



470

**Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ & ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ**



ΚΟΣΤΙΝΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Α.Μ :8149

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΝΙΚΟΣ ΚΟΣΜΑΣ

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ MULTIMEDIA

Σελίδα

1.1	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	8
	○ VANEVAR BUSH και MEMEX.....	8
	○ DOUGLAS ENGELBART και AUGMENT.....	9
	○ TED NELSON και XANADU.....	9
	○ FRANK HALASZ και NOTE CARDS.....	9
	○ BEN SHNEIDERMAN και HYPER TIES.....	10
	○ BILL ATKINSON και HYPERCARD.....	10
	○ ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ MULTIMEDIA ;.....	10
1.2	ΕΤΥΜΟΛΟΓΙΑ.....	11
1.3	ΟΡΙΣΜΟΙ.....	11
1.4	Captured versus synthesized media.....	12
	○ Discrete versus continuous media.....	13
1.5	Ο ΟΡΟΣ ΠΟΛΥΜΕΣΑ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.....	13
1.6	ΕΝΑΣ ΔΙΚΟΣΜΑΣ ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ.....	14
1.7	ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ.....	14
	○ ΚΕΙΜΕΝΟ.....	14
	○ ΕΙΚΟΝΑ.....	14
	○ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ( ANIMATION ).....	15
	○ VIDEO.....	15
	○ ΗΧΟΣ.....	16
1.8	ΓΙΑΤΙ ΤΑ ΠΟΛΥΜΕΣΑ ΕΙΝΑΙ ΤΟΣΟ ΔΗΜΟΦΙΛΗ ;.....	16
	◆ Η ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ.....	16
1.9	Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ.....	18
1.10	ΘΕΜΑΤΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ.....	19
1.11	Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΕΙΡΙΣΜΟ ΠΟΛΥΠΛΟΚΩΝ ΤΥΠΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	20
1.12	QoS ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΓΓΥΗΣΗ.....	21
1.13	ΜΙΑ ΣΥΝΤΟΜΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ MULTIMEDIA ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	22
	◆ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	22
	◆ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΟΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΣΑ.....	23
1.14	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ.....	24
	○ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ ΕΛΕΓΧΟΝΤΕ ΑΠΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ.....	24
	○ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ.....	24
1.15	ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ.....	25
	○ Η ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΩΣ ΣΗΜΑ.....	25

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ , ΚΒΑΝΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ. ....	26
ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ / ΨΗΦΙΑΚΗ & ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ .....	27
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ.. ....	27
ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ .....	28
1.16 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ( Interactivity ). ....	28
ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ. ....	28
ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ. ....	29
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΙΝΤΕΡΑΚΤΙΒΙΤΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ. ....	29
ΙΝΤΕΡΑΚΤΙΒΙΤΥ ΚΑΙ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΧΡΗΣΤΗ. ....	29

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΕΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

2.1 ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΔΩΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ. ....	31
2.2 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ,ΦΑΣΜΑ ΚΑΙ ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ. ....	32
ΕΝΟΙΕΣ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΧΡΟΝΟΥ. ....	33
ΕΝΟΙΕΣ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ. ....	35
ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΡΥΘΜΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ. ....	38
2.3 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ. ....	38
ΔΕΔΟΜΕΝΑ. ....	39
ΣΗΜΑΤΑ. ....	42
ΣΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ. ....	43
ΜΕΤΑΔΟΣΗ. ....	44
2.4 ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗ. ....	46
ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΝΑΛΙΟΥ. ....	50
ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ Nyquist. ....	51
Ο ΤΥΠΟΣ ΧΩΡΕΤΗΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Shannon. ....	52
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΑΝΑΛΥΣΗ FOURIER. ....	53

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

3.1 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΕΙΚΟΝΩΝ. ....	52
ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ. ....	52
ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΕΙΚΟΝΩΝ. ....	52
3.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΙΚΟΝΑΣ. ....	54
3.3 ΜΟΡΦΕΣ ΕΙΚΟΝΑΣ. ....	55
3.4 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ. ....	56
3.5 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ. ....	57
3.6 ΥΒΡΙΔΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ ΚΑΙ ΓΡΑΦΙΚΑ. ....	57

3.7 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	58
● ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟΣ ΚΒΑΝΤΙΣΜΟΣ.....	61
3.8 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΜΕ ΠΡΟΒΛΕΨΗ.....	62
3.9 ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ.....	63
● ΤΟ JPEG ΠΡΟΤΥΠΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ.....	64
● ΣΥΜΠΙΕΣΗ JPEG.....	66
● ΚΑΝΟΝΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ JPEG.....	67
● ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ JPEG.....	68
● ΒΑΘΜΙΑΙΟ JPEG.....	69
● ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ JPEG.....	70
● JPEG ΧΩΡΙΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ.....	70
3.10 ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΑΡΧΕΙΩΝ ΕΙΚΟΝΑΣ.....	71
● ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ ( FPU ) Ή ΚΑΙ CHIP ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΤΟΥ JPEG.....	73
● Fractal Image Compression ( Απειροστική Συμπίεση Εικόνας ).....	73
● ΑΠΩΛΕΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	75
● ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ.....	76
● ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΗ ΚΒΑΝΤΟΠΟΙΗΣΗ ( VECTOR QUANTIZATION (VQ)).....	77
● ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ.....	77
● ΠΟΙΟΤΗΤΑ : ΑΠΕΙΡΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΝΑΝΤΙΟΝ JPEG.....	78
3.11 ΠΡΟΤΥΠΟ JBIG.....	79

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	82
4.1 ΗΧΟΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	84
4.2 ΣΥΜΠΙΕΣΗ.....	85
● ΜΟΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ.....	85
4.2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	86
● ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ.....	86
4.2.2 ΔΙΑΜΟΡΦΟΣΗ ΠΑΛΜΙΚΟΥ ΚΩΔΙΚΑ ( Pulse Code Modulation ,PCM ).....	90
● PCM , ΡΥΘΜΟΙ bit.....	90
● ΒΗΜΑΤΑ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	91
● ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ PCM ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗ.....	92
4.2.3 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΑΙ ΛΟΓΑΡΘΜΙΤΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	92
● ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	92
● ΛΟΓΑΡΘΜΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	92

◦ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	92
◦ ΛΟΓΑΡΘΜΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	92
4.2.4 VOICE PCM ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ.....	93
◦ VOICE PCM ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΑΡΘΜΙΚΗΣ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	94
◦ VOICE PCM ΡΥΘΜΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ.....	94
4.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ITU – TS G.721 , 722 , 723 , 728 ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΙΛΙΑ.....	94
4.4 ΆΛΛΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ.....	95
4.4.1 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ GSM.....	95
◦ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ GSM.....	95
◦ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ GSM.....	96
◦ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ.....	96
◦ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΣΤΟ GSM.....	97
◦ GSM ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΝΑΛΙΩΝ.....	97
◦ ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ( GSM ).....	98
◦ HANDONER – ΑΛΛΑΓΗ ΚΥΨΕΛΗΣ.....	98
◦ ΑΝΑΝΕΩΣΗ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΗΣΕΩΝ.....	99
◦ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ.....	99
4.4.2 Code Excited Linear Prediction( CELP ) ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΦΩΝΗΣ.....	100
4.5 ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ bit.....	100
4.6 ΠΡΟΤΥΠΑ ΥΨΗΛΟΤΕΡΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΗΧΟΥ.....	101
4.7 Η ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΤΩΝ MPEG – AUDIO ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ.....	101
◦ ISO / MPEG -1 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ.....	102
◦ ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΟΙΕΣ.....	102
4.8 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ( MPEG -1 Στερεοφωνικά Ηχητικά Σήματα ).....	107
◦ MPEG ΑΚΚΟΥΣΤΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ.....	108
4.9 MPEG ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΟΥ ΗΧΟΥ.....	108
4.10 MPEG – 2 / ΗΧΟΥ ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	110
◦ ΑΝΑΔΡΟΜΙΚΑ ΣΥΜΒΑΤΗ MPEG – 2 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ.....	110
◦ MPEG – 2 ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ.....	113
◦ ΑΝΑΔΡΟΜΙΚΗ ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ ΜΕΣΩ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ.....	114
4.11 MPEG – 4 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ.....	115
◦ ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	116
◦ ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ MPEG – 4.....	116
◦ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΜΕΣΟΥ.....	117
◦ ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΜΕΣΟΥ.....	118
◦ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΑΤΕΥΘΥΝΟΜΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΜΕΣΟΥ.....	119
◦ ΠΑΡΑΔΩΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΕΥΘΗΝΟΜΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	119
◦ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΜΕΣΩΝ.....	121

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΓΝΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΗΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ .....	121
4.12 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ MPEG - 4. ....	121
DMIF .....	122
ΤΟ DMIF ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ .....	125
ΑΠΟΠΛΕΞΙΑ , ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΚΑΤΕΥΘΗΝΟΜΕΝΩΝ ( STREAMING ) ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ. ....	126
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΝΤΑΞΗΣ. ....	129
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ. ....	129
ΦΥΣΙΚΟΣ ΗΧΟΣ. ....	130
ΣΥΝΘΕΤΙΚΟΣ ΗΧΟΣ .....	131
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΙΡΡ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ. ....	132
4.13 ΛΙΣΤΑ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΩΝ ΠΟΥ ΠΑΡΕΧΕΙ ΤΟ MPEG - 4. ....	133
4.14 ΗΧΗΤΙΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΤΟΥ MPEG - 4. ....	135
4.15 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ .....	136
4.16 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ. ....	137
ΛΕΞΙΚΟ. ....	139

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗ VIDEO

ΕΙΣΑΓΩΓΗ. ....	143
5.1 ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ. ....	144
5.2 ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ. ....	146
5.3 Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ. ....	146
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΤΡΟΠΙΑΣ. ....	147
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΠΗΓΗΣ. ....	148
5.4 ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ. ....	
151	
ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗ .....	152
5.5 ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΚΑΝΑΛΙ .....	154
5.6 ΜΕΤΑΔΩΣΗ VIDEO ΚΑΙ VIDEO - ΖΗΤΗΣΗ. ....	155
ΕΙΔΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ VIDEO. ....	155
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΧΡΗΣΤΩΝ VIDEO .....	156
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ VoD ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ. ....	157
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ VoD ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ. ....	158
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ VoD ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	158
ΠΕΛΑΤΕΣ VoD ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ. ....	160
5.7 ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ VIDEO ΚΑΙ VoD ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	161
ΠΡΟΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ. ....	162

• ΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ .....	162
• ΕΞΗΠΗΡΕΤΗΤΕΣ VIDEO .....	165
• ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΣΤΟΝ SERVER .....	166
5.8 ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ .....	169
5.9 ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ .....	170
• ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΙΕΡΑΡΧΙΣΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ .....	170
• ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΡΧΕΙΩΝ VIDEO ( Video File Allocation ) .....	171
5.10 ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΑΙΤΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΔΙΣΚΟ .....	172
• ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΔΙΣΚΩΝ .....	174
5.11 Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ DAST dancing .....	176
5.12 ΠΕΡΙΒΑΛΟΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΜΕ ΤΟΝ ΧΡΗΣΤΗ ( USER INTERFACE ) .....	177
5.13 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ .....	178
5.14 ΣΥΜΠΙΕΣΗ .....	178
5.15 ΑΣΦΑΛΕΙΑ .....	180
5.16 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ( Quality of Service ,QoS) .....	181
5.17 ΜΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ JPEG .....	183
5.18 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ MPEG .....	186
5.19 ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΣΚΕΛΕΤΟΥ Μ Bone ( Multicast Backbone ) .....	191

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΜΕΤΑΔΟΣΗ MULTIMEDIA ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

6.1 ΔΙΔΙΚΑΣΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ .....	194
6.2 ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ MULTIMEDIA ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	194
• ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ .....	194
6.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗ .....	205

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

### **ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ**

7.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ .....	206
• ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ .....	206
• ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ .....	207
• ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΙΣΗΣ ΗΧΟΥ .....	209
• ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ VIDEO .....	211
• ΆΛΛΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ .....	214
7.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ .....	215

◉ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΤΟΠΙΚΟΥ ( LAN ) ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ. ....	215
◉ ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ΤΟΠΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ. ....	216
◉ ΑΝΑΒΑΘΜΙΖΟΝΤΑΣ ΤΑ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ . ....	218
◉ ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ MULTIMEDIA LAN ΔΙΚΤΥΩΝ. ....	226
◉ ΔΙΚΤΥΑ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ ΕΥΡΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ (multimedia WAN's) . ....	227
7.3 ΠΡΟΤΟΚΟΛΛΑ - ΠΡΟΤΥΠΑ. ....	230
◉ ΠΡΟΤΟΚΟΛΛΑ ΜΕΤΦΟΡΑΣ ( Transport Protocols ) . ....	230
◉ ΠΡΟΤΥΠΑ . ....	232
7.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ. ....	235
ΕΙΣΑΓΩΓΗ. ....	235
◉ ΤΗΛΕΔΙΑΣΚΕΨΗ. ....	235
◉ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΟΛΗΣΕΩΝ ΚΑΙ MARKETING. ....	239
◉ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΠΟΛΥΜΕΣΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ. ....	242
◉ ΤΗΛΕΪΤΡΙΚΗ. ....	244
◉ ΚΑΤΑΝΑΛΟΤΙΚΕΣ ΑΓΟΡΕΣ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ. ....	245
7.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ. ....	247
◉ ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ T.120. ....	247
◉ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ T.120. ....	247
◉ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΧΡΗΣΤΗ. ....	247
◉ ΠΡΟΤΟΚΟΛΛΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ. ....	248
◉ ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΚΟΜΒΟΥ. ....	248
◉ ΥΠΟΔΟΜΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ. ....	248
◉ ΔΙΚΤΥΑ. ....	249
7.6 Multipoint Communication Services (MCS) –Συστάσεις T.122 ,T.125. ....	249
7.7 Γενικός έλεγχος διάσκεψης ( Generic Conference Control ( GCC ) – Σύσταση T.124 ) . ....	250
7.8 ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΤΟΚΟΛΛΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ. ....	251
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΑ / ΠΗΓΕΣ. ....	254



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ MULTIMEDIA

### 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

#### *VANNEVAR BUSH και MEMEX*

[14] Αν και ο Nelson συνέλαβε και καθιέρωσε τον όρο Hypertext το 1965, στην πραγματικότητα ο Vannevar Bush ήταν αυτός που πρώτος φαντάστηκε και περιέγραψε ένα σύστημα Hypertext είκοσι χρόνια νωρίτερα. Ο ίδιος υπήρξε μηχανικός ηλεκτρονικών υπολογιστών και έφτιαξε έναν αναλογικό υπολογιστή την δεκαετία του 30 στο φημισμένο πανεπιστήμιο MIT. Στον πόλεμο εργαζόταν ως διευθυντής στο Γραφείο Έρευνας και Ανάπτυξης.

Ο Bush διαπίστωσε ότι οι μέθοδοι για την ταξινόμηση, την ανάκτηση και γενικά εκμετάλλευση των πληροφοριών ήταν ανεπαρκείς. Ειδικότερα η καταχώρηση και η ανάκτηση και χρήση των επιστημονικών άρθρων ήταν αναποτελεσματική και στάσιμη. Φαντάστηκε και περιέγραψε με ακρίβεια μια μηχανή που ονόμασε MEMEX που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για αποθήκευση όλων των ειδών πληροφορίας όπως σημειώσεων, φωτογραφιών και εικόνων. Το κύριο χαρακτηριστικό της μηχανής αυτής ήταν η διασύνδεση διαφορετικών θεμάτων με χρήση συνδέσμων. Ουσιαστικά θεμελίωσε την ιδέα του Hypertext την οποία και δημοσίευσε το 1945 στο άρθρο του με τίτλο "As we may think". Χρειάστηκε να παρέλθουν δυο δεκαετίες μέχρι να υλοποιηθούν οι ιδέες του Vannevar Bush.

**DOUGLAS ENGELBART και AUGMENT**

[14] Στις αρχές της δεκαετίας του 50 ο ερευνητής Douglas Engelbart άρχισε να προβληματίζεται στο θέμα της αλληλεπίδρασης ηλεκτρονικού υπολογιστή και ανθρώπων. Εργαζόμενος στο Stanford ξεκίνησε ένα ερευνητικό πρόγραμμα με τίτλο Augmenting Human Intellect. Στην προσπάθειά του είχε στόχο την επινόηση τρόπων για να βοηθήσουν τον χρήστη στην αντιμετώπιση περίπλοκων προβλημάτων. Το 1968 κατασκεύασε και επέδειξε δημόσια το σύστημα NLS πρόδρομο του μετέπειτα συστήματος AUGMENT. Το σύστημα αυτό είχε τις ικανότητες ενός συστήματος Hypertext. Αργότερα χρησιμοποίησε το AUGMENT με τη συνεργασία συναδέλφου του που βρισκόταν 500 μίλια μακριά.

Το AUGMENT είναι σύστημα Hypertext που υποστηρίζει λειτουργίες δικτύου. Διαθέτει δικιά του γλώσσα προγραμματισμού, ενσωματωμένη, που παρέχει πλήρες φάσμα ικανοτήτων Hypertext . Παρέχει τη δυνατότητα προσδιορισμού του επιθυμητού αριθμού σειρών από το προς εμφάνιση κείμενο και επιτρέπει χρήση φίλτρου για εμφάνιση επιθυμητού πληροφοριακού περιεχόμενου. Επίσης υποστηρίζει λειτουργίες για πραγματοποίηση συνεργασιακών διαδικασιών για αποστολή και λήψη μηνυμάτων καθώς και τη δυνατότητα τηλεσυνδιάσκεψης με διαμερισμό της οθόνης.

Ο Engelbart δημιούργησε ένα σύστημα όπως ο ίδιος δήλωνε για να βοηθήσει του εργάτες του πνεύματος στο δύσκολο καθημερινό τους έργο. Σήμερα το Augment υποστηρίζει επικοινωνία μεταξύ μηχανικών λογισμικού. Ο Engelbart είναι ο κατασκευαστής του ποντικιού και των οθόνων με πολλαπλά παράθυρα και από πολλούς θεωρείται ο πατέρας του Hypertext.

**TED NELSON και XANADU**

[14] Ted Nelson καθιέρωσε τον όρο Hypertext, το 1960. Ο ίδιος το 1960 παρακολουθεί μαθήματα στον προγραμματισμό. Με σκοπό να γράψει διάφορες εργασίες για το κολέγιο άρχισε να μαζεύει σημειώσεις πάνω σε κάρτες. Όμως σύντομα διαπίστωσε ότι ήταν τελείως ανεπαρκές. Έμαθε γλώσσα προγραμματισμού χαμηλού επιπέδου και έτσι κατανόησε τη δομή της μηχανής. Αποφάσισε ο ίδιος να δημιουργήσει σύστημα συγγραφής. Ονόμασε αυτό το σχέδιό του "διαχείριση κειμένου" ( Text handling ). Η ιδέα του αυτή εμπορικοποιήθηκε και ονομάστηκε επεξεργασία κειμένου ( word processing ). Δεν περάτωσε όμως έγκαιρα το project και έτσι η εργασία έμεινε ημιτελής. Έλαβε όμως το Master του. Αργότερα σχεδίασε το δεύτερο σύστημα hypertext, το λεγόμενο chunk-style hypertext (υπερκείμενο τύπου κομματιού). Στο σύστημα διαβάζεται ένα τμήμα και κατόπιν αποφασίζετε ποιο θα διαβαστεί στη συνέχεια. Κατ' αυτό τον τρόπο ετέθη ουσιαστικά η ιδέα της μη γραμμικής συγγραφής. Όμως ο εξοπλισμός και οι δυνατότητες της εποχής είναι πολύ φτωχές και έτσι για μια ακόμη φορά οι ιδέες του παραμένουν ουτοπία.

Στα μέσα του 60 στην Αμερική υπήρχε χρηματοδότηση για προγράμματα με κατεύθυνση το CAI ( Computer Assisted Instruction ). Στα πλαίσια του CAI ο Nelson υποστήριξε τη δυνατότητα των διαφορετικών παιδαγωγικών υλικών. Στη συνέχεια αποκάλεσε αυτή του την ιδέα Hypertext . Το 1970 δημοσίευσε άρθρο με τίτλο " No more teachers' dirty looks "( Όχι πια άλλα αγριοκοιτάγματα των δασκάλων ). Γίνεται έντονη κριτική για το πως μπορούν να εφαρμοστούν οι εκπαιδευτικές και μαθησιακές διαδικασίες με την υποβοήθηση υπολογιστή. Στο τέλος της δεκαετίας του 60 στο πανεπιστήμιο Brown σε ερευνητικό πρόγραμμα για εκτύπωση αντικειμένων. Παράλληλα αναπτύσσει το σύστημα hypertext που είχε σχεδιάσει. Τ' ονομάζει Xanadu. Ο ίδιος το χαρακτηρίζει ως μια παγκόσμια βιβλιοθήκη που επιτρέπει στους ανθρώπους να μοιράζονται ιδέες. Το σύστημα αναπτύχθηκε στη αρχή σε UNIX. Ο Nelson σήμερα είναι υπάλληλος της εταιρείας AutoDesk που αναπτύσσει και προωθεί το γνωστό σχεδιαστικό λογισμικό AutoCAD.

**FRANK HALASZ και NOTE CARDS**

[14] Ο Frank Halasz σπούδασε ψυχολογία στο πανεπιστήμιο του Stanford. Ασχολήθηκε εν γένει με την Αλληλεπίδραση Ανθρώπου και Μηχανής ( HCI, Human Computer Interaction ). Δούλεψε στην Rank Xerox και κατασκεύασε το σύστημα Hypertext, Note Cards ). Το σύστημα με τη μορφή

καρτών χειρίζεται διαφορετικούς τύπους δεδομένων όπως κείμενο, γραφικές παραστάσεις, σχεδιάσεις κ.τ.λ. Κάθε φορά που ανοίγει μια κάρτα ο αντίστοιχος editor καλείται για να μπορέσει ο χρήστης να επεξεργαστεί την κάρτα. Υποστηρίζει τη γλώσσα προγραμματισμού LISP για επέκταση λειτουργιών και μορφοποίηση συναρτήσεων. Έχει υψηλό κόστος και μεγάλη πολυπλοκότητα και γι' αυτό έχει περιορισμένη χρήση.

#### **BEN SHNEIDERMAN και HYPER TIES**

[14] Είναι επικεφαλής του Human Computer Interaction Laboratory ( Εργαστήριο Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου και Υπολογιστή ) στο Πανεπιστήμιο του Maryland. Η ομάδα ανέπτυξε σύστημα Hypertext. Το 1983 η ομάδα του Shneiderman άρχισε αναπτύσσει ένα σύστημα Υπερμέσων με το όνομα TIES (The Interactive Encyclopedia System). Η εξέλιξη του ανωτέρω απετέλεσε το Hyper ties.

Με το Hyper ties καλύπτεται μια ευρεία περιοχή εφαρμογών στην οποία περιλαμβάνονται μουσεία, αρχαιολογικοί χώροι, φωτογραφικές συνθέσεις κ.α. Η εμπορική έκδοση του Hyper ties για υπολογιστές SUN παρουσιάζει αυξημένες δυνατότητες σ' ότι αφορά τον χειρισμό των παραθύρων απ' ότι η αντίστοιχη έκδοση για υπολογιστές IBM και συμβατούς. Έχει ενισχυμένες δυνατότητες για δεδομένα κειμένου, φωτογραφίες, σχέδια και βίντεο. Δεν υποστηρίζει καθόλου ήχο, προσομοίωση κίνησης και δεν έχει ενσωματωμένη γλώσσα προγραμματισμού.

#### **BILL ATKINSON και HYPERCARD**

[14] Στο βιβλίο Learning with Interactive Multimedia, οι συγγραφείς Ambron και Hooper ευχαριστούν τον Atkinson που κατασκεύασε το HyperCard, ένα εργαλείο για έρευνα και εκπαίδευση. Το HyperCard παρουσιάστηκε στην αγορά το 1987 και είναι κατασκευασμένο για υπολογιστές Macintosh της Apple. Το HyperCard περιγράφεται ως «ένα σύνολο στησίματος λογισμικού» που επιτρέπει τη δημιουργία άλλων προγραμμάτων.

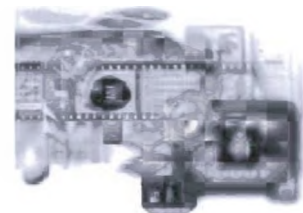
Ο Atkinson βλέπει το σύστημα HyperCard ως ένα όχημα που επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να εξερευνήσουν τη δύναμη των υπολογιστών. Επιμένει το HyperCard να προσφέρεται δωρεάν μαζί με κάθε αγορά Mac. Είναι ευρέως διαδεδομένο προϊόν και ίσως το πιο κατάλληλο για να εισάγει το θέμα του Hypertext και Hypermedia. Ο Bill Atkinson δουλεύει ακόμη για την βελτίωση του HyperCard.

#### **ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ MULTIMEDIA:**

[8]

Τα πολυμέσα είναι μία από τις πιο πολυσυζητημένες τεχνολογίες των αρχών της δεκαετίας του 90. Το ενδιαφέρον αυτό είναι απόλυτα δικαιολογημένο, αφού τα πολυμέσα αποτελούν το σημείο συνάντησης πέντε μεγάλων βιομηχανιών: της πληροφορικής, των τηλεπικοινωνιών, ηλεκτρονικών εκδόσεων, της βιομηχανίας audio και video καθώς και της βιομηχανίας της τηλεόρασης και του κινηματογράφου.

Μια ανάλογη αναστάτωση επέφερε και η εμφάνιση της επιστήμης των δικτύων υπολογιστών στη δεκαετία του 70, φέρνοντας πιο κοντά την πληροφορική με τις τηλεπικοινωνίες. Αυτή η προσέγγιση οδήγησε σε προϊόντα που στόχευαν κυρίως στην αγορά των επιχειρήσεων. Τα πολυμέσα έκαναν κάτι περισσότερο, διέυρναν την αγορά των προϊόντων των παραπάνω βιομηχανιών που πλέον στοχεύουν και στους καταναλωτές. Τα



πολυμέσα έκαναν κάτι περισσότερο, διεύρυναν την αγορά των προϊόντων των παραπάνω βιομηχανιών που πλέον στοχεύουν και στους καταναλωτές.

Τα πολυμέσα δεν έφεραν μόνο τρεις νέες βιομηχανίες στο χώρο αλλά προσθέσανε και μία νέα διάσταση στη δυναμική αγορά: όσο η δικτύωση υπολογιστών στοχεύει ουσιαστικά σε μία επαγγελματική αγορά, τα πολυμέσα αφορούν και εμπορικούς και καταναλωτικούς τομείς. Έτσι, η σύνθεση της αγοράς τηλεπικοινωνιών δεν είναι μόνο επαγγελματικά και βιομηχανικά δίκτυα ή υψηλής ταχύτητας μισθωμένα κυκλώματα ή συνεταιρικά δίκτυα δεδομένων, αλλά καλύπτει επίσης και την πρότυπη τηλεφωνία ή χαμηλής ταχύτητας Ολοκληρωμένες Υπηρεσίες Ψηφιακών Δικτύων (Integrated Services Digital Networks , N-ISDN). Ομοίως, δεν εμπλέκεται μόνο η επαγγελματική αγορά βίντεο και ήχου, αλλά και η αντίστοιχη καταναλωτική όπως και η σχετική τηλεόραση, οι κινηματογραφικές ταινίες, και ο τομέας εκπομπής.

Έτσι τελικά, δεν είναι έκπληξη ότι τα πολυμέσα βρίσκουν δυσκολίες στο να αποφύγουν ασάφειες στο σκοπό, την πολλαπλότητα των ορισμών και στην ασταθή ορολογία, για να καθιερωθούν.

Όταν στις αρχές της δεκαετίας του ενενήντα οι επαγγελματίες αναρωτιόνταν τι είναι τα πολυμέσα, οι περισσότεροι έπρεπε να παραδεχτούν τη δυσκολία να δώσουν κάποιο ορισμό. Επαγγελματικά περιοδικά συχνά αναγνωρίζουν την ασάφειά τους: «Τα πολυμέσα είναι εξ ορισμού απροσδιόριστα» ή «αν ρωτήσεις 10 διαφορετικά άτομα να σου δώσουν ένα ορισμό για τα πολυμέσα, τότε σίγουρα θα πάρεις 10 διαφορετικές απαντήσεις» αναφέρει ο G.R. Wichman το Δεκέμβριο του 1991 (Wichman, 1991). Με την εφαρμογή σε εξειδικευμένα περιβάλλοντα, η δυσκολία στον ορισμό τους παραμένει: «Στο χώρο εργασίας η έννοια είναι θολή», αναφέρει ο A.Speed (Speed, 1991).

Η πληθώρα και οι ποικιλία των νέων προϊόντων καθώς και η προσπάθεια εκμετάλλευσης του ενδιαφέροντος που επέδειξε το αγοραστικό κοινό για την τεχνολογία των πολυμέσων συνετέλεσαν στην σύγχυση που υπάρχει ακόμα και σήμερα όσον αφορά στο τι είναι και τι δεν είναι ένα σύστημα πολυμέσων. Μια καλή αρχή για τον καθορισμό του όρου είναι η ανάλυση της ετυμολογίας του.

## 1.2 ΕΤΥΜΟΛΟΓΙΑ

[8] Ο αγγλικός όρος, που εδώ έχει αποδοθεί ως *πολυμέσα*, είναι *multimedia*. Ο όρος αυτός αποτελείται από δύο μέρη: το πρόθεμα *multi* και τη ρίζα *media*.

**Multi:** προέρχεται από τη λατινική λέξη *multus* και σημαίνει "πολυάριθμος", "πολλαπλός".

**Media:** είναι ο πληθυντικός αριθμός της επίσης λατινικής λέξης *medium* που σημαίνει "μέσο", "κέντρο". Πιο πρόσφατα η λέξη *medium* άρχισε να χρησιμοποιείται και ως "ενδιάμεσος", "μεσολαβητής".

Κατά συνέπεια ο ορισμός που προκύπτει είναι:

*"Multimedia σημαίνει "πολλαπλοί μεσολαβητές" ή "πολλαπλά μέσα" και χρησιμοποιείται είτε ως ουσιαστικό είτε ως επίθετο".*

## 1.3 ΟΡΙΣΜΟΙ

[9] Η πρώτη προσέγγιση του ορισμού δεν μας λέει και πολλά πράγματα. Μπορούμε όμως να τον βελτιώσουμε αναλογιζόμενοι τον τρόπο χρήσης των όρων *multi*, και *media*. Ο αγγλικός όρος *media* χρησιμοποιείται σε πολλούς οικονομικούς, τεχνικούς και επιστημονικούς τομείς με

διαφορετικές σημασίες. Το κοινό σημείο αυτών των χρήσεων είναι ότι σχετίζονται πάντοτε με κάποιο είδος χειρισμού πληροφορίας:

- Αποθήκευση και επεξεργασία στην πληροφορική.
- Παραγωγή στον χώρο των εκδόσεων.
- Διανομή στον χώρο των μαζικών μέσων επικοινωνίας.
- Μετάδοση στις τηλεπικοινωνίες.
- Αντίληψη κατά την αλληλεπίδραση του ανθρώπου με το περιβάλλον του.

Κατά συνέπεια μπορούμε να βελτιώσουμε τον ορισμό ως εξής:

*“Πολυμέσα στον χώρο της τεχνολογίας πληροφορίας (information field) σημαίνει “πολλαπλοί μεσολαβητές” μεταξύ της πηγής και του παραλήπτη της πληροφορίας ή “πολλαπλά μέσα” μέσω των οποίων η πληροφορία αποθηκεύεται, μεταδίδεται, παρουσιάζεται ή γίνεται αντιληπτή”.*

Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό, ένα σύστημα που συνδυάζει, για παράδειγμα, τον έλεγχο βιντεοκασέτας και οπτικών μέσων αποθήκευσης μπορεί να χαρακτηριστεί ως σύστημα πολυμέσων. Επίσης συστήματα πολυμέσων θα είναι η εφημερίδα, που συνδυάζει κείμενο και εικόνα, και η τηλεόραση, που συνδυάζει ήχο και κινούμενη εικόνα. Εδώ δεν αναφερόμαστε σε τόσο ευρύ φάσμα συστημάτων. Περιοριζόμαστε σε αυτά στα οποία η πληροφορία είναι *ψηφιακή* (ή ψηφιοποιημένα - digitized) και *ελέγχεται από υπολογιστή*. Ενδιαφερόμαστε δηλαδή για *ψηφιακά πολυμέσα* τα οποία και ορίζουμε ως εξής:

*“Ψηφιακά πολυμέσα είναι ο τομέας που ασχολείται με την ελεγχόμενη από υπολογιστή ολοκλήρωση κειμένου, γραφικών, ακίνητης και κινούμενης εικόνας, animation, ήχου, και οποιουδήποτε άλλου μέσου ψηφιακής αναπαράστασης, αποθήκευσης, μετάδοσης και επεξεργασίας της πληροφορίας”.*

Η χρήση των πολυμέσων στη σημερινή κοινωνία είναι ευρύτατα διαδεδομένη. Εφαρμογές συναντιόνται στην βιομηχανία, επιστήμη, εκπαίδευση και διασκέδαση. Ίσως οι πιο εντυπωσιακές εφαρμογές που έχουν ευρεία κοινωνική απήχηση είναι η λεγόμενη ITV (Interactive Television) ή Digital TV (Ψηφιακή Τηλεόραση) και ο μαγικός κόσμος της υπερβατικής πραγματικότητας (Virtual reality).

Στην πράξη, ο όρος πολυμέσα υπονοεί την ολοκλήρωση ενός τουλάχιστον “διακριτού” τύπου πληροφορίας και ενός “συνεχούς”.

Στον παραπάνω ορισμό έχει γίνει διαχωρισμός των τύπων πληροφορίας σε διακριτούς και συνεχείς. Ένας άλλος διαχωρισμός είναι σε captured και synthesized μέσα. Ας δούμε τι σημαίνουν αυτοί οι διαχωρισμοί (Σχήμα 1.1):

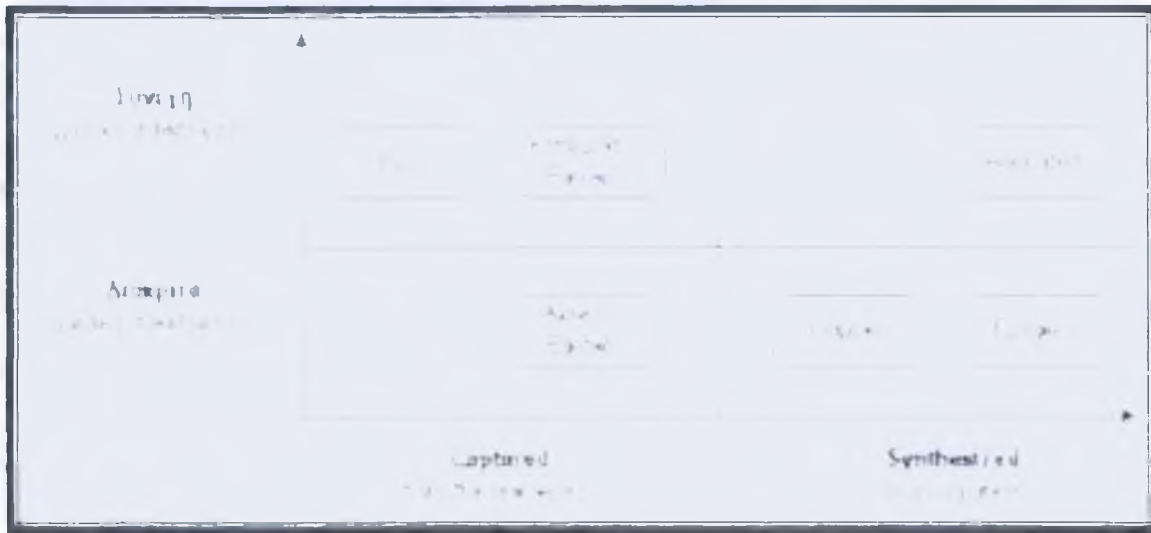
#### 1.4 Captured versus synthesized media

[3] Αυτός ο διαχωρισμός αναφέρεται στον τρόπο μεταφοράς της πληροφορίας στη μορφή που υπαγορεύει ο κάθε τύπος. Αν η πληροφορία συλλαμβάνεται απευθείας από τον πραγματικό κόσμο μιλάμε για captured media ενώ αν δημιουργείται από τον άνθρωπο μέσω κάποιων εργαλείων έχουμε τα συνθετικά μέσα. Για παράδειγμα, μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή ή ένας scanner μεταφέρει αυτόματα την εικόνα ενός αντικειμένου σε ψηφιακή μορφή κατάλληλη για χρήση στον υπολογιστή. Δηλαδή οι εικόνες είναι captured media. Το κείμενο, όταν αυτό πληκτρολογείτε στον

υπολογιστή είναι προφανώς συνθετικό μέσο. Αν όμως λαμβάνεται μέσω scanner και προγράμματος OCR πρέπει να θεωρηθεί ως captured.

### *Discrete versus continuous media*

[3] Όταν ένας τύπος πληροφορίας έχει μόνο χωρική διάσταση ονομάζεται διακριτός. Αν υπάρχει και η συνιστώσα του χρόνου ονομάζεται συνεχές. Για παράδειγμα, οι εικόνες, το κείμενο και τα γραφικά είναι διακριτά, ενώ το βίντεο, ο ήχος και το animation είναι συνεχή.



-ΣΧΗΜΑ 1.1. ΤΑΞΙΝΟΗΣΗ ΕΙΔΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ-

Όλα αυτά τα μέσα που έχουν αναφερθεί ως τώρα απευθύνονται σχεδόν αποκλειστικά στην όραση και στην ακοή του ανθρώπου. Ένα σύστημα πολυμέσων δεν περιέχει απαραίτητα πληροφορίες για παραπάνω από μια αισθήσεις, παρόλο που κάτι τέτοιο είναι γενικά επιθυμητό.

### 1.5 Ο ΟΡΟΣ ΠΟΛΥΜΕΣΙΑ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

[13] Όπως μπορείτε να διαπιστώσετε, τα μέσα είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται ως ένα βαθμό στον οικονομικό, τεχνικό και επιστημονικό τομέα. Αυτά τα διαφορετικά περιβάλλοντα έχουν μια κοινή ιδιότητα: σχετίζονται με τον χειρισμό πληροφορίας:

- ❖ Αποθήκευση και επεξεργασία πληροφορίας στον υπολογισμό.
- ❖ Παραγωγή πληροφορίας στην έκδοση.
- ❖ Διανομή πληροφορίας που κοινά καλείται μαζικά μέσα.
- ❖ Μετάδοση πληροφορίας στις τηλεπικοινωνίες.
- ❖ Παρουσίαση πληροφορίας στην αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπου και συστημάτων.
- ❖ Αντίληψη πληροφορίας στην αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τον έξω κόσμο.

Έτσι τα πολυμέσα στο γενικό πεδίο της πληροφορίας σημαίνουν «πολλαπλό μέσο» μεταξύ της πηγαιάς και της τελικής πληροφορίας ή «πολλαπλή έννοια» κατά την οποία η πληροφορία αποθηκεύεται, μεταδίδεται, παρουσιάζεται ή γίνεται αντιληπτή.

Συμφωνά με αυτόν τον ορισμό, ένα σύστημα που θέλει να συνδυάσει τον έλεγχο της βιντεοκασέτας και της συσκευής αποθήκευσης ήχου CD μπορεί να οριστεί ως πολυμέσο: μία εφημερίδα η οποία παρουσιάζει πληροφορίες μέσω κειμένου και εικόνας ή μία συσκευή τηλεόρασης που συνδυάζει ήχο και κινούμενες εικόνες είναι έννοιες παρουσίασης πολυμέσων. Στο κείμενο αυτό, δε θα αναφερθούμε στην αρχή των πολυμέσων στο ευρύ πεδίο της πληροφορίας αλλά στο στενότερο πεδίο: αυτό της ψηφιοποίησης και της ελεγχόμενης από υπολογιστή πληροφορίας.

## 1.6 ΕΝΑΣ ΔΙΚΟΣΜΑΣ ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

[13] Τα ψηφιακά πολυμέσα είναι το πεδίο που ασχολείται με την ελεγχόμενη από υπολογιστή ενοποίηση κειμένου, γραφικών, φωτογραφιών και κινούμενων εικόνων, κινούμενων σχεδίων, ήχου και άλλων μέσων όπου οποιοσδήποτε τύπος πληροφορίας μπορεί να παρουσιαστεί, αποθηκευτεί, μεταδοθεί και να υποστεί επεξεργασία ψηφιακά.

Όπως αναφέραμε, αυτός ο ορισμός είναι εσκεμμένα περιοριστικός. Αρχικά, η βασική έννοια είναι «ψηφιακή», δεύτερον, υποδηλώνει τη χρήση συστημάτων βασισμένων σε υπολογιστή- ένα CD player χειρίζεται ψηφιακή πληροφορία: ωστόσο, δεν είναι ψηφιακό σύστημα πολυμέσων, διότι δεν είναι ελεγχόμενο από υπολογιστή. Έτσι το πεδίο στο οποίο απευθυνόμαστε είναι αυτό των ψηφιακών πολυμέσων. Ωστόσο, για απλότητα στη συνέχεια θα αναφέρονται ως πολυμέσα.

## 1.7 ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

[5] Τα σύγχρονα συστήματα πολυμέσων που είναι στηριγμένα σε υπολογιστή ενοποιούν μερικούς από τους παρακάτω τύπους:

### ΚΕΙΜΕΝΟ



Το κείμενο είναι το βασικότερο ίσως συστατικό στις περισσότερες υπολογιστικές εφαρμογές αλλά στις πολυμεσικές εφαρμογές μπορεί να υπάρχει, μπορεί όμως και να λείπει χωρίς να γίνεται αισθητή η απουσία του αφού αντικαθίσταται από ήχο, αφήγηση, εικόνα και βίντεο. Η ενσωμάτωση του κειμένου γίνεται πολύ εύκολα ακόμη και στο επίπεδο συγγραφής με τα σύγχρονα προγράμματα. Επώνυμα εργαλεία συγγραφής όπως το Author ware το Tool book και Director, περιλαμβάνουν αυτή τη δυνατότητα.

### ΕΙΚΟΝΑ



Η εικόνα είναι το πιο σημαντικό μέρος κάθε πολυμεσικής εφαρμογής. Η διαχείριση όμως της εικόνας έχει κάποιες δυσκολίες. Η εισαγωγή της εικόνας κατ' αρχήν στον υπολογιστή απαιτεί πρόσθετο εξοπλισμό, τον σαρωτή (scanner). Ο σαρωτής ψηφιοποιεί την εικόνα και έτσι επιτυγχάνεται η αποθήκευσή της. Επειδή η ψηφιοποίηση της εικόνας σε συνδυασμό με το βάθος χρώματος ( αριθμός χρωμάτων) δημιουργεί μεγάλο όγκο πληροφορίας και κατά

συνέπεια κόστος αποθήκευσης γι' αυτό υπάρχει λογισμικό που συμπιέζει την ψηφιοποιημένη εικόνα βελτιστοποιώντας το μέγεθος σε σχέση με την ποιότητα ανάπλασης της εικόνας και την προσαρμογή της στην εφαρμογή. Σε κάθε περίπτωση η σάρωση και η συμπίεση της εικόνας θα

πρέπει να δώσουν μορφοποίηση συμβατή με το εργαλείο συγγραφής. Υπάρχουν και έτοιμες βιβλιοθήκες με εικόνες σε διάφορες μορφοποιήσεις (jpeg, tiff, eps, κ.τ.λ.). Οι περισσότερες από τις εικόνες είναι έτοιμες για ενσωμάτωση στις πολυμεσικές εφαρμογές. Βέβαια η πιο εύκολη ενσωμάτωση ακίνητης εικόνας σε πολυμεσική εφαρμογή είναι αυτές που δημιουργούνται κατ' ευθείαν από τον υπολογιστή από προγράμματα γραφικών αρκεί η μορφοποίηση να είναι συμβατή με το εργαλείο συγγραφής.

## ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ( ANIMATION )

[5] Η κινούμενη εικόνα είναι γραφικά στον υπολογιστή που δημιουργούνται με πρόγραμμα δυοδιάστατης ή τρισδιάστατης προτυποποίησης. Τα προγράμματα αυτά δημιουργούν απλά γεωμετρικά σχήματα τα οποία περιστρεφόμενα δημιουργούν αντικείμενα. Για παράδειγμα, ένας κύκλος όταν περιστρέφεται γύρω από μια διάμετρο του δημιουργεί μια σφαίρα. Το αντικείμενο που προκύπτει αναγνωρίζεται πλέον από το πρόγραμμα ως μια ανεξάρτητη οντότητα.

Το επόμενο πρόβλημα που σχετίζεται με την κινούμενη εικόνα είναι η φωτορεαλιστική απεικόνιση (rendering). Για κάθε αντικείμενο θα πρέπει να υπολογιστεί η σκιά του ανάλογα με την γωνία παρατήρησης του αντικειμένου.

Η κίνηση του αντικειμένου επιτυγχάνεται στον υπολογιστή με την επανασχεδίαση και παρουσίαση του αντικειμένου σε ξεχωριστά πλάνα σ' όλες τις διαδοχικές θέσεις απ' όπου θα περάσει το αντικείμενο. Ο οφθαλμός του ανθρώπου παρατηρεί συνεχή κίνηση και όχι μεμονωμένα πλάνα εφ' όσον εμφανίζονται 15 πλάνα το δευτερόλεπτο. Βέβαια για φωτορεαλιστική παρουσίαση για κάθε πλάνο θα πρέπει να επανασχεδιάζεται και η φωτοσκίαση. Για κίνηση 5 δευτερολέπτων υπολογίζονται 75 διαφορετικές εικόνες που θα δώσουν την εντύπωση συνεχούς κίνησης. Είναι λοιπόν, χρονοβόρα και χωροβόρα διεργασία η κινούμενη εικόνα και γι' αυτό χρησιμοποιούνται ειδικοί υπολογιστές (graphics workstations) που διαθέτουν τους ισχυρούς επεξεργαστές RISC και κατά συνέπεια μεγάλη υπολογιστική ικανότητα. Στο τέλος το αποτέλεσμα εισάγεται στο περιβάλλον συγγραφής.

## ΒΙΝΤΕΟ



[5] Το video είναι το πιο εντυπωσιακό μέσο μιας πολυμεσικής εφαρμογής. Όμως είναι και το πιο προβληματικό σε χειρισμό επειδή ακόμη η τεχνολογία δεν μπορεί ν' ανταποκριθεί αποτελεσματικά στις απαιτήσεις μιας ποιοτικής αναπαραγωγής, δηλ:

- μέγεθος εικόνας με ικανοποιητική ευκρίνεια,
- αρκετά και καθαρά χρώματα,
- ομαλή κίνηση,
- μικρό μέγεθος αρχείου στο δίσκο.

Η εισαγωγή του βίντεο γίνεται με μια διάταξη που λέγεται ψηφιοποιητής (digitizer). Από την αναλογική βιντεοεικόνα με τη μέθοδο της δειγματοληψίας λαμβάνουμε ψηφιακή εικόνα και με τεχνικές συμπίεσης να καταλήξουμε σε αρχείο στο δίσκο το οποίο αφού εμπλουτιστεί με ήχο, προστεθούν εφέ, με το εργαλείο συγγραφής εισάγεται στην πολυμεσική εφαρμογή. Οπωσδήποτε η συμπίεση προκαλεί απώλεια στην ποιότητα του βίντεο που επανασυντίθεται και παίζεται στη πολυμεσική εφαρμογή, αλλά αποτελεί τον μόνο τρόπο αντιμετώπισης του πολύ μεγάλου αρχικού όγκου δεδομένων.





[15] Το τελικό πολυμεσικό προϊόν πρέπει να πλαισιωθεί με ήχο που αποτελεί και το «γέμισμα» της πολυμεσικής εφαρμογής.

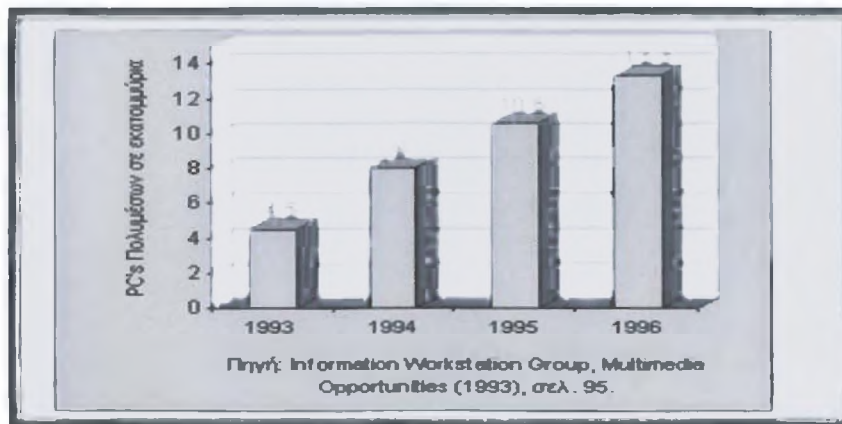
Ο ήχος εισάγεται στον υπολογιστή με παρόμοιο τρόπο όπως και το βίντεο. Μάλιστα και από πλευράς ποιότητας και μέγεθος αρχείου η όλη κατάσταση είναι καλύτερη. Και στον ήχο έχουμε ψηφιοποίηση και συμπίεση των δεδομένων και με προγράμματα επεξεργασίας ήχου μπορούμε να προσθέσουμε εφέ και να βελτιώσουμε κάποιους ήχους.

### 1.8 ΓΙΑΤΙ ΤΑ ΠΟΛΥΜΕΣΑ ΕΙΝΑΙ ΤΟΣΟ ΔΗΜΟΦΙΛΗ;

[15] Όπως θα δούμε σε επόμενα κεφάλαια, τα πολυμέσα αποδεικνύονται στην πράξη πάρα πολύ απαιτητικά σε εξοπλισμό. Η διαρκής εμφάνιση νέων αλλά και πιο απαιτητικών εφαρμογών πολυμέσων, οδηγεί πολλούς σε αναβαθμίσεις των συστημάτων τους, χωρίς να είναι σαφές αν γίνεται και απόσβεση των χρημάτων. Γεννιέται δηλαδή το ερώτημα, αν τα πολυμέσα είναι δημοφιλή γιατί είναι χρήσιμα ή πρόκειται για ένα ακόμα τέχνασμα των εταιρειών που ψάχνουν νέους τρόπους να προωθήσουν τη νέα τεχνολογία τους.

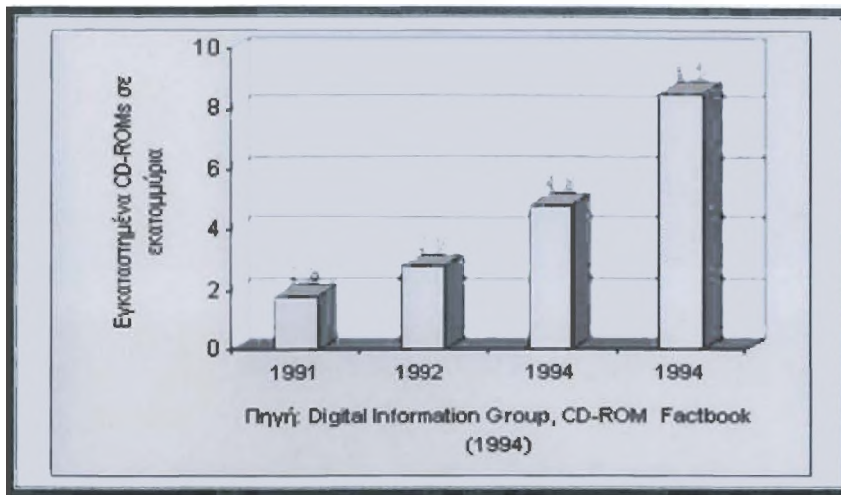
### Η ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

[15] Στα Σχήματα 1.2 έως 1.3 παρουσιάζονται μερικά διαγράμματα σχετικά με την ταχύτητα ανάπτυξης και διάδοσης των συστημάτων πολυμέσων. Όπως είναι αυτονόητο, δεν υπάρχει ακριβής τρόπος να μετρηθεί ακριβώς η ανάπτυξη μιας τόσο σύνθετης τεχνολογίας. Τα παρακάτω διαγράμματα αφορούν κάποια μεγέθη που σχετίζονται άμεσα με την τεχνολογία των πολυμέσων και άρα μπορούν να μας δώσουν μια εικόνα της πραγματικότητας.



-ΣΧΗΜΑ 1.2 ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΠΡΟΣΩΠΙΚΩΝ Η/Υ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ-

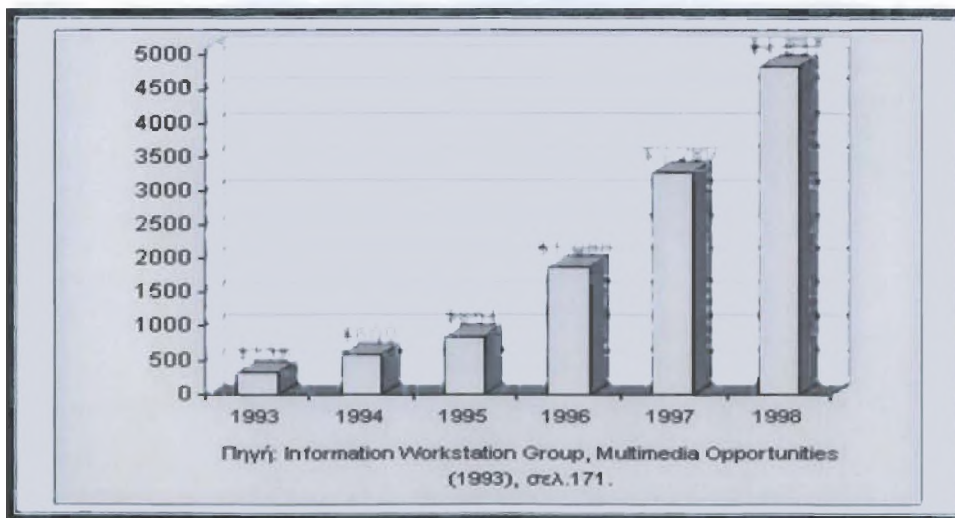
Τα υπάρχοντα δεδομένα και οι προβλέψεις για το μέλλον αποδεικνύουν ότι τα πολυμέσα είναι μια από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες αγορές στο κόσμο σήμερα. Το Information Workstation Group (1993) προβλέπει ότι η βιομηχανία των πολυμέσων θα έχει δυναμικό \$30 δις. Μέχρι το 1998. Οι τρεις μεγαλύτερες εφαρμογές θα είναι: η ψυχαγωγία (\$9,1 δις.), οι εκδόσεις (\$4,7 δις.) και η εκπαίδευση (\$4,3 δις.).



-ΣΧΗΜΑ 1.3 ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΒΑΣΗ ΟΔΗΓΩΝ CD-ROM-

Επιπλέον, η online υπηρεσίες πολυμέσων βρίσκονται σε άνθηση. Οι εγγεγραμμένοι αυξήθηκαν κατά 28% το 1993 και έφτασαν το αριθμό των τεσσάρων εκατομμυρίων. Προβλέπεται ότι η δυναμικότητα της αγοράς θα αυξηθεί από \$530 εκατ. το 1994, σε \$3 δις. Μέχρι το 1998. Επειδή μόλις το 13% των οικιακών προσωπικών υπολογιστών χρησιμοποιούν μια τέτοια υπηρεσία, υπάρχει πολύ μεγάλο περιθώριο για αύξηση.

Οι εντυπωσιακοί αυτοί αριθμοί γεννούν μερικά ερωτήματα: Είναι αυτή η αλματώδης ανάπτυξη δικαιολογημένη; Χρειαζόμαστε πράγματι τα πολυμέσα ή πρόκειται για ένα ακόμα τέχνασμα των εταιρειών που δημιουργούν νέες αγορές και εφαρμογές για να αξιοποιήσουν την τεχνολογία τους. Τα ερωτήματα αυτά θα μας απασχολήσουν στις ακόλουθες παραγράφους.



-ΣΧΗΜΑ 1.4 ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΩΝ ΕΤΑΙΡΙΩΝ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ-

## 1.9 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

[15] Κατά την διάρκεια αυτού του αιώνα οι τεχνολογικές πρόοδοι επέφεραν μια σημαντική μείωση στο κόστος παραγωγής και διανομής της πληροφορίας. Το γεγονός αυτό είχε ως συνέπεια τον πολλαπλασιασμό των τύπων και της ποσότητας της πληροφορίας στην οποία βρισκόμαστε εκτεθειμένοι. Μάλιστα, η αύξηση αυτή έχει φτάσει σε τέτοιους βαθμούς που ο αποτελεσματικός και οικονομικός χειρισμός της πληροφορίας αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιβίωση μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού ή ακόμα και για την ασφάλεια ενός κράτους. Το πρόβλημα του αποτελεσματικού χειρισμού της πληροφορίας έχει τρεις πτυχές:

- ◊ Πρώτα, τίθεται το θέμα της αξιολόγησης της πληροφορίας και του φιλτραρίσματος της πιο χρήσιμης.
- ◊ Στη συνέχεια, ζητούνται οικονομικά μέσα ταξινόμησης, αποθήκευσης και αναζήτησης των τεράστιων όγκων πληροφορίας που λαμβάνονται.
- ◊ Τέλος, κάθε είδος πληροφορίας πρέπει να φτάνει μόνο σε αυτούς που τη χρειάζονται. Αναζητείται δηλαδή επιλεκτικότητα στη διανομή.

Τα πολυμέσα εισάγουν νέες μορφές απεικόνισης της πληροφορίας γεγονός που εμπεριέχει το κίνδυνο επιδείνωσης της κατάστασης. Παράλληλα όμως ανοίγουν και νέους ορίζοντες για την διαχείριση της πληροφορίας που μπορούν να αντισταθμίσουν τις αρνητικές αυτές συνέπειες. Ας δούμε γιατί.

Όπως ειπώθηκε στην αρχή και θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο, τα πολυμέσα ενοποιούν όλους του τύπους της πληροφορίας μέσω της ψηφιακής αναπαράστασης και τους θέτουν υπό τον έλεγχο του υπολογιστή. Έτσι είναι δυνατή η δημιουργία εφαρμογών που μπορούν να χειριστούν κάθε είδους πληροφορία με τρόπο αυτόματο και βελτιστοποιημένο όσον αφορά στο κόστος και στην ταχύτητα. Αυτές οι εφαρμογές υπάρχουν και δεν απευθύνονται μόνο στη νέα πληροφορία που δημιουργείται εξ' αρχής σε ψηφιακή μορφή, αλλά και στην ήδη υπάρχουσα που βρίσκεται σε χαρτί.

Ένας άλλος τρόπος με τον οποίο τα πολυμέσα βοηθούν να ανταπεξέλθουμε σε αυτήν την πληροφοριακή υπερφόρτωση, είναι η διευκόλυνση της μετατροπής της πληροφορίας σε γνώση. Σε μια έρευνα που έγινε από τον Szurrowicz βρέθηκε ότι το 80% της γνώσης μας τη λαμβάνουμε μέσω της όρασης, το 11% μέσω της ακοής, το 3,5% μέσω της οσμής και το 1,5% μέσω της αφής και της γεύσης. Επίσης, συγκρατούμε το 20% αυτών που βλέπουμε, το 20% (Fetterman and Gurta) έως 30% (Szurrowicz) αυτών που ακούμε και το 40% έως 50% αυτών που ταυτόχρονα βλέπουμε και ακούμε. Δηλαδή από το πλήθος των εικόνων και ήχων στο οποίο βρισκόμαστε εκτεθειμένοι πολύ λίγα φτάνουν στην μακροπρόθεσμη μνήμη.

Αντίθετα, φτιάχνοντας συστήματα πολυμέσων που αναπαριστούν την πληροφορία συνδυάζοντας εικόνα και ήχο, μπορούμε να διευκολύνουμε σε μεγάλο βαθμό τις διαδικασίες κατανόησης και απομνημόνευσης. Με αυτόν τον τρόπο έχει δοθεί μεγάλη ώθηση στις εφαρμογές εκπαίδευσης μέσω υπολογιστή έναν από τομέα που όπως θα δούμε υπόσχεται πολλά για το μέλλον. Αλλά και οι κλασσικές εφαρμογές, π.χ. επεξεργασία κειμένου, λογιστικά φύλλα (spreadsheets) κλπ., αποκτούν μεγαλύτερη ευχρηστία και αποτελεσματικότητα κάνοντας χρήση τεχνικών δανεισμένες από τα πολυμέσα. Έτσι, γίνεται πιο εύκολη η χρήση τους από ανθρώπους που αντιμετώπιζαν δυσκολίες προσαρμογής στη τεχνολογία των υπολογιστών.

Υπάρχουν βέβαια και πολλές εντελώς νέες εφαρμογές που στηρίζονται στα πολυμέσα σε συνδυασμό και με άλλες τεχνολογίες όπως η τηλεδιάσκεψη, η τηλεϊατρική, η εργασία από το σπίτι και οι τηλεαγορές. Περισσότερα για αυτές τις εφαρμογές των πολυμέσων θα πούμε στο τρίτο μέρος των σημειώσεων.

## 1.10 ΘΕΜΑΤΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

[13] Το κείμενο είναι το κύριο μέσο για την παρουσίαση πληροφοριών βασισμένων σε υπολογιστή και μπορεί να πάρει τη βασική μορφή (plain text) στην οποία είναι συνηθισμένος ένας χειριστής υπολογιστών ή να αναλάβει την εμφάνιση συμβατικών βιβλίων και περιοδικών (rich text). Σε σύγκριση με την παραδοσιακή επεξεργασία κειμένου και δεδομένων, τα αντικείμενα πολυμέσων είναι συνήθως πολύ μεγάλα σε μέγεθος και μπορούν να περιέχουν εικόνες, γραφικά, κινούμενα σχέδια, βίντεο, ήχο και συνιστώσες οπτικοποίησης. Στην περίπτωση μερικών στοιχείων πολυμέσων τα οποία είναι ευαίσθητα στο χρόνο, η μετάδοση διαμέσου ενός δικτύου πρέπει να είναι συνεχής. Λόγω του μεγέθους τους, ο χειρισμός τέτοιων αντικειμένων πολυμέσων είναι

πρακτικά αδύνατος χωρίς συμπίεση, αλλά αυτό παρουσιάζει από μόνο του επιπλέον καθυστερήσεις και πολυπλοκότητα στο σύστημα.

Επιχειρήσεις που αλληλεπιδρούν πρέπει να μεταδίδουν multimedia δεδομένα διαμέσου διαφορετικών και συχνά ασταθών LAN και WAN που συνδέουν ανόμοια συστήματα τα οποία, παρ' όλα αυτά, πρέπει να εμφανίζονται αμετάβλητα και συνεχή στον τελικό χρήστη. Αυτό απαιτεί σύνθετη επεξεργασία δεδομένων που αφορούν στο δίκτυο. Τέτοιες απαιτήσεις αντιμετωπίζονται με υψηλής απόδοσης υλικό, προϊόντα multiprotocol internetworking και πρότυπα διεθνούς μετάδοσης βίντεο και χειρισμού. Πολλά από αυτά τα πρότυπα είναι ακόμη στο στάδιο ανάπτυξης, αλλά οι πωλητές αναπτύσσουν νέα προϊόντα τα οποία μπορούν να χειριστούν τους όλο και περισσότερο πολύπλοκους τύπους δεδομένων που αποτελούν χαρακτηριστικό των multimedia επικοινωνιών

[1] Επομένως η μετάδοση υλικού πολυμέσων δεν είναι δυνατή σε ασυμπίεστη μορφή. Η μόνη λύση είναι η μαζική συμπίεση. Οι έρευνες πάνω στο θέμα οδήγησαν σε πολλές τεχνικές συμπίεσης και αλγόριθμους που καθιστούν δυνατή τη μετάδοση πολυμέσων.

Όλα τα συστήματα συμπίεσης απαιτούν δύο αλγόριθμους : έναν για συμπίεση στην πηγή και έναν για αποσυμπίεση στον προορισμό τους. Οι αλγόριθμοι αυτοί ονομάζονται αλγόριθμοι **κωδικοποίησης(encoding)** και **αποκωδικοποίησης(decoding)**, αντίστοιχα.

Αυτοί οι αλγόριθμοι έχουν μερικές ασυμμετρίες :

Πρώτων, για πολλές εφαρμογές, ένα έγγραφο πολυμέσων π.χ., μια ταινία θα κωδικοποιηθεί μια μόνο φορά όταν αποθηκεύεται στον εξυπηρετητή πολυμέσων αλλά θα αποκωδικοποιηθεί χιλιάδες φορές (όταν την βλέπουν οι θεατές). Αυτή η ασυμμετρία σημαίνει ότι είναι επιτρεπτό να είναι αργός ο αλγόριθμος κωδικοποίησης και να απαιτεί ακριβό υλικό υπό την προϋπόθεση ότι ο αλγόριθμος αποκωδικοποίησης είναι γρήγορος και δεν απαιτεί ακριβό υλικό. Πολλά πρακτικά συστήματα συμπίεσης προτιμούν να κάνουν γρήγορη και απλή αποκωδικοποίηση ακόμη και με τίμημα την αργή και πολύπλοκη κωδικοποίηση .Αυτό γιατί ένας φορέας του εξυπηρετητή πολυμέσων έχει την δυνατότητα να ενοικιάσει έναν υπέρ-υπολογιστή για να κωδικοποιήσει όλη του τη βιβλιοθήκη βίντεο αλλά το να απαιτείται να ενοικιάσει ένας καταναλωτής ένα τέτοιο υπέρ-υπολογιστή για να δει μια ταινία δεν είναι εφικτό.

Από την άλλη πλευρά για πολυμέσα πραγματικού χρόνου, όπως η τηλεδιάσκεψη, η αργή κωδικοποίηση δεν είναι αποδεκτή. Η κωδικοποίηση πρέπει να γίνει γρήγορα , σε πραγματικό χρόνο. Συνεπώς τα πολυμέσα πραγματικού χρόνου χρησιμοποιούν άλλους αλγόριθμους.

Μια δεύτερη ασυμμετρία είναι ότι η διαδικασία κωδικοποίησης/ αποκωδικοποίησης δεν χρειάζεται να είναι αντιστρέψιμη. Όταν ένα αρχείο συμπιέζεται, μεταφέρεται και στη συνέχεια αποσυμπίεζεται, τότε ο χρήστης περιμένει ότι θα πάρει το πρωτότυπο ίδιο μέχρι και το τελευταίο bit. Αυτό στα πολυμέσα δεν υφίσταται αλλά είναι αποδεκτό ότι το τελικό σήμα βίντεο θα είναι λίγο διαφορετικό μετά την διαδικασία κωδικοποίησης/ αποκωδικοποίησης. Όταν αυτό συμβαίνει τότε το σύστημα λέγεται ότι είναι **με απώλειες (lossy)**. Εάν η είσοδος είναι ίδια με την έξοδο τότε το σύστημα λέγεται **χωρίς απώλειες (lossless)**. Τα συστήματα χωρίς απώλειες είναι σημαντικά γιατί όταν δεχόμαστε την απώλεια μιας μικρής ποσότητας πληροφορίας ,το αντάλλαγμα μπορεί να είναι τεράστιο σε σχέση με το λόγο συμπίεσης.

### 1.11 Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΕΙΡΙΣΜΟ ΠΟΛΥΠΛΟΚΩΝ ΤΥΠΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

[13] Τα αντικείμενα πολυμέσων επιβάλλουν αρκετές λειτουργικές απαιτήσεις στην υποδομή της επεξεργασίας δεδομένων σαν αποτέλεσμα της ανάγκης για χειρισμό πολύ μεγάλων και πολύπλοκων τύπων δεδομένων. Αυτά παρουσιάζουν ειδικά θέματα αναπαράστασης, παραποίησης, διαχείρισης και αποθήκευσης δεδομένων. Το παλαιάς τεχνολογίας υλικό και λογισμικό και τα συστήματα πελάτη-εξυπηρετητή (server-client) σήμερα δεν είναι σχεδιασμένα για

να χειρίζονται μαζικούς τύπους multimedia δεδομένων και πρέπει να εμπλουτιστούν με επιπρόσθετο υλικό και λογισμικό ή να αντικατασταθούν με νέες συσκευές με ενσωματωμένες multimedia δυνατότητες.

Η μετάδοση και αποθήκευση τέτοιων συμπαγών και μη δομημένων δεδομένων, ειδικά σε δικτυωμένες εφαρμογές πολλών χρηστών, μπορούν να δημιουργήσουν ταινίες ασφαλείας σε πολλά υπάρχοντα συστήματα των οποίων η χωρητικότητα του εύρους ζώνης είναι συχνά ανεπαρκής να χειρίζεται εντάσεις οι οποίες συχνά λειτουργούν σε mode πραγματικού χρόνου.

Σαν αποτέλεσμα, υπάρχει ανάγκη για hardware και software λύσεις οι οποίες πρέπει να περιέχουν χαρακτηριστικά για χειρισμό μετάδοσης και αποθήκευσης συμπαγών multimedia δεδομένων χωρίς να βλάπτουν την απόδοση του όλου συστήματος.

Οι interactive εφαρμογές πολυμέσων δεν μπορούν να υπάρξουν χωρίς τη συμπίεση και την αποσυμπίεση στην ανταλλαγή πολυμέσων. Το υπαρκτό υλικό και τα δίκτυα μπορεί να έχουν επαρκές εύρος ζώνης για να χειριστούν τη μετάδοση βίντεο, αλλά αυτές οι δυνατότητες μπορούν να μελετούνται μαζί με όλες τις άλλες διακινήσεις στα δίκτυα LAN και WAN τα οποία πρέπει να εξυπηρετούνται ταυτόχρονα. Αυτά τα δίκτυα ραγδαία έρχονται στον κορεσμό ακόμη και χωρίς τη διακίνηση πολυμέσων καθώς ο αριθμός των χρηστών και η διακίνηση δεδομένων αυξάνεται σε σημείο που η απαίτηση χρόνου γίνεται αφόρητη.

Τα πολυάριθμα σχέδια συμπίεσης και αποσυμπίεσης υπάρχουν και αυτό κάνει την επεξεργασία των πολυμέσων μια πρακτική πραγματικότητα χρησιμοποιώντας υλικό, λογισμικό ή και συνδυασμό των δύο. Τα δεδομένα βίντεο μπορούν να συμπιεστούν σε πραγματικό χρόνο αφού πρώτα συλληφθούν και ψηφιοποιηθούν ή αφού αποθηκευθούν σε ένα σύστημα. Η αποθήκευση συνεπάγεται ότι επαρκής και γρήγορη αποθηκευτική ικανότητα είναι διαθέσιμη μέσα στο σύστημα.

Η συμπίεση βίντεο εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι το ανθρώπινο μάτι είναι λιγότερο ευαίσθητο στις διακυμάνσεις του χρώματος και των σχημάτων από ότι στη λάμψη της εικόνας. Η συμπίεση συνεπώς βασίζεται στην επινόηση αλγορίθμων οι οποίοι συνοψίζουν μέσα στο ψηφιακό βίντεο όλες τις λεπτομέρειες οι οποίες δε γίνονται αντιληπτές κανονικά από το ανθρώπινο μάτι. Αυτό επιτρέπει σε κάθε πλαίσιο βίντεο να περιέχει λιγότερα δεδομένα, δηλαδή μειώνεται το μέγεθος της αποθήκευσης, επιταχύνεται η μετάδοση της εικόνας, και οδηγεί σε συμπίεση των πλαισίων.

Υπάρχουν δύο φόρμες συμπίεσης που χρησιμοποιούνται σήμερα. Η συμμετρική συμπίεση παίρνει τον ίδιο χρόνο για συμπίεση και αποσυμπίεση. Η ασυμμετρική συμπίεση παίρνει περισσότερο χρόνο για να κωδικοποιήσει αλλά συνήθως οδηγεί σε υψηλά ποσοστά συμπίεσης και σε καλύτερη ποιότητα εξόδου. Υπάρχουν επίσης ειδικά σχέδια συμπίεσης χρησιμοποιώντας κλασματικά αντικείμενα τα οποία θεωρητικά μπορούν να φτάσουν ποσοστά συμπίεσης της τάξης 10000:1 αλλά παίρνουν πολύ χρόνο για να διεκπεραιωθούν ώστε να αποκτήσουν αξία σε απρόβλεπτες μεταδόσεις όπως οι διασκέψεις πολυμέσων πραγματικού χρόνου.

Η βασική λειτουργία της ψηφιακής συμπίεσης είναι η αναγνώριση και η εξάλειψη των περιττών δεδομένων μέσα αλλά και μεταξύ των διαδοχικών πλαισίων, αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των δεδομένων που πρέπει να μεταδοθούν. Το ανθρώπινο μάτι έχει δυσκολία στο να αντιληφθεί τις αλλαγές από το ένα πλαίσιο στο άλλο. Η εξάλειψη των περιττών δεδομένων μεταξύ των πλαισίων και η κωδικοποίηση μόνο των αλλαγών είναι γνωστή ως interframe συμπίεση, η οποία επιτρέπει πολύ υψηλότερα ποσοστά συμπίεσης. Η interframe συμπίεση συγκρίνει τα δεδομένα στα συνεχόμενα πλαίσια ενώ η intraframe συμπίεση αναλύει τις παρόμοιες εμφανιζόμενες περιοχές μέσα σε ένα πλαίσιο. Και οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούνται στα σχέδια συμπίεσης όπως τα JPEG, MPEG και το ψηφιακό interactive βίντεο (DVI).

Τα σχέδια συμπίεσης διακρίνονται σε lossy και lossless και αυτό εξαρτάται από το αν όλα τα αρχικά δεδομένα αποκαθίστανται μετά την αποσυμπίεση. Οι περισσότερες μορφές συμπίεσης είναι της μορφής lossy αλλά το μέγεθος των χαμένων δεδομένων ποικίλει ανάλογα με το ρυθμό των πλαισίων, το τελικό μέγεθος της εικόνας, το βάθος χρώματος, την εμβέλεια των συχνοτήτων ήχου αλλά και από παράγοντες όπως η αδρότητα και η αντίθεση της εικόνας. Αυτό σημαίνει ότι

πολλές ανταλλαγές μπορούν να γίνουν μεταξύ της αναλογίας συμπίεσης και της αποδεκτής ποιότητας.

Ο κώδικας συμπίεσης και αποσυμπίεσης μπορεί να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας ειδικά DSP μικροσίπ, ρουτίνες λογισμικού, ή και συνδυασμό και των δύο. Ο χρόνος επεξεργασίας του κώδικα είναι καθοριστικό σημείο στον υπολογισμό της καθυστέρησης ή της λανθάνουσας κατάστασης στις μεταδόσεις interactive βίντεο. Η ύπαρξη τους συνεισφέρει στην καθυστέρηση κατά τη διάρκεια της μετάδοσης, της λήψης και σε άλλα στάδια όπου η διαδικασία συμπίεσης πρέπει να λάβει χώρα. Αυτή η καθυστέρηση δεν είναι πολύ καθοριστική στις εφαρμογές βίντεο αποθήκευσης και προώθησης, αλλά μελέτες έχουν δείξει ότι αθροιστικά η καθυστέρηση δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 100 ms σε ένα μονό κανάλι για ιδανική λειτουργία.

Όπως αναφέρεται και πιο πάνω τα πολυμέσα ενοποιούν πολλούς τύπους δεδομένων όπου ο καθένας τους παρουσιάζει διαφορετικές απαιτήσεις και ιδιαιτερότητες. Επομένως θα πρέπει να εξετάσουμε πιο εποπτικά τον καθένα από τους τύπους που τα multimedia συμπεριλαμβάνουν και το πώς θα πρέπει να χειριστούμε τα δεδομένα αυτά κατά την κωδικοποίηση και την μετάδοση τους έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις ποιότητας QoS.

### 1.12 QOS ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΓΓΥΗΣΗ

[16] Ένας τυπικός ορισμός για την έννοια της ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service - QoS) είναι: η ικανότητα ενός στοιχείου του δικτύου να παρέχει ένα επίπεδο διαβεβαίωσης (εγγύησης) σε ένα υποσύνολο κίνησης ότι οι απαιτήσεις υπηρεσίας της μπορεί να επιτευχθούν με συγκεκριμένη (πολύ μεγάλη) πιθανότητα. Ουσιαστικά οι μηχανισμοί της ποιότητας υπηρεσίας δεν παρέχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα στο δίκτυο ή κάτι παρόμοιο, αλλά απλώς κάνουν καλύτερη διαχείριση του δικτύου ώστε να χρησιμοποιείται πιο αποδοτικά και σύμφωνα με τις απαιτήσεις των εφαρμογών.

Ροές δεδομένων πολυμέσων απαιτούν συνολικές QoS εγγυήσεις σχετικά με το εύρος ζώνης, την καθυστέρηση, και την διαταραχή καθυστέρησης. Για να ικανοποιήσει αυτές τις απαιτήσεις, ένα σύστημα μεταφοράς πρέπει να παρέχει ένα μηχανισμό στις εφαρμογές ώστε να μπορούν να καθορίζουν και να διαπραγματεύονται QoS απαιτήσεις.

Μια εφαρμογή μπορεί να καθορίζει τον απαιτούμενο χαρακτηρισμό κυκλοφορίας (χρησιμοποιώντας πολλαπλές παραμέτρους ή καθορίζοντας έναν διαμορφωτή κυκλοφορίας με κάποιες παραμέτρους). Σε αυτή την περίπτωση αυτές οι παράμετροι μπορούν να περαστούν απευθείας στο επίπεδο δικτύου. Εναλλακτικά, μια εφαρμογή μπορεί να καθορίζει την κυκλοφορία χρησιμοποιώντας έναν αναγνωριστή περιγραφής κυκλοφορίας, όπως "εικόνα ποιότητας τηλεόρασης" και "ήχος ποιότητας ραδιοφώνου". Στην περίπτωση αυτή, το πρωτόκολλο μεταφοράς πρέπει να μετασχηματίσει τον αναγνωριστή περιγραφής σε ένα σύνολο από QoS παραμέτρους. Γενικά δεν υπάρχει ομοφωνία σχετικά με το ποια μέθοδος προτιμάται: ένα πρωτόκολλο μεταφοράς μπορεί να χρειάζεται να παρέχει και τις δύο μεθόδους. Όταν απαιτείται μια τυπική κυκλοφορία, χρησιμοποιείται η δεύτερη μέθοδος: αλλιώς η πρώτη. Σε κάθε περίπτωση, ακόμα δεν γνωρίζουμε το καλύτερο σύνολο παραμέτρων και τις τιμές τους ώστε να περιγράψουμε γενική, κατά ριπές κυκλοφορία.

Οι QoS απαιτήσεις που δίνονται στο πρωτόκολλο μεταφοράς περνιούνται στο πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου. Το πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου, το οποίο καλείται πρωτόκολλο δέσμευσης, διαδίδει αυτές τις απαιτήσεις και δεσμεύει τους απαραίτητους πόρους πάνω από μια σύνδεση δικτύου. Αυτή η σύνδεση συχνά είναι μια multicast σύνδεση σε εφαρμογές πολυμέσων.

Η παροχή QoS εγγυήσεων απαιτεί τη συνεργασία όλων των υποσυστημάτων ενός συστήματος μεταφοράς, περιλαμβάνοντας εκτέλεση της στοίβας μεταφοράς, διαχείριση πόρων, έλεγχο της πρόσβασης στο δίκτυο, και διαχείριση ουρών σε διακόπτες (switches) δικτύου. Για να παρέχεται συνολική εγγύηση α πόδοσης, θα πρέπει επίσης να είναι εγγυημένη η απόδοση της εκτέλεσης

στοίβας μεταφοράς. Μέρος της στοίβας μεταφοράς (περιλαμβανομένου του πρωτοκόλλου μεταφοράς, του πρωτοκόλλου δικτύου, και άλλων πρωτοκόλλων χαμηλότερου επιπέδου) είναι υλοποιημένη σε λογισμικό στους υπολογιστές του δικτύου. Η εκτέλεση του λογισμικού αυτού ελέγχεται από το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή. Για να είναι εγγυημένη η απόδοση της εκτέλεσης της στοίβας μεταφοράς, απαιτείται ένα λειτουργικό σύστημα που μπορεί να παρέχει QoS εγγυήσεις στις εφαρμογές πολυμέσων. Το λειτουργικό σύστημα θα πρέπει επίσης να μπορεί να υποστηρίξει υπάρχουσες εφαρμογές. Αυτό το κεφάλαιο εστιάζει σε πρωτόκολλα μεταφοράς και πρωτόκολλα δέσμευσης.

### 1.13 ΜΙΑ ΣΥΝΤΟΜΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ MULTIMEDIA ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

#### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

[15] Με βάση τον παραπάνω ορισμό, προκύπτουν τέσσερα χαρακτηριστικά για τα συστήματα πολυμέσων που μας ενδιαφέρουν:

- **Πρέπει να ελέγχονται από υπολογιστή.** Δηλαδή η παρουσίαση της πληροφορίας γίνεται μέσω του υπολογιστή και ελέγχεται από αυτόν.
- **Είναι ολοκληρωμένα (integrated).** Η ολοκλήρωση υπονοεί ότι ο αριθμός των υποσυστημάτων είναι κατά το δυνατόν ελάχιστος και ενσωματωμένος στον υπολογιστή. Παράδειγμα ολοκλήρωσης αποτελεί ή οθόνη του υπολογιστή που χρησιμοποιείται για την απεικόνιση κειμένου, εικόνας και βίντεο.
- **Η πληροφορία πρέπει να είναι σε ψηφιακή μορφή.** Το χαρακτηριστικό αυτό είναι απόρροια της απαίτησης για έλεγχο και παρουσίαση μέσω υπολογιστή. Το πως γίνεται η μεταφορά κάθε τύπου πληροφορίας σε ψηφιακή μορφή, καθώς και τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής αναπαράστασης της πληροφορίας θα εξεταστούν στο επόμενο κεφάλαιο.
- **Το interface με το χρήστη πρέπει να επιτρέπει αλληλεπίδραση (interaction).** Αν και δεν περιλαμβάνεται ευθέως στον ορισμό, η δυνατότητα αυτή επιτρέπει την δημιουργία εφαρμογών με περισσότερες δυνατότητες από την απλή παρουσίαση της πληροφορίας (όπως γίνεται για παράδειγμα μέσω ενός video-player ή ενός CD-player) και είναι ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των ελεγχόμενων μέσω υπολογιστή πολυμέσων.

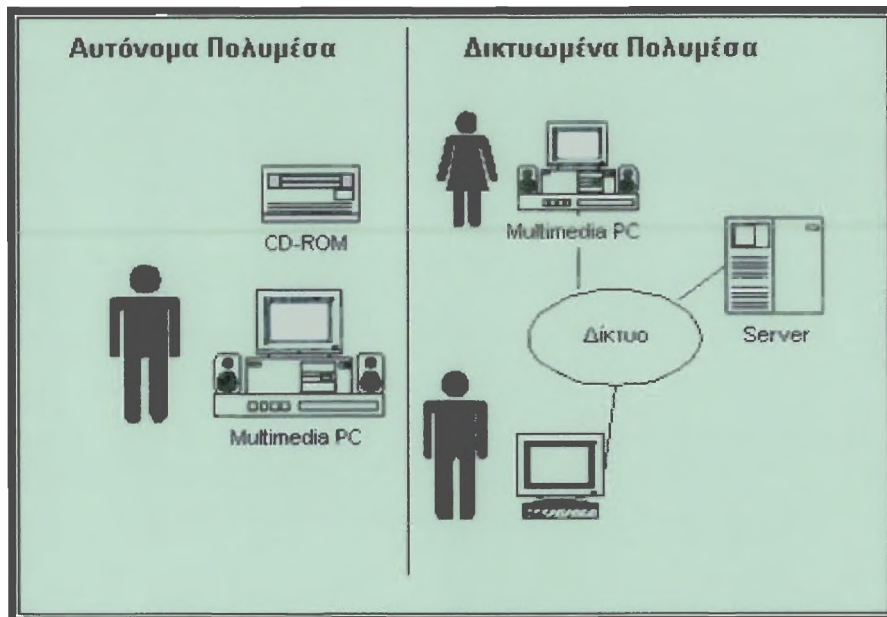
#### ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΟΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΣΑ

[15] Ο όρος αυτόνομα ή τοπικά πολυμέσα αναφέρεται σε εφαρμογές που χρησιμοποιούν μόνο τον υπολογιστή στον οποίο τρέχουν. Κατά συνέπεια, ο υπολογιστής αυτός πρέπει να έχει όλες τις απαραίτητες υπομονάδες όπως:

- επεξεργαστή (όχι τερματικό δηλαδή),
- ικανό υποσύστημα γραφικών και ήχου,
- ηχεία, μικρόφωνο,
- αρκετά αποθηκευτικά μέσα,
- κάποιας μορφής οπτικό δίσκο συνήθως CD-ROM.

Πολλές όμως φορές είναι επιθυμητό οι εφαρμογές πολυμέσων να επικοινωνούν μέσω δικτύου με άλλους υπολογιστές για δύο λόγους:

- ▶ Την υποστήριξη εφαρμογών οι οποίες είναι εγγενώς δικτυακές. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο πολυμέσων και η τηλεδιάσκεψη.
- ▶ Την υλοποίηση του μοντέλου πελάτη-εξυπηρετητή(client-server). Πολλές φορές αν και μια εφαρμογή πολυμέσων μπορεί κάλλιστα να υλοποιηθεί σε έναν υπολογιστή μόνο, για λόγους οικονομίας του υλικού, είναι επιθυμητό να μπορεί να αξιοποιεί και υποσυστήματα που ανήκουν σε άλλους υπολογιστές. Χαρακτηριστική περίπτωση είναι η ύπαρξη ενός υπολογιστή με μεγάλα αποθηκευτικά μέσα (εξυπηρετητής) προσπελάσιμα μέσω δικτύου και από άλλους υπολογιστές με περιορισμένες δυνατότητες αποθήκευσης (πελάτες).



-ΣΧΗΜΑ 1.5 ΔΙΚΤΥΩΜΕΝΑ ΚΑΙ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΠΟΛΥΜΕΣΑ-

#### 1.14 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

##### ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ ΕΛΕΓΧΟΝΤΕ ΑΠΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

[15] Τα συστήματα πολυμέσων απαιτούν την παρουσίαση της πληροφορίας μέσω υπολογιστή. Όπως είναι γνωστό, οι υπολογιστές χειρίζονται δεδομένα που βρίσκονται σε ψηφιακή μορφή, δηλαδή που αναπαρίστανται με ακολουθίες των ψηφίων 0 και 1. Επειδή κάθε είδος πληροφορίας μπορεί να παρασταθεί με μια τέτοια ακολουθία δυαδικών ψηφίων, ένα σύστημα πολυμέσων που ελέγχεται από υπολογιστή μπορεί θεωρητικά να συμπεριλάβει όλους τους τύπους πληροφορίας. Πρακτικά, τίθενται κάποιοι περιορισμοί γιατί όπως θα δούμε παρακάτω, η ψηφιακή αναπαράσταση ορισμένων ειδών πληροφορίας (πχ κινούμενη εικόνα) απαιτεί πολύ χώρο. Η πρόοδος στον τομέα της συμπίεσης και των αποθηκευτικών μέσων τείνουν να εξαλείψουν αυτούς τους περιορισμούς, οπότε μπορούμε με ασφάλεια να πούμε ότι στο μέλλον ένα σύστημα πολυμέσων ελεγχόμενο από υπολογιστή θα μπορεί εύκολα να χειριστεί οποιοδήποτε είδος πληροφορίας.

Συνήθως, ένα σύστημα πολυμέσων αποτελείται από έναν ή περισσότερους υπολογιστές για την παρουσίαση της πληροφορίας και την αλληλεπίδρασή με τον χρήστη. Η παρουσίαση γίνεται μέσω των περιφερειακών του υπολογιστή όπως είναι οι οθόνες και τα ηχεία. Οι υπολογιστές



χρησιμοποιούνται επίσης συχνά και για την παραγωγή πολυμεσικής πληροφορίας, την παροχή μοιραζόμενου αποθηκευτικού χώρου για αυτήν και στη μετάδοση της.

Στο παρελθόν, τα συστήματα πολυμέσων απαιτούσαν εξειδικευμένο και κατά κανόνα ακριβό υλικό που ήταν σχεδιασμένο ειδικά για κάποια εφαρμογή. Σήμερα, ένας υπολογιστής γενική χρήσης, όπως ένα PC, ή σε πιο απαιτητικές εφαρμογές ένας σταθμός εργασίας, μπορούν να εφοδιαστούν με περιφερειακά πολυμέσων και να αποτελέσουν την πλατφόρμα υλοποίησης ενός συστήματος πολυμέσων. Έτσι το κόστος είναι μικρότερο και το σύστημα αποκτά μεγαλύτερη ευελιξία.

## ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ

[15] Το δεύτερο χαρακτηριστικό των συστημάτων πολυμέσων είναι ότι είναι κατά το δυνατό ολοκληρωμένα και όσον αφορά στην κατασκευή τους και το τρόπο λειτουργίας. Για να κατανοηθεί καλύτερα η έννοια της ολοκλήρωσης θα δούμε ένα παράδειγμα. Έστω ένας υπολογιστής που περιλαμβάνει πληκτρολόγιο, οθόνη και ηχεία και ότι ζητείται η υποστήριξη μιας κάμερας και ενός μικροφώνου για τη σύλληψη της εικόνας και της φωνής του χειριστή. Τέλος, μικρά φιλμάκια βίντεο (πχ οδηγίες στα πλαίσια κάποιας εκπαιδευτικής εφαρμογής) πρέπει να παρουσιάζονται στο χρήστη. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να υλοποιηθεί σε διάφορους βαθμούς ολοκλήρωσης. Στη σύνθεση που μεγιστοποιεί το βαθμό ολοκλήρωσης το σύστημα μας θα έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- ❑ Όλες οι υπομονάδες που περιγράψαμε θα συνδέονται σε έναν μόνο υπολογιστή και θα ελέγχονται μόνο από αυτόν.
- ❑ Ένας τύπος αποθηκευτικού μέσου, πχ μαγνητικό, θα χρησιμοποιείται για όλα τα είδη πληροφορίας.
- ❑ Τα φιλμάκια βίντεο δεν θα παρουσιάζονται σε ξεχωριστή οθόνη αλλά κατευθείαν στην οθόνη του υπολογιστή.

Στις περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατή η παρουσίαση κάποιου τύπου πληροφορίας με κάποια υπάρχουσα συσκευή, η ολοκλήρωση έγκειται στη ενσωμάτωση της νέας συσκευής στο υπολογιστή και στην ομοιόμορφη αντιμετώπιση του από το λειτουργικό σύστημα. Για παράδειγμα, ένα σύστημα με ενσωματωμένα τα ηχεία και την κάμερα πάνω στην οθόνη, θεωρείται πιο ολοκληρωμένο σε σχέση με κάποιο που έχει την τα ηχεία και την κάμερα ως ανεξάρτητες συσκευές. Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι η ιδέα που πρεσβεύουν τα πολυμέσα σε σχέση με την ολοκλήρωση είναι η εξής:

*Τα συστήματα πολυμέσων στοχεύουν στη ελαχιστοποίηση των διαφορετικών υπολογιστών, οθονών και αποθηκευτικών μέσων. Αυτός είναι ένας ακόμη λόγος που συνηγορεί υπέρ της ψηφιακής παρουσίασης, αποθήκευσης και επεξεργασίας της πληροφορίας.*

Στην ειδική περίπτωση των δικτυωμένων πολυμέσων, η ολοκλήρωση αποκτά ιδιαίτερη έννοια και σημασία. Όχι μόνο τα συστήματα που ενώνονται διαμέσου των δικτύων πρέπει να είναι ολοκληρωμένα, αλλά και τα ίδια τα μέσα μεταφοράς. Δηλαδή, διαμέσου του ίδιου τηλεπικοινωνιακού διαύλου θα πρέπει να μπορούν να μεταδοθούν όλα τα είδη της πληροφορίας. Από τη στιγμή που όλα τα μέσα μπορούν να παρασταθούν σε ψηφιακή μορφή, κάποιος θα μπορούσε να παρατηρήσει ότι αν μπορούμε να μεταδώσουμε ένα είδος πληροφορίας μπορούμε να μεταδώσουμε τα πάντα. Αυτό είναι αλήθεια, με την προϋπόθεση όμως ότι δεν μας απασχολεί η ταχύτητα μετάδοσης. Όπως θα δούμε στο επόμενο μέρος, υπάρχουν μέσα, όπως η κινούμενη εικόνα, που καταλαμβάνουν εξαιρετικά μεγάλο όγκο. Έτσι, σε κατανεμημένες εφαρμογές πραγματικού χρόνου το είδος της πληροφορίας που μεταδίδεται έχει επίπτωση στις προδιαγραφές του δικτύου που πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Δίκτυα που χειρίζονται εύκολα κείμενο και ήχο, είναι πιθανό να μην μπορούν να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις που έχει η κινούμενη εικόνα. Για παράδειγμα, μια εφαρμογή τηλεδιάσκεψης απαιτεί τουλάχιστον 128Kbps για σχετικά χαμηλή ποιότητα εικόνας. Αντίθετα, σε εφαρμογές που μεταδίδεται απλό κείμενο και μερικές εικόνες μια τηλεφωνική σύνδεση με ένα modem ταχύτητας 14.400bps είναι συνήθως αρκετή. Αν και η πρόοδος

στην τεχνολογία των δικτύων υπολογιστών υπόσχεται πολλά, σε πολλά υπάρχοντα εμπορικά συστήματα δεν υπάρχει αυτή η ολοκλήρωση. Σαν παράδειγμα, μπορούμε να θεωρήσουμε μια εκδοτική εφαρμογή όπου πολλοί χρήστες δουλεύουν ταυτόχρονα και από διαφορετικά μέρη. Ζητούμενο είναι η ανταλλαγή κειμένων και η συνομιλία μεταξύ των χρηστών. Αν το διαθέσιμο τοπικό δίκτυο είναι ικανό να μεταδίδει τα κείμενα, αλλά δεν επαρκεί για ποιοτικό ήχο, θα πρέπει να επιστρατευτεί και μια τηλεφωνική σύνδεση μεταξύ των υπολογιστών για τον ήχο.

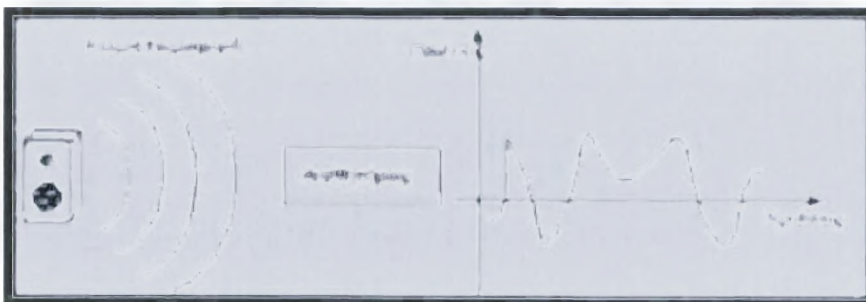
### 1.15 ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ

[15] Είδαμε ότι τα προηγούμενα δύο χαρακτηριστικά απαιτούν την αναπαράσταση της πληροφορίας σε ψηφιακή μορφή. Πως όμως φτάνουμε σε αυτήν την ψηφιακή αναπαράσταση και ποια είναι τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της;

#### Η ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΩΣ ΣΗΜΑ

[15] Η πληροφορία που αντιλαμβανόμαστε μέσω των αισθήσεων μας και επεξεργάζεται ο εγκέφαλος μας, μπορεί να περιγραφεί ως μια ή περισσότερες φυσικές μεταβλητές η τιμή των οποίων είναι μια συνάρτηση του χρόνου και / ή του χώρου. Να σημειωθεί ότι ως πληροφορία εννοούμε την μορφή της διέγερσης που λαμβάνουμε και όχι το σημασιολογικό περιεχόμενο που αυτή μεταφέρει. Για παράδειγμα, όταν αναφερόμαστε σε ηχητική πληροφορία, η φυσική μεταβλητή περιγράφει την πίεση του αέρα στη θέση ενός παρατηρητή ως συνάρτηση του χρόνου. Αυτή η ηχητική πληροφορία έχει συνήθως και κάποια ερμηνεία, σημασιολογικό περιεχόμενο. Αν ακούμε μια ομιλία, οι λέξεις και οι ιδέες είναι το σημασιολογικό περιεχόμενο του ήχου. Το πως μπορούμε να παραστήσουμε τη σημασιολογική πληροφορία δεν θα μας απασχολήσει εδώ.

Αυτή η φυσική μεταβλητή που περιγράφει ένα φαινόμενο, μπορεί να μετρηθεί με κάποιο ειδικά κατασκευασμένο όργανο που ονομάζεται *αισθητήρας*. Ένας αισθητήρας μετατρέπει αυτή την φυσική ποσότητα, στην περίπτωση του ήχου την πίεση του αέρα, σε μια άλλη ποσότητα, όπως μια ηλεκτρική τιμή, που ονομάζεται *σήμα*. Αυτό το σήμα είναι τέτοιο ώστε να παριστά το φυσικό μέγεθος με πιστότητα και μπορεί εύκολα να μετρηθεί. Τα σήματα διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:



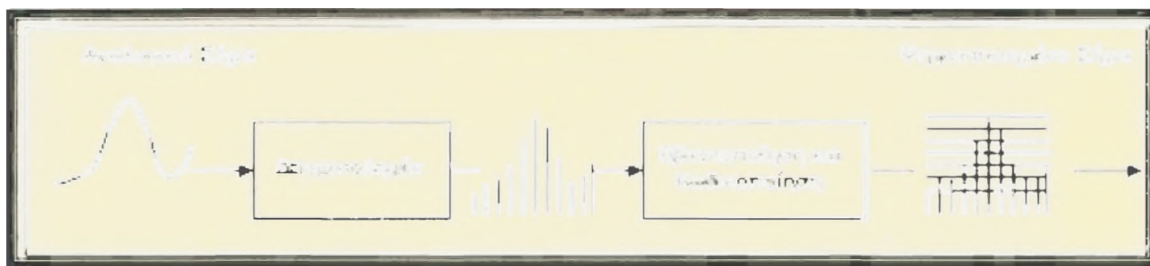
-ΣΧΗΜΑ 1.6 Η ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΩΣ ΣΗΜΑ-

- Αναλογικό ονομάζεται ένα σήμα το οποίο είναι συνεχής συνάρτηση του χρόνου και / ή του χώρου. Τότε λέμε επίσης ότι το σήμα είναι ανάλογο της φυσική μεταβλητής που περιγράφει.
- Ψηφιακό ονομάζεται ένα σήμα το οποίο αποτελείται από μια ακολουθία διακριτών τιμών που είναι κωδικοποιημένες στο δυαδικό σύστημα και εξαρτώνται από το χρόνο ή το χώρο.

#### ΔΕΙΓΜΑ ΤΩΛΗΨΙΑ, ΚΒΑΝΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

[15] Το αποτέλεσμα της ψηφιοποίησης (ή αλλιώς της Αναλογική / Ψηφιακή μετατροπής ή πιο απλά Α/Ψ) είναι ένα σύνολο λέξεων υπολογιστή που περιγράφουν το αναλογικό σήμα που παρέχει ο αισθητήρας. Η ψηφιοποίηση ενός αναλογικού σήματος γίνεται σε τρία βήματα. Πρώτα, γίνεται *δειγματοληψία* του σήματος. Αυτό σημαίνει ότι από το άπειρο πλήθος τιμών του συνεχούς σήματος, κρατάμε μόνο ένα σύνολο διακριτών τιμών, που συνήθως διαφέρουν κατά κάποιο σταθερό χρονικό διάστημα.

Οι τιμές ενός αναλογικού σήματος μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή μέσα από το πεδίο τιμών του. Αφού το πεδίο αυτό είναι γενικά συνεχές, οι τιμές αυτές είναι άπειρες. Μια λέξη μήκους  $n$  bits μπορεί να περιγράψει  $2^n$  στάθμες μέσα από το πεδίο τιμών του σήματος. Δηλαδή, δεν γίνεται να περιγραφούν όλες οι δυνατές τιμές του σήματος, αλλά μόνο κάποιο πεπερασμένο υποσύνολο αυτών. Οι τιμές που θα περιγραφούν, επιλέγονται ανάλογα με την ακρίβεια και το μήκος του διαστήματος που θέλουμε να καλύψουμε. Είναι φανερό ότι αυτές οι δύο απαιτήσεις είναι αντικρουόμενες και ότι πρέπει να γίνει απαραίτητα κάποιος συμβιβασμός. Αφού επιλεγθούν οι στάθμες, αντιστοιχίζεται σε κάθε μια από αυτές μια λέξη, γίνεται δηλαδή η *κωδικοποίηση*. Το επόμενο βήμα είναι η *κβαντοποίηση*. Στην κβαντοποίηση, βρίσκουμε την πλησιέστερη στάθμη κάθε τιμής που προέκυψε από τη δειγματοληψία.



-ΣΧΗΜΑ 1.7 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΟΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΣΗΜΝΑΤΟΣ-

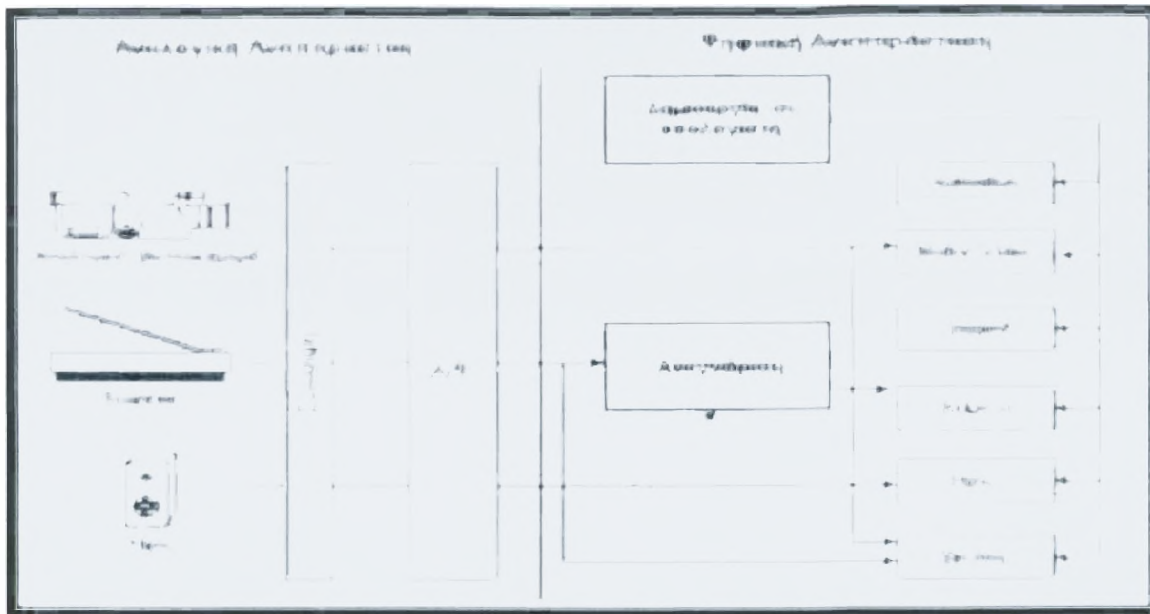
Η ψηφιοποίηση έχει πλέον ολοκληρωθεί αφού κάθε τιμή μπορεί να παρασταθεί με την λέξη που έχουμε αντιστοιχήσει στην πλησιέστερη στάθμη αυτής.

## ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΨΗΦΙΑΚΗ & ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ

[15] Η ψηφιακή αναπαράσταση της πληροφορίας είναι απόλυτα κατανοητή από τον υπολογιστή αλλά δεν είναι καθόλου χρήσιμη στον άνθρωπο. Αυτό σημαίνει ότι για να γίνει η παρουσίαση της από ένα σύστημα πολυμέσων πρέπει πρώτα να μετατραπεί σε αναλογική. Η διαδικασία αυτή είναι η αντίστροφη της Α/Ψ και συμβολίζεται ως Ψ/Α. Κάθε τύπος πληροφορίας έχει διαφορετικές ανάγκες Α/Ψ και Ψ/Α μετατροπής:

Το κείμενο, τα γραφικά γενικά όλα τα μέσα που έχουν συντεθεί σε υπολογιστή, δεν χρειάζονται Α/Ψ μετατροπή αφού δημιουργούνται εξ' αρχής σε δυαδική μορφή. Για να τα δούμε όμως στην οθόνη, πρέπει να γίνει κατάλληλη Ψ/Α μετατροπή.

Αντίθετα ο ηχογραφημένος ήχος, το χειρόγραφο κείμενο και γενικά όλα τα captured media απαιτούν Α/Ψ και Ψ/Α.



-ΣΧΗΜΑ 1.8 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΙΔΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ-

### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ

[15] Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της ψηφιακής αναπαράστασης είναι η ομοιομορφία. Όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω, όλα τα είδη πληροφορίας μπορούν να έρθουν σε ψηφιακή μορφή και να αντιμετωπισθούν με τον ίδιο τρόπο και από το ίδιο υλικό (ίδια μέσα αποθήκευσης, ίδια δίκτυα...). Αυτό έχει ως συνέπεια τη δυνατότητα χρησιμοποίησης των ίδιων μέσων αποθήκευσης και μετάδοσης δηλαδή την επίτευξη μεγαλύτερου βαθμού ολοκλήρωσης. Να υπενθυμίσουμε σε αυτό το σημείο ότι στην πράξη οι διαφορετικές απαιτήσεις μεγέθους αποθήκευσης και ταχύτητας μετάδοσης των διαφόρων μέσων διαταράσσουν αυτή την ομοιομορφία. Υπάρχουν όμως και άλλα πλεονεκτήματα.

Η μετάδοση ψηφιακών σημάτων αντί για αναλογικά έχει πολλά ακόμα πλεονεκτήματα πέραν της ολοκλήρωσης. Είναι λιγότερο ευαίσθητη στον θόρυβο, η διαδικασία αναγέννησης του μεταδιδόμενου σήματος είναι πιο εύκολη, μπορεί να υλοποιηθεί διαδικασία ανίχνευσης και διόρθωσης λαθών και, τέλος, η κρυπτογράφηση της πληροφορίας είναι επίσης πιο εύκολη.

*Η πληροφορία που βρίσκεται αποθηκευμένη στον υπολογιστή μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους:*

- Να υποστεί επεξεργασία με στόχο την ανάλυση της σημασιολογίας της ή την βελτίωση της ποιότητας της.
- Να δημιουργηθούν δομές δεδομένων που επιταχύνουν και διευκολύνουν την αναζήτηση.
- Να χρησιμοποιηθεί εύκολα για την δημιουργία νέων πολυμεσικών εγγράφων.

### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ

[15] Το κύριο μειονέκτημα της ψηφιακής αναπαράστασης συνεχών μέσων είναι η παραμόρφωση που εισάγει η διαδικασία δειγματοληψίας και κβαντοποίησης. Αφενός, αγνοώντας κάποιες τιμές του αναλογικού σήματος χάνουμε πληροφορία και αφετέρου, η προσέγγιση της πραγματικής τιμής του σήματος με μια από τις διαθέσιμες στάθμες περιέχει πάντοτε κάποιο ποσοστό λάθους. Αυτή η παραμόρφωση ελαττώνεται όσο αυξάνεται η συχνότητα δειγματοληψίας και το μήκος της λέξης. Τότε όμως αυξάνεται και ο όγκος που καταλαμβάνει η πληροφορία και κατά συνέπεια απαιτούνται μεγαλύτερα αποθηκευτικά μέσα, πιο γρήγορα μέσα μετάδοσης και ταχύτερες μονάδες

επεξεργασίας. Η σημερινή τεχνολογία και οι προβλέψεις για το μέλλον δείχνουν ότι αυτό το μειονέκτημα θα ξεπεραστεί ακόμα και για τους πιο απαιτητικούς τύπους πληροφορίας.

### 1.16 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ (Interactivity)

[15] Η interactivity δεν είναι αναγκαία προϋπόθεση όπως οι προηγούμενες τρεις. Υπάρχουν αρκετές μοντέρνες εφαρμογές πολυμέσων οι οποίες έχουν όλα τα προηγούμενα χαρακτηριστικά χωρίς να προσφέρουν interactivity. Παρ' όλα αυτά, τα περισσότερα συστήματα πολυμέσων προσφέρουν αυτό το χαρακτηριστικό γι' αυτό και αξίζει μια σύντομη επισκόπηση.

#### ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

[15] Μπορούμε να διακρίνουμε δύο τρόπους παρουσίασης της πληροφορίας σε έναν χρήστη:

☉ Στην **παθητική** παρουσίαση, η πληροφορία ακολουθεί έναν προκαθορισμένο σχέδιο πορείας πάνω στο οποίο ο χρήστης δεν έχει κανένα ουσιαστικό έλεγχο. Τέτοιες παρουσιάσεις ονομάζονται και **γραμμικές**. Ο μόνος έλεγχος που παρέχεται στο χρήστη είναι η εκκίνηση και ο τερματισμός καθώς και ρυθμίσεις όπως η ένταση του ήχου.

☉ Αντίθετα, στην **interactive ή μη-γραμμική** παρουσίαση, ο χρήστης μπορεί επιπλέον να καθορίσει την σειρά, την ταχύτητα και την μορφή της παρουσίασης της πληροφορίας σύμφωνα με τις προτιμήσεις τους. Αυτοί οι τρεις παράγοντες ονομάζονται βαθμοί προσαρμοστικότητας στις επιθυμίες του χρήστη. Ένα σύστημα πολυμέσων δεν προσφέρει απαραίτητα όλους αυτούς τους βαθμούς.

Να τονίσουμε εδώ ότι ένα interactive σύστημα προϋποθέτει κάποιο **αυτόματο σύστημα** παρουσίασης της πληροφορίας που δέχεται τις εντολές του χρήστη. Μια εφημερίδα μπορεί να διαβαστεί με οποιαδήποτε σειρά και ταχύτητα, οποιαδήποτε στιγμή αλλά δεν είναι όμως ένα interactive σύστημα. Ένα βίντεο προσφέρει παρόμοιες δυνατότητες, διαμέσου όμως ενός αυτόματου μηχανισμού ελέγχου, οπότε μπορεί να χαρακτηριστεί ως interactive.

#### ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

[15] Στην περίπτωση ενός βίντεο, μπορούμε να βέβαια να μετακινούμαστε από το ένα σημείο στο άλλο, αλλά δεν υπάρχει αποθηκευμένη κάποια δομή που να διευκολύνει και να επιταχύνει αυτή τη διαδικασία. Δηλαδή, ο μηχανισμός παρουσίασης της πληροφορίας ενός βίντεο είναι στη ουσία **γραμμικός**.

Ένα σύστημα πολυμέσων που υποστηρίζει **δομημένη** πληροφορία, προσφέρει πολύ περισσότερες δυνατότητες ελέγχου της ροής και της ταχύτητας. Η πληροφορία σε ένα τέτοιο σύστημα βρίσκεται αποθηκευμένη σε ένα μαγνητικό ή οπτικό μέσο και έχει εμπλουτιστεί με δείκτες που σχηματίζουν έναν πολύπλοκο σύμπλεγμα αλληλοσυνδεόμενων κόμβων.

#### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ INTERACTIVITY ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

[15] Ο βασικός στόχος για τον οποίο χρησιμοποιείται η interactivity είναι η προσαρμογή της παρουσίασης στις ατομικές ανάγκες του κάθε χρήστη. Το χαρακτηριστικό αυτό βρίσκει μεγάλη εφαρμογή σε εκπαιδευτικά συστήματα που, όπως θα δούμε αργότερα, υπόσχονται να αλλάξουν ριζικά την μορφή της εκπαιδευτικής πραγματικότητας προσφέροντας εκπαίδευση προσαρμοζόμενη στις ικανότητες και προτιμήσεις του μαθητή.

Μια επιπλέον δυνατότητα που μπορεί να αξιοποιηθεί, είναι η καταγραφή των αποκρίσεων του χρήστη και η ανάλυση τους. Με αυτών τον τρόπο μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για την αποδοχή του ίδιου του συστήματος αλλά και της πληροφορίας που παρουσιάζεται.

### **INTERACTIVITY ΚΑΙ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΧΡΗΣΤΗ**

[15] Μέχρι τώρα η interactivity περιοριζόταν στον τρόπο παρουσίασης της πληροφορίας. Προχωρώντας ένα βήμα παραπάνω, υπάρχουν περιπτώσεις που ο χρήστης μπορεί να επεμβαίνει πιο ουσιαστικά.

- Οι χρήστες μπορούν να *σημειώνουν* κομμάτια πληροφορίας και να τα *σχολιάζουν* είτε γραπτώς είτε προφορικά.
- Οι χρήστες μπορούν να εισάγουν νέα πληροφορία. Για λόγους ασφάλειας, σε τέτοια συστήματα η υπάρχουσα πληροφορία δεν αλλάζει, απλώς συμπληρώνεται.
- Κάποιοι χρήστες μπορεί να είναι εξουσιοδοτημένοι να αλλάζουν την ίδια την πληροφορία που περιέχει το σύστημα.
- Η πιο σύνθετη μορφή αλληλεπίδρασης είναι η ανάλυση των ενεργειών και δεδομένων του χρήστη και η δημιουργία απαντήσεων από το σύστημα. Ένα παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι μια εκπαιδευτική εφαρμογή που όχι μόνο αφήνει ελεύθερο τον μαθητή να διαβάσει τα κομμάτια που επιθυμεί, αλλά του προτείνει και αντίστοιχες με αυτά που έχει διαβάσει ασκήσεις. Επιπλέον, έρευνες έχουν δείξει ότι ο άνθρωπος συγκρατεί το 80% αυτών που βλέπει, ακούει και κάνει ταυτόχρονα. Ένα τέτοιο σύστημα πολυμέσων μπορεί να παρουσιάζει στον χρήστη τις ασκήσεις, και να τον αφήνει να τις λύσει διορθώνοντας τον όπου χρειάζεται. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται πολύ σημαντικά η αποτελεσματικότητα του εκπαιδευτικού συστήματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΕΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΔΩΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

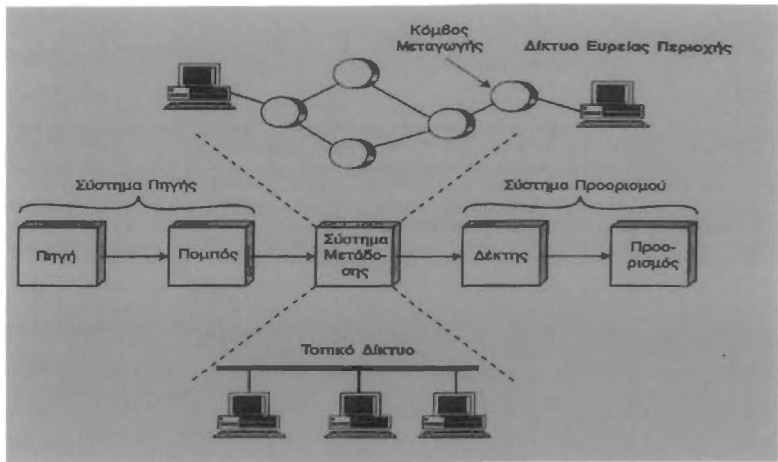
Το δεύτερο κεφάλαιο αυτής της εργασίας κάνει μια σύντομη αναφορά σε θέματα τα οποία αφορούν την μετάδοση των δεδομένων μέσω υπολογιστικών συστημάτων και αποτελεί απόσπασμα από το βιβλίο του William Stallings “ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ” [9]. Πρίν αναφερθούμε λοιπόν στα διάφορα είδη των δεδομένων που ενοποιούνται στις multimedia εφαρμογές είναι σκόπιμο να αναφερθούμε στην ορολογία και ένιες της μετάδοσης αυτών των δεδομένων.

#### 2.1 ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΔΩΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η μετάδοση δεδομένων μεταξύ ενός πομπού και ενός δέκτη επιτυγχάνεται πάνω από κάποιο μέσο μεταφοράς. Τα μέσα μεταφοράς μπορούν να ταξινομηθούν ως καθοδηγούμενα ή μη καθοδηγούμενα. Και στις δύο περιπτώσεις η επικοινωνία γίνεται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Με τα **καθοδηγούμενα μέσα (guided media)** τα κύματα οδηγούνται πάνω από ένα φυσικό μονοπάτι. Παραδείγματα από καθοδηγούμενα μέσα είναι το συνεστραμμένο ζεύγος, το ομοαξονικό καλώδιο και η οπτική ίνα. Τα **μη καθοδηγούμενα μέσα (unguided media)** προσφέρουν ένα μέσο για τη μετάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων χωρίς όμως να τα οδηγούν. Παράδειγμα αποτελεί η μετάδοση μέσο αέρα, κενού και θάλασσας.

Ο όρος **απευθείας ζεύξη (direct link)** χρησιμοποιείται κάθε φορά που γίνεται αναφορά στο μονοπάτι μετάδοσης μεταξύ δύο συσκευών στις οποίες τα σήματα μεταδίδονται απευθείας από τον πομπό στο δέκτη χωρίς να παρεμβάλλονται άλλες συσκευές, εκτός από αναμεταδότες που χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν τη ένταση του σήματος. Αυτός ο όρος χρησιμοποιείται και για τα καθοδηγούμενα και για τα μη καθοδηγούμενα μέσα.

Ένα καθοδηγούμενο μέσο μετάδοσης λέγεται ότι είναι **σημείο προς σημείο (point to point)** εάν παρέχει απευθείας ζεύξη μεταξύ δύο συσκευών οι οποίες είναι και οι μόνες που μοιράζονται το μέσο. Σε μια **πολύσημιακή (multipoint)** διάταξη περισσότερες από δύο συσκευές μοιράζονται, το ίδιο μέσο. Για παράδειγμα, στο Σχήμα 2.1 η ζεύξη μεταξύ δύο κόμβων μεταγωγής στο επάνω μέρος του σχήματος είναι σημείο προς σημείο ζεύξη. Η ζεύξη που συνδέει τους σταθμούς εργασίας στο LAN στο κάτω κομμάτι του σχήματος είναι μια πολύσημιακή ζεύξη.

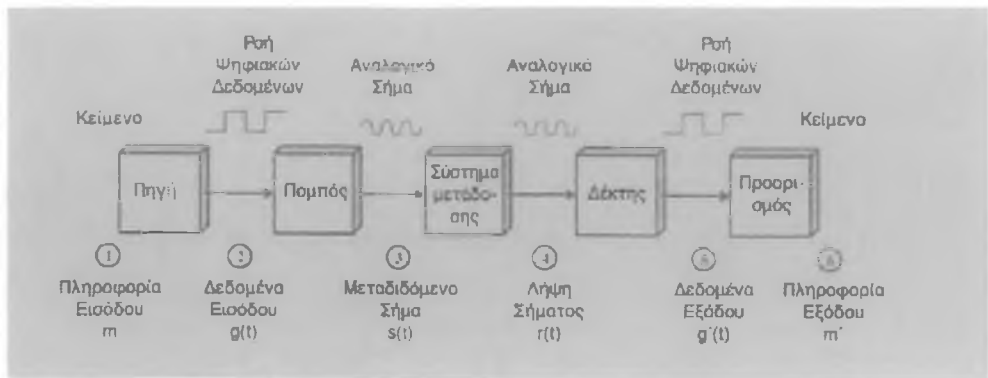


-ΣΧΗΜΑ 2.1 ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΟΡΦΗ ΔΙΚΤΥΟΥ-

Μια μετάδοση μπορεί να είναι **μονόδρομη (simplex)**, **ημιαμφίδρομη (half duplex)** ή **αμφίδρομη (full duplex)**. Σε μια μονόδρομη μετάδοση τα σήματα μεταδίδονται σε μια μόνο κατεύθυνση. Ένας σταθμός είναι ο πομπός και ο άλλος είναι ο δέκτης, Στην ημιαμφίδρομη λειτουργία και οι δύο σταθμοί μπορούν να εκπέμπουν, αλλά μόνο ένας κάθε φορά. Στην αμφίδρομη λειτουργία και οι δύο σταθμοί μπορούν να εκπέμπουν ταυτόχρονα. Στην τελευταία περίπτωση, το μέσο μεταφέρει σήματα και στις δύο κατευθύνσεις την ίδια στιγμή. Το πώς αυτό είναι εφικτό εξηγείται παρακάτω. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι ορισμοί που δόθηκαν χρησιμοποιούνται συχνά στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (ANSI definitions). Στον υπόλοιπο κόσμο, ο όρος simplex χρησιμοποιείται για να δηλώσει την half duplex επικοινωνία και ο όρος duplex χρησιμοποιείται για την full duplex, όπως έχει ορισθεί παραπάνω.

**2.2 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ, ΦΑΣΜΑ ΚΑΙ ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ**

Εδώ εξετάζονται τα ηλεκτρομαγνητικό σήματα που χρησιμοποιούνται ως μέσα για τη μετάδοση δεδομένων. Στο σημείο 3 του Σχήματος 2.2, ένα σήμα παράγεται από τον πομπό και μεταδίδεται πάνω από ένα μέσο. Το σήμα είναι μια συνάρτηση του χρόνου, αλλά επίσης μπορεί να εκφραστεί ως συνάρτηση της συχνότητας εξαιτίας του ότι το σήμα αποτελείται από συνιστώσες διαφορετικών συχνοτήτων. Η επιθεώρηση του πεδίου συχνοτήτων ενός σήματος είναι πιο σημαντική για την κατανόηση της μετάδοσης δεδομένων από ότι του πεδίου του χρόνου. Και οι δυο παρουσιάζονται στη συνέχεια.



-ΣΧΗΜΑ 2.2 ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-



## ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Ένα ηλεκτρομαγνητικό σήμα εάν θεωρηθεί ως συνάρτηση του χρόνου, μπορεί να είναι είτε συνεχές είτε διακριτό. Ένα **συνεχές σήμα** είναι ένα σήμα του οποίου η ένταση του μεταβάλλεται ομαλά στο χρόνο.

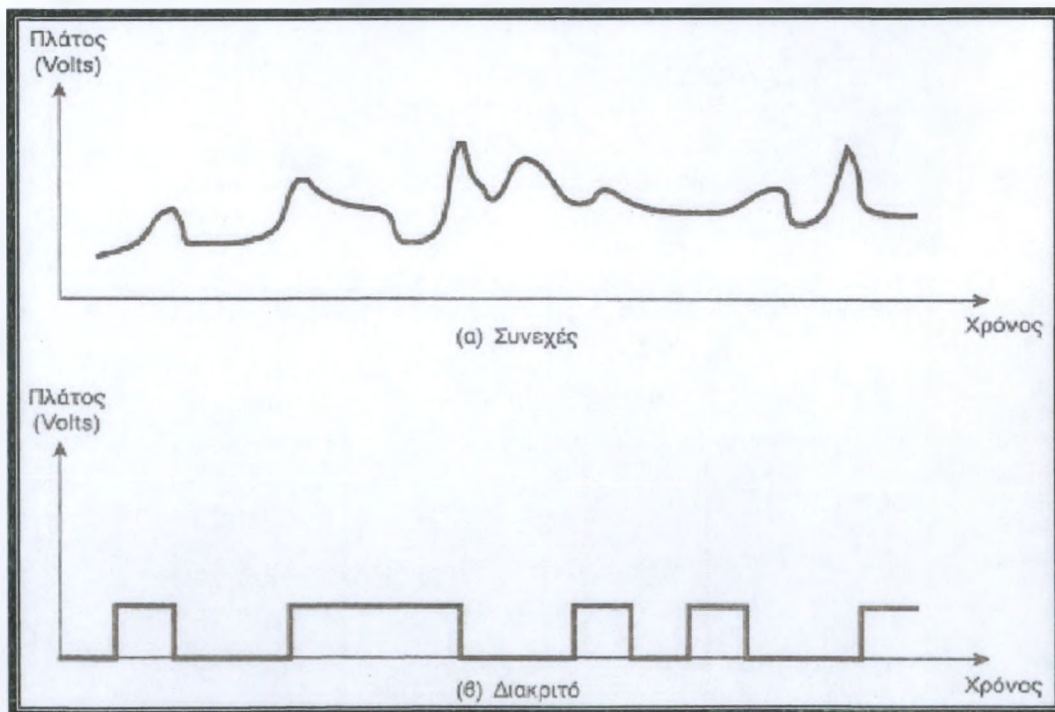
Με άλλα λόγια, δεν υπάρχουν διακοπές ή ασυνέχειες στο σήμα. Ένα **διακριτό** σήμα είναι ένα σήμα του οποίου η ένταση διατηρεί ένα σταθερό επίπεδο για μια χρονική περίοδο και μετά αλλάζει σε ένα άλλο σταθερό επίπεδο. Το Σχήμα 2.3 δείχνει ένα παράδειγμα για κάθε τύπο σήματος. Το συνεχές σήμα αναπαριστά ομιλία ενώ το διακριτό μπορεί να αναπαριστά δυαδικά ψηφία 0 και 1.

Η απλούστερη μορφή σήματος είναι το **περιοδικό σήμα** στο οποίο το ίδιο μοτίβο επαναλαμβάνεται στο χρόνο. Το Σχήμα 1.4 δείχνει ένα παράδειγμα από ένα περιοδικό συνεχές σήμα (ημιτονοειδές κύμα) και ένα περιοδικό διακριτό σήμα (τετραγωνικό κύμα). Μαθηματικά ένα σήμα  $s(t)$  ορίζεται ως περιοδικό υπό την προϋπόθεση ότι:

$$s(t + T) = s(t)$$

όπου η σταθερά  $T$  είναι η περίοδος του σήματος ( $T$  είναι η μικρότερη τιμή που ικανοποιεί την εξίσωση). Διαφορετικά, το σήμα είναι **μη περιοδικό**.

Το ημιτονοειδές κύμα είναι ένα βασικό περιοδικό σήμα. Ένα γενικό ημιτονοειδές σήμα μπορεί να αναπαρασταθεί από τρεις παραμέτρους: το μέγιστο πλάτος ( $A$ ), τη συχνότητα ( $f$ ) και τη φάση ( $\varphi$ ). Το μέγιστο πλάτος είναι η μέγιστη τιμή της έντασης του σήματος στο χρόνο. Τυπικά αυτή η τιμή μετρείται σε volts. Η **συχνότητα** είναι ο ρυθμός (σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο ή Hertz(Hz)) στον οποίο το σήμα επαναλαμβάνεται. Μια παρόμοια παράμετρος είναι η **περίοδος** ( $T$ ) του σήματος, η οποία είναι ο χρόνος που χρειάζεται για μια επανάληψη, ΓΥ αυτό  $T = 1/f$ .



-ΣΧΗΜΑ2.3 ΣΗΝΕΧΗ ΚΑΙ ΔΙΑΚΡΙΤΑ ΣΗΜΑΤΑ-

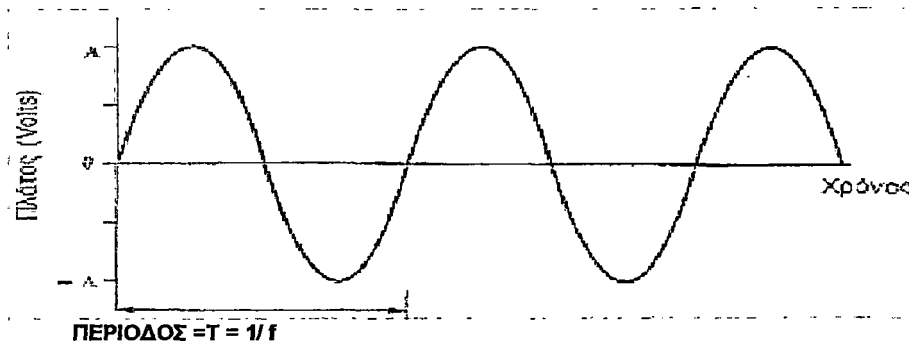
Η **φάση** είναι μέτρηση της σχετικής θέσης στο χρόνο σε μια περίοδο του σήματος, όπως απεικονίζεται στη συνέχεια. Πιο επίσημα, για ένα περιοδικό σήμα  $f(t)$  η φάση είναι το δεκαδικό μέρος  $t/P$  της περιόδου  $P$  κατά την οποία το τέχει προχωρήσει σχετικά με ένα αυθαίρετο σημείο

έναρξης. Το σημείο έναρξης συνήθως θεωρείται ότι είναι το τελευταίο προηγούμενο πέρασμα από το μηδέν από αρνητική σε θετική κατεύθυνση.

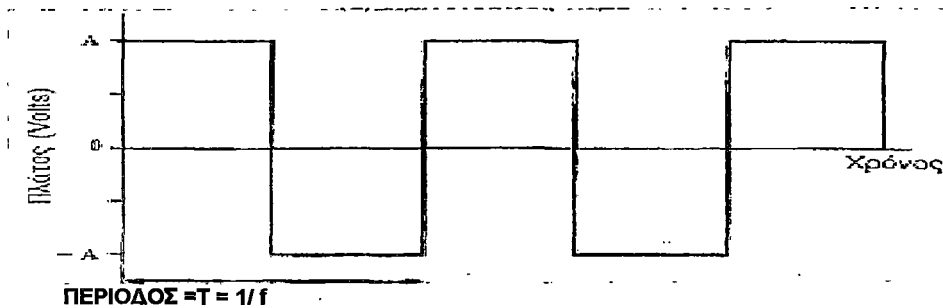
Το γενικό ημιτονοειδές κύμα μπορεί να γραφεί ως:

$$s(t) = A \sin (2 \pi f t + \varphi)$$

Το Σχήμα 2.5 δείχνει το αποτέλεσμα της μεταβολής καθεμιάς από τις τρεις παραμέτρους. Στο μέρος (α) του σχήματος, η συχνότητα είναι 1 Hz, οπότε η περίοδος είναι  $T = 1$  δευτερόλεπτο. Το μέρος (β) έχει την ίδια συχνότητα, και φάση αλλά πλάτος  $1/2$ . Στο μέρος (γ), έχουμε  $f=2$  το οποίο ισούται με  $T=1/2$ . Τέλος, το μέρος (δ) δείχνει το αποτέλεσμα μιας αλλαγής φάσης κατά  $\pi/4$  ακτίνια, δηλαδή 45 μοίρες ( $2\pi$  ακτίνια =  $360^\circ = 1$  περίοδο).

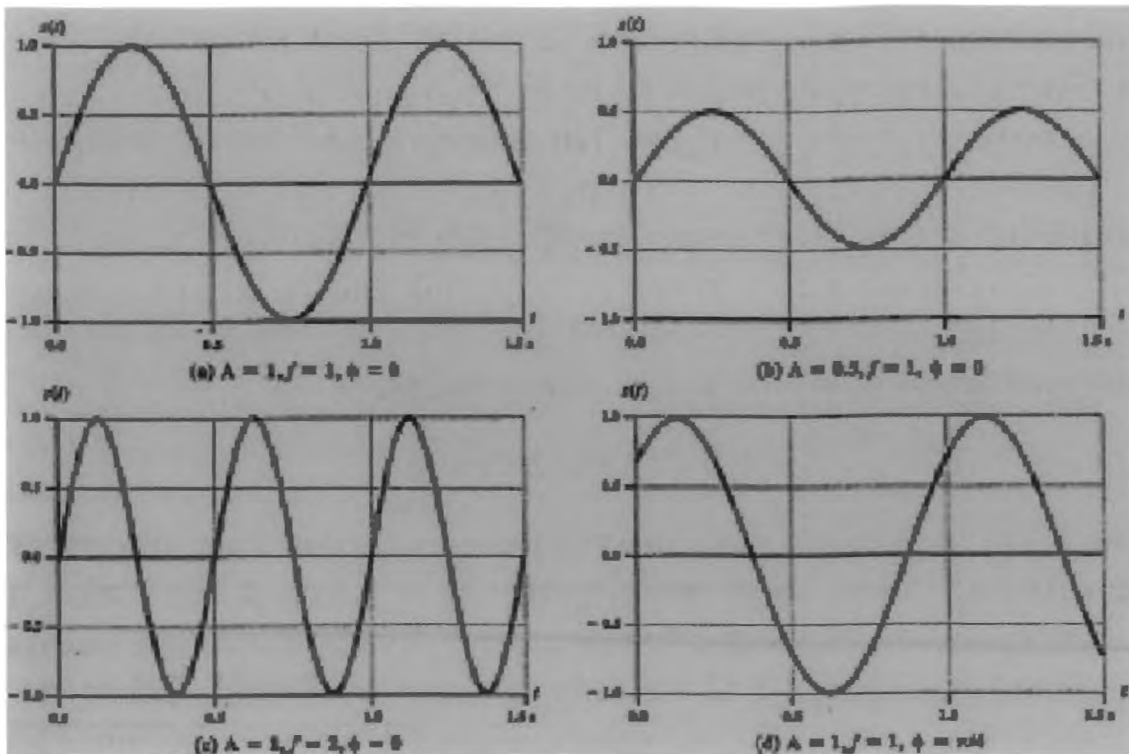


(α) Ημιτονοειδές κύμα



(β) Τετραγωνικό κύμα

-ΣΧΗΜΑ 2.4 ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ-

-ΣΧΗΜΑ 2.5  $s(t) = A \sin(2\pi ft + \phi)$ -

Στο Σχήμα 2.5 οι γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν την τιμή ενός σήματος σε ένα (συγκεκριμένο σημείο στο χώρο σε συνάρτηση με το χρόνο, ο οριζόντιος άξονας αναπαριστά το χρόνο. Οι ίδιες αυτές γραφικές παραστάσεις, με μια μεταβολή στην κλίμακα, μπορούν να ισχύσουν με οριζόντιους άξονες στο χώρο. Σε αυτήν την περίπτωση, οι γραφικές παραστάσεις παρουσιάζουν την τιμή του σήματος σε ένα συγκεκριμένο σημείο στο χρόνο ως συνάρτηση της απόστασης. Για παράδειγμα, για μια ημιτονοειδή μετάδοση (ένα ηλεκτρομαγνητικό ραδιοκύμα σε μια απόσταση από τη κεραία, ή ήχος σε κάποια απόσταση από το ηχείο) σε κάποια συγκεκριμένη στιγμή του χρόνου η ένταση του σήματος μεταβάλλεται με ημιτονοειδή τρόπο ως συνάρτηση της απόστασης από την πηγή.

Μεταξύ δύο ημιτονοειδών κυμάτων υπάρχουν δύο απλές σχέσεις, μια στο χρόνο και μια στο χώρο. Το μήκος κύματος  $\lambda$  ενός σήματος ορίζεται ως η απόσταση που καλύπτεται από ένα κύκλο ή αν τεθεί διαφορετικά, η απόσταση μεταξύ δύο σημείων της αντίστοιχης φάσης από δύο διαδοχικούς κύκλους. Υποτίθεται ότι το σήμα ταξιδεύει με ταχύτητα  $v$ . Τότε, το μήκος κύματος συσχετίζεται με την περίοδο με  $\lambda = vT$ . Ομοίως  $\lambda/f = v$ . Ιδιαίτερη σχέση έχει η περίπτωση όπου  $v = c$  ταχύτητα του φωτός στο ελεύθερο χώρο, η οποία είναι περίπου  $3 \cdot 10^8$  m/s.

### ΕΝΟΙΕΣ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

Στην πράξη ένα ηλεκτρομαγνητικό σήμα αποτελείται από πολλές συχνότητες. Για παράδειγμα το σήμα

$$s(t) = (4/\pi) * (\sin(2\pi ft) + (1/3) \sin(2\pi(3f)t))$$

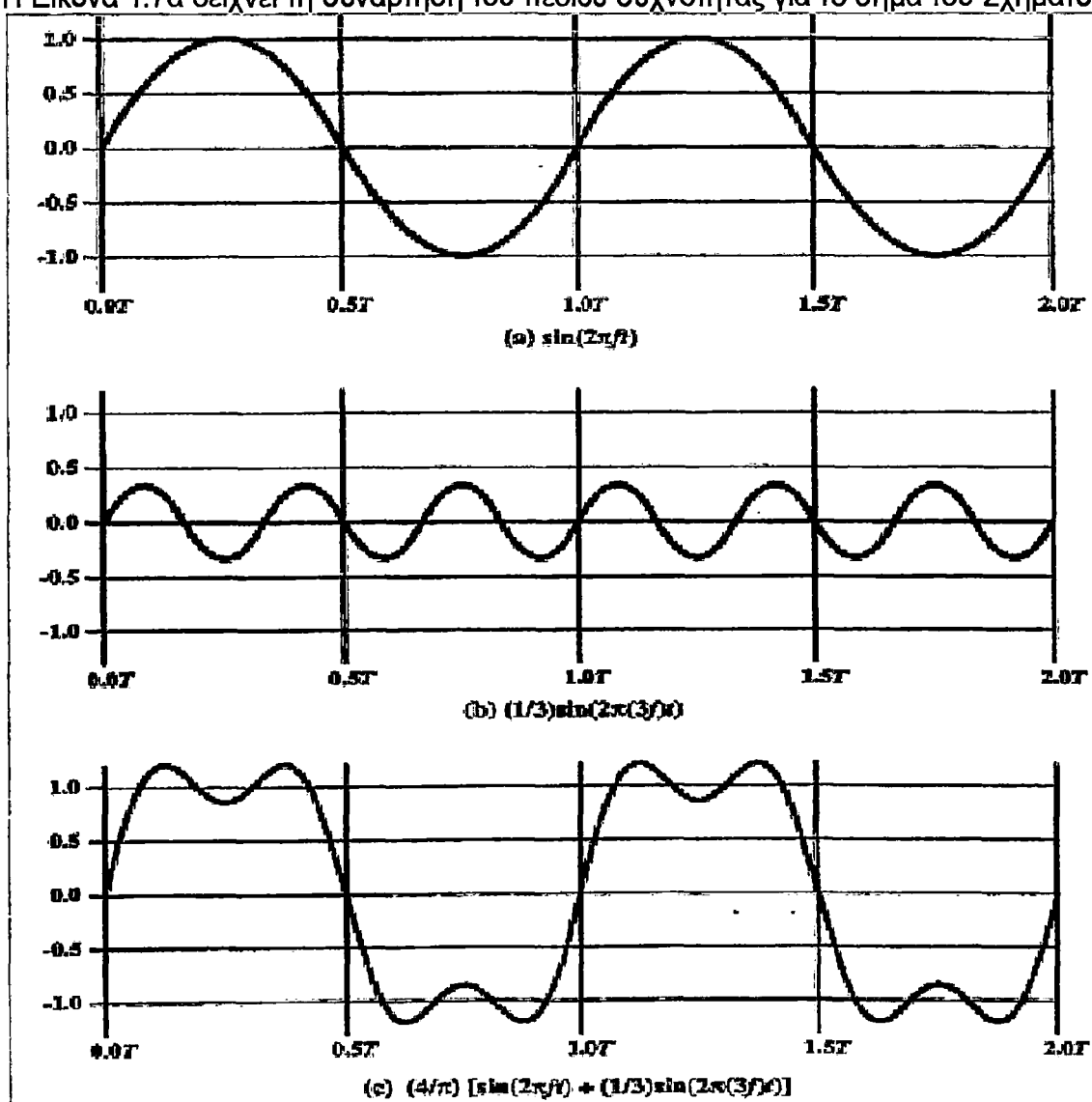
το οποίο φαίνεται στο Σχήμα 2.6γ. Οι συνιστώσες αυτού του σήματος είναι απλά ημιτονοειδή κύματα με συχνότητες  $f$  και  $3f$ . Τα μέρη (α) και (β) του σχήματος δείχνουν αυτές τις μεμονωμένες συνιστώσες. Υπάρχουν δύο ενδιαφέροντα σημεία τα οποία μπορούν να παρατηρηθούν από αυτό το σχήμα:

I. Η δεύτερη συχνότητα τα είναι ένα ακέραιο πολλαπλάσιο της πρώτης συχνότητας. Όταν όλες οι συνιστώσες συχνότητας ενός σήματος είναι ακέραια πολλαπλάσια μιας συχνότητας η συχνότητα αυτή αναφέρεται ως κύρια συχνότητα.

II. Η περίοδο του συνολικού σήματος είναι ίση με την περίοδο της κύριας συχνότητας. Η περίοδος της συνιστώσας  $\sin(2\pi ft)$  είναι  $T = 1/f$ . η περίοδος της  $s(t)$  είναι επίσης  $T$ , όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.6γ.

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο που ονομάζεται ανάλυση FOURIER μπορεί να δειχθεί ότι ένα σήμα αποτελείται από συνιστώσες διαφόρων συχνοτήτων και ότι κάθε συνιστώσα είναι ημιτονοειδής. Αυτό το αποτέλεσμα έχει μεγάλη σημασία γιατί οι επιδράσεις των διαφόρων μέσων μετάδοσης σε ένα σήμα μπορούν να εκφραστούν σε όρους συχνοτήτων. Το θέμα της ανάλυσης FOURIER παρουσιάζεται στο Παράρτημα Α στο τέλος αυτού του κεφαλαίου.

Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι για κάθε σήμα υπάρχει μια συνάρτηση στο πεδίο του χρόνου η οποία ορίζει το πλάτος του σήματος σε κάθε χρονική στιγμή. Παρόμοια υπάρχει και μια συνάρτηση στο πεδίο συχνότητας  $S(f)$  η οποία ορίζει το μέγιστο πλάτος των συχνοτήτων που συνιστούν το σήμα. Η Εικόνα 1.7α δείχνει τη συνάρτηση του πεδίου συχνότητας για το σήμα του Σχήματος 2.5γ.



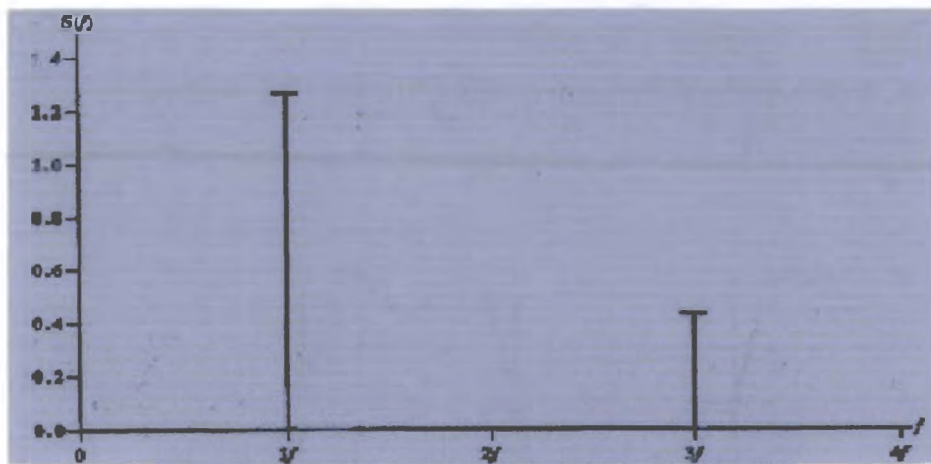
-ΣΧΗΜΑ 2.6 ΠΡΟΣΘΕΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ-

Παρατηρήστε ότι σε αυτήν την περίπτωση το  $S(f)$  είναι διακριτό. Το σχήμα 2.7β δείχνει τη συνάρτηση του πεδίου συχνότητας για ένα τετραγωνικό παλμό ο οποίος παρατηρούμε ότι σε

αυτήν την περίπτωση αντιστοιχεί σε συνεχές  $S(f)$  και οτι δεν έχει μηδενικές. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι συχνά για αληθινά σήματα.

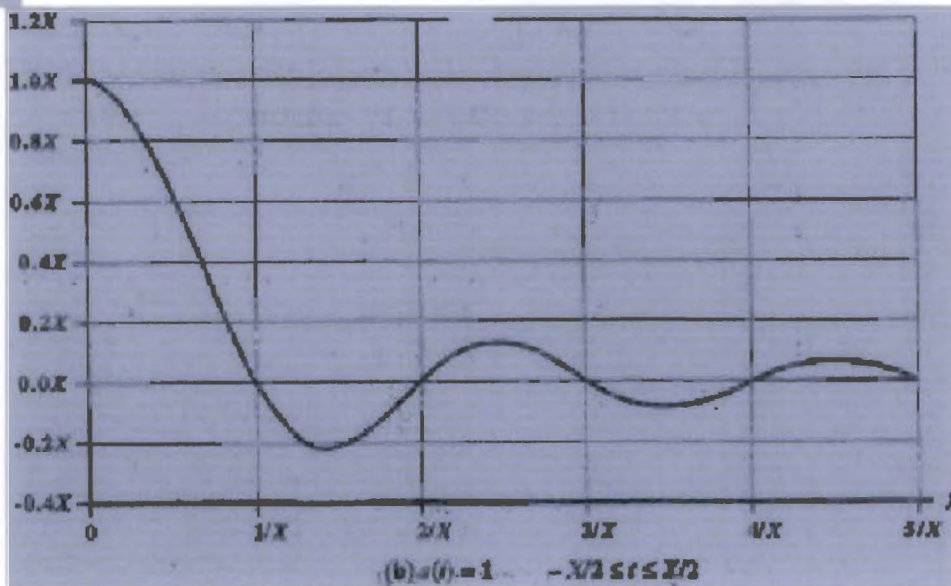
Το **φάσμα** ενός σήματος είναι το εύρος συχνοτήτων που περιέχει αυτό το σήμα. Για το σήμα του Σχήματος 2.7γ το φάσμα εκτείνεται από  $f$  έως  $3f$ . Το **απόλυτο εύρος ζώνης** ενός σήματος είναι το εύρος του φάσματος. Παρόλα αυτά, η περισσότερη ενέργεια του σήματος περικλείεται σε ένα σχετικά στενό εύρος συχνοτήτων. Αυτό το εύρος ονομάζεται **ενεργό εύρος ζώνης**.

Ένας τελευταίος όρος για προσδιορισμό είναι η **συνεχής (dc) συνιστώσα**. Εάν το σήμα συμπεριλαμβάνει, μια συνιστώσα μηδενικής συχνότητας αυτή η συνιστώσα είναι ένα συνεχές ρεύμα ή μια συνεχής συνιστώσα. Για παράδειγμα το Σχήμα 2.8 δείχνει το αποτέλεσμα της πρόσθεσης μιας συνεχούς συνιστώσας στο σήμα του Σχήματος 2.6γ.



$$(a) s(t) = (4/\pi)[\sin(2\pi ft) + (1/3)\sin(2\pi(3f)t)]$$

S(f)



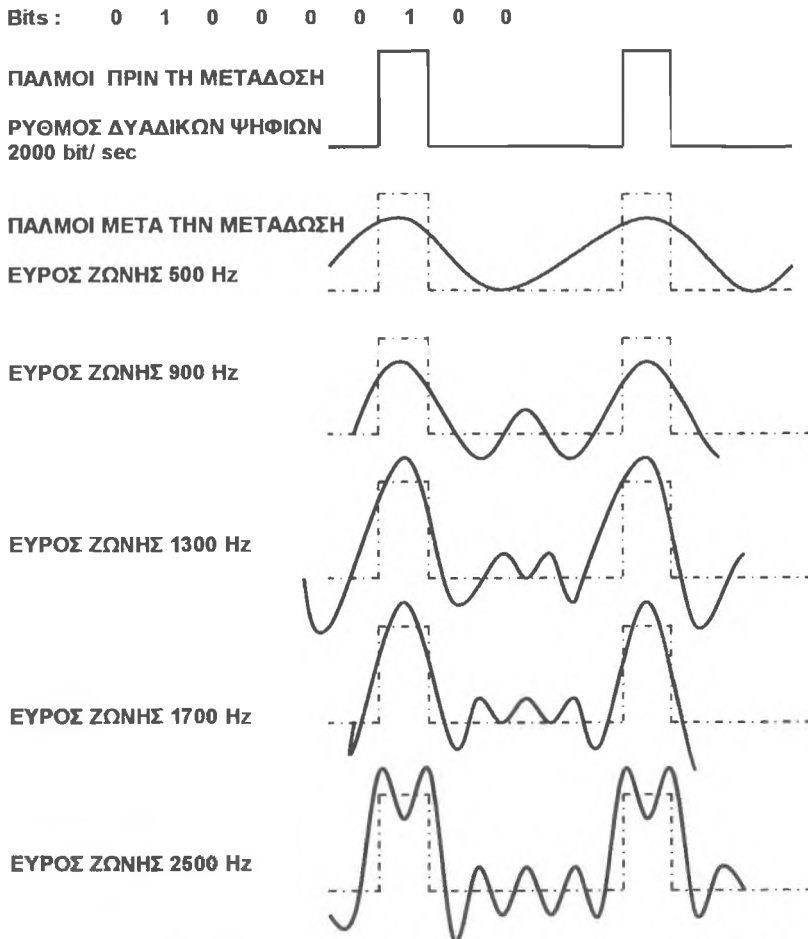
$$(b) s(t) = 1 - X/2 \sin t \leq \pi/2$$

-ΣΧΗΜΑ 2.7 ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ-

Χωρίς τη συνεχή συνιστώσα το σήμα έχει μέσο πλάτος μηδέν, όπως φαίνεται στο πεδίο του χρόνου. Με μια συνεχή συνιστώσα, έχει έναν όρο συχνότητας στο  $f = 0$  και ένα μη μηδενικό μέσο πλάτος.

## ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΡΥΘΜΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ

Έχει ήδη αναφερθεί ότι το ενεργό εύρος ζώνης είναι το εύρος μέσα στο οποίο συγκεντρώνεται η περισσότερη από την ενέργεια του σήματος. Ο όρος περισσότερη με ή την λογική είναι αυθαίρετος. Το σημαντικό γεγονός εδώ είναι ότι, ακόμα και αν μία κυματομορφή περιέχει συχνότητες από ένα πολύ μεγάλο εύρος, στην πράξη κάθε σύστημα μετάβασης (πομπός + μέσο + δέκτης) που χρησιμοποιείται θα μπορεί να αξιοποιήσει μόνο ένα περιορισμένο εύρος συχνοτήτων. Αυτό με την σειρά του περιορίζει το ρυθμό δεδομένων που μπορεί να μεταφερθεί από το μέσο μετάδοσης.



-ΣΧΗΜΑ 2.8 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΣΕ ΕΝΑ ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΗΜΑ-

## 2.3 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Μεταδίδοντας δεδομένα από μια πηγή σε έναν προορισμό πρέπει να γνωρίζουμε τη φύση των δεδομένων, τα φυσικά μέσα που χρησιμοποιούνται για τη διάδοση των δεδομένων και τι επεξεργασία ή ρυθμίσεις θα απαιτηθούν, ώστε να διασφαλισθεί ότι τα λαμβανόμενα δεδομένα θα είναι κατανοητά. Για όλα αυτά, το κρίσιμο σημείο είναι εάν έχουμε να κάνουμε με αναλογικές ή ψηφιακές οντότητες.

Οι όροι *αναλογικό* και *ψηφιακό* αντιστοιχούν, κατά προσέγγιση, σε *συνεχές* και *διακριτό* αντίστοιχα. Αυτοί οι δύο όροι χρησιμοποιούνται συχνά στις μεταδόσεις δεδομένων σε τρία τουλάχιστον γενικά πλαίσια:

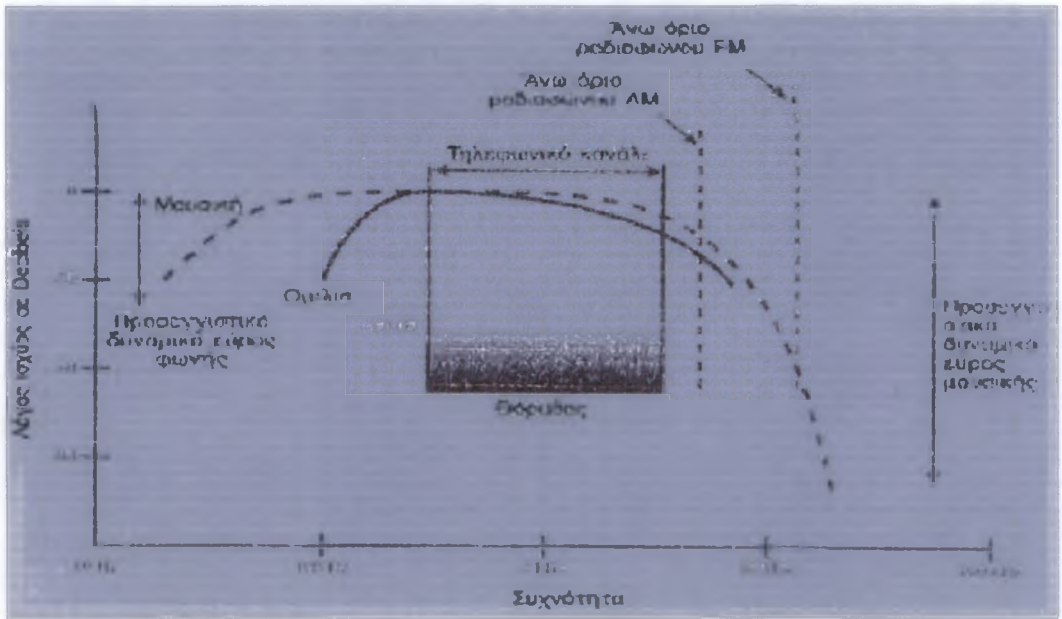
- ⚡ Δεδομένα.
- ⚡ Σηματοδοσία.
- ⚡ Μετάδοση.

Είναι δυνατό να οριστούν τα δεδομένα ως οντότητες που μεταφέρουν κάποια έννοια ή πληροφορία. Τα σήματα είναι ηλεκτρικές ή ηλεκτρομαγνητικές αναπαραστάσεις των δεδομένων, σηματοδοσία είναι η φυσική διάδοση του σήματος κατά μήκος ενός κατάλληλου μέσου. Τέλος, μετάδοση είναι η επικοινωνία δεδομένων με τη διάδοση και την επεξεργασία των σημάτων,

**ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

Οι έννοιες των αναλογικών και ψηφιακών δεδομένων είναι αρκετά απλές. Τα αναλογικά δεδομένα παίρνουν συνεχείς τιμές σε κάποιο διάστημα. Για παράδειγμα, η φωνή και το βίντεο είναι πρότυπα συνεχούς μεταβαλλόμενης έντασης. Τα περισσότερα δεδομένα που συλλέγοντε από τους αισθητήρες, όπως η θερμοκρασία και η πίεση είναι συνεχή. Τα ψηφιακά δεδομένα παίρνουν διακριτές τιμές, παραδείγματα αποτελούν κείμενο και οι αριθμοί.

Το πιο γνωστό παράδειγμα αναλογικών δεδομένων είναι ο ήχος ο οποίος, υπό τη μορφή ακουστικών ηχητικών κυμάτων, μπορεί να γίνει αντιληπτός άμεσα από το ανθρώπινο αυτί. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει το ακουστικό φάσμα της ανθρώπινης ομιλίας και της μουσικής.



Οι συνιστώσες συχνότητας μιας τυπικής ομιλίας μπορεί να βρεθούν περίπου μεταξύ 100 Hz και 7 kHz. Αν και ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας της ομιλίας συγκεντρώνεται στις χαμηλότερες συχνότητες, οι δοκιμές έχουν δείξει ότι οι συχνότητες από 600 έως 700 Hz βοηθούν ελάχιστα στη σαφήνεια της ομιλίας στο ανθρώπινο αυτί. Μια τυπική ομιλία έχει δυναμικό εύρος περίπου 25 dB<sup>3</sup> το οποίο δείχνει ότι η ισχύς που παράγεται από τη δυνατότερη κραυγή μπορεί να είναι και 300 φορές μεγαλύτερη από ένα ψίθυρο.

Ένα άλλο κοινό παράδειγμα αναλογικών δεδομένων είναι το οπτικό σήμα (**video**). Εδώ είναι ευκολότερο να Εξετάσουμε τα δεδομένα από την πλευρά του θεατή (προορισμός) της οθόνης TV παρά από την αρχική σκηνή (πηγή) που καταγράφεται από την τηλεοπτική κάμερα. Για να παραχθεί μια εικόνα στην οθόνη, μια δέσμη ηλεκτρονίων σαρώνει την επιφάνεια της οθόνης από τα αριστερά στα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω. Για την ασπρόμαυρη τηλεόραση, το μέγεθος φωτισμού που παράγεται (σε μια κλίμακα από το μαύρο έως το λευκό) σε οποιοδήποτε σημείο είναι ανάλογο της έντασης της ακτίνας καθώς περνά από εκείνο το σημείο. Άρα, οποιαδήποτε

στιγμή η ακτίνα παίρνει μια αναλογική τιμή έντασης για να δώσει την επιθυμητή φωτεινότητα στο συγκεκριμένο σημείο της οθόνης. Περαιτέρω, καθώς η ακτίνα συνεχίζει να σαρώνει, οι αναλογικές τιμές της αλλάζουν. Άρα, η τηλεοπτική εικόνα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα χρονικά μεταβαλλόμενο αναλογικό σήμα.

Το στο παρακάτω σχήμα (α) απεικονίζει τη διαδικασία σάρωσης. Στο τέλος κάθε γραμμής σάρωσης η ακτίνα επιστρέφει γρήγορα πίσω στην αριστερή πλευρά (οριζόντια κίνηση επιστροφής). Όταν η ακτίνα φθάνει στο κατώτατο σημείο σαρώνει γρήγορα πίσω στην κορυφή (κατακόρυφος κίνηση επιστροφής). Η ακτίνα κατά τα διαστήματα επιστροφής διακόπτεται (δεν φωτίζει την οθόνη).

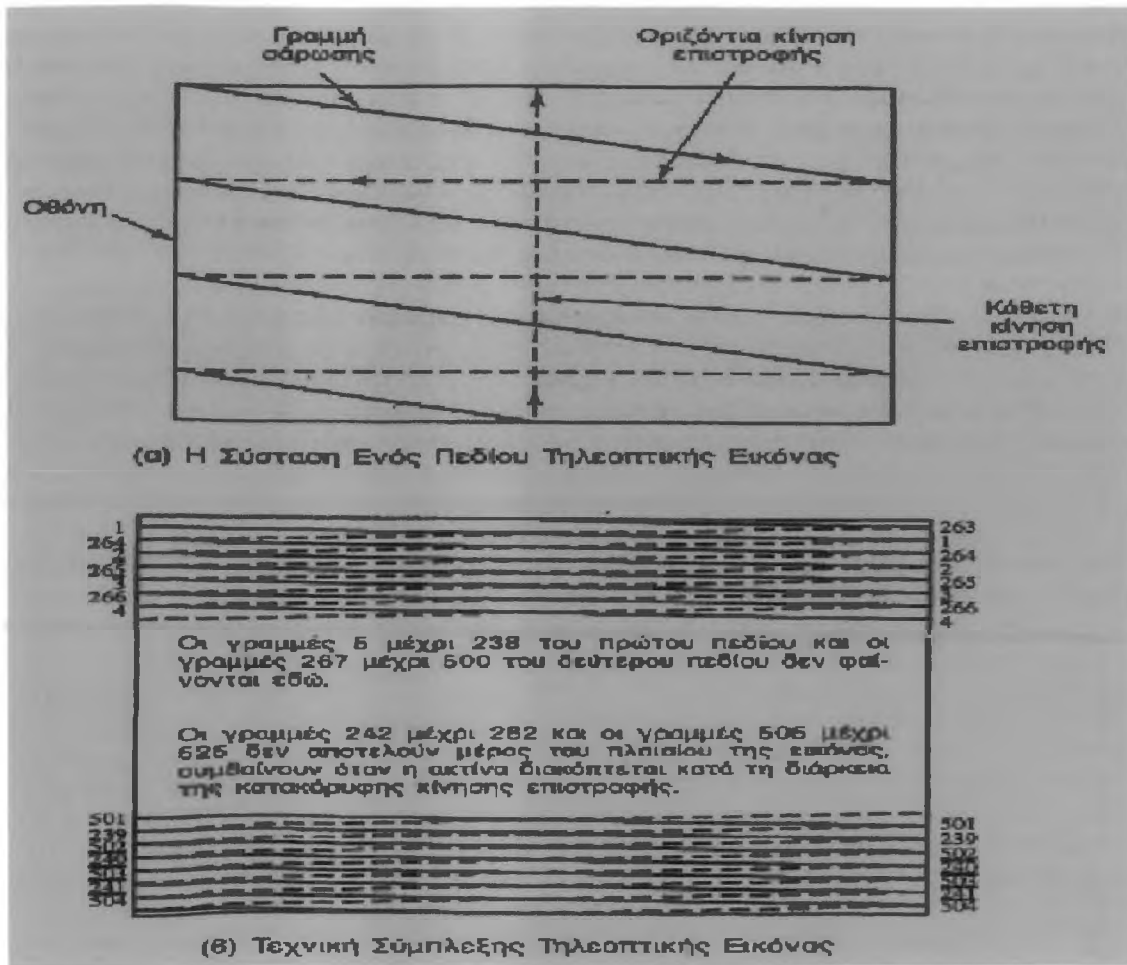
Για να επιτευχθεί επαρκής ανάλυση η ακτίνα παράγει συνολικά 483 οριζόντιες γραμμές με ρυθμό 30 πλήρης σαρώσεις της οθόνης ανά δευτερόλεπτο. Οι δοκιμές έχουν δείξει ότι αυτός ο ρυθμός παράγει μια αίσθηση τρεμουλιάσματος, αντί για μια ομαλή κίνηση της εικόνας. Ωστόσο, το τρεμούλιασμα αποβάλλεται με μια διαδικασία σύμπλεξης, όπως απεικονίζεται στο σχήμα- β. Η δέσμη ηλεκτρονίων σαρώνει την οθόνη αρχίζοντας από τα αριστερά, πολύ κοντά στην κορυφή. Η ακτίνα φθάνει στη μέση της χαμηλότερης γραμμής της οθόνης μετά από 241,5 γραμμές. Σε αυτό το σημείο η ακτίνα επανατοποθετείται γρήγορα στην κορυφή της οθόνης και ξαναρχίζει από τη μέση της κορυφαίας ορατής γραμμής της οθόνης για τη σάρωση 241,5 πρόσθετων γραμμών που συμπλέκονται με το αρχικό πεδίο. Συνεπώς η οθόνη ανανεώνεται 60 φορές ανά δευτερόλεπτο αντί για 30 και έτσι το τρεμούλιασμα αποφεύγεται.

Ένα γνωστό παράδειγμα ψηφιακών δεδομένων είναι το **κείμενο** ή οι ροές χαρακτήρων. Ενώ τα δεδομένα σε μορφή κειμένου είναι τα πιο κατάλληλα για τους ανθρώπους δεν μπορούν, σε μορφή χαρακτήρα, να αποθηκευτούν εύκολα ή να μεταδοθούν από συστήματα επεξεργασίας δεδομένων και επικοινωνιών. Τέτοια συστήματα σχεδιάζονται για δυαδικά δεδομένα. Κατά συνέπεια, διάφοροι κώδικες έχουν επινοηθεί στους οποίους οι χαρακτήρες αναπαριστούνε από μια ακολουθία bit. Ίσως το πιο παλιό κοινό παράδειγμα, είναι ο κώδικας Μορς, Σήμερα ο συνηθέστερα χρησιμοποιημένος κώδικας κειμένων είναι το διεθνές αλφάβητο αναφοράς (International reference Alphabet - IRA), που παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 2.1.

Κάθε χαρακτήρας σε αυτόν τον κώδικα αναπαρίσταται από ένα μοναδικό επτά bit (7-bit) συνδυασμό, συνεπώς 128 διαφορετικοί χαρακτήρες μπορούν να αναπαρασταθούν. Αυτός ο αριθμός είναι μεγαλύτερος από αυτόν που είναι απαραίτητος, οπότε μερικοί από τους συνδυασμούς αναπαριστούν τους *άορατους χαρακτήρες ελέγχου* (Πίνακας 1.2). Μερικοί από αυτούς τους χαρακτήρες ελέγχου έχουν να κάνουν με τον έλεγχο της εκτύπωσης των χαρακτήρων σε μια σελίδα. Άλλοι σχετίζονται με διαδικασίες επικοινωνιών και θα συζητηθούν αργότερα. Οι κωδικοποιημένοι χαρακτήρες IRA σχεδόν πάντα αποθηκεύονται και μεταδίδονται χρησιμοποιώντας 8 bit ανά χαρακτήρα (ένας πλήθος των 8 bit αναφέρεται ως οκτάδα ή byte). Το όγδοο bit είναι ένα bit ισοτιμίας (parity) που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση λάθους.

Αυτό το bit τίθεται με τέτοιο τρόπο, ώστε ο συνολικός αριθμός δυαδικών bit σε κάθε οκτάδα να είναι πάντα περιττός (περιττή ισοτιμία) ή πάντα άρτιος (άρτια ισοτιμία). Άρα, μπορεί να ανιχνευθεί ένα σφάλμα που κατά τη μετάδοση που αλλάζει ένα bit ή έναν περιττό αριθμό από bit.





-ΣΧΗΜΑ 2.10 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

ΘΕΣΗ bit

							0	0	0	0	1	1	1	1
							0	0	1	1	0	0	1	1
							0	1	0	1	0	1	0	1
B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1								
			0	0	0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	'	p
			0	0	0	1	SOX	DC1		1	A	Q	a	q
			0	0	1	0	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
			0	0	1	1	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
			0	1	0	0	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
			0	1	0	1	ENQ	NAC	%	5	E	U	e	u
			0	1	1	0	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
			0	1	1	1	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
			1	0	0	0	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
			1	0	0	1	HT	EM	)	9	I	Y	j	y
			1	0	1	0	LF	SUB	*	:	J	Z	i	z
			1	0	1	1	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
			1	1	0	0	FF	IS4	,	<	L	/	l	l
			1	1	0	1	CR	IS3	-	=	M	]	m	}
			1	1	1	0	SO	IS2	.	>	N	^	n	~
			1	1	1	1	SI	IS1	/	?	O	-	o	DEL

-ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1-

Σε ένα σύστημα επικοινωνιών τα δεδομένα μεταδίδονται από ένα σημείο σε ένα άλλο με τη βοήθεια ηλεκτρικών σημάτων. Ένα αναλογικό σήμα είναι ένα συνεχές μεταβαλλόμενο ηλεκτρομαγνητικό κύμα που μπορεί να διαδοθεί πάνω από διάφορα μέσα. Παραδείγματα αποτελούν τα ενσύρματα μέσα όπως το συνεστραμμένο ζεύγος, το ομοαξονικό καλώδιο, το καλώδιο οπτικής ίνας, η ατμοσφαιρική και η διαστημική διάδοση. Ένα ψηφιακό σήμα είναι μια ακολουθία παλμών τάσης που μπορούν να μεταδοθούν πάνω από ένα ενσύρματο μέσο για παράδειγμα, ένα σταθερό θετικό επίπεδο τάσης μπορεί να αναπαραστήσει το δυαδικό 1 και ένα σταθερό αρνητικό επίπεδο τάσης μπορεί να αναπαραστήσει το δυαδικό 0.

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ

**BS (Backspace):** Υποδεικνύει τη μετακίνηση του μηχανισμού εκτύπωσης ή του απεικονιζόμενου δρομέα μια θέση προς τα πίσω.

**HT (Horizontal Tab):** Υποδεικνύει τη μετακίνηση του μηχανισμού εκτύπωσης ή του απεικονιζόμενου δρομέα προς τα εμπρός στην επόμενη προκαθορισμένη ετικέτα (TAB) ή θέση τερματισμού.

**LF (Line Feed):** Υποδεικνύει τη μετακίνηση του μηχανισμού εκτύπωσης ή του απεικονιζόμενου δρομέα στην αντίστοιχη θέση χαρακτήρα της επόμενης γραμμής.

**VT (Vertical Tab):** Υποδεικνύει τη μετακίνηση του μηχανισμού εκτύπωσης ή του απεικονιζόμενου δρομέα στην επόμενη από μια σειρά προκαθορισμένων γραμμών.

**FF (Form Feed):** Υποδεικνύει τη μετακίνηση του μηχανισμού εκτύπωσης ή του απεικονιζόμενου δρομέα στην αρχική θέση της επόμενης σελίδας, της φόρμας ή της οθόνης.

**CR (Carriage Return):** Υποδεικνύει τη μετακίνηση του μηχανισμού εκτύπωσης ή του απεικονιζόμενου δρομέα στην αρχική θέση της ίδιας γραμμής.

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

**SOH (Start of Heading):** Χρησιμοποιείται για την ένδειξη της έναρξης ενός τίτλου, που μπορεί να περιέχει πληροφορίες διευθύνσεων ή δρομολόγησης.

**STX (Start of text):** Χρησιμοποιείται για την ένδειξη της έναρξης του κειμένου και επίσης δείχνει το τέλος του τίτλου.

**ETX (End of Text):** Χρησιμοποιείται για να τερματίσει το κείμενο που άρχισε με STX.

**EOI (End of Transmission):** Υποδεικνύει το τέλος μιας μετάδοσης, η οποία μπορεί να είχε περιλάβει ένα ή περισσότερα κείμενα με τους τίτλους τους.

**ENQ (Enquiry):** Μια αίτηση για μια απάντηση από έναν μακρινό σταθμό. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως "WHO ARE YOU" αίτηση για να προσδιοριστεί ένας σταθμός.

**ACK (Acknowledge):** Μεταδίδεται από έναν δέκτη ως απάντηση επιβεβαίωσης σε έναν αποστολέα. Χρησιμοποιείται ως θετική απάντηση στα μηνύματα σταθμοσκοπησης.

**NAK (Negative Acknowledgment):** Μεταδίδεται από έναν δέκτη ως αρνητική απάντηση σε έναν αποστολέα. Χρησιμοποιείται ως αρνητική απάντηση στα μηνύματα σταθμοσκοπησης.

**SYN (Synchronous/Idle):** Χρησιμοποιείται από σύγχρονα συστήματα μετάδοσης για την επίτευξη του συγχρονισμού. Όταν κανένα στοιχείο δεν στέλνεται ένα σύστημα σύγχρονης μετάδοσης μπορεί να στέλνει χαρακτηριστές SYN συνέχεια.

**ETB (End of Transmission Block):** Δείχνει το τέλος ενός μπλοκ δεδομένων για λόγους επικοινωνίας. Χρησιμοποιείται για να μπλοκάρει δεδομένα όπως η δομή του μπλοκ δε συσχετίζεται απαραίτητα με τις επιχειρησιακές ρυθμίσεις.

### ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

- IS4 (File Separator)
- IS3 (Group Separator)
- IS2 (Record Separator)
- IS1 (Unit Separator)

Οι διαχωριστές πληροφοριών χρησιμοποιούνται προαιρετικά, εκτός από την περίπτωση που η ιεραρχία τους είναι IS4 (ο πιο περιεκτικός) και IS1 (ο λιγότερο περιεκτικός).

### ΔΙΑΦΟΡΑ

**NUL (Null):** Κενός χαρακτήρας. Χρησιμοποιείται για να γεμίσει κάποιο διάστημα στο οποίο δεν υπάρχει κανένα δεδομένο.

**BEL (Bell):** Χρησιμοποιείται όταν υπάρχει ανάγκη να στρέψουμε την ανθρώπινη προσοχή. Μπορεί να ελέγξει συσκευές συντηγμένων ή συσκευές που χρειάζονται προσοχή.

**SO (Shift Out):** Δείχνει ότι οι συνδυασμοί κώδικα που ακολουθούν θα ερμηνευθούν ως εκτός από το τυποποιημένο σύνολο χαρακτήρων έως ότου ένας χαρακτήρας SI φθάσει.

**SI (Shift In):** Δείχνει ότι οι συνδυασμοί κώδικα που ακολουθούν θα ερμηνευθούν σύμφωνα με το τυποποιημένο σύνολο χαρακτήρων.

**DEL (Delete):** Χρησιμοποιείται για την εξάλειψη ανεπιθύμητων χαρακτήρων για παράδειγμα, με την αυτόματη επικάλυψη κειμένου (overwriting).

**SP (Space):** Ένας χαρακτήρας που δεν εκτυπώνεται και χρησιμοποιείται για να χωρίσει λέξεις, ή να προσοδηγήσει το μηχανισμό εκτύπωσης ή τον απεικονιζόμενο δρομέα μια θέση μπροστά.

**DLE (Data Link Escape):** Αλλάζει την έννοια ενός ή περισσότερων συνεχόμενων ακολουθιακών χαρακτήρων. Μπορεί να παρέχει συμπληρωματικούς ελεγχούς ή να επιτρέπει την αποστολή χαρακτήρων δεδομένων που έχουν οποιοδήποτε συνδυασμό bit.

**DC1, DC2, DC3, DC4 (Device Controls):** Χαρακτήρες για τον έλεγχο των βοηθητικών συσκευών ή των ειδικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων των τερματικών συσκευών.

**CAN (Cancel):** Υποδεικνύει ότι τα δεδομένα που προηγούνται σε ένα μήνυμα ή ένα μπλοκ δεν πρέπει να ληφθούν υπόψη (συνήθως επειδή ένα σφάλμα έχει ανιχνευθεί).

**EM (End of Medium):** Δείχνει το φυσικό τέλος μιας ταινίας ή ενός άλλου μέσου, όπως επίσης και το τέλος της απαιτητικής ή χρησιμοποιημένης μερίδας του μέσου.

**SUB (Substitute):** Αντικαθιστά έναν χαρακτήρα που βρέθηκε να είναι εσφαλμένος ή άκυρος.

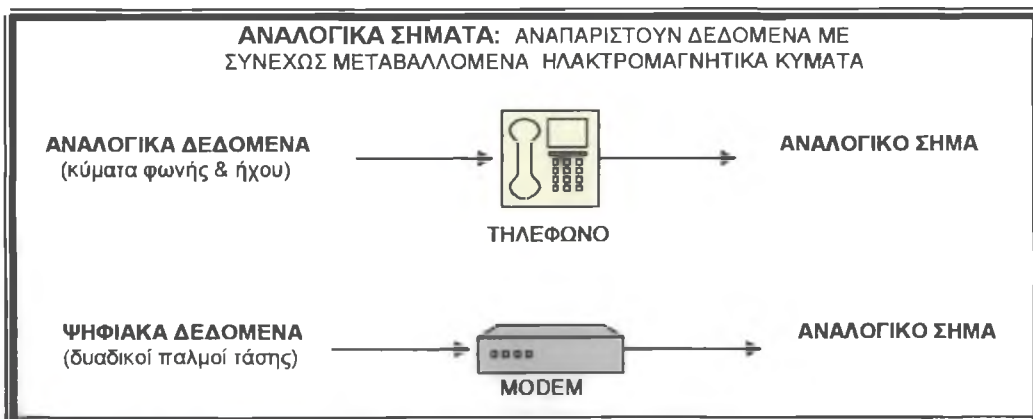
**ESC (Escape):** Παρέχει επέκταση κώδικα ο οποίος δίνει σε ένα καθορισμένο αριθμό συνεχόμενων ακολουθιακών χαρακτήρων μια διαφορετική έννοια.

## ΣΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στην προηγούμενη συζήτηση εξετάσαμε τα αναλογικά σήματα που χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν αναλογικά δεδομένα και ψηφιακά σήματα που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση ψηφιακών δεδομένων. Γενικά, τα αναλογικά δεδομένα είναι μια συνάρτηση του χρόνου και καταλαμβάνουν ένα περιορισμένο φάσμα συχνότητας, τέτοια δεδομένα μπορούν να αναπαρασταθούν από ένα ηλεκτρομαγνητικό σήμα που καταλαμβάνει το ίδιο φάσμα. Τα ψηφιακά δεδομένα μπορούν να αναπαρασταθούν από ψηφιακά σήματα με ένα διαφορετικό επίπεδο τάσης για κάθε ένα από τα δύο δυαδικά ψηφία.

Όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα αυτές δεν είναι οι μόνες δυνατότητες. Τα ψηφιακά δεδομένα μπορούν επίσης να αναπαρασταθούν από αναλογικά σήματα μέσω ενός *modem* (διαμορφωτή /αποδιαμορφωτή). Το modem μετατρέπει μια σειρά δυαδικών παλμών τάσης σε ένα αναλογικό σήμα κωδικοποιώντας τα ψηφιακά δεδομένα επάνω σε μια *φέρουσα συχνότητα*. Το σήμα που δημιουργείται, καταλαμβάνει ένα ορισμένο φάσμα συχνότητας και μπορεί να διαδοθεί πάνω από ένα μέσο κατάλληλο για τη φέρουσα συχνότητα. Τα περισσότερα κοινά modem αναπαριστούν τα ψηφιακά δεδομένα στο φάσμα του ήχου και ως εκ τούτου επιτρέπουν στα δεδομένα να διαδοθούν πάνω από τις συνηθισμένες τηλεφωνικές γραμμές φωνής. Στο άλλο άκρο της γραμμής ένα άλλο modem αποδιαμορφώνει το σήμα για να ανακτήσει τα αρχικά δεδομένα.

Με μια λειτουργία πολύ παρόμοια με αυτήν που γίνεται από ένα modem είναι ότι τα αναλογικά δεδομένα μπορούν να αναπαρασταθούν από ψηφιακά σήματα.



-ΣΧΗΜΑ 2.11 ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑ ΓΙΑ ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ-

Η συσκευή που εκτελεί αυτήν την λειτουργία για τα δεδομένα φωνής είναι ένας *codec* (κωδικοποιητής- αποκωδικοποιητής). Στην ουσία ο codec παίρνει ένα αναλογικό σήμα που αναπαριστά άμεσα τα δεδομένα φωνής και προσεγγίζει το σήμα με μια ακολουθία από bit. Στο σημείο λήψης η ακολουθία bit χρησιμοποιείται για να ανασχηματίσει τα αναλογικά δεδομένα. Επομένως το παραπάνω σχήμα δείχνει ότι τα δεδομένα μπορούν να κωδικοποιηθούν σε σήματα με ποικίλους τρόπους.

## ΜΕΤΑΔΟΣΗ

Είναι απαραίτητο να γίνει μια τελευταία διάκριση. Και τα αναλογικά και τα ψηφιακά σήματα μπορούν να μεταδοθούν πάνω από κατάλληλα μέσα μετάδοσης. Ο τρόπος μεταχείρισης αυτών των σημάτων είναι μια συνάρτηση του συστήματος μετάδοσης. Ο πίνακας που ακολουθεί συνοψίζει τις μεθόδους μετάδοσης δεδομένων. Η αναλογική μετάδοση είναι ένας τρόπος μετάδοσης αναλογικών σημάτων, αδιαφορώντας για το περιεχόμενο τους τα σήματα μπορούν να αντιπροσωπεύσουν αναλογικά δεδομένα (π. χ., φωνή) ή ψηφιακά δεδομένα (π. χ., δυαδικά δεδομένα που περνούν διαμέσου ενός modem). Σε καθεμία περίπτωση, το αναλογικό σήμα θα γίνει πιο αδύνατο (θα εξασθενήσει) μετά από μια ορισμένη απόσταση.

	ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΗΜΑΤΑ
<b>ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ</b>	Δύο εναλλακτικές λύσεις: (1) το σήμα καταλαμβάνει το ίδιο φάσμα με τα αναλογικά δεδομένα, (2) τα αναλογικά δεδομένα κωδικοποιούνται για να καταλάβουν ένα διαφορετικό τμήμα του φάσματος.	Τα αναλογικά δεδομένα κωδικοποιούνται χρησιμοποιώντας έναν CODEC για να δημιουργηθεί μια ψηφιακή ακολουθία από bit.
<b>ΨΗΦΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ</b>	Τα ψηφιακά δεδομένα κωδικοποιούνται χρησιμοποιώντας ένα MODEM για να παράγει το αναλογικό σήμα.	Δύο εναλλακτικές λύσεις: (1) το σήμα αποτελείται από δύο επίπεδα τάσεων που αντιπροσωπεύουν τις δύο δυαδικές τιμές, (2) τα ψηφιακά δεδομένα κωδικοποιούνται για τη δημιουργία ενός ψηφιακού σήματος με τις επιθυμητές ιδιότητες.

(α) ΣΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

	ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ	
<b>ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ</b>	Διαδίδεται μέσω ενισχυτών. Η επεξεργασία είναι ίδια είτε το σήμα χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει αναλογικά δεδομένα είτε ψηφιακά δεδομένα	Υποθέτει ότι το αναλογικό σήμα αναπαριστά ψηφιακά δεδομένα. Το σήμα διαδίδεται μέσω των επαναληπτών και σε κάθε επαναλήπτη τα ψηφιακά δεδομένα ανακτώνται από το εισερχόμενο σήμα και χρησιμοποιούνται για να παραχθεί ένα νέο αναλογικό εξερχόμενο σήμα.	
<b>ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΗΜΑΤΑ</b>	Δεν χρησιμοποιείται	Το ψηφιακό σήμα αναπαριστά μία ακολουθία από 1 και 0 η οποία μπορεί να αναπαριστά ψηφιακά δεδομένα ή μπορεί να είναι μια κωδικοποίηση αναλογικών δεδομένων. Το σήμα διαδίδεται μέσω επαναληπτών και σε κάθε επαναλήπτη, η ακολουθία των 1 και 0 ανακτάται από το εισερχόμενο σήμα και χρησιμοποιείται για να παραχθεί ένα νέο ψηφιακό εξερχόμενο σήμα.	<b>ΣΗΜΑΤΑ</b>

(β) ΜΕΤΑΧΕΙΡΗΣΗ ΣΗΜΑΤΩΝ

Για να επιτύχουμε μεγαλύτερες αποστάσεις το αναλογικό σύστημα μετάδοσης περιλαμβάνει ενισχυτές που ενισχύουν την ενέργεια του σήματος. Δυστυχώς, ο ενισχυτής ενισχύει επίσης τις συνιστώσες θορύβου. Τοποθετώντας ενισχυτές σε σειρά για να επιτύχουμε μεγαλύτερες αποστάσεις το σήμα παραμορφώνεται όλο και περισσότερο. Για τα αναλογικά δεδομένα, όπως η φωνή, κάποιος βαθμός παραμόρφωσης μπορεί να είναι ανεκτός και τα δεδομένα να παραμείνουν κατανοητά. Ωστόσο, για ψηφιακά δεδομένα οι ενισχυτές σε σειρά θα εισαγάγουν λάθη.

Αντίθετα, η ψηφιακή μετάδοση σχετίζεται με το περιεχόμενο του σήματος. Ένα ψηφιακό σήμα μπορεί να μεταδοθεί μόνο σε μια περιορισμένη απόσταση προτού η εξασθένηση, ο θόρυβος και οι άλλες βλάβες κατά τη μετάδοση θέσουν σε κίνδυνο την ακεραιότητα των δεδομένων. Για να επιτευχθούν μεγαλύτερες αποστάσεις χρησιμοποιούνται επαναλήπτες. Ένας επαναλήπτης λαμβάνει το ψηφιακό σήμα, ανακτά την ακολουθία των 1 και 0 και στη συνέχεια αναμεταδίδει ένα νέο σήμα. Άρα, η εξασθένηση μηδενίζεται.

Η ίδια τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ένα αναλογικό σήμα, εάν υποθεθεί ότι το σήμα φέρει ψηφιακά δεδομένα. Σε κατάλληλα κατά διαστήματα σημεία το σύστημα μετάδοσης έχει αναμεταδότες αντί για ενισχυτές, Ο αναμεταδότης ανακτά τα ψηφιακά δεδομένα από το αναλογικό σήμα και παράγει ένα νέο καθαρά αναλογικό σήμα. Συνεπώς ο θόρυβος δεν συσσωρεύεται.

Φυσικά προκύπτει η ερώτηση ποια είναι η προτιμώμενη μέθοδος μετάδοσης. Η απάντηση που παρέχεται από τη βιομηχανία τηλεπικοινωνιών και τους πελάτες είναι, η ψηφιακή μέθοδος. Οι τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις μεγάλης απόστασης και οι ενδοκτιριακές υπηρεσίες έχουν κινηθεί προς τη ψηφιακή μετάδοση και όπου είναι δυνατόν σε ψηφιακές τεχνικές σηματοδότησης. Οι σημαντικότεροι λόγοι είναι οι εξής:

❖ **Ψηφιακή τεχνολογία** : Η εμφάνιση της μεγάλης-κλίμακας-ολοκλήρωσης (Large Scale Integration-LSI) και της Very Large Scale Integration(VLSI) έχει προκαλέσει μια συνεχόμενη πτώση στο κόστος και στο μέγεθος των ψηφιακών κυκλωμάτων κάτι που δεν έχει παρουσιάσει ο αναλογικός εξοπλισμός.

❖ **Ακεραιότητα Δεδομένων** : Με τη χρήση αναμεταδοτών, αντί για ενισχυτές, οι επιδράσεις του θορύβου και των άλλων βλαβών του σήματος δεν συσσωρεύονται. Άρα τα δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν σε μεγαλύτερες αποστάσεις και πάνω από λιγότερο ποιοτικές γραμμές, διατηρώντας την ακεραιότητα τους.

❖ **Βαθμός χρήσης χωρητικότητας** : Έχει γίνει οικονομικό να κατασκευάζονται ζεύξεις μετάδοσης με πολύ υψηλό εύρος ζώνης, συμπεριλαμβανομένων των δορυφορικών καναλιών και των οπτικών ινών. Ένας υψηλός βαθμός πολυπλεξίας απαιτείται για να χρησιμοποιηθούν τέτοιες χωρητικότητες αποτελεσματικά. Αυτό επιτυγχάνεται ευκολότερα και οικονομικότερα με ψηφιακές (διαίρεση χρόνου) παρά με αναλογικές τεχνικές (διαίρεση συχνότητας).

❖ **Ασφάλεια και ιδιωτικότητα** : Τεχνικές κρυπτογράφησης μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα σε ψηφιακά και αναλογικά δεδομένα που έχουν ψηφιοποιηθεί.

❖ **Ολοκλήρωση** : με την ψηφιακή μεταχείριση αναλογικών και ψηφιακών δεδομένων όλα τα σήματα έχουν την ίδια μορφή και μπορούν να αντιμετωπιστούν ομοίως.

## 2.4 ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ

Σε οποιοδήποτε σύστημα επικοινωνίας το σήμα που λαμβάνεται μπορεί να διαφέρει από το σήμα που μεταδίδεται λόγω των διάφορων βλαβών κατά τη μετάδοση. Για τα αναλογικά σήματα, αυτές οι βλάβες μπορούν να υποβιβάσουν την ποιότητα του σήματος. Για τα ψηφιακά σήματα, εμφανίζονται σφάλματα στα bit. Ένα δυαδικό 1 μπορεί να αλλάξει σε ένα δυαδικό 0 και αντίστροφα. Αυτή η έννοια ασχολείται με τις διάφορες βλάβες κατά τη μετάδοση και πώς αυτές μπορούν να επηρεάσουν την ικανότητα μεταφοράς της πληροφορίας μιας επικοινωνιακής ζεύξης.

Οι σημαντικότερες βλάβες κατά τη μετάδοση είναι οι παρακάτω:

- ❖ Εξασθένιση και παραμόρφωση εξασθένισης.
- ❖ Παραμόρφωση καθυστέρησης.
- ❖ Θόρυβος.

### ○ **ΕΞΑΣΘΕΝΙΣΗ**

Η ένταση ενός σήματος μειώνεται σε σχέση με την απόσταση πάνω από οποιοδήποτε μέσο μετάδοσης. Για τα καθοδηγούμενα μέσα, η μείωση της έντασης ή η εξασθένιση είναι γενικά λογαριθμική και συνήθως εκφράζεται ως ένας σταθερός αριθμός από decibels ανά μονάδα απόστασης. Για τα μη καθοδηγούμενα μέσα, η μείωση είναι μια πιο πολύπλοκη συνάρτηση της απόστασης και της ατμόσφαιρας. Η εξασθένιση εισάγει τρεις στοχασμούς για το μηχανικό του συστήματος.

- ✓ Ένα σήμα που λαμβάνεται πρέπει να έχει ικανοποιητική ένταση έτσι ώστε τα ηλεκτρονικά κυκλώματα στο δέκτη να μπορούν να το ανιχνεύσουν.
- ✓ Το σήμα πρέπει να διατηρεί ένα αρκετά υψηλότερο επίπεδο από το θόρυβο ώστε να ληφθεί χωρίς λάθη.
- ✓ Η εξασθένιση είναι μια αύξουσα συνάρτηση της συχνότητας.

Το πρώτο και το δεύτερο πρόβλημα αντιμετωπίζονται δίνοντας προσοχή στην ένταση των σημάτων και στη χρήση ενισχυτών ή αναμεταδοτών. Για μια ζεύξη σημείο προς σημείο η ένταση του σήματος του πομπού πρέπει να είναι αρκετή ώστε το σήμα να παραληφθεί κατά τρόπο κατανοητό, αλλά όχι τόσο μεγάλη ώστε να υπερφορτώσει τα κυκλώματα του πομπού ή του δέκτη όπου θα προκαλούσε παραμόρφωση. Πέρα από μια ορισμένη απόσταση η εξασθένιση γίνεται απαράδεκτα μεγάλη και χρησιμοποιούνται αναμεταδότες ή ενισχυτές για να αναμεταδώσουν ή να ενισχύσουν το σήμα σε τακτά χρονικά διαστήματα. Αυτά τα προβλήματα είναι πολύ πιο σύνθετα για τις πολυσημιακές γραμμές (multipoint lines) όπου η απόσταση από τον πομπό στο δέκτη είναι μεταβλητή.

Το τρίτο πρόβλημα είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτο για αναλογικά σήματα. Επειδή η εξασθένιση μεταβάλλεται ως συνάρτηση της συχνότητας το λαμβανόμενο σήμα είναι παραμορφωμένο, μειώνοντας τη σαφήνεια. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα υπάρχουν διαθέσιμες τεχνικές για την ισοστάθμιση της εξασθένισης σε μια ζώνη συχνοτήτων. Αυτό συνήθως γίνεται στις τηλεφωνικές γραμμές χρησιμοποιώντας πηνία επιμηκύνσεις που αλλάζουν τις ηλεκτρικές ιδιότητες της γραμμής με αποτέλεσμα να εξομαλυνθούν οι επιδράσεις της εξασθένισης. Μια άλλη προσέγγιση είναι, να χρησιμοποιηθούν ενισχυτές που ενισχύουν τις υψηλές συχνότητες περισσότερο από τις χαμηλές συχνότητες.

Ένα παράδειγμα παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα -α, το οποίο δείχνει την εξασθένιση ως συνάρτηση της συχνότητας για μια χαρακτηριστική μισθωμένη γραμμή. Στο σχήμα η εξασθένιση μετριέται σε σχέση με την εξασθένιση στα 1000 Hz. Οι θετικές τιμές στον άξονα y αντιπροσωπεύουν εξασθένιση μεγαλύτερη από αυτήν στα 1000 Hz. Ένας παλμικός τόνος 1000 Hz ενός ορισμένου επιπέδου ισχύος εφαρμόζεται στην είσοδο και η ισχύς,  $P_{1000}$ , μετριέται στην έξοδο. Για οποιαδήποτε άλλη συχνότητα  $f$  η διαδικασία επαναλαμβάνεται και η σχετική εξασθένιση σε decibels είναι :

$$N_f = -10 \log_{10} \frac{P_f}{P_{1000}}$$

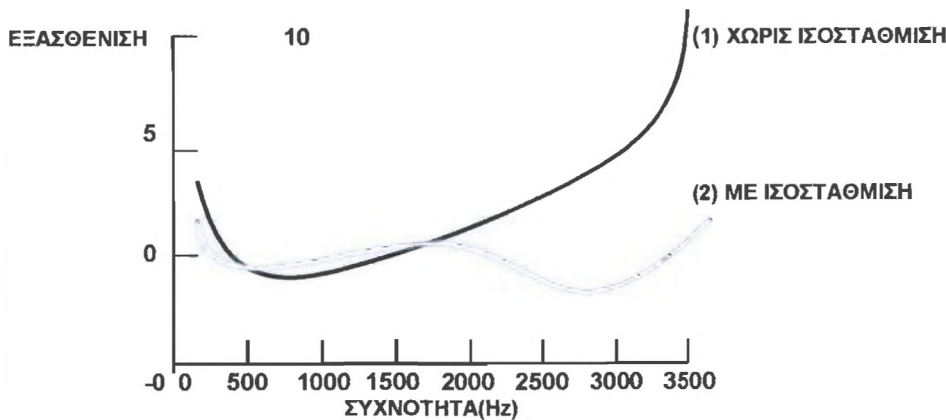
Στο σχήμα-α, η συνεχής γραμμή δείχνει εξασθένιση χωρίς ισοστάθμιση. Όπως φαίνεται οι συνιστώσες συχνότητας στο πάνω άκρο της φωνητικής ζώνης εξασθενούν πολύ περισσότερο από εκείνες στις χαμηλότερες συχνότητες. Είναι σαφές ότι αυτό θα οδηγήσει σε μια παραμόρφωση του λαμβανόμενου σήματος ομιλίας. Η διακεκομμένη γραμμή παρουσιάζει την επίδραση της ισοστάθμισης. Η επίπεδη καμπύλη ανταπόκρισης βελτιώνει την ποιότητα των σημάτων φωνής. Επιτρέπει επίσης υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων να χρησιμοποιηθούν για τα ψηφιακά δεδομένα που περνούν μέσω ενός modem.

Με τα ψηφιακά σήματα η παραμόρφωση εξασθένισης αποτελεί μικρότερο πρόβλημα. Όπως έχουμε δει η ισχύς ενός ψηφιακού σήματος μειώνεται γρήγορα με τη συχνότητα (Σχήμα-β) κι έτσι το μεγαλύτερο μέρος της ισχύος συγκεντρώνεται κοντά στην θεμελιώδη συχνότητα ή στο ρυθμό μετάδοσης των bit του σήματος.

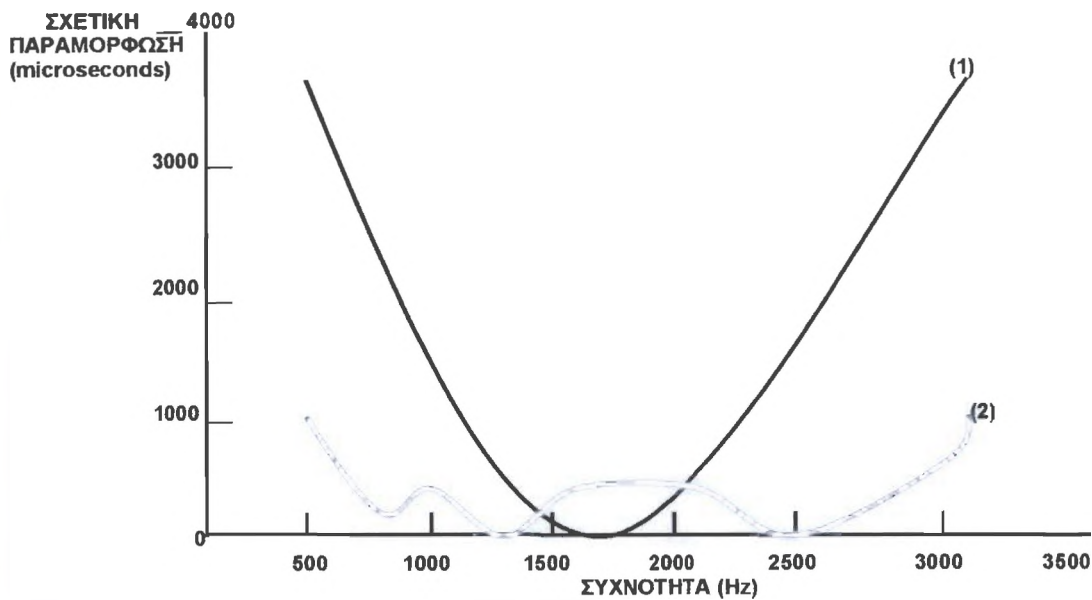
## ● ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ

Η παραμόρφωση καθυστέρησης είναι ένα ιδιόμορφο φαινόμενο για τα καθοδηγημένα μέσα μετάδοσης. Η παραμόρφωση προκαλείται από το γεγονός ότι η ταχύτητα διάδοσης ενός σήματος μέσω ενός μέσου ποικίλλει ανάλογα με την συχνότητα. Για ένα σήμα με περιορισμένο εύρος ζώνης

η ταχύτητα τείνει να είναι υψηλότερη στην κεντρική συχνότητα και να μειώνεται προς τις δύο άκρες της ζώνης. Κατά συνέπεια, οι διάφορες συνιστώσες συχνότητας ενός σήματος θα φθάσουν στον δέκτη σε διαφορετικούς χρόνους, αποφέροντας μετατοπίσεις φάσης μεταξύ διαφορετικών συχνοτήτων.



(α) ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ



(β) ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ

-ΣΧΗΜΑ 2.12 ΕΞΑΣΘΕΝΙΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΣΕ ΚΑΝΑΛΙ ΦΩΝΗΣ-

Αυτό το φαινόμενο αναφέρεται ως παραμόρφωση καθυστέρησης γιατί το λαμβανόμενο σήμα παραμορφώνεται λόγω των ποικίλων καθυστερήσεων στις συνιστώσες συχνότητες του. Η παραμόρφωση καθυστέρησης είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για τα ψηφιακά δεδομένα. Θεωρήστε ότι μια ακολουθία από bit μεταδίδεται χρησιμοποιώντας αναλογικά ή ψηφιακά σήματα. Λόγω της παραμόρφωσης καθυστέρησης κάποιες συνιστώσες του σήματος από τη θέση ενός bit θα απλωθούν στις θέσεις άλλων bit, προκαλώντας τη **διασυμβολική παρεμβολή** (Intersymbol Interface) η οποία είναι ένας σημαντικός περιορισμός για το μέγιστο ρυθμό bit σε ένα κανάλι μετάδοσης.

Οι τεχνικές ισοστάθμισης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και στην παραμόρφωση καθυστέρησης. Χρησιμοποιώντας μια μισθωμένη τηλεφωνική γραμμή το παράδειγμα στο σχήμα 2.12β παρουσιάζει την επίδραση της καθυστέρησης αυτής ως συνάρτηση της συχνότητας.

○ **ΘΟΡΥΒΟΣ**

Για οποιαδήποτε μετάδοση δεδομένων, το λαμβανόμενο σήμα θα αποτελείται από το σήμα που μεταδόθηκε τροποποιημένο από τις διάφορες παραμορφώσεις που επιβλήθηκαν από το σύστημα μετάδοσης συν τα πρόσθετα ανεπιθύμητα σήματα που εισέρχονται κάπου μεταξύ της μετάδοσης και της λήψης. Τα ανεπιθύμητα σήματα αναφέρονται ως θόρυβος. Ο θόρυβος είναι ο σημαντικότερος περιοριστικός παράγοντας για την απόδοση των επικοινωνιακών συστημάτων.

Ο θόρυβος μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερις κατηγορίες:

- Θερμικός Θόρυβος (Thermal noise).
- Θόρυβος Ενδοδιαμόρφωσης (Intermodulation noise).
- Συνακρόαση (Crosstalk).
- Κρουστικός θόρυβος (Impulse noise).

Ο **θερμικός θόρυβος** οφείλεται στη θερμική αναταραχή των ηλεκτρονίων. Είναι παρών σε όλες τις ηλεκτρονικές συσκευές και τα μέσα μετάδοσης και είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας. Ο θερμικός θόρυβος απλώνεται ομοιόμορφα κατά μήκος του φάσματος συχνοτήτων και ως εκ τούτου αναφέρεται συχνά ως λευκός θόρυβος. Ο θερμικός θόρυβος δε μπορεί να εξουδετερωθεί και επομένως θέτει ένα ανώτατο όριο στην απόδοση των επικοινωνιακών συστημάτων. Το ποσό θερμικού θορύβου που βρίσκεται σε ένα εύρος ζώνης 1 Hz σε οποιοδήποτε συσκευή ή αγωγό είναι:

$$N_0 = kT \text{ (W/Hz)}$$

όπου :

$N_0$  : πυκνότητα ισχύος θορύβου σε Watt ανά 1Hz εύρους ζώνης.

$k$  : σταθερά του Boltzmann =  $13803 \cdot 10^{-23}$  J/ °K

$T$  : θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin.

Όταν σήματα σε διαφορετικές συχνότητες μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης το αποτέλεσμα είναι ένας **θόρυβος ενδοδιαμόρφωσης**. Η επίδραση του θορύβου εν-δοδιαμόρφωσης είναι η παραγωγή σημάτων σε μια συχνότητα που είναι το άθροισμα ή η διαφορά των δύο αρχικών συχνοτήτων ή πολλαπλασία αυτών των συχνοτήτων. Για παράδειγμα, η ανάμιξη σημάτων στις συχνότητες  $f_1$  και  $f_2$  μπορεί να παράγει ενέργεια στη συχνότητα  $f_1 + f_2$ , Αυτό το παράγωγο σήμα θα μπορούσε να παρεμβάλλει με ένα χρησιμοποιούμενο σήμα στη συχνότητα  $f_1 + f_2$ .

Ο θόρυβος ενδοδιαμόρφωσης παράγεται όταν υπάρχει κάποια μη γραμμικότητα στον πομπό, στο δέκτη ή στο σύστημα μετάδοσης που μεσολαβεί. Κανονικά, τα εξαρτήματα αυτά συμπεριφέροντε ως γραμμικά συστήματα δηλαδή, η έξοδος είναι ίση με την είσοδο επί μία σταθερά. Σε ένα μη γραμμικό σύστημα, η έξοδος είναι μια πιο πολύπλοκη συνάρτηση της εισόδου. Τέτοια μη γραμμικότητα μπορεί να προκληθεί από κάποια δυσλειτουργία των εξαρτημάτων ή με τη χρήση υπερβολικής ισχύς σήματος. Κάτω από τέτοιες συνθήκες, εμφανίζονται τα αθροίσματα και οι διαφορές των συχνοτήτων.

Η **συνακρόαση** είναι γνωστή στον καθέναν που, κατά τη διάρκεια χρήσης του τηλεφώνου έχει καταστεί ικανός να ακούσει μια άλλη συνομιλία. Είναι μια ανεπιθύμητη επαγωγή μεταξύ σημάτων διαφορετικών καναλιών. Μπορεί να συμβεί από ηλεκτρική επαγωγή μεταξύ κοντινών συνεστραμμένων ζευγών ή πιο σπάνια, στις γραμμές ομοαξονικών καλωδίων που φέρουν πολλαπλά σήματα. Η συνακρόαση μπορεί επίσης να εμφανιστεί όταν ανεπιθύμητα σήματα λαμβάνονται από κεραιές μικροκυμάτων. Αν και χρησιμοποιούνται υψηλής κατευθυντικότητας κεραιές η ενέργεια των μικροκυμάτων διαχέεται κατά τη διάρκεια της διάδοσης. Τυπικά, η συνακρόαση είναι του ίδιου μεγέθους ή μικρότερου από ότι ο θερμικός θόρυβος.

Όλοι οι τύποι θορύβων που συζητήθηκαν μέχρι τώρα έχουν προβλέψιμα και σχετικά σταθερά μεγέθη. Επομένως είναι δυνατό να κατασκευαστεί ένα σύστημα μετάδοσης που θα τους αντιμετωπίζει. Ωστόσο, ο **κρουστικός θόρυβος** είναι μη συνεχής, αποτελούμενος από ανώμαλους παλμούς ή ακίδες θορύβου σύντομης διάρκειας και σχετικά υψηλού πλάτους. Παράγεται από ποικίλες αιτίες, συμπεριλαμβανομένων εξωτερικών ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών, όπως η αστραπή, βλάβες και ελαττώματα στα συστήματα επικοινωνιών.



Ο **κρουστικός θόρυβος** είναι γενικά μια μικρή ενόχληση για τα αναλογικά δεδομένα. Για παράδειγμα, η μετάδοση φωνής μπορεί να αλλοιωθεί από σύντομους κρότους και τριγμούς (κλικ και κρακ) χωρίς απώλεια της σαφήνειας. Εντούτοις, ο κρουστικός θόρυβος είναι η βασική πηγή σφαλμάτων στη μετάδοση ψηφιακών δεδομένων. Για παράδειγμα, μια αιχμηρή ακίδα ενέργειας διάρκειας 0,01 δευτερολέπτων δε θα κατάστρεφε κάποια δεδομένα φωνής, αλλά θα έσβηνε περίπου 560 bit δεδομένων που μεταδίδονται στα 56 kbps. Το σχήμα που ακολουθεί είναι ένα παράδειγμα της επίδρασης του θορύβου σε ένα ψηφιακό σήμα. Εδώ ο θόρυβος αποτελείται από ένα σχετικά μέτριο επίπεδο θερμικού θορύβου συν τις περιστασιακές ακίδες του κρουστικού θορύβου. Τα ψηφιακά δεδομένα μπορούν να ανακτηθούν από το σήμα με δειγματοληψία της λαμβανόμενης κυματομορφής μία φορά ανά χρονικό διάστημα ενός bit. Όπως φαίνεται, ο θόρυβος περιστασιακά είναι επαρκής για να αλλάξει ένα 1 σε 0 ή ένα 0 σε ένα 1.

## ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΝΑΛΙΟΥ

Αναφέρθηκε ότι υπάρχουν διάφορες βλάβες κατά τη μετάδοση που παραμορφώνουν ή αλλοιώνουν ένα σήμα. Για τα ψηφιακά δεδομένα η ερώτηση που προκύπτει είναι μέχρι ποιο σημείο αυτές οι βλάβες περιορίζουν το ρυθμό δεδομένων που μπορεί να επιτευχθεί. Ο μέγιστος ρυθμός στον οποίο τα δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν πάνω από ένα συγκεκριμένο μονοπάτι επικοινωνίας ή κάποιο κανάλι, υπό ορισμένες συνθήκες, αναφέρεται ως **χωρητικότητα καναλιού** (channel capacity). Υπάρχουν τέσσερις έννοιες τις οποίες θα προσπαθήσουμε να συσχετίσουμε τη μία με την άλλη:

⊕ **Ρυθμός δεδομένων:** Είναι ο ρυθμός, σε bit ανά δευτερόλεπτο (bps), με τον οποίο δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν.

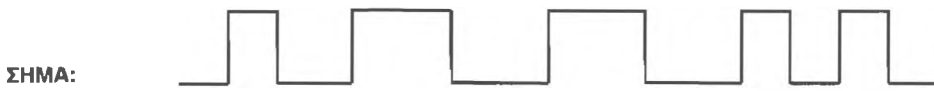
⊕ **Εύρος ζώνης:** Είναι το εύρος ζώνης του μεταδιδόμενου σήματος και περιορίζεται από τον πομπό και τη φύση του μέσου μετάδοσης, εκφράζεται σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο, ή Hertz.

⊕ **Θόρυβος:** Είναι το μέσο επίπεδο θορύβου στο μονοπάτι επικοινωνίας.

⊕ **Ρυθμός Σφαλμάτων:** Είναι ο ρυθμός στον οποίο εμφανίζονται τα σφάλματα, όπου ένα σφάλμα είναι η λήψη ενός 1 όταν μεταδόθηκε ένα 0 ή η λήψη ενός 0 όταν μεταδόθηκε ένα 1.

Το πρόβλημα που παρουσιάζεται είναι το ακόλουθο: Οι εγκαταστάσεις επικοινωνιακών συστημάτων είναι ακριβείς και γενικά όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης του τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος. Επιπλέον, όλα τα κανάλια μετάδοσης από κάθε πρακτικό ενδιαφέρον είναι περιορισμένου εύρους ζώνης. Οι περιορισμοί προκύπτουν από τις φυσικές ιδιότητες του μέσου μετάδοσης ή από τους σκόπιμους περιορισμούς του εύρους ζώνης στον πομπό για την αποφυγή παρεμβολών από άλλες πηγές. Συνεπώς, θα επιθυμούσαμε να κάνουμε όσο το δυνατόν πιο αποδοτική χρήση ενός εύρους ζώνης. Για τα ψηφιακά δεδομένα, αυτό σημαίνει ότι θα επιθυμούσαμε να επιτύχουμε όσο το δυνατόν υψηλότερο ρυθμό δεδομένων σε ένα συγκεκριμένο όριο ρυθμού σφαλμάτων, για ένα συγκεκριμένο εύρος ζώνης. Ο κύριος περιορισμός στην επίτευξη αυτής της αποδοτικότητας είναι ο θόρυβος.

ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΑ : 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 0  
 ΔΕΔΟΜΕΝΑ



ΧΡΟΝΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0
ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΛΗΨΗΣ:	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0
ΑΡΧΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0

↔ ΕΣΦΑΛΜΕΝΑ BIT ↔

-ΣΧΗΜΑ 2.13 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΗΜΑ-

**ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ Nyquist**

Αρχικά, θεωρείται η περίπτωση ενός καναλιού που δεν έχει θόρυβο. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον ο περιορισμός στο ρυθμό δεδομένων είναι απλά το εύρος ζώνης του σήματος. Μια διατύπωση αυτού του περιορισμού, που οφείλεται στον Nyquist, δηλώνει ότι, εάν ο ρυθμός μετάδοσης σήματος είναι  $2B$ , τότε ένα σήμα με συχνότητες όχι μεγαλύτερες από  $B$  είναι επαρκής για να μεταφέρει το ρυθμό του σήματος. Επίσης ισχύει το αντίστροφο: Λαμβάνοντας υπόψη ένα εύρος ζώνης  $B$ , ο υψηλότερος ρυθμός σήματος που μπορεί να μεταφερθεί είναι  $2B$ . Αυτός ο περιορισμός οφείλεται στο αποτέλεσμα της διασυμβολικής παρεμβολής που παράγεται από τη παραμόρφωση καθυστέρησης. Το αποτέλεσμα είναι χρήσιμο για την ανάπτυξη μεθόδων κωδικοποίησης από ψηφιακό σε αναλογικό. Εάν τα σήματα που θα μεταδοθούν είναι δυαδικά (δύο επίπεδα τάσης), τότε ο ρυθμός δεδομένων που μπορεί να υποστηριχθεί από  $B$  Hz είναι  $2$  bps. Για παράδειγμα, αν εξετάσουμε ένα κανάλι φωνής που χρησιμοποιείται μέσω ενός modem για να μεταδώσει ψηφιακά δεδομένα. Υποθέστε ένα εύρος ζώνης 3100 Hz, Η χωρητικότητα  $C$  του καναλιού είναι  $2B = 6200$  bps. Ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σήματα με περισσότερα από δύο επίπεδα. Δηλαδή ένα τμήμα του σήματος μπορεί να αντιπροσωπεύσει περισσότερα από ένα bit. Για παράδειγμα, εάν τέσσερα πιθανά επίπεδα τάσης χρησιμοποιούνται ως σήματα, τότε ένα τμήμα του σήματος μπορεί να αντιπροσωπεύσει δύο bit. Με πολλαπλή στάθμη σηματοδότησης η διατύπωση του Nyquist γίνεται:

$$C = 2B \log_2 M$$

Όπου  $M$  είναι ο αριθμός των διακριτών επιπέδων του σήματος ή της τάσης. Έτσι, για  $M=8$ , τιμή που χρησιμοποιείται σε κάποια modem, το  $C$  γίνεται 18600 bps. Συνεπώς, για ένα συγκεκριμένο εύρος ζώνης ο ρυθμός δεδομένων μπορεί να αυξηθεί με την αύξηση του αριθμού διαφορετικών τμημάτων του σήματος. Ωστόσο, αυτό βάζει ένα επιπλέον βάρος στο δέκτη. Αντί να διακρίνει ένα από δύο πιθανά τμήματα του σήματος κατά την διάρκεια ενός χρόνου σήματος, θα πρέπει να ξεχωρίσει ένα μεταξύ  $M$  πιθανά τμήματα του σήματος. Ο θόρυβος και άλλες βλάβες στη γραμμή μετάδοσης θα περιορίσουν την πρακτική τιμή του  $M$ .

**Ο ΤΥΠΟΣ ΧΩΡΕΤΗΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Shannon**

Ο τύπος του Nyquist δηλώνει ότι διπλασιάζοντας το εύρος ζώνης, διπλασιάζεται και ο ρυθμός δεδομένων, εάν όλα τα άλλα παραμείνουν όπως είναι. Εξετάζοντας τη σχέση μεταξύ ρυθμού δεδομένων, θορύβου και ρυθμού σφαλμάτων. μπορεί να εξηγηθεί ότι η παρουσία του θορύβου μπορεί να αλλοιώσει ένα ή περισσότερα bit. Εάν ο ρυθμός δεδομένων αυξηθεί, τότε τα bit γίνονται "συντομότερα", με αποτέλεσμα περισσότερα bit να επηρεάζονται από μια ορισμένη περίοδο θορύβου. Κατά συνέπεια, για ένα συγκεκριμένο επίπεδο θορύβου, όσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός δεδομένων, τόσο υψηλότερος είναι και ο ρυθμός σφαλμάτων.

Όλες αυτές οι έννοιες μπορούν να συνδεθούν μαζί απλά και έξυπνα σε έναν τύπο, που αναπτύχθηκε από το μαθηματικό Claude Shannon ο οποίος διατύπωσε το εξής:

Όσο υψηλότερος ο ρυθμός δεδομένων, τόσο μεγαλύτερη ζημία μπορεί να κάνει ο ανεπιθύμητος θόρυβος. Για ένα συγκεκριμένο επίπεδο θορύβου, θα αναμέναμε ότι με μεγαλύτερη ισχύ σήματος θα βελτιώναμε τη δυνατότητα να λάβουμε τα δεδομένα σωστά εν παρουσία θορύβου. Η βασική παράμετρος που περιλαμβάνεται σε αυτόν τον συλλογισμό είναι ο λόγος σήματος προς θόρυβο (**SNR Signal to noise ratio**). Ο SNR ο οποίος είναι ο λόγος της ισχύος ενός σήματος προς την ισχύ που εσωκλείεται στο θόρυβο που είναι παρών σε ένα συγκεκριμένο σημείο της μετάδοσης. Συνήθως, αυτός ο λόγος μετριέται σε έναν δέκτη, γιατί σε αυτό το σημείο γίνεται η προσπάθεια για επεξεργασία του σήματος και αποβολή του ανεπιθύμητου θορύβου. Για ευκολία, αυτός ο λόγος δίνεται συχνά σε decibels:

$$(SNR)_{dB} = 10 \log_{10} \frac{\text{ισχύς σήματος}}{\text{ισχύς θορύβου}}$$

Η σχέση εκφράζει σε decibels το ποσό που το σήμα υπερβαίνει το επίπεδο θορύβου, Ένα υψηλός SNR σημαίνει ένα υψηλής ποιότητας σήμα και ένα χαμηλό αριθμό απαραίτητων ενδιάμεσων αναμεταδοτών.

Ο λόγος σήματος προς θόρυβο είναι σημαντικός στη μετάδοση ψηφιακών δεδομένων επειδή θέτει το ανώτερο όριο στον επιτευξιμό ρυθμό δεδομένων. Το αποτέλεσμα του Shannon είναι ότι η μέγιστη χωρητικότητα του καναλιού, σε bit ανά δευτερόλεπτο(bps), δίνεται από την εξίσωση:

$$C = B \log_2 ( 1+ SNR )$$

όπου με  $C$  παριστάνεται η χωρητικότητα του καναλιού σε bit ανά δευτερόλεπτο(bps) και με  $B$  το εύρος ζώνης του καναλιού σε Hertz. Ο τύπος του Shannon αντιπροσωπεύει το θεωρητικό μέγιστο που μπορεί να επιτευχθεί. Στην πράξη, ωστόσο, επιτυγχάνονται μόνο πολύ χαμηλότεροι ρυθμοί. Ένας λόγος για αυτό είναι ότι ο τύπος του Shannon υποθέτει μόνο λευκό θόρυβο (θερμικό θόρυβο). Ο κρουστικός θόρυβος δε λαμβάνεται υπόψη, όπως επίσης ούτε η παραμόρφωση εξασθένησης ή η παραμόρφωση καθυστέρησης.

Η χωρητικότητα που υποδεικνύεται στην παραπάνω εξίσωση αναφέρεται ως χωρητικότητα απαλλαγμένη από λάθη, Ο Shannon απέδειξε ότι, εάν ο πραγματικός ρυθμός πληροφορίας σε ένα κανάλι είναι μικρότερος από τη χωρητικότητα χωρίς λάθη, τότε είναι θεωρητικά δυνατό να χρησιμοποιηθεί ένας κατάλληλος κώδικας σήματος ώστε να επιτευχθεί μετάδοση μέσω ενός καναλιού χωρίς λάθη. Το θεώρημα του Shannon δυστυχώς δεν προτείνει τρόπους εύρεσης τέτοιων κωδίκων, αλλά παρέχει ένα κριτήριο με το οποίο η απόδοση των πρακτικών μεθόδων επικοινωνίας μπορεί να μετρηθεί.

Διάφορες άλλες παρατηρήσεις σχετικά με την παραπάνω εξίσωση μπορεί να είναι διδακτικές. Για ένα ορισμένο επίπεδο θορύβου, φαίνεται ότι ο ρυθμός δεδομένων θα μπορούσε να αυξηθεί με την αύξηση είτε της ισχύς είτε του εύρους ζώνης του σήματος. Ωστόσο, εάν η ισχύς του σήματος

αυξηθεί, αυξάνονται οι επιδράσεις της μη γραμμικότητας του συστήματος, που οδηγούν σε αύξηση του θορύβου ενδοδιαμόρφωσης. Σημειώνεται επίσης ότι, επειδή υποθέτουμε ότι ο θόρυβος είναι λευκός (θερμικός), όσο ευρύτερο είναι το εύρος ζώνης, τόσο περισσότερος θόρυβος αφήνεται να εισχωρήσει στο σύστημα. Κατά συνέπεια, καθώς το  $B$  αυξάνεται το SNR μειώνεται.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΑΝΑΛΥΣΗ FOURIER

Στις αρχές του 19ου Αιώνα, ο Γάλλος μαθηματικός Jean-Baptist Fourier απέδειξε ότι οποιαδήποτε φυσιολογικά συμπεριφερόμενη περιοδική συνάρτηση,  $g(t)$ , με περίοδο  $T$  μπορεί να κατασκευαστεί από το άθροισμα ενός (πιθανώς απείρου) αριθμού από ημίτονα και συνημίτονα:

$$g(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft) \quad (1)$$

όπου  $f = 1/T$  είναι η θεμελιώδης συχνότητα και τα  $a_n$  και  $b_n$  είναι τα πλάτη των ημίτονων και των συνημίτονων των  $n$ -στων **αρμονικών όρων (harmonics)**. Μια τέτοια ανάλυση ονομάζεται **σειρά Fourier (Fourier series)**. Η συνάρτηση μπορεί να ανακατασκευαστεί από τη σειρά Fourier, δηλαδή, εάν η περίοδος  $T$  είναι γνωστή όπως και τα πλάτη, η αρχική συνάρτηση του χρόνου μπορεί να βρεθεί με την εκτέλεση των αθροισμάτων της Εξ. (1).

Ένα σήμα δεδομένων με πεπερασμένη διάρκεια (κάτι που έχουν όλα), μπορεί να θεωρηθεί σαν επανάληψη στο διηλεκές της ίδιας μορφής (δηλαδή, το διάστημα από  $T$  έως  $2T$  είναι το ίδιο με το διάστημα από  $0$  μέχρι  $T$ , κ.ο.κ.).

Τα πλάτη  $a_n$  μπορούν να υπολογισθούν για οποιαδήποτε  $g(t)$  με πολλαπλασιασμό των μελών της Εξ. (1) με το  $\sin(2\pi kft)$  και με ολοκλήρωση κατόπιν από  $0$  μέχρι  $T$ . Αφού

$$\int_0^T \sin(2\pi kft) \sin(2\pi nft) dt = \begin{cases} 0 & \text{για } k \neq n \\ T/2 & \text{για } k = n \end{cases}$$

μόνον ένας όρος του αθροίσματος παραμένει: το  $a_n$ . Το άθροισμα των  $b_n$  μηδενίζεται. Παρόμοια, με πολλαπλασιασμό της Εξ. (1) με το  $\cos(2\pi kft)$  και ολοκλήρωση από  $0$  μέχρι  $T$ , μπορούμε να υπολογίσουμε το  $b_n$ . Με την ολοκλήρωση απλά των δύο μελών της εξίσωσης, μπορεί να βρεθεί το  $c$ . Τα αποτελέσματα αυτών των υπολογισμών έχουν ως εξής:

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \sin(2\pi nft) dt \quad b_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos(2\pi nft) dt \quad c = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) dt$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

#### 3.1 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΕΙΚΟΝΩΝ

##### ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

[10] Πολλά φαινόμενα δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμα ή είναι πρακτικά αδύνατο να μετρηθούν. Μπορούν όμως να παρατηρηθούν μέσα από μια εικόνα, που είναι "η αναπαράσταση ενός όντος ή ενός αντικειμένου". Ο σχηματισμός μιας εικόνας προϋποθέτει μια πηγή ακτινοβολίας, ένα δέκτη και ένα αντικείμενο. Ο δέκτης συνίσταται κατά κανόνα από μία δυσδιάστατη (2-Δ) επιφάνεια και μετρά την ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει σ'αυτή την επιφάνεια. Η ακτινοβολία χαρακτηρίζεται από το μήκος κύματος και την ένταση, που μπορεί να μεταβάλλεται στο χρόνο. Η συνάρτηση της φωτεινής έντασης στο δέκτη,  $\Phi(x, y, t, \lambda)$ , εξαρτάται από το σημείο  $(x, y)$ , από τη χρονική στιγμή,  $t$ , και το μήκος κύματος,  $\lambda$ .

Στην πραγματικότητα ο δέκτης χαρακτηρίζεται από την ευαισθησία του,  $E(\lambda)$ , τη δεκτικότητα του δηλαδή σε ορισμένα μήκη κύματος. Υποθέτουμε ότι η ευαισθησία του δέκτη είναι ομογενής στο χώρο και στο χρόνο, με αποτέλεσμα την ακόλουθη έκφραση της φωτεινής έντασης

$$M(x, y, t) = \int \Phi(x, y, t, \lambda) E(\lambda) d\lambda$$

Αν το παραπάνω ολοκλήρωμα καλύπτει ολόκληρο το φάσμα της ακτινοβολίας, ο δέκτης είναι μονοχρωματικός. Είναι επίσης δυνατό σε κάθε σημείο, και κάθε χρονική στιγμή, να είναι διαθέσιμοι περισσότεροι του ενός δέκτες, όπου ο καθένας καλύπτει ένα τμήμα του φάσματος. Στη συνέχεια θα περιορισθούμε σε μονοχρωματικούς δέκτες και σε στατικές εικόνες, δοσμένες δηλαδή για μια ορισμένη χρονική στιγμή.

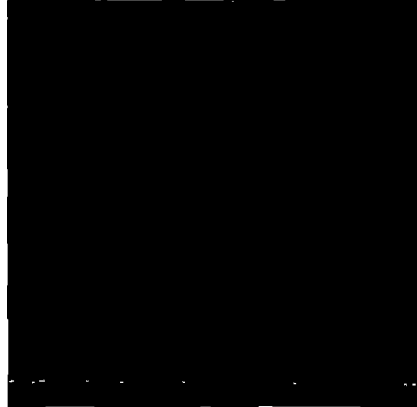
##### ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΕΙΚΟΝΩΝ

[10]

Στο ανθρώπινο μάτι η εικόνα σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα που αποτελείται από δύο ειδών ανιχνευτές φωτός : τα ραβδία και τα κωνία. Τα ραβδία ενεργοποιούνται σε χαμηλό φωτισμό (σκοτοψία), είναι πολυπληθή, περί τα 100 εκατομμύρια. Τα ραβδία είναι κατανομημένα στο μέγιστο μέρος του χιτώνα, και δε διακρίνουν χρωματικές διαφορές, δηλαδή πρόκειται για μονοχρωματικούς δέκτες. Τα κωνία είναι λιγότερο ευαίσθητα στο φως, και κατά συνέπεια :

ενεργοποιούνται μόνο εφόσον η φωτεινή ένταση ξεπερνά κάποιο όριο (φωταψία). Το πλήθος των κονιών είναι περί τα 6,5 εκατομμύρια και είναι ευαίσθητα στο χρώμα, διακρίνοντας τα τρία βασικά χρώματα: κόκκινο, πράσινο και μπλε.

Ακολουθως παρουσιάζουμε σε συντομία μερικές ιδιότητες της ανθρώπινης όρασης που μπορεί να είναι χρήσιμες για την επεξεργασία των εικόνων.



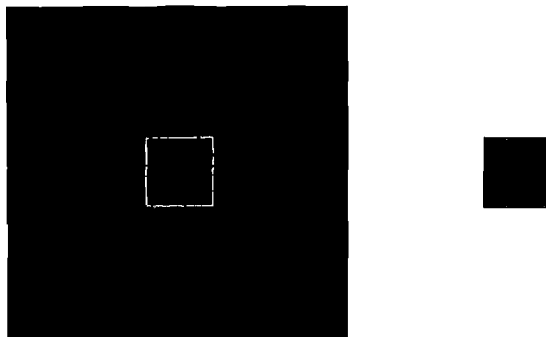
-ΣΧΗΜΑ 3.1 ΠΕΙΡΑΜΑ WEBER-

Καταρχήν υπάρχουν όρια για να γίνει αντιληπτό ένα φωτεινό σήμα, για την ένταση, το μέγεθος στο χώρο (της τάξης του  $\Gamma$  στερεάς γωνίας), και τη διάρκεια (της τάξης των 40 msec).

Υπάρχουν επίσης όρια για την αντίληψη μιας διαφοράς στη φωτεινή ένταση. Μία διαφορά στη φωτεινότητα,  $\Delta L$ , γίνεται αντιληπτή σε σχέση με την περιβάλλουσα φωτεινότητα,  $L$  (Σχήμα 1.2.1),

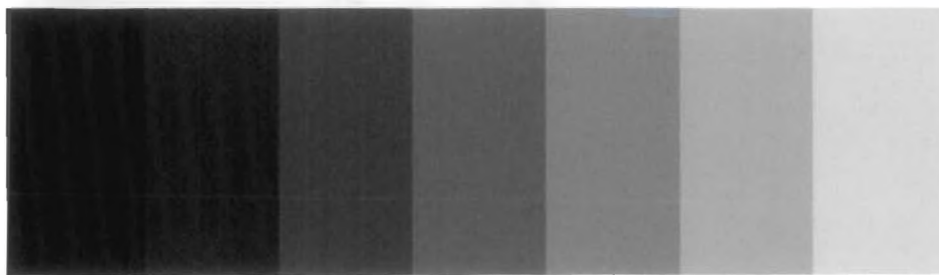
$$\frac{\Delta L}{L} \geq C \approx 0,02$$

Η σταθερά  $C$  ονομάζεται σταθερά του Weber, και ισχύει για μια ευρεία ζώνη τιμών της φωτεινότητας  $L$ . Αν η διαφορά  $\Delta L$ , παρατηρείται ανάμεσα σε δύο φωτεινούς στόχους που περιβάλλονται από φωτεινότητα  $L_0$ , το όριο αντίληψης είναι μεγαλύτερο. Αυτή η εξάρτηση από το περιβάλλον δείχνει ότι το ανθρώπινο σύστημα όρασης επιτελεί μία επεξεργασία του σήματος της εικόνας στο χώρο. Το ίδιο συμπέρασμα εξάγεται από το φαινόμενο της ταυτόχρονης διαφοράς (Σχήμα 3.1). Η ίδια φωτεινή ένταση φαίνεται πιο φωτεινή αν περιβάλλεται από μια σκοτεινή περιοχή, απ'ό,τι φαίνεται αν περιβάλλεται από μια φωτεινή περιοχή.



-ΣΧΗΜΑ 3.2 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ-

Παρόμοιο συμπέρασμα εξάγεται επίσης από το λεγόμενο φαινόμενο της ζώνης Mach (Σχήμα 3.3). Ενώ οι στήλες έχουν ομοιόμορφη φωτεινότητα, φαίνονται πιο φωτεινές από την πλευρά της πιο σκοτεινής γειτονικής στήλης, και πιο σκοτεινές από την πλευρά της πιο φωτεινής γειτονικής στήλης.



-ΣΧΗΜΑ 3.3 ΖΩΝΗ MACH-

Δηλαδή η φωτεινή αντίθεση τονίζεται χάρη στην επεξεργασία από το ανθρώπινο σύστημα όρασης. Άλλα πειράματα έδειξαν ότι το ανθρώπινο σύστημα όρασης συμπεριφέρεται σαν ένα ζωνοπερατό σύστημα, με μέγιστη απόκριση στις μέσες χωρικές συχνότητες (της τάξης των 10 κύκλων ανά μοίρα), και πρακτικά κόβει τις χωρικές συχνότητες πάνω από 30 κύκλους ανά μοίρα και τις χρονικές συχνότητες πάνω από 30 κύκλους ανά δευτερόλεπτο.

### 3.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

[13] Οι εικόνες (images or pictures) δεν είναι αναθεωρήσιμες επειδή η μορφή τους δεν περιέχει δομημένες πληροφορίες. Οι εικόνες μπορεί να είναι φωτογραφίες από τον πραγματικό κόσμο ή να είναι δημιουργήματα του υπολογιστή. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για την παραγωγή ψηφιοποιημένων εικόνων από τον αληθινό κόσμο:

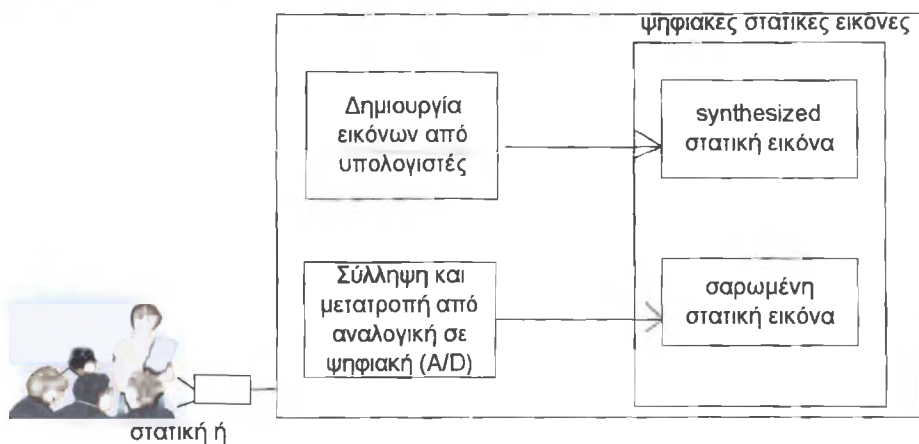
#### **Με σάρωση εκτυπωμένων εικόνων:**

- Παραγωγή μετά από κατάλληλη επεξεργασία από φωτογραφία των 35mm τραβηγμένη από μια συνηθισμένη φωτογραφική μηχανή.
- Λήψη από μια στατική αναλογική βίντεο κάμερα μια μικρή σε αναλογία μαγνητική δισκέτα που απαιτεί περαιτέρω ψηφιοποίηση.
- Λήψη από ψηφιακή κάμερα η οποία αποθηκεύει την ψηφιακή εικόνα στο σκληρό δίσκο ή στη δευτερεύουσα μνήμη.
- Η απόκτηση από μια αναλογική βιντεοκάμερα, είτε εικόνα μόνο, είτε μια συνηθισμένη βιντεοκάμερα κίνησης όπως το camcorder, η τεχνική αυτή απαιτεί τη χρήση πλακέτας λήψης-βίντεο για μετατροπή από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα.

Όλες οι ψηφιακές εικόνες οι οποίες γενικά προέρχονται από σάρωση είτε εκτυπωμένων είτε πραγματικών εικόνων ονομάζονται σαρωμένες στατικές εικόνες (ή φωτογραφίες). Ενώ οι εικόνες που είναι δημιουργημένες με την βοήθεια ενός υπολογιστή ή είναι φτιαγμένες εξολοκλήρου από έναν υπολογιστή ονομάζονται synthesized στατικές εικόνες. Οι τεχνικές για την παραγωγή synthesized εικόνων περιλαμβάνουν:

- Την χειρονακτική δημιουργία των εικόνων στον υπολογιστή με τη βοήθεια ενός προγράμματος ζωγραφικής, το οποίο είναι βασισμένο σε παλέτες ψηφιακών εργαλείων. Ο τελικός χρήστης μπορεί να δημιουργήσει το δικό του έργο τέχνης ή να προμηθευτεί φωτογραφίες από προμηθευτές εικόνων.
- Το πάγωμα μιας εικόνας bitmap, που σημαίνει σύλληψη ενός μέρους της εικόνας από μια ενεργή οθόνη ενός υπολογιστή. Αυτή η τεχνική ονομάζεται 'σύλληψη οθόνης' (screen capture).
- Την μετατροπή γραφικών ενός υπολογιστή σε εικόνα bitmap.
- Την δημιουργία μιας εικόνας από ένα πρόγραμμα.

Οι εικόνες μπορεί επίσης να δημιουργηθούν από τους ανθρώπους με τη χρήση προγραμμάτων επεξεργασίας εικόνας (image editors). Τα προγράμματα επεξεργασίας εικόνας είναι προγράμματα παρόμοια με αυτά της επεξεργασίας γραφικών τα οποία όμως, δε δημιουργούν αρχεία στα οποία αποθηκεύονται σημειολογικά περιεχόμενα. Αυτό σημαίνει ότι δημιουργούν αρχεία τα οποία μπορούν να τροποποιηθούν αλλά δε μπορούν να αναθεωρηθούν. Τα προγράμματα επεξεργασίας εικόνας επιτρέπουν τροποποιήσεις όπως νέα επεξεργασία χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικό σβηστήρα ή μολύβι πάνω σε κάποιο τμήμα της εικόνας, δηλαδή κατά τον ίδιο τρόπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο φυσικός σβηστήρας σε χειρόγραφο ή και σε εκτυπωμένες εικόνες. Να σημειωθεί ότι τα πιο πολλά προγράμματα επεξεργασίας εικόνας συχνά προσφέρουν αρκετά πιο εξειδικευμένες επιλογές, ειδικά για εφαρμογές που σχετίζονται με την φωτογραφία, οι οποίες μπορεί να είναι απλές έως σύνθετες. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να δημιουργηθούν εικόνες οι οποίες είναι σύνθεση πολλών εικόνων μαζί, μπορεί επίσης να προστεθούν στοιχεία, να αλλάξει το χρώμα, να διαστρεβλωθεί και να αλλάξει το σχήμα ενός τμήματος μιας εικόνας.



Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η δημιουργία ψηφιακών στατικών εικόνων από εικόνες του πραγματικού κόσμου και εικόνων δημιουργημένων από υπολογιστή

-ΣΧΗΜΑ 3.4-

### 3.3 ΜΟΡΦΕΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

[13] Οι εικόνες στον υπολογιστή αναπαρίστανται με χαρτογράφημα κουκίδων (bitmaps). Ένα απλό bitmap\* είναι ένας δυοδιάστατος πίνακας στο χώρο ο οποίος αποτελείται από ανεξάρτητα στοιχεία εικόνας τα οποία καλούνται pixels\* (εικονοστοιχεία). Ένα pixel είναι το μικρότερο στοιχείο ανάλυσης μιας εικόνας. Κάθε pixel έχει μια αριθμητική αξία, η οποία καλείται πλάτος(amplitude). Ο αριθμός των bits που είναι διαθέσιμος για την κωδικοποίηση ενός pixel καλείται amplitude depth\* ή pixel depth\*. Παραδείγματα ενός τυπικού pixel depth\* είναι το 1 (για ασπρόμαυρες εικόνες), 2, 4, 8, 16 ή 24 bits. Η αριθμητική αξία μπορεί να αναπαριστάει είτε την άσπρη ή τη μαύρη τελεία στις δίχρωμες (bitonal) εικόνες είτε μια απόχρωση του γκρι σε μια συνεχούς απόχρωσης ασπρόμαυρη εικόνα είτε ένα έγχρωμο χαρακτηριστικό ενός στοιχείου της εικόνας όταν πρόκειται για έγχρωμες εικόνες.

Γραφικά ή κείμενο αφού δημιουργηθούν σε αναθεωρήσιμη μορφή, μπορούν να αναπαρασταθούν και να αποθηκευθούν σαν εικόνες και να μετατραπούν σε bitmap μορφή. Η μετατροπή των γραφικών ενός υπολογιστή σε μια bitmap μορφή είναι μια τεχνική για την παραγωγή synthesized στατικών εικόνων. Ας χρησιμοποιήσουμε ένα παράδειγμα: εάν ένα γραφικό το οποίο περιέχει μια μαύρη γραμμή είναι αποθηκευμένο ως bitmap, η τελική μορφή της εικόνας δεν υποδηλώνει ότι η διαδοχή των μαύρων pixels τα οποία συνθέτουν την μαύρη γραμμή μορφοποιεί ένα διάνυσμα. Το γεγονός ότι αυτό το διάνυσμα θα μπορούσε να αναπαρασταθεί πιο αποτελεσματικά από ένα ζευγάρι συντεταγμένων στο χώρο δεν μπορεί να διατηρηθεί. Τα TIFF ή GIF είναι παραδείγματα προτύπων για την κωδικοποίηση των εικόνων. Αυτά καλούνται bitmap formats. ( μορφές χαρτογράφησης κουκίδων )

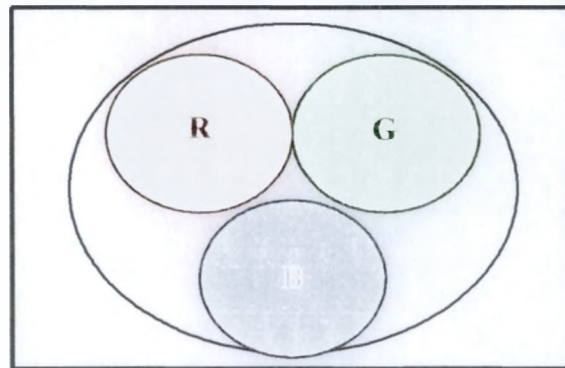


### 3.4 ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

[10] Μια ψηφιακή εικόνα είναι μια εικόνα  $f(x,y)$ , η οποία έχει διακριτοποιηθεί τόσο στις χωρικές συντεταγμένες όσο και στη φωτεινότητα.

- Πίνακας, οι γραμμές και στήλες του οποίου δηλώνουν τις χωρικές συντεταγμένες  $x$  και  $y$ , ενώ οι αντίστοιχες τιμές αντιπροσωπεύουν την φωτεινότητα  $f$ .
- Τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα ονομάζονται στοιχεία εικόνας (picture elements) ή πιο σύντομα pixels.
- Στην περίπτωση έγχρωμων εικόνων η συνάρτηση  $f$  είναι ένα διάνυσμα με τρεις συνιστώσες.
- Στις έγχρωμες εικόνες υπάρχουν τρία διαφορετικά βασικά χρώματα, από τον συνδυασμό των οποίων προκύπτει το ακριβές χρώμα σε κάθε σημείο  $(x,y)$ .

Οι ψηφιακές εικόνες συλλαμβάνονται εύκολα με μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή ή έμμεσα με σάρωση μιας φωτογραφίας μ' ένα ψηφιοποιητή (scanner). Προτού αποθηκευτούν, επεξεργαστούν ή μεταδοθούν, συμπυκνώνονται. Αποτελούνται από μια συλλογή φωτοστοιχείων (pixels) που είναι τοποθετημένα σ' ένα μητρώο δύο διαστάσεων και έτσι επιτυγχάνεται η προβολή εικόνας (Image Display). Η παράσταση αυτή της εικόνας χαρακτηρίζεται από την ανάλυση ή διακριτότητα (resolution) της εικόνας. Κάθε pixel αποτελείται από τρία στοιχεία : το κόκκινο (R), το πράσινο (G) και το μπλε (B) όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα



-ΣΧΗΜΑ 3.5-

Ο αριθμός των bit για αναπαραγωγή ενός pixel αποτελεί το βάθος του χρώματος. Στην οθόνη κάθε στοιχείο ενός pixel αντιστοιχεί σ' ένα φωσφόρο (phosphor). Όταν διεγερθεί στην οθόνη (CRT) ένα στοιχείο ενός φωσφόρου λάμπει και οι διάφοροι συνδυασμοί διαφορετικών εντάσεων RGB παράγουν διαφορετικά χρώματα. Το βάθος του χρώματος αποφασίζεται από το μέγεθος του video buffer στο κύκλωμα της οθόνης.

**Παράδειγμα :** Σε οθόνη με ανάλυση 640 x 480 και με 24 bit βάθος χρώματος (οκτώ bits για κάθε βασικό R,G,B) εμφανίζει 640 pixels οριζόντια και 480 κάθετα και κάθε pixel με δυνατότητα επιλογής από  $2^{24}$  (16,7 εκ.) διαφορετικά χρώματα.

### 3.5 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

[10] Οι μορφές bitmaps απαιτούν πολύ περισσότερη χωρητικότητα αποθήκευσης από ότι οι μορφές κειμένου ή γραφικών. Επειδή τα bitmaps αγνοούν τη σημασιολογία, δύο εικόνες του ίδιου μεγέθους, δηλαδή του ίδιου πλάτους και ύψους, θα κατέχουν ακριβώς τον ίδιο αποθηκευτικό χώρο ακόμα και αν η μία από αυτές είναι μία σύνθετη φωτογραφία και η άλλη είναι μια απλή

δημιουργημένη από τον υπολογιστή γραμμή, η οποία αποτελείται μόνο από μερικούς κύκλους. Για παράδειγμα ένα απλό τετράγωνο το οποίο καταλαμβάνει το ένα τέταρτο της επιφάνειας μιας έγχρωμης οθόνης, απαιτεί χίλιες φορές περισσότερο αποθηκευτικό χώρο όταν είναι κωδικοποιημένο σε ασυμπίεστη μορφή bitmap. Για αυτό το λόγο μάλλον είναι ανόητο να χρησιμοποιούμε εικόνες bitmap στη θέση των γραφικών.

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι που μας εμποδίζουν να χρησιμοποιούμε γραφικά πιο συστηματικά. Πρώτον, η σημειολογία των captured (συλληφθέντων) εικόνων είναι πολλές φορές δύσκολο να αναγνωρισθεί από τα υπολογιστικά συστήματα, αν και πλέον σημειώνεται πρόοδος στην πρότυπη αναγνώριση. Η οπτική αναγνώριση χαρακτήρων (OCR –optical character recognition) είναι ένα παράδειγμα μετατροπής από bitmap σε κείμενο, αλλά τα πιο πολλά τυπωμένα κείμενα τα οποία σαρώνονται από scanners (σαρωτές) ή από πανομοιότυπες μηχανές αποθηκεύονται σε bitmap μορφή. Μερικά προγράμματα προσπαθούν να ανιχνεύσουν τα όρια των σχημάτων στις bitmap εικόνες και να εξάγουν μια γεωμετρική αναπαράσταση του αντικείμενου που έχει ανιχνευθεί. Αυτή η διαδικασία η οποία καταλήγει σε μετατροπή από bitmap μορφή σε αντικείμενο, συνήθως καλείται autotracing (αυτοανίχνευση).

Ένας άλλος λόγος στηρίζεται στο γεγονός ότι η πραγματικότητα που απεικονίζεται στις φωτογραφίες είναι συχνά πολύ δύσκολο να αποδοθεί μόνο με γραφικά. Είναι σημαντικό επίσης να σημειώσουμε ότι η πραγματικότητα η οποία αποδίδεται μέσα από την φωτογραφική μηχανή είναι δύσκολο να αποδοθεί έτσι όπως πρέπει όταν δημιουργούμε μια bitmap εικόνα με τη βοήθεια ενός ψηφιακού προγράμματος ζωγραφικής. Είναι λοιπόν γενικά προτιμότερο να μορφοποιούμε μια εικόνα από το να τη δημιουργούμε.

Τελικά η απαραίτητη υπολογιστική ισχύς για την εμφάνιση μιας bitmap εικόνας είναι λιγότερη από αυτή που απαιτείται για την εμφάνιση γραφικών της ίδιας πολυπλοκότητας, καθώς η διάταξη των γραφικών αποτελείται από μία αφηρημένη περιγραφή η οποία πρέπει πρώτα να μεταφραστεί και μετά να εμφανιστεί. Για αυτό το λόγο, για μια εφαρμογή όπου η υπολογιστική ισχύς ή ο χρόνος για την εμφάνιση είναι καθοριστικός μια bitmap αναπαράσταση θα ήταν προτιμότερη.

Σημείωση: Ας ξεχωρίσουμε τη διαφορά μεταξύ γραφικών και εικόνων: τα γραφικά είναι αναθεωρήσιμα ντοκουμέντα αφού αυτά περιέχουν δομικές πληροφορίες για τις μορφές των αντικειμένων. Οι εικόνες δεν είναι αναθεωρήσιμες. Οι εικόνες αγνοούν τα σημασιολογικά περιεχόμενα και περιγράφονται ως bitmaps τα οποία αποτελούνται από ανεξάρτητα pixels, το καθένα από τα οποία έχει κωδικοποιηθεί με έναν καθορισμένο αριθμό από bits.

### 3.6 ΥΒΡΙΔΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ ΚΑΙ ΓΡΑΦΙΚΑ

[13] Στην πράξη εικόνες και γραφικά συχνά συνδυάζονται και σχηματίζουν μια υβριδική αναπαράσταση εικόνας. Ο λόγος που γίνονται οι συνδυασμοί είναι οι περιορισμοί και οι επεκτάσεις που παρέχονται από τα προγράμματα δημιουργίας γραφικών και οι εφαρμογές λογισμικού οι οποίες παρέχουν τη δυνατότητα δημιουργίας γραφικών. Πρώτον, υπάρχει ασυμβατότητα μεταξύ των μορφών που χρησιμοποιούνται από τα διάφορα προγράμματα δημιουργίας γραφικών. Για παράδειγμα ένας χρήστης θέλει να εισάγει μέσα σε ένα γραφικό που έχει δημιουργήσει ο ίδιος, μια εικόνα που πιθανόν να έχει δημιουργηθεί από ένα διαφορετικό πρόγραμμα επεξεργασίας γραφικών. Εάν το πρόγραμμα που χρησιμοποιεί ο χρήστης δεν υποστηρίζει τη μορφή της εισαγόμενης εικόνας, τότε το εισαγόμενο αντικείμενο μπορεί να τοποθετηθεί όμως το νέο αντικείμενο θα πάρει bitmap μορφή. Το τελικό ντοκουμέντο θα πάρει μορφή γραφικών ή οποία θα περιέχει και ένα παράθυρο bitmap, και για αυτό το λόγο προκύπτει μια υβριδική αναπαράσταση. Δεύτερον, πολλά προγράμματα επεξεργασίας γραφικών έχουν εμπλουτιστεί με δυνατότητα χρωματισμού της εικόνας.

### 3.7 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ

[17] Ορισμός: "Με τον όρο συμπίεση εικόνας λοιπόν, εννοούμε τη διαδικασία εκείνη της μείωσης του όγκου των δεδομένων (data) προς αναπαράσταση μιας συγκεκριμένης ποσότητας πληροφορίας".

Στην ψηφιακή συμπίεση εικόνας οι βασικές κατηγορίες πλεοναζόντων δεδομένων, που μπορούν να ανιχνευθούν και να απομακρυνθούν, είναι οι ακόλουθες τρεις:

- **Πλεονασμός στην κωδικοποίηση (coding redundancy).**
- **Πλεονασμός στην συσχέτιση των pixel (interpixel redundancy).**  
Ο πλεονασμός στην συσχέτιση των pixel μίας εικόνας είναι η περίπτωση όπου η εικόνα παρουσιάζει περιοδικότητες ή συμμετρίες στην τιμή των pixels, π.χ. μορφών ή χρωμάτων.
- **Ψυχοφυσικός πλεονασμός (psychovisual redundancy).**

Παρόλα αυτά προκύπτει το θέμα για το αν οι εικόνες μετά την διαδικασία συμπίεσης-αποσυμπίεσης έχουν υποστεί απώλειες ή όχι. Ετσι προκύπτουν δύο κατηγορίες στη συμπίεση εικόνων:

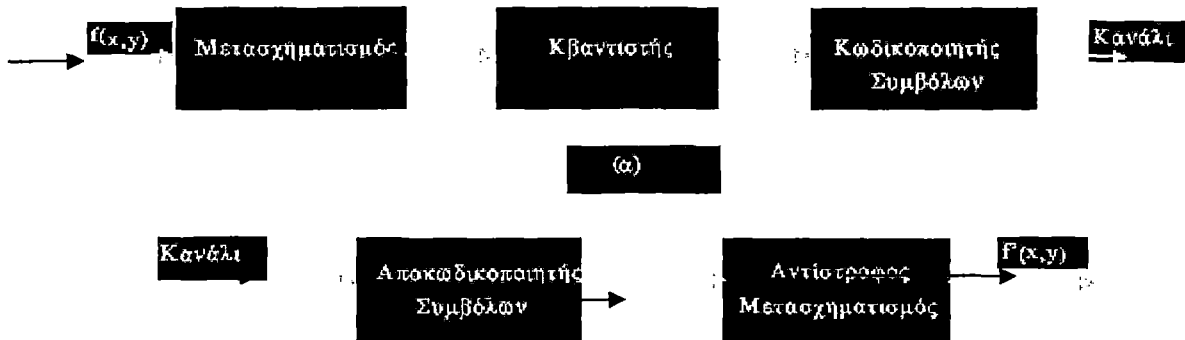
- ✓ Συμπίεση εικόνων χωρίς σφάλματα
- ✓ Συμπίεση εικόνων με σφάλματα.

Η συμπίεση εικόνων χωρίς σφάλματα χρησιμοποιεί τις εξής τεχνικές κωδικοποίησης:

- **Κωδικοποίηση δυαδικών επιπέδων (Bit-Plane Coding).**  
Αποσύνθεση μιας μονόχρωμης ή έγχρωμης εικόνας σε μια σειρά δυαδικών εικόνων (bit-plane decomposition) και συμπίεση κάθε μιας από αυτές με κάποια μέθοδο συμπίεσης δυαδικών εικόνων.
- **Κωδικοποίηση συναφών περιοχών (Constant Area Coding :CAC).**  
Με την μέθοδο αυτή, μεγάλες περιοχές της δυαδικής εικόνας με γειτονικά 1 ή 0 κωδικοποιούνται με ειδικές λέξεις κώδικα. Η εικόνα διαιρείται σε μπλοκ μεγέθους ίση με τα pixel τα οποία είναι είτε όλο άσπρο (1), είτε όλο μαύρο (0) είτε περιέχουν και τις δύο αποχρώσεις (1 και 0). Η πιο συχνά εμφανιζόμενη κατηγορία μπλοκ κωδικοποιείται με λέξη κώδικα ενός bit και οι άλλες δύο κατηγορίες κωδικοποιούνται με τις 2-bit λέξεις κώδικα 10 και 11.
- **Κωδικοποίηση μήκους διαδρομής (Run-Length Coding :RLC).**  
Στην μονοδιάστατη μορφή της μεθόδου, κάθε γραμμή της δυαδικής εικόνας αντιπροσωπεύεται από μία ακολουθία μηκών που περιγράφουν διαδρομές διαδοχικών άσπρων και μαύρων pixel. Στην δυσδιάστατη μορφή της (Relative Address Coding:RAC), συσχετίζονται μονοδιάστατα μήκη διαδρομής μεταξύ συνεχόμενων γραμμών της εικόνας.
- **Ανίχνευση και κωδικοποίηση περιφερειών - Προβλεπτική διαφορική κβαντοποίηση.**  
Κωδικοποίηση Μεταβλητού Μήκους.

Η συμπίεση εικόνων με σφάλματα χρησιμοποιεί τις εξής τεχνικές κωδικοποίησης:

- **Προβλεπτική Κωδικοποίηση με σφάλμα (Lossy Predictive Coding).**
- **Κωδικοποίηση Μετασχηματισμού (Transform Coding).**



-ΣΧΗΜΑ 3.6-

Αναλυτικότερα θα αναφερθούμε σε αυτού του είδους τις τεχνικές και στο κεφάλαιο που αναφέρεται στο video το οποίο ενσωματώνει στα πλαίσια του ακίνητες ή/και κινούμενες εικόνες.

[10] Η ανάγκη για συμπίεση των εικόνων προκύπτει από το μεγάλο όγκο των δεδομένων προς μετάδοση ή αποθήκευση. Ζητούμενο της συμπίεσης είναι η οικονομικότερη μετάδοση ή αποθήκευση των εικόνων. Η συμπίεση των εικόνων βασίζεται στον περιορισμό της πλεονάζουσας πληροφορίας, χωρίς καμία αλλοίωση των δεδομένων της εικόνας, και στον περιορισμό της περιττής πληροφορίας, χωρίς αντιληπτή αλλοίωση των δεδομένων της εικόνας, ή έστω ως τα όρια της ανεκτής από το ανθρώπινο σύστημα όρασης αλλοίωσης. Κριτήρια επίδοσης ενός συστήματος συμπίεσης είναι: ο βαθμός συμπίεσης, η ποιότητα των εικόνων που μπορούν να ανασυντεθούν από τη συμπιεσμένη ποσότητα πληροφορίας, η πολυπλοκότητα του συμπιεστή/αποσυμπιεστή, και, στην περίπτωση ύπαρξης λαθών μεταξύ συμπιεστή και αποσυμπιεστή, η αντοχή του συστήματος συμπίεσης σ'αυτά τα λάθη

Το κύριο λοιπόν μειονέκτημα του bitmap format είναι το μέγεθος της εικόνας. Ένα μεγάλο μέγεθος δεν είναι μόνο μειονέκτημα για την αποθήκευση αλλά επίσης προσθέτει καθυστέρηση στη μεταφορά της εικόνας μέσω μιας τηλεπικοινωνιακής γραμμής. Ευτυχώς υπάρχουν τεχνικές συμπίεσης της εικόνας οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση του μεγέθους με αναλογία 25 προς 1. Ανάλογα με τη μέθοδο συμπίεσης, η αποσυμπιεσμένη εικόνα είναι είτε αυστηρά πανομοιότυπη με την αυθεντική, είτε έχει υποστεί κάποιες αλλαγές.

Η ανάλυση και το βάθος χρώματος μιας εικόνας αποφασίζουν την ποιότητα και το μέγεθος της αποθήκευσης της. Πιο πολλά pixels, πιο πολλά χρώματα, καλύτερη η ποιότητα εικόνας αλλά και πολύ μεγάλος όγκος πληροφορίας.

**Παράδειγμα** : 640 x 480 εικόνα με 24 bit βάθος χρώματος απαιτεί  $640 \times 480 \times 24b = 7,4\text{Mb}$  μνήμης.

**Για την μείωση της απαίτησης μνήμης υπάρχουν τρεις προσεγγίσεις :**

### **I. Δεικτοδότηση χρώματος (Indexed Color) :**

⬇ Αυτή η τεχνική μειώνει την μνήμη με τη χρήση ενός περιορισμένου αριθμού bits π.χ. 8, που ο κάθε ένας συνδυασμός αντιστοιχίζεται με τα στοιχεία ενός πίνακα χρωμάτων (color palette) για την αναπαράσταση του χρώματος του κάθε pixel.

⬇ Ο πίνακας θα περιορίσει την τιμή για το βάθος χρώματος του κάθε pixel σ' ένα ακέραιο με μέγεθος 8 bit. Αυτή η τιμή αντί ν' αντιπροσωπεύει απ' ευθείας το χρώμα παριστά τον δείκτη στον πίνακα χρωμάτων.

⬇ Η τεχνική αυτή επιτρέπει καθ' ένα από τα 256 στοιχεία του πίνακα να αναπαριστούν ένα χρώμα με υψηλότερο βάθος 12-b, 16-b, 24-b αλλά περιορίζει το μέγιστο αριθμό χρωμάτων που δύναται ν' εμφανιστούν ταυτόχρονα να είναι 256.

⊕ Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος αντιλαμβάνεται το μέσο χρώμα δύο διαφορετικών χρωμάτων που γειτνιάζουν, περισσότερα χρώματα από 256 μπορούν να παραχθούν από τον πίνακα με κατάλληλους συνδυασμούς.

⊕ Με τον πίνακα χρωμάτων και με την πιο πάνω αρχή (dithering) μπορεί να γίνει σημαντική οικονομία στην μνήμη αποθήκευσης.

**II. Χρωματική υποδειγματολειτουργία :**

⊕ Ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται το χρώμα ως φωτεινότητα, απόχρωση και διάχυση αντί για τους παράγοντες RGB.

⊕ Η ανθρώπινη όραση είναι πιο ευαίσθητη στη φωτεινότητα παρά στη χρωματική διαφορά (color difference). Με βάση αυτή την αρχή το φως μπορεί να διαχωριστεί σε συνιστώσες φωτεινότητας και χρωματικής διαφοράς (chrominance) αντί για παράγοντες RGB.

⊕ Η μέθοδος της χρωματικής υποδειγματολειτουργίας μειώνει το μέγεθος του αρχείου που απαιτείται γι' αποθήκευση της εικόνας γιατί χρησιμοποιεί λιγότερα (bits) για την παράσταση της χρωματικής συνιστώσας.

**III. Χωρική μείωση (spatial reduction) :**

⊕ Αυτή η τεχνική είναι γνωστή και ως συμπίεση δεδομένων, μειώνει το μέγεθος του αρχείου με το να εξαιρεί τον πλεονασμό του χώρου στις εικόνες.

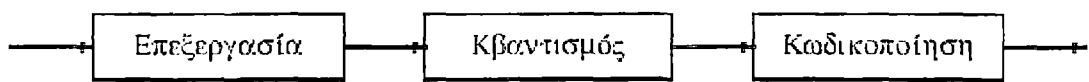
Ο βαθμός συμπίεσης ορίζεται ως ο λόγος της ποσότητας πληροφορίας πριν και μετά τη συμπίεση. Καταλληλότερος κριτής της ποιότητας των συμπιεσμένων εικόνων είναι ο χρήστης των εικόνων. Ωστόσο για τη σχεδίαση συστημάτων συμπίεσης εικόνων μπορούν να χρησιμοποιηθούν στατιστικά κριτήρια μέτρησης της επίδοσης τους, όπως η σηματοθορυβική σχέση σε λογαριθμική κλίμακα(decibel).

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N I^2(m, n)}{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (I(m, n) - \bar{I}(m, n))^2}$$

που επίσης μπορεί να ορισθεί με βάση τη μέγιστη τιμή του σήματος

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{MN(I_{max} - I_{min})^2}{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (I(m, n) - \bar{I}(m, n))^2}$$

Κατά γενικό κανόνα ένας συμπιεστής συνίσταται από τρία μέρη: στο πρώτο μέρος η εικόνα υφίσταται μία επεξεργασία, ανάλυση ή μετασχηματισμό, χωρίς απώλεια πληροφορίας, στο δεύτερο μέρος το αποτέλεσμα κβαντίζεται, με απώλεια πληροφορίας, και στο τρίτο μέρος τα κβαντισμένα μεγέθη κωδικοποιούνται. Συμμετρικά ο αποσυμπιεστής αποκωδικοποιεί, αποκαθιστά την αντιστοιχία με τα κβαντισμένα μεγέθη και ανασυνθέτει την εικόνα.



Η χρήση ενός εντροπικού κωδικοποιητή, όπως αυτός που δίδει ο αλγόριθμος του *Huffman*, επιτρέπει τη μέγιστη δυνατή συμπίεση στην έξοδο του κβαντιστή χωρίς απώλεια πληροφορίας.

Ο κβαντισμός οδηγεί σε σημαντική συμπίεση, εισάγοντας παραμόρφωση, που επιδιώκεται να περιορίζεται σε όρια μη αντιληπτά. Ο διανυσματικός κβαντισμός μπορεί να αποτελέσει αυτοτελή μέθοδο συμπίεσης των δεδομένων της εικόνας. Δίδονται στη συνέχεια τα βασικά χαρακτηριστικά ενός διανυσματικού κβαντιστή, που ισχύουν και για την περίπτωση του βαθμωτού κβαντιστή, αρκεί να περιορισθεί ανάλογα η διάσταση του διανύσματος.

## ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟΣ ΚΒΑΝΤΙΣΜΟΣ

[10] Τα διανύσματα κατασκευάζονται από στοιχεία που ανήκουν σε μπλοκ από την εικόνα διάστασης  $M_i \times N_i$ , (τυπική διάσταση του μπλοκ είναι  $4 \times 4$ , οπότε η διάσταση του διανύσματος είναι 16). Ο συμπίεστος διαθέτει ένα σύνολο από αντιπροσωπευτικά διανύσματα  $\{x_i : i = 1, \dots, K\}$  που ονομάζεται λεξικό. Για κάθε διάνυσμα προς κωδικοποίηση επιλέγεται το πλησιέστερο σ' αυτό αντιπροσωπευτικό διάνυσμα, και κωδικοποιείται ο δείκτης αυτού του διανύσματος. Ο αποσυμπίεστος διαθέτει το λεξικό και με την αποκωδικοποίηση προσδιορίζει το αντίστοιχο διάνυσμα από το λεξικό, το οποίο και αποκαθιστά. Ο αριθμός των bits ανά σημείο της εικόνας θα είναι:

$$B = \frac{\log_2 K}{M_b N_b}$$

Το λεξικό κατασκευάζεται από ένα σύνολο διανυσμάτων εκμάθησης  $\{x_i : i = 1, \dots, N\}$  και βασίζεται σ' ένα κριτήριο ελάχιστης τετραγωνικής παραμόρφωσης

$$D = \sum_{k=1}^K \sum_{x_i \in C_k} \|x_i - r_k\|^2$$

για  $K$  κλάσεις  $C_k$ .

Ο βέλτιστος διανυσματικός κβαντιστής ικανοποιεί δύο αναγκαίες συνθήκες για την ελαχιστοποίηση της  $D$ . Για δοσμένη κλάση ο καλύτερος αντιπρόσωπος είναι το κέντρο βάρους

$$r_k = \frac{1}{\text{card}[C_k]} \sum_{x_i \in C_k} x_i$$

Για δοσμένο λεξικό η καλύτερη τιμή κβαντισμού ενός διανύσματος  $x$  συνίσταται στην επιλογή του πλησιέστερου αντιπρόσωπου

$$\|x - r_k\| < \|x - r_l\| \quad \forall l \neq k \Rightarrow x \in C_k$$

Η χρησιμοποίηση των δύο αυτών αναγκαίων συνθηκών δίδει έναν επαναληπτικό αλγόριθμο κατασκευής ενός λεξικού από ένα σύνολο διανυσμάτων εκμάθησης.

- ▣ Αρχικό βήμα: Αρχικό λεξικό,  $i=1$ , και αρχική μεγάλη τιμή για την παραμόρφωση  $D^{(0)}$ .
- ▣ Βήμα 1: Εύρεση των κλάσεων (Εξίσωση (16)).
- ▣ Βήμα 2: Υπολογισμός της παραμόρφωσης  $D^{(i)}$ .
- ▣ Βήμα 3: Έλεγχος σύγκλισης.

$$\text{Αν } \frac{D^{(i-1)} - D^{(i)}}{D^{(i-1)}} \leq \epsilon, \text{ τέλος}$$

Διαφορετικά, προσαύξηση του  $i$ , και συνέχιση των επαναλήψεων

Βήμα 4: Εύρεση του καλύτερου αντιπρόσωπου για κάθε κλάση (Εξίσωση (159)), κι επιστροφή στο Βήμα 1.

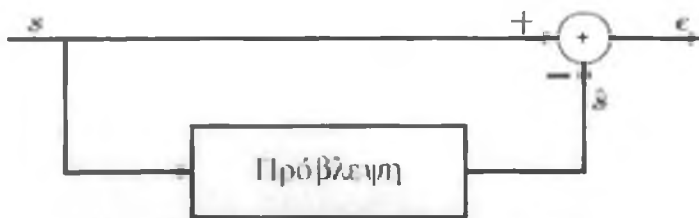
Το υπολογιστικό κόστος για την εύρεση του πλησιέστερου αντιπρόσωπου από το λεξικό είναι  $O(Mb Nb K)$ . Το κόστος αποθήκευσης του λεξικού είναι  $Mb, Nb, K$ . Επειδή το υπολογιστικό κόστος είναι υψηλό, κι ενδεχόμενα απαγορευτικό για μετάδοση σε πραγματικό χρόνο, μπορεί να επιβληθεί μία δομή δένδρου στο λεξικό. Αν το δένδρο περιλαμβάνει  $n$  κλάδους, τότε το υπολογιστικό κόστος περιορίζεται σε  $O(Mb, Nb, \log_2 K)$ , ενώ το κόστος αποθήκευσης του λεξικού αυξάνει σε  $Mb, Nb(K - 1)^{n/n-1}$ . Αν για παράδειγμα  $n = 2$ , το υπολογιστικό κόστος είναι  $O(2Mb Nb \log_2 K)$  και το κόστος αποθήκευσης  $2Mb Nb (K - 1)$ . Η κατασκευή του λεξικού γίνεται με τη χρήση του παραπάνω αλγόριθμου για  $n$  κλάσεις και για όλους τους ενδιάμεσους κόμβους του δένδρου από τη ρίζα προς τα φύλλα.

### 3.8 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΜΕ ΠΡΟΒΛΕΨΗ

Η βασική αρχή ενός συστήματος συμπίεσης με πρόβλεψη είναι ότι είναι προβλέψιμο, πλεονάζει". Στο παρακάτω σχήμα δίδεται ένα σύστημα εξαγωγής της πλεονάζουσας πληροφορίας με πρόβλεψη. Το σύστημα αυτό χαρακτηρίζεται από το κέρδος της πρόβλεψης

$$G_p = \frac{\sigma_s^2}{\sigma_c^2}$$

Για δοσμένο ρυθμό πληροφορίας, και εάν χρησιμοποιηθεί κβαντισμός, που συνεπάγεται παραμόρφωση.



-ΣΧΗΜΑ 3.7 ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ-

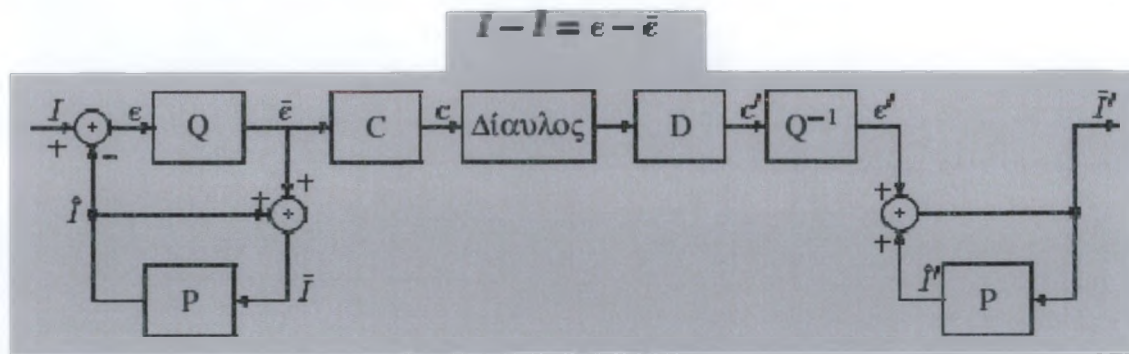
Η πρόβλεψη οδηγεί σε μείωση της παραμόρφωσης πρακτικά ίση με το κέρδος της πρόβλεψης

$$\frac{D_s}{D_c} = G_p$$

Ενώ για δοσμένη παραμόρφωση, ο αριθμός bits ανά δείγμα του σήματος, μειώνεται

$$B_s - B_c = \frac{1}{2} \log_2 G_p$$

Το σύστημα συμπίεσης που περιλαμβάνει και κβαντιστή δίδεται στο σχήμα. Απ'αυτό το σχήμα προκύπτει ότι η παραμόρφωση είναι ίση με το σφάλμα του κβαντισμού



-ΣΧΗΜΑ 3.8 ΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ/ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ ΜΕ ΠΡΟΒΛΕΨΗ (P: ΠΡΟΒΛΕΨΗ, Q: ΚΒΑΝΤΙΣΜΟΣ, D: ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗΣ, (Q<sup>-1</sup>: ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΟΣ ΚΒΑΝΤΙΣΜΟΣ)-

Κατά κανόνα για την πρόβλεψη χρησιμοποιείται ένα γραμμικό αναδρομικό φίλτρο. Ένας μικρός αριθμός συντελεστών είναι αρκετός για τον προσδιορισμό του φίλτρου πρόβλεψης, όπως για παράδειγμα

$$\hat{I}(m, n) = \alpha(0, 1)\bar{I}(m, n - 1) + \alpha(1, 0)\bar{I}(m - 1, n) + \alpha(1, 1)\bar{I}(m - 1, n - 1)$$

### 3.9 ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

[13] Η σύγχρονη τεχνολογία συμπίεσης εικόνων προσφέρει μια πιθανή λύση στο χειρισμό ψηφιακών εικόνων και βίντεο. Το υψηλό επίπεδο της σημερινής τεχνολογίας μπορεί να συμπίεσει εικόνες σε ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 10 έως 100 με αρκετά καλή ποιότητα εικόνας. Όμως η τεχνολογία συμπίεσης από μόνη της δεν είναι αρκετή. Για τον ψηφιακό ήχο και τις εφαρμογές εικόνας παίζει ρόλο η αποθήκευση και η μετάδοση έτσι ώστε να γίνουν ευρέως διαδεδομένα στην αγορά, πρότυπα για μεθόδους συμπίεσης ήχου και εικόνας χρειάζονται την ενεργοποίηση της πρακτικότητας των εξοπλισμών μεταξύ των κατασκευαστών. Αρκετά πρότυπα τεχνικών συμπίεσης για διαφορετικές εφαρμογές έχουν προταθεί τα περασμένα χρόνια ως απάντηση σε αυτή της απαίτηση. Τα πέντε πιο σημαντικά οπτικοακουστικά πρότυπα συμπίεσης είναι:

- Το *JPEG* για την συμπίεση της στατικής εικόνας
- Το *CCITT* (τώρα λέγεται *ITU-TS*) *H.261* για εφαρμογές *videophone* και τηλεσύσκεψης με ρυθμό μετάδοσης (*bit rate*) πολλαπλάσιο των *64kbrps*
- Το *MPEG* για συμπίεση κινούμενης εικόνας σχετιζόμενη με ήχο
- Το *ITU-TS H.263* για εφαρμογές *videophone* με ρυθμό μετάδοσης κάτω από τα *64kbrps*
- Και το *International Standard Organization (ISO) JBIG* για την συμπίεση διεπίπεδων (*bilevel*) εικόνων.

#### ΤΟ JPEG ΠΡΟΤΥΠΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ



## • Το πρότυπο JPEG.

[16] Το JPEG είναι ένα πρότυπο του ISO το οποίο σχεδιάστηκε από την ομάδα Joint Photographic Expert Group σε συνεργασία με την Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union, ITU-TS). Πρόκειται ίσως για το σημαντικότερο και πιο αποτελεσματικό πρότυπο συμπίεσης εικόνας, το οποίο κερδίζει συνεχώς έδαφος στις εφαρμογές πολυμέσων σε όλες τις πλατφόρμες. Γι' αυτόν τον λόγο, θα σταθούμε στις γενικές αρχές του λίγο παραπάνω. Με δυο λόγια θα μπορούσαμε να περιγράψουμε το JPEG ως εξής:

Το JPEG είναι ένα πρότυπο συμπίεσης εικόνων συνεχούς τόνου, είτε έγχρωμων είτε κλίμακας του γκριζου. Χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό τεχνικών διακριτού συνημιτονικού μετασχηματισμού Fourier, κβαντοποίησης, περιορισμού των επαναλαμβανόμενων χαρακτήρων και κωδικοποίησης Huffman και υποστηρίζει διάφορους τρόπους λειτουργίας. Μπορεί να έχει απώλειες με διάφορους συνδυασμούς λόγου συμπίεσης-ποιότητας ή και να λειτουργεί χωρίς απώλειες.

Αρχικά η συμπίεση JPEG είχε σαν στόχο τις εφαρμογές με πραγματικό χρώμα και ακίνητες εικόνες, επιτυγχάνοντας λόγο συμπίεσης 15:1. Ωστόσο μερικές εφαρμογές video πραγματικού χρόνου επίσης χρησιμοποιούν τον αλγόριθμο JPEG. Ο αλγόριθμος JPEG όπως έχει καθιερωθεί σαν στάνταρ προσφέρει 4 τρόπους λειτουργίας:

✦ **Lossless encoding** (κωδικοποίηση χωρίς απώλειες). Με αυτή την επιλογή η εικόνα συμπιέζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η ακριβής επανασύνθεση της. Το lossless encoding έχει σαν βάση του μια απλή μέθοδο πρόβλεψης η οποία προβλέπει ένα δείγμα X στην εικόνα συνδυάζοντας τις τιμές μέχρι τριών γειτονικών του δειγμάτων. Αυτή η πρόβλεψη αφαιρείται από την κανονική τιμή του δείγματος X και το σφάλμα συμπιέζεται χωρίς απώλειες (losslessly) χρησιμοποιώντας κάποια από τις ήδη γνωστές μεθόδους που βασίζονται στην εντροπία (π.χ. Huffman, Arithmetic). Ο λόγος συμπίεσης με αυτόν τον τρόπο λειτουργίας παραμένει σχετικά χαμηλός.

✦ **Sequential encoding** (ακολουθιακή κωδικοποίηση). Σ' αυτή την περίπτωση η εικόνα συμπιέζεται με ένα πέρασμα (από αριστερά στα δεξιά και από πάνω έως κάτω). Η μέθοδος που χρησιμοποιείται σαν βάση είναι ο μετασχηματισμός DCT ο οποίος αποτελεί την βάση και στα υπόλοιπα επίπεδα λειτουργίας του JPEG.

✦ **Progressive encoding** (προοδευτική κωδικοποίηση). Σ' αυτό το επίπεδο η εικόνα συμπιέζεται με πολλαπλά περάσματα (scans) και έχει εφαρμογές σε περιπτώσεις που ο χρόνος μετάδοσης είναι μεγάλος και ο χρήστης προτιμάει να βλέπει την εικόνα να σχηματίζεται σιγά σιγά με πολλαπλά περάσματα που της βελτιώνουν την ποιότητα. Το παραπάνω επιτυγχάνεται με το να στέλνονται σταδιακά οι κβαντοποιημένες DCT συνιστώσες και μάλιστα πρώτη η DC συνιστώσα η οποία περιέχει την περισσότερη πληροφορία και μετά οι AC συνιστώσες με σειρά από χαμηλές σε ψηλές συχνότητες.

✦ **Hierarchical encoding** (ιεραρχική κωδικοποίηση). Με το hierarchical encoding η εικόνα συμπιέζεται σε διαφορετικές αναλύσεις έτσι ώστε αν κάποιος θέλει να δει την εικόνα σε μικρή ανάλυση να μην χρειαστεί να την αποσυμπιέσει πρώτα στην κανονική της ανάλυση. Αυτό το επίπεδο μπορεί να θεωρηθεί υποπερίπτωση του progressive encoding.

Οι τρεις τελευταίοι τρόποι εφαρμογής του JPEG αποτελούν επέκταση αυτού για να καλύψουν την κάθε περίπτωση εφαρμογών ξεχωριστά. Ο βασικός αλγόριθμος JPEG αναλύει την εικόνα σε τετράγωνα (blocks) μεγέθους 8x8 pixels. Στη συνέχεια κάθε μπλοκ χωρίζεται σε μικρότερα τμήματα βάση των χρωματικών τους διαφορών. Έτσι αν το αρχικό μπλοκ αποτελείται από ένα μόνο χρώμα μετά το μετασχηματισμό αυτό που απομένει είναι μόνο μια τιμή

### **Το JPEG έχει τέσσερις ρυθμούς λειτουργίας**

- ❶ **Διαδοχική κωδικοποίηση (sequential encoding).** Σε αυτόν το ρυθμό λειτουργίας το JPEG λειτουργεί με απώλειες και γίνεται μια μόνο σάρωση της εικόνας από αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω. Πρόκειται για τον συνηθέστερο ρυθμό λειτουργίας.
- ❷ **Προοδευτική κωδικοποίηση (progressive encoding)** Και αυτός ο ρυθμός λειτουργίας παρουσιάζει απώλειες. Η κωδικοποίηση γίνεται όμως με διαδοχικά περάσματα.
- ❸ **Κωδικοποίηση χωρίς απώλειες (lossless encoding).** Αντίθετα με τις υπόλοιπες περιπτώσεις, το αποτέλεσμα αυτού του τρόπου συμπίεσης είναι πλήρως αντιστρέψιμο.
- ❹ **Ιεραρχική κωδικοποίηση (hierarchical encoding).** Η κωδικοποίηση συνίσταται από διάφορα επίπεδα ευκρίνειας, τα οποία μπορούν να αποκωδικοποιηθούν ξεχωριστά.

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε, σε συντομία, πως γίνεται η συμπίεση όταν εφαρμόζεται η διαδοχική κωδικοποίηση. Τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα εξής:

#### ❶ **Προετοιμασία των τμημάτων (data blocks).**

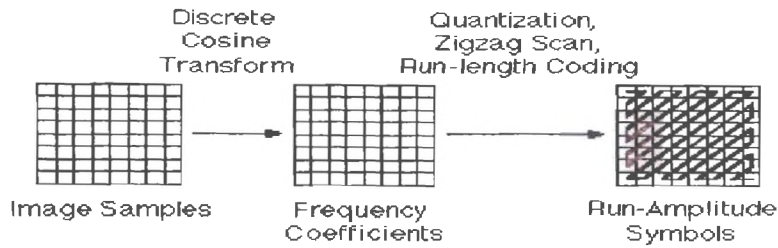
Όπως έχουμε δει, η εικόνα μπορεί να συντεθεί με διάφορους τρόπους. Κάθε pixel μπορεί να αντιστοιχεί στην τετράδα RGB ή YUV (Ευρωπαϊκή τηλεόραση) ή YIQ (Αμερικανική και Ιαπωνική τηλεόραση) και σε άλλες. Επίσης γνωρίζουμε ότι κάποιες από τις συνιστώσες αυτές είναι μικρότερης σημασίας, οπότε μπορούν να δειγματοληφθούν με μικρότερη συχνότητα. Το πρότυπο JPEG μπορεί να χειριστεί μέχρι και 255 χρωματικές συνιστώσες. Οι μετασχηματισμοί που ακολουθούν στο επόμενο βήμα δεν εφαρμόζονται σε ολόκληρη την εικόνα αλλά σε τμήματα μεγέθους 8×8pixels. Αν για παράδειγμα έχουμε μια εικόνα 640×480pixels που παριστάνεται με χρήση της τριάδας YUV θα έχουμε: έναν πίνακα 640×480 για τη συνιστώσα Y (luminance) που θα χωριστεί σε 4800 τμήματα, δύο πίνακες 320×240 για τις δυο χρωματικές συνιστώσες που θα χωριστούν σε 1200 τμήματα.

#### ❷ **Βήμα κωδικοποίησης πηγής: Διακριτός Συνημιτονικός Μετασχηματισμός Fourier (ΔΣΜΦ) και κβαντοποίηση.**

Σε κάθε ένα από τα τμήματα που προέκυψαν από το προηγούμενο βήμα εφαρμόζεται ο ΔΣΜΦ. Στο πεδίο της συχνότητας, και εφόσον ικανοποιείται η προϋπόθεση για εικόνες συνεχούς τόνου, οι συντελεστές χαμηλών συχνοτήτων είναι πιο σημαντικοί. Πριν γίνει η κωδικοποίηση, οι συντελεστές του ΔΣΜΦ κανονικοποιούνται διαιρώντας τους με κάποιες προκαθορισμένες τιμές που περιέχονται στον πίνακα (quantization table). Οι τιμές αυτές μεγαλώνουν όσο μεγαλώνει η συχνότητα, επιτυγχάνοντας με αυτόν τον τρόπο την επικέντρωση του ενδιαφέροντος στις χαμηλές συχνότητες. Ο συντελεστής μηδενικής συχνότητας κάθε τμήματος δεν επηρεάζεται καθόλου από την κανονικοποίηση (τιμή πίνακα κβαντοποίησης=0) και ονομάζεται DC συντελεστής. Στην συνέχεια ακολουθεί η κωδικοποίηση των κανονικοποιημένων συντελεστών του ΔΣΜΦ με την τεχνική DPCM. Το προβλεπόμενο λάθος για κάθε τμήμα είναι η DC τιμή του προηγούμενου τμήματος.

#### ❸ **Κωδικοποίηση εντροπίας: περιορισμός των επαναλαμβανόμενων χαρακτήρων, κωδικοποίηση Huffman.**

Οι κβαντοποιημένες τιμές μπαίνουν στη σειρά χρησιμοποιώντας το σχήμα zig-zag που έχει ως στόχο την μεγιστοποίηση της πιθανότητας εμφάνισης ίδιων γειτονικών τιμών. Τέλος, εφαρμόζεται η κωδικοποίηση Huffman ή μια πιο πολύπλοκη μορφή κωδικοποίησης πηγής που ονομάζεται αριθμητική κωδικοποίηση.



-ΣΧΗΜΑ 3.9 ΒΗΜΑΤΑ JPEG ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ-

Βασικό χαρακτηριστικό του JPEG είναι ότι το αποτέλεσμα της συμπίεσης μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τις απαιτήσεις που έχουμε για την ποιότητα της εικόνας και το λόγο συμπίεσης. Προφανώς, όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος συμπίεσης τόσο χειρότερη είναι η εικόνα. Τυπικές τιμές για το λόγο συμπίεσης είναι:

- 10:1 έως 20:1 - Υψηλή ποιότητα εικόνας με μικρή ή μη παρατηρήσιμη διαφορά από την αρχική εικόνα.
- 30:1 έως 50:1 - Μέτρια ποιότητα.
- 60:1 έως 100:1 - Κακή ποιότητα.

Να σημειωθεί ότι η ποιότητα της συμπιεσμένης εικόνας κρίνεται με βάση τις παρατηρήσεις ενός ανθρώπου. Αυτό σημαίνει ότι η συμπίεση εκμεταλλεύεται τη φυσιολογία της ανθρώπινης όρασης. Αν μια εικόνα συμπιεσμένη κατά JPEG χρησιμοποιηθεί σε μια εφαρμογή αναγνώρισης προτύπων (για παράδειγμα ιατρική) τα αποτελέσματα μπορεί να διαφέρουν σημαντικά. Το JPEG αλλοιώνει την εικόνα αλλά με τέτοιο τρόπο που να μην γίνεται εύκολα αντιληπτό από τον άνθρωπο. Επιπλέον, οι παραπάνω λόγοι συμπίεσης αφορούν εικόνες σχετικά απλές, δηλαδή χωρίς πολλές ακμές και γωνίες. Εικόνες με γραμμικά σχέδια, κείμενο ή με δυο μόνο χρώματα δεν θα συμπιεστούν καλά.

Τέλος, να συμπληρωθεί ότι η αποσυμπίεση ακολουθεί ακριβώς την αντίστροφη πορεία και απαιτεί χοντρικά τον ίδιο χρόνο με την συμπίεση.

## ΣΥΜΠΙΕΣΗ JPEG

### Γενικά

[16] Το JPEG είναι ένας τυποποιημένος μηχανισμός συμπίεσης εικόνας, ο οποίος έχει πάρει το όνομα του από τα αρχικά της επιτροπής (Joint Photographic Experts Group) που έγραψε το πρότυπο.

Το JPEG είναι κατασκευασμένο για συμπίεση είτε εγχρωμών είτε ασπρόμαυρων εικόνων και δουλεύει πολύ καλά σε φωτογραφίες, εικόνες φυσικής τέχνης και παρόμοια είδη αλλά όχι τόσο καλά σε γραφή και απλά ή γραμμικά σχέδια.

Το JPEG είναι μια μέθοδος που έχει απώλειες κατά την συμπίεση της εικόνας, δηλαδή η αποσυμπίεσμένη εικόνα δεν είναι ακριβώς η ίδια με αυτή που είχαμε πριν τη συμπίεση. Παρόλα αυτά λόγω των περιορισμών της ανθρώπινης όρασης, κυρίως του ότι μια μικρή αλλαγή στα χρώματα γίνεται λιγότερο αντιληπτή από μια αντίστοιχη αλλαγή στην φωτεινότητα, οι διαφορές δεν γίνονται αντιληπτές με γυμνό μάτι. όμως αν μας ενδιαφέρει η λεπτομέρεια στα χρώματα, κυρίως στην περίπτωση που η αποσυμπίεσμένη εικόνα θα περάσει από μηχανήματα ανάλυσης εικόνας τότε η μέθοδος συμπίεσης JPEG δεν είναι συνιστώμενη. Υπάρχουν βέβαια άλλες μέθοδοι που

έχουν λιγότερες απώλειες αλλά δεν έχουν τόσο υψηλό ποσοστό συμπίεσης (π.χ. TIFF, PPM, PNG κλπ.).

Το γεγονός ότι έχουμε απώλειες δεν πρέπει να μας κάνει να νομίζουμε ότι η μέθοδος συμπίεσης JPEG μειονεκτεί σε σχέση με άλλες, αφού δεν υπάρχει πρότυπο ψηφιακής εικόνας που να διατηρεί όλες τις ορατές πληροφορίες, ενώ σε σχέση με την GIF συμπίεση, η JPEG χάνει πολύ λιγότερες πληροφορίες.

Μια ενδιαφέρουσα ιδιότητα της μεθόδου JPEG είναι ότι το ποσοστό απωλειών μπορεί να ρυθμιστεί παραμετρικά κατά την συμπίεση. Αυτό σημαίνει ότι ανάλογα με τις απαιτήσεις μας μπορούμε να «ανταλλάξουμε» την ποιότητα της εικόνας με το μέγεθος του αρχείου που την περιέχει. Έτσι, μπορούμε να δημιουργήσουμε πολύ μικρά αρχεία με τις εικόνες που θα χρησιμεύουν ως δείκτες για το τι περιέχουν τα αντίστοιχα αρχεία μεγάλου μεγέθους (και υψηλής ποιότητας) των εικόνων αυτών. Η χρήση της παραπάνω μεθόδου βρίσκει εφαρμογή σε WEB PAGES, όπου μια περίληψη ενός link σε εικόνα δίνεται για να αποφευχθεί άσκοπο downloading και χάσιμο χρόνου μετακίνησης μεταξύ διαφόρων PAGES.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα ιδιότητα του JPEG είναι ότι οι αποκωδικοποιητές μπορούν να μειώσουν την ποιότητα της εικόνας σε αντάλλαγμα με την ταχύτητα αποκωδικοποίησης. Με αυτό το τρόπο μερικοί viewers πετυχαίνουν σημαντικές ταχύτητες προβολής εικόνων JPEG.

Το JPEG ορίζει έναν αλγόριθμο με απώλειες, με κατ' επιλογή επεκτάσεις για βαθμιαία και ιεραρχική κωδικοποίηση. Επίσης υπάρχει και ένας τρόπος συμπίεσης χωρίς απώλειες που όμως δίνει συμπίεση μόνο κατά 50%, δηλαδή 12 bits ανά έγχρωμο pixel σε 24-bit εικόνα. Τα περισσότερα προγράμματα που κυκλοφορούν, δεν περιέχουν την συμπίεση χωρίς απώλειες.

### ΚΑΝΟΝΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ JPEG

1.[16] Τροποποιούμε την εικόνα σε ένα κατάλληλο έγχρωμο χώρο. Για τις έγχρωμες εικόνες, το πιο συνηθισμένο είναι να θέλουμε να μετατρέψουμε από RGB (Red, Green, Blue) σε ένα χώρο που να υποστηρίζει φωτεινότητα και χρωματισμό, όπως οι YUV, YCbCR κ.α.

Η συνιστώσα της φωτεινότητας ορίζεται από το επίπεδο του γκριζου που δίνεται στην εικόνα (μαύρο = σκοτεινό, άσπρο = φωτεινό) ενώ οι άλλοι άξονες είναι πληροφορίες για το χρώμα.

Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι ότι μας ενδιαφέρει περισσότερο να έχουμε πιστή απεικόνιση της φωτεινότητας παρά των χρωματικών αποχρώσεων, αφού όπως έχουμε αναφέρει, το ανθρώπινο μάτι είναι περισσότερο ευαίσθητο σε υψηλής συχνότητας φωτισμό παρά σε υψηλής συχνότητας χρωματισμό. Ο έγχρωμος χώρος μπορεί να μην χρειαστεί αλλαγή αν το θελήσουμε, αφού ο αλγόριθμος δουλεύει σε κάθε χρωματικό συστατικό ξεχωριστά και δεν τον ενδιαφέρει το είδος των δεδομένων. Παρόλα αυτά ο βαθμός συμπίεσης θα είναι μικρότερος αφού θα πρέπει να κωδικοποιηθούν όλα τα συστατικά σε υψηλή ποιότητα φωτισμού.

Μια επιπλέον παρατήρηση είναι ότι η τροποποίηση του έγχρωμου χώρου παρουσιάζει μεν απώλειες λόγω του σφάλματος στρογγυλοποίησης αλλά το μέγεθος τους είναι σημαντικά μικρότερο από το αντίστοιχο που προκαλείται από την συνέχεια του αλγόριθμου, οπότε μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο.

Δειγματοληπτούμε κάθε συστατικό ομαδοποιώντας pixels. Το συστατικό της φωτεινότητας παραμένει σε πλήρη ανάλυση ενώ τα χρωματικά συστατικά συνήθως μειώνονται κατά το μισό οριζόντια και κατά το μισό ή στην καλύτερη περίπτωση καθόλου κατά τον κατακόρυφο άξονα. Ανάλογα με την μείωση του κατακόρυφου άξονα έχουμε τις εξής ονομασίες δειγματοληψίας: "2h2v" (ή "411") και "2h1v" (ή "422"). Αυτό το βήμα μειώνει το μέγεθος των δεδομένων κατά το 1/3, γεγονός που σημαίνει ότι χαρακτηρίζεται από μεγάλες απώλειες, παρόλα αυτά δεν παρατηρείται καμία μείωση της ποιότητας της εικόνας λόγω της αδυναμίας του ανθρώπινου ματιού να διακρίνει τις αλλαγές που έχουν συμβεί στο χρωματικό μέρος της εικόνας. Η παραπάνω διαδικασία δεν

γίνεται στις ασπρόμαυρες εικόνες ή σε αυτές με διαβαθμίσεις του γκριζου και αυτός είναι ο λόγος που οι έγχρωμες εικόνες μπορούν να συμπιεστούν περισσότερο από αυτές.

2. Ομαδοποιούμε τις τιμές των pixels για κάθε συστατικό σε ομάδες των 8x8. Επεξεργαζόμαστε κάθε ομάδα με χρήση Διακριτού Συνημιτονοειδούς Μετασχηματισμού (ΔΣΜ), ο οποίος είναι συγγενής του μετασχηματισμού Fourier και έτσι παίρνουμε ένα χάρτη συχνοτήτων με στοιχεία ομάδες 8x8=64 στοιχείων. Με αυτό τον τρόπο έχουμε αριθμούς που αναπαριστούν την μέση τιμή σε κάθε ομάδα και επομένως, τις αλλαγές υψηλής συχνότητας στην ομάδα αυτή. Ο λόγος που το κάνουμε αυτό είναι για να μπορούμε να «πετάξουμε» τις πληροφορίες υψηλής συχνότητας, χωρίς να επηρεαστούν οι αντίστοιχες πληροφορίες χαμηλής συχνότητας. Τέλος, είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε ότι ο μετασχηματισμός ΔΣΜ είναι αντιστρέψιμος με μόνη απώλεια το σφάλμα στρογγύλευσης.

3. Σε κάθε ομάδα, χωρίζουμε κάθε ένα από τα 64 στοιχεία με μια ξεχωριστή συντεταγμένη κβαντοποίησης και στρογγυλοποιούμε τα αποτελέσματα σε ακέραιους. Εδώ γίνεται η βασική απώλεια πληροφορίας, ενώ όσο μεγαλύτερες επίπεδα κβαντοποίησης έχουμε, τόσο περισσότερη ποσότητα πληροφορίας χάνουμε. Ακόμα και αν ορίσουμε ως επίπεδο κβαντοποίησης το μικρότερο ακέραιο, δηλαδή το 1, θα χάνουμε ακόμα πληροφορίες γιατί τα αποτελέσματα που θα παίρνουμε από τον ΔΣΜ δεν θα είναι απαραίτητα ακέραιοι. Οι υψηλότερες συχνότητες κβαντοποιούνται πάντα με λιγότερη ακρίβεια (δηλαδή με μεγαλύτερα επίπεδα) από τις χαμηλές συχνότητες, αφού οι πρώτες είναι λιγότερο ορατές στο μάτι. Επίσης, τα δεδομένα για την φωτεινότητα κβαντοποιούνται ακριβέστερα από τα αντίστοιχα για το χρώμα, κάνοντας χρήση ξεχωριστών πινάκων κβαντοποίησης των 64 στοιχείων. Η ρύθμιση των πινάκων αυτών δεν έχει καθοριστεί ακόμα με ποιο τρόπο μπορεί να γίνει καλύτερα και αποτελεί ενεργό χώρο έρευνας. Οι περισσότεροι υπάρχοντες κωδικοποιητές χρησιμοποιούν απλή γραμμική κλιμάκωση των πινάκων που δίνονται ως παράδειγμα στο δεδομένο JPEG, ζητώντας από τον χρήστη μια ρύθμιση της ποιότητας για να αποφασίσει την πολλαπλασιαστική σταθερά της κλιμάκωσης. Αυτή η μέθοδος βρίσκει αρκετά καλή εφαρμογή για μεσαίες ποιότητες (δηλαδή αυτές που βρίσκονται κοντά στις δεδομένες τιμές των πινάκων-παραδειγμάτων που δίνονται) αλλά δεν προτείνονται για υψηλές ή χαμηλές ρυθμίσεις ποιότητας.

4. Κωδικοποιούμε τις μειωμένες συντεταγμένες χρησιμοποιώντας κυρίως την μέθοδο Huffman και σπανιότερα την αριθμητική κωδικοποίηση. Αυτό το βήμα είναι χωρίς απώλειες οπότε δεν επηρεάζει την ποιότητα της εικόνας. Η αριθμητική κωδικοποίηση χρησιμοποιεί τον κώδικα Q που είχαμε δει σε προηγούμενη παράγραφο και ο οποίος είναι πατενταρισμένος. Έτσι η κωδικοποίηση με Huffman χρησιμοποιείται πιο συχνά για την αποφυγή πληρωμών για άδεια χρήσης του κώδικα Q. Η αριθμητική μέθοδος προσφέρει έτσι και αλλιώς μόλις 5% - 10% καλύτερη συμπίεση, ποσοστό που δεν είναι αρκετό για να προτιμηθεί από ένα ελεύθερο και δωρεάν τρόπο κωδικοποίησης.

5. Σε ένα JPEG αρχείο, όλες οι παράμετροι της συμπίεσης συμπεριλαμβάνονται στη κεφαλή του αρχείου ώστε ο αποσυμπιεστής να μπορεί να αντιστρέψει την διαδικασία. Αυτοί οι παράμετροι περιέχουν τους πίνακες κβαντοποίησης και τους πίνακες κωδικοποίησης Huffman. Όμως οι πίνακες αυτοί είναι δεδομένοι και για τις πιο πολλές εφαρμογές δεν χρειάζεται να περιέχονται σε κάθε αρχείο εικόνας JPEG, οπότε μπορούμε να τους αφαιρέσουμε, τροποποιώντας την κεφαλή του αρχείου και σώζοντας έτσι αρκετές εκατοντάδες bytes. Η βασική προϋπόθεση για να γίνει αυτό είναι να γνωρίζει ο αποσυμπιεστής από πριν τους πίνακες που χρησιμοποίησε ο συμπιεστής και γι' αυτό το βήμα αυτό είναι καλό να εφαρμόζεται μόνο όταν δουλεύουμε σε κλειστό σύστημα.

### ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ JPEG

[16] Το τρίτο μέρος (part 3) του προτύπου JPEG, εγκρίθηκε τον Δεκέμβριο του 1995 και εισήγαγε αρκετές νέες προσθήκες και επεκτάσεις. Αυτή που είναι το πιθανότερο να γίνει πιο διαδεδομένη είναι η μεταβλητή κβαντοποίηση, η οποία επιτρέπει στον πίνακα κβαντοποίησης να κλιμακώνεται σε διαφορετικά επίπεδα, ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής της εικόνας. Με αυτό τον τρόπο, οι περισσότεροι «σημαντικές» και «κρίσιμες» περιοχές της εικόνας μπορούν να κωδικοποιηθούν σε υψηλότερο βαθμό ποιότητας από ένα λιγότερο σημαντικό κομμάτι της εικόνας.

Το παραπάνω επιτυγχάνεται με την εισαγωγή ενός μέρους κώδικα στην ομάδα των ΔΣΜ συντεταγμένων, που λειτουργεί ως σηματοδότης για την κλιμάκωση του συντελεστή ποιότητας της περιοχής της εικόνας.

Μια άλλη προσθήκη που εισήγαγε το τρίτο μέρος του προτύπου είναι η επιλεκτική εκκαθάριση. Αυτό το χαρακτηριστικό, επιτρέπει σε ένα πέρασμα στο βαθμιαίο JPEG ή σε ένα στιγμιότυπο μιας ιεραρχικής διαδικασίας, να καλύπτει ένα μόνο μέρος της ολικής περιοχής της εικόνας. Αυτός είναι ένας εναλλακτικός τρόπος για επίλυση προβλημάτων μεταβαλλόμενης ποιότητας, αν και από ότι φαίνεται η μεταβλητή κβαντοποίηση καλύπτει τα τυχόν προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν και έτσι αυτή η προσθήκη μάλλον φαίνεται περιττή.

Τέλος, μια τρίτη βασική προσθήκη είναι μια τεχνική «σκεπάσματος» («tiling»), που επιτρέπει σε μια εικόνα να κατασκευαστεί από μια σύνθεση JPEG πλαισίων, τα οποία μπορεί να έχουν διαφορετικά μεγέθη, αναλύσεις, ρυθμίσεις ποιότητας και ακόμα και περιοχές χρώματος.

Για παράδειγμα ας φανταστούμε μια έγχρωμη εικόνα που κατέχει ένα μικρό χώρο σε μια σελίδα που αποτελείται από αποχρώσεις του γκριζου. Μπορούμε, με την νέα αυτή προσθήκη να θεωρήσουμε την έγχρωμη αυτή εικόνα ως ένα πλαίσιο και να αποθηκεύσουμε το μικρό μόνο κομμάτι ως έγχρωμο και το υπόλοιπο μέρος ως πλαίσιο με αποχρώσεις του γκριζου, γλυτώνοντας έτσι αρκετό αποθηκευτικό χώρο. Παρατηρώντας την ιδέα πίσω από αυτήν την προσθήκη, συμπεραίνουμε ότι και εδώ υπάρχει μια επικάλυψη με τις δύο προηγούμενες προσθήκες, ενώ η γενικότερη χρήση της τεχνικής του σκεπάσματος είναι περισσότερο περίπλοκη από τις δύο προηγούμενες και επομένως δεν προβλέπεται να υιοθετηθεί από την πλειοψηφία των χρηστών.

Μια ενδιαφέρουσα υποπερίπτωση που είναι σχετικά απλή είναι αυτή όπου όλα τα πλαίσια είναι του ίδιου μεγέθους και έχουν παρόμοιες ρυθμίσεις ποιότητας. Εδώ το ενδιαφέρον χαρακτηριστικό είναι ότι σε αντίθεση με την βασική JPEG εικόνα όπου μπορούμε να έχουμε μέχρι 64000 pixels ανά πλευρά, μπορούμε να πάρουμε εικόνες που προέρχονται από συνδυασμό πλαισίων οι οποίες να έχουν 2 εις την 32 pixels ανά πλευρά.

## **ΒΑΘΜΙΑΙΟ JPEG**

[16] Ένα απλό ή «βασικό» αρχείο JPEG αποθηκεύεται σαν μία σάρωση της εικόνας από πάνω προς τα κάτω. Το βαθμιαίο JPEG διαιρεί το αρχείο σε μία σειρά από σαρώσεις. Η πρώτη σάρωση δείχνει την εικόνα παρόμοια με μία ρύθμιση πολύ χαμηλής ποιότητας και γι' αυτό χρειάζεται πολύ λίγο χώρο. Οι σαρώσεις που ακολουθούν βελτιώνουν βαθμιαία την ποιότητα. Κάθε σάρωση προστίθεται στα ήδη υπάρχοντα δεδομένα, έτσι ώστε ο συνολικός χώρος που απαιτείται να είναι περίπου ίδιος με εκείνον μιας βασικής JPEG εικόνας που έχει ίδια ποιότητα με την τελική σάρωση. (Βασικά, το βαθμιαίο JPEG είναι απλώς μια επανατοποθέτηση των ίδιων δεδομένων σε μία πιο πολύπλοκη σειρά).

Το πλεονέκτημα του βαθμιαίου JPEG είναι ότι αν η εικόνα παρουσιάζεται απευθείας καθώς μεταδίδεται, μπορούμε να δούμε την προσέγγιση στην πλήρη εικόνα πολύ γρήγορα, με σταδιακή βελτίωση της ποιότητας όσο περισσότερο περιμένουμε.

Αυτό βέβαια είναι πολύ καλύτερο από μία αργή εμφάνιση της εικόνας, από πάνω προς τα κάτω. Το μειονέκτημα είναι ότι κάθε σάρωση για να εμφανιστεί χρειάζεται περίπου την ίδια υπολογιστική ισχύ με την εμφάνιση ενός ολόκληρου βασικού JPEG αρχείου. Έτσι, το βαθμιαίο JPEG έχει νόημα μόνο αν διαθέτουμε έναν γρήγορο αποκωδικοποιητή σε σχέση με τον τρόπο επικοινωνίας.

Αν τα δεδομένα έρχονται γρήγορα, ένας βαθμιαίος JPEG αποκωδικοποιητής μπορεί να προσαρμοστεί παραλείποντας μερικά περάσματα της εικόνας. Οπότε, όσοι είναι αρκετά τυχεροί να έχουν T1 ή γρηγορότερες συνδέσεις στο δίκτυο ίσως να μην παρατηρήσουν κάποια διαφορά μεταξύ του βαθμιαίου και του απλού JPEG. Όμως σε μια σύνδεση με ταχύτητα modem, το βαθμιαίο JPEG είναι εξαιρετικό.

Μέχρι και πρόσφατα, δεν υπήρχαν πολλές εφαρμογές στις οποίες το βαθμιαίο JPEG να ήταν ελκυστικό κι έτσι δεν ήταν αρκετά διαδεδομένο. Αλλά με τη διάδοση των World Wide Web browsers που τρέχουν σε αργές συνδέσεις των modem, και με τη συνεχώς αυξανόμενη ισχύ των υπολογιστών οικιακής χρήσης, το βαθμιαίο JPEG έχει μετατραπεί σε χρησιμότερο εργαλείο για τη χρήση του WWW. Επιπλέον, το βαθμιαίο JPEG δεν υποστηρίζεται από τους αποκωδικοποιητές του βασικού JPEG γι' αυτό σιγουρευτείτε πρώτα ότι ο browser σας διαθέτει βαθμιαίο JPEG αποκωδικοποιητή.

Εκτός από την ικανότητα να παρέχει σταδιακή εμφάνιση της εικόνας, το βαθμιαίο και το βασικό JPEG είναι κατά βάση ίδια και δουλεύουν εξίσου καλά στις εικόνες του ίδιου τύπου. Η παρουσίαση μιας εικόνας είναι δυνατό να μετατραπεί από βασική σε βαθμιαία κι αντίστροφα χωρίς να χάσουμε σε ποιότητα. Βέβαια, χρειάζεται ειδικό software για να πετύχουμε κάτι τέτοιο, αφού συμπίεση κι αποσυμπίεση δεν γίνονται χωρίς απώλειες, λόγω των λαθών στη στρωγγυλοποίηση.

## ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ JPEG

[16] Το JPEG δεν υποστηρίζει διαφάνειες και δεν είναι πιθανό να υποστηρίξει σύντομα. Έχει διαπιστωθεί ότι το να προστεθούν διαφάνειες στο JPEG δεν θα είναι εύκολη δουλειά. Η παραδοσιακή προσέγγιση στις διαφάνειες, όπως τη βρίσκουμε στις εικόνες GIF καθώς και σε άλλες μορφές, είναι να διαλέξουμε ένα χρώμα διαφορετικό (μη χρησιμοποιούμενο) για να δηλώσουμε ένα διαφανές εικονοστοιχείο. Αυτό δεν μπορεί να δουλέψει στο JPEG επειδή το JPEG έχει απώλειες. Ένα εικονοστοιχείο δεν θα εμφανιστεί οπωσδήποτε με το ίδιο χρώμα με το οποίο ξεκίνησε. Φυσιολογικά, ένα μικρό λάθος στην τιμή ενός εικονοστοιχείου δεν ενοχλεί γιατί επηρεάζει την εικόνα ελάχιστα. Όμως, αν αλλάξουμε τα εικονοστοιχεία από διαφανή σε φυσιολογικά ή αντίστροφα, το λάθος θα είναι πολύ εμφανές κι ενοχλητικό, ειδικά αν το πραγματικό υπόβαθρο είναι αρκετά διαφορετικό από το διαφανές χρώμα.

Μία πιο λογική προσέγγιση είναι να αποθηκεύσουμε ένα κανάλι άλφα (ποσοστό διαφάνειας) σαν ένα ξεχωριστό χρώμα σε μία JPEG εικόνα. Αυτό θα μπορούσε να δουλέψει, αφού ένα μικρό λάθος στο άλφα δημιουργεί μόνο μια μικρή διαφορά στο αποτέλεσμα. Το πρόβλημα είναι ότι ένα τυπικό κανάλι άλφα είναι ακριβώς το είδος της εικόνας στην οποία το JPEG δουλεύει πολύ άσχημα : πολλές «επίπεδες» περιοχές χρώματος και ξαφνικά «άλματα».

Θα πρέπει να ρυθμίσουμε πολύ υψηλή ποιότητα για το κανάλι άλφα. Μπορεί να γίνει, αλλά το τίμημα σε μέγεθος αρχείου είναι μεγάλο. Μία διαφανής εικόνα JPEG που έχει δημιουργηθεί με αυτό τον τρόπο θα μπορούσε να είναι διπλάσια από μία μη διάφανη JPEG. Αυτό βέβαια είναι ένα πολύ υψηλό τίμημα για τις περισσότερες χρήσεις των διαφανειών.

Η μόνη πραγματική λύση είναι να συνδυάσουμε την αποθήκευση με απώλειες της εικόνας που κάνει το JPEG, με την αποθήκευση χωρίς απώλειες της διαφανής μάσκας, χρησιμοποιώντας κάποιον άλλο αλγόριθμο. Η δημιουργία, η τυποποίηση και τέλος η διάδοση στο κοινό μιας μορφής συμπίεσης ικανής να κάνει τα παραπάνω δεν είναι κάτι εύκολο. Απ' όσα μας είναι γνωστά, δεν έχει γίνει κάποια σοβαρή δουλειά προς αυτή την κατεύθυνση. Φαίνεται ότι η διαφάνεια δεν αξίζει τόσο πολύ προσπάθεια.

## JPEG ΧΩΡΙΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

[16] Υπάρχει μεγάλη σύγχυση σ' αυτό το θέμα για την ύπαρξη μιας τέτοιας μορφής συμπίεσης JPEG. Το στάνταρτ JPEG περιλαμβάνει έναν αλγόριθμο συμπίεσης που είναι πραγματικά χωρίς απώλειες, δηλαδή έναν αλγόριθμο που εξασφαλίζει ότι το αποτέλεσμα της αποσυμπίεσης του είναι ψηφίο προς ψηφίο ίδιο με την αρχική είσοδο. Ωστόσο, αυτός ο αλγόριθμος δεν έχει σχεδόν τίποτα κοινό με τον απλό (αλλά με απώλειες) JPEG αλγόριθμο, και προσφέρει πολύ μικρότερη συμπίεση.

Ο βαθμός συμπίεσης που προσφέρει το JPEG χωρίς απώλειες είναι 2:1 (τυπική τιμή). Δουλεύει καλά μόνο για εικόνες με συνεχή τόνο χρώματος ενώ σε εικόνες που χρησιμοποιούν χρώματα

παλέτας και σε εικόνες με μικρό βάθος χρώματος, η συμπίεση που παρέχει δεν είναι χρήσιμη. ( Τα νεότερα αποτελέσματα δείχνουν ότι το PNG ξεπερνά κατά πολύ το χωρίς απώλειες JPEG στις περισσότερες εικόνες. Προφανώς μόλις το PNG διαδοθεί περισσότερο, το χωρίς απώλειες JPEG θα καταργηθεί). Υπάρχουν πολύ λίγες υλοποιήσεις του πραγματικά χωρίς απώλειες JPEG. Μια απ' αυτές είναι το RVPG.

Η μέθοδος αυτή λοιπόν, αποτελεί ανεξάρτητο λογισμικό από το βασικό JPEG, δεν χρησιμοποιεί ΔΣΜ, αφού η χρήση του ΔΣΜ λόγω των σφαλμάτων στρογγυλοποίησης δημιουργεί απώλειες. Για τον ίδιο λόγο δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται μετατροπή χρωματικής περιοχής ή δειγματοληψία, αν και αυτές οι λειτουργίες επιτρέπονται από το πρότυπο αυτό. Η μέθοδος συμπίεσης χωρίς απώλειες κωδικοποιεί την διαφορά μεταξύ της τιμής του κάθε rixel και της αναμενόμενης τιμής για το rixel αυτό. Η αναμενόμενη τιμή είναι μια συνάρτηση των ήδη γνωστών rixels που βρίσκονται πάνω και αριστερά από το παρόν και έχουν ήδη μεταδοθεί. Ως συνάρτηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο μέσος όρος ή άλλες 8 συναρτήσεις που προσφέρονται από το ίδιο το πρόγραμμα. Η ακολουθία των διαφορών αυτών κωδικοποιείται με χρήση του ίδιου κώδικα που χρησιμοποιήσαμε στο JPEG με απώλειες (δηλαδή του Huffman ή τον αριθμητικό).

Αν ρυθίσουμε ένα απλό JPEG στη μέγιστη δυνατή ποιότητα δε σημαίνει ότι θα αποθηκευτούν τα δεδομένα χωρίς απώλειες. Το JPEG χωρίς απώλειες είναι μια τελείως διαφορετική μέθοδος. Ακόμα και στην καλύτερη δυνατή ποιότητα, το απλό JPEG δεν μπορεί να είναι χωρίς απώλειες γιατί έχουμε λάθη από στρογγυλοποιήσεις στους διάφορους υπολογισμούς. Τα λάθη αυτά είναι σχεδόν πάντα πολύ μικρά για να γίνουν εμφανή, αλλά θα εμφανιστούν αν υποβάλλουμε την εικόνα σε πολλούς κύκλους συμπίεσης.

Το JPEG χωρίς απώλειες με την χρήση κώδικα Huffman δεν έχει τα καλύτερα αποτελέσματα που θα μπορούσαμε να περιμένουμε, ενώ ο αριθμητικός κώδικας είναι πιο ανταγωνιστικός αλλά και πάλι όχι η καλύτερη λύση για συμπίεση χωρίς απώλειες. Ο κυριότερος λόγος που υπάρχει η μέθοδος JPEG χωρίς απώλειες είναι γιατί στην ιεραρχική μέθοδο το τελευταίο πέρασμα μπορεί να είναι μια κωδικοποίηση χωρίς απώλειες των υπολειπόμενων διαφορών, ώστε να επιτευχθεί ολική ακρίβεια. Ακόμα όμως και τότε δεν είναι σίγουρο ότι δεν θα έχουμε απώλειες αφού πρέπει ο κωδικοποιητής και ο αποκωδικοποιητής να έχουν παρόμοιο σφάλμα στρογγυλοποίησης.

Εξάλλου, πολλές υλοποιήσεις του JPEG δεν επιτρέπουν να χρησιμοποιηθεί με τη μέγιστη ρύθμιση ποιότητας, αφού θεωρείτε πολύ παράδοξο να χρησιμοποιείτε μ' αυτόν τον τρόπο το JPEG. Για παράδειγμα στο πρόγραμμα IJG JPEG, πρέπει να δηλώσουμε όχι μόνο «-quality 100» αλλά και «-sample 1x1» για να εξαλείψουμε το χάσιμο της πληροφορίας. Τα αρχεία που προκύπτουν είναι κατά πολύ μεγαλύτερα και λίγο καλύτερα σε ποιότητα από τα αρχεία που δημιουργούνται με λογικότερες ρυθμίσεις.

Εκτός αυτού εξακολουθούν να έχουν κάποιες απώλειες! Αν πραγματικά χρειαζόμαστε μία αποθήκευση χωρίς καθόλου απώλειες, δεν προσπαθούμε ποτέ να την πετύχουμε με χρήση του απλού JPEG.

### 3.10 ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΑΡΧΕΙΩΝ ΕΙΚΟΝΑΣ

[17] Μιλώντας αυστηρά, το JPEG αναφέρεται μόνο σε μια οικογένεια αλγορίθμων συμπίεσης. Δεν αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο τρόπο μορφοποίησης αρχείων εικόνας. Οι συγκρούσεις μεταξύ των οργανισμών διεθνών στάνταρ ( αυτό που συνηθίζουμε να αποκαλούμε διαπλεκόμενα συμφέροντα !) εμπόδισαν την επιτροπή του JPEG να ορίσει ένα τρόπο μορφοποίησης για τα αρχεία. Αφού δεν μπορούμε να ανταλλάξουμε εικόνες με κάποιον αν δε συμφωνήσουμε σε ένα κοινό τρόπο μορφοποίησης των αρχείων, είναι επόμενο να υπάρχει πρόβλημα. Χωρίς την ύπαρξη επίσημων στάνταρ, ορισμένοι προγραμματιστές του JPEG έχουν δημιουργήσει κάτι τελείως δικό τους, με αποτέλεσμα τα προγράμματά τους να μην είναι συμβατά με κανενός άλλου.





συνέχεια να έχει δεδομένα για JPEG. Αν βρούμε την αρχή των δεδομένων αυτών (ψάχνουμε για FF D8 ), μπορούμε να δοκιμάσουμε να σβήσουμε ότι υπάρχει πριν απ' αυτά.

### ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΣΥΝΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ (FPU) Η ΚΑΙ CHIP ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΤΟΥ JPEG

[16] Αφού το JPEG είναι τόσο απαιτητικό σε υπολογισμούς, πολλοί είναι αυτοί που υποστηρίζουν ότι η χρήση του μαθηματικού συνεπεξεργαστή θα το επιταχύνει. Κάτι τέτοιο δεν ισχύει. Τα περισσότερα ποιοτικά προγράμματα για JPEG χρησιμοποιούν πράξεις μόνο με ακεραίους κι έτσι δεν επηρεάζονται από την παρουσία ή την απουσία υλικού που εκτελεί πράξεις κινητής υποδιαστολής.

Είναι πιθανό να γλιτώσουμε μερικές μαθηματικές πράξεις με το να κάνουμε το κομμάτι του ΔΣΜ με χρήση κινητής υποδιαστολής. Στους περισσότερους προσωπικούς υπολογιστές, οι πράξεις κινητής υποδιαστολής είναι τόσο αργές από τις πράξεις με ακέραιους ώστε η τελική ταχύτητα επεξεργασίας να είναι χειρότερη με τη χρήση πράξεων κινητής υποδιαστολής. Μερικοί πανάκριβοι σταθμοί εργασίας και υπέρ-υπολογιστές έχουν αρκετά γρήγορες μονάδες κινητής υποδιαστολής, ώστε ο παραπάνω τρόπος να αποδώσει.

Τα chip ψηφιακής επεξεργασίας σήματος είναι ιδανικά για γρήγορη επαναλαμβανόμενη αριθμητική ακεραίων, οπότε ο προγραμματισμός ενός τέτοιου chip για χρήση JPEG μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές επιταχύνσεις. Τα chip αυτά είναι διαθέσιμα σαν πρόσθετα σε μερικά PC και σταθμούς εργασίας. Αν έχετε κάτι τέτοιο, ψάξτε για ένα πρόγραμμα JPEG που να το εκμεταλλεύεται.

### Fractal Image Compression (Απειροστική Συμπίεση Εικόνας)

[16]

#### **Γενικά στοιχεία σχετικά με την απειροστική συμπίεση εικόνας.**

- Είναι μια καινούρια και πολλά υποσχόμενη τεχνολογία. Το αν είναι ανώτερη της συμπίεσης JPEG είναι ανοιχτό σε διάλογο.
- Είναι μέθοδος συμπίεσης χωρίς απώλειες.
- Τα απειροστικά τμήματα στην απειροστική συμπίεση εικόνας είναι επαναλαμβανόμενα συστήματα συναρτήσεων (Iterated Function Systems).
- Είναι μια μορφή κβαντικού διανύσματος, κάτι που χρειάζεται ειδική ορολογία για να καταλάβουμε.
- Η αύξηση της ανάλυσης είναι ένα πανίσχυρο σημείο της μεθόδου αλλά δεν είναι κάτι το μαγικό που πετυχαίνει συμπίεση 1000:1.
- Η συμπίεση είναι αργή, η αποσυμπίεση είναι γρήγορη.
- Η τεχνολογία είναι πατενταρισμένη.

Τα παραπάνω δίνουν μια γενική εικόνα. Για όποιον θέλει να εμβαθύνει, ακολουθεί ανάλυση.

#### **Μια σύντομη ιστορική αναδρομή στην απειροστική συμπίεση εικόνας.**

Η γέννηση της απειροστικής γεωμετρίας (ή μάλλον η αναγέννηση), αποδίδεται συνήθως στον μαθηματικό της IBM Benoit B. Mandelbrot με την έκδοση του βιβλίου «Η Απειροστική Γεωμετρία της Φύσης» («The Fractal Geometry of Nature»).

Το βιβλίο αυτό, έθεσε μία δυνατή θέση : Η κλασσική γεωμετρία με τις ευθείες γραμμές και τις λείες επιφάνειες, δεν ανταποκρίνεται στην γεωμετρία των δέντρων, των σύννεφων και των βουνών. Η απειροστική γεωμετρία, με τις περιτυλιγμένες γραμμές και άπειρη ακρίβεια, ανταποκρίνεται.

Η επίγνωση αυτή πρόσφερε τεράστιες δυνατότητες. Οι επιστήμονες των υπολογιστών για παράδειγμα, βρήκαν μαθηματικές εκφράσεις και τύπους ικανούς να παράγουν τεχνητά αλλά ρεαλιστικά φυσικά τοπία, με δέντρα που φύτρωναν στο έδαφος. Αλλά και οι μαθηματικοί βρήκαν στο πεδίο της γεωμετρίας νέα θέματα για έρευνα.

Δεν πέρασε και πολύ καιρός από τότε που οι μαθηματικοί αναρωτήθηκαν εάν υπάρχει κάποια ενότητα μέσα σε όλους αυτούς τους διαχωρισμούς. Υπάρχει, όπως απέδειξε ο John Hutchinson το 1981. Είναι ο κλάδος των μαθηματικών που τώρα είναι γνωστός σαν Θεωρία των Επαναλαμβανόμενων Συναρτήσεων. Αργότερα, την ίδια δεκαετία, ο Michael Barnsley, ένας κορυφαίος ερευνητής από το Georgia Tech, έγραψε το διάσημο βιβλίο «Απειροστικά Όρια Παντού» («Fractals Everywhere»). Το βιβλίο παρουσιάζει με μαθηματικά τα επαναλαμβανόμενα συστήματα συναρτήσεων (IFS) και αποδεικνύει ένα θεώρημα γνωστό σαν το θεώρημα του Collage. Το θεώρημα αυτό λέει πώς πρέπει να είναι ένα IFS προκειμένου να αναπαριστά μια εικόνα.

Έτσι προστέθηκε μια ακόμη δυνατότητα : Αν κινούμενοι προς τη μία κατεύθυνση, τα απειροστικά μαθηματικά είναι καλά για τη δημιουργία φυσικών εικόνων, τότε, κινούμενοι προς την αντίθετη κατεύθυνση, δε θα μπορούσαμε να συμπιέσουμε εικόνες; Το να οδηγηθούμε από μία δοσμένη εικόνα σε IFS που μπορεί να αναπαράγει το πρωτότυπο (ή τουλάχιστον ένα σχεδόν όμοιο αντίτυπο), είναι γνωστό σαν το αντίστροφο πρόβλημα. Το πρόβλημα αυτό παραμένει άλυτο.

Ο Barnsley όμως, σπλισμένος με το θεώρημα του Collage, νόμιζε πως το έλυσε κι αφού έκανε αίτηση, κατάφερε να πάρει μια πατέντα λογισμικού. Η ανακοίνωση της επιτυχίας του έγινε από τον ίδιο τον Ιανουάριο του 1988 στο τεύχος του περιοδικού BYTE. Στο άρθρο αυτό δεν αναφερόταν το αντίστροφο πρόβλημα, αλλά περιείχε ορισμένες εικόνες συμπιεσμένες σε βαθμό μεγαλύτερο από 10.000:1. Κι όμως, αυτό δεν ήταν καινοτομία. Οι εικόνες είχαν πάρει κάποιο όνομα όπως «Μαύρο Δάσος», αλλά ήταν όλες τεχνικά κατασκευασμένες. Η πατέντα του Barnsley κατόντησε να αποκαλείται χλευαστικά, «Ο αλγόριθμος του μεταπτυχιακού φοιτητή» («Graduate Student Algorithm»).

### Αναλυτικά, ο αλγόριθμος αυτός λέει :

- ✦ Βρείτε έναν μεταπτυχιακό φοιτητή.
- ✦ Δώστε στον φοιτητή μία εικόνα.
- ✦ Κι ένα δωμάτιο με ένα σταθμό εργασίας γραφικών.
- ✦ Κλειδώστε την πόρτα.
- ✦ Περιμένετε μέχρι ο φοιτητής να έχει αντιστρέψει μηχανικά την εικόνα.
- ✦ Ανοίξτε την πόρτα.

Οι προσπάθειες να αυτοματοποιηθεί αυτή η διεργασία, έχουν ελάχιστη επιτυχία. Όπως παραδέχθηκε και ο ίδιος ο Barnsley το 1988: «Σύνθετες έγχρωμες εικόνες χρειάζονται σχεδόν 100 ώρες η κάθε μία για να κωδικοποιηθούν και 30 λεπτά για να αποκωδικοποιηθούν στο Massomp (σταθμός εργασίας με δύο επεξεργαστές)». Αυτό σημαίνει 100 ώρες με κάποιο άτομο να επιβλέπει τη διαδικασία.

Η ειρωνεία είναι ότι εκείνος που έβγαλε άχρηστο τον «αλγόριθμο του μεταπτυχιακού» ήταν ένας από τους φοιτητές που έκαναν το διδακτορικό τους στον Barnsley. Το Μάρτιο του 1988, σύμφωνα με τον Barnsley, κατέληξε σε ένα μορφοποιημένο τρόπο για την απεικόνιση εικόνων που ονομάστηκε «Καταμερισμένα Επαναλαμβανόμενα Συστήματα Συναρτήσεων» («Partitioned Iterated Function Systems» - PIFS). Ο Barnsley έκανε αίτηση και πήρε μια δεύτερη πατέντα σε ένα αλγόριθμο που μπορεί αυτόματα να μετατρέψει μια εικόνα σε PIFS. Για να πάρει το διδακτορικό του, ο Arnaud Jacquin υλοποίησε τον αλγόριθμο σε λογισμικό, του οποίου μια περιγραφή υπάρχει στην εργασία του με τίτλο «Κωδικοποίηση εικόνας βασισμένη στην απειροστική θεωρία των επαναλαμβανόμενων συστολικών μετασχηματισμών εικόνας». Ο αλγόριθμος δεν ήταν πολύ έξυπνος ούτε πολύ γρήγορος, αλλά ήταν πλήρως αυτοματοποιημένος. Αυτό είχε και τις συνέπειές του: η υπόσχεση για συμπίεση 10.000:1 είχε χαθεί. Μία 24bit εικόνα μπορούσε τυπικά να






συμπιεσθεί από 8:1 μέχρι 50:1 και να εξακολουθούσε να φαίνεται “αρκετά καλά”. Ωστόσο, όλα τα σύγχρονα προγράμματα απειροστικής συμπίεσης είναι βασισμένα στην εργασία του Jacquin.

Αυτό δε σημαίνει ότι υπάρχουν πολλά προγράμματα απειροστικής συμπίεσης διαθέσιμα. Αντιθέτως, είναι πολύ λίγα. Η εταιρία Iterated Systems διαθέτει τους μόνους εμπορικούς συμπιεστές/αποσυμπιεστές, ένα πρόγραμμα για MS-Windows, το οποίο ονομάζεται “Images Incorporated”. Υπάρχει επίσης κι ένας ολοένα αυξανόμενος αριθμός ακαδημαϊκών προγραμμάτων που είναι δωρεάν διαθέσιμα, αλλά είναι μάλλον δύσχρηστα και αμφιβόλου ποιότητας.

Η έλλειψη αυτή οφείλεται κυρίως στην πολιτική της εταιρίας Iterated Systems, που δεν επιτρέπει να διατίθεται η τεχνογνωσία της στη συμπίεση, αν και πουλάνε κάποιο Windows DLL αρχείο για τους προγραμματιστές. Βέβαια δεν ισχύει το ίδιο με την ατομική μελέτη κι ανάπτυξη της απειροστικής συμπίεσης από άλλους. Για αυτό αναμένεται η τεχνική της απειροστικής συμπίεσης να γίνει σταδιακά όλο και πιο γνωστή.

### **Μια πιο κοντινή ματιά.**

Τα απειροστικά τμήματα που χρησιμοποιούνται στην απειροστική συμπίεση της εικόνας δεν είναι αυτά που γνωρίζουμε από την ανάλυση, αλλά από τη θεωρία της επαναλαμβανόμενης συνάρτησης. Ο μαθηματικός Heinz-Otto Peitgen μας δίνει μια ωραία εισαγωγή στη θεωρία αυτή χρησιμοποιώντας μεταφορικά ένα αντιγραφικό μηχάνημα πολλαπλής ελάττωσης (Multiple Reduction Copying Machine). Το MRCM υποτίθεται πως είναι ένα απλό αντιγραφικό μηχάνημα, με τις εξής διαφορές :

-  Υπάρχουν πολλές ρυθμίσεις των φακών που μπορούν να δημιουργήσουν πολλές επικαλυπτόμενες κόπιες του αρχικού.
-  Κάθε μία ρύθμιση των φακών μειώνει το μέγεθος του αρχικού.
-  Το αντιγραφικό λειτουργεί με βρόγχο ανάδρασης, με την έξοδο της κάθε βαθμίδας να είναι είσοδος στην επόμενη. Η αρχική είσοδος μπορεί να είναι οτιδήποτε.
-  Το πρώτο είναι αυτό που κάνει το IFS να είναι σύστημα. Το τρίτο είναι αυτό που το κάνει επαναλαμβανόμενο. Όσο για το δεύτερο, υπονοεί ότι οι συναρτήσεις μιας επαναλαμβανόμενης συνάρτησης είναι συστολικές.
-  Το IFS λοιπόν, είναι μια ομάδα συστολικών μετασχηματισμών που σχεδιάζουν από ένα συγκεκριμένο ορθογώνιο φυσικού σχεδίου σε μικρότερα τμήματα αυτού του ορθογωνίου.

Αυτό το IFS αποτελείται από τρεις συνθετικούς μετασχηματισμούς ( τρεις διαφορετικοί φακοί στο μηχάνημα MRCM ). Κάθε ένας απ’ αυτούς συρρικνώνει το αρχικό κατά 2, και μετά μεταφράζει το αποτέλεσμα σε μια νέα τοποθεσία. Μπορεί προαιρετικά να ρυθμίσει και να μετακινήσει τη φωτεινότητα του ορθογωνίου, με ένα τρόπο παρόμοιο με αυτό της ρύθμισης που κάνουμε στη φωτεινότητα και τη διαύγεια της τηλεόρασης.

### ΑΠΩΛΕΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

[16] Όταν μία συσκευή, όπως η φωτογραφική μηχανή ή ο scanner, παίρνει μία εικόνα, χρησιμοποιεί μία κλίμακα που καθορίζεται από τη στοιχειώδη ανάλυση αυτής της συσκευής. Αν χρησιμοποιήσουμε κάποιο πρόγραμμα για να μεγεθύνουμε αυτή την εικόνα, από ένα σημείο και μετά δεν βλέπουμε κάτι παραπάνω σε λεπτομέρεια, παρά μόνο μεγαλύτερα εικονοστοιχεία.

Μία απειροστική εικόνα είναι διαφορετική. Με κάθε επανάληψη, η λεπτομέρεια που δημιουργείται είναι έξοχη σε μεγαλύτερη ανάλυση. Οριακά, λεπτομέρεια που αντιστοιχεί με ακρίβεια στην πραγματικότητα, δημιουργείται σε όλα τα επίπεδα ανάλυσης, μέχρι και το άπειρο. Επειδή δεν υπάρχει όριο στο οποίο να σταματούν οι απειροστικές εικόνες, θεωρούμε ότι δεν έχουν κλίμακα.

Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι αν μεγεθύνουμε μία απειροστική εικόνα, θα εξακολουθεί να δείχνει “όπως πρέπει” χωρίς τα φαινόμενα που εμφανίζει η μεγέθυνση των εικονοστοιχείων. Η σημαντικότητα των παραπάνω έχει δημιουργήσει μερικές διαφωνίες και γι’ αυτό θα πρέπει να πούμε τα παρακάτω :

- ❖ Η Iterated Systems υποστηρίζει τα εξής: Πάρτε ένα πορτραίτο που είναι, ας πούμε, μια ασπρόμαυρη εικόνα κι έχει μέγεθος 250x250 pixel, με ένα byte ανά pixel. Την περνάτε από το δικό της πρόγραμμα κι έχετε ένα αρχείο μεγέθους 2500 byte (συντελεστής συμπίεσης = 25:1). Μεγεθύνετε τώρα τα μαλλιά του ατόμου της φωτογραφίας τέσσερις φορές. Τι βλέπετε; Μια εικόνα που μοιάζει πάλι με μαλλιά. Επομένως, είναι σα να έχετε μια εικόνα μεγέθους 1000x1000. Άρα και ο συνολικός συντελεστής συμπίεσης που καταφέρατε να πάρετε είναι  $25 \times 16 = 400$ .

Αλλά τα πράγματα δεν είναι ακριβώς έτσι. Η λεπτομέρεια που παίρνουμε δεν διατηρήθηκε από την αρχική, αλλά δημιουργήθηκε. Με λίγη τύχη μοιάζει με αυτό που θα ‘πρεπε να μοιάζει αλλά μην είστε και πολύ σίγουροι. Αν για παράδειγμα μεγεθύνουμε το πρόσωπο, δε θα δούμε τους πόρους του. Αντικειμενικά, αυτό που προσφέρει η απειροστική συμπίεση εικόνας είναι μια αναπτυγμένη μορφή παρεμβολής. Αυτό είναι κάτι χρήσιμο κι ελκυστικό. Χρήσιμο για παράδειγμα, σε όσους ασχολούνται με τη δημιουργία γραφικών ή σ’ εκείνους που θέλουν να τυπώσουν σε μια συσκευή υψηλής ανάλυσης. Όμως δεν προσφέρει εξωπραγματικούς συντελεστές συμπίεσης.

Με βάση τα παραπάνω, πρέπει να απαντήσουμε στο ερώτημα τι εννοούμε με τον όρο αύξηση της ανάλυσης. Πρόκειται για τη διαδικασία που συμπιέζουμε μια εικόνα, την μεγεθύνουμε σε μια μεγαλύτερη ανάλυση και τη σώνουμε, άσχετα με το αν χρησιμοποιούμε το IFS. Με άλλα λόγια, η συμπιεσμένη απειροστική εικόνα είναι κάποιο μέσο για να πετύχουμε το σκοπό μας και όχι ο ίδιος ο σκοπός.

## ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

[16] Η ουσία της διαδικασίας της συμπίεσης είναι ο συνδυασμός κάθε μπλοκ περιοχής σε ένα κυρίαρχο μπλοκ έτσι ώστε η διαφορά με το αρχικό να είναι ελάχιστη. Αυτό χρειάζεται πολύ ψάξιμο. Στην πραγματικότητα, δεν υπάρχει κανόνας που να λέει ότι τα μπλοκ περιοχής πρέπει να είναι τετράγωνα, ούτε καν ορθογώνια. Αυτό είναι μια απλή παραδοχή που κάναμε για να κατανοήσουμε το πρόβλημα. Γενικά, η μέθοδος για να βρεθούν καλά PIFS για οποιαδήποτε εικόνα, περιλαμβάνει τα πέντε παρακάτω θέματα :

- Να χωριστεί η εικόνα σε μπλοκ περιοχών.
- Να μορφοποιηθεί η ομάδα των κυρίαρχων μπλοκ.
- Να επιλεγούν οι τύποι των μετασχηματισμών που θα μελετηθούν.
- Να επιλεγεί ένα μέτρο απόστασης μεταξύ των μπλοκ περιοχών.
- Να καθοριστεί μια μέθοδος για το ταίριασμα των μπλοκ περιοχών στο κυρίαρχο μπλοκ.
- Πολλές πιθανές λύσεις υπάρχουν για κάθε θέμα. Οι επιλογές που πρότεινε ο Jacquin στην εργασία του είναι :

Ένα τετράγωνο δύο επιπέδων με 8x8 εικονοστοιχεία για τα μπλοκ μεγάλων περιοχών και 4x4 για εκείνα των μικρών. Τα κυρίαρχα μπλοκ είναι μεγέθους 16x16 και 8x8 pixels με βήμα δείγματος μεγέθους 4 (τέσσερα). Οι οκτώ ισομετρικές συμμετρίες επεκτείνουν το κυρίαρχο μπλοκ σε ένα εικονικό μπλοκ οκτώ φορές μεγαλύτερο. Οι επιλογές στο τελευταίο θέμα υποδεικνύουν μία συρρίκνωση κατά δύο σε κάθε κατεύθυνση, με μια πιθανή περιστροφή ή αντιστροφή και μετά μια μορφοποίηση της περιοχής της εικόνας. Χρησιμοποιείται το σφάλμα ελαχίστου τετραγώνου. Τα μπλοκ κατηγοριοποιούνται με βάση το πόσο λεία είναι, πόσο απέχουν απ’ το κέντρο, αν έχουν απλές ή σύνθετες άκρες. Για ένα δοσμένο μπλοκ περιοχής η κατάλληλη κατηγορία διαλέγεται.

Η σημαντικότητα της κατηγοριοποίησης μπορεί να φανεί αν υπολογίσουμε το συνολικό μέγεθος του κυρίαρχου μπλοκ. Ας υποθέσουμε ότι η εικόνα χωρίζεται σε μπλοκ 4x4. Μια εικόνα 256x256 περιέχει συνολικά  $(256-8+1)^2 = 62.001$  διαφορετικά 8x8 κυρίαρχα μπλοκ. Συμπεριλαμβάνοντας και τις 8 ισομετρικές συμμετρίες αυξάνει το μέγεθος αυτό σε 496.008. Υπάρχουν  $(256-4+1)^2 = 64.009$  4x4 μπλοκ περιοχών, που μας κάνουν ένα μέγιστο 31.748.976.072 πιθανών συνδυασμών να εξεταστούν. Ακόμα και σε γρήγορους σταθμούς εργασίας το ψάξιμο είναι απελπιστικά αργό. Το να αυξηθεί η ταχύτητα του ψαξίματος είναι η κύρια πρόκληση που έχει να αντιμετωπίσει η απειροστική συμπίεση εικόνας.

### ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΗ ΚΒΑΝΤΟΠΟΙΗΣΗ (VECTOR QUANTIZATION (VQ))

[16] Για την κοινότητα της VQ, ένα διάνυσμα είναι ένα μικρό ορθογώνιο από pixels. Η βασική υπόθεση της διανυσματικής κβαντοποίησης είναι ότι μερικά πρότυπα εμφανίζονται πολύ πιο συχνά από άλλα. Έτσι η έξυπνη ιδέα είναι να αποθηκεύσουμε λίγα από αυτά τα πρότυπα σε ξεχωριστό αρχείο που ονομάζουμε κωδικό-βιβλίο (codebook). Το πως ακριβώς θα φτιαχτεί ένα τέτοιο βιβλίο είναι ολόκληρη ιστορία. Το βασικό είναι ότι σε κάθε στοιχείο του βιβλίου (κάθε κυρίαρχο μπλοκ) έχει δοθεί ένας αριθμός. Τότε, κάθε εικόνα χωρίζεται σε έναν απλό πίνακα. Κάθε στοιχείο του πίνακα (κάθε μπλοκ περιοχής) αναπαρίσταται στο βιβλίο της κωδικοποίησης. Το να αποσυμπιεστεί ένα VQ αρχείο σημαίνει να φτιάξουμε την εικόνα αντιστοιχώντας τα νούμερα σε αυτά του βιβλίου. Η ομοιότητα με την απειροστική είναι προφανής, με μερικές σημαντικές διαφορές.

- ✔ Τα μπλοκ περιοχών και τα κυρίαρχα μπλοκ της VQ έχουν το ίδιο μέγεθος. Τα κυρίαρχα IFS μπλοκ είναι πάντα μεγαλύτερα.
- ✔ Στη VQ τα κυρίαρχα μπλοκ αντιγράφονται απ' ευθείας. Τα κυρίαρχα IFS μπλοκ υποβάλλονται πρώτα σε μια ρύθμιση φωτεινότητας και αντιστάθμιση.
- ✔ Στη VQ εκτός από την εικόνα που κωδικοποιείται, αποθηκεύεται και το βιβλίο με τους κωδικούς. Στο IFS το βιβλίο αυτό δεν αποθηκεύεται, αλλά δημιουργείται μόνο κατά τη διάρκεια των επαναλήψεων. Γι' αυτό και χαρακτηρίζεται εικονικό και δεν έχει καμία έννοια στον προσδιορισμό του IFS.
- ✔ Στη VQ το βιβλίο με τους κωδικούς χρησιμοποιείται από πολλές εικόνες. Στο IFS κάθε εικόνα έχει το δικό της εικονικό βιβλίο με κωδικούς.

Υπάρχει επίσης και μια έκδοση της VQ που ονομάζεται διανυσματική κβαντοποίηση ρυθμιζόμενης μορφής στην οποία επιτρέπεται η ρύθμιση της φωτεινότητας και αντιστάθμιση. Αυτό είναι ότι πιο κοντινό υπάρχει στην απειροστική συμπίεση εικόνας.

### ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

[16] Τυπικές τιμές συντελεστών συμπίεσης που πετυχαίνονται είναι από 4:1 μέχρι 100:1. Κάτω από τις ίδιες συνθήκες, οι έγχρωμες εικόνες μπορούν να συμπειστούν σε μεγαλύτερο βαθμό από τις ασπρόμαυρες. Το μέγεθος ενός αρχείου απειροστικής εικόνας εξαρτάται πολύ από τον αριθμό των μετασχηματισμών των PIFS.

Για ευκολία, και προκειμένου να μπορέσουμε να κάνουμε σύγκριση με το JPEG, ας υποθέσουμε ότι μια εικόνα μεγέθους 256x256x8 χωρίζεται σε μπλοκ των 8x8. Υπάρχουν 1024 μπλοκ περιοχής και κατά συνέπεια 1024 μετασχηματισμοί για να αποθηκευτούν. Πόσα bits χρειάζονται για το καθένα;

Στις περισσότερες υλοποιήσεις, τα κυρίαρχα μπλοκ είναι δύο φορές μεγαλύτερα από τα μπλοκ περιοχής. Άρα η διαστηματική συστολή είναι συνεχής και μπορεί δύσκολα να κωδικοποιηθεί στο πρόγραμμα αποσυμπίεσης. Αυτά που πρέπει να αποθηκευτούν είναι :

Η x θέση του κυρίαρχου μπλοκ	8	6
Η y θέση του κυρίαρχου μπλοκ	8	6
Η ρύθμιση της φωτεινότητας	8	5
Η αντιστάθμιση της φωτεινότητας	8	6
<u>Ο δείκτης συμμετρίας</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
Σύνολο :	35	26 bits

Στην πρώτη στήλη, ένα byte δίνεται σε κάθε αριθμό εκτός από το δείκτη συμμετρίας. Το μέγιστο όριο συμπίεσης είναι επομένως  $(8 \times 8 \times 8) / 35 = 14,63$ . Στη δεύτερη στήλη, τα κυρίαρχα μπλοκ έχουν περιοριστεί στις προηγούμενες συντεταγμένες μείον δυο. Επίσης, πειράματα έχουν δείξει ότι 5 bits για τη ρύθμιση και 6 για την αντιστάθμιση εξακολουθούν να έχουν καλά οπτικά αποτελέσματα. Έτσι, το όριο της συμπίεσης είναι τώρα 19,69 αξιοσημείωτο αλλά όχι εξωπραγματικό.

Υπάρχουν κι άλλες, πιο περίπλοκες, τεχνικές για να μειωθούν κι άλλο τα bits. Η πιο κοινή είναι να χρησιμοποιηθεί μια δομή τετραγωνικού δέντρου δύο ή τριών επιπέδων για τον καθορισμό της θέσης. Με αυτό τον τρόπο λείες επιφάνειες μπορούν να αναπαρασταθούν με μεγάλα μπλοκ περιοχής (υψηλή συμπίεση), ενώ μικρότερα μπλοκ χρησιμοποιούνται αναγκαστικά για τις λεπτομέρειες.

#### ΠΟΙΟΤΗΤΑ : ΑΠΕΙΡΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΝΑΝΤΙΟΝ JPEG

[16] Η μεγάλη ειρωνεία για την επιτροπή κωδικοποίησης είναι ότι μεγάλη φροντίδα δίνεται προκειμένου να μετρηθεί ακριβώς και να προσδιορισθεί το ποσοστό λάθους σε μία συμπιεσμένη εικόνα, και γίνεται μεγάλη προσπάθεια προκειμένου να μειωθεί το λάθος που μετρείται το οποίο πολύ συχνά είναι αμφίβολο. Αυτές οι μετρήσεις περιλαμβάνουν λόγο σήματος προς θόρυβο, μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων και απόλυτη τιμή του λάθους. Ένα απλό παράδειγμα είναι η συνεχής μετακίνηση (shift): προσθέτουμε την τιμή 10 σε κάθε pixel. Σταθερές μετρήσεις λάθους υποδεικνύουν μεγάλη παραμόρφωση, αλλά η εικόνα έχει γίνει ελάχιστα πιο φωτεινή.

Με σεβασμό σε αυτές τις αμφίβολες μετρήσεις λάθους, και με το φόβο της υπεραπλούστευσης, τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν τα ακόλουθα :

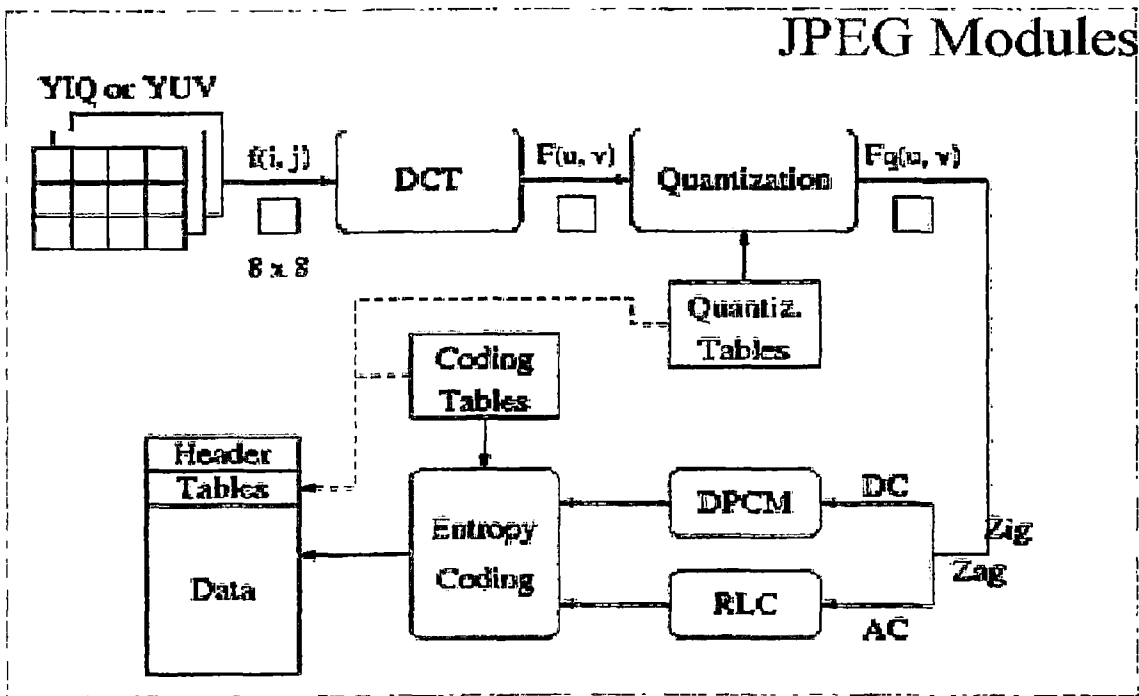
- ❑ Για μικρούς συντελεστές συμπίεσης το JPEG είναι καλύτερο, για υψηλούς συντελεστές η απειροστική κωδικοποίηση είναι καλύτερη. Το διαχωριστικό σημείο διαφέρει, αλλά συνήθως είναι γύρω στο 40:1. Η τιμή αυτή προμηνύει ανωτερότητα του JPEG αφού έτσι κι αλλιώς πέρα από αυτό το βαθμό συμπίεσης οι εικόνες έχουν συνήθως τέτοια αταξία που δεν αξίζει να χρησιμοποιηθεί.
- ❑ Υποστηρικτές της απειροστικής συμπίεσης υποστηρίζουν ότι ο λόγος σήματος προς θόρυβο δεν είναι καλό μέτρο για τη μέτρηση του λάθους και ότι η παραμορφωμένη εικόνα που δίνει είναι πολύ πιο "φυσική", από τα τετράγωνα μπλοκ του JPEG, τόσο στις χαμηλές όσο και στις υψηλές αναλύσεις. Αυτό είναι ένα λογικό επιχείρημα αλλά σε καμία περίπτωση δεν είναι αποδεκτό παγκόσμια. Ίσως αυτό που χρειάζεται η επιτροπή κωδικοποίησης να είναι ένας τρόπος που θα μετρά με ακρίβεια και αντικειμενικότητα την εντύπωση που δίνει το σήμα (εδώ η εικόνα) στον άνθρωπο. Μέχρι τότε τα μάτια σας είναι οι καλύτεροι κριτές.

**Συμπεράσματα για το JPEG πρότυπο.**

Το JPEG τελικά είναι ένα ισχυρό πρότυπο το οποίο επεξεργάζεται πολύ καλά εικόνες οι οποίες δεν είναι πάρα πολύ πολύπλοκες και γενικά εικόνες οι οποίες τραβηγμένες είναι από τον πραγματικό κόσμο. Συνδυάζει έναν αριθμό τεχνικών κωδικοποίησης εντροπίας και πόρου. Η απόδοση του εξαρτάται από την πολυπλοκότητα της εικόνας. Εικόνες με κανονική πολυπλοκότητα θα συμπεστούν με λόγο 20:1 ή 25:1. Ο τρόπος λειτουργίας lossless mode (κωδικοποίηση χωρίς καμιά απώλεια πληροφορίας) συνήθως πετυχαίνει συμπίεση σε αναλογία 2:1

Το JPEG πρότυπο δεν είναι κατάλληλο και δεν αποδίδει αρκετά σε μη πραγματικές εικόνες, όπως είναι μια ζωγραφισμένη γραμμή ή τα κινούμενα σχέδια.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι ο τρόπος λειτουργίας lossy mode εκμεταλλεύεται τα φυσικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά αλλά και τους περιορισμούς του ανθρώπινου ματιού. Για αυτό το λόγο οι JPEG εικόνες σκοπεύουν στην παρατήρηση του ανθρώπου και όχι στην ανάλυση από υπολογιστές. Ψάχνοντας για συγκεκριμένες λεπτομέρειες σε δύο εικόνες εντελώς δυσδιάκριτες για τους ανθρώπους, οι υπολογιστές μπορούν να μεταφράσουν αυτές τις λεπτομέρειες με σημαντικά διαφορετικούς τρόπους. Αυτό είναι σημαντικό για συγκεκριμένες εφαρμογές όπως εικόνες που χρησιμοποιούνται από την ιατρική. Σε αυτή την περίπτωση ο τρόπος λειτουργίας του JPEG lossless mode είναι προτιμότερος.





### 3.11 ΠΡΟΤΥΠΟ JBIG

[13] Το JBIG είναι ένα πρότυπο ISO . Αυτό το πρότυπο καθορίζει έναν αλγόριθμο συμπίεσης χωρίς απώλειες (lossless) για δυαδικές (binary) εικόνες. Ο στόχος του JBIG είναι να αντικαταστήσει τους τωρινούς αλλά λιγότερο αποτελεσματικούς αλγορίθμους της ομάδας 3 και 4 των fax αλγορίθμων. Στις binary εικόνες, κάθε pixel αναπαρίσταται από ένα bit, για παράδειγμα μια εικόνα αντιστοιχεί σε ένα σχέδιο από bit. Το πρότυπο συμπίεσης JBIG βασίζεται σε ένα συνδυασμό προβλέψιμης και αριθμητικής κωδικοποίησης.

Το πρότυπο JBIG μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε ασπρόμαυρες ή και σε έγχρωμες φωτογραφίες για lossless συμπίεση χρησιμοποιώντας απλά τον αλγόριθμο του 1 bit σχεδίου κάθε φορά. Αυτό το πρότυπο δουλεύει αρκετά καλά μέχρι και για 6 bits ανά pixel, από κει και πάνω το πρότυπο JPEG δουλεύει καλύτερα.

#### Σημείωση:

Στις διάφορες τεχνικές οι οποίες χρησιμοποιούνται από τα διάφορα πρότυπα θα αναφερθούμε σε παρακάτω κεφάλαιο το οποίο αναφέρεται στο video το οποίο στα πλαίσια του ενοποιεί και την εικόνα.

## ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

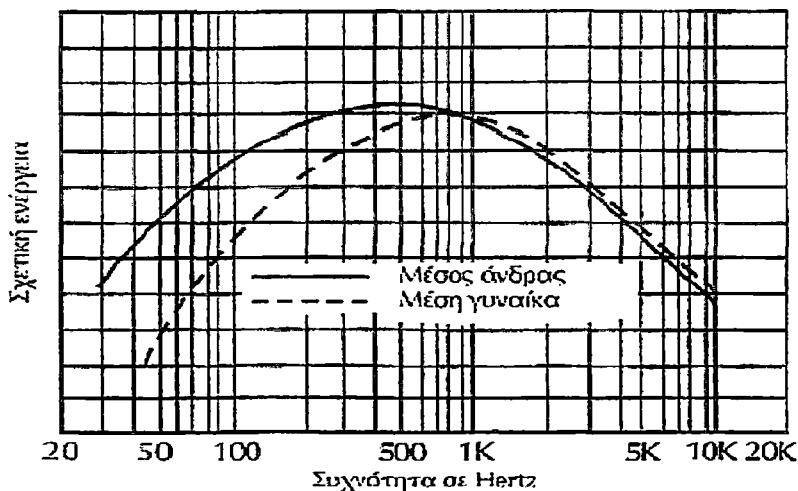
[1] Ο ήχος είναι ένα μονοδιάστατο ακουστικό κύμα (πίεσης). Όταν ένα ακουστικό κύμα εισέρχεται στο αυτί, το τύμπανο ταλαντώνεται, κάνοντας τα οστέαρια του εσωτερικού αυτιού να ταλαντώνονται μαζί του, στέλνοντας νευρικούς παλμούς στον εγκέφαλο. Αυτοί οι παλμοί λαμβάνονται ως ήχος από τον ακροατή. Με παρόμοιο τρόπο, όταν ένα ακουστικό κύμα χτυπά το μικρόφωνο, το μικρόφωνο παράγει ηλεκτρικό σήμα που αναπαριστά το πλάτος του ήχου ως συνάρτηση του χρόνου. Η αναπαράσταση, επεξεργασία, αποθήκευση και μετάδοση τέτοιων ηχητικών σημάτων είναι ένα σημαντικό κομμάτι της μελέτης των συστημάτων πολυμέσων.

Η περιοχή συχνοτήτων του ανθρώπινου αυτιού κυμαίνεται από τα 20 Hz έως τα 20.000 Hz . Το αυτί ακούει με λογαριθμικό τρόπο και έτσι η αναλογία δυο ήχων με πλάτη A και B συμβατικά εκφράζεται σε dB (decibel) σύμφωνα με τη σχέση:

$$dB = 20 \log_{10} ( A / B )$$

όπου A και B είναι πλάτη.

Η συνήθεις ομιλία κυμαίνεται περίπου στα 50 dB και το όριο του πόνου είναι περίπου τα 120 dB , τιμές που σχηματίζουν μια δυναμική περιοχή έξι τάξεων μεγέθους. Το αυτί είναι εκπληκτικά ευαίσθητο σε ηχητικές δονήσεις που διαρκούν λίγα μόνο χιλιοστά του δευτερολέπτου σε αντίθεση με το μάτι που δεν αντιλαμβάνεται αλλαγές στη στάθμη φωτός οι οποίες διαρκούν για τόσο μικρά χρονικά διαστήματα. Το συμπέρασμα αυτής της παρατήρησης είναι ότι ένα τρέμουλο (jitter) που διαρκεί λίγα χιλιοστά του δευτερολέπτου κατά τη διάρκεια μίας πολυμεσικής μετάδοσης επηρεάζει την ποιότητα του λαμβανόμενου ήχου πολύ περισσότερο απ'ότι αυτή της εικόνας και υποδηλώνει ότι η μετάδοση του ήχου είναι πιο ευαίσθητη από αυτή της εικόνας και συνιστά μεγαλύτερη προσοχή και δυσκολία.



-ΣΧΗΜΑ 4.1 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΦΩΝΗΣ-

Σήμερα, είναι δυνατή η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας κωδικοποίησης σχεδόν για κάθε χρήση και σε μεγάλο εύρος ποιότητας. Τον ψηφιακό ήχο πλέον τον συναντάμε τόσο σε καταναλωτικές χρήσεις χαμηλού κόστους και ποιότητας (MP3) όσο και σε εξαιρετικά υψηλής ποιότητας stereo (SACD) και πολυκάναλες υλοποιήσεις (DVD-Audio, MPEG Layer2, THX, Dolby, Dolby Digital & AC-3, DTS κ.α.)

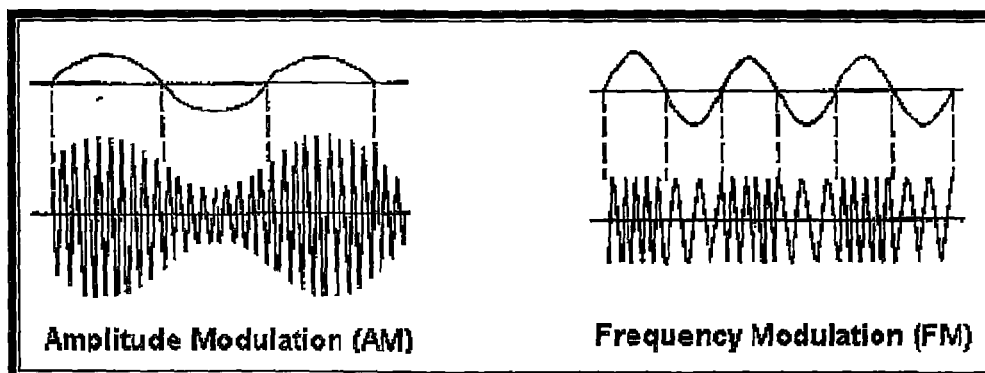
Η ανάπτυξη των παραπάνω και άλλων τεχνολογιών κωδικοποίησης εγγραφής και διανομής ψηφιακού ήχου, οδήγησε αυτονόητα και στην ανάπτυξη αντίστοιχων τεχνολογιών για την ψηφιακή πλέον επεξεργασία του ήχου. Με την εξέλιξη των υπολογιστών ιδιαίτερα των προσωπικών υπολογιστών, έγινε πλέον εφικτή η εκτέλεση ακόμα και σε πραγματικό χρόνο μεγάλου εύρους εργασιών επεξεργασίας ήχου που μέχρι πρόσφατα δεν ήταν εφικτή παρά σε εξειδικευμένες και εξαιρετικά ακριβές πλατφόρμες.

Η πτώση στο κόστος όλων των τμημάτων ενός ψηφιακού συστήματος εγγραφής και επεξεργασίας ήχου οδήγησε στην αποκέντρωση της μουσικής δημιουργίας και έκανε πραγματικότητα την ιδέα του home studio που πλέον δεν είχε και πολλά να ζηλέψει από κορυφαίες εγκαταστάσεις μόλις μερικών χρόνων στο παρελθόν.

Βρισκόμαστε λοιπόν μπροστά σε μια πληθώρα εργαλείων, περιφερειακών, τεχνολογιών, προτύπων, διαδικασιών που κάνουν δυνατή την εκτέλεση σχεδόν κάθε τύπου επεξεργασίας ήχου και συγχρόνως και φωνής στον ψηφιακό τομέα. Ο τεχνικός ήχου καλείται πλέον να γνωρίζει ένα διαφορετικό οπλοστάσιο από εκείνο που του ήταν απαραίτητο μόλις μία πενταετία πριν. Καλείται να γνωρίζει τις διαφορές ανάμεσα στην πληθώρα προτύπων και ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους συστημάτων. Οφείλει να έχει την ικανότητα επιλογής του κατάλληλου εργαλείου ή τεχνολογίας για την κατάλληλη χρήση.

[13] Επειδή τα ανθρώπινα όντα είναι πιο πολύ ευαίσθητα σε παραλλαγές ήχου από ότι στην ποιότητα του video, η ψηφιοποίηση του ήχου και οι τεχνικές συμπίεσης έχουν ήδη δημιουργηθεί καλά. Η ποιότητα του ψηφιακού ήχου ποικίλει σύμφωνα με τις συχνότητες δειγματοληψίας και την κβαντοποίηση, δηλαδή τον αριθμό των bits που χρησιμοποιούνται για να καθορίσουμε ένα δείγμα. Για συνηθισμένη ομιλία το σήμα του ήχου δειγματοληπτείται 8000 φορές ανά sec στα 8-Khz συχνότητα δειγματοληψίας και χρησιμοποιείται κωδικοποίηση των 8 bits για να αναπαραστήσουμε 256 διαφορετικού πλάτους τιμές του ήχου. Αυτή η μορφή της κωδικοποίησης απαιτεί 64 Kbit εύρος ζώνης για μετάδοση.

Τα AM και FM (διαμόρφωση πλάτους και συχνότητας) που εκπέμπουν ήχο ποιότητας ίσως απαιτούν ρυθμούς δειγματοληψίας των 18.9- KHz και κωδικοποίηση των 8 bits αλλά υψηλής ποιότητας μουσική απαιτεί ρυθμούς δειγματοληψίας των 44.1- KHz και κωδικοποίηση των 16 bits το οποίο αυξάνει σημαντικά το απαιτούμενο εύρος ζώνης για μετάδοση. Σε αυτό το επίπεδο ένα λεπτό στερεοφωνικής εγγραφής ήχου με κωδικοποίηση των 16 bits και συχνότητα 44.1- KHz απαιτεί 10Mbytes για αποθήκευση. Ο ήχος πρέπει να παραμένει ένα συνεχές σήμα και είναι μονοδιάστατος το οποίο σημαίνει ότι οι λόγοι συμπίεσης είναι σημαντικά χαμηλότεροι από ότι αυτοί για το video κυρίως στην 4:1 κλίμακα. Προσπάθειες έχουν δρομολογηθεί για την ανάπτυξη λόγων 8:1 για ήχο οι οποίες θα επιτρέψουν υψηλής πιστότητας μετάδοση ήχου στα 64 Kbps. Το τελευταίο πρότυπο ήχου για διεθνείς μεταδόσεις το οποίο επικυρώθηκε τον Απρίλιο του 1992 απαιτεί συμπίεση ήχου στα 64 Kbps.



## -ΣΧΗΜΑ 4.2 ΟΡΦΗ ΣΗΜΑΤΩΝ FM ΚΑΙ AM-

## 4.1 ΗΧΟΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

[6] Μέχρι σήμερα, η βιομηχανία των υπολογιστών δεν έχει επιδείξει ιδιαίτερα μεγάλο ενδιαφέρον για τον ήχο στις εφαρμογές πολυμέσων. Αυτό οφείλεται κυρίως στην εστίαση των προσπαθειών στην εισαγωγή του video αλλά και στη δυσκολία καθορισμού της χρησιμότητας του ήχου σε επαγγελματικές εφαρμογές (business applications). Σαν αποτέλεσμα, ο ήχος στα πολυμέσα περιορίζεται στις ψυχαγωγικές και εκπαιδευτικές εφαρμογές.

Παρ' όλα αυτά, είναι φανερό ότι ο ήχος, κατάλληλα συνδυασμένος με τα άλλα είδη πληροφορίας, μπορεί να κάνει μια εφαρμογή πολυμέσων πιο αποτελεσματική. Ιδιαίτερα σε εκπαιδευτικές εφαρμογές και περίπτερα πληροφοριών (information kiosks) η αφήγηση και ο σχολιασμός των όσων παρουσιάζονται στην οθόνη βοηθά στην μετάδοση του μηνύματος ενώ η κατάλληλη ηχητικά υπόκρουση καθιστά την παρακολούθηση της εφαρμογής πιο ευχάριστη. Το μοναδικό χαρακτηριστικό του ήχου να γίνεται αντιληπτός χωρίς να έχουμε την προσοχή μας εστιασμένη, καθιστά τα ηχητικά σήματα αναντικατάστατα στην απόσπαση της προσοχής του χρήστη.

Υπάρχουν ορισμένες κατηγορίες εφαρμογών όπου ο ήχος αποτελεί την καρδιά του συστήματος. Εφαρμογές που έχουν ως αντικείμενο την μουσική ή ακόμα εφαρμογές που προορίζονται για ανθρώπους με προβλήματα όρασης κάνουν εκτενή και αποτελεσματική χρήση του ήχου.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας, το ενδιαφέρον για την εφαρμογή της αναγνώρισης και σύνθεσης ομιλίας σε επαγγελματικές εφαρμογές μεγαλώνει. Ήδη έχουν εμφανιστεί τα πρώτα δείγματα συστημάτων χειρισμού ενός υπολογιστή με προφορικές εντολές και υπαγόρευσης κειμένου στον υπολογιστή.

## 4.2 ΣΥΜΠΙΕΣΗ

## ΜΟΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ

[6] Κάθε ήχος μπορεί να αποθηκευτεί στον υπολογιστή ως ψηφιοποιημένο ηχητικό σήμα. Αυτό το σήμα μπορεί να είναι συμπιεσμένο ή ασυμπιεστο. Σε κάθε όμως περίπτωση δεν περιέχει καμία σημασιολογική πληροφορία για τον ήχο που περιγράφει. Αυτή η μορφή αναπαράστασης του ήχου είναι το αντίστοιχο της χαρτογραφικής απεικόνισης των εικόνων. Σε αναλογία με τα γραφικά, υπάρχει για τη μουσική το πρότυπο **MIDI (Musical Instrument Digital Interface)**.

Το πρότυπο MIDI καθορίζει τον ενδιάμεσο εξοπλισμό και το πρωτόκολλο επικοινωνίας για την ανταλλαγή ηχητικών δεδομένων μεταξύ μουσικών οργάνων και υπολογιστών. Σύμφωνα με αυτό, δεν αποθηκεύεται το ψηφιοποιημένο σήμα του μουσικού οργάνου αλλά μια σειρά ειδικών πληροφοριών που απαιτούνται για την αναπαραγωγή του ηχητικού σήματος. Στο πρότυπο MIDI η πληροφορία καταγράφεται με τέσσερις αριθμούς που περιγράφουν ένα μουσικό γεγονός. Ο πρώτος περιγράφει τη νότα, ο δεύτερος το όργανο που την παρήγαγε, ο τρίτος την ένταση με την οποία πατήθηκε η νότα και ο τέταρτος το χρόνο που έμεινε πατημένο το πλήκτρο. Τα όργανα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σύνθεση μουσικής περιέχονται στον πίνακα του συστήματος MIDI, ο οποίος περιλαμβάνει 128 διαφορετικά όργανα. Επειδή τα αρχεία MIDI περιέχουν κώδικα και όχι ψηφιακές πληροφορίες κυματομορφών έχουν σημαντικά μικρότερο μέγεθος σε σχέση με τα αρχεία ψηφιοποιημένου ήχου. Για παράδειγμα, ένα λεπτό μουσικής αποθηκευμένο σε αρχείο WAV απαιτεί περίπου 10 MB, ενώ σε αρχείο MIDI απαιτεί περίπου 6 KB. Ένα πολύ σημαντικό

χαρακτηριστικό των αρχείων MIDI είναι ότι ο ήχος μπορεί να χωριστεί σε 16 διαφορετικά κανάλια. Σε κάθε κανάλι αντιστοιχεί ένα όργανο και με κατάλληλο συνδυασμό όλων των καναλιών μπορούμε να δημιουργήσουμε μια ολοκληρωμένη σύνθεση. Οι ηχητικές πληροφορίες που αποθηκεύονται στα αρχεία MIDI, αφού επεξεργαστούν κατάλληλα, μπορούν να δημιουργήσουν ηχητικά αποτελέσματα που θα έδινε μια ολόκληρη ορχήστρα με διάφορα όργανα

Το πρότυπο αυτό αναπτύχθηκε στη αρχή της δεκαετίας του 80. Το MIDI καθορίζει πως κωδικοποιούνται τα διάφορα στοιχεία μιας μουσικής παρτιτούρας καθώς και τα όργανα που συμμετέχουν. Υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης 127 οργάνων και ηχητικών εφέ. Το MIDI περιέχει και πρότυπα για την επικοινωνία μουσικών οργάνων με υπολογιστή. Ένας υπολογιστής με MIDI interface μπορεί να χειριστεί συσκευές που ακολουθούν αυτό το πρότυπο όπως ηλεκτρονικά synthesizers. Στις πιο πολλές κάρτες ήχου που προσφέρουν MIDI, η σύνθεση των ήχων των οργάνων γίνεται συνήθως με FM σύνθεση που δεν δίνει καλά αποτελέσματα. Σε πολλές όμως περιπτώσεις, περιέχουν αποθηκευμένα σε μνήμη ROM δείγματα πραγματικών οργάνων με αποτέλεσμα η μουσική MIDI να μοιάζει αρκετά με πραγματική.

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του MIDI έναντι της ψηφιοποιημένης μουσικής είναι ανάλογα με αυτά των εικόνων έναντι των γραφικών. Υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία στην επεξεργασία της μουσικής MIDI ενώ απαιτείται και σημαντικά μικρότερος αποθηκευτικός χώρος. Από την άλλη πλευρά, υπάρχει υπολογιστικό κόστος για να μετατραπεί η συμβολική αναπαράσταση MIDI σε ακουστή κυματομορφή. Επίσης, το αποτέλεσμα εξαρτάται από τη συσκευή εξόδου και συνήθως είναι υποδεέστερο της ψηφιοποιημένης μουσικής.

Ο ήχος είναι γενικά δύσκολο να συμπιεστεί γιατί η ακοή είναι πιο ευαίσθητη στις αλλοιώσεις του ήχου σε σχέση με την όραση. Εξαιτίας του ενδιαφέροντος για συμπίεση του ήχου στην τηλεφωνία, έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές αποτελεσματικής κωδικοποίησης της ομιλίας. Στην μουσική τα πράγματα είναι πιο δύσκολα γιατί και οι απαιτήσεις ποιότητας είναι μεγαλύτερες και το εύρος ζώνης της είναι σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό της ανθρώπινης φωνής.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι συχνότητες δειγματοληψίας και το μήκος της λέξης κατά την κβαντοποίηση για διάφορα πρότυπα συμπίεσης ήχου. Εκτός από την κατάλληλη επιλογή αυτών των παραμέτρων ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής περαιτέρω συμπίεση μπορεί να επιτευχθεί με αφαίρεση των σιωπηλών τμημάτων και με καλύτερες μεθόδους κωδικοποίησης όπως:

- Η μη γραμμική PCM.
- Η λογαριθμική PCM.
- Η προσαρμοστική διαφορική PCM.

Συχνότητα Δειγματοληψίας (kHz)	Κβαντοποίηση (bits)	Τεχνική Κωδικοποίησης	Ποιότητα
44.1	16	PCM	Hi-fi
37.8	8	ADPCM	Hi-fi
37.8	8	ADPCM	FM μετάδοση (μουσική)
18.9		ADPCM	AM μετάδοση (ομιλία)
8	8	PCM	Τηλεφωνική

-ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 ΗΧΗΤΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ-

## 4.2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

## ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ

[12] Η μετατροπή του ήχου από αναλογικό σήμα σε ψηφιακό πραγματοποιείται μέσω των κυκλωμάτων ψηφιοποίησης. Η ψηφιοποίηση γίνεται με συνδυασμού ειδικού λογισμικού και κυκλωμάτων (ενσωματωμένο κύκλωμα ψηφιοποίησης ή MacRecorder Pro) τα οποία μετατρέπουν τον ήχο από αναλογικό σήμα σε ψηφιακές δείγματα (samples) που αποθηκεύονται στο δίσκο. Ο ψηφιοποιημένος ήχος προσεγγίζει τον αναλογικό ήχο ανάλογα με το πλήθος των δειγμάτων. Στην περίπτωση του IBM και συμβατών η εισαγωγή ήχου πραγματοποιείται με την κάρτα ήχου Sound Blaster.

Η αποθήκευση γίνεται με ειδικό τρόπο (συμπύεση) ώστε να καταλαμβάνει ελάχιστο χώρο και να μπορεί να ανακτηθεί από τον δίσκο για περαιτέρω αναπαραγωγή και δημιουργία ακουστικού κύματος. Η ποιότητα του ήχου εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, όπως ο ρυθμός ψηφιοποίησης (sampling rate), που σχετίζεται με τη συχνότητα εγγραφής ή διευκρινιστικότητα των δειγμάτων ο λόγος συμπίεσης και άλλα. Όλες οι παραπάνω παράμετροι καθορίζουν και το μέγεθος που καταλαμβάνουν οι ήχοι στον σκληρό δίσκο. Είναι προφανές ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των δειγμάτων τόσο μεγαλύτερη είναι η πιστότητα του ήχου και τόσο μεγαλύτερο χώρο καταλαμβάνει στο δίσκο.

Τα αποθηκευμένα στο σκληρό δίσκο δείγματα (samples) στη συνέχεια επανακτώνται και μέσω του software πραγματοποιείται η επανασύσταση του ήχου. Η συχνότητα ψηφιοποίησης και το ποσοστό συμπίεσης, χαρακτηρίζουν την ποιότητα και μέγεθος αποθήκευσης του ήχου στον δίσκο. Το λογισμικό δίνει την δυνατότητα διαφόρων συνδυασμών συμπίεσης και συχνότητα ψηφιοποίησης. Σε γενικές γραμμές με μεγαλύτερη συμπίεση έχουμε μικρό αποθηκευτικό χώρο στο δίσκο, άλλα και απώλεια σε ποιότητα. Αντίθετα όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα ψηφιοποίησης τόσο καλύτερη ποιότητα αναπαραγωγής έχουμε, αλλά ταυτόχρονα με δραματική αύξηση του χώρου αποθήκευσης.

Τυπικά μεγέθη συχνότητας είναι:

- 44 KHz-ποιότητα CD.
- 22 KHz.
- 11 KHz-ποιότητα Ραδιοφώνου.
- 6 KHz-ποιότητα τηλεφώνου.

Άλλοι δευτερογενείς παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του ήχου είναι:

- *aliasing*,
- *quantization* και
- *clipping*.

### ❖ Codecs (Κωδικοποιητές / Αποκωδικοποιητές).

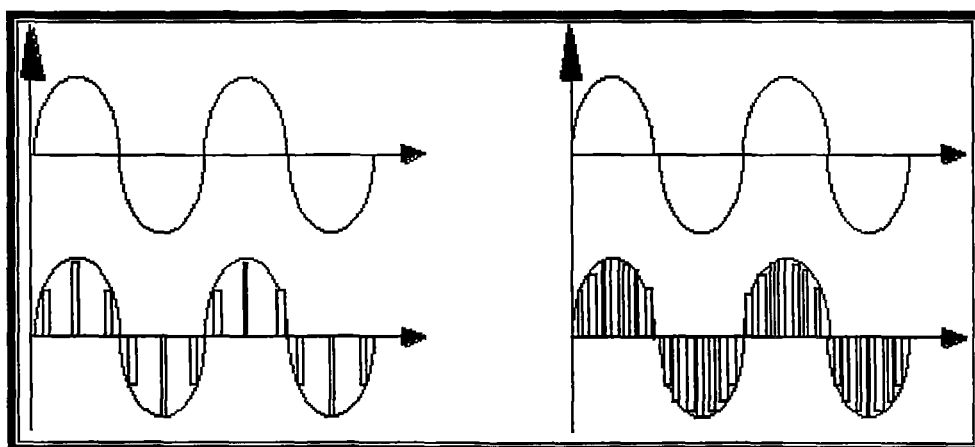
Κάθε εταιρεία χρησιμοποιεί δικούς της τρόπους συμπίεσης και αποσυμπίεσης. Τα προγράμματα κωδικοποίησης παίρνουν ένα αρχικό αρχείο(.wav,.au,.snd,.aiff) και μειώνουν το μέγεθος του πετώντας κάποια πληροφορία που εκείνα θεωρούν άχρηστη ή μη ζωτικής σημασίας για το τελικό αποτέλεσμα. Το συμπιεσμένο αρχείο που παράγουν είναι πολύ μικρότερο σε μέγεθος και χαμηλότερης ποιότητας ήχου σε σχέση με το αρχικό. Επίσης το αρχείο ήχου δίνεται σε μια μορφή (format) ανάλογα με τον προμηθευτή του αντίστοιχου προγράμματος. Τα προγράμματα κωδικοποίησης επιτρέπουν τον έλεγχο της ποιότητας του ήχου που θα παράγουμε. Φυσικά όσο καλύτερη είναι η ποιότητα του ήχου και όσο μεγαλύτερη η συχνότητα δειγματοληψίας τόσο μεγαλύτερο θα είναι το μέγεθος του τελικού αρχείου.

Όλα τα προϊόντα του streaming audio απαιτούν ένα κωδικοποιητή (encoder) και ένα αποκωδικοποιητή (player). Ο κωδικοποιητής ταυτόχρονα εκτελεί και χρέη server, δηλαδή συμπίεζει τα πακέτα ήχου ώστε να ταιριάζουν στο εύρος ζώνης του δικτύου με το οποίο είναι συνδεδεμένοι οι χρήστες. Ο αποκωδικοποιητής αποσυμπίεζει τα πακέτα ήχου και με τη βοήθεια της κάρτας ήχου του υπολογιστή μας ακούμε το μεταδιδόμενο σήμα.

### ❖ Δειγματοληψία ή ρυθμός ψηφιοποίησης (Sampling Rate).

Ένας μετατροπέας A/D ψηφιοποιεί τον ήχο κατά διαστήματα που απέχουν ίσα μεταξύ τους. Η ποσότητα χρόνου στα διαστήματα εξαρτάται από το sampling rate ή ρυθμό ψηφιοποίησης. Υψηλότεροι ρυθμοί έχουν σαν αποτέλεσμα υψηλότερη ποιότητα ήχου συνεπώς μεγαλύτερο μέγεθος αρχείων. Επιλέγοντας υψηλότερα sampling rates δημιουργούμε ήχο καλύτερης ποιότητας. Για ποιότητα CD η συχνότητα δειγματοληψίας είναι περίπου 1/44.100 (χρονική απόσταση δειγμάτων). Ειδικές συσκευές μπορεί να επιτύχουν δειγματοληψίες μέχρι και 1/64 kHz.

Η διαδικασία ψηφιοποίησης δηλώνει ότι η αναλογική κυματομορφή πρέπει να αντικατασταθεί με ψηφιακούς παλμούς των οποίων το περίγραμμα αναδεικνύει το αναλογικό σήμα. Το ερώτημα βέβαια είναι πόσα samples απαιτούνται για την πιστότερη αναπαραγωγή της αναλογικής κυματομορφής. Στην Εικ.4.3 παρατηρούμε μια ημιτονοειδή κυματομορφή, η οποία έχει ψηφιοποιηθεί με δύο διαφορετικούς ρυθμούς.



-ΣΧΗΜΑ 4.3 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΔΥΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥΣ ΑΡΙΘΜΟΥΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ-

Είναι φανερό ότι στην περίπτωση της δεξιάς κυματομορφής τα δείγματα είναι πολύ περισσότερα, άρα έχουμε πολύ ακριβέστερη αναπαράσταση της αρχικής κυματομορφής, καταλαμβάνοντας όμως σημαντικά μεγαλύτερο χώρο. Εύλογο ερώτημα είναι ποιος είναι ο βέλτιστος λόγος όλων αυτών των παραμέτρων.

### ❶ Ανάλυση δειγματοληψίας (Sampling Resolution).

Ο A/D μετατροπέας (ψηφιοποιητής) δίδει σε κάθε δείγμα μια τιμή ακέραιου αριθμού, που είναι ισοδύναμη με το μέγεθος του δείγματος. Η περιοχή τιμών εξαρτάται από την ανάλυση των δειγμάτων. Εάν ο A/D είναι 8 bits, οι τιμές μπορεί να είναι μεταξύ 0 και 255. Συνήθως κατά την ηχογράφιση επιλέγουμε τη μέγιστη ανάλυση δειγμάτων που υποστηρίζεται από το hardware. Μία καλή επιλογή είναι τα 8 bits και χρησιμοποιείται ευρέως. Για ποιότητα CD χρησιμοποιούνται 16 bits οπότε έχουμε και μέγιστο αριθμό τιμών από 0 έως 65,536.

### ❷ Δυναμική περιοχή (Dynamic Range).

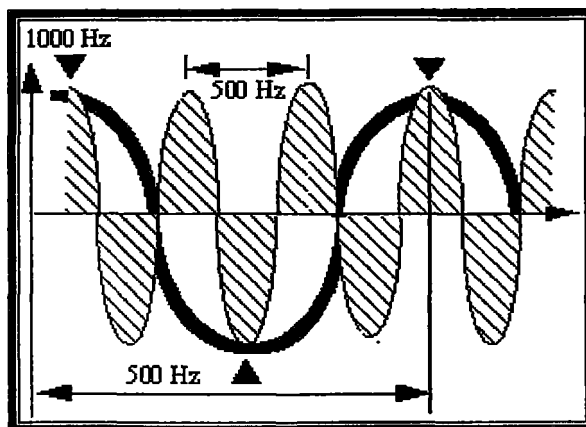
Είναι η διαφορά μεταξύ του χαμηλότερου και του υψηλότερου ήχου. Με ψηφιοποίηση των 8 bits έχουμε δυναμική περιοχή 48 decibels και με 16 bits έχουμε 96 bits. Για λόγους σύγκρισης παραθέτουμε τη δυναμική περιοχή του ανθρώπινου αυτιού που είναι περίπου 120 dB (από τον ήχο πτώσης μιας καρφίτσας μέχρι τον ήχο απογείωσης ενός αεροπλάνου jet). Η δυναμική περιοχή είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους που καθορίζουν την ποιότητα του ήχου. Μέχρι πρότινος ήταν χαρακτηριστική η αδυναμία δισκογραφικών εταιρειών να αναπαραγάγουν την δυναμική περιοχή μιας αίθουσας συναυλίας (ζωντανή παρουσίαση) λόγω της παραμόρφωσης που προκαλούσαν τα αναλογικά μηχανήματα εγγραφής και αναπαραγωγής.

### ❸ Συμπίεση (compression rate).

Μία τεχνική εξοικονόμησης χώρου (κατά συνέπεια και στον σκληρό δίσκο) είναι η συμπίεση. Συνήθης συμπίεση επιτυγχάνεται σε αναλογία 8:1, 6:1, 4:1, 3:1. Η συμπίεση μειώνει την ποιότητα του ήχου γενικά. Όσο μεγαλύτερη η συμπίεση τόσο χαμηλότερη ποιότητα ήχου. Η συμπίεση δεν ελαττώνει τη συχνότητα γραμμικά. Διαφορετικές τεχνικές χρησιμοποιούνται για διάφορα είδη ήχου όπως φωνή, μουσική.

### ❹ Aliasing.

Ο επιστήμονας H. Nyquist ήταν ο πρώτος που ανακάλυψε ότι η συχνότητα ενός ψηφιοποιημένου ήχου περιορίζεται στα μισά της συχνότητας ψηφιοποίησης. Π.χ. μια κυματομορφή που έχει συχνότητα ψηφιοποίησης 44.1 kHz έχει συχνότητες μέχρι 22.05 kHz. Συχνότητες μεγαλύτερες από τα μισά της συχνότητας ψηφιοποίησης εμφανίζονται λανθασμένες σαν χαμηλές συχνότητες. Αυτό το φαινόμενο λέγεται Aliasing. Στο σχήμα 4.4 βλέπουμε ένα σήμα συχνότητας 1500 Hz που έχει ψηφιοποιηθεί με 1000 Hz ενώ κανονικά έπρεπε με 3 kHz. Η προκύπτουσα συχνότητα alias είναι 500 Hz.



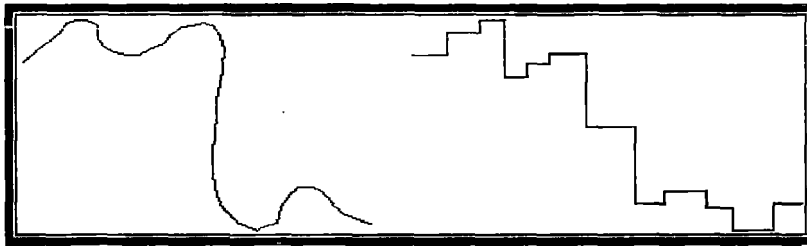
-ΣΧΗΜΑ 4.4 Aliasing-



Το aliening είναι γνωστό φαινόμενο και παρατηρείται εύκολα σε κινηματογραφικές ταινίες π.χ. μερικές φορές στα κινηματογραφικά έργα Γουέστερν μια ρόδα στο βαγόνι της άμαξας φαίνεται να γυρίζει πολύ αργά ή ανάποδα. Για να απαλλαγούν από το aliening οι περισσότεροι ψηφιοποιητές φιλτράρουν όλες τις συχνότητες που είναι μεγαλύτερες από το μισό της συχνότητας ψηφιοποίησης.

### • **Quantizing.**

Το quantizing συμβαίνει όταν ένας ήχος ψηφιοποιείται. Το μέγεθος (amplitude) των δειγμάτων περιορίζεται σε ακέραιες τιμές μέσα σε μια περιορισμένη περιοχή, π.χ. ένας ψηφιοποιητής των 8bits μπορεί να δώσει τιμές μεταξύ 0 και 255 για αναπαράσταση της τιμής μεγέθους κάθε δείγματος. Το quantization δίδει στην αναπαραχθείσα κυματομορφή ένα σχήμα σκάλας που είναι διαφορετικό από το αρχικό, ομαλό σχήμα της κυματομορφής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το σχήμα να αποτελεί μια μορφή θορύβου. Όσο ελαττώνεται η συχνότητα δειγματοληψίας η ποσότητα θορύβου αυξάνει. Με ψηφιοποίηση στα 16 bits η ποιότητα θορύβου είναι δύσκολο να ανιχνευθεί.

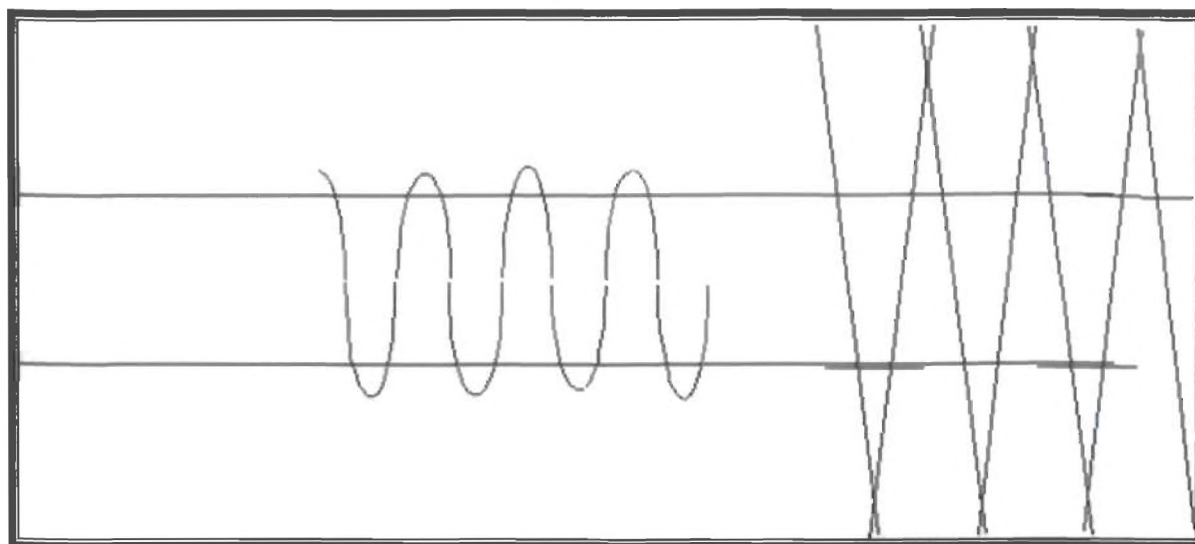


-ΣΗΜΑ 4.5 Quantizing-

Ελαχιστοποίηση αυτού του είδους θορύβου μπορεί να γίνει εάν η εγγραφή πραγματοποιηθεί με ρύθμιση της εισόδου σε χαμηλά επίπεδα. Τα περισσότερα προγράμματα έχουν ενσωματωμένο ένα όργανο παρακολούθησης του επιπέδου εισόδου ήχου. Μία τιμή σε μεσαία επίπεδα εξασφαλίζει μικρά μεγέθη ήχου.

### • **Ψαλιδισμός (Clipping).**

Ψαλιδισμός συμβαίνει όταν το μέγεθος του σήματος εγγραφής υπερβαίνει το quantization rate. Τα επίπεδα χειρισμού του σήματος παραμορφώνουν με τον τρόπο αυτό το εγγραφόμενο σήμα. Ένα ψαλιδισμένο σήμα εμφανίζεται με κοψίματα στην κορυφή και στη βάση. Επιπρόσθετα περιλαμβάνει περισσότερες οξείες γωνίες και ακούγεται με μειωμένη απαλότητα σε σχέση με τον πρωτότυπο. Ο ψαλιδισμός μειώνεται εάν ελαττώσουμε το μέγεθος του σήματος εγγραφής.



ΣΧΗΜΑ 4.6 ΨΑΛΙΔΙΣΜΟΣ-

#### 4.2.2 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΑΛΜΙΚΟΥ ΚΩΔΙΚΑ (Pulse code modulation, PCM)

[13] Η πιο απλή τεχνική για ψηφιοποίηση ενός αναλογικού σήματος-αλλιώς κυματομορφή- είναι η PCM τεχνική. Αν και η τεχνική PCM είναι η περισσότερο υλοποιημένη από όλα τα ψηφιακά συστήματα κωδικοποίησης, δεν είναι απαραίτητα και η πιο αποδοτική. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της είναι ότι δεν εξειδικεύεται σε συγκεκριμένο τύπο σημάτων. Πιο συγκεκριμένα η PCM δεν είναι εξειδικευμένη στην ομιλία αν και χρησιμοποιείται ευρέως στην τηλεφωνία για κωδικοποίηση φωνής.

#### PCM ΡΥΘΜΟΙ bit

[12] Τυπικές κατηγορίες ηχητικών σημάτων είναι η τηλεφωνική ομιλία, η ομιλία ευρείας ζώνης και ο ήχος ευρείας ζώνης, τα οποία διαφέρουν όλα στο εύρος ζώνης, στη δυναμική ακτίνα και στις ακουστικές απαιτήσεις της προσφερόμενης ποιότητας. Η ποιότητα της ομιλίας εύρους ζώνης ίδιου με εκείνο που χρησιμοποιείται στην τηλεφωνία είναι αποδεκτό για τηλεφωνικές επικοινωνίες και για κάποιες οπτικοηχητικές υπηρεσίες. Μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων (7 kHz για ευρείας ζώνης ομιλία) ενδέχεται να είναι απαραίτητο για να βελτιώσει την καθαρότητα και φυσικότητα της ομιλίας. Η ευρείας ζώνης (υψηλής πιστότητας) αναπαραστάση ήχου, συμπεριλαμβανομένου πολυκαναλικού ήχου, χρειάζεται ένα εύρος ζώνης τουλάχιστο 20 kHz. Η συνηθισμένη ψηφιακή διαμόρφωση για αυτή την κατηγορία σημάτων είναι η PCM με τυπικούς ρυθμούς δειγματοληψίας και αναλύσεις μεγεθών (PCM bits ανά δευτερόλεπτο) όπως δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ PCM ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΟΜΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ				
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΥΡΟΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΣΕ Hz	ΡΥΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΕ kHz	PCM bits ΑΝΑ ΔΕΙΓΜΑ	PCM ΡΥΘΜΟΣ bit ΣΕ Kb/sec
ΟΜΙΛΙΑ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ	300-3.400	8	8	64
ΟΜΙΛΙΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΖΩΝΗΣ	50- 7.000	16	8	128
ΗΧΟΣ ΜΕΣΑΙΑΣ ΖΩΝΗΣ	10-11.000	24	16	384
ΗΧΟΣ ΕΥΡΕΙΑΣ ΖΩΝΗΣ	10-22.000	48 <sup>2</sup>	16	768

-ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ PCM ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΟΜΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ-

Το δισκάκι CD (Compact Disk), αποτελεί σήμερα το αδιαμφισβήτητο πρότυπο της αναπαράσταση του ψηφιακού ήχου. Έχοντας ένα ρυθμό δειγματοληψίας 44,1 ΚHz, προκύπτει στερεοφωνικός καθαρός ρυθμός bit:

$$2 * 44,1 * 16 * 1000 = 1,41 \text{ Mb/s}$$

Πάντως το CD χρειάζεται μία σημαντική επιβάρυνση για γραμμικό κώδικα περιορισμένου μήκους κατά την εφαρμογή, ο οποίος απεικονίζει 8 bits πληροφορίας σε 14 bits, για συγχρονισμό και για διόρθωση λαθών, καταλήγοντας σε μία 49-bit αναπαράσταση για κάθε 16-bit ακουστικό δείγμα. Γι' αυτό το λόγο, ο ολικός στερεοφωνικός ρυθμός bit είναι:

$$1,41 * 49/16 = 4,32 \text{ MB/s.}$$

Ο πίνακας που ακολουθεί συγκρίνει ρυθμούς bits μεταξύ CD και DAT.

CD ΚΑΙ DAT ΡΥΘΜΟΙ bit (ΣΤΕΡΕΟΦΩΝΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 44,1 ΚHz ΤΟ DAT ΕΠΙΣΕΙΣ ΠΕΡΙΧΕΙ ΡΥΘΜΟΥΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΣΤΑ 32 ΚΑΙ 48 ΚHz)			
ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟ ΜΕΣΟ	ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΡΥΘΜΟΣ (MB/s)	ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ (MB/s)	ΟΛΙΚΟΣ ΡΥΘΜΟΣ bit (MB/s)
CD	1.41	2.91	4.32
Digital Audio Tape (DAT)	1.41	1.67	3.08

Για αρχειοθέτηση και επεξεργασία ακουστικών σημάτων, απαιτούντε ρυθμοί δειγματοληψίας διπλάσιοι από εκείνους που αναφέρθηκαν και μεγέθη ανάλυσης μέχρι 24 bit ανά δείγμα. Επιπλέον, η κωδικοποίηση χωρίς απώλεια είναι ένα ενδιαφέρον θέμα, έτσι ώστε να μη θυσιάσουμε την ποιότητα ήχου με κανένα τρόπο. Ο ψηφιακός δίσκος (DVD), με χωρητικότητα 4,7 GB (μονού στρώματος) ή 8,5 GB ο διπλού στρώματος (dual layer) είναι το κατάλληλο αποθηκευτικό μέσο για τέτοιες εφαρμογές.

### ΒΗΜΑΤΑ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

[13] Η μετατροπή από αναλογικό σε ψηφιακό περιλαμβάνει δύο βήματα :

- ◆ Το βήμα δειγματοληψίας-βήμα διάκρισης χρόνου
- ◆ Το βήμα κβαντοποίησης –βήμα διάκρισης πλάτους-και βήμα δημιουργίας κωδικού προέλευσης (code-word) .

### ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ PCM ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗ

[13] Η ITU G.701 σύσταση ορίζει PCM ως εξής: «Μια διαδικασία στην οποία ένα σήμα δειγματοληπτείται και κάθε δείγμα κβαντοποιείται ανεξάρτητα από τα άλλα σήματα και μετατρέπεται κωδικοποιώντας το σε ψηφιακό σήμα.»

Έτσι, μετά την δειγματοληψία, ένας PCM μετατροπέας από αναλογικό σε ψηφιακό, ή αλλιώς PCM κωδικοποιητής, εκτελεί δύο λειτουργίες:

- ◆ Καθορίζει το επίπεδο του κβάντο από κάθε ξεχωριστό αναλογικό δείγμα-η ακριβής κβαντοποίηση- χωρίς να λαμβάνει υπό όψιν την πμή των προηγούμενων δειγμάτων.

☉ Αντικαθιστά την κβαντοποιημένη τιμή με δυαδικό κώδικα ,αλλιώς κωδικό προέλευσης -την ακριβής κωδικοποίηση στην πραγματικότητα.

Αντίστροφα , ένας αποκωδικοποιητής PCM είναι ένας μετατροπέας από αναλογικό σε ψηφιακό (D/A) ακολουθούμενος από ένα φίλτρο παρεμβολής. Ο ρόλος του φίλτρου παρεμβολής είναι η αναδόμηση ενός ομαλού και συνεχούς σήματος από την διακριτή ακολουθία των αναλογικών δειγμάτων που παράγονται από τον μετατροπέα D/A. Ένα σύστημα που συνδυάζει κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση ονομάζεται κωδικοποιητής- αποκωδικοποιητής (coder-decoder), σε συντομία codec.

#### 4.2.3 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΑΙ ΛΟΓΑΡΘΜΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

[13] Στο PCM υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι κβαντοποίησης της τιμής του κάθε δείγματος και στη συνέχεια συσχέτισης ενός κωδικού προέλευσης με κάθε κβάντο. Δύο από αυτές τις τεχνικές, που χρησιμοποιούνται ευρέως στην κωδικοποίηση ήχου, είναι η γραμμική κωδικοποίηση και η λογαριθμική κωδικοποίηση.

##### ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

[13] Η τεχνική αυτή περιλαμβάνει την λήψη μιας κλιμακωμένης τιμής από το δείγμα ως κωδικό προέλευσης. Θεωρούμε ότι ένα μετρημένο αναλογικό δείγμα είναι μια τάση η οποία κυμαίνεται μεταξύ 0 και 1000mV. Θεωρούμε τώρα ότι οι δυαδικές τιμές μπορούν να πάρουν μόνο τιμές μεταξύ 0 και 200. Στη γραμμική κωδικοποίηση, ένα δείγμα με αναλογική τιμή 800mV θα παριστάνεται με τον κωδικό προέλευσης 160, φυσικά κωδικοποιημένο με δυαδικά ψηφία, και η τιμή 500 mV θα παριστάνεται με τον κωδικό προέλευσης 100.

Σημειώνεται ότι η τιμή του δείγματος μπορεί να είναι προσημασμένη. Στην πράξη αυτό συμβαίνει συχνά όταν τα σήματα ήχου λαμβάνονται από μικρόφωνο, η τάση 0 γενικά αντιστοιχεί στο μεσαίο σημείο του διαγράμματος. Ο κωδικός προέλευσης μπορεί έτσι να είναι προσημασμένος ή μη προσημασμένος, όταν μια offset τιμή προστίθεται σε όλους τους υπολογισμένους κωδικούς προέλευσης.

Μπορείτε να δείτε ότι η γραμμική κωδικοποίηση είναι μια ακριβής τεχνική. Είναι η πιο απλή αν και δεν είναι η περισσότερο διαδεδομένη που χρησιμοποιείται στην τηλεφωνία.

##### ΛΟΓΑΡΘΜΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

[13] Με την λογαριθμική κωδικοποίηση, η διαφορά είναι ότι η κλιμακωμένη τιμή από κάθε δείγμα υποβάλλεται σε λογαριθμική μετάδοση και το αποτέλεσμα αναπαρίσταται με δυαδικά ψηφία. Έτσι, ο κωδικός προέλευσης κρατάει το πρόσημο και τον λογάριθμο από την κλιμακωμένη τιμή του δείγματος. Αυτό ακούγεται ίσως άσκοπα πολύπλοκο, αλλά είναι η κυριότερη τεχνική κωδικοποίησης στην τηλεφωνία.

#### 4.2.4 VOICE PCM ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ

[16] Η ψηφιοποίηση της ομιλίας έχει τυποποιηθεί από την ITU για στήριξη της ψηφιακής τηλεφωνίας. Το σχετικό πρότυπο ονομάζεται G.711 και έχει σχεδιαστεί για την στήριξη των υπηρεσιών της ψηφιακής τηλεφωνίας μέσω τηλεφωνικών καλωδίων. Το πρότυπο G.711 βασίζεται σε έναν PCM αλγόριθμο ψηφιοποίησης που χρησιμοποιεί λογαριθμική κωδικοποίηση.

Όπως είναι γνωστό πολλές φορές για τη μετάδοση ομιλίας είναι αρκετό το εύρος 0-4000 Hz. Έχουμε συνεπώς για το μεταδιδόμενο φάσμα μιας συνδιάλεξης μέγιστη συχνότητα  $f_{max}=4000$  Hz. Σύμφωνα με το θεώρημα ομοιόμορφης δειγματοληψίας του Shannon θα έχουμε τότε όλη την πληροφορία που περιέχει το φάσμα 0-4000 Hz μιας συνδιάλεξης, αν μεταδώσουμε από το φάσμα αυτό τουλάχιστον 2  $f_{max}$  δείγματα δηλαδή 8000 δείγματα ανά sec. Τα δείγματα αυτά σύμφωνα με το παραπάνω θεώρημα πρέπει να απέχουν ίσες αποστάσεις μεταξύ τους. Έτσι, εφόσον έχουμε 8000 δείγματα το δευτερόλεπτο, δηλαδή συχνότητα δειγματοληψίας ίση με 8000 Hz, η απόσταση μεταξύ δύο μεταδιδόμενων συνεχών δειγμάτων θα είναι ίση με :

$$1 / (8000 \text{ s}^{-1}) = 125 \text{ ms}$$

Φαίνεται επίσης η λήψη των ρευμάτων του ρεύματος της συνδιάλεξης αυτής μέσω μιας πύλης δειγματοληψίας που ανοίγει με τη βοήθεια ενός ρολογιού και αφήνει κάθε 125 ms να περάσει ένα δείγμα. Το σήμα που παίρνουμε τότε ονομάζεται σήμα διαμορφωμένο κατά πλάτος παλμού (σήμα PAM, Pulse Amplitude Modulation). Είναι προφανές ότι στην διαμόρφωση κατά πλάτος παλμού έχουμε μια σειρά παλμών που το πλάτος τους διαμορφώνεται από το αναλογικό σήμα. Εφόσον σύμφωνα με το θεώρημα δειγματοληψίας το ανωτέρω σήμα PAM περιέχει όλες τις πληροφορίες του αναλογικού σήματος μπορούμε να αναπαραγάγουμε από αυτό στη λήψη το αναλογικό σήμα. Η αναπαραγωγή γίνεται με ένα βαθυτερατό φίλτρο που έχει την ίδια ακριβώς συχνότητα διακοπής των 4000 Hz με το φίλτρο της δειγματοληψίας. Προϋπόθεση βεβαίως για την ακριβή αναπαραγωγή του αναλογικού σήματος είναι το να μην έχουμε κατά τη μετάδοση του σήματος PAM παραμόρφωσή του.

Έτσι για να αναπαραχθούν στη λήψη τα αναλογικά σήματα, στην περίπτωση διαμόρφωσης PAM, πρέπει να φτάνουν στη λήψη τα δείγματά τους με αρκετή ακρίβεια. Σε μεγάλες αποστάσεις δεν είναι πρακτικά δυνατό αυτό λόγω της παραμόρφωσης των παλμών κατά τη μεταφορά τους και των δυσκολιών που υπάρχουν για ενδιάμεση αναπαραγωγή τους (αναγέννησή τους) με ακρίβεια. Έτσι, παρά την απλότητά της, η διαμόρφωση PAM δεν χρησιμοποιείται όταν έχουμε μεταφορά σημάτων σε απόσταση. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούμε την παλμοκωδική διαμόρφωση, τη διαμόρφωση PCM (Pulse - Code Modulation) όπως ονομάζεται.

Πλεονεκτήματα του συστήματος PCM είναι το ότι η ποιότητα της μετάδοσης είναι σχεδόν ανεξάρτητη από την απόσταση γιατί είναι δυνατό με ενδιάμεσους αναγεννητές (repeaters, regenerators) να έχουμε αναγέννηση (αναπαραγωγή) του ψηφιακού σήματος. Αντίθετα με τους ενδιάμεσους ενισχυτές των αναλογικών σημάτων όπου ενισχύεται και ο θόρυβος, στους αναγεννητές των TDM - PCM συστημάτων, για την αναπαραγωγή ενός παλμού χρειάζεται να διακριθεί μόνο αν υπάρχει ή όχι παλμός. Έτσι λοιπόν, χρησιμοποιώντας αναγεννητές σε κατάλληλες αποστάσεις είναι δυνατό να έχουμε στη λήψη σήμα χωρίς καμία παραμόρφωση. Η λειτουργία της αναγέννησης είναι απλή. Χρειάζεται όπως είπαμε να διακριθεί μόνο εάν υπάρχει ή όχι παλμός. Οι αναγεννητές όμως διαθέτουν χρονοκυκλώματα (timing circuits) που η λειτουργία τους απαιτεί να υπάρχουν ψηφιακά σήματα με θετικούς και αρνητικούς (εναλλασσόμενους) παλμούς. Έτσι αν κατά τη μετάδοση του διπολικού σήματος RZ έχουμε μια μεγάλη σειρά από 0, διαταράσσεται η λειτουργία των χρονοκυκλωμάτων αυτών. Για την αντιμετώπιση του γεγονότος αυτού χρησιμοποιείται κατά τη μετάδοση κατάλληλος κώδικας. Ένας τέτοιος κώδικας είναι για παράδειγμα ο κώδικας HB3.

### VOICE PCM ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗΣ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ

[13] Η λογαριθμική κωδικοποίηση επιλέχθηκε για να επιβεβαιωθούν οι ιδιότητες της διακριτής ποιότητας των σημάτων ομιλίας όπου οι τιμές μεγάλου πλάτους είναι λιγότερο συχνές και μπορούν έτσι να αναπαρασταθούν με μικρότερη ακρίβεια από τις τιμές μικρότερου πλάτους. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι ο λόγος μεταξύ θορύβου προς σήματος είναι πιο σταθερός.

Υπάρχουν δύο τύποι λογαριθμικών μετασχηματισμών που ορίζονται από το **G.711 ITU** πρότυπο: ο **m-law** μετασχηματισμός που χρησιμοποιείται στην βόρεια Αμερική και στην Ιαπωνία και ο **a-law** μετασχηματισμός που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη και σε άλλα μέρη στον κόσμο.

### VOICE PCM ΡΥΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ

[13] Η Nyquist θεωρία απαιτεί για μία αξιόπιστη αναπαράσταση ενός αναλογικού σήματος με μέγιστη συχνότητα  $f$ , ο ρυθμός δειγματοληψίας να είναι ίσος ή μεγαλύτερος του  $2f$ . Επιδιωκόμενο εύρος ζώνης (bandwidth)- αυτό των τηλεφωνικών καλωδίων - είναι κατά κανόνα 3.5 kHz, ο ρυθμός δειγματοληψίας επιλέχθηκε ίσος με 8 kHz. Έτσι στην PCM G.711 ψηφιακή φωνή, λαμβάνεται δείγμα κάθε 125 ms.

### 4.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ITU-TS G.721,722,723,728 ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΙΛΙΑ

[13] Η ITU-TS συνιστά μια σειρά από πρότυπα για συμπιεσμένη ομιλία.

○ **G.721:** Η σύσταση G.721 της ITU μετασχηματίζει ένα 64 Kbps bit stream σε ένα 32 Kbps stream. Το G.721 βασίζεται σε μία ADPCM τεχνική. Κάθε διαφορά τιμής κωδικοποιείται με 4 bits. Όπως και στο G.711 ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι 8kHz.

○ **G.722:** Ο αντικειμενικός σκοπός του προτύπου G.722 είναι να εξασφαλίσει μια καλύτερη ποιότητα ήχου από το συμβατικό G.711 PCM πρότυπο ή την G.721 τεχνική συμπίεσης. Το G.722 βασίζεται σε μία sub-band ADPCM μέθοδο (SB-ADPCM). Για την μέθοδο αυτή αρκεί να πούμε ότι το διαθέσιμο εύρος ζώνης (bandwidth) χωρίζεται σε δύο ξεχωριστά sub-band κανάλια στα οποία έχει εφαρμοστεί ο προσαρμόσιμος διαφορικός αλγόριθμος PCM. Το εύρος ζώνης ενός G.722 συμπιεσμένου σήματος κυμαίνεται μεταξύ 50 Hz και 7 kHz, δεδομένου ότι αυτό των G.711 σημάτων περιορίζεται σε 3.4 kHz. Το προκύπτων bit rate είναι 48,56 ή 64 Kbps- στην τυπική λειτουργία, ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι 16 kHz και το amplitude depth είναι 14 bits.

○ **G.723:** Το G.723 είναι ένα ακόμα lossy πρότυπο συμπίεσης βασισμένο στο ADPCM το οποίο λειτουργεί στα 24 Kbps. Η προκύπτουσα ποιότητα ήχου είναι κατώτερη από αυτήν του μη-συμπιεσμένου G.711 PCM προτύπου και αυτήν του προτύπου G.722 βασισμένο στο SB-ADPCM. Το G.723 χρησιμοποιείται σπάνια.

○ **G.728:** Το G.728 είναι ένα πρότυπο που στοχεύει σε χαμηλό bit rate. Λειτουργεί σε 16 Kbps αλλά το εύρος ζώνης περιορίζεται στα 3.4 kHz. Η προκύπτουσα ποιότητα ήχου είναι σημαντικά κατώτερη από αυτήν του G.711 και του G.722. Βασίζεται σε ένα σχέδιο κβαντοποίησης διανύσματος ονομαζόμενο low-delay code excited linear prediction (LD-CELP).

### 4.4 ΑΛΛΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΟΜΙΛΙΑΣ

Υπάρχει ένας αριθμός αλγορίθμων οι οποίοι στοχεύουν σε πολύ χαμηλότερα bit rates από αυτά της συμβατικής PCM κωδικοποίησης .

#### 4.4.1 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ GSM

[13] Το GSM είναι ένα πρότυπο συμπίεσης για κινητή τηλεφωνία που χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στην Ευρώπη. Η έκδοση 6.1 λειτουργεί στα 13.2 Kbps. Ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι 8 kHz. Η ποιότητα του παραγόμενου ήχου του scheme συμπίεσης GSM είναι κατώτερη από αυτή των G.711 ή G.722 συστημάτων.

##### Εισαγωγή

Το 1982, το Ευρωπαϊκό τηλεπικοινωνιακό συμβούλιο (CEPT), άρχισε μελέτη, με την ονομασία "**Group Special Mobile**" GSM, με σκοπό την δημιουργία ενός πανευρωπαϊκού συστήματος κινητής τηλεφωνίας. Το σύστημα αυτό είχε σαν βασικές προϋποθέσεις τις εξής:

- ↳ Υποκειμενικά καλή, ποιότητα ήχου.
- ↳ Μικρό κόστος σε τερματικά και υπηρεσίες.
- ↳ Υποστήριξη διεθνούς λειτουργίας.
- ↳ Υποστήριξη φορητών τερματικών χεριού.
- ↳ Συμβατότητα με το ISDN.
- ↳ Υποστήριξη νέων πρωτοτύπων υπηρεσιών.

Το 1989, η ευθύνη για το GSM, μεταφέρθηκε στο Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Ινστιτούτο προτύπων (ETSI) και η πρώτη φάση (phase) των χαρακτηριστικών του GSM δημοσιεύτηκε το 1990. Η εμπορική εκμετάλλευση ξεκίνησε στα μέσα του 1991 και μέχρι το 1993, υπήρχαν 36 δίκτυα GSM, σε 22 χώρες, με 22 χώρες ακόμη να έχουν ήδη δηλώσει μελλοντική συμμετοχή. Το GSM δεν ήταν ποια ευρωπαϊκό πρότυπο, αλλά είχε ήδη περάσει σε πολλές άλλες χώρες - Νότια Αφρική, Αυστραλία και Μέση Ανατολή. Το 1994, υπήρχαν ήδη 1.3 εκατομμύρια συνδρομητές σε αυτό. Τα αρχικά GSM ποια σημαίνουν Global System for Mobile Telecommunications.

#### ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ GSM

Από την αρχή, τα σχέδια του GSM προέβλεπαν συμβατότητα με το ISDN στις υπηρεσίες και στα πρότυπα. Δυστυχώς, οι ραδιοεπικοινωνίες, επέβαλαν κάποιους περιορισμούς αφού η ταχύτητα του ISDN των 64Kbps δεν μπορούσε να γίνει εφικτή.

Η ψηφιακή μορφή του GSM επιτρέπει μεταφορά δεδομένων, τόσο σε σύγχρονη όσο και σε ασύγχρονη μορφή, τα οποία μπορούν να μεταφερθούν από και προς ένα ISDN τερματικό. Τα δεδομένα, μπορούν να μεταφερθούν χωρίς να γίνονται αντιληπτά -χωρίς εγγύηση για την ακέραη μεταφορά τους- και κανονικά, με εγγύηση για την σωστή μεταφορά τους, μέσω μιας Αυτόματης Διαδικασίας Επανάληψης (ARQ) σε περίπτωση λάθους. Οι ταχύτητες που υποστηρίζει το GSM, είναι 300, 600, 1200, 2400 και 9600 bps.

Η κύρια υπηρεσία του GSM είναι η τηλεφωνία. Επίσης υπάρχει δυνατότητα, επείγουσας κλήσης, στην οποία ο κοντινότερος παροχέας ειδοποιείται, με την κλήση ενός τριψήφιου αριθμού (112). Επίσης υπάρχει δυνατότητας μεταφοράς Fax (Group 3), με την χρήση ειδικού προσαρμογέα. Μοναδική υπηρεσία του GSM, είναι το SMS (υπηρεσία γραπτών μηνυμάτων), μια υπηρεσία διπλής κατευθύνσεως για την αποστολή μικρών αλφαριθμητικών χαρακτήρων (μέχρι 160 bytes) με τρόπο αποθήκευσης- προώθησης. Το SMS, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υπηρεσία κυψέλης, για αυτόματες αποστολές μηνυμάτων, όπως κίνηση στους δρόμους ή νέα. Τα μηνύματα αποθηκεύονται στη SIM, για μετέπειτα ανάγνωση. Τέλος υπάρχουν βοηθητικές υπηρεσίες, όπως αναγνώριση, προώθηση, αναμονή και φραγή κλήσεων, διάσκεψη και άλλες.

#### ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ GSM

Το GSM δίκτυο, μπορεί να χωριστεί σε τρία βασικά μέρη. Τον Κινητό Σταθμό (Mobile Station), το Βασικό Υποσύστημα Σταθμού (Base Station Subsystem) και το Υποσύστημα Δικτύου (Network

Subsystem). Ο κινητός σταθμός, δεν είναι τίποτα παραπάνω από το κινητό τηλέφωνο που διαθέτουμε. Το κινητό, αποτελείται από το υλικό (πομπός, δέκτης, κεραία, οθόνη) και την κάρτα SIM. Η κάρτα SIM, μπορεί να μεταφερθεί εύκολα από κινητό προς κινητό και να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε συσκευή τοποθετηθεί.

Κάθε κινητό διαθέτει έναν προσωπικό χαρακτηριστικό κωδικό, το **IMEI**. Η κάρτα **SIM** διαθέτει επίσης έναν κωδικό (IMSI), ο οποίος περιέχει κωδικό αναγνώρισης και πληροφορίες για τον συνδρομητή. Η κάρτα SIM, μπορεί να κλειδωθεί με την χρήση ενός κωδικού (PIN).

Το βασικό υποσύστημα σταθμού χωρίζεται στο **βασικό σταθμό πομπού-δέκτη** (BTS) και στο **βασικό σταθμό ελέγχου** (BSC). Τα **BTS** είναι υπεύθυνα για τον έλεγχο τις επικοινωνίας μεταξύ δικτύου και κινητού και επίσης ελέγχει αυτό που ορίζουμε σαν κυψέλη. Το BSC ελέγχει τις πηγές σημάτων από ένα ή περισσότερα **BTS** και τα κατευθύνει ανάλογα και είναι υπεύθυνο για την μετατροπή των 13Kbps φωνής που χρησιμοποιούνε τα κινητά τηλέφωνα, στο πρότυπο των 64kbps που χρησιμοποιείται στα σταθερά τηλέφωνα. Το BTS, συνδέεται με το **Mobile Switching Center** (MSC), το οποίο είναι υπεύθυνο για την αντιμετώπιση του κάθε συνδρομητή, όπως η καταχώρηση στο δίκτυο, την πιστοποίηση, την ενημέρωση της θέσης του συνδρομητή κ.α. Επίσης στο MSC υπάρχουν καταχωρητές όπως ο Visitor Locator Register, ο Home Locator Register και καταχωρητές ασφαλείας όπως ο Equipment Identify Register ο οποίος ελέγχει αν το IMEI του κινητού σταθμού αν είναι πιστοποιημένο και μπορεί να λειτουργήσει σωστά στο δίκτυο.

## ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ

Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών, καθόρισε την χρήση των συχνοτήτων από 890-915 MHz για το uplink (βάση) και τις 935-960MHz για το Downlink (κινητό σταθμό). Επειδή αυτές άπαντες ήταν ήδη σε χρήση από τα αναλογικά δίκτυα το 1980, η CEPT, κράτησε τα 10MHz από κάθε συχνότητα, για χρήση με το GSM.

Επειδή η περιοχή αυτή είναι μικρή για να χρησιμοποιηθεί από όλους τους χρήστες του GSM ταυτόχρονα, έπρεπε να βρεθεί κάποιος τρόπος ώστε να διαιρεθεί το εύρος της, σε όσους περισσότερους χρήστες γίνεται. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε από το GSM είναι ένας συνδυασμός διαίρεσης χρόνου και συχνοτήτων - πολλαπλής πρόσβασης. (Time and Frequency Division - Multiple Access TDMA/FDMA). Το FDMA χωρίζει τις συχνότητες των 25 MHz σε 124 συχνότητες των 200KHz. Μια ή παραπάνω από τις συχνότητες των 200KHz, δίνονται σε κάθε σταθμό οι οποίες και αυτές διαιρούνται 8 φορές με τον χρόνο. Ένα μέρος χρόνου χρησιμοποιείται για την μετάδοση από το κινητό και ένα για την λήψη.

Κάθε ομάδα 8 μονάδων χρόνου, καλείται πλαίσιο TDMA και μεταδίδεται κάθε 4,615 msec. Τα πλαίσια TDMA με την σειρά τους ομαδοποιούνται σε Multiframe, ώστε να μπορούν να μεταφέρουν σήματα ελέγχου. Υπάρχουν δύο είδη Multiframe τα οποία περιέχουν 26 ή 51 TDMA frames. Το multiframe των 26 καναλιών περιέχει 24 κανάλια κίνησης (TCH) και δύο αργά κανάλια ελέγχου (SACCH) τα οποία ελέγχουν την κάθε κλήση που βρίσκεται σε εξέλιξη. Το SACCH στο 12 frame περιέχει 8 κανάλια, ένα για την κάθε μια από τις 8 συνδέσεις που μεταφέρονται από το TCH. Το SACCH στο 25 frame, δεν χρησιμοποιείται ακόμη, αλλά θα ελέγχει άλλα 8 κανάλια στο μέλλον. Επίσης υπάρχουν τα γρήγορα κανάλια ελέγχου (FACCH) τα οποία λειτουργούν με την χρήση μονάδων χρόνου από κάποιο κανάλι κίνησης.

Εκτός από τα αργά και τα γρήγορα κανάλια ελέγχου, υπάρχουν και άλλα κανάλια ελέγχου τα οποία υλοποιούνται στην μονάδα χρόνου 0, σε καθορισμένα πλαίσια TDMA, στα multiframe των 51 πλαισίων. Τα κανάλια ελέγχου περιέχουν :

Κανάλι Ελέγχου Εκπομπής	BCCH	Μεταδίδει συνέχεια πληροφορίες στο κινητό όπως την ταυτότητα του σταθμού, διανομή και αλλαγή συχνοτήτων.
Αυτόνομο Κανάλι Ελέγχου	SDCCH	Χρησιμοποιείται για την καταχώρηση, πιστοποίηση, ρυθμίσεις κλήσεων και για την ενημέρωση θέσης. Υλοποιείται σε μια μονάδα χρόνου, καθορισμένη από την



		εταιρία μαζί με το SACCH.
Κοινό Κανάλι Ελέγχου	CCCH	Αποτελείται από τρία κανάλια ελέγχου και χρησιμοποιείται για την αναγνώριση προορισμού και ειδοποίηση κλήσεως.
Κανάλια Τυχαίας πρόσβασης	RACH	Κανάλι για αίτηση πρόσβασης στο δίκτυο
Κανάλι Ειδοποίησης κλήσεως	PCH	Χρησιμοποιείται για ειδοποίηση του κινητού, εισερχόμενης κλήσης.
Κανάλι κύριας πρόσβασης	AGCH	Χρησιμοποιείται για την προσδιορίσει του SDCCH που θα χρησιμοποιηθεί, μετά από την αίτηση του RACH

-ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3-

## Η ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΣΤΟ GSM

Το GSM, είναι ένα καθαρά ψηφιακό δίκτυο, οπότε τα αναλογικά σήματα ήχου, θα πρέπει να περάσουν από την διαδικασία της ψηφιοποίησης. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται από το ISDN και τα υπάρχοντα τηλεφωνικά δίκτυα είναι η PCM η οποία όμως βγάζει σαν αποτέλεσμα, ροή 64Kbps, αρκετά υψηλή για να μεταφερθεί με ραδιοζεύξη. Το GSM τελικά κατέληξε στην χρήση ενός διαφορετικού πρωτόκολλου του RPE-LPC, το οποίο παίρνει τις πληροφορίες από τα προηγούμενα δείγματα φωνής, τα οποία δεν αλλάζουν αρκετά γρήγορα και προβλέπει την τρέχον δειγματοληψία. Η φωνή, χωρίζεται σε δείγματα των 20 millisecond, κωδικοποιημένα στα 260bits, δίνοντας συνολική ροή δεδομένων 13Kbps.

## GSM ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Λόγω των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών, η κωδικοποιημένη φωνή και τα δεδομένα που μεταφέρονται μέσω ραδιοκυμάτων, θα πρέπει να προστατευθούν. Μετά από αντικειμενικές δοκιμές, βρέθηκε ότι κάποια συγκεκριμένα bits ήταν και τα πιο σημαντικά για την διατήρηση τις ποιότητας του ήχου. Αυτά τα bits, χωρίστηκαν σε 3 κλάσεις :

- Κλάση Ia 50 bits - μεγαλύτερη ευαισθησία σε λάθη των bit.
- Κλάση Ib 132 bits - μέτρια ευαισθησία σε λάθη των bit.
- Κλάση II 78 bits - μικρή ευαισθησία σε λάθη των bit.

Τα ψηφία της κλάσης Ia, έχουν ένα 3ψήφιο πλεονάζον κυκλικό κώδικα, ο οποίος έχει προστεθεί για την διόρθωση των λαθών. Αν βρεθεί κάποιο λάθος, το πλαίσιο κρίνεται φθαρμένο για μεταφορά και απορρίπτεται. Αντικαταστέιτε από μια εξασθαιτισμένη έκδοση του προηγούμενου σωστού πλαισίου. Τα 53 αυτά ψηφία, μαζί με τα 132 ψηφία της κλάσης Ib και 4 ψηφία για το κλείσιμο τις ακολουθίας, δίνονται σε έναν κωδικοποιητή και κάθε ψηφίο μετατρέπεται σε 2, βασισμένο σε συνδυασμό των 4 προηγούμενων ψηφίων. Ο κωδικοποιητής έχει σαν αποτέλεσμα 378 ψηφία, τα οποία προστίθενται στα απομένοντα ψηφία της κλάσης II. Έτσι κάθε 20 ms ομιλίας κωδικοποιούνται σε 456bits, δίνοντας ροή δεδομένων 22.8kbps. Τα 456 αυτά ψηφία χωρίζονται σε 8 μπλοκ των 57 ψηφίων και το καθένα από αυτά διανέμεται σε μια μονάδα χρόνου. Αφού κάθε μονάδα χρόνου μπορεί να μεταφέρει δύο μπλοκ των 57 ψηφίων, μεταφέρονται δύο διαφορετικά δείγματα φωνής.

Το ψηφιακό σήμα διαμορφώνεται σε αναλογικές συχνότητες με εύρος φάσματος 200KHz, χρησιμοποιώντας ψηφιακή διαμόρφωση GMSK (Gaussian-filtered Minimum Shift Keying). Το GMSK επιλέχθηκε, καθώς αποτελεί ένα πολύ καλό συμβιβασμό μεταξύ εξοικονόμησης φάσματος, πολυπλοκότητα του πομπού και περιορισμένες ανεπιθύμητες παρεμβολές σε γειτονικά κανάλια, ώστε να μπορεί να συνυπάρχει με τα αναλογικά δίκτυα.

Στους 900MHz τα ραδιοκύματα ανακλούνται σε φυσικά εμπόδια, όπως κτίρια, αμάξια, φυσικά εμπόδια κ.α. Έτσι δημιουργούνται πολλά αντανakλώμενα σήματα, που φτάνουν στην κεραία με διαφορετική φάση και μέσα από τα οποία πρέπει να ανακτηθεί το σωστό σήμα της ομιλίας. Έτσι

στην μέση κάθε πλαισίου το GSM αποστέλλει ένα καθορισμένο 26bit σήμα και με διάφορους αλγορίθμους επεξεργάζεται το σήμα, ώστε να είναι όσο το δυνατόν ποιο σωστό γίνεται.

Για να αυξηθεί η απόδοση του συστήματος και επίσης για να μην υπάρχουν αρκετές παρεμβολές στις συχνότητες, χρησιμοποιείται η μη συνεχόμενη μετάδοση δεδομένων (DTX). Το DTX εκμεταλεύεται τα κενά που υπάρχουν στην ομιλία, κλείνοντας σε εκείνες τις περιόδους τον πομπό, εξοικονομώντας παράλληλα ενέργεια στην κινητή μονάδα.

### ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ (GSM)

Η διασφάλιση της σωστής μετάδοσης δεδομένων σε μια καθορισμένη ποιότητα, μέσω ραδιοκυμάτων, είναι μόνο το μισό πρόβλημα για ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Το γεγονός ότι μια γεωγραφική περιοχή που καλύπτεται από το δίκτυο, είναι χωρισμένη σε κυψέλες επιβάλλει την υλοποίηση ενός μηχανισμού handover, ο οποίος θα μεταφέρει το σήμα από την μια κυψέλη στην άλλη. Επίσης το γεγονός ότι το κινητό μπορεί να βρεθεί σε περιαγωγή, εθνικά αλλά και διεθνώς το GSM απαιτεί την καταχώρηση, πιστοποίηση, την σωστή κατεύθυνση των κλήσεων και την ανανέωση της θέσης του κινητού σταθμού.

Τα πρωτόκολλο σηματοδότησης του GSM, είναι χτισμένο σε τρία επίπεδα. Το 1ο είναι το φυσικό επίπεδο, το οποίο περιγράψαμε ποιο πάνω. Το 2ο είναι το το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων, το οποίο χρησιμοποιεί μια διαφορετική έκδοση του LAPD του ISDN, το LAPDm. Το 3ο επίπεδο, χωρίζεται σε τρία υποεπίπεδα :

- 1 Διαχείριση ραδιοκυμάτων - διαχειρίζεται τις ρυθμίσεις, την διατήρηση και τον τερματισμό των καναλιών.
- 2 Διαχείριση κίνησης - διαχειρίζεται την ανανέωση θέσης, τα handovers και την διαδικασία καταχώρησης στο δίκτυο.
- 3 Διαχείριση σύνδεσης - χειρίζεται τον γενικό έλεγχο τις κλήσεις, εφάμιλλο με το CCITT Recommendation Q.931 και παρέχει πρόσθετες υπηρεσίες.

### HANDOVER-ΑΛΛΑΓΗ ΚΥΨΕΛΗΣ

Το handover, είναι η εναλλαγή μιας κλήσης σε εξέλιξη, σε διαφορετικό κανάλι ή κυψέλη. Υπάρχουν 4 διαφορετικοί τύποι handover στο GSM οι οποίοι αφορούν :

- κανάλια (μονάδες χρόνου) στην ίδια κυψέλη,
- κυψέλες (BTS) που βρίσκονται από τον έλεγχο του ίδιου Βασικού σταθμού ελέγχου (BSC),
- κυψέλες που βρίσκονται στον έλεγχο διαφορετικών σταθμών ελέγχου, αλλά στο ίδιο Mobile Switching Center (MSC),
- κυψέλες σε τελείως διαφορετικά MSCs.

Οι δύο πρώτοι τύποι, καλούνται εσωτερικά handovers και χρησιμοποιούν το ίδιο βασικό σταθμό ελέγχου (BSC). Αυτοί οι τύποι ελέγχονται από το ίδιο το BSC ώστε να γίνει εξοικονόμηση στην μεταφορά δεδομένων - το MSC ενημερώνεται μόνο όταν ολοκληρωθεί το Handover. Οι άλλοι δύο τύποι handover, καλούνται εξωτερικά handovers και τα χειρίζονται τα MSCs.

Τα handovers, μπορούν να ενεργοποιηθούν από το ίδιο το κινητό ή το MSC (σαν τρόπο καταπολέμησης της αυξημένης κίνησης σε μια κυψέλη). Την ώρα που δεν απασχολείται, το κινητό ελέγχει τα κανάλια επικοινωνίας με τις 16 γειτονικές κυψέλες και δημιουργεί μια λίστα με τις 6 ποιο πιθανές για handover, βασισμένο σε αυτές που έχουν το δυνατότερο σήμα. Οι πληροφορίες περνάνε στο BSC και στο MSC και χρησιμοποιούνται για τον αλγόριθμο του handover.

Ο αλγόριθμος τις "μικρότερης επιτρεπτής απόδοσης" δίνει το δικαίωμα αλλαγής της ισχύς στο handover, έτσι ώστε όταν το σήμα φθίνει ποιο κάτω από ένα συγκεκριμένο σημείο, η ισχύς του

κινητού να αυξάνεται. Αν περαιτέρω αύξηση στην ισχύ δεν βελτιώσουν το σήμα, τότε δημιουργείται handover.

### ΑΝΑΝΕΩΣΗ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΗΣΕΩΝ

Το Mobile Switching Center, είναι η διασύνδεση μεταξύ του δικτύου κινητής τηλεφωνίας και του σταθερού δικτύου. Από την άποψη του σταθερού δικτύου, το MSC είναι άλλος ένας κόμβος σύνδεσης. Όμως η σύνδεση σε δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, είναι ποιο πολύπλοκη αφού το MSC θα πρέπει να ξέρει που βρίσκεται εκείνη την στιγμή το κινητό - έστω και αν βρίσκεται σε μια ξένη χώρα! Ο τρόπος που το GSM καταφέρνει να βρίσκει την θέση του κινητού και να κατευθύνει σωστά την κλήση στο κινητό, είναι εφικτός με την χρήση 2 καταχωρητών : Τον **Home Locator Register** (HLR) και τον **Visitor Locator Register** (VLR).

Η ανανέωση της θέσης του κινητού, ξεκινάει από το κινητό, όταν το κανάλι ελέγχου εκπομπής (BCCH) δει ότι η περιοχή εκπομπής, δεν είναι ποια η ίδια με αυτήν που έχει ήδη αποθηκευτεί στην μνήμη του κινητού. Μια αίτηση για ανανέωση και το IMSI ή το προηγούμενο TMSI στέλνεται στο νέο VLR, μέσω του νέου Mobile Switching Center. Ένα νούμερο κινητού σταθμού σε περιαγωγή (MSRN) προσδιορίζεται και στέλνεται στο HLR του κινητού (το οποίο πάντα κρατάει την τωρινή θέση), από το νέο VLR. Το MSRN είναι ένας συνηθισμένος αριθμός τηλεφώνου, ο οποίος διευθύνει την κλήση στο νέο VLR και μεταφράζεται στο TMSI του κινητού. Το HLR στέλνει πίσω τις απαραίτητες παραμέτρους ελέγχου κλήσης και επίσης στέλνει μήνυμα ακύρωσης στο παλιό VLR, ώστε το προηγούμενο MSRN να μπορεί να επαναπροσδιοριστεί. Τελευταία ένα νέο TMSI προσδιορίζεται και στέλνεται στο κινητό, ώστε να είναι αναγνωρίσιμο σε μελλοντικές αιτήσεις εισερχομένων κλήσεων.

### ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Αφού στις ραδιοσυχνότητες μπορεί να έχει πρόσβαση ο καθένας, η πιστοποίηση ότι ο χρήστης είναι αυτός που υποστηρίζει ότι είναι, κρίνεται απαραίτητη για την σωστή λειτουργία του δικτύου. Η πιστοποίηση αποτελείται από δύο λειτουργικά μέρη, η κάρτα SIM που βρίσκεται στο κινητό και το Κέντρο πιστοποίησης (AC). Σε κάθε συνδρομητή δίνεται ένα κρυμμένο κλειδί, το οποίο βρίσκεται στο SIM και στο κέντρο πιστοποίησης. Κατά την διάρκεια της πιστοποίησης το AC δημιουργεί έναν τυχαίο αριθμό και το στέλνει στο κινητό. Μετά, τόσο το κινητό αλλά και το AC χρησιμοποιούν το τυχαίο αριθμό, σε συνδυασμό με το κρυφό κλειδί και έναν κρυπτογραφημένο αλγόριθμο που καλείται A3, για την δημιουργία ενός αριθμού που στέλνεται πίσω στο AC. Αν ο αριθμός που υπολογίστηκε από το κινητό, είναι ο ίδιος με αυτόν που υπολογίστηκε από το κέντρο, ο συνδρομητής έχει πιστοποιηθεί.

Ο παραπάνω αριθμός χρησιμοποιείται μαζί με το αριθμό του πλαισίου TDMA και επίσης έναν ακόμη αλγόριθμο με το όνομα A5 για να κωδικοποιήσει τα δεδομένα που στέλνονται στην ραδιοζεύξη, ώστε να μην μπορούν να τα παρακολουθήσουν άλλοι. Η κωδικοποίηση είναι ήδη υπερβολική, αφού το σήμα έχει ήδη κωδικοποιηθεί, χωριστεί με τον τρόπο του TDMA, δίνοντας έτσι προστασία και από τους ποιο επίμονους υποκλέπτες.

Άλλο ένα επίπεδο ασφάλειας, προσθέτει η τηλεφωνική συσκευή. Όπως ήδη έχουμε αναφέρει, κάθε τερματικό του GSM, έχει την δική του ταυτότητα μέσω του αριθμού IMEI. Μια λίστα με όλα τα IMEI του δικτύου είναι αποθηκευμένη στο ίδιο το δίκτυο. Η κατάσταση που μπορεί να έχει μια συσκευή, μπορεί να είναι μία από τις ακόλουθες :

- ❖ Λευκή λίστα. Το τερματικό μπορεί να συνδεθεί με το δίκτυο.
- ❖ Γκρι λίστα. Υπό παρακολούθηση από το δίκτυο, πιθανά προβλήματα.
- ❖ Μαύρη λίστα. Το τερματικό έχει αναφερθεί σαν κλεμμένο, ή ο τύπος δεν είναι εγκεκριμένος. Το τερματικό δεν μπορεί να συνδεθεί με το δίκτυο.

#### 4.4.2 Code Excited Linear Prediction (CELP) ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΦΩΝΗΣ

[13] Η CELP είναι μια γενική τεχνική συμπίεσης για ομιλία. Χρησιμοποιείται στο US Federal Standard 1016, το οποίο μπορεί να συμπίεσει ομιλία κάτω από 4.8 Kbps. Το US Federal Standard 10115 χρησιμοποιεί μια απλοποιημένη έκδοση του CELP ονομαζόμενη *linear predictive coding* (LPC). Το πρότυπο LPC-10E μπορεί να λειτουργήσει στα 2.4 Kbps.

Τέτοια χαμηλά bit rates μπορούν να επιτευχθούν ως εξής: πρότυπο χρησιμοποιεί ένα είδος *κβαντοποίησης πίνακα*. Βιβλία κώδικα υπάρχουν στο πέρας της συμπίεσης και της αποσυμπίεσης. Στο πρότυπο 1016, η διαφορά μεταξύ του υποδείγματος που βρέθηκε στο βιβλίο κώδικα και του ακριβούς δείγματος δεδομένων είναι συμπιεσμένο και αποστέλλεται μαζί με το ευρετήριο του βιβλίου κώδικα.

Η τελική ποιότητα της συμπίεσης 1016 CELP είναι ισοδύναμη με αυτή του 32 Kbps ADPCM αλγορίθμου που χρησιμοποιείται στο ITU G.721 πρότυπο. Η ομιλία μπορεί να εκπέμπεται μόνο με κανάλι των 2.4 Kbps χρησιμοποιώντας τεχνικές *κβαντοποίησης πίνακα*. Στα 2.4 Kbps, η φωνή ακούγεται σαν να μιλάει μια μηχανή, αλλά στα 4.8 Kbps δίνει μια ποιότητα μόνο ελάχιστα κατώτερη από αυτή της πρότυπης τηλεφωνίας.

#### 4.5 ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ bit

[16] Αν και τα κανάλια και τα δίκτυα υψηλών ρυθμών bit, έχουν γίνει πιο εύκολα προσιτά, οι χαμηλότεροι ρυθμοί bit για κωδικοποίηση ακουστικών σημάτων αποτελούν σίγουρα ένα σημαντικό θέμα. Τα βασικά κίνητρα για κωδικοποίηση χαμηλότερου ρυθμού bit είναι:

- Η ανάγκη να ελαχιστοποιήσουμε το κόστος μετάδοσης ή παροχής συμφέρουσας αποθήκευσης.
- Η απαίτηση να μεταδώσουμε μέσω καναλιών περιορισμένης χωρητικότητας (όπως τα κινητά ραδιοφωνικά κανάλια).
- Η υποστήριξη κωδικοποίησης μεταβλητού ρυθμού σε δίκτυα πακέτων.

Βασικές απαιτήσεις για τη σχεδίαση κωδικοποιητών ήχου χαμηλών ρυθμών bit, είναι πρώτον η εξασφάλιση της υψηλής ποιότητας του ανακατασκευασμένου σήματος με αντοχή στις μεταβολές του φάσματος και των επιπέδων. Στην περίπτωση των στερεοφωνικών και πολυκαναλικών σημάτων, η χωρική ακεραιότητα είναι μία επιπλέον διάσταση της ποιότητας. Δεύτερον, απαιτείται η αντοχή σε τυχαία (random) και καταιγιστικά (burst) σφάλματα του καναλιού και η μη απώλεια πακέτων. Τρίτον, μεγάλη σημασία έχουν η χαμηλή πολυπλοκότητα και κατανάλωση ισχύος των συστημάτων κωδικοποίησης/αποκωδικοποίησης. Για παράδειγμα, σε εφαρμογές εκπομπής και αναπαραγωγής (playback), η πολυπλοκότητα και η κατανάλωση ισχύος των αποκωδικοποιητών ήχου που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι χαμηλές, δοθέντος ότι οι περιορισμοί στην πολυπλοκότητα του κωδικοποιητή είναι σταθεροποιημένοι. Επιπλέον απαιτήσεις που σχετίζονται με δίκτυα είναι, οι μικρές καθυστερήσεις κωδικοποιητή /αποκωδικοποιητή, η αντοχή σε σφάλματα που προκαλούνται από συζευγμένα συστήματα κωδικοποιητών/αποκωδικοποιητών και μία κομψή και ανεπαίσθητη υποβάθμιση της ποιότητας με αύξηση του ρυθμού σφαλμάτων σε εφαρμογές κινητής ραδιοφωνίας και εκπομπής. Τέλος σε επαγγελματικές εφαρμογές, τα κωδικοποιημένα ρεύματα (stream) bit πρέπει να επιτρέπουν την επεξεργασία (editing), εξασθένηση (fading), μίξη (mixing) και συμπίεση της δυναμικής περιοχής (dynamic range compression).

Έχουμε δει ταχεία ανάπτυξη στις τεχνικές συμπίεσης του ρυθμού bit για ακουστικά σήματα και ομιλία. Η γραμμική πρόβλεψη, η κωδικοποίηση υποζώνης, η κωδικοποίηση μετάδοσης όπως επίσης διάφορες μορφές διανυσματικής κβάντισης και τεχνικές κωδικοποίησης εντροπίας, είναι τεχνικές που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη σχεδίαση ικανοποιητικών αλγορίθμων κωδικοποίησης, οι οποίοι επιτυγχάνουν αρκετά μεγαλύτερη συμπίεση από ότι θεωρείτο εφικτό μόλις λίγα χρόνια πριν. Πρόσφατα αποτελέσματα στην κωδικοποίηση ομιλίας και ήχου, υποδεικνύουν πως μια υπέροχη

ποιότητα κωδικοποίησης μπορεί να αποκτηθεί με ρυθμούς bit από 0,5 έως 1 bit/δείγμα για ομιλία και ομιλία ευρείας ζώνης και 1 έως 2 bit/δείγμα για ήχο. Για την αποθήκευση και μετάδοση συστημάτων που χειρίζονται πακέτα, επιπλέον εξοικονόμηση μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρησιμοποίηση κωδικοποίησης μεταβλητού ρυθμού με τη δυνατότητα να προσφέρει μία χρονικά ανεξάρτητη και σταθερής ποιότητας απόδοση.

Οι συμπιεσμένες ψηφιακές αναπαραστάσεις ήχου μπορούν να γίνουν λιγότερο ευαίσθητες σε βλάβες του καναλιού σε σχέση με τις αντίστοιχες αναλογικές, εάν η κωδικοποίηση πηγής και καναλιού εφαρμοσθούν κατάλληλα. Η επέκταση του εύρους ζώνης έχει συχνά αναφερθεί ως μειονέκτημα της ψηφιακής κωδικοποίησης και μετάδοσης, αλλά με τις σημερινές τεχνικές συμπίεσης δεδομένων και πολυεπίπεδης σηματοδότησης (multilevel signaling), το εύρος ζώνης του καναλιού μπορεί να γίνει μικρότερο από εκείνο των αναλογικών συστημάτων. Σε συστήματα εκπομπής, οι μειωμένες απαιτήσεις εύρους ζώνης σε συνδυασμό με την αντοχή σε λάθη των αλγορίθμων κωδικοποίησης, θα επιτρέψει την ικανοποιητική χρήση διαθέσιμων ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών καναλιών όπως επίσης και των καναλιών «taboo» τα οποία τώρα μένουν κενά εξαιτίας προβλημάτων interference.

#### 4.6 ΠΡΟΤΥΠΑ ΥΨΗΛΟΤΕΡΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΗΧΟΥ

[6] Ένας αριθμός από αποτελεσματικά πρότυπα συμπίεσης εμφανίστηκαν τα τελευταία χρόνια. Στο πλαίσιο εργασίας του ISO/IEC JTC1/Sub-Committee 2, μια ομάδα εργασίας με το όνομα Moving Pictures Expert Group (MPEG) αναπτύχθηκε για να εμφανίσει πρότυπα για ψηφιακή τηλεόραση σε χαμηλότερα bit rate από αυτά του μη-συμπιεσμένου προτύπου ποιότητας στούντιο. Ένα κομμάτι της εργασίας οδήγησε στον καθορισμό μιας οικογένειας προτύπων για συμπίεση ήχου. Η κυριότερη διαφορά με όσα αναφέραμε μέχρι τώρα είναι ότι αυτά τα πρότυπα δεν απευθύνονται μόνο σε ομιλία αλλά και στον ήχο γενικότερα.

#### 4.7 Η ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΤΩΝ MPEG-AUDIO ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

[6] Η συμπίεση σημάτων ήχου για MPEG-1 περιγράφεται στο έγγραφο IS 11172-3. Το σημαντικό σημείο είναι ότι:

Το MPEG-Audio δεν είναι ένας απλός αλγόριθμος συμπίεσης αλλά μία οικογένεια από τρία πρότυπα για κωδικοποίηση και συμπίεση ήχου. Ονομάζονται MPEG-Audio Layer-1, Layer-2 και Layer-3. Η πολυπλοκότητα του αλγόριθμου αυξάνεται με τον αριθμό του στρώματος (layer). Έτσι, το Layer-3 είναι το πιο πολύπλοκο, αυτό όμως δεν σημαίνει ότι δίνει την καλύτερη απόλυτη αντιληπτή ποιότητα σε κάθε περίπτωση. Ας αναφερθούμε λίγο σε αυτό.

Και τα τρία στρώματα είναι ιεραρχικά συμβατά. Αυτό σημαίνει ότι ο πιο πολύπλοκος αποκωδικοποιητής – είναι αυτός που λειτουργεί στο Layer-3- μπορεί επίσης να αποκωδικοποιήσει streams συμπιεσμένα από τους Layer-2 και Layer-1 κωδικοποιητές.

### ISO MPEG-1 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ

#### Εισαγωγικά

[6] Το MPEG πρότυπο ακουστικής κωδικοποίησης έχει ήδη γίνει ένα παγκόσμιο πρότυπο σε διάφορα πεδία όπως καταναλωτικά ηλεκτρονικά, επαγγελματική επεξεργασία ήχου, τηλεπικοινωνίες και εκπομπή. Το πρότυπο συνδυάζει χαρακτηριστικά των αλγορίθμων κωδικοποίησης MUSICAM και ASPEO. Η MPEG-1 κωδικοποίηση ήχου προσφέρει μία υποκειμενική ποιότητα αναπαραγωγής που είναι ισοδύναμη με την ποιότητα του CD (16-bit PCM)

σε στερεοφωνικούς ρυθμούς οι οποίοι δίνονται στον παρακάτω πίνακα για πολλά είδη μουσικής. Εξαιτίας της υψηλής του δυναμικής περιοχής, το ακουστικό MPEG-1 έχει δυνατότητες να ξεπεράσει την ποιότητα ενός CD.

ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΙΚΟΙ MPEG-1 ΡΥΘΜΟΙ bit ΓΙΑ ΔΙΑΥΓΕΙΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ (ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΠΥΘΜΟΥΣ CD)		
MPEG-1 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ	ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟΙ ΣΤΕΡΕΟ ΡΥΘΜΟΙ bit ΓΙΑ ΔΙΑΥΓΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ
ΣΤΡΩΜΑ I	384 kb/s	4
ΣΤΡΩΜΑ II	192 kb/s	8
ΣΤΡΩΜΑ III	128 kb/s	12

## ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΟΙΕΣ

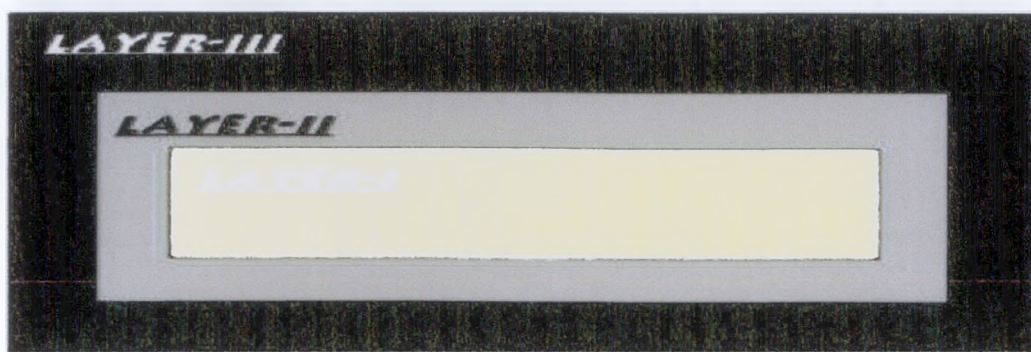
[6]

### ● ΔΟΜΗ

Η βασική δομή των MPEG-1 κωδικοποιητών ήχου ακολουθεί εκείνη των κωδικοποιητών που βασίζονται στην αίσθηση/αντίληψη. Στο πρώτο βήμα το ακουστικό σήμα μετατρέπεται στα φασματικά του συστατικά μέσω μίας τράπεζας φίλτρων ανάλυσης. Τα στρώματα I και II κάνουν χρήση μίας τράπεζας φίλτρων υποζώνης και το στρώμα III απασχολεί μία υβριδική τράπεζα φίλτρων. Κάθε φασματικό συστατικό κβαντίζεται και κωδικοποιείται με το επίτευγμα της διατήρησης του θορύβου κβάντισης κάτω από το κατώφλι απόκρυψης. Ο αριθμός των bit για κάθε υποζώνη και ένας συντελεστής κλίμακας καθορίζονται μπλοκ με μπλοκ. Κάθε μπλοκ έχει 12 (Στρώμα I) ή 36 (Στρώματα II και III) δείγματα υποζώνης (βλ. την ενότητα «Στρώματα I και II»). Ο αριθμός των bit του κβαντιστή προκύπτει από ένα αλγόριθμο δυναμικού καταμερισμού bit (Στρώματα I και II), ο οποίος ελέγχεται από ένα ψυχοακουστικό μοντέλο (βλ. παρακάτω). Οι κώδικες λέξεις υποζώνης, ο συντελεστής κλίμακας και η πληροφορία καταμερισμού bit πολυπλέκονται σε ένα ρεύμα bit, μαζί με μία επικεφαλίδα και με προαιρετικά βοηθητικά δεδομένα. Στον αποκωδικοποιητή η τράπεζα φίλτρων της σύνθεσης ανακατασκευάζει ένα μπλοκ από 32 ακουστικά δείγματα εξόδου από το αποπολυπλεγμένο ρεύμα bit. Το MPEG-1 ήχου υποστηρίζει ρυθμούς δειγματοληψίας των 32, 44.1 και 48 KHz.

### ● ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ

Το πρότυπο αποτελείται από τρία στρώματα (I, II και III) αύξουσας πολυπλοκότητας, καθυστέρησης και υποκειμενικής απόδοσης. Από τη σκοπιά του υλικού και του λογισμικού, τα υψηλότερα στρώματα συγχωνεύουν τα κύρια δομικά μπλοκ των χαμηλότερων στρωμάτων (Σχ. 7). Ένας πρότυπος πλήρως MPEG-1 αποκωδικοποιητής ήχου είναι ικανός να αποκωδικοποιήσει ρεύματα bit και από τα τρία στρώματα. Πιο συνηθισμένοι είναι οι αποκωδικοποιητές ακουστικού MPEG1 Στρώματος X (X=I ή II ή III).



-ΣΧΗΜΑ 4.7 ΙΕΡΑΡΧΕΙΑ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ I, II ΚΑΙ III ΤΟΥ MPEG-1/ΗΧΟΥ-

## ❶ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΦΩΝΙΚΟΥ ΠΛΕΟΝΑΣΜΟΥ

Το ακουστικό MPEG-1 υποστηρίζει τέσσερις τρόπους λειτουργίας: μονό, στέρεο, διπλό με δύο ξεχωριστά κανάλια (χρήσιμο για προγράμματα δίγλωσσα) και συνδυασμένο στέρεο. Στον προαιρετικό τρόπο λειτουργίας συνδυασμένου στέρεο, οι εσωκαναλικές εξαρτήσεις εκμεταλλεύονται έτσι ώστε να μειώσουν τον ολικό ρυθμό bit, χρησιμοποιώντας μία τεχνική μη σχετικότητας η οποία καλείται **ένταση στέρεο**. Είναι γνωστό ότι, πάνω από τα 2 KHz και μέσα σε κάθε κρίσιμη ζώνη, το ανθρώπινο ακουστικό σύστημα στηρίζει την αντίληψη του σε στερεοφωνικά ακούσματα περισσότερο στην προσωρινή περιβάλλουσα του ακουστικού σήματος παρά στην τέλεια προσωρινή δομή του. Επομένως ο αλγόριθμος για MPEG συμπίεση ήχου υποστηρίζει ένα τρόπο λειτουργίας στερεοφωνικού πλεονασμού ο οποίος καλείται **κωδικοποίηση έντασης στέρεο** (intensity stereo coding), η οποία μειώνει τον ολικό ρυθμό bit χωρίς να παραβιάζει τη χωρική ακεραιότητα του στερεοφωνικού σήματος.

Σε αυτό τον τρόπο λειτουργίας ο κωδικοποιητής κωδικοποιεί μερικές εξόδους υποζώνης υψηλότερης συχνότητας με ένα μονό σήμα αθροίσματος L+R (ή κάποιο γραμμικό συνδυασμό τους) αντί να στέλνει ανεξάρτητα αριστερά (L) και δεξιά (R) σήματα υποζώνης. Ο αποκωδικοποιητής ανακατασκευάζει τα αριστερά και δεξιά κανάλια βασιζόμενος μόνο στο μονό σήμα L+R και στους ανεξάρτητους αριστερούς και δεξιούς συντελεστές κλίμακας του καναλιού. Γι' αυτό το λόγο, το φασματικό σχήμα των αριστερών και δεξιών εξόδων είναι το ίδιο μέσα σε κάθε υποζώνη κωδικοποίησης έντασης αλλά τα μεγέθη είναι διαφορετικά. Ο προαιρετικός τρόπος λειτουργίας του συνδυασμένου στέρεο θα επιδρά μόνο εάν ο απαιτούμενος ρυθμός bit ξεπερνά το διαθέσιμο ρυθμό και θα εφαρμόζεται μόνο σε υποζώνες που αντιστοιχούν σε συχνότητες περίπου 2 KHz και πάνω. Το Στρώμα III έχει μία επιπλέον επιλογή:

Στον τρόπο λειτουργίας μονο/στέρεο (M/S) τα αριστεροκάναλα και δεξιοκάναλα σήματα κωδικοποιούνται ως μεσαία (L+R) και πλευρικά (L-R) κανάλια. Αυτός ο τελευταίος τρόπος λειτουργίας μπορεί να συνδυαστεί με τον τρόπο λειτουργίας συνδυασμένου στέρεο.

## ❷ ΨΥΧΟΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Έχουμε ήδη αναφέρει ότι ο προσαρμοστικός αλγόριθμος καταμερισμού bit ελέγχεται από ένα ψυχοακουστικό μοντέλο. Αυτό το μοντέλο λαμβάνει υπόψη το φάσμα μικρών όρων του ακουστικού μπλοκ που πρόκειται να κωδικοποιηθεί και τη γνώση γύρω από το θόρυβο απόκρυψης. Αυτό το μοντέλο χρειάζεται μόνο στον κωδικοποιητή, το οποίο κάνει τον αποκωδικοποιητή λιγότερο πολύπλοκο. Αυτή η ασυμμετρία είναι ένα επιθυμητό χαρακτηριστικό για ακουστική αναπαραγωγή (playback) και εφαρμογές εκπομπής ήχου.

Το κανονιστικό μέρος του προτύπου περιγράφει τον αποκωδικοποιητή και την έννοια του κωδικοποιημένου ρεύματος bit, αλλά ο κωδικοποιητής δεν προτυποποιείται, αφήνοντας έτσι χώρο για μία εξελικτική βελτίωση του κωδικοποιητή. Συγκεκριμένα, διαφορετικά ψυχοακουστικά μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν που εκτείνονται από πολύ απλές σε πολύ πολύπλοκες απαιτήσεις βασισμένες στην ποιότητα και εφαρμοσιμότητα. Η πληροφορία γύρω από το φάσμα μικρών όρων μπορεί να προκύψει με διάφορους τρόπους. Οι κωδικοποιητές μπορούν επίσης να βελτιστοποιηθούν για ορισμένες εφαρμογές. Όλοι αυτοί οι κωδικοποιητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πλήρη συμβατότητα με όλους τους υπάρχοντες MPEG-1 ακουστικούς αποκωδικοποιητές.

## ❸ ΤΑ ΣΤΡΩΜΑΤΑ I ΚΑΙ II

Οι MPEG κωδικοποιητές στρωμάτων I και II έχουν πολύ όμοιες δομές. Ο κωδικοποιητής Στρώματος II επιτυγχάνει μία καλύτερη απόδοση, κυρίως διότι η ολική πληροφορία μειώνεται με την εκμετάλλευση πλεονασμών μεταξύ των συντελεστών κλίμακας. Επιπροσθέτως παρέχεται μία ελαφρώς καλύτερη κβάντιση.

## ● ΤΡΑΠΕΖΑ ΦΙΛΤΡΩΝ

Οι κωδικοποιητές Στρώματος I και II απεικονίζουν την ψηφιακή ακουστική είσοδο σε 32 υποζώνες μέσω ισοκατανεμημένων φίλτρων. Μία δομή πολυφασικού φίλτρου χρησιμοποιείται για την απεικόνιση στη συχνότητα. Τα φίλτρα του έχουν 512 συντελεστές. Οι πολυφασικές δομές είναι υπολογιστικά πολύ επαρκείς αφού ένα DCT μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διαδικασία φιλτραρίσματος και είναι μέσης πολυπλοκότητας και χαμηλής καθυστέρησης. Στην αρνητική πλευρά, τα φίλτρα έχουν ίσες αποστάσεις και επομένως οι ζώνες συχνότητων δεν ανταποκρίνονται καλά στο διαμερισμό κρίσιμης ζώνης. Σε ένα ρυθμό δειγματοληψίας 48 KHz, κάθε ζώνη έχει ένα εύρος  $24000/32=750$  Hz. Γι' αυτό το λόγο, σε χαμηλές συχνότητες, μία μονή υποζώνη καλύπτει ένα αριθμό γειτονικών κρίσιμων ζωνών. Τα σήματα υποζώνης ξαναδειγματοληπτούνται (αποδεκατίζονται κρίσιμα) σε ένα ρυθμό 1500 Hz.

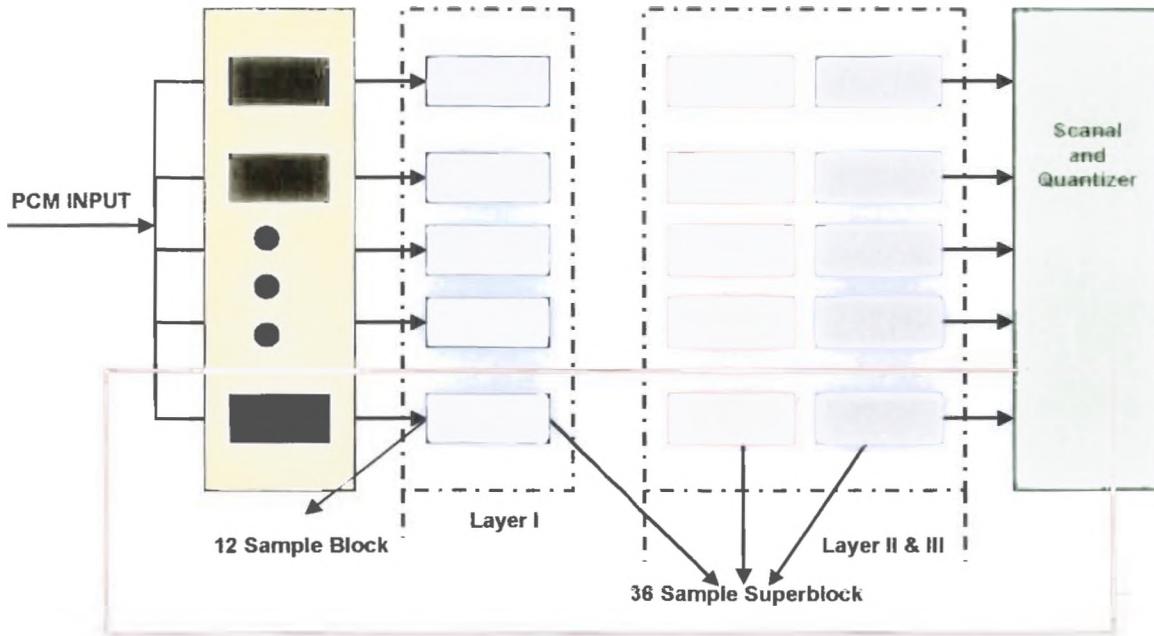
## ● ΚΒΑΝΤΙΣΗ

Ο αριθμός των επιπέδων του κβαντιστή για κάθε φασματικό συστατικό προκύπτει από ένα κανόνα δυναμικού καταμερισμού bit που ελέγχεται από ένα ψυχοακουστικό μοντέλο. Ο αλγόριθμος καταμερισμού bit συλλέγει ένα ενιαίο μέσου βήματος κβαντιστή μέσα από ένα σύνολο διαθέσιμων κβαντιστών έτσι ώστε και η απαίτηση ρυθμού bit και η απαίτηση απόκρυψης να συμφωνούν. Η επαναληπτική διεργασία ξεκινά με τον αριθμό των bit για κάθε δείγματα. Σε κάθε βήμα επανάληψης ο κβαντιστής αυξάνεται για κάθε υποζώνη κβαντιστή, παράγοντας τη μεγαλύτερη τιμή του στην έξοδο του.

Η τεχνική συμπίεσης/αποσυμπίεσης χρησιμοποιείται στη διαδικασία κβάντισης, δηλαδή μπλοκ από αποδεκατισμένα δείγματα σχηματίζονται και διαιρούνται με ένα συντελεστή κλίμακας τέτοιο ώστε το δείγμα μεγαλύτερου πλάτους να είναι ενιαίο. Στο Στρώμα I, μπλοκ από 12 αποδεκατισμένα και κλιμακωτά δείγματα σχηματίζονται σε κάθε υποζώνη (και για το αριστερό και για το δεξιό κανάλι) και υπάρχει ένας καταμερισμός bit για κάθε μπλοκ. Σε ρυθμό δειγματοληψίας 48 KHz, 12 δείγματα υποζώνης αντιστοιχούν σε 8ms ακούσματος. Υπάρχουν 32 μπλοκ, καθένα με 12 αποδεκατισμένα δείγματα, αναπαριστώντας  $32 \times 12 = 384$  ακουστικά δείγματα.

Στο στρώμα II σε κάθε υποζώνη ένα υπερμπλοκ 36 δειγμάτων σχηματίζεται από τρία συνεχόμενα μπλοκ των 12 αποδεκατισμένων δειγμάτων που αντιστοιχούν σε 24 ms ακούσματος σε ρυθμό δειγματοληψίας 48 KHz. Υπάρχει ένας καταμερισμός bit για κάθε υπερμπλοκ των 36 δειγμάτων. Όλα τα 32 υπερμπλοκ, καθένα με 36 αποδεκατισμένα δείγματα, αναπαριστούν όλα μαζί,  $32 \times 36 = 1152$  ακουστικά δείγματα. Όπως και στο Στρώμα I, ένας συντελεστής κλίμακας υπολογίζεται για κάθε μπλοκ των 12 δειγμάτων. Μία τεχνική μείωσης πλεονασμού χρησιμοποιείται για τη μετάδοση των συντελεστών κλίμακας : ανάλογα με τη σημαντικότητα των αλλαγών μεταξύ των τριών συνεχόμενων συντελεστών κλίμακας, ένας, δύο ή και οι τρεις συντελεστές κλίμακας μεταδίδονται, μαζί με ένα 2-μπιτο συντελεστή κλίμακας επιλογής πληροφορίας. Συγκρινόμενος με το Στρώμα I, ο ρυθμός bit για τους συντελεστές κλίμακας μειώνεται περίπου 50% . Το παρακάτω σχήμα υποδεικνύει τη δομή συμπίεσης/απόσυμπίεσης μπλοκ.





-ΣΧΗΜΑ 4.8 ΔΟΜΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ/ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΜΠΛΟΚ-

Τα κλιμακούμενα και κβαντισμένα φασματικά συστατικά υποζώνης μεταδίδονται στο δέκτη μαζί με το συντελεστή κλίμακας, το συντελεστή επιλογής (ΣτρώμαII) και την πληροφορία καταμερισμού bit. Η κβάντιση με συμπίεση/αποσυμπίεση μπλοκ παρέχει μία πολύ μεγάλη δυναμική περιοχή περισσότερο από 120db . Για παράδειγμα, στο Στρώμα II οι ενιαίοι κβαντιστές μέσης στάθμης είναι διαθέσιμοι με 3,5,7,9,15,31,...,65535 επίπεδα για υποζώνες χαμηλής ένδειξης (χαμηλές συχνότητες) Στην περιοχή μεσαίων και υψηλών συχνοτήτων οι κβαντιστές έχουν ένα μειωμένο αριθμό επιπέδων. Για παράδειγμα, υποζώνες ένδειξης 24 έως 27 έχουν μόνο κβαντιστές με 3,5 και 65535 επίπεδα. Οι κβαντιστές των 16 bit αποτρέπουν επιδράσεις υπερφόρτωσης. Υποζώνες ένδειξης 28 έως 32 δεν μεταδίδονται καθόλου. Για να μειώσουμε το ρυθμό δειγματοληψίας, οι κώδικες λέξεις τριών επιτυχημένων δειγμάτων υποζώνης που προκύπτουν από κβάντιση με 3-,5- και 9-βημάτων κβαντιστές, τους ανατίθεται μία κοινή κωδική λέξη. Το κέρδος σε ρυθμό είναι περίπου 40%.

## ○ ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Η αποκωδικοποίηση είναι άμεση. Οι σειρές της υποζώνης ανακατασκευάζονται με βάση μπλοκ των 12 δειγμάτων υποζώνης, λαμβάνοντας υπόψη τον αποκωδικοποιημένο συντελεστή κλίμακας και την πληροφορία καταμερισμού bit. Αν μία υποζώνη δεν έχει καταμερισμό bit, τα δείγματα σε αυτή την υποζώνη μηδενίζονται. Κάθε φορά που τα δείγματα υποζώνης από όλες τις 32 υποζώνες έχουν υπολογιστεί, κατευθύνονται στην τράπεζα φίλτρων της σύνθεσης και 32 συνεχόμενα 16-bit PCM ακουσικά δείγματα υπολογίζονται. Αν είναι δυνατό, όπως στις αμφίδρομες τηλεπικοινωνίες ή στα συστήματα εγγραφής, η τράπεζα φίλτρων του κωδικοποιητή (ανάλυση) μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ανάποδο τρόπο λειτουργίας στη διαδικασία αποκωδικοποίησης.

## ○ Στρώμα III

Το Στρώμα III του MPEG-1 προτύπου κωδικοποίησης ήχου εισάγει πολλά νέα χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα μία υβριδική τράπεζα φίλτρων με δυνατότητα μεταπήδησης. Επιπλέον χρησιμοποιεί μία προσέγγιση ανάλυση-από-σύνθεση, ένα εξελιγμένο έλεγχο προ-ηχούς και μία μη ενιαία κβάντιση με κωδικοποίηση εντροπίας. Μία τεχνική buffer, η οποία καλείται δεξαμενή bit (bit reservoir), οδηγεί σε παραπέρα εξοικονομήσεις στο ρυθμό bit. Το Στρώμα III είναι το μοναδικό Στρώμα που παρέχει υποχρεωτική υποστήριξη του αποκωδικοποιητή για μεταβλητό ρυθμό bit κωδικοποίησης.

❶ **Εναλλασσόμενη Υβριδική Τράπεζα φίλτρων.**

Για να επιτύχουμε μία υψηλότερη ανάλυση συχνότητας τα 32 σήματα υποζώνης υποδιαιρούνται παραπέρα σε περιεχόμενο συχνότητας, εφαρμόζοντας σε κάθε υποζώνη ένα τροποποιημένο DCT μπλοκ μετασχηματισμό 6 σημείων ή 18 σημείων με 50% επικάλυψη. Γι' αυτό το λόγο τα παράθυρα περιέχουν αντίστοιχα, 12 ή 36 δείγματα υποζώνης. Ο μέγιστος αριθμός περιεχομένων συχνότητας είναι  $32 \times 18 = 576$ , καθένα αναπαριστώντας ένα εύρος ζώνης μόνο  $24000/576 = 41.67$  Hz. Ο μπλοκ μετασχηματισμός 18 σημείων εφαρμόζεται κανονικά διότι παρέχει καλύτερη ανάλυση συχνότητας, ενώ ο μπλοκ μετασχηματισμός 6 σημείων παρέχει καλύτερη ανάλυση χρόνου και εφαρμόζεται στην περίπτωση αναμενόμενων προ-ηχών.

❷ **Κβάντιση και Κωδικοποίηση**

Τα δείγματα εξόδου κβαντίζονται ανομοιόμορφα, παρέχοντας έτσι και μικρότερα σφάλματα. Η κωδικοποίηση Huffman, βασισμένη σε 32 κωδικούς πίνακες και επιπρόσθετη κωδικοποίηση κατά την εφαρμογή, εφαρμόζεται στην αναπαράσταση των ενδείξεων του κβαντιστή με ικανοποιητικό τρόπο. Ο κωδικοποιητής απεικονίζει τις μεταβλητού μήκους κώδικες λέξεις των κωδικών πινάκων Huffman σε ένα σταθερό ρυθμό bit παρακολουθώντας την κατάσταση μιας δεξαμενής bit. Η δεξαμενή bit εξασφαλίζει ότι ο buffer του αποκωδικοποιητή ούτε υποχειλιρίζει ούτε υπερχειλιρίζει όταν ένα ρεύμα bit παρουσιάζεται στον αποκωδικοποιητή με ένα σταθερό ρυθμό.

Για να διατηρήσουμε το θόρυβο κβάντισης σε όλες τις κρίσιμες ζώνες κάτω από το γενικό κατώφλι απόκρυψης (καταμερισμός θορύβου) μια επαναληπτική μέθοδος ανάλυσης-από- σύνθεση χρησιμοποιείται με την οποία η διαδικασία της κλιμάκωσης, κβάντισης και κωδικοποίησης των φασματικών δεδομένων ολοκληρώνεται μέσα σε δύο εμφωλιασμένους βρόχους επανάληψης. Η αποκωδικοποίηση ακολουθεί ότι και η διαδικασία κωδικοποίησης.

❸ **ΔΟΜΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ**

Το παρακάτω σχήμα δείχνει τη δομή πλαισίου του MPEG-1 κωδικοποιημένων σημάτων ήχου για τα δύο Στρώματα I και II. Κάθε πλαίσιο έχει μία επικεφαλίδα. Το πρώτο του μέρος περιέχει 12 bit συγχρονισμού, 20 bit



-ΣΧΗΜΑ 4.9 MPEG-1 ΔΟΜΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΚΑΙ ΠΑΚΕΤΟΠΟΙΗΣΗ-

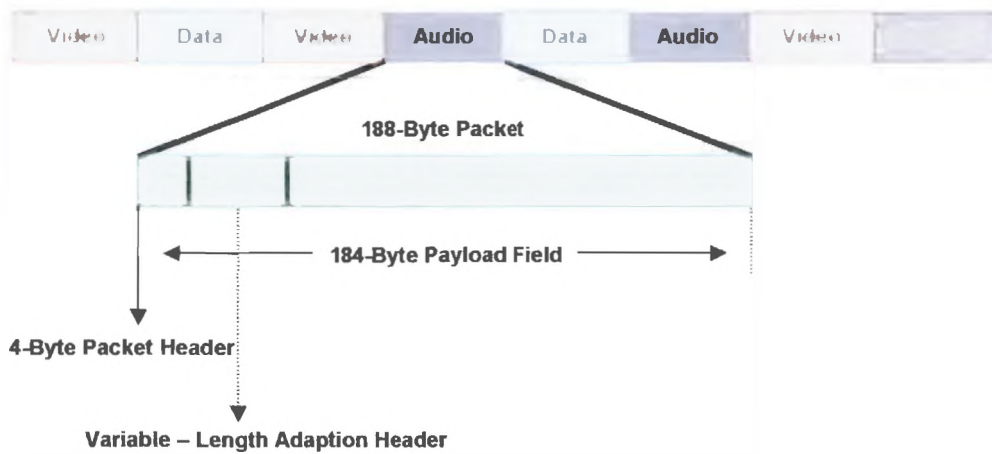
πληροφορία συστήματος και προαιρετικό 16 bit κυκλικό κώδικα ελέγχου πλεονασμού. Το δεύτερο του μέρος περιέχει πλευρική πληροφορία γύρω από τον καταμερισμό bit και τους συντελεστές κλίμακας (και στο Στρώμα II πληροφορία επιλογής συντελεστή κλίμακας). Ως κύρια πληροφορία ένα πλαίσιο μεταφέρει ένα σύνολο από  $32 \times 12$  δείγματα υποζώνης (που αντιστοιχούν σε PCM ακουστική είσοδο 384 δειγμάτων - ισοδύναμο με 8 ms σε ένα ρυθμό δειγματοληψίας των 48 KHz). Σημειώστε ότι τα πλαίσια είναι αυτόνομα. Κάθε πλαίσιο περιέχει όλη την απαραίτητη πληροφορία για αποκωδικοποίηση. Επομένως κάθε πλαίσιο μπορεί να αποκωδικοποιηθεί ανεξάρτητα από προηγούμενα πλαίσια. Ορίζει ένα σημείο εισόδου για ακουστική αποθήκευση και εφαρμογές

επεξεργασίας ήχου. Επίσης σημειώστε ότι τα μήκη των πλαισίων δεν είναι καθορισμένα εξαιτίας του

- (α) μήκους του πεδίου της κύριας πληροφορίας, το οποίο εξαρτάται στο ρυθμό bit και συχνότητα δειγματοληψίας,
- (β) του πεδίου πλευρικής πληροφορίας το οποίο μεταβάλλεται στο Στρώμα II και
- (γ) του πεδίου βοηθητικών δεδομένων το μήκος του οποίου δεν καθορίζεται.

○ **ΠΟΛΥΠΛΟΚΗ ΔΟΜΗ**

Το τμήμα συστημάτων του MPEG-1 προτύπου κωδικοποίησης IS 11172 ορίζει μία δομή πακέτου για πολυπλεξία ήχου, εικόνας και ρευμάτων bit βοηθητικών δεδομένων σε ένα ρεύμα. Τα μεταβλητού μήκους MPEG πλαίσια σπάνε σε πακέτα. Η δομή πακέτου χρησιμοποιεί πακέτα των 188 byte που αποτελούνται από μια επικεφαλίδα 4 byte ακολουθούμενη από 184 byte ωφέλιμου φορτίου.



-ΣΧΗΜΑ 3.12 MPEG ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΠΑΚΕΤΟΥ-

Η επικεφαλίδα περιλαμβάνει ένα byte συγχρονισμού, ένα πεδίο 13 bit που καλείται αναγνωριστής πακέτου ώστε να πληροφορήσει τον αποκωδικοποιητή για τον τύπο των δεδομένων και επιπλέον πληροφορία. Για παράδειγμα, μία μονάδα ωφέλιμου φορτίου εκκίνησης του δείκτη του 1 bit υποδεικνύει εάν το ωφέλιμο φορτίο ξεκινά με μία επικεφαλίδα πλαισίου. Καμία προκαθορισμένη μίξη ήχου, εικόνας και ρευμάτων bit βοηθητικών δεδομένων δεν απαιτείται. Η μίξη μπορεί να αλλάξει δυναμικά. Υπηρεσίες παρέχονται με ένα πολύ εύκαμπτο τρόπο. Αν επιπλέον πληροφορία επικεφαλίδας απαιτείται όπως για περιοδικό συγχρονισμό ακουστικού και οπτικού χρονισμού μία μεταβλητού μήκους επικεφαλίδα προσαρμογής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέρος του πεδίου ωφέλιμου φορτίου των 184 byte.

Αν και τα μήκη των πλαισίων δεν είναι καθορισμένα, το διάστημα μεταξύ επικεφαλίδων πλαισίου είναι σταθερό (μέσα σε ένα byte) καθ' όλη τη χρήση των byte συμπλήρωσης. Ο ορισμός των MPEG συστημάτων περιγράφει πως MPEG συμπιεσμένα ρεύματα δεδομένων ήχου και εικόνας πρόκειται να πολυπλεχθούν μαζί ώστε να σχηματίσουν ένα μονό ρεύμα δεδομένων.

**4.8 Υποκειμενική ποιότητα (MPEG-1 Στερεοφωνικά Ηχητικά Σήματα)**

[6] Η διαδικασία δημιουργίας προτύπου περιελάμβανε εκτεταμένες υποκειμενικές δοκιμές και αντικειμενικούς υπολογισμούς παραμέτρων όπως πολυπλοκότητα και ολική καθυστέρηση. Οι MPEG (και ισοδύναμα ITU-R) ακουστικές δοκιμές έγιναν κάτω από πολύ όμοιες και προσεκτικά ορισμένες συνθήκες με περίπου 60 έμπειρους ακροατές, προσεγγιστικά 10 σειρές δοκιμών πραγματοποιήθηκαν και οι περίοδοι εκτελέστηκαν στερεοφωνικά και με ηχεία και με ακουστικά. Για να εντοπίσουμε ακόμα πιο μικρές ατέλειες η 5 σημείων ITU-R κλίμακα ατελειών χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα πειράματα. Κρίσιμα είδη δοκιμών επιλέχθηκαν στις δοκιμές για να υπολογίσουμε τους

κωδικοποιητές στην χειρότερη περίπτωση (όχι μέση) απόδοσης. Οι υποκειμενικοί υπολογισμοί οι οποίοι βασίστηκαν σε τυφλά πειράματα τριών ερεθισμάτων, άγνωστης αναφοράς (stimulus / hidden reference / double blind tests), έδειξαν πολύ όμοια και σταθερά αποτελέσματα εκτίμησης. Σε αυτές τις δοκιμές το υποκείμενο ακούει τρία σήματα, A, B και C (τριπλό ερέθισμα). Το A είναι πάντα το ακατέργαστο σήμα πηγής (η αναφορά), B και C ή C και B είναι η αναφορά με την οποία το σύστημα δοκιμάζεται (κρυμμένη αναφορά). Η επιλογή δεν είναι γνωστή ούτε στα υποκείμενα ούτε στους «μαέστρους» (conductors) της δοκιμής (διπλά τυφλή δοκιμή). Τα υποκείμενα πρέπει να αποφασίσουν εάν το B ή C είναι η αναφορά και πρέπει να βαθμολογήσουν αυτή που απομένει. Το MPEG-1 πρότυπο κωδικοποίησης ήχου έχει δείξει εξαιρετική απόδοση για όλα τα στρώματα στους ρυθμούς. Θα πρέπει να σημειωθεί πάλι ότι το πρότυπο αφήνει χώρο για βελτιώσεις βασισμένες στον κωδικοποιητή με τη χρήση καλύτερων ψυχοακουστικών μοντέλων. Και πραγματικά, πολλές βελτιώσεις έχουν επιτευχθεί από τότε που υλοποιήθηκαν οι πρώτες υποκειμενικές δοκιμές το 1991.

#### **MPEG ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ**

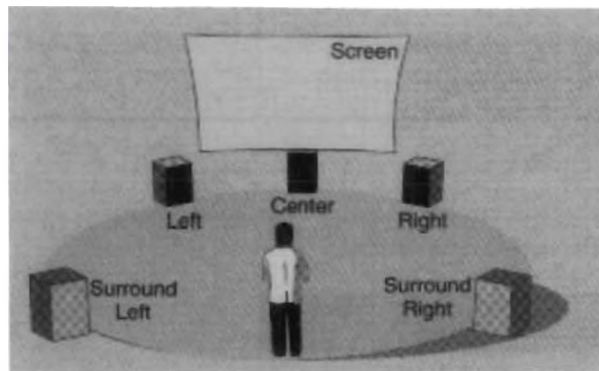
[6] Έχουμε αναφέρει πιο πάνω ότι το MPEG-1/ήχου υποστηρίζει συχνότητες δειγματοληψίας των 32, 44.1 και 48 KHz. Για εφαρμογές με περιορισμένα εύρη ζώνης (μεσαία ζώνη), έχουν οριστεί χαμηλότερες συχνότητες δειγματοληψίας (16, 22.05 και 24 KHz) στο MPEG-2 για να χαμηλώσουν τους ρυθμούς σε 64 kb/s ανά κανάλι και λιγότερο. Για αντίστοιχα μέγιστα ακουστικά εύρη ζώνης είναι 7.5, 10.3 και 11.25 KHz. Η σύνταξη, η σημασιολογία και οι τεχνικές κωδικοποίησης του MPEG-1 διατηρούνται εκτός από ένα μικρό αριθμό παραμέτρων (δύο πίνακες στον αποκωδικοποιητή). Επομένως, η κωδικοποίηση μπορεί να στηριχθεί πάλι στα Στρώματα I, II και III. Η επέκταση σε χαμηλότερες συχνότητες δειγματοληψίας οδηγεί σε υψηλότερες αναλύσεις συχνότητας και επομένως σε υψηλότερο κέρδη κωδικοποίησης, εν μέρει εξαιτίας καλύτερων ενσωματώσεων στα κατώφλια απόκρυψης και εν μέρει διότι η πλευρική πληροφορία γίνεται σε ένα μικρότερο μέρος του ολικού ρυθμού bit. Όπως στην περίπτωση κωδικοποίησης ακουστικών σημάτων ευρείας ζώνης, η καλύτερη ακουστική ποιότητα αποκτάται με το Στρώμα III. Τέλος σημειώνουμε ότι μερικές εφαρμογές χρησιμοποιούν συχνότητες δειγματοληψίας των 8, 11.025 και 12 KHz, οι οποίες είναι έξω από το πρότυπο MPEG-2.

#### **4.9 MPEG ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΟΥ ΗΧΟΥ**

[6]

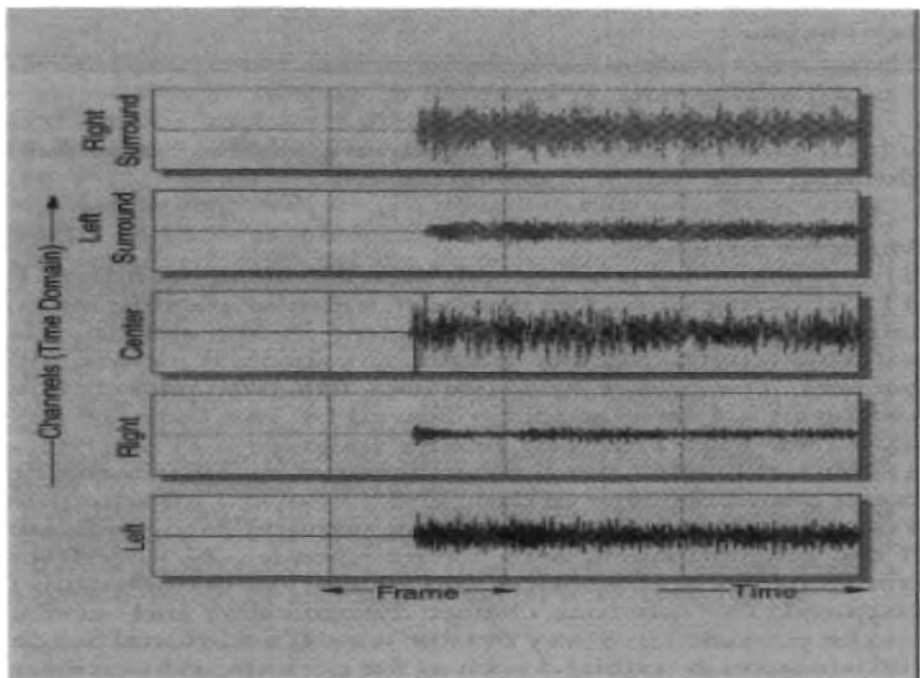
##### **○ Αναπαραστάσεις πολυκαναλικού ήχου.**

Ένα λογικό επόμενο βήμα στο ψηφιακό ήχο είναι ο ορισμός των πολυκαναλικών ηχητικών συστημάτων αναπαραστάσης, ώστε να δημιουργήσουμε ένα ρεαλιστικό πεδίο περιβάλλοντα ήχου (surround) και για ηχητικές μόνο εφαρμογές και για οπτικοακουστικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένου τηλεσυνδιάσκεψης (video conferencing), οπτικοφωνίας (videophone), υπηρεσίες πολυμέσων και ηλεκτρονικός κινηματογράφος. Τα πολυκαναλικά συστήματα μπορούν επίσης να παρέχουν πολυφωνικά κανάλια ή επιπρόσθετα κανάλια για οπτικά εξασθενημένα (μία λεκτική περιγραφή του οπτικού τοπίου) και για ακουστικά εξασθενημένα (διάλογος με επαυξημένη κατανοητότητα). Το ITU-R και άλλες διεθνείς ομάδες έχουν προτείνει μία διαμόρφωση ηχείων 5 καναλιών, η οποία αναφέρεται ως 3/2-στέρεο, με ένα αριστερό και ένα δεξιό (L και R), ένα επιπρόσθετο κεντρικό κανάλι (C) και δύο πλευρικά οπίσθια περιβάλλοντα κανάλια (LS και RS) ενισχύοντας τα L και R κανάλια.



-ΣΧΗΜΑ 4.13 ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΗΧΕΙΩΝ-

Μία τέτοια διαμόρφωση προσφέρει ένα πεδίο περιβάλλοντα ήχου με μία σταθερή μπροστινή ηχητική εικόνα και μία μεγάλη ακουστική περιοχή. Το παρακάτω σχήμα δείχνει τέσσερα μπλοκ ενός πεντακάναλου τριγωνικού ηχητικού σήματος ( το οποίο είναι δύσκολο να κωδικοποιηθεί).



-ΣΧΗΜΑ 4.14 ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΗΧΟΥ ΣΕ 5 ΚΑΝΑΛΙΑ (ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ: RS, LS, C, L, R)-

Τα πολυκαναλικά συστήματα ψηφιακού ήχου υποστηρίζουν p/q αναπαραστάσεις με p μπροστινά και q οπίσθια κανάλια και επίσης παρέχουν τις πιθανότητες μετάδοσης δύο ανεξάρτητων στερεοφωνικών προγραμμάτων και/ή ένα αριθμό καναλιών πολυφωνικών ή παροχής σχολίων. Τυπικοί συνδυασμοί καναλιών δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΜΕΡΙΚΕΣ ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΗΧΕΙΩΝ		
1 ΚΑΝΑΛΙ	1/0	ΚΕΝΤΡΟ (ΜΟΝΟΦΩΝΙΚΟ)
2 ΚΑΝΑΛΙΑ	2/0	ΑΡΙΣΤΕΡΑ,ΔΕΞΙΑ (ΣΤΕΡΕΟΦΩΝΙΚΟ)
3 ΚΑΝΑΛΙΑ	3/0	ΑΡΙΣΤΕΡΑ,ΔΕΞΙΑ,ΚΕΝΤΡΟ
4 ΚΑΝΑΛΙΑ	3/1	ΑΡΙΣΤΕΡΑ,ΔΕΞΙΑ,ΚΕΝΤΡΟ,ΜΟΝΟΠΕΡΙΒΑΛΟΝ
5 ΚΑΝΑΛΙΑ	3/2	ΑΡΙΣΤΕΡΑ,ΔΕΞΙΑ,ΚΕΝΤΡΟ,ΠΕΡΙΒΑΛΟΝ ΑΡΙΣΤΕΡΑ,ΠΕΡΙΒΑΛΟΝ ΔΕΞΙΑ

Η ITU-R πρόταση 775 παρέχει ένα σύνολο προς τα κάτω αναμιγμένες εξισώσεις εάν ο αριθμός των ηχείων πρόκειται να μειωθεί (προς τα κάτω συμβατότητα- downwards compatibility ). Μία επιπρόσθετη επαύξηση καναλιού χαμηλής συχνότητας (LFE ή subwoofer), ιδιαίτερα χρήσιμη για HDTV εφαρμογές, μπορεί προαιρετικά να προστεθεί σε οποιαδήποτε διαμόρφωση. Το LFE κανάλι

επεκτείνει το περιεχόμενο χαμηλής συχνότητας μεταξύ 15 Hz και 120 Hz σε όρους και συχνότητας και επιπέδου. Ένα ή περισσότερα ηχεία μπορεί να τοποθετηθεί ελεύθερα στο δωμάτιο για να αναπαραγάγει αυτό το LFE σήμα. Η βιομηχανία ταινιών χρησιμοποιεί ένα παρόμοιο σύστημα για τα δικά της συστήματα ψηφιακού ήχου. Μία 3/2 διαμόρφωση με πέντε υψηλής ποιότητας πλήρους περιοχής κανάλια συν ένα κανάλι subwoofer συχνά καλείται 5.1 σύστημα.

Για να μειώσουμε τον ολικό ρυθμό bit των πλυκαναλικών συστημάτων ηχητικής κωδικοποίησης, πλεονασμοί και μη σχετικότητα, όπως εσωκαναλικές εξαρτήσεις και εσωτερικές επιδράσεις απόκρυψης, αντίστοιχα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Επιπροσθέτως, συστατικά του πολυκαναλικού σήματος, τα οποία είναι άσχετα με σεβασμό στη χωρική αντίληψη του της στερεοφωνικής παρουσίασης, δηλαδή, εκείνα που δεν συνεισφέρουν στον εντοπισμό των ηχητικών πηγών, μπορούν να αναγνωρισθούν και να αναπαραχθούν σε μία μονοφωνική μορφοποίηση σε παραπέρα μείωση ρυθμών bit. Σύγχρονοι αλγόριθμοι πολυκαναλικής κωδικοποίησης κάνουν χρήση τέτοιων επιδράσεων. Πάντως, απαιτείται μία προσεκτική σχεδίαση, αλλιώς τέτοια συνδυασμένη κωδικοποίηση μπορεί να παράγει ατέλειες.

#### 4.10 MPEG-2 / ΗΧΟΥ ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Η δεύτερη φάση του MPEG, χαρακτηρισμένη ως MPEG-2, περιλαμβάνει στο κομμάτι του ήχου δύο πολυκαναλικά πρότυπα κωδικοποίησης ήχου, καθένα από τα οποία είναι με πρόδρομα και αναδρομικά συμβατό με το MPEG 1/ Ήχου . Πρόδρομα συμβατό σημαίνει ότι ένας MPEG-2 πολυκαναλικός αποκωδικοποιητής είναι ικανός να αποκωδικοποιήσει σωστά MPEG-1 μονό ή στερεοφωνικά σήματα. Ανάδρομα συμβατό σημαίνει ότι οι υπάρχοντες MPEG-1 στερεοφωνικοί αποκωδικοποιητές, οι οποίοι χειρίζονται μόνο ήχο δύο καναλιών, είναι ικανοί να αναπαραγάγουν ένα με νόημα βασικό 2/0 στερεοφωνικό σήμα από ένα MPEG-2 πολυκαναλικό ρεύμα bit έτσι ώστε να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες των χρηστών με απλό μονό ή στερεοφωνικό εξοπλισμό. Μη ανάδρομα συμβατοί πολυκαναλικοί κωδικοποιητές δε θα είναι ικανοί να τροφοδοτήσουν ένα με νοητό ρεύμα bit σε ένα MPEG-1 στερεοφωνικό αποκωδικοποιητή. Από την άλλη πλευρά, έχουν περισσότερη ελευθερία στην παραγωγή μίας υψηλής ποιότητας αναπαραγωγής ηχητικών σημάτων.

Με αναδρομική συμβατότητα είναι δυνατό να εισάγουμε πολυκαναλικό ήχο οποιαδήποτε στιγμή με ένα ομαλό τρόπο χωρίς να θέσουμε σε αχρηστία τους στερεοφωνικούς αποκωδικοποιητές δύο καναλιών. Ένα σημαντικό παράδειγμα είναι το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εκπομπής Ψηφιακού Ήχου, το οποίο θα απαιτήσει MPEG-1 στερεοφωνικούς αποκωδικοποιητές στην πρώτη γενιά αλλά μπορεί να προσφέρει πολυκαναλικό ήχο αργότερα.

#### ΑΝΑΔΡΟΜΙΚΑ ΣΥΜΒΑΤΗ MPEG-2 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ

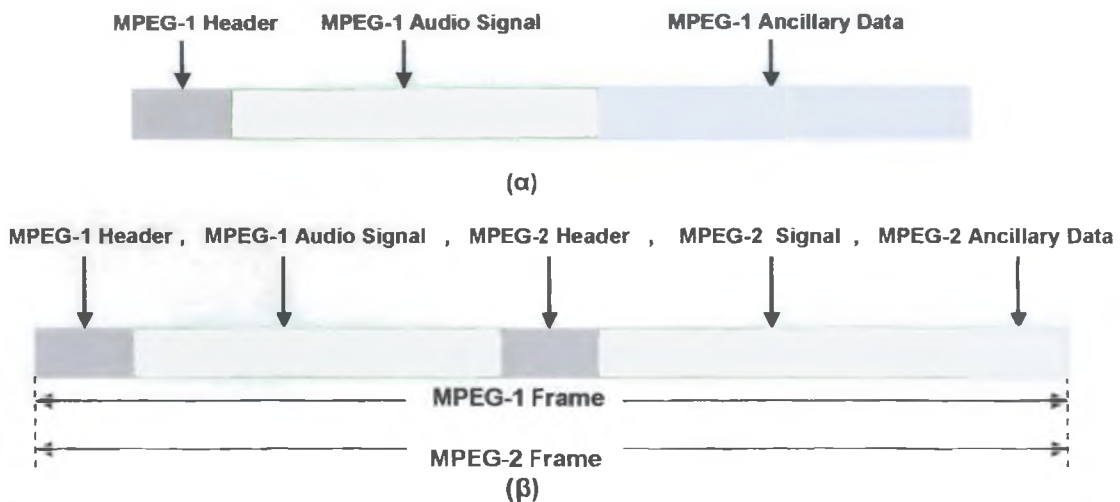
Η αναδρομική συμβατότητα υπονοεί τη χρήση πινάκων συμβατότητας. Μία κάτω-μίξη των πέντε καναλιών («matrixing») παραδίδει ένα σωστό βασικό 2/0 στερεοφωνικό σήμα, αποτελούμενο από ένα αριστερό και ένα δεξιό κανάλι, LO και RO αντίστοιχα. Άλλες επιλογές είναι δυνατές, συμπεριλαμβανομένου LO=L και RO=R. Τα LO και RO μεταδίδονται με μορφοποίηση MPEG-1 στα κανάλια μετάδοσης T1 και T2. Τα κανάλια T3, T4 και T5 σχηματίζουν μαζί το πολυκαναλικό σήμα επέκτασης . Αυτά πρέπει να επιλεγούν έτσι ώστε ο αποκωδικοποιητής να μπορεί να ξαναυπολογίσει το πλήρες 3/2 στερεοφωνικό πολυκαναλικό σήμα.



-ΣΧΗΜΑ 4.11 ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ ΤΩΝ MPEG-2 ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΩΝ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ bit-

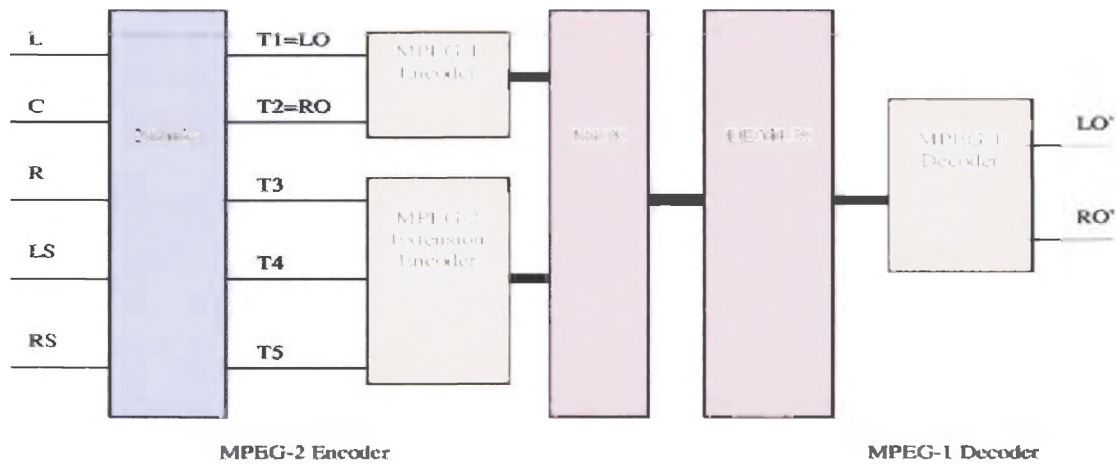
Οι εσωκαναλικοί πλεονασμοί και επιδράσεις απόκρυψης λαμβάνονται υπόψη για να βρούμε την καλύτερη επιλογή. Ένα απλό παράδειγμα είναι  $T3=C, T4=I.S,$  και  $T5=RS$ . Στο MPEG-2 η πινακοποίηση μπορεί να γίνει με ένα πολύ εύκαμπτο και χρονικά ανεξάρτητο τρόπο. Σημειώστε πάντως ότι το περιεχόμενο ήχου του σήματος επέκτασης έχει κιάλας παραδοθεί στο MPEG-1 ηχητικό ρεύμα (σήματα LO και RO). Αυτός ο πλεονασμός μειώνει τον πραγματοποιησίμο ρυθμό συμπίεσης.

Η αναδρομική συμβατότητα επιτυγχάνεται μεταδίδοντας τα κανάλια LO και RO στην ενότητα δείγματος υποζώνης του MPEG-1 πλαισίου ήχου και όλα τα πολυκαναλικά σήματα επέκτασης ( $T3, T4$  και  $T5$ ) στο πρώτο τμήμα του MPEG-1 πλαισίου δεσμεύονται για βοηθητικά δεδομένα. Αυτό το πεδίο βοηθητικών δεδομένων αγνοείται από τους από τους MPEG-1 αποκωδικοποιητές. Το μήκος του πεδίου βοηθητικών δεδομένων δεν καθορίζεται στο πρότυπο. Αν ο αποκωδικοποιητής είναι τύπου MPEG-1, χρησιμοποιεί την 2/0 μορφοποίηση αριστερού και δεξιού κάτω-μίξης σήματος,  $LO'$  και  $RO'$  απευθείας. Αν ο αποκωδικοποιητής είναι τύπου MPEG-2, ξαναυπολογίζει το πλήρες 3/2-στερεοφωνικό πολυκαναλικό σήμα από τα  $L', R', C', LS',$  και  $RS'$  μέσω «αποπινακοποίησης» του  $LO', RO', T3', T4'$  και  $T5'$ .

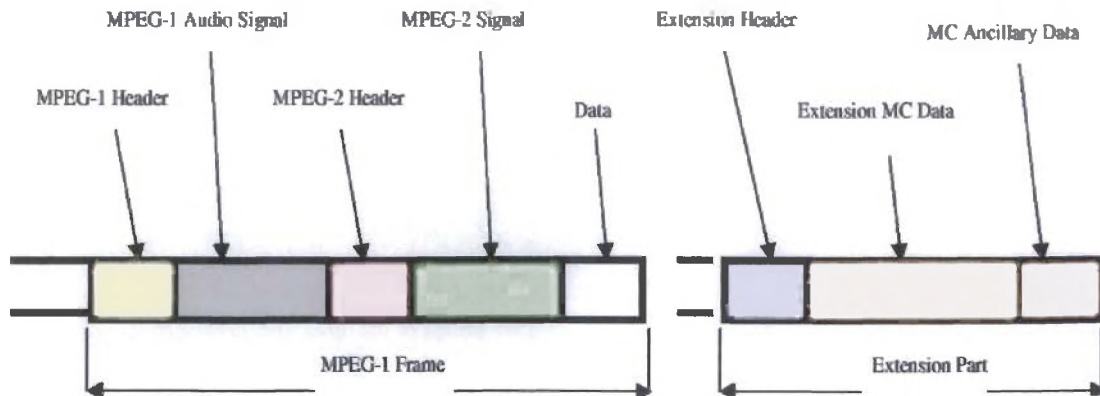


-ΣΧΗΜΑ 4.12 ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ MPEG ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ bit. α) MPEG-1 ΗΧΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ, β) MPEG-2 ΗΧΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ, ΣΥΜΒΑΤΟ ΜΕ MPEG-1 ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ-

Η πινακοποίηση είναι προφανώς απαραίτητη για να παράσχει αναδρομική συμβατότητα. Πάντως, αν χρησιμοποιηθεί σε σύνδεση με κωδικοποίηση αντίληψης, μπορεί να εμφανιστεί αποκάλυψη του θορύβου κβάντισης. Μπορεί να προκληθεί στη διαδικασία αποπινακοποίησης όταν σχηματιστούν τα σήματα αθροίσματος και αφαίρεσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις ένα τέτοιο συστατικό σήμα απόκρυψης αθροίσματος ή διαφοράς μπορεί να εξαφανιστεί σε ένα ορισμένο κανάλι. Εφόσον αυτό το συστατικό υποτίθεται ότι θα απέκρυπτε το θόρυβο κβάντισης σε αυτό το κανάλι, αυτός ο θόρυβος μπορεί να γίνει αντιληπτός ακουστικά. Σημειώστε ότι το σήμα απόκρυψης θα είναι ακόμα παρών στην πολυκαναλική αναπαράσταση, αλλά θα εμφανιστεί σε διαφορετικό ηχείο. Ως ένα επιπρόσθετο μέτρο η προαιρετική διαμόρφωση μεταβλητού ρυθμού bit του MPEG-2, μπορεί να ανακληθεί να κωδικοποιήσει το δύσκολο ηχητικό περιεχόμενο σε ένα στιγμιαία μεγαλύτερο ρυθμό. Οι MPEG-1 αποκωδικοποιητές έχουν ένα περιορισμό στο ρυθμό bit (384 kb/s στο Στρώμα Π). Για να ξεπεράσουμε αυτό τον περιορισμό, το πρότυπο MPEG-2 επιτρέπει για ένα δεύτερο ρεύμα bit, το τμήμα επέκτασης, να παρέχει συμβατό πολυκαναλικό ήχο σε υψηλότερους ρυθμούς. Το σχήμα 4.14 δείχνει τη δομή του ρεύματος bit με επέκταση.



-ΣΧΗΜΑ 4.13 MPEG-1 ΣΤΕΡΕΟ ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ MPEG-2 ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ bit-

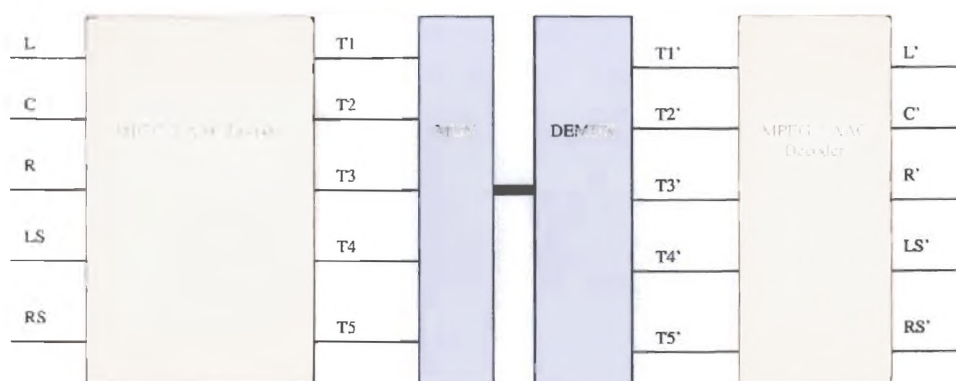


-ΣΧΗΜΑ 4.14 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ MPEG-2 ΗΧΗΤΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ bit ΜΕ ΤΜΗΜΑ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ-



## MPEG-2 ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ

[6] Ένα δεύτερο πρότυπο μέσα στο MPEG-2 υποστηρίζει εφαρμογές που δεν απαιτούν συμβατότητα με την υπάρχουσα MPEG-1 στερεό διαμόρφωση. Επομένως δεν είναι απαραίτητες η πινακοποίηση και η αποπινακοποίηση και οι αντίστοιχες πιθανές ατέλειες εξαφανίζονται.



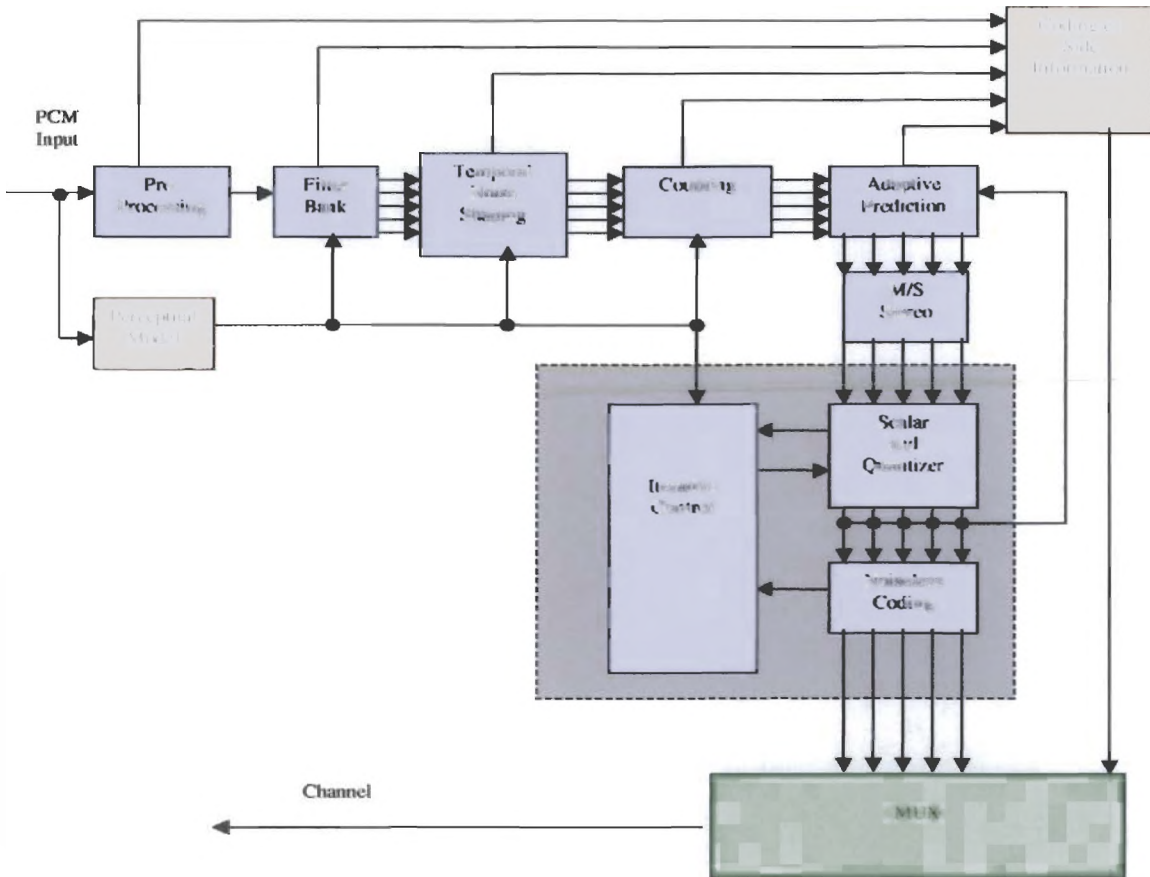
-ΣΧΗΜΑ 4.15 MPEG-2 ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ (ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ)-

Τα τελευταία χρόνια έχουμε δει εκτενείς δραστηριότητες στην τελειοποίηση και καθιέρωση προτύπου ενός μη αναδρομικά συμβατού MPEG-2 πολυκαναλικού αλγόριθμου κωδικοποίησης ήχου. Πολλές εταιρίες σε όλο τον κόσμο προσέφεραν προχωρημένους αλγόριθμους κωδικοποίησης ήχου σε μία προσπάθεια συνεργασίας να προκύψει ένα εύκαμπτο πρότυπο κωδικοποίησης υψηλής ποιότητας.

❖ **Εργαλεία :** Το MPEG-2 AAC πρότυπο απασχολεί τράπεζες φίλτρων υψηλής ανάλυσης, τεχνικές πρόβλεψης και κωδικοποίηση για λιγότερο θόρυβο. Βασίζεται σε πρόσφατους υπολογισμούς και ορισμούς εργαλείων (ή μέτρα), καθένα το οποίο έχει επιλεγεί από ένα αριθμό προτεινόμενων. Τα αυτό-περιεχόμενα εργαλεία (self - contained) περιλαμβάνουν μία προαιρετική προεπεξεργασία, μία τράπεζα φίλτρων, ένα μοντέλο αντίληψης, προσωρινή σχηματοποίηση θορύβου, πολυκαναλική κωδικοποίηση έντασης, πρόβλεψη, M/S στέρεο κωδικοποίηση, κβάντιση, κωδικοποίηση χωρίς θόρυβο και ένα πολυπλέκτη ρεύματος bit (βλ. Σχ. 3.20). Η τράπεζα φίλτρων είναι ένας 1024 γραμμικός τροποποιημένος διακριτός μετασχηματισμός συνημίτονου και το μοντέλο αντίληψης λαμβάνεται από το MPEG-1 (μοντέλο 2). Το εργαλείο προσωρινής σχηματοποίησης θορύβου ελέγχει τη χρονική εξάρτηση από το θόρυβο κβάντισης, την ένταση και M/S κωδικοποίηση και ο δεύτερης τάξης αναδρομικά προσαρμοστικός προβλεπτής βελτιώνει την επάρκεια κωδικοποίησης. Ο προβλεπτής μειώνει το ρυθμό bit για τα μεταγενέστερα δείγματα υποζώνης σε μία δοσμένη υποζώνη και στηρίζει την πρόβλεψη του στο κβαντισμένο φάσμα του προηγούμενου μπλοκ, το οποίο είναι επίσης διαθέσιμο στον αποκωδικοποιητή (απουσία σφαλμάτων καναλιού). Τελικά για κβάντιση και κωδικοποίηση χωρίς θόρυβο, μία επαναληπτική μέθοδος εφαρμόζεται για να διατηρήσει το θόρυβο κβάντισης σε όλες τις κρίσιμες κάτω από το γενικό κατώφλι απόκρυψης.

❖ **Κατατομές:** Για να εξυπηρετήσουμε διαφορετικές ανάγκες, το πρότυπο παρέχει τρεις κατατομές : (α) η κύρια κατατομή προσφέρει την υψηλότερη ποιότητα, (β) η χαμηλής πολυπλοκότητας κατατομή δουλεύει χωρίς πρόβλεψη και (γ) η κλιμακωτού ρυθμού δειγματοληψίας κατατομή προσφέρει τη χαμηλότερη πολυπλοκότητα. Για παράδειγμα, στην κύρια κατατομή η τράπεζα φίλτρων είναι ένας 1024 γραμμικός MDCT με 50% επικάλυψη (μήκος μπλοκ 2048 δείγματα). Η τράπεζα φίλτρων μπορεί να μεταπηδά σε οκτώ 128 γραμμικά MDCT (μήκη μπλοκ 256 δείγματα). Γι' αυτό επιτρέπει μία ανάλυση συχνότητας των 23.43 Hz και μία ανάλυση χρόνου των 2.6 ms (και τα

δύο σε ένα ρυθμό δειγματοληψίας των 48 KHz). Στην περίπτωση ενός μακρού μήκους μπλοκ το σχήμα του παραθύρου μπορεί να ποικίλει δυναμικά ως μία συνάρτηση του σήματος.



-ΣΧΗΜΑ 4.20 ΔΟΜΗ MPEG-2 ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΟΥ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗ ΗΧΟΥ ( AAC )-

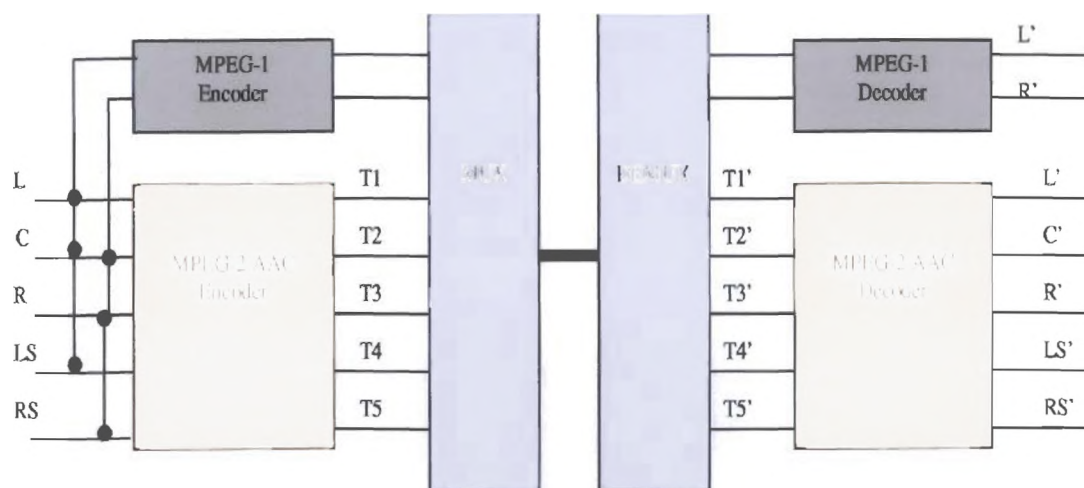
Η χαμηλής πολυπλοκότητας κατατομή δεν απασχολεί προσωρινή σχηματοποίηση θορύβου και πρόβλεψη στο πεδίο του χρόνου (η πρόβλεψη προσθέτει σημαντικά στην πολυπλοκότητα) ενώ στην κατατομή κλιμακωτού ρυθμού δειγματοληψίας χρησιμοποιείται μία υβριδική τράπεζα φίλτρων.

Το MPEG-2 AAC υποστηρίζει μέχρι 46 κανάλια για διάφορες πολυκαναλικές διαμορφώσεις ηχείων και άλλες εφαρμογές. Οι εξ' ορισμού διαμορφώσεις ηχείων είναι το μονοφωνικό κανάλι, το στερεοφωνικό κανάλι και το 5.1 σύστημα (πέντε κανάλια συν LFE κανάλι).

Τα παραπάνω αναφερθέντα επιλεγμένα μέτρα ορίζουν το MPEG-2 AAC πρότυπο ήχου, το οποίο έγινε Διεθνές Πρότυπο τον Απρίλιο του 1997 ως μία επέκταση του MPEG-2 (ISO/MPEG 13818-7). Το πρότυπο προσφέρει υψηλή ποιότητα στους χαμηλότερους δυνατούς ρυθμούς bit μεταξύ 320 και 384 kb/sec για πέντε κανάλια.

### ΑΝΑΔΡΟΜΙΚΗ ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ ΜΕΣΩ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ

[6] Αν οι ρυθμοί των bit δεν μας απασχολούν ιδιαίτερα, μία μετάδοση simulcast μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όπου ένα πλήρες MPEG-1 ρεύμα bit πολυπλέκεται με ένα πλήρες μη αναδρομικά συμβατό πολυκαναλικό ρεύμα για να υποστηρίξει συμβατότητα προς τα πίσω χωρίς τεχνικές πινακοποίησης (Σχ.4.17).



-ΣΧΗΜΑ 4.17 ΑΝΑΔΡΟΜΙΚΑ ΣΥΜΒΑΤΗ MPEG-2 ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ (SIMULCAST MODE)-

#### 4.11 MPEG-4 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ

##### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι δραστηριότητες μέσα στο MPEG-4 στοχεύουν σε προτάσεις για ένα ευρύ πεδίο δραστηριοτήτων συμπεριλαμβανομένου τα πολυμέσα. Το MPEG-7 δεν καλύπτει κωδικοποίηση. Η επιτυχία του είναι περισσότερο να προσδιορίσει μία πρότυπη περιγραφή διαφόρων ειδών πληροφορίας πολυμέσων. Μία συνηθισμένη εφαρμογή θα είναι η έρευνα για οπτικό, γραφικό ή ηχητικό υλικό με την έννοια των σημερινών μηχανισμών εύρεσης με βάση κείμενο στο παγκόσμιο δίκτυο World Wide Web). Το MPEG-4 θα προσφέρει υψηλότερους ρυθμούς συμπίεσης και θα συγχωνεύσει όλη την περιοχή ήχου, από την υψηλής πιστότητας κωδικοποίηση ήχου και την κωδικοποίηση ομιλίας μέχρι τη συνθετική ομιλία και τον συνθετικό ήχο, υποστηρίζοντας εφαρμογές από ηχητικά συστήματα υψηλής πιστότητας μέχρι τα κινητής πρόσβασης τερματικά πολυμέσων. Για να αναπαραστήσουμε, να ολοκληρώσουμε και να ανταλλάξουμε κομμάτια οπτικοακουστικής πληροφορίας. Το MPEG-4 προσφέρει πρότυπα εργαλεία τα οποία μπορούν να συνδυαστούν για να ικανοποιήσουν συγκεκριμένες απαιτήσεις του χρήστη. Ένας αριθμός τέτοιων διαμορφώσεων μπορεί να προτυποποιηθεί. Μία συντακτική περιγραφή θα χρησιμοποιηθεί για να μεταβιβάζει σε ένα αποκωδικοποιητή την επιλογή των εργαλείων που φτιάχτηκαν από τον κωδικοποιητή. Αυτή η περιγραφή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει νέους αλγόριθμους και να κατεβάσει τη διαμόρφωση τους στον επεξεργαστή αποκωδικοποίησης για εκτέλεση.

Το σημερινό σύνολο εργαλείων υποστηρίζει συμπίεση ήχου και ομιλίας σε μονοφωνικούς ρυθμούς bit που εκτείνονται από 2 μέχρι 64 kb/sec. Χρησιμοποιούνται τρεις κεντρικοί κωδικοποιητές:

- Ένα παραμετρικό σχήμα κωδικοποίησης για κωδικοποίηση ομιλίας σε χαμηλούς ρυθμούς bit (2 μέχρι 10 kb/sec).
- Ένα ανάλυση από σύνθεση σχήμα κωδικοποίησης για μεσαίους ρυθμούς bit (6 μέχρι 16 kb/sec).
- Ένα σχήμα κωδικοποίησης βασισμένο σε μετασχηματισμό υποζώνης για ρυθμούς bit κάτω από 64 kb/sec.

Οι τρεις κεντρικοί κωδικοποιητές έχουν ολοκληρωθεί σε ένα αποκαλούμενο μοντέλο πιστοποίησης, το οποίο περιγράφει τις λειτουργίες των κωδικοποιητών και αποκωδικοποιητών και το οποίο χρησιμοποιείται για να διεκπεραιώσει προσομοιώσεις και εξιδανικεύσεις. Στο τέλος, το μοντέλο πιστοποίησης θα είναι προσωποποίηση του προτύπου.

Επίσης σημειώστε ότι το MPEG-4 θα προσφέρει νέες λειτουργικότητες όπως αλλαγές κλίμακας χρόνου έλεγχου τόνου φωνής (pitch), επεξεργασσιμότητα, πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων και ικανότητα για κλιμάκωση, η οποία επιτρέπει σε έναν να αφαιρέσει από το μεταδιδόμενο ρεύμα bit ένα υποσύνολο αρκετό για να ενεργοποιήσει ηχητικά σήματα με χαμηλότερο εύρος ζώνης και/ή χαμηλότερη ποιότητα ανάλογα με τη χωρητικότητα του καναλιού ή την πολυπλοκότητα του αποκωδικοποιητή.

### ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ MPEG-4

[7] Γενικά το πρότυπο MPEG-4 θα παρέχει ένα σύνολο τεχνολογιών, ώστε να ικανοποιήσει τις ανάγκες των συγγραφέων, των παροχών υπηρεσιών και των χρηστών κατά τον ίδιο τρόπο.

▫ Για τους συγγραφείς, το MPEG-4 θα καταστήσει δυνατή την παραγωγή περιεχομένου, το οποίο έχει πολύ μεγαλύτερη ικανότητα επαναχρησιμοποίησης, έχει μεγαλύτερη ευελιξία από ότι είναι δυνατό σήμερα με ανεξάρτητες τεχνολογίες όπως ψηφιακή τηλεόραση, κινούμενα γραφικά, σελίδες διαδικτύου (*www*) και οι επεκτάσεις τους. Επίσης, θα είναι δυνατό να διαχειρίζονται και να προστατεύουν καλύτερα τα περιεχόμενα ιδιοκτησίας δικαιωμάτων.

▫ Για τους παροχείς υπηρεσιών δικτύων το MPEG-4 θα προσφέρει πεντακάθαρη πληροφορία, η οποία θα μεταφράζεται και θα ερμηνεύεται στα κατάλληλα γηγενή μηνύματα σηματοδότησης καθενός δικτύου με τη βοήθεια σχετικών πρότυπων σωμάτων. Ωστόσο το προηγούμενο δεν περιλαμβάνει θέματα της Ποιότητας των Υπηρεσιών, για τις οποίες θα παρέχει ένα γενικό περιγραφέα Ποιότητας Υπηρεσιών για διαφορετικά MPEG-4 μέσα. Οι ακριβείς μεταφράσεις από το σύνολο παραμέτρων Ποιότητας Υπηρεσιών για κάθε μέσο στο δίκτυο είναι πέρα από το σκοπό του MPEG-4 και αφήνονται να οριστούν από τους παροχείς δικτύου.

▫ Για τους τελικούς χρήστες, το MPEG-4 θα επιτρέψει πολλές λειτουργίες οι οποίες μπορούν δυναμικά να προσπελαστούν σε ένα μονό συμπαγές τερματικό και σε υψηλότερα επίπεδα αλληλεπίδρασης με περιεχόμενο, μέσα στα όρια που ορίζονται από το συγγραφέα. Υπάρχει ένα κείμενο με εφαρμογές MPEG-4, το οποίο περιγράφει πολλές εφαρμογές τελικού χρήστη συμπεριλαμβανομένου, μεταξύ άλλων, επικοινωνίες σε πραγματικό χρόνο, επιτήρηση και κινητά πολυμέσα.

Το MPEG-4 επιπυγχάνει τους στόχους του παρέχοντας τυποποιημένους τρόπους για να:

1. Αναπαραστήσει μονάδες ακουστικού, οπτικού ή οπτικοακουστικού περιεχομένου, οι οποίες καλούνται «αντικείμενα μέσων» ("media objects"). Αυτά τα αντικείμενα μέσων μπορούν να είναι φυσικής ή συνθετικής προέλευσης. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να καταγραφούν με μία κάμερα ή μικρόφωνο, ή να δημιουργηθούν με ένα υπολογιστή.
2. Περιγράψει τη σύνθεση αυτών των αντικειμένων ώστε να δημιουργήσει σύνθετα αντικείμενα μέσων τα οποία σχηματίζουν οπτικοακουστικά σχήματα.
3. Πολυπλέξει και να συγχρονίσει τα δεδομένα που σχετίζονται με τα αντικείμενα μέσων, έτσι ώστε να μπορούν να μεταδοθούν μέσα από κανάλια δικτύων παρέχοντας μία Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS) κατάλληλη για τη φύση των συγκεκριμένων αντικειμένων μέσων.
4. Αλληλεπιδρά με το οπτικοακουστικό σχήμα που δημιουργείται στο τέλος του δέκτη.

**ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΜΕΣΟΥ**

γ) Τα οπτικοακουστικά σχήματα συνθέτονται από πολλά αντικείμενα μέσων, τα οποία είναι οργανωμένα με ιεραρχικό τρόπο. Στα φύλλα της ιεραρχίας, βρίσκουμε τα πρωταρχικά αντικείμενα μέσων όπως:

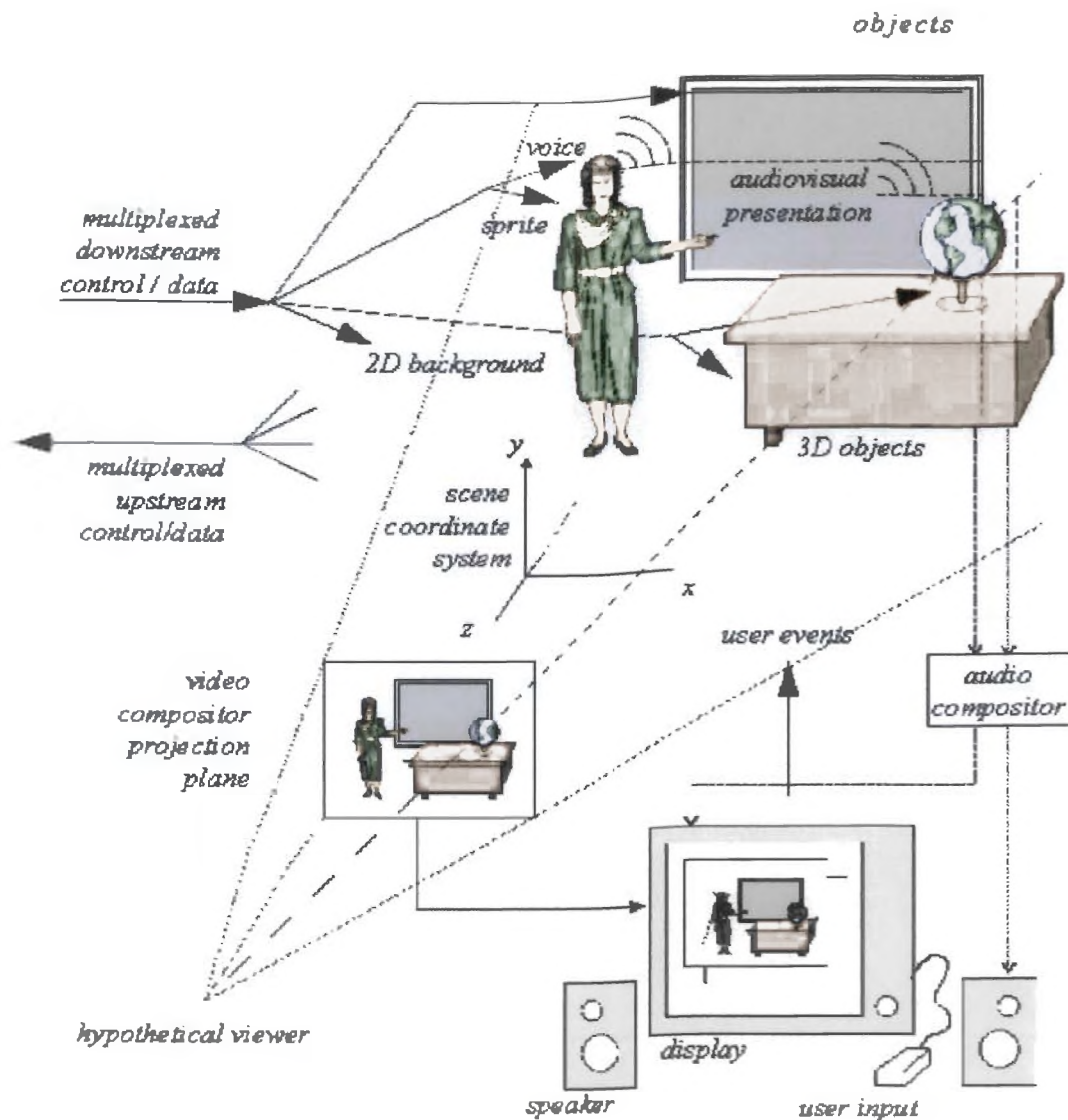
- Ακίνητες εικόνες (π.χ. σταθεροποιημένο φόντο).
- Οπτικά αντικείμενα (π.χ. ένα άτομο που μιλάει - χωρίς το «βάθος»).
- Ακουστικά αντικείμενα (π.χ. η φωνή που σχετίζεται με ένα άτομο).

Το MPEG τυποποιεί ένα αριθμό τέτοιων πρωταρχικών αντικειμένων μέσων, ικανών να αναπαραστήσουν και φυσικού και συνθετικού περιεχομένου είδη, τα οποία μπορούν να είναι είτε δύο ή τριών διαστάσεων. Επιπλέον από τα αντικείμενα μέσων που αναφέρθηκαν παραπάνω και φαίνονται στο σχήμα 4.18, το MPEG-4 ορίζει την κωδικοποιημένη αναπαράσταση αντικειμένων όπως:

- ◆ Κείμενο και γραφικά.
- ◆ Ομιλούν τα συνθετικά κεφάλια και συσχετισμένα κείμενα που χρησιμοποιούνται να συνθέσουν την ομιλία και να κινήσουν το κεφάλι.
- ◆ Συνθετικός ήχος.

Ένα αντικείμενο μέσου στην κωδικοποιημένη του μορφή αποτελείται από περιγραφικά στοιχεία τα οποία επιτρέπουν να χειριζόμαστε το αντικείμενο σε ένα οπτικοακουστικό σχήμα εξίσου καλά από τα σχετικά δεδομένα ρεύματος, εάν χρειαστεί. Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι στην κωδικοποιημένη του μορφή, κάθε αντικείμενο μέσου μπορεί να αναπαρασταθεί ανεξάρτητο από ότι το περιβάλλει ή το φόντο-βάθος.

Η κωδικοποιημένη αναπαράσταση των αντικειμένων μέσου είναι τόσο επαρκής όσο είναι δυνατό ενώ λαμβάνουμε υπόψη τις επιθυμητές λειτουργικότητες. Παραδείγματα τέτοιων λειτουργικότητων είναι η αντοχή σε σφάλματα, η εύκολη εξαγωγή και επεξεργασία ενός αντικειμένου, ή να έχουμε ένα αντικείμενο διαθέσιμο σε μία κλιμακούμενη μορφή.



ΣΧΗΜΑ 4.18 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΝΟΣ MPEG-4 ΣΚΗΝΙΚΟΥ.

## ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΜΕΣΟΥ

Το σχήμα 4.18 δίνει ένα παράδειγμα που φωτίζει τον τρόπο κατά τον οποίο ένα οπτικοακουστικό σκηνικό σε MPEG-4 περιγράφεται καθώς συνθέτεται από ανεξάρτητα αντικείμενα. Το σχήμα περιέχει σύνθετα αντικείμενα μέσω των οποίων μαζί σχηματίζουν πρωταρχικά αντικείμενα μέσω των οποίων αντιστοιχούν σε φύλλα στο περιγραφικό δένδρο ενώ τα σύνθετα αντικείμενα μέσω των οποίων περιστοιχίζουν ολόκληρα υποδένδρα. Ως ένα παράδειγμα: το οπτικό αντικείμενο που αντιστοιχεί στο άτομο που μιλάει και η αντίστοιχη φωνή είναι δεμένα μαζί για να σχηματίσουν ένα νέο σύνθετο αντικείμενο μέσου, περιέχοντας και τα ακουστικά και τα οπτικά συστατικά ενός ατόμου που μιλάει.

Μια τέτοια ομαδοποίηση επιτρέπει στους συγγραφείς να κατασκευάσουν σύνθετα σχήματα και καθιστά δυνατόν οι καταναλωτές να μεταχειρίζονται (σύνολα από) αντικείμενα τα οποία έχουν νόημα.

Πιο γενικά, το MPEG-4 παρέχει ένα τυποποιημένο τρόπο για να περιγραφεί ένα σκηνικό, επιτρέποντας για παράδειγμα να:

- ❖ Τοποθετήσουμε αντικείμενα μέσω οπουδήποτε μέσα σε ένα δοσμένο σύστημα συντεταγμένων.
- ❖ Εφαρμόζουμε μετασχηματισμούς για να αλλάξουμε τη γεωμετρική ή ακουστική εμφάνιση ενός αντικειμένου μέσου.
- ❖ Ομαδοποιήσουμε πρωταρχικά αντικείμενα μέσω για να σχηματίσουμε σύνθετα αντικείμενα μέσω.
- ❖ Εφαρμόσουμε δεδομένα ρεύματος σε αντικείμενα μέσω για να τροποποιήσουμε τις ιδιότητες τους (π.χ. κινούμενη υφή που ανήκει σε ένα αντικείμενο, παράμετροι κίνησης να ζωντανεύουν ένα κινούμενο κεφάλι).
- ❖ Αλλάζουμε, με αλληλεπίδραση, τα σημεία θέασης και ακοής του χρήστη οπουδήποτε μέσα στο σκηνικό.

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΑΤΕΥΘΗΝΟΜΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΜΕΣΟΥ

Τα αντικείμενα μέσω μπορούν να βασίζονται σε δεδομένα ρεύματος τα οποία μεταφέρονται σε ένα ή περισσότερα στοιχειώδη ρεύματα. Όλα τα ρεύματα που ενώνονται προς ένα αντικείμενο μέσου αναγνωρίζονται από ένα περιγραφέα αντικειμένων. Αυτό επιτρέπει να χειριζόμαστε ιεραρχικά κωδικοποιημένα δεδομένα τόσο καλά όσο η και ένωση της μετά πληροφορίας γύρω από το περιεχόμενο (object content information) και των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας που σχετίζονται με αυτά.

Κάθε ρεύμα χαρακτηρίζεται από μόνο του από ένα σύνολο από περιγραφείς που μεταφέρουν πληροφορία διαμόρφωσης (configuration information), π.χ. να αποφασιστούν οι απαιτούμενοι πόροι του αποκωδικοποιητή και η ακρίβεια της κωδικοποιημένης χρονικής πληροφορίας. Επιπλέον οι περιγραφείς μπορούν να μεταφέρουν υποδείξεις στην Ποιότητα της Υπηρεσίας που ζητά για μετάδοση (π.χ. μέγιστος ρυθμός bit, ρυθμός bit σφάλματος, προτεραιότητα κλπ).

Ο συγχρονισμός των βασικών ρευμάτων επιτυγχάνεται μέσω χρονικού μαρκαρίσματος από μονάδες ανεξάρτητης προσπέλασης μέσα στα βασικά ρεύματα. Η αναγνώριση τέτοιων μονάδων προσπέλασης και το χρονικό μαρκαρίσμα επιτυγχάνονται από το στρώμα συγχρονισμού. Ανεξάρτητο από το είδος του μέσου, αυτό το στρώμα επιτρέπει αναγνώριση των μονάδων προσπέλασης (π.χ., οπτικά ή ακουστικά πλαίσια, εντολές περιγραφής σκηνικού) στα βασικά ρεύματα, ανάκτηση του αντικειμένου μέσου ή περιγραφής του σκηνικού με βάση το χρόνο και καθιστά δυνατό το συγχρονισμό μεταξύ τους. Η σύνταξη αυτού του στρώματος είναι διαμορφώσιμη με πάρα πολλούς τρόπους, επιτρέποντας τη χρήση σε ένα ευρύ φάσμα συστημάτων.

### ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΕΥΘΗΝΟΜΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

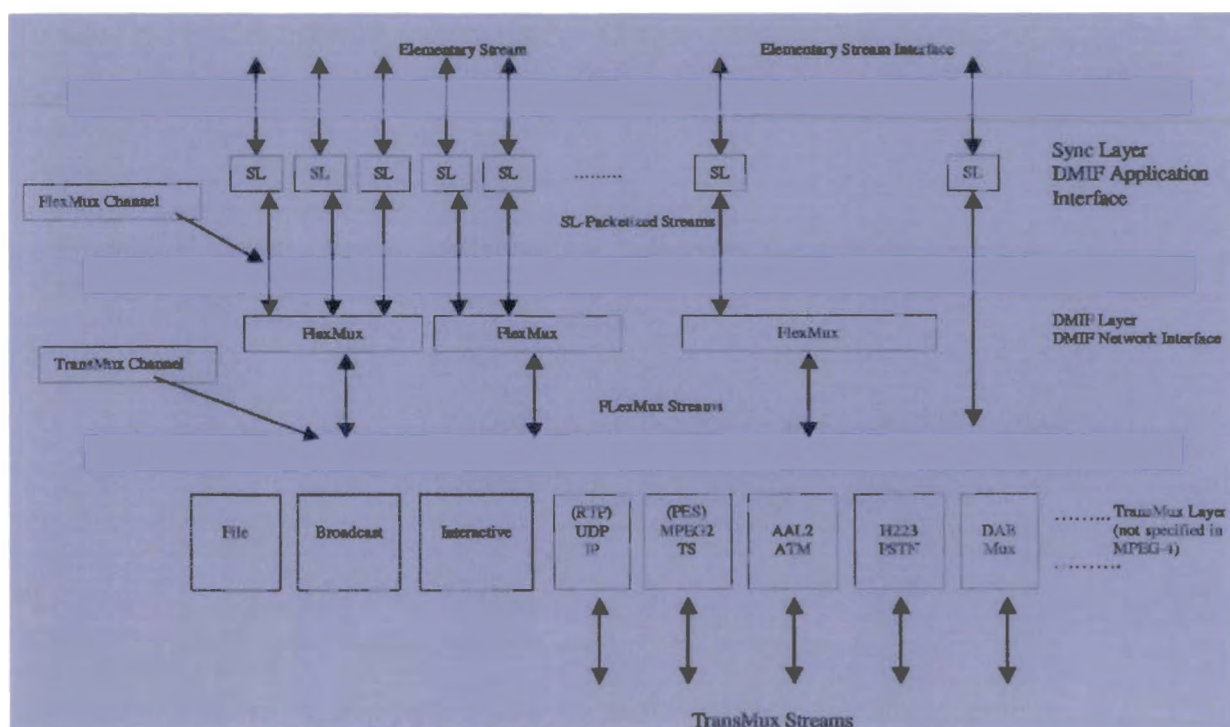
Η συγχρονισμένη παράδοση της πληροφορίας ρεύματος από την πηγή στον προορισμό, εκμεταλλευόμενη διαφορετικές Ποιότητες της Υπηρεσίας όπως διατίθενται από το δίκτυο, καθορίζεται με όρους του προαναφερθέντος στρώματος συγχρονισμού και ενός στρώματος παράδοσης που περιέχει ένα πολυπλέκτη δύο στρωμάτων, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.19. Αυτός ο πολυπλέκτης μπορεί να ενσωματωθεί από το ορισμένο από την MPEG εργαλείο FlexMux, το οποίο επιτρέπει ομαδοποίηση των Βασικών Ρευμάτων (ES) με μία χαμηλή επιβάρυνση πολυπλεξίας. Η πολυπλεξία σε αυτό το στρώμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παράδειγμα να ομαδοποιήσει Βασικά Ρεύματα με παρόμοιες απαιτήσεις Ποιότητας Υπηρεσιών, να μειώσει τον αριθμό των συνδέσεων του δικτύου ή να τελειώσει την καθυστέρηση.

Το στρώμα "TrunMux" (Transport Multiplexing) στο σχήμα 4.19 μοντελοποιεί το στρώμα που προσφέρει υπηρεσίας μεταφοράς οι οποίες ταιριάζουν με τους απαιτούμενες Ποιότητες

Υπηρεσιών. Μόνο η διεπαφή σε αυτό το στρώμα ορίζεται στο MPEG-4 ενώ η συγκεκριμένη απεικόνιση των πακέτων δεδομένων και η σηματοδότηση ελέγχου πρέπει να γίνουν σε συνεργασία με τα σώματα που έχουν δικαιοδοσία πάνω στο αντίστοιχο πρωτόκολλο μεταφοράς.

Οποιοδήποτε κατάλληλο υπάρχον πρωτόκολλο μεταφοράς σωρού όπως (RTP)/UDP/IP,(AAL5)/ATM, ή το Ρεύμα Μεταφοράς του MPEG-2 πάνω σε ένα κατάλληλο στρώμα συνδέσμου, μπορούν να γίνουν ένα ειδικό TransMux περιστατικό. Η επιλογή αφήνεται στον τελικό χρήστη/παροχέα υπηρεσιών και επιτρέπει το MPEG-4 να χρησιμοποιείται σε μία μεγάλη ποικιλία από λειτουργικά περιβάλλοντα.

Η χρήση του εργαλείου πολυπλεξίας FlexMux είναι προαιρετική και όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.19, αυτό το στρώμα μπορεί να είναι άδειο αν το υποκείμενο περιστατικό TransMux παρέχει όλη την απαιτούμενη λειτουργικότητα.



ΣΧΗΜΑ 4.19 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ MPEG-4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ-

Το στρώμα συγχρονισμού πάντως είναι πάντα παρών. Με βάση το σχήμα 4.19, μπορεί να είναι δυνατό να:

1. Αναγνωρίσουμε μονάδες προσπέλασης ,χρονικές σφραγίδες μεταφοράς και πληροφορία σχετική με το ρολόι και να αναγνωρίσουμε απώλεια δεδομένων.
2. Προαιρετικά να εμφωλιάζουμε δεδομένα από διαφορετικά βασικά ρεύματα μέσα σε ρεύματα FlexMux.
3. Να μεταβιβάζουμε πληροφορία ελέγχου για να:
  - Υποδείξουμε την απαιτούμενη Ποιότητα Υπηρεσίας για κάθε βασικό ρεύμα και για ρεύμα FlexMux.
  - Μεταφράσουμε τέτοιες απαιτήσεις Ποιότητας Υπηρεσιών σε πραγματικούς πόρους του δικτύου.
  - Ενώσουμε βασικά ρεύματα σε αντικείμενα μέσων.
  - Μεταφέρουμε την απεικόνιση των βασικών ρευμάτων σε κανάλια FlexMux και TransMux.



**ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΜΕΣΩΝ**

[7] Γενικά, ο χρήστης παρατηρεί ένα σκηνικό το οποίο έχει συντεθεί ακολουθώντας τη σχεδίαση του συγγραφέα του σκηνικού. Εξαρτώμενος στο βαθμό ελευθερίας που επιτρέπεται από το συγγραφέα, πάντως, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αλληλεπιδράσει με το σκηνικό. Οι λειτουργίες που μπορεί να επιτραπεί να εκτελέσει ένας χρήστης περιλαμβάνουν:

- Αλλαγή του σημείου θέασης/ακοής του σκηνικού, π.χ. με καθοδήγηση διαμέσου ενός σκηνικού.
- Τράβηγμα αντικειμένων του σκηνικού σε μία διαφορετική θέση.
- Σκανδαλισμό ενός χείμαρρου από γεγονότα κάνοντας «κλικ» σε ένα συγκεκριμένο αντικείμενο, π.χ. ξεκίνημα ή σταμάτημα ενός οπτικού ρεύματος.
- Επιλογή της επιθυμητής γλώσσας όταν είναι διαθέσιμες πολλές γλώσσες.
- Σκανδαλισμό πιο πολύπλοκων ειδών συμπεριφοράς, π.χ. ένα εικονικό τηλέφωνο κτυπά, ο χρήστης απαντά και εγκαθίσταται ένας δεσμός επικοινωνίας.

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑ' ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΗΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΗΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ**

[7] Είναι σημαντικό να έχουμε τη δυνατότητα να αναγνωρίζουμε την πνευματική ιδιοκτησία που κωδικοποιείται σε MPEG-4 αντικείμενα μέσων. Επομένως, το MPEG εργάζεται με αντιπροσώπους διαφορετικών βιομηχανιών ανάπτυξης στον ορισμό της σύνταξης και των εργαλείων για να υποστηρίξουν αυτό το στόχο. Μία πλήρης ανάπτυξη των απαιτήσεων για την αναγνώριση της πνευματικής ιδιοκτησίας μπορεί να βρεθεί στο 'Management and Protection of Intellectual Property in MPEG-4', το οποίο είναι διαθέσιμο από την επίσημη σελίδα του MPEG.

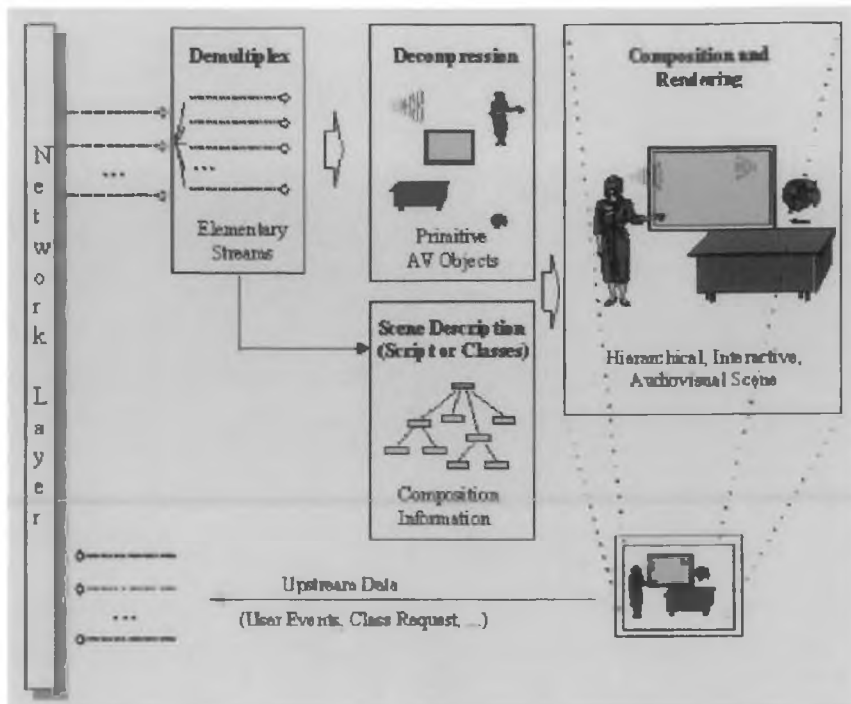
Το MPEG-4 συγχωνεύει την αναγνώριση της πνευματικής ιδιοκτησίας αποθηκεύοντας μοναδικούς αναγνωριστές, οι οποίοι προέρχονται από διεθνή συστήματα αρίθμησης (π.χ. ISAN, ISRC, κλπ). Αυτοί οι αριθμοί μπορούν να εφαρμοσθούν για να αναγνωρίσουν ένα προσωρινό χρήστη που κρατά τα δικαιώματα ενός αντικειμένου μέσου. Αφού δεν αναγνωρίζεται όλο το περιεχόμενο από ένα τέτοιο αριθμό, η έκδοση 1 του MPEG-4 προσφέρει τη δυνατότητα να αναγνωρίσουμε την πνευματική ιδιοκτησία από ένα δίτημο κλειδί. Επίσης, το MPEG-4 προσφέρει στα άτομα που θέλουν να χρησιμοποιήσουν συστήματα που ελέγχουν την πρόσβαση στην πνευματική ιδιοκτησία, μία τυποποιημένη διεπαφή η οποία ολοκληρώνεται σφικτά στο στρώμα Συστημάτων. Με αυτή τη διεπαφή, ιδιότητα συστήματα ελέγχου μπορούν εύκολα να συγχωνευτούν με το τυποποιημένο μέρος του αποκωδικοποιητή.

**4.12 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ MPEG-4**

[7] Τα ρεύματα που έρχονται από το δίκτυο (ή μία συσκευή αποθήκευσης) ως TransMux Ρεύματα αποπλέκονται σε FlexMux Ρεύματα και περνούν σε κατάλληλους FlexMux αποπλέκτες οι οποίοι επαναφέρουν τα Βασικά Ρεύματα. Τα Βασικά Ρεύματα αναλύονται και περνούν στους κατάλληλους αποκωδικοποιητές. Η αποκωδικοποίηση επαναφέρει τα δεδομένα σε ένα AV αντικείμενο από την κωδικοποιημένη του μορφή και εκτελεί τις απαραίτητες λειτουργίες για να ανοικοδομήσει το αρχικό AV αντικείμενο, έτοιμο για παράδοση στην κατάλληλη συσκευή. Τα ακουστικά αντικείμενα αναπαρίστανται στην κωδικοποιημένη τους μορφή. Τα ανοικοδομημένα AV αντικείμενο γίνεται διαθέσιμο στο στρώμα σύνθεσης για ενδεχόμενη χρήση κατά τη διάρκεια παράδοσης του σκηνικού.

Τα αποκωδικοποιημένα AVO, μαζί με την πληροφορία περιγραφής του σκηνικού, χρησιμοποιούνται για να συνθέσουν το σκηνικό όπως περιγράφεται από το συγγραφέα. Ο χρήστης μπορεί,

στο σημείο που επιτρέπεται από το συγγραφέα, να αλληλεπιδράσει με το σκηνικό το οποίο τελικά παραδίδεται και παρουσιάζεται.



-ΣΧΗΜΑ 4.20 ΚΥΡΙΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΕΝΟΣ MPEG-4 ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ(ΠΛΕΥΡΑ ΔΕΚΤΗ)-

## DMIF

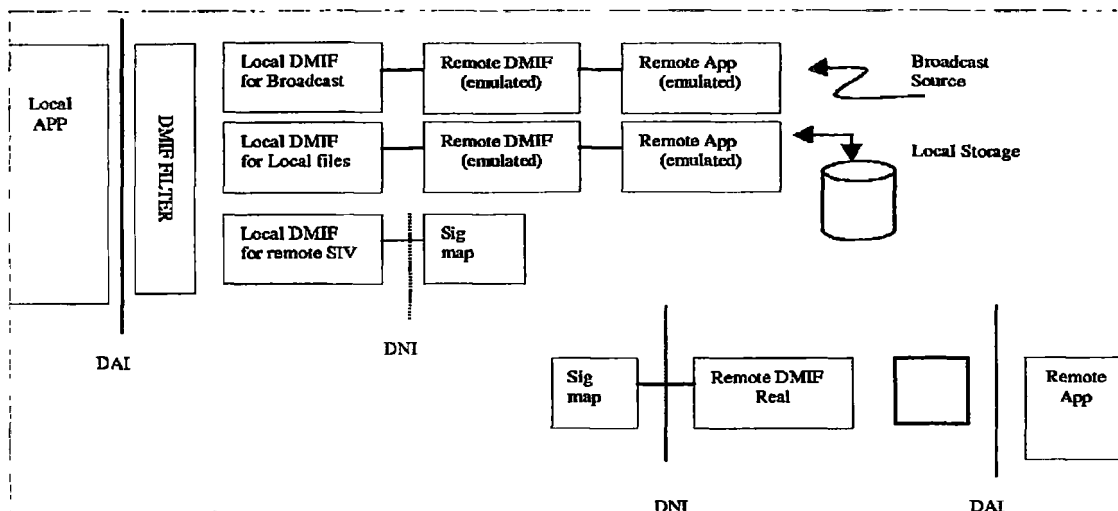
Το DMIF (Delivery Multimedia Integration Framework) είναι ένα πρωτόκολλο συνεδρίασης για τη διαχείριση των πολυμέσων ρεύματος πάνω σε γενικές τεχνολογίες παράδοσης. Γενικά είναι όμοιο με το FTP. Η μόνη (αλλά βασική) διαφορά είναι ότι το FTP επιστρέφει δεδομένα, ενώ το DMIF επιστρέφει δείκτες που δείχνουν που να πάρουμε τα δεδομένα (ρεύματος).

Όταν το FTP εκτελείται, η πρώτη πράξη που πραγματοποιεί είναι η εγκατάσταση μίας «συνεδρίασης» με την απομακρυσμένη πλευρά. Αργότερα, τα αρχεία επιλέγονται και το FTP στέλνει μία αίτηση για να κατέβουν, το FTP ομότιμα θα επιστρέψει τα αρχεία σε μία ξεχωριστή σύνδεση.

Ομοίως, όταν το DMIF εκτελείται, η πρώτη πράξη που πραγματοποιεί είναι η εγκατάσταση μιας συνεδρίασης με την απομακρυσμένη πλευρά. Αργότερα, τα ρεύματα επιλέγονται και το DMIF στέλνει μία αίτηση για να καθοδηγηθούν, το DMIF ομότιμα θα επιστρέψει τους δείκτες στις συνδέσεις όπου τα ρεύματα θα καθοδηγηθούν (και εγκαθιστούν τη σύνδεση από μόνα τους). Συγκρινόμενο με το FTP, το DMIF είναι και δομή και πρωτόκολλο. Η λειτουργικότητα που παρέχεται από το DMIF εκφράζεται από μία διεπαφή που καλείται DAI (DMIF-Application Interface) και μεταφράζεται σε μηνύματα πρωτοκόλλου. Αυτά τα μηνύματα πρωτοκόλλου μπορούν να διαφέρουν ανάλογα με το δίκτυο στο οποίο λειτουργούν.

Η Ποιότητα της Υπηρεσίας λαμβάνεται υπόψη στη σχεδίαση DMIF, και το DAI επιτρέπει στον DMIF χρήστη να προσδιορίσει τις απαιτήσεις για το επιθυμητό ρεύμα. Τότε εξαρτάται από την υλοποίηση του DMIF να διασφαλίσουμε ότι οι απαιτήσεις ικανοποιούνται. Ο ορισμός του DMIF παρέχει υποδείξεις για το πώς θα εκτελέσουμε τέτοιες εφαρμογές σε μερικά είδη δικτύου (συμπεριλαμβανομένου το Internet). Το DAI επίσης χρησιμοποιείται για προσπέλαση υλικού εκπομπής και τοπικών αρχείων, αυτό σημαίνει ότι μια μονή, ενιαία διεπαφή καθορίζεται για να προσπελάσουμε περιεχόμενα πολυμέσων ή μια πληθώρα από τεχνολογίες παράδοσης. Ως συνέπεια, είναι πρόπον να τονίσουμε ότι η δομή ολοκλήρωσης του DMIF καλύπτει τρεις κύριες

τεχνολογίες, την αλληλοεπιδρωμένη τεχνολογία δικτύου, την τεχνολογία εκπομπής και την τεχνολογία δίσκου όπως φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



-ΣΧΗΜΑ 4.22 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ DMIF ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ-

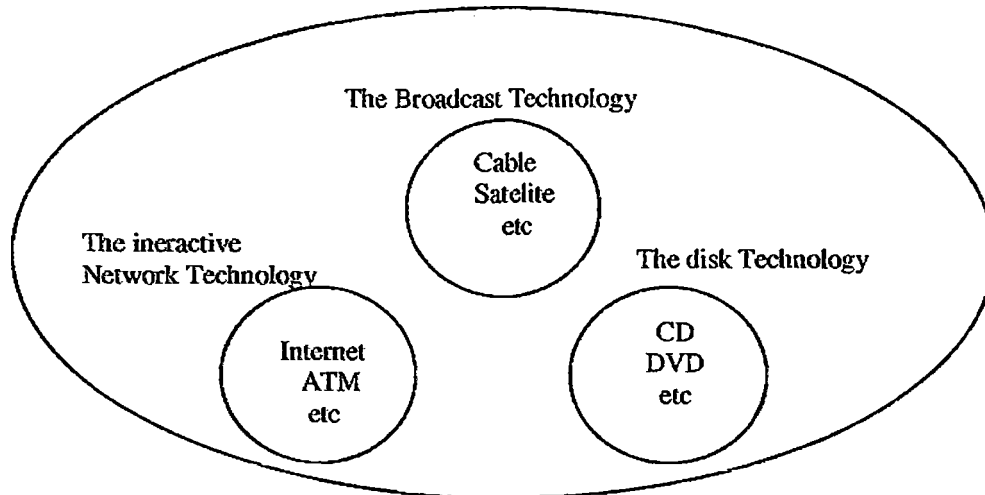
Όσον αφορά τα σενάρια της Εκπομπής και Τοπικής Αποθήκευσης, υποτίθεται ότι η (προσομοιωμένη) Απομακρυσμένη εφαρμογή έχει λάβει γνώση για το πώς τα δεδομένα παραδίδονται/ αποθηκεύονται. Αυτό υπονοεί γνώση του είδους της εφαρμογής με την οποία σχετίζονται. Στην περίπτωση του MPEG-4, αυτό πρακτικά εννοεί γνώση των ιδεών όπως την ταυτότητα (ID) του Βασικού Ρεύματος, τον Πρώτο Περιγραφέα Αντικειμένων, το Όνομα Υπηρεσίας. Έτσι, ενώ το Στρώμα DMIF δεν γνωρίζει την εφαρμογή στην οποία παρέχει υποστήριξη, στην ιδιαίτερη περίπτωση των DMIF περιστατικών για Εκπομπή και Τοπική Αποθήκευση αυτή η υπόθεση δεν είναι εντελώς σωστή, εξαιτίας της παρουσίας της (προσομοιωμένης) Απομακρυσμένης Εφαρμογής (η οποία, από την πλευρά της Τοπικής Εφαρμογής, είναι ακόμα μέρος του DMIF Στρώματος). Είναι αξιοσημείωτο ότι αφού η (προσομοιωμένη) Απομακρυσμένη Εφαρμογή έχει λάβει γνώση για το πώς τα δεδομένα παραδίδονται / αποθηκεύονται, ο προσδιορισμός του πώς τα δεδομένα παραδίδονται / αποθηκεύονται είναι κρίσιμος για μία τέτοια DMIF υλοποίηση, η οποία είναι επομένως η «MPEG-4 ενημέρωση συστήματος».

Όταν αντιθέτως λαμβάνουμε υπόψη το σενάριο της Απομακρυσμένης Αλληλεπίδρασης, το DMIF Στρώμα είναι εντελώς ανενήμερο για την εφαρμογή. Μια επιπρόσθετη διεπαφή- η DMIF Διεπαφή Δικτύου (DNI Network Interface)- εισάγεται για να δώσει έμφαση του είδους της πληροφορίας των DMIF ζευγών που πρέπει να ανταλλάξουν. Ένα επιπρόσθετο μέτρο (η «Απεικόνιση Σηματοδότησης» - Signaling mapping - στο σχήμα) φροντίζει για την απεικόνιση των πρωτόγονων DNI σε μηνύματα σηματοδότησης που χρησιμοποιούνται στο συγκεκριμένο δίκτυο. Σημειώστε ότι τα πρωτόγονα DNI καθορίζονται μόνο για σκοπούς πληροφορίας, και δεν χρειάζεται να είναι παρών μια διεπαφή DNI σε μία πραγματική εφαρμογή. Αντιθέτως, η σύνταξη των μηνυμάτων που ακολουθούν στο Δίκτυο προσδιορίζεται πλήρως για κάθε συγκεκριμένο δίκτυο που υποστηρίζεται.

Το DMIF επιτρέπει την ταυτόχρονη παρουσία ενός ή περισσότερων DMIF περιστατικών, καθένα προσδιορισμένο για μία συγκεκριμένη τεχνολογία παράδοσης, για να υποστηρίξουμε στις ίδιες πολλαπλές τεχνολογίες παράδοσης τερματικού και ζυγά πολλαπλά σενάρια (εκπομπή, τοπική αποθήκευση, απομακρυσμένη αλληλεπίδραση). Πολλαπλές τεχνολογίες παράδοσης μπορούν να ενεργοποιηθούν από την ίδια εφαρμογή, επομένως αυτές θα μπορούσαν να διαχειρίζονται μεμονωμένα τα δεδομένα που στέλνονται από δίκτυα εκπομπής, τοπικά συστήματα αρχείων και απομακρυσμένα ταίρια που αλληλεπιδρούν.

## DMIF

### The multimedia content delivery integration framework



**-ΣΧΗΜΑ 4.21 ΤΟ DMIF ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΕΙ ΤΗΝ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ ΤΡΙΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ-**

Η DMIF αρχιτεκτονική είναι τέτοια που εφαρμογές οι οποίες στηρίζονται στο DMIF για επικοινωνία δεν έχουν να ανησυχούν με την υποκείμενη μέθοδο επικοινωνίας. Η υλοποίηση του DMIF φροντίζει για τις λεπτομέρειες της τεχνολογίας παράδοσης παρουσιάζοντας μια απλή διεπαφή στην εφαρμογή. Το σχήμα 4.21 αναπαριστά την παραπάνω αντίληψη. Μία εφαρμογή προσπελαύνει δεδομένα διαμέσου της DMIF-Εφαρμογή Διεπαφής (Application Interface), ανεξαρτήτως εάν αυτά τα δεδομένα προέρχονται από μία πηγή εκπομπής, από μία τοπική αποθήκευση ή από ένα απομακρυσμένο επόπτη (server). Σε όλα τα σενάρια η Τοπική Εφαρμογή αλληλεπιδρά μόνο διαμέσου μιας ενιαίας διεπαφής (DAI).

Τα διαφορετικά DMIF περιστατικά τότε θα μεταφράσουν τις αιτήσεις της Τοπικής Εφαρμογής σε καθορισμένα μηνύματα για να παραδοθούν στην Απομακρυσμένη Εφαρμογή, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιομορφίες της εμπλεκόμενης τεχνολογίας παράδοσης. Ομοίως, τα δεδομένα που φτάνουν στο τερματικό (από απομακρυσμένους επόπτες, δίκτυα εκπομπής ή τοπικά αρχεία) ομοιόμορφα παραδίνονται στην Τοπική Εφαρμογή διαμέσου του DAI.

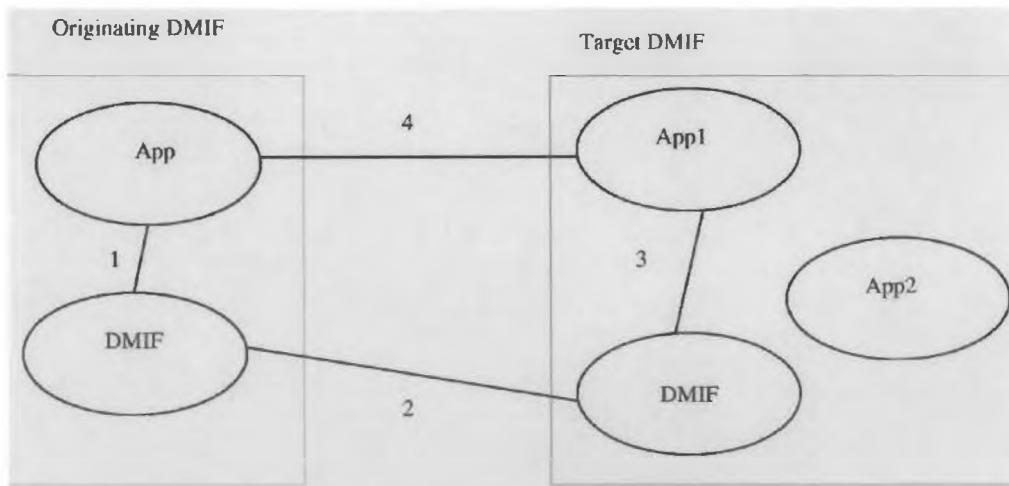
Διαφορετικά καθορισμένα DMIF περιστατικά έμμεσα καλούνται από την Εφαρμογή να διαχειριστούν τις διάφορες καθορισμένες τεχνολογίες παράδοσης, αυτό είναι πάντως προφανές στην Εφαρμογή, η οποία αλληλεπιδρά μόνο με ένα μονό "DMIF φίλτρο". Αυτό το φίλτρο είναι τότε υπεύθυνο για την διεύθυνση του συγκεκριμένου αρχικού DAI στο σωστό περιστατικό. Το DMIF δεν καθορίζει αυτό το μηχανισμό, απλά υποθέτει ότι υλοποιείται. Αυτό επιπλέον τονίζεται από τα σκιασμένα κουτιά στο σχήμα 4.22, των οποίων στόχος είναι να αποσαφηνίσουν ποια είναι τα όρια μιας DMIF υλοποίησης, ενώ η DMIF αρχιτεκτονική ορίζει ένα αριθμό από μέτρα, οι αληθινές DMIF υλοποιήσεις χρειάζονται μόνο να διατηρήσουν την εμφάνιση τους σε αυτά τα όρια. Εννοιολογικά, μία «πραγματική» απομακρυσμένη εφαρμογή που προσπελαύνετε διαμέσου ενός δικτύου π.χ. βασισμένο σε IP ή ATM, δεν διαφέρει από μία εφαρμογή απομίμηση απομακρυσμένου παραγωγού η οποία λαμβάνει περιεχόμενο από μία πηγή εκπομπής ή από ένα δίσκο. Πάντως στην προηγούμενη περίπτωση τα μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ των δύο οντοτήτων πρέπει να είναι κανονιστικά ορισμένα για να διασφαλίσουμε την εσωτερική λειτουργικότητα (αυτά είναι τα DMIF μηνύματα σηματοδότησης), ενώ στην τελευταία περίπτωση οι διεπαφές μεταξύ των δύο DMIF ζευγών και της προσομοιωμένης Απομακρυσμένης Εφαρμογής είναι εσωτερικές σε μία μονή υλοποίηση και δεν χρειάζεται να ληφθούν υπόψη σε αυτό τον καθορισμό. Σημειώστε ότι για το σενάριο εκπομπής και τοπικής αποθήκευσης το σχήμα δείχνει μία αλυσίδα από «τοπικό DMIF», «Απομακρυσμένο DMIF (προσομοιωμένο)» και «Απομακρυσμένη Εφαρμογή (προσομοιωμένη)»,

αυτή η αλυσίδα αναπαριστά μόνο ένα ιδεατό μοντέλο και δεν χρειάζεται να αντανακλάται σε πραγματικές υλοποιήσεις (δείχνεται στο σχήμα ολοκληρωτικά εσωτερικό σε ένα σκιασμένο κουτί).

### ΤΟ DMIF ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Όταν μία εφαρμογή ζητά την ενεργοποίηση μιας υπηρεσίας, χρησιμοποιεί τα πρωτόγονα DAI της Υπηρεσίας, και δημιουργεί μία διάσκεψη υπηρεσίας. Η DMIF υλοποίηση τότε επικοινωνεί με το αντίστοιχο ταίρι της (αυτό ιδεατά μπορεί να είναι είτε ένα απομακρυσμένο ταίρι, ή ένα τοπικό προσομοιωμένο ταίρι) και δημιουργεί μία διάσκεψη δικτύου με αυτό. Οι διασκέψεις δικτύου έχουν μεγάλη σημασία για όλο το δίκτυο, ενώ αντίθετα οι διασκέψεις υπηρεσιών έχουν τοπική σημασία. Η ένωση μεταξύ τους διατηρείται από το Στρώμα DMIF. Στην περίπτωση των σεναρίων εκπομπής και τοπικής αποθήκευσης, ο τρόπος με τον οποίο η διάσκεψη δικτύου δημιουργείται και διαχειρίζεται είναι έξω από αυτό τον καθορισμό. Αντιθέτως στην περίπτωση του σεναρίου απομακρυσμένης αλληλεπίδρασης, το DMIF χρησιμοποιεί τον φυσικό μηχανισμό σηματοδότησης για αυτό το δίκτυο για να δημιουργήσει και έπειτα να διαχειριστεί τη διάσκεψη δικτύου π.χ. ATM σηματοδότηση. Τα ταίρια της εφαρμογής τότε χρησιμοποιούν αυτή τη διάσκεψη για να δημιουργήσουν διασυνδέσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν τα δεδομένα της εφαρμογής, π.χ. MPEG-4 Βασικά Ρεύματα.

Όταν μία εφαρμογή χρειάζεται ένα κανάλι, χρησιμοποιεί τα πρωτόγονα του DAI του καναλιού, το DMIF μεταφράζει αυτές τις αιτήσεις σε αιτήσεις διασύνδεσης οι οποίες είναι καθορισμένες στην συγκεκριμένη υλοποίησης δικτύου. Στην περίπτωση των σεναρίων Εκπομπής και Τοπικής Αποθήκευσης, ο τρόπος με τον οποίο δημιουργούνται οι διασυνδέσεις και έπειτα διαχειρίζονται είναι έξω από τον σκοπό αυτού του καθορισμού. Αντιθέτως, στην περίπτωση του σεναρίου δικτύου, το DMIF χρησιμοποιεί το φυσικό μηχανισμό σηματοδότησης για αυτό το δίκτυο για να δημιουργήσει αυτές τις διασυνδέσεις. Η εφαρμογή έπειτα χρησιμοποιεί αυτές τις διασυνδέσεις για να παραδώσει την υπηρεσία.



-ΣΧΗΜΑ 4.23 ΤΟ DMIF ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ-

Το σχήμα 4.23 παρέχει μία όψη υψηλού επιπέδου για μια ενεργοποίηση υπηρεσία και της έναρξης της ανταλλαγής δεδομένων. Η πορεία υψηλού επιπέδου περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

- Η Πρωταρχική Εφαρμογή αιτεί την ενεργοποίηση μιας υπηρεσίας στο τοπικό της DMIF Στρώμα-ένα μονοπάτι επικοινωνίας μεταξύ της Πρωταρχικής Εφαρμογής και του τοπικού της DMIF ζεύγους εγκαθίσταται στο επίπεδο ελέγχου (1).
- Το Πρωταρχικό DMIF ζεύγος εγκαθιστά μία διάσκεψη δικτύου με το DMIF ζεύγος Στόχο - ένα μονοπάτι επικοινωνίας μεταξύ του Πρωταρχικού DMIF ζεύγους και του Στόχου DMIF ζεύγους εγκαθίσταται στο επίπεδο ελέγχου (2)

- ❖ Το ζεύγος- Στόχος DMIF αναγνωρίζει την Εφαρμογή Στόχο και προχωρά την αίτηση ενεργοποίησης υπηρεσίας - ένα μονοπάτι επικοινωνίας μεταξύ του Στόχου DMIF ζεύγους και της Εφαρμογής Στόχου εγκαθίσταται στο επίπεδο ελέγχου (3).
- ❖ Το ζεύγος Εφαρμογών δημιουργεί κανάλια (αιτήσεις που ρέουν διαμέσου των μονοπατιών επικοινωνίας 1,2, και 3). Τα καταληκτικά κανάλια στο επίπεδο χρήστη (4) θα μεταφέρουν τα πραγματικά δεδομένα που ανταλλάχθηκαν από τις Εφαρμογές.
- ❖ Το DMIF αναμειγνύεται και στα τέσσερα βήματα που αναφέρθηκαν.
- ❖ Το DMIF Στρώμα αυτόματα αποφασίζει εάν μία συγκεκριμένη υπηρεσία υποτίθεται ότι πρέπει να παραχθεί από ένα απομακρυσμένο επόπτη σε ένα συγκεκριμένο δίκτυο π.χ. βασισμένο σε IP ή ATM, από ένα δίκτυο εκπομπής ή να μείνει σε μία τοπική συσκευή αποθήκευσης. Η επιλογή βασίζεται στην πληροφορία διεύθυνσης του ταιριού που παρέχεται από την Εφαρμογή σαν μέρος ενός URL που περνά στο DAI.

## **ΑΠΟΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ, ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΚΑΤΕΥΘΗΝΟΜΕΝΩΝ (STREAMING) ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Τα ανεξάρτητα Βασικά Ρεύματα πρέπει να ανακτηθούν στο στρώμα παράδοσης από τα εισερχόμενα δεδομένα από κάποια διασύνδεση του δικτύου ή μια αποθηκευτική συσκευή. Κάθε διασύνδεση δικτύου ή αρχείο θεωρείται ομοιογενώς ένα TransMux κανάλι στο μοντέλο συστήματος MPEG-4. Η αποπολυπλεξία πραγματοποιείται μερικώς ή ολικώς από στρώματα εκτός του σκοπού του MPEG-4, ανάλογα με την εφαρμογή. Το μόνο εργαλείο αποπολυπλεξίας που ορίζεται από το MPEG-4 είναι το FlexMux εργαλείο το οποίο μπορεί προαιρετικά να χρησιμοποιηθεί για χαμηλή καθυστέρηση, για χαμηλή επιβάρυνση πολυπλεξίας και για αποθήκευση των πηγών διασύνδεσης του δικτύου.

Για το σκοπό της ολοκλήρωσης του MPEG-4 σε περιβάλλοντα συστημάτων, η DMIF Διεπαφή Εφαρμογής είναι το σημείο αναφοράς στο οποίο βασικά ρεύματα μπορούν να προσπελαστούν ως σύγχρονα πακεταρισμένα ρεύματα στρώματος. Η DMIF Διεπαφή Δικτύου προσδιορίζει πως SL-πακεταρισμένα ρεύματα (δεν χρησιμοποιείται FlexMux) ή FlexMux Ρεύματα πρόκειται να ανακτηθούν από το TransMux Στρώμα. Αυτή είναι η διεπαφή στις λειτουργικότητες μεταφοράς που δεν ορίζονται από το MPEG. Το κομμάτι των δεδομένων λαμβάνεται υπόψη εδώ ενώ το κομμάτι ελέγχου έχει να κάνει με το DMIF.

Με τον ίδιο τρόπο που το MPEG-1 και MPEG-2 περιέγραψαν την συμπεριφορά μιας ιδανικής συσκευής αποκωδικοποίησης μαζί με τη σύνταξη του ρεύματος bit και την σημασιολογία, το MPEG-4 ορίζει ένα Μοντέλο Συστήματος Αποκωδικοποιητή. Αυτό επιτρέπει τον ακριβή ορισμό της λειτουργίας του τερματικού χωρίς να κάνει περιττές υποθέσεις γύρω από τις λεπτομέρειες υλοποίησης. Αυτό είναι βασικό για να δώσουμε στους υλοποιητές την ελευθερία να σχεδιάσουν πραγματικά MPEG-4 τερματικά και συσκευές αποκωδικοποίησης με μία ποικιλία από τρόπους. Αυτές οι συσκευές εκτείνονται από τηλεοπτικούς δέκτες οι οποίοι δεν έχουν την ικανότητα να επικοινωνήσουν μέσω του αποστολέα με υπολογιστές οι οποίοι είναι πλήρως ικανοί να εκτελέσουν επικοινωνία. Κάποιες συσκευές λαμβάνουν MPEG-4 ρεύματα πάνω σε ισόχρονα δίκτυα ενώ άλλες χρησιμοποιούνται σε μη ισόχρονα μέσα (π.χ. το Internet) για να ανταλλάξουν MPEG-4 πληροφορία. Το Μοντέλο Συστήματος Αποκωδικοποιητή παρέχει ένα κοινό μοντέλο πάνω στο οποίο όλες οι υλοποιήσεις των MPEG-4 τερματικών μπορούν να βασιστούν.

Ο προσδιορισμός μιας προσωρινής μνήμης (buffer) και ενός χρονικού μοντέλου είναι βασικός στις συσκευές κωδικοποίησης οι οποίες μπορεί να μην γνωρίζουν εκ των προτέρων ποια είναι η συσκευή τερματικού ή πως θα λάβει το κωδικοποιημένο ρεύμα.

## Αποπολυπλεξία.

Η αποπολυπλεξία συμβαίνει στο στρώμα παράδοσης το οποίο είναι μοντελοποιημένο ως συστατικό ενός TransMux και ενός DMIF στρώματος. Η ανάκτηση των εισερχομένων ρευμάτων δεδομένων από τις διασυνδέσεις του δικτύου ή των μέσων αποθήκευσης αποτελείται από δύο καθήκοντα.

- Πρώτα, τα κανάλια πρέπει να εντοπιστούν και να ανοιχθούν. Αυτό απαιτεί μία οντότητα ελέγχου μεταφοράς που διαχειρίζεται, μεταξύ άλλων, τους πίνακες που ενώνουν τα κανάλια μεταφοράς με καθορισμένα βασικά ρεύματα. Οι πίνακες απεικόνισης ρευμάτων συνδέουν κάθε ρεύμα σε ένα Σημάδι Ένωσης Καναλιού (Channel Association Tag-CAT) το οποίο εξυπηρετεί σαν «χερούλι» στο κανάλι το οποίο μεταφέρει αυτό το ρεύμα. Η ανάλυση των CATS στο πραγματικό κανάλι μεταφοράς όπως επίσης η διαχείριση των συνεδριάσεων και των καναλιών, διευθυνσιοδοτείται από το DMIF μέρος του MPEG-4 προτύπου.
- Δεύτερον, τα εισερχόμενα ρεύματα πρέπει να είναι σωστά αποπολυπλεγμένα για να ανακτήσουν SL-πακεταρισμένα ρεύματα από τα κανάλια των κάτω ρευμάτων (εισερχόμενα στο τερματικό υποδοχής) για να περαστούν στο στρώμα συγχρονισμού. Σε εφαρμογές αλληλεπίδρασης, ένα αντίστοιχο στάδιο πολυπλεξίας θα πολυπλέξει τα δεδομένα των άνω ρευμάτων σε κανάλια των πάνω ρευμάτων (εξερχόμενα από το τερματικό υποδοχής).

Ο γενικός όρος "TransMux Layer" χρησιμοποιείται για να αφαιρέσει κάθε υποκείμενη λειτουργικότητα πολυπλεξίας - υπάρχουσα ή μελλοντική- που είναι κατάλληλη για να μεταφέρει MPEG-4 ρεύματα δεδομένων. Σημειώστε ότι αυτό το στρώμα δεν ορίζεται στα περιεχόμενα του MPEG-4. Παραδείγματα είναι το MPEG-2 Ρεύμα Μεταφοράς, H.223, ATM AAE 2, IP/UDP. Το στρώμα TransMux θεωρείται ότι θα παρέχει προστασία και λειτουργικότητα πολυπλεξίας, υποδεικνύοντας ότι αυτό το στρώμα είναι υπεύθυνο για να προσφέρει μία καθορισμένη Ποιότητα Υπηρεσιών. Η λειτουργικότητα της προστασίας περιλαμβάνει εργαλεία προστασίας από σφάλματα και εντοπισμού σφαλμάτων κατάλληλα για το δοσμένο δίκτυο ή μέσο αποθήκευσης.

Σε οποιοδήποτε σενάριο εφαρμογών θα χρησιμοποιηθούν ένα ή περισσότερα καθορισμένα TransMux περιστατικά. Κάθε TransMux αποπλέκτης δίνει πρόσβαση σε TransMux κανάλια. Οι απαιτήσεις για τη διεπαφή των δεδομένων για να προσπελάσουμε ένα TransMux κανάλι είναι οι ίδιες για όλα τα TransMux περιστατικά. Αυτές περιλαμβάνουν την ανάγκη για αξιόπιστο εντοπισμό σφαλμάτων, παράδοση, εάν είναι δυνατό, λανθασμένων δεδομένων με μία κατάλληλη ένδειξη σφάλματος και περιορισμό του φορτίου το οποίο μπορεί να αποτελείται είτε από SL-πακεταρισμένα ρεύματα ή FlexMux ρεύματα. Αυτές οι απαιτήσεις γίνονται περιληπτικές με ένα πληροφοριακό τρόπο στη TransMux Διεπαφή, στο τμήμα Συστημάτων του MPEG-4 προτύπου. Μία προσαρμογή των SL-πακεταρισμένων ρευμάτων πρέπει να καθοριστεί σε κάθε σωρό πρωτοκόλλων μεταφοράς που έχει ενδιαφέρον σύμφωνα με αυτές τις απαιτήσεις και σε συνδυασμό με το σώμα τυποποίησης που έχει την κατάλληλη δικαιοδοσία.

Το εργαλείο FlexMux προσδιορίζεται από το MPEG για να παρέχει προαιρετικά μια ευέλικτη, χαμηλής επιβάρυνσης, χαμηλής καθυστέρησης μέθοδο για να αφήνει εσωτερικά τα δεδομένα οποτεδήποτε αυτό δεν υποστηρίζεται επαρκώς από τον υποκείμενο σωρό πρωτοκόλλου. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν το μέγεθος του πακέτου ή η επιβάρυνση του υποκείμενου TransMux περιστατικού είναι μεγάλα, γιατί αλλιώς θα καταλήγαμε σε μία σπατάλη εύρους ζώνης ή αριθμού διασυνδέσεων του δικτύου. Το εργαλείο FlexMux δεν είναι από μόνο του ανθεκτικό σε σφάλματα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σε TransMux κανάλια με υψηλή Ποιότητα Υπηρεσιών ή να δίνει Βασικά Ρεύματα που είναι εξίσου ανθεκτικά στα σφάλματα. Το FlexMux απαιτεί αξιόπιστο εντοπισμό σφαλμάτων και επαρκή περιορισμό των FlexMux πακέτων (για τυχαία προσπέλαση και ανάκτηση σφαλμάτων) από το υποκείμενο στρώμα. Αυτές οι απαιτήσεις αντανakλώνται επίσης στα πρωτόγονα δεδομένα της DMIF Διεπαφής Εφαρμογής η οποία ορίζει την προσπέλαση δεδομένων σε ανεξάρτητα κανάλια μεταφοράς. Ο FlexMux αποπλέκτης ανακτά SL-πακεταρισμένα ρεύματα από FlexMux ρεύματα.

### **Συγχρονισμός και περιγραφή των βασικών ρευμάτων.**

Το στρώμα συγχρονισμού έχει ένα ελάχιστο σύνολο από εργαλεία για έλεγχο σταθερότητας, γεμίματος, για να μεταβιβάσουν πληροφορία βασισμένη στο χρόνο και να μεταφέρουν χρονικά σφραγισμένες μονάδες προσπέλασης ενός βασικού ρεύματος. Κάθε πακέτο αποτελείται από μία μονάδα προσπέλασης ή ένα τμήμα μιας μονάδας προσπέλασης. Αυτές οι χρονικά σφραγισμένες μονάδες προσπέλασης σχηματίζουν την μόνη εννοιολογική δομή των βασικών ρευμάτων που είναι ορατά σε αυτό το στρώμα. Οι χρονικές σφραγίδες χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν την ονομαστική αποκωδικοποίηση και το χρόνο σύνθεσης για μία μονάδα προσπέλασης. Το στρώμα συγχρονισμού απαιτεί αξιόπιστο εντοπισμό σφαλμάτων και πλαισίωση του κάθε ανεξάρτητου πακέτου από το υποκείμενο στρώμα, το οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί π.χ. χρησιμοποιώντας το FlexMux. Το πώς τα δεδομένα μπορούν να προσπελαστούν από το στρώμα συμπίεσης αναφέρεται περιληπτικά στην πληροφοριακή Διεπαφή Βασικών Ρευμάτων, η οποία μπορεί να βρεθεί στο τμήμα Συστημάτων του MPEG-4 προτύπου. Το στρώμα συγχρονισμού ανακτά τα βασικά ρεύματα από τα SL-πακεταρισμένα ρεύματα.

Για να είναι δυνατό να συσχετίσουμε βασικά ρεύματα με αντικείμενα μέσω μέσα σε ένα σκηνικό, χρησιμοποιούνται περιγραφείς αντικειμένων. Οι περιγραφείς αντικειμένων μεταβιβάζουν πληροφορία με τον αριθμό και τις ιδιότητες των βασικών ρευμάτων που είναι συνδεδεμένα με συγκεκριμένα αντικείμενα μέσω. Οι περιγραφείς αντικειμένων από μόνοι τους μεταβιβάζονται σε ένα ή περισσότερα βασικά ρεύματα, αφού είναι δυνατό να προσθέσουμε και να πετούμε ρεύματα (και αντικείμενα) κατά τη διάρκεια του τμήματος μιας MPEG-4 παρουσίασης. Τα ρεύματα του περιγραφέα αντικειμένων μπορούν να θεωρηθούν ως μία περιγραφή των πόρων ρεύματος για μία παρουσίαση. Ομοίως, η περιγραφή του σκηνικού μεταβιβάζεται επίσης ως ένα βασικό ρεύμα, επιτρέποντας να τροποποιήσουμε το χωροχρονικό περίγραμμα της παρουσίασης με το χρόνο.

### **Διαχείριση προσωρινής μνήμης.**

Για να προβλέψουμε πως ο αποκωδικοποιητής θα συμπεριφερθεί όταν αποκωδικοποιεί τα διάφορα βασικά ρεύματα δεδομένων που σχηματίζουν μία MPEG-4 συνεδρίαση, το Μοντέλο Συστήματος Αποκωδικοποιητή καθιστά ικανό τον κωδικοποιητή να προσδιορίσει και να παρακολουθήσει τους ελάχιστους πόρους προσωρινής μνήμης που χρειάζονται για να αποκωδικοποιηθεί μία συνεδρίαση. Οι απαιτούμενοι πόροι προσωρινής μνήμης μεταβιβάζονται στον αποκωδικοποιητή μέσα σε περιγραφείς αντικειμένων κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης της MPEG-4 συνεδρίασης, έτσι ώστε ο αποκωδικοποιητής να μπορεί να αποφασίσει εάν είναι ικανός να χειριστεί αυτή τη συνεδρίαση.

Με τη διαχείριση του πεπερασμένου μεγέθους του χώρου της προσωρινής μνήμης το μοντέλο επιτρέπει σε ένα αποστολέα, για παράδειγμα, να μεταφέρει δεδομένα μη πραγματικού χρόνου προκαταβολικά εάν είναι διαθέσιμος επαρκής χώρος στην πλευρά του δέκτη για να τα αποθηκεύσει. Τα προ-αποθηκευμένα δεδομένα μπορούν τότε να προσπελαστούν όταν χρειάζονται, επιτρέποντας εκείνη τη στιγμή η πληροφορία πραγματικού χρόνου να χρησιμοποιήσει ένα μεγαλύτερο ποσό από τη χωρητικότητα του καναλιού εάν είναι αυτό επιθυμητό.

### **Αναγνώριση χρόνου.**

Για λειτουργία σε πραγματικό χρόνο, θεωρούμε ένα χρονικό μοντέλο στο οποίο η καθυστέρηση από τέλος-σε-τέλος από την έξοδο σήματος από ένα κωδικοποιητή έως την είσοδο σήματος σε ένα αποκωδικοποιητή είναι σταθερή. Επιπλέον, τα ρεύματα δεδομένων που εκτέμφθηκαν πρέπει να περιέχουν έμμεση ή άμεση χρονική πληροφορία. Υπάρχουν δύο είδη χρονικής πληροφορίας:

- Η πρώτη χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της ταχύτητας του ρολογιού του κωδικοποιητή, ή τη χρονικά βασισμένη, στον αποκωδικοποιητή.
- Η δεύτερη, που αποτελείται από χρονικές σφραγίδες προσκολλημένες σε τμήματα των κωδικοποιημένων AV δεδομένων, περιέχει τον επιθυμητό χρόνο αποκωδικοποίησης για τις



μονάδες προσπέλασης ή τον χρόνο σύνθεσης και λήξης για τις μονάδες σύνθεσης.

Αυτή η πληροφορία μεταβιβάζεται σε SL-πακεταρισμένες επικεφαλίδες που δημιουργούνται στο στρώμα συγχρονισμού. Με αυτή τη χρονική πληροφορία, η απόσταση μέσα στην εικόνα και ο ακουστικός ρυθμός δειγματοληψίας μπορούν να προσαρμοστούν στον αποκωδικοποιητή για να ταιριάξουν με την απόσταση μέσα στην εικόνα και τον ακουστικό ρυθμό δειγματοληψίας για συγχρονισμένη λειτουργία.

Διαφορετικά αντικείμενα μέσω μπορεί να κωδικοποιηθούν από κωδικοποιητές με διαφορετικές χρονικές βάσεις, με την επακόλουθη ελαφρώς διαφορετική ταχύτητα. Είναι πάντα δυνατό να απεικονίσουμε αυτές τις χρονικές βάσεις στη χρονική βάση του τερματικού λήψης. Σε αυτή την περίπτωση, πάντως, καμία πραγματική υλοποίηση ενός τερματικού λήψης δεν μπορεί να αποφύγει την περιστασιακή επανάληψη ή απώλεια των AV δεδομένων, εξαιτίας της προσωρινής αλλοίωσης (σχετική μείωση ή επέκταση της χρονικής τους κλίμακας).

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΝΤΑΞΗΣ

Το MPEG-4 ορίζει μία συντακτική γλώσσα περιγραφής για να περιγράψει την ακριβή δυαδική σύνταξη ενός ρεύματος bit που μεταφέρει δεδομένα για μία αναπαράσταση αντικειμένου μέσου, όπως επίσης και της πληροφορίας περιγραφής του σκηνικού. Αυτό είναι μία απομάκρυνση από την παραδοσιακή προσέγγιση του MPEG. Αυτή η γλώσσα είναι μία επέκταση της C++, και χρησιμοποιείται για να περιγράψει την συντακτική αναπαράσταση των αντικειμένων και τους ορισμούς όλων των κλάσεων των αντικειμένων μέσω και της πληροφορίας περιγραφής σκηνικού με ένα ολοκληρωμένο τρόπο. Αυτό παρέχει ένα σταθερό και ενιαίο τρόπο για να περιγράψουμε τη σύνταξη με μία πολύ ακριβή μορφή, ενώ συνροχρώνως να απλοποιούμε τις δοκιμές συμμόρφωσης των ρευμάτων bit. Εργαλεία λογισμικού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επεξεργαστούμε τη συντακτική περιγραφή και να δημιουργήσουμε τον απαραίτητο κώδικα για προγράμματα που εκτελούν τον έλεγχο εγκυρότητας.

## ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

Η MPEG-4 κωδικοποίηση των ακουστικών αντικειμένων παρέχει εργαλεία και αναπαράσταση φυσικών ήχων (όπως ομιλία και μουσική) και για σύνθεση ήχων βασισμένων σε κατασκευασμένες περιγραφές. Η αναπαράσταση για το συνθετικό ήχο μπορεί να προέλθει από κείμενα δεδομένων ή τις αποκαλούμενες περιγραφές οργάνων και με την κωδικοποίηση παραμέτρων για να παρέχουμε αποτελέσματα, όπως αντήχηση και χωρητικότητα. Οι αναπαραστάσεις παρέχουν συμπίεση και άλλες λειτουργικότητες, όπως ικανότητα κλιμάκωσης και αποτελέσματα επεξεργασίας.

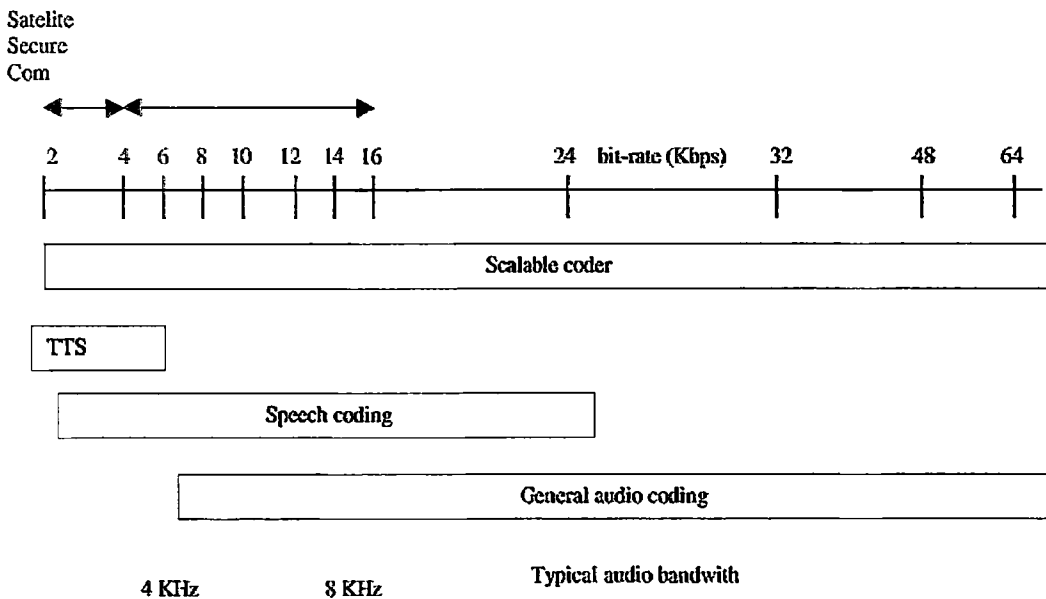
Τα εργαλεία κωδικοποίησης MPEG-4 Ήχου καλύπτοντας μία περιοχή από 24 kbit/sec έως 64 kbit/sec έχουν περάσει δοκιμές επαλήθευσης για εφαρμογή AM ψηφιακής εκπομπής ήχου σε συνεργασία με το NADIB (Narrow Band Digital Broadcasting). Με σκοπό την αναγνώριση μιας κατάλληλης μορφοποίησης εκπομπής ψηφιακού ήχου για να παρέχουμε βελτιώσεις πάνω στις υπάρχουσες υπηρεσίες AM διαμόρφωσης, πολλές προτάσεις συστημάτων κωδικοποιητή/ αποκωδικοποιητή που εμπεριέχουν τα MPEG-4 CELP, Twin VQ και AAC εργαλεία έχουν συγκριθεί σε ένα σύστημα αναφοράς AM. Βρέθηκε ότι η υψηλότερη ποιότητα μπορεί να επιτευχθεί μέσα στο ίδιο εύρος ζώνης με τις ψηφιακές τεχνικές και ότι οι κλιμακούμενες διαμορφώσεις κωδικοποιητή προσέφεραν ανώτερη απόδοση σε εναλλακτικές προτάσεις ταυτόχρονης εκπομπής. Επιπρόσθετες δοκιμές επαλήθευσης πραγματοποιήθηκαν από το MPEG, στις οποίες τα εργαλεία για ομιλία και γενική κωδικοποίηση ήχου συγκρίθηκαν με τα ήδη υπάρχοντα.

## ΦΥΣΙΚΟΣ ΗΧΟΣ

Το MPEG-4 τυποποιεί την κωδικοποίηση του φυσικού ήχου σε ρυθμούς bit που εκτείνονται από 2 kbit/sec μέχρι και παραπάνω από 64 kbit/sec. Όταν επιτρέπεται μεταβλητός ρυθμός κωδικοποίησης, η κωδικοποίηση σε λιγότερο από 2 kbit/sec, όπως ένας μέσος ρυθμός bit των 1.2

kbit/sec, υποστηρίζεται επίσης. Η παρουσία του MPEG-2 AAC προτύπου μέσα στο MPEG-4 σύνολο εργαλείων θα παρέχει γενική συμπίεση ήχου στο παραπάνω εύρος ρυθμού bit. Για αυτά, το MPEG-4 πρότυπο ορίζει τη σύνταξη του ρεύματος bit και την επεξεργασία αποκωδικοποίησης με όρους ενός συνόλου εργαλείων. Για να επιτύχουμε την υψηλότερη ποιότητα ήχου μέσα σε όλη την ακτίνα των ρυθμών bit και ταυτόχρονα να παρέχουμε τις επιπλέον λειτουργικότητες, οι τεχνικές κωδικοποίησης ομιλίας και οι τεχνικές γενικής κωδικοποίησης ήχου ολοκληρώνονται σε μία κοινή δομή:

- Η κωδικοποίηση ομιλίας σε ρυθμούς μεταξύ 2 και 24 kbit/sec υποστηρίζεται με τη χρήση του HVXC (Harmonic Vector eXcitation Coding) για ένα συνιστώμενο ρυθμό λειτουργίας από 2 έως 4kbit/sec και του CELP (Code Excited Linear Predictive) για ρυθμός λειτουργίας από 4 έως 24 kbit/sec. Επιπλέον το HVXC μπορεί να λειτουργήσει χαμηλότερα σε μέσο ρυθμό 1.2 kbit/sec στην έκδοση του μεταβλητού ρυθμού bit. Στη κωδικοποίηση CELP, δύο ρυθμοί δειγματοληψίας, 8 και 16kHz, χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν ομιλία στενής και ευρείας ζώνης, αντίστοιχα. Οι ακόλουθοι τρόποι λειτουργίας έχουν γίνει το θέμα στη δοκιμή επαλήθευσης: το HVXC στα 2 και 4 kbit/sec, το CELP στενής ζώνης στα 6, 8.3 και 12 kbit/sec και το CELP ευρείας ζώνης στα 18 kbit/sec. Επιπλέον διάφορες κλιμακούμενες διαμορφώσεις έχουν επαληθευτεί.
- Για κωδικοποίηση γενικού ήχου σε ρυθμούς bit έως ή και παραπάνω από 61kbit/sec, εφαρμόζονται τεχνικές κωδικοποίησης μεταφοράς που ονομάζονται Twin VQ και AAC. Τα ηχητικά σήματα σε αυτή την περιοχή τυπικά έχουν συχνότητες δειγματοληψίας ξεκινώντας από τα 8kHz.



Για να επιτρέψουμε βέλπστη κάλυψη των ρυθμών bit και να επιτρέψουμε δυνατότητα κλιμάκωσης για το ρυθμό bit και το εύρος ζώνης, έχει οριστεί μία γενική δομή. Ξεκινώντας με ένα κωδικοποιητή να λειτουργεί σε χαμηλό ρυθμό bit, προσθέτοντας επαυξήσεις σε ένα γενικό κωδικοποιητή ήχου, και η ποιότητα κωδικοποίησης όπως επίσης και το εύρος ζώνης του ήχου μπορούν να βελτιωθούν.

Η κλιμάκωση του ρυθμού bit, που συχνά αναφέρεται ως εμφωλιασμένη κωδικοποίηση, επιτρέπει ένα ρεύμα bit να αναλυθεί σε ένα ρεύμα bit χαμηλότερου ρυθμού το οποίο μπορεί ακόμα να αποκωδικοποιηθεί σε ένα σήμα με νόημα. Η ανάλυση του ρεύματος bit μπορεί να συμβεί είτε κατά τη διάρκεια της μετάδοσης ή στον αποκωδικοποιητή. Η κλιμάκωση του εύρους ζώνης είναι μία ιδιαίτερη περίπτωση κλιμάκωσης ρυθμού bit όπου τμήμα ενός ρεύματος bit που αναπαριστά ένα

τμήμα του φάσματος συχνότητας μπορεί να απομακρυνθεί κατά τη διάρκεια της μετάδοσης ή της αποκωδικοποίησης.

Η κλιμάκωση της πολυπλοκότητας του κωδικοποιητή επιτρέπει σε κωδικοποιητές διαφορετικής πολυπλοκότητας να δημιουργήσουν έγκυρα και με νόημα ρεύματα bit. Η κλιμάκωση πολυπλοκότητας αποκωδικοποιητή επιτρέπει σε ένα δοσμένο ρεύμα bit να αποκωδικοποιηθεί από αποκωδικοποιητές διαφορετικών επιπέδων πολυπλοκότητας. Η ποιότητα ήχου, γενικά, σχετίζεται με την πολυπλοκότητα του κωδικοποιητή και αποκωδικοποιητή που χρησιμοποιούνται. Η κλιμάκωση δουλεύει μέσα σε μερικά εργαλεία MPEG-4, αλλά μπορεί επίσης να εφαρμοσθεί σε ένα συνδυασμό από τεχνικές, π.χ. το CELP ως βάση στρώματος και το AAC για τα στρώματα επαύξησης.

## ΣΥΝΘΕΤΙΚΟΣ ΗΧΟΣ

Οι αποκωδικοποιητές είναι επίσης διαθέσιμοι για τη δημιουργία ήχου βασισμένου σε κατασκευασμένες εισόδους. Η είσοδος κειμένου μετατρέπεται σε ομιλία στον TTS (Text to Speech) αποκωδικοποιητή, ενώ πιο γενικοί ήχοι συμπεριλαμβανομένου τη μουσική μπορεί να έχουν κανονιστικά συντεθεί. Η συνθετική μουσική μπορεί να παραδοθεί σε τριμερά χαμηλούς ρυθμούς bit ενώ ακόμα περιγράφει ένα ακριβές ηχητικό σήμα.

Οι TTS κωδικοποιητές εκτείνονται από 200 bit/sec έως 1.2 kbit/sec, το οποίο επιτρέπει σε ένα κείμενο ή σε ένα κείμενο με μετρικές παραμέτρους (περίγραμμα τόνου φωνής, διάρκεια φωνήματος κλπ) ως τις εισόδους του για να δημιουργήσει κατανοητή συνθετική ομιλία. Υποστηρίζει τη δημιουργία παραμέτρων οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιτρέψουν συγχρονισμό σε ενωμένη κίνηση προσώπου, διεθνείς γλώσσες για κείμενο και διεθνή σύμβολα για φωνήματα. Επιπρόσθετα βοηθήματα χρησιμοποιούνται για να μεταβιβάσουν πληροφορία ελέγχου μέσα σε κείμενα η οποία προωθείται σε άλλα συστατικά σε συγχρονισμό με το συνθετημένο κείμενο. Σημειώστε ότι το MPEG-4 παρέχει μια τυποποιημένη διεπαφή για τη λειτουργία ενός TTS κωδικοποιητή (TTSI=Text To Speech Interface) παρά ένα κανονιστικό TTS συνθέτη μόνο του. Τα εργαλεία Κατασκευασμένου Ήχου αποκωδικοποιούν δεδομένα εισόδου και παράγουν ήχους εξόδου. Αυτή η αποκωδικοποίηση καθοδηγείται από μία ειδική γλώσσα σύνθεσης που καλείται SAOL (Structured Audio Orchestra Language), τυποποιημένη ως μέρος του MPEG-4. Αυτή η γλώσσα χρησιμοποιείται για να ορίσει μία «ορχήστρα» φτιαγμένη από «όργανα» (κατεβασμένα στο ρεύμα bit, όχι τοποθετημένα στο τερματικό) τα οποία δημιουργούν και επεξεργάζονται τα δεδομένα ελέγχου. Ένα όργανο είναι ένα μικρό δίκτυο από πρωτόγονα επεξεργασία σήματος που μπορούν να προσομοιώσουν μερικούς ειδικούς ήχους σαν εκείνους ενός φυσικού ακουστικού οργάνου. Το δίκτυο επεξεργασίας σήματος μπορεί να υλοποιηθεί με λογισμικό ή υλικό και περιλαμβάνει και δημιουργία και επεξεργασία ήχων και μεταχείριση των προ-αποθηκευμένων ήχων.

Το MPEG-4 δεν τυποποιεί «μία μέθοδο» σύνθεσης, αλλά μάλλον μία μέθοδο περιγραφής της σύνθεσης. Οποιαδήποτε υπάρχουσα ή μελλοντική μέθοδος σύνθεσης ήχου μπορεί να περιγραφεί με τη SAOL, συμπεριλαμβανομένου κυματομήτρης, FM προσθετικά, φυσική μοντελοποίηση και σπυρωτή σύνθεση, όπως επίσης και μη παραμετρικά υβριδικά αυτών των μεθόδων. Ο έλεγχος της σύνθεσης επιτυγχάνεται με το κατέβασμα «σκορ» ή «σεναρίων» στο ρεύμα bit. Ένα σκορ είναι ένα χρονικά διατεταγμένο σύνολο εντολών που αιτεί από διάφορα όργανα σε καθορισμένες χρονικές στιγμές να συνεισφέρουν την έξοδο τους σε μία ολική μουσική παράσταση ή δημιουργία ηχητικών αποτελεσμάτων. Η περιγραφή του σκορ, κατεβασμένη σε μία γλώσσα που καλείται SASL (Structured Audio Score Language), μπορεί να χρησιμοποιηθεί να δημιουργήσει νέους θορύβους και επίσης να συμπεριλάβει επιπρόσθετη πληροφορία ελέγχου για τροποποίηση του υπάρχοντος θορύβου. Αυτό επιτρέπει στον συνθέτη να έχει τελειότερο έλεγχο πάνω στον τελικό συνθετημένο ήχο. Για την επεξεργασία της σύνθεσης η οποία δεν απαιτεί τέτοιο τέλειο έλεγχο, το εγκατεστημένο MIDI πρωτόκολλο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί να ελέγχει την ορχήστρα.

Ο προσεκτικός έλεγχος σε συνδυασμό με τον συνήθη ορισμό οργάνων, επιτρέπει τη δημιουργία ήχων που εκτείνονται από απλά ηχητικά εφέ, όπως βήματα ή κλείσιμο πόρτας, την προσομοίωση ηχητικών θορύβων όπως η βροχή ή το παίξιμο μουσικής από παραδοσιακά

όργανα μέχρι πλήρως συνθετικούς θορύβους για σύνθετα ηχητικά εφέ ή φουτουριστική μουσική. Για τερματικά με λιγότερη λειτουργικότητα και για εφαρμογές οι οποίες δεν απαιτούν τέτοια εξεζητημένη σύνθεση, τυποποιείται επίσης μία «μορφοποίηση τράπεζας κυματοπινάκων». Χρησιμοποιώντας αυτή τη μορφοποίηση, ηχητικά δείγματα για χρήση σε σύνθεση κυματοπίνακα μπορούν να κατέβουν, ως απλή επεξεργασία, όπως φίλτρα, ακουστικές ανακλάσεις, και χρωδιακά εφέ. Σε αυτή την περίπτωση, η υπολογιστική πολυπλοκότητα της απαιτούμενης επεξεργασίας αποκωδικοποίησης μπορεί να καθοριστεί ακριβώς από την επιθεώρηση του ρεύματος bit, το οποίο δεν είναι δυνατό όταν χρησιμοποιείται η SAOL.

Το MPEG-4 στρώμα συστημάτων διευκολύνει τη χρήση και σηματοδότηση διαφορετικών εργαλείων και επομένως επίσης και των συστημάτων κωδικοποιητών / αποκωδικοποιητών σύμφωνα με τα υπάρχοντα πρότυπα, π.χ. MPEG-2 AAC. Καθένας από τους MPEG-4 κωδικοποιητές σχεδιάζεται για να λειτουργήσει με αυθύπαρκτο (stand-alone) τρόπο με τη δική του σύνταξη ρεύματος bit.

Επιπρόσθετες λειτουργικότητες γίνονται κατανοητές και μέσα σε ανεξάρτητους κωδικοποιητές και με μέσα επιπρόσθετων εργαλείων γύρω από τους κωδικοποιητές. Ένα παράδειγμα μιας λειτουργικότητας μέσα σε ένα ανεξάρτητο κωδικοποιητή είναι η αλλαγή της ομιλίας ή του τόνου της ομιλίας μέσα στο HVXC.

### **ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΙΡΡ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ**

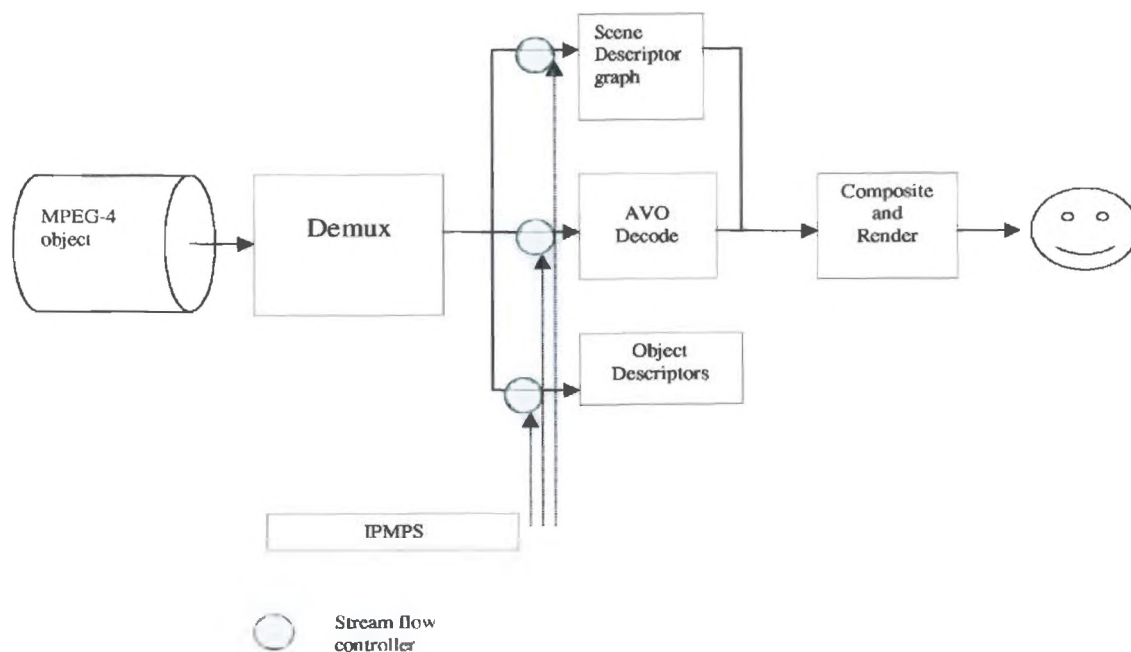
Το MPEG-4 παρέχει μηχανισμούς για προστασία των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας (IPR = Intellectual Property Rights). Αυτό επιτυγχάνεται εφοδιάζοντας τα κωδικοποιημένα αντικείμενα μέσω με ένα IPR σύνολο δεδομένων, που μεταφέρει πληροφορία σχετικά με τα περιεχόμενα, το είδος των περιεχομένων και (δείκτες σε) τους κατόχους των δικαιωμάτων. Το σύνολο δεδομένων, αν είναι παρόν, είναι μέρος ενός περιγραφέα βασικού ρεύματος που περιγράφει τα δεδομένα ρεύματος που είναι ενωμένα με ένα αντικείμενο μέσου. Ο αριθμός των συνόλων δεδομένων που πρόκειται να ενωθεί με κάθε αντικείμενο μέσου είναι ευέλικτος. Διαφορετικά αντικείμενα μέσω μπορούν να μοιραστούν τα ίδια σύνολα δεδομένων ή να έχουν ξεχωριστά σύνολα δεδομένων. Η πρόβλεψη των συνόλων δεδομένων επιτρέπει την υλοποίηση μηχανισμών για ακουστική παρακολούθηση, εποπτεία, χρέωση και προστασία αντιγραφής.

Μετά από την αναγνώριση των δικαιωμάτων, κάθε μία από τις εφαρμογές του MPEG-4 έχει ένα σύνολο από απαιτήσεις λαμβάνοντας υπόψη την προστασία της πληροφορίας που διαχειρίζεται. Αυτές οι εφαρμογές μπορούν να έχουν διαφορετικές απαιτήσεις ασφάλειας. Για μερικές εφαρμογές, οι χρήστες ανταλλάσσουν πληροφορία η οποία δεν έχει ουσιαστική αξία αλλά πρέπει παρ' όλα αυτά να προστατευθεί για να διατηρήσει τα δικαιώματα της ησυχίας/μη ενόχλησης. Για άλλες εφαρμογές, η διαχειριζόμενη πληροφορία έχει μεγάλη αξία για το δημιουργό της και/ ή του διανομείς απαιτώντας διαχείριση μεγάλου βαθμού και μηχανισμούς προστασίας. Εδώ εννοείται ότι η σχεδίαση της δομής του IPMP πρέπει να υπολογίσει την πολυπλοκότητα του MPEG-4 προτύπου και την ποικιλία των εφαρμογών του. Αυτή η IPMP δομή αφήνει τις λεπτομέρειες των IPMP σχεδιάσεων συστημάτων στα χέρια των βελτιωτών εφαρμογών. Το επίπεδο και το είδος της διαχείρισης και προστασίας που απαιτείται εξαρτάται στην αξία του περιεχομένου, την πολυπλοκότητα και τη φιλοσοφία των ενωμένων επιχειρηματικών μοντέλων.

Η προσέγγιση που έγινε επιτρέπει τη σχεδίαση και χρήση IPMP συστημάτων καθορισμένου πεδίου (IPMP-S). Ενώ το MPEG-4 δεν τυποποιεί τα IPMP συστήματα από μόνα τους, εντούτοις τυποποιεί την MPEG-4 IPMP διεπαφή. Αυτή η διεπαφή αποτελείται από IPMP-περιγραφείς (IPMP-D) και IPMP- Βασικά Ρεύματα (IPMP-ES).

Τα IPMP-D και IPMP-ES παρέχουν ένα μηχανισμό επικοινωνίας μεταξύ των IPMP συστημάτων και του MPEG-4 τερματικού. Ορισμένες εφαρμογές μπορεί να απαιτούν πολλαπλά IPMP συστήματα. Όταν τα MPEG-4 αντικείμενα απαιτούν διαχείριση και προστασία, έχουν ενωμένα μαζί τους τα IPMP-D. Αυτά τα IPMP-D υποδεικνύουν ποια IPMP συστήματα πρόκειται να

χρησιμοποιηθούν και παρέχουν πληροφορία σε αυτά τα συστήματα για το πώς να διαχειριστούν και να προστατέψουν το περιεχόμενο, (βλ. Σχήμα 4.24).



-ΣΧΗΜΑ 4.24 Η IPMP ΜΕΣΑ ΣΕ ΕΝΑ MPEG-4 ΣΥΣΤΗΜΑ-

Εκτός από το να καθιστά ικανούς τους ιδιοκτήτες της πνευματικής ιδιοκτησίας να διαχειρίζονται και να προστατεύουν τα δικαιώματά τους, το MPEG-4 παρέχει ένα μηχανισμό να αναγνωρίζει αυτά δικαιώματα μέσω του συνόλου δεδομένων αναγνώρισης πνευματικής ιδιοκτησίας (IP Data Set). Αυτή η πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα IPMP συστήματα ως είσοδος στη διαδικασία διαχείρισης και προστασίας.

#### 4.13 ΛΙΣΤΑ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΩΝ ΠΟΥ ΠΑΡΕΧΕΙ ΤΟ MPEG-4

[7]

Το MPEG-4 Ήχου διευκολύνει μια πλατιά ποικιλία εφαρμογών οι οποίες μπορεί να εκτείνονται από κατανοητή ομιλία μέχρι υψηλής ποιότητας πολυκαναλικό ήχο και από φυσικούς ήχους σε συνθετικούς ήχους. Συγκεκριμένα υποστηρίζει την υψηλός επαρκή αναπαράσταση των ηχητικών αντικειμένων που αποτελούνται από:

■ **Σήματα ομιλίας.** Η κωδικοποίηση ομιλίας μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας ρυθμούς από 2 kbit/sec μέχρι 24 kbit/sec χρησιμοποιώντας τα εργαλεία κωδικοποίησης ομιλίας. Χαμηλότεροι ρυθμοί, όπως ένας μέσος ρυθμός 1.2 kbit/sec είναι επίσης δυνατοί όταν επιτρέπεται μεταβλητός ρυθμός κωδικοποίησης. Μικρή καθυστέρηση είναι πιθανή για εφαρμογές επικοινωνίας. Όταν χρησιμοποιούμε τα HVXC εργαλεία, η ομιλία και ο τόνος μπορούν να τροποποιηθούν υπό τον έλεγχο του χρήστη κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης (playback). Αν χρησιμοποιούνται τα CELP εργαλεία, μπορεί να επιτευχθεί αλλαγή της ταχύτητας εκτέλεσης με χρήση και επιπλέον εργαλείου για επεξεργασία εφέ.

■ **Συνθετική ομιλία.** Ο ρυθμός των κλιμακούμενων TTS κωδικοποιητών εκτείνεται από 200 bit/sec έως 1.21 kbit/sec το οποίο επιτρέπει σε ένα κείμενο ή σε ένα κείμενο με μετρικές παραμέτρους (περίγραμμα τόνου φωνής, διάρκεια φωνήματος κλπ), ως εισόδους

του για να δημιουργήσει κατανοητή συνθετική ομιλία. Περιλαμβάνει τις ακόλουθες λειτουργικότητες:

- Σύνθεση ομιλίας χρησιμοποιώντας την μετρική της πρωτότυπης ομιλίας.
- Έλεγχος συγχρονισμού χειλιών με πληροφορία φωνήματος.
- Λειτουργικότητα με τεχνάσματα: παύση, συνέχιση, πήδημα μπρος/πίσω.
- Υποστήριξη διεθνών γλωσσών και διαλέκτων για κείμενο (μπορεί να σηματοδοτηθεί στο ρεύμα bit ποια γλώσσα και διάλεκτος πρέπει να χρησιμοποιηθεί).
- Υποστήριξη διεθνών συμβόλων για φωνήματα.
- Υποστήριξη για προσδιορισμό της ηλικίας, γένους και ρυθμού ομιλίας του ομιλητή.
- Υποστήριξη για μεταφορά των παραμέτρων της κίνησης του προσώπου ( *FAP= Facial Animation Parameter* ).

❑ **Σήματα γενικού ήχου:** Η υποστήριξη για κωδικοποίηση γενικού ήχου που εκτείνεται από πολύ χαμηλούς ρυθμούς μέχρι υψηλής ποιότητας παρέχεται μετατρέποντας τις τεχνικές κωδικοποίησης. Με αυτή τη λειτουργικότητα καλύπτεται μία μεγάλη περιοχή ρυθμών και εύρων ζώνης. Ξεκινά σε ένα ρυθμό των 6 kbit/sec και ένα εύρος ζώνης κάτω από 4KHz αλλά επίσης περιλαμβάνει ποιότητα εκπομπής ήχου από μονό μέχρι πολυκαναλικού.

❑ **Συνθετικός ήχος:** Η υποστήριξη του συνθετικού ήχου παρέχεται από μία υλοποίηση Αποκωδικοποιητή Κατασκευασμένου Ήχου που επιτρέπει την εφαρμογή πληροφορίας ελέγχου βασισμένης στα σκορ, σε μουσικά όργανα που περιγράφονται σε μία ειδική γλώσσα.

❑ **Συνθετικός Ήχος Περιορισμένης Πολυπλοκότητας:** Αυτό παρέχεται από μία υλοποίηση Αποκωδικοποιητή Κατασκευασμένου Ήχου που επιτρέπει την επεξεργασία μιας τυποποιημένης μορφοποίησης κυματοπίνακα.

Παραδείγματα επιπλέον λειτουργικότητας είναι η αλλαγή του ελέγχου της ταχύτητας και του τόνου για σήματα ομιλίας και η κλιμάκωση με όρους όπως ρυθμός bit, εύρος ζώνης, ανθεκτικότητα σε σφάλματα, πολυπλοκότητα κ.λ.π., όπως ορίζονται παρακάτω:

❑ **Η λειτουργικότητα της αλλαγής ταχύτητας** επιτρέπει την αλλαγή της κλίμακας χρόνου χωρίς να αλλάζουμε τον τόνο κατά τη διάρκεια της διεργασίας αποκωδικοποίησης. Αυτό μπορεί, για παράδειγμα, να χρησιμοποιηθεί για να υλοποιήσουμε μια λειτουργία γρήγορης μετακίνησης προς τα εμπρός "fast forward" (για ψάξιμο βάσης δεδομένων) ή για να προσαρμόσουμε το μήκος μιας ηχητικής ακολουθίας σε μια δοσμένη οπτική ακολουθία, ή για να εξασκηθούμε σε βήματα χορού με μικρότερη ταχύτητα.

❑ **Η λειτουργικότητα αλλαγής του τόνου** επιτρέπει την αλλαγή του τόνου χωρίς να αλλάζουμε την κλίμακα χρόνου κατά τη διάρκεια της διεργασίας κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για παράδειγμα, για αλλαγή φωνής ή εφαρμογές τύπου Karaoke (εγγραφή φωνής σε μελωδία). Αυτή η τεχνική εφαρμόζεται μόνο σε μεθόδους κωδικοποίησης παραμετρικού και κατασκευασμένου θορύβου.

❑ **Η κλιμάκωση ρυθμού bit** επιτρέπει σε ένα ρεύμα bit να αναλυθεί σε ένα ρεύμα bit χαμηλότερου ρυθμού έτσι ώστε ο συνδυασμός να μπορεί ακόμα να αποκωδικοποιηθεί σε ένα σήμα με νόημα. Η ανάλυση του ρεύματος bit μπορεί να συμβεί είτε κατά τη διάρκεια της μετάδοσης ή στον αποκωδικοποιητή.

❑ **Η κλιμάκωση του εύρους ζώνης** είναι μία ειδική περίπτωση κλιμάκωσης ρυθμού bit, όπου μέρος ενός ρεύματος bit που αναπαριστά ένα μέρος του φάσματος συχνότητας μπορεί να

αναιρεθεί κατά τη διάρκεια της μετάδοσης ή της αποκωδικοποίησης.

- 5 **Η κλιμάκωση της πολυπλοκότητας του κωδικοποιητή** επιτρέπει σε κωδικοποιητές διαφορετικής πολυπλοκότητας να δημιουργήσουν έγκυρα και με νόημα ρεύματα bit.
- 6 **Η κλιμάκωση της πολυπλοκότητας του αποκωδικοποιητή** επιτρέπει σε ένα δοσμένο ρεύμα bit να αποκωδικοποιηθεί από αποκωδικοποιητές διαφορετικών επιπέδων πολυπλοκότητας. Η ποιότητα ήχου, γενικά, σχετίζεται με την πολυπλοκότητα του κωδικοποιητή και αποκωδικοποιητή που χρησιμοποιούνται.
- 7 **Τα ηχητικά εφέ** παρέχουν την ικανότητα να επεξεργαστούμε αποκωδικοποιημένα ηχητικά σήματα με πλήρη χρονική ακρίβεια για να επιτύχουμε λειτουργίες για μίξη, αντήχηση και κατανομή χώρου.

#### 4.14 ΗΧΗΤΙΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΤΟΥ MPEG-4

[7]

Το MPEG-4 παρέχει ένα μεγάλο και πλούσιο σύνολο από εργαλεία για την κωδικοποίηση των οπτικοακουστικών αντικειμένων. Για να επιτρέψουμε αποτελεσματικές υλοποιήσεις του προτύπου, έχουν αναγνωρισθεί υποσύνολα των συνόλων εργαλείων των MPEG-4 Συστημάτων, Εικόνας και Ήχου, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συγκεκριμένες εφαρμογές. Αυτά τα υποσύνολα καλούνται «κατατομές» ("profiles") και περιορίζουν το σύνολο των εργαλείων που έχει να υλοποιήσει ένας αποκωδικοποιητής. Για καθεμία από αυτές τις κατατομές, έχουν ορισθεί ένα ή περισσότερα επίπεδα, περιορίζοντας την υπολογιστική πολυπλοκότητα. Η προσέγγιση είναι όμοια με το MPEG-2, όπου ο πιο γνωστός συνδυασμός κατατομής/επιπέδου είναι «η κύρια κατατομή @ το κυρίως επίπεδο ("main profile @ main level")». Ένας συνδυασμός κατανομής @επιπέδου επιτρέπει:

- ♦ Ένας αποκωδικοποιητής κτίστης να υλοποιήσει μόνο το υποσύνολο του προτύπου που χρειάζεται, διατηρώντας την εσωτερική δουλειά με άλλες MPEG-4 συσκευές κτισμένες στον ίδιο συνδυασμό και
- ♦ Να ελέγχει εάν οι MPEG-4 συσκευές συμμορφώνονται με το πρότυπο.

##### Τέσσερις Κατατομές Ήχου έχουν ορισθεί:

- Η κατατομή ομιλίας παρέχει HVXC, το οποίο είναι ένας παραμετρικός αποκωδικοποιητής ομιλίας πολύ χαμηλού ρυθμού bit, έναν CELP στενής ζώνης / ευρείας ζώνης κωδικοποιητή ομιλίας και μία TTS διεπαφή.
- Η κατατομή σύνθεσης παρέχει σύνθεση οδηγούμενη από σκορ χρησιμοποιώντας SAOL και κυματοπίνακες και μία TTS διεπαφή για να παράγει ήχο και ομιλία σε πολύ χαμηλούς ρυθμούς bit.
- Η κλιμακωτή κατατομή, ένα υπερόσολο της κατατομής ομιλίας, είναι κατάλληλη για κλιμακούμενη κωδικοποίηση ομιλίας και μουσικής για δίκτυα, όπως το Internet και το NADIB. Οι ρυθμοί bit εκτείνονται από 6 kbit/sec μέχρι 24 kbit/sec με εύρη ζώνης μεταξύ 3.5 και 9 KHz.
- Η κυρίως κατατομή είναι ένα πλούσιο υπερόσολο όλων των άλλων κατατομών, περιέχοντας εργαλεία για φυσικό και συνθετικό ήχο.

[7]

Οι MPEG τεχνολογίες συμπίεσης ήχου θα παίξουν ένα σημαντικό ρόλο στα καταναλωτικά ηλεκτρονικά, στον επαγγελματικό χώρο του ήχου, στις τηλεπικοινωνίες, στην εκπομπή και στα πολυμέσα. Εδώ περιγράφουμε μερικούς τυπικούς χώρους εφαρμογών.

Βασικές εφαρμογές θα στηριχθούν στην παράδοση ψηφιακών ηχητικών σημάτων από επίγεια και δορυφορικά ψηφιακά συστήματα εκπομπής και μετάδοσης όπως γραμμές συνδρομητών, δεσμούς ανταλλαγής προγραμμάτων, κυτταρώδη κινητά ραδιοφωνικά δίκτυα, δίκτυα συνδρομητικής τηλεόρασης και τοπικά δίκτυα [52]. Για παράδειγμα, στα στενής ζώνης δίκτυα ISDN (Integrated Services Digital Networks), οι πελάτες έχουν φυσική πρόσβαση σε ένα ή δύο 64 kb/sec- B κανάλια και ένα 16 kb/sec- B κανάλι (το οποίο υποστηρίζει σηματοδότηση αλλά μπορεί επίσης να μεταφέρει πληροφορία του χρήστη). Και άλλες διαμορφώσεις είναι δυνατές συμπεριλαμβάνοντας  $p \times 64$  kb/sec ( $p = 1, 2, 3, \dots$ ) υπηρεσίες. Οι ISDN ρυθμοί προσφέρουν χρήσιμα κανάλια για μία πρακτική κατανομή στερεοφωνικών και πολυκαναλικών σημάτων ήχου. Επειδή το ISDN είναι μία αμφίδρομη υπηρεσία, παρέχει επίσης αντίθετα προς το ρεύμα μονοπάτια για μελλοντικές απαιτούμενες και αλληλοεπιδρώμενες οπτικοακουστικές επιτόπου (just in time) υπηρεσίες ήχου. Η ραχοκοκαλιά των ψηφιακών τηλεπικοινωνιακών δικτύων θα είναι ευρείας ζώνης (B-) ISDN με κυψελοειδή δομή. Οι καθυστερήσεις κυψελών και οι απώλειες κυψελών είναι πηγές παραμόρφωσης που πρέπει να ληφθούν υπόψη σε σχεδιάσεις ψηφιακών συστημάτων ήχου [53]. Μία σχετική εφαρμογή είναι η εκπομπή μέσω Internet, η οποία θα χρειαστεί σημαντικούς ρυθμούς συμπίεσης όσο οι προσωπικοί υπολογιστές είναι συνδεδεμένοι στα δίκτυα ραχοκοκαλιές μέσω διαμορφωτών/αποδιαμορφωτών (modem) με συνήθεις ρυθμούς bit μεταξύ 14.4 kb/sec και 33 kb/sec.

Στο χώρο της ψηφιακής αποθήκευσης σε ψηφιακές ταινίες ήχου και δίσκους (επανεγγραφής), ένας αριθμός από καταναλωτικά προϊόντα βασισμένα στο MPEG έχει πρόσφατα προσέλθει στην αγορά ήχου. Από αυτά τα προϊόντα, το Digital Compact Cassette (DCC) της Philips, ουσιαστικά κάνει χρήση του Στρώματος I του MPEG-1 κωδικοποιητή ήχου, χρησιμοποιώντας το στερεοφωνικό ρυθμό του των 384 kb/sec. Ο αλγόριθμος του κωδικοποίησης ήχου καλείται PASC (Precision Audio Subband Coding). Τα DVD με χωρητικότητα 4,7 GB ελαττώνει την πίεση για εκπληκτικούς συντελεστές συμπίεσης θα ανοίξει τις δυνατότητες της αποθήκευσης καναλιών ήχου που έχουν κωδικοποιηθεί με ένα τρόπο χωρίς απώλειες και θα παρέχει την απαραίτητη χωρητικότητα για διάφορες μορφές πολυκαναλικής κωδικοποίησης. Το DVD υποστηρίζει στερεοφωνικό και 5.1-πολυκαναλικό ήχο. Σε σύνδεση με video, ή έκδοση PAL του DVD (5625/50 TV System) χρησιμοποιείται MPEG κωδικοποίηση ήχου με **Dolby AC-3** τεχνική μετασχηματισμού κωδικοποίησης ως επιλογή [54-56], ενώ η έκδοση NTSC (525/60 TV System) θα στηριχθεί στο AC-3 με το MPEG ως επιλογή. Ο ολικός ρυθμός bit ήχου είναι 384 kb/sec.

Ένας αριθμός αποφάσεων που αφορούν υπηρεσίες όπως την εισαγωγή της ψηφιακής εκπομπής ήχου (**DAB-Digital Audio Broadcast**), και ψηφιακής εκπομπής εικόνας (**DVB-Digital Video Broadcast**) έχουν παρθεί πρόσφατα. Στην Ευρώπη, μία ερευνητική ομάδα που καλείται **Eureka 147** έχει μελετήσει ένα σύστημα **DAB** το οποίο είναι έτοιμο να αντιμετωπίσει τα προβλήματα της ψηφιακής εκπομπής [57]. Το **ITU-R** έχει προτείνει το MPEG-1 πρότυπο κωδικοποίησης ήχου αφού πραγματοποίησε εκτεταμένες υποκειμενικές δοκιμές. Το Στρώμα II αυτού του προτύπου χρησιμοποιείται για εκπομπή προγραμμάτων και η έκδοση του Στρώματος III προτείνεται για ερμηνευτικούς δεσμούς σε χαμηλούς ρυθμούς. Ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι 48 KHz σε όλες τις περιπτώσεις και το πεδίο βοηθητικών δεδομένων χρησιμοποιείται για δεδομένα που σχετίζονται με το πρόγραμμα (**Program Associated Data-PAD information**) και άλλα δεδομένα. Το σύστημα DAB έχει μία σημαντική επιβάρυνση ρυθμού bit για διόρθωση σφαλμάτων στηριγμένο σε χαλαρούς κώδικες συγκερασμού, για να υποστηρίξει κωδικοποίηση καναλιού προσαρμοσμένης πηγής, δηλαδή μία ανομοιόμορφη προστασία σφαλμάτων που είναι σε συμφωνία με την ευαισθησία μεμονωμένων bit ή μιας ομάδας από bits σε σφάλματα καναλιού.



Το δορυφορικό συνδρομητικό τηλεοπτικό σύστημα του *Hughes Direct TV* και το *ADR (Astral Digital Radio)* είναι παραδείγματα ψηφιακής εκπομπής βασισμένης σε δορυφόρους που κάνουν χρήση του MPEG-1 Στρώματος Π. Ως ένα ακόμα παράδειγμα το σύστημα *Outlast Sara* θα βασισθεί σε κωδικοποίηση Στρώματος III.

Εξελιγμένα ψηφιακά τηλεοπτικά συστήματα παρέχουν *HDTV* παράδοση στο κοινό με γήινη μετάδοση και μία ποικιλία από εναλλασσόμενα/αλληλο-διαδοχικά μέσα και προσφέρουν πλήρη κίνηση, υψηλή οπτική ανάλυση και υψηλής ποιότητας πολυκαναλικό περιβάλλοντα ήχο. Ο ολικός ρυθμός bit μπορεί να μεταδοθεί μέσα στο εύρος ζώνης ενός αναλογικού *UHF* καναλιού τηλεόρασης. Το σύστημα των ΗΠΑ *Grand Alliance HDTV* και το Ευρωπαϊκό σύστημα *DVB* κάνουν χρήση του MPEG-2 οπτικού συστήματος συμπίεσης και του MPEG-2 συστήματος μεταφοράς στρώματος, το οποίο χρησιμοποιεί ένα εύκαμπτο ATM πρωτόκολλο πακέτων με επικεφαλίδες/περιγραφείς για πολυπλεξία ρευμάτων bits ήχου και εικόνας σε ένα ρεύμα με την απαραίτητη πληροφορία για να διατηρήσουν τα συστήματα συγχρονισμένα κατά την αποκωδικοποίηση. Τα συστήματα διαφέρουν στον τρόπο με τον οποίο το ηχητικό σήμα συμπιέζεται. Το σύστημα *Grand Alliance* χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο *Dolby AC-3*, ενώ το Ευρωπαϊκό σύστημα θα χρησιμοποιήσει το MPEG-2/Ηχου.

#### 4.16 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

[7]

Ο ψηφιακός ήχος χαμηλού ρυθμού bit εφαρμόζεται σε πολλούς διαφορετικούς χώρους, όπως τα καταναλωτικά ηλεκτρονικά, η επαγγελματική επεξεργασία ήχου, οι τηλεπικοινωνίες και η εκπομπή. Η κωδικοποίηση αντίληψης στο χώρο των συχνοτήτων έχει στρώσει το δρόμο για υψηλούς ρυθμούς συμπίεσης στην κωδικοποίηση ήχου. Η MPEG-1 κωδικοποίηση ήχου με τα τρία Στρώματα έχει γίνει ευρέως αποδεκτή ως διεθνές πρότυπο. Κωδικοποιητές λογισμικού, εφαρμογές μονού DSP τσιπ και επεκτάσεις υπολογιστών είναι διαθέσιμα από ένα αριθμό προμηθευτών.

Στην περιοχή της εκπομπής και των κινητών ραδιοφωνικών συστημάτων, οι υπηρεσίες μετακινούνται σε μεταφερόμενες συσκευές και νέα, τρίτης γενιάς κινητά τηλεπικοινωνιακά δίκτυα αναπτύσσονται. Οι κωδικοποιητές για αυτά τα δίκτυα δεν πρέπει μόνο να λειτουργούν σε χαμηλούς ρυθμούς bit αλλά πρέπει να είναι σταθεροί σε σφάλματα έκρηξης και σε περιβάλλοντα απώλειας πακέτων ή κυψελών. Οι τεχνικές απόκρυψης σφαλμάτων παίζουν ένα σημαντικό ρόλο. Εξαιτίας της έλλειψης διαθέσιμου εύρους ζώνης, οι παραδοσιακές τεχνικές κωδικοποίησης καναλιού μπορεί να μην είναι ικανές να βελτιώσουν επαρκώς την αξιοπιστία του καναλιού.

Οι MPEG κωδικοποιητές ήχου ελέγχονται από ψυχοακουστικά μοντέλα που μπορούν να βελτιωθούν, αφήνοντας έτσι χώρο για μία επαναστατική βελτίωση των συστημάτων κωδικοποιητών/αποκωδικοποιητών. Στο μέλλον, θα δούμε νέες λύσεις για κωδικοποίηση. Μία καλύτερη κατανόηση της διπλο-ωτικής αντίληψης και της στερεοφωνικής αναπαράστασης θα οδηγήσει σε νέες προτάσεις.

Ο ψηφιακός πολυκαναλικός ήχος βελτιώνει τις στερεοφωνικές εικόνες και θα είναι μεγάλης σημαντικότητας και για εφαρμογές αποκλειστικά ήχου και για εφαρμογές πολυμέσων. Το MPEG-2/Ηχου προσφέρει και αναδρομικά και μη αναδρομικά συμβατά σχήματα κωδικοποίησης για να εξυπηρετήσει διαφορετικές ανάγκες. Η συνεχόμενη έρευνα θα καταλήξει σε επαυξημένες πολυκαναλικές αναπαραστάσεις κάνοντας καλύτερη χρήση των εσωκαναλικών συσχετίσεων και εσωκαναλικών αποτελεσμάτων απόκρυψης ώστε να κατεβάσει τους ρυθμούς bit ακόμα πιο κάτω. Μπορούμε επίσης να περιμένουμε λύσεις για ειδικές αναπαραστάσεις για ανθρώπους με ελαττώματα στην ακοή ή στην όραση οι οποίες μπορούν να κάνουν χρήση της πολυκαναλικής διαμόρφωσης με πολλούς τρόπους.

Οι σημερινές δραστηριότητες της ομάδας ειδικών του ISO/MPEG στοχεύουν σε προτάσεις για κωδικοποίηση ήχου που θα προσφέρει υψηλότερους ρυθμούς συμπίεσης και οι οποίες θα

συγχωνεύσουν όλη την περιοχή του ήχου από την κωδικοποίηση ήχου υψηλής πιστότητας και κωδικοποίηση ομιλίας μέχρι τη συνθετική ομιλία και το συνθετικό ήχο (ISO/IEC MPEG-4). Το MPEG-4 θα είναι το μελλοντικό πρότυπο πολυμέσων. Εξαιτίας του ότι η βασική ποιότητα ήχου θα είναι πιο σημαντική από τη συμβατότητα με τα υπάρχοντα πρότυπα, αυτή η δραστηριότητα έχει ανοίξει την πόρτα για εντελώς νέες λύσεις.

## ΛΕΞΙΚΟ

Access Unit	Μονάδα προσπέλασης-Μία λογική υποδομή ενός Βασικού Ρεύματος για να διευκολύνει τυχαία προσπέλαση η μεταχείριση ρευμάτων bit
Adaptive	Προσαρμοστικός
Allocation	Καταμερισμός
Animate	Ζωντανεύω, κινώ
Archiving	Αρχειοθέτηση
Artifacts	Ατέλειες
Attenuate	Εξασθενώ
Backchannel	Κανάλι επιστροφής
Backwards Compatibilty	Αναδρομική Συμβατότητα
Binaural	Διπλωτικός
Buffer	Προσωρινή ταχεία μνήμη
Burst errors	Καταιγιστικά σφάλματα
Cascade	Συζευγμένος-σε σειρά
Cochlea	Κοχλίας
Codec	Κωδικοποιητής/αποκωδικοποιητής
Compadding	Συμπύεση/αποσυμπύεση
Compound	Σύνθετος
Conductor	Μαέστρος
Critical bands	Κρίσιμες ζώνες
Dynamic allocation	Δυναμικός καταμερισμός
Dynamic range	Δυναμική Ακτίνα
Elementary Stream	Βασικό Ρεύμα. Μία ακολουθία δεδομένων που προέρχεται από ένα μονό παραγωγό στο εκπεμπόμενο MPEG-4 Τερματικό και τερματίζει σε ένα μονό παραλήπτη
Enhanced	Εξελιγμένα
Enhanced	Προηγμένα-εξελιγμένα
Envelope	Περιβάλλουσα
Fading	Εξασθένιση
Forward	Πρόδρομος
Frequency domain	Πεδίο συχνοτήτων
High Fidelity	Υψηλή Πιστότητα
High Fidelity	Υψηλή πιστότητα
Interleave	Εμφολιάζω
Impulse response	Κρουστική απόκριση
Joint Stereo	Συνδυασμένο στέρεο

Lossless	Χωρίς απώλειες
Maskee	(απο)κρυμμένο σήμα
Masker	Αποκρύβον σήμα
Masking threshold	Κατώφλι απόκρυψης
Midtread	Μέσου βήματος- μέσης στάθμης
Mixing	Μίξη
Modem	Διαμορφωτής/αποδιαμορφωτής
Multichannel	Πολυκαναλικός
Multimedia	Πολυμέσα
Noise Shaping	Σχηματοποίηση-μορφοποίηση θορύβου
Overhead	Επιβάρυνση
Padding	Συμπληρωματικά
Perceptual	Νοήμων, με αντίληψη
Performance	Απόδοση
Pitch	Τόνος φωνής
Playback	Αναπαραγωγή
Predictor	Προβλεπτής
Profile	Κατατομή
Quantization	Κβάντιση
Random errors	Τυχαία σφάλματα
Reverbs	Ακουστικές ανακλάσεις
Robustness	Αντοχή
Runlength-limited line code	Γραμμικός κώδικας ο οποίος περιορίζεται από το μήκος κατά την εφαρμογή
Scalability	Ικανότητα για κλιμάκωση
Session	Συνεδρίαση
Simulcast	Ταυτόχρονη μετάδοση
Spatialization	Κατανομή χώρου
Standard	Πρότυπο
Standarization	Καθορισμός προτύπων
State of the art	Τελευταία λέξη της τεχνολογίας
Streaming	Κατευθυνόμενο
Subband	Υποζώνη
Surround audio	Περιβάλλοντας ήχος
Transparent	Διαυγής-καθαρός
Upstream	Αντίθετα προς το ρεύμα
Video conferencing	Τηλεσυνδιάσκεψη
Wideband	Ευρεία Ζώνη
Window switching	Εναλλαγή-μεταπήδηση παραθύρου
Editing	Επεξεργασία
Reusability	Ικανότητα επαναχρησιμοποίησης

AAC	Advanced Audio Coding (MPEG-2 without backwards compatibility)
AAL	ATM Adaption Layer
ADR	Astra Digital Radio
API	Application Programming Interface
ATC	Adaptive Transform Coding
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BBC	British Broadcasting Corporation
BIFS	Binary Format for Scene description
BSAC	Bit-Sliced Arithmetic Coding
CD	Compact Disk
CE	Core Experiment
CELP	Code Excited Linear Prediction
DAB	Digital Audio Broadcast
DAI	DMIF-Application Interface
DAT	Digital Audio Tape
DCC	Digital Compact Cassette
DCT	Discrete Cosine Transform
DMIF	Delivery Multimedia Integration Framework
DNI	DMIF Network Interface
DS	DMIF Signalling
DVB	Digital video Broadcast
DVD	Digital Versatile (or Video) Disk
FAP	Facial Animation Parameters
FFT	Fast Fourier Transform
FlexMux	A Flexible (Content) Multiplex tool
HDTV	High Definition TV
Hi-Fi	High Fidelity
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Networks
IP	Internet Protocol
IPI	Intellectual Property Identification
IPR	Intellectual Property Rights
ISO	International Organization of Standards
JND	Just Noticeable Distortion
LC	Low Complexity
LFE	Low Frequency Enhancement
LPC	Linear Predictive Coding

LTP	Long Term Prediction
MDCT	Modified Discrete Cosine Transform
MIDI	Musical Instrument Digital Interface
MPEG	Moving Pictures Expert Group
NMR	Noise to Mask Ratio
OD	Object Descriptor
PAD	Program-Associated-Data
PASC	Precision Audio Subband Coding
PCM	Pulse Code Modulation
QoS	Quality of Service
RTP	Real Time Transport Protocol
RTSP	Real Time Streaming Protocol
SBC	Subband Coding
SL	Sync(hronization) Layer
SMR	Signal-Mask-Ratio
SPL	Sound Pressure Level
TC	Transform coding
TCP	Transmission Control Protocol
TTS	Text-to-Speech
UDP	User Datagram Protocol
VCR	Video Cassette Recorders
VRML	Virtual Reality Modeling Language
WWW	World Wide Web

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

# ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗ VIDEO

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

[1] Το ανθρώπινο μάτι έχει την ιδιότητα, όταν μια εικόνα εμφανίζεται, σύντομα, να τη διατηρεί στον αμφιβληστροειδή για μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου προτού χαθεί. Εάν μια σειρά από εικόνες εμφανίζονται με ρυθμό 50 ή περισσότερες εικόνες/sec, το μάτι δεν αντιλαμβάνεται ότι παρακολουθεί διακριτές εικόνες. Όλα τα συστήματα βίντεο (π.χ., τηλεόραση) αξιοποιούν αυτή την αρχή για να παράγουν κινούμενες εικόνες.

Στην μεγάλη αυτή ενότητα του video το οποίο είναι και το πιο σημαντικό και ενδιαφέρων κομμάτι στις πολυμεσικές εφαρμογές μιας και καταφέρνει να ενοποιήσει όλα τα προαναφερόμενα είδη πληροφορίας : κείμενο, εικόνα κινούμενη ή μη, ήχο, animation θα πρέπει να ξεκαθαρίσουμε από την αρχή το εξής: " Η επεξεργασία video στον προσωπικό υπολογιστή θα αργήσει να πλησιάσει την επαγγελματική ποιότητα των τηλεοπτικών studio". Ο βασικότερος παράγοντας είναι ότι μας χωρίζουν μηχανήματα και συσκευές με διαφορά πολλών εκατομμυρίων... Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας είναι ότι τα τηλεοπτικά studio βασίζονται στην ώριμη τεχνολογία της αναλογικής επεξεργασίας (γραμμένη βιντεοταινία) και έχει ιστορία αρκετών δεκαετιών, ενώ ο ψηφιακός κόσμος των προσωπικών υπολογιστών τώρα βιώνει την επανάσταση του.

Αυτό όμως δεν μας εμποδίζει να πιστεύουμε ότι η ψηφιακή τεχνολογία τελικά θα επικρατήσει. Έχει κάποια απόλυτα όπλα που την κάνουν που την κάνουν αναντικατάστατη και απαραίτητη. Ποια είναι αυτά και ποιες οι διαφορές των δύο κόσμων; Τι είναι αυτή τη στιγμή εφικτό; Και τι σημαίνει τελικά όλη αυτή η ορολογία που ακούγεται συνεχώς και πλανάτε γύρω μας;

Σε αντίθεση με τη συνηθισμένη γραμμική επεξεργασία (on line cutting) του βιντεοσήματος, όπου αντιγράφει κανείς από ταινία σε ταινία, χειριζόμαστε στη μη γραμμική επεξεργασία (off line cutting) το ψηφιοποιημένο σήμα εικόνας (κινούμενης ή μη) και ήχου από τον σκληρό δίσκο – χωρητικότητας συνήθως αρκετών gigabyte.

Αυτό που κάνει δυνατό τον χειρισμό τέτοιων όγκων δεδομένων είναι οι σημερινοί γρήγοροι υπολογιστές και οι εξελιγμένες μορφές συμπίεσης. Και οι δύο μέθοδοι έχουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Στην αναλογική (γραμμική) επεξεργασία ο υπολογιστής μπορεί να μην είναι απαραίτητος – υπάρχουν όμως συστήματα που αναλαμβάνουν όλη τη του «κόψε – ράψε» από ταινία σε ταινία και τα κύρια μηχανήματα είναι οι δύο βιντεοσυσκευές (player και recorder) και ο απαραίτητος μίκτης (mixer).

Από την άλλη πλευρά στην ψηφιακή (μη γραμμική) επεξεργασία έχουμε κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα:

- i. Εξαφανίζονται οι χώροι για τα γυρίσματα της ταινίας και το ψάξιμο της σκηνής, που είναι παραδοσιακά το μεγαλύτερο χάσιμο χρόνου στην αναλογική επεξεργασία μιας και πρόκειται για μια πολύ χρονοβόρα διαδικασία.
- ii. Μπορούμε να επεξεργαστούμε κάθε σημείο της ταινίας.
  - Να κόψουμε ή να προσθέσουμε σκηνές.
  - Να εμπλουτίσουμε με μουσική, ήχο και ηχητικά εφέ.
  - Να εφαρμόσουμε εφέ μετάβασης από την μια σκηνή στην άλλη.
  - Να προσθέσουμε ακίνητες εικόνες ή υπότιτλους στη σκηνή μας.
- iii. Όλα αυτά μπορούμε να τα δούμε επί τόπου και αν δεν μας αρέσουν να τα αλλάξουμε με άλλα ή να τα διαμορφώσουμε κατάλληλα χωρίς να χάσουμε την ποιότητα αφού το πρωτογενές υλικό βρίσκεται σε ψηφιακή μορφή!

## 5.1 ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

[1] Για να κατανοήσουμε τα συστήματα βίντεο, το καλύτερο είναι να αρχίσουμε με την απλή, παλαιομοδίτικη, ασπρόμαυρη τηλεόραση. Η κάμερα, για να αναπαραστήσει τη δυσδιάστατη εικόνα που έχει μπροστά της ως μια μονοδιάστατη τάση συναρτήσεως του χρόνου, σαρώνει την εικόνα με δέσμη ηλεκτρονίων, γρήγορα από αριστερά προς τα δεξιά (κατά πλάτος της εικόνας) και αργά από πάνω προς τα κάτω, καταγράφοντας την ένταση φωτός κατά την πορεία της. Στο τέλος της σάρωσης, που ονομάζεται, πλαίσιο (frame), η δέσμη επανέρχεται στη αρχική της θέση. Η ένταση αυτή ως συνάρτηση του χρόνου εκπέμπεται και οι δέκτες επαναλαμβάνουν τη διαδικασία σάρωσης για να αναδημιουργήσουν την εικόνα.

Η διαδικασία σάρωσης που χρησιμοποιείται τόσο από την κάμερα όσο και τον δέκτη φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. (Ας προστεθεί ότι οι κάμερες μάλλον CCD παίρνουν το ολοκλήρωμα παρά σαρώνουν την εικόνα, αλλά μερικές κάμερες και όλες οι οθόνες σαρώνουν.)

Οι ακριβείς παράμετροι σάρωσης ποικίλουν από χώρα σε χώρα. Το σύστημα που χρησιμοποιείται στη Βόρεια και Νότια Αμερική και στην Ιαπωνία έχει 525 γραμμές σάρωσης, λόγων οριζόντιας προς κάθετη θέαση 4:3 και 30 πλαίσια/sec. Το Ευρωπαϊκό σύστημα έχει 625 γραμμές σάρωσης, τον ίδιο λόγο θέασης 4:3 και 25 πλαίσια/sec. Και στα δυο συστήματα, λίγες από τις επάνω και κάτω γραμμές δεν απεικονίζονται (ώστε να προσεγγιστεί η ορθογώνια εικόνα στους πρώτους στρογγυλούς καθοδικούς σωλήνες - CRT). Στο NTSC απεικονίζονται μόνο οι 483 από τις 525 γραμμές σάρωσης (και στο PAL/SECAM οι 576 από τις 625 γραμμές σάρωσης). Η δέσμη σβήνει κατά την κατακόρυφη επαναφορά της, έτσι πολλοί σταθμοί (ειδικά στην Ευρώπη) χρησιμοποιούν αυτό το διάστημα για να μεταδώσουν TeleText (σελίδες κειμένου που περιέχουν ειδήσεις, καιρό, αθλητικά, τιμές μετοχών κλπ).

Αν και τα 25 πλαίσια/560 αρκούν για την ομαλή κίνηση, σ' αυτόν τον ρυθμό πλαισίων πολλοί άνθρωποι, ειδικά οι πιο ηλικιωμένοι, θα βλέπουν την εικόνα να τρεμοπαίζει (επειδή η παλιά εικόνα ξεθωριάζει από τον αμφιβληστροειδή πριν εμφανισθεί η καινούργια). Αντί να αυξήσουμε τον ρυθμό πλαισίων, κάτι που θα απαιτούσε να χρησιμοποιηθεί ακόμη περισσότερο από το πολύτιμο εύρος ζώνης, ακολουθούμε μια διαφορετική προσέγγιση. Αντί να εμφανισθούν οι γραμμές σάρωσης με τη σειρά τους, πρώτα εμφανίζονται όλες οι μονές γραμμές σάρωσης κι έπειτα οι, ζυγές. Το καθένα από τα μισά αυτά πλαίσια καλείται πεδίο (field). Τα πειράματα έχουν δείξει, ότι μολονότι στα 25 πλαίσια/sec οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται τρεμόπαιγμα (flicker) της εικόνας, δεν το αντιλαμβάνονται στα 50 πεδία/860. Αυτή η τεχνική καλείται συνύφανση (interlacing). Η τηλεόραση ή το βίντεο χωρίς συνύφανση αποκαλούνται προοδευτικά (progressive).



Το έγχρωμο βίντεο χρησιμοποιεί τον ίδιο τρόπο σάρωσης με το μονόχρωμο (ασπρόμαυρο), εκτός του ότι αντί να απεικονίζεται η εικόνα με μια κινούμενη δέσμη, χρησιμοποιούνται τρεις ακτίνες που κινούνται μαζί. Χρησιμοποιείται μία ακτίνα για το καθένα από τα τρία προσθετικά βασικά χρώματα: κόκκινο, πράσινο και μπλε (red, green and blue-RGB). Αυτή η τεχνική αποδίδει επειδή οποιοδήποτε χρώμα μπορεί να συντεθεί ως γραμμική υπέρθεση του κόκκινου, πράσινου και μπλε με τις κατάλληλες εντάσεις. Ωστόσο, για τη μετάδοση στον δίαυλο, τα τρία χρωματικά σήματα πρέπει να συνδυαστούν σ' ένα **σύνθετο (composite)** σήμα.

Όταν επινοήθηκε η έγχρωμη τηλεόραση, από τεχνικής πλευράς ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι για να αναπαριστούν τα χρώματα, και οι διαφορετικές χώρες έκαναν διαφορετικές επιλογές, γεγονός που οδήγησε σε συστήματα που είναι ακόμη και σήμερα ασύμβατα. (Σημειώστε ότι αυτές οι επιλογές δεν σχετίζονται με τις διαφορές μεταξύ των VHS, Betamax και P2000, που είναι μέθοδοι εγγραφής), Σ' όλες τις χώρες, υπήρξε η πολιτική απαίτηση να μπορούν να ληφθούν τα προγράμματα που μεταδίδονται έγχρωμα από τους υπάρχοντες ασπρόμαυρους δέκτες τηλεόρασης. Συνεπώς, η απλούστερη μέθοδος, η ξεχωριστή κωδικοποίηση των σημάτων RGB, δεν ήταν αποδεκτή. Το RGB, επίσης, δεν είναι η αποτελεσματικότερη μέθοδος.

Το πρώτο έγχρωμο σύστημα τυποποιήθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες από την Εθνική Επιτροπή Τηλεοπτικών Προτύπων (National Television Standards Committee), από την οποία προέρχεται και το ακρωνύμιο του προτύπου: **NTSC**. Η έγχρωμη τηλεόραση εμφανίσθηκε στην Ευρώπη αρκετά χρόνια αργότερα, ένα χρονικό σημείο όπου η τεχνολογία είχε βελτιωθεί ουσιαστικά, και οδήγησε σε συστήματα που έχουν μεγαλύτερη ανοσία στον θόρυβο και καλύτερα χρώματα. Οι ονομασίες τους ήταν **SECAM (SEquentiel Couleur Avec Memoire - Ακολουθιακό Χρώμα με Μνήμη)**, που χρησιμοποιείται στη Γαλλία και την Ανατολική Ευρώπη, και **PAL (Phase Alternating Line- Εναλλασσόμενη Γραμμή με Φάση)**, που χρησιμοποιείται στην υπόλοιπη Ευρώπη. Η διαφορά στην ποιότητα χρώματος μεταξύ του NTSC και των PAL/SEAM έχει οδηγήσει στο αστέιο ότι NTSC στην πραγματικότητα σημαίνει (Never Twice the Same Color - Ποτέ Ξανά το Ίδιο Χρώμα).

Για να μπορούν οι ασπρόμαυροι δέκτες να απεικονίζουν έγχρωμες μεταδόσεις και τα τρία συστήματα συνδυάζουν γραμμικά τα σήματα RGB σ' ένα **σήμα φωτεινότητας (luminance signal)** και σε δύο **σήματα χρωματικότητας (Chrominance signals)**, παρότι χρησιμοποιούν διαφορετικούς συντελεστές για να τα κατασκευάσουν από τα σήματα ΕΟΒ. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι το μάτι είναι πολύ περισσότερο ευαίσθητο στο σήμα φωτεινότητας απ' ό,τι στα σήματα χρωματικότητας, έτσι τα δεύτερα δεν χρειάζεται να μεταδοθούν με την ίδια ακρίβεια. Συνεπώς, το σήμα φωτεινότητας μπορεί να μεταδίδεται στην ίδια συχνότητα με το παλιό ασπρόμαυρο σήμα κι έτσι μπορεί να ληφθεί από ασπρόμαυρους δέκτες τηλεόρασης. Τα δυο σήματα χρωματικότητας μεταδίδονται σε στενές ζώνες σε υψηλότερες συχνότητες. Μερικοί δέκτες τηλεόρασης έχουν ελέγχους (κοντρόλ) για τη φωτεινότητα (brightness), την απόχρωση (hue-tint) και τον κόρο (saturation - color), ώστε να ελέγχονται αυτά τα τρία σήματα ξεχωριστά. Η κατανόηση της φωτεινότητας και της χρωματικότητας είναι απαραίτητη για την κατανόηση της λειτουργίας συμπίεσης στο βίντεο.

Στα λίγα τελευταία χρόνια επιδείχθηκε σημαντικό ενδιαφέρον για την **Τηλεόραση Υψηλής Ευκρίνειας HDTV (High Definition Television)**, που παράγει ευκρινέστερες εικόνες διπλασιάζοντας περίπου τον αριθμό γραμμών σάρωσης. Οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Ευρώπη και η Ιαπωνία έχουν αναπτύξει HDTV συστήματα, όλα διαφορετικά και όλα αμοιβαίως ασύμβατα. Οι βασικές αρχές της HDTV όσον αφορά τη σάρωση, τη φωτεινότητα, τη χρωματικότητα, κοκ είναι παρόμοιες μ' αυτές των υπαρχόντων συστημάτων. Ωστόσο, και οι τρεις τύποι έχουν τον ίδιο λόγο θέασης 16:9 αντί του λόγου 4:3, για να ταιριάζει καλύτερα στη φόρμα που χρησιμοποιείται στις κινηματογραφικές ταινίες (που εγγράφονται σε φιλμ 35mm).

*Για μια εισαγωγή στην τεχνολογία της τηλεόρασης, βλέπε (Buford 1994).*

## 5.2 ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

[1] Η απλούστερη αναπαράσταση ψηφιακού βίντεο είναι μια ακολουθία πλαισίων, που το καθένα αποτελείται από ένα ορθογώνιο πλέγμα στοιχείων εικόνας ή αλλιώς απο pixel. Το κάθε pixel μπορεί να είναι ένα bit, που αναπαριστά είτε το μαύρο είτε το άσπρο. Η ποιότητα ενός τέτοιου συστήματος είναι παρόμοια με αυτήν που παίρνουμε όταν στέλνουμε μια έγχρωμη φωτογραφία με φαξ - απάισια.

Το επόμενο βήμα είναι να χρησιμοποιήσουμε 8 bit ανά pixel για να αναπαραστήσουμε τις 256 στάθμες του γκρι. Αυτή η μέθοδος δίνει ασπρόμαυρο βίντεο υψηλής ποιότητας. Για το έγχρωμο βίντεο, τα καλά συστήματα χρησιμοποιούν 8 bit για το καθένα από τα χρώματα RGB, παρότι σχεδόν όλα τα συστήματα τα αναμιγνύουν σε σύνθετο βίντεο για τη μετάδοση. Ενώ η χρήση 24 bit ανά pixel περιορίζει τον αριθμό των χρωμάτων σε περίπου 16 εκατομμύρια, το ανθρώπινο μάτι δεν μπορεί καν να ξεχωρίσει τόσα πολλά χρώματα, πόσο μάλλον περισσότερα. Οι ψηφιακές έγχρωμες εικόνες παράγονται με τη βοήθεια τριών δεσμών σάρωσης, μια για κάθε χρώμα. Η γεωμετρία είναι η ίδια όπως στο αναλογικό σύστημα του προηγούμενου σχήματος εκτός από το ότι οι συνεχείς γραμμές σάρωσης έχουν τώρα αντικατασταθεί από τακτοποιημένες γραμμές διακριτών pixel.

Το ψηφιακό βίντεο, για να παράγει ομαλή κίνηση όπως και το αναλογικό βίντεο, πρέπει να απεικονίζει τουλάχιστον 25 πλαίσια/sec. Ωστόσο, επειδή οι καλής ποιότητας οθόνες υπολογιστών συχνά σαρώνουν την οθόνη, από εικόνες αποθηκευμένες στη μνήμη, 75 φορές ανά δευτερόλεπτο ή περισσότερο, η συνύφανση δεν είναι απαραίτητη και κατά συνέπεια συνήθως δεν χρησιμοποιείται. Το να ζωγραφιστεί ξανά (δηλαδή, να σχεδιασθεί ξανά) το ίδιο σχήμα τρεις φορές στη σειρά είναι αρκετό για να εξαφανισθεί το τρεμόπαιγμα.

Μ' άλλα λόγια, η ομαλότητα της κίνησης καθορίζεται από τον αριθμό των διαφορετικών εικόνων ανά δευτερόλεπτο, ενώ το τρεμόπαιγμα (flicker) καθορίζεται από τον αριθμό των φορών ανά δευτερόλεπτο που ζωγραφίζεται η οθόνη. Αυτές οι δύο παράμετροι διαφέρουν. Μια ακίνητη εικόνα που ζωγραφίζεται με 20 πλαίσια/sec δεν θα δείχνει σπασμωδικές κινήσεις, αλλά θα τρεμοπαιζει επειδή το πλαίσιο θα χαθεί από τον αμφιβληστροειδή πριν παρουσιαστεί το επόμενο. Μια ταινία με 20 διαφορετικά πλαίσια το δευτερόλεπτο, καθένα από τα οποία ζωγραφίζεται 4 φορές στη σειρά, δεν θα τρεμοπαιζει, αλλά η κίνηση θα είναι σπασμωδική.

Η σημασία αυτών των δύο παραμέτρων γίνεται αντιληπτή αν σκεφθούμε το εύρος ζώνης που απαιτείται για τη μετάδοση ψηφιακού βίντεο μέσω δικτύου. Όλες οι σημερινές οθόνες υπολογιστών χρησιμοποιούν λόγο θέασης 4:3, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούν φθηνούς, μαζικής παραγωγής καθολικούς σωλήνες που σχεδιάζονται για την καταναλωτική αγορά της τηλεόρασης. Συνηθισμένες διαθρώσεις είναι οι 640 \* 480 (VGA), 800 x 600 (SVGA) και 1024 \* 768 (XGA). Μια οθόνη XGA με 24 bit ανά pixel και 25 πλαίσια/sec χρειάζεται να τροφοδοτείται στα 472 Mbps. Ακόμα και το OC-9 δεν είναι αρκετό και το να φθάσει ένας φορέας OC-9 του SONET στο σπίτι του καθενός δεν είναι ακριβώς αυτό που συζητιέται. Ο διπλασιασμός του ρυθμού αυτού για να αποφευχθεί το τρεμόπαιγμα είναι ακόμα λιγότερο ελκυστικός. Μια καλύτερη λύση είναι να μεταδοθούν 25 πλαίσια/sec και να βάλουμε τον υπολογιστή να αποθηκεύει το καθένα τους και να το ζωγραφίσει δυο φορές. Η τηλεοπτική εκπομπή δεν χρησιμοποιεί αυτή τη στρατηγική, επειδή οι δέκτες τηλεόρασης δεν έχουν μνήμη και, όπως και να το κάνουμε, τα αναλογικά σήματα δεν μπορούν να αποθηκευτούν σε RAM χωρίς προηγουμένως να μετατραπούν σε ψηφιακή μορφή, πράγμα που απαιτεί πρόσθετο υλικό. Έτσι, στην τηλεοπτική εκπομπή χρειάζεται η συνύφανση, αλλά στο ψηφιακό βίντεο όχι.

## 5.3 Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

[1] Πρέπει πλέον να είναι ολοφάνερο ότι δεν συζητιέται η μετάδοση υλικού πολυμέσων σε ασυμπίεστη μορφή. Η μόνη ελπίδα είναι να είναι εφικτή η μαζική συμπίεση. Ευτυχώς, ένα μεγάλο μέρος της έρευνας στις λίγες προηγούμενες δεκαετίες οδήγησε σε πολλές τεχνικές συμπίεσης και

σε αλγόριθμους που καθιστούν δυνατή τη μετάδοση πολυμέσων. Σ' αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε μερικές μεθόδους για συμπίεση δεδομένων πολυμέσων και ειδικά εικόνων. Για περισσότερες λεπτομέρειες, βλέπε (Fluckiger 1995 και Steinmentz and Nahrstend 1995).

Όλα τα συστήματα συμπίεσης απαιτούν δύο αλγόριθμους: ένα για τη συμπίεση δεδομένων στην πηγή κι έναν άλλο για την αποσυμπίεση στον προορισμό τους, Στη βιβλιογραφία, αυτοί οι αλγόριθμοι αναφέρονται ως αλγόριθμοι κωδικοποίησης (encoding) και αποκωδικοποίησης (decoding), αντίστοιχα. Θα χρησιμοποιήσουμε αυτή την ορολογία και εδώ.

Αυτοί οι αλγόριθμοι έχουν κάποιες ασυμμετρίες που είναι σημαντικό να κατανοήσουμε.

➤ Πρώτον, για πολλές εφαρμογές, ένα έγγραφο πολυμέσων, ας πούμε μια ταινία, θα κωδικοποιηθεί μόνο μια φορά (όταν αποθηκεύεται στον εξυπηρετητή πολυμέσων) αλλά θα αποκωδικοποιηθεί χιλιάδες φορές (όταν τη βλέπουν οι θεατές). Αυτή η ασυμμετρία σημαίνει ότι είναι επιτρεπτό να είναι αργός ο αλγόριθμος κωδικοποίησης και να απαιτεί ακριβό υλικό υπό την προϋπόθεση ότι ο αλγόριθμος αποκωδικοποίησης είναι γρήγορος και δεν απαιτεί ακριβό υλικό. Ο φορέας του εξυπηρετητή πολυμέσων ίσως να είναι πολύ πρόθυμος να ενοικιάσει έναν παράλληλο υπερ-υπολογιστή για λίγες εβδομάδες για να κωδικοποιήσει όλη του τη βιβλιοθήκη βίντεο, αλλά το να απαιτείται από τους καταναλωτές να ενοικιάσουν έναν υπερ-υπολογιστή για δύο ώρες για να δουν ένα βίντεο δεν θα αποτελέσει μεγάλη επιτυχία. Πολλά πρακτικά συστήματα συμπίεσης επιμένουν να κάνουν την αποκωδικοποίηση γρήγορη κι απλή, ακόμη και με τίμημα την αργή και πολύπλοκη κωδικοποίηση.

Από την άλλη, για πολυμέσα πραγματικού χρόνου, όπως η τηλεδιάσκεψη, η αργή κωδικοποίηση δεν είναι αποδεκτή. Η κωδικοποίηση πρέπει να γίνει στα γρήγορα, σε πραγματικό χρόνο. Συνεπώς, τα πολυμέσα πραγματικού χρόνου χρησιμοποιούν διαφορετικούς αλγόριθμους ή παραμέτρους από ότι η αποθήκευση των βίντεο σε δίσκους, συχνά με σημαντικά λιγότερη συμπίεση.

➤ Μια δεύτερη ασυμμετρία είναι ότι η διαδικασία κωδικοποίησης/ αποκωδικοποίησης δεν χρειάζεται να είναι αντιστρέψιμη. Όταν ένα αρχείο συμπιέζεται, μεταφέρεται κι έπειτα αποκωδικοποιείται, ο χρήστης περιμένει ότι θα ξαναπάρει το πρωτότυπο ολόιδιο μέχρι και το τελευταίο bit. Με τα πολυμέσα, αυτή η απαίτηση δεν υφίσταται. Είναι συνήθως αποδεκτό το σήμα βίντεο μετά την κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση να είναι λίγο διαφορετικό από το αρχικό. Όταν η αποκωδικοποιημένη έξοδος δεν είναι ακριβώς ίδια με την αρχική είσοδο, το σύστημα λέγεται ότι είναι **με απώλειες (lossy)**. Εάν η είσοδος και η έξοδος είναι απaráλλακτες, το σύστημα λέγεται ότι είναι **χωρίς απώλειες (lossless)**. Τα συστήματα με απώλειες είναι σημαντικά γιατί, όταν δεχόμαστε την απώλεια μιας μικρής ποσότητας πληροφορίας, το αντάλλαγμα μπορεί να είναι τεράστιο σε σχέση με τον λόγο συμπίεσης.

## ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΤΡΟΠΙΑΣ

[1] Οι μέθοδοι συμπίεσης μπορούν να διαιρεθούν σε δύο γενικές κατηγορίες: την κωδικοποίηση εντροπίας και την κωδικοποίηση πηγής. Τώρα θα συζητήσουμε την καθεμιά με τη σειρά της.

**Η κωδικοποίηση εντροπίας (entropy encoding)** χειρίζεται απλώς τους συρμούς bit χωρίς να εξετάζει το τι σημαίνουν τα bit αυτά. Είναι μια γενική, χωρίς απώλειες, πλήρως αντιστρέψιμη τεχνική, εφαρμόσιμη σ' όλα τα δεδομένα. Θα την παρουσιάσουμε με τη βοήθεια τριών παραδειγμάτων.

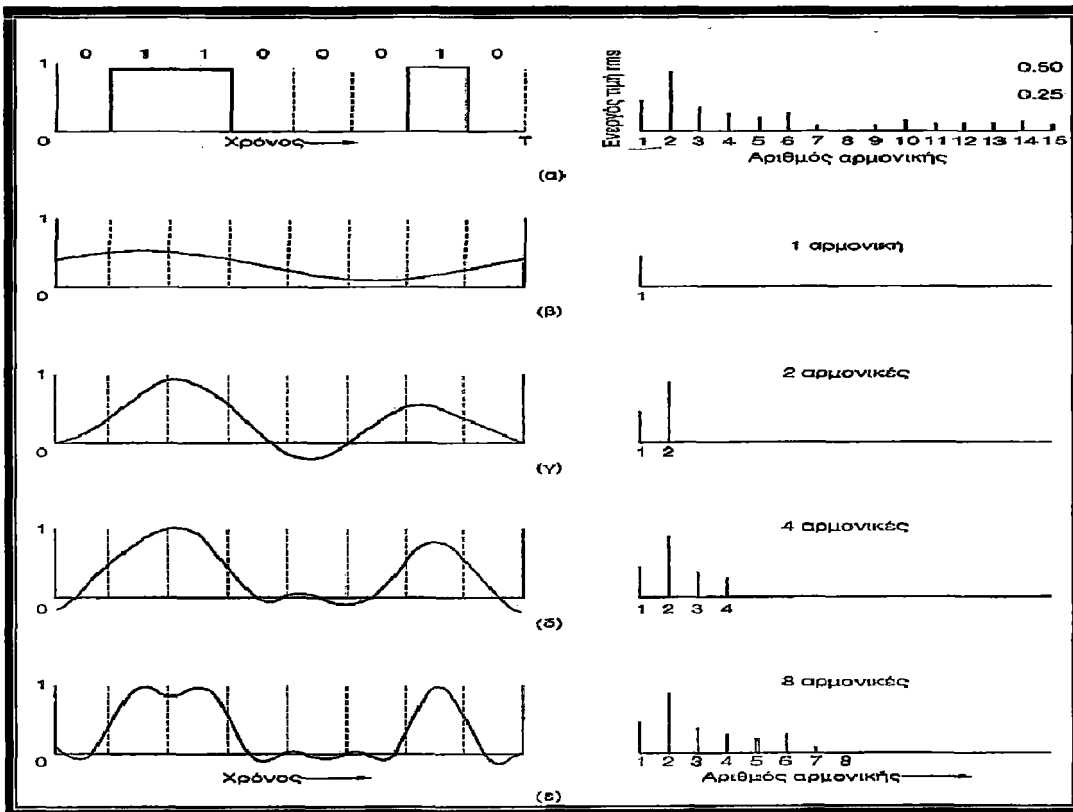
Το πρώτο μας παράδειγμα κωδικοποίησης εντροπίας είναι η **κωδικοποίηση μήκους διαδοχών (run-length encoding)**. Σε πολλά είδη δεδομένων είναι συνηθισμένο να εμφανίζονται συρμοί επαναλαμβανόμενων συμβόλων (διαδοχές bit, αριθμών, κλπ). Αυτές οι διαδοχές μπορούν να αντικατασταθούν από ένα ειδικό σημάδι (marker), που κατά τα άλλα δεν επιτρέπεται να βρεθεί μέσα στα δεδομένα, ακολουθούμενο από το σύμβολο του οποίου μετράμε τις διαδοχικές επαναλήψεις καθώς και από τον αριθμό των φωνών που συνέβησαν οι τελευταίες. Εάν αυτό το



απουσιάζει αυτή η ιδιότητα είναι η λίστα που παράγεται από υπολογιστή με τυχαίους αριθμούς τηλεφώνων και που χρησιμοποιείται από τους τηλε-πωλητές για να ενοχλούν τον κόσμο τα απογεύματα. Οι διαφορές μεταξύ διαδοχικών αριθμών τηλεφώνου στον κατάλογο θα χρειαστούν τόσα bit για την αναπαράστασή τους όσα οι ίδιοι οι αριθμοί.

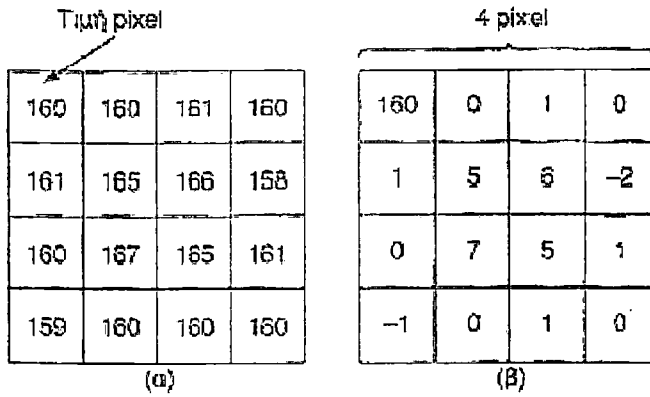
Το δεύτερο μας παράδειγμα κωδικοποίησης πηγής αποτελείται από **μετασχηματισμούς (transformations)**. Με τον μετασχηματισμό σημάτων από το ένα πεδίο στο άλλο, η συμπίεση μπορεί να γίνει πολύ ευκολότερη. Θεωρείστε, για παράδειγμα, τον μετασχηματισμό Fourier του παρακάτω σχήματος.

Εδώ, μια συνάρτηση του χρόνου αναπαρίσταται ως λίστα πλατών. Όταν δίνονται οι ακριβείς τιμές όλων των πλατών, η αρχική συνάρτηση μπορεί να ξαναφτιαχτεί τέλεια. Ωστόσο, όταν δίνονται μόνο οι τιμές των πρώτων οκτώ, ας πούμε, πλατών, στρογγυλοποιημένων σε δύο δεκαδικά ψηφία, ίσως είναι ακόμα εφικτό να επανακτηθούμε το σήμα τόσο καλά που ο ακροατής να μη μπορεί να καταλάβει ότι ένα μέρος της πληροφορίας έχει χαθεί. Το κέρδος είναι ότι η μετάδοση των οκτώ πλατών απαιτεί πολύ λιγότερα bit από ότι η μετάδοση των δειγμάτων της κυματομορφής.



-ΣΧΗΜΑ 5.1-

Οι μετασχηματισμοί μπορούν επίσης να εφαρμοσθούν σε δεδομένα εικόνας δύο διαστάσεων. Υποθέστε ότι ο πίνακας 4x4 του παρακάτω σχήματος (α) αναπαριστά τις στάθμες γκρι μιας μονόχρωμης εικόνας. Μπορούμε να μετασχηματίσουμε αυτά τα δεδομένα αφαιρώντας την τιμή της επάνω αριστερής γωνίας από όλα τα στοιχεία εκτός από τον εαυτό της, όπως φαίνεται στο σχήμα:



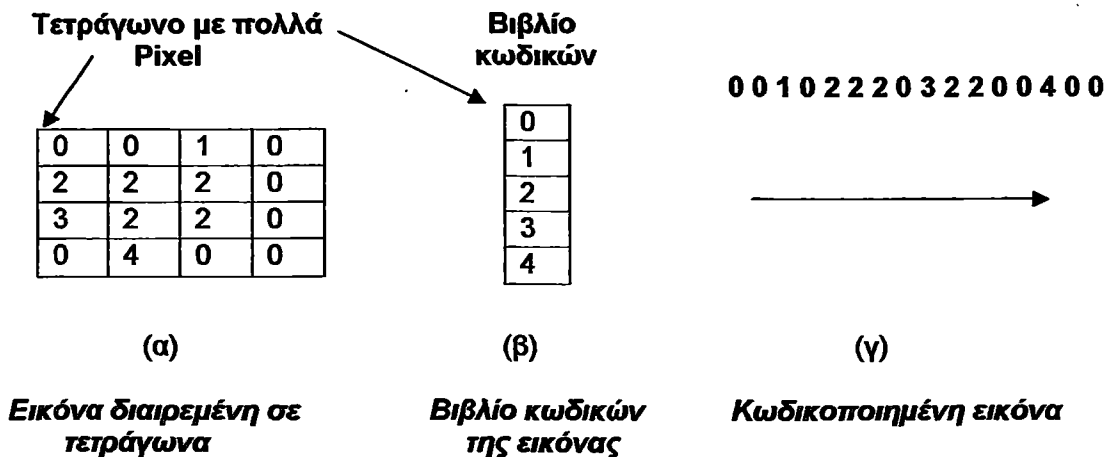
-ΣΧΗΜΑ 5.2 (α) Τιμές των pixel για ένα μέρος της εικόνας. (β) Μετασχηματισμός στον οποίο το πάνω αριστερά στοιχείο αφαιρείται από όλα τα στοιχεία εκτός από τον εαυτό του-

Αυτός ο μετασχηματισμός μπορεί να αποβεί χρήσιμος εάν χρησιμοποιηθεί κωδικοποίηση μεταβλητού μήκους. Για παράδειγμα, οι τιμές μεταξύ -7 και +7 θα μπορούσαν να κωδικοποιηθούν με αριθμούς των 4 bit και οι τιμές μεταξύ 0 και 255 θα μπορούσαν να κωδικοποιηθούν ως ένας ειδικός κώδικας των 4 bit (-8) ακολουθούμενος από έναν αριθμό των 8 bit.

Αν και αυτός ο απλός μετασχηματισμός είναι χωρίς απώλειες, αυτό δεν συμβαίνει σ' άλλους περισσότερο χρήσιμους. Ένας ιδιαίτερα σημαντικός χωρικός μετασχηματισμός δύο διαστάσεων είναι ο **Διακριτός Συνημιτονικός Μετασχηματισμός DCT (Discrete Cosine Transformation)**, (δες Feig and Winograd 1992). Αυτός ο μετασχηματισμός έχει την ιδιότητα ότι σε εικόνες χωρίς απότομες ασυνέχειες, η περισσότερη από τη φασματική ισχύ τους βρίσκεται στους λίγους πρώτους όρους, κάτι που επιτρέπει να αγνοηθούν οι επόμενοι χωρίς να απωλεσθεί μεγάλη ποσότητα πληροφορίας. Σύντομα θα επανέλθουμε στον DCT.

Το τρίτο μας παράδειγμα κωδικοποίησης πηγής είναι ο **διανυσματικός κβαντισμός (vector quantization)**, που επίσης μπορεί να εφαρμοσθεί άμεσα στα δεδομένα εικόνας. Εδώ, η εικόνα διαιρείται σε ορθογώνια σταθερού μεγέθους. Εκτός από την ίδια την εικόνα, χρειαζόμαστε επίσης έναν πίνακα από ορθογώνια του ίδιου μεγέθους με τα ορθογώνια της εικόνας (πιθανώς κατασκευασμένα από την ίδια την εικόνα). Αυτός ο πίνακας ονομάζεται **βιβλίο κωδίκων (code book)**. Κάθε ορθογώνιο μεταδίδεται αποστέλλοντας τον δείκτη που έχει στο βιβλίο κωδίκων αντί του ίδιου. Εάν το βιβλίο κωδίκων δημιουργείται δυναμικά (π.χ., ανά εικόνα), πρέπει και αυτό να μεταδοθεί. Προφανώς, εάν η εικόνα κατακλύζεται από έναν μικρό αριθμό ορθογωνίων, τότε μπορεί να εξοικονομηθεί πολύ εύρος ζώνης.

Ένα παράδειγμα διανυσματικού κβαντισμού φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



-ΣΧΗΜΑ 5.3-

Εδώ έχουμε ένα πλέγμα από ορθογώνια ακαθορίστου μεγέθους! Στο Σχ. (β) έχουμε το βιβλίο κωδίκων. Η ακολουθία εξόδου είναι απλώς ο κατάλογος των ακεραίων 001022032200400 που φαίνεται στο (γ). Ο καθένας τους αναπαριστά μια εγγραφή από το βιβλίο κωδίκων.

Κατά μια έννοια, ο διανυσματικός κβαντισμός είναι απλά μια γενίκευση του CLUT στις δύο διαστάσεις.

- Η πραγματική διαφορά, ωστόσο, είναι το τι συμβαίνει εάν δεν βρεθεί κάποια αντιστοιχία. Τρεις στρατηγικές είναι πιθανές. Η πρώτη είναι να χρησιμοποιήσουμε το καλύτερο ταίριασμα.
- Η δεύτερη είναι να χρησιμοποιήσουμε το καλύτερο ταίριασμα και να προσθέσουμε κάποιες πληροφορίες για το πώς θα το βελτιώσουμε (π.χ., να προσθέτουμε την πραγματική μέση τιμή).
- Η τρίτη είναι να χρησιμοποιήσουμε το καλύτερο ταίριασμα και να προσθέσουμε οτιδήποτε είναι απαραίτητο για να μπορέσει ο αποκωδικοποιητής να επανακτήσει τα δεδομένα με ακρίβεια.

Οι δύο πρώτες στρατηγικές είναι με απώλειες, αλλά εμφανίζουν μεγάλη συμπίεση. Η τρίτη είναι χωρίς απώλειες αλλά λιγότερο αποδοτική ως αλγόριθμος συμπίεσης. Πάλι, βλέπουμε ότι η κωδικοποίηση (ταίριασμα προτύπων) καταναλώνει πολύ περισσότερο χρόνο απ' ότι η αποκωδικοποίηση (δεικτοδότηση σε πίνακα).

#### 5.4 ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ

[11] Η ψηφιακή μετάδοση σχετίζεται με το περιεχόμενο του σήματος. Ένα ψηφιακό σήμα μπορεί να μεταδοθεί μόνο σε μια περιορισμένη απόσταση προτού η εξασθένηση, ο θόρυβος και οι άλλες βλάβες κατά τη μετάδοση θέσουν σε κίνδυνο την ακεραιότητα των δεδομένων. Για να επιτευχθούν μεγάλες αποστάσεις χρησιμοποιούνται επαναλήπτες. Ένας επαναλήπτης λαμβάνει το ψηφιακό σήμα, ανακτά την ακολουθία 0 και 1 και στη συνέχεια αναμεταδίδει ένα νέο σήμα.. Άρα η εξασθένηση μηδενίζεται.

Η ίδια τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με ένα αναλογικό σήμα, εάν υποτεθεί ότι φέρει ψηφιακά δεδομένα. Σε κατάλληλα κατά διαστήματα σημεία το σύστημα μετάδοσης έχει αναμεταδότες αντί για ενισχυτές. Ο αναμεταδότης ανακτά τα ψηφιακά δεδομένα από το αναλογικό σήμα και παράγει ένα νέο καθαρά αναλογικό σήμα. Συνεπώς ο θόρυβος δεν συσσωρεύεται.

Οι τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις μεγάλης απόστασης και οι ενδοκτιριακές υπηρεσίες υποστηρίζουν την ψηφιακή μετάδοση και οι σημαντικότεροι λόγοι είναι οι εξής :

○ **Ψηφιακή τεχνολογία** : Η εμφάνιση της μεγάλης-κλίμακας-ολοκλήρωσης (Large Scale Integration-LSI) και της Very Large Scale Integration(VLSI) έχει προκαλέσει μια συνεχόμενη πτώση στο κόστος και στο μέγεθος των ψηφιακών κυκλωμάτων κάτι που δεν έχει παρουσιάσει ο αναλογικός εξοπλισμός.

○ **Ακεραιότητα Δεδομένων** : Με τη χρήση αναμεταδοτών, αντί για ενισχυτές, οι επιδράσεις του θορύβου και των άλλων βλαβών του σήματος δεν συσσωρεύονται. Άρα τα δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν σε μεγαλύτερες αποστάσεις και πάνω από λιγότερο ποιοτικές γραμμές, διατηρώντας την ακεραιότητα τους.

○ **Βαθμός χρήσης χωρητικότητας** : Έχει γίνει οικονομικό να κατασκευάζονται ζεύξεις μετάδοσης με πολύ υψηλό εύρος ζώνης, συμπεριλαμβανομένων των δορυφορικών καναλιών και των οπτικών ινών. Ένας υψηλός βαθμός πολυπλεξίας απαιτείται για να χρησιμοποιηθούν τέτοιες χωρητικότητες αποτελεσματικά. Αυτό επιτυγχάνεται ευκολότερα και οικονομικότερα με ψηφιακές (διαίρεση χρόνου) παρά με αναλογικές τεχνικές (διαίρεση συχνότητας).

○ **Ασφάλεια και ιδιωτικότητα** : Τεχνικές κρυπτογράφησης μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα σε ψηφιακά και αναλογικά δεδομένα που έχουν ψηφιοποιηθεί.

○ **Ολοκλήρωση** : με την ψηφιακή μεταχείριση αναλογικών και ψηφιακών δεδομένων όλα τα σήματα έχουν την ίδια μορφή και μπορούν να αντιμετωπιστούν ομοίως.

## ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ

[9] Σε οποιοδήποτε σύστημα επικοινωνίας το σήμα που λαμβάνεται μπορεί να διαφέρει από το σήμα που μεταδίδεται λόγω διαφόρων βλαβών κατά τη μετάδοση. Στα ψηφιακά συστήματα εμφανίζονται σφάλματα bit. Ένα δυαδικό 1 μπορεί να αλλάξει σε ένα δυαδικό 0 και αντίστροφα. Οι σημαντικότερες βλάβες κατά τη μετάδοση είναι οι εξής :

- ✓ Εξασθένηση και παραμόρφωση εξασθένησης.
- ✓ Παραμόρφωση καθυστέρησης.
- ✓ Θόρυβος.

### 5 Εξασθένηση.

Η ένταση ενός σήματος μειώνεται σε σχέση με την απόσταση πάνω από οποιοδήποτε μέσο μετάδοσης. Για τα καθοδηγούμενα μέσα η εξασθένηση είναι λογαριθμική και συνήθως εκφράζεται ως ένας σταθερός αριθμός από decibels. Για τα μη καθοδηγούμενα μέσα η εξασθένηση είναι μια συνάρτηση της απόστασης και της ατμόσφαιρας.

Η εξασθένηση εισάγει τρία προβλήματα τα οποία είναι τα εξής :

- Ένα σήμα που λαμβάνεται πρέπει να έχει ικανοποιητική ένταση έτσι ώστε τα ηλεκτρονικά κυκλώματα στο δέκτη να μπορούν να το ανιχνεύσουν.
- Το σήμα πρέπει να διατηρεί ένα αρκετά ψηλότερο επίπεδο από το θόρυβο ώστε να ληφθεί χωρίς λάθη.
- Η εξασθένηση είναι μια αύξουσα συνάρτηση της συχνότητας.

Το πρώτο και το δεύτερο πρόβλημα αντιμετωπίζονται δίνοντας προσοχή στην ένταση των σημάτων και με τη χρήση ενισχυτών ή αναμεταδοτών. Για ζεύξεις σημείο προς σημείο η ένταση του σήματος και του πομπού πρέπει να είναι αρκετή, ώστε το σήμα να παραληφθεί με κατανοητό τρόπο, αλλά όχι πολύ μεγάλη για να μην υπάρξει υπερφόρτωση στα κυκλώματα του πομπού ή του δέκτη κάτι που θα προκαλέσει υπερφόρτωση του όλου συστήματος. Μετά από μια ορισμένη απόσταση η παραμόρφωση γίνεται πολύ μεγάλη και χρησιμοποιούνται ενισχυτές ή αναμεταδότες για να ενισχύσουν ή να αναμεταδώσουν το σήμα ανά τακτά χρονικά διαστήματα και να ελέγχεται η εξασθένηση.

Για την αντιμετώπιση του τρίτου προβλήματος υπάρχουν διάφορες τεχνικές για την ισοστάθμιση της εξασθένησης σε μια ζώνη συχνοτήτων. Αυτό γίνεται συνήθως στις τηλεφωνικές γραμμές όπου χρησιμοποιούνται *πηνία επιμηκύνσεως* τα οποία αλλάζουν της ηλεκτρικές ιδιότητες της γραμμής με αποτέλεσμα την εξομάλυνση της εξασθένησης. Μια άλλη λύση είναι η χρήση ενισχυτών που ενισχύουν τις υψηλές συχνότητες περισσότερο από τις χαμηλές.

### 6 Παραμόρφωση Καθυστέρησης.

Η παραμόρφωση αυτή προκαλείται από το γεγονός ότι η ταχύτητα διάδοσης ενός σήματος μέσω ενός μέσου ποικίλλει ανάλογα με την συχνότητα. Για ένα σήμα με περιορισμένο εύρος ζώνης η ταχύτητα έχει τη τάση να είναι υψηλότερη στην κεντρική συχνότητα και να μειώνεται προς τις δύο άκρες της ζώνης. Επομένως οι διάφορες συνιστώσες της συχνότητας ενός σήματος θα φτάσουν



στον δέκτη σε διαφορετικούς χρόνους αποφέροντας μετατοπίσεις φάσης μεταξύ των διαφορετικών συχνοτήτων του σήματος. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **παραμόρφωσης καθυστέρησης** λόγω των καθυστερήσεων στις συχνότητες του σήματος, και είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για τα ψηφιακά δεδομένα. Σε μια ακολουθία από bit που μεταδίδεται, λόγω της καθυστέρησης αυτής κάποιες συνιστώσες του σήματος από τη θέση ενός bit που βρίσκονται θα απλωθούν σε θέσεις άλλων bit προκαλώντας τη λεγόμενη **διασυμβολική παρεμβολή (intersymbol interference)** η οποία είναι ένας σημαντικός περιορισμός για το μέγιστο ρυθμό bit σε ένα κανάλι μετάδοσης. Τεχνικές ισοστάθμισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραμόρφωση καθυστέρησης.

### **Θόρυβος.**

Ο θόρυβος είναι ο σημαντικότερος περιοριστικός παράγοντας για την απόδοση των επικοινωνιακών συστημάτων και μπορεί να διακριθεί σε τέσσερις κατηγορίες :

- Θερμικός θόρυβος ( Thermal noise ) .
- Θόρυβος Ενδοδιαμόρφωσης ( Intermodulation noise)
- Συνακρόαση ( Crosstalk)
- Κρουστικός θόρυβος ( Impulse noise)

Ο **θερμικός θόρυβος** οφείλεται στη θερμική αναταραχή των ηλεκτρονίων. Υπάρχει σε όλες τις ηλεκτρονικές συσκευές και στα μέσα μετάδοσης και είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας. Ο θόρυβος αυτός απλώνεται ομοιόμορφα κατά μήκος του φάσματος συχνοτήτων, δεν μπορεί να εξουδετερωθεί και έτσι βάζει ένα ανώτερο όριο στην απόδοση των επικοινωνιακών συστημάτων. Το πόσο θερμικού θορύβου που βρίσκεται σε ένα εύρος ζώνης 1Hz σε οποιαδήποτε συσκευή ή αγωγό είναι :

$$N_o = k T \text{ (W/Hz)}$$

όπου :

$N_o$  : πυκνότητα ισχύος θορύβου σε Watt ανά 1Hz εύρους ζώνης.

$K$  : σταθερά του Boltzmann =  $13803 \cdot 10^{-23}$  J/ K

$T$  : θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin.

Ο **θόρυβος ενδοδιαμόρφωσης** παράγεται όταν υπάρχει μία μη γραμμικότητα στον πομπό, στον δέκτη ή στο σύστημα που μεσολαβεί. Κανονικά τα εξαρτήματα αυτά συμπεριφέροντε ως γραμμικά συστήματα δηλαδή η έξοδος είναι ίση με την είσοδο επί μια σταθερά. Τέτοια μη γραμμικότητα μπορεί να προκληθεί από κάποια δυσλειτουργία των εξαρτημάτων ή από τη χρήση υπερβολικής ισχύς σήματος.

Η **συνακρόαση** μπορεί να συμβεί μεταξύ κοντινών συνεστραμμένων ζευγών, στις γραμμές ομοαξονικών καλωδίων που φέρουν πολλά σήματα και όταν ανεπιθύμητα σήματα λαμβάνονται από κεραιές μικροκυμάτων. Αν και χρησιμοποιούνται υψηλής κατευθυντικότητας κεραιές η ενέργεια των μικροκυμάτων διαχέεται κατά τη διάρκεια της μετάδοσης. Τυπικά η συνακρόαση είναι του ίδιου ή μικρότερου μεγέθους με τον θερμικό θόρυβο. Ένα παράδειγμα συνακρόασης είναι όταν κατά τη χρήση του τηλεφώνου ακούμε μια άλλη ανεπιθύμητη συνομιλία που είναι μια ανεπιθύμητη επαγωγή μεταξύ σημάτων διαφορετικών καναλιών.

Τέλος ο **κρουστικός θόρυβος** είναι μη συνεχής, αποτελείται από ανώμαλους παλμούς ή ακίδες θορύβου σύντομης διάρκειας και σχετικά υψηλού πλάτους. Παράγεται από διάφορες αιτίες όπως οι εξωτερικές ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές, από μια αστραπή ή από βλάβες και ελαττώματα στα συστήματα επικοινωνιών.

## 5.5 ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΚΑΝΑΛΙ

[11] Ένας τυπικός δίαυλος επικοινωνίας όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί μπορεί να διαθέτει τις εξής βαθμίδες :

☛ Ο **κωδικοποιητής πηγής** (2) χρησιμοποιείται για την μετατροπή της πληροφορίας σε σύμβολα μιας αλφαβήτου από κάποια άλλη αλφάβητο κατά κάποιο ορισμένο κανόνα (νόμο). Έτσι υπάρχει μια αντιστοιχία των λέξεων μία προς μία για τη μεταφορά της πληροφορίας από τον ένα χώρο στον άλλο.

☛ Ο **κωδικοποιητής καναλιού** (3), χρησιμοποιείται για την κάλυψη των συμβόλων της πληροφορίας που μετατρέπονται μεταξύ της πηγής και του φορέα με ειδική μορφή κώδικα, για την αποφυγή των επιδράσεων του θορύβου στο φορέα.

☛ Ο **κώδικας** αποτελείται από καθορισμένες κωδικές λέξεις και γράμματα. Οι κωδικές αυτές λέξεις ονομάζονται σήματα.

☛ Ο **διαμορφωτής** (4) χρησιμοποιείται για την εκπομπή του σήματος στην ανάλογη απόσταση μέσω του φορέα.

☛ Ο **φορέας** (5) διαβάζει το σήμα στο δέκτη.

☛ Ο **αποδιαμορφωτής** (6) και ο **συγχρονιστής** (7) χρησιμοποιούνται για τη λήψη της ακριβούς πληροφορίας (σήμα) και για τον συγχρονισμό της στα ανάλογα κυκλώματα για της επόμενες διαδικασίες.

Ο αποδιαμορφωτής παραλαμβάνει το σήμα που διαβιβάσθηκε μέσω του φορέα από τον διαμορφωτή, αναγνωρίζοντας τις διαφορετικές του φάσεις. Η περίπτωση εσφαλμένης φάσεως ανιχνεύεται. Σε περίπτωση που αποτύχει η σωστή αναγνώριση των ψηφίων που διαβιβάζονται στα επόμενα στάδια και ειδικότερα στο στάδιο συγχρονισμού για τα κυκλώματα του δέκτη τότε η πληροφορία ζητείται να διαβιβασθεί ξανά.

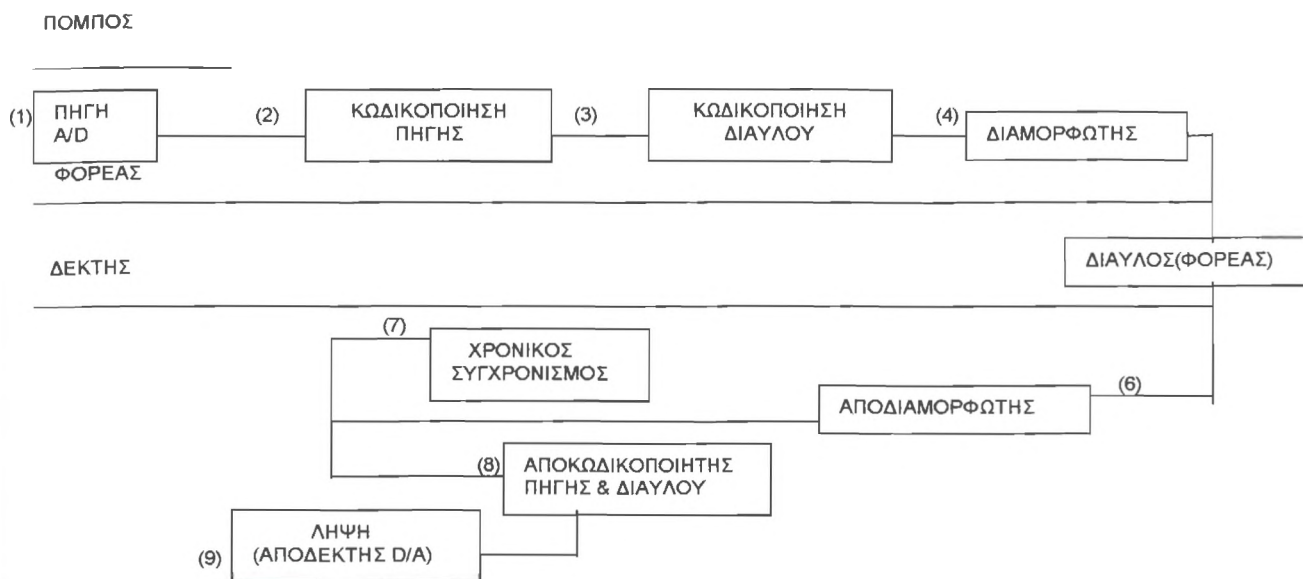
☛ Ο **συγχρονισμός** επιτυγχάνεται κυρίως με την ικανότητα του **αυτόσυγχρονισμού** (κριτήριο συγχρονισμού) του κώδικα (αν έχει). Αυτό σημαίνει ότι ο αποκωδικοποιητής γνωρίζει τα σύμβολα συγχρονισμού τα οποία συνήθως είναι μερικά από τα πρώτα ψηφία της κωδικής λέξης. Το γεγονός αυτό συμβαίνει ανάλογα με το κριτήριο που εισάγεται στον κώδικα.

☛ Ο **αποκωδικοποιητής διαύλου** (8) ανιχνεύει αν υπάρχουν σφάλματα από τη διαδικασία της διαβιβάσεως, μέσω του φορέα και τα διορθώνει.

☛ Ο **αποκωδικοποιητής πηγής** (8) μετατρέπει τα σύμβολα της βοηθητικής αλφαβήτου στην πραγματική πληροφορία.

☛ Τέλος ο **αποδέκτης** (9) παραλαμβάνει την αυτούσια πληροφορία που διαβιβάσθηκε από την πηγή.

Ένα παράδειγμα ενός απλού ψηφιακού καναλιού μπορούμε να δούμε στο σχήμα στο οποίο ακολουθεί:



-ΣΧΗΜΑ 5.4 ΨΗΦΙΑΚΟ ΚΑΝΑΛΙ-

## 5.6 ΜΕΤΑΔΩΣΗ VIDEO ΚΑΙ VIDEO-ΖΗΤΗΣΗ

[1] Εδώ θα πρέπει να αναφερθούμε σε ένα μεγάλο κομμάτι το οποίο αναφέρεται στο video, την ζήτηση και την προσφορά του ως εμπορεύσιμο είδος το οποίο μεταδίδεται μέσω διάφορων δικτύων με το ανάλογο κόστος(χρηματικό) από την πλευρά των χρηστών.

**Η βίντεο-ζήτηση (video-on-demand)** μερικές φορές συγκρίνεται με ηλεκτρονικό κατάστημα ανοικιάσης βίντεο (βιντεοκλάμπ). Ο χρήστης (πελάτης) επιλέγει οποιαδήποτε βιντεοταινία από έναν μεγάλο αριθμό διαθέσιμων βιντεοταινιών και την παίρνει σπίτι για να τη δει. Μόνο που στη βίντεο-ζήτηση, η επιλογή γίνεται στο σπίτι με τη χρήση του τηλεκοντρόλ του δέκτη της τηλεόρασης και το βίντεο αρχίζει αμέσως. Δεν χρειάζεται επίσκεψη στο κατάστημα. Δεν χρειάζεται να πούμε ότι η υλοποίηση της βίντεο-ζήτησης είναι αρκετά πιο πολύπλοκη από την περιγραφή της. Σ' αυτή την ενότητα, θα δώσουμε μια περιγραφή των βασικών ιδεών και των υλοποιήσεων τους. Η περιγραφή μιας πραγματικής εφαρμογής μπορεί να βρεθεί στο (Nelson and Linton 1995). Μια γενικότερη μελέτη της διαλογικής τηλεόρασης βρίσκεται στο (Hodge 1995), Άλλες σχετικές αναφορές είναι οι (Chang et al.,Hodge et al.,1993 και Little and Venkatesh 1994).

### ΕΙΔΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ VIDEO

[2] Οι υπηρεσίες μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες με βάση το ποσοστό αλληλεπίδρασης που επιτρέπουν:

- ➔ **Broadcast (no-VoD):** υπηρεσία η οποία είναι παρόμοια με την παραδοσιακή TV στην οποία ο χρήστης είναι παθητικός δέκτης και δεν έχει καθόλου έλεγχο.
- ➔ **Pay-Per-View (PPV):** υπηρεσία όπου οι χρήστες αφού εγγραφούν και πληρώσουν έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθήσουν συγκεκριμένα προγράμματα, όμοια με τις υπάρχουσες υπηρεσίες CATV PPV.

- ➔ **Quasi Video-on-Demand (Q-VoD):** υπηρεσία όπου οι χρήστες χωρίζονται σε ομάδες με βάση ένα κατώφλι ενδιαφέροντος. Ένας χρήστης μέσω της επιλογής μιας άλλης ομάδας μπορεί να ελέγξει τι θα πρόγραμμα θα παρακολουθήσει.
- ➔ **Near Video-on-Demand (N-VoD):** υπηρεσία όπου λειτουργίες όπως forward και reverse εξομοιώνονται με μεταβάσεις σε διακριτά χρονικά διαστήματα (περίπου κάθε 5 λεπτά). Αυτή η δυνατότητα παρέχεται με την επανεκπομπή του ίδιου προγράμματος σε τακτά χρονικά διαστήματα από διάφορα κανάλια.
- ➔ **True Video-on-Demand (T-VoD):** υπηρεσία στην οποία ο χρήστης έχει τον απόλυτο έλεγχο πάνω στην παρουσίαση του προγράμματος. Δηλαδή παρέχεται στο χρήστη πραγματικού χρόνου αναμετάδοση της επιλεγμένης πληροφορίας. Πιο συγκεκριμένα μπορεί να επιλέξει λειτουργίες όπως προώθηση (forward), αναστροφή (reverse play), πάγωμα (freeze), τυχαία θέση (random positioning), κλπ. Δηλαδή οι λειτουργίες ενός T-VoD συστήματος εξομοιώνουν ολοκληρωτικά ένα VCR. Για την περίπτωση αυτή απαιτείται η ύπαρξη μόνο ενός καναλιού αφού τα περισσότερα είναι πλεονασμός. Η υπηρεσία αυτή παρέχει τις περισσότερες δυνατότητες στο χρήστη, έχει όμως και τις περισσότερες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης.
- ➔ **Adaptive Video-on-Demand:** υπηρεσία στην οποία ο χρήστης κάνει αίτηση για να παρακολουθήσει ένα πρόγραμμα. Η απόφαση αν η αίτηση του θα γίνει αποδεκτή ή όχι εξαρτάται από έναν αλγόριθμο δρομολόγησης.

Οι υπηρεσίες PPV και Q-VoD είναι κατάλληλες όταν η αλληλεπίδραση είναι περιορισμένη (για παράδειγμα παρακολούθηση ταινιών). Σε αυτές τις περιπτώσεις ένας τοπικός ελεγκτής μπορεί να φιλτράρει πολλαπλά κανάλια για να επιτύχει την υπηρεσία. Το T-VoD απαιτεί την χρήση σήματος με δύο κατευθύνσεις από τον χρήστη στον κεντρικό ελεγκτή. Η T-VoD υπηρεσία είναι πολύ σημαντική για εφαρμογές που υποστηρίζουν πολλαπλών ομάδων αλληλεπιδραστικά video games, όπου οι στιγμιαίες απαντήσεις στους άλλους παίκτες είναι απαραίτητες. Είναι φανερό ότι οι υπηρεσίες PPV είναι οι ευκολότερες να υλοποιηθούν σε αντίθεση με τα συστήματα T-VoD που θεωρούνται τα πιο δύσκολα.

Ο πιο κρίσιμος παράγοντας στην παροχή VoD υπηρεσιών είναι το πολύ μεγάλο αρχικό κόστος. Είναι φανερό ότι τόσο η αγορά όσο και η ανάπτυξη ενός συστήματος VoD αποτελεί μια επένδυση μακροπρόθεσμη, η οποία μπορεί να αποσβεστεί μόνο στην περίπτωση εμπορικής επιτυχίας. Επιπλέον, ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη είναι η σχέση που διέπει την ποιότητα της προσφερόμενης υπηρεσίας και το αρχικό κόστος. Το VoD απαιτεί, εκτός από τον κατάλληλο δικτυακό εξοπλισμό, και την απαραίτητη καλωδίωση προς τον τελικό χρήστη, με το πολύ μεγάλο κόστος που αυτό συνεπάγεται. Η ποιότητα των προσφερόμενων υπηρεσιών πρέπει να σχετίζεται άμεσα και με την πολιτική χρέωσης του τελικού χρήστη. Τέλος, ένα ακόμα σημαντικό θέμα προς διερεύνηση για την υπηρεσία VoD είναι τα πνευματικά δικαιώματα και το νομοθετικό καθεστώς που διέπει τέτοιες εφαρμογές.

## ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΧΡΗΣΤΩΝ VIDEO

[2] Οι χρήστες στους οποίους απευθύνονται οι υπηρεσίες VoD και των άλλων εμπορεύσιμων εφαρμογών μετάδοσης video μπορούν να χωριστούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Μεμονωμένοι συνδρομητές:** αποτελούν μια πολύ μεγάλη ομάδα δυνητικών χρηστών για την περίπτωση του VoD, αφού με μια σύνδεση της τάξης των 32 ή 64 Kbps, είναι δυνατή η μεταφορά μίας ταινίας σε ικανοποιητικό χρονικό διάστημα. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την ταινία που τον ενδιαφέρει και να την έχει στη διάθεσή του για να την παρακολουθήσει όποτε αυτός επιθυμεί. Το κόστος της υπηρεσίας αυτής είναι αρκετά χαμηλό, έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ιδιώτες. Επιπλέον, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή παροχής ηλεκτρονικών παιχνιδιών κατά απαίτηση, καθώς το κόστος για την εφαρμογή της είναι πολύ μικρότερο, ενώ οι

δυναμικοί χρήστες είναι πολλοί. Ο όγκος της πληροφορίας επιτρέπει ικανοποιητική απόκριση στον τελικό χρήστη ακόμα και για συνδέσεις μέσω απλής τηλεφωνικής γραμμής.

- **Εταιρίες ψυχαγωγίας :** οι χρήστες στην περίπτωση αυτή είναι εταιρείες ψυχαγωγίας, οι οποίες μπορούν να εγκαταστήσουν τοπικά συστήματα παιχνιδιών κατ' απαίτηση, που θα δίνουν ηλεκτρονικά παιχνίδια στο τερματικό του τελικού χρήστη.
- **Ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις:** πολλές μεγάλες ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις, κυρίως στο εξωτερικό, παρέχουν True ή Near βίντεο κατ' απαίτηση. Η εφαρμογή έγκειται στην εγκατάσταση ενός τοπικού συστήματος βίντεο κατ' απαίτηση, το οποίο παρέχει βίντεο ή παιχνίδια στην τηλεοπτική συσκευή ή στο τερματικό κάθε δωματίου, ή ακόμα και σε ειδικές κοινόχρηστες αίθουσες.
- **Φορείς εκπαίδευσης:** οι φορείς εκπαίδευσης μπορούν να χρησιμοποιήσουν μια τοπική εγκατάσταση True βίντεο κατ' απαίτηση για την υποστήριξη μαθημάτων και σεμιναρίων. Η εγκατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα σύστημα off-line εκπαίδευσης από απόσταση, με εφαρμογή σε τοπική κλίμακα. Στους πιθανούς χρήστες συμπεριλαμβάνονται: δημόσια ιδρύματα πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και μεταλυκειακής εκπαίδευσης, δημόσια ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, ανοιχτό πανεπιστήμιο, ιδιωτικοί εκπαιδευτικοί οργανισμοί, ιδιωτικές εταιρείες και επιμελητήρια, ΟΑΕΔ, δημόσιοι φορείς, νοσοκομεία, κλπ.
- **Ειδησεογραφικοί σταθμοί :** οι ειδησεογραφικοί σταθμοί μπορούν να παρέχουν σε ιδιώτες ειδησεογραφικό δελτίο (On Line News) κατ' απαίτηση. Η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος είναι δυνατή, καθώς το απαιτούμενο εύρος για τον τελικό χρήστη είναι αρκετά μικρό.
- **Διαφημιστικά γραφεία:** τα διαφημιστικά γραφεία μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα συστήματα VoD για να συγκεντρώνουν πληροφορίες από τους καταναλωτές με κόστος πολύ μικρότερο από το συνηθισμένο. Το κόστος συμπεριλαμβάνει και τους μισθούς μίας ομάδας συνεργατών οι οποίοι συγκεντρώνουν πληροφορίες από σπίτι σε σπίτι για αρκετές μέρες καθώς και τις αμοιβές των ατόμων που μεταφέρουν τα αποτελέσματα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

#### ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ VoD ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

[2] Κάθε σύστημα VoD για να θεωρείται επιτυχημένο θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις και τις ανάγκες των τελικών χρηστών. Μερικές από τις συνθήκες που εκφράζουν την αποδοχή των χρηστών είναι οι ακόλουθες:

- Αποδοτικότητα.
- ✓ Απαιτεί την ύπαρξη κεντρικού χώρου αποθήκευσης των πληροφοριών (μπορεί να είναι της τάξεως αρκετών Tbytes).
- ✓ Δυνατότητα γρήγορης πρόσβασης στην αποθηκευμένη πληροφορία σε πολλές διεργασίες ταυτόχρονα.
- ✓ Διαθεσιμότητα του συστήματος όλο το εικοσιτετράωρο.
- Ασφάλεια (security).
- ✓ Διασφάλιση διαβαθμισμένης πρόσβασης στην αποθηκευμένη πληροφορία, υποστηριζόμενη από σύστημα πιστοποίησης των χρηστών με κωδικούς ανά επίπεδο ασφάλειας.
- ✓ Διασφάλιση ανοχής των μεταδόσεων σε εξωτερικές παρεμβολές, ιδιαίτερα για τα σήματα ελέγχου και την πληροφορία χρέωσης του χρήστη.

- ✓ Παροχή συστήματος αυτόματης αναγνώρισης προβλημάτων για τη γρήγορη αντιμετώπισή τους.
  - Αξιοπιστία.
- ✓ Το σύστημα θα πρέπει να μπορεί να επανέλθει σε πλήρη λειτουργία μετά από κάποιο πρόβλημα (system failure) μέσα σε εύλογο διάστημα (π.χ. 5 λεπτά).
- ✓ Τα ενδεχόμενα προβλήματα στη μετάδοση δεδομένων προς ένα χρήστη δε θα πρέπει να δημιουργούν προβλήματα στους υπόλοιπους χρήστες.
  - Συντηρησιμότητα.
- ✓ Δυνατότητα αλλαγής της αποθηκευμένης πληροφορίας χωρίς να διακόπτεται η λειτουργία του συστήματος.
  - Ευχρηστία.
- ✓ Ύπαρξη μηχανισμού επιλογής ταινιών ηλεκτρονικών παιχνιδιών και ενημέρωσης του συστήματος.
- ✓ Ύπαρξη κεντρικών σημείων τα οποία θα διαθέτουν όλο τον απαραίτητο υπολογιστικό εξοπλισμό και τον εξοπλισμό παραγωγής και ψηφιοποίησης δεδομένων πολυμέσων (κάμερες, μικρόφωνα κλπ.). Τα σημεία αυτά θα είναι τα κεντρικά σημεία δημιουργίας της προς μετάδοση πληροφορίας για τις εφαρμογές της υπηρεσίας που το απαιτούν (π.χ. τηλε-εκπαίδευση, διαφήμιση).

### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ VoD ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

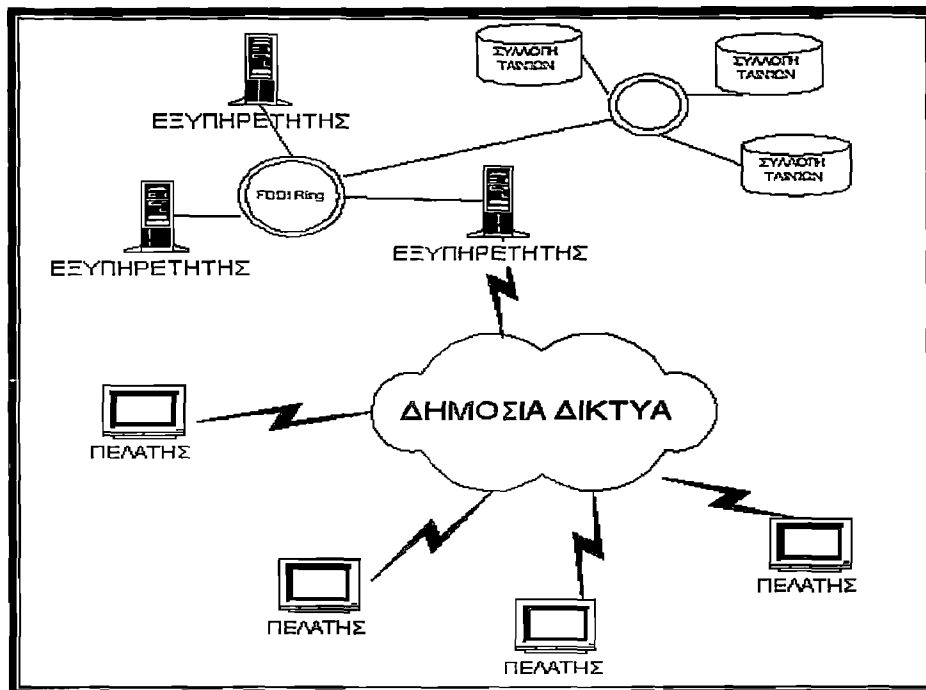
- [2] Μερικές από τις βασικές λειτουργικές προδιαγραφές των VoD συστημάτων είναι οι ακόλουθες:
- Παροχή της απαραίτητης δικτυακής υποδομής στους τελικούς χρήστες.
  - Παροχή εύχρηστων και λειτουργικών μονάδων προσαρμογής για τους τελικούς χρήστες, συνοδευμένων από ευανάγνωστα εγχειρίδια χρήσης.
  - Παροχή στο χρήστη δυνατότητας φυλλομέτρησης της διαθέσιμης πληροφορίας.
  - Παροχή δυνατότητας επιλογής πληροφορίας προς παρακολούθηση.
  - Δυνατότητα υποστήριξης λειτουργιών προώθησης (forward), αναστροφής (reverse), κλπ.
  - Ο χρήστης πρέπει να μπορεί να χρησιμοποιεί το σύστημα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα χωρίς ιδιαίτερη εκπαίδευση.
  - Παροχή μηχανισμού χρέωσης.
  - Παροχή του απαραίτητου εύρους ζώνης προκειμένου να μπορεί ο χρήστης να παρακολουθήσει την ταινία που επέλεξε χωρίς διακοπές ή αλλοιώσεις.
  - Άμεση απόκριση του συστήματος στις επιλογές του χρήστη.
  - Ο χρόνος αποστολής της πληροφορίας στον πελάτη πρέπει να είναι το πολύ της τάξης των μερικών ωρών, έτσι ώστε να γίνει δυνατή η χρήση του συστήματος.
  - Παροχή καταλόγου στο χρήστη, με καθυστέρηση το πολύ μερικών λεπτών, με τις ταινίες που θα μπορεί να επιλέξει.
  - Δυνατότητα προγραμματισμού της λειτουργίας του συστήματος από τον χρήστη για χρονικό διάστημα μερικών ημερών.

### ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ VoD ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

- [2] Ένα τυπικό VoD σύστημα αποτελείται από 3 βασικά συστατικά: τον πελάτη, το δίκτυο διανομής και τον εξυπηρετητή. Προκύπτουν πολλά σχεδιαστικά θέματα που σχετίζονται με κάθε ένα από

αυτά τα στοιχεία και όπως συμβαίνει με όλα τα άλλα δικτυακά συστήματα, υπάρχουν δύο βασικές φιλοσοφίες προσέγγισης, η συγκεντρωτική και η κατανεμημένη.

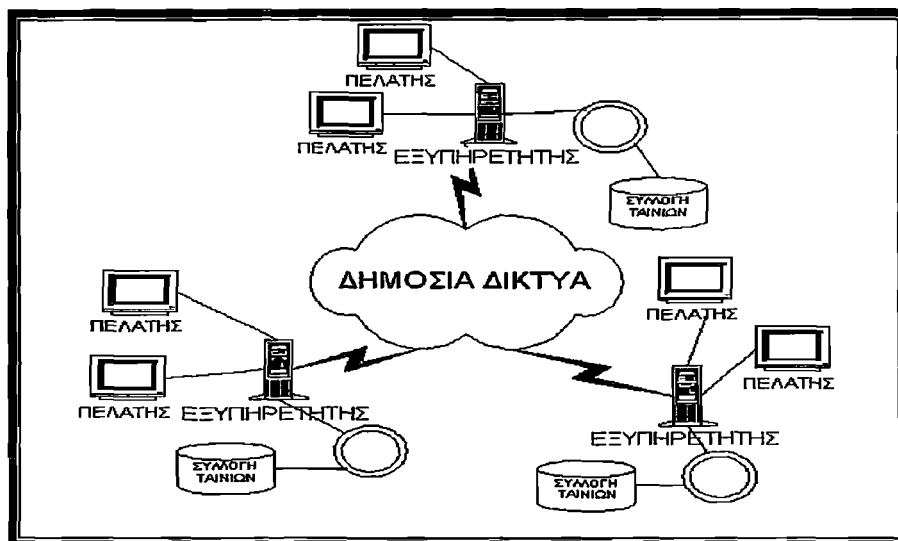
Ένα **συγκεντρωτικό σύστημα VoD** τοποθετεί τους εξυπηρετητές και τα αρχεία του σε ένα και μοναδικό κεντρικό κόμβο. Οι αιτήσεις επεξεργάζονται στον κεντρικό αυτό κόμβο και οι ταινίες παραδίδονται μέσω δικτύου στους πελάτες. Τα συστήματα αυτά έχουν μια πολύ απλή λογική διαχείρισης αλλά στην πλειοψηφία των περιπτώσεων υποφέρουν από δύσκολη επεκτασιμότητα, μεγάλες δικτυακές καθυστερήσεις και χαμηλούς ρυθμούς εξυπηρέτησης.



ΣΧΗΜΑ 5.5 ΔΙΑΘΡΩΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ VoD-

Ένας τρόπος να αυξηθεί η απόδοση ενός συγκεντρωτικού VoD συστήματος είναι να προστεθούν τοπικοί εξυπηρετητές οι οποίοι θα διαθέτουν buffers βίντεο, αλλά όχι αρχεία ταινιών. Οι δημοφιλείς ταινίες μπορούν να αποθηκεύονται στους τοπικούς buffers βίντεο ώστε να μεταφέρονται πολύ γρηγορότερα στους πελάτες που τις ζητούν, ενώ όταν ζητούνται ταινίες που δεν είναι δημοφιλείς, αυτές μεταφέρονται στους πελάτες από τον κεντρικό κόμβο του συστήματος.

Ένα **κατανεμημένο σύστημα VoD** περιλαμβάνει τοπικούς εξυπηρετητές και αρχεία ταινιών και οι αιτήσεις των πελατών εξυπηρετούνται από τους τοπικούς εξυπηρετητές. Κάθε φορά που ζητείται μια ταινία η οποία δεν είναι διαθέσιμη στον τοπικό εξυπηρετητή, ο εξυπηρετητής αυτός, μπορεί να ζητήσει την ταινία από κάποιον από τους απομακρυσμένους εξυπηρετητές του κατανεμημένου δικτύου.



## -ΣΧΗΜΑ 5.6 ΔΙΑΘΡΩΣΗ ΕΝΟΣ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ VoD-

Ένα κατανεμημένο σύστημα VoD, μπορεί να θεωρηθεί σαν πολλά μικρά συγκεντρωτικά συστήματα που είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους. Τα κατανεμημένα συστήματα «απλώνουν» τις αιτήσεις των πελατών σε πολλά σημεία του συνολικού δικτύου και κατά μια έννοια μετακινούν τους εξυπηρετητές και τα αρχεία ταινιών πιο κοντά στους πελάτες. Με τη χρήση τοπικών εξυπηρετητών μειώνονται οι δικτυακές καθυστερήσεις και τα φαινόμενα συμφόρησης που εμφανίζονται στην περίπτωση του ενός συγκεντρωτικού εξυπηρετητή αλλά τα κατανεμημένα VoD συστήματα είναι πολύ πιο δύσκολα από άποψη διαχείρισης. Η τελική επιλογή για την διάρθρωση ενός VoD συστήματος εξαρτάται από τον διαθέσιμο αποθηκευτικό χώρο, το επικοινωνιακό σύστημα, τα κόστη, τις απαιτήσεις της εφαρμογής και ένα σύνολο άλλων παραγόντων. Παρόλα αυτά, σε γενικές γραμμές τα επιθυμητά επίπεδα QoS κάνουν πιο ελκυστική την προσέγγιση της κατανεμημένης φιλοσοφίας στην διάρθρωση ενός VoD συστήματος.

### ΠΕΛΑΤΕΣ VoD ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

[2] Ο πελάτης ενός VoD ή οποιουδήποτε άλλου εμπορικού συστήματος μετάδοσης video διαθέτει μια συσκευή οπτικής παρουσίασης (συνήθως τηλεόραση) και κάποιες συσκευές ηχητικής παρουσίασης (όπως ηχεία) για την προβολή της ταινίας που θα ζητηθεί από το σύστημα. Η αλληλεπίδραση του πελάτη με το σύστημα γίνεται μέσω κάποιας συσκευής εισόδου όπως ένα τηλεχειριστήριο, ένα ποντίκι, ή ένα πληκτρολόγιο. Παράλληλα, είναι απαραίτητος κάποιος controller ο οποίος παραλαμβάνει τα σήματα των εντολών του πελάτη και τα μεταφέρει μέσω δικτύου στον εξυπηρετητή. Επίσης, ο controller αποθηκεύει στους buffers του τα σήματα βίντεο που στέλνονται από τον εξυπηρετητή, τα αποκωδικοποιεί και τα στέλνει στην οθόνη με κατάλληλο χρονισμό.

Η υποστήριξη από ένα VoD σύστημα αλληλεπιδραστικών υπηρεσιών (*Play/Resume, Stop, Pause, Jump Forward/Backward, Fast Forward, Slow Down, Reverse, Fast Reverse, Slow Reverse*) επιβάλλει την παρουσία των παρακάτω κομμάτων hardware:

- **Interface δικτύου** – επιτρέπει στον πελάτη να λαμβάνει δεδομένα από τον εξυπηρετητή και επιπλέον παρέχει ένα μηχανισμό που μεταφράζει τις εντολές που λαμβάνει από τον σένσορα σε κατάλληλα σήματα τα οποία μεταφέρονται μέσω δικτύου.

- **Αποκωδικοποιητής** – με σκοπό να γίνει οικονομία σε αποθηκευτικό χώρο, εύρος ζώνης στο δίσκο καθώς και εύρος ζώνης δικτύου, οι ταινίες συνήθως κωδικοποιούνται πριν αποθηκευτούν στον εξυπηρετητή. Συνεπώς, είναι απαραίτητο να υπάρχει ο αποκωδικοποιητής στον πελάτη ώστε να αποκωδικοποιούνται τα λαμβανόμενα streams δεδομένων πριν αυτά παρουσιαστούν στον θεατή.

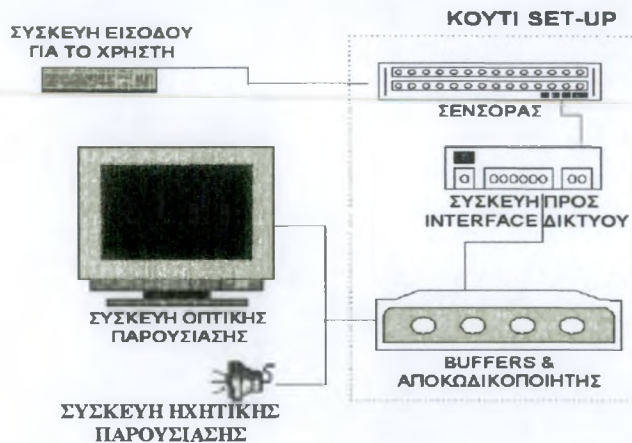
- **Buffers** – λόγω των μεταπτώσεων σε καθυστέρηση δικτύου δεν μπορούμε να γνωρίζουμε εκ των προτέρων το χρόνο άφιξης ενός stream βίντεο, οπότε για να μπορέσουμε να εγγυηθούμε ότι δεν θα παρατηρηθεί το φαινόμενο starvation (να μην έχουν φθάσει έγκαιρα τα δεδομένα που απαιτούνται ώστε να συνεχιστεί στον κανονικό της ρυθμό η παρουσίαση και έτσι να έχουμε διακοπές) θα πρέπει να έχουμε διαθέσιμη προς παρουσίαση την επόμενη μονάδα δεδομένων στο συντομότερο χρόνο που εκτιμάται ότι μπορεί να ζητηθεί (υποθέτοντας worst case scenario για την ταχύτητα του δικτύου). Αν όμως η ταχύτητα του δικτύου είναι μεγαλύτερη, τα δεδομένα καταφθάνουν γρηγορότερα από τον ρυθμό που «καταναλώνονται» από τον πελάτη με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητος κάποιος προσωρινός αποθηκευτικός χώρος όπου θα φυλαχτούν μέχρι να έρθει η χρονική στιγμή που θα ζητηθούν προς παρουσίαση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όταν το μέγεθος των buffers είναι μεγάλο, επιπαχύνονται οι αλληλεπιδραστικές υπηρεσίες, αφού τα δεδομένα που χρειάζονται είναι συνήθως διαθέσιμα τοπικά



στους buffer και δεν χρειάζεται να μεταφερθούν από τον αντίστοιχο εξυπηρετητή. Τέλος, οι buffers είναι πολύ χρήσιμοι και για ένα άλλο λόγο: εφόσον τα δεδομένα καταφθάνουν στον αποδέκτη πριν ζητηθούν προς αναπαραγωγή μπορούν να αποκωδικοποιηθούν ενώ «περιμένουν» στους buffer την χρονική στιγμή που θα ζητηθούν και έτσι η αποκωδικοποίηση να γίνεται off-line, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο τις λειτουργικές απαιτήσεις του αποκωδικοποιητή και κατά συνέπεια το κόστος του.

• **Υλικό Συγχρονισμού** – μια ταινία αποτελείται από stream βίντεο και ήχου τα οποία πρέπει να συγχρονιστούν πριν παρουσιαστούν. Επιπλέον σε πολλά συστήματα χρησιμοποιείται η ιδέα του βαθμωτού βίντεο όπου κάθε stream βίντεο αποσυντίθεται σε ένα βασικό και περισσότερα επιπρόσθετα stream βίντεο. Η λογική είναι ότι αναπαράγοντας στον πελάτη το βασικό stream και συγχρονίζοντας το με αυξανόμενο αριθμό από επιπρόσθετα stream, να καταλήγουμε κάθε φορά σε αυξανόμενης ποιότητας βίντεο. Έτσι, ανάλογα με την απαιτούμενη ποιότητα και το διαθέσιμο εύρος ζώνης στον πελάτη, χρησιμοποιούνται ένα ή περισσότερα από τα επιπρόσθετα streams.



-ΣΧΗΜΑ 5.7 ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΘΡΩΣΗ ΕΝΟΣ VoD ΠΕΛΑΤΗ-

## 5.7 ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ VIDEO ΚΑΙ ΤΩΝ VoD ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

[2] Σύμφωνα με τις απαιτήσεις πραγματικού χρόνου ενός τυπικού VoD συστήματος, καθώς και οποιουδήποτε άλλου συστήματος μετάδοσης video τα δεδομένα θα πρέπει να καταφθάνουν στον παραλήπτη τους με κατάλληλο χρονισμό που να επιτρέπει την χωρίς διακοπές παρουσίαση τους. Ένα τυπικό stream βίντεο αποτελείται από καρτέ (frames), ήχους που αντιστοιχούν στα καρτέ και συνοδευτικό κείμενο. Η μεγάλη αυτή ποσότητα πληροφορίας που πρέπει να μεταδοθεί στον πελάτη με τρόπο συνεχή και με τις ελάχιστες δυνατές καθυστερήσεις επιβάλλει μεγάλες απαιτήσεις απόδοσης από το δίκτυο. Συμπερασματικά, το δίκτυο που θα χρησιμοποιηθεί ειδικά σε ένα VoD σύστημα αλλά και σε οποιοδήποτε άλλο σύστημα μετάδοσης πρέπει να είναι υψηλής ταχύτητας με χαμηλό ποσοστό λαθών μετάδοσης καθώς η αναμετάδοση δεν είναι αποδεκτή. Συγχρόνως, εφόσον η πληροφορία βίντεο είναι χρονικά ευαίσθητη, οι μεταπτώσεις στις καθυστερήσεις θα πρέπει να διατηρηθούν ελάχιστες.

Η ιδιαιτερότητα των εφαρμογών VoD επιβάλλει αντίστοιχες απαιτήσεις στην χρησιμοποιούμενη δικτυακή υποδομή:

• **Υψηλή Ταχύτητα** – δεδομένου ότι τα δεδομένα βίντεο είναι μεγάλου όγκου και επιπλέον ευαίσθητα σε χρονικές καθυστερήσεις, είναι προφανής και επιτακτική η απαίτηση για δίκτυα μεγάλου εύρους ζώνης που θα υποστηρίξουν τις μεγάλες ταχύτητες μεταφοράς.

☛ **Connection-Oriented Μεταφορά** – εφόσον στις εφαρμογές VoD αφενός τα πακέτα που καταφθάνουν αργοπορημένα στον προορισμό τους είναι άχρηστα και απορρίπτονται, και αφετέρου, οι επανεκπομπές ως μέθοδος διόρθωσης λαθών κατά τη μετάδοση δεν είναι αποδεκτές, είναι απαραίτητο οι μεταφορά των δεδομένων να είναι connection-oriented. Με αυτόν τον τρόπο, μειώνεται το ποσοστό των λανθασμένων ή αργοπορημένων πακέτων.

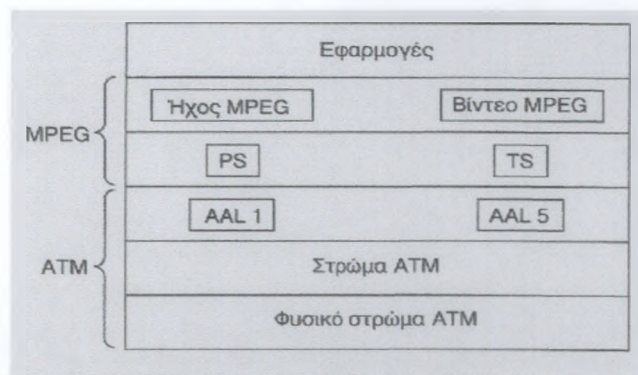
☛ **Καθυστερήση Διάδοσης και Αποκλίσεις (Jitter)** – οι καθυστερήσεις αυτές πρέπει να διατηρούνται ελάχιστες και το ίδιο να ισχύει και για τις διακυμάνσεις στις καθυστερήσεις, ώστε να διατηρείται σταθερή η ποιότητα της παρουσίασης των ταινιών στους αποδέκτες.

## ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

[1] Με βάση τις παραπάνω απαιτήσεις που έχουν τεθεί στη δικτυακή υποδομή που θα υποστηρίζει την υλοποίηση ενός συστήματος μετάδοσης video ή ενός VoD (backbone network), τα πρωτόκολλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα παρακάτω:

- ☐ ATM (Asynchronous Transfer Mode).
- ☐ FDDI (Fiber Distributed Data Interface).
- ☐ DQDB (Distributed Queue Dual Bus).
- ☐ 100 Mbps Ethernet.

Ως ελκυστικότερη φαίνεται η λύση που προσφέρει το ATM καθώς συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των σχημάτων μεταγωγής κυκλώματος και πακέτων, υποστηρίζει δέσμευση πόρων και συνδέσεις εικονικών κυκλωμάτων πάνω από δίκτυα μεταγωγής πακέτων παρέχοντας εγγύηση της παρεχόμενης υπηρεσίας και διαλειτουργικότητα.



-ΣΧΗΜΑ 5.8 ΣΤΟΙΒΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ ΓΙΑ VIDEO-ΖΗΤΗΣΗ-

Αξίζει σε αυτό το σημείο να αναφερθούν και οι MBone τεχνολογίες με τις οποίες γίνεται προσπάθεια να αρθούν οι περιορισμοί για τη μετάδοση δεδομένων πραγματικού χρόνου που επιβάλλονται από την TCP/IP οικογένεια πρωτοκόλλων. Οι τεχνολογίες MBone είναι κατάλληλες για μεταφορά δεδομένων πραγματικού χρόνου, υποστηρίζουν Multicast IP και διασφαλίζουν το QoS της παρεχόμενης υπηρεσίας.

## ΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

[1] Το δίκτυο διανομής είναι το σύνολο μεταγωγέων και γραμμών μεταξύ της πηγής και του προορισμού. Αποτελείται από δίκτυο σκελετού SONET ή ATM (ή ATM πάνω από SONET), συνδεδεμένο σε δίκτυο τοπικής διανομής. Συνήθως, το δίκτυο σκελετού χρησιμοποιεί μεταγωγή, ενώ το δίκτυο τοπικής διανομής όχι.

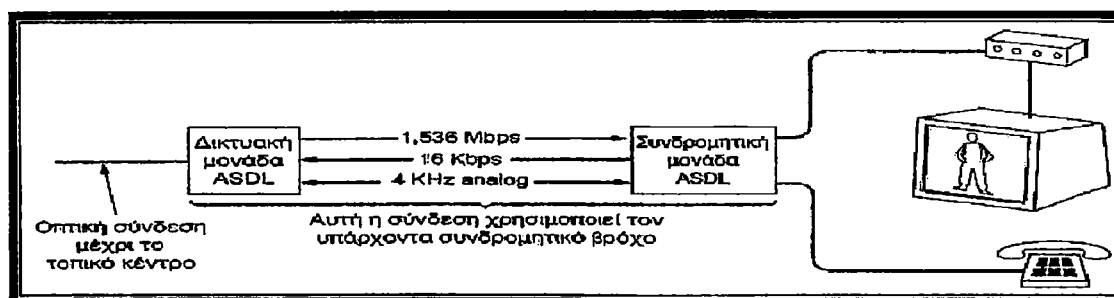
Οι κύριες απαιτήσεις που επιβάλλονται στον σκελετό είναι το υψηλό εύρος ζώνης και το χαμηλό τρέμουλο. Αυτό είναι κάτι πολύ απλό για δίκτυο καθαρού SONET. Το εύρος ζώνης είναι εγγυημένο και το τρέμουλο είναι μηδενικό επειδή το δίκτυο είναι σύγχρονο (synchrous). Για δίκτυο σκελετού ATM, ή ATM πάνω από SONET, η ποιότητα υπηρεσίας έχει μεγάλη σημασία και η διαχείριση της γίνεται από τον αλγόριθμο του διαρρέοντος κάδου. Παρακάτω θα εστιάσουμε την προσοχή μας στο δίκτυο τοπικής διανομής.

Η τοπική διανομή είναι εξαιρετικά χαοτική, με διαφορετικές εταιρείες να δοκιμάζουν διαφορετικά δίκτυα σε διαφορετικές περιοχές. Οι τηλεφωνικές εταιρείες, οι εταιρείες καλωδιακής τηλεόρασης και οι νεοεισερχόμενοι είναι όλοι πεπεισμένοι ότι όποιος φθάσει πρώτος εκεί θα είναι ο μεγάλος νικητής, έτσι τώρα βλέπουμε να εγκαθίσταται μια πληθώρα από νέες τεχνολογίες. Οι τέσσερις κύριες μέθοδοι τοπικής διανομής για τη βίντεο-ζήτηση έχουν τα ακρωνύμια *ADSL*, *FTTC*, *FTTH* και *HFC*. Θα εξηγήσουμε το καθένα απ' αυτά τώρα με τη σειρά.

**Η Ασύμμετρη Ψηφιακή Συνδρομητική Γραμμή ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line )** ήταν ο πρώτος εισελθών από τις τηλεφωνικές εταιρείες στην προσπάθεια της τοπικής διανομής (Chen and Waring 1994). Η ιδέα είναι ότι σχεδόν κάθε οικία στις Ηνωμένες Πολιτείες, την Ευρώπη και την Ιαπωνία διαθέτει ήδη έναν χάλκινο δυπλαγωγό που φθάνει μέχρις αυτήν (για αναλογική τηλεφωνική υπηρεσία). Αν αυτά τα καλώδια μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για βίντεο-ζήτηση, οι τηλεφωνικές εταιρείες θα μπορούσαν να "τα πάρουν όλα".

Βέβαια, το πρόβλημα είναι ότι αυτά τα καλώδια δεν μπορούν να υποστηρίξουν ούτε το MPEG-1 στο συνηθισμένο μήκος τους των 10 km, πόσο μάλλον το MPEG-2. Η λύση ADSL εκμεταλλεύεται τις προόδους στη ψηφιακή επεξεργασία σημάτων για να εξαλείψει ηλεκτρονικά την ηχώ και τους άλλους θορύβους της γραμμής. Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, σε κάθε συνδρομητή με ADSL δίδεται μια οικιακή συνδρομητική συσκευή ADSL που περιέχει ένα chip ψηφιακής επεξεργασίας σήματος. Το τηλέφωνο και το κουτί επί-τηλεόρασης βυσματώνονται στην μονάδα ADSL. Στο άλλο άκρο του τοπικού βρόχου συνδέεται μια άλλη μονάδα ADSL. Αυτή μπορεί να βρίσκεται είτε στο τοπικό κέντρο της τηλεφωνικής εταιρείας είτε, εάν ο τοπικός βρόχος είναι πολύ μεγάλος, στην άκρη οπτικής ίνας στη γειτονιά της οικίας.

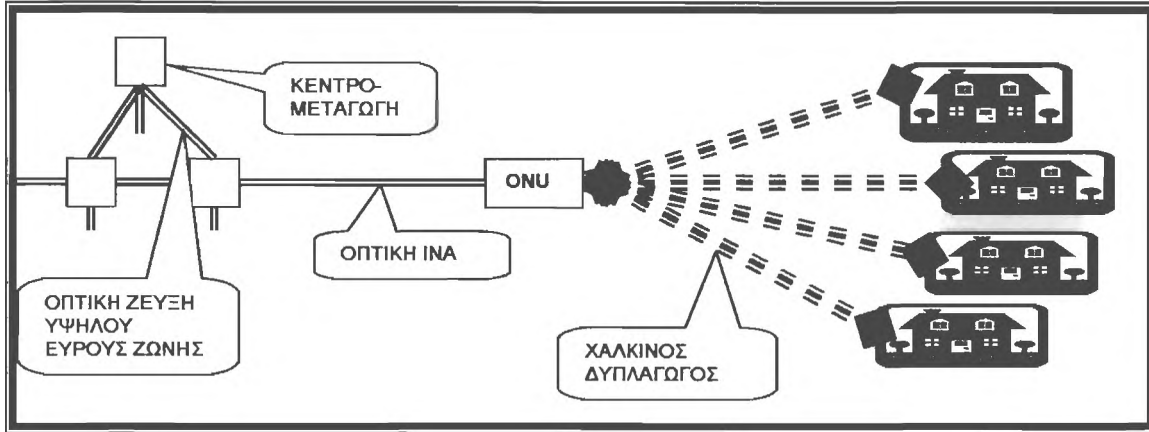
Το *ADSL-1* προσφέρει, καθοδικό δίαυλο των 1,536 Mbps αλλά και ένα ανοδικό δίαυλο των 16 kbps μόνο. Επιπλέον, δίνει τον παλιό αναλογικό δίαυλο των 4 KHz (ή, σε κάποιες περιπτώσεις, δύο ψηφιακούς δίαυλους N-ISDN). Η ιδέα είναι να έχει η ανοδική ζεύξη αρκετό εύρος ζώνης ώστε να παραγγέλνει ο χρήστης τις ταινίες και ο καθοδικός δίαυλος να έχει αρκετό εύρος ζώνης ώστε να στέλνονται κωδικοποιημένες σε MPEG-1. Το ADSL, θα πρέπει να θεωρηθεί περισσότερο ως γρήγορη και βρώμικη λύση παρά ως μακροπρόθεσμη, αλλά γίνεται εργασία για βελτιωμένες εκδόσεις, ονομαζόμενες *ADSL-2* και *ADSL-3*. Η τελευταία επιτρέπει MPEG-2 μέσω τοπικών βρόχων μήκους μέχρι 2 km.



-ΣΧΗΜΑ 5.9 ΤΟ ADSL ΩΣ ΤΟΠΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ-

Η δεύτερη λύση των τηλεφωνικών εταιρειών είναι η **Οπτική Ίνα μέχρι το Πεζοδρόμιο FTTC (Fiber To The Curb)**. Στην FTTC, η τηλεφωνική εταιρεία ρίχνει οπτικές ίνες από το τοπικό κέντρο κάθε περιοχής κατοικίας μέχρι μια συσκευή που ονομάζεται **Μονάδα Οπτικού Δικτύου ONU (Optical Network Unit)**. Η ONU είναι ένα "κουτί διασύνδεσης (junction box)". Περίπου 16 χάλκινοι συνδρομητικοί βρόχοι μπορούν να τερματίσουν σε μία ONU. Οι βρόχοι αυτοί

είναι τώρα τόσο σύντομοι ώστε να είναι δυνατόν να λειτουργήσει πλήρως αμφίδρομο T1 ή T2 μέσω αυτών, κάτι που επιτρέπει ταινίες MPEG-1 και MPEG-2, αντίστοιχα. Επιπλέον, τώρα είναι δυνατή η τηλεδιάσκεψη γι' αυτούς που εργάζονται κατ' οίκων καθώς και τις μικρές επιχειρήσεις, επειδή το FTTC είναι συμμετρικό.



-ΣΧΗΜΑ 5.10 ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ ΜΕΧΡΙ ΤΟ ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΟ-

Η τρίτη λύση των τηλεφωνικών εταιρειών είναι να φθάσει η οπτική ίνα στο σπίτι του καθενός. Αποκαλείται **Οπτική Ίνα στο Σπίτι FTTH (Fiber To The Home)**. Συμφωνά μ' αυτήν, οποιοσδήποτε μπορεί να διαθέτει έναν φορέα OC-1, OC-3 ή ακόμη μεγαλύτερων, εάν αυτό απαιτείται. Η FTTH είναι πολύ δαπανηρή και θα πάρει χρόνια μέχρι να πραγματοποιηθεί, αλλά οπωσδήποτε θα ανοίξει μια τεράστια περιοχή νέων δυνατοτήτων όταν τελικά συμβεί.

Τα ADSL, FTTC και FTTH είναι όλα δίκτυα τοπικής διανομής από σημείο σε σημείο, κάτι που δεν προκαλεί ιδιαίτερη έκπληξη δεδομένου του τρόπου με τον οποίο έχει οργανωθεί το τρέχον τηλεφωνικό σύστημα. Μια εντελώς διαφορετική προσέγγιση είναι το **Υβρίδιο Οπτικής Ίνας Ομοαξονικού HFC (Hybrid Fiber Coax)**, που είναι η προτιμώμενη λύση που εγκαθιστούν επί του παρόντος οι παροχείς καλωδιακής τηλεόρασης. Βασίζεται στο ότι τα υπάρχοντα ομοαξονικά καλώδια των 300 έως 450 MHz θα αντικατασταθούν από ομοαξονικά καλώδια των 750 MHz, κάτι που αναβαθμίζει τη χωρητικότητα από τα 50 ή 75 κανάλια των 6 MHz στα 125 κανάλια των 6 MHz. Τα 75 από τα 125 κανάλια θα χρησιμοποιηθούν για μετάδοση αναλογικής τηλεόρασης.

Το καθένα από τα 50 κανάλια θα χρησιμοποιεί διαμόρφωση QAM-256, που δίνει 40 Mbps ανά κανάλι, με αποτέλεσμα εύρος ζώνης 2Gbps συνολικά. Οι κεφαλές (head-ends) θα μετακινηθούν βαθύτερα έτσι ώστε κάθε καλώδιο να περνά από 500 μόνο σπίτια. Σε κάθε σπίτι θα μπορεί να διατεθεί ένα αποκλειστικό κανάλι των 4Mbps που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα συνδυασμό προγραμμάτων MPEG-1, MPEG-2, ανοδικών δεδομένων, αναλογικής και ψηφιακής τηλεφωνίας κ.α.

Αυτό όμως απαιτεί να αντικατασταθεί όλο το σύστημα καλωδιακής τηλεόρασης και κατά συνέπεια η ποσότητα νέας υποδομής εδώ είναι συγκρίσιμη με αυτή που θα χρειασθούν οι τηλεφωνικές εταιρίες για FTTC.



-Coaxial Cable-

-ΟΜΟΑΞΟΝΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ-



-Twisted Pair (UTP) Wire-

- ΚΑΛΩΔΙΟ ΣΥΣΤΡΟΦΟΥ ΖΕΥΓΟΥΣ-



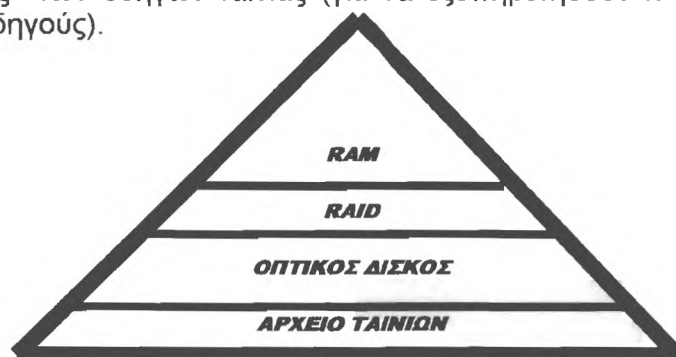
-Fibber-Optic Cable-

- ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ-

**ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΕΣ VIDEO**

[1] Ο εξυπηρετητής ενός VoD συστήματος είναι το κομμάτι που επεξεργάζεται τις εντολές που αποστέλλουν στο σύστημα οι πελάτες. Πιο συγκεκριμένα, αποδέχεται να διεκπεραιώσει μια αίτηση ή την απορρίπτει ανάλογα με την τρέχουσα κατάσταση του συστήματος και τον φόρτο του δικτύου. Συγχρόνως, καταστρώνει την χρονοδρομολόγηση της ανάκτησης των δεδομένων που ζητά κάθε πελάτης. Στον αποθηκευτικό χώρο του εξυπηρετητή φυλάσσονται συλλογές από ταινίες. Το είδος του αποθηκευτικού μέσου που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τις απαιτήσεις του συστήματος, και το διαθέσιμο προϋπολογισμό και μπορεί να συνδυάζει μια ποικιλία από τέτοιες συσκευές όπως RAM, disk-arrays, οπτικοί δίσκοι, βιβλιοθήκες μαγνητικών ταινιών ή και DVD που αποτελούν και το state-of-the-art του είδους. Για να εξυπηρετηθεί με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο το trade-off ανάμεσα στο κόστος και την απόδοση, κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται ιεραρχίες αποθηκευτικού χώρου που αποτελούνται από μια ποικιλία αποθηκευτικών μέσων. Μια κανονική ταινία όταν συμπίεσθεί κατά MPEG-2 καταλαμβάνει περίπου 4GB.

Ο φθηνότερος τρόπος αποθήκευσης μεγάλων ποσοτήτων πληροφορίας είναι η μαγνητική ταινία. Μια ταινία DAT μπορεί να αποθηκεύσει 8GB( 2 ταινίες) με κόστος 5 δολάρια/ GB. Αυτή τη στιγμή είναι διαθέσιμοι μεγάλοι μηχανικοί εξυπηρετητές που έχουν χιλιάδες ταινίες και διαθέτουν ένα βραχίονα ρομπότ για να παίρνουν μια ταινία και να την τοποθετούν στον οδηγό ταινίας. Το πρόβλημα των συστημάτων αυτών είναι ο χρόνος πρόσβασης , ο ρυθμός μεταφοράς και ο περιορισμένος αριθμός των οδηγών ταινίας (για να εξυπηρετηθούν n-ταινίες την ίδια στιγμή η μονάδα χρειάζεται n-οδηγούς).

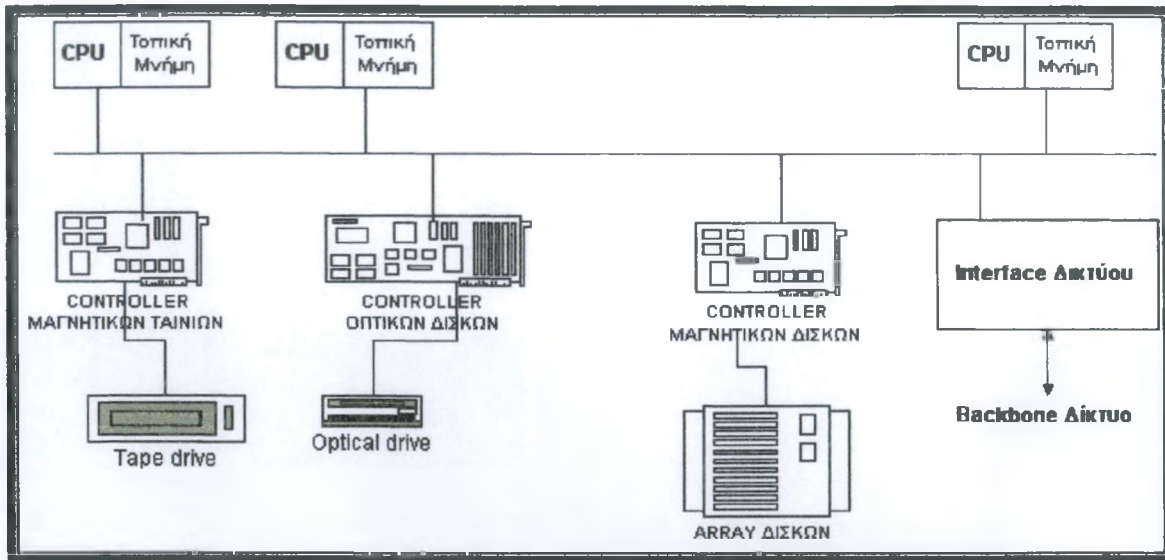


-ΣΧΗΜΑ 5.11 ΙΕΡΑΡΧΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΣΕ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΗ VIDEO-

Μια εναλλακτική λύση για αποθήκευση είναι η οπτική αποθήκευση. Τα σημερινά CD-ROM έχουν χωρητικότητα 650 MB, αλλά η επόμενη γενιά αναμένεται να έχει περίπου 4GB, ώστε να είναι κατάλληλα για την διανομή κινηματογραφικών έργων MPEG-2. Αν και οι χρόνοι αναζήτησης (seek) είναι αργοί σε σύγκριση με τους χρόνους των μαγνητικών δίσκων (100 msec έναντι 10 msec) το μικρό τους κόστος και η μεγάλη τους αξιοπιστία κάνει της οπτικές δισκοθήκες (jukebox) που περιέχουν χιλιάδες CD-ROM μια καλή εναλλακτική λύση έναντι της ταινίας για τα κινηματογραφικά έργα που χρησιμοποιούνται περισσότερο.

Ακολουθούν οι μαγνητικοί δίσκοι. Έχουν μικρούς χρόνους πρόσβασης (10 msec), υψηλούς ρυθμούς μετάβασης (10 MB/sec) και αξιοσημείωτη χωρητικότητα (10GB), με αποτέλεσμα να είναι κατάλληλοι για να περιέχουν έργα που πραγματικά μεταδίδονται (σε αντίθεση με αυτά που αποθηκεύονται μήπως και ζητηθούν). Το κύριο μειονέκτημα τους είναι το μεγάλο κόστος αποθήκευσης των έργων που σπάνια ζητούνται.

Στην κορυφή της πυραμίδας του πιο πάνω σχήματος είναι η RAM που είναι το ταχύτερο μέσο αποθήκευσης αλλά και το δαπανηρότερο. Είναι καταλληλότερη για έργα των οποίων διαφορετικά μέρη στέλνονται σε διαφορετικούς προορισμούς ταυτόχρονα (π.χ., πραγματική βίντεο-ζήτηση σε 100 χρήστες που έχουν ξενοικιάσει όλοι σε διαφορετικές χρονικές στιγμές). Όταν οι τιμές της RAM πέσουν στα 10 δολάρια / MB, ένα έργο των 4GB θα καταλαμβάνει RAM αξίας 40.000 δολαρίων. Έτσι για να έχουμε πολλά έργα το κόστος για RAM αυξάνεται πάρα πολύ.



-ΣΧΗΜΑ 6.12 ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΘΡΩΣΗ ΕΝΟΣ VoD ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΗ-

## ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΣΤΟΝ SERVER

[2] Σε ένα ιδανικό Video on Demand σύστημα οι αιτήσεις των πελατών για κάποια ταινία εξυπηρετούνται άμεσα από το σύστημα και κάθε πελάτης έχει στην διάθεσή του πλήρεις βίντεο λειτουργίες όπως FF, REW, PAUSE, STOP, PLAY. Όμως η υπόθεση αυτή απέχει πολύ από την πραγματικότητα κυρίως λόγω των περιορισμένων πόρων του συστήματος. Έτσι κάθε σύστημα μπορεί να εξυπηρετήσει συγκεκριμένο αριθμό καναλιών - streams ταυτοχρόνως. Με αυτή τη λογική είναι απαραίτητη μία πολιτική επιλογής των αιτήσεων για βίντεο που φτάνουν στον εξυπηρετητή οι οποίες θα εξυπηρετηθούν. Τις πολιτικές αυτές τις ονομάζουμε **πολιτικές εξυπηρέτησης**.

Οι πολιτικές εξυπηρέτησης πελατών - αιτήσεων στον server μπορούν να χωριστούν σε δύο ουσιαστικά μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το αν επιτρέπουν ή όχι multicasting δηλαδή εκπομπή της ίδιας ταινίας - stream σε πολλούς πελάτες.

### On-Demand Single Cast (ODSC).

Κάθε πελάτης έχει ένα αφοσιωμένο video stream το οποίο του ανατίθεται τη στιγμή που γίνεται δεκτή η αίτησή του. Ο πελάτης έχει πλήρη έλεγχο του video stream. Ο αριθμός των πελατών που εξυπηρετείται περιορίζεται στο αριθμό των καναλιών που υποστηρίζει το σύστημα.

### Phase Multicast (PMC) or Batching.

Κάθε video stream διαμοιράζεται από χρήστες ενός multicast group. Τα video streams αρχίζουν σε τακτά χρονικά διαστήματα. Αιτήσεις που φτάνουν στο χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο διαδοχικές προβολές ομαδοποιούνται και εξυπηρετούνται με το επόμενο stream. Τα χρονικά διαστήματα κατά τα οποία αρχίζει η εκπομπή ενός νέου stream μπορεί να είναι προκαθορισμένα ή να καθορίζονται δυναμικά από τον εξυπηρετητή.

### On-Demand Multicast (ODMC).

Κατά την διάρκεια χαμηλού φόρτου εργασίας οι χρήστες εξυπηρετούνται σύμφωνα με το ODSC πρότυπο ενώ όταν ο φόρτος εργασίας αυξάνεται (περισσότερες αιτήσεις χρηστών) το σύστημα χρησιμοποιεί το PMC πρότυπο.

## ▣ Multicasting.

Το multicasting επιτρέπει την καλύτερη αξιοποίηση των πόρων του συστήματος του εξυπηρετήση, ικανοποιώντας μεγαλύτερο αριθμό αιτήσεων για ταινίες με τους ίδιους πόρους συστήματος με κόστος βέβαια την μεγαλύτερη αναμονή των πελατών μέχρι να αρχίσει μετάδοση της ταινίας. Ο επιπλέον χρόνος αναμονής οφείλεται στο γεγονός υπάρχουν παραλλαγές των γνωστών πολιτικών δρομολόγησης όπου ότι το σύστημα μπορεί να περιμένει ώστε συμπληρωθεί κάποιος συγκεκριμένος αριθμός χρηστών πριν αρχίσει την προβολή της ταινίας ακόμη και αν υπάρχει διαθέσιμο κανάλι.

Επιπλέον, σε multicasting συστήματα δυσκολεύει η παροχή λειτουργιών όπως FF, PAUSE, STOP, REW διότι το κανάλι δεν διατίθεται αποκλειστικά σε ένα χρήστη (δεν έχει τον πλήρη έλεγχο της μετάδοσης), επομένως δεν είναι άμεσα δυνατή η παροχή αυτών των λειτουργιών.

Ωστόσο, για να εξυπηρετηθούν τέτοιου είδους αιτήσεις υπάρχουν διάφορες τεχνικές. Για την εξυπηρετήση μίας "σύντομης" αίτησης για PAUSE (αναμένουμε δηλαδή ότι πολύ σύντομα θα έρθει από τον ίδιο πελάτη μία αίτηση για PLAY) σε κάθε σύστημα πελάτη υπάρχει ένας buffer που αποθηκεύει τα πακέτα των δεδομένων που συνεχίζουν να έρχονται, ώστε να μπορεί να συνεχίσει από το σημείο που το άφησε (στον buffer θα είναι, από εκείνο το σημείο και μετά, πάντα αποθηκευμένη η "διαφορά" του από το κανονικό stream).

Για ευνόητους λόγους, η τεχνική αυτή λειτουργεί μόνο για μικρές διακοπές και μέχρι να ξεχειλίσει ο buffer από συνεχόμενα αν και μικρά σε διάρκεια PAUSE. Στις περιπτώσεις αυτές ακολουθούνται διαφορετικές τεχνικές. Η πιο απλή στην υλοποίηση τεχνική είναι να οδηγηθεί ο χρήστης στο χρονικά κοντινότερο σε αυτόν stream της ίδιας ταινίας, στην περίπτωση βέβαια που υπάρχει τέτοιο stream. Βέβαια αυτή η τεχνική δεν ικανοποιεί απόλυτα τις απαιτήσεις του χρήστη, μιας και δεν εξασφαλίζεται ότι υπάρχει και άλλο stream της ίδιας ταινίας, αλλά ακόμη και στην περίπτωση που υπάρχει δεν εξασφαλίζεται ότι το frame που εκπέμπεται είναι χρονικά κοντά στο frame που έχει "παγώσει" ο χρήστης την ταινία.

Για αυτούς τους λόγους το σύστημα φυλάει πάντα ορισμένο αριθμό από κανάλια που ονομάζονται κανάλια έκτακτων καταστάσεων. Κάθε φορά που λαμβάνεται μια αίτηση για κάποια από τις λειτουργίες PAUSE, FF, REW και STOP από κάποιο σύστημα πελάτη, τότε ο εξυπηρετητής του διαθέτει αποκλειστικά ένα κανάλι έκτακτων καταστάσεων οπότε μπορούν να ικανοποιηθούν τέτοιου είδους αιτήσεις.

Η τεχνική αυτή είναι μία ικανοποιητική λύση η οποία έχει ως κόστος ότι δεν διατίθενται όλα τα κανάλια στους χρήστες με αποτέλεσμα να εξυπηρετείται μικρότερος αριθμός αιτήσεων για ταινίες. Επιπλέον, το σύστημα αδυνατεί να ανταπεξέλθει σε αιτήσεις για λειτουργίες βίντεο που ξεπερνούν σε αριθμό το πλήθος των καναλιών εκτάκτων καταστάσεων (εννοείται από χρήστες που παρακολουθούν την ταινία μέσω κανονικού καναλιού και όχι εκτάκτων καταστάσεων όπου το κανάλι ανήκει πλέον αποκλειστικά στο χρήστη και άρα διατίθενται πλήρεις λειτουργίες βίντεο).

## ▣ Bridging.

Πέρα από την τεχνική που περιγραφική παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν buffers και για να αυξηθεί έτσι περισσότερο ο αριθμός των χρηστών που παρακολουθεί ένα stream μέσω multicasting. Η τεχνική ονομάζεται **bridging** και χρησιμοποιεί τα frames που αποθηκεύονται στον buffer που υπάρχει στο server, για να ικανοποιήσει αιτήσεις που αφίχθησαν μέσα σε ένα μικρό σχετικά χρονικό διάστημα από την έναρξη ενός stream που προβάλλει την ταινία που ζητάνε. Οι αιτήσεις αυτές ικανοποιούνται βλέποντας πάντα τα frames που βρίσκονται στον buffer του συγκεκριμένου stream.

## ▣ Adaptive piggybacking.

Πρόσφατα προτάθηκε μία τεχνική, που ενώνει δύο video streams που είναι χρονικά κοντά σε ένα ώστε να εξοικονομηθεί το ένα από τα δύο κανάλια. Η τεχνική αυτή ονομάζεται **adaptive piggybacking** και λειτουργεί ως εξής: μεταβάλλει τους ρυθμούς προβολής ακόμη και κατά την

διάρκεια της προβολής, ώστε το stream που προηγείται χρονικά να προβάλλεται πιο αργά σε σχέση με το δεύτερο stream. Ως αποτέλεσμα το βίντεο που προβάλλεται με ταχύτερο ρυθμό κάποια χρονική στιγμή θα συγχρονιστεί με το πρώτο, οπότε ανατίθενται στο ίδιο κανάλι και ο ρυθμός προβολής (frames/δευτερόλεπτο) επανέρχεται στα φυσιολογικά επίπεδα.

Ο παραπάνω αλγόριθμος στηρίζεται στην παρατήρηση ότι μικρές αλλαγές στον ρυθμό προβολής της τάξης του 5% σε σχέση με τον κανονικό ρυθμό το πολύ δεν γίνονται αντιληπτές από τον θεατή. Ωστόσο δημιουργούνται προβλήματα εφαρμογής του αλγορίθμου όταν χρησιμοποιείται κωδικοποίηση τύπου MPEG όπου υπάρχουν εξαρτήσεις ανάμεσα στα διαδοχικά frames.

#### ❖ Πολιτικές FCFS.

Βασισμένες στην κλασική αρχιτεκτονική First Come First Served όπου εξυπηρετείται η πρώτη αίτηση που περιμένει στην ουρά αναμονής. Στις περιπτώσεις που επιτρέπεται το multicasting μαζί με την αίτηση που βρίσκεται στην αρχή της ουράς εξυπηρετούνται και όλες οι αιτήσεις που βρίσκονται στην ουρά και ζητάνε την ίδια ταινία.

Στην πολιτική αυτή δεν γίνεται κανένας διαχωρισμός των ταινιών σε "hot" και "cold" δηλαδή σε ταινίες με πολύ μεγάλη ή πολύ μικρή ζήτηση αντίστοιχα. Αυτό έχει ως συνέπεια το σύστημα να είναι "δίκαιο" με τη λογική ότι όλες οι αιτήσεις κάποτε θα εξυπηρετηθούν. Από την άλλη όμως πλευρά, το σύστημα σπαταλάει κανάλια σε ταινίες που τις παρακολουθεί μικρός αριθμός χρηστών ενώ θα μπορούσαν να διατεθούν για ταινίες που θα τις παρακολουθούσαν πολύ περισσότεροι χρήστες και άρα θα είχαμε καλύτερη αξιοποίηση των πόρων του συστήματος (και στην περίπτωση που υπάρχει χρέωση για την χρήση της υπηρεσίας μεγαλύτερο κέρδος για την εταιρεία).

#### ❖ Πολιτικές MQL.

Κάθε ταινία έχει την δική της ουρά αναμονής όπου συγκεντρώνονται οι αιτήσεις των πελατών για την συγκεκριμένη ταινία. Κάθε φορά που υπάρχει κάποιο διαθέσιμο κανάλι ώστε μπορεί να αρχίσει καινούργια εκπομπή- stream ο εξυπηρετητής ελέγχει όλες τις ουρές και εξυπηρετεί την ουρά με το μεγαλύτερο μήκος (Maximum Queue Length), δηλαδή προβάλλεται η ταινία που είχε το μεγαλύτερο αριθμό αιτήσεων.

Σε αυτή την πολιτική γίνεται εμφανής ο διαχωρισμός των ταινιών σε αυτές που έχουν αυξημένη κίνηση και σε αυτές που ζητούνται σπάνια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σύστημα να εξυπηρετεί τον μέγιστο αριθμό χρηστών και άρα να έχει πολύ καλή απόδοση. Από την άλλη μεριά το σύστημα εξυπηρετεί αιτήσεις για ταινίες με μικρή ζήτηση με πολύ μικρή πιθανότητα, και επομένως έχουμε αρκετούς δυσαρεστημένους πελάτες που είναι αναγκασμένοι να περιμένουν μεγάλο χρονικό διάστημα για να δουν μια "σπάνια" ταινία.

#### ❖ FCFS-n.

Πρόκειται για μία υβριδική τεχνική που συνδυάζει τις πολιτικές First Come First Served και Maximum Queue Length. Το σύστημα διαθέτει n κανάλια τα οποία ανατίθενται στους χρήστες με την πολιτική MQL ενώ τα υπόλοιπα κανάλια σύμφωνα με την πολιτική FCFS.

Με αυτό τον τρόπο προσπαθεί και εν μέρη επιτυγχάνει να συνδυάσει τα θετικά σημεία των δύο πολιτικών, δηλαδή από τη μία ότι κάποτε όλες οι αιτήσεις θα εξυπηρετηθούν (ανεξαρτήτως από το αν η ταινία που ζητάνε είναι hot ή cold) και από την άλλη να εξυπηρετήσει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό πελατών προβάλλοντας ταινίες που έχουν την μεγαλύτερη ζήτηση.

#### ❖ Πολιτικές βασισμένες σε Wait Tolerance.

Wait Tolerance είναι μία μεταβλητή που δείχνει τον χρόνο που ο κάθε χρήστης του συστήματος είναι διατεθειμένος να περιμένει έως ότου αρχίσει η προβολή της ταινίας που έχει επιλέξει. Η γνώση της μεταβλητής αυτής επιτρέπει στο σύστημα να καθυστερήσει τόσο την έναρξη προβολής της ταινίας ώστε να δεχθεί και άλλες αιτήσεις που θα γίνουν batch στο ίδιο stream και



να αυξήσει έτσι την απόδοση του συστήματος και από την άλλη να μην ακυρώσει κάποιος από τους χρήστες την αίτησή του. Τα  $M$  βίντεο χωρίζονται σε hot και cold ανάλογα με την ζήτηση που έχει η κάθε ταινία. Υποθέτοντας ότι οι ταινίες είναι αριθμημένες κατά φθίνουσα συχνότητα ζήτησης, το κατώφλι ταξινόμησης  $r \in \{1, 2, \dots, M-1\}$  καθορίζει το όριο ανάμεσα στις δύο κατηγορίες. Τα πρώτα  $r$  βίντεο είναι hot ενώ τα υπόλοιπα  $M - r$  είναι cold.

Κατόπιν οι ταινίες χωρίζονται σε δύο σύνολα, hot και cold. Μία ταινία ανήκει στο σύνολο  $H$  εάν ικανοποιεί ένα από τα παρακάτω κριτήρια:

- Είναι hot ταινία.
- Η ουρά της έχει πάνω από μία αιτήσεις.
- Η ουρά της έχει μία μόνο αίτηση της οποίας ο χρόνος αναμονής έχει ξεπεράσει το κατώφλι του batch.

Σε διαφορετική περίπτωση η ταινία ανήκει στο σύνολο  $C$ . Το δεύτερο κριτήριο παρέχει το μέσο για την δυναμική αναγνώριση των hot ταινιών και μειώνει την ευαισθησία στο κατώφλι ταξινόμησης. Το τρίτο κριτήριο μεταφέρει στο σύνολο  $H$  τις αιτήσεις για cold βίντεο που έχουν συμπληρώσει μεγάλο χρόνο αναμονής ώστε να αποφευχθεί το μπλοκάρισμά τους από τις προβολές δημοφιλών ταινιών

Ο δρομολογητής κρατάει ένα batch κατώφλι που βασίζεται στο viewer wait tolerance, υποθέτει δηλαδή ότι οι χρήστες είναι πρόθυμοι να περιμένουν για ένα χρονικό διάστημα ίσο με το κατώφλι batch. Έτσι μία αίτηση που ο χρόνος αναμονής της ξεπεράσει αυτό το κατώφλι ακυρώνεται από τον χρήστη. Με αυτή τη λογική η πολιτική αυτή προσπαθεί να ικανοποιήσει τις αιτήσεις μέσα σε χρονικό διάστημα μικρότερο ή ίσο το batch κατωφλίου.

Όταν υπάρξει διαθέσιμο κανάλι καθορίζεται το επιθυμητό υποσύνολο  $E$  του  $H$  που αποτελείται από ταινίες των οποίων οι αιτήσεις έχουν χρόνους αναμονής που θα ξεπεράσουν το κατώφλι batch εάν περιμένουν μέχρι να βρεθεί το επόμενο διαθέσιμο κανάλι. Εάν το  $E$  είναι κενό τότε επιλέγεται μία ταινία από το  $C$  μέσω FCFS. Σε διαφορετική περίπτωση (το  $E$  δεν είναι κενό) επιλέγεται μία ταινία από το  $E$ . Υπάρχουν διάφορες στρατηγικές για την επιλογή αυτή, η πρώτη από αυτές διαλέγει την ταινία με την μεγαλύτερη ουρά αναμονής ενώ ή άλλη επιλέγει την ταινία στην οποία θα συμβούν οι περισσότερες ακυρώσεις στην περίπτωση που καθυστερήσει μέχρι να βρεθεί το επόμενο διαθέσιμο κανάλι.

## 5.8 ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

[2] Στο υποσύστημα αποθήκευσης του εξυπηρετητή αποθηκεύονται συμπιεσμένες οι ταινίες. Τα συμπιεσμένα αυτά δεδομένα που αποτελούνται από streams (ροές) βίντεο και ήχου μπορεί να βρίσκονται αποθηκευμένα σε έναν ή περισσότερους εξυπηρετητές. Το υποσύστημα αποθήκευσης είναι συγχρόνως το μέρος όπου πραγματοποιείται η πλειοψηφία των βελτιώσεων ώστε να αυξηθεί η απόδοση ενός VoD συστήματος.

Σε ένα VoD σύστημα οι θεατές έχουν την δυνατότητα να επιλέγουν τόσο το βίντεο που θέλουν, όσο και το χρόνο κατά τον οποίο θέλουν να το παρακολουθήσουν. Οι απαιτήσεις χρονισμού που επιβάλλει η αναπαραγωγή δεδομένων βίντεο επιβάλλει περιορισμούς στον αριθμό των streams που μπορούν να υποστηριχθούν ταυτόχρονα από μια δεδομένη διαμόρφωση εξυπηρετητή. Τα streams VoD πρέπει να διατηρούν ένα χαμηλό χρόνο καθυστέρησης διάδοσης (latency time), ο οποίος είναι ο χρόνος που παρεμβάλλεται ανάμεσα στη χρονική στιγμή που φθάνει μια αίτηση για ένα συγκεκριμένο βίντεο στο σύστημα, μέχρι τη στιγμή που αρχίζει η προβολή του βίντεο στον θεατή/πελάτη. Συνεπώς σκοπός ενός εξυπηρετητή VoD είναι η παροχή υψηλής ποιότητας υπηρεσιών με χαμηλό ποσοστό αποχωρήσεων πελατών και χαμηλές καθυστερήσεις, ενώ παράλληλα, οι απαιτήσεις σε χωρητικότητα του εξυπηρετητή θα πρέπει να διατηρούνται κατά το δυνατό χαμηλές.

Επιπλέον, για να μπορέσει ένα σύστημα VoD να υποστηρίξει μια μεγάλη ποικιλία αιτήσεων, θα πρέπει να μπορεί να αποθηκεύει μεγάλο όγκο δεδομένων. Μια 90λεπτη παρουσίαση με χρήση MPEG-I συμπίεσης, απαιτεί γύρω στο 1 GB αποθηκευτικό χώρο. Σήμερα υπάρχουν στον κόσμο περίπου 65000 ταινίες και η καθεμιά αν αποθηκευτεί συμπίεσμένη με MPEG-2, απαιτεί 1,5 GB. Συνεπώς, για να μπορέσει ένα σύστημα να υποστηρίξει το σύνολο των διαθέσιμων ταινιών, χρειάζονται 95 TG ενώ ο μεγαλύτερος δίσκος σήμερα δεν ξεπερνά την χωρητικότητα του 1 TB. Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και το γεγονός ότι χρειάζεται να παρέχεται η δυνατότητα πολλαπλών ταυτόχρονων προσβάσεων στο σύστημα αποθήκευσης.

## 5.9 ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ

[2] Ένα σύστημα VoD σχεδιάζεται με βάση κάποιες παραδοχές σχετικά με το προφίλ του μέσου πελάτη και την κατανομή της ζήτησης, παράμετροι που μεταβάλλονται στο χρόνο. Η ιδέα της ιεραρχικής δόμησης του αποθηκευτικού χώρου προέρχεται από το γεγονός ότι υπάρχουν διαφορετικές συσκευές αποθήκευσης με διαφορετικά χαρακτηριστικά και κόστη και ένα αποδοτικό VoD σύστημα πρέπει να κατανέμει τα δεδομένα βίντεο με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρεί σε χαμηλά επίπεδα το κόστος αποθήκευσης διατηρώντας παράλληλα ένα υψηλό επίπεδο ταχύτητας εξυπηρέτησης των πελατών του. Πιο συγκεκριμένα, ταινίες με μεγάλη ζήτηση («hot» movies) θα πρέπει να τοποθετούνται σε τέτοια αποθηκευτική συσκευή που παρέχει γρήγορη πρόσβαση (μεγάλο εύρος ζώνης), ενώ κάποια από τις ταινίες με χαμηλή ζήτηση («cold» movies), θα πρέπει να είναι διαθέσιμη, αλλά το κόστος αποθήκευσής της θα πρέπει να διατηρείται χαμηλό. Είναι συνεπώς φανερό ότι οι *πολιτικές κατανομής* των ταινιών στις διάφορες συσκευές αποθήκευσης που απαρτίζουν την ιεραρχία αποθηκευτικού χώρου ενός VoD συστήματος παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στον σχεδιασμό ενός τέτοιου συστήματος. Παράλληλα, η σωστή μοντελοποίηση των διαβαθμίσεων της ζήτησης των πελατών είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την επιλογή μιας αποδοτικής πολιτικής κατανομής.

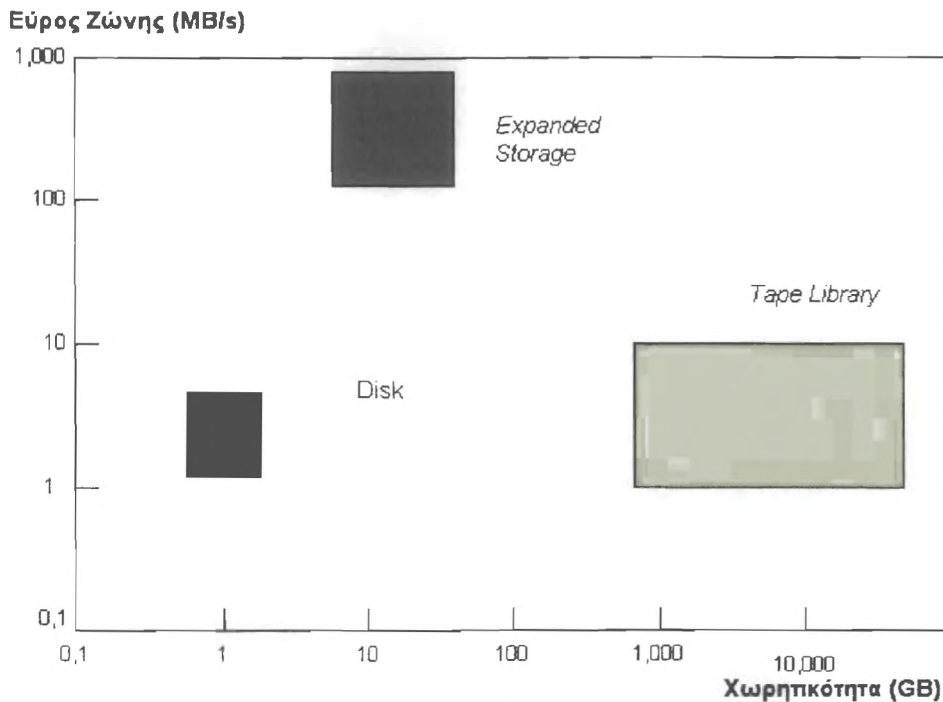
## ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΙΕΡΑΡΧΙΣΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

[2] Κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος VoD ένα από τα βασικά σημεία είναι η επιλογή του τύπου και του μεγέθους των αποθηκευτικών μέσων που θα χρησιμοποιηθούν στην ιεραρχία αποθηκευτικού χώρου. Ένα αποθηκευτικό μέσο χαρακτηρίζεται από την χωρητικότητά του (ποσότητα δεδομένων που μπορεί να χωρέσει) και το εύρος ζώνης του (ταχύτητα ανάκτησης των αποθηκευμένων δεδομένων). Διακρίνουμε τρεις κατηγορίες αποθηκευτικών μέσων:

☛ **Expanded Storage (ES)** – αποτελείται από RAM modules και είναι προσπελάσιμη απευθείας από την κύρια μνήμη μέσω του bus του συστήματος. Το κόστος αποθήκευσης μιας ταινίας σε ES εξαρτάται από την διάρκειά της και θεωρείται ότι έχει άπειρο εύρος ζώνης αφού όλες οι αιτήσεις εξυπηρετούνται, εφόσον δεν ξεπερνούν το εύρος ζώνης του bus του συστήματος.

☛ **Disk Storage (υποσύστημα δίσκων)** – αποτελείται από αποθηκευτικά μέσα και βραχίονες. Το κόστος του υποσυστήματος δίσκων μειώνεται όσο αυξάνεται ο παράγοντας striping (μια ταινία κατανέμεται σε πολλαπλούς δίσκους και με αυτόν τον τρόπο μπορεί να γίνεται παράλληλα η πρόσβαση σε αυτή πετυχαίνοντας πολύ χαμηλότερο χρόνο ανάκτησης). Η τεχνική striping χρησιμοποιείται για να βελτιωθεί ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων από το δίσκο στην κύρια μνήμη. Παράλληλα, το κόστος εξαρτάται από τον αριθμό των δίσκων, τον αριθμό από βραχίονες σε κάθε δίσκο και το σχετικό κόστος ανά βραχίονα. Αν ολόκληρη η ταινία βρίσκεται αποθηκευμένη σε ένα μόνο δίσκο, ο αριθμός των ταυτόχρονων αιτήσεων για την συγκεκριμένη ταινία που μπορούν να εξυπηρετηθούν περιορίζεται από τον αριθμό των streams που μπορεί να διαβάσει ο βραχίονας χωρίς jitter.

➤ **Βιβλιοθήκη Μαγνητικών Ταινιών (Tape Library)** – αποτελείται από ράφια αποθήκευσης βίντεο, robots, και οδηγούς μαγνητικών ταινιών (tape drives). Ο αριθμός των streams που μπορεί να υποστηρίξει μια βιβλιοθήκη μαγνητικών ταινιών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως τον αριθμό των διαθέσιμων οδηγών, την ταχύτητα του robot, κτλ. Γενικά, η βιβλιοθήκη ταινιών είναι ο πιο οικονομικός τρόπος αποθήκευσης αρχείων βίντεο αλλά ταυτόχρονα παρέχει και το μικρότερο εύρος ζώνης με αποτέλεσμα να περιορίζεται δραματικά ο αριθμός των ταινιών που μπορούν να αποθηκεύονται εκεί, αν θέλουμε να αποφύγουμε μη αποδεκτές καθυστερήσεις.

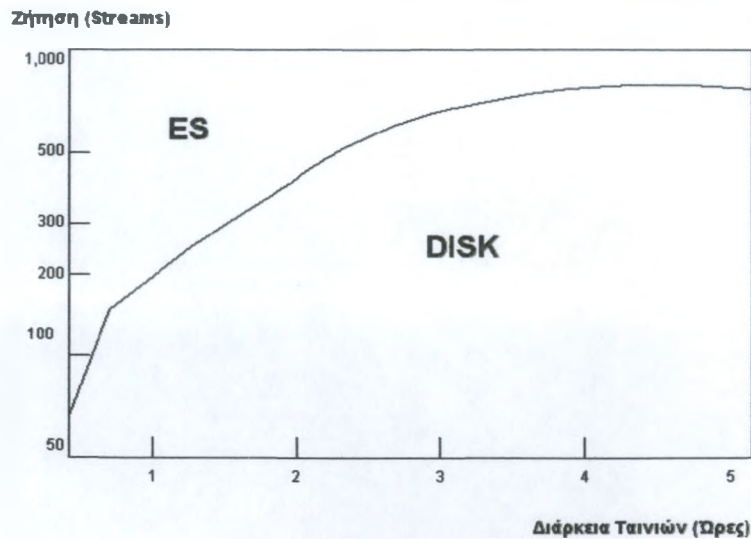


-ΣΧΗΜΑ 5.13 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ-

### ΧΑΤΑΝΟΜΗ ΑΡΧΕΙΩΝ VIDEO (Video File Allocation)

[2] Το πρόβλημα κατανομής των αρχείων βίντεο προέκυψε από το ότι τα αρχεία αυτά έχουν ποικίλα χαρακτηριστικά αιτήσεων και υπάρχουν διαθέσιμα μέσα αποθήκευσης με επίσης ποικίλα χαρακτηριστικά τόσο χωρητικότητας όσο και εύρους ζώνης. Ένας αποδοτικός σχεδιασμός πρέπει να ενσωματώνει τα δύο παραπάνω χαρακτηριστικά με τρόπο ώστε να αντεπεξέρχεται σε συνθήκες αυξανόμενης ζήτησης χωρίς να αυξάνει το κόστος των μέσων αποθήκευσης.

Δεδομένου ότι το ταχύτερο και ακριβότερο αποθηκευτικό μέσο είναι το ES, ενώ το φθηνότερο αλλά και πιο αργό είναι η βιβλιοθήκη μαγνητικών ταινιών, η βασική ιδέα είναι να αποθηκεύονται οι «hot» ταινίες σε ES ή σε δίσκους και οι «cold» ταινίες σε βιβλιοθήκες. Στην πραγματικότητα η βιβλιοθήκη μαγνητικών ταινιών παίζει έναν ακόμη σημαντικό ρόλο στα συστήματα VoD: αποτελεί το χώρο όπου αποθηκεύονται όλα τα αντίγραφα ασφαλείας (backup) των ταινιών που παρέχονται από το σύστημα.



ΣΧΗΜΑ 5.14 ΦΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΑΙΝΙΩΝ ΣΕ ES Ή DISK ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΖΗΤΗΣΗ ΚΑΘΕ ΤΑΙΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ.

### 5.10 ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΑΙΤΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΔΙΣΚΟ

[2] Τα δεδομένα συνεχούς χρόνου όπως το βίντεο και ο ήχος παρουσιάζουν ειδικά προβλήματα αποθήκευσης και ανάκτησης εξαιτίας (1) του υψηλού ρυθμού μεταφοράς και των μεγάλων απαιτήσεων σε αποθηκευτικό χώρο και (2) της πραγματικού χρόνου φύσης τους. Το μεγαλύτερο μέρος της δουλειάς προς αυτήν την κατεύθυνση και για την περίπτωση που εξετάζουμε έναν και μοναδικό δίσκο, εκμεταλλεύεται την συνεχή φύση των δεδομένων προχωρώντας σε γύρους κατά την διάρκεια των οποίων σε κάθε stream παρέχεται μια πρόσβαση στο δίσκο (ή συγκεκριμένος αριθμός προσβάσεων). Η ποσότητα δεδομένων που ανακτάται σε κάθε γύρο υπολογίζεται ώστε να είναι αρκετή και να αποφεύγονται φαινόμενα starvation (να υπάρχει δηλαδή πάντα αρκετή ποσότητα δεδομένων που θα έχει ήδη μεταφερθεί από το δίσκο, έτοιμη προς αναπαραγωγή ώστε να μην δημιουργούνται κενά κατά την παρουσίαση αυτών των χρονικά «ευαίσθητων» δεδομένων στον θεατή).

Οι αλγόριθμοι εξυπηρέτησης αιτήσεων στο δίσκο που χρησιμοποιούνται σε συστήματα VoD κάνουν χρήση των συμβατικών αλγορίθμων round-robin, SCAN και EDF.

- **Round-robin** – εξυπηρετεί κάθε πελάτη με προκαθορισμένη σειρά (εκ περιτροπής).
- **SCAN** – μετακινεί την κεφαλή πάνω στην επιφάνεια του δίσκου μπροστά ή πίσω ανακτώντας μπλοκ καθώς περνά από πάνω τους. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η απόσταση την οποία πρέπει να ταξιδέψει η κεφαλή και κατά συνέπεια οι συνολικές καθυστερήσεις αναζήτησης.
- **EDF (Earliest Deadline First)** – σε κάθε αίτηση εξυπηρέτησης δίνεται ένα χρονικό περιθώριο ανάκτησης και εξυπηρετούνται πρώτα οι αιτήσεις με το μικρότερο χρονικό περιθώριο.

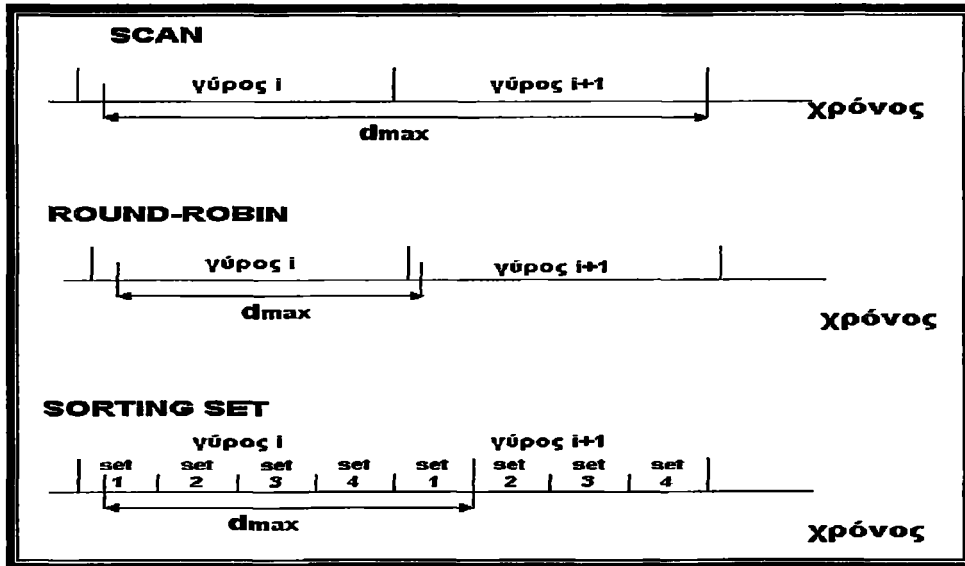
Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι περισσότεροι από τους αλγόριθμους εξυπηρέτησης αιτήσεων στο δίσκο, βασίζονται στη φιλοσοφία των γύρων. Μια εξαίρεση αποτελεί ο **SCAN-EDF**: πρώτα εξυπηρετείται η αίτηση με το μικρότερο χρονικό περιθώριο και αν αυτές οι αιτήσεις είναι περισσότερες από μία, η σειρά εξυπηρέτησής τους καθορίζεται με βάση τον SCAN αλγόριθμο.

Από τους αλγόριθμους που βασίζονται σε γύρους ο round-robin είναι ο απλούστερος αλλά επειδή δεν προσπαθεί να επιτύχει καμιά μείωση των καθυστερήσεων αναζήτησης, κάνει μη αποδοτική χρήση του δίσκου. Γι' αυτό το λόγο στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμόζεται σε συνδυασμό με αλγόριθμους τοποθέτησης των δεδομένων στο δίσκο που εγγυώνται μικρότερους χρόνους αναζήτησης.

Ο SCAN αλγόριθμος είναι αυτός που πετυχαίνει τον υψηλότερο ρυθμό εξυπηρέτησης αιτήσεων αλλά αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι αποτελεί την καλύτερη επιλογή για συνεχή δεδομένα όπως τα δεδομένα βίντεο. Αυτό συμβαίνει επειδή στην περίπτωση ανάκτησης βίντεο θα πρέπει να υπάρχουν στον buffer έτοιμα προς παρουσίαση αρκετά δεδομένα ώστε να μην έχουμε starvation, αλλά ο SCAN δεν μπορεί να πει με σιγουριά πόσο χρόνο θα περιμένει μια αίτηση να εξυπηρετηθεί. Στην πραγματικότητα, στην χειρότερη περίπτωση μια αίτηση εξυπηρετείται στην αρχή του τρέχοντος γύρου και στο τέλος του επόμενου με αποτέλεσμα να πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμα στον buffer δεδομένα που αρκούν για την χρονική διάρκεια δύο γύρων. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι απαιτείται μεγάλο μέγεθος buffer και κάποιος επιπλέον χρόνος εκκίνησης (για τις ανάγκες αρχικοποίησης). Σε αυτήν την περίπτωση είναι χαρακτηριστικό ότι ο SCAN δεν μπορεί να εγγυηθεί τον σταθερό χειρότερο χρόνο που προσφέρει ο round-robin (χρονική διάρκεια ενός κύκλου) και αν ο round-robin έχει γύρους με διάρκεια μικρότερη από το διπλάσιο της διάρκειας του SCAN, απαιτεί μικρότερο μέγεθος buffer από τον SCAN.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι υπάρχει ένα trade-off ανάμεσα στον αριθμό των γύρων μεταξύ διαδοχικών εξυπηρετήσεων του ίδιου πελάτη (ένας γύρος για τον round-robin, και σχεδόν δύο για τον SCAN) και τη χρονική διάρκεια του γύρου (μεγάλη χρονική διάρκεια για τον round-robin και μικρή για τον SCAN). Ο αλγόριθμος **shorting-set** (σε πολλά σημεία της βιβλιογραφίας αναφέρεται και ως **Grouped Sweeping Scheme – GSS**) εκμεταλλεύεται αυτό το trade-off: κάθε πελάτης κατατάσσεται σε ένα από τα προκαθορισμένα σύνολα ταξινόμησης (sorting-sets) και κάθε ένα από αυτά τα σύνολα εξυπηρέτησης έχουν συγκεκριμένο χρονικό διάστημα μέσα στη διάρκεια κάθε γύρου κατά το οποίο και μπορούν να εξυπηρετούνται οι πελάτες τους. Εσωτερικά σε κάθε σύνολο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο SCAN ώστε να μειωθεί ο χρόνος αναζήτησης. Σε κάθε γύρο εξυπηρέτησης ο αλγόριθμος εφαρμόζει  $g$  (αριθμός των συνόλων) SCANS κατά μήκος όλων των καναλιών του δίσκου. Σε κάθε ένα από αυτά τα SCAN εξυπηρετούνται το πολύ  $\lceil n/g \rceil$  αιτήσεις ανά σύνολο ταξινόμησης (όπου  $n$  είναι το πλήθος των αιτήσεων). Όταν υπάρχει μόνο ένα σύνολο ταξινόμησης ο αλγόριθμος εκφυλίζεται στον SCAN ενώ αν κάθε πελάτης ανήκει σε δικό του σύνολο, ο αλγόριθμος εκφυλίζεται σε round-robin.

Ακολουθεί σχηματική απεικόνιση των αλγορίθμων SCAN, round-robin και sorting-set (με  $d_{max}$  συμβολίζεται ο μέγιστος χρόνος που παρεμβάλλεται μεταξύ δύο διαδοχικών εξυπηρετήσεων ενός πελάτη).

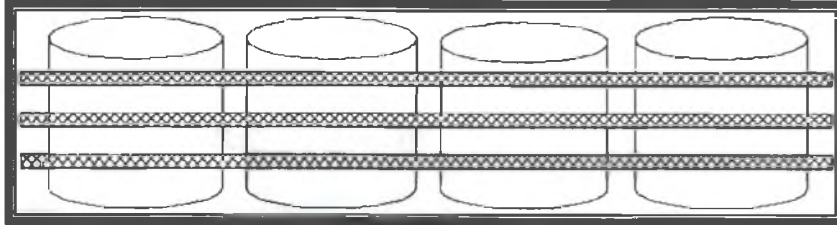


-ΣΧΗΜΑ 5.15 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ SCAN, ROUND-ROBIN ΚΑΙ SORTING SET-

## ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΔΙΣΚΩΝ

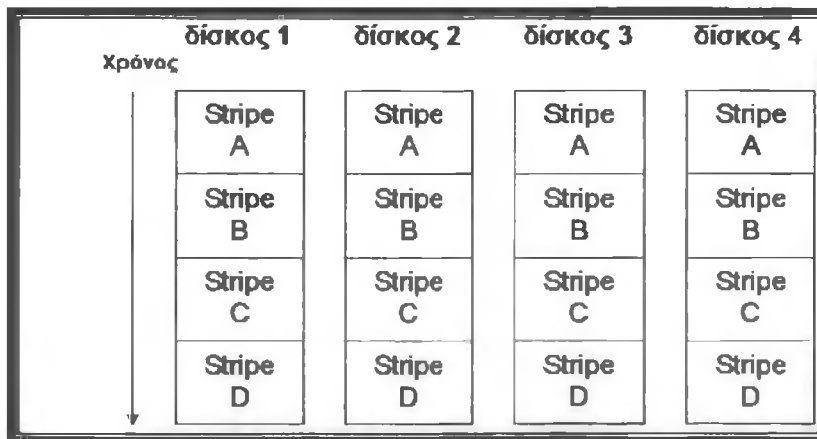
### Striped Retrieval.

[2] Για να μπορέσουμε να αξιοποιήσουμε τους πολλαπλούς δίσκους, η πρώτη σκέψη είναι να εφαρμόσουμε striping στα δεδομένα κατά μήκος των διαθέσιμων δίσκων όπως συμβαίνει στα τυπικά RAID συστήματα. Οι μονάδες striping ή stripes μπορεί να είναι bytes, τομείς (sectors) ή και κανάλια (tracks). Θεωρώντας για μονάδα striping τον τομέα, ο λογικός τομέας 1 θα αποτελείται από τους φυσικούς τομείς 1 όλων των δίσκων.



-ΣΧΗΜΑ 5.16 Η ΤΕΧΝΙΚΗ Striping ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΣΥΝΟΛΟ ΔΙΣΚΩΝ-

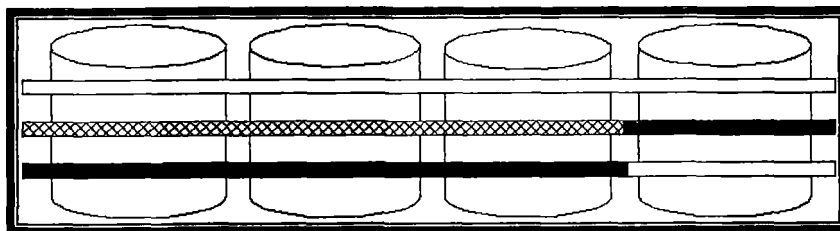
Με την τεχνική αυτή αυξάνεται το εύρος ζώνης που είναι διαθέσιμο ανά πελάτη (ή ανά stream αφού θεωρούμε ότι κάθε πελάτης τροφοδοτείται από ένα stream δεδομένων), καθώς με τον ίδιο χρόνο αναζήτησης και τις ίδιες λοιπές καθυστερήσεις όπως στα συστήματα με ένα δίσκο, η πληροφορία που τελικά μπορεί να ανακτηθεί είναι τόσες φορές περισσότερη, όσοι οι δίσκοι που προσπελαύνονται παράλληλα. Με τον τρόπο αυτό όμως απαιτούνται πολύ μεγαλύτερα μεγέθη buffer, καθώς μεταφέρεται πολλαπλάσια ποσότητα πληροφορίας από το σύστημα δίσκων.



-ΣΧΗΜΑ 5.17 ΤΕΧΝΙΚΗ Striped Retrieval-

### Split-Stripe Retrieval.

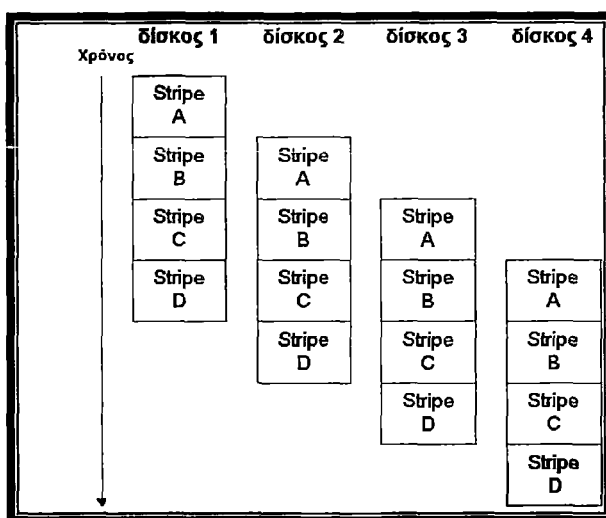
Πρόκειται για μια παραλλαγή της τεχνικής Stripped Retrieval η οποία εξαλείφει ως ένα βαθμό το πρόβλημα των μεγάλων απαιτήσεων σε μέγεθος buffer, που επιβάλλει η πρωτογενής striping μέθοδος. Πιο συγκεκριμένα, αν και τα δεδομένα είναι και πάλι αποθηκευμένα σε λωρίδες κατά μήκος του συνόλου των δίσκων, είναι δυνατό να γίνει παράλληλη ανάκτηση δεδομένων της λωρίδας (stripe)  $j$  από τους δίσκους 1 μέχρι  $x$  ενώ συγχρόνως ανακτώνται τα δεδομένα της λωρίδας  $k$  από τους δίσκους  $x+1$  μέχρι  $N$  (όπου  $N$ : το πλήθος των δίσκων). Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η τεχνική split-stripe ανάκτησης δεδομένων.



-ΣΧΗΜΑ 5.18 Η ΤΕΧΝΙΚΗ Split-Retrieval-

### ● **Cyclic Retrieval.**

Η τεχνική της κυκλικής ανάκτησης δεδομένων (Cyclic Retrieval) διαφέρει σημαντικά από την τεχνική της προηγούμενης παραγράφου αφού αντί να ανακτάται σε κάθε γύρο εξυπηρέτησης ένα ολόκληρο stripe (λωρίδα), ανακτώνται οι μονάδες striping μία –μία όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

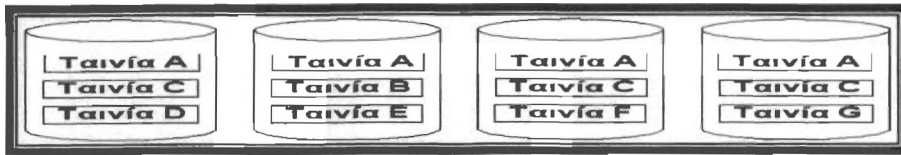


-ΣΧΗΜΑ 5.19 Η ΤΕΧΝΙΚΗ Cyclic Retrieval-

Οι μονάδες striping για διαφορετικά stream (και άρα για διαφορετικές αιτήσεις) ανακτώνται ταυτόχρονα ώστε να αξιοποιείται ο παραλληλισμός. Με αυτόν τον τρόπο, τα δεδομένα φτάνουν στον buffer πιο τακτικά αλλά σε μικρότερες ποσότητες σε σύγκριση με την stripe retrieval τεχνική, γεγονός που συνεπάγεται μικρότερο μέγεθος buffer (όσο μια μονάδα striping ή δύο το πολύ ώστε να ξεκινούν οι επόμενες αιτήσεις για δεδομένα πριν ολοκληρωθεί η αναπαραγωγή των δεδομένων που έχουν καταφθάσει στον πελάτη από την προηγούμενη αίτηση). Το μοναδικό πρόβλημα με αυτή την προσέγγιση είναι ότι θεωρείται δεδομένο ότι ο ρυθμός κατανάλωσης συμπίπτει με τον ρυθμό ανάκτησης των δεδομένων πράγμα που δεν ισχύει όταν για παράδειγμα το ρολόι του μηχανήματος-πελάτη είναι πιο αργό από το ρολόι του εξυπηρετητή. Σ' αυτή την περίπτωση θα πρέπει να γίνεται παύση όταν γεμίσει ο buffer ή να συγχρονιστεί ο ρυθμός κατανάλωσης με τον ρυθμό ανάκτησης αποκόπτοντας κατά την παρουσίαση των δεδομένων στον πελάτη, ένα ποσοστό από αυτά («πετάμε» μέρος της πληροφορίας χάνοντας αναπόφευκτα σε ποιότητα).

### ● **Data Replication.**

Σύμφωνα με αυτή την τεχνική, κάθε δίσκος θεωρείται σαν μια ανεξάρτητη οντότητα. Σε κάθε δίσκο αποθηκεύεται ένας αριθμός από ταινίες και κάθε πελάτης, ανάλογα με την ταινία που θέλει, εξυπηρετείται αποκλειστικά από ένα δίσκο. Η διαφορά είναι ότι τώρα κάθε stream δεν ανακτάται από το σύνολο των δίσκων όπως στις προηγούμενες τεχνικές αλλά από έναν και μόνο δίσκο (μια παραλλαγή της τεχνικής έχει ενσωματώσει και δυναμική ανακατανομή των ταινιών στους δίσκους αλλά η πρωτογενής μορφή της είναι στατική). Για ταινίες που είναι πολύ δημοφιλείς (hot movies), είναι πολύ πιθανό να μην είναι αρκετός ένας δίσκος για να εξυπηρετήσει τους πολλαπλούς πελάτες που επιθυμούν να την παρακολουθήσουν. Σ' αυτές τις περιπτώσεις αντίγραφα της ταινίας υπάρχουν διαθέσιμα σε περισσότερους του ενός δίσκους, όπως φαίνεται και από το επόμενο σχήμα:



-ΣΧΗΜΑ 5.20 Η ΤΕΧΝΙΚΗ Data Replication-

Στο παραπάνω σχήμα η ταινία A αναμένεται να είναι πολύ δημοφιλής και γι' αυτό το λόγο υπάρχει σε 4 δίσκους, η ταινία C αναμένεται να είναι δημοφιλής αλλά λιγότερο από την A, ενώ οι υπόλοιπες ταινίες δεν αναμένεται να είναι δημοφιλείς.

Η τεχνική αυτή έχει το σημαντικό πλεονέκτημα ότι επιτρέπει την εύκολη επεκτασιμότητα (όταν αυξάνουν οι ανάγκες του συστήματος σε αποθηκευτικό χώρο, απλώς προστίθεται ένας ακόμα δίσκος χωρίς αυτό να επηρεάζει τα περιεχόμενα των υπόλοιπων δίσκων όπως θα συνέβαινε στην περίπτωση που εφαρμόζαμε striping). Επιπλέον, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε στη διάρθρωση του συστήματος δίσκους διαφορετικής χωρητικότητας και ταχύτητας χωρίς πρόβλημα, πράγμα που επίσης δεν μπορούσε να γίνει αν χρησιμοποιούσαμε striping.

Ένα από τα βασικά μειονεκτήματα της ιδέας της επανάληψης των δεδομένων είναι το ότι απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες αποθηκευτικού χώρου ώστε να ανταπεξέλθει στις ανάγκες μιας πολύ δημοφιλούς ταινίας που θα χρειαστεί να κρατηθεί σε πολλά αντίγραφα. Παράλληλα, χρειάζεται ένα τέτοιο σύστημα να διαθέτει κάποιο μηχανισμό τακτικής ενημέρωσης ώστε να είναι γνωστή η τρέχουσα δημοτικότητα μιας ταινίας και να υπάρχει στο σύστημα ο κατάλληλος αριθμός αντιγράφων ώστε ούτε να είναι περισσότερα τα αντίγραφα από αυτά που χρειάζονται (σπατάλη αποθηκευτικού χώρου) ούτε να είναι λιγότερα (το σύστημα δεν μπορεί να εξυπηρετήσει όλες τις ταυτόχρονες αιτήσεις για την συγκεκριμένη ταινία).

### Συμπεράσματα

[2] Στην περίπτωση του scheduling όταν είναι ένας μόνο δίσκος διαθέσιμος, η προσέγγιση του shorting-set αλγόριθμου προσφέρει το πιο δυναμικό μοντέλο αφού εμπεριέχει τις τεχνικές round-robin και SCAN σαν ειδικές περιπτώσεις. Όταν είναι διαθέσιμοι πολλαπλοί δίσκοι, δεν υπάρχει καθарός νικητής και κάθε προσέγγιση προσφέρει πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα, το κυκλικό scheduling έχει το πρόβλημα του συγχρονισμού των ρολογιών αλλά η φιλοσοφία της χωρητικότητας του συστήματος (το πλήθος των πελατών που θα εξυπηρετούνται ανά χρονική στιγμή εξαρτάται από τους πόρους του συστήματος συνολικά) σε αντίθεση με αυτήν της χωρητικότητας ανά ταινία (το πλήθος των πελατών που μπορούν να παρακολουθούν συγχρόνως μια ταινία εξαρτάται από το πλήθος των αντιγράφων της ταινίας στο σύστημα) είναι πιο εύκαμπτη και παράλληλα, αποτελεί μια οικονομική τεχνική από άποψη μεγέθους buffer. Η τεχνική striped scheduling αντεπεξέρχεται στα προβλήματα συγχρονισμού και έχει τη φιλοσοφία της χωρητικότητας συστήματος αλλά δεν είναι οικονομική σε μέγεθος buffer. Τέλος, η τεχνική του replicated scheduling είναι αυτή που είναι πιο εύκολα επεκτάσιμη και έχει χαμηλές απαιτήσεις σε μέγεθος buffer αλλά επειδή λειτουργεί με βάση τη χωρητικότητα ανά ταινία δεν είναι άκαμπτη και χρειάζεται περισσότερη διαχείριση και παρακολούθηση ενώ παράλληλα απαιτεί εκ φύσεως περισσότερο αποθηκευτικό χώρο.

### 5.11 Ο ΑΛΓΟΡΥΘΜΟΣ DASD dancing

[2] Η βασική ιδέα του αλγορίθμου βασίστηκε στη διαπίστωση ότι οι ταινίες διαφέρουν δραματικά σε δημοτικότητα και επιπλέον ότι η δημοτικότητα μιας ταινίας μεταβάλλεται σε εβδομαδιαία, καθημερινή ακόμη και ωριαία βάση ανάλογα με το μείγμα των θεατών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την το να είναι από άποψη απόδοσης, αδύνατο να εξυπηρετούνται όλες οι αιτήσεις για μια δημοφιλή ταινία από ένα και μοναδικό δίσκο. Η τεχνική χρησιμοποιεί το πλεονέκτημα των



πολλαπλών αντιγράφων μιας ταινίας ώστε να πετύχει καλύτερη εξισορρόπηση φορτίου στο σύστημα δίσκων. Η τεχνική DASD dancing μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με την τεχνική striping και προσδίδει στο striping μεγαλύτερη αποδοτικότητα.

Αποτελείται από δύο στάδια:

☛ **Στατικό στάδιο** – εφαρμόζει μια τεχνική βελτιστοποίησης για να καθοριστεί ο αριθμός των αντιγράφων ανά ταινία και στη συνέχεια χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο που πετυχαίνει καλή κατανομή των ταινιών στους δίσκους που είναι διαθέσιμοι στο VoD σύστημα. Το στάδιο αυτό θα πρέπει να εκτελείται περιοδικά (συνήθως μια φορά την ημέρα) και μπορεί να εκτελείται από την αρχή ή με μορφή επαύξεσης.

☛ **Δυναμικό στάδιο** – το στάδιο αυτό διαχειρίζεται την δυναμική χρονοδρομολόγηση των αιτήσεων για ταινίες στους δίσκους βασισμένο στην έξοδο που παίρνει από το στατικό στάδιο και στις διακυμάνσεις στις απαιτήσεις των πελατών (διακυμάνσεις που οφείλονται στο γεγονός ότι ταινίες τελειώνουν, άλλες αρχίζουν, ορισμένες παύουν να προβάλλονται για ορισμένο χρονικό διάστημα (paused) και άλλες επανακινούνται μετά από μια παύση). Χρησιμοποιείται μια βελτιστοποιημένη τεχνική για να επιτύχει βέλτιστη κατανομή φορτίου σε κάθε χρονική στιγμή και η απόφαση σχετικά με το ποιος δίσκος θα εξυπηρετήσει μια νέα αίτηση για μια ταινία από όλους τους δίσκους που διαθέτουν αντίγραφο της ταινίας αυτής παίρνεται με βάση μια greedy φιλοσοφία: επιλέγεται ο δίσκος με το λιγότερο φορτίο. Κάθε φορά που ανιχνεύονται μεγάλες αποκλίσεις στην κατανομή φορτίου εκτελείται ο DASD dancing αλγόριθμος ο οποίος και μεταφέρει το φορτίο από δίσκους υπερφορτωμένους σε άλλους που έχουν λιγότερο φορτίο. Η μεταφορά αυτή γίνεται δυναμικά, με την έννοια ότι αφορά stream βίντεο που έχουν ήδη αρχίσει να αναπαράγονται στον πελάτη.

## 5.12 ΠΕΡΙΒΑΛΟΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΜΕ ΤΟΝ ΧΡΗΣΤΗ (USER INTERFACE)

[2] Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός Video on Demand συστήματος και κάθε άλλου εμπορικού συστήματος μετάδοσης video είναι το user interface που επιτρέπει στον χρήστη να αλληλεπιδρά με το σύστημα μέσω της μονάδας set-top. Η φιλοσοφία του περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης είναι ότι οι χρήστες θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να διαλέγουν ακριβώς την ταινία που θα ήθελαν να παρακολουθήσουν μετά από μία λογική διαδικασία επιλογής χωρίς μεγάλη χρονοτριβή στην αναζήτηση αυτού που θέλουν και να δουν την ταινία που έχουν επιλέξει με όσο το δυνατόν πιο γρήγορο και εύκολο τρόπο. Δηλαδή, οτιδήποτε έχει να κάνει με αναζήτηση συγκεκριμένης ταινίας, χρέωση για την ενοικίαση κάθε βίντεο και χειρισμό της επιλεγμένης ταινίας χειρίζεται μέσω του περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης.

Για να υποστηριχθεί ο στόχος αυτός θα πρέπει να συζητηθούν ορισμένα ζητήματα και να ξεπεραστούν κάποια εμπόδια. Θα πρέπει να αναπτυχθούν διαισθητικά interfaces, ισχυρές τεχνικές σχηματισμού και επεξεργασίας ερωτήσεων προς τη βάση, εκτενή μοντέλα δεδομένων, και ευέλικτες λειτουργίες παρουσίασης.

Οι τρεις αρχές που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του συστήματος είναι:

### • **Έλεγχος και ελευθερία του χρήστη.**

Ο έλεγχος και η ελευθερία του χρήστη (user control and freedom) είναι ένα μέτρο της δυνατότητας του χρήστη να επιστρέψει μετά από μία λάθος επιλογή. Εάν δηλαδή ο χρήστης επιλέξει μία λειτουργία που στην πραγματικότητα δεν επιθυμεί, πόσο εύκολα μπορεί να επιστρέψει στην προηγούμενη κατάσταση. Αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό κριτήριο επειδή πολλοί χρήστες δεν πρόκειται να επιτύχουν αυτό ακριβώς που θέλουν στην πρώτη επαφή τους με το σύστημα. Το

στοχευόμενο κοινό είναι το μέσο άτομο που παρακολουθεί ταινίες βίντεο και άρα δεν είναι ειδικός πάνω στο σύστημα.

#### ❖ **Ευελιξία και αποδοτικότητα χρήσης.**

Ο σκοπός της ευελιξίας και αποδοτικότητας χρήσης (flexibility and efficiency) είναι να ικανοποιεί τόσο τους συχνούς - έμπειρους χρήστες του συστήματος, όσο και τους αρχάριους στη χρήση του, παρέχοντας ταυτόχρονα μικρούς χρόνους πρόσβασης στην πληροφορία στους έμπειρους χρήστες. Ο κάθε χρήστης θα πρέπει να έχει την δυνατότητα για να καθορίζει λειτουργίες και συντομεύσεις πάνω στο σύστημα στην περίπτωση που γνωρίζει ακριβώς τι θέλει. Επειδή τα συστήματα VoD είναι ουσιαστικά σχεδιασμένα για διασκέδαση-ψυχαγωγία, ο χρήστης δεν είναι πρόθυμος να κάνει πολλές ενέργειες ώστε να πάρει αυτό που ζητάει. Παρέχοντας συντομεύσεις για τις λειτουργίες του συστήματος ο χρήστης γλιτώνει χρόνο και προσπάθεια.

#### ❖ **Αντιστοιχία του συστήματος με τον πραγματικό κόσμο.**

Η αντιστοιχία του περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης ενός συστήματος Video on Demand με τον πραγματικό κόσμο είναι ένα ζήτημα ζωτικής σημασίας. Στην περίπτωση που το σύστημα μοντελοποιεί τον πραγματικό κόσμο, απαιτείται μικρότερος χρόνος εξοικείωσης του χρήστη με το user interface. Για να έχει το σύστημα ευρεία αποδοχή, δεν θα πρέπει να εξαναγκάζει τον χρήστη να μάθει έναν εντελώς καινούργιο τρόπο για να κάνει κάτι για το οποίο υπάρχει ήδη κάποιος άλλος τρόπος που εφαρμόζεται στον πραγματικό κόσμο.

### 5.13 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ

[18] Υπάρχουν ορισμένες βασικές επιλογές που εμφανίζονται στην συντριπτική πλειοψηφία των συστημάτων που έχουν υλοποιηθεί μέχρι σήμερα, και εκμεταλεύονται την μετάδοση video και αυτές είναι:

- ❖ Πληροφορίες για την πολιτική χρέωσης των υπηρεσιών του συστήματος. Ο κάθε χρήστης θα πρέπει να είναι ενήμερος για την τιμολογιακή πολιτική του συστήματος, δηλαδή εάν ο πελάτης χρεώνεται ανάλογα με την ώρα που χρησιμοποιεί το σύστημα ή ανάλογα με το πλήθος των ταινιών που παρακολουθεί ή ακόμη ανάλογα με την κατηγορία των ταινιών που επιλέγει (χρονολογία παραγωγής, δημοτικότητα της ταινίας). Επιπλέον ο χρήστης μπορεί να ενημερωθεί για το σύνολο της χρέωσής του μέχρι εκείνη τη στιγμή.
- ❖ Επιλογή-Αναζήτηση Ταινίας. Πρόκειται για την βασικότερη από τις επιλογές ενός τέτοιου συστήματος, μιας και μέσω αυτής ο πελάτης πληροφορείται για τις ταινίες που υπάρχουν στο σύστημα, τις διαθέσιμες προς άμεση παρακολούθηση ταινίες και την ώρα έναρξης της επόμενης προγραμματισμένης προβολής (συστήματα με multicasting) για τις hot ταινίες. Τέλος ο χρήστης έχει τη δυνατότητα αναζήτησης ταινιών στη βάση του συστήματος σύμφωνα με κριτήρια που καθορίζει ο χρήστης, όπως τίτλος, ηθοποιοί, σκηνοθέτης, ημερομηνία παραγωγής.
- ❖ Έξοδος από το σύστημα.
- ❖ Αλλαγή κωδικού-κλειδιού (password). Η επιλογή αυτή προσφέρεται σε συστήματα στα οποία η πρόσβαση είναι δημόσια (π.χ. VoD συστήματα πάνω από Internet) και άρα οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες χρειάζονται κάποιου είδους κλειδί για να εισέλθουν στο σύστημα.

### 5.14 ΣΥΜΠΙΕΣΗ

[2] , [16] Η συμπίεση είναι ένας από τους καθοριστικούς παράγοντες της επιτυχίας ενός VoD συστήματος. Τα αρχεία video απαιτούν σε σχέση με τα παραδοσιακά αρχεία δεδομένων:

- πολύ μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους,
- δίκτυα μεγάλου εύρους ζώνης.

Κατά συνέπεια για την αύξηση της απόδοσης ενός VoD συστήματος είναι απαραίτητη προϋπόθεση η υιοθέτηση τεχνικών συμπίεσης των δεδομένων. Οι απαιτήσεις που θέτει στα υπολογιστικά συστήματα το ψηφιοποιημένο βίντεο είναι πολύ μεγάλες και δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν άμεσα από την διαθέσιμη υπολογιστική ισχύ. Για παράδειγμα, για την ψηφιοποίηση και στη συνέχεια την αποθήκευση μιας ταινίας διάρκειας 10 δευτερολέπτων με βίντεο πλήρους κίνησης απαιτεί την παρουσίαση ενός τεράστιου ποσού πληροφορίας σε ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Η αναπαραγωγή ενός μόνο καρέ ψηφιακού βίντεο στα 24 bit απαιτεί σχεδόν 1MB, ενώ 30 δευτερόλεπτα βίντεο απαιτούν 1GB αποθηκευτικού χώρου. Αυτό το τεχνολογικό αδιέξοδο έρχονται τα λύσουν οι κωδικοποιητές-αποκωδικοποιητές (codecs ή coders-decoders) οι οποίοι πετυχαίνουν συμπίεση του βίντεο για τη διανομή και στη συνέχεια αποσυμπίεση σε πραγματικό χρόνο για γρήγορη αναπαραγωγή. Αλγόριθμοι συμπίεσης βίντεο πραγματικού χρόνου όπως οι *MPEG*, *P\*64*, *DVI/Indeo*, *JPEG*, *Cinepak*, *ClearVideo*, *RealVideo* και *VDOwave* είναι διαθέσιμοι για τη συμπίεση ψηφιακού βίντεο σε λόγους που ποικίλουν από 50:1 έως 200:1. Οι JPEG, MPEG και P\*64 τεχνικές εφαρμόζουν αλγορίθμους κωδικοποίησης με απώλειες.

Στην περίπτωση της συμπίεσης εικόνας περιορίζουμε, με χρήση διάφορων τεχνικών, ένα είδος πλεονάσματος πληροφορίας που λέγεται χωρικό πλεονάσμα πληροφορίας. Στην κινούμενη εικόνα υπάρχει ένα ακόμα είδος πλεονάσματος, το χρονικό πλεονάσμα. Πιο συγκεκριμένα, όταν κινείται ένα αντικείμενο τα διαδοχικά πλαίσια μοιάζουν σημαντικά, καθώς κάποια τμήματα των πλαισίων δεν επηρεάζονται καθόλου από την κίνηση ενώ κάποια άλλα πιθανόν να αλλάζουν απλώς θέση με μικρή ή και καμία αλλαγή του περιεχομένου τους.

Η φιλοσοφία που εφαρμόζεται στους αλγόριθμους συμπίεσης βίντεο είναι η εξάλειψη μόνο του χωρικού πλεονάσματος αντιμετωπίζοντας το βίντεο σαν διαδοχικές εικόνες (καρέ) ή συνδυασμένη εξάλειψη και των δύο ειδών πλεονάσματος (χωρικού και χρονικού).

Το κύριο πρότυπο συμπίεσης που χρησιμοποιείται ευρέως είναι το *MPEG*. Τα αρχικά του σημαίνουν Motion Pictures Expert Group και είναι ένα στάνταρτ που δημιουργήθηκε από την επιτροπή ISO (International Standards Organization). Το MPEG καλύπτει τα ακόλουθα πρότυπα για video και audio, καθένα από τα οποία αφορά διαφορετική περιοχή εφαρμογών:

#### 1.4 *MPEG-1* ή *ISO/IEC 11172*

Το πρότυπο MPEG-1 υιοθετήθηκε τον Ιούλιο του 1993. Σχεδιάστηκε για εφαρμογές σταθερού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων έως και 1.5 Mbps Στοχεύει στην αποθήκευση συγχρονισμένου ήχου και έγχρωμης κινούμενης εικόνας σε CD-ROM. Αποτελείται από τρία μέρη α) video κωδικοποίηση β) audio κωδικοποίηση και γ) συστήματα. Το τμήμα των συστημάτων περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τον συγχρονισμό των ροών του video και του audio. Η ροή του video απαιτεί το 1.15 Mbps και το υπόλοιπο εύρος ζώνης χρησιμοποιείται από τις ροές των audio και των συστημάτων.

#### 1.4 *MPEG-2* ή *ISO/IEC 13818*

Το πρότυπο MPEG-2 εγκρίθηκε τον Μάιο του 1994. Αρχικά προοριζόταν για την εγγραφή και μετάδοση εικόνας ποιότητας στούντιο και στην πορεία ενσωμάτωσε το MPEG-3, το οποίο εγκαταλείφθηκε, και συνεπώς υποστηρίζει και διάφορα είδη τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας. Σχεδιάστηκε για εφαρμογές μεταβαλλόμενου ρυθμού μετάδοσης δεδομένων από 2 έως και 9 Mbps ανά ρεύμα μετάδοσης, για παράδειγμα το ATM ή το B-ISDN, δίνοντας HDTV ποιότητα εικόνας, με στερεοφωνικές και surround δυνατότητες ήχου.

#### 1.4 *MPEG-3*

Το πρότυπο MPEG-3 έχει ξεπεραστεί. Αρχικά σχεδιάστηκε για HDTV εφαρμογές. Έχει συμπεριληφθεί στο MPEG-2.

**MPEG-4**

Σχεδιάστηκε για πολύ χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων έως και 64 Kbps. Πεδίο εφαρμογής του είναι οι εφαρμογές τηλεδιάσκεψης σε προσωπικούς υπολογιστές και η εικονοτηλεφωνία. Το πρότυπο αυτό βρίσκεται σε εξέλιξη.

**MPEG-7**

Προχωράει ένα βήμα πιο πέρα ολοκληρώνοντας πληροφορία για την εικόνα, τον ήχο ή την κίνηση που χρησιμοποιούνται σε μια σύνθεση (πληροφορία που καλύπτεται ήδη από το MPEG4) καθώς και τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται αυτά τα στοιχεία. Για παράδειγμα, μπορεί να περιλαμβάνει τάξεις για εκφράσεις προσώπου, χαρακτηριστικά προσωπικότητας ή οποιοδήποτε αριθμό μεταβλητών βασισμένων στο περιεχόμενο.

Το πρότυπο που έχει επικρατήσει είναι το MPEG-2 αφού παρέχει υψηλής ποιότητας εικόνα (720 οριζόντιες γραμμές X 480 κάθετες σε 30 frames/sec και 15 Mbps). Το πρότυπο αυτό είναι ιδανικό για την κωδικοποίηση ταινιών.

Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι για την κωδικοποίηση MPEG δεδομένων σε πραγματικό χρόνο απαιτείται σημαντική υπολογιστική δύναμη. Η αποκωδικοποίηση δεν έχει τόσο μεγάλες απαιτήσεις.

**5.15 ΑΣΦΑΛΕΙΑ**

[8] Είναι φανερό ότι η υλοποίηση ενός συστήματος VoD καθώς και κάθε εμπορικής εφαρμογής του video που μεταδίδεται μέσω δικτύων αποτελεί μια επένδυση μακροπρόθεσμη, η οποία μπορεί να αποσβεστεί μόνο στην περίπτωση της εμπορικής επιτυχίας. Η εμπορική επιτυχία με την σειρά της όμως σχετίζεται άμεσα με τα θέματα ασφαλείας. Είναι λοιπόν λογικό ότι για να μπορέσει να ανταπεξέλθει στον συναγωνισμό της αγοράς ένα σύστημα VoD θα πρέπει να εξασφαλίζει τις ακόλουθες βασικές απαιτήσεις ασφαλείας:

**• Ασφάλεια των δεδομένων.**

Η πληροφορία που διακινείται σε ένα σύστημα VoD μπορεί να αντιγραφεί, να αναπαραχθεί και κατά συνέπεια να αλλοιωθεί. Ειδικοί μηχανισμοί ασφαλείας εγγυώνται την προστασία των διακινούμενων δεδομένων και εξασφαλίζουν την ορθή λειτουργία τους. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού χρησιμοποιούνται κυρίως τεχνικές κρυπτογράφησης.

Η αντιγραφή του ψηφιακού υλικού μπορεί επίσης να περιοριστεί μέσω της σχεδίασης set top boxes με περιορισμένους χώρους αποθήκευσης που όμως επιτρέπουν αναπαραγωγή προγραμμάτων μέσω του αποθηκευτικού χώρου του παροχέα της πληροφορίας. Ο ιδεατός μηχανισμός για το σκοπό αυτό θα επέτρεπε ελαστικότητα στην παράδοση και τη χρήση της πληροφορίας αλλά ταυτόχρονα θα προστάτευε τα συμφέροντα των παροχέων πληροφορίας.

**• Πρόσβαση στα δεδομένα.**

Σημαντικό στοιχείο είναι ο καθορισμός της διαβαθμισμένης πρόσβασης των χρηστών στις αποθηκευμένες πληροφορίες. Αυτή υποστηρίζεται από κάποιο σύστημα πιστοποίησης του χρήστη με κωδικούς ανά επίπεδο ασφαλείας. Το επίπεδο αυτό θα περιλαμβάνει κατ' αρχήν πιστοποίηση δικαιοδοσίας (authentication & authorization) πρόσβασης στα δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό προστατεύεται η βάση αποθήκευσης των ταινιών από μη εξουσιοδοτημένες προσβάσεις.

**• Εξωτερικές παρεμβολές.**

Πρέπει να εξασφαλίζεται η ανοχή των μεταδόσεων σε εξωτερικές παρεμβολές, ιδιαίτερα για τα σήματα ελέγχου και την πληροφορία χρέωσης του χρήστη.

### ☛ **Αντιμετώπιση προβλημάτων.**

Η παροχή συστήματος αυτόματης αναγνώρισης προβλημάτων για τη γρήγορη αντιμετώπισή τους. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να αναπτυχθούν ειδικά πλάνα αντιμετώπισης εκτάκτων καταστάσεων.

### ☛ **Πρωτόκολλα μετάδοσης**

Η ασφαλή μετάδοση των δεδομένων από τον εξυπηρετητή της υπηρεσίας VoD προς τους τελικούς χρήστες επιτυγχάνεται με την χρησιμοποίηση κάποιων από τα γνωστά πρωτόκολλα ασφαλούς μετάδοσης δεδομένων, για παράδειγμα το SSL (Secure Sockets Layer).

### ☛ **Αντίγραφα ασφαλείας.**

Η δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας πραγματοποιείται με τη χρήση των συνηθισμένων εφαρμογών που παρέχει κάθε λειτουργικό σύστημα.

### ☛ **Πνευματικά δικαιώματα.**

Τέλος ένα ακόμα σημαντικό θέμα για την υπηρεσία VoD είναι τα πνευματικά δικαιώματα. Γενικότερα θα μπορούσαμε να πούμε ότι δεν έχει διερευνηθεί σε μεγάλο βαθμό το νομοθετικό καθεστώς που διέπει τέτοιες εφαρμογές. Στο μέλλον θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις ιδιαιτερότητες που δημιουργεί η ηλεκτρονική διακίνηση των δεδομένων.

## 5.16 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ (Quality of Service QoS)

[2] Ένας κρίσιμος παράγοντας της επιτυχίας ενός VoD συστήματος είναι η ποιότητα των παρερχομένων υπηρεσιών. Συνήθως η δυσαρέσκεια των χρηστών οφείλεται στη χαμηλή ποιότητα των υπηρεσιών (QoS). Ο χαμηλός ρυθμός κόστους-απόδοσης είναι αποτέλεσμα της μη αποδοτικής διαχείρισης των πόρων του συστήματος, ιδιαίτερα μάλιστα όταν οι εγγυημένες υπηρεσίες αποτελούν απαίτηση.

QoS ορίζεται σαν ένα σύνολο από αντιληπτά χαρακτηριστικά που εκφράζονται σε μια φιλική στο χρήστη γλώσσα με παραμέτρους οι οποίες μπορεί να είναι αντικειμενικές (objective) ή υποκειμενικές (subjective).

- ☐ Οι **αντικειμενικές παράμετροι** σχετίζονται με μια συγκεκριμένη υπηρεσία και είναι μετρήσιμες και επαληθεύσιμες.
- ☐ Οι **υποκειμενικές παράμετροι** βασίζονται στις γνώμες των τελικών χρηστών.

Οι μετρικές που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και τη σύγκριση της μεταφοράς των video πρέπει να ορίζονται σαν end-to-end QoS δηλαδή από τον video server στους τελικούς χρήστες (end-users).

### **Οι τυπικές περιπτώσεις QoS παραμέτρων για εικόνες και video περιλαμβάνουν:**

- το μέγεθος της εικόνας (image size),
- το ρυθμό εναλλαγής των καρτέ (frame rate),
- την καθυστέρηση της έναρξης (start-up delay),
- την αξιοπιστία (reliability) κλπ.

**Το προφίλ του QoS μπορεί επίσης να περιλαμβάνει υποκειμενικές παραμέτρους όπως:**

- ▣ το βαθμό της σημαντικότητας της πληροφορίας για το χρήστη,
- ▣ τη συνολική μετρική κόστους-ποιότητας που επιθυμεί ο χρήστης.

**Οι παράμετροι QoS δικτύου περιλαμβάνουν:**

- ▣ το bandwidth,
- ▣ καθυστερήσεις,
- ▣ jitter
- ▣ loss rate.

**Οι παράμετροι του συστήματος περιλαμβάνουν:**

- ▣ τον φόρτο της CPU,
- ▣ την χρησιμοποίηση (utilisation),
- ▣ μηχανισμούς αποθήκευσης (buffering mechanisms),
- ▣ παραμέτρους σχετικούς με την αποθήκευση.

**Ο χρήστης εκφράζει τις δυναμικές του προτιμήσεις για την ποιότητα των δεδομένων μέσω συναρτήσεων, για παράδειγμα:**

- ▣ frame rate benefit function η οποία υποδεικνύει ότι πέρα από ένα επίπεδο του frame rate δεν υπάρχει επιπρόσθετο όφελος.
- ▣ synchronisation benefit function η οποία υποδεικνύει ότι το όφελος είναι υψηλό μόνο όταν audio/video synchronisation skew είναι σε χαμηλά επίπεδα.

**Η επιλογή των κριτηρίων για τις video QoS μετρικές γίνεται από δύο απόψεις:**

- ▣ του τελικού χρήστη,
- ▣ και του προμηθευτή της υπηρεσίας.

Σε μια εφαρμογή VoD η απαιτήσεις του τελικού χρήστη έχουν την μεγαλύτερη σημασία, για το λόγο αυτό το QoS πρέπει να τις ικανοποιεί με ακρίβεια.

Σε κάποιο άλλο φυσικό περιβάλλον (π.χ. Internet), και οι δύο παραπάνω απόψεις είναι σημαντικές. Οι τελικοί χρήστες επιθυμούν την καλύτερη προσέγγιση των κριτηρίων QoS, ενώ οι προμηθευτές των υπηρεσιών θέλουν να διασφαλίσουν την αποδοτική από άποψη κόστους χρησιμοποίηση των πόρων.

Στα VoD συστήματα οι χρήστες αναμένουν την ικανοποίηση συνθηκών όπως οι ακόλουθες:

- ▣ Μικρός χρόνος αρχικοποίησης (setup time). Η αρχική καθυστέρηση για την αρχικοποίηση της υπηρεσίας (χρόνος αρχικοποίησης της σύνδεσης) πρέπει να είναι μικρή (μερικά λεπτά).
- ▣ Ποιότητα των υπηρεσιών. Η ποιότητα των υπηρεσιών που παρέχεται στους χρήστες του συστήματος δεν πρέπει να επηρεάζεται από την σύνδεση νέων πελατών στην υπηρεσία.
- ▣ Συνέχεια στην ροή παρουσίασης.
- ▣ Απευθείας απόκριση των λειτουργιών. Οι λειτουργίες της υπηρεσίας (για παράδειγμα fast forward, reverse, κλπ.) θα πρέπει να είναι άορατες στον πελάτη δηλαδή θα πρέπει να εμφανίζονται όπως και στην περίπτωση του VCR.
- ▣ Διαφάνεια στην σχέση των πολυμεσικών δεδομένων. Τα πολυμεσικά δεδομένα θα απαιτούν συγχρονισμό. Για παράδειγμα, εάν ένα αντικείμενο video πρέπει να συνδυαστεί με ένα

Ο συμπιεσμένος ρυθμός δεδομένων για κάθε συνδυασμό ανάλυσης και προφίλ είναι διαφορετικός. Κυμαίνεται από τα 3 Mbps περίπου έως τα 100 Mbps για την HDTV. Η κανονική περίπτωση είναι περίπου 3 με 4 Mbps.

Το MPEG-2 έχει ένα πιο γενικό τρόπο πολυπλεξίας ήχου και βίντεο απ' ό,τι το μοντέλο MPEG-1. Καθορίζει έναν απεριόριστο αριθμό στοιχειωδών συρμών, βίντεο και ήχου, αλλά επίσης και συρμών δεδομένων που πρέπει να συγχρονισθούν με τον ήχο και το βίντεο, για παράδειγμα, των υπότιτλων σε πολλές γλώσσες. Κάθε συρμός τεμαχίζεται σε πακέτα με χρονικές σφραγίδες. Ένα απλό παράδειγμα δύο συρμών φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Η έξοδος κάθε πακετοποιητή είναι ένας **Πακετοποιημένος Στοιχειώδης Συρμός PES (Packetized Elementary Stream)**. Κάθε πακέτο PES έχει περίπου 30 πεδία (field) επικεφαλίδας και σημαίες (flag) συμπεριλαμβανομένων του μήκους, των ταυτοτήτων συρμού, της κατάστασης κρυπτογράφησης, του καθεστώτος δικαιωμάτων αντιγραφής (copyright status), των χρονικών σφραγίδων κι ενός CRC.

Οι συρμοί PES για ήχο, βίντεο και πιθανώς κάποια δεδομένα πολυπλέκονται κατόπιν σ' έναν συρμό εξόδου για μετάδοση. Έχουν ορισθεί δύο τύποι συρμών. Ο **συρμός προγράμματος (program stream)** του MPEG-2 είναι παρόμοιος με τον συρμό των συστημάτων MPEG-1. Χρησιμοποιείται για να πολυπλέξει στοιχειώδεις συρμούς που έχουν κοινή χρονική βάση και πρέπει να προβληθούν με συγχρονισμένων τρόπο. Ο συρμός προγράμματος χρησιμοποιεί μεγάλα πακέτα μεταβλητού μήκους.

Ο άλλος συρμός MPEG-2 είναι ο **συρμός μεταφοράς (transport stream)**. Χρησιμοποιείται για να πολυπλέξει συρμούς (συμπεριλαμβανομένων των συρμών προγράμματος) που δεν χρησιμοποιούν κοινή χρονική βάση. Τα πακέτα του συρμού μεταφοράς έχουν καθορισμένο μήκος (188 byte), για να περιορισθεί η επίδραση των πακέτων που καταστρέφονται ή χάνονται κατά τη διάρκεια της μετάδοσης.

Αξίζει να αναφερθεί ότι όλες οι μέθοδοι κωδικοποίησης που συζητήσαμε βασίζονται στο μοντέλο κωδικοποίησης με απώλειες που ακολουθείται από μετάδοση χωρίς απώλειες. Ούτε το JPEG ούτε το MPEG, για παράδειγμα, μπορούν να ξεπεράσουν τα χαμένα ή καταστραμμένα πακέτα με ήπιων τρόπο. Μια διαφορετική προσέγγιση για τη μετάδοση εικόνας είναι να μετασχηματίσουμε τις εικόνες με τρόπο που ξεχωρίζει τις σημαντικές πληροφορίες από τις λιγότερο σημαντικές (όπως κάνει ο DCT, για παράδειγμα). Έπειτα προσθέτουμε μια σημαντική ποσότητα πλεονασμού (ακόμα και διπλά πακέτα) στις σημαντικές πληροφορίες και τίποτα στις λιγότερο σημαντικές πληροφορίες. Εάν κάποια πακέτα χαθούν ή παραμορφωθούν, μπορεί να είναι ακόμη εφικτό να προβάλλουμε ικανοποιητικές εικόνες χωρίς να χρειασθεί επαναμετάδοση. Εφαρμόζονται ιδιαίτερα στην πολλαπλή μετάδοση, όπου είναι έτσι κι αλλιώς αδύνατη η ανάδραση από κάθε παραλήπτη.

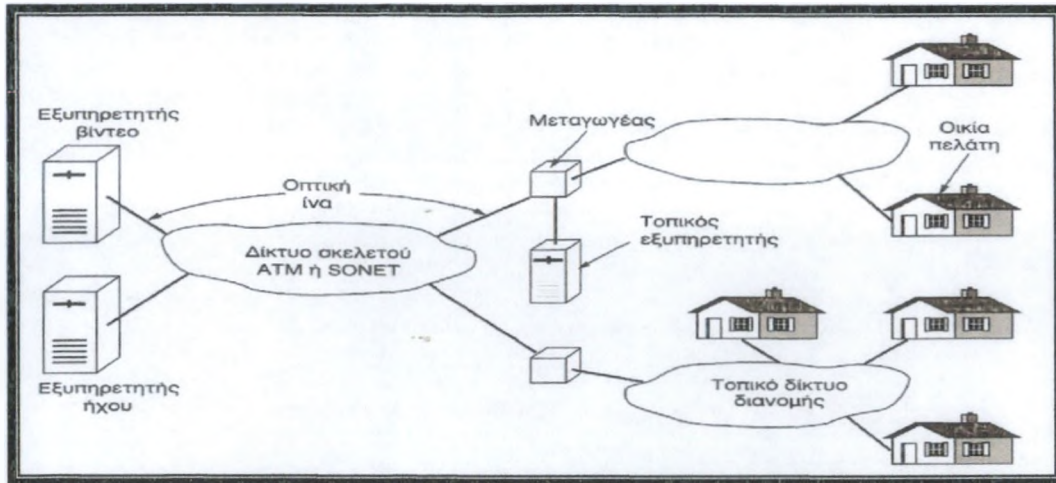
#### 5.19 ΔΙΚΤΥΟ ΣΚΕΛΕΤΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ M Bone (Multicast backbone)

[1] Ενώ όλες αυτές οι βιομηχανίες κάνουν μεγάλα και πολυδιαφημισμένα σχέδια για τη μελλοντική (δι)εθνική-ψηφιακή βίντεο-ζήτηση η κοινότητα του Internet υλοποιεί αθόρυβα το δικό της σύστημα πολυμέσων το Δίκτυο Σκελετού Διανομής (Multicast Backbone). Στην ενότητα αυτή θα δώσουμε μια σύντομη άποψη του τι είναι και του πως δουλεύει. Για ένα ολόκληρο βιβλίο πάνω στο Mboneδες (Kumar 1996).

Μπορούμε να δούμε το Mbone σαν το ραδιόφωνο και την τηλεόραση του Internet. Αντίθετα από τη βίντεο-ζήτηση όπου η έμφαση έχει δοθεί στην κλήση και την παρακολούθηση προ-συμπιεσμένων ταινιών που αποθηκεύονται σε εξυπηρετητή, το Mbone χρησιμοποιείται για την εκπομπή ζωντανού ήχου και βίντεο σε ψηφιακή μορφή σε όλο τον κόσμο μέσω Internet. Λειτουργεί από το 1992. Για αυτούς που επιθυμούν να εγγραφούν ψηφιακά μια μετάδοση Mbone υπάρχει και διαθέσιμο λογισμικό (Holfeder 1995).

Το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας γύρω από το Mbone αφορά το πώς μπορεί να γίνει αποτελεσματικά πολλαπλή διανομή μέσω του Internet. Λίγα βήματα έχουν γίνει σχετικά με την κωδικοποίηση του ήχου ή του βίντεο. Οι πηγές του Mbone μπορούν να πειραματισθούν ελεύθερα με

Όλα τα παραπάνω QoS απαιτούν συνεργασία και των τριών τμημάτων σε ένα VoD σύστημα, δηλαδή, του εξυπηρετητή (server), του δικτύου (network), και του "set-top box".

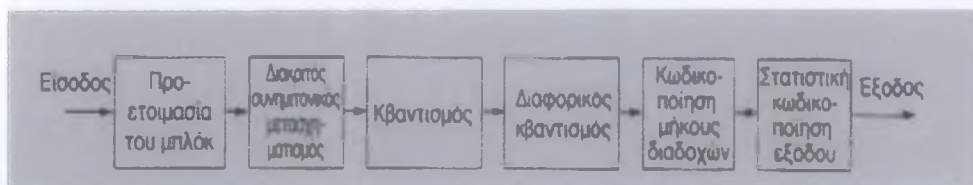


-ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΒΙΝΤΕΟ-ΖΗΤΗΣΗΣ-

### 5.17 ΜΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ JPEG

[1] Το πρότυπο της **Ενωμένης Ομάδας Ειδικών Φωτογραφικής JPEG (Joint Photographic Experts Group)** για τη συμπίεση ακίνητων εικόνων συνεχούς απόχρωσης (π.χ., φωτογραφιών) από κοινού υπό την αιγίδα των **ITU, ISO** και του **IEC** (ένα άλλο σώμα προτυποποίησης). Είναι σημαντικό για τα πολυμέσα επειδή, σε μια πρώτη προσέγγιση, το πρότυπο πολυμέσων για κινούμενες εικόνες, το **MPEG**, είναι απλώς η κωδικοποίηση JPEG για κάθε πλαίσιο χωριστά συν κάποια επιπλέον χαρακτηριστικά για τη συμπίεση μεταξύ διαδοχικών πλαισίων και την ανίχνευση κίνησης. Το JPEG έχει καθορισθεί στο Διεθνές Πρότυπο IS 10918.

Το JPEG έχει τέσσερις τρόπους λειτουργίας (modes) και πολλές επιλογές (options). Μοιάζει περισσότερο με κατάλογο προϊόντων παρά μ' έναν απλό αλγόριθμο. Για τους σκοπούς μας, ωστόσο, χρειάζεται μόνον ο ακολουθιακός τρόπος λειτουργίας με απώλειες που απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Επιπλέον, θα επικεντρωθούμε στον τρόπο που το JPEG χρησιμοποιείται συνήθως για να κωδικοποιήσει τις RGB εικόνες βίντεο των 24 bit και θα παραλείψουμε μερικές από τις επουσιώδεις λεπτομέρειες χάριν απλότητας.



-ΣΧΗΜΑ 5.21 Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΤΟΥ JPEG ΣΤΟΝ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΚΟ ΤΡΟΠΟ ΜΕ ΑΠΩΛΕΙΕΣ-

**Βήμα 1:** Το πρώτο βήμα της κωδικοποίησης μιας εικόνας με JPEG είναι η προετοιμασία των μπλοκ. Για να γίνουμε πιο συγκεκριμένοι, ας υποθέσουμε ότι η είσοδος του JPEG είναι μια 640 x 480 εικόνα RGB με 24 bit/pixel, όπως φαίνεται στο Σχ. 5.22 (α). Αφού η χρήση της φωτεινότητας και χρωματικότητας δίνει καλύτερη συμπίεση, υπολογίζουμε πρώτα τη φωτεινότητα,  $Y$ , και τις δύο χρωματικότητες,  $I$  και  $Q$ , (για το NTSC), συμφωνά με τις πιο κάτω σχέσεις:

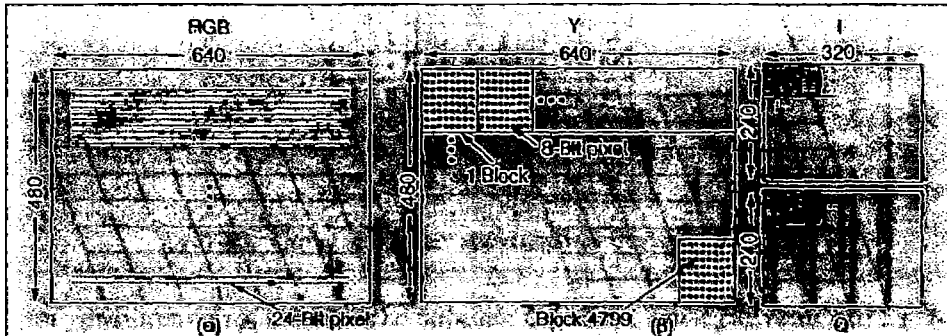
$$Y = 0,30 R + 0,59 G + 0,11 B$$



$$I = 0,6 R - 0,28 G - 0,32B$$

$$Q = 0.21 R - 0.52 G + 0.31 B$$

Για το PAL, οι, χρωματικότητες αποκαλούνται U και V και οι συντελεστές είναι διαφορετικοί, αλλά η ιδέα είναι η ίδια. Το SECAM είναι διαφορετικό τόσο από το NTSC όσο και από το PAL.



ΣΧΗΜΑ 5.22 (α) ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ RGB, (β) ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΜΕΤΑ ΤΟΝ ΧΩΡΙΣΜΟ ΣΕ ΜΠΛΟΚ-

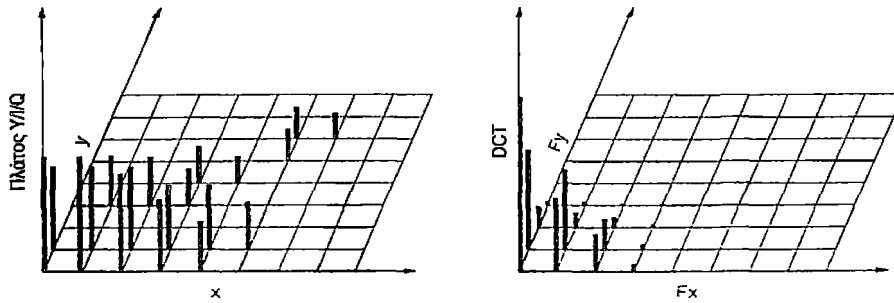
Κατασκευάζονται ξεχωριστές μήτρες για τα Y, I και Q, αντίστοιχα, η καθεμιά τους με τιμές των στοιχείων τους στο διάστημα από 0 έως 255. Έπειτα, λαμβάνεται ο μέσος όρος τετραγώνων μπλοκ των 4 ριχέλ στις μήτρες I και Q για να ελαττωθούν σε 320 x 240. Αυτή η μείωση επιφέρει απώλειες, αλλά το μάτι μόλις την αντιλαμβάνεται, επειδή το μάτι ανταποκρίνεται στη φωτεινότητα περισσότερο απ' ό,τι στη χρωματικότητα. Πάντως, συμπιέζει τα δεδομένα κατά έναν παράγοντα του 2. Μετά αφαιρείται το 128 από κάθε στοιχείο και των τριών μήτρων για να τοποθετηθεί το 0 στο μέσον του εύρους διακύμανσης. Τελικά, η κάθε μήτρα διαιρείται σε μπλοκ 8 x 8. Η μήτρα Y έχει 4.800 μπλοκ ενώ οι άλλες δύο έχουν 1.200 μπλοκ η κάθε μία, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.22 (β).

**Βήμα 2:** Το δεύτερο βήμα του JPEG είναι να εφαρμόσει τον διακριτό συνημιτονικό μετασχηματισμό σε κάθε ένα από τα 7.200 μπλοκ ξεχωριστά. Η έξοδος κάθε DCT είναι μία μήτρα 8 x 8 με συντελεστές DCT. Το στοιχείο (0,0) του DCT είναι η μέση τιμή του μπλοκ. Τα άλλα στοιχεία πληροφορούν για το πόσο πολλή φασματική ισχύς παραβρίσκεται σε κάθε χωρική συχνότητα.. Θεωρητικά, ο DCT είναι χωρίς απώλειες, αλλά στην πράξη η χρήση των αριθμών κινητής υποδιαστολής και των υπερβατικών συναρτήσεων πάντα εισάγει κάποιο λάθος στρογγυλοποίησης που έχει ως αποτέλεσμα μια μικρή απώλεια πληροφορίας. Συνήθως, αυτά τα στοιχεία φθίνουν ραγδαία με την απόσταση από την αρχή το (0,0), όπως φαίνεται στο σχήμα 5.23.

Από τη στιγμή που ολοκληρωθεί ο DCT, το JPEG προχωρά στο Βήμα 3.

**Βήμα 3:** Το τρίτο βήμα που ονομάζεται *κβαντισμός (quantization)*, όπου σβήνονται οι λιγότερο σημαντικοί συντελεστές του DCT. Αυτός ο (με απώλειες) μετασχηματισμός εκτελείται με τη διαίρεση του κάθε ενός από τους συντελεστές στην μήτρα 8x8 του DCT με βάρος που λαμβάνεται από έναν πίνακα.. Εάν όλα τα βάρη είναι 1, ο μετασχηματισμός δεν κάνει τίποτα.. Ωστόσο, εάν τα βάρη αυξάνουν απότομα σε σχέση την τιμή στην αρχή, οι υψηλότερες χωρικές συχνότητες απορρίπτονται γρήγορα.

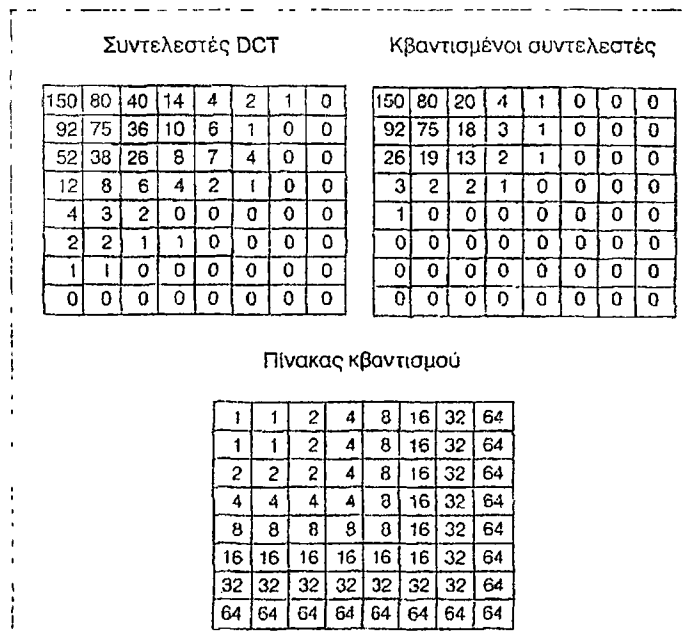
Ένα παράδειγμα αυτού του βήματος δίνεται στο σχήμα 5.24. Εδώ βλέπουμε την αρχική μήτρα DCT, τον πίνακα κβαντισμού και το αποτέλεσμα που παίρνουμε διαιρώντας κάθε στοιχείο DCT με το αντίστοιχο στοιχείο του πίνακα κβαντισμού. Οι τιμές στον πίνακα κβαντισμού δεν είναι μέρος του JPEG. Κάθε εφαρμογή πρέπει να δίνει το δικό της, ρυθμίζοντας την ανταλλαγή απώλειας για συμπίεση.



- ΣΧΗΜΑ 5.23(α) ΕΝΑ ΜΠΛΟΚ ΤΗΣ ΜΗΤΡΑΣ (β) ΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ DCT-

**Βήμα 4 :** Το τέταρτο βήμα ελαττώνει την τιμή (0,0) του κάθε μπλοκ (αυτή στην επάνω αριστερή γωνία) αντικαθιστώντας την με την ποσότητα κατά την οποία αυτή διαφέρει από το αντίστοιχο στοιχείο στο προηγούμενο μπλοκ. Εφόσον αυτά τα στοιχεία είναι οι μέσες τιμές των αντίστοιχων μπλοκ, θα πρέπει να αλλάζουν αργά, έτσι οι διαφορικές τιμές τους πρέπει ως επί το πλείστον να είναι μικρές. Δεν υπολογίζονται τα διαφορικά από τις άλλες τιμές.. Οι τιμές (0,0) αναφέρονται ως οι όροι DCT. Οι άλλες τιμές είναι οι όροι AC.

**Βήμα 5 :** Το πέμπτο βήμα θέτει σε γραμμή τα 64 στοιχεία κι εφαρμόζει την κωδικοποίηση μήκους διαδρομών στη λίστα. Η σάρωση των μπλοκ από τ' αριστερά προς τα δεξιά κι έπειτα από την κορυφή μέχρι κάτω δεν συγκεντρώνει τα μηδενικά, έτσι χρησιμοποιείται ένα μοντέλο σάρωσης όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



-ΣΧΗΜΑ 5.24 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΒΑΝΤΙΣΜΕΝΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ DCT-

Έτσι χρησιμοποιείται ένα μοντέλο σάρωσης ζιγκ-ζαγκ, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.24. Σ' αυτό το παράδειγμα, το μοντέλο ζιγκ-ζαγκ παράγει 38 διαδοχικά μηδενικά στο τέλος της μήτρας.. Αυτή η ακολουθία μπορεί να εκφυλισθεί σ' ένα απλό μέτρημα, αν απλώς πούμε ότι υπάρχουν 38 μηδενικά.

150	80	20	1	1	0	0	0
92	75	16	3	1	0	0	0
25	19	13	2	1	0	0	0
3	2	2	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

-ΣΧΗΜΑ 5.25 Η ΣΕΙΡΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΚΒΑΝΤΙΣΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ-

Τώρα έχουμε μια λίστα αριθμών που αναπαριστούν την εικόνα (στον χώρο του μετασχηματισμού).

**Βήμα 6 :** Στο έκτο βήμα κωδικοποιούνται οι αριθμοί για αποθήκευση ή μετάδοση με κώδικα Huffman. Το JPEG ίσως μοιάζει πολύπλοκο, αλλά αυτό συμβαίνει επειδή είναι πολύπλοκο. Όμως, αφού συχνά παράγει μια συμπίεση 20:1 ή καλύτερη, χρησιμοποιείται ευρέως. Η αποκωδικοποίηση μιας εικόνας JPEG απαιτεί το τρέξιμο του αλγορίθμου προς τα πίσω. Σε αντίθεση με μερικούς από τους άλλους αλγόριθμους συμπίεσης που έχουμε δει, ο JPEG είναι, περίπου συμμετρικός: η αποκωδικοποίηση διαρκεί όσο και η κωδικοποίηση.

Είναι αρκετά ενδιαφέρον ότι, λόγω των μαθηματικών ιδιοτήτων του DCT, είναι δυνατόν να εκτελέσουμε συγκεκριμένους γεωμετρικούς μετασχηματισμούς (π.χ., περιστροφή της εικόνας) απ' ευθείας στη μετασχηματισμένη μήτρα, χωρίς την επαναδημιουργία της αρχικής εικόνας. Αυτοί οι μετασχηματισμοί συζητούνται στο (Shen and Sethi 1995). Παρόμοιες ιδιότητες ισχύουν επίσης για την συμπίεση ήχου στο MPEG (Broadhead and Owen 1995).

## 5.18 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ MPEG

[1] Τελικά ερχόμαστε στην καρδιά του ζητήματος: τα πρότυπα της **Ομάδας Ειδικών Κινούμενης Εικόνας MPEG (Motion Picture Experts Group)**. Αυτά είναι οι βασικοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για τη συμπίεση βίντεο κι έχουν γίνει διεθνή πρότυπα από το 1993. Επειδή οι κινηματογραφικές ταινίες περιέχουν τόσο εικόνες και όσο και ήχο, το MPEG μπορεί να συμπίεσει μαζί ήχο και βίντεο, αλλά, αφού το βίντεο χρειάζεται περισσότερο εύρος ζώνης κι επίσης περιέχει περισσότερο πλεονασμό σε σχέση με τον ήχο, θα επικεντρωθούμε στη συνέχεια κυρίως στη συμπίεση MPEG του βίντεο.

Το πρώτο πρότυπο που ολοκληρώθηκε ήταν το MPEG-1, Διεθνές Πρότυπο IS 11172. Σκοπός του ήταν η παραγωγή εξόδου ποιότητας βίντεο-εγγραφέα (352 \* 240 για το NTSC) σε ρυθμό 1,2 Mbps. Αφού είδαμε νωρίτερα ότι το ασυμπίεστο βίντεο μόνο του μπορεί να τρέξει στα 472 Mbps, το να κατέβει στα 1,2 Mbps δεν είναι πολύ απλό, ακόμη και σ' αυτή τη χαμηλή ανάλυση. Το MPEG-1 μπορεί να μεταδοθεί μέσω επικοινωνιακών γραμμών με διπλαγωγούς σε μικρές αποστάσεις. Το MPEG-1 επίσης χρησιμοποιείται για την αποθήκευση ταινιών σε CD-ROM του προτύπου CD-I και CD-Video.

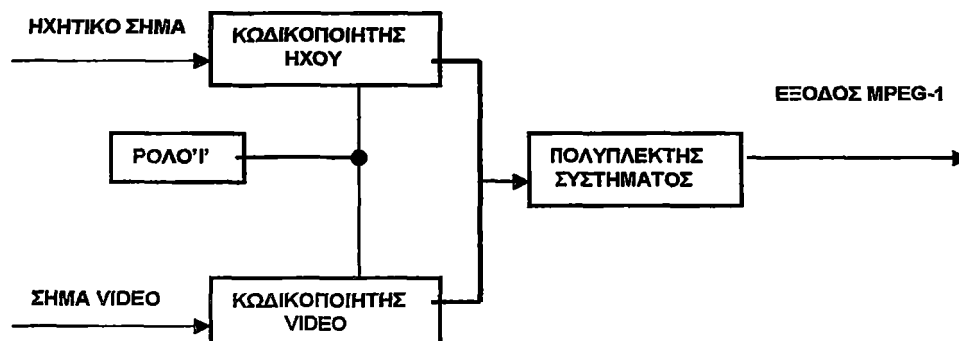
Το επόμενο πρότυπο της οικογένειας MPEG ήταν το MPEG-2, Διεθνές Πρότυπο IS 13818, που αρχικά σχεδιάστηκε για τη συμπίεση της μετάδοσης βίντεο ποιότητας εκπομπής στα 4 έως 6 Mbps, έτσι ώστε να μπορούσε να ταιριάζει σε δίαυλο εκπομπής NTSC ή PAL. Αργότερα, το MPEG-2 επεκτάθηκε ώστε να υποστηρίζει υψηλότερες αναλύσεις, συμπεριλαμβανομένης της HDTV. Το MPEG-4 προορίζεται για τηλεδιάσκεψη μέσης ανάλυσης με χαμηλούς ρυθμούς

πλαισίων (10 πλαίσια/sec) και χαμηλό εύρος ζώνης (64 kbps). Αυτό θα επιτρέψει τη διεξαγωγή των τηλεδιασκέψεων μέσω ενός μόνο διαύλου Β του N-ISDN.

Αρχικά υπήρχε το MPEG-3. Προοριζόταν για την HDTV, αλλά αυτό το έργο αργότερα ματαιώθηκε και η HDTV προστέθηκε στο MPEG-2.

Οι βασικές αρχές του MPEG-1 και του MPEG-2 είναι παρόμοιες, αλλά οι λεπτομέρειες είναι διαφορετικές. Σε μια πρώτη προσέγγιση, το MPEG-2 είναι ένα υπερασύνολο του MPEG-1, με επιπρόσθετα χαρακτηριστικά, τύπους πλαισίων και επιλογές κωδικοποίησης. Είναι πιθανό μακροπρόθεσμα το MPEG-1 να κυριαρχήσει στις ταινίες CD-ROM και το MPEG-2 να κυριαρχήσει στη μετάδοση βίντεο σε μεγάλες αποστάσεις. Θα αναφερθούμε πρώτα το MPEG-1 κι έπειτα το MPEG-2.

Το MPEG-1 έχει τρία μέρη: ήχο, βίντεο και το σύστημα που ολοκληρώνει τα άλλα δύο, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Οι κωδικοποιητές ήχου και βίντεο λειτουργούν ανεξάρτητα κι έτσι ανακύπτει το πρόβλημα του συγχρονισμού των δύο συρμών στον παραλήπτη. Αυτό το πρόβλημα λύνεται μ' ένα ρολόι συστήματος των 90 KHz, που εξάγει την τρέχουσα τιμή χρόνου και στους δύο κωδικοποιητές. Αυτές οι τιμές είναι των 33 bit, ώστε να μπορούν τα φιλμ να τρέχουν για 24 ώρες χωρίς να αναδιπλωθεί ο χρόνος. Αυτές οι χρονικές σφραγίδες περιλαμβάνονται στην κωδικοποιημένη έξοδο και προωθούνται μέχρι τον δέκτη, ο οποίος μπορεί να τις χρησιμοποιήσει για να συγχρονίσει τους συρμούς ήχου και βίντεο.



-ΣΧΗΜΑ 5.21 ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΥΡΜΩΝ VIDEO ΚΑΙ ΗΧΟΥ ΣΤΟ MPEG-1-

Η συμπίεση του ήχου στο MPEG γίνεται με τη δειγματοληψία της κυματομορφής στα 32 kHz, στα 44,1 kHz ή στα 48 kHz. Μπορεί να χειριστεί μονοφωνικό, ασύνδετο στέρεο (κάθε κανάλι συμπιεσμένο χωριστά) ή ενωμένο στέρεο (με εκμετάλλευση του πλεονασμού λόγω κοινής πληροφορίας στα διαφορετικά κανάλια). Οργανώνεται σε τρία επίπεδα, με το κάθε ένα να εφαρμόζει επιπρόσθετες βελτιστοποιήσεις ώστε να επιτύχει μεγαλύτερη συμπίεση (και δαπανηρότερη).

➔ Το **Επίπεδο 1** είναι η βασική μέθοδος. Αυτό το επίπεδο χρησιμοποιείται, για παράδειγμα, στο ψηφιακό σύστημα ταινιών DCC.

➔ Το **Επίπεδο 2** προσθέτει στη βασική μέθοδο την προηγμένη εκχώρηση bit. Χρησιμοποιείται για ήχο σε CD-ROM και το ηχητικό μέρος (soundtrack) των κινηματογραφικών ταινιών.

➔ Το **Επίπεδο 3** προσθέτει τα υβριδικά φίλτρα, τον ανομοιόμορφο κβαντισμό, την κωδικοποίηση Huffman κι άλλες προηγμένες τεχνικές.

Το MPEG μπορεί να συμπίεσει ένα CD με Rock 'n Roll στα 96 kbps, χωρίς αντιληπτή απώλεια ποιότητας. Για ένα κονσέρτο πιάνου, χρειάζονται τουλάχιστον 128 kbps. Η διαφορά αυτή προκύπτει επειδή ο λόγος σήματος προς θόρυβο σε ένα μουσικό κομμάτι Rock 'n Roll είναι πολύ μεγαλύτερος απ' ότι σ' ένα κονσέρτο πιάνου (από την τεχνική πλευρά του θέματος).

Η συμπίεση ήχου διεκπεραιώνεται με την εκτέλεση ενός γρήγορου μετασχηματισμού Fourier στο σήμα ήχου ώστε το τελευταίο να μεταφερθεί από το πεδίο χρόνου στο πεδίο συχνότητας. Το φάσμα που προκύπτει διαιρείται σε 32 ζώνες συχνοτήτων και η κάθε μία ζώνη υφίσταται ξεχωριστή επεξεργασία. Όταν υπάρχουν 2 στερεοφωνικά κανάλια, γίνεται εκμετάλλευση του σύμφυτου πλεονασμού που παρουσιάζεται όταν δύο πηγές ήχου έχουν υψηλή αλληλοεπικάλυψη. Ο προκύπτων συρμός ήχου MPEG-1 μπορεί να προσαρμοσθεί από τα 32 kbps έως τα 448 kbps.

Τώρα ας θεωρήσουμε τη συμπίεση του video MPEG-1. Υπάρχουν δυο είδη πλεονασμού στις ταινίες: ο χωρικός και ο χρονικός. Το MPEG-1 χρησιμοποιεί και τους δύο. Ο χωρικός πλεονασμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την απλή κωδικοποίηση κάθε πλαισίου χωριστά με JPEG. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιείται μερικές φορές, ειδικά όταν απαιτείται η τυχαία πρόσβαση σε κάθε πλαίσιο, όπως κατά τη διόρθωση (editing) παραγωγών ταινιών βίντεο. Μ' αυτό τον τρόπο λειτουργίας, ένα συμπιεσμένο εύρος ζώνης στην περιοχή 8 έως 10 Mbps είναι εφικτό.

Η επιπρόσθετη συμπίεση μπορεί να επιτευχθεί με την εκμετάλλευση του γεγονότος ότι τα διαδοχικά πλαίσια είναι συχνά σχεδόν ίδια. Το φαινόμενο αυτό έχει μικρότερη σημασία απ' ό τι φαίνεται αρχικά, αφού πολλοί σκηνοθέτες κινηματογραφικών ταινιών αλλάζουν τις σκηνές κάθε 3 ή 4 δευτερόλεπτα (χρονομετρείστε μια ταινία και μετρήστε τις σκηνές). Πάντως, ακόμη και μια διαδοχή 75 πλαισίων μεγάλης ομοιότητας παρουσιάζει τη δυνατότητα σημαντικής μείωσης σε σχέση με την απλή κωδικοποίηση κάθε πλαισίου χωριστά με JPEG.

Στις σκηνές όπου η κάμερα και το φόντο είναι ακίνητα και ένας ή δύο ηθοποιοί τριγυρίζουν αργά, σχεδόν όλα τα pixel θα είναι απaráλλακτα από πλαίσιο σε πλαίσιο. Εδώ, αρκεί να αφαιρεθεί απλώς κάθε πλαίσιο από το προηγούμενο και να εφαρμοσθεί το JPEG στη διαφορά τους. Ωστόσο, σε σκηνές όπου η κάμερα ολισθαίνει ή ζουμάρει, αυτή η τεχνική δεν τα καταφέρνει καθόλου. Αυτό που χρειάζεται είναι κάτι που να αντισταθμίζει αυτή την κίνηση. Αυτό ακριβώς κάνει το MPEG και αυτή είναι η κύρια διαφορά μεταξύ των MPEG και JPEG.

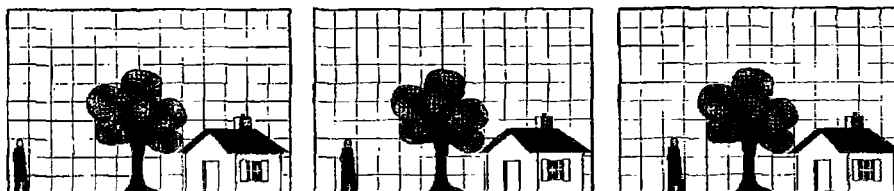
#### Η έξοδος του MPEG-1 αποτελείται από τέσσερα είδη πλαισίων :

- **Πλαίσια - I (Interacoded) :** Ακίνητες εικόνες με κωδικοποίηση JPEG.
- **Πλαίσια -P (Predictive) :** Η διαφορά μπλοκ προς μπλοκ με το τελευταίο πλαίσιο.
- **Πλαίσια - B (Bidirectional) :** Οι διαφορές με το προηγούμενο και το επόμενο πλαίσιο.
- **Πλαίσια - D (DC-coded) :** Χρησιμοποιούνται οι μέσες τιμές των μπλοκ για την γρήγορη προς τα εμπρός κίνηση της ταινίας (fast forward).

Τα *πλαίσια-I* είναι απλώς ακίνητες εικόνες κωδικοποιημένες με τη βοήθεια του JPEG χρησιμοποιώντας την πλήρη ανάλυση της φωτεινότητας και τη μισή ανάλυση της χρωματικότητας σε κάθε άξονα. Είναι απαραίτητο να έχουμε περιοδικά την εμφάνιση πλαισίων-I στον συρμό εξόδου για τρεις λόγους. Πρώτον, το MPEG-1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια πολλαπλή μετάδοση, με τους θεατές να συντονίζονται κατά βούληση. Εάν όλα τα πλαίσια εξαρτιόταν από τα προγενέστερα, μέχρι και το πρώτο πλαίσιο, οποιοσδήποτε έχανε το πρώτο πλαίσιο δεν θα μπορούσε ποτέ να αποκωδικοποιήσει κανένα μεταγενέστερο πλαίσιο. Δεύτερον, εάν οποιοδήποτε πλαίσιο λαμβανόταν με λάθος, δεν θα ήταν εφικτή καμία παραπέρα αποκωδικοποίηση. Τρίτον, χωρίς πλαίσια-I, όταν γίνεται μια επιτάχυνση προς τα εμπρός (fast forward) ή μια οπισθοχώρηση (rewind), ο αποκωδικοποιητής θα έπρεπε να υπολογίσει κάθε πλαίσιο που περνά για να ξέρει την πλήρη τιμή αυτού στο οποίο σταμάτησε. Γι' αυτούς τους λόγους, τα πλαίσια-I εισάγονται στην έξοδο μία ή δύο φορές το δευτερόλεπτο.

Τα *πλαίσια-P*, αντίθετα, κωδικοποιούν τις διαφορές μεταξύ πλαισίων. Βασίζονται στην ιδέα των *μακρο-μπλοκ (macroblock)*, που καλύπτουν 16x16 pixel στον χώρο φωτεινότητας και 8x8 pixel στον χώρο χρωματικότητας. Ένα μακρο-μπλοκ κωδικοποιείται ψάχνοντας το προηγούμενο πλαίσιο γι' αυτό ή κάτι ελαφρά διαφορετικό.

Ένα παράδειγμα, όπου τα πλαίσια-P μπορούν να αποβούν χρήσιμα, φαίνεται στο σχήμα 5.26. Εδώ βλέπουμε τρία διαδοχικά πλαίσια που έχουν το ίδιο φόντο, αλλά διαφέρουν όσον αφορά στη θέση ενός ατόμου. Τα μακρο-μπλοκ που περιέχουν τη σκηνή του φόντου θα ταιριάζουν ακριβώς, αλλά τα μακρο-μπλοκ που περιέχουν το άτομο θα είναι μετατοπισμένα κατά κάποια άγνωστη ποσότητα και θα πρέπει εντοπιστούν.



-ΣΧΗΜΑ 5.26 ΤΡΙΑ ΔΙΑΔΟΧΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ-

Το πρότυπο MPEG-1 δεν καθορίζει το πώς να γίνει το ψάξιμο, πόσο μακριά να φθάσει ή πόσο καλό πρέπει να είναι το ταίριασμα για να μετράει. Αυτό επαφίεται στην κάθε εφαρμογή. Για παράδειγμα, μια εφαρμογή μπορεί να ψάχνει για ένα μακρο-μπλοκ στην τρέχουσα θέση στο προηγούμενο πλαίσιο και όλες τις άλλες θέσεις με μετατόπιση  $\Delta x$  στον άξονα  $x$  και  $\Delta y$  στον άξονα  $y$ . Για κάθε θέση, μπορεί να υπολογιστεί ο αριθμός των ταιριασμάτων στη μήτρα φωτεινότητας. Η θέση με την υψηλότερη επίδοση θα ανακηρυχθεί νικήτρια, αρκεί η επίδοση να είναι μεγαλύτερη από κάποιο προκαθορισμένο κατώφλι. Αλλιώς, το μακρο-μπλοκ θα ανακηρυχθεί αγνοούμενο. Μπορεί να υπάρχουν και πολύ περισσότερο εξελιγμένοι αλγόριθμοι.

Εάν βρεθεί μακρο-μπλοκ, κωδικοποιείται με το να πάρουμε τη διαφορά με την τιμή του στο προηγούμενο πλαίσιο (για τη φωτεινότητα κι αμφότερες τις χρωματικότητες). Αυτές οι μήτρες διαφορών υπόκεινται κατόπιν σε διακριτό συνημιτονικό μετασχηματισμό, κβαντισμό, κωδικοποίηση μήκους διαδοχών και σε κωδικοποίηση Huffman, ακριβώς όπως στο JPEG. Η τιμή για το μακρο-μπλοκ στον συρμό εξόδου είναι τότε το διάνυσμα κίνησης (πόσο μακριά μετακινήθηκε το μακρο-μπλοκ από την προηγούμενη θέση του προς κάθε άξονα), ακολουθούμενο από λίστα αριθμών κωδικοποιημένη κατά Huffman. Εάν το μακρο-μπλοκ δεν εντοπίζεται στο προηγούμενο πλαίσιο, η τρέχουσα τιμή κωδικοποιείται με JPEG, ακριβώς όπως σ' ένα πλαίσιο-I.

Προφανώς, ο αλγόριθμος αυτός είναι πολύ ασύμμετρος. Η υλοποίηση είναι ελεύθερη να δοκιμάσει οποιαδήποτε εύλογη θέση στο προηγούμενο πλαίσιο εάν το επιθυμεί, σε απέλπιδα προσπάθεια να εντοπίσει κάθε τελευταίο μακρο-μπλοκ. Αυτή η προσέγγιση θα ελαχιστοποιήσει τον κωδικοποιημένο συρμό MPEG-1 με τίμημα την πολύ αργή κωδικοποίηση. Θα ήταν επαρκής για μια εφ'άπαξ κωδικοποίηση βιβλιοθήκης από φιλμ, αλλά θα ήταν απαράδεκτη για τηλεδιάσκεψη πραγματικού χρόνου.

Παρόμοια, κάθε υλοποίηση είναι ελεύθερη να αποφασίσει, το τι συνιστά ευρεθέν μακρο-μπλοκ. Αυτή η ελευθερία επιτρέπει σ' εκείνους που αναπτύσσουν τις εφαρμογές να ανταγωνίζονται μεταξύ τους όσον αφορά στην ποιότητα και στην ταχύτητα των αλγορίθμων τους, αλλά πάντα να παράγουν συμβατό MPEG-1. Ανεξάρτητα του αλγορίθμου αναζήτησης που χρησιμοποιείται, η τελική έξοδος είναι είτε η κωδικοποίηση JPEG του τρέχοντος μακρο-μπλοκ είτε η κωδικοποίηση JPEG της διαφοράς μεταξύ του τρέχοντος μακρο-μπλοκ και ενός από προηγούμενο πλαίσιο και σε συγκεκριμένη απόκλιση από την τρέχουσα θέση.

Μέχρι τώρα, η αποκωδικοποίηση MPEG-1 είναι απλή. Η αποκωδικοποίηση των πλαισίων-I είναι η ίδια με την αποκωδικοποίηση των εικόνων JPEG. Η αποκωδικοποίηση των πλαισίων-P απαιτεί την προσωρινή καταχώρηση του προηγούμενου πλαισίου κι έπειτα την δημιουργία

καινούργιου με βάση τα πλήρως κωδικοποιημένα μακρο-μπλοκ και μακρο-μπλοκ που περιέχουν διαφορές με το προηγούμενο πλαίσιο. Το καινούργιο πλαίσιο συντίθεται μακρο-μπλοκ προς μακρο-μπλοκ.

Τα **πλαίσια-B** είναι παρόμοια με τα πλαίσια-P, εκτός του ότι επιτρέπουν στο μακρο-μπλοκ αναφοράς να βρίσκεται είτε σε προηγούμενο πλαίσιο ή σε ακόλουθο πλαίσιο. Αυτή η επιπρόσθετη ελευθερία επιτρέπει τη βελτίωση της αντιστάθμισης κίνησης και είναι επίσης χρήσιμη όταν τα αντικείμενα περνούν μπροστά ή πίσω από άλλα αντικείμενα. Για να κωδικοποιήσουμε τα πλαίσια-B, ο κωδικοποιητής πρέπει να κρατά τρία αποκωδικοποιημένα πλαίσια στη μνήμη ταυτόχρονα: το προηγούμενο, το τρέχον και το μελλοντικό. Παρότι τα πλαίσια-B δίνουν την καλύτερη συμπίεση, δεν τα υποστηρίζουν όλες οι εφαρμογές.

Τα **πλαίσια-D** χρησιμοποιούνται μόνο για να είναι δυνατή η προβολή μιας εικόνας χαμηλής ανάλυσης κατά την γρήγορη κίνηση προς τα πίσω ή προς τα εμπρός. Η κανονική αποκωδικοποίηση MPEG-1 σε πραγματικό χρόνο είναι ήδη αρκετά δύσκολη. Το να περιμένουμε από τον αποκωδικοποιητή να κάνει την κίνηση 10 φορές γρηγορότερη από την κανονική, καθώς ολισθαίνουμε στο βίντεο, είναι υπερβολικό. Αντ' αυτού, χρησιμοποιούνται τα πλαίσια-B για να παράγουν εικόνες χαμηλής ανάλυσης. Κάθε εγγραφή πλαισίου-D είναι απλώς η μέση τιμή ενός μπλοκ, χωρίς παραπέρα κωδικοποίηση, κάτι που διευκολύνει την προβολή του σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η δυνατότητα είναι σημαντική γιατί επιτρέπει στους ανθρώπους να ψάξουν με μεγάλη ταχύτητα το βίντεο για μια συγκεκριμένη σκηνή.

Έχοντας τελειώσει με το MPEG-1, ας πάμε στο MPEG-2. Η κωδικοποίηση MPEG-2 είναι στην ουσία παρόμοια με την κωδικοποίηση MPEG-1, με πλαίσια-I, πλαίσια-P και πλαίσια-B. Τα πλαίσια-D, όμως, δεν υποστηρίζονται. Επίσης, ο διακριτός συνημιτονικός μετασχηματισμός είναι 10 x 10 αντί 8 x 8, ώστε να διατίθενται 50% περισσότεροι συντελεστές και συνεπώς καλύτερη ποιότητα. Επειδή το MPEG-2 προορίζεται για εκπομπή τηλεόρασης καθώς και εφαρμογές σε CD-ROM, υποστηρίζει τόσο τις προοδευτικές όσο και, τις συνυφασμένες εικόνες, ενώ το MPEG-1 υποστηρίζει μόνο τις προοδευτικές εικόνες. Τα δύο πρότυπα διαφέρουν επίσης σ' άλλες επουσιώδεις λεπτομέρειες.

Αντί να υποστηρίζει μόνο ένα επίπεδο ανάλυσης, το MPEG-2 υποστηρίζει τέσσερις αναλύσεις:

Την χαμηλή (352 x 240).

Την κύρια (720 x 480).

Την υψηλή-1440 (1440 x 1152) και υψηλή (1920 x 1080).

Η χαμηλή ανάλυση είναι για τους **video-εγγραφείς (VCR)** και για την προς τα πίσω συμβατότητα με το MPEG-1. Η κύρια είναι η συνήθης για μετάδοση **NTSC**. Οι άλλες δύο είναι για την HDTV.

Εκτός από το ότι έχει τέσσερα επίπεδα ανάλυσης, το MPEG-2 επίσης υποστηρίζει πέντε προφίλ (profile). Κάθε προφίλ στοχεύει σε κάποια περιοχή εφαρμογών. Το κύριο προφίλ είναι για τη χρήση γενικού σκοπού και πιθανώς τα περισσότερα chip είναι βελτιστοποιημένα για το κύριο προφίλ και την κύρια ανάλυση. Το απλό προφίλ είναι παρόμοιο με το κύριο, εκτός του ότι αποκλείει τη χρήση πλαισίων-B για να διευκολύνει την κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση σε λογισμικό. Τ' άλλα προφίλ πραγματεύονται την επεκτασιμότητα (scalability) και την HDTV. Τα προφίλ διαφέρουν όσον αφορά στην απουσία ή στην παρουσία πλαισίων-B, στην ανάλυση χρωματικότητας και στην επεκτασιμότητα του κωδικοποιημένου συρμού bit προς άλλα format εικόνων.

Ο συμπιεσμένος ρυθμός δεδομένων για κάθε συνδυασμό ανάλυσης και προφίλ είναι διαφορετικός. Κυμαίνεται από τα 3 Mbps περίπου έως τα 100 Mbps για την HDTV. Η κανονική περίπτωση είναι περίπου 3 με 4 Mbps.

Το MPEG-2 έχει ένα πιο γενικό τρόπο πολυπλεξίας ήχου και βίντεο απ' ό,τι το μοντέλο MPEG-1. Καθορίζει έναν απεριόριστο αριθμό στοιχειωδών συρμών, βίντεο και ήχου, αλλά επίσης και συρμών δεδομένων που πρέπει να συγχρονισθούν με τον ήχο και το βίντεο, για παράδειγμα, των υπότιτλων σε πολλές γλώσσες. Κάθε συρμός τεμαχίζεται σε πακέτα με χρονικές σφραγίδες. Ένα απλό παράδειγμα δύο συρμών φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Η έξοδος κάθε πακετοποιητή είναι ένας **Πακετοποιημένος Στοιχειώδης Συρμός PES (Packetized Elementary Stream)**. Κάθε πακέτο PES έχει περίπου 30 πεδία (field) επικεφαλίδας και σημαίες (flag) συμπεριλαμβανομένων του μήκους, των ταυτοτήτων συρμού, της κατάστασης κρυπτογράφησης, του καθεστώτος δικαιωμάτων αντιγραφής (copyright status), των χρονικών σφραγίδων κι ενός CRC.

Οι συρμοί PES για ήχο, βίντεο και πιθανώς κάποια δεδομένα πολυπλέκονται κατόπιν σ' έναν συρμό εξόδου για μετάδοση. Έχουν οριστεί δύο τύποι συρμών. Ο **συρμός προγράμματος (program stream)** του MPEG-2 είναι παρόμοιος με τον συρμό των συστημάτων MPEG-1. Χρησιμοποιείται για να πολυπλέξει στοιχειώδεις συρμούς που έχουν κοινή χρονική βάση και πρέπει να προβληθούν με συγχρονισμένων τρόπο. Ο συρμός προγράμματος χρησιμοποιεί μεγάλα πακέτα μεταβλητού μήκους.

Ο άλλος συρμός MPEG-2 είναι ο συρμός μεταφοράς (transport stream). Χρησιμοποιείται για να πολυπλέξει συρμούς (συμπεριλαμβανομένων των συρμών προγράμματος) που δεν χρησιμοποιούν κοινή χρονική βάση. Τα πακέτα του συρμού μεταφοράς έχουν καθορισμένο μήκος (188 byte), για να περιορισθεί η επίδραση των πακέτων που καταστρέφονται ή χάνονται κατά τη διάρκεια της μετάδοσης.

Αξίζει να αναφερθεί ότι όλες οι μέθοδοι κωδικοποίησης που συζητήσαμε βασίζονται στο μοντέλο κωδικοποίησης με απώλειες που ακολουθείται από μετάδοση χωρίς απώλειες. Ούτε το JPEG ούτε το MPEG, για παράδειγμα, μπορούν να ξεπεράσουν τα χαμένα ή καταστραμμένα πακέτα με ήπιων τρόπο. Μια διαφορετική προσέγγιση για τη μετάδοση εικόνας είναι να μετασχηματίσουμε τις εικόνες με τρόπο που ξεχωρίζει τις σημαντικές πληροφορίες από τις λιγότερο σημαντικές (όπως κάνει ο DCT, για παράδειγμα). Έπειτα προσθέτουμε μια σημαντική ποσότητα πλεονασμού (ακόμα και διπλά πακέτα) στις σημαντικές πληροφορίες και τίποτα στις λιγότερο σημαντικές πληροφορίες. Εάν κάποια πακέτα χαθούν ή παραμορφωθούν, μπορεί να είναι ακόμη εφικτό να προβάλλουμε ικανοποιητικές εικόνες χωρίς να χρειασθεί επαναμετάδοση. Εφαρμόζονται ιδιαίτερα στην πολλαπλή μετάδοση, όπου είναι έτσι κι αλλιώς αδύνατη η ανάδραση από κάθε παραλήπτη.

### 5.19 ΔΙΚΤΥΟ ΣΚΕΛΕΤΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ M Bone (Multicast backbone)

[1] Ενώ όλες αυτές οι βιομηχανίες κάνουν μεγάλα και πολυδιαφημισμένα σχέδια για τη μελλοντική (δι)εθνική-ψηφιακή βίντεο-ζήτηση η κοινότητα του Internet υλοποιεί αθόρυβα το δικό της σύστημα πολυμέσων το Δίκτυο Σκελετού Διανομής (Multicast Backbone). Στην ενότητα αυτή θα δώσουμε μια σύντομη άποψη του τι είναι και του πώς δουλεύει. Για ένα ολόκληρο βιβλίο πάνω στο Mbone δες (Kumar 1996).

Μπορούμε να δούμε το Mbone σαν το ραδιόφωνο και την τηλεόραση του Internet. Αντίθετα από τη βίντεο-ζήτηση όπου η έμφαση έχει δοθεί στην κλήση και την παρακολούθηση προ-συμπιεσμένων ταινιών που αποθηκεύονται σε εξυπηρετητή, το Mbone χρησιμοποιείται για την εκπομπή ζωντανού ήχου και βίντεο σε ψηφιακή μορφή σε όλο τον κόσμο μέσω Internet. Λειτουργεί από το 1992. Για αυτούς που επιθυμούν να εγγράψουν ψηφιακά μια μετάδοση Mbone υπάρχει και διαθέσιμο λογισμικό (Holfeder 1995).

Το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας γύρω από το Mbone αφορά το πώς μπορεί να γίνει αποτελεσματικά πολλαπλή διανομή μέσω του Internet. Λίγα βήματα έχουν γίνει σχετικά με την κωδικοποίηση του ήχου ή του βίντεο. Οι πηγές του Mbone μπορούν να πειραματισθούν ελεύθερα με



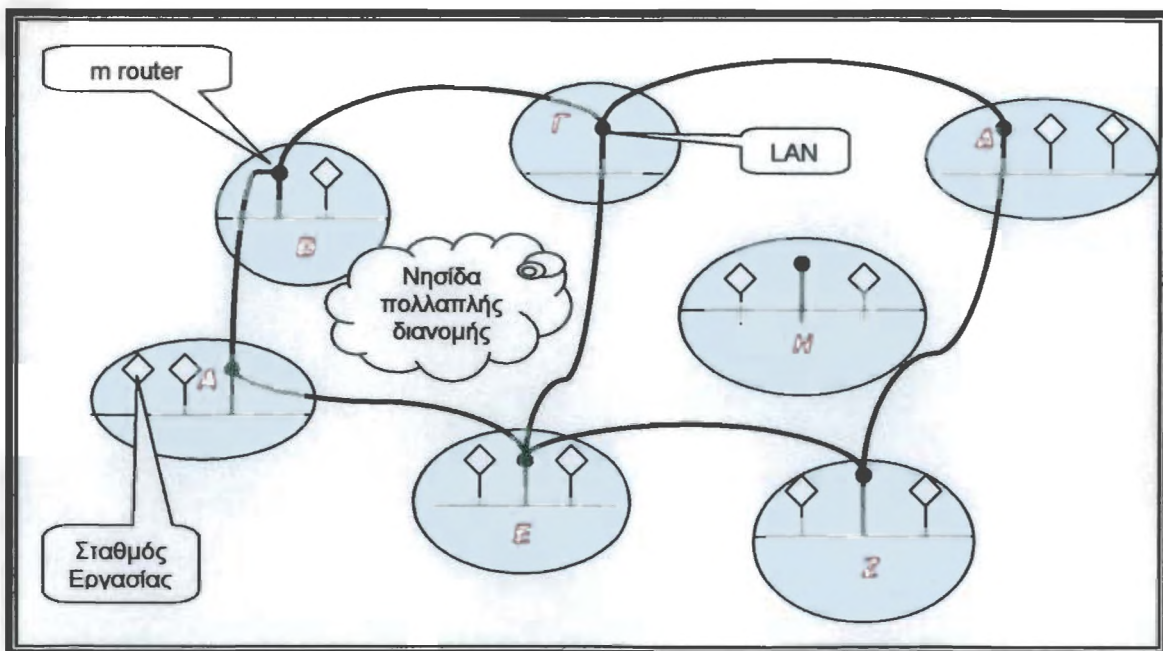
το MPEG ή οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία κωδικοποίησης επιθυμούν. Δεν υπάρχουν πρότυπα στο Internet για το περιεχόμενο ή την κωδικοποίηση.

Από τεχνικής πλευράς το MBone είναι ένα νοητό δίκτυο επικάλυψης (overlay) πάνω από το Internet. Απαρτίζεται από νησίδες που έχουν τη δυνατότητα πολλαπλής διανομής συνδεδεμένες με σήραγγες. Η κάθε νησίδα (συνήθως ένα LAN ή μια ομάδα από διασυνδεδεμένα LAN) υποστηρίζει πολλαπλή διανομή σε υλικό -hardware- προς τους hosts του. Οι σήραγγες διαδίδουν πακέτα του MBone μεταξύ των νησιδών.

Κάθε νησίδα περιέχει έναν ή περισσότερους ειδικούς δρομολογητές που αποκαλούνται **δρομολογητές πολλαπλής διανομής mrouter (multicast routers)**. Μερικοί από τους τελευταίους είναι στην πραγματικότητα κανονικοί δρομολογητές αλλά οι περισσότεροι είναι απλώς σταθμοί εργασίας UNIX που τρέχουν ειδικό λογισμικό στο επίπεδο χρήστη. Οι mrouter συνδέονται λογικά με σήραγγες από mrouter σε mrouter (συνήθως μέσω ενός ή περισσότερων δρομολογητών) και με χρήση χαλαρής δρομολόγησης πηγής. Τα πακέτα του MBone ενθυλακώνονται στα πακέτα IP και στέλνονται ως κανονικά πακέτα μονο-μετάδοσης προς τη διεύθυνση IP του mrouter προορισμού.

Οι σήραγγες σχηματίζονται χειροκίνητα. Συνήθως μια σήραγga δουλεύει πάνω σε μονοπάτι για το οποίο έχει δημιουργηθεί μια φυσική σύνδεση αλλά αυτό δεν απαιτείται. Αν κατά λάθος το φυσικό μονοπάτι που βρίσκεται κάτω από μια σήραγga τεθεί εκτός λειτουργίας οι mrouter που χρησιμοποιούν τη σήραγga δεν θα το αντιληφθούν εφόσον το Internet θα ανα-δρομολογήσει αυτόματα όλη την μεταξύ τους κίνηση IP μέσω άλλων γραμμών.

Όταν εμφανιστεί μια καινούργια νησίδα και επιθυμεί να ενωθεί με το MBone ο διαχειριστής της στέλνει ένα μήνυμα ανακοινώνοντας την παρουσία της στην ταχυδρομική λίστα MBone. Οι διαχειριστές των κοντινών θέσεων κατόπιν επικοινωνούν με αυτόν ώστε να κανονίσουν την εγκατάσταση σιηράγγων. Οι σήραγγες δεν έχουν φυσική παρουσία. Ορίζονται από πίνακες στους mrouter και μπορούν να προστεθούν, να διαγραφούν ή να μετακινηθούν απλώς με κάποιες αλλαγές στους πίνακες αυτούς. Τυπικά η κάθε χώρα στο MBone διαθέτει έναν σκελετό όπου περιφερειακές νησίδες να συνδέονται με αυτόν. Κανονικά το MBone είναι σχεδιασμένο με μία ή δύο σήραγγες να διασχίζουν τον Ατλαντικό και τον Ειρηνικό ωκεανό με αποτέλεσμα το MBone να είναι παγκόσμιας κλίμακας.



-ΤΟ Μ ΒΟΝΕ ΑΠΟΤΕΛΕΤΑΙ ΑΠΟ ΝΗΣΙΔΕΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΕΣ ΜΕ ΣΗΡΑΓΓΕΣ.-

Το Mbone αποτελείται από μια συγκεκριμένη τοπολογία που απαρτίζεται από νησίδες και σήραγγες ανεξάρτητα από τον αριθμό διευθύνσεων πολλαπλής διανομής που χρησιμοποιούνται εκείνη τη στιγμή και του ποιος τις ακούει ή τις παρακολουθεί. Το Mbone αρχικά χρησιμοποιούσε ως αλγόριθμο δρομολόγησης το *Πρωτόκολλο Δρομολόγησης Πολλαπλής Διανομής με Διανύσματα Αποστάσεων DVMP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)* που είναι βασισμένο στον αλγόριθμο διανυσμάτων αποστάσεων Bellman-Ford. Με αυτόν τον τρόπο κάθε νησίδα καθορίζει ποια είναι η καλύτερη διαδρομή προς κάθε άλλη νησίδα. Ωστόσο οι διαδρομές δεν χρησιμοποιούνται στην πραγματικότητα με τον τρόπο αυτό.

Ας μελετήσουμε τώρα το πώς γίνεται στην πραγματικότητα η πολλαπλή διανομή. Για να διανείμει πολλαπλά ένα πρόγραμμα βίντεο και ήχου η πηγή θα πρέπει πρώτα να αποκτήσει μια διεύθυνση πολλαπλής διανομής κατηγορίας D η οποία λειτουργεί ως μια συχνότητα σταθμού ή ως ένας αριθμός διαύλου. Οι διευθύνσεις της κατηγορίας D δεσμεύονται με τη βοήθεια ενός προγράμματος που ψάχνει σε βάση δεδομένων για ελεύθερες διευθύνσεις πολλαπλής διανομής. Μπορεί να συμβαίνουν πολλές πολλαπλές διανομές την ίδια στιγμή και ένας host μπορεί να "συντονισθεί" σε αυτήν που τον ενδιαφέρει με το να ακούει την κατάλληλη διεύθυνση πολλαπλής διανομής.

Περιοδικά κάθε mrouter στέλνει ένα πακέτο εκπομπής IGMP που περιορίζεται στη νησίδα του και ρωτά για το ποιος ενδιαφέρεται για ποιο κανάλι. Οι host που επιθυμούν να (συνεχίσουν να) λαμβάνουν ένα ή περισσότερα κανάλια στέλνουν πίσω ένα άλλο πακέτο IGMP για απάντηση. Οι απαντήσεις αυτές καθυστερούν προοδευτικά για να αποφευχθεί η υπερφόρτωση του τοπικού LAN. Ο κάθε mrouter κρατά έναν πίνακα με τα κανάλια που πρέπει να εισάγει στο δικό του LAN για να αποφύγει τη σπατάλη του εύρους ζώνης με το να διανέμει πολλαπλά κανάλια που κανείς δεν τα θέλει.

Οι πολλαπλές διανομές διαδίδονται μέσω του Mbone ως εξής. Όταν μία πηγή ήχου ή βίντεο δημιουργήσει ένα νέο πακέτο το διανέμει πολλαπλά στην τοπική της νησίδα χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα πολλαπλής διανομής σε υλικό (hardware). Το πακέτο συλλέγεται από τον τοπικό mrouter που κατόπιν το αντιγράφει σε όλες τις σήραγγες με τις οποίες είναι συνδεδεμένος. Ο κάθε δρομολογητής που λαμβάνει ένα πακέτο του τύπου αυτού ελέγχει κατόπιν το κατά πόσον το πακέτο έφτασε από τη βέλτιστη διαδρομή δηλαδή τη διαδρομή που καθορίζει ο πίνακας του ότι θα πρέπει να ακολουθήσει για να φτάσει στην πηγή (σαν να ήταν ο προορισμός). Αν το πακέτο έφτασε από τη βέλτιστη διαδρομή ο mrouter το αντιγράφει σε όλες τις άλλες σήραγγες του. Αν το πακέτο έφτασε από υπο-βέλτιστη διαδρομή απορρίπτεται. Ο αλγόριθμος αυτός είναι απλώς ο αλγόριθμος προώθησης αντίστροφης διαδρομής. Αν και δεν είναι τέλειος είναι αρκετά καλός και πολύ απλός στην υλοποίηση.

Εκτός της χρήσης της προώθησης αντιστροφής διαδρομής για να μην πλημμυρίσει το Internet χρησιμοποιείται επίσης το IP πεδίο Time to live για να περιορισθεί η ακτίνα δράσης της πολλαπλής διανομής. Κάθε πακέτο ξεκινά με μια τιμή (καθορίζεται από την πηγή). Σε κάθε σήραγγα εκχωρείται ένα βάρος. Το πακέτο προωθείται μέσα από μια σήραγγα μόνο αν διαθέτει αρκετό βάρος αλλιώς απορρίπτεται. Για παράδειγμα οι υπερωκεάνιες σήραγγες κανονικά ρυθμίζονται με βάρος 128 ώστε τα πακέτα να μπορούν να περιορισθούν στην ήπειρο εκκίνησης με το να τους δίνεται αρχικό Time to live 127 ή λιγότερο. Αφού περάσει μέσα από τη σήραγγα το πεδίο Time to live μειώνεται κατά το βάρος της σήραγγας.

**ΚΑΦΑΛΑΙΟ 6****ΜΕΤΑΔΟΣΗ MULTIMEDIA ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ****6.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ**

[13] Η μετάδοση ψηφιοποιημένων δεδομένων πολυμέσων γενικά θέτει μεγάλες απαιτήσεις στα δίκτυα. Ειδικά τα διαρκή μέσα όπως είναι ο ήχος και το κινούμενο βίντεο απαιτούν υψηλό ρυθμό μετάδοσης, δηλαδή υψηλή χωρητικότητα μετάδοσης σε bit /sec αλλά και περιορισμένες καθυστερήσεις μετάδοσης.

**6.2 ΜΕΤΑΔΟΣΗ MULTIMEDIA ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ****ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΩΣΗΣ**

[1]

** Μαγνητικά Μέσα.**

Ένας από τους συνηθέστερους τρόπους μετάδοσης δεδομένων, από έναν υπολογιστή σε άλλον, είναι η εγγραφή τους σε μαγνητική ταινία ή σε δισκέτες, η φυσική μεταφορά των ταινιών ή δισκετών στη μηχανή προορισμού και η ανάγνωση τους εκεί. Αν και αυτή η μέθοδος δεν είναι τόσο εξελιγμένη όσο η χρήση γεωστατικών επικοινωνιακών δορυφόρων, είναι συχνά πολύ οικονομικότερη, ειδικά σε εφαρμογές όπου το μεγάλο εύρος ζώνης ή το κόστος ανά μεταδιδόμενο bit και είναι ο κρίσιμος παράγων.

Ένας απλός υπολογισμός θα ξεκαθαρίσει το σημείο αυτό. Η βιομηχανικά προτυποποιημένη βιντεοταινία 8mm (π.χ. Exabyte) χωρά 7 gigabyte. Ένα κουτί 50x50x50 cm χωρά 1.000 τέτοιες ταινίες, με συνολική χωρητικότητα 7.000GB. Το ισοδύναμο εύρος ζώνης αυτής της μετάδοσης είναι 56 GB/86.400 sec ή 648 Mbps, που είναι ελαφρά καλύτερο από την υψηλής ταχύτητα έκδοση του ATM (622 Mbps). Εάν ο προορισμός απέχει οδικά μόνο μία ώρα, το εύρος ζώνης αυξάνει πέραν των 15 Gbps.

Για μια τράπεζα, που έχει gigabyte δεδομένων να αντιγράφονται (back up) κάθε μέρα σε μια δεύτερη είναι πιθανό καμία άλλη τεχνολογία μετάδοσης να μη μπορεί καν να προσεγγίσει τη μαγνητική ταινία, όσον αφορά στην επίδοση.

Αν τώρα ρίξουμε μια ματιά στο κόστος, παίρνουμε μια παρόμοια εικόνα. Το κόστος των 1.000 βιντεοταινιών είναι πιθανώς 5.000 δολάρια, όταν αγοράζονται χονδρικά. Μια βιντεοταινία μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί τουλάχιστο δέκα φορές, έτσι το κόστος τους είναι, ίσως, 500

δολάρια. Προσθέστε σ' αυτό άλλα 200 δολάρια για τη μεταφορά και έχουμε ένα προσεγγιστικό κόστος 700 δολαρίων για να μεταφερθούν 7.000 gigabyte. Το αποτέλεσμα είναι 10 cent ανά gigabyte. Κανένα δίκτυο σ' όλο τον κόσμο δε μπορεί να το ανταγωνισθεί.

Το δίδαγμα της ιστορίας αυτής είναι:

*“Ποτέ μην υποτιμήσεις το εύρος ζώνης ενός φορτηγού φορτωμένου με ταινίες που κατηγορίζει το δρόμο”.*

## ⚡ **Διπλαγωγοί.**

Αν και οι ιδιότητες εύρους ζώνης της μαγνητικής ταινίας είναι εξαιρετικές, οι ιδιότητες καθυστέρησης είναι φτωχές. Ο χρόνος μετάδοσης μετρείται σε λεπτά ή ώρες και όχι σε χιλιοστά δευτερολέπτου. Για πολλές εφαρμογές απαιτείται μια ηλεκτρονική σύνδεση (on line). Το παλαιότερο και ακόμη συνηθέστερο μέσο μετάδοσης είναι ο **διπλαγωγός (twisted pair)**. Ένας διπλαγωγός απαρτίζεται από δύο μονωμένα χάλκινα σύρματα, συνήθως, πάχους περίπου 1mm. Τα σύρματα συστρέφονται σε ελικοειδή μορφή. Ο σκοπός της στρέψης των συρμάτων είναι η μείωση της ηλεκτρικής παρεμβολής από παρόμοια γειτονικά ζεύγη. (Δυο παράλληλα σύρματα αποτελούν μια απλή κεραία, ενώ ο διπλαγωγός δεν αποτελεί κεραία.).

Η συνηθέστερη εφαρμογή του διπλαγωγού είναι στο τηλεφωνικό σύστημα. Σχεδόν όλα τα τηλέφωνα συνδέονται με το κέντρο της τηλεφωνικής εταιρείας μέσω διπλαγωγών. Οι διπλαγωγοί μπορούν να καλύψουν αρκετά χιλιόμετρα χωρίς ενίσχυση, αλλά για μεγαλύτερες αποστάσεις χρειάζονται επαναλήπτες. Όταν πολλοί διπλαγωγοί προχωρούν μαζί για κάποια σημαντική απόσταση, όπως π.χ. τα καλώδια από μια πολυκατοικία προς το τηλεφωνικό κέντρο, οι διπλαγωγοί ομαδοποιούνται σε δέσμες και τοποθετούνται σε προστατευτική θήκη. Οι διπλαγωγοί στις δέσμες αυτές θα παρεμβάλλουν ο ένας τον άλλο, αν δεν είναι συνεστραμμένοι. Σε κάποια μέρη του κόσμου, όπου οι τηλεφωνικές γραμμές στηρίζονται σε στύλους πάνω από το έδαφος, είναι σύνηθες το φαινόμενο δεσμών διαμέτρου αρκετών εκατοστών.

Οι διπλαγωγοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για αναλογική είτε για ψηφιακή μετάδοση. Το εύρος ζώνης εξαρτάται από το πάχος του καλωδίου και την απόσταση που διανύετε, αλλά σε πολλές περιπτώσεις μπορούν να επιτευχθούν αρκετά megabit/sec για αποστάσεις μερικών χιλιομέτρων. Λόγω της επαρκούς επίδοσης τους και του χαμηλού τους κόστους, οι διπλαγωγοί χρησιμοποιούνται ευρέως και αναμένεται να συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται για αρκετά ακόμη χρόνια.

Οι διπλαγωγοί απαντώνται σε αρκετές παραλλαγές, δύο από τις οποίες είναι σημαντικές για τα δίκτυα υπολογιστών. Οι διπλαγωγοί που ανήκουν στην κατηγορία 3 αποτελούνται από δύο μονωμένα σύρματα απλώς συνεστραμμένα μαζί. Τέσσερις τέτοιοι διπλαγωγοί συνήθως ομαδοποιούνται σε μια πλαστική θήκη για προστασία και για να συγκρατηθούν τα οκτώ σύρματα μαζί. Πριν το 1988, τα περισσότερα κτίρια γραφείων διέθεταν ένα καλώδιο κατηγορίας 3 από τον **κατανεμητή (wiring closet)** κάθε ορόφου προς κάθε γραφείο. Αυτό το σχήμα επέτρεπε να συνδέονται μέχρι και τέσσερα συνήθη τηλέφωνα, ή δύο τηλέφωνα πολλαπλών γραμμών, από κάθε γραφείο με τον εξοπλισμό της τηλεφωνικής εταιρείας.

Από το 1988 περίπου, εισήχθησαν οι πλέον εξελιγμένοι διπλαγωγοί **κατηγορίας 5**. Μοιάζουν με τα ζεύγη της κατηγορίας 3, αλλά έχουν συστραφεί περισσότερες φορές ανά cm και διαθέτουν μόνωση Teflon, με αποτέλεσμα λιγότερη διαφωνία (crosstalk) και καλύτερη ποιότητα σήματος για μεγαλύτερες αποστάσεις, κάτι που τα κάνει καταλληλότερα για επικοινωνία υπολογιστών υψηλής ταχύτητας. Αμφότεροι οι τύποι καλωδίωσης συχνά αναφέρονται ως **Αθωράκιστος Διπλαγωγός UTP (Unshielded Twisted Pair)**, σε αντίθεση με τους ογκώδεις, δαπανηρούς, θωρακισμένους διπλαγωγούς, που εισήγαγε η IBM στις αρχές της δεκαετίας του 1980, αλλά δεν απεδείχθησαν δημοφιλείς εκτός των εγκαταστάσεων της IBM.

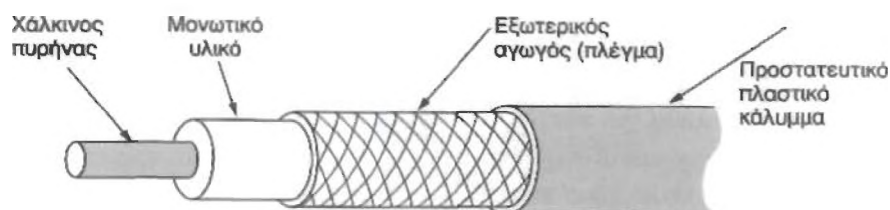


-Twisted Pair (UTP) Wire-  
- ΚΑΛΩΔΙΟ ΣΥΣΤΡΟΦΟΥ ΖΕΥΓΟΥΣ-

### **Ομοαξονικά Καλώδια Βασικής Ζώνης.**

Ένα άλλο σύνηθες μέσο μετάδοσης είναι το **ομοαξονικό καλώδιο (coaxial cable)** ή απλά coax για τους πολλούς φίλους του. Έχει καλύτερη θωράκιση από τους διπλαγωγούς κι έτσι μπορεί να καλύψει μεγαλύτερες αποστάσεις σε μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης. Δύο είδη ομοαξονικών καλωδίων χρησιμοποιούνται ευρέως. Το καλώδιο 50 ohm χρησιμοποιείται συνήθως για ψηφιακή μετάδοση και είναι το αντικείμενο αυτής της ενότητας. Το καλώδιο 75 ohm χρησιμοποιείται συνήθως για αναλογική μετάδοση. Η διάκριση αυτή βασίζεται περισσότερο σε ιστορικούς παρά σε τεχνικούς λόγους (δηλαδή, οι διπολικές κεραίες είχαν εσωτερική αντίσταση 300 ohm και ήταν εύκολο να κατασκευασθούν μετασχηματιστές 4:1 για την προσαρμογή της εσωτερικής αντίστασης).

Το ομοαξονικό καλώδιο αποτελείται από ένα δύσκαμπτο χάλκινο σύρμα ως πυρήνα και περιβάλλεται από μονωτικό υλικό. Το μονωτικό υλικό περικλείεται από κυλινδρικό αγωγό, που συχνά έχει τη μορφή ενός πυκνού πλέγματος. Ο εξωτερικός αγωγός καλύπτεται από ένα προστατευτικό πλαστικό κάλυμμα. Η τομή ενός ομοαξονικού καλωδίου φαίνεται στο σχήμα 6.1.



-ΣΧΗΜΑ 6.1 ΟΜΟΑΞΟΝΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ-

Η κατασκευή και θωράκιση του ομοαξονικού καλωδίου επιτυγχάνουν έναν καλό συνδυασμό υψηλού εύρους ζώνης και εξαιρετικής ανοχής στον θόρυβο. Το εφικτό εύρος ζώνης εξαρτάται από το μήκος του καλωδίου. Για καλώδια μήκους 1km, είναι εφικτός ρυθμός δεδομένων από 1 μέχρι 2 Gbps. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μακρύτερα καλώδια αλλά σε χαμηλότερους ρυθμούς δεδομένων ή με περιοδικά τοποθετημένους ενισχυτές. Τα ομοαξονικά καλώδια ήταν πολύ συνηθισμένα στο τηλεφωνικό σύστημα, αλλά στις μακρινές διαδρομές έχουν τώρα αντικατασταθεί σε μεγάλο βαθμό από οπτικές ίνες. Μόνο στις Η.Π.Α., 1.000 km οπτικής ίνας εγκαθίσταται ημερησίως (εάν μετράμε τη δέσμη των 10 ινών μήκους 100 km ως 1.000 km). Η Sprint χρησιμοποιεί πλέον μόνο οπτικές ίνες, ενώ άλλοι φορείς προσεγγίζουν ραγδαία το 100%. Ωστόσο, ακόμη και σήμερα, το ομοαξονικό καλώδιο χρησιμοποιείται ευρέως στην καλωδιακή τηλεόραση και σε μερικά τοπικά δίκτυα.

### **Ομοαξονικά Καλώδια Ευρείας Ζώνης.**

Το δεύτερο είδος συστήματος ομοαξονικών καλωδίων χρησιμοποιεί αναλογική μετάδοση μέσω της τυποποιημένης καλωδίωσης για καλωδιακή τηλεόραση. Αποκαλείται **ευρείας ζώνης (broadband)**. Παρότι ο όρος "ευρείας ζώνης" προέρχεται από την τηλεφωνία, όπου χρησιμοποιείται για οτιδήποτε είναι μεγαλύτερο από 4 kHz, στον κόσμο των δικτύων υπολογιστών "ευρείας ζώνης" είναι οτιοδήποτε καλωδιακό δίκτυο χρησιμοποιεί αναλογική μετάδοση (δες Cooper 1986).

Αφού τα δίκτυα ευρείας ζώνης χρησιμοποιούν την τυποποιημένη τεχνολογία για καλωδιακή τηλεόραση, τα καλώδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέχρι τα 300 MHz (και συχνά μέχρι τα 450 MHz) και μπορούν να καλύψουν απόσταση περίπου 100 km λόγω της αναλογικής σηματοδότησης η οποία είναι πολύ λιγότερο απαιτητική σε σχέση με την ψηφιακή σηματοδότηση. Για να μεταδοθούν τα ψηφιακά σήματα σε αναλογικό δίκτυο, κάθε διεπαφή πρέπει να περιλαμβάνει ηλεκτρονικές διατάξεις που να μετατρέπουν τον εξερχόμενο συρμό bit σε αναλογικό σήμα και το εισερχόμενο αναλογικό σήμα σε συρμό bit. Ανάλογα με τον τύπο των ηλεκτρονικών αυτών διατάξεων, το 1 bps είναι πιθανό να καταλαμβάνει γύρω στο 1 Hz εύρους ζώνης. Σε υψηλότερες συχνότητες, είναι δυνατό να εξαχθούν πολλά bit ανά Hz με τη βοήθεια προηγμένων τεχνικών διαμόρφωσης.

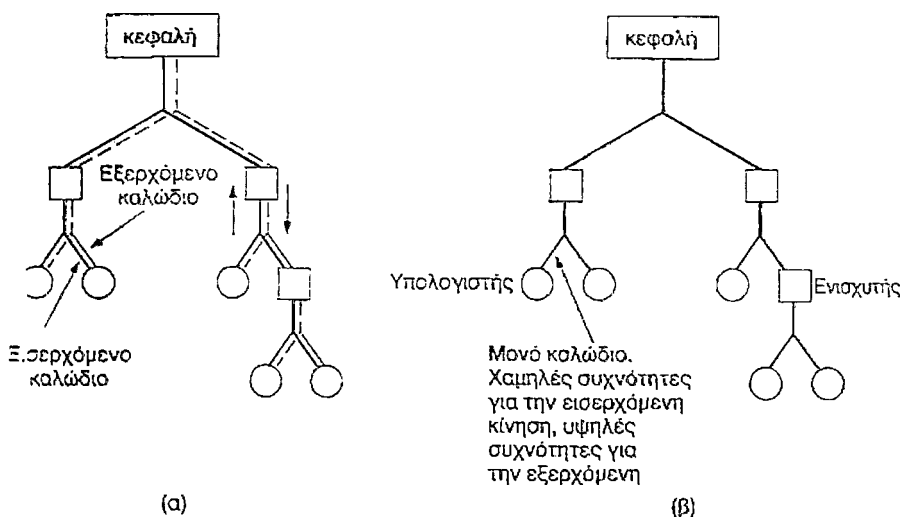
Τα συστήματα ευρείας ζώνης διαιρούνται σε πολλούς διαύλους, συχνά των 6 MHz, που χρησιμοποιούνται στην τηλεοπτική εκπομπή. Κάθε δίαυλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετάδοση αναλογικής τηλεόρασης, ήχου ποιότητας CD (1,4 Mbps) ή ψηφιακού συρμού bit, π.χ. 3 Mbps, ανεξάρτητα από τους υπόλοιπους. Το τηλεοπτικό σήμα και τα δεδομένα μπορούν να αναμιχθούν σ' ένα καλώδιο.



Μια βασική διαφορά μεταξύ της βασικής ζώνης και της ευρείας ζώνης είναι ότι τα συστήματα ευρείας ζώνης καλύπτουν εν γένει μια μεγάλη περιοχή και, συνεπώς, χρειάζονται περιοδικά τοποθετημένους αναλογικούς ενισχυτές για να ενισχύουν το σήμα. Οι ενισχυτές αυτοί μπορούν να μεταδίδουν σήματα προς μια μόνο κατεύθυνση. Έτσι, ένας υπολογιστής που στέλνει πακέτα δεν θα μπορεί να επικοινωνήσει με υπολογιστές που βρίσκονται πριν από αυτόν, αν παρεμβαίνει ενισχυτής ανάμεσα τους. Για να παρακαμφτεί το πρόβλημα αυτό έχουν αναπτυχθεί δύο τύποι συστημάτων ευρείας ζώνης: το σύστημα διπλού καλωδίου και το σύστημα μονού καλωδίου.

Το σύστημα διπλού καλωδίου έχει δύο όμοια καλώδια, που τρέχουν παράλληλα το ένα δίπλα στο άλλο. Για να μεταδώσει, ένας υπολογιστής στέλνει τα δεδομένα στο καλώδιο 1, που φθάνει σε μια συσκευή που αποκαλείται **κεφαλή (head – end)**, στη ρίζα του καλωδιακού δένδρου. Η κεφαλή, κατόπιν, μεταδίδει το σήμα στο καλώδιο 2 για να μεταδοθεί πίσω προς το δένδρο. Όλοι οι υπολογιστές μεταδίδουν στο καλώδιο 1 και λαμβάνουν στο καλώδιο 2. Ένα σύστημα διπλού καλωδίου φαίνεται στο σχήμα 6.2 (α).

Η άλλη σχεδίαση παραχωρεί σ' ένα μονό καλώδιο διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων για την εισερχόμενη και την εξερχόμενη επικοινωνία (δες σχήμα 6.2 (β)). Η ζώνη χαμηλών συχνοτήτων χρησιμοποιείται για επικοινωνία από τους υπολογιστές προς την κεφαλή, η οποία κατόπιν μετατοπίζει το σήμα στη ζώνη υψηλών συχνοτήτων και το αναμεταδίδει. Στο σύστημα **χαμηλής τομής (sub split)**, οι συχνότητες από 5 έως 30 MHz χρησιμοποιούνται για εισερχόμενη κίνηση και οι συχνότητες από 40 έως 300 MHz χρησιμοποιούνται για εξερχόμενη κίνηση.



-ΣΧΗΜΑ 6.2 ΔΙΚΤΥΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΖΩΝΗΣ (α) ΔΙΠΛΟ ΚΑΛΩΔΙΟ (β) ΜΟΝΟ ΚΑΛΩΔΙΟ-

Στο σύστημα **μέσης τομής (midsplit)**, η εισερχόμενη ζώνη εκτείνεται από 5 έως 116 MHz και η εξερχόμενη από 168 MHz έως 300 MHz. Η επιλογή αυτών των ζωνών συχνοτήτων είναι ιστορική και σχετίζεται με το πώς η FCC (Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών) των Η.Π.Α. έχει κατανείμει τις συχνότητες για τηλεοπτικές μεταδόσεις, για τις οποίες και σχεδιάσθηκε το σύστημα ευρείας ζώνης. Και τα δυο συστήματα απαιτούν μια ενεργή κεφαλή, που δέχεται εισερχόμενα σήματα σε μια ζώνη και τα αναμεταδίδει στην άλλη. Αυτές οι τεχνικές και οι συχνότητες αναπτύχθηκαν για την καλωδιακή τηλεόραση και έχουν μεταφερθεί στη δικτύωση υπολογιστών χωρίς τροποποιήσεις λόγω της ύπαρξης αξιόπιστου και σχετικά φθηνού υλικού.

Τα συστήματα ευρείας ζώνης μπορεί να χρησιμοποιηθούν με διάφορους τρόπους. Σε μερικά ζεύγη υπολογιστών μπορεί να παραχωρηθεί ένας μόνιμος δίαυλος για αποκλειστική χρήση. Άλλοι υπολογιστές μπορεί να ζητούν ένα δίαυλο για προσωρινή σύνδεση μέσω ενός διαύλου ελέγχου και κατόπιν να αλλάξουν συχνότητα στον δίαυλο που θα τους παραχωρηθεί για τη διάρκεια της σύνδεσης. Μια ακόμη λύση είναι να ανταγωνίζονται οι υπολογιστές για την πρόσβαση σ' ένα μόνο δίαυλο, ή μια ομάδα διαύλων.

Από τεχνικής πλευράς, τα καλώδια ευρείας ζώνης είναι κατώτερα από τα καλώδια βασικής ζώνης (δηλαδή μονού διαύλου) όσον αφορά στην αποστολή ψηφιακών δεδομένων, αλλά έχουν το πλεονέκτημα ότι πάρα πολλά είναι ήδη εγκατεστημένα. Στην Ολλανδία, για παράδειγμα, το 90% των νοικοκυριών διαθέτουν καλωδιακή τηλεόραση. Στις Η.Π.Α., η καλωδιακή τηλεόραση περνά από το 80% των νοικοκυριών. Όμως περίπου το 60% απ' αυτά έχουν, όντως, καλωδιακή σύνδεση. Με τον ανταγωνισμό μεταξύ τηλεφωνικών εταιρειών και εταιρειών καλωδιακής τηλεόρασης σε πλήρη εξέλιξη, μπορούμε να περιμένουμε ότι τα συστήματα καλωδιακής τηλεόρασης θα αρχίσουν να λειτουργούν σαν MAN και θα προσφέρουν τηλεφωνικές και άλλου είδους υπηρεσίες όλο και συχνότερα. Για περισσότερες πληροφορίες για τη χρησιμοποίηση της καλωδιακής τηλεόρασης σαν δίκτυο υπολογιστών, δες (Karshmer and Tomas1992).

!! **Οπτικές Ίνες.**

Πολύς κόσμος στη βιομηχανία υπολογιστών καμαρώνει ιδιαίτερα για την ταχύτητα με την οποία βελτιώνεται η τεχνολογία των υπολογιστών. Στη δεκαετία του 1970, ένας γρήγορος υπολογιστής (π.χ. ένας CDC 6600) μπορούσε να εκτελέσει μία εντολή σε 100 nsec. Είκοσι χρόνια αργότερα, ένας ταχύς υπολογιστής Cray μπορεί να εκτελέσει μία εντολή σε 1 nsec. Ο συντελεστής βελτίωσης ισοδυναμεί, συνεπώς, με 10 ανά δεκαετία. Όχι και πολύ άσχημα.

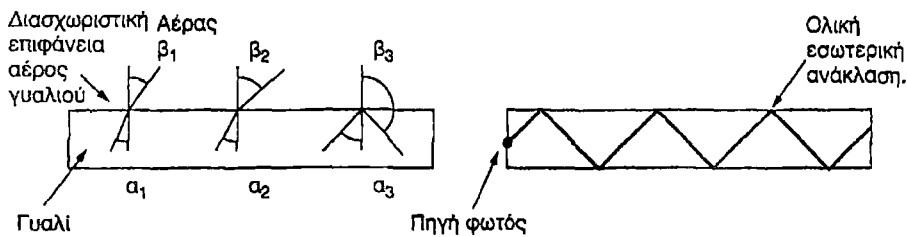
Στην ίδια περίοδο, οι επικοινωνίες δεδομένων ανήλθαν, από τα 56 kbps (ARPANET) στο 1 Gbps (μοντέρνες οπτικές επικοινωνίες). Ο αντίστοιχος συντελεστής βελτίωσης είναι 100 ανά δεκαετία, ενώ παράλληλα ο ρυθμός λαθών κατέβηκε από το  $10^{-5}$  ανά bit σε σχεδόν μηδέν.

Επιπλέον, οι απλές CPU έχουν αρχίσει να προσεγγίζουν φυσικά όρια, όπως την ταχύτητα του φωτός και τα προβλήματα της απαγωγής θερμότητας. Αντίθετα, με την τρέχουσα τεχνολογία οπτικών ινών, το εφικτό εύρος ζώνης είναι σίγουρα μεγαλύτερο από 50.000 Gbps (50 Tbps) και πολλοί ψάχνουν εντατικά για βελτιωμένα υλικά. Το τρέχον πρακτικό όριο σηματοδότησης του περίπου 1 Gbps οφείλεται στην αδυναμία μας να μετατρέψουμε τα ηλεκτρικά σήματα σε οπτικά (και αντιστρόφως). Στο εργαστήριο, τα 100 Gbps είναι εφικτά για μικρές αποστάσεις. Η ταχύτητα του 1 Tbps βρίσκεται λίγα μόνο χρόνια μπροστά. Πλήρως οπτικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων της εισόδου και της εξόδου από τον υπολογιστή είναι πλέον ορατά (Miki 1994a).

Στον αγώνα μεταξύ επεξεργασίας και επικοινωνιών, κέρδισαν οι επικοινωνίες. Οι συνολικές συνέπειες ενός ουσιαστικά άπειρου εύρους ζώνης (αν και όχι χωρίς κόστος) δεν έχουν ακόμη αφομοιωθεί από τη γενιά επιστημόνων υπολογιστών και τηλεπικοινωνιακών μηχανικών, που έχουν διδαχθεί να σκέφτονται με τα χαμηλά όρια Nyquist και Shannon για το χάλκινο σύρμα. Η νέα κοινή λογική θα έπρεπε να είναι ότι όλοι οι υπολογιστές είναι απελπιστικά αργοί και ότι τα δίκτυα θα έπρεπε να προσπαθούν να αποφεύγουν παντελώς την επεξεργασία, χωρίς να νοιάζονται για το πόσο εύρος ζώνης θα χαθεί με τον τρόπο αυτό. Στην ενότητα αυτή θα εξετάσουμε τις οπτικές ίνες για να δούμε πώς δουλεύει αυτή η τεχνολογία μετάδοσης.

Ένα οπτικό σύστημα μετάδοσης έχει τρία στοιχεία: την πηγή φωτός, το μέσο μετάδοσης και τον ανιχνευτή. Συμβατικά, ένας παλμός φωτός αντιστοιχεί στο bit 1, ενώ η απουσία φωτός αντιστοιχεί στο bit 0. Το μέσο μετάδοσης είναι μια εξαιρετικά λεπτή ίνα γυαλιού. Ο ανιχνευτής δημιουργεί έναν ηλεκτρικό παλμό όταν πέφτει πάνω του φως. Συνδέοντας μια πηγή φωτός στο ένα άκρο οπτικής ίνας και έναν ανιχνευτή στο άλλο, έχουμε ένα μονοκατευθυντικό σύστημα μετάδοσης, που δέχεται ένα ηλεκτρικό σήμα, το μετατρέπει σε παλμούς φωτός και το μεταδίδει και, τέλος, το ξαναμετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα στη λήψη.

Αυτό το σύστημα μετάδοσης θα παρουσίαζε διαρροές φωτός και θα ήταν πρακτικά άχρηστο, εάν δεν υπήρχε μια ενδιαφέρουσα αρχή της φυσικής. Όταν μια ακτίνα φωτός περνά από ένα μέσο σε άλλο, για παράδειγμα από γυαλί σε αέρα, η ακτίνα διαθλάται (στρίβει) στη διαχωριστική επιφάνεια γυαλιού/αέρος, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.3.. Εδώ βλέπουμε μια ακτίνα φωτός να προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια με γωνία  $\alpha_1$  και να εξέρχεται με γωνία  $\beta_1$ . Η ποσότητα της διάθλασης εξαρτάται από τις ιδιότητες των δυο μέσων (συγκεκριμένα, από τους δείκτες διάθλασης τους). Για γωνίες πρόσπτωσης μεγαλύτερες από μια συγκεκριμένη κρίσιμη τιμή, το φως διαθλάται πίσω στο γυαλί και δεν διαφεύγει στον αέρα. Κατά συνέπεια, μια ακτίνα φωτός προσπίπτουσα με γωνία ίση ή μεγαλύτερη της κρίσιμης τιμής παγιδεύεται εντός της ίνας, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.3 (β) και μπορεί να διαδοθεί για πολλά χιλιόμετρα, σχεδόν χωρίς καμία απώλεια.



-ΣΧΗΜΑ 6.3 (α) Τρία παραδείγματα ακτίνας φωτός από το εσωτερικό ίνας πυρπίδιου, που προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια ενός γυαλιού με διαφορετικές γωνίες, (β) Το φως παγιδεύεται από ολική εσωτερική ανάκλαση.

Στο σχέδιο του σχήμα 6.3 (β) φαίνεται μόνο μία παγιδευμένη ακτίνα, αλλά αφού οποιαδήποτε ακτίνα φωτός προσπίπτουσα στη διαχωριστική επιφάνεια με γωνία μεγαλύτερη της κρίσιμης αντανακλάται εσωτερικά, θα διαδίδονται πολλές διαφορετικές ακτίνες με διαφορετικές γωνίες. Κάθε ακτίνα λέγεται ότι έχει ένα διαφορετικό **τρόπο (mode)** κι έτσι μια οπτική ίνα, η οποία έχει την προαναφερθείσα ιδιότητα, ονομάζεται **πολύτροπη ίνα (multimode fiber)**.



Αν, ωστόσο, η διάμετρος της ίνας μειωθεί σε λίγα μήκη κύματος φωτός, η ίνα ενεργεί, σαν κυματοδηγός και το φως μπορεί να διαδοθεί μόνο σε ευθεία γραμμή, χωρίς ανακλάσεις, με αποτέλεσμα μια **μονότροπη ίνα (single fiber)**. Οι μονότροπές ίνες είναι ακριβότερες, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεγαλύτερες αποστάσεις. Οι σημερινές μονότροπες ίνες μπορούν να μεταδώσουν δεδομένα με ταχύτητα αρκετών Gbps για 30 km. Ακόμα μεγαλύτεροι ρυθμοί δεδομένων έχουν επιτευχθεί στο εργαστήριο για μικρότερες αποστάσεις. Πειράματα έχουν δείξει ότι ισχυρά laser μπορούν να τροφοδοτήσουν μια ίνα μήκους 100 km χωρίς επαναλήπτες, αν και σε χαμηλότερες ταχύτητες. Η έρευνα σε ίνες με προσμίξεις Ερβίου υπόσχεται ακόμη μεγαλύτερες αποστάσεις χωρίς επαναλήπτες.

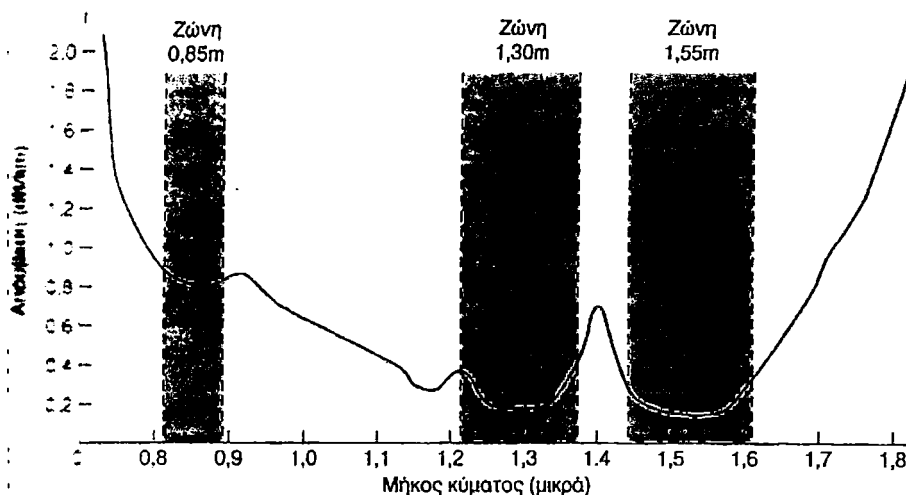
### ◆ Μετάδοση του Φωτός Μέσω Οπτικών Ινών.

Οι οπτικές ίνες φτιάχνονται από γυαλί, το οποίο με τη σειρά του είναι φτιαγμένο από άμμο, μια φθηνή πρώτη ύλη διαθέσιμη σε απεριόριστες ποσότητες. Η κατασκευή του γυαλιού ήταν γνωστή στους αρχαίους Αιγυπτίους, αλλά το δικό τους γυαλί έπρεπε να μην είναι πιο χονδρό από 1mm, αλλιώς το φως δεν μπορούσε να το διαπεράσει. Γυαλί αρκετά διαφανές, ώστε να είναι χρήσιμο για παράθυρα, αναπτύχθηκε κατά την Αναγέννηση. Το γυαλί που χρησιμοποιείται στις σύγχρονες οπτικές ίνες είναι τόσο διαφανές, ώστε αν οι ωκεανοί ήταν γεμάτοι μ' αυτό αντί νερό, το υδάτινο στρώμα θα ήταν τόσο διαφανές ώστε ο βυθός θα ήταν τόσο ορατός από την επιφάνεια, όσο ορατή είναι η γη από ένα αεροπλάνο μια καθαρή μέρα.

Η εξασθένηση του φωτός, όταν αυτό περνά μέσα από γυαλί, εξαρτάται από το μήκος κύματος του φωτός. Η εξασθένηση αυτή φαίνεται στο σχήμα 6.4, για το είδος του γυαλιού που χρησιμοποιείται στις οπτικές ίνες, σε decibel ανα km. Η εξασθένηση σε decibel δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Εξασθένηση (db)} = 10 \log_{10} \frac{\text{Ισχύς μετάδοσης}}{\text{Ισχύς λήψης}}$$

Για παράδειγμα, μια απώλεια στο μισό επιφέρει, εξασθένηση των  $10 \log_{10} 2 = 3 \text{ db}$ . Το σχήμα δείχνει το εγγύτερο υπέρυθρο τμήμα του φάσματος, το οποίο είναι αυτό που χρησιμοποιείται στην πράξη. Το ορατό φως έχει ελαφρά μικρότερα μήκη κύματος, από 0,4 έως 0,7 μm (ένα μm είναι  $10^{-6}$  μέτρα).



-ΣΧΗΜΑ 6.3 ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΦΩΤΟΣ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΙΝΑ ΣΤΗΝ ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ-

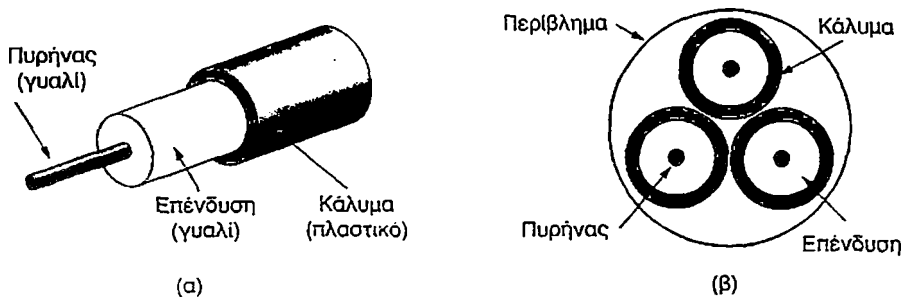
Στις επικοινωνίες χρησιμοποιούνται τρεις περιοχές μηκών κύματος. Τα κέντρα τους βρίσκονται στα 0,85, 1,30 και 1,55 μm, αντίστοιχα. Οι δύο τελευταίες περιοχές παρουσιάζουν καλές ιδιότητες εξασθένησης (λιγότερη από 5% ανά km). Η περιοχή των 0,85 μm παρουσιάζει υψηλότερη εξασθένηση, αλλά και την ιδιότητα, ότι σ' αυτό το μήκος κύματος τα ηλεκτρονικά και

τα laser μπορούν να κατασκευασθούν από το ίδιο υλικό (gallium arsenide). Και οι τρεις περιοχές έχουν εύρος 25.000 έως 30.000 GHz.

Όταν οι παλμοί του φωτός στέλνονται μέσα σε μια οπτική ίνα, απλώνονται καθώς διαδίδονται. Αυτό το άπλωμα ονομάζεται **διασπορά (dispersion)**. Η ποσότητα της εξαρτάται από το μήκος κύματος. Ένας τρόπος να αποφευχθεί η επικάλυψη των απλωμένων αυτών παλμών είναι να αυξηθεί η μεταξύ τους απόσταση, αλλά αυτό μπορεί να γίνει μόνον με μείωση του ρυθμού σηματοδότησης. Ευτυχώς, έχει ανακαλυφθεί ότι αν δοθεί στους παλμούς ένα ειδικό σχήμα που σχετίζεται με το αντίστροφο του υπερβολικού συνημίτονου, όλες οι συνέπειες της διασποράς εξουδετερώνονται και μπορεί να γίνει επιπλέον η μετάδοση παλμών για χιλιόμετρα χωρίς αξιοσημείωτη παραμόρφωση του σχήματος τους. Οι παλμοί αυτοί ονομάζονται **σολιτόνια (solitons)**. Ένα αξιοσημείωτο μέρος της έρευνας είναι αφιερωμένο στην προσπάθεια να βγουν τα σολιτόνια από το εργαστήριο και να μπουν στα υφιστάμενα συστήματα.

## ❶ Οπτικά Καλώδια

Τα καλώδια οπτικών ινών είναι παρόμοια με τα ομοαξονικά, μόνο που τους λείπει το πλέγμα. Το σχήμα 6.4 δείχνει μία οπτική ίνα όπως φαίνεται από τα πλάγια. Στο κέντρο βρίσκεται ο γυάλινος πυρήνας μέσω του οποίου διαδίδεται το φως. Στις πολύτροπες ίνες ο πυρήνας έχει διάμετρο 50 μρ, ίση περίπου με το πάχος της ανθρώπινης τρίχας. Σε μονότροπες ίνες ο πυρήνας είναι από 8 έως 10 μρ.



-ΣΧΗΜΑ 6.4 (α) ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΟΨΗ ΜΙΑΣ ΙΝΑΣ (β) ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΟΨΗ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΡΙΣ ΙΝΕΣ-

Ο πυρήνας είναι ντυμένος με περίβλημα γυαλιού με χαμηλότερο δείκτη διάθλασης από τον πυρήνα, ώστε να κρατηθεί όλο το φως μέσα στον πυρήνα. Πάνω απ' αυτό υπάρχει ένα πλαστικό στρώμα που προστατεύει το περίβλημα. Οι ίνες συνήθως ομαδοποιούνται σε δέσμες προστατευμένες από μια εξωτερική θήκη. Το σχήμα δείχνει μια θήκη με τρεις ίνες.

Τα επίγεια καλώδια οπτικών ινών συνήθως τοποθετούνται στο έδαφος σε βάθος ενός μέτρου, όπου δέχονται περιστασιακές επιθέσεις από εκσκαφείς ή αρουραίους. Κοντά στην παραλία, τα υπερ-ωκεάνια καλώδια οπτικών ινών θάβονται σε χαντάκια που ανοίγονται με τη βοήθεια ενός είδους θαλασσίου αρότρου. Σε βαθιά νερά απλά κάθονται κατώ βυθό, όπου μπορεί να πιαστούν στα δίκτυα των ψαράδων ή να φαγωθούν από σκυλόψαρα.

### Οι οπτικές ίνες μπορούν να συνδεθούν με τρεις διαφορετικούς τρόπους.

+Πρώτον, μπορούν να τερματίζονται σε ακροδέκτες (connectors) και να βυσματώνονται σε πρίζες ινών. Οι ακροδέκτες χάνουν περίπου 10% έως 20% του φωτός, αλλά διευκολύνουν την αναδιάταξη των συστημάτων.

+Δεύτερον, μπορούν να ενωθούν μηχανικά. Οι μηχανικές ενώσεις απλά τοποθετούν τα δύο προσεκτικά κομμένα άκρα αντικριστά σε μια ειδική θήκη και τα συγκρατούν. Η ευθυγράμμιση μπορεί να βελτιωθεί περνώντας φως μέσα από την ένωση και κάνοντας στη συνέχεια μικρές διορθώσεις, ώστε να μεγιστοποιηθεί το σήμα. Οι μηχανικές ενώσεις απαιτούν περίπου 5 λεπτά εργασίας από ειδικευμένο προσωπικό και επιφέρουν απώλεια 10% του φωτός.

Τρίτον, δύο κομμάτια ίνας μπορούν να τηχθούν, ώστε να σχηματίσουν μια στερεά ένωση. Μια σύντηξη είναι εξ ίσου καλή με μια ενιαία ίνα, αλλά ακόμη κι εδώ υπεισέρχεται μια μικρή ποσότητα εξασθένησης.

Και στους τρεις τύπους ενώσεων μπορούν να συμβούν ανακλάσεις στο σημείο της ένωσης και η ανακλώμενη ενέργεια μπορεί να παρεμβάλλει στο σήμα.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο είδη πηγών φωτός για τη σηματοδότηση, οι **Δίοδοι Εκπομπής Φωτός LED (Light Emitting Diodes)** και **laser ημιαγωγών**. Έχουν διαφορετικές ιδιότητες, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.5. Μπορούν να συντονισθούν, όσον αφορά το μήκος κύματος τους, με την εισαγωγή οργάνων μέτρησης της παρεμβολής τύπου **Fabry – Perot** ή τύπου **Mach - Zender**, μεταξύ της πηγής και της ίνας. Οι μετρητές παρεμβολής Fabry – Perot είναι απλές κοιλότητες συντονισμού αποτελούμενες από δύο παράλληλους καθρέπτες. Το φως προσπίπτει κάθετα στους καθρέπτες. Το μήκος της κοιλότητας παγιδεύει τα μήκη κύματος που χωρούν μέσα της ακέραιο αριθμό φορών. Οι μετρητές παρεμβολής Mach - Zender διαχωρίζουν το φως σε δύο ακτίνες.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	LED	ΗΜΙΑΓΩΓΙΚΟ LASER
ΡΥΘΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΧΑΜΗΛΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ
ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΠΟΛΥΤΡΟΠΟΣ	ΠΟΛΥΤΡΟΠΟΣ Ή ΜΟΝΟΤΡΟΠΟΣ
ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΓΑΛΗ
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	ΜΕΓΑΛΗ	ΜΙΚΡΗ
ΕΥΕΣΘΗΣΙΑ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ	ΕΛΑΦΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ
ΚΟΣΤΟΣ	ΧΑΜΙΛΟ	ΥΨΗΛΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1-ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΗΜΙΑΓΩΓΙΚΩΝ LASER ΚΑΙ ΤΩΝ LED ΩΣ ΠΗΓΩΝ ΦΩΤΟΣ-

Οι δύο ακτίνες διανύουν ελαφρά διαφορετικές αποστάσεις. Ανασυνδέονται στο τέλος και είναι σε φάση για συγκεκριμένα μόνο μήκη κύματος.

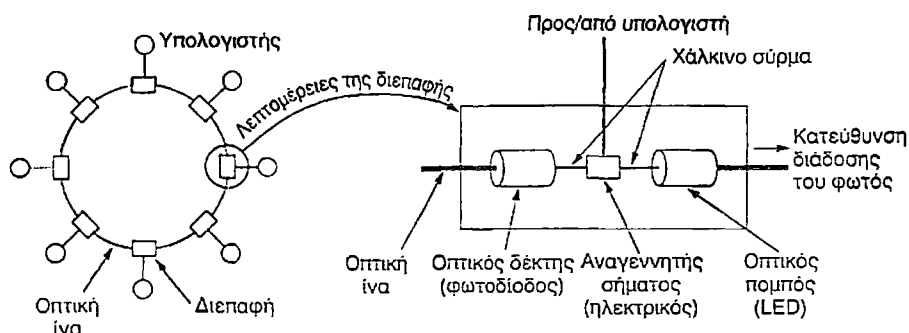
Το άκρο λήψης μιας οπτικής ίνας αποτελείται από μια φωτοδίοδο, η οποία παράγει έναν ηλεκτρικό παλμό όταν δεχθεί φως. Ο τυπικός χρόνος απόκρισης μιας φωτοδιόδου είναι 1 nsec, το οποίο περιορίζει τον ρυθμό δεδομένων στο 1 Gbps περίπου. Ο θερμικός θόρυβος αποτελεί επίσης ένα πρόβλημα κι έτσι ένας παλμός φωτός πρέπει να μεταφέρει αρκετή ενέργεια, ώστε να ανιχνευθεί. Με την επαρκή αύξηση της ενέργειας των παλμών, ο ρυθμός λαθών μπορεί να γίνει αυθαίρετα μικρός.



## ❶ Δίκτυα Οπτικών Ινών

Οι οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε LAN καθώς επίσης και για μεταδόσεις σε μεγάλες αποστάσεις, παρότι η σύνδεση είναι δυσκολότερη απ' ό,τι στο Ethernet. Ένας τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι η συνειδητοποίηση του γεγονότος ότι, στην πραγματικότητα, ένας δακτύλιος δεν είναι τίποτα άλλο παρά μια συλλογή ζεύξεων σημείο προς

σημείο, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η διεπαφή σε κάθε υπολογιστή περνά τον συρμό ακτινών φωτός προς την επόμενη ζεύξη και χρησιμεύει επίσης και ως διακλάδωση T, που επιτρέπει στον υπολογιστή να λαμβάνει και να στέλνει μηνύματα..



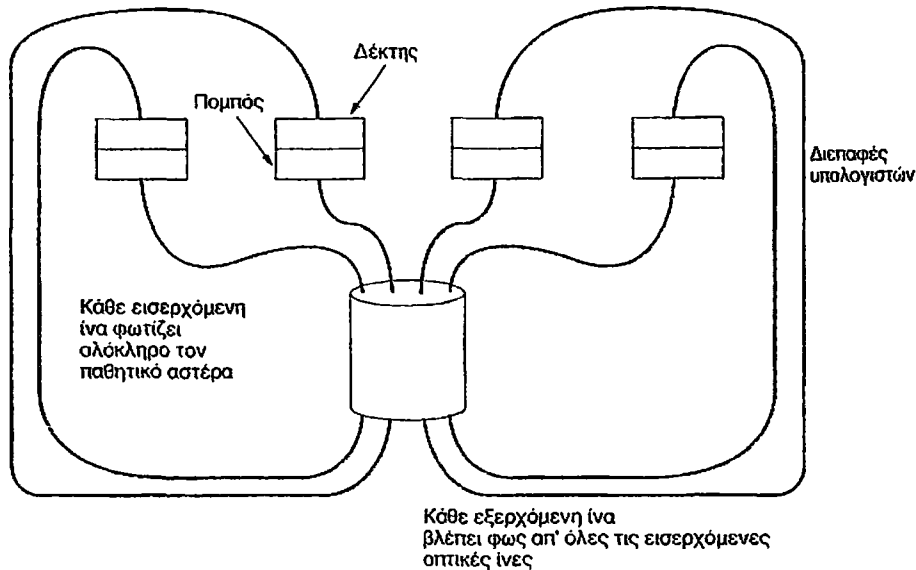
-ΣΧΗΜΑ 6.5 ΟΠΤΙΚΟΣ ΔΙΑΥΛΟΣ ΜΕ ΕΝΕΡΓΟΥΣ ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΕΣ-

Χρησιμοποιούνται δύο τύποι διεπαφών. Η παθητική διεπαφή απαρτίζεται από δύο απομαστεύσεις που έχουν συντηχθεί στην κύρια οπτική ίνα. Η μια απομάστευση έχει ένα LED ή ημιαγωγικό laser στο άκρο της (για μετάδοση) και η άλλη έχει μια φωτοδίοδο (για λήψη). Η απομάστευση είναι πλήρως παθητική και συνεπώς εξαιρετικά αξιόπιστη, επειδή ένα χαλασμένο ο LED ή φωτοδίοδος δεν διακόπτει τον δακτύλιο. Απλά, αποσυνδέει τον υπολογιστή.

Ο άλλος τύπος διεπαφής που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, είναι ένας **ενεργός επαναλήπτης (active repeater)**. Το εισερχόμενο φως μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα, αναγεννιέται πλήρως, αν έχει εξασθενήσει, και αναμεταδίδεται σαν φως. Η διεπαφή με τον υπολογιστή είναι ένα συνηθισμένο χάλκινο σύρμα που εισέρχεται στον αναγεννητή σήματος. Χρησιμοποιούνται επίσης καθαρά οπτικοί επαναλήπτες. Οι συσκευές αυτές δεν απαιτούν οπτικές-ηλεκτρικές-οπτικές μετατροπές, που σημαίνει ότι μπορούν να λειτουργήσουν σε εξαιρετικά μεγάλο εύρος ζώνης.

Εάν ένας ενεργός επαναλήπτης αστοχήσει, ο δακτύλιος σπάει και το δίκτυο πέφτει. Από την άλλη πλευρά, αφού το σήμα αναγεννιέται σε κάθε διεπαφή, οι μεμονωμένες ζεύξεις υπολογιστή προς υπολογιστή μπορούν να έχουν μήκος χιλιομέτρων με απεριόριστο, ουσιαστικά, συνολικό μέγεθος δακτυλίου. Οι παθητικές διεπαφές χάνουν φως σε κάθε διασταύρωση και έτσι ο συνολικός αριθμός υπολογιστών και το συνολικό μήκος του δακτυλίου περιορίζονται κατά πολύ.

Η τοπολογία δακτυλίου δεν είναι ο μοναδικός τρόπος για να κτισθεί ένα LAN με χρήση οπτικών ινών. Είναι επίσης δυνατό να έχουμε εκπομπή χρησιμοποιώντας τη διάταξη **παθητικού αστέρα (passive star)** του σχήματος 6.6. Στη σχεδίαση αυτή κάθε διεπαφή έχει μια ίνα από τον πομπό της μέχρι έναν γυάλινο κύλινδρο, με τις εισερχόμενες ίνες συντηγμένες στο ένα άκρο του κυλίνδρου. Παρόμοια, οι ίνες που έχουν συντηχθεί στο άλλο άκρο του κυλίνδρου φθάνουν μέχρι τους δέκτες. Οποτεδήποτε μια διεπαφή εκπέμπει παλμό φωτός, αυτός διαχέεται μέσα στον παθητικό αστέρα για να φωτίσει όλους τους δέκτες, επιτυγχάνοντας έτσι την εκπομπή. Στην πραγματικότητα, ο παθητικός αστέρας συνδυάζει όλα τα εισερχόμενα σήματα και μεταδίδει το αναμεμιγμένο αποτέλεσμα σ' όλες τις γραμμές. Αφού η εισερχόμενη ενέργεια μοιράζεται ανάμεσα σ' όλες τις εξερχόμενες γραμμές, ο αριθμός των κόμβων του δικτύου περιορίζεται από την ευαισθησία των φωτοδίοδων.



ΣΧΗΜΑ 6.6 ΣΥΝΔΕΣΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΑΣΤΕΡΑ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ-

### ❶ Σύγκριση Μεταξύ Οπτικών Ινών και Χάλκινων Καλωδίων

Εδώ είναι, χρήσιμη μια σύγκριση μεταξύ των οπτικών ινών και των χάλκινων καλωδίων. Οι οπτικές ίνες έχουν πολλά πλεονεκτήματα:

- Κατ' αρχάς, μπορούν να χειρισθούν πολύ μεγαλύτερο εύρος ζώνης απ' ότι τα χάλκινα καλώδια. Αυτό από μόνο του θα υπαγόρευε τη χρησιμοποίησή τους σε δίκτυα υψηλών επιδόσεων. Λόγω της χαμηλής εξασθένησης επαναλήπτες απαιτούνται μόνο κάθε 30 km περίπου στις γραμμές μεγάλου μήκους σε σχέση με τα 5 km για χάλκινα καλώδια, πράγμα που προσφέρει σημαντική οικονομία.
- Οι ίνες έχουν επίσης το πλεονέκτημα να μην επηρεάζονται από διακυμάνσεις της τάσης τροφοδοσίας, από τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές ή από τη διακοπή τροφοδοσίας. Ούτε επηρεάζονται από τυχόν διαβρωτικά αέρια χημικά, κάτι που τις κάνει ιδανικές για το σκληρό βιομηχανικό περιβάλλον.
- Παράδοξο, οι τηλεφωνικές εταιρείες προτιμούν τις οπτικές ίνες για ένα διαφορετικό λόγο: είναι λεπτές και ελαφρές. Πολλές από τις υπάρχουσες σωληνώσεις καλωδίων είναι πλέον εντελώς γεμάτες οπότε δεν υπάρχει χώρος για να προστεθεί νέα χωρητικότητα. Η απομάκρυνση όλων των χάλκινων καλωδίων και η αντικατάστασή τους με οπτικές ίνες ελευθερώνει το χώρο μέσα στις σωληνώσεις. Επιπλέον, ο χαλκός έχει εξαιρετική πηγή επαναπώλησης σε ανακυκλωτές χαλκού, που τον βλέπουν σαν πρώτης τάξεως ορυχείο. Επίσης, οι ίνες είναι ελαφρύτερες από το χαλκό. Χίλιοι διπλανωγοί μήκους 1 km ζυγίζουν 8.000 kg. Δύο ίνες διαθέτουν μεγαλύτερη χωρητικότητα και ζυγίζουν μόνο 100 kg, κάτι που μειώνει την ανάγκη για δαπανηρά συστήματα μηχανικής στήριξης. Όσον αφορά στην εγκατάσταση νέων διαδρομών, οι οπτικές ίνες κερδίζουν ασυζητητή, εξ αιτίας του πολύ χαμηλότερου κόστους εγκατάστασης.
- Τέλος, οι οπτικές ίνες δεν παρουσιάζουν διαρροές φωτός και οι υποκλοπές είναι πολύ δύσκολες. Το τελευταίο τις κάνει ιδιαίτερα ασφαλείς.
- Ο λόγος για τον οποίο οι ίνες υπερέχουν του χαλκού έγκειται στη φύση τους. Όταν τα ηλεκτρόνια κινούνται μέσα σ' έναν αγωγό, το ένα επηρεάζει το άλλο και όλα μαζί επηρεάζονται από τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται έξω από τον αγωγό. Τα φωτόνια μέσα σε μια ίνα δεν αλληλοεπηρεάζονται (δεν έχουν ηλεκτρικό φορτίο) και δεν επηρεάζονται από φωτόνια περιφερόμενα έξω από την ίνα.

Όσον αφορά στην αρνητική πλευρά, οι οπτικές ίνες είναι μια ασυνήθιστη τεχνολογία που απαιτεί προσόντα που δεν διαθέτουν οι περισσότεροι μηχανικοί. Αφού η οπτική μετάδοση είναι φύσει μονόδρομη, η αμφίδρομη επικοινωνία απαιτεί είτε δυο ίνες είτε δύο ζώνες συχνοτήτων στην ίδια ίνα. Τέλος, οι οπτικές διεπαφές κοστίζουν περισσότερο απ' ό,τι οι ηλεκτρικές. Πάντως, το μέλλον των σταθερών επικοινωνιών δεδομένων για αποστάσεις μεγαλύτερες από λίγα μέτρα είναι σαφέστατα οι οπτικές ίνες. Για μια λεπτομερή συζήτηση όλων των θεμάτων που αφορούν δίκτυα οπτικών ινών, δες (Grenn 1993).

## ◉ **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ**

Η ανάπτυξη των οπτικών ινών στην τεχνολογία μετάδοσης το οποίο καλείται *lightware* μετάδοση έχει ανοίξει μία νέα εποχή για την επικοινωνία. Οι ίνες μεταδίδουν διαμορφωμένο φως αντί για διαμορφωμένα ηλεκτρικά σήματα όπως αυτά χρησιμοποιούνται στα μεταλλικά καλώδια. Με άλλα λόγια οι ίνες μεταδίδουν φωτόνια αντί για ηλεκτρόνια. Μία οπτική ίνα σήμερα μπορεί να μεταδώσει μέχρι και 2500 εκατομμύρια bits ανά δευτερόλεπτο και υποστηρίζει 32000 παράλληλες τηλεφωνικές κλήσεις. Μπορεί επίσης να υποστηρίξει χιλιάδες συμπιεσμένα ψηφιακά κανάλια TV κάθε φορά. Οι οπτικές ίνες είναι η βάση για την εξάπλωση της τεχνολογίας τοπικών δικτύων υψηλών ταχυτήτων (LAN). Στις αναπτυσσόμενες χώρες, η τηλεπικοινωνιακή υποδομή βασίζεται στις οπτικές ίνες. Αυτή η υποδομή έχει μορφοποιηθεί από τα βασικά καλώδια και τα συστήματα μετάδοσης τα οποία υποστηρίζουν όλους τους τύπους επικοινωνίας, αρχίζοντας από τη τηλεφωνία και φτάνοντας ως τις σημείο προς σημείο γραμμές.

Οι οπτικές ίνες είναι σχετικά ένα φθινό φυσικό μέσο ειδικά για τις μακρινές αποστάσεις. Αυτό που κοστίζει πιο πολύ είναι τα συστήματα μετάδοσης τα οποία είναι προσαρτημένα κατά μήκος της ίνας, ειδικά αυτά που λειτουργούν σε υψηλή ταχύτητα. Αλλά αφότου εγκατασταθούν, μια οπτική ίνα δεν απαιτεί να εκμεταλλευθεί αμέσως όλη η χωρητικότητα. Πιο αργός και φθηνός εξοπλισμός μετάδοσης μπορεί αρχικά να χρησιμοποιηθεί, ενώ σχεδόν απεριόριστη χωρητικότητα είναι ενδεχομένως διαθέσιμη για μελλοντικές αναπτύξεις.

## 6.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΔΩΣΗ

[13]

◉ **H.261:** Το βασικό πρότυπο για βίντεο διάσκεψη και δια-πρακτικότητα των multimedia είναι ο H.261, ο οποίος καθορίζει διάφορες διαδικασίες για codecs ώστε επικοινωνεί σε ρυθμούς πλαισίου μέχρι 30 fps μέσα σε δίκτυα που αποτελούνται από πολλαπλές ευκολίες με εύρος ζώνης 64-Kbps.

Η CCITT υιοθέτησε τον τύπο H.261, γνωστό επίσης ως p\*64, ειδικά σχεδιασμένο να επιτύχει μεταφορά εικόνων βίντεο μέσα από ψηφιακά δίκτυα σε ρυθμούς δεδομένων που κυμαίνονται από 64 σε 2048 Kbps. Μέχρι τότε οι πωλητές βίντεο διάσκεψης χρησιμοποιούσαν ιδιοκτησιακές τυποποιήσεις με διάφορες τεχνικές συμπίεσης οι οποίες ήταν ασύμβατες μεταξύ τους και βελτιστοποιημένες για βίντεο διάσκεψης μεταδόσεις στα ιδιωτικά δίκτυα. Το H.261 περιέχει ένα τύπο συμπίεσης που βασίζεται στην τεχνική DCT και είναι παρόμοιο με το MPEG αλλά επιτρέπει πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης. Το H.261 «θυσιάζει» την ποιότητα βίντεο και το μέγεθος της εικόνας ώστε παράσχει βίντεο διάσκεψης ενδοπρακτικότητα στις τυποποιήσεις QCIF και CIF σε χαμηλότερο εύρος ζώνης 112- και 128-Kbps.

Πρωταρχικά αυτό το πρότυπο σχεδιάστηκε για έλεγχο από σημείο σε σημείο βίντεο διάσκεψης, αλλά η χρήση αυτής της τεχνολογίας τώρα επικαλύπτεται από τις εφαρμογές multimedia. Με την πρόοδο καινούριες λειτουργίες ήρθαν στο προσκήνιο οι οποίες απαιτούν παραπάνω πρότυπα μετάδοσης. Έτσι το H.261 αναπτύσσεται για να καλύψει έναν αριθμό από αποφασιστικές λειτουργίες.

○ **H.233:** Το πρότυπο αυτό καθορίζει μια μέθοδο για χρήση μιας μοναδικής απόκρυψης μεταξύ εξουσιοδοτημένων βίντεο διασκέψεων μερών πριν κάποια συνεργατική ενέργεια μπορεί να συμβεί. Δεν είναι ακόμα τελείως κατανοητό ποια θέματα πληροφορίας και δεδομένων ασφάλειας εμπλέκονται στην πολυμερή σύσκεψη των multimedia. Αυτά, μαζί με πρόσβαση από πολλούς χρήστες για συνεταιρισμό βάσεων δεδομένων, ευπαθή πληροφορία μάρκετινγκ και προσωπικό καταλόγων πρέπει να προστατευθεί για αξιοπιστία σε διάφορα επίπεδα της multipoint διάσκεψης.

Τέτοια θέματα είναι σημαντικά στις επικοινωνίες των multimedia στον ιατρικό χώρο και πρέπει να λυθούν πριν αυτά τα συστήματα χρησιμοποιηθούν ευρέως. Υπάρχουν πολλές εικόνες και βίντεο σε τέτοια ιατρικά περιβάλλοντα που περιέχουν υψηλά ευπαθή πληροφορίες σχετικές με ασθενείς, όπως την υγεία τους, ασθένειες, ιατρικές θεραπείες, οικονομικής κατάστασης και συνθήκες σχετικές με το σώμα και την ψυχή. Το πρότυπο απόκρυψης μπορεί να καταλήξει να είναι μια από τις πιο σημαντικές εξελίξεις οι οποίες θα λάβουν μέρος πριν οι ουσιαστικές συνεταιριστικές δραστηριότητες εξελιχθούν.

○ **H.320:** Το H.320 είναι η προσαρμογή CCITT προτύπου συμμόρφωσης που καθορίζει όλες τις τεχνικές απαιτήσεις για μεταφορά στενού εύρους ζώνης των ήχο-οπτικών συστημάτων. Το πρότυπο αυτό υποδηλώνει συμμόρφωση με τον βασικό τύπο κωδικοποίησης H.261, έναν αριθμό βοηθητικών τύπων και ένα νέο τύπο ηχητικής συμπίεσης. Αυτοί οι συνιστάμενοι τύποι περιλαμβάνουν τον H.221, ο οποίος ασχολείται με πλαισιωμένη πληροφορία. Ο H.230, για χειρισμό σημάτων ελέγχου και ένδειξης και ο H.242 ο οποίος ελέγχει την μετάδοση, εγκαθιστά και αποσυνδέει. Το νέο πρότυπο G.728, ο οποίος ασχολείται με την συμπίεση ήχου στα 16 Kbps, είναι επίσης μέλος αυτής της οικογένειας. Ο παρακάτω πίνακας κάνει περίληψη όλης της οικογένειας τύπων H.320 υιοθετημένων και σε εξέλιξη.

Όλοι οι τύποι H- έχουν υιοθετηθεί το 1990, ενώ ο G.728 εξεδόθη το 1992. Είναι ξεκάθαρο ότι αυτή η οικογένεια τύπων ακόμα εξελίσσεται και τα πρωτόκολλα multimedia και οι τύποι MPEG μπορεί να γίνουν μέρος του H.320. Ο H.320 είναι διαθέσιμος σε ένα απλό microchip την Ενοποιημένη Τεχνολογία Πληροφορία η οποία επίσης περιλαμβάνει JPEG, MPEG και άλλους αλγόριθμους. Η AT&T ανέπτυξε επίσης το σύνολο των μικροσίπ AVP το οποίο παρουσιάζει την ίδια λειτουργία.

MPEG-1	Κινούμενο βίντεο για multimedia	<b>Υιοθετημένο</b>
MPEG-2	Broadcast έκδοση του MPEG-1	<b>Υιοθετημένο</b>
JPEG	Still-Frame γραφικά για multimedia	<b>Υιοθετημένο</b>
MOTION-JPEG	JPEG κινούμενο video	<b>Ευρεία χρήση</b>
H.261	Κωδικοποίηση video γνωστό ως p*64	<b>Υιοθετημένο το 1990</b>
H.261 OPTION	Still-Frame επιλογή γραφικών	<b>Προτεινόμενο</b>
H.320	Συνολικές απαιτήσεις για N-ISDN	<b>Υιοθετημένο το 1990</b>
H.221	Μορφοποιημένη πληροφορία	<b>Υιοθετημένο το 1990</b>
H.230	Σήματα ελέγχου και ένδειξης	<b>Υιοθετημένο το 1990</b>
H.242	Τερματικές ικανότητες ανταλλαγής	<b>Υιοθετημένο το 1990</b>
H.233	Απόψεις απόκρυψης και ασφάλειας	<b>Εξελίσσεται</b>
H.231/H.243	Πολλαπλός βαθμός βίντεο διάσκεψης	<b>Εξελίσσεται</b>
NO NUMBER	Μετάδοση μη video δεδομένων	<b>Προτεινόμενο</b>
G.711	64-Kbps κωδικός παλμού διαμόρφωσης ήχου	<b>Υιοθετημένο το 1984</b>
G.722	48/56/64-Kbps προσαρμοστικό διαφορικό	<b>Υιοθετημένο το 1986</b>
G.728	16-Kbps μεταφορά ήχου	<b>Υιοθετημένο το 1992</b>

**-ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2 ΤΥΠΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ VIDEO-**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

# ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

### 7.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

[5]

Οι διαλογικές (interactive) επικοινωνίες πολυμέσων σημαίνουν την αμφίδρομη επεξεργασία δεδομένων πολυμέσων ανάμεσα στους χρήστες και σε μια ποικιλία πηγών και προορισμών, παρουσιάζοντας έτσι έναν αριθμό ζητημάτων σχετικά με τη μορφή των αντικειμένων που μεταδίδονται, τη χωρητικότητα εύρους ζώνης (bandwidth) του δικτύου, τη φύση και τον αριθμό των συνεργαζόμενων μερών. Όλα αυτά περιπλέκονται και άλλο καθώς οποιοσδήποτε αριθμός χρηστών (συνήθως εργαζόμενοι σε επιχειρήσεις) θα πρέπει να μπορεί να λάβει μέρος κάθε στιγμή σε μια τηλεδιάσκεψη και να χειριστεί αποδοτικά αντικείμενα πολυμέσων. Τέτοιου είδους αντικείμενα μπορεί να έχουν από τη μορφή μιας απλής ανάκτησης κειμένου έως τη μετατροπή μιας πολύπλοκης τρισδιάστατης εικόνας ενός μορίου, το πρώτο από τα οποία απαιτεί bandwidth 1Kbps, ενώ το δεύτερο περίπου 800Mbps throughput.

### ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Στα δίκτυα πολυμέσων υπάρχει μια μεγάλη γκάμα αντικειμένων όπως κείμενο, γραφικά, ήχος και εικόνα κάθε ένα από τα οποία απαιτεί διαφορετική τιμή bandwidth, για έγκαιρη μετάδοση μέσω των δικτύων, η οποία εξαρτάται και από τη συνολική εφαρμογή όπου εντάσσονται. Τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε bandwidth έχουν τα υψηλής ποιότητας video με συγχρονισμένο ήχο που πρέπει να μεταδοθούν σε πραγματικό χρόνο με αποτέλεσμα τέτοιες μεταδόσεις να είναι εφικτές μόνο όταν συνδυαστούν με συμπίεση δεδομένων.

Η ποικιλία αυτή των αντικειμένων πολυμέσων πρέπει να μεταδοθεί πάνω από ιδιωτικά ή δημόσια δίκτυα ή κάποιο συνδυασμό αυτών με αποτέλεσμα να υπάρχουν διάφοροι τύποι αναλογικών και ψηφιακών συνδέσεων, των οποίων οι διαμορφώσεις προσφέρουν διαφορετικές δυνατότητες bandwidth. Χαρακτηριστικά μπορεί να έχουν τιμή 10Kbps για τις παραδοσιακές τηλεφωνικές γραμμές ή ακόμα και 1.2Gbps χωρητικότητα για τα υψηλής ταχύτητας ATM δίκτυα. Οι χωρητικότητες σε εύρος ζώνης εξαρτώνται επίσης και από τη φύση του μέσου μετάδοσης, όπως χάλκινα καλώδια, ομοαξονικά καλώδια ή οπτικές ίνες και από τους μηχανισμούς μεταγωγής και interface.

Ο σχεδιασμός συστημάτων πολυμέσων είναι πολύ δύσκολος καθώς η κίνηση του δικτύου εξαρτάται και από «τυχαίους» χρήστες που μπορεί να έχουν πρόσβαση σε πολυμεσικές βάσεις δεδομένων ή να παίρνουν μέρος σε μια τηλεδιάσκεψη, απαιτώντας έτσι μεγάλο μέρος του bandwidth. Οι σχεδιαστές του συστήματος πρέπει να θέσουν ως άνω όριο στις απαιτήσεις του εύρους ζώνης τις χειρότερες περιπτώσεις σχετικά με την κίνηση (traffic) του δικτύου. Τέτοιες



απαιτήσεις μπορούν έπειτα να συγκριθούν με το συνολικό διαθέσιμο εύρος ζώνης όλων των σχετικών εγκαταστάσεων, για να καθοριστεί το κατά πόσο οι καθυστερήσεις είναι ανεκτές για όλους τους χρήστες του συστήματος. Επειδή στα συστήματα αυτά εμπεριέχεται η έννοια του απρόβλεπτου, αναπτύσσονται οι προϋποθέσεις για την εμφάνιση ειδικευμένων υπηρεσιών μετάδοσης πολυμέσων να εκμισθώνουν εύρος ζώνης κατ'απαίτηση (leasing bandwidth on demand) για όσο χρόνο το χρειάζονται.

Μία άλλη, αν και όχι και τόσο καλή λύση, είναι να μπορούν όλα τα μονοπάτια του δικτύου να χειριστούν και να ανταπεξέλθουν στις πιο απαιτητικές μεταδόσεις πολυμέσων πραγματικού χρόνου για το μεγαλύτερο αριθμό χρηστών. Το κόστος όμως ενός δικτύου με τέτοιες μέγιστες τιμές throughput θα ήταν απαγορευτικό.

Ο συνολικός σχεδιασμός ενός δικτύου πολυμέσων πρέπει να λαμβάνει υπόψη και το κόστος που έχουν οι απαιτήσεις του. Για να είναι δυνατή η ελαχιστοποίηση του κόστους και η βελτίωση της απόδοσης, πρέπει να αναγνωρισθούν τα μέρη του δικτύου στα οποία οι χρήστες δεν απαιτούν μέγιστη χωρητικότητα εύρους ζώνης και οι συνδέσεις τους να υποβαθμιστούν αναλόγως. Από την άλλη μεριά, εξαιτίας των συνεχώς μεταβαλλόμενων απαιτήσεων από τα περιβάλλοντα εργασίας, όλες οι εγκαταστάσεις του δικτύου πρέπει να επιλέγονται, έτσι ώστε να προστατεύονται οι υπάρχουσες επενδύσεις και να υπάρχει η δυνατότητα για μελλοντικές επεκτάσεις της χωρητικότητας του εύρους ζώνης, με το μικρότερο κόστος και τη μεγαλύτερη ευκολία.

Σε τελική ανάλυση ένα δίκτυο πολυμέσων πρέπει να προσφέρει δυνατότητες για πραγματικού χρόνου διασκέψεις, που σημαίνει δικτυακές εγκαταστάσεις με υψηλές χωρητικότητες εύρους ζώνης. Πρέπει επίσης να υπάρχουν εξειδικευμένοι videosevers για αναλογικά και ψηφιακά δεδομένα, συστήματα τηλεδιάσκεψης, μονάδες ελέγχου πολλαπλών σημείων και προϊόντα λογισμικού για σύνδεση στο internet. Το πιο σημαντικό όμως είναι να έχει τη δυνατότητα ένας χρήστης να συνδέεται με εργαζόμενους σε διάφορες επιχειρήσεις, μέσα από δημόσια κυκλώματα και δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης χωρίς να προκαλεί προβλήματα στο δίκτυο πολυμέσων.

## ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ

Το εύρος ζώνης μίας σύνδεσης μετάδοσης (bandwidth of a transmission link) ορίζεται ως η ποσότητα των δεδομένων την οποία μπορεί να μεταδώσει ένα συγκεκριμένο μέσο σε μια δοσμένη μονάδα χρόνου. Βασίζεται στη χωρητικότητα του μέσου μετάδοσης, και μετριέται συνήθως σε bits/sec (bps), kilobits/sec (Kbps) ή megabits/sec (Mbps). Εξαρτάται από τον τύπο των καλωδίων και των συνδέσεων που διαμορφώνουν ένα μέρος της εγκατάστασης. Αυτά ποικίλουν από τα παραδοσιακά χάλκινα καλώδια στα τηλεφωνικά δίκτυα, μέχρι τα ομοαξονικά καλώδια της καλωδιακής τηλεόρασης και τις οπτικές ίνες που χρησιμοποιούνται για εγκαταστάσεις μετάδοσης και δίκτυα κορμού (backbone) και επηρεάζουν έμμεσα την ποιότητα μετάδοσης.

Κάθε πολυμεσικό αντικείμενο μπορεί να μεταδοθεί μέσω οποιασδήποτε γραμμής ή δικτύου, αλλά μόνο αν το εύρος ζώνης της εγκατάστασης είναι επαρκές θα είναι αξιόπιστη και χωρίς προβλήματα η μετάδοση. Η παραπάνω πρόταση ισχύει κυρίως για τη μετάδοση video που βασίζεται ιδιαίτερα στο χρόνο (time-sensitive) και απαιτεί συνεχή μεγάλο εύρος ζώνης χωρητικότητα. Υπάρχουν όμως –ανάλογα με τους χρήστες– διαφορετικές απαιτήσεις για την ποιότητα της μετάδοσης. Οι μεταβλητές που καθορίζουν την ποιότητα μετάδοσης video για δοσμένο bandwidth είναι το μέγεθος της εικόνας, ο ρυθμός πλαισίου και η συμπίεση δεδομένων.

Όταν η κίνηση πολυμεσικών δεδομένων δρομολογείται σε διαφορετικά τοπικής και ευρείας περιοχής δίκτυα (LANs και WANs) καθώς και εγκαταστάσεις διαδικτύων, το συνολικό bandwidth ενός συστήματος εξαρτάται επίσης από τις ταχύτητες των διάφορων μηχανισμών μεταγωγής που εμπλέκονται στη δρομολόγηση. Η ποιότητα μετάδοσης σε τέτοιες περιπτώσεις είναι ιδιαίτερα δύσκολο να επιτευχθεί στις επικοινωνίες πολυμέσων, αφού αυτές μπορεί να απαιτούν μετάδοση πάνω από πολλές εγκαταστάσεις δικτύων με διαφορετικά μηχανήματα, και ποικίλες συνθήκες φόρτου, οι οποίες επίσης μεταβάλλονται με το χρόνο.

## ● **Επίπεδα πολυπλοκότητας.**

Οι υπάρχουσες δομές δικτύων απαιτούν επιπλέον υλικό και λογισμικό για να παρέχουν δυνατότητες πολυμέσων μέχρι τα γραφεία των υπολογιστών (desktop), αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό την πολυπλοκότητα τέτοιων συστημάτων. Για να μπορούν να λειτουργούν σαν σταθμοί διάσκεψης οι προσωπικοί υπολογιστές γραφείου πρέπει να αναβαθμιστούν και να περιέχουν κάρτες γραφικών video, κάμερες, ηχεία, ακουστικά και μικρόφωνα. Τα CD-ROMs αποτελούν συνήθως μέρος οποιασδήποτε πολυμεσικής πλατφόρμας και χρησιμοποιούνται για την αναπαραγωγή off-line εφαρμογών, αν και ακόμα και μερικές on-line εφαρμογές μπορεί να απαιτούν τοπική πρόσβαση σε συγκεκριμένες CD-ROM βάσεις δεδομένων. Στο μέλλον οπτικοί δίσκοι εγγραφής θα χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα σαν αποθήκες για μεγάλες πολυμεσικές μεταδόσεις και σαν αρχεία συζητήσεων σε τηλεδιασκέψεις.

Υπάρχοντες client-servers, που χρησιμοποιούν δημοφιλή λειτουργικά συστήματα δικτύου, μπορούν να αναβαθμιστούν με νέες εκδόσεις αυτών, που έχουν ενσωματωμένες δυνατότητες επεξεργασίας πολυμέσων. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με τα λειτουργικά συστήματα των υπολογιστών γραφείου. Έτσι μπορούν να υποστηρίξουν πολυμεσικά αντικείμενα δεδομένων που εξαρτώνται από το χρόνο (time-sensitive), όπως ψηφιακά video και ήχο. Οι χρήστες σήμερα βλέπουν ότι πολλά προϊόντα λογισμικού όπως επεξεργαστές κειμένου, λογιστικά φύλλα, προγράμματα για e-mail, βάσεις δεδομένων και παρόμοια πακέτα περιλαμβάνουν συνδέσμους και interfaces για επεκτάσεις πολυμέσων στα λειτουργικά συστήματα. Τέτοια παραδείγματα είναι το Video για Windows, οι επεκτάσεις της IBM για το OS/2 Presentation Manager ή το QuickTime της Apple. Από την πλευρά του videosever, υπάρχει ειδικό software που παρέχει συγχρονισμό εικόνας και ήχου, και εξασφαλίζει άμεση πρόσβαση σε πηγές που είναι αποθηκευμένες σε αυτόν, είτε βρίσκονται στο δίκτυο.

Ο videosever παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στις δυνατότητες που μπορεί να παρέχει ένα δίκτυο πολυμέσων. Είναι ένας εξειδικευμένος client-server που χειρίζεται την κίνηση των video, η οποία πρέπει να είναι ολοκληρωμένη πάνω σε υπάρχουσες δομές LAN δικτύων. Οι videosevers πολλές φορές μπορεί να αποτελούν ένα πολύπλοκο μέρος σταθμών εργασίας υψηλής απόδοσης. Η λειτουργία τους είναι να τοποθετήσουν σε πλαίσια συμπιεσμένα σήματα video για μετάδοση πάνω από ένα τοπικό δίκτυο, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο από συσκευές συμπίεσης video για να είναι δυνατές οι απαιτούμενες μεταβλητού bandwidth μεταδόσεις. Οι videosevers είναι επίσης αυτοί που εκτελούν τις λειτουργίες σύνδεσης σε υπηρεσίες μεταγωγής πακέτου (circuit-switching services) και σε δημόσια συστήματα τηλεδιάσκεψης, και τέλος μπορούν να μετατρέψουν αναλογικά σήματα τηλεόρασης και VHS σε συμπιεσμένο ψηφιακό video.

## ● **Συμφωνία κίνησης πολυμέσων και χωρητικότητας εύρους ζώνης.**

Το κλειδί για την κατανόηση και την επίλυση όλων των θεμάτων των επικοινωνιών πολυμέσων είναι το ερώτημα του κατά πόσο η κίνηση της πολυμεσικής πληροφορίας και η χωρητικότητα εύρους ζώνης των δικτύων βρίσκονται σε συμφωνία. Είναι προφανές ότι οι απαιτήσεις σε εύρος ζώνης αυξάνουν εκθετικά καθώς οι μεταδόσεις πολυμέσων απλών κειμένων και γραφικών, επεκτείνονται για να συμπεριλάβουν εικόνες, μουσική, video και οπτικοποιήσεις (visualizations).

Ένα καλό παράδειγμα στην περίπτωση αυτή είναι η χρήση του τηλεφώνου. Μία μέση μετάδοση φωνητικών σημάτων πάνω από το παραδοσιακό τηλεφωνικό σύστημα (Plain Old Telephone System, POTS) χρησιμοποιεί χωρητικότητα εύρους ζώνης που εκτείνεται από 6 μέχρι 44Kbps. Οι γραμμές που χρησιμοποιούνται από αυτό το τηλεφωνικό σύστημα έχουν bandwidth 10Kbps, που σημαίνει ότι η μετάδοση μουσικής σε τέτοιες γραμμές, αν και είναι εφικτή, δε θα είναι υψηλής πιστότητας ανεξάρτητα από το πόσο καλή είναι η πηγή. Το εύρος ζώνης των γραμμών είναι επίσης αρκετό για τη μετάδοση κειμένου που απαιτεί τιμές από 2 έως 10Kbps. Παρ' όλα αυτά η χρησιμοποίηση μιας τέτοιας γραμμής σε συνδυασμό με ένα χαμηλής ταχύτητας modem, για ένα κείμενο των 2Kbytes θα απαιτούσε 8Kbps για μετάδοση.

Θεωρητικά οι γραμμές του παραδοσιακού τηλεφωνικού συστήματος θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να μεταδώσουν μία εικόνα 24-bit χρωμάτων ενός υπολογιστή με ανάλυση 640x480, αλλά θα χρειαζόταν 3 με 4 ώρες για να μεταδοθούν με τα χαμηλότερης ταχύτητας modems και πολλά λεπτά, ακόμα και αν οι γραμμές είχαν πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα εύρους ζώνης. Όμως για την αναπαραγωγή κίνησης εικόνας (motion) συγκρίσιμη με τη μετάδοση τηλεόρασης, είναι απαραίτητη η εμφάνιση 30 τέτοιων εικόνων το δευτερόλεπτο, το οποίο είναι αδύνατο χωρίς συμπίεση και εγκαταστάσεις μετάδοσης υψηλότερου bandwidth.

### • **Animation.**

Το animation ορίζεται ως μια ακολουθία εικόνων που είναι σχεδιασμένες να εμφανίζονται με 16fps, για να δημιουργούν την αντίληψη της κίνησης. Ο ρυθμός πλαισίου αυτός δημιουργεί μια ικανοποιητική προσομοίωση της κίνησης, αν και ακολουθίες animation μπορούν να παραχθούν με οποιοδήποτε ρυθμό πλαισίου, στον οποίο θα κινούνται κατά μήκος της οθόνης για τη δημιουργία ειδικών εφέ. Τα περισσότερα αντικείμενα animation είναι γραφικά (graphics), αρκετά μικρότερα από την οθόνη, αν και μερικές ακολουθίες εικόνων μπορεί να είναι ιδιαίτερα πολύπλοκες. Οι σχεδιαστές ασκούν σημαντικό έλεγχο πάνω από τις ακολουθίες animation, οι οποίες μπορούν να τροποποιηθούν έτσι ώστε να μειωθούν οι απαιτήσεις σε εύρος ζώνης χωρίς να επηρεάζεται η ποιότητα της παρουσίασης. Σε αντίθεση με το πραγματικό video, όπου η εικόνα είναι έξω από τον έλεγχο του σχεδιαστή καθώς είναι μια αναπαράσταση της πραγματικότητας όπως αποτυπώθηκε από μία κάμερα.

Οι υψηλής ποιότητας ακολουθίες animation απαιτούν bandwidth περίπου ίσο με 20Mbps και συνήθως χρησιμοποιείται συμπίεση για να μειωθεί η τιμή αυτή. Είναι ακόμη πιθανό σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας ή περίπλοκες οπτικοποιήσεις, να χρειάζεται σημαντικά μεγαλύτερη χωρητικότητα εύρους ζώνης για μετάδοση και αποθήκευση.

### • **Οπτικοποίηση (visualization).**

Η οπτικοποίηση (visualization) εμπεριέχει τρισδιάστατο imaging και animation πολύπλοκων δομών και σχεδίων, που συχνά χρειάζεται να γίνονται σε πραγματικό χρόνο. Οι εφαρμογές του είναι πολλές και ιδιαίτερα δύσκολες. Στην αναπαράσταση των αντικειμένων υπάρχει μεγάλο πλήθος μεταβλητών, όπως φωτισμός, σκιάς, αντανακλάσεις και κινήσεις κάτω από συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες προσομοίωσης. Τέτοιας μορφής διεργασίες έχουν τεράστιες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης και τις καθιστούν ως τις πιο απαιτητικές μεταδόσεις πολυμεσικών δεδομένων. Οι τιμές που χρειάζονται ποικίλουν από 0.64Mbps για σχετικά απλές εφαρμογές της χημείας μέχρι 800Mbps για την ακριβή αναπαράσταση των μορίων της φυσικής. Γενικότερα οι οπτικοποιήσεις βρίσκονται συνήθως ανάμεσα στα 100Mbps και τα 1000Mbps (1Gbps).

## ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΗΧΟΥ

[4] Στα δίκτυα πολυμέσων ένα άλλο πολύ σημαντικό θέμα, που πρέπει να αντιμετωπιστεί από την αρχή για την παραγωγή αποδεκτών αποτελεσμάτων, αφορά τη συνεχή μετάδοση ήχου και το γεγονός ότι ούτε οι πιο μικρές διακοπές σε αυτήν δεν είναι ανεκτές.

Είτε ο ήχος μεταδίδεται σε πραγματικό χρόνο είτε όχι, είναι απολύτως απαραίτητο να παίζει συνεχώς, καθώς δεν μπορεί να διακοπεί ούτε για ένα κλάσμα του δευτερολέπτου χωρίς να γίνει αντιληπτό αμέσως από το ανθρώπινο αυτί. Συγκριτικά, κατά τη μετάδοση video είναι δυνατό ολόκληρα frames της εικόνας να εξαλειφθούν είτε ηθελημένα, είτε κατά λάθος χωρίς να το παρατηρήσει ο χρήστης, ενώ αυτό δεν είναι επιτρεπτό στη μετάδοση ήχου. Το θέμα αυτό είναι πρώτιστης σημασίας όταν εικόνα και ήχος πρέπει να συγχρονιστούν για ταυτόχρονη μετάδοση.

### • **Bit rates.**

Ήχος που περιέχει ομιλία καλής ποιότητας απαιτεί χωρητικότητα εύρους ζώνης κάπως υψηλότερη από αυτήν των γραμμών του παραδοσιακού τηλεφωνικού συστήματος, από 32 έως 66Kbps. Αυτό σημαίνει ότι γραμμές switched-56 ή basic-rate ISDN με 128Kbps bandwidth θα ήταν καλύτερες για τέτοιες μεταδόσεις. Ακόμα όμως και σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχουν προβλήματα, καθώς η μετάδοση του ήχου θα έπρεπε να δεσμεύσει εξολοκλήρου τις γραμμές, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση της υπόλοιπης κίνησης. Το γεγονός αυτό δείχνει πόσο σημαντική είναι η συμπίεση δεδομένων στη μετάδοση ήχου. Για παράδειγμα ένα αναλογικό μη συμπίεσμένο φωνητικό σήμα που περιέχει ομιλία ποιότητας «τηλεφώνου» απαιτεί 64Kbps, ενώ συμπίεσμένο μπορεί να φτάσει τα 32, 16 ή ακόμα και τα 4Kbps, ανάλογα με τον αλγόριθμο συμπίεσης που εφαρμόζεται.

Από την άλλη μεριά στα τοπικά δίκτυα (LANs) η χωρητικότητα εύρους ζώνης δεν αποτελεί πρόβλημα. Μεταδόσεις φωνητικών σημάτων, ακόμα και υψηλής πιστότητας ήχου ποιότητας ανάλογης των CD, που σημαίνει δειγματοληψία 16-bit στέρεο με ρυθμό 44.1KHz, απαιτούν bandwidth 1.4Mbps, που είναι μέσα στα όρια εύρους ζώνης των γραμμών T-1. Η τιμή όμως αυτή μπορεί να μειωθεί δραματικά αν συμπεστούν τα δεδομένα, έτσι ώστε να απαιτούνται μόλις 192 ή 176Kbps, χωρίς να υπάρχει κανένας συμβιβασμός στο θέμα της ποιότητας.

### • **Καθυστερήσεις μετάδοσης.**

Ένα πολύ πιο σημαντικό ζήτημα στην αλληλεπιδραστική (interactive) μετάδοση ήχου ή στα φωνητικά μηνύματα (voicemail) είναι το πρόβλημα της καθυστέρησης και του τρεμοπαίγματος (jitter). Αφού ένα άτομο ξεκινήσει μια ομιλία ή η μουσική αρχίζει να παίζει, συνεχείς καθυστερήσεις είναι αξιοπρόσεκτες και ιδιαίτερα ενοχλητικές για το ανθρώπινο αυτί. Άρα είναι επιθυμητό η διατήρηση της συνέχειας του ήχου να βρίσκεται σε απόλυτη προτεραιότητα σε αυτές τις μεταδόσεις.

Διάφορες μελέτες υποδεικνύουν ότι η μέγιστη ανεκτή καθυστέρηση στην ομιλία είναι 600ms, αλλά η εμπειρία δείχνει ότι στις επικοινωνίες μέσω δορυφόρων ακόμα και μια καθυστέρηση της τάξης των 250ms είναι ενοχλητική, παρά το γεγονός ότι δεν επηρεάζει τη συνοχή του μηνύματος. Αποτέλεσμα αυτού ήταν να είναι πλέον κοινά αποδεκτό ότι στην αλληλεπιδραστική ομιλία η μέγιστη από άκρο ως άκρο καθυστέρηση, που είναι ανεκτή και περνά απαρατήρητη είναι περίπου 100ms. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι για τα μονοπάτια μετάδοσης που περιλαμβάνουν LAN-WAN-LAN δίκτυα με FDDI δίκτυα κορμού (backbones), η ανεκτή καθυστέρηση των 100ms είναι το συνολικό άθροισμα όλων των ανεξάρτητων καθυστερήσεων, των στοιχείων που αποτελούν όλα τα εμπλεκόμενα δίκτυα. Μια άλλη τεχνική δυσκολία στις συνομιλίες μεταξύ ατόμων είναι η ηχώ, που μπορεί να αναπαράγεται αν δε ληφθούν ορισμένες τεχνικές για την αποφυγή της, ή αν η συνολική από άκρο ως άκρο καθυστέρηση μετάδοσης ξεπερνά μια συγκεκριμένη τιμή. Το άνω όριο της μονόδρομης καθυστέρησης, πάνω από το οποίο πρέπει να εφαρμοστούν τεχνικές περιορισμού της ηχούς έχει οριστεί στα 24ms.

Για τις εφαρμογές εκείνες στις οποίες απαιτείται ανταπόκριση από το σύστημα μετά από κάποια φωνητική είσοδο, η συνολική καθυστέρηση βρίσκεται σε πιο ανεκτικά όρια από 200 μέχρι 1000ms περίπου. Έτσι η μονόδρομη καθυστέρηση είναι αντίστοιχα από 100 έως 500ms. Ακόμα στα συστήματα εικονικής πραγματικότητας η ανάδραση πρέπει να συμβαίνει σε λιγότερο από 100ms μετά την είσοδο, επομένως μια ανεκτή καθυστέρηση μετάδοσης για ένα δίκτυο είναι γύρω στα 40ms.

### • **Συγχρονισμός ήχου και εικόνας.**

Μια ειδική περίπτωση στην καθυστέρηση ήχου είναι όταν μεταδίδεται ταυτόχρονα με κάποιο video. Τότε εκτός από τις καθυστερήσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω πρέπει να ληφθεί υπόψη και αυτή του ήχου με την εικόνα. Ένα απλό παράδειγμα είναι όταν παράλληλα με την ομιλία ενός ατόμου μεταδίδεται και η εικόνα του, οπότε και είναι απαραίτητο να υπάρχει ο κατάλληλος

συγχρονισμός. Στην περίπτωση αυτή η διαφορά μεταξύ εικόνας και ήχου πρέπει να είναι μικρότερη από 100ms.

## ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ VIDEO

Η πιο σημαντική ίσως μετάδοση στα δίκτυα πολυμέσων είναι αυτή του κινούμενου video (motion video), καθώς ο αριθμός των εφαρμογών που απαιτούν τέτοια μεταφορά είναι πλέον πολύ μεγάλος και συνεχώς αυξανόμενος.

### Χαμηλής-ποιότητας video.

[5] Το video-τηλέφωνο (videophone) είναι ένα παράδειγμα χρήσης χαμηλής-ποιότητας video που λειτουργεί πάνω από αναλογικές γραμμές, απαιτώντας μόλις 10Kbps bandwidth σε συμπιεσμένη μορφή. Παρέχει μια πραγματικού χρόνου, χαμηλού κόστους, από άκρη ως άκρη, αλληλεπιδραστική συσκευή video-διάσκεψης με το πάτημα ενός κουμπιού, αλλά η ποιότητα του video στα συστήματα αυτά είναι πολύ φτωχή για να συμπεριληφθεί στις επικοινωνίες πολυμέσων.

Η ποιότητα του video εξαρτάται από το ρυθμό πλαισίου, το μέγεθος της εικόνας, και τη συμπίεση των δεδομένων. Για τη μείωση των απαιτήσεων σε εύρος ζώνης τα video-τηλέφωνα εμφανίζουν πολύ μικρές εικόνες στην οθόνη μεγέθους από 1.5 έως 6 ίντσες. Επιπρόσθετα, οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούν πολύ χαμηλούς ρυθμούς πλαισίων για να δημιουργήσουν μια αντίληψη της κίνησης. Ενώ η ελάχιστη τιμή για συνεχόμενη κίνηση είναι περίπου 15fps (πλαίσια ανά δευτερόλεπτο), τα video-τηλέφωνα χρησιμοποιούν ρυθμούς από 5 μέχρι 10fps, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να τρεμοπαίζει το video και να είναι ιδιαίτερα κακής ποιότητας.

Παρόλα αυτά, αυτού του είδους το video χρησιμοποιείται από πολλές εφαρμογές, επειδή οι απαιτήσεις του σε bandwidth κυμαίνονται από 100Kbps μέχρι 1.5Mbps, τιμές στις οποίες συνήθως ανταποκρίνονται αρκετές εγκαταστάσεις δημόσιου φορέα.

### Ποιοτική μετάδοση video.

Η ποιοτική μετάδοση συμπιεσμένου video, η οποία εξαρτάται από το χρόνο, μπορεί να διαιρεθεί σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την ποιότητα της εικόνας, που είναι μια λειτουργία της αναλογίας συμπίεσης που χρησιμοποιείται. Η αναλογία αυτή με τη σειρά της εξαρτάται από το διαθέσιμο εύρος ζώνης που υπάρχει για μια τέτοια μετάδοση. Το μεσαίας-ποιότητας (medium-quality) συμπιεσμένο video είναι αποτέλεσμα μετάδοσης πάνω από εγκαταστάσεις χωρητικότητας εύρους ζώνης μέχρι 6Mbps, ενώ το υψηλής-ποιότητας είναι εφικτό για τιμές από 6 έως 24Mbps.

### Μεσαίας-ποιότητας video.

Στην κατηγορία αυτή το video μεταδίδεται συνήθως με 30fps, αλλά συνήθως εμφανίζεται στην οθόνη σε παράθυρα  $\frac{1}{4}$  ή  $\frac{1}{2}$  μεγέθους ή σε ακόμα μικρότερα για κάποιες περιπτώσεις. Αυτή είναι μια μορφή συμβιβασμού για να μεταδίδεται ποιοτικό video σε εγκαταστάσεις με σχετικά χαμηλές απαιτήσεις σε χωρητικότητα εύρους ζώνης, που είναι συνήθως τα συστήματα φέροντος T-1 με 1.54Mbps bandwidth. Οι γραμμές T-1 χρησιμοποιούνται ευρέως για τη σύνδεση mainframe και τοπικών δικτύων, αλλά η διάδοση των primary-rate ISDN τις κάνει ανταγωνιστικές, αφού μπορούν και αυτές να παρέχουν εύρος ζώνης της τάξης των 1.54Mbps.

Γνωστά παραδείγματα της μεσαίας-ποιότητας video είναι η ποιότητα εκπομπής τηλεόρασης (broadcast-quality TV), και η VCR ποιότητα τηλεόρασης (VCR-quality TV). Η πρώτη είναι αυτή που χρησιμοποιείται για τη συμβατική εκπομπή της τηλεόρασης, και η δεύτερη είναι εκείνη που παρατηρείται στις γνωστές κασέτες του video όταν γράφεται σε αυτές κάποιο πρόγραμμα της τηλεόρασης. Η broadcast-ποιότητα τηλεόρασης, εφαρμόζοντας συμπίεση τύπου MPEG-2 απαιτεί περίπου 6Mbps, με τη δυνατότητα να μειωθεί περαιτέρω μέχρι και τα 2Mbps. Αντίστοιχα η πιο φτωχή VCR-ποιότητα μετάδοσης, εφαρμόζοντας MPEG-1 συμπίεση απαιτεί 1.2Mbps εύρος ζώνης

και έτσι δίνει τη δυνατότητα να αφιερωθούν περίπου 200Kbps για τον ήχο σε ένα κανάλι χωρητικότητας 1.4Mbps.

### **Υψηλής-ποιότητας video.**

Σταθμοί εργασίας υψηλής απόδοσης με ανάλυση οθόνης 1280x1024 ή μεγαλύτερη που λειτουργούν στις 100 (ή περισσότερες) εκατομμύρια εντολές το δευτερόλεπτο (MIPS) είναι οι κύριοι καταναλωτές του video υψηλής-ποιότητας. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές έρευνας, και πολλές τέτοιες μονάδες συνδέονται μέσω ενός δικτύου και τρέχουν λειτουργικά συστήματα UNIX.

Το υψηλής-ποιότητας video για τέτοιου είδους εφαρμογές απαιτεί χωρητικότητες εύρους ζώνης που εκτείνονται από τα 6 μέχρι τα 24Mbps, ανάλογα με την ανάλυση της οθόνης και τον τύπο των υπολογισμών. Αυτό σημαίνει ότι τα τυπικά LANs που παρέχουν 10 έως 16Mbps throughput μπορεί να μην προσφέρουν αρκετό bandwidth για να υποστηρίξουν εξειδικευμένες απαιτήσεις, κυρίως όταν πολλοί χρήστες εμπλέκονται σε μια διάσκεψη εργασίας ταυτόχρονα. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υψηλότερης χωρητικότητας συνδέσεις όπως T-3 με 46Mbps ή FDDI και άλλα τοπικά δίκτυα των 100Mbps που αναπτύσσονται.

Ένα πολύ γνωστό παράδειγμα στην κατηγορία αυτή είναι η υψηλής-ευκρίνειας τηλεόραση (high-definition TV, HDTV), που χρησιμοποιεί ανάλυση εικόνας 1920x1080 και ρυθμό πλαισίου ίσο με 60fps. Το μοντέλο αυτό, το οποίο συχνά αναφέρεται και ως υψηλής-ανάλυσης/υψηλού-ρυθμού-πλαισίου, απαιτεί bandwidth 2Gbps χωρίς συμπίεση και από 20 έως 34Mbps, εάν εφαρμοστεί ένας καλός αλγόριθμος συμπίεσης αναλογίας ακόμα και 100:1. Το υψηλής-ανάλυσης/συμβατικού-ρυθμού-πλαισίου μοντέλο που είναι παρόμοιο με το παραπάνω, αλλά έχει ρυθμό πλαισίου 24fps, με συμπίεση χρειάζεται χωρητικότητα εύρους ζώνης μεταξύ 15 και 25Mbps.

### **Ολοκληρωμένη video-διάσκεψη.**

Υπάρχουν διάφορες μορφές video-διάσκεψης, από τις οποίες η πιο γνωστή είναι η διάσκεψη πολυμέσων, που πολλές φορές αναφέρεται ως ολοκληρωμένη video-διάσκεψη. Αυτή επιτρέπει στους χρήστες να παίρνουν μέρος σε συνεδριάσεις ή διασκέψεις, ενώ ταυτόχρονα να βλέπουν και να κάνουν μετατροπές σε κείμενα, γραφικά και εικόνες. Μερικά τέτοια συστήματα μπορεί να χρησιμοποιούν δύο οθόνες αφιερωμένες στο video και για γραφικά και δεδομένα. Όταν οι μεταδόσεις γίνονται με χωρητικότητα εύρους ζώνης από 128 έως 384Kbps, τότε χρησιμοποιώντας συμπίεση δεδομένων τα συστήματα αυτά μπορούν να χειριστούν πολλούς χρήστες και ταυτόχρονες συσκέψεις. Αυτό σημαίνει τοπικά δίκτυα και συνδέσεις τύπου switched-56, switched-384, T-1, ή ISDN. Τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν ειδικό hardware για τη συμπίεση και προσφέρουν εικόνες με 15fps, που είναι το κατώφλι για την αντίληψη της κίνησης. Με εγκαταστάσεις μετάδοσης υψηλότερου εύρους ζώνης μπορούν να εμφανίζουν video με 30fps και να επικοινωνούν με άλλα συστήματα video-διάσκεψης, με τη χρήση πολύπλοκων μονάδων ελέγχου πολλαπλών σημείων (multipoint control units, MCUs). Τα συνηθισμένα circuit-based συστήματα video-διάσκεψης πάνω από δίκτυα των 128Kbps, χρησιμοποιώντας συμπίεση, απαιτούν περίπου τα 98 με 112Kbps από αυτά, επιτρέποντας έτσι τη δέσμευση των υπολοίπων 20 ή 16Kbps αντίστοιχα, για τις ανάγκες του ήχου.

### **Απαιτήσεις Μεταφοράς Στατικών Εικόνων.**

Αν και η μεταφορά εικόνων στα δίκτυα πολυμέσων είναι συνήθως αντίστοιχη της μετάδοσης οποιωνδήποτε αρχείων δεδομένων, υπάρχουν κάποιες ιδιομορφίες που πρέπει να προσεχθούν. Τα αρχεία των εικόνων μπορεί να είναι ιδιαίτερα μεγάλα σε μέγεθος, να εξαρτώνται από το χρόνο ή να πρέπει να μεταδοθούν και να παραληφθούν σε μία συγκεκριμένη σειρά. Επίσης σε κάποιες περιπτώσεις είναι ανεκτές μικρές τροποποιήσεις στις εικόνες, ενώ συνήθως η μεταφορά των υπολοίπων αρχείων πρέπει να είναι απόλυτα ακριβής.

Ένα απλό πλαίσιο ψηφιοποιημένης εικόνας μπορεί να έχει μέγεθος από 10Kbits έως 500Kbits, ανάλογα με τις πραγματικές διαστάσεις της εικόνας, την ανάλυση των pixels, το βαθμό λεπτομέρειας και τα χρώματα που περιέχει. Κατά μέσο όρο μη-συμπιεσμένες εικόνες μιας πλήρους οθόνης καταλαμβάνουν 512Kbits, αλλά υψηλής πιστότητας εικόνες, που πλησιάζουν την ποιότητα της φωτογραφίας, μπορεί να απαιτούν έως 60 Mbits.

Το βάθος των χρωμάτων παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στη μετάδοση της εικόνας. Μια εικόνα ανάλυσης 640x480 (VGA format) και με βάθος 24-bit δίνει μέχρι και 16.7 εκατομμύρια διαφορετικά χρώματα. Όμως μια τέτοια εικόνα χρειάζεται 3 φορές περισσότερο χρόνο για να μεταδοθεί από την ίδια εικόνα των 8-bit, που δίνει μόλις 256 χρώματα, αλλά θα ήταν αρκετή για πολλές πολυμεσικές εφαρμογές, εκτός από μερικές εξειδικευμένες. Έτσι μια ασυμπιεστη εικόνα όχι και τόσο καλής ποιότητας με 24bit βάθος χρωμάτων απαιτεί 900Kbytes, ενώ με 4bit (το κατώτατο όριο) μόλις 150Kbytes. Αν εφαρμοστεί συμπίεση στην πρώτη περίπτωση, μπορεί να καταλαμβάνει μέχρι και 36Kbytes μόνο.

Εκτός όμως από την ανάλυση τύπου VGA ευρύτατα χρησιμοποιείται πλέον και η σχεδόν τέσσερις φορές υψηλότερη 1280x1024. Μία τέτοιας μορφής εικόνα καταλαμβάνει χώρο περίπου 4Mbytes ασυμπιεστη, ενώ με έναν αποδοτικό αλγόριθμο συμπίεσης μειώνεται στα 160Kbytes μόλις.

Η μετάδοση στατικών εικόνων δεν εξαρτάται γενικά από το χρόνο, επομένως ο ρυθμός μετάδοσης για μία μη-συμπιεσμένη εικόνα με πλήρες βάθος χρωμάτων των 1.2min σε ένα κανάλι με 128Kbps, είναι συνήθως αποδεκτός. Ακόμα πιο αργές μεταδόσεις μπορεί να είναι ανεκτές όταν η ανάκτηση της εικόνας δε γίνεται στις ώρες αιχμής ή τη νύχτα. Υπάρχουν όμως και οι περιπτώσεις κατά τις οποίες η ανάκτηση και η μετάδοση των εικόνων, πρέπει να συνοδεύουν πραγματικού χρόνου πολυμεσικές διασκέψεις και συνεργαζόμενες διαδικασίες. Κάτω από αυτές τις συνθήκες μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπίεση εικόνας για να μειώσει σημαντικά το χρόνο της μετάδοσης. Χρησιμοποιώντας για παράδειγμα, την αναλογία συμπίεσης JPEG 10:1, η ταχύτητα τη μετάδοσης μιας εικόνας ανάλυσης 640x480 24-bit χρωμάτων, μπορεί να αυξηθεί από 1.2min στα 7.2sec.

Αν και οι απαιτήσεις σε χωρητικότητα εύρους ζώνης ενός δικτύου τις περισσότερες φορές δεν είναι εύκολα προβλέψιμες, στην περίπτωση της μετάδοσης στατικών εικόνων η λύση βρίσκεται στη σωστή επιλογή των ενσωματωμένων (built-in) συσκευών συμπίεσης στα λειτουργικά συστήματα. Οι συσκευές αυτές θα είναι ικανές να παρέχουν μια επιλογή αναλογιών συμπίεσης και ταχυτήτων μετάδοσης, με τις οποίες θα μπορούν να μεταδοθούν οι εικόνες μέσω ενός δικτύου. Η ποιότητα της εικόνας είναι βέβαια αντιστρόφως ανάλογη της αναλογίας συμπίεσης, αλλά πλέον υπάρχουν και αλγόριθμοι συμπίεσης χωρίς απώλειες, οι οποίοι διατίθενται με τις τελευταίες εκδόσεις υλικού και λογισμικού πολυμέσων.

### **Απαιτήσεις Σφαλμάτων.**

Όπως είναι βέβαια γνωστό σε καμιά μετάδοση οποιωνδήποτε δεδομένων στα δίκτυα, δεν είναι δυνατό να αποφευχθούν ορισμένα σφάλματα, τα οποία έχουν συνήθως να κάνουν με αλλοιωμένη πληροφορία ή μέρος της πληροφορίας που δε φτάνει ποτέ στον προορισμό της. Στα πολυμεσικά δεδομένα αν προκύψουν σφάλματα σε κάποια bits ή χαθούν μερικά, μπορεί να μη δημιουργηθεί πρόβλημα στο τελικό αποτέλεσμα, αλλά ο βαθμός της ανεκτικότητας διαφέρει ανάλογα με το είδος της εφαρμογής και των αντικειμένων που αυτή απαιτεί.

Παρακάτω ακολουθούν κάποιες χαρακτηριστικές τιμές που δεν πρέπει να υπερβαίνει ο ρυθμός σφαλμάτων στα bit (bit error rate), για μερικές από τις περιπτώσεις που έχουν ήδη αναφερθεί.

- Στην περίπτωση μετάδοσης ήχου φωνητικών σημάτων ποιότητας τηλεφώνου ο λόγος του υπολειπόμενου σφάλματος (residual bit error rate) πρέπει να είναι μικρότερος από  $10^{-2}$ . Αντίστοιχα για μεταδόσεις ήχου υψηλής-πιστότητας, ποιότητας ανάλογης των CD η τιμή

πρέπει να είναι μικρότερη από  $10^{-3}$  αν γίνονται χωρίς συμπίεση, ενώ  $10^{-4}$  αν χρησιμοποιείται συμπίεση.

- Για τις εφαρμογές video-διάσκεψης αν ο ρυθμός σφαλμάτων είναι  $10^{-5}$ , θα εμφανίζονται δύο συνεχόμενα λανθασμένα πλαίσια εικόνας κάθε ένα δευτερόλεπτο, ενώ για ρυθμό  $10^{-9}$  μόνο μία φορά στις 3 ώρες.
- Στην μετάδοση ποιότητας εκπομπής τηλεόρασης ο μέσος όρος εμφάνισης δύο συνεχόμενων σφαλμάτων θα είναι 20ms, αν ο ρυθμός σφαλμάτων είναι  $10^{-5}$ . Δηλαδή θα υπάρχουν περίπου 2 λάθη σε κάθε πλαίσιο εικόνας, ή αλλιώς 50 εσφαλμένα bits ανά δευτερόλεπτο. Η τιμή αυτή μπορεί να μειωθεί στο ένα πλαίσιο με ένα εσφαλμένο bit κάθε 4 λεπτά με ένα ρυθμό της τάξης του  $10^{-9}$ .
- Τέλος για την περίπτωση ποιοτικής μετάδοσης video HDTV, χρησιμοποιώντας αλγορίθμους συμπίεσης, ένας ρυθμός σφαλμάτων ίσος με  $10^{-5}$  θα έχε ως αποτέλεσμα 4 εσφαλμένα bits/frame, δηλαδή 240 εσφαλμένα bits/sec. Για το λόγο αυτό ένας αποδεκτός ρυθμός σφαλμάτων είναι  $10^{-9}$ , έτσι ώστε να εμφανίζονται κατά μέσο όρο δύο συνεχόμενα πλαίσια εικόνας με ένα εσφαλμένο bit κάθε ένα λεπτό.

Στα δίκτυα πολυμέσων η συνήθης τεχνική αντιμετώπισης των σφαλμάτων είναι η χρησιμοποίηση τεχνικών πρόσθιας διόρθωσης σφαλμάτων (forward error correction, FEC), που βασίζονται στην πρόσθεση bits ελέγχου πάνω στα bits της πληροφορίας. Με τη βοήθεια των bits ελέγχου ο δέκτης εντοπίζει και διορθώνει τα σφάλματα χωρίς να χρειαστεί επανεκπομπή. Με τον τρόπο αυτό υπάρχει η δυνατότητα να μειωθεί ο λόγος του υπολειπομένου σφάλματος των bits μέχρι και 4 τάξεις μεγέθους.

## ΆΛΛΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

[3]

Τελευταίες αναφέρονται μερικές άλλες απαιτήσεις που είναι απαραίτητες από κάποιες συγκεκριμένες εφαρμογές.

### ■ **Απαιτήσεις multicasting.**

Η πολλαπλή μετάδοση (multicasting) σημαίνει τη μετάδοση δεδομένων από μια πηγή σε ένα υποσύνολο πιθανών προορισμών και μπορεί να διαιρεθεί σε δύο υποκατηγορίες ανάλογα με το σύνολο των προορισμών. Η πρώτη είναι η πολλαπλή μετάδοση σε κλειστές ομάδες, όπου το σύνολο των προορισμών είναι αυστηρά προκαθορισμένο και μόνο μετά από κάποια μορφή εξουσιοδότηση –συνήθως της πηγής– μπορεί να αυξηθεί. Η δεύτερη είναι η πολλαπλή μετάδοση σε ανοιχτές ομάδες, κατά την οποία οποιοσδήποτε κόμβος θελήσει έχει τη δυνατότητα να προστεθεί ή να αφήσει την «ομάδα μετάδοσης» αμέσως.

Είναι αρκετές οι εφαρμογές στα δίκτυα πολυμέσων οι οποίες απαιτούν την πολλαπλή μετάδοση δεδομένων. Οι συνηθισμένες απαιτήσεις είναι οι ακόλουθες:

- ☞ Πολλαπλή μετάδοση ροής bit και πολλαπλή μετάδοση ροής block (*bit stream and block stream multicasting*).
- ☞ Η μεγάλης κλίμακας οπτικοακουστική κατανομή σεμιναρίων και εκδηλώσεων, απαιτεί πολλαπλή μετάδοση είτε στο επίπεδο της ροής bit, ή στο επίπεδο της ροής πλαισίων, κυψελών (cell) ή πακέτων.
- ☞ Η κατανομή ραδιοφωνικών ή τηλεοπτικών προγραμμάτων απαιτεί πολλαπλή μετάδοση ροής bit ή block.
- ☞ Μεγάλης κλίμακας ή ευρέως κατανεμημένη εργασία σε πολλά άτομα απαιτεί πολλαπλή μετάδοση ροής bit ή block.
- ☞ Πολλαπλή μετάδοση εγγράφων ή μηνυμάτων.



- ✓ Η κατανομή πολυμεσικών εγγράφων απαιτεί εγκαταστάσεις δικτύων που εξασφαλίζουν τη βέλτιστη αντιγραφή τους.
- ✓ Παρομοίως η χρήση λιστών κατανομής στην αποστολή πολυμεσικών μηνυμάτων απαιτεί αναπαραγωγείς μηνυμάτων.

### **■ Απαιτήσεις *caching* και *mirroring*.**

Οι καθρέπτες και οι κρυφές μνήμες (*mirrors and caches*) έχουν κάτι κοινό με τα στοιχεία της πολλαπλής μετάδοσης, αφού ο σκοπός τους είναι να μειώσουν τον φόρτο του δικτύου ελαχιστοποιώντας τις άχρηστες πανομοιότυπες μεταφορές. Το *mirroring* είναι μία τεχνική κατά την οποία ανακαλούνται ολοκληρωμένα αντίγραφα ή αποθήκες αρχείων, που περιέχουν πληροφορίες που προσπελαύνονται συχνά από τους χρήστες. Οι δομές δεδομένων ανακαλούνται συνήθως σε χρονικές στιγμές που δεν υπάρχει μεγάλος φόρτος δικτύου, είναι μεγάλες και αποτελούνται από κομμάτια που ζητούνται πολύ συχνά, αλλά και από μέρη που δε ζητούνται ποτέ. Σε αντίθεση, το *caching* είναι μια τεχνική κατά την οποία κάποιες πληροφορίες πληροφορίες που είναι συχνά προσπελάσιμες, αντιγράφονται σε κάποια κρυφή μνήμη του συστήματος και κρατώνται εκεί. Κατάλληλοι αλγόριθμοι κρατούν μόνο τα κομμάτια εκείνα της πληροφορίας που έχουν τη μεγαλύτερη πιθανότητα να ζητηθούν.

Εξαιτίας των μεγάλων όγκων πληροφορίας που είναι απαραίτητες στις περισσότερες πολυμεσικές εφαρμογές οι χρήστες έχουν την απαίτηση να τις προσπελαύνουν χωρίς να περιμένουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Έτσι οι απαιτήσεις στις τεχνικές *caching* και *mirroring* είναι ιδιαίτερα αυξημένες και πρέπει να μπορούν να υλοποιούνται από κάθε δίκτυο πολυμέσων, με τέτοιο τρόπο ώστε να αποκρύπτονται από το χρήστη, αλλά να του προσφέρουν μεγαλύτερη ταχύτητα πρόσβασης, ελαπύνοντας ταυτόχρονα την κίνηση στο δίκτυο.

## 7.2 ΑΡΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

[5]

### ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΤΟΠΙΚΟΥ (LAN) ΔΙΚΥΤΟΥ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

Πολλά τοπικά δίκτυα που χρησιμοποιούνται σήμερα προσφέρουν εύρη ζώνης που κυμαίνονται από 4 έως 16Mbps και μπορούν να χειριστούν ψηφιακές επικοινωνίες υψηλής ταχύτητας μέσα σε χώρους εργασίας και τμήματα. Γενικά αυτά τα δίκτυα περιορίζονται σε επικοινωνίες μέσα σε ένα κτήριο ή σε κοντινές εγκαταστάσεις. Ακόμα τα τοπικά δίκτυα είναι σχεδιασμένα ώστε να χειρίζονται κυκλοφορία μικρών πακέτων δεδομένων που εμφανίζεται ξαφνικά και κατά διαστήματα και όχι συνεχή ροή πληροφοριών που απαιτείται από πολυμεσικές μεταδόσεις *video* και ήχου.

Οι χρήστες των τοπικών δικτύων είναι σήμερα συνηθισμένοι σε γρήγορες και ικανοποιητικές μεταφορές πληροφορίας, αν και αυτή συνήθως αφορά κείμενα και δεδομένα σε μορφή αποθήκευσης ή προώθησης. Ήδη υπάρχει μία όλο ένα και αυξανόμενη απαίτηση για υψηλότερη απόδοση (*throughput*) οδηγούμενη από τον αυξανόμενο αριθμό χρηστών και την εκτεταμένη χρήση γραφικών και εικόνων. Μέσα στα επόμενα χρόνια η αποθήκευση και ανάκτηση πολυμεσικών αντικειμένων για εφαρμογές αλληλεπίδρασης (*interactive applications*) αναμένεται να εκτοξευθεί. Οι απαιτήσεις απόδοσης για τέτοια κυκλοφορία πολυμέσων θα είναι εκατοντάδες ή ακόμη και χιλιάδες φορές μεγαλύτερες από ότι για συμβατικό κείμενο και μεταφορά δεδομένων. Ωστόσο οι χρήστες θα απαιτούν η μετάδοση των πολυμέσων να γίνεται όσο γρήγορα εκτελούνταν και οι συμβατικές εργασίες των τοπικών δικτύων. Αυτό σημαίνει ότι τα υπάρχοντα δίκτυα θα πρέπει να τροποποιηθούν ώστε να χειρίζονται τέτοιου είδους κυκλοφορία και νέες υποδομές πρέπει να αναπτυχθούν για να αντικαταστήσουν τις ανεπαρκείς δικτυακές αρχιτεκτονικές.

Οι κατασκευαστές hardware μπορούν εύκολα να και χωρίς μεγάλο κόστος να προσθέσουν πολυμεσικές ικανότητες στα PC και τους σταθμούς εργασίας. Έτσι είναι αναπόφευκτο ότι οι τελικοί χρήστες, εξοπλισμένοι με multimedia δυνατότητες, αργά ή γρήγορα θα απαιτούν τη διακίνηση πολυμέσων μέσω δικτύου. Τότε θα αντιληφθούν ότι η μετάδοση Video ή ήχου δεν μπορεί να εκτελεστεί ικανοποιητικά από τα τοπικά δίκτυα που περιγράψαμε παραπάνω. Για παράδειγμα η μετάδοση video πρέπει να είναι συνεχής, ενώ η τηλεδιάσκεψη πρέπει να είναι πραγματικού χρόνου και ταυτόχρονα συνεχής. Σαν αποτέλεσμα, υπάρχει η ανάγκη να τροποποιήσουμε τις υπάρχουσες αρχιτεκτονικές προκειμένου να χειρίζονται πολυμεσικές επικοινωνίες αλληλεπίδρασης πραγματικού χρόνου και να εξασφαλίσουν ότι τέτοιες μεταδόσεις υλοποιούνται χωρίς ανυπόφορες καθυστερήσεις και μεγάλους χρόνους απόκρισης.

Από την άλλη πλευρά, τα υπάρχοντα τοπικά δίκτυα αντιπροσωπεύουν σημαντικές επενδύσεις από τους χρήστες τους. Μια μεγάλη πρόκληση για τους διαχειριστές δικτύων είναι να αναπτύξουν στρατηγικές τοπικών και μητροπολιτικών δικτύων που επιτρέπουν σταδιακή αναβάθμιση των δικτυακών υποδομών ώστε να χειρίζονται πολυμεσικές επικοινωνίες ικανές να υποστηρίζουν εφαρμογές αλληλεπίδρασης όπου αυτό είναι αναγκαίο. Αυτή η προσέγγιση δίνει τη μέγιστη επενδυτική προστασία στα υπάρχοντα συστήματα τοπικών δικτύων και δικτύων ευρείας περιοχής (WAN).

### ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ΤΟΠΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Η τοπολογία ενός τοπικού ορίζεται ως ο τύπος σύνδεσης μεταξύ προσωπικών υπολογιστών και σταθμών εργασίας που δουλεύουν σε ένα δίκτυο. Υπάρχουν πολλές τοπολογίες τοπικών δικτύων όπως διαύλου, αστέρα, δακτυλίου, δέντρου και διχτύου. Οι τοπολογίες διαύλου και δακτυλίου είναι οι πιο κοινές.

Ομοιόμορφα πρωτόκολλα και διασυνδέσεις (interfaces) επιτρέπουν την εύκολη σύνδεση διαφορετικών δικτύων όποια και αν είναι η τοπολογία. Πολλά τοπικά δίκτυα είναι συνδεδεμένα σε επιχειρηματικές εγκαταστάσεις, μητροπολιτικά δίκτυα ή δίκτυα ευρείας περιοχής που συνδέονται με μεγάλο εύρος ζώνης καλώδια οπτικής ίνας (π.χ FDDI, ATM). Τα WAN από την άλλη πλευρά συνδέονται διαμέσου δημόσιων ή ιδιωτικών ψηφιακών υπηρεσιών με άλλα δίκτυα σε όλο το κόσμο.

Η φύση της σύνδεσης ενός τερματικού σε ένα LAN ποικίλει και εξαρτάται από την τοπολογία. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν είναι όλες οι τοπολογίες κατάλληλες για τη κυκλοφορία αλληλεπιδραστικής πολυμεσικής πληροφορίας. Εντούτοις με κάποια πρόσθετα έξοδα μπορούμε να προσαρμόσουμε κάθε τοπολογία στη παραπάνω απαίτηση χρησιμοποιώντας ειδικά μεγάλου εύρους interface, δρομολογητές ή "έξυπνα hub". Καθώς μεγαλώνουν συνεχώς οι χωρητικότητες σε εύρος ζώνης των LAN τίθεται πιο έντονα η απαίτηση να μην αγνοείται στα μελλοντικά σχέδια η φύση και η ένταση της κυκλοφορίας της πολυμεσικής πληροφορίας.

#### ■ **Η τοπολογία διαύλου.**

Η μορφή του διαύλου συνίσταται σε μία κοινή για όλους γραμμή με εύρος ζώνης 10Mbps. Οι διάφοροι σταθμοί συνδέονται απευθείας στο δίκτυο και τα σήματα ταξιδεύουν και στις δύο κατευθύνσεις του διαύλου και κάθε μετάδοση ανιχνεύεται από όλους τους άλλους σταθμούς. Εάν ένας σταθμός προσπαθήσει να μεταδώσει ασυμπιεσμένο video που απαιτεί γύρω στα 30Mbps το δίκτυο θα καταρρεύσει. Η τοπολογία του διαύλου θα μπορούσε να αποδώσει στη περίπτωση που λίγοι σταθμοί μεταδίδουν συμπιεσμένα ρεύματα video που απαιτούν έως 2Mbps.

#### ■ **Η τοπολογία δακτυλίου.**

Οι συνδεδεμένοι σταθμοί σχηματίζουν κύκλο και τα σήματα ταξιδεύουν προς μία κατεύθυνση. Τα πακέτα προωθούνται από τον ένα σταθμό στο γειτονικό του έως να συμπληρωθεί ο κύκλος και

να αποσυρθούν από τον αποστολέα τους. Η τοπολογία αυτή απαιτεί switches παράκαμψης σε κάθε σταθμό ώστε το δίκτυο να λειτουργεί ακόμα και όταν κάποιος σταθμός είναι ανενεργός. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα τοπικά δίκτυα δακτυλίων με κουπόνι της IBM που προσφέρουν εύρος ζώνης από 4 έως 16Mbps. Στη πράξη αυτό σημαίνει 5-6 ταυτόχρονες μεταδόσεις συμπιεσμένου Video (με τη προϋπόθεση ότι δεν υπάρχει άλλη κυκλοφορία στο δίκτυο).

### ***Η τοπολογία δέντρου.***

Σε αυτή τη τοπολογία το δίκτυο είναι μόνο μερικώς φορτωμένο όταν γίνεται μία μετάδοση. Ένα παράδειγμα αυτής της αρχιτεκτονικής είναι τα τοπικά τηλεφωνικά συστήματα. Τα χαρακτηριστικά της αυτά τη καθιστούν ιδιαίτερα σημαντική για multimedia επικοινωνία. Στη πράξη η προσέγγιση της τμηματοποίησης των LAN δικτύων για multimedia χρήσεις εκμεταλλεύεται τα χαρακτηριστικά αυτά και δίνει στο τοπικό δίκτυο τη μορφή της τοπολογίας δέντρου.

### ***Η τοπολογία αστέρα.***

Η τοπολογία αστέρα μπορεί να θεωρηθεί ως ειδική περίπτωση μιας ενός επιπέδου τοπολογίας δέντρου στην οποία κάθε σταθμός είναι συνδεδεμένος με ένα κεντρικό κόμβο ή σημείο σύνδεσης (hub). Αυτό το σημείο σύνδεσης κατευθύνει τη ροή της πολυμεσικής κυκλοφορίας δρομολογώντας μεταδόσεις σε άλλους σταθμούς. Με αυτό το τρόπο γίνεται ένα σύστημα εκπομπής και λογικά είναι όμοια με την τοπολογία διαύλου. Όλα τα προβλήματα σχετικά με την κυκλοφορία πολυμέσων στη τοπολογία διαύλου θα υπάρχουν και εδώ εκτός εάν ο κεντρικός κόμβος είναι ένα «έξυπνο» hub σχεδιασμένο να κάνει διακρίσεις ανάμεσα στις διάφορες μεταδόσεις. Μερικές τοπολογίες αστέρα έχουν ξεχωριστούς σταθμούς συνδεδεμένους μεταξύ τους δημιουργώντας μεταξύ τους ένα δακτύλιο. Αυτό συνεπάγεται όλα τα προβλήματα που σχετίζονται με αυτή τη τοπολογία. Σε μερικές περιπτώσεις η τοπολογία δέντρου μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα εξωτερικό επίπεδο ενός μικροκατανεμημένου αστέρα.

### ***Η τοπολογία πλέγματος.***

Η τοπολογία πλέγματος η πιο σύνθετη τοπολογία από όλες τις άλλες. Σε αυτή τη περίπτωση οι σταθμοί μπορούν να έχουν συνδέσεις με τους περισσότερους από τους άλλους σταθμούς. Η τοπολογία πλέγματος μπορεί να συγκριθεί με την τοπολογία δακτυλίου ακολουθώντας τα σχέδια τοπολογίας μερικού δέντρου ή αστέρα. Έτσι προσφέρει περιορισμένη δυνατότητα για απευθείας χειρισμό κυκλοφορίας πολυμέσων γιατί πολλές συνδέσεις πρέπει να αναβαθμιστούν για να χειρίζονται πολυμέσα. Εντούτοις, όπως και με όλες τις άλλες τοπολογίες, μπορεί να αναδιαταχθεί μερικά ή συνολικά με «έξυπνα» hub σε ένα πρόσθετο κόστος. Στο παρακάτω σχήμα (7.1) παρουσιάζονται οι βασικές τοπολογίες.

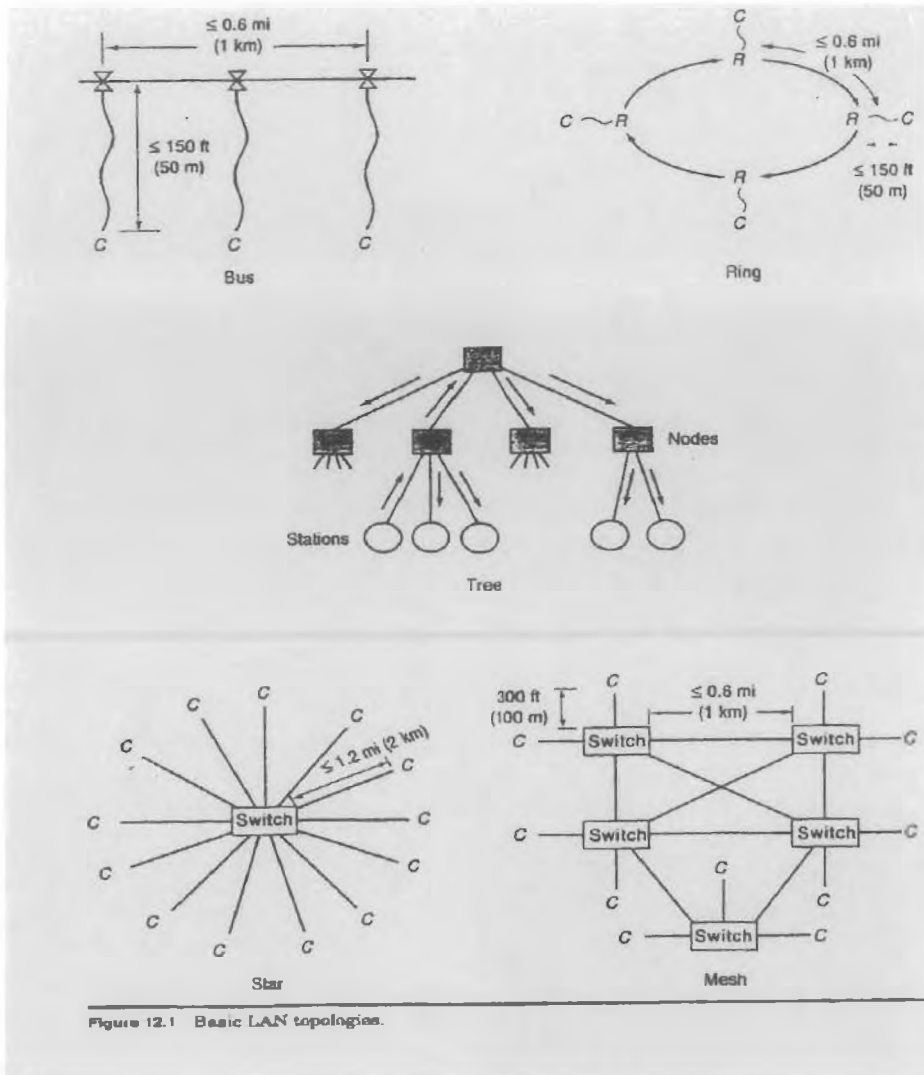


Figure 12.1 Basic LAN topologies.

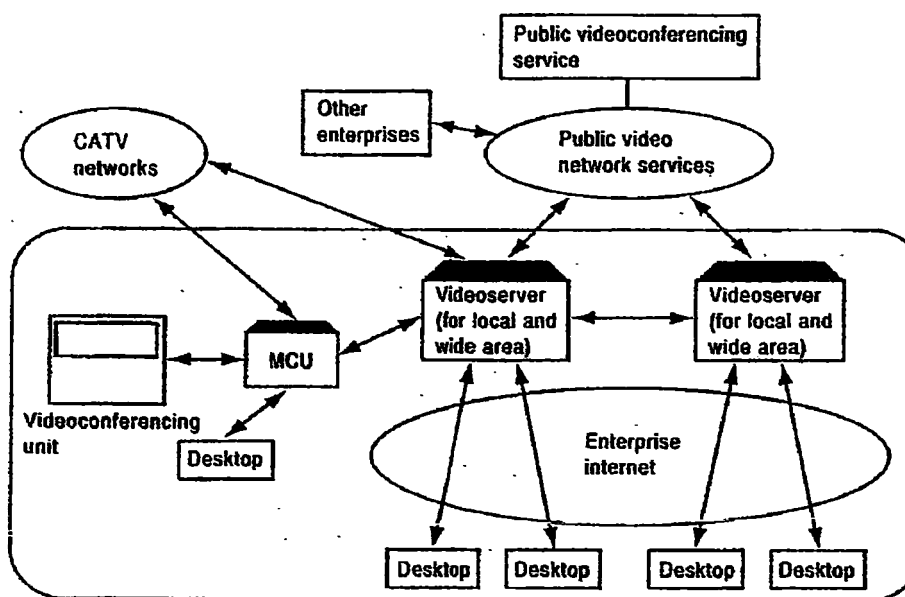
-ΣΧΗΜΑ 7.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ-

**ΑΝΑΒΑΘΜΙΖΟΝΤΑΣ ΤΑ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ**

Όλα τα υπάρχοντα τοπικά δίκτυα έχουν το θεωρητικό εύρος ζώνης για να χειρίζονται μεταδόσεις πολυμέσων, αλλά δεν προσφέρουν πρακτικές λύσεις στην τωρινή τους μορφή. Προκειμένου να αναπτυχθούν δίκτυα video επιχειρηματικής έκτασης, ικανά να χειρίζονται συνεργατικές πολυμεσικές δραστηριότητες, η σημαντική αναδόμηση των υπάρχοντων τοπικών δικτύων είναι απαραίτητη.

Οι διαδικασίες αλληλεπίδρασης απαιτούν μια δικτυακή υποδομή η οποία θα μπορεί να ενσωματώσει έναν αριθμό τεχνολογιών που σχετίζονται με τα πολυμέσα. Αυτές περιλαμβάνουν νέες πλατφόρμες πολυμέσων, εξειδικευμένους εξυπηρετητές video για μετάδοση αναλογικού και ψηφιακού video στους χρήστες, συμβατικά συστήματα τηλεδιάσκεψης με τα σχετικά MCUs (multipoint control units) τους και μαζικές νέες εγκαταστάσεις αποθήκευσης. Στο σχήμα 7.2 παρουσιάζονται τα στοιχεία ενός τέτοιου πολυμεσικού δικτύου.

Enterprise video networks will bring together a wide range of technologies, mixing conventional videoconferencing units and MCUs along with desktop multimedia and a new class of videosevers.



MCU = Multipoint control unit

Figure 12.2 Elements of a multimedia network. (Source: Reprinted from Data Communications, February 1993, p. 62, copyright by McGraw-Hill, Inc., all rights reserved.)

**-ΣΧΗΜΑ 7.2 ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ-**

Αν μια διαδικασία αλληλεπίδρασης θέλει να συνεργαστεί με άλλες τέτοιες μονάδες έξω από το «πατρικό» της περιβάλλον ή να συμβάλει σε μία εικονική επιχειρηματική δραστηριότητα έστω και προσωρινά, νέες δικτυακές υποδομές πρέπει να δημιουργηθούν. Αυτές θα πρέπει να περιλαμβάνουν πολλά διαφορετικά interface για τη δυνατότητα σύνδεσης με άλλες επιχειρήσεις και κυκλώματα υπηρεσιών δημόσιας τηλεδιάσκεψης, όπως και με κυκλώματα καλωδιακής τηλεόρασης και άλλες μεταδόσεις video. Ο γενικός σκοπός αναβάθμισης ενός υπάρχοντος τοπικού δικτύου πρέπει να είναι:

- ▶ Η ανταλλαγή πολυμεσικών πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών σημείων μέσα σε ένα ευρύ ενιαίο χώρο.
- ▶ Η ταυτόχρονη πρόσβαση σε πολυμεσικά αρχεία μαζί με άλλους χρήστες μέσα ή έξω από την επιχείρηση κατά τη διάρκεια συνεργατικών εργασιών.
- ▶ Η κατανομή της καλωδιακής τηλεόρασης ή άλλου είδους εκπομπής και εξειδικευμένου video που προέρχεται από εσωτερικές ή εξωτερικές πηγές.
- ▶ Η εξασφάλιση ειδικών εγκαταστάσεων για μαζική αποθήκευση πολυμέσων τόσο για ομαδική όσο και για ατομική χρήση.

Το κλειδί για την επιτυχή εξασφάλιση των υπηρεσιών που καταγράφονται παραπάνω είναι ο επανασχεδιασμός των τοπικών δικτύων ώστε να χειρίζονται οποιαδήποτε κυκλοφορία video πραγματικού χρόνου χωρίς ανυπόφορες καθυστερήσεις καθώς και η χρήση ειδικών εξυπηρετητών video συνοδευόμενων από μεγάλα μεγέθη ιεραρχικής μνήμης (π.χ πολύ μεγάλοι πίνακες δίσκων χαμηλού κόστους ή τσουκμπόξ οπτικών δίσκων).

Προκειμένου ένα υπάρχον τοπικό δίκτυο να αναβαθμιστεί ώστε να έχει πολυμεσικές δυνατότητες αλλά και να προσφέρει τις παραπάνω υπηρεσίες, υπάρχουν διαθέσιμες πολλές λύσεις. Μερικές από αυτές είναι η κατάτμηση του LAN, το ισόχρονο Ethernet και τα τοπικά δίκτυα υψηλών ταχυτήτων όπως τα Fast Ethernet, CDDI, FDDI, HPPI και ATM.

## Η κατάτμηση του LAN.

Μια από τις απλούστερες λύσεις για την επέκταση των πολυμεσικών εφαρμογών είναι η μικροκατάτμηση (micro segmentation). Η μικροκατάτμηση είναι μία αρχιτεκτονική στρατηγική η οποία περιορίζει τον αριθμό των χρηστών σε ένα τμήμα του τοπικού δικτύου ανάλογα με τις απαιτήσεις για εύρος ζώνης των άλλων χρηστών. Σύμφωνα με αυτό το σχεδιασμό ένα ολόκληρο τμήμα του LAN μπορεί να διεκδηκηθεί από ένα μοναδικό χρήστη. Το προτέρημα αυτού του σχεδιασμού βρίσκεται στο γεγονός ότι φυσιολογικά υλοποιείται για να βοηθήσει στην αποσυμφόρηση του LAN άσχετα με το αν πρόκειται να πραγματοποιηθούν πολυμεσικές μεταδόσεις. Προκειμένου να υλοποιηθεί ένα μικροκαταναμημένο τοπικό δίκτυο οι υπάρχουσες δικτυακές τοπολογίες πρέπει να μετατραπούν σε μία τοπολογία αστέρα δύο επιπέδων με την ανταλλαγή πακέτων και μεταξύ ξεχωριστών τμημάτων του τοπικού δικτύου και μεταξύ συνδέσεων των hubs και μεταξύ των συνδέσεων του δικτύου κορμού. Κάθε τμήμα του LAN διασυνδέεται απευθείας με το hub στο οποίο βρίσκεται ο τοπικός video εξυπηρετητής και κάθε (απλό) hub πέφτει σε ένα κύριο hub το οποίο παρέχει διασυνδεσιμότητα hub-to-hub και πρόσβαση σε τοπικά και ευρείας έκτασης δίκτυα (WANs). Στο παρακάτω σχήμα εικονογραφείται η έννοια των μικροκατατμημένων τοπικών δικτύων για τη διαχείριση πολυμεσικής κυκλοφορίας.

As microsegmentation is used to create desktop LANs, today's shared network topology will evolve into a two-tiered star, with switching both between LAN segments and within the backbone.

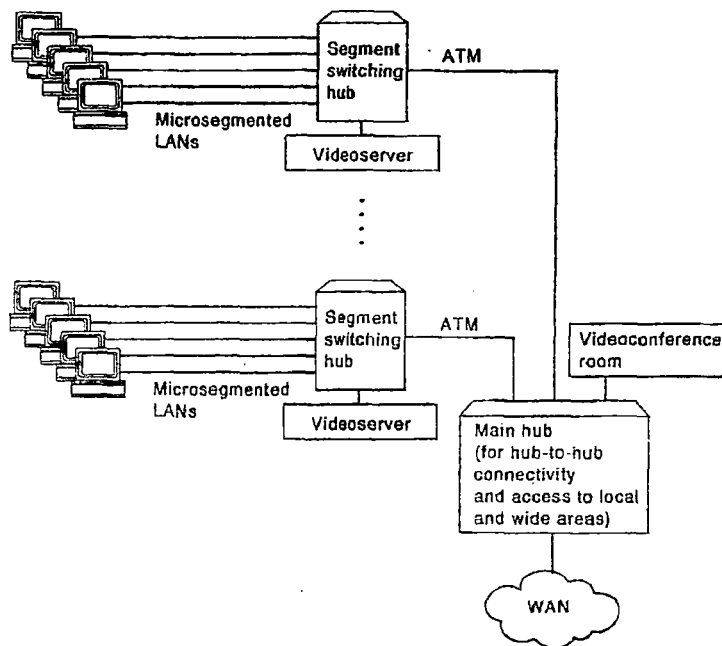


Figure 12.3 The microsegmented LAN. (Source: Reprinted from Data Communications, February 1993, p. 66, copyright by McGraw-Hill, Inc., all rights reserved.)

### -ΣΧΗΜΑ 7.3-

Τα hub που υποστηρίζουν κατάτμηση δημιουργούν ένα συνολικό εύρος δικτύου ίσο με το εύρος του καλωδίου πολλαπλασιασμένο επί των αριθμό των segments. Σαν αποτέλεσμα, ένα 10Mbps Ethernet τοπικό δίκτυο με 10 segments θα φαίνεται ότι παρέχει ένα εύρος των 100Mbps. Το ίδιο αποτέλεσμα μπορούμε να το έχουμε με Ethernet switches που στις μέρες είναι διαθέσιμες στην αγορά. Πρόκειται για συσκευές που παρέχουν 10Mbps εύρος ζώνης ανά θύρα και υπάρχει η πιθανότητα να διπλασιάσουν το εύρος ζώνης του Ethernet σχεδόν χωρίς την ανάγκη απόρριψης του υπάρχοντος εξοπλισμού. Χρησιμοποιώντας τέτοιες συσκευές για κατάτμηση τοπικού δικτύου για τους σκοπούς των πολυμεσικών εφαρμογών, πρέπει να έχουμε κατά νου ότι η καθυστέρηση για αυτήν την χρήση πρέπει να είναι χαμηλή και σταθερή. Ένα σχήμα κατάτμησης τοπικού δικτύου, χρησιμοποιώντας ένα Ethernet switch, φαίνεται στο σχήμα 7.4.

Ethernet switching allows 'segmentless' network organization with increased performance and security at the workgroup level.

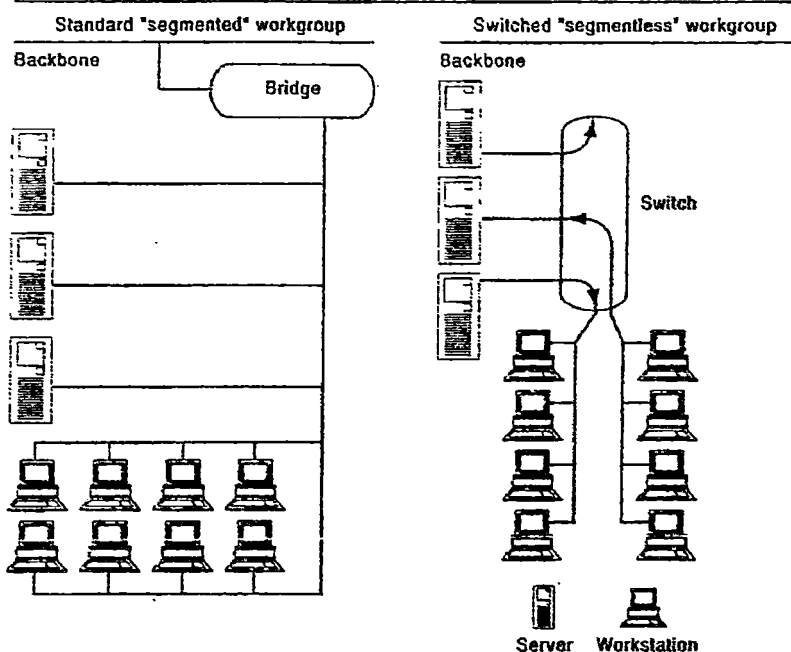


Figure 12.4 The switched Ethernet LAN. (Source: LAN Times, January 10, 1994, p. 77.)

#### -ΣΧΗΜΑ 7.4 ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ ΤΟΠΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ-

### **To ισόχρονο Ethernet.**

Μια εναλλακτική λύση για την αναβάθμιση των υπαρχόντων LAN ώστε να υποστηρίζουν αμφίδρομη και μικρής απόκρισης πολυμεσική επικοινωνία που υποστηρίζει φωνή, video και δεδομένα είναι το ισόχρονο Ethernet (isoENET). Η ισόχρονη δυνατότητα που μεταδίδει σήματα με ένα συγκεκριμένο, σταθερό ρυθμό είναι επιθυμητή για όλα τα δεδομένα που εξαρτώνται από το χρόνο όπως είναι η φωνή και το κινούμενο video. Σε αντίθεση με τις μεταδόσεις που γίνονται με τις τεχνολογίες μεταγωγής πακέτου, η ισόχρονη μετάδοση εγγυάται έγκαιρη μεταφορά της πληροφορίας αποφεύγοντας καθυστερήσεις που είναι καταστροφικές για τη κατανόηση της φωνής και του video. Οι ισόχρονες μεταδόσεις είναι ιδανικές για την ολοκλήρωση πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ένα συμβατικό ψηφιακό τηλέφωνο, εξασφαλίζοντας κανάλια για αμφίδρομες ψηφιακές τηλεπικοινωνίες πραγματικού χρόνου.

Η ισόχρονη φύση της κυκλοφορίας video τοποθετεί υψηλές απαιτήσεις για εύρος ζώνης στα υπάρχοντα Ethernet και τα τοπικά δίκτυα LAN δακτυλίου με κουπόνι. Έτσι ένα Ethernet τμήμα των 10Mbps που αλλιώς θα μπορούσε να υποστηρίξει εκατοντάδες χρήστες δεδομένων, μπορεί να χειριστεί μόνο 5-7 ρεύματα video, υποθέτοντας ότι υπάρχει ελάχιστη η καθόλου άλλη πληροφορία στο δίκτυο. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα αναπτύχθηκαν ειδικά microchip συμπιέσης που προσφέρουν έξι ή περισσότερα κανάλια video πάνω από τα LAN τμήματα που υποστηρίζονται από τη τεχνολογία isoENET.

Το isoENET προσθέτει ένα σύγχρονο κανάλι των 6Mbps ειδικά σχεδιασμένο για φωνή και video πάνω από υπάρχον Ethernet των 10Mbps. Η isoENET τεχνολογία ξεχωρίζει φυσικά τα ρεύματα φωνής και video από τα δεδομένα που έχουν τη μορφή πακέτου και εξασφαλίζει τη συνεχή μετάδοση πραγματικού χρόνου. Το συνολικό εύρος ζώνης είναι 16Mbps και μπορεί να υποστηριχτεί από τα τυπικά καλώδια συνεστραμμένου ζεύγους που υπάρχουν ήδη.

Στα τμήματα όπου η ισόχρονη ικανότητα δεν είναι απαραίτητη, δεν χρειάζεται να αντικαταστήσουμε ή να προσθέσουμε καθόλου εξοπλισμό, παρόλο που τέτοια τμήματα μπορούν να αναβαθμιστούν χωρίς προβλήματα οποιαδήποτε στιγμή. Έτσι το αρχικό κόστος μετατροπής σε isoNET ελαχιστοποιείται, αλλά είναι απαραίτητο να αντικατασταθούν τα κοινά hub με μονάδες υποστήριξης isoNET που περιλαμβάνουν MCU λειτουργίες συμβατές με τα πρότυπα H.320 και 231. Οι σταθμοί των χρηστών που απαιτούν isoNET ικανότητες πρέπει επίσης να εγκαταστήσουν isoNET interface.

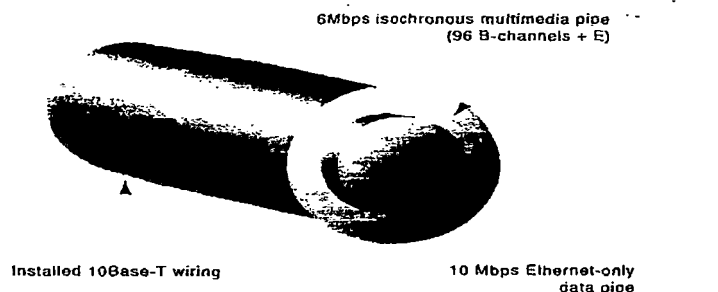


Figure 12.5 The isoENET transmission principle. (Source: LAN Times, March 14, 1994, p. 7.)

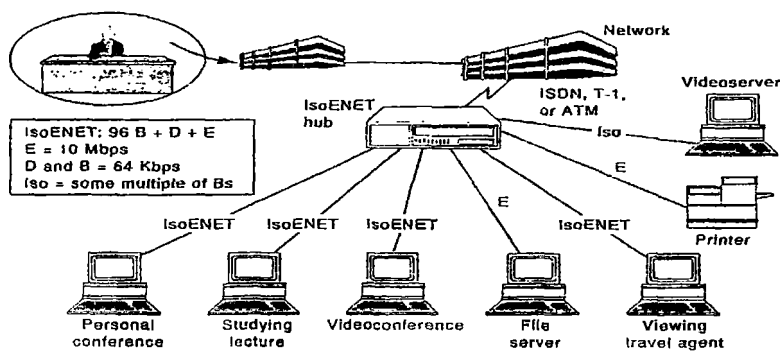


Figure 12.6 The isoENET network solution. (Source: National Semiconductor promotional materials.)

-ΣΧΗΜΣ 7.5-

Το isoNET μπορεί να εγκατασταθεί μόνο σε ομάδες εργασίας και μικρά τμήματα σε μία επιχείρηση, όπου τα isoNET hub συνδέονται απευθείας μεταξύ τους και οι ISDN υπηρεσίες μπορούν εύκολα να διασυνδεθούν με αυτό. Όταν τα δίκτυα κορμού που συνδέουν τα τοπικά δίκτυα μέσα σε ένα περιβάλλον εργασίας αναβαθμίζονται σε FDDI ή ATM, αυτά υποστηρίζονται από το isoNET. Το isoNET δεν είναι το πιο δημοφιλές πρότυπο τοπικού δικτύου υψηλής ταχύτητας, όμως υποστηρίζεται από τους κατασκευαστές του PBX, που το βλέπουν σαν ένα εύκολο τρόπο να προσθέσουν video και δεδομένα στις υπηρεσίες φωνής που παρέχουν. Στο σχήμα 2.5 επάνω δίνονται οι αρχές μετάδοσης με isoNET ενώ κάτω δίνεται ένα παράδειγμα isoNET δικτύου.

**To Fast Ethernet.**

Το Fast Ethernet είναι μια εξέλιξη της πρότυπης Ethernet τεχνολογίας, που μπορεί να προσφέρει πάνω από 100Mbps σε εύρος ζώνης μέσω ενός συνεστραμμένου καλωδίου συνδεδεμένο στη τοπολογία αστέρα. Το Fast Ethernet είναι μια νέα τεχνολογία της οποίας τα λεπτομερή χαρακτηριστικά ολοκληρώθηκαν μόλις το 1993. Επειδή το Ethernet είναι μακράν το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο LAN πρότυπο, το Fast Ethernet παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον μιας και τα χαρακτηριστικά του βασίζονται στα χαρακτηριστικά του Ethernet. Μέχρι στιγμής έχουν εμφανιστεί δύο πρότυπα Fast Ethernet, κάτι που θεωρείται μειονέκτημα.



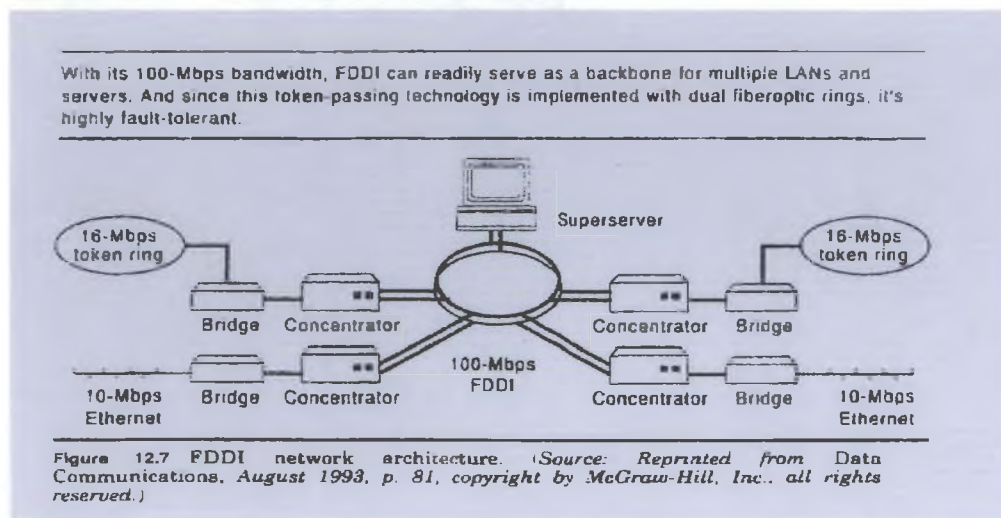
- Το αρχικό Fast Ethernet πρότυπο, γνωστό ως 100Base-X, διατηρεί όσο το δυνατόν περισσότερα χαρακτηριστικά του αυθεντικού Ethernet συμπεριλαμβανομένης της συμβατότητας με την κατάσταση του ανταγωνισμού. Αναπτύσσεται με μια τοπολογία σχήματος αστέρα χρησιμοποιώντας ένα κεντρικό hub και είναι καθαρά σχεδιασμένο ώστε να προστατεύει όσο το δυνατόν την αρχική επένδυση.
- Το δεύτερο πρότυπο Fast Ethernet, γνωστό ως 100Base-VG, παρεκκλίνει από τα αυθεντικά χαρακτηριστικά του Ethernet και λειτουργεί σε γραμμές επιπέδου φωνής. Αυτή η αρχή περιλαμβάνει ισόχρονα χαρακτηριστικά με αφοσιωμένο εύρος ζώνης και δυνατότητες ασφάλειας. Έτσι, έχει πρωτόκολλα προτεραιότητας που το κάνουν ιδιαίτερα κατάλληλο για το χειρισμό κυκλοφορίας πολυμέσων. Η τεχνολογία 100Base-VG επίσης δουλεύει με τοπικά δίκτυα δακτυλίου κουπονιού, και γι' αυτό προωθείται από την IBM που δραστηριοποιείται έντονα σε αυτό το χώρο.

### ■ Τα FDDI δίκτυα.

Το FDDI (Fiber Distributed Digital Interface) είναι ένα πρωτόκολλο δικτύου που προσφέρει εύρος ζώνης 100Mbps, σχεδιασμένο ώστε να χρησιμοποιείται σαν μία συνεταιρική λεωφόρος δεδομένων που συνδέει μικρότερα και πιο αργά τοπικά δίκτυα όπως είναι το Ethernet και ο δακτύλιος με κουπόνι. Τα FDDI δίκτυα χρησιμοποιούνται επίσης για ειδικές εφαρμογές μεγάλης απόδοσης, συμπεριλαμβανομένων του σχεδιασμού CAD και ιατρικών εφαρμογών, όπου μεγάλο εύρος ζώνης απαιτείται στο χαμηλότερο επίπεδο. Για να χρησιμοποιηθεί η FDDI τεχνική για πολυμεσική κυκλοφορία έχουν αναπτυχθεί δύο νέες παραλλαγές: το σύγχρονο FDDI και το FDDI II. Παρά το αυξημένο κόστος του, το FDDI γνωρίζει μεγάλη ανάπτυξη και οι πωλήσεις του αυξάνουν συνεχώς.

### ■ Το ασύγχρονο FDDI.

Το FDDI έχει την τοπολογία ενός διπλού δακτυλίου με κουπόνι, με 100Mbps εύρος ζώνης όμοια με ένα LAN δακτυλίου με κουπόνι, στον οποίο ένα κουπόνι περιστρέφεται από σταθμό σε σταθμό και η μετάδοση μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο αν ένας σταθμός έχει στη κατοχή του ένα κουπόνι. Οι διπλοί δακτύλιοι έχουν σαν αποτέλεσμα το FDDI να έχει μεγάλη ανεκτικότητα στα λάθη, μιας και τα λάθη που συμβαίνουν στον πρωταρχικό δακτύλιο αυτόματα παρακάμπτονται σε συγκεκριμένους σταθμούς οι οποίοι είναι πάντοτε συνδεδεμένοι και με τους δύο δακτυλίους. Μια τυπική FDDI αρχιτεκτονική δικτύου φαίνεται στο σχήμα 7.6.



-ΣΧΗΜΑ 7.6-

Το FDDI χρησιμεύει για την σύνδεση εξυπηρετητών πολυμέσων με μεμονωμένους σταθμούς για την αποθήκευση και προώθηση μεταδόσεων μιας και διαθέτει το εύρος ζώνης που απαιτείται για αυτή τη κυκλοφορία. Ωστόσο τα FDDI δίκτυα χειρίζονται κατάλληλα την πολυμεσική κυκλοφορία που είναι ευαίσθητη στο χρόνο μόνο εάν η ασύγχρονη κυκλοφορία είναι περιορισμένη. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι τα FDDI δίκτυα δεν περιέχουν χαρακτηριστικά προτεραιότητας και η ευαίσθητη στο χρόνο πολυμεσική κυκλοφορία θα παρουσιάσει μεγάλες καθυστερήσεις αν η χρήση του δικτύου αυξηθεί σημαντικά.

■ **Το σύγχρονο FDDI.**

Ενώ τα ασύγχρονα FDDI δίκτυα μπορούν να χειριστούν ευαίσθητες στο χρόνο πολυμεσικές κυκλοφορίες μόνο αν η ασύγχρονη κυκλοφορία είναι αρκετά περιορισμένη, το σύγχρονο FDDI είναι ειδικά σχεδιασμένο για να εξασφαλίζει προτεραιότητα στη πολυμεσική κυκλοφορία. Ένα σύγχρονο FDDI δίκτυο είναι σχεδιασμένο ώστε ένα μεγάλο μέρος του εύρους ζώνης να είναι αφιερωμένο στη πολυμεσική κυκλοφορία που είναι ευαίσθητη στο χρόνο, ξεχωρίζοντας τους σταθμούς που έχουν απαιτήσεις για πολυμέσα από τους υπόλοιπους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δίνεται προτεραιότητα στη σύγχρονη κυκλοφορία όπως ο ήχος και το video γι 'αυτούς τους σταθμούς. Επειδή αυτό το πρωτόκολλο στηρίζεται πάνω στο αρχικό πρότυπο του FDDI, πολλοί προσαρμοστές ασύγχρονου FDDI (asynchronous FDDI adapters) μπορούν να αναβαθμιστούν χρησιμοποιώντας αναβαθμισμένο λογισμικό. Αυτή η δυνατότητα είναι σημαντική γιατί επιτρέπει την εισαγωγή πολυμεσικών δυνατοτήτων στα δίκτυα και προστατεύει τις υπάρχουσες επενδύσεις σε δίκτυα FDDI . Ωστόσο τέτοιες αναβαθμίσεις εξαρτώνται από το κατά πόσο είναι διαθέσιμη η απαιτούμενη μνήμη. Δηλαδή πριν πραγματοποιηθεί η αναβάθμιση πρέπει να ληφθεί υπόψη το hardware.

Ένα φόρουμ του σύγχρονου FDDI που αποτελείται από 16 επιχειρήσεις προϊόντων FDDI δραστηριοποιείται στη δημιουργία τέτοιων προϊόντων, αλλά πολλές επιχειρήσεις είναι απρόθυμες να αναμιχθούν στη δημιουργία τέτοιων προϊόντων επειδή έχει ήδη αναπτυχθεί ένα υψηλότερης ποιότητας FDDI II δίκτυο το οποίο έχει ανώτερα χαρακτηριστικά σε ότι αφορά τις πολυμεσικές επικοινωνίες.

Network adapters conforming to the forthcoming FDDI II spec will feature separate media access control (MAC) circuitry to handle isochronous traffic and conventional asynchronous traffic, shrinking isochronous circuit delay to 125 microseconds.

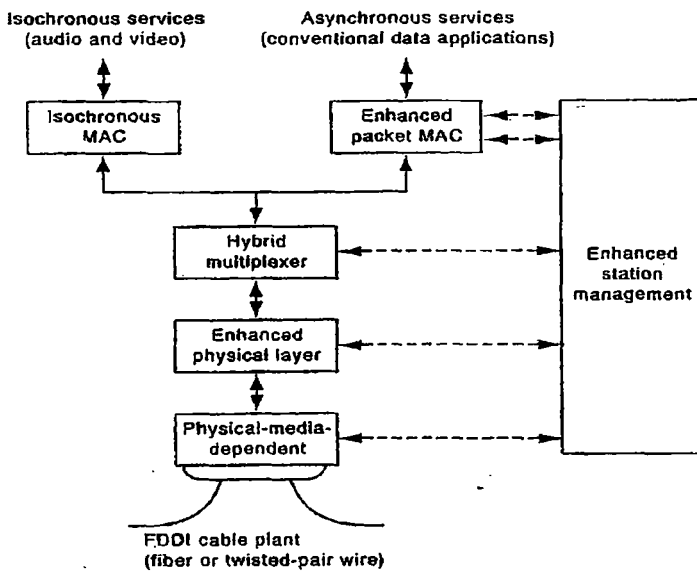


Figure 12.8 FDDI II multiplexing network. (Source: Reprinted from Data Communications, July 1993, p. 56, copyright by McGraw-Hill, Inc., all rights reserved.)

-ΣΧΗΜΑ 7.7-

## **Η FDDI II παραλλαγή.**

Το FDDI II είναι ένα εντελώς νέο πρότυπο με μια αρχιτεκτονική που διαφέρει από την τοπολογία περάσματος κουπονιού των άλλων παραλλαγών FDDI και προσφέρει ανώτερες αποδόσεις για την κυκλοφορία πολυμέσων ευαίσθητου χρόνου. Η αρχιτεκτονική του βασίζεται σε ένα σύστημα πολυπλεξίας όπου το εύρος ζώνης των 100Mbps χωρίζεται σε 16 κανάλια, καθένα από τα οποία μπορεί να διαιρεθεί παραπέρα και να διανεμηθεί σε ασύγχρονη ή ισόχρονη κυκλοφορία ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Το FDDI II μπορεί να προσφέρει ακριβείς χρόνους παράδοσης για πολυμεσικές μεταδόσεις, περιορίζοντας τις διακυμάνσεις και τις απρόβλεπτες καθυστερήσεις που συμβαίνουν με τις άλλες FDDI παραλλαγές. Στο σχήμα 7.7 παρουσιάζεται μια προσέγγιση πολύπλεξης με FDDI II.

Πάντως το FDDI II δεν είναι συμβατό με τα άλλα πρότυπα FDDI και απαιτεί ακριβές hardware προσθήκες, συμπεριλαμβανομένων των προσαρμοστών MAC (media access control) και τον εξοπλισμό πολυπλεξίας. Από την άλλη πλευρά η καθυστέρηση από κόμβο σε κόμβο είναι της τάξης των 125μs, το οποίο είναι σχεδόν δύο τάξεις μεγέθους μικρότερο από τις καθυστερήσεις των προηγούμενων FDDI δικτύων και αρκετά κάτω από το επίπεδο των 100ms που είναι ανεκτό από τους τελικούς χρήστες πολυμέσων πραγματικού χρόνου. Το FDDI II προσφέρει τη δυνατότητα μετατροπής σε ATM στο μέλλον και πολλοί πιστεύουν ότι όλες οι FDDI παραλλαγές είναι προσωρινές έως ότου πιο οικονομικά προσιτές λύσεις προϊόντων ATM βγουν στην αγορά.

## **Το PBX.**

Το PBX (private branch exchange) είναι σχετικά ελάχιστα γνωστό και δεν έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως. Ένας αριθμός από κατασκευαστές PBX έχουν αναβαθμίσει τα προϊόντα τους ώστε να χειρίζονται πολυμεσική κυκλοφορία. Αυτό αφορά κυρίως υβριδικά μοντέλα PBX που μπορούν να μεταφέρουν video μεταδώσεις χρησιμοποιώντας LAN συνδέσεις ή αφιερώνοντας κανάλι για φωνή και video και ένα άλλο για τα ρεύματα δεδομένων. Μια άλλη προσέγγιση είναι να χρησιμοποιείται το PBX για μετάδοση φωνής και video και τα δεδομένα να μεταδίδονται μέσω Ethernet. Αυτό όμως προϋποθέτει την υποστήριξη και των δύο συστημάτων στην άκρη του δέκτη.

Τα PBX δίκτυα είναι κατάλληλα για την μεταφορά χρονικά ευαίσθητου video μιας και εγγυώνται μια μέγιστη καθυστέρηση, αλλά η τεχνολογία τους (μεταγωγή κυκλώματος-circuit switching) προσφέρει δυνατότητες περιορισμένου εύρους ζώνης, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα χαμηλού επιπέδου video εικόνες. Όλα τα συστήματα πολυμεσικής μετάδοσης που είναι διαθέσιμα από τους κατασκευαστές PBX είναι ιδιόκτητα αφού δεν υπάρχουν πρότυπα που να καθορίζουν την πολυμεσική κυκλοφορία ανάλογα με τις απαιτήσεις του πελάτη. Παρόλο που κάποιοι κατασκευαστές υποστηρίζουν 100Mbps συνδέσεις οπτικής ίνας σε δικτυακές εγκαταστάσεις από κατανεμημένα PBX, αυτές μπορεί να μην είναι επαρκώς συμβατές μεταξύ τους ώστε να υποστηρίξουν συνεργατικές εφαρμογές αλληλεπίδρασης.

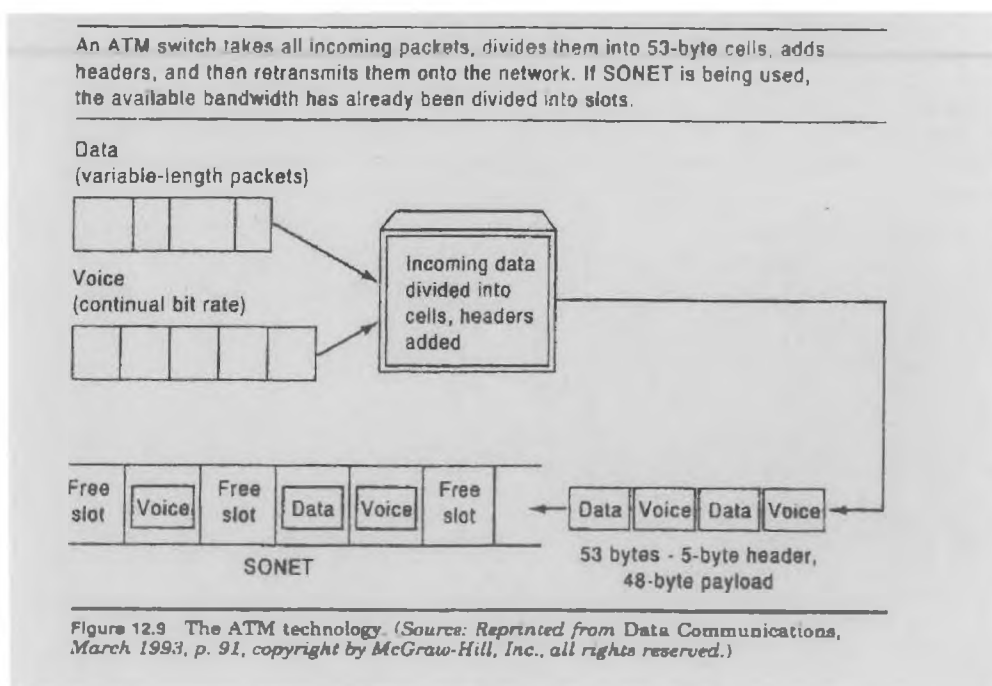
## **Τα ATM δίκτυα.**

Το ATM (asynchronous transfer mode) φαίνεται σαν μία ιδανική μέθοδος για το χειρισμό πολυμεσικής κυκλοφορίας επειδή μπορεί να μεταδώσει με μεγάλη ταχύτητα οποιοδήποτε μίγμα από δεδομένα είτε αυτά είναι με τη μορφή πακέτων είτε είναι της μορφής ευαίσθητου χρόνου. Το ATM μπορεί να συνδεθεί με τις πηγές δεδομένων όσο και με τις αποθήκες τους σε οποιοδήποτε επίπεδο του δικτύου και μπορεί να επεκταθεί αν είναι απαραίτητο μέχρι τους τελικούς χρήστες. Επειδή μεταδίδει δεδομένα χωρίς καμία επιβράδυνση για χιλιάδες χιλιόμετρα και είναι σχετικά ακριβή σαν νέα τεχνολογία, το ATM προς το παρόν φαίνεται σαν η καλύτερη λύση τη διασύνδεση τοπικών δικτύων και WAN εφαρμογές.

Το ATM βασίζεται σε μία τεχνική γνωστή ως εναλλαγή κυττάρων (cell switching), η οποία μετατρέπει όλους τους ψηφιακούς τύπους δεδομένων σε κύτταρα σταθερού μήκους 53 bytes το καθένα. Μιας και αυτά τα κύτταρα είναι μικρά και όμοια σε μήκος, μπορούν να εναλλαχθούν ταχύτατα μόνο από το hardware. Αυτό δίνει στο ATM ένα προβάδισμα από τις άλλες μεθόδους

που είναι σημαντικά πιο αργές επειδή εξαρτώνται από τεχνολογίες εναλλαγής που βασίζονται τόσο στο hardware όσο και στο software. Σε ένα ATM δίκτυο τα LAN και τα WAN που μεταφέρουν οποιουδήποτε τύπου κυκλοφορία φωνής, δεδομένων ή video μπορούν να συλλειτουργήσουν σε πραγματικό χρόνο.

Η αρχή της εναλλαγής του ATM είναι σχετικά κομψή και αρκετά απλή. Ένα ATM interface δέχεται ρεύματα δεδομένων από διαφορετικές πηγές όπως σταθμούς εργασίας, LAN, WAN, και άλλες συσκευές σε διάφορους ρυθμούς μετάδοσης και τα διαιρεί σε κύτταρα ίσου μήκους. Τα ATM κύτταρα αποτελούνται από 48 bytes δεδομένων και 5 bytes ελέγχου και δρομολογούνται διαμέσου απευθείας συνδέσεων με ταχύτητες 150 ή 600Mbps και ακόμα μεγαλύτερες. Η ATM μεταγωγή μπορεί να παρασταθεί με ένα χωνί που δέχεται και κομματιάζει μεταβλητού μήκους πακέτα δεδομένων, video, ήχου, ή άλλα ATM κύτταρα σε ένα πολυπλεγμένο ρεύμα από κύτταρα με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα. Τα κύτταρα συναρμολογούνται ξανά στο αρχικό πακέτο ή στο ρεύμα δεδομένων στο άλλο άκρο της διαδικασίας. Σαν αποτέλεσμα, μια πολυμεσική μετάδοση σε ένα ATM δίκτυο γίνεται ένα ή περισσότερα ρεύματα από δεδομένα, κάθε ένα αφιερωμένο σε ένα συγκεκριμένο εύρος ζώνης για να υποστηρίξει φωνή, video, δεδομένα, ή γραφικά ανάλογα με την περίπτωση. Στο σχήμα 7.8 δίνεται ένα παράδειγμα της ATM τεχνολογίας.



-ΣΧΗΜΑ 7.8-

Η οπτικοποίηση, τα πολυμέσα, το video, οι ιατρικές εφαρμογές και οι διαδικασίες τραπεζικών συναλλαγών είναι οι εφαρμογές που επωφελούνται περισσότερο από το ATM. Το ATM φόρουμ ιδρύθηκε το 1991, περιλαμβάνει πάνω από 250 φίρμες και προάγει τη συνεργασία ανάμεσα στους κατασκευαστές ATM δουλεύοντας πάνω στα χαρακτηριστικά για τα πρότυπα όπως τα interface χρήστη-δικτύου και άλλες παραμέτρους.

Όσο η χρήση του ATM αυξάνει και οι τιμές πέφτουν, τέτοιες συσκευές θα γίνουν προσιτές στους ατομικούς χρήστες. Αυτό είναι σημαντικό γιατί το ATM προσφέρει την υποδομή που μπορεί να δημιουργήσει το πραγματικό LAN (virtual LAN) το οποίο θεωρείται η απόλυτη δικτυακή τεχνολογία.

#### ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ MULTIMEDIA LAN ΔΙΚΤΥΩΝ

Η ανάλυση των multimedia επικοινωνιών μέσα σε ένα απλό LAN δεν είναι απλή υπόθεση, αν και το σημαντικότερο θέμα είναι η ύπαρξη ενός ικανοποιητικού εύρους ζώνης, το οποίο μπορεί να λυθεί με διάφορους τρόπους που αναπτύχθηκαν παραπάνω. Μέσα σε ένα απλό LAN οι

multimedia μεταδόσεις γίνονται σχετικά σε κοντινές αποστάσεις και διαμέσου ενός περιορισμένου αριθμού από interface σε ένα hub ή switch ανάλογα με την τοπολογία.

Η διασύνδεση εισάγει νέα προβλήματα στη ροή της πολυμεσικής κυκλοφορίας με τη μορφή γεφυρών (bridges), δρομολογητών (routers), repeaters, και άλλα hub, που το καθένα συμβάλει στις αθροιστικές καθυστερήσεις ανάμεσα σε δύο ή περισσότερους συνεργαζόμενους χρήστες από διαφορετικά LAN, οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους διαμέσου δικτύων κορμών, WANs και άλλων υπηρεσιών.

Το ζητούμενο της αποδεκτής καθυστέρησης ανάμεσα σε τέτοιους χρήστες είναι το κυρίαρχο θέμα που ελέγχει το χρόνο απόκρισης όλων των LAN χρηστών και καθορίζει την απόδοση των δικτύων και την ποιότητα των επικοινωνιών, ιδιαίτερα όπου μεταδόσεις πραγματικού χρόνου ήχου και video πρόκειται να πραγματοποιηθούν.

**ΔΙΚΤΥΑ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ ΕΥΡΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ (multimedia WAN's)**

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για την πολυμεσική κυκλοφορία στα WAN παρόλο που οι επιχειρήσεις πολυμέσων είναι ακόμα λίγες και απομακρυσμένες μεταξύ τους. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον φαίνεται να δείχνουν οι μάντζερ των εταιριών για τις ευκαιρίες κέρδους που μπορούν να αναπυυχθούν στο πεδίο των πολυμεσικών επικοινωνιών. Αυτό φαίνεται καλύτερα και από τη συνεχή αποκέντρωση. Μια πρόσφατη έρευνα που έγινε στις Ηνωμένες Πολιτείες σε 1000 εταιρίες αποκάλυψε ότι κατά μέσο όρο τέτοιες εταιρίες χειρίζονται 234 site με λιγότερους από 20 υπαλλήλους στο 54% από αυτές. Οι πολυμεσικές επικοινωνίες είναι ένα ιδανικό μέσο για την αύξηση της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας αυτών των οργανισμών. Για την ανάπτυξη αυτών των επικοινωνιών είναι απαραίτητη η δημιουργία χαμηλού κόστους υψηλών ταχυτήτων WAN. Μια τυπική WAN αρχιτεκτονική δίνεται στο σχήμα 7.9

Newbridge Networks Vivid hardware includes ATM hubs, access switches (Ridges), and LAN Service Units. Route Server software residing throughout the internetwork works with Ridges to provide dynamic routing of Ethernet and token ring traffic.

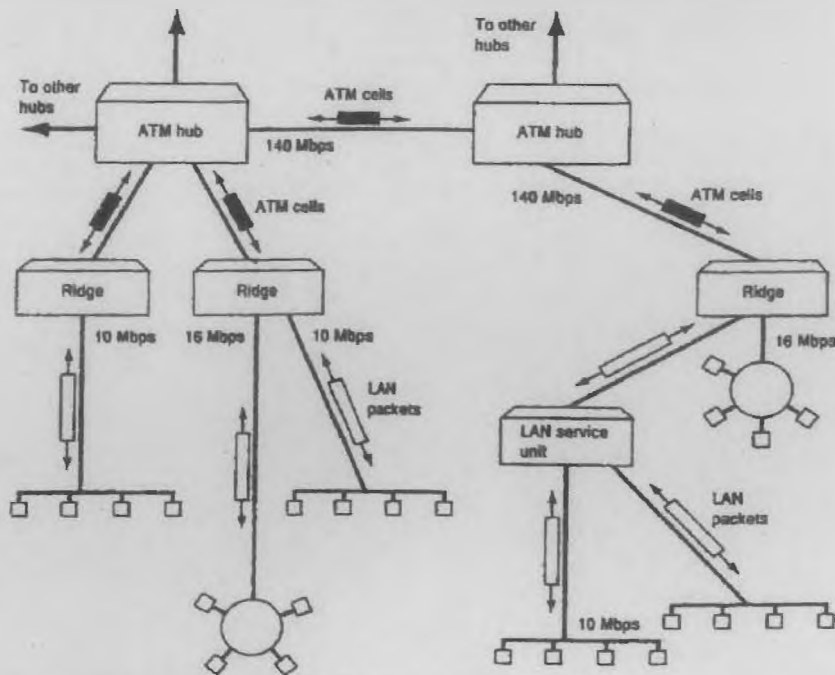


Figure 13.2 Typical WAN architecture. (Source: Reprinted from Data Communications, March 1993, p. 41, copyright by McGraw-Hill, Inc., all rights reserved.)

-ΣΧΗΜΑ 7.9-

### ❶ **Κόστος και διαθεσιμότητα των WAN υψηλών ταχυτήτων.**

Η μεγαλύτερη πρόκληση είναι η ανάπτυξη μιας οικονομικά προσιτής WAN υπηρεσίας μιας και οι χαμηλού κόστους υψηλής ταχύτητας WAN υπηρεσίες είναι κρίσιμες για τις πολυμεσικές επικοινωνίες. Παρά κάποιες προσπάθειες κατασκευαστών να αναπτύξουν παραπέρα το ISDN και να εισάγει το SMDS σε εθνικό επίπεδο, η διασύνδεση των WAN παραμένει ένα σημαντικό και ανοιχτό πρόβλημα.

Οι WAN επικοινωνίες μπορούν να πραγματοποιηθούν από ένα αριθμό από υπάρχουσες επικοινωνίες, κάποιες από τις οποίες παρουσιάζουν οικονομικά προσιτές εναλλακτικές λύσεις για την πολυμεσική κυκλοφορία. Αυτές οι λύσεις περιλαμβάνουν ενοικιαζόμενα κυκλώματα, τηλεφωνικές γραμμές, ISDN υπηρεσίες ή δημόσια και ιδιωτικά δίκτυα δεδομένων. Το εύρος ζώνης αυτών των υπηρεσιών επικοινωνίας ποικίλουν από 19.2Kbps για το τυπικό αναλογικό τηλέφωνο έως και 2.488Gbps για την υπηρεσία SONET-caliber. Ένα άλλο πρόβλημα αυτών των υπηρεσιών είναι το γεγονός ότι δεν είναι ομοιόμορφα διαθέσιμες σε όλη τη χώρα, πόσο μάλλον σε όλο το κόσμο.

Ωστόσο τα MAN και WAN δίκτυα είναι αποφασιστικής σημασίας για την εκμετάλλευση των πολυμεσικών εφαρμογών. Επομένως η διαχρησιμοποίηση είναι ένα σημαντικό θέμα και γίνονται κινήσεις για την ανάπτυξη διάφορων εναλλακτικών υπηρεσιών μετάδοσης. Αυτές περιλαμβάνουν νέες μορφές υπηρεσιών, hubs εσωτερικών δικτύων και ολοκληρωμένες συσκευές πρόσβασης (integrated access devices-IADs) που χρησιμοποιούν πολυπλεξία για να συνδυάσουν το πολύ εύρος ζώνης τεσσάρων T-1 κυκλωμάτων ώστε να προσφέρουν 6Mbps κανάλι μετάδοσης.

Η καλύτερη πολιτική για τη δημιουργία WAN υπηρεσιών είναι η ανάπτυξη των LAN αρχιτεκτονικών που συντελούν στις αμφίδρομες πολυμεσικές επικοινωνίες. Αυτό σημαίνει την υποστήριξη των τοπολογιών αστέρα δύο επιπέδων στα υπάρχοντα ή στα πρόσφατα ανεπτυγμένα LAN επειδή αυτή είναι η πιο χρήσιμη για την υλοποίηση της μικροκατάτμησης. Το Ethernet πρότυπο 10Base-T LAN προσφέρει το μικρότερο εναλλακτικό κόστος επειδή είναι το πιο διαδεδομένο, και Fast Ethernet σύνδεσμοι με 100Mbps εύρος ζώνης θα χρησιμοποιούν την ίδια καλωδίωση και τα ίδια interface που είναι ήδη τοποθετημένα.

### ❷ **Διασυνδέσεις υψηλών ταχυτήτων.**

Οι μόνες λύσεις για υψηλών ταχυτήτων multimedia WAN που να μπορούν να χειριστούν ήχο και video πραγματικού χρόνου είναι τα FDDI και Fast Ethernet δίκτυα με 100Mbps εύρος ζώνης και τα ATM switches και δίκτυα που εκτείνονται από τα 45Mbps έως τα 155Mbps και τελικά τα 2Gbps. Είναι αμφίβολο αν ένα τόσο υψηλό εύρος ζώνης θα είναι απαραίτητο για το χειρισμό πολυμέσων, όμως το μεγάλο προτέρημα των ATM είναι ότι προσφέρουν εύρος ζώνης κατά απαίτησης και έχουν τη δυνατότητα να χειρίζονται όλες τις μορφές δεδομένων ταυτόχρονα.

Επίσης είναι σημαντικό να λαμβάνουμε υπόψη μας τη συνολική αρχιτεκτονική στη διασύνδεση των WAN για να εξασφαλίσουμε ότι συσσωρευμένες καθυστερήσεις δεν επηρεάζουν αρνητικά τις μεταδόσεις ήχου και video κατά μήκος του WAN. Στα πολύ κατατμημένα δίκτυα με πολλούς συγκεντρωτές (concentrators), FDDI δίκτυα κορμού, γέφυρες (bridges) και δρομολογητές (routers) είναι απατηλό να βασίζεται κανείς σε επιδείξεις επίτευξης πολυμεσικών επικοινωνιών, εκτός εάν αυτές πραγματοποιούνται σε συνθήκες υψηλού φορτίου.

Στη περίπτωση της πολλαπλής κατάτμησης η καλύτερη λύση είναι η δημιουργία μιας αρχιτεκτονικής ιεραρχικού δικτύου που να αποτελείται από switches και έξυπνα hub για τον έλεγχο των μεμονωμένων LAN μέσω μιας τοπολογίας δέντρου δύο επιπέδων. Κάτω από αυτές τις καταστάσεις, η σύνδεση ανάμεσα σε χρήστες απομακρυσμένων LAN εγκαθίσταται μέσω ενός έξυπνου hub και ενός switch που παρακάμπτει όλα τα άλλα τμήματα LAN μειώνοντας τη συνολική καθυστέρηση σε επιτρεπτά επίπεδα. Ένας τέτοιος τύπος WAN παρουσιάζεται στο σχήμα 7.10

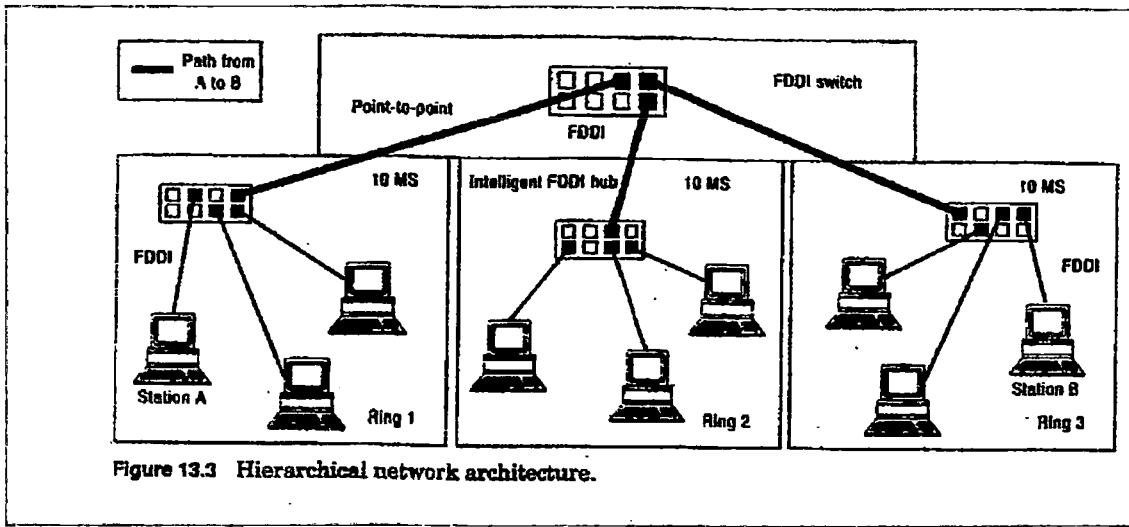


Figure 13.3 Hierarchical network architecture.

-ΣΧΗΜΑ 7.10-

● **Η ATM τεχνολογία.**

Η πιο πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για υψηλών ταχυτήτων εργασίες με πολυμεσικές επικοινωνίες είναι αναμφίβολα η ATM (Asynchronous Transfer Mode), χαρακτηριστικά της οποίας δόθηκαν παραπάνω. Το ATM έχει ένα πλεονέκτημα σε σχέση με τα άλλα ανταγωνιστικά προϊόντα επειδή η ενάλλαξη των κυττάρων του βασίζεται στο hardware και γι αυτό είναι τρεις τάξεις μεγέθους γρηγορότερη από τη βασισμένη σε software διαδικασία των κοινών δρομολογητών.

Η συνεχώς αυξανόμενη πολυπλοκότητα των πολυμεσικών εφαρμογών που συμπεριλαμβάνει ήχο και video πραγματικού χρόνου καθιστά την ATM πρακτικά τη μόνη τεχνολογία που μπορεί να υποστηρίξει όλους τους τύπους δεδομένων. Το ATM χρησιμοποιείται σε τρία συγκεκριμένα τμήματα της αγοράς. Αυτά είναι τα εμπορικά LAN και δίκτυο κορμού, υποδομές για προηγμένα δίκτυα (value added networks-VANS) που επεκτείνονται για να συμπεριλάβουν και multimedia τύπους δεδομένων, και δημόσια δίκτυα βασισμένα στην ATM τεχνολογία.

Τα ATM δίκτυα κορμού προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με το FDDI και άλλες λύσεις. Προσφέρουν μεγαλύτερο εύρος ζώνης και επιτρέπουν τη δημιουργία εικονικών ομάδων εργασίας, ελαχιστοποιώντας έτσι την ανάγκη για αναδιάταξη των switches όταν προσωπικό μετακινείται σε διαφορετικές τοποθεσίες. Τα ATM δίκτυα κορμού βοηθούν στα προβλήματα που δημιουργούνται στις client-server συνδέσεις γιατί προσφέρουν δυνατότητα σύνδεσης 155Mbps. Στο σχήμα 7.11 δίνεται ένα δίκτυο κορμού ATM με Ethernet switches και LAN.

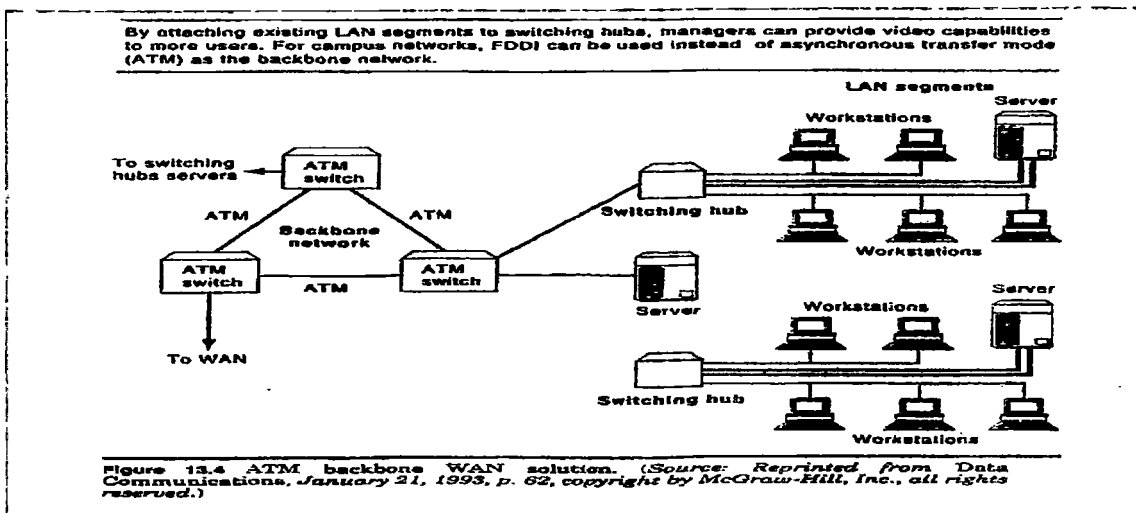


Figure 13.4 ATM backbone WAN solution. (Source: Reprinted from Data Communications, January 21, 1993, p. 62, copyright by McGraw-Hill, Inc., all rights reserved.)

-ΣΧΗΜΑ 7.11-

## 7.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ - ΠΡΟΤΥΠΙΑ

**ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ (Transport Protocols)****Γιατί τα παραδοσιακά πρωτόκολλα μεταφοράς δεν είναι κατάλληλα για επικοινωνίες πολυμέσων.**

Τα πιο κοινά πρωτόκολλα μεταφοράς είναι το TCP από την internet οικογένεια πρωτοκόλλων και το TP4 από την οικογένεια πρωτοκόλλων OSI. Αυτά τα πρωτόκολλα είναι σχεδιασμένα για αξιόπιστες επικοινωνίες δεδομένων σε δίκτυα μικρού εύρους ζώνης και μεγάλου ρυθμού σφαλμάτων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην είναι βέλτιστα για λειτουργίες υψηλής ταχύτητας. Επιπρόσθετα δεν υποστηρίζουν την πολλαπλή αποστολή. Γι αυτούς τους λόγους τέτοια πρωτόκολλα δεν είναι κατάλληλα για επικοινωνίες πολυμέσων. Η πολύτιμη εμπειρία από αυτά τα πρωτόκολλα βοήθησε στο σχεδιασμό πολυμεσικών πρωτοκόλλων μεταφοράς. Στη συνέχεια δίνουμε μερικούς λόγους γιατί αυτά τα πρωτόκολλα είναι ακατάλληλα για πολυμεσικές εφαρμογές υψηλής ταχύτητας.

- Η ανάγκη αντιγραφής των δεδομένων που οφείλεται στη φύση των πρωτοκόλλων και προκαλεί μια έμφυτη καθυστέρηση στην επικοινωνία.
- Η πραγματοποίηση πολύπλεξης σε πολλά επίπεδα που αυξάνει την πολυπλοκότητα των πρωτοκόλλων των επιπέδων και των υλοποιήσεών τους.
- Ο κοινός μηχανισμός ελέγχου ροής που επιτρέπει την μετάδοση ενός περιορισμένου αριθμού από bytes (ένα παράθυρο από bytes) ο οποίος είναι ακατάλληλος για μετάδοση υψηλής ταχύτητας.
- Ο έλεγχος λαθών αυτών των πρωτοκόλλων που αν και είναι αξιόπιστος, δημιουργεί προβλήματα μιας και ακολουθεί την στρατηγική της αναμετάδοσης των πακέτων στη περίπτωση λάθους. Η στρατηγική αυτή εισάγει μεγάλες καθυστερήσεις ακόμα και για μικρά λάθη στη μετάδοση που θα μπορούσαν να αγνοηθούν.
- Ο χειρισμός των πληροφοριών ελέγχου και οι υλοποιήσεις τους που στην περίπτωση των δικτύων πολυμέσων δεν είναι τόσο απλές.
- Έλλειψη ποιότητας υπηρεσίας (quality of service). Στο TCP δεν υπάρχει καθόλου η έννοια της ποιότητας υπηρεσίας ενώ στο TP4 υπάρχουν περιορισμοί στις παραμέτρους που ορίζουν τι είναι ποιότητα υπηρεσίας.

**Το πρωτόκολλο μεταφοράς XPRESS.**

Το Πρωτόκολλο μεταφοράς XPRESS (XPRESS TRANSFER PROTOCOL-ΧΤΡ) είναι ένα αξιόπιστο και ελαφρύ πρωτόκολλο επικοινωνίας του επιπέδου μεταφοράς. Αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1980 προκειμένου να ικανοποιήσει τις ανάγκες διάφορων κατανεμημένων εφαρμογών εκμεταλλευόμενο τα δίκτυα υψηλής ταχύτητας. Το ΧΤΡ είναι ένα σημαντικό πρωτόκολλο για τους παρακάτω λόγους. Πρώτον συνδιάζει τις καλύτερες ιδέες και λειτουργίες που προέκυψαν από την εμπειρία που μας έδωσαν τα προϋπάρχοντα πρωτόκολλα όπως για παράδειγμα το TCP, TP4, NETBLT, VMTP, και Delta-t. Δεύτερον, αντίθετα με άλλα πρωτόκολλα που αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν από ένα γκρουπ ή ένα μικρό αριθμό από γκρουπ, το ΧΤΡ υλοποιήθηκε σε πολλούς ξεχωριστούς οργανισμούς και χρησιμοποιήθηκε ευρέως σε περιοχές όπως έλεγχο πραγματικού χρόνου και υψηλών ταχυτήτων πολλαπλής μετάδοσης (multicast) επικοινωνίες δεδομένων. Τρίτον, αυτό επηρέασε το σχεδιασμό άλλων πρωτοκόλλων, συμπεριλαμβανομένων και multimedia πρωτοκόλλων.



## ☞ **Τα πρωτόκολλα κατακράτησης πόρων (resource reservation protocols).**

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ποιότητα των υπηρεσιών (QoS) πρέπει να χρησιμοποιηθούν τεχνικές διαχείρισης πόρων. Χωρίς διαχείριση πόρων στα τελικά συστήματα, δίκτυα και switches, τα Multimedia συστήματα δεν μπορούν να προσφέρουν αξιόπιστη ποιότητα υπηρεσιών στους χρήστες. Η μετάδοση πολυμεσικών δεδομένων διαμέσου μη κατακρατημένων πόρων (κύκλοι εργασίας της CPU, εύρος του δικτύου, buffer χώρος στα switches και το δέκτη) οδηγεί σε καθυστερημένα και χαμένα πακέτα λόγω της μη διαθεσιμότητας των απαιτούμενων πόρων. Έτσι η διαχείριση πόρων παίζει σημαντικό ρόλο στις επικοινωνίες πολυμεσικών συστημάτων. Γι αυτό και ένα πολύ σημαντικό μέρος στα συστήματα πολυμεσικών επικοινωνιών είναι το πρωτόκολλο κατακράτησης πόρων στο επίπεδο δικτύου. Σημειώνεται ότι ένα πρωτόκολλο κατακράτησης πόρων δεν πραγματοποιεί καμία κατακράτηση των απαιτούμενων πόρων από μόνο του, αλλά είναι ένα όχημα για τη μεταφορά πληροφορίας σχετικά με τη κατακράτηση πόρων και τη διαπραγμάτευση για την επίτευξη των αξιών ποιότητας υπηρεσιών που επιθυμούν οι χρήστες για τις εφαρμογές τους. Το πρωτόκολλο κατακράτησης πόρων στηρίζονται σε συναρτήσεις διαχείρισης πόρων σε κάθε υποσύστημα για την επίτευξη και το προγραμματισμό προσβάσεων σε πόρους κατά τη διάρκεια της φάσης της μετάδοσης.

### ☞ **Το πρωτόκολλο ST-II.**

Το ST-II είναι ένα πειραματικό Internet πρωτόκολλο σχεδιασμένο το 1990 για τη μετάδοση δεδομένων πραγματικού χρόνου. Είναι ο διάδοχος του του ST πρωτοκόλλου που καθορίστηκε το 1979. Το ST-II υλοποιήθηκε και συνεχίζει να υλοποιείται για επικοινωνίες ήχου και video σε διαφορετικά δίκτυα. Το ST-II υποστηρίζει πολλαπλή μετάδοση και δυνατότητες ποιότητας υπηρεσιών. Τα δεδομένα μπορούν να σταλούν μόνο αφού έχει εγκατασταθεί ένα ρεύμα.

### ☞ **Το πρωτόκολλο RSVP.**

Το πρωτόκολλο κατακράτησης πόρων (reservation protocol) κατατάσσεται στο επίπεδο του δικτύου, αλλά δεν είναι ένα καθαρά πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου. Κατακρατεί πόρους κατά μήκος της διαδρομής των δεδομένων αλλά δεν είναι υπεύθυνο για τη μετάδοσή τους. Ένα συνοδευτικό πρωτόκολλο όπως το IP μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά των δεδομένων.

Το RSVP είναι όμοιο με το ST-II στο ότι ένα ρεύμα δεδομένων μοντελοποιείται σαν μια απλή κατανομή δέντρου που έχει ρίζα την πηγή και επεκτείνεται σε όλους τους δέκτες. Εντούτοις οι μηχανισμοί κατακράτησης πόρων και τα μοντέλα κατακράτησης που υποστηρίζονται ουσιαστικά διαφέρουν από το ST-II μοντέλο.

### ☞ **Σύγκριση των ST-II και RSVP.**

Παρόλο που τα πρωτόκολλα RSVP και ST-II έχουν κοινό στόχο την επίτευξη πολλαπλής επικοινωνίας με εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσιών, έχουν και πολλές διαφορές. Η μεγαλύτερη διαφορά τους είναι στην προσέγγιση της έναρξης της κατακράτησης. Στο ST-II η κατακράτηση ξεκινάει από τον πομπό που μεταδίδει τα χαρακτηριστικά στους δέκτες. Κατά τη διάρκεια της μετάδοσης των χαρακτηριστικών ροής από τον πομπό στους δέκτες, κάποιοι παράμετροι των χαρακτηριστικών μετατρέπονται ανάλογα με τους διαθέσιμους πόρους της διαδρομής. Τα τελικά χαρακτηριστικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν από το δέκτη για τη μετάδοση δεδομένων έχουν τις ελάχιστες απαιτήσεις πόρων από αυτές που συμφωνούνε από όλους τους δέκτες και τους πελάτες των δικτύων. Μετά το καθορισμό των χαρακτηριστικών της ροής όλοι οι δέκτες παραλαμβάνουν τα δεδομένα με τα ίδια χαρακτηριστικά άσχετα με τις δυνατότητές τους.

### • **Τα πρωτόκολλα κατακράτησης πόρων (resource reservation protocols).**

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ποιότητα των υπηρεσιών (QoS) πρέπει να χρησιμοποιηθούν τεχνικές διαχείρισης πόρων. Χωρίς διαχείριση πόρων στα τελικά συστήματα, δίκτυα και switches, τα Multimedia συστήματα δεν μπορούν να προσφέρουν αξιόπιστη ποιότητα υπηρεσιών στους χρήστες. Η μετάδοση πολυμεσικών δεδομένων διαμέσου μη κατακρατημένων πόρων (κύκλοι εργασίας της CPU, εύρος του δικτύου, buffer χώρος στα switches και το δέκτη) οδηγεί σε καθυστερημένα και χαμένα πακέτα λόγω της μη διαθεσιμότητας των απαιτούμενων πόρων. Έτσι η διαχείριση πόρων παίζει σημαντικό ρόλο στις επικοινωνίες πολυμεσικών συστημάτων. Γι αυτό και ένα πολύ σημαντικό μέρος στα συστήματα πολυμεσικών επικοινωνιών είναι το πρωτόκολλο κατακράτησης πόρων στο επίπεδο δικτύου. Σημειώνεται ότι ένα πρωτόκολλο κατακράτησης πόρων δεν πραγματοποιεί καμία κατακράτηση των απαιτούμενων πόρων από μόνο του, αλλά είναι ένα όχημα για τη μεταφορά πληροφορίας σχετικά με τη κατακράτηση πόρων και τη διαπραγμάτευση για την επίτευξη των αξιών ποιότητας υπηρεσιών που επιθυμούν οι χρήστες για τις εφαρμογές τους. Το πρωτόκολλα κατακράτησης πόρων στηρίζονται σε συναρτήσεις διαχείρισης πόρων σε κάθε υποσύστημα για την επίτευξη και το προγραμματισμό προσβάσεων σε πόρους κατά τη διάρκεια της φάσης της μετάδοσης.

### • **Το πρωτόκολλο ST-II.**

Το ST-II είναι ένα πειραματικό Internet πρωτόκολλο σχεδιασμένο το 1990 για τη μετάδοση δεδομένων πραγματικού χρόνου. Είναι ο διάδοχος του του ST πρωτοκόλλου που καθορίστηκε το 1979. Το ST-II υλοποιήθηκε και συνεχίζει να υλοποιείται για επικοινωνίες ήχου και video σε διαφορετικά δίκτυα. Το ST-II υποστηρίζει πολλαπλή μετάδοση και δυνατότητες ποιότητας υπηρεσιών. Τα δεδομένα μπορούν να σταλούν μόνο αφού έχει εγκατασταθεί ένα ρεύμα.

### • **Το πρωτόκολλο RSVP.**

Το πρωτόκολλο κατακράτησης πόρων (reservation protocol) κατατάσσεται στο επίπεδο του δικτύου, αλλά δεν είναι ένα καθαρά πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου. Κατακρατεί πόρους κατά μήκος της διαδρομής των δεδομένων αλλά δεν είναι υπεύθυνο για τη μετάδοσή τους. Ένα συνοδευτικό πρωτόκολλο όπως το IP μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά των δεδομένων.

Το RSVP είναι όμοιο με το ST-II στο ότι ένα ρεύμα δεδομένων μοντελοποιείται σαν μια απλή κατανομή δέντρου που έχει ρίζα την πηγή και επεκτείνεται σε όλους τους δέκτες. Εντούτοις οι μηχανισμοί κατακράτησης πόρων και τα μοντέλα κατακράτησης που υποστηρίζονται ουσιαστικά διαφέρουν από το ST-II μοντέλο.

### • **Σύγκριση των ST-II και RSVP.**

Παρόλο που τα πρωτόκολλα RSVP και ST-II έχουν κοινό στόχο την επίτευξη πολλαπλής επικοινωνίας με εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσιών, έχουν και πολλές διαφορές. Η μεγαλύτερη διαφορά τους είναι στην προσέγγιση της έναρξης της κατακράτησης. Στο ST-II η κατακράτηση ξεκινάει από τον πομπό που μεταδίδει τα χαρακτηριστικά στους δέκτες. Κατά τη διάρκεια της μετάδοσης των χαρακτηριστικών ροής από τον πομπό στους δέκτες, κάποιοι παράμετροι των χαρακτηριστικών μετατρέπονται ανάλογα με τους διαθέσιμους πόρους της διαδρομής. Τα τελικά χαρακτηριστικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν από το δέκτη για τη μετάδοση δεδομένων έχουν τις ελάχιστες απαιτήσεις πόρων από αυτές που συμφωνούν από όλους τους δέκτες και τους πελάτες των δικτύων. Μετά το καθορισμό των χαρακτηριστικών της ροής όλοι οι δέκτες παραλαμβάνουν τα δεδομένα με τα ίδια χαρακτηριστικά άσχετα με τις δυνατότητές τους.

### ☛ **Το πρωτόκολλο μεταφοράς πραγματικού χρόνου (real-time transport protocol).**

Το RTP αναπτύχθηκε από το audio/video γκρουπ μεταφοράς της IETF. Τα χαρακτηριστικά του είναι στο επίπεδο της απεικόνισης του internet (Internet Draft). Ο στόχος του είναι να προσφέρει end-to-end, πραγματικού χρόνου επικοινωνίες στο internet. Σημειώνεται ότι προσφέρει μια λειτουργία μεταφοράς δεδομένων και ονομάζεται πρωτόκολλο μεταφοράς, αλλά συχνά χρησιμοποιείται πάνω από το UDP, το οποίο είναι ένα πρωτόκολλο μεταφοράς χωρίς συνδέσεις. Για να εγγυηθεί ποιότητα υπηρεσιών, το RTP πρέπει να λειτουργεί πάνω από ένα πρωτόκολλο κατακράτησης πόρων είναι το ST-II.

Στο ST-II δεν υπάρχει η έννοια της σύνδεσης. Μπορεί να λειτουργεί τόσο πάνω από πρωτόκολλα χαμηλότερου επιπέδου που βασίζονται σε συνδέσεις, όσο και πάνω από πρωτόκολλα χωρίς συνδέσεις. Το RTP αποτελείται από δύο μέρη. Ένα μέρος δεδομένων και ένα μέρος ελέγχου. Τα δεδομένα των εφαρμογών μεταφέρονται σε RTP πακέτα δεδομένων. Τα RTP πακέτα ελέγχου (RTP control packets) προσφέρουν κάποιο έλεγχο και στοιχεία αναγνώρισης.

### ☛ **Το Πρωτόκολλο μεταφοράς Heidelberg.**

Το πρωτόκολλο μεταφοράς Heidelberg (Heidelberg Transport Protocol-HeiTP) είναι σχεδιασμένο να τρέχει πάνω από το ST-II για τις πολυμεσικές επικοινωνίες πάνω από το internet. Είναι ένα βασισμένο σε συνδέσεις (connection-oriented) πρωτόκολλο. Οι συνδέσεις μπορεί να είναι one-to-one αμφίδρομες (full-duplex) ή one-to-many απλές (simplex). Παρόλο που συνδέσεις one-to-many full-duplex δεν παρέχονται, η ροή του μηνύματος ελέγχου του HeiTP είναι πάντοτε αμφίδρομη, ώστε οι στόχοι να μπορούν να στείλουν πληροφορίες ελέγχου πίσω στην αρχή. Οι συνδέσεις μεταφοράς και οι δικτυακές συνδέσεις ST-II έχουν μία συσχέτιση one-to-one, δηλαδή μόνο ένα ρεύμα δεδομένων μεταφοράς επιτρέπεται να χρησιμοποιήσει μια δικτυακή σύνδεση. Αυτό είναι κατάλληλο για πολυμεσικές επικοινωνίες επειδή διαφορετικά ρεύματα μπορεί να έχουν διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσιών και γι αυτό πρέπει να χρησιμοποιούν διαφορετικές δικτυακές συνδέσεις, με διαφορετικές εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσιών. Το HeiTP βασίζεται στο ST-II προκειμένου να πετύχει μία one-to-many λειτουργία πολλαπλής μετάδοσης (one-to-many multicast).

## ΠΡΟΤΥΠΑ

### ○ **Οι οργανισμοί που επηρεάζουν τα πολυμέσα (ANSI, IMA, ISO, ITU).**

Βιομηχανικοί, εθνικοί και διεθνείς οργανισμοί είναι αυτοί που επεξεργάζονται, μελετούν και προτείνουν πρότυπα που επηρεάζουν την πολυμεσική κυκλοφορία. Όλα αυτά τα πρότυπα είναι πρότυπα σύμφωνα με τα νόμο (de jure) που εγκρίνονται και υιοθετούνται από τις κυβερνήσεις και τα διεθνή σώματα. Εκτός από αυτά υπάρχουν και τα de facto πρότυπα που προτείνονται από έναν ή περισσότερους κατασκευαστές με σκοπό την κυριαρχία τους σε ένα συγκεκριμένο μερίδιο της αγοράς. Πέρα από τα πρότυπα συμπίεσης JPEG και MPEG, η πολυμεσική κυκλοφορία δεδομένων επηρεάζεται από οργανισμούς όπως είναι οι ANSI, IMA, ISO και ITU. Στη συνέχεια ακολουθεί μια συνοπτική περιγραφή αυτών των οργανισμών.

### ○ **ANSI (International National Standards Institute).**

Ο ANSI είναι ένας ιδιωτικός μη κερδοφόρος οργανισμός ο οποίος επιβλέπει όλους τους ιδιωτικούς και δημόσιους οργανισμούς τυποποίησης των Ηνωμένων Πολιτειών. Στα θέματα που αφορούν τα πολυμέσα ο ANSI επηρεάζεται κυρίως από τους οργανισμούς EIA (Electronic Industries Association), IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) και NBS (National Bureau of Standards). Τέλος ο ANSI έχει την εντολή από το υπουργείο των Ηνωμένων Πολιτειών να αντιπροσωπεύει τη χώρα διεθνώς.

### ❶ **IMA (Interactive Multimedia Association).**

Αυτός ο οργανισμός εμφανίστηκε το 1988 σαν επαγγελματικός εμπορικός σύλλογος μονάδων και οργανισμών που σχετίζονται με τη παραγωγή και τη χρήση πολυμεσικών τεχνολογιών αλληλεπίδρασης. Ο IMA είναι ένα σώμα προτυποποίησης που υποστηρίζεται από τους περισσότερους σχεδιαστές πολυμέσων και λειτουργεί σαν ένα ανοιχτό φόρουμ για κατασκευαστές και χρήστες. Ο κυρίαρχος στόχος του είναι να καθορίσει διάφορα χαρακτηριστικά και πρωτόκολλα συστημάτων πολυμέσων και να καθιερώσει μια ομοφωνία ανάμεσα στους σχεδιαστές. Ο IMA προάγει την ανάπτυξη της διαλειτουργικότητας ανάμεσα σε διαφορετικά πολυμεσικά συστήματα.

### ❷ **ISO (International Standards Organization).**

Ο ISO με τη σημερινή μορφή του λειτουργεί από το 1947, αντιπροσωπεύοντας, 90 διαφορετικά έθνη. Η βάση του βρίσκεται στην Ελβετία. Ο σκοπός του είναι να βοηθήσει την ανταλλαγή επιστημονικών και τεχνικών πληροφοριών για την ανάπτυξη του διεθνούς εμπορίου. Ο ISO συνεργάζεται με τον CCITT στις ομάδες εργασίας JPEG και MPEG για τα πρότυπα συμπίεσης.

### ❸ **ITU (international Telecommunications Union).**

Αυτό είναι το σώμα της τυποποίησης που δημιουργήθηκε το 1932, το οποίο περιήλθε στον έλεγχο των Ηνωμένων Εθνών το 1947 και έχει την έδρα του στη Γενεύη της Ελβετίας. Δύο από τις επιτροπές έχουν μεγάλη επίδραση στη πολυμεσική μεταφορά δεδομένων. Αυτός ο οργανισμός είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία του προτύπου H.261 που σχεδιάστηκε το 1990 ειδικά για την τηλεδιάσκεψη, αλλά και για τη δημιουργία της πιο πρόσφατης οικογένειας προτύπων H.320, που αναφέρεται στις τηλεπικοινωνίες ήχου και video μεταξύ εξοπλισμών από διαφορετικούς κατασκευαστές.

### ❹ **Το πρότυπο H.261 για μετάδοση video.**

Το σημαντικό πρότυπο για τη τηλεδιάσκεψη και τη διαλειτουργικότητα των πολυμέσων είναι το H.261, το οποίο καθορίζει πολλές διαδικασίες για την επικοινωνία με ρυθμούς 30 frames το δευτερόλεπτο. Ο CCITT υιοθέτησε το πρότυπο H.261 (γνωστό και ως p\*64), το οποίο είναι ειδικά σχεδιασμένο για μεταδόσεις εικόνων video μέσω ψηφιακών δικτύων, με ρυθμούς δεδομένων από 64 έως 2048Kbps. Μέχρι τότε οι σχεδιαστές συστημάτων τηλεδιάσκεψης χρησιμοποιούσαν ιδιόκτητες διατάξεις με πολλές τεχνικές συμπίεσης που η κάθε μία ήταν ασύμβατη με τις υπόλοιπες. Το H.261 περιλαμβάνει ένα πρότυπο συμπίεσης το οποίο βασίζεται στη τεχνική DCT και είναι όμοιο στη φύση του με το MPEG αλλά επιτρέπει πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης.

Αρχικά το πρότυπο σχεδιάστηκε για τον έλεγχο της από σημείο σε σημείο (point-to-point) τηλεδιάσκεψης, αλλά τώρα αυτή η τεχνολογία έχει επεκταθεί και στις πολυμεσικές εφαρμογές. Με την ανάπτυξη της πολυμερούς τηλεδιάσκεψης (multiparty conferencing), νέες λειτουργίες έχουν κάνει την εμφάνισή τους που απαιτούν πρόσθετα πρότυπα μετάδοσης. Σαν αποτέλεσμα, το H.261 επεκτείνεται για να καλύψει ένα αριθμό από νέες κρίσιμες λειτουργίες. Αυτές οι λειτουργίες έχουν να κάνουν με την ασφάλεια, με τις πολυμεσικές εφαρμογές και τη διασύνδεση των PC με τα LAN και τα WAN.

### ❺ **Το πρότυπο H.261 για γραφικά και εικόνες.**

Ένα πρότυπο για την κωδικοποίηση frame εικόνων (still-frame images) είναι μια περιοχή των πολυμεσικών επικοινωνιών που δεν έχει καθοριστεί, αλλά φαίνεται ότι είναι μια παραλλαγή του H.261. Οι εφαρμογές που θα ωφελούνταν από ένα τέτοιο πρότυπο περιλαμβάνουν τη βιομηχανία και τις εκδοτικές εφαρμογές. Τέτοια πρότυπα θα επέτρεπαν την ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με σχέδια μηχανικών, διαγράμματα και χάρτες που παρουσιάζονται στην οθόνη κατά τη διάρκεια της τηλεδιάσκεψης. Τέτοιες γραφικές εικόνες συνήθως χρειάζονται μεγαλύτερη ανάλυση για να δείχνουν τις λεπτομέρειες με μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι κάνουν οι μεμονωμένες εικόνες. Το εναλλακτικό H.261 θα καθορίσει μια μέθοδο για την απόκτηση περισσότερου εύρους ζώνης από το κανάλι του video με σκοπό τη βελτίωση της ανάλυσης τέτοιων μεταδόσεων. Αυτή η λειτουργία είναι σημαντική στις πολυμερείς τηλεδιασκέψεις όπου πολλοί συμμετέχοντες μπορούν να πραγματοποιούν αλλαγές πάνω σε τέτοιες εικόνες.

### ❶ **Τα πρότυπα H.231 και H.243 για τηλεδιάσκεψη με πολλά μέλη.**

Δύο σημαντικά νέα πρότυπα που βρίσκονται ακόμα σε εξέλιξη, διευθύνουν τη γεφύρωση σε πολλά σημεία ενός δικτύου. Η πολλαπλή τηλεδιάσκεψη είναι μια λογική επέκταση που προκύπτει από την εξέλιξη της απλής από σημείο σε σημείο τηλεδιάσκεψης, ώστε να χειρίζεται πολλά μέλη ταυτόχρονα.

Το H.231 είναι σχεδιασμένο για να ελέγχει τις συνδέσεις ανάμεσα σε διαφορετικές τεχνολογίες κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης (codecs) με μονάδες ελέγχου πολλών μελών (MCUs-multipoint control unit). Το H.243 πρωτόκολλο ελέγχει τις λειτουργίες ανάμεσα στις H.231 μονάδες MCUs.

Τα πρότυπα για τηλεδιάσκεψη με πολλά μέλη πρέπει ακόμα να περιλαμβάνουν τους κανόνες που κυβερνούν την αποδοχή νέων συμμετεχόντων κατά τη διάρκεια της τηλεδιάσκεψης και την εγκατάλειψη κάποιων άλλων όταν η τηλεδιάσκεψη βρίσκεται σε εξέλιξη. Ο έλεγχος παράπλευρων διασκέψεων ανάμεσα σε κάποιους συμμετέχοντες, ενώ η ολική τηλεδιάσκεψη είναι σε εξέλιξη, είναι επίσης ένα σημαντικό θέμα σε τέτοια περιβάλλοντα το οποίο πρέπει να διευθετείται από μια ομάδα προτύπων.

### ❷ **Το πρότυπο H.233 για κρυπτογραφημένη μετάδοση.**

Τα χαρακτηριστικά του προτύπου H.233 καθορίζουν τη μέθοδο για τη χρήση ενός μοναδικού κώδικα κρυπτογράφησης ανάμεσα σε εξουσιοδοτημένα μέλη μιας τηλεδιάσκεψης πριν αρχίσει οποιαδήποτε συνεργατική εργασία. Ακόμα δεν έχει κατανοηθεί πλήρως ποια θέματα ασφάλειας των πληροφοριών και των δεδομένων εμπλέκονται στη πολυμεσική διάσκεψη με πολλά μέλη. Αυτά τα θέματα μαζί με την προσπέλαση πολλών χρηστών σε συνεργατικές βάσεις δεδομένων και πρωσοπικά αρχεία πρέπει να προστατεύονται για την τήρηση της εμπιστευτικότητας.

Τα παραπάνω θέματα είναι πολύ σημαντικά στις πολυμεσικές επικοινωνίες που αφορούν τα συστήματα υγείας και πρέπει να λύνονται πριν αυτά τα συστήματα περάσουν σε ευρεία χρήση. Στα ιατρικά περιβάλλοντα υπάρχουν πολλές εικόνες και video που περιέχουν πολύ ευαίσθητες πληροφορίες σχετικά με ασθενείς, όπως η υγεία τους, αρρώστιες, ιατρικές θεραπείες, η οικονομική κατάσταση κ.α. Το πρότυπο της κρυπτογράφησης είναι ένα από τα σημαντικότερα πράγματα που πρέπει να γίνουν πριν να ξεκινήσει μία εικονική συνεργατική εργασία.

### ❸ **Το πρότυπο H.320 για τις τεχνικές προδιαγραφές μετάδοσης οπτικοακουστικών συστημάτων.**

Το πρότυπο H.320 είναι το πρότυπο που καθορίζει όλες τις τεχνικές απαιτήσεις για ζωνοπερατή μετάδοση οπτικοακουστικών μεταδόσεων. Το H.320 καθορίζει τη συμμόρφωση με το βασικό πρότυπο κωδικοποίησης video H.261, με ένα αριθμό από βοηθητικά πρότυπα, και με ένα νέο πρότυπο συμπίεσης ήχου. Τα συστατικά πρότυπα περιλαμβάνουν το H.221, που αναφέρεται σε πληροφορίες που σχετίζονται με τα frames, το H.230 για το χειρισμό του ελέγχου και το H.242 που καθορίζει την εγκατάσταση και το τερματισμό των μεταδόσεων. Το νέο πρότυπο G.728 που σχετίζεται με τη συμπίεση ήχου στα 16Kbps είναι επίσης ένα μέρος αυτής της οικογένειας.

Όλα τα πρότυπα της σειράς H υιοθετήθηκαν το 1990, ενώ το G.728 ολοκληρώθηκε μόλις το 1992. Είναι φανερό ότι αυτή η οικογένεια προτύπων βρίσκεται σε ανάπτυξη και αργότερα το πρότυπο H.320 μπορεί να περιλάβει και άλλα πρότυπα. Ολόκληρη η οικογένεια προτύπων του H.320 είναι σήμερα διαθέσιμη σε ένα μόνο μικροσίπ που ακόμα περιλαμβάνει αλγόριθμους όπως είναι ο JPEG και ο MPEG.

### ❹ **Το πρότυπο του πολυεπίπεδου πρωτοκόλλου (multilayer protocol standard).**

Ένα σημαντικό συμπλήρωμα στην οικογένεια του H.320 είναι το πρότυπο του πολυεπίπεδου πρωτοκόλλου. Αυτό το πρότυπο έρχεται να καλύψει τα πρότυπα που αφορούν πολυμεσικά δίκτυα και διασκέψεις που βασίζονται σε PC. Σκοπός του είναι να καλύψει τηλεδιασκέψεις πολλών μελών

που περιλαμβάνουν μετάδοση αρχείων επεξεργασίας κειμένου, φύλλα εργασίας, βάσεις δεδομένων κ.α.

## 7.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

[8]

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα δίκτυα πολυμέσων μπορούν να εφαρμοστούν με επιτυχία σε πολλούς τομείς της σύγχρονης ανθρώπινης δραστηριότητας. Η τηλεδιάσκεψη είναι μία νέα υπηρεσία, που παρέχεται τα τελευταία χρόνια και στην χώρα μας. Πρόσφορο έδαφος υπάρχει στον χώρο των πωλήσεων και της διαφήμισης των προϊόντων, ενώ μία μελλοντική τάση είναι και τα δίκτυα πληροφορίας και η εκπαίδευση από απόσταση. Η άσκηση της σύγχρονης Ιατρικής θα μπορούσε να αυτοματοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό με την χρήση πολυμεσικών δικτύων βελτιώνοντας σημαντικά την παροχή υπηρεσιών υγείας στον πολίτη. Επίσης, η εκμετάλλευση της καταναλωτικής αγοράς είναι ένα πεδίο που πιστεύεται ότι θα αποβεί ιδιαίτερα προσοδοφόρο με την καθιέρωση της ψηφιακής υπερ-λεωφόρου (super-highway) πληροφορίας και δεδομένων. Ακολουθεί μία συνοπτική παρουσίαση όλων όσων μόλις αναφέρθηκαν.

### ΤΗΛΕΔΙΑΣΚΕΨΗ

Η τηλεδιάσκεψη (multimedia conferencing) αποτελεί μια κύρια άποψη των συστημάτων συνεργασίας και συχνά θεωρείται ως η πιο διαδεδομένη εφαρμογή στην τεχνολογία των πολυμέσων. Η χρήση της επεκτείνεται σε πολλούς τομείς της επαγγελματικής δραστηριότητας κάνοντάς την ένα πανίσχυρο μέσο επικοινωνίας για τις σύγχρονες επιχειρήσεις, αφού εξαλείφει τους χρονικούς και γεωγραφικούς περιορισμούς επιτρέποντας αποτελεσματικότερη συνεργασία μεταξύ των εργαζομένων τους και των πελατών. Το όλο εγχείρημα χαρακτηρίζεται από την ιδέα της αλληλεπιδραστικής συνεργασίας σε πραγματικό χρόνο με την διαμοίραση οθονών και πινάκων, την δυνατότητα video-διάσκεψης και την ύπαρξη επικοινωνίας πολλαπλών κατευθύνσεων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω τα συστήματα τηλεδιάσκεψης μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, τα σημείο-προς-σημείο (point-to-point) και τα πολλαπλών σημείων (multipoint). Η σημείο-προς-σημείο τηλεδιάσκεψη περιλαμβάνει την συνδιάσκεψη με αλληλεπίδραση είτε δύο ατόμων διαμέσου των προσωπικών τους υπολογιστών (PCs), είτε δύο ομάδων βρισκόμενων σε εγκαταστάσεις (χώρους) που υποστηρίζουν πολυμεσική επικοινωνία. Η πολλαπλών σημείων τηλεδιάσκεψη ενώνει τρεις ή περισσότερες τοποθεσίες που μπορεί να είναι απλοί προσωπικοί υπολογιστές, υπολογιστές δικτύων LAN ή χώροι πολυμεσικής συνδιάσκεψης στα πλαίσια εργασιών που απαιτούν ευρύτερα επιχειρησιακά συστήματα και είναι επίσης γνωστή ως ομαδική τηλεδιάσκεψη (group conferencing).

Σε οποιαδήποτε περίπτωση η πρόκληση εντοπίζεται στη παροχή σύνδεσης αλληλεπίδρασης πραγματικού χρόνου για όλα τα επίπεδα, ανάμεσα δηλαδή σε μεμονωμένα άτομα, ομάδες στα όρια ενός και μόνο LAN ή ολόκληρες εταιρίες που επικοινωνούν διαμέσου διαφορετικών δικτύων. Εμπόδιο για την ανάπτυξη μέχρι τώρα υπήρξε η έλλειψη επαρκούς εύρους ζώνης στα υπάρχοντα δίκτυα και η σχετική σπανιότητα ανοιχτού από άποψη πρωτοκόλλων υλικού (servers, routers, hubs κτλ). Παρακάτω, ακολουθούν διάφορες χαρακτηριστικές εφαρμογές της τηλεδιάσκεψης.

### VIDEO - ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ

Η video-τηλεφωνία είναι κατά βάση μία αμφίδρομη video επικοινωνία σε επίπεδο καταναλωτή που κάνει χρήση των υπάρχοντων τηλεφωνικών και δικτυακών τεχνολογιών. Είναι αυστηρά point-to-point ή αλλιώς από άτομο σε άτομο σύστημα και χρησιμοποιεί μια μικρή σχετικά οθόνη και χαμηλό ρυθμό πλαισίων εικόνας, από 2 έως 10 πλαίσια το δευτερόλεπτο (fps). Αν και σχετικά πρωτόγονα και ακατάλληλα τα συστήματα αυτά για χρήση στα περισσότερα ευρύτερα

επιχειρησιακά περιβάλλοντα προήγαγαν στο κοινό την έννοια της video-διάσκεψης, της οποίας η video-τηλεφωνία μπορεί να θεωρηθεί πρόδρομος.

Ένα video-τηλέφωνο απαρτίζεται από μία συσκευή τηλεφώνου, μία μικρή video-κάμερα και οθόνη χειριζόμενη από συμπιεστικά/αποσυμπιεστικά μικροσίπ (codexs), αν και δεν έχει την γενική επεξεργαστική ικανότητα ενός PC. Συνδέεται σε μία συνηθισμένη υποδοχή τηλεφώνου και χρησιμοποιεί 3.3 ιντσών έγχρωμη video-οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD) με τον προαναφερθέντα ρυθμό πλαισίων εικόνας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι εικόνες να έχουν κακή σχετικά ποιότητα και το περιορισμένο εύρος ζώνης των τηλεφωνικών δικτύων να μην επιτρέπει την βελτίωσή τους. Συνήθως υπάρχει πλήκτρο ελέγχου της μετάδοσης video με το οποίο μπορεί να ακυρώνεται η μετάδοση της εικόνας. Η video-κάμερα έχει την δυνατότητα εστίασης μέχρι και 9 πόδια από την κονσόλα για την υποστήριξη περισσότερων του ενός συνομιλητών.

Ιστορικά πρέπει να τονίσουμε ότι η πρώτη εμφάνιση της video-τηλεφωνίας έγινε μόλις το 1964 με το πρωτότυπο Picture Phone από την AT&T, αλλά ενώ το αγοραστικό κοινό πάντα γοητευόταν από την ιδέα, τα πολλά τεχνολογικά μειονεκτήματά της δεν επέτρεψαν την καθιέρωσή της. Χαρακτηριστικό είναι το ότι έπρεπε να περάσουν αρκετά χρόνια μέχρι να κυκλοφορήσει στην αγορά προϊόν μαζικής παραγωγής (Videophone 2500 στα 1992 πάλι από την AT&T). Πάντως υπάρχει η αισιοδοξία ότι με την ανάπτυξη της δικτυακής τεχνολογίας και την αύξηση του παρερχόμενου εύρους ζώνης θα λυθούν τα προβλήματα απόδοσης και θα γίνει ευρέως αποδεκτό ως μέσο επικοινωνίας.

### ➤ **ΤΗΛΕΔΙΑΣΚΕΨΗ ΓΡΑΦΕΙΟΥ**

Αυτή η μορφή τηλεδιάσκεψης (desktop-to-desktop conferencing) εμπεριέχει μόνο δύο χρήστες ή δύο μικρές ομάδες χρηστών που συγκεντρώνονται γύρω από μία μεμονωμένη πλατφόρμα PC και επικοινωνούν διαμέσου υπαρχόντων δικτύων με ένα άλλο PC κατάλληλα εξοπλισμένο να λαμβάνει τις μεταδόσεις του πρώτου. Η έννοια αυτή συνδυάζει την video-τηλεφωνία, την video-διάσκεψη και PCs ή σταθμούς εργασίας με πολυχρηστικά (multi-user) λειτουργικά συστήματα. Τα video, η φωνή και τα δεδομένα μεταδίδονται και εμφανίζονται σε συγκεκριμένα παράθυρα όπως θα γινόταν αν αυτοί που συνδιασκέπτονται βρισκόταν δίπλα-δίπλα στον ίδιο φυσικό χώρο.

Τέτοια συστήματα τηλεδιάσκεψης ενδέχεται να έχουν video-κάμερες για την μεταβίβαση εικόνων πραγματικού χρόνου των συμμετεχόντων και πολύ συχνά στηρίζονται κυρίως στην φωνητική αλληλεπίδραση για συνέχεια. Λόγω των ακουστικών καμπών και της διαφορετικής χροιάς της κάθε πραγματικού χρόνου μετάδοσης θεωρούνται ανώτερα από το φωνητικό ταχυδρομείο (voicemail). Στην τηλεδιάσκεψη γραφείου διαμοιράζονται εικόνες σκίτσων ή σχεδίων και κείμενα ή εικόνες εγγράφων, τα οποία βλέπουν ταυτόχρονα όλοι οι συμμετέχοντες. Συνηθίζεται η χρήση δεικτών από απόσταση (remote pointers) που επιτρέπουν σε κάθε πλευρά να επιλέγει οπτικές λεπτομέρειες για διευκρίνιση ή αναφορά. Εφαρμογές «πίνακα-κιμωλίας» δίνουν την δυνατότητα για εμφάνιση απλών σχεδίων που έγιναν με εργαλεία όπως το ποντίκι και η οθόνη επαφής (touch screen). Ανάλογα με τις συσκευές εισόδου εικόνες μπορούν να σαρωθούν από έγγραφα, αρχεία bitmap από βάσεις δεδομένων και σημειώσεις που έγιναν κατά την διάσκεψη. Παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι το Person-to-Person (P2P) της IBM.

### ➤ **ΤΗΛΕΔΙΑΣΚΕΨΗ ΠΟΛΥΜΕΣΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ**

Η τηλεδιάσκεψη πολυμεσικών εγκαταστάσεων (conference facility-to-conference facility conferencing) είναι μία πιο πολύπλοκη και εξελιγμένη έννοια που έχει τις ρίζες της στις αρχικές ιδέες της video-διάσκεψης. Σε αυτόν τον τύπο τηλεδιάσκεψης ομάδες ατόμων συγκεντρώνονται σε ένα συγκεκριμένο χώρο κατάλληλα εξοπλισμένο ώστε να λειτουργεί ως κέντρο μετάδοσης και λήψης εκπομπών. Μία παραλλαγή περιλαμβάνει ένα κινητό σύστημα video-διάσκεψης το οποίο μεταφέρεται σε συμβατικές αίθουσες συνδιάσκεψης όπου συνδέεται δικτυακά διαμέσου modem και μπορεί να επικοινωνήσει με μία παρόμοια σταθερή ή κινητή μονάδα.

Τέτοιου τύπου πολυμεσικές εγκαταστάσεις πολυδιάσκεψης στηρίζονται σε συσκευές video-συμπίεσης και αποσυμπίεσης (codexs) που επιτρέπουν αμφίδρομη, πλήρους-κίνησης, έγχρωμη video-διάσκεψη σε επιλεγμένο εύρος ζώνης που κυμαίνεται από 56 Kilobits ανά δευτερόλεπτο

(Kbps) μέχρι 2.048 Megabits ανά δευτερόλεπτο (Mbps) και δίνουν την δυνατότητα στους χρήστες να μεταδίδουν πολυμεσικά δεδομένα (video, ήχο, απλά δεδομένα και εικόνες γραφικών) διαμέσου ενός μεμονωμένου ψηφιακού διαύλου. Ένας από/συμπιεστής είναι απαραίτητος σε κάθε εγκατάσταση και η αναμετάδοση γίνεται διαμέσου χερσαίων, δορυφορικών, μικροκυματικών ή καλωδιακών δικτύων. Τα συστήματα αυτά διαθέτουν εκτεταμένα διαγνωστικά εργαλεία που αναγνωρίζουν βλάβες συστήματος σε επίπεδο κυκλώματος (printed-circuit-board ή PCB) από οποιοδήποτε σημείο του δικτύου. Επιπρόσθετα, για ασφάλεια παρέχουν υπηρεσίες κρυπτογράφησης με κλειδιά (keys) της επιλογής του χρήστη. Αρκετές μεγάλες εταιρίες κυκλοφορούν στην αγορά εξοπλισμό εγκαταστάσεων που σε συνδυασμό με τον κατάλληλο από/συμπιεστή μπορούν να αποτελέσουν μια ολοκληρωμένη λύση ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις του πελάτη.

### ➤ **ΤΗΛΕΔΙΑΣΚΕΨΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ**

Σε ένα σύστημα τηλεδιάσκεψης πολλαπλών σημείων (multipoint conferencing) άτομα σε τρεις ή περισσότερες διαφορετικές τοποθεσίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και έχουν την δυνατότητα να βλέπουν και να ακούν ανά πάσα στιγμή την τοποθεσία που εκπέμπει. Αυτός ο έλεγχος είναι είτε φωνητικά ενεργοποιήσιμος (voice-activated) είτε γίνεται μέσω συγκεκριμένων εντολών, ενώ πρέπει ακόμα να δίνεται η δυνατότητα της μετάδοσης από οποιαδήποτε τοποθεσία, διαφορετικής από αυτήν που έχει τον λόγο, εγγράφων, εικόνων, σχεδίων και ταινιών video. Επίσης οι εκπομπές αυτές πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να επιδέχονται επεξεργασία, σχολιασμό και αλλαγές κατά την διάρκεια της διάσκεψης.

Σε αυτά τα συστήματα οι στατικές εικόνες μπορεί να μεταδίδονται με μεγαλύτερη ανάλυση (ευκρίνεια) από το video για λεπτομερέστερη επιθεώρηση. Ακόμη τα data ports πρέπει να υποστηρίζουν την μετάδοση δεδομένων κατά απαίτηση από συσκευές όπως υπολογιστές βάσεων δεδομένων, φαξ και φορητές video-κάμερες σε μεγάλες ταχύτητες. Πέρα από την τεχνολογία συμπίεσης που απαιτείται για τέτοιου είδους μετάδοση υπάρχει η ανάγκη για ένα μέσο που θα καθιστά δυνατή την πολλαπλή επικοινωνία με την υπάρχουσα point-to-point υποδομή. Μια αρχική προσέγγιση είναι ο χειρωνακτικός έλεγχος από μία κεντρική τοποθεσία της κυκλοφορίας των μεταδόσεων, που όπως είναι λογικό χαρακτηρίζεται μη αποδοτική και πρακτική.

Η εμφάνιση των Μονάδων Ελέγχου Πολλαπλών Σημείων (multipoint control unit - MCU) έδωσε νέα πνοή στην τηλεδιάσκεψη, αφού όλες οι λειτουργίες δρομολόγησης γίνονται αυτόματα, ενώ η σύνδεση των συσκευών αυτών στο δίκτυο μπορεί να γίνει οποιοδήποτε στιγμή. Το μοναδικό πρόβλημα μέχρι στιγμής είναι ότι οι μονάδες αυτές είναι αποκλειστικής εκμετάλλευσης και λειτουργούν με αποσυμπιεστές συγκεκριμένης κατασκευής και μάρκας. Πρόσφατα εμφανίστηκαν στο εμπόριο MCUs που είναι συμβατές με απο/συμπιεστές διάφορων εταιριών και είναι σε συμφωνία με το, σχετικό με την τηλεδιάσκεψη πολλαπλών σημείων, πρότυπο H.243 της CCITT. Λόγω των απαιτητικών λειτουργιών που φέρουν σε πέρας οι MCUs είναι πολύπλοκες και ιδιαίτερα εξελιγμένες τεχνολογικά, πράγμα που τις καθιστά ακριβές – μια μονάδα που εξυπηρετεί 8 με 16 τοποθεσίες έχει κόστος μέχρι και \$25,000 ανά θύρα σύνδεσης . Έτσι προτιμούνται σε τοπολογίες που οι ομάδες χρηστών είναι συγκεντρωμένες γεωγραφικά, διαφορετικά, δηλαδή εάν οι χρήστες είναι διασκορπισμένοι ή κινητοί, δεν ενδείκνυνται.



The BPUs inside the Model 2000 MCU handle the video switching. The network interface cards accept incoming video signals from the codecs.

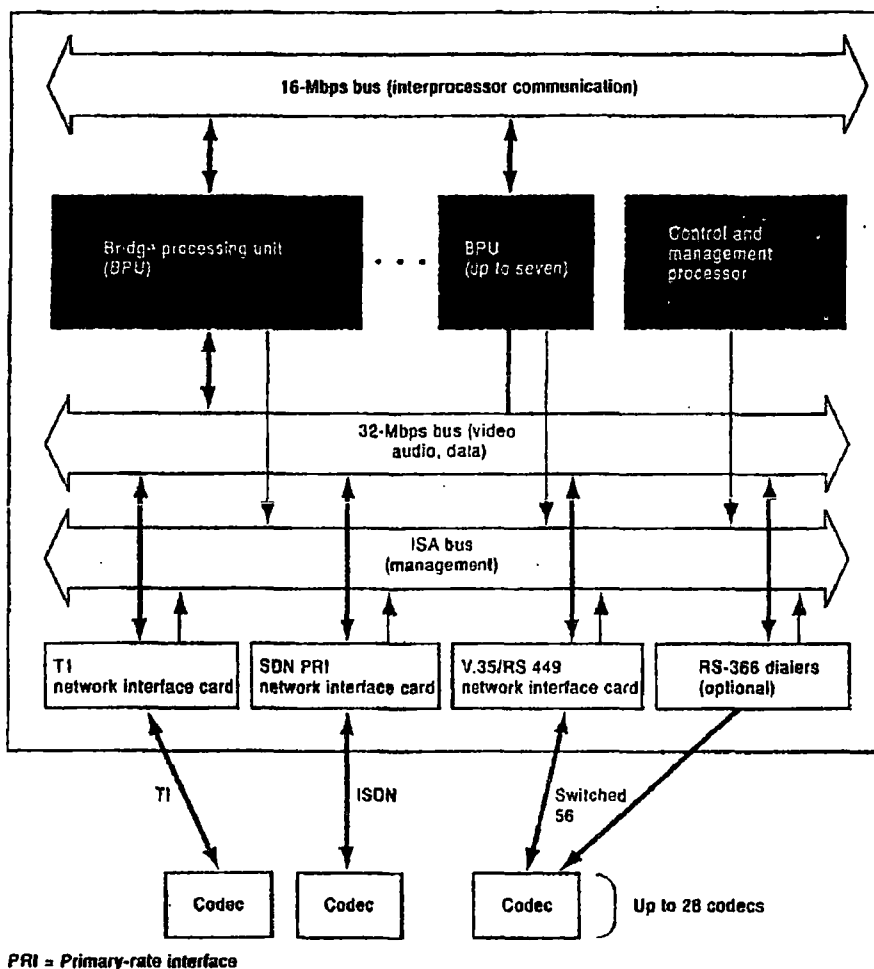


Figure 4.2 Anatomy of a multipoint control unit. (Source: Reprinted from Data Communications, August 1992, p.73, copyright by McGraw-Hill, Inc., all rights reserved.)

-ΣΧΗΜΑ 7.12 ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΜΙΑΣ MCU-

### ➤ **TAYTOXPONO ENGINEERING**

Οι ανταγωνιστικές πιέσεις της σύγχρονης αγοράς για καλύτερη ποιότητα και ο ολοένα πιο σύντομος κύκλος ζωής των προϊόντων οδήγησε τους κατασκευαστές στην αναζήτηση νέων μεθόδων που θα καθιστούν τον κύκλο ανάπτυξης των προϊόντων πιο αποδοτικό. Εκμεταλλευόμενοι τα πλεονεκτήματα του σχεδιασμού με την βοήθεια υπολογιστών (computer aided engineering - CAE), των πανίσχυρων σταθμών εργασίας, των πολυχρηστικών λειτουργικών συστημάτων όπως το UNIX και της δικτυακής επικοινωνίας μέσω LAN οι κατασκευαστές πρόβησαν στην ταυτόχρονη επιστράτευση μηχανικών και ειδικών όλων των εμπλεκόμενων τομέων της παραγωγή. Το αποτέλεσμα ήταν η γέννηση μιας νέας μεθοδολογίας, του ταυτόχρονου engineering (concurrent engineering).

Ουσιαστικά, το ταυτόχρονο engineering είναι μία ομαδική πολυμεσική δραστηριότητα που έχει σχέση με ένα συγκεκριμένο έργο ή προϊόν και συνδυάζει τηλεδιάσκεψη γραφείου και διαμοιρασμό αρχείων πολυμέσων. Η ανάγκη για διαμοιρασμό αρχείων εμφανίστηκε νωρίς με την χρήση των CAD/CAM συστημάτων και των σταθμών εργασίας UNIX. Κάθε ομάδα ανθρώπων που έπαιρνε μέρος στην ανάπτυξη ενός προϊόντος δημιουργούσε ένα σημαντικό όγκο δεδομένων που έπρεπε

έπεται να μεταδοθεί για χρήση σε άλλες ομάδες, καταναλώνοντας χρόνο και αυξάνοντας την εμφάνιση λαθών.

Τον γραμμικό αυτό τρόπο ανάπτυξης ενός προϊόντος ήρθε να αλλάξει το ταυτόχρονο engineering με την εμφάνιση βάσεων δεδομένων αντικειμένων (object databases - ODBs) και της τεχνολογίας της video-διάσκεψης που επέτρεψε τον συντονισμό του σχεδιασμού αυξάνοντας δραματικά την αποδοτικότητα. Ένα σύγχρονο προϊόν πρέπει να πληρεί συγκεκριμένες απαιτήσεις όπως αυξημένη απόδοση, ανταγωνιστική τιμή, ευκολία χρήσης και κατασκευής, ελκυστική εμφάνιση, έγκαιρη διάθεση στην αγορά, τεχνική υποστήριξη, και την ίδια στιγμή πρέπει να είναι σύμφωνο με τα πρότυπα ασφάλειας, υγιεινής και τις αντιλήψεις του κοινού. Το ταυτόχρονο engineering καταπιάνεται με όλες αυτές τις πλευρές παράλληλα, αντιμετωπίζοντας λάθη στα αρχικά στάδια σχεδίασης, ολοκληρώνοντας την ταχύτερα και φθηνότερα. Κάθε αλλαγή στην πορεία είναι ταχύτατα ορατή σε όλους τους υπόλοιπους απασχολούμενους με το έργο και δίνεται η δυνατότητα για άμεση απόφαση ή σχολιασμό της. Παρόλο που κάτι τέτοιο αναδιαμορφώνει εντελώς τον τρόπο που οι εταιρίες αντιμετωπίζουν τόσο τους εργαζομένους όσο και τους πελάτες τους, τα πολλαπλά οφέλη του ταυτόχρονου engineering το καθιστούν σχεδόν υποχρεωτικό σε πολλές περιπτώσεις σήμερα.

### ❖ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ

Δύο βασικά προβλήματα περιορίζουν την απόδοση των αλληλεπιδραστικών εφαρμογών συνεργασίας, όπως η video-διάσκεψη και το ταυτόχρονο engineering. Το πρώτο είναι η διασφάλιση της συμμετοχής παραπάνω από λίγων ατόμων την ίδια στιγμή και είναι καθαρά σχεδιαστικό ζήτημα. Το δεύτερο είναι οι ωρολογιακές διαφορές ανάμεσα σε άτομα και ομάδες που συνεργάζονται σε διαφορετικές χώρες ή ηπείρους.

Όταν άτομα-κλειδιά δεν μπορούν να παραστούν σε μία πραγματικού χρόνου τηλεδιάσκεψη, τα πρακτικά μίας διάσκεψης μπορούν να αποθηκευτούν για μετέπειτα μελέτη και σχολιασμό. Προβλήματα που παρουσιάζει αυτή η προσπάθεια είναι η έλλειψη επαρκούς αποθηκευτικού χώρου για τον μεγάλο όγκο δεδομένων και κατάλληλου λογισμικού διαχείρισης, καθώς και ενός μέσου έγκαιρης ειδοποίησης των απεχόντων πλευρών ότι η παρουσία τους είναι αναγκαία. Ειδικά για το τελευταίο, μία εφαρμογή φωνητικού ταχυδρομείου (voicemail) ή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου με αυξημένες επεξεργαστικές και αποθηκευτικές δυνατότητες είναι μία καλή προσέγγιση. Συστήματα που υλοποιούν όλα τα παραπάνω λέγονται αποθήκευσης-και-προώθησης (store-and-forward) και δίνουν την δυνατότητα της αυτόματης επανεπιθεώρησης, μελέτης ή σχολιασμού των πρακτικών μίας προηγούμενης διάσκεψης σε παραπάνω από ένα άτομα ταυτόχρονα. Η πρόσβαση αυτή δημιουργεί την ανάγκη μέτρων και κανόνων ασφαλείας, καθώς και χρονοπρογραμμαμάτων διατήρησης των δεδομένων για μεγαλύτερη αποδοτικότητα.

### ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΩΛΗΣΕΩΝ ΚΑΙ MARKETING

Η ραγδαία αύξηση του οικονομικού ανταγωνισμού στην παγκόσμια αγορά την δεκαετία που διανύουμε εξανάγκασε τις μεγάλες επιχειρήσεις να δώσουν μεγαλύτερο βάρος στην συγκέντρωση πληροφοριών σχετικών με την αγορά. Τα επιχειρησιακά στελέχη βρέθηκαν έτσι αντιμέτωπα με ένα μεγάλο όγκο συχνά ακατέργαστων πληροφοριών απαραίτητων για την χάραξη σωστής πολιτικής πωλήσεων. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η ταχύτητα με την οποία τα δεδομένα αυτά θα είναι διαθέσιμα σε τέτοια μορφή που θα ωφελήσει την πορεία των πωλήσεων. Τα πολυμέσα και περισσότερο τα ευφυή δίκτυα πολυμέσων εξαλείφουν αυτήν την «υπερφόρτωση» πληροφοριών με την χρήση εικόνας και ήχου. Οι πολυμεσικές εφαρμογές αναβαθμίζουν σημαντικά την παροχή υπηρεσιών στον πελάτη, αφού διευκολύνονται και επιταχύνονται διαδικασίες όπως η προώθηση, ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η παρουσίαση των προϊόντων. Μάλιστα, η χρησιμοποίηση φορητών λύσεων με άμεση δυνατότητα δικτυακής διασύνδεσης έβαλε δυναμικά την τεχνολογία των πολυμέσων στον τομέα των πωλήσεων και του marketing.

### ➤ **ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΠΡΩΘΗΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΩΛΗΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**

Ολοένα και περισσότεροι εμπορικοί αντιπρόσωποι εξοπλίζονται με υπολογιστές, που σχεδόν πάντα διαθέτουν σύνδεση με κεντρικές βάσεις δεδομένων εταιριών. Επίσης, τον τελευταίο καιρό είναι διαθέσιμα εξελιγμένα ηλεκτρονικά σημειωματάρια, φορητοί υπολογιστές, υπολογιστές τσέπης και προσωπικοί ψηφιακοί βοηθοί (personal digital assistants) γνωστοί ως PDAs. Αυτά παρέχουν σημαντικές δυνατότητες πολυμέσων χάρις στις καινούργιες τεχνολογίες, πράγμα που τα καθιστά ιδιαίτερα ελκυστικά και ενδιαφέροντα για τον πελάτη.

Οι φορητές εφαρμογές προώθησης προϊόντων που κάνουν χρήση πολυμέσων αρχίζουν να θεωρούνται τον τελευταίο καιρό πρακτικές και προσοδοφόρες λύσεις, καθώς μία ευρεία γκάμα τέτοιων συσκευών έχει αναπτυχθεί από μεγάλες εταιρίες. Στις συσκευές αυτές συμπεριλαμβάνονται διάφορων τύπων φορητοί υπολογιστές, φορητές συσκευές CD-ROM, περιφερειακά που υποστηρίζουν πολυμέσα και PDAs, τα οποία προσφέρουν πολύτιμες υπηρεσίες στον τομέα των πωλήσεων και του marketing. Την παρούσα στιγμή, τα πιο πολλά από αυτά είναι ανεξάρτητα (standalone) κυρίως λόγω του περιορισμένου εύρους ζώνης των δημόσιων δικτύων, αλλά υπάρχει η αισιοδοξία για το μέλλον ότι θα δώσουν νέα πνοή στην προώθηση των προϊόντων.

Συσκευές όπως τα ηλεκτρονικά σημειωματάρια και τα PDAs παρόλο που είναι πολύ χρήσιμα στο έργο ενός πωλητή έχουν ένα σοβαρό περιορισμό – απαιτούν συμβατική τηλεφωνική υποδοχή για δικτυακή σύνδεση. Έτσι, εμφανίστηκε η ανάγκη για ασύρματη επικοινωνία η οποία αν και εκκολαπτόμενη τεχνολογία είναι πολλά υποσχόμενη. Το μεγάλο μέχρι στιγμής κόστος και η σχετική έλλειψη ολοκληρωμένων προτάσεων αντισταθμίζονται από προφανή πλεονεκτήματα όπως η ευκολότερη διασύνδεση - ακόμα και σε μέρη όπως αεροδρόμια και ανοικτούς χώρους- αλλά και από οφέλη όπως το κέρδος της συντήρησης λιγότερων γραφείων και εγκαταστάσεων. Η διασύνδεση είναι καθαρά ασύρματη μόνο σε τοπική κλίμακα και στηρίζεται σε ιδιόκτητα WANs για τις μεταδόσεις μεγαλύτερης απόστασης. Οι μεταδόσεις αυτές περιορίζονται επί του παρόντος μόνο σε ήχο και απλά δεδομένα με την προοπτική να εξυπηρετούν και video.

### ➤ **ΔΙΑΦΗΜΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ**

Η πολυμεσική διαφήμιση εμφανίστηκε στον κόσμο των πωλήσεων πριν μερικά χρόνια με την ηλεκτρονική μπροσούρα. Μία πιο σύγχρονη και εξελιγμένη ιδέα είναι η χρησιμοποίηση δικτύων πολυμέσων. Συνήθως η υλοποίηση έχει την μορφή περιπτερών πληροφόρησης του κοινού και δημόσιων παρουσιάσεων που είναι δικτυωμένα ώστε να προβάλλουν και μηνύματα για σχετικά προϊόντα ή υπηρεσίες. Μερικές φορές δεν έχουν την ικανότητα αλληλεπίδρασης με αυτούς που παρακολουθούν, αλλά σε οποιαδήποτε περίπτωση είναι κεντρικά ελεγχόμενα για αυτόματη ενημέρωση των πληροφοριών και των μηνυμάτων. Προς την ίδια κατεύθυνση κινείται και η ανάπτυξη της καλωδιακής τηλεόρασης με αλληλεπιδραστικά συστήματα τηλεόρασης.

Τα περίπτερα πληροφόρησης του κοινού είναι η πιο δημοφιλής μορφή αλληλεπιδραστικής διαφήμισης με χρήση Πολυμέσων που συνήθως συγκροτούνται από μία οθόνη επαφής, έναν υπολογιστή, CD-ROM, και εκτυπωτή. Είναι τοποθετημένα σε σημεία με μεγάλη κίνηση και λειτουργούν πολλές φορές επί 24-ώρου βάσεως χωρίς πρόσθετα κόστη, ενώ μπορούν να επαναρυθμιστούν εύκολα και να κάνουν άλλες λειτουργίες (όπως την συλλογή παραγγελιών, την επεξεργασία των προτιμήσεων των καταναλωτών, το μοίρασμα κουπονιών κ.α.). Μία υλοποίηση αυτής της ιδέας είναι και ο Πολυμεσικός Χρυσός Οδηγός που απαντάται σε αεροδρόμια, ξενοδοχεία, εμπορικά κέντρα και τουριστικές περιοχές και παρέχει τις παραπάνω δυνατότητες σε επιχειρήσεις που δεν έχουν την ικανότητα να χρηματοδοτήσουν αποκλειστικό περίπτερο.

Πολύ κοντά εννοιολογικά στα περίπτερα πληροφόρησης του κοινού βρίσκονται τα συστήματα marketing γραφείου (desktop). Τα τελευταία είναι πιο πολύπλοκα και δεν γίνονται απευθείας αγορές μέσω του συστήματος. Είναι συνήθως εγκατεστημένα σε επιχειρήσεις που καταπιάνονται π.χ. με την πώληση επίπλων ή αυτοκινήτων, την εσωτερική διακόσμηση και επισκευή σπιτιών κ.α., και σκοπός τους είναι να βοηθούν τον πωλητή αλλά και τους πελάτες να επιλέξουν ευκολότερα το προϊόν ή την υπηρεσία που επιθυμούν. Επίσης, αυτόματα συγκεντρώνουν στοιχεία σχετικά με τις

προτιμήσεις και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των πελατών, που είναι πολύτιμα για την κατάσχεση κατάλληλης πολιτικής πωλήσεων.

### ➤ **ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**

Τα συστήματα δημόσιας πρόσβασης πληροφοριών είναι κατά βάση δικτυωμένες πολυμεσικές εφαρμογές που καμία φορά συνδυάζονται και με την προβολή διαφημιστικών μηνυμάτων. Υπάρχουν δύο κατηγορίες τέτοιων συστημάτων.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει ένα δίκτυο συνδεδεμένων οθονών που προβάλλουν πληροφορίες σε μία προκαθορισμένη ακολουθία πολυμεσικών εικόνων, ήχων και video και που δεν επιτρέπουν στον χρήστη τους να αλλάξει την σειρά με την οποία του παρουσιάζονται. Τα συστήματα αυτά δεν χαρακτηρίζονται δηλαδή από αλληλεπιδραστικότητα, ούτε από χρονική ευαισθησία, απλά παρέχουν έναν συγκεκριμένο όγκο πληροφοριών που καθορίζονται από το κεντρικό σημείο ελέγχου τους. Απαντώνται συνήθως σε σταθμούς μέσω μαζικής μεταφοράς όπου προβάλλουν τα δρομολόγια ή σε άλλα κεντρικά σημεία όπως εμπορικά κέντρα όπου δίνουν πληροφορίες για διάφορες εκδηλώσεις.

Η άλλη κατηγορία είναι αυτή που περιλαμβάνει τους αλληλεπιδραστικούς θαλάμους ή περίπτερα πληροφοριών. Εκεί, το κοινό μπορεί να ενεργοποιήσει μία διαδικασία πληροφόρησης του με το να κάνει μία επιλογή σε μία οθόνη επαφής και αλληλεπιδραστικά να την ολοκληρώσει. Τέτοια συστήματα μπορεί κανείς να συναντήσει σε κεντρικά σημεία και δημόσιες υπηρεσίες, σε μουσεία, σε μεγάλα αθλητικά γεγονότα και εμπορικές εκθέσεις. Ένα αξιόλογο παράδειγμα είναι οι πρόσφατοι Ολυμπιακοί Αγώνες όπου το κοινό ενημερωνόταν με τον τρόπο αυτό για την εξέλιξη αγωνισμάτων και λοιπές εκδηλώσεις.

### ➤ **ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΤΟΝ ΠΕΛΑΤΗ**

Σύμφωνα με διάφορες μελέτες, οι υπηρεσίες στον πελάτη και η άμεση παράδοση και τεχνική υποστήριξη των προϊόντων αποτιμούνται ως ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στην επίτευξη μίας πώλησης. Οι υπηρεσίες αυτές ποικίλουν σε μορφή και η παροχή τους είναι απαραίτητη τόσο πριν όσο και μετά την πώληση. Πριν την πώληση κύριος σκοπός τους είναι ο καθορισμός των αναγκών του πελάτη και η κατάλληλη επιλογή προϊόντος, ενώ μετά την πώληση παρέχουν χρήσιμες συμβουλές και πληροφορίες για την λειτουργία και χρήση του.

Σημαντικά πλεονεκτήματα των παραπάνω εφαρμογών είναι η διαθεσιμότητά τους σε 24-ωρη βάση και η συνέπειά τους. Πραγματικά, είναι ταχύτερα από έναν υπάλληλο, ενώ δεν κάνουν λάθη ούτε μειώνεται η απόδοσή τους – ποιότητες ιδιαίτερα σημαντικές για τον σύγχρονο καταναλωτή. Ακόμη, η τεχνική υποστήριξη και η βοήθεια σε θέματα χρήσης είναι υψηλού επιπέδου αφού επιστρατεύονται παραδείγματα με εικόνα και ήχο που είναι σαφώς πιο ευκολονόητα και διαφωτιστικά. Η διασύνδεση δε των συστημάτων με γνωστικές βάσεις δεδομένων (knowledge databases) τα κάνει ικανά να αντιμετωπίσουν οποιοδήποτε τυχόν πρόβλημα. Επιπρόσθετα, εξοικονομούνται χρηματικοί πόροι, αφού δεν είναι πλέον απαραίτητη η δέσμευση του υπαλληλικού προσωπικού και η ειδική εκπαίδευσή του σε αυτόν τον τομέα.

Υπάρχουν πολλές περιοχές όπου εφαρμόζονται με επιτυχία γενικότερα πολυμεσικά συστήματα παροχής υπηρεσιών στον πελάτη. Καταρχάς, στα κτηματομεσιτικά γραφεία όπου χρησιμοποιούνται στην παρουσίαση των προς πώληση οικιών ή οικοπέδων. Η παρουσίαση αυτή πολλές φορές γίνεται με την βοήθεια της τεχνολογίας της εικονικής πραγματικότητας (virtual reality -VR), γλιτώνοντας τα έξοδα και τον χρόνο των περιηγήσεων. Τέλος, χρησιμοποιούνται σε ταξιδιωτικά γραφεία και αεροπορικές εταιρίες, καθώς και σε οικονομικού τύπου εφαρμογές, όπως τράπεζες και ασφαλιστικές εταιρίες.

**ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΠΟΛΥΜΕΣΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ**

Μία από τις παλαιότερες και πιο δημοφιλής χρήσεις της αλληλεπιδραστικής τεχνολογίας των πολυμέσων είναι η εκπαίδευση σε επιχειρησιακό επίπεδο, αρχικά γνωστή και ως εκπαίδευση βασισμένη σε υπολογιστή (computer-based training -CBT). Η εξέλιξη της σχετικής τεχνολογίας και η διάδοση των πολυμέσων κατέστησαν αυτού του είδους την εκπαίδευση πολύτιμη ειδικά σε περιπτώσεις όπου οι διαδικασίες, τα προϊόντα και οι σχετικές υπηρεσίες είναι πολύπλοκα και δυσνόητα.

Οι εφαρμογές πολυμεσικής εκπαίδευσης σχεδιάζονται και υλοποιούνται με συλλογική προσπάθεια εμπειρογνομώνων, εκπαιδευτικών ψυχολόγων και creative designers. Τα εξελιγμένα εργαλεία συγγραφής πολυμεσικών εφαρμογών διευκολύνουν το έργο αυτό, αφού δεν απαιτούνται ιδιαίτερες γνώσεις υπολογιστών ή προγραμματισμού. Πολλά προγράμματα πολυμεσικής εκπαίδευσης κυκλοφορούν στην αγορά με την μορφή τίτλων CD-ROM. Επίσης, υπάρχουν CD-ROM LANs που παρέχουν την δυνατότητα σε χρήστες να κατεβάσουν από το βιβλιοθήκες του δικτύου το επιθυμητό θέμα για να το μελετήσουν στο προσωπικό τους υπολογιστή.

**➤ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΤΑ ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΙΔΕΑΤΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ**

Η εκπαίδευση κατά απαίτηση είναι ένα βασικό συστατικό των αλληλεπιδραστικών πολυμεσικών περιβαλλόντων επικοινωνίας πραγματικού-χρόνου που απαντώνται στο μοντέλο της ιδεατής επιχείρησης. Η ιδεατή επιχείρηση (virtual corporation) ορίζεται ως ένας συνδυασμός από αρκετές εταιρίες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους κάτω από ένα κοινό marketing στόχο. Μία από τις εταιρίες αυτές συχνά είναι ειδικευμένη σε υπηρεσίες πολυμεσικής εκπαίδευσης και αναλαμβάνει την παροχή τους στις υπόλοιπες.

Η τεχνολογία των πολυμέσων χρησιμοποιείται εδώ και κάποια χρόνια στην επιχειρησιακή εκπαίδευση, κυρίως με την μορφή των CBT συστημάτων με αλληλεπιδραστικές πλατφόρμες video-δίσκων. Σε αυτά, οι πληροφορίες διανέμονται στους χρήστες με την μορφή CD-ROM και οπτικών δίσκων. Αν και αυτή η λύση είναι απλή και οικονομική, υπάρχουν πολλές περιπτώσεις όπου είναι αναγκαία η ταχύτερη παράδοση της εκπαίδευσης. Για παράδειγμα, υπάρχουν τομείς όπου η τεχνολογία και τα προϊόντα αλλάζουν με ραγδαίους ρυθμούς και οι εργαζόμενοι πρέπει να κρατούνται συνεχώς ενήμεροι για τις εξελίξεις. Εκεί, υπεισέρχονται τα δίκτυα πολυμέσων, όπως ιδιαίτερα χρήσιμα είναι και στην ακριβώς-στην-ώρα (just-in-time ή JIT) εκπαίδευση, η οποία περιλαμβάνει την παροχή συμβουλών και λύσεων σχετικών με επείγοντα προβλήματα που εμφανίζονται στον χώρο παραγωγής. Σε αυτήν την περίπτωση η άμεση λήψη πληροφοριών μπορεί να αποβεί καταλυτική.

**➤ ΠΟΛΥΜΕΣΙΚΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΤΑΧΥΔΡΟΜΕΙΟ ΚΑΙ ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΓΓΡΑΦΑ**

Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (E-mail) είναι κατά βάση ένα store-and-forward σύστημα, ολοένα και πιο δημοφιλές στον χώρο της επιχειρησιακής επικοινωνίας και πληροφόρησης. Με την προσθήκη ήχου, εικόνας και video μεταλλάσσεται σε video-ταχυδρομείο (videomail) ή πολυμεσικό ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και προσφέρει αναβαθμισμένη ποιότητα υπηρεσιών. Όμως, τόσο το E-mail όσο και το videomail δεν έχουν time-sensitive δυνατότητες μετάδοσης, οπότε δεν είναι κατάλληλα για χρονικά-κρίσιμη επικοινωνία ούτε μπορούν να αντικαταστήσουν την video-διάσκεψη.

Παρόλα αυτά, είναι αναπόφευκτο ότι οι τακτικοί χρήστες σταθμών εργασίας και πλατφορμών πολυμέσων θα προτιμήσουν την οπτικοακουστική μορφή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου εις βάρος της παλαιότερης αποκλειστικά κειμενικής. Η κλίση αυτή υπάρχει στην διεπιχειρησιακή επικοινωνία μηνυμάτων όπου τα E-mail συστήματα χρησιμοποιούνται παράλληλα για την αποστολή αρχείων εγγράφων, λογιστικών φύλλων, γραφικών, σχολίων με την μορφή φωνής, ακόμη και σύντομων ταινιών video. Υπάρχουν άλλωστε εξειδικευμένες δικτυακές πύλες και δίκτυα κορμού αποκλειστικά για τέτοιες εφαρμογές.

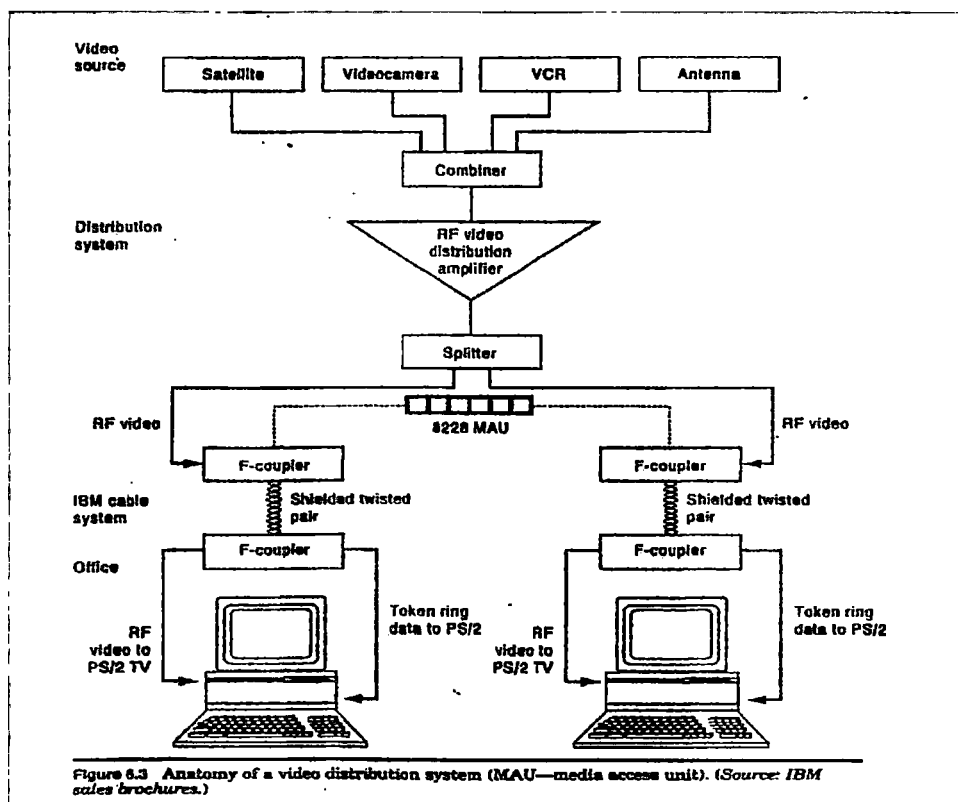
Πέρα από το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο οι επιχειρήσεις κάνουν χρήση κι άλλων μεθόδων για την μεταξύ τους επικοινωνία, όπως το φωνητικό ταχυδρομείο (voicemail) και οι συσκευές

τηλεομοιοτυπίας (fax). Η καινούργια τάση της μόδας είναι η αντικατάσταση όλων των παραπάνω με ένα videomail σύστημα που θα δέχεται τα δεδομένα σε οποιαδήποτε από τις παραπάνω μορφές και θα μπορεί να τα παρουσιάσει σε συγκεκριμένη επιθυμητή μορφή, άσχετα με το πως ήταν αρχικά τα δεδομένα αυτά. Τα διαλειτουργικά (interoperable) αυτά έγγραφα μπορούν να μεταδοθούν σε ένα format και να ληφθούν σε άλλο. Ο τρόπος λειτουργίας και ολόκληρη η φιλοσοφία του πολυμεσικού ηλεκτρονικού ταχυδρομείου είναι τέτοια ώστε ευνοεί την ανάπτυξη του πάνω σε υπάρχουσα υποδομή με κάποιες όμως ουσιαστικές αλλαγές, την αύξηση της αποθηκευτικής ικανότητας και παροχή υψηλότερου εύρους ζώνης.

➤ **ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΑΡΧΕΙΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΚΑΙ VIDEO**

Ο διαμοιρασμός αρχείων πολυμέσων (multimedia file sharing) δεν είναι τόσο μία εφαρμογή όσο μία απαραίτητη store-and-forward ικανότητα των δικτυακών συστημάτων που χειρίζονται δεδομένα όπως η εικόνα και ο ήχος. Η ευθύνη για τον διαμοιρασμό αυτό εναποτίθεται στους εξυπηρετητές πολυμέσων (multimedia servers), οι οποίοι έχουν τον έλεγχο της διακίνησης σε πραγματικό χρόνο μεγάλων ρευμάτων δεδομένων – λέγονται και BLOB's – ανάμεσα στους χρήστες και σε πολυμεσικές ODBs (object databases). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι εξυπηρετητές πολυμέσων χειρίζονται εκτός από ψηφιακά και αναλογικά δεδομένα, όπως για παράδειγμα τα αποθηκευμένα περιεχόμενα ενός οπτικού δίσκου ή το εκπεμπόμενο σήμα μίας τηλεοπτικής συσκευής.

Την παραπάνω ικανότητα εκμεταλλεύονται τα συστήματα διανομής εικόνας και video, τα οποία είναι παθητικές εφαρμογές πολυμέσων σχεδιασμένες ώστε ο τελικός χρήστης να δέχεται οπτικοακουστικές μεταδόσεις από αναλογικές πηγές όπως η δημόσια και η καλωδιακή τηλεόραση, η τηλεόραση κλειστού κυκλώματος μίας επιχείρησης, μία συσκευή video-κασετών ή video-δίσκων. Ως έξοδος χρησιμοποιούνται παράθυρα από PCs, αλλά τα δεδομένα τους είναι καθαρά αναλογικά, οπότε δεν μπορούν να αναμιχθούν ή να υποβληθούν σε επεξεργασία όπως τα υπόλοιπα ψηφιακά δεδομένα του υπολογιστή. Αν και κάνουν χρήση των υπαρχόντων LAN δικτυακών δυνατοτήτων απαιτούν εξειδικευμένες πλακέτες υλικού και adaptors.



-ΣΧΗΜΑ 7.13 ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ VIDEO (media access unit-MAU-

Μία συγκεκριμένη εφαρμογή είναι η προσωπική τηλεόραση μέσω υπολογιστή (personal computer TV ή PCTV), όπου γίνεται απευθείας αναμετάδοση στην οθόνη ενός υπολογιστή των εισερχόμενων τηλεοπτικών σημάτων και λογισμικό εξομίωσης μιμείται τις λειτουργίες μίας συμβατικής τηλεοπτικής συσκευής. Άλλη εφαρμογή είναι τα εκπαιδευτικά προγράμματα σε μορφή video που διανέμονται ηλεκτρονικά απευθείας στους χώρους εκπαίδευσης. Ακόμη, υπάρχουν video-βιβλιοθήκες που έχουν αποθηκευμένες πολύτιμες πληροφορίες εύκολα προσβάσιμες μέσω των συστημάτων διανομής video. Ολοκληρώνοντας για τα συστήματα αυτά τονίζουμε ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως συστήματα ασφαλείας για παρακολούθηση χώρων και έλεγχο κινήσεων.

## ➤ **ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ IMAGING**

Τέλος, αναφερόμαστε στα συστήματα imaging τα οποία επίσης κάνουν χρήση του μηχανισμού διαμοίρασης αρχείων. Τέτοια συστήματα με ικανότητες δικτύωσης καταπιάνονται με την ψηφιακή μετατροπή εγγράφων σε εικόνες (μετά από σάρωση) και την αποστολή των εικόνων μέσω δικτύου σε όποιον το απαιτήσει. Τα συστήματα imaging στο παρελθόν λειτουργούσαν σχετικά αυτόνομα, αλλά εμφανίστηκε η τάση προσάρτησής τους στα δίκτυα πολυμέσων λόγω του γεγονότος ότι οι ψηφιοποιημένες εικόνες απαιτούν σημαντικό αποθηκευτικό χώρο και η μετάδοσή τους είναι ευκολότερα πραγματοποιήσιμη στα υψηλού εύρους ζώνης πολυμεσικά δίκτυα. Έτσι, υπάρχουν μελλοντικά σχέδια για παράλληλη και αδιαχώριστη λειτουργία των imaging συστημάτων και των άλλων δικτυακών εφαρμογών πολυμέσων.

## **ΓΗΛΕΙΑΤΡΙΚΗ**

Τα δίκτυα πολυμέσων παίζουν ένα βασικό ρόλο στην προσπάθεια αναδιάρθρωσης των υπηρεσιών υγείας και την αλλαγή του τρόπου με τον οποίο η Ιατρική εξασκείται σήμερα. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η Ιατρική σήμερα είναι ένας τομέας όπου πολλές φορές η ζωή ενός ασθενή εξαρτάται από την έγκαιρη και άρτια συνεργασία ατόμων (γιατρών) καθώς και την σωστή λειτουργία υπηρεσιών (νοσοκομείων). Οι σύγχρονες πολυμεσικές εφαρμογές παρέχουν τα μέσα για την βελτιστοποίηση της προσφοράς ιατρικής περίθαλψης με τηλεδιασκέψεις μεταξύ γιατρών, τερματικά παρακολούθησης ασθενών τόσο σε νοσοκομεία όσο και κατ' οίκων, ολοκληρωμένα διαγνωστικά συστήματα κλπ. Παρόλα αυτά, η τεχνολογία που χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα στον τομέα είναι χρόνια πίσω σε σχέση με την διαθέσιμη υπάρχουσα, έστω κι αν υπάρχουν σοβαρές προσδοκίες μελλοντικής ανάπτυξης.

## ➤ **ΟΠΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ**

Στα χειρουργεία πολύ συχνά υπάρχει η ανάγκη της αναζήτησης συμβουλής από εξειδικευμένους γιατρούς που δεν έχουν την δυνατότητα να παραστούν εκείνη την στιγμή. Ακόμη μεγαλύτερη είναι η ανάγκη της συνεχούς οπτικής απεικόνισης της κατάστασης του ασθενούς και της παροχής εικόνων πραγματικού χρόνου ακτινογραφιών, αξονικών τομογραφιών, ηλεκτροκαρδιογραφήματων και χειρουργικών επεμβάσεων. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η χρήση ενός συστήματος video-διάσκεψης και/ή ενός συστήματος οπτικοποίησης είναι τα πλέον κατάλληλα για τέτοιες είδους περιστάσεις.

Για ακόμη μεγαλύτερη αποδοτικότητα ένα ιατρικό δίκτυο πολυμέσων πρέπει να παρέχει πραγματικού χρόνου διασύνδεση μεταξύ των χειρουργικών και θεραπευτικών μονάδων μίας περιοχής. Ακόμη, είναι απαραίτητη η διασύνδεση με άλλες ιατρικές υπηρεσίες και εγκαταστάσεις για την μετάδοση και λήψη σημαντικών δεδομένων πληροφορίας όπως φάκελοι ασθενών, παλαιότερες εξετάσεις και διαγνώσεις. Η περίπτωση που λαμβάνονται ακτινογραφίες, αξονικές τομογραφίες ή ηλεκτροκαρδιογραφήματα έχει ιδιαίτερη σημασία, γιατί παίζει ρόλο η ευκρίνεια με την οποία εμφανίζονται – κατά απαίτηση υψηλή. Όταν δε, υπάρχει η ανάγκη τρισδιάστατων απεικονίσεων μιλάμε για μεγέθη δεδομένων μέχρι και 30 Megabytes ανά εικόνα, κάτι που σημαίνει ότι θα πρέπει να γίνει χρήση δικτυακών συνδέσεων με εύρος ζώνης της τάξης των 100 Mbps τουλάχιστον για πραγματικού χρόνου υποστήριξη.

**ΔΙΚΤΥΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΑΣΘΕΝΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

Μεγάλο μέρος της τεχνολογίας χρησιμοποιείται στα νοσοκομεία για την παρακολούθηση ασθενών και συνήθως γίνεται με τοπικά συστήματα η έξοδος των οποίων αναμεταδίδεται με χειροκίνητα μέσα. Η σύνδεση τέτοιων συστημάτων με έμπειρα συστήματα (expert systems) και η δυνατότητα αυτόματης παρακολούθησης θα μπορούσε να έχει πλεονεκτήματα όπως την παροχή μίας διαρκούς εικόνας της κατάστασης του ασθενή και την έναρξη σήματος συναγερμού σε περίπτωση επιδείνωσης ή προβλήματος.

Ως μέρος ενός διαλογικού, αλληλεπιδραστικού δικτύου πολυμέσων τα συστήματα αυτά θα μπορούσαν να προσπελαστούν από οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο μέσω ενός σταθμού εργασίας τοποθετημένου μέσα στο δωμάτιο του ασθενή. Οι σταθμοί εργασίας μπορούν να χρησιμεύσουν και ως σημείο εισόδου για οποιαδήποτε αίτηση πληροφόρησης σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τον ασθενή, απαλείφοντας την ανάγκη για ογκώδεις φακέλους και πολλαπλά χαρτοαντίγραφα. Πολύ σημαντικό όφελος αποτελεί η εφαρμογή της παραπάνω ιδέας για παρακολούθηση των ασθενών στο χώρο του σπιτιού τους, γλιτώνοντας το σύστημα υγείας από πολλά έξοδα και ελευθερώνοντας κλίνες στα ήδη συνωστισμένα νοσοκομεία. Επίσης, η χρησιμοποίηση της πολυμεσικής τεχνολογίας μπορεί να αποβεί χρήσιμη στην αποκατάσταση ασθενών που αναρρώνουν από κάποιες σοβαρές βλάβες όπως οι εγκεφαλικές, μία διαδικασία ιδιαίτερα δαπανηρή για το κράτος.

**ΙΑΤΡΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ**

Ο τομέας της υγείας είναι ραγδαία αναπτυσσόμενος όσον αφορά της μεθόδους και τις τεχνολογίες, αναγκάζοντας έτσι τους εμπλεκόμενους να αναζητούν διαρκή ενημέρωση και εκπαίδευση. Οι γιατροί και ιδιαίτερα οι χειρουργοί λόγω της ιδιότητάς τους πρέπει να αποκτήσουν την καλύτερη δυνατή εκπαίδευση στο μικρότερο δυνατό χρονικό διάστημα. Πολυμεσικά περιβάλλοντα προσομοίωσης βοηθούν στην παροχή πολύτιμων εμπειριών και πρακτικής γνώσης, εξοικονομώντας πολύτιμο χρόνο και δίνοντας την δυνατότητα για συμμετοχή σε ιατρικές διαδικασίες που δεν είναι συχνά διαθέσιμες στους εκπαιδευόμενους. Η χρήση δικτύου μάλιστα δίνει την δυνατότητα για πραγματικού χρόνου συμμετοχή σε τέτοιες διαδικασίες.

Με τα δίκτυα πολυμέσων αναβαθμίζεται ο τρόπος παρουσίασης και προώθησης νέων φαρμακευτικώνσκευασμάτων, ιατρικού εξοπλισμού και άλλων σχετικών προϊόντων. Συχνά σε συμπόσια και συνέδρια η ύπαρξη αλληλεπιδραστικών πολυμεσικών παρουσιάσεων υπό την μορφή περιπτέρων βοηθά στην γνωριμία των γιατρών με τα προϊόντα, ενώ παράλληλα συγκεντρώνει δημογραφικά και στατιστικά στοιχεία χρήσιμα για τους σκοπούς του marketing. Σε τέτοιες περιπτώσεις προβάλλονται πολλές φορές εφαρμογές υλικού και λογισμικού σχετικές με την ιατρική επιστήμη, οι οποίες εξοικειώνουν με τις σύγχρονες τεχνολογίες. Η πολυμεσική μορφή παρουσίασης είναι σαφώς πιο ελκυστική και ενδιαφέρουσα για τους παρευρισκόμενους, ενώ προωθεί και την χρήση των υπολογιστών γενικότερα. Αυτό μακροπρόθεσμα συντελεί στην προσέγγιση του οράματος κάθε γιατρός μελλοντικά να έχει στο ιατρείο του έναν σταθμό εργασίας με αυξημένες πολυμεσικές δικτυακές ικανότητες που θα διευκολύνει την εξάσκηση του λειτουργημάτων του.

**ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΕΣ ΑΓΟΡΕΣ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ**

Η δημοσιότητα που απολαμβάνουν τα πολυμέσα στα media τα τελευταία χρόνια έχει να κάνει με την προοπτική της γέννησης μίας νέας, μαζικής καταναλωτικής αγοράς, που θα κάνει χρήση δικτύου και πολυμέσων στα πλαίσια της ψηφιακής υπερ-λεωφόρου (super-highway) πληροφορίας. Η νέα αυτή αγορά θα προκύψει από την αυτοματοποίηση ή την αντικατάσταση ήδη υπαρχόντων μαζικών αγορών, όπως οι αγορές μέσω καταλόγων, οι τηλεοπτικές διαφημίσεις σε καλωδιακή και δημόσια τηλεόραση, οι υπηρεσίες πληροφοριών, οι πωλήσεις video-ταινιών και μουσικών CDs, τα ηλεκτρονικά παιχνίδια κα. Παρόλα αυτά, οι καταναλωτικές αγορές είναι επισφαλείς ακόμα γιατί δεν υπάρχει αρκετή γνώση σχετικά με τις διαθέσεις του κοινού απέναντι στα πολυμέσα. Για τον λόγο αυτό οι μεγάλες εταιρίες διεξάγουν έρευνες και τα πρώτα αποτελέσματα δείχνουν ότι η μελλοντική μόδα μάλλον θα είναι η παροχή ψυχαγωγίας, η δυνατότητα αγορών και η επικοινωνία ανάμεσα στους καταναλωτές διαμέσου αλληλεπιδραστικής τηλεόρασης ή PC στα όρια του σπιτιού. Ένα



πιλοτικό πρόγραμμα (το "First Cities" της MCC) που ασχολήθηκε με τις υπηρεσίες της αλληλεπιδραστικής υψηλής ευκρίνειας τηλεόρασης (high-definition TV - HDTV) έδειξε ακριβώς αυτό.

### ➤ **ΨΥΧΑΓΩΓΕΙΑ ΚΑΤΑ ΑΠΑΙΤΗΣΗ - ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΤΙΚΗ TV**

Η ιδέα της ψυχαγωγίας κατά απαίτηση περιλαμβάνει ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων βάσεων δεδομένων με ψυχαγωγικά video ή ταινίες τα οποία θα μπορεί να προσπελάσει οποιοσδήποτε έχει τηλεόραση καλωδιωμένη στο σύστημα με την βοήθεια μίας μονάδας ελέγχου. Η μονάδα αυτή θα είναι υπεύθυνη για την επιλογή των προγραμμάτων και την παροχή των πληροφοριών χρέωσης στον παροχέα. Κάπι παρόμοιο ήδη υπάρχει σε μερικά ξενοδοχεία, ενώ πρόσφατα κυκλοφόρησε και ψηφιακό σύστημα video-κατά-απαίτηση.

Η αλληλεπιδραστική τηλεόραση (interactive TV) κάνει χρήση της παραπάνω προσέγγισης με την διαφορά ότι η μονάδα ελέγχου έχει επαυξημένες ικανότητες, αφού στην ουσία είναι ένας υπολογιστής που μπορεί να αποσυμπιέσει ψηφιακά video-δεδομένα για εμφάνιση στην οθόνη. Ακόμα, παρέχει σύνδεσμο (link) για αλληλεπίδραση με τον παροχέα υπηρεσιών. Η όλη τεχνολογία είναι σε πειραματικό στάδιο και συγκεκριμένα δοκιμάζεται η μετάδοση των σημάτων μέσω τηλεφωνικών, καλωδιακών, ραδιοφωνικών και δορυφορικών ζεύξεων. Μία μορφή μετάδοσης που επικρατεί είναι με δίκτυο οπτικών ινών, που λόγω του υψηλού εύρους ζώνης προσφέρει πάνω από 500 κανάλια θέασης, και μετά ακολουθεί συμπίεση σύμφωνα με το πρότυπο MPEG. Άλλα συστήματα χρησιμοποιούν συνεχείς κυψελοειδής (cellular) συνδέσμους και δορυφορικές μεταδόσεις για αμφίδρομη αλληλεπίδραση ή εκπέμπουν μέσω ραδιοφώνου τα δεδομένα ελέγχου και δέχονται την απόκριση των χρηστών τηλεφωνικά.

Πάντως, αν και η αλληλεπιδραστική τηλεόραση φαίνεται τεχνολογικά υλοποιήσιμη δεν είναι βέβαιο αν το υπάρχον δικτυακό λογισμικό και υλικό είναι αρκετά εύρωστο για ικανοποιητική παροχή υπηρεσιών σε ευρεία κλίμακα. Επίσης, παραμένει το ερώτημα για το πως και πόσο θα πρέπει να χρεώνουν οι παροχείς και πόσο είναι διατεθειμένοι οι καταναλωτές να πληρώσουν για τις υπηρεσίες αυτές.

### ➤ **ΔΙΚΤΥΑ ΑΓΟΡΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΣΠΙΤΙ**

Οι αγορές από το σπίτι θεωρούνται ως μία από τις πιο επικερδείς εφαρμογές του τομέα των αλληλεπιδραστικών αγορών πολυμέσων, έχοντας ως παράδειγμα τα τηλεοπτικά κανάλια τηλεφωνικών αγορών από το σπίτι. Η δυνατότητα αλληλεπίδρασης με την οθόνη και παραγγελίας μέσω αυτής έχει δύο πλεονεκτήματα – πρώτα είναι ταχύτερη και ευκολότερη αφού δεν στηρίζεται στο ήδη υπερφορτωμένο τηλεφωνικό δίκτυο κι έπειτα επιτρέπει στον καταναλωτή να επιλέγει τα προϊόντα που του προβάλλονται χωρίς να χάνει χρόνο με άλλα που δεν τον ενδιαφέρουν. Τότε ο ανταγωνισμός των διαφημιζόμενων θα έγκειται πια όχι στην ικανότητα πρόσβασης του κοινού αλλά στην ταχύτητα εξυπηρέτησης και παράδοσης.

### ➤ **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ**

Ηλεκτρονικά περιοδικά υπάρχουν σε on-line ή σε CD-ROM μορφή και στις περισσότερες περιπτώσεις είναι μία ηλεκτρονική αποτύπωση των υπάρχοντων εκδόσεων σε χαρτί. Σε CD-ROM μορφή τα περιοδικά αυτά χρησιμοποιούνται σε ανεξάρτητες υπολογιστικές πλατφόρμες και λειτουργούν με γνωρίσματα υπερκειμένου (hypertext) και υπερμέσων (hypermedia). Μελλοντικά, θα μπορούσαν να συγκεντρωθεί ένας αριθμός CDs σε έναν CD-ROM εξυπηρετητή από τον οποίο θα έχουν πρόσβαση οι χρήστες μέσω LAN δικτύων. Τα on-line ηλεκτρονικά περιοδικά είναι κατά βάση καθημερινά περιοδικά που σαρώνονται και αποθηκεύονται ψηφιακά σε ένα δίκτυο διανομής. Η αλληλεπιδραστικότητα τότε περιορίζεται στην αναζήτηση λέξεων κλειδιών και σε υπερκείμενο, ενώ μπορεί να μην υπάρχει καν πολυμεσικό περιεχόμενο. Πάντως μερικά τέτοια περιοδικά (π.χ. όπως το Time) προσφέρουν on-line συζητήσεις με συνδρομητές μέσω E-mail και δεδομένου του γεγονότος ότι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο εξελίσσεται ως πολυμεσική εφαρμογή υπάρχει η προοπτική για πραγματικά διαλογικές πολυμεσικές υπηρεσίες στο μέλλον.

**ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ**

Στην καταναλωτική αγορά η ιδέα της παροχής πολυμεσικής εκπαίδευσης υπάρχει ή έχει ήδη υλοποιηθεί με κάποιον τρόπο από εταιρίες καλωδιακής τηλεόρασης και τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Τα εκπαιδευτικά αυτά προγράμματα έχουν μέσα τους ένα στοιχείο παιχνιδιού το οποίο είναι απαραίτητο για να κρατήσουν το ενδιαφέρον και την προσοχή του χρήστη. Μία τάση είναι οι οργανισμοί ελευθέρων σπουδών και σπουδών δι' αλληλογραφίας να αναπτύξουν κύκλους μαθημάτων που θα μεταδίδονται κατ' οίκων στις αλληλεπιδραστικές τηλεοράσεις ή PCs των συνδρομητών. Αυτή η δυνατότητα τέλος μπορεί να οδηγήσει και στην επιχειρησιακή εκπαίδευση στα όρια του σπιτιού.

**7.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ**

[8]

**ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ T.120**

Αυτή η σύσταση προτείνει μια ακολουθία από πρότυπα, επιλεκτικά αναφερόμενα στην T.120 σειρά. Επίσης περιγράφει το σύστημα μοντέλου T.120 το οποίο παρέχει μια αρχιτεκτονική για επικοινωνία multipoint δεδομένων σε ένα περιβάλλον multimedia conferencing. Παρέχει μια εισαγωγική και λειτουργική περιγραφή των συστάσεων που συνθέτουν την υποδομή του T.120. Επιπλέον παρέχει μια περίληψη άλλων συστάσεων της σειράς οι οποίες παρέχουν τυποποιημένο πρωτόκολλο εφαρμογής λειτουργικά.

Αυτή η σύσταση καθορίζει τα κριτήρια για συμμόρφωση όταν τα πρωτόκολλα δεδομένων χρησιμοποιούνται σε περιβάλλον conferencing ή group-working. Καλύπτει μόνο ολοκληρωμένη εργασία η οποία περιέχεται σε εγκεκριμένες συστάσεις. Όταν νέες συστάσεις εγκρίνονται, γίνεται έλεγχος υποστήριξης για συνυπολογισμό σε αυτή την σύσταση στην επόμενη έκδοση.

**ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ T.120**

Το μοντέλο T.120 αποτελείται από δομή επικοινωνιών και πρωτόκολλα application που χρησιμοποιεί. Το μοντέλο αποτελείται τυποποιημένες και μη τυποποιημένες applications. Εξυπηρετεί να δείχνει τον σκοπό της ακολουθίας συστάσεων του T.120 και την σχέση μεταξύ κάθε μιας από τις συστάσεις και άλλων συνθετικών στο σύστημα. Γενικά κάθε στρώση παρέχει υπηρεσίες στην παραπάνω στρώση και επικοινωνεί με τις υπόλοιπες στέλνοντας μονάδες δεδομένου πρωτοκόλλου μέσω υπηρεσιών παρερχόμενων από την παραπάνω στρώση. Αυτή η πρόταση απευθύνεται σε καθένα από τα μεγάλα λειτουργικά επίπεδα: Εφαρμογές Χρηστών, Πρωτόκολλα Εφαρμογών, Κομβικός Ελεγκτής, Δομή Επικοινωνιών και Δίκτυα.

**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΧΡΗΣΤΗ**

Οι εφαρμογές ανά δευτερόλεπτο δεν είναι το αντικείμενο της τυποποίησης της σειράς T.120. Εφαρμογές που χρησιμοποιούν υπηρεσίες προσφερόμενες από την σειρά T.120 θα είναι γενικά ενήμερες multipoint και σχεδιασμένες να χρησιμοποιούν υπηρεσίες T.120 παρερχόμενες από GSC και MCS. Αυτές οι εφαρμογές ονομάζονται εφαρμογές χρήστη και μπορούν να χρησιμοποιήσουν οποιονδήποτε συνδυασμό τυποποιημένων και μη τυποποιημένων πρωτοκόλλων να επικοινωνεί με τις άλλες εφαρμογές χρήστη. Το περιβάλλον του T.120 υποστηρίζει πολλαπλές εφαρμογές χρήστη παράλληλα λειτουργώντας στην ίδια σύσκεψη παρέχοντας μηχανισμούς για τις εφαρμογές να συντονίσουν την χρήση των πηγών επικοινωνίας. Το Γενικό Επίστρωμα Εφαρμογών παρέχει καθοδήγηση στον χρήστη εφαρμογής πώς να χρησιμοποιήσει την δομή του T.120 με συνέπεια και συνοχή. Μια εφαρμογή χρήστη απευθύνεται σε εκείνα τα θέματα τα οποία δεν έχουν άμεση επίδραση στην δια-εργασία (interworking) και τα οποία ίσως έτσι γίνουν ειδικό προϊόν και

καινοτομία. Η επίδραση από την εφαρμογή χρήστη γίνεται αισθητή και σε άλλα επίπεδα μέσω των πρωτοκόλλων εφαρμογής που κατέχει.

### **ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ**

Τα πρωτόκολλα εφαρμογής αποτελούνται από ένα σύνολο Μονάδων Πρωτοκόλλων Εφαρμογής( PDUs) και σχετικές ενέργειες για επικοινωνία peer-to-peer(s) εφαρμογής. Αυτά μπορεί να είναι ιδιοκτησιακά πρωτόκολλα ή μπορεί να τυποποιηθούν από την ITU-T ή από άλλα διεθνή ή εθνικά σώματα τύπων. Η σειρά T.120 περιλαμβάνει ένα σύνολο από πρωτόκολλα εφαρμογής σχεδιασμένα να ικανοποιήσουν τις ανάγκες της σύσκεψης multipoint. Αυτά τα πρωτόκολλα καθορίζουν ελάχιστες απαιτήσεις ώστε να εξασφαλίσουν την δια-εργασία μεταξύ διαφορετικών υλοποιήσεων. Η σύσταση T.127 παρέχει ταυτόσημη μεταφορά αρχείων multipoint. Η σύσταση T.126 παρέχει παρακολούθηση ακίνητης εικόνας και σχολιασμό, μοιρασμένο whiteboard και πανομοιότυπο. Μια δεδομένη εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιονδήποτε συνδυασμό τυποποιημένων και μη τυποποιημένων πρωτοκόλλων εφαρμογής.

Μια Οντότητα Πρωτοκόλλου Εφαρμογής είναι ένα παράδειγμα Πρωτοκόλλου Εφαρμογής. Μπορεί να θεωρηθεί ότι συνθέτει δυο λειτουργικές συνιστώσες: τον Διαχειριστή Πόρου Εφαρμογής(ARM), που παρέχει την γενική λειτουργικότητα σχετική με όλα τα πρωτόκολλα και το Στοιχείο Υπηρεσίας Εφαρμογής (ASE), που παρέχει ειδική λειτουργικότητα της εφαρμογής.

### **ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΚΟΜΒΟΥ**

Ο Ελεγκτής Κόμβου είναι ένα στοιχείο το οποίο δίνει στο T.120 ρόλο διαχείρισης σε ένα τερματικό ή στο MCU. Δίνει κίνητρα στον προμηθευτή GCC ο οποίος ξεκινά και ελέγχει την ενότητα επικοινωνίας. Ο Ελεγκτής Κόμβου από μόνος του είναι εκτός του σκοπού των συστάσεων της σειράς T.120 και μόνο εκεί που επικοινωνεί με το GCC καθορίζονται οι συνδέσεις του. Εν τούτοις, η σωστή αλληλεπίδραση με το GCC επιβάλλει μερικούς κανονιστικούς κανόνες στον Ελεγκτή Κόμβου.

### **ΥΠΟΔΟΜΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

Η υποδομή επικοινωνιών παρέχει συνεκτικότητα multipoint με αξιόπιστη διανομή δεδομένων. Μπορεί να διευθετήσει πολλαπλές ανεξάρτητες εφαρμογές ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας το ίδιο περιβάλλον multipoint. Συνδέσεις μεταξύ κόμβων μπορεί να είναι οποιοσδήποτε συνδυασμός από circuit-switched δικτύων τηλεπικοινωνιών και πακέτο βασισμένο στα LANs και στα δίκτυα δεδομένων. Η υποδομή T.120 αποτελείται από τρία τυποποιημένα συστατικά: Γενικός Έλεγχος Σύσκεψης(GCC),Υπηρεσία Επικοινωνίας Multipoint (MCS) και Μεταφορά Πρωτοκόλλων Profile για κάθε από τα υποστηριζόμενα δίκτυα.

#### **Γενικός Έλεγχος Διάσκεψης (Generic Conference Control- GCC).**

Το GCC παρέχει ένα σύνολο από υπηρεσίες για εγκατάσταση και διαχείριση σύσκεψης multipoint. Παρέχει έλεγχο πρόσβασης και «δαιτησία» ικανοτήτων. Οι ευκολίες GCC χρησιμοποιούνται από τις εφαρμογές να συντονίσουν την χρήση των καναλιών MCS και κουπονιών. Επίσης αυτές οι ευκολίες χρησιμοποιούνται να εξετάσουν ένα MCU ή ένα τερματικό κόμβο multipoint να βρει μια επιθυμητή σύσκεψη. Πολλαπλές εφαρμογές μπορεί να τρέχουν σε οποιονδήποτε δεδομένο κόμβο και μπορεί δυναμικά να ξεκινήσουν, χρησιμοποιηθούν και να κλείσουν κατά την διάρκεια μιας σύσκεψης. Σαν μέρος του ρόλου διαχείρισης, οι προμηθευτές GCC ανταλλάσσουν πληροφορίες σχετικές με τις παρούσες εφαρμογές και τις ικανότητες τους. Το GCC επίσης συγκεντρωμένη ευκολία εγγραφής διαθέσιμη στις εφαρμογές ώστε να αναγνωρίσει δυναμικά διανεμημένους πόρους όπως τα κανάλια και τα κουπόνια (tokens).

#### **Multipoint Υπηρεσία επικοινωνίας (Multipoint Communication Service).**

Το MCS παρέχει ένα γενικό στόχο υπηρεσίας δεδομένων multipoint σύνδεσης οροθετημένης. Συγκεντρώνει point-to-point Συνδέσεις Μεταφοράς και τις συνδυάζει για να διαμορφώσει ένα Multipoint Χώρο αρμοδιότητας. Μέσα σε αυτό το χώρο αρμοδιότητας ένας τεράστιος αριθμός από

λογικά κανάλια προμηθεύονται και αυτά με την σειρά τους προσφέρουν διανομή δεδομένων ένα-με-ένα, ένα-με-πολλά και πολλά-με-ένα. Οι κόμβοι μέσα σε ένα MCS Χώρο Αρμοδιότητας είναι ιεραρχικά οργανωμένοι σε μια δομή δέντρου. Η διανομή δεδομένων κανονικά ακολουθούν το πιο αποτελεσματικό μονοπάτι στους κόμβους το οποίο λαμβάνει τα δεδομένα, αλλά ένας μηχανισμός προμηθεύεται για να πιστοποιήσει ότι δεδομένα προερχόμενα από διαφορετικούς κόμβους λαμβάνονται με την ίδια σειρά σε όλους τους κόμβους. Το MCS ενεργεί σαν ένας προμηθευτής πόρου στις παραπάνω στρώσεις, ανεξάρτητο από το δίκτυο που βρίσκεται στο παρακάτω στρώμα, προμηθεύοντας πόρους καναλιών και tokens που απαιτούνται. Τα κουπόνια προμηθεύονται για εφαρμογές ώστε αυτές να χρησιμοποιήσουν διαδικασίες και γεγονότα συντονισμού.

### ❖ Πρωτόκολλα δικτύου ειδικής μεταφοράς.

Η σύσταση T.123 παρέχει αξιόπιστη συντονισμένη μεταφορά δεδομένων point-to-point των MCS PDUs και καταμερισμό των δεδομένων αν είναι απαραίτητο. Η σύσταση T.123 καθορίζει ένα σωρό πρωτοκόλλου για υποστηριζόμενο ειδικό δίκτυο. Η σύσταση T.123 παρουσιάζει μια ομοιόμορφη OSI Υπηρεσία Μεταφοράς συνδεδεμένη με την παραπάνω στρώση MCS.

## ΔΙΚΤΥΑ

Η ακολουθία T.120 παρέχει για λειτουργία τα παρακάτω δίκτυα:

- ISDN- Ενοποιημένες Υπηρεσίες Ψηφιακού Δικτύου
- CSDN- Άλλες Ψηφιακές Περιφέρειες
- PSDN- Πακέτο Δικτύου Δεδομένων Switched
- PSDN- Δημόσιο Δίκτυο Τηλεφώνου Switched
- Χρήση αυτής της σύστασης σε άλλα δίκτυα όπως B-ISDN και LANs.

### 7.6 Multipoint Communication Services (MCS) –Συστάσεις T.122, T.125

[3] Οι multipoint υπηρεσίες επικοινωνίας (MCS) περιέχονται σε δυο συστάσεις: Η T.122 καθορίζει την υπηρεσία MCS και το T.125 το πρωτόκολλο που είναι υποχρεωτικό. Το MCS είναι ένα στοιχείο κλειδί στην υποδομή του T.120. Παίρνει τις point-to-point συνδέσεις μεταφοράς που παρέχονται από τα κατώτερα επίπεδα και τις συνδυάζει για να σχηματίσει ένα multipoint χώρο δραστηριοτήτων. Το πρωτόκολλο T.120 μπορεί να χειριστεί ένα μεγάλο αριθμό από χώρους δραστηριοτήτων. Κόμβοι μπορεί να συμμετέχουν σε περισσότερους από έναν χώρους δραστηριοτήτων. Ένας χώρος αρμοδιότητας με μόνο δυο συμμετέχοντες τελικούς κόμβους κατοπιρίζει το παραδοσιακό point-to-point μοντέλο επικοινωνίας και υποστηρίζεται πλήρως από το MCS αλλά με το ενδεχόμενο της εισαγωγής περισσότερων κόμβων όπως απαιτείται. Κάθε ζευγάρι σε ένα χώρο δραστηριοτήτων ρυθμίζεται, έτσι ώστε ο ένας κόμβος να είναι υψηλότερος από τον άλλο. Ο χώρος αρμοδιότητας πρέπει να ανεβαίνει ιεραρχικά (χωρίς loops) σε έναν ανώτατο κόμβο. Ο προμηθευτής MCS στον ανώτατο κόμβο έχει αναλάβει τον ρόλο του προμηθευτή κορυφής (Top Provider), ενεργώντας πηγή πληροφοριών για το χώρο αρμοδιότητας.

Το MCS παρέχει μεταφορά του ελέγχου και της ροής δεδομένων από το ένα τερματικό στο άλλο ή σε όλα τα άλλα στη διάσκεψη. Επίσης δεν είναι ανάγκη να γνωρίζει τίποτα σχετικά με το περιεχόμενο της ροής δεδομένων των εφαρμογών. Το MCS εισάγει την αρχή των καναλιών για να παρέχει διανομή δεδομένων εντός του χώρου δραστηριοτήτων. Ένα MCS κανάλι συνδέει όλους τους κόμβους οι οποίοι συναντιούνται σε αυτό. Δεδομένα που στέλνονται σε ένα κανάλι θα αποδοθούν σε όλους τους άλλους κόμβους που σχετίζονται με αυτό το κανάλι. Το MCS υποστηρίζει τέσσερις τύπους καναλιών.

Ένα «στατικό» κανάλι υπάρχει όταν ένα χώρος αρμοδιότητας δημιουργείται. Το MCS διατηρεί ένα σύνολο αναγνωριστικών καναλιών για στατική χρήση. Στα στατικά κανάλια ίσως να δίνονται προκαθορισμένοι ρόλοι από τα πρωτόκολλα που κάνουν χρήση των υπηρεσιών MCS.

*Ένα «δυναμικό» κανάλι δημιουργείται σε απαίτηση οποιουδήποτε κόμβου ή εφαρμογής. Τα δυναμικά κανάλια έχουν τρεις τύπους: "multicast", "private", και "single member":*

Τα multicast (καθορισμένα) κανάλια είναι παρόμοια με τα στατικά κανάλια γιατί είναι ανοιχτής προσπέλασης- οποιοδήποτε τερματικό μπορεί να συνδεθεί με αυτά, και δεν υπάρχει κανένας ιδιοκτήτης.

Τα private (ιδιωτικά) κανάλια από την άλλη κατέχονται από τον δημιουργό τους και η σύνδεση με αυτά γίνεται μόνο κατόπιν πρόσκλησης, έτσι σχηματίζουν ένα ιδιωτικό ή κλειστής χρήσης κανάλι. Ένα single member κανάλι κανονικά χρησιμοποιείται για να παρέχει έναν Αναγνωριστή Χρήστη, δίνοντας στον κάτοχο μια μοναδική διεύθυνση εντός του χώρου δραστηριότητων.

Υπάρχουν δυο καθορισμένοι τύποι δεδομένων: συνηθισμένα δεδομένα που στέλνονται από τον κοντινότερο δρόμο στον προορισμό τους- τίποτα δεν επηρεάζει την σειρά με την οποία η πληροφορία καταφθάνει από διαφορετικές πηγές τερματικών, έτσι μπορεί παρουσιάσεις στον χρήστη να μην είναι ίδιες ακριβώς. Ομοειδή διαδοχικά δεδομένα, από την άλλη πλευρά, δρομολογούνται σε ένα κοινό σημείο( το κορυφαίο MCU στην σύνδεση ιεραρχίας, που καλείται ο "Προμηθευτής Κορυφής") και διανέμεται εντεύθεν σε όλα τα σχετικά τερματικά με την ίδια σειρά, πράγμα το οποίο ίσως παίρνει μεγαλύτερο χρόνο από ότι για τα συνηθισμένα δεδομένα.

Το MCS υποστηρίζει τέσσερις προτεραιότητες δεδομένων: σύμφωνα με την προτεραιότητα που απαιτείται στην επικεφαλίδα των αρχικών δεδομένων που έρχονται στο MCS, δρομολογούνται μέσα σε ένα από τις τέσσερις αντίστοιχες συνδέσεις επικοινωνίας. Το MCS παρέχει μια υπηρεσία διαχείρισης κουπονιών (token management service) και είναι ικανό να υποστηρίξει την χρήση μιας σειράς από κουπόνια. Προκειμένου να παρέχει αποκλειστικότητα και έτσι δυνατότητα συνύπαρξης δια μέσου ενός πεδίου ορισμού, μόνο ο Προμηθευτής Κορυφής μπορεί να εκτελέσει ενέργειες πάνω στα κουπόνια. Το MCS υποστηρίζει τις ακόλουθες ενέργειες κουπονιών: αρπαγή (grab), απαγόρευση (inhibit), δόσιμο (give), ευχαρίστηση (please) και απαλλαγή (release). Ο ρόλος που διανέμεται στα tokens καθορίζεται από τα επίπεδα πάνω από το MCS (και δεν είναι στις υποχρεώσεις του MCS).

Πολλή από την δύναμη και την ευελιξία του MCS απορρέει από την παροχή των υπηρεσιών του κατά τέτοιο τρόπο που είναι ανεξάρτητο από τις υποκείμενες συνδέσεις δικτύου. Αυτό επιτρέπει μεταφερσιμότητα διαμέσου δικτύων και μια έμφυτη ικανότητα για εσωτερική εργασία ανάμεσα σε τερματικά και διαφορετικά δίκτυα.

### 7.7 Γενικός έλεγχος διάσκεψης (Generic conference Control (GCC)- Συσταση T.124)

[3] Η υπηρεσία και το πρωτόκολλο του GCC καθορίζονται στη σύσταση T.124 η οποία ανήκει στο MCS στην υποδομή σωρού του T.120. Το GCC είναι ένα υποχρεωτικό συστατικό για peer-to-peer διάσκεψη και περιβάλλοντα εργασίας ομάδων, παρέχοντας ένα υψηλού επιπέδου πλαίσιο εργασίας για διαχείριση και έλεγχο για υποστήριξη διάφορων τερματικών και MCUs. Μια διάσκεψη GCC έχει μια άμεση απόκριση σε ένα χώρο αρμοδιοτήτων MCS. Το GCC παρέχει μηχανισμούς για την δημιουργία, τον έλεγχο και τον τερματισμό των διασκέψεων. Επίσης κάνει πρόβλεψη για χτίσιμο και διανομή των διασκέψεων και για εφαρμογές βάσεων δεδομένων.

Το MCS υποστηρίζει τέσσερις τύπους προτεραιοτήτων, μια από τις οποίες (προτεραιότητα κορυφής) δεσμεύεται για αποκλειστική χρήση από το GCC για έλεγχο και διαχείριση. Οι υπόλοιπες τρεις προτεραιότητες είναι διαθέσιμες για χρήση εφαρμογών.

Το GCC διατηρεί ένα σύνολο MCS κουπονιών και τα ορίζει να είναι στατικά και έτσι έχει καθορισμένη λειτουργικότητα από αυτήν την σύσταση. Τα υπόλοιπα κουπόνια ορίζονται δυναμικά και η λειτουργικότητα τους καθορίζεται στην καταχώρηση και ισχύει μόνο κατά τη διάρκεια της διάσκεψης. Ο κατάλογος της διάσκεψης περιέχει μια εγγραφή της σύνθεσης της διάσκεψης, η οποία περιλαμβάνει στοιχεία όπως το όνομα της διάσκεψης, τους τύπους των συμμετεχόντων κόμβων (τερματικών, MCU ή multipoint τερματικών), την θέση και συμμετέχοντες πληροφορίες για κάθε κόμβο. Όταν ένας κόμβος μετέχει σε μια διάσκεψη ανακοινώνει την παρουσία του σε αυτήν. Αυτό προκαλεί την ενημέρωση και διανομή του καταλόγου της διάσκεψης.

Το GCC υποστηρίζει την εγγραφή σε μια διάσκεψη των πρωτοκόλλων εφαρμογής. Κάθε προμηθευτής GCC διατηρεί ένα τοπικό κατάλογο εφαρμογών που περιέχει πληροφορίες και δυνατότητες για τα εγγραφόμενα πρωτόκολλα εφαρμογών σε αυτόν. Οι τοπικοί κατάλογοι στέλνονται σε έναν κορυφαίο κόμβο μιας διάσκεψης όπου ένας Κατάλογος Εφαρμογών Διάσκεψης όπου συλλέγονται και έπειτα διανέμονται. Με αυτό τον τρόπο όλοι οι κόμβοι μαθαίνουν για τις επιπρόσθετες δυνατότητες των υπολοίπων. Αφού εγγραφούν, οι οντότητες των πρωτοκόλλων εφαρμογών είναι ελεύθερες να χρησιμοποιήσουν MCS πηγές όπως περιγράφεται στο GAT.

## 7.8 ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

[13] Η σειρά T.120 περιλαμβάνει πρωτόκολλα εφαρμογών τα οποία εξασφαλίζουν κοινά απαιτούμενη λειτουργικότητα στις εφαρμογές των χρηστών με ένα τρόπο που εξασφαλίζει ένα εγγυημένο επίπεδο εσωτερικής εργασίας δια μέσου διαφόρων τερματικών με διαφορετικές δυνατότητες.

### **Γενική Φόρμα Εφαρμογών (Generic Application Template (GAT)- Σύσταση T.121).**

Η σύσταση T.121 καθορίζει ένα θεμελιώδες μοντέλο ενός T.120 πρωτοκόλλου εφαρμογής. Λειτουργεί σαν οδηγός για την ανάπτυξη πρωτοκόλλων εφαρμογών, διασφαλίζοντας μια συνεπή προσέγγιση την ανάπτυξη των πρωτοκόλλων εφαρμογών. Επίσης παρέχει οδηγία στην ανάπτυξη εφαρμογών για τους χρήστες για την καλύτερη χρήση της υποδομής του T.120.

Το μοντέλο αποτελείται από δυο λειτουργικά ξεχωριστά τμήματα: το Διαχειριστή Πηγών Εφαρμογών (Application Resource Manager-ARM) και στο Στοιχείο Υπηρεσίας Εφαρμογών (Application Service Element-ASE). Το ARM είναι υπεύθυνο για την διαχείριση των πηγών GCC και MCS για λογαριασμό του ASE. Το ARM παρέχει γενική λειτουργικότητα, διαθέσιμη για όλα τα πρωτόκολλα εφαρμογών. Καθορίζει αποτελεσματικά μια φόρμα στην οποία συγκεκριμένης λειτουργικότητας εφαρμογές μπορούν να προστεθούν. Η παρεχόμενη λειτουργικότητα από την φόρμα απαιτείται από όλα τα πρωτόκολλα εφαρμογών: και τυποποιημένα και μη. Ελαστικότητα στη φόρμα είναι υποχρεωτική για τυποποιημένα πρωτόκολλα εφαρμογών. Αν και δεν είναι υποχρεωτικό για μη τυποποιημένα πρωτόκολλα, συνιστάται για να διασφαλίσει συνέπεια και να μειώσει το ενδεχόμενο για απρόβλεπτη αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών πρωτοκόλλων. Το ASE παρέχει πρωτόκολλα εφαρμογών ειδικής λειτουργικότητας, ανεξάρτητα από τον τύπο του καναλιού και τις πηγές κουπονιών που παρέχονται σε αυτό από το ARM.

### **Multipoint Ακίνητη Εικόνα και Πρωτόκολλο Σχολιασμού ( Multipoint Still Image and Annotation Protocol (MSIA)- Σύσταση T.126).**

Η σύσταση T.126 καθορίζει το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται από ένα διευρυμένο σύνολο χρηστών εφαρμογών που απαιτούν ικανότητα εσωτερικής ανταλλαγής γραφικών πληροφοριών σε ένα περιβάλλον πολλών πωλητών. Μπορεί να κατέχεται από χρήστες εφαρμογών που απαιτούν απλό whiteboarding, ανταλλαγή εικόνων με σχόλια, και ανταλλαγή αντιγράφων εικόνων σε χαρτί όπως επίσης για πιο προηγμένες λειτουργίες π.χ χειρισμό εφαρμογών υπολογιστών από μακριά και μοίρασμα οθόνης. Το πρωτόκολλο καταφέρνει τον συγχρονισμό ευρέων διασκέψεων πολλών

επιπέδων γραφικών χώρων εργασίας. Ένα επεκτάσιμο σύνολο από bitmaps, δείκτες και παραμετρικά σχεδιαστικά στοιχεία μπορεί να κατευθυνθούν σε αυτούς τους χώρους εργασίας. Ανεπτυγμένες επιλογές όπως πληκτρολόγιο και pointing συσκευές για την υποστήριξη χειρισμού εφαρμογών υπολογιστών από μακριά και μοίρασμα οθόνης επίσης καθορίζονται. Όλες οι πλευρές των πρωτοκόλλων προβλέπουν για in-band επεκτασιμότητα ώστε να επιτρέπει σε κάθε καινούργιο ή αναβαθμισμένο στοιχείο το οποίο δεν είναι καθορισμένο να προστίθεται και να αναγνωρίζεται μέσα σε μια διάσκεψη.

### **Multipoint μετάδοση δυαδικών αρχείων ( Multipoint Binary File Transfer- MBFT ) Σύσταση T.127.**

Η σύσταση T.127 καθορίζει ένα πρωτόκολλο για υποστήριξη την εσωτερική ανταλλαγή δυαδικών αρχείων μέσα σε μια αλληλεπιδραστική διάσκεψη ή σε ένα περιβάλλον εργασίας για ομάδες. Δεν επιβάλλει κανένα περιορισμό για το περιεχόμενο των αρχείων που μεταδίδονται. Είναι ένα πολύπλευρο, μικρού βάρους πρωτόκολλο το οποίο παρέχει την ουσιώδη λειτουργικότητα να επιτρέπει interworking στις εφαρμογές απαιτώντας μια βασική γενικού σκοπού δυνατότητα μετάδοσης αρχείων. Έχει επίσης την ελαστικότητα να εκπληρώνει τις απαιτήσεις πιο εξεζητημένων εφαρμογών. Μηχανισμοί παρέχονται οι οποίοι διευκολύνουν και την διανομή και την ανάκτηση των αρχείων.

Μια βασική εφαρμογή μετάδοσης αρχείων που ακολουθεί την σύσταση T.127 μπορεί απλά να προσφέρει την ικανότητα εκπομπής ενός αρχείου κάθε φορά σε όλες τις εφαρμογές που υποστηρίζουν το πρωτόκολλο MBFT. Προαιρετικά αναπτυγμένα χαρακτηριστικά που έχουν καθοριστεί στην σύσταση T.127 είναι:

- Εκπομπή πολλαπλών αρχείων ταυτόχρονα.
- Ιδιωτική διανομή αρχείων σε επιλεγμένες υποομάδες της διάσκεψης.
- Καθοδηγητικός έλεγχος της διανομής αρχείων.

### **Μη τυποποιημένα πρωτόκολλα εφαρμογών.**

Παροχή επιπρόσθετης λειτουργικότητας μπορεί να επιτευχθεί με την δημιουργία επιπλέον ιδιόκτητων πρωτοκόλλων εφαρμογών τα οποία χρησιμοποιούν τις πηγές του MCS και GCC. Όπου ξεχωριστά ιδιόκτητα πρωτόκολλα καθορίζονται, συνιστάται το GAT να χρησιμοποιείται σαν το μοντέλο για τη βασική συνιστώσα των πρωτοκόλλου εφαρμογής ,ARM. Οδήγηση σε επέκταση, τροποποίηση και επαναχρησιμοποίηση των υπαρχόντων πρωτοκόλλων εφαρμογών δίνεται στην σύσταση T.121. Μια μη τυποποιημένη οντότητα του πρωτοκόλλου εφαρμογής πρέπει να χρησιμοποιεί το GCC με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης με άλλες οντότητες. Ιδιαίτερα δεν πρέπει να χρησιμοποιεί στατικά κανάλια ή στατικά κουπόνια και πρέπει να καταγράφει χρησιμοποιώντας ένα κλειδί μη τυποποιημένου πρωτοκόλλου εφαρμογής.

### **Συμβατότητα του T.120.**

Για χρήση μέσα σε ένα περιβάλλον διάσκεψης με πολυμέσα, αυτή η σύσταση απαιτεί:

- ▶ Συμβατότητα με το πρωτόκολλο μεταφοράς προφίλ σωρού (Σύσταση T.123) για επιλεγμένα δίκτυα.
- ▶ Συμβατότητα με το MCS (Σύσταση T.125)
- ▶ Συμβατότητα με τα υποχρεωτικά τμήματα του GCC (Σύσταση T.124).
- ▶ Συμβατότητα με τα υποχρεωτικά τμήματα κάθε τυποποιημένων πρωτοκόλλων εφαρμογής τα οποία έχουν δυνατότητα επικαλυπτόμενης λειτουργικότητας υποστηριζόμενα από τους χρήστες εφαρμογών.

 **MIDI.**

Το MIDI είναι ένα ασύγχρονο σειριακό πρωτόκολλο με σχετικά χαμηλής πολυπλοκότητας το οποίο αναπτύχθηκε στις αρχές του 1980 από κατασκευαστές ηλεκτρικών μουσικών οργάνων. Βασίζεται στην αρχή της κατανεμημένης νοημοσύνης, τις λειτουργίες πραγματικού χρόνου. Η επιθυμία ήταν να αναπτυχθούν προδιαγραφές για λογισμικό και υλικό οι οποίες να επιτρέπουν τον έλεγχο από μακριά των μουσικών οργάνων έτσι ώστε οι χρήστες να μπορούν να κάνουν μίξη και να ταιριάζουν τον εξοπλισμό από διαφορετικούς κατασκευαστές ώστε να δημιουργούν το δικό τους προσωπικό στούντιο ή όργανο. Το MIDI έχει σημειώσει μεγάλη επιτυχία . σχεδόν όλα τα ηλεκτρονικά όργανα και οι πιο πολλοί εξοπλισμοί επεξεργασίας ήχου τώρα έχουν συνδεθεί με το MIDI. Η βιομηχανία λογισμικού που βασίζεται στο MIDI αναπτύσσεται έντονα. Η προδιαγραφή για το MIDI αναπτύσσεται και ελέγχεται από τις 150 περίπου εταιρίες οι οποίες έχουν δημιουργήσει συνένωση κατασκευαστών MIDI (MMA) και από την ιαπωνική επιτροπή προτύπων MIDI. ( JMSC). Το MIDI είναι ένα πρωτόκολλο 8-bit ( ένα bit έναρξης ένα bit λήξης) το οποίο τρέχει στα 31,25 Kbaud ( αυτός ο μη πρότυπος ρυθμός μετάδοσης Baud επιλέχθηκε επειδή ήταν μία απλή διαίρεση ταχύτητας της CPU η οποία ήταν κοινή με τα ηλεκτρονικά όργανα.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ/ΤΗΤΕΣ

1. ANDREW S. TANENBAUM "ΔΥΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ " ΤΡΙΤΗ ΕΚΔΟΣΗ , ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ , © 2000.
2. "An Open System Approach to Video on Demand " IEEE Commun.Magazine, CHANG , Y.-H., COGGINS , D., PITT, D., SKELLERN , D., THAPAR , M., and VANKATRAMAN , C.
3. Guojun Lu , " Communication and Computing for Distributed Multimedia Systems ".
4. N.S. Jayant, "High Quality Networking of Audio - Visual Information", IEEE.
5. " Multimedia Networking ",Bodhan O. Szuprowicz.
6. Peter Noll " MPEG Digital Audio Coding " IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE , © Sep.1997.
7. Rob Noenen " MPEG – 4 Overview ( Atlantic City Version ) " ISO / IEC JTC1 / SC29 / WG11, N2459.
8. "Understanding Networked Applications and Technology " , Francois Fluchiger .
9. WILLIAM STALLINGS " ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ & ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ " ΕΚΤΗ ΕΚΔΟΣΗ , ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ , © 2003.
10. ΓΙΩΡΓΟΣ ΤΖΙΡΤΑΣ " ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ – ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ " ΠΑΝΕΠΙΣΤΙΜΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ.
11. ΔΗΜ. Χ. ΒΟΥΚΑΛΗ " ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ " , ΕΚΔΟΣΕΙΣ "ΙΩΝ", © ΑΘΗΝΑ 1993.
12. ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΔΟΔΗΣ " ΗΧΟΛΗΨΕΙΑ – Η Δημιουργία με τη Σύγχρονη Τεχνολογία " , ΕΚΔΟΣΕΙΣ " ΙΩΝ " , © 2001.
13. ΝΙΚΟΣ ΚΟΣΜΑΣ "ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗΣ " Τ.Ε.Ι ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ, ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ , ΤΜΗΜΑ : Ε.Π.Δ.Ο.
14. "ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ ΜΕΣΑ ΚΑΙ ΠΟΛΥΜΕΣΑ " , ΠΑΝ. ΠΟΛΙΤΗ , ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΝΕΩΝ , © 1996.
15. <http://www.ia.ac.cn>

16. \_\_\_\_\_

17. \_\_\_\_\_

18. \_\_\_\_\_

**ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗ MULTIMEDIA ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

**ΚΟΤΣΙΝΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ Α.Μ:8149**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΝΙΚΟΣ ΚΟΣΜΑΣ**

**© 2006**