

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ & ΔΙΚΤΥΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μελέτη Ραδιοκάλυψης 2G και 3G σε πλοίο»

ΚΑΖΑ ΠΕΤΡΟΥΛΑ Α.Μ. 0424

ΚΑΡΑΜΠΕΣΥΝΗ ΑΜΑΛΙΑ Α.Μ. 0572

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΔΡ. ΛΟΥΒΡΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
Τ.Ε.Σ.Υ.Δ. ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΝΑΥΠΑΚΤΟΣ 2013

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

Ναύπακτος, 11-02-2013

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Λούβρος Σπυρίδων
2. Ασημακόπουλος Γεώργιος
3. Ασαρίδης Ηλίας

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε από τις φοιτήτριες Κάζα Πετρούλα και Καραμπεσύνη Αμαλία του τμήματος Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων και Δικτύων Παράρτημα Ναυπάκτου του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Μεσολογίου κατά το ακαδημαϊκό έτος 2012-2013 υπό την επίβλεψη του Δρ. Λούβρου Σπυρίδων.

Στον κύριο Λούβρο οφείλουμε τις θερμές ευχαριστίες μας για την καθοδήγηση, την υποστήριξη και την εμπιστοσύνη που μας έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας πτυχιακής.

Τέλος, θέλουμε να ευχαριστήσουμε όλους εκείνους που μας έμαθαν να εκπληρώνουμε τους στόχους μας: τις οικογένειες μας, τους συμφοιτητές και φίλους μας. Σε αυτούς που με την καθημερινή τους συμπαράσταση, την υπομονή, και την αγάπη τους συνέβαλαν στην εκπόνηση αυτής της πτυχιακής.

Αμαλία & Πετρούλα

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	10
Περίληψη.....	11
Λέξεις κλειδιά	11
Abstract	12
Key words.....	12
Κεφάλαιο 1.....	13
1.1 Εισαγωγή-	13
1.2 Βασική δομή τηλεπικοινωνιακού συστήματος.	13
1.3 Βασική δομή τηλεπικοινωνιακού συστήματος.	14
1.4 Κανάλι Προσθετικού Λευκού Γκαουσιανου Θορύβου	17
1.5 Λόγος σήματος προς θόρυβο	19
1.6 SNR	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Κεφάλαιο 2.....	21
2.1 Συστήματα GSM.	21
2.2 Εισαγωγή.....	22
2.3 Υπηρεσίες του GSM.....	22
2.4 Αρχιτεκτονική GSM.....	23
2.4.1 Κινητός σταθμός.....	24
2.4.2 Βασικό υποσύστημα σταθμού.....	26
2.4.3 Υποσύστημα Δικτύου (NS)	27
2.5 Κυψελοειδής Δομή Δικτύου.....	29
2.6 Ανανέωση θέσης και κατεύθυνση κλήσης.....	30
2.7 Κωδικοποίηση Φωνής	30
2.8 Κωδικοποίηση και διαμόρφωση καναλιών.....	31
2.9 Αλλαγή κυψέλης – Handover	32
2.10 Ραδιοσυχνότητες.....	35
2.11 Διακύμανση και εξασθένιση σήματος (Fading)	37
2.12 Χωρητικότητα δικτύου GSM.....	40
Κεφάλαιο 3.....	47

Συστήματα UMTS.....	47
3.1 Εισαγωγή.....	47
3.2 Χαρακτηριστικά	48
3.3 Πλεονεκτήματα.....	48
3.4 Αρχιτεκτονική UMTS δικτύου.....	49
3.4.1 Δίκτυο επίγειας ασύρματης πρόσβασης (UTRAN).....	50
3.4.2 Σύνδεση και κίνηση στο δίκτυο UMTS.....	51
3.5 Ραδιοσυχνότητες και χρησιμοποιούμενο φάσμα στο UMTS	54
3.6 Άλλα πρότυπα	55
3.7 Πρότυπο W-CDMA	56
3.8 Ανάπτυξη του W-CDMA	56
3.9 Λειτουργία W-CDMA	57
3.10 Εκδόσεις UMTS.....	57
3.11 Μέλλον του UMTS	58
Κεφάλαιο 4.....	59
Indoor Radio Planning.....	59
4.1 Εισαγωγή.....	60
4.2 Είδη ραδιοκάλυψης.....	61
4.3 Εσωτερική κάλυψη χρησιμοποιώντας το macro επίπεδο.....	62
4.4 Στάδια κατασκευής ενός εσωτερικού συστήματος.....	62
4.5 Κεραίες	66
4.6 Προβλήματα κατά την διάρκεια του σχεδιασμού.....	67
4.7 Isolation (Απομόνωση).....	67
Κεφάλαιο 5.....	71
Mobile Repeater	71
5.1 Εισαγωγή.....	72
5.2 Βασικά μέρη του αναμεταδότη.....	73
5.3 Εξωτερική κατευθυντική κεραία.....	73
5.4 Εσωτερική κεραία αναμετάδοσης.....	74
5.5 Ενισχυτής σήματος.....	74
5.6 Λόγοι για ασθενές σήμα	75
5.6.1 Αγροτικές περιοχές.....	75
5.6.2 Υλικό κατασκευής κτιρίων.....	75

5.6.3 Κτιριακό μέγεθος.....	75
5.6.4 Multipath.....	76
5.6.5 Περίθλαση και γενική εξασθένηση	76
5.7 Mobile Repeater Helios.....	77
Κεφάλαιο 6.	79
Ευφυείς κεραιές κινητών εφαρμογών.....	79
6.1 Εισαγωγή.....	80
6.2 Ευφυή Συστήματα.....	81
6.3 Ευφυείς κεραιές σε συστήματα 3g	81
6.4 Παράμετροι και χαρακτηριστικά των κεραιών.....	85
6.5 Εύρος ζώνης συχνοτήτων, Εύρος δέσμης και πολικότητα κεραιάς	87
6.6 Στοιχεία και κεραιές που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη μας.	88
Κεφάλαιο 7.	91
Μετρητικά Προγράμματα.	91
7.1 TEMS Portfolio (Ascom)	92
7.2 Nemo Network Testing Solutions (Anite).....	97
7.3 SwissQual Network Benchmark, Optimization and ServiceMonitor	98
7.4 Diversity	98
7.5 QualiPoc	99
7.6 NetQual.....	100
7.7 Εργαλεία Εξαγωγής Μοντέλου.....	100
7.8 Λειτουργικό Σύστημα Android – Εφαρμογή Antennas	100
7.9 Εισαγωγή.....	100
7.10 Antennas.....	1043
Κεφάλαιο 8 Μελέτη παροχής ραδιοκάλυψης 2G και 3G στο πλοίο “NISOS”	104
8.1 Μετρήσεις – Υποτιθέμενες εκπομπές με tems.....	105
8.2 Σημεία Μετρήσεων... ..	106
8.3 Περιγραφή εγκατάστασης.. ..	1047
8.4 Οδευση καλωδίων.....	1040
8.5 Κατόψεις.. ..	10411
8.6 Block diagram.....	104

8.7 Φωτογραφίες	1047
Βιβλιογραφία.....	124

Εισαγωγή

Το κινητό μας τηλέφωνο εκπέμπει παλμική ασύρματη ακτινοβολία συχνότητας 900-2100 MHz, την ώρα που μιλάμε από το κινητό μας τις περισσότερες φορές ενώ ταξιδεύουμε και είμαστε μέσα στο πλοίο η κλήση μας δεν έχει ανταπόκριση, γιατί προσπαθεί το κινητό μας να συνδεθεί με τον πλησιέστερο σταθμό βάσης και τις περισσότερες φορές είναι αδύνατη η επικοινωνία.

Σε αυτές τις περιπτώσεις όπου η επικοινωνία γίνεται ασύρματα έχουμε μεγάλη εξασθένιση του σήματος (signal attenuation), διάλειψη (fading), παρεμβολές από άλλες ηλεκτρομαγνητικές πηγές (interference) και εξασθένιση του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Το σήμα εξασθενεί ταχέως (με το τετράγωνο της απόστασης) καθώς απομακρύνεται από την κεραία βάσης, η ενέργεια του σήματος απλώνεται σε μία σφαίρα γύρω από την κεραία και έτσι αυτό που φτάνει στον δέκτη είναι ένα μικρό κλάσμα της συνολικά εκπεμφθείσης.

Σκοπός της διαδικασίας είναι να διασφαλίσουμε πώς μελετάται και εγκρίνεται αρμοδίως η εγκατάσταση απαραίτητου εξοπλισμού, προκειμένου να βελτιωθεί η ραδιοκάλυψη στο πλοίο.

Αρχικά μεταβαίνουμε στο πλοίο προκειμένου να εκτιμήσουμε την έκταση του προβλήματος. Στην συνέχεια πραγματοποιούμε έλεγχο των χώρων, υποτιθέμενες εκπομπές με TEMS, μετρήσεις ραδιοκάλυψης, καταγραφή θέσεων και τύπων των serving κεραιών.

Τέλος, επεξεργαζόμαστε τα στοιχεία που συγκεντρώσαμε κατά τη μετάβαση, διερευνάμε τρόπους επίλυσης του προβλήματος κάλυψης και προβαίνουμε στη σύνταξη της σχετικής πρότασης εγκατάστασης εξοπλισμού για τη βελτίωση της

ραδιοκάλυψης τοποθετώντας εξωτερικά στο κατάστρωμα την donor κεραία, έναν αναμεταδότη και εσωτερικές serving κεραίες.

Περίληψη

Σκοπός της διαδικασίας είναι να διασφαλίσουμε πώς μελετάται και εγκρίνεται αρμοδίως η εγκατάσταση απαραίτητου εξοπλισμού, προκειμένου να βελτιωθεί η ραδιοκάλυψη στο πλοίο.

Στο πρώτο κεφάλαιο σαν εισαγωγή της πτυχιακής μας αναφερόμαστε στη βασική δομή ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην αρχιτεκτονική του δικτύου GSM, στις υπηρεσίες του, στην κυψελοειδή δομή, στην αλλαγή κυψέλης-handover καθώς και στα τεχνικά του χαρακτηριστικά του. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζουμε το δίκτυο UMTS, ασχολούμαστε με τα χαρακτηριστικά, τα πλεονεκτήματα τις ραδιοσυχνότητες του και την λειτουργία του W-CDMA. Έπειτα, στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρουμε επιγραμματικά τα είδη ραδιοκάλυψης, αναλύουμε το indoor radio planning και τέλος επεξηγούμε τον όρο απομόνωση. Εν συνεχεία, στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύουμε τους αναμεταδότες-ενισχυτές σήματος και παρουσιάζουμε τα χαρακτηριστικά του αναμεταδότη που χρησιμοποιούμε στην μελέτη. Παρακάτω, στο έκτο κεφάλαιο ασχολούμαστε με τις ευφυής κεραίες τα πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα και παραθέτουμε τα χαρακτηριστικά των κεραιών που χρησιμοποιούμε στην μελέτη, της donor κεραίας και των 11 serving κεραιών. Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα πιο γνωστά εμπορικά συστήματα παρακολούθησης και καταγραφής ποιότητας δικτύων κινητών επικοινωνιών καθώς και το εργαλείο με το οποίο δημιουργούμε τις υποτιθέμενες εκπομπές. Τέλος, στο όγδοο κεφαλαίο παρουσιάζεται όπως είναι επίσημα η μελέτη ραδιοκάλυψης 2G και 3G στο πλοίο με όλα τα απαραίτητα στοιχεία που συλλέξαμε.

Λέξεις κλειδιά

Τηλεπικοινωνιακό σύστημα, GSM δίκτυο, UMTS δίκτυο, W-CDMA δίκτυο, κυψέλες, handover, indoor radio planning, isolation, repeater, antennas, μετρήσεις, Power Budget.

Abstract

Purpose of this paper is the need to study and approve the setup of appropriate equipment, in order to improve the radio signal on a boat.

In the first chapter, using as an introduction, we will focus on the basic structure of a radio network. In the second one we will analyze the architecture of a GSM network, the services, the cell structure, the handover as well as its technical features. The third chapter we study the UMTS network, the features and advantages, the radio wave frequencies its using and last the W-CDMA. The fourth chapter is about the different radio coverage schemes, we analyze the indoor radio planning and we explain the isolation factor. After that on the fifth chapter we analyze the mobile repeaters and we present the technical details of the one we used. On sixth chapter we study the intelligent antennas with their advantages and disadvantages and we present the details of all the antennas we used in our study, the donor antenna and also the 11 serving antenna's details. On the seventh chapter we deal with commercial software observing the quality of various radio networks as well as the one we used in our study to represent the transmissions. And last on the last chapter we present the actual radio coverage study 2G and 3G on the ship with all the available data we have acquired.

Key words

Telecommunications system, GSM network, UMTS network, W-CDMA network, radio cells, handover, indoor radio planning, isolation, repeater, antennas, measurements, Power Budget.

Κεφάλαιο 1.

Εισαγωγή-

Βασική δομή τηλεπικοινωνιακού συστήματος.

Βασική δομή τηλεπικοινωνιακού συστήματος.

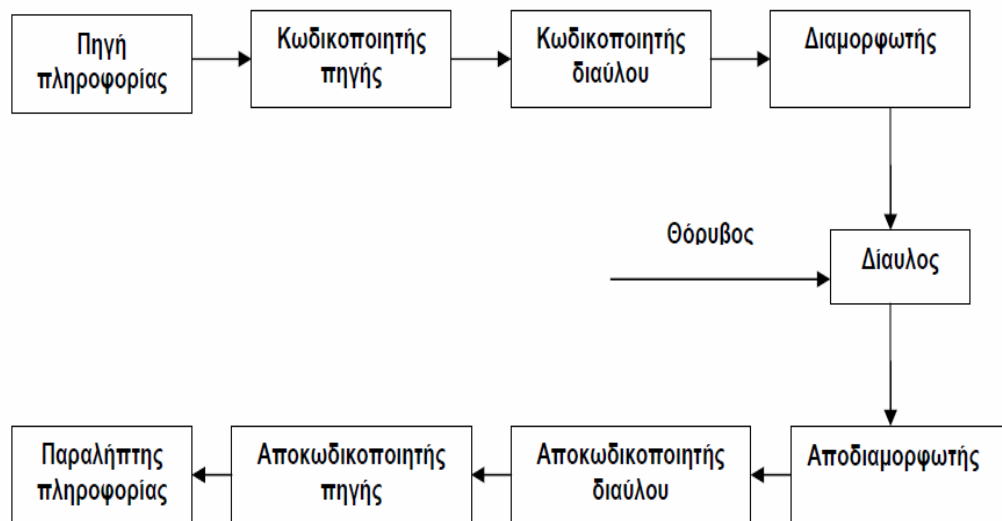
Η συνεισφορά που είχαν τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα και οι επικοινωνίες στην ανθρωπότητα γενικότερα είναι αναμφισβήτητα ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα του ανθρώπου. Το τελευταίο αιώνα οι τηλεπικοινωνίες αποτέλεσαν μια από τις ανακαλύψεις που βελτίωσαν στο έπακρο την ζωή των ανθρώπων και καταφέραμε να ενώσουμε ανθρώπους από κάθε άκρο της γης, κάτι που παλαιότερα θα φαινόταν ακατόρθωτο, χωρίς την βοήθεια των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων.

Στην συνέχεια θα εξηγήσουμε και θα μελετήσουμε την βασική δομή ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος.

Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από κάποια βασικά μέρη:

- Την πηγή πληροφορίας
- Τον κωδικοποιητή πηγής
- Τον κωδικοποιητή διαύλου
- Τον διαμορφωτή
- Τον δίαυλο
- Αποδιαμορφωτής
- δίαυλο
- Αποκωδικοποιητής διαύλου
- Αποκωδικοποιητής πηγής
- Παραλήπτης πληροφορίας

Σχηματικά η βασική δομή ενός τέτοιου συστήματος παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 1- Βασική δομή τηλεπικοινωνιακού συστήματος

Η **πηγή πληροφορίας (information source)** είναι τα δεδομένα τα οποία θέλουμε να μεταφέρουμε δηλαδή η πληροφορία . Η πληροφορία αυτή μπορεί να περιέχει λέξεις, σύμβολα αλλά η μορφή της δεν είναι κατάλληλη για μεταφορά και αποστολή μέσω οποιαδήποτε μέσου μεταφοράς. Για αυτό γίνεται μετατροπή σε κάποια άλλη μορφή, συνήθως σε δυαδική μορφή. Ένα ακόμη πρόβλημα που ενδέχεται να έχει η πηγή πληροφορίας είναι ο **πλεονασμός (redundancy)** δηλαδή να περιέχει πληροφορία που να μην χρειάζεται να μεταφερθεί. Για λόγους απόδοσης δεν θέλουμε να μεταφέρουμε περισσότερη πληροφορία από αυτήν που χρειαζόμαστε. Την λύση σε αυτό το εμπόδιο δίνει ο **κωδικοποιητής πηγής (source encoder)** που μετατρέπει την πληροφορία σε μια σειρά από δυαδικά ψηφία χωρίς πλεονασμό. Αν ο κωδικοποιητής πηγής παράγει rb δυαδικά ψηφία ανά δευτερόλεπτο, τότε το μέγεθος rb καλείται **ρυθμός δεδομένων (data rate)**.

Τα κυριότερα σφάλματα κατά την διαδικασία της αποστολής προκαλούνται από τις αλλοιώσεις του καναλιού πριν το σήμα φτάσει στον παραλήπτη. Ο **κωδικοποιητής διαύλου** (channel encoder) είναι ενσωματωμένος στο σύστημα και η λειτουργία του είναι να προσθέσει επιπλέον ψηφία πληροφορίας. Δηλαδή προκαλεί πλεονασμό στα δυαδικά ψηφία για να μειωθούν τα λάθη κατά την διάρκεια της μετάδοσης. Ο κωδικοποιητής διαύλου αντιστοιχεί σε κάθε μήνυμα από k δυαδικά ψηφία, ένα μεγαλύτερο μήνυμα αποτελούμενο από δυαδικά ψηφία που ονομάζεται κωδική λέξη. Κάθε κώδικας έχει λόγο $R=k/n < 1$, που ονομάζεται ρυθμός κώδικα. Ο ρυθμός δεδομένων στην έξοδο του κωδικοποιητή είναι $r_c=r_b/R$ bps.

Στην συνέχεια το σήμα μας περνά από τον **διαμορφωτή** (modulator) γιατί το σήμα εξόδου από τον κωδικοποιητή διαύλου δεν είναι κατάλληλο για μετάδοση. Η διαμόρφωση προσαρμόζει το σήμα στα χαρακτηριστικά του διαύλου και επιτρέπει την ταυτόχρονη μετάδοση περισσότερων σημάτων μέσω του ίδιου διαύλου. Ο διαμορφωτής, αντιστοιχεί τα κωδικοποιημένα δυαδικά ψηφία σε ανάλογες κυματομορφές. Η διαμόρφωση μπορεί να μεταβάλλει το πλάτος, την φάση ή την συχνότητα μιας ημιτονοειδούς κυματομορφής, η οποία ονομάζεται φορέας (carrier).

Οι **δίαυλοι** (channels) είναι το μέσο μετάδοσης της πληροφορίας. Τέτοια παραδείγματα δίαυλων μπορεί να είναι ο ελεύθερος χώρος όπου χρησιμοποιείται από τις ασύρματες επικοινωνίες, οπτικές ίνες, δορυφορικές συνδέσεις, καλώδια κλπ. Οι σημαντικότεροι περιορισμοί των δίαυλων μπορεί να αποτελέσει ο θερμικός θόρυβος και το πεπερασμένο εύρος ζώνης. Επιπλέον τα ασύρματα κανάλια κινητής τηλεφωνίας επηρεάζονται από ανάκλαση σήματος ενώ οι οπτικές ίνες από διασπορά σήματος.

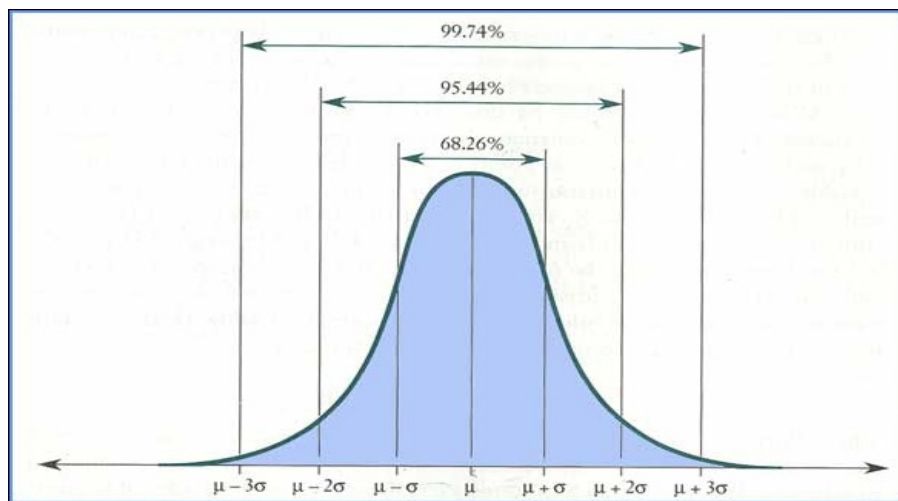
Στην συνέχεια το σήμα μαζί με την πληροφορία μεταφέρεται στην πλευρά του δέκτη. Εκεί ο **αποδιαμορφωτής** (demodulator) παράγει μια δυαδική ή αναλογική ακολουθία στην έξοδο του ως την καλύτερη εκτίμηση της μεταδιδόμενης κωδικής λέξης ή της διαμορφωμένης ακολουθίας αντίστοιχα. Ο **αποκωδικοποιητής διαύλου** (channel decoder) εκτιμάει το πραγματικό μήνυμα με βάση τον κανόνα κωδικοποίησης και τα χαρακτηριστικά του καναλιού. Η χρήση του αποκωδικοποιητή είναι να εξαλείψει όσο το δυνατόν περισσότερα προβλήματα δημιουργήσε ο θόρυβος στο κανάλι κατά την διάρκεια της μετάδοσης.

Τέλος με βάση τον κανόνα κωδικοποίησης πηγής, ο **αποκωδικοποιητής πηγής** (source decoder) μετατρέπει την ακολουθία που δέχτηκε και την αποστέλλει

στον **παραλήπτη πληροφορίας** (data sink) όπου εκεί έχουμε και πάλι το αρχικό σήμα που στάλθηκε από τον πομπό.

Κανάλι Προσθετικού Λευκού Γκαουσιανου Θόρυβου

Ένα θέλουμε να δούμε τι είναι θόρυβος, και τα αντίστοιχα προβλήματα και σφάλματα που προκαλούνται από αυτόν, σε έναν διάυλο επικοινωνίας τότε θα πρέπει να μελετήσουμε τον **Προσθετικό Λευκό Γκαουσιανο Θόρυβο** (Additive White Gaussian Noise) ή **AWGN** για συντομία. Σε ένα τέτοιο κανάλι που υπάρχει ο AWGN τα μεταδιδόμενα σύμβολα λαμβάνονται από έναν πεπερασμένο σύνολο πραγματικών αριθμών και τα σφάλματα ακόλουθουν την κατανομή Gauss (κανονική κατανομή).



Εικόνα 2 - Κατανομή Gauss

Η κύρια αιτία της ύπαρξης του AWGN είναι η ακτινοβολία από κάθε είδους ασύρματης μετάδοσης καθώς και ο θερμικός θόρυβος που προέρχεται από το υλικό. Για να υπολογίσουμε τις επιπτώσεις του AWGN χρησιμοποιούμε στατιστικά μοντέλα και αναλύσεις. Τα AWGN αποτελούν σήματα τυχαίας κατανομής και εμφάνισης και για αυτόν τον λόγο είναι αδύνατη η πρόβλεψη τους. Ένα στατιστικό μοντέλο που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για μια αριθμητική αναφορά στον θόρυβο η

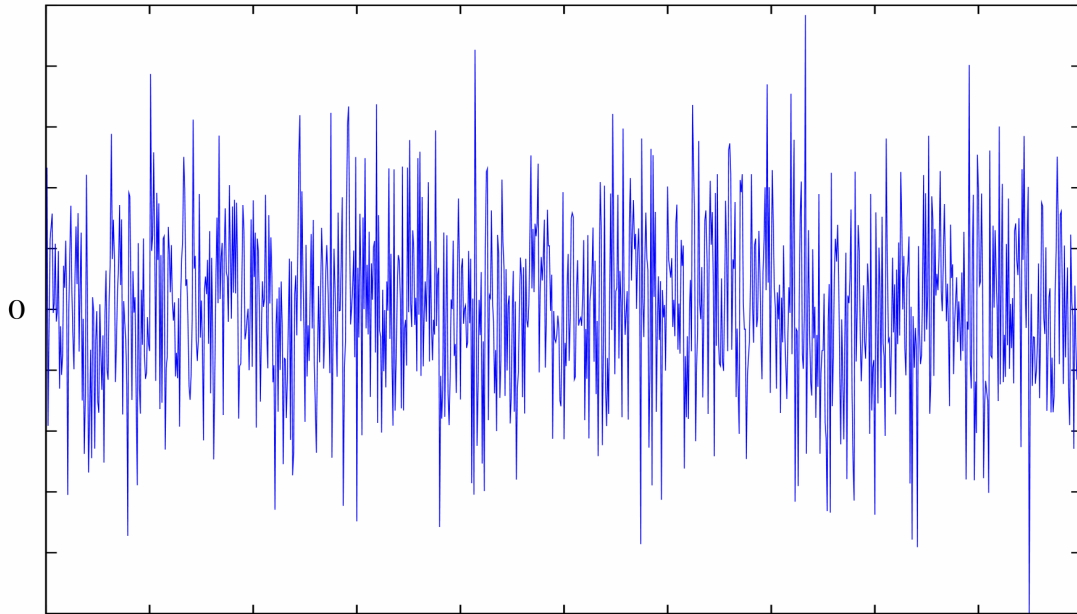
συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας. Η **συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας** σχετίζει την τιμή του σήματος με την πιθανότητα να εμφανιστεί σε συγκεκριμένο σήμα. Ο Προσθετικός Λευκός Γκαουσιανός Θόρυβος έχει συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας που βασίζεται στην κανονική κατανομή και δίνεται από την σχέση :

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot \exp\left(\frac{-(x - x_{av}^2)}{2\sigma^2}\right)$$

Όπου x_{av} είναι η μέση τιμή του θορύβου αλλά στην περίπτωση του AWGN είναι μηδέν και η τυπική απόκλιση (σ) που είναι η μέση τετραγωνική τιμή του σήματος του θορύβου.

Ενώ είναι αδύνατη η πρόβλεψη εμφάνισης μιας διακριτής τιμής είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε την πιθανότητα να εμφανιστεί ένα τέτοιο σήμα σε ένα συγκεκριμένο διάστημα $[a, \beta]$. Η πιθανότητα αυτή ονομάζεται **συνάρτηση πιθανότητας** και δηλώνεται με το σύμβολο $P(x)$. Η $P(x)$ ορίζεται ως το ολοκλήρωμα της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας σε ένα συγκεκριμένο διάστημα $[a, \beta]$.

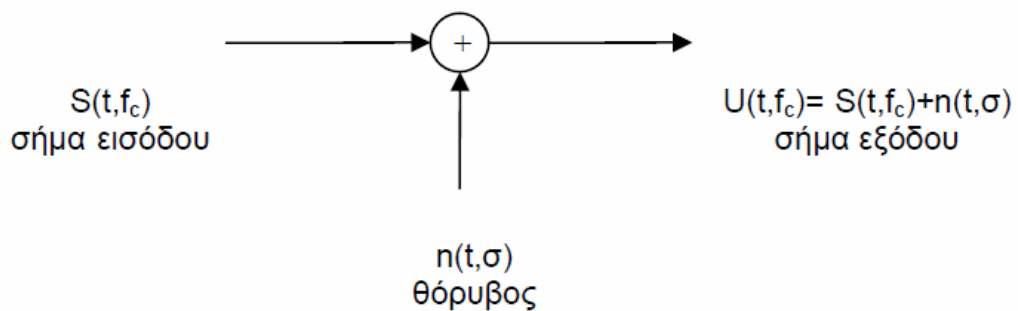
$$P(a < x < \beta) = \int_a^\beta p(x) dx$$



Εικόνα 3 - Παράδειγμα Λευκού Θορύβου

Λόγος σήματος προς θόρυβο

Όπως είδαμε και παραπάνω ο λευκός θόρυβος AWGN είναι προσθετικός (additive) που σημαίνει ότι το σήμα θορύβου προστίθεται στο υπάρχον σήμα με αποτέλεσμα την αλλοίωση του αρχικού μας σήματος. Δηλαδή το τελικό σήμα είναι το άθροισμα του σήματος θορύβου με το αρχικό μας σήμα.



Εικόνα 4 - Σήμα στην έξοδο ενθόρυβου διαύλου

Η ποιότητα του σήματος καθορίζεται κυρίως από λόγο της ισχύος σήματος προς την ισχύ του θορύβου. Ο λόγος αυτός ονομάζεται Λόγος Σήματος προς Θόρυβο (Signal to Noise Ratio , SNR) και ορίζεται :

$$SNR = \frac{\text{ισχύς σήματος}}{\text{ισχύς του θορύβου}}$$

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος που εκφράζουμε τον Λόγο Σήματος προς το Θόρυβο είναι σε κλίμακα decibel (db) και υπολογίζεται με την παρακάτω σχέση:

$$SNR_{db} = 10 * \log_{10} (SNR)$$

Κεφάλαιο 2.

Συστήματα GSM.

Εισαγωγή.

Το GSM είναι ένα παγκόσμιο σύστημα τηλεφωνίας που η δημιουργία του ξεκίνησε το 1982 από το Ευρωπαϊκό τηλεπικοινωνιακό συμβούλιο (CEPT). Τα αρχικά του GSM σημαίνουν Global System for Mobile Telecommunications. Η μελέτη του GSM ξεκίνησε το 1982 με την ονομασία Group Special mobile . Σκοπός του συστήματος και βασικές προϋποθέσεις ήταν οι εξής :

- Αξιόλογη και αξιόπιστη ποιότητα ήχου.
- Χαμηλό κόστος.
- Διεθνής υποστήριξη λειτουργίας.
- Υποστήριξη νέων υπηρεσιών και προτύπων
- Συμβατότητα με το ISDN

Το 1989, η ευθύνη και η ανάπτυξη του συστήματος μεταφέρεται στο Τηλεπικοινωνιακό Ινστιτούτο Προτύπων (ETSI). Η πρώτη φάση του GSM ξεκινάει το 1990 με την δημοσιοποίηση των χαρακτηριστικών του, ενώ η εμπορική του εκμετάλλευση το 1991. Μέχρι το 1993 υπήρχαν 36 δίκτυα GSM σε 22 χώρες. Το σύστημα μεταφέρθηκε και σε άλλες χώρες και ήδη από το 1994 υπήρχαν 1,3 εκατομμύρια συνδρομητές.

Υπηρεσίες του GSM

Μία σειρά από πληθώρα υπηρεσιών παρέχονται μέσω του συστήματος GSM. Η κύρια υπηρεσία είναι η τηλεφωνία δηλαδή η δυνατότητα ανταλλαγής φωνής και ήχου. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα αποστολής SMS (Short Message System) που είναι η υπηρεσία γραπτών μηνυμάτων μέσω του κινητού τηλεφώνου. Η υπηρεσία είναι διπλής κατευθύνσεως και επιτρέπεται η ανταλλαγή μικρών αλφαριθμητικών

χαρακτήρων μέχρι 160 bytes. Επίσης επιτρέπεται η αυτόματη αποστολή μηνυμάτων. Τα μηνύματα που λαμβάνει ο χρήστης μπορούν να αποθηκευτούν στον κάρτα SIM του κινητού τηλεφώνου.

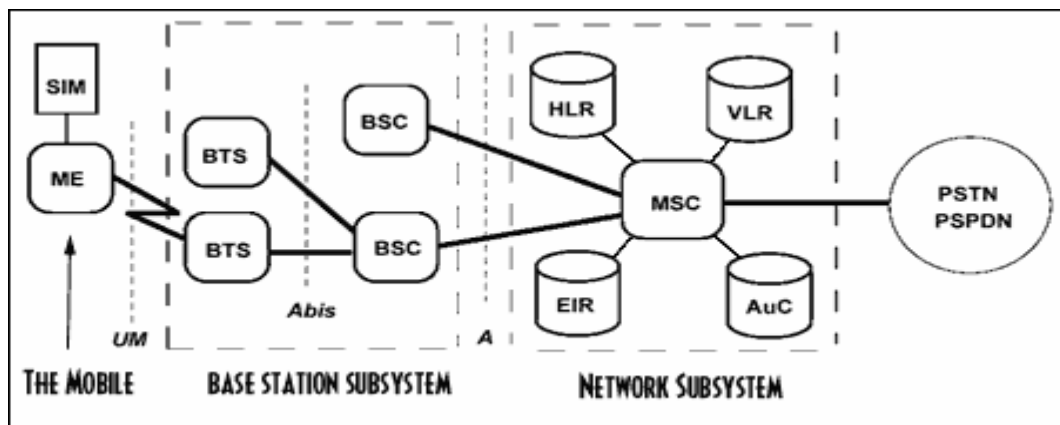
Μια άλλη υπηρεσία είναι το MMS (Multimedia Message Service) όπου μπορούμε να στείλουμε φωτογραφίες, εικονοστοιχεία και μικρά σε μέγεθος Video. Ακόμη μπορούμε να μεταφέρουμε Fax με την χρήση ειδικού προσαρμογέα Modem.

Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα internet μέσω του κινητού τηλεφώνου, μια υπηρεσία που ονομάζεται WAP (Wireless Application Protocol). Τέλος μπορούν να υπάρξουν βοηθητικές υπηρεσίες όπως αναγνώριση, προώθηση, αναμονή και φραγή κλήσεων, διάσκεψη και άλλες.

Αρχιτεκτονική GSM

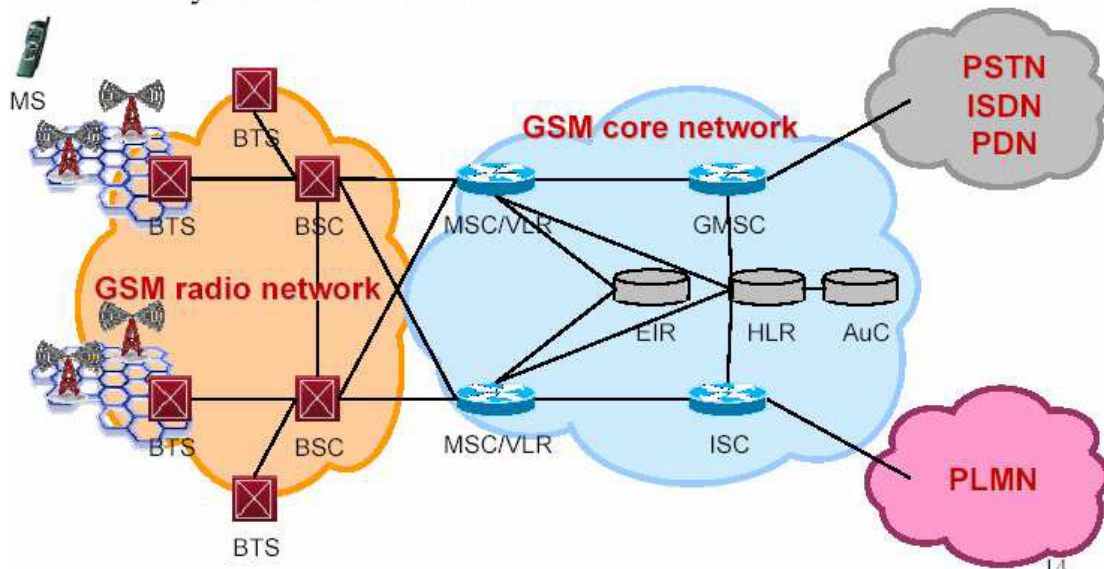
Η αρχιτεκτονική ενός δικτύου GSM παρουσιάζεται στα παρακάτω διαγράμματα.

Γενική αρχιτεκτονική του GSM δικτύου.



Εικόνα 5

- GSM system architecture



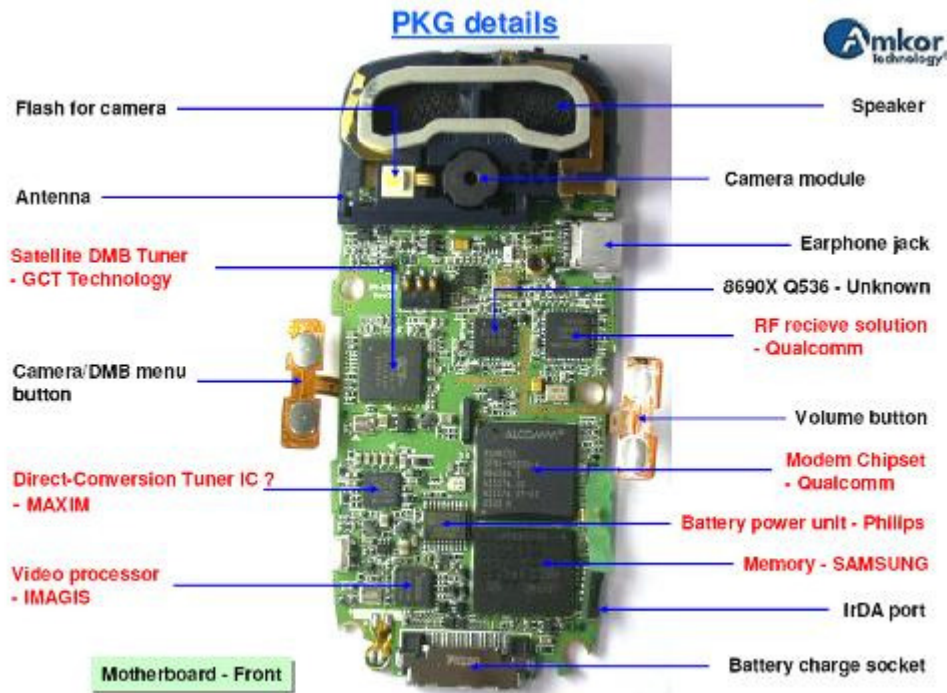
Εικόνα 6

Το GSM δίκτυο αποτελείται από τρία βασικά μέρη:

- Τον Κινητό Σταθμό (Mobile Station).
- Το Βασικό Υποσύστημα Σταθμού (Base Station Subsystem).
- Και το Υποσύστημα Δικτύου (Network Subsystem).

Κινητός σταθμός

Ο κινητός σταθμός (MS) είναι το κινητό τηλέφωνο που χειρίζεται ο χρήστης. Τα βασικά μέρη ενός κινητού είναι ο πομπός, ο δέκτης, η κεραία και η οθόνη καθώς επίσης και η κάρτα SIM.



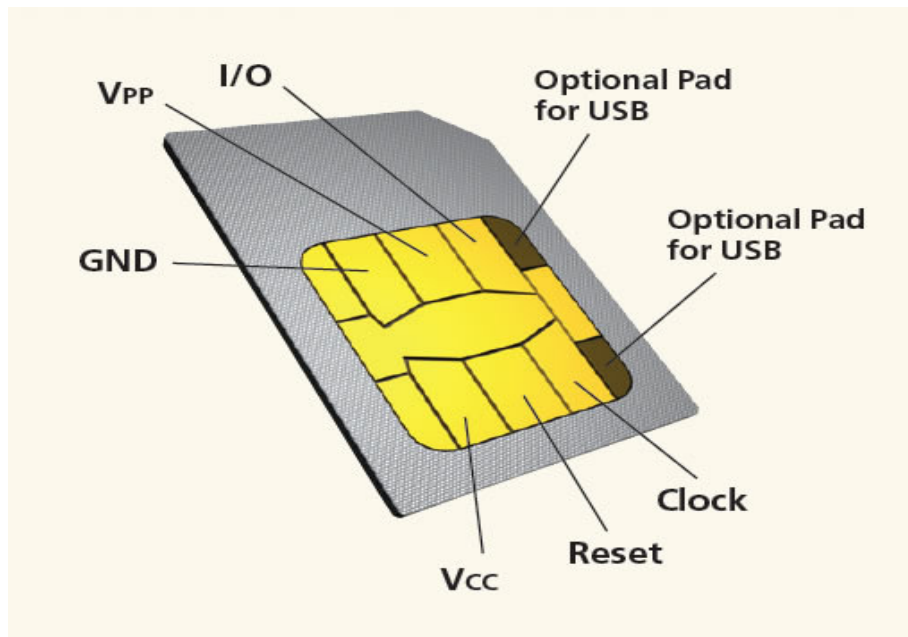
Εικόνα 7

Ο κινητός σταθμός δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς την κάρτα SIM. Η κάρτα SIM διαθέτει δική της μνήμη και μπορεί και να μεταφερθεί και να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε συσκευή.

Η κάρτα SIM διαθέτει έναν μοναδικό κωδικό που ονομάζεται IMSI (International Mobile Subscriber Identity). Μέσω αυτού του κωδικού παρέχονται πληροφορίες για τον χρήστη και όχι για τον κινητό σταθμό. Επίσης για να διασφαλιστεί αυτός ο κωδικός το σύστημα χρησιμοποιεί έναν παροδικό κωδικό που ονομάζεται TIMSI (Temporal International Mobile Subscriber Identity) και αλλάζει σε κάθε κλήση.

Το κάθε κινητό διαθέτει επίσης και τον δικό του προσωπικό χαρακτηριστικό κωδικό, το IMEI (International Mobile Equipment Identity) ώστε σε περίπτωση κλοπής να μπορούμε να μπλοκάρουμε το κινητό.

Τέλος η κάρτα SIM μπορεί να κλειδωθεί με την χρήση ενός τετραψήφιου κωδικού (PIN). Με τον τρόπο αυτόν δεν επιτρέπει την χρησιμοποίηση της κάρτας SIM από κάποιον που δεν γνωρίζει τον προσωπικό κωδικό PIN.



Εικόνα 8

Βασικό υποσύστημα σταθμού.

Το βασικό υποσύστημα σταθμού χωρίζεται σε δύο μέρη, 1) το **βασικό σταθμό πομπού δεκτή (BTS)** και 2) στο **βασικό σταθμό ελέγχου (BSC)**.

- 1) Ο σταθμός βάσης BTS (Base Transceiver Station) αποτελείται από τον εξοπλισμό που είναι απαραίτητος για την επικοινωνία και ζεύξη μεταξύ του MS και του BTS. Το BTS λειτουργεί σε ένα ή περισσότερα ζευγάρια συχνοτήτων όπου η μια συχνότητα χρησιμοποιείται για την μεταφορά των σημάτων στο κινητό σταθμό (Down-Link) και η άλλη για να δέχεται τα σήματα από τον κινητό σταθμό (Up-Link). Δηλαδή χρειαζόμαστε τουλάχιστον έναν πομπό και έναν δέκτη. Επιπλέον απαραίτητος είναι ο εξοπλισμός μετάδοσης δηλαδή από τον εξοπλισμό για την ζεύξη του σταθμού βάσης με το υπόλοιπο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας.

2) Το BSC αποτελεί στο βασικό υποσύστημα σταθμού που διαχειρίζεται το ασύρματο δίκτυο και είναι υπεύθυνο για τις παρακάτω λειτουργίες :

- Διαχειρίζεται την μεταγωγή και ζεύξη με το MS.
- Διαχείριση του ασύρματου δικτύου.
- Πολυπλεξία και προσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης.
- Κατανομή της τηλεπικοινωνιακής σύνδεσης.
- Διαχείριση της μετάδοσης του Σταθμού Βάσης και απομακρυσμένος έλεγχος σε αυτό.



Εικόνα 9

Υποσύστημα Δικτύου (NS)

Το Υποσύστημα Δικτύου (NS) αποτελείται από τα παρακάτω μέρη : 1)MSC , 2) HLR, 3) GMSC, 4)VLR, 5)AuC, 6)EIR.

- 1) Ο κορμός και οι βασικές υπηρεσίες του δικτύου διεκπεραιώνονται μέσω του κέντρου διανομής MSC (**Mobile Switching Center**), το οποίο είναι υπεύθυνο για την έναρξη, την δρομολόγηση και την σωστή λειτουργία

των κλήσεων από και προς τον χρήστη. Επίσης το MSC επιβλέπει και την πιστοποίηση των κλήσεων.

- 2) Στο GSM σύστημα υπάρχει μια βάση δεδομένων με τα στοιχεία των συνδρομητών στην οποία βάση χρησιμοποιούνται ένα ή περισσότερα **HLR**. Οι πληροφορίες που αποθηκεύονται σε αυτήν την βάση μπορεί να είναι η περιοχή που βρίσκεται ο χρήστης ή οι υπηρεσίες που απαιτεί ο συνδρομητής.
- 3) Το **GMSC** υποστηρίζει την διαδικασία δρομολόγησης προς το MSC από τον χρήστη σε κάποια δεδομένη στιγμή που βρίσκεται καταχωρημένος .
- 4) Το **Visitor Location Register** βρίσκεται συνήθως μαζί με το MSC και έχει την ονομασία **MSC/VLR**. Το VLR εμπεριέχει στοιχεία προσωρινά αποθηκευμένα σχετικά με τους κινητούς συνδρομητές που μεταβαίνουν σε μια περιοχή υπηρεσιών του MSC/VLR. Για παράδειγμα σε ποια τοπική περιοχή βρίσκεται η κινητή μονάδα μια δεδομένη στιγμή.
- 5) Το **AuC** είναι υπεύθυνο για την κρυπτογράφηση των επικοινωνιών. Η φωνή, τα δεδομένα και η σηματοδότηση κρυπτογραφούνται αμέσως μετά την πιστοποίηση του συνδρομητή από το δίκτυο. Η πιστοποίηση γίνεται σε δυο βήματα από την κάρτα SIM και το κέντρο πιστοποίησης AuC. Σε κάθε συνδρομητή δίνεται ένα συγκεκριμένο και κρυμμένο κλειδί το οποίο βρίσκεται και στην κάρτα SIM και στο κέντρο πιστοποίησης. Έπειτα το AuC δημιουργεί έναν τυχαίο αριθμό και τον στέλνει στο κινητό και στην συνέχεια με αυτόν τον αριθμό σε συνδυασμό με το κρυφό κλειδί και έναν κρυπτογραφημένο αλγόριθμο δημιουργεί έναν νέο κωδικό. Αυτός στέλνεται πίσω στο AuC. Το κέντρο πιστοποίησης τον δέχεται και τον συγκρίνει με τον κωδικό που έχει υπολογίσει το κέντρο. Επιπλέον ο αριθμός αυτός χρησιμοποιείται με τον αριθμό πλαισίου TDMA . Κωδικοποιούνται μαζί με τα δεδομένα ώστε να μην μπορεί κάποιος να παρακολουθήσει την ραδιοζεύξη και υποκλέψει δεδομένα.
- 6) Το **EIR (Equipment Identity Register)** είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο των κινητών μονάδων με σκοπό να αποφευχθεί η χρήση κλεμμένων

συσκευών ή η χρήση κάποιου τύπου κινητού που δεν είναι εγκεκριμένος. Το κάθε κινητό διαθέτει τον δικό του μοναδικό αριθμό IMEI , όποτε μια λίστα με όλα τα IMEI του δικτύου είναι αποθηκευμένη στο ίδιο δίκτυο. Η κάθε συσκευή παίρνει μια κατάσταση που μπορεί να είναι μόνο μια από τις παρακάτω.

- Λευκή λίστα, η συσκευή μπορεί να συνδεθεί στο δίκτυο.
- Γκρι λίστα, συσκευή υπό παρακολούθηση.
- Μαύρη λίστα, το κινητό είναι είτε κλεμμένο είτε ο τύπος του δεν είναι εγκεκριμένος. Το τερματικό δεν μπορεί να συνδεθεί με το δίκτυο.

Κυψελοειδής Δομή Δικτύου

Για να καλύψουμε μια γεωγραφική περιοχή με το GSM και να έχουμε την καλύτερη δυνατή εμβέλεια και ποιότητα η περιοχή αυτή χωρίζεται σε μικρότερες περιοχές που ονομάζονται κυψέλες. Οι κυψέλες αυτές εφάπτονται μεταξύ τους με κάθε κυψέλη να έχει έναν σταθμό βάσης συνθέτοντας μια δομή κυψέλων. Αυτή η δομή επαναλαμβάνεται όσες φορές χρειάζεται για να καλυφτεί η απαραίτητη περιοχή επαναχρησιμοποιώντας συχνότητες. Με αυτήν την τεχνική αυξάνουμε την χωρητικότητα του δικτύου. Η ακτίνα κάθε κυψέλης διαφέρει και μπορεί να είναι από 35 χιλιόμετρα μέχρι 300 μετρά. Σε περιοχές με μεγάλη τηλεπικοινωνιακή κίνηση, όπως πυκνοκατοικημένες περιοχές, χρειαζόμαστε αυξημένη χωρητικότητα δικτύου. Για τον λόγο αυτό οι κυψέλες χωρίζονται σε μικρότερες, ενώ χρησιμοποιούνται και κεραιές μικρότερης ισχύος (macro bs - micro- bs - pico bs).

Ανανέωση θέσης και κατεύθυνση κλήσης.

Το Mobile Switching Center , είναι υπεύθυνο για την διασύνδεση μεταξύ του δικτύου κινητής τηλεφωνίας και του σταθερού δικτύου. Όμως αυτό στην πράξη αποδεικνύεται ιδιαίτερα δύσκολο γιατί το MSC θα πρέπει να γνωρίζει οποιαδήποτε στιγμή που βρίσκεται το κινητό ακόμη και αν βρίσκεται σε διαφορετική χώρα. Η λειτουργία αυτό επιτυγχάνετε με την χρήση δυο καταχωριστών : του Home Locator Register (HLR) και του Visitor Locator Register (VLR).

Η ανανέωση ξεκινά τη στιγμή που το κανάλι ελέγχους εκπομπής ανακαλύψει ότι η περιοχή εκπομπής δεν είναι η ίδια με αυτή που έχει αποθηκευτεί στην μνήμη του κινητού. Ένα νέο αίτημα για ανανέωση με το IMSI στέλνεται στο νέο VLR δια μέσου του νέου Mobile Switching Center. Εάν ένα νούμερο κινητού με περιαγάγει ανακαλυφθεί στέλνεται στο HLR του κινητού από το νέο VLR. Το MSRN είναι ένας αριθμός τηλεφώνου που στέλνει τις απαραίτητες ρυθμίσεις στο νέο VLR και μήνυμα ακύρωσης στο παλιό. Τέλος ένα νέο TIMSI στέλνεται στο κινητό για μελλοντική χρήση.

Κωδικοποίηση Φωνής

Για να μεταδώσουμε τα αναλογικά σήματα ήχου, μέσω ενός ψηφιακού καναλιού χρειάζεται η διαδικασία της ψηφιοποίησης. Και καθώς το GSM είναι ένα καθαρά ψηφιακό δίκτυο αυτή η διαδικασία είναι απαραίτητη. Σε παλαιότερα δίκτυο όπως το ISDN και στα τωρινά τηλεφωνικά δίκτυα η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η PCM η οποία όμως βγάζει σαν αποτέλεσμα μια ροή αρκετά υψηλή που είναι δύσκολο να μεταφερθεί μέσω της ζεύξης. Αντίθετα το GSM χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό πρωτόκολλο το RPE-LPC. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο λαμβάνει τις πληροφορίες από προηγούμενες μετρήσεις που δεν αλλάζουν αρκετά γρήγορα και προβλέπει τι δειγματοληψία θα πρέπει να ακολουθηθεί. Η φωνή χωρίζεται σε δείγματα κάθε 20 millisecond τα οποία κωδικοποιούνται στα 260 bits, με αποτέλεσμα ροή δεδομένων 13Kbps.

Κωδικοποίηση και διαμόρφωση καναλιών

Τα δεδομένα που μεταφέρονται μέσω ραδιοζεύξης πρέπει να προστατεύονται από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Τα δεδομένα που ψηφιοποιούνται σε bits χωρίζονται σε τρεις κλάσεις ανάλογα την σημασία που έχουν συγκεκριμένα bits στην διατήρηση της ποιότητας ήχου. Οι τρεις κλάσεις είναι οι εξής :

- Κλάση A 50 bits
- Κλάση B 132 bits
- Κλάση C 78 bits

Η κλάση A έχει μεγάλη ευαισθησία σε λάθη των bits ενώ η κλάση C μικρή. Αντίστοιχα η κλάση B έχει μέτρια ευαισθησία.

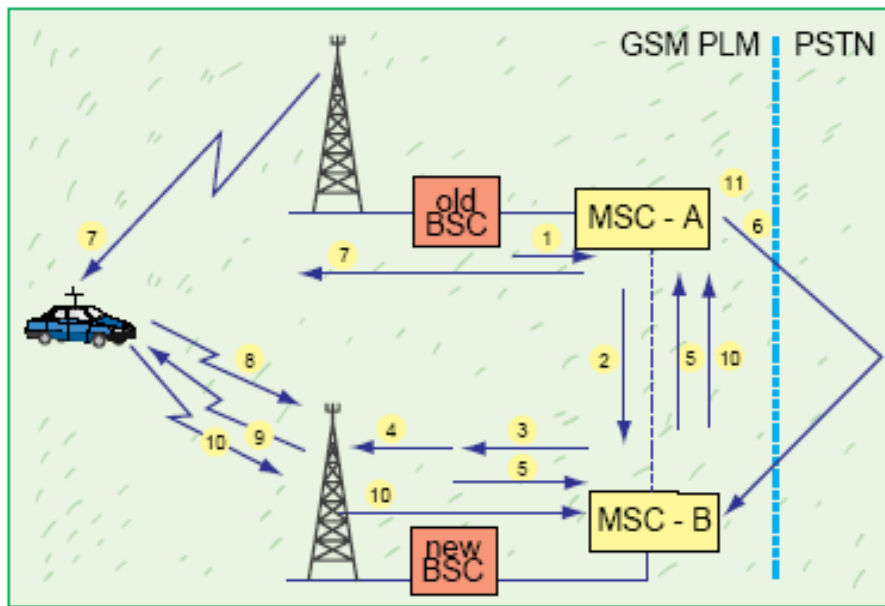
Στην κλάση A έχουμε έναν 3ψήφιο κυκλικό κώδικα που ελέγχει την ορθότητα των δεδομένων. Εάν ανιχνευθεί κάποιο λάθος τότε επαναλαμβάνετε η αποστολή του πλαισίου. Έπειτα τα 53 αυτά bits μαζί με τα 132 της κλάσης B και 4 ακόμη για το κλείσιμο της ακολουθίας στέλνονται σε έναν κωδικοποιητή. Ο κωδικοποιητής αυτός, μετατρέπει κάθε bit σε δυο. Άρα δημιουργούνται 378 ψηφία και προστίθενται στα ψηφία της κλάσης C. Οπότε για τα 20 millisecond ομιλίας έχουμε ροή 22.8 Kbps καθώς κωδικοποιήσαμε 456 bits. Αυτά με την σειρά τους χωρίζονται σε 8 πλαίσια από 57 bits το καθένα. Καθώς μπορούμε να μεταφέρουμε δύο τέτοια πακέτα μεταφέρουμε ταυτόχρονα δύο δείγματα φωνής. Για να αυξήσουμε την απόδοση του συστήματος καθώς και να εξαλείψουμε τις παρεμβολές στις συχνότητες χρησιμοποιείται η μη συνεχόμενη μετάδοση δεδομένων DTX. Το DTX ανιχνεύει τις στιγμές που υπάρχουν κενά στην ομιλία, κλείνοντας εκείνες τις περιόδους στον πομπό μειώνοντας την παρεμβολή στο δίκτυο αλλά επίσης επιτρέπει την εξοικονόμηση ενέργειας στο κινητό τηλέφωνο.

Αλλαγή κυψέλης – Handover

Παρόλο που ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα είναι η διατήρηση της καλύτερης ποιότητας ομιλίας και δεδομένων ένα συνηθισμένο πρόβλημα αποτελεί το γεγονός της κίνησης του χρήστη σε διαφορετικές περιοχές μέσα στο δίκτυο. Για να καλυφθεί μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή χωρίζονται σε επιμέρους περιοχές που καλύπτονται από κυψέλες. Οπότε χρειάζεται η δημιουργία κάποιου μηχανισμού που θα μεταφέρει το σήμα από την μια κυψέλη στην άλλη. Η διαδικασία αυτή είναι εφικτή μέσω του μηχανισμού handover. Το handover είναι η εναλλαγή μιας κλήσης σε εξέλιξη σε διαφορετικό κανάλι ή κυψέλη. Υπάρχουν διάφοροι τύποι handover :

- **Intra-cell Handover**, όπου είναι η μεταγωγή από μια συχνότητα σε κάποια άλλη αλλά πάντα στην ίδια κυψέλη. Συνήθως γίνεται για να εξαλείψουμε παρεμβολές.
- **Intra-BTS Handover**, όπου γίνεται η μεταφορά από μια κυψέλη ενός σταθμού βάσης σε κάποια άλλη του ίδιου σταθμού βάσης.
- **Intra-BSC Handover**, όπου γίνεται η μεταφορά από μια κυψέλη ενός BSC σε μια άλλη κυψέλη του ίδιου BSC.
- **Intra-MSC Handover**, όπου γίνεται η μεταφορά σε κυψέλες που βρίσκονται υπό τον έλεγχο διαφορετικών σταθμών έλεγχου αλλά στο ίδιο Mobile Switching Center (MSC).
- **Inter-MSC Handover**, γίνεται η μεταφορά σε κυψέλες σε διαφορετικά MSCs.

Τα τρία πρώτα είδη ονομάζονται internal handovers δηλαδή εσωτερικά γιατί χρησιμοποιούν το ίδιο βασικό σταθμό ελέγχου. Οι δύο επόμενοι τύποι ονομάζονται external handovers γιατί διαχειρίζονται από εξωτερικά MSCs.



Handover between cells controlled by different MSCs

Εικόνα 10

Για να ληφθεί η απόφαση για αλλαγή σε κάποια άλλη κυψέλη χρησιμοποιείται ένα πλήθος από κριτήρια.

1. Επίπεδο (uplink / downlink)
2. Ποιότητα (uplink / downlink)
3. Παρεμβολές (uplink / downlink)
4. Κόστος
5. Umbrella
6. Απόσταση από MS-BS (μέγιστο ή ελάχιστο)
7. Γωνία MS
8. Η ταχεία πτώση τομέα
9. Γρήγορη / Αργή κίνηση-MS
10. Περιοδικός έλεγχος κυψέλης

Αυτά αποτελούν τα βασικά κριτήρια. Οπότε βλέπουμε ότι είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που απαιτεί πολλαπλές και συνεχείς μετρήσεις από τον σταθμό βάσης και τον κινητό σταθμό.

Η διαδικασία Handover αρχίζει από την στιγμή που έρθουν μετρήσεις από το BSC. Ο κινητός σταθμός την ώρα που δεν χρησιμοποιείται αναζητά και ελέγχει κανάλια σε γειτονικές κυψέλες. Έπειτα δημιουργεί μια λίστα που αποστέλλεται στο BSC και στο MSC όπου με βάση αυτήν την λίστα γίνεται ο υπολογισμός του handover. Επιπλέον γίνεται χρήση ενός αλγορίθμου που μετράει την ελάχιστη επιτρεπτή απόδοση. Εάν η ποιότητα ενός σήματος πέσει κάτω από κάποιο κατώτατο όριο τότε αυξάνεται η ισχύς του σήματος. Εάν και πάλι αυτό δεν είναι αρκετό να βελτιώσει το σήμα, τότε δημιουργείται Handover. Οι μετρήσεις και τα μεγέθη παρακολουθούνται από το σύστημα η τον κινητό σταθμό για την έναρξη της διαδικασίας handover.

Οι αλγόριθμοι Handover χωρίζονται σε:

- **Network Controlled Handover**, όπου οι μετρήσεις και η έναρξη της διαδικασίας είναι ευθύνη του δικτύου.
- **Mobile Assisted Handover**, όπου ο κινητός σταθμός ανά τακτά χρονικά διαστήματα στέλνει μετρήσεις στο σύστημα όπου αυτό θα λάβει την απόφαση για την έναρξη του Handover.
- **Mobile Controlled Handover**, όπου ο κινητός σταθμός ξεκινάει από μόνος του το Handover και ενημερώνει το σύστημα.

Ραδιοσυχνότητες

Οι ραδιοσυχνότητες στις οποίες το GSM θα χρησιμοποιούσε ορίστηκαν από την Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών. Καθορίστηκαν οι συχνότητες 890-915 MHz για την uplink ζεύξη και οι συχνότητες 935-960 MHz για την Downlink ζεύξη. Επειδή όμως αυτές οι συχνότητες ταυτόχρονα χρησιμοποιούνταν και στα αναλογικά δίκτυα κράτησαν 10 MHz από κάθε συχνότητα.

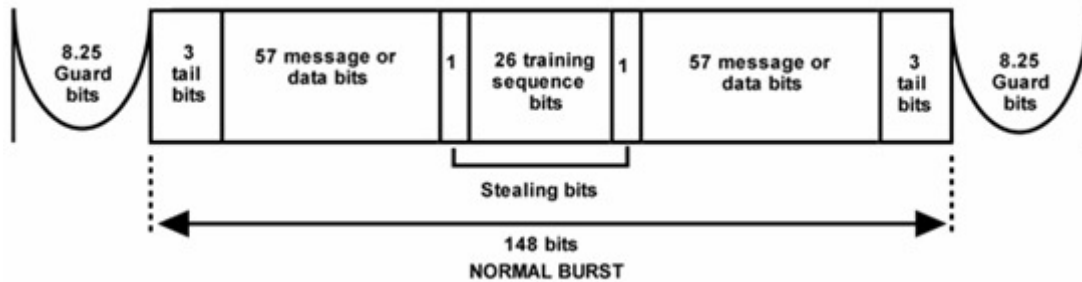
Network type	Frequency band UL/DL	implementations
GSM 900	890 - 915/935 - 960 MHz	GSM 900
GSM 1800	1710 - 1785/1805 -1880 MHz	GSM 1800
GSM 1900	1850 - 1910/1930 -1990 MHz	GSM 1900

Εικόνα 11

Επειδή όμως αυτή η μάλιστα συχνότητων ήταν πολύ μικρή για να λειτουργήσει το GSM για όλους τους συνδρομητικές έπρεπε να υπάρχει μια λύση σε αυτό το πρόβλημα . Η λύση την οποία σκεφτήκαν είναι ένας συνδυασμός διαίρεσης χρόνου και συχνότητων πολλαπλής πρόσβασης (**Time and Frequency Division – Multiple Access TDMA/FDMA**). Με το **FDMA** χωρίζουμε τις συχνότητες των 15MHz σε 124 συχνότητες των 200 KHZ όπου η καθεμία από αυτές διαιρείται σε 8 TDMA χρονοθυρίδες. Αυτές αποτελούν ένα πλαίσιο Frame. Το πλαίσιο αυτό μεταδίδεται για 4,616 ms οπότε η κάθε χρονοθυρίδα , από τις 8 συνολικά, έχει χρονική διάρκεια 0,577ms και χώρο 156,25 bits.

Εάν διαιρέσουμε τα 156,25 bits με την χρονική διάρκεια της κάθε χρονοθυρίδας έχουμε ότι το κάθε bit έχει χρονική διάρκεια 0,003692 ms.

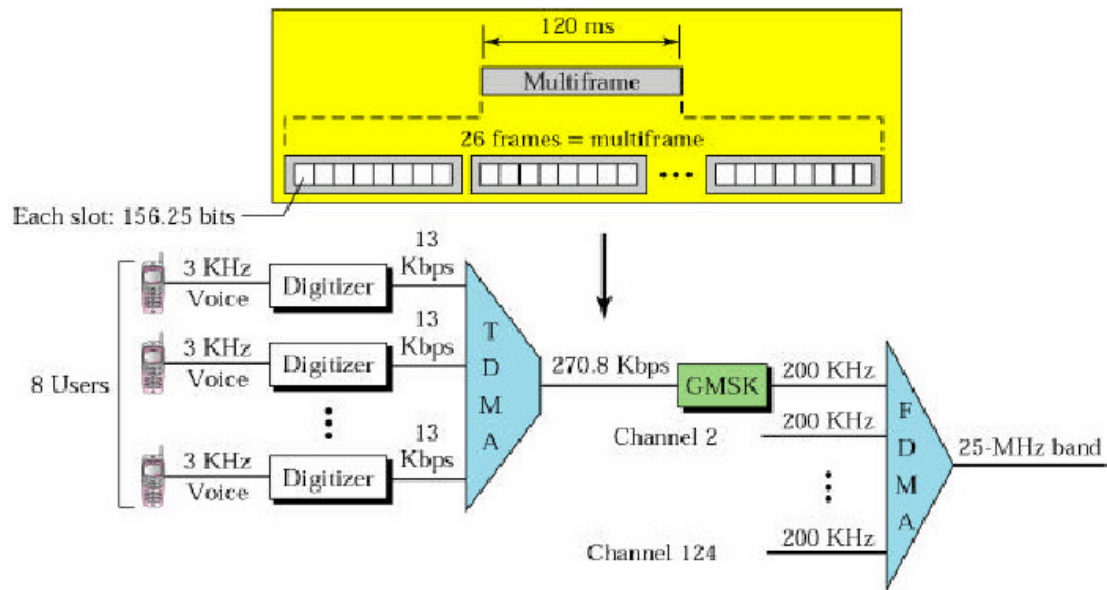
Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε ένα πακέτο δεδομένων . Έχει συνολικό μήκος 156.25 bits όπου δυο τμήματα από 57 bit είναι πληροφορία, 26 bit είναι training sequence που μας επιτρέπει να υπολογίσουμε το Bit Error Rate για να προσδιορίσουμε αν χρειάζεται να γίνει Handover για κάθε μπλοκ πληροφορίας , 3 bit σε κάθε τέλος πλαισίου και 8,25 bit ακολουθία ασφάλειας.



Εικόνα 12

Έπειτα τα πλαίσια που μεταδίδονται ομαδοποιούνται σε πολλαπλά πλαίσια (Multiframe) αποτελούμενα από 26 frames. Τα 24 είναι κανάλια κίνησης , ένα κανάλι έλεγχου και ένα κανάλι idle που κάνει την μέτρηση. Κάθε 4 πολλαπλά πλαίσια – Multiframe γίνεται μια μέτρηση δηλαδή κάθε 0,48 sec.

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε την διαίρεση συχνότητας των 25 σε 124 συχνότητες από 200 , καθώς επίσης και την διαίρεση χρόνου όπου η κάθε συχνότητα των χωρίζεται σε οχτώ χρονοθυρίδες.

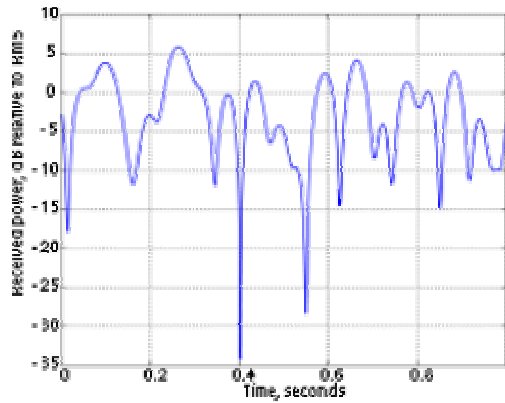


Εικόνα 13

Διακύμανση και εξασθένιση σήματος (Fading)

Η περιβάλλουσα ενός σήματος αποτελείται από ένα fast fading σήμα που υπερτίθεται από ένα slow fading. Αυτά τα σήματα διαλείψεως είναι αποτέλεσμα εμποδίων ανακλάσεων που αποτελεί το συνολικό σήμα.

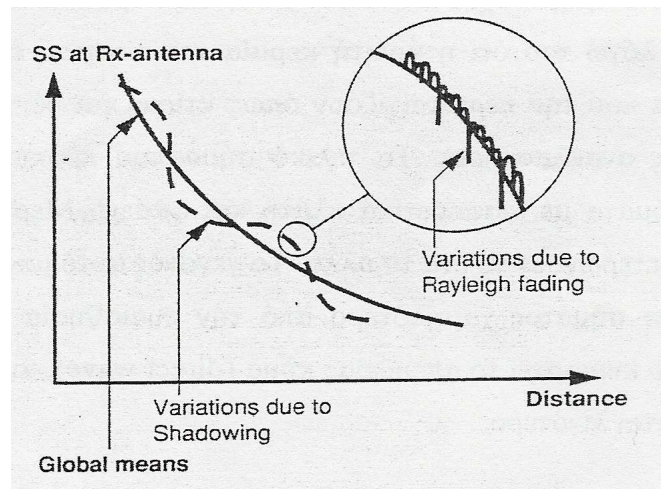
Στο σήμα γρήγορης διάλειψης (fast fading) η απόσταση από κορυφή σε κορυφή είναι $\lambda/2$. Παρουσιάζεται συνήθως όταν η κεραία του κινητού τηλεφώνου είναι χαμηλότερα από αντικείμενα που βρίσκονται στον χώρο του κινητού. Αυτά τα αντικείμενα τότε λειτουργούν σαν ανακλαστήρες. Μετά από αυτές τις ανακλάσεις δημιουργείτε το τελικό σήμα που προκύπτει από διαφορετικά σήματα σε διαφορετικές φάσεις και πλάτη. Ωστόσο μερικές φορές μπορεί να παρατηρήσουμε κάποια από αυτά τα σήματα να εξουδετερώνουν το ένα το άλλο με αποτέλεσμα το σήμα να πέσει κάτω από το ελάχιστο όριο ευαισθησίας του δέκτη. Το σήμα γρήγορης διάλειψης (fast fading) δεν διαρκεί πολύ και η βραχυπρόθεσμη αυτή διάλειψη ακολουθεί την κατανομή Rayleigh και για αυτό ονομάζεται και Rayleigh fading .



Εικόνα 14 - Rayleigh Fading

Για να αποφύγουμε και για να λύσουμε αυτό το πρόβλημα υπάρχουν διάφοροι τρόποι. Η πρώτη λύση είναι απλά να αυξήσουμε την ισχύ εκπομπής από τον πομπό έτσι ώστε να υπάρχει μεγαλύτερο περιθώριο ευαισθησίας από τον δέκτη. Μια άλλη λύση είναι να μειώσουμε την ζημιά που προκαλεί το φαινόμενο. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια του συστήματος που ονομάζεται space diversity. Το σύστημα αυτό λειτουργεί ως εξής, χρησιμοποιούμε δυο κεραίες που βρίσκονται σε συγκεκριμένη απόσταση μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο λαμβάνουμε δυο σήματα από τον ίδιο πομπό με μικρές διαφορές και διαλέγει μόνο το καλύτερο κάθε φορά. Έτσι με αυτόν τον τρόπο κερδίζουμε 2 - 4 dB που εξαλείφει το πρόβλημα που προκαλείται από το fading.

Τοπικό μέσο (local mean) ονομάζουμε την λαμβανομένη απόκλιση του σήματος που στην εικόνα αντιστοιχεί στην διακεκομμένη γραμμή. Σε αυτήν εξαιρείτε η βραχυπρόθεσμη διάλειαση slow fading (εικόνα 11).



Εικόνα 15

Η ισχύς του ονομάζεται τοπική μέση ισχύς είναι ο άξονας SS στο παραπάνω σχήμα. Η ισχύς αυτή εκφράζεται σε λογαριθμική κλίμακα και έχει κανονική κατανομή. Για αυτό τον λόγο η βραχυπρόθεσμη διάλειαση slow fading ονομάζεται και log-normal fading. Εάν κινούμαστε σε μια περιοχή χωρίς εμπόδια τότε το σήμα μεταβάλλεται αργά σε συνάρτηση με την απόσταση. Όμως εάν υπάρχουν εμπόδια τότε το σήμα παρεμποδίζεται. Τα εμπόδια αυτά μπορεί να βρίσκονται κοντά στο κινητό τηλέφωνο, όπως κτίρια, δέντρα και διαμορφώνουν μια γρήγορη αλλαγή του τοπικού. Αντίθετα εμπόδια όπως λόφοι και βουνά δημιουργούν πιο αργές αλλαγές στο σήμα. Επειδή η log-normal fading μειώνει την ισχύς που λαμβάνει ο δεκτής έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η περιοχή κάλυψης από τον πομπό. Ως λύση αυτού του πρόβληματος χρησιμοποιείται ένα περιθώριο διάλειασης (fading margin). Σε περιπτώσεις όμως που υπάρχουν πολλαπλές ανακλάσεις τότε το πρόβλημα γίνεται πιο έντονο. Λόγω της την λογαριθμικής φύσης της διάλειασης η ευθεία δέσμη εξασθενεί περισσότερο από το εμπόδιο που παρεμβάλλεται.

Επίσης όλα αυτά τα ανακλώμενα σήματα έχουν διαφορά φάσης μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει γιατί η διαδρομή που διανύει το σήμα δεν είναι πάντα η ίδια καθώς από τις πολλαπλές διαθλάσεις υπάρχει ένα πλήθος από διαδρομές που μπορεί να ακολουθήσει το σήμα. Αυτή η χρονική διασπορά του σήματος μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα αν η καθυστέρηση των σημάτων είναι αρκετά μεγάλη. Στο GSM 900 αυτή η καθυστέρηση είναι ανεκτή μέχρι το σήμα να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση από ένα χιλιόμετρο από το ανακλώμενο σήμα. Σε αυτή την περίπτωση ο

δέκτης λαμβάνει όλα τα σήματα και αποσπά πληροφορίες (bits) από κάθε ανακλώμενο σήμα. Όμως εάν το απευθείας σήμα είναι εξασθενημένο και υπάρχουν πολλαπλά ανακλώμενα σήματα με διαφορά φάσης τότε είναι δύσκολο ο δέκτης να λάβει την σωστή πληροφορία δεδομένων.

Χωρητικότητα δικτύου GSM

Ένα από τα πρώτα πράγματα που πρέπει να γνωρίζουμε όταν έχουμε ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο είναι η χωρητικότητα που πρέπει να έχει το δίκτυο. Για αυτό πρέπει να υλοποιήσουμε και να σχεδιάσουμε ένα μοντέλο που πάνω σε αυτό θα υπολογίζεται και θα προσομοιώνεται η κίνηση μέσα στο δίκτυο. Κάποια από τα δεδομένα που θα πρέπει να γνωρίζουμε για αυτό το μοντέλο συμπεριφοράς των χρηστών είναι :

- Τον αριθμό των χρηστών.
- Την συχνότητα χρήσης του δικτύου.
- Γεωγραφική θέση των χρηστών.
- Ώρες αιχμής χρήσης του δικτύου.
- Μετακινήσεις των χρηστών. Μέσος όρος λειτουργίας του δικτύου και των κλήσεων.

Με βάση αυτές τις πληροφορίες κατασκευάζουμε το μοντέλο.

Σαν κίνηση στα κινητά δίκτυα ορίζουμε το ποσοστό χρήσης των καναλιών και το χρόνο που διαρκούν οι κλήσεις ανά μονάδα χρόνου για ένα ή περισσότερα τηλεφωνικά κυκλώματα. Η κίνηση μετριέται σε Erlangs, δηλαδή εάν ένας συνδρομητής μιλάει στο κινητό τότε δημιουργεί κίνηση 1 Erlang.

Η τηλεπικοινωνιακή κίνηση είναι δύσκολο να προσδιοριστεί με ακρίβεια. Μεταβάλλεται συνεχώς ακόμη και σε στιγμές της μέρας όπως είναι οι ώρες αιχμής. Για αυτό τα δίκτυα σχεδιάζονται έτσι ώστε να παρέχουν περιθώριο στην

χωρητικότητα του δικτύου ώστε να ανταπεξέλθουν σε όλες τις συνθήκες και να διατηρούν την ποιότητα των υπηρεσιών.

Η σχέση που δίνει την κίνηση σε ένα δίκτυο ορίζεται ως : εάν κλήσεις Q με μέση διάρκεια T που γίνονται σε ένα χρονικό διάστημα t τότε η τηλεπικοινωνιακή κίνηση A δίνεται από την σχέση :

$$A = \frac{QT}{t} \text{ Erlangs}$$

Όπου T, t χρόνος με ίδιες μονάδες μέτρησης.

Η κίνηση που μπορεί να μεταφέρει κάθε κυψέλη εξαρτάται από τον αριθμό των καναλιών κίνησης και από το ποσοστό συμφόρησης . Αυτό το ποσοστό συμφόρησης για να είναι αποδεκτό μια κίνηση ονομάζεται Grade of Service (GoS). Η συμπεριφορά των χρηστών δεν είναι πάντα ίδια και για αυτό ο πίνακας B του Erlang βασίζεται στις πιο άπλες υποθέσεις για την συμπεριφορά της κίνησης. Οι υποθέσεις αυτές είναι :

- Δεν υπάρχουν λίστες αναμονής όταν έχουν γεμίσει όλα τα κανάλια.
- Οι συνδρομητές είναι πολλοί περισσότεροι από τα κανάλια κίνησης.
- Δεν υπάρχουν δεσμευμένα κανάλια κίνησης.
- Η κίνηση είναι τυχαία δηλαδή ακόλουθη την κατανομή Poisson.
- Οι μπλοκαρισμένες κλήσεις εάν δεν μπορούν να υλοποιηθούν σταματούν την προσπάθεια κλήσης.

Ο πίνακας B του Erlang συνδέει τον αριθμό των καναλιών κίνησης, το GoS και την προσφερόμενη κίνηση. Η κίνηση ,σε Erlangs, παρέχεται σαν συνάρτηση του GoS (στήλες) και του αριθμού των καναλιών κίνησης (γραμμές). Μέρος του πίνακα παρουσιάζετε παρακάτω.

Erlang B Traffic Table

Maximum Offered Load Versus B and N

N/B	B is in %											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74	34.46
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56	37.78
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.30	27.72	32.97	39.44
26	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96	18.38	20.94	23.89	26.43	28.94	34.39	41.10
27	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80	19.27	21.90	24.94	27.57	30.16	35.80	42.76
28	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64	20.15	22.87	26.00	28.71	31.39	37.21	44.41
29	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49	21.04	23.83	27.05	29.85	32.61	38.63	46.07
30	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34	21.93	24.80	28.11	31.00	33.84	40.05	47.74
31	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19	22.83	25.77	29.17	32.14	35.07	41.46	49.40
32	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05	23.73	26.75	30.24	33.28	36.30	42.88	51.06
33	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91	24.63	27.72	31.30	34.43	37.52	44.30	52.72
34	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77	25.53	28.70	32.37	35.58	38.75	45.72	54.38
35	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64	26.44	29.68	33.43	36.72	39.99	47.14	56.04
36	18.47	20.35	21.30	24.01	25.51	27.34	30.66	34.50	37.87	41.22	48.56	57.70
37	19.19	21.11	22.08	24.85	26.38	28.25	31.64	35.57	39.02	42.45	49.98	59.37

Εικόνα 16 - Πίνακας B του Erlang

Στην συνέχεια θα μοντελοποιήσουμε την τηλεπικοινωνιακή κίνηση σε ένα δίκτυο μιας μεγάλης πόλης όπως στην Αθήνα . Η δυο κυριότερες κατηγορίες κίνησης είναι η επικοινωνία μεταξύ των συνδρομητών και οι μετακινήσεις τους. Όπως είπαμε και προηγουμένως για να μοντελοποιήσουμε την κίνηση χρειαζόμαστε πληροφορίες

σχετικά με τους συνδρομητές και την περιοχή που θέλουμε να μελετήσουμε [1]. Η κίνηση που χρειάζεται ένας συνδρομητής έχει υπολογιστεί σε 20 mErlang (0.020 Erlang) που κρίνονται αρκετά να καλύψουν τις ανάγκες τους. Αυτό σημαίνει ότι κάθε συνδρομητής μπορεί να κάνει μια κλήση 72 δευτερόλεπτων ανά μια ώρα. Στην Ελλάδα η μέση τηλεπικοινωνιακή κίνηση που κάνει κάποιος χρήστης είναι 8 mErlang. Αυτό σημαίνει ότι κατά μέσο ορό κάνει μια κλήση 29 δευτερολέπτων την ώρα. Αυτό μας δείχνει πόσο μεγάλο περιθώριο υπάρχει ώστε να λειτουργεί σωστά το δίκτυο καθώς οι απαιτήσεις είναι πολύ πιο χαμηλές από τα όρια του συστήματος. Στην συνέχεια υπολογίζουμε την πιθανότητα κατειλημμένης γραμμής P_B . Η πιθανότητα Grade of Service (GoS) δίνεται από την σχέση:

$$P_B = \frac{\text{Ανεπιτυχείς κλήσεις}}{\text{Σύνολο κλήσεων}} = \frac{\frac{A_c^n}{n!}}{1 + A_c + \frac{A_c^2}{2!} + \frac{A_c^3}{3!} + \dots + \frac{A_c^n}{n!}} \quad (1)$$

Όπου A_c η μέση τηλεπικοινωνιακή κίνηση και n ο αριθμός των καναλιών. Θεωρούμε μέγιστο ανεκτό ποσοστό κατειλημμένης γραμμής 2%. Με βάση τότε την σχέση (1) μια κυψέλη με 3 TRX θα έχει 20 κανάλια κίνησης ανά κελί. Έτσι μπορεί να υποστηρίξει μέχρι 13,182 Erlang. Ανατρέχοντας στον Πίνακα Β του Erlang βλέπουμε ότι αντιστοιχεί σε 660 συνδρομητές ταυτόχρονα.

Μια ακόμη πολύ σημαντική μεταβλητή στην χωρητικότητα ενός δικτύου είναι η φασματική απόδοση E_s που δίνεται από την σχέση :

$$E_s = \frac{A_c}{n_c WCS} = \text{Erlang} / \text{MHz} / \text{Km}^2$$

Όπου A_c είναι η μεταφερόμενη τηλεπικοινωνιακή κίνηση,

W είναι το φάσμα ανά κανάλι,

n_c είναι ο αριθμός των καναλιών ανά κυψέλη,

C είναι το μέγεθος του cluster ,

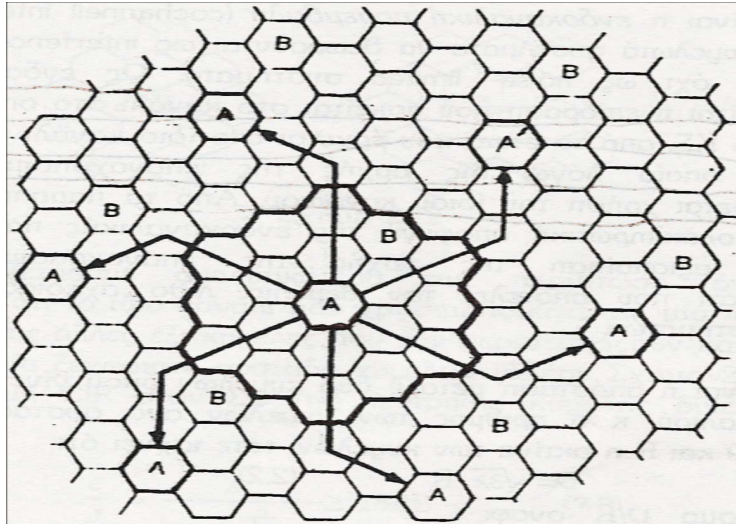
S είναι το εμβαδόν την επιφάνειας που καλύπτει μια κυψέλη σε km^2 .

Το μέγεθος του cluster που χρησιμοποιήσαμε πριν δίνεται από την ακόλουθη σχέση.

$$C = i^2 + ij + j^2 \quad i, j \geq 0$$

Όπου i, j ονομάζονται shift parameters και είναι ακέραιοι αριθμοί. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα παράδειγμα χρησιμοποίησης cluster. Έστω ένα κανάλι στην κυψέλη A χρησιμοποιείται αλλά μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί στην κυψέλη A' . Δηλαδή προχωρώντας από την πλευρά του εξαγώνου κατά $i=3$ κυψέλες και στην συνέχεια κατά $j=2$ κυψέλες . Αυτό ονομάζεται αρχή της επαναχρησιμοποίησης συχνότητας, όπου με αυτό τον τρόπο αποφεύγουμε τις παρεμβολές μεταξύ των καναλιών.

Στο παρακάτω σχήμα έχουμε $C=i^2+ij+j^2=19$.



Εικόνα 17

Επίσης πρέπει να υπάρχει και το απαραίτητο φάσμα ενός κυψελωτού συστήματος με σκοπό να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των συνδρομητών.

$$S_w = n_c W C \text{ MHz}$$

Τέλος υπάρχουν μερικοί ακόμη τρόποι που μπορούν να βελτιώσουν την χωρητικότητα των GSM συστημάτων. Σε περιοχές με αυξημένη κίνηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν μικρότερες κυψέλες (microcells, picocells) κίνηση που μπορεί να

αυξήσει τα όρια του μέγιστου αριθμού συνδεδεμένων συνδρομητών . Όμως αυτό δεν είναι πάντα δυνατό καθώς απαιτεί περισσότερους σταθμούς βάσης. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνικές διαίρεσης και τμηματοποίησης κυψελών, καθώς και μηχανισμοί βέλτιστης χρησιμοποίησης των καναλιών. Αυτοί οι μηχανισμοί μπορούν να αυξήσουν την αποδοτικότητα και την χωρητικότητα των κινητών συστημάτων.

Κεφάλαιο 3.

Συστήματα UMTS.

Εισαγωγή

Μετά την είσοδο των GSM συστημάτων τηλεπικοινωνιακών δικτύων η λογική τεχνολογική εξέλιξη έφερε ένα νέο σύστημα δικτύων και επικοινωνίας, το **UMTS**. Τα αρχικά του σημαίνουν **Universal Mobile Telecommunications System** δηλαδή Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών. Αποτελεί την εξέλιξη του GSM στηρίζεται σε αυτό κατά μεγάλο βαθμό και διαθέτει αυξημένη χωρητικότητα, καλύτερη ταχύτητα δεδομένων καθώς και νέες υπηρεσίες. Το UMTS είναι η εφαρμογή της τεχνολογίας τρίτης γενεάς κινητής τηλεφωνίας. Σήμερα τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται σε περισσότερες από 25 χώρες ενώ ταυτόχρονα έχει

θεσπιστεί ένας διεθνής οργανισμός με όνομα **Third Generation Partnership Project** (3GPP) και σκοπός του είναι η παρακολούθηση των εξελίξεων στον συγκεκριμένο τομέα ενώ παράλληλα είναι υπεύθυνος για την δημιουργία αυτού του συστήματος.

Το UMTS χρησιμοποιεί κυρίως το πρωτόκολλο **W-CDMA** το οποίο προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα που θα μελετήσουμε στην συνέχεια. Επίσης η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στο UMTS συχνά ονομάζεται και **FOMA** που τα αρχικά του σημαίνουν Freedom of Mobile Multimedia Access ή **3GSM**.

Χαρακτηριστικά

Το UMTS υποστηρίζει μέγιστη θεωρητική ταχύτητα δεδομένων έως 42 Mbit/s. Στην αρχική έκδοση, ονόματι έκδοση '99 (R99) υποστήριζε μέχρι 384 kbit/s. Από το 2006 και αργότερα άρχισε να αναπτύσσεται ένα νέο δίκτυο που αποτελεί αναβάθμιση του υπάρχοντος UMTS δικτύου σε High Speed Downlink Packet Access (**HSDPA**), Υψηλής Ταχύτητας Λήψης Πακέτων ή αλλιώς όπως έχει γίνει γνωστό σαν **3.5G**. Το πρωτόκολλο αυτό υποστηρίζει ταχύτητες λήψης μέχρι 21 Mbit/s. Και ο απώτερος σκοπός είναι η δημιουργία δικτύου ικανού να υποστηρίξει ταχύτητες μέχρι 100 Mbit/s, τα λεγόμενα δίκτυα τέταρτης γενιάς **4G**.

Το πρώτο εθνικό δίκτυο UMTS ξεκίνησε το 2002 και έδινε ιδιαίτερη έμφαση σε υπηρεσίες όπως το mobile TV και τις συνδιαλέξεις μέσω βίντεο. Επίσης το μεγαλύτερο ποσοστό της χωρητικότητας του δικτύου δίνεται για πρόσβαση στο Internet καθώς μελέτες έδειξαν ότι είναι το πιο διαδεδομένο χαρακτηριστικό που χρησιμοποιούν περισσότερο οι συνδρομητές και εκεί πρέπει να διαμοιράζονται οι περισσότεροι πόροι του συστήματος.

Πλεονεκτήματα

Ανάμεσα σε πολλά πλεονεκτήματα ξεχωρίζουμε τα παρακάτω :

- Αυξημένους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων
- Ταυτόχρονη υποστήριξη μεγαλύτερου όγκου δεδομένων και φωνής
- Νέες υπηρεσίες
- Υποστήριξη βιντεοκλήσεων
- Υποστήριξη διαδικτυακής τηλεόρασης (mobile TV)
- Ταχύτερη πρόσβαση στο παγκόσμιο ιστό (WWW)

Αρχιτεκτονική UMTS δικτύου

Στην συνέχεια παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική ενός UMTS δικτύου καθώς και διάφορα άλλα σχετικά θέματα όπως η διαχείριση της κινητικότητας των χρηστών. Πιο συγκεκριμένα λοιπόν, ένα δίκτυο UMTS αποτελείται από δύο βασικές οντότητες: το **δίκτυο κορμού (CN – core network)** και το **δίκτυο επίγειας ασύρματης πρόσβασης (UTRAN - UMTS terrestrial radio-access network)**.

Δίκτυο κορμού (CN)

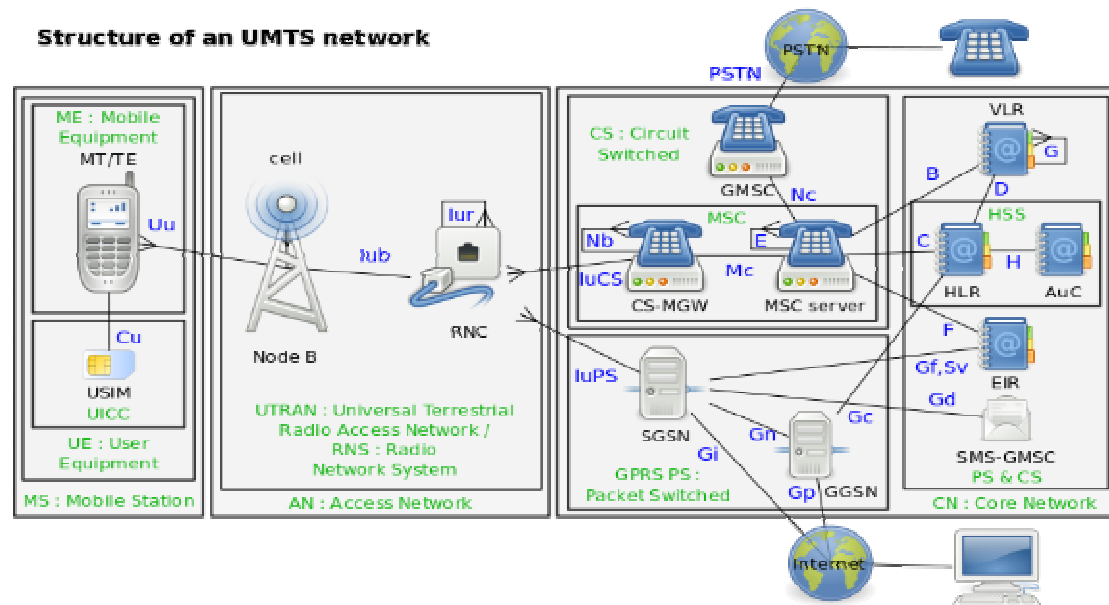
Το δίκτυο κορμού χρησιμοποιεί το ίδιο βασικό δίκτυο του GSM. Αυτό επιτρέπει την εύκολη μετάβαση στο νέο πρότυπο. Όμως αυτή η μετάβαση παραμένει ακριβή και αποτελεί μειονέκτημα. Το δίκτυο κορμού μπορεί επίσης να συνδεθεί σε αλλά κεντρικά δίκτυα κορμού όπως το internet ή το ISDN.

Το δίκτυο κορμού είναι υπεύθυνο για την δρομολόγηση των τηλεφωνημάτων καθώς και για συνδέσεις για μεταφορά δεδομένων με εξωτερικά δίκτυα. Το CN αποτελείται από δύο domain: α) **circuit -switched** (CS - μεταγωγή κυκλώματος), β) **packet-switched** (PS - μεταγωγή πακέτου). Το CS domain παρέχει πρόσβαση στο PSTN/ISDN , ενώ το PS domain παρέχει πρόσβαση στα IP δίκτυα. Έτσι λοιπόν, το

PS μέρος του UMTS δικτύου αποτελείται από δύο GPRS κόμβους υποστήριξης: τον gateway GPRS support node (GGSN) και τον serving GPRS support node (SGSN). Ο GGSN συνδέεται με τον SGSN μέσω της διεπαφής Gn και με το UTRAN μέσω της διεπαφής Iu.

Δίκτυο επίγειας ασύρματης πρόσβασης (UTRAN)

Το Δίκτυο επίγειας ασύρματης πρόσβασης αποτελείται από πολλαπλούς σταθμούς βάσης, συνήθως ο καθένας με διαφορετικά χαρακτηριστικά και διαφορετικές συχνότητες ανάλογα την περιοχή που καλύπτουν. Το UTRAN αποτελείται από τον ελεγκτή ασύρματης πρόσβασης (RNC – radio network controller) και το node B το οποίο αποτελεί την βάση που προσφέρει κάλυψη στο αντίστοιχο κελί. Το node B συνδέεται με τον εξοπλισμό του χρήστη (user equipment - UE) μέσω της διεπαφής Uu (βασισμένο στην τεχνολογία W-CDMA) και με το RNC μέσω της διεπαφής Gi . Επιπλέον, υπάρχει και ένας άλλος κόμβος σχετιζόμενος με τις υπηρεσίες broadcast/multicast (BM-SC - broadcast/multicast service center), ο οποίος λειτουργεί ως το σημείο εισόδου για την παραλαβή των δεδομένων για εσωτερικές πηγές. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η λειτουργία του δικτύου κορμού και του δικτύου επίγειας ασύρματης πρόσβασης.

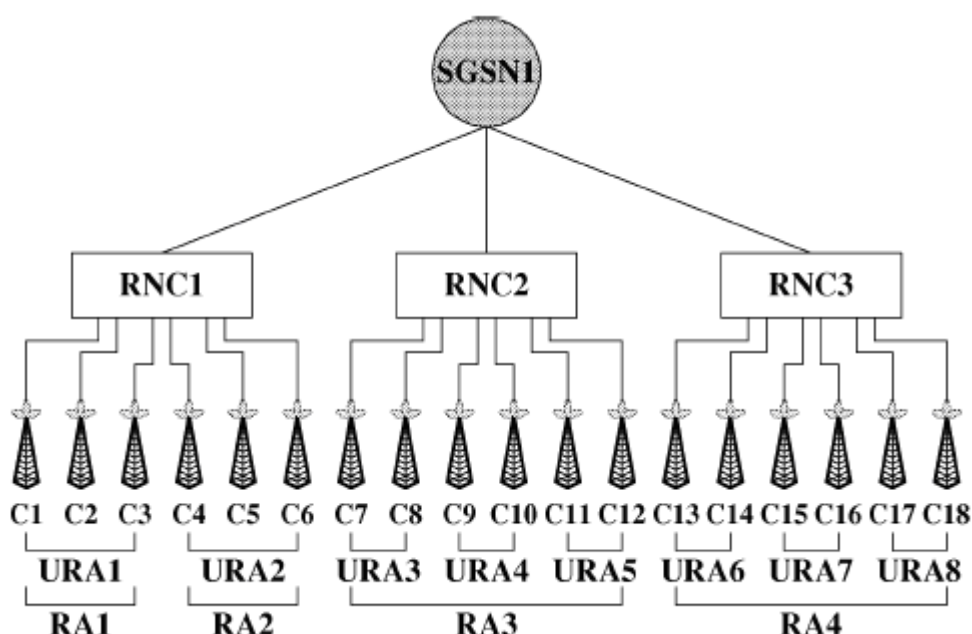


Εικόνα 18 - Αρχιτεκτονική δικτύου UMTS

Σύνδεση και κίνηση στο δίκτυο UMTS

Προτού ένας χρήστης είναι σε θέση να ανταλλάξει δεδομένα με ένα εξωτερικό PDN (Public Data Network), πρέπει να εγκαθιδρύσει μία εικονική σύνδεση με αυτό το PDN. Από την στιγμή που ο συγκεκριμένος κινητός χρήστης γίνει γνωστός στο δίκτυο, τα πακέτα μεταφέρονται μεταξύ αυτού και του δικτύου, βασισμένα στο packet data protocol (PDP), το οποίο αποτελεί το πρωτόκολλο του επιπέδου δικτύου του UMTS. Ένα στιγμιότυπο του PDP ονομάζεται PDP context και περιέχει όλες τις παραμέτρους που χαρακτηρίζουν την σύνδεση με το εξωτερικό δίκτυο όπως τις διευθύνσεις αποστολέα και παραλήπτη καθώς και την ποιότητα της υπηρεσίας. Ένα PDP context εγκαθιδρύεται για όλες τις εφαρμογές που κατευθύνονται προς ή προέρχονται από μία IP διεύθυνση. Μία ενεργοποίηση ενός PDP context ουσιαστικά αποτελεί μία διαδικασία αίτησης - απάντησης μεταξύ του κινητού χρήστη (UE) και του GGSN. Μία επιτυχής PDP context ενεργοποίηση οδηγεί στην δημιουργία δύο GPRS tunneling protocol (GTP) συνόδων για τον εκάστοτε χρήστη. Η πρώτη GTP σύνοδος δημιουργείται μεταξύ του GGSN και του SGSN πάνω από την διεπαφή Gn, ενώ η δεύτερη δημιουργείται μεταξύ του SGSN και

του RNC πάνω από την διεπαφή Iu. Τα IP πακέτα τα οποία προορίζονται για μία εφαρμογή, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα GTP contexts, προσαρτώνται σε αυτά και μέσω του PDP μεταφέρονται στο αντίστοιχο SGSN. Το SGSN ανακτά τα IP πακέτα, ζητά το κατάλληλο PDP context βασισμένο στο UE και στο PDP και προωθεί τα πακέτα στο κατάλληλο RNC. Παράλληλα, το RNC διατηρεί έναν φορέα ασύρματης πρόσβασης (RAB – radio access bearer). Αντίστοιχα με τα PDP context, ένα RAB context επιτρέπει στο RNC να ανακτήσει την ταυτότητα του αποστολέα που έχει συσχετιστεί με ένα GTP. Αφού πλέον, το RNC έχει ανακτήσει το πακέτο, το προωθεί στο κατάλληλο node B. Τέλος, χρησιμοποιείται ένας tunnel endpoint identifier (TEID) στις διεπαφές Gn και Iu έτσι ώστε να μπορεί να αναγνωριστεί το τέλος του tunnel στον κόμβο που δέχεται τα πακέτα.



Εικόνα 19

Έτσι λοιπόν, στο PS domain του UMTS, τα κελιά ομαδοποιούνται σε περιοχές δρομολόγησης (RAs – routing areas), ενώ τα κελιά σε μία περιοχή δρομολόγησης χωρίζονται περαιτέρω σε UTRAN registration areas (URAs). Επιπλέον, η διαχείριση της κινητικότητας (MM – mobility management) των κινητών χρηστών χαρακτηρίζεται από δύο μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων: την μηχανή διαχείρισης της κινητικότητας (MM) και την radio source control (RRC). Η μηχανή packet MM (PMM) του PS domain του UMTS εκτελείται μεταξύ του SGSN και του

UE και είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο στο επίπεδο του CN, ενώ η μηχανή RRC εκτελείται μεταξύ του UTRAN και του UE και είναι υπεύθυνη για τον σχετικό έλεγχο στο επίπεδο του UTRAN. Πιο συγκεκριμένα λοιπόν, αφότου ένα UE συνδεθεί στο PS domain, η μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων PMM βρίσκεται σε μία από τις εξής δύο καταστάσεις: PMM idle ή PMM connected. Αντίστοιχα η μηχανή RRC μπορεί να βρίσκεται σε μία από τις εξής τρεις καταστάσεις: RRC idle, RRC cell - connected και RRC URA connected. Σημειώνεται ότι όταν δεν υπάρχει ροή δεδομένων μεταξύ του UE και του CN, το UE βρίσκεται στις καταστάσεις PMM idle και RRC idle αντίστοιχα. Στην περίπτωση αυτή το UTRAN δεν έχει καμία πληροφορία για το UE και το UE παρακολουθείται μόνο από το αντίστοιχο SGSN στο επίπεδο RA. Όταν ύστερα ξεκινήσει μία σύνδεση μεταξύ του UE και του SGSN, το UE μεταβαίνει στην κατάσταση PMM connected. Από την στιγμή που η σύνδεση στο PS λάβει χώρα, αυτόματα ξεκινά και μία RRC σύνδεση μεταξύ του UE και του αντίστοιχου RNC που το εξυπηρετεί. Σε αυτή την περίπτωση η RRC μηχανή για το συγκεκριμένο UE μεταβαίνει στην κατάσταση RRC cell - connected. Όταν κάτι τέτοιο συμβεί, το SGSN παρακολουθεί το UE με ακρίβεια μέσω του αντίστοιχου RNC που εξυπηρετεί το UE. Το συγκεκριμένο RNC είναι υπεύθυνο να παρακολουθεί το κελί όπου το UE βρίσκεται κάθε στιγμή. Σημειώνεται ότι τα πακέτα μπορούν να ληφθούν από το UE μόνο όταν βρίσκεται σε αυτή την κατάσταση. Στην PMM connected /RRC cell - connected κατάσταση, αν το UE δεν έχει μεταδώσει/λάβει πακέτα για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, η RRC μηχανή μεταβαίνει στην κατάσταση RRC URA connected. Σε αυτή την περίπτωση, η RRC σύνδεση διατηρείται ακόμη, ενώ το UE παρακολουθείται από το RNC που το εξυπηρετεί. Η συγκεκριμένη μετάβαση δεν επηρεάζει καθόλου την κατάσταση της PMM μηχανής για το συγκεκριμένο UE. Στην PMM connected / RRC URA connected κατάσταση, αν το UE μεταδώσει/λάβει ένα πακέτο, η RRC μηχανή μεταβαίνει πάλι στην κατάσταση RRC cell - connected. Αντίθετα, αν οι πόροι για τις συνδέσεις στο PS και RRC επίπεδο αποδεδουλευτούν (για παράδειγμα όταν μία σύνοδος επικοινωνίας ολοκληρωθεί) ή αν κανένα πακέτο δεν έχει μεταδοθεί για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, η RRC μηχανή αρχικά μεταβαίνει στην RRC cell - connected κατάσταση και μετά στην RRC idle κατάσταση. Σε αυτή την περίπτωση, η PMM μηχανή αντίστοιχα μεταβαίνει στην PMM idle κατάσταση. Τέλος, όταν ένα UE δεν μπορεί να εντοπιστεί από το δίκτυο, η κατάστασή του χαρακτηρίζεται σαν PMM detached.

Ραδιοσυχνότητες και χρησιμοποιούμενο φάσμα στο UMTS

Η δομή και η λειτουργία του UMTS είναι τέτοια κατά την οποία χρειάζεται αρκετό εύρος φάσματος για να ικανοποιούνται όλες οι λειτουργίες και υπηρεσίες του. Για αυτό τον λόγο γίνεται χρήση ζευγών συχνοτήτων **Frequency Division Duplex (FDD)** όπου το εύρος του κάθε καναλιού είναι 5 MHz.

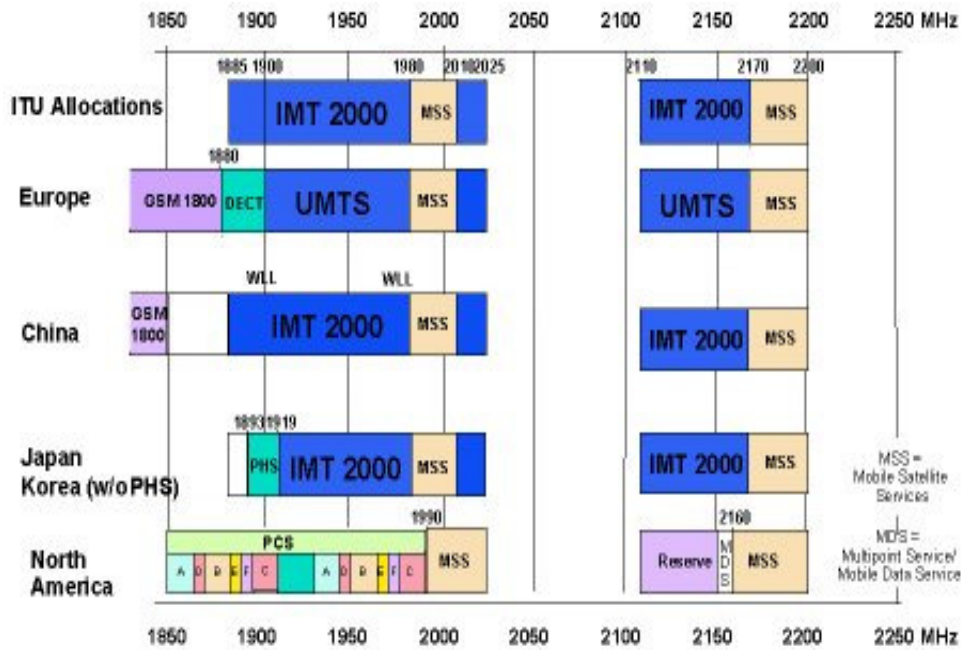
Ο κομιστής μπορεί να διαλέξει ανάμεσα σε,

- 2 x 5 MHz
- 2 x 10 MHz
- 2 x 15 MHz
- 2 x 20 MHz

Ταυτόχρονα ο κομιστής πέρα από την χρήση ζευγών μπορεί να χρησιμοποιήσει και συχνότητες **Time Division Duplex (TDD)** σε περιπτώσεις χαμηλής κινητικότητας των χρηστών όπως σε εσωτερικούς χώρους. Οι δυνατότητες είναι :

- 1 x 5 MHz
- 1 x 10 MHz

Το φάσμα στο οποίο είναι διαθέσιμο το UMTS είναι καθορισμένο από τον κάθε πάροχο και δεν είναι κάθε φορά το ίδιο σε κάθε χώρα. Παρακάτω φαίνεται το φάσμα που χρησιμοποιείται για κάποιες περιοχές του πλανήτη.



Εικόνα 20 - Κατανομή φάσματος.

Στην Ευρώπη χρησιμοποιούμε συχνότητες

- Για την λειτουργία FDD
 - Από 1920 – 1980 MHz για την άνω ζεύξη.
 - Από 2110 -2170 MHz για την κάτω ζεύξη.
- Για την λειτουργία TDD
 - Από 190 – 1920 MHz για την άνω ζεύξη.
 - Από 210 -2025 MHz για την κάτω ζεύξη.

Άλλα πρότυπα

Ο κύριος αντίπαλος του UMTS είναι το **CDMA2000** το οποίο δημιουργήθηκε από την 3GPP2. Ενώ το UMTS είναι ο διάδοχος του GSM το CDMA2000 αποτελεί εξέλιξη ενός αλλού 2G προτύπου του **cdmaOne** το οποίο χρησιμοποιεί μικρότερο εύρος ζώνης. Συνήθως όμως το CDMA2000 χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το UMTS.

Ένας άλλος αντίπαλος είναι το **EDGE**. Βασίζεται και αυτό σε GSM δίκτυα και είναι πιο εύκολο να υλοποιηθεί, είναι γρηγορότερο και είναι πιο οικονομικό από το GSM. Όμως δεν αποτελεί ακριβώς αντίπαλο αλλά κάτι σαν επιπλέον χαρακτηριστικό του UMTS. Επίσης η Κίνα διαθέτει το δικό της πρότυπο **TD-CDMA** που χρησιμοποιεί το W-CDMA.

Τέλος στην πλευρά του internet οι αντίπαλοι του UMTS είναι το **WiMAX** και **Flash-OFDM**.

Πρότυπο W-CDMA

Το **W-CDMA** (Wideband Code Division Multiple Access) ή UMTS-FDD, ή UTRA-FDD, ή αλλιώς IMT-2000 CDMA Direct Spread είναι ένα τηλεπικοινωνιακό πρότυπο που χρησιμοποιείται σε 3G δίκτυα. Είναι το βασικό πρότυπο πάνω στο οποίο βασίζεται το UMTS ενώ μερικές φορές χρησιμοποιείται και από το TDMA. Παρόλο που δεν είναι μια πρωτοποριακή εξέλιξη χρησιμοποιεί τον ίδιο βασικό κορμό του GSM. Το πρώτο δίκτυο W-CDMA ξεκίνησε στην Ιαπωνία το 2001 από την NTT DoCoMo με την ονομασία FOMA. Στις υπόλοιπες χώρες είχε το όνομα UMTS.

Ανάπτυξη του W-CDMA

Στα τέλη του 1990 ξεκίνησε η ανάπτυξη του W-CDMA από την NTT DoCoMo σαν ένα από τα πρότυπα για τα δίκτυα τρίτης γενιάς. Τελικά η ανάπτυξη του καθυστέρησε και αποτέλεσε μια προσθήκη στα UMTS δίκτυα. Το W-CDMA

χρησιμοποιείται αυτή την στιγμή από 58 χώρες και 457 δίκτυα και είναι το βασικό πρότυπο για τα δίκτυα τρίτης γενιάς. Παρόλο τις ασυμβατότητες που έχει με τα αλλά δίκτυα και το υψηλό κόστος απόκτησης και συντήρησης αποτελεί το βασικό δίκτυο αυτή την στιγμή.

Λειτουργία W-CDMA

Το W-CDMA εκπέμπει σε ένα ζεύγος συχνοτήτων 5 MHz ενώ το CDMA2000 σε διάφορα ζεύγη από 1.25 MHz. Οι διαφορές με το CDMA2000 είναι ότι προσφέρει καλύτερη ισορροπία ανάμεσα σε κόστος, χωρητικότητα και αποδοτικότητα. Επίσης το W-CDMA αποδίδει καλύτερα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές . Επίσης έχει αναπτυχθεί σε ένα πλήρες σύνολο προδιαγραφών, ένα λεπτομερές πρωτόκολλο που καθορίζει πώς ένα κινητό τηλέφωνο επικοινωνεί με τον πύργο και πώς διαμορφώνονται τα σήματα.

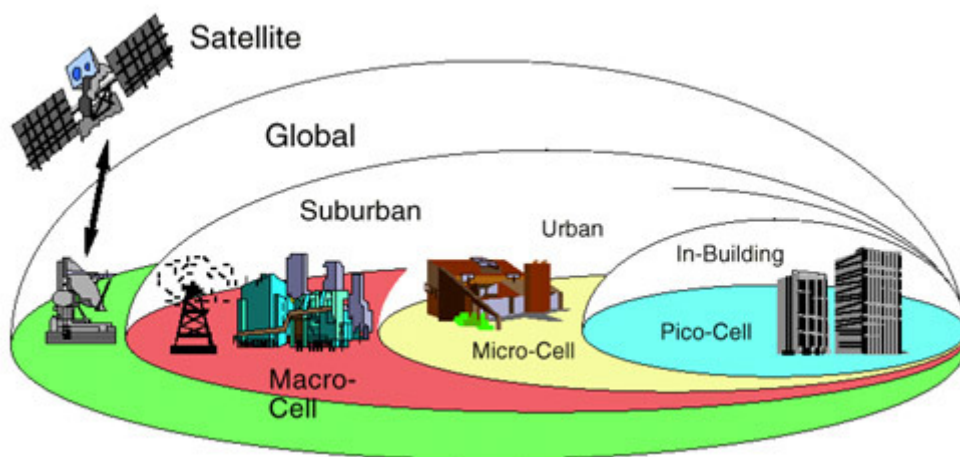
Εκδόσεις UMTS

Το UMTS συνεχίζει να εξελίσσεται και σε κάθε έκδοση προστίθενται επιπλέον χαρακτηριστικά και υπηρεσίες. Οι μέχρι τώρα εκδόσεις του UMTS είναι οι :

- Έκδοση '99
- Έκδοση 4
- Έκδοση 5
- Έκδοση 6
- Έκδοση 7
- Έκδοση 8

Μέλλον του UMTS

Απώτερος σκοπός του UMTS είναι να γίνει ένα πραγματικά παγκόσμιο δίκτυο το οποίο θα συνδυάζει στοιχεία από τοπική επίγεια εμβέλεια και δορυφόρους που θα καλύπτουν όλα τα σημεία του πλανήτη. Αυτό θα γίνεται με την χρήση κυψελών και δορυφορικών συνδέσεων και ο χρήστης θα μεταφέρεται από περιοχές σε περιοχές δίχως διακοπές και χωρίς να αντιλαμβάνεται οποιαδήποτε καθυστέρηση ή παρεμβολή στην τηλεπικοινωνία. Δηλαδή το να διαχειρίζεται και να λειτουργεί το UMTS σαν ένα ενιαίο σύνολο. Σχηματικά ο σκοπός και το μέλλον του UMTS φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 21 - Το UMTS σαν ενιαίο σύνολο.

Κεφάλαιο 4.

Indoor Radio Planning.

Εισαγωγή

Η σχεδίαση και μελέτη ενός δικτύου ασύρματης πρόσβασης (**indoor radio planning**) μπορεί να είναι απαραίτητη και να πρέπει να κατασκευαστεί για διαφορετικούς λόγους. Σε πολλές χώρες το 80 % των χρηστών ενός δικτύου βρίσκονται μέσα σε ένα κτήριο. Εάν η κάλυψη του ασύρματου δικτύου σε ένα κτήριο για παράδειγμα είναι κακή από κυψέλες έξω από το κτίριο, οδηγεί σε κακή ποιότητα σήματος, η λύση μπορεί να είναι να κατασκευαστεί ένα εσωτερικό σύστημα. Κτίρια που έχουν υψηλό τηλεπικοινωνιακό φόρτο, όπως συνεδριακά κέντρα και αεροδρόμια, μπορεί να χρειαστούν εσωτερικά συστήματα για τη εξυπηρέτηση της τηλεπικοινωνιακής κυκλοφορίας. Επίσης μια διαφορετική εφαρμογή μπορεί να είναι η κατασκευή εσωτερικού συστήματος με στόχο να συμπληρώσει ή να αντικαταστήσει το δίκτυο σταθερής τηλεφωνίας. Ο στόχος με εσωτερικό σχεδιασμό κυψελών είναι, και για παραδοσιακό σχεδιασμό, να προγραμματίσουν για την καλύτερη κάλυψη και τη μέγιστη χωρητικότητα σε ένα δίκτυο ασύρματης πρόσβασης. Συμπερασματικά ένα εσωτερικό σύστημα είναι απαραίτητο σε περιπτώσεις όπου σε κάποιο χώρο η κάλυψη είναι χαμηλή. Επίσης σε κτίρια με υψηλό τηλεπικοινωνιακό φόρτο ενώ μπορεί κάλλιστα να αντικαταστήσει το σταθερό δίκτυο. Τα οφέλη μιας τέτοιας μελέτης πέρα από την αρτιότερη κατασκευή του δικτύου είναι η δυνατότητα επέκτασης για μελλοντικές εφαρμογές και η ελαχιστοποίηση του κόστους βελτιστοποίησης του δικτύου. Τα εργαλεία που χρησιμοποιήσαμε είναι τα **TEMS Prediction** , **TEMS Lights**, το **TEMS Transmitter** και το **TEMS Suite**.

Συνοψίζοντας οι λόγοι είναι :

- Συνεχής κάλυψη δικτύου.
- Η κύρια τηλεπικοινωνιακή κίνηση , μέχρι 80 %, γίνεται εντός κτηρίων.
- Μελλοντικές εφαρμογές.
- Χαμηλότερο κόστος.

Είδη ραδιοκάλυψης

Ένα από τα πιο βασικά ζητήματα στις τηλεπικοινωνίες είναι η μετάδοση των ραδιοκυμάτων, δηλαδή η μεταφορά επαρκούς ισχύς από τον πομπό στον δέκτη για την ανάγνωση του λαμβανόμενου σήματος. Στο ζήτημα αυτό υπάρχουν αποσβέσεις και απώλειες και για αυτόν τον λόγο έχουν αναπτυχθεί ορισμένα μοντέλα που προσεγγίζουν συγκεκριμένες περιπτώσεις. Επιγραμματικά έχουμε :

- Το μοντέλο ελεύθερου χώρου, όπου έχουμε την μελέτη ενός μοντέλου μιας ραδιοζεύξης στον κενό χώρο.
- Διάδοση μετά από εμπόδιο, όπου μελετάμε την περίθλαση και την διάθλαση του σήματος σε ένα εμπόδιο
- Διάδοση πάνω από πολλαπλά εμπόδια
- Το μοντέλο επίπεδης επιφάνειας, όπου θεωρούμε ότι το έδαφος είναι εντελώς λείο και ομαλό και ότι η διάδοση γίνεται πάνω από επίπεδη και εντελώς αγωγίμη επιφάνεια.
- Εμπειρικά μοντέλα που είναι :
 - Terrain Models – City Models, τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται κυρίως σε πόλεις και περιοχές με εδαφικές ανωμαλίες.

- OKUMURA – HATA MODEL, είναι το ιδανικό μοντέλο για την χρήση του σε πόλεις με πολλά κτίσματα αλλά όχι πολύ ψηλά κτήρια που μπλοκάρουν την ορατότητα.
- OKUMURA-HATA COST 231, που αποτελεί εξέλιξη του OKUMURA – HATA μοντέλου
- Empirical COST - Walfisch - Ikegami Model και είναι η εξέλιξη του Cost 231

Εσωτερική κάλυψη χρησιμοποιώντας το macro επίπεδο.

Γιατί όμως να μην χρησιμοποιήσουμε το macro επίπεδο για να καλύψουμε ένα κτήριο? Στην αρχή οι μηχανικοί πίστευαν ότι χρησιμοποιώντας μια macro κυψέλη θα μπορούσε να καλύψει ένα σύμπλεγμα κτηρίων .

Όμως σε ένα αστικό περιβάλλον , ιδιαίτερα εάν είναι πυκνοκατοικημένο δεν προσφέρει εσωτερική διείσδυση δικτύου που είναι απαραίτητη για να λειτουργεί σωστά ένα GSM ή ένα UMTS σύστημα.

Δηλαδή το σήμα από το σύστημα στον δέκτη και το αντίστροφο θα φτάσει συνήθως από ανακλάσεις και διαθλάσεις του σήματος μετά από προσκρούσεις σε διάφορες επιφάνειες. Εάν δεν είναι αρκετές τότε δεν μπορεί το σήμα να φτάσει και να καλύψει τον χρήστη.

Στάδια κατασκευής ενός εσωτερικού συστήματος.

Αρχικά είναι πολύ σημαντικό πριν σχεδιάσουμε ένα οποιοδήποτε εσωτερικό σύστημα να κατασκευάσουμε μια ροή εργασίας με τα βήματα που πρόκειται να ακολουθήσουμε. Αυτό θα μας βοηθήσει σε κάθε πλευρά της σχεδίασης και έχει ως σκοπό να ιεραρχήσουμε την κάθε εργασία ανάλογα με την κρισιμότητα και την αναγκαιότητα της με έναν δομημένο τρόπο εργασίας. Η μελέτη για την κατασκευή ενός εσωτερικού συστήματος αποτελείται από τα εξής βήματα:

- **Capacity Planning**

Αποτελεί το πρώτο στάδιο της μελέτης και αφορά την καταγραφή των απαιτήσεων στον χώρο στον οποίο χρειάζεται να κατασκευάσουμε ένα εσωτερικό σύστημα δικτύου. Οι απαιτήσεις αυτές είναι :

- Εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης,
- τον αριθμό των χρηστών που πρέπει να υποστηρίζει το δίκτυο,
- το είδος των χρηστών,
- μέσος χρόνος χρήσης την υπηρεσίας,
- τον τύπο των εφαρμογών που πρέπει να είναι διαθέσιμες.

Ένας άλλος παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη είναι και η κρισιμότητα των εφαρμογών. Όλοι αυτοί οι παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό του δικτύου.

- **Coverage Planning**

Είναι το στάδιο όπου γίνεται η καταγραφή των χώρων στους οποίους ζητείται κάλυψη. Τα απαραίτητα στοιχεία που πρέπει να συλλέξουμε και να γνωρίζουμε είναι:

- Κατόψεις κτηριακών εγκαταστάσεων συνήθως σε ηλεκτρονική μορφή.
- Σημειώσεις για χώρους με διαφορετικά περιβάλλοντα όπως:
 - Περιοχές με χοντρούς τοίχους.
 - Ανοικτές περιοχές.
 - Αποθηκευτικούς χώρους ή χώρους χωρίς πρόσβαση.
- Φωτογραφίες του χώρου
- Λοιπές πληροφορίες όπως ανακατασκευές και επεκτάσεις κτηρίων.

- **Site survey**

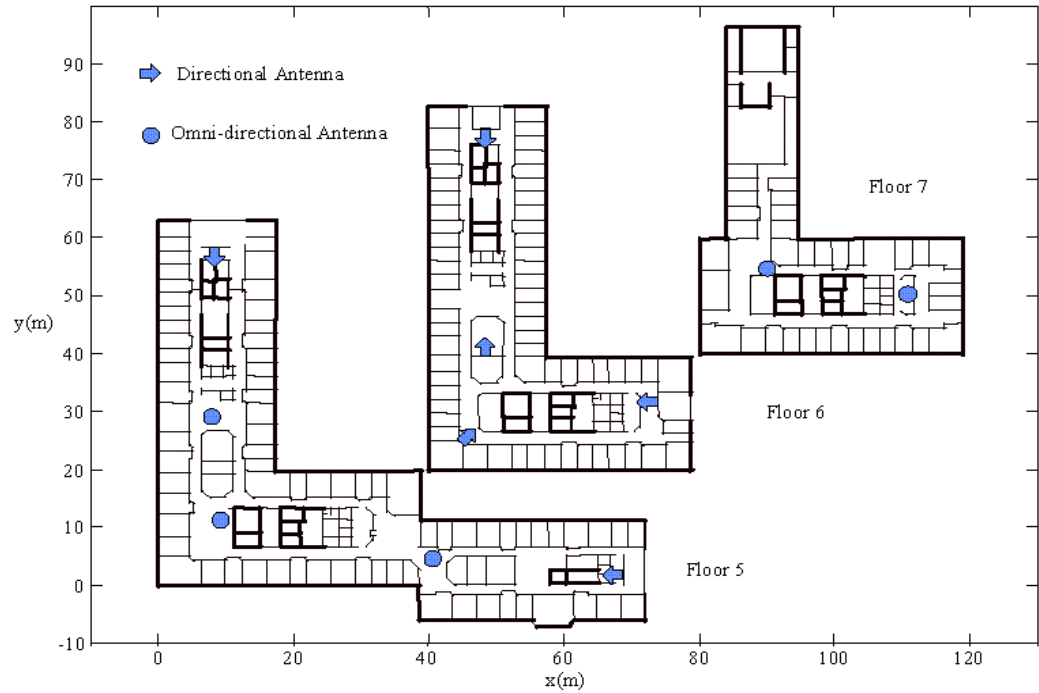
Το στάδιο αυτό απαιτεί την επιθεώρηση του χώρου και περιλαμβάνει την πραγματοποίηση μετρήσεων ραδιοκάλυψης με την χρήση του ειδικού μετρητικού εργαλείου όπου μετράμε την ισχύ του σήματος και κρίνουμε εάν πρέπει να προχωρήσουμε στον σχεδιασμό. Γίνεται εξέταση των πιθανών σημείων τοποθέτησης του εξοπλισμού ως προς την καταλληλότητα και την ευκολία πρόσβασης. Επίσης λαμβάνονται οποιεσδήποτε επιπλέον πληροφορίες και φωτογραφίες για τον χώρο.

- **Υλοποίηση Ηλεκτρονικής Μελέτης Ραδιοκάλυψης χώρου**

Με την βοήθεια λογισμού του test transmitter προβλέπουμε την απόδοση του δικτύου και προσομοιώνουμε υψηλά επίπεδα κίνησης με σκοπό να προβλέψουμε την συμπεριφορά του δικτύου σε τέτοιες περιπτώσεις. Επίσης γίνεται μελέτη ραδιοκάλυψης σε σημεία με δύσκολη πρόσβαση.

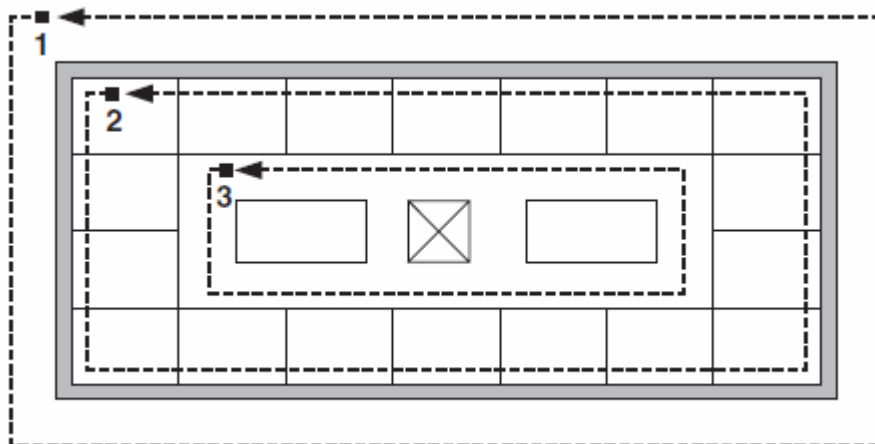
- **Σχεδιασμός της λύσης**

Για τον σχεδιασμό της λύσης χρησιμοποιούνται κατόψεις των κτηρίων και για την κάλυψη των χώρων access points που τοποθετούνται σε σημεία που προσφέρουν την καλύτερη δυνατή λειτουργία, μέγιστη απόδοση, η μέγιστη κάλυψη του χώρου με τον μικρότερο δυνατόν αριθμό συσκευών , ενώ λαμβάνονται υπόψη οι δυσκολίες τοποθέτησης τους και η δυνατότητα τροφοδοσίας.



Εικόνα 22 - Παράδειγμα Υλοποίησης με 11 Κεραίες

Στο στάδιο αυτό έχουμε το βασικό σημείο της όλης διαδικασίας που είναι οι μετρήσεις. Πρέπει να παρθούν μετρήσεις από 3 διαφορετικά σημεία του χώρου. Αρχικά εξωτερικά του κτηρίου για να ελέγξουμε παρεμβολές του δικτύου μας σε εξωτερικά δίκτυα και στη συνέχεια εντός του χώρου, αρχικά περιμετρικά και τέλος στο κέντρο του.



Εικόνα 23 - Οι τρεις περιοχές που λαμβάνουμε μετρήσεις

- **Βελτιστοποίηση**

Έπειτα τις προσομοιώσεις αρχίζουμε δόκιμες και δοκιμάζουμε νέες θέσεις και ρυθμίσεις για τα access points με σκοπό να βρεθεί η βέλτιστη δυνατή λύση. Οι ρυθμίσεις που μπορούμε να επηρεάσουμε είναι η ισχύς εκπομπής, τον τύπο το κέρδο , το ύψος της κεραίας και την συχνότητα λειτουργίας. Επιπλέον ελέγχουμε όλα τα διαθέσιμα κανάλια μέχρι να βρούμε το βέλτιστο καθώς οι διαφορές από τα κανάλια μπορεί να είναι σημαντικές.

- **Ανάλυση αποτελεσμάτων**

Και το τελικό στάδιο αποτελεί το σημείο όπου έχουμε την παράδοση της μελέτης με όλα τα βήματα που κάναμε και υλοποιήσαμε και όλες τις μετρήσεις και τα στοιχεία που συλλέξαμε.

Κεραίες

Για να καλύψουμε όλο το σύνολο του χώρου χρειαζόμαστε κεραίες και συστήματα με σκοπό να μεταφέρουμε το σήμα σε όλο το μέρος του χώρου με σκοπό την καλύτερη κάλυψη και οριοθέτηση. Ιδανικά όλες οι κεραίες πρέπει να λειτουργούν στο ίδιο power level και να έχουν ίδιο θόρυβο και εξασθένιση. Χρειάζεται να δούμε ποιος τύπος κεραίας είναι κατάλληλος για την περίπτωση μας. Τα συστήματα κεραιών χωρίζονται σε δυο μεγάλες ομάδες που είναι οι παθητικές και οι ενεργητικές κεραίες.

Πολλές φορές χρειάζεται να συνδυάσουμε εργαλεία και από τις δυο αυτές ομάδες.

Τα παθητικά συστήματα χρησιμοποιούνται καλύτερα σε μικρούς χώρους γιατί ενδεχόμενος μπορεί να έχουν μεγάλο κόστος. Αντίστοιχα τα ενεργητικά συστήματα είναι πιο εύκολο να υλοποιηθούν. Εκτεταμένο κεφάλαιο θα υπάρξει στην συνέχεια.

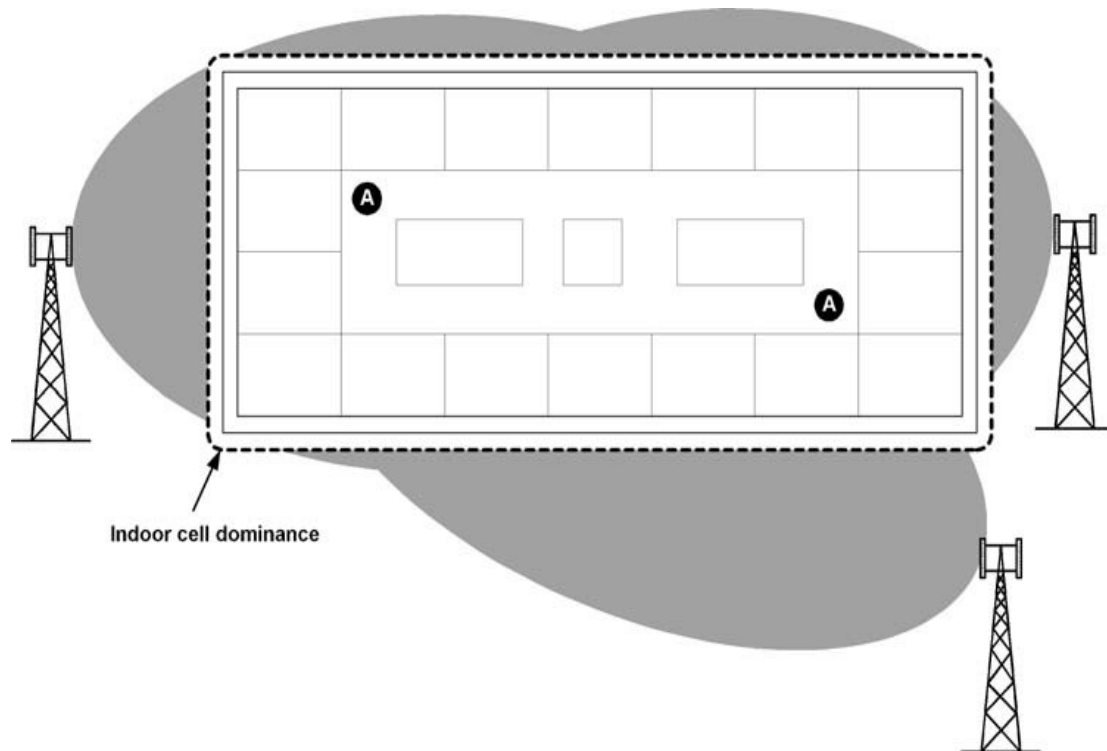
Προβλήματα κατά την διάρκεια του σχεδιασμού.

Είτε χρησιμοποιούμε GSM, UMTS ή κάποια άλλη τεχνολογία υπάρχουν κάποιες βασικές αρχές που πρέπει να λάβουμε υπόψη για να σχεδιάσουμε την βέλτιστη λύση για έναν εσωτερικό χώρο.

Isolation (Απομόνωση)

Εάν πρέπει να διαλέξουμε ένα παράγοντα ως τον πιο βασικό που πρέπει να δώσουμε την μεγαλύτερη βαρύτητα τότε αυτός είναι η **απομόνωση (Isolation)**. Με τον όρο isolation ορίζουμε την διαφορά μεταξύ του σήματος του εσωτερικού δικτύου με οποιοδήποτε εξωτερικό δίκτυο, και το αντίστροφο. Συνήθως οι περισσότεροι χρήστες βρίσκονται κοντά στα παράθυρα όποτε το εσωτερικό σύστημα πρέπει να υπερέχει ενάντια σε κάποιο άλλο εξωτερικό που προσπαθεί να παρεμβάλει.

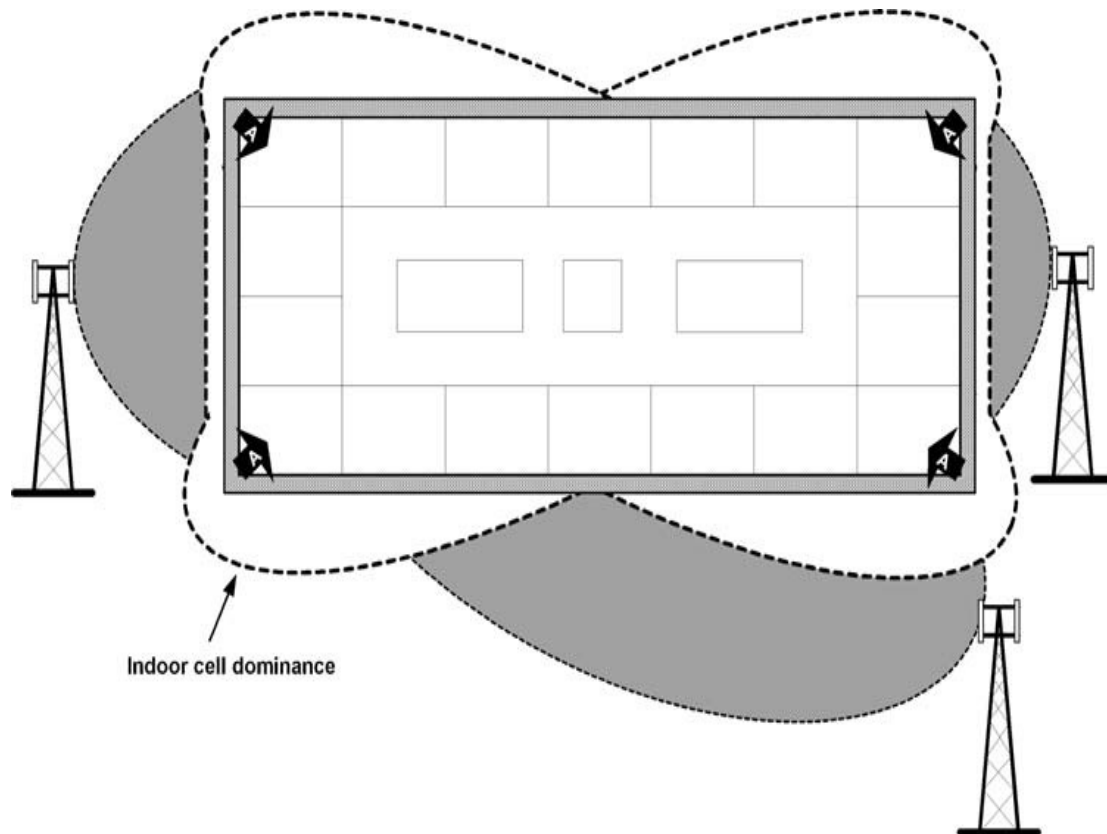
Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε πως πρέπει να είναι ένα σωστά υλοποιημένο σύστημα, οπου είναι το κυρίαρχο δίκτυο μέσα στον χώρο αλλά να μην επηρεάζει εξωτερικά συστήματα.



Εικόνα 24

Οι τρόποι που μπορούμε να επιτύχουμε το καλύτερο isolation είναι κυρίως δύο. Ο πρώτος είναι η χρήση ειδικών παραθύρων και τζαμιών που απομονώνουν και διαχωρίζουν τα επιμέρους σήματα. Όμως είναι μια λύση που δεν είναι εύκολο να υλοποιηθεί και έχει μεγαλύτερο κόστος.

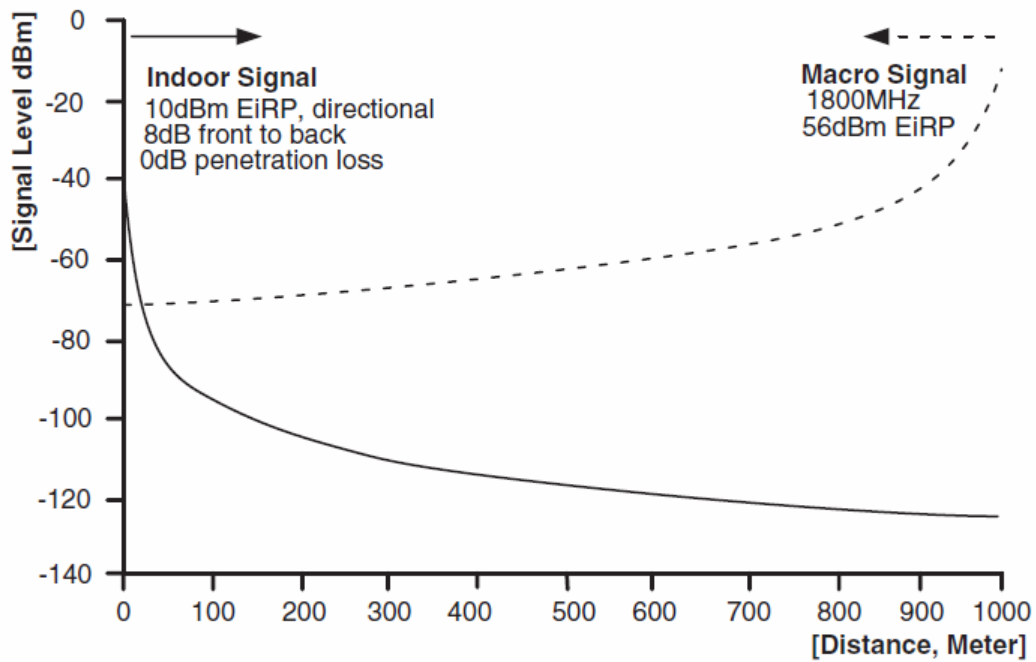
Η λύση που χρησιμοποιείται συνήθως είναι η εγκατάσταση κατευθυντικών κεραιών (directional antennas) κατά μήκος του κτηρίου και με κατεύθυνση προς το εσωτερικό και το κέντρο του κτηρίου. Ο «γωνιακός» αυτός σχεδιασμός επιτρέπει το εσωτερικό σήμα να είναι δυνατότερο από το εξωτερικό ακόμη και σε περιπτώσεις υψηλής εκπομπής από κοντινούς σταθμούς βάσης. Αυτό συμβαίνει λόγω της εγγύτητας και της ορατότητας των χρηστών στην γωνιακή κεραία. Σχηματικά η σωστή εγκατάσταση πρέπει να είναι ως εξής, όπου A είναι η κατευθυντική κεραία:



Εικόνα 25 - Isolation με directional κεραίες

Το πρόβλημα σε αυτή την υλοποίηση μπορεί να είναι η δυσκολία εγκατάστασης των κεραιών σε γωνιακά σημεία λόγω δυσκολίας πρόσβασης ή λόγω απουσίας τροφοδοσίας ρεύματος.

Η λύση αυτή είναι πολύ αποδοτική και επιτρέπει το σήμα να καλύπτει και να παραμένει μέσα στον χώρο που θέλουμε να καλύψουμε με την λιγότερη δυνατή παρεμβολή σε εξωτερικά macro δίκτυα, όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 26

Δυστυχώς όμως αρκετές φορές η πράξη διαφέρει από την θεωρία και δεν είναι δυνατόν να εφαρμόσουμε πρακτικά ότι γνωρίζουμε σε ένα εσωτερικό σύστημα. Οπότε το εσωτερικό δίκτυο θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο απλό χωρίς όμως να υπολείπεται η δυνατότητα κάλυψης. Τέλος η χρήση υψηλής ποιότητας τεχνολογίας εξαρτημάτων είναι απαραίτητη για το καλύτερο αποτέλεσμα.

Κεφάλαιο 5.

Mobile Repeater

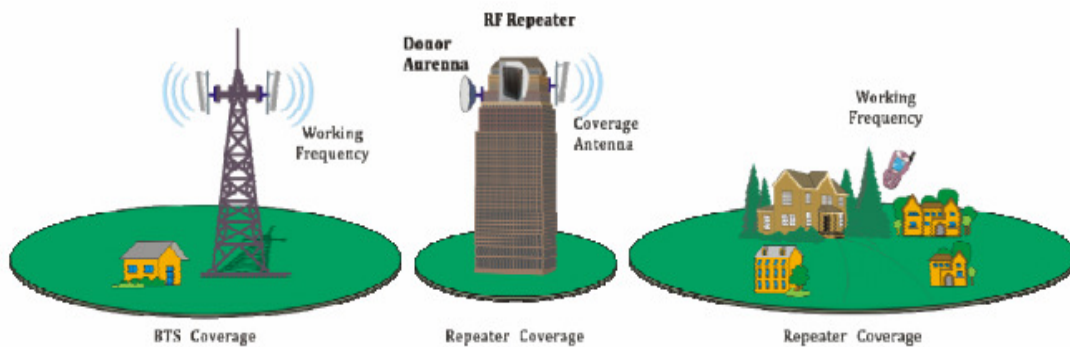
Εισαγωγή

Ο mobile repeater ή αλλιώς αναμεταδότης, είναι ένα είδος διπλής κατεύθυνσης ενισχυτής (BDA) όπως συνήθως αναφέρονται στις τηλεπικοινωνίες, είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για την ενίσχυση σήματος του κινητού τηλεφώνου στην τοπική περιοχή με τη χρήση της κεραίας, ενισχυτή σήματος και μιας εσωτερικής κεραίας αναμετάδοσης. Αυτά είναι παρόμοια με τους macro πύργους μετάδοσης που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση από τους παρόχους δικτύου, αλλά είναι πολύ μικρότερα, και συνήθως προορίζονται για χρήση σε ένα κτίριο. Τα συστήματα χρησιμοποιούν συνήθως ένα εξωτερικό σύστημα, μια κατευθυντική κεραία για να συλλεχθεί το καλύτερο σήμα, το οποίο κατόπιν μεταδίδεται σε μία μονάδα ενισχυτή ο οποίος ενισχύει το σήμα, και το αναμεταδίδει τοπικά, παρέχοντας σημαντικά βελτιωμένη ισχύ σήματος. Τα πιο προηγμένα μοντέλα, επίσης, επιτρέπουν πολλαπλά κινητά τηλέφωνα να χρησιμοποιούν τον ίδιο αναμεταδότη την ίδια στιγμή, και έτσι είναι κατάλληλα για εμπορική όσο και για οικιακή χρήση.

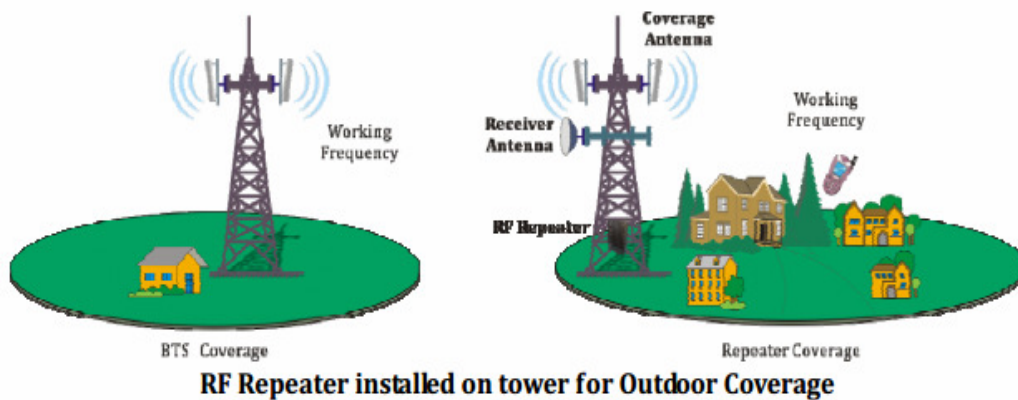
Ένα πλεονέκτημα των mobile repeaters είναι η αύξηση στη διάρκεια ζωής της μπαταρίας του κινητού τηλεφώνου, λόγω της χαμηλότερης ισχύος που απαιτείται για τη μετάδοση του σήματος στην αμφίδρομη ζεύξη με τον ενισχυτή, λόγω της εγγύτητάς της προς το τηλέφωνο.

Οι επαναλήπτες (Repeaters), βοηθούν την επικοινωνία στα VHF και UHF, όπου είναι απαραίτητη η οπτική επαφή ανάμεσα στον πομπό και τον δέκτη. Οι επαναλήπτες τοποθετούνται σε κάποιο βουνό ή υψηλό κτήριο, κάνουν λήψη σε μια συχνότητα (Για Παράδειγμα 145.750 Mhz) και αναμεταδίδουν ό,τι λαμβάνουν σε μία κοντινή συχνότητα (Για Παράδειγμα 145.150 Mhz). Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να αυξηθεί η εμβέλεια της επικοινωνίας. Σε πολλές περιπτώσεις, όταν οι διαχειριστές των επαναληπτών το αποφασίσουν, και για λόγους αποκλεισμού παρεμβολών, απαιτείται να εμπεριέχεται στο λαμβανόμενο σήμα ένας τόνος, ο οποίος βρίσκεται σε μη ακουστική συχνότητα και δεν είναι αντιληπτός από τους ανθρώπους. Αυτός ο τόνος απαιτείται για να αναμεταδώσουν οι επαναλήπτες ό,τι λαμβάνουν. Αν δεν υπάρχει ο συγκεκριμένος τόνος, δεν ενεργοποιούνται. Επαναληπτές γενικά υπάρχουν μόνο στα VHF, UHF και άνω, καθώς στα βραχέα, όπου η μετάδοση γίνεται σε μακρινές αποστάσεις, δεν υπάρχει λόγος χρήσης τέτοιων συσκευών.

Application Diagram



RF Repeater installed on top of building for Outdoor Coverage



Εικόνα 27 - Εφαρμογές repeater

Βασικά μέρη του αναμεταδότη

Εξωτερική κατευθυντική κεραία

Αν και ορισμένα από τα λιγότερο ακριβά μοντέλα δεν περιλαμβάνουν μια εξωτερική κατευθυντική κεραία, είναι ένα σημείο που αποφέρει σημαντικό κέρδος ισχύος σήματος. Αυτό συμβαίνει επειδή η κεραία μπορεί να προσανατολίζεται και να βρίσκεται έξω ώστε να παρέχει το καλύτερο δυνατό σήμα. Σε γενικές γραμμές όσο μεγαλύτερη είναι η εξωτερική κεραία το καλύτερο είναι το σήμα.

Εσωτερική κεραία αναμετάδοσης

Τα καλύτερα συστήματα θα περιλαμβάνουν γενικά μια εσωτερική κεραία για την αναμετάδοση του σήματος. Υπάρχουν τριών ειδών εσωτερικές κεραίες 1) omni όπου εκπέμπει 360° 2)panel όπου εκπέμπει 90° 3)bi-directional όπου εκπέμπει στις 180°. Επειδή όλες οι κεραίες ραδιοφώνου είναι πολωμένες, τα κινητά τηλέφωνα έχουν καλύτερη απόδοση όταν οι κεραίες τους είναι προσανατολισμένες παράλληλα προς την κεραία του ενισχυτή

Ενισχυτής σήματος

Όλοι οι αναμεταδότες περιλαμβάνουν ένα ενισχυτή σήματος, ακόμη και τα φθηνά μοντέλα παρέχουν τώρα 20 dB - 50 dB κέρδος και πολλά από τα πιο ακριβά μοντέλα παρέχουν πάνω από 50 dB. Εξαιρετική υψηλής ισχύος μοντέλα, προσφέρουν κέρδος γύρω στα 100 dBm Ωστόσο, δεδομένου ότι η κλίμακα decibel μετριέται σε λογαριθμική κλίμακα 30 dB κέρδος αντιπροσωπεύουν μια τεράστια αύξηση.

Για τον mobile repeater είναι απαραίτητο να εξασφαλιστεί επαρκής απομόνωση μεταξύ των επιμέρους συστημάτων. Όταν η απομόνωση είναι χαμηλότερη από την πραγματική αύξηση του αποθεματικού + (τυπικά 5-15 dB) τότε ο αναμεταδότης δεν λειτουργεί σωστά

Λόγοι για ασθενές σήμα

Αγροτικές περιοχές

Σε πολλές αγροτικές περιοχές, επειδή δεν υπάρχουν πολλοί χρηστές δεν συμφέρει να κατασκευάσουμε έναν σταθμό βάσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις η περιοχή για να αποκτήσει ισχυρό σήμα κινητής τηλεφωνίας πρέπει να τοποθετηθεί ένας αναμεταδότης. Σε επίπεδες αγροτικές περιοχές το σήμα είναι σε μεγάλο βαθμό εξασθενημένο από την απόσταση. Στις περιπτώσεις αυτές, η εγκατάσταση ενός αναμεταδότη θα αυξήσει την ισχύ του σήματος σημαντικά ακόμη και αν είναι μεγάλη η απόσταση από τους πύργους εκπομπής.

Υλικό κατασκευής κτιρίων

Μερικά υλικά κατασκευής μπλοκάρουν κάθε σήμα και έτσι η ισχύς του σήματος μειώνεται σημαντικά. Κάθε κτίριο το οποίο έχει ένα σημαντικό πάχος σκυροδέματος ή ποσότητα μετάλλου θα εξασθενήσει το σήμα. Επίσης μερικά μονωτικά υλικά μπορεί να μπλοκάρουν τα ραδιοκύματα.

Κτιριακό μέγεθος

Μεγάλα κτίρια, όπως νοσοκομεία, αποθήκες και εργοστάσια, λόγω της κτιριακής μορφολογίας συχνά δεν έχουν επαρκές στάθμη σήματος. Χαμηλή ισχύς σήματος παρατηρείται συχνά σε υπόγειους χώρους, όπως υπόγεια parking και σε καταστήματα σε χαμηλούς ορόφους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το σήμα είναι εξασθενημένο καθώς εισέρχεται στο κτίριο και ανακλάται από τα αντικείμενα στο εσωτερικό του κτιρίου. Για το λόγο αυτό, σε αυτές τις περιπτώσεις μια εξωτερική κεραία είναι απαραίτητη.

Multipath

Ακόμη και σε αστικές περιοχές, οι οποίες έχουν συνήθως ισχυρό σήμα, συχνά υπάρχουν νεκρές ζώνες. Αυτό συμβαίνει επειδή τα διαφορετικά μήκη κύματος των διαφορετικών συχνοτήτων παρεμβαίνουν καταστροφικά σε διαφορετικά σημεία. Οι κατευθυντικές κεραίες είναι πολύ χρήσιμες στην αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος, δεδομένου ότι μπορούν να τοποθετηθούν στα σημεία που χρειάζεται.

Περίθλαση και γενική εξασθένηση

Τα μεγαλύτερα μήκη κύματος έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να διαθλούν σε μεγαλύτερο βαθμό έτσι είναι λιγότερο εξαρτημένα από την γραμμή της όρασης για να ληφθεί ένα καλό σήμα, αλλά εξακολουθούν να εξασθενούν σημαντικά. Επειδή οι συχνότητες που χρησιμοποιούν τα κινητά τηλέφωνα είναι πολύ υψηλές, τα κύματα του κινητού τηλεφώνου εξασθενούν σημαντικά.

Mobile Repeater Helios

Στην μελέτη μας χρησιμοποιούμε τον αναμεταδότη Helios® DCS1800MHz Single Band RF Repeater



Εικόνα 28 - Helios® DCS1800MHz Single Band RF Repeater

Ο οποίος έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Items		DCS1800MHz RF Repeaters
Frequency Range (Customized)	Uplink	1710-1785MHz
	Downlink	1805-1880MHz
Output Power	Uplink	Min +23dBm - +33dBm
	Downlink	Min. +30dBm - +43dBm
Configurable Channels		1, 2, 4, 6, 8 for option
Working Bandwidth		Various bandwidth is available upon request
Gain		Min. 90dB
AGC Control Range		Min 40dB (+/-2dB)
Gain Control Range		31dB (1dB Step)
VSWR		< 1.5
Ripple in Band		Max +/- 1.5dB
In-band Inter Modulation Attenuation		Comply to ETSI Requirement
Spurious Emissions	9KHz-1GHz	Max -36dBm
	1GHz-12.75GHz	Max -30dBm
RF Connector		N-type Female
I/O Impedance		50 ohm
Noise Figure		Max 5dB
Group Time Delay		Max 5μS
Temperature Range		-25 degree Celsius to +55 degree Celsius
Relative Humidity		Max 95%
MTBF		Min. 100000 hrs
Power Supply		DC -48V / AC220V (+/-15%), 50Hz
UPS Backup Power Supply (Optional)		6 hours / 8 hours
Power Consumption		Max 250W
NMS Monitor Function		Real-time alarm for Door Status, Temperature, Power Supply, VSWR, Output Power, Gain, Uplink ATT, Downlink ATT and etc.
Remote Control Module (Optional)		RS232 or RJ45 + Wireless Modem + Chargeable Li-ion Battery
Approvals and Tests		EN 60950 ETSI 301 489-1 ETSI 300 609-4
Dimension	+40-+43dBm	605mm x 445mm x 225mm
	+37dBm	460mm x 405mm x 180mm
	+30-+33dBm	460mm x 350mm x 170mm
Weight	+40-+43dBm	34Kgs
	+37dBm	20kg
	+30-+33dBm	15kg

Εικόνα 29 - χαρακτηριστικά Helios Repeater

Κεφάλαιο 6.

Ευφυείς κεραίες κινητών εφαρμογών

Εισαγωγή

Ένα σύστημα ευφυούς κεραίας συνδυάζει την τεχνολογία των κεραιών και των μικροκυματικών επικοινωνιών με την επεξεργασία σήματος, με σκοπό την βελτιστοποίηση ακτινοβολίας για εκπομπή και λήψη, ανάλογα με το περιβάλλοντα σήμα. Τι κάνει μια κεραία σε ένα σύστημα τηλεπικοινωνιών; Είναι η πύλη μέσω της οποίας η ενέργεια της ραδιοσυχνότητας (RF) είναι συνδεδεμένη από τον εκπομπό στον έξω κόσμο και το αντίστροφο, στον δέκτη από τον έξω κόσμο.

Ο τρόπος των κεραιών με τον οποίο κατανέμεται η ενέργεια και μαζεύεται γύρω από κάποια περιοχή έχει μεγάλη επίδραση στην απόδοση της χρήσης του φάσματος, στην εγκατάσταση νέων τηλεπικοινωνιακών ασύρματων δικτύων, και στην ποιότητα της εξυπηρέτησης που παρέχεται από αυτά τα δίκτυα.

Η κεραία είναι μια δομή η οποία είναι ειδικά σχεδιασμένη ώστε να παρέχει ζεύξη μεταξύ του κενού και της εξόδου του πομπού ή της εισόδου στον δέκτη. Όπως η γραμμή μεταφοράς, η κεραία είναι μια συσκευή με διανεμημένα στοιχεία έτσι ώστε το ρεύμα , η τάση και η σύνθετη αντίσταση να διαφέρουν από ένα σημείο στο άλλο κατά μήκος της.

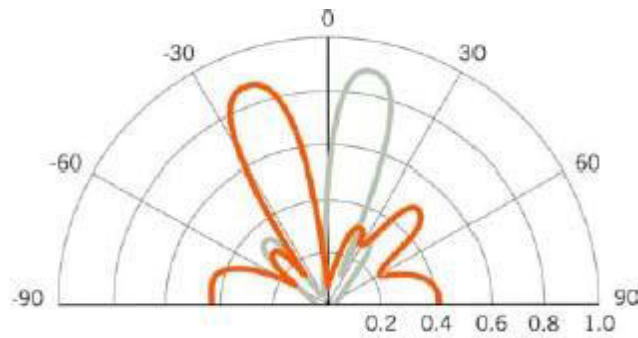
Ευφυή Συστήματα

Η χρήση των πολλαπλών κεραιών και των επεξεργασμένων σημάτων για να εξυπηρετούν κυψέλες καλύτερα υπάρχει για πολλά χρόνια. Στην πραγματικότητα, η μεταβολή στην βαθμίδα των σχετικά ακριβών συστημάτων ευφυών κεραιών έχει ήδη εφαρμοστεί στα συστήματα αμύνης. Τα τελευταία χρόνια, το κόστος εμπόδισε την χρήση τους στα εμπορικά συστήματα. Η άφιξη των αποτελεσματικών ψηφιακών σημάτων επεξεργαστών χαμηλού κόστους (DSPs), των επεξεργαστών γενικού σκοπού (ASICs), καθώς και των τεχνικών λογισμικού βασισμένων στην επεξεργασία σήματος (αλγόριθμοι) έκαναν τις ευφυείς κεραιές πρακτικές για κυψελικά επικοινωνιακά συστήματα.

Σήμερα, όπου οι φασματικές αποτελεσματικές λύσεις είναι όλο και περισσότερο υπόθεση ανάγκης, αυτά τα συστήματα εξασφαλίζουν μεγαλύτερη περιοχή κάλυψης για κάθε πλευρά της κυψέλης, υψηλότερη απόρριψη των παρεμβολών και μεγάλες βελτιώσεις χωρητικότητας. Στην πραγματικότητα οι κεραιές δεν είναι ευφυείς, τα συστήματα κεραιών είναι ευφυή. Αρχικά τοποθετήθηκαν σε έναν σταθμό βάσης. Ένα σύστημα ευφυούς κεραιάς συνδυάζει μια στοιχειοκεραία με την υποστήριξη ενός επεξεργασμένου ψηφιακού σήματος για να μεταδώσει και να λάβει σε ένα κατευθυντικό είδος. Με άλλα λόγια, ένα τέτοιο σύστημα μπορεί αυτόματα να αλλάξει τη κατευθυντικότητα από όλες τις μορφές ακτινοβολίας σε απάντηση σε κάθε περιβάλλον σήματος. Αυτό μπορεί να αυξήσει δραματικά τα χαρακτηριστικά απόδοσης (όπως τη χωρητικότητα) ενός ασύρματου συστήματος.

Ευφυείς κεραιές σε συστήματα 3g

Οι ευφυείς κεραιές ενισχύουν τη λαμβανόμενη ισχύ και μειώνουν τις παρεμβολές στην κυψέλη, αλλά στα CDMA συστήματα τα πλεονεκτήματα είναι σημαντικά μεγαλύτερα.



Εικόνα 30 - Μορφή κεραίας πολλαπλού λοβού.

Η τεχνολογία CDMA (Code Division Multiple Access) διαμοιράζει το φάσμα ορίζοντας κάθε σύνδεση μεταξύ της βάσης και του χρήστη και προσδιορίζει έναν κώδικα.

Το τηλέφωνο του χρήστη αναγνωρίζει μόνο το δικό του κώδικα. Τα σήματα που διαδίδονται προς και από άλλα τηλέφωνα, έχουν διαφορετικούς κώδικες που εμφανίζονται στον πρώτο τηλέφωνο σαν παρεμβολή. Ακολουθούν και άλλα τηλέφωνα που προστίθενται στην κυψέλη και έτσι οι παρεμβολές αυξάνονται. Διαδοχικά αυτό μειώνει τα νούμερα των τηλεφώνων που μπορούν να εξυπηρετηθούν από την κυψέλη.

Όλα τα πρότυπα κινητών μοντέλων 3G (UMTS, cdma2000 and TD-SDMA etc) είναι ραδιοσυστήματα CDMA. Στα συστήματα CDMA οι ευφυείς κεραίες μειώνουν την παρεμβολή στην κυψέλη επειδή ελαττώνουν την απαιτούμενη ισχύ για να διατηρήσουν τη σύνδεση σταθμού βάσης χρήστη. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όπου απαιτείται υψηλός ρυθμός πληροφορίας.

Ο υψηλός ρυθμός πληροφορίας είναι χαρακτηριστικό του 3G. Μια σύνδεση υψηλής χωρητικότητας μπορεί να ζητήσει περισσότερο από δέκα φορές την ποσότητα της εκπεμπόμενης ισχύος από μια απλή συνομιλία στο GSM. Προκύπτει ότι μια μείωση στην ισχύ, που απαιτείται για να επιτευχθεί η σύνδεση, είναι χρήσιμη.

Αυξάνοντας την ισχύ μιας σύνδεσης στα συστήματα CDMA αλλοιώνεται η απόδοση στους άλλους χρήστες της κυψέλης αντί μόνο στους χρήστες των γειτονικών κυψελών.

Οι ευφυείς κεραιές μειώνουν την παρεμβολή στην κυψέλη με δυο τρόπους:

Η δέσμη της κεραιάς μπορεί να κατευθυνθεί ακριβώς στον χρήστη ώστε η εκπεμπόμενη ισχύ να σταλεί ακριβώς όπου έχει ζητηθεί.

Με σωστή διαχείριση του σήματος μπορούμε να κατευθύνουμε ένα μηδενισμό προς κάποιους παρεμβολείς, με αποτέλεσμα την αξιοσημείωτα μειωμένη επίδραση του παρεμβολέα στο επιθυμητό σήμα.

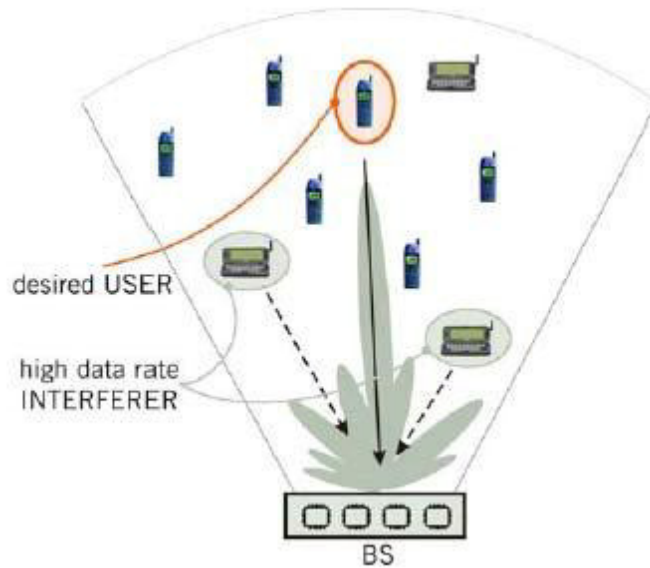
Στο παραπάνω σχήμα έχουμε ένα παράδειγμα από μια κεραιά υψηλής κατευθυντικότητας. Δεν είναι φωτισμός ενός προβολέα αλλά αντίθετα έχει το σχήμα ενός λουλουδιού.

Όσο πιο κοντά ξεκινάει ο λοβός από το κέντρο του διαγράμματος τόσο καλύτερη είναι η απόδοση της κεραιάς σε αυτή την κατεύθυνση.

Οι ευφυείς κεραιές μπορούν να χειριστούν και άλλα εκτός από την κατεύθυνση του κύριου λοβού. Μπορούν να προσαρμόσουν ολόκληρη τη μορφή. Η καλύτερη απόδοση επιτυγχάνεται όταν ο κύριος λοβός κατευθύνεται προς το επιθυμητό σήμα και οι 'μηδενισμοί' κατευθύνονται προς τις παρεμβολές. Το σχήμα 4.1 δείχνει το μέρος των μηδενικών όταν η ευφυή κεραιά είναι σε θέση λήψης.

Ο μεγαλύτερος λοβός κατευθύνεται στον επιθυμητό χρήστη και οι μηδενισμοί κατευθύνονται στους δύο πιο υψηλούς ρυθμούς πληροφορίας των χρηστών (υψηλή μετάδοση ισχύος).

Εκτιμώντας τα δύο αυτά πλεονεκτήματα, καθώς και μια μείωση στο κόστος υπολογισμού της ισχύος, οι ευφυείς κεραιές είναι σημαντική πρόταση για τα ραδιοσυστήματα 3G.



Εικόνα 31 - Μορφές ευφυής κεραίας σε ένα σύστημα πολλαπλής εξυπηρέτησης CDMA.

Το πιο σημαντικό είναι η υψηλή χωρητικότητα των δικτύων ή η ικανότητα να εξυπηρετήσει περισσότερους χρήστες κάθε σταθμός βάσης. Έτσι αυξάνουν τα έξοδα του διαχειριστή δικτύου και οι πελάτες έχουν ακόμα λιγότερη πιθανότητα μπλοκαρισμένης κλήσης.

Η ποιότητα εκπομπής βελτιώνεται δίχως να αυξάνεται η ισχύ του σήματος και έτσι μειώνεται η παρεμβολή. Υπάρχει μείωση της εκπομπής ισχύος και στην άνω ζεύξη και στην κάτω ζεύξη. Μειώνοντας την ισχύ της κάτω ζεύξης αυξάνεται η ζωή της μπαταρίας της τηλεφωνικής συσκευής. Ακόμα αυξάνεται ο αριθμός των χρηστών που μπορούν να εξυπηρετηθούν σε μια κλήση.

Τα παραπάνω πλεονεκτήματα μπορούν να αλλάξουν, έτσι ώστε ένα δίκτυο ευφών κεραιών μπορεί να εξασφαλίσει περισσότερους χρήστες ή περισσότερη μεταδιδόμενη πληροφορία ή κάποιο συνδυασμό των δύο.

Παράμετροι και χαρακτηριστικά των κεραιών

Στην συνέχεια θα περιγραφούν και θα καθοριστούν τα χαρακτηριστικά σε κάθε κεραία. Σαν **κέρδος κεραιάς** (antenna gain) ορίζουμε την ικανότητα της κεραιάς να συγκεντρώνει την εκπεμπόμενη ακτινοβολία και μετράτε σε decibels.

Κατευθυντικό κέρδος (directive gain) ορίζεται ως ο λόγος της πυκνότητας της εκπεμπόμενης ισχύος (power density) σε συγκεκριμένη κατεύθυνση προς την πυκνότητα ισχύος. **Κατευθυντικότητα και κέρδος ισχύος** (directivity and power gain) μέγεθος το οποίο χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του κέρδους μίας κεραιάς είναι το **κέρδος ισχύος** (power gain). Το εν λόγω μέγεθος στην πραγματικότητα αποτελεί μέτρο σύγκρισης της ισχύος εξόδου μίας συγκεκριμένης κεραιάς σε συγκεκριμένη κατεύθυνση, σε σχέση με μία ισοτροπική κεραία. Το κέρδος μίας κεραιάς είναι ο λόγος ισχύος μεταξύ μίας πανκατευθυντικής και μία μονοκατευθυντικής κεραιάς. Η μαθηματική έκφραση μέσω της οποίας εκφράζεται και υπολογίζεται είναι η ακόλουθη

$$A(\text{dB})=10 \log_{10}(P_2/P_1) \quad (9-4)$$

Όπου $A(\text{dB})$: το κέρδος της κεραιάς σε decibels

P_1 : η εκπεμπόμενη ισχύς της μονοκατευθυντικής κεραιάς

P_2 : η εκπεμπόμενη ισχύς της ισοτροπικής κεραιάς

Ένας επιπρόσθετος όρος ο οποίος χρησιμοποιείται προκειμένου να περιγράψει την απόδοση του συστήματος εκπομπής είναι ο effective radiated power (ERP).

Ως **αντίσταση ακτινοβολίας** της κεραιάς (*antenna radiation resistance*) ορίζεται η ωμική αντίσταση ενός κυκλώματος στην οποία θα απελευθερώνονταν το ίδιο ποσό ενέργειας με το αντίστοιχο ακτινοβολούμενο από την κεραία. Προσδιορίζεται δε από το λόγο της μέσης ακτινοβολούμενης ισχύος της κεραιάς προς το τετράγωνο της έντασης του επαγόμενου ρεύματος που αναπτύσσεται σε συγκεκριμένο απομακρυσμένο σημείο (*feed point*).

Απώλειες και βαθμός απόδοσης: Πέραν της ενέργειας που εκπέμπεται από την κεραία, ένα σημαντικό μέγεθος, ο προσδιορισμός και περιορισμός του οποίου

αποτελεί εξέχουσας σημασίας έργο, είναι οι απώλειες ισχύος. Παράγοντες που συμβάλλουν στην απώλεια ισχύος κατά την εκπομπή της κεραίας είναι μεταξύ των άλλων, η *ground resistance*, *corona effects*, *imperfect dielectric* στον περιβάλλοντα χώρο της κεραίας, επαγωγή eddy ρευμάτων σε μεταλλικά αντικείμενα τα οποία βρίσκονται κοντά στην κεραία, και τέλος σε θερμικές απώλειες κατά μήκος της κεραίας. Συνδυάζοντας λοιπόν όλα τα παραπάνω, προκύπτει η σχέση

$$P_{in} = P_d + P_{rad} \quad (9-5)$$

όπου P_{in} : η συνολική ισχύς τροφοδοσίας της κεραίας

P_d : η απολεσθείσα ενέργεια

P_{rad} : η συνολικά ακτινοβολούμενη ενέργεια

Από την παραπάνω σχέση και αντικαθιστώντας καθ' έναν εκ των τριών όρων με τον αντίστοιχο $I^2 R$ όρο, προκύπτει η ισοδύναμη σχέση

$$R_{in} = R_d + R_{rad}$$

βασιζόμενοι στην οποία μπορούμε να ορίσουμε την παράμετρο του βαθμού απόδοσης (*efficiency*) της κεραίας ως εξής

$$\eta = \frac{R_{rad}}{R_{rad} + R_d} * 100\% \quad (9-6)$$

όπου R_d : η αντίσταση της κεραίας (*antenna resistance*)

R_{rad} : η αντίσταση ακτινοβολίας της κεραίας

Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι ο βαθμός απόδοσης της κεραίας μπορεί να οριστεί ως ο λόγος της ακτινοβολούμενης ισχύος από την κεραία προς τη συνολική ισχύ τροφοδοσίας της κεραίας

Οι LF (Low Frequency) και MF (Medium Frequency) κεραίες είναι οι λιγότερο αποδοτικές δεδομένων των δυσκολιών που απαντώνται στην επίτευξη του κατάλληλου μήκους τους. Συγκεκριμένα, ο βαθμός απόδοσης των εν λόγω κεραίων δεν ξεπερνά την τιμή 0.95 ενώ είναι δυνατό στη χειρότερη περίπτωση ο βαθμός απόδοσης τους να μην ξεπερνά την τιμή 0.75. Φυσικά, αυξανόμενης της συχνότητας εκπομπής της κεραίας, αυξάνεται ο βαθμός απόδοσής τους έτσι που σε ορισμένες περιπτώσεις επιτυγχάνεται άριστη απόδοση πλησίον της μέγιστης τιμής 1. Η αντίσταση ακτινοβολίας είναι δυνατό να λαμβάνει τιμή σε ένα εύρος λίγων Ohm μέχρι αρκετές εκατοντάδες Ohm Παράγοντες όπως, η επιλογή του σημείου


τροφοδοσίας, τα φυσικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της κεραίας, είναι ορισμένοι εκ των οποίων καθορίζουν την τιμή της αντίστασης ακτινοβολίας της κεραίας.

Εύρος ζώνης συχνοτήτων, Εύρος δέσμης και πολικότητα κεραίας

Από τις πλέον σημαντικές παραμέτρους οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην περιγραφή των χαρακτηριστικών των κεραιών είναι το **εύρος ζώνης συχνοτήτων** (*bandwidth*) στις οποίες λειτουργεί η κεραία, το **εύρος δέσμης** (*beam width*) της κεραίας που καθορίζει το βαθμό συρρίκνωσης /συγκέντρωσης του διαγράμματος ακτινοβολίας, γύρω από τον κεντρικό άξονα και τέλος η **πολικότητα** (*polarity*) που περιγράφει τον προσανατολισμό (*space orientation*) των εκπεμπόμενων κυμάτων στο χώρο. Συγκεκριμένα, ο όρος *bandwidth* προσδιορίζει το εύρος των συχνοτήτων (*frequency range*) στο οποίο η κεραία μπορεί να λειτουργεί αποδοτικά, εννοώντας για παράδειγμα ότι η κεραία θα επιτυγχάνει ικανοποιητική απόδοση (*throughput*) στο συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων. Στο σημείο όπου η ισχύς της κεραίας μειώνεται στο μισό της μέγιστης τιμής της (3dB), το μέγιστο και ελάχιστο του συγκεκριμένου εύρους ζώνης συχνοτήτων στο οποίο λειτουργεί η κεραία έχει επιτευχθεί οπότε και η απόδοση της κεραίας μειώνεται σταδιακά. Στην περίπτωση δε των κεραιών που λειτουργούν σε μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων, προκειμένου να διατηρείται η απόδοση τους σε υψηλά επίπεδα, ενσωματώνονται κατάλληλα αντισταθμιστικά κυκλώματα (*compensating circuits*) έτσι ώστε ανά πάσα στιγμή να εξασφαλίζεται η προσαρμογή σύνθετη αντίστασης της κεραίας.

Στοιχεία και κεραίες που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη μας.

Η donor κεραία που χρησιμοποιήσαμε είναι η Amphenol W360-17-x με τα εξής χαρακτηριστικά :

Amphenol ANTENNA SOLUTIONS		1710-2170 MHz	
Replace 'x' with electrical downtilt.			
W360-17-x			
V-Pol Omnidirectional 11.8 dBi			
			
Electrical Characteristics			
Frequency bands	1710-2170 MHz		
Polarisation	Vertical		
Horizontal beamwidth (-3 dB)	Omnidirectional (±3 dB typically)		
Vertical beamwidth (-3 dB)	5° typically		
Gain	9.7 dBd / 11.8 dBi		
Electrical downtilt (x)	0°, 2°, 5°, 6°		
Input impedance	50Ω		
VSWR	<1.5:1		
IM3 (2x20W carrier)	<-153 dBc		
Input power at 40° C	250 W		
Connector	7/16-DIN Female		
Lightning protection	Direct ground: lightning finial at upper end		
Operating temperature	-40° to +60° C	-40° to +140° F	
Mechanical Characteristics			
Radiating element material	Copper		
Radiating element housing	UV-stabilised pigmented fibreglass		
Humidity	up to 100% condensing		
Dimensions (Height x Diameter)			
Radome:	1768 x 70 mm	70.0 x 2.7 in	
Mounting fixture:	400 x 80 mm	16.0 x 3.1 in	
Weight without brackets	8.0 kg	17.6 lbs	
Survival wind speed	200 km/hr	125 mph	
Wind load @ 160 km/hr (100 mph)	180 N	40 lbf	
Mounting Options			
Mounting bracket	0900638/00		
Alternate mounting bracket	0300235/00		

Η κατευθυντική κεραία, κατάλληλη για εσωτερικούς χώρους, που χρησιμοποιήσαμε είναι η Kathrein 800 10465 τύπου Panel με τα εξής χαρακτηριστικά :



800 10465

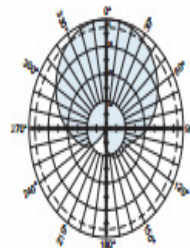
**Directional Indoor Antenna
with Integrated Combiner**

The **Kathrein 800 10465** is a broadband directional gain antenna designed for indoor installations in wireless communications systems. This compact antenna is supplied with a mounting bracket for attachment to a wall or other surface. The radiating element and aluminum backplate assembly are protected by a paintable white cover.

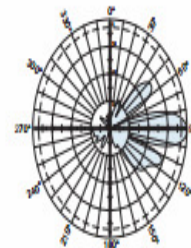
One model covers the 790–960 MHz and 1710–2700 MHz bands.

Specifications:

Frequency range	790–960 MHz and 1710–2700 MHz
Gain	7 dBi approx.
Impedance	50 ohms
VSWR	790–806 MHz < 2.2:1 806–960 MHz < 2.0:1 1710–2700 MHz < 2.0:1
Polarization	Vertical
Maximum input power	50 watts (at 50° C)
H-plane beamwidth	90 degrees approx. (half-power)
Connector	N female connector with 39 inch (1 m) RG-223/CU coax pigtail
Protection class	IP 30
Weight	1.1 lb (0.5 kg)
Dimensions	9 x 5.5 x 1.7 inches (231 x 140 x 50 mm)
Shipping dimensions	14.3 x 6 x 2.4 inches (363 x 152 x 62 mm)
Shipping weight	2 lb (0.9 kg)
Mounting	Mounting clip supplied



H-plane
Horizontal pattern – V-polarization



E-plane
Vertical pattern – V-polarization

Order Information:

Model	Description
800 10465	Indoor antenna with N female connector with 39 inch (1 m) RG-223/CU coax pigtail

Η omni directional κεραία, κατάλληλη για εσωτερικούς χώρους, που χρησιμοποιήσαμε είναι η Kathrein 800 10249 με τα εξής χαρακτηριστικά :



800 10249 Omnidirectional Indoor Antenna

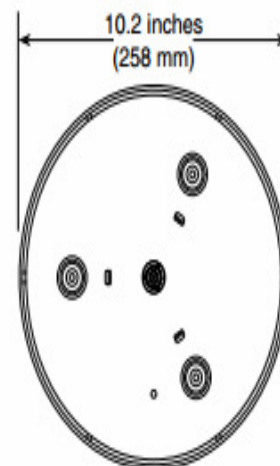
The Kathrein 800 10249 is a multiband omnidirectional antenna designed for indoor installations. It can be used simultaneously for systems operating in the 790–960, 1425–3800, and 5150–6000 MHz spectrums. Typical applications include cellular microcells, paging, data networking, and PCS.

The very compact and low profile design incorporates its own ground plane which also attaches it to the ceiling or other mounting surface.



Specifications:

Frequency range	790–960 MHz 1425–3800 MHz 5150–6000 MHz
Gain	≈ 2 dBi
Impedance	50 ohms
VSWR	790–806 MHz < 1.7:1 806–960 MHz < 1.5:1 1425–1710 MHz < 2.0:1 1710–2200 MHz < 1.4:1 2200–3800 MHz < 1.6:1 5150–6000 MHz < 2.2:1
Polarization	Vertical
Maximum input power	50 watts (at 50°C)
H-plane beamwidth	Omni
Connector	N female
Protection class	IP 30
Weight	1 lb (0.47 kg)
Dimensions	10.2 x 10.2 x 3.7 inches (258 x 258 x 94 mm)
Shipping dimensions	10.9 x 10.9 x 6.7 inches (277 x 277 x 169 mm)
Mounting	Mounts to ceiling using three screws (two types supplied). A 1.4 in. (35 mm) hole is required for the N connector.



Κεφάλαιο 7.

Μετρητικά Προγράμματα.

TEMS Portfolio (Ascom)



Εικόνα 32 - TEMS

Η εταιρεία Ascom προσφέρει το TEMS Portfolio, ένα ολοκληρωμένο σύνολο λύσεων για έλεγχο, συγκριτική αξιολόγηση, αποτύπωση και ανάλυση της απόδοσης του δικτύου, διευκολύνοντας την ανάπτυξη, τη βελτιστοποίηση και τη συντήρηση δικτύων κινητών επικοινωνιών. Αν και επικεντρώνεται στην LTE τεχνολογία, είναι κατάλληλο για τα περισσότερα σύγχρονα είδη δικτύων επικοινωνιών. Συγκεκριμένα το TEMS Portfolio παρέχει:

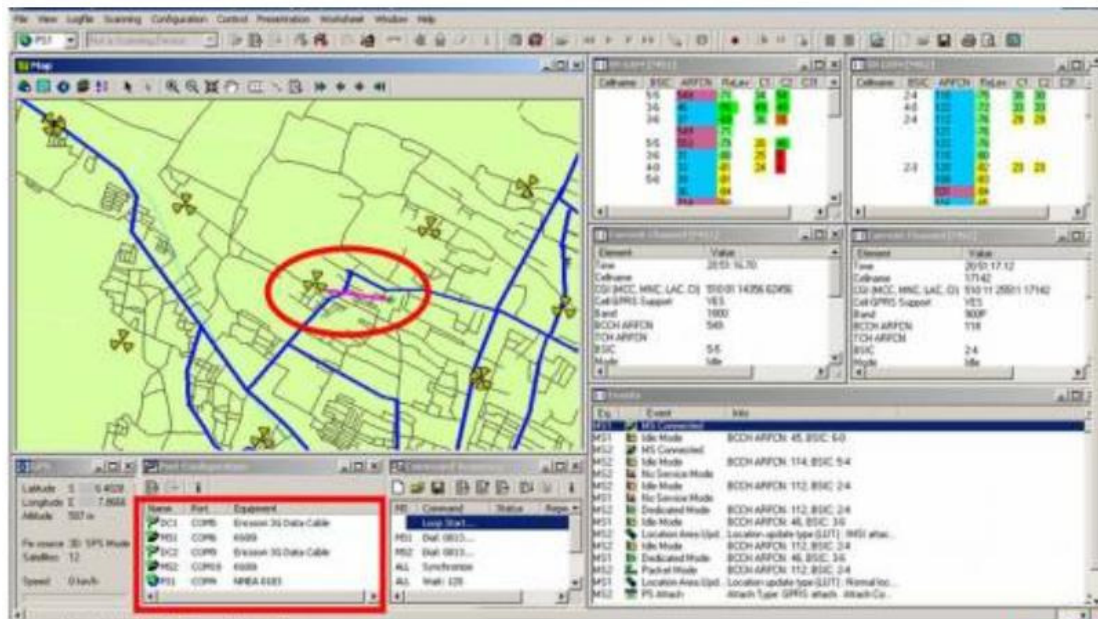
LTE Offerings: Προϊόντα που αφορούν κυρίως την τεχνολογία LTE (Long Term Evolution):

TEMS Discovery: εργαλείο για επεξεργασία των μετρούμενων δεδομένων από τη ραδιοεπαφή. Υποστηρίζει cdma2000, 1xEV, GSM/GPRS/EDGE, W-CDMA, HSDPA/HSUPA/HSPA+, TD-SCDMA, WiMAX, και LTE τεχνολογίες, χρησιμοποιεί ενσωματωμένους χάρτες Google και Microsoft Bing για απεικόνιση και ανάλυση των δεδομένων και εισάγει τα δεδομένα κυψέλης σε TEMS xml αρχεία ή αρχεία μορφής csv (comma separated values)/tab.

TEMS Investigation: εργαλείο για συλλογή δεδομένων με αμάξι. Παρέχει πληροφορίες για την κάτω και άνω ζεύξη LTE δικτύων σε διάφορες ζώνες

συχνοτήτων, τη ρυθμαπόδοση, τους χρόνους καθυστέρησης και τις γειτονικές κυψέλες. Χρησιμοποιείται για την επαλήθευση της συμπεριφοράς του τερματικού και της κάλυψης, χωρητικότητας, προσβασιμότητας και ακεραιότητας των κυψελών.

TEMS Symphony Suite: εργαλείο για αξιολόγηση επιδόσεων του LTE και έλεγχο δικτύου με απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας (QoS).



Εικόνα 33 - TEMS

Test and Measurement: Συσκευές για τον έλεγχο και την αξιολόγηση της απόδοσης και της ποιότητας των ασύρματων δικτύων και υπηρεσιών:

TEMS Pocket: εργαλείο χειρός για την επαλήθευση, τη διατήρηση και την αντιμετώπιση σφαλμάτων ασύρματων δικτύων ακόμη και σε εσωτερικούς χώρους. Υποστηρίζει μετρήσεις για τις τεχνολογίες GSM/GPRS, EDGE, W-CDMA, HSPA, CDMA και EV-DO και έχει τη δυνατότητα αποθήκευσής τους για περαιτέρω επεξεργασία.

TEMS Investigation: Προσφέρει συλλογή και μετεπεξεργασία δεδομένων, καθώς και ανάλυση πραγματικού χρόνου. Χρησιμοποιείται για την αποτύπωση της συμπεριφοράς στο τερματικό, με μετρήσεις όπως η κάλυψη της κυψέλης, η

χωρητικότητα, η προσβασιμότητα κ.α. Υποστηρίζει indoor, outdoor και pedestrian μετρήσεις.

Benchmarking and monitoring: Συστήματα αξιολόγησης και αποτύπωσης της συμπεριφοράς και της ποιότητας των ασύρματων δικτύων και των υπηρεσιών τους:

TEMS Automatic: εργαλείο για την επισκόπηση της ποιότητας του δικτύου όπως την αντιλαμβάνονται οι συνδρομητές κάθε χρονική στιγμή. Συλλέγει και αναλύει δεδομένα για το δίκτυο με αυτόματο τρόπο, ελέγχει την ποιότητα φωνής και τη μετάδοση δεδομένων και εντοπίζει σφάλματα και περιοχές συμφόρησης. Ακόμη συλλέγει δεδομένα από ανταγωνιστικά δίκτυα για συγκριτική αξιολόγηση.

TEMS Monitor Master: εφαρμογή για τον έλεγχο, αναφορά και την αποτύπωση της απόδοσης των δραστηριοτήτων που μπορεί να επιτελέσει ένας συνδρομητής με το κινητό του τηλέφωνο. Οι δραστηριότητες αυτές περιλαμβάνουν αποστολή μηνυμάτων (SMS), VoIP κλήσεις, video συνεχούς ροής, υπηρεσίες HTML, Wap, i-mode και υλικό που μπορεί να κατεβάσει ο χρήστης, όπως εικόνες και ήχους κλήσης.

TEMS Visualization: εργαλείο για ανάλυση δεδομένων που έχουν αποσπαστεί απευθείας από την υποδομή του δικτύου με βάση συντελεσμένα γεγονότα. Επιτρέπει τον άμεσο προσδιορισμό προβλημάτων που σχετίζονται με την ποιότητα υπηρεσίας και αφορούν συγκεκριμένους συνδρομητές ή συγκεκριμένα μοντέλα κινητών τηλεφώνων. Κατάλληλο για επίλυση προβλημάτων στη ραδιοσυχνότητα και στη χωρητικότητα του δικτύου. Υποστηρίζει τεχνολογίες GSM/GPRS, W-CDMA, HSPA/HSPA+ και LTE.

TEMS Support: πλήθος πακέτων ώστε όλοι οι παγκόσμιοι πελάτες του TEMS Portfolio να επιλέγουν τα εργαλεία και τα επίπεδα υπηρεσιών που ταιριάζουν καλύτερα στις τεχνικές τους απαιτήσεις.

Για τις ανάγκες της μελέτης χρησιμοποιήσαμε κυρίως το TEMS i.send.



Εικόνα 34 - TEMS i.send

Το TEMS προσομοιώνει το σήμα ενός σταθμού βάσης κατάλληλο για δοκιμές με κινητά τηλέφωνα και ψηφιακές μονάδες. Οι λειτουργίες του είναι να εκπέμπει και να μετράει δοκιμαστικές εκπομπές σήματος και είναι κατάλληλο για εσωτερικούς χώρους. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ένα άλλο λογισμικό το i.Walk.

Ο εκπομπός υποστηρίζει GSM και WCDMA πρωτόκολλα σε όλες τις διαθέσιμες συχνότητες. Είναι πλήρως παραμετροποιημένος και υποστηρίζει το InveX.NxG test. Διαθέτει το δικό του λογισμικό και επίσης καταναλώνει λίγη ενέργεια καθώς επίσης είναι και μικρός σε μέγεθος.

Συνοδεύεται με μια omni και μια directional πάνελ κεραία, τρίποδα για καλύτερη στήριξη, μια επιπλέον μπαταρία και θήκη μεταφοράς.

Το σύνολο του i.send έχει τα παρακάτω στοιχεία

<p>i.Send Portable Transmitter with 4-Hour rechargeable lithium-ion battery pack: One rechargeable battery pack is included with the transmitter. Additional battery packs may be purchased.</p>		<p>Andrew Cell-Max™ D-25 Directional In-building Antenna, 806–960 MHz and 1710–2200 MHz: This antenna has a nominal horizontal beamwidth of 70° and a gain of 7 dBi in both bands.</p>	
<p>Lithium-Ion Battery Charger/ AC Power Supply (110/240 VAC): This power supply is used to charge transmitter battery packs and provide power for continuous transmitter operation.</p>		<p>Andrew Cell-Max™ Omnidirectional In-building Antenna, 806–960 MHz and 1710–2500 MHz: This antenna has a nominal horizontal beamwidth of 360° and a gain of 3 dBi in both bands.</p>	
<p>Cigarette lighter adaptor cable: This adaptor is used to power the transmitter or charge the transmitter's battery using vehicle power.</p>		<p>Omni-directional Whip Antenna 806–960 MHz and 1710–2200 MHz: This antenna can be directly connected to the transmitter to provide an omni directional output from the transmitter. The nominal gain is 0 dBi.</p>	
<p>Pelican 1560 Travel case for transmitter and accessories: This rugged road case is custom fitted to hold the i.Scan transmitter and associated antennas and cables.</p>		<p>Wi-Fi Antenna: The i.Scan transmitter can be configured using a 802.11b/g Wi-Fi link. This antenna connects to the i.Scan transmitter for Wi-Fi reception.</p>	
<p>Tripod for mounting the Andrew Cell-Max D-25 and O-25 antennas: The tripod folds down to just 63 cm (25 in) for travel and has a maximum height of 139 cm (55 in). A custom mounting plate is included for attaching the antennas to the tripod.</p>		<p>Antenna extension, adapter cable for Cell-Max antennas: This 1.8 meter (6 ft) SMA male to Type N male cable provides the connection between the i.Scan transmitter's SMA RF output connector and an antenna with a Type N Female connector.</p>	
<p>Cross-connect Ethernet/LAN cable for connecting the transmitter to the Ethernet port of a PC: This cable is included for configuring the transmitter using a wired connection or for performing the initial setup for Wi-Fi 802.11b/g operation.</p>			

Εικόνα 35 - TEMS components

Nemo Network Testing Solutions (Anite)



Η εταιρεία Anite προσφέρει ένα πακέτο προϊόντων για μέτρηση, έλεγχο, βελτιστοποίηση και ανάλυση της ποιότητας δικτύων κινητών επικοινωνιών. Τα εργαλεία που παρέχει είναι τα εξής:

Nemo Outdoor: εργαλείο βασισμένο σε laptop που υποστηρίζει πολλαπλές ταυτόχρονες μετρήσεις και λειτουργεί για όλες τις τεχνολογίες και τα πρωτόκολλα. Οι μετρήσεις αποθηκεύονται σε μορφή ASCII Nemo για έλεγχο σφαλμάτων, ανάλυση και περαιτέρω επεξεργασία.

Nemo Handy: εργαλείο βασισμένο σε smartphone με λειτουργικό Symbian, Windows Mobile ή Android. Χρησιμοποιείται για μετρήσεις ποιότητας υπηρεσίας (QoS) και ποιότητας εμπειρίας (QoE) της ασύρματης ραδιοεπαφής και των εφαρμογών του κινητού τερματικού.

Nemo Invox: εργαλείο για καταγραφή μετρήσεων με αμάξι. Έχει τη δυνατότητα για μετρήσεις ποιότητας υπηρεσίας και ποιότητας εμπειρίας, συμπεριλαμβάνοντας αλγόριθμους για μετρήσεις ποιότητας φωνής και video.

Nemo Autonomous: εργαλείο που εκτελεί αυτόματες, μεγάλης κλίμακας μετρήσεις ραδιοεπαφής. Από ένα σημείο πρόσβασης ο χρήστης μπορεί να έχει εικόνα και να ελέγξει πολλαπλά σταθερά ή κινητά σημεία εξέτασης, επιταχύνοντας έτσι τη

διαδικασία απόκρισης σε σφάλματα του δικτύου, καθώς και τη βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Nemo FSR1: ψηφιακό δέκτης σάρωσης για μετρήσεις σε δίκτυα LTE, WCDMA, HSDPA, GSM, CDMA και EVDO. Δίνει τη δυνατότητα αλλαγής της ραδιοεπαφής για αναβάθμιση στο κατάλληλο δίκτυο.

Nemo Analyze: εργαλείο για ανάλυση, συγκριτική αξιολόγηση, αυτόματη επίλυση σφαλμάτων και στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων που προέρχονται από τα προηγούμενα εργαλεία. Είναι δυνατόν να συγκρίνει δεδομένα από άλλους παρόχους, άλλες τεχνολογίες, άλλα χρονικά πλαίσια και να οπτικοποιήσει τα αποτελέσματα σε μία μοναδική αναφορά.

SwissQual Network Benchmark, Optimization and ServiceMonitor

Η εταιρεία SwissQual έχει αναπτύξει τρία συστήματα για αξιολόγηση, βελτιστοποίηση και απεικόνιση της ποιότητας δικτύων κινητών επικοινωνιών. Τα συστήματα αυτά με τα εργαλεία τους είναι:

Diversity

Diversity Benchmarker: εργαλείο για μετρήσεις ποιότητας δικτύου με αμάξι σε διάφορα είδη περιβάλλοντος, σχεδιασμένο να αντέχει σε κραδασμούς και μεγάλο εύρος θερμοκρασιών.

Diversity Explorer: εργαλείο για αυτόματη, αυτόνομη και από απόσταση καταγραφή θέσης και δεδομένων ποιότητας υπηρεσιών, με δυνατότητα απεικόνισης σε πραγματικό χρόνο.

Diversity Ranger: φορητό εργαλείο για συγκριτική ανάλυση επιδόσεων. Κατάλληλο για δίκτυα 4ης γενιάς.

Diversity Optimizer Pro: εργαλείο για επίλυση σφαλμάτων και βελτιστοποίηση υπηρεσιών και εφαρμογών κινητών τερματικών που λειτουργούν κυρίως σε LTE δίκτυα, αλλά και σε δίκτυα προηγούμενων γενεών.

QualiPoc



Η οικογένεια προϊόντων QualiPoc αποτελεί μια ελαφρύτερη εκδοχή της οικογένειας Diversity.

QualiPoc Handheld: φορητό εργαλείο χειρός για απεικόνιση επίδοσης και βελτιστοποίηση υπηρεσιών φωνής, βίντεο και δεδομένων.

QualiPoc Freerider: εκτελεί συγκριτική αξιολόγηση επιδόσεων σε μικρές περιοχές. Κατάλληλο για απεικόνιση της κάλυψης ανταγωνιστικών δικτύων.

QualiPoc Static: χρησιμοποιείται σε συγκεκριμένα σημεία ενδιαφέροντος για αποτύπωση επιδόσεων κάθε χρονική στιγμή (βλέπουμε τον σταθμό που μας σερβίρει, το κανάλι CH, BSIC, Rx Lever-ισχύ, Rx Quality-ποιότητα, τις συχνότητες, scrambling cell).

QualiPoc Mobile: αυτόνομο εργαλείο για συνεχή αποτύπωση επιδόσεων δικτύων σε συνθήκες κινητικότητας που εγκαθίσταται σε διάφορους τύπους οχημάτων, όπως ταξί, λεωφορεία και μοτοσυκλέτες.

NetQual

NQDI: σύστημα για επεξεργασία των μετρήσεων που έχουν προέρθει από τα εργαλεία των δύο προηγούμενων οικογενειών προϊόντων.

NQView: χρησιμοποιείται για εμφάνιση και διερεύνηση των μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο.

NQWeb: εργαλείο προσπελάσιμο από το διαδίκτυο για έλεγχο, οργάνωση, απεικόνιση και δημιουργία αναφορών των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί.

Εργαλεία Εξαγωγής Μοντέλου

Για την παρούσα εργασία χρειάστηκε να χρησιμοποιηθούν εργαλεία μέτρησης ισχύος λήψης, καθώς και στατιστικής ανάλυσης.

Λειτουργικό Σύστημα Android – Εφαρμογή Antennas

Εισαγωγή

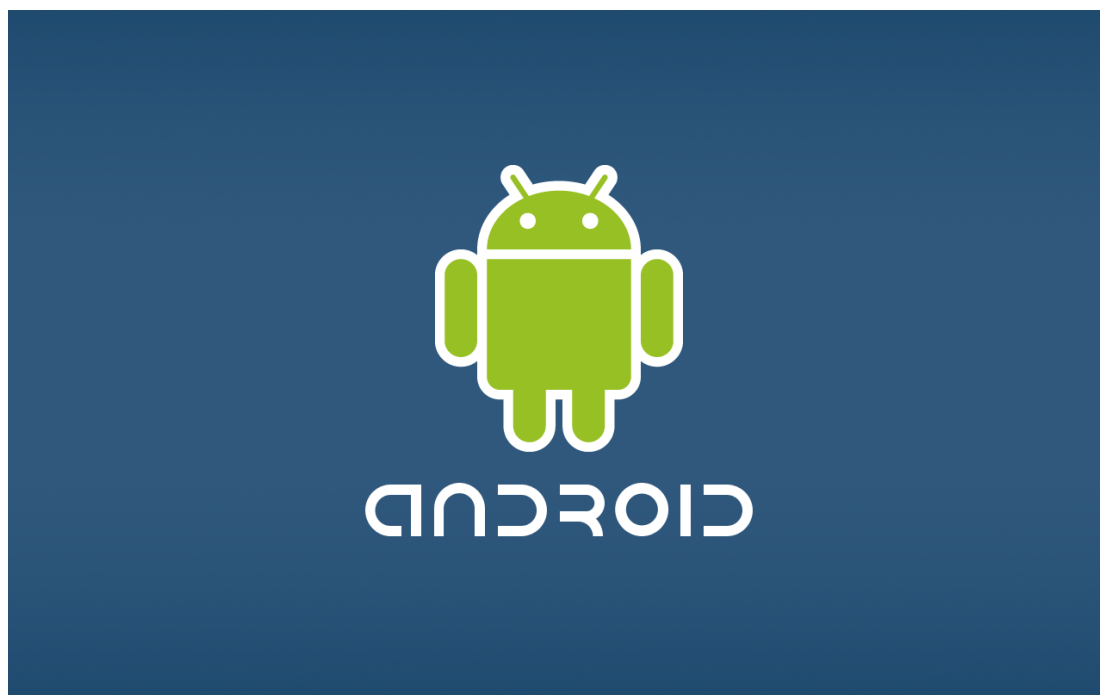


Εικόνα 36 - Smartphone Android

Καθώς τα smart phones και τα tablets γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλή, το ενδιαφέρον έχει στραφεί στην ανάπτυξη ενός λειτουργικού συστήματος κατάλληλου για τις συσκευές αυτές. Ένα από τα λειτουργικά συστήματα τα οποία αναπτύχθηκαν είναι και το Android. Αποτελεί ένα σύστημα ιδανικό για συσκευές που λειτουργούν

με τη χρήση μπαταρίας και δομούνται κυρίως από υλικοτεχνικό εξοπλισμό. Τέτοιες συσκευές είναι τα κινητά τερματικά (smart phones, tablets) όπως αναφέραμε, αλλά και συσκευές εντοπισμού θέσης (GPS). Όπως όλα τα λειτουργικά συστήματα, το Android δίνει τη δυνατότητα στις διάφορες εφαρμογές που φιλοξενεί να επικοινωνούν και να χειρίζονται τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε συσκευής.

Η εταιρεία Android Inc. ιδρύθηκε στο Palo Alto της California, τον Οκτώβριο του 2003. Συνιδρυτές ήταν οι Andy Rubin, Rich Miner, Nick Sears και Chris White. Αρχικός στόχος υπήρξε η ανάπτυξη εξυπνότερων κινητών συσκευών που γνώριζαν την τοποθεσία του χρήστη τους και τις προτιμήσεις του. Η Google απέκτησε την Android Inc τον Αύγουστο του 2005 κάνοντάς τη θυγατρική της Google Inc, με σχεδόν όλους τους ιδρυτές της να παραμένουν στην εταιρεία μετά την ένωση αυτή.



Εικόνα 37 - Android

Η βασική διαφορά του, από τα άλλα λειτουργικά συστήματα που ανέπτυξαν διάφορες εταιρείες για παρόμοιους σκοπούς, είναι πως το Android βασίζεται εξ' ολοκλήρου στη χρήση Java. Έτσι, για την ανάπτυξη μιας Android εφαρμογής γίνεται, εκτός από τη χρήση Java, και η χρήση ενός εικονικού προσομοιωτή. Για το λόγο αυτό, για την ανάπτυξη του παρέχεται μια εικονική μηχανή (Dalvik) η οποία εκτελεί τον δικό της κώδικα byte, καθώς και μια βιβλιοθήκη συναρτήσεων και εργαλείων που ονομάζεται Android SDK. Τα βασικά χαρακτηριστικά του Android είναι τα εξής:

Ένα πλαίσιο εφαρμογών που επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση και αντικατάσταση των περιεχομένων.

Εικονική μηχανή Dalvik που προορίζεται για κινητές συσκευές.

Ενσωματωμένο φυλλομετρητή που βασίζεται στο open source της μηχανής WebKit.

Γραφικά που παρέχονται από μια βιβλιοθήκη δισδιάστατων γραφικών - τα τρισδιάστατα γραφικά είναι βασισμένα πάνω στην OpenGL ES 1.0.

SQLite για τη δομή αποθήκευσης δεδομένων.

Υποστήριξη μέσων για ήχο, video, και πρότυπα εικόνων (MPEG4, H.264, MP3, AAC, AMR, JPG, PNG, GIF).

GSM Telephony.

Bluetooth, EDGE, 3G, and WiFi.

Camera, GPS, πυξίδα και επιταχυνσιόμετρο.

Ευρύ περιβάλλον ανάπτυξης που περιλαμβάνει έναν προσομοιωτή συσκευής, εργαλεία για απομάκρυνση ιών (debugging), μνήμη και προφίλ επίδοσης και ένα πρόσθετο για το Eclipse IDE.

Η Αρχιτεκτονική του Android.

Βασικό προτέρημα του λειτουργικού συστήματος Android, το οποίο κατατάσσει το εν λόγω σύστημα σε ένα από τα κυρίαρχα αυτή τη στιγμή στην αγορά, αλλά ταυτόχρονα και στα πιο δημοφιλή ανάμεσα στους developers είναι η αρχιτεκτονική του

Αναλύοντας τη δομή του, είναι δυνατός ο διαχωρισμός τεσσάρων επιπέδων.

Εφαρμογών

Πλαισίου Εφαρμογών

Βιβλιοθηκών

Χρόνου Εκτέλεσης

Πυρήνας Linux

Πλαίσιο Εφαρμογών

Το Android παρέχει στους προγραμματιστές ένα θελκτικό περιβάλλον για να δημιουργήσουν εξαιρετικά καινοτόμες εφαρμογές, καθώς είναι ελεύθεροι να χρησιμοποιήσουν τα πλεονεκτήματα του λειτουργικού της συσκευής, να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες τοποθεσίας, να τρέξουν υπηρεσίες παρασκηνίου, να προσθέσουν κοινοποιήσεις στη μπάρα κατάστασης κλπ.

Η Αρχιτεκτονική των εφαρμογών έχει σχεδιαστεί για να απλοποιήσει την επαναχρησιμοποίηση των περιεχομένων, με την έννοια ότι κάθε εφαρμογή μπορεί να εκδώσει τις δυνατότητες της και κάθε άλλη εφαρμογή να τις χρησιμοποιήσει (υπόκειται βέβαια στους περιορισμούς ασφάλειας που επιβάλλει το πλαίσιο). Αυτός ο ίδιος μηχανισμός επιτρέπει στα περιεχόμενα να αντικαθίστανται από το χρήστη. Σε όλες τις εφαρμογές βρίσκεται ένα σύνολο υπηρεσιών και συστημάτων, που περιλαμβάνει:

Ένα εκτεταμένο σύνολο των Views, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να φτιάξει μια εφαρμογή, με λίστες, πλαίσια κειμένου, κουμπιά, ακόμη κι έναν ενσωματωμένο περιηγητή δικτύου.

Παρόχους περιεχομένου, που επιτρέπουν στις εφαρμογές να έχουν πρόσβαση σε δεδομένα από άλλες εφαρμογές (όπως στις Επαφές), ή για να κοινοποιήσουν τα δικά τους δεδομένα.

Ένα χειριστή πόρων, που παρέχει πρόσβαση σε μη κωδικοποιημένες πηγές, όπως σε εντοπισμένα γραφικά και αρχεία layout.

Ένα χειριστή κοινοποιήσεων, που δίνει τη δυνατότητα σε όλες τις εφαρμογές για έκθεση συνηθισμένων προειδοποιήσεων στη μπάρα κατάστασης.

Ένα διαχειριστή δραστηριοτήτων, που χειρίζεται την κατάσταση των εφαρμογών και παρέχει μια κοινή πλοήγηση back stack.

Βιβλιοθήκες

Το Android περιλαμβάνει ένα σύνολο βιβλιοθηκών των C/C++ που χρησιμοποιούνται από διάφορα συστατικά του συστήματος. Αυτές οι δυνατότητες εκτίθενται στους προγραμματιστές μέσω του πλαισίου εφαρμογής. Κάποιες από τις βιβλιοθήκες αναφέρονται παρακάτω :

System C library

Media Libraries

Surface Manager

LibWebCore

SGL

3D libraries

FreeType

SQLite

Χρόνος Εκτέλεσης του Android

Κάθε εφαρμογή του Android εκτελείται στη δική της διαδικασία, με το παράδειγμα της εικονικής μηχανής Dalvik. Η μηχανή αυτή έχει γραφτεί έτσι ώστε μια συσκευή να μπορεί να τρέξει πολλαπλά Virtual Machines αποτελεσματικά. Η Dalvik VM εκτελεί αρχεία στο πρότυπο Dalvik Executable (.dex), που προορίζεται για ελάχιστο ίχνος μνήμης, Η VM είναι βασισμένη στην καταγραφή και τρέχει κλάσεις που συμπίεζονται από ένα συμπιεστή της γλώσσας Java, που έχει μετατραπεί σε ένα αρχείο .dex από το συμπεριλαμβανόμενο εργαλείο «dex». Η παραπάνω μηχανή στηρίζεται στον πυρήνα του Linux για λειτουργικότητα, όπως τη διαστροφάτωση και τη διαχείριση μνήμης χαμηλού επιπέδου.

Antennas

Η εφαρμογή Antennas, η οποία διανέμεται ελεύθερα, λειτουργεί σε smartphones που είναι εφοδιασμένα με το λειτουργικό σύστημα Android. Απεικονίζει σε χάρτη Google τις κυψέλες που «βλέπει» εκείνη τη στιγμή το κινητό του δίνοντας το γεωγραφικό

τους στίγμα (όπως παρέχεται από το λειτουργικό σύστημα και υπάρχει πιθανότητα να έχουμε αποκλίσεις), την ισχύ λήψης καθώς και σε ποια κυψέλη έχει κλειδώσει η συσκευή. Σημειώνεται ότι εμφανίζονται μόνο οι κυψέλες του εκάστοτε παρόχου του οποίου έχουμε εισάγει την κάρτα SIM. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται στιγμιότυπα από την εφαρμογή.



Εικόνα 38 - Antennas Software

Το στίγμα του κινητού μας φαίνεται στον κύκλο με το γράμμα G (όπως παρέχεται από το GPS της συσκευής το οποίο είναι και το ακριβέστερο) και στον κύκλο με το γράμμα N (όπως παρέχεται από την ενεργή μας σύνδεση στο διαδίκτυο το οποίο αποκλίνει από την πραγματική μας θέση). Με κόκκινο εμφανίζεται η κυψέλη στην οποία έχει κλειδώσει το κινητό μας ενώ ο αριθμός εκφράζει την ισχύ λήψης σε ASU (Android Signal Unit) η οποία αντιστοιχεί σε dBm σύμφωνα με τον εξής τύπο: $\text{dBm} = 2 \cdot \text{ASU} - 113$, $0 \leq \text{ASU} \leq 31$. Με κίτρινο εμφανίζονται οι γειτονικές κυψέλες που ακούει εκείνη τη στιγμή η συσκευή και παρέχεται επίσης και η ισχύς λήψης τους. Τέλος, με μικρότερο κίτρινο κύκλο εμφανίζονται οι κυψέλες που είχε ακούσει κάποια προηγούμενη στιγμή το κινητό μας και τις έχει κρατήσει στην μνήμη η εφαρμογή.

Πολύ σημαντικό, και ο λόγος που χρησιμοποιήσαμε την εφαρμογή για την εργασία μας, είναι ότι ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύσει ένα αρχείο καταγραφής με όλα τα προηγούμενα στοιχεία για όποιο χρονικό διάστημα επιθυμεί και να τα

επεξεργαστεί αργότερα. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα δείγμα του αρχείου καταγραφής.

Record, Time="2010-03-24 10:04:14:68 GMT+0200", Phone Type=GSM, Network Type=GPRS, Country=gr, Operator=20201

GSM, LAC=504, CID=23772, Signal= -83dBm

GSM, LAC=504, CID=23109, Signal= -75dBm

GSM, LAC=504, CID=50214, Signal= -87dBm

GSM, LAC=504, CID=21891, Signal= -81dBm

GSM, LAC=504, CID=23103, Signal= -79dBm

GSM, LAC=504, CID=20478, Signal= -89dBm

Network Location, Provider=N, Lat=38.390062, Lon=21.816698

Best Location, Provider=G, Lat=38.390017, Lon=21.816133

Record, Time="2010-03-24 10:04:17:243 GMT+0200", Phone Type=GSM, Network Type=GPRS, Country=gr, Operator=20201

GSM, LAC=504, CID=23772, Signal= -79dBm

GSM, LAC=504, CID=23109, Signal= -75dBm

GSM, LAC=504, CID=50214, Signal= -87dBm

GSM, LAC=504, CID=21891, Signal= -83dBm

GSM, LAC=504, CID=23103, Signal= -77dBm

GSM, LAC=504, CID=20478, Signal= -89dBm

Network Location, Provider=N, Lat=38.390062, Lon=21.816698

Best Location, Provider=G, Lat=38.389964, Lon=21.816165

Κεφάλαιο 8

Μελέτη παροχής ραδιοκάλυψης

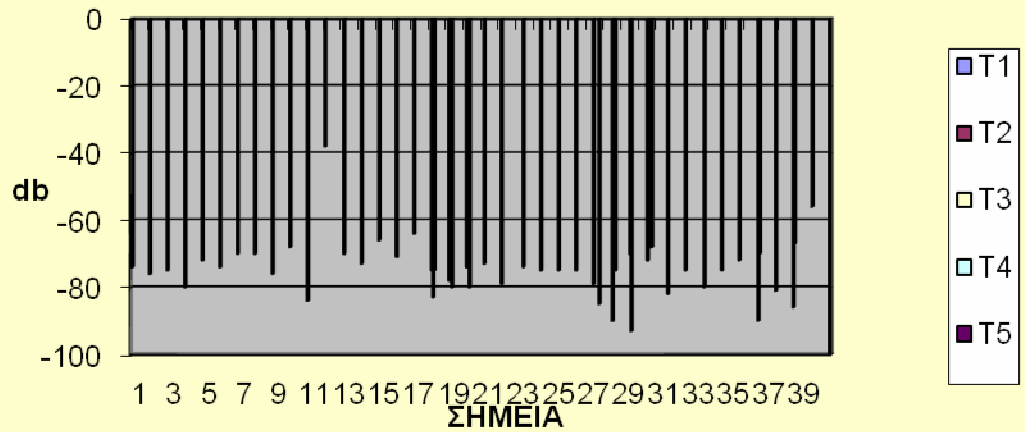
2G και 3G στο πλοίο “NISOS”

8.1 Μετρήσεις – Υποτιθέμενες εκπομπές με tems

Σημεία Μετρήσεων / TEMS dbm	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
1	-74										
2	-76										
3	-75										
4	-80										
5	-72										
6	-74										
7	-70										
8	-70										
9	-76										
10	-69										
11	-84										
12	-40										
13		-70									
14		-73									
15		-66									
16		-71									
17		-64									
18		-75	-83	-75							
19		-78	-76	-80							
20		-74	-75	-80							
21		-73									

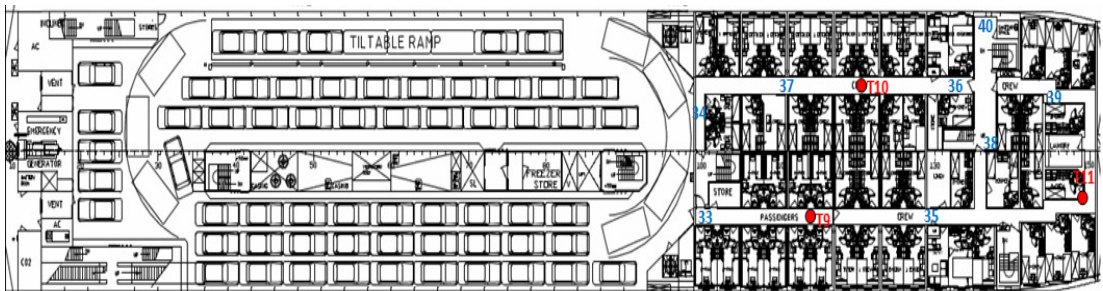
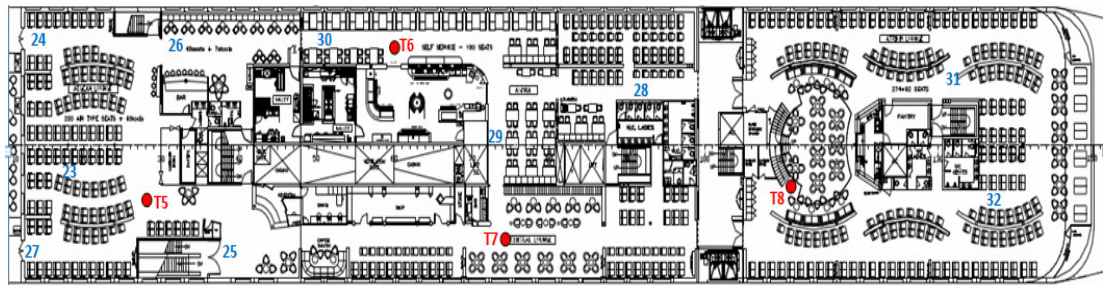
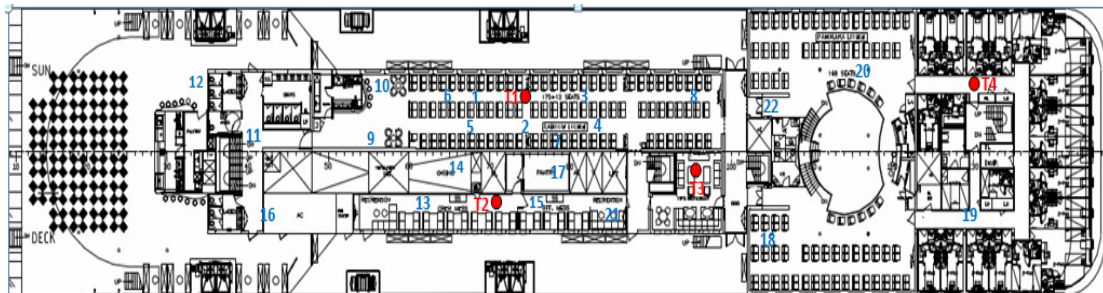
22		-79									
23					-74						
24					-75						
25					-75						
26					-75						
27					-79						
28						-90		-75			
29						-70	-93				
30						-72					
31								-82			
32								-75			
33									-80		
34									-75		
35									-72		
36										-90	-70
37										-81	
38										-86	-67
39											-56
40											-98

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ



Εικόνα Διάγραμμα μετρήσεων

8.2 Σημεία Μετρήσεων



Μελέτη ραδιοκάλυψης 2G και 3G για το πλοίο “NISOS”

Η μελέτη αφορά τη βελτίωση της εν πλω ραδιοκάλυψης στους κοινόχρηστους χώρους και στις καμπίνες επιβατών του πλοίου “NISOS”. Υπεύθυνος επικοινωνίας από την πλευρά της πλοιοκτήτριας εταιρίας είναι ο αρχιηλεκτρολόγος της εταιρίας.

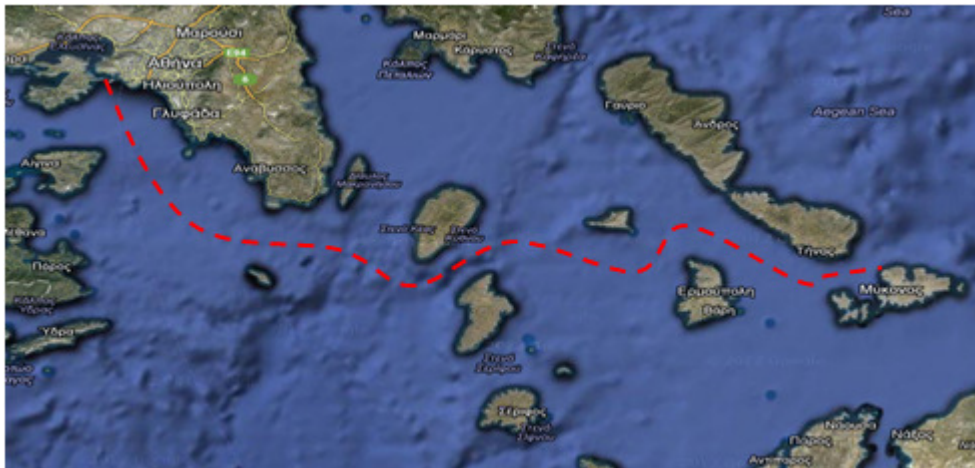
8.3 Περιγραφή εγκατάστασης

8.3.1 Θέση και τύπος αναμεταδότη

Ο αναμεταδότης θα είναι τύπου Helios ARB1F18002100P100GK και θα εγκατασταθεί επίτοιχα σε αποθήκη στο Deck 8, στο σημείο που φαίνεται στην αντίστοιχη κάτοψη και φωτογραφία. Η τροφοδοσία του θα γίνει από το υφιστάμενο δίκτυο 220VAC του πλοίου ομέσω δικού του ασφαλοδιακόπτη.

8.3.2 Θέση και τύπος Donor κεραίας

Η donor κεραία θα είναι τύπου Jaybeam W360-17-0 και θα τοποθετηθεί εξωτερικά στο Deck 9 με κατάλληλη στήριξη, στο σημείο που φαίνεται στην αντίστοιχη κάτοψη και φωτογραφία έτσι ώστε να λαμβάνει το ισχυρότερο σήμα από τους διαθέσιμους σταθμούς βάσης των κοντινότερων νησιών (Κέα-Στενό Σερίφου-Σύρο-Άνδρος-Τήνος).



Διαδρομή πλοίου “NISOS”

8.3.3 Θέσεις και τύποι serving κεραιών

Θα εγκατασταθούν σε ψευδοροφές και επίτοιχα (11) serving κεραιές (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10 και A11) ως εξής:

-A1: Omni, τύπου Kathrein 80010249. Θα τοποθετηθεί στην ψευδοροφή του Deck 7, σε κοινόχρηστο χώρο εντός αεροπορικών θέσεων, στο σημείο που διακρίνεται στην αντίστοιχη κάτοψη και φωτογραφία.

-A2: Omni, τύπου Kathrein 80010249. Θα τοποθετηθεί στην ψευδοροφή του Deck 7, σε κοινόχρηστο χώρο εντός σαλονιού, στο σημείο που διακρίνεται στην αντίστοιχη κάτοψη και φωτογραφία.

-A3: Omni, τύπου Kathrein 80010249. Θα τοποθετηθεί στην ψευδοροφή του Deck 7, σε κοινόχρηστο χώρο εντός σαλονιού, στο σημείο που διακρίνεται στην αντίστοιχη κάτοψη και φωτογραφία.

-A4: Omni, τύπου Kathrein 80010249. Θα τοποθετηθεί στην ψευδοροφή του Deck 7, εντός διαδρόμου σε χώρο καμπινών, στο σημείο που διακρίνεται στην αντίστοιχη κάτοψη και φωτογραφία.

-A5: Omni, τύπου Kathrein 80010249. Θα τοποθετηθεί στην ψευδοροφή του Deck 6, σε κοινόχρηστο χώρο εντός αεροπορικών θέσεων, στο σημείο που διακρίνεται στην αντίστοιχη κάτοψη και φωτογραφία.

-A6: Omni, τύπου Kathrein 80010249. Θα τοποθετηθεί στην ψευδοροφή του Deck 6, σε κοινόχρηστο χώρο εντός εστιατορίου, στο σημείο που διακρίνεται στην αντίστοιχη κάτοψη και φωτογραφία.

-A7: Omni, τύπου Kathrein 80010249. Θα τοποθετηθεί στην ψευδοροφή του Deck 6, σε κοινόχρηστο χώρο εντός αεροπορικών θέσεων, στο σημείο που διακρίνεται στην αντίστοιχη κάτοψη και φωτογραφία.

-A8: Omni, τύπου Kathrein 80010249. Θα τοποθετηθεί στην ψευδοροφή του Deck 6, σε κοινόχρηστο χώρο, στο σημείο που διακρίνεται στην αντίστοιχη κάτοψη και φωτογραφία.

-A9: Omni, τύπου Kathrein 80010249. Θα τοποθετηθεί στην ψευδοροφή του Deck 5, εντός διαδρόμου στον χώρο καμπινών, στο σημείο που διακρίνεται στην αντίστοιχη κάτοψη και φωτογραφία.

-A10: Omni, τύπου Kathrein 80010249. Θα τοποθετηθεί στην ψευδοροφή του Deck 5, εντός διαδρόμου στον χώρο καμπινών, στο σημείο που διακρίνεται στην αντίστοιχη κάτοψη και φωτογραφία.

-A11: Panel, τύπου Kathrein 80010465. Θα τοποθετηθεί επίτοιχα του Deck 5, εντός διαδρόμου στον χώρο καμπινών, στο σημείο που διακρίνεται στην αντίστοιχη κάτοψη και φωτογραφία.

Antennas Report

Project name: ΜΕΛΕΤΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΛ Design company:
 Project creation date: 25/4/2012 Designer: INDOOR PLANNING & SPECIAL PROJECTS

Antenna ID	System ID	Antenna gain (dBd)	Antenna ERP report			Pilot/CPICH
			Total loss/gain (dB)	Power / channel	Antenna ERP (dBm) Composite power	
ANT1	EDGE - 1800 MHz - DCS	2,65	78,41	7,86	7,86	-
ANT2	EDGE - 1800 MHz - DCS	2,65	78,88	8,33	8,33	-
ANT3	EDGE - 1800 MHz - DCS	2,65	76,85	6,30	6,30	-
ANT4	EDGE - 1800 MHz - DCS	2,65	73,45	2,90	2,90	-
ANT5	EDGE - 1800 MHz - DCS	2,65	76,32	5,77	5,77	-
ANT6	EDGE - 1800 MHz - DCS	2,65	78,87	8,32	8,32	-
ANT7	EDGE - 1800 MHz - DCS	2,65	77,80	7,25	7,25	-
ANT8	EDGE - 1800 MHz - DCS	2,65	74,22	3,67	3,67	-
ANT9	EDGE - 1800 MHz - DCS	2,65	74,91	4,36	4,36	-
ANT10	EDGE - 1800 MHz - DCS	2,65	73,99	3,44	3,44	-
ANT11	EDGE - 1800 MHz - DCS	4,85	71,56	3,21	3,21	-

System ID	Average (dBm)	Std. dev. (dB)	Antenna ERP Statistics (Power / Channel)		Maximum (dBm)	
			Antenna ID	ERP	Antenna ID	ERP
EDGE - 1800 MHz - DCS	5,58	2,15	ANT4	2,90	ANT2	8,33

Antennas Report

Project name: ΜΕΛΕΤΗ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΛ Design company:
 Project creation date: 25/4/2012 Designer: INDOOR PLANNING & SPECIAL PROJECTS

Antenna ID	System ID	Antenna gain (dBd)	Antenna ERP report			Pilot/CPICH
			Total loss/gain (dB)	Power / channel	Antenna ERP (dBm) Composite power	
ANT1	WCDMA - 2100 MHz - UMTS	2,65	76,54	5,99	5,99	-4,01
ANT2	WCDMA - 2100 MHz - UMTS	2,65	77,17	6,62	6,62	-3,38
ANT3	WCDMA - 2100 MHz - UMTS	2,65	74,45	3,90	3,90	-6,10
ANT4	WCDMA - 2100 MHz - UMTS	2,65	69,91	-0,64	-0,64	-10,64
ANT5	WCDMA - 2100 MHz - UMTS	2,65	73,75	3,20	3,20	-6,80
ANT6	WCDMA - 2100 MHz - UMTS	2,65	77,15	6,60	6,60	-3,40
ANT7	WCDMA - 2100 MHz - UMTS	2,65	75,73	5,18	5,18	-4,82
ANT8	WCDMA - 2100 MHz - UMTS	2,65	70,94	0,39	0,39	-9,61
ANT9	WCDMA - 2100 MHz - UMTS	2,65	71,46	0,91	0,91	-9,09
ANT10	WCDMA - 2100 MHz - UMTS	2,65	70,24	-0,31	-0,31	-10,31
ANT11	WCDMA - 2100 MHz - UMTS	4,85	66,99	-1,36	-1,36	-11,36

System ID	Average (dBm)	Std. dev. (dB)	Antenna ERP Statistics (Power / Channel)		Maximum (dBm)	
			Antenna ID	ERP	Antenna ID	ERP
WCDMA - 2100 MHz - UMTS	2,77	3,07	ANT11	-1,36	ANT2	6,62

8.4 Οδευση καλωδίων

Οι οδέυσεις των καλωδίων θα γίνουν όπως περιγράφονται στο Block Diagram και στην κάτωψη. Οι κυματοδηγοί που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι τύπου RF ½ inch, βραδυφλεγείς. Το καλώδιο ξεκινώντας από την Donor κεραία που βρίσκεται στο Deck 9 θα οδέυσει κατακόρυφα εντός φρεατίου και θα καταλήξει στο Deck 8 σε χώρο αποθήκης όπου θα τοποθετηθεί ο Α/Δ. Στην έξοδο του Α/Δ θα συνδεθεί ένας 3 way splitter τύπου Andrew S-3-CPUS-H-N για να χωριστεί σε τρεις κλάδους.

Ο πρώτος κλάδος θα οδευθεί κατακόρυφα και στην συνέχεια οριζόντια εντός ψευδοροφής όπου θα καταλήξει στο Deck 7, θα συνδεθεί με έναν 4 way splitter Kathrein 86010104. Το πρώτο καλώδιο εντός ψευδοροφής θα καταλήξει στην Α1, το δεύτερο καλώδιο εντός ψευδοροφής θα καταλήξει στην Α2, το τρίτο καλώδιο εντός ψευδοροφής θα καταλήξει στην Α3, και τέλος το τέταρτο καλώδιο εντός ψευδοροφής θα καταλήξει στην Α4.

Ο δεύτερος κλάδος θα οδευθεί κατακόρυφα εντός φρεατίου έως το Deck 6 όπου θα συνδεθεί με έναν 4 way splitter Kathrein 86010104. Το πρώτο καλώδιο εντός ψευδοροφής θα καταλήξει στην Α5, το δεύτερο καλώδιο εντός ψευδοροφής θα καταλήξει στην Α6, το τρίτο καλώδιο εντός ψευδοροφής θα καταλήξει στην Α7, και τέλος το τέταρτο καλώδιο εντός ψευδοροφής θα καταλήξει στην Α8.

Ο τρίτος κλάδος θα οδευθεί κατακόρυφα εντός φρεατίου έως το Deck 5 όπου θα συνδεθεί με έναν 3 way splitter Andrew S-3-CPUS-H-N. Το πρώτο καλώδιο εντός ψευδοροφής θα καταλήξει στην Α9, το δεύτερο καλώδιο εντός ψευδοροφής θα καταλήξει στην Α10, το τρίτο καλώδιο εντός ψευδοροφής θα καταλήξει στην Α11.

Πίνακας υλικών

Equipment List Report

Project name: NISOS MYKONOS

Design company:

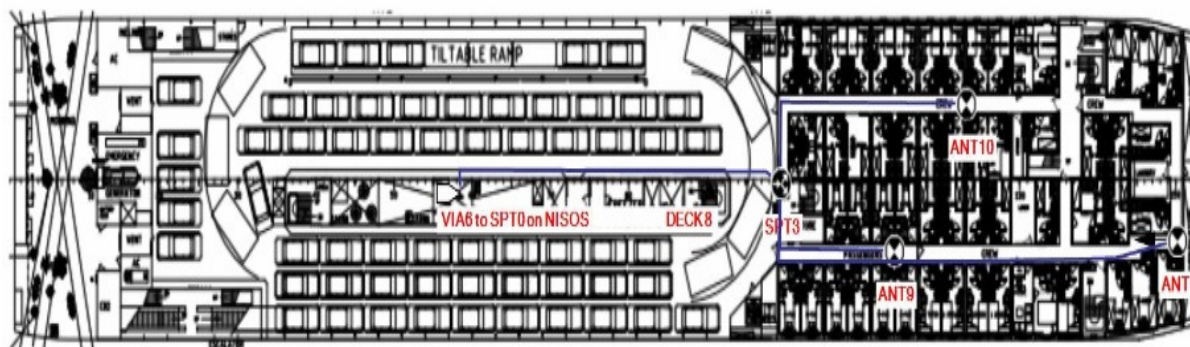
Project creation date: 25/4/2012

Designer: INDOOR PLANNING & SPECIAL PROJECTS

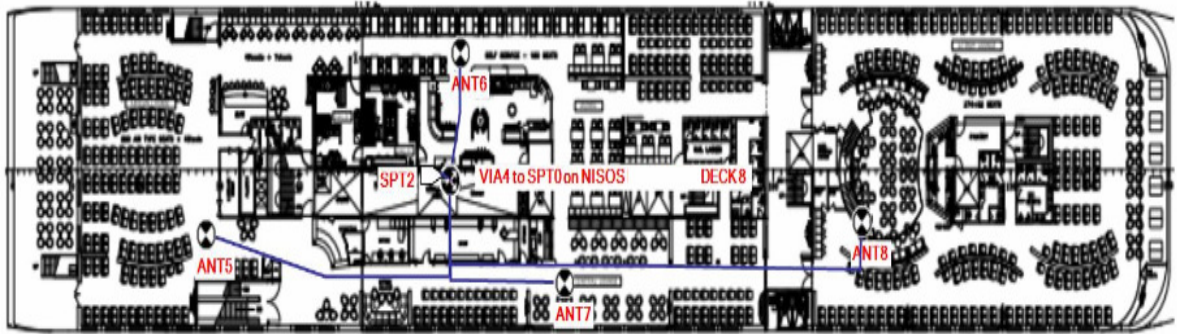
Type	Manufacturer	Model	Description	Inventory#	Qty
Antenna	Kathrein	800 10465	7 dBi Gain - Indoor Multi-band Direction Antenna - Vertical Polarization - Half-Power Beam Width - Integrated Combiner - 806-960 MHz / 1710-2700 MHz	N/A	1
Antenna	Kathrein	800 10249	Omnidirectional Indoor Antenna - 790-960 MHz / 1425-3800 MHz / 5150-6000 - 2 dBi	N/A	10
Antenna	Jaybeam Wireless	W360-17-0	Outdoor Omni antenna - 11,8 dBi Gain - 1710-2170 MHz	N/A	1
Cable	Generic	Coaxial-1/2"	50 ohms - 1/2" coaxial cable - foam dielectric	N/A	502,38 m
Connector	Generic	N-Male	Generic N-Male Coaxial Connector	N/A	32
Repeater	Helios	ARB1F18002100P 100GK	95 dB Gain - DCS 1800MHz & WCDMA 2100MHz Hybrid Band Selective Repeater	N/A	1
Splitter	Andrew	S-3-CPUS-H-N	Multi-Band, 3-way High Power Splitter - 800-2500 MHz - N Connectors	N/A	2
Splitter	Kathrein	86010104	Multiband, 4-Way High Power Splitter - 800-2500 MHz - N Connectors	N/A	2

8.5 Κατόψεις “NISOS”

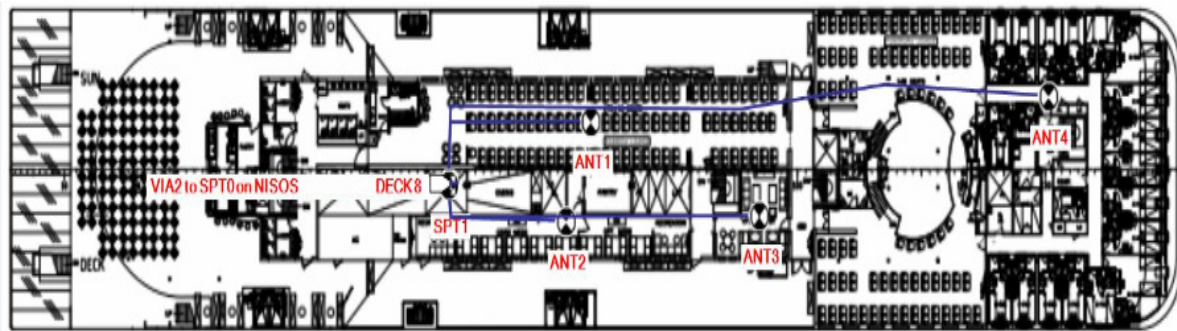
Deck 5



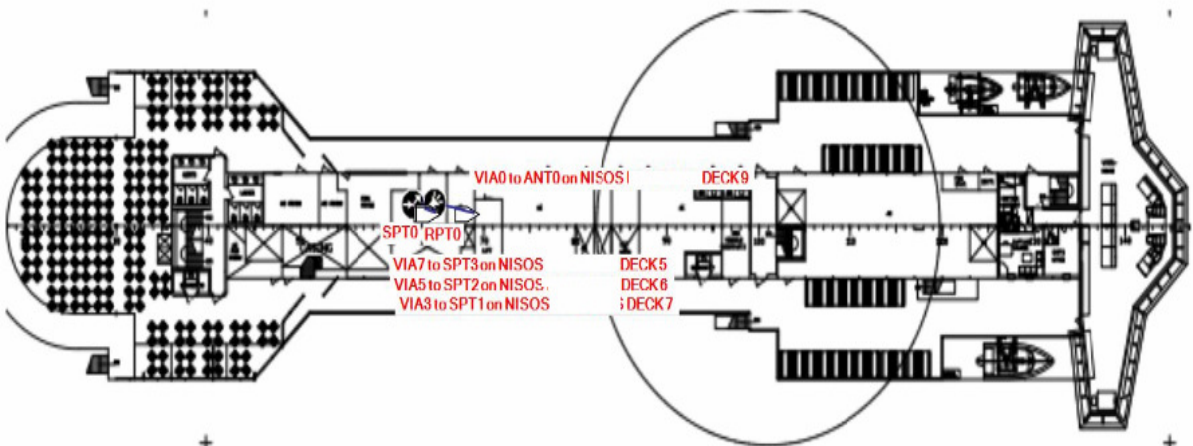
Deck 6



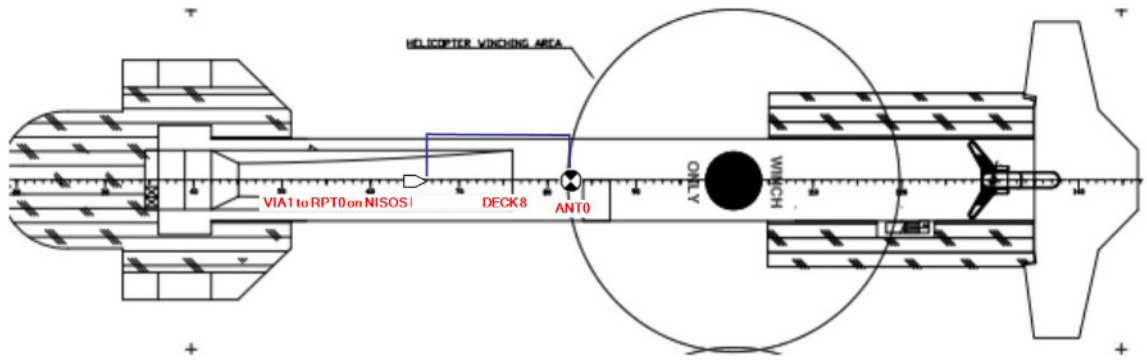
Deck 7



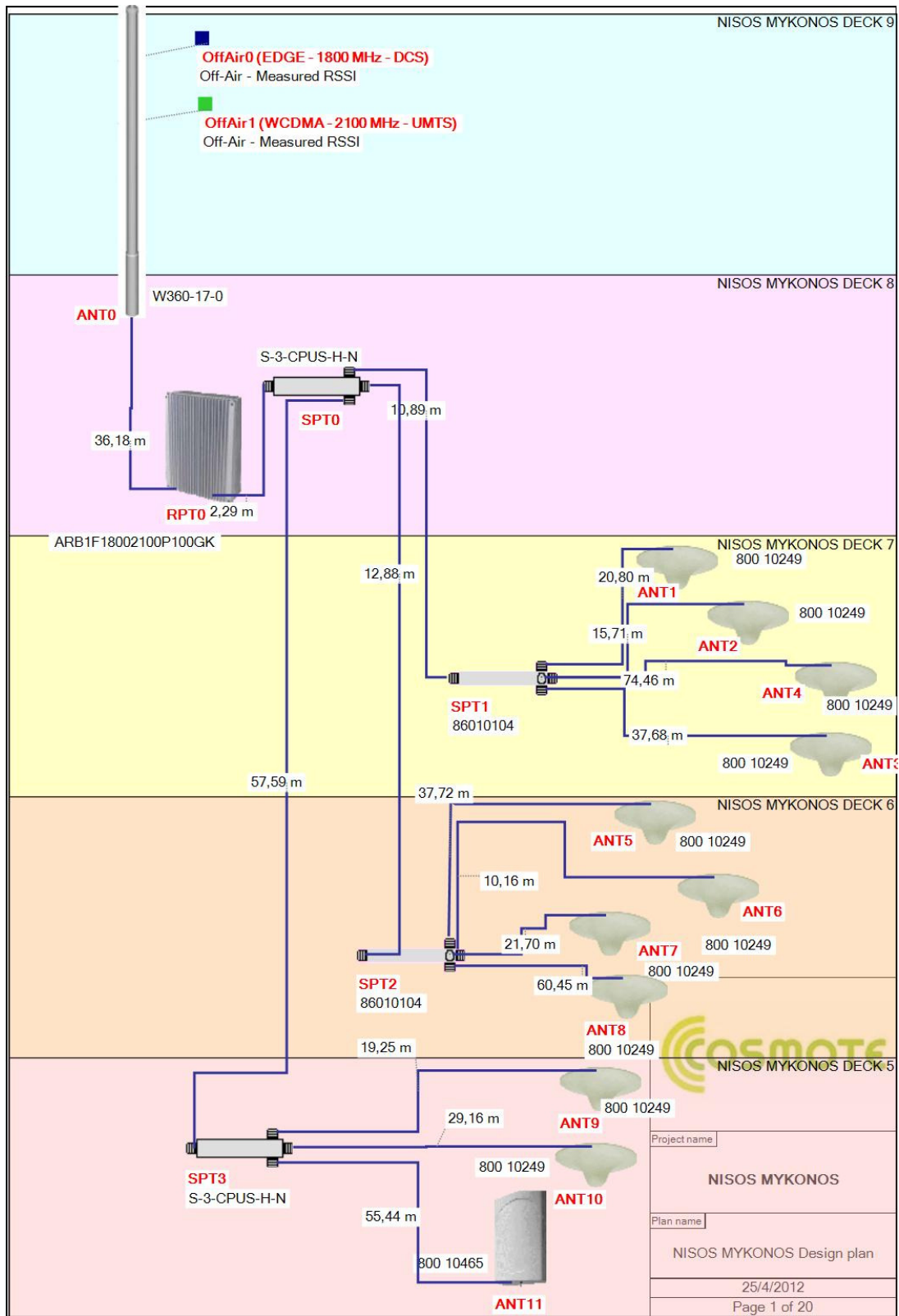
Deck 8



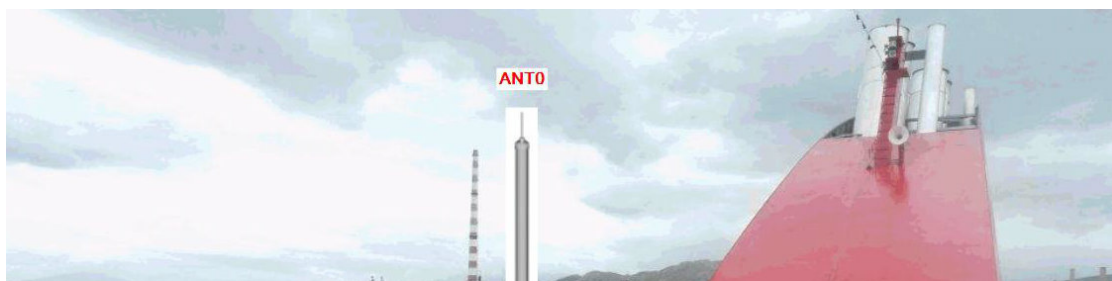
Deck 9

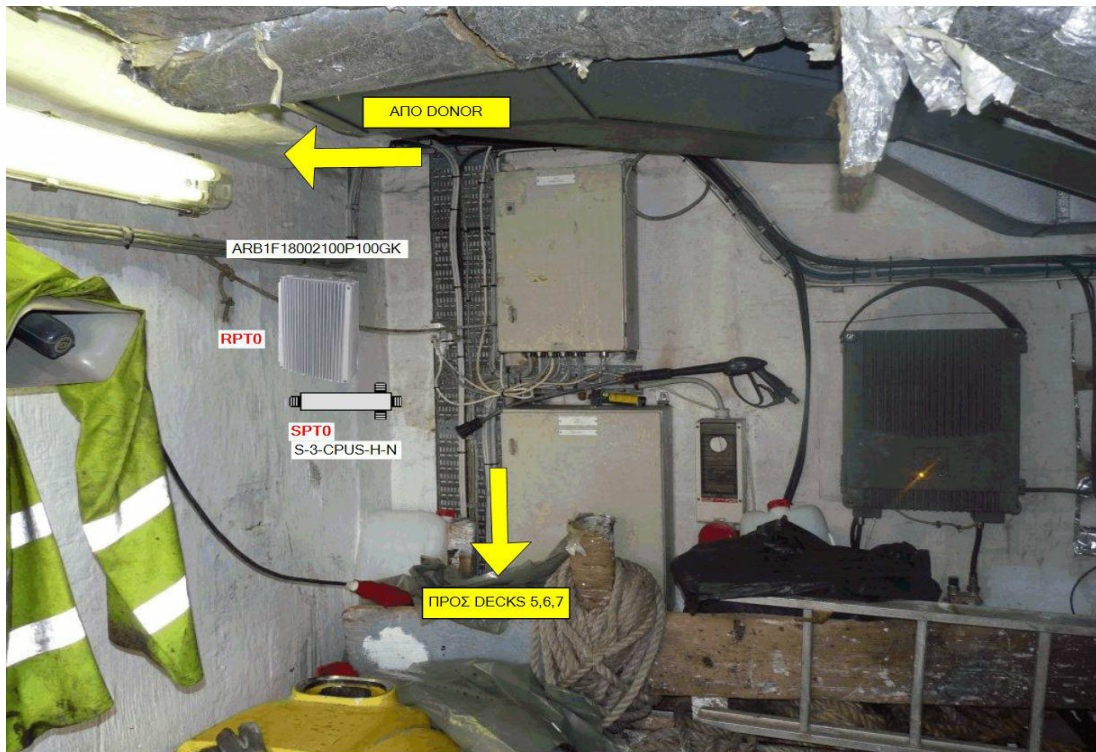


8.6 Block diagram

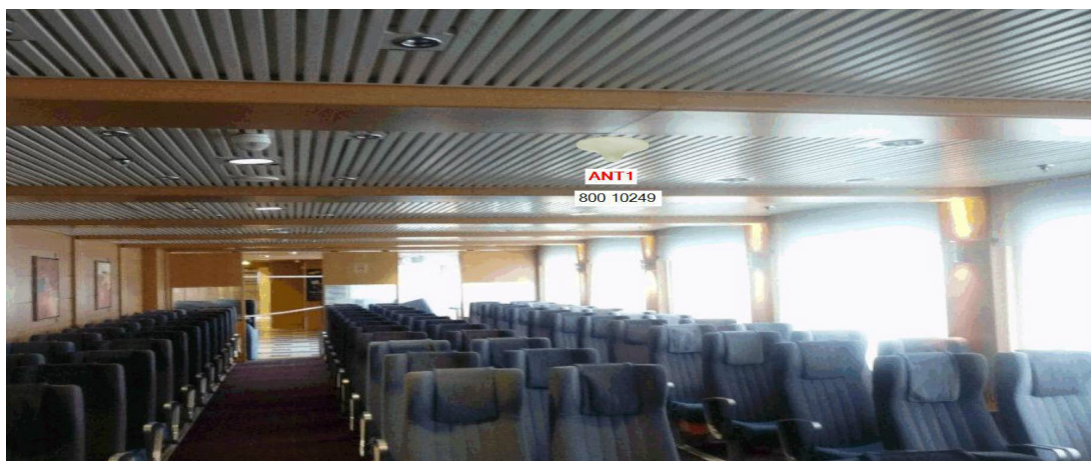


8.7 Φωτογραφίες





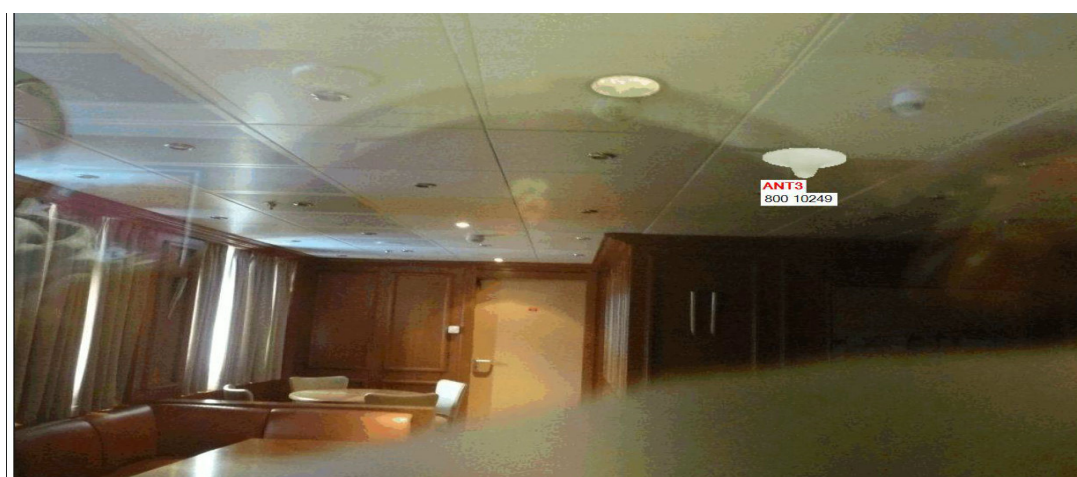
Εικόνα 40 Deck 8, χώρος μηχανημάτων Α/Δ και Splitter



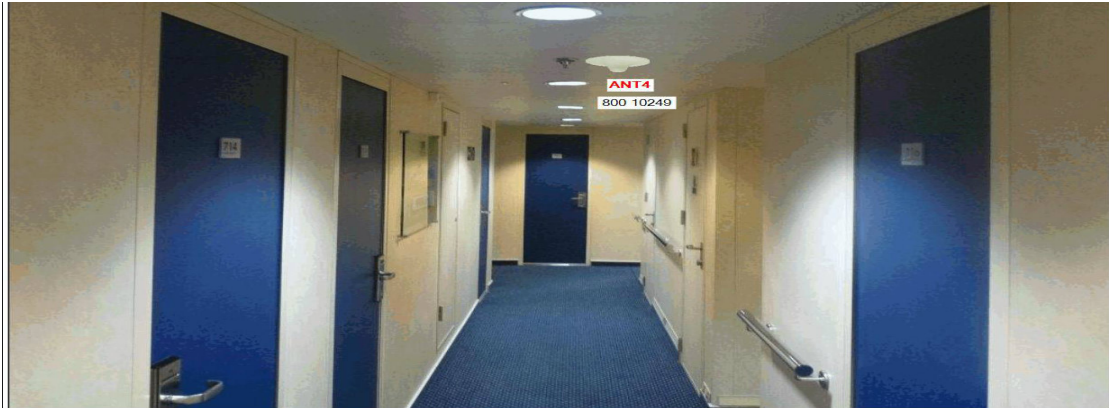
Εικόνα 41 Deck 7, θέση ANT 1



Εικόνα 42 Deck 7, θέση ANT 2



Εικόνα 43 Deck 7, θέση ANT 3



ERROR: stackunderflow
OFFENDING COMMAND: ~

STACK: