



Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Ηλεκτρολογίας

**ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ
ΘΕΣΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΖΩΡΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΚΑΠΕΤΑΝΑΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΑΡ.ΠΤΥΧ. 1211**

Επιβλέπων : Καρέλης Δημήτριος
Επίκουρος Καθηγητής

ΠΑΤΡΑ , 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

• ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1. ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ	6
2.1. Είδη Ασύρματων Δικτύων	6
2.2. Χρήσεις και Εφαρμογές Ασύρματων Δικτύων	7
3. ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	7
3.1. Τα οφέλη της ασύρματης δικτύωσης.....	7
3.2. Δυνατότητα κίνησης	7
3.3. Μείωση κόστους.....	8
3.4. Εγκατάσταση σε περιοχές που καλωδιώνονται δύσκολα	9
3.5. Αυξανόμενη αξιοπιστία.....	9
3.6. Μειωμένος χρόνος εγκατάστασης	10
3.7. Μακροπρόθεσμη μείωση κόστους.....	10
4. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ	11
4.1. Δημιουργία κυμάτων	11
4.2. Ανάλυση του φάσματος των συχνοτήτων	12
4.3. Χρήση συχνοτήτων	13
4.4. Τοπολογίες ασύρματων δικτύων	13
4.5. Πρακτικές τεχνικές αύξησης της απόδοσης.....	14
5. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 802.11 (Wi-Fi)	16
5.1. Ιστορική ανασκόπηση	16
5.2. Αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου 802.11	17
5.2.1. Βασικές αρχές και τρόπος λειτουργίας	17
5.2.2. Μεταφορά δεδομένων και τρόποι σύνδεσης	19
6. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΔΙΚΤΟΥ GSM	26
6.1. Σταθμοί στην ιστορία των κινητών και προσωπικών επικοινωνιών.....	26
6.2. Εισαγωγή.....	26
6.3. Κυψελωτή δομή.....	28
6.4. Μεταπομπή.....	30
6.5. Οι ραδιοσυχνότητες του GSM.....	32
6.6. Στόχοι ενός GSM δικτύου.....	32
6.7. Οι υπηρεσίες του GSM.....	33
6.8. Αρχιτεκτονική του GSM.....	33
7. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ GSM.....	39
7.1. Κριτήρια επίδοσης.....	39
7.2. Λειτουργία κυψελωτών συστημάτων.....	41
7.3. Σχεδιασμός κυψελωτών συστημάτων.....	42
7.4. Γενική περιγραφή του ραδιοσχεδιασμού κυψελωτού συστήματος.....	43
8. ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΑΚΕΤΑ.....	51
8.1. Πακέτα σχεδιασμού δικτύου.....	51
8.1.1. Enterprise.....	51
8.1.2. Advantage.....	53
8.1.3. Asset 3G.....	55
8.1.4. Gaia.....	56
8.1.5. Comsite design.....	61

9. BASE STATION.....	63
9.1. Κύρια χαρακτηριστικά.....	64
9.1.1. Υπηρεσίες.....	64
9.1.2. Μετάδοση.....	64
9.2. Λειτουργία και συντήρηση.....	65
9.2.1. Προφίλ Man - Machine.....	66
9.2.2. Έλεγχος μετάδοσης και ρυθμίσεις.....	67
9.2.3. Downloading του λογισμικού.....	67
9.2.4. Δυνατότητες ελέγχου.....	67
9.2.5. Εντοπισμός λαθών.....	67
9.3. Προφίλ ραδιοσχεδιασμός.....	67
10. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 3G - UMTS.....	68
10.1. 3G Συστήματα.....	68
10.2. UMTS υπηρεσίες.....	70
10.3. Αρχιτεκτονική UMTS.....	71
10.3.1. Core Network.....	72
10.3.2. UTRAN.....	72
10.3.3. User Equipment - UE.....	74
10.4. Συχνότητες 3G.....	75
11. ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ.....	75
11.1. Εύρεση θέσης (Positioning) και ιχνηλάτηση (Tracking).....	76
11.2. Τεχνικές βασισμένες σε δορυφορικό δίκτυο.....	77
11.2.1. Global Positioning System (GPS).....	78
11.2.2. Galileo Positioning System.....	80
11.2.3. Beidou Positioning System.....	80
11.2.4. IRNS.....	80
11.3. Τεχνικές Βασισμένες σε επίγειο δίκτυο.....	80
11.3.1. Κινητή τηλεφωνία.....	81
11.3.2. Bluetooth.....	84
11.3.3. Υπέρυθρες.....	85
11.3.4. Ασύρματα δίκτυα 802.11 (Wi-Fi).....	85
11.4. Συστήματα Εντοπισμού Θέσης για δίκτυα Wi-Fi και GSM.....	88
11.4.1. PlaceLab.....	88
11.4.3. PlaceEngine.....	89
11.4.4. Navizon.....	89
12. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΑ 802.11.....	89
12.1. Κεντροειδής.....	90
12.2. Ράδιο-αποτυπώματα.....	91
12.3. Πολλαπλές-υποθετικές προσεγγίσεις.....	94
12.4. Τοπολογικές Προσεγγίσεις.....	94
12.5. Μετρικές βασισμένες σε πλέγμα.....	95
12.6. Δειγματικές προσεγγίσεις.....	95
13. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΘΕΣΕΩΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΕ ΚΥΨΕΛΩΤΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	
13.1. Μέθοδοι βασισμένες στο Τηλεπικοινωνιακό Δίκτυο.....	96
13.1.1. Εντοπισμός βάσει αναγνωριστικού κυψέλης.....	96
13.1.2. Εντοπισμός με χρήση μέτρησης χρόνων.....	96

13.1.3. Εντοπισμός βάσει χρόνου άφιξης.....	97
13.1.4. Εντοπισμός με υπολογισμό της Διαφοράς Χρόνων Άφιξης..	98
13.1.5. Enhanced Observed Time Difference.....	99
13.1.6. Εντοπισμός βάσει της γωνίας λήψης.....	99
13.2. Μέθοδοι βασισμένες στο Κινητό Τερματικό.....	100
13.2.1. Καθολικό Σύστημα Εντοπισμού Θέσης.....	100
13.2.2 Υποβοηθούμενο Καθολικό Σύστημα Εντοπισμού Θέσης.....	101
13.2.3 Σύγκριση των διαφόρων Τεχνικών Εντοπισμού.....	101
13.2.4. Συγκριτικός Πίνακας.....	104
13.3. Εντοπισμός Βασισμένος στην Ισχύ του Λαμβανόμενου Σήματος.	105
13.4. Η τεχνική Fingerprinting.....	106
14. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	108

1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας νέος τρόπος μετάδοσης δεδομένων, διαφορετικός από τον συμβατικό ενσύρματο τρόπο επικοινωνίας είναι τα ασύρματα δίκτυα και γενικότερα η ασύρματη μετάδοση. Ιστορικά, η πρώτη ασύρματη μετάδοση έγινε το 1895 από τον Ιταλό φυσικό Γουλιέλμο Μαρκονί. Από τότε γίνεται μία συνεχόμενη έρευνα πάνω στην ασύρματη μετάδοση δεδομένων. Με την επανάσταση των υπολογιστών τον 20ο αιώνα, έγινα αλληπάλληλες έρευνες πάνω στην ασύρματη επικοινωνία και τα τελευταία χρόνια, είχαμε ως αποτέλεσμα την ραγδαία ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων και μία σειρά από εφευρέσεις που πριν λίγα χρόνια θεωρούνταν ακατόρθωτες. Κάποια παραδείγματα των ασύρματων δικτύων είναι η κινητή τηλεφωνία, τα ασύρματα δίκτυα (για προσωπική ή επαγγελματική χρήση) και τα δορυφορικά συστήματα. Κάποιοι από τους λόγους που συντέλεσαν και βοήθησαν στην ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων είναι οι εξής:

- Η μεγάλη ζήτηση για ασύρματη επικοινωνία κυρίως μετά την μεγάλη απήχηση και επιτυχία των κινητών τηλεφώνων
- Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας VLSI, η οποία επιτρέπει την συσσώρευση πολλών chips σε ένα μικρό χώρο. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ίσως το πιο σημαντικό όχι μόνο των ασύρματων δικτύων αλλά και γενικότερα της επιστήμης των υπολογιστών. Αφού, σκοπός πλέον των κατασκευαστριών εταιριών δεν είναι να δημιουργήσουν μία συσκευή που θα εκτελεί κάποια λειτουργία με επιτυχία, αλλά θα πρέπει και αυτή η συσκευή να πιάνει λίγο χώρο ώστε να είναι εύχρηστη
- Η επιτυχία της δεύτερης γενιάς των συστημάτων ψηφιακής επικοινωνίας (2G), αναπτέρωσε τις ελπίδες των επιστημών, γιατί αποδείχθηκε ότι οι θεωρίες των ασύρματων επικοινωνιών μπορούσαν να εφαρμοστούν με επιτυχία και στην Πράξη Τα ασύρματα δίκτυα, όπως είναι φυσικό, βασίζονται πάνω στους προκάτοχους τους τα ενσύρματα, με την έννοια ότι ακολουθούν παρόμοιους κανόνες και αρχές. Ωστόσο κάποιες εμφανείς διαφορές είναι οι εξής:
 - στα ασύρματα δίκτυα έχουμε όχι μόνο στατικές αλλά και δυναμικές τοπολογίες
 - δεν υπάρχει ανάγκη καλωδίωσης
 - και τέλος, στην ασύρματη μετάδοση όπως θα δούμε και παρακάτω, σημαντικό ρόλο στην σωστή λήψη των δεδομένων διαδραματίζει το περιβάλλον που γίνεται η μετάδοση.

Όπως είναι γνωστό, για την μετάδοση των δεδομένων, τα ασύρματα δίκτυα κάνουν χρήση του αέρα. Το γεγονός ότι ο αέρας είναι κοινόχρηστο αγαθό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν πολλοί περιορισμοί στο φάσμα των συχνοτήτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Η συχνότητα που χρησιμοποιούν τα ασύρματα δίκτυα για την μετάδοση των δεδομένων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα του ρυθμού μετάδοσης των δεδομένων από την πηγή στον προορισμό.

Ένα άλλος καθοριστικός παράγοντας για την απόδοση των ασύρματων δικτύων, είναι το περιβάλλον που γίνεται η μετάδοση. Στα τοπικά ασύρματα δίκτυα, τα

αντικείμενα που βρίσκονται στον χώρο μετάδοσης, οι γυάλινες και μεταλλικές επιφάνειες καθώς επίσης και οι τοίχοι, επηρεάζουν αρνητικά το εκπεμπόμενο σήμα και την ισχύς του. Έτσι, το σήμα ή δεν φτάνει καθόλου στον παραλήπτη ή φτάνει αλλοιωμένο.

Η επιτροπή IEEE για τα ενσύρματα δίκτυα έχει ορίσει ως standard μετάδοσης το πρότυπο 802, όπου με την εξέλιξη της επιστήμης της πληροφορικής, δημιουργήθηκαν οι διάφορες εκδόσεις του. Το πρότυπο των ασύρματων δικτύων έχει βασιστεί στο 802.11.

Οι παραλλαγές που δημιουργήθηκαν είναι το 802.11a, 802.11b, 802.11b+ και ως τελευταίο και πιο αποδοτικό ορίστηκε το πρότυπο 802.11g.

Υπάρχει μία γενικότερη πεποίθηση ότι τα δίκτυα που βασίζονται στην ασύρματη τεχνολογία δεν είναι πολύ κατάλληλα για χρήση καθώς παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερη αποδοτικότητα από τα συμβατικά ενσύρματα δίκτυα, όπως για παράδειγμα τα δίκτυα καλωδίων UDP5 και τα δίκτυα οπτικών ινών.

2

ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

Ο όρος ασύρματο δίκτυο αναφέρεται σε κάθε δίκτυο, το οποίο είναι υλοποιημένο χωρίς την χρήση καλωδίων. Συνήθως ένα τέτοιο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο υλοποιείται με κάποιο είδος απομακρυσμένου συστήματος μετάδοσης πληροφοριών που χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά κύματα, όπως ραδιοκύματα. Υπάρχουν διάφορα είδη ασύρματων δικτύων.

2.1.Είδη Ασύρματων Δικτύων

Wireless PAN

Σα Wireless Personal Area Networks (WPANs) συνδέουν συσκευές σε ένα σχετικά μικρό χώρο, γενικά στην εμβέλεια ενός ανθρώπου. Σο Bluetooth για παράδειγμα παρέχει ένα WPAN που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συνδέσεις όπως ακουστικών με κινητό τηλέφωνο.

Wireless LAN

Τα Wireless Local Area Networks (WLANs) παρέχουν ένα LAN χρησιμοποιώντας ραδιοκύματα αντί για καλώδια σε μία μικρή περιοχή όπως ένα σπίτι, ένα γραφείο ή ένα σχολείο. Σα περισσότερα WLANs βασίζονται στο IEEE 802.11. Ο όρος Wi-Fi χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο ως συνώνυμο για τα 802.11 WLANs, αν και στην πραγματικότητα είναι μια πιστοποίηση της συνεργασίας 802.11 συσκευών.

Wireless MAN

Τα Wireless Metropolitan Area Networks είναι ένας τύπος δικτύου που συνδέει περισσότερα WLANs. Ένας όρος που χρησιμοποιείται για να αναφερθούμε στα WMANs είναι το WiMAX.

Mobile devices networks

Με την ανάπτυξη των έξυπνων τηλεφώνων (smart phones) τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών μεταφέρουν πολλών ειδών δεδομένα εκτός της φωνής.

Global System for Mobile Communications (GSM): Το δίκτυο GSM χωρίζεται σε τρία κύρια συστήματα: το σύστημα εναλλαγής, το σύστημα σταθμού βάσης και το σύστημα λειτουργίας και υποστήριξης. Στο κινητό τηλέφωνο συνδέεται στο σύστημα σταθμού βάσης που εν συνεχεία συνδέεται στο σταθμό λειτουργίας και υποστήριξης. Τέλος συνδέεται στο σταθμό εναλλαγής όπου η κλήση μεταφέρεται εκεί που πρέπει να πάει.

Personal Communications Service (PCS): Το PCS είναι ένα είδος δικτύου που χρησιμοποιείται από κινητά τηλέφωνα στην Βόρειο Αμερική και την Νότιο Ασία.

D-AMPS: To Digital Advanced Mobile Phone Service :είναι ένα είδος δικτύου που έχει πλέον ξεπεραστεί από την ανάπτυξη της τεχνολογίας και του GSM.

2.2. Χρήσεις και Εφαρμογές Ασύρματων Δικτύων

Στα ασύρματα δίκτυα είχαν εφαρμογές και αποδοχή από τον κόσμο εδώ και πολλά χρόνια. Από τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο χρησιμοποιήθηκαν για αποστολή πληροφοριών. Από τότε τα ασύρματα δίκτυα αναπτύσσονται και εξελίσσονται συνεχώς και οι χρήσεις τους έχουν αυξηθεί και εξαπλωθεί σε πολλούς τομείς.

- Στα κινητά τηλέφωνα είναι μέρος τεράστιων ασύρματων δικτύων.
- Οι δορυφόροι επιτρέπουν την αποστολή πληροφοριών, εικόνων, ήχου και κάθε μορφής δεδομένων σε όλο τον κόσμο.
- Υπηρεσίες όπως η αστυνομία και η πυροσβεστική χρησιμοποιούν ασύρματη δικτύωση για γρήγορη και εύκολη επικοινωνία.
- Γραφεία, υπηρεσίες και επιχειρήσεις χρησιμοποιούν ασύρματη δικτύωση για κοινή χρήση δεδομένων.
- Στο internet στα περισσότερα σπίτια πλέον φτάνει ενσύρματα αλλά μέσα σε αυτά χρησιμοποιούνται συσκευές (wireless routers) που στέλνουν το σήμα στον υπολογιστή ασύρματα. Επίσης με τον ίδιο τρόπο πολλές βιβλιοθήκες, καφετέριες πανεπιστήμια κ.α. παρέχουν στους παρευρισκόμενους φορητές υπολογιστές ασύρματη δικτύωση.

3

ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

3.1 Τα οφέλη της ασύρματης δικτύωσης

Η εμφάνιση και η συνεχής αύξηση των ασύρματων δικτύων οδηγούνται από την ανάγκη να ελαττωθούν οι δαπάνες που συνδέονται με τις υποδομές δικτύων και να υποστηριχθούν οι κινητές εφαρμογές δικτύωσης που προσφέρουν τα κέρδη στην αποδοτικότητα διαδικασίας, την ακρίβεια, και τις χαμηλότερες επιχειρησιακές δαπάνες. Τα εξής τμήματα εξηγούν την κινητικότητα και τα οφέλη οικονομικών της ασύρματης δικτύωσης.

3.2 Δυνατότητα κίνησης

Η ασύρματη δικτύωση παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα επικοινωνίας

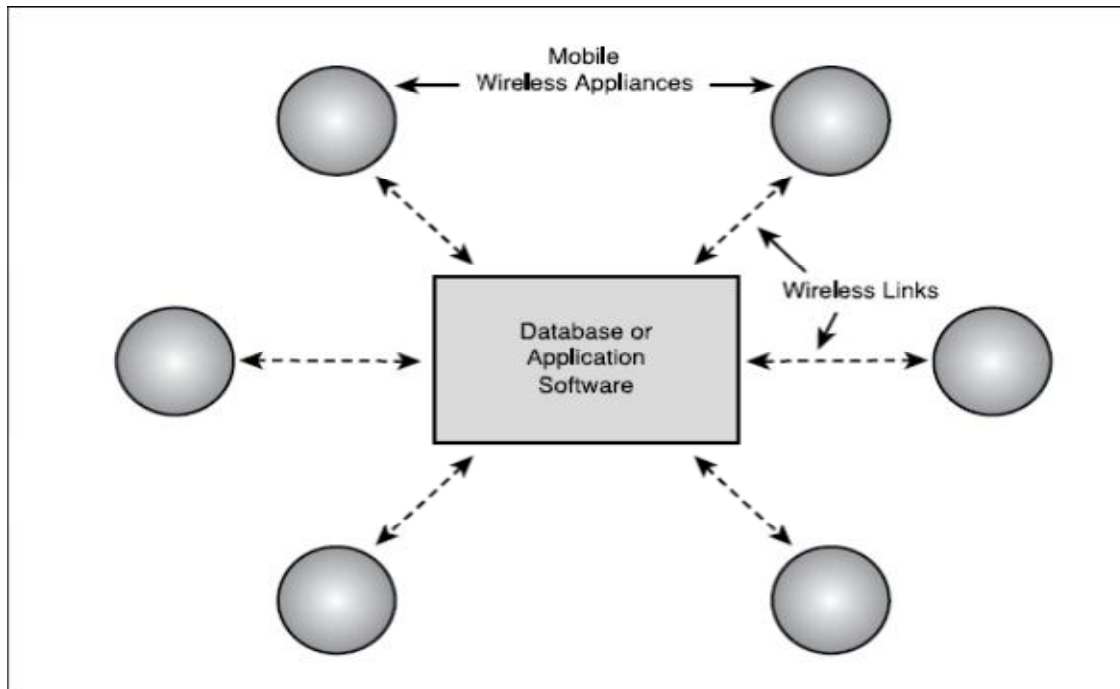
χρησιμοποιώντας μια συσκευή, όπως ένας φορητός υπολογιστής ή ένας συλλέκτης στοιχείων. Πολλές εργασίες απαιτούν από τους εργαζομένους να κινούνται συνεχώς, όπως οι υπάλληλοι καταλόγων, εργαζόμενοι υγειονομικής περίθαλψης, αστυνομικοί, με ειδική ανάγκη-προσοχής. Φυσικά, τα δίκτυα καλωδιώσεων απαιτούν ένα φυσικό μέσο μεταξύ του τερματικού σταθμού του χρήστη και των πόρων του δικτύου, το οποίο καθιστά την πρόσβαση σε αυτούς τους πόρους αδύνατη αν περιπλανάται ο χρήστης μέσα στο κτήριο ή αλλού.

Οι κινητές εφαρμογές που απαιτούν την ασύρματη δικτύωση περιλαμβάνουν εκείνους που εξαρτώνται από την σε πραγματικό χρόνο πρόσβαση στα στοιχεία —που αποθηκεύονται συνήθως στις κεντρικές βάσεις δεδομένων. Εάν η εφαρμογή σας απαιτεί οι κινητοί χρήστες να γνωρίζουν αμέσως τις αλλαγές που γίνονται στα δεδομένα, ή εάν οι πληροφορίες που εισάγονται στο σύστημα πρέπει αμέσως να είναι διαθέσιμες σε άλλα, έχουμε μια καθορισμένη ανάγκη για την ασύρματη δικτύωση. Για ακριβή και αποδοτικά συστήματα αποτύπωσης τιμών, παραδείγματος χάριν, πολλά λιανικά καταστήματα χρησιμοποιούν τα ασύρματα δίκτυα για να διασυνδέσουν τους φορητούς ανιχνευτές και τους εκτυπωτές κώδικα φραγμών στις βάσεις δεδομένων που έχουν τις πληροφορίες τρεχουσών τιμών. Αυτό επιτρέπει την εκτύπωση της σωστής τιμής στα προϊόντα, διαδικασία που καθιστά και τον πελάτη και τον ιδιοκτήτη μιας επιχείρησης πιο ικανοποιημένους.

Όλες οι κινητές εφαρμογές δεν απαιτούν την ασύρματη δικτύωση. Εντούτοις μερικές φορές δεν υπάρχει άμεση ανάγκη για πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο στις πληροφορίες. Εάν τα στοιχεία της εφαρμογής μπορούν να αποθηκευτούν στη συσκευή του χρήστη, και οι αλλαγές στα στοιχεία δεν είναι σημαντικές, το συμπληρωματικό κόστος του ασύρματου υλικού δικτύων μπορεί να μην παρέχει αρκετά οφέλη για να δικαιολογήσει την πρόσθετη δαπάνη. Ας μην ξεχνούμε όμως ότι τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να καλύψουν και άλλες ανάγκες που μπορεί να προκύψουν.

3.3. Μείωση κόστους

Λόγω της έλλειψης ενός καλωδίου μεταξύ της συσκευής του χρήστη και ενός κεντρικού υπολογιστή, τα ασύρματα δίκτυα χαρακτηρίζονται από μείωση στις δαπάνες δικτύωσης. Τα εξής τμήματα εξηγούν τα οφέλη και τη σχετική μείωση κόστους τους χρησιμοποίησης των ασύρματων δικτύων.



3.4. Εγκατάσταση σε περιοχές που καλωδιώνονται δύσκολα.

Η εφαρμογή των ασύρματων δικτύων προσφέρει πολλή σημαντική μείωση κόστους κατά την εγκατάσταση του εξοπλισμού στις περιοχές όπου είναι δύσκολο να τοποθετηθούν καλώδια. Εάν οι ποταμοί, οι αυτοκινητόδρομοι, ή άλλα φυσικά εμπόδια αποκόπτουν τη δικτύωση των κτιρίων που επιθυμούμε, μια ασύρματη λύση μπορεί να είναι πιο οικονομική από το να εγκαταστήσουμε το φυσικό καλώδιο ή να μισθώσουμε κυκλώματα επικοινωνίας, όπως υπηρεσία T1 ή γραμμές των 56 Kbps. Αρκετές εταιρείες ξοδεύουν χιλιάδες ή ακόμα και τα εκατομμύρια δολάρια για να εγκαταστήσουν φυσικές συνδέσεις με τις κοντινές εγκαταστάσεις.

Εάν υφίσταται προβλήματα εγκατάστασης αυτού του είδους η ασύρματη δικτύωση μπορεί να θεωρηθεί ως εναλλακτική λύση. Η δημιουργία υποδομής ασύρματης δικτύωσης σε αυτές τις καταστάσεις κοστίζει αρκετές χιλιάδες Ευρώ αλλά προσφέρει μακρόχρονη απόσβεση και άμεση μείωση του κόστους.

3.5. Αυξανόμενη αξιοπιστία

Ένα πρόβλημα έμφυτο στα συνδεδεμένα με καλώδιο δίκτυα είναι ο χρόνος διακοπής που προκύπτει από τα ελαττώματα καλωδίων. Στην πραγματικότητα, τα ελαττώματα καλωδίων είναι συχνά η κυρίαρχη αιτία του χρόνου διακοπής συστημάτων. Η υγρασία διαβρώνει τους μεταλλικούς αγωγούς μέσω της παρείσφρησης ύδατος κατά τη διάρκεια των θελλών και της τυχαίας έκχυσης ή της διαρροής των υγρών. Με τα συνδεδεμένα με καλώδιο δίκτυα, οι χρήστες ενδέχεται να σπάσουν τους συνδετήρες δικτύων κατά την προσπάθεια να αποσυνδεθεί το PC τους από το δίκτυο για να το

μεταφέρουν σε διαφορετικές θέσεις. Οι ατελείς συναρμογές καλωδίων μπορούν να προκαλέσουν τις αντανάκλασεις σημάτων που οδηγούν σε σφάλματα μετάδοσης. Η τυχαία κοπή καλωδίων μπορεί να θέσει αμέσως ένα δίκτυο εκτός λειτουργίας. Τα καλώδια και οι συνδετήρες μπορούν εύκολα να σπάσουν μέσω της κακής χρήσης και ακόμη και της κανονικής χρήσης. Αυτά τα προβλήματα παρεμποδίζουν τη δυνατότητα των χρηστών να χρησιμοποιήσουν τους πόρους δικτύων, προκαλώντας πονοκέφαλο στους διαχειριστές δικτύων. Ένα πλεονέκτημα της ασύρματης δικτύωσης προκύπτει από τη χρήση λιγότερου καλωδίου. Αυτό μειώνει το χρόνο διακοπής του δικτύου και των δαπανών που συνδέονται με την αντικατάσταση των καλωδίων.

3.6. Μειωμένος χρόνος εγκατάστασης

Η εγκατάσταση της καλωδίωσης είναι συχνά μια χρονοβόρα δραστηριότητα. Για την περίπτωση των τοπικών δικτύων, οι τεχνικοί θα πρέπει να εγκαταστήσουν ομοαξονικά καλώδια ή καλώδια UTP μέσω ειδικών διόδων ανάμεσα στους τοίχους. Ακόμη θα πρέπει να τοποθετήσουν τις κατάλληλες εξόδους δικτύων ούτως ώστε να είναι εφικτή η σύνδεση. Αυτοί οι στόχοι μπορούν να πάρουν αρκετές ημέρες ή εβδομάδες, ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης. Η εγκατάσταση της οπτικής ίνας μεταξύ των κτηρίων μέσα στην ίδια γεωγραφική περιοχή περιλαμβάνει το σκάψιμο των τάφρων για την τοποθέτηση της ίνας ή το τράβηγμα της ίνας μέσω ενός υπάρχοντος αγωγού. Θα χρειαστούν εβδομάδες ή ενδεχομένως μήνες για να ληφθούν οι εγκρίσεις εγκατάστασης και να σκαφτεί το έδαφος και η ασφαλτος για την εγκατάσταση των καλωδίων .

Η επέκταση των ασύρματων δικτύων μειώνει πολύ την ανάγκη για την εγκατάσταση καλωδίων, που καθιστά το δίκτυο διαθέσιμο για προς χρήση πολύ πιο σύντομα. Επομένως, πολλές χώρες που στερούνται υποδομής δικτύων έχουν στραφεί στην ασύρματη δικτύωση ως μέθοδο για τη διασύνδεση υπολογιστών χωρίς τη δαπάνη και το χρόνο που συνδέονται με την εγκατάσταση των φυσικών μέσων.

3.7. Μακροπρόθεσμη μείωση κόστους

Οι επιχειρήσεις αναδιοργανώνονται, με συνέπεια την κυκλοφορία των ατόμων, τα νέα σχέδια ορόφων, τα χωρίσματα γραφείων, και άλλες ανακαινίσεις. Αυτές οι αλλαγές αφορούν συχνά το δίκτυο, αναλαμβάνοντας και την εργασία και τις υλικές δαπάνες. Σε μερικές περιπτώσεις, η επανεγκατάσταση καλωδίωσης απαιτεί πολύ σημαντικές δαπάνες των οργανωτικών αλλαγών, ειδικά με τα μεγάλα επιχειρηματικά δίκτυα. Ένα ποσοστό αναδιοργάνωσης 15 τοις εκατό κάθε έτος μπορεί να οδηγήσει στις ετήσιες δαπάνες επανασχηματισμού τόσο υψηλές όσο €250,000 για τα δίκτυα που έχουν 6.000 διασυνδεδεμένες συσκευές. Το πλεονέκτημα της ασύρματης δικτύωσης είναι πάλι βασισμένο στην έλλειψη καλωδίου: Είναι δυνατό να κινηθεί η σύνδεση δικτύων με την επανενοποίηση του PC ενός υπαλλήλου.

4

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Στα χρόνια που μεσολάβησαν πριν γίνει ο ασύρματος τρόπος επικοινωνίας αποδοτικός και χρήσιμος, υπήρχαν κάποιοι τύποι ασύρματων συστημάτων οι οποίοι άνηθαν για κάποιο διάστημα και σε μερικές εξελιγμένες τεχνολογικά χώρες μετά από καιρό (όπως στις Η.Π.Α) καταργήθηκαν. Για παράδειγμα, τα τηλεοπτικά σήματα, τα πρώτα χρόνια μεταδίδονταν ασύρματα, ενώ τώρα ανθεί η καλωδιακή τηλεόραση. Επίσης, το τηλεφωνικό δίκτυο, που γινόταν με σημείο προς σημείο (point-to-point) κυκλώματα μικροκυμάτων, έχουν αντικατασταθεί με οπτικές ίνες. Τώρα γίνεται προσπάθεια να αντιστραφεί αυτό το γεγονός. %στόσο για να συμβεί αυτό πρέπει η ασύρματη επικοινωνία να γίνει ικανή να προσφέρει την ποιότητα της ενσύρματης επικοινωνίας και ίσως και καλύτερη.

Για να υπάρχει περίπτωση στο μέλλον η ασύρματη μετάδοση να αντικαταστήσει την ενσύρματη, πρέπει να αντιμετωπιστούν μία σειρά από περιορισμούς και προβλήματα τα οποία μειώνουν σημαντικά τη απόδοση των ασύρματων δικτύων και πολλές φορές καθιστούν την ασύρματη μετάδοση απαγορευτική.)εν πρέπει να ξεχνάμε ότι η ασύρματη επικοινωνία ακόμη βρίσκεται σε ένα αρχικό στάδιο και όπως είναι φυσικό δεν είναι ιδανική. Χρειάζονται αρκετές βελτιώσεις ώστε στο μέλλον να έχει την επιτυχία που χρειάζεται. Καταρχήν, ένα πολύ βασικό πρόβλημα το οποίο θα αντιμετωπίσουμε και στις μετρήσεις μας παρακάτω, είναι το γεγονός ότι τα σήματα, λόγω των ανακλάσεων, των διαθλάσεων και της διασποράς τους πάνω στα αντικείμενα, φτάνουν στον παραλήπτη αλλοιωμένα ή δεν φτάνουν καθόλου. Επίσης, το γεγονός ότι το φάσμα των συχνοτήτων είναι πολύ περιορισμένο, σε πολλές περιπτώσεις δημιουργούνται παρεμβολές των σημάτων από σήματα άλλων ασύρματων συσκευών με αποτέλεσμα ο ρυθμός λαθών να αυξάνεται και η αποδοτικότητα να πέφτει δραματικά.

Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα είναι ότι επειδή τα ασύρματα δίκτυα κάνουν χρήση του αέρα που είναι κοινό αγαθό, η διακίνηση ευαίσθητων πληροφοριών εμπεριέχει τον κίνδυνο υποκλοπής των πληροφοριών από εισβολείς. Σε σύγκριση με τα ενσύρματα δίκτυα, η ασφάλεια των ασύρματων δικτύων είναι πιο επιρρεπής στις εισβολές και πιο περίπλοκη.

Τέλος, στα ασύρματα δίκτυα το μεγάλο πλεονέκτημα τους, που είναι η κινητικότητα που προσφέρουν, αποτελεί παράλληλα και μειονέκτημα. Επειδή στα ασύρματα δίκτυα υπάρχει η δυνατότητα οι χρήστες να αλλάζουν θέση μέσα στο δίκτυο, δημιουργούνται προβλήματα όχι μόνο ως προς την δρομολόγηση των πακέτων, αλλά κυρίως ως προς το θέμα της ενέργειας, αφού οι μπαταρίες έχουν περιορισμένη χωρητικότητα σε ενέργεια.

4.1. Δημιουργία κυμάτων

Όταν κινούνται τα ηλεκτρόνια, δημιουργούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα που μπορούν και διαδίδονται στον χώρο, ακόμη και στο κενό. Αυτά τα κύματα έχουν προβλεφθεί από τον βρετανό φυσικό Τζιμς Μαξγουελ το 1865 και

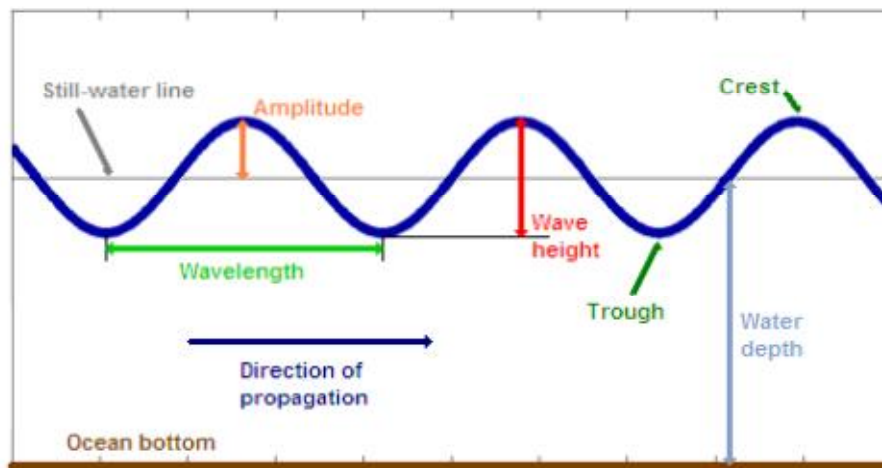
παρατηρήθηκαν πρώτη φορά από τον γερμανό φυσικό Χάινριχ Χερτζ το 1887. Ο αριθμός των ταλαντώσεων ενός κύματος ανά δευτερόλεπτο ονομάζεται συχνότητα του κύματος(f) και μετριέται σε Hz. Η απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικά μέγιστα ή ελάχιστα του κύματος ονομάζεται μήκος κύματος και παριστάνεται παγκοσμίως με το ελληνικό γράμμα λ .

Μία κεραία κατάλληλου μεγέθους, όταν συνδεθεί σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να εκπνευθούν και να ληφθούν από ένα δέκτη σε κάποια απόσταση. Όλες οι ασύρματες επικοινωνίες βασίζονται σε αυτή την αρχή. Η θεμελιώδης σχέση ανάμεσα στο λ , το f και την ταχύτητα του φωτός (c) είναι :

$$C = f * \lambda$$

Όπως γνωρίζουμε, η μετάδοση γίνεται μέσω του αέρα με την αποστολή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Η αποστολή και η λήψη τους γίνεται μέσω κεραιών.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει την μορφή ενός κύματος:



Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα είναι χωρισμένο σε διαφορετικές μπάντες, όπου κάθε μπάντα έχει και διαφορετικές ιδιότητες. Πιο συγκεκριμένα, οι υψηλότερες μπάντες έχουν περισσότερη ενέργεια και μικρότερη κάλυψη, ενώ οι χαμηλότερες μπάντες έχουν λιγότερη ενέργεια αλλά μεγαλύτερη κάλυψη.

4.2. Ανάλυση του φάσματος των συχνοτήτων Ραδιοκύματα

Τα ραδιοκύματα ταξιδεύουν από την πηγή προς όλες τις κατευθύνσεις, μπορούν να δημιουργηθούν εύκολα και να μεταδοθούν σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους. Η μετάδοσή τους μπορεί να φτάσει σε μεγάλες αποστάσεις ακόμη και μέσα από κτίρια. Οι ιδιότητές τους εξαρτώνται από την συχνότητα. Στα ραδιοκύματα των χαμηλών συχνοτήτων η ισχύς τους μειώνεται ανάλογα με την απόσταση μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη. Στις υψηλές συχνότητες τα ραδιοκύματα τείνουν να ταξιδεύουν σε ευθείες γραμμές και να ανακλώνται στα εμπόδια. Ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι τα ραδιοκύματα απορροφώνται από το νερό, δηλαδή η βροχή ή η ομίχλη διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην μετάδοσή τους. Στις συχνότητες 104 έως 106 Hz, τα ραδιοκύματα ακολουθούν το

έδαφος και έχουν χαμηλό εύρος ζώνης. Αυτά τα κύματα μπορούν να ανιχνευθούν ακόμη και σε 1000 χιλιόμετρα στις χαμηλότερες συχνότητες, ή σε μικρότερη απόσταση στις πιο υψηλές συχνότητες. Τα ραδιοκύματα σε αυτές τις ζώνες περνούν εύκολα μέσα από τα κτίρια, γεγονός που εξηγεί γιατί τα φορητά ραδιόφωνα δουλεύουν σε εσωτερικούς χώρους. Στις συχνότητες 107 – 108 Hz, τα επιφανειακά κύματα τείνουν να απορροφώνται από το έδαφος όμως δεν συμβαίνει το ίδιο με τα κύματα που φτάνουν στην ιονόσφαιρα. Αυτά τα κύματα διαθλώνται και στέλνονται πάλι πίσω στη γη. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, τα σήματα μπορούν να αναπηδήσουν, δηλαδή να φτάσουν στην ιονόσφαιρα, να χτυπήσουν στην γη και από εκεί μετά πάλι πίσω στην ιονόσφαιρα

4.3. Χρήση Συχνοτήτων

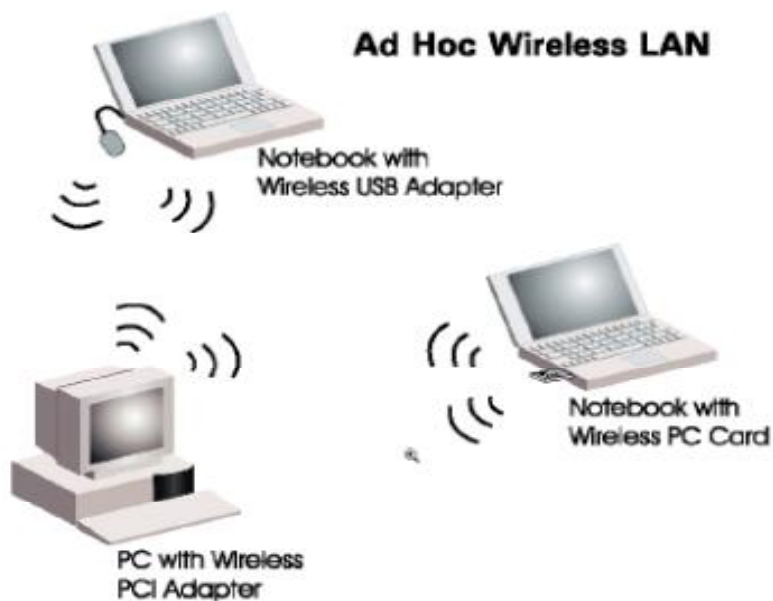
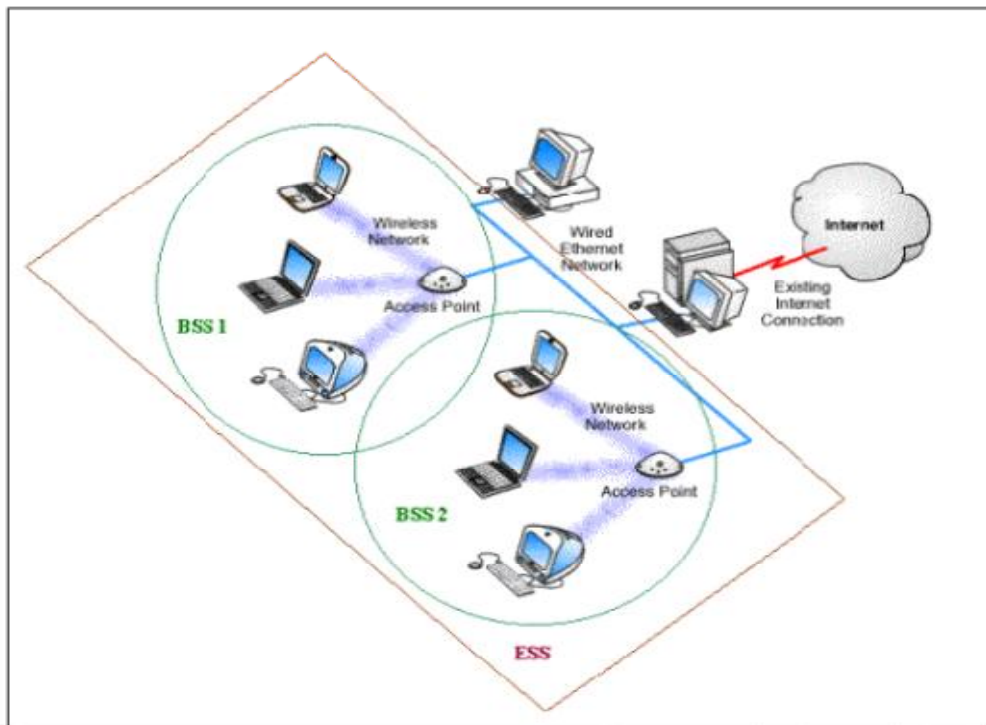
Η ποσότητα των πληροφοριών η οποία μπορεί να μεταφερθεί σε ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα σχετίζεται με το εύρος ζώνης του κύματος. Με την τρέχουσα τεχνολογία μπορούν να κωδικοποιούνται λίγα bit ανά Hertz στις χαμηλές συχνότητες, ενώ στις υψηλές συχνότητες φτάνουμε μέχρι και τα 8 bit ανά Hertz. Οι περισσότερες μεταδόσεις χρησιμοποιούν μία στενή ζώνη συχνοτήτων για καλύτερη κάλυψη (πολλά watt/Hz). Παρόλα αυτά σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιείται μία ευρεία ζώνη, με δύο παραλλαγές στις οποίες θα αναφερθούμε και αργότερα. %στόσο μία γενική αναφορά τους γίνεται σε αυτό το σημείο:

1. Στην εξάπλωση φάσματος συνεχούς αλλαγής συχνότητας (frequency hopping spread spectrum) ο πομπός κινείται από συχνότητα σε συχνότητα εκατοντάδες φορές το δευτερόλεπτο. Προσφέρει δυσκολία στην ανίχνευση και στις παρεμβολές παρασίτων. Επίσης προσφέρει καλή αντίσταση στην εξασθένηση πολλαπλών διαδρομών (multipath fading) επειδή το άμεσο σήμα φτάνει πάντα πρώτο στο δέκτη.)ηλαδή, τα ανακλώμενα σήματα ακολουθούν μακρύτερη διαδρομή, οπότε φτάνουν με καθυστέρηση. Έτσι όταν φτάνουν στον παραλήπτη καθυστερημένα, ο παραλήπτης μπορεί να έχει αλλάξει συχνότητα οπότε δεν θα δέχεται σήματα από αυτή την συχνότητα και έτσι εξαλείφονται οι παρεμβολές από τα ανακλώμενα σήματα.
2. Η άλλη μορφή εξάπλωσης φάσματος είναι η εξάπλωση φάσματος άμεσης ακολουθίας (direct sequence spread spectrum), η οποία εξαπλώνει το σήμα σε μία ευρεία περιοχή συχνοτήτων. Αυτή η μορφή προσφέρει κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα όπως καλή φασματική απόδοση και μεγάλη ανοχή σε σφάλματα.

4.4. Τοπολογίες Ασύρματων δικτύων

Υπάρχουν δύο διαφορετικές τοπολογίες ασύρματων δικτύων, τα αυτοτελή ασύρματα δίκτυα (Ad – hoc) και τα δίκτυα με υποδομή (Infrastructure). Στα αυτοτελή ασύρματα δίκτυα ανήκουν τα τοπικά ασύρματα δίκτυα και το Bluetooth ενώ στα δίκτυα με υποδομή ανήκει η κινητή τηλεφωνία. Το είδος της τοπολογίας επηρεάζει την επιλογή του πρωτοκόλλου MAC.

Στα παρακάτω σχήματα δίνονται γραφικά οι δύο διαφορετικές τοπολογίες



4.5. Πρακτικές Τεχνικές Αύξησης της Απόδοσης

Στην περίπτωση που έχουμε στήσει ένα ασύρματο δίκτυο στον προσωπικό μας χώρο ή γενικότερα σε εσωτερικό χώρο, υπάρχουν κάποιες απλές τεχνικές οι οποίες θα μας βοηθήσουν να αυξήσουμε την απόδοση του ασύρματου δικτύου

βελτιώνοντας την ισχύς του εκπεμπόμενου σήματος. Παρακάτω αναφέρονται κάποιες απλές τεχνικές:

- Τοποθέτηση του Router σε ένα κεντρικό σημείο μέσα στο σπίτι, ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα σημεία που δεν υπάρχει καθόλου σήμα (ραδιο-νεκρά σημεία). Θα ήταν προτιμότερο να μην τοποθετηθεί κοντά σε τοίχο ο οποίος θα εξασθενεί το σήμα. Το παρακάτω σχήμα επεξηγεί τα παραπάνω:



Εικόνα: Λανθασμένη τοποθέτηση του Router(αριστερή εικόνα) και σωστή τοποθέτηση του Router(δεξιά εικόνα) μέσα σε εσωτερικό χώρο

- Να μην τοποθετηθεί ο Router κάτω στο πάτωμα ή κοντά σε μεταλλικά αντικείμενα ή επιφάνειες, ώστε να μην υπάρχει εξασθένηση του σήματος και να ελαχιστοποιηθεί όσο το δυνατόν περισσότερο το φαινόμενο των πολλαπλών διαδρομών 31

- Οι περισσότερες κεραίες είναι omni-directional, δηλαδή το σήματα μεταδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις. Στην περίπτωση που ο Router είναι κοντά σε έναν τοίχο που επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον του σπιτιού, ένα ποσοστό του σήματος σπταλάτε άσκοπα. Μία λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να μετατρέψουμε την κεραία σε Hi-gain κεραία και όλη η ισχύς του σήματος να οδεύετε προς μία κατεύθυνση ώστε να πετυχαίνουμε καλύτερο και αποδοτικότερο σήμα .



Standard antenna

Hi-gain antenna

Εικόνα: Τρόπος μετάδοσης των σημάτων μίας Omni directional κεραίας (αριστερή εικόνα) και μίας Hi-gain κεραίας(δεξιά εικόνα)

- Σε ένα ασύρματο δίκτυο, θα πρέπει ο κάθε υπολογιστής όχι μόνο να στέλνει σήματα αλλά και να δέχεται. %στόσο, σε πολλές περιπτώσεις τα σήματα που στέλνει ο Router είναι τόσο ισχυρά με αποτέλεσμα να μην μπορεί να δέχεται σήματα από τον άλλον υπολογιστή. %ς λύση σε αυτό το γεγονός είναι να τοποθετήσουμε στον άλλον υπολογιστή όχι μόνο την ασύρματη κάρτα αλλά και ένα USB network adapter με εξωτερική κεραία. Αυτή την συνδεσμολογία ακολουθήσαμε και εμείς στις μετρήσεις (βλέπε Κεφάλαιο 7)

- Σε περιπτώσεις που θέλουμε να έχουμε ένα ασύρματο δίκτυο με μεγάλη εμβέλεια ή όταν θέλουμε να βελτιώσουμε το σήμα, μία καλή λύση είναι η τοποθέτηση ασύρματων επαναληπτών (wireless repeaters).



- Εάν χρησιμοποιούμε άλλες ασύρματες συσκευές στον ίδιο χώρο, όπως για παράδειγμα ένα ασύρματο τηλέφωνο στις ίδιες συχνότητες, για να μην υπάρχουν παρεμβολές του σήματος, είναι προτιμότερο να αλλάξουμε τις συσκευές αυτές με άλλες παρόμοιες που χρησιμοποιούν όμως διαφορετικές συχνότητες.

- Τέλος, μία καλή τακτική είναι να χρησιμοποιούμε υλικό από τον ίδιο τον κατασκευαστή ώστε να υπάρχει 100% συμβατότητα. Επίσης εάν οι συσκευές μας χρησιμοποιούν το standard 802.11b ή κάποιο άλλο, είναι καλό να το αναβαθμίσουμε σε 802.11g.

5 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 802.11 (WI-FI)

5.1. Ιστορική Ανασκόπηση

Σο Wi-Fi(Wireless Fidelity) είναι απόρροια της απόφασης που πήρε το 1985 η κρατική επιτροπή επικοινωνιών των Η.Π.Α. να ανοιχτούν πολλές περιοχές του ασύρματου φάσματος για χρήση χωρίς κρατική άδεια. Για να λειτουργήσουν συσκευές όμως σε αυτές τις περιοχές έπρεπε να χρησιμοποιήσουν τεχνολογία διευρυμένου φάσματος. Η τεχνολογία αυτή απλώνει ένα σήμα σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων κάνοντας το λιγότερο επιρρεπές σε παρεμβολές. Σο 1990 μια νέα επιτροπή του IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) δημιουργήθηκε υπό το όνομα 802.11 για να ερευνήσει με σκοπό τη δημιουργία ενός νέου προτύπου. Η έκδοση αυτού του προτύπου έγινε τελικά το 1997. Δύο παραλλαγές εγκρίθηκαν μέσα στα επόμενα δύο χρόνια. Σο 802.11b που λειτουργεί στην βιομηχανική, ιατρική και επιστημονική συχνότητα των 2.4 GHz και το 802.11a που λειτουργεί στις συχνότητες των 5.3 GHz και 5.8 GHz. Η δημοτικότητα του Wi-Fi απογειώθηκε με την ανάπτυξη του γρήγορου ευρυζωνικού Internet στα σπίτια. Ήταν και παραμένει ο ευκολότερος τρόπος για να μοιραστεί ένας ευρυζωνικός σύνδεσμος μεταξύ πολλών υπολογιστών σε διάφορα σημεία ενός σπιτιού. Η ανάπτυξη δημόσιων σημείων παροχής δωρεάν ή έναντι αμοιβής Internet έχει συμβάλει στην δημοτικότητα του Wi-Fi. Μια Σρίτη παραλλαγή το 802.11g εγκρίθηκε τον Ιούνιο του 2003. □πως το 802.11a,

χρησιμοποιεί μία πιο εξελιγμένη μορφή διαμόρφωσης που λέγεται ορθογωνική πολυπλεξία με διαίρεση συχνότητας. Το 802.11g χρησιμοποιώντας την ζώνη των 2.4 GHz μπορεί να πετύχει ταχύτητες ως 54 Mbps. Κι άλλες παραλλαγές έχουν εγκριθεί από τότε όπως το 802.11i για ασφάλεια, αλλά κανένα που να έχει στόχο την απόδοση.

Θα πρέπει να αναφέρουμε εδώ δύο ονόματα που σχετίζονται με τα πρότυπα ασύρματης δικτύωσης: το WECA και το Wi-Fi. Η WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) είναι μια βιομηχανική ομάδα που περιλαμβάνει όλους τους κύριους κατασκευαστές 802.11b εξοπλισμού. Αποστολή τους είναι ο έλεγχος και η πιστοποίηση ότι συσκευές ασύρματης δικτύωσης από όλες τις εταιρίες-μέλη μπορούν να λειτουργήσουν μαζί στο ίδιο δίκτυο και να προωθήσουν τα δίκτυα 802.11 ως το παγκόσμιο πρότυπο για τα WLANs. Η WECA για λόγους μάρκετινγκ υιοθέτησε το πιο „φιλικό“ όνομα Wi-Fi που αποτελεί σύντομη γραφή του Wireless Fidelity για τα χαρακτηριστικά του 802.11 και άλλαξε το δικό της όνομα σε Wi-Fi Alliance. Μία ή δύο φορές το χρόνο, η Wi-Fi Alliance διεξάγει έναν έλεγχο „διαλειτουργικότητας“, όπου μηχανικοί από πολλούς κατασκευαστές επιβεβαιώνουν ότι οι συσκευές τους επικοινωνούν σωστά με συσκευές άλλων κατασκευαστών.

5.2. Αρχιτεκτονική του Πρωτοκόλλου 802.11

Η υποενότητα αυτή περιγράφει τα πρότυπα και τις αρχές που διέπουν τα ασύρματα δίκτυα, και εξηγεί πως τα δεδομένα μετακινούνται μεταξύ των συσκευών που ανήκουν στο εκάστοτε δίκτυο.

5.2.1. Βασικές Αρχές και Σρόπος Λειτουργίας

Η μετακίνηση δεδομένων μέσω ενός ασύρματου δικτύου συνδυάζει τρία ξεχωριστά στοιχεία: τα ραδιοσήματα, την μορφή των δεδομένων και την δομή του δικτύου. Κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία είναι ανεξάρτητο των άλλων δύο, οπότε είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός και των τριών κατά την δημιουργία ενός νέου δικτύου. Κατά το μοντέλο αναφοράς OSI (Open Systems Interconnection), το ραδιοσήμα λειτουργεί στο φυσικό στρώμα και η μορφή των δεδομένων ελέγχει πολλά από τα ανώτερα στρώματα. Η δομή του δικτύου περιλαμβάνει τους αντάπτορες διασύνδεσης και τους σταθμούς βάσης που στέλνουν και λαμβάνουν τα ραδιοσήματα.

Σε ένα ασύρματο δίκτυο, οι αντάπτορες δικτύου σε κάθε υπολογιστή μετατρέπουν ψηφιακά δεδομένα σε ραδιοσήματα, τα οποία αναμεταδίδουν σε άλλες συσκευές του δικτύου, και μετατρέπουν εισερχόμενα ραδιοσήματα που δέχονται από άλλα στοιχεία του δικτύου ξανά σε ψηφιακά δεδομένα. Στο IEEE 802.11 είναι ένα σύνολο προτύπων και χαρακτηριστικών για ασύρματα δίκτυα που ορίζουν τη μορφή και τη δομή των σημάτων τους.

Σο αυθεντικό πρότυπο 802.11 εκδόθηκε όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο το 1997. Καλύπτει πολλά διαφορετικά είδη ασύρματων μέσων: δύο είδη ραδιοεκπομπών και δίκτυα που χρησιμοποιούν υπέρυθρο φως. Σο πιο πρόσφατο πρότυπο 802.11 παρέχει πρόσθετα

χαρακτηριστικά για ασύρματα δίκτυα Ethernet. Κι άλλα 802.11 πρότυπα ραδιοδίκτυωσης με άλλα γράμματα στο όνομα τους κινούνται προς δημόσια έκδοση.

Σο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο πρότυπο σήμερα είναι το 802.11b. Είναι το πρότυπο που συναντάται σχεδόν σε όλα τα γραφεία, δημόσιους χώρους και σπίτια. Αξίζει το κόπο να κρατάει κανείς επαφή με τις εξελίξεις των άλλων προτύπων, αλλά προς το παρόν το 802.11 είναι αυτό που χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλες τις εφαρμογές. Για την περιγραφή της λειτουργίας θα βασιστούμε κυρίως στο 802.11b αλλά πολλές από τις πληροφορίες ισχύουν και για άλλα πρότυπα 802.11.

Σα δίκτυα 802.11b λειτουργούν σε μια ειδική ζώνη ραδιοσυχνοτήτων γύρω από τα 2.4 GHz που έχουν „κατοχυρωθεί“ στα περισσότερα μέρη του κόσμου για μη-αδειοδοτημένες υπηρεσίες ραδιο-υπηρεσίες διευρυμένου φάσματος. Μη-αδειοδοτημένες σημαίνει ότι οποιοσδήποτε, χρησιμοποιώντας εξοπλισμό σύμφωνο με τις τεχνικές απαιτήσεις μπορεί να στείλει και να λάβει ραδιοσήματα σε αυτές τις συχνότητες, χωρίς να υποχρεούται να έχει άδεια. Αντίθετα με τις περισσότερες ραδιο-υπηρεσίες, που απαιτούν άδειες που αποδίδουν τη χρήση μιας συχνότητας σε έναν χρήστη ή μια ομάδα χρηστών και περιορίζουν την χρήση αυτής της συχνότητας σε ένα συγκεκριμένο είδος υπηρεσίας, μια μη-αδειοδοτημένη υπηρεσία είναι ελεύθερη για όλους και ο κάθε ένας έχει εξίσου δικαίωμα στο ίδιο κομμάτι του φάσματος. Θωρητικά, στην τεχνολογία διευρυμένου φάσματος είναι δυνατή η συνύπαρξη με άλλους χρήστες χωρίς να υπάρχει σημαντική παρεμπόδιση.

Διευρυμένο φάσμα είναι μια οικογένεια τρόπων αναμετάδοσης ενός ραδιοσήματος με χρήση ενός σχετικά ευρέος τμήματος του φάσματος. Σα ασύρματα δίκτυα Ethernet χρησιμοποιούν δύο διαφορετικά συστήματα ραδιο-αναμετάδοσης, το FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) και το (Direct-Sequence Spread Spectrum). Κάποια παλαιότερα δίκτυα 802.11 χρησιμοποιούν το πιο αργό FHSS, αλλά τα σημερινής γενιάς 802.11b και 802.11a ασύρματα δίκτυα Ethernet κάνουν χρήση του DSSS.

Σο διευρυμένο φάσμα προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλα είδη ραδιο-σημάτων που χρησιμοποιούν ένα μοναδικό στενό κανάλι. Είναι εξαιρετικά αποδοτικό, ώστε οι ραδιο-αναμεταδότες να μπορούν να λειτουργήσουν με πολύ χαμηλή ισχύ. Λόγω του ότι λειτουργούν σε μια σχετικά ευρεία ζώνη συχνοτήτων, είναι λιγότερο ευαίσθητοι σε παρεμβολές από άλλα ραδιο-σήματα και ηλεκτρικό θόρυβο, που σημαίνει ότι τα σήματα μπορούν συχνά να διεισδύσουν σε περιβάλλοντα όπου ένα συμβατικό σήμα στενής ζώνης θα ήταν αδύνατο να ληφθεί σε κατανοητή μορφή, και επειδή ένα FHSS σήμα εναλλάσσεται μεταξύ πολλών καναλιών μπορεί να είναι πολύ δυσκολότερο να υποκλαπεί και να αποκωδικοποιηθούν οι πληροφορίες που μεταφέρει.

Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS)

Όπως δείχνει το όνομα της η τεχνολογία FHSS διαιρεί ένα σήμα σε μικρά κομμάτια και „πηδά“ από μια συχνότητα σε μία άλλα πολλές φορές το δευτερόλεπτο καθώς μεταδίδει αυτά τα κομμάτια. Ο πομπός και ο δέκτης λειτουργούν με ένα συγχρονισμένο μοτίβο αλμάτων που ορίζει την αλληλουχία με

την οποία θα χρησιμοποιήσουν διαφορετικά υποκανάλια. Στα συστήματα FHSS ξεπερνούν τις παρεμβολές από άλλους χρήστες χρησιμοποιώντας ένα στενό σήμα-φορέα που αλλάζει συχνότητα πολλές φορές κάθε δευτερόλεπτο. Πρόσθετα ζεύγη πομπών και δεκτών μπορούν να χρησιμοποιήσουν διαφορετικά μοτίβα αλμάτων στο ίδιο σύνολο από υποκανάλια την ίδια στιγμή. Σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, κάθε μετάδοση μάλλον χρησιμοποιεί διαφορετικό υποκανάλι, ώστε να μην υπάρχουν παρεμβολές μεταξύ των σημάτων. Όταν τελικά προκύψει παρεμβολή, το σύστημα ξαναστέλνει το ίδιο πακέτο μέχρι ο δέκτης να λάβει ένα καθαρό αντίγραφο και να στείλει επιβεβαίωση στο σταθμό εκπομπής.

Για τις υπηρεσίες ασύρματων δεδομένων, η μη-αδειοδοτημένη ζώνη των 2.4 GHz είναι χωρισμένη σε 75 υποκανάλια, κάθε ένα από τα οποία έχει πλάτος 1 MHz. Επειδή κάθε άλμα συχνότητας προσθέτει επιπλέον στη ροή δεδομένων οι αναμεταδόσεις FHSS είναι σχετικά αργές.

5.2.2. Μεταφορά Δεδομένων και τρόποι σύνδεσης

Έχουμε λοιπόν πομπούς και δέκτες που λειτουργούν όλοι στις ίδιες συχνότητες και χρησιμοποιούν το ίδιο είδος διαμόρφωσης (διαμόρφωση είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται για να προστεθεί σε ένα ραδιοκύμα κάποιο είδος περιεχομένου όπως φωνή, ψηφιακά δεδομένα). Σο επόμενο βήμα είναι να στείλουμε κάποια δεδομένα μέσω αυτών των συσκευών.

Για να γίνουν κατανοητά τα επόμενα πρέπει πρώτα να αναφερθούμε στην γενική δομή δεδομένων στους υπολογιστές και του τρόπους μεταγωγής δεδομένων των δικτύων.

Τα Bit και τα byte

Η μονάδα επεξεργασίας ενός υπολογιστή μπορεί να αναγνωρίσει μόνο δύο καταστάσεις πληροφορίας : είτε υπάρχει ένα σήμα στην είσοδο του επεξεργαστή, είτε δεν υπάρχει. Αυτές οι καταστάσεις περιγράφονται ως 0 και 1 αντίστοιχα, ή ως on και off. Κάθε κατάσταση 0 ή 1 είναι ένα bit.

Μεμονωμένα bits δεν είναι ιδιαίτερα χρήσιμα, όμως όταν συνδυάζονται 8 μαζί (σχηματίζοντας 1 byte) μπορούμε να έχουμε 256 διαφορετικούς συνδυασμούς. Αυτοί είναι αρκετοί για να συσχετίσουμε διαφορετικές αλληλουχίες bit σε κάθε γράμμα του αλφαβήτου (και στα κεφαλαία και στα μικρά γράμματα), στους αριθμούς από το 0 έως το 9, στα κενά μεταξύ λέξεων και σε άλλα σύμβολα όπως τα σημεία στίξης και γράμματα από άλλες αλφαβήτους. Ένας σύγχρονος υπολογιστής αναγνωρίζει και μπορεί να επεξεργαστεί πολλά bytes την ίδια χρονική στιγμή. Όταν η επεξεργασία έχει ολοκληρωθεί, ο υπολογιστής χρησιμοποιεί των ίδιο κώδικα bit με την έξοδό του. Η έξοδος μπορεί να είναι συνδεδεμένη σε έναν εκτυπωτή, μια οθόνη ή ένα κανάλι επικοινωνίας δεδομένων. Επίσης μπορεί να είναι κάτι τελείως διαφορετικό όπως μία ακολουθία φώτων που αναβοσβήνουν.

Οι είσοδοι και έξοδοι που μας ενδιαφέρουν εδώ είναι αυτές που σχηματίζουν ένα κύκλωμα επικοινωνίας. Όπως ο επεξεργαστής του υπολογιστή, ένα κανάλι δεδομένων μπορεί να αναγνωρίσει μόνο ένα bit την φορά. Είτε υπάρχει σήμα στην γραμμή είτε όχι.

Σε μικρές αποστάσεις είναι δυνατόν να στείλουμε δεδομένα μέσω καλωδίου που μεταφέρει 8 (ή και πολλαπλάσια του 8) σήματα παράλληλα μέσω ξεχωριστών συρμάτων. Προφανώς, μια παράλληλη σύνδεση μπορεί να είναι 8 φορές γρηγορότερη από το αν στέλνουμε ένα bit μέσω ενός σύρματος. Όταν στέλνουμε δεδομένα σε μεγάλες αποστάσεις όμως το επιπρόσθετο κόστος μπορεί να είναι απαγορευτικό. Και όταν χρησιμοποιούμε υπάρχοντα κυκλώματα όπως τηλεφωνικές γραμμές δεν έχουμε επιλογή. Πρέπει να βρούμε έναν τρόπο να στείλουμε και τα 8 bits μέσω του ίδιου σύρματος (ή άλλο μέσο).

Η λύση είναι να στείλουμε 1 bit την φορά, με μερικά επιπρόσθετα bits και παύσεις που σηματοδοτούν την αρχή του κάθε νέου bit. Αυτό είναι ένα σειριακό κανάλι επικοινωνίας, γιατί στέλνουμε bits το ένα μετά το άλλο. □ αυτό το στάδιο, δεν έχει σημασία ποιο μέσο χρησιμοποιούμε για να στείλουμε αυτά τα bits (μπορεί να είναι ηλεκτρικά σήματα σε σύρμα, δύο διαφορετικοί ηχητικοί τόνοι, αλληλουχία φώτων που αναβοσβήνουν κ.α.) αλλά πρέπει να έχουμε τρόπο να μετατρέπουμε την έξοδο του υπολογιστή στο σήμα που χρησιμοποιεί το μέσο για την μεταφορά και στο τέλος να τα μετατρέπουμε ξανά στην αρχική μορφή.

Έλεγχος λαθών

Σε ένα τέλειο κύκλωμα μετάδοσης, το σήμα που εισέρχεται από τη μία πλευρά θα είναι πανομοιότυπο με αυτό που εξέρχεται από την άλλη. Αλλά στην πράξη, υπάρχει σχεδόν πάντα κάποιος θόρυβος που μπορεί να παρεμβληθεί στο αρχικό σήμα. Ως θόρυβος ορίζεται οτιδήποτε που προστίθεται στο αρχικό σήμα. Μπορεί να προκληθεί από έναν κεραυνό, παρεμβολή άλλο κανάλι επικοινωνίας, σκόνη ή άλλου είδους ανεπιθύμητο υλικό πάνω σε κάποιον ηλεκτρικό σύνδεσμο του κυκλώματος. Ώποια και να είναι η πηγή, θόρυβος στο κανάλι μπορεί να διακόψει την ροή των δεδομένων. Σε ένα σύγχρονο επικοινωνιακό σύστημα τα bits ρέουν μέσα απ' το κύκλωμα με τεράστια ταχύτητα (εκατομμύρια κάθε δευτερόλεπτο) οπότε θόρυβος για έστω ένα κλάσμα του δευτερολέπτου μπορεί να εξαλείψει αρκετά bits ώστε τα δεδομένα μας να γίνουν ακατανόητα.

Γι' αυτό, πρέπει να συμπεριλάβουμε στη ροή των δεδομένων μια διαδικασία που λέγεται *έλεγχος λαθών*. Ο έλεγχος λαθών επιτυγχάνεται προσθέτοντας κάποιο είδος δεδομένης πληροφορίας που λέγεται *checksum* σε κάθε byte. Αν η λαμβάνουσα συσκευή ανακαλύψει ότι το *checksum* δεν είναι το αναμενόμενο, ζητάει το ίδιο byte ξανά από τον πομπό.

Αναγνώριση

Φυσικά, ένας υπολογιστής που στέλνει ένα μήνυμα ή μία ροή δεδομένων δεν μπορεί απλά να αρχίσει να στέλνει bytes. Πρώτα πρέπει να ειδοποιήσει την συσκευή που θα παίξει τον ρόλο του δέκτη ότι είναι έτοιμος να στείλει και να σιγουρευτεί ότι είναι έτοιμη να δεχτεί δεδομένα. Για να επιτευχθεί αυτό μια σειρά από αιτήσεις και απαντήσεις αναγνώρισης πρέπει να υπάρχουν γύρω από τα δεδομένα.

Η διαδικασία μοιάζει με την ακόλουθη :

Πομπός: Αίτημα αποστολής στον δέκτη.

Δέκτης: Απάντηση του δέκτη ότι είναι έτοιμος να δεχτεί δεδομένα.

Πομπός: Εκκίνηση αποστολής δεδομένων.

Πομπός: Δεδομένα...

Πομπός: Πληροφορία ότι τελείωσε η αποστολή δεδομένων

Δέκτης: Έλεγχος checksum και αποστολή πληροφορίας στον δέκτη ότι κάποια byte έχουν καταστραφεί.

Πομπός: Επαναποστολή των bytes.

Πομπός: Ερώτηση αν ελήφθησαν τα δεδομένα.

Δέκτης: Απάντηση πως τα δεδομένα έχουν φτάσει σωστά.

Εύρεση του προορισμού

Η επικοινωνία μέσω ενός άμεσου φυσικού συνδέσμου μεταξύ της πηγής και του προορισμού δεν χρειάζεται να περιλαμβάνει κανένα είδος διεύθυνσης ως μέρος του μηνύματος. Ίσως χρειαστεί αρχικά να δημιουργηθεί η σύνδεση κάνοντας π.χ. ένα τηλεφώνημα ή βάζοντας καλώδια σε θέσεις ενός πίνακα, αλλά αφού δημιουργηθεί η σύνδεση παραμένει ως έχει μέχρι να δώσουμε εντολή στο σύστημα να την διακόψει. Αυτό το είδος σύνδεσης είναι πολύ καλό για φωνή και απλούς συνδέσμους δεδομένων, αλλά όχι τόσο αποτελεσματικό για ψηφιακά δεδομένα σε ένα περίπλοκο δίκτυο που εξυπηρετεί πολλές πηγές και προορισμούς γιατί απασχολεί το κύκλωμα συνεχώς, ακόμα και όταν δεν υπάρχουν δεδομένα στο κανάλι.

Η εναλλακτική λύση είναι να στείλουμε το μήνυμα σε ένα κέντρο μεταγωγής που θα το κρατήσει μέχρι ένας σύνδεσμος με τον προορισμό να ελευθερωθεί. Αυτό είναι γνωστό ως σύστημα αποθήκευσης και προώθησης. Αν το δίκτυο έχει σχεδιαστεί σωστά για το είδος δεδομένων και την κινητικότητα στο σύστημα ο χρόνος αναμονής θα είναι ασήμαντος. Αν το δίκτυο επικοινωνιών καλύπτει μεγάλη περιοχή, μπορεί το μήνυμα να προωθηθεί σε ένα ή περισσότερα κέντρα μεταγωγής πριν φτάσει στον τελικό προορισμό. Σο μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι πολλά μηνύματα μπορούν να μοιραστούν τα ίδια κυκλώματα.

Για να γίνει το δίκτυο ακόμα πιο αποτελεσματικό, μπορούμε να χωρίσουμε τα μηνύματα που είναι μεγαλύτερα από ένα βασικό όριο σε κομμάτια που ονομάζουμε πακέτα. Πακέτα από διαφορετικά μηνύματα μπορούν να ταξιδεύουν μαζί στο ίδιο κύκλωμα, καθώς κινούνται μεταξύ κέντρων αλλαγής, και να ανασυντάσσονται στο αρχικό μήνυμα όταν φτάσουν το καθένα στον προορισμό του. Κάθε πακέτο δεδομένων πρέπει να περιλαμβάνει ένα σύνολο πληροφοριών : Την διεύθυνση προορισμού του πακέτου ,την σειρά του σε σχέση με τα άλλα πακέτα του αρχικού μηνύματος κ.ο.κ. Κάποιες από αυτές τις πληροφορίες λένε στο κέντρο αλλαγής που πρέπει να σταλεί το μήνυμα και άλλες στην συσκευή-δέκτη πως να ανακατασκευάσει το μήνυμα από τα πακέτα.

Σο ίδιο μοτίβο επαναλαμβάνεται κάθε φορά που προσθέτουμε μια λειτουργία σε ένα σύστημα επικοινωνιών. Κάθε λειτουργία μπορεί να προσθέσει πληροφορίες στο αρχικό μήνυμα και να τις αφαιρέσει αφού έχει κάνει αυτό που του ζητήθηκε από τις επιπρόσθετες πληροφορίες. Μέχρι ένα μήνυμα να ταξιδέψει από έναν υπολογιστή που βρίσκεται σε ασύρματο δίκτυο, μέσω ενός LAN και μία πύλη δικτύου σε έναν απομακρυσμένο υπολογιστή συνδεδεμένο σε ένα άλλο LAN, πολλές επιπρόσθετες πληροφορίες μπορεί να προστεθούν και να αφαιρεθούν, πριν ο παραλήπτης λάβει το αρχικό μήνυμα. Ένα πακέτο δεδομένων που περιέχει πληροφορίες διεύθυνσης και ελέγχου πριν τα bits που περιέχουν το

μήνυμα, ακολουθούμενο από μια αλληλουχία ελέγχου λαθών, λέγεται frame. Και τα ασύρματα και τα ενσύρματα δίκτυα χωρίζουν τη ροή δεδομένων σε frames που περιέχουν διάφορες μορφές πληροφοριών χειραψίας μαζί με τα αρχικά δεδομένα.

Στο λογισμικό δικτύου προσθέτει και αφαιρεί αυτόματα όλες τις διευθύνσεις, checksums και άλλες πληροφορίες ώστε ο παραλήπτης να βλέπει τελικά μόνο το μήνυμα. Ώμος κάθε τι που προστίθεται στα αρχικά δεδομένα αυξάνει το μέγεθος του πακέτου και συνεπώς και τον χρόνο που απαιτείται για την αποστολή μέσω του δικτύου. Οπότε αν η ονομαστική ταχύτητα ενός δικτύου είναι 11 Mbps, στην πραγματικότητα η ποσότητα "χρήσιμων" δεδομένων που μεταφέρονται μπορεί να είναι μόνο 6 ή 7 Mbps.

Συσκευές δικτύου

Όταν καθορίσουμε τους συνδέσμους και το είδος των δεδομένων, το επόμενο βήμα είναι να στήσουμε μια δομή δικτύου. Πως χρησιμοποιούν οι υπολογιστές τους πομπούς, τους δέκτες και την μορφή δεδομένων για να ανταλλάξουν δεδομένα;

Σα δίκτυα 802.11b περιλαμβάνουν δύο κατηγορίες πομποδεκτών : τους σταθμούς και τα σημεία πρόσβασης. „Ένας σταθμός είναι ένας υπολογιστής, ή μια άλλη συσκευή όπως ένας εκτυπωτής, συνδεδεμένος σε ένα ασύρματο δίκτυο μέσω ενός εσωτερικού ή εξωτερικού αντάπτορα διασύνδεσης δικτύου. Σημείο πρόσβασης είναι ο σταθμός βάσης για ένα ασύρματο δίκτυο και μια γέφυρα μεταξύ του ασύρματου δικτύου και ενός παραδοσιακού ενσύρματου δικτύου.

Network Adapters

- Οι αντάπτορες δικτύου για σταθμούς μπορούν να έχουν πολλές μορφές:
- Κάρτες που μπαίνουν σε socket PCMCIA στα περισσότερα Laptop. Λόγω της εσωτερικής θωράκισης συνήθως η κεραία των περισσότερων ασύρματων καρτών εξέρχει περίπου 3 εκατοστά από το άνοιγμα της υποδοχής της κάρτας.
- Εσωτερικοί αντάπτορες δικτύου πάνω σε PCI κάρτα για επιτραπέζιους υπολογιστές
- Εξωτερικοί αντάπτορες USB
- Εσωτερικοί ασύρματοι αντάπτορες που είναι ενσωματωμένοι σε laptops. Η κεραίες τους είναι συνήθως κρυμμένες μέσα στην οθόνη
- Άλλες μορφές που έχουν φτιαχτεί για PDAs και άλλες συσκευές

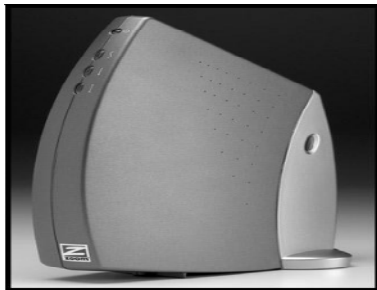


Εικόνα : Εσωτερικός αντάπτορας δικτύου

Σημεία πρόσβασης

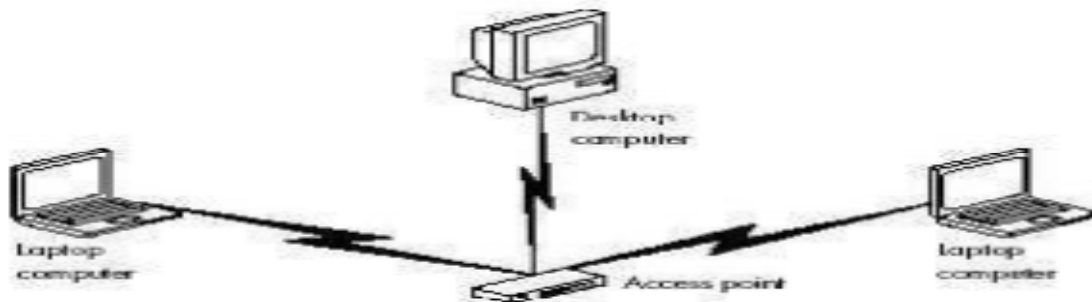
Σα σημεία πρόσβασης συχνά συνδυάζονται με άλλες λειτουργίες δικτύου. Είναι πολύ πιθανό να βρεθεί ένα σημείο πρόσβασης που „μπαίνει“ σε ένα ενσύρματο LAN μέσω ενός καλωδίου δεδομένων, αλλά υπάρχουν πολλές άλλες επιλογές. Συχνές επιλογές είναι οι ακόλουθες :

- Απλοί σταθμοί βάσης με γέφυρα για μία Ethernet θύρα σύνδεσης σε LAN
- Σταθμοί βάσης που έχουν διακόπτη, hub, ή router με μια ή περισσότερες θύρες Ethernet μαζί με το ασύρματο σημείο πρόσβασης.
- Ευρυζωνικά routers που παρέχουν γέφυρα μεταξύ του καλωδιακού modem ή θύρα DSL και του ασύρματου σημείου πρόσβασης.
- Σημεία πρόσβασης μέσω λογισμικού που χρησιμοποιούν έναν από τους ασύρματους διασύνδεσης δικτύου ως σταθμό βάσης.



Καθαρό WLAN

Όταν όλα τα τερματικά ενός LAN ανταλλάσσουν δεδομένα ασύρματα, το σημείο πρόσβασης δρα ως ένα hub που παρέχει το κεντρικό σημείο ελέγχου για το δίκτυο. Στο σημείο πρόσβασης δεν παρέχει πρόσβαση πουθενά αλλού εκτός από άλλα ασύρματα τερματικά.



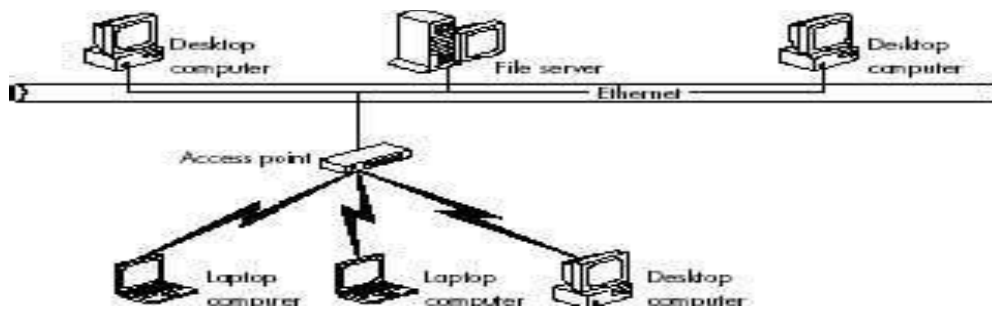
Εικόνα : Καθαρό WLAN

Αυτός ο τύπος απλού ασύρματου δικτύου είναι πιθανός, αλλά δεν υπάρχει ιδιαίτερος λόγος να χρησιμοποιήσουμε σημείο πρόσβασης σε ένα καθαρό WLAN. Μπορούμε να πετύχουμε το ίδιο πράγμα με ένα ασύρματο δίκτυο ad hoc που δημιουργεί άμεσους συνδέσμους σημείου-σημείου χωρίς την ανάγκη ενός κεντρικού hub. Μάλλον η μόνη περίπτωση που έχει νόημα ένα καθαρό ασύρματο δίκτυο υποδομής με σημείο πρόσβασης είναι αν ξεκινήσουμε με ασύρματους συνδέσμους και στη συνέχεια επεκτείνουμε το δίκτυο ώστε να περιλαμβάνει

ενσύρματη σύνδεση με έναν διακομιστή αρχείων, μια κοινόχρηστη διαδικτυακή σύνδεση ή περισσότερους υπολογιστές.

Ασύρματη πρόσβαση σε ενσύρματο LAN

Κάθε σημείο πρόσβασης μπορεί να λειτουργήσει σαν σταθμός βάσης, προσθέτοντας ασύρματους συνδέσμους σε ένα υπάρχον ενσύρματο LAN όπως φαίνεται στην εικόνα 13. Στο σημείο πρόσβασης παρουσιάζει την ίδια εικόνα στο υπόλοιπο δίκτυο όπως ένας διακόπτης που συνδέει ενσύρματα τερματικά στο δίκτυο.



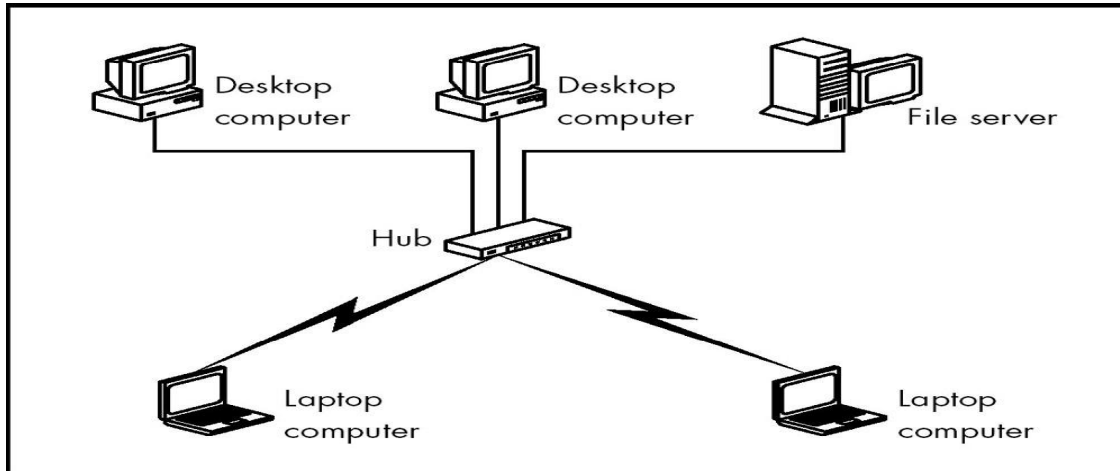
Εικόνα: Ασύρματο σημείο πρόσβασης συνδεδεμένο σε ενσύρματο δίκτυο Ethernet

Σε αυτό το είδος υβριδικού ασύρματου-ενσύρματου LAN, κάθε συσκευή στο δίκτυο μπορεί να ανταλλάξει δεδομένα με κάθε άλλο τερματικό του δικτύου, άσχετα με το πώς αυτό είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο.

Ένα σημείο πρόσβασης που δρα σαν γέφυρα μεταξύ του ενσύρματου και ασύρματου τομέα του δικτύου συνήθως έχει μια μονή 10 Mbps ή 100 Mbps RJ-45 θύρα για σύνδεση καλωδίου στο ενσύρματο LAN. Υπάρχει συχνά μια επιπρόσθετη σειριακή θύρα για ένα απομακρυσμένο τερματικό που ο διαχειριστής του δικτύου μπορεί να χρησιμοποιήσει για να εισάγει εντολές παραμετροποίησης και να δεχτεί πληροφορίες κατάστασης.

Συνδυάζοντας το σημείο πρόσβασης με ενσύρματο hub

Σε ένα νέο LAN που περιλαμβάνει και ενσύρματες συνδέσεις και ασύρματους συνδέσμους, η καλύτερη προσέγγιση μπορεί να είναι μια συσκευή που συνδυάζει τις λειτουργίες ενός ασύρματου σημείου πρόσβασης με αυτές ενός ενσύρματου hub ή διακόπτη όπως φαίνεται στην εικόνα 14. Αυτό το είδος σημείου πρόσβασης περιγράφεται και ως ευρυζωνικό router.



Εικόνα: Ασύρματο σημείο πρόσβασης με hub

Ένα ευρυζωνικό router έχει τυπικά τρία είδη συνδέσεων δικτύου :

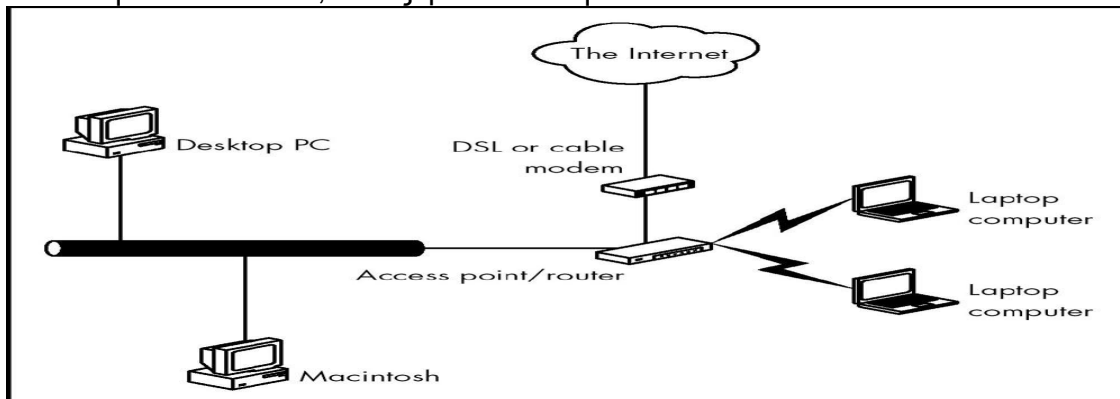
- Συνδέσμους με υπολογιστές εξοπλισμένους με ασύρματους αντάπτορες Ethernet
- Μία ή περισσότερες θύρες για ενσύρματους συνδέσμους με υπολογιστές με κάρτες διασύνδεσης δικτύου
- Μία ευρυζωνική θύρα WAN για σύνδεση του router στο δίκτυο ή για να συνδέσει στο router επιπλέον hubs ή διακόπτες.

Μερικά routers επίσης περιλαμβάνουν διακομιστή εκτύπωσης που μπορεί να μετακινήσει έγγραφα κατ' ευθείαν σε έναν εκτυπωτή δικτύου.

Σα βασικά πλεονεκτήματα συνδυασμένου σημείου πρόσβασης και hub είναι ευκολία και οικονομία σε ένα οικιακό γραφείο ή μικρή επιχείρηση όπου είναι εύκολο να συνδεθούν με καλώδια μερικοί δικτυακοί υπολογιστές. Μπορεί επίσης να είναι και ο γρηγορότερος τρόπος επέκτασης ενός υπάρχοντος δικτύου σε ασύρματα και ασύρματα τερματικά σε απομακρυσμένη τοποθεσία.

Ευρυζωνικές πύλες

Μια ευρυζωνική πύλη είναι ένα σημείο πρόσβασης που περιλαμβάνει θύρα για άπ' ευθείας σύνδεση σε DSL ή καλωδιακό modem που παρέχει γρήγορη σύνδεση στο διαδίκτυο, όπως φαίνεται στην εικόνα.



Εικόνα : Σημείο πρόσβασης συνδυασμένο με ευρυζωνική πύλη

6

Γενικά Χαρακτηριστικά Δικτύου GSM

6.1 Σταθμοί στην ιστορία των κινητών και προσωπικών επικοινωνιών

Οι σημαντικότεροι σταθμοί στην ιστορία των κινητών και προσωπικών επικοινωνιών, μέχρι την ανάπτυξη των συστημάτων 2^{ης} γενιάς (GSM) είναι οι ακόλουθοι:

1982: Σκανδιναβικές χώρες προτείνουν μέσω του European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT), την ύπαρξη μιας κοινής ευρωπαϊκής υπηρεσίας. Δεσμεύονται οι ραδιοζώνες 890-915 MHz και 935-960 MHz ώστε να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά από κυψελωτά συστήματα.

1985: Αποφασίζεται η προσφερόμενη υπηρεσία να στηρίζεται σε ψηφιακό και όχι σε αναλογικό σύστημα.

1986: Πραγματοποιούνται διάφορες μετρήσεις ειδικά στο Παρίσι.

1987: Γίνεται αποδεκτή η λύση της τεχνικής TDMA (Narrow-band Time Division Multiple Access).

1988: Καθορίζονται οι προδιαγραφές για το σύστημα GSM. Συμμετέχουν πάνω από 18 χώρες, υπογράφοντας το memorandum of understanding (MoU).

1989: Το GSM μετέχει στον οργανισμό ETSI (European Telecommunications Standard Institute).

1990: Αναπτύσσεται και το σύστημα DCS 1800 στα πρότυπα και τις προδιαγραφές του GSM 900.

Από το 1990 και μετά η ανάπτυξη των κυψελωτών συστημάτων σε όλο τον κόσμο είναι αλματώδης με εκατομμύρια συνδρομητές.

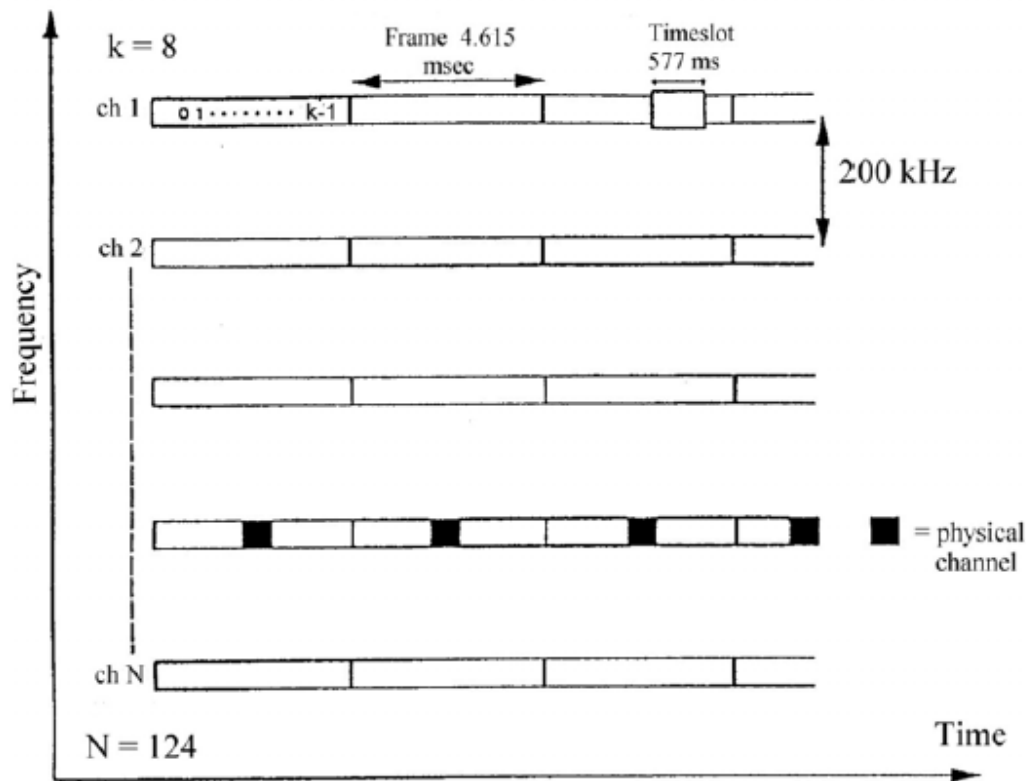
6.2. Εισαγωγή

Το GSM χρησιμοποιεί Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση Χρόνου (TDMA) και Διαίρεση Συχνότητας (FDMA). Έτσι, μπορούν να λαμβάνουν χώρα την ίδια χρονική στιγμή και στην ίδια συχνότητα πολλές συνδιαλλαγές χρησιμοποιώντας διαφορετικές χρονικές σχισμές (timeslots), όπως φαίνεται στο Σχήμα 2-1. Ένα πλαίσιο (frame) έχει διάρκεια 4.615ms και αποτελείται από οκτώ τέτοιες χρονοσχισμές με διάρκεια 577ms η καθεμία. Οι συχνότητες εκπομπής και λήψης είναι διαφορετικές με αποτέλεσμα οι μεταδόσεις της άνω ζεύξης (κινητό προς σταθμό βάσης) και της κάτω ζεύξης (σταθμός βάσης προς κινητό) να είναι ταυτόχρονες.

Το εύρος ζώνης του GSM είναι 25 MHz και παρέχει 125 φέρουσες, με εύρος ζώνης 200 kHz η κάθε μία. Βέβαια, λόγω φαινομένων παρεμβολής από άλλα συστήματα, η πρώτη φέρουσα δεν χρησιμοποιείται συνήθως οπότε ο αριθμός των καναλιών μειώνεται σε 124. Με δεδομένο ότι αντιστοιχούν 8 χρήστες ανά κανάλι, μπορούν να υπάρξουν περίπου 1000 πραγματικά κανάλια για ομιλία ή δεδομένα. Η χωρητικότητα αυτή μπορεί να διπλασιαστεί αν πέσει στο μισό ο ρυθμός κωδικοποίησης φωνής.

Η περιοχή συχνοτήτων για την άνω ζεύξη είναι από 890 MHz έως 915 MHz (με τις φέρουσες να βρίσκονται σε συχνότητες 890.2, 890.4, ...), ενώ για

την κάτω ζεύξη είναι από 935 MHz έως 960 MHz (με φέρουσες αντίστοιχα τις συχνότητες 935.2, 935.4, ...). Δηλαδή, το εύρος διαχωρισμού εκπομπής και λήψης είναι 45 MHz.



Σχήμα: Σύστημα TDMA / FDMA

Η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται στο GSM είναι η GMSK (Gaussian Minimum shift Keying). Ο τύπος αυτός διαμόρφωσης θεωρείται ανθεκτικός σε παρεμβολές γειτονικού καναλιού, ενώ παράλληλα εξασφαλίζει ότι το μέγιστο ποσοστό της ακτινοβολούμενης ισχύος συγκεντρώνεται πλησίον της κεντρικής συχνότητας χωρίς να διασπείρεται σε μεγάλο εύρος. Ο ρυθμός εκπομπής είναι 270.833 Kbps και μοιράζεται ισοδύναμα ανάμεσα στους 8 χρήστες, οπότε αντιστοιχεί ρυθμός 33.85 Kbps στον καθένα. Για τη διόρθωση σφαλμάτων χρησιμοποιείται συνελκτική κωδικοποίηση με ρυθμό 13 Kbps ή 6.5 Kbps.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που εμφανίζεται στο GSM είναι η διασυμβολική παρεμβολή, η οποία αντιμετωπίζεται με έναν ισοσταθμιστή Viterbi. Η παρεμβολή λόγω πολλαπλών διαδρομών αντιμετωπίζεται με διαφορική λήψη η οποία ανάλογα με το περιβάλλον μπορεί να περιορίσει σε μεγάλο βαθμό τις διαλείψεις. Σε μερικά περιβάλλοντα, όπως για παράδειγμα στις πόλεις, τα 200 KHz του εύρους ζώνης δεν αρκούν πλέον για την επίλυση του θέματος των πολλαπλών διαδρομών, οπότε και τα αργά κινούμενα τερματικά αντιμετωπίζουν μεγάλης

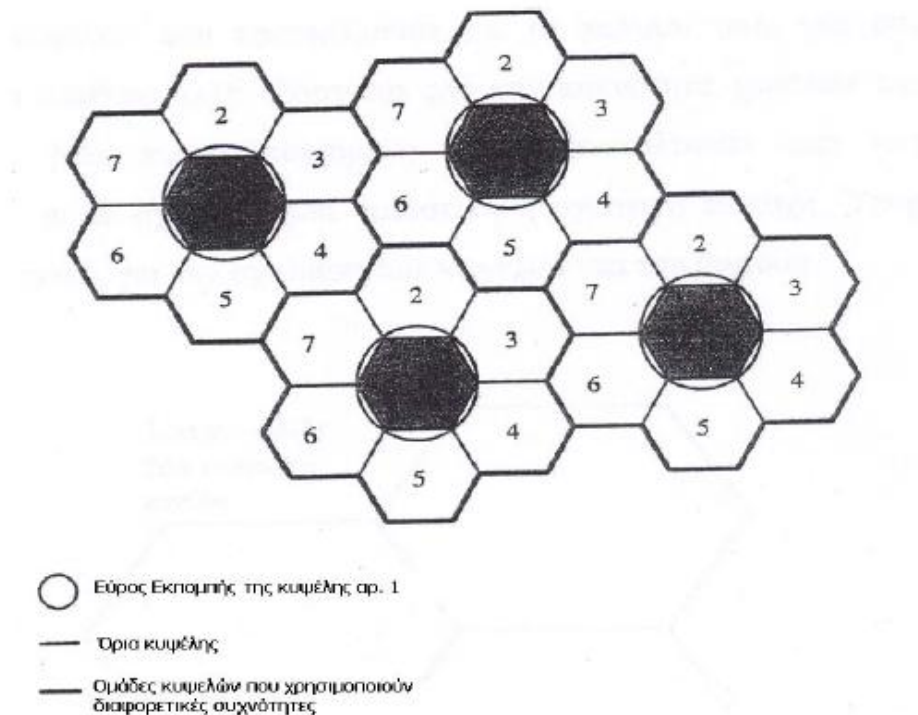
διάρκειας ριπές σφαλμάτων. Η κατάσταση αυτή μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά μεταπηδώντας συχνότητα από σχισμή σε σχισμή (frequency hopping).

Τέλος, όσον αφορά τη μετάδοση, ο σταθμός βάσης κατευθύνει το κινητό να χρησιμοποιήσει την ελάχιστη ισχύ που είναι απαραίτητη για μια αξιόπιστη μετάδοση. Τόσο ο κινητός σταθμός όσο και ο σταθμός βάσης χρησιμοποιούν “Ασυνεχή Μετάδοση” προκειμένου το μεν κινητό να διαφυλάξει τη μπαταρία του, ο δε σταθμός βάσης να μειώσει τη ομοδιαυλική παρεμβολή.

6.3. Κυψελωτή Δομή

Στο ξεκίνημα των κινητών τηλεπικοινωνιών η όλη δομή του συστήματος στηριζόταν στην έννοια της περιοχής κάλυψης, η οποία ονομάστηκε κυψέλη. Κάθε κυψέλη κάλυπτε μια μεγάλη περιοχή με τη χρήση λίγων μόνο συχνοτήτων και την χρήση σταθμών βάσης τόσο ισχυρών, ώστε να μην μπορεί να γίνει επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων για εκατοντάδες χιλιόμετρα. Το σημαντικό μειονέκτημα σε αυτή τη φάση ήταν φυσικά η χωρητικότητα του συστήματος, αφού ένα κανάλι ήταν κατειλημμένο για όλη την περιοχή κάλυψης όσο διαρκούσε μια συνομιλία. Η απαίτηση για χωρητικότητα γινόταν με τον καιρό μεγαλύτερη και ήταν πλέον φανερό ότι έπρεπε να βρεθεί μια άλλη αποτελεσματικότερη μέθοδος διάθεσης φάσματος.

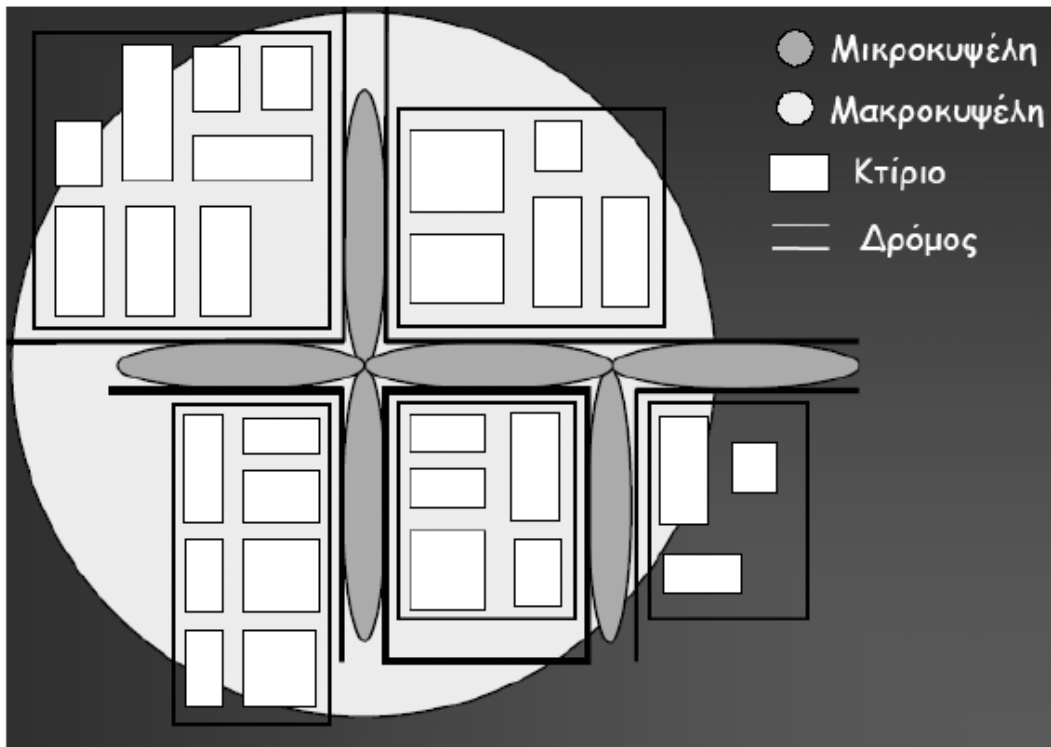
Η βασική ιδέα για τη δημιουργία αποτελεσματικότερης κάλυψης στηρίχθηκε στην αντικατάσταση του ενός πομπού μεγάλης ισχύος (μεγάλη κυψέλη) με πολλούς πομπούς μικρής ισχύος (μικρές κυψέλες), καθένας από τους οποίους παρέχει κάλυψη σε ένα μικρό μόνο γεωγραφικό τμήμα της περιοχής εξυπηρέτησης του συστήματος. Σε κάθε σταθμό βάσης εκχωρείται ένα τμήμα του συνολικού αριθμού καναλιών που είναι διαθέσιμα σε ολόκληρο το σύστημα και σε γειτονικούς σταθμούς βάσης εκχωρούνται διαφορετικά σύνολα καναλιών, έτσι ώστε όλα τα διαθέσιμα κανάλια να ανατίθενται σε έναν σχετικά μικρό αριθμό γειτονικών σταθμών βάσης. Η ανάθεση αυτών των διαφορετικών συνόλων καναλιών σε γειτονικούς σταθμούς βάσης γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε η παρεμβολή μεταξύ των σταθμών βάσης (και κατ' επέκταση και μεταξύ των χρηστών που αυτοί ελέγχουν) να ελαχιστοποιείται. Η ελαχιστοποίηση αυτής της παρεμβολής μεταξύ των γειτονικών σταθμών βάσης επιτυγχάνεται γιατί όταν ένας κινητός σταθμός έχει απομακρυνθεί σε μια αρκετά μεγάλη απόσταση από την αρχική κυψέλη (άρα και από τον σταθμό βάσης που τον εξυπηρετεί), το σήμα που εκπέμπει εξασθενεί πάρα πολύ με συνέπεια το φάσμα ραδιοσυχνοτήτων που του είχε εκχωρηθεί να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από έναν άλλο χρήστη για να μεταδώσει, χωρίς να παρεμβάλλεται στα δεδομένα του πρώτου χρήστη. Έτσι, τα διαθέσιμα κανάλια του συστήματος τα οποία κατανέμονται σε ολόκληρη την γεωγραφική περιοχή που αυτό καλύπτει μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν όσες φορές είναι απαραίτητο, αρκεί η παρεμβολή μεταξύ δύο σταθμών που χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι να διατηρείται σε ανεκτά επίπεδα.



Σχήμα: Κυψελωτή Δομή

Η χρήση λοιπόν της κυψέλης στα κυψελωτά συστήματα επικοινωνίας επιτρέπει τη διαίρεση της αρχικής περιοχής κάλυψης σε μικρότερες περιοχές, ακτίνας μερικών χιλιομέτρων και την τοποθέτηση σταθμών βάσης σε αυτές. Αυτό έχει σαν συνέπεια την αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος, δηλαδή του αριθμού των χρηστών που αυτό μπορεί να εξυπηρετήσει, χωρίς την αύξηση του εύρους ζώνης.

Οι κυψέλες διακρίνονται σε μικροκυψέλες και μακροκυψέλες για την εξυπηρέτηση διαφορετικού είδους κίνησης. Έτσι, για παράδειγμα οι δρόμοι που παρουσιάζουν μεγάλη κίνηση και έχουν γύρω τους ψηλά κτίρια, καλύπτονται με μικροκυψέλες, ώστε να ικανοποιηθεί η αυξημένη ζήτηση σε κανάλια και να υπάρξει επαρκής ραδιοκάλυψη.



Σχήμα: Παράδειγμα χρησιμοποίησης μικροκυψελών και μακροκυψελών

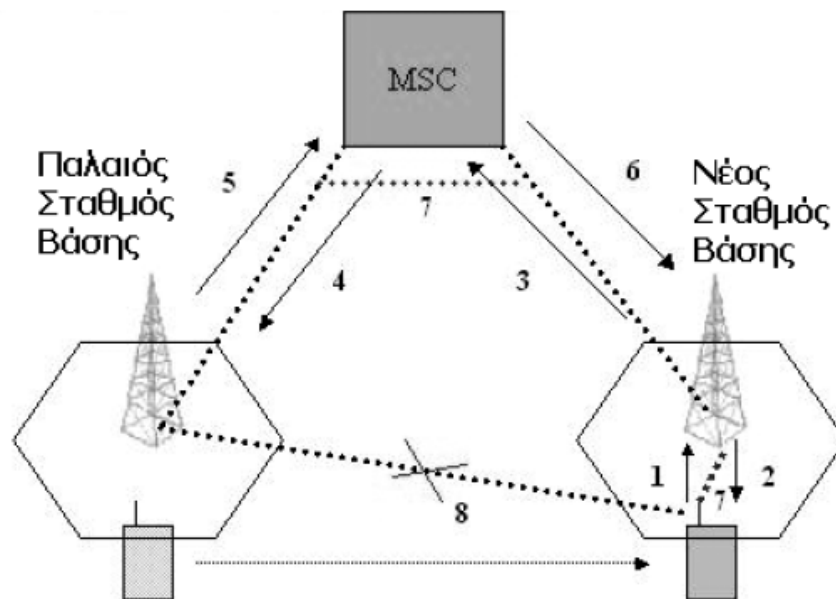
6.4. Μεταπομπή

Καθώς ένας χρήστης κινείται μέσα στην γεωγραφική περιοχή που καλύπτει η κυψέλη που τον εξυπηρετεί, είναι πιθανόν να πλησιάσει στα όρια της κυψέλης. Στο σημείο αυτό, το σήμα που λαμβάνει είναι τόσο αδύναμο ώστε να μην είναι εφικτή η επικοινωνία του με τον σταθμό βάσης της κυψέλης. Πιθανότητα να υπάρχει κάποια άλλη κυψέλη, γειτονική αυτής όπου βρίσκεται ο χρήστης, η οποία ωστόσο χρησιμοποιεί διαφορετική συχνότητα από την αρχική κυψέλη και επομένως δεν γνωρίζει τίποτα για την ύπαρξη του κινητού χρήστη. Για το λόγο αυτό χρειάζεται ένας μηχανισμός ο οποίος θα επιτρέψει στο χρήστη να κινείται από την τρέχουσα κυψέλη στη γειτονική της, ενώ βρίσκεται σε εξέλιξη μια κλήση. Ο μηχανισμός αυτός ονομάζεται μεταπομπή ή διαπομπή (hand-over ή hand-off).

Το κρίσιμο ζήτημα για τον μηχανισμό της μεταπομπής είναι να αποφασίσει η τρέχουσα κυψέλη πότε θα “παραδώσει” τον χρήστη και σε ποια κυψέλη. Πρέπει επίσης να σιγουρευτεί ότι η μετάβαση του χρήστη στη νέα κυψέλη έγινε σωστά και να ανακατευθύνει την κλήση που βρίσκεται σε εξέλιξη σε αυτήν, χωρίς κάτι τέτοιο να γίνει αντιληπτό από τον χρήστη με μια πιθανή διακοπή στο σήμα φωνής. Υπάρχουν διαφορετικά κριτήρια σύμφωνα με τα οποία γίνεται η μεταπομπή για διαφορετικούς τύπους κυψελωτών συστημάτων. Στο GSM

σύστημα επικοινωνίας ο μηχανισμός της μεταπομπής ελέγχεται από το ίδιο το δίκτυο.

Συγκεκριμένα, όταν ένας κινητός σταθμός διατηρεί μια κλήση σε εξέλιξη, εκτός από το να παρακολουθεί το κανάλι που χρησιμοποιείται για την λήψη του σήματος φωνής, παρακολουθεί και τα σήματα εκπομπής των γειτονικών σταθμών βάσης. Μετρώντας διαρκώς την ισχύ αυτών των σημάτων τροφοδοτεί την πληροφορία αυτή πίσω στον σταθμό βάσης της κυψέλης στην οποία βρίσκεται. Επίσης, τροφοδοτεί και την πληροφορία για την ισχύ του σήματος της τρέχουσας κυψέλης. Αν η ισχύς του σήματος στην τρέχουσα κυψέλη γίνει εξαιρετικά ασθενής, το δίκτυο εξετάζει τα σήματα των υπολοίπων κυψελών και επιλέγει εκείνο που έχει μια επιτρεπτή τιμή ισχύος, τέτοια που να μπορεί να διατηρηθεί η κλήση. Στη συνέχεια, στέλνει ένα σήμα στη νέα κυψέλη για να κρατήσει ένα κανάλι για τον χρήστη. Μόλις γίνει η κράτηση και το κανάλι περιμένει την μετάδοση του νέου χρήστη, η τρέχουσα κυψέλη στέλνει ένα μήνυμα στον κινητό σταθμό, προκειμένου να πραγματοποιήσει την αλλαγή. Αφού πραγματοποιήσει την αλλαγή στο νέο κανάλι ο κινητός σταθμός στέλνει ένα μήνυμα στη νέα κυψέλη για να την επιβεβαιώσει. Λαμβάνοντας το μήνυμα αυτό το δίκτυο κλείνει το κανάλι στην παλιά κυψέλη και έτσι το κινητό έχει “παραδοθεί” επιτυχημένα στη νέα κυψέλη.



Σχήμα: Μεταπομπή μεταξύ σταθμών βάσης

1: Αναφορά μέτρησης σήματος, 2: έναρξη μεταπομπής, 3: Μήνυμα αίτησης για μεταπομπή, 4: Αίτηση αποστολής δεδομένων παλαιάς ζεύξης, 5: Ανταπόκριση και αποστολή δεδομένων, 6: Προώθηση δεδομένων, 7: Εγκατάσταση ζεύξης, 8: Διακοπή παλαιάς ζεύξης και απελευθέρωση αντίστοιχων πόρων.

6.5 Οι ραδιοσυχνότητες του GSM

Το GSM είναι ένα σύστημα διαίρεσης συχνότητας και χρόνου. Κάθε φυσικός δίαυλος χαρακτηρίζεται από μια φέρουσα συχνότητα και έναν αριθμό χρονοσχισμών. Οι συχνότητες των συστημάτων GSM περιλαμβάνουν δύο ζώνες, μία στα 900 MHz και μία στα 1800 MHz και συνήθως αναφέρονται ως GSM-900 και DCS-1800, αντίστοιχα.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, για την αρχική ζώνη του συστήματος GSM-900, έχουν καθοριστεί 124 ράδιο – φέρουσες μέσα στο φάσμα συχνοτήτων και έχουν τοποθετηθεί μέσα σε δύο υποζώνες των 25 MHz. Για την άνω ζεύξη η υποζώνη κυμαίνεται στα 890 MHz με 915 MHz ενώ για την κάτω ζεύξη στα 935 MHz με 960 MHz, με πλάτος διαύλου 200 kHz η κάθε μια. Η απόσταση μεταξύ της άνω και της κάτω ζεύξης είναι πάντα 45 MHz ενώ η απόσταση μεταξύ των φερουσών συχνοτήτων είναι 200 KHz. Ο αριθμός των διαύλων είναι $124 \cdot 8 = 992$ και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Κάθε φέρον διαιρείται σε πλαίσια, που το καθένα αποτελείται από 8 χρονοσχισμές (για δίαυλο πλήρους ρυθμού μετάδοσης), με διάρκεια πλαισίου 4,615 msec. Για το DCS-1800 σύστημα, υπάρχουν δύο υποζώνες των 75 MHz στα 1710–1785 MHz και στα 1805–1880 MHz.

6.6 Στόχοι ενός GSM Δικτύου

Ένα GSM δίκτυο δεν μπορεί να εγκαταστήσει τις κλήσεις αυτόνομα εκτός από τις τοπικές κλήσεις μεταξύ των συνδρομητών του. Δηλαδή, κλήσεις που τόσο ο καλών όσο και ο καλούμενος είναι συνδρομητής του οικείου PLMN δικτύου. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το GSM εξαρτάται από τις λειτουργίες των υπάρχοντων ενσύρματων ή σταθερών δικτύων για να δρομολογήσει τις κλήσεις. Τις περισσότερες φορές δηλαδή, η παρεχόμενη υπηρεσία σε έναν συνδρομητή είναι ένας συνδυασμός της πρόσβασης στις υπηρεσίες του οικείου GSM δικτύου και της πρόσβασης στις υπηρεσίες κάποιου ενσύρματου ή σταθερού δικτύου. Κατά συνέπεια, οι γενικοί στόχοι ενός GSM δικτύου, όσον αφορά τις προσφερόμενες υπηρεσίες σε έναν συνδρομητή είναι:

- Να παρέχει στο συνδρομητή ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών και λειτουργιών, τόσο φωνητικών όσο και μη φωνητικών, το οποίο να είναι συμβατό με εκείνες που προσφέρονται από τα υπόλοιπα δίκτυα (παραδείγματος χάριν PSTN και ISDN δίκτυα).
- Να εισαγάγει ένα ράδιο – σύστημα κινητών επικοινωνιών, συμβατό με το ISDN.
- Να παρέχει ορισμένες υπηρεσίες και λειτουργίες αποκλειστικές στις κινητές επικοινωνίες.
- Να δώσει πρόσβαση στο αντίστοιχο δίκτυο GSM για έναν κινητό συνδρομητή που βρίσκεται σε μια άλλη χώρα από αυτή του οικείου δικτύου του.
- Να παρέχει τις λειτουργίες για την αυτόματη περιαγωγή, μεταπομπή, τον εντοπισμό και την ενημέρωση της θέσης των κινητών συνδρομητών.

- Να παρέχει υπηρεσίες σε ένα ευρύ φάσμα κινητών σταθμών, συμπεριλαμβανομένου vehicle-mounted σταθμών, φορητών τερματικών και άλλων.
- Να επιτρέψει την αποδοτική χρήση του φάσματος συχνοτήτων.
- Να επιτρέψει την ύπαρξη χαμηλού κόστους τερματικών και να κρατήσει το κόστος των παρεχόμενων υπηρεσιών χαμηλό.

6.7. Οι Υπηρεσίες του GSM

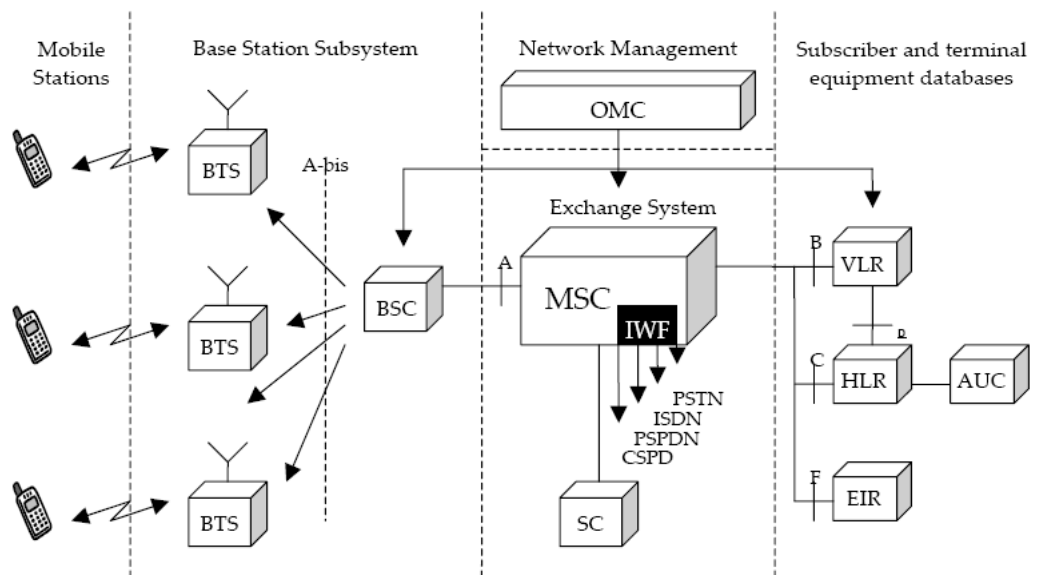
Η τηλεπικοινωνιακή υπηρεσία που υποστηρίζεται από ένα σύστημα GSM ορίζεται ως ένα σύνολο από δυνατότητες επικοινωνίας, τις οποίες ο φορέας παροχής υπηρεσιών προσφέρει στους συνδρομητές. Οι βασικές τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες που παρέχονται από το σύστημα GSM διακρίνονται σε τρεις κύριες ομάδες:

- Υπηρεσίες φορέων (Bearer services)
Αυτές οι υπηρεσίες προσφέρουν στο συνδρομητή την απαιτούμενη χωρητικότητα και το υλικό για να μεταδώσει κατάλληλα σήματα μεταξύ συγκεκριμένων σημείων πρόσβασης (όπως οι διεπαφές μεταξύ χρήστη-δικτύου).
- Τηλε-υπηρεσίες (Teleservices)
Αυτές οι υπηρεσίες παρέχουν στο συνδρομητή τις απαραίτητες λειτουργίες συμπεριλαμβανομένου και του εξοπλισμού του τερματικού, ώστε να είναι ικανή η επικοινωνία με άλλους συνδρομητές.
- Συμπληρωματικές υπηρεσίες (Supplementary services)
Αυτές οι υπηρεσίες τροποποιούν ή συμπληρώνουν βασικές τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες και προσφέρονται μαζί ή σε συνδυασμό με τις βασικές τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες.

Το σύστημα GSM προσφέρει επίσης την ευκαιρία σε έναν συνδρομητή να περιπλανηθεί ελεύθερα ανάμεσα σε χώρες όπου λειτουργεί ένα GSM δίκτυο (περιαγωγή). Απαιτούνται, φυσικά, συμφωνίες μεταξύ των διαφόρων τηλεπικοινωνιακών φορέων ώστε να είναι εγγυημένη η πρόσβαση των συνδρομητών στις υπηρεσίες του δικτύου.

6.8. Αρχιτεκτονική του GSM

Η δομή του συστήματος GSM φαίνεται στο Σχήμα 2-5. Από λειτουργικής πλευράς το πλήρες δίκτυο GSM χωρίζεται σε δύο τμήματα: το τμήμα μεταγωγής (Switching System - SS) και το ραδιοηλεκτρικό τμήμα (Radio System - RS). Το πρώτο περιλαμβάνει το κέντρο MSC, τις βάσεις δεδομένων VLR-HLR, το κέντρο πιστοποίησης AUC, το κέντρο τεκμηρίωσης κινητών σταθμών EIR και τα κέντρα εποπτείας και συντήρησης OMC, ενώ το δεύτερο περιλαμβάνει τους σταθμούς βάσης BSS και τους κινητούς σταθμούς MS .



Σχήμα: Αρχιτεκτονική του GSM

Το κέντρο MSC καλείται να διεκπεραιώσει επιπλέον λειτουργίες σε σχέση μ' ένα αντίστοιχο κέντρο σταθερής τηλεφωνίας. Έτσι, η αντιμετώπιση της κλήσης γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να λαμβάνεται υπόψη ότι ο συνδρομητής είναι κινούμενος και όχι ακίνητος σε γνωστό σημείο. Βασική αποστολή του κέντρου είναι να χειρίζεται τις κλήσεις που εκδηλώνονται ή καταλήγουν στην περιοχή που αυτό καλύπτει. Για το λόγο αυτό είναι συνδεδεμένο με έναν αριθμό σταθμών βάσης με τους οποίους διατηρεί συνεχή επαφή, ενώ από την άλλη πλευρά συνδέεται με τα υπάρχοντα δίκτυα PSTN/ISDN/PSPDN. Έτσι, επιτυγχάνει τη σωστή δρομολόγηση όλων των κλήσεων. Παράλληλα, το MSC διαχειρίζεται τα διαθέσιμα ραδιοηλεκτρικά μέσα κατά τη διάρκεια των κλήσεων, καθορίζοντας τον τύπο ραδιοκαναλιού που χρησιμοποιείται σε κάθε φάση της κλήσης (αν θα είναι δηλαδή κανάλι κίνησης ή ελέγχου), συμμετέχει στην εγγραφή της θέσης του συνδρομητή, διασφαλίζοντας τη μεταφορά των στοιχείων των κινητών σταθμών προς τη βάση δεδομένων VLR και εκτελεί τις λειτουργίες χρέωσης. Υποστηρίζει τη διαδικασία μεταπομπής κυψέλης, μεταφέρει τις παραμέτρους πιστοποίησης μεταξύ του σταθμού βάσης και της βάσης επισκέψεως, παρέχει στους σταθμούς βάσης τους οποίους ελέγχει τον απαραίτητο συγχρονισμό, αναγνωρίζει την περιοδική και αυτόματη διακοπή λειτουργίας του κινητού σταθμού προς εξοικονόμηση

ισχύος (λειτουργία "ασυνεχούς λήψης") και έχει την ευθύνη των διατάξεων καταστολής ηχούς (echo canceller). Τέλος, ερευνά την οικεία βάση δεδομένων HLR του καλούμενου ώστε να εξακριβώσει τον αριθμό περιαγωγής του και μεριμνά για την ασφάλεια της ταυτότητας του συνδρομητή καθώς και για την ασφάλεια των πληροφοριών που μεταδίδει. Η διασφάλιση του απορρήτου της συνδρομητικής ταυτότητας (IMSI) βασίζεται στη χρησιμοποίηση από τον κινητό

σταθμό ενός παροδικού αριθμού (TMSI) που τον ορίζει η βάση δεδομένων VLR. Το κέντρο γνωρίζει την ταυτότητα αυτή και την χρησιμοποιεί σε όλες τις επαφές του με τον κινητό σταθμό για κάποιο χρονικό διάστημα.

Η βάση δεδομένων VLR έχει ως αποστολή την τοπική και παροδική ενταμίευση όλων των μεταβλητών που είναι απαραίτητες για τον χειρισμό των κλήσεων που εξέρχονται ή εισέρχονται στην περιοχή που ελέγχει. Χρησιμεύει, δηλαδή, για την εγγραφή της θέσης των ενεργοποιημένων κινητών σταθμών, για κάποιο χρονικό διάστημα και αυτών που μόλις εισέλθαν στην περιοχή της. Οι πληροφορίες που αποθηκεύει η VLR αντλούνται ή από την οικεία βάση δεδομένων HLR ή από τη βάση δεδομένων VLR στην οποία βρισκόταν προηγουμένως ο συνδρομητής. Τα στοιχεία που απαραίτητως διατηρεί η βάση για κάθε κινητό σταθμό είναι η ταυτότητα του συνδρομητή (IMSI), ο αριθμός ISDN του κινητού (MSISDN), ο αριθμός περιαγωγής του (MSRN) ο οποίος κατανέμεται στο κινητό κάθε φορά που εγγράφεται σε μια καινούρια περιοχή MSC με σκοπό τη δρομολόγηση των εισερχόμενων προς αυτή κλήσεων, η παροδική ταυτότητα του κινητού (TMSI) με τη χρησιμοποίηση της οποίας αποφεύγεται η συχνή εκπομπή της IMSI, η περιοχή εντοπισμού του κινητού σταθμού (Location Area - LA), οι συμπληρωματικές υπηρεσίες που ενδεχομένως έχει ενεργοποιήσει ένας συνδρομητής, η ταυτότητα του τρέχοντος MSC με το οποίο συνεργάζεται η VLR, οι πίνακες αντιστοίχισης IMSI – TMSI για κάθε χρήστη καθώς και τα στοιχεία πιστοποίησης που είναι οι τριπλέτες (triplets) τυχαίου αριθμού, ενυπόγραφης απάντησης και κλειδας κρυπτογράφησης (RAND, SRES, KC). Τις τριπλέτες αυτές η VLR τις αντλεί από την HLR και κάθε φορά που απαιτείται μεταβιβάζει το κλειδί KC στο BSS για την κρυπτογράφηση/αποκρυπτογράφηση των δεδομένων. Τέλος, κατά τη διαγραφή του κινητού σταθμού από μία VLR ενημερώνεται αντίστοιχα και η HLR.

Η οικεία βάση HLR περιέχει όλα τα παραπάνω δεδομένα με τη μόνη διαφορά ότι κάποια από αυτά δεν αλλάζουν καθώς το κινητό τερματικό κινείται από μια περιοχή σε άλλη (π.χ. IMSI, MSISDN). Αποτελεί, δηλαδή, τη βάση αναφοράς για κάθε συνδρομητή. Περιλαμβάνει ακόμα και πληροφορίες σχετικά με τη διακοπή της παροχής κάποιας υπηρεσίας προς ένα συνδρομητή ώστε να καθοδηγείται η βάση δεδομένων VLR αν μια υπηρεσία προς ή από αυτήν επιτρέπεται ή όχι.

Το κέντρο πιστοποίησης AUC έχει ως βασική λειτουργία να παρέχει στην HLR τις τριπλέτες προκειμένου να γίνει η πιστοποίηση των συνδρομητών. Στο AUC φυλάσσονται τα μυστικά κλειδιά Ki. Το κλειδί Ki και η IMSI ορίζονται με την εγγραφή ενός χρήστη και είναι τα δύο στοιχεία που αναγνωρίζουν κατά μοναδικό τρόπο το χρήστη αυτό.

Το κέντρο τεκμηρίωσης EIR εποπτεύει τους κινητούς σταθμούς και μπλοκάρει όσους δεν έχουν το δικαίωμα να εξυπηρετούνται. Τα περιεχόμενα του κέντρου αυτού (λευκές, γκρι και μαύρες λίστες) μπορούν να μεταβάλλονται μέσω εντολών από το OMC. Οι κινητοί σταθμοί που βρίσκονται στις λευκές λίστες είναι αποδεκτοί από το σύστημα και ελεύθεροι να επικοινωνήσουν. Οι ευρισκόμενοι στην γκρι λίστα κινητοί σταθμοί παρακολουθούνται και αυτοί στην μαύρη λίστα είναι φραγμένοι (π.χ. κλεμμένες συσκευές). Στη βάση δεδομένων του κέντρου αυτού είναι εγγεγραμμένες όλες οι ταυτότητες των κινητών συσκευών (IMEI).

Όποτε το MSC/VLR ζητά από τον κινητό σταθμό να εξακριβώσει το IMEI του, τον συγκρίνει με τον αριθμό που λαμβάνει από το EIR.

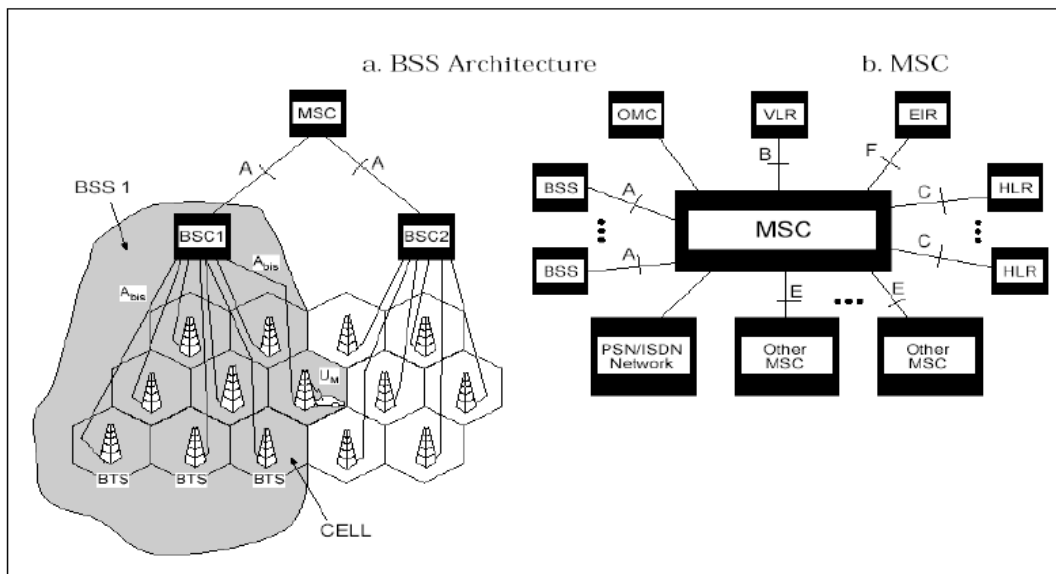
Το κέντρο εποπτείας και συντήρησης O&M επικοινωνεί με διάφορα τμήματα του δικτύου και ουσιαστικά ελέγχει το όλο σύστημα. Λειτουργεί παράλληλα με το κέντρο διαχείρισης NMC το οποίο επίσης εκτελεί λειτουργίες διαχείρισης, παρακολουθεί τους κόμβους ώστε αυτό ή να μην είναι υπερφορτωμένοι ή εκτός λειτουργίας και ενίοτε διεκπεραιώνει αρμοδιότητες του OMC. Η διαφορά τους έγκειται στο ότι το OMC είναι ένα τοπικό εποπτικό κέντρο ενώ το NMC είναι το καθολικό κέντρο διαχείρισης του δικτύου.

Ο σταθμός βάσης BSS είναι η φυσική διάταξη που χρησιμοποιείται για να δώσει ραδιοηλεκτρική κάλυψη σε κάποια περιορισμένη γεωγραφική ζώνη η οποία περιλαμβάνει μία ή περισσότερες κυψέλες. Αποτελείται από μια μονάδα κεντρικού ελέγχου, (BSC) και μία ή περισσότερες ομάδες πομποδοκτών (BTS). Κάθε ομάδα πομποδοκτών εξυπηρετεί μία κυψέλη, ενώ ένα BSC συνδέεται με έναν αριθμό ομάδων BTS και συνήθως ελέγχει μια περιοχή εντοπισμού (LA). Κάθε BTS, επομένως, περιλαμβάνει εξοπλισμό μετάδοσης, τις απαραίτητες δηλαδή διατάξεις εκπομπής και λήψης, τους ζεύκτες και τις κεραίες. Παράλληλα, διαθέτει τα κυκλώματα ώστε τα σήματα να μεταδίδονται κωδικοποιημένα, κρυπτογραφημένα, πολυπλεγμένα και διαμορφωμένα (τα αντίθετα κατά τη λήψη), ενώ είναι υπεύθυνο και για την μεταπήδηση συχνότητας από σχισμή σε σχισμή (frequency hopping), την πραγματοποίηση μετρήσεων της στάθμης ισχύος στα ραδιοκανάλια, το συγχρονισμό ως προς το χρόνο και τη συχνότητα των σημάτων, και τον καθορισμό της χρονικής προπορείας (timing advance) με την οποία πρέπει να μεταδώσει ένας κινητός σταθμός ώστε τα δεδομένα του να φτάσουν στο σωστό χρόνο το παράθυρο λήψης που του αντιστοιχεί στο BTS. Από την άλλη, το BSC εκτελεί λειτουργίες διαχείρισης. Καθορίζει και απελευθερώνει τις συχνότητες και τις χρονοσχισμές για τα τερματικά της περιοχής του, ελέγχει τη μεταπομπή, κάνει ανακατανομή συχνοτήτων στα BTS της δικαιοδοσίας του προκειμένου να εξυπηρετηθούν τοπικά υψηλές απαιτήσεις στις ώρες αιχμής ή σε ειδικές περιπτώσεις και είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση ισχύος των BTS. Παράλληλα, συνδέεται με το μεταγωγικό κέντρο για τη δρομολόγηση της κίνησης προς το υπόλοιπο δίκτυο.

Τέλος, ο κινητός σταθμός MS αποτελείται από τον εξοπλισμό (mobile equipment - ME) και την κάρτα SIM. Στον εξοπλισμό υπάρχει το κατάλληλο υλικό (hardware) ώστε να γίνεται αρχικά η ψηφιοποίηση και η κωδικοποίηση φωνής που οδηγεί σε ρυθμό 13 Kbps. Κατόπιν, με την προσθήκη δυαδικών ψηφίων διόρθωσης λαθών και τη συνελικτική κωδικοποίηση, κάθε "φέτα λόγου" φτάνει να εκπέμπεται με ρυθμό 22.8 Kbps. Σε κάθε χρονοθυρίδα προστίθεται επίσης και μία ακολουθία (training sequence) που χρησιμοποιείται από τον εξισωτή (equalizer) του δέκτη για τη σωστή αναπαραγωγή του σήματος. Τελικά, μετά και από την διαγώνια διεμπλοκή ψηφίων (interleaving), την κρυπτογράφηση και τη διαμόρφωση, το σήμα εκπέμπεται από την κεραία του κινητού με ρυθμό 33.85 Kbps (ή 270.833 Kbps/TS). Τα αντίστροφα βήματα λαμβάνουν χώρα στην περίπτωση εισερχόμενων σημάτων. Ο κινητός σταθμός πραγματοποιεί περιοδική ενημέρωση θέσης ενώ παρακολουθεί και την ισχύ των κυψελών που τον περιβάλλουν για ενδεχόμενη περίπτωση μεταπομπής. Η κάρτα SIM

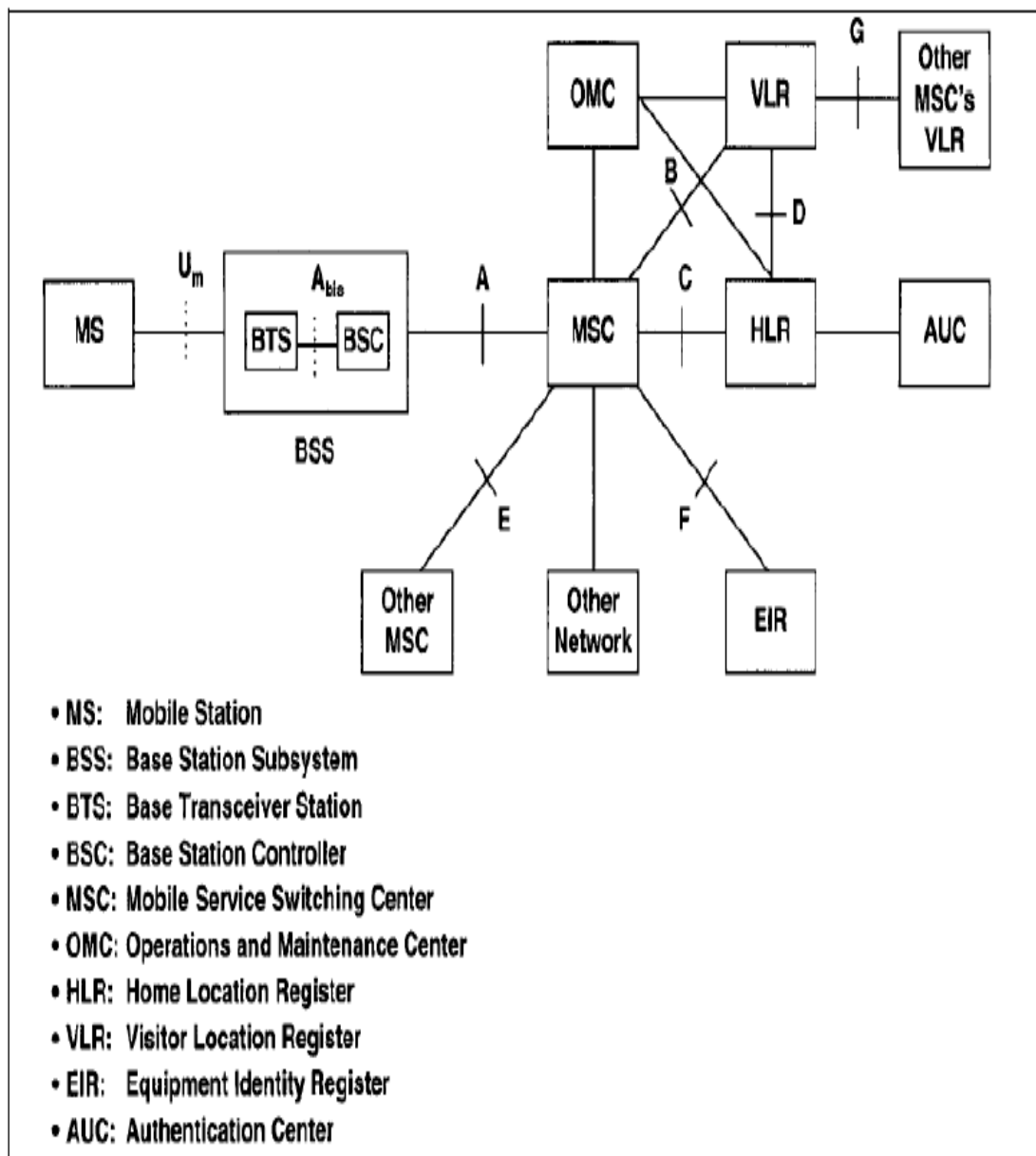
περιλαμβάνει μικροεπεξεργαστή και μνήμη, ενώ έχει και υπολογιστικές δυνατότητες. Σ' αυτήν αποθηκεύονται οι ταυτότητες του κινητού IMSI και TMSI, ο αριθμός MSISDN, το κλειδί K_i , ο αλγόριθμος παραγωγής του κλειδιού κρυπτογράφησης K_c , το ίδιο το κλειδί, ο αλγόριθμος παραγωγής της ενυπόγραφης απάντησης SRES, η ταυτότητα της περιοχής εντοπισμού του σταθμού (LAI) καθώς και ο κωδικός πρόσβασης του χρήστη στην κάρτα (PIN) .

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται ο σταθμός BSS καθώς και το κέντρο MSC και ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται με τις υπόλοιπες οντότητες του δικτύου που παρουσιάστηκαν παραπάνω.



Σχήμα: a. BSS b. MSC

Το επόμενο σχήμα παρουσιάζει τις λειτουργικές οντότητες του GSM και τη λογική διασύνδεσής τους, δηλαδή τον τρόπο επικοινωνίας μεταξύ τους.



Σχήμα: Οι οντότητες του GSM

Η διασύνδεση των διαφορετικών οντοτήτων του δικτύου πραγματοποιείται μέσω των διεπαφών:

- MS ↔ BTS: Επικοινωνούν μέσω της ασύρματης διεπαφής U_m χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο LAPDm (Link Access Protocol on the Dm channel) του συστήματος σηματοδότησης.
- BTS ↔ BSC: Επικοινωνούν μέσω της διεπαφής A_{bis} , και της χρήσης του πρωτοκόλλου LAPD (Link Access Protocol on the D channel).
- BSC ↔ MSC: Επικοινωνούν μέσω της διεπαφής A και τη χρησιμοποίηση υποσυνόλου του πρωτοκόλλου σηματοδότησης CCITT7.

7 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ GSM

Radio planning σε κυψελωτά συστήματα

7.1. Κριτήρια επίδοσης

- **Ποιότητα φωνής**

Η ποιότητα φωνής είναι πολύ δύσκολο να κριθεί χωρίς υποκειμενικά τεστ από τους χρήστες. Στον τεχνικό αυτό τομέα οι μηχανικοί δεν μπορούν να αποφασίσουν πως να χτίσουν ένα σύστημα χωρίς να ξέρουν την ποιότητα φωνής που ικανοποιεί τους χρήστες. Στις στρατιωτικές επικοινωνίες τα πράγματα διαφέρουν: το προσωπικό ενόπλων δυνάμεων πρέπει να χρησιμοποιήσει το δοθέντα εξοπλισμό.

Για οποιοδήποτε εμπορικό σύστημα επικοινωνιών, η ποιότητα φωνής θα βασιστεί στο επόμενο κριτήριο: μια δεδομένη τιμή x στην οποία $y\%$ των πελατών αξιολογούν την ποιότητα φωνής του συστήματος (από τον πομπό στο δέκτη) ως καλή ή άριστη, δηλαδή τους δύο υψηλότερους βαθμούς ποιότητας από τους πέντε που ακολουθούν:

CM5 άριστη (πλήρως κατανοητή ομιλία)

CM4 καλή (εύκολα κατανοητή ομιλία – λίγος θόρυβος)

CM3 αρκετά καλή (ομιλία κατανοητή με μικρή προσπάθεια, συχνές επαναλήψεις απαραίτητες)

CM2 φτωχή (ομιλία κατανοητή μόνο με σημαντική προσπάθεια, πολύ συχνές επαναλήψεις απαραίτητες)

CM1 άχρηστη (μη κατανοητή ομιλία)

Όσο αυξάνεται το ποσοστό των χρηστών που επιλέγουν ποιότητα φωνής CM4 και CM5, αυξάνεται και το κόστος σχεδιασμού του συστήματος.

- **Ποιότητα υπηρεσίας**

Τρία πράγματα χρειάζονται για την ποιότητα επικοινωνίας:

- **Κάλυψη**

Το σύστημα θα πρέπει να εξυπηρετεί μια περιοχή όσο το δυνατόν μεγαλύτερη. Εντούτοις, στη ραδιοκάλυψη εξαιτίας των ανωμαλιών των περιοχών, δεν είναι σκόπιμο να καλυφθεί το 100% της περιοχής για δύο λόγους: α) Η εκπεμπόμενη ισχύς θα έπρεπε να είναι πολύ μεγάλη για να παρέχει αδύναμα σημεία με επαρκή λήψη, το οποίο αποτελεί σημαντικό παράγοντα κόστους. β) Όσο μεγαλύτερη είναι η εκπεμπόμενη ισχύς, τόσο πιο δύσκολο γίνεται να ελεγχθούν οι παρεμβολές.

Συνεπώς, τα κυψελωτά συστήματα συνήθως επιδιώκουν να καλύψουν το 90% μιας επίπεδης περιοχής και το 75% μιας ορεινής περιοχής (με βουνά). Η ποιότητα φωνής και τα κριτήρια κάλυψης θα πρέπει να προσαρμόζονται στις διάφορες καταστάσεις του εδάφους και της ποιότητας των περιοχών. Δηλαδή, για παράδειγμα, σε μια ορεινή περιοχή το 90% των χρηστών πρέπει να αξιολογούν την ποιότητα φωνής ως καλή ή άριστη στο 75% της περιοχής που εξυπηρετείται. Ένας χειριστής του συστήματος μπορεί βέβαια να χαμηλώσει τα παραπάνω ποσοστά για χαμηλή επίδοση και χαμηλό κόστος του συστήματος.

- **Απαιτούμενος βαθμός εξυπηρέτησης**

Για ένα τυπικό σύστημα ο βαθμός εξυπηρέτησης καθορίζεται από μια 2% πιθανότητα εμπόδισης κλήσεων που ξεκινούν σε ώρα αιχμής. Αυτή είναι μια μέση τιμή. Παρ' όλα αυτά, η πιθανότητα αυτή θα είναι διαφορετική σε κάθε κυψέλη. Σε ώρα αιχμής, κοντά σε αυτοκινητόδρομους όπου υπάρχει μεγάλη κίνηση, η πιθανότητα εμπόδισης κλήσεων σε κάποιες περιοχές των κυψελών μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 2%, ιδιαίτερα όταν συμβαίνουν αυτοκινητιστικά δυστυχήματα. Η μείωση της πιθανότητας εμπόδισης επιτυγχάνεται με καλό σχεδιασμό συστήματος και με επαρκή αριθμό ραδιοκαναλιών.

- **Αριθμός κλήσεων που απορρίπτονται**

Αν γίνουν Q κλήσεις σε μία ώρα, αν 1 κλήση απορριφθεί και (Q-1) κλήσεις ολοκληρωθούν, τότε ο ρυθμός απόρριψης κλήσεων είναι 1/Q. Ο ρυθμός απόρριψης πρέπει να διατηρείται χαμηλός. Ένας υψηλός ρυθμός απόρριψης κλήσεων μπορεί να οφείλεται είτε σε προβλήματα κάλυψης είτε σε προβλήματα μεταπομπής σχετιζόμενα με ανεπαρκή διαθεσιμότητα καναλιών.

- **Ειδικές υπηρεσίες**

Ένα σύστημα θα θέλει να παρέχει όσο το δυνατόν πιο πολλές υπηρεσίες, όπως προώθηση κλήσεων, αναμονή κλήσεων, χώρο αποθήκευσης ηχητικών

μηνυμάτων (τηλεφωνητής), αυτόματη περιαγωγή ή υπηρεσίες πλοήγησης. Εντούτοις, μερικές φορές οι πελάτες δε θα είναι πρόθυμοι να πληρώσουν έξτρα χρεώσεις για τις ειδικές αυτές υπηρεσίες.

7.2 .Λειτουργία κυψελωτών συστημάτων

Η λειτουργία, όπως μπορεί να περιγραφεί γενικά χωρίς αναφορά σε παραμέτρους σχεδιασμού, μπορεί να χωριστεί σε τέσσερα μέρη και μια διαδικασία μεταπομπής (handoff).

- **Εκκίνηση κινητής μονάδας**

Όταν ένας χρήστης σε αυτοκίνητο ενεργοποιεί μια κινητή μονάδα, αυτή σκανάρει κάποια κανάλια εκ του συνολικού αριθμού των διαθέσιμων καναλιών. Στη συνέχεια, επιλέγει το ισχυρότερο και μένει σε αυτό για κάποιο χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι επιλέγει την πιο κοντινή τοποθεσία κυψελών, μια και κάθε τοποθεσία περιλαμβάνει ένα διαφορετικό κανάλι συντονισμού. Αυτό το σχήμα αυτόματου εντοπισμού χρησιμοποιείται στο ανενεργό στάδιο και είναι ανεξάρτητο από τους χρήστες. Έχει το μεγάλο πλεονέκτημα ότι εξολοθρεύει το φορτίο στη μετάδοση στην τοποθεσία κυψελών για εντοπισμό της κινητής μονάδας. Το μειονέκτημά του είναι ότι δεν εμφανίζεται καμία πληροφορία τοποθεσίας των ανενεργών κινητών μονάδων σε κάθε περιοχή κυψελών.

- **Κλήση που ξεκινά από κινητό**

Όταν ο χρήστης πληκτρολογεί κληθέντα αριθμό στο κινητό, ελέγχει αν είναι σωστός και πατά το κουμπί της αποστολής. Μια αίτηση εξυπηρέτησης αποστέλλεται σε ένα επιλεγμένο κανάλι συντονισμού με βάση το σχήμα αυτόματου εντοπισμού. Η κυψέλη το λαμβάνει και επιλέγει την καλύτερη κεραία για να χρησιμοποιηθεί από το κανάλι φωνής. Ταυτόχρονα, η κυψέλη στέλνει μια αίτηση στο κέντρο διακομισμού κινητών τηλεφώνων (MTSO) μέσω ενός υψηλής ταχύτητας συνδέσμου δεδομένων. Το κέντρο διαλέγει ένα κατάλληλο κανάλι φωνής για την κλήση και η τοποθεσία της κυψέλης ενεργεί σε αυτό μέσω της καλύτερης κατευθυντικής κεραίας για να συνδέσει το κινητό. Το κέντρο επίσης συνδέει την ομάδα καλωδίων γραμμών μέσω τηλεφωνικής εταιρείας.

- **Κλήση που ξεκινά από δίκτυο**

Μια σταθερή γραμμή (επίγεια) καλεί έναν αριθμό κινητού. Το κέντρο ζωνών τηλεφωνικών εταιρειών αναγνωρίζει ότι ο αριθμός είναι από κινητό και τον προωθεί στο κέντρο MTSO, το οποίο στέλνει ένα μήνυμα σε συγκεκριμένες τοποθεσίες κυψελών. Κάθε τοποθεσία κυψέλης εκπέμπει στο δικό της κανάλι. Η κινητή μονάδα αναγνωρίζει τη δική της ταυτοποίηση σε ένα ισχυρό κανάλι συντονισμού, εγκαθίσταται σε αυτό και απαντά στην τοποθεσία της κυψέλης.

- **Τερματισμός κλήσης**

Όταν ο χρήστης του κινητού απενεργοποιήσει τον πομπό, ένας τόνος (ηχητικό σήμα) εκπέμπεται στην τοποθεσία της κυψέλης και έτσι και οι δύο πλευρές απελευθερώνουν το κανάλι φωνής.

- **Διαδικασία μεταπομπής (handoff)**

Κατά τη διάρκεια της κλήσης, δύο ομάδες βρίσκονται σε ένα κανάλι φωνής. Όταν η κινητή μονάδα μετακινείται εκτός της περιοχής κάλυψης μιας συγκεκριμένης τοποθεσίας κυψελών, η λήψη γίνεται αδύναμη. Η παρούσα τοποθεσία κυψελών ζητά μια μεταπομπή. Το σύστημα μεταφέρει την κλήση σε ένα νέο κανάλι συχνοτήτων σε μια νέα τοποθεσία κυψελών χωρίς ούτε να διακόπτει την κλήση ούτε να ειδοποιεί το χρήστη. Η κλήση συνεχίζεται όσο ο χρήστης μιλάει. Ο χρήστης δεν καταλαβαίνει πότε συμβαίνουν μεταπομπές.

7.3. Σχεδιασμός κυψελωτών συστημάτων

- **Έναρξη σχεδιασμού**

Ας υποθέσουμε ότι η άδεια κατασκευής ενός κυψελωτού συστήματος σε μια συγκεκριμένη εμπορική περιοχή έχει δοθεί. Το στάδιο σχεδιασμού γίνεται κρίσιμο. Πολλά χρήματα μπορεί να ξοδευτούν και πάλι να παρέχεται φτωχή εξυπηρέτηση αν δεν ξέρουμε πώς να δημιουργήσουμε ένα καλό πλάνο. Πρώτα πρέπει να καθορίσουμε δύο στοιχεία: τους κανονισμούς και την κατάσταση της αγοράς.

- **Κανονισμοί**

Η ΕΕΤΤ επιβάλλει συγκεκριμένους κανονισμούς για το εύρος ζώνης συχνοτήτων και την ανάθεσή τους στα διάφορα δίκτυα ανάλογα με το φορέα τους, την περιοχή κάλυψης και το είδος τους. Έτσι, για να αρχίσουμε πρέπει να σιγουρευτούμε ότι οι κανονισμοί αυτοί τηρούνται και το πλάνο μας είναι εφικτό.

- **Κατάσταση αγοράς**

Υπάρχουν τρεις εργασίες που πρέπει να χειριστεί το τμήμα αγοράς:

1. Πρόβλεψη συνολικού εισοδήματος: Πρέπει να καθορίσουμε τον πληθυσμό, μέσο εισόδημα, είδη επιχειρήσεων και ζώνες επιχειρήσεων ώστε να προβλεφθεί το συνολικό εισόδημα.
2. Κατανόηση ανταγωνιστών: Επίσης πρέπει να γνωρίζουμε την κατάσταση ανταγωνισμού, κάλυψη, επίδοση συστήματος και αριθμό πελατών. Οποιοδήποτε σύστημα πρέπει να παρέχει μια μοναδική και εξέχουσα εξυπηρέτηση για να ξεπεράσει τον ανταγωνισμό.

3. Απόφαση της γεωγραφικής κάλυψης: Ενδιαφέρουν εδώ η γενική περιοχή που θα καλυφθεί τοπικά και η εξυπηρέτηση που μπορεί να παρέχεται σε μια περιορισμένη περιοχή.

- **Ο ρόλος του μηχανικού**

Οι μηχανικοί ακολουθούν τις αποφάσεις της αγοράς με τα παρακάτω βήματα:

1. Ξεκινώντας μια υπηρεσία κυψελωτής επικοινωνίας σε δοθείσα περιοχή χρησιμοποιώντας τον ελάχιστο αριθμό κυψελών για να καλυφθεί ολόκληρη η περιοχή. Αυτό είναι εύκολο να ζητηθεί από την αγορά αλλά δύσκολο να επιτευχθεί από τους μηχανικούς.
2. Ελέγχοντας τις περιοχές που έχει δείξει η αγορά ότι είναι σημαντικού εισοδήματος περιοχές. Ο αριθμός των καναλιών φωνής που απαιτούνται για να χειριστούν το φορτίο κίνησης σε ώρες αιχμής πρέπει να καθοριστεί
3. Μελετώντας την πιθανότητα εμπόδισης κάθε κλήσης σε κάθε τοποθεσία κυψελών και προσπαθώντας να την ελαχιστοποιήσουν.
4. Σχεδιάζοντας την απορρόφηση νέων πελατών. Αυτή εξαρτάται από τη χρέωση υπηρεσιών, επίδοση συστήματος και εποχή του χρόνου.

7.4. Γενική περιγραφή του ραδιοσχεδιασμού κυψελωτού συστήματος

Τα κύρια στοιχεία ραδιοσχεδιασμού είναι:

- 1) η ιδέα επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων
- 2) ο παράγοντας μείωσης διασυμβολικής παρεμβολής
- 3) ο επιθυμητός λόγος φέροντος προς παρεμβολή
- 4) ο μηχανισμός μεταπομπής
- 5) ο διαχωρισμός κυψέλης

Καθώς ο περιορισμός του συστήματος είναι η πηγή συχνοτήτων, ο σκοπός είναι να εξυπηρετείται ο μέγιστος αριθμός πελατών με δεδομένη ποιότητα συστήματος. Τίθενται τα παρακάτω τρία ζητήματα:

1. Ο αριθμός των πελατών που μπορούν να εξυπηρετηθούν σε ώρα αιχμής.
2. Ο αριθμός των συνδρομητών που μπορεί να δεχτεί το σύστημα.
3. Το πλήθος των καναλιών συχνοτήτων που χρειάζονται.

- **Μέγιστος αριθμός κλήσεων ανά ώρα ανά κυψέλη**

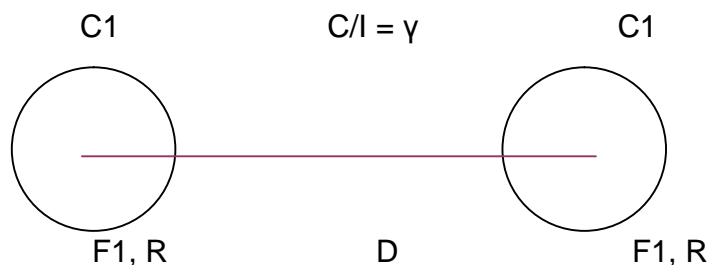
Για να υπολογιστεί ο προβλεπόμενος αριθμός κλήσεων ανά ώρα ανά κυψέλη, Q , σε κάθε κυψέλη, πρέπει να γνωρίζουμε το μέγεθος της κυψέλης και τις συνθήκες κίνησης σε αυτή. Οι κλήσεις ανά κυψέλη βασίζονται στο πόσο μικρό μπορεί να είναι θεωρητικά το μέγεθος της κυψέλης. Ο έλεγχος κάλυψης μικρών κυψελών βασίζεται στην τεχνολογική εξέλιξη.

- **Μέγιστος αριθμός καναλιών συχνοτήτων ανά κυψέλη**

Ο μέγιστος αριθμός καναλιών συχνοτήτων ανά κυψέλη, N , σχετίζεται άμεσα με ένα μέσο χρόνο κλήσης στο σύστημα. Η συχνότητα κλήσεων από τους χρήστες εξαρτάται φυσικά από τις γενικές χρεώσεις και το εισόδημά τους.

- **Επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων**

Ένα ραδιοκάνάλι αποτελείται από ένα ζευγάρι συχνοτήτων, μία για κάθε κατεύθυνση μετάδοσης που χρησιμοποιείται για διπλής κατεύθυνσης λειτουργία. Ένα συγκεκριμένο κανάλι, $F1$, που χρησιμοποιείται σε μια γεωγραφική ζώνη για να καλύψει μια κυψέλη $C1$, με μια ακτίνα κάλυψης R μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια άλλη κυψέλη, με την ίδια ακτίνα κάλυψης, σε απόσταση D .



Σχήμα: Ο λόγος D/R

Η επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων είναι ο πυρήνας της δομής ενός κυψελωτού συστήματος. Στο σύστημα αυτό, χρήστες σε διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες μπορούν ταυτόχρονα να χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι συχνοτήτων. Η επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων μπορεί να αυξήσει δραματικά την αποδοτικότητα του φάσματος, αλλά με κακό σχεδιασμό του συστήματος μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές παρεμβολές. Κύριος παράγοντας είναι η διασυμβολική παρεμβολή.

Σχήματα επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων

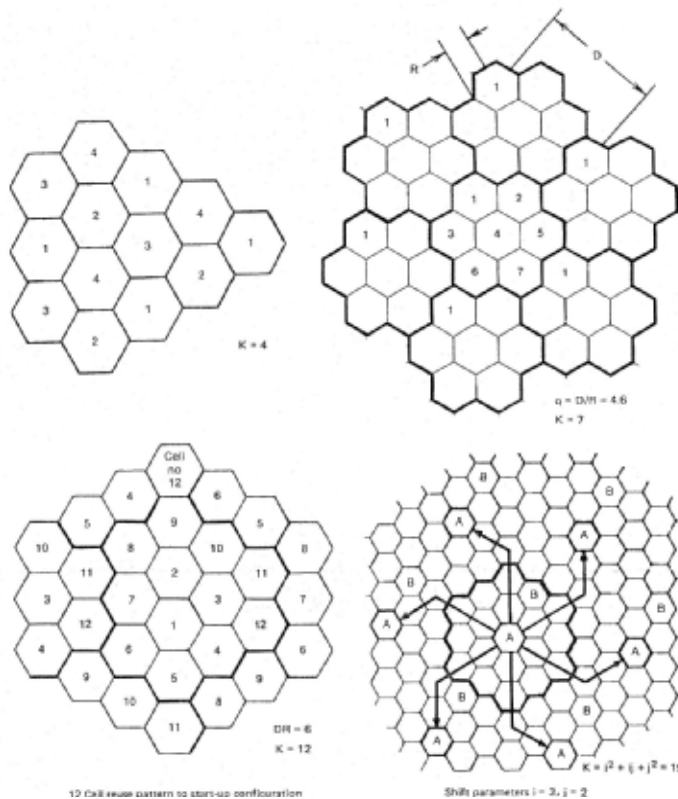
1. Η ίδια συχνότητα ανατίθεται σε δύο διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές.
2. Η ίδια συχνότητα χρησιμοποιείται επανειλημμένα στην ίδια περιοχή σε ένα σύστημα. Το συνολικό φάσμα που συχνοτήτων χωρίζεται σε K βαθμούς επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων.

Απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων

Η απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων D βρίσκεται ως εξής:

$$D = \sqrt{3KR}$$

όπου K είναι ο βαθμός επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων.



Σχήμα: Σχέδιο επαναχρησιμοποίησης N-κυψελών

Αν όλες οι κυψέλες εκπέμπουν την ίδια ισχύ, το K αυξάνεται και η απόσταση D επίσης. Όσο αυξάνει η απόσταση επαναχρησιμοποίησης ελαττώνεται η πιθανότητα διασυμβολικής παρεμβολής. Θεωρητικά το K είναι μεγάλο. Παρ' όλα αυτά ο συνολικός αριθμός των καναλιών είναι συγκεκριμένος. Όταν το K είναι πολύ μεγάλο, ο αριθμός των καναλιών που ανατίθενται σε καθεμία από τις K κυψέλες ελαττώνεται. Αντίστοιχα, αν ο συνολικός αριθμός καναλιών διαχωρίζεται σε δύο συστήματα επικοινωνιών που εξυπηρετούν την ίδια περιοχή, αυξάνεται η μη αποδοτικότητα του φάσματος συχνοτήτων.

Ο επιθυμητός στόχος είναι η επίτευξη του μικρότερου αριθμού K που θα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του συστήματος. Αυτό περιλαμβάνει υπολογισμό της διασυμβολικής παρεμβολής και επιλογή της ελάχιστης απόστασης επαναχρησιμοποίησης D για να μειωθεί η διασυμβολική παρεμβολή. Η ελάχιστη τιμή του K είναι $K=3$, για $i=j=1$ στη γνωστή σχέση $K = i^2 + ij + j^2$.

Αριθμός πελατών στο σύστημα

Ο μέγιστος αριθμός κλήσεων ανά ώρα ανά κυψέλη εξαρτάται από τις συνθήκες κίνησης σε κάθε κυψέλη. Αφού έχει χρησιμοποιηθεί ο μέγιστος αριθμός καναλιών σε κάθε κυψέλη, τότε το μέγιστο πλήθος κλήσεων μπορεί να ανατεθεί

σε κάθε κυψέλη. Αν ο μέγιστος αριθμός κλήσεων ανά ώρα σε κάθε κυψέλη είναι Q_i , προσθέτουμε τους αριθμούς αυτούς Q_i για όλες τις κυψέλες. Αν υποθέσουμε ότι το ποσοστό n_c των κινητών που θα χρησιμοποιηθούν στην ώρα αιχμής είναι γνωστό, μπορεί τότε να υπολογιστεί η συνολική επιτρεπόμενη κίνηση συνδρομητή M_t :

$$Q_t = \sum Q_i \rightarrow M_t = \frac{Q_t}{n_c}$$

- **Παράγοντας μείωσης ομοδιαυλικής παρεμβολής**

Η επαναχρησιμοποίηση ενός καναλιού ίδιας συχνότητας σε διαφορετικές κυψέλες περιορίζεται από την ομοδιαυλική παρεμβολή μεταξύ των κυψελών. Εμείς θα καθορίσουμε την μικρότερη απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνότητας ώστε να μειώσουμε την ομοδιαυλική παρεμβολή.

Θεωρώντας ίδιο το μέγεθος όλων των κυψελών μπορούμε να πούμε ότι η ομοδιαυλική παρεμβολή είναι συνάρτηση της παραμέτρου $q = D/R$ που αποτελεί τον παράγοντα μείωσης ομοδιαυλικής παρεμβολής. Όταν αυξάνεται ο λόγος q μειώνεται η ομοδιαυλική παρεμβολή.

Η διαχωριστική απόσταση D είναι συνάρτηση του αριθμού των κυψελών ομοδιαυλικής παρεμβολής της πρώτης βαθμίδας και του λαμβανομένου λόγου C/I (Carrier-to-Interference: φέρον προς παρεμβολή) στον επιθυμητό κινητό δέκτη, δηλαδή $D = f(K_1, C/I)$.

Ισχύει

$$\frac{C}{I} = \frac{C}{\sum_{k=1}^{K_1} I_k}$$

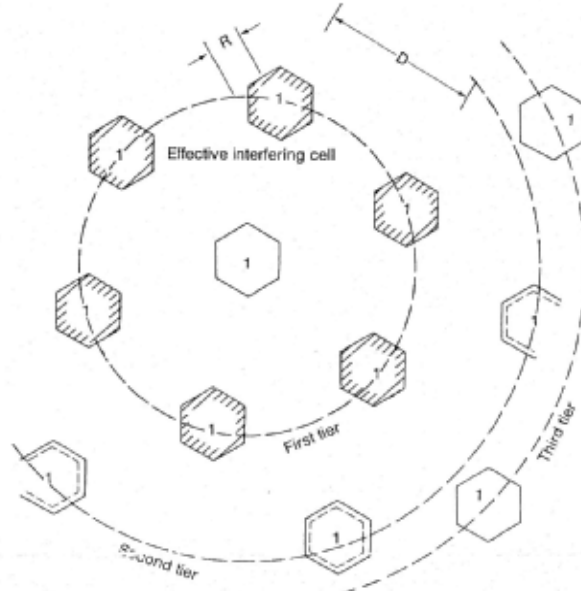
Σε σύστημα κυψελών εξαγωνικού σχήματος το $K_1=6$. Η ομοδιαυλική παρεμβολή μπορεί να εμφανιστεί και στην κυψέλη και στα κινητά στο κέντρο της κυψέλης. Όταν η ομοδιαυλική παρεμβολή είναι πολύ μεγάλη τότε συνήθως ο λόγος C/I στα κινητά που προκαλείται από τις 6 περιοχές παρεμβολής είναι ίδιος με το λαμβανόμενο λόγο C/I στο κέντρο της κυψέλης που προκαλείται από την παρεμβολή των κινητών στις 6 κυψέλες.

Υποθέτοντας ότι ο τοπικός θόρυβος είναι πολύ μικρότερος από το επίπεδο παρεμβολής αμελείται.

Ισχύει

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-g}}{\sum_{k=1}^{K_1} D_k^{-g}}$$

όπου γ είναι η κλήση απωλειών διαδρομής κατά τη διάδοση και καθορίζεται από το πραγματικό έδαφος του περιβάλλοντος. Σε ένα κινητό ράδιο περιβάλλον ισχύει $\gamma=4$.



Σχήμα: Έξι ενεργές κυψέλες αλληλεπίδρασης της κυψέλης 1

Η ομοδιαυλική παρεμβολή που προκαλείται από τις 6 κυψέλες της δεύτερης βαθμίδας είναι πολύ μικρή και αμελείται.

Ισχύει

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{\sum_{k=1}^{k_I} \left(\frac{D_k}{R}\right)^{-\gamma}} = \frac{1}{\sum_{k=1}^{k_I} (q_k)^{-\gamma}}$$

Όπου $q_k = D_k/R$ είναι ο παράγοντας μείωσης ομοδιαυλικής παρεμβολής με την κοστή κυψέλη ομοδιαυλικής παρεμβολής.

- **Επιθυμητός λόγος C/I μιας συνηθισμένης περίπτωσης σε ένα σύστημα κατευθυντικής προς όλες τις διευθύνσεις κεραίας**

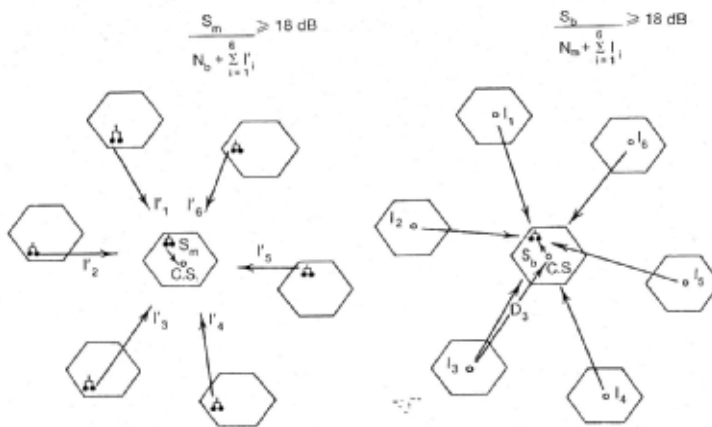
Ο λόγος αυτός μπορεί να βρεθεί και με αναλυτική λύση αλλά και με προσομοίωση. Το αποτέλεσμα συμπίπτει. Εμείς θα περιγράψουμε την αναλυτική λύση.

Υπάρχουν δύο περιπτώσεις που πρέπει να μελετηθούν: η ομοδιαυλική παρεμβολή και η παρεμβολή σήματος που λαμβάνονται (1) από το κινητό και (2) από την κυψέλη. Όσο οι λαμβανόμενοι λόγοι C/I και στο κινητό και στην κυψέλη είναι ίδιοι το σύστημα ονομάζεται ισορροπημένο. Σε ένα τέτοιο σύστημα προκειμένου να αναλύσουμε τις απαιτήσεις του συστήματος μπορούμε να επιλέξουμε μια από τις δύο περιπτώσεις. Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από τη μια περίπτωση θα είναι ίδια και για τις άλλες περιπτώσεις.

Υποθέτοντας χάριν απλότητας ότι $D=D_k$ και $q=q_k$ θα ισχύει:

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-g}}{6D^{-g}} = \frac{q^g}{6}$$

$$q = \left(6 \frac{C}{I}\right)^{\frac{1}{g}}$$



Σχήμα: Ομοδιαυλική παρεμβολή από 6 κυψέλες. (α) λαμβανόμενη στην περιοχή της κυψέλης, (β) λαμβανόμενη στην μονάδα του κινητού

Η τιμή του λόγου C/I εξαρτάται από την απαιτούμενη λειτουργία του συστήματος, ενώ η τιμή του γ εξαρτάται από το έδαφος του περιβάλλοντος. Η κοινή πρακτική είναι να καθορίζεται ο λόγος C/I να είναι ίσος ή μεγαλύτερος από 18dB ώστε να μην επηρεάζεται από την εξασθένηση λόγω πολλαπλών διαδρομών και από την ομοδιαυλική παρεμβολή. Σε ένα κινητό ράδιο περιβάλλον ισχύει $\gamma=4$, επομένως

$$q = \frac{D}{R} = (6 \times 63.1)^{\frac{1}{4}} = 4.41$$

Συνήθως είναι επιθυμητό η τιμή του q να είναι μεγαλύτερη από 4,41, γιατί όσο μεγαλύτερο είναι το q τόσο μειώνεται η ομοδιαυλική παρεμβολή.

Αυξάνοντας την εκπεμπόμενη ισχύ κάθε κυψέλης μπορούμε να πετύχουμε ένα ποσοστό 90% της περιοχής κάλυψης χωρίς να επηρεάζεται η τιμή που υπολογίσαμε για το q .

Σε ένα σύστημα κυψελών εξαγωνικού σχήματος ισχύει

$$q = \sqrt{3K}$$

Και για $q=4,41$ θα έχουμε $k=7$. Αυτό σημαίνει ότι για $C/I= 18\text{dB}$ χρειαζόμαστε ένα σχέδιο επαναχρησιμοποίησης 7 κυψελών.

Τέλος διαλέγοντας την ακτίνα R μπορούμε από τον τύπο $q=D/R$ να βρούμε και το D .

• Διαχωρισμός κυψέλης

Όταν αυξάνεται πολύ η πυκνότητα κίνησης και τα κανάλια συχνότητας σε κάθε κυψέλη δεν μπορούν να παρέχουν αρκετές κλήσεις κινητών, τότε η αρχική κυψέλη μπορεί να χωριστεί σε μικρότερες κυψέλες.

Συνήθως η νέα ακτίνα είναι η μισή της αρχικής. Υπάρχουν δύο τρόποι διαχωρισμού: στον πρώτο χρησιμοποιείται η αρχική κυψέλη ενώ στο δεύτερο όχι. Με βάση τα παραπάνω ισχύουν οι τύποι:

$$\text{Ακτίνα νέας κυψέλης} = (\text{ακτίνα παλιάς κυψέλης}) / 2$$

$$\text{Περιοχή νέας κυψέλης} = (\text{περιοχή παλιάς κυψέλης}) / 4$$

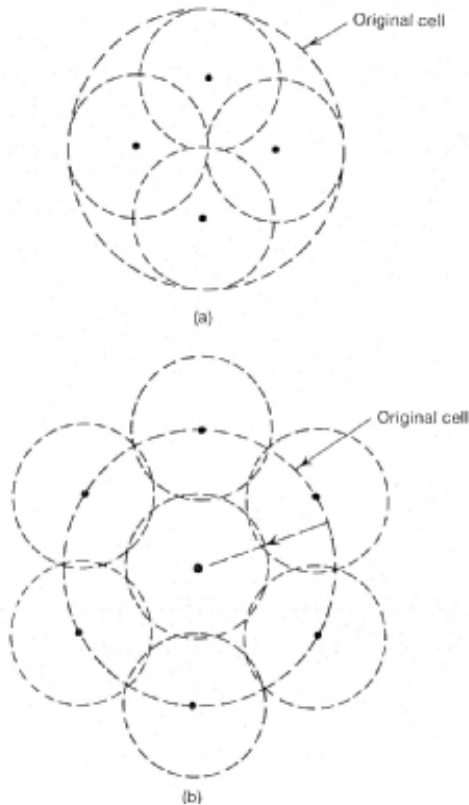
Αν υποθέσουμε ότι κάθε νέα κυψέλη έχει το ίδιο μέγιστο φορτίο κίνησης με την παλιά κυψέλη τότε θεωρητικά ισχύει ο τύπος:

$$(\text{Νέο φορτίο κίνησης}) / (\text{περιοχή μονάδας}) = 4 \times (\text{φορτίο κίνησης}) / (\text{περιοχή μονάδας}).$$

Υπάρχουν δύο ειδών τεχνικές διαχωρισμού κυψέλης:

1. Μόνιμος διαχωρισμός. Η εγκατάσταση κάθε νέας κυψέλης που προήλθε από διαχωρισμό πρέπει να σχεδιαστεί νωρίς. Πρέπει να ληφθούν υπόψη ο αριθμός των καναλιών, η εκπεμπόμενη ισχύ, οι συχνότητες που θα ανατεθούν, η επιλογή της εκλογής κυψελών και ο παράγοντας του φορτίου κίνησης.
2. Δυναμικός διαχωρισμός. Αυτό το σχέδιο στηρίζεται στη χρησιμοποίηση της αποτελεσματικότητας του κατανεμημένου φάσματος σε αληθινό χρόνο. Ο αλγόριθμος δυναμικού διαχωρισμού κυψελών χρησιμοποιείται για να θέσει σε

λειτουργία μικρές κυψέλες που δεν χρησιμοποιούνταν μέχρι τότε ώστε να αυξήσει τη χωρητικότητα φορτίου της κυψέλης σε ώρες μεγάλης κίνησης.



Σχήμα: Διαχωρισμός κυψέλης

• Παράμετροι

Συνοπτικά οι παράμετροι και οι απαιτήσεις που επιθυμούμε να πληρεί το δίκτυο που θα σχεδιάσουμε και πρέπει επομένως να ρυθμιστούν είναι:

- Το είδος της περιοχής κάλυψης, δηλαδή διαλέγουμε αν η περιοχή που θέλουμε να καλύπτει το υπό σχεδιασμό δίκτυο είναι πυκνή αστική, αστική, υπό-αστική, αγροτική ή ανοιχτή.
- Η συχνότητα και τα παρεχόμενα κανάλια ανάλογα με το σύστημα τεχνολογίας που θα χρησιμοποιήσουμε. Για παράδειγμα, το TETRA λειτουργεί σε συχνότητα 400MHz, το GSM σε 900 ή 1800MHz, το UMTS σε 2100MHz και το WLAN σε 2400MHz.
- Η ευαισθησία λαμβανόμενης ισχύος Rx στην RF είσοδο του κινητού (MS) και του σταθμού βάσης (BS).
- Η μέγιστη εκπεμπόμενη ισχύς Tx από την RF έξοδο του κινητού (MS) και του σταθμού βάσης (BS).

- Η πιθανότητα κάλυψης κάθε περιοχής ανάλογα με τον τύπο της περιοχής, δηλαδή για εξωτερικούς χώρους μια τυπική τιμή κάλυψης είναι 95% ενώ για εσωτερικούς είναι 75%.
- Το μέγεθος της χωρητικότητας φωνής και δεδομένων που περιλαμβάνει επιμέρους παραμέτρους όπως είναι ο αριθμός των εξυπηρετούμενων συνδρομητών, η μέση κίνηση σε ώρες αιχμής, το ποσοστό των συνδρομητών που χρησιμοποιούν PS δεδομένα, ο μέσος ρυθμός δεδομένων μεταγωγής πακέτων σε ώρες αιχμής, ο πίνακας με τα Erlangs που χρησιμοποιείται για την εύρεση της πιθανότητας μπλοκαρίσματος στη φωνή με τυπικές τιμές 1 έως 5%, η ποιότητα υπηρεσιών (QoS) για τις κλήσεις πακέτων δεδομένων (64, 128, 384 κλπ kbps) και το buffering and delay overhead για τα PS δεδομένα στο στρώμα 1 με τυπικές τιμές γύρω στο 30%.

8 **ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΑΚΕΤΑ**

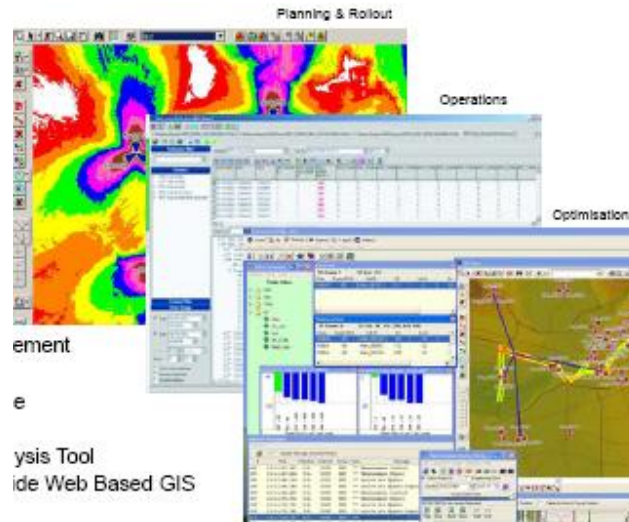
8.1. Πακέτα σχεδιασμού δικτύου

- ✓ Η εταιρεία AIRCOM διαθέτει τα λογισμικά πακέτα ENTERPRISE, ADVANTAGE και ASSET3G για το σχεδιασμό ενός δικτύου. Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των παραπάνω εργαλείων.

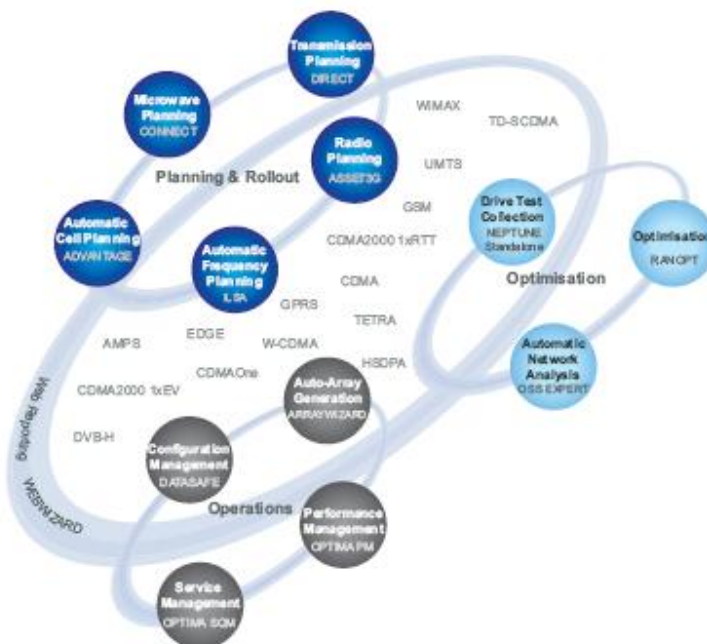
8.1.1. ENTERPRISE

Το ENTERPRISE είναι μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα, η οποία δίνει τη δυνατότητα σ' έναν χειριστή δικτύου να σχεδιάσει, να βελτιώσει και να διευθύνει το δίκτυό του χρησιμοποιώντας μια βάση δεδομένων GIS και ένα σύστημα διαχείρισης δεδομένων, προερχόμενα από μια και μόνο πηγή.

Το πακέτο ENTERPRISE χρησιμοποιεί πολλές τεχνολογίες και πολλούς πωλητές ταυτόχρονα και υποστηρίζει τα παρακάτω εργαλεία: ASSET3G, ARRAYWIZARD, CONNECT, DIRECT, ADVANTAGE TARGET, DATASAFE, OPTIMA, RANOPT, WEBWIZARD, OSS EXPERT. Έτσι προσφέρει ένα μακράν αποδοτικότερο και αποτελεσματικότερο σύστημα δημιουργίας δικτύου για τους μηχανικούς από μια απλή πλατφόρμα.



Το AIRCOM ENTERPRISE προσφέρει συνδυασμένο 2G/3G ραδιο σχεδιασμό και σχεδιασμό μετάδοσης, διαχείρισης, εκτέλεσης και βελτίωσης του δικτύου και διαμόρφωσης παραμέτρων σε ένα και μόνο ολοκληρωμένο εργαλείο στο περιβάλλον του χρήστη. Η πλήρης αυτή ολοκλήρωση σημαίνει ότι η ροή της δουλειάς και των δραστηριοτήτων μεταξύ των τμημάτων υποστήριξης, σχεδιασμού, βελτίωσης και λειτουργίας είναι τόσο λογική, ώστε να συμβάλλει στην ολική αποδοτικότητα και παραγωγικότητα του προσωπικού.

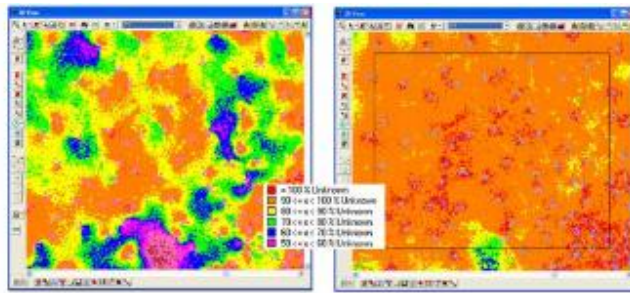


Το ENTERPRISE είναι πολύ εύκολο να εγκατασταθεί και να χρησιμοποιηθεί ενώ προσφέρεται βοήθεια από την AIRCOM σε περίπτωση προβλήματος. Παρά τη δύναμη που κρύβει το ENTERPRISE είναι φιλικό προς τον χρήστη και χειρίζεται ένα παγκόσμιο GUI βασισμένο σε Windows καθιστώντας εύκολη την περιήγηση από εργαλείο σε εργαλείο.

8.1.2. ADVANTAGE

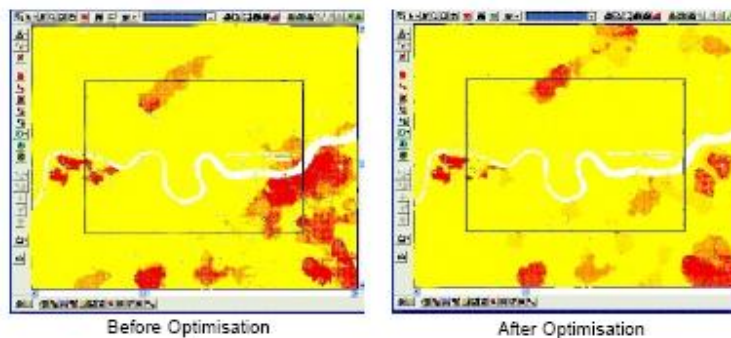
Το ADVANTAGE είναι ένα εργαλείο αυτόματης βελτίωσης και σχεδιασμού κυψέλης ενός δικτύου, το οποίο και εκπληρώνει τις ανάγκες σχεδίασης και βελτίωσης των χειριστών (operators) στα σημερινά πολυτεχνολογικά και πολλαπλών πωλητών δίκτυα κινητής τηλεφωνίας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση του σχεδίου κινητών WiMAX και δικτύων τηλεόρασης κινητών. Συγκεκριμένα το ADVANTAGE εκτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Βελτιώνει αυτόματα τον αριθμό των περιοχών που απαιτούνται για να επιτευχθούν οι στόχοι κάλυψης και υπηρεσιών, κατά τη διάρκεια του roll out του τοπικού δικτύου.
- Βελτιώνει αυτόματα τη διαμόρφωση του φυσικού δικτύου ώστε να αυξηθεί η χωρητικότητα για το σύνολο των υπηρεσιών και των απαιτήσεων κίνησης.
- Βελτιώνει αυτόματα τις παραμέτρους σχεδίασης, όπως τις ρυθμίσεις κεραίας και ισχύος για δίκτυα που υποστηρίζουν πολλές τεχνολογίες.
- Αποφεύγει τους λανθασμένους δοκιμαστικούς ελέγχους που αφορούν στην βελτίωση του δικτύου και μειώνει σημαντικά τα επίπεδα των δραστηριοτήτων των δοκιμαστικών ερευνητικών δραστηριοτήτων και τις πηγές επανεφοδιασμού κεραίων.
- Υποστηρίζει πλήρη ολοκλήρωση (integration) μεταξύ των αλληλεπιδρώντων μηχανισμών βελτίωσης.
- Χρησιμοποιεί ένα μεγάλο πεδίο ερευνητικών μετρήσεων καθώς και στατιστικά δεδομένα του δικτύου προκειμένου να ρυθμιστεί το επιθυμητό δίκτυο και να εξυπηρετηθεί η βελτίωση της λειτουργίας της περιοχής.
- Αυτοματοποιεί και βελτιώνει την αποδοτικότητα της iterative διαδικασίας του συνεχούς (ongoing) σχεδιασμού και βελτίωσης.
- Υποστηρίζει τους στόχους λειτουργίας και τους περιορισμούς διαμόρφωσης ενός δικτύου του αληθινού κόσμου.
- Ενσωματώνεται με τα εργαλεία σχεδιασμού και βελτίωσης για να αποφύγει την ενοποίηση δεδομένων, τις περιπτώσεις αλληλεπίδρασης (interfacing) και overheads.

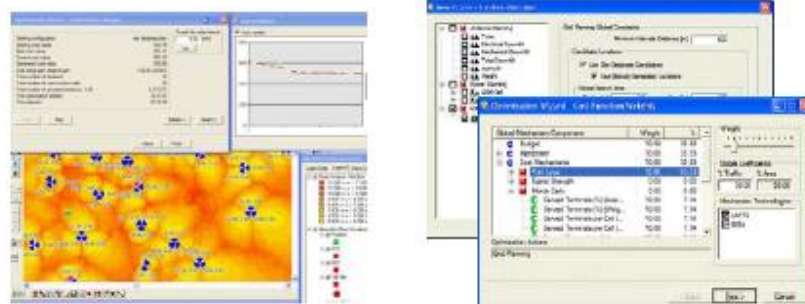


Network Performance after Antenna & Power Optimisation

Το ADVANTAGE διαθέτει μια μοναδική πλατφόρμα ανάλυσης που χρησιμοποιεί μια σειρά έξυπνων αλγορίθμων που βοηθούν στην πιο εύκολη αναγνώριση προβλημάτων, στην υπερβολική απλοποίηση εύρεσης και λύσης σχεδιαστικών προβλημάτων, στη λειτουργία υπηρεσιών και στον περιορισμό της χωρητικότητας.



Παρά τη δυναμικότητα που διαθέτει το ADVANTAGE είναι πολύ φιλικό προς το χρήστη και λειτουργεί σε μια κοινή πλατφόρμα ενός υπολογιστή. Η πλατφόρμα που χρησιμοποιεί το ADVANTAGE στηρίζεται σε ένα συγκεκριμένο αναπτυγμένο και ανοιχτό περιβάλλον που υποστηρίζει αλληλεπιδράσεις σε πηγές δεδομένων τρίτου φορέα καθώς επίσης και εύκολη πρόσβαση στα εργαλεία σχεδιασμού και βελτίωσης.

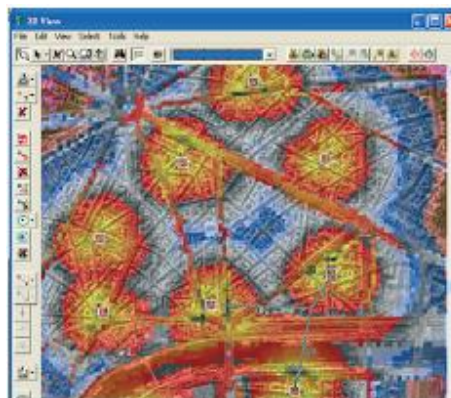


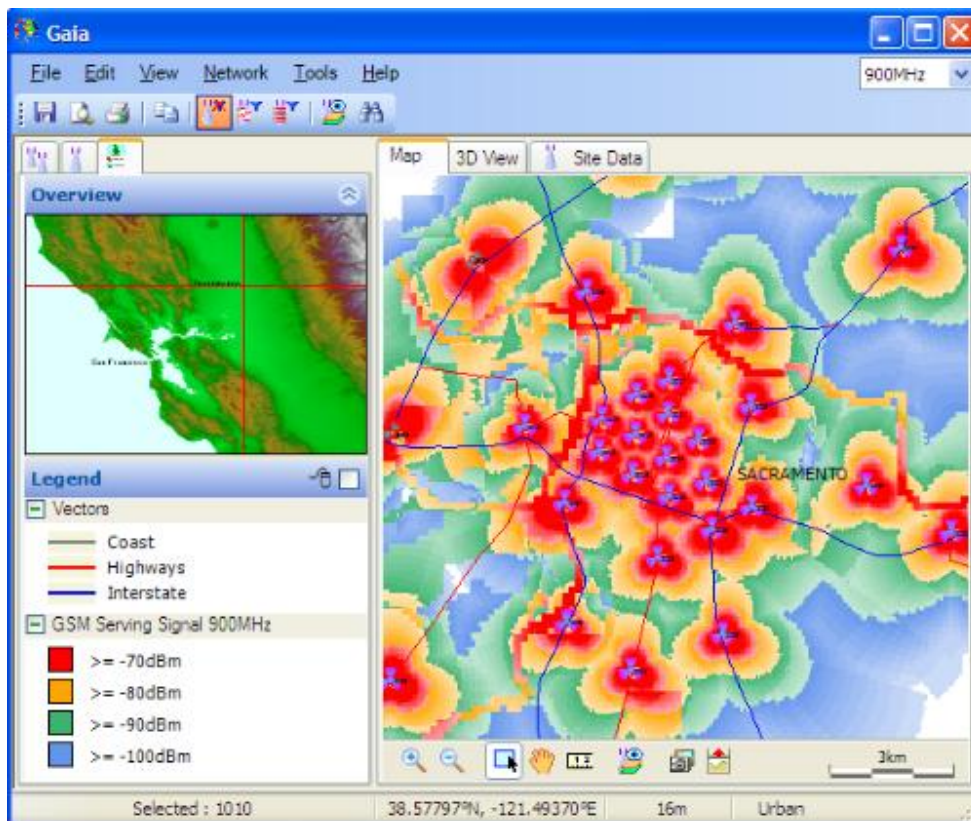
8.1.3. ASSET3G

Το ASSET3G έχει ως στόχο του να παρέχει στους μηχανικούς το τέλειο περιβάλλον σχεδιασμού και βελτίωσης ενός δικτύου που χρησιμοποιεί πολλαπλή τεχνολογία κινητών 2G/3G, WiMAX, και δίκτυα τηλεόρασης κινητών.

Συγκεκριμένα το ASSET3G εκτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Προσομοιώνει επακριβώς τα τρέχοντα και μελλοντικά σενάρια χωρητικότητας χρησιμοποιώντας στατικούς και δυναμικούς προσομοιωτές.
- Το περιβάλλον πολλαπλών χρηστών δίνει σε όλους τους σχεδιαστές seamless πρόσβαση στα ίδια δεδομένα.
- Παρέχει πλήρη ενοποίηση των τεχνολογιών 2G, 2.5G, 3G και 3.5G περιλαμβάνοντας κοινή τεχνολογία γειτονικού σχεδιασμού και κοινή τεχνολογία των Monte Carlo προσομοιώσεων, δίνοντας στους σχεδιαστές την ικανότητα να σχεδιάσουν με ακρίβεια σενάρια μεταπομπής των τεχνολογιών 2G, 2.5G, 3G και 3.5G.
- Για τις τεχνολογίες 2G, 2.5G, 3G και 3.5G προσφέρει QoS (Quality of Service) ανάλυση των δεδομένων υπηρεσιών.
- Προσφέρει Αυτόματο Σχεδιασμό Συχνότητας (ILSA) και Σχεδιασμό Scrambling Κώδικα.
- Παρέχει Υπηρεσίες Σχεδιασμού βασιζόμενες στην τοποθεσία.
- Προσφέρει τελειοποιημένες στατιστικές δημιουργίας και αναφοράς.
- Είναι πλήρως ολοκληρωμένο με όλα τα εργαλεία της AIRCOM.
- Παρέχει προχωρημένη υποστήριξη μοντέλου διάδοσης που περιλαμβάνει: αυτόματη ρύθμιση των μοντέλων και υποστήριξη για third party μοντέλα όπως το μοντέλο Siradel Volcano, το μοντέλο AWE Winprop και το μοντέλο Wavacall Wavesight, βελτιώνοντας σημαντικά την ακρίβεια όλων των υπολογισμών που διεξάγονται.
- Προσφέρει την ικανότητα να ενεργεί στην κύρια πηγή για τα δεδομένα του δικτύου, χρησιμοποιώντας τη σχετική βάση δεδομένων ORACLE.





Το εργαλείο δίνει τη δυνατότητα στον ραδιο σχεδιαστή να προβλέψει τις επιπτώσεις που θα έχουν στην λαμβανόμενη κάλυψη και ποιότητα οι αλλαγές που γίνονται στο δίκτυο. Έτσι προβλήματα με ακριβό κόστος επίλυσης μπορούν να αποφευχθούν, ενώ πιθανά προβληματικά σημεία μπορούν να αναγνωριστούν νωρίς και να διορθωθούν γρήγορα. Το Gaia είναι επίσης πολύ χρήσιμο για τον οραματισμό του ράδιο δικτύου και για το πώς αυτό ταιριάζει στα χαρακτηριστικά της περιοχής υπηρεσιών. Ο συνδυασμός του χάρτη, των προφίλ του εδάφους και της τρισδιάστατης όψης μπορεί να γλιτώσει τους μηχανικούς από την επίσκεψη σε διάφορες περιοχές, μιας και πολλές πληροφορίες μπορούν να εξαχθούν βλέποντας τα δεδομένα στο Gaia.

Site : 1010

Id 1010
 Name Golden Gate
 Coordinates 37.78922, -122.47700
 Ground Ht. 80
 Structure Ht. 30
 Address SF, Merchant Rd
 Owner
 Contact
 Phase Phase 1
 Area San Francisco
 Type **Roof Top**
 Status Operational

Antenna System

Id	1	2	3
Azimuth	0	120	220
Downtilt	2	0	0
Height (agl)	28	28	28
Coord Offset	0, 0	0, 0	0, 0
Antenna Type	K 739636	K 739636	K 739636
Feeder Type	1/2 Inch	1/2 Inch	1/2 Inch
Feeder Length	32	32	32
Model	S. Francisco	S. Francisco	S. Francisco
Prediction Size	10	10	10
Misc. Loss	1.5	1.5	1.5
Status	On	Off	On

Base Station : 1010


Id 1010
 Equipment GSM 900 Outdoor
 Parent BSC BSC1
 Status On Air

Cell

Id	1010:1	1010:2	1010:3
LAC	1001	1001	1001
Antenna	1	2	3
Combiner Loss	4	4	4
Power (dBm)	42	42	42
Status	On	On	On
Hopping	Off	Off	Off
HSN	0	0	0
BSIC	14	11	10
TRX 1	69	71	81
TRX 2	102	93	88
TRX 3	123	108	112
TRX 4			
TRX 5			
TRX 6			
TRX 7			
TRX 8			

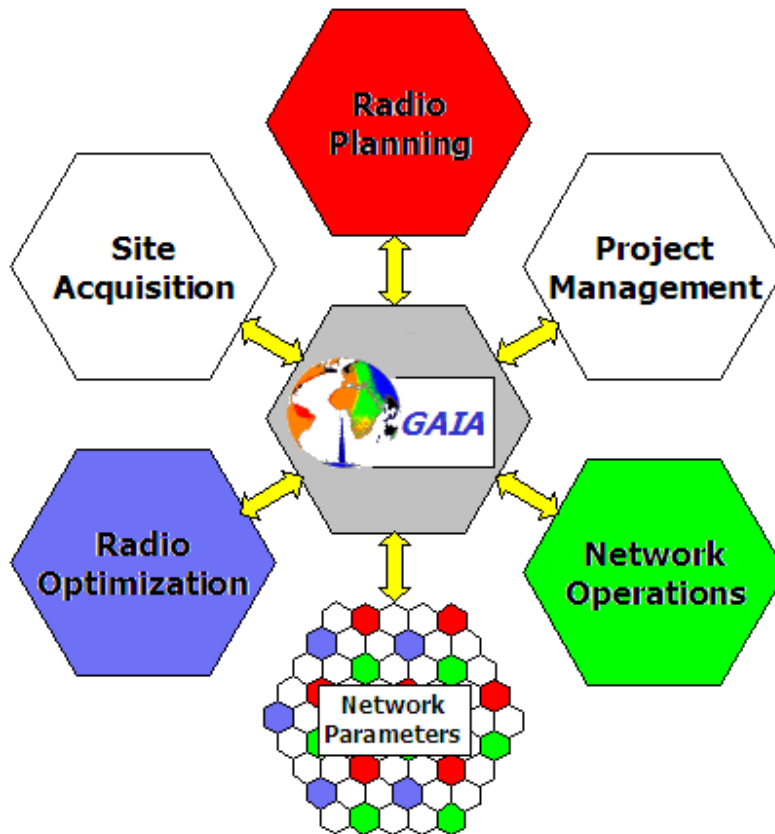
Neighbor Cell

Radio engineer : Andy U.



Η αναπτυγμένη αρχιτεκτονική του Gaia επιτρέπει τη χρήση τμημάτων που μπορούν να εισέλθουν, έχοντας ως σκοπό τη βελτίωση της διαθέσιμης λειτουργικότητας. Παραδείγματα τέτοιων τμημάτων μπορεί να είναι αλγόριθμοι διαφορετικής πρόβλεψης ράδιο διάδοσης, μηχανές υπολογισμού στρώματος, εργαλεία σχεδιασμού συχνότητας ή διαδικασίες εισόδου και εξόδου.

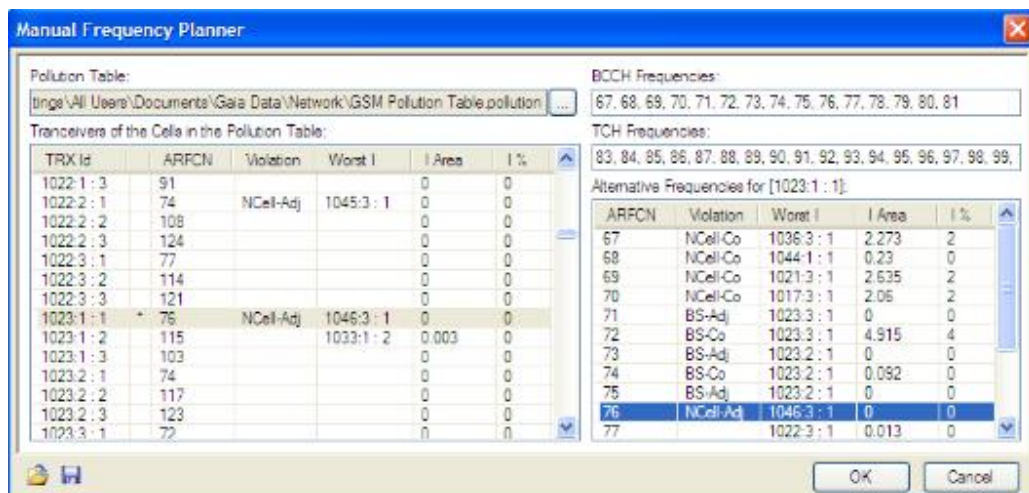
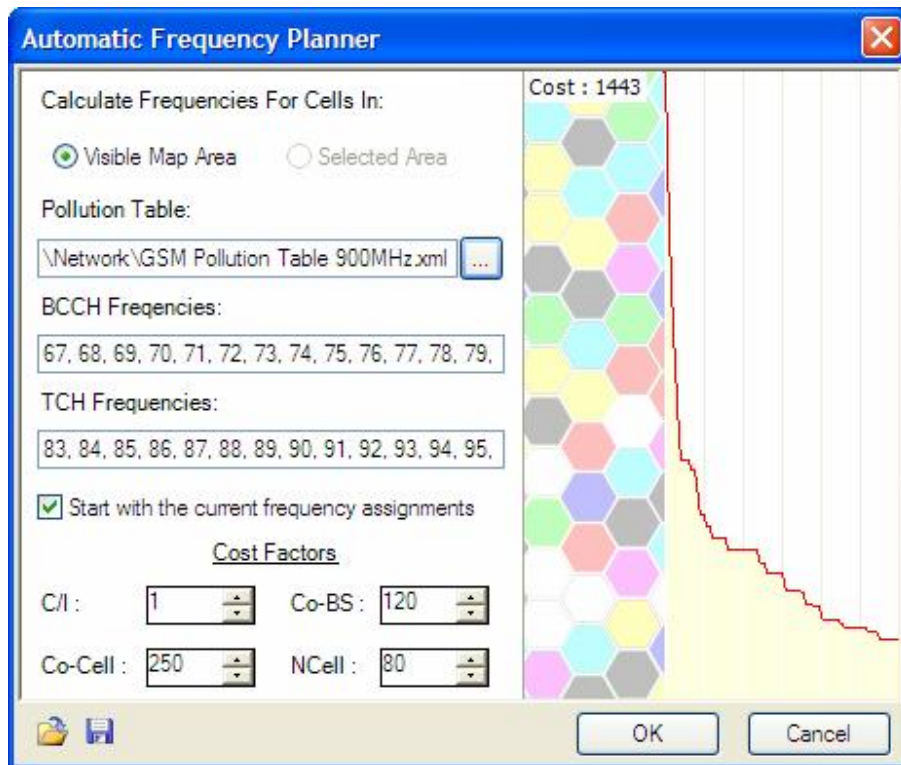
Η ευελιξία της εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων API του Gaia, του επιτρέπει να δουλεύει παράλληλα με άλλες εφαρμογές και να μοιράζεται δεδομένα με άλλα εργαλεία. Αυτό σημαίνει ότι η επένδυση σε περισσότερο εξειδικευμένο και ακριβό λογισμικό σχεδιασμού μπορεί να περιοριστεί, μιας και το Gaia μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να πραγματοποιήσει τις πιο κοινά εκτελούμενες λειτουργίες.



Στο Gaia το δίκτυο οργανώνεται σε μια βάση περιοχής, η οποία αποτελεί το μέρος στο οποίο τοποθετούνται τα στοιχεία του δικτύου.

Το Gaia για τη λειτουργία του σχεδιασμού συχνότητας χρησιμοποιεί δύο κύρια εργαλεία: τον Αυτόματο Σχεδιαστή Συχνότητας (AFP) για να δημιουργεί αυτόματα ένα σχέδιο συχνότητας και το Εγχειρίδιο Σχεδιαστή Συχνότητας (MFP) που επιτρέπει τον έλεγχο και τον καθαρισμό (refine) ανάθεσης συχνότητας. Αν πολλές κυψέλες χρειάζονται νέες συχνότητες είναι συνήθως πιο εύκολο να

αφήσουμε το AFP να εκτελέσει την πλειοψηφία της εργασίας και τότε να καθορίσουμε (refine) το σχέδιο χρησιμοποιώντας το MFP. Αν μόνο λίγες κυψέλες χρειάζονται νέες συχνότητες, τότε συχνά χρειάζεται μόνο το MFP.



- ✓ Η εταιρεία RCC διαθέτει το λογισμικό πακέτο COMSITE DESIGN για το σχεδιασμό ενός δικτύου. Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή του παραπάνω εργαλείου.

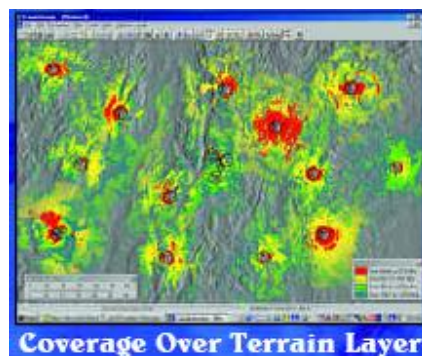
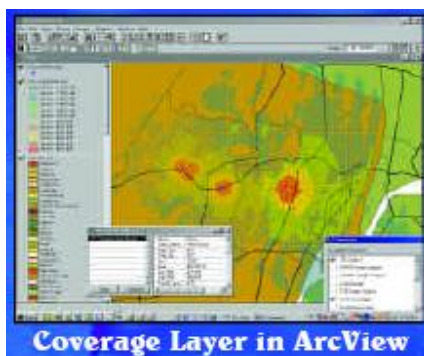
8.1.5. COMSITE DESIGN

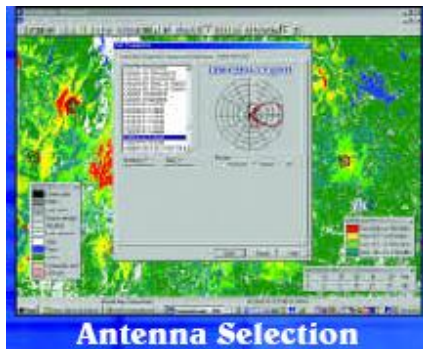
Το ComSite Design είναι το τελευταίο μοντέλο λογισμικού ράδιο διάδοσης. Αυτό το ταχύτατο σετ εργαλείων λογισμικού υποστηρίζει ασύρματο σύστημα σχεδίασης, ανάλυσης και βελτίωσης ασύρματων δικτύων σε μια πλατφόρμα υπολογιστή με δυνατότητα επιλογής κλίμακας, αρκετά μικρή ώστε να την χρησιμοποιούν οι τεχνικοί πεδίου αλλά και τόσο ισχυρή ώστε να σχεδιάζει το μεγαλύτερο μέρος των ασύρματων δικτύων.

Το ComSite Design είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί σε όλο τον κόσμο και να μεταφέρει περιεκτική ανάλυση κάλυψης πολλαπλών περιοχών, ανάλυση αλληλεπίδρασης, πολλαπλές αναλύσεις από σημείο σε σημείο και από σημείο σε πολλά σημεία, χρησιμοποιώντας ένα πλήρες σύνολο από εμπειρικούς και ντετερμινιστικούς αλγορίθμους διάδοσης, σύμφωνα με τα βιομηχανικά επίπεδα. Επίσης χρησιμοποιεί μια μεγάλη έκταση από βάσεις δεδομένων εδάφους (terrain clutter), κτιρίων κίνησης, δημογραφίας και πολλές άλλες.

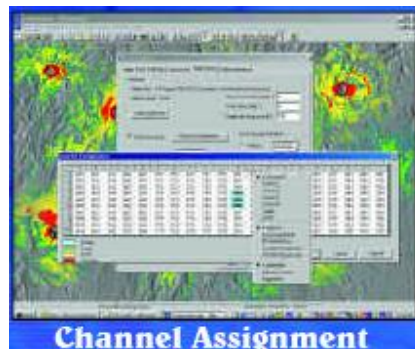
Το ComSite Design είναι φορητό και ταιριάζει πολύ σε μηχανικούς που το χρειάζονται σε εξωτερικούς χώρους. Το ComSite Design μπορεί να βοηθήσει RF μηχανικούς υπεύθυνους για Σχεδιασμό Ασύρματων Δικτύων με σχεδιαστικές δραστηριότητες που περιλαμβάνουν:

- Επιλογή περιοχής και ανάλυση αναζήτησης δακτυλίου (Search Ring Analysis) για την απόκτηση βοήθειας για την περιοχή.
- Μηχανική μπροστινών και οπίσθιων συνδέσεων.
- Ανάλυση αλληλεπίδρασης ομοδιαυλικών και γειτονικών καναλιών.
- Ανάλυση από σημείο σε σημείο.
- Σχεδιασμός Συχνότητας, χωρισμός περιοχών κυψελών και διαστασιοποίηση.
- Σχεδιασμός Χωρητικότητας και μηχανική κίνησης.
- Simicast μηχανική Δικτύου as per TIA/ TSB88.
- Μοντέλο Βαθμολόγησης Διάδοσης και ολοκλήρωση μετρήσεων.
- LMR/ PRM/ TETRA Μηχανική Δικτύου.
- Αυτόματο Σχεδιασμό Συχνότητας.





Antenna Selection



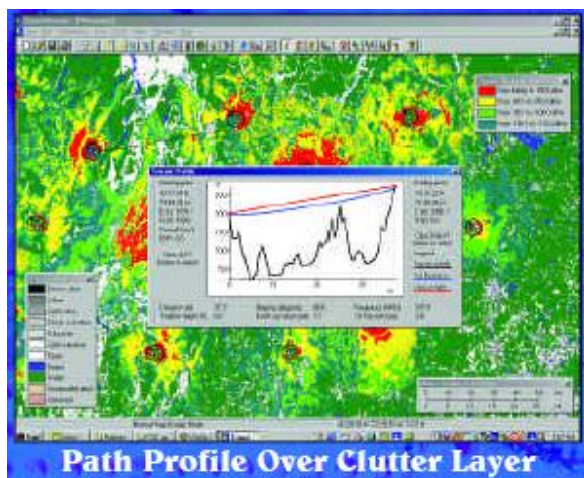
Channel Assignment

Η μέθοδος ComSite Design για την ανάλυση διάδοσης βοηθάει στο σχεδιασμό ασύρματων δικτύων με άνεση, ακρίβεια και ταχύτητα χρησιμοποιώντας τα παρακάτω εργαλεία:

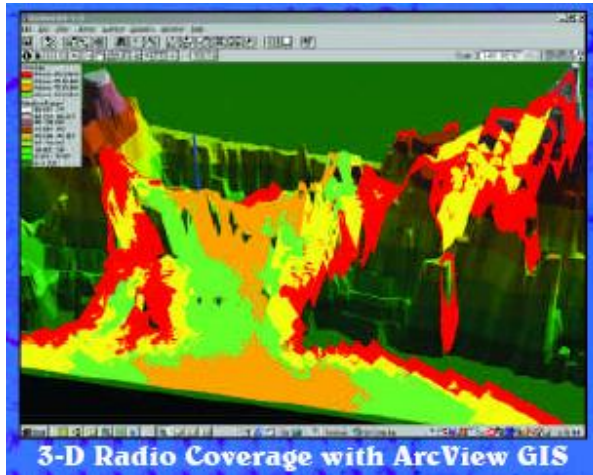
- Επιλογέας τεχνολογίας ασύρματου συστήματος.
- Βιβλιοθήκη ραδιο εξοπλισμού και μοντέλων κεραιών.
- Βάσεις Δεδομένων αναλυτικών χαρακτηριστικών χαρτών και εδάφους.
- Μεγάλη επιλογή από Μοντέλα διάδοσης και περίθλασης.

Το ComSite Design εκτελεί:

- Αναλύσεις προϋπολογισμού συνδέσεων (Link Budget).
- Κατανομή και διαμόρφωση καναλιών



Path Profile Over Clutter Layer

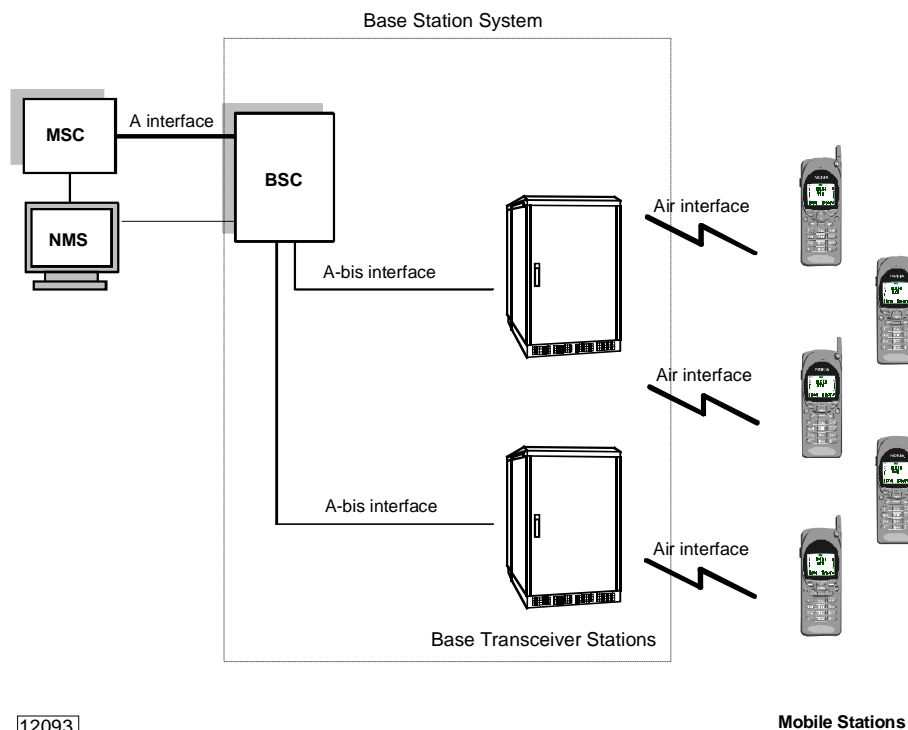


Το ComSite Design τρέχει σε πλατφόρμα Microsoft Windows. Υποστηρίζει τις τεχνολογίες CDMA2000, W-CDMA, CDMA(15-95), GSM, GPRS / EDGE, FDMA, TDMA(15-36), LMR, MMDS/ IEEE802.11, WLL / Fixed Wireless, Mobitex / Flex / Reflex, TETRA, UMTS / 3G.

9 **BASE STATION**

Εισαγωγή

Ο σταθμός βάσης (BTS) εκτελεί τη ραδιολειτουργία για το σύστημα σταθμών βάσης (BSS) και συνδέεται με τον ελεγκτή του σταθμού βάσης (BSC) μέσω της διεπαφής A-bis και με τους κινητούς σταθμούς (MS) μέσω της επαφής του αέρα. Το BSC συνδέεται περαιτέρω με το κέντρο μεταγωγής (MSC) και το σύστημα διαχείρισης του δικτύου (NMS). Οι επαφές του BSS φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



12093

Σχήμα: Οι επαφές του BSS

9.1. Κύρια χαρακτηριστικά

9.1.1. Υπηρεσίες

Η οικογένεια των προϊόντων Nokia Talk BTSs παρέχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Συνήθη χαρακτηριστικά τηλεπικοινωνιών
- Υπηρεσίες ομιλίας
- Υπηρεσίες δεδομένων
- Υπηρεσία σύντομων μηνυμάτων από σημείο σε σημείο
- Υπηρεσία σύντομων μηνυμάτων σε κυψελωτή εκπομπή

Το λογισμικό επικοινωνιών ακολουθεί τις προδιαγραφές του GSM A-bis.

9.1.2. Μετάδοση

Η οικογένεια των προϊόντων Nokia Talk BTSs έχει πέντε επιλογές για προφίλ μετάδοσης:

- Τρία προφίλ 2 Mbit/s PCM E1
- Τρία προφίλ 1,5 Mbit/s PCM T1
- Δύο προφίλ 0,5 Mbit/s, 1 Mbit/s and 2 Mbit/s HDSL
- Τέσσερα προφίλ ISDN-S
- Ραδιοσύνδεση

Η διεπαφή A-bis – Σύνδεσμοι επικοινωνίας 16/32/64 kbit/s

Συνήθως κάθε BTS απαιτεί:

- Μία PCM χρονοσχισημή 16/64 kbit/s που ανατίθεται στην επικοινωνία O&M μεταξύ του BTS και του BSC.
- Μία σχισμή 16/32/64 kbit/s για κάθε TRX για την επικοινωνία μεταξύ του BTS και του BSC.
- Οκτώ σχισμές 16 kbit/s για κάθε TRX για κίνηση που οφείλεται σε ομιλία/δεδομένα.

Επιπλέον, απαιτείται κάποια χωρητικότητα για έλεγχο επαναλήψεων εάν χρησιμοποιείται η διαμόρφωση επανάληψης.

9.2. Λειτουργία και συντήρηση

- Πλήρως απομακρυσμένα ελεγχόμενο από το Nokia NMS και BSC site.
- Το SW μπορεί να ληφθεί απευθείας από το BSC ή μέσω του BSC από το NMS.
- Αυτόματη λειτουργία επαναδιαμόρφωσης σε περίπτωση λάθους. Η διαδικασία ανάκτησης στο κανάλι ελέγχου εκπομπής (BCCH) εκτελείται αυτόματα χωρίς καμία ενέργεια από το χειριστή.
- Μεταβαλλόμενο TRX στο BTS SW DF3.0. Το μεταβαλλόμενο TRX είναι μια τυπική μονάδα και για τους τρεις τομείς, ελαχιστοποιώντας έτσι το περιττό hardware.
- Η μνήμη των μονάδων παρέχει γρήγορη ανάκτηση μετά από πτώση ισχύος και έναν οικονομικό τρόπο για εφαρμογή νέων υπηρεσιών.
- Φιλικό προς το χρήστη λογισμικό για γρήγορο εντοπισμό λαθών και αποτελεσματικό έλεγχο στο BTS site.
- Άμεση πρόσβαση σε πληροφορίες λαθών και κατάστασης που απεικονίζονται στη μπροστινή πλευρά της μονάδας λειτουργίας και συντήρησης (O&M)
- Η μονάδα O&M ελέγχει και εκκινεί όλες τις άλλες μονάδες στο BTS ώστε να παρέχει έξυπνο και αποτελεσματικό έλεγχο και χειρισμό λαθών. Επίσης αποθηκεύει ένα αντίγραφο ασφαλείας των πληροφοριών του λογισμικού και της διαμόρφωσης. Μια βάση δεδομένων της κατάστασης του BTS εντοπίζεται και ενημερώνεται αυτόματα στη μονάδα O&M.

- Οι περισσότερες λειτουργίες της μονάδας O&M μπορούν να εκτελεστούν είτε τοπικά χρησιμοποιώντας το MMI (Man-Machine Interface) και το τερματικό υπηρεσιών (ST: Service Terminal) είτε απομακρυσμένα πάνω από την διεπαφή A-bis. Η επικοινωνία της μονάδας O&M στην διεπαφή A-bis εφαρμόζεται για το μεγαλύτερο μέρος της σύμφωνα με τις εσωτερικές προδιαγραφές της Nokia.
- Ο PCM-συγχρονισμένος ταλαντωτής του κύριου ρολογιού του συστήματος δεν απαιτεί καμία επαναρύθμιση.
- Παρέχεται ένας συνδυασμός εσωτερικών ελέγχων επαναλήψεων (internal loop tests) για αυτοδιάγνωση.
- Παρέχεται επιλεκτική μονάδα ελέγχου συστήματος (STM) για μια ομάδα μετρήσεων που εκτελούνται από τα NMS, BSC και BTS:
 - ∅ STM ελέγχου εκκινούμενης κλήσης
 - ∅ STM ελέγχου τερματιζόμενης κλήσης
 - ∅ BCCH μέτρηση έντασης πεδίου μέσω της κεραίας STM
 - ∅ Έλεγχος επαναλήψεων ενσύρματα ή ασύρματα
 - ∅ Μέτρηση κεραίας δέκτη
 - ∅ Μέτρηση ευαισθησίας δέκτη.

9.2.1. Προφίλ Man-Machine

Το λογισμικό του προφίλ Man-Machine (MMI) χρησιμοποιείται για εκτέλεση λειτουργιών, γρήγορο εντοπισμό λαθών και αποτελεσματικό επιτόπου έλεγχο του BTS.

Το MMI ενεργοποιείται συνδέοντας ένα PC σε μια σειριακή θύρα του BCF. Ενδεικτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις ακόλουθες εργασίες:

- Έλεγχος και αναβάθμιση των εκδόσεων λογισμικού
- Έλεγχος και αναβάθμιση της βάσης δεδομένων HW (hardware)
- Επαναφορά του BTS ή μέρους του για ελεγκτικούς σκοπούς
- Τοπικό μπλοκάρισμα ενός τομέα ή ενός TRX για λειτουργίες υπηρεσιών ή αναβάθμισης
- Έλεγχος των ειδοποιήσεων
- Τρέξιμο των εσωτερικών ελέγχων του BTS
- Απομακρυσμένος έλεγχος από το BSC και το NMS

9.2.2. Έλεγχος μετάδοσης και ρυθμίσεις

Οι συνηθισμένες λειτουργίες ελέγχου του εξοπλισμού μετάδοσης της Nokia υποστηρίζονται. Αυτό επιτρέπει στον εξοπλισμό μετάδοσης να ελέγχεται:

1. Τοπικά από το τερματικό (ST). Στην περίπτωση αυτή η παρακολούθηση του εξοπλισμού μετάδοσης από τις λειτουργίες O&M του BTS απενεργοποιείται αυτόματα προς αποφυγή περιπτώσεων συναγερμών στο BSC.
2. Απομακρυσμένα από το δίκτυο μέσω της διεπαφής A-bis .

9.2.3. Downloading του λογισμικού

Το λογισμικό του BTS μπορεί να ληφθεί από το BSC, το NMS ή το MMI. Το λογισμικό μπορεί να ληφθεί και να σωθεί στη μνήμη EEPROM κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας.

Μπορούν να ληφθούν όλα τα προγράμματα για BTS εκτός του λογισμικού των μονάδων μετάδοσης.

9.2.4. Δυνατότητες ελέγχου

Οι λειτουργίες του BTS μπορούν να παρακολουθούνται με πολλούς τρόπους. Κάποιοι από αυτούς γίνονται αυτόματα, όπως για παράδειγμα όταν γίνεται επαναφορά στο BTS ή σε μέρος του. Κάποιοι έλεγχοι πρέπει να εκκινήθούν εκτός του BTS, είτε τοπικά από το MMI είτε απομακρυσμένα από το BSC ή το NMS.

9.2.5. Εντοπισμός λαθών

Πληροφορίες για την κατάσταση συναγερμών σε πραγματικό χρόνο φαίνονται στο κύριο παράθυρο του MMI. Οι συναγερμοί φαίνονται είτε σχετισμένοι είτε μη συσχετισμένοι και το ιστορικό τους μπορεί να κρατηθεί σε ξεχωριστό αρχείο.

Οι μονάδες του TRX διαθέτουν οθόνη όπου απεικονίζονται τα ακόλουθα:

- Φάση εκκίνησης TRX
- Ένδειξη λειτουργίας TX (power ON/OFF)
- Αριθμός καναλιού (όταν δε χρησιμοποιείται μεταπήδηση συχνότητας)
- Φάση μεταπήδησης
- Loop tests του TRX

9.3. Προφίλ ραδιοσχεδιασμού

- Δυναμικός έλεγχος ισχύος σε μια περιοχή έκτασης 30 dB με βήμα 2 dB.
- Χρησιμοποιούνται απομακρυσμένοι συντονιζόμενοι και ευρείας ζώνης συνδυαστές ως εναλλακτικές μονάδες.
- Τυπικό χαρακτηριστικό είναι η πολυπλοκότητα του δέκτη.

- Το πλήρως αναπτυγμένο φίλτρο duplex είναι ένα ακόμη χαρακτηριστικό.
- Επιλεκτικός προενισχυτής περιορίζει τις απώλειες καλωδίου του δέκτη.
- Ενσωματώνεται μεταπήδηση συχνότητας με συνδυαστές ευρείας ζώνης και συχνότητας βασικής ζώνης.
- Επιλεκτική προωθητική δυνατότητα για παροχή ίδιας γεωγραφικής κάλυψης με λιγότερους σταθμούς βάσης.

Προδιαγραφές επίδοσης προφίλ ραδιοσχεδιασμού

Ο εξοπλισμός ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές GSM 900/GSM 1800/GSM 1900 όταν είναι εφαρμόσιμα:

- GSM11.21, GSM05.05 (GSM 900/GSM 1800)
- J-STD-007 Air Interface

Ισχύς εξόδου

Η TRX μονάδα μπορεί να μεταφέρει ισχύ εξόδου 20 έως 40W στην έξοδο εκπομπής. Το σύστημα είναι σε ισορροπία σύνδεσης με:

- 2W MS για GSM 900
- 1W MS για GSM 1800 και GSM 1900

Όταν το σύστημα είναι σε ισορροπία σύνδεσης η ένταση και η ευαισθησία του σήματος στο MS και στο BTS είναι τέτοια ώστε η άνω ζεύξη (από το MS στο BTS) να είναι της ίδιας ποιότητας με αυτή της κάτω ζεύξης (από το BTS στο MS).

Διαχωρισμός συχνοτήτων

Ο ελάχιστος διαχωρισμός των συχνοτήτων για τα εκπεμπόμενα σήματα που μοιράζονται τον ίδιο συνδυαστή στενής ζώνης είναι 600 kHz στο GSM 900 και 800 kHz στο GSM 1800. Με το συνδυαστή ευρείας ζώνης δεν υπάρχουν περιορισμοί, αλλά γενικά στο σχεδιασμό ενός δικτύου είναι καλό να μη χρησιμοποιείται στενότερη ζώνη διαχωρισμού από 600 kHz.

Ευαισθησία δέκτη

Η ευαισθησία του δέκτη για GSM 900 είναι -109 dBm και για GSM 1800 - 110 dBm, μετρούμενα στην είσοδο της RX κεραίας του BTS.

10

Τεχνολογία 3G - UMTS

10.1. 3G Συστήματα

Τα 3G συστήματα σχεδιάστηκαν να παρέχουν παγκοσμίως την δυνατότητα πραγματοποίησης πολλών εφαρμογών, όπως τηλεφωνία, αναζήτηση (paging)

χρήστη, εφαρμογές σχετικά με μηνύματα, internet, broadband δεδομένα. Η διεθνής ένωση τηλεπικοινωνιών ([International Telecommunication Union - ITU](#)) ξεκίνησε την διαδικασία ορισμού του προτύπου για τα συστήματα 3^{ης} γενιάς, αναφερόμενο ως International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000). Στην Ευρώπη το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων ([ETSI: European Telecommunications Standards Institute](#)) ήταν υπεύθυνο για την διαδικασία προτυποποίησης του UMTS. Το 1998 το 3GPP ([Third Generation Partnership Project](#)) ανέλαβε να συνεχίσει τις τεχνικές προδιαγραφές. Το 3GPP έχει πέντε κύριες περιοχές προτυποποίησης σχετικά με το UMTS: δίκτυο ασύρματης πρόσβασης (Radio Access Network), δίκτυο κορμού (Core Network), τερματικά (Terminals), θέματα υπηρεσιών και συστήματος και GERAN.

Η κατηγορία 3GPP ασύρματης πρόσβασης (Radio Access group) είναι υπεύθυνη για:

- προδιαγραφές ασύρματου στρώματος (Radio Layer) 1, 2 και 3 RR
- Iub, Iur και Iu Interfaces (διεπαφές)
- UTRAN λειτουργία και διατήρηση απαιτήσεων
- BTS προδιαγραφές απόδοση ασύρματης ζεύξης (radio performance)
- προδιαγραφές του τεστ συμμόρφωσης των σταθμών βάσεων με το ασύρματο πρότυπο
- προδιαγραφές για την απόδοση ασύρματης ζεύξης από την πλευρά του συστήματος
- Η κατηγορία 3GPP κεντρικό δίκτυο (Core Network group) είναι υπεύθυνη για:
 - διαχείριση κινητικότητας (mobility management), σηματοδότηση ελέγχου σύνδεσης κλήσεων (call connection control signalling) μεταξύ του εξοπλισμού του χρήστη και του κυρίως δικτύου
 - σηματοδότηση μεταξύ των κόμβων του κυρίου δικτύου
 - καθορισμός των συνεργαζόμενων λειτουργιών μεταξύ του κυρίως δικτύου και εξωτερικών δικτύων.
 - θέματα σχετικά με τα πακέτα.
 - Core network θέματα της Iu διεπαφής (interface) και των απαιτήσεων λειτουργίας και συντήρησης.
- Η κατηγορία 3GPP τερματικό (Terminal group) είναι υπεύθυνη για:
 - πρωτόκολλα δυνατοτήτων υπηρεσιών (Service capability protocols)
 - θέματα σχετικά με τα μηνύματα (Messaging)
 - συνεργασία υπηρεσιών απ'άκρο σ'άκρο (Services end-to-end interworking)
 - USIM στη διεπαφή (interface) κινητών τερματικών
 - μοντέλο για διεπαφές (interfaces) τερματικών και εκτέλεση υπηρεσιών (εφαρμογών)

- Προδιαγραφές για τη δοκιμή συμμόρφωσης των τερματικών, συμπεριλαμβανομένων των θεμάτων της ασύρματης επικοινωνίας

Η κατηγορία 3GPP υπηρεσίες και συστήματα (Services and System Aspects group) είναι υπεύθυνη για:

- καθορισμός των υπηρεσιών και των χαρακτηριστικών απαιτήσεων
- ανάπτυξη των δυνατοτήτων και της αρχιτεκτονικής υπηρεσιών
- χρέωση και λογιστική
- διαχείριση δικτύου και θέματα ασφαλείας
- καθορισμός, εξέλιξη και συντήρηση ολόκληρης της αρχιτεκτονικής

Το [Third Generation Partnership Project 2](#) (3GPP2) σχεδιάστηκε για την τεχνολογική ανάπτυξη της τεχνολογίας cdma2000 η οποία είναι μέλος της οικογένειας IMT-2000.

Το Φεβρουάριο του 1992 το παγκόσμιο συνέδριο ραδιοεπικοινωνιών (World Radio Conference) δέσμευσε συχνότητες για UMTS χρήση. Οι συχνότητες 1885 - 2025 και 2110 - 2200 MHz προσδιορίστηκαν για IMT-2000.

10.2.UMTS υπηρεσίες

Το UMTS προσφέρει τηλευπηρεσίες (όπως ομιλία ή SMS) και άλλες υπηρεσίες φορέα, οι οποίες παρέχουν την δυνατότητα για μεταφορά πληροφοριών μεταξύ σημείων πρόσβασης.

Υπηρεσίες φορέα έχουν διαφορετικούς παράγοντες σχετικά με την ποιότητα της υπηρεσίας [QoS](#) (quality of service), τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, τον χρόνο καθυστέρησης και το ρυθμό bit σφάλματος (bit error rate). Οι ρυθμοί δεδομένων είναι:

- 144 kbits/s σε αγροτικούς και δορυφορικούς
- 384 kbits/s σε αστικούς εξωτερικούς χώρους
- 2048 kbits/s σε εσωτερικούς χώρους και σε μικρούς εξωτερικούς χώρους

Οι υπηρεσίες με χρήση δικτύου [UMTS](#) ανήκουν σε διαφορετικές κλάσεις ποιότητας υπηρεσίας Qos (traffic classes). Αυτές είναι:

- συζητητική κλάση (conversational class: voice, video telephony, video gaming)
- streaming κλάση (multimedia, video on demand, webcast)

- διαδραστική κλάση (interactive class: web browsing, network gaming, database access)
- background κλάση (email, SMS, downloading)

Το UMTS θα έχει και ένα εικονικό 'οικείο' περιβάλλον (Virtual Home Environment - VHE). Είναι μια ιδέα για μεταφερσιμότητα του περιβάλλοντος προσωπικών υπηρεσιών μεταξύ δικτύων και μεταξύ τερματικών. Λέγοντας περιβάλλον προσωπικών υπηρεσιών εννοείται ότι οι χρήστες μόνιμα παρουσιάζονται με τα ίδια προσωπικά, χαρακτηριστικά, τις ίδιες προτιμήσεις στη διεπιφάνεια χρήστη και στις υπηρεσίες σε οποιοδήποτε δίκτυο ή τερματικό, οπουδήποτε και αν βρίσκονται οι χρήστες.

Το UMTS επίσης βελτίωσε την ασφάλεια δικτύων και τις υπηρεσίες βασισμένες στην θέση των κινητών τερματικών.

Οι ιδιότητες των UMTS υπηρεσιών φορέα είναι:

- Κατηγορία κίνησης (παραδοσιακή/φυσιολογική, μορφής ρεύματος, διαδραστική, υποβάθρου)
- Μέγιστος ρυθμός μεταφοράς (kbps)
- Εγγυημένος ρυθμός μεταφοράς (kbps)
- διαταγή διανομής (y/n)
- Μέγιστο μέγεθος πακέτου SDU (octets)
- SDU πληροφορίες μοπρφοποίησης (bits)
- ρυθμός σφαλμάτων πακέτου SDU
- Εναπομείνον ριθμός σφαλμάτων bit
- Παράδοση εσφαλμένων πακέτων SDUs (y/n/-)
- Καθυστέρηση μεταφοράς (ms)
- Προτεραιότητα χειρισμού κίνησης
- Προτεραιότητα κατανομής/διατήρησης
- Περιγραφές στατιστικών πηγής ('speech'/'unknown')

SDU = Service Data Unit

10.3.Αρχιτεκτονική UMTS

Το δίκτυο UMTS αποτελείται από τρεις αλληλεπιδρώντες τομείς:

- δίκτυο κορμού (Core Network - CN)

- UMTS επίγειο δίκτυο ασύρματης πρόσβασης (UMTS Terrestrial Radio Access Network - UTRAN)
- Εξοπλισμός χρήστη (User Equipment - UE)

10.3.1.Core Network

Η κύρια λειτουργία του **CN** είναι να παρέχει μεταγωγή (switching), δρομολόγηση (routing) και διακίνηση για την κινητικότητα του χρήστη . Επίσης, το CN έχει τις βάσεις δεδομένων και λειτουργίες σχετικά με τη διαχείριση του δικτύου. Η βασική αρχιτεκτονική του CN για UMTS βασίζεται στο δίκτυο GSM με GPRS. Όλος ο εξοπλισμός τροποποιείται για UMTS λειτουργίες και υπηρεσίες.

Χωρίζεται σε τομείς μεταγωγής κυκλωμάτων και μεταγωγής πακέτων. Μερικά στοιχεία της μεταγωγής κυκλωμάτων είναι: Mobile services Switching Centre (MSC), Visitor location register (VLR) και Gateway MSC. Μερικά στοιχεία της μεταγωγής πακέτων είναι: Serving GPRS Support Node (SGSN) και Gateway GPRS Support Node (GGSN). Μερικά στοιχεία δικτύου, όπως EIR, HLR, VLR και AUC μοιράζονται και στους δύο τομείς.

Η μορφή ασύγχρονης μετάδοσης (Asynchronous Transfer Mode - ATM) έχει οριστεί για την μετάδοση στο CN. Το AAL2 (ATM Adaptation Layer type 2) χειρίζεται την σύνδεση μεταγωγής κυκλωμάτων και το πρωτόκολλο AAL5 για σύνδεση πακέτων σχεδιάζεται για τη διανομή δεδομένων.

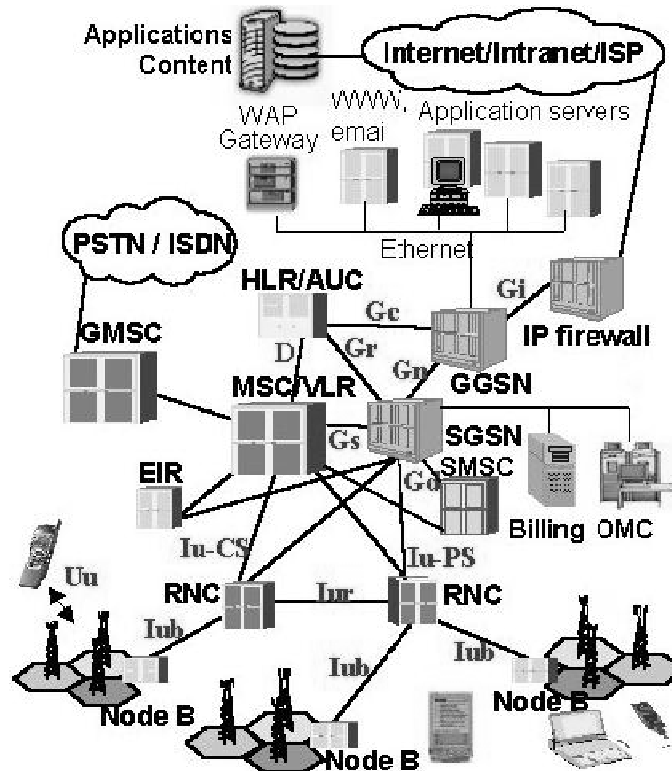
Η αρχιτεκτονική του CN μπορεί να αλλάξει όταν νέες υπηρεσίες και χαρακτηριστικά παρουσιαστούν. Μια βάση δεδομένων για μεταφερσιμότητα τηλεφωνικού αριθμού (Number Portability DataBase - NPDB) θα χρησιμοποιηθεί για να παρέχει τη δυνατότητα στον χρήστη να αλλάξει δίκτυο διατηρώντας το παλιό τηλεφωνικό νούμερο. Το GLR (Gateway Location Register) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσει την διαχείριση εγγραφής μεταξύ των συνόρων των δικτύων. Τα MSC, VLR και SGSN μπορεί να ενωθούν και να αποτελέσουν ένα UMTS MSC.

10.3.2.UTRAN

Το UTRAN παρέχει την μέθοδο εναέριας πρόσβασης για τον εξοπλισμό του χρήστη. Οι σταθμοί βάσης αναφέρονται ως Node-B και ο εξοπλισμός ελέγχου των Node-B λέγονται RNC (Radio Network Controller). Παρακάτω φαίνεται ένα παράδειγμα δικτύου UMTS.

Στο UTRAN χρησιμοποιείται η τεχνολογία CDMA ευρείας ζώνης (Wide band CDMA - WCDMA). Είναι μια άμεση ακολουθία του CDMA συστήματος όπου τα δεδομένα του χρήστη πολλαπλασιάζονται με ημιτυχαία bits προερχόμενα από κώδικες του WCDMA. Στο UMTS, για συγχρονισμό και κρυπτογράφηση χρησιμοποιούνται κώδικες μαζί με την διαδικασία που σχετίζεται με τα κανάλια.

Το WCDMA έχει δύο βασικές μορφές λειτουργίας: duplex διαιρούμενης συχνότητας (Frequency Division Duplex - FDD) και duplex διαιρούμενου χρόνου (Time Division Duplex - TDD).



UMTS network layout example

Οι λειτουργίες του Node-B είναι:

- εναέρια μετάδοση/παραλαβή
- διαμόρφωση/αποδιαμόρφωση
- CDMA κωδικοποίηση φυσικών καναλιών
- μικροδιαφορικότητα (Micro Diversity)
- διαχείριση σφαλμάτων
- έλεγχος ισχύος κλειστού βρόγχου (Closed loop power control)

Οι λειτουργίες του RNC είναι:

- έλεγχος ασύρματων πόρων (Radio Resource Control)
- έλεγχος πρόσβασης (Admission Control)
- κατανομή καναλιών (Channel Allocation)
- ρυθμίσεις ελέγχου ισχύος (Power Control Settings)
- έλεγχος μεταβίβασης (Handover)
- μακροδιαφορικότητα (Macro Diversity)
- κρυπτογράφηση

- κατάμηση/επανάωση (Segmentation / Reassembly)
- σηματοδωσία ομαδικής αποστολής (Broadcast)
- έλεγχος ισχύος ανοικτού βρόχου Open Loop Power Control

10.3.3. User Equipment - UE

Το UMTS πρότυπο δεν περιορίζει δεν περιορίζει την λειτουργικότητα του UE. Τα τεμαχικά λειτουργούν ως εναέριο αντίστοιχο του κόμβου τύπου B (Node-B) και έχουν πολλά διαφορετικά είδη ταυτοτήτων. Τα περισσότερα από αυτά τα είδη ταυτοτήτων έχουν παρθεί από τις GSM προδιαγραφές.

- διεθνής ταυτότητα κινητού συνδρομητή (International Mobile Subscriber Identity - IMSI)
- προσωρινή ταυτότητα κινητού συνδρομητή (Temporary Mobile Subscriber Identity - TMSI)
- προσωρινή ταυτότητα κινητού συνδρομητή μέσω πακέτων (Packet Temporary Mobile Subscriber Identity (P-TMSI)
- προσωρινή ταυτότητα λογικής ένωσης (Temporary Logical Link Identity - TLLI)
- σταθμός κινητών ISDN (Mobile station ISDN - MSISDN)
 - ISDN: ψηφιακό δίκτυο ενωποημένων υπηρεσιών
- διεθνής ταυτότητα εξοπλισμού κινητού σταθμού (International Mobile Station Equipment Identity - IMEI)

Ο σταθμός κινητών UMTS (mobile station - MS) μπορεί να βρίσκεται σε μία από τις τρεις λειτουργίες:

- **PS/CS λειτουργία:** το MS είναι συνδεδεμένο και με το PS τομέα και με το CS τομέα, και ο MS μπορεί και κάνει ταυτόχρονα PS υπηρεσίες και CS υπηρεσίες.
- **PS λειτουργία:** το MS είναι συνδεδεμένο μόνο με το PS και μπορεί και κάνει μόνο PS υπηρεσίες. Παρόλα αυτά, αυτό δεν αποτρέπει υπηρεσίες παρόμοιες με τις CS να γίνονται πάνω από το PS τομέα (πχ VoIP).
- **CS λειτουργία** το MS είναι συνδεδεμένο μόνο με το CS και μπορεί και κάνει μόνο CS υπηρεσίες.

Η κάρτα UMTS IC έχει τα ίδια φυσικά χαρακτηριστικά όπως η κάρτα GSM SIM . έχει διάφορες λειτουργίες:

- υποστήριξη μιας εφαρμογής USIM (User Service Identity Module) (προαιρετικά περισσότερες από μίας)
- υποστήριξη ενός ή περισσότερων προφίλ χρήστη στη USIM
- ενημέρωση USIM ειδικών πληροφοριών εναέρια
- λειτουργίες ασφαλείας
- πιστοποίηση χρήστη

- προαιρετική συμπερίληψη των μεθόδων πληρωμής
- προαιρετικό ασφαλές κατέβασμα (downloading) καινούριων εφαρμογών

10.4. Συχνότητες 3G

Σύμφωνα με το WARC-92 για τις συχνότητες του IMT-2000 έχουμε: "το εύρος συχνοτήτων 1885-2025 MHz και 2110-2200 MHz σχεδιάστηκε να χρησιμοποιηθεί σε παγκόσμια βάση από διοικήσεις έτσι ώστε να υλοποιήσουν το IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000). Αυτή η χρήση δεν εμποδίζει την χρήση αυτών των συχνοτήτων από άλλες υπηρεσίες στις οποίες έχουν ανατεθεί."

Μια περίληψη των UMTS συχνοτήτων είναι:

1920-1980 και **2110-2170** MHz αμφίδρομη επικοινωνία διαίρεσης συχνότητας (FDD: Frequency Division Duplex, W-CDMA) συζευγμένο (paired) uplink και downlink, το διάστημα (spacing) των καναλιών είναι 5 MHz και το ράστερ (κοκκιδοπλαίσιο) είναι 200 kHz. Ένας διαχειριστής χρειάζεται 3 - 4 κανάλια (2x15 MHz ή 2x20 MHz) για να μπορεί να χτίσει ένα γρήγορης ταχύτητας και υψηλής χωρητικότητας δίκτυο.

1900-1920 and **2010-2025** MHz αμφίδρομη επικοινωνία διαίρεσης χρόνου (TDD: Time Division Duplex, TD/CDMA) ασύζευκτο (unpaired), το διάστημα (spacing) των καναλιών είναι 5 MHz και το ράστερ είναι 200 kHz. Τα Tx (εκπομπός) και Rx (δέκτης) δεν διαχωρίζονται στη συχνότητα.

1980-2010 και **2170-2200** MHz δορυφορικά uplink και downlink.

Οι συχνότητες φέροντος καθορίζονται από το UARFCN (UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number). Ο γενικός τύπος σχετικά με τη συχνότητα στο UARFN είναι:

$$\text{UARFCN} = 5 * (\text{συχνότητα σε MHz})$$

11

Υπάρχουσες Τεχνικές Εντοπισμού Θέσης

Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχει ήδη μια πληθώρα τεχνικών εντοπισμού θέσης, διαθέσιμη στο ευρύ κοινό. Οι τεχνικές αυτές χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο προσδιορίζουν την θέση του χρήστη:

- Οι τεχνικές που βασίζονται σε αστερισμό δορυφόρων,
- Οι μέθοδοι που βασίζονται σε επίγειο δίκτυο,

- Συνδυασμός των ανωτέρω δύο μεθόδων, με απώτερο σκοπό την αύξηση της ακρίβειας
- Οι αδρανειακές μέθοδοι πλοήγησης.

Πρέπει να αναφερθεί ότι όλες οι προηγούμενες τεχνικές είναι προσεγγιστικές, αφού δεν υπολογίζουν με απόλυτη ακρίβεια την θέση, αλλά προσδιορίζουν ένα διάστημα στον χώρο μέσα στο οποίο βρίσκεται ο χρήστης. Το μέγεθος αυτού του διαστήματος και συνεπώς η ακρίβεια της υπολογιζόμενης θέσης, εξαρτάται άμεσα από την εκάστοτε τεχνική, αν και τα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού θέσης είναι συνήθως ακριβέστερα από τις επίγειες μεθόδους.

Όλες οι αναφερόμενες μέθοδοι, με εξαίρεση τις αδρανειακές, βασίζονται σε φάρους (beacons), οι οποίοι είναι τοποθετημένοι είτε στην επιφάνεια της γης, είτε σε τροχιά γύρω από αυτήν και εκπέμπουν συνεχώς κάποιου είδους αναγνωριστικό σήμα. Απαραίτητη προϋπόθεση για τον εντοπισμό της θέσης του τελικού χρήστη, είναι η γνώση της θέσης των φάρων με εξαιρετικά μεγάλη ακρίβεια. Ο κινητός χρήστης επιχειρεί τον υπολογισμό είτε της απόστασης μεταξύ του ίδιου και των φάρων – σημείων αναφοράς, είτε της γωνίας της ευθείας που τους ενώνει ως προς τον ορίζοντα.

Γνωρίζοντας την ακριβή θέση των σημείων αναφοράς καθώς και την απόσταση ή την γωνία, το φορητό τερματικό έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει την δική του θέση είτε στον τρισδιάστατο, είτε στον δισδιάστατο χώρο.

Αντίθετα με τις υπόλοιπες μεθόδους, οι αδρανειακές μέθοδοι πλοήγησης είναι πλήρως αυτόνομες, αφού δεν απαιτούν κανενός είδους beacon. Η χρήση τέτοιων μεθόδων έχει ατονήσει στις μέρες μας, αφού είναι λιγότερο ακριβείς από τις υπόλοιπες μεθόδους που βασίζονται σε φάρους και αναφέρονται για λόγους πληρότητας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας είναι η πλοήγηση ρομποτικών συσκευών (οικιακής χρήσης, διαστημική εξερεύνησης, κτλ).

11.1. Εύρεση θέσης (Positioning) και ιχνηλάτηση (Tracking)

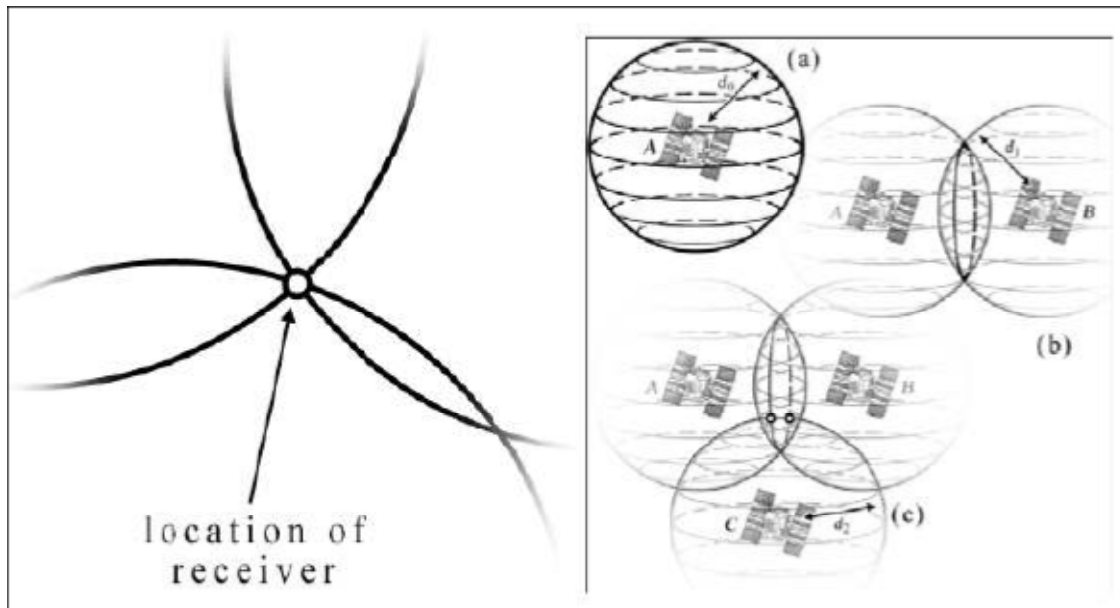
Όταν αναφερόμαστε σε εντοπισμό θέσης, θα πρέπει να γίνει ο ακόλουθος διαχωρισμός ως προς το αντικείμενο που μας ενδιαφέρει. Διαχωρίζεται λοιπόν ο στόχος μας αναλόγως για το αν επιθυμούμε να προσδιορίσουμε την θέση ενός χρήστη κάποια χρονική στιγμή ή αν μας ενδιαφέρει να είμαστε σε θέση να μπορούμε να προσδιορίσουμε και να προσεγγίσουμε την τροχιά που καταγράφει ή έχει καταγράψει ένας χρήστης. Στην πρώτη περίπτωση ασχολούμαστε αποκλειστικά με την εύρεση θέσης (positioning) ενώ στην δεύτερη με την παρακολούθηση της τροχιάς (tracking).

Μπορούμε να αναλογιστούμε πως η εύρεση της τροχιάς αποτελείται από την επιμέρους εύρεση της θέσης του κινούμενου αντικειμένου, όμως υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες που συνθέτουν ένα πολυπλοκότερο και πιο σύνθετο πρόβλημα. Για την εύρεση θέσης θεωρούμε ότι έχουμε μηδενική ιστορική γνώση για προηγούμενες θέσεις του χρήστη και εξετάζουμε το πρόβλημα χωρίς την ύπαρξη κάποιου περιοριστικού πλαισίου ως προς την θέση και την περιοχή κίνησης του χρήστη. Να σημειώσουμε ότι η μηδενική γνώση αναφέρεται και στην περίπτωση όπου οι αιτήσεις για τον εντοπισμό θέσης γίνονται τόσο αραιά ώστε να μην είμαστε σε θέση να θεωρήσουμε την ύπαρξη

ιστορικού μετρήσεων. Σε αντίθεση, όταν θέλουμε να προσεγγίσουμε την τροχιά ενός χρήστη, διατηρούμε ιστορικό των θέσεων ενός χρήστη ώστε να είμαστε σε θέση να περιορίσουμε την προσπάθεια μας σε μία συγκεκριμένη περιοχή. Αλγόριθμοι και τεχνικές που υπάγονται στον ευρύτερο αυτό χώρο τυγχάνουν χρήσης είτε σε έναν από τους δύο τομείς είτε και στους δύο, ενώ μεγάλη σημασία δίδεται στην ανάπτυξη ευριστικών μεθόδων για την όσο καλύτερη εκμετάλλευση του ιστορικού και την εξόρυξη δεδομένων που συνδράμουν σε βελτιωμένη προσέγγιση της πραγματικής θέσης ή τροχιάς.

11.2 Τεχνικές βασιζόμενες σε δορυφορικό δίκτυο

Το Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης (Global Navigation Satellite System, GNSS) αποτελεί τον γενικότερο όρο για δορυφορικά συστήματα πλοήγησης που παρέχουν αυτόνομο γεωχωρικό εντοπισμό θέσης με παγκόσμια κάλυψη. Ένα τέτοιο σύστημα επιτρέπει σε μικρές ηλεκτρονικές συσκευές να λειτουργήσουν ως δέκτες και να είναι σε θέση να καθορίσουν την θέση τους, προσδιορίζοντας γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος αλλά και υψόμετρο. Η επιτρεπτή απόκλιση είναι της τάξης των μερικών μέτρων. Για τον προσδιορισμό της θέσης ενός χρήστη δύναται να χρησιμοποιηθεί ένας αστερισμός δορυφόρων. Σε αυτήν την περίπτωση τοποθετούνται οι δορυφόροι σε τροχιά γύρω από την γη και εκπέμπουν κάθε στιγμή τη θέση τους και τη χρονική στιγμή εκπομπής του μηνύματος. Ο δέκτης λαμβάνει τα σήματα που εκπέμπουν οι ορατοί σε αυτόν δορυφόροι και υπολογίζει τη χρονική καθυστέρηση του σήματος. Με βάση την χρονική καθυστέρηση Δt_i , υπολογίζει την απόσταση μεταξύ του δορυφόρου i και της συσκευής, πολλαπλασιάζοντας τη με την ταχύτητα του φωτός. $d_i = c \cdot \Delta t_i$, όπου d_i η απόσταση του δορυφόρου i από την φορητή συσκευή. Ο γεωμετρικός τόπος των σημείων με απόσταση d_i από τον δορυφόρο i είναι στην πραγματικότητα μία σφαίρα με κέντρο τον δορυφόρο και ακτίνα d_i . Συνεπώς η συσκευή βρίσκεται στην τομή των σφαιρών. Αν υπάρχουν τουλάχιστον 4 ορατοί δορυφόροι, η τομή των σφαιρών είναι ακριβώς σημείο στο χώρο, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Εικόνα: Θέση του φορητού τερματικού, όπως υπολογίζεται από την τομή των σφαιρών

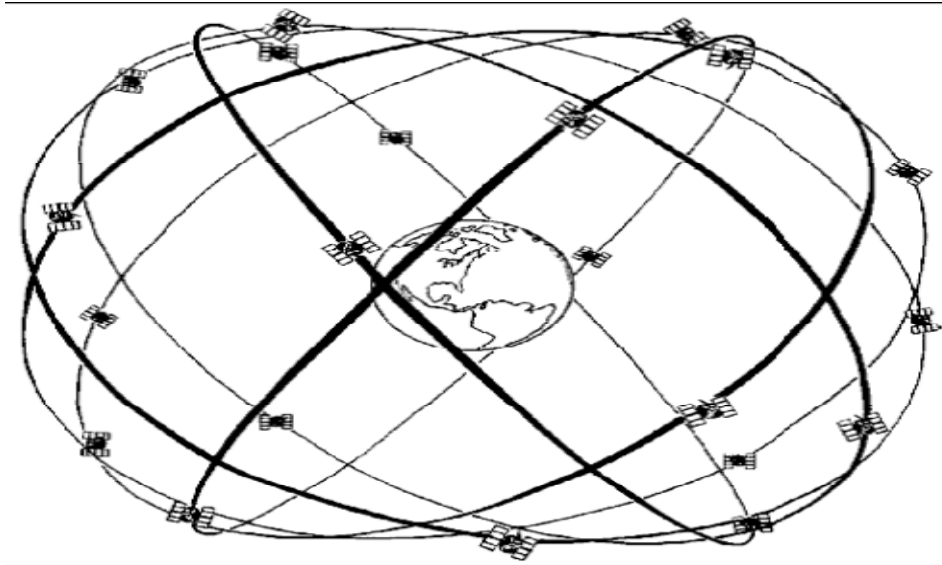
Ο υπολογισμός του ακριβούς χρόνου που απαιτείται για τον υπολογισμό της χρονικής διαφοράς του σήματος, γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο: Η συσκευή αρχικά θεωρεί ως δικό της χρόνο έναν αυθαίρετο χρόνο σχετικά κοντά στις χρονοσφραγίδες των σημάτων που λαμβάνει. Όσο οι σφαίρες που υπολογίζει δεν τέμνονται, γυρνάει προς τα πίσω το ρολόι της. Αν αντίθετα οι σφαίρες τέμνονται αλλά ορίζουν ολόκληρη περιοχή και όχι σημείο, πηγαίνει προς τα μπροστά το ρολόι της. Τελικά, μόλις οι σφαίρες τέμνονται σε ακριβώς ένα σημείο, έχει συγχρονίσει το ρολόι της με τους δορυφόρους και υπολογίζει την θέση της στον χώρο. Πλέον λειτουργούν ή θα λειτουργήσουν τα εξής συστήματα:

- **Navigation Signal Timing and Ranging – NAVSTAR** (το γνωστό Global Positioning System ή απλώς GPS) των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής,
- Galileo Positioning System, ΣινοΕυρωπαϊκό,
- **Global Navigation Satellite System (GLONASS)** της Ρωσικής Ομοσπονδίας
- Beidou Navigation System, που υπάγεται στην Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας.
- **Indian Regional Navigation Satellite Systems (IRNSS)**, της Ινδίας.
- DORIS, της Γαλλίας
- QZSS, της Ιαπωνίας.

11.2.1. Global Positioning System (GPS)

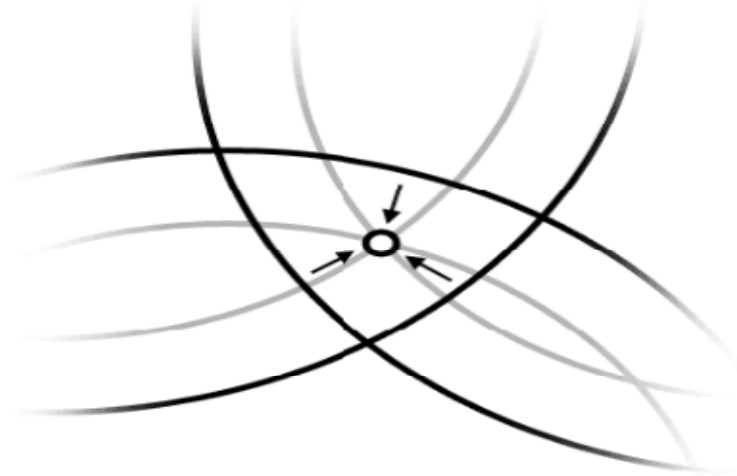
Αποτελείται από 21 κύριους και 3 εφεδρικούς δορυφόρους, οι οποίοι βρίσκονται σε υψόμετρο 20.200 km. Η περίοδος περιστροφής τους είναι 11 ώρες και 58 λεπτά, ώστε να συμπληρώνουν περίπου 2 πλήρεις περιστροφές την ημέρα. Ανά

πάσα στιγμή, οπουδήποτε στην επιφάνεια της γης, τουλάχιστον 4 δορυφόροι είναι ορατοί.



Εικόνα: Χωρική κατανομή των δορυφόρων του GPS

Το σύστημα συντηρείται και ελέγχεται από το Υπουργείο Αμύνης των ΗΠΑ. Η ακρίβειά του είναι θεωρητικά 10m, αλλά πρακτικά λόγω διαφόρων αιτιών η ακρίβειά του μειώνεται στα 15m. Η κυβέρνηση των ΗΠΑ διατηρεί το δικαίωμα να ενεργοποιήσει οποτεδήποτε την επιλεκτική διαθεσιμότητα και να μειώσει την ακρίβεια του συστήματος στα 100m (ώστε να μη μπορεί να χρησιμοποιείται από εχθρικούς πυραύλους) ή να απαγορεύσει την εκπομπή πολιτικού σήματος GPS σε μια περιοχή, ή ακόμα και παγκόσμια. Τέλος, σε όλες τις πολιτικές συσκευές πρέπει να υπάρχει μηχανισμός που να απαγορεύει την εξαγωγή πληροφορίας όταν το υπολογιζόμενο ύψος είναι μεγαλύτερο από κάποιο όριο.



Εικόνα: Συγχρονισμός της συσκευής GPS. Ο συγχρονισμός είναι σωστός όταν οι σφαίρες τέμνονται σε ένα σημείο

11.2.2 Galileo Positioning System

Το Galileo βρίσκεται ακόμα σε αρχικό στάδιο. Αναπτύσσεται από κοινού από την Ευρωπαϊκή Ένωση και την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος. Το εκτιμώμενο κόστος είναι περίπου 3 δισεκατομμύρια Ευρώ, ενώ θα είναι πλήρως λειτουργικό από το 2010. Πλέον και τρίτες – μη ευρωπαϊκές – χώρες έχουν εισηγηθεί στο σχέδιο Galileo, ανάμεσά τους η Κίνα, το Ισραήλ και η Ινδία. Το Galileo θα παραμείνει υπό πολιτικό έλεγχο, σε αντίθεση με το αμερικάνικο GPS, ενώ η απενεργοποίησή του θα είναι δυνατή μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Η ακρίβειά που θα προσφέρει θα είναι ανώτερη του GPS, με 8m σφάλμα για όλους τους χρήστες και 1m σφάλμα για τους συνδρομητές. Το Galileo θα αποτελείται από 27 κύριους και 3 εφεδρικούς δορυφόρους σε ύψος 23.222 m, ενώ στο απώτερο μέλλον σχεδιάζεται να προστεθούν και 8 γεωδαιτικοί δορυφόροι για ακόμα μεγαλύτερη ακρίβεια κοντά στον ισημερινό.

11.2.3 Beidou Positioning System

Το εγχείρημα της Κίνας τέθηκε ξεκίνησε να τίθεται σταδιακά σε λειτουργία από το 2000 και μόλις στις 3 Φεβρουαρίου του 2007 ολοκληρώθηκε και η εκτόξευση του τελευταίου δορυφόρου. Σε αντίθεση με το GPS και το Galileo, στο εν λόγω σύστημα χρησιμοποιούνται δορυφόροι που κινούνται σε γεωδαιτική τροχιά. Απόρροια αυτού είναι ο μικρός αριθμός δορυφόρων αλλά και η περιορισμένη κάλυψη στους πόλους. Συγκεκριμένα, υπηρεσία εύρεσης θέσης παρέχεται στις περιοχές που περικλείονται από 70°Α μέχρι 140°Α και από 5°Β μέχρι 55°Β. Το σύστημα αναμένεται να παρέχει δωρεάν υπηρεσίες με ακρίβεια έως και 10 μέτρα ενώ στα μελλοντικά σχέδια υπάρχει η εκτόξευση νέων δορυφόρων ώστε να μπορεί να παρέχει παγκόσμια κάλυψη.

11.2.4. IRNS

Το IRNS αποτελεί ένα αυτόνομο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης το οποίο αναπτύσσεται από την Ινδική Οργάνωση Διαστημικής Έρευνας που βρίσκεται υπό τον έλεγχο της Ινδικής κυβέρνησης. Το έργο εγκρίθηκε από την Ινδική κυβέρνηση το 2006, θέτοντας ως στόχο την υλοποίηση και ολοκλήρωση του έργου μέχρι το 2012. Θα αποτελείται από 7 δορυφόρους το 2012 που θα τοποθετούν σε γεωστατική τροχιά ώστε να παρέχει ακριβέστερη κάλυψη στην περιοχή της Ινδίας με μικρότερο πλήθος δορυφόρων. Η ακρίβεια που πρόκειται να προσφέρει είναι της τάξης των 20 μέτρων.

11.3. Τεχνικές Βασισμένες σε επίγειο δίκτυο

Σε αντίθεση με τις μεθόδους που αναπτύχθηκαν προηγουμένως, οι οποίες βασίζονταν σε αστερισμό δορυφόρων, υπάρχει η δυνατότητα να προσδιορίσουμε την θέση ενός χρήστη χρησιμοποιώντας επίγειους πομπούς. Οι πομποί μπορούν να ανήκουν είτε στο κυψελοειδές σύστημα της κινητής τηλεφωνίας, είτε σε κάποιο άλλου είδους ασύρματο δίκτυο, όπως WiFi, υπέρυθρες (IR) Bluetooth, κτλ.

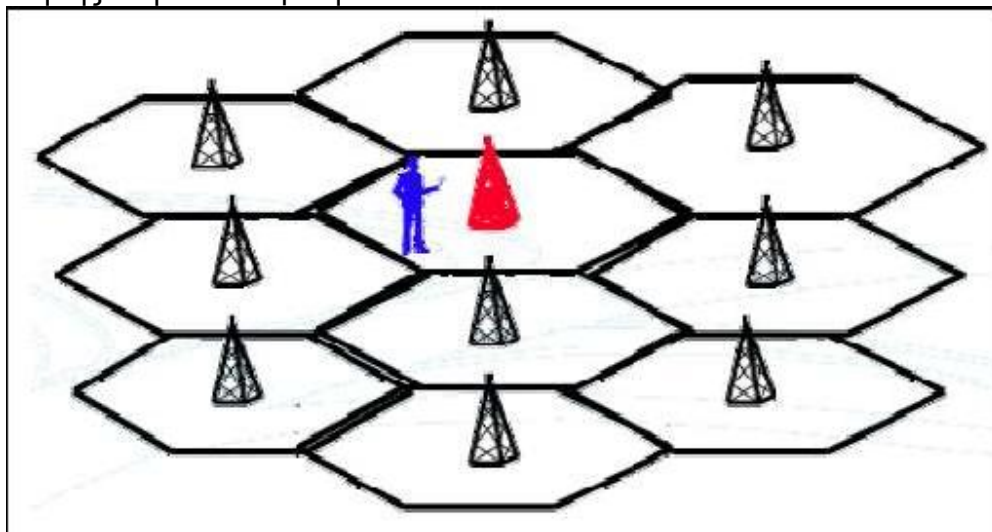
11.3.1. Κινητή τηλεφωνία

Το σύστημα κινητών επικοινωνιών αποτελείται από δύο διακριτά μέρη: τους σταθμούς βάσης και τα φορητά τερματικά. Κάθε σταθμός βάσης εκπέμπει στην περιοχή εμβέλειάς του σήμα για να είναι συνεχώς ορατός από τα κινητά τηλέφωνα. Η περιοχή εμβέλειας του σταθμού βάσης ονομάζεται κυψέλη και το σύμπλεγμα όλων των κυψελών, κυψελοειδές δίκτυο. Σε κάθε κυψέλη έχει αντιστοιχιστεί ένα μοναδικό αναγνωριστικό, το Παγκόσμιο Αναγνωριστικό της Κυψέλης (Cell Global Identifier), το οποίο εκπέμπεται συνεχώς.

Το CGI αποτελείται από 4 πεδία:

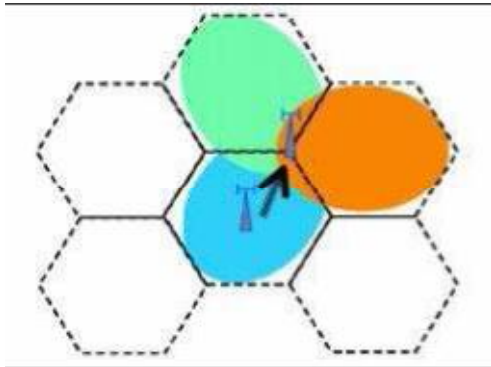
- Mobile Country Code – MCC – Κωδικός Παρόχου
- Mobile Network Code – MNC – Κωδικός Παρόχου
- Location Area Code – LAC – Κωδικός Περιοχής
- Cell ID, το οποίο είναι υποσύνολο του Cell Global Identifier.

Το κινητό τηλέφωνο, όσο βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, συνδέεται με την κυψέλη από την οποία λαμβάνει την μεγαλύτερη ισχύ και είναι σε θέση να γνωρίζει τον κωδικό της συνδεδεμένης κυψέλης, καθώς και την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος σε dbm. Κάθε φορά που μειώνεται η λαμβανόμενη ισχύς από τη συνδεδεμένη κυψέλη, το κινητό συνδέεται με την κυψέλη με την μέγιστη ισχύ, ενώ αν πραγματοποιείται κλήση εκείνη την στιγμή γίνεται διαπομπή της κλήσης στην νέα κυψέλη.



Εικόνα : Το κινητό είναι συνδεδεμένο στην κυψέλη από την οποία λαμβάνει ισχυρότερο σήμα

Συνήθως οι πάροχοι συγχωνεύουν τρεις σταθμούς βάσεις σε έναν κοινό σταθμό, ο οποίος ελέγχει τρεις κυψέλες ταυτόχρονα, οι οποίες πλέον αποτελούνται τομείς της νέας κυψέλης και τοποθετείται στην κοινή γωνία των τριών κυψελών. Αυτό γίνεται για οικονομικούς λόγους. Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούνται κατευθυντικές κεραίες με άνοιγμα από 65ο μέχρι 85ο, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Εικόνα: Συγχώνευση τριών σταθμών βάσης σε έναν.

Το μέγεθος της κυψέλης ποικίλει από μερικές εκατοντάδες μέτρα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές (μικροκυψέλες) σε μεγαλύτερο από 10 χιλιόμετρα σε αραιοκατοικημένες περιοχές (μακροκυψέλες). Η απόφαση για το μέγεθος της κυψέλης επαφίεται στον πάροχο των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών ο οποίος συνυπολογίζει την ανάγκη για μικρές κυψέλες, ώστε να αναχρησιμοποιείται το πολύτιμο φάσμα σε γειτονικές κυψέλες και την αντικρουόμενη ανάγκη για μεγάλες κυψέλες, ώστε να περιορίζονται τα κόστη δημιουργίας και συντήρησης του δικτύου. Εξάλλου υπερβολικά μικρές κυψέλες αυξάνουν την πιθανότητα της διαπομπής μιας κλήσης σε νέα κυψέλη, αυξάνοντας το λειτουργικό κόστος. Το μέγεθος της κυψέλης είναι αρκετά σημαντικό γιατί, όπως θα δούμε αργότερα, επηρεάζει άμεσα την ακρίβεια των επίγειων μεθόδων.

Η εκτίμηση της θέσης ενός φορητού τερματικού μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε από τον πάροχο είτε από το ίδιο το κινητό τηλέφωνο.

Εκτίμησης της θέσης από τον πάροχο

Η εκτίμηση της θέσης ενός κινητού τηλεφώνου μπορεί να γίνει από τον ίδιο τον πάροχο. Το τελευταίο χρονικό διάστημα δόθηκε ώθηση στη μελέτη αυτών των τεχνικών, κυρίως λόγω νόμου της κυβέρνησης των Ηνωμένων Πολιτειών, ο οποίος υποχρεώνει τους παρόχους να είναι σε θέση να εντοπίσουν ένα κινητό τηλέφωνο, με ακρίβεια 100 ως 300 m, όταν πραγματοποιεί επείγουσα κλήση προς τον αριθμό 911. Αυτή η δυνατότητα είναι ευρύτερα γνωστή ως e-911. Η εκτίμηση της θέσης ενός κινητού τηλεφώνου από την μεριά του παρόχου, μπορεί να γίνει με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

- Time (Difference) of Arrival. Λαμβάνεται υπ' όψιν η χρονική καθυστέρηση στη λήψη του σήματος που εξέπεμψε το κινητό τηλέφωνο από τις γειτονικές κυψέλες. Όπως στο GPS,
- υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ του κινητού και των κεραιών και από εκεί υπολογίζεται η θέση του.
- Angle of Arrival. Αντίστοιχα με το TOA, υπολογίζεται η γωνία άφιξης του σήματος στις

- κυψέλες. Η γωνία προκύπτει από τη χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στα διαδοχικά στοιχεία
- της στοιχειοκεραίας της κυψέλης. Με βάση τη γωνία άφιξης υπολογίζεται η θέση του κινητού ως το σημείο τομής.

Εκτίμηση της θέσης από το φορητό τερματικό

Η εκτίμηση της θέσης ενός κινητού τηλεφώνου είναι δυνατή και από το ίδιο το φορητό τερματικό. Σε αντίθεση με τις μεθόδους εκτίμησης θέσης από τον πάροχο, απαιτούνται ασήμαντες ή και καθόλου αλλαγές στην υποδομή του δικτύου, κάνοντας τέτοιου είδους λύσεις αρκετά πιο ελκυστικές από τις προηγούμενες. Επιπροσθέτως, προάγεται ο σεβασμός της ιδιωτικότητας, αφού ο χρήστης έχει άμεσο έλεγχο πάνω στα ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα που τον αφορούν. Σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί η έλλειψη πόρων από το κινητό τηλέφωνο, το οποίο, σε αντίθεση με τους σταθμούς βάσης, έχει εξαιρετικά περιορισμένους πόρους τόσο σε θέματα επεξεργαστή, όσο και σε θέματα μνήμης και χώρου αποθήκευσης γενικότερα. Επιβάλλεται δε οι αλγόριθμοι να είναι αρκετά απλούστεροι, ώστε να είναι υλοποιήσιμοι σε τέτοιου είδους συσκευές περιορισμένων δυνατοτήτων. Άμεση συνέπεια του τελευταίου είναι η συνήθως υποδεέστερη ποιότητα της εκτίμησης. Το φορητό τερματικό έχει τη δυνατότητα να εκτιμήσει την θέση του στον χώρο με μία από τις ακόλουθες μεθόδους:

- Enhanced Observed Time Difference (E-OTD). Πρόκειται για μία επίγεια υλοποίηση του
- GPS. Οι σταθμοί βάσης συγχρονίζονται και εκπέμπουν ταυτόχρονα, όπως και στο GPS, τη
- θέση τους στον χώρο και τη χρονοσφραγίδα εκπομπής. Το κινητό τηλέφωνο, λαμβάνοντας
- το σήμα από τις κοντινές σε αυτό κεραίες, υπολογίζει τη χρονική καθυστέρηση του σήματος
- την οποία ανάγει σε απόσταση. Με βάση την απόσταση από τους σταθμούς βάσης, εξάγει
- τη δική του θέση στο χώρο.
- Cell of Origin (COO). Σε αντίθεση με την E-OTD, το κινητό λαμβάνει υπ' όψιν μόνο την
- κυψέλη με την οποία είναι συνδεδεμένο καθώς και τη λαμβανόμενη ισχύ από αυτήν την
- κυψέλη και επιχειρεί να εκτιμήσει την θέση του στον χώρο.

Συνδυασμός τεχνικών

Για περαιτέρω βελτίωση της εκτίμησης GPS, είτε οποιασδήποτε άλλης δορυφορικής εκτίμησης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίγειο δίκτυο. Πρέπει να τονιστεί ότι οι ακόλουθες τεχνικές χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο για την βελτίωση της εκτίμησης GPS και δε μπορούν να εφαρμοσθούν αν δεν υπάρχει διαθέσιμο δορυφορικό σήμα εντοπισμού.

- Differential GPS. Κατά το διαφορικό GPS, υπάρχουν επίγειοι σταθμοί οι οποίοι γνωρίζουν εκ των προτέρων, με ακρίβεια την θέση τους. Αυτοί οι σταθμοί υπολογίζουν το σφάλμα μεταξύ της πραγματικής θέσης και της εκτίμησης GPS και το εκπέμπουν έτσι ώστε να βελτιώσουν τις εκτιμήσεις τους όλες οι εντός

εμβέλειας συμβατές συσκευές. Εκτός από την επιλεκτική διαθεσιμότητα, το DGPS μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την αντιστάθμιση σφαλμάτων λόγω των ατμοσφαιρικών φαινομένων και να αυξήσει περαιτέρω την ακρίβεια των εκτιμήσεων. Η βελτίωση που εισάγει το DGPS μειώνεται σταδιακά, όσο αυξάνεται η απόσταση από τον επίγειο σταθμό, ενώ εξουδετερώνεται όταν η φορητή συσκευή και ο σταθμός δεν βλέπουν τους ίδιους δορυφόρους.

• Assisted GPS. Το υποβοηθούμενο GPS χρησιμοποιείται κυρίως για την μείωση του χρόνου ψυχρής εκκίνησης για τον προσδιορισμό της θέσης. Ο χρόνος ψυχρής εκκίνησης αναφέρεται στο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την στιγμή που εκκινήθηκε η συσκευή, η οποία δεν διαθέτει σύγχρονα δεδομένα στην μνήμη της για την τρέχουσα θέση, μέχρι να δοθεί το στίγμα GPS. Η συσκευή GPS πρέπει να είναι ενσωματωμένη σε μία συσκευή κινητού τηλεφώνου, για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου. Στο AGPS, η συσκευή μεταβιβάζει τα δεδομένα από τους δορυφόρους στον σταθμό βάσης. Ο σταθμός βάσης γνωρίζει ήδη τη θέση της κυψέλης στον χώρο και με την αυξημένη επεξεργαστική του ισχύ, υπολογίζει ταχύτατα την θέση του κινητού στην κυψέλη και την επιστρέφει στο κινητό τηλέφωνο.

11.3.2. Bluetooth

Η ασύρματη τεχνολογία Bluetooth αποτελεί μία ανοικτή πλατφόρμα για την ασύρματη ραδιο-επικοινωνία. Χρησιμοποιεί το εύρος συχνοτήτων από 2400MHz έως 2483.5MHz ενώ την παρούσα χρονική στιγμή υπάρχουν τρεις κλάσεις συσκευών, καθώς διαφοροποιούνται ανάλογα με τη μέγιστη ισχύ σήματος που εκπέμπουν και συνεπώς και το λειτουργικό τους εύρος. Συσκευές της κλάσης I λειτουργούν με ισχύ 100mW έχοντας εύρος λειτουργίας που αγγίζει τα 33m. Συσκευές της κλάσης II λειτουργούν με ισχύ εξόδου 2.4mW και συνεπώς το εύρος τους περιορίζεται στα 10m. Τέλος η κλάση III περιλαμβάνει συσκευές με ισχύ εξόδου ίση με 1mW και εύρος λειτουργίας γύρω στα 3m. Η διαδικασία εκκίνησης και δημιουργίας επικοινωνίας μεταξύ δύο συσκευών επιτυγχάνεται μέσω πέντε διακριτών επιπέδων, το φυσικό στρώμα, το στρώμα ραδιο-επικοινωνίας, το στρώμα διαχείρισης ζεύξης, το στρώμα διαχείρισης του τοπικού ελεγκτή και τέλος το στρώμα λογικού ελέγχου ζεύξης και πρωτόκολλα προσαρμογής.

Όλες οι συσκευές κλάσης I πρέπει να υλοποιούν αν πρωτόκολλο διατήρησης ενέργειας το οποίο τους επιτρέπει να ρυθμίζουν δυναμικά τα επίπεδα της ισχύος εξόδου ώστε να επιτύχουν τον την καλύτερη αποδοχή σήματος χωρίς να σπαταλούν ενέργεια. Στο πρωτόκολλο δικτύωσης διακρίνονται δύο ρόλοι, αφέντης (master) και σκλάβος (slave).

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του πρωτοκόλλου κάθε συσκευή μπορεί να έχει στο «δίκτυο» του έως και 7 συσκευές «σκλάβους».

Η ιδιότητα της δυναμικής ρύθμισης της ισχύος εξόδου, μας παρέχει δεδομένα ώστε να είμαστε σε θέση να προβλέψουμε την απόσταση (και άρα τη θέση) μεταξύ δύο συσκευών. Για κάθε Bluetooth συσκευή υπάρχει ένα εύρος ισχύος κατά το οποίο η λειτουργία της συσκευής γίνεται βέλτιστη.

Βέβαια για κάθε συσκευή το εύρος αυτό είναι διαφορετικό αλλά γενικά το χαμηλότερο όριο είναι τα 6dB άνω της πραγματικής ευαισθησίας του δέκτη (και όχι περισσότερο από -56dBm). Το άνω όριο είναι τα 20dB πάνω από το κατώτερο όριο με σφάλμα να κυμαίνεται γύρω στα 6 dB.

Το εύρος αυτό μας δίνει αρκετές πληροφορίες ώστε να είμαστε σε θέση να αποκομίσουμε τρεις εκτιμήσεις θέσεως, στις οποίες εφαρμόζοντας τριγωνοποίηση είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε. Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται σε αποστάσεις κοντά στα 7 μέτρα είναι πάρα πολύ καλή ενώ όσο απομακρύνεται η συσκευή που θέλουμε να εντοπίσουμε το σφάλμα μπορεί να φτάσει έως και τα 5 μέτρα.

Λόγω της μικρής εμβέλειάς του, ο εντοπισμός θέσης μέσω Bluetooth μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε εσωτερικούς χώρους. Λόγω της καθολικής αποδοχής του Bluetooth ιδίως από τις συσκευές κινητής τηλεφωνίας, η ανάπτυξη του Bluetooth θα συνεχίσει με συνέπεια την βελτίωση των υπαρχόντων πρωτοκόλλων, δημιουργώντας πρόσφορο έδαφος για την υλοποίηση τέτοιων συστημάτων.

11.3.3 Υπερύθρες

Η χρήση δικτύου από εκπομπούς και δέκτες υπερύθρων αποτελεί μία από τις πρώτες ιδέες και υλοποιήσεις συστημάτων εντοπισμού. Όπως βέβαια και το Bluetooth, η εμβέλεια για τα δίκτυα των υπερύθρων είναι αρκετά περιορισμένη, συνεπώς και η εν λόγω μέθοδος υλοποιείται για εσωτερικούς και όχι για εξωτερικούς χώρους.

Για να γίνει αντιληπτός ο τρόπος λειτουργίας ας θεωρήσουμε ότι έχουμε ένα χώρο γραφείων, όπου σε διάσπαρτα αλλά κομβικά σημεία είναι τοποθετημένοι στατικοί δέκτες υπερύθρων. Μηχανήματα ή και εργαζόμενοι φέρουν σε εμφανές σημείο έναν πομπό υπερύθρων, ο οποίος κάθε τέταρτο του δευτερολέπτου αποστέλλει ως σήμα την ταυτότητα του (που είναι μοναδική για κάθε πομπό). Το σήμα αυτό λαμβάνεται από τους στατικούς δέκτες και αποστέλλεται εκ νέου σε μία βάση δεδομένων όπου αποθηκεύεται ο δέκτης ο οποίος έλαβε το σήμα αλλά και το αναγνωριστικό το οποίο έλαβε.

Εκμεταλλευόμενοι λοιπόν ότι οι δέκτες είναι στατικοί, γνωρίζουμε σε ποιο χώρο γραφείου βρίσκεται ο φέρων το εν λόγω αναγνωριστικό. Όπως θα δούμε παρακάτω, πλέον είναι εύκολος ο εντοπισμός θέσης με τη χρήση των ασύρματων δικτύων υπολογιστών, δίκτυα που μπορούν σε κάθε περίπτωση να παρέχουν περισσότερες και καλύτερες ποιοτικά πληροφορίες. Για το λόγο αυτό, η τεχνολογία των υπερύθρων στον εν λόγω τομέα τείνει να εγκαταλειφθεί.

11.3.4 Ασύρματα δίκτυα 802.11 (WiFi)

Όλα τα ασύρματα δίκτυα υπολογιστών υπάγονται στα πρότυπα που έχουν καθοριστεί ως IEEE 802.11. Καταλαμβάνουν το φάσμα των συχνοτήτων των 5GHz και 2.4GHz. Η οικογένεια των δικτύων 802.11 περιλαμβάνει τεχνικές διαμόρφωσης που χρησιμοποιούν το ίδιο πρωτόκολλο. Τα πιο γνωστά είναι τα 802.11b και 802.11g αν και το πρώτο ασύρματο πρωτότυπο ήταν το 802.11-

1997. Τελικά επικράτησε το 802.11b, για να το διαδεχθεί το 802.11g. Πλέον, σύντομα πρόκειται να δούμε το 802.11n να κυριαρχεί καθώς εισάγει μία νέα πολύ-ρευματική τεχνική διαμόρφωσης (multistreaming modulation) και ενώ βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο, τα οφέλη του κυρίως στο χώρο της ταχύτητας της ζεύξης αλλά και στο μεγαλύτερο εύρος κάλυψης, έχουν οδηγήσει πολλές εταιρίες να παρέχουν προϊόντα με το 802.11n ακόμα και σε αυτό το πρώιμο στάδιο.

Τα 802.11b και 802.11g χρησιμοποιούν την μπάντα των 2.4GHz γεγονός που αρκετές φορές οδηγεί σε παρεμβολές από συσκευές μικροκυμάτων και ασύρματα τηλέφωνα. Θεωρητικά, αν και οι συσκευές Bluetooth λειτουργούν στο ίδιο εύρος ζώνης, δεν προκαλούν προβλήματα καθώς μπορούν να μεταβάλλουν τη συχνότητα τους. Η μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων για το μεν 802.11b είναι 11Mbit/s ενώ το νεότερο 802.11g λειτουργεί με μέγιστη ταχύτητα ζεύξης τα 54Mbit/s.

Η αρχιτεκτονική των δικτύων LAN 802.11 έχει ως βασική δομική μονάδα μία κυψέλη, γνωστή σαν βασικό σύνολο υπηρεσίας (basic services set, BSS, όπως αναφέρεται και στην ορολογία του (802.11)). Ένα BSS περιέχει τυπικά έναν ή περισσότερους ασύρματους σταθμούς και έναν κεντρικό σταθμό βάσης, γνωστό σαν σημείο πρόσβασης (Access Point, AP). Οι ασύρματοι σταθμοί, μπορεί να είναι σταθεροί ή και κινητοί, ενώ επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο ασύρματου MAC IEEE 802.11. Οι σταθμοί IEEE 802.11 μπορούν επίσης να ομαδοποιηθούν για να δημιουργήσουν ένα ad-hoc δίκτυο, δίκτυο χωρίς κεντρικό έλεγχο και χωρίς συνδέσεις με τον εξωτερικό κόσμο.

Σήμερα συναντάμε και τους δύο τύπους δικτύων (AP και ad-hoc) ενώ το κυρίαρχο πρωτόκολλο είναι το 802.11g. Οι ευκολίες της ασύρματης δικτύωσης όπως η ευκολία συγκρότησης τοπικού δικτύου άνευ τη χρήση καλωδίων για αρκετά μεγάλο εύρος, οδήγησαν στη ραγδαία εξάπλωση των ασυρμάτων δικτύων και την καθιέρωση τους. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, τα τελευταία χρόνια παρατηρούμε την αύξηση των συνδρομητών ADSL γεγονός που συνάδει με την προμήθεια και του απαραίτητου δικτυακού εξοπλισμού. Το δέλεαρ της ασύρματης δικτύωσης και της αποφυγής χρήσης καλωδίων ωθεί όλο και μεγαλύτερο μέρος των χρηστών του ADSL να προμηθεύονται ασύρματους δρομολογητές. Έτσι, κάνουν την εμφάνισή τους όλο και περισσότερα ασύρματα δίκτυα. Επίσης, αρκετές συσκευές κινητής τηλεφωνίας έχουν ενσωματωμένο WiFi παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα στους χρήστες να συνδεθούν μέσω αυτού στο διαδίκτυο. Βλέπουμε δηλαδή ότι αρκετές συσκευές που μεγάλο μέρος του πληθυσμού χρησιμοποιεί καθημερινά παρέχουν τη δυνατότητα ασύρματης δικτύωσης. Ας εξετάσουμε όμως ενδελεχώς τον τρόπο λειτουργίας του WiFi ώστε να μπορέσουμε να κατανοήσουμε για ποιον λόγο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την τεχνολογία αυτή για τους σκοπούς μας. Θα αποφύγουμε να αναφέρουμε τις λεπτομέρειες του 802.11 καθώς είναι σε αρκετά χαμηλό επίπεδο και δεν μας προσφέρουν την γνώση για το ζητούμενο μας. Πως λειτουργεί λοιπόν τα WiFi;

Το Access Point είναι η πηγή πακέτων που αποστέλλονται στη συχνότητα στην οποία λειτουργεί (2.4 ή 5 GHz). Αποστέλλει πακέτα ανά τακτά χρονικά

διαστήματα, «διαφημίζοντας» την ύπαρξη του. Κάθε πακέτο περιέχει πληροφορίες τόσο για το όνομα του AP, όσο και για άλλα σημαντικά στοιχεία, όπως την ισχύ του σήματος, τον τύπο του ασύρματου δικτύου, την ασφάλεια αυτού και άλλα. Το βεληνεκές του σήματος που αποστέλλει φτάνει περίπου τα 100 μέτρα. Αν το σήμα ήταν πιο ισχυρό ώστε να έχει μεγαλύτερο βεληνεκές, θα παρουσιάζονταν προβλήματα υγείας καθώς θα έπρεπε να αυξηθεί η ισχύς εξόδου. Κάθε τερματικό που βρίσκεται εντός της περιοχής κάλυψης του AP αυτού, λαμβάνει από τη συχνότητα αυτή τα πακέτα και μπορεί να γνωστοποιήσει στον χρήστη την ύπαρξη του και την ισχύ σήματος με την οποία παρέλαβε το πακέτο. Όπως είναι και διαισθητικά εμφανές, όσο κοντύτερα στην πηγή του σήματος, τόσο ισχυρότερο θα είναι το σήμα που θα λάβουμε. Τα μεγάλα πλεονεκτήματα της διαδικασίας αυτής είναι τα ακόλουθα. Πρώτον, ο χρήστης δεν είναι υποχρεωμένος να ανταλλάξει (εξαρτάται βέβαια και από την υλοποίηση) κανένα πακέτο με το AP γνωστοποιώντας κάποιο στοιχείο του, διατηρώντας με τον τρόπο αυτό την ανωνυμία του. Το δεύτερο είναι, ότι ένας δέκτης μπορεί να εντοπίσει όλα τα ασύρματα δίκτυα τα οποία καλύπτουν την περιοχή που βρίσκεται. Παρατηρούμε λοιπόν, ότι έχουμε πληροφορίες που μπορούν να μας τοποθετήσουν σε έναν χώρο εν γένει, αλλά και να μας παρέχουν εκτίμηση για τη θέση μας, εφόσον εκμεταλλευτούμε τη σχέση μεταξύ λαμβανόμενης ισχύς σήματος και απόστασης από την πηγή του σήματος. Συνδυάζοντας τις γνώσεις αυτές, με την ανωνυμία που παρέχεται αλλά και την ταχεία εξάπλωση ασύρματων δικτύων και συσκευών, είναι προφανές πως τα ασύρματα δίκτυα αποτελούν μία βέλτιστη επιλογή για υπηρεσίες εντοπισμού θέσης. Βέβαια, υπάρχουν αρκετές τεχνολογίες που θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε ώστε να επιτύχουμε το ζητούμενο, με πρώτη και καλύτερη αυτή του GPS, που αποτελεί λύση δοκιμασμένη με επιτυχή αποτελέσματα. Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας υπάρχουν επίσης παντού παρέχοντας σχεδόν ολική κάλυψη. Όμως, οι τεχνολογίες αυτές παρουσιάζουν μειονεκτήματα τα οποία μας έστρεψαν προς την εκμετάλλευση των WiFi δικτύων. Ας παρουσιάσουμε τα μειονεκτήματα της εκάστοτε τεχνολογίας.

Το GPS ξεκίνησε ως πολεμική τεχνολογία ελεγχόμενη από τις Η.Π.Α. Αν και η περίπτωση η υπηρεσία του GPS να διακοπεί εντελώς είναι κάπως απίθανο, η ακρίβεια της εκτίμησης μπορεί να μειωθεί ανά πάσα χρονική στιγμή. Συνέπεια αυτού είναι πως όλα τα συστήματα εξαρτώμενα από αυτό θα αντιμετωπίσουν προβλήματα, γεγονός που μας ωθεί έστω σε μία εναλλακτική λύση. Όμως, το GPS αποτυγχάνει και αλλού. Τα μεγάλα αστικά κέντρα περιέχουν περιοχές, επονομαζόμενες ως «αστικά φαράγγια» όπου το σήμα του GPS είτε χάνεται είτε δεν μπορεί να παρέχει ορθή εκτίμηση θέσης. Αιτία αυτού του φαινομένου είναι η άναρχη δόμηση και οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ των κτιρίων στην περιοχή που διαμορφώνουν περιβάλλον όπου το σήμα ανακλάται συνεχώς με συνέπεια να είναι δύσκολο να φτάσει στον δορυφόρο. Τέλος, η χρήση του GPS απαιτεί την χρήση μιας συσκευής η οποία καταναλώνει ενέργεια για να επιτελεί μία και μοναδική λειτουργία γεγονός που αφαιρεί αυτονομία από τον χρήστη αλλά και καταναλώνει ενέργεια. Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας δεν αποτελούν ούτε αυτά ιδανική λύση. Όπως έχουμε αναφέρει ο εντοπισμός θέσης μπορεί να γίνει και από τον ίδιο τον πάροχο. Η λύση αυτή από την πλευρά του παρόχου

είναι ακριβή καθώς απαιτεί την εγκατάσταση επιπλέον εξοπλισμού ενώ από την πλευρά του χρήστη είναι ασύμφορη καθώς απειλείται η ιδιωτικότητά του. Η λύση της αυτόνομης εκτίμησης θέσης από τον χρήστη εξασφαλίζει την ιδιωτικότητα του χρήστη αλλά όχι και την καλή εκτίμηση θέσης, καθώς το σφάλμα είναι περίπου στα 300m. Το σφάλμα δεν μπορεί να μειωθεί ακόμα για κατασκευαστικούς λόγους όσον αφορά το λογισμικό των τηλεφώνων (ορατοί σταθμοί βάσης). Με τις τρέχουσες αλλαγές στο χώρο των λειτουργικών συστημάτων και την πρόοδο των λύσεων ανοικτού λογισμικού, σε λίγο καιρό θα είμαστε σε θέση να χρησιμοποιήσουμε τα κινητά για να δώσουμε λύση στο πρόβλημα αυτό. Τα ασύρματα δίκτυα λοιπόν καταφέρνουν να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις μας για κάλυψη σε εσωτερικούς αλλά και εξωτερικούς χώρους, πετυχαίνουν ακρίβεια συγκρίσιμη με αυτή του GPS, παρέχουν αυτονομία καθώς χρησιμοποιούμε μια διαδεδομένη συσκευή για περισσότερες από μία χρήσεις, δεν επιβαρύνουν με επιπλέον κόστος καθώς δεν χρειάζονται αλλαγές στο υλικό, ενώ επιπλέον δεν απειλούν την ιδιωτικότητα του χρήστη. Για τους λόγους αυτούς επικεντρωθήκαμε λοιπόν στα ασύρματα δίκτυα WiFi.

11.4 Συστήματα Εντοπισμού Θέσης για δίκτυα WiFi και GSM

Την παρούσα χρονική στιγμή υπάρχουν αρκετές εφαρμογές οι οποίες εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες που παρέχουν τα αντίστοιχα δίκτυα στον εντοπισμό θέσης. Η εργασία μας ενδιαφέρεται κυρίως για τον εντοπισμό θέσης μέσω WiFi και GSM και για το λόγο αυτό θα εστιάσουμε στις δύο αυτές τεχνολογίες και τις υπάρχουσες υλοποιήσεις και εφαρμογές. Ενδεικτικά θα αναφέρουμε την εφαρμογή "BlueProximity" [BPP] όπου αναλαμβάνει να υπολογίσει την απόσταση του χρήστη από τον υπολογιστή βασιζόμενο στην εκπομπή του Bluetooth της συσκευής κινητής τηλεφωνίας την οποία και φέρει. Εφόσον η απόσταση ξεπεράσει κάποιο όριο «κλειδώνει» τον υπολογιστή.

11.4.1 PlaceLab

Το PlaceLab [PLB] αποτελεί λογισμικό που παρέχει με εύκολο και ανέξοδο τρόπο την δυνατότητα εντοπισμού θέσης. Καλύπτει τόσο εσωτερικούς όσο και εξωτερικούς χώρους (σε αντίθεση με το GPS). Η εύρεση θέσης πραγματοποιείται χωρίς την ανάγκη ύπαρξης συνεχής αλληλεπίδρασης με κάποια κεντρική υπηρεσία. Η δυνατότητα αυτή αποτελεί συγκριτικό πλεονέκτημα καθώς εξασφαλίζει την προστασία προσωπικών δεδομένων.

Η λειτουργία του PlaceLab επιτρέπει σε συσκευές όπως φορητοί υπολογιστές, PDAs αλλά και κινητά τηλέφωνα να εντοπίσουν τη θέση τους χρησιμοποιώντας ως δεδομένα τις ραδιο-κυψέλες οι οποίες βρίσκονται εντός εύρους. Οι ραδιο-κυψέλες μπορούν να είναι είτε σημεία πρόσβασης 802.11 (WiFi), κυψέλες του δικτύου GSM, αλλά και στατικά τοποθετημένες συσκευές Bluetooth που υπάρχουν σε πλήθος στο περιβάλλον μας. Κάθε κυψέλη έχει μοναδικό χαρακτηριστικό όπως λ.χ στο 802.11 όπου κάθε σημείο πρόσβασης έχει μοναδική διεύθυνση MAC. Συνεπώς, κάθε συσκευή εντοπίζει την θέση της χρησιμοποιώντας μία τοπικά αποθηκευμένη βάση όπου περιέχονται τα στοιχεία που αφορούν τη θέση.

Το PlaceLab παρέχει εργαλεία ώστε να μπορεί καθένας να δημιουργεί τους δικούς του χάρτες ώστε να μπορεί να το χρησιμοποιήσει στην δική του περιοχή. Περιλαμβάνει προγράμματα πελάτες για συσκευές κινητής τηλεφωνίας με λειτουργικό σύστημα S60 (version 2) αλλά και για όλα τα διαθέσιμα λειτουργικά συστήματα. Το 2006 σταμάτησε η ενεργή ανάπτυξη του PlaceLab το οποίο έως τότε αποτελούσε κώδικα ανοικτού λογισμικού στο οποίο συμμετείχαν ενεργά τα ερευνητικά εργαστήρια της Intel τόσο με ερευνητικό έργο αλλά και με την παραγωγή κώδικα. _υστυχώς, ταυτόχρονα αφαιρέθηκε και μεγάλο κομμάτι της λειτουργικότητας του PlaceLab γεγονός που πλέον το καθιστά ως μη λειτουργικό. Μέρος της προσπάθειας και της τεχνολογίας που καλλιεργήθηκαν στο PlaceLab εισχώρησαν στην επόμενη λύση που υπάρχει που είναι το POLS.

11.4.3. PlaceEngine

Το PlaceEngine [PLE] είναι μια προσπάθεια για παροχή παρόμοιων υπηρεσιών που όμως εκμεταλλεύεται μόνο την ύπαρξη ασύρματων WiFi δικτύων και όχι GSM δικτύου. Παρέχει κάλυψη μόνο στην περιοχή της Ιαπωνίας αλλά για πληθώρα συσκευών και λειτουργικών συστημάτων. Η διαδικασία του εντοπισμού της θέσης περιλαμβάνει την αποστολή δεδομένων στον κεντρικό εξυπηρετητή της υπηρεσίας και τη λήψη της εκτιμώμενης θέσης. Η υπηρεσία παρέχει τη δυνατότητα χαρτογράφησης νέων περιοχών από τους ίδιους τους χρήστες.

11.4.4. Navizon

Η υπηρεσία της Navizon [NVZ] μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς χρέωση (αλλά και μειωμένη ακρίβεια) χρησιμοποιώντας πληροφορίες που λαμβάνονται μόνο από το GSM δίκτυο. Επίσης, διατίθεται και υπηρεσία επί πληρωμής η οποία αξιοποιεί όλα τα δεδομένα είτε έχουν ληφθεί από το GSM δίκτυο είτε από υπάρχοντα ασύρματα WiFi δίκτυα ώστε να εξαχθεί η εκτιμώμενη θέση. Εδώ επίσης παρέχεται η δυνατότητα στον χρήστη της υπηρεσίας να χαρτογραφήσει νέες περιοχές. Τέλος παρέχεται για κάθε δυνατό λειτουργικό σύστημα υπολογιστή αλλά και για τα κυριότερα λειτουργικά συστήματα των συσκευών κινητής τηλεφωνίας.

12

Ανάλυση Τεχνικών για δίκτυα 802.11

Για τα ασύρματα δίκτυα WiFi οι μέθοδοι και οι τεχνικές μπορούν να ενταχθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Τις μεθόδους που βασίζονται σε κάποιον ντετερμινιστικό αλγόριθμο για την εξαγωγή του ζητούμενου (με απλά λόγια, η έξοδος θα είναι ίδια σε κάθε εκτέλεση αν τα δεδομένα εισόδου είναι ίδια) και στις μεθόδους που χρησιμοποιούν μη ντετερμινιστικούς αλγορίθμους (δηλαδή, δύο εκτελέσεις του ίδιου αλγορίθμου με ίδια δεδομένα εισόδου θα επιστρέψει διαφορετικές τιμές εξόδου). Το σύνολο των μεθόδων και των τεχνικών που πρόκειται να αναφερθούν, απαιτούν την ύπαρξη χαρτογραφημένης περιοχής.

δηλαδή, την καταγραφή μιας περιοχής ως διακριτά σημεία βάσει του γεωγραφικού μήκους και του γεωγραφικού πλάτους αλλά και τη γνώση των ασυρμάτων δικτύων τα οποία αντιλαμβανόμαστε στο εκάστοτε σημείο. Η καταγραφή αυτή περιέχει μοναδικά χαρακτηριστικά για το κάθε διακριτό ασύρματο δίκτυο όπως η φυσική διεύθυνση του (MACaddress) αλλά και την ισχύ σήματος στο εν λόγω σημείο. Για το υπόλοιπο του κεφαλαίου, θεωρούμε γνωστή την ύπαρξη της και την δυνατότητα χρήσης της, ενώ ο τρόπος δημιουργίας της θα εξηγηθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

12.1. Κεντροειδής (Centroid)

Η κεντροειδής μέθοδος είναι η πιο απλή αλλά και η πιο γρήγορη μέθοδος για την εύρεση θέσης. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία της μεθόδου, είναι να θεωρήσουμε για κάθε διακριτό ασύρματο δίκτυο, το σημείο από το οποίο εκπέμπει. Φυσικά δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε από ποιο σημείο εκπέμπει. Συνεπώς, εκμεταλλευόμαστε το γεγονός πως εμείς γνωρίζουμε μόνο σε ποιες θέσεις αντιλαμβανόμαστε το ασύρματο δίκτυο. Εκμεταλλευόμαστε λοιπόν τη γνώση αυτή ώστε να εξάγουμε τον αριθμητικό μέσο των θέσεων αυτών και θεωρούμε τη θέση αυτή ως το σημείο που βρίσκεται ο εκπομπός του ασύρματου δικτύου αυτού. Έτσι, δημιουργούμε έναν ιδιότυπο χάρτη της περιοχής όπου ουσιαστικά αναγράφουμε από ποιο σημείο θεωρούμε ότι εκπέμπει το συγκεκριμένο ασύρματο δίκτυο. Όταν λοιπόν μετέπειτα θα θελήσουμε να εντοπίσουμε τη θέση μας το μόνο που έχουμε να κάνουμε, είναι να δηλώσουμε στον αλγόριθμο ποια ασύρματα δίκτυα αντιλαμβανόμαστε. Ο αλγόριθμος θα αναλάβει να βρει τις θέσεις εκπομπής των ασυρμάτων που δηλώσαμε και θα μας επιστρέψει τον αριθμητικό μέσο αυτών ως την εκτιμώμενη θέση. Στο σχήμα που ακολουθεί μπορούμε να δούμε γραφικά τον υπολογισμό της θέσης εκπομπής ενός ασύρματου δικτύου.



Εικόνα: Κεντροειδής μέθοδος
Δημιουργία Χάρτη

Ακολουθεί ο αλγόριθμος της δημιουργίας του χάρτη που θα χρειαστεί για την μετέπειτα λειτουργία της μεθόδου.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΑΡΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΕΝΤΡΟΕΙΔΗ ΜΕΘΟΔΟ

- 1 Επέλεξε όλα τα διακριτά ασύρματα δίκτυα.
- 2 Για κάθε ασύρματο δίκτυο κάνε:
- 3 Εύρεση όλων των σημείων στα οποία αντιληφθήκαμε το συγκεκριμένο ασύρματο δίκτυο.
- 4 Υπολογισμός του αριθμητικού μέσου.
- 5 Καταχώρηση της θέσης ως το σημείο εκπομπής του εν λόγω ασύρματου δικτύου.
- 6 Τέλος

Εκτίμηση θέσης

Έχοντας λοιπόν δημιουργήσει το χάρτη της περιοχής που χαρτογραφήσαμε είμαστε έτοιμοι να εφαρμόσουμε τη μέθοδο. Κάθε χρονική στιγμή, ο χρήστης μας γνωστοποιεί ποια ασύρματα δίκτυα αντιλαμβάνεται. Χρησιμοποιώντας το χάρτη, διαπιστώνουμε ποια είναι τα σημεία εκπομπής των ασυρμάτων δικτύων, ενώ η εκτιμώμενη θέση προκύπτει ως ο αριθμητικός μέσος όλων των βάσεων των ασυρμάτων δικτύων. Όπως μπορούμε να δούμε αποτελεί μια αρκετά γρήγορη μέθοδο υπολογισμού με φυσικό επακόλουθο τη μειωμένη ακρίβεια. Σημαντικό όμως στοιχείο το οποίο συνηγορεί υπέρ του είναι η χαμηλή απαιτούμενη υπολογιστική ισχύ. Ακολουθεί ο αλγόριθμος υπολογισμού της εκτιμώμενης θέσης.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗΣ ΘΕΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΚΕΝΤΡΟΕΙΔΗ ΜΕΘΟΔΟ

- 1 Λήψη όλων των ασυρμάτων δικτύων που αντιλαμβάνεται ο χρήστης.
 - 2 Για κάθε ένα από τα ληφθέντα ασύρματα δίκτυοκάνε:
 - 3 Εύρεση θέσης του στο χάρτη της μεθόδου.
 - 4 Τέλος
 - 5 Εύρεση αριθμητικού μέσου.
 - 6 Επιστροφή στον χρήστη της εκτιμώμενης θέσης του
- Είναι εμφανές ότι μπορούν να γίνουν αρκετές βελτιώσεις στον αλγόριθμο αυτό αλλά αυτό είναι θέμα που θα μας απασχολήσει στο επόμενο κεφάλαιο. Τώρα θα εξετάσουμε την επόμενη μέθοδο που είναι αυτή των ραδιο-αποτυπωμάτων.

12.2. Ραδιο-αποτυπώματα (Fingerprinting)

Η μέθοδος αυτή είναι ευρέως διαδεδομένη αλλά και αναγνωρισμένη ως η ακριβέστερη για τον εντοπισμό θέσης σε εσωτερικούς χώρους. Η μέθοδος αυτή ανήκει στην κατηγορία των ντετερμινιστικών αλγορίθμων και η λειτουργία της εισάγει ένα ακόμα βαθμό πολυπλοκότητας (σε σχέση με την κεντροειδή μέθοδο) καθώς λαμβάνει υπόψη την ισχύ του σήματος. Η μέθοδος εκμεταλλεύεται το γεγονός πως η ισχύς του σήματος ακολουθεί σχεδόν μία Γκαουσιαννή κατανομή με αποτέλεσμα να μπορεί να συσχετίσει την απόσταση στο χώρο της ισχύος με την πραγματική απόσταση. Στα επόμενα σχήματα μπορούμε να δούμε τη μεταβολή της λαμβανόμενης ισχύς σε σχέση με την απόσταση, καθώς και τη διακύμανση της ισχύος σε μια δεδομένη θέση. Παρατηρούμε λοιπόν πως στην

περίπτωση του στατικού δέκτη τα τρία διαφορετικά ασύρματα δίκτυα παρουσιάζουν διαφορετική μέγιστη τιμή ισχύος και αυτό συμβαίνει λόγω της εξάρτησης που υπάρχει μεταξύ ισχύος σήματος και απόστασης μεταξύ πομπού και δέκτη. Ερευνητές της Microsoft απέδειξαν στη μελέτη τους πως σε χώρο γραφείων έκτασης 100m² είναι δυνατή η εύρεση θέσης με σφάλμα που κυμαίνεται μεταξύ δύο και τριών μέτρων. Να υπενθυμίσουμε ότι σε εσωτερικό χώρο δεν είναι δυνατή η χρησιμοποίηση του GPS.

Για να εκμεταλλευτούμε τα ευρήματα αυτά, θα πρέπει να δημιουργήσουμε τα «αποτυπώματα» των σημείων της χαρτογραφημένης περιοχής. Ως «αποτύπωμα» ορίζουμε το μοναδικό για κάθε σημείο χαρακτηριστικό, το οποίο δεν είναι άλλο από τη φυσική διεύθυνση και την ισχύ σήματος κάθε ασύρματου δικτύου που αντιλαμβανόμαστε στη συγκεκριμένη θέση. Έτσι, έχουμε συσχετίσει με ένα προς ένα τρόπο το γεωγραφικό μήκος και πλάτος με την γνώση που έχουμε για τα ασύρματα δίκτυα. Ας δούμε όμως τον αλγόριθμο με τον οποίο δημιουργούμε τον χάρτη των ραδιο-αποτυπωμάτων.

Δημιουργία Χάρτη

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΑΡΤΗ ΡΑΔΙΟΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΩΝ

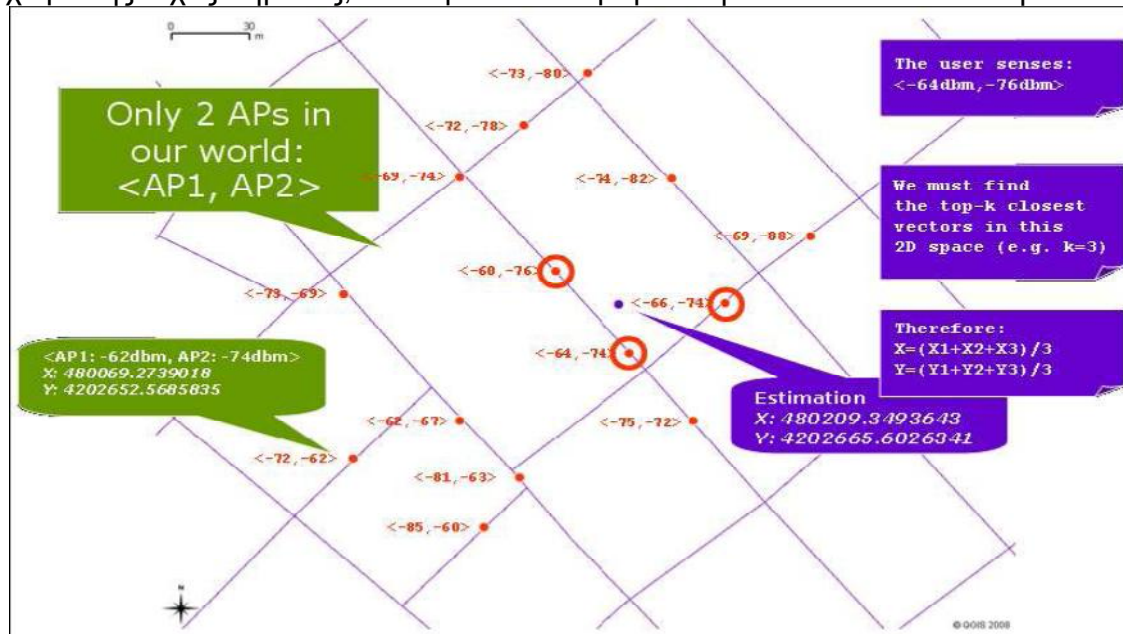
1 Επέλεξε όλα τα διακριτά γεωγραφικά σημεία (*latitude, longitude*).

2 Για κάθε σημείο κάνε:

3 Εύρεση όλων ασυρμάτων δικτύων τα οποία αντιλαμβανόμαστε στο σημείο αυτό αλλά και της ισχύος σήματος του.

6 Τέλος

Σχηματικά μπορούμε να πούμε ότι δημιουργούμε ένα άλλο σύστημα συντεταγμένων όπου συντεταγμένες είναι τα ασύρματα δίκτυα και η αντίστοιχη ισχύς σήματος. Για το λόγο αυτό, πλέον η απόσταση μεταξύ δύο σημείων του χάρτη ραδιο-αποτυπωμάτων θα λέμε ότι είναι απόσταση στο χώρο της ισχύς σήματος, ενώ πρακτικά παραμένει η ευκλείδεια απόσταση.



Εικόνα: Μέθοδος Ραδιο-αποτυπωμάτων

Εκτίμηση θέσης

Για να υπολογίσουμε την εκτιμώμενη θέση ενός χρήστη, λαμβάνουμε από αυτόν το «αποτύπωμα» και αρχίζουμε να το συγκρίνουμε με τα αποτυπώματα που έχουμε στο δικό μας χάρτη, επιχειρώντας να ανακαλύψουμε ποιο αποτύπωμα είναι πιο κοντινό σε αυτά που περιλαμβάνει ο χάρτης. Οι παράγοντες που καθορίζουν την ομοιότητα μεταξύ δύο αποτυπωμάτων είναι δύο:

1. Η απόσταση των δύο αποτυπωμάτων στο χώρο της ισχύος σήματος.
2. Η ομοιότητα των αποτυπωμάτων όσον αφορά το πλήθος των ασυρμάτων δικτύων.

Μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ του εντοπισμού σε εσωτερικό και σε εξωτερικό χώρο παρουσιάζεται στο κριτήριο της ομοιότητας των αποτυπωμάτων όσον αφορά το πλήθος των ασυρμάτων δικτύων. Σε έναν εσωτερικό χώρο, όπως π.χ. ένα γραφείο, στη διαδικασία της χαρτογράφησης λαμβάνουμε υπόψη μόνο τα ασύρματα δίκτυα που ανήκουν στο συγκρότημα του γραφείου και συνεπώς ξέρουμε ότι η συνεισφορά τους θα είναι αδιάλειπτη τόσο στο χάρτη των ραδιο-αποτυπωμάτων όσο και στα αποτυπώματα του χρήστη. Αντίθετα, όταν βρεθούμε σε εξωτερικό χώρο δεν είμαστε σίγουροι για τα αποτυπώματα καθώς η ύπαρξη ή όχι ενός ασυρμάτου δικτύου επαφίεται στον χρήστη αυτού (μπορεί να το απενεργοποιήσει ή να το ενεργοποιήσει). Όμως και η ολοένα αυξανόμενη διάδοση των ασυρμάτων δικτύων στους οικιακούς χρήστες δημιουργεί το εξής πρόβλημα. Το πλήθος των ασυρμάτων δικτύων που περιέχονται σε ένα αποτύπωμα μας (στον χάρτη) μπορεί να περιέχει περισσότερα ή και λιγότερα ασύρματα δίκτυα από το αποτύπωμα του χρήστη. Η ύπαρξη της διαφοροποίησης αυτής, μας οδηγεί στην θέσπιση ορίων ανοχής όσον αφορά το πλήθος των περισσότερων ή λιγότερων ασυρμάτων δικτύων κατά τη σύγκριση. Τα κατώφλια αυτά πρόκειται να προσδιοριστούν αργότερα μέσα από την πειραματική μας διαδικασία, ενώ βάση της βιβλιογραφίας ικανοποιητική τιμή είναι τα 2 περισσότερα/λιγότερα ασύρματα δίκτυα.

Έχοντας επιλύσει τα άνωθεν ζητήματα έχουμε συγκεντρώσει τα αποτυπώματα που ομοιάζουν με αυτό που απέστειλε ο χρήστης. Για να γίνει η εκτίμηση της θέσης χρησιμοποιούμε την μέθοδο των k -κοντινότερων αποτυπωμάτων, όπου χρησιμοποιούμε τα k -κοντινότερα αποτυπώματα και ο αριθμητικός μέσος αυτών είναι η εκτίμηση της θέσης που μας παρέχει η μέθοδος. Η βιβλιογραφία μας γνωστοποιεί πως έχουμε αρκετά καλή ακρίβεια για $k = 4$, γεγονός που μένει να το διαπιστώσουμε μέσω της πειραματικής μας διαδικασίας. Ακολουθεί ο αλγόριθμος της μεθόδου σε ψευδοκώδικα.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗΣ ΘΕΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΡΑΔΙΟ-ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΩΝ

- 1 Λήψη του αποτυπώματος του χρήστη.
- 2 Για κάθε αποτύπωμα του χάρτη κάνε:
- 3 Σύγκριση του πλήθους N των ασυρμάτων δικτύων του αποτυπώματος του χρήστη με το πλήθος M N αποτυπώματος του χάρτη.
- 4 Αν $(N - M) < 1$ $2 N N \leq t N N \leq t M M \leq +$ ΚΑΙ $\geq -$ τότε
- 5 Εύρεση απόστασης στο χώρο της ισχύος

6 Αποθήκευση αποτελέσματος κατά αύξουσα σειρά*

7 Τέλος Av

8 Τέλος

6 Υπολογισμός αριθμητικού μέσου των k-μικρότερων αποστάσεων.

* Η ισχύς του σήματος μετριέται σε dBm και έχει αρνητική τιμή. Στον εν λόγω αλγόριθμο θεωρούμε την θετική του τιμή άρα όσο μικρότερη τιμή τόσο ισχυρότερο είναι το σήμα.

7 Επιστροφή εκτιμώμενης θέσης στον χρήστη.

Όπως έχουμε διατυπώσει, οι μεταβλητές 1 t και 2 t αποτελούν τα κατώφλια για το πόσα περισσότερα και λιγότερα αντίστοιχα ασύρματα δίκτυα συνυπολογίζουμε, πρόκειται να υπολογιστούν βάσει των πειραματικών μας αποτελεσμάτων. Να υπενθυμίσουμε ότι η βιβλιογραφία υποδεικνύει ως ιδανικό πλήθος το 2.

Παρατηρούμε ότι η μέθοδος των ραδιο-αποτυπωμάτων δεν είναι τόσο γρήγορη όσο η κεντροειδής αλλά παρέχει σαφώς βελτιωμένα αποτελέσματα με μεγαλύτερη ακρίβεια.

12.3. Πολλαπλές-υποθετικές προσεγγίσεις (multi-hypothesis approaches)

Ουσιαστικά αναπαριστούν την κατάσταση που υποδεικνύει η πεποίθηση με ένα μείγμα Γκαουσιανών. Κάθε υπόθεση, ή Γκαουσιανή, συνήθως σχηματίζεται από ένα φίλτρο Kalman. Λόγω της ικανότητας τους να αναπαριστούν πολύτροπες πεπιοθήσεις, οι προσεγγίσεις αυτές είναι ικανές να επιλύσουν το γενικό πρόβλημα εντοπισμού θέσης. Καθώς κάθε υπόθεση, παρέχεται από ένα φίλτρο Kalman, οι μέθοδοι βασίζονται σε υποθέσεις που υπάρχουν και στα φίλτρα Kalman. Πρακτικά όμως, οι πολλαπλό-υποθετικές προσεγγίσεις έχουν αποδειχτεί αρκετά ανθεκτικές σε παραβιάσεις των υποθέσεων αυτών. Έως τώρα δεν είναι ξεκάθαρο πως με τις μεθόδους αυτές μπορούν να εφαρμοστούν σε άκρως μη γραμμικές παρατηρήσεις. Επίσης είναι επιτακτική η χρήση εκλεπτυσμένων ευριστικών συναρτήσεων ώστε να επιλυθούν τα προβλήματα συσχετισμού δεδομένων αλλά και για τον καθορισμό της κατάλληλης στιγμής ώστε να εισαχθεί στο σύστημα μία ακόμα υπόθεση ή να αφαιρεθεί.

12.4. Τοπολογικές Προσεγγίσεις (Topological Approaches)

Βασίζονται σε συμβολικές, γραφικά δομημένες αναπαραστάσεις του περιβάλλοντος. Ο χώρος καταστάσεων ενός κινούμενου χρήστη περιλαμβάνει σύνολο διακριτών και ξεχωριστών τοποθεσιών. Το πλεονέκτημα τέτοιων προσεγγίσεων είναι η αποδοτικότητα τους καθώς μπορούν να αναπαραστήσουν αυθαίρετες κατανομές σε ένα διακριτό χώρο καταστάσεων. Έτσι μπορούν να επιλύσουν επιτυχώς το γενικό πρόβλημα εντοπισμού θέσης. Επιπροσθέτως, οι προσεγγίσεις αυτές, είναι σε θέση να παρέχουν αποτελέσματα ακόμα και σε πολυμεταβλητά συστήματα και χώρους κατάστασης καθώς η πολυπλοκότητα της τοπολογικής δομής δεν εξαρτάται άμεσα από τις διαστάσεις του χώρου καταστάσεων. Βασικό μειονέκτημα είναι η πυκνότητα της αναπαράστασης, λόγω της οποίας η εκτίμηση της θέσης παρέχει λίγες πληροφορίες για τη θέση του κινούμενου αντικειμένου. Επιπλέον, οι μόνες

αξιοποιήσιμες πληροφορίες είναι οι πληροφορίες αισθητήρων σχετικές με τη συμβολική αναπαράσταση του περιβάλλοντος με συνέπεια την έλλειψη αρκετών δυνατοτήτων από αυθαίρετα περιβάλλοντα.

12.5. Μετρικές βασισμένες σε πλέγμα (grid metrics)

Βασίζονται σε διακριτές σταθερές αναπαραστάσεις της πεπιοίθησης. Για εντοπισμό θέσης σε εσωτερικούς χώρους, η χωρική διαμόρφωση των πλεγμάτων αυτών είναι συνήθως μεταξύ 10 και 40 εκατοστών ενώ η γωνία τους κυμαίνεται γύρω στις 5 μοίρες. Όπως και οι τοπολογικές προσεγγίσεις, οι μετρικές προσεγγίσεις μπορούν να απεικονίσουν αυθαίρετες κατανομές στο διακριτό χώρο καταστάσεων και να επιλύσουν το γενικό πρόβλημα εντοπισμού θέσης. Σε αντίθεση όμως με τις τοπολογικές προσεγγίσεις, οι μετρικές παρέχουν ακριβείς εκτιμήσεις θέσης σε συνδυασμό με υψηλή αντοχή και ανθεκτικότητα σε θόρυβο που προκαλείται από τους αισθητήρες. Μειονέκτημα της μεθόδου, είναι η υπολογιστική της πολυπλοκότητα καθώς βασίζεται στην απαίτηση εύρεσης της τρισδιάστατης εκτίμησης θέσης, διατήρησης της αλλά και ανανέωσης της για κάθε νέα παρατήρηση. Συνεπώς η πολυπλοκότητας της αυξάνεται εκθετικά σε σχέση με το πλήθος των διαστάσεων και για το λόγο αυτό είναι αμφίβολη η χρήση της σε χώρους καταστάσεων με περισσότερες διαστάσεις.

12.6. Δειγματικές προσεγγίσεις (Sample approaches)

Αναπαριστούν την πεπιοίθηση από ένα σύνολο δειγμάτων ή σωματιδίων. Κεντρικό πλεονέκτημα των φίλτρων σωματιδίων είναι η ικανότητα τους να απεικονίζουν αυθαίρετες πυκνότητες πιθανοτήτων και για το λόγο αυτό μπορούν να παρέχουν λύση στο γενικό πρόβλημα εντοπισμού θέσης. Επίσης τα φίλτρα σωματιδίων μπορούν να συνάγουν την πραγματική δεσμευμένη πιθανότητα ακόμα και σε μη γκαουσιανά, μη γραμμικά συστήματα. Σε σχέση με τις προσεγγίσεις βασισμένες σε πλέγμα, τα φίλτρα σωματιδίων είναι άκρως αποδοτικά καθώς εστιάζουν τις πηγές τους σε περιοχές του χώρου καταστάσεων με μεγάλη πιθανότητα. Εφόσον η απόδοση των φίλτρων σωματιδίων βασίζεται στον αριθμό των δειγμάτων, πρέπει να εκλεπτυστεί η διαδικασία με την οποία συλλέγονται τα δεδομένα.

13

Εντοπισμός Θέσεως Κινητού Τερματικού σε κυψελωτά δίκτυα

Μέχρι σήμερα έχουν εμφανιστεί πολλές διαφορετικές τεχνικές εντοπισμού θέσης κάποιου κινητού τερματικού. Οι τεχνικές αυτές διαφέρουν ως προς το είδος του δικτύου πάνω στο οποίο μπορούν να υλοποιηθούν π.χ. ασύρματα δίκτυα ή κυψελωτά

δίκτυα τηλεπικοινωνιών αλλά και τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται ο εντοπισμός

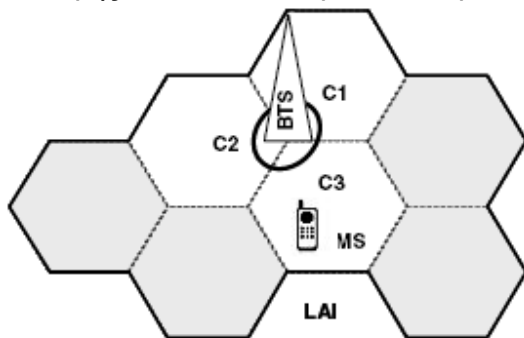
του χρήστη ως προς το αν γίνεται με την βοήθεια του κινητού τερματικού ή κατευθείαν από το δίκτυο. Έχουμε λοιπόν δύο βασικές τεχνικές:

1. Εύρεση θέσης μέσω του τηλεπικοινωνιακού δικτύου: Με βάση αυτή την προσέγγιση, το τερματικό είτε ανιχνεύεται αυτόματα από το δίκτυο, είτε στέλνει κάποιο σήμα, που επιτρέπει στο δίκτυο να βρει τη θέση του.
2. Εύρεση θέσης απευθείας από το κινητό τερματικό: Σε αυτή την περίπτωση, το ίδιο το τερματικό υπολογίζει τη θέση του με βάση σήματα που φθάνουν σε αυτό από σταθμούς βάσης. Το πιο γνωστό παράδειγμα τέτοιου τύπου εύρεσης θέσης είναι το Global Positioning System (GPS), στο οποίο οι σταθμοί βάσης είναι δορυφόροι και χρειάζεται η πληροφορία από τρεις μόλις δορυφόρους για να υπολογίσει το ίδιο το κινητό τερματικό την θέση του (στην συνέχεια το GPS αναλύεται διεξοδικότερα).
3. Εύρεση θέσης από το κινητό με υποβοήθηση του από το δίκτυο: Σε αυτή την περίπτωση το κινητό τερματικό έχει την δυνατότητα να εντοπίσει την θέση στην οποία βρίσκεται με κάποια βοήθεια (πληροφορία) η οποία παρέχεται από το δίκτυο. Οι δικτυακές οντότητες λειτουργούν συμπληρωματικά. Υποβοηθούν τις διαδικασίες που εκτελούνται στο τερματικό ή χρησιμοποιούνται για επαλήθευση.

13.1. Μέθοδοι βασισμένες στο Τηλεπικοινωνιακό Δίκτυο

13.1.1. Εντοπισμός βάσει αναγνωριστικού κυψέλης (Cell-ID)

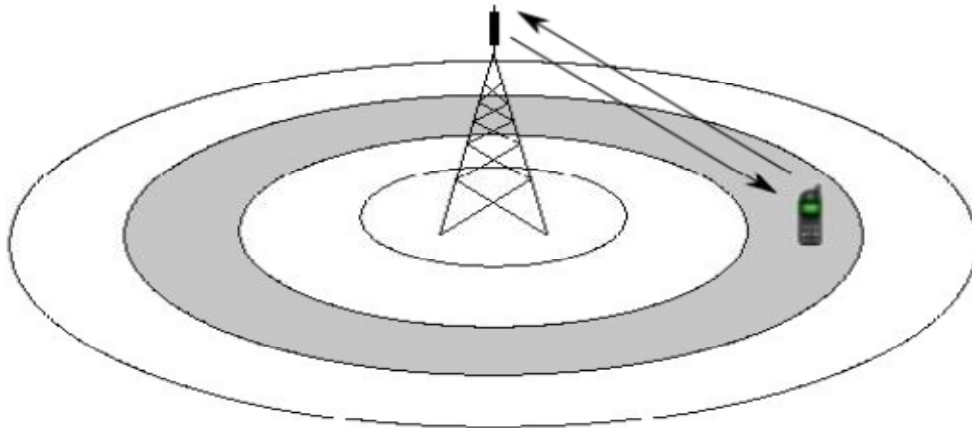
Είναι η απλούστερη μέθοδος εντοπισμού που υπάρχει καθώς το κινητό τερματικό εντοπίζεται με βάση την πληροφορία που υπάρχει ήδη μέσα στο δίκτυο και αφορά την γεωγραφική περιοχή κάλυψης του σταθμού βάσης που καλύπτει το κινητό την εκάστοτε χρονική στιγμή [33]. Έτσι λοιπόν γνωρίζουμε χωρίς κάποια μετατροπή είτε στο κινητό είτε στο δίκτυο σε πια γεωγραφική περιοχή βρίσκεται ο χρήστης. Το θέμα είναι όμως πως η ακρίβεια αυτής της μεθόδου ποικίλλει από μερικά μέτρα σε δεκάδες χιλιόμετρα καθώς σε αγροτικές περιοχές η περιοχή κάλυψης κάποιου σταθμού u946 βάσης μπορεί να φτάσει και τα 35 χιλιόμετρα.



Εικόνα: Εντοπισμός βάσει αναγνωριστικού κυψέλης (Cell-ID)

13.1.2. Εντοπισμός με χρήση μέτρησης χρόνων (Enhanced Cell-ID)

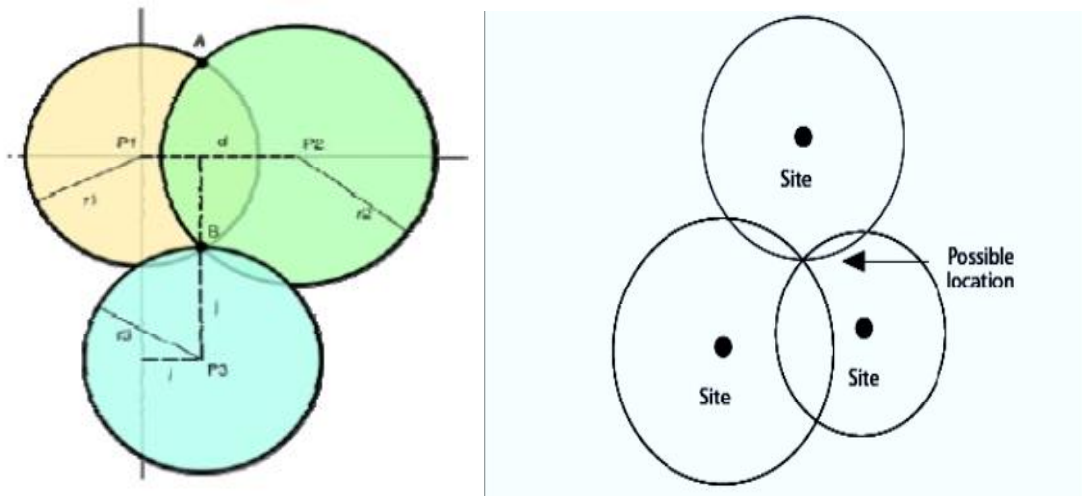
Κάθε BTS εκπέμπει ένα ad-hoc σήμα στις κυψέλες του. Το σήμα αυτό λαμβάνεται από το κινητό τερματικό το οποίο με την σειρά του υπολογίζει την απόσταση του από κάθε ορατό BTS χρησιμοποιώντας την διαφορά του χρόνου που στάλθηκε το σήμα από τον BTS μέχρις ότου ελήφθη από τον MS. Στην συνέχεια με την βοήθεια του trilateration το κινητό τερματικό υπολογίζει την θέση στην οποία βρίσκεται. Είναι η συνέχεια της προηγούμενης μεθόδου και ουσιαστικά ένας τρόπος για να αυξηθεί η ακρίβεια του απλού Cell-Id. Έτσι λοιπόν για τον εντοπισμό του κινητού χρησιμοποιείται επιπροσθέτως η πληροφορία του χρόνου μεταξύ της εκπομπής πληροφορίας από τον σταθμό βάσης και της επιστροφής πληροφορίας από το κινητό στον σταθμό βάσης. Έτσι υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ σταθμού βάσης και κινητού τερματικού με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια ιδιαίτερα σε αγροτικές περιοχές όπου η ακτίνα της κυψέλης είναι πολύ μεγάλη.



Εικόνα: Εντοπισμός με χρήση μέτρησης χρόνων (Enhanced Cell-ID)

13.1.3. Εντοπισμός βάσει χρόνου άφιξης (Time of Arrival, TOA)

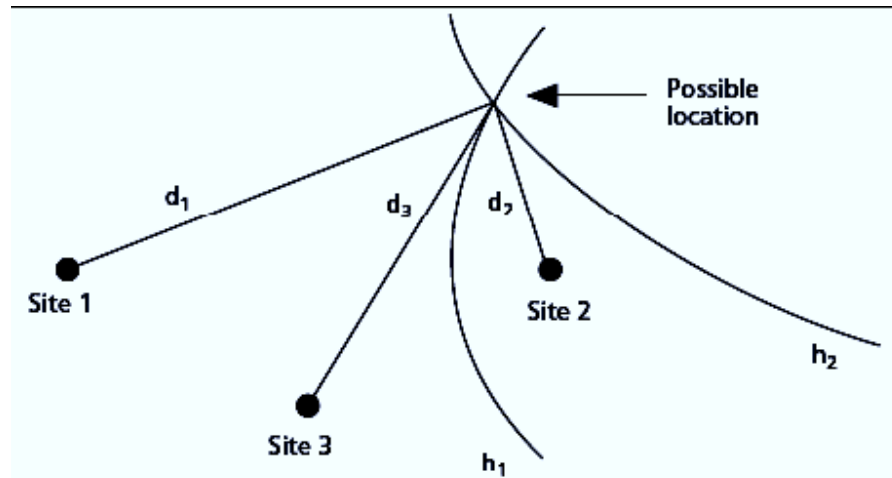
Η εν λόγω μέθοδος υλοποιείται με την βοήθεια κάποιων μονάδων που αποκαλούνται LMU (Location Measurement Unit) οι οποίες πρέπει να τοποθετηθούν σε κάθε BTS και δουλειά των οποίων είναι να μετρούν την διαφορά χρόνου από την στιγμή της εκπομπής πληροφορίας από το κινητό μέχρι την στιγμή που φτάνει στον BTS. Με την εν λόγω μέθοδο το κινητό τερματικό εξαναγκάζεται να ξεκινήσει διαδικασία handoff δηλαδή από τον σταθμό βάσης από τον οποίο εξυπηρετήσε να περάσει σε κάποιον άλλο και μετά σε κάποιον άλλο κ.ο.κ. Έτσι λοιπόν μετράται ο χρόνος που απαιτείται να διανύσει το σήμα από το κινητό τερματικό προς τους πλησιέστερους σταθμούς βάσης με αποτέλεσμα από την επεξεργασία των διαφόρων μετρήσεων χρόνου και με την εφαρμογή της διαδικασίας του trilateration ή αλλιώς τριγωνοποίηση να υπολογίζεται με καλή ακρίβεια η θέση του κινητού. Παρόλα αυτά είναι μία αρκετά ακριβή μέθοδος καθώς είναι απαραίτητη η τοποθέτηση LMU σε κάθε σταθμό βάσης και ενδεικτικά αναφέρουμε πως κοστίζει περίπου 10 φορές όσο η τεχνική E-Cell Id.



Εικόνα: Εφαρμογή της τεχνικής της τριγωνοποίησης

13.1.4. Εντοπισμός με υπολογισμό της Διαφοράς Χρόνων Αφίξης (Time Difference of Arrival, TDOA)

Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται για να βελτιώσει την ακρίβεια της προηγούμενης μεθόδου. Το πρόβλημα στην μέθοδο TOA έγκειται στην έλλειψη απόλυτου συγχρονισμού στα κυψελωτά δίκτυα επικοινωνιών (GS και UMTS). Στηρίζεται όπως και η προηγούμενη μέθοδος στις μετρήσεις χρόνου για το σήμα από το κινητό στον σταθμό βάσης απλά για να εξαληφθεί το πρόβλημα της έλλειψης συγχρονισμού γίνεται αναγωγή των μετρήσεων σε ανά κοινό παρανομαστή βάση των μετρήσεων των διαφορών των χρόνων μεταξύ των Σταθμών Βάσης. Έτσι οι χρόνοι που μετρώνται σε κάθε Σταθμό Βάσης ανάγονται με κατάλληλες προσθαφαιρέσεις στον πραγματικό χρόνο ενός Σταθμού Βάσης, που χρησιμοποιείται ως αναφορά, προσδίδοντας με τον τρόπο αυτό επιπλέον αξιοπιστία στις μετρήσεις και κατά συνέπεια και στην ακρίβεια της θέσης του χρήστη. Εξέλιξη της μεθόδου αυτής αποτελεί και η μέθοδος εντοπισμού Επαυξημένης Παρατήρησης Διαφοράς Χρόνων (Enhanced Observed Time Difference, E-OTD), κατά την οποία οι υπολογισμοί των διαφορών των εν λόγω χρόνων είναι δυνατόν να γίνουν και στο τερματικό.



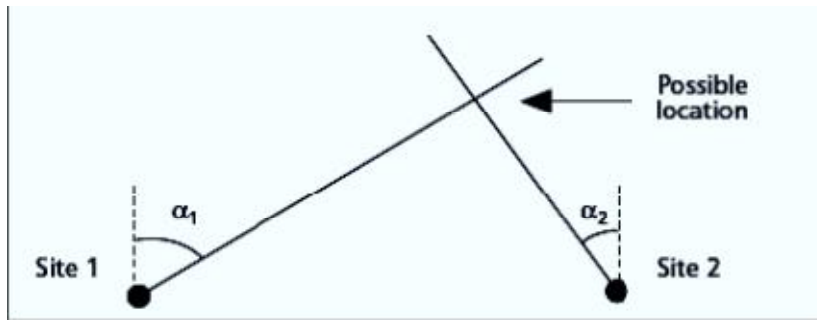
Εικόνα: Εντοπισμός με υπολογισμό της Διαφοράς Χρόνων Αφίξης (Time Difference of Arrival, TDOA)

13.1.5. Enhanced Observed Time Difference

Κάθε BTS εκπέμπει ένα ad-hoc σήμα στις κυψέλες του. Το σήμα αυτό λαμβάνεται από το κινητό τερματικό το οποίο με την σειρά του υπολογίζει την απόσταση του από κάθε ορατό BTS χρησιμοποιώντας την διαφορά του χρόνου που στάλθηκε το σήμα από τον BTS μέχρις ότου ελήφθη από τον MS. Στην συνέχεια με την βοήθεια του trilateration το κινητό τερματικό υπολογίζει την θέση στην οποία βρίσκεται. Η τεχνική E-OTD προϋποθέτει την αναβάθμιση των κινητών τερματικών ώστε αυτά να μπορούν να επεξεργαστούν ad-hoc σήματα και παράλληλα την εγκατάσταση κάποιων συγχρονισμένων ρολογιών τα οποία θα δίνουν έναν κοινό χρόνο αναφοράς για να μπορεί να υπολογίζεται σωστά η θέση του MS.

13.1.6. Εντοπισμός βάσει της γωνίας λήψης (Angle of Arrival, AOA)

Σε αντίθεση με τις τρεις προηγούμενες μεθόδους που αναλύθηκαν παραπάνω η συγκεκριμένη μέθοδος απαιτεί την εγκατάσταση επιπλέον εξοπλισμού στους σταθμούς βάσης για να μπορέσει να εφαρμοστεί. Έτσι απαιτείται η εγκατάσταση εξειδικευμένων διατάξεων κεραιών στους Σταθμούς Βάσης, οι οποίες θα πρέπει να είναι πολύ κατευθυντικές και επίσης με ικανότητα στροφής του λοβού ακτινοβολίας ανάλογα με την θέση του κινητού, κεραιές οι οποίες υπάρχουν στα δίκτυα τρίτης γενιάς (3G). Ο εντοπισμός της θέσης του χρήστη πραγματοποιείται μέσω του υπολογισμού των γωνιών μισής ισχύος Δ_{3dB} (η γωνία που σχηματίζουν οι διευθύνσεις εκατέρωθεν της διεύθυνσης μέγιστου για τις οποίες η ένταση ακτινοβολίας είναι η μισή της μέγιστης τιμής). Το κινητό τερματικό εντοπίζεται μέσα στον κλειστό χώρο που ορίζουν οι διευθύνσεις μισής ισχύος των κύριων λοβών κάθε Σταθμού Βάσης.

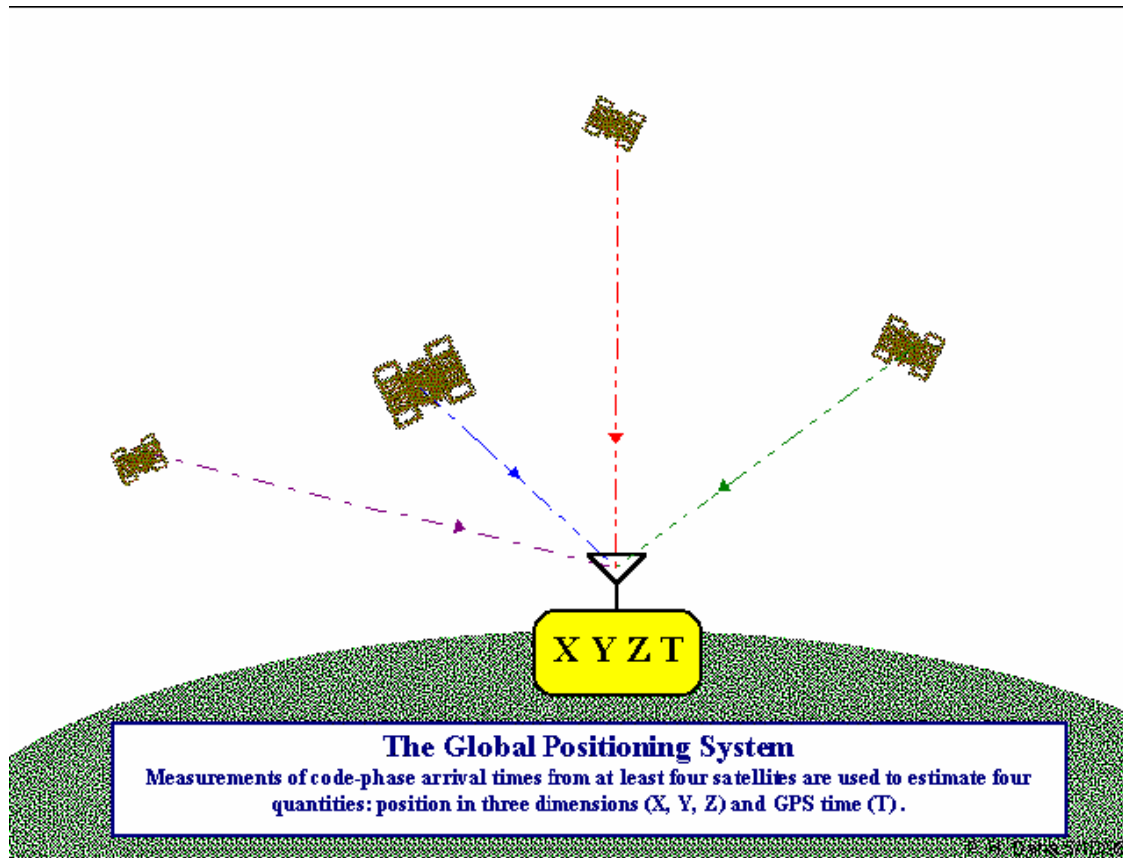


Εικόνα:βάσει της γωνίας λήψης (Angle of Arrival, AOA)

13.2. Μέθοδοι βασισμένες στο Κινητό Τερματικό

13.2.1. Καθολικό Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (Global Positioning System,GPS)

Το Καθολικό Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS) αποτελείται από πολλούς δορυφόρους οι οποίοι καλύπτουν όλη την επιφάνεια της γης κάθε χρονική στιγμή . Οι δορυφόροι εκπέμπουν συνέχεια σήματα τα οποία περιέχουν ως πληροφορία την ακριβή θέση εκείνη την χρονική στιγμή του δορυφόρου. Έτσι λοιπόν οι επίγειοι δέκτες που λαμβάνουν τα ψηφιακά αυτά σήματα έχουν την δυνατότητα να γνωρίζουν ακριβώς την το πόσος χρόνος χρειάζεται για την λήψη του σήματος από κάποιον δορυφόρο. Γνωρίζοντας τη θέση κάποιου δορυφόρου, ο επίγειος δέκτης καταλαβαίνει ότι βρίσκεται κάπου στον χώρο που ορίζει η νοητή σφαίρα με κέντρο τον ίδιο τον δορυφόρο. Με χρήση τριών δορυφόρων (κατά συνέπεια τριών νοητών σφαιρών), είναι δυνατός ο εντοπισμός της θέσης του δέκτη στο επίπεδο (η τομή των τριών νοητών σφαιρών). Με χρήση τεσσάρων δορυφόρων, υπολογίζεται και η Τρίτη διάσταση των συντεταγμένων του δέκτη (ύψος). Το GPS χαρακτηρίζεται από την πολύ μεγάλη του ακρίβεια και είναι το πρώτο σύστημα εντοπισμού θέσης το οποίο έγινε παγκόσμια αποδεκτά. Το σύστημα GPS αποτελείται από 24 δορυφόρους οι οποίοι βρίσκονται σε 6 ελλειπτικές τροχιές συγκεκριμένου ύψους πάνω από την γη με κοινή κλίση. Το σύστημα έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε κάθε χρονική στιγμή 6 τουλάχιστον δορυφόροι να είναι «ορατοί» από κάθε σημείο πάνω στην γη. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα του GPS είναι ότι επιτυγχάνει πολύ μεγάλη ακρίβεια κάτω από οποιεσδήποτε μετεωρολογικές συνθήκες. Σήμερα το GPS χρησιμοποιείται σε αυτοκίνητα, πλοία, αεροπλάνα από ιδιώτες, στρατό και υπηρεσίες και είναι παγκόσμια εξαπλωμένο με πολύ μεγάλη διείσδυση στην αγορά των συστημάτων εντοπισμού θέσης.



Εικόνα : Global Positioning System (GPS)

13.2.2. Υποβοηθούμενο Καθολικό Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (Assisted-GPS, AGPS)

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα του κλασσικού GPS το οποίο περιγράφηκε παραπάνω είναι ότι δεν είναι δυνατόν να εντοπιστεί κινητό τερματικό μέσα σε εσωτερικούς χώρους. Για το λόγο αυτό σχεδιάστηκε το Υποβοηθούμενο Καθολικό Σύστημα Εντοπισμού Θέσης στο οποίο η δορυφορική πληροφορία παρέχεται στους εσωτερικούς χώρους μέσω των κυψελωτών δικτύων επικοινωνιών. Τοποθετήθηκαν σε κάποια σημεία δέκτες GPS σε σταθμούς βάσης και η πληροφορία στους εσωτερικούς χώρους στέλνεται από τους σταθμούς βάσης στα κινητά τερματικά τα οποία βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους.

13.2.3. Σύγκριση των διαφόρων Τεχνικών Εντοπισμού

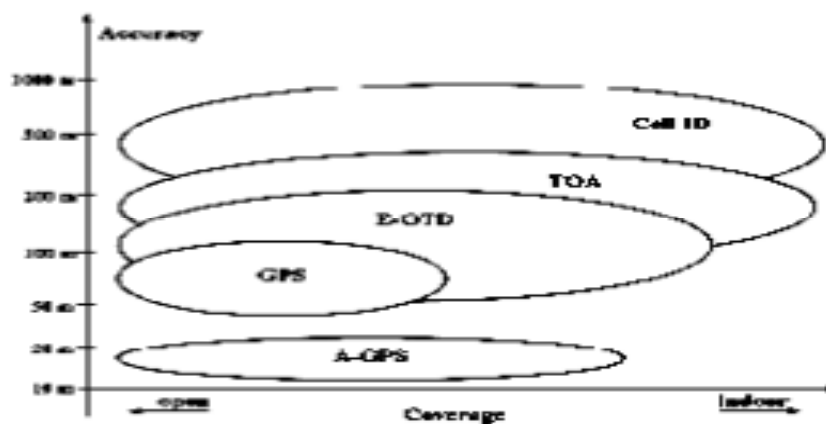
Τεχνική	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Cell-Id	-Δε απαιτούνται υπολογισμοί για την απόκτηση της πληροφορίας θέσης, αφού αυτή υπάρχει ήδη	-Η ακρίβεια εξαρτάται άμεσα από την πυκνότητα των κυψελών, με αποτέλεσμα σε αγροτικές

	(γεωγραφική περιοχή κάλυψης του σταθμού βάσης). -Δεν απαιτείται καμία αλλαγή ούτε στο δίκτυο αλλά ούτε και στο κινητό τερματικό. -Ελάχιστος χρόνος απαιτείται για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.	περιοχές να είναι της τάξης των 35 χιλιομέτρων ενώ σε αντίστοιχες αστικές μπορεί να είναι της τάξης των 100 μέτρων. -Λόγω φαινομένων διάδοσης ή συμφόρησης του δικτύου η κυψέλη που εξυπηρετεί το κινητό δεν είναι πάντα και η πιο κοντινή με αποτέλεσμα η ακρίβεια να μην είναι ικανοποιητική
Enhanced Cell-Id	-Πολύ λίγοι υπολογισμοί απαιτούνται για τον εντοπισμό του κινητού τερματικού. -Ελάχιστες αλλαγές απαιτούνται στα ήδη υπάρχοντα συστήματα για την εφαρμογή της. -Ο χρόνος που απαιτείται για την εξαγωγή αποτελεσμάτων είναι ελάχιστος. -Η ακρίβεια είναι βελτιωμένη σε σχέση με το Cell-ID και δεν επηρεάζεται τόσο πολύ από το μέγεθος της κυψέλης.	-Υπάρχουν περιπτώσεις που το σήμα διανύει μεγαλύτερες αποστάσεις από την πραγματική απόσταση μεταξύ Κινητού Τερματικού και Σταθμού Βάσης (περιπτώσεις ανακλάσεων και πολυδιαδρομικής λήψης). Έτσι, μπορεί η πραγματική απόσταση να είναι τελικά μικρότερη από την ελάχιστη ακτίνα που υπολογίζει η μέθοδος.
TOA	-Επιτυγχάνεται πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με τις δύο προηγούμενες μεθόδους. -Οι υπολογισμοί που απαιτούνται για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων είναι αρκετά περιορισμένοι.	-Απαιτείται τέλειος συγχρονισμός μεταξύ τριών τουλάχιστον σταθμών βάσης της τάξης των nsec. -Απαιτείται η τοποθέτηση LMU σε κάθε σταθμό βάσης πράγμα που είναι πολύδάπανο.
TDOA	-Πολύ μεγάλη ακρίβεια σε σχέση με τις προηγούμενες μεθόδους. -Δεν απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.	-Απαιτεί την προσθήκη νέων μονάδων στο δίκτυο και την προσαρμογή του λογισμικού των κινητών τερματικών. -Εισάγεται σφάλμα όταν υπάρχει πολυδιαδρομική διάδοση και όταν το σήμα διανύει μεγαλύτερες αποστάσεις από την πραγματική απόσταση μεταξύ κινητού τερματικού και των σταθμών βάσης. -Απαιτούνται περισσότεροι υπολογισμοί και μετρήσεις σε σχέση με τις προηγούμενες μεθόδους.
AOA	-Ο χρόνος που απαιτείται για την	-Απαιτεί την εισαγωγή στο

	εξαγωγή αποτελεσμάτων είναι ελάχιστος. -Απαιτεί μόνο δύο Σταθμούς Βάσης για τον προσδιορισμό θέσης. -Δεν χρειάζεται κάποια μετατροπή στο υλικό ή το λογισμικό των Κινητών Τερματικών.	δίκτυο πολύ ακριβών διατάξεων Κεραιών Λήψης (Εξυπνες Κεραίες). -Δεν εγγυάται την σωστή λειτουργία σε συνθήκες όπου το σήμα διανύει μεγαλύτερες αποστάσεις από την πραγματική απόσταση μεταξύ κινητού τερματικού και σταθμού βάσης.
GPS	-Το συγκεκριμένο σύστημα εγγυάται πολύ μεγάλη ακρίβεια (3-50m) κάτω από οποιεσδήποτε μετεωρολογικές συνθήκες. -Το κόστος εγκατάστασης ενός τέτοιου συστήματος είναι πολύ μικρό. -Δεν απαιτείται καμιά μετατροπή στο δίκτυο.	-Το σύστημα δεν λειτουργεί σε εσωτερικούς χώρους καθώς εισέρχεται πολύ μεγάλη εξασθένηση των σημάτων του GPS λόγω των παρεμβαλλόμενων κτιρίων και ταυτόχρονα δεν υπάρχει άμεση οπτική επαφή του επίγειου δέκτη με τον δορυφόρο.
Assisted-GPS	-Δυνατότητα από κινητά τερματικά τα οποία βρίσκονται σε εσωτερικούς κλειστούς χώρους να εντοπίσουν την ακριβή τους θέση.	-Ανάγκη εξοπλισμού του κυψελωτού δικτύου Επικοινωνιών με Δέκτες GPS και προώθηση των πληροφοριών που λαμβάνονται από τους δέκτες στα κινητά τερματικά τα οποία βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους.

Πίνακας: Σύγκριση τεχνολογιών εντοπισμού σε κυψελωτά δίκτυα.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται μία σύγκριση μεταξύ των μεθόδων εντοπισμού θέσης, της ακρίβειας που επιτυγχάνουν καθώς και του κατά πόσο είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν για εντοπισμό σε εσωτερικό και εξωτερικό χώρο.



Εικόνα: Σύγκριση τεχνολογιών ως προς την ακρίβεια που επιτυγχάνουν σε εσωτερικούς και

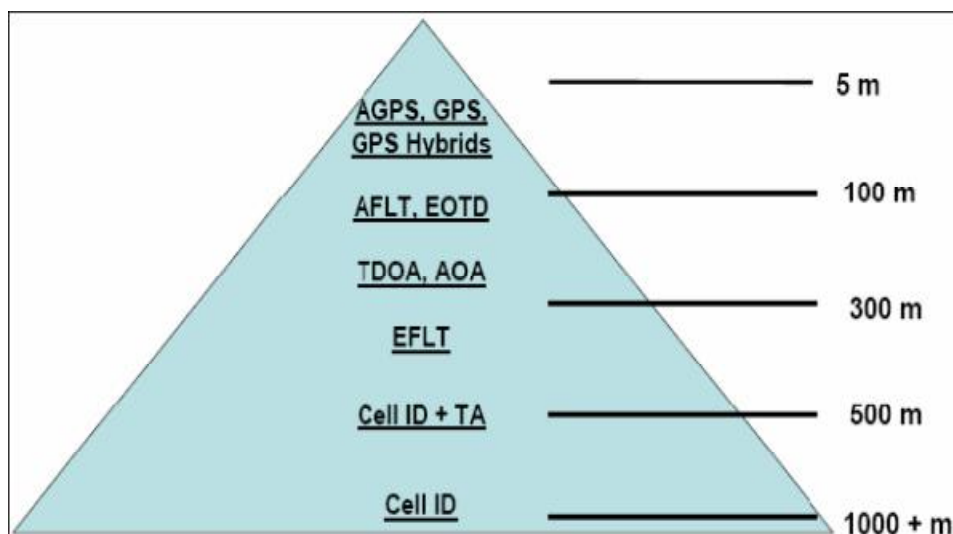
εξωτερικούς χώρους.

13.2.4. Συγκριτικός Πίνακας

Ένας συγκεντρωτικός πίνακας που παρουσιάζει τυπικές επιδόσεις των τεχνικών που προαναφέρθηκαν είναι ο παρακάτω (οι τιμές αναφέρονται σε αστικό περιβάλλον):

Τεχνική	Ακρίβεια (m)
Cell id + TA	50-500
TOA	40-150
E-OTD	50-125
AOA	40
A-GPS	5-50
RSS-Location Fingerprinting	1-2

Πίνακας: Ακρίβεια των κυριότερων μεθόδων εντοπισμού.



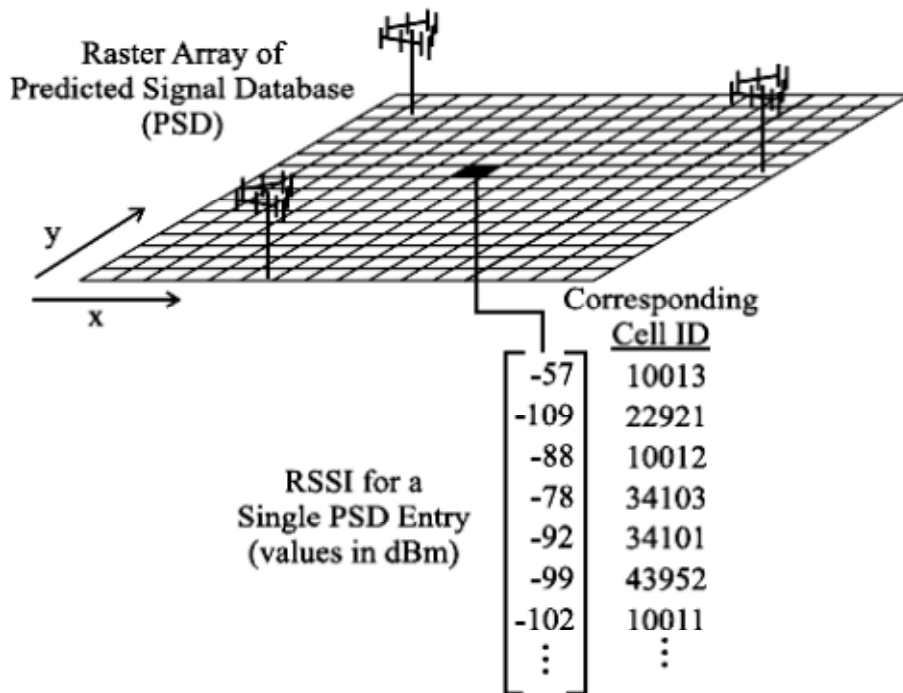
Εικόνα : Ακρίβεια των κυριότερων μεθόδων εντοπισμού.

Σε πραγματικά συστήματα πολλές φορές χρησιμοποιούνται συνδυασμοί των παραπάνω τεχνικών, ώστε να επιτευχθεί ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια. Επίσης οι συντεταγμένες που υπολογίζονται από τις παραπάνω μεθόδους μπορούν να συνδυαστούν και με στοιχεία από βάσεις γεωγραφικών δεδομένων έτσι ώστε να αποκλειστούν ή να προβλεφθούν κάποιες θέσεις.

13.3. Εντοπισμός Βασισμένος στην Ισχύ του Λαμβανόμενου

Σήματος (RSSI)

Η λειτουργία της μεθόδου εντοπισμού θέσης βασισμένη στο RSSI είναι αρκετά ξεκάθαρη: Η περιοχή ενός κυψελωτού δικτύου αναπαρίσταται στον υπολογιστή από έναν μεγάλο δυσδιάστατο πίνακα με ομοιόμορφη πλευρά πλέγματος, η οποία μπορεί να κυμαίνεται από 10 έως 50 μέτρα ή και περισσότερα. Κάθε σημείο του πλέγματος αντιστοιχεί με μια θέση μέσα στο κυψελωτό δίκτυο και περιλαμβάνει ένα διάνυσμα των τιμών της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος σε dBm για όλους τους λαμβανόμενους σταθμούς βάσης. Κάθε τιμή της RSSI αντιστοιχεί σε έναν μοναδικό αναγνωριστικό αριθμό κυψέλης (Cell ID). Ένας ολοκληρωμένος πίνακας με τις τιμές των RSSI ονομάζεται βάση δεδομένων πρόγνωσης σήματος (PSD). Όταν κατασκευαστεί η PSD για μια περιοχή του δικτύου, η μηχανή αναζήτησης της πιθανής θέσης πρέπει να συγκρίνει την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος, όπως μετρήθηκε από τη φορητή συσκευή, με τα διανύσματα της PSD. Το αποτέλεσμα με το βέλτιστο ταίριασμα καθορίζει τις συντεταγμένες της πιο πιθανής θέσης της συσκευής.



Εικόνα : Η PDS αποθηκεύει σε μια βάση δεδομένων με τη μορφή πλέγματος όλες τις τιμές RSSI από τους λαμβανόμενους σταθμούς βάσης του δικτύου

Η συσκευή μετρά τις τιμές RSSI μέσω της αναφοράς μετρήσεων δικτύου (NMRs) της φορητής συσκευής του χρήστη. Τα NMRs στέλνονται από τη φορητή συσκευή στο σταθμό βάσης όταν ζητηθούν από το κέντρο μεταγωγής (MSC). Κάθε NMR είναι μια λίστα από πολλές RSSI που αντιστοιχούν στους διάφορους

ραδιοδιαύλους του δικτύου. Ο ακριβής αριθμός εξαρτάται από τη θέση της συσκευής, την αρχιτεκτονική του δικτύου και την παρεμβολή του αέρα. Τα τυπικά NMRs αναφέρουν από έξι έως δώδεκα μοναδικές κυψέλες με τις φορητές συσκευές GSM να αναφέρουν τις έξι ισχυρότερες κυψέλες, ενώ οι συσκευές των προδιαγραφών IS-136 αναφέρουν μεταξύ οκτώ και δώδεκα κυψελών ή και περισσότερες. Η αποθήκευση μιας βάσης δεδομένων πρόγνωσης σήματος (PSD) και η λειτουργία ενός προγράμματος εντοπισμού θέσης βασισμένου στο RSSI απαιτούν μόνο έναν μέσο υπολογιστή, καθιστώντας το συγκεκριμένο σύστημα εντοπισμού θέσης ιδιαίτερα οικονομικό και ακριβές. Όμως, προϋποθέτει την ύπαρξη μιας PSD υψηλής ποιότητας για την επιτυχία της μεθόδου εντοπισμού θέσης. Όσο πιο ακριβής είναι η PSD, τόσο καλύτερη είναι η απόδοση της τεχνικής. Η καλύτερη PSD μπορεί να δημιουργηθεί λαμβάνοντας μετρήσεις σε κάθε πιθανό σημείο του δικτύου. Κάτι τέτοιο, όμως, δεν είναι εφικτό, καθώς απαιτεί πολύ χρόνο και κόπο. Έτσι, πρέπει να επιλεγεί μια βέλτιστη λύση που να ισοσταθμίζει την απόδοση της μεθόδου με το κόστος.

13.4. Η τεχνική Fingerprinting

Η τεχνική του fingerprinting βασίζεται στη μέθοδο εντοπισμού θέσης βασισμένη στις RSSI και στην ανάλυση σκηνής, όπως περιγράφηκε αναλυτικά σε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Πολλά διαφορετικά δεδομένα, συμπεριλαμβανομένης και της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος, καταγράφονται για διαφορετικές θέσεις. Όταν ζητείται η εύρεση μιας νέας θέσης, τα δεδομένα αυτά συγκρίνονται με αυτά που είχαν καταγραφεί. Η νέα θέση θεωρείται ότι είναι κοντά σε καταγεγραμμένα σημεία με παραπλήσια χαρακτηριστικά. Η τεχνική ονομάστηκε fingerprinting και τα συλλεγμένα σημεία fingerprints, σε αναλογία με την ταυτοποίηση των δακτυλικών αποτυπωμάτων στην αστυνομική έρευνα και την ιατροδικαστική. Όμοια, για την ταυτοποίηση της θέσης μιας φορητής συσκευής γίνεται σύγκριση του αποτυπώματός της με τα αποτυπώματα που συλλέχθηκαν την περίοδο εκμάθησης από γνωστές θέσεις. Για την καλή απόδοση u964 του fingerprinting αρχικά απαιτείται τα χαρακτηριστικά του σήματος να παρουσιάζουν σημαντική χωρική μεταβλητότητα, καθώς επίσης και να παρουσιάζουν σταθερότητα στο χρόνο. Συνδυάζοντας αυτά τα δύο, απαιτείται ένα προφίλ σήματος πλούσιο σε χωρικές μεταβολές και σχετικά σταθερό στο χρόνο. Το πλεονέκτημα του συστήματος εντοπισμού θέσης βασισμένο στο fingerprinting είναι ότι επιτρέπει τον καθορισμό της θέσης με μεγάλη ακρίβεια καθώς λαμβάνονται υπόψη όλες οι οντότητες της διάδοσης του σήματος. Παρόλα αυτά, όσο περισσότερες λεπτομέρειες χρησιμοποιούνται, τόσο περισσότερο ευάλωτο είναι το σύστημα σε μεταβολές του περιβάλλοντος, όπως στην μετακίνηση εξοπλισμού εντός του κτιρίου ή στο κτίσιμο νέων κτιρίων. Γι' αυτό απαιτείται χρόνο με το χρόνο εκ νέου βαθμονόμηση του συστήματος ώστε να προσαρμοστεί στις αλλαγές του περιβάλλοντος. Όμως, τα στοιχεία του περιβάλλοντος που επηρεάζουν περισσότερο τη διάδοση του σήματος είναι συνήθως σταθερά κι έτσι δεν απαιτείται συχνά εκ νέου βαθμονόμηση. Η τεχνική του fingerprinting μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τύπους δεδομένων εισόδου. Το πιο σύνηθες είναι η χρήση μετρήσεων της ισχύος του

σήματος, του χρόνου ή της γωνίας άφιξης ή συνδυασμούς αυτών. Ένα άλλο σημαντικό κομμάτι του εντοπισμού θέσης βασισμένου στο fingerprinting είναι ο αλγόριθμος εκτίμησης θέσης. Ο ρόλος του είναι να υπολογίζει τη θέση των νέων σημείων ανάλογα με το πόσο ταιριάζουν με τα σημεία που είχαν καταγραφεί κατά την περίοδο εκμάθησης του συστήματος. Με άλλα λόγια, η απόφαση εάν ένα fingerprint είναι πανομοιότυπο με ένα από τα καταγεγραμμένα σημεία είναι ασήμαντη. Ο αλγόριθμος πρέπει να είναι σε θέση να εκτιμήσει τη θέση και σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, όπως όταν ο χρήστης είναι μεταξύ δύο καταγεγραμμένων σημείων.

- [1] Andrew S. Tanenbaum, “*Δίκτυα Υπολογιστών*”, 4η Έκδοση, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2004
- [2] David Tse, “*Fundamental of Wireless Communications*”, University of California, Berkley , 2004
- [3] William Stallings, “*Επικοινωνίες Υπολογιστών & Δεδομένων*”, 6η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, 2003
- [4] Dan Duchamp and Neil F. Reynolds, “*Measured Performance of Wireless LAN*”, Columbia University
- [5] David Eckhardt and Peter Steenkiste, “*Measurement and Analysis of the Error Characteristics of an In-Building Wireless Network*”, School of Computer Science, Carnegie Mellon University
- [6] S.E Alexander, “*Characterizing Buildings for Propagation at 900 MHz*”, *Electronics Letters*, September 1983
- [8] Ανδρέας Πορμπότσης, “*Εισαγωγή στις νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών*”, Εκδόσεις Τζιόλα 1997
- [9] Peter Rechenberg, “*Εισαγωγή στη Πληροφορική*”, Εκδόσεις Κλειδάριθμος 2001
- [10] William Stalling, “*Οργάνωση και Αρχιτεκτονική Υπολογιστών*”, 6η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα
- [11] Πέτρος Νικοπολιτιδης, “*Ασύρματα δίκτυα*”, Διδακτικές Σημειώσεις του Μαθήματος Ασύρματα Δίκτυα , Τμήμα Πληροφορικής Α.Π.Θ., 2005
- [12] http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_mobile_phones,
- [13] <http://en.wikipedia.org/wiki/1G>,
- [14] <http://en.wikipedia.org/wiki/2G>,
- [15] <http://en.wikipedia.org/wiki/3G>,
- [16] <http://en.wikipedia.org/wiki/4G>,
- [17] http://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_Digital_Enhanced_Network,
- [18] http://en.wikipedia.org/wiki/Personal_Digital_Cellular,
- [19] http://en.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications,
- [20] GPS Modernization,
<http://www.navcen.uscg.gov/gps/modernization/default.htm>
- [21] First Modernized GPS Satellite Launched Successfully by USAF,
http://www.defencetalk.com/news/publish/printer_3534.php
- [22] D. Cho, C. Park, S. Lee, “An Assisted GPS Acquisition Method using L2 Civil Signal in Weak Signal Environment,” in Proc GNSS2004, 2004.
- [23] E. Trevisani, A. Vitaletti, “Cell-ID location technique, limits and benefits: an experimental study,” in Proc Mobile Computing Systems and Applications, 2004, pp. 51-60.
- [24] S. Ahonen and H. Laitinen, “Database Correlation Method for UMTS location,” in Proc. IEEE 57th VTC, 2003, vol. 4, pp. 2696-2700.

- [25] Gunnar Heine, "Gsm Networks - Protocols, Terminology And Implementation", Artech House publishes
- [26] L.Lopes, E.Villier, and B.Ludden, "GSM Standards Activity on Location" in IEEE Colloquium on Novel Methods of Location and Tracking of Cellular Mobiles and Their System Applications, London, May 1999.
- [27] William C. Y. Lee, "Mobile Cellular Telecommunications Systems", McGraw-Hill Book Company, USA 1989
- [28] ETSI, GSM Specification Series 01.02–1.06, "GSM Overview, Glossary, Abbreviations, Service Phases."
- [29] ETSI, GSM Specification Series 02.01–2.88, "GSM Services and Features."
- [30] ETSI, GSM Specification Series 03.01–3.88, "GSM Functions, Architecture, Numbering and Addressing Procedures."
- [31] www.eett.gr
- [32] www.3gpp.org
- [33] www.cosmote.gr
- [34] www.aircom.co.uk
- [35] www.teleplan.no
- [36] www.gys.gr
- [37] www.nethawk.fi
- [38] www.nemo.fi
- [39] www.ericsson.com/solutions/tems/
- [40] www.gsmworld.com
- [41] NOKIA HELLAS Θ. Σοφός

