

Τμήμα
Μηχανικών
Πληροφορικής τ.ε.

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Δυτικής Ελλάδας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δίκτυα Η/Υ & εφαρμογές τους

Ρόδη Κωνσταντίνα

Επιβλέπων καθηγητής: Ιωάννης Τζήμας

Αντίρριο, Δεκέμβριος 2016

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή
Αντίρριο, 13/12/2016

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή
2. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή
3. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επίκουρο καθηγητή κ. Ιωάννη Τζήμα που μου προσέφερε το συγκεκριμένο θέμα, με εμπιστεύτηκε και μου έδωσε την δυνατότητα να εκπονήσω την πτυχιακή μου εργασία στον τομέα των δικτύων. Τον ευχαριστώ επίσης για την επίβλεψη και την σαφής καθοδήγηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής(Πρώην Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων και Δικτύων) για τις πολύτιμες γνώσεις και συμβουλές που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος θα ήθελα να αναφερθώ σε ανθρώπους εκτός του στενού ακαδημαϊκού περιβάλλοντός. Δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω τους φίλους των φοιτητικών μου χρόνων και όχι μόνο, που έκαναν τα φοιτητικά μου χρόνια μια αξέχαστη και υπέροχη εμπειρία. Βέβαια, το μεγαλύτερο και πιο θερμό ευχαριστώ δεν μπορεί να πάει αλλού εκτός από την οικογένεια μου που με στήριξε όλα αυτά τα χρόνια σε κάθε δυσκολία.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
Πρόλογος.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Περίληψη	10
Abstract	10
1 Τι είναι δίκτυο.....	11
1.1 Τα δομικά στοιχεία ενός δικτύου.....	12
1.2 Κατηγορίες Δικτύων	13
1.3 Ταξινόμηση Δικτύων	14
1.4 Πρωτόκολλα.....	16
1.5 Μοντέλα αναφοράς	17
1.5.1 Μοντέλο Αναφοράς OSI.....	18
1.5.2 Μοντέλο Αναφοράς TCP/IP.....	21
1.6 Διαστρωμάτωση πρωτοκόλλων	23
1.7 Ενθυλάκωση.....	25
1.8 Μέσα μετάδοσης	27
1.8.1 Ενσύρματα.....	27
1.8.2 Ασύρματα μέσα μετάδοσης.....	30
1.9 Δρομολόγηση.....	32

1.9.1	Αλγόριθμοι δρομολόγησης	33
1.9.2	Κατηγορίες αλγόριθμων δρομολόγησης	34
1.9.3	Παραδείγματα Αλγορίθμων Δρομολόγησης.....	35
1.10	Διευθυνσιοδότηση	38
1.10.1	Διευθυνσιοδότηση με κλάσεις.....	41
1.10.2	Διευθυνσιοδότηση χωρίς κλάσεις.....	42
1.10.3	Υποδικτύωση στην πράξη	43
1.10.4	Δεσμευμένες Διευθύνσεις IP.....	50
2	Τοπικά δίκτυα	51
2.1	Αρχιτεκτονική Τοπικών Δικτύων	51
2.1.1	Το Μοντέλο αναφοράς Τοπικού Δικτύου και το Μοντέλο αναφοράς OSI.....	52
2.1.2	Τοπολογίες Τοπικών Δικτύων.....	53
2.1.3	Πρωτόκολλα Πολλαπλής Πρόσβασης.....	56
2.2	Δομικά Υλικά Τοπικών Δικτύων	60
2.3	Μέθοδοι Μετάδοσης στα τοπικά δίκτυα	69
2.4	Broadcast και Collision Domains	70
2.5	Διάφορα Τοπικά Δίκτυα	72
2.5.1	Δίκτυα δακτυλίου με κουπόνι	72
2.5.2	Δίκτυα FDDI	72
2.5.3	Ασύρματα τοπικά δίκτυα 802.11	73
2.5.4	Δίκτυα IEEE 802.3 (Ethernet).....	75
3	Εικονικά Τοπικά Δίκτυα (Virtual LANs-VLANs)	78
3.1	Τύποι ελέγχου μετάδοσης πακέτων στα VLANs	80
3.2	Μέθοδοι VLANs	84
3.3	VLAN Trunking.....	87
3.3.1	Πρωτόκολλα Ενθυλάκωσης	88

3.3.2	Dynamic Trunking Protocol	91
3.4	Πρότυπα SDM (Switching Device Manager)	91
3.4.1	Λίστες ρύθμισης πρόσβασης (Access Control Lists-ACL).....	92
3.5	Πρωτόκολλο Δένδρου κάλυψης(Spanning Tree Protocol) στα VLANs	94
3.5.1	Η λειτουργία του Δένδρου Κάλυψης.....	94
3.5.2	Per Vlan Spanning Tree (PVST)	96
3.6	VLAN Trunking Protocol (VTP)	97
3.7	Ιδιωτικά VLANs (Private VLANs)	100
4	Πρακτικό μέρος: Υλοποίηση εφαρμογών των δικτύων.....	102
4.1	Εισαγωγή στο Packet tracer.....	103
4.2	Υλοποίηση Δυναμικής Δρομολόγησης (OSPF).....	114
4.3	Υλοποίηση Spanning Tree.....	119
4.4	Υλοποίηση VLAN	124
4.5	Υλοποίηση VLAN, VTP, DHCP	133
	Επίλογος.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
	Βιβλιογραφία	142

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1 Σε ένα δίκτυο μπορεί να συνδεθεί οποιαδήποτε συσκευή αλλά εμείς θα ασχοληθούμε πιο πολύ με τους υπολογιστές.....	11
Εικόνα 2 Εδώ μπορούμε να δούμε τους τρεις κύριους τύπους δικτύων σε εικόνα. Το Τοπικό δίκτυο ως κτήριο, το Μητροπολιτικό ως πόλη και το Δίκτυα ευρείας περιοχής σε Ηπείρους.....	13

Εικόνα 3 Η ATM Header. Τα πρώτα πέντε είναι η header και τα υπόλοιπα 48 η πληροφορία του χρήστη.	16
Εικόνα 4 Διάφορα παραδείγματα πρωτοκόλλων	17
Εικόνα 5 Τα 7 πρώτα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI.....	19
Εικόνα 6 Πως αντιστοιχίζονται τα επίπεδα του OSI με τα επίπεδα του TCP/IP.....	22
Εικόνα 7 Η διαστρωμάτωση των πρωτοκόλλων στο κάθε επίπεδο.....	24
Εικόνα 8 Η ενθυλάκωση και το πως μεταφέρεται το μήνυμα από κόμβο σε κόμβο χωρίς να επηρεαστεί.	26
Εικόνα 9 Η ενθυλάκωση αρχίζει από το επίπεδο εφαρμογής προς τα χαμηλότερα επίπεδα.	26
Εικόνα 10 Παράδειγμα καλωδίου συνεστραμμένου ζεύγους με ή χωρίς θωράκιση.	29
Εικόνα 11 Η δομή του ομοαξονικού καλωδίου	29
Εικόνα 12 Παραδείγματα ειδών οπτικών ειδών.	30
Εικόνα 13 Μικροκυματική ζεύξη μεταξύ δύο σταθμών με αναμεταδότες μεταξύ τους	31
Εικόνα 14 Μετάδοση μέσω δορυφορικών ζεύξεων. Βλέπουμε και τους σταθμούς ανοδικής και καθοδικής ζεύξης.....	32
Εικόνα 15 Παράδειγμα Dijkstra	36
Εικόνα 16 Παράδειγμα διεύθυνσης IP στην δεκαδική και αντίστοιχα στην δυαδική μορφή της.	39
Εικόνα 17 Παράδειγμα μάσκας υποδικτύου στην δυαδική και στην δεκαδική μορφή της.....	43
Εικόνα 18 Ένα διάγραμμα Τοπικού Δικτύου ως παράδειγμα.....	51
Εικόνα 19 Παράδειγμα Τοπολογίας Αρτηρίας.	54
Εικόνα 20 Τοπολογία Δακτυλίου	55
Εικόνα 21 Τοπολογία Αστέρα.....	55
Εικόνα 22 Τοπολογία Δένδρου.....	56
Εικόνα 23 Ο τρόπος που λειτουργεί το Aloha.....	58
Εικόνα 24 Εδώ βλέπουμε ένα παράδειγμα CSMA και το πως λειτουργεί το CSMA/CD	59
Εικόνα 25 Servers	61
Εικόνα 26 Κάρτα δικτύου	62
Εικόνα 27 Πως είναι ένα hub.	64
Εικόνα 28 Η λειτουργία της γέφυρας.	65
Εικόνα 29 Η λειτουργία ενός switch.....	66
Εικόνα 30 Ο δρομολογητής και ο τρόπος σύνδεσης του.....	67
Εικόνα 31 Παράδειγμα Επαναληπτή	68

Εικόνα 32 Διάγραμμα δικτύου που χρησιμοποιεί πύλες.	69
Εικόνα 33 Unicast, Broadcast και Multicast μεταφορά. Όλα όσα αναφέραμε.	70
Εικόνα 34 Παράδειγμα δικτύου χωρισμένο σε broadcast και collision domain.....	71
Εικόνα 35 Παράδειγμα FDDI	73
Εικόνα 36 Παράδειγμα Ασύρματου Τοπικού Δικτύου.	75
Εικόνα 37 Ένα διάγραμμα του πρώτου συστήματος Ethernet σχεδιασμένο από τον εφευρέτη του, τον Robert Metcalfe.....	76
Εικόνα 38 Intra-VLAN και Intra- VLAN κίνηση. Όσα αναφέραμε σε εικόνα.	80
Εικόνα 39 Ένα μέρος δικτύου το οποίο περιλαμβάνει ένα port-based VLAN που ονομάζεται VLAN50. ..	81
Εικόνα 40 Ένα μέρος δικτύου το οποίο περιλαμβάνει MAC-address based VLAN. Όπως βλέπουμε ο χρήστης Α έχει την διεύθυνση 01c0.8122.23b7.....	82
Εικόνα 41 Ένα μέρος δικτύου το οποίο περιλαμβάνει Protocol-based VLAN. Βλέπουμε τον χρήστη Α και το δίκτυο που ανήκει για να μπορέσουμε να μάθουμε σε ποιο πρωτόκολλο ανήκει το δίκτυο και να δημιουργήσουμε VLAN.....	83
Εικόνα 42 Ένα παράδειγμα δικτύου που χρησιμοποιεί Dynamic VLAN. Σε αυτή την περίπτωση μόλις συνδέεται ο χρήστης, ο server βλέπει ότι συνδέεται, ελέγχει το προφίλ και λέει στις συσκευές του δικτύου να ρυθμίσουν τον χρήστη Α στο ανάλογο VLAN.....	84
Εικόνα 43 Παράδειγμα της μεθόδου User level. Οι χρήστες μπορούν οποιαδήποτε στιγμή να μετακινηθούν στο δίκτυο χωρίς να επηρεαστεί η πρόσβαση τους στο VLAN	85
Εικόνα 44 Παράδειγμα με την μέθοδο Wiring closet. Wiring closet switch θεωρούνται τα switch που είναι συνδεδεμένοι οι κόμβοι.....	86
Εικόνα 45 Παράδειγμα με την μέθοδο Distribution switch. Οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να μετακινηθούν σε όποιο switch θέλουν λόγω της ευελιξίας που προσφέρει η μέθοδος.....	87
Εικόνα 46 Παράδειγμα δικτύου με trunk συνδέσεις από το πρόγραμμα Packet tracer.....	88
Εικόνα 47 ISL Header.	89
Εικόνα 48 IEEE 802.1Q Header.....	90
Εικόνα 49 Παράδειγμα του DTP. Βλέπουμε ότι αφού ρυθμίσουμε την θύρα στο ένα switch, η θύρα στο άλλο θα ρυθμιστεί αυτόματα(auto).....	91
Εικόνα 50 Παράδειγμα δικτύου που χρησιμοποιεί Access Control List.....	93
Εικόνα 51 Παράδειγμα δικτύου χωρίς και με STP.	94
Εικόνα 52 Παράδειγμα λειτουργίας STP. Βλέπουμε ότι διακόπτει την μεταφορά ανάμεσα στα δύο switch.....	96

Εικόνα 53 Διαγράμματα PVST+ και MST για όσα αναφέραμε παραπάνω.....	97
Εικόνα 54 Ένα παράδειγμα για να καταλάβουμε ακόμα καλύτερα την λειτουργία του κάθε τομέα στο VTP.....	98
Εικόνα 55 Παράδειγμα κίνησης δικτύου με και χωρίς pruning	99
Εικόνα 56 Διάγραμμα Private VLAN.	101
Εικόνα 57 Παράδειγμα για να καταλάβουμε την επικοινωνία ανάμεσα στις θύρες του Private VLAN..	102
Εικόνα 58 Το περιβάλλον του Packet tracer.....	103
Εικόνα 59 Το περιβάλλον του CLI.....	107
Εικόνα 60 Το περιβάλλον του Config.....	108
Εικόνα 61 Το περιβάλλον του IP configuration.....	109

Περίληψη

Στόχος αυτής της πτυχιακής είναι η υλοποίηση και η επεξήγηση εφαρμογών πάνω στον τομέα των δικτύων. Οι εφαρμογές θα υλοποιηθούν με την χρήση του προγράμματος προσομοίωσης δικτύων Packet tracer της Cisco. Βασικό χαρακτηριστικό των συγκεκριμένων εφαρμογών είναι η εύκολη κατανόηση διάφορων θεμάτων των δικτύων.

Πιο αναλυτικά στα 3 πρώτα κεφάλαια θα δούμε θεωρητικά θέματα των δικτύων. Στο 1^ο θα δούμε βασικά θέματα των δικτύων όπως τον ορισμό, τα δομικά τους στοιχεία, τα μοντέλα αναφοράς κ.τ.λ. Στο 2^ο θα δούμε θεωρητικά τα τοπικά δίκτυα ώστε να μας βοηθήσει να καταλάβουμε καλύτερα τα Εικονικά Τοπικά Δίκτυα που αναφέρονται αναλυτικά στο 3^ο κεφάλαιο. Τέλος το 4^ο κεφάλαιο περιέχει διάφορες εφαρμογές των θεωρητικών θεμάτων των δικτύων που αναλύσαμε.

Λέξεις κλειδιά: Εικονικά τοπικά δίκτυα, Cisco IOS, πρωτόκολλα, αρχιτεκτονική, δίκτυα

Abstract

The aim of this project is the implementation and explanation of applications on the network domain. For the applications' implement used Cisco's simulation program, packet tracer. A key feature of these applications is the easy understanding of various aspects of networks.

More specifically the first three chapters will look at theoretical aspects of networks. At first we will see key issues of the networks as defined, their components, reference models, etc. In the second would see theoretical the local networks to help us understand the particular good-Virtual Local Area Networks detailed in the third chapter. Finally, the fourth section contains various applications of theoretical issues of the networks analyzed.

Keywords: VLANs, Cisco IOS, protocols, networks

1 Τι είναι δίκτυο

Ένα δίκτυο είναι ένα σύνολο δύο ή περισσότερων υπολογιστών ή συσκευών συνδεδεμένων μεταξύ τους (π. χ όπως στην εικόνα) που έχουν την δυνατότητα να επικοινωνούν και να μεταφέρουν πληροφορίες ο ένας με τον άλλον όπου αυτός είναι και ο σκοπός των δικτύων. Οι υπολογιστές ή οι συσκευές που συνδέονται μπορούν να θεωρηθούν και ως κόμβοι.



Εικόνα 1 Σε ένα δίκτυο μπορεί να συνδεθεί οποιαδήποτε συσκευή αλλά εμείς θα ασχοληθούμε πιο πολύ με τους υπολογιστές.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης των δικτύων είναι τα εξής:

- Έχουν ταυτόχρονη πρόσβαση από πολλούς υπολογιστές(π. χ σε επιχειρήσεις που πολλοί άνθρωποι χρειάζεται να χρησιμοποιήσουν ίδια προγράμματα).
- Μπορούν να κάνουν κοινή χρήση των περιφερειακών συσκευών(π. χ οι εκτυπωτές) μέσω του δικτύου και να μην χρειάζεται κάθε υπολογιστής δικές του συσκευές. Οι περιφερειακές συσκευές έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύουν προσωρινά τις εργασίες που ζητούνται από κάθε χρήστη σε έναν server και να εκτελούνται με την σειρά τους.
- Έχουν προσωπική επικοινωνία. Με την χρήση των δικτύων οι χρήστες μπορούν να επικοινωνούν εύκολα είτε με χρήση email είτε άλλα συστήματα που υποστηρίζουν την προσωπική επικοινωνία(π. χ chat,τηλεδιάσκεψη κ. τ. λ)

1.1 Τα δομικά στοιχεία ενός δικτύου

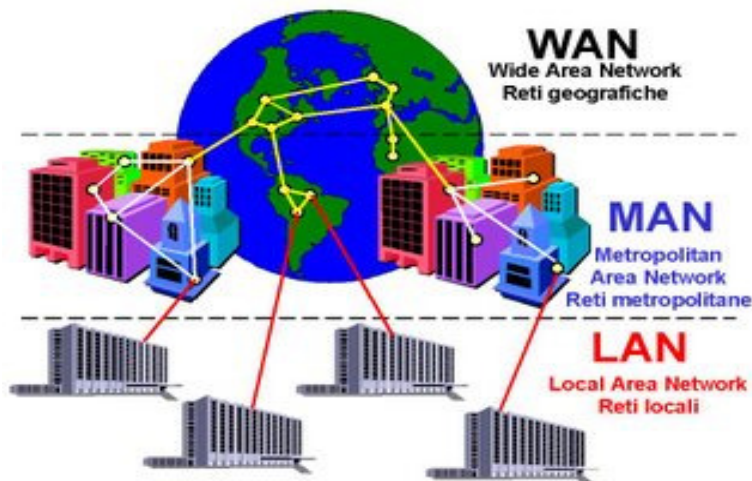
Κάθε δίκτυο που δημιουργείται περιλαμβάνει τα παρακάτω δομικά στοιχεία.

Το **Υλικό(hardware)** που περιέχει κόμβους επικοινωνίας που είναι ηλεκτρονικά συστήματα που περιέχουν τουλάχιστον επεξεργαστή και μνήμη μέσα μετάδοσης τα οποία είναι υπεύθυνα για την μεταφορά των δεδομένων συσκευές διασύνδεσης που χρησιμοποιούν τις διατάξεις διασύνδεσης για επεξεργασία(διαμόρφωση και αποδιαμόρφωση σήματος) και τον έλεγχο ορθότητας των δεδομένων και το **Λογισμικό(Software)** που επιτρέπει την λειτουργία του δικτύου και περιλαμβάνει το λειτουργικό σύστημα του δικτύου το οποίο περιέχει τα κατάλληλα πρωτόκολλα επικοινωνίας και τις εφαρμογές που η λειτουργία τους στηρίζεται στο δίκτυο.

1.2 Κατηγορίες Δικτύων

Ανάλογα με τα δομικά στοιχεία που περιλαμβάνουν τα δίκτυα διακρίνονται στους εξής τύπους:

- **Τοπικά Δίκτυα(Local Area Networks-LANs):**Είναι δίκτυα τα οποία ενώ μπορούν να προσφέρουν υψηλές ταχύτητες, δεν μπορούν να καλύψουν μεγάλη απόσταση(συνήθως καλύπτουν 0-2 km).Είναι ο τύπος που χρησιμοποιείται πιο συχνά και επίσης είναι το θέμα που θα δούμε αναλυτικά αργότερα.
- **Μητροπολιτικά Δίκτυα(Metropolitan Area Networks-MANs):**Τα μητροπολιτικά είναι πολλά τοπικά δίκτυα ενωμένα σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική ζώνη(π. χ σε μια πόλη).Η απόσταση που καλύπτει είναι από 2 μέχρι 50 km.
- **Δίκτυα Ευρείας περιοχής(Wide Area Networks-WANs):**Είναι μια συλλογή από δίκτυα (συνήθως Μητροπολιτικά Δίκτυα) τα οποία δεν περιορίζονται και σε μια γεωγραφική περιοχή και καλύπτουν από 50 km και πάνω. Για να συνδεθούν τα δίκτυα και να δημιουργηθούν Δίκτυα Ευρείας Περιοχής χρησιμοποιούν γέφυρες(bridges), δρομολογητές(routers) ή πύλες(gateways) που επιτρέπουν την κοινή χρήση. Επίσης αν χρειάζεται να καλύψουν μεγάλη απόσταση μπορούν να μεταδίδουν δεδομένα πάνω από μισθωμένες τηλεφωνικές γραμμές(οι οποίες είναι μεγάλων ταχυτήτων) ή ασύρματων συνδέσμων(π. χ δορυφόρους).



Εικόνα 2 Εδώ μπορούμε να δούμε τους τρεις κύριους τύπους δικτύων σε εικόνα. Το Τοπικό δίκτυο ως κτήριο, το Μητροπολιτικό ως πόλη και το Δίκτυα ευρείας περιοχής σε Ηπείρους.

Πηγή εικόνας: Types of Networks- <http://www.purplezeus.com/networking-systems.html>

- **Δίκτυα που είναι βασισμένα σε server(Server-Based Networks):** Εκτός από τα δίκτυα που περιέχουν μεμονωμένους υπολογιστές συνδεδεμένους μεταξύ τους, πολλά δίκτυα χρησιμοποιούν ένα κεντρικό υπολογιστικό σύστημα, το οποίο ονομάζεται server. Ένας server έχει μεγάλο αποθηκευτικό χώρο και μπορεί να παρέχει πολλές υπηρεσίες στους χρήστες. π. χ αν έχουμε ένα δίκτυο με έναν file server, οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση στα αρχεία του server και ανάλογα με τα δικαιώματα που τους παρέχει ο server μπορούν να έχουν πρόσβαση και στα αρχεία των άλλων χρηστών.
- **Δίκτυα βασισμένα στην τεχνολογία πελάτη/εξυπηρετητή(Client-Server Networks):** Στα δίκτυα που χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη τεχνολογία, οι υπολογιστές μοιράζονται την υπολογιστική ισχύ και την αποθηκευτική ικανότητα με τον server. Τα συγκεκριμένα δίκτυα για να δημιουργηθούν χρειάζονται εξειδικευμένο λογισμικό για να επιτρέπεται η συνεργασία υπολογιστών με servers.
- **Δίκτυα Ομότιμων Κόμβων(Peer-to-Peer Networks):** Σε αυτά τα δίκτυα όλοι οι υπολογιστές είναι ισότιμοι ακόμη κι αν χρησιμοποιούν server. Κάθε υπολογιστής έχει την δυνατότητα πρόσβασης σε κάποιες πηγές άλλων υπολογιστών, ώστε να μπορούν οι χρήστες να μοιράζονται αρχεία, συσκευές.

1.3 Ταξινόμηση Δικτύων

Τα δίκτυα μπορούν να ταξινομηθούν σε κατηγορίες με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

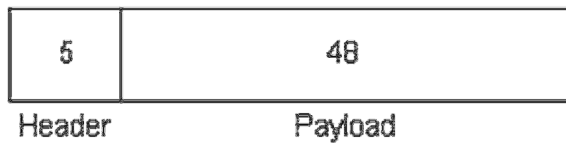
- **Ανάλογα το μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιείται:** Το μέσο μετάδοσης είναι ο φυσικός «δρόμος» για να μεταδοθούν τα δεδομένα μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Επίσης μπορούν να είναι είτε ενσύρματα είτε ασύρματα.
- **Ανάλογα το είδος σύνδεσης:** Δηλαδή αν θα είναι δίκτυα εκπομπής(broadcast) ή δίκτυα από σημείο σε σημείο(point to point). Στα δίκτυα εκπομπής επικοινωνούν όλες οι συσκευές που είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο μέσω ενός κοινού καναλιού εκπομπής και τα μηνύματα τα λαμβάνουν όλες οι συσκευές ενώ στα δίκτυα από σημείο σε σημείο υπάρχει άμεση επικοινωνία μεταξύ δύο κόμβων μέσω μιας σύνδεσης.

- **Ανάλογα την κλίμακα που καλύπτουν:** Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενη ενότητα τα δίκτυα ανάλογα με την γεωγραφική κάλυψη που καλύπτουν χωρίζονται σε LAN, MAN, WAN κ. τ. λ
- **Ανάλογα με την τοπολογία:** Ταξινομούνται με βάση την τοπολογία που χρησιμοποιεί το κάθε δίκτυο δηλαδή δακτυλίου , αστέρα ή διαύλου. Θα τις αναλύσουμε στο επόμενο κεφάλαιο με περισσότερη λεπτομέρεια.
- **Ανάλογα με την τεχνική που χρησιμοποιούν:** Οι τεχνικές είναι οι εξής: η μεταγωγή κυκλώματος(circuit switching), η μεταγωγή πακέτου(packet switching) και η ασύγχρονη τρόπου μετάδοσης(Asynchronous Transfer Mode-ATM).

Στην **μεταγωγή κυκλώματος** χρησιμοποιείται μια φυσική σύνδεση μεταξύ των δύο κόμβων για μετάδοση δεδομένων. Τα εισερχόμενα δεδομένα μεταφέρονται στο κατάλληλο κανάλι εξαγωγής χωρίς καθυστέρηση και χωρίς να υποστούν κάποια επεξεργασία. Επίσης το κύκλωμα στην μεταγωγή κυκλώματος παραμένει ενεργό ακόμα κι όταν δεν ανταλλάζουν δεδομένα οι κόμβοι στο δίκτυο.

Στην **μεταγωγή πακέτου** τα δεδομένα χωρίζονται σε μικρότερα τμήματα, τα οποία τα ονομάζουμε πακέτα(packets).Κάθε πακέτο περιέχει ένα τμήμα των δεδομένων προς αποστολή και πληροφορίες ελέγχου που επιτρέπουν την σωστή δρομολόγηση του πακέτου προς τον σωστό προορισμό του. Οι κόμβοι στα δίκτυα μεταγωγής πακέτου πρέπει να έχουν δυνατότητες επεξεργασίας και προσωρινής αποθήκευσης, μέχρι τα πακέτα να βρουν την κατάλληλη διαδρομή.

Η **ασύγχρονη τρόπου μετάδοση(ATM)** είναι η πιο σύγχρονη τεχνική μεταγωγής. Για να μεταδοθούν τα δεδομένα σε αυτή την τεχνική κωδικοποιούνται σε σταθερού μήκους πακέτα(53 bytes) που ονομάζονται κυψέλες(cells).Όπως βλέπουμε και στην εικόνα τα πρώτα 5 bytes αποτελούν την ATM κεφαλίδα(header) και τα υπόλοιπα την πληροφορία του χρήστη(User Data).Επίσης το ότι οι κυψέλες που χρησιμοποιεί είναι σταθερού μεγέθους το κάνει πιο γρήγορο στις διαδικασίες μεταγωγής και δρομολόγησης σε κάθε κόμβο. Τέλος η τεχνική αυτή έχει το πλεονέκτημα να υποστηρίζει φωνή, βίντεο και δεδομένα.



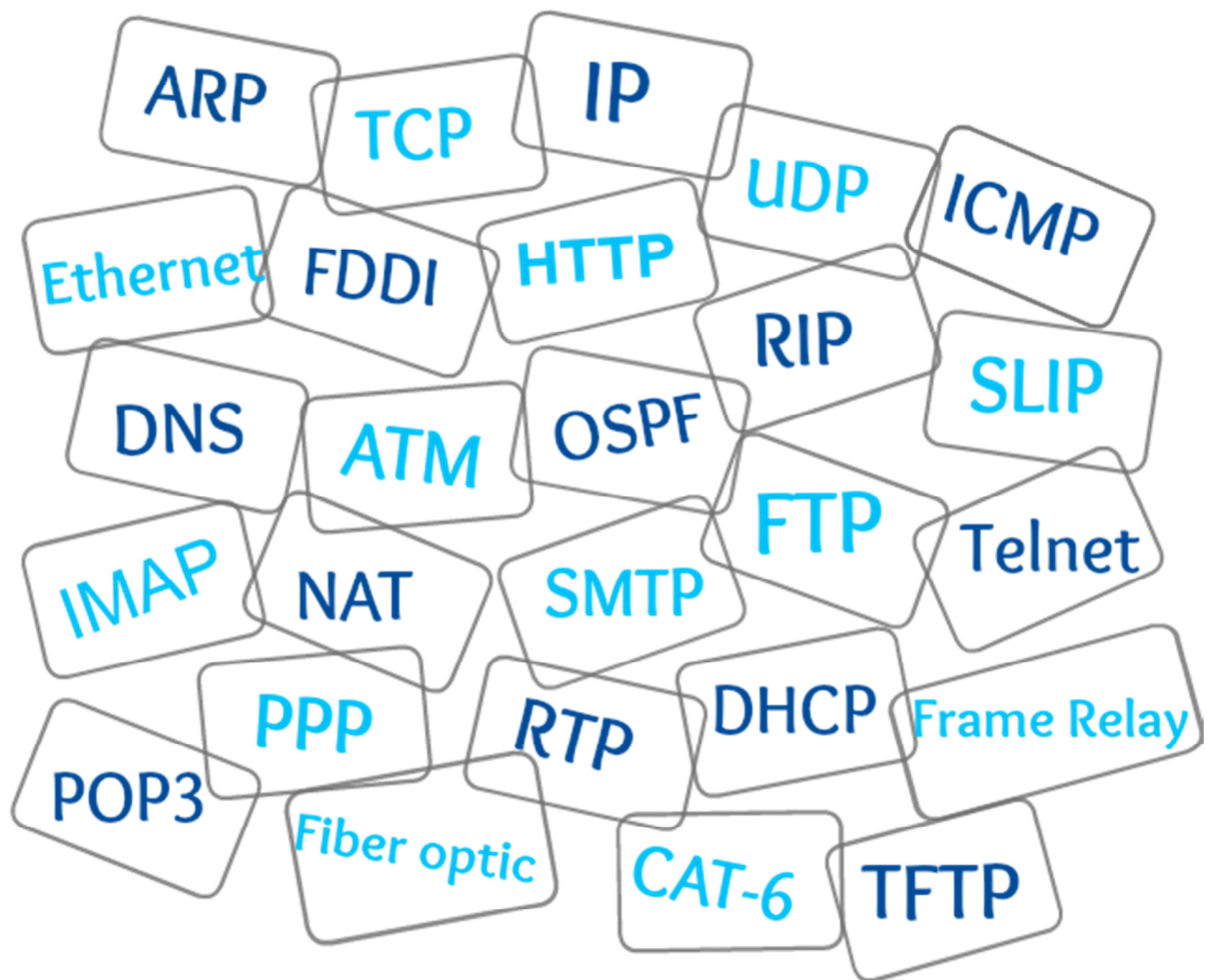
Εικόνα 3 Η ATM Header. Τα πρώτα πέντε είναι η header και τα υπόλοιπα 48 η πληροφορία του χρήστη.

1.4 Πρωτόκολλα

Όπως εμείς για να μιλήσουμε με έναν άλλο άνθρωπο χρησιμοποιούμε μια ερώτηση και περιμένουμε μια απάντηση έτσι λοιπόν συμβαίνει και στα δίκτυα. Τα πρωτόκολλα είναι οι κανόνες που επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ των κόμβων μέσα σε ένα δίκτυο. Με την μόνη προϋπόθεση ότι οι κόμβοι θα πρέπει να χρησιμοποιούν τα ίδια πρωτόκολλα για να επικοινωνήσουν. Άλλο ένα παράδειγμα είναι η τεχνική RTS/CTS όπως στην παρακάτω εικόνα.

Υπάρχουν πολλά πρωτόκολλα όπου το καθένα έχει την δική του λειτουργία και συνήθως λειτουργούν σε ομάδες(στοίβες πρωτοκόλλων) για την επίλυση ή την εξυπηρέτηση διάφορων προβλημάτων των δικτύων. Κάποια χρησιμοποιούνται για να εντοπίζουν και να επιλύουν διάφορες βλάβες, κάποια διαστρωματώνονται στα επίπεδα των μοντέλων αναφοράς για την καλύτερη μεταφορά ενός «αντικειμένου» από το ένα επίπεδο στο άλλο και κάποια χρησιμοποιούνται για διάφορες υπηρεσίες όπως το email κ.τ.λ.

Όπως βλέπουμε στην εικόνα με τα διάφορα πρωτόκολλα υπάρχουν και ονόματα που εμείς τα γνωρίζουμε και ως δίκτυα(π.χ. δίκτυα Ethernet) ή ως κάποια άλλη υπηρεσία αλλά είναι υπηρεσίες που απλά χρησιμοποιούν τα συγκεκριμένα πρωτόκολλα για την καλύτερη καθοδήγηση τους.



Εικόνα 4 Διάφορα παραδείγματα πρωτοκόλλων

1.5 Μοντέλα αναφοράς

Τα **μοντέλα αναφοράς (reference models)** δημιουργήθηκαν για να μας βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση των δικτύων. Μπορούμε να τα εξηγήσουμε και ως στοίβες πρωτοκόλλων. Εμείς θα ασχοληθούμε και θα αναλύσουμε το OSI και το TCP/IP (ή αλλιώς Διαδικτύου) για να μας βοηθήσουν να καταλάβουμε καλύτερα τα πρωτόκολλα και τα τοπικά δίκτυα παρακάτω.

Παρόλο που έχουν πολλά κοινά σημεία, οι διαφορές ανάμεσα σε αυτά τα δύο είναι ότι το OSI είναι πιο θεωρητικό επίσης κάποια θέματα δεν έχουν γίνει ευρέως αποδεκτά στην αγορά ενώ το TCP/IP είναι πιο έγκυρο. Το OSI έχει επτά επίπεδα ενώ το TCP/IP έχει πέντε επίπεδα. Ας τα αναλύσουμε καλύτερα όμως..

1.5.1 Μοντέλο Αναφοράς OSI

Το **Μοντέλο Αναφοράς της Διασύνδεσης Ανοικτών Συστημάτων (Open Systems Interconnection) OSI** δημιουργήθηκε από τον **Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization for Standardization , ISO)** μετά από πρόταση που είχαν κάνει για την αρχιτεκτονική του δικτύου γύρω στα τέλη της δεκαετίας του 1970. Αναθεωρήθηκε το 1995 αλλά δεν αποτελεί από μόνο του μια αρχιτεκτονική δικτύου επειδή δεν περιγράφει ακριβώς τις υπηρεσίες και τα πρωτόκολλα.

Για να δημιουργηθεί το OSI εφαρμόστηκαν οι εξής βασικές αρχές:

- Ένα επίπεδο πρέπει να δημιουργηθεί όπου χρειάζεται μία διαφορετική λογική αφαίρεση.
- Κάθε επίπεδο πρέπει να εκτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία.
- Η λειτουργία του κάθε επιπέδου πρέπει να επιλέγεται με στόχο τον προσδιορισμό των διεθνώς τυποποιημένων πρωτοκόλλων.
- Τα όρια των επιπέδων πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να μειωθεί η κίνηση των πληροφοριών μέσω της σύνδεσης των επιπέδων.
- Ο αριθμός των επιπέδων πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος ώστε να μην «στριμώχονται» διαφορετικές λειτουργίες στο ίδιο επίπεδο και αρκετά μικρός ώστε η αρχιτεκτονική να είναι εύχρηστη.



Εικόνα 5 Τα 7 πρώτα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI.

Το OSI έχει επτά επίπεδα και το καθένα από αυτά έχει την δική του λειτουργία έτσι ώστε να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ δύο κόμβων. Τα τρία χαμηλότερα επίπεδα ελέγχουν την μετάδοση των μηνυμάτων στο δίκτυο ενώ τα τέσσερα ανώτερα παρέχουν την αξιόπιστη μεταφορά των δεδομένων μεταξύ των χρηστών. Παρακάτω θα εξετάσουμε τα επίπεδα πιο αναλυτικά έτσι ώστε να μας βοηθήσει να καταλάβουμε την λειτουργία τους.

Φυσικό Επίπεδο (Physical layer)

Το **Φυσικό επίπεδο** είναι το πρώτο επίπεδο (μετράμε από κάτω προς τα πάνω) και είναι υπεύθυνο για την μετάδοση δυαδικών ψηφίων που δεν έχουν υποστεί καμία επεξεργασία μέσω της σύνδεσης του μέσου μετάδοσης. Καθορίζει όλες τις ηλεκτρικές, μηχανικές και λειτουργικές προδιαγραφές έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ότι έγινε η μετάδοση των ψηφίων σωστά.

Για παράδειγμα κάποια από τα τυπικά ερωτήματα που θα πρέπει να απαντηθούν στο φυσικό επίπεδο είναι τα εξής:

- Πόσα volt αντιστοιχούν στο κάθε bit(0 και 1)?
- Ποια είναι η διάρκεια ενός bit?
- Αν γίνεται ταυτόχρονη μετάδοση ή αν όχι και στις δύο κατευθύνσεις?
- Ποια είναι η διαδικασία για να εγκαθιδρυθεί η σύνδεση και ποια για να τερματιστεί?

- Σε τι σήμα αντιστοιχεί ο κάθε ακροδέκτης του μέσου στο δίκτυο?

Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων (Data Link Layer)

Η λειτουργία του Επιπέδου **Σύνδεσης Δεδομένων** είναι να μεταφέρει τα δυαδικά ψηφία που λαμβάνει από το Φυσικό Επίπεδο στο Επίπεδο Δικτύου. Πριν τα μεταφέρει τα χωρίζει σε πλαίσια (frames) και τα μεταδίδει με την σωστή σειρά. Επίσης στο επίπεδο αυτό γίνεται ανίχνευση και διόρθωση πιθανών σφαλμάτων μετάδοσης και ρυθμίζεται ο έλεγχος ροής των δεδομένων μεταξύ των δύο κόμβων έτσι ώστε να μεταδίδονται σωστά και αξιόπιστα τα πλαίσια. Όταν η λειτουργία του επιπέδου μεταφέρει όλα τα πλαίσια αξιόπιστα τότε ο αποστολέας(ο ένας κόμβος δηλαδή) θα λάβει ένα πλαίσιο που θα επιβεβαιώνει την λειτουργία (ackframe).

Επίπεδο Δικτύου(Network Layer)

Το **Επίπεδο Δικτύου** είναι υπεύθυνο για την δρομολόγηση των δεδομένων που θα λάβει από το προηγούμενο επίπεδο. Αρχικά μετατρέπει τα πλαίσια που λαμβάνει σε πακέτα και μετά προσθέτει την «πληροφορία» δρομολόγησης ώστε να το λάβει ο παραλήπτης. Η «πληροφορία» δρομολόγησης είναι οι IP διευθύνσεις του αποστολέα και του παραλήπτη. Και ύστερα το μεταφέρει στο επίπεδο 4 σε πακέτα όπως είπαμε.

Επίσης γίνεται και σε αυτό το επίπεδο έλεγχος και διόρθωση για τυχόν λάθη στα πακέτα. Τέλος παρέχεται και έλεγχος συμφόρησης έτσι ώστε όταν μεταφέρονται πακέτα ταυτόχρονα να μην εμποδίζουν το ένα το άλλο και να μεταφέρονται χωρίς κάποιο πρόβλημα.

Επίπεδο Μεταφοράς(Transport Layer)

Στο Επίπεδο **Μεταφοράς** τα δεδομένα μεταφέρονται επιτυχημένα από άκρη σε άκρη, χωρίς σφάλματα έτσι ώστε τα ανώτερα επίπεδα να μην χρειάζεται να προσφέρουν αξιόπιστη και οικονομική μεταφορά δεδομένων. Καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο επικοινωνούν μεταξύ τους δύο κόμβοι. Παρέχει επικοινωνία μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη χρησιμοποιώντας επικεφαλίδες και μηνύματα ελέγχου.

Σε αντίθεση με τα κατώτερα επίπεδα που ασχολούνται με την ρύθμιση συνομιλίας των διεργασιών σε γειτονικούς κόμβους το επίπεδο μεταφοράς είναι το πρώτο από τα ανώτερα επίπεδα που ασχολείται με τους πραγματικούς κόμβους αφετηρίας και προορισμού των δεδομένων. Τέλος κάποιες άλλες λειτουργίες που προσφέρει είναι ότι παρέχεται έλεγχος ροής αλλά διαφορετικός

από αυτόν στο επίπεδο 2 , επίσης πραγματοποιεί τμηματοποίηση (segmentation) των δεδομένων ή αποτμηματοποίηση (desegmentation) αν χρειάζεται , και έλεγχο σφαλμάτων.

Επίπεδο Συνόδου(Session Layer)

Το Επίπεδο **Συνόδου** ελέγχει τις συνόδους (διαλόγους) μεταξύ των δύο χρηστών. Μία Σύνοδος επιτρέπει την μεταφορά δεδομένων όπως το προηγούμενο επίπεδο αλλά έχει και κάποιες επιπλέον χρήσιμες λειτουργίες όπως το ποιος έχει σειρά μετάδοσης, αποτρέπει να εκτελεστούν ταυτόχρονα ίδιες λειτουργίες από τους δύο χρήστες και σε περίπτωση που κάποια μετάδοση δεδομένων σταματήσει για κάποιο λόγο (π.χ. την κατάρρευση συστήματος) το επίπεδο αυτό παρέχει συγχρονισμό έτσι ώστε να συνεχίσει να μεταδίδεται από εκεί που σταμάτησε.

Επίπεδο Παρουσίασης(Presentation Layer)

Το Επίπεδο **Παρουσίασης** συντάσσει τα δεδομένα που μεταφέρονται σε μια τυπική μορφή και την στέλνει στο Επίπεδο Εφαρμογών. Επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών που χρησιμοποιούν διαφορετικές μορφές δεδομένων. Κάποια παραδείγματα μορφών είναι ο κώδικας ASCII , η XML (eXtensible Mark-up Language) κ.τ.λ.

Επίπεδο Εφαρμογών(Application Layer)

Το Επίπεδο **Εφαρμογών** χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του προηγούμενου επιπέδου για να μπορέσει να εκτελέσει τις εφαρμογές που θέλουν οι χρήστες. Κάποιες από τις λειτουργίες αυτού του επιπέδου είναι η μεταφορά αρχείων, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (email), η εισαγωγή εργασιών από απόσταση, η εμφάνιση καταλόγων (directory) αρχείων κ.τ.λ.

1.5.2 Μοντέλο Αναφοράς TCP/IP

Το **TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)** αν και πιο παλιό από το OSI είναι το μοντέλο αναφοράς που είναι πιο έγκυρο και έχει επικρατήσει σήμερα. Δημιουργήθηκε από το DoD (Department of Defense) των Η.Π.Α για να χρησιμοποιηθεί στο ARPANET αλλά επειδή η τεχνολογία εξελίσσεται πλέον χρησιμοποιείται στο Διαδίκτυο (Internet) .Το όνομα του το πήρε από τα δύο κύρια πρωτόκολλα που χρησιμοποιεί ως αρχιτεκτονική και αποτελείται από 4 επίπεδα.



Εικόνα 6 Πως αντιστοιχίζονται τα επίπεδα του OSI με τα επίπεδα του TCP/IP

Όταν αναπτυσσόταν το OSI, οι σχεδιαστές του προσπάθησαν να εξασφαλίσουν πως η στοίβα πρωτοκόλλων του TCP/IP θα μπορούσε να συμπεριληφθεί στο μοντέλο αναφοράς OSI και αυτό για τις συσκευές που μέχρι τότε λειτουργούσαν με το TCP/IP. Έτσι στην συνέχεια που θα περιγράψουμε τα επίπεδα και στην επόμενη ενότητα τα πρωτόκολλα θα παρατηρήσουμε ότι υπάρχει αντιστοίχιση ανάμεσα σε αυτά τα δύο μοντέλα αναφοράς.

Επίπεδο Διασύνδεσης Δικτύου(Network Interface Layer)

Το Επίπεδο **Διασύνδεσης Δικτύου** είναι το χαμηλότερο επίπεδο και αντιστοιχίζεται στο φυσικό επίπεδο και στο επίπεδο συνδέσμου μεταφοράς του μοντέλου OSI. Είναι υπεύθυνο για το βασικό υλικό του δικτύου , συνδέει το δίκτυο με το επίπεδο διαδικτύου, οργανώνει τα δεδομένα που λαμβάνει σε πλαίσια κ.τ.λ. Βέβαια πολλοί το φυσικό επίπεδο μπορούν να το βάλουν σε ξεχωριστό επίπεδο επειδή ασχολείται με το υλικό αλλά επειδή είναι προαιρετικό εμείς δεν θα το χωρίσουμε.

Επίπεδο Διαδικτύου(Internet Layer)

Το επίπεδο **Διαδικτύου** αντιστοιχίζεται με το επίπεδο Δικτύου του μοντέλου OSI. Ασχολείται με την δρομολόγηση και την δημιουργία πακέτων και βασικός στόχος του είναι να μεταδίδει τα πακέτα από την πιο βέλτιστη «διαδρομή» και αποφεύγοντας τις συμφορήσεις του δικτύου.

Επίπεδο Μεταφοράς(Transport Layer)

Το επίπεδο **Μεταφοράς** είναι υπεύθυνο για την εγκατάσταση και την διατήρηση της επικοινωνίας μεταξύ των δύο υπολογιστών. Δηλαδή αντιστοιχίζεται με το επίπεδο Μεταφοράς του μοντέλου OSI και αντίστοιχα έχει τις ίδιες λειτουργίες.

Επίπεδο εφαρμογής(Application Layer)

Το επίπεδο **Εφαρμογής** αντιστοιχίζεται στα επίπεδα Συνόδου, Παρουσίασης και Εφαρμογών και στις λειτουργίες τους από το μοντέλο OSI. Στην επόμενη ενότητα θα δούμε τα πρωτόκολλα που υποστηρίζει το κάθε επίπεδο.

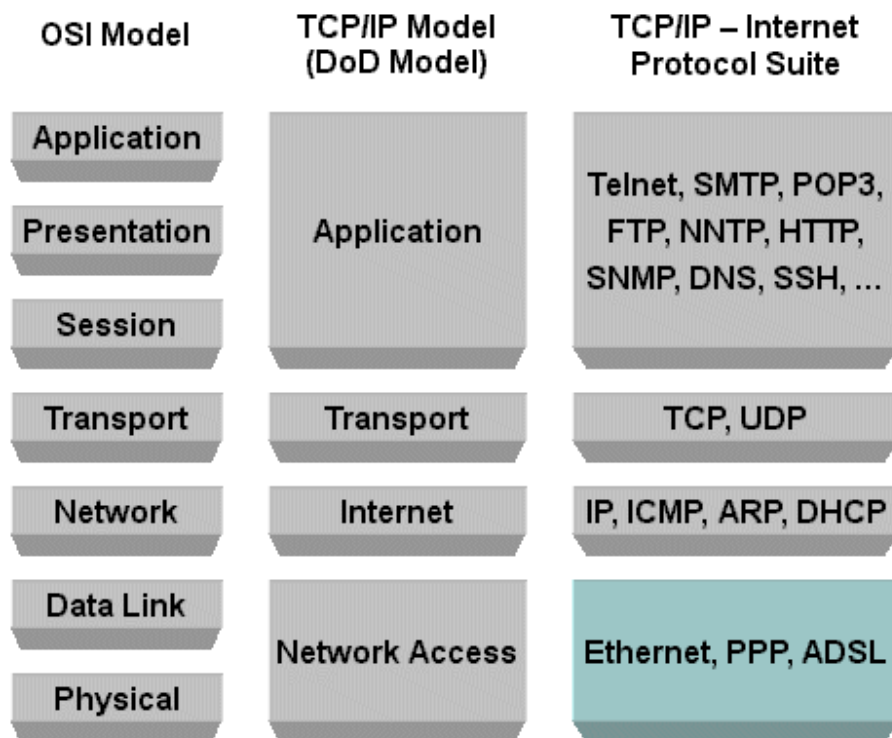
1.6 Διαστρωμάτωση πρωτοκόλλων

Η **διαστρωμάτωση πρωτοκόλλων** είναι η «ενσωμάτωση» ενός συνόλου πρωτοκόλλων στα μοντέλα αναφοράς, που την ξέρουμε και ως οικογένεια πρωτοκόλλου. Μας βοηθάει να μην υπάρχουν σφάλματα κατά την μεταφορά, να μην δημιουργείται συμφόρηση στο δίκτυο, απώλεια πακέτων, αλλοίωση δεδομένων και πολλά άλλα. Ας δούμε και τον βασικό ορισμό όμως..

Αρχή της διαστρωμάτωσης

«Τα πολυεπίπεδα πρωτόκολλα είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε το επίπεδο n του προορισμού να λαμβάνει το ίδιο ακριβώς αντικείμενο που στέλνει το επίπεδο n της προέλευσης»¹

¹ Comer, D. E. (2001). *Διαδίκτυα με TCP/IP*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.



Εικόνα 7 Η διαστρωμάτωση των πρωτοκόλλων στο κάθε επίπεδο.

Πηγή εικόνας : TCP/IP - Internet Protocol Suite and Ethernet by Chin-Shiuh Shieh-
<http://bit.kuas.edu.tw/~csshie/teach/np/tcpip/>

Στην προηγούμενη ενότητα είπαμε ότι το TCP/IP αντιστοιχίζεται πλήρως με το OSI αλλά το πρώτο έχει γίνει πιο ευρέως αποδεκτό από το δεύτερο που αναπτύχθηκε πιο μετά. Εμείς θα αναλύσουμε την διαστρωμάτωση πρωτοκόλλων στο TCP/IP για να μην μακρηγορούμε και όπως βλέπουμε και στην εικόνα είναι τα ίδια απλά χωρισμένα σε πιο πολλά επίπεδα.

Στο επίπεδο **Διασύνδεσης δικτύου** δεν υπάρχει κάποιο καθορισμένο πρωτόκολλο και τα πρωτόκολλα διαφέρουν από κόμβο σε κόμβο. Όμως στα αντίστοιχα επίπεδα του OSI λειτουργούν κάποια πρωτόκολλα τα οποία εμείς γνωρίζουμε ως τοπικά δίκτυα(π.χ. Ethernet).

Στο Επίπεδο **Διαδικτύου** έχουμε το κύριο πρωτόκολλο **IP** που είναι το πρωτόκολλο που είναι υπεύθυνο για την διευθυνσιοδότηση και προώθηση του πακέτου στο διαδίκτυο. Το **ICMP** που το χρησιμοποιεί το IP ως μήνυμα σφάλματος. Το **ARP** που αντιστοιχεί την IP διεύθυνση με την φυσική διεύθυνση (διεύθυνση MAC). Επίσης υπάρχουν και διάφορα πρωτόκολλα δρομολόγησης όπως το **RIP**(Routing Information Protocol) , το **OSPF**(Open Shortest Path First) κ.τ.λ.

Στο Επίπεδο **Μεταφοράς** έχουμε τα δύο κύρια πρωτόκολλα για την μεταφορά δεδομένων το **TCP** και το **UDP**. Το **TCP**(Transmission Control Protocol-Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης) είναι ένα αξιόπιστο συνδεσμολογικό (δηλαδή έχει ως μοντέλο το τηλεφωνικό σύστημα άρα πριν την μετάδοση θα πρέπει να υπάρχει σύνδεση μεταξύ τους) πρωτόκολλο και είναι υπεύθυνο για την αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων μεταξύ δύο κόμβων. Επίσης επειδή στο συγκεκριμένο βασίζονται πολλά πρωτόκολλα θεωρείται από τα κύρια μαζί με το **IP**. Αντίθετα το **UDP**(User Datagram Protocol-Πρωτόκολλο Αυτοδύναμων Πακέτων Χρήστη) είναι ένα αναξιόπιστο ασυνδεσμικό (δηλαδή έχει ως μοντέλο το ταχυδρομικό σύστημα) πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που δεν χρειάζεται παράδοση πακέτων στην σωστή σειρά ή κάποια επιβεβαίωση ότι τα πακέτα παραδόθηκαν. Μερικές περιπτώσεις που το χρησιμοποιούμε είναι η μετάδοση βίντεο και ήχου.

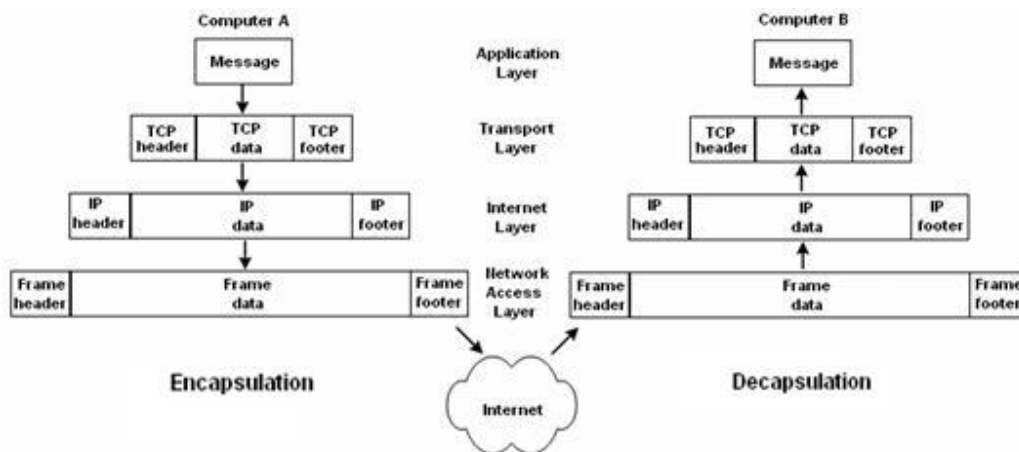
Τέλος στο Επίπεδο Εφαρμογών έχουμε πρωτόκολλα που σχετίζονται με εφαρμογές όπως το **FTP**(File Transfer Protocol), **TELNET**, **DNS (Domain Name System)** , **HTTP (HyperText Transfer Protocol)**, **SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)**, **POP3 (Post Office Protocol version 3)** που χρησιμοποιούνται είτε για μεταφορά δεδομένων, είτε για διάφορες υπηρεσίες.

1.7 Ενθυλάκωση

«**Ενθυλάκωση**(encapsulation) ονομάζεται η διαδικασία με την οποία προστίθεται στα δεδομένα μια «Επικεφαλίδα» (π.χ. AH- Application Header) η οποία περιέχει την απαιτούμενη πληροφορία για το αντίστοιχο πρωτόκολλο του (N)- επιπέδου του δεύτερου ανοιχτού συστήματος.»²

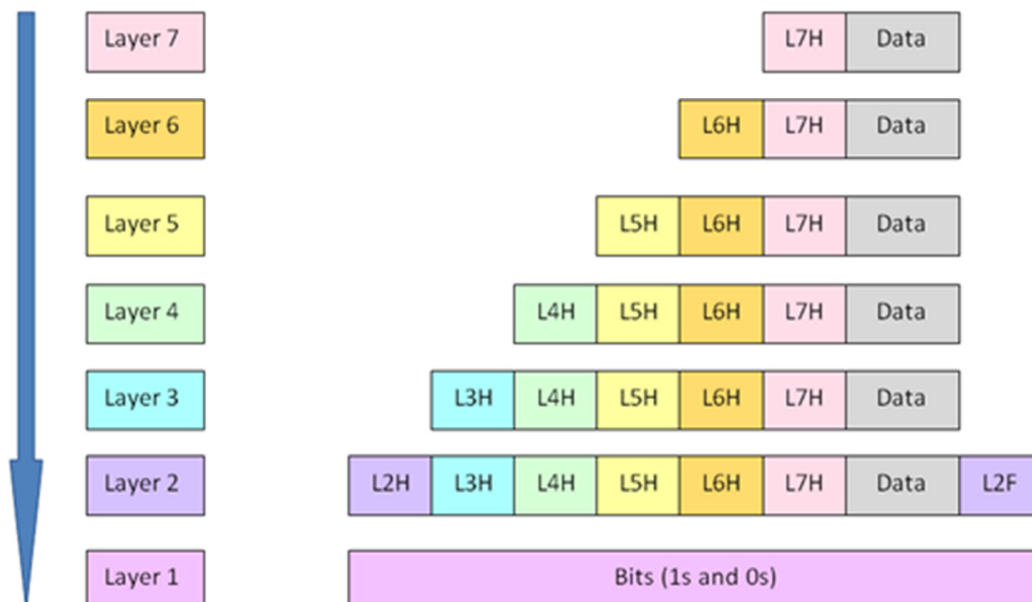
Όπως βλέπουμε και στις εικόνες τα δεδομένα από το πάνω επίπεδο και στα δύο μοντέλα αναφοράς αποκτούν επικεφαλίδες για την καλύτερη «προστασία» στην μεταφορά τους και όταν φτάσουν στο φυσικό επίπεδο αποστέλλονται μέσω των μέσων μετάδοσης και μετά γίνεται το αντίστροφο, τους αφαιρούνται οι ετικέτες δηλαδή (decapsulation).

² Μαρκασιώτης, Ι. (2005). Δίκτυα Υπολογιστών. Αθήνα: Β. Γκιούρδας.



Εικόνα 8 Η ενθυλάκωση και το πως μεταφέρεται το μήνυμα από κόμβο σε κόμβο χωρίς να επηρεαστεί.

Παράδειγμα: Φανταστείτε ότι έχουμε ένα μεγάλο κουτί γεμάτο άλλα κουτιά σε διάφορα μεγέθη μικρότερα από το μεγάλο το ένα μέσα στο άλλο. Όταν τα τοποθετούμε με την σειρά το ένα μέσα στο άλλο είναι η ενθυλάκωση και όταν τα αφαιρούμε σταδιακά από το μεγάλο κουτί είναι το αντίστροφο.



Εικόνα 9 Η ενθυλάκωση αρχίζει από το επίπεδο εφαρμογής προς τα χαμηλότερα επίπεδα.

Πηγή εικόνας : The Data Encapsulation Process-
<http://strata.cclearning.com/Lesson3NetworkingandInternetworking/TheDataEncapsulationProcess/tabid/733/language/en-CA/Default.aspx>

1.8 Μέσα μετάδοσης

Όπως είπαμε και σε προηγούμενη ενότητα το μέσο μετάδοσης είναι ο «δρόμος» που ακολουθούν τα σήματα για να μεταδοθούν ανάμεσα σε δύο κόμβους. Δηλαδή τα μέσα μετάδοσης επιτρέπουν την μετάδοση σημάτων με συχνότητες που ορίζονται από τα χαρακτηριστικά του κάθε μέσου. Δύο βασικά είναι τα παρακάτω:

- **Εύρος Ζώνης (bandwidth):** Η οποία είναι η διαφορά μέγιστης και ελάχιστης τιμής της συχνότητας στο μέσο.
- **Χωρητικότητα (Capacity):** Είναι ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων (αποστολής ή λήψης) , χωρίς να προκύψουν σφάλματα ενώ γίνεται η μετάδοση.

Τα μέσα μετάδοσης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες .Στα ενσύρματα που χρειάζονται καλωδιακή σύνδεση και τα ασύρματα που δημιουργούνται συνήθως με κάποια ζεύξη.

1.8.1 Ενσύρματα

Όπως είπαμε τα ενσύρματα χρειάζονται κάποια καλωδιακή σύνδεση όπως ομοαξονικά καλώδια, οπτικές ίνες κ.τ.λ. Αν και είναι ο πιο κοινός τρόπος σύνδεσης στα δίκτυα έχει κάποια μειονεκτήματα όπως το ότι είναι ευαίσθητα σε παρεμβολές, τα σήματα τους είναι σε αναλογική μορφή και τέλος δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τόπους που παρουσιάζουν διάφορες δυσκολίες.

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται στην ενσύρματη σύνδεση των δικτύων περιέχουν γραμμές που είναι κατάλληλα πλεγμένες μεταξύ τους έτσι ώστε να αποφεύγονται οι παρεμβολές και προ-

στατεύονται από εξωτερικές βλάβες από έναν μανδύα που είναι συνήθως πλαστικός. Παρακάτω θα δούμε τα είδη πιο αναλυτικά.

Καλώδιο Συνεστραμμένου Ζεύγους (Twisted pair)

Είναι το παλαιότερο μέσο μετάδοσης και αποτελείται από σύρματα με πυρήνα χαλκού τα οποία συστρέφονται και δημιουργούν ένα κύκλωμα που μεταφέρει τα δεδομένα. Ένα τέτοιο καλώδιο μπορεί να περιέχει ένα ή περισσότερα τέτοια ζεύγη τα οποία όπως είπαμε περιέχουν έναν μανδύα που στο συγκεκριμένο το ονομάζουμε μονωτικό υλικό και μπορούμε να το βρούμε σε δύο μορφές: στο αθωράκιστο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους (UTP-Unshielded Twisted Pair) που χρησιμοποιείται συνήθως στα τηλεφωνικά δίκτυα και το θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους (STP-Shielded Twisted Pair) που παρέχει περισσότερη προστασία από παρεμβολές. Τα αθωράκιστα καλώδια συνεστραμμένου ζεύγους έχουν πιο μικρό κόστος και επίσης χωρίζονται σε 5 κατηγορίες ανάλογα με την ταχύτητα μετάδοσης και το εύρος ζώνης τους.

1^η κατηγορία (CAT-1): Αυτή η κατηγορία καλωδίων υποστηρίζει συχνότητες που είναι μικρότερες των 100 KHz και χρησιμοποιείται για μετάδοση φωνής σε συστήματα συναγερμού.

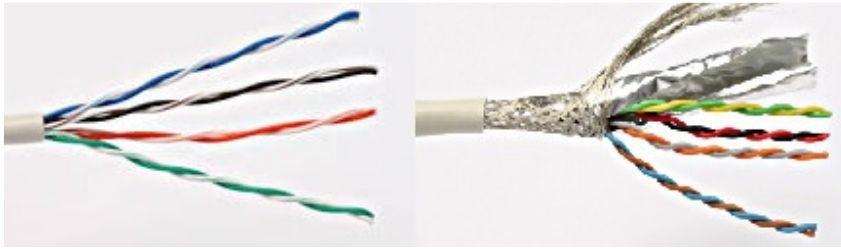
2^η κατηγορία (CAT-2): Υποστηρίζει συχνότητες χαμηλότερες των 4 MHz.

3^η κατηγορία (CAT-3): Υποστηρίζει συχνότητες μέχρι 10 MHz και παλιά ήταν η βασικότερη στα δίκτυα.

4^η κατηγορία (CAT-4): Υποστηρίζει συχνότητες μέχρι 16 MHz και είναι μια καλή κατηγορία γιατί παρέχει υψηλές ταχύτητες.

5^η κατηγορία (CAT-5): Η πιο δημοφιλής κατηγορία γιατί αποτελείται από τέσσερα ζεύγη συνεστραμμένα μεταξύ τους και υποστηρίζει φωνή και δεδομένα.

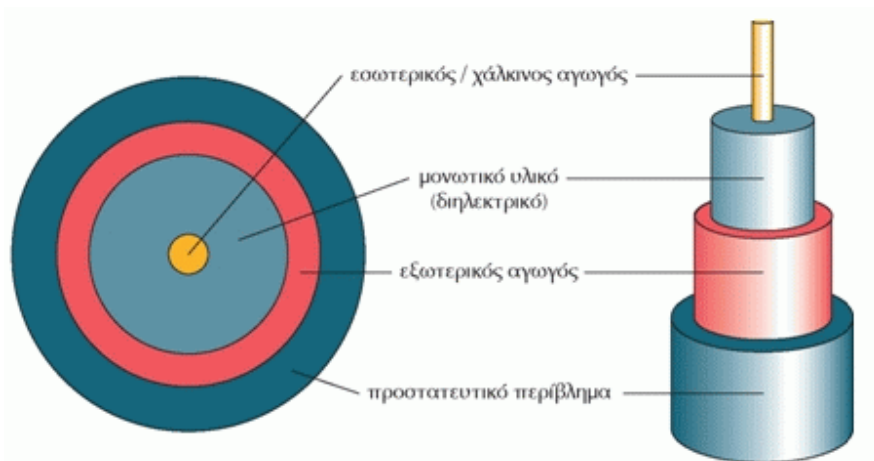
Τα θωρακισμένα συνεστραμμένα καλώδια επειδή παρέχουν πιο πολύ προστασία λόγω της δομής τους τα χρησιμοποιούμε σε σημεία που έχουν πολλές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές όπως στα αεροδρόμια.



Εικόνα 10 Παράδειγμα καλωδίου συνεστραμμένου ζεύγους με ή χωρίς θωράκιση.

Ομοαξονικό καλώδιο (Coaxial Cable)

Το **ομοαξονικό καλώδιο** αποτελείται από δύο αγωγούς όπως φαίνεται και στην εικόνα και ο κεντρικός αγωγός περιβάλλεται από τον εξωτερικό. Ονομάστηκε έτσι γιατί και οι δύο αγωγοί έχουν τον ίδιο άξονα. Γύρω από τον εξωτερικό αγωγό υπάρχει μανδύας ως μονωτικό υλικό ενώ ανάμεσα στους δύο αγωγούς διηλεκτρικό υλικό για την απομόνωση τους. Προσφέρει υψηλό εύρος ζώνης και έχει μεγαλύτερη ταχύτητα από το καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους .

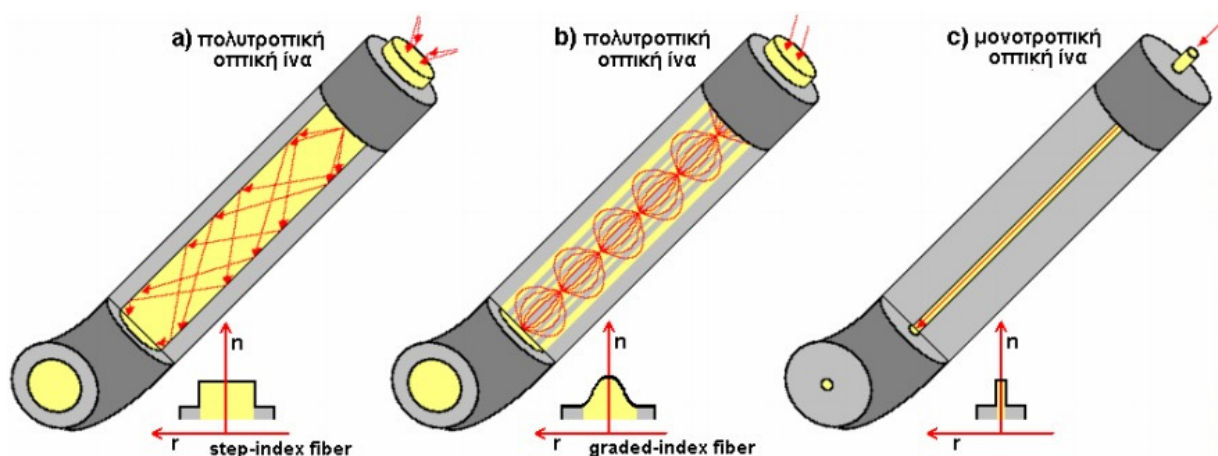


Εικόνα 11 Η δομή του ομοαξονικού καλωδίου

Πηγή εικόνας: Ενσύρματα Μέσα Μετάδοσης by Πεπούδη Α.-
<http://users.sch.gr/pepoudi/site/pages/page29.html>

Οπτική Ίνα (Optical Fiber)

Η **Οπτική Ίνα** προσφέρει ακόμα μεγαλύτερες ταχύτητες από τα δύο προηγούμενα επειδή είναι νεότερη μορφή καλωδίου. Αποτελείται από έναν **πυρήνα**, μία **επίστρωση** και ένα **κάλυμμα** για την καλύτερη μόνωση του και μεταφέρουν φως αντί για ενέργεια. Χωρίζονται σε **μονότροπες** (single mode) όπου μόνο μια ακτίνα μεταδίδεται μέσα στην οπτική ίνα και σε **πολύτροπες** (Multi-mode) που μεταδίδονται πολλές ακτίνες ταυτόχρονα. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε τοπικούς βρόγχους, τοπικά δίκτυα κ.τ.λ.



Εικόνα 12 Παραδείγματα ειδών οπτικών ειδών.

Πηγή εικόνας : Οπτικές Ίνες- http://www.hep.upatras.gr/class/download/met_pli/optikes_ines.pdf

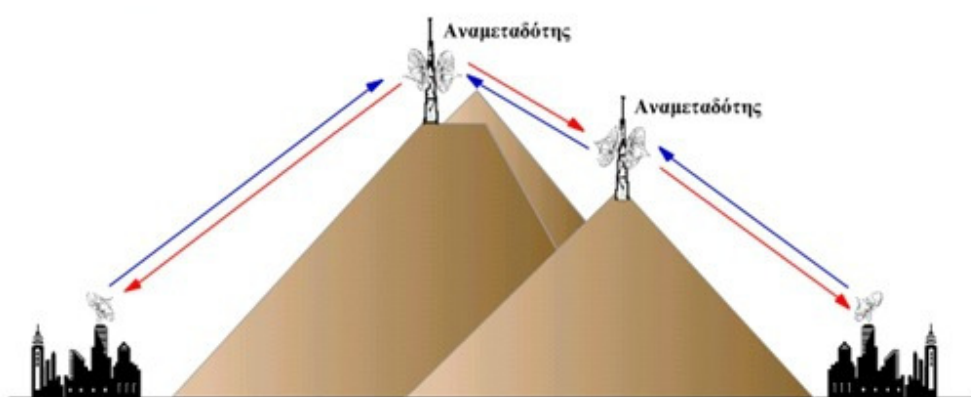
1.8.2 Ασύρματα μέσα μετάδοσης

Τα **ασύρματα μέσα μετάδοσης** έχουν το πλεονέκτημα να είναι ανεξάρτητα από το υλικό(π.χ. τα καλώδια που αναφέραμε στα ενσύρματα). Χρησιμοποιούν σήματα(μικροκυματικά, δορυφορικά κ.τ.λ.) για την μετάδοση δεδομένων που δεν είναι ορατά και τα ονομάζουμε ζεύξεις γιατί ουσιαστικά ενώνει για να μεταδώσει δεδομένα.

Βέβαια δεν θα μπορούσαν να μην έχουν μειονεκτήματα όπως ότι έχουν ευαισθησία στις παρεμβολές και επίσης έχουν χαμηλό βαθμό ασφάλειας γιατί λόγω του ασύρματου σήματος μπορεί ο καθένας να λάβει τα σήματα με μόνο μια κεραία και έναν δέκτη.

Μικροκυματικές ζεύξεις

Οι **μικροκυματικές ζεύξεις** χρησιμοποιούν μετάδοση μικροκυμάτων τα οποία είναι σε συχνότητες 2 μέχρι 40 GHz, αν και τα συστήματα που συναντάμε συνήθως λειτουργούν έως 18 GHz. Για να γίνει η μεταφορά δεδομένων στις μικροκυματικές ζεύξεις πρέπει να υπάρχει οπτική επαφή μεταξύ πομπού και δέκτη και γι' αυτό απαιτούνται σταθμοί αναμετάδοσης ανά 40 με 50 χιλιόμετρα. Χρησιμοποιούνται συνήθως για μετάδοση τηλεοπτικού σήματος και φωνής για μικρές συνδέσεις και γι αυτό το χρησιμοποιούμε για ιδιωτικά ή τοπικά δίκτυα.

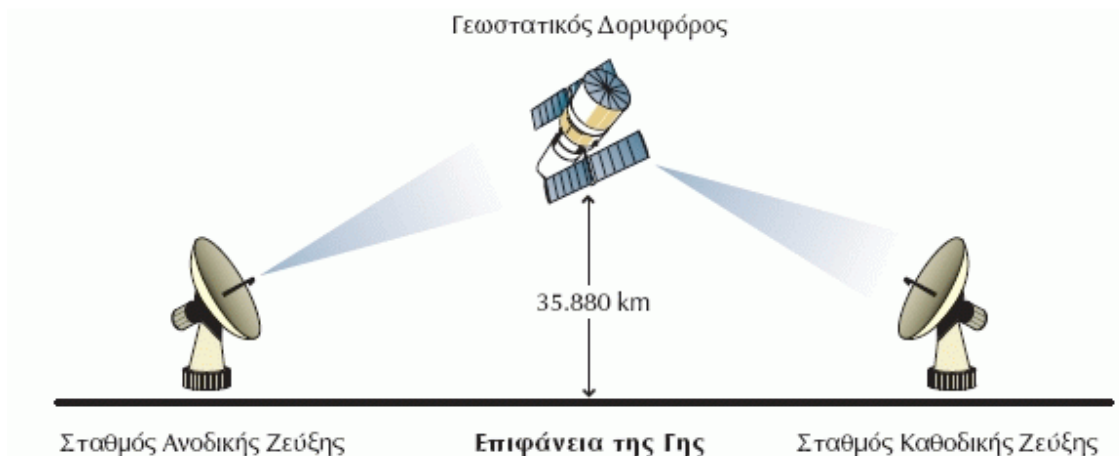


Εικόνα 13 Μικροκυματική ζεύξη μεταξύ δύο σταθμών με αναμεταδότες μεταξύ τους

Πηγή εικόνας : Τύποι Ραδιοζεύξεων : <http://users.sch.gr/kgiannaras/mathimata/ilektronikes-epikoionies/typoi-radiozeykseon.html>

Δορυφορικές Ζεύξεις

Οι **δορυφορικές ζεύξεις** χρησιμοποιούν διαστημικούς σταθμούς αναμετάδοσης (δηλαδή δορυφόρους) οι οποίοι μπορούν και αναμεταδίδουν σήμα σε μεγάλες αποστάσεις. Χωρίζονται σε ανοδικές (uplink) που χρησιμοποιείται για την αποστολή των σημάτων στους δορυφόρους ή καθοδικές (downlink) ζεύξεις για την αναμετάδοση σημάτων των δορυφόρων προς τον δέκτη. Οι καθοδικές χρησιμοποιούνται κυρίως για υπηρεσίες εκπομπής (broadcast services)



Εικόνα 14 Μετάδοση μέσω δορυφορικών ζεύξεων. Βλέπουμε και τους σταθμούς ανοδικής και καθοδικής ζεύξης

Πηγή εικόνας : Τύποι Ραδιοζεύξεων : <http://users.sch.gr/kgiannaras/mathimata/ilektronikes-epikoionies/typoi-radiozeykseon.html>

1.9 Δρομολόγηση

Δρομολόγηση είναι η διαδικασία της επιλογής των καλύτερων διαδρομών που πρέπει να ακολουθήσουν τα πακέτα πληροφορίας σε ένα δίκτυο για φτάσουν στον προορισμό τους. Η διαδικασία αυτή γίνεται από το δίκτυο με βάση των πληροφοριών που είναι αποθηκευμένες στους κόμβους.

Τα κριτήρια που βοηθούν τους αλγόριθμους δρομολόγησης να αποφασίσουν την καλύτερη διαδρομή για τα πακέτα είναι **η συντομότερη διαδρομή στο δίκτυο, ο αριθμός των πακέτων που πρέπει να μεταφερθεί, και το κόστος της κάθε γραμμής ανάλογα με κάποιους παράγοντες**, δηλαδή τον ρυθμό μετάδοσης που επιτυγχάνεται και τον χρόνο που χρειάζεται για να δρομολογηθούν, και το εύρος ζώνης.

Για να γίνεται πιο εύκολη η εύρεση της καλύτερης διαδρομής χρησιμοποιούμε τους πίνακες δρομολόγησης που περιέχουν πληροφορίες για όλες τις πιθανές διαδρομές. Το είδος της πληροφορίας που καταχωρείτε στον πίνακα εξαρτάται από τον αλγόριθμο δρομολόγησης και από την μορφή της δρομολόγησης στο δίκτυο. Υπάρχουν δύο περιπτώσεις: **Η άμεση δρομολόγηση και η έμμεση.**

Στην **άμεση δρομολόγηση** τα πακέτα ανήκουν στο ίδιο δίκτυο και στέλνονται από την πηγή στον προορισμό απευθείας. Στην έμμεση δρομολόγηση ανήκουν σε διαφορετικά δίκτυα άρα για να μεταφερθούν περνάνε από τους κατάλληλους δρομολογητές(δηλαδή από την καλύτερη διαδρομή) ώστε να φτάσουν στον προορισμό τους.

Όταν έχουμε άμεση δρομολόγηση τότε δημιουργείται κανονικά ένας πίνακας δρομολόγησης με τις πιθανές διαδρομές και περιέχει το πρωτόκολλο δικτύου, την διεύθυνση προορισμού και την θύρα εξόδου όπως τον παρακάτω πίνακα

Πρωτόκολλο Δικτύου	Δίκτυο Προορισμού	Θύρα Εξόδου
Συνδεδεμένο	10.120.2.0	E0
Προστέθηκε	172.16.0.0	S0

Στην **έμμεση δρομολόγηση** για να δημιουργηθεί ένας πίνακας δρομολόγησης χρησιμοποιούμε δύο τρόποι. Ο στατικός στον οποίο ο πίνακας δημιουργείται από τον διαχειριστή του δικτύου και ο δυναμικός που ο πίνακας δημιουργείται με χρήση πρωτοκόλλων τα οποία τα θέτει ο διαχειριστής.

1.9.1 Αλγόριθμοι δρομολόγησης

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης ανήκουν στο επίπεδο δικτύου και ο ρόλος τους είναι να δρομολογήσουν το κάθε πακέτο από την πηγή στον προορισμό του. Οι ιδιότητες των αλγόριθμων είναι οι εξής:

- **Απλότητα:** Ο αλγόριθμος θα πρέπει να περιέχει σαφείς και κατανοητούς κανόνες που θα ελέγχουν την σωστή λειτουργία του. Δηλαδή θα πρέπει να έχει σχεδιαστεί όσο πιο απλός γίνεται.
- **Ορθότητα:** Δηλαδή θα πρέπει να λειτουργεί σωστά και σε περιπτώσεις προβλημάτων και να μπορούν να τα επιλύουν.

- **Ανθεκτικότητα:** Θα πρέπει να είναι σε θέση να επιλύσει τις όποιες αλλαγές εμφανιστούν στο δίκτυο π.χ. αν σταματήσει να λειτουργεί κάποιος κόμβος και πρέπει να αλλάξει διαδρομή.
- **Δικαιοσύνη:** Τα πακέτα που προέρχονται από διαφορετική σύνδεση θα πρέπει να αντιμετωπίζονται δίκαια. Π.χ. να μην υπάρχει διαφορά στην ταχύτητα μετάδοσης τους.
- **Βελτιστοποίηση:** Δηλαδή να έχει την ικανότητα ο αλγόριθμος δρομολόγησης να βρει την «βέλτιστη» διαδρομή λαμβάνοντας υπόψη τις διάφορες μετρικές του δικτύου όπως την καθυστέρηση και την σημασία που δίνει σε καθεμία από αυτές το κάθε δίκτυο.

Οι βασικές λειτουργίες ενός αλγόριθμου δρομολόγησης είναι πρώτον η επιλογή της διαδρομής για την μεταφορά των δεδομένων και η ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης και δεύτερον η παράδοση των πακέτων στον προορισμό τους με χρήση των πινάκων δρομολόγησης αφού έχει αποφασιστεί η διαδρομή τους.

Βέβαια η επιλογή της διαδρομής και η ενημέρωση επηρεάζει κάποιους παράγοντες επίδοσης που επιδρούν στην απόδοση του δικτύου. Τον ρυθμό μετάδοσης που επιτυγχάνεται και τον χρόνο που χρειάζεται για να δρομολογηθούν τα πακέτα στον προορισμό τους.

1.9.2 Κατηγορίες αλγόριθμων δρομολόγησης

Μερικές από τις κατηγορίες που χωρίζονται οι αλγόριθμοι δρομολόγησης είναι οι παρακάτω:

- **Συγκεντρωτικοί αλγόριθμοι:** Οι αποφάσεις δρομολόγησης λαμβάνονται σε έναν κεντρικό κόμβο ο οποίος γνωρίζει την κατάσταση του δικτύου και έχει την δυνατότητα αποθήκευσης και ισχυρό επεξεργαστή για να κάνει αναζήτηση στους μεγάλους πίνακες δρομολόγησης που διαθέτει. Οι συγκεντρωτικοί αλγόριθμοι όμως δεν είναι τόσο αξιόπιστοι γιατί αν πάθει κάποια βλάβη ο κεντρικός κόμβος τότε θα σταματήσει να λειτουργεί
- **Κατανεμημένοι αλγόριθμοι:** Οι αποφάσεις δρομολόγησης λαμβάνονται μεταξύ των δύο κόμβων που επικοινωνούν και ανταλλάσσουν πληροφορίες για το δίκτυο ώστε να λάβουν τα κατάλληλη απόφαση για την διαδρομή. Οι συγκεκριμένοι αλγόριθμοι αν και είναι αξιόπιστοι έχουν το μειονέκτημα ότι αργούν να φτάσουν σε σταθερή κατάσταση όταν γίνει σύνδεση ή αν υπάρχει κάποια βλάβη.

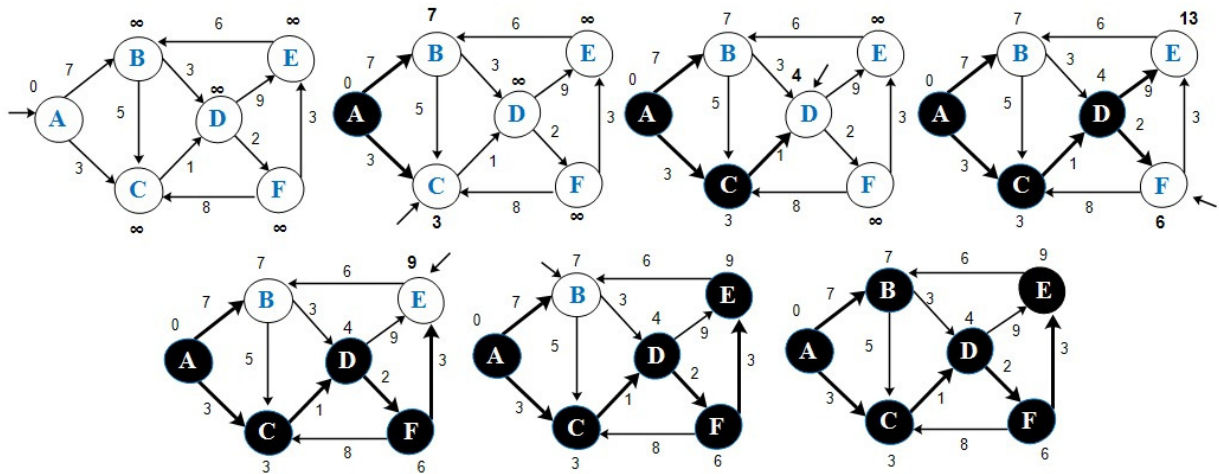
- **Αλγόριθμοι ενός/πολλαπλών μονοπατιού/ών:** Οι αλγόριθμοι ενός μονοπατιού χρησιμοποιούν σταθερά μονοπάτια για την μεταφορά των δεδομένων που είναι ανεξάρτητα από την κίνηση του δικτύου και θα υπάρξει αλλαγή μόνο αν σταματήσει η λειτουργία κάποιου κόμβου ή κάποιας σύνδεσης ενώ οι αλγόριθμοι πολλαπλών μονοπατιών χρησιμοποιούν πολλαπλά μονοπάτια προς τον ίδιο προορισμό και έτσι είναι πιο αξιόπιστος από τον αλγόριθμο του ενός μονοπατιού και έχει και σίγουρα καλύτερη απόδοση.
- **Αλγόριθμοι προσαρμοσμένης δρομολόγησης:** Οι συγκεκριμένοι αλγόριθμοι αλλάζουν τις διαδρομές ανάλογα με το πόσο φορτωμένη είναι η κάθε γραμμή. Δηλαδή λαμβάνουν υπόψη τους την κίνηση του δικτύου.

1.9.3 Παραδείγματα Αλγορίθμων Δρομολόγησης

Παρακάτω θα δούμε κάποια παραδείγματα αλγορίθμων δρομολόγησης ώστε να καταλάβουμε και την πρακτική τους πλευρά.

Αλγόριθμος Dijkstra

Ο αλγόριθμος **Dijkstra** είναι ένας αλγόριθμος κατάστασης ζεύξης (link-state broadcast), ο οποίος πήρε το όνομα του από τον άνθρωπο που τον εφηύρε. Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος αποφασίζει για την πιο σύντομη βέλτιστη και συντομότερη διαδρομή μεταξύ δύο δρομολογητών. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται αναπαράσταση του δικτύου ως γράφος, όπου οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν τους δρομολογητές και οι γραμμές τις συνδέσεις τους. Το μήκος της κάθε διαδρομής αφορά στο πλήθος των αλμάτων μεταξύ των κόμβων και την γεωγραφική απόσταση σε χιλιόμετρα.



Εικόνα 15 Παράδειγμα Dijkstra

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε ένα παράδειγμα με τον τρόπο που λειτουργεί ο αλγόριθμος Dijkstra. Όπως βλέπουμε η δρομολόγηση ξεκινάει από ένα A σημείο (το οποίο είναι ο δρομολογητής όπως είπαμε). Και μετά ακολουθεί τα εξής βήματα:

- Εφόσον έχει την επιλογή να πάει από δύο δρομολογητές. Θα τους συγκρίνει ανάλογα με το κόστος της σύνδεσης και θα πάει σε αυτόν με το μικρότερο. Άρα θα πάει από τον C.
- Ύστερα από τον C επειδή δεν έχει άλλη επιλογή θα πάει στον D και εκεί ο D θα κάνει την σύγκριση για την διαδρομή.
- Θα πάει στον F λόγω χαμηλότερου κόστους σύνδεσης και μετά ο F θα πάει στον E και ο E θα καταλήξει στον B.

Και όπως είδαμε και στο σχήμα πραγματοποιήθηκε μια σύνδεση από το A στο B από την βέλτιστη διαδρομή.

Το μειονέκτημα του είναι πως εξ 'αιτίας της αναζήτησης που κάνει καταναλώνει άσκοπα χρόνο και χώρο.

Αλγόριθμος Bellman-Ford

Ο αλγόριθμος **Bellman-Ford** ,σε αντίθεση με τον Dijkstra ο οποίος χρησιμοποιεί καθολικές πληροφορίες, είναι ένας αλγόριθμος διανύσματος απόστασης (distance vector) και θεωρείται κατανεμημένος. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι ο εξής:

Ο κάθε κόμβος δέχεται πληροφορίες από έναν ή περισσότερους απ' ευθείας συνδεδεμένους γειτονικούς κόμβους του, κάνει έναν υπολογισμό και ύστερα κατανέμει τα αποτελέσματα τους στους γειτονικούς του κόμβους. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι να μην ανταλλάσσονται πλέον πληροφορίες ανάμεσα στους κόμβους στο δίκτυο. Επίσης ο συγκεκριμένος αλγόριθμος λειτουργεί ασύγχρονα.

Για παράδειγμα, έστω ότι ο παρακάτω πίνακας δρομολόγησης μας δείχνει την αρχική μορφή με διανύσματα-αποστάσεις για κάθε άμεσα συνδεδεμένο δίκτυο.

Προορισμός	Απόσταση	Δρομολόγιο
Δίκτυο 1	0	άμεσα
Δίκτυο 2	0	άμεσα

Ανά διαστήματα, κάθε δρομολογητής στέλνει αντίγραφο του πίνακα δρομολόγησης που έχει σε όσους δρομολογητές είναι άμεσα συνδεδεμένος. Όταν ένας δρομολογητής λάβει το αντίγραφο από έναν άλλο δρομολογητή, θα ελέγξει το σύνολο των προορισμών και τις αποστάσεις τους και ύστερα αν υπάρχει κάποια αλλαγή π.χ. αν ο άλλος ο δρομολογητής έχει κάποιο συντομότερο δρόμο για κάποιο προορισμό ή αν δεν περιλαμβάνει κάποιο προορισμό τότε τροποποιεί τον πίνακα δρομολόγησης.

Προορισμός	Απόσταση	Δρομολόγιο
Δίκτυο 1	0	Άμεσα
Δίκτυο 2	0	Άμεσα
Δίκτυο 4	8	Δρομολογητής 2
Δίκτυο 17	5	Δρομολογητής 3
Δίκτυο 24	6	Δρομολογητής 7
Δίκτυο 30	2	Δρομολογητής 8
Δίκτυο 42	2	Δρομολογητής 7

Προορισμός	Απόσταση
Δίκτυο 1	2
Δίκτυο 4	3
Δίκτυο 17	6
Δίκτυο 21	4
Δίκτυο 24	5
Δίκτυο 30	10
Δίκτυο 42	3

Αυτό μας δείχνει και το παράδειγμα παραπάνω. Όταν λοιπόν ένας δρομολογητής λάβει το αντίγραφο ενός πίνακα δρομολόγησης από έναν άλλο δρομολογητή και ελέγξει τις αποστάσεις και το επόμενο άλμα τότε θα κάνει την αλλαγή στην απόσταση απλά θα υπολογίσει +1 λόγω της απόστασης του ενός δρομολογητή με τον άλλο. Π.χ. στο Δίκτυο 17 λαμβάνει την απόσταση 5 και την συμπληρώνει ως 6.

Βέβαια το μειονέκτημα του είναι ότι αν τα δρομολόγια αλλάζουν χωρίς να έχουν κάποιο σταθερό ρυθμό, τότε οι υπολογισμοί είναι δύσκολο να σταθεροποιηθούν.

1.10 Διευθυνσιοδότηση

Η **διευθυνσιοδότηση** γενικά είναι η διαδικασία εκχώρησης μιας μοναδικής διεύθυνσης σε κάθε κόμβο έτσι ώστε να διαφέρει από τους υπόλοιπους στο δίκτυο. Στο μοντέλο αναφοράς OSI την συναντάμε στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων για την MAC διεύθυνση και στο επίπεδο δικτύου για την IP διεύθυνση. Εμείς θα τις αναφέρουμε και τις δύο σε αυτή την ενότητα αλλά θα ασχοληθούμε λίγο παραπάνω με τις IP γιατί είναι η διεύθυνση που δεν μένει ποτέ η ίδια οπότε πρέπει να κατανοήσουμε τον τρόπο που λειτουργεί.

MAC διεύθυνση

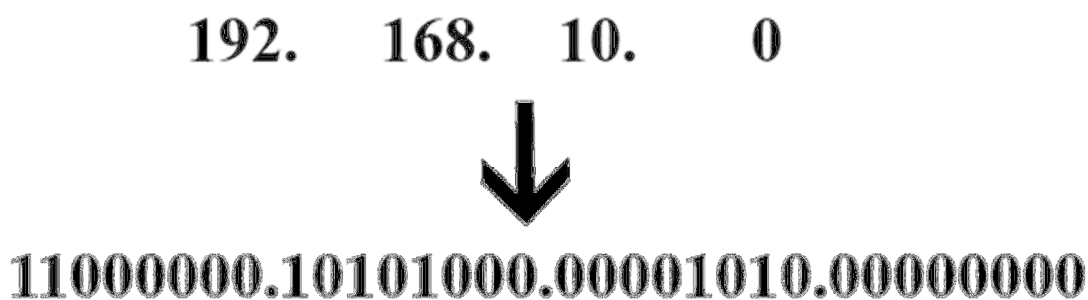
Η **MAC διεύθυνση** (ή αλλιώς φυσική ή διεύθυνση ethernet) είναι μια 48bit διεύθυνση που είναι μοναδική για κάθε υλικό στο δίκτυο (π.χ. για την κάρτα δικτύου) και είναι μοναδική στον κόσμο. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος που την βρίσκουμε είναι ομαδοποιημένη σε τρεις ομάδες σε δεκαεξαδική μορφή π.χ. 01c0.8122.23b7 . Τα πρώτα 24 bits συμβολίζουν τον κατασκευαστή(ή την εταιρεία) του υλικού και τα υπόλοιπα χαρακτηρίζουν τον μοναδικό αριθμό του υλικού.

Όπως θα δούμε και στην IP διεύθυνση παρακάτω κάποιες διευθύνσεις έχουν δεσμευθεί ως ομαδικές διευθύνσεις και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο υλικό. Ένα παράδειγμα τέτοιας διεύθυνσης είναι η διεύθυνση ffff. ffff. ffff (δηλαδή και τα 48bits να είναι 1 στο δυαδικό σύστημα) είναι η διεύθυνση εκπομπής ενός τοπικού δικτύου.

IP διεύθυνση

Η **IP** είναι μια διεύθυνση (32 bit) η οποία λειτουργεί ως αναγνωριστικό ενός υπολογιστή που είναι συνδεδεμένος σε ένα δίκτυο και χρησιμοποιείται για να μπορεί να επικοινωνεί με τις υπόλοιπες συσκευές στο δίκτυο. Οι IP διευθύνσεις χρησιμοποιούνται και ορίζονται από δίκτυα τα οποία χρησιμοποιούν το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (Internet Protocol- IP) το οποίο είναι υπεύθυνο για την δρομολόγηση των δεδομένων στα δίκτυα.

Για να γίνεται πιο αποδοτικά η δρομολόγηση, κάθε διεύθυνση IP χωρίζεται σε δύο τμήματα: το πρόθεμα που ουσιαστικά είναι ο αριθμός του δικτύου που είναι συνδεδεμένος ο υπολογιστής και το επίθεμα είναι ο μοναδικός αριθμός του κάθε υπολογιστή. Για να καταλάβουμε καλύτερα τα δύο τμήματα της IP διεύθυνσης φανταστείτε το εξής παράδειγμα: ο αριθμός δικτύου είναι σαν τον ταχυδρομικό κώδικα μιας περιοχής και ο αριθμός του υπολογιστή είναι σαν την διεύθυνση ενός σπιτιού. Η μορφή μιας IP διεύθυνσης συνήθως είναι σε δεκαδικό σύστημα για να την καταλαβαίνει ο άνθρωπος αλλά για να την καταλαβαίνει ο υπολογιστής χρειάζεται να την μετατρέψουμε στο δυαδικό σύστημα όπως στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 16 Παράδειγμα διεύθυνσης IP στην δεκαδική και αντίστοιχα στην δυαδική μορφή της.

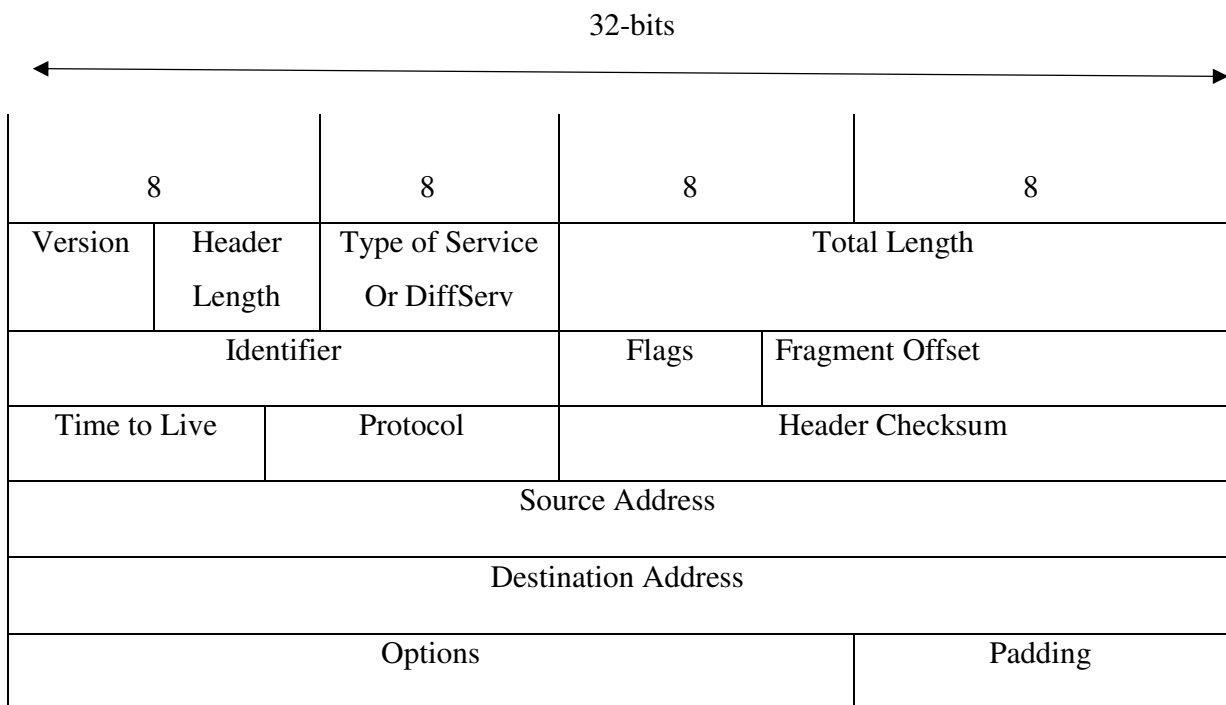
Για να αναγνωρίσουμε που διαχωρίζονται τα δύο τμήματα η διευθυνσιοδότηση (μέχρι το 1995) γινόταν με κλάσεις και (από το 1995 μέχρι και σήμερα) χωρίς κλάσεις.

Οι εκδόσεις του πρωτόκολλου IP

Το πρωτόκολλο **Διαδικτύου** (Internet protocol) έχει δύο κύριες εκδόσεις οι οποίες είναι σε χρήση. Την IPv4 που λόγω της επικράτησής της είναι πιο γνωστή και για την μορφή των διευθύνσε-

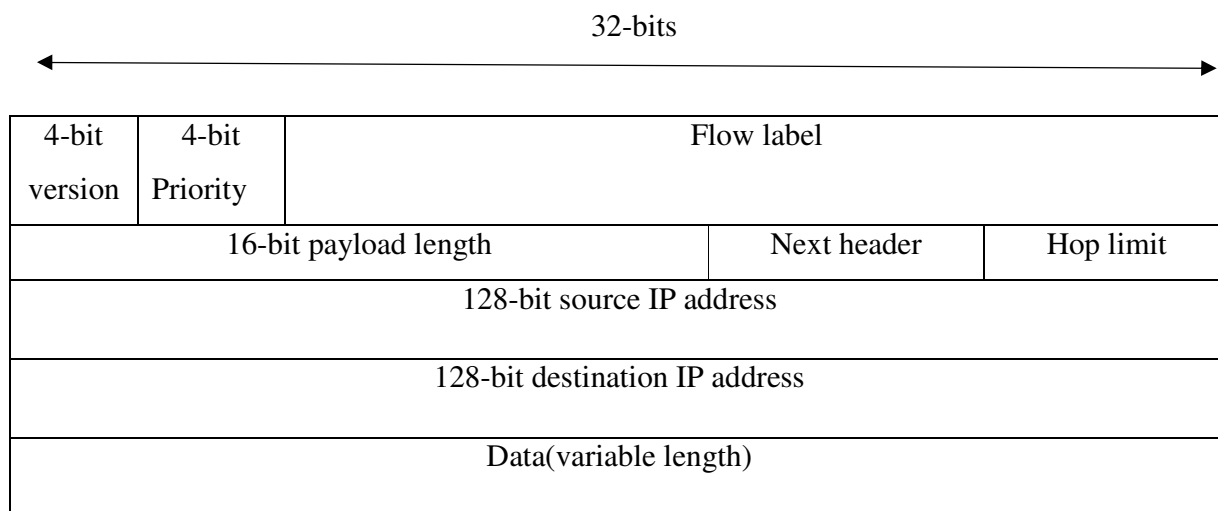
ων της και την IPv6 που είναι η μελλοντική εξέλιξη του πρωτοκόλλου και έχει διαφορετική μορφή.

Η έκδοση IPv4 χρησιμοποιεί διευθύνσεις των 32-bit, δηλαδή περιορίζεται το πλήθος διευθύνσεων σε μέγεθος 2^{32} (που αν το υπολογίσουμε είναι γύρω στα 4.000.000) μοναδικές διευθύνσεις. Κάποιες διευθύνσεις κρατούνται για ειδικούς λόγους, όπως για διευθύνσεις εκπομπής (broadcast) ή δικτύων όπως αναφέραμε και πιο πάνω. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται ο αριθμός των διαθέσιμων διευθύνσεων που μπορούν να οριστούν σε συσκευές σε ένα δίκτυο, άρα με τον καιρό άρχισε να εμφανίζεται έλλειψη διαθέσιμων διευθύνσεων από αυτή την έκδοση. Αυτός ο περιορισμός οδήγησε την επιτροπή προτύπων IETF(Internet Engineering Task Force) να δημιουργήσει μια νέα έκδοση για να την αντικαταστήσει, την IPv6 που είναι σε αρχικό στάδιο ακόμα αλλά μπορεί να αντικαταστήσει πλήρως την IPv4. Η μορφή του πακέτου σε αυτή την έκδοση είναι η εξής:



Η νέα έκδοση IPv6 χρησιμοποιεί διευθύνσεις που έχουν μέγεθος 128-bit το οποίο είναι προφανώς μεγαλύτερο από την προηγούμενη έκδοση που αναφέραμε. Σε αυτή την έκδοση θα υπάρχουν 2^{128}

μοναδικές διευθύνσεις που αν το υπολογίσουμε θα βγει ένα μεγάλο μέγεθος στο οποίο θα μπορούν να γίνουν πολλοί συνδυασμοί διευθύνσεων και έτσι θα αργήσει να εξαντληθεί το όριο της έκδοσης. Η μορφή πακέτου σε αυτή την έκδοση θα αλλάξει και θα είναι:



1.10.1 Διευθυνσιοδότηση με κλάσεις

Στην διευθυνσιοδότηση με κλάσεις τα δύο τμήματα διαχωρίζονται ανάλογα με την κλάση που είναι η κάθε διεύθυνση . Παρακάτω θα εξηγήσουμε την κάθε κλάση για να δούμε τον διαχωρισμό και μετά θα παρουσιάσουμε τα όρια των κλάσεων για τις διευθύνσεις σε δεκαδικό σύστημα.

Στην **κλάση A** τα πρώτα 8 bit είναι αριθμός του δικτύου με διαθέσιμους αριθμούς $2^7 - 2 = 126$ (-2 επειδή ο αριθμός 0.x.x.x χρησιμοποιείται για προκαθορισμένη δρομολόγηση πακέτων και ο αριθμός 127.x.x.x είναι διεύθυνση loopback και χρησιμοποιείται για δρομολόγηση επιστροφής) και τα υπόλοιπα 24 bit είναι ο αριθμός του υπολογιστή όπου μπορούν να διευθυνσιοδοτηθούν $2^{24} - 2 = 16777214$ αριθμοί υπολογιστών(εδώ έχουμε -2 επειδή η διεύθυνση x.0.0.0 είναι η διεύ-

θυση του δικτύου και η διεύθυνση x.255.255.255 είναι η διεύθυνση εκπομπής(broadcast) στο δίκτυο).

Στην **κλάση B** τα 16 bit είναι ο αριθμός του δικτύου με διαθέσιμους αριθμούς $2^{14} = 16384$ και τα υπόλοιπα 16 bit με διευθυνσιοδοτημένους $2^{16}-2=65534$ αριθμούς υπολογιστών.

Στην **κλάση C** τα 24 bit είναι ο αριθμός δικτύου με διαθέσιμους αριθμούς $2^{21} = 2097152$ και τα υπόλοιπα 8 με διευθυνσιοδοτημένους $2^8-2=254$ αριθμούς υπολογιστών.

Η **κλάση D** χρησιμοποιείται για δρομολόγηση multicast.

Η **κλάση E** χρησιμοποιείται για πειραματικούς σκοπούς.

Καθώς το διαδίκτυο αναπτυσσόταν όμως το αρχικό μοντέλο διευθυνσιοδότησης με κλάσεις εμφάνισε κάποιες αδυναμίες με σκοπό να γίνει περιοριστικό. Ο χώρος των IP διευθύνσεων είχε τον κίνδυνο να εξαντληθεί και επίσης επειδή όλα τα δίκτυα έπρεπε να επιλέξουν μία από τις τρεις πρώτες κλάσεις, πολλές διευθύνσεις δεν χρησιμοποιούνταν. Για να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα επινοήθηκε η διευθυνσιοδότηση χωρίς κλάσεις..

1.10.2 Διευθυνσιοδότηση χωρίς κλάσεις

Στην διευθυνσιοδότηση χωρίς κλάσεις αντί να έχουμε ξεχωριστές κλάσεις με όρια, ο διαχωρισμός μεταξύ των δύο τμημάτων γίνεται σε οποιαδήποτε θέση bit . Η μέθοδος αυτή ονομάζεται και υποδικτύωση ή διευθυνσιοδότηση υποδικτύου.

Σε αυτή την μέθοδο ο διαχωρισμός της IP διεύθυνσης γίνεται μέσω ενός άλλου 32 bit αριθμού που ονομάζεται μάσκα υποδικτύου(subnet mask) . Η μάσκα υποδικτύου περιέχει 1 μέχρι το bit που τελειώνει το πρόθεμα (ο αριθμός του δικτύου δηλαδή) και 0 στο επίθεμα (στον αριθμό του υπολογιστή) όπως στην εικόνα . Άρα σε αυτή την μέθοδο στον πίνακα δρομολόγησης αποθηκεύεται και η μάσκα υποδικτύου και ο λόγος που γίνεται αυτό είναι γιατί γίνεται πιο αποδοτικός ο υπολογισμός με αυτόν τον τρόπο.

/16

11111111 11111111 00000000 00000000

255. 255. 0. 0

Εικόνα 17 Παράδειγμα μάσκας υποδικτύου στην δυαδική και στην δεκαδική μορφή της.

Για να γίνεται κατανοητή η μάσκα και στον άνθρωπο το μετατρέπουμε και πάλι στο δεκαδικό σύστημα και επίσης δημιουργήθηκε ο συμβολισμός CIDR (Classless Inter-Domain Routing) . Δηλαδή μια νέα μορφή που καθορίζει την μάσκα υποδικτύου σε «συντομία» με έναν δεκαδικό αριθμό δίπλα από την IP διεύθυνση διαχωρισμένο με μία κάθετο (/).Π.χ. έστω ότι έχουμε μια διεύθυνση 152.100.0.0 . Αν είχαμε διευθυνσιοδότηση με κλάσεις θα ήταν διαχωρισμένο με 16 bit το πρόθεμα και 16 το επίθεμα άρα ο συμβολισμός CIDR θα εμφανιζόταν έτσι: 152.100.0.0/16.

Οι διευθύνσεις που θα υπολογίζουμε σε αυτή την μέθοδο είναι η διεύθυνση δικτύου που το επίθεμα θα είναι όλα 0 , οι διαθέσιμες διευθύνσεις που μπορούμε χρησιμοποιήσουμε που θα παίρνουν αριθμό από 01 μέχρι όσες διευθύνσεις χρειάζεται το κάθε δίκτυο , και την διεύθυνση εκπομπής που είναι η διεύθυνση που επικοινωνούν όλα τα υποδίκτυα με μηνύματα για να πάρουν διάφορες πληροφορίες.

1.10.3 Υποδικτύωση στην πράξη

Υπάρχουν δύο τρόποι για να υπολογίσουμε τα υποδίκτυα ενός δικτύου: Ο ένας τρόπος ονομάζεται CIDR (Classless Inter-Domain Routing) και μας βοηθάει να βρούμε το εύρος διευθύνσεων σε κάθε δίκτυο χωρίς να ξέρουμε ακριβώς τον αριθμό των υπολογιστών που χρειάζονται ενώ ο άλλος ονομάζεται VLSM(Variable Length Subnet Masking) και χρησιμοποιείται συνήθως όταν ξέρουμε πόσους υπολογιστές χρειαζόμαστε σε ένα δίκτυο και είναι σίγουρα πιο αποτελεσματικός. Ας δούμε ένα παράδειγμα για τον καθένα τρόπο όμως.

Αρχικά και για τους δύο τρόπους δημιουργούμε έναν πίνακα με τις δυνάμεις του 2 για να μας είναι πιο εύκολο και θα καταλάβουμε μετά το γιατί.

Bits	Δίκτυα (Networks)	Υπολογιστές Υπηρεσίας (Hosts)
0	1	-
1	2	-
2	4	2
3	8	6
4	16	14
5	32	30
6	64	62
7	128	126
8	256	254
9	512	510
10	1024	1022

Ο συγκεκριμένος πίνακας υπολογίζεται όπως είπαμε με τις δυνάμεις του π.χ. $2^{10}=1024$ και η τρίτη στήλη του με το αποτέλεσμα -2 διευθύνσεις που είναι η διεύθυνση δικτύου και η διεύθυνση εκπομπής που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υπολογιστή.

1ος τρόπος

Έστω ότι ο ISP μας παρέχει την διεύθυνση 192.150.43.0/24 με εύρος 192.150.41.0-192.150.43.144 και θέλουμε 10 δίκτυα. Θα ανατρέξουμε στον πίνακα με τις δυνάμεις του 2 και θα δούμε την στήλη με τα δίκτυα. Άρα θα δούμε ότι το 2^4 χρειαζόμαστε κι ας μας περισσεύουν δίκτυα και θα δανειστούμε 4 bits.

Η διεύθυνση και η μάσκα στο δυαδικό σύστημα είναι η εξής:

11000000.10010110.00101011.00000000

11111111.11111111.11111111.00000000

Υπολογίζουμε τη νέα μάσκα ανάλογα με τα bits που δανειστήκαμε(εδώ δηλαδή 4 bits)

11111111.11111111.11111111.11110000

Και τραβάμε τις απαραίτητες γραμμές για να υπολογίσουμε. Όποτε το αποτέλεσμα μας θα είναι όπως παρακάτω

				Δίκτυο 0	
N	11000000	10010110	00101011	0000	0000
	11111111	11111111	11111111	0000	0000
	11111111	11111111	11111111	1111	0000
<hr/>					
N	11000000	10010110	00101011	0000	0000
H	11000000	10010110	00101011	0000	0000
H	11000000	10010110	00101011	0000	1110
B	11000000	10010110	00101011	0000	1111

Βλέπουμε ότι βγάζουμε 4 αποτελέσματα τα οποία είναι η διεύθυνση δικτύου , η πρώτη διαθέσιμη διεύθυνση , η τελευταία διαθέσιμη και η διεύθυνση εκπομπής . Ας τα δούμε και σε δεκαδικό σύστημα..

Διεύθυνση Δικτύου	192.150.43.0
Πρώτη διαθέσιμη διεύθυνση host	192.150.43.1
Τελευταία διαθέσιμη διεύθυνση host	192.150.43.14
Διεύθυνση εκπομπής	192.150.43.15

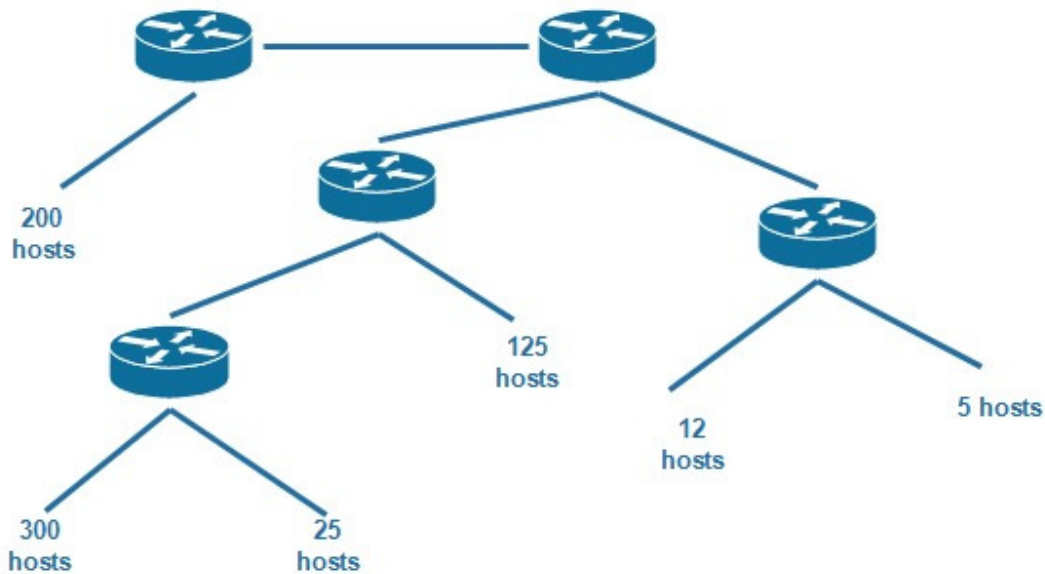
Παρόμοια θα υπολογίσουμε και τα υπόλοιπα 9 δίκτυα οπότε έχουμε:

N	11000000 10010110 00101011	0000	0000
	11111111 11111111 11111111	0000	0000
	11111111 11111111 11111111	1111	0000
1	11000000 10010110 00101011	0001	0000
2	11000000 10010110 00101011	0010	0000
3	11000000 10010110 00101011	0011	0000
4	11000000 10010110 00101011	0100	0000
5	11000000 10010110 00101011	0101	0000
6	11000000 10010110 00101011	0110	0000
7	11000000 10010110 00101011	0111	0000
8	11000000 10010110 00101011	1000	0000
9	11000000 10010110 00101011	1001	0000

Τα 4 bits που δανειζόμαστε βλέπουμε και στην εικόνα ότι λειτουργούν σαν ένας «πίνακας αλήθειας» και μας βοηθάει να υπολογίσουμε πιο εύκολα το κάθε δίκτυο . Τώρα θα τα μετατρέψουμε και σε δεκαδική μορφή.

Δίκτυο 0	192.150.43.0
Δίκτυο 1	192.150.43.16
Δίκτυο 2	192.150.43.32
Δίκτυο 3	192.150.43.48
Δίκτυο 4	192.150.43.64
Δίκτυο 5	192.150.43.80
Δίκτυο 6	192.150.43.96
Δίκτυο 7	192.150.43.112
Δίκτυο 8	192.150.43.128
Δίκτυο 9	192.150.43.144

VLSM τρόπος



Έστω ότι έχουμε αυτό το σχήμα και αφού τα μετρήσουμε βλέπουμε ότι χρειαζόμαστε 10 δίκτυα. Ο ISP (Internet Service Provider) μας παρέχει την εξής διεύθυνση 112.18.48.0/21 με εύρος διευθύνσεων 112.18.48.0-112.18.51.255 . Σε αυτόν τον τρόπο αντί να κοιτάζουμε την στήλη με τα δίκτυα στον πίνακα με τις δυνάμεις του δύο , θα κοιτάζουμε την στήλη με τους υπολογιστές (hosts) και θα αρχίσουμε να φτιάχνουμε τον παρακάτω πίνακα σταδιακά.

Hosts	Bits	Network ID(Prefix)	Mask
300	9	112.18.48.0/23	255.255.254.0
200	8	112.18.50.0/24	255.255.255.0
125	7	112.18.51.0/25	255.255.255.128
25	5	112.18.51.128/27	255.255.255.224
12	4	112.18.51.160/28	255.255.255.240
5	3	112.18.51.176/29	255.255.255.248
2	2	112.18.51.184/30	255.255.255.252
2	2	112.18.51.188/30	255.255.255.252

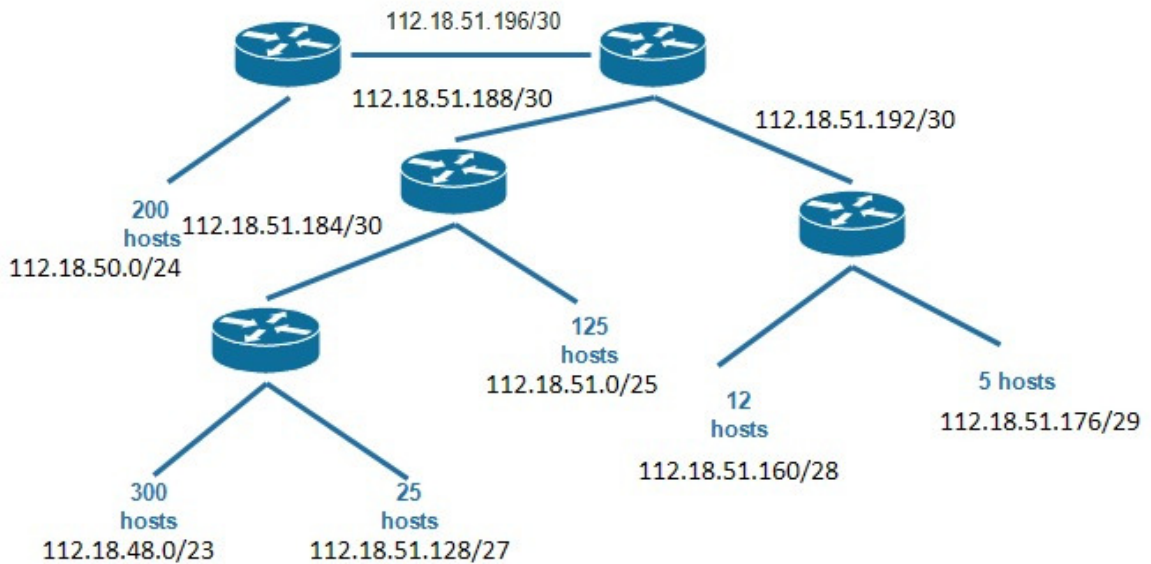
2	2	112.18.51.192/30	255.255.255.252
2	2	112.18.51.196/30	255.255.255.252

Αρχικά συμπληρώνουμε τον πίνακα μέχρι τα bits από τον πίνακα με τις δυνάμεις του 2 και υπολογίζουμε τις υπόλοιπες δύο στήλες όπως παρακάτω.

N	01110000	00010010	00110	00	0	00000000
	11111111	11111111	11111	00	0	00000000
	11111111	11111111	11111	11	0	00000000
N	01110000	00010010	00110	00	0	00000000
H	01110000	00010010	00110	00	0	00000001
H	01110000	00010010	00110	00	1	11111110
B	01110000	00010010	00110	00	1	11111111
N	01110000	00010010	00110	01	0	00000000

Μπορεί να σκεφτούμε ότι μοιάζει με το CIDR αλλά σε αυτή την περίπτωση αντί να δανειστούμε 9 bits από την αρχή του επιθέματος τα αφήνουμε από το τέλος και δανειζόμαστε αυτά που «περισσεύουν» ανάμεσα στα bits και στο πρόθεμα της διεύθυνσης μας. Ύστερα μετά τους υπολογισμούς βρίσκουμε την διεύθυνση του επόμενου δικτύου που μας έχει ζητηθεί να υπολογίσουμε και συνεχίζουμε τον ίδιο τρόπο μέχρι να γεμίσει όλος ο πίνακας.

Άρα λοιπόν χρησιμοποιήσαμε τις διευθύνσεις από 112.18.48.0 μέχρι 112.18.51.196. Και έμειναν οι 112.18.51.197 μέχρι 112.18.51.255 χωρίς να τις χρησιμοποιήσουμε. Και το τελικό μας αποτέλεσμα είναι:



1.10.4 Δεσμευμένες Διευθύνσεις IP

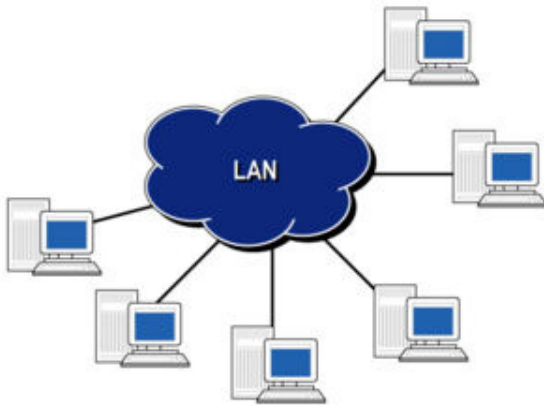
Πέρα από τις διευθύνσεις που αναφέραμε ότι δεν θεωρούνται διαθέσιμες για να διευθυνσιοδοτηθούν σε υπολογιστή υπάρχουν και κάποιες άλλες διευθύνσεις που είναι δεσμευμένες για άλλους λόγους.

Οι διευθύνσεις 0.0.0.0 – 0.255.255.255 χρησιμοποιούνται για αναφορά σε υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι στο τοπικό δίκτυο.

Οι διευθύνσεις 10.0.0.0 – 10.255.255.255 , 172.16.0.0 – 172.31.255.255 , 192.168.0.0 – 192.168.255.255 χρησιμοποιούνται μόνο σε ιδιωτικά δίκτυα.

2 Τοπικά δίκτυα

Όπως είπαμε τα **Τοπικά Δίκτυα**(LANs) ενώ μπορούν να έχουν μεγάλες ταχύτητες δεν έχουν την δυνατότητα να καλύψουν μεγάλες αποστάσεις. Συνήθως καλύπτουν ένα κτήριο με υψηλές ταχύτητες και έχουν απλή διαχείριση. Εκτός από αυτά που ήδη είπαμε μας προσφέρουν και άλλα πλεονεκτήματα όπως την κοινή χρήση συσκευών(όπως τους εκτυπωτές) για μείωση των λειτουργικών εξόδων , την μείωση κόστους επέκτασης του συστήματος , την αξιοπιστία , την βελτίωση της επικοινωνίας μεταξύ των συνδεδεμένων υπολογιστών κ.α. Τέλος εμφανίζει κάποια μειονεκτήματα που κυρίως έχουν να κάνουν με το κόστος όπως το μεγάλο κόστος εγκατάστασης και το αυξημένο κόστος για να εκπαιδευτεί το προσωπικό που θα παρέχει την υποστήριξη στο δίκτυο.



Εικόνα 18 Ένα διάγραμμα Τοπικού Δικτύου ως παράδειγμα.

Πηγή εικόνας : Local area network- <http://www.hill2dot0.com/wiki/index.php?title=LAN>

Τα τοπικά δίκτυα διακρίνονται ανάλογα με τα εξής χαρακτηριστικά: Αρχικά ανάλογα με την απόσταση που καλύπτουν , ύστερα ανάλογα την τοπολογία που χρησιμοποιούν και τέλος ανάλογα με την τεχνολογία μετάδοσης του κάθε δικτύου. Ας δούμε την αρχιτεκτονική του για να το κατανοήσουμε.

2.1 Αρχιτεκτονική Τοπικών Δικτύων

Οι τυποποιήσεις των τοπικών δικτύων(και των μητροπολιτικών) ορίζονται από την ομάδα εργασίας 802 της IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers), που είναι ένας μη κερδοσκοπικός επαγγελματικός σύλλογος με εκατοντάδες χιλιάδες μέλη ηλεκτρολόγων και ηλεκτρολόγων μηχανικών σε πολλές χώρες. Η ομάδα αυτή είχε ως αποστολή τη συγγραφή διεθνών προτύπων για τα τοπικά δίκτυα, τα οποία θα έπρεπε να αντιστοιχίζονται στα επίπεδα 1 και 2 του μοντέλου αναφοράς OSI.Μετά από πολλά προσχέδια, τον Ιανουάριο του 1985 εκδόθηκε το πρώτο τους πρότυπο, το οποίο πήρε το όνομα IEEE 802.3. Βέβαια μέχρι και σήμερα έχουν εκδοθεί πάνω από 50 πρότυπα και επεκτάσεις προτύπων ώστε να καλύπτουν όλο το φάσμα της αρχιτεκτονικής των τοπικών δικτύων.

2.1.1 Το Μοντέλο αναφοράς Τοπικού Δικτύου και το Μοντέλο αναφοράς OSI

Όπως έχουμε πει τα πρότυπα ή τα μοντέλα αναφοράς όπως τα αναφέραμε είναι ουσιαστικά μια στοίβα πρωτοκόλλων που έχει χωριστεί σε επίπεδα για την καλύτερη λειτουργία τους. Τα πρωτόκολλα τοπικού δικτύου λειτουργούν στο φυσικό επίπεδο και στο επίπεδο σύνδεσης δεδομένων που σχετίζονται με την διασύνδεση του δικτύου και τα τοπικά δίκτυα. Το φυσικό επίπεδο είναι υπεύθυνο για τα μέσα μετάδοσης και την σύνδεση τους ενώ το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων για την ανταλλαγή πλαισίων (frames) μεταξύ των υπολογιστών μέσα στο τοπικό δίκτυο.

Σε ένα τοπικό δίκτυο δεν χρησιμοποιείται σύνδεση από σημείο σε σημείο αλλά μία κοινή σύνδεση πολλαπλής πρόσβασης για την επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών. Για να μπορεί να χειριστεί αποδοτικά αυτό το χαρακτηριστικό του τοπικού δικτύου , το Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων χωρίζεται σε δύο επίπεδα: στον **Έλεγχο Πρόσβασης Μέσου** (Mac Access Control-MAC) και στον **Έλεγχο Λογικής Σύνδεσης** (Logical Link Control-LLC).

Η λειτουργία του επιπέδου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου είναι να δημιουργεί μια «εικονική» σύνδεση από σημείο σε σημείο στο τοπικό δίκτυο , έτσι ώστε όταν επικοινωνούν μεταξύ τους οι υπολογιστές να νομίζουν ότι επικοινωνούν μέσω απευθείας σύνδεσης και όχι μέσω κοινής σύνδεσης πολλαπλής πρόσβασης.

Το επίπεδο Ελέγχου Λογικής Σύνδεσης είναι υπεύθυνο για την υπηρεσία της αξιόπιστης μεταφοράς των πλαισίων μέσα στο τοπικό δίκτυο. Επίσης μπορεί να ρυθμίζει την επανεκπομπή ή την απόρριψη των πλαισίων που είχαν κάποιο σφάλμα.

Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων	LLC
	MAC
Φυσικό επίπεδο	

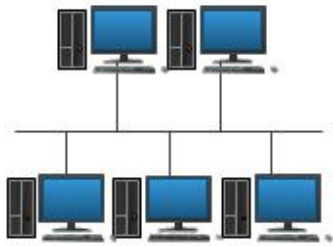
2.1.2 Τοπολογίες Τοπικών Δικτύων

Οι τοπολογία ενός δικτύου είναι η φυσική διάταξη των κόμβων και των συνδέσμων μεταξύ τους. Εμείς θα δούμε παρακάτω τέσσερις βασικές τοπολογίες τοπικών δικτύων αλλά σίγουρα υπάρχουν κι άλλες ή και άλλοι συνδυασμοί αυτών.

Αρτηρία

Στην τοπολογία **Αρτηρίας** οι κόμβοι είναι συνδεδεμένοι σε σειρά (όπως στην παρακάτω εικόνα) με την βοήθεια μιας κεντρικής αρτηρίας που ονομάζεται συζευκτής. Το βασικότερο πλεονέκτημα της συγκεκριμένης τοπολογίας είναι ότι τα πλαίσια που μεταφέρονται λαμβάνονται από όλους

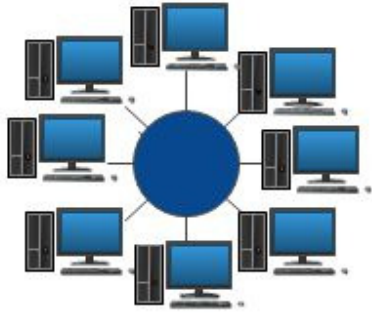
λόγω της σύνδεσης σε σειρά. Σε κάθε άκρο του συζευκτή υπάρχει ένας τερματιστής που απορροφά κάθε σήμα από την αρτηρία. Είναι συνήθως η τοπολογία που χρησιμοποιείται στο Ethernet / IEEE 802.3 και το IEEE 802.11.



Εικόνα 19 Παράδειγμα Τοπολογίας Αρτηρίας.

Δακτύλιος

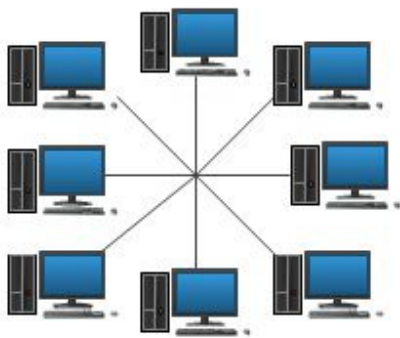
Στην τοπολογία **Δακτυλίου**, οι κόμβοι έχουν σύνδεση που σχηματίζει έναν κλειστό βρόχο (εικόνα). Η σύνδεση της είναι μονοκατευθυντική άρα αυτό σημαίνει ότι η μεταφορά των πακέτων γίνεται προς μία κατεύθυνση. Κάθε κόμβος συνδέεται πάνω σε έναν επαναληπτή και μπορεί να μεταδώσει δεδομένα στο δίκτυο μέσω του δικτύου. Μερικά από τα μειονεκτήματα αυτής της τοπολογίας είναι ότι όσο μεγαλύτερος αριθμός κόμβων στο δίκτυο τόσο θα υπάρχει καθυστέρηση στην μεταφορά, επίσης αν υπάρχει μια αλλαγή ή ένα σφάλμα στο δίκτυο μπορεί να επηρεάσει την λειτουργία του. Τέλος ένα παράδειγμα αυτής της τοπολογίας είναι το δίκτυο FDDI με την μόνη διαφορά ότι περιέχει διπλό δακτύλιο με διαφορετική φορά ο καθένας.



Εικόνα 20 Τοπολογία Δακτυλίου

Αστέρας

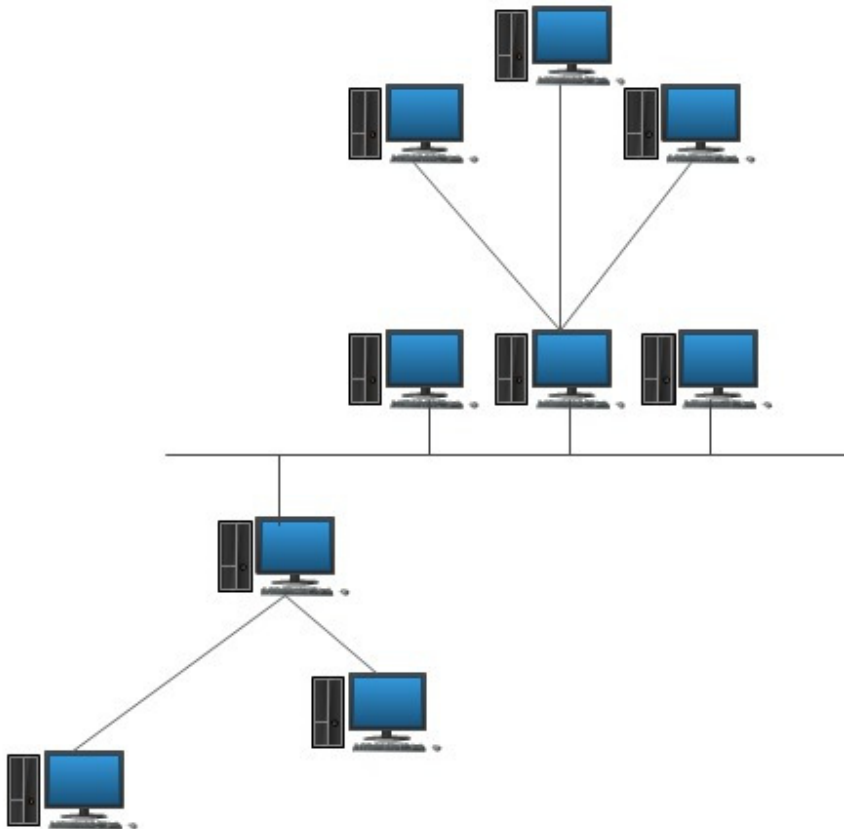
Στην τοπολογία **αστέρα**, οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται σε έναν κεντρικό κόμβο. Κάθε κόμβος συνδέεται στον κεντρικό κόμβο μέσω δύο συνδέσμων από σημείο σε σημείο, έναν για την μετάδοση και έναν για λήψη. Σε μια τοπολογία αστέρα, για να μεταδοθεί ένα μήνυμα θα πρέπει να περάσει πρώτα από τον κεντρικό κόμβο και μετά να σταλθεί σε όλους τους κόμβους που έχουν συνδεθεί στον κεντρικό κόμβο. Σημαντικό πλεονέκτημα και μειονέκτημα συγχρόνως σε αυτή την διάταξη είναι ότι αν εμφανιστεί κάποια βλάβη σε έναν σταθμό δεν θα επηρεάσει όλο το δίκτυο αλλά αν υποστεί βλάβη ο κεντρικός κόμβος τότε το δίκτυο θα «πέσει».



Εικόνα 21 Τοπολογία Αστέρα

Δέντρο

Η τοπολογία **Δένδρου** είναι ένας συνδυασμός των χαρακτηριστικών της τοπολογίας αρτηρίας και αστέρα. Είναι μια υβριδική τοπολογία η οποία περιέχει ομάδες υπολογιστών με τοπολογία αστέρα που με την σειρά τους συνδέονται σε μια κεντρική αρτηρία. Η κεντρική αρτηρία σε αυτή την τοπολογία ονομάζεται κεφαλή ή ρίζα του δικτύου.



Εικόνα 22 Τοπολογία Δένδρου

2.1.3 Πρωτόκολλα Πολλαπλής Πρόσβασης

Τα πρωτόκολλα **πολλαπλής πρόσβασης** χρησιμοποιούνται για να ρυθμίσουν την μετάδοση πάνω σε ένα κανάλι εκπομπής κοινής χρήσης στο δίκτυο. Συνήθως χρειάζονται σε μεγάλη ποικιλία δικτύων όπως τα ενσύρματα ή ασύρματα τοπικά δίκτυα και στα δίκτυα που χρησιμοποιούν δορυφορική ζεύξη.

Σε ένα δίκτυο με πολλούς συνδεδεμένους κόμβους μπορούν να μεταδοθούν πολλά πλαίσια ταυτόχρονα. Αν λοιπόν δεν χρησιμοποιήσουμε πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης τότε τα πλαίσια που μεταδίδονται θα συγκρούονται σε όλους τους δέκτες. Με τα χρόνια έχουν υλοποιηθεί πολλά πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης σε πολλές τεχνολογίες αλλά εμείς θα καλύψουμε παρακάτω τα πιο κύρια από αυτά.

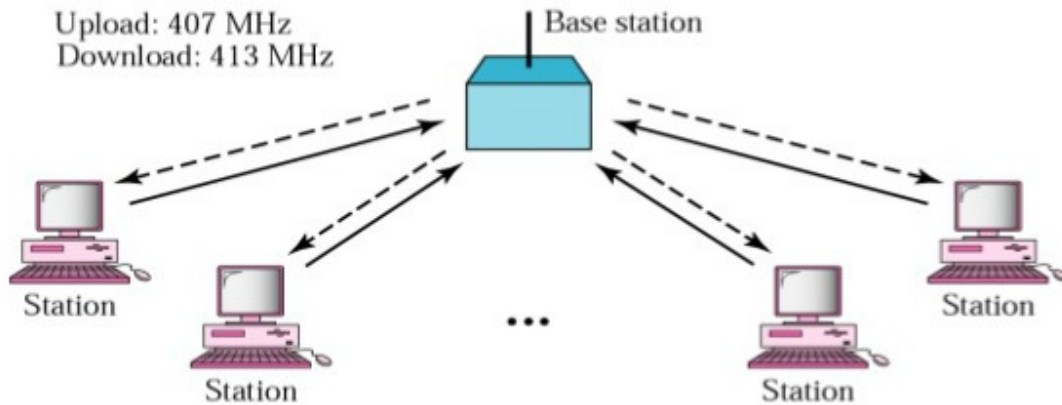
Aloha

«Το **Aloha** ή καθαρό Aloha ήταν το πρώτο πρωτόκολλο και στην ουσία ένα μη θυριδωτό ,πλήρως αποκεντρωμένο πρωτόκολλο»³

Αυτό το πρωτόκολλο βασίζεται στην κοινή χρήση ενός καναλιού μετάδοσης. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι ο εξής: όταν φτάνει ένα πλαίσιο, τότε ο κόμβος στέλνει αμέσως το πλαίσιο στο κανάλι εκπομπής. Εάν το πλαίσιο καταστραφεί, ο πομπός απλώς περιμένει ένα χρονικό διάστημα και το στέλνει ξανά. Ο χρόνος αναμονής πρέπει να είναι τυχαίος αλλιώς τα ίδια πλαίσια θα συγκρούονται ξανά και ξανά. Το μειονέκτημα του είναι ότι όσο πιο πολλοί κόμβοι είναι σε ένα τοπικό δίκτυο τόσο οι συγκρούσεις θα αυξάνονται σε κάθε τυχαίο χρόνο.

Τέλος μια παραλλαγή του Aloha είναι το slotted Aloha όπου οι κόμβοι συγχρονίζουν το πότε κάνουν εκπομπή και εκπέμπουν μόνο στην αρχή της χρονικής στιγμής που έχουν. Το μειονέκτημα του όμως είναι ότι έχει δύσκολη υλοποίηση λόγω του ότι οι κόμβοι απαιτείται να έχουν πρόσβαση σε ένα «κοινό ρολόι» για να συγχρονιστούν οι εκπομπές.

³ Ross, K. W., & Kurose, J. F. (2008). Δικτύωση Υπολογιστών 4η έκδοση. Αθήνα: Μ. Γκιούρδας.



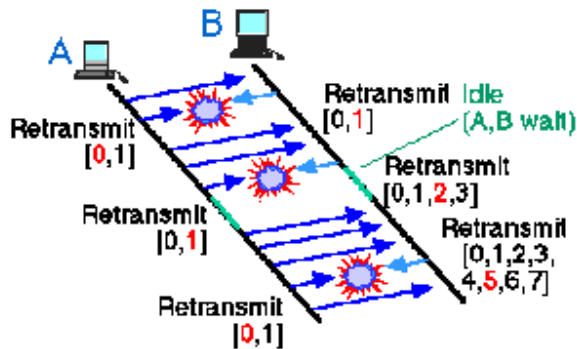
Εικόνα 23 Ο τρόπος που λειτουργεί το ALOHA.

Πηγή εικόνας : ALOHA Network- <http://apythanos.blogspot.gr/2015/12/aloha-network.html>

CSMA/CD

Το πρωτόκολλο **Πολλαπλής Πρόσβασης Ακρόασης Φέροντος με Μείωση των επιπτώσεων των συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)** βασίζεται στην ακρόαση φέροντος, η οποία είναι μια ιδιότητα που αν την διαθέτουν οι κόμβοι τότε μπορούν να παρατηρούν αν στο μέσο πολλαπλής πρόσβασης μεταφέρονται δεδομένα ή αν είναι αδρανές. Αν τύχει και μεταδοθούν δεδομένα ταυτόχρονα από δύο ή περισσότερους κόμβους τότε έχουμε το φαινόμενο της σύγκρουσης (collision). Στο φαινόμενο αυτό τα πλαίσια που μεταδίδονται θα επικαλυφθούν χρονικά και το σήμα θα βγει παραποιημένο χωρίς να μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Όταν υλοποιείται το πρωτόκολλο CSMA/CD, τότε ο κόμβος του τοπικού δικτύου που έχει δεδομένα προς μετάδοση ακολουθεί την ακόλουθη διαδικασία: Περιμένει μέχρι το κανάλι να γίνει αδρανές, όταν διαπιστώσει ότι το κανάλι είναι αδρανές, τότε μεταδίδει τα δεδομένα του και ταυτόχρονα παρατηρεί το μέσο πολλαπλής πρόσβασης. Αν ανιχνεύσει σύγκρουση, τότε θα σταματήσει τη μετάδοση δεδομένων, περιμένει για ένα τυχαίο χρονικό διάστημα και ξεκινά πάλι από την αρχή.



Εικόνα 24 Εδώ βλέπουμε ένα παράδειγμα CSMA και το πως λειτουργεί το CSMA/CD

Το μειονέκτημα του είναι ότι το πρωτόκολλο CSMA/CD που περιγράψαμε δεν μπορεί να υλοποιηθεί, όταν οι κόμβοι δεν έχουν τη δυνατότητα να μεταδίδουν και να ανιχνεύουν συγκρούσεις (όπως π.χ. στο ασύρματο τοπικό δίκτυο που τα σήματα καλύπτονται λόγω της ισχύς τους) την ίδια χρονική στιγμή.

CSMA/CA

Το πρωτόκολλο **Πολλαπλής Πρόσβασης Ακρόασης Φέροντος με Αποφυγή Συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access/Collision with Collision Avoidance-CSMA/CA)** απαιτεί την επιβεβαίωση της παραλαβής ενός πλαισίου, χρησιμοποιώντας ένα σχήμα παύσης και αναμονής. Στα δίκτυα που λειτουργούν με CSMA/CA, όταν ένας κόμβος έχει δεδομένα προς μετάδοση, ελέγχει αρχικά αν το κανάλι δεν χρησιμοποιείται. Εάν δεν χρησιμοποιείται, τότε μεταδίδει τα δεδομένα. Εάν χρησιμοποιείται, τότε επιλέγει με τυχαίο τρόπο ένα χρόνο αναμονής και καταχωρεί την τιμή του σ' έναν μετρητή υποχώρησης. Όσο χρόνο το κανάλι είναι αδρανές, ο μετρητής μειώνεται. Όσο χρόνο το κανάλι είναι απασχολημένο, η τιμή του μετρητή υποχώρησης δε μεταβάλλεται. Όταν μηδενιστεί η τιμή αυτού του μετρητή, ο κόμβος προσπαθεί ξανά τη μετάδοση των δεδομένων του. Η πιθανότητα να έχουν επιλέξει δύο διαφορετικοί κόμβοι την ίδια τιμή για τον μετρητή υποχώρησης είναι μικρή, η πιθανότητα εμφάνισης σύγκρουσης είναι επίσης μικρή αλλά όχι και μηδενική. Δηλαδή εάν ένας κόμβος δε πάρει την αντίστοιχη επιβεβαίωση λήψης για το πλαίσιο που μετέδωσε, τότε θεωρεί ότι αυτό είναι αποτέλεσμα σύγκρουσης και ξεκινά τη διαδικασία επανεκπομπής του.

token passing

Στα δίκτυα που ελέγχουν την πολλαπλή πρόσβαση του φυσικού μέσου με το πέρασμα κουπονιού (**token passing**), ένα ειδικό πακέτο ελέγχου που λέγεται κουπόνι, μεταφέρεται συνεχώς από κόμβο σε κόμβο του δικτύου. Όταν ένας κόμβος έχει δεδομένα να μεταδώσει, τότε θα πρέπει να περιμένει να έρθει το κουπόνι σ' αυτόν. Μόλις πάρει το κουπόνι, τότε αυτόματα αρχίζει τη μετάδοση και στέλνει το πακέτο δεδομένων στο δίκτυο. Όταν η μετάδοση του πακέτου ολοκληρωθεί, αποδεσμεύει το κουπόνι, έτσι ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί από κάποιον άλλον κόμβο του δικτύου. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτού του πρωτοκόλλου, που ανήκει στην κατηγορία των πρωτοκόλλων πολλαπλής πρόσβασης, είναι ότι μπορεί να υπολογίσει ένα όριο στο χρόνο που ένας κόμβος πρέπει να περιμένει, μέχρι να έρθει η σειρά του να αποστείλει τα δεδομένα του στο δίκτυο. Γι' αυτό και τα τοπικά δίκτυα που υλοποιούν τεχνικές περάσματος κουπονιού χρησιμοποιούνται σε περιβάλλοντα πραγματικού χρόνου, όπου τα διάφορα συστήματα πρέπει να είναι σε θέση να επικοινωνούν σε καθορισμένα χρονικά όρια.

2.2 Δομικά Υλικά Τοπικών Δικτύων

Σε αυτή την ενότητα θα εξετάσουμε το υλικό που χρησιμοποιείται για να υλοποιηθούν τα τοπικά δίκτυα. Οι πιο συνηθισμένες συσκευές υλικού που εμφανίζονται σε ένα τοπικό δίκτυο είναι:

Εξυπηρετητές (Servers)

Οι **εξυπηρετητές** είναι ένας υπερ-υπολογιστής ο οποίος συνδέεται στο δίκτυο και εξυπηρετεί κάποια ή πολλές υπηρεσίες μαζί. Έχουν την δυνατότητα αν ρυθμιστούν για πολλές υπηρεσίες να εκτελούν κάθε υπηρεσία ταυτόχρονα.

Σε ένα δίκτυο ο εξυπηρετητής επιβλέπει την λειτουργία του δικτύου και για λόγους ασφάλειας πιο πολύ ρυθμίζει την πρόσβαση σε αυτόν ανάλογα τις ομάδες των χρηστών και τις δυνατότητες που πρέπει να έχει κάθε ομάδα.

Βέβαια το υλικό του έχει αρκετές ιδιαιτερότητες τόσο στο υλικό των επιμέρους κομματιών όσο και στην τιμή τους. Κάποια παραδείγματα εξυπηρετητών είναι οι ακόλουθοι: mail server που εξυπηρετούν την υπηρεσία mail, web server για ιστοσελίδες συνήθως, ftp server για μεταφορά αρχείων κ.τ.λ.



Εικόνα 25 Servers

Κόμβοι (hosts)

Είναι συσκευές οι οποίες είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο και τις χρησιμοποιούμε για ανάγκες πρόσβασης ή για επικοινωνιακές εφαρμογές όπως τηλεδιάσκεψη, μεταφορά φωνής, μεταφορά video κλπ. Μερικά παραδείγματα είναι τα παρακάτω:

- Σταθμοί εργασίας(workstations)

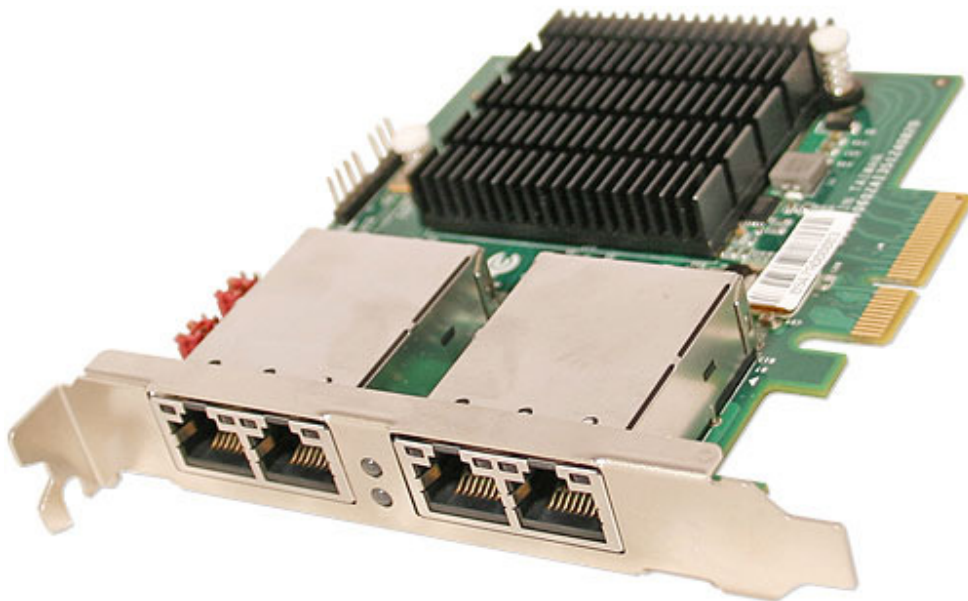
Οι **σταθμοί εργασίας** είναι πιο ισχυρά υπολογιστικά συστήματα που τα χρησιμοποιούμε για την εξυπηρέτηση αναγκών που απαιτούν μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ και ασφάλεια(π.χ. εκτέλεση εφαρμογών, πρόσβαση σε δίσκους και εκτυπωτές

- Έξυπνες τερματικές συσκευές (X Terminals)

Είναι **τερματικές συσκευές** για πρόσβαση σε κεντρικά συστήματα με τη βοήθεια γραφικού περιβάλλοντος. Το πιο κύριο πλεονέκτημα τους είναι ότι έχουν χαμηλό κόστος

Κάρτες δικτύου (NIC-Network Interface Controller)

Είναι ένα στοιχείο του υλικού που ενσωματώνεται στην κεντρική (μητρική) κάρτα του υπολογιστή μας (motherboard) ή εισάγεται στο διάλυο διασύνδεσης (bus) και έχει ως σκοπό τη σύνδεση του υπολογιστή με το δίκτυο.



Εικόνα 26 Κάρτα δικτύου

Πομποδέκτης (Transceivers)

«Μια συσκευή που συνδέει μια διασύνδεση υπολογιστή υπηρεσίας με ένα τοπικό δίκτυο. Περιέχουν αναλογικά ηλεκτρονικά στοιχεία που στέλνουν σήματα στα καλώδια και ανιχνεύουν τις συγκρούσεις.»⁴

Διανομέας καλωδίων (Hub)

Το **Hub** είναι μια επιπέδου 1 (δηλαδή το φυσικό επίπεδο στο OSI) συσκευή που δεν κάνει τίποτα άλλο από το να συνδέονται πάνω του κόμβοι και να επικοινωνούν μεταξύ τους. Χρησιμοποιείται σε συνήθως για μικρά δίκτυα που η ποσότητα των δεδομένων είναι χαμηλή και δεν θεωρείται έξυπνη συσκευή γιατί έχει ένα μεγάλο μειονέκτημα.

Το μεγάλο μειονέκτημα των Hubs είναι ότι όταν αυξάνεται η κίνηση σε ένα δίκτυο, δημιουργούνται συγκρούσεις των πακέτων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την χαμηλή πραγματική ταχύτητα καθώς και τον μικρό βαθμό εξυπηρέτησης όταν ο αριθμός των χρηστών και της κίνησης που αυτοί δημιουργούν είναι αυξημένη.

⁴ Comer, D. E. (2001). Διαδίκτυα με TCP/IP. Αθήνα: Κλειδάριθμος.

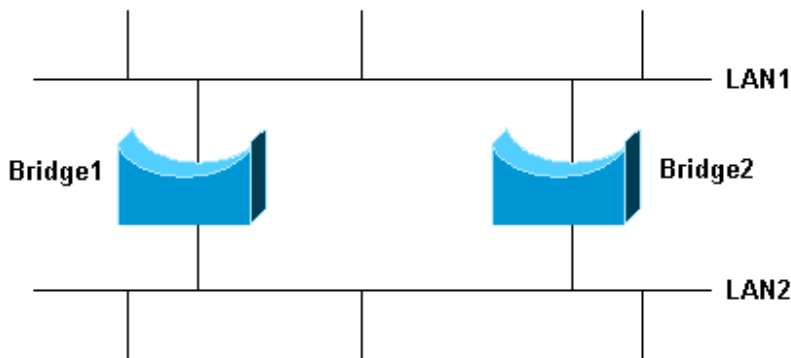


Εικόνα 27 Πως είναι ένα hub.

Γεφυρες (Bridges)

Μία **γέφυρα (bridge)** είναι μία συσκευή δικτύου η οποία ουσιαστικά κάνει αυτό που περιγράφει το όνομά της: «γεφυρώνει» μεταξύ τους δύο δίκτυα. Χρησιμοποιείται για ξεχωριστά τμήματα του δικτύου που δεν χρειάζονται να επικοινωνούν τακτικά και χρησιμοποιεί τις φυσικές διευθύνσεις (mac) των συσκευών. Ένα παράδειγμα για το πώς λειτουργεί είναι το εξής: μια γέφυρα συνδέει δύο φυσικά καλώδια αλλά προωθεί από το ένα στο άλλο πακέτα τα οποία δεν είναι τοπικά για το δίκτυο.

Οι γέφυρες κατηγοριοποιούνται με διάφορους τρόπους. Ένας συνηθισμένος τρόπος διαχωρισμού είναι βάσει της έκτασης της περιοχής που εξυπηρετούν. Έτσι, υπάρχουν γέφυρες που διασυνδέουν τοπικά δίκτυα σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές και αποκαλούνται Remote Bridges καθώς και γέφυρες που παρέχουν άμεση επικοινωνία μεταξύ δικτύων που βρίσκονται στην ίδια περιοχή που ονομάζονται Local Bridges.



Εικόνα 28 Η λειτουργία της γέφυρας.

Πηγή εικόνας : Configuring Transparent Bridging- <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ibm-technologies/source-route-transparent-srt-bridging/10676-37.html>

Το μειονέκτημα που παρουσιάζουν οι γέφυρες είναι ότι είναι αργές και πολλές φορές χάνουν δεδομένα που δεν είναι δυνατόν να επαναφερθούν, σήμερα πια χρησιμοποιούνται κυρίως routers και όχι γέφυρες για την σύνδεση τοπικών δικτύων.

Μεταγωγείς (Switches)

Το **Switch** είναι μια δικτυακή συσκευή του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων και χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των υπολογιστών καθώς και άλλων δικτυακών συσκευών, όπως άλλωστε και τα παραπάνω. Τα Switches είναι σχεδόν όμοια εξωτερικά με τα Hubs ,ο τρόπος λειτουργίας τους όμως είναι πολύ πιο έξυπνος γιατί υποστηρίζει πολλές θύρες. Το Switch όταν τοποθετείται σε ένα δίκτυο και προγραμματίζεται, καταχωρεί τις φυσικές διευθύνσεις των χρηστών που είναι συνδεδεμένοι στις θύρες του, σε ένα πίνακα. Όταν ένας από τους χρήστες ζητήσει να στείλει ένα πακέτο σε έναν άλλο, το Switch ελέγχει τον πίνακα αυτό, βρίσκει ποιος είναι ο παραλήπτης, την πόρτα στην οποία είναι συνδεδεμένος και αποστέλλει το πακέτο μόνο σε αυτόν. Ο τρόπος λειτουργίας του κάνει το δίκτυο πιο αποτελεσματικό, καθώς τα πακέτα δεν μεταφέρονται σε χρήστες που δεν τα χρειάζονται.

Switch



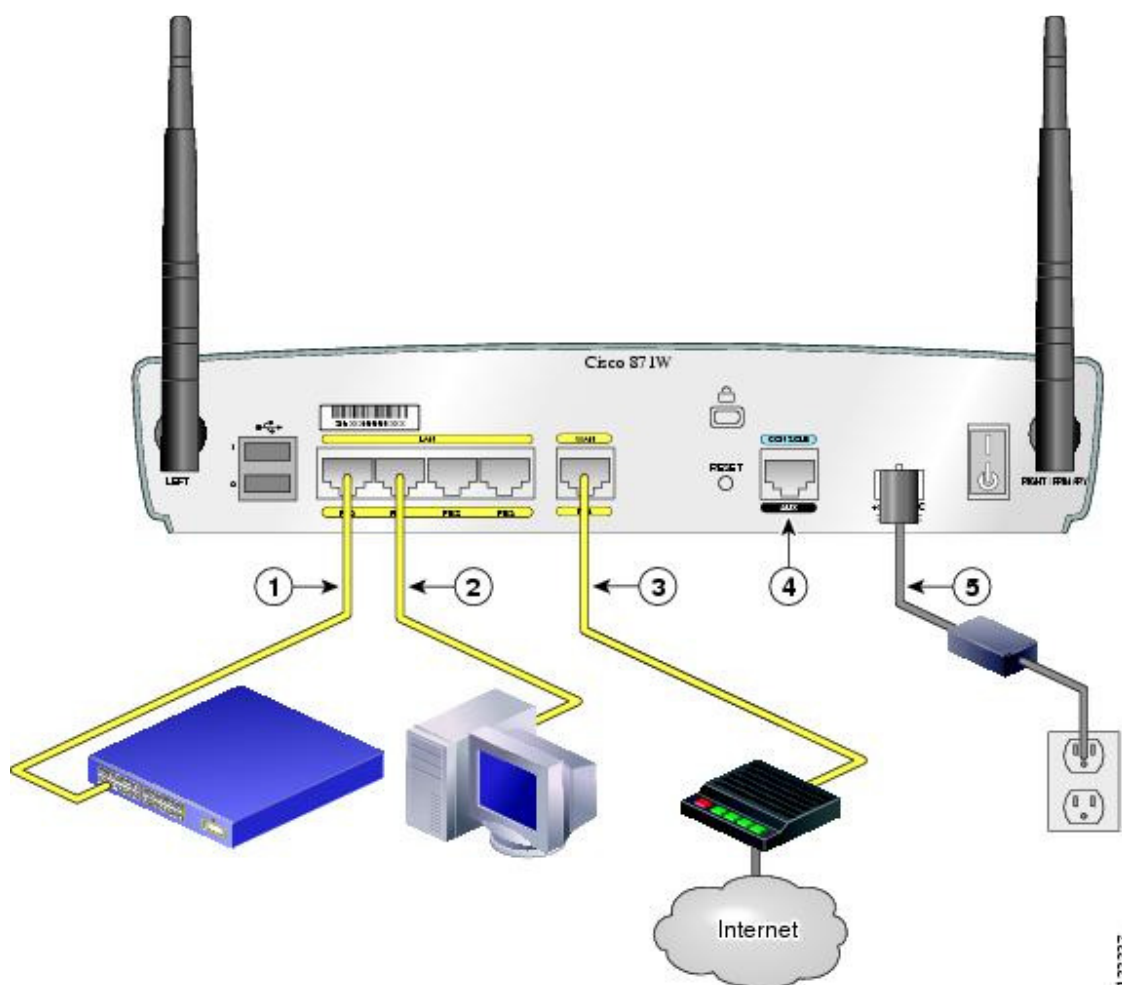
Εικόνα 29 Η λειτουργία ενός switch.

Πηγή εικόνας : <http://www.corened.nl/help/verschil-tussen-een-hub-switch/>

Δρομολογητές (Routers)

Ο **δρομολογητής** είναι μια επιπέδου 2(δηλαδή του επιπέδου δικτύου) συσκευή που συνδέεται σε δύο ή περισσότερα δίκτυα και προωθεί πακέτα από το ένα στο άλλο. Είναι παρόμοια συσκευή με το switch επειδή θα μεταφέρει τα πακέτα με βάση τη διεύθυνση. Όμως αντί για τη φυσική διεύθυνση που χρησιμοποιεί ένα switch, ένας δρομολογητής μπορεί να χρησιμοποιήσει τη διεύθυνση IP. Με αυτόν τον τρόπο επιτρέπει στο δίκτυο να χρησιμοποιεί πολλά πρωτόκολλα δρομολόγησης.

Ο δρομολογητής έχει μια δημόσια διεύθυνση IP (Public IP) και αυτή η διεύθυνση διαμοιράζεται από κοινού μέσα στο δίκτυο. Τα πακέτα διέρχονται μέσω του δρομολογητή προωθούνται στο σωστό υπολογιστή.



Εικόνα 30 Ο δρομολογητής και ο τρόπος σύνδεσης του.

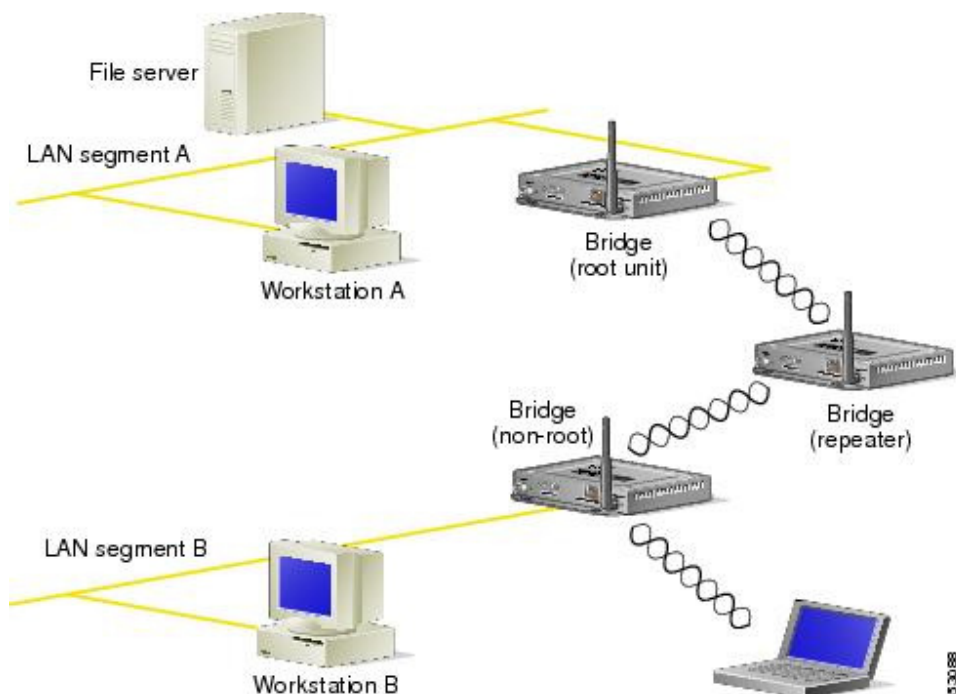
Πηγή εικόνας : Router Cabling Procedures-

<http://www.cisco.com/en/US/docs/routers/access/800/850/hardware/installation/guide/857inst.html>

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι η διαδρομή που ακολουθεί ένα πακέτο δεν είναι προκαθορισμένη, αλλά επιλέγεται δυναμικά. Έτσι, οι δρομολογητές μπορούν να επιλέγουν εναλλακτικούς δρόμους για ένα πακέτο σε περίπτωση που μια συγκεκριμένη σύνδεση του δικτύου παρουσιάζει πρόβλημα και βρίσκεται προσωρινά σε αχρηστία.

Επαναλήπτες (Repeaters)

Οι **επαναλήπτες** (repeaters) χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση μεταξύ όμοιων δικτύων σ' ένα μεγαλύτερο δίκτυο. Είναι δηλαδή απλοί ενισχυτές του σήματος. Δέχονται δεδομένα από το ένα δίκτυο και τα μεταφέρουν bit προς bit στο άλλο. Οι συσκευές αυτές έχουν να κάνουν με το φυσικό επίπεδο του μοντέλου OSI.

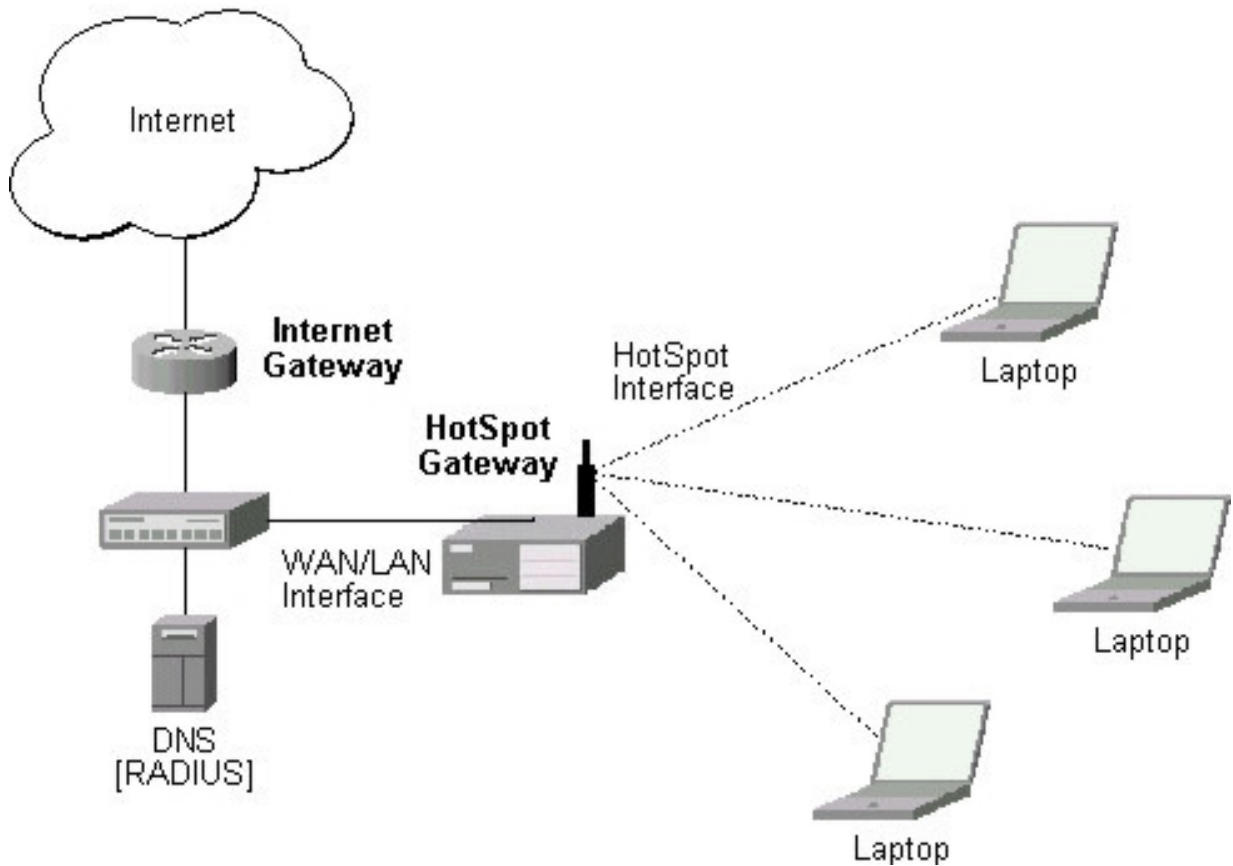


Εικόνα 31 Παράδειγμα Επαναληπτή

Πύλες (Gateways)

Χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση δικτύων σε επίπεδο υψηλότερο του τρίτου επιπέδου δικτύου του μοντέλου OSI. Αυτό σημαίνει πως οι πύλες μπορούν και διασύνδεουν διαφορετικά τμήματα δικτύων (π.χ. δίκτυο οπτικών ινών με δίκτυο ομοαξονικού καλωδίου). Οι πύλες αποτελούνται από λογισμικό μετατροπής πρωτοκόλλων, ικανό να επεξεργαστεί την πληροφορία με

τρόπο που να γίνεται κατανοητή από τον παραλήπτη. Παρόλο που αυτό θεωρείται μεγάλο πλεονέκτημα, οι πύλες είναι πολύ αργές συσκευές στην μετάδοση δεδομένων.



Εικόνα 32 Διάγραμμα δικτύου που χρησιμοποιεί πύλες.

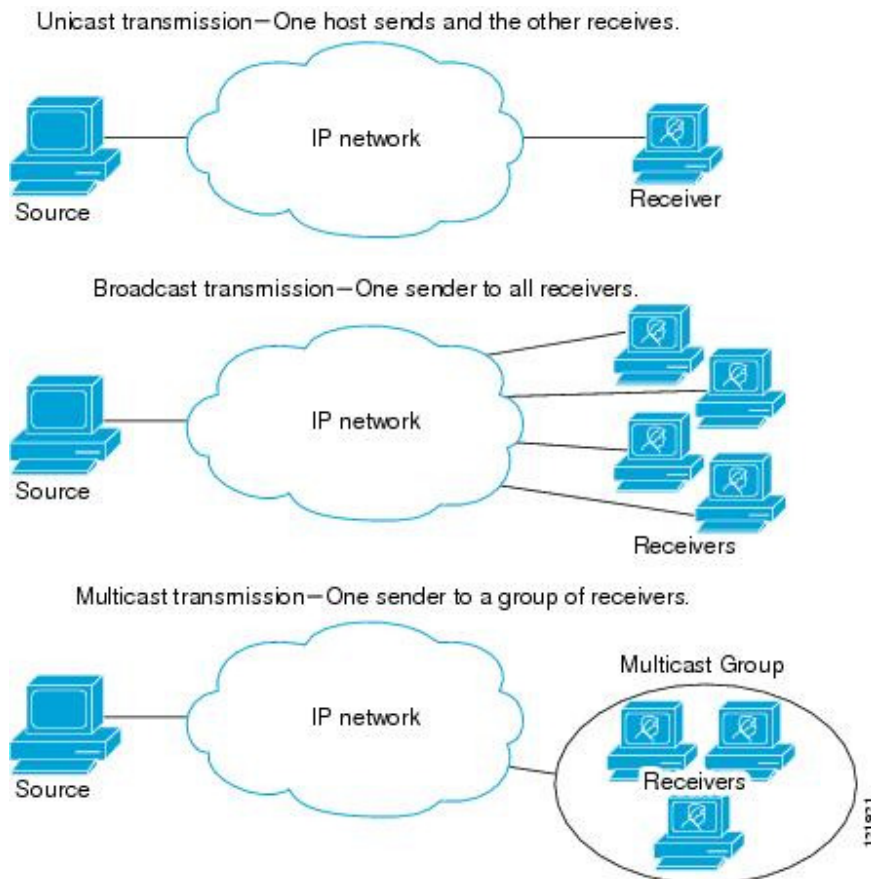
2.3 Μέθοδοι Μετάδοσης στα τοπικά δίκτυα

Στα τοπικά δίκτυα υπάρχουν τρεις μέθοδοι μετάδοσης για να αποστέλλονται τα πακέτα: η αποστολή προς ένα παραλήπτη (**unicasting**), η πολλαπλή αποστολή (**Multicasting**) και η καθολική εκπομπή (**broadcasting**).

Η πρώτη μέθοδος είναι αυτή που ήδη ξέρουμε δηλαδή τα πακέτα αποστέλλονται από έναν κόμβο και λαμβάνονται από έναν παραλήπτη. Στην πολλαπλή αποστολή τα πακέτα αποστέλλονται σε

ένα υποσύνολο κόμβων στο δίκτυο. Τέλος στην καθολική αποστολή τα πακέτα που μεταδίδονται, παραλήπτες είναι όλοι οι κόμβοι που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο.

Για την υλοποίηση της πολλαπλής αποστολής και της καθολικής εκπομπής έχουν οριστεί κάποιες ειδικές IP διευθύνσεις στο τοπικό δίκτυο, οι οποίες ονομάζονται διευθύνσεις πολλαπλής αποστολής και διεύθυνση καθολικής εκπομπής αντίστοιχα.



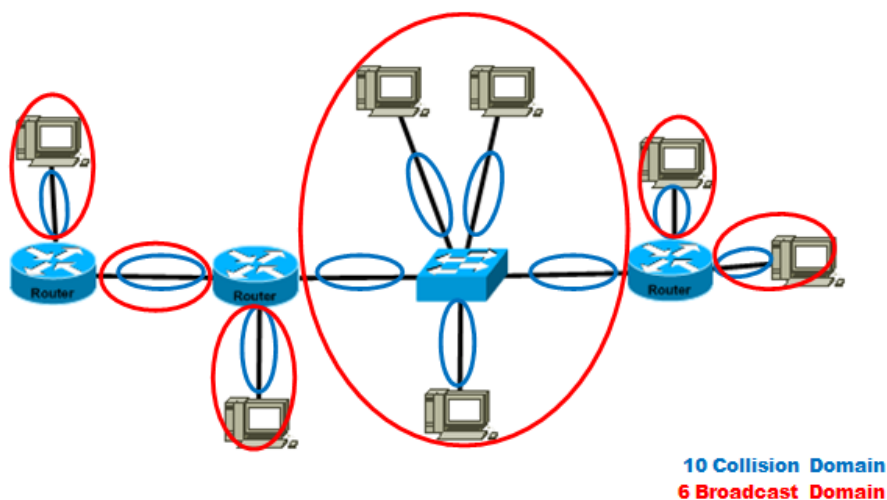
Εικόνα 33 Unicast, Broadcast και Multicast μεταφορά. Όλα όσα αναφέραμε.

2.4 Broadcast και Collision Domains

Όπως έχουμε πει και σε άλλο κεφάλαιο θέλουμε να αποφύγουμε τις συγκρούσεις στο δίκτυο για την καλύτερη μετάδοση των πακέτων. Για τον λόγο αυτό διαχωρίζουμε το δίκτυο σε broadcast και collision domains.

Ένα **collision domain** είναι ένας λογικός δικτυακός χώρος όπου τα πακέτα μπορούν να συγκρουστούν όταν αποστέλλονται μέσω ενός μέσου μετάδοσης το οποίο διαμοιράζεται, ειδικά αν σταλθούν την ίδια χρονική στιγμή από δύο ή περισσότερους κόμβους. Για να μειωθούν οι συγκρούσεις είναι προτιμότερο να χωρίζουμε το δίκτυο σε μικρότερα collision domains ώστε να μειωθούν οι πιθανότητες. Το collision domain μπορεί να οριστεί είτε στο hub, είτε σε μία θύρα ενός switch.

Ένα **broadcast domain** είναι τμήμα ενός δικτύου όπου οι κόμβοι μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους μέσω μηνυμάτων εκπομπής (broadcast frames). Ένα broadcast frame όπως είπαμε και στην προηγούμενη ενότητα είναι ένα μήνυμα που αποστέλλεται σε όλους τους κόμβους στο δίκτυο. Το broadcast domain είναι στην ουσία μικρότερα collision domains και ορίζεται σε δρομολογητές.



Εικόνα 34 Παράδειγμα δικτύου χωρισμένο σε broadcast και collision domain.

2.5 Διάφορα Τοπικά Δίκτυα

2.5.1 Δίκτυα δακτυλίου με κουπόνι

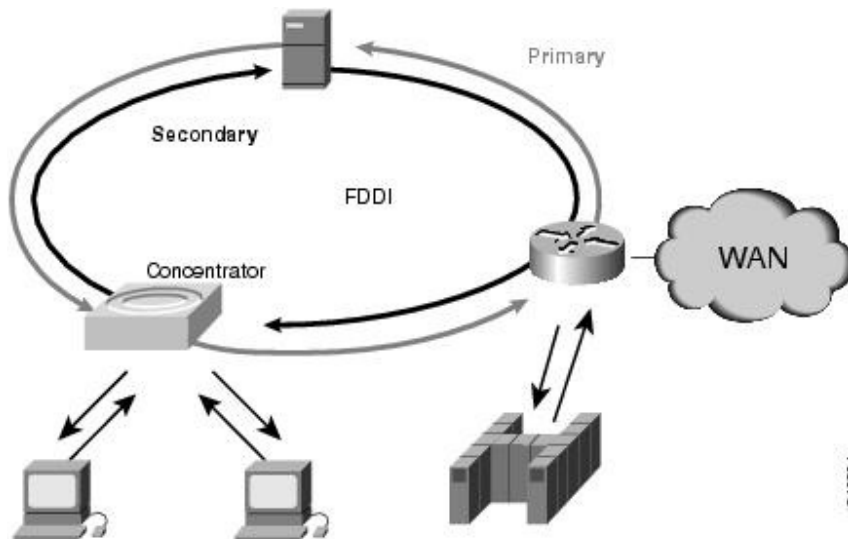
Η τεχνολογία του δακτυλίου με κουπόνι(Token Ring) υλοποιήθηκε από την **IBM**, στις αρχές της δεκαετίας του 1980, και σε αυτή βασίζεται το πρότυπο **IEEE 802.5**. Η τοπολογία του είναι δακτυλίου (βλ. εικόνα), αν και πλέον υλοποιείται σε τοπολογία αστέρα, και την λειτουργία του την αναλύσαμε σε προηγούμενη ενότητα. Αυτή η τεχνολογία περιορίζει τις συγκρούσεις και έχει καλύτερη συμπεριφορά όταν η κίνηση είναι μεγάλη, άρα είναι πιο κατάλληλη για εφαρμογές πολυμέσων σε σχέση με το Ethernet. Επίσης, προσφέρει και μεγαλύτερη ασφάλεια. Για τη διευκόλυνση της κυκλοφορίας της πληροφορίας που εξαρτάται από το χρόνο, έχει υλοποιηθεί ένα είδος προτεραιοτήτων, που δεσμεύει πόρους και τους διαθέτει σε αυτές. Ο ρυθμός μετάδοσης στο δίκτυο είναι 4 Mbps ή 16 Mbps, ενώ έχει περιορισμό στον αριθμό των κόμβων που μπορούν να συνδεθούν(250 κόμβοι).

2.5.2 Δίκτυα FDDI

Τα δίκτυα **FDDI(Fiber Distributed Data Interconnect,Διασύνδεση καταναμημένων δεδομένων με οπτικές ίνες)** αναπτύχθηκαν από την επιτροπή X3T9.5 του **Αμερικανικού Ινστιτούτου Τυποποιήσεων (American National standards Institute -ANSI)** στα μέσα της δεκαετίας 1980 και βασίζεται στην τοπολογία διπλού δακτυλίου με ταχύτητα μετάδοσης 100 Mbps. Δημιουργήθηκαν με σκοπό τα τοπικά δίκτυα να έχουν μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης από τα token ring δίκτυα. Επίσης μπορούν να διασυνδέσουν έως 500 κόμβους, με επιτρεπτό συνολικό μήκος ινών τα 200 Km. Η απόσταση μεταξύ των κόμβων δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 2 Km, όταν χρησιμοποιείται πολυτροπική ίνα, ή τα 10 Km για μονοτροπική ίνα.

Αργότερα αναπτύχθηκε μια πιο οικονομική έκδοση του FDDI που χρησιμοποιεί χάλκινα καλώδια **CDDI(Copper Distributed Data Interconnect)** και είναι χρήσιμη για δίκτυα που δεν εκτείνονται σε μεγάλες αποστάσεις(μέσα σε ένα γραφείο ή κτίριο). Τα δίκτυα CDDI είναι φθηνότερα όσον αφορά τον εξοπλισμό και ευκολότερα στην υλοποίηση και στην εγκατάσταση της καλωδίωσης.

Ο τρόπος λειτουργίας του FDDI είναι παρόμοιος με το token ring αλλά έχεις κάποιες διαφορές στην τοπολογία και στον χρόνο του κουπονιού. Χρησιμοποιεί διπλό δακτύλιο όπου ο ένας δακτύλιος χρησιμοποιεί την φορά του ρολογιού για την μεταφορά των πακέτων και ο άλλος την αντίθετη. Οι κόμβοι μπορούν να συνδεθούν και στους δύο και να επιλέγουν κάθε φορά από ποιον θέλουν να στείλουν τα δεδομένα τους. Επειδή το FDDI υποστηρίζει μεγάλο αριθμό κόμβων και συνήθως είναι μεγάλο το μήκος του, έχει αποφασιστεί να επιτρέπεται σε ένα κόμβο να αποδεσμεύει το κουπόνι μόλις τελειώνει τη μετάδοση των πακέτων του, χωρίς να χρειάζεται να περιμένει για να τα απορροφήσει. Έτσι υπάρχουν πολλά πακέτα ταυτόχρονα τα οποία απορροφώνται από τους παραλήπτες τους αντίστοιχα.



Εικόνα 35 Παράδειγμα FDDI

Το δίκτυο FDDI διαθέτει μηχανισμό για την εξυπηρέτηση επικοινωνιακών αναγκών που απαιτούν τη μεταφορά ευαίσθητων δεδομένων, παρέχοντας εγγύηση σταθερού ρυθμού μεταφοράς (π.χ. δεδομένα ήχου ή real-time εφαρμογές) .

2.5.3 Ασύρματα τοπικά δίκτυα 802.11

Ένα **ασύρματο τοπικό δίκτυο(Wireless LAN-WLAN)** αποτελείται από ένα σύνολο κόμβων που βρίσκεται σε μικρή περιοχή και αντί να χρησιμοποιήσουν ενσύρματο μέσο μεταφοράς για την σύνδεση τους, χρησιμοποιούν ραδιοκύματα.

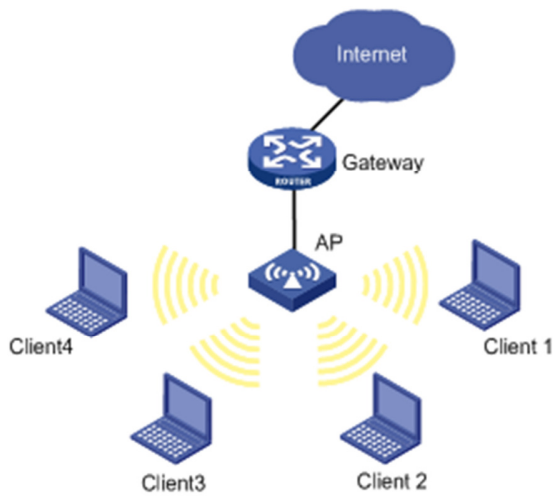
Τα χρησιμοποιούμε πιο πολύ σε περιοχές που η καλωδιακή εγκατάσταση είναι αδύνατη(σε παλιά κτήρια π.χ.) ή σε προσωρινές εγκαταστάσεις (π.χ. σε συνέδρια και διάφορες παρόμοιες εκδηλώσεις). Εκτός από τα εμφανή πλεονεκτήματα, ένα μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι έχουν την δυνατότητα υποστήριξης μετακινούμενων χρηστών. Δηλαδή ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στο δίκτυο από οποιοδήποτε σημείο του δικτύου.

Επειδή τα ασύρματα τοπικά δίκτυα έγιναν ευρέως αποδεκτά η IEEE δημιούργησε πολλά πρότυπα ασύρματων τοπικών δικτύων όπως το 802.11 (επικυρώθηκε το 1997) με ταχύτητες μετάδοσης 1 και 2 Mbps , 802.11b (1999) με ταχύτητα μετάδοσης 11 Mbps κ.τ.λ.

Τέλος στην αποδοχή των WLANs έπαιξε μεγάλο ρόλο και η πιστοποίηση Wi-Fi (wireless fidelity) που δημιούργησε μια ομάδα με τους μεγαλύτερους κατασκευαστές προϊόντων 802.11,η γνωστή WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance).

Ο τρόπος λειτουργίας του WLAN

Οι μετακινούμενοι χρήστες στέλνουν και λαμβάνουν τα πακέτα μέσω ενός σταθμού βάσης (το λεγόμενο wireless access point) μέσα σε μια περιοχή. Ο σταθμός βάσης συνδέεται με το ενσύρματο διαδίκτυο και έτσι μπορεί και χειρίζεται τους κόμβους που είναι ασύρματα συνδεδεμένοι.

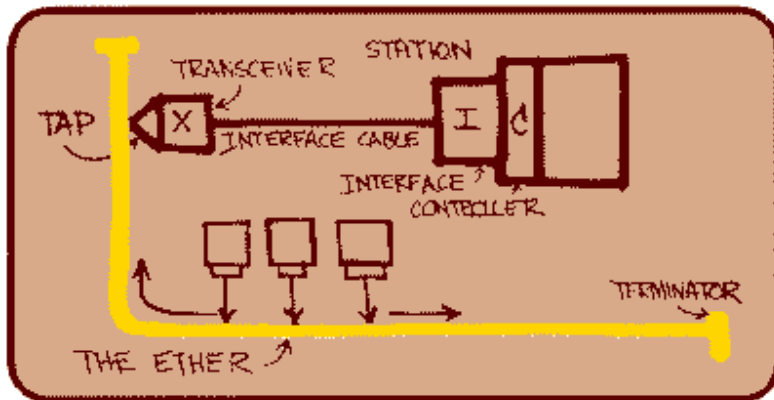


Εικόνα 36 Παράδειγμα Ασύρματου Τοπικού Δικτύου.

2.5.4 Δίκτυα IEEE 802.3 (Ethernet)

Το πρότυπο **802.3** είναι το επικρατέστερο για την ανάπτυξη των τοπικών δικτύων. Περιλαμβάνει μια ποικιλία πολλών πρωτοκόλλων, έχουν ταχύτητες μετάδοσης από 10 Mbps έως 10 Gbps, και χρησιμοποιούν όλα το CSMA/CD ως μηχανισμό πολλαπλής πρόσβασης.

Είναι βασισμένο στο σύστημα **Ethernet**, το οποίο χρησιμοποιεί κι αυτό CSMA/CD και το ανέπτυξαν ο **Robert Metcalfe με τον David Boggs** στην εταιρία **Xerox** (1976) με σημείο αφετηρίας τη διδακτορική διατριβή του πρώτου στο M.I.T με θέμα πάνω στα LANs. Σκοπός του Ethernet ήταν να διασυνδέσουν πάνω από 100 σταθμούς εργασίας σε ένα καλώδιο μήκους 1 Km. Την ονομασία του την πήρε από το **luminiferous ether** (φωτεινό αιθέρα) μέσω του οποίου θεωρούνταν ότι μεταδιδόταν η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.



Εικόνα 37 Ένα διάγραμμα του πρώτου συστήματος Ethernet σχεδιασμένο από τον εφευρέτη του, τον Robert Metcalfe.

Ο όρος «Ethernet» που συναντάμε πλέον στα τοπικά δίκτυα αναφέρεται συνήθως για να περιγράψει το πρότυπο 802.3.

Κατηγορίες Τοπικών Δικτύων 802.3

Τα τοπικά δίκτυα 802.3 χωρίζονται σε 3 κατηγορίες ανάλογα με την ταχύτητα μετάδοσης που έχουν και είναι οι εξής:

- Τα δίκτυα Ethernet που έχουν ταχύτητα μετάδοσης 10 Mbps,
- Τα δίκτυα Fast Ethernet με ταχύτητα μετάδοσης 100 Mbps,
- Τα δίκτυα Gigabit Ethernet με ταχύτητα 1 Gbps,
- Τέλος τα Δίκτυα 10 Gigabit Ethernet με ταχύτητα 10 Gbps που είναι και τα πιο πρόσφατα.

Τα δίκτυα 802.3 χρησιμοποιούν για μέσα μεταφοράς καλώδια συνεστραμμένων ζευγών ή οπτικές ίνες και η τοπολογία που επιλέγεται είναι συνήθως η τοπολογία αστέρα.

Μέχρι το 1995 περίπου είχαμε δύο μόνο κατηγορίες Ethernet που χρησιμοποιούσαν και οι δύο τοπολογία αρτηρίας. Το 10Base – 5 που είναι γνωστό και ως Thick Ethernet και το 10Base – 2 που είναι γνωστό και ως Thin Ethernet αλλά έπαψαν να τις χρησιμοποιούν για λόγους ευχρηστίας και κόστους.

Τα πρότυπα των δικτύων 802.3 έχουν μια ιδιαίτερη ονομασία που συνοψίζει τα χαρακτηριστικά τους και είναι χωρισμένο σε τρία μέρη. Το πρώτο τμήμα αντιστοιχεί στην ταχύτητα της μετάδοσης, το δεύτερο στην περιοχή συχνοτήτων και το τρίτο στο τύπο μέσου μετάδοσης που χρησιμο-

ποιείται στο δίκτυο. Π.χ. 100Base – FX που σημαίνει έχει ταχύτητα 100 Mbps, είναι στην βασική ζώνη συχνοτήτων (base –baseband) και χρησιμοποιεί οπτικές ίνες(fiber)

Παρακάτω στον πίνακα μπορούμε βλέπουμε μαζικά τα χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας 802.3 και τις ονομασίες στην καθεμία.

	Ethernet	Fast Ethernet	Gigabit Ethernet	10 Gigabit Ethernet
IEEE Standard	802.3	802.3u	802.3z	802.3ae
Bandwidth	10Mbps	100Mbps	1Gbps	10Gbps
Access Method	CSMA/CD		CSMA/CD Και Central Switch	Central Switch
Topology	Bus, Star	Star	Star	Star
Transmission Media	Ομοαξονικό καλώδιο ή Καλώδιο Συνεστραμμένου ζεύγους	Καλώδιο Συνεστραμμένου ζεύγους ή πολυτροπικές οπτικές ίνες	Καλώδιο Συνεστραμμένου ζεύγους ή οπτική ίνα	Οπτική Ίνα
Ονομασία στην κάθε κατηγορία	10BASE2 και 5 10BASE-T και -F	100Base – TX 100Base – FX	1000Base – T 1000Base – SX 1000Base – LX	10GBASE-SR 10GBASE-LR 10GBASE-ER 10GBASE-LRM 10GBASE-LX4

Όπως βλέπουμε κάθε νέα κατηγορία που αναπτύσσεται έχει ως σκοπό την καλύτερη ταχύτητα μετάδοσης και την ταυτόχρονα την συμβατότητα με τα πρότυπα καλωδίωσης, τοπολογίας κ.τ.λ.

Μορφή πλαισίου του πρότυπου 802.3

Όλα τα τοπικά δίκτυα 802.3 χρησιμοποιούν την ίδια μορφή πακέτου για να μεταδώσουν τα δεδομένα τους. Τα πακέτα του 802.3 έχουν μεταβλητό μήκος και κανένα δεν είναι μικρότερο από

64 και μεγαλύτερο από 1518. Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε τι περιλαμβάνει η μορφή τους.

Προοίμιο (preamble)	Διεύθυνση Προορισμού (Destination Address)	Διεύθυνση Προέλευσης (Source Address)	Τύπος πακέτου	Δεδομένα πακέτου	CRC
64 bit	48 bit	48 bit	16 bit	46-1500 οκτάδες	32 bit

- Το προοίμιο βοηθάει στον συγχρονισμό του δέκτη.
- Η διεύθυνση πηγής προσδιορίζει τον αποστολέα του πλαισίου, ενώ η διεύθυνση προορισμού τον παραλήπτη ή τους παραλήπτες (στην ειδική περίπτωση όπου αυτή είναι ομαδική διεύθυνση).
- Το πεδίο τύπου πακέτου περιέχει τον τύπο της πληροφορίας που μεταφέρεται στο πακέτο.
- Και τέλος το πακέτο εξοπλίζεται με έναν κώδικα κυκλικού πλεονασμού (CRC), μεγέθους 32 bits, για να διευκολυνθεί η ανίχνευση σφαλμάτων μεταφοράς στο άκρο του παραλήπτη.

3 Εικονικά Τοπικά Δίκτυα (Virtual LANs-VLANs)

Σύμφωνα με όσα έχουμε δει στις προηγούμενες ενότητες, όλοι οι κόμβοι που συνδέονται σε ένα τοπικό δίκτυο διαχωρίζονται και συνθέτουν το αντίστοιχο broadcast domain. Πολλές φορές όμως ένα πολύπλοκο δίκτυο χρειάζεται περισσότερα ανεξάρτητα broadcast domains για περισσότερη ασφάλεια και για εύκολη διαχείριση. Την ανάγκη αυτή ήρθαν να καλύψουν τα **Εικονικά Τοπικά δίκτυα (VLANs)**.

Με τη δημιουργία VLANs γίνεται ομαδοποίηση των χρηστών σε σύνολα που χρειάζονται τις ίδιες ρυθμίσεις και έχουν τα ίδια δικαιώματα στο δίκτυο, ανεξάρτητα από το σημείο που βρίσκονται οι υπολογιστές τους. Υποστηρίζονταν αρχικά από switches επιπέδου 2, αλλά τελευταία υπο-

στηρίζονται και από switches επιπέδου 3 οι οποίοι είναι καλύτερη επιλογή γιατί παρέχουν δρομολόγηση, υπηρεσίες δικτύου και προστατεύουν από βλάβες το δίκτυο.

Τα VLANs αναπτύχθηκαν αρχικά από τον Walter David "Dave" Sincoskie σε προσπάθειες που έκανε για να μειώσει τον όγκο των πακέτων broadcast σε μεγάλα δίκτυα.

Τα VLANs ανάλογα με την ονομασία τους στο δίκτυο, που περιέχει το όνομα και έναν κωδικό (π.χ. VLAN 500) που χαρακτηρίζει τον τύπο του. Αν είναι ο κωδικός του από 1-1005 θεωρείται φυσιολογικό εύρος άρα ονομάζεται Normal VLAN, αν είναι από 1006-4094 είναι η εκτεταμένη σειρά άρα ονομάζεται Extended VLAN.

Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα

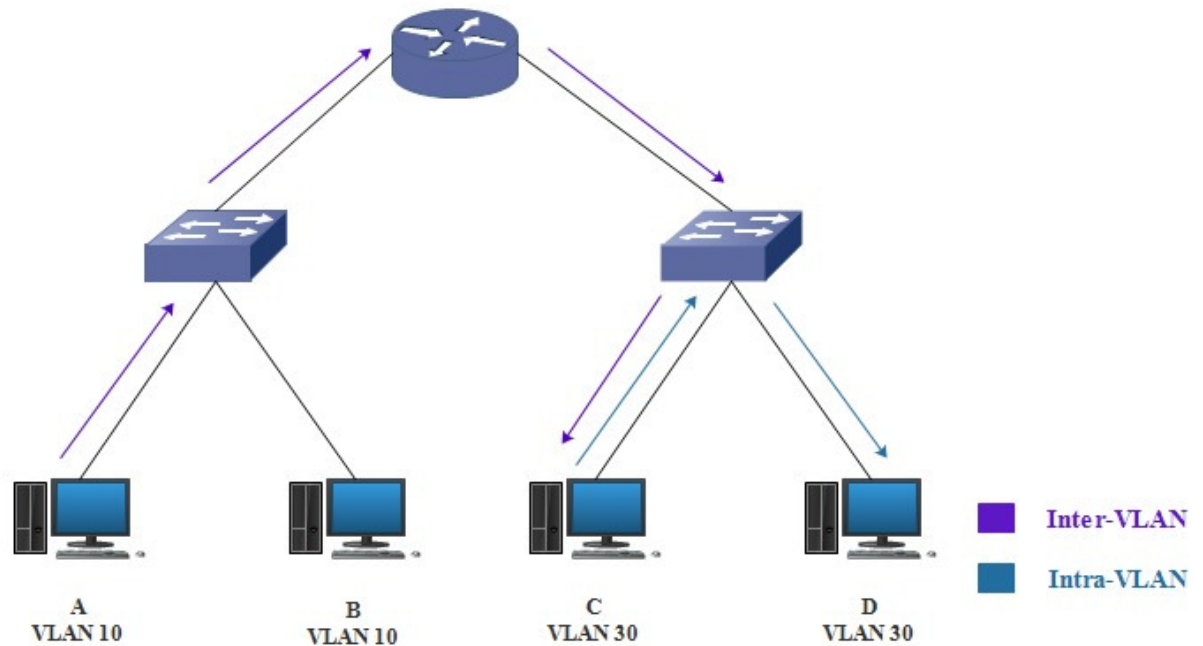
Φυσικά τα εικονικά δίκτυα παρέχουν πιο πολλά οφέλη στο δίκτυο παρά μειονεκτήματα. Παρακάτω θα δούμε μερικά από αυτά. Μερικά από τα οφέλη που παρέχουν είναι:

- Ευκολότερες μετακινήσεις και οι αλλαγές των χρηστών μέσα στο κάθε VLAN του δικτύου.
- Εικονικές ομάδες εργασίας. Χρησιμοποιούνται ομάδες με έναν λογικό συνδυασμό μεταξύ των χρηστών, όπου το μεγαλύτερο μέρος της κίνησης σε μια ομάδα εργασίας μένει στην ίδια broadcast περιοχή.
- Περιορισμός του broadcast domain χρησιμοποιώντας switches.
- Μειώνεται το φόρτο εργασίας για το Spanning Tree Protocol (STP), με τον περιορισμό ενός VLAN σε ένα μόνο switch.
- Καλύτερη ασφάλεια, κρατώντας συσκευές που δουλεύουν με ευαίσθητα δεδομένα σε ένα ξεχωριστό VLAN.

Το κύριο μειονέκτημα των VLANs είναι ότι περιέχουν σύνθετες ρυθμίσεις. Π.χ. σε ένα δίκτυο με πολλά VLANs απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός και ρύθμιση στις συσκευές του δικτύου. Έχουν γίνει βέβαια προσπάθειες να μην υπάρχει αυτό το πρόβλημα π.χ. μέσω συστημάτων (vtr κ.τ.λ.) ή αλγόριθμων αλλά δεν παύει να θεωρείται ένα αρνητικό τους.

Intra-VLAN/Inter-VLAN κίνηση

Η κίνηση στο δίκτυο μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε δύο περιπτώσεις: στην Intra-VLAN και στην Inter-VLAN δρομολόγηση. Στην πρώτη περίπτωση οι μεταφορές των δεδομένων γίνονται μέσα στο ίδιο εικονικό δίκτυο μέσω του switch. Στην δεύτερη περίπτωση η μεταφορά των δεδομένων γίνεται από το ένα εικονικό δίκτυο σε ένα άλλο δηλαδή για να μεταφερθούν χρησιμοποιούν δρομολογητή ή switch επιπέδου 3.

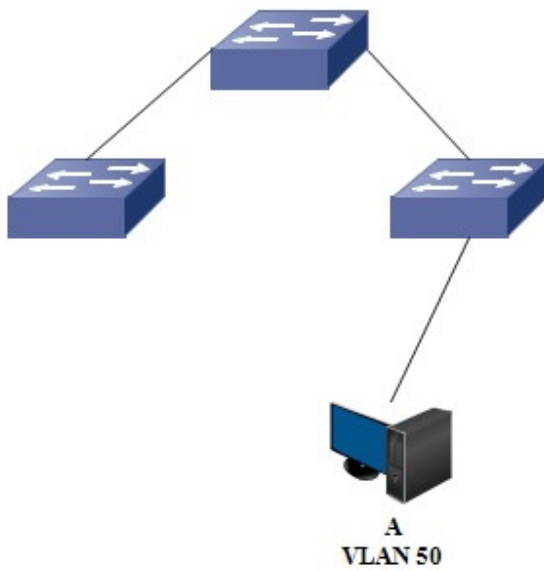


Εικόνα 38 Intra-VLAN και Intra- VLAN κίνηση. Όσα αναφέραμε σε εικόνα.

3.1 Τύποι ελέγχου μετάδοσης πακέτων στα VLANs

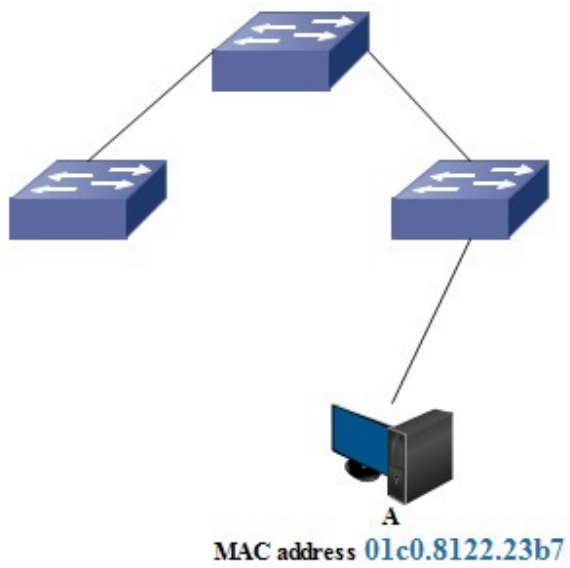
Σύμφωνα με όσα είπαμε παραπάνω τα VLANs μας δίνουν την δυνατότητα να ορίσουμε ένα ξεχωριστό και μικρότερο broadcast domain. Σε αυτή την ενότητα θα αναλύσουμε τους τύπους που κατηγοριοποιούνται τα VLANs ώστε να μπορέσουμε να ορίσουμε ένα VLAN και να ελέγξουμε με αυτή την ομαδοποίηση το που θα μεταδοθούν τα πακέτα δεδομένων . Οι Τρεις τύποι λοιπόν είναι οι εξής:

Αρχικά είναι τα **Port-Based VLANs**. Δηλαδή είναι Εικονικά δίκτυα τα οποία ορίζονται σε κάθε θύρα του switch(βλ. εικόνα).



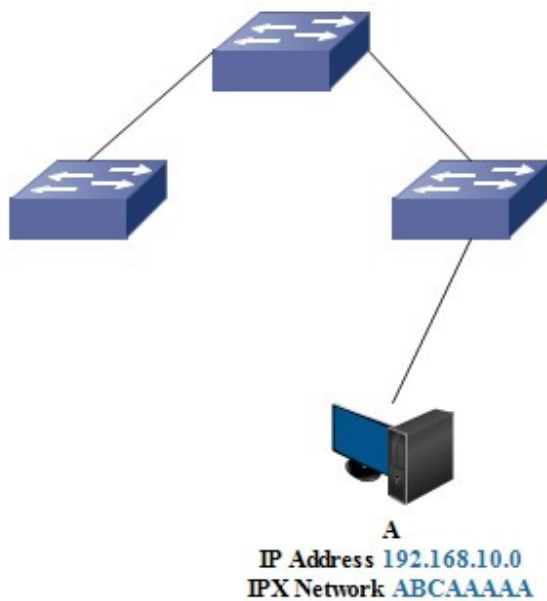
Εικόνα 39 Ένα μέρος δικτύου το οποίο περιλαμβάνει ένα port-based VLAN που ονομάζεται VLAN50.

Τα **Mac Address-based VLANs** είναι βασισμένα και ρυθμίζονται με την φυσική διεύθυνση του κάθε κόμβου(βλ. εικόνα).



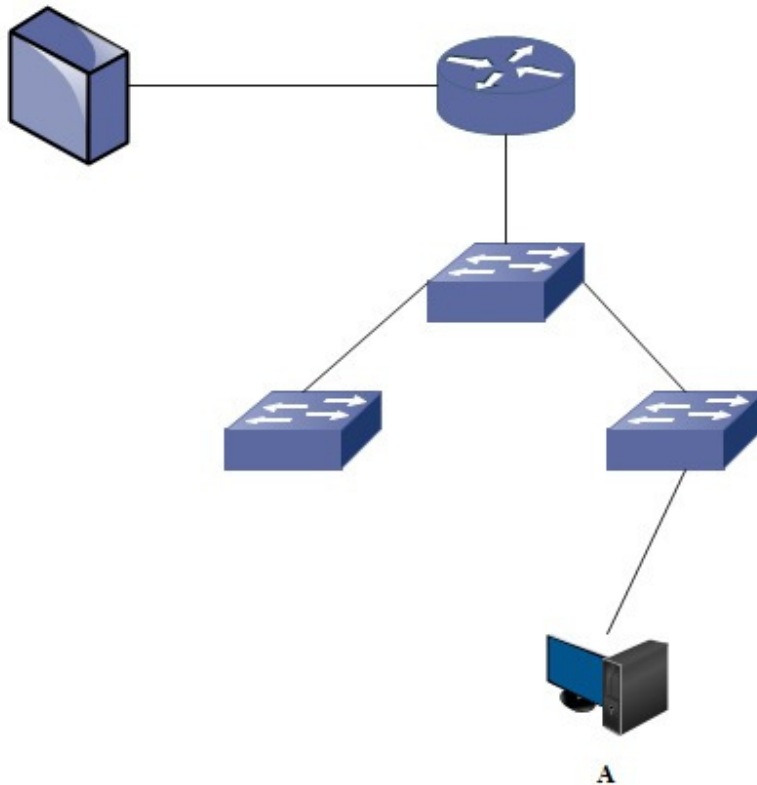
Εικόνα 40 Ένα μέρος δικτύου το οποίο περιλαμβάνει MAC-address based VLAN. Όπως βλέπουμε ο χρήστης A έχει την διεύθυνση 01c0.8122.23b7

Τα **Protocol-based VLANs** τα οποία ρυθμίζονται από το πρωτόκολλο δικτύου το οποίο ανήκει ο κόμβος(βλ. εικόνα).



Εικόνα 41 Ένα μέρος δικτύου το οποίο περιλαμβάνει Protocol-based VLAN. Βλέπουμε τον χρήστη A και το δίκτυο που ανήκει για να μπορέσουμε να μάθουμε σε ποιο πρωτόκολλο ανήκει το δίκτυο και να δημιουργήσουμε VLAN.

Τέλος, τα **Dynamic VLANs** ρυθμίζονται με βάση το προφίλ του κάθε χρήστη και απαιτούν μια βάση δεδομένων που θα αποθηκεύει τα προφίλ των χρηστών που είναι συνδεδεμένοι στο VLAN(βλ. εικόνα).



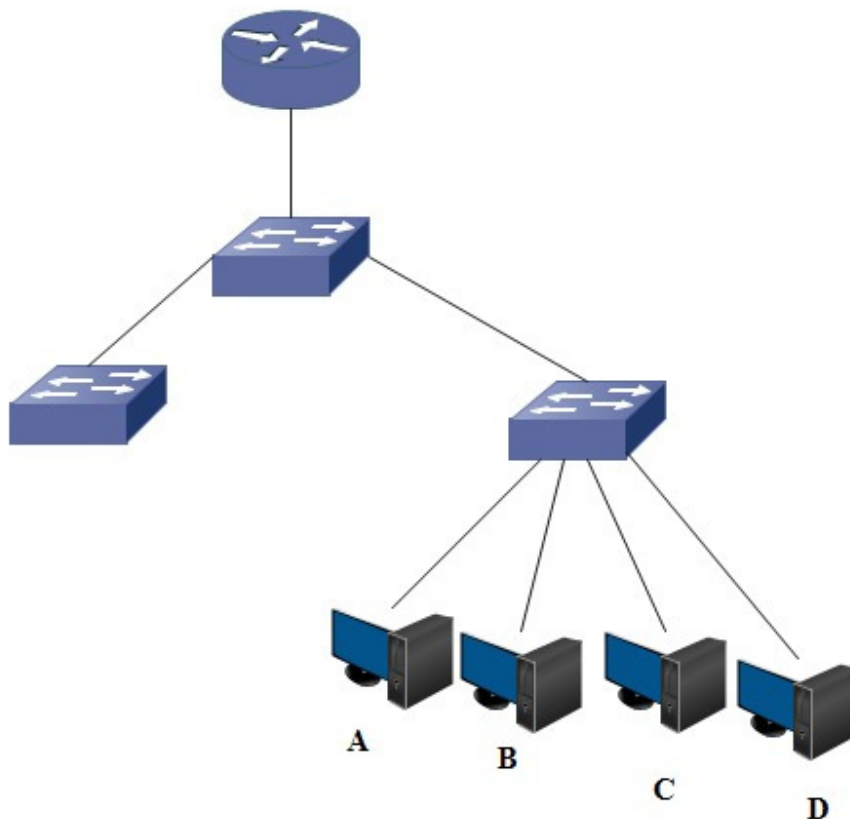
Εικόνα 42 Ένα παράδειγμα δικτύου που χρησιμοποιεί Dynamic VLAN. Σε αυτή την περίπτωση μόλις συνδέεται ο χρήστης, ο server βλέπει ότι συνδέεται, ελέγχει το προφίλ και λέει στις συσκευές του δικτύου να ρυθμίσουν τον χρήστη A στο ανάλογο VLAN.

3.2 Μέθοδοι VLANs

Όπως είπαμε και στα πλεονεκτήματα τα VLANs μας βοηθούν στην μετακίνηση των χρηστών και στην επέκταση της κίνησης. Για να μπορέσουμε να τα αντιμετωπίσουμε όμως χρησιμοποιούμε κάποιες μεθόδους, τις οποίες και θα εξηγήσουμε αναλυτικά παρακάτω.

Μέθοδος User level στα VLANs

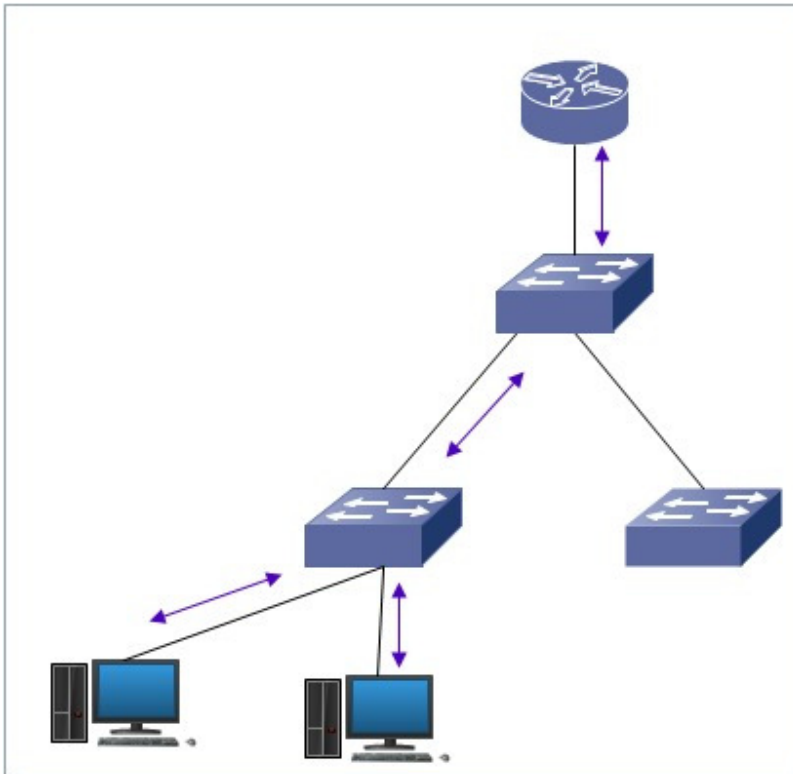
Η μέθοδος User level επιτρέπει στους χρήστες να ανήκουν στο ίδιο VLAN ανεξάρτητα από την θέση που βρίσκονται μέσα στο δίκτυο και να έχουν την ίδια πρόσβαση στις συσκευές. Παρέχει ευελιξία στους χρήστες αλλά μόνο αν η κίνηση είναι τοπική στο VLAN. Στην περίπτωση που η κίνηση δεν είναι τοπική τότε δεν έχει σημασία το VLAN που ανήκει ο χρήστης. Η συγκεκριμένη μέθοδος υλοποιείται συνήθως σε Mac Address-based VLANs και σε Dynamic VLANs γιατί η MAC διεύθυνση και το προφίλ χρήστη παραμένουν σταθερά στο δίκτυο.



Εικόνα 43 Παράδειγμα της μεθόδου User level. Οι χρήστες μπορούν οποιαδήποτε στιγμή να μετακινηθούν στο δίκτυο χωρίς να επηρεαστεί η πρόσβαση τους στο VLAN

Wiring closet VLANs

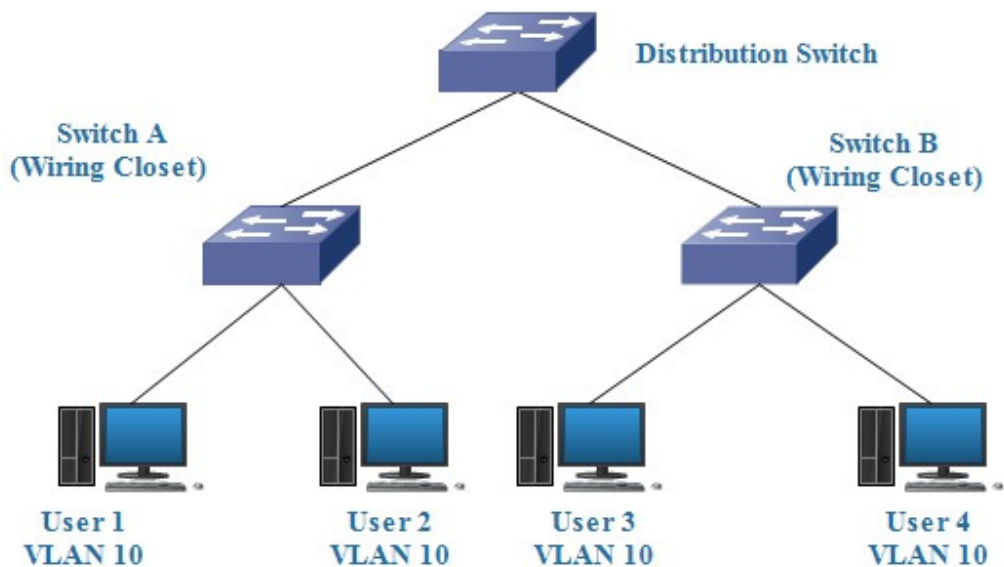
Η μέθοδος Wiring closet παρέχει έλεγχο μετάδοσης κίνησης στο δίκτυο αλλά μειώνει την ευελιξία των χρηστών και δεν μπορούν να μετακινηθούν γιατί οι χρήστες ενός VLAN θα πρέπει να είναι συνδεδεμένοι στο ίδιο switch άρα και σε κοντινή απόσταση. Υλοποιείται συνήθως σε port based VLANs γιατί δεν συνδέουν το VLAN με συγκεκριμένους χρήστες.



Εικόνα 44 Παράδειγμα με την μέθοδο Wiring closet. Wiring closet switch θεωρούνται τα switch που είναι συνδεδεμένοι οι κόμβοι.

Distribution switch VLANs

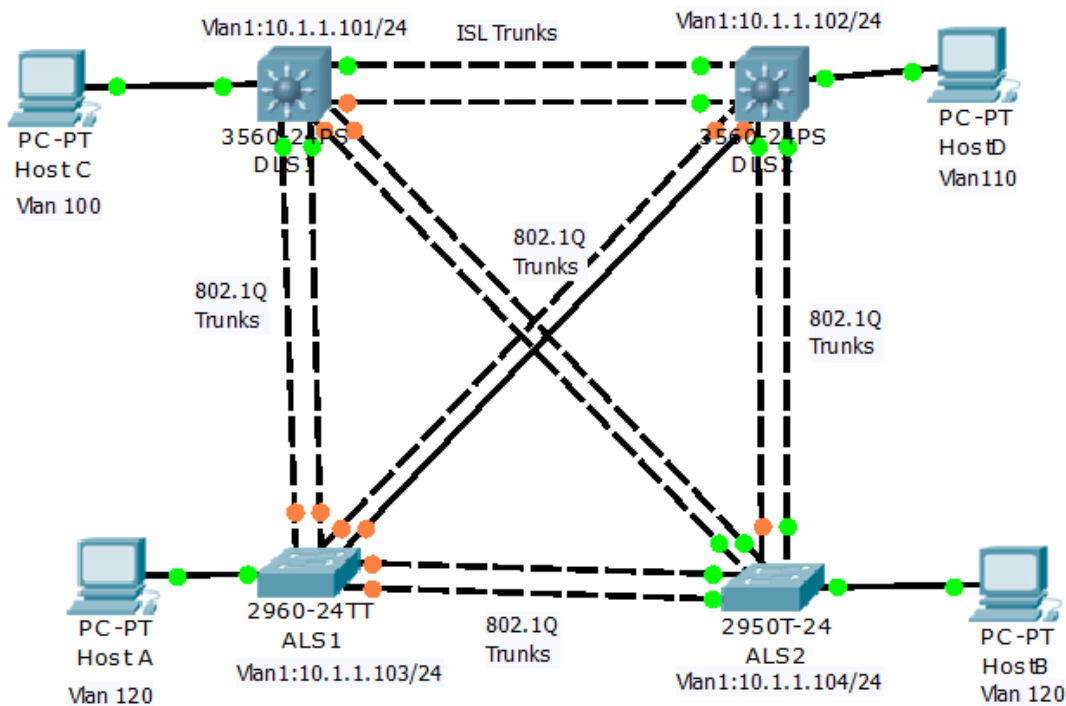
Η μέθοδος Distribution switch είναι η μέση λύση των δύο προηγούμενων. Δηλαδή παρέχουν και ευελιξία και επέκταση της κίνησης αλλά σε μία μέση κατάσταση. Δεν θεωρείται καλύτερη από τις δύο προηγούμενες αλλά ούτε και χειρότερη. Υλοποιείται συνήθως σε port based VLANs.



Εικόνα 45 Παράδειγμα με την μέθοδο Distribution switch. Οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να μετακινηθούν σε όποιο switch θέλουν λόγω της ευελιξίας που προσφέρει η μέθοδος.

3.3 VLAN Trunking

Γενικά **VLAN Trunking** είναι ο τρόπος των switch να περάσουν κίνηση για πολλά VLANs μέσα από μία μόνο σύνδεση. Υπάρχουν δύο τρόποι να ρυθμίσουμε μια trunk σύνδεση: ο ένας είναι χειροκίνητα σε κάθε συσκευή του δικτύου ξεχωριστά το οποίο προφανώς θα είναι πολύπλοκο και ο δεύτερος δυναμικά μέσω του DTP πρωτόκολλου ή μέσω του VTP πρωτόκολλου που θα τα αναλύσουμε σε επόμενη ενότητα αναλυτικά.



Εικόνα 46 Παράδειγμα δικτύου με trunk συνδέσεις από το πρόγραμμα Packet tracer.

Προϋποθέσεις

Φυσικά και για να ρυθμίσουμε μια **trunk** σύνδεση θα πρέπει να υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις στα switch. Τα switch δηλαδή θα πρέπει :

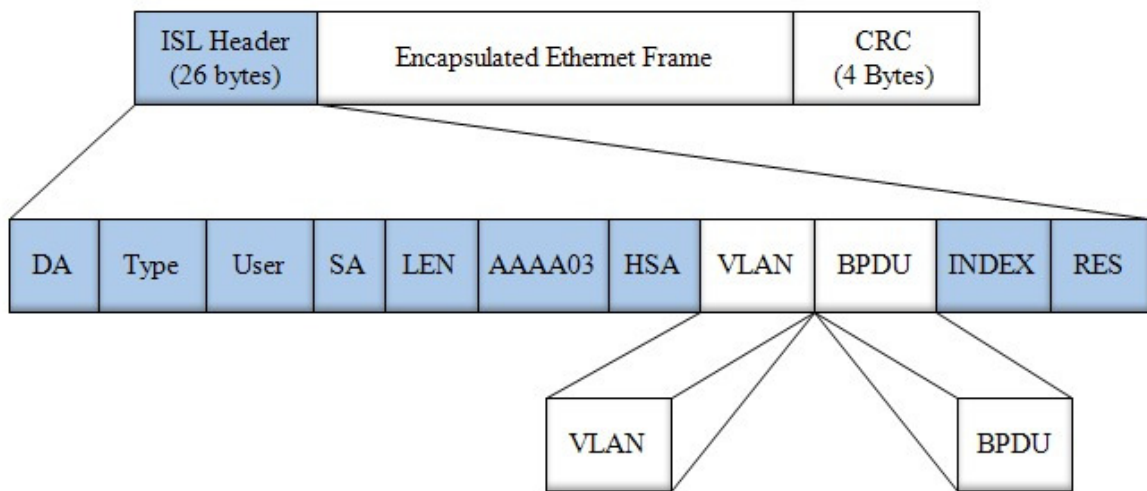
- να συμφωνούν στην trunk υλοποίηση.
- να συμφωνούν στον μηχανισμό ενθυλάκωσης που θα χρησιμοποιηθεί.
- να έχουν VLANs τα οποία θα είναι κατάλληλα ρυθμισμένα.

3.3.1 Πρωτόκολλα Ενθυλάκωσης

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι πρωτοκόλλων ενθυλάκωσης που χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν δεδομένα από τις trunk συνδέσεις. Είναι το **ISL** το οποίο δημιουργήθηκε από την Cisco και το **IEEE 802.1Q** το οποίο δημιουργήθηκε από την IEEE.

ISL

Το ISL πρωτόκολλο παρέχει μια δυνατότητα στα VLANs για να διατηρεί πλήρη απόδοση ασύρματης ταχύτητας στις συνδέσεις Ethernet που λειτουργούν σε πλήρη αμφίδρομη ή ημι-αμφίδρομη λειτουργία. Λειτουργεί σε συνδέσεις σημείο προς σημείο (point-to-point) και μπορεί να υποστηρίξει μέχρι και 1000 VLANs. Ουσιαστικά αυτό που κάνει είναι να ενθυλακώνεται μέσω του DTP στο πακέτο δεδομένων και η θύρα που ρυθμίζεται στο switch ως trunk χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο ISL. Ας δούμε πιο αναλυτικά τα πεδία της ISL επικεφαλίδας.



Εικόνα 47 ISL Header.

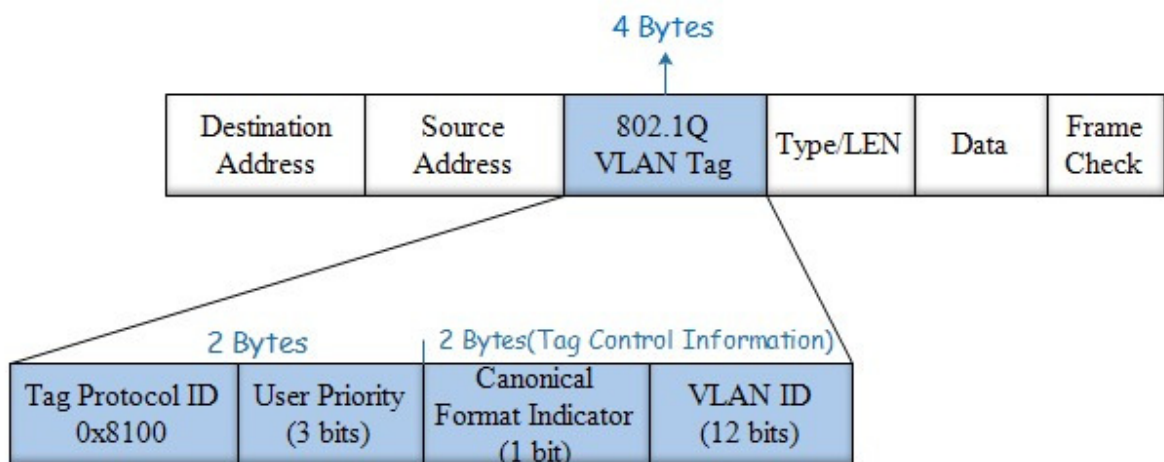
Όπως βλέπουμε και στην εικόνα η ISL επικεφαλίδα περιέχει τα ακόλουθα πεδία:

- DA: 40-bit διεύθυνση πολλαπλού προορισμού.
- Type : 4-bit περιγραφή των τύπων των ενθυλακωμένων πλαισίων.
- User : 4-bit περιγραφή του τύπου επέκτασης του πεδίου ή καθορίζει τις προτεραιότητες του Ethernet.
- SA: 48-bit MAC διεύθυνση του switch.
- LEN: 16-bit περιγραφής του μήκους του πλαισίου που περιέχει όλα τα προηγούμενα και το CRC.

- AAAA03: Standard SNAP 802.2 LLC επικεφαλίδα.
- HSA: Τα πρώτα 3-bytes του SA.
- VLAN: 15-bit VLAN ID. Μόνο τα χαμηλότερα bits χρησιμοποιούνται για 1024 VLANs.
- BPDU: 1-bit εντοπισμού αν το πλαίσιο είναι BPDU(Spanning Tree Bridge Protocol data unit)
- INDEX: 16-bit προσδιορισμού κωδικού θύρας.
- RES: 16-bit χρησιμοποιείται για πρόσθετες πληροφορίες

IEEE 802.1Q

Σε αντίθεση με το ISL το IEEE 802.1Q υποστηρίζει 4096 VLANs. Στην διαδικασία ενθυλάκωσης εισάγεται μια ετικέτα μεγέθους 4 byte στο αρχικό πακέτο δεδομένων και μετά αναγκαστικά γίνεται επαναυπολογισμός της ακολουθίας ελέγχου του αρχικού πακέτου (FCS) γιατί βασίζεται στα περιεχόμενα ολόκληρου του πακέτου. Η παρακάτω εικόνα μας δείχνει τα πεδία της διαδικασίας ενθυλάκωσης στο πρωτόκολλο IEEE 802.1Q.



Εικόνα 48 IEEE 802.1Q Header.

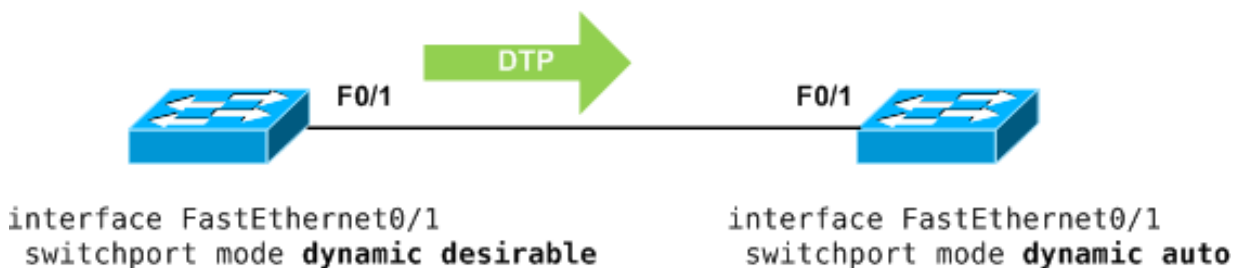
Όπως βλέπουμε και στην εικόνα τα πεδία της IEEE 802.1Q Επικεφαλίδας είναι τέσσερα. Η λειτουργία του κάθε πεδίου είναι η παρακάτω:

- **TPID:** Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του πλαισίου ως IEEE πλαίσιο 802.1Q. Η τιμή έχει οριστεί να είναι 0x8100

- **User Priority:** Δείχνει το επίπεδο προτεραιότητας του πακέτου. Π.χ. το 0 σημαίνει καλύτερη προσπάθεια, το 7 σημαίνει υψηλότερη και το 1 αντιπροσωπεύει τη χαμηλότερη προτεραιότητα.
- **CFI:** Παλαιότερα ήταν γνωστό ως CFI (αναγνωριστικό Canonical μορφής) αλλά τώρα είναι γνωστό ως DEI (Drop eligible indicator). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με προτεραιότητα χρήστη για να σηματοδοτήσει τα πακέτα που μπορεί να πέσουν σε περίπτωση κυκλοφοριακής συμφόρησης.
- **VLAN ID:** Καθορίζει τον κωδικό VLAN στον οποίο ανήκει το πακέτο.

3.3.2 Dynamic Trunking Protocol

Το **Dynamic Trunking Protocol(DTP)** είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο βοηθά τους switch να διαπραγματευτούν την πρόσβαση στις trunk θύρες και τον μηχανισμό ενθυλάκωσης που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε θύρα. Χρησιμοποιείται για να μας βοηθήσει να ρυθμίσουμε τις VLAN trunk θύρες αυτόματα.



Εικόνα 49 Παράδειγμα του DTP. Βλέπουμε ότι αφού ρυθμίσουμε την θύρα στο ένα switch, η θύρα στο άλλο θα ρυθμιστεί αυτόματα(auto).

Πηγή εικόνας: Disabling Dynamic Trunking Protocol (DTP) -

<http://packetlife.net/blog/2008/sep/30/disabling-dynamic-trunking-protocol-dtp/>

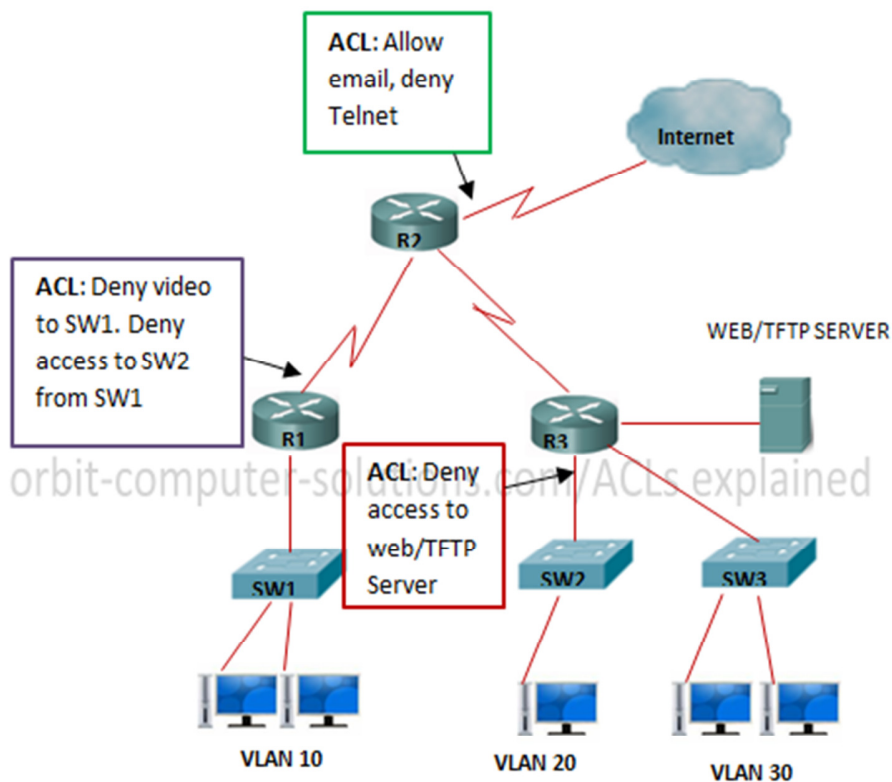
3.4 Πρότυπα SDM (Switching Device Manager)

Με τα πρότυπα **SDM** μπορούμε να βελτιστοποιήσουμε τους πόρους για διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης στο δίκτυο. Παρακάτω θα αναλύσουμε ένα από τα πιο κύρια για να καταλάβουμε καλύτερα την χρήση και τον τρόπο λειτουργίας τους.

3.4.1 Λίστες ρύθμισης πρόσβασης (Access Control Lists-ACL)

Οι λίστες ρύθμισης πρόσβασης είναι βασικά ένα σύνολο εντολών που ομαδοποιούνται και μας επιτρέπουν να ρυθμίζουμε την κίνηση του κάθε χρήστη ή ομάδας χρηστών σε κάθε τμήμα του δικτύου. Το πρότυπο ACL υποστηρίζει τον μέγιστο αριθμό λιστών και επιτρέπει την δρομολόγηση.

Όταν θέλουμε να ενεργοποιήσουμε μια λίστα ρύθμισης πρόσβασης πρέπει να καθορίσουμε προς ποια κατεύθυνση θα ρυθμίζεται η κίνηση. Είτε θα είναι εισερχόμενη κίνηση δηλαδή η κίνηση προς τις διεπαφές, είτε θα είναι εξερχόμενη κίνηση δηλαδή η κίνηση από τις διεπαφές προς τα έξω. Βέβαια μπορεί να μας επιτραπεί μόνο μια λίστα ρύθμισης πρόσβασης ανά διεπαφή και όχι προς τις δύο κατευθύνσεις.



Εικόνα 50 Παράδειγμα δικτύου που χρησιμοποιεί Access Control List.

Πηγή εικόνας : Access Control Lists (ACLs)- <https://seyma4shared.wordpress.com/technology-2/cisco/access-control-lists-acl/>

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα βλέπουμε ότι επιτρέπει το email και απαγορεύει το telnet. Επίσης επιτρέπει τα βίντεο στον SW1 και απαγορεύει την πρόσβαση στον SW2 από τον SW1. Τέλος απαγορεύει την πρόσβαση του SW2 στον web/TFTP server του δικτύου.

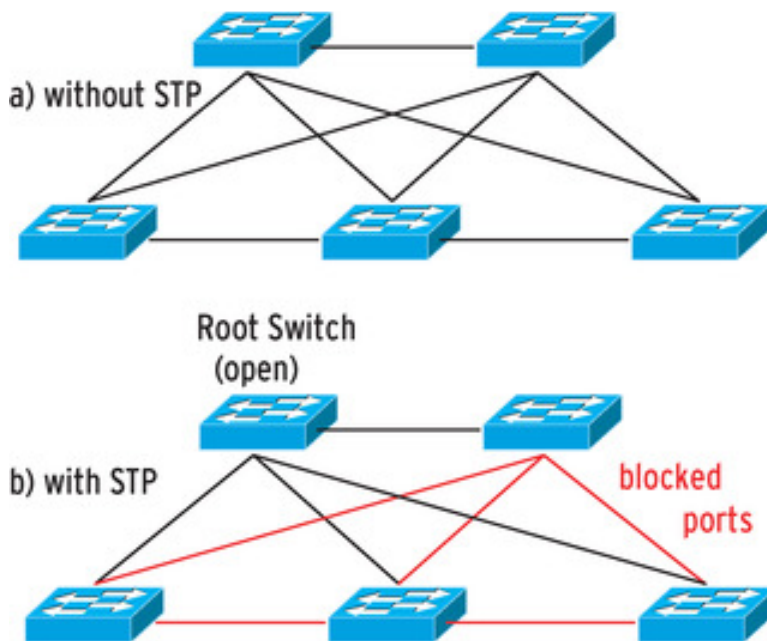
Υπάρχουν δύο γενικοί τύποι των Access Control Lists και είναι οι εξής:

- Οι τυπικές λίστες ελέγχου πρόσβασης: Οι τυπικές λίστες ελέγχου πρόσβασης (Standard IP access Lists) ελέγχουν την διεύθυνση πηγής των πακέτων που δρομολογούνται. Το αποτέλεσμα επιτρέπει ή απορρίπτει την έξοδο του πακέτου για όλα τα πρωτόκολλα.
- Οι εκτεταμένες λίστες ελέγχου πρόσβασης (Extended access Lists): Ελέγχουν για διευθύνσεις πηγής και προορισμού του πακέτου. Επίσης μπορούν να ελέγχουν για συγκεκρι-

μένα πρωτόκολλα, τον αριθμό των θυρών, και άλλες παραμέτρους, που δίνουν στους διαχειριστές πιο πολύ ευελιξία περιγράφοντας τα πακέτα που αναφέρονται.

3.5 Πρωτόκολλο Δένδρου κάλυψης(Spanning Tree Protocol) στα VLANs

Το πρωτόκολλο **Spanning Tree (STP)** είναι ένα πρωτόκολλο δικτύου που εξασφαλίζει μια τοπολογία ελεύθερου βρόχου για κάθε τοπικό δίκτυο Ethernet γέφυρας. Το STP εφευρέθηκε από τον Δρ. Radia Perlman, ενώ εργαζόταν για την Digital Equipment Corporation.. Ο Δρ. Perlman επινόησε μια μέθοδο με την οποία οι γέφυρες μπορούν να λάβουν Layer 2 δρομολόγηση: περιττή και loop-free λειτουργία. Σκεφτείτε το όπως ένα δένδρο που εκτείνεται και η γέφυρα διατηρεί τη μνήμη για βελτιστοποιημένη και ανεκτική σε σφάλματα διαβίβαση δεδομένων. Στην αρχή είχε οριστεί ως πρότυπο IEEE 802.1D αλλά τελικά είναι πιο γνωστό ως spanning tree.



Εικόνα 51 Παράδειγμα δικτύου χωρίς και με STP.

3.5.1 Η λειτουργία του Δένδρου Κάλυψης

Πριν λοιπόν εξηγήσουμε την χρησιμότητα του Spanning Tree στα VLAN θα εξηγήσουμε την λειτουργία του Spanning Tree πρωτόκολλου. Όταν ένας κόμβος θέλει να στείλει ένα πακέτο, το στέλνει προς όλες τις κατευθύνσεις οι οποίες γνωρίζει ότι ανήκουν στο δένδρο κάλυψης. Όταν λάβει το πακέτο ένας από τους κόμβους που στάλθηκε τότε το στέλνει κι αυτός προς όλες τις κατευθύνσεις εκτός από τον αποστολέα και πάει λέγοντας. Το δένδρο κάλυψης με αυτόν τον τρόπο εξαλείφει τα επιπλέον πακέτα εκπομπής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιοδήποτε κόμβο μέσα στο δένδρο κάλυψης για να στείλει κάποιο πακέτο και δεν χρειάζεται να γνωρίζει όλο το δένδρο κάλυψης αρκεί απλά να γνωρίζει ότι οι γειτονικοί του κόμβοι ανήκουν στο δένδρο κάλυψης.

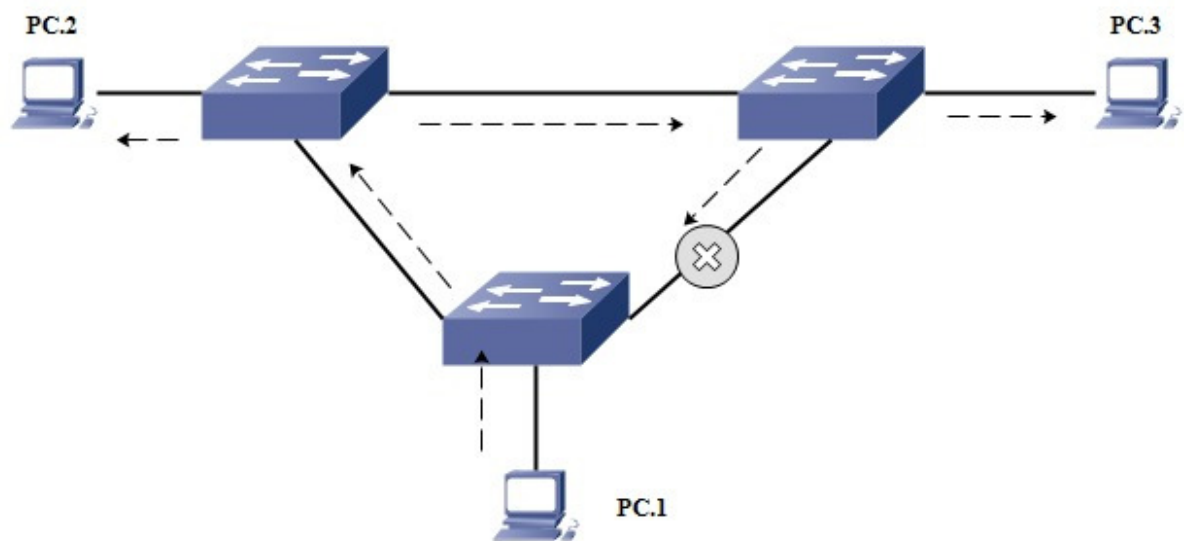
Για να δημιουργηθεί ένα δένδρο κάλυψης εκτελούνται τα εξής βήματα:

- Επιλέγεται μια κεντρική γέφυρα για να υλοποιηθεί και θεωρείται κεντρικό σημείο αναφοράς για την τοπολογία του STP.
- Προσδιορίζονται και εντοπίζονται οι θύρες του στο δίκτυο.
- Οι θύρες τοποθετούνται σε κατάσταση δέσμευσης για την εξάλειψη των βρόγχων.

Μια κεντρική γέφυρα επιλέγεται με βάση την γέφυρα που αποτελείται από δύο συστατικά στο αρχικό πρότυπο 802.1D:

- 16-bit προτεραιότητα γέφυρας
- 48-bit διεύθυνση MAC

Η προεπιλεγμένη προτεραιότητα είναι 32.768, και η χαμηλότερη κερδίζει προτεραιότητα. Αν υπάρχει ισοπαλία κατά προτεραιότητα, η χαμηλότερη διεύθυνση MAC χρησιμοποιείται για να επιλεγθεί η γέφυρα.



Εικόνα 52 Παράδειγμα λειτουργίας STP. Βλέπουμε ότι διακόπτει την μεταφορά ανάμεσα στα δύο switch.

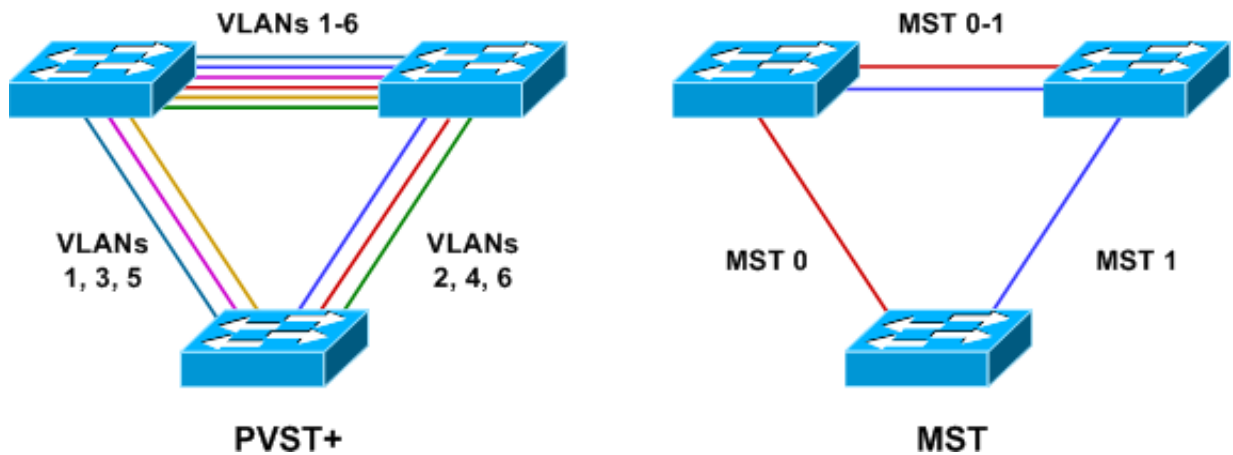
3.5.2 Per Vlan Spanning Tree (PVST)

Το **PVST +** πρωτόκολλο αναπτύχθηκε από την εταιρεία Cisco για να επιτρέψει τη λειτουργία αρκετών περιπτώσεων STP, ακόμη και μέσω ενός δικτύου 802.1Q με τη χρήση ενός μηχανισμού tunnelling. Το PVST + χρησιμοποιεί συσκευές της Cisco για να συνδεθεί σε μια ζώνη Mono Spanning Tree, συνήθως όταν σε ένα δίκτυο χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο ενθυλάκωσης 802.1Q , και σε PVST + ζώνη, συνήθως σε ένα δίκτυο που χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο ενθυλάκωσης ISL.

Η αρχιτεκτονική του PVST + πρωτόκολλου διακρίνει τρεις τύπους :

- Το **PVST** (PVST switches που χρησιμοποιούν ISL μόνο).
- Το **PVST +** (PVST + χρησιμοποιώντας ISL ή / και 802.1Q μεταξύ switches της Cisco)
- Και το **Multiple Spanning Tree** (Κοινό ή μονο δένδρο κάλυψης, χρησιμοποιώντας 802.1Q και ανταλλάζει BPDU(Bridge Protocol Data unit) πακέτα στα VLAN μόνο μεταξύ των Cisco και των όχι-Cisco switch, χρησιμοποιώντας 802.1Q)

Κάθε περιοχή αποτελείται από ένα ομοιογενές είδος του switch. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης του PVST σε PVST + χρησιμοποιώντας ISL θύρες και σύνδεσης ενός PVST + με μόνο Spanning Tree, χρησιμοποιώντας 802.1Q θύρες.



Εικόνα 53 Διαγράμματα PVST+ και MST για όσα αναφέραμε παραπάνω.

Πηγή εικόνας : Multiple Spanning Tree (MST)- <http://packetlife.net/blog/2010/apr/26/multiple-spanning-tree-mst/>

3.6 VLAN Trunking Protocol (VTP)

Το VTP είναι ένα πρωτόκολλο της Cisco το οποίο μειώνει την πολύπλοκη και χειροκίνητη διαχείριση ενός δικτύου και μας βοηθάει στην διαχείριση του. Όταν λοιπόν ρυθμίζουμε ένα νέο VLAN μέσω του VTP, τότε η ρύθμιση του αυτόματα ρυθμίζεται σε όλους του switches του VLAN και μας «γλιτώνει» από την ίδια ρύθμιση σε όλους τους switches.

VTP operating modes

Κάθε switch στο πρωτόκολλο VTP μπορεί να λειτουργεί με έναν από τους τρεις παρακάτω τομείς που χωρίζονται ανάλογα με τις λειτουργίες τους.

Server mode

Ένας switch σε λειτουργία server είναι ο διαχειριστής στο VLAN (VTP domain controller). Ο VTP server μπορεί να δημιουργήσει, αλλάξει και να διαγράψει τα VLAN σε μια VTP περιοχή

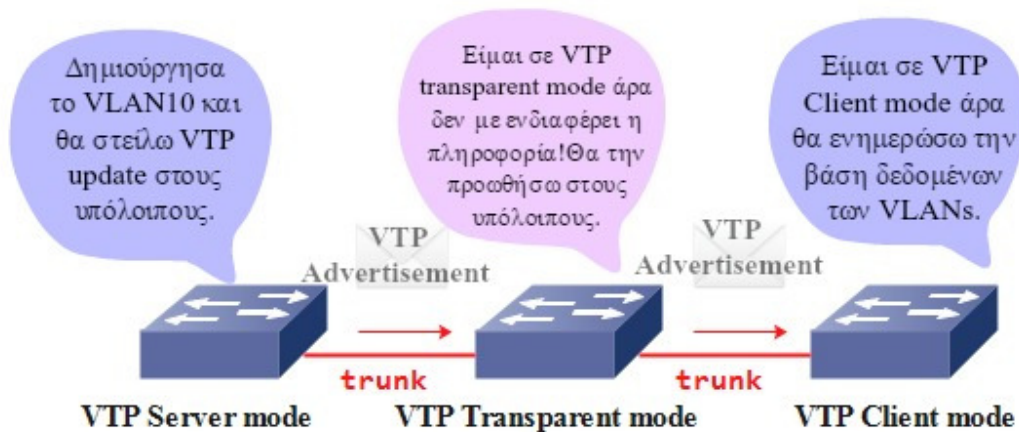
και οι VLAN αλλαγές διαδίδονται στους άλλους switches στο VTP domain. Οι VLAN διαμορφώσεις είναι αποθηκευμένες στο NVRAM. Επίσης αυτή είναι η προεπιλεγμένη λειτουργία για όλους τους Cisco Switches.

Client mode

Ένας switch σε λειτουργία πελάτη(client) παίρνει τις VLAN πληροφορίες ρύθμισης παραμέτρων από το VTP server και στέλνει και λαμβάνει ενημερώσεις από / προς άλλους μεταγωγείς. Ένας πελάτης VTP δεν μπορεί να δημιουργήσει, να αλλάξει ή να διαγράψει VLANs. Η Ρύθμιση VLAN δεν αποθηκεύεται στο NVRAM .

Transparent mode

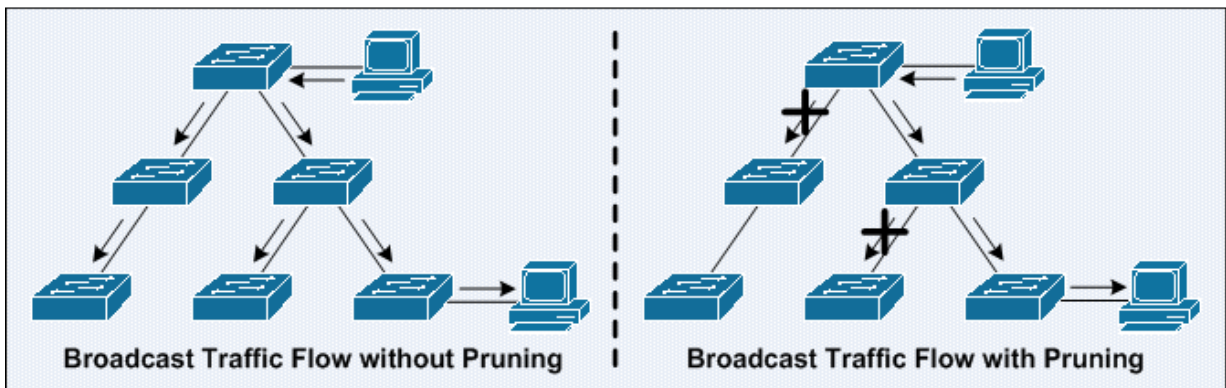
Ένας switch στη λειτουργία διαφάνειας(transparent) δεν λαμβάνει υπόψη την πληροφορία διαμόρφωσης VLAN που ωθείται από το VTP server. Διατηρεί τη δική του απομονωμένη λίστα των VLANs. Ένας VTP διαφανής switch στέλνει ενημερώσεις σε άλλους switches για τα δικά τους VLANs. Ωστόσο, δεν δέχεται τα VLAN να ωθούνται από το VTP server. Ένας VTP διαφανής switch μπορεί να δημιουργήσει, να αλλάξει ή να διαγράψει τα δικά του τοπικά VLANs. Η VLAN διαμόρφωση αποθηκεύεται σε NVRAM.



Εικόνα 54 Ένα παράδειγμα για να καταλάβουμε ακόμα καλύτερα την λειτουργία του κάθε τομέα στο VTP.

Pruning

Επειδή οι trunk συνδέσεις(πιο συγκεκριμένα οι ISL) μεταφέρουν VLAN κίνηση για όλα τα VLAN από προεπιλογή, κάποιοι σύνδεσμοι θα μπορούσαν να φορτωθούν κίνηση χωρίς λόγο. Το VTP pruning χρησιμοποιεί τις πληροφορίες του VLAN για να καθορίσει αν μία trunk σύνδεση έχει φορτωθεί άσκοπα και όταν το αναγνωρίζει τότε απλά διακόπτει την σύνδεση.



Εικόνα 55 Παράδειγμα κίνησης δικτύου με και χωρίς pruning

Πηγή εικόνας : VLAN Trunking Protocol- <http://www.itcertnotes.com/2012/04/vlan-trunking-protocol.html>

VTP εκδόσεις(VTP Versions)

Μέχρι τώρα υπάρχουν τρεις εκδόσεις VTP. Η VTP έκδοση 1 υποστηρίζει VLANs με κωδικό 2-1001(Το VLAN 1 δεν επιτρέπει το vtp pruning). Επίσης είναι το προεπιλογή για τους catalyst switches.

Η έκδοση 2 περιέχει κάποια επιπλέον χαρακτηριστικά όπως την υποστήριξη token ring, τους ελέγχους στα VLANs, και την περιοχή ανεξάρτητης και διαφανούς κίνησης.

Και η έκδοση 3 που στηριζόταν μόνο σε περιορισμένο Cisco switch. Δημιουργήθηκε για να είναι ευέλικτο και να μεταφέρει VLAN πληροφορίες και πληροφορίες βάσεων δεδομένων όπως το πρωτόκολλο πολλαπλών spanning trees (Multiple Spanning Trees). Υποστηρίζει extended VLANs με κωδικό 1006-4094 και ιδιωτικά VLANs.Τέλος προσφέρει την δυνατότητα αποθήκευσης της τρέχουσας διαμόρφωσης.

3.7 Ιδιωτικά VLANs (Private VLANs)

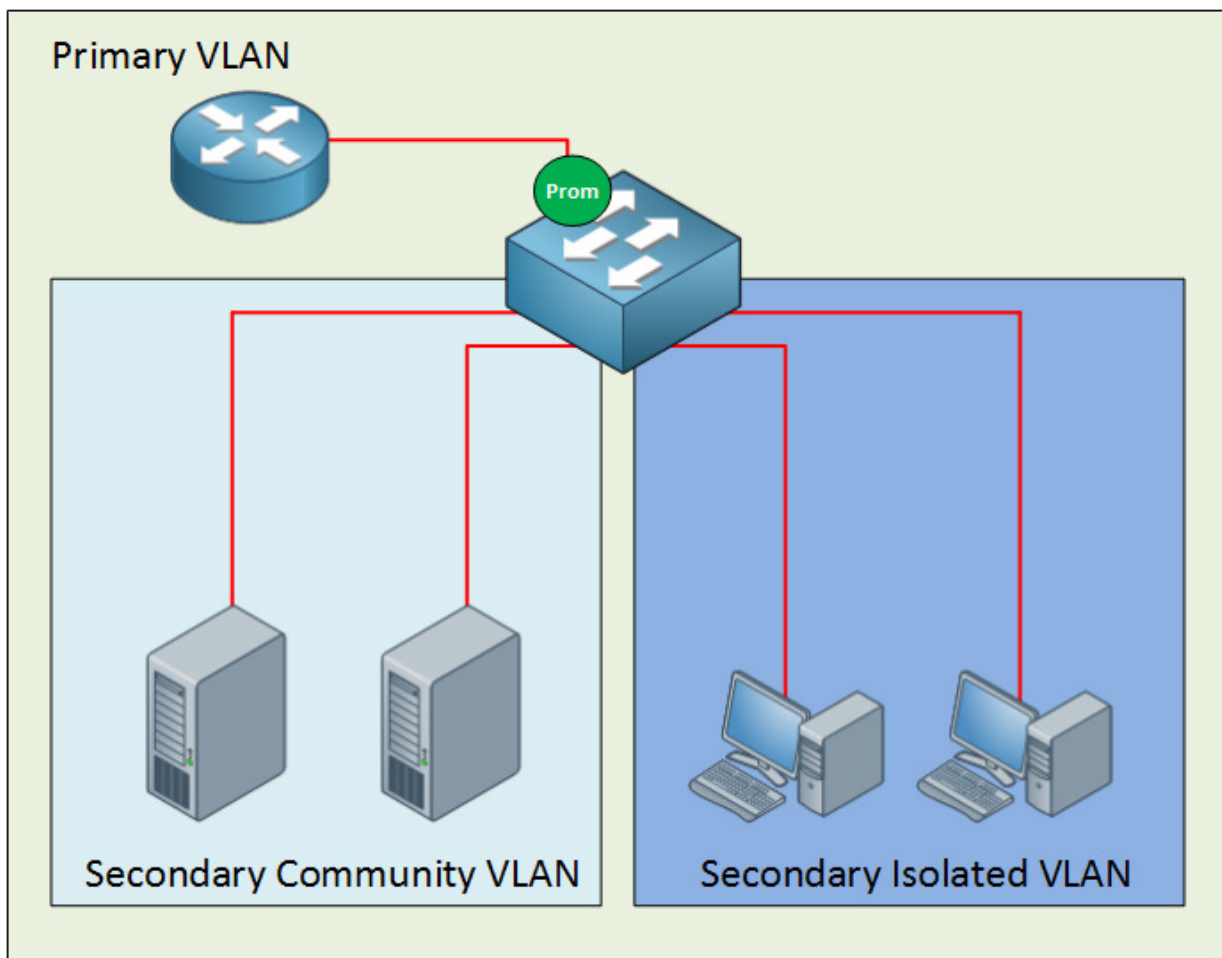
Το χαρακτηριστικό ενός ιδιωτικού VLAN είναι ότι χωρίζει μια περιοχή VLAN σε δύο ή περισσότερες μικρότερες περιοχές που ονομάζονται subdomains . Σε κάθε subdomain ορίζεται (εκπρόσωπος) από ένα primary VLAN και secondary VLAN. Το πρωτεύον αναγνωριστικό VLAN είναι το ίδιο για όλα τα subdomain που ανήκουν σε ένα ιδιωτική VLAN. Το δευτερεύον αναγνωριστικό VLAN διαφοροποιεί το ένα subdomain από το άλλο και παρέχει Layer 2 απομόνωση μεταξύ των θυρών του ίδιου ιδιωτικού VLAN.

Υπάρχουν τρεις τύποι VLAN σε ένα ιδιωτικό VLAN:

Primary VLAN: Το Primary VLAN προωθεί την κίνηση από τις promiscuous θύρες σε απομονωμένες θύρες, Community θύρες και σε άλλες promiscuous θύρες μέσα στο ίδιο ιδιωτικό VLAN. Μόνο ένα Primary VLAN μπορεί να ρυθμιστεί ανά ιδιωτικό VLAN. Όλες οι θύρες μέσα σε ένα ιδιωτικό VLAN μοιράζονται το ίδιο Primary VLAN.

Community VLAN: Το Community VLAN είναι ένα secondary VLAN. Προωθεί την κυκλοφορία μεταξύ των θυρών που ανήκουν στο ίδιο Community και σε promiscuous θύρες. Μπορεί να υπάρχουν πολλαπλές VLANs Community ανά ιδιωτικό VLAN.

Isolated VLAN: Το Isolated VLAN είναι ένα secondary VLAN. Μεταφέρει την κυκλοφορία από απομονωμένες θύρες σε promiscuous θύρες. Μόνο ένα Isolated VLAN μπορεί να ρυθμιστεί ανά ιδιωτικό VLAN.



Εικόνα 56 Διάγραμμα Private VLAN.

Πηγή εικόνας: Private VLAN (PVLAN) on Cisco Catalyst Switch -

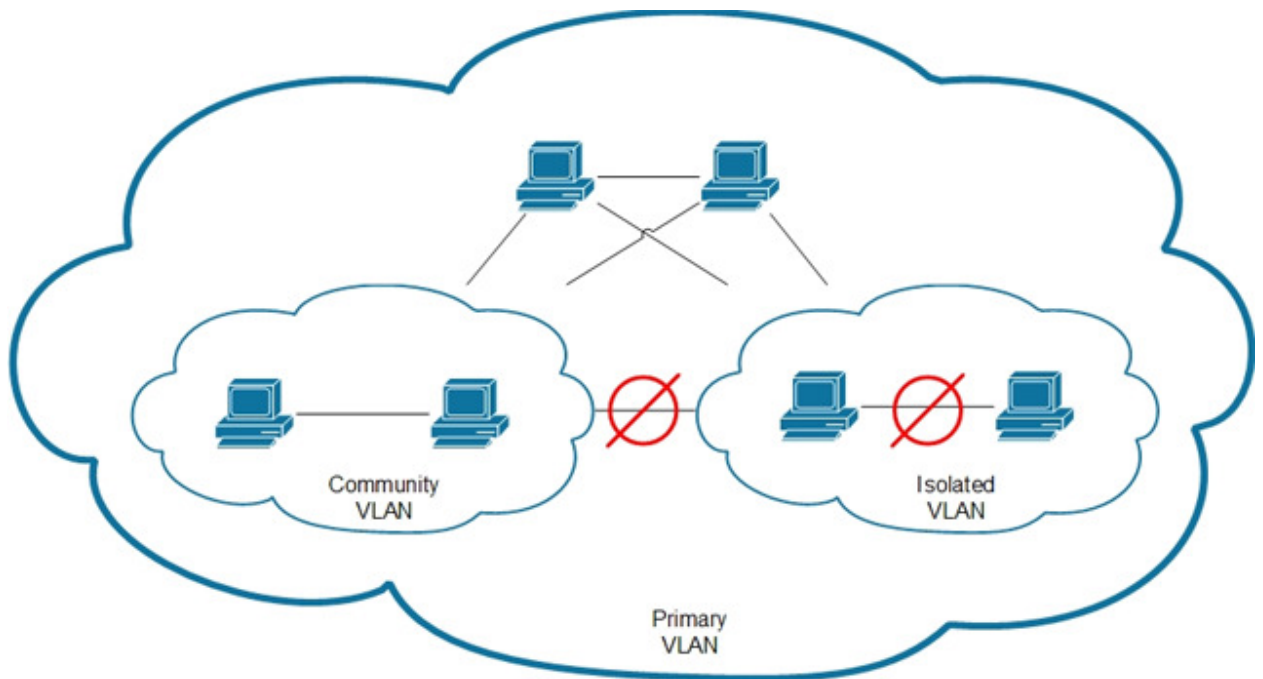
<https://networklessons.com/switching/private-vlan-pvlan-cisco-catalyst-switch/>

Υπάρχουν τρεις τύποι χαρακτηριστικών θυρών εντός ενός ιδιωτικού VLAN:

Promiscuous θύρες: Ανήκει σε primary VLANs και μπορεί να επικοινωνεί με όλες τις διεπαφές σε ένα ιδιωτικό VLAN, δηλαδή σε άλλες Promiscuous , Community και isolated θύρες.

Community θύρες: Οι συγκεκριμένες θύρες μπορούν να επικοινωνούν με άλλες Community και Promiscuous θύρες.

Απομονωμένες θύρες: Αυτές οι θύρες μπορούν να επικοινωνούν μόνο με Promiscuous θύρες.



Εικόνα 57 Παράδειγμα για να καταλάβουμε την επικοινωνία ανάμεσα στις θύρες του Private VLAN.

Πηγή εικόνας: Private VLAN Concepts By Sean Wilkins - <https://www.pluralsight.com/blog/it-ops/private-vlan-concepts>

4 Πρακτικό μέρος: Υλοποίηση εφαρμογών των δικτύων.

Σε αυτό το μέρος θα χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα **Packet tracer** της Cisco. Το Packet tracer είναι ένα εύχρηστο πρόγραμμα προσομοίωσης δικτύων που επιτρέπει σε όσους το χρησιμοποιούν να πειραματιστούν με την συμπεριφορά του δικτύου. Ως αναπόσπαστο μέρος της συνολικής εκπαίδευσης στα δίκτυα, το Packet tracer παρέχει προσομοίωση, απεικόνιση, δημιουργία, αξιολόγηση των δικτύων και διευκολύνει εκμάθηση σύνθετων εννοιών της τεχνολογίας.

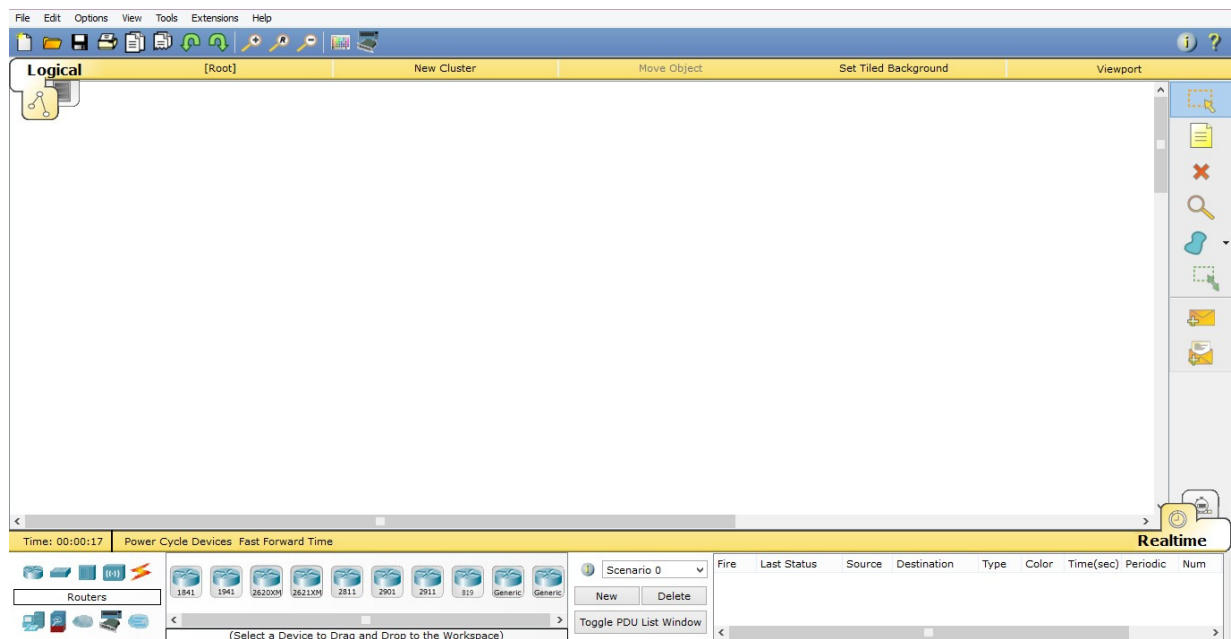
Το Packet tracer ουσιαστικά αναπληρώνει τον πλήρη εξοπλισμό σε μια τάξη, και επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να δημιουργήσουν ένα δίκτυο με σχεδόν απεριόριστο αριθμό συσκευών, εν-

θαρρύνοντας με αυτόν τον τρόπο την πρακτική, την ανακάλυψη και την αντιμετώπιση προβλημάτων σε ένα δίκτυο. Το περιβάλλον προσομοίωσης βοηθάει τους εκπαιδευόμενους να αναπτύξουν δεξιότητες όπως η λήψη αποφάσεων και τους εκπαιδευτικούς να διδάξουν εύκολα περίπλοκες τεχνικές έννοιες.

Πριν λοιπόν προχωρήσουμε στις υλοποιήσεις θα αρχίσουμε με μια εισαγωγή στο πρόγραμμα ώστε να εξοικειωθούμε με το περιβάλλον του Packet tracer.

4.1 Εισαγωγή στο Packet tracer

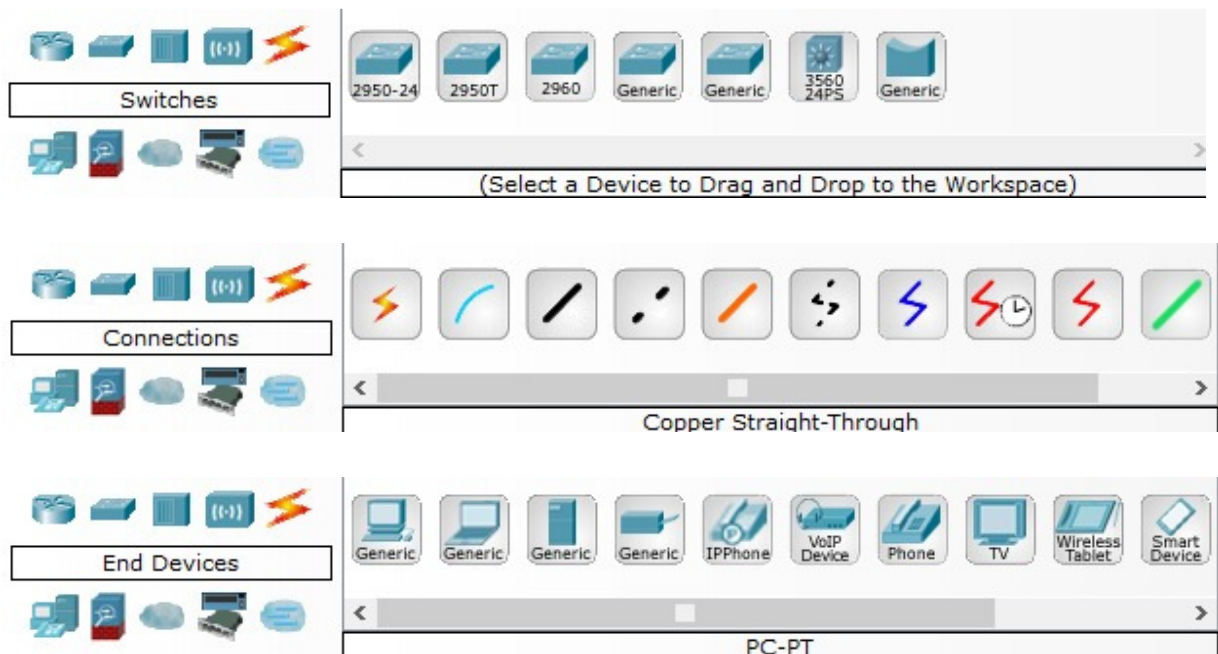
Αρχικά θα αναλύσουμε το περιβάλλον του με τις ανάλογες εικόνες και μετά θα εξηγήσουμε τα βήματα ώστε να κάνουμε μια σύνδεση με εντολές σε απλά για αρχή δίκτυα. Στις Υλοποιήσεις στις επόμενες ενότητες θα δούμε και περίπλοκες συνδέσεις.



Εικόνα 58 Το περιβάλλον του Packet tracer.

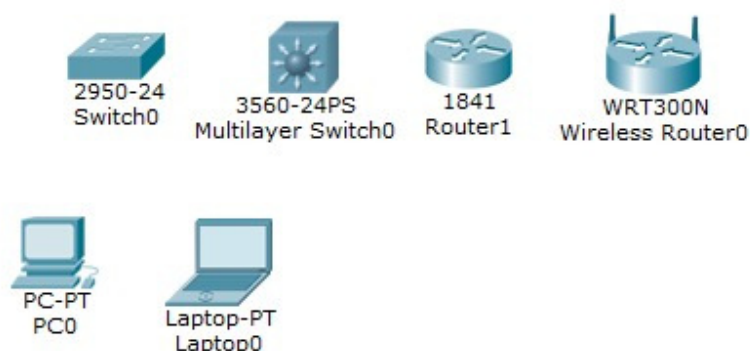
Όπως βλέπουμε και στο Screenshot το περιβάλλον έχει αυτή τη μορφή και περιέχει πολλές δυνατότητες όπως:





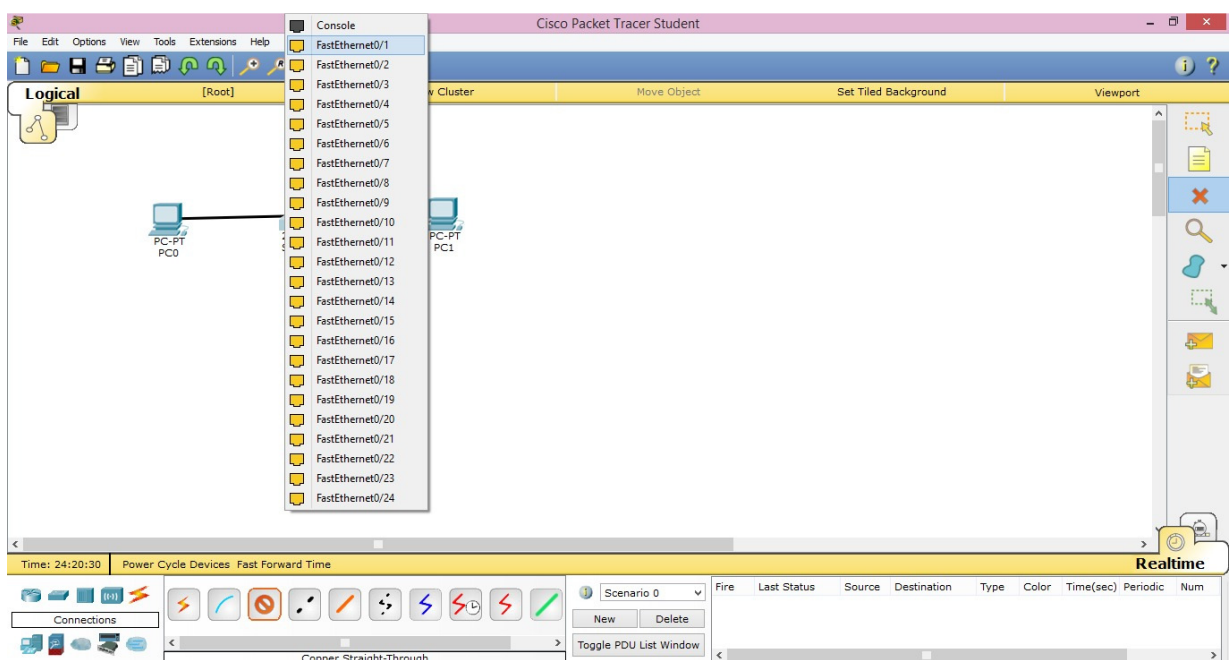
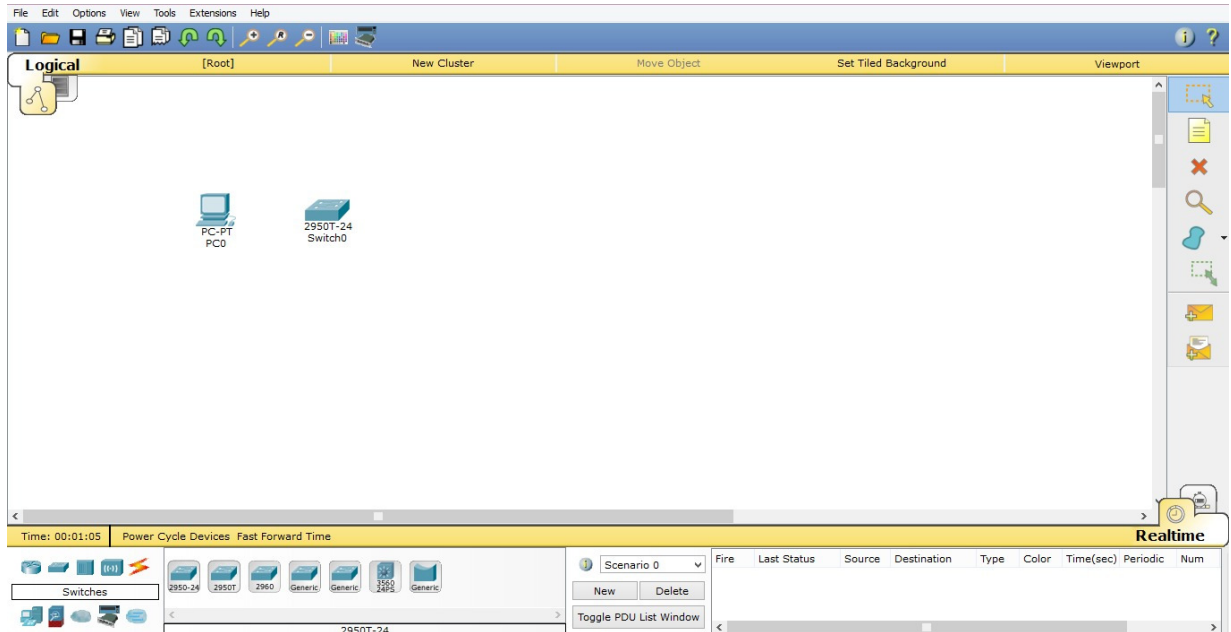
Διαθέτει όλο τον συνολικό εξοπλισμό(routers, switches, servers, υπολογιστές, διάφορα είδη καλωδίων για τις μεταξύ τους συνδέσεις) . Όπως βλέπουμε και στις εικόνες περιέχει και διαφορετικά είδη όπως π.χ. στα switches έχει και του επιπέδου 2 και του επιπέδου 3 που υποστηρίζει και δρομολόγηση μαζί. Ο τρόπος που τοποθετούμε τον εξοπλισμό μέσα στο λευκό πλαίσιο, για να μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα δίκτυο, είναι ο drag and drop δηλαδή θα σύρουμε την συσκευή που θέλουμε να προσθέσουμε μέχρι το άσπρο πλαίσιο και το αφήνουμε.

Ο εξοπλισμός που θα χρειαστούμε κυρίως είναι στην ακόλουθη εικόνα.

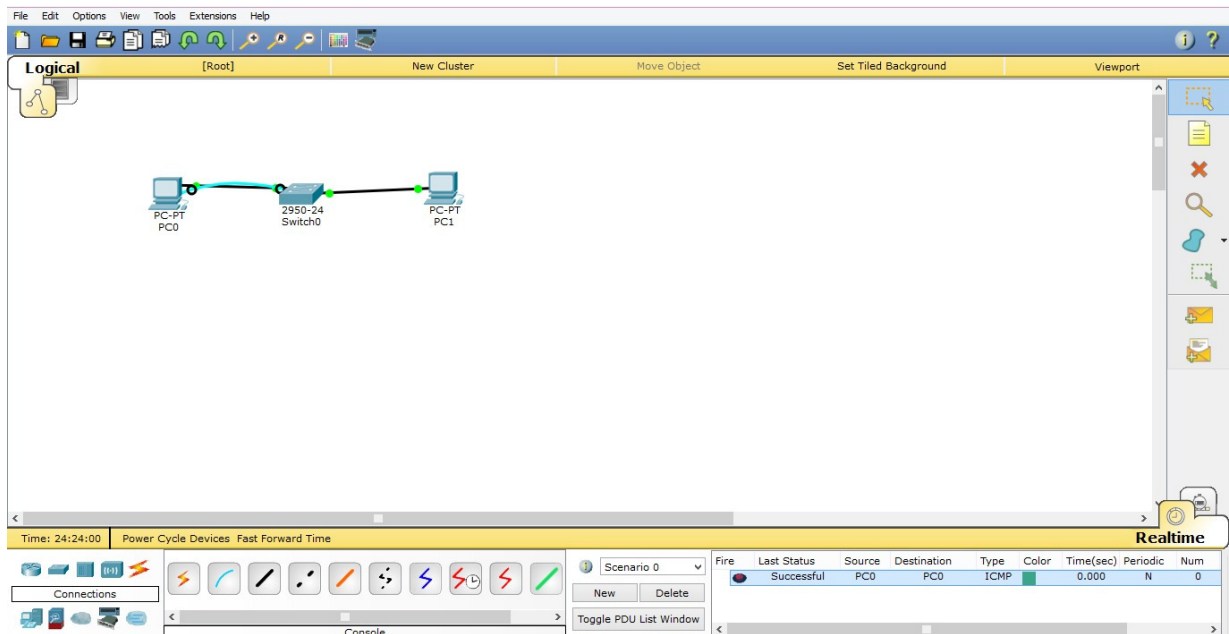


Τώρα θα κάνουμε μια εισαγωγή με απλά δίκτυα ώστε να κατανοήσουμε το πώς γίνονται οι συνδέσεις και το πώς τοποθετούμε τις IP Διευθύνσεις στις συσκευές.

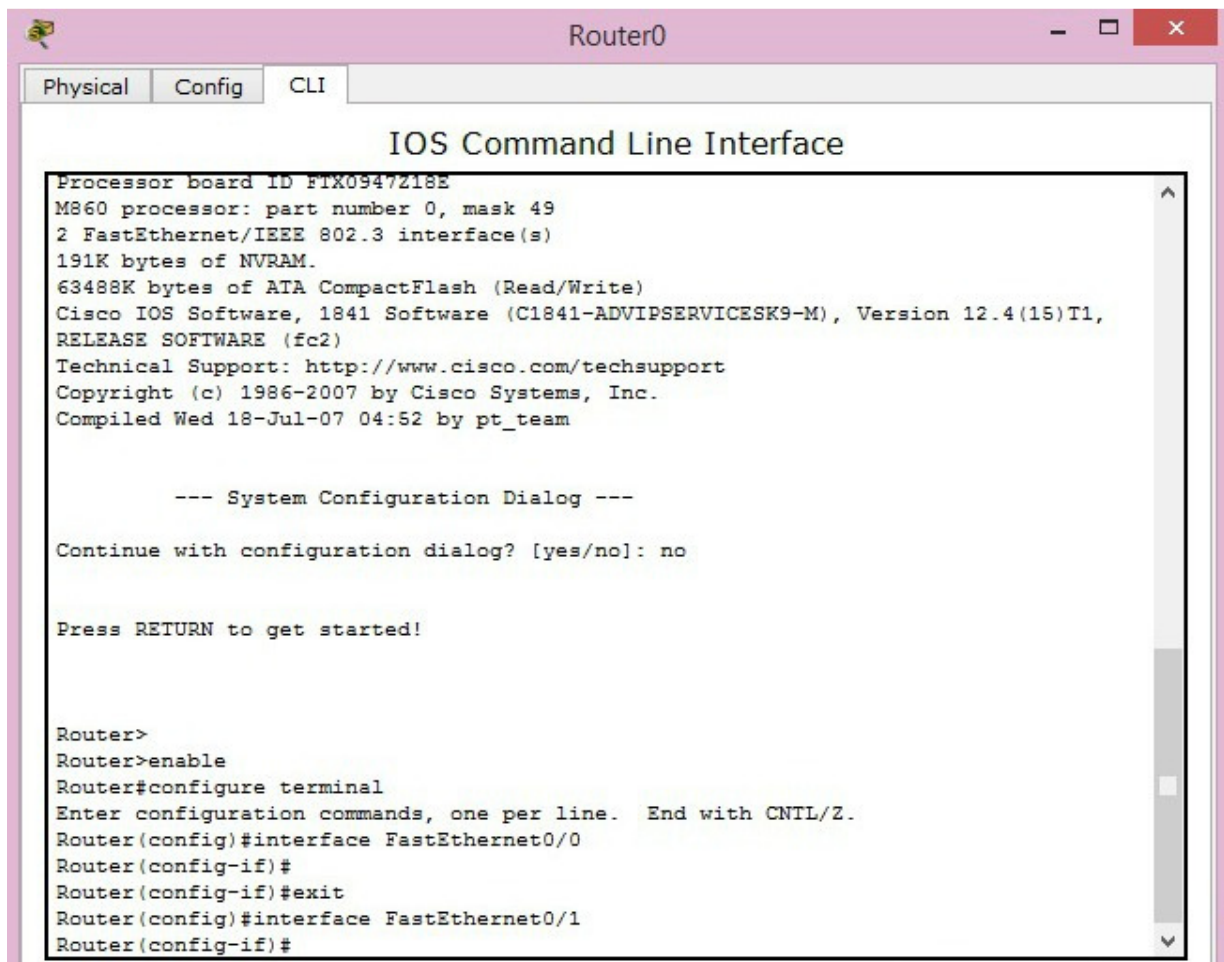
Αρχικά τοποθετούμε τις συσκευές και ανάλογα τις συνδέσεις χρησιμοποιούμε και τα ανάλογα μέσα μετάδοσης



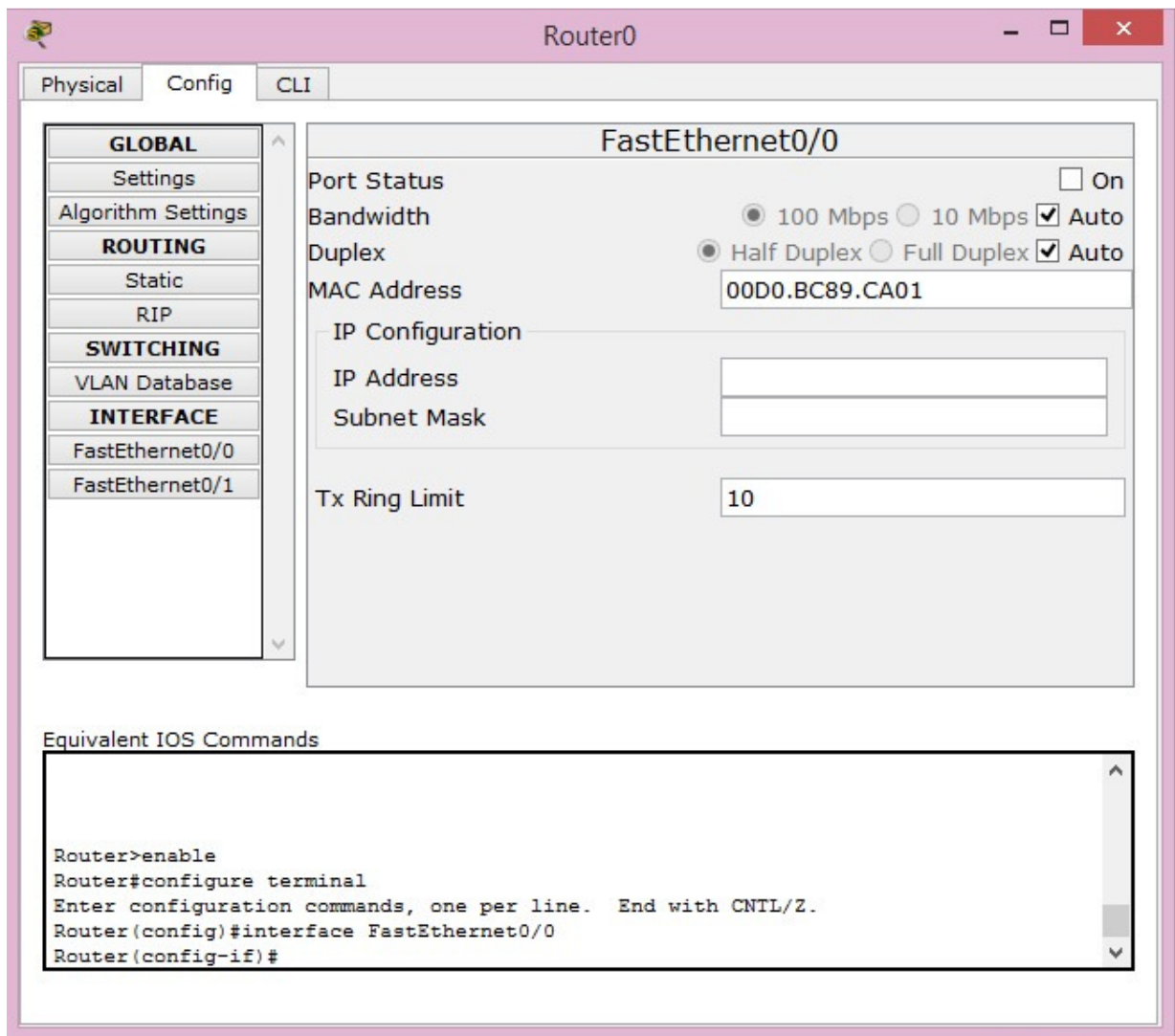
Επιλέγουμε ανάλογα την διεπαφή (interface) που θέλουμε να συνδεθούν. Θα μας βοηθήσει στο να προσθέσουμε σωστά τις διευθύνσεις.



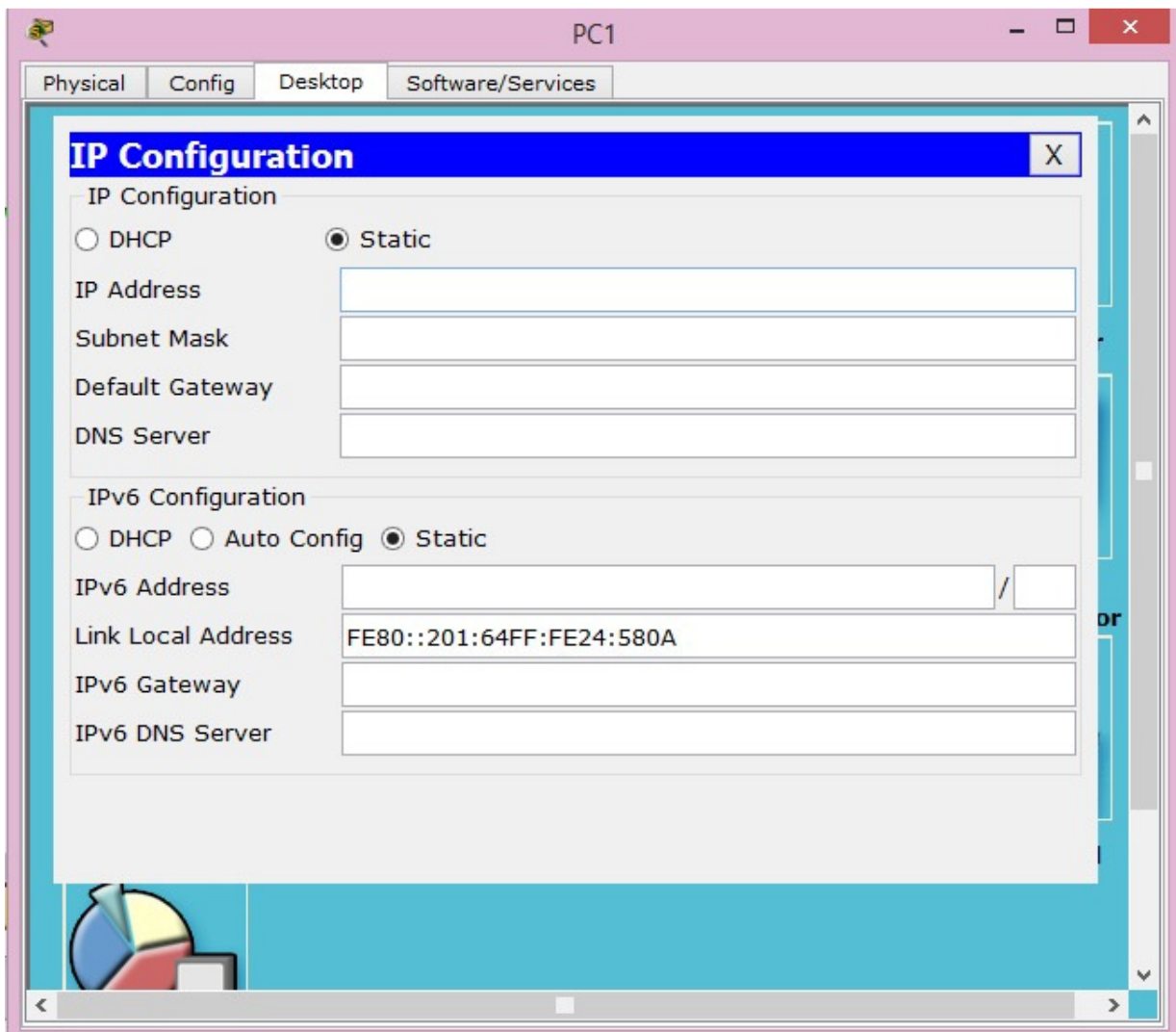
Και αυτό είναι το τελικό αποτέλεσμα της σύνδεσης. Για να προσθέσουμε τις διευθύνσεις έχουμε δύο τρόπους. Είτε να τις περάσουμε από την επιλογή Desktop-> IP Configuration για τους υπολογιστές και για τα switch / router από την επιλογή config είτε μέσω εντολών από το terminal ή CLI (για το router). Βλέπουμε επίσης ότι κάτω δεξιά αν πατήσουμε το εικονίδιο του φακέλου από έναν υπολογιστή σε έναν άλλο μας δείχνει το αν γίνεται ping. Δηλαδή αν μεταφέρεται ένα μήνυμα από το ένα άκρο στο άλλο.



Εικόνα 59 Το περιβάλλον του CLI.



Εικόνα 60 Το περιβάλλον του Config



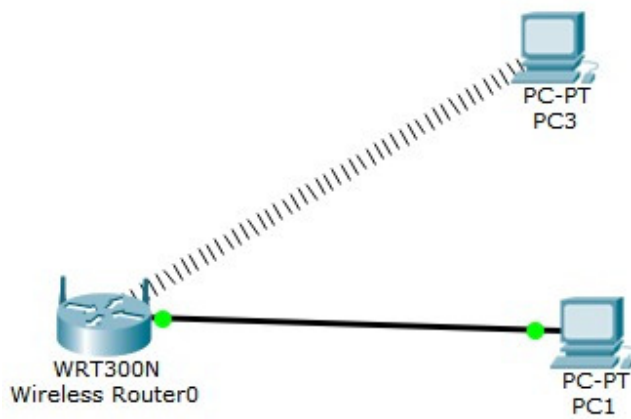
Εικόνα 61 Το περιβάλλον του IP configuration

Οι εντολές που χρησιμοποιούμε για να προσθέσουμε IP διευθύνσεις είναι οι εξής :

```
Switch# configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)# ip routing
Switch(config)# interface fastethernet 2/1
Switch(config-if)# no switchport
Switch(config-if)# ip address 10.1.1.1 255.255.255.248
Switch(config-if)# no shutdown
Switch(config-if)# end
Switch#
```

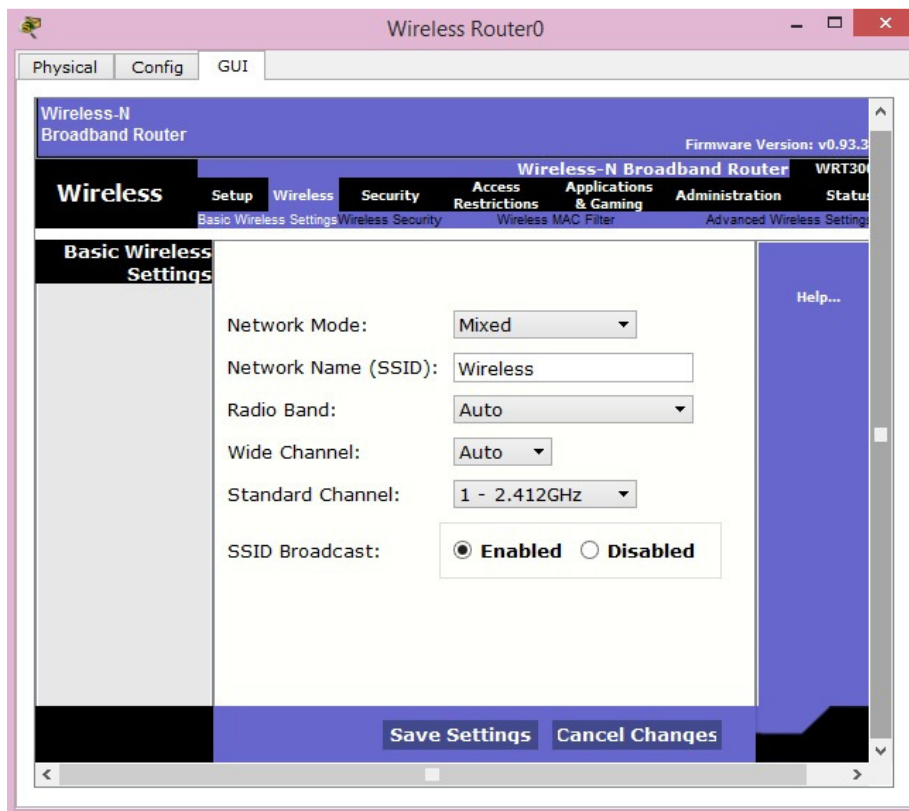
Αρχικά δηλώνουμε την διεπαφή και μετά την διεύθυνση και την μάσκα υποδικτύου που θα έχει η διεπαφή.

Αν όμως θέλουμε να δημιουργήσουμε ένα δίκτυο το οποίο περιέχει και ασύρματη σύνδεση όπως στην παρακάτω εικόνα

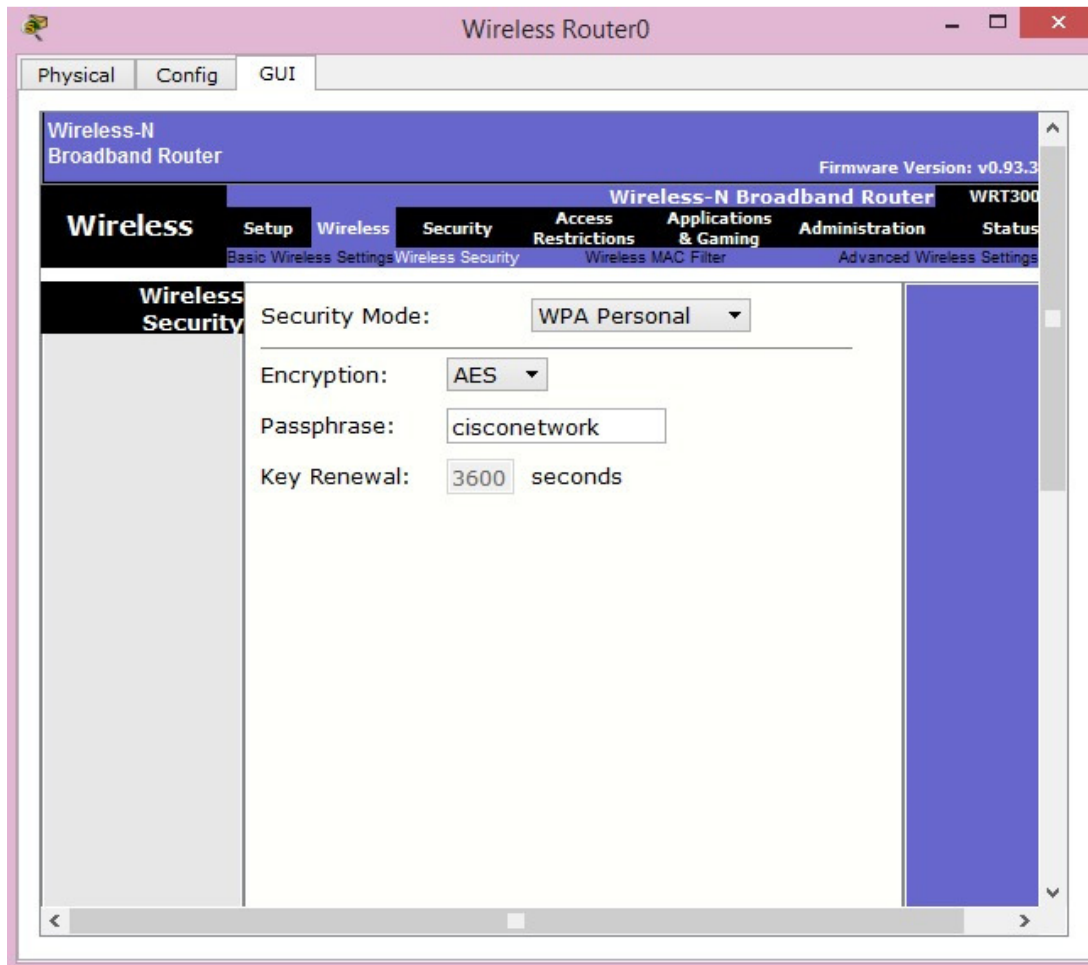


Τότε για να συνδέσουμε την συσκευή θα ακολουθήσουμε τα παρακάτω βήματα.

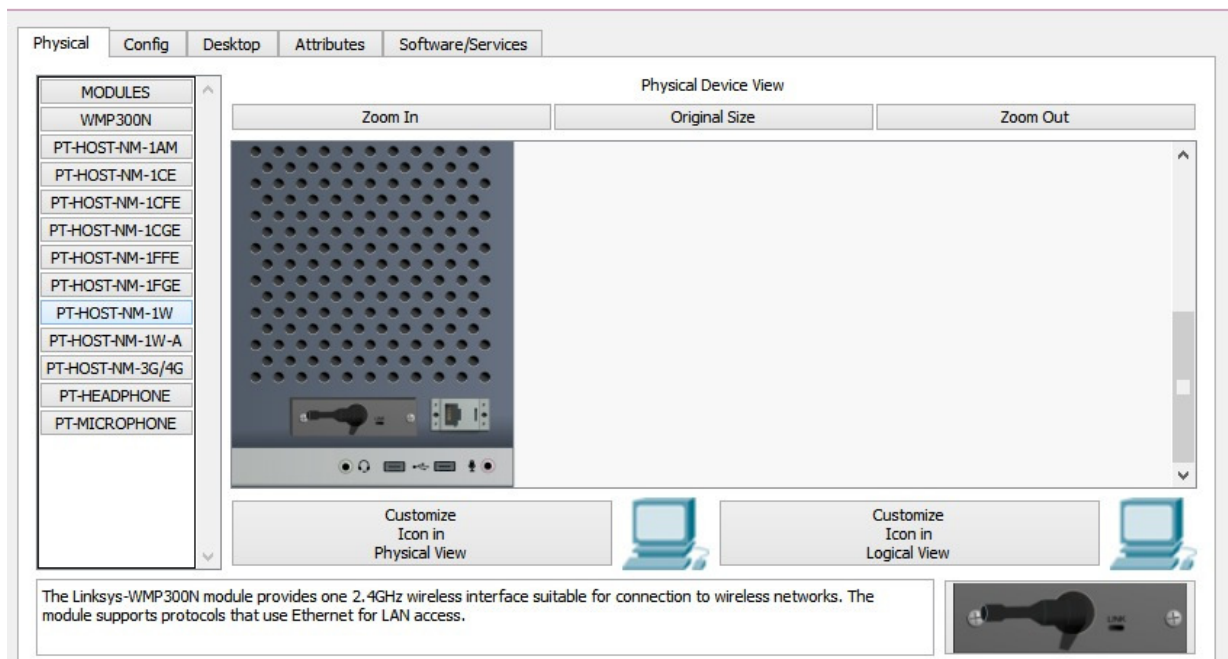
Αρχικά μπαίνουμε στον δρομολογητή και πάμε στο GUI. Μετά μπαίνουμε στο wireless για να ρυθμίσουμε την ασύρματη σύνδεση.



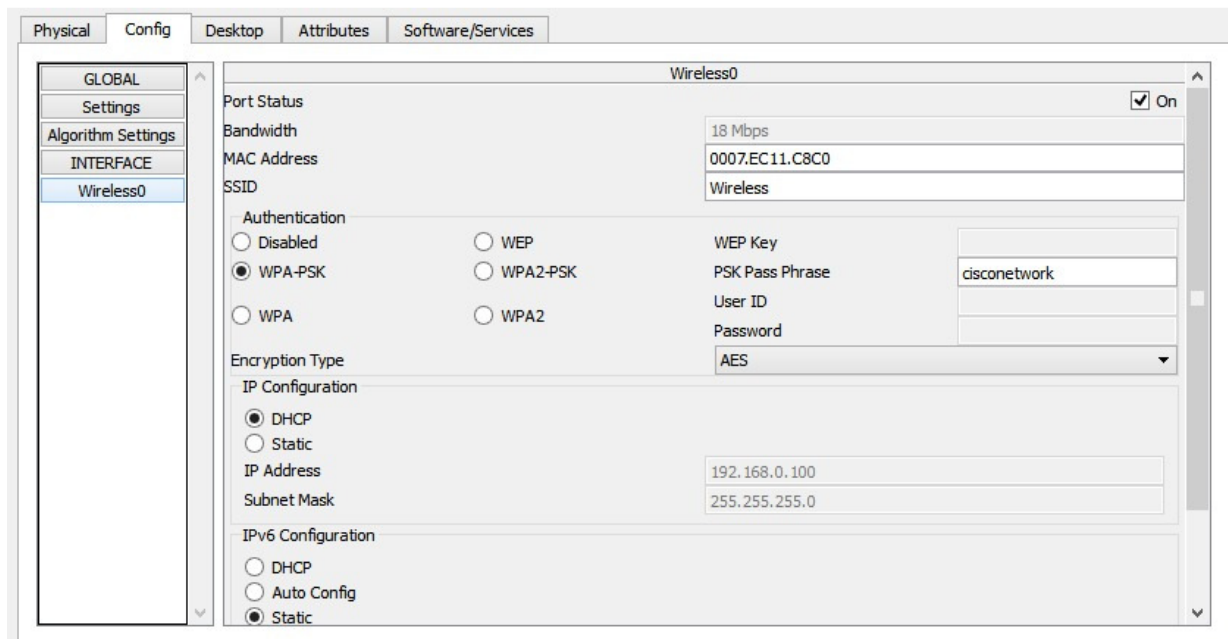
Βάζουμε το όνομα του wlan, ενεργοποιούμε την εκπομπή του SSID και κάνουμε αποθήκευση.



Για να είναι πιο ασφαλές το ασύρματο δίκτυο μας θα πρέπει να ρυθμίσουμε ένα κωδικό πρόσβασης. Για να τον προσθέσουμε θα πάμε στην επιλογή Wireless Security και θα βάλουμε security mode και το passphrase που είναι ο κωδικός και θα αποθηκεύσουμε.



Μετά θα πάμε στις συσκευές τις οποίες θέλουμε να συνδέσουμε ασύρματα και θα τους προσθέσουμε την ανάλογη ασύρματη κάρτα δικτύου για να μπορεί να συνδεθεί και τότε θα μας βγάλει την παρακάτω επιλογή.

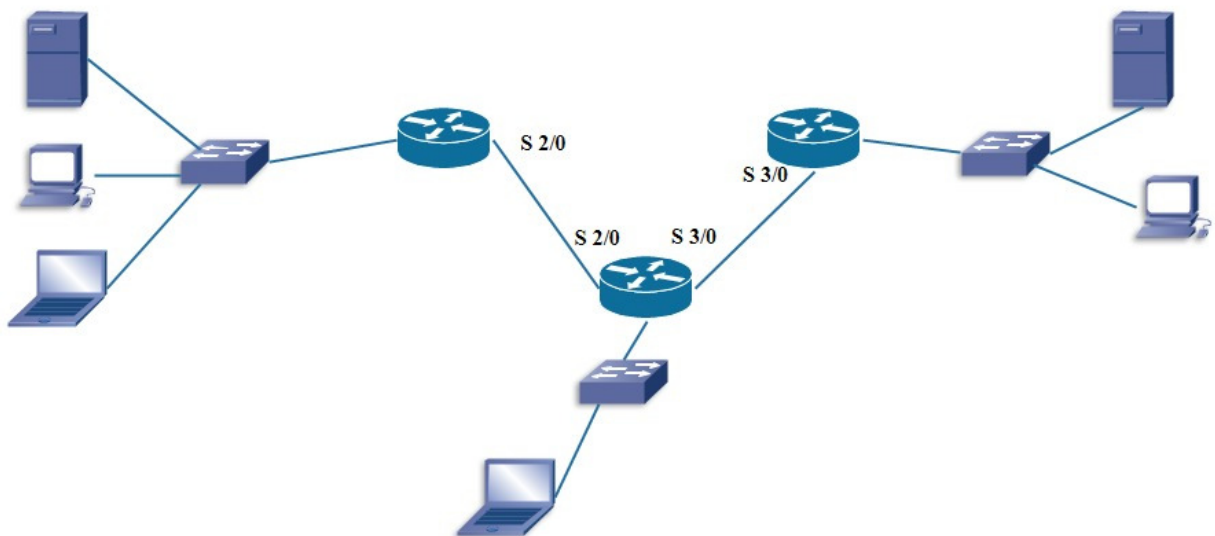


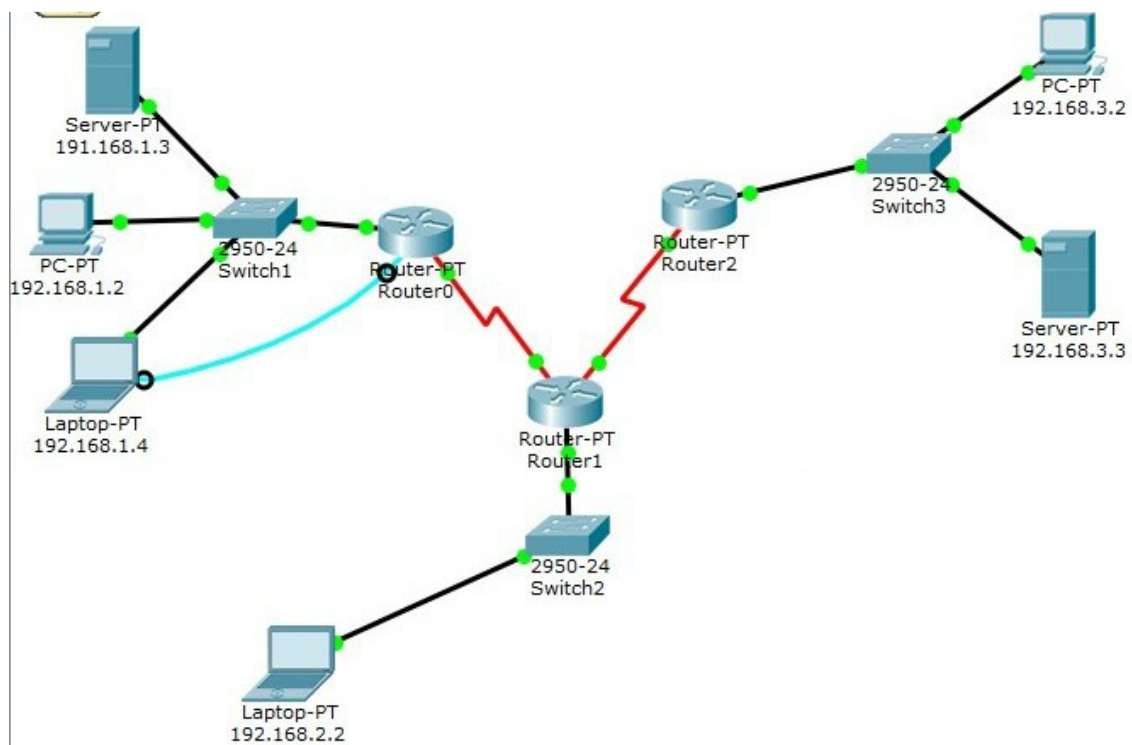
Σε αυτή την επιλογή θα προσθέσουμε το όνομα του δικτύου και τον κωδικό και τότε θα συνδεθεί όπως στην πρώτη εικόνα.

Εφόσον κάναμε μια εισαγωγή, παρακάτω θα δούμε πιο περίπλοκες υλοποιήσεις των δικτύων που θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση.

4.2 Υλοποίηση Δυναμικής Δρομολόγησης (OSPF)

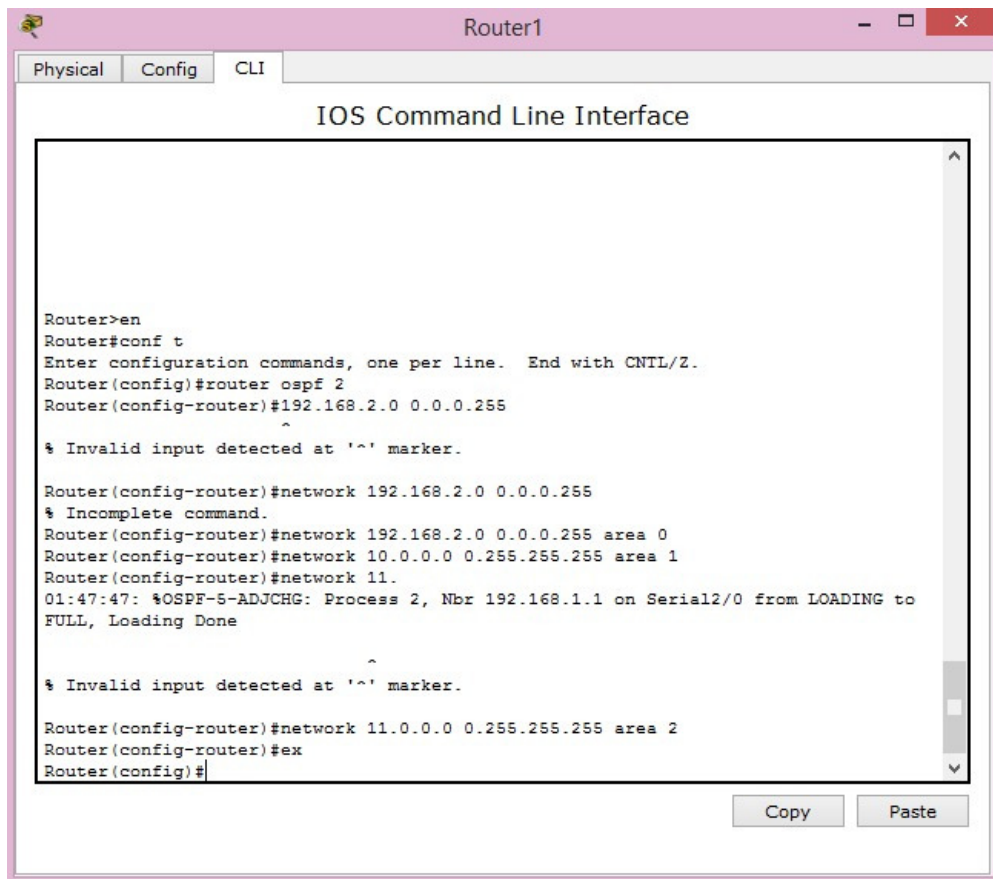
Στο παράδειγμα αυτό θα δούμε μια υλοποίηση με **Δυναμική δρομολόγηση** και χρήση OSPF. Θα μεταφέρουμε το παρακάτω στο περιβάλλον του packet tracer και ύστερα θα προχωρήσουμε σε καταχώρηση IP διευθύνσεων με τον τρόπο που αναλύσαμε στην εισαγωγή και ύστερα σε εντολές. Σε κάθε αρχική εικόνα θα αναφέρονται μόνο όσες διεπαφές είναι σημαντικές. Επίσης δεν αναφέρονται συγκεκριμένες IP διευθύνσεις γιατί τα παραδείγματα μπορούν να υλοποιηθούν εξίσου και με άλλες εκτός από το παράδειγμα.





Και αυτή είναι η τελική μορφή εφόσον καταχωρήσουμε και τις διευθύνσεις. Παρατήρηση : το γαλάζιο καλώδιο που διακρίνεται το χρησιμοποιούμε για να μπορούμε να ρυθμίσουμε με εντολές τις συσκευές.

Τώρα για να λειτουργεί το δίκτυο μας σωστά θα πρέπει σε κάθε δρομολογητή να δώσουμε τις παρακάτω εντολές.



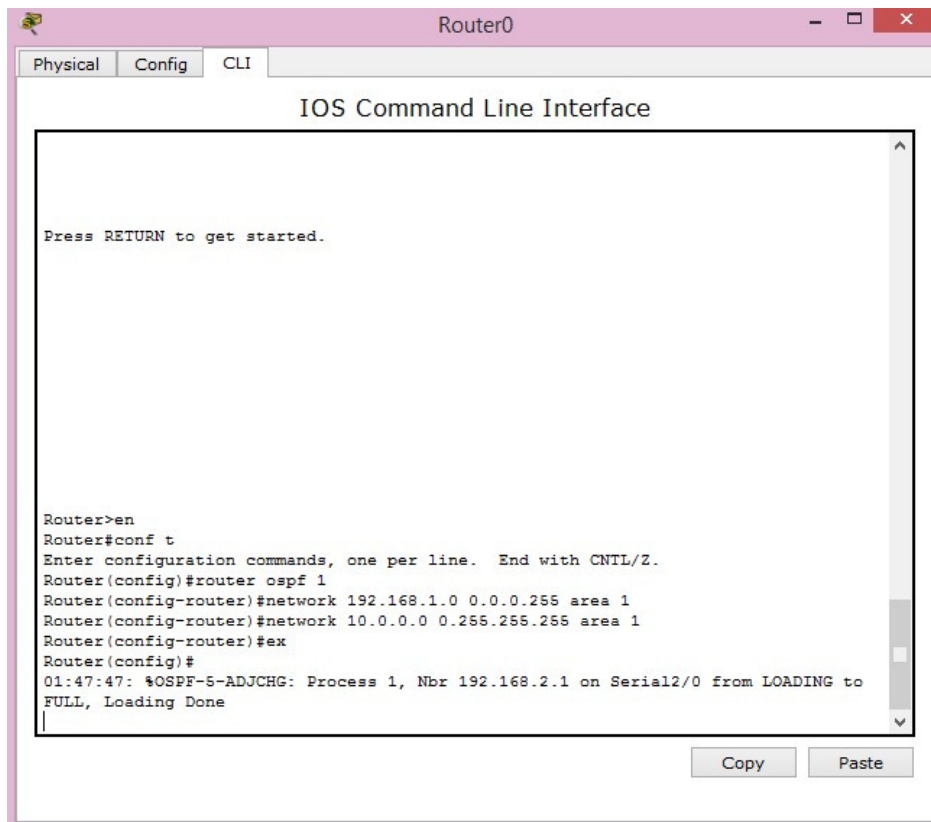
```
Router1
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface

Router>en
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router ospf 2
Router(config-router)#192.168.2.0 0.0.0.255
^
% Invalid input detected at '^' marker.

Router(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255
% Incomplete command.
Router(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
Router(config-router)#network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 1
Router(config-router)#network 11.
01:47:47: %OSPF-5-ADJCHG: Process 2, Nbr 192.168.1.1 on Serial2/0 from LOADING to FULL, Loading Done
^
% Invalid input detected at '^' marker.

Router(config-router)#network 11.0.0.0 0.255.255.255 area 2
Router(config-router)#ex
Router(config)#
```

Αρχίζουμε από τον Router1 που πρέπει να συνδεθεί σωστά και με τους άλλους δύο δρομολογητές άρα έχει δύο περιοχές (area) . **Παρατήρηση:** Προσέχουμε πάντα να πληκτρολογούμε σωστά τις εντολές έτσι ώστε να μην μας βγάξει σφάλμα.



The screenshot shows a window titled "Router0" with three tabs: "Physical", "Config", and "CLI". The "CLI" tab is active, displaying the "IOS Command Line Interface". The interface contains the following text:

```
Press RETURN to get started.  
  
Router>en  
Router#conf t  
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.  
Router(config)#router ospf 1  
Router(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 1  
Router(config-router)#network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 1  
Router(config-router)#ex  
Router(config)#  
01:47:47: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.2.1 on Serial2/0 from LOADING to FULL, Loading Done
```

At the bottom right of the CLI window, there are two buttons: "Copy" and "Paste".

Ύστερα συνεχίζουμε στον Router0 που έχει μια σύνδεση με δρομολογητή και μια με switch και δίνουμε τις εντολές που φαίνονται στην εικόνα με τις ανάλογες διευθύνσεις.

```
Router2
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface

Press RETURN to get started.

Router>en
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router ospf 1
Router(config-router)#network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 2
Router(config-router)#network 11.0.0.0 0.255.255.255 area 2
Router(config-router)#
01:51:31: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.2.1 on Serial3/0 from LOADING to
FULL, Loading Done

Router(config-router)#ex
Router(config)#
```

Τέλος ρυθμίζουμε και τον Router2 που είναι το ίδιο με τον Router0.

```
Router0
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface

Router>sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

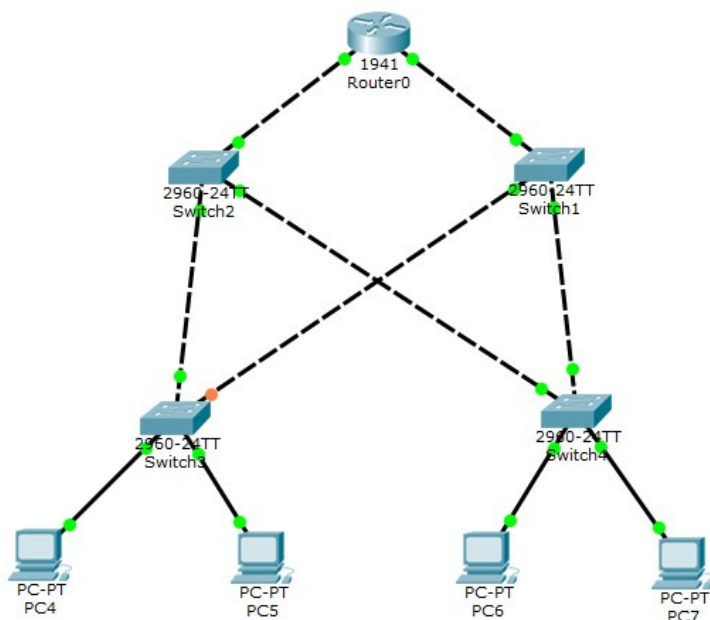
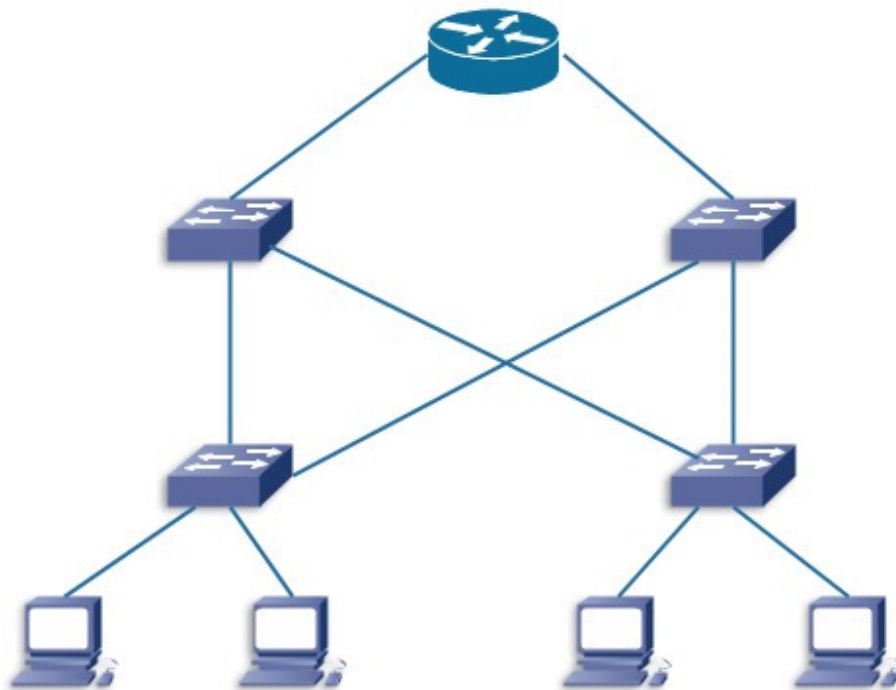
Gateway of last resort is not set

C    10.0.0.0/8 is directly connected, Serial2/0
O IA 11.0.0.0/8 [110/128] via 10.0.0.2, 00:06:00, Serial2/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA 192.168.2.0/24 [110/65] via 10.0.0.2, 00:06:49, Serial2/0
O IA 192.168.3.0/24 [110/129] via 10.0.0.2, 00:03:00, Serial2/0
Router>
```

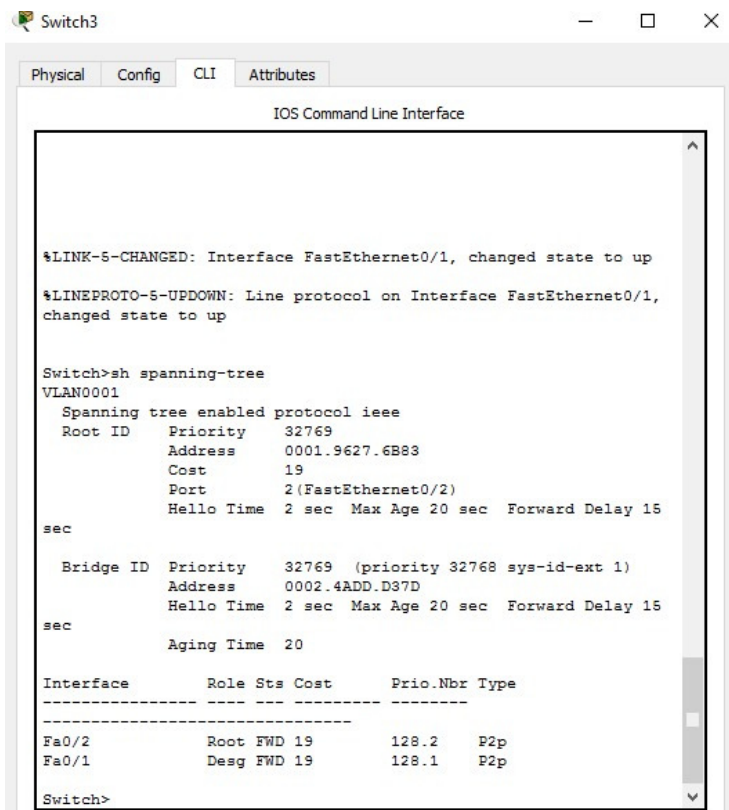
Και αυτό είναι το αποτέλεσμα της δρομολόγησης μας.

4.3 Υλοποίηση Spanning Tree

Το παράδειγμα αυτό περιέχει ένα δίκτυο το οποίο περιέχει ένα **spanning tree** που όπως αναφέραμε και στο θεωρητικό μέρος το χρησιμοποιούμε όταν θέλουμε να εξαλείψουμε τις περαιτέρω εκπομπές σε ένα δίκτυο. Ας μεταφέρουμε το παρακάτω σχήμα στο Packet tracer.



Η αρχική μας μορφή είναι αυτή, μετά βέβαια με τις ανάλογες εντολές θα αλλάξουν οι ρυθμίσεις στο δίκτυο.



```
Switch3
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface

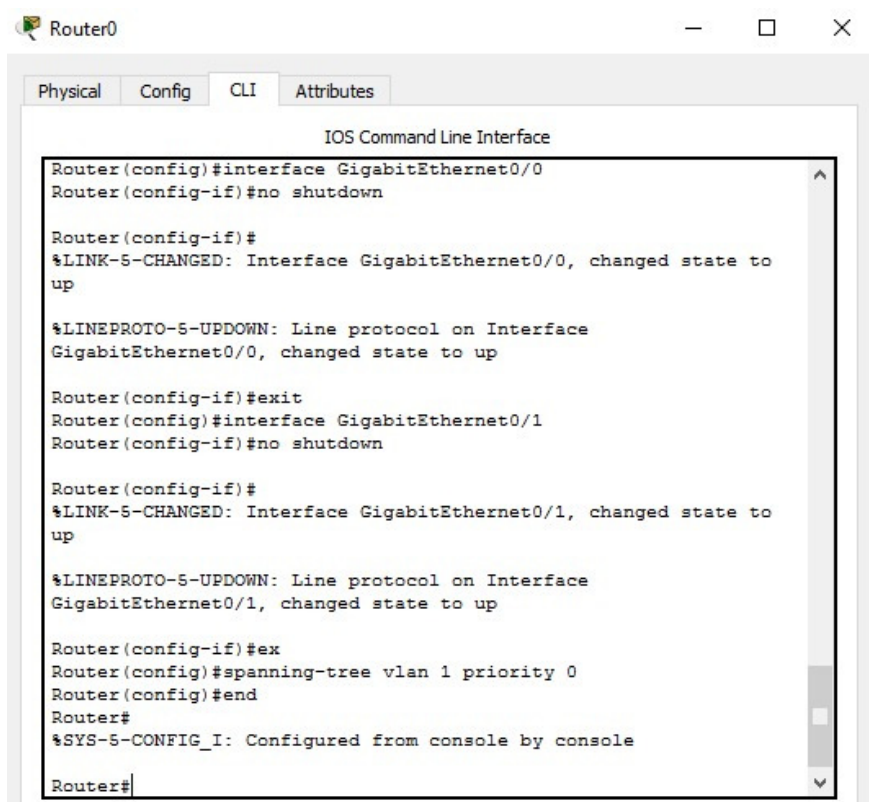
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/1, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1,
changed state to up

Switch>sh spanning-tree
VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32769
            Address    0001.9627.6B83
            Cost      19
            Port      2(FastEthernet0/2)
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15
sec
  Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
            Address    0002.4ADD.D37D
            Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15
sec
            Aging Time 20

Interface      Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/2          Root FWD 19        128.2   P2p
Fa0/1          Desg FWD 19        128.1   P2p

Switch>
```

Αρχικά πληκτρολογούμε το show spanning-tree ώστε να έχουμε μια εικόνα και να δούμε τι ακριβώς χρειαζόμαστε για τις επόμενες ρυθμίσεις.



```
Router0
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface
Router(config)#interface GigabitEthernet0/0
Router(config-if)#no shutdown

Router(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/0, changed state to
up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface
GigabitEthernet0/0, changed state to up

Router(config-if)#exit
Router(config)#interface GigabitEthernet0/1
Router(config-if)#no shutdown

Router(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/1, changed state to
up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface
GigabitEthernet0/1, changed state to up

Router(config-if)#ex
Router(config)#spanning-tree vlan 1 priority 0
Router(config)#end
Router#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Router#
```

Αρχίζουμε να ρυθμίζουμε τον δρομολογητή με τις παραπάνω εντολές που φαίνονται στην εικόνα.

Και μετά μπαίνουμε στον switch1 και δίνουμε τις παρακάτω εντολές

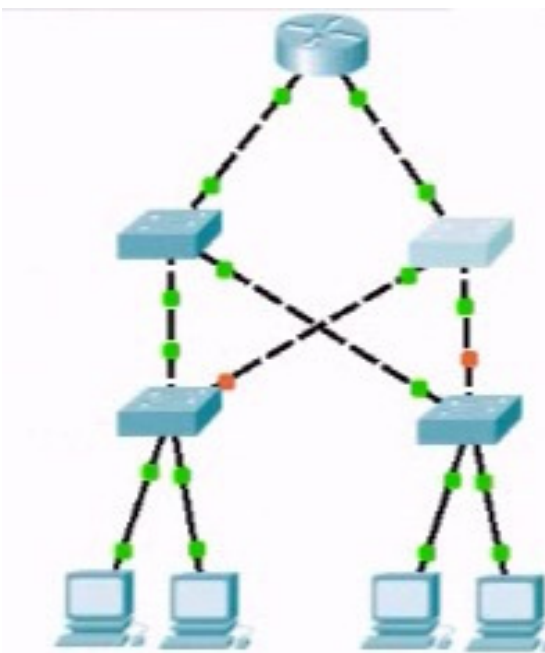
```
En
config t
spanning-tree vlan priority 4096
end
```

```
Switch>en
Switch#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#int fa0/1
Switch(config-if)#spanning-tree portfast
%Warning: portfast should only be enabled on ports connected to a
single
host. Connecting hubs, concentrators, switches, bridges, etc...
to this
interface when portfast is enabled, can cause temporary bridging
loops.
Use with CAUTION

%Portfast has been configured on FastEthernet0/1 but will only
have effect when the interface is in a non-trunking mode.
Switch(config-if)#
```

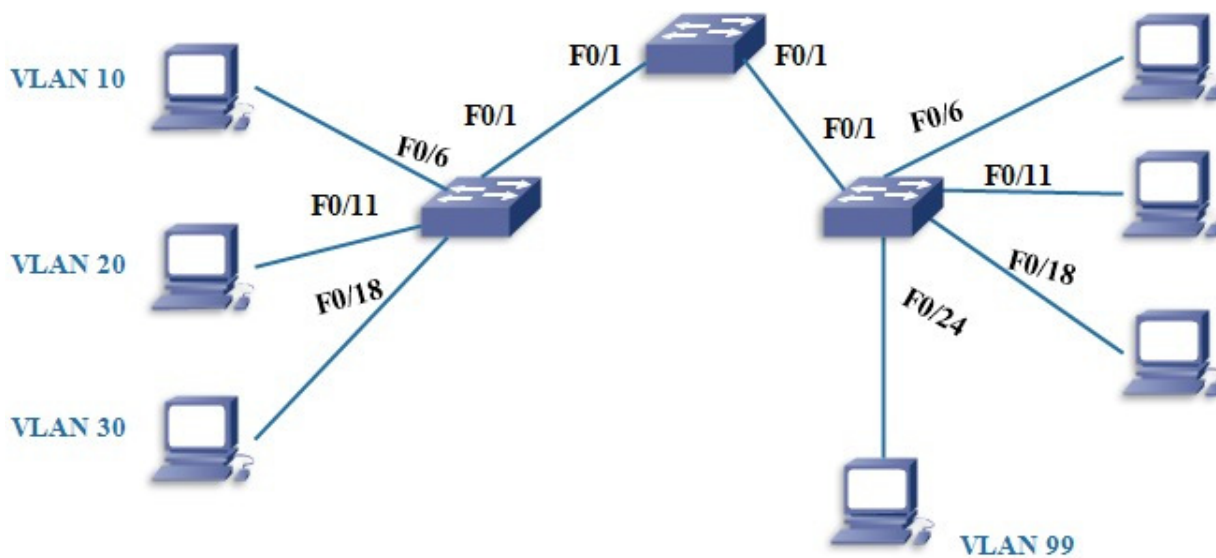
Ύστερα ρυθμίζουμε με τις παραπάνω εντολές τον switch 3 και πατάμε την επιλογή power cycle devices έτσι ώστε να γίνει μια ανανέωση στο δίκτυο.

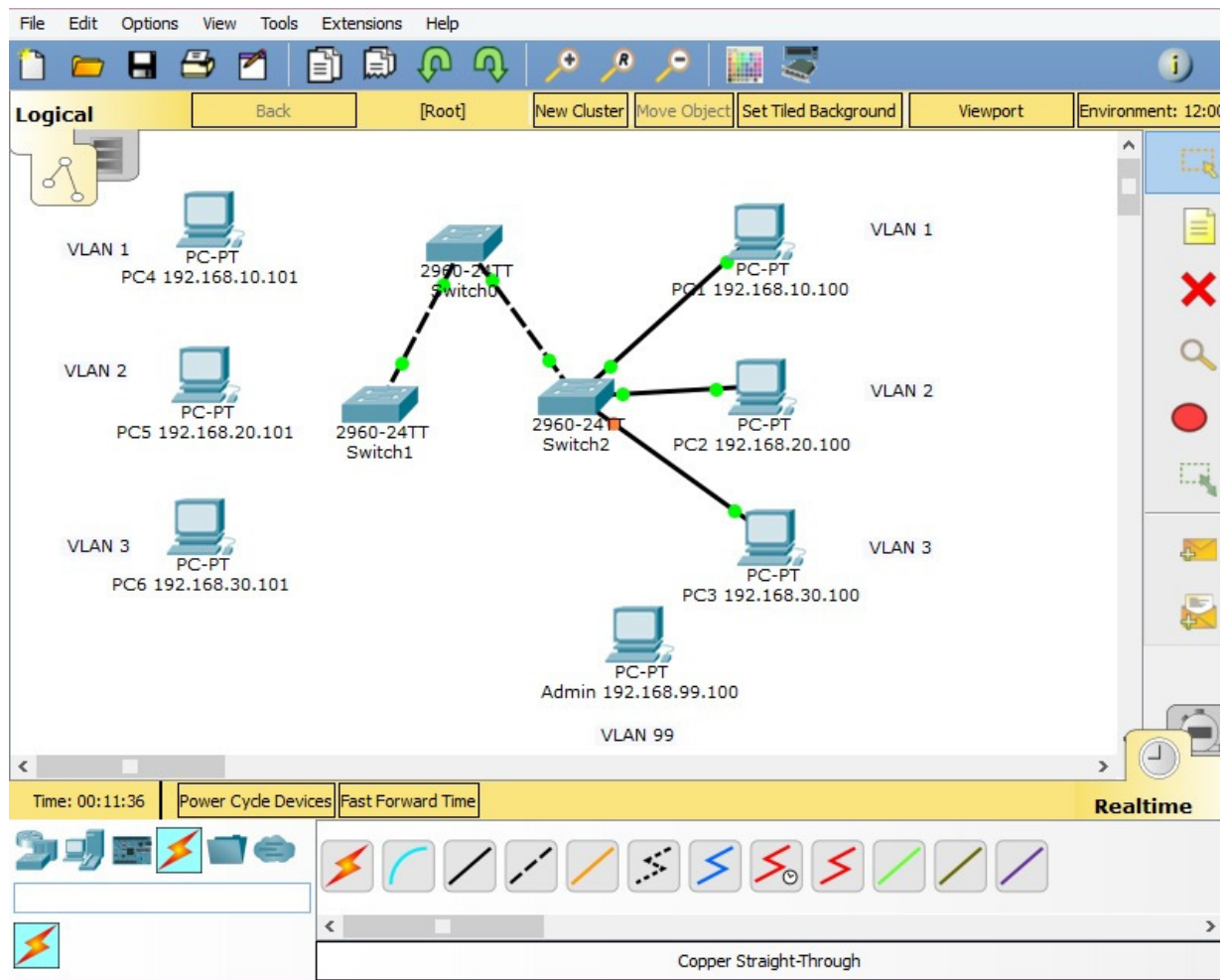
Τέλος το τελικό αποτέλεσμα στο δίκτυο είναι το ακόλουθο.



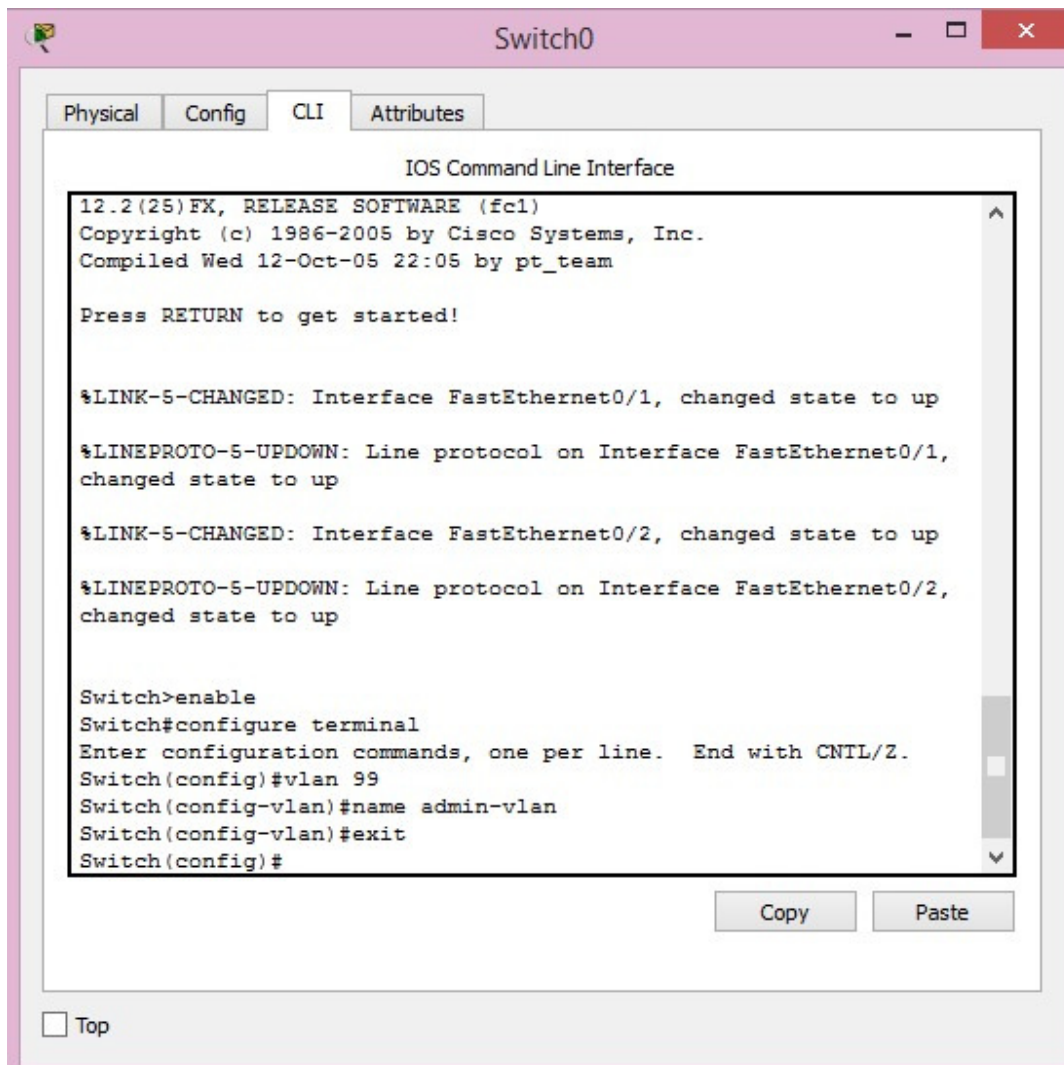
4.4 Υλοποίηση VLAN

Σε αυτό το παράδειγμα θα φτιάξουμε ένα δίκτυο το οποίο χρησιμοποιεί VLANs. Αρχικά θα μεταφέρουμε το ακόλουθο σχήμα στο Packet tracer.





Αφού το μεταφέρουμε, θα τοποθετήσουμε τις IP διευθύνσεις στο κάθε δίκτυο ανάλογα και με τον ανάλογο τρόπο. Και ύστερα θα αρχίσουμε να γράφουμε σταδιακά τις εντολές για να δημιουργήσουμε τα VLANs.



```
Switch>en
Switch#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#vlan 10
Switch(config-vlan)#name Lab-1
Switch(config-vlan)#ex
Switch(config)#vlan 20
Switch(config-vlan)#name Lab-2
Switch(config-vlan)#ex
Switch(config)#vlan 30
Switch(config-vlan)#name Lab-3
Switch(config-vlan)#ex
Switch(config)#ex
Switch#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Switch#copy running-config startup-config
Destination filename [startup-config]?
Building configuration...
[OK]
Switch#
```

Αρχικά θα ρυθμίσουμε ονόματα στα VLANs .

Ύστερα με αυτή την εντολή θα ελέγξουμε αν όντως έχουν προστεθεί τα ονόματα στα VLANs.

Switch0

Physical Config CLI Attributes

IOS Command Line Interface

```
Building configuration...
[OK]
Switch#show vlan brief
```

VLAN Name	Status	Ports
1 default	active	Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4 Fa0/7, Fa0/8 Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12 Fa0/15, Fa0/16 Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20 Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24 Gig0/1, Gig0/2
10 Lab-1	active	
20 Lab-2	active	
30 Lab-3	active	
99 admin-vlan	active	
1002 fddi-default	active	
1003 token-ring-default	active	
1004 fddinet-default	active	
1005 trnet-default	active	

Switch#

Copy Paste

Top


```
Switch0
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface

Switch>
Switch>en
Switch#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#int range fa0/6- 0/10
      ^
% Invalid input detected at '^' marker.

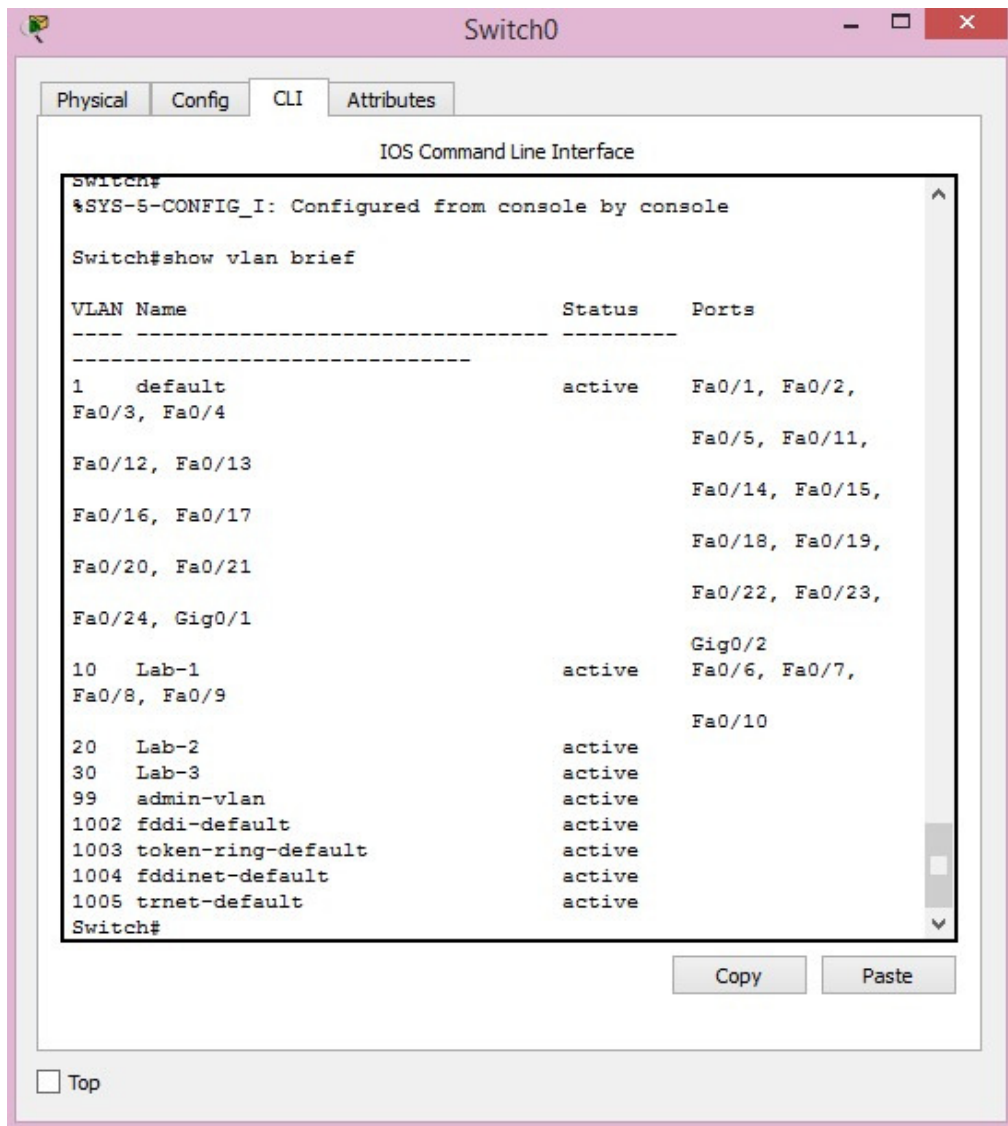
Switch(config)#int range fa0/6- 0/1
      ^
% Invalid input detected at '^' marker.

Switch(config)#int range fa0/6-0/10
      ^
% Invalid input detected at '^' marker.

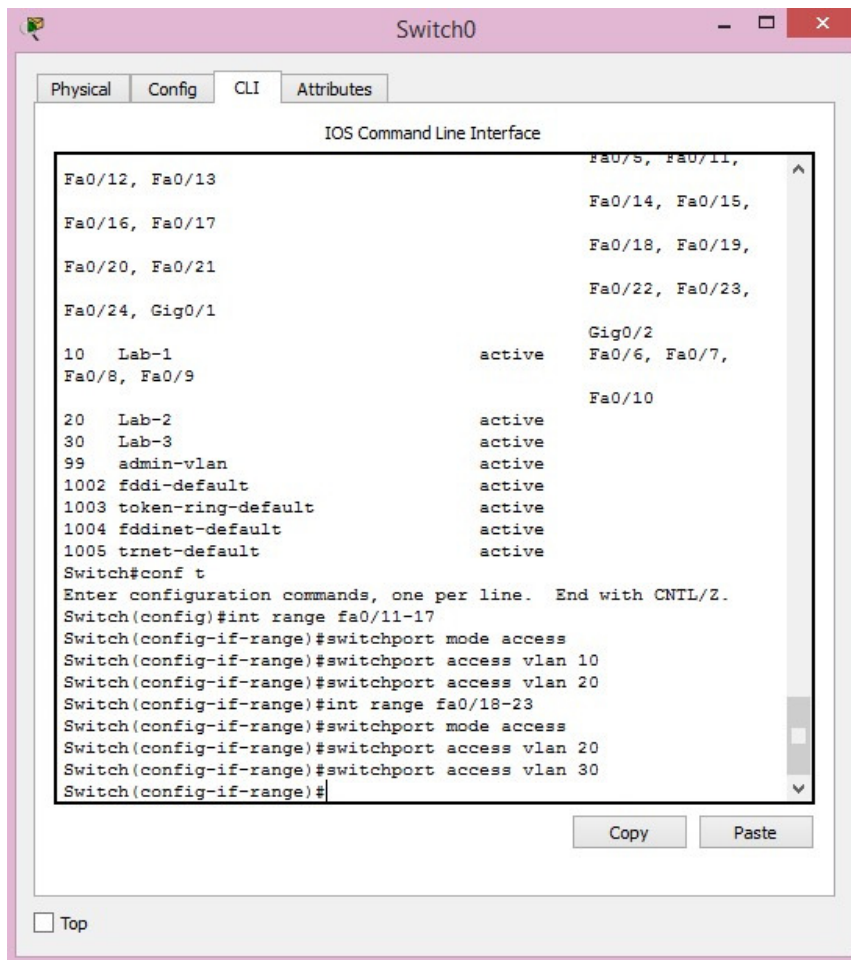
Switch(config)#int range fa0/6-10
Switch(config-if-range)#switchport mode access
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 10
Switch(config-if-range)#no shutdown
Switch(config-if-range)#ex
Switch(config)#ex
Switch#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Copy Paste
 Top
```

Στην συνέχεια ρυθμίζουμε σε ποιες διεπαφές θα αντιστοιχεί και θα έχει πρόσβαση το κάθε VLAN που θέλουμε να ορίσουμε. Π.χ. εδώ θα αντιστοιχεί από την 6 μέχρι την 10 στο switch.



Και τώρα με την ίδια εντολή από πριν μας δείχνει ποιες ακριβώς διαπαφές είναι συνδεδεμένες.



Ρυθμίζουμε και τα υπόλοιπα VLANs σταδιακά με τον ίδιο τρόπο σε κάθε switch.

Switch0

Physical Config CLI Attributes

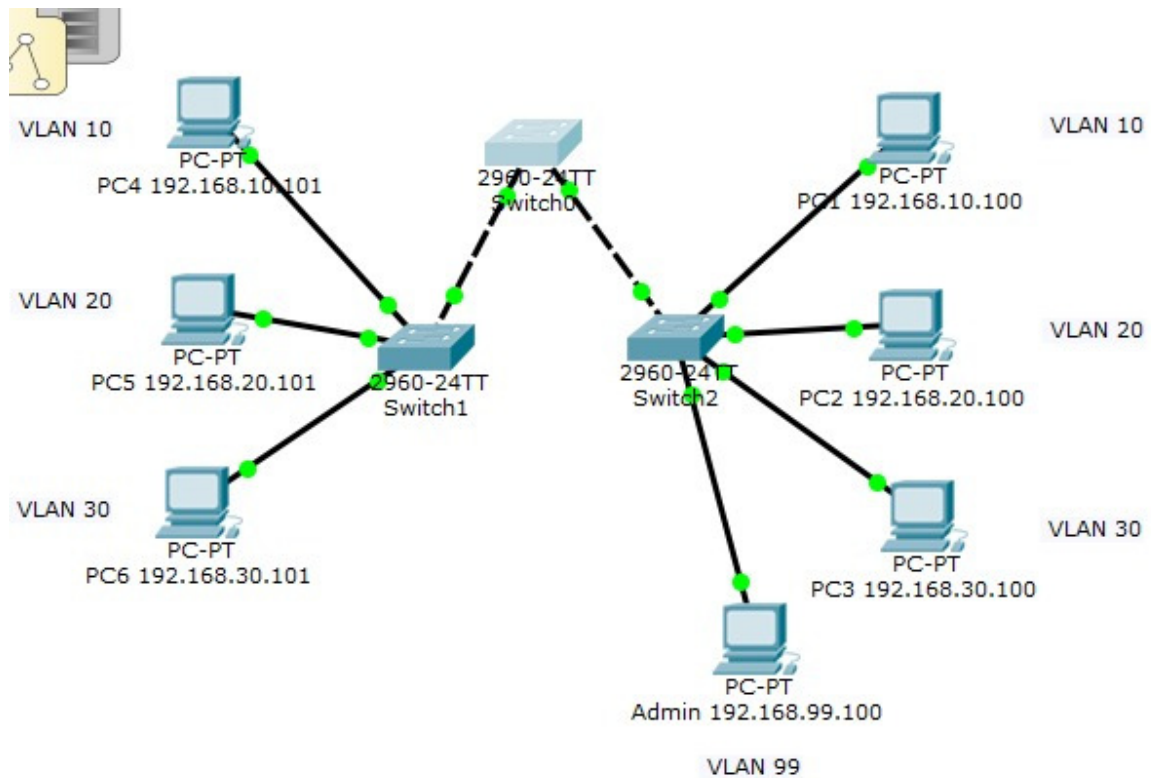
IOS Command Line Interface

```
10 Lab-1 active Gig0/2
Fa0/8, Fa0/9 Fa0/6, Fa0/7,
Fa0/10

20 Lab-2 active
30 Lab-3 active
99 admin-vlan active
1002 fddi-default active
1003 token-ring-default active
1004 fddinet-default active
1005 trnet-default active
Switch#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#int range fa0/11-17
Switch(config-if-range)#switchport mode access
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 10
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 20
Switch(config-if-range)#int range fa0/18-23
Switch(config-if-range)#switchport mode access
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 20
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 30
Switch(config-if-range)#int range fa0/24
Switch(config-if-range)#int fa0/24
Switch(config-if)#switchport mode access
Switch(config-if)#switchport access vlan 99
Switch(config-if)#end
Switch#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
Switch#
```

Copy Paste

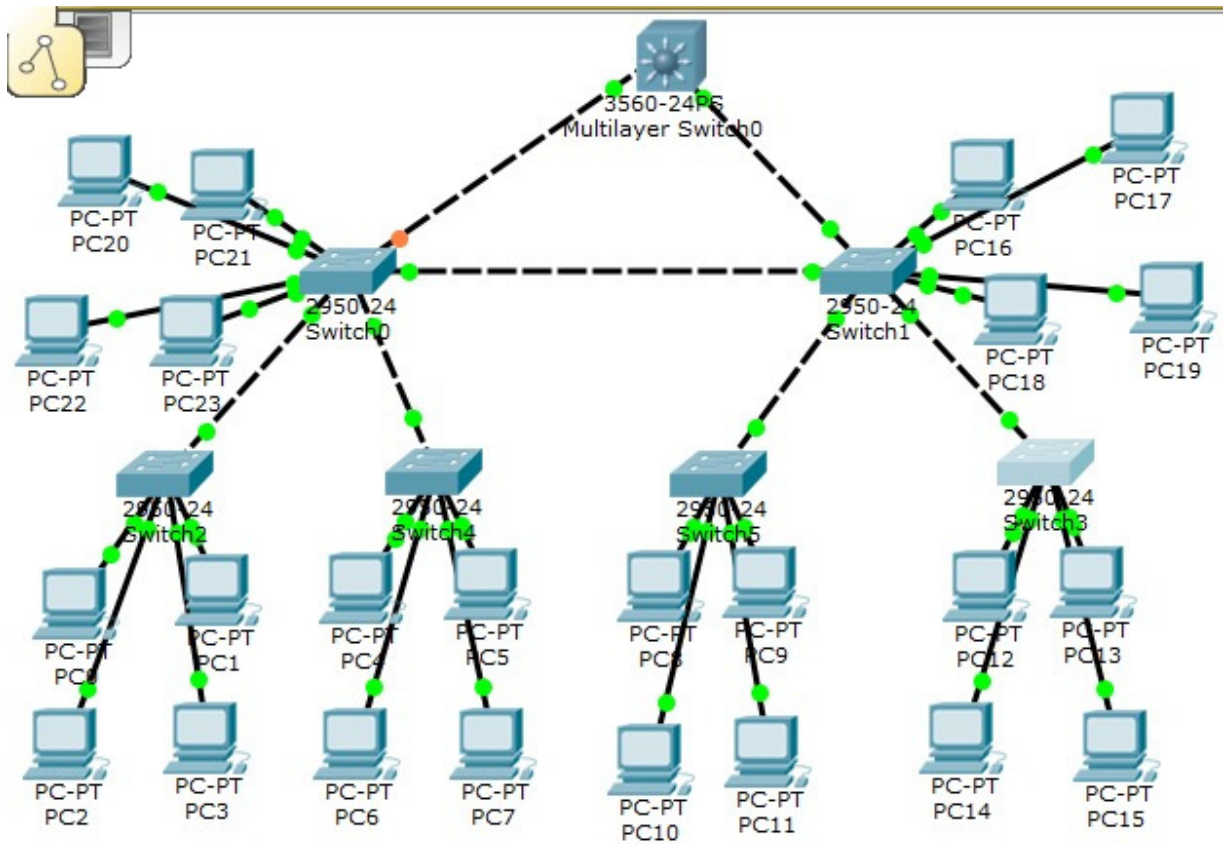
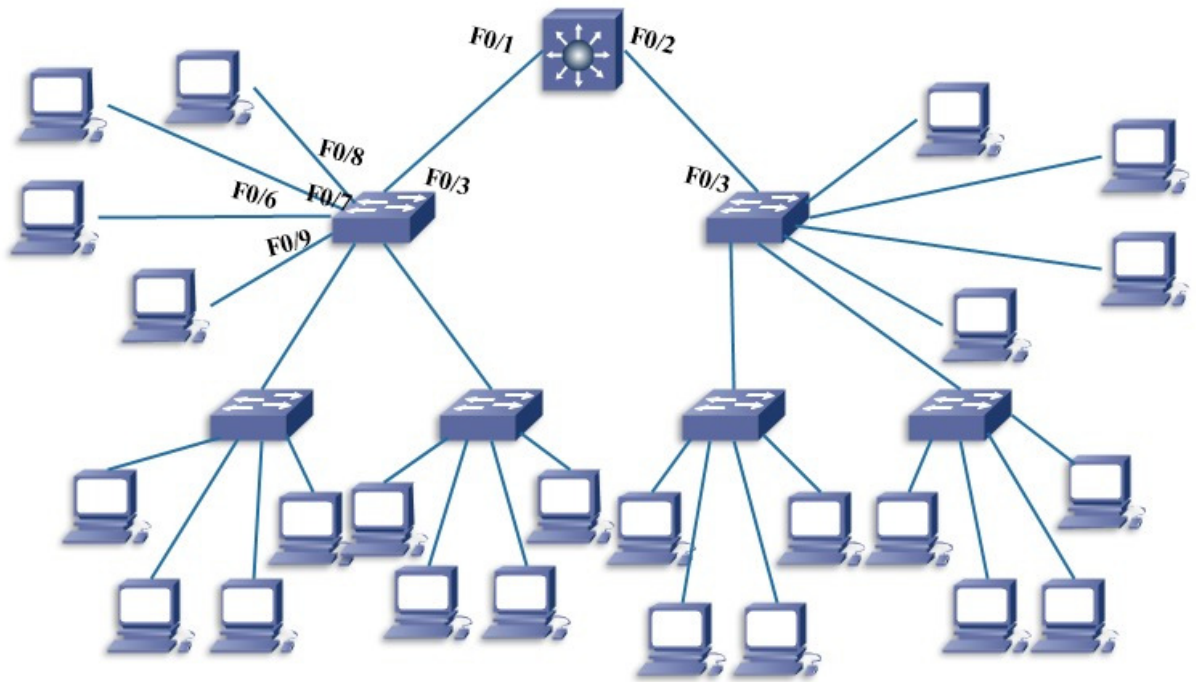
Top



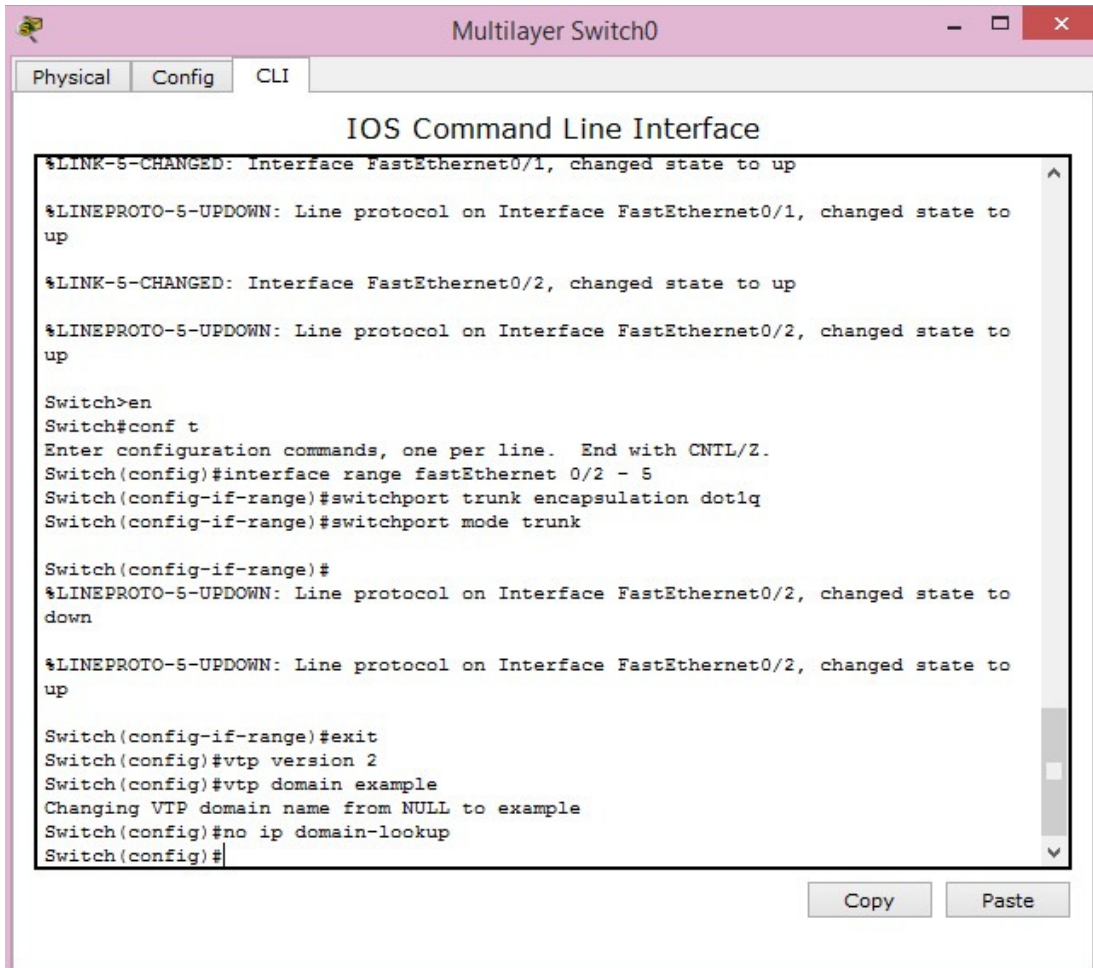
Και η τελική μορφή του μορφή θα είναι η εικονιζόμενη.

4.5 Υλοποίηση VLAN, VTP, DHCP

Θα υλοποιήσουμε ένα παράδειγμα το οποίο θα περιέχει VLANs , θα χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο VTP και οι διευθύνσεις στις συσκευές θα ρυθμίζονται με DHCP. Μεταφέρουμε την παρακάτω εικόνα στο πρόγραμμα.



Και η μορφή είναι η συγκεκριμένη. Να υπενθυμίσουμε ότι τώρα δεν χρειάζεται να προσθέσουμε IP διευθύνσεις γιατί δεν θα περιέχουν στατική διεύθυνση αλλά θα αλλάζει σύμφωνα με το πρωτόκολλο DHCP.



```
Multilayer Switch0
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/1, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed state to up
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/2, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/2, changed state to up
Switch>en
Switch#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#interface range fastEthernet 0/2 - 5
Switch(config-if-range)#switchport trunk encapsulation dot1q
Switch(config-if-range)#switchport mode trunk

Switch(config-if-range)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/2, changed state to down

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/2, changed state to up

Switch(config-if-range)#exit
Switch(config)#vtp version 2
Switch(config)#vtp domain example
Changing VTP domain name from NULL to example
Switch(config)#no ip domain-lookup
Switch(config)#
```

Ρυθμίζουμε το VTP στον switch0.

```
Switch0
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/8, changed state to
up

Switch>enable
Switch#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#no ip domain-lookup
Switch(config)#vtp mode client
Setting device to VTP CLIENT mode.
Switch(config)#interface range fastEthernet 0/1 - 5
Switch(config-if-range)#switchport mode trunk

Switch(config-if-range)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed state to
down

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed state to
up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/2, changed state to
down

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/2, changed state to
up

Copy Paste
```

Ρυθμίζουμε ως trunk θύρα την fast ethernet 0 στον switch.

```
Switch>en
Switch#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#vlan 10
Switch(config-vlan)#name example2
Switch(config-vlan)#ex
Switch(config)#vlan 20
Switch(config-vlan)#name hr
Switch(config-vlan)#ex
Switch(config)#vlan 10
Switch(config-vlan)#name sales
Switch(config-vlan)#ex
Switch(config)#
```

Ύστερα ρυθμίζουμε τα VLANs.


```
Switch>en
Switch#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#vlan 10
Switch(config-vlan)#name example2
Switch(config-vlan)#ex
Switch(config)#vlan 20
Switch(config-vlan)#name hr
Switch(config-vlan)#ex
Switch(config)#vlan 10
Switch(config-vlan)#name sales
Switch(config-vlan)#ex
Switch(config)#ip dhcp pool sales
Switch(dhcp-config)#network 192.168.1.0 255.255.255.0
Switch(dhcp-config)#default-router 192.168.1.1
Switch(dhcp-config)#ex
Switch(config)#ip dhcp pool hr
Switch(dhcp-config)#network 10.0.0.0 255.255.255.0
Switch(dhcp-config)#default-router 10.0.0.1
Switch(dhcp-config)#ex
Switch(config)#
```

Ενεργοποιούμε το πρωτόκολλο DHCP στα VLANs με τις παραπάνω εντολές.

```

Multilayer Switch0
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface
Switch(config-vlan)#name hr
Switch(config-vlan)#ex
Switch(config)#vlan 10
Switch(config-vlan)#name sales
Switch(config-vlan)#ex
Switch(config)#ip dhcp pool sales
Switch(dhcp-config)#network 192.168.1.0 255.255.255.0
Switch(dhcp-config)#default-router 192.168.1.1
Switch(dhcp-config)#ex
Switch(config)#ip dhcp pool hr
Switch(dhcp-config)#network 10.0.0.0 255.255.255.0
Switch(dhcp-config)#default-router 10.0.0.1
Switch(dhcp-config)#ex
Switch(config)#interface vlan 10
Switch(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Vlan10, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan10, changed state to up
Switch(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
Switch(config-if)#ex
Switch(config)#interface vlan 20
Switch(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Vlan20, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan20, changed state to up
Switch(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
Switch(config-if)#ex
Switch(config)#
Copy Paste

```

Ρυθμίζουμε στις διαπαφές των VLANs ποια μορφή διευθύνσεων θα έχουν ανάλογα με την μάσκα υποδικτύου.

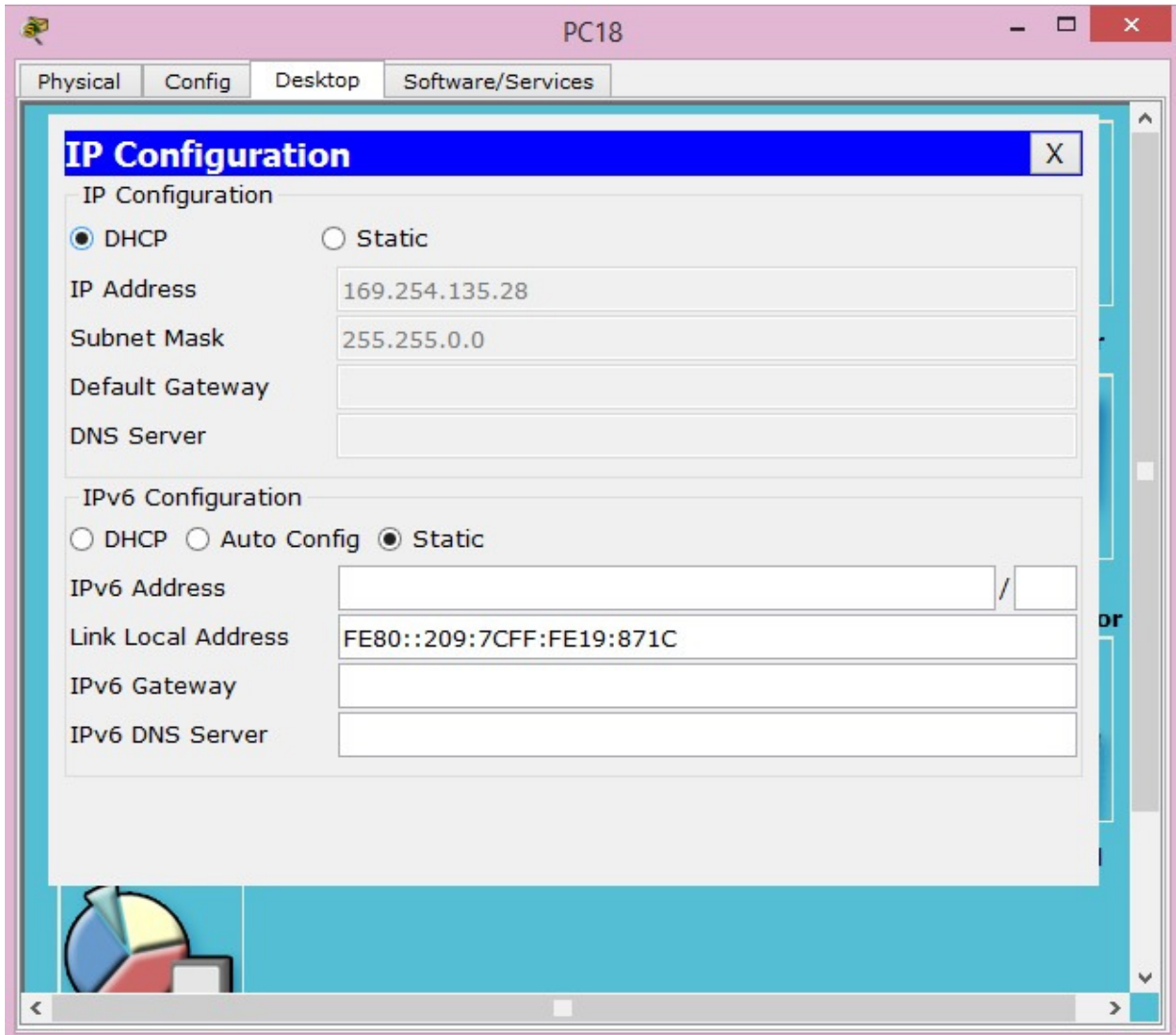
```

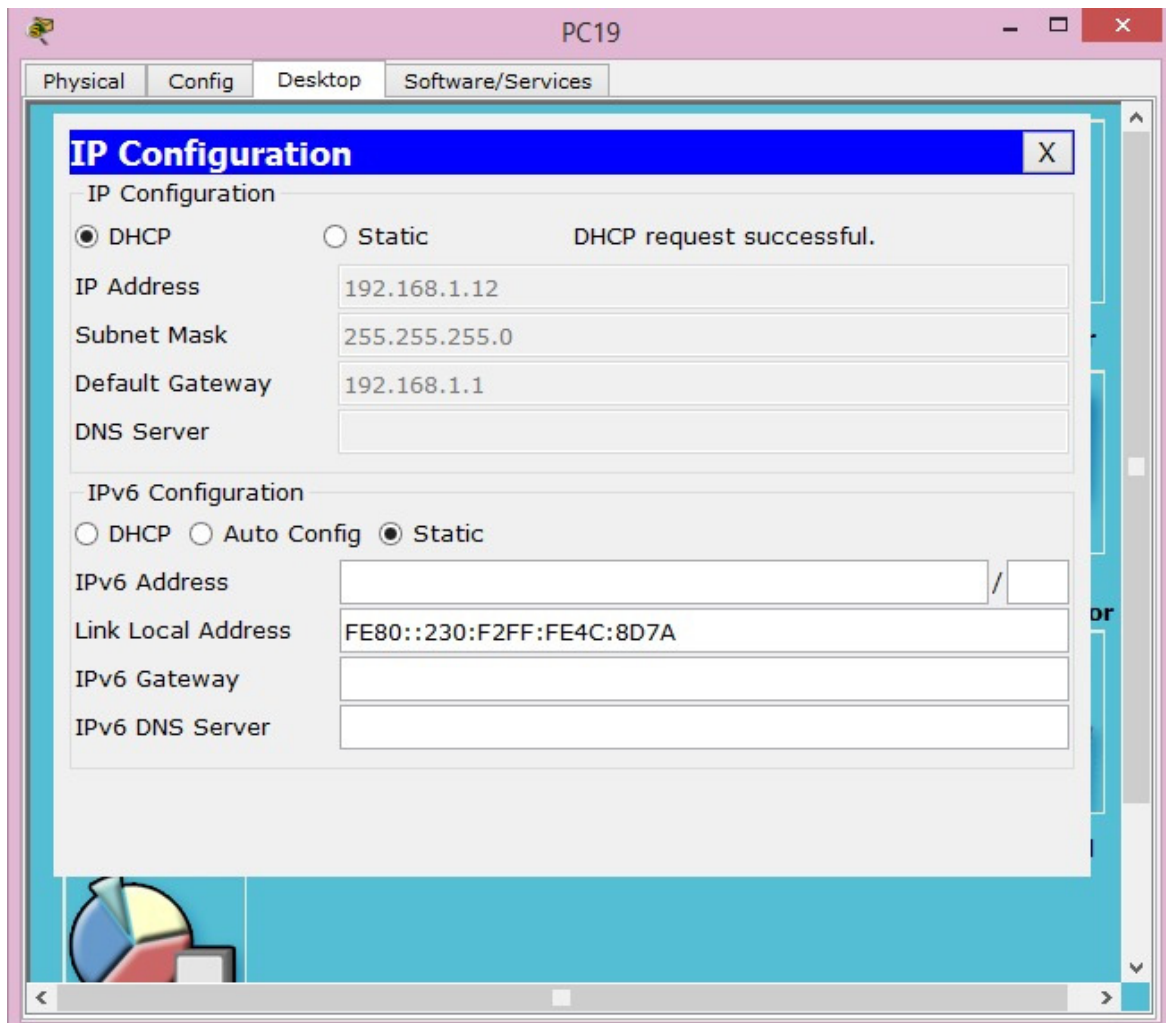
Switch>
Switch>en
Switch#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#interface range fastEthernet 0/6 -7
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 10
Switch(config-if-range)#ex
Switch(config)#

Switch(config-if-range)#switchport access vlan 10
Switch(config-if-range)#ex
Switch(config)#interface range fastEthernet 0/8 - 9
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 20
Switch(config-if-range)#ex
Switch(config)#

```

Ρυθμίζουμε ποιες διαπαφές έχουν πρόσβαση στο κάθε VLAN.





Τέλος για κάθε υπολογιστή που είναι συνδεδεμένος ακολουθούμε τα παραπάνω βήματα ώστε να το ρυθμίσουμε να λειτουργεί με DHCP.

Και η τελική του μορφή είναι η ακόλουθη:

The screenshot displays a network configuration interface. On the left, a hierarchical network diagram shows a central 3560-24PS Multilayer Switch0 connected to three 2950-24 Switches (Switch0, Switch4, and Switch5). Each switch is connected to several PC-PT devices. On the right, a table lists the configuration for the selected switch's ports.

Port	Link	VLAN	IP Address	MAC Address
FastEthernet0/1	Up	--	--	0001.421A.A801
FastEthernet0/2	Up	--	--	0001.421A.A802
FastEthernet0/3	Up	--	--	0001.421A.A803
FastEthernet0/4	Up	--	--	0001.421A.A804
FastEthernet0/5	Down	--	--	0001.421A.A805
FastEthernet0/6	Up	10	--	0001.421A.A806
FastEthernet0/7	Up	10	--	0001.421A.A807
FastEthernet0/8	Up	20	--	0001.421A.A808
FastEthernet0/9	Up	20	--	0001.421A.A809
FastEthernet0/10	Down	1	--	0001.421A.A80A
FastEthernet0/11	Down	1	--	0001.421A.A80B
FastEthernet0/12	Down	1	--	0001.421A.A80C
FastEthernet0/13	Down	1	--	0001.421A.A80D
FastEthernet0/14	Down	1	--	0001.421A.A80E
FastEthernet0/15	Down	1	--	0001.421A.A80F
FastEthernet0/16	Down	1	--	0001.421A.A810
FastEthernet0/17	Down	1	--	0001.421A.A811
FastEthernet0/18	Down	1	--	0001.421A.A812
FastEthernet0/19	Down	1	--	0001.421A.A813
FastEthernet0/20	Down	1	--	0001.421A.A814
FastEthernet0/21	Down	1	--	0001.421A.A815
FastEthernet0/22	Down	1	--	0001.421A.A816
FastEthernet0/23	Down	1	--	0001.421A.A817
FastEthernet0/24	Down	1	--	0001.421A.A818
Vlan1	Down	1	<not set>	0002.163E.14DB

Additional interface elements include a status bar at the bottom showing 'Time: 26:53:26', 'Power Cycle Devices', and 'Fast Forward Time'. A 'Connections' panel is visible on the left, and a 'Physical Location' field at the bottom right contains the text 'Intercity, Home City, Corporate Office, Main Wiring Closet'.

Παρατηρούμε στην κάθε διεπαφή αν είναι κάποια down και οι διεπαφές που ρυθμίσαμε είναι Up. Αν έχουμε αυτή την εικόνα τότε τις ρυθμίσαμε σωστά.

Βιβλιογραφία

- Ross, K. W., & Kurose, J. F. (2008). *Δικτύωση Υπολογιστών 4η έκδοση*. Αθήνα: Μ. Γκιούρδας,.
- Comer, D. E. (2001). *Διαδίκτυα με TCP/IP*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Hucaby, D., & McQuerry, S. (2003). *Cisco Field Manual: Catalyst Switch Configuration*. Indianapolis: Cisco Press.
- McQuerry, S. (2004). *CCNA Self-Study: Interconnecting Cisco Network Devices (ICND)*. Indianapolis: Cisco Press.
- Odom, W. (2008). *CCNA ICND2 official exam certification guide 2nd edition*. Indianapolis: Cisco Press.
- Μαρκασιώτης, Ι. (2005). *Δίκτυα Υπολογιστών*. Αθήνα: Β. Γκιούρδας.
- Τζήμας Ι. *Διαφάνειες των μαθημάτων Δίκτυα Υπολογιστών, Ειδικά Θέματα Δικτύων*.
- Φούσκας Γ. (2002). *Δίκτυα Υπολογιστών Ι*, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
- http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst4500/12-2/31sga/configuration/guide/config/13_int.html
- http://ru6.cti.gr/ru6/system/files/bouras_site/ergasies_foithwn/234_Routing_Algorithms.pdf
- <http://cs-study.blogspot.gr/2012/10/introduction-to-packet-tracer.html>
- http://www.it.uom.gr/project/MultimediaTechnologyNotes/chap2d_2.htm
- <https://www.udemy.com/cisco-ccna-network-fundamentals-chapter-1/learn/v4/overview>