



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ
ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ
ΔΙΚΤΥΩΝ

Τμήμα Εφαρμογών Πληροφορικής
στη Διοίκηση και την Οικονομία
Α.Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΑΙΒΑΛΙΩΤΗΣ ΘΩΜΑΣ (Α.Μ. 8066)
ΣΑΡΑΤΣΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ (Α.Μ. 8346)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΙΩΑΝΝΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Απρίλιος 2005



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή	3
1.1	Κινητά δίκτυα	3
1.2	Σύντομη ιστορία των δικτύων	4
1.3	Ευρωπαϊκά δίκτυα ασυρμάτων επικοινωνιών	6
1.4	Κυτταρική Ιδέα	7
1.5	Εξέλιξη των ασυρμάτων επικοινωνιών	9
1.6	Συχνότητες	12
1.7	Πλεονεκτήματα Ανάπτυξης των Συστημάτων Κινητής Τηλεφωνίας	12
Κεφάλαιο 2	GSM (Global System for Mobile Communications)	14
2.1	Ιστορία του GSM	14
2.2	Εξέλιξη του GSM	15
2.3	Τεχνικά Χαρακτηριστικά	15
2.4	Αρχιτεκτονική δικτύου GSM	16
2.5	Κωδικοποίηση ομιλίας	20
2.6	Έλεγχος δύναμης σήματος	20
2.7	Handover - Αλλαγή κυψέλης	20
2.8	SMS	21
2.9	Υπηρεσίες GSM	22
2.10	GSM και Internet	23
Κεφάλαιο 3	TETRA (Trans -European Trunked Radio)	25
3.1	Εισαγωγή	25
3.2	Διεπαφές	25
3.3	Δομή του Δικτύου TETRA	28
3.4	Ευελιξία διασύνδεσης (Connectivity)	31
3.5	Χαρακτηριστικά	32
3.6	Υπηρεσίες	33
3.7	Το TETRA ανοίγει μια Νέα Παγκόσμια Αγορά	36
3.8	Χρήστες	37
3.9	Συχνότητες TETRA	39
3.10	Μεγάλη Ποικιλία Κατασκευαστών και Προϊόντων	41
3.11	Λειτουργική Ακεραιότητα Εγγυημένη επικυρωμένες διαδικασίες	42
3.12	Το TETRA συμπληρώνει το GSM	43
3.13	Κοινά χαρακτηριστικά με το GSM	43
3.14	Αναφορές στον ETSI	44
3.15	Γλωσσάρι Όρων	45
Κεφάλαιο 4	UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)	46
4.1	Εισαγωγή	46
4.2	Φάσμα για το UMTS, IMT-2000	49
4.3	Τι προσφέρει το σύστημα UMTS	50
4.4	Υπηρεσίες UMTS	53
4.5	Χρήστες	54
4.6	Κυτταρική Δομή	55

4.7	Η αρχιτεκτονική του UMTS (Έκδοση 99)	56
4.8	Καινοτομίες και νέα στοιχεία στην Έκδοση 99	56
Κεφάλαιο 5 Ασύρματο Τοπικό Δίκτυο (Wireless Local Area Network WLAN ή Wireless Fidelity WiFi)		59
5.1	Εισαγωγή	59
5.2	Υλοποίηση εκτεταμένου δικτύου με χρήση WLAN	61
5.3	Τοπολογία δικτύου για hot spots	62
5.4	Πρότυπα της IEEE για τα ασύρματα δίκτυα	64
5.5	Κανάλια τοπικών ασυρμάτων δικτύων στην οικογένεια προτύπων 802.11	67
5.6	Κωδικοποίηση και διαμόρφωση σήματος στα ασύρματα τοπικά δίκτυα	67
5.7	Ακτίνα κάλυψης και επιδόσεις ασύρματων τοπικών δικτύων	68
5.8	Αριθμός χρηστών που μπορεί να εξυπηρετήσει ένα σημείο πρόσβασης	68
5.9	Ασφάλεια ασυρμάτων τοπικών δικτύων	69
5.10	Πιστοποίηση χρήστη	70
5.11	Κρυπτογράφηση δεδομένων	70
5.12	WLAN και WiMAX, LMDS, HiperLan	71
5.13	Σύγκριση τεχνολογιών ασυρμάτων δικτύων-Γενική σύγκριση	73
5.14	Παρούσα κατάσταση στην Ελλάδα	75
5.15	Παρατηρήσεις-Προτάσεις	76
Κεφάλαιο 6 Επίλογος		78
6.1	Μελλοντικά Δίκτυα (4G, 5G)	78
6.2	Παροχή Τηλεματικών Υπηρεσιών σε Μελλοντικά Δίκτυα	78
Βιβλιογραφία		80

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Κινητά δίκτυα

Στο άκουσμα των λέξεων «Ηλεκτρονικός Υπολογιστής», ο μέσος άνθρωπος φέρνει στο μυαλό του την γνωστή εικόνα του Υπολογιστή που σχεδόν όλοι έχουμε στο σπίτι μας ή στο χώρο εργασίας μας. Είναι όμως σχεδόν σίγουρο ότι η μορφή του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή δεν θα παραμείνει η ίδια στα επόμενα χρόνια. Καμία ακριβής πρόβλεψη δεν μπορεί να γίνει, όμως σαν γενικό χαρακτηριστικό, πολύ πιθανόν όλοι οι Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές θα είναι φορητοί και ασύρματοι καθώς πολλοί χρήστες θα είναι κινητοί, ήδη ένα χαρακτηριστικό της σημερινής κοινωνίας της πληροφορίας. Ας αφήσουμε λοιπόν το μέλλον να μας εκπλήξει ευχάριστα.

Στις μέρες μας, όπως και στους υπολογιστές, υπάρχει μια εκθετική αύξηση στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας. Τα άτομα στην κοινωνία κινούνται όλο και περισσότερο και η αγορά απελευθερώνεται από το μονοπώλιο. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής επιβάλλει την ραγδαία βελτιστοποίηση των υπάρχουσών συστημάτων κινητής τηλεφωνίας και τη δημιουργία νέων. Μαζί με τα παραδοσιακά σταθερά δίκτυα, συνυπάρχουν και τα κινητά δίκτυα όπως το GSM (Groupe Spéciale Mobile ή Global System for Mobile communications), με συστήματα σαν το UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) και το TETRA (Trans-European Trunked Radio).

Για πολλές χώρες, η κινητή επικοινωνία είναι η μόνη λύση λόγω της ανεπαρκούς υποδομής στα σταθερά δίκτυα (για παράδειγμα δυσκολία καλωδιοποίησης απομακρυσμένων περιοχών). Αυτό που βλέπουμε σήμερα όμως, είναι μόνο η αρχή. Υπάρχουν πολλά καινούργια και συναρπαστικά συστήματα που αναπτύσσονται αυτή τη στιγμή σε εργαστήρια, σε πειραματικό επίπεδο. Τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας 4^{ης} και 5^{ης} γενιάς θα είναι οι απόγονοι των σημερινών δικτύων. Στο μέλλον θα δούμε πολλές νέες συσκευές, όπως:

- Προσωπικό Βοηθό Ταξιδιού - Personal Travel Assistant. Η συγκεκριμένη συσκευή θα τοποθετείται στα αυτοκίνητα, για να παρέχει πληροφορίες στους επιβάτες του αυτοκινήτου, σχετικά με τον προορισμό τους και τους τρόπους προσέγγισης του.
- Οδηγούς Ταξιδιού με Γνώση Τοποθεσίας - Location Aware Travel Guides. Η συγκεκριμένη συσκευή θα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στους ξεναγούς και τους τουρίστες, λόγω της ύπαρξης χαρτογραφημένων περιοχών στη μνήμη του.
- Συσκευές σύνδεσης ασθενοφόρων με νοσοκομεία. Οι συγκεκριμένες συσκευές θα επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ ασθενοφόρων και νοσοκομείων. Με αυτό τον τρόπο, το νοσοκομείο θα προετοιμάζεται κατάλληλα για να υποδεχθεί τον ασθενή, ανάλογα με την περίπτωση που έχουν να αντιμετωπίσουν.
- τη συγχώνευση των τεχνολογιών μετάδοσης φωνής και δεδομένων, την επέκταση των σημερινών εφαρμογών του διαδικτύου και πολλά άλλα.

1.2 Σύντομη ιστορία των δικτύων

Όσο απίστευτο κι αν φαίνεται, η κινητή και ασύρματη επικοινωνία χρονολογείται από την ύπαρξη του ανθρώπου. Η χρήση σημάτων καπνού που χρησιμοποιούσαν οι Ινδιάνοι, το κατευθυνόμενο φως από καθρέφτες, οι σημαίες που κυμάτιζαν ήταν οι πρώτες μέθοδοι ασύρματης επικοινωνίας που υπήρξαν. Με αυτό τον τρόπο γινόταν δυνατή η επικοινωνία - σταθερή και κινητή - μεταξύ των ανθρώπων χωρίς τη χρήση καλωδιοποίησης. Επομένως, μπορούμε να πούμε ότι οι μέθοδοι που προαναφέραμε ήταν οι πρόγονοι των σύγχρονων ασυρμάτων επικοινωνιών.

- **Υδραυλικός Τηλέγραφος των Αρχαίων Ελλήνων**

Αυτός ο τρόπος επικοινωνίας εφευρέθηκε τον 4ο αιώνα π.Χ. από τον Αρκάδα στρατηγό Αινεία τον Τακτικό. Σύμφωνα μ' αυτόν γέμιζαν έναν κάδο με νερό. Στον απέναντι λόφο υπήρχε ένας ακριβώς ίδιος κάδος με την ίδια βρύση στη βάση του κάδου. Οι δύο κάδοι είχαν μια ράβδο η οποία επέπλεε πάνω στο νερό και είχε χαραγμένους πάνω της διάφορους κωδικούς.

Κάθε φορά που ήθελαν να στείλουν ένα σήμα, ανύψωναν έναν πυρσό και οι δύο σταθμοί (πομπός και δέκτης) άνοιγαν τις βρύσες τους την ίδια στιγμή. Το νερό έβγαινε με τον ίδιο ρυθμό και όταν η επιφάνειά του νερού στον σταθμό του πομπού έφθανε στον κωδικό που ήθελαν να στείλουν, κατέβαζαν τον πυρσό και έκλειναν τη βρύση. Τότε μπορούσε ο δέκτης να διαβάσει τον κωδικό του σήματος πάνω στη ράβδο. Αυτός μετά μετέδιδε το μήνυμα στον επόμενο στη σειρά σταθμό κοκ. Αυτό το σύστημα επικοινωνίας απαιτούσε πολύ καλό συγχρονισμό των δύο σταθμών για να μπορέσει να δουλέψει σωστά.

- **Οπτικός Τηλέγραφος των Αρχαίων Ελλήνων**

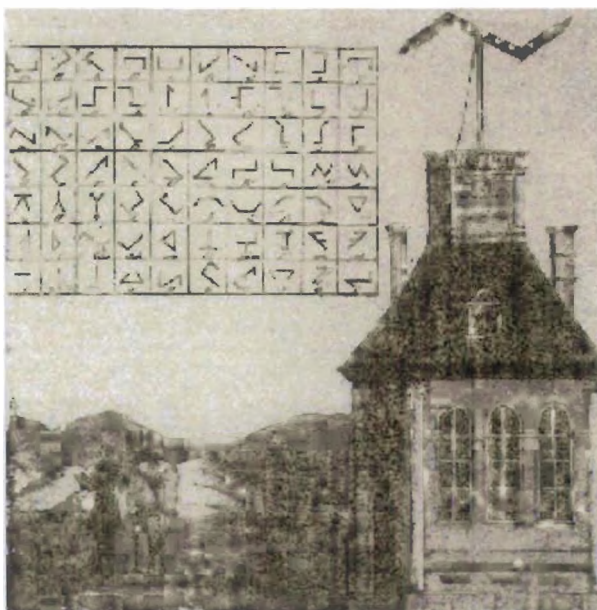
Αυτός ο τρόπος επικοινωνίας χρησιμοποιήθηκε στην αρχαία Ελλάδα και ονομαζόταν φρυκτωρία. Σύμφωνα μ' αυτόν, χρησιμοποιούσαν δύο ομάδες από 5 δαυλούς η καθεμία και κάθε φορά που ήθελαν να στείλουν ένα σήμα, άναβαν φωτιά στους αντίστοιχους δαυλούς και ο σταθμός στον άλλο λόφο (συνήθως 30 χιλιόμετρα μακριά) αναμετέδιδε το μήνυμα στον επόμενο λόφο κοκ. Εφευρέθηκε από τους Έλληνες μηχανικούς Κλεοξένη και Δημόκλειτο τον 2^ο αιώνα π.Χ. Το σύστημα κωδικοποίησης ήταν το εξής :

α	β	γ	δ	ε
ζ	η	θ	ι	κ
λ	μ	ν	ξ	ο
π	ρ	σ	τ	υ
φ	χ	ψ	ω	

Δηλαδή, όταν ήθελαν να στείλουν το γράμμα ο, άναβαν 5 δαυλούς στη δεξιά ομάδα και 3 δαυλούς στην αριστερή ομάδα.

- **Οπτικός τηλεγράφος του Claude Chappe**

Στην Ευρώπη, η επικοινωνία σε μεγάλη απόσταση έγινε δυνατή στο τέλος του 18 αιώνα (1794), με την εφεύρεση του οπτικού τηλεγράφου από τον Claude Chappe. Το σύστημα αυτό αποτελείτο από ένα ιστό, τοποθετημένο σε ορατό σημείο (όπως ο πυργίσκος της φωτογραφίας), πάνω στον οποίο μικρές ράβδοι έπαιρναν συγκεκριμένες θέσεις, καθοδηγούμενες με σύστημα μοχλών και σκοιινιών. Αντί δηλαδή να δημιουργείται ένας συγκεκριμένος συνδυασμός θέσεων χεριών και σημαιών, το ρόλο αυτό έπαιζαν οι ράβδοι του Chappe. Ανάλογα με το σχήμα που έπαιρναν οι ράβδοι, σχηματίζονταν γράμματα και λέξεις.



Σχήμα 1. Στο σχήμα απεικονίζεται ο πυργίσκος που είναι τοποθετημένος ο οπτικός τηλεγράφος του Chappe. Απεικονίζονται οι σχηματισμοί της ράβδου.

Η κινητή και ασύρματη επικοινωνία όμως δεν έγινε ιδιαίτερα δημοφιλής, λόγω των διάφορων προβλημάτων των οπτικών συστημάτων. Η αλλαγή σε αυτή τη νοοτροπία προέκυψε με την ανακάλυψη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και την ανάπτυξη του εξοπλισμού για την χρησιμοποίηση και εκμετάλλευση των κυμάτων αυτών. Την εισαγωγή της έννοιας των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων έκανε ο Michael Faraday το 1831, ενώ ο James C. Maxwell έθεσε τις θεωρητικές αρχές των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Την πρώτη μετάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πέτυχε ο Heinrich Hertz (εξού και η μονάδα μέτρησης Hz) το 1886. Η πρώτη επίδειξη ασύρματου τηλεγράφου έγινε το 1895 από τον Guglielmo Marconi. Ακολούθως η πρώτη υπερατλαντική μετάδοση έγινε το 1901 και έξι χρόνια αργότερα το 1907 δημιουργήθηκαν οι πρώτες εμπορικές υπερατλαντικές συνδέσεις. Η πρώτη ραδιοφωνική μετάδοση έγινε το 1906 και το 1920 λειτούργησε ο πρώτος ραδιοφωνικός σταθμός.

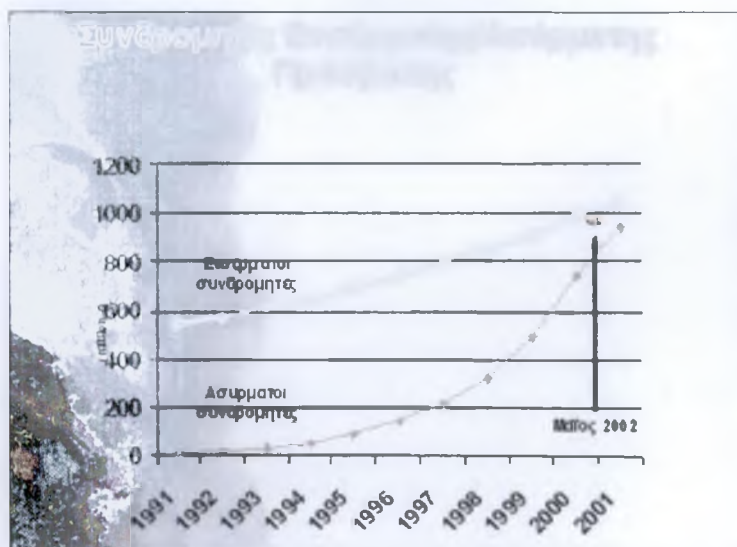
Μέχρι το 1928 ακολούθησαν πολλές ανακαλύψεις, όπως η ηλεκτρονική λυχνία, τα τηλέφωνα στα τρέινα, τα ραδιόφωνα στα αυτοκίνητα και η τηλεοπτική μετάδοση, οι οποίες βοήθησαν σημαντικά την διάδοση των κινητών κι ασύρματων δικτύων.

1.3 Ευρωπαϊκά δίκτυα ασυρμάτων επικοινωνιών

Η Ευρωπαϊκή Ένωση αποφάσισε το 1982 να αναπτύξει ένα πανευρωπαϊκό δίκτυο, το GSM (Groupe Spéciale Mobile). Κύριος στόχος των ευρωπαίων ήταν η καλή ποιότητα ήχου, το χαμηλό κόστος υπηρεσιών και η παροχή διεθνών κλήσεων.

Επόμενο βήμα στην εξέλιξη των ασυρμάτων δικτύων είναι το σύστημα TETRA. Ήταν η σημαντικότερη τεχνολογική εξέλιξη μέσα στο 2001, καθώς ικανοποίησε την ανάγκη για ασύρματη επικοινωνία με μεγάλες ταχύτητες και ασφάλεια. Απευθύνεται σε επαγγελματίες, ενώ είναι παρόμοιο με το πρότυπο GSM πρότυπο. Έχει δοθεί ιδιαίτερη σημασία κατά τον σχεδιασμό του, καθώς είναι μία αρκετά αναπτυγμένη τεχνολογία για τη μεταβίβαση φωνής, ήχου και δεδομένων, με αρκετά χαμηλό ποσοστό δικτυακού σφάλματος.

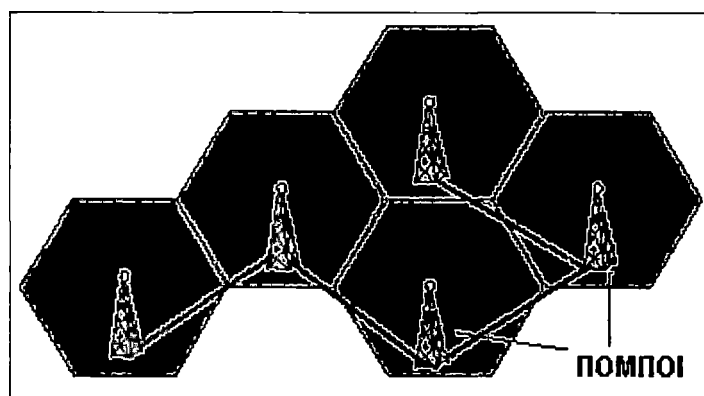
Τα τελευταία χρόνια, η Ευρώπη πρότεινε στο International Telecommunications Union, IMT-2000 (International Mobile Telecommunications) το σύστημα UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Οι εισηγήσεις που δόθηκαν στο IMT-2000 καθορίζουν ένα κοινό, παγκόσμιο πλαίσιο εργασίας για μελλοντικές κινητές επικοινωνίες.



Σχήμα 2. Η αύξηση των συνδρομητών ενσύρματης και ασύρματης επικοινωνίας από το 1991 μέχρι το 2002.

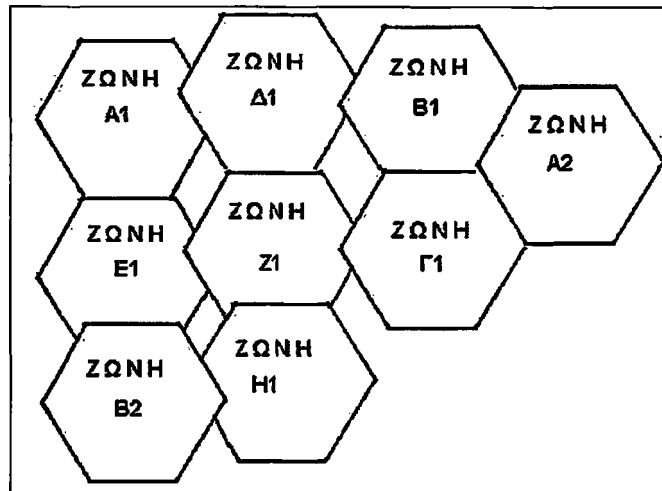
1.4 Κυτταρική Ιδέα

Η λογική του Σχεδιασμού Κυψελοειδών Συστημάτων Κινητής Τηλεφωνίας (ΚΣΚΤ) είναι ότι κάθε γεωγραφική περιοχή που θα καλύπτει το ΚΣΚΤ διαιρείται σε τομείς. Ο κάθε γεωγραφικός τομέας ονομάζεται "ζώνη" ή όπως έχει τελικά επικρατήσει "κύτταρο ή κυψέλη". Ο παροχέας τοποθετεί στο κύτταρο ένα δίκτυο σταθμών με πομπούς μετάδοσης-λήψης σήματος που να έχουν χαμηλή ισχύ εκπομπής και σε συγκεκριμένες θέσεις, προκειμένου να καλυφθεί ηλεκτρομαγνητικά η περιοχή και να γίνει η διανομή των συχνοτήτων. Κάθε πομπός ή σύνολο πομπών ορίζει μια ζώνη και κάθε ζώνη μπορεί να εξυπηρετήσει ένα συγκεκριμένο αριθμό συνδρομητών.



Σχήμα 3. Απεικόνιση των πομπών που καλύπτουν μια περιοχή.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένας χάρτης που καλύπτονται γεωγραφικά οι περιοχές. Τα κύτταρα χαρακτηρίζονται με διαφορετικό γράμμα της αλφαβήτου, και το κάθε γράμμα υποδηλώνει ένα διαφορετικό σύνολο συχνοτήτων, προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα παρεμβολών όπως γειτονικού καναλιού αλλά και θορύβου που παρουσιάζεται στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας. Τα κύτταρα A_1 και A_2 μπορούν να χρησιμοποιούν τα ίδια σύνολα συχνοτήτων, αρκεί να πληρούν τις προϋποθέσεις για τη μεταξύ τους απόσταση, ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα εμφάνισης της παρεμβολής.



Σχήμα 4. Η διαφοροποίηση των κυττάρων.

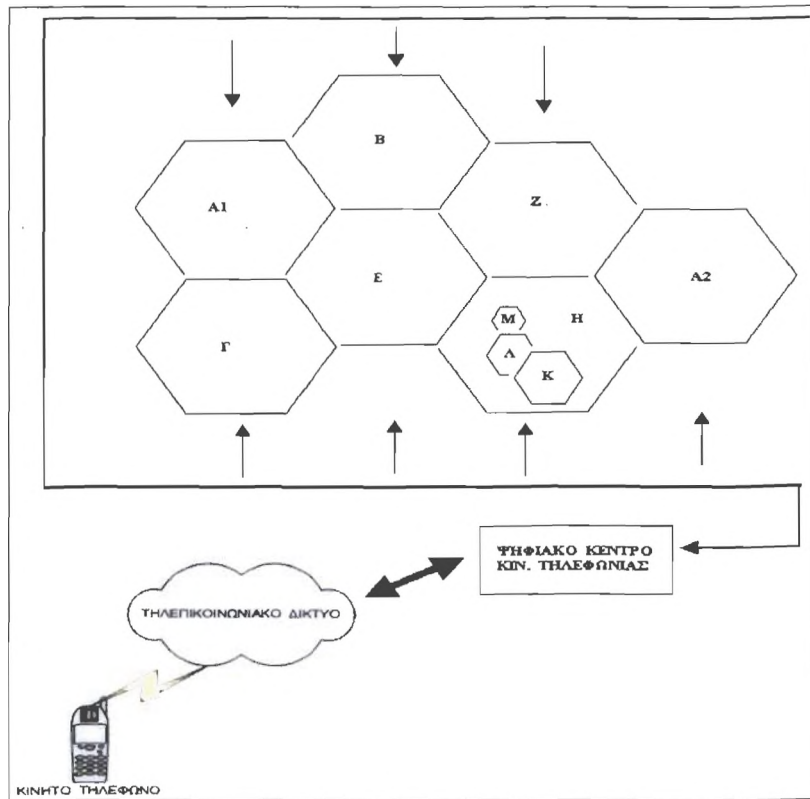
Η έννοια της κυτταρικής ιδέας δίνει στο σύστημα τις παρακάτω δυνατότητες :

- Επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων (Frequency Reuse) :

Εδώ εννοούμε τη δυνατότητα χρήσης των διαύλων, που έχουν τις ίδιες ονομαστικές συχνότητες του παροχέα, αλλά είναι κατανεμημένες σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές με επαρκή απόσταση μεταξύ τους, έτσι ώστε να αποφεύγεται η παρεμβολή. Στα ΚΣΚΤ για να είναι αποδοτική η επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων απαιτούνται χαμηλής ισχύος μεταδότες σήματος (πομποί). Επιπλέον η επαναχρησιμοποίηση των συχνοτήτων δεν εφαρμόζεται μόνο στα ΚΣΚΤ , αλλά και σε άλλες υπηρεσίες (π.χ. ραδιόφωνο-τηλεόραση, κ.λ.π.). Ειδικότερα με την χρήση κατάλληλων αλγορίθμων, είναι δυνατόν να γίνει η βέλτιστη κατανομή συχνοτήτων στα διάφορα κύτταρα του συστήματος έτσι ώστε να μπορεί να εξυπηρετείται ο μέγιστος αριθμός χρηστών με τους ελάχιστους δυνατούς διαύλους.

- Κυτταρική Διάσπαση (cell Splitting):

Η ιδέα της κυτταρικής διάσπασης εμφανίστηκε τα τελευταία χρόνια λόγω της μεγάλης αύξησης του αριθμού των χρηστών στα συστήματα κινητής επικοινωνίας, με αποτέλεσμα να προξενείτε υπερφόρτωση των συστημάτων και να μειώνεται η ισχύς τους. Η χωρητικότητα του συστήματος από πλευράς εξυπηρέτησης χρηστών, εξαρτάται από τον αριθμό των διαθέσιμων συχνοτήτων σε κάθε κύτταρο και από τον αριθμό των κυττάρων κάλυψης της συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής.



Σχήμα 5. Το παραπάνω σχήμα παρουσιάζει τη διαδικασία της Κυτταρικής Διάσπασης , ξεκινώντας από το κύτταρο Η.

Προκειμένου, λοιπόν, να αυξήσουμε την χωρητικότητα ορισμένων κυττάρων και να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της αύξησης της τηλεπικοινωνιακής κίνησης εφαρμόζεται η τεχνική της κυτταρικής διάσπασης. Σύμφωνα με αυτή, οι υπερφορτωμένες κυψέλες χωρίζονται σε μικρότερες κυψέλες για να επιτρέψουν μεγαλύτερη επαναχρησιμοποίηση των συχνοτήτων. Δηλαδή αντί της χρήσης μίας κεραίας ανά κύτταρο (ανοίγματος 120 μοιρών) γίνεται χρήση τριών ή ακόμα και έξι κεραιών (ανοίγματος 60 ή 30 μοιρών αντίστοιχα), αφού μια ζώνη επρόκειτο να διασπαστεί. Κατά αυτό τον τρόπο πετυχαίνουμε την αρτιότερη τηλεπικοινωνιακή εξυπηρέτηση ενός κυττάρου.

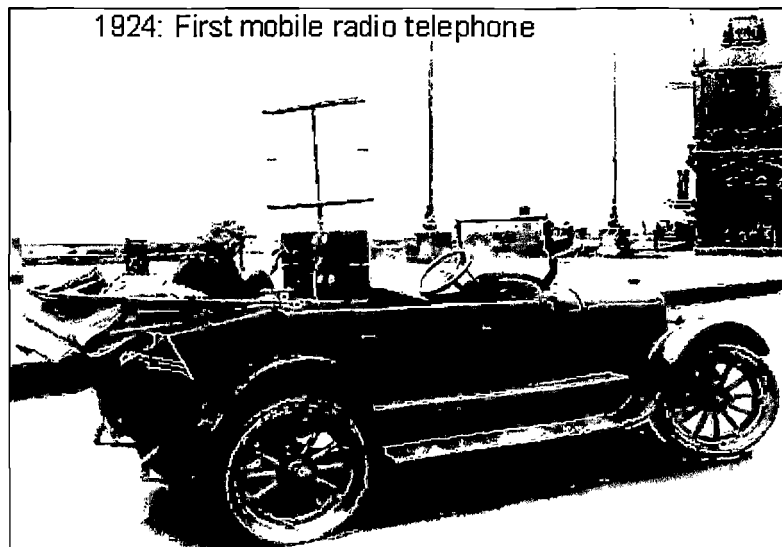
Σε πρώτη φάση, η επιφάνεια του κυττάρου Η υποδιαιρείται σε μικρότερα κύτταρα Κ, Λ, Μ, στα οποία διανέμονται οι ανάλογες συχνότητες. Αν οι απαιτήσεις, από πλευράς αύξησης της χωρητικότητας του συστήματος (δηλ. του αριθμού των χρηστών), στην ανωτέρω περιοχή συνεχίσουν να υφίστανται τότε η κυτταρική διάσπαση συνεχίζεται, μέχρι ολόκληρη η γεωγραφική περιοχή να καλυφθεί με μικρότερα κύτταρα . Προφανώς η διάταξη του νέου αυτού σχηματισμού των κυττάρων, είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των διαθέσιμων συχνοτήτων, δηλαδή οι νέες ζώνες να εξυπηρετούνται με ένα διαφορετικό σύνολο συχνοτήτων, για να μην υπάρξουν προβλήματα παρεμβολών, γειτονικού καναλιού και θορύβου όπως προαναφέραμε.

1.5 Εξέλιξη των ασυρμάτων επικοινωνιών

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ανακαλύφθηκαν αρχικά ως μέσο επικοινωνιών στο τέλος του 19ου αιώνα. Τα πρώτα συστήματα που προσέφεραν υπηρεσία κινητών τηλεφώνων (τηλέφωνο αυτοκινήτων) εισήχθησαν προς το τέλος της δεκαετίας του '40 στις Ηνωμένες Πολιτείες και στις αρχές της δεκαετίας του '50 στην Ευρώπη. Εκείνα τα πρόωρα συστήματα περιορίστηκαν λόγω:

- της μικρής κινητικότητας,
- της χαμηλής ικανότητας,
- των περιορισμένων παρεχόμενων υπηρεσιών
- και της κακής λεκτικής ποιότητας.

Ο εξοπλισμός ήταν βαρύς, ογκώδης και ακριβός. Λόγω εκείνων των περιορισμών, λιγότερο από ένα εκατομμύριο συνδρομητών εγγράφηκαν παγκοσμίως μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '80.



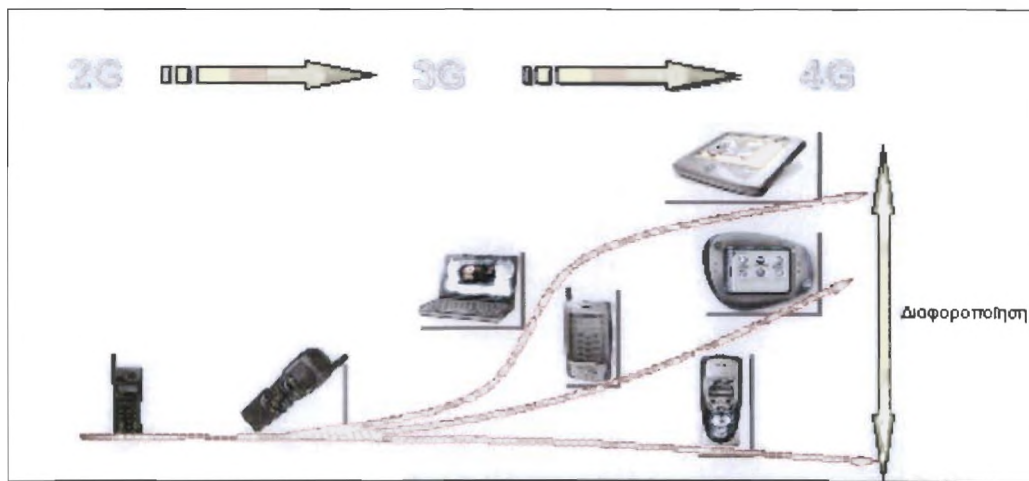
Σχήμα 6. Απεικονίζεται το πρώτο κινητό τηλέφωνο. Λόγω του όγκου του ήταν απαραίτητη η μεταφορά του με αυτοκίνητο.

Πρώτη γενεά (1G)

Η εισαγωγή των κυψελοειδών συστημάτων προς το τέλος της δεκαετίας του '70 και των αρχών της δεκαετίας του '80 αντιπροσώπευε ένα άλμα στην κινητή επικοινωνία (ειδικά στην ικανότητα και την κινητικότητα). Η τεχνολογία και οι μικροεπεξεργαστές έκαναν μικρότερα, ελαφρύτερα και περισσότερο ευχρηστα τα κινητά συστήματα για πολλούς χρήστες. Αυτά τα 1G κυψελοειδή συστήματα διαβιβάζουν μόνο τις αναλογικές πληροφορίες φωνής. Τα πιο εξελιγμένα 1G συστήματα είναι τα Advanced Mobile Phone System (AMPS), Nordic Mobile Telephone (NMT), and Total Access Communication System (TACS). Με τη εισαγωγή των κινητών 1G, η αγορά κινητών παρουσίασε ετήσια ποσοστά αύξησης 30 έως 50 τοις εκατό, που ανέρχονται σε σχεδόν 20 εκατομμύριο συνδρομητές μέχρι το 1990.

Δεύτερη γενεά (2G)

Η ανάπτυξη των 2G κυψελοειδών συστημάτων πραγματοποιήθηκε από την ανάγκη βελτίωσης της ποιότητας μετάδοσης. Οι περαιτέρω πρόοδοι στις συσκευές τεχνολογίας έφεραν την ψηφιακή μετάδοση στην κινητή επικοινωνία. Ακόμα κυριαρχεί η λεκτική μετάδοση αλλά οι απαιτήσεις για fax, για σύντομα μηνύματα, και οι μεταδόσεις στοιχείων αυξάνονται γρήγορα. Οι συμπληρωματικές υπηρεσίες όπως η πρόληψη απάτης και η κρυπτογράφηση των στοιχείων χρηστών έχουν γίνει τυποποιημένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που είναι συγκρίσιμα με εκείνους στα σταθερά δίκτυα. Τα 2G κυψελοειδή συστήματα περιλαμβάνουν το GSM. Σήμερα, 1G και 2G πρότυπα χρησιμοποιούνται στην παγκόσμια κινητή επικοινωνία. Τα διαφορετικά πρότυπα εξυπηρετούν τις διαφορετικές εφαρμογές με διαφορετικά επίπεδα κινητικότητας, ικανότητας, και περιοχής υπηρεσιών (ασύρματο τηλέφωνο, ασύρματος τοπικός βρόχος, κυψελοειδή συστήματα, και κινητά δορυφορικά συστήματα). Πολλά πρότυπα χρησιμοποιούνται μόνο σε μια χώρα ή περιοχή, και είναι ασυμβίβαστα. Το GSM είναι η επιτυχεστέρα οικογένεια κυψελοειδών προτύπων (GSM900, GSM-railway [GSM-R], GSM1800, GSM1900, και GSM400).



Σχήμα 7. Εξέλιξη υπηρεσιών ασυρμάτων δικτύων

2G σε 3G: Εξέλιξη GSM

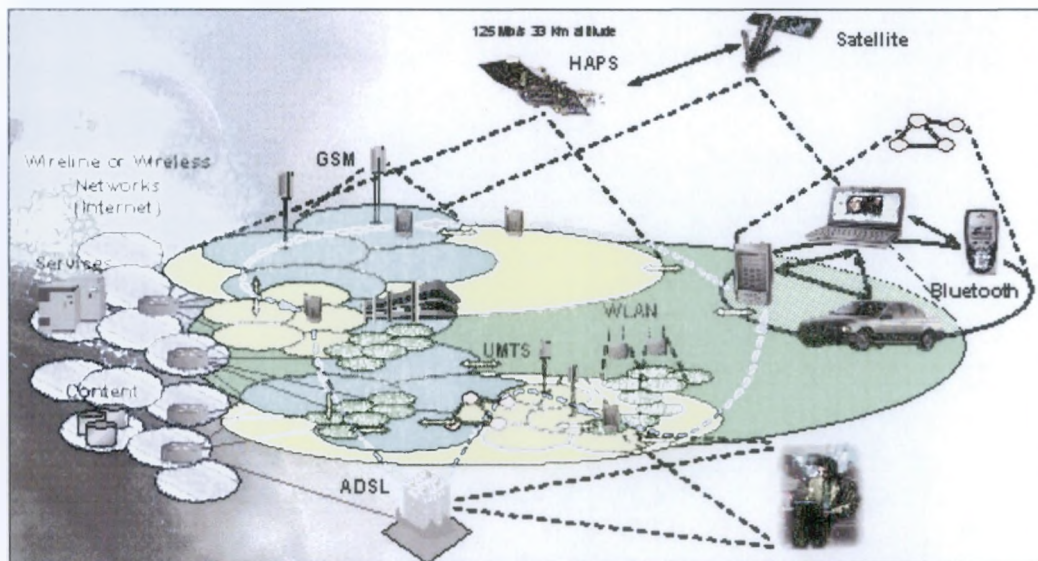
Η φάση 1 της τυποποίησης GSM900 ολοκληρώθηκε από το ευρωπαϊκό ίδρυμα προτύπων τηλεπικοινωνιών (European Telecommunications Standards Institute - ETSI) το 1990 και περιέλαβε όλους τους απαραίτητους ορισμούς για τις διαδικασίες δικτύων GSM. Διάφορες τηλεξυπηρετήσεις και υπηρεσίες καθορίστηκαν (συμπεριλαμβανομένης της μετάδοσης στοιχείων μέχρι 9,6 kbps), αλλά μόνο μερικές πολύ βασικές συμπληρωματικές υπηρεσίες προσφέρθηκαν. Κατά συνέπεια, τα πρότυπα GSM ενισχύθηκαν στη φάση 2 (1995) για να ενσωματώσουν μια μεγάλη ποικιλία συμπληρωματικών υπηρεσιών που ήταν συγκρίσιμες με τα integrated services digital network (ISDN) πρότυπα ψηφιακών δικτύων. Το 1996, το ευρωπαϊκό ίδρυμα προτύπων τηλεπικοινωνιών αποφάσισε

να ενισχύσει περαιτέρω το GSM απελευθερώνοντας τις ικανότητες των 3G. Τα σημαντικότερα 3G χαρακτηριστικά γνωρίσματα ήταν οι υπηρεσίες έξυπνων δικτύων (IN) ενισχυμένη λεκτική συμπίεση / αποσυμπίεση (κωδικοποιητής - αποκωδικοποιητής).

IMT-2000

Τα κύρια χαρακτηριστικά των 3G συστημάτων, γνωστά ως IMT-2000, είναι μία ενιαία οικογένεια συμβατών προτύπων που έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- χρησιμοποιείται παγκοσμίως
- χρησιμοποιείται για όλες τις κινητές εφαρμογές
- υποστηρίζει συγχρόνως packet-switched (PS) και circuit-switched (CS)
- προσφέρει υψηλά ποσοστά δεδομένων μέχρι 2 Mbps (ανάλογα με την κινητικότητα και την ταχύτητα)
- προσφέρει υψηλή αποδοτικότητα



Σχήμα 8. Παρουσιάζεται η ετερογένεια των ασυρμάτων δικτύων.

1.6 Συχνότητες

Ο τελευταίος κρίκος που συνδέει το κινητό με το δίκτυο είναι η κεραία βάσης. Πρόκειται για τις κεραίες που βλέπουμε τόσο συχνά σε ταρατσες, λόφους και σε άλλα ψηλά σημεία. Κάθε τέτοια κεραία εξυπηρετεί μία κυψέλη, η οποία είναι και το βασικό στοιχείο ενός δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Ο αριθμός των συνδρομητών που εξυπηρετεί ένα δίκτυο σε κάποια περιοχή -η πυκνότητά του δηλαδή- είναι ανάλογος προς τον αριθμό των κυψελών στις οποίες είναι "χωρισμένη" η περιοχή.

Όλα αυτά είναι κατασκευασμένα για να διαχειριστούν ένα φάσμα συχνοτήτων των 2X10 MHz που έχει παραχωρηθεί αντίστοιχα σε TeleStet (890 -900 / 935 - 945 MHz) και Panafon (905-915 / 950-960 MHz) για up και down link αντίστοιχα.

Στην CosmOTE έχουν διατεθεί οι συχνότητες 1760-1785 MHz (για επικοινωνία κινητού - BSS) και 1855 -1880 MHz (για επικοινωνία BSS - κινητού).

Άρα, κάθε κινητό, για να βρίσκεται σε αμφίδρομη επαφή με το δίκτυο, χρειάζεται δύο συχνότητες, μία για να "στέλνει" και μία για να "λαμβάνει". Έτσι, πρακτικά, ανά κυψέλη, υπάρχουν 20 διαθέσιμα ζεύγη συχνοτήτων.

1.7 Πλεονεκτήματα Ανάπτυξης των Συστημάτων Κινητής Τηλεφωνίας

Η τεράστια εξέλιξη των συστημάτων κινητής τηλεφωνίας , από πλευράς χρήστη , συνέβαλε στις παρακάτω θετικές εξελίξεις :

- Απ' ευθείας μείωση του κόστους εξαιτίας της εξοικονόμησης καυσίμων από μείωση των διανυόμενων αποστάσεων.
- Βελτίωση στους τομείς Διοίκησης και Ελέγχου των επιχειρήσεων : Συμβάλει στην καλύτερη επικοινωνία με τα διοικητικά στελέχη κατά τη διάρκεια των ταξιδιών τους , στην άμεση λήψη σημαντικών αποφάσεων , στην άμεση πληροφόρηση του διοικητικού στελέχους σχετικά με τις τελευταίες εξελίξεις στην επιχείρηση.
- Βελτίωση των παρεχομένων υπηρεσιών προστασίας : Η κινητή τηλεφωνία υποστηρίζει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τη δράση της αστυνομίας και δημιουργεί τις κατάλληλες προϋποθέσεις ασφάλειας σε ανθρώπους που εργάζονται σε επικίνδυνες εργασίες.
- Αποτελεσματικότητα στη χρήση των πόρων μιας επιχείρησης : Βοηθάει στην επιτάχυνση της λειτουργίας και των υπόλοιπων δραστηριοτήτων της επιχείρησης , φέρνοντας άμεσα και ταχύτατα σε επικοινωνία τα μέλη της με τρίτα πρόσωπα.
- Απόκριση με ταχύτητα και αξιοπιστία σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης όπως:
 1. Παροχή πληροφόρησης σε οδηγούς οχημάτων σχετικά με την ύπαρξη τυχόν εμποδίων στη διαδρομή όπου κινούνται και
 2. Σε περιπτώσεις ασθένειας , αποκλεισμών από αντίξοες καιρικές συνθήκες, πυρκαγιών, παρέχεται άμεση και ακριβής πληροφόρηση της κατάστασης και της θέσης τους γενικότερα.

Κεφάλαιο 2

GSM (Global System for Mobile Communications)

2.1 Ιστορία του GSM

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '80, αναλογικά κυψελοειδή τηλεφωνικά συστήματα δοκιμάζονταν ιδιαίτερα στη Σκανδιναβία και το Ηνωμένο Βασίλειο, αλλά και στη Γαλλία και τη Γερμανία. Κάθε χώρα ανέπτυξε το σύστημά της, το οποίο ήταν ασυμβίβαστο με κάθε άλλο σύστημα, στον εξοπλισμό και τη λειτουργία. Αυτή ήταν μια ανεπιθύμητη κατάσταση, επειδή όχι μόνο ήταν ο κινητός εξοπλισμός περιορισμένος στη λειτουργία μέσα στα εθνικά όρια, τα οποία σε μια ενοποιημένη Ευρώπη ήταν όλο και περισσότερο ασήμαντα, αλλά υπήρξε επίσης μια πολύ περιορισμένη αγορά για κάθε τύπο εξοπλισμού.

Οι Ευρωπαίοι το αντιλήφθηκαν και το 1982 στη Διάσκεψη των Ευρωπαϊκών Ταχυδρομείων και των Τηλεγράφων (CEPT - Conference of European Posts and Telegraphs) διαμόρφωσαν μια ομάδα μελέτης αποκαλούμενη Groupe Spécial Mobile (GSM) για να μελετήσει και να αναπτύξει ένα πανευρωπαϊκό δημόσιο σύστημα κινητών. Το προτεινόμενο σύστημα έπρεπε να ικανοποιήσει ορισμένα κριτήρια. Συγκεκριμένα:

1. Καλή ποιότητα ήχου
2. Χαμηλό κόστος υπηρεσιών
3. Παροχή διεθνών κλήσεων
4. Παροχή μεγάλης ποικιλίας υπηρεσιών και δυνατοτήτων
5. Μεγάλη αποδοτικότητα
6. ISDN συμβατότητα

Το 1989, η ευθύνη για το GSM (Global System for Mobile Communications) μεταφέρθηκε στο Ευρωπαϊκό Ίδρυμα Προτύπων Τηλεπικοινωνιών (ETSI - European Telecommunication Standards Institute).

Η εμπορική χρήση του άρχισε στα μέσα του 1991, και μέχρι το 1993 υπήρξαν 36 δίκτυα GSM σε 22 χώρες. Αν και τυποποιήθηκε στην Ευρώπη, το GSM δεν είναι μόνο ευρωπαϊκό πρότυπο. Πάνω από 200 δίκτυα GSM είναι λειτουργικά σε 110 χώρες σε όλο τον κόσμο. Στην αρχή του 1994, υπήρξαν 1,3 εκατομμύρια συνδρομητές παγκοσμίως. Ο αριθμός αυτός είχε αυξηθεί σε περισσότερα από 55 εκατομμύρια μέχρι τον Οκτώβριο του 1997. Με τη Βόρεια Αμερική που κάνει μια καθυστερημένη είσοδο στον τομέα GSM με ένα παράγωγο αποκαλούμενου GSM PCS1900, τα συστήματα GSM υπάρχουν σε κάθε ήπειρο, και τα αρχικά GSM τώρα καταλλήλως αντιπροσωπεύουν το Global System for Mobile communications (Παγκόσμιο Σύστημα για Κινητή Επικοινωνία).

Οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη του GSM επέλεξαν ένα μη ενδεδειγμένο (στο χρόνο) ψηφιακό σύστημα, σε αντιδιαστολή με τα μετέπειτα αναλογικά κυψελοειδή συστήματα όπως το AMPS στις Ηνωμένες Πολιτείες και το TACS στο Ηνωμένο Βασίλειο. Είχαν την πίστη ότι οι πρόοδοι στους αλγορίθμους συμπίεσης και τους επεξεργαστές ψηφιακών σημάτων θα επέτρεπαν την εκπλήρωση των

αρχικών κριτηρίων και τη συνεχή βελτίωση του συστήματος από την άποψη της ποιότητας και του κόστους.

Το δίκτυο GSM όπως είπαμε λειτουργεί στον ευρωπαϊκό χώρο για περισσότερο από μία δεκαετία. Σε όλα αυτά τα χρόνια η δομή του παρέμεινε σχετικά αμετάβλητη, όχι όμως και οι υπηρεσίες που αυτό παρέχει.

2.2 Εξέλιξη του GSM

Η δεύτερη γενιά των δικτύων κινητής τηλεφωνίας (GSM 900/1800, PCS 1900) παρείχε πολύ μικρούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων. Η πληροφορία μπορούσε να μεταφερθεί με ρυθμούς περίπου 9.6kbps. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια με την σημαντική αύξηση των απαιτήσεων των συνδρομητών και την ανάγκη υποστήριξης νέων τεχνολογιών η κατάσταση διαφοροποιήθηκε σε σημαντικό βαθμό. Οι ρυθμοί μετάδοσης των 9.6kbps ήταν ακατάλληλη για την υποστήριξη των νέων αυτών εφαρμογών. Έτσι, λοιπόν, δημιουργήθηκε η τεχνολογία GPRS.

Το GPRS έχει σκοπό να παρέχει διαρκή πρόσβαση στο διαδίκτυο με την χρήση μόνιμων συνδέσεων. Ο κάθε χρήστης της υπηρεσίας μπορεί ανά πάσα στιγμή να έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο χωρίς να απαιτείται η ανάγκη πραγματοποίησης κλήσεων. Η χρέωση εδώ γίνεται με βάση τα δεδομένα που ανταλλάσσονται (ογκοχρέωση) και όχι με βάση το χρόνο που παρέχει η υπηρεσία (χρονοχρέωση). Το μεγάλο πλεονέκτημα του GPRS είναι οι υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων που για ακίνητους συνδρομητές ξεπερνούν τα 100 kbps. Το GSM χαρακτηρίζεται ως 2.5G και αποτελεί ένα μεταβατικό στάδιο προς την κινητή τηλεφωνία τρίτης γενιάς (3G).

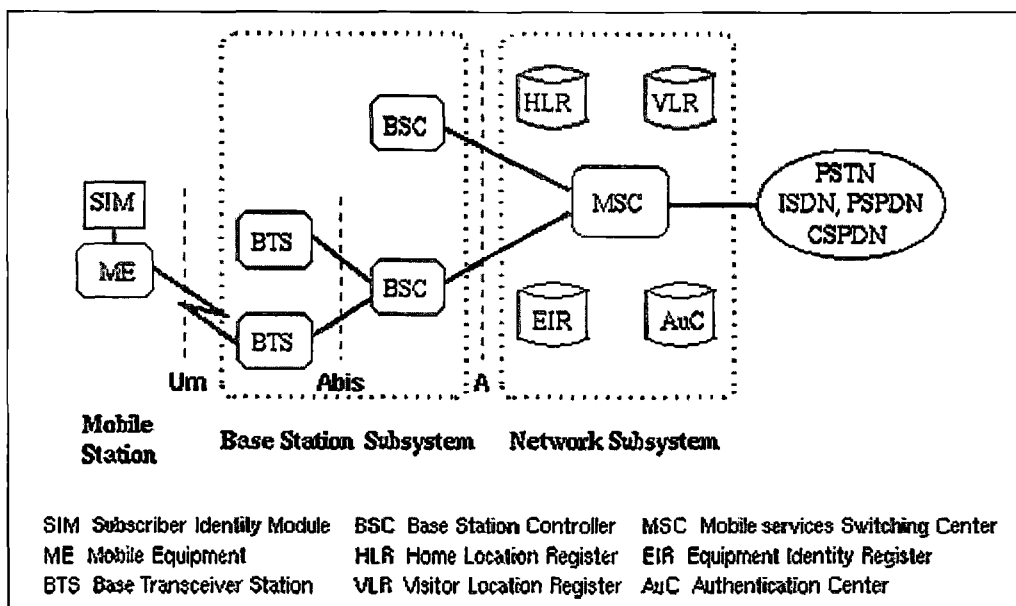
Μία καινούργια εξέλιξη στην τεχνολογία του GSM αποτελεί η ανάπτυξη του συστήματος EDGE. Το σύστημα αυτό είναι σχετικά καινούργιο και λειτουργεί κυρίως στις Η.Π.Α. Το μεγάλο πλεονέκτημά του είναι οι μεγάλες ταχύτητες ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ δικτύου και κινητών συνδρομητών. Έτσι, λοιπόν, για ακίνητους χρήστες οι ρυθμοί μετάδοσης των δεδομένων μπορούν να φθάσουν και τα 384 kbps γεγονός που επιτρέπει την υποστήριξη υπηρεσιών όπως είναι πλοήγηση στο διαδίκτυο, η εικονοτηλεφωνία κ.λ.π. Η γενιά αυτή του GSM χαρακτηρίζεται με το όνομα 2.5+ G. Ωστόσο, σε αντίθεση με το GPRS το EDGE δεν έχει γνωρίσει ακόμα μεγάλη επιτυχία μιας και αναπτύχθηκε ένα μόλις βήμα πριν την οριστική μετάβαση στην κινητή τηλεφωνία τρίτης γενιάς.

2.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU - International Telecommunication Union), που διαχειρίζεται τη διεθνή κατανομή του φάσματος μετάδοσης (μεταξύ πολλών άλλων λειτουργιών), διέθεσε τις ζώνες 890-915 MHz για uplink (Mobile Station προς Base Station Subsystem) και 935-960 MHz για την downlink (Base Station Subsystem προς Mobile Station) για τα κινητά δίκτυα στην Ευρώπη. Δεδομένου ότι αυτός ο τρόπος χρησιμοποιούταν ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του '80 από τα αναλογικά συστήματα, το CEPT είχε την προνοητικότητα να διατηρήσει τα τελευταία 10 MHz κάθε ζώνης για το δίκτυο GSM που αναπτυσσόταν ακόμα. Τελικά, στο GSM θα διατεθεί το ολόκληρο 2x25 MHz εύρος ζώνης.

2.4 Αρχιτεκτονική δικτύου GSM

Ένα δίκτυο GSM αποτελείται από διάφορες λειτουργικές οντότητες. Το σχήμα 1 παρουσιάζει το σχεδιάγραμμα ενός γενικού δικτύου GSM. Το δίκτυο GSM μπορεί να διαιρεθεί σε τρία μέρη. Το Mobile Station (Κινητός Σταθμός), το οποίο φέρεται από το συνδρομητή, δηλαδή το τερματικό. Το Base Station Subsystem (Σύστημα Σταθμού Βάσης), το οποίο ελέγχει τη σύνδεση με το Mobile Station. Το Network Subsystem (Σύστημα Μεταγωγής), το κύριο μέρος του οποίου είναι οι Mobile services Switching Center (MSC), που εκτελούν τη μετατροπή των κλήσεων μεταξύ των χρηστών των κινητών, και μεταξύ των κινητών και σταθερών χρηστών δικτύων. Ο Mobile Station και το Base Station Subsystem επικοινωνούν με τη διεπαφή Um, επίσης γνωστή ως διεπαφή αέρα ή ράδιο σύνδεση. Το Base Station Subsystem επικοινωνεί με τις Mobile services Switching Center με τη διεπαφή A.



Σχήμα 9. Αρχιτεκτονική ενός δικτύου GSM

Mobile Station

Ο Mobile Station (MS) αποτελείται από τον κινητό εξοπλισμό (το τερματικό) που φέρει ο χρήστης και μια έξυπνη κάρτα ονομαζόμενη Subscriber Identity Module (SIM). Η κάρτα SIM παρέχει την προσωπική κινητικότητα, έτσι ώστε ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στις συγκεκριμένες υπηρεσίες του δικτύου, ανεξάρτητα από το τερματικό. Με την παρεμβολή της κάρτας SIM σε ένα άλλο τερματικό GSM, ο χρήστης είναι σε θέση να λάβει τις κλήσεις σε εκείνο το τερματικό, να κάνει τις κλήσεις από εκείνο το τερματικό, και να λάβει όλες τις υπηρεσίες που του παρέχονται.

Για την προστασία της κάρτας και την αποτροπή χρήσης της από τρίτους υπάρχουν αποθηκευμένοι σε αυτή 3 κωδικοί. Συγκεκριμένα:

- Ο πρώτος είναι ο τετραψήφιος προσωπικός αριθμός αναγνώρισης PIN (Personal Identification Number), ο οποίος πρέπει να εισαχθεί από την τερματική συσκευή πριν από κάθε χρήση.
- Αν δοθεί λάθος κωδικός τρεις φορές τότε η κάρτα κλειδώνεται και μπορεί να ξεκλειδωθεί μόνο με την εισαγωγή του οκταψήφιου προσωπικού αριθμού ξεκλειδώματος PUK (Personal Unlocking Key).
- Επίσης, ο άλλος κωδικός που είναι καταχωρημένος στη κάρτα είναι ο Ατομικός Κωδικός Χρήστη που απαιτείται για να χρησιμοποιήσει ο χρήστης κάποιες υπηρεσίες της κάρτας (π.χ. την έκδοση αναλυτικής κατάστασης κλήσεων κ.λ.π.).

Προκειμένου να προσδιοριστεί ο συνδρομητής στο σύστημα η κάρτα SIM περιέχει μερικές παραμέτρους του χρήστη όπως η Διεθνής Ταυτότητα Κινητών Συνδρομητών (International Mobile Subscriber Identity - IMSI).

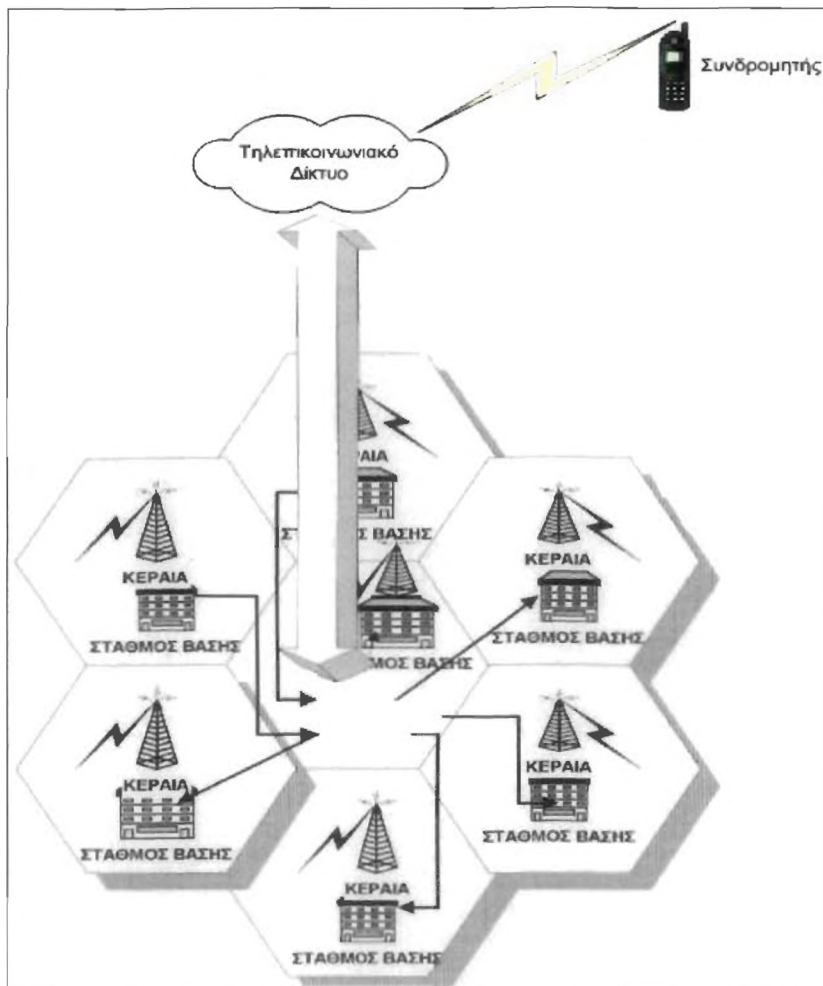
Base Station Subsystem

Στόχος του Base Station Subsystem είναι ο έλεγχος των τηλεπικοινωνιών των χρηστών της περιοχής την οποία καλύπτει. Στο κέντρο κάθε κυψέλης βρίσκεται ο σταθμός βάσης προς τον οποίον μεταδίδουν όλα τα τηλέφωνα που βρίσκονται εντός της κυψέλης.

Το Base Station Subsystem αποτελείται από δύο μέρη, το Base Transceiver Station (BTS - Σταθμό Βάσης Πομποδέκτη) και το Base Station Controller (BSC - Σταθμό Βάσης Ελέγχου). Αυτά επικοινωνούν με την διεπαφή Abis, επιτρέποντας τη λειτουργία μεταξύ των διαφορετικών προμηθευτών.

Ο Base Transceiver Station περιλαμβάνει τους πομποδέκτες που συνδέονται με μια κεραία. Ο αριθμός πομποδεκτών που κυμαίνεται σε κάθε BTS είναι από ένα έως δεκαέξι ανάλογα με την πυκνότητα των χρηστών στο κύτταρο. Κατά συνέπεια οι απαιτήσεις για ένα BTS είναι:

- ταχύτητα
- αξιοπιστία
- φορητότητα
- και ελάχιστο κόστος



Σχήμα 10. Σε μια μεγάλη αστική περιοχή, θα υπάρξει ενδεχομένως ένας μεγάλος αριθμός BTS.

Το Base Station Controller έχει ως κύριες αρμοδιότητές του τη διαχείριση των διαθέσιμων συχνοτήτων, τον έλεγχο των σταθμών βάσης, τον έλεγχο της ισχύος εκπομπής, τη επιβεβαίωση των δεδομένων, τις λειτουργίες μεταγωγής δηλαδή την ανταλλαγή δεδομένων με τα κέντρα μεταγωγής του δικτύου που φτάνουν στο κύτταρο και τον έλεγχο εκπομπής / λήψης.

Network Subsystem

Το NS αποτελεί το σημείο σύνδεσης του δικτύου κινητής τηλεφωνίας με το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN), με το Ψηφιακό Δίκτυο Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών (ISDN) μέσω μιας πύλης (Gateway). Οι γραμμές αυτές (PSTN, ISDN κ.λ.π.) είναι χρήσιμες για να υπάρχει πλήρης επικοινωνία του συστήματος κινητών επικοινωνιών με άλλα ενσύρματα και ασύρματα δίκτυα.

Ο Home Location Register (HLR - κατάλογος εγχώριας θέσης) και ο Visitor Location Register (VLR - κατάλογος θέσης επισκεπτών), μαζί με το MSC, παρέχουν τις δυνατότητες κλήσης και δρομολόγησης του GSM. Το HLR περιέχει όλες τις διοικητικού χαρακτήρα πληροφορίες κάθε συνδρομητή που εγγράφεται στο αντίστοιχο δίκτυο GSM. Αυτές οι πληροφορίες έχουν μόνιμο ή προσωρινό χαρακτήρα. Για παράδειγμα, μόνιμες πληροφορίες είναι αυτές που περιέχουν τα προσωπικά στοιχεία του χρήστη, όπως το όνομα του. Προσωρινές πληροφορίες

είναι αυτές που αναφέρονται στη θέση που βρίσκονται οι συνδρομητές για τη σωστή δρομολόγηση των εισερχόμενων κλήσεων. Ουσιαστικά, το HLR είναι μία μεγάλη βάση δεδομένων που καταχωρούνται σημαντικές πληροφορίες των συνδρομητών.

Το Mobile Switching Center (MSC- Κέντρο Κινητής Τηλεφωνίας) είναι ένα ψηφιακό τηλεφωνικό κέντρο που υλοποιεί τις λειτουργίες του συστήματος. Ελέγχει κλήσεις από και προς άλλα τηλεφωνικά δίκτυα και εκτελεί διεργασίες όπως είναι η χρέωση των συνδρομητών, η σηματοδότηση κοινού καναλιού κ.α.

Ο Visitor Location Register (VLR - κατάλογος θέσης επισκεπτών) όπως και η HLR είναι μία μεγάλη και σημαντική βάση δεδομένων που περιέχει προσωρινές πληροφορίες για τους συνδρομητές του συστήματος. Οι πληροφορίες αυτές είναι απαραίτητες για κάθε Mobile Switching Center για να εξυπηρετηθούν οι χρήστες του δικτύου. Η VLR είναι υπεύθυνη για την καταχώρηση της τρέχουσας θέσης του χρήστη. Οι δύο τώρα βάσεις δεδομένων VLR και HLR συνεργάζονται μεταξύ τους. Όταν για κάποιο συνδρομητή υπάρξει μεταγωγή σε ένα καινούργιο ψηφιακό κέντρο, η VLR που είναι συνδεδεμένη σε αυτό θα ζητήσει πληροφορίες για τον συνδρομητή από την HLR. Δηλαδή αντιγράφονται στην VLR τα μόνιμα στοιχεία του συνδρομητή από την HLR στην οποία ανήκει, και ανατίθεται σε αυτόν ένας αριθμός περιαγωγής ο οποίος επίσης καταχωρείται στην VLR. Έτσι, λοιπόν, αν σε κάποιο μελλοντικό χρόνο ο κινητός σταθμός πραγματοποιήσει κάποια κλήση, η VLR θα έχει την απαιτούμενη πληροφορία χωρίς να χρειάζεται η επικοινωνία κάθε φορά με την HLR.

Οι άλλοι δύο κατάλογοι χρησιμοποιούνται για λόγους επικύρωσης και ασφάλειας. Ο Equipment Identity Register (EIR - κατάλογος ταυτότητας εξοπλισμού) είναι μια βάση δεδομένων που περιέχει έναν κατάλογο όλου του έγκυρου κινητού εξοπλισμού στο δίκτυο, όπου κάθε Mobile Station προσδιορίζεται από τη International Mobile Equipment Identity (IMEI - διεθνή κινητή ταυτότητα εξοπλισμού). Ένα IMEI είναι χαρακτηρισμένο ως άκυρο εάν έχει αναφερθεί ότι είναι κλεμμένο ή δεν είναι τύπος εγκεκριμένος.

Μια λίστα με όλα τα IMEI του δικτύου είναι αποθηκευμένη στο ίδιο το δίκτυο. Η κατάσταση που μπορεί να έχει μια συσκευή, μπορεί να είναι μία από τις ακόλουθες :

- λευκή λίστα. Δηλαδή το τερματικό μπορεί να συνδεθεί με το δίκτυο,
- γκρι λίστα. Υπό παρακολούθηση από το δίκτυο, πιθανά προβλήματα. Το τερματικό έχει αναφερθεί σαν κλεμμένο, ή ο τύπος του δεν είναι εγκεκριμένος. Το τερματικό δεν μπορεί να συνδεθεί με το δίκτυο.

Το Authentication Center (AuC - κέντρο επικύρωσης) είναι μια προστατευμένη βάση δεδομένων που αποθηκεύει ένα αντίγραφο του μυστικού κλειδιού που αποθηκεύεται σε κάθε κάρτα SIM, η οποία χρησιμοποιείται για την επικύρωση και την κρυπτογράφηση. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται για την επιβεβαίωση της ταυτότητας κάθε συνδρομητή και εξασφαλίζουν το απόρρητο της κάθε κλήσης.

2.5 Κωδικοποίηση ομιλίας

Το GSM είναι ένα ψηφιακό σύστημα, έτσι η ομιλία που είναι αρχικά αναλογική, πρέπει να μεταλλαχθεί. Η μέθοδος που υιοθετείται από το ISDN, και από τα τρέχοντα τηλεφωνικά συστήματα για τις γραμμές φωνής είναι Pulse Coded Modulation (PCM - σφυγμός κωδικοποιημένη διαμόρφωση). Η ομάδα GSM μελέτησε διάφορους αλγόριθμους λεκτικής κωδικοποίησης βάσει της λεκτικής ποιότητας και της πολυπλοκότητας (που συσχετίζεται με το κόστος, την καθυστέρηση, και την κατανάλωση ισχύος). Η ομιλία διαιρείται σε δείγματα 20 χιλιοστών του δευτερολέπτου, κάθε ένα από τα οποία κωδικοποιείται σε 260 bits, που δίνουν ένα συνολικό ποσοστό δυαδικών ψηφίων 13 kbps. Αυτό είναι η αποκαλούμενη full-Rate λεκτική κωδικοποίηση. Πρόσφατα, ένας ενισχυμένος full-Rate αλγόριθμος λεκτικής κωδικοποίησης (EFR) έχει εφαρμοστεί από μερικούς βορειοαμερικανικούς χειριστές GSM.

2.6 Έλεγχος δύναμης σήματος

Υπάρχουν πέντε κατηγορίες κινητών σταθμών που καθορίζονται, σύμφωνα με τη μέγιστη δύναμη συσκευών αποστολής σημάτων τους, που εκτιμάται σε 20, 8, 5, 2 και 0,8 Watt. Για να ελαχιστοποιήσουν την παρέμβαση και για να συντηρήσουν τη δύναμη, και τα mobiles και οι σταθμοί πομποδεκτών βάσεων λειτουργούν στο χαμηλότερο επίπεδο δύναμης που θα διατηρήσει μια αποδεκτή ποιότητα σημάτων.

Ο Mobile Station μετρά τη δύναμη σημάτων ή την ποιότητα σημάτων και περνά τις πληροφορίες στον ελεγκτή σταθμών βάσεων, οι οποίες αποφασίζουν τελικά εάν και πότε πρέπει να αλλάξουν το επίπεδο δύναμης. Ο έλεγχος δύναμης πρέπει να αντιμετωπιστεί προσεκτικά, δεδομένου ότι υπάρχει η δυνατότητα της αστάθειας.

2.7 Handover - Αλλαγή κυψέλης

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

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

- κυψέλες (BTS) που βρίσκονται υπό τον έλεγχο του ίδιου Βασικού σταθμού ελέγχου (BSC),
- κυψέλες που βρίσκονται στον έλεγχο διαφορετικών σταθμών ελέγχου, αλλά στο ίδιο Mobile Switching Center (MSC),
- κυψέλες σε τελείως διαφορετικά MSCs.

Ο πρώτος τύπος, καλείται εσωτερικό handover και χρησιμοποιείται το ίδιο βασικό σταθμό ελέγχου (BSC). Αυτός ο τύπος ελέγχεται από το ίδιο το BSC ώστε

να γίνει εξοικονόμηση στην μεταφορά δεδομένων - το MSC ενημερώνεται μόνο όταν ολοκληρωθεί το Handover. Οι άλλοι δύο τύποι handover, καλούνται εξωτερικά handovers και τα χειρίζονται τα MSCs.

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

Ο αλγόριθμος τις "μικρότερης επιτρεπτής απόδοσης" δίνει το δικαίωμα αλλαγής της ισχύς στο handover, έτσι ώστε όταν το σήμα φθίνει πιο κάτω από ένα συγκεκριμένο σημείο, η ισχύς του κινητού να αυξάνεται. Αν περαιτέρω αύξηση στην ισχύ δεν βελτιώσουν το σήμα, τότε δημιουργείται handover.

2.8 SMS

Ένα μοναδικό χαρακτηριστικό γνώρισμα του GSM, που δεν βρίσκεται στα παλαιότερα αναλογικά συστήματα, είναι το SMS (Short Message Service - Σύντομη Υπηρεσία Μηνυμάτων). SMS είναι μια αμφίδρομη υπηρεσία για τα σύντομα μηνύματα που αποτελούνται από αριθμούς και γράμματα (μέχρι 160 χαρακτήρες). Ένα μήνυμα μπορεί να σταλεί σε έναν άλλο συνδρομητή της υπηρεσίας, και μια βεβαίωση παραλαβής στέλνεται στον αποστολέα. SMS μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε έναν τρόπο κύτταρο-ραδιοφωνικής μετάδοσης, για την αποστολή μηνυμάτων όπως οι αναπροσαρμογές κυκλοφορίας ή οι αναπροσαρμογές ειδήσεων. Τα μηνύματα μπορούν επίσης να αποθηκευτούν στην κάρτα SIM για την πιο εύκολη ανάκτηση.

Οι υπηρεσίες SMS που προσφέρονται σας δίνουν τη δυνατότητα αποστολής:

- Κανονικού ή Flash SMS(μήνυμα που εμφανίζεται στην οθόνη του αποδέκτη αμέσως μετά την λήψη του και χωρίς καμία δική του ενέργεια)
- Λογότυπα Παροχέα Κινητής Τηλεφωνίας
- Ring Tones (Ήχους συσκευής)
- ScreenSavers (Εφαρμογές Προστασίας Οθόνης Κινητών Τηλεφώνων)
- Εικονομηνυμάτων
- Μηνύματα Unicode(Πολυγλωσσικής Υποστήριξης)

2.9 Υπηρεσίες GSM

Οι υπηρεσίες GSM μπορούν να διαιρεθούν σε:

1. Υπηρεσίες φορέων

Οι υπηρεσίες φορέων προσφέρουν τη δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων ή φωνής μεταξύ του χρήστη και του δικτύου. Όπως με όλες τις άλλες επικοινωνίες, έτσι και με το GSM, η ομιλία κωδικοποιείται ψηφιακά και διαβιβάζεται μέσω του δικτύου GSM ως ψηφιακό σήμα. Υπάρχουν διάφοροι ρυθμοί με τους οποίους μπορούν να μεταδοθούν τα δεδομένα. Για παράδειγμα, μπορούν να μεταδοθούν με ρυθμό 1200-9600 Kbps και 300-9600Kbps.

2. Συμπληρωματικές υπηρεσίες

Στις υπηρεσίες αυτές περιλαμβάνεται:

- Υπηρεσία συνδιάσκεψης. Με αυτή την υπηρεσία δυο ή περισσότεροι συνδρομητές μπορούν να επικοινωνούν ταυτόχρονα.
- Υπηρεσία πληροφοριών. Η υπηρεσία αυτή παρέχει πληροφορίες στους συνδρομητές σχετικά με τους προσωπικούς τους λογαριασμούς.
- Υπηρεσία εκτροπής κλήσης. Η υπηρεσία αυτή δίνει τη δυνατότητα στον συνδρομητή να μεταφέρει αυτόματα όλες τις εισερχόμενες κλήσεις σε οποιοδήποτε άλλο αριθμό.
- Υπηρεσία φραγής κλήσεων. Η υπηρεσία αυτή δίνει τη δυνατότητα να απορριφθούν αυτόματα εισερχόμενες κλήσεις από συγκεκριμένο αριθμό. Οι φραγές χρησιμοποιούνται και από τους διαχειριστές του δικτύου σε περιπτώσεις π.χ. που ο συνδρομητής αναφέρει κλοπή της συσκευής.
- Υπηρεσία αναγνώρισης κλήσης. Ο συνδρομητής έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει τον συνδρομητή που τον καλεί. Αν όμως ο συνδρομητής που καλεί, δεν επιθυμεί να εμφανίζεται ο αριθμός του στο τερματικό του συνδρομητή που καλεί, τότε μπορεί να τον αποκρύψει.
- Υπηρεσία αναμονής κλήσης. Ο συνδρομητής έχει τη δυνατότητα να βάλει σε αναμονή τον συνδρομητή που μιλάει, να απαντήσει στην ταυτόχρονη εισερχόμενη κλήση και στη συνέχεια να επιστρέψει στον αρχικό συνομιλητή.

3. Τηλεξυπηρέτηση

Οι τηλε-υπηρεσίες προσφέρουν τη δυνατότητα πλήρους πρόσβασης και επικοινωνίας στους χρήστες και περιλαμβάνουν της υπηρεσίες:

- Τηλεφωνίας. Ειδική περίπτωση αποτελούν οι κλήσεις ανάγκης που συνήθως προσφέρονται χωρίς χρέωση και είναι δυνατή η κλήση ακόμα και χωρίς την παρουσία κάρτας SIM.

- Υπηρεσία μικρών μηνυμάτων. Η μετάδοση μπορεί να γίνει είτε από τερματική συσκευή σε τερματική συσκευή, είτε από το δίκτυο προς κάποια τερματική συσκευή είτε σε όλες τις τερματικές συσκευές εντός μιας κυψέλης (Cell broadcast).

- Υπηρεσίες Fax, Videotex και Teletex. Γενικά αυτές αναφέρονται σαν Data/Fax υπηρεσίες με ρυθμούς μετάδοσης μέχρι 9600 Kbps. Η τερματική συσκευή πρέπει να υποστηρίζει τις παραπάνω υπηρεσίες για να είναι διαθέσιμες στον χρήστη.

2.10 GSM και Internet

1. GSM E-mail

Η υπηρεσία αυτή προσφέρει τις δυνατότητες:

- λήψης e-mail από κινητό τηλέφωνο μέσω μηνυμάτων SMS. Μοναδική απαίτηση από την πλευρά του χρήστη είναι η κατοχή ενός λογαριασμού τύπου οτιδήποτε@gsm.gr.
- Οι χρήστες του συστήματος μπορούν επίσης να στείλουν email στο Internet από το κινητό τους χωρίς επιπλέον χρέωση.
- Επιπλέον, σημαντική ευκολία που παρέχεται είναι η δυνατότητα να κάνετε forward σε αυτόν το λογαριασμό το email απο οποιοδήποτε άλλο provider.

Δυνατότητες του GSM mail

Σημαντικό στοιχείο της υπηρεσίας αποτελεί η δυνατότητα του χρήστη να ελέγχει τα μηνύματα που δέχεται εφόσον δώσει τον κωδικό του, τον οποίο μπορεί να αλλάξει χωρίς περιορισμούς. Επιπροσθέτως, κάθε χρήστης του GSM Email δύναται ανά πάσα στιγμή να ελέγξει το υπόλοιπο των μονάδων του.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθούμε στην ασφάλεια της παρεχόμενης υπηρεσίας. Δίνεται η δυνατότητα να οριστούν φίλτρα αποδοχής και απόρριψης των email. Τα φίλτρα αποδοχής και απόρριψης ορίζονται με βάση την email διεύθυνση. Με τα φίλτρα αποδοχής μπορεί ο χρήστης να ορίσει από που θα δέχεται άμεσα email.

2. Web based GSM Alert System

Μια παραλλαγή της παραπάνω υπηρεσίας είναι η αποστολή μηνυμάτων μέσω web σε κινητά τηλέφωνα. Ειδικότερα, προσφέρετε WEB interface προστατευμένο με κωδικό πρόσβασης. Μέσω αυτού μπορούμε να στείλουμε μηνύματα σε όποιο κινητό, σε όποιο μέρος του κόσμου και αν βρίσκεται ο ιδιοκτήτης του.



3. SMS BOARD

Το SMS board αποτελεί μια νέα υπηρεσία που έρχεται να καλύψει ένα ευρύ φάσμα αναγκών των σύγχρονων επιχειρήσεων. Πρόκειται για ένα πρόγραμμα που επιτρέπει σε κάθε ενδιαφερόμενο να επικοινωνεί με το κοινό, μέσω μηνυμάτων που αποστέλλονται από κινητό τηλέφωνο σε έναν συγκεκριμένο αριθμό και εμφανίζονται on line στην οθόνη του υπολογιστή σας.



Το SMS board βρίσκει εφαρμογή σε περιπτώσεις όπως :

- **Δημοσκοπήσεις**

Τηλεοπτικοί, ραδιοφωνικοί σταθμοί και έντυπα ελαχιστοποιούν σε σημαντικό βαθμό το χρόνο και το κόστος των δημοσκοπήσεων. Με το SMS board συγκεντρώνετε ό,τι πληροφορία χρειάζεστε από ένα σαφώς μεγαλύτερο αριθμό ατόμων και με μεγαλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία, καθώς η αποστολή μηνύματος από κινητό τηλέφωνο προτρέπει το κοινό να απαντήσει σε αντίθεση με άλλες μεθόδους όπως προσωπική ή τηλεφωνική επαφή.

- **Έρευνες - γκάλοπ**

Πανεπιστήμια και παντός είδους ιδρύματα με τη χρήση του sms board απλοποιούν σημαντικά τη διαδικασία των ερευνών και αυξάνουν την εγκυρότητα τους με την απουσία της προσωπικής επαφής.

- **Αφιερώσεις**

Ραδιοφωνικοί σταθμοί μπορούν να κερδίσουν ακροατές προσφέροντας τους τη δυνατότητα να επικοινωνήσουν από οπουδήποτε και να βρίσκονται, με ελάχιστο κόστος σε σχεδόν μηδενικό χρόνο. Επίσης, το SMS board μπορεί να αποτελέσει εργαλείο για οργάνωση ψηφοφοριών και συλλογή πολύτιμων πληροφοριών για τις εκπομπές του σταθμού, σχόλια και προτάσεις, προτιμήσεις του κοινού κ.λ.π.

- **Ιδέες - Προτάσεις**

Εταιρίες όλων των κλάδων συλλέγουν απόψεις από το άμεσα ενδιαφερόμενο κοινό. Το SMS board μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο του marketing. Οι επιχειρηματίες μπορούν να μάθουν όλα όσα θέλουν για την εικόνα της εταιρίας τους, την επάρκεια των προϊόντων τους, την αποδοτικότητα των επενδύσεων τους, από τους πιο κατάλληλους, τους άμεσα ενδιαφερόμενους που δεν είναι άλλοι από τους πελάτες τους.

Πλεονεκτήματα του συστήματος GSM

Το σύστημα GSM διαθέτει μια σειρά από πλεονεκτήματα σε σχέση με αναλογικά συστήματα κινητής τηλεφωνίας εκτός από αυτά που ήδη αναφέραμε, όπως καλύτερη ποιότητα και προσφερόμενες υπηρεσίες, τα οποία είναι γενικά πλεονεκτήματα των ψηφιακών συστημάτων.

Σημαντική είναι η εξασφάλιση του απορρήτου μέσω κρυπτογράφησης του σήματος, και είναι χαρακτηριστικό ότι για πληροφορία ομιλίας 13 Kbps μεταδίδονται ψηφιακά δεδομένα 270 Kbps. Επιπλέον η ψηφιακή μορφή του μεταδιδόμενου σήματος επιτρέπει τη χρήση σύγχρονων τεχνικών διόρθωσης σφάλματος που έχουν σαν αποτέλεσμα την αυξημένη αξιοπιστία του συστήματος.

Επίσης υπάρχει η δυνατότητα για πυκνότερο δίκτυο με κυψέλες μικρότερων διαστάσεων ώστε για δεδομένο χώρο να γίνεται συχνότερη επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων, χωρίς να μειώνεται ο αριθμός των καναλιών ανά κυψέλη. Ακόμη η χρησιμοποίηση της κάρτας SIM εξασφαλίζει την ανεξαρτησία του χρήστη από κάποια συγκεκριμένη συσκευή και προσφέρει μεγάλη ευελιξία.

Κεφάλαιο 3

TETRA (Trans -European Trunked Radio - Πανευρωπαϊκό Πρότυπο Ψηφιακού Ραδιοδικτύου)

3.1 Εισαγωγή

Το ραδιοδίκτυο TETRA, είναι ένα πρότυπο ψηφιακό σύστημα κινητής επικοινωνίας με σκοπό την υποστήριξη επαγγελματικών εφαρμογών (professional applications). Οι προδιαγραφές του TETRA προσδιορίστηκαν πλήρως από τον οργανισμό τυποποιήσεων ETSI στα τέλη του 1995 και υιοθετήθηκαν και από τις 22 χώρες που μετείχαν στον οργανισμό αυτό (Γερμανία, Αγγλία, Γαλλία κ.λ.π). Το πρότυπο έγινε αποδεκτό δια μέσου μιας διαδικασίας με μεγάλο αριθμό κριτικών -σχολίων, το οποίο εγγυάται υψηλή ποιότητα, συγκρινόμενο με την ανάπτυξη ιδιοκτησιακών λύσεων.

Ήδη μέχρι σήμερα πολλές χώρες έχουν αναπτύξει τα ψηφιακά ραδιοδίκτυα TETRA με σκοπό την λειτουργία τους από τις αστυνομικές αρχές, τα πυροσβεστικά σώματα, τα σώματα ασφαλείας κ.λ.π. Τον τελευταίο καιρό το TETRA γνωρίζει τεράστια επιτυχία και σε περιοχές εφαρμογών όπως είναι η διαχείριση των μέσων μαζικής μεταφοράς με την παράλληλη παροχή υψηλών υπηρεσιών τηλεματικής όπως π.χ υπηρεσίες τηλεδιάσκεψης προς το επιβατικό κοινό. Το TETRA έχει ήδη κερδίσει την παγκόσμια προσοχή, ακολουθώντας τα βήματα του προτύπου GSM.

Το μοντέλο TETRA όπως προείπαμε, καθορίστηκε από το Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Ινστιτούτο Προτύπων (European Telecommunications Standards Institute - ETSI) το οποίο συνενώνει τις ανάγκες των χειριστών δικτύων, των εθνικών διαχειριστών, των κατασκευαστών εξοπλισμού και των χρηστών. Ο ETSI δημοσιοποιεί τα τηλεπικοινωνιακά πρότυπα, τα οποία είναι υποχρεωτικά για χρήση στην Ευρώπη, και επιπλέον ευρέως κατάλληλα εκτός Ευρώπης. Το GSM, είναι ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αυτού.

Η επίδραση των χρηστών στην ανάπτυξη του TETRA μπορεί να φανεί ολοκάθαρα. Ειδικά οι χρήστες υπηρεσιών άμεσης ανάγκης (emergency service users) έχουν συμβάλει δραστικά στην δημιουργία του προτύπου. Έτσι, το TETRA διασφαλίζει υψηλή λειτουργικότητα για υπηρεσίες άμεσης ανάγκης και επιπλέον είναι πολύ καλά προσαρμοσμένο για εμπορικούς χρήστες ραδιο-δικτύου. Ο υψηλός βαθμός εμπλοκής του χρήστη στη δημιουργία του προτύπου, εγγυάται ότι θα καλύπτει τις ανάγκες των χρηστών.

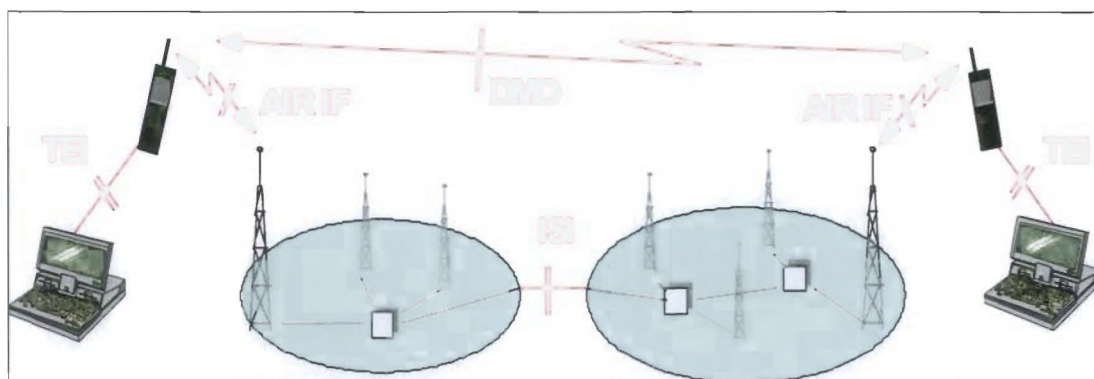
3.2 Διεπαφές

Για να εξασφαλιστεί μια ανοικτή αγορά, το TETRA καθορίζει τις παρακάτω βασικές διεπαφές (Interfaces) : Η διεπαφή του αέρα, η διεπαφή του τερματικού εξοπλισμού, η διεπαφή του ενδο-συστήματος και τέλος η διεπαφή Αμεσότροπης Λειτουργίας ή αλλιώς διεπαφή Απ' ευθείας επικοινωνίας.

1. **Διεπαφή Αέρος (Air Interface - AIR IF)** η οποία αφορά τον ραδιοδίαυλο μεταξύ της κινητής μονάδας του συστήματος TETRA και του αντίστοιχου σταθμού βάσης με τον οποίο πραγματοποιείται η επικοινωνία. Επιπλέον

διασφαλίζει την ενδο-λειτουργικότητα (interoperability) δηλαδή τη συνεργασία και συμβατότητα του τερματικού εξοπλισμού από διαφορετικούς κατασκευαστές.

2. **Διεπαφή Τερματικού Εξοπλισμού (Terminal Equipment Interface - TEI)** η οποία υποστηρίζει την ανεξάρτητη ανάπτυξη των κινητών εφαρμογών.
3. **Διεπαφή Ενδο-Συστήματος (Inter-System Interface - ISI)** η οποία επιτρέπει τη διασύνδεση δικτύων TETRA διαφόρων κατασκευαστών τα οποία πληρούν τις προδιαγραφές του οργανισμού ETSI, για να εξασφαλιζεται η μέγιστη συμβατότητα και συνεργασία.
4. **Διεπαφή Αμεσότροπης Λειτουργίας (Direct Mode Operation - DMO)** η οποία εγγυάται την επικοινωνία μεταξύ των τερματικών τα οποία ευρίσκονται εκτός δικτύου. Δηλαδή καθορίζει την άμεση επικοινωνία μεταξύ δύο κινητών μονάδων χωρίς την ανάγκη διαμεσολάβησης ενός σταθμού βάσης. Αυτή η διεπαφή είναι απολύτως απαραίτητη σε περίπτωση όπου η μία από τις δύο μονάδες είναι εκτός ραδιοκάλυψης αλλά και σε συνθήκες φυσικών και άλλων καταστροφών.



Σχήμα 11. Οι διεπαφές σε ένα δίκτυο TETRA

Επίσης έχει τυποποιηθεί μια διεπαφή σταθμού γραμμής. Πρέπει να σημειωθεί, ότι οι διεπαφές μέσα στην Υποδομή Μεταγωγής και Διαχείρισης δεν είναι τυποποιημένες. Αυτό παρέχει τα ουσιαστικά οφέλη μιας ελεύθερης αγοράς, αλλά αφήνει στους κατασκευαστές την ελευθερία να εφαρμόσουν τις οικονομικά αποδοτικότερες λύσεις δικτύων.

Σημαντικοί οργανισμοί χρηστών, χειριστές δικτύων, κατασκευαστές συστημάτων, ρυθμιστές και υπεύθυνοι για την ανάπτυξη των προγραμμάτων εφαρμογών έχουν υπογράψει το Υπόμνημα Συμφωνίας TETRA (**Memorandum of Understanding - MoU**). Είναι μια κοινή προσπάθεια να υποστηρίξουν και να προωθήσουν τη γρήγορη και συνεπή εφαρμογή των συστημάτων TETRA στις χώρες μέλη. Για να εξασφαλιστεί μια ευρεία ελεύθερη αγορά, το TETRA MoU προσπαθεί για την μέγιστη διαλειτουργικότητα του εξοπλισμού από τους διαφορετικούς κατασκευαστές.

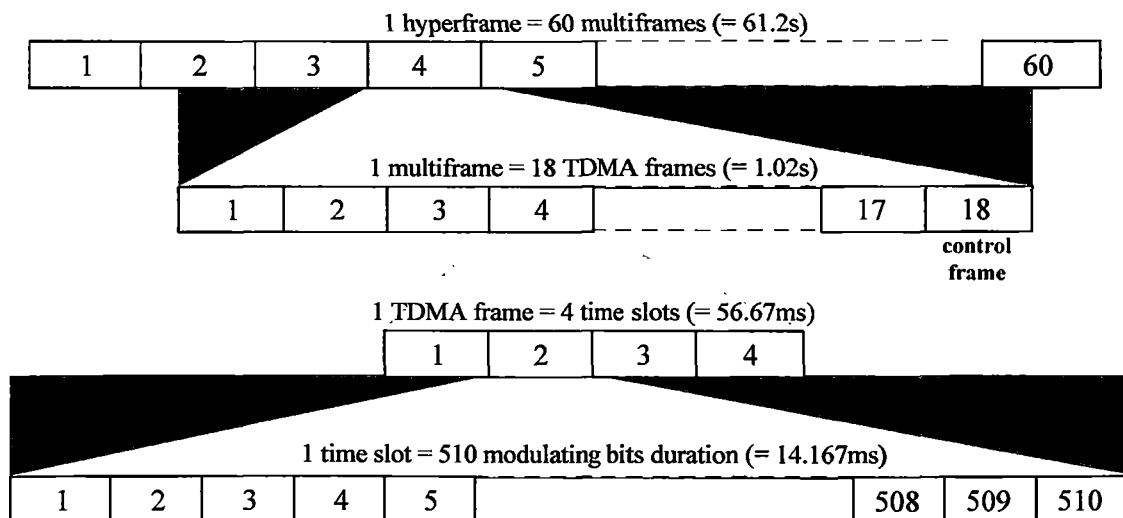
Επομένως, μπορούμε να αναφέρουμε ότι το TETRA, είναι το πρώτο και πλήρως εγκεκριμένο ψηφιακό πρότυπο στην Ευρώπη ή σε άλλο μέρος του κόσμου.

3.3 Δομή του Δικτύου TETRA

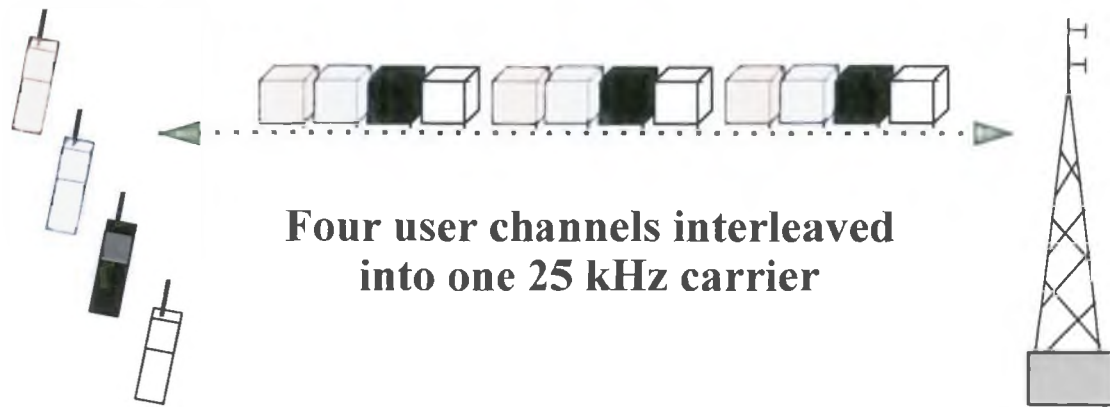
Το TETRA είναι ένα πλήρως υψηλού επιπέδου ψηφιακό σύστημα, το οποίο εξασφαλίζει υψηλή ποιότητα φωνής και πολύ χαμηλό ρυθμό μετάδοσης σφαλμάτων στα δεδομένα. Υποστηρίζει φωνή, υπηρεσίες δεδομένων μεταγωγής πακέτου και μεταγωγής κυκλώματος, με τη δυνατότητα της επιλογής στο ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων και στο επίπεδο της προστασίας λαθών. Σε συνδυασμό με τις πραγματικά αξιοθαύμαστες ικανότητες διασυνδέσεων θέτει ένα νέο επίπεδο στις Επαγγελματικές Κινητές Επικοινωνίες.

Το TETRA χρησιμοποιεί την τεχνική της πολύπλεξης στο πεδίο του χρόνου (Time Division Multiple Access - TDMA). Η πληροφορία που μεταδίδεται εδώ χωρίζεται σε χρονοθυρίδες (Time Slots) όπου η κάθε χρονοθυρίδα αντιστοιχεί και σε ένα λογικό κανάλι. Το 1 Time Slot έχει χρονική διάρκεια 14.167 ms. Τέσσερις χρονοθυρίδες αποτελούν ένα πλαίσιο TDMA (frame TDMA), χρονικής διάρκειας 56.67 ms. Το κάθε πλαίσιο σημαίνει ότι μπορούν να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα 4 συνδρομητές. Σε κάθε μία συχνότητα του συστήματος μπορούν να υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά κανάλια και κατά συνέπεια τέσσερις διαφορετικοί ταυτόχρονοι χρήστες. Δηλαδή με τη χρήση 4 καναλιών για την σύνδεση κάθε χρήστη επιτυγχάνουμε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων της τάξης των 28.8 kbit/s, ενώ το εύρος ζώνης απελευθερώνεται δυναμικά. Το μεγαλύτερο bit rate ενός καναλιού είναι 9 kbit/s, στο οποίο η φωνή κωδικοποιείται με 4.8 kbit/s net bit.

Το πολλαπλό πλαίσιο (multiframe) τώρα αποτελείται από 18 TDMA πλαίσια συνολικής χρονικής διάρκειας 1.02 sec. Το 18^ο TDMA πλαίσιο χρησιμοποιείται για την αναγκαία σηματοδότηση του συστήματος, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει διακοπή της ροής των δεδομένων. Είναι πλαίσιο ελέγχου και αποτελεί τη βάση για τους αργούς συσχετισμένους ραδιοδιαύλους ελέγχου (Slow Associated Control Channel - SACCH → Τα SACCH εξασφαλίζουν το υπόβαθρο των καναλιών σηματοδότησης ελέγχου η οποία πάντοτε παρουσιάζεται, ακόμα και σε ελάχιστη λειτουργία όταν όλα τα κανάλια καταχωρούνται σε τηλεπικοινωνιακή κίνηση). Τέλος, το υπερπλαίσιο (hyperframe) που αποτελείται από 60 πολλαπλά πλαίσια και έχει χρονική διάρκεια 61.2 sec.



Σχήμα 12. Δομή Πλαισίου στο σύστημα TETRA



Η κάθε μία συχνότητα στο TETRA έχει εύρος ζώνης 25 KHz. Με την μέθοδο TDMA που χρησιμοποιείται εξασφαλίζουμε δύο βασικά οφέλη :

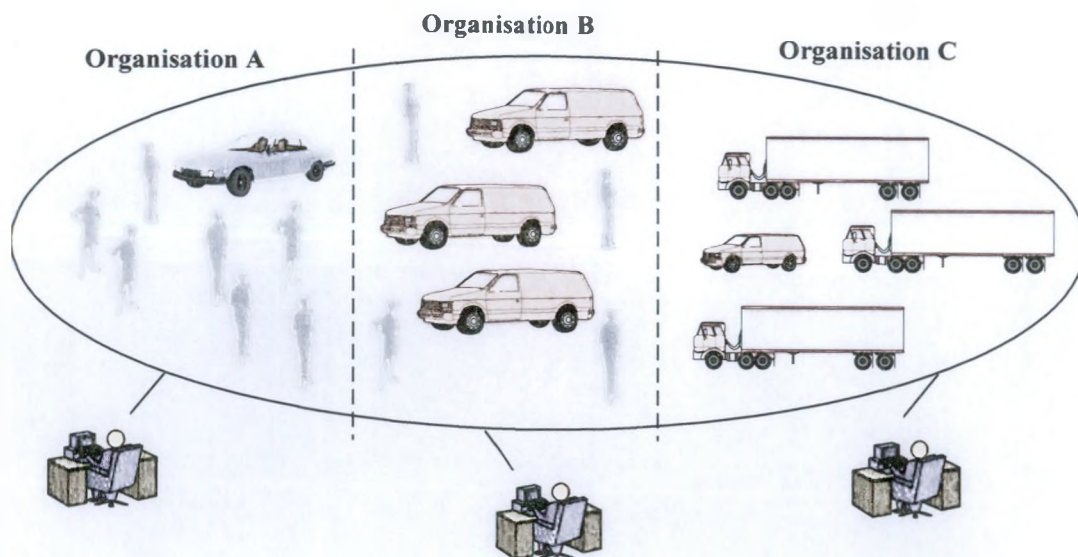
1) Άριστη ικανότητα διαχείρισης και κατανομής του φάσματος των ραδιοσυχνοτήτων , αλλά επιπλέον και μικρότερο αριθμό σταθμών βάσεων, αφού για κάθε 4 χρήστες χρειάζεται μια μονάδα ραδιοδικτύου. Αυτό είναι πολύ σημαντικό διότι οι διαθέσιμες συχνότητες για κάθε δίκτυο είναι όχι μόνο περιορισμένες αλλά και ακριβές στην εκμετάλλευση.

2) Δυνατότητα συνδυασμού περισσότερων του ενός Time Slot ανά χρήστη, για την ικανοποίηση εφαρμογών που απαιτούν μεγαλύτερο εύρος ζώνης από αυτό των βασικών υπηρεσιών.

Βασικό είναι να αναφερθεί το γεγονός πως η μεταδιδόμενη πληροφορία στο TETRA όπως και στο GSM μεταδίδεται με την μορφή ριπών (burst). Στην διάρκεια, λοιπόν, μιας χρονοθυρίδας, ένας σταθμός μεταδίδει την πληροφορία ακολουθώντας την λογική του “power up - power down”.

Ειδικότερα, το τερματικό ανεβάζει διαδοχικά την ισχύ εκπομπής μέχρι ενός σημείου. Από εκεί και έπειτα μπορεί να μεταδοθεί η ωφέλιμη πληροφορία. Στην συνέχεια και μετά το πέρας του χρόνου όπου η ισχύς διατηρείται σταθερή, επέρχεται μία διαδοχική αντίστοιχη μείωσή της μέχρι ένα κατώτατο όριο. Αυτή η διαδικασία ακολουθείται στην διάρκεια κάθε χρονοθυρίδας.

Το TETRA έχει σχεδιαστεί από την αρχή σαν σύστημα το οποίο υποστηρίζει οικονομικά και αποτελεσματικά την καταμερισμένη χρήση του δικτύου από διάφορους οργανισμούς, το οποίο εξασφαλίζει μυστικότητα και αμοιβαία ασφάλεια. Η εικονική δικτύωση μέσα στο TETRA δίκτυο επιτρέπει σε κάθε οργανισμό να λειτουργήσει ανεξάρτητα, αλλά ακόμα και να απολαμβάνει τα οφέλη ενός μεγάλου συστήματος υψηλής λειτουργίας με την αποδοτική απασχόληση των επιμέρους μονάδων.



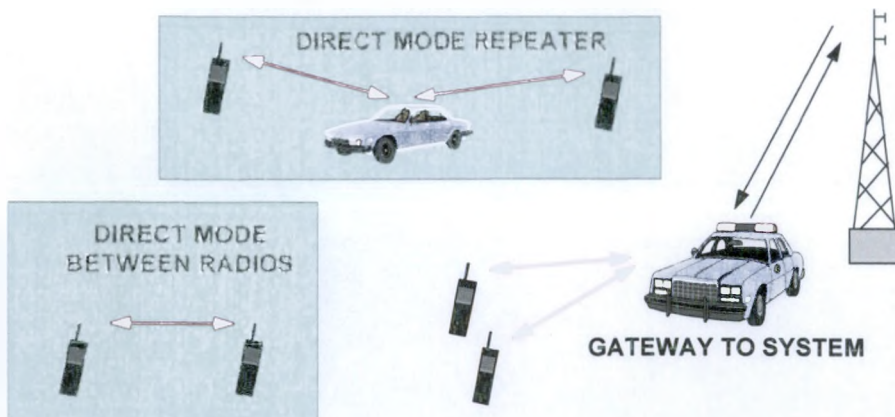
Σχήμα 13. Κάθε οργανισμός λειτουργεί ανεξάρτητα

Το TETRA όπως προείπαμε, παρέχει ασφάλεια υψηλής τεχνολογίας η οποία μεταξύ άλλων συμπεριλαμβάνει αποκρυπτογράφηση φωνής, δεδομένων σηματοδοσίας και ταυτότητας των χρηστών. Έχουμε δύο μηχανισμούς αποκρυπτογράφησης:

1. **Αποκρυπτογράφηση Διεπαφής Αέρος (Air Interface Encryption)**, που αποκρυπτογραφεί το ράδιο κανάλι μεταξύ της τερματικού και του σταθμού βάσης.
2. **Διατερματική Αποκρυπτογράφηση (end-to-end encryption)** για τις πιο κρίσιμες εφαρμογές, όπου η αποκρυπτογράφηση είναι απαραίτητη για την μετάδοση στο άλλο τερματικό, διαμέσου του συστήματος.

Το TETRA εξασφαλίζει πολύ μικρό χρόνο αποκατάστασης κλήσης (300 ms), το ποίο είναι σημαντικό για υπηρεσίες άμεσης ανάγκης και υπηρεσίες ασφάλειας των πολιτών. Φυσικά, το TETRA υποστηρίζει ημι-αμφίδρομες υπηρεσίες για ομαδικές επικοινωνίες και πλήρεις αμφίδρομες υπηρεσίες για ατομικές τηλεφωνικές κλήσεις. Με αυτό τον τρόπο το TETRA ικανοποιεί και τις πιο απαιτητικές εφαρμογές χρηστών σε κρίσιμο χρόνο. Τέλος, τα πολλαπλά σχήματα προτεραιότητας κλήσεων, εξασφαλίζουν αποδοτικότερη κατανομή των πόρων για την αμεσότερη επικοινωνία στο δίκτυο.

Το TETRA περιλαμβάνει διεπαφή αμεσότροπης λειτουργίας μεταξύ των κινητών τερματικών, χωρίς τη χρήση της υποδομής του δικτύου. Επίσης χρησιμοποιούνται επαναλήπτες και πύλες για να εκταθεί η κάλυψη των κινητών τερματικών μονάδων χειρός στο αμεσότροπη λειτουργία και στη λειτουργία του δικτύου.

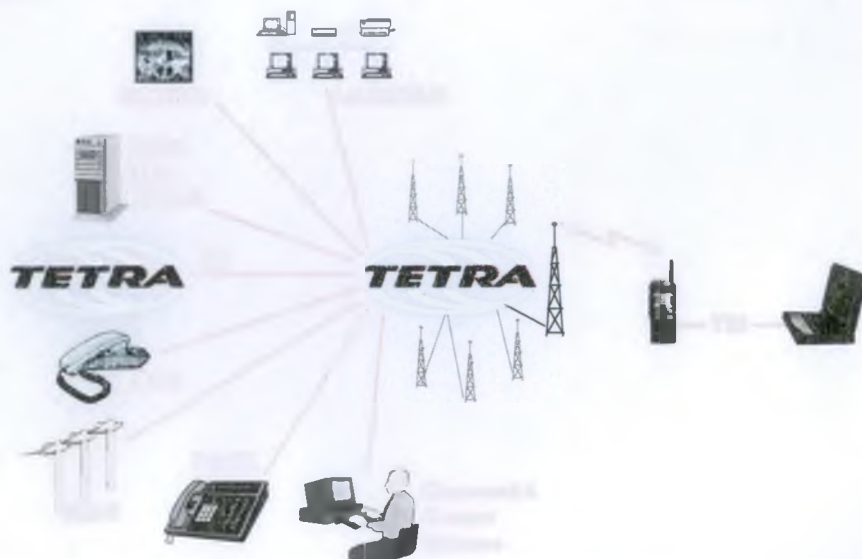


Σχήμα 14. Οι τρόποι λειτουργίας ενός δικτύου TETRA, , χωρίς τη χρήση της υποδομής του δικτύου

Οι τάξεις ισχύος του ραδιοεξοπλισμού είναι 25 W, 10 W, 3W and 1 W. Ο εξοπλισμός του TETRA radios μπορεί αυτόματα να ρυθμίζει την ισχύ εξόδου ανάλογα με το απαιτούμενο πεδίο ισχύος.

3.4 Ευελιξία διασύνδεσης (Connectivity)

Η δυνατότητα διασύνδεσης μεταξύ δικτύων διαφορετικού τύπου γίνεται όλο και περισσότερο απαραίτητη. Αυτό έχει ληφθεί υπόψη στην ανάπτυξη της τεχνολογίας του TETRA. Τα δίκτυα TETRA διευκολύνουν μια ευρεία κλίμακα διασυνδέσεων με εξωτερικά δίκτυα. Ένα δίκτυο TETRA μπορεί να συνδεθεί, για παράδειγμα, με δημόσια ή ιδιωτικά τηλεφωνικά δίκτυα, με διάφορων τύπων δίκτυα δεδομένων, τόσο καλά, όσο και με μεγάλα συστήματα ελέγχου και εντολών. Όλα αυτά τα δίκτυα μπορούν να προσπελαστούν από το κινητό τερματικό.



Σχήμα 15. Διασύνδεση δικτύου TETRA με διαφορετικά δίκτυα.

Η ευελιξία διασύνδεσης σε συνδυασμό με δέσμευση εύρους ζώνης ανάλογα με τις απαιτήσεις κάνει το TETRA μια πολύ καλή πλατφόρμα για αξιοποίηση εφαρμογών δεδομένων.

3.5 Χαρακτηριστικά

Τα μεγάλα πλεονεκτήματα που προσφέρει το TETRA προορίζονται να καλύψουν τα κενά των υπηρεσιών επείγουσας ανάγκης, οι απαιτήσεις των οποίων λειτούργησαν - σε αρκετές περιπτώσεις καθοριστικά - για τη δημιουργία των προδιαγραφών. Ας δούμε όμως μερικά βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος:

- **Έλεγχος χρήστη:** Πριν από κάθε σύνδεση επαληθεύεται η ταυτότητα του χρήστη
- **Ασφάλεια:** Δυνατότητα προαιρετικής χρήσης SIM για περαιτέρω κωδικούς ασφαλείας και προσωπικά data.
- **Επιλογή περιοχής (AS-Area Selection):**Επιλογή της περιοχής εκπομπής (Τοπικό, Περιφερειακό, Εθνικό και Διεθνές Δίκτυο).
- **Προτεραιότητα πρόσβασης (AP-Access Priority):** Σε περίπτωση συμφόρησης στο δίκτυο, γίνεται σύνδεση κατά προτεραιότητα με βάση το status του χρήστη.
- **Προτεραιότητα επικοινωνίας (PC- Priority Call):** Τηρείται προτεραιότητα στη χρήση των διαθέσιμων πηγών του δικτύου.
- **Αργοπορημένη είσοδος (LE-Late Entry):** Οι αργοπορημένοι, μπορούν να συνδεθούν, ενώ μία επικοινωνία / επιχείρηση βρίσκεται ήδη σε εξέλιξη.
- **Υποχρεωτική διακοπή:** Σε περίπτωση που ένας χρήστης υψηλής προτεραιότητας δε βρίσκει ελεύθερο συνδρομητικό κανάλι για να συνδεθεί διακόπτεται η σύνδεση ενός συνδρομητή χαμηλότερης προτεραιότητας.
- **Παρακολούθηση επικοινωνίας:** Είναι δυνατή χωρίς αναγνώριση από το χρήστη και γίνεται μόνο από το προσωπικό με άδεια καταγραφής.
- **Παρακολούθηση συσκευής:** Η εκπομπή μπορεί να ενεργοποιηθεί χωρίς ειδοποίηση του χρήστη για παρακολούθηση συμβάντων (π.χ. στην περίπτωση πειρατείας).
- **Δυναμική ομαδοποίηση αριθμών (DGNA-Dynamic Group Number Assignment):** Επιτρέπει στο λειτουργό του συστήματος να αλλάζει τον αριθμό μίας ομάδας χρηστών στιγμιαία, δίνοντας δυνατότητα ομαδοποίησης μίας επικοινωνίας σε εξέλιξη.

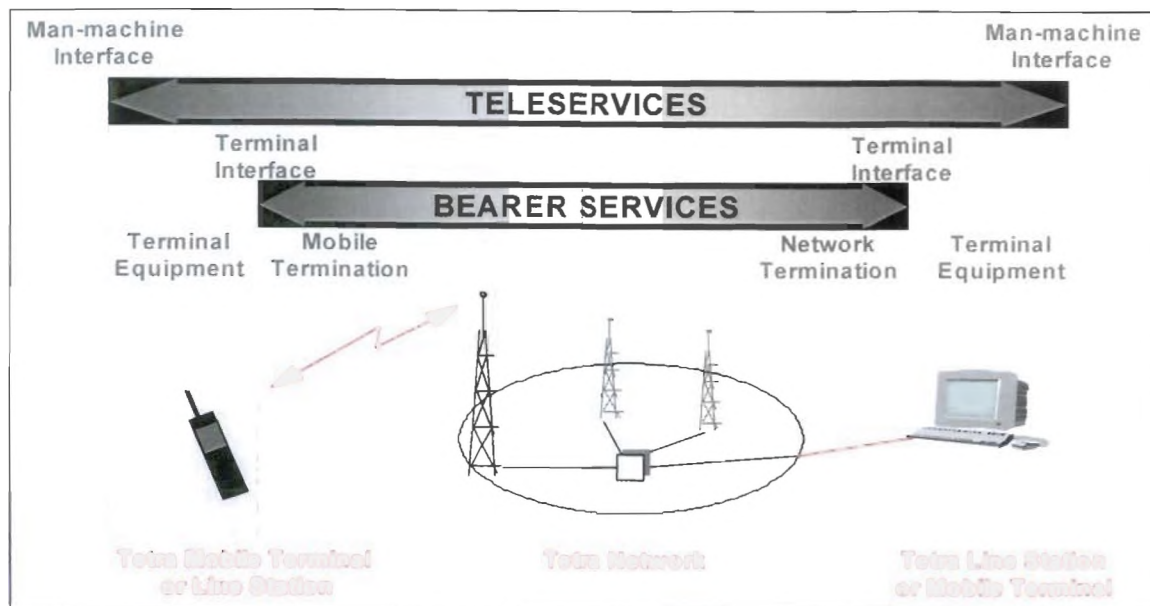
3.6 Υπηρεσίες

Το TETRA προσφέρει ποικιλία υπηρεσιών αρκετές από τις οποίες είναι γνωστές στο ευρύ κοινό, δεδομένου ότι παρέχονται και από το GSM όπως:

- Υπηρεσία αναγνώρισης καλούντος
- Αναγνώριση ταυτότητας χρήστη σε κλήσεις συνδιάσκεψης
- Προώθηση κλήσεως (call forward) α) χωρίς περιορισμό (unconditional) β) σε περίπτωση κατειλημμένου (busy) και γ) σε περίπτωση μη επαφής με το δίκτυο (not reachable)
- Φραγή εισερχομένων κλήσεων, που συγκρίνονται με ήδη υπάρχοντες αριθμούς σε προκαθορισμένη λίστα, πριν τη σύνδεσή τους
- Δημιουργία συντόμευσης αριθμών
- Αναμονή κλήσεων (call waiting), ενημέρωση δεύτερης εισερχόμενης κλήσης
- Κράτηση κλήσεως (call hold), διακοπή υπάρχουσας συνομιλίας και επανάκτησή της αργότερα
- Αυτόματη αναμονή επανασύνδεσης (εξερχόμενες κλήσεις που βρίσκουν τον καλούμενο κατειλημμένο, περιμένουν το πέρας της συνομιλίας πριν την προσπάθεια επανασύνδεσης τους)
- Αυτόματη επανασύνδεση μετά από χρήση (εξερχόμενες κλήσεις που βρίσκουν τον καλούμενο εκτός δικτύου, περιμένουν να κάνει χρήση του δικτύου πριν την προσπάθεια επανασύνδεσης τους)
- Μεταφορά ελέγχου κλήσης (σε ομαδική σύνδεση γίνεται μεταφορά του ελέγχου σε οποιοδήποτε μέλος - συνεπώς - και μεταφορά χρέωσης)
- Δυνατότητα συμμετοχής σε ήδη υπάρχουσα σύνδεση
- Ενημέρωση κόστους κλήσης (AoC) στην αρχή, κατά τη διάρκεια ή στο τέλος της κλήσης
- Φραγή κλήσεων (δυνατότητα φραγής κλήσεων από/σε μια προκαθορισμένη λίστα χρήστη)
- Αποφυγή υποχρεωτικής διακοπής (δυνατότητα αποφυγής υποχρεωτικής διακοπής λόγω ζήτησης καναλιού από χρήστη μεγαλύτερης προτεραιότητας)

Το σύστημα TETRA περιλαμβάνει πλήθος υπηρεσιών φωνής και δεδομένων και συμπληρωματικών υπηρεσιών, όπως:

- **Υπηρεσίες Φωνής**
 - Ομαδική κλήση (group call)
 - Ευρυεκπομπή (multiselect, multigroup)
 - Ατομική κλήση (private call)
 - Κλήση επείγουσας ανάγκης (High priority)
 - Κλήση από/προς PSTN, GSM
- **Υπηρεσίες δεδομένων**
 - Κλήση κατάστασης (status message)
 - Κλήση επείγουσας ανάγκης
 - Κλήση βραχέων δεδομένων (SDS)
 - Κλήση αλφαριθμητικού κειμένου (ATS)
 - Κλήση δεδομένων (Packet Data)



Σχήμα 16. Απεικόνιση του τρόπου παροχής των υπηρεσιών

Οι Τηλεϋπηρεσίες (Teleservices) παρέχουν ικανότητα πλήρους επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών, περιλαμβάνοντας όλες τις λειτουργίες των τερματικών. Οι τηλεϋπηρεσίες του προτύπου TETRA καλύπτουν υπηρεσίες επικοινωνίας φωνής. Η κομιστική υπηρεσία (bearer service) παρέχει ικανότητα επικοινωνίας μεταξύ τερματικών διεπαφών δικτύου. Οι TETRA κομιστικές υπηρεσίες καθορίζονται για τη μεταφορά δεδομένων.

TETRA Τηλεϋπηρεσίες (Teleservices)

Ατομική Κλήση
 Ομαδική κλήση
 Αναγνωρισμένες Ομαδικές Κλήσεις
 Κλήσεις Ευρυεκπομπής

TETRA Κομιστικές Υπηρεσίες (Bearer Services)

Circuit mode data 7.2/14.4/21.6/28.8 kbits/s
 Circuit mode protected data 4.8/9.6/14.4/19.2 kbits/s
 Circuit mode heavily protected data 2.4/4.8/7.2/9.6 kbits/s
 Connection oriented packet data
 Connectionless packet data

Βασικές Συμπληρωματικές Υπηρεσίες	
Call Authorised by Dispatcher	Ο αποστολέας ελέγχει το αίτημα κλήσης πριν επιτρέψει στην κλήση να προχωρήσει.
Area Selection	Καθορισμένοι τομείς λειτουργίας για τους χρήστες. Μπορούν να επαναπροσδιοριστούν σε μια βάση κλήσης από κλήση.
Access Priority	Καθορισμός των μονάδων προτεραιοτήτων πρόσβασης κατά τη διάρκεια των κορεσμένων περιόδων..
Priority Call	Η πρόσβαση στα στοιχεία του δικτύου μπορεί να ακολουθήσει πλέον προτεραιότητες.
Late Entry	Μια αργοπορημένη κλήση μπορεί να ακολουθήσει μια κλήση σε εξέλιξη.
Pre-emptive Priority Call	Αυτή η κλήση έχει την υψηλότερη uplink πρόσβαση προτεραιότητας στα στοιχεία συμπεριφοράς δικτύων. Εάν το σύστημα είναι απασχολημένο τότε η χαμηλότερης προτεραιότητας επικοινωνία θα πεταχτεί για να επιτρέψει σε αυτήν την κλήση υψηλότερης προτεραιότητας να συνεχίσει. Κάτι παρόμοιο με την "κλήση έκτακτης ανάγκης" στο PMR
Discrete Listening	Το εξουσιοδοτημένο RU μπορεί να ελέγξει μια επικοινωνία χωρίς προσδιορισμό.
Ambience Listening	Ο αποστολέας μπορεί να ανοίξει την συσκευή αποστολής σημάτων ενός RU χωρίς την αναγνώριση που παρέχεται από το RU. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις καταστάσεις αεροπειρατείας με στόχο την παρακολούθηση.
Dynamic Group Number Assignment	Επιτρέπει στον αποστολέα να προγραμματίσει νέους αριθμούς ομάδας στο RUs στον αέρα. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στη συμμετοχή ομάδας σε μια τρέχουσα κλήση
Προαιρετικές Συμπληρωματικές Υπηρεσίες	
Calling Line Identification Present	Παρουσιάζει την μονάδα ταυτότητα της κλήσης του συμβαλλόμενου μέρους.
Connected Line Identification Present	Παρουσιάζει την μονάδα ταυτότητα της κλήσης του αποκαλούμενου ως συμβαλλόμενου μέρους.
Calling/Connected Line Identification Restriction	Καθένα συμβαλλόμενο μέρος μπορεί να αποτρέψει την παρουσίαση της μονάδας ταυτότητας.

Call Report	Παρουσιάζει την ταυτότητα συμβαλλόμενων μερών σε ένα απασχολημένο RU.
Talking Party Identification	Το RU προσδιορίζεται αυτόματα σε μια κλήση ομάδας.
Call Forward Unconditional	Επιτρέπει σε ένα RU να διαβιβάσει όλες τις κλήσεις σε ένα άλλο RU.
Call Forward on Subscriber Busy	Επιτρέπει σε ένα RU να διαβιβάσει τις κλήσεις εάν το RU είναι απασχολημένο.
Call Forward on Subscriber Not Reachable	Επιτρέπει σε ένα RU να διαβιβάσει τις κλήσεις όταν δεν είναι σε υπηρεσία ή είναι κλειστό.
Call Forward on No Reply	Επιτρέπει σε ένα RU να διαβιβάσει όλες τις αναπάντητες κλήσεις.
List Search Call	Η εισερχόμενη κλήση θα περάσει διαδοχικά από μια καθορισμένη λίστα χρηστών έως ότου απαντηθεί.
Short Number Addressing	Σύντομος σχηματισμός αριθμού
Call Waiting	Ανακοίνωση μιας εισερχόμενης κλήσης σε ένα απασχολημένο RU.
Call Hold	Επιτρέπει στον χρήστη για διακόψει την υπάρχουσα κλήση και να την αποκαταστήσει σε περίπτωση ανάγκης.
Call Completion Busy Subscriber	Η εισερχόμενη κλήση θα περιμένει έως ότου ο συνδρομητής είναι ελεύθερος πριν τον καλέσει ξανά.
Call Completion No Reply	Η εισερχόμενη κλήση θα περιμένει έως ότου ο συνδρομητής έχει κάνει μια κλήση πριν τον καλέσει ξανά.
Transfer of Control	Ο ιδρυτής μιας κλήσης ομάδας μπορεί να μεταφέρει την ιδιοκτησία σε ένα άλλο συμβαλλόμενο μέρος
Include Call	Δυνατότητα να περιληφθεί ένα RU σε μια υπάρχουσα κλήση.
Advice of charge	Πληροφορίες δαπανών κλήσης στην έναρξη, κατά τη διάρκεια ή το τέλος της κλήσης.
Call Barring	Δυνατότητα να φραχτεί μια κλήση από και προς έναν καθορισμένο χρήστη που βρίσκεται στη λίστα.
Call Retention	Δυνατότητα να αποτραπεί η κλήση να αδειάσει.

(RU = Radio Unit)

3.7 Το TETRA ανοίγει μια Νέα Παγκόσμια Αγορά

Το TETRA θα ανοίξει μια νέα παγκόσμια αγορά. Η τεχνολογία του TETRA εκπληρώνει τις απαιτήσεις μιας ευρείας ομάδας χρηστών Επαγγελματικών Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών. Η εξαιρετική διαχείριση συχνοτήτων που παρουσιάζει το TETRA στην Ευρώπη, θα οδηγήσει στη δημιουργία μιας σαφώς μεγαλύτερης αγοράς.

Ευρεία Ομάδα Χρηστών

Οι πρώτοι χρήστες που υλοποίησαν το TETRA είναι οι ευρωπαϊκές υπηρεσίες άμεσης ανάγκης, π.χ αστυνομία, πυροσβεστική, υπηρεσίες ελέγχου συνόρων

κ.τ.λ. Ωστόσο υπάρχουν τεχνικά και πολιτικά επιχειρήματα για να ενθαρρυνθεί η χρήση του TETRA. Τα υπάρχοντα δημόσια δίκτυα ασφάλειας έχουν φτάσει πλέον στο τέλος της οικονομικής διάρκειας ζωής τους, ενώ το TETRA παρέχει τα κύρια χαρακτηριστικά όπως την κρυπτογράφηση, τον άμεσο τρόπο και το γρήγορο χρόνο αποκατάστασης κλήσης, για αυτές τις υπηρεσίες.

Το TETRA είναι επίσης η ιδανική επιλογή για τα εμπορικά δίκτυα PAMR λόγω του ότι παρουσιάζουν καλύτερη απόδοση συχνοτήτων, υψηλές ταχύτητες κατά τη μεταφορά των δεδομένων και δίνουν τη δυνατότητα άριστων συνδέσεων με άλλα δίκτυα, μεταξύ των άλλων προηγμένων τεχνικών χαρακτηριστικών του.

Οι χρήστες υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης είναι περισσότερο του ενός εκατομμυρίου, μόνο στην Ευρώπη. Οι περισσότερες δυτικοευρωπαϊκές χώρες ήδη έχουν λάβει μια πολιτική απόφαση να εφαρμόσουν ένα κοινό TETRA δίκτυο για τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης τους. Τα προγράμματα για την εφαρμογή κοινών δικτύων δημόσιας ασφάλειας περιλαμβάνουν:

- **Υπουργείο Εσωτερικών UK:** 100 000 χρήστες από την αστυνομία και τη πυροσβεστική
- **Γερμανία :** 400 000 χρήστες από αστυνομία και ομάδες διάσωσης
- **Υπουργείο Εσωτερικών Ολλανδίας :** 50 000 χρήστες από την αστυνομία, πυροσβεστική και τα νοσοκομειακά αυτοκίνητα
- **Υπουργείο Εσωτερικών Βελγίου :** 40 000 χρήστες από την αστυνομία, πυροσβεστική και τα νοσοκομειακά αυτοκίνητα
- **Φιλανδία :** 50 000 χρήστες από την αστυνομία, πυροσβεστική, από ομάδες διάσωσης, φύλαξης συνόρων και από άλλες υπηρεσίες.
- Καθως και οι παρακάτω χώρες: **Αυστρία, Ελβετία, Ισπανία, Πορτογαλία, Ιταλία , Ελλάδα , Σουηδία , Νορβηγία, Ουγγαρία,**

Το 2010 εκτιμάται ότι θα υπάρχουν 10.000.000 χρήστες TETRA σε όλο τον κόσμο.

3.8 Χρήστες

Το TETRA απευθύνεται κυρίως σε:

- Παροχείς Δημόσιων Υπηρεσιών
- Οργανισμούς Δημόσιας Ασφάλειας (Αστυνομία, Νοσοκομειακά, Πυροσβεστική, Λιμενικό, Τελωνεία κ.α.)
- Μεταφορικά Μέσα (Αεροδρόμια, Σιδηροδρομικοί Σταθμοί, Αστικές Μεταφορές κ.α.)
- Εμπορικά Δίκτυα (Μεταφορικές Εταιρείες, Ταξί, Δήμοι, Βιομηχανίες, Πετρελαιοαγωγούς, Αγωγούς Φυσικού Αερίου κ.α.)

Συγκεκριμένα:

Αστυνομία: Αποστολή κινουμένων εικόνων, αφού με συμπίεση δεδομένων μπορούμε να στείλουμε εικόνα αποδεκτής ποιότητας χρησιμοποιώντας εύρος φάσματος μεγέθους 20kbits/sec.

Δεδομένου ότι το TETRA υποστηρίζει ταχύτητα 28,8 kbits/sec, υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις για αποστολή εικόνας, μέσω μιας μικρής κάμερας που μπορεί να είναι ενσωματωμένη στο τερματικό.

Έτσι μπορεί να αποσταλεί η σκηνή ενός ατυχήματος, να γίνει η αποστολή μιας εικόνας σε κάποιον αστυνομικό σε περιπολία (π.χ. για κάποιον καταζητούμενο) ή τέλος, να χρησιμοποιείται το σύστημα για έλεγχο δακτυλικών αποτυπωμάτων (μια σύλληψη π.χ. θα μπορεί να γίνεται αφού συγκριθούν τα αποτυπώματα με απλή τοποθέτηση του χεριού στο ειδικό sensor).

Το TETRA πληρεί τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Αστυνομίας

Η επιτροπή ETSI έχει διεξαγάγει εκτενή έρευνα και σύγκριση του TETRA προτύπου και των απαιτήσεων που καθορίζονται στο Schengen Telecom Group έγγραφο "Draft-Digital Radio Communications Network for Security Organisations (Tactical and Operational Requirements)". Το συμπέρασμα αυτής της έρευνας ήταν ότι τα TETRA πρότυπα ικανοποιούν αυτές τις ιδιαίτερες απαιτήσεις, με μικρή εξαίρεση την διατεματική καθυστέρηση η οποία είναι κατά 15 msec μεγαλύτερη από την επιθυμητή (ασήμαντα μικρό ποσοστό).

Αλλά και διάφορες ευρωπαϊκές αρχές έχουν μελετήσει και συγκρίνει τις δυνατότητες των διαθέσιμων τεχνολογιών. Το συμπέρασμα είναι ότι η TETRA τεχνολογία υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις της ευρωπαϊκής αστυνομίας. Επιπλέον, το TETRA είναι το μόνο εγκεκριμένο ψηφιακό πρότυπο ζεύξεων που συστήνεται από τον ETSI. Η εμφάνιση άλλων ανταγωνιστικών προτύπων είναι ιδιαίτερα απίθανη, από την στιγμή που ο ETSI δεν θα δεχθεί διαφορετικά πρότυπα με τον ίδιο σκοπό

Σιδηρόδρομοι: Η πίεση για καλύτερη απόδοση των σιδηροδρόμων, οδήγησε στην εισαγωγή ηλεκτρονικού - σιδηροδρομικού συστήματος ελέγχου (ETCS), που θα βελτιώσει το σύστημα σηματοδότησης και θα βοηθήσει τη διεξαγωγή περισσότερων δρομολογίων στις περιοχές με μεγάλη κίνηση. Το ICU, το ευρωπαϊκό όργανο που ασχολείται με τα θέματα των σιδηροδρόμων, στην προσπάθειά του να λύσει το πρόβλημα, απευθύνθηκε στο GSM που μελλοντικά θα κάλυπτε τις ανάγκες με το πρόγραμμα GSM-R (Railway). Με την εισαγωγή του TETRA τα πράγματα αλλάζουν, καθώς το ICU οραματίζεται ένα σύστημα που θα καλύψει τις ανάγκες του μέχρι την πιο μικρή λεπτομέρεια και αυτό γιατί υποστηρίζει κατευθείαν επικοινωνία με άλλα τερματικά, γεγονός που προσφέρει αξιοπιστία όταν το δίκτυο είναι εκτός λειτουργίας, μεγαλύτερες ταχύτητες ώστε να προλαβαίνει τις γρήγορες αλλαγές σε πολυσύχναστα μέρη, αποθήκευση εικόνας και πολλές πρόσθετες εφαρμογές, όπως υπηρεσίες ενημέρωσης ταξιδιωτών

κ.ά.
Σύντομα όμως αναμένεται να αναπτυχθούν και άλλες εφαρμογές στο TETRA, όπως η εύρεση θέσης οχήματος (vehicle location) με τη βοήθεια GPS, έτσι ώστε να γίνεται εντοπισμός π.χ. ενός πυροσβεστικού στο δάσος και να συντονίζεται η κίνησή του χωρίς να απαιτείται οπτική επαφή π.χ. με ελικόπτερο.



Σχήμα 17. Χώρες που χρησιμοποιούν το TETRA

Οι πρώτες εφαρμογές TETRA επομένως είναι δίκτυα ευρείας περιοχής, τυπικά πανεθνικά. Κατά τη διάρκεια των επόμενων ετών, η TETRA αγορά προβλέπεται να επεκταθεί σε δύο διαστάσεις:

- επέκταση τμήματος χρηστών
- γεωγραφική επέκταση

Από την πλευρά των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης και τα εμπορικά δίκτυα, το TETRA φαίνεται ότι θα προχωρήσει και σε άλλες αγορές Επαγγελματικών Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών, όπως οι σιδηρόδρομοι και η βιομηχανία. Επιπλέον πολλοί παραδοσιακοί χρήστες δικτύων PMR που έχουν στηριχθεί προηγουμένως μόνο στο δίκτυό τους, μπορούν επιτέλους να αποφασίσουν να το ενοποιήσουν με ένα εμπορικό TETRA δίκτυο και να αποφύγουν τις δαπάνες δημιουργίας της υποδομής. Οι εικονικές δυνατότητες δικτύωσης μέσα στα TETRA δίκτυα, δίνουν αυτή την προαιρετική δυνατότητα.

Μια παρόμοια γενική τάση προβλέπεται επίσης για το TETRA, όπως ακριβώς έγινε και για το GSM. Οι ταχέως αναπτυσσόμενες ασιατικές αγορές υιοθέτησαν σύντομα αυτά τα αναδυόμενα ανοικτά πρότυπα και συνέβαλαν στο να τα κάνουν γενικά *de facto* πρότυπα σε όλα τα μέρη του κόσμου (αποκλείοντας τη Βόρεια Αμερική και την Ιαπωνία). Το μεγάλο ενδιαφέρον για την ανοικτή πρότυπη ψηφιακή ζεύξη έχει εκφραστεί επίσης και από την Νότια Αμερική.

3.9 Συχνότητες TETRA

Η Βορειοατλαντική συμμαχία (NATO) έχει παραχωρήσει 20 MHz των ραδιοσυχνοτήτων στην Ευρώπη για τις έκτακτες ανάγκες και τις δημόσιες υπηρεσίες ασφάλειας. Αυτή η ζώνη συχνοτήτων βρίσκεται μεταξύ 380 - 400

MHz. Οι εθνικές αρχές έχουν δεσμεύσει δύο σετ των 5 MHz για κάθε μια σε αυτήν την ζώνη των 20 MHz για τα δημόσια δίκτυα ασφάλειας TETRA. Λόγω της κοινής συχνότητας, μια μεγάλη αγορά για τα TETRA προϊόντα θα δημιουργηθεί εξασφαλίζοντας τον ανεφοδιασμό προϊόντων και τις ανταγωνιστικές τιμές.

Οι ευρωπαϊκές εθνικές αρχές έχουν αρχίσει να καταχωρούν συχνότητες για το εμπορικό TETRA. Διάφορα σχέδια υπάρχουν για να εφαρμόσουν τα εμπορικά TETRA δίκτυα, που αρχίζουν στη ζώνη συχνότητας 410-430 MHz. Το Ηνωμένο Βασίλειο της Αγγλίας έχει δώσει ήδη δύο άδειες για να ενεργοποιήσει τα εμπορικά δίκτυα TETRA σε αυτήν την ζώνη.

Άλλες συχνότητες για αυτές τις TETRA εμπορικές εφαρμογές στην Ευρώπη, βρίσκονται στις ακόλουθες ζώνες :

450-460 / 460-470 MHz

870-876 / 915-921 MHz.

Τα οφέλη χρήσης ενός συστήματος TETRA περιλαμβάνουν:

- Ενοποιημένες υπηρεσίες φωνής και δεδομένων
- Ωφέλιμη χρήση φάσματος
- Αρμονική χρήση φάσματος στην Ε.Ε.
- Υψηλή χωρητικότητα δεδομένων κατ' απαίτηση
- Εξαιρετική ηχητική ποιότητα
- Παγκόσμια αποδοχή
- Πληθώρα προμηθευτών
- Ιδεατά Ιδιωτικά Δίκτυα
- Έμφυτη ασφάλεια
- Αμεσότροπη λειτουργία

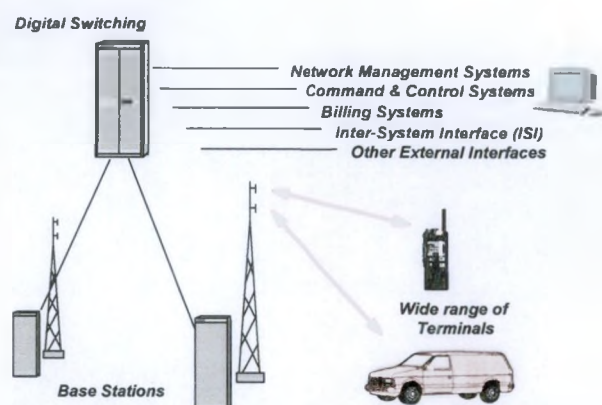
Το TETRA παρέχει αφθονία εφαρμογών, βασισμένες στους μηχανισμούς μεταφοράς βραχέων δεδομένων (SDS) και δεδομένων IP (PD), όπως Αυτόματο Εντοπισμό και Διαχείριση Στόλου Οχημάτων με την ταυτόχρονη χρήση GPS, Ασύρματη Πρόσβαση σε Βάσεις Δεδομένων, Ασύρματο Internet, εφαρμογές SCADA, που ήδη εφαρμόζονται και χρησιμοποιούνται από τους περισσότερους διαχειριστές δικτύων TETRA.

Το TETRA είναι το μοναδικό πρότυπο του ETSI για ψηφιακές συγκαναλικές ραδιοεπικοινωνίες. Ικανοποιεί και τις πιο απαιτητικές ανάγκες διαλειτουργικότητας του χρήστη, σε ένα πραγματικά αυτόνομο περιβάλλον αρκετών κατασκευαστών τερματικών και υποδομής δικτύου με πολλαπλά οφέλη τόσο για το χρήστη όσο και για την ανάπτυξη και ωρίμανση της τεχνολογίας.

3.10 Μεγάλη Ποικιλία Κατασκευαστών και Προϊόντων

Όλοι οι σημαντικοί κατασκευαστές συνεισφέρουν στην ανάπτυξη TETRA και των προϊόντων του. Οι περισσότεροι κατασκευαστές έχουν παρουσιάσει ήδη το λειτουργικό εξοπλισμό στις διεθνείς εκθέσεις τηλεπικοινωνιών.

Τα τυπικά προϊόντα της υποδομής του δικτύου θα αποτελούνται από τις ψηφιακά κινητά κέντρα και τους σταθμούς βάσης. Μερικοί κατασκευαστές επίσης, ίσως χρησιμοποιήσουν ξεχωριστούς ελεγκτές σταθμών βάσης. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, τα πρότυπα δεν καθοδηγούν την κατασκευή και την αρχιτεκτονική της υποδομής δικτύων



Manufacturer:	TETRA Products:			
Cleartone	Τερματικά			
ICOM	Τερματικά			
Kenwood	Τερματικά			
Marconi Instruments				Δοκιμή Εξοπλισμού
Maxon	Τερματικά			
Motorola	Τερματικά	Υποδομή	Κονσόλες	
Nokia	Τερματικά	Υποδομή	Κονσόλες	
OTE	Τερματικά	Υποδομή	Κονσόλες	
Rhode & Schwarz		Υποδομή	Κονσόλες	Δοκιμή Εξοπλισμού
Simoco / Frequentis	Τερματικά	Υποδομή	Κονσόλες	
Tait	Τερματικά	Υποδομή	Κονσόλες	

Οι κονσόλες αποστολών θα είναι μια σημαντική ομάδα των προϊόντων του εξοπλισμού υποδομής. Ειδικά οι χρήστες υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης θα απαιτήσουν πιο περίπλοκες λύσεις αποστολής, που ενσωματώνονται επίσης με τα διοικητικά συστήματα εντολής και ελέγχου. Οι διοικητικοί τερματικοί σταθμοί δικτύων θα διευκολύνουν τη διαχείριση των μεγάλων δικτύων. Τα συστήματα τιμολόγησης θα αναπτυχθούν για τα εμπορικά δίκτυα TETRA.

Θα υπάρξουν διάφοροι κατασκευαστές, που μπορούν να προσφέρουν τις ολοκληρωμένες λύσεις, συμπεριλαμβανομένης της υποδομής και των τερματικών. Μερικοί κατασκευαστές θα επικεντρωθούν στις εφαρμογές τερματικού εξοπλισμού ή στις εφαρμογές δεδομένων.

Οι περισσότεροι κατασκευαστές έχουν ήδη ξεκινήσει με τα πρώτα προϊόντα τους διαθέσιμα από το 1997. Είναι γενικά προϊόντα, αλλά ιδιαίτερα κατάλληλα για τα δημόσια δίκτυα αρχών ασφάλειας και λειτουργούν στη ζώνη συχνότητας 380 - 400 MHz. Τα προϊόντα για την ζώνη συχνότητας 410 - 430 MHz βγήκαν στην παραγωγή με την έναρξη του 1998.

Λόγω του ανταγωνισμού, η τιμή αγοράς της υποδομής και των τερματικών από την αρχή θα είναι μικρότερη από τα αντίστοιχα των ιδιόκτητων ψηφιακών συστημάτων ζεύξεων.

3.11 Λειτουργική Ακεραιότητα Εγγυημένη από επικυρωμένες διαδικασίες

Η δοκιμή προσαρμογής εξασφαλίζει συμβατότητα στα πρότυπα, ήδη από τη φάση ανάπτυξης των προϊόντων. Ένα ουσιαστικό μέρος της ανάπτυξης των TETRA προτύπων, είναι ο καθορισμός των προδιαγραφών δοκιμής προσαρμογής. Δημοσιεύονται ως τμήμα των προτύπων σε μια επίσημη γλώσσα, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα για να ελέγξει τα αυτοματοποιημένα συστήματα δοκιμής. Η δημοσίευση των προδιαγραφών δοκιμής προσαρμογής σε μια επίσημη γλώσσα και ως υποχρεωτικό μέρος των προτύπων εξασφαλίζει, ότι τα αποτελέσματα της δοκιμής επί των διαφορετικών τύπων δοκιμής είναι συνεπή.

Η λειτουργική συνοχή των TETRA προτύπων ελέγχεται σε ένα σύνολο δοκιμών και δοκιμές στον εξοπλισμό από διαφορετικούς κατασκευαστές. Αυτό είναι ένα από τα σημαντικότερα βήματα στη επικύρωση των TETRA προτύπων και διεξάγονται στη Δανία από τον δανέζικο TETRA συνεταιρισμό.

Για να εξασφαλιστεί η συμβατότητα του TETRA εξοπλισμού από τις διαφορετικές πηγές πρέπει να υπάρξουν καλά καθορισμένες διαδικασίες και κανόνες. Η MoU αναπτύσσει αυτές τις διαδικασίες και τον εξοπλισμό. Υπάρχουν περισσότερα από ένα κέντρα δοκιμής, τα οποία εξουσιοδοτούνται για να κάνουν τις δοκιμές έγκρισης τύπων για τον TETRA εξοπλισμό και ένα από αυτά τα κέντρα δοκιμής είναι το TeleDanmark, το οποίο κάνει επίσης τις δοκιμές έγκρισης τύπων για το GSM.

Αυτά τα μέτρα που λαμβάνονται εξασφαλίζουν, ότι όταν έρχονται τα TETRA προϊόντα στη αγορά, η διαλειτουργικότητά τους έχει ήδη κατάλληλα εξεταστεί και πιστοποιείται, ότι οι πελάτες δεν θα διατρέξουν οποιοδήποτε κίνδυνο. Οι ακριβείς διαδικασίες έγκρισης τύπων είναι ένα πλεονέκτημα των ανοικτών συστημάτων έναντι των ιδιόκτητων λύσεων, οι οποίες εξετάζονται τυπικά στα συστήματα πελατών.

Ένα πρακτικό παράδειγμα σπουδαιότητας των διαδικασιών έγκρισης τύπων είναι οι δοκιμές έγκρισης τύπων που γίνονται στα συστήματα ζεύξεων MPT, τα οποία ανίχνευσαν πράγματι πολλά σφάλματα σε όλο τον δοκιμαζόμενο εξοπλισμό.

3.12 Το TETRA συμπληρώνει το GSM

Το TETRA δεν προορίζεται να ανταγωνιστεί το GSM ή οποιοσδήποτε άλλες κυτταρικές τεχνολογίες -αφού γίνονται σαφώς για διαφορετικούς λόγους. Το TETRA σχεδιάζεται για τις επαγγελματικές κινητές ραδιο εφαρμογές και το GSM σχεδιάζεται για τη δημόσια κυτταρική τηλεφωνία. Αν και αυτές οι εφαρμογές μπορούν περιστασιακά να επικαλυπτούν, υπάρχει μια θεμελιώδης διαφορά στις απαιτήσεις.

Έχουν υπάρξει προτάσεις να προστεθεί η λειτουργία PRM-τύπων στα πρότυπα GSM για να επεκτείνουν την αγορά GSM προς τους επαγγελματικούς ραδιο χρήστες - ειδικά για τις εφαρμογές σιδηροδρόμων. Είναι πιθανό, ότι το GSM κάποια ημέρα θα περιέχει κάποια χαρακτηριστικά γνωρίσματα, αλλά αυτά θα είναι μακριά από τις επαγγελματικές κινητές ραδιο-απαιτήσεις. Δεν θα είναι δυνατό να εφαρμοστεί η άμεση λειτουργία τρόπου, η γρήγορη αποκατάσταση κλήσης ή τα κατάλληλα semi-duplex χαρακτηριστικά γνωρίσματα επικοινωνιών ομάδας στα σημερινά δίκτυα GSM.

Η τροποποίηση των προτύπων και των συστημάτων GSM σε ένα PRM προϊόν έχει μελετηθεί από πολλούς κατασκευαστές. Το αποτέλεσμα ήταν σαφώς ότι αυτό το είδος των τροποποιήσεων βαθιά μέσα στον πυρήνα της παρούσας αρχιτεκτονικής GSM θα ήταν πάρα πολύ ακριβό, χρονοβόρο και επικίνδυνο να εφαρμοστεί. Μπορούμε σχετικά εύκολα να προβλέψουμε ότι το συμφέρον των παρόντων χειριστών GSM για την εφαρμογή αυτών των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων θα μειωθεί σημαντικά, όσο θα αποκαλύπτονται οι κίνδυνοι και οι δαπάνες που περιλαμβάνονται στην εφαρμογή αυτών των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων στα υπάρχοντα δίκτυα.

Η αναμενόμενη δυναμική της αγοράς για τα Professional Mobile Radio (επαγγελματικά κινητά ραδιο) χαρακτηριστικά γνωρίσματα στο GSM είναι πάρα πολύ μικρή για τους μεγάλους κατασκευαστές κυτταρικής τηλεφωνίας, οι οποίοι διαθέτουν παραγωγική ικανότητα που θα μπορούσε να καλύψει το σύνολο της ευρωπαϊκή αγοράς των 5 επόμενων ετών μέσα σε μερικές ημέρες.

Η αναμενόμενη αγορά παραδείγματος χάριν στον τομέα των σιδηροδρόμων είναι μάλλον πάρα πολύ μικρή συγκρινόμενη με τη τεράστια αγορά του GSM. Οι σοβαροί προμηθευτές υποδομής GSM δεν έχουν λόγο να ενδιαφέρονται για την ανάπτυξη Professional Mobile Radio εφαρμογών.

Το TETRA είναι σαφώς μια ανώτερη πλατφόρμα για τις ψηφιακές επαγγελματικές κινητές ραδιο-εφαρμογές.

3.13 Κοινά χαρακτηριστικά με το GSM

Το TETRA εκτός από τις υπηρεσίες που μοιάζουν με αυτές του GSM, διαθέτει και πολλά άλλα κοινά χαρακτηριστικά όπως:

- Πλήρη ραδιοκάλυψη
- Κυψελοειδή δομή δικτύου
- Αυτόματο εντοπισμό τερματικού
- Ασφάλεια επικοινωνίας με τη χρήση εξελιγμένων αλγόριθμων κρυπτογράφησης

- Παράλληλη διαβίβαση φωνής και δεδομένων
- Ανοικτή αρχιτεκτονική. Η λειτουργία του στηρίζεται εξ ολοκλήρου σε λογισμικό (software), με αποτέλεσμα να δέχεται αναβαθμίσεις και προσαρμογές

3.14 Αναφορές στον ETSI

Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα TETRA πρότυπα μπορούν να βρεθούν από τα ακόλουθα ευρωπαϊκά πρότυπα τηλεπικοινωνιών:

TETRA Voice Plus Data		ETS 300 392
Part 1:	General network design	
Part 2:	Air Interface	
Part 3:	Inter-working	
Part 4:	Gateways	
Part 5:	Terminal equipment interface	
Part 6:	Line connected stations	
Part 7:	Security	
Part 8:	Network management services	
Part 9:	Performance objectives	
Part 10:	Supplementary services stage 1	
Part 11:	Supplementary services stage 2	
Part 12:	Supplementary services stage 3	
Part 13:	SDL model for air interface	
Part 14:	PICS Proforma	
Part 15:	Interworking - extended operations	
Part 16:	Gateways for supplementary services	

TETRA Packet Data Optimised		ETS 300 393
Part 1:	General network design	
Part 2:	Air Interface	
Part 3:	Inter-working	
Part 4:	Gateways	
Part 5:	Terminal equipment interface	
Part 6:	Line connected stations	
Part 7:	Security	
Part 8:	Network management services	
Part 9:	Performance objectives	
Part 10:	SDL model for air interface	
Part 11:	PICS Proforma	
TETRA Conformance Testing		ETS 300 394
Part 1:	Radio conformance testing	
Part 2:	Protocol conformance testing - voice + data	

TETRA Codec		ETS 300 395
Part 1:	General description of speech functions	
Part 2:	Codec	
Part 3:	Specific operational features	

Part 4:	Codec conformance testing	
TETRA Direct Mode		ETS 300 396
Part 1:	General network design	
Part 2:	Direct MS - MS air interface - radio aspects	
Part 3:	Repeater	
Part 4:	Gateway	
Part 5:	Security	

3.15 Γλωσσάρι Όρων

ACELP	Adaptive Code Excited Linear Predictive, the voice codec used in TETRA.
DMO	Direct Mode Operation, the signalling standard for direct terminal to terminal calls
□ /4 DQPSK	Digital Quadrative Phase Shift Keying, the modulation method used in TETRA.
ISDN	Integrated Serviced Digital Network
ISI	Inter-System Interface, the standard interface between two TETRA networks.
LAN/WAN	Local/Wide Area Network
MPT 1327	Ministry of Posts & Telecommunications (UK), the defacto signalling standard for analogue trunking.
PABX	Private Automatic Branch Exchange
PAMR	Public Access Mobile Radio
PMR	Professional Mobile Radio or Private Mobile Radio
PSTN	Public Switched Telephone Network
TDMA	Time Division Multiple Access
TEI	Terminal Equipment Interface, the standard data interface in TETRA terminal equipment.
TETRA	Trans-European Trunked RAdio, the ETSI standard for digital trunking.

Κεφάλαιο 4

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

4.1 Εισαγωγή

Ο καιρός που οι συνδρομητές της κινητής τηλεφωνίας θα γνέφουν ο ένας στον άλλο μέσα από τις έγχρωμες οθόνες των κινητών τηλεφώνων τους, σε πραγματικό χρόνο, έχει φτάσει. Η επανάσταση των κινητών τηλεφώνων τρίτης γενιάς (3G) έφτασε ήδη και στην Ελλάδα.

Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις των χρηστών για προηγμένες υπηρεσίες και μεγαλύτερες ταχύτητες πρόσβασης οδήγησαν τους σημαντικότερους διεθνείς τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς τυποποίησης (ITU - International Telecommunications Union και ETSI - European Telecommunications Standards Institute) στις αρχές της δεκαετίας του 1990, στην έναρξη του σχεδιασμού των δικτύων τρίτης γενιάς (3G). Η ITU αναφέρεται στα δίκτυα αυτά με την ονομασία IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000), ενώ η ETSI με την ονομασία UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

Βασικός στόχος των δικτύων αυτών είναι να προσφέρουν στο χρήστη ταχύτητες μέχρι 2Mbps ώστε να του δώσουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει εφαρμογές που μέχρι τώρα, λόγω κυρίως της περιορισμένης ταχύτητας, ήταν αδύνατο να προσφερθούν (π.χ., γρήγορη πρόσβαση στο διαδίκτυο, τηλεδιάσκεψη, κ.α.).

Προβλέπεται έτσι ότι οι κινητές τηλεπικοινωνίες θα εμπλουτιστούν με ενοποιημένες υπηρεσίες πολυμέσων, οι οποίες θα συνδυάζουν όλα ή κάποια από τα παρακάτω πολυμέσα:

- ◆ *Ήχο:* ομιλία, μουσική, κλπ.
- ◆ *Γραφικά:* στατικά ή κινούμενα (animation).
- ◆ *Εικόνες:* φωτογραφίες ή video.
- ◆ *Κείμενο*
- ◆ *Δεδομένα:* αρχεία ηλεκτρονικών υπολογιστών

Αυτές οι υπηρεσίες πιστεύεται ότι θα αποτελέσουν κίνητρα για τη χρήση του συστήματος UMTS. Η χρήση της ίδιας τεχνολογίας (δηλ. των υπηρεσιών IP) σε δίκτυα σταθερών και σε κινητών τηλεπικοινωνιών, διευκολύνει τη συνεργασία καθώς και τη διαδικασία ενοποίησης αυτών των τύπων δικτύου· παράλληλα, η διαδικασία ανάπτυξης και δημιουργίας καινούργιων υπηρεσιών παρέχεται με έναν συνεπή και αμετάβλητο τρόπο, ανεξάρτητο από τον τύπο του χρησιμοποιούμενου δικτύου.

Ωστόσο, ο δρόμος για την κυριαρχία των υπηρεσιών 3G στην ελληνική αγορά, όπως και στο εξωτερικό, αναμένεται να είναι μακρύς και δύσκολος. Τα νέα κινητά τηλέφωνα τρίτης γενιάς είναι συνδυασμός τηλεφώνου και υπολογιστή παλάμης. Διαθέτουν ενσωματωμένες ή ξεχωριστές βιντεοκάμερες, έγχρωμες οθόνες, πληκτρολόγια ή επιφάνειες αφής.

Οι συγκεκριμένες υπηρεσίες αναμένονταν νωρίτερα. Όμως, καθυστέρησαν λόγω των τεχνικών προβλημάτων που παρουσιάστηκαν σε παγκόσμιο επίπεδο, και αφορούσαν κυρίως τη σταθερότητα και την ποιότητα των δικτύων τρίτης γενιάς, αλλά και την παραγωγή και διάθεση κατάλληλων συσκευών τηλεφώνων.

Τα πρώτα κινητά τηλέφωνα τρίτης γενιάς χρησιμοποιούνται ήδη δοκιμαστικά από περιορισμένο αριθμό συνδρομητών των εταιρειών κινητής τηλεφωνίας, που έχουν εξασφαλίσει τις άδειες για την ανάπτυξη αντίστοιχων δικτύων στην Ελλάδα (TIM, Vodafone, CosmOTE).

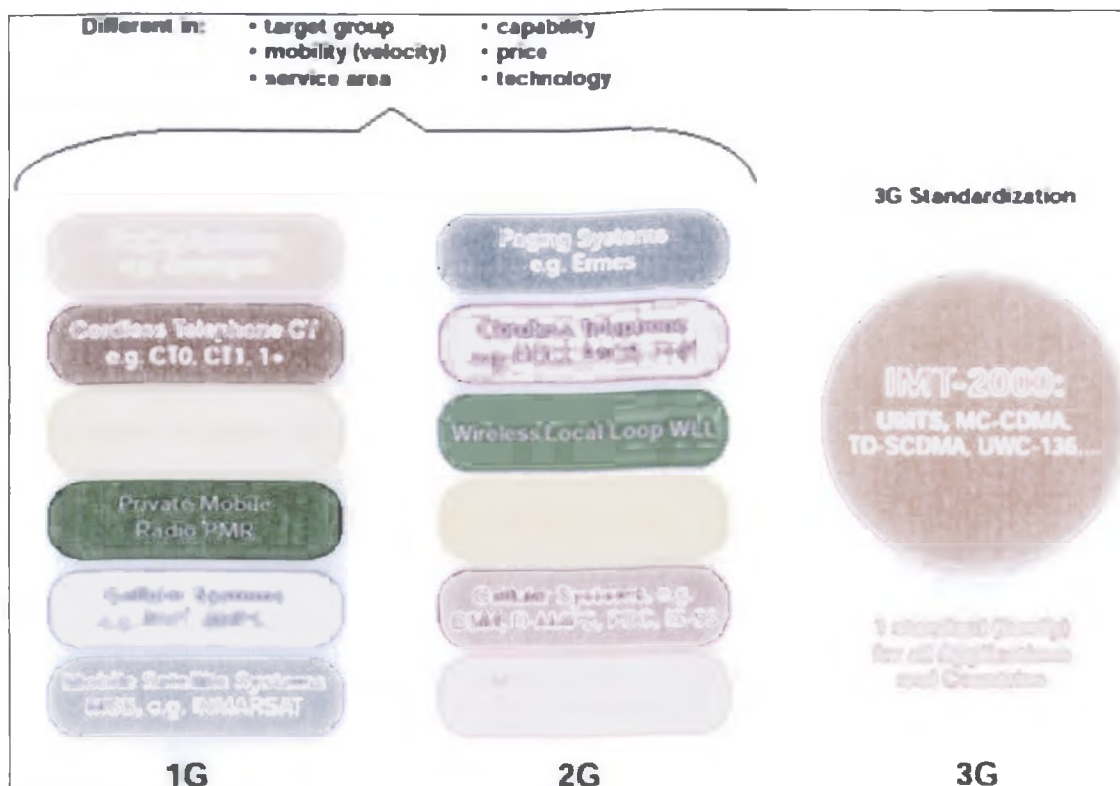
Πρόκειται για την ανάπτυξη δικτύων με τη νέα τεχνολογία UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) που έχει φέρει τα πάνω-κάτω στον χώρο των ασύρματων τηλεπικοινωνιών. Αρκεί να φανταστεί κανείς μία βιντεοκάμερα, έναν υπολογιστή κι ένα ραδιόφωνο όλα μαζί ενσωματωμένα στο κινητό του τηλέφωνο.

Με το UMTS θα υπάρξει σύγκλιση των τεχνολογιών της σταθερής και της κινητής τηλεφωνίας, του internet και της τηλεόρασης. Η κινητή τηλεφωνία τρίτης γενιάς (3G) θα προσφέρει υπηρεσίες χαμηλού κόστους, υψηλής ποιότητας και δυνατοτήτων, ενώ η φράση «δεν έχω σήμα» θα περάσει στην ιστορία.

Όπως έχει προαναφερθεί, το UMTS είναι ένα τρίτης γενιάς ασύρματο σύστημα που σχεδιάστηκε για να προσφέρει ανεπτυγμένες υπηρεσίες σε συνδρομητές. Η προτυποποίηση του UMTS έχει περάσει από δυο φάσεις. Η πρώτη φάση είναι γνωστή σαν Έκδοση 99 (Release 99). Το επόμενο βήμα της προτυποποίησης είναι η Έκδοση 00 (Release 00). Όμως λόγω του μεγάλου αριθμού των αλλαγών που είχαν προταθεί, είχε αργότερα χωριστεί σε δυο ξεχωριστές εκδόσεις: Έκδοση 4 (Release 4) και Έκδοση 5 (Release 5).

Οι τεχνικές δυσκολίες και μειονεκτήματα των κινητών δικτύων συνεχώς μειώνονται λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων. Τα τρίτης γενιάς συστήματα κινητής επικοινωνίας δημιουργούν μια προοπτική εντελώς καινούργιων υπηρεσιών. Όλοι οι περιορισμοί των τεχνολογιών δεύτερης γενιάς έχουν ξεπεραστούν. Οι περιορισμοί αυτοί είναι κυρίως οι δυσκολίες που συναντιόνται στην ανάπτυξη ικανοποιητικών υπηρεσιών, για τις ακόλουθες εφαρμογές σε κινητά δίκτυα:

- ηλεκτρονικού ταχυδρομείου,
- πλοήγησης δικτύου,
- συνεταιρικής τοπικής πρόσβασης δικτύου (corporate local network access),
- τηλεσυνέδριων,
- ηλεκτρονικού εμπορίου,
- πολυμέσων συμπεριλαμβανομένου και διάφορων άλλων εφαρμογών.



Σχήμα 18. Η εξέλιξη από συστήματα πρώτης και δεύτερη γενεάς στο UMTS.

Ο χρήστης του UMTS μπορεί να διεξάγει όλες τις επικοινωνιακές δραστηριότητες από μια κινητή πλατφόρμα και να λαμβάνει παρόμοιες υπηρεσίες ανεξάρτητα από την τοποθεσία και το περιβάλλον του. Η μελλοντική κινητή επικοινωνία που καθίσταται δυνατή από το UMTS, θα συνδυάζει προσωπική επικοινωνία με παγκόσμιες υπηρεσίες. Αυτό γίνεται υλοποιήσιμο με τη βοήθεια των δορυφόρων.

Μια πραγματικά παγκόσμια επικοινωνία δεν μπορεί να γίνει δυνατή χωρίς δορυφορική σύνδεση. Έτσι έγινε πρόνοια για δορυφορική σύνδεση στο UMTS για να συμπληρωθεί το γήινο τμήμα του δικτύου. Με το Satellite UMTS να συμπληρώνει την γήινη κάλυψη του UMTS, καθίσταται δυνατή μια παγκόσμια και κινητή επικοινωνία.

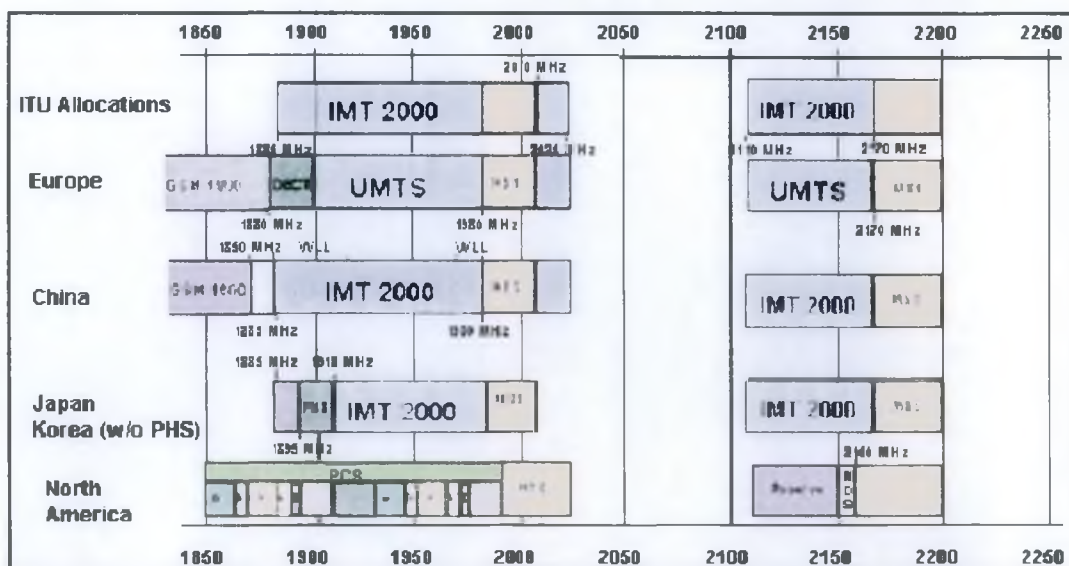
Με λίγα λόγια, το UMTS είναι ένα σύστημα κινητής επικοινωνίας με πολλές λειτουργίες, εφαρμογές και υπηρεσίες που παρέχει προσωπικές επικοινωνίες από 144 kbps μέχρι 2Mbps, προσφέρει παγκόσμια κάλυψη και υπηρεσίες πολυμέσων ευρείας ζώνης.

4.2 Φάσμα για το UMTS

UMTS, IMT-2000

Τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών τρίτης γενιάς βρίσκονται ήδη στο προσκήνιο. Σε χώρες όπως η Μεγάλη Βρετανία και η Ιαπωνία έχουν ολοκληρωθεί πλήρως οι πιλοτικές δοκιμές και ήδη έχει αρχίσει η εμπορική λειτουργία των συστημάτων G3. Στην κατηγορία αυτή ανήκει το ευρωπαϊκό σύστημα UMTS και το αντίστοιχο αμερικάνικο IMT-2000. Η τεχνολογία των δικτύων αυτών αναμένεται να φέρει επανάσταση στον χώρο των κινητών επικοινωνιών. Ειδικότερα, υπηρεσίες πολυμέσων όπως το εικονοτηλέφωνο και η τηλε-εργασία θα μπορέσουν να γίνουν πραγματικότητα χάρη στους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων αυτών των συστημάτων. Οι τελευταίοι αναμένεται να φτάσουν τα 2Mbps για ακίνητους συνδρομητές και τα 284Kbps για ταχύς κινούμενους.

Το φάσμα συχνοτήτων αυτών των δικτύων έχει ήδη καθορισθεί σε Ηνωμένες Πολιτείες, Ευρώπη, Ιαπωνία και Κινά. Στο ακόλουθο σχήμα δίνονται σχηματικά τα όρια του φάσματος στις διάφορες ηπείρους τόσο για το UMTS όσο και για το IMT-2000.



Σχήμα 19. Δεσμευμένο φάσμα για τα δίκτυα UMTS, IMT2000, GSM1800

Το 1992, το παγκόσμιο συνέδριο ραδιοφώνου αναγνώρισε τις μπάντες συχνοτήτων 1885-2025 MHz και 2110-2200 MHz για τα μελλοντικά IMT-2000 συστήματα. Από αυτές οι μπάντες 1980-2010 MHz και 2170-2200 MHz σχεδιάζεται να χρησιμοποιηθούν για το δορυφορικό κομμάτι αυτών των μελλοντικών συστημάτων.

Η Ευρώπη κι η Ιαπωνία έχουν αποφασίσει να υλοποιήσουν το επίγειο κομμάτι των UMTS στα ζευγάρια μπαντών 1920-1980 MHz και 2110-2170 MHz.

4.3 Τι προσφέρει το σύστημα UMTS

1. Ευκολία στη χρήση και χαμηλό κόστος

Οι πελάτες πάνω από όλα θέλουν χρήσιμες υπηρεσίες, εύκολα στη χρήση τερματικά και υπηρεσίες σε χαμηλό κόστος. Αυτό σημαίνει ότι το UMTS θα προσφέρει:

- Υπηρεσίες που είναι εύκολες να χρησιμοποιηθούν με σκοπό να απευθύνονται στις ατομικές ανάγκες των χρηστών και προτιμήσεις τους.
- Τερματικά κι άλλος εξοπλισμός για «προσωπείο του πελάτη» που θα επιτρέπει εύκολη πρόσβαση σ' αυτές τις υπηρεσίες.
- Τα κόστη του χρήστη για την υπηρεσία του UMTS να είναι αρκετά χαμηλά ώστε να πραγματοποιηθεί μια μαζική αγορά τερματικών UMTS. Αυτό θα βοηθήσει στην ανταγωνιστικότητα μεταξύ των εταιριών που προσφέρουν αυτές τις υπηρεσίες.

2. Καινούριες και καλύτερες υπηρεσίες

Οι μελέτες της αγοράς δείχνουν ότι η ομιλία θα παραμείνει η επικρατέστερη υπηρεσία και το 2005 για τα υπάρχοντα σταθερά και κινητά δίκτυα τηλεφώνων, περιλαμβανομένου του GSM. Οι χρήστες θα απαιτούν χαμηλού κόστους υψηλής ποιότητας ομιλία από το UMTS, αν κι η ευκαιρία για αυξημένα έσοδα πάνω στα σημερινά συστήματα θα έρθουν από την παροχή προχωρημένων υπηρεσιών δεδομένων και πληροφοριών. Στο μέλλον, οι προβλέψεις της βιομηχανίας για το UMTS δείχνουν μια δυνατή αναπτυσσόμενη βάση συνδρομητών για υπηρεσίες πολυμέσων στο έτος 2010.

3. Γρήγορη πρόσβαση

Ένας παράγοντας που θέτει το UMTS καθαρά πάνω από τα κινητά συστήματα δεύτερης γενιάς είναι η δυνατότητα του να υποστηρίξει ρυθμούς δεδομένων στα 2 Mbit/sec για τους χρήστες από την αρχή. Η ικανότητα τους αυτή, μαζί με την υποστήριξη πρόσβασης στο internet από το UMTS, είναι ένας δυνατός συνδυασμός για να παραδώσει αλληλεπιδρόμενες υπηρεσίες πολυμέσων όπως κι άλλες καινούριες εφαρμογές όπως η βίντεο-τηλεφωνία και η βίντεο-συνδιάσκεψη.

Καθώς η απαίτηση του χρήστη για ρυθμούς δεδομένων αυξάνεται στο μέλλον, το UMTS θα αναπτυχθεί για να υποστηρίξει ακόμα υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων, ίσως και μια ή δυο τάξεις μεγέθους μεγαλύτεροι.

Σε αργότερες φάσεις της ανάπτυξης του UMTS θα υπάρξει μια σύγκλιση με συστήματα με ακόμα μεγαλύτερους ρυθμούς δεδομένων χρησιμοποιώντας κινητές ασύρματες LAN τεχνολογίες παρέχοντας ρυθμούς δεδομένων όπως για παράδειγμα 155 Mbit/s σε εσωτερικά περιβάλλοντα.

4. Μετάδοση πακέτων και ρυθμοί δεδομένων κατά απαίτηση

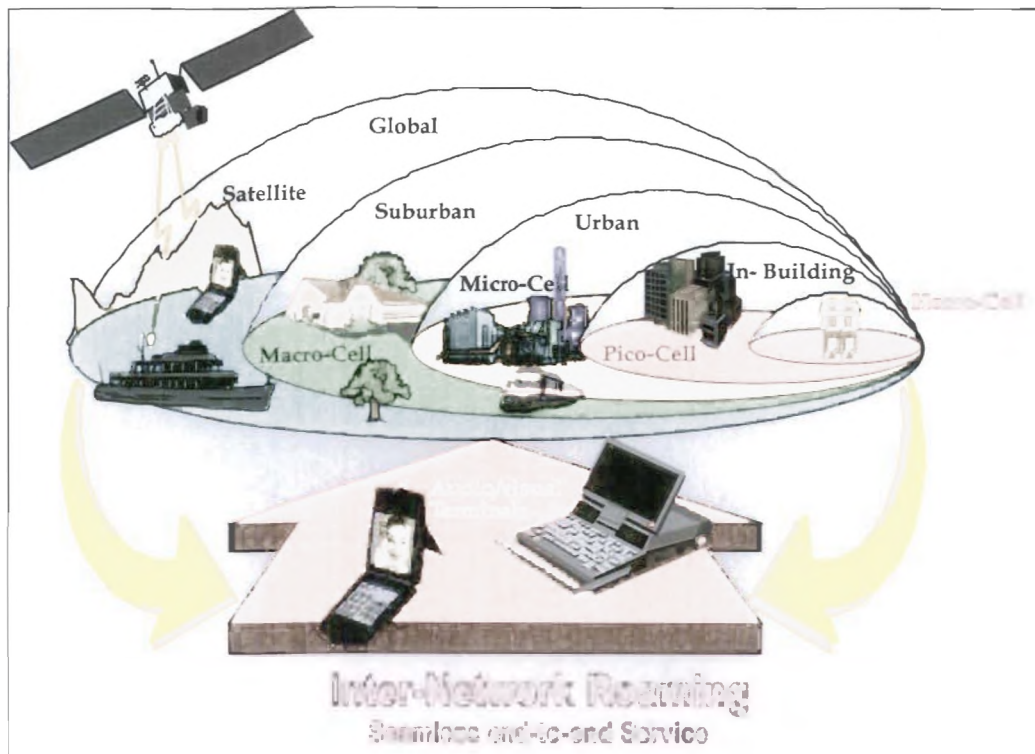
Τα περισσότερα κυψελοειδή συστήματα που βρίσκονται στη χρήση σήμερα χρησιμοποιούν την τεχνολογία της μεταγωγής κυκλώματος για τη ασύρματη μετάδοση δεδομένων, αν και, το UMTS ολοκληρώνει (συνδυάζει) τη μετάδοση δεδομένων με μεταγωγή κυκλώματος και πακέτου. Δεδομένα σε πακέτα πάνω από τον αέρα δίνει πολλά πλεονεκτήματα στους χρήστες:

- εικονική σύνδεση στο δίκτυο όλες τις ώρες.
- εναλλακτικούς τρόπους χρέωσης - για παράδειγμα πληρωμή ανά μπιτ, ανά περίοδο ή ανά μήνα.
- ασυμμετρικό εύρος ζώνης στην άνοδο και την κάθοδο όπως ζητείται από πολλές αναδυόμενες υπηρεσίες δεδομένων όπου η μία κατεύθυνση του συνδέσμου μεταφέρει απλές εντολές κι η άλλη μεταφέρει το πλούσιο περιεχόμενο, (για παράδειγμα αναζήτηση στο Web ή μετάδοση βίντεο).

Το UMTS επίσης σχεδιάστηκε να προσφέρει ρυθμούς δεδομένων κατά απαίτηση, όπου το δίκτυο αντιδρά ευέλικτα στις απαιτήσεις του χρήστη, στο προφίλ του και στη τρέχουσα κατάσταση του δικτύου. Η χρήση των πρωτοκόλλων μεταφοράς προσανατολισμένα στα πακέτα έχει μελετηθεί για το UMTS για να αυξήσει αυτές τις ικανότητες.

5. Ευκινησία και κάλυψη

Το UMTS σχεδιάστηκε από την αρχή σαν ένα παγκόσμιο σύστημα, περιλαμβάνοντας μαζί επίγεια και παγκόσμια δορυφορικά στοιχεία. Πολύ-τροπα τερματικά που είναι ικανά να λειτουργούν επίσης μέσω συστημάτων δεύτερης γενιάς όπως το GSM 900 και 1800 θα επεκτείνουν περισσότερο το φτάσιμο πολλών UMTS υπηρεσιών. Στο μέλλον, είναι πιθανό να υπάρχουν ακόμα περισσότερα δίκτυα που θα χρησιμοποιούν αυτά κι άλλα πρότυπα: ο στόχος είναι να επιτευχθούν αληθινά προσωπικές επικοινωνίες, με κατάλληλα τερματικά μεταξύ αυτών των διαφορετικών δικτύων. Αυτό σημαίνει ότι ένας συνδρομητής θα μπορεί να roam από ένα ιδιωτικό δίκτυο σ' ένα πικοκυψελοειδής/ μικροκυψελοειδής δημόσιο δίκτυο, έπειτα σ' ένα πλατιάς περιοχής μακροκυψελοειδής δίκτυο(που μπορεί να είναι ένα δίκτυο δεύτερης γενιάς) κι έπειτα σ' ένα δορυφορικό κινητό δίκτυο με το ελάχιστο διάλειμμα στην επικοινωνία.



Σχήμα 20. Παγκόσμια κάλυψη του UMTS

6. Ράδιο τεχνολογία για όλα τα περιβάλλοντα

Το UMTS υποστηρίζει λειτουργία με υψηλό φάσμα αποδοτικότητας και ποιότητας εξυπηρέτησης σ' όλα τα φυσικά περιβάλλοντα στα οποία υπάρχει ασύρματη και κινητή επικοινωνία. Οι σημερινοί χρήστες ζούνε σ' ένα πολυδιάστατο κόσμο, μετακινώντας μεταξύ εσωτερικών, εξωτερικών αστικών και εξωτερικών αγροτικών περιβαλλόντων με κινητικότητα που κυμαίνεται σε πολύ υψηλές ταχύτητες. Υπάρχουν επίσης διαφορετικά πυκνά περιβάλλοντα χρήση, συμπεριλαμβανομένου τρισδιάστατων καταστάσεων σε υψηλά κτίρια. Το UMTS έχει οριστεί λεπτομερώς για όλα αυτά τα περιβάλλοντα.

Στις πρακτικές υλοποιήσεις του UMTS μερικοί χρήστες μπορεί να μην είναι ικανοί να έχουν πρόσβαση στους υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων συνέχεια. Για παράδειγμα, οι φυσικοί περιορισμοί της ράδιο-διάδοσης και τα οικονομικά για τη λειτουργία ενός δικτύου θα σημαίνει ότι οι υπηρεσίες του συστήματος μπορεί να υποστηρίξει μόνο χαμηλούς ρυθμούς δεδομένων σε περιοχές με βαριά συμφόρηση. Γι' αυτό με σκοπό να επιβεβαιωθεί ότι ο συνδρομητής είναι ικανός να χρησιμοποιήσει το τερματικό του, οι υπηρεσίες θα είναι προσαρμοζόμενες σε διαφορετική διαθεσιμότητα ρυθμών δεδομένων και στις άλλες παραμέτρους της ποιότητας των υπηρεσιών (Quality of services).

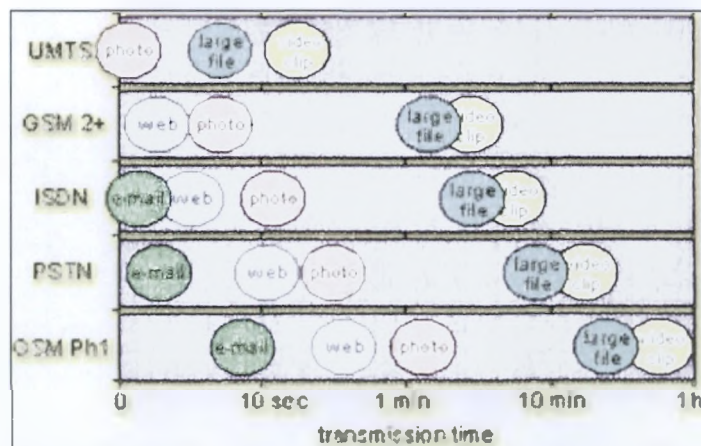
Στα πρώτα στάδια του UMTS, κυκλοφορία πιθανότητα θα δημιουργηθεί και θα επικρατήσει σε τοποθεσίες όπως αεροδρόμια και σιδηροδρομικοί σταθμοί όπου οι χειριστές τους θα καλύπτουν άμεσα. Αλλά οι χρήστες θα θέλουν πλήρη κάλυψη ώστε να μπορούν να έχουν πρόσβαση σ' όλες τις υπηρεσίες όπου κι αν είναι. Για να το προσφέρει αυτό, η τεχνολογία UMTS ορίστηκε να επιτρέπει μετατόπιση σ' άλλα δίκτυα, για παράδειγμα ένα σύστημα GSM που διαχειρίζεται από τον ίδιο

διαχειριστή ή εναλλακτικά με το να δημιουργεί(roaming) συμφωνίες με άλλα δίκτυα όπως με άλλα βασισμένα σε GSM συστήματα ή άλλα συστήματα τρίτης γενιάς συμπεριλαμβανομένου UMTS συμβατά δορυφορικά δίκτυα που θα μπορούν αποδοτικά να προσφέρουν παγκόσμια κάλυψη.

7. Υπηρεσίες UMTS είναι διαθέσιμες παγκόσμια από δορυφόρο

Η τεχνολογία δορυφόρων μπορεί να παρέχει παγκόσμια κάλυψη κι υπηρεσία κι έτσι αναμένεται να παίξει ένα σημαντικό ρόλο στην επέκταση του UMTS για κάλυψη σ' ολόκληρο τον κόσμο. Οι ίδιες υπηρεσίες θα υποστηριχθούν για τα συστήματα τα επίγεια και τα δορυφορικά και το UMTS προτυποποιείται για να επιβεβαιώσει ότι το roaming και το handover μεταξύ δορυφορικών κι επίγειων δικτύων θα είναι αποδοτικές κι αποτελεσματικές.

4.4 Υπηρεσίες UMTS



Σχήμα 21. Οι υπηρεσίες ενός δικτύου UMTS συγκρινόμενες με τα δίκτυα GSM, PSTN και ISDN.

Η κινητή τηλεφωνία τρίτης γενιάς (τεχνολογία UMTS) διαφέρει σημαντικά από την κινητή τηλεφωνία που γνωρίζουμε, συνδυάζοντας ήχο και εικόνα, τηλεφωνία και πληροφορική.

Προσφέρει στους χρήστες κινητού τη δυνατότητα:

- να βλέπουν στην οθόνη του τηλεφώνου σε πραγματικό χρόνο τον συνομιλητή τους
- να πλοηγούνται στο internet,
- να βλέπουν βίντεο και κινούμενες εικόνες,
- να ακούν μουσική,
- να πραγματοποιούν αγορές μέσω κινητού, κα.

Με το UMTS υπάρχει σύγκλιση των τεχνολογιών της σταθερής και της κινητής τηλεφωνίας, του internet και της τηλεόρασης. Τα νέα κινητά τηλέφωνα τρίτης γενιάς είναι συνδυασμός τηλεφώνου και υπολογιστή παλάμης. Διαθέτουν

ενσωματωμένες ή ξεχωριστές βιντεοκάμερες, έγχρωμες οθόνες, πληκτρολόγια ή επιφάνειες αφής.

Η πρώτη δημόσια κλήση τρίτης γενιάς πραγματοποιήθηκε στη χώρα μας στις 16 Σεπτεμβρίου 2002. Στις 20 Οκτωβρίου 2003 ξεκίνησε την προσφορά υπηρεσιών 3ης γενιάς σε 300 «φιλικούς χρήστες», εξοικειωμένους με την τεχνολογία, δίνοντάς τους το προνόμιο να γνωρίσουν πρώτοι στην Ελλάδα την εμπειρία επικοινωνίας μέσω κινητής τηλεφωνίας 3ης γενιάς. Στις 27 Ιανουαρίου 2004 ξεκίνησε η εμπορική προσφορά κινητής τηλεφωνίας 3ης γενιάς.

Η κινητή τηλεφωνία τρίτης γενιάς (3G) προσφέρει υπηρεσίες χαμηλού κόστους, υψηλής ποιότητας και δυνατοτήτων. Αναλυτικότερα, μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας UMTS (3G), εκτός από τη δυνατότητα πραγματοποίησης φωνητικών κλήσεων προσφέρει και τη δυνατότητα βίντεο-κλήσης, της υπηρεσίας που ουσιαστικά εισάγει την κινητή τηλεφωνία τρίτης γενιάς και ταυτόχρονα αλλάζει τα δεδομένα στην επικοινωνία, καθώς για πρώτη φορά στη χώρα μας οι πελάτες έχουν τη δυνατότητα να βλέπουν τον συνομιλητή τους στην οθόνη του κινητού τους τηλεφώνου, σε πραγματικό χρόνο, κατά τη διάρκεια της κλήσης.

Οι υπηρεσίες με τη μεγαλύτερη απήχηση είναι:

- το βιντεοτηλέφωνο,
- οι διαπροσωπικές υπηρεσίες επικοινωνίας, όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και το video messaging,
- οι υπηρεσίες μεταφοράς εικόνας και ήχου,
- ηλεκτρονικού εμπορίου και πληρωμών μέσω κινητού,
- καθώς και υπηρεσίες πληροφοριών που βασίζονται στη γεωγραφική τοποθεσία του χρήστη (location based).

Επιπλέον, μέσω του δικτύου 3ης γενιάς, οι χρήστες αποκτούν τη δυνατότητα:

- γρηγορότερης πλοήγησης στο Internet και στο WAP, με ταχύτητες μέχρι και 384 kbps,
- υπηρεσιών multimedia (MMS) με υψηλότερες ταχύτητες και πλουσιότερο περιεχόμενο, ανάλογα και με το τερματικό χρήσης του πελάτη.

4.5 Χρήστες

Οι χρήστες κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς στην Ελλάδα, αυξήθηκαν θεαματικά το 2004, ξεπερνώντας συνολικά τις 300.000. Στην αρχή ο κύριος όγκος τους προήλθε από τον επιχειρηματικό χώρο, ωστόσο θα υπάρχουν και άλλοι χρήστες με υψηλές απαιτήσεις επικοινωνίας. Το 2006, που θα προσφέρονται υπηρεσίες τρίτης γενιάς σε όλα τα μεγάλα αστικά κέντρα σε ολόκληρη την Ελλάδα (θα καλύπτεται το 50% του πληθυσμού), υπολογίζεται ότι οι χρήστες UMTS θα είναι περισσότεροι από 1 εκατομμύριο.

Δέκα εκατομμύρια είναι οι συνδρομητές των υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς σύμφωνα με τις δηλώσεις του προέδρου του UMTS Forum Jean-Pierre Bienaimé σε όλο το κόσμο. Το ενδιαφέρον των καταναλωτών για τις υπηρεσίες και τα δίκτυα τρίτης γενιάς αυξάνεται συνεχώς. Αποτέλεσμα αυτού είναι η ανάπτυξη μιας ευρείας και μαζικής αγοράς, που θα αποφέρει φυσικά,

περισσότερα κέρδη στις κατασκευάστριες εταιρίες και τα δίκτυα, καθώς και περισσότερα οφέλη στους καταναλωτές.

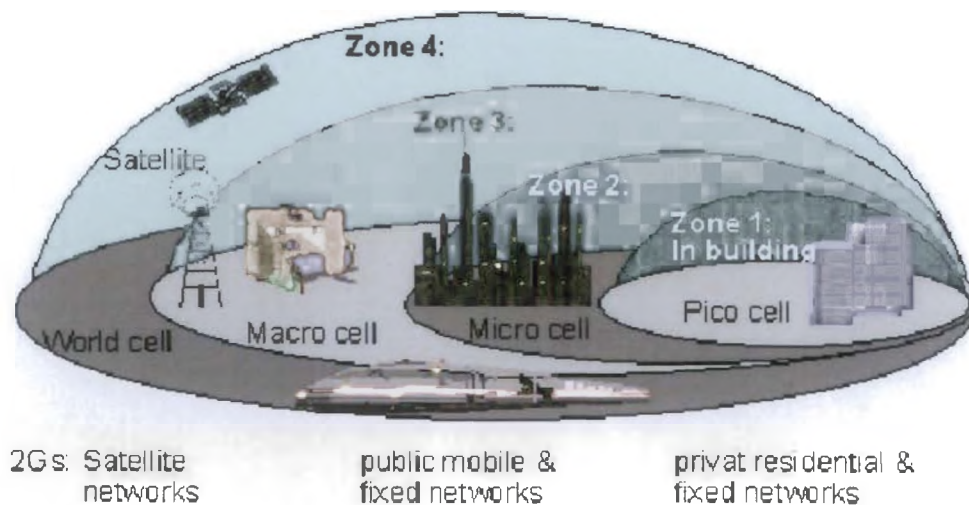
Παράλληλα η ήδη υπάρχουσα υποδομή των δικτύων δεύτερης γενιάς, αποτελεί την καταλληλότερη «πλατφόρμα» για την παροχή υπηρεσιών 3G, αφού οι περισσότεροι σταθμοί βάσης μπορούν πολύ εύκολα να «αναβαθμιστούν» και να λειτουργήσουν.

4.6 Κυτταρική Δομή

Τα συστήματα 3G (UMTS, IMT 2000) διαφέρουν σε σημαντικό βαθμό από τα υπάρχοντα ραδιοδίκτυα και στο θέμα της δομής των κυττάρων. Το UMTS δομήθηκε έτσι ώστε να αποτελέσει ένα παγκόσμιο σύστημα επικοινωνιών που θα συνδυάζει την εθνική επίγεια κάλυψη με την παγκόσμια δορυφορική κάλυψη.

Ο πρώτος στόχος των συστημάτων αυτών είναι η επίτευξη πραγματικά προσωπικών επικοινωνιών με τα τερματικά να μπορούν να πραγματοποιούν διαδικασίες περιαγωγής από ιδιωτικό ασύρματο ή ενσύρματο δίκτυο σε ένα πύκο/μικρο κυτταρικό δημόσιο δίκτυο έπειτα σε ένα μεγάλης κλίμακας μακροκυτταρικό σύστημα (που μπορεί να είναι κάποιο δίκτυο 2G) και τέλος σε ένα δορυφορικό δίκτυο και όλα αυτά με την ελάχιστη δυνατή διακοπή στην επικοινωνία. Ο δεύτερος στόχος είναι η επίτευξη του προηγούμενου με μία διαρκή παροχή υπηρεσιών video και audio μέσω του επωνομαζόμενου «εικονικού προσωπικού περιβάλλοντος» (Virtual Home Environment, VHE).

Προκειμένου να λειτουργεί το UMTS αλλά και το IMT2000 κατά τον βέλτιστο δυνατό τρόπο έχει αποφασισθεί να ακολουθηθεί η λογική της διάσπασης των κυττάρων σε ιεραρχική ακολουθία μάκρο, μικρο και πύκο κυττάρων. Στο ακόλουθο σχήμα φαίνεται καθαρά ο διαχωρισμός μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών.



Σχήμα 22. Κυτταρική δομή του δικτύου UMTS

4.7 Η αρχιτεκτονική του UMTS (Έκδοση 99)

Οι πρώτες εμπορικές υπηρεσίες UMTS, βασίζονται στο UMTS Έκδοση 99. Οι προδιαγραφές της Έκδοσης 99 καθορίζουν την βασική αρχιτεκτονική που αποτελείται από το ραδιο - δίκτυο πρόσβασης (radio access network) UMTS Terrestrial (UTRAN) το οποίο έχει καθοριστεί με τα ικανότερα στοιχεία και πρωτόκολλα και το κυρίως δίκτυο που χωρίζεται στο Circuit Switched Core Network (CS - CN) και το Packet Switched Core Network (PS - CN). Η Έκδοση 99 προσφέρει τις «παραδοσιακές» circuit και packet switched υπηρεσίες. Δίνεται πολλή έμφαση στην δυνατότητα ομαλής εξέλιξης από τα GSM στα UMTS δίκτυα. Το UMTS δίκτυο πρέπει να είναι προς τα πίσω συμβατό (backward compatible) με GSM δίκτυα, να μπορεί να λειτουργεί μαζί με το GSM.

4.8 Καινοτομίες και νέα στοιχεία στην Έκδοση 99

Οι πιο σημαντικές καινοτομίες που εισάγονται (συγκρίνοντας με το GSM) είναι μία σημαντική αύξηση στο bandwidth, προνοώντας τόσο για circuit switched όσο και packet switched συμφόρηση.

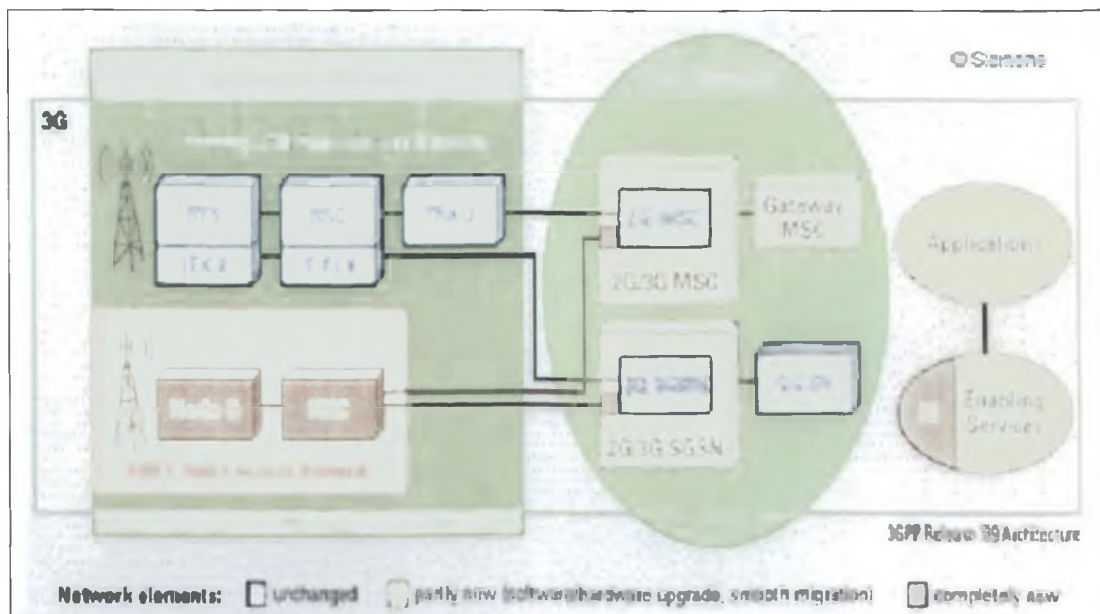
Τα νέα στοιχεία στα συνυπάρχοντα δίκτυα GSM/UMTS, όπως φαίνονται σε ακόλουθο σχήμα είναι:

- Κόμβος (node B), Είναι υπεύθυνος για την παροχή του ραδιο - συνδέσμου μεταξύ του κινητού κόμβου και του UMTS δικτύου.
- Radio Network Subsystems (RNC). Μαζί με το node B αποτελούν το UTRAN. Είναι υπεύθυνα για κρυπτογράφηση και αποκρυπτογράφηση των ραδιο - καναλιών, έλεγχο handover, διαχείριση ραδιο - πόρων.
- δομοστοιχεία διαπροσωπιών (interface modules - IS). Χρειάζονται τους κινητούς κόμβους για να μπορούν να χρησιμοποιούν την UMTS τεχνολογία.

Τα άλλα στοιχεία του δικτύου χρειάζονται μόνο μια μερική βελτίωση λογισμικού ή υλικού. Έτσι η Έκδοση 99 μπορεί να γίνει σαν η επέκταση του ήδη υπάρχοντος GSM/GPRS δικτύου μετάδοσης. Αυτό έχει άμεση και δυνατή επίδραση στους διαχειριστές, καθώς μειώνονται τα έξοδα και δίνεται η δυνατότητα προσαρμογής της κινητής εφαρμογής ανάλογα με τις ανάγκες της αγοράς, χρησιμοποιώντας τον ίδιο εξοπλισμό.

Όπως έχει προαναφερθεί, η αρχιτεκτονική της Έκδοσης 99 αποτελείται από τρία σημαντικά συστατικά: UTRAN, CS-CN και PS-CN:

- Το UTRAN είναι αρμόδιο για το χειρισμό της πλήρης ραδιο-λειτουργίας (radio functionality). Στην πραγματικότητα, το UMTS φροντίζει τα κεντρικά δίκτυα να είναι εντελώς απομονωμένα από ραδιο - λειτουργία έτσι ώστε να μπορούν να λειτουργήσουν με διαφορετικούς τύπους ραδιο - δικτύων όπως UTRAN και WLANs.
- Το UMTS CS-CN βασίζεται στο GSM. Υποστηρίζει συνδέσεις στο Public Switched Telephony Network (PSTN) - με απλά λόγια συνδέσεις τηλεφώνου - και στο Integrated Digital Services Network (ISDN) για circuit switched υπηρεσίες. Παρέχει παραδοσιακές υπηρεσίες τηλεφωνίας, όπως φωνητική επικοινωνία και υπηρεσία φαξ, αλλά και ανεπτυγμένες υπηρεσίες όπως την Short Message Service (SMS) και άλλες circuit - switched υπηρεσίες.
- Το UMTS PS-CN υποστηρίζει συνδέσεις στο Διαδίκτυο. Εκτός από την πρόσβαση στο Διαδίκτυο, υποστηρίζει υπηρεσίες όπως το SMS. Τα σημαντικά κομμάτια του PS-CN είναι το Service GPRS Support Node (SGSN), που είναι υπεύθυνο για διαχείριση κινητικότητας και λειτουργίες ασφάλειας και πιστοποίησης και το Gateway GPRS Support Node (GGSN), που είναι υπεύθυνο για διαχείριση QoS και για διάφορες εξωτερικές λειτουργίες.



Σχήμα 23. Η βασική αρχιτεκτονική του δικτύου UMTS (Έκδοσης 99)

Επεξήγηση συστατικών μερών σχήματος:

- GGSN (Gateway GPRS Support Node) - παρέχει πρόσβαση σε υπηρεσίες Διαδικτύου.
- SGSN (Servicing GPRS Support Node) - παρέχει τις λειτουργίες πρόσβασης κόμβου δικτύου (network access node) και διαχείριση κινητικότητας.

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 6, UTRAN χρησιμοποιείται αναλλοίωτο το GSM δίκτυο μαζί με την προσθήκη των Κόμβος - B και RNC. Στο CS-CN υπάρχει αναλλοίωτο το Mobile Switching Center (MSC) που χρησιμοποιόταν στο GSM δίκτυο, ενώ έχει βελτιωθεί το Gateway για το MSC. Στο PS-CN είναι αναλλοίωτο το SGSN ενώ έχει βελτιωθεί το GGSN.

Η χρήση των Προσαρμοσμένων Εφαρμογών για Ενισχυμένη Λογική Κινητών δικτύων (Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic - CAMEL) έχει εφαρμοστεί για να βεβαιωθεί η δυνατότητα μεταφοράς πληροφοριών υπηρεσιών μεταξύ διαφορετικών δικτύων. Στο μέλλον το CAMEL θα περιληφθεί σχεδόν σε όλες τις συναλλαγές μεταξύ των δικτύων.

Κεφάλαιο 5

Ασύρματο Τοπικό Δίκτυο (Wireless Local Area Network WLAN ή Wireless Fidelity WiFi)

5.1 Εισαγωγή

Κινείσαι μέσα στο σπίτι σου, κρατώντας ένα από τα τεχνολογικά θαυμάτσια που κυκλοφορούν, έχοντας πρόσβαση στο Ίντερνετ σε κάθε σημείο, αξιοποιώντας οποιοδήποτε αρχείο (πληροφοριακό, μουσικό ή βίντεο) από τον πλούτο του διαδικτύου. Ακόμα καλύτερα, μπορείς με το λαπ-τοπ σου να έχεις πρόσβαση στο Ίντερνετ από οποιοδήποτε σημείο της πόλης- και όχι μόνο. Και το σπουδαιότερο: αυτή η σύνδεση δεν είναι μόνο σταθερή, δεν είναι μόνο αξιόπιστη (κάτι που με τίποτα δεν εξασφαλίζουν τα σημερινά ασύρματα πρωτόκολλα), αλλά και πολύ πιο γρήγορη, πολύ πιο πλήρης, ακόμη και από τον σημερινό πρωταθλητή της ενσύρματης επικοινωνίας, τη σύνδεση ADSL.

Τα τελευταία χρόνια, καθώς η αγορά της πληροφορικής παρουσιάζει αυξημένα φαινόμενα κόπωσης, το «κλειδί» για την παραπέρα ανάπτυξή της βρισκόταν στις ασύρματες εφαρμογές. Μέσω αυτών, οι εταιρείες φιλοδοξούσαν να πετύχουν δύο στόχους, έναν εσωτερικού χώρου και έναν εξωτερικού! Όσον αφορά στο εσωτερικό του σπιτιού (ή της επιχείρησης), ο βασικός στόχος είναι η δικτύωση και ο συντονισμός όλων των διαφορετικών συσκευών, έτσι ώστε τηλεόραση, ενισχυτής, σύστημα ηχείων, υπολογιστής και τηλέφωνο, να μπορούν να ενοποιηθούν σε μια πολυ-επικοινωνιακή και πολυ-ψυχαγωγική διάταξη. Αλλά, καθώς ο πολλαπλασιασμός των συσκευών οδηγεί και σε πολλαπλασιασμό των καλωδίων, με κίνδυνο να καταληφθεί όλο το σπίτι από μια τεράστια πλεξούδα καλωδίων, οι ασύρματες εφαρμογές εμφανίζονται πια ως εντελώς αναγκαίες. Το μόνο που απομένει είναι η σχεδίαση των κατάλληλων πρωτοκόλλων επικοινωνίας και εδώ βρίσκεται «το ψωμί», δηλαδή η προσδοκία υψηλών κερδών.

Ο δεύτερος στόχος αφορούσε στον εξοπλισμό με ασύρματη διασύνδεση όλων όσοι εργάζονται κινούμενοι ή έστω μακριά από το χώρο εργασίας τους. Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία της Intel, οι εργαζόμενοι εξ αποστάσεως στην Ευρώπη, θα ξεπεράσουν τα 20 εκατομμύρια το 2006. Αλλά, εκτός από τους εργαζόμενους, υπάρχει κι όλος εκείνος ο κόσμος, που αναζητεί τη δυνατότητα να συνδέεται με το διαδίκτυο απ' όπου κι αν βρίσκεται. Να μπορεί να μάθει για το πρόγραμμα των κινηματογράφων ή των αναχωρήσεων πλοίων και να κλείσει εισιτήριο. Η προσπάθεια των εταιρειών κινητής τηλεφωνίας να απαντήσουν σε αυτήν την ανάγκη με το WAP κατέληξε σε αποτυχία, καθώς το σύστημα ήταν πολύ αδύναμο για να αντεπεξέλθει στις ανάγκες.

Η τεχνολογία που έρχεται να απαντήσει στις νέες απαιτήσεις, αναπτύσσεται με τον ίδιο τρόπο που γιγαντώθηκε το Ίντερνετ. Με το Wi-Fi αρχικά στήνονταν τοπικά ασύρματα δίκτυα. Καλύπτουν από ένα σπίτι (για να συνδεόταν όλες οι συσκευές) ή μια πολυκατοικία (για να μοιραστούν μια ευρυζωνική σύνδεση στο Ίντερνετ), έως μια παρέα που θέλει να έχει μια δική της, αυτόνομη επικοινωνία. Είναι μια κατεξοχήν υπόγεια επανάσταση, που προετοιμάζεται χρόνια μέσα σε μικρά δίκτυα, πριν εξακοντισθεί στην επιφάνεια και αλλάξει όλο τον καθιερωμένο τρόπο διεξαγωγής των επικοινωνιών. Η ανάπτυξη των διαδικασιών του Wi-Fi θυμίζει έντονα τους πρωτοπόρους του Ίντερνετ. Ελεύθερη και ανοικτή

χρήση των συχνοτήτων, λογική συνεργασίας και οικοδόμηση κοινοτήτων, για την αξιοποίηση του δικτύου, καμία εξάρτηση από εταιρείες ή το κράτος.

Ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο (Wireless Local Area Network WLAN ή Wireless Fidelity WiFi) χρησιμοποιεί ραδιοσυχνότητες (RF) προκειμένου να μεταδώσει και να λάβει δεδομένα μέσω του αέρα. Τα τελευταία χρόνια, τα WLANs βρίσκουν εφαρμογή διεθνώς σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων αυτών της υγείας, της παιδείας, των απλών κατοικιών καθώς και των ακαδημαϊκών ιδρυμάτων.

Τα πλεονεκτήματα των ασύρματων τοπικών δικτύων μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- 1 Κινητικότητα.** Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα παρέχουν στους χρήστες, εντός των χώρων κάλυψής τους, τη δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και από οποιοδήποτε μέρος του χώρου εργασίας τους. Αυτή η ευχέρεια στη κίνηση αυξάνει την παραγωγικότητα και τις ευκαιρίες για άμεση εξυπηρέτηση, ιδιότητες που δεν είναι εύκολα πραγματοποιήσιμες στα ενσύρματα δίκτυα.
- 2 Ταχύτητα εγκατάστασης και απλότητα.** Η εγκατάσταση ενός WLAN είναι γρήγορη και εύκολη και εξαλείφει την ανάγκη εγκατάστασης καλωδίων.
- 3 Ευελιξία εγκατάστασης.** Η ασύρματη τεχνολογία επιτρέπει στο δίκτυο να επεκτείνεται εκεί που είναι δύσκολη η εγκατάσταση ενσύρματων υποδομών (π.χ. σε απομονωμένες περιοχές).
- 4 Μειωμένο κόστος συντήρησης.** Ενώ η αρχική επένδυση που απαιτείται για την αγορά εξοπλισμού ενός ασύρματου τοπικού δικτύου είναι υψηλότερη από την αντίστοιχη μιας ενσύρματης σύνδεσης, το συνολικό κόστος λειτουργίας μπορεί να είναι σημαντικά χαμηλότερο. Τα μακροπρόθεσμα κέρδη είναι μεγαλύτερα, ειδικά σε δυναμικά περιβάλλοντα, όπου απαιτούνται πολύ συχνές μετακινήσεις και αλλαγές.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα WLANs χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα για να διαβιβάσουν τις πληροφορίες από ένα σημείο σε ένα άλλο, χωρίς απαίτηση για ενσύρματη σύνδεση. Αρχικά, οι πληροφορίες προς μετάδοση διαμορφώνουν κατάλληλα τη φέρουσα συχνότητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων του πομπού, κατόπιν τα κύματα μεταδίδονται μέσω του αέρα και τέλος, φτάνοντας στο δέκτη, αποδιαμορφώνονται και οι μεταδιδόμενες πληροφορίες ανακτώνται. Υπάρχει δυνατότητα ο πομπός να εκπέμπει ταυτόχρονα, στον ίδιο χώρο, περισσότερες της μίας φέρουσας συχνότητας, οι οποίες δεν παρεμβάλλονται μεταξύ τους, εφόσον βέβαια αυτές είναι όλες διαφορετικές. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, για να ανακτήσει τις πληροφορίες ο δέκτης, συντονίζεται (ή επιλέγει) μια ραδιοσυχνότητα, απορρίπτοντας έτσι τα ραδιοσήματα στις υπόλοιπες συχνότητες. Σε μια τυπική διάταξη WLAN, μια συσκευή πομπού/δέκτη, αποκαλούμενη σημείο πρόσβασης, είναι συνδεδεμένη στο ενσύρματο δίκτυο σε συγκεκριμένη θέση, χρησιμοποιώντας συνήθως τυπικό καλώδιο Ethernet. Αυτό το σημείο πρόσβασης λαμβάνει, αποθηκεύει, και διαβιβάζει πληροφορίες μεταξύ του WLAN και του ενσύρματου δικτύου, ενώ μπορεί να υποστηρίξει μια μικρή ομάδα χρηστών και να λειτουργήσει εντός μιας ακτίνας από 30 έως μερικές 100άδες μέτρα. Οι τελικοί χρήστες έχουν πρόσβαση στο WLAN μέσω των

ειδικών προσαρμογέων ασύρματου τοπικού δικτύου, οι οποίοι μπορούν να εφαρμοστούν ως κάρτες στους φορητούς υπολογιστές, κάρτες ISA ή PCI στους υπολογιστές γραφείου, ή ακόμα και να είναι πλήρως ενσωματωμένες συσκευές μέσα στους φορητούς υπολογιστές. Οι προσαρμογείς WLAN αποτελούν τη διεπαφή μεταξύ του λειτουργικού συστήματος των χρηστών του δικτύου και των ραδιοκυμάτων, μέσω μιας κεραίας. Η φύση της ασύρματης σύνδεσης είναι διαφανής (transparent) στο λειτουργικό σύστημα των τερματικών χρηστών. Όλες οι παραπάνω συσκευές περιγράφονται εκτενέστερα στην παράγραφο που ακολουθεί.

5.2 Υλοποίηση εκτεταμένου δικτύου με χρήση WLAN

Η ευκολία με την οποία μπορεί κανείς να στήσει ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο ήταν ένας από τους βασικούς παράγοντες που συνέβαλαν στη ραγδαία εξάπλωση των δικτύων αυτού του είδους. Τα στοιχεία τα οποία χρειάζεται ένα WLAN για να λειτουργήσει, καθώς και για να συνδεθεί στο ευρύτερο δίκτυο, παρατίθενται παρακάτω:

Προσαρμογείς ασύρματου τοπικού δικτύου



Οι προσαρμογείς αυτοί λειτουργούν ως συνδετικά στοιχεία (interfaces) μεταξύ του τελικού εξοπλισμού του χρήστη (π.χ. laptop) και του σημείου ασύρματης πρόσβασης του δικτύου.

Σημεία ασύρματης πρόσβασης (Access Points)



Το σημείο πρόσβασης είναι μια μικρή συσκευή, συνήθως με μια ή δύο κεραίες. Αυτός ο πομποδέκτης συνδέεται με το ενσύρματο τοπικό δίκτυο (ή με την ευρυζωνική σύνδεση) χρησιμοποιώντας κλασικό καλώδιο Ethernet. Μέσω της συσκευής αυτής, επικοινωνεί ο προσαρμογέας του τελικού χρήστη με το υπόλοιπο δίκτυο.

Γέφυρες: Οι γέφυρες παρέχουν την από σημείο σε σημείο ασύρματη σύνδεση μεταξύ δύο WLANs, π.χ. μεταξύ δύο διαφορετικών πατωμάτων.

Κόμβοι Διανομής (Distribution Nodes): Συγκεντρώνουν και συνδέουν πολλαπλά σημεία ασύρματης πρόσβασης με το ενσύρματο ή ασύρματο δίκτυο κορμού. Πολλές φορές, και για λόγους αξιοπιστίας, χρησιμοποιούνται δυο ανεξάρτητες συνδέσεις για τη σύνδεσή τους.

Κόμβοι κορμού (Core Nodes): Διασυνδέουν μεταξύ τους τους κόμβους διανομής. Καλύπτουν πολλούς χρήστες, λόγω του μεγάλου αριθμού των σημείων πρόσβασης που είναι συνδεδεμένα μέσω των κόμβων διανομής με αυτά. Σχεδόν πάντα συνδέονται μεταξύ τους με περισσότερες από μια συνδέσεις, ιδανικά μέσω διαφορετικών δρόμων για να μειωθούν περιπτώσεις μοναδικού στοιχείου δυσλειτουργίας (Single point of failure).

Ένα εκτεταμένο δίκτυο υλοποιείται ως εξής με τη χρήση WLANs: Πολυκατευθυντικές κεραιές τοποθετούνται σε σημεία πρόσβασης ή σε κόμβους διανομής/κορμού, ενώ κατευθυντικές στους τελικούς χρήστες. Οι κεραιές αυτές είναι εξωτερικές και συνήθως βρίσκονται στις κορυφές κτιρίων που διαμένουν οι χρήστες. Αυτή είναι και η λογική που ακολουθείται και για την παροχή υπηρεσιών μέσω WLAN στο κοινό.

Ένας απλός χρήστης που θέλει μόνο να συνδεθεί, αλλά να μη διευκολύνει την ευρύτερη δικτύωση, χρειάζεται μία κατευθυντική κεραία. Με αυτή μπορεί να εξασφαλίσει πρόσβαση από ένα σημείο πρόσβασης, ώστε να έχει σύνδεση στο τοπικό δίκτυο και ενδεχομένως και στο Διαδίκτυο (αν το σημείο πρόσβασης παρέχει τέτοια δυνατότητα).

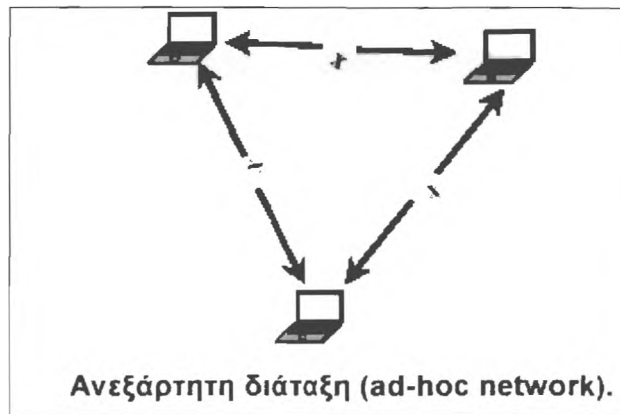
Εναλλακτικά ένας πιο ενεργός χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί δύο κατευθυντικές κεραιές, ώστε να φροντίζει για την συνέχιση του δικτύου ή και μια πολυκατευθυντική για να λειτουργεί ο ίδιος σαν σημείο πρόσβασης άλλων χρηστών. Αν κάποιος κόμβος έχει πάνω από δύο κατευθυντικές κεραιές μπορεί να διευκολύνει και την πολλαπλή δρομολόγηση. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να δημιουργηθεί ένα δίκτυο που να καλύπτει μία πόλη.

Τέλος, συνδέοντας ο χρήστης μία δική του γραμμή DSL με το WLAN θα μπορούσε να γίνει «πύλη» για το Διαδίκτυο και να επιτρέπει την πρόσβαση γειτονικών χρηστών σε αυτό. Ο χρήστης σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να διαθέτει και έναν router.

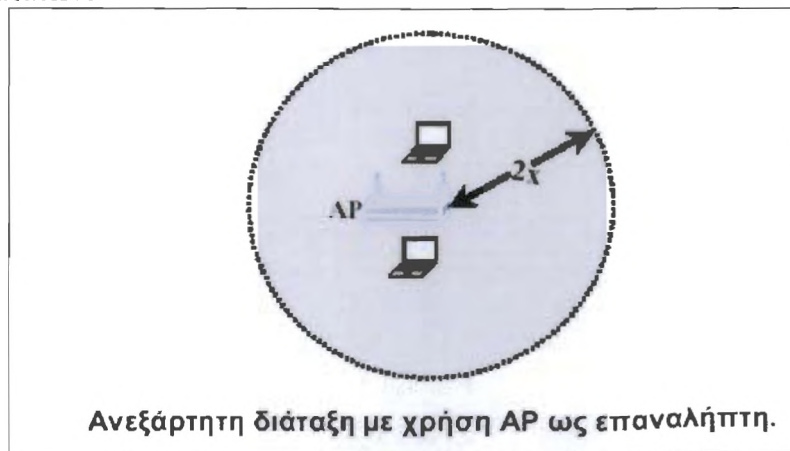
5.3 Τοπολογία δικτύου για hot spots

Μια τυπική διάταξη WLAN μπορεί να περιλαμβάνει - πλην των τερματικών σταθμών ένα ή περισσότερα σημεία πρόσβασης, τα οποία μπορεί να διασυνδέονται για να παρέχουν μεγαλύτερη κάλυψη. Διακρίνονται οι ακόλουθες βασικές διατάξεις:

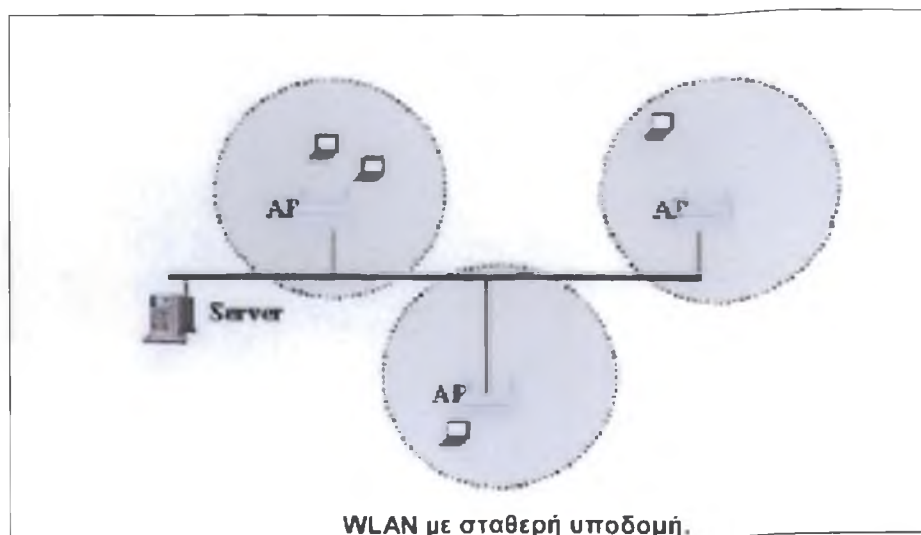
- Η ανεξάρτητη διάταξη, στην οποία οι χρήστες συνδέονται απευθείας μεταξύ τους, χωρίς τη διαμεσολάβηση σημείων πρόσβασης (δίκτυο ad-hoc).



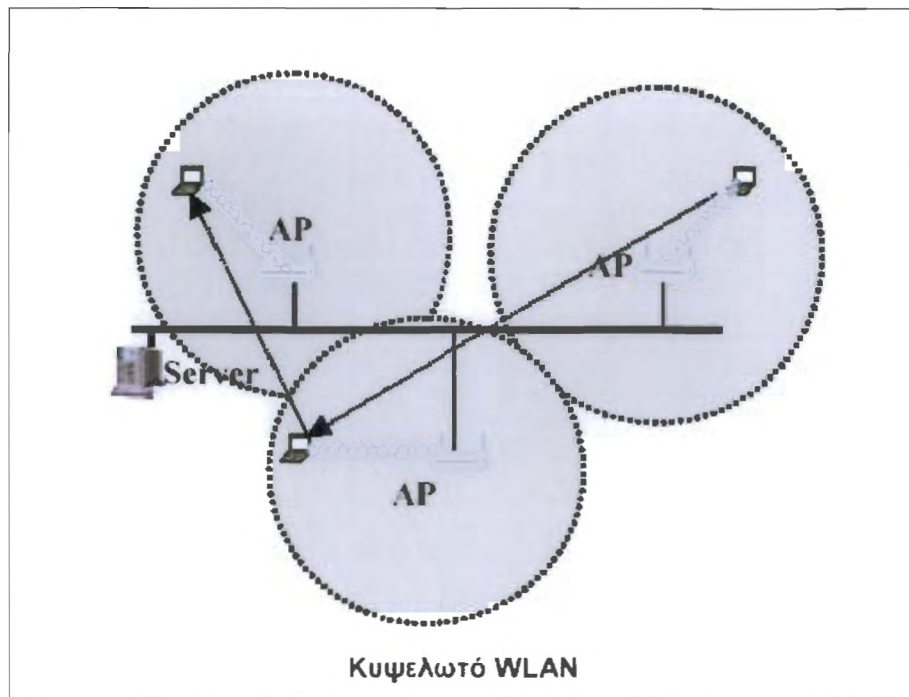
- Η ανεξάρτητη διάταξη με μεσολάβηση σημείων πρόσβασης ως επαναλήπτη, το οποίο αυξάνει την επιτρεπόμενη απόσταση των τερματικών.



- WLAN με σταθερή υποδομή, όπου πολλαπλά σημεία πρόσβασης συνδέονται με το σταθερό δίκτυο, αυξάνοντας την κάλυψη και την χωρητικότητα του δικτύου πρόσβασης.



- κυψελωτό WLAN, όπου οι κυψέλες κάλυψης των σημείων πρόσβασης επικαλύπτονται, παρέχοντας δυνατότητες συνεχούς επικοινωνίας.



Η τελευταία κυψελοειδής τοπολογία παριστά την υλοποίηση ενός τοπικού δίκτυου, στο οποίο τα access points είναι ενσύρματα διασυνδεδεμένα. Η τοπολογία αυτή είναι διαδεδομένη στην πράξη και εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας μη αλληλοκαλυπτόμενα κανάλια από το δεδομένο εύρος που διαθέτει το πρότυπο, για κάθε κυψέλη. Εναλλακτικά, και για τις ανάγκες κάλυψης ενός εκτεταμένου χώρου, η ίδια τοπολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τα σημεία πρόσβασης να συνδέονται ασύρματα μεταξύ τους.

5.4 Πρότυπα της IEEE (IEEE standards) για τα ασύρματα τοπικά δίκτυα

Για τα ασύρματα τοπικά δίκτυα υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός προτύπων, καθιερωμένων από διάφορους οργανισμούς και για ένα μεγάλο τμήμα του διαθέσιμου ραδιοφάσματος. Παρόλα αυτά, η πιο ευρέως διαδεδομένη οικογένεια προτύπων είναι η 802.11, η οποία έχει καθιερωθεί από το IEEE. Συνολικά, μέχρι σήμερα, το IEEE έχει διαμορφώσει σχετικά με τα ασύρματα τοπικά δίκτυα τα πρότυπα που παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

Αριθμός προτύπου IEEE	Περιγραφή
802.11	Το αρχικό πρότυπο WLAN. Υποστηρίζει ταχύτητες από 1 έως 2 Mbps.
802.11a	Πρότυπο WLAN υψηλής ταχύτητας για τη ζώνη των 5 GHz. Υποστηρίζει ταχύτητες έως 54 Mbps.
802.11b	Πρότυπο WLAN για τη ζώνη των 2.4 GHz . Υποστηρίζει ταχύτητες έως 11 Mbps.
802.11e	Υποστήριξη ποιότητας υπηρεσιών για τα WLAN.
802.11f	Ορισμός επικοινωνίας μεταξύ των σημείων πρόσβασης, προκειμένου να διευκολυνθεί η επικοινωνία πολλών κατανεμημένων WLANs.
802.11g	Καθιέρωση επιπλέον τεχνικής διαμόρφωσης στη ζώνη των 2.4 GHz, με σκοπό την επίτευξη ταχυτήτων έως 54 Mbps.
802.11h	Ορισμός διαχείρισης φάσματος στη ζώνη των 5 GHz για χρήση στην Ευρώπη και την Ασία.
802.11i	Αναφορά στις αδυναμίες ασφάλειας των πρωτοκόλλων πιστοποίησης και κωδικοποίησης. Το πρότυπο αυτό συμπεριλαμβάνει τα πρωτόκολλα 802.1X, TKIP, και AES.

Τα πρότυπα για WLANs ξεκίνησαν το 1997, με την καθιέρωση του 802.11. Όλες οι εφαρμογές, τα λειτουργικά συστήματα και τα πρωτόκολλα (συμπεριλαμβανομένου της οικογένειας πρωτοκόλλων TCP/IP), τρέχουν πάνω στα τοπικά δίκτυα του παραπάνω προτύπου όπως και στο Ethernet. Το βασικό αυτό πρότυπο υποστηρίζει μετάδοση έως 2 Mbps. Με το πέρασμα των χρόνων, το 802.11 εξελίχθηκε και προέκυψαν νέα πρότυπα που φέρουν και ένα γράμμα δίπλα από το σχετικό αριθμό.

Το πρότυπο 802.11b επικυρώθηκε από το IEEE τον Ιούλιο του 1999 και λειτουργεί στη ζώνη ραδιοσυχνοτήτων από 2.4 έως 2.497 GHz. Η μέθοδος διαμόρφωσης που έχει επιλεγεί για το 802.11b είναι η Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS), η οποία χρησιμοποιεί τη συμπληρωματική διαμόρφωση κώδικα (Complementary code Keying - CCK), καθιστώντας έτσι δυνατή την επίτευξη ταχυτήτων έως 11 Mbps. Η προδιαγραφή 802.11a επικυρώθηκε επίσης τον Ιούλιο του 1999, αλλά αντίστοιχα προϊόντα δεν διατέθηκαν στην αγορά μέχρι το 2001. Για το λόγο αυτό δεν είναι τόσο ευρέως ανεπτυγμένη όσο η 802.11b. Η 802.11a λειτουργεί στη ζώνη ραδιοσυχνοτήτων μεταξύ 5.15 και 5.875 GHz και χρησιμοποιεί τη μέθοδο διαμόρφωσης Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), καθιστώντας έτσι δυνατές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων έως 54 Mbps. Οι δύο προαναφερθείσες τεχνικές διαμόρφωσης (DSSS και OFDM) περιγράφονται αναλυτικά σε επόμενη παράγραφο. Το νεότερο πρότυπο της IEEE είναι το 802.11g, το οποίο επικυρώθηκε τον Ιούνιο του 2003. Ενώ το 802.11g λειτουργεί στη ζώνη ραδιοσυχνοτήτων μεταξύ 2.4 και 2.497 GHz (ίδια περιοχή με το 802.11b), χρησιμοποιεί διαμόρφωση OFDM που επιτρέπει ρυθμό μετάδοσης (bitrate) μέχρι 54 Mbps (παρόμοια με το πρότυπο 802.11a). Αυτός ο συνδυασμός απόδοσης και ραδιοσυχνότητας, επιτρέπει σε εκείνους που διαθέτουν ήδη την υποδομή για το πρότυπο 802.11b, να πραγματοποιήσουν μια γρηγορότερη και λιγότερο ακριβή μετάβαση σε μια ευρύτερη σύνδεση δικτύου. Υπενθυμίζεται ότι ο υπάρχων εγκατεστημένος εξοπλισμός προτύπου 802.11b απαιτεί αναβάθμιση, προκειμένου να γίνει συμβατός με τον αντίστοιχο του 802.11g.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα βασικά χαρακτηριστικά των προτύπων 802.11 a, b και g.

	802.11b	802.11g	802.11a
Συμβατότητα με	IEEE 802.11b. Wi-Fi CERTIFIED	IEEE 802.11b και 802.11g. Wi-Fi CERTIFIED	IEEE 802.11a. Wi-Fi CERTIFIED
Αριθμός καναλιών	3 μη επικαλυπτόμενα	3 μη επικαλυπτόμενα	8 μη επικαλυπτόμενα (4 σε μερικές χώρες)
Τυπική ακτίνα κάλυψης σε εσωτερικούς χώρους (οι ρυθμοί μετάδοσης είναι ανά κανάλι)	100 ft (30 m) @ 11 Mbps; 300 ft (91 m) @ 1 Mbps	100 ft (30 m) @ 54 Mbps; 300 ft (91 m) @ 1 Mbps	12 m @ 54 Mbps 91 m @ 6 Mbps
Τυπική ακτίνα κάλυψης (με οπτική επαφή) σε εξωτερικούς χώρους (οι ρυθμοί μετάδοσης είναι ανά κανάλι)	120 m @ 11 Mbps 460 m @ 1 Mbps	120 m @ 54 Mbps 460 m @ 1 Mbps	30m @ 54 Mbps 300m @ 6 Mbps
Ταχύτητα μετάδοσης	11, 5.5, 2 and 1 Mbps	54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, and 6 Mbps	54, 48, 36, 24, 18, 12, 8, and 6 Mbps
Διαμόρφωση	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS), 2.4 GHz	Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), 2.4 GHz	Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), 5 GHz

Ακολουθούν τα συγκριτικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τριών προτύπων IEEE 802.11:

- + Χαμηλό κόστος, συχνότητα σήματος που παρεμποδίζεται δυσκολότερα από εξωτερικούς παράγοντες.
- Χαμηλότερη μέγιστη ταχύτητα, υποστήριξη μικρότερου αριθμού ταυτόχρονα συνδεδεμένων χρηστών.

802.11a

- + Υψηλότερη μέγιστη ταχύτητα, υποστήριξη μεγαλύτερου αριθμού ταυτόχρονα συνδεδεμένων χρηστών.
- Υψηλό κόστος, μικρότερη ακτίνα κάλυψης, συχνότητα σήματος που παρεμποδίζεται ευκολότερα από εξωτερικούς παράγοντες.

802.11g

- + Υψηλότερη μέγιστη ταχύτητα, υποστήριξη μεγαλύτερου αριθμού ταυτόχρονα συνδεδεμένων χρηστών, συχνότητα σήματος που παρεμποδίζεται πιο δύσκολα από εξωτερικούς παράγοντες.
- Υψηλό κόστος από το 802.11b, μικρότερη ακτίνα κάλυψης.

5.5 Κανάλια τοπικών ασυρμάτων δικτύων στην οικογένεια προτύπων 802.11

Ένα κανάλι αντιπροσωπεύει μια στενή ζώνη ραδιοσυχνοτήτων, στην οποία μεταδίδονται τα δεδομένα, με το κέντρο του καναλιού βρίσκεται στη φέρουσα συχνότητα. Το εύρος ζώνης του καναλιού είναι ανάλογο της ταχύτητας μετάδοσης των δεδομένων (υψηλότερος ρυθμός μετάδοσης συνεπάγεται μεγαλύτερο εύρος ζώνης). Είναι σημαντικό τα διαφορετικά κανάλια να μην αλληλοκαλύπτονται, ειδάλλως η ταχύτητα ελαττώνεται σημαντικά.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το πρότυπο 802.11a λειτουργεί σε ραδιοσυχνότητες μεταξύ 5.15 και 5.875 GHz, ενώ τα πρότυπα 802.11b και 802.11g μεταξύ 2.4 έως 2.497 GHz, μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι το 802.11a έχει ευρύτερη ζώνη συχνοτήτων, γεγονός που επιτρέπει την υποστήριξη περισσότερων καναλιών και μεγαλύτερου ρυθμού μετάδοσης. Το φάσμα συχνοτήτων και τα κανάλια μπορούν να ποικίλουν από χώρα σε χώρα.

Κάθε κανάλι έχει ένα μέγιστο ρυθμό μετάδοσης, σύμφωνα με τα πρότυπά του. Έτσι, τα πρότυπα 802.11b και 802.11g έχουν ένα μέγιστο αριθμό τριών μη-επικαλυπτομένων καναλιών, τα οποία εξασφαλίζουν ρυθμό μετάδοσης 11 και 54 Mbps ανά κανάλι αντίστοιχα, δηλαδή συνολικό ρυθμό μετάδοσης 33 και 162 Mbps αντίστοιχα. Τα πρότυπα 802.11a έχουν ένα μέγιστο αριθμό οκτώ μη-επικαλυπτομένων καναλιών με ρυθμό μετάδοσης 54 Mbps το καθένα, δηλαδή συνολικό ρυθμό μετάδοσης 432 Mbps.

5.6 Κωδικοποίηση και διαμόρφωση σήματος στα ασύρματα τοπικά δίκτυα

Κωδικοποίηση διασποράς φάσματος (Spread Spectrum)

Η διασπορά φάσματος είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται κατά κανόνα για τη μετάδοση δεδομένων σε περισσότερες της μίας συχνοτήτων στα ασύρματα τοπικά δίκτυα, με την απαίτηση βέβαια ο δέκτης να γνωρίζει τη σωστή συχνότητα. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι τεχνολογιών διασποράς φάσματος για μετάδοση στα 2.4 GHz: Η Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) και η Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS).

Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

Η DSSS είναι μια τεχνολογία μετάδοσης φάσματος ευρείας ζώνης, η οποία παράγει ένα επιπλέον bit pattern για κάθε bit που μεταδίδεται. Αυτό το bit pattern, το οποίο έχει μεγαλύτερο ρυθμό (bitrate) από αυτόν των δεδομένων, καλείται chip ή chipping code. Όσο μακρύτερο το chip, τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα του ανάκτησης των μεταδιδόμενων δεδομένων χωρίς σφάλμα. Η δυσμενής συνέπεια της χρησιμοποίησης μακρύτερων chip είναι το ευρύτερο φάσμα που απαιτείται για τη μετάδοση.

Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)

Το FHSS χρησιμοποιεί ένα στενό φασματικά φέρον σήμα, το οποίο μεταβάλλει συνεχώς την κεντρική του συχνότητα σύμφωνα με ένα συγκεκριμένο πρότυπο. Το σήμα εξαπλώνεται, καθώς λειτουργεί σε μια συχνότητα για σύντομη χρονική διάρκεια και έπειτα μεταπηδά σε μια άλλη. Ο αλγόριθμος για τη μεταπήδηση (hopping) της συχνότητας είναι γνωστός και στον πομπό και στο δέκτη, και έτσι επιτυγχάνεται ο μεταξύ τους συγχρονισμός. Το FHSS, λόγω της τεχνικής μεταπήδησης συχνότητας, έχει μεγαλύτερη ανοχή στις παρεμβολές απ. ότι το DSSS, ενώ επίσης αποφεύγει την ταυτόχρονη δέσμευση μεγάλου μέρους του φάσματος. Τέλος, οι πομποί σημάτων FHSS απαιτούν μικρότερη ισχύ απ. ότι οι αντίστοιχοι DSSS. Το FHSS χρησιμοποιήθηκε στο αρχικό πρότυπο 802.11 για ρυθμούς μετάδοσης 1 ή 2 Mbps.

5.7 Ακτίνα κάλυψης και επιδόσεις ασύρματων τοπικών δικτύων

Η ταχύτητα ενός WLAN εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, από την αποδοτικότητα του ενσύρματου δικτύου που συνδέει τα σημεία πρόσβασης, μέχρι τη δομή του κτιρίου που έχει εγκατασταθεί και τον τύπο του WLAN που χρησιμοποιείται. Κατά γενικό κανόνα για όλα τα WLANs, η ταχύτητα μειώνεται με την αύξηση της απόστασης μεταξύ του σημείου πρόσβασης του ασύρματου δικτύου και των χρηστών.

Τα πρότυπα 802.11 υποστηρίζουν διάφορους ρυθμούς μετάδοσης, προκειμένου να προσαρμόζονται στην απώλεια ισχύος των σημάτων και να διατηρούν υψηλή την ποιότητα συναρμολόγησης των πακέτων δεδομένων. Ο χρήστης του WLAN εκτελεί συνεχώς διαδικασίες που ανιχνεύουν και θέτουν αυτόματα την καλύτερη δυνατή ταχύτητα.

Οι συχνότητες στις οποίες εκπέμπουν τα πρότυπα 802.11b και 802.11g, τους επιτρέπουν να διεισδύουν σε στερεά υλικά και να έχουν έτσι μια ακτίνα κάλυψης της τάξης των 100 μ. Το πρότυπο 802.11a παρουσιάζει μια πιο απότομη πτώση στην ταχύτητα καθώς η απόσταση αυξάνεται από το σημείο πρόσβασης, και επιδεικνύει έτσι μια ακτίνα κάλυψης της τάξης των 50 μ στα περισσότερα εσωτερικά περιβάλλοντα.

5.8 Αριθμός χρηστών που μπορεί να εξυπηρετήσει ένα σημείο πρόσβασης

Ο αριθμός των χρηστών που μπορεί να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα ένα σημείο πρόσβασης, εξαρτάται συνήθως από το πόσο υψηλή είναι η κυκλοφορία στο συγκεκριμένο σημείο εκείνη τη στιγμή. Σε ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο, το εύρος ζώνης μοιράζεται μεταξύ των χρηστών, όπως ακριβώς και σε ένα ενσύρματο δίκτυο. Η απόδοση του δικτύου, χρησιμοποιώντας ως μέτρο τον αριθμό των ταυτόχρονα εξυπηρετούμενων χρηστών, εξαρτάται από τη συγκεκριμένη υπολογιστική δραστηριότητα του κάθε χρήστη.

Για να αυξηθεί η χωρητικότητα, μπορούν να προστεθούν περισσότερα σημεία πρόσβασης, προσφέροντας έτσι στους χρήστες καλύτερες πιθανότητες να εξυπηρετηθούν από το δίκτυο. Τα δίκτυα βελτιστοποιούνται όταν τα σημεία πρόσβασης τίθενται σε διαφορετικά κανάλια (συχνότητες). Π.χ. μια

επιχείρηση μπορεί να τοποθετήσει τρία σημεία πρόσβασης 802.11b (με ακτίνα κάλυψης 100 μ το καθένα) σε τρία παρακείμενα γραφεία, με κάθε σημείο ρυθμισμένο σε διαφορετικό κανάλι. Στην περίπτωση αυτή, οι χρήστες θεωρητικά μπορούν να μοιραστούν μέχρι 33 Mbps συνολική χωρητικότητα, αλλά κανείς χρήστης δεν μπορεί να κάνει χρήση χωρητικότητας μεγαλύτερης από 11 Mbps (εφόσον υπάρχουν τρία διαφορετικά κανάλια). Στην πραγματικότητα, οι χρήστες συνδέονται με το σημείο πρόσβασης από το οποίο δέχονται το ισχυρότερο σήμα, εμποδίζοντας έτσι την ομοιόμορφη κατανομή του συνολικού εύρους ζώνης (33 Mbps) μεταξύ τους.

5.9 Ασφάλεια ασυρμάτων τοπικών δικτύων

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τις τεχνολογίες WLAN είναι αναμφίβολα πολλά, με σημαντικότερο, στις περισσότερες περιπτώσεις, την ευελιξία που αυτές παρέχουν. Παρ' όλα αυτά, ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η διακίνηση της πληροφορίας παρουσιάζει κάποιες αδυναμίες, κυρίως όσον αφορά στην ασφάλεια.

Στο πρότυπο 802.11b τα δεδομένα εκπέμπονται, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, στην φασματική περιοχή των 2.4 GHz, σε συχνότητες που μπορούν εύκολα να διαπεράσουν κάποια τυπική τοιχοποιία και μεταλλική κατασκευή. Το γεγονός ότι τα δεδομένα που διακινούνται ανά πάσα στιγμή στο δίκτυο διαχέονται «ελεύθερα» στον περιβάλλοντα χώρο, είναι σίγουρα θέμα που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής.

Γενικά οι .επιθέσεις. που είναι πιθανόν να δεχτεί ένα ασύρματο δίκτυο χωρίζονται σε δύο βασικούς τύπους. Ο πρώτος αποτελείται από επιθέσεις που έχουν βασικό σκοπό την υποκλοπή των πληροφοριών που διακινούνται. Στόχος των παραπάνω επιθέσεων είναι τις περισσότερες φορές τα εταιρικά δίκτυα στα οποία ανταλλάσσονται αρκετά «ευαίσθητες», τόσο για την εταιρεία όσο και τους ανταγωνιστές της, πληροφορίες. Ο δεύτερος τύπος περιλαμβάνει επιθέσεις με τις οποίες ένας «κακόβουλος» επισκέπτης προσπαθεί να αποκτήσει πρόσβαση σε ένα ασύρματο δίκτυο.

Basic Industry Standard Security

Δεδομένων των παραπάνω κινδύνων και έχοντας ως στόχο την αύξηση της ασφάλειας των ασύρματων δικτύων, το IEEE έχει ενσωματώσει στο πρότυπο 802.11 μεθόδους που συντελούν στην αύξηση της ασφάλειας του ασυρμάτου δικτύου (Basic Industry Standard Security). Οι μέθοδοι αυτοί παρατίθενται παρακάτω:

SSID

Το SSID (Secure Set Identifier) είναι το χαρακτηριστικό όνομα ενός ασύρματου δικτύου το οποίο χρησιμοποιείται για να διαφοροποιούνται τα δίκτυα που ενδεχομένως λειτουργούν στον ίδιο χώρο. Γενικά όλες οι συσκευές ασύρματης σύνδεσης έχουν μια προκαθορισμένη τιμή του SSID, τυπική για κάθε μοντέλο. Για να διευκολυνθεί η διαδικασία σύνδεσης δύο συσκευών WLAN, κάθε συσκευή εκπέμπει ανά τακτά χρονικά διαστήματα το SSID της. Έτσι, όταν δύο συσκευές

Βρεθούν μέσα στα όρια εμβέλειάς τους, αυτομάτως αναγνωρίζουν η μια την άλλη, και στη συνέχεια μπορούν, εφόσον έχουν το ίδιο SSID, να συνδεθούν.

Αν και ο παραπάνω μηχανισμός απλοποιεί σημαντικά τη διαδικασία σύνδεσης δύο ή περισσότερων «φιλικών» υπολογιστών, εγκυμονεί κινδύνους, διότι βοηθά σημαντικά πιθανούς «εχθρούς» να εντοπίσουν το εν λόγω δίκτυο. Ο μόνος τρόπος με τον οποίο μπορεί να περιοριστεί ο παραπάνω κίνδυνος είναι να αποτραπεί η αυτόματη εκπομπή του SSID, μια δυνατότητα που προσφέρεται μόνο από τα Σημεία Πρόσβασης.

Συνοψίζοντας, όταν χρησιμοποιείται ένα Σημείο Πρόσβασης, ένα πρώτο μέτρο ασφάλειας που μπορεί κανείς να πάρει είναι να απενεργοποιήσει την εκπομπή του SSID και να αλλάξει το όνομα του δικτύου με κάποιο δύσκολο προβλεπόμενο.

5.10 Πιστοποίηση χρήστη

Το πρότυπο 802.11 ενσωματώνει δύο μεθόδους πιστοποίησης: Open System και Shared Key. Η πρώτη δεν παρέχει ουσιαστικά καμία πιστοποίηση εκτός από την αναγνώριση της διεύθυνσης MAC των συσκευών. Έτσι, η συγκεκριμένη μέθοδος επιτρέπει σε όσες συσκευές έχουν το ίδιο SSID να επικοινωνήσουν μεταξύ τους.

Η μέθοδος Shared Key επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων μόνο ανάμεσα στις συσκευές που έχουν το ίδιο SSID και το ίδιο κλειδί κρυπτογράφησης. Όταν μια συσκευή προσπαθήσει να συνδεθεί με μια άλλη (π.χ., με ένα σημείο πρόσβασης), τότε αυτή, θα απαντήσει στέλοντάς της ένα απλό αρχείο κειμένου. Στη συνέχεια, η συσκευή που επιχειρεί να συνδεθεί θα το κωδικοποιήσει χρησιμοποιώντας το δικό της WEP Key και θα το στείλει πίσω. Η σύνδεση των δύο συσκευών θα είναι εφικτή μόνο εάν το κείμενο έχει κρυπτογραφηθεί σωστά.

Μολονότι η μέθοδος Shared Key δίνει την αίσθηση ότι προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια από την Open System, η εφαρμογή της εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους. Το αδύνατο σημείο της Shared Key είναι η αποστολή του απλού κειμένου. Αν, για παράδειγμα, κάποιος καταγράψει με κατάλληλο εξοπλισμό την επικοινωνία μεταξύ ενός σημείου πρόσβασης και των συσκευών που συνδέονται σε αυτό, θα καταφέρει να συγκεντρώσει έναν ικανοποιητικό αριθμό δεδομένων (απλό και κωδικοποιημένο κείμενο), από τα οποία είναι δυνατόν να υπολογίσει το WEP Key που χρησιμοποιείται. Εύλογα συμπεραίνει κανείς ότι οι παρούσες μέθοδοι πιστοποίησης δεν διακρίνονται για το υψηλό επίπεδο ασφάλειας που προσφέρουν.

5.11 Κρυπτογράφηση δεδομένων

Το πρότυπο 802.11b περιλαμβάνει εκτός από τις δύο μεθόδους πιστοποίησης που αναφέρθηκαν παραπάνω και μια μέθοδο κρυπτογράφησης δεδομένων που ονομάζεται WEP (Wireless Equivalent Privacy). Η WEP βασίζεται στον αλγόριθμο κρυπτογράφησης RC4, ο οποίος χρησιμοποιεί ένα κλειδί μεγέθους 40bit ή 104bit και έναν τυχαίο αριθμό που ονομάζεται Initialization Vector και έχει μήκος 24bit. Οι συσκευές μάλιστα που ακολουθούν το πρότυπο

802.11b+, υποστηρίζουν κωδικοποίηση με κλειδί μήκους 256bit (τυχαίος αριθμός 24bit και κλειδί 232bit). Λόγω όμως κάποιων εγγενών αδυναμιών του αλγορίθμου RC4, η υποκλοπή του χρησιμοποιούμενου κλειδιού είναι δυνατή. Μια τακτική που μπορεί να δυσκολέψει τους πιθανούς «εισβολείς» είναι να χρησιμοποιείται κλειδί μεγάλου μεγέθους (128bit ή 256bit), το οποίο να αλλάζει αρκετά συχνά.

Διευθύνσεις MAC

Αρκετά Σημεία Πρόσβασης παρέχουν την δυνατότητα στο χρήστη να καθορίσει τις διευθύνσεις MAC των συσκευών ασύρματης σύνδεσης που μπορούν να συνδεθούν σε αυτά. Πρέπει να τονιστεί ότι σε κάθε συσκευή αντιστοιχεί μια μοναδική διεύθυνση MAC. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να προστεθεί ακόμα ένα επίπεδο ασφάλειας, το οποίο όμως έχει και αυτό τις αδυναμίες του. Είναι σχετικά εύκολο για έναν «εισβολέα» να υποκλέψει, χρησιμοποιώντας κατάλληλο εξοπλισμό τις διευθύνσεις MAC από τα πακέτα που διακινούνται στο δίκτυο, ακόμα και όταν αυτά είναι κρυπτογραφημένα. Το μόνο που χρειάζεται να κάνει για να αποκτήσει πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο είναι να αλλάξει τη διεύθυνση MAC που στέλνει η συσκευή του, με κάποια από αυτές που έχει υποκλέψει.

5.12 WLAN και WiMAX, LMDS, HiperLan

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα χαρακτηριστικά των ασυρμάτων τεχνολογιών WiMAX, LMDS και HiperLan, καθώς και του WLAN για σύγκριση.

Τεχνολογία	Πρότυπο	Χρήση	Ταχύτητα	Ακτίνα κάλυψης	Συχνότητα
Wi-Fi	IEEE, 802.11a	WLAN	Έως 54 Mbps	Έως 1 km	5 GHz
Wi-Fi	IEEE, 802.11b	WLAN	Έως 11 Mbps	Έως 1 km	2.4 GHz
Wi-Fi	IEEE, 802.11g	WLAN	Έως 54 Mbps	Έως 1 km	2.4 GHz
WiMAX	IEEE, 802.16d	WMAN	Έως 75 Mbps (20 MHz BW)	Τυπικά 6-9 km	Sub 11 GHz
WiMAX	IEEE, 802.16e	Mobile WMAN	Έως 30 Mbps (10 MHz BW)	Τυπικά 1.5-5 km	2-6 GHz
LMDS		WMAN	1,5 - 2 Gbps (τυπικά 38 Mbps downstream)	Τυπικά 3-5 km	>25 GHz, ανάλογα με τη χώρα (Ελλάδα 25 GHz)
WLL @ 3.6 GHz		WMAN ή WWAN		10 km	3.6 GHz
HiperLAN/1	ETSI HiperLAN/1	WLAN	Έως 20 Mbps	Έως 50m	5 GHz
HiperLAN/2	ETSI HiperLAN/2	WLAN	Έως 54 Mbps	Έως 50m	5 GHz

WiMAX

Το WiMAX είναι μια νέα τεχνολογία που θα πραγματοποιήσει την ευρυζωνική πρόσβαση του τελευταίου μιλίου σε μια μεγαλύτερη γεωγραφική περιοχή από ότι το WLAN, παρέχοντας στους επιχειρησιακούς πελάτες ευρυζωνικές υπηρεσίες τύπου T1 (1.544 Mbps), ενώ στους απλούς χρήστες πρόσβαση ανάλογη του DSL. Με ακτίνα κάλυψης από 1.5 έως 9 km (ανάλογα με τις τιμές διαφόρων παραμέτρων), το WiMAX θα επιτρέψει μεγαλύτερη κινητικότητα στις εφαρμογές δεδομένων υψηλών ταχυτήτων. Με τέτοια χαρακτηριστικά, το WiMAX είναι σε θέση να προσφέρει backhaul για την υποδομή παρόχων, τις μεγάλες επιχειρήσεις και τα WLAN hotspots. Τα δίκτυα WiMAX προβλέπεται να αναπτυχθούν σε τρεις φάσεις. Σε πρώτη φάση, η τεχνολογία WiMAX, χρησιμοποιώντας το πρότυπο IEEE 802.16d, θα επεκταθεί μέσω υπαίθριων κεραιών που στοχεύουν γνωστούς συνδρομητές σε μια σταθερή θέση. Σε δεύτερη φάση, θα χρησιμοποιήσει εσωτερικές κεραιές, οι οποίες θα δίνουν στους παρόχους τη δυνατότητα εύκολης εγκατάστασης στους χώρους των χρηστών. Σε τρίτη φάση, θα προωθήσει την IEEE802.16e προδιαγραφή, στην οποία το WiMAX επικυρωμένο υλικό (WiMAX certified) θα είναι διαθέσιμο στις φορητές λύσεις για τους χρήστες, οι οποίοι θέλουν να κινούνται μέσα σε περιοχές υπηρεσιών, δυνατότητα που παρέχει το WLAN σήμερα.

LMDS και WLL στα 3.6 GHz

Το Local Multipoint Distribution System (LMDS) είναι η ευρυζωνική ασύρματη τεχνολογία που χρησιμοποιείται για να μεταδώσει φωνή, δεδομένα, υπηρεσίες διαδικτύου και τηλεοπτικές υπηρεσίες στην περιοχή των 25 GHz καθώς και σε υψηλότερες συχνότητες (ανάλογα με τη χορήγηση αδειών σε κάθε χώρα, στην Ελλάδα ισχύουν τα 25 GHz). Ως αποτέλεσμα των χαρακτηριστικών διάδοσης του σήματος σε αυτό το φάσμα συχνότητας, το LMDS χρησιμοποιεί μια κυψελοειδή δικτυακή αρχιτεκτονική, αν και οι παρεχόμενες υπηρεσίες είναι σταθερές και όχι κινητές. Παρόμοιες δικτυακές αρχιτεκτονικές ισχύουν και για την ασύρματη πρόσβαση στα 3.6 GHz. Οι δύο αυτές ζώνες (3.6 και 25 GHz) αποτελούν τις αδειοδοτημένες περιοχές συχνοτήτων για τη σταθερή ασύρματη πρόσβαση στην Ελλάδα.

Το LMDS είναι ένα σύστημα απευθείας μικροκυματικής μετάδοσης από μια τοπική κεραία στο σπίτι ή την επιχείρηση εντός της ακτίνας οπτικής επαφής, αποτελώντας έτσι μια λύση στο αποκαλούμενο "πρόβλημα του τελευταίου μιλίου", προσφέροντας οικονομικές υπηρεσίες ευρείας ζώνης στους τελικούς χρήστες. Το LMDS είναι μια εναλλακτική λύση από την εγκατάσταση οπτικής ίνας μέχρι το χρήστη ή την προσαρμογή της καλωδιακής τηλεόρασης για προσφορά ευρυζωνικών υπηρεσιών (η δυνατότητα αυτή δεν υφίσταται σήμερα στην Ελλάδα). Ανάλογα με την εφαρμογή, το LMDS παρέχει ταχύτητα μέχρι 1.5 Gbps προς τον χρήστη (downstream) και 200 Mbps από το χρήστη προς το δίκτυο (upstream), αν και ένας πιο ρεαλιστικός αριθμός είναι τα 38 Mbps downstream. Μερικές υπηρεσίες προσφέρουν συμμετρική υπηρεσία από και προς το χρήστη, ενώ άλλες προσφέρουν μόνο downstream με το upstream να επιτελείται μέσω ενσύρματων συνδέσεων (ασύμμετρη υπηρεσία).

Το κόστος του LMDS θεωρείται πολύ χαμηλότερο από αυτό της εγκατάστασης οπτικών ινών ή της αναβάθμισης των συστημάτων καλωδιακής τηλεόρασης. Οι πρώτες εφαρμογές για την εκμετάλλευση του LMDS θεωρούνται οι:

- Μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων για τις επιχειρήσεις
- Διαλογική (interactive) τηλεόραση και ροή πολυμέσων από το Διαδίκτυο
- Υπηρεσία φωνής (συνήθως ως συμπλήρωμα σε άλλες υπηρεσίες)

Επειδή το LMDS απαιτεί έναν ακριβότερο και ενδεχομένως μεγαλύτερο πομποδέκτη από κάποιον που θα μπορούσε με ευκολία να συσκευαστεί σε μια φορητή συσκευή, το LMDS δεν αντιμετωπίζεται ως αντικαταστάτης ή ως εναλλακτική λύση των κινητών ασύρματων τεχνολογιών, όπως η 3G και το GSM. Αφ' ετέρου, το LMDS προσφέρει πολύ υψηλότερο εύρος ζώνης για δεδομένα. Γενικά, το LMDS είναι για σταθερές θέσεις και προσφέρει πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Οι τεχνολογίες όπως το GSM είναι για τους κινητούς χρήστες, με χαμηλότερες ταχύτητες, οι οποίες όμως αυξάνονται με τεχνολογίες που καταλήγουν στο 3G.

HiperLAN/1 και /2

Το HiperLAN (High Performance Radio LAN) αναπτύχθηκε στις ευρωπαϊκές χώρες ως πρότυπο υψηλής ταχύτητας WLAN και είναι παρόμοιο με το αμερικάνικο πρότυπο IEEE 802.11. Υπάρχουν δύο τύποι προδιαγραφών, το HiperLAN/1 και το HiperLAN/2. Και τα δύο πρότυπα έχουν υιοθετηθεί από το ETSI. Το HiperLAN/1 αναπτύχθηκε το 1996 και προσφέρει ταχύτητες δεδομένων μέχρι 20 Mbps στη ζώνη των 5 GHz του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων, κυρίως σε ad-hoc δίκτυα και χωρίς να εγγυάται την ποιότητα υπηρεσιών (QoS). Το HiperLAN/2 προσφέρει ταχύτητες δεδομένων μέχρι 54 Mbps στην ίδια ζώνη ραδιοσυχνοτήτων, καθώς και καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών. Το φυσικό μέσο μετάδοσης είναι το ίδιο με αυτό του 802.11a και το ETSI συνεργάστηκε με το IEEE για την ανάπτυξή του. Δεδομένου ότι ο χαμηλότερος ρυθμός μετάδοσης του 802.11a περιορίζει τη χρήση του, ειδικά στις εφαρμογές πολυμέσων, η υψηλότερη ταχύτητα του HiperLAN, αν και είναι πιθανόν να κοστίζει περισσότερο, αποτελεί μια αποτελεσματική εναλλακτική τεχνολογία για ορισμένες εφαρμογές WLAN, ιδιαίτερα αυτές που περιλαμβάνουν μετάδοση τηλεοπτικών εικόνων. Το HiperLAN είναι βασισμένο στην τεχνολογία ασύγχρονης μεταφοράς (ATM), και προσφέρει καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών από τις αντίστοιχες του 802.11.

5.13 Σύγκριση τεχνολογιών ασυρμάτων δικτύων Γενική σύγκριση

Κάθε τεχνολογία είναι σημαντική για διαφορετικούς λόγους. Ενώ το WLAN είναι ιδανικό για τις απομονωμένες περιοχές, το WiMAX προσφέρει ασύρματη κάλυψη σε μεγάλες αποστάσεις. Τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά του WiMAX το καθιστούν ιδανικό για κινητούς υπολογιστικές πλατφόρμες, όπως π.χ. οι φορητοί υπολογιστές. Το LMDS από την άλλη πλευρά, προσφέρει πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, αλλά κυρίως σε σταθερούς προορισμούς, λόγω του σχετικά ογκώδους απαιτούμενου εξοπλισμού.

Δεδομένου ότι η πληροφορική και οι επικοινωνίες συγκλίνουν σε ευρυζωνικές ασύρματες πλατφόρμες και τεχνολογίες, η ανάγκη για αληθινή

κινητικότητα θα γίνει επιτακτική. Όταν αυτό συμβεί, οι τεχνολογίες, η υποδομή, οι συσκευές και οι υπηρεσίες που θα επιτρέπουν στους χρήστες να μένουν συνδεδεμένοι ακόμη και όταν αυτοί κινούνται σε οποιονδήποτε χώρο, θα πρέπει να είναι έτοιμες να λειτουργήσουν.

Απώτερος σκοπός είναι να η «πάντα καλύτερη δυνατή σύνδεση» του χρήστη (best connected), χρησιμοποιώντας τις προαναφερθείσες συμπληρωματικές ευρυζωνικές τεχνολογίες. Στην πραγματικότητα, η κινητικότητα που επιτρέπεται από την ασύρματη τεχνολογία απαιτεί τη συμπληρωματικότητα των δικτύων και τη συνύπαρξη των τεχνολογιών είτε αυτές είναι ενσύρματες είτε ασύρματες.

Η Βιομηχανία αναμένει ότι η ευρυζωνική πρόσβαση θα φτάσει τον ύψιστο στόχο του «πάντα και παντού» μέσω του ακόλουθου σεναρίου:

Ασύρματα δίκτυα όλων των ειδών θα αναπτυχθούν ανά τον κόσμο.

- Τα WLAN hotspots θα πολλαπλασιαστούν στις δημόσια θέσεις, τις επιχειρήσεις και τα σπίτια.
- Οι τεχνολογίες WiMAX πρώτης γενιάς και LMDS θα επεκταθούν ευρέως για να παρέχουν ευρυζωνική συνδεσιμότητα σε μεγάλες αποστάσεις για τα WLAN hotspots, καθώς επίσης και κυψελοειδές και επιχειρηματικό backhaul.
- Αργότερα, η τεχνολογία 802.16e WiMAX θα προστεθεί στις πυκνά κατοικημένες περιοχές για να παρέχει ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση δεδομένων σε κινητούς χρήστες φορητών υπολογιστών.
- Οι καινοτομίες στις τεχνολογίες 3G θα προσθέσουν τις ικανότητες παροχής ευρυζωνικής πρόσβασης στο κινητό τηλέφωνο και στα PDAs.

Το σενάριο “πάντα καλύτερης σύνδεσης” (always best-connected) προβλέπει ότι οι χρήστες θα αναμείξουν και θα ταιριάξουν τις κινητές πλατφόρμες και τις ασύρματες τεχνολογίες για να καλύψουν τις εξατομικευμένες απαιτήσεις τους, έτσι ώστε να μένουν συνδεδεμένοι ουσιαστικά οποτεδήποτε και οπουδήποτε. Κάποιες εταιρίες ίσως ενσωματώσουν περισσότερες της μίας ασύρματης τεχνολογίας στις κινητές πλατφόρμες τους για να μεγιστοποιήσουν τη δυνατότητα των χρηστών να μένουν συνδεδεμένοι.

Εντούτοις, πρέπει να σημειωθεί, ότι πάντα καλύτερα συνδεδεμένος δε σημαίνει ότι οι ενσύρματες προσβάσεις θα εξαφανιστούν. Στην πραγματικότητα, οι ενσύρματες τεχνολογίες θα συνεχίσουν να είναι σημαντικές, δεδομένου ότι θα ήταν δύσκολο να φανταστεί κανείς την υπολογιστική δομή ολόκληρου του κόσμου να λειτουργεί π.χ. χωρίς xDSL ή Gigabit Ethernet. Το Ethernet και οι άλλες ενσύρματες τεχνολογίες, όπως οι οπτικές ίνες, διαδραματίζουν έναν ζωτικής σημασίας ρόλο “πίσω από τη σκηνή”, κάνοντας εφικτή την ασύρματη συνδεσιμότητα.

WLAN vs (LMDS και WLL στα 3.6 GHz)

Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά των δύο αυτών τεχνολογιών διαφέρουν κατά πολύ και τις καθιστούν μάλλον συμπληρωματικές, παρά ανταγωνιστικές. Έτσι, το WLAN εξυπηρετεί κατά βάση χρήστες σε μικρότερες αποστάσεις και σε χαμηλότερες ταχύτητες απ. ότι το LMDS. Επίσης ο εξοπλισμός του LMDS είναι πολύ ακριβότερος του αντίστοιχου του WLAN, πράγμα που καθιστά τις δύο τεχνολογίες να στοχεύουν σε διαφορετικά είδη πελατών, η πρώτη κυρίως σε μεγάλες εταιρίες, ενώ η δεύτερη κυρίως σε απλούς

χρήστες. Η συμπληρωματικότητά τους έγκειται στο ότι τα WLANs μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παροχή πρόσβασης σε απομακρυσμένες περιοχές, ενώ τα δίκτυα LMDS σε αστικές περιοχές και κυρίως σε εταιρίες με ανάγκες υψηλού εύρους ζώνης. Επιπλέον, τα WLANs σχεδιάζονται αρχικά ως απλή αντικατάσταση / προέκταση της ήδη υπάρχουσας καλωδιακής δικτυακής υποδομής.

Ένα από τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα που αντιμετωπίζουν οι δυνητικοί πάροχοι WLAN, είναι η αβεβαιότητα και η δυσπιστία με την οποία δέχονται οι χρήστες την τεχνολογία WLAN, λόγω του ότι για την παροχή δημοσίων υπηρεσιών γίνεται χρήση ελεύθερης ζώνης, χωρίς προστασία από παρεμβολές και με περιορισμένο βαθμό παρεχόμενης ασφάλειας επικοινωνίας. Από την άλλη πλευρά, το LMDS έχει δεσμευμένο συγκεκριμένο φάσμα ραδιοσυχνοτήτων σε αδειοδοτημένη ζώνη, γεγονός που του επιτρέπει να προσφέρει ασφαλείς συνδέσεις χωρίς παρεμβολές και με εγγυημένη ποιότητα.

5.14 Παρούσα κατάσταση στην Ελλάδα

Οι κύριες εφαρμογές των WLAN στις μέρες μας αφορούν τα εξής:

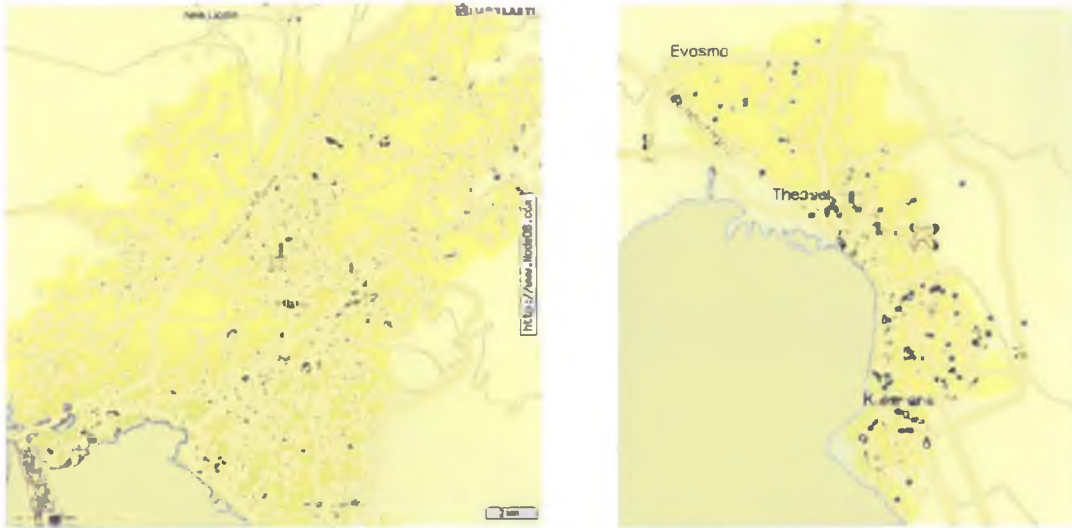
α. Τη δημιουργία hot-spots και επομένως την εξυπηρέτηση κινούμενων χρηστών εντός μικρών και συγκεκριμένων περιοχών.

β. Τη δημιουργία ζεύξεων σημείου προς σημείο με συγκεκριμένη χρήση.

γ. Την αντικατάσταση του ενσύρματου δικτύου στο οικιακό ή το επιχειρηματικό περιβάλλον.

Στην Ελλάδα οι επίσημοι κόμβοι WiFi έχουν πλέον αυξηθεί κατά πολύ (κυρίως στα αστικά κέντρα), ενώ πληθαίνουν τα hot-spots σε ξενοδοχεία, info-καφετέριες και κάθε είδους επιχειρήσεις.

Το Ασύρματο Μητροπολιτικό Δίκτυο Αθηνών AWMN είναι ένας μη κερδοσκοπικός σύλλογος που καλύπτει τις περισσότερες περιοχές της Αθήνας (σύμφωνα με το αντίστοιχο site, 2257 κόμβοι τον Ιούλιο 2004) και συνεχώς επεκτείνεται. Είναι αξιοσημείωτη η ανάπτυξη ενός τέτοιου ασύρματου δικτύου σε τόσο μεγάλη γεωγραφική κλίμακα. Αντίστοιχα δίκτυα (community networks) έχουν δημιουργηθεί και σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας (Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Χανιά, Ξάνθη, Σέρρες, Λάρισα, Γιάννενα), ενώ υπάρχει ενδιαφέρον από πολλές άλλες. Όλοι οι συμμετέχοντες στα δίκτυα αυτά επικοινωνούν μεταξύ τους, είναι οι ίδιοι ενεργοί χρήστες και παροχείς διαφόρων υπηρεσιών, όπως υπηρεσιών επικοινωνιών (voip, εικονοτηλεφωνία, instant messengers), ανταλλαγής αρχείων (ftp, peer to peer), παρουσίασης ιστοσελίδων, ηλεκτρονικού ταχυδρομείου καθώς και οποιασδήποτε άλλης υπηρεσίας που μπορεί να υπάρχει πάνω σε ένα δίκτυο υπολογιστών ή στο Διαδίκτυο.



Σχήμα 24. Το μητροπολιτικό δίκτυο Wi-Fi στην Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη

Το ακαδημαϊκό, ασύρματο δίκτυο Ηρακλείου είναι άλλο ένα community network, που έχει δημιουργηθεί εξολοκλήρου από την ακαδημαϊκή κοινότητα του Πανεπιστημίου Ηρακλείου. Στο Βόλο, το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας έχει υλοποιήσει ένα ασύρματο δίκτυο, το οποίο συνδέει ευρυζωνικά όλα τα σχολεία της περιοχής, στα πλαίσια του Πανελλήνιου Σχολικού Δικτύου.

5.15 Παρατηρήσεις-Προτάσεις

Οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ορίζουν να ενισχυθούν οι πλατφόρμες πολλαπλής ευρυζωνικής πρόσβασης στην κοινωνία της πληροφορίας και επισημαίνουν την ανάγκη να ολοκληρωθεί η εσωτερική αγορά για υπηρεσίες ηλεκτρονικών επικοινωνιών. Εκτιμάται ότι η διάδοση των WLANs θα οδηγήσει σε πολύ μεγαλύτερη διείσδυση των υπηρεσιών Διαδικτύου στην Ελλάδα. Αυτό ισχύει διότι θεωρητικά, ο συνδρομητής ενός σωστά δομημένου δικτύου WLAN μπορεί να απολαμβάνει αναβαθμισμένες υπηρεσίες σε σχέση με εκείνες των συνδρομητών dialup αφού η τεχνολογία WLAN παρέχει τη δυνατότητα ευρυζωνικής πρόσβασης με ταχύτητες πολύ υψηλότερες των συμβατικών (dialup) συνδρομητών. Επίσης, αναφορικά με τις εταιρίες που έχουν λάβει ειδική άδεια, τους έχει γνωστοποιηθεί ότι δεν υπάρχει προστασία από παρεμβολές.

Η ΕΕΤΤ πιστεύει ότι η χρήση της ζώνης των 2.4 GHz και για την παροχή υπηρεσιών Σταθερής Ασύρματης Πρόσβασης, θα συμβάλει στην προώθηση της ευρυζωνικότητας, στην αύξηση των χρηστών του Διαδικτύου, καθώς και σε εναλλακτικούς τρόπους παροχής φθηνότερων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών ιδιαίτερα στις παραμεθόριες, νησιωτικές και ορεινές περιοχές που καταλαμβάνουν σημαντικό ποσοστό έκτασης της Ελληνικής επικράτειας και που χρήζουν ιδιαίτερης μέριμνας.

Βέβαια, για να πραγματοποιηθούν τα παραπάνω, θα πρέπει οι πάροχοι της περιοχής των 2.4 GHz να λαμβάνουν ειδικά μέτρα και να ενημερώνουν επαρκώς τους καταναλωτές αναφορικά με:

- Τη διασφάλιση του απορρήτου
- Τα πιθανά προβλήματα παρεμβολών

- Την εγγυημένη παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών, κυρίως λόγω και του ότι οι ρυθμοί μετάδοσης πληροφορίας είναι συνάρτηση της απόστασης μεταξύ των κόμβων αλλά και του γεγονότος ότι η παροχή υπηρεσιών γίνεται με χρήση ραδιοσυχνοτήτων σε ζώνη κοινής χρήσης, χωρίς να υπάρχει προστασία από παρεμβολές.

Επίλογος

6.1 Μελλοντικά Δίκτυα (4G, 5G)

Παρότι τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών τρίτης γενιάς δεν έχουν ακόμα αρχίσει να λειτουργούν στην πλειοψηφία των χωρών, έρευνες γίνονται για τα δίκτυα 4G και 5G. Τα δίκτυα αυτά δεν θα παρέχουν μόνο σημαντικά υψηλές ταχύτητες μετάδοσης πληροφοριών αλλά και μεγαλύτερη χωρητικότητα συνδρομητών με μικρό «κόστος bit» και δυνατότητα υποστήριξης υπηρεσιών της εποχής του 2010. Οι δομές των κυττάρων αυτών θα πρέπει να διαφοροποιηθούν σε σημαντικό βαθμό με αυτές των υπάρχοντων δικτύων μιας κάτι τέτοιο κρίνεται αναγκαίο προκειμένου να είναι δυνατή η άμεση και διαρκής εξυπηρέτηση των εκατοντάδων εκατομμυρίων συνδρομητών τους (σύμφωνα με σημερινές εκτιμήσεις).

Βασικά χαρακτηριστικά των δικτύων 4G και 5G θα είναι:

- απόλυτα ιεραρχική δομή τους,
- η παροχή υψηλών ρυθμών μετάδοσης δεδομένων (>2Mbps για 4G και >20Mbps για 5G),
- καθώς επίσης και η υψηλή κινητικότητα.

Η πρόσβαση λοιπόν στο διαδίκτυο και σε ποικίλες υπηρεσίες θα είναι δυνατή οπουδήποτε, οποτεδήποτε και μάλιστα με ιδιαίτερα υψηλές ταχύτητες. Μία σημαντική ιδιαιτερότητα των συστημάτων 4G και 5G είναι οι «μεγάλου ύψους στρατοσφαιρικές πλατφόρμες» (“High Altitude Stratospheric Platform Station Systems”, HAPS).

Οι πλατφόρμες αυτές αναμένεται να αποτελέσουν τον ιδανικό φορέα υπηρεσιών πολυμέσων και το τρίτο είδος τηλεπικοινωνιών μετά της επίγειες και τις δορυφορικές. Οι HAPS διατηρούν διαρκώς το ύψος τους σε μία απόσταση των 20Km από την γη στη ζώνη της στρατόσφαιρας. Η μονάδα του χρήστη θα μπορεί να επικοινωνεί με αυτές σε ευροζωνικές ταχύτητες και στην μιλιμετρική περιοχική συχνότητων. Σήμερα συζητάτε η χρήση της περιοχής των 48 GHz για την διεξαγωγή αυτού του είδους των επικοινωνιών. Αυτές οι ζεύξεις μπορεί να παρέχουν ρυθμούς μετάδοσης της τάξης των 25Mbps για κινητούς συνδρομητές ενώ για σταθερούς με μεγαλύτερες κεραιές από τις κανονικές να φτάσουν πολλές εκατοντάδες Mbps. Λόγω των πολύ υψηλών χρησιμοποιούμενων συχνοτήτων επικοινωνίας είναι δυνατή η χρήση ιδιαίτερως μικρών κεραιών μεγάλου κέρδους.

6.2 Παροχή Τηλεματικών Υπηρεσιών σε Μελλοντικά Δίκτυα

Τα μελλοντικά δίκτυα κινητών επικοινωνιών αναμένεται να φέρουν επανάσταση στον τομέα της παροχής τηλεματικών υπηρεσιών στις ευφυείς μεταφορές. Η ενοποίηση των τεχνολογιών που θα προκύψει καθώς επίσης και οι τάχιστοι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων θα αποτελέσουν το έναυσμα για την παροχή μίας πληθώρας νέων υπηρεσιών σε θέματα που αφορούν την διαχείριση στόλου, την

πλοήγηση, την αυτόματη είσπραξη διοδίων, την ασφαλή οδήγηση κ.λ.π.. Επίσης στον τομέα του ITS (Intelligent Transportation Systems) αναμένεται να εισέλθουν τεχνολογίες που σχετίζονται με πολυμέσα κάτι που έως σήμερα δεν ήταν εφικτό.

Παρότι που μέχρι την παρούσα στιγμή δεν έχει θεσπιστεί κάποιο πρότυπο ή δομή για την παροχή τηλεματικής στα μέσα μαζικής μεταφοράς με την χρήση των μελλοντικών δικτύων κινητών επικοινωνιών είναι σίγουρο πως το QoS αυτών των συστημάτων θα είναι σαφώς ανώτερο σε σχέση με το αντίστοιχο υπάρχοντων δικτύων. Έτσι, λοιπόν, πέρα από την υποστήριξη νέων υπηρεσιών θέματα, όπως είναι η κρυπτογράφηση, η ραδιοκάλυψη, η ελαχιστοποίηση της ολικής κατάληψης του δικτύου, η εξασφάλιση του απορρήτου των επικοινωνιών που είναι κρίσιμα για τα δίκτυα θα ικανοποιούνται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από ότι σήμερα.

Βιβλιογραφία:

- Wireless Communications & Networks by WILLIAM STALLINGS
- MULTIMEDIA WIRELESS NETWORKS by GANZ WONGTHAVARAWAT
- WIRELESS LOCAL-AREA NETWORK FUNDAMENTALS by LEARY & ROSHAN
- Wireless Network Evolution 2G to 3G by GARG
- 802.11 Wireless Networks by GAST
- Mobile and Wireless Communication Networks by OMIDYAR
- 3G Wireless Networks by COLLINS
- <http://www.gsm.gr>
- <http://www.tetramou.com>
- <http://www.ote.gr>
- <http://www.umts-forum.org>
- <http://www.apnic.net/meetings/12/docs/1>
- <http://www.computer.org/internet/v2n1/perkins.htm>
- <http://www.computer.org/students/looking/summer97/ieee802.htm>
- <http://www.eurescom.de/~pub-deliverables/P1000-series/P1009/D3/p1009d3.pdf>
- http://www.hpl.hp.com/personal/Jean_Tourrilhes/MobileIP/known
- <http://www.iec.org/online/tutorials/umts/topic01.html>
- <http://www.ipv6forum.com/navbar/events/birmingham00/presentations/PDF/AskoRasanen.pdf>
- http://www.ipv6forum.com/navbar/papers/MobileIPv6_Whitepaper.pdf
- http://www.isoc.org/inet2001/CD_proceedings/T28/T28.htm