Α.Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

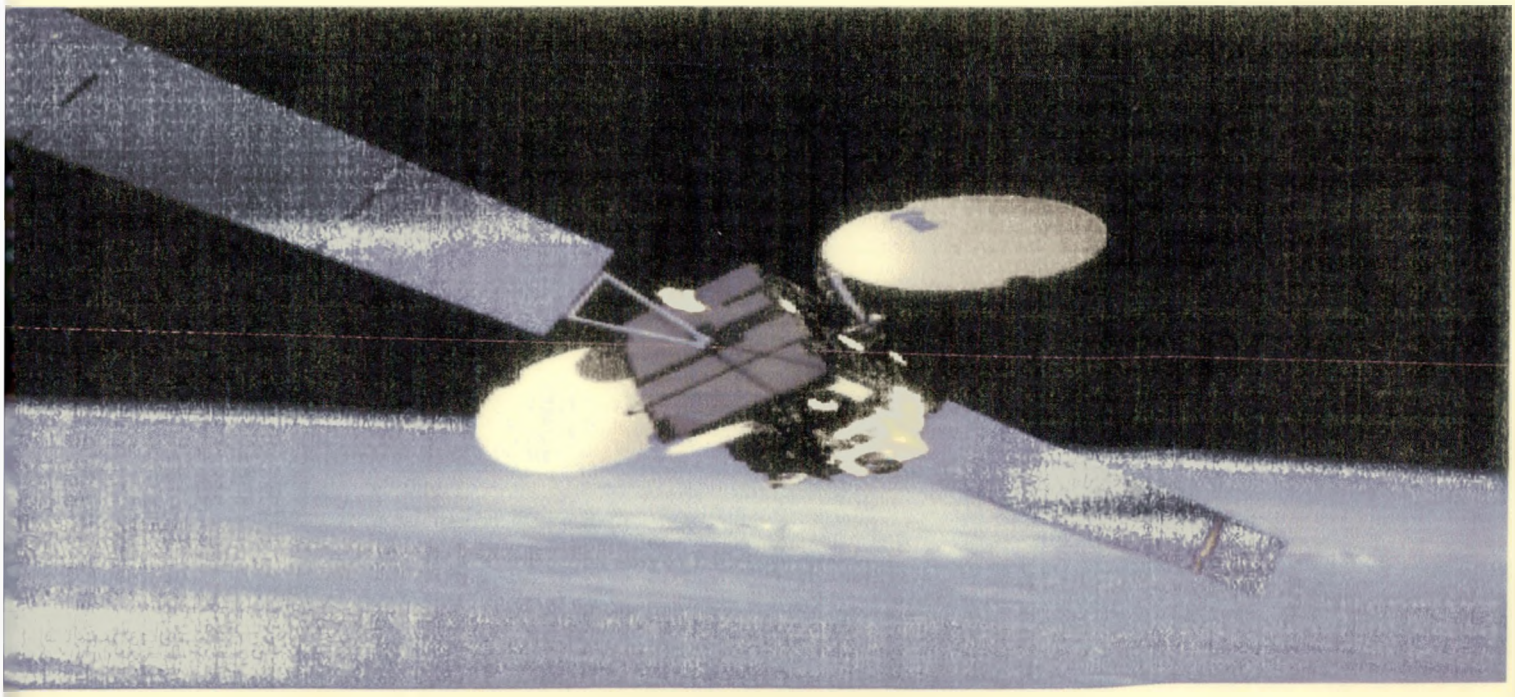
ΤΜΗΜΑ Ε.Π.Δ.Ο.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :
ΓΕΛΑΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 6929)
ΡΗΓΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (Α.Μ. 7729)

ΘΕΜΑ:

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ 2ης & 3ης ΓΕΝΙΑΣ. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ GSM ΚΑΙ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΤΑΞΥ GSM-900/GSM-1800



ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2004

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1

1.1. Ιστορική αναδρομή των Κινητών Επικοινωνιών

Η ανάγκη επικοινωνίας με μη σταθέρα σημεία ευρισκόμενα πέραν του οπτικού ορίζοντα και χωρίς την υποστήριξη τηλεπικοινωνιάκων καλωδίων για τη μεταφορά της πληροφορίας , δημιουργήθηκε αμέσως μετα την ανακάλυψη της ασύρματης διάδοσης, γύρωστα τέλη του 1800. Το πρώτο σύστημα κινητής τηλεφωνίας εγκαταστάθηκε από τον Marconi το έτος 1898 στο νησί Wight της Αγγλίας, για λογαριασμό της Βασίλισσας Βικτωρίας. Η κινητή μονάδα ήταν το βασιλικό γιώτ, το οποίο τοποθετήθηκε ένας VHF πομποδέκτης με την κεραία. Ο σταθμός βάσης, ήταν ένας πομποδέκτης με την κεραία του, αντοίστιχος με αυτόν της κινητής μονάδας, ο οποίος εγκαταστάθηκε στο Παλάτι της Βασίλισσας.

Πρίν από τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, οι Βρετανοί χρησιμοποιούσαν την κινητή τηλεφωνία για λογαριασμο της Αστυνομίας. Η ζώνη των συχνοτήτων που χρησιμοποιούσαν ήταν 2-3 MHz. Το έτος 1935 χρησιμοποίησαν για την υπηρεσία αυτή συχνότητεςαπο την VHF περιοχή. Κατά την διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου, η χρήση των συστημάτων αυτών επεκτάθηκε στις ένοπλες δυνάμεις και στις υπηρεσίες αμέσου επεμβάσεως (πχ στην πυροσβεστική υπηρεσία). Ο τύπος της διαμόρφωσης του μεταδιδόμενου σήματος ήταν διαμορφωση Έυρους (AM) ενώ εκείνη την εποχή στις ΗΠΑ εχρησιμοποιείτο δοκιμαστικά η Διαμόρφωση Συχνότητας

(FM), για την βελτίωση της ποιότητας του λαμβανόμενου σήματος από την προκαλούμενη εξασθένηση αυτού, με την εμφάνηση του ηλεκτρικού θορύβου. Το έτος 1945 στο Ηνωμένο Βασίλειο υπήρχαν περίπου 1.000 χρήστες των συστημάτων κινητής τηλεφωνίας, και ο αριθμός τους αυξανόταν συνεχώς. Το 1947 στα πλαίσια των εργασιών του Διεθνούς Συνεδρίου Ραδιο-επικοινωνιών (International Radio-Communication Conference) η οποία έλαβε χώρα στο Atlantic City των ΗΠΑ, πραγματοποιήθηκε η κατανομή του ραδιο-φάσματος για τους χρήστες των κινητών επικοινωνιών.

Στα πλαίσια της διαχρονικής καταγραφής της κινητής τηλεφωνίας σε παγκόσμιο επίπεδο, οφείλουμε να δώσουμε μερικά ιστορικά σημεία της εξέλιξης των κινητών επικοινωνιών στις ΗΠΑ.Το έτος 1921 στην Αστυνομία του Detroit εγκαταστάθηκε το πρώτο σύστημα το οποίο λειτούργησε στην περιοχή των 2 MHz. Κατόπιν, περίπου το 1940, νέες συχνότητες στην περιοχή των 30 και 40 MHz, καταχωρήθηκαν για τις κινητές επικοινωνίες. Επειδή ο αριθμός των χρηστών οι οποίοι ζητούσαν πρόσβαση στα συστήματα αυτά αυξανόταν συνεχώς, η Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών των ΗΠΑ (Federal Communications Commision-FCC) παραχώρησε επιπλέον συχνότητες στην περιοχή των 30 και 50 Μηζγια διάφορες ειδικές χρήσεις. Τα πρώτα αυτά συστήματα κινητών επικοινωνιών λειτουργούσαν αυτόνομα και δεν υπήρχε επικοινωνία με το Τηλεφωνικό Δίκτυο της Χώρας.

Αμέσως μετα τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, τα Εργαστήρια Bell (BellLaboratories δρομολόγησαν ένα πρόγραμμα για παροχή επικοινωνιακών υπηρεσιών με συστήματα τα οποία χρησιμοποιούσαν κοινό φορέα (common carrier), προκειμένου να εξυπηρετούνται πολλοί χρήστες μαζί κινούμενοι σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές. Η υπηρεσία αυτή καταχωρήθηκε στην FCC το όνομα Δημόσια Εσωτερική Υπηρεσία Επίγειων Κινητών Ασυρματικών Επικοινωνιών (Domestic Public Mobile Radio Service-DPLMRS). Η υπηρεσία DPLMRS δρομολόγησε τα παρακάτω δύο συστήματα:

- Το πρώτο από αυτά λειτούργησε το 1946 για την κάλυψη των επικοινωνιακών αναγκών των χχρηστών που κινούνται εντός της πόλης του St.Louis, χρησημοποιώντας τρείς ραδιο-διαύλουςστην περιοχή των 150 MHz. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην αρχή η FCC είχε καταχωρήσει έξι ραδιο-διαύλους για την κάλυψη των αναγκών, αλλά επειδή η χρησιμοποιούμενοι πομποδέκτες δεν ήταν υψηλής τεχνολογίας παρατηρήθηκαν έντονα προβλήματα από παρεμβολές γειτονικών ραδιο-διαύλων (καναλιών) στην ίδια γεωγραφική περιοχή, οπότε τελικά χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι τρείς ραδιο-δίαυλοι. Το σύστημα του St.Louis ήταν γνωστό με το όνομα Urban System.
- Το 1947 εγκαταστήθηκε ένα δεύτερο σύστημα για την κάλυψη των επικοινωνιακών αναγκών των χρηστών, οι οποίοι εκινούντο στον

αυτοκινητόδρομο New York-Boston. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιούσε συχνότητες στην περιοχή 35-44 MHz. Τα προβλήματα που προυσιάστηκαν ήταν οι έντονες παρεμβολές λόγω του φαινομένου της Απόστασης της Πρώτης Ανάκλασης από τα ατμοσφαιρικά στρώματα. Το σύστημα αυτό ήταν γνωστό με το όνομα Highway System.

- Το 1964 λειτούργησε ένα νέο σύστημα στα 150 MHz, το οποίο ήταν γνωστό με την ονομασία MJ και το έτος 1964 εγκαταστάθηκε και λειτούργησε το δύστημα MK, χρησιμοποιώντας συχνότητες στην περιοχή του ραδιοφάσματος των 450 MHz. Πρέπει να σημειωθεί τόσο το MJ και το MK, ήταν τα τμήματα του βελτιωμένου Συστήματος Κινητής Τηλεφωνίας (Improved Mobile Telephone System –IMTS).

1.2. Απο την παραδοσιάκη στην κυτταρική τηλεφωνία

Τα παραδοσιακά συστήματα κινητής τηλεφωνίας μπορούσαν να υποστηρίζουν έναν μικρό αριθμό χρηστών. Ενδεικτικά αναφέρεαι ότι το έοτς 1983 στις ΗΠΑ υπήρχαν μόνο 140000 συνδρομητές, περιελαμβάνοντας την αστυνομία και άλλους ειδικού σκοπού πελάτες/συνδρομητές ενώνα σημειωθεί ότι ο χρόνος αναμονής ενός υποψηφίου συνδρομητή ήταν "μερικά χρόνια". Βέβαια μια μικρή αύξηση του αριθμού χρηστών ήταν δυνατή, όμως θα οδηγούσε σε ανεπιθύμητες καθυστερήσεις, καθώς τα κινητά τηλέφωνα θα επιχειρούσαν να προσπελάσουν ελεύθερους για επικοινωνία ραδιο-διαύλους.

Ίσως όμως το πιο φανερό ελλάτωμα των παραδοσιακών συστημάτων κινητής επικοινωνίας, ήταν η χαμηλή ποιότητα της μεταδιδόμενης φώνης. Αυτή οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, ο σπουδαιότερος των οποίων είναι η λειτουργία με διαμόρφωση συχνότητας "στενής ζώνης". Η χρησιμοποίηση ραδιο-διαύλων με στενό εύρος αυξάνει τους διαθέσιμους για επικοινωνία ραδιο-διαύλους σε μια συγκεκριμένη περιοχή του διθέσιμου φάσματος συχνοτήτων. Ταυτόχρονα όμως επιδρά αρνητικά στην ποιότητα της επικοινωνίας (πχ μεγάλες καθυστερήσεις αύξηση του φαινομένου των ραδιο-παρασίτων, κλπ). Για παράδειγμα αναφέρουμε την περίπτωση αυτή του συστήματος της Νέας Υόρκης, το έτος 1983. Στην περίπτωση αυτή αν υπήρχαν 23 διθέσιμοι ραδιο-δίαυλοι για να εξυπηρετήσουν 700 περίπου χρήστες, μόνο 12 από αυτούς μπορούσαν να επικοινωνήσουν ταυτόχρονα, ενώ οι περισσότερες συνομιλίες περιείχαν σημαντικό θόρυβο λόγω της ύπαρξης των παρεμβολών.

Συνοψίζοντας, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα συμβατικά συστήματα κινητής τηλεφωνίας, παρουσίαζαν τα παρακάτω μειονεκτήματα:

- Μικρή χωρητικότητα δικτύου, εξαιτίας των περιορισμένων στο εύρος ζώνης των διαθέσιμων ραδιο-συχνοτήτων, καθώς και της υποβαθμισμένης οργάνωσης του δικτύου.
- Χαμήλος βαθμός ποιότητας επικοινωνίας, λόγω της χρησιμοποίησης διαμόρφωσης συχνότητας στενής ζώνης, καθώς και της έλλειψης επεξεργασίας της φωνής.
- Ευαισθησία στις υφιστάμενες ατμοσφαιρικές συνθήκες.
- Υψηλό κόστος για τον συνδρομητή.

Στις αρχές του 1970, το Παγκόσμιο Συνέδριο Διαχείρησης Ραδιο-συχνοτήτων (World Administrative Radio Conference) παραχώρησε μέρος από το φάσμα (περιοχή 900 MHz) για εφαρμογές της κινητής ραδιο-τηλεφωνίας.Η συζήτηση γύρω από το πόσο αποτελεσματική είναι η εκμετάλευση αυτού του φάσματος είχε ήδη ανάψει. Ήταν πλέον φανερό ότι η επόμενη γενιά των συστημάτων κινητής τηλεφωνίας θα έπρεπε να ικανοποιεί τα παρακάτω κριτήρια:

- Ουσιαστική εκμετάλευση του προσφερόμενου φάσματος ραδιο-συχνοτήτων.
- Δυνατότητα λειτουργίας συστημάτων υψηλής χωρητικότητας με αποδεκτό για τον συνδρομητή κόστος.
- Ποιότητα στην επικοινωνία, έλλειψη παρεμβολών και λανθασμένων μεταδιδόμενων πληροφοριών, με την ταυτόχρονη παροχή υψηλού επιπέδου φιλικότητα προς τον χρήστη.
- Δυνατότητα ραδιο-κάλυψης μιας σχετικά μεγάλης γεωγραφικής περιοχής.

Οι επιστήμονες προχωρούν στην δημιουργία του Προκεχωρημένου Συστήματος Παροχής Κινητών Υπηρεσιών . Το AMPS υποστηρίζει την παροχή κινητών επικοινωνιακών υπηρεσιών στην περιοχή του ραδιο-φάσματος των 850 MHz, μέσω κοινού φορέα, για δυνατότητες επίτευξης αφενός μεν μεγάλης εξυπηρέτησης συνδρομητών και αφετέρου ελαχιστοποίησης του κόστους.

Από το έτος 1970 και μετά, όπου εμφανίσθηκαν τα πρώτα ολοκληρωμένα κυκλώματα, οι αντίστοιχες διαστάσεις των χρησιμοπιούμενων πομποδεκτών άρχισαν να ελαττώνονται σημαντικά, με άμεσο αποτέλεσμα την πιο εύκολη μεταφορά και χρήση τους. Από την εποχή εκείνη, η κινητή τηλεφωνία άρχισε να γίνεται ένα χρήσιμο εργαλείο στο μοντέρνο κόσμο. Πρέπει να σημειωθεί ότι μέχρι τον Δεκέμβριο του έτους 1977, ο αριθμός των καταχωρημένων συτσημάτων κινητής τηλεφωνίας στις ΗΠΑ Ηταν της τάξης του 2.726 και ο

αντίστοιχος αριθμός των εγγεγραμένων κινητών και φορητών συσκευών ήταν της τάξης του 143.000.

Εάν θέλαμε να παρακολουθήσουμε την διαχρονική έξελιξη των Συστημάτων Κινητής Τηλεφωνίας και των Προσωπικών Ασυρματικών Επικοινωνιακών Συστημάτων στην παγκόσμια τηλεπικοινωνιακή αγορά, θα παρατηρούσαμε τα εξής:

- Μέχρι το έτος 1970 η κινητή τηλεφωνία ανήκε στον χώρο της αναλογικής συμβατικής ασύρματης επικοινωνίας. Τα συστήματα που υπήρχαν για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένων γεωγραφικών περιοχών ήταν απλής μορφής χωρίς μεγάλες δυνατότητες ελαχιστοποίησης των παρεμβολών, δυναμικής αυξήσεως της χωρητικότητας τους και παράλληλα μείωση της πιθανότητας Ολικής Κατάληψης Ραδιο-διαύλων αυτών σε ώρες αιχμής. Στην περίπτωση αυτή, η γεωγραφική περιοχή υπό ραδιο-κάλυψη από ένα Σταθμό Βάσης ο οποίος ήταν επανδρωμένος με τις κατάλληλες ραδιο-μονάδες πομπο-δεκτών, ελέγχου κεραιών, και πιθανώς από έναν αριθμό αναμεταδοτών ανάλογα με την ιδιομορφία του γεωγραφικού αναγλύφου της περιοχής.

- Από το 1970 μέχρι το έτος 1990, μελετήθηκαν, υλοποιήθηκαν και λειτούργησαν τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας πρώτης γενιας τα οποία βασίσθηκαν στην κυτταρική δομή και τα οποία είχαν ανλογικά ηλεκρτικά χαρακτηριστικά. Τα συστήματα ήταν το TACS, NMT, CT!, CT2, RC 2000, Net-c, ROCSSAG, GOLAY, COMNIC και AMRS. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών, ήταν ότι διχειρίζονταν την υπηρεσία φωνής με ρυθμούς μετάδοσης ιο οποίοι σταδιακά έφθασαν τα 2.4 kbps.

- Από το έτος 1990 μέχρι το 2000, αναβαθμίσθηκε η τεχνολογία των συστημάτων της πρώτης γενιάς, με αποτέλεσμα να λειτουργήσουν τα οργανωμένα πλέον κυτταρικά συστήματα κινητής τηλεφωνίας(cellurar mobile radiocommunication systems) δεύτερης γενιάς . Το χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών είναι η πολύ-ιεραρχική λειτουργική δομή τους, η υψηλή χωρητικότητα τους από πλευράς εξυπηρέτησης χρηστών, η δυναμική διαχείρηση του ραδιο-φάσματος των συχνοτήτων και το κυτταρικό πρότυπο επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων. Τα συστήματα αυτά είναι το DECT, GSM, DCS-1800, ERMES, TETRA και το TFTS. Πρέπει να σημειωθεί ότι η τεχνολογία των συστημάτων αυτών εξελίχθηκε διαχρονικά από την αναλογική στην

ψηφιακή μορφή ένω για τις υπηρεσίες της φωνής και των δεδομένων χρησιμοποιούνται ρυθμοί μετάδοσης οι οποίοι θα προσεγγίσουν τα 2 Mbps. Τα συστήματα της δεύτερης γενιάς λειτουργούν σε συχνότητες υψηλότερες από αυτές των συστημάτων της πρώτης γενιάς(πχ το σύστημα GSM λειτουργεί στην περιοχή των 900MHz και το σύστημα DCS-1800 λειτουργεί στην περιοχή των 1800 MHz)

- Από το έτος 2000 με το έτος τερματισμού το 2010, πρόκειται να λειτουργήσουν τα κυτταρικά συστήματα τη τρίτης γενιάς. Ο στόχος της Ευρωπαικής Ένωσης είναι να δημιουργήσει τις κατάλληλες τεχνικές προδιαγραφές των νέων αυτών συστημάτων, ώστε να διαχειρίζονται αξιόπιστα και σε πραγματικό χρόνο τις υπηρεσίας πολυμέσων (multimedia). Τα νέα αυτά συστήματα είναι το UMTS, MBS, και το WLANS. Πρέπει να σημειωθεί ότι με την εισαγωγή των συστημάτων κινητής τηλεφωνίας Ευρείας Ζώνης (Broadband Mobile Systems-MBS), η διαχρονική εξέλιξη τους θα οδηγήσει σε μετάδοση των δεδομένων σε ρυθμούς της τάξης των 155Mbps.Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών είναι ότι βασίζονται σε μικρο-κυτταρική (micro-cellurar) και πικο-κυτταρική (pico-cellurar) δομή, ενώ οι τελικές συχνότητες λειτουργίας των συστημάτων αυτών θα ανήκουν στην φασματική περιοχή των 50-60 GHz, προκειμένου να επιτευχθούν οι απαιτούμενοι υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων.

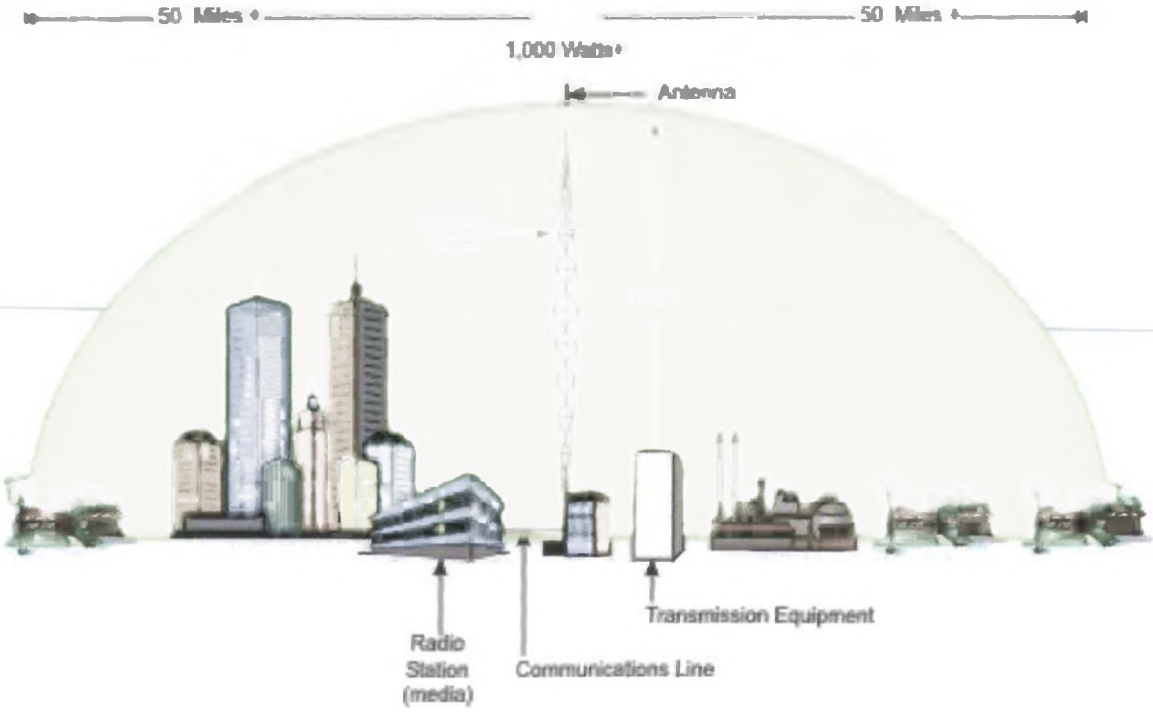
1.3.Κινητές και προσωπικές επικοινωνίες

Ο όρος «κινητές και προσωπικές επικοινωνίες» σημαίνει διαφορετικά πράγματα για διαφορετικούς ανθρώπους. καλύπτει πολλές απόψεις των ασύρματων επικοινωνιών που αφορούν διάφορες εφαρμογές σε ποικίλα περιβάλλοντα και ποικίλες γεωγραφικές εκτάσεις. Σκοπός των επερχόμενων υπηρεσιών κινητών και προσωπικών επικοινωνιών είναι να καταστήσουν δυνατή την επικοινωνία με οποιοδήποτε πρόσωπο, σε οποιοδήποτε μέρος και με οποιαδήποτε μορφή. Οι έννοιες που καθιστούν δυνατή την παροχή προσωπικών επικοινωνιών οπουδήποτε είναι :

- η κινητικότητα του τερματικού (terminal mobility) που παρέχεται από την ασύρματη πρόσβαση,
- η προσωπική κινητικότητα (personal mobility) που βασίζεται σε προσωπικούς αριθμούς κλήσης, και

- η φορητότητα των υπηρεσιών (service portability) που επιτυγχάνεται μέσω της διαχείρισης του προφίλ εξυπηρέτησης των χρηστών.

Οι έννοιες αυτές χρησιμοποιούνται σε τοπικό, εθνικό και διεθνές επίπεδο για να καθορίσουν και να τυποποιήσουν ένα σύνολο συστημάτων και υπηρεσιών κινητών και προσωπικών επικοινωνιών.



Εικόνα 1: Τοπικό σύστημα κινητων επικοινωνιων

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ

2.1.ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΚΥΨΕΛΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Για την υλοποίηση των επίγειων ραδιοσυστημάτων κινητών επικοινωνιών χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές. Μια από τις πολλές αιτίες που αναπτύχθηκαν τα κυψελωτά συστήματα και εφαρμόστηκαν σε πολλές χώρες είναι οι λειτουργικοί περιορισμοί των συμβατικών συστημάτων κινητών επικοινωνιών, δηλαδή η περιορισμένη δυνατότητα εξυπηρέτησης, η φτωχή επίδοση της υπηρεσίας και η μη αποδοτική χρησιμοποίηση του φάσματος των συχνοτήτων.Σε ένα συμβατικό (μη κυψελώτό) σύστημα κινητών επικοινωνιών επιλέγονται συνήθως ένας ή περισσότεροι δίαυλοι από μια συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων για να χρησιμοποιηθούν σε αυτόνομες γεωγραφικές ζώνες. Η περιοχή κάλυψης κάθε ζώνης σχεδιάζεται συνήθως να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερη, γεγονός που σημαίνει ότι η εκπεμπόμενη ισχύς πρέπει να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερη, φυσικά, εντός των επιτρεπόμενων ορίων. Ο χρήστης που πραγματοποιεί μια κλήση και αρχίζει την επικοινωνία βρισκόμενος σε κάποια ζώνη πρέπει να ξαναρχίσει την κλήση αυτή όταν μπαίνει σε μια νέα ζώνη, διότι η κλήση αποκόπτεται κατά την είσοδο στη νέα ζώνη. Τούτο βέβαια είναι ανεπιθύμητο, όταν δεν εξασφαλίζεται να τελειώνει μια κλήση πριν ο χρήστης αλλάξει ζώνη. Δεν προβλέπεται στα συστήματα αυτά η διαδικασία της διαπομπής, δηλαδή, η αυτόματη αλλαγή της συχνότητας όταν το κινητό μπαίνει σε διαφορετική ζώνη συχνοτήτων , ώστε να μπορεί να συνεχιστεί η επικοινωνία στη νέα ζώνη χωρίς την ανάγκη να γίνει επανεγκατάσταση της κλήσης. Αλλο μειονέκτημα των συμβατικών συστημάτων είναι ότι ο αριθμός των ενεργών

χρηστών περιορίζεται από τον αριθμό των διαύλων που αφιερώνονται σε μια συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων. Ο μεγάλος αριθμός συνδρομητών σε αυτή την περίπτωση δημιουργεί αρκετά μεγάλη πιθανότητα αποκλεισμού κατά τις ώρες αιχμής. Επίσης, όσον αφορά στη χρησιμοποίηση του φάσματος, το συμβατικό σύστημα δεν χρησιμοποιεί αποδοτικά το φάσμα, καθότι κάθε ραδιοδίαυλος μπορεί να εξυπηρετεί ένα χρήστη κάθε φορά σε όλη την περιοχή. Οι περιορισμοί που υπεισέρχονται από το διαθέσιμο φάσμα ραδιοσυχνοτήτων, αποτελούν το μεγάλο πρόβλημα στις ραδιοεπικοινωνίες.

Η πολιτική των εθνικών Επιτροπών Τηλεπικοινωνιών για την ανάθεση συχνοτήτων, στοχεύει στην αναζήτηση συστημάτων που χρειάζονται μικρότερο εύρος ζώνης αλλά παρέχουν υψηλή χρησιμοποίησή του και ικανοποιούν το χρήστη. Το ιδανικό κινητό σύστημα επικοινωνιών θα πρέπει να λειτουργεί σε μια περιορισμένη προδιαγεγραμμένη ζώνη και να εξυπηρετεί σχεδόν απεριόριστο αριθμό χρηστών σε απεριόριστες περιοχές. Τρεις προσεγγίσεις υπάρχουν για την επίτευξη του ιδανικού συστήματος.

1. Η προσέγγιση στενής ζώνης , που διαιρεί τη ζώνη συχνοτήτων που κατανέμεται, σε μέγιστο αριθμό διαύλων.

2. Η προσέγγιση απλωμένου φάσματος με μεταπήδηση συχνότητας,, που παράγει πολλούς κώδικες σε μια ευρεία ζώνη συχνοτήτων.

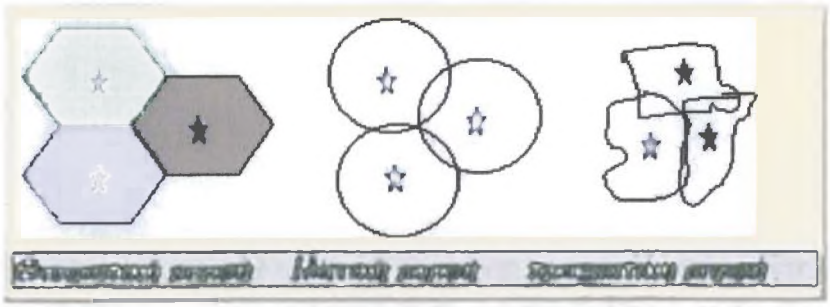
3. Η προσέγγιση του **κυψελωτού συστήματος**, το οποίο επαναχρησιμοποιεί τη ζώνη συχνοτήτων που του διατίθεται σε διαφορετικές γεωγραφικές θέσεις.

Το 1971, η κυψελωτή προσέγγιση έδειξε να είναι το πιο αποδοτικό σύστημα, όσο αφορά το φάσμα. Το κυψελωτό σύστημα χρησιμοποιεί διαύλους VHF ή UHF για μετάδοση σε αποστάσεις από λίγες δεκάδες μέτρα μέχρι λιγότερο από μερικές δεκάδες χιλιόμετρα. Η επαναχρησιμοποίηση των συχνοτήτων εφαρμόζεται κατά κανονικό και συστηματικό τρόπο.

2.2.Κυψελωτή διάταξη - Επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

Τα δημόσια κυψελωτά ραδιοσυστήματα έχουν ηλικία μικρότερη από δύο δεκάδες χρόνια. Οι έννοιες της κυψελωτής ραδιοεπικοινωνίας είναι πολύ παλαιότερες και έχουν ρίζες στη δεκαετία του 1940, όταν η τεχνολογία ήταν πολύ ανώριμη να υποστηρίξει τέτοια συστήματα. Δύο είναι τα κύρια στοιχεία που υπάρχουν στα συστήματα κινητών ραδιοεπικοινωνιών : το ασύρματο "περιβαλλον" που επιτρέπει στους χρήστες να των κινητών

τερματικών να επικοινωνούν ενώ περιφέρονται, και η υποδομή ελέγχου που δίνει τη δυνατότητα σε κάθε δίκτυο να γνωρίζει πού περιφέρεται κάποιο κινητό τερματικό και να το εντοπίζει, ανεξάρτητα από το αν πραγματοποιεί κλήση ή όχι, με την προϋπόθεση βέβαια ότι το κινητό τερματικό είναι ενεργοποιημένο. Ο μηχανισμός ελέγχου καθίσταται δυνατός με μια σειρά πρωτοκόλλων που επιτρέπουν στο κινητό τερματικό να εγγράφεται στο δίκτυο, διευκολύνουν την πραγματοποίηση και την περάτωση κλήσης, μετάγουν τα κινητά τερματικά μεταξύ των σταθμών βάσης καθώς αυτά μετακινούνται, ελέγχουν τις στάθμες της εκπεμπόμενης ισχύος, παρέχουν ασφάλεια (σε μερικά συστήματα) και πραγματοποιούν χιλιάδες άλλες βασικές λειτουργίες. Ωστόσο, ο αριθμός των χρηστών, που μπορεί να υποστηρίξει ένα κυψελωτό δίκτυο, εξαρτάται βασικά από το κοινό ασυρματικό interface πάνω από το οποίο επικοινωνούν οι χρήστες. Η χωρητικότητα σε χρήστες εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, αλλά οι πιο βασικοί είναι το διατιθέμενο εύρος ζώνης, το μέγεθος της έκτασης που καλύπτει ασυρματικά ένας σταθμός βάσης και το μέγεθος της παρεμβολής που μπορεί να ανεχτεί μια επιμέρους ραδιοζεύξη. Στα κυψελωτά συστήματα, οι συχνότητες που κατανέμονται σε μια υπηρεσία επαναχρησιμοποιούνται, βάσει προδιαγεγραμμένου σχεδίου επαναχρησιμοποίησης, σε περιοχές με κανονικό σχήμα, που αποτελούν υποδιαιρέσεις της περιοχής κάλυψης του συστήματος και ονομάζονται κυψέλες (cells). Κάθε μια κυψέλη καλύπτεται από ένα σταθμό βάσης.

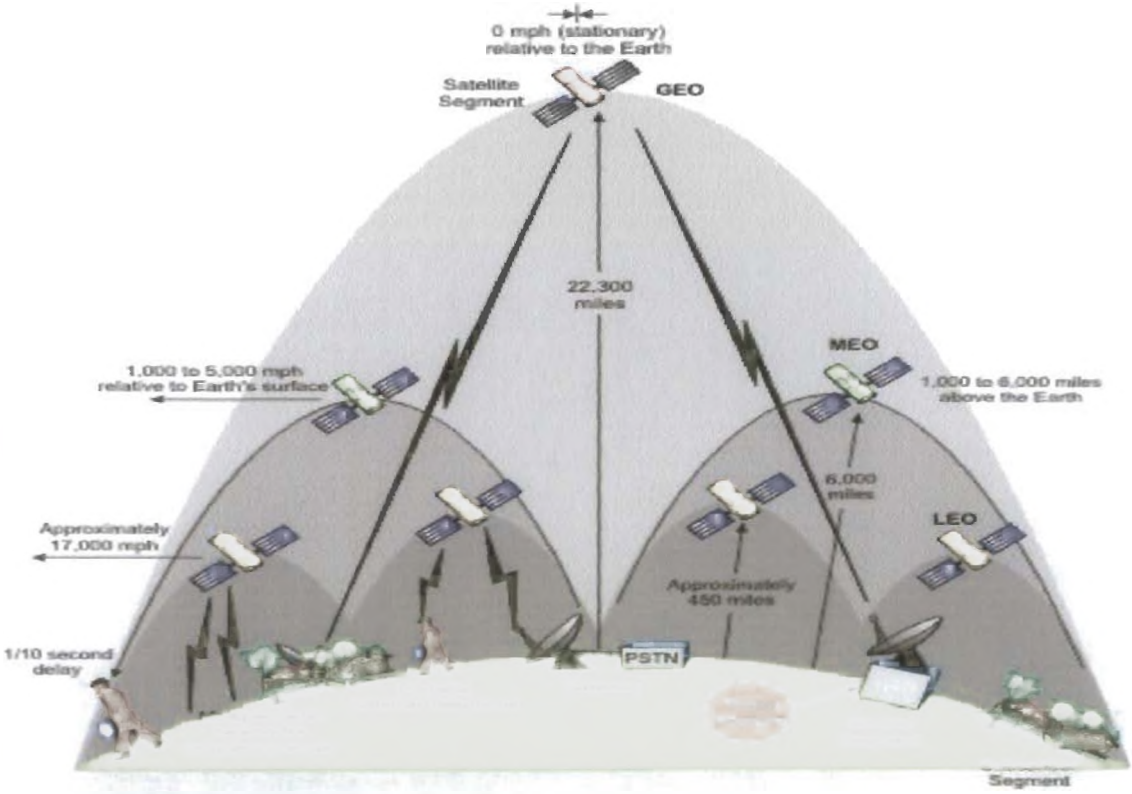


Εικόνα 2:Μορφές Κυψελών

Στα δίκτυα της κινητής τηλεφωνίας, οι περιοχές αυτές θεωρείται συνήθως ότι έχουν εξαγωνικό σχήμα (εικόνα 2). Πρέπει να σημειωθεί ότι οι κυψέλες με εξαγωνικό σχήμα είναι τεχνητές και τέτοιο σχήμα δεν μπορεί να παραχθεί στην πραγματικότητα. Οι μηχανικοί σχεδιάζουν εξαγωνικές κυψέλες για να απλοποιούν τον προγραμματισμό και τη σχεδίαση των κυψελωτών συστημάτων, διότι το εξάγωνο προσεγγίζει τον κύκλο που είναι η ιδανική περιοχή κάλυψης της εκπεμπόμενης ισχύος. Οι κυκλικές μορφές κυψελών εμφανίζουν επικαλυπτόμενες περιοχές που καθιστούν ασαφή τη σχεδίαση. Οι εξαγωνικές κυψέλες ταιριάζουν μεταξύ τους θαυμάσια, όπως φαίνεται στο Σχήμα., χωρίς να αφήνουν κενά ή να επικαλύπτονται. Στο Σχήμα φαίνονται επίσης οι μορφές της ιδανικής και της πραγματικής κυψέλης. Στα

συστήματα ραδιομεταδόσεων, αναπτύχθηκε παρόμοια αρχή, που βασιζόταν σε κυψέλες με σχήμα ρόμβου. Τα θέματα που ενδιαφέρουν πρώτιστα τον τηλεπικοινωνιακό φορέα (network operator), προκειμένου να προμηθευτεί τα μηχανήματα ενός συγκεκριμένου συστήματος κινητών επικοινωνιών, είναι η θέση των σταθμών βάσης, ο τρόπος διαχείρισης του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων και η βελτιστοποίηση της τηλεπικοινωνιακής κίνησης με τα μηχανήματα που πρόκειται να εγκατασταθούν. Ο προγραμματισμός του συστήματος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η Πολυπλεξία με γνωστές πρακτικές την πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση συχνότητας (FDMA) ή συνδυασμό πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση χρόνου (TDMA) και FDMA.

2.3.ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΚΥΨΕΛΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



Εικόνα 3: Σύστημα κινητών επικοινωνιών

Ο αντικειμενικός σκοπός των συστημάτων κινητών επικοινωνιών (εικόνα 3) είναι η δυνατότητα αποκατάστασης της επικοινωνίας μεταξύ κινητών χρηστών, αλλά και μεταξύ κινητών και ακίνητων χρηστών, οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Επιπλέον, το σύστημα πρέπει να διασφαλίζει την ολοκλήρωση των επικοινωνιών (κλήσεων) που βρίσκονται σε εξέλιξη ανεξάρτητα από την κίνηση των χρηστών. Οι απαιτήσεις που ανακύπτουν

αναφορικά με την εκπλήρωση του αντικειμενικού σκοπού του συστήματος αφορούν τους εξής βασικούς τομείς του δικτύου :

- Τη ραδιοκάλυψη, δηλαδή, την κατάλληλη τοποθέτηση Σταθμών Βάσης (ΣΒ) σε όλη την περιοχή κάλυψης του συστήματος. Το δίκτυο κινητών επικοινωνιών, από λειτουργικής άποψης μπορεί να νοηθεί σαν ένα δίκτυο το οποίο συγκροτείται από πλήθος δικτύων συνδεδεμένων με το ενσύρματο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο. Η επικοινωνία μεταξύ χρηστών διαφορετικών υποδικτύων εξασφαλίζεται από την επικοινωνία όλων των υποδικτύων με το ενσύρματο δίκτυο.
- Την υποστήριξη της κινητικότητας των χρηστών. Το δίκτυο, σε περίπτωση κλήσης, για να αποκαταστήσει την επικοινωνία μεταξύ κινητών χρηστών πρέπει να έχει την υποδομή που αφορά :

  (α) τον προσδιορισμό της παρούσας θέσης του καλούμενου(δηλ. τον προσδιορισμό του κατάλληλου Σταθμού Βάσης, που μπορεί να υποστηρίξει την κλήση)

  (β) τη δρομολόγηση της κλήσης.

Μια επικοινωνία που βρίσκεται σε εξέλιξη δεν πρέπει να επηρεάζεται από την κίνηση του χρήστη, η οποία πιθανόν να εμπλέκει αλλαγή κυψέλης ή αλλαγή υποδικτύου. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της διαδικασίας διαπομπής (handover).

Το πεπερασμένο εύρος ζώνης που διατίθεται για τα συστήματα κινητών επικοινωνιών δεν επιτρέπει την παγκόσμια αναζήτηση (global paging) κάθε καλούμενου χρήστη σε όλη την περιοχή κάλυψης του συστήματος (π.χ. σε όλη την Ευρώπη) για οικονομικούς κυρίως λόγους.Το πρόβλημα του εντοπισμού του καλούμενου αντιμετωπίζεται με την παρακολούθηση (καταγραφή στην Βάση Δεδομένων (ΒΔ) του συστήματος) της σχετικής θέσης του χρήστη / τερματικού. Για τον σκοπό αυτό, στα κυψελωτά συστήματα, η περιοχή (ραδιο)κάλυψης του συστήματος διαιρείται σε γεωγραφικές περιοχές, τις ονομαζόμενες περιοχές εντοπισμού (Location Area,ΠΕ) και το δίκτυο παρακολουθεί (καταγράφει στην Βάση Δεδομένων) την θέση των ενεργών τερματικών με ακρίβεια μιας περιοχής εντοπισμού σαν πληροφορία θέσης για το υπόψη τερματικό. Αυτό υποδηλώνει ότι, οποτεδήποτε ένα ενεργό τερματικό ανιχνεύσει μια νέα περιοχή εντοπισμού, αναλαμβάνει να ενημερώσει το δίκτυο σχετικά με τη νέα του θέση, με τη βοήθεια της διαδικασίας ενημέρωσης θέσης (location updating). Σε

περίπτωση κλήσης, το δίκτυο ανασύρει από την Βάση Δεδομένων την πληροφορία θέσης με τη διαδικασία εντοπισμού δεδομένων (interrogation) και κατόπιν ενεργοποιεί την διαδικασία αναζήτησης (paging), η οποία εκτελείται εντός της περιοχής εντοπισμού. Εκτός από τις παραπάνω διαδικασίες οι οποίες αφορούν την ενημέρωση της θέσης του χρήστη / τερματικού, το δίκτυο μπορεί να παρακολουθεί :

- Τις εγγραφές των χρηστών σε τερματικά, εφόσον επιτρέπεται προσωπική κινητικότητα, μέσω των διαδικασιών εγγραφής και διαγραφής χρήστη (user registration και user de-registration)
- Την κατάσταση των Κινητών Τερματικών (ΚΤ) μέσω των διαδικασιών ενεργοποίησης και απενεργοποίησης τερματικού (terminal attach και detach).

Το σύνολο των διαδικασιών που αφορούν

- την ενημέρωση του δικτύου (ενημέρωση θέσης, διαδικασία ενεργοποίησης, κτλ)
- τον προσδιορισμό της θέσης του καλούμενου (εντοπισμός δεδομένων και αναζήτηση) για προώθηση της κλήσης
- τη διατήρηση της επικοινωνίας (διαπομπή)

αποτελούν τις διαδικασίες ***διαχείρισης κινητικότητας*** (mobility management).

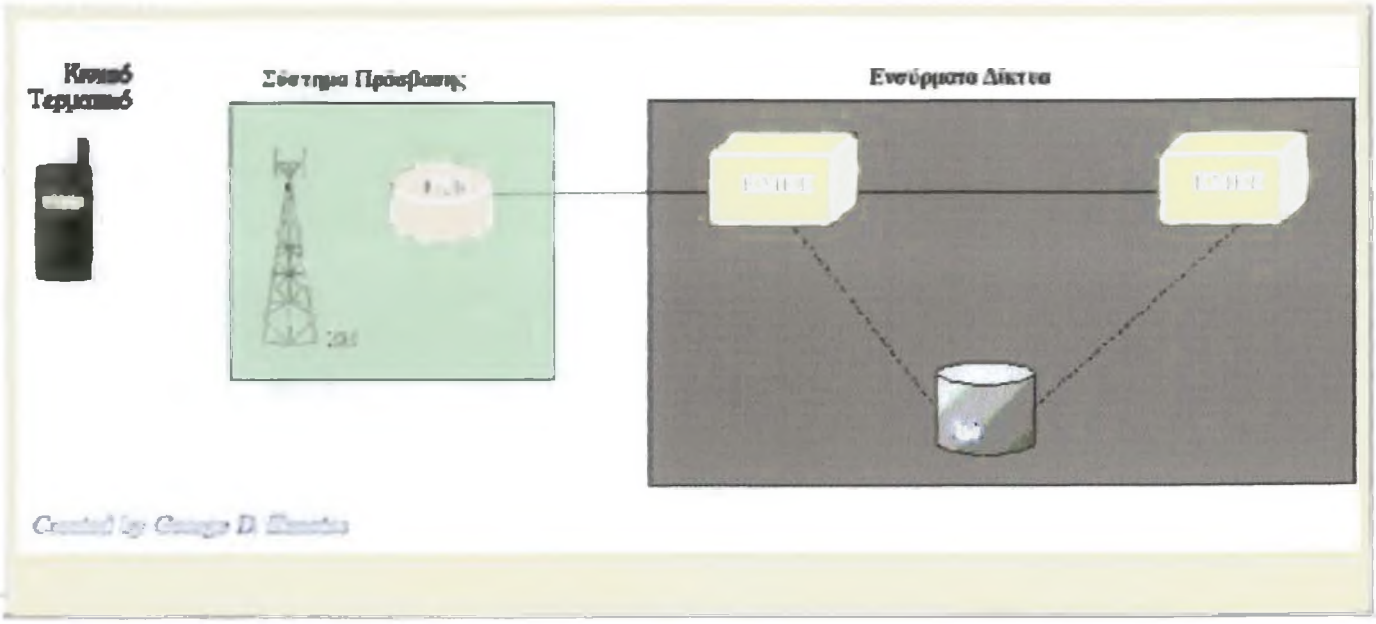
2.4.Φυσική Αρχιτεκτονική

Η φυσική αρχιτεκτονική ενός δικτύου κινητών επικοινωνιών φαίνεται στο Σχήμα 1. Το δίκτυο μπορεί να διαιρεθεί σε τρία μέρη :

(α) το κινητό τερματικό

(β) το σύστημα πρόσβασης

(γ) το ενσύρματο δίκτυο.



Σχήμα 1: Φυσική Αρχιτεκτονική Δικτύου Κινητών Επικοινωνιών

Οι αντιπροσωπευτικές φυσικές οντότητες της αρχιτεκτονικής είναι οι ακόλουθες :

- Κινητό Τερματικό (ΚΤ)
- Το σύστημα πρόσβασης, στη φυσική του υλοποίηση, είναι ένα Σύστημα Σταθμών Βάσης (ΣΣΒ), το οποίο περιλαμβάνει τον Ελεγκτή Σταθμών Βάσης (ΕΣΒ), και τους αντίστοιχους Σταθμούς Βάσης (Base Tranceiver Station,ΣΒ).
- Ενσύρματο Δίκτυο, το οποίο περιλαμβάνει τα Κέντρα Μεταγωγής Κινητών Επικοινωνιών (ΚΜΚΕ) και τη Βάση Δεδομένων (Database,ΒΔ).

Οι λειτουργίες που επιτελούν οι παραπάνω φυσικές οντότητες του δικτύου κινητών επικοινωνιών είναι οι εξής :

- Κινητό Τερματικό(ΚΤ)

Εικόνα 4:Κινητό τερματικό

Το ΣΣΒ (εικόνα 5) παρέχει τη δυνατότητα στα τερματικά να επικοινωνούν με το ενσύρματο δίκτυο και βρίσκεται σε άμεση επικοινωνία με τα κινητά τερματικά μέσω του ασύρματου interface. Το ΣΣΒ αποτελείται από ένα ΕΣΒ, το οποίο ελέγχει έναν αριθμό από σταθμούς βάσης, και από τους σταθμούς βάσης. Το ΕΣΒ επικοινωνεί άμεσα με τα κέντρα μεταγωγής κινητών επικοινωνιών. Η περιοχή ραδιοκάλυψης ενός ΣΒ ορίζει μία κυψέλη (cell). Ο τρόπος διασύνδεσης των ΕΣΒ και / ή των ΣΒ προσαρμόζεται ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε τηλεπικοινωνιακού φορέα. Ο διαχωρισμός των λειτουργιών στο ΣΒΒ γίνεται κυρίως μεταξύ εκείνων που αφορούν τις συσκευές διαχείρισης, τους ΕΣΒ. Ένας ΣΒ αποτελείται κυρίως από διατάξεις εκπομπής και λήψης, συμπεριλαμβανομένων και των κεραιών, καθώς επίσης και από όλες τις ειδικές διατάξεις επεξεργασίας σήματος στο ασύρματο interface. Ο ΕΣΒ έχει σα σκοπό τη διαχείριση του ασύρματου interface μέσω εντολών προς τους σταθμούς βάσης και τα κινητά τερματικά. Ο ΕΣΒ συνδέεται απότη μια πλευρά προς αρκετούς ΣΒ και από την άλλη προς ένα ΚΜΚΕ. Ένας ΕΣΒ είναι στην ουσία ένα μικρό κέντρο μεταγωγής με σημαντική υπολογιστική ικανότητα. Ο κύριος ρόλος του είναι η διαχείριση των διαύλων στο ασύρματο interface και η διαχείριση των διαπομπών.

- Κέντρα Μεταγωγής Κινητών Επικοινωνιών(ΚΜΚΕ)

Το ΚΜΚΕ έχει σαν κύρια λειτουργία (εικόνα 6) τον έλεγχο των κλήσεων (mobile call control) από και προς τα κινητά τερματικά. Το ΚΜΚΕ έχει από τη μια πλευρά interface προς το ΣΣΒ και από την άλλη προς τα εξωτερικά δίκτυα. Το interface προς τα εξωτερικά δίκτυα μπορεί να απαιτεί την ύπαρξη μονάδας διαλειτουργίας (InterWorking Unit) για την προσαρμογή, και ο ρόλος της μονάδας αυτής είναι περισσότερο ή λιγότερο ουσιαστικός ανάλογα με τα δεδομένα του χρήστη και το δίκτυο το οποίο διασυνδέει. Το ΚΜΚΕ πρέπει επίσης να έχει interface με άλλα δίκτυα για να χρησιμοποιεί την ικανότητά τους για μεταφορά δεδομένων χρηστών ή σηματοδότησης μεταξύ των διαφόρων οντοτήτων του δικτύου κινητών επικοινωνιών. Συγκεκριμένα, το ΚΜΚΕ χρησιμοποιεί ένα δίκτυο σηματοδότησης (π.χ. το SS7), ώστε να εξασφαλίζει τη διαλειτουργία με άλλα ΚΜΚΕ και με άλλα δίκτυα. Επίσης, το ΚΜΚΕ έχει την ευθύνη για την εκτέλεση πληθώρας λειτουργιών ελέγχου, που αφορούν τη διαχείριση της κινητικότητας των χρηστών / τερματικών, τη διαπομπή, καθώς και λειτουργίες που σχετίζονται με την ασφάλεια της πληροφορίας. Για την επιτέλεση των παραπάνω λειτουργιών ελέγχου, το ΚΜΚΕ πρέπει να διατηρεί συνδέσεις σηματοδότησης με το ΚΤ, τη ΒΔ, το τοπικό κέντρο μεταγωγής του σταθερού δικτύου, καθώς και με γειτονικά ΚΜΚΕ. Σαν φυσική οντότητα του δικτύου κινητών επικοινωνιών, ένα ΚΜΚΕ ελέγχει μερικούς ΕΣΒ και είναι συνήθως ένα μεγάλο κέντρο μεταγωγής.

νοηθεί ως εξής : Η κινητικότητα με SIM υποδηλώνει τη δυνατότητα ενός χρήστη να έχει πρόσβαση σε υπηρεσίες που παρέχει το δίκτυο, μέσω διαφόρων τερματικών, με τη χρήση του SIM. Η κινητικότητα με SIM περιλαμβάνει την ικανότητα του δικτύου να εντοπίζει το χρήστη για λόγους διευθυνσιοδότησης, δρομολόγησης και χρέωσης των κλήσεων του χρήστη. Το SIM περιέχει τις παραμέτρους που είναι απαραίτητες για την επικοινωνία με το δίκτυο. Αυτό σημαίνει, ότι το τερματικό δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς την παρουσία του SIM (εξαιρούνται οι περιπτώσεις επειγόντων κλήσεων).Η δυνατότητα μετακίνησης του SIM μπορεί να νοηθεί σαν κάποιου είδους κινητικότητα χρήστη, που παρέχεται στους χρήστες του δικτύου, αφού επιτρέπει τη χρήση διαφόρων τερματικών από τον ίδιο χρήστη.

Οι λειτουργίες διαχείρισης κινητικότητας μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες :

- Λειτουργίες που δεν σχετίζονται με την κλήση. Οι λειτουργίες αυτές αφορούν διαδικασίες που πραγματοποιούνται ανεξάρτητα από αν υφίσταται κλήση σε εξέλιξη και είναι :

  (α) η διαδικασία ενημέρωσης θέσης,

  (β) η διαδικασία ενεργοποίησης τερματικού,

  (γ) η διαδικασία απενεργοποίησης τερματικού,

  (δ) η διαδικασία εγγραφής χρήστη και τέλος

  (ε) η διαδικασία διαγραφής χρήστη.

Οι διαδικασίες αυτές σκοπό έχουν να κρατούν ενήμερο το δίκτυο σχετικά:

(i) με τη θέση των τερματικών που βρίσκονται σε λειτουργία,

(ii) την παρούσα κατάσταση των τερματικών καθώς και

(iii) την κατάσταση εγγραφής των χρηστών.

- Λειτουργίες που σχετίζονται με την κλήση. Οι λειτουργίες αυτές αφορούν διαδικασίες που ενεργοποιούνται μόνο σε περίπτωση κλήσης που απευθύνεται σε κάποιο κινητό τερματικό / χρήστη. Ο σκοπός των διαδικασιών αυτών είναι ο εντοπισμός του Σταθμού Βάσης εντός της περιοχής κάλυψης του οποίου βρίσκεται το καλούμενο τερματικό / χρήστης. Περιλαμβάνουν :

(α) τη διαδικασία εντοπισμού δεδομένων και

(β) τη διαδικασία αναζήτησης του τερματικού.

Μετά την εγκατάσταση της κλήσης, η διαδικασία διαπομπής αναλαμβάνει τη διατήρηση της επικοινωνίας μεταξύ του καλούμενου και του καλούντος.

- Κλήση προς κινητό σταθμό

Κάθε σταθμός βάσης ΣΒ διαθέτει ένα κανάλι ελέγχου (και πολλά κανάλια ομιλίας). Το κανάλι ελέγχου είναι ασυρματικό από τον ΚΤ προς τον ΣΒ με δύο μέρη (προς και από) και ενσύρματο από τον ΣΒ προς και από το ΚΜΚΕ (τετρασύρματη γραμμή). Με σήματα συνεχή, επικοινωνίας (μέσω του καναλιού ελέγχου) μεταξύ του ΚΤ και του ΣΒ της περιοχής όπου βρίσκεται ο ΚΤ, το ΚΜΚΕ που επικοινωνεί με όλους τους ΣΒ, γνωρίζει κάθε στιγμή που βρίσκεται κάθε κινητός σταθμός. Όλη η διαδικασία με την οποία το ΚΜΚΕ γνωρίζει συνεχώς τη θέση των συνδρομητών ονομάζεται Roaming. Όταν ένας κινητός σταθμός κινείται, μετάγεται κάποια στιγμή αυτομάτως στο κανάλι ελέγχου ενός άλλου σταθμού βάσης

Στην περίπτωση που καλείται από το τηλεφωνικό δίκτυο ένας συνδρομητής ΚΤ, π.χ. ο αριθμός 095417306 η σύνδεση από το τηλεφωνικό δίκτυο καταλήγει στο ΚΜΚΕ όπου ανήκει ο ΚΤ. Τότε το ΚΜΚΕ δίνει εντολή σε όλους τους ΣΒ της περιοχής του να καλέσουν τον ΚΤ 095417306 μέσω του καναλιού ελέγχου ομιλίας. Το ΚΜΚΕ γνωρίζει κάθε στιγμή τα ελεύθερα κανάλια ομιλίας κάθε ΣΒ. Έτσι το ΚΜΚΕ διαλέγει ένα ελεύθερο κανάλι ομιλίας του ΣΒ όπου βρίσκεται ο ΚΤ, και το ΚΜΚΕ μέσω του καναλιού ελέγχου, δίνει εντολή στον ΚΤ να μεταχθεί στο κανάλι αυτό ομιλίας, έστω το ΧΧ. Ο ΚΤ μετάγεται στο κανάλι ομιλίας ΧΧ και στέλλει μέσω του καναλιού αυτού και του ΣΒ ένα σήμα στο ΚΜΚΕ. Το ΚΜΚΕ μέσω του καναλιού ομιλίας δίνει εντολή στον ΚΤ για κουδουνισμό και μόνον τότε ο συνδρομητής του ΚΤ πληροφορείται ότι καλείται. Όταν ο συνδρομητής απαντήσει ο ΚΤ στέλλει ένα σήμα απάντησης στο ΚΜΚΕ οπότε το ΚΜΚΕ αποκαθιστά τη σύνδεση και αρχίζει η συνδιάλεξη.

- Όταν ο ΚΤ θέλει να καλέσει, ο συνδρομητής του επιλέγει πρώτα όλον τον αριθμό και μετά σηκώνει το ακουστικό του. Τότε μόνον ο ΚΤ στέλλει ένα μήνυμα στο ΚΜΚΕ μέσω του καναλιού ελέγχου. Το μήνυμα αυτό αποτελείται από ένα σήμα κλήσης και από τον αριθμό του καλουμένου. Το ΚΜΚΕ επιλέγει τότε ένα ελεύθερο κανάλι ομιλίας του ΣΒ και πληροφορεί γι'αυτό τον ΚΤ. Στη συνέχεια το ΚΜΚΕ ενεργοποιεί τον πομπό του ΚΤ και αποκαθιστά τη σύνδεση προς το Τηλεφωνικό δίκτυο. Κατά τη διάρκεια της συνδιάλεξης η ποιότητα της σύνδεσης ελέγχεται με ένα σήμα που στέλλει στον ΚΤ ο ΣΒ. Το σήμα αυτό επιστρέφει στον ΣΒ από τον ΚΤ. Με κατάλληλες διατάξεις στον ΣΒ ελέγχεται η στάθμη και ο θόρυβος του

σήματος που επιστρέφει. Αν η ποιότητα είναι κακή ο ΣΒ στέλλει σήμα συναγερμού στο ΚΜΚΕ. Το ΚΜΚΕ δίνει τότε εντολή στους γειτονικούς ΣΒ να ερευνήσουν εάν μπορεί να έχουν καλύτερη ποιότητα και να πληροφορήσουν γι'αυτό το ΚΜΚΕ. Τότε το ΚΜΚΕ δίνει εντολή στον ΚΤ να μεταχθεί σε άλλο κανάλι (συχνότητα), που υπάγεται στο σταθμό βάσης ΣΒ με την καλύτερη ποιότητα. Επίσης το ΚΜΚΕ συνδέει την τηλεφωνική επικοινωνία στο ίδιο κανάλι του ΣΒ αυτού. Η διαδικασία αυτή που ονομάζεται "handoff" ή (handover) διαρκεί λιγότερο από 1 δευτερόλεπτο και δεν γίνεται αντιληπτή από το συνδρομητή. Κάθε ΣΒ και κυψέλη ανάλογα με την πυκνότητα των ΚΤ της κυψέλης (που συνήθως βρίσκονται εκεί) διαθέτει ορισμένα κανάλια ομιλίας (συχνότητες). Τα κανάλια των γειτονικών σταθμών ΣΒ είναι διαφορετικά, δηλαδή κάθε κυψέλη έχει τις δικές της συχνότητες. Οι ίδιες όμως συχνότητες ξαναχρησιμοποιούνται σε άλλες κυψέλες π.χ. συχνότητα Α συχνότητα Β κ.τ.λ. Έχουμε τότε την ονομαζόμενη "Reuse Pattern". Στην πράξη τα κανάλια (συχνότητες) δεν ισοκατανέμονται στις κυψέλες (ΣΒ). Κατανέμονται ανάλογα με τον αριθμό των ταυτόχρονων συνδιαλέξεων σε κάθε κυψέλη.

•

Ο αριθμός κλήσης ενός συνδρομητή κινητής τηλεφωνίας έχει την κατωτέρω μορφή.

όπου

Τα 3 ή 4 πρώτα ψηφία (Παριστάμενα ως x με πράσινο χρώμα στον παραπάνω πίνακα) αντιστοιχούν στην ΕταιρίαΚινητής Τηλεφωνίας..Τα ψηφία μπορεί να είναι 3 ή 4 ανάλογα με την εταιρία..
Τα 3 επόμενα ψηφία (Παριστάμενα ως y με πορτοκαλί χρώμα στον παραπάνω πίνακα) αντιστοιχούν στον αριθμό του Κ.Μ.Κ.Ε , όπου υπάγεται το ΚΤ.
Τα 3 τελευταία ψηφία (Παριστάμενα ως z με μπλε χρώμα στον παραπάνω πίνακα) αντιστοιχούν στον αριθμό του Συνδρομητή.
Στον επόμενο πίνακα (πίνακας 1) φαίνονται παραδείγματα παλαιότερων συστημάτων αναλογικής κινητής τηλεφωνίας.

450 MHz	455 – 457.5 MHz	460 – 467.5 MHz	180 κανάλια 25 kHz [illegible]
900 MHz	[illegible] MHz	[illegible] MHz	[illegible] κανάλια 25 kHz [illegible]

Πίνακας 1: Παραδείγματα παλαιότερων συστημάτων αναλογικής κινητής τηλεφωνίας

2.5. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

2.5.1. Πολλαπλή Πρόσβαση

Η πολλαπλή πρόσβαση παρέχει τα μέσα για την αποτελεσματική πρόσβαση στους πόρους που αντιστοιχούν σε κάθε κυψέλη. Στο ασύρματο τμήμα των κυψελωτών συστημάτων υπάρχουν δύο τύποι διαύλων: ο διαύλος εκπομπής προς τα κάτω (downlink, από το σταθμό βάσης προσ το κινητό τερματικό) και ο διαυλος πολλαπλής πρόσβασης προς τα πάνω (uplink, από το κινητό τερματικό προς το σταθμό βάσης). Εφ' όσον ο σταθμός βάσης έχει τον πλήρη έλεγχο του διαύλου αυτού αυτού, το πρόβλημα προς τα κάτω είναι

λιγότερο προκλητικό από αυτό προς τα πάνω. Έτσι η προσοχή μας επικεντρώνεται στον προς τα πάνω δίαυλο.
Η τεχνική πολλαπλής πρόσβασης (Multiple Access, MA), η οποία καθιστά τα διάσπαρτα τερματικά ικανά να μοιράζονται τον κοινό δίαυλο πρόσβασης προς τα πάνω, είναι ένα πολύ σημαντικό ζήτημα σχεδιασμού για αποτελεσματική και δίκαιη εκμετάλλευση των διαθέσιμων πόρων του συστήματος. Ένα καλό σχήμα πολλαπλής πρόσβασης μπορεί να βελτιώσει την χωρητικότητα του συστήματος, να ελαττώσει το κόστος του συστήματος, και να κάνει τις υπηρεσίες περισσότερο ελκυστικές προς τους χρήστες. Μιλώντας γενικά, υπάρχουν τρείς λέξεις κλειδιά στη σχεδίαση της πολλαπλής πρόσβασης των συστημάτων κινητών επικοινωνιών:

- Ευελιξία
- Ποιότητα
- Χωρητικότητα (Ποσοι χρήστες μπορουν να "χωρέσουν" - εξυπηρετηθούν μεσά στα πλαίσια μιας κυψέλης).

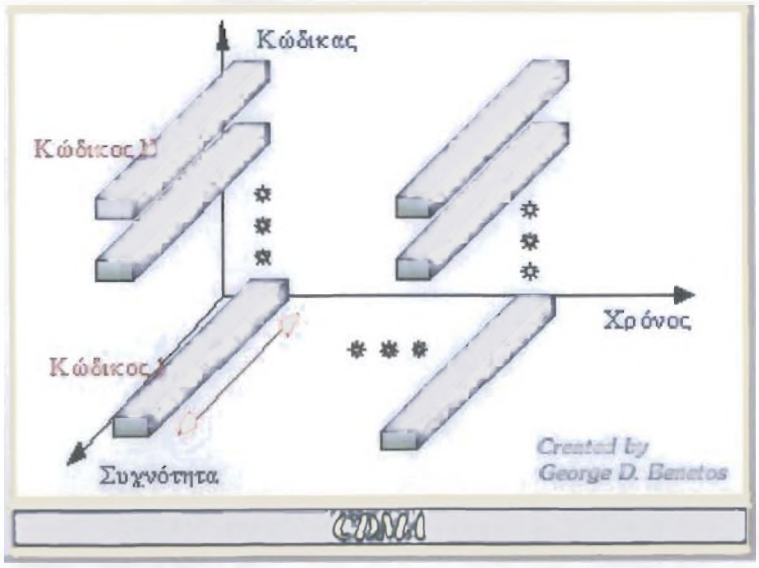
Η πολλαπλή πρόσβαση επιτυγχανεται με διάφορες μεθόδους πολυπλεξίας .Υπάρχουν πέντε εύρεως γνωστα συστήματα πολυπλεξίας

- 1.Το σύστημα Πολυπλεξίας Συχνότητας - FDMA (Frequency Division Multiple Access): Εξυπηρετεί κλήσεις σε διαφορετικά κανάλια συχνοτήτων
- 2. Το σύστημα Πολυπλεξίας Χρόνου - TDMA (Time Division Multiple Access): Εξυπηρετεί κλήσεις σε διαφορετικές χρονοθυρίδες (timeslots)
- 3. Το σύστημα Κωδικής Πολυπλεξίας - CDMA (Code Division Multiple Access): Εξυπηρετεί κλήσεις στην ίδια συχνότητα, με διαφορετικούς κώδικες.
- 4. Το σύστημα Πολυπλεξίας Πόλωσης - PDMA (Polarization Division Multiple Access): Εξυπηρετεί κλήσεις με διαφορετική πόλωση.
- 5. Το σύστημα Πολυπλεξίας Χώρου-SDMA (Space Division Multiple Access): Εξυπηρετεί κλήσεις στην ίδια συχνότητα, σε διαφορετικές περιοχές, μέσω των κεραιών spot beam.

Τα κυψελωτά συστήματα χρησιμοποιούν τις τρείς πρώτες τεχνικές πολυπλεξίας.

2.5.2.CDMA

Ένα περίτεχνο πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης είναι το CDMA, το οποίο χρησιμοποιεί την τεχνική εξάπλωσης φάσματος (Σχήμα 2).Δεν απαιτείται περαιτέρω έλεγχος παρά μόνο η ανάθεση των κωδικών των χρηστών. Αντί για απευθείας μετάδοση του σήματος δεδομένων, το σήμα διαμορφώνεται από μια μοναδική κωδική ακολουθία, η οποία καλείται ακολουθία υπογραφής, και έχει ανατεθεί σε αυτό το χρήστη. Με αυτήν την διαμόρφωση, το σήμα εξαπλώνεται σε ένα μεγαλύτερο εύρος ζώνης από εκείνο που απαιτήται για την μετάδωση του πακέτου δεδομένων. Στην πλευρά του δέκτη χρησιμοποιείται μια κωδική ακολουθία προσαρμογής για την επανασυμπίεση του εύρους ζώνης και την λήψη των αρχικών δεδομένων. Εαν υπάρχουν αρκετοί δέκτες στο σταθμό βάσης, είναι δυνατό να έχουμε πολλαπλές επιτυχείς λήψεις. Το CDMA έχει ήδη υιοθετηθεί για επικοινωνία φωνής, αλλά μπορεί ταυτόχρονα να υποστηρίξει και κίνηση δεδομένων. Δεν χρειάζεται συντονισμός μεταξύ των διαφόρων χρηστών.



Σχήμα 2:Εξάπλωση φάσματος **CDMA**

Με βάση του τρόπου διαμόρφωσηςκαι τα χαρακτηριστικά του σήματος με εξαπλωμένο φασμα , το CDMA μπορεί να υποδιαιρεθεί σε :

- 1. CDMA Ευθείας ακολουθίας (Direct Sequence). (DS/CDMA)
- 2. CDMA Μεταπήδησης συχνότητας (Frequency Hopping) (FH/CDMA)
- 3. CDMA Μεταπήδησης χρόνου (Time Hopping) (TH/CDMA)

2.5.3.FDMA

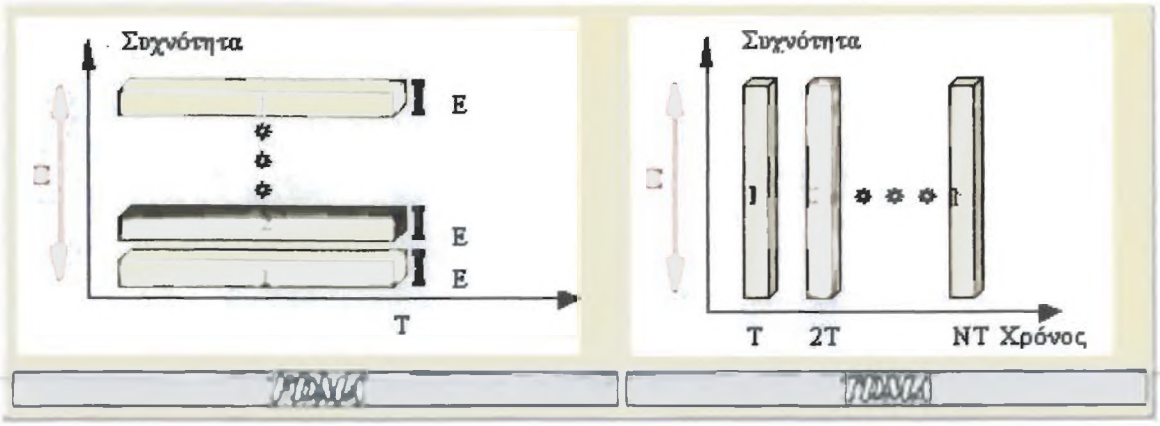
Στην πρόσβαση FDMA (σχήμα 3)αντιστοιχείται σε κάθε χρήστη ραδιοδίαυλος με μοναδική συχνότητα. Αυτός ο δίαυλος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κοινού και από άλλους χρήστες, ακόμη και αν είναι αδρανής. Με αυτή τη σταθερή αντιστοίχηση, η λογική του ελέγχου είναι πολύ απλή, με αντάλλαγμα όμως την χαμηλη απόδοση και χωρητικότητα του συστήματος. Για να βελτιωθεί η χωρητικότητα, εισάγονται οι έννοιες της κυψελωτής /μικροκυψελωτής δομής και της επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων, επιτρέποντας έτσι να χρησιμοποιείται δίαυλος της ίδιας συχνότητας σε απομακρυσμένες κυψέλες. Ωστόσο, τα καθοριστικά μειονεκτήματα του FDMA, όπως είναι η χαμηλή απόδοση του φάσματος, η αδυναμία του σε βλάβες των διαύλων και μη αποτελεσματικότητά του σε υπηρεσίες πολυμέσων/πολλαπλών ρυθμών μετάδοσης, το κάνουν ακατάλληλο για συστήματα κινητών και προσωπικών επικοινωνιών υψηλης χωρητικότητας. Η προσβαση FDMA χρησιμοποιείται κυρίως στα κυψελωτά συστήματα πρώτης γενιάς. Πρόσφατα χρησιμοποιείται σαν βοηθητικό του TDMA ή του SDMA με σκοπό την περαιτέρω βελτίωση της χωρητικότητας του συστήματος εφαρμόζοντας επαναχρησιμοποίηση των συχνοτήτων.

2.5.4.TDMA

Στην πρόσβαση TDMA (σχήμα 3), ο χρόνος χωρίζεται σε σχησμές οι οποίες ομαδοποιούνται σε πλαίσια. Στο χρήστη που θέλει να επικοινωνήσει, αντιστοιχείται μια μοναδική χρονοσχισμή στο πλαίσιο. Αυτή η σχισμή μπορεί να κρατηθεί από το χρήστη μέχρι το τέλος της συνδεσής του. Πρωτόκολλα που βασίζονται στο TDMA, χρησιμοποιούνται στα κυψελωτά συστήματα δεύτερης γενιάς, όπως είναι

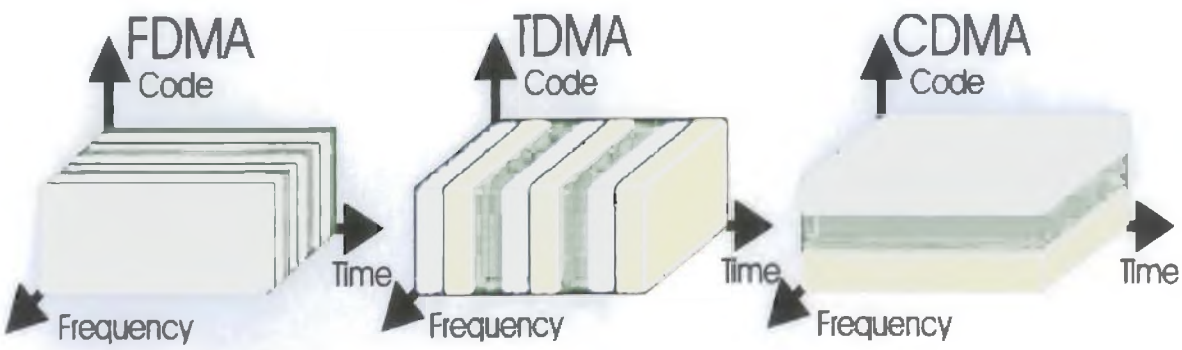
- Το GSM στην Ευρώπη
- Το ADC στην Βόρεια Αμερική
- Το JDC στην Ιαπωνία.

Το TDMA μπορεί εύκολα να υποστηρίξει ολοκληρωμένες υπηρεσίες εφαρμόζοντας την πολιτική της ευέλικτης ατιστοίχησης σχισμών. Ωστόσο, και αυτό πάσχει από το ίδιο πρόβλημα μη αποτελεσματικότητας, όπως το FDMA.



Σχήμα 3:Εξάπλωση φάσματος FDMA/TDMA

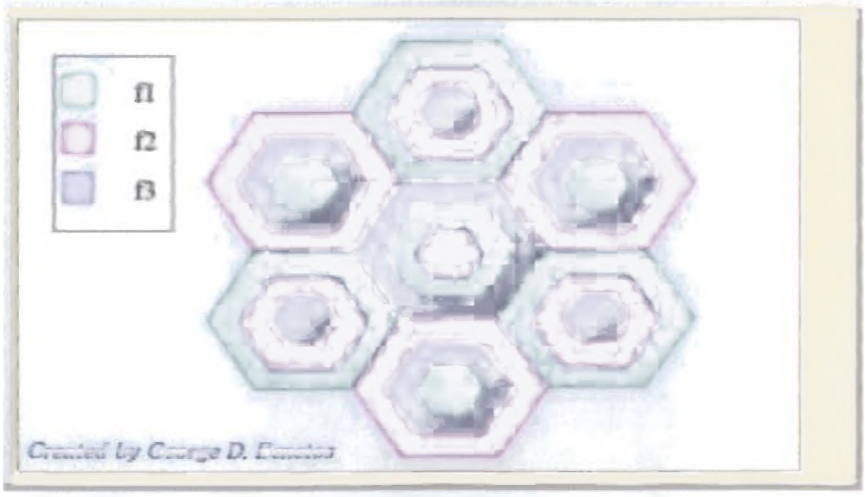
Με απλούστερα λόγια οι μέθοδοι πολυπλεξίας μπορούν να προσεγγισθούν με το παρακάτω "αναλογο".Θεωρείστε οτι 6 άνθρωποι κάνουν συναλλαγές με μια τράπεζα μεσω μηχανήματος ολο το 24-ωρο.Υπάρχουν 3 διαφορετικές προσεγγίσεις για το πρόβλημα αυτό.
Στην τράπεζα υπαρχουν 6 διαφορετικά μηχανήματα , καθένα από τα οποία αντιστοιχεί μοναδικά σε κάθε πελάτη .(Ανάλογο FDMA)
Στην τράπεζα υπάρχει ενα μηχάνημα .Καθε πελάτης έχει πρόσβαση στο μηχάνημα μόνο για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα μέσα στην ημέρα .(Ανάλογο TDMA) .
Στην τράπεζα υπάρχει 1 μηχάνημα Κάθε πελάτης εχει μία κάρτα με προσωπικό κωδικό.Με την κάρτα αυτή έχει πρόσβαση οποιαδήποτε στιγμή στο μηχάνημα. (Ανάλογο CDMA).



Σχήμα 4:Διαφορές εξάπλωσης φάσματος FDMA/TDMA/CDMA

2.5.5.Υβριδικές Μέθοδοι

Φυσικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και συνδυασμοί των παραπάνω μεθόδων , οι οποίες ονομάζονται ΥΒΡΙΔΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ .Μία από αυτες τις υβριδικές μεθόδους , είναι και ο συνδυασμός δυο τεχνικών Πολυπλεξίας του CDMA & FDMA . Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση χρησιμοποιώντας σαν βάση την Πολυπλεξία CDMA - που φαίνεται να κερδίζει τον αγώνα για την επικράτηση στις σύγχρονες κινητές επικοινωνίες - διαιρούμε την κυψέλη σε τρεις ομοκεντρες ζώνες .Καθε μία απο αυτές λειτουργεί σε μια διαφορετική συχνότητα (f1 , f2, f3) , δηλαδή με την λογικη της Πολυπλεξιας FDMA (σχήμα 5) .Ο συνδυασμός αυτός , οδηγεί σε πολύ βελτιωμένα αποτελέσματα όσον αφορά την χωρητικότητα και τις γενικότερες επιδόσεις του συστήματος , σε σχέση με το κλασικό CDMA .



Σχήμα 5: Διαφορετικές συχνότητες πολυπλεξίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΙΚΤΥΑ 2ης ΓΕΝΙΑΣ

3.1.Κυψελοειδή Δίκτυα – GSM

ΓΕΝΙΚΑ

Ένα κυψελοειδές δίκτυο αποτελείται από κινητές μονάδες, οι οποίες συνδέονται μέσω ραδιοσυχνοτήτων σε σταθερούς επίγειους σταθμούς. Οι σταθμοί αυτοί συνδέουν τα διάφορα μέρη του συστήματος και επιτρέπουν την πρόσβαση στο δημόσιο δίκτυο σταθερής τηλεφωνίας. Οι κινητές μονάδες μπορούν να είναι τηλέφωνα, φαξ ή προσωπικοί υπολογιστές οι οποίοι είναι εφοδιασμένοι με τις κατάλληλες τερματικές συσκευές ώστε να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο. Οι ραδιοσυχνότητες που χρησιμοποιούνται από το δίκτυο για τις επικοινωνίες δίνουν ευελιξία στις μετακινήσεις, αλλά ταυτόχρονα έχουν και τους περιορισμούς τους. Στην συνέχεια θα αναπτυχθεί η αρχιτεκτονική των κυψελοειδών δικτύων, καθώς και τρόποι για βελτίωση των υπηρεσιών που παρέχουν στον τελικό χρήστη.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Στις αρχές της δεκαετίας του '80 αναλογικά κυψελοειδή τηλεφωνικά συστήματα γνώρισαν μεγάλη εξάπλωση στη Δυτική Ευρώπη και Σκανδιναβία. Το μεγάλο πρόβλημα όμως ήταν ότι κάθε χώρα είχε αναπτύξει το δικό της σύστημα που ήταν ασύμβατο με όλα τα υπόλοιπα, τόσο σε συσκευές όσο και σε λειτουργία. Έτσι λοιπόν το 1982, το Ευρωπαϊκό τηλεπικοινωνιακό συμβούλιο (CEPT) ξεκίνησε μια μελέτη με την ονομασία "Group Special Mobile" GSM με σκοπό την δημιουργία ενός πανευρωπαϊκού συστήματος κινητής τηλεφωνίας. Αυτό το σύστημα θα έπρεπε να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Καλή ποιότητα ήχου
- Μικρό κόστος σε τερματικές συσκευές και υπηρεσίες
- Διεθνή λειτουργία

- Δυνατότητα να υποστηρίξει τερματικές συσκευές χειρός
- Υποστήριξη νέων υπηρεσιών και δυνατοτήτων
- Αποτελεσματική χρήση του ραδιοφωνικού φάσματος
- Συμβατότητα με το ISDN
-

Αποτέλεσμα της μελέτης αυτής ήταν το GSM, ένα ψηφιακό κυψελοειδές σύστημα το οποίο σύντομα πέρασε τα όρια της Ευρώπης και αποτέλεσε το πρότυπο για δίκτυα σε ολόκληρο τον κόσμο. Με τη δημιουργία από τις χώρες της Βορείου Αμερικής μιας παραλλαγής του GSM με όνομα PCS1900 έγινε δυνατή η σύνδεση μεταξύ των δύο ηπείρων με αποτέλεσμα τα αρχικά GSM να σημαίνουν πλέον Global System for Mobile communications.
Οι υπηρεσίες που προσφέρει το GSM είναι:

- Τηλεφωνία
- Fax
- Πρόσβαση σε Τοπικά Δίκτυα (LAN)
- internet
- Γραπτά Μηνύματα (Short Message Service-SMS)

Τα αρχικά αναλογικά κυψελοειδή δίκτυα, όπως το AMPS στην Αμερική ή τα TACS στην Μ. Βρετανία και NMT στην Σκανδιναβία, εξελίχθηκαν στα GSM στην Ευρώπη και στα D-AMPS(Digital Advanced Mobile Service) στην Αμερική και PDC (Personal Digital Cellular) στην Ιαπωνία. Οι διαφορές τους έγκειται κυρίως στις συχνότητες που χρησιμοποιούν και λιγότερο στην δομή τους. Στη συνέχεια λοιπόν θα επικεντρώσουμε τη μελέτη μας στα κυψελοειδή δίκτυα GSM μιας και αποτελούν το πρότυπο παγκοσμίως.

3.2.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ ΚΥΨΕΛΟΕΙΔΟΥΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

Δομή του Δικτύου

Ένα κυψελοειδές δίκτυο αποτελείται από αρκετές οντότητες, των οποίων οι λειτουργίες είναι προκαθορισμένες. Χωρίζεται σε τρία βασικά μέρη:

1. Τον Κινητό Σταθμό (Mobile Station- MS)
2. Το Βασικό Υποσύστημα Σταθμού (Base Station Subsystem-BSS)
3. Το Υποσύστημα Δικτύου (Network Subsystem-NS)

Ο Κινητός Σταθμός

Ο Κινητός Σταθμός αποτελείται από τον κινητό εξοπλισμό του χρήστη που συνήθως είναι το κινητό του τηλέφωνο. Αυτό είναι εφοδιασμένο με μια «έξυπνη κάρτα» γνωστότερη ως κάρτα SIM (Subscriber Identity Module). Η κάρτα SIM μπορεί να μεταφερθεί σε οποιαδήποτε τερματική συσκευή, δίνοντας στον χρήστη την απαραίτητη ευελιξία στις μετακινήσεις του. Έτσι, με την εισαγωγή της κάρτας του σε κάποιο άλλο τερματικό (κινητό τηλέφωνο), μπορεί να λάβει και να κάνει κλήσεις καθώς και να χρησιμοποιήσει τις υπόλοιπες υπηρεσίες του δικτύου.

Εικόνα 7:Διάφορες μορφές κινητών σταθμών (τερματικές συσκευές)

Η κάρτα SIM διαθέτει έναν αριθμό τον IMSI (International Mobile Subscriber Identity) ο οποίος χρησιμοποιείται για την αναγνώριση του χρήστη από το σύστημα και περιέχει πληροφορίες για αυτόν. Για την ασφάλεια του χρήστη, η κάρτα έχει έναν κωδικό ενεργοποίησης τον PIN (Personal Identity Number). Εκτός από την κάρτα SIM, προσωπικό αριθμό αναγνώρισης έχει και κάθε τερματική συσκευή, τον IMEI (International Mobile Equipment identity). Οι IMEI και IMSI είναι ανεξάρτητοι ο ένας από τον άλλο, επιτρέποντας έτσι την μετακίνηση της κάρτας SIM σε διαφορετικές συσκευές.

Το Βασικό Υποσύστημα Σταθμού

Η περιοχή που καλύπτεται από ένα κυψελοειδές δίκτυο χωρίζεται σε μικρότερες περιοχές που καλούνται κυψέλες. Κάθε κελί έχει ένα βασικό σταθμό, ο οποίος επικοινωνεί ταυτόχρονα μέσω ραδιοσυχνοτήτων με όλα τα

τερματικά που βρίσκονται στην περιοχή ελέγχου του και μεταφέρει τις κινήσεις προς και από το υποσύστημα δικτύου.
Το βασικό υποσύστημα σταθμού χωρίζεται στο Βασικό Σταθμό Πομπού-Δέκτη (Base Transceiver Station-BTS) και στο Βασικό Σταθμό Ελέγχου (Base Station Controller-BSC). Ο βασικός σταθμός πομπού -δέκτη είναι υπεύθυνος για την επικοινωνία μεταξύ δικτύου και τερματικής συσκευής και στην ουσία ορίζει την κυψέλη. Ο βασικός σταθμός ελέγχου ελέγχει τα σήματα ενός ή περισσοτέρων σταθμών πομπού - δέκτη. Είναι υπεύθυνος για την μετατροπή των 13 Kbps φωνής που χρησιμοποιούν τα κινητά τηλέφωνα, στα 64 Kbps που χρησιμοποιείται στα σταθερά τηλέφωνα καθώς και για τα κανάλια επικοινωνίας με τις τερματικές συσκευές. Επίσης είναι υπεύθυνος για την εναλλαγή μιας κλήσης σε εξέλιξη σε διαφορετικό κανάλι ή σε διαφορετική κυψέλη (handover) και συνδέεται μέσω επίγειων γραμμών στο υποσύστημα δικτύου και συγκεκριμένα στα MSC που θα δούμε παρακάτω.

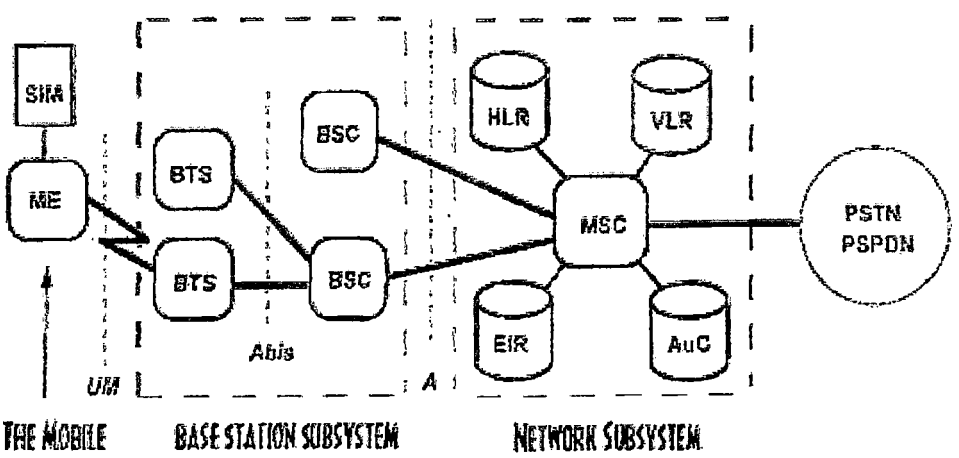
Το Υποσύστημα Δικτύου

Το κεντρικό στοιχείο του υποσυστήματος δικτύου είναι το MSC (Mobile Switching Center). Ενεργεί σαν συνήθης κόμβος μεταγωγής του δικτύου σταθερής τηλεφωνίας ή του ISDN. Επιπλέον, παρέχει τη λειτουργικότητα που χρειάζεται η διαχείριση ενός συνδρομητή του δικτύου, όπως η καταχώρηση του χρήστη στο δίκτυο, η πιστοποίηση του, η ενημέρωση της θέσης του, οι αλλαγές κυψελών καθώς και οι δρομολογήσεις των κλήσεων προς και από αυτόν. Ακόμη, είναι υπεύθυνο για την σύνδεση με το δίκτυο σταθερής τηλεφωνίας και τα δίκτυα ISDN. Οι υπηρεσίες του παρέχονται με τη βοήθεια άλλων λειτουργικών οντοτήτων, μαζί με τις οποίες διαρθρώνεται το υποσύστημα δικτύου.

Για τη σηματοδοσία μεταξύ των οντοτήτων αυτών στο υποσύστημα δικτύου, χρησιμοποιείται το σύστημα σηματοδότησης 7 (SS7), σύστημα που χρησιμοποιούν τα δίκτυα ISDN. Στο υποσύστημα δικτύου υπάρχουν και ορισμένοι καταχωρητές που δρουν σε συνεργασία με το MSC. Αυτοί είναι οι καταχωρητές θέσης και οι καταχωρητές πιστοποίησης και ασφάλειας.

Οι καταχωρητές θέσης,HLR (Home Location Register) και VLR(Vision Location Register) παρέχουν την δυνατότητα της δρομολόγησης και της περιαγωγής (roaming) των κλήσεων. Ο HLR είναι μια βάση δεδομένων που περιέχει όλες τις πληροφορίες κάθε κατοχυρωμένου συνδρομητή του δικτύου μαζί με την τρέχουσα θέση του. Λογικά υπάρχει ένας HLR ανά δίκτυο αν και μπορεί να υλοποιηθεί ως μια κατανεμημένη βάση δεδομένων. Όμοια, ο VLR

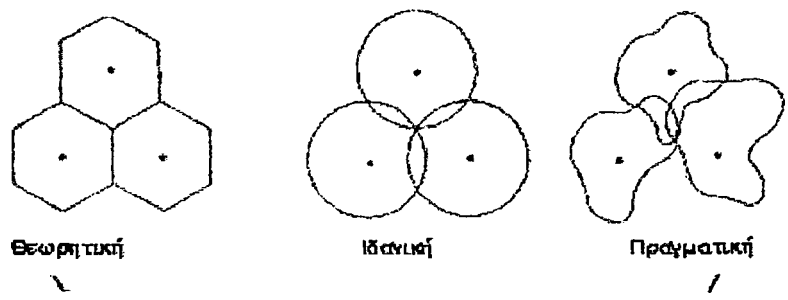
κρατάει προσωρινά πληροφορίες ίδιες με αυτές του HLR για όλες τις τερματικές συσκευές που βρίσκονται στην περιοχή ελέγχου του. Αν και κάθε λειτουργική οντότητα μπορεί να υλοποιηθεί ως ανεξάρτητη μονάδα, συνήθως ο VLR ενσωματώνεται μέσα στον MSC. Έτσι, η γεωγραφική περιοχή που ελέγχεται από τον MSC ταυτίζεται με αυτή του VLR και μ' αυτόν τον τρόπο απλοποιείται η απαιτούμενη σηματοδοσία. Να σημειωθεί ότι ο MSC δεν κρατάει τις πληροφορίες για τις επί μέρους τερματικές συσκευές, αυτές περιέχονται στους καταχωρητές θέσης.
Οι άλλοι δύο καταχωρητές είναι ο καταχωρητής ταυτότητας αντικειμένου (Equipment Identity Register-EIR) και το κέντρο πιστοποίησης (Authentication Center-AuK). Ο EIR είναι μια βάση δεδομένων που περιέχει όλες τις ισχύουσες τερματικές συσκευές του δικτύου, όπως αυτές διακρίνονται από το IMEI τους. Το IMEI μιας συσκευής είναι άκυρο, αν έχει αναφερθεί ως κλεμμένη η συσκευή που αντιστοιχεί σε αυτό ή αν αντιστοιχεί σε συσκευή μη εγκεκριμένου τύπου. Τέλος, το κέντρο πιστοποίησης είναι μια προστατευόμενη βάση δεδομένων στην οποία υπάρχει ένα αντίγραφο του κλειδιού (PIN) που βρίσκεται σε κάθε κάρτα τερματικής συσκευής και χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση του χρήστη και την κωδικοποίηση των σημάτων στα κανάλια επικοινωνίας.



Σχήμα 6:Τα μέρη του κυψελοειδούς δικτύου

3.3.Κυψέλες – Συστάδες

Έχουμε προαναφέρει ότι κάθε βασικός σταθμός πομπού - δέκτη (BTS) ορίζει μια κυψέλη (cell). Αυτές οι κυψέλες είναι κανονικά εξάγωνα (εικόνα 8)και ενωμένα το ένα με το άλλο δημιουργούν συστάδες. Γιατί όμως χρησιμοποιούμε στον σχεδιασμό κανονικά εξάγωνα, τι μέγεθος πρέπει να έχουν και με ποιον τρόπο μπορούμε να σχηματίσουμε με αυτά συστάδες; Το σχήμα του κανονικού εξαγώνου που χρησιμοποιούμε στον σχεδιασμό των δικτύων είναι καθαρά τεχνητό και θεωρητικό και δεν μπορεί να επιτευχθεί στον πραγματικό κόσμο. Ο λόγος που επιλέχθηκε το συγκεκριμένο σχήμα, είναι ότι απλοποιεί τον προγραμματισμό και την σχεδίαση των δικτύων, μιας και τα κανονικά εξάγωνα εφάπτονται το ένα στο άλλο δίχως να αφήνουν κενά μεταξύ τους. Ένα άλλο πλεονέκτημα της χρήσης κανονικών εξαγώνων, είναι ότι προσεγγίζουν το κυκλικό σχήμα το οποίο είναι το ιδανικό από άποψη κάλυψης χώρου.



Εικόνα 8:Κάλυψη σήματος
Θεωρητικά και πραγματικά σχήματα κυψελών

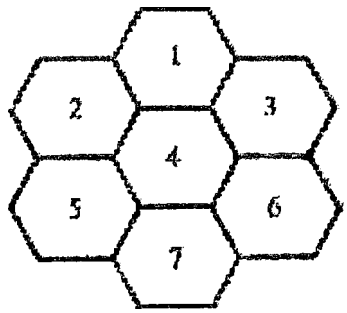
Στην πραγματικότητα δεν μπορούμε να καθορίσουμε επακριβώς το σχήμα της κυψέλης μιας και επιδρούν διάφοροι παράγοντες σε αυτό, όπως για παράδειγμα η τοποθεσία.

3.4.Μέγεθος

Το μέγεθος μιας κυψέλης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την περιοχή στην οποία βρίσκεται. Σε γενικές γραμμές οι περιοχές στην επαρχία έχουν λιγότερους χρήστες από τα αστικά κέντρα. Έτσι, στα αστικά κέντρα χρειάζονται περισσότερα κανάλια επικοινωνίας για να μπορέσουν να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των συνδρομητών. Αν κάθε κυψέλη είχε σταθερό αριθμό καναλιών επικοινωνίας, τότε το μέγεθος των κυψελών στα αστικά κέντρα θα έπρεπε να είναι μικρότερο ώστε συνολικά να υπάρχουν περισσότερα κανάλια. Η μείωση του μεγέθους των κυψελών, θα είχε ως αποτέλεσμα κυψέλες που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα να βρίσκονται κοντά η μία στην άλλη. Συνεπώς μια μεγάλη μείωση του μεγέθους της κυψέλης, θα οδηγούσε ενδεχομένως στην αύξηση των παρεμβολών μεταξύ των κυψελών που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα. Ένας τρόπος για να μεταβάλουμε το μέγεθος της κυψέλης είναι να μεταβάλουμε την ισχύ και την ευαισθησία του σταθμού βάσης. Ισχυρότεροι σταθμοί βάσης αντιστοιχούν σε κυψέλες μεγαλύτερης ακτίνας, ενώ αντίθετα ασθενέστεροι σταθμοί βάσης μειώνουν την ακτίνα της κυψέλης. Μια εναλλακτική μέθοδος για να αλλάξουμε το μέγεθος της κυψέλης είναι να «σπάσουμε» την κυψέλη σε μικρότερες. Για να το πετύχουμε αυτό, μειώνουμε τη ακτίνα της κυψέλης στο μισό και ακολούθως σπάζουμε την παλιά κυψέλη σε τέσσερις μικρότερες.

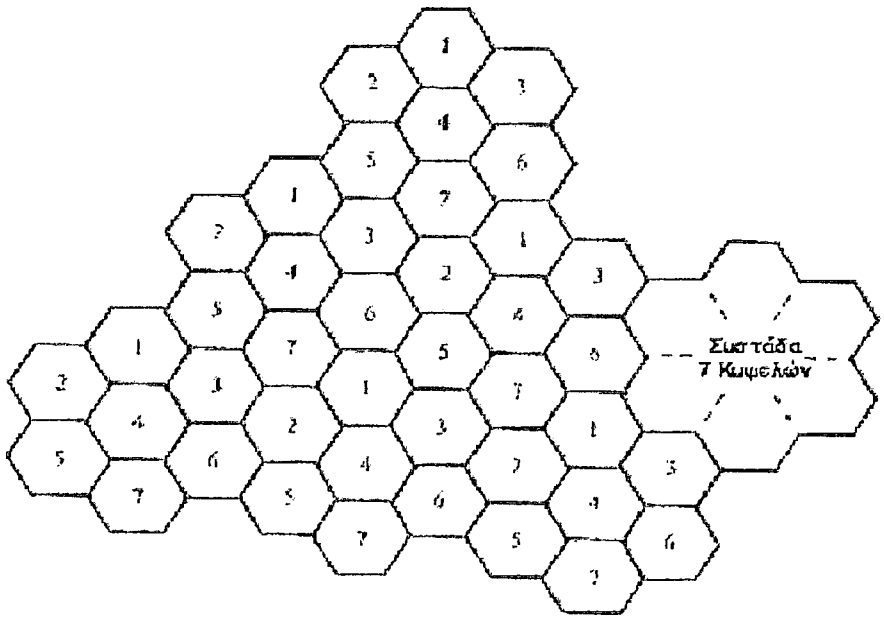
Σχηματισμός συστάδων

Η ομαδοποίηση των κυψελών σε συστάδες, οδηγεί στην πλήρη κάλυψη γεωγραφικών περιοχών. Ο τρόπος ομαδοποίησης όμως δεν πρέπει να αντιβαίνει ορισμένους κανόνες. Έτσι, ο αριθμός των κυψελών ανά συστάδα περιορίζεται από την προϋπόθεση ότι κάθε συστάδα πρέπει να εφάπτεται και να ταιριάζει με τις υπόλοιπες όπως τα κομμάτια ενός πάζλ, αποφεύγοντας έτσι τα κενά ανάμεσα τους (εικόνα 9).



Εικόνα 9: Συστάδα αποτελούμενη από 7 κυψέλες

Για να πετύχουμε λοιπόν την βέλτιστη κάλυψη που προκύπτει από μια τέτοια ομαδοποίηση συστάδων, συνήθως δημιουργούμε συστάδες που αποτελούνται από 4, 7, 12 ή 21 κυψέλες (εικόνα 10).



Εικόνα 10: Ομάδα συστάδων

3.5.ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Πρωταρχικός στόχος στο σχεδιασμό των κυψελοειδών δικτύων, ήταν η δυνατότητα του χρήστη να μετακινείται ενώ ταυτόχρονα να είναι συνδεμένος στο δίκτυο. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει το δίκτυο να είναι σε θέση να αναγνωρίζει την θέση που βρίσκονται οι χρήστες του ανά πάσα στιγμή. Παράλληλα θα πρέπει να τους δίνει την δυνατότητα να δέχονται και να πραγματοποιούν κλήσεις ενώ δεν βρίσκονται στο τοπικό τους δίκτυο.

3.5.1.Καταχώρηση στο δίκτυο

Όταν μια κινητή τερματική συσκευή ενεργοποιείται, αμέσως καταχωρείται στο δίκτυο. Για να μπορεί το δίκτυο ανά πάσα στιγμή να εντοπίζει τον χρήστη, θα πρέπει αφ' ενός να κρατεί πληροφορίες για την τοποθεσία που βρίσκεται η συσκευή και αφ' εταίρου η συσκευή να γνωρίζει τα κανάλια από τα οποία θα πρέπει να περιμένει να λάβει σήματα.

3.5.2.Έλεγχος καναλιών

Με την ενεργοποίηση της κάθε τερματική συσκευή ανιχνεύει δύο κανάλια.
Το αποκλειστικό κανάλι ελέγχου (Strong Dedicated Control Channel-SDCC)
Το κανάλι ειδοποίησης (Strong Paging Channel)
Το αποκλειστικό κανάλι ελέγχου χρησιμοποιείται για την εκπομπή πληροφοριών ελέγχου σε ψηφιακή μορφή από τον σταθμό βάσης προς την κινητή συσκευή αλλά και αντίστροφα.
Το κανάλι ειδοποίησης - όπως υποδηλώνει και το όνομα του - χρησιμοποιείται από το MSC για την ανίχνευση και τον εντοπισμό της κάθε συσκευής, σε περίπτωση που μια κλήση γίνει προς αυτή.
Η παραπάνω διαδικασία επιτρέπει στην κινητή συσκευή να αναγνωρίσει τα σωστά κανάλια από τα οποία θα πρέπει να αναμένει σήματα.

3.5.3.Καταχώρηση στον πλησιέστερο σταθμό βάσης

Ο κάθε χρήστης κατοχυρώνεται στο δίκτυο με την αποστολή του αριθμού που έχει ανατεθεί στην συσκευή του από το δίκτυο (αριθμός τηλεφώνου), καθώς και του σειριακού αριθμού της συσκευής. Λεπτομερέστερα, η συσκευή μετά από την ενεργοποίηση της ανιχνεύει τον κοντινότερο (με βάση

την ισχύ του σήματος που λαμβάνει) σταθμό βάσης και αποστέλλει σε αυτόν τους παραπάνω αριθμούς. Αυτοί ακολούθως προωθούνται από τον σταθμό βάσης στο υπεύθυνο MSC για έλεγχο. Αφού πιστοποιηθεί ότι η συγκεκριμένη συσκευή έχει την δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο, οι πληροφορίες για την συσκευή και για την θέση στην οποία βρίσκεται αποθηκεύονται στο MSC και συγκεκριμένα στους καταχωρητές θέσης. Στη συνέχεια, οι πληροφορίες αυτές μαζί με το κανάλι ειδοποίησης χρησιμοποιούνται από το MSC για την κατεύθυνση των κλήσεων που γίνονται προς τον χρήστη.

3.5.4.Μετακίνηση στο δίκτυο

Η μετακίνηση ενός χρήστη μέσα στο δίκτυο μπορεί να περιλαμβάνει

- Μετακίνηση μεταξύ κυψελών
- Μετακίνηση μεταξύ συστάδων
- Περιαγωγή

➢ **Μετακίνηση μεταξύ κυψελών (handover) ή μεταξύ συστάδων**

Κατά τη διάρκεια μιας κλήσης, ο σταθμός βάσης ελέγχει το επίπεδο του σήματος που λαμβάνει από την κινητή συσκευή. Όταν η συσκευή μετακινηθεί από μια κυψέλη σε μιαν άλλη, το επίπεδο του σήματος που λαμβάνει ο σταθμός βάσης της κυψέλης που βρισκόταν, πέφτει σε ένα κρίσιμο επίπεδο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο σταθμός βάσης να ειδοποιήσει το υπεύθυνο MSC για το γεγονός. Το MSC με τη σειρά του ειδοποιεί όλους του γειτονικούς σταθμούς βάσης να μετρήσουν ο επίπεδο σήματος που λαμβάνουν από τη συσκευή. Αφού μετρήσουν το επίπεδο σήματος οι σταθμοί βάσης αναφέρουν στο MSC και αυτό αποφασίζει και αναθέτει τον έλεγχο στο σταθμό βάσης που δέχεται το ισχυρότερο σήμα. Η εναλλαγή αυτή γίνεται μέσα σε χρονικό διάστημα που διαρκεί περίπου 400MS ώστε η παύση να μην γίνεται αντιληπτή στον τελικό χρήστη.
Αφού γίνει η εναλλαγή σταθμών βάσης, ακολουθεί νέα καταχώρηση στο δίκτυο μέσω του νέου σταθμού βάσης και οι πληροφορίες θέσης για τη συγκεκριμένη συσκευή ανανεώνονται στο υπεύθυνο MSC. Σε περίπτωση που ο νέος σταθμός βάσης ανήκει σε διαφορετικό MSC, τότε γίνεται καταχώρηση στο νέο MSC ενώ η διαδικασία εναλλαγής παραμένει η ίδια.

➢ **Περιαγωγή**

Οι χρήστες των κυψελοειδών δικτύων μπορούν να χρησιμοποιούν τις τερματικές συσκευές τους μόνο στην περιοχή που καλύπτει το δίκτυο στο οποίο ανήκουν. Με την όρο roaming, εννοούμε τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε κάποια συσκευή που είναι καταχωρημένη σε ένα δίκτυο, σε κάποιο άλλο. Για να μπορέσουμε να το πετύχουμε αυτό, θα πρέπει τα συστήματα αυτά να είναι συμβατά μεταξύ τους και να επιτρέπουν την περιαγωγή. Στις περισσότερες ανά τον κόσμο χώρες, το πρότυπο είναι το σύστημα GSM το οποίο επιτρέπει την μετακίνηση μεταξύ διαφορετικών χωρών. Με την σταδιακή υιοθέτηση του GSM 1900 (γνωστό και ως PCS1900 ή DCS1900) από τις χώρες της Βορείου Αμερικής, έγινε δυνατό και το roaming στις περιοχές που το υποστηρίζουν. Να σημειώσουμε σε αυτό το σημείο ότι ενώ οι προσωπικές κάρτες SIM έχουν την δυνατότητα να μετακινηθούν από ένα δίκτυο σε άλλο, αυτό δεν είναι δυνατό για όλες τις τερματικές συσκευές. Έτσι για γίνει δυνατό το roaming, θα πρέπει είτε να αλλάξει ο χρήστης τερματική συσκευή με την μετακίνηση της κάρτας SIM είτε να είναι κάτοχος συσκευής που υποστηρίζει διαφορετικά συστήματα. Για τα GSM δίκτυα υπάρχουν συσκευές που υποστηρίζουν διπλή λειτουργία στα συστήματα GSM900 - GSM1800 ή διπλή λειτουργία στα συστήματα GSM800 - GSM1900. Πρόσφατα κυκλοφόρησαν και συσκευές που υποστηρίζουν τριπλή λειτουργία και στα τρία GSM συστήματα.

3.6.Εκμετάλλευση του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων

Σε κάθε ραδιοφωνικό δίκτυο, μπορεί να συμβούν αρκετές ταυτόχρονες κλήσεις. Ο αριθμός των κλήσεων που μπορούν να διαχειριστούν ταυτόχρονα εξαρτάται άμεσα από το διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων, καθώς και από τον αριθμό των καναλιών που υποστηρίζονται από το διαθέσιμο εύρος ζώνης.
Στα κυψελοειδή συστήματα, η επαναχρησιμοποίηση της συχνότητας (Frequency re-use) επιτυγχάνεται με την ανάθεση ενός υποσυνόλου του συνολικού αριθμού καναλιών σε κάθε σταθμό βάσης και με τον μετέπειτα έλεγχο της ισχύος των πομπών. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται η διαθεσιμότητα καναλιών για τους χρήστες. Η αύξηση των κυψελών σε μια περιοχή όμως (η οποία επιτυγχάνεται με μείωση του μεγέθους τους) οδηγεί όπως έχουμε προαναφέρει σε αύξηση των παρεμβολών μεταξύ κυψελών που λειτουργούν στην ίδια συχνότητα. Επίσης αυξάνονται οι εναλλαγές κυψελών (handovers), πράγμα που οδηγεί σε αύξηση της καθυστέρησης στη λειτουργία των MSC.

Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων εναλλακτικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται. Αυτές είναι η χρήση μικροκυψελών (microcellular systems) και η πολλαπλή πρόσβαση (multiple access system).

3.6.1.Μικροκυψελοειδή συστήματα

Σε αντίθεση με τη μείωση του μεγέθους της κυψέλης, στα μικροκυψελοειδή συστήματα γίνεται χρήση «έξυπνων» κυψελών. Κάθε κυψέλη μπορεί να ελέγχει τη θέση κάθε κινητού σταθμού και να μεταδίδει περιορισμένη ισχύ προς αυτούς.
Στα μικροκυψελοειδή συστήματα κάθε κυψέλη χωρίζεται σε μικρότερες κυψέλες, κάθε μικροκυψέλη έχει μια τοποθεσία ζώνης (zone site) ενώ συνολικά η κυψέλη εξακολουθεί να έχει ένα σταθμό βάσης. Οι μικροκυψέλες χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα με την αρχική κυψέλη, συνεπώς δεν παρατηρούνται handovers. Ένας ενεργός κινητός σταθμός εκπέμπει σήματα προς όλες τις ζώνες και αυτές με τη σειρά τους στέλνουν σήμα στο σταθμό βάσης. Εκεί βρίσκεται ένας επιλογέας ζώνης, ο οποίος χρησιμοποιεί το σήμα. που δέχεται από τις ζώνες και αναθέτει σε αυτή με το ισχυρότερο σήμα τον έλεγχο του κινητού σταθμού. Όταν προκύψει μια κλήση προς τον κινητό σταθμό, το σύστημα γνωρίζει σε πια θέση - κυψέλη - βρίσκεται ο σταθμός. Ο σταθμός της κυψέλης γνωρίζει από τη δική του πλευρά σε πια ζώνη βρίσκεται ο σταθμός. Προωθεί λοιπόν το σήμα στο αντίστοιχο zone site το οποίο μετά από καθορισμό της ισχύος του σήματος, το στέλνει στον κινητό σταθμό. Με τον καθορισμό της ισχύος του σήματος η παρεμβολή μεταξύ των ζωνών μειώνεται και αυξάνεται η χωρητικότητα του συστήματος.
Αν κάνουμε μια σύγκριση μεταξύ των μικροκυψελοειδών συστημάτων και με τη μείωση του μεγέθους των κυψελών, παρατηρούμε ότι τα μικροκυψελοειδή συστήματα έχουν αρκετά πλεονεκτήματα. Η παρεμβολές είναι κατά πολύ λιγότερες, όπως επίσης και τα handovers αφού όλες οι ζώνες χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα. Επιπλέον, τα εξαρτήματα για τη δημιουργία των ζωνών είναι μικρά σε μέγεθος και μπορούν να εγκατασταθούν στις πλευρές κάποιας κεραίας.
Πέρα από τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν, τα μικροκυψελοειδή συστήματα έχουν και ένα μεγάλο μειονέκτημα. Θα πρέπει η ισχύ του σήματος που εκπέμπουν οι μικροκυψέλες στους κινητούς σταθμούς να είναι επακριβώς ορισμένη. Ισχυρότερα σήματα θα οδηγήσουν σε παρεμβολές μεταξύ των ζωνών, ενώ ασθενέστερα σήματα πιθανών δεν θα φτάσουν ποτέ στον προορισμό τους. Οι μικροκυψέλες θα πρέπει να γνωρίζουν τον χώρο

που καλύπτουν, μιας και μια καινούργια δομή στον χώρο τους (κάποιο νέο κτίριο για παράδειγμα) θα απαιτήσει μεταβολή της ισχύος του σήματος τους.

3.6.2.Συστήματα πολλαπλής πρόσβασης

Το ραδιοφωνικό φάσμα που χρησιμοποιείται στις τηλεπικοινωνίες είναι περιορισμένο. Θα πρέπει λοιπόν να βρεθούν τρόποι διανομής του φάσματος, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις ραδιοσυχνότητες όσο το δυνατόν περισσότεροι χρήστες ταυτόχρονα. Στα ψηφιακά κυψελοειδή δίκτυα, συστήματα πολλαπλής πρόσβασης χρησιμοποιούνται για να επιτρέψουν την ταυτόχρονη χρήση του ίδιου καναλιού επικοινωνίας από περισσότερους του ενός χρήστες. Οι συνηθέστερες μέθοδοι είναι αυτές της ***Πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση της συχνότητας*** (Frequency Division Multiple Access-FDMA) και της ***Πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση του χρόνου*** (TIME DIVISION MULTIPLE ACCESS). Στην μέθοδο πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση του χρόνου, το εύρος ζώνης που δεσμεύεται από κάθε κανάλι επικοινωνίας διαιρείται σε χρονικές περιόδους (time slots). Ο αριθμός των περιόδων αυτών εξαρτάται από το κάθε σύστημα. Στη συνέχεια κάθε χρήστης καταλαμβάνει μια τέτοια χρονική περίοδο, οπότε μπορούν πολλοί χρήστες ταυτόχρονα να χρησιμοποιήσουν το ίδιο κανάλι επικοινωνίας αλλά σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Όμοια, με την μέθοδο πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση της συχνότητας, κάθε κανάλι διαιρείται σε μπάντες συχνοτήτων οι οποίες στη συνέχεια δεσμεύονται από τους χρήστες.
Στα συστήματα GSM χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός των παραπάνω δύο μεθόδων. Θα αναπτύξουμε τη μέθοδο για το σύστημα GSM900 μιας και είναι παρόμοια και για τα άλλα GSM συστήματα.
Η διεθνής ένωση τηλεπικοινωνιών (ITU), η οποία είναι υπεύθυνη για τη χρησιμοποίηση του ραδιοφωνικού φάσματος, καθόρισε τη χρήση των συχνοτήτων από 890 - 915 MHz για την επικοινωνία από τον κινητό σταθμό προς το σταθμό βάσης (uplink) και τις συχνότητες 935 - 960 MHz για την επικοινωνία από το σταθμό βάσης προς το κινητό σταθμό (downlink). Επειδή αυτές οι συχνότητες χρησιμοποιούνταν ήδη από τα αναλογικά συστήματα που υπήρχαν, το Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Συμβούλιο (CEPT) κράτησε τα 10 MHz από κάθε συχνότητα για χρήση με το GSM. Με τη διαίρεση των συχνοτήτων με το σχήμα FDMA, το συνολικό εύρος ζώνης των 25 MHz διαιρείται σε 124 συχνότητες μεταφοράς, οι οποίες απέχουν κατά 200 MHz μεταξύ τους. Μία ή περισσότερες από αυτές τις συχνότητες ανατίθενται σε κάθε σταθμό βάσης. Στη συνέχεια κάθε μια από τις συχνότητες χωρίζεται χρονικά σύμφωνα με το σχήμα της πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση χρόνου TDMA. Η θεμελιώδης μονάδα

χρόνου στο σχήμα TDMA, είναι η «περίοδος ριπής» (burst period) η οποία διαρκεί περίπου 0.577ms (15/26 ms). Οκτώ τέτοιες περίοδοι ομαδοποιούνται σε ένα πλαίσιο TDMA. Το πλαίσιο TDMA διαρκεί περίπου 4.615 ms (120/26 ms) και είναι η βασική μονάδα ορισμού των λογικών καναλιών επικοινωνίας. Τα κανάλια αυτά μπορεί να είναι ***δεσμευμένα κανάλια (dedicated channels)*** από κάποιο κινητό σταθμό ή ***κοινά κανάλια (common channels)*** τα οποία χρησιμοποιούνται από τους κινητούς σταθμούς όταν αυτοί είναι αδρανής.

3.6.3.Κανάλια μεταφοράς (traffic channels)

Τα κανάλια μεταφοράς χρησιμοποιούνται για την μετάδοση ήχου και δεδομένων. Καθορίζονται με τη χρήση ενός πολυπλαισίου (multiframe) το οποίο αποτελείται από 26 πλαίσια TDMA. Το μήκος των 26 πλαισίων είναι 120 ms και από αυτό το μήκος καθορίζεται και η περίοδος ριπής (120 / 26 πλαίσια και το αποτέλεσμα δια 8 μονάδες χρόνου). Από τα 26 πλαίσια, τα 24 χρησιμοποιούνται για την μετακίνηση των δεδομένων και του ήχου, 1 πλαίσιο για έλεγχο ***(Slow Associated Control Channel-SACCH)*** και 1 αχρησιμοποίητο προς το παρόν. Τα κανάλια μεταφοράς για την μετάδοση από τον κινητό σταθμό προς το σταθμό βάσης χωρίζονται με 3 «ριπές» από τα αντίστοιχα κανάλια μεταφοράς από το σταθμό βάσης προς το κινητό σταθμό. Με αυτόν τον τρόπο δεν είναι απαραίτητη η ταυτόχρονη λήψη και αποστολή από τους κινητούς σταθμούς και δίνεται η δυνατότητα για κατασκευή απλούστερων (και συνεπώς φθηνότερων, πράγμα που ήταν ένας από τους αρχικούς στόχους) ηλεκτρονικών συσκευών. Πέρα από αυτά τα κανάλια πλήρους ρυθμού (full-rate), έχουν καθοριστεί και κανάλια ημίσεως ρυθμού (half-rate) τα οποία δεν έχουν υλοποιηθεί ακόμη. Τα κανάλια half-rate μπορούν να διπλασιάσουν τη χωρητικότητα του συστήματος με τη χρήση κωδικοποιητών (coders) που θα κωδικοποιούν τη φωνή στα 7 kbps αντί για 13 kbps που είναι τώρα. Εχουνκαθοριστεί επίσης κανάλια οκταπλού ρυθμού (eighth-rate) τα οποία χρησιμοποιούνται στη σηματοδοσία και καλούνται ***Stand-alone Dedicated Control Channels(SDCCH).***

3.6.4. Κοινά Κανάλια

Στα κοινά κανάλια (common channels), μπορούν να έχουν πρόσβαση τόσο οι κινητοί σταθμοί που βρίσκονται σε αδρανή κατάσταση, όσο και αυτοί που βρίσκονται στη διάρκεια μιας κλήσης. Όταν ο κινητός σταθμός είναι αδρανής, χρησιμοποιεί τα κοινά κανάλια για την ανταλλαγή πληροφοριών, ώστε να μεταβεί σε ενεργή κατάσταση όταν γίνει κάποια κλήση προς αυτόν. Οι κινητοί σταθμοί που βρίσκονται ήδη σε κάποια κλήση, ελέγχουν μέσω των κοινών καναλιών τους περιβάλλοντες σταθμούς βάσης για τυχόν handovers και άλλες πληροφορίες. Τα κοινά κανάλια ορίζονται από ένα πολυπλαίσιο 51 πλαισίων, ώστε να είναι δυνατή η χρήση του πολυπλαισίου 21 πλαισίων από τους κινητούς σταθμούς σε κλήση, ενώ ταυτόχρονα να έχουν πρόσβαση και στα κανάλια ελέγχου.

Τα κανάλια ελέγχου αποτελούνται από τα:

- Κανάλι Ελέγχου Εκπομπής (Broadcast Control Channel-*BCCH*)
- Κανάλια Συγχρονισμού και Διόρθωσης Συχνότητας (Frequency Correction Channel-*FCCH*, Sychronization Channel-*SCH*)
- Κανάλι Τυχαίας Πρόσβασης (Random Access Channel-*RACH*)
- Κανάλι Ειδοποίησης (Paging Channel - *PCH*)
- Κανάλι Χορήγησης Πρόσβασης (Access Grant Channel-*AGCH*)

Το κανάλι ελέγχου εκπομπής, συνεχώς εκπέμπει από το σταθμό βάσης προς τους κινητούς σταθμούς πληροφορίες όπως η ταυτότητα του σταθμού, οι συχνότητες που είναι δεσμευμένες κ.α.

Τα κανάλια συγχρονισμού και διόρθωσης χρησιμοποιούνται για να συγχρονίσουν τους κινητούς σταθμούς στις χρονικές περιόδους των πλαισίων TDMA. Κάθε κυψέλη εκπέμπει ένα κανάλι διόρθωσης και ένα συγχρονισμού στη πρώτη θέση του πλαισίου TDMA.

Το κανάλι τυχαίας πρόσβασης χρησιμοποιείται από τους κινητούς σταθμούς για να αιτηθούν πρόσβαση στο δίκτυο.

Το κανάλι ειδοποίησης χρησιμοποιείται για να ενημερώσει τον κινητό σταθμό για τις κλήσεις που γίνονται προς αυτόν.

Τέλος, το κανάλι χορήγησης πρόσβασης χρησιμοποιείται για τη δέσμευση ενός SDCCH καναλιού σηματοδοσίας.

3.7. Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ ΤΟΥ GSM

Η εξασφάλιση της μετάδοσης φωνής και δεδομένων μέσω των ραδιοσυχνοτήτων είναι μέρος μόνο της λειτουργίας ενός κυψελοειδούς δικτύου. Κάποιος κινητός σταθμός μπορεί να βρίσκεται σε περιαγωγή, πράγμα που συνεπάγεται νέες καταχωρήσεις στο δίκτυο, πιστοποίηση ταυτότητας, δρομολόγηση κλήσεων και ενημέρωση της θέσης του. Επιπλέον, το γεγονός ότι η γεωγραφική κάλυψη του χώρου εξασφαλίζεται μέσω της διάσπασης του σε κυψέλες, προϋποθέτει την ύπαρξη ενός μηχανισμού χειρισμού των handovers. Υπεύθυνο για τις ενέργειες αυτές είναι το υποσύστημα δικτύου (network subsystem) το οποίο κυρίως χρησιμοποιεί το Mobile Application part (MAP) που βρίσκεται στην κορυφή του πρωτοκόλλου του συστήματος σηματοδοσίας No 7.

Το πρωτόκολλο σηματοδοσίας του συστήματος GSM, είναι δομημένο σε 3 γενικά επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο είναι το φυσικό επίπεδο το οποίο χρησιμοποιεί τις δομές των καναλιών που προαναφέραμε. Το δεύτερο επίπεδο, είναι το επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων (data link layer). Από την πλευρά του κινητού σταθμού, το δεύτερο επίπεδο είναι μια τροποποιημένη έκδοση του πρωτοκόλλου LAPD που χρησιμοποιείται στα συστήματα ISDN και ονομάζεται LAPDm. Ανάλογα, στην πλευρά του υποσυστήματος δικτύου, χρησιμοποιείται το δεύτερο επίπεδο του συστήματος No 7 και συγκεκριμένα το Message Transfer Part Layer 2-*SCCP*). Τέλος, το 3° επίπεδο του πρωτοκόλλου σηματοδοσίας χωρίζεται σε τρία υποεπίπεδα :

- Διαχείριση ραδιοφωνικών πόρων (Radio Resources Management-***RRM***)
- Διαχείριση κινητικότητας (Mobility Management-***MM***)
- Διαχείριση σύνδεσης (Connection Management-***CM***)

3.7.1.Διαχείριση ραδιοφωνικών πόρων

Το επίπεδο διαχείρισης ραδιοφωνικών πόρων επιβλέπει την εδραίωση μιας σύνδεσης, ραδιοφωνικής ή σταθερής, ανάμεσα στους κινητούς σταθμούς και στο MSC. Οι οντότητες που λαμβάνουν μέρος στην εδραίωση των συνδέσεων είναι οι κινητοί σταθμοί, το υποσύστημα σταθμού βάσης και το

MSC. Το επίπεδο RR είναι αναμεμιγμένο στην διαχείριση μιας ραδιοφωνικής σύνδεσης. Επίσης, κάνει τις απαραίτητες ρυθμίσεις στα ραδιοφωνικά κανάλια, όπως και τη δέσμευση τους στις κλήσεις. Μια σύνδεση αρχικοποιείται πάντα από τον κινητό σταθμό, είτε με την κλήση κάποιου αριθμού, είτε με την απόκριση σε κάποιο σήμα ειδοποίησης. Το πότε θα ανατεθεί ένα αποκλειστικό κανάλι στον κινητό σταθμό, η δομή που θα έχει το σήμα ειδοποίησης και άλλες τέτοιες λεπτομέρειες, καθορίζονται από το RR επίπεδο. Τέλος, σε αυτό το επίπεδο ρυθμίζεται η ισχύς του σήματος και η ασυνεχής εκπομπή και λήψη.

3.7.2Διαχείριση κινητικότητας

Το επίπεδο διαχείρισης κινητικότητας (MM) βρίσκεται πάνω από το επίπεδο RR. Είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση όλων των λειτουργιών που προκύπτουν από τη δυνατότητα που έχει ο χρήστης να κινείται μέσα στο δίκτυο. Επίσης διαχειρίζεται θέματα ασφάλειας και πιστοποίησης των χρηστών. Σε αυτό το επίπεδο γίνεται και η διαχείριση της θέσης που βρίσκεται ο κινητός σταθμός την κάθε στιγμή, ώστε να είναι δυνατή η ολοκλήρωση των κλήσεων που γίνονται προς αυτόν.

Όταν μια κλήση γίνει προς έναν ενεργοποιημένο κινητό σταθμό, ένα σήμα στέλνεται προς αυτόν μέσω του καναλιού ειδοποίησης. Για τον εντοπισμό του κινητού σταθμού θα μπορούσε να σταλεί το σήμα σε όλες τις κυψέλες του δικτύου, πράγμα που θα οδηγούσε σε περιττή χρησιμοποίηση του εύρους ζώνης των ραδιοσυχνοτήτων. Ανάλογα, θα μπορούσε ο κάθε κινητός σταθμός να στέλνει μηνύματα ανανέωσης θέσης κάθε φορά που αλλάζει κυψέλη. Έτσι, το σήμα ειδοποίησης θα σταλεί στη κυψέλη που βρίσκεται κάθε φορά ο κινητός σταθμός. Παρατηρείται όμως υπερφόρτωση από τα συνεχή μηνύματα ανανέωσης θέσης. Για να επιλυθούν με το βέλτιστο δυνατό τρόπο τέτοια ζητήματα, γίνεται ο διαχωρισμός του δικτύου σε ζώνες θέσης (location areas). Ανανέωση της θέσης του κινητού σταθμού γίνεται μόνο όταν αυτός αλλάξει ζώνη θέσης και τα σήματα ειδοποίησης θα σταλούν στην υπεύθυνη για τη ζώνη κυψέλη.

Το ραδιοφωνικό φάσμα μπορεί να είναι προσβάσιμο από τον καθένα. Η πιστοποίηση των χρηστών, ώστε το δίκτυο να είναι σε θέση να γνωρίζει αν ο χρήστης είναι πράγματι αυτός που ισχυρίζεται, είναι θέμα ζωτικής σημασίας. Το ίδιο σημαντική είναι και η κωδικοποίηση - κρυπτογράφηση όλων των μηνυμάτων, ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα υποκλοπών. Για την πιστοποίηση των χρηστών συμμετέχουν η κάρτα SIM και το κέντρο πιστοποίησης (AUC). Σε κάθε συνδρομητή ανατίθεται ένα κρυφό κλειδί το οποίο βρίσκεται στην κάρτα SIM. Ένα αντίγραφο του κλειδιού αυτού βρίσκεται στο κέντρο πιστοποίησης. Κατά τη διάρκεια της πιστοποίησης,

ένας τυχαίος αριθμός παράγεται από το AuC και αποστέλλεται στον κινητό σταθμό. Στη συνέχεια, βάση του τυχαίου αριθμού και με τη βοήθεια ενός αλγόριθμου με όνομα A3, ο κινητός σταθμός παράγει ένα σήμα απόκρισης το οποίο και στέλνει στο κέντρο πιστοποίησης. Αν το σήμα είναι το ίδιο με αυτό που υπολόγισε και το κέντρο πιστοποίησης, τότε ο χρήστης πιστοποιείται. Ανάλογη είναι και η μέθοδος κρυπτογράφησης των μηνυμάτων από και προς τους κινητούς σταθμούς. Η κρυπτογράφηση αυτή χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο A8 και γίνεται σε επίπεδο πλαισίου TDMA.

Ένας επιπλέον έλεγχος ασφάλειας γίνεται σε επίπεδο συσκευής. Όπως έχουμε προαναφέρει κάθε συσκευή έχει το IMEI το οποίο είναι μοναδικό. Όλοι οι αριθμοί IMEI του δικτύου βρίσκονται στον ***καταχωρητή ταυτότητας αντικειμένου*** (Equipment Intentity Register-***EIR***). Κάθε φορά λοιπόν που η συσκευή στέλνει το IMEI της στο δίκτυο για έλεγχο, η απάντηση του δικτύου κατατάσσει τη συσκευή σε μια από τις επόμενες κατηγορίες :

- Λευκή λίστα - Η συσκευή μπορεί να συνδεθεί στο δίκτυο.
- Γκρι λίστα - Η συσκευή βρίσκεται υπό παρακολούθηση για πιθανά προβλήματα.
- Μαύρη λίστα - Η συσκευή έχει αναφερθεί ως κλεμμένη ή είναι μη συμβατού τύπου και δεν επιτρέπεται η σύνδεση της στο δίκτυο.

3.7.3Διαχείριση Σύνδεσης

Το επίπεδο διαχείρισης σύνδεσης (CM) είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο κλήσεων (Call Control- CC), για τη διαχείριση συμπληρωματικών υπηρεσιών του δικτύου και για τη διαχείριση της υπηρεσίας σύντομων μηνυμάτων. Κάθε μια από τις προηγούμενες διαχειρίσεις μπορεί να είναι υποεπίπεδα του CM. Στον έλεγχο κλήσεων, έγινε προσπάθεια να ακολουθηθούν οι διαδικασίες των δικτύων ISDN, όπως αυτές ορίστηκαν στο 0.931. Μια δυνατότητα όμως που δεν υπάρχει στα ISDN δίκτυα είναι αυτή της περιαγωγής. Άλλες λειτουργίες στο υποεπίπεδο CC, είναι η εδραίωση κλήσεων και ο έλεγχος του είδους της υπηρεσίας (και η εναλλαγή μεταξύ διαφορετικών υπηρεσιών) που θα χρησιμοποιηθεί.

3.8.ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕΣΩ ΚΥΨΕΛΟΕΙΔΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Στη μέχρι τώρα παρουσίαση των κυψελοειδών δικτύων, μελετήσαμε σε γενικές γραμμές την μετάδοση φωνής μέσω αυτών. Η κύρια υπηρεσία των κυψελοειδών δικτύων είναι η κινητή τηλεφωνία(Cellular Mobile Phone Service-*CMPS*) αλλά όχι μόνο αυτή. Η ψηφιακή φύση των κυψελοειδών δικτύων, επιτρέπει την μετάδοση δεδομένων και τη χρήση υπηρεσιών που υπάρχουν στα δίκτυα επικοινωνιών όπως τα τοπικά δίκτυα (LAN) και το Internet. Η μετάδοση των δεδομένων μπορεί να γίνει είτε με τη χρήση των υπαρχόντων *CMPS* δικτύων, είτε με τη χρήση των κυψελοειδών δικτύων ψηφιακών δεδομένων (Digital Data Cellular Networks-*DDCN*).

*3.8.1.*Μετάδοση δεδομένων μέσω CMPS

Η χρήση των ήδη υπαρχόντων CMPS δικτύων για μετάδοση δεδομένων, δεν προϋποθέτει κάποια αλλαγή ή τροποποίηση της αρχιτεκτονικής τους. Αλλαγές θα γίνουν σε επίπεδο πρωτοκόλλου αλλά όχι σημαντικές. Τα CMPS δίκτυα είναι δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (circuit switched networks), πράγμα που σημαίνει ότι από τη στιγμή που θα δημιουργηθεί μια σύνδεση μεταξύ δύο σταθμών (κινητών ή όχι), θα παραμείνει έως έχει μέχρι το πέρας της συνδιάλεξης. Οι τερματικές συσκευές δεδομένων (data terminals), είναι συνήθως κάποιος φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής που συνδέεται με κάποιο κινητό σταθμό (πχ. ένα κινητό τηλέφωνο ή κάποια άλλη κινητή κυψελοειδή συσκευή που διαθέτει κεραία), ώστε να μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στο κυψελοειδές δίκτυο.
Το μεγάλο πρόβλημα στη μετάδοση των δεδομένων μέσω ενός κυψελοειδούς δικτύου είναι τα handover. Σε αντίθεση με τα όσα ισχύουν στη μετάδοση φωνής, δεν μπορούμε να «συμπληρώσουμε» τα ψηφιακά δεδομένα που χάθηκαν, λαμβάνοντας υπ' όψιν αυτά που προηγήθηκαν και αυτά που ακολούθησαν. Πρέπει τα δεδομένα που φτάνουν στον προορισμό τους, να είναι αυτά ακριβώς που στάλθηκαν από την πηγή του σήματος. Όταν κάποιος χρήστης κινείται από μια κυψέλη σε μια άλλη τότε δημιουργείται το handover. Ο κινητός σταθμός δεν μπορεί να χρησιμοποιεί πλέον το κανάλι που του είχε ανατεθεί προηγουμένως. Μιας και τα δίκτυα CMPS είναι δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος, ένα νέο κανάλι θα δεσμευτεί για να γίνει δυνατή η συνεχής σύνδεση. Αυτό το κανάλι θα δεσμευτεί από το σταθμό βάσης της νέας κυψέλης. Η όλη διάρκεια της εναλλαγής αυτής όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενη ενότητα είναι περίπου 400 ms.Σε αυτή τη διάρκεια η

σύνδεση είναι νεκρή και πρέπει να βρεθεί τρόπος, ώστε να μην χαθούν δεδομένα σε αυτή τη χρονική διάρκεια.
Το παραπάνω πρόβλημα παρακάμπτεται με τη χρήση απομονωτών (buffers). Όταν συμβεί η εναλλαγή των κυψελών, τόσο ο κινητός σταθμός όσο και ο σταθμός βάσης σταματούν να στέλνουν δεδομένα. Και οι δύο όμως θα συνεχίσουν να δέχονται δεδομένα από το φορητό υπολογιστή και από το τοπικό δίκτυο αντίστοιχα. Συνεπώς θα πρέπει να υπάρχουν απομονωτές σε δύο θέσεις. Ένας μεταξύ του τερματικού δεδομένων και του κινητού σταθμού για την προς τα επάνω μετάδοση (από τον κινητό σταθμό προς το σταθμό βάσης) και ένας μεταξύ του BSC και BTC για την προς τα κάτω μετάδοση (από το σταθμό βάσης προς τον κινητό σταθμό). Έχει αποδειχτεί με μεθόδους της μαθηματικής ανάλυσης, ότι η χρήση των απομονωτών επιλύει σε σημαντικό βαθμό το πρόβλημα των handover.

3.8.2.Κυψελοειδή δίκτυα ψηφιακών δεδομένων

Το γεγονός ότι τα *CMPS* είναι δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (circuit switched), έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μεγάλων χρονικά καθυστερήσεων κατά τη διαδικασία της εδραίωσης των κλήσεων. Στη μεταφορά δεδομένων τέτοιες καθυστερήσεις είναι μη αποδεκτές, ειδικά όταν τα δεδομένα έρχονται σε μεγάλα μπλοκ. Για το σκοπό αυτό είναι προτιμότερο ένα ψηφιακό δίκτυο μεταγωγής πακέτων. Σε ένα τέτοιο δίκτυο, οι κινητοί σταθμοί θα έστελναν και θα λάμβαναν πακέτα μόνο όταν τους το ζητούσε ο σταθμός βάσης. Έτσι, δεν θα υπήρχε μόνιμη σύνδεση μεταξύ των δύο οντοτήτων παρά μονάχα μια εικονική σύνδεση. Με αυτόν τον τρόπο δεν χρειάζεται η εδραίωση κλήσεων και συνεπώς αποφεύγονται οι καθυστερήσεις τους.
Για τη περιγραφή των κυψελοειδών δικτύων ψηφιακών δεδομένων (Digital Data Cellular Networks-*DDCN*), προτάθηκε ένα εννοιολογικό μοντέλο, το *MCN*, από τον *Dr.* Sergio Coury. Το μοντέλο αυτό μπορεί να εφαρμοστεί σε γενικές γραμμές σε όλα τα κυψελοειδή δίκτυα ψηφιακών δεδομένων, με μικρές ενδεχομένως μετατροπές.

3.8.3.Μετατροπές στην αρχιτεκτονική και πρωτόκολλα επικοινωνίας

Η αλλαγή που θα γίνει όσον αφορά την αρχιτεκτονική του δικτύου, αφορά την αντικατάσταση του *MSC* με έναν μεταγωγέα πακέτων (packet switch

exchange). Οι λειτουργίες που γινόταν από το *MSC*, όπως ο έλεγχος της τοποθεσίας των κινητών σταθμών, εξακολουθούν να υπάρχουν. Γενικά, η λειτουργία της κυψέλης καθώς και η εκμετάλλευση του ραδιοφωνικού φάσματος, παραμένουν αμετάβλητες.
Για να επιτύχουμε μια αξιόπιστη εναλλαγή δεδομένων, δημιουργείται μια ομάδα από πρωτόκολλα με τα οποία καθορίζουμε τη μορφή των δεδομένων αλλά και τους τρόπους με τους οποίους αυτά μεταδίδονται. Τα πρωτόκολλα αυτά είναι ένας συνδυασμός *TDMA* και πολικότητας (polling). Την άδεια πρόσβασης σε κάθε κανάλι επικοινωνίας τη δίνει ο σταθμός βάσης. Στα κανάλια αυτά, τα πακέτα δεδομένων μεταδίδονται σε διακριτές χρονικές περιόδους οι οποίες ονομάζονται «χρονικές σχισμές» (time slots). Υπάρχουν τρία είδη καναλιών στη μετάδοση των δεδομένων.Αυτά είναι τα:

- Κανάλι Ελέγχου (Control Channel)
- Κανάλι μεταφοράς δεδομένων από τον κινητό σταθμό προς το σταθμό βάσης (Uplink Data Transfer Channel)
- Κανάλι μεταφοράς δεδομένων από το σταθμό βάσης προς το κινητό σταθμό (Downlink Data Transfer Channel)

Το κανάλι ελέγχου εκπέμπει τα πακέτα του προς όλους τους κινητούς σταθμούς της κυψέλης που βρίσκονται. Τα σημαντικότερα στοιχεία των πακέτων αυτών είναι η κεφαλίδα (header) και ο πίνακας ανάθεσης δεδομένων (Data Assignment Table). Στη κεφαλίδα περιέχονται πληροφορίες σχετικές με τα διαθέσιμα κανάλια επικοινωνίας, καθώς και τις συχνότητες στις οποίες εκπέμπουν. Από τη πλευρά του ο πίνακας ανάθεσης δεδομένων, ενημερώνει για το ποιος κινητός σταθμός επιτρέπεται να λάβει και να εκπέμψει δεδομένα την επόμενη χρονική σχισμή. Ο κινητός σταθμός που έχει σειρά, χρησιμοποιεί το κατάλληλο κανάλι για να στείλει τα δεδομένα προς το σταθμό βάσης ενώ αν δεν έχει δεδομένα, επιστρέφει μια κενή απάντηση ώστε να συνεχίσει ο σταθμός βάσης με τον επόμενο κινητό σταθμό. Ανάλογα, ο κινητός σταθμός ενημερώνεται για το κανάλι από το οποίο θα λάβει δεδομένα, και αφού συντονιστεί σε αυτό γίνεται η μεταφορά τους.

3.8.4.Τεχνικές διαχείρισης απομωνωτών

Ο κινητός σταθμός και ο σταθμός βάσης λαμβάνουν και εκπέμπουν πακέτα από δεδομένα. Αν ο κινητός σταθμός έχει έναν μόνο δέκτη, μπορεί να

συντονιστεί σε ένα μόνο κανάλι και συνεπώς να λάβει πακέτα από τις χρονικές σχισμές στο συγκεκριμένο κανάλι. Τα πακέτα λοιπόν που καταφτάνουν στο σταθμό βάσης και που αντιστοιχούν σε διαφορετικούς κινητούς σταθμούς, πρέπει να μπουν σε μια ουρά και να προωθούνται ένα κάθε φορά στο κατάλληλο κανάλι εκπομπής.
Οι τρόποι με τους οποίους τοποθετούνται στην ουρά τα εισερχόμενα πακέτα χωρίζονται στους:

- Κυκλική πολικότητα
- Διαχωρισμός Καναλιών
- Κράτηση

Στη κυκλική πολικότητα, υπάρχει ένας αριθμός από ουρές οι οποίες έχουν καθορισμένη χωρητικότητα. Κάθε κινητός σταθμός έχει τη δική του ουρά η οποία είναι ανεξάρτητη από αυτές των υπόλοιπων κινητών σταθμών.

Υπάρχει ένας αριθμός από πομπούς. Το σύστημα αυτό έχει ένα διακομιστή (channel controler) ο οποίος αρχικά ελέγχει την ουρά για τυχόν πακέτα. Αν υπάρχουν, τα αποστέλλει σε έναν από τους ελεύθερους πομπούς. Αν δεν υπάρχουν, προχωρά στην επόμενη ουρά. Επαναλαμβάνει συνεχώς τις προηγούμενες ενέργειες έως ότου έχει επισκεφθεί όλες οι ουρές ή δεν υπάρχουν ελεύθεροι πομποί. Τέλος, ο διακομιστής πηγαίνει στην πρώτη ουρά της επόμενης χρονικής σχισμής ώστε να επαναληφθεί η παραπάνω διαδικασία.Ο τρόπος λειτουργίας στη διαχώριση των καναλιών είναι παρόμοιος με τον παραπάνω. Εδώ, υπάρχουν περισσότεροι του ενός διακομιστές οι οποίοι λειτουργούν παράλληλα. Κάθε διακομιστής αντιστοιχεί και σε μια ομάδα από ουρές για τις οποίες και είναι υπεύθυνος. Επίσης, η κάθε ομάδα ουρών έχει το δικό της πομπό. Τα πακέτα που εισέρχονται στις ουρές μιας ομάδας, μπορούν να μεταφερθούν μόνο μέσω του αντίστοιχου πομπού. Οι ενέργειες των διακομιστών παραμένουν οι ίδιες με αυτές της κυκλικής πολικότητας. Στη μέθοδο της κράτησης, όπως και στη διαχώριση των καναλιών, οι πομποί είναι αποκλειστικοί σε ομάδες ουρών. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι η κάθε ομάδα αποτελείται από μία και μόνο ουρά. Τα εισερχόμενα πακέτα λοιπόν θα τοποθετούνται στη μοναδική αυτή ουρά και συνεπώς η χωρητικότητα της θα είναι πολλαπλή από αυτή των δύο άλλων τεχνικών.

3.9.ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

Τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας GSM, επιτρέπουν την υποστήριξη των παρακάτω υπηρεσιών:

α .Αναμονή Κλήσεων (Call Waiting and Call Hold)
β. Τηλεφωνική Συνδιάσκεψη (Conference Call)
γ. Πληροφόρηση Κόστους Συνδιάλεξης (Advice of Charge)
δ.Υπηρεσία Σύντομων Μηνυμάτων (Short Message Service)
ε.Εκπομπή Μηνυμάτων Τοπικής Εμβέλειας (Cell Broadcast)
στ.Υπηρεσία Μετάδοσης Δεδομένων και Fax (Data and Fax Transmission Service)
ζ.Υπηρεσία Φωνητικής Πληκτρολόγησης

α. Αναμονή Κλήσεων (Call Waiting and Call Hold)

Η υπηρεσία αυτή επιτρέπει την απάντηση σε μια νέα εισερχόμενη κλήση, ενώ υπάρχει κάποιος άλλος συνομιλητής στην γραμμή. Επίσης, εάν κατά την χρονική στιγμή της τρέχουσας συνομιλίας, η οποία ευρίσκεται σε εξέλιξη, εισέλθει μια νέα κλήση τότε θα ενεργοποιηθεί ένα ακουστικό σήμα το οποίο θα υποδεικνύει ότι υπάρχει δεύτερη κλήση σε αναμονή. Στην περίπτωσηαυτή, ο εμπλεκόμενος συνδρομητής θα δύναται να θέσει την τρέχουσακλήση σε κατάσταση αναμονής, θα μπορεί να μιλήσει στον δεύτερο συνομιλητή και μόλις τελιώσει να επανέλθει στην αρχική συνδιάλεξη. Η υπηρεσία αυτή επιτρέπει την δυνατότητα ανταλλαγής μεταξύ των κλήσεων. Για παράδειγμα, ο τρέχον συνομιλητής μπορεί να τεθεί σε κατάσταση αναμονής, να πραγματοποιηθεί ένα νέο τηλεφώνημα, και μετά το πέρας αυτού, ο εμπλεκόμενος συνδρομητής μπορεί να επανέλθει στην αρχική του συνδιάλεξη. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι η υπηρεσία αυτή δεν υποστηρίζεται από όλες τις διαθέσιμες κινητές μονάδες του εμπορίου.

β.Τηλεφωνική Συνδιάσκεψη (Conference Call)

Η υπηρεσία αυτή δίδει την δυνατότητα σε τρείς ή περισσότερους συνδρομητές να συνομιλούν ταυτόχρονα. Ο μέγιστος αριθμός των συμμετεχόντων συνομιλητών είναι 5 άτομα. Οι συμμετέχοντες συνομιλητές μπορεί να ανήκουν σε διαφορετικά δίκτυα GSM (εσωτερικού ή εξωτερικού) ή ακόμα σε σταθερό τηλεφωνικό δίκτυο. Η υπηρεσία της τηλεσυνδιάσκεψης μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με την ενεργοποίηση των κλήσεων από τον ενδιαφερόμενο συνδρομητή προς τους συμμετέχοντες συνδρομητές ή και με εισερχόμενες κλήσεις από τους συμμετέχοντες συνδρομητές προς τον αποδέκτη συνδρομητή. Στα πλαίσια των δυνατοτήτων της υπηρεσίας αυτής και κατά την χρονική διάρκεια της εξέλιξης αυτής, μπορεί να κληθεί κάποιος εκτός της τηλεσυνδιάσκεψης, καθιστώντας την εξωτερική αυτή κλήση ενεργή

και την τηλεσυνδιάσκεψη αναμένουσα. Στην περίπτωση αυτή κανείς από τους συμμετέχοντες συνομιλητές δεν μπορεί να ακούσει την εξωτερική συνομιλία αλλά κατά την διάρκειά της οι συμμετέχοντες συνομιλητές μπορούν να συνεχίσουν την μεταξύ τους συνομιλία. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα της δημιουργίας μιάς κατ'ιδίαν επικοινωνίας με έναν από τους συμμετέχοντες συνομιλητές, στην διάρκεια της οποίας οι υπόλοιποι συνεχίζουν την μεταξύ τους συνομιλία. Η υπηρεσία αυτή δεν υποστηρίζεται από όλες τις διαθέσιμες στο εμπόριο κινητές μονάδες.

γ. Πληροφόρηση Κόστους Συνδιάλεξης (Advice of Charge)

Η υπηρεσία αυτή δίδει την δυνατότητα πληροφόρησης για την χρέωση κάθε κλήσης η οποία πραγματοποιείται από την κινητή μονάδα του συνδρομητή. Επίσης υπάρχει η δθνατότητα προσδιορισμού του κόστους για κάθε κλήση διαβιβάζοντας τις πληροφορίες χρέωσης, από την οθόνη της κινητής μονάδας, οι οποίες αναφέρονται στην συγκεκριμένη κλήση, πριν ακόμη αυτή πραγματοποιηθεί.

δ. Υπηρεσία Σύντομων Μηνυμάτων (Short Message Service)

Ο στόχος της υπηρεσίας αυτής είναι η αποστολή σύντομων μηνυμάτων (μέχρι 160 χαρακτήρες), κατευθείαν από το σύστημα διαχείρησης μηνυμάτων ή το κέντρο εξυπηρέτησης, ή από οποιοδήποτε άλλο συνδρομητή μέσω του κέντρου αυτού, προς την κινητή μονάδα του εμπλεκόμενου συνδρομητή και αντίστροφα. Στην περίπτωση που η κινητή μονάδα είναι εκτός λειτουργίας ή ο ενδιαφερόμενος χρήστης ευρίσκεται εκτός περιοχής κάλυψης, τότε το μήνυμα αποθηκεύεται στο δίκτυο και μεταδίδεται μόλις η κινητή μονάδα τεθεί σε λειτουργία ή ο συνδρομητής ευρεθεί πάλι εντός περιοχής κάλυψης. Εάν η κινητή μονάδα είναι ήδη κατειλλημένη, τότε το μήνυμαποθηκεύεται στην κάρτα SIM και μπορεί να ανακληθεί αργότερα μετά το πέρας της τρέχουσας συνομιλίας. Επιπλέον, η λήψη του μηνύματος κοινοποιείται στον αποστολέα και κατ'αυτόν τον τρόπο αυτός γνωρίζει εάν και πότε έχει ληφθεί το μήνυμα. Πρέπει να σημειωθεί , ότι για την υπηρεσία αυτή είναι αναγκαία η χρήση κάρτας SIM δεύτερης γενιάς.

ε. Εκπομπή Μηνυμάτων Τοπικής Εμβέλειας (Cell Broadcast)

Με την υπηρεσία αυτή υπάρχει δυνατότητα εκπομπής σύντομου μηνύματος (μέχρι 93 χαρακτήρες) από το κέντρο εξυπηρέτησης σε όλες τις κινητές μονάδες μέσα σε ένα κύτταρο ή σε μια ομάδα κυττάρων. Οι κινητές μονάδες πρέπει να είναι σε κατάσταση λειτουργίας ή σε αδρανή κατάσταση προκειμένου να λάβουν το μήνυμα (στην περίπτωση αυτή δεν πραγματοποιείται επιβεβαίωση της λήψης του μηνύματος στον αποστολέα).

Με τον τρόπο αυτόν μεταδίδονται πληροφορίες σε ενδιαφερόμενους συνδρομητές οι οποίες αφορούν την κίνηση σε συγκεκριμένους δρόμους, πρόγνωση και δελτίο καιρού, εφημερεύοντα πρατήρια βενζίνης, εφημερεύοντα και διανυκτερεύοντα φαρμακεία, κ.λ.π., χωρίς την απαίτηση ειδικής συνδρομής. Η υπηρεσία αυτή δεν υποστηρίζεται από όλες τις διαθέσιμες κινητές μονάδες του εμπορίου.

στ. Υπηρεσία Μετάδοσης Δεδομένων και FAX (Data and Fax Transmission Service)

Ο στόχος της προσφερόμενης αυτής υπηρεσίας είναι η παροχή στους συνδρομητές της δυνατότητας μετάδοσης δεδομένων με ρυθμούς της τάξης των 9.6 kbps. Εκτός από την φορητή ραδιο-μονάδα, ο συνδομητής θα πρέπει να έχει έναν προσαρμογέα μετάδοσης δεδομένων (Data Service Adapter-Dsa) ή την ειδική κάρτα PCMIA (Personal Computers Memory Card Internatonal Association), και έναν φορητό υπολογιστή ή μία μηχανή Fax. Η μονάδα DSA χρησιμοποιείται για την διασύνδεση της φορητής ραδιο-μονάδας με την σειριακή θύρα του επιτραπέζιου ή φορητού υπολογιστή, καθώς επίσης και με ένα Group 3 μηχάνημα Fax. Η κάρτα PCMIA χρησιμοποιείται για διασύνδεση της φορητής ραδιο-μονάδας με ένα φορητό υπολογιστή ή με ένα κινητό μηχάνημα Fax. Η κάρτα αυτή έχει τις διαστάσεις μιας πιστωτικής κάρτας και την λειτουργικότητα ενός modem, όσον αφορά την αποστολή και την λήψη δεδομένων μέσω του δικτύου GSM. Η υπηρεσία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις παρακάτω εφαρμογές:

1. Πωλήσεις υποστηριζόμενες από υπολογιστή (Computer-aided selling)
2. Συμβουλευτικές υπηρεσίες υποστηριζόμενες από υπολογιστή (Computer-aided consulting)
3. Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης
4. Τεχνική Υποστήριξη
5. Τηλεμετρία (Telemetry)
6. Διαχείριση στόλου (Fleet management)

ζ. Υπηρεσία Φωνητικής Πληκτρολόγησης

Η υπηρεσία αυτή προσφέρει την δυνατότητα στον συνδρομητή να ενεργοποιεί την ραδιο-μονάδα του με την φωνή του, χωρίς να χρειάζεται να πληκτρολογεί με τα χέρια του. Για την σκοπό αυτόν, στο όχημα χρησιμοποιείται η συσκευή ανοικτής ακροάσης, η οποία περιλαμβάνει την κυρίως μονάδα του πομποδέκτη, ένα υπερευαίσθητο μικρόφωνο, ένα μεγάφωνο και μια εξωτερική κεραία. Επίσης υπάρχει δυνατότητα επιλογής

για χρήση αγγλικής ή ελληνικής γλώσσας στην φωνητική πληκτρολόγηση. Στα πλαίσια της υπηρεσίας αυτής δημιουργείται ένα αρχείο στο οποίο περιέχει τους συνδρομητές με τα τηλέφωνα τους, που καλούνται πιο συχνά.

3.10.ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Παρακολουθήσαμε την εξέλιξη των κυψελοειδών δικτύων από αναλογικά σε ψηφιακά, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται οι διάφορες υπηρεσίες τους. Ήδη οι διάφορες εταιρίες υψηλής τεχνολογίας μελετούν τρόπους για την επιτυχή μετάδοση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων επάνω από τα κυψελοειδή δίκτυα, άλλες φορές με μικρές μετατροπές και αλλαγές στην αρχιτεκτονική τους και άλλες φορές με ριζικές αλλαγές. Στόχος όλων, είναι να δοθεί η δυνατότητα στον απλό χρήστη να μπορεί με μια μικρή τερματική συσκευή, αλλά ταυτόχρονα ένα πανίσχυρο πολυεργαλείο, να χρησιμοποιεί όλες τις υπηρεσίες που του προσφέρουν τα τοπικά δίκτυα LAN και κατ' επέκταση το internet, με τη μικρότερη δυνατή καθυστέρηση. Έτσι θα έχει επιτευχθεί ο αρχικός στόχος των κυψελοειδών δικτύων, δηλαδή η δυνατότητα μετακίνησης του χρήστη μέσα στο δίκτυο, κατά το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Το περιβάλλον εργασίας, θα είναι πλέον οποιοδήποτε μέρος βρίσκεται ο χρήστης, χωρίς να περιορίζεται πλέον σε κάποιο γραφείο. Το βέβαιο είναι πάντως ότι στο προσεχές μέλλον οι εξελίξεις στα κυψελοειδή δίκτυα θα δώσουν νέα ώθηση στις τηλεπικοινωνίες και κατ' επέκταση στις σχέσεις μεταξύ των ανθρώπων.

Κεφάλαιο 4ο

ΔΙΚΤΥΑ 2ης ΓΕΝΙΑΣ

4.1.GPRS & EDGE

Μία από τις μεγαλύτερες επιτυχίες του GSM είναι η ικανότητα του να προσαρμόζεται και να ανταποκρίνεται στις ραγδαίες εξελίξεις των κινητών επικοινωνιών. Παρόλο που, σε μεγάλο βαθμό, οι προδιαγραφές του καταρτίστηκαν στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας, το GSM εξακολουθεί να είναι το πλέον επιτυχημένο σύστημα κινητών επικοινωνιών. Φαίνεται, μάλιστα, ότι μπορεί να ανταποκριθεί με απόλυτη επιτυχία στις απαιτήσεις του GPRS της νέας χιλιετίας, καθώς και στη νέα πρόκληση του EDGE. Ας δούμε πώς:

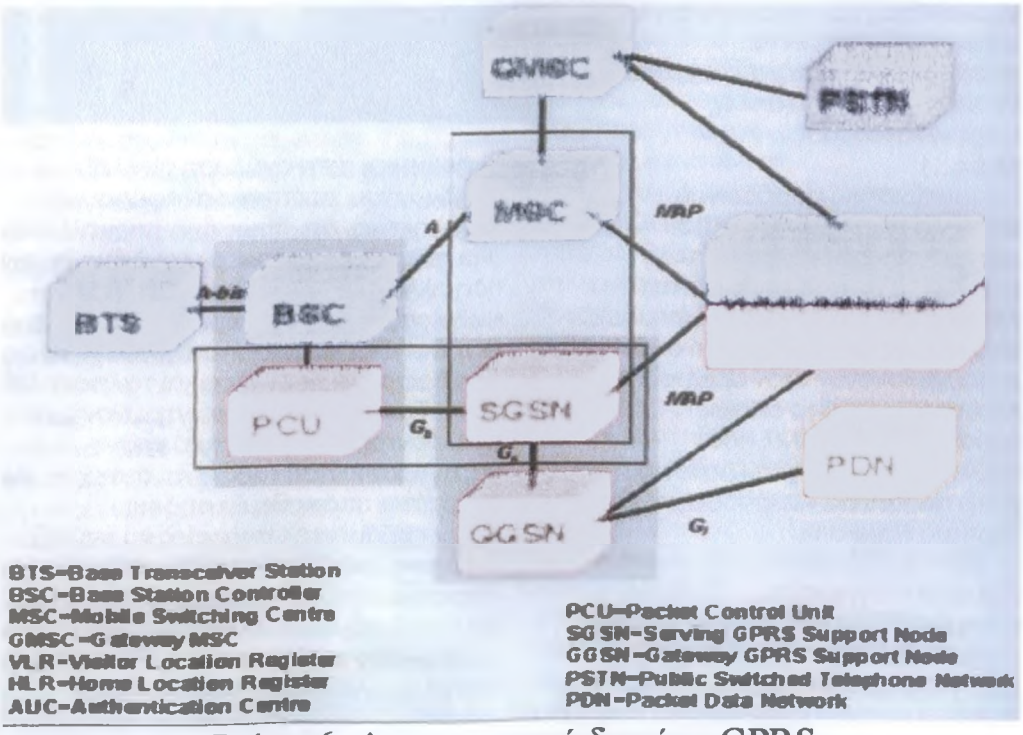
Η διάδοση της χρήσης του e-mail αλλά και του Internet στα σταθερά δίκτυα έχει συμβάλει αποφασιστικά στη χρήση εφαρμογών data. Στο χώρο των κινητών επικοινωνιών, η ζήτηση των data εφαρμογών ξεκίνησε μέσα από τη χρήση του SMS. Η αποστολή γραπτών μηνυμάτων τόσο για ψυχαγωγία, όσο και για πληροφόρηση (π.χ. δελτίο καιρού, ειδήσεις, χρηματιστήριο) γνωρίζουν ολοένα και μεγαλύτερη άνθιση στην ευρωπαϊκή αγορά και, φυσικά, στην Ελλάδα. Προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις των «κινητών» συνδρομητών, η τεχνολογία κατευθύνεται προς τη μετάδοση «πακέτων» δεδομένων. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται τεράστια αύξηση της ταχύτητας μετάδοσης, γεγονός που καθιστά δυνατή την ομαλή μετάβαση προς το UMTS. Ο δρόμος αυτός περνάει μέσα από το GPRS και το EDGE.

Η εισαγωγή του GPRS στο δίκτυο GSM απαιτεί τη χρησιμοποίηση της PCU (Packet Control Unit), του SGSN (Serving GPRS Support Node), καθώς και του GGSN (Gateway GPRS Support Node), προκειμένου να γίνεται η διαχείριση των «πακέτων» δεδομένων. Στο σταθμό βάσης (BTS), το GPRS απαιτεί μόνο την προσθήκη κατάλληλου λογισμικού (software) στον ήδη υπάρχοντα εξοπλισμό. Αυτό συμβαίνει, επειδή τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του δικτύου (τεχνική διαμόρφωσης-GMSK, εύρος ζώνης φέροντος σήματος-200kHZ, ίδια δομή για τα frames και για τα λογικά κανάλια) θα παραμείνουν αμετάβλητα. Θεωρητικά, το GPRS είναι σε θέση να παρέχει ρυθμούς μετάδοσης μέχρι 171.2 kbps, αφού κάθε συνδρομητής

μπορεί να χρησιμοποιεί, ταυτόχρονα, περισσότερες της μίας χρονοθυρίδες (timeslots).

Η εγκατάσταση PCU στο GPRS παρέχει MAC (Media Access Control) για τα «πακέτα» δεδομένων, καθώς επίσης και έλεγχο της ποιότητας της ασύρματης ζεύξης. Το ETSI δεν καθορίζει κάποιο έλεγχο για τη συμβατότητα των διαφόρων κατασκευαστών για το Gb interface (δηλαδή μεταξύ PCU και SGSN). Έτσι, η συμβατότητα του Gb interface επαφίεται αποκλειστικά στις κατασκευάστριες εταιρείες.

Τα SGSN και GGSN του GPRS είναι τα αντίστοιχα των MSC και GMSC για το GSM. Κατά συνέπεια, ο αριθμός των SGSN και GGSN θα πρέπει να είναι συγκρίσιμος με τον αριθμό των MSC και GMSC. Τα SGSN και GGSN θα πρέπει να είναι σε θέση να υποστηρίξουν ρυθμούς μετάδοσης 50-100Mbps, διαθέτοντας, παράλληλα, αρκετή υπολογιστική ισχύ, ώστε να μπορούν να εξυπηρετήσουν περισσότερους από 100.000 συνδρομητές, ταυτόχρονα.
Στο σχήμα (σχήμα 6) που ακολουθεί φαίνεται το λογικό διάγραμμα της αρχιτεκτονικής του δικτύου GSM, μετά την προσθήκη του GPRS. Στο σχήμα αυτό απεικονίζονται, με ιδιαίτερο τρόπο, τα στοιχεία του δικτύου που θα μπορούσαν να είναι εγκατεστημένα μαζί. Έτσι, η PCU μπορεί να βρίσκεται είτε στο BSC είτε στο SGSN. Επικρατέστερη, πάντως, φαίνεται η τοποθέτηση της PCU στο BSC. Επιπλέον, το SGSN μπορεί να υπάρξει είτε ως ξεχωριστή μονάδα είτε μαζί με το GGSN είτε μαζί με το MSC.



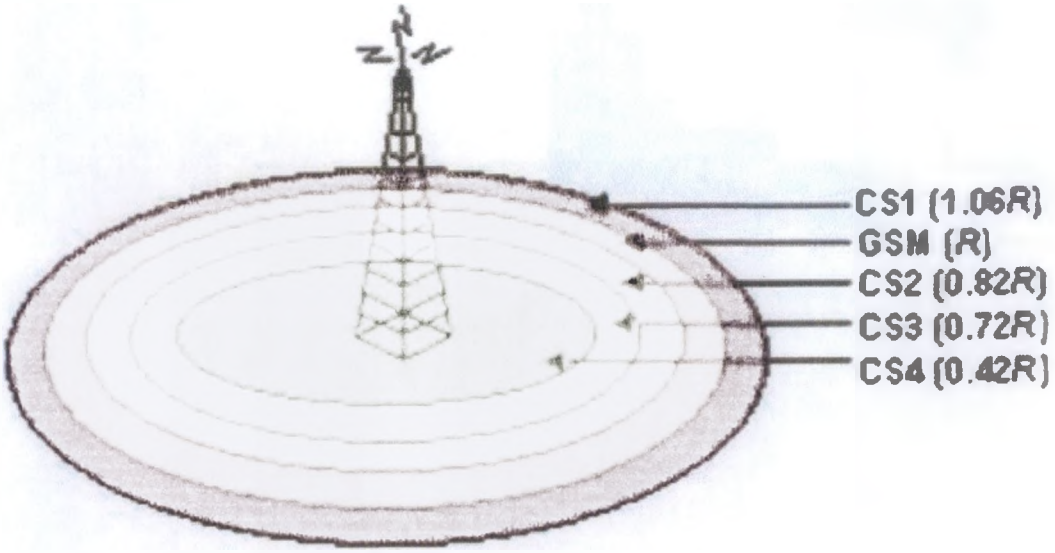
Σχήμα 6: Αρχιτεκτονική δικτύου GPRS

Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τρόποι κωδικοποίησηςγια το GPRS, καθένας από τους οποίους προσφέρει διαφορετικό ρυθμό μετάδοσης, ενώ, παράλληλα, έχει διαφορετικές απαιτήσεις σε S/N και C/I για δεδομένο BER. Επίσης, το μέγεθος της κυψέλης μεταβάλλεται ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο τρόπο κωδικοποίησης. Οι τρόποι κωδικοποίησης του GPRS είναι σαφώς βελτιωμένοι από αυτούς του GSM και παρέχουν καλύτερη προστασία κατά των σφαλμάτων στο data link layer. Βελτιώνεται, έτσι, ο συντελεστής επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων (δηλαδή ο αριθμός των συχνοτήτων ανά κυψέλη), με αποτέλεσμα την καλύτερη διαχείριση του φάσματος συχνοτήτων. Τα στοιχεία αυτά φαίνονται, συνοπτικά, στον πίνακα 2 που ακολουθεί.

Κωδικοποίηση	CS-1	CS-2	CS-3	CS-4
S/N για BER=0.1	5dB	9dB	11dB	19dB
Ακτίνα Κυψέλης σε σχέση με RGSM	1.06 RGSM	0.82 RGSM	0.72 RGSM	0.42 RGSM
C/I για BER=0.1	6.5 dB	10.5 dB	12.5 dB	21 dB
Ακτίνα Συχνοτήτων ανά Κυψέλη	<9 φέρουσες	9 φέρουσες	12 φέρουσες	>12 φέρουσες
Ρυθμός Μετάδοσης ανά timeslot	9.05 kbps	13.4 kbps	15.6 kbps	21.4 kbps

Πίνακας 2:Τρόποι κωδικοποίησης GPRS

Στην πρώτη φάση του GPRS θα χρησιμοποιηθεί η κωδικοποίηση CS-1 ή CS-2, με πιθανότερη τη δεύτερη, λαμβάνοντας υπόψη τόσο το απαιτούμενο εύρος της περιοχής ραδιοκάλυψης, όσο και την ποιοτική σύγκριση με το FR voice coding. Επίσης, οι δύο αυτοί τρόποι κωδικοποίησης υποστηρίζονται από την πλειονότητα των σημερινών BTS, δεδομένου ότι είναι συμβατοί και με το υπάρχον A-bis interface (16 kbps circuits), τη στιγμή που αυτό δεν ισχύει για τα CS3 και CS4. Η εξάρτηση της -υπό ραδιοκάλυψη- περιοχής από την τεχνική κωδικοποίησης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 3).



Το GPRS απαιτεί συνεχή έλεγχο της διάθεσης των φασματικών συχνοτήτων (bandwidth allocation), καθώς και των υπόλοιπων πόρων του συστήματος. Έτσι, οι πόροι του συστήματος χρησιμοποιούνται μόνον όταν αυτό είναι απαραίτητο, με αποτέλεσμα την καλύτερη διαχείρισή τους και, τελικά, την αύξηση της χωρητικότητας, με αποτέλεσμα να εξυπηρετούνται περισσότεροι συνδρομητές, ταυτόχρονα.

Η χορήγηση των πόρων του συστήματος εξαρτάται από το είδος και την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας. Ο έλεγχος, όμως, της εκπεμπόμενης ισχύος στην packet-oriented σύνδεση είναι δυσκολότερος σε σχέση με την circuit-switched σύνδεση, επειδή η σύνδεση δεν είναι αμφίδρομη σε όλη τη διάρκεια της κλήσης.

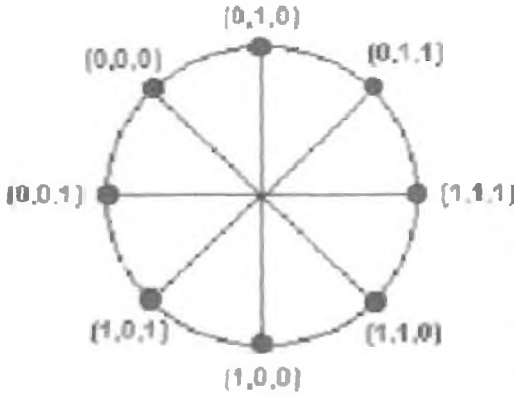
Το GPRS υποστηρίζει, ταυτόχρονα, συνδέσεις circuit-switched και packet-switched. Οι φωνητικές υπηρεσίες και η circuit-switched πρόσβαση γίνεται μέσω του MSC, ενώ η packet-switched πρόσβαση γίνεται μέσω του SGSN. Το GPRS θα υποστηρίζει τα πρωτόκολλα IP και X.25. Στην πρώτη φάση του GPRS, θα μπορεί να γίνει χρήση των idle timeslots, για τη μετάδοση «πακέτων» δεδομένων. Το GPRS είναι ιδανικό για bursty traffic. Τέλος, ο χρόνος για την πραγματοποίηση της σύνδεσης (setup time) στο GPRS είναι μικρότερος του 1 sec, σημαντικά βελτιωμένος σε σχέση με το GSM. Το QoS (Quality of Service) καθορίζεται στα PCU, SGSN και GGSN. Ορίζονται βαθμίδες προτεραιότητας (1,2,3,...) με στόχο τη διατήρηση του QoS. Τα «πακέτα» χαμηλής προτεραιότητας μπορούν να αγνοούνται σε συνθήκες τηλεπικοινωνιακής συμφόρησης. Οι φωνητικές υπηρεσίες πρέπει να τίθενται σε ύψιστη προτεραιότητα (όπως και οι υπηρεσίες εκτάκτου ανάγκης).

Στην πρώτη φάση του GPRS, οι συνδέσεις θα είναι Point-to-Point, ενώ, στη δεύτερη φάση, θα υποστηρίζονται και συνδέσεις Point-to-Multipoint. Πολλοί συνδρομητές φωνητικών υπηρεσιών (ή, εναλλακτικά, ένας συνδρομητής

φωνητικών υπηρεσιών και πολλοί συνδρομητές υπηρεσιών data) θα μπορούν, ταυτόχρονα, να χρησιμοποιούν ένα PDTCH (Packet Data Traffic CHannel).
Το roaming στο GPRS ελέγχεται από τα HLR/VLR, όπως και στο GSM, γίνεται όμως, μέσω του SGSN του home δικτύου. Όσον αφορά το location update, εάν οι διαδικασίες γίνονται μεταξύ του SGSN στο visited δίκτυο και του GGSN στο home δίκτυο, τότε απαιτείται η ύπαρξη ενός διεθνούς GPRS IP Backbone, για τη ζεύξη των δικτύων .Εάν οι διαδικασίες γίνονται μεταξύ του SGSN και του GGSN στο visited δίκτυο και, στη συνέχεια, μέσω του Internet ή μέσω ενός εταιρικού packet data δικτύου, τότε δεν απαιτείται η ύπαρξη του προαναφερθέντος διεθνούς GPRS IP Backbone. Η τιμολόγηση του roaming γίνεται με τις υπάρχουσες μεθόδους TAP (Transferred Account Procedure), όμως πρέπει επιπλέον να γίνεται καταγραφή στοιχείων σχετικών με την ποσότητα των «πακέτων» που μεταφέρθηκαν, του QoS και οποιουδήποτε άλλου στοιχείου, το οποίο χρησιμοποιείται για την τιμολόγηση των GPRS υπηρεσιών. Όσον αφορά την ασφάλεια της επικοινωνίας μέσω GPRS, υπάρχουν δύο επίπεδα ασφάλειας για τα GPRS IP δίκτυα:

- Ασφάλεια στο εσωτερικό του δικτύου (μεταξύ των xGSN του δικτύου στο Gn interface)
- Ασφάλεια κατά την πρόσβαση του κινητού τερματικού στο Internet ή στο Intranet (μεταξύ των xGSN και του PDN στο Gi interface)

Η ασφάλεια στα δίκτυα GPRS εξασφαλίζεται με τη χρήση Border Gateways (BG) μεταξύ του GGSN και του PDN, καθώς και με τη χρήση Firewalls, μεθόδων κρυπτογράφησης κ.τ.λ. Το GPRS υποστηρίζει τα authentication protocols PAP (Password Authentication Protocol) και CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol) , για χρήση κυρίως στο Gi interface.
Διαφορετικές εφαρμογές έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε ταχύτητες μετάδοσης και διαφορετική ανοχή στη χρονική καθυστέρηση. Έτσι, οι εφαρμογές video απαιτούν σταθερή χρονική καθυστέρηση και υψηλές ταχύτητες μετάδοσης, η μεταφορά αρχείων απαιτεί μόνον ικανοποιητικές ταχύτητες μετάδοσης, το Internet Browsing είναι αρκετά ευαίσθητο στις χρονικές καθυστερήσεις, ενώ το e-mail και τα SMS δεν έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις, σύτε ως προς τις ταχύτητες μετάδοσης σύτε ως προς τη χρονική καθυστέρηση .Είναι προφανές ότι διαφορετικές εφαρμογές έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε QoS. Επειδή, ωστόσο, με το GPRS δε θα υπάρχει η δυνατότητα παροχής υψηλής ποιότητας real-time video, καθώς και άλλων real-time υπηρεσιών, θα ακολουθήσει το EDGE.
Το EDGE αποτελεί το επόμενο βήμα προς το UMTS. Η τεχνολογία αυτή θα συνεχίσει να διαχειρίζεται «πακέτα» δεδομένων, με όλα τα πλεονεκτήματα που αυτό συνεπάγεται, όπως ήδη έχει αναφερθεί. Η χρησιμοποιούμενη τεχνική διαμόρφωσης, όμως, θα είναι διαφορετική (Διαμόρφωση 8-PSK, βλέπε σχήμα 7), επιτυγχάνοντας, έτσι, πιο αποτελεσματική διαχείριση του διαθέσιμου φάσματος (μέχρι 59.2 kbps ανά timeslot) και ταχύτητες



Σχήμα 7:Τεχνικές διαμόρφωσης Φασματος

μετάδοσης της τάξης των 384 kbps. Οι Οργανισμοί θέσπισης προτύπων μελετούν το ενδεχόμενο επέκτασης του EDGE μέχρι τα 2 Mbps, για χρήση σε εσωτερικούς χώρους. Τα υπόλοιπα λειτουργικά χαρακτηριστικά του δικτύου (εύρος ζώνης φέροντος σήματος-200kHZ, η δομή των frames, καθώς και τα λογικά κανάλια) θα παραμείνουν αμετάβλητα. Όμως, εξαιτίας, κυρίως , της διαφορετικής τεχνικής διαμόρφωσης του σήματος, δε θα μπορεί να γίνει αντιστοίχιση ενός timesIot του air-interface (δηλαδή ανάμεσα στον κινητό συνδρομητή και το σταθμό βάσης) με μία χρονοθυρίδα του A-bis interface (δηλαδή ανάμεσα στο σταθμό βάσης και το BSC). Έτσι, απαιτείται η προσθήκη νέου υλικού (hardware - κυρίως σε μορφή καρτών) αλλά και λογισμικού (software) στους σταθμούς βάσης. Η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται στο EDGE είναι το 8-PSK, επομένως εκπέμπονται 3 bits ανά σύμβολο. Στη διαμόρφωση αυτή, η απόδοση του συστήματος εξαρτάται τόσο από το περιβάλλον διάδοσης, όσο και από την ταχύτητα του συνδρομητή. Όπως στο GPRS, έτσι και στο EDGE ο ρυθμός μετάδοσης εξαρτάται από την τεχνική κωδικοποίησης (βλέπε πίνακα 3)

Κωδικοποίηση	Ρυθμός Μετάδοσης ανα timeslot
MCS-5	**22.4 kbps**
MCS-6	**29.6 kbps**
MCS-7	**44.8 kbps**
MCS-8	**59.2 kbps**

Πίνακας 3:Ρυθμός μετάδοσης EDGE

Οι σταθμοί βάσης του EDGE θα διαθέτουν highly linear power amplifiers, MCPA (Multi-Carrier Power Amplifiers), καθώς και adaptive antennas. Θα είναι πιο ευέλικτοι, πιο αποδοτικοί και πιο συμφέροντες οικονομικά (εάν χρησιμοποιούν 4 ή περισσότερα carriers), ενώ θα καταλαμβάνουν μικρότερο όγκο. Με το EDGE, ο συνδρομητής θα μπορεί να απολαμβάνει ταυτόχρονη μετάδοση εικόνας και ήχου σε πραγματικό χρόνο, καθώς και άλλες on-line υπηρεσίες υψηλής ποιότητας, αφού ένα timeslot θα επαρκεί για πολλές real-time υπηρεσίες.

Μια έκδοση του EDGE, προσαρμοσμένη στο GPRS, αποτελεί το EGPRS. Το EGPRS έχει την ίδια αρχιτεκτονική με το GPRS, αλλά με μερικές τροποποιήσεις στα πρωτόκολλα.
Επίσης, παρέχει διαφοροποίηση στα χαρακτηριστικά του QoS (κυρίως για τις παραμέτρους που ρυθμίζουν τους ρυθμούς μετάδοσης). Υποστηρίζει 48 kbps ανά timeslot. Με το EGPRS η φασματική απόδοση διπλασιάζεται, συγκρινόμενη με το GPRS, όπως φαίνεται στον πίνακα (πίνακας 4)που ακολουθεί.

Ρυθμός Μετάδοσης		
Συντελεστής Επαναχρησιμοποίησης Συχνοτήτων	**GPRS**	**EGPRS**
4/12	**63 kbps/MHz/cell**	**140 kbps/MHz/cell**
3/9	**79 kbps/MHz/cell**	**168 kbps/MHz/cell**
1/3	**174 kbps/MHz/cell**	**326 kbps/MHz/cell**

Πίνακας 4:Διαφορές ρυθμού μετάδοσης GPRS/EGPRS

Όπως συμβαίνει και με το EDGE, η απόδοση του EGPRS εξαρτάται τόσο από το περιβάλλον διάδοσης, όσο και από την ταχύτητα του συνδρομητή, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 5).

EGPRS			
	Χαμηλές Ταχύτητες (κυρίως indoor)	**Αστικές/Ημιαστικές (Outdoor)**	**Αγροτικές (Outdoor)**
Ρυθμός Μετάδοσης	**384 kbps (48 kbps/timeslot)**	**384 kbps (48 kbps/timeslot)**	**144 kbps (16 kbps/timeslot)**
Ταχύτητα	**10 km/h**	**100 km/h**	**250 km/h**

Πίνακας 5:Διαφορές ρυθμού μετάδοσης EGPRS

Στον επόμενο πίνακα (πίνακας 6), φαίνεται η αύξηση του αριθμού των ταυτόχρονα εξυπηρετούμενων συνδρομητών ανά TRX, με χρήση της τεχνολογίας EGPRS, συγκριτικά με το GPRS.

Αριθμός Συνδρομητων ανα TRX			
	14.4 kbps	28.8 kbps	56 kbps
GPRS	15	10	6
EGPRS	30	24	16

Πίνακας 6: Διαφορές αριθμού συνδρομητών GPRS/EGPRS

Τρεις είναι οι προτεινόμενοι τύποι τερματικών, που θα χρησιμοποιούνται στο GPRS (καθώς επίσης και στα EGPRS, EDGE):

- Τερματικά που θα υποστηρίζουν, ταυτόχρονα, κλήσεις μεταγωγής κυκλώματος και μεταγωγής πακέτων.
- Κλήσεις μεταγωγής κυκλώματος και μεταγωγής πακέτων(θα διαθέτουν διεύθυνση IP και τηλεφωνικό νούμερο), αλλά δε θα μπορούν να κάνουν ταυτόχρονη χρήση και των δύο μεθόδων πρόσβασης.
- Τερματικά που θα υποστηρίζουν μόνο μεταγωγής κυκλώματος ή μόνο μεταγωγής πακέτων κλήσεις.

Τα τερματικά αυτά θα διαθέτουν διευρυμένη έγχρωμη οθόνη, με ευκρίνεια υψηλότερη των σημερινών συσκευών, ενώ είναι πιθανό να διαθέτουν και ενσωματωμένη κάμερα. Τέλος, θα διαθέτουν ειδικό "παραθυρικό" μενού επιλογών, που θα τα καθιστούν ιδιαίτερα εύχρηστα, σε συνδυασμό με τις touch-screen οθόνες.
Τεχνολογίες-κλειδιά, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα τερματικά αυτά, είναι το SAT (SIM Application Toolkit) και το WAP (Wireless Application Protocol). Το SAT είναι μια πλατφόρμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για value-added services (όπως είναι το ηλεκτρονικό εμπόριο), ενώ το WAP είναι πρωτόκολλο, που παρέχει απευθείας πρόσβαση σε IP δίκτυα, καθώς και τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης μεταξύ του δικτύου και του κινητού συνδρομητή.

Οι εφαρμογές που είναι δυνατόν να παρέχονται μέσω του GPRS είναι πολλές και ποικίλες. Ενδεικτικά, αναφέρονται οι ακόλουθες:

- Τραπεζικές συναλλαγές
- Χρηματιστηριακές συναλλαγές
- Υπηρεσίες μέσω Internet (Web-browsing, ενημέρωση, ηλεκτρονικό εμπόριο κ.ά.)
- Ψυχαγωγία (downloading μουσικών κομματιών και video-clips, αποστολή ηλεκτρονικών καρτών κ.ά.)
- Αποστολή γραπτών μηνυμάτων (SMS, e- mail)
- Υπηρεσίες "πλοήγησης"

- Υπηρεσίες για εταιρείες / Οργανισμούς (Virtual Private Network-VPN, Intranet).

Το όφελος για το συνδρομητή είναι αφενός μεν οι αυξημένες σε αριθμό και βελτιωμένες σε ποιότητα υπηρεσίες, αλλά και τα μειωμένα τιμολόγια, αφού η χρέωση είναι ανάλογη με την ποσότητα των «πακέτων» που χρησιμοποιεί και όχι με το χρόνο σύνδεσης στο δίκτυο. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι ο «κινητός» συνδρομητής μπορεί να είναι συνδεδεμένος όλη την ημέρα στο δίκτυο, αλλά να χρεώνεται μόνο για την ποσότητα δεδομένων που «κατεβάζει» από το Internet.

Η χρέωση των παρεχόμενων υπηρεσιών μπορεί να βασίζεται:

- Στην ποσότητα των μεταφερόμενων «πακέτων»
- Στο είδος των παρεχόμενων υπηρεσιών
- Στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών

Μπορεί, επίσης, να παρέχεται μειωμένη χρέωση για κάποιες ώρες του εικοσιτετραώρου (π.χ. σε ώρες μη αιχμής), καθώς, επίσης, και μειωμένη χρέωση για συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές (π.χ. home location).
Το κόστος για την εγκατάστασή του GPRS είναι σχετικά χαμηλό και οι αναγκαίες επενδύσεις δε ξεπερνούν το 11% της αξίας του υπάρχοντος εξοπλισμού GSM. Ο αριθμός των BTS αυξάνεται κατά 18% περίπου. Ειδικά στις αστικές περιοχές, απαιτείται αύξηση των micro-BTS κατά 20% περίπου, ενώ η ακτίνα των κυψελών στις αστικές περιοχές είναι -κατά μέσο όρο- μικρότερη των 100 μέτρων. Το χαμηλό κόστος εγκατάστασης του GPRS, σε συνδυασμό με την αναμενόμενη υψηλή ζήτηση των data υπηρεσιών, καθιστά τη μετάβαση από το GSM στο GPRS ιδιαίτερα σημαντική και πολλά υποσχόμενη. Τόσο οι συνδρομητές, όσο και τα δίκτυα αναμένεται να επωφεληθούν ιδιαίτερα από τις τεχνολογικές αυτές εξελίξεις.
Απαραίτητη προϋπόθεση, βέβαια, αποτελεί η ανάπτυξη κατάλληλου λογισμικού και υπηρεσιών, προκειμένου να γίνει σωστή εκμετάλλευση των πραγματικά μεγάλων δυνατοτήτων που παρέχουν οι νέες αυτές τεχνολογικές εξελίξεις. Στον τομέα αυτό, αναμένεται να αναλάβουν δράση οι content providers, αξιοποιώντας τις επιχειρηματικές ευκαιρίες που προσφέρονται.

Δίκτυα 3ης Γενιάς

5.1.Η τεχνολογία 3G

Το μέλλον των ασύρματων επικοινωνιών περιλαμβάνει μια νέα τεχνολογία που είναι γνώστη ως ασύρματη επικοινωνία τρίτης γενιάς ή πιο απλά 3G (Third Generation). Αυτή η τεχνολογία θα εντείνει και θα επεκτείνει την κινητικότητα σε πολλούς τομείς της ζωής όλων.

5.2.Τι θα προσφέρει η τεχνολογία 3G

Φανταστείτε το παρακάτω σενάριο: Να ελέγχετε το e-mail σας, ενώ κατεβάζετε ένα αρχείο από το WEB και ενώ καλείται ένα φίλο σας να έρθει να σας πάρει από το αεροδρόμιο όταν θα έχετε επιστρέψει από το επαγγελματικό ταξίδι στο οποίο βρίσκεστε. Μοιάζουν με τυπικά πράγματα που θα μπορούσατε να κάνετε καθώς βρίσκεστε σε ένα ξενοδοχείο που προσφέρει και πρόσβαση στο internet. Όμως σταθείτε, δεν είστε σε ένα ξενοδοχείο, είστε σε ένα τροχόσπιτο σε μια περιοχή της Κίνας αρκετά απομακρυσμένος από το κοντινότερο χωριό.

Φανταστείτε επίσης το εξής σενάριο: Κάθεστε κάτω από ένα δέντρο όταν το κινητό σας τηλέφωνο χτυπάει. Το δέντρο στο οποίο κάθεστε από κάτω βρίσκετε στην Αυστραλία και το τηλεφώνημα είναι από την Θεσσαλονίκη από τη μητέρα σας και στην οθόνη του κινητού σας βλέπετε τη φιγούρα της σε βίντεο πραγματικού χρόνου (Εικόνα 11).

Εικόνα 11: Τερματικό 3ης Γενιάς

Καλώς ήρθατε στον κόσμο του παγκόσμιου ασύρματου δικτύου τηλεπικοινωνιών τρίτης γενιάς. Οι άνθρωποι ονειρευόντουσαν να έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνούν μεταξύ τους οποτεδήποτε και οπουδήποτε βρίσκονται. Με οδηγό την πληροφορική τεχνολογία το όνειρο αναμένεται να γίνει πραγματικότητα σε μερικά χρόνια. Η τεχνολογία 3G είναι το μέλλον των καθημερινών επικοινωνιών. Είναι μια τηλεδιάσκεψη μέσα σε ένα ταξί ή το να βλέπει κάποιος σκηνές από την αγαπημένη του σειρά στην τηλεόραση μέσα στο τρένο ή η πρόσβαση στο WEB από οποιοδήποτε σημείο οποιαδήποτε στιγμή.

Παρόλο που η τεχνολογία που βρίσκεται από πίσω μπορεί να φαίνεται περίπλοκη οι τρόποι με τους οποίους θα επηρεαστούν οι ζωές όλων είναι εύκολο να γίνουν αντιληπτοί. Αρκεί να φανταστεί κάποιος μία βιντεοκάμερα, έναν υπολογιστή, ένα ραδιόφωνο ενσωματωμένα στο κινητό του τηλέφωνο. Πλούσια μέσα πληροφορίας και ψυχαγωγίας θα βρίσκονται στη διάθεση του καθενός οποτεδήποτε και οπουδήποτε τα χρειαστεί. Όσο η τεχνολογία 3G πλησιάζει, το κινητό τηλέφωνο θα γίνεται η πιο εμπιστευτική συσκευή του ανθρώπου, το βασικό εργαλείο οργάνωσης της εργασίας και της ψυχαγωγίας του.

Η νέα τεχνολογία 3G θα παίξει σημαντικό ρόλο σε περιπτώσεις όπως οι παρακάτω. Υπαλλήλων που περνούν πολύ από την ώρα εργασίας τους στο σπίτι. Λογιστών που εξετάζουν λογιστικά βιβλία διαφόρων πελατών.

Κινητών μονάδων έκτακτης ανάγκης που χρειάζονται μία απευθείας σύνδεση βίντεο με ένα νοσοκομείο ή ένα γιατρό για έκτακτες πληροφορίες και συμβουλές.
Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό των επικοινωνιακών συσκευών της τρίτης γενιάς είναι ότι θα γνωρίζουν την ακριβή γεωγραφική τους θέση, κάτι το οποίο ανοίγει το δρόμο για πολλές εξαιρετικές υπηρεσίες. Για παράδειγμα αν κάποιος σκοπεύει να μείνει σε μία πόλη για κάποιο διάστημα το σύστημα θα μπορεί να βρει τα κοντινά εστιατόρια, ξενοδοχεία, θέατρα και οποιονδήποτε άλλο χώρο υπηρεσιών ή ψυχαγωγίας ο οποίος θα είναι διαθέσιμος σε ένα τοπικό δίκτυο ή στο internet με βάση τη γεωγραφική θέση της συσκευής.
Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η πρόσβαση στο internet ,το ηλεκτρονικό εμπόριο, τα πολυμέσα, η τηλεδιάσκεψη θα είναι μερικές από της εφαρμογές της νέας αυτής τεχνολογίας. Πάντως η μετάβαση στην τρίτη γενιά δεν αναμένεται νωρίτερα από το 2005.

5.3.Δυνατότητες της τεχνολογίας 3G

Ο όρος 3G (Third Generation) αναφέρεται σε μία τεχνολογία η οποία επιτρέπει την αποστολή δεδομένων σε κινητά τηλέφωνα με ταχύτητες οι οποίες θα κυμαίνονται από 144 Kbps έως 2 Mbps. Όταν η συσκευή βρίσκεται σε κινούμενο όχημα η ταχύτητα μετάδοσης θα είναι 144 Kbps, όταν ο κάτοχος της συσκευής βαδίζει η ταχύτητα μετάδοσης θα είναι 384 Kbps ενώ όταν η συσκευή είναι ακίνητη η ταχύτητα μετάδοσης θα είναι 2 Mbps.
Αντίθετα με τις ισχύοντες ασύρματες τεχνολογίες, οι οποίες είναι βασισμένες σε διαφορετικά και ασύμβατα μεταξύ τους πρότυπα καθένα από τα οποία χρησιμοποιείται σε διαφορετικά μέρη του κόσμου, η τεχνολογία 3G θα έχει ένα σετ από πρότυπα τα οποία θα είναι συμβατά μεταξύ τους σε κάθε σημείο του κόσμου.

5.4.Πρότυπα της τεχνολογίας 3G

Η ανάπτυξη των ασύρματων επικοινωνιών τρίτης γενιάς ενώνει τις δυνάμεις της παγκόσμιας βιομηχανίας τηλεπικοινωνιών. Πρόσφατα ο Τηλεπικοινωνιακός Οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών ITU (International Telecommunications Union) ενέκρινε το πρότυπο IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000). Αυτό το πρότυπο προσφέρει την ευκαμψία που χρειάζεται για την σχεδίαση νέων συστημάτων τρίτης γενιάς και την εξέλιξη των ήδη υπαρχόντων ανά τον κόσμο. Οι διάφοροι ανά τον κόσμο τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί εργάζονται πάνω σε 36 πρότυπα τα οποία θα είναι αποδεκτά από τον ITU, ο οποίος ορίζει τα παγκόσμια πρότυπα για την τεχνολογία 3G μέσω του IMT-2000.

Η Ευρώπη η οποία χρησιμοποιεί κυρίως το σύστημα GSM (Global System for Mobile Communications) θα μεταβεί στη 3G τεχνολογία μέσω του συστήματος UMTS(Universal Mobile Telecommunications Systems) όπως αποφάσισε το ETSI(European Telecommunications Standardization Institute).

5.5.Η εξέλιξη προς την τεχνολογία 3G

Ιστορικά η πρώτη γενιά ασύρματων συστημάτων επικοινωνίας (1G) αναφέρεται στη χρήση των αναλογικών ασύρματων τηλεφωνικών συστημάτων τα οποία παρουσιάστηκαν στη δεκαετία του 80. Είχαν πολύ περιορισμένα χαρακτηριστικά, κακής ποιότητας φωνή, περιορισμένη κάλυψη και χαμηλή ταχύτητα αποστολής δεδομένων- 9,6 Kbps. Κάθε κινητό τηλέφωνο πρώτης γενιάς ήταν προσαρτημένο σε μία βάση η οποία περιείχε μία μπαταρία και οι τηλεειδοποιητές (pagers) είχαν το μέγεθος και το βάρος ενός τούβλου. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνταν στην πρώτη γενιά ήταν οι AMPS(Advanced mobile Phone Service) και FDMA (Frame Division Multiple access).

Στις αρχές τις δεκαετίας του 90 εμφανίστηκε η δεύτερη γενιά ασύρματων συστημάτων επικοινωνίας (2G) με ψηφιακή τεχνολογία. Με την ψηφιοποίηση των σημάτων τα συστήματα αυτά υποστήριξαν επιπρόσθετες υπηρεσίες και αύξησαν την ταχύτητα αποστολής δεδομένων σε 14,4 Kbps. Τα σημαντικότερα τεχνολογικά πρότυπα της δεύτερης γενιάς είναι το GSM (Global System for Mobile Communication) το CDMA(Code Division Multiple Access) και το TDMA(Time Division Multiple Access). Αυτή τη στιγμή οι υπηρεσίες της δεύτερης γενιάς είναι διαθέσιμες σε όλη την έκταση του πλανήτη. Τα σύγχρονα κινητά τηλέφωνα είναι σχεδόν στο μέγεθος ενός σπιρτόκουτου και έχουν μερικά πολύ ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά όπως αναγνώριση κλήσης , e-mail και στοιχειώδη πρόσβαση στο WEB.

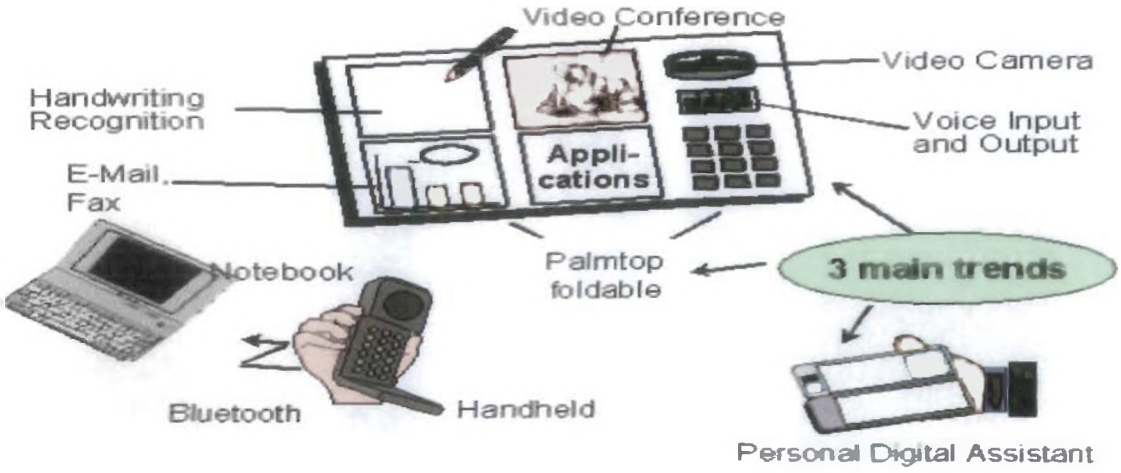
Ανάμεσα στη δεύτερη και στη τρίτη γενιά υπάρχει ένα ενδιάμεσο στάδιο που είναι γνωστό ως 2.5G. Πρόκειται για υπηρεσίες δεδομένων που οι εταιρίες είναι έτοιμες να πλασάρουν στην αγορά και οι οποίες δεν περιλαμβάνουν όλα τα χαρακτηριστικά των αληθινών υπηρεσιών 3G αλλά έχουν κάποια προοδευμένα χαρακτηριστικά σε σχέση με την δεύτερη γενιά. Οι HSCSD(High Speed Circuit Switched Data), EDGE και GPRS (General Packet Radio Services) είναι οι τρείς ποιο γνωστές τεχνολογίες της 2.5G και αποτελούν επεκτάσεις του GSM με αυξημένους ρυθμούς αποστολής δεδομένων.

5.6.Το πρότυπο IMT-2000

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) είναι το πρότυπο του ITU για την τεχνολογία 3G με σκοπό την αναβάθμιση και την ενοποίηση των υπαρχόντων συστημάτων βάσει μίας κοινής και εύκαμπτης υποδομής.

5.6.1.Βασικά στοιχεία για το IMT-2000

Ο όρος IMT-2000 διαλέχτηκε για να δείξει ότι απεικονίζει συστήματα τα οποία έχουν ως σκοπό να λειτουργήσουν περίπου στα 2000 MHz και ότι θα είναι διαθέσιμο περίπου το 2000. Το πρότυπο αναπτύχθηκε σαν μια λύση στην γρήγορη ανάπτυξη και ποικιλία των κινητών υπηρεσιών (σχήμα 8). Είναι σχεδιασμένο να μπει σε εφαρμογή (πρώτη έκδοση) μεταξύ 2000-2005. Έχει ως σκοπό να παρέχει παγκόσμια κάλυψη και περιαγωγή (roaming) και ένα ενισχυμένο σετ από υπηρεσίες στους χρήστες κινητών τηλεφώνων.
Επίσης πολύ σημαντικό γεγονός σχετικό με το IMT-2000 είναι η ενοποίηση των σταθερών και των κινητών δικτύων. Αυτή η ενοποίηση θα διευκολύνει την παροχή των υπηρεσιών των σταθερών δικτύων μέσω της ασύρματης υποδομής, κάνοντας τα σταθερά και κινητά δίκτυα να προχωρούν προς σύγκλιση με πολύ γρήγορο ρυθμό.



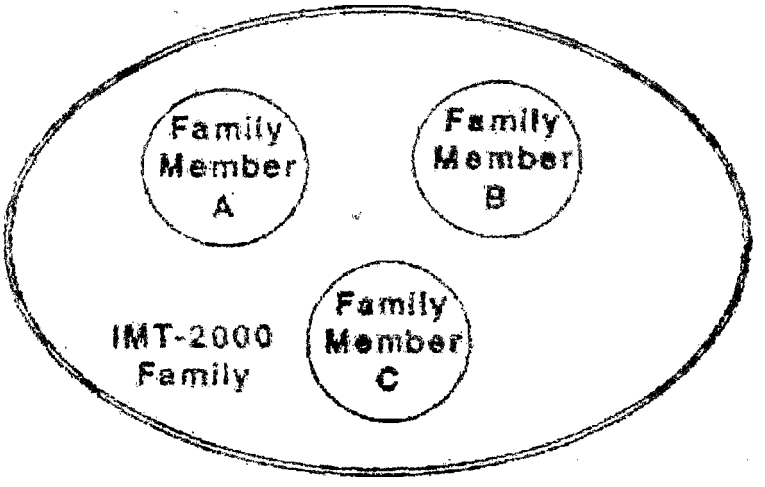
Σχήμα 8: Τρόποι χρήσης του IMT-2000

5.6.2. Το πλαίσιο εργασίας του IMT-2000

Η εξέλιξη από τη δεύτερη στη τρίτη γενιά ασύρματων επικοινωνιών έκανε να ανακύψουν διάφορα σημαντικά ερωτήματα για τους κατασκευαστές και τους επιχειρηματίες. Πώς να εξασφαλιστεί ότι οι παλιές και οι τωρινές επενδύσεις θα μπορούν να είναι χρήσιμες και στο μέλλον; Ποια είναι η βέλτιστη αρχιτεκτονική;

Αρχικά ο στόχος του ITU ήταν να ορίσει μια μοναδική νέα αρχιτεκτονική για τα ασύρματα συστήματα τρίτης γενιάς. Είχε υποτεθεί ότι σύγχρονα συστήματα δεύτερης γενιάς όπως τα GSM,TDMA και CDMA θα εξελίσσονταν προς την κατεύθυνση αυτής της κοινής αρχιτεκτονικής, ρίχνοντας τα υπάρχοντα εμπόδια μεταξύ των τεχνολογιών και των κινητών και σταθερών δικτύων.

Εξαιτίας όμως του μεγάλου όγκου των συνδρομητών των ασύρματων συστημάτων δεύτερης γενιάς ήταν πολύ κρίσιμη η ανάγκη για ομαλή εξέλιξη αυτών των συστημάτων προς την τρίτη γενιά, απομακρύνοντας έτσι την αρχική σκέψη μίας παγκοσμίως εφαρμοζόμενης αρχιτεκτονικής.Έτσι ο ITU κατέληξε στην αρχή της οικογένειας των συστημάτων για το IMT-2000 (Σχήμα 9). Πρόκειται για μία ομοσπονδία των συστημάτων του IMT-2000 με σκοπό την παροχή στους χρήστες των συστημάτων υπηρεσιών και εφαρμογών που έχουν οριστεί στο σετ υποστήριξης του IMT-2000. Πρόκειται δηλαδή για μία ομπρέλα αρχών του ITU για τα ασύρματα συστήματα επικοινωνίας τρίτης γενιάς.



Σχήμα 9:Οικογένεια συστημάτων IMT-2000

Η αρχή της οικογένειας των συστημάτων είναι βασισμένη στην ισορροπία μεταξύ της ανάγκης για πρότυπα παγκοσμίως διαθέσιμα και τις απαιτήσεις

τις εξέλιξης ανά τόπο. Κάθε μέλος της οικογένειας του IMT-2000 μπορεί να παρέχει υπηρεσίες σε συνδρομητές άλλων μελών της οικογένειας, σε μια κατάσταση παγκόσμιας περιαγωγής (global roaming). Ωστόσο το κάθε μέλος της οικογένειας μπορεί να έχει εσωτερικά συστήματα με διαφορετικές προδιαγραφές. Επίσης το κάθε μέλος της οικογένειας έχει την επιλογή να αναπτύξει επιλεκτικά μόνο αυτές τις δυνατότητες του προτύπου IMT-2000 τις οποίες χρειάζεται, για να υποστηρίξει τις υπηρεσίες που έχει επιλέξει να προσφέρει.
Συνοψίζοντας, τα χαρακτηριστικά κλειδιά για τα μέλη της οικογένειας του IMT-2000 είναι τα εξής:

- Η υποστήριξη των χρηστών άλλων μελών της οικογένειας ως υπηρεσίες περιαγωγής (roaming).
- Η παροχή ενός σετ υπηρεσιών βασισμένο στο σετ υπηρεσιών του IMT-2000.

5.6.3.Οι απαιτήσεις του IMT-2000

Οι απαιτήσεις του προτύπου IMT-2000 είναι οι εξής:

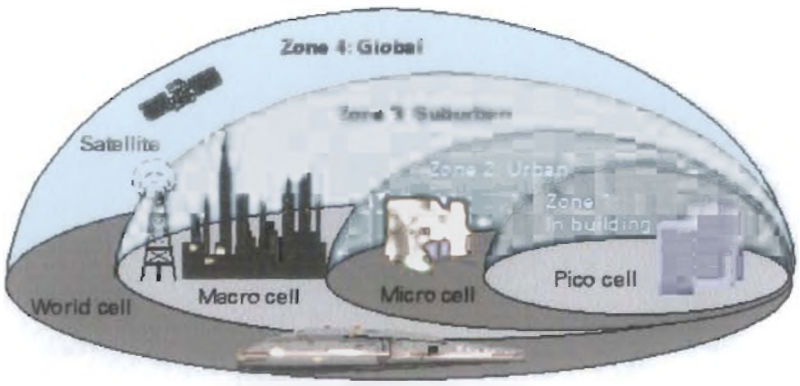
- Ποιότητα φωνής ισοδύναμη με την ενσύρματη.
- Ασφάλεια ισοδύναμη με τα ISDN/PSTN.
- Πολλαπλή υποστήριξη, δημόσια, ιδιωτική, οικιστική.
- Αλληλοσύνδεση με άλλους κινητούς και σταθερούς χρήστες.
- Εθνική και διεθνής περιαγωγή (roaming).
- Υπηρεσίες σε σταθερούς χρήστες.
- Αποδοτικότητα υψηλού φάσματος.
- Συνύπαρξη και αλληλοσύνδεση με δορυφόρους.
- Ταχύτητες αποστολής δεδομένων που να προσεγγίζουν τα 2 Mbps.

5.6.4.Εφαρμογές του IMT-2000

Ένας κοινωνικός οδηγός κλειδί της αγοράς των αλληλεπιδραστικών υπηρεσιών είναι η τάση προς την κατεύθυνση της ατομικότητας στην κοινωνία. Για παράδειγμα η επιθυμία του καθενός να είναι ξεχωριστός και να διαλέγει προϊόντα και υπηρεσίες οι οποίες συναντούν τις προσωπικές του ανάγκες περισσότερο αποτελεσματικά. Αναμένεται ότι η αύξηση της ζήτησης για αλληλεπιδραστική τηλεόραση καθώς και για άλλες υπηρεσίες ψυχαγωγίας και πληροφορίας θα οδηγηθεί από την τάση που αναφέρθηκε παραπάνω.
Το IMT-2000 το μεγαλύτερο έργο στην ιστορία του ITU ανοίγει την αγορά τις εξατομίκευσης των προϊόντων και των υπηρεσιών. Η αξίωση για εξατομικευμένες υπηρεσίες απαιτεί ένα παγκοσμίου εύρους εναρμονισμένο τηλεπικοινωνιακό σύστημα όπως το IMT-2000 το οποίο διευκολύνει τη σύγκλιση με το internet, τα intranets και παραδοσιακά τηλεπικοινωνιακά συστήματα.

5.7.Το σύστημα UMTS

Το UMTS(Universal Mobile Telecommunications System) είναι μέλος της οικογένειας συστημάτων του IMT-2000 και αποτελεί την ευρωπαϊκή πρωτοβουλία για τη μετάβαση στη τρίτη γενιά ασύρματης επικοινωνίας.



Σχήμα 10: Παγκόσμιο δίκτυο μέσω UMTS

Ένα σοβαρό ενδιαφέρον για το UMTS είναι η παροχή στους χρήστες ενός μεγάλου εύρους υπηρεσιών σε ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον. Θα προσφέρει στους χρήστες σε ευρεία ζώνη υψηλή ποιότητα πληροφορίας και υπηρεσίες

εμπορίου και ψυχαγωγίας μέσω σταθερών, ασύρματων και δορυφορικών δικτύων. Οι υπηρεσίες που θα προσφέρονται από το UMTS θα είναι χαμηλού κόστους, με ταχύτητα αποστολής δεδομένων που θα φτάνει τα 2 Mbps, παγκόσμια περιαγωγή (roaming) και άλλες προχωρημένες δυνατότητες. Φωνή, δεδομένα, εικόνες, γραφικά βίντεο και άλλες μορφές πληροφορίας θα προσφέρονται στους χρήστες οι οποίοι πιθανώς να βρίσκονται σε κίνηση.

Το UMTS κτίζεται πάνω στη σημερινή υποδομή των συστημάτων δεύτερης γενιάς. Το ETSI (European Telecommunications Standardization Institute) όπως αναφέρθηκε παραπάνω αναπτύσσει το UMTS σαν το ευρωπαϊκό σύστημα ασύρματης επικοινωνίας τρίτης γενιάς. Η μετάβαση στο UMTS θα γίνει μέσω του συστήματος GSM και αναμένεται γύρω στο 2002.

5.7.1.Απαιτήσεις του UMTS

Οι επιθυμητές απαιτήσεις του UMTS είναι οι εξής:

- Ταχύτητα αποστολής δεδομένων 2 Mbps για νεωτεριστικές υπηρεσίες.
- Υποστήριξη ευρείας ζώνης δικτυακή πρόσβαση με την ενοποίηση UMTS και B-ISDN.
- Υποστήριξη ενός μεγάλου εύρους υπηρεσιών οι οποίες θα προσαρμόζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη.
- Προσφορά ποιότητας υπηρεσιών τουλάχιστον ισοδύναμη με τα σταθερά δίκτυα.
- Το να είναι ένα ανοικτό σύστημα για τη δημιουργία νέων υπηρεσιών και εφαρμογών κατά απαίτηση.
- Κατανομή της χωρητικότητας μετάδοσης εύκαμπτα, γρήγορα και κατά απαίτηση.
- Λειτουργία σε παγκόσμια βάση (ή τουλάχιστον σε πανευρωπαϊκή), σε όλα τα περιβάλλοντα και σε όλες τις περιοχές με περιαγωγή (roaming) γύρω από αυτές.
- Υποστήριξη του ανταγωνισμού στη παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών σε όλα τα περιβάλλοντα και μεταξύ όλων των

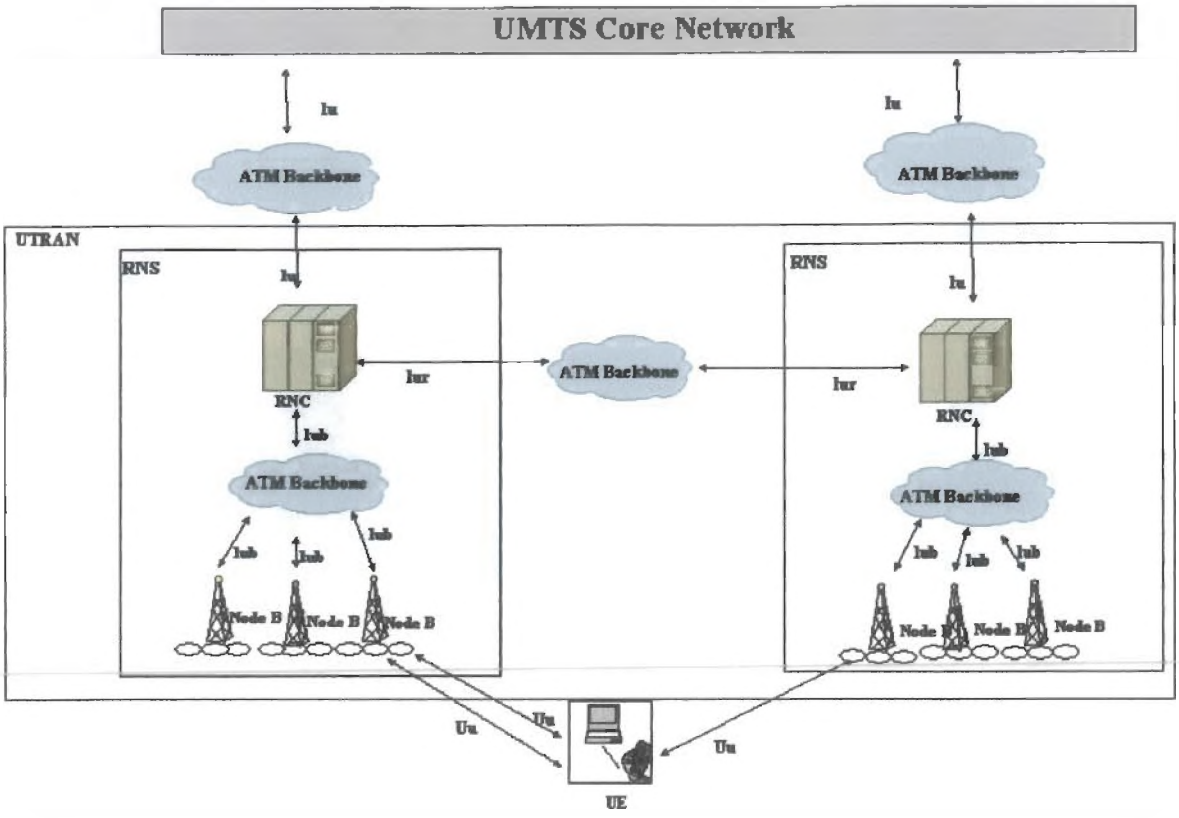
εφαρμογών.

- Καταμερισμών των φασματικών πόρων μεταξύ του μεγάλου αριθμού των δικτυακών επιχειρήσεων, δημόσιων και ιδιωτικών.
- Καταμερισμών των φασματικών πόρων μεταξύ όλων των εφαρμογών κατά έναν αμοιβαία μη καταστρεπτικό τρόπο.
- Καταμερισμών των φασματικών πόρων μεταξύ του βασικού σετ υπηρεσιών υψηλών στάνταρ λιγότερο χρησιμοποιούμενων νεωτεριστικών υπηρεσιών.

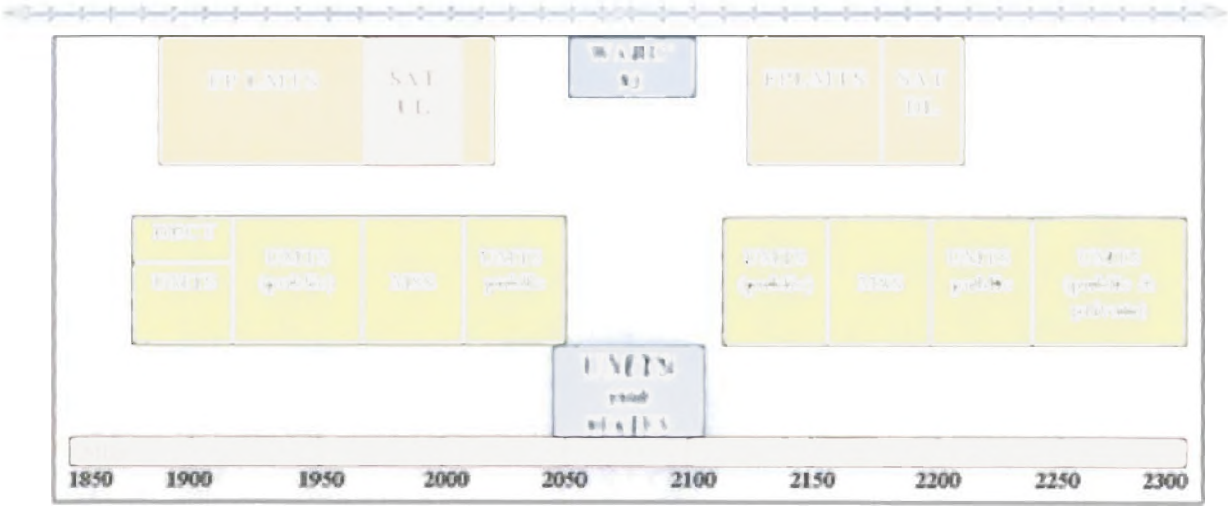
5.7.2.Τεχνική ανάλυση του UMTS

Το UMTS περιλαμβάνει δύο πρότυπα. Το ένα είναι το W-CDMA(Wideband-CDMA) και το άλλο είναι το TD-CDMA ένας συνδυασμός του W-CDMA και του TDMA(Time Division Multiple Access).

Όπως υποδηλώνει και το όνομα του το UMTS δηλαδή το UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM προτίθεται να ενώσει όλες τις σύγχρονες μεθόδους της παροχής κινητών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και να κάνει δυνατή την ύπαρξη ενός συστήματος υπηρεσίες υψηλής ποιότητας με το μεγαλύτερο δυνατό εύρος κάλυψης. Το UMTS ορίζει ένα κοινό πρότυπο δικτύου που εξασφαλίζει ότι η κίνηση παρακολουθείται διαμέσου των διαφόρων συνδεδεμένων δικτύων και ότι οι υπηρεσίες για αρχή και τέλους κλήσεων χειρίζονται σωστά με διάφορες δυνατότητες υπηρεσιών. Αυτή η δικτυακή πλευρά του UMTS θα είναι άριστη για τη παροχή συγκλινόντων ασύρματων και σταθερών υπηρεσιών.
Όσον αφορά το φάσμα του UMTS, αυτό περιλαμβάνει 235 MHz γύρω από τα 2 GHz 9 (σχήμα 12) και κάθεται ακριβώς πάνω από το φάσμα του GSM-1800. Δεν είναι ολόκληρο διαθέσιμο για το επίγειο UMTS γνωστό ως T-UMTS. .(Terrestrial UMTS), ένα μέρος είναι κλεισμένο για διεθνή δορυφορική λειτουργία και 20 MHz χρησιμοποιούνται ήδη από τα DECT. Το T-UMTS περιλαμβάνει 2 χ 60 MHz ζεύγους φάσματος και δύο ανεξάρτητα μπλοκ αζευγάρωτου.
Η πλήρης κατανομή του φάσματος δεν είναι διαθέσιμη σε όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες. Στις περισσότερες ένα μέρος καταλαμβάνεται από στρατιωτικές εφαρμογές αλλά σύμφωνα με ντιρεκτίβα της Ευρωπαϊκής Ένωσης όλες οι χώρες θα πρέπει να έχουν τουλάχιστον 2 χ 40 MHz. ζεύγους φάσματος διαθέσιμο μέχρι το τέλος του 2002. Απομένει να επικυρωθεί πόσο από το φάσμα του UMTS θα είναι στη πραγματικότητα χρησιμοποιήσιμο καθώς υπάρχουν ακόμα τεχνικές αβεβαιότητες όσον αφορά τα όρια μεταξύ



Σχήμα 11:Αρχιτεκτονική UMTS



Σχήμα 12: Ζώνες συχνότητας του UMTS

5.8.Το δορυφορικό UMTS(S-UMTS)

Προηγουμένως έγινε αναφορά στο επίγειο UMTS γνωστό ως T-UMTS (Terrestrial UMTS). Ο όρος S-UMTS (Satelite-UMTS) αναφέρεται στο δορυφορικό σύστημα UMTS το οποίο έχει ως σκοπό να αναπτύξει η Ευρώπη. Τα δορυφορικά συστήματα επικοινωνίας έχουν μία έμφυτη ικανότητα να εκπληρώνουν τις απαιτήσεις της ανάπτυξης της κοινωνίας της πληροφορίας, συγκεκριμένα διαμέσου της δυνατότητας τους για παγκόσμια πρόσβαση. Σε πείσμα αυτών των προϋποθέσεων, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η δορυφορική κατάσταση όσον αφορά το UMTS είναι τελείως διαφορετική από αυτή που αφορά το επίγειο σύστημα UMTS (T-UMTS). Αν η Ευρώπη κατάφερε να δημιουργήσει μια ομοφωνία όσον αφορά το πρότυπο του επίγειου UMTS (T-UMTS) το οποίο υποστηρίζεται ευρέως και από την Αμερική και την Ιαπωνία, το ίδιο δε μπορεί να λεχθεί και για το δορυφορικό UMTS(S-UMTS).

Πριν ένα τέτοιο δορυφορικά βασισμένο σύστημα μπορέσει να αναπτυχθεί επιτυχώς, υπάρχει μια σειρά από ζητήματα τα οποία πρέπει επιπλέον να ερευνηθούν. Τέτοια ζητήματα είναι τα εξής:

- Ποια είναι η αγορά για ένα τέτοιο δορυφορικό σύστημα και ποια η στρατηγική που θα ακολουθηθεί;
- Ποιες είναι οι απαιτήσεις σε φάσμα;
- Αν το ρυθμιστικό πλαίσιο εργασίας είναι προσαρμοσμένο κατάλληλα;
- Ποια είναι τα τεχνολογικά τμήματα πού λείπουν;
- Πώς η έρευνα και η ανάπτυξη μπορούν να βοηθήσουν;

Προβληματισμοί και συμπεράσματα

Φαίνεται ότι η εφαρμογή της τεχνολογίας 3G παγκοσμίως δε θα είναι ούτε εύκολη, ούτε γρήγορη, ούτε φτηνή υπόθεση. Παρόλο που η ITU έχει δουλέψει σκληρά πάνω στο όλο θέμα, χρειάζεται περισσότερη δουλειά. Αρκετά είναι τα προβλήματα που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν.

5.8.1. Προβλήματα φάσματος

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει αυτή τη στιγμή η τεχνολογία 3G έχει να κάνει με περιορισμούς στο φάσμα συχνοτήτων. Η έλλειψη διαθεσιμότητας συχνοτήτων μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της τεχνολογίας 3G στη συγκεκριμένη χώρα. Η FCC(Federal Communications Commission) η οποία είναι υπεύθυνη για τα ζητήματα φάσματος ανέβαλε, την ορισμένη για τον Σεπτέμβριο του 2000, πλειοδοσία προς έγκριση για το απαιτούμενο εύρος φάσματος, που απαιτείται για τις τεχνολογίες τρίτης γενιάς, για το Μάρτιο του 2001. Ως αιτία αυτής της αναβολής αναφέρθηκε το ότι υπάρχει ανάγκη για μεγαλύτερη προετοιμασία και σχεδιασμό.

Το πρόβλημα έγκειται στο ότι το εύρος φάσματος των 700 MHz στη περιοχή των 2 GHz που απαιτείται για τη βέλτιστη μετάδοση σημάτων 3G δεν είναι αυτή τη στιγμή διαθέσιμο καθώς στη συγκεκριμένη περιοχή συχνοτήτων εκπέμπουν τηλεοπτική σταθμοί. Το ότι η τεχνολογία 3G θα εφαρμοστεί μετά το 2005 κάνει την FCC να καθυστερεί την έκδοση άδειας για το φάσμα για να έχει και τη δυνατότητα να έρθει σε συμφωνία με τους τηλεοπτικούς σταθμούς.

Το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι πολύ κρίσιμο για την επιτυχία της τεχνολογίας 3G. Οι τηλεοπτικοί σταθμοί υποστηρίζουν ότι δεν είναι υπάρχει άδεια για τη μετακίνηση τους στο φάσμα. Και όλα αυτά συμβαίνουν καθώς η μεγαλύτερη διάσταση του θέματος είναι ότι δεν υπάρχει αρκετός χρόνος.

5.8.2.Το πρόβλημα της διαχείρισης της ισχύος

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα γύρω από τη τεχνολογία 3G είναι η διαχείριση της ισχύος ειδικά όσον αφορά τη μπαταρία. Σκεφτείτε τον ενθουσιασμό κάποιου που αγοράζει μια κινητή συσκευή 3G και την απογοήτευση που θα νιώσει αν ξαφνικά δει ότι οι μπαταρίες σταματούν να λειτουργούν καθώς για παράδειγμα κατεβάζει κάποια αρχεία από το internet.

Αυτό το σενάριο το οποίο μπορεί εύκολα να εμφανιστεί τα επόμενα χρόνια δείχνει την αυξανόμενη σημασία της διαχείρισης της ισχύος στο νέο κόσμο των ασύρματων επικοινωνιών. Η ασύρματη τεχνολογία πιέζει τους προμηθευτές ισχύος να λειτουργήσουν με μεγαλύτερη ευφυΐα αποδοτικότητα και προστασία.

Στο μέλλον η διαχείριση της ισχύος θα πρέπει να γίνει περισσότερο έμπειρη στον προσδιορισμό και την αναφορά του εναπομείναντος χρόνου χρήσης. Ακόμα και με τα σημερινά τηλέφωνα οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση του χρόνου ομιλίας δεν είναι απλοί, επειδή η ισχύς που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση διαφέρει ανάλογα με την απόσταση του χρήστη από τον βασικό σταθμό.

Έτσι όσο πιο μεγάλη ποικιλία εφαρμογών υπάρχει τόσο πιο πολύπλοκος θα γίνει ο υπολογισμός της ισχύος. Όλες οι νέες υπηρεσίες όπως για παράδειγμα η πρόσβαση στο WEB ή το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο θα απαιτούν ισχύ σε διαφορετικούς ρυθμούς. Οι χρήστες θα πρέπει να ξέρουν αν υπάρχει αρκετή ισχύς για να εκπληρώσουν την εργασία που χρειάζονται, αλλιώς θα βρεθούν περιορισμένοι στο τι θα μπορούν να κάνουν με τις νέες συσκευές. Καθώς η ασύρματη τεχνολογία εξελίσσεται για να εκπληρώσει τις υποσχέσεις της τεχνολογίας 36 και οι προμηθευτές ισχύος θα πρέπει να εξελιχθούν το ίδιο καλά ώστε να μην υπάρξουν προβλήματα.

5.9.Συμπεράσματα

Αν υπάρχει κάτι το οποίο θα οδηγήσει τη ασύρματη τεχνολογία 3G αυτό θα είναι το internet. Και αυτό επειδή η τεχνολογία 3G θα επαυξήσει τις σημαντικές υπάρχουσες και μελλοντικές δυνατότητες του internet όπως η πρόσβαση στο ***WEB*** το ηλεκτρονικό εμπόριο και άλλα. Ο λόγος που θα συμβεί αυτό είναι ότι κατά τα άλλα δεν υπάρχει μία συγκεκριμένη απαίτηση για 3G δυνατότητες και ότι οι πωλητές δε θα μπορούν να πιέζουν και άλλο τους πελάτες στο να υιοθετούν νέες τεχνολογίες χωρίς συγκεκριμένες και σοβαρές αιτίες.

Επίσης το κλειδί για την ανάπτυξη της ασύρματης τεχνολογίας τρίτης γενιάς θα είναι η μετάβαση της ασύρματης τεχνολογίας από κύριο μέσο μετάδοσης φωνής σε κύριο μέσο μετάδοσης δεδομένων για τους χρήστες. Όσο περισσότερο οι χρήστες θα θέλουν να χρησιμοποιούν κινητές συσκευές για

τη πρόσβαση σε δεδομένα τόσο περισσότερο θα υπάρχει η ανάγκη για γρηγορότερη ασύρματη τεχνολογία.

Θα πρέπει επίσης να επισημανθεί το γεγονός ότι παίζονται πολλά λεφτά με τις εταιρίες που είναι έτοιμες να προσφέρουν υπηρεσίες και hardware τρίτης γενιάς. Αυτό σημαίνει ότι όλοι δείχνουν απροθυμία να υποχωρήσουν όταν έρχεται η ώρα για να συζητήσουν για στάνταρ και οι πελάτες είναι αναγκασμένοι να περιμένουν. Οι εταιρίες είναι τόσο απασχολημένες στο να ανταγωνίζονται για το ποίος θα πάρει προβάδισμα πάνω στην υπόθεση χωρίς να υπάρχει αυτή ακόμα υλοποιημένη.

Κεφάλαιο 6

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ 3ης ΓΕΝΙΑΣ

6.1.Εισαγωγή

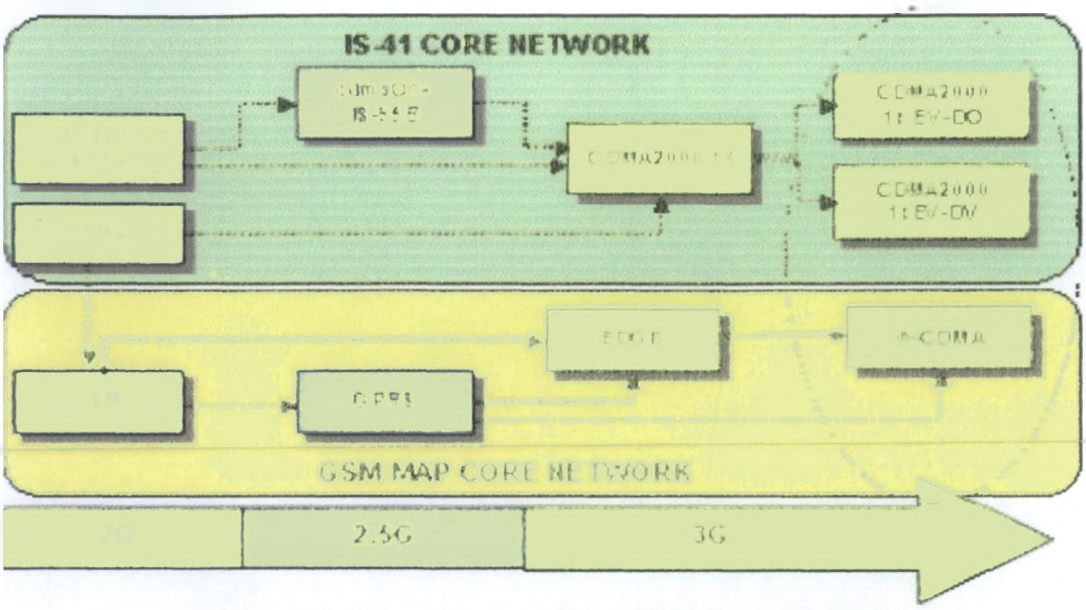
Οι κυψελοειδείς κινητές τηλεπικοινωνίες αναπτύχθηκαν ταχύτητα, τόσο παγκοσμίως όσο και στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια. Με μια γρήγορη ματιά, από τα 117 δίκτυα και τους 12.5 εκατομμύρια συνδρομητές του 1995, φτάσαμε στα 375 δίκτυα και τους 440 εκατομμύρια συνδρομητές το 2000 παγκοσμίως. Η GSM Association προβλέπει 1 δισεκατομμύριο συνδρομητές για το 2005 .

Ο στόχος της εξελικτικής αυτής πορείας είναι κυρίως η βελτίωση σε τομείς όπως οι νέες υπηρεσίες, η βελτίωση της απόδοσης των συστημάτων και εφαρμογών. Εξαιρετική σημασία δίνεται κυρίως στο θέμα της μεταφοράς δεδομένων. Όσο η διείσδυση του GSM διευρύνεται, τόσο αυξάνει και η ζήτηση για υπηρεσίες δεδομένων, σε βαθμό συγκρίσιμο με τη ζήτηση για φωνητικές υπηρεσίες. Το GSM, προσφέρει χαμηλό ρυθμό ροής δεδομένων (9.6kbit/s) που προφανώς δεν επαρκεί. Όσο το Internet εισβάλει στην καθημερινότητα μας, οι GSM συνδρομητές απαιτούν ένα πιο γρήγορο τρόπο πρόσβασης στο διαδίκτυο.

Στις κινητές επικοινωνίες, η πρόοδος αντιμετωπίζεται σαν εξέλιξη του GSM, πράγμα που εξασφαλίζει την συμβατότητα κάθε νέας πλατφόρμας με αυτό, δίνοντας έτσι την δυνατότητα στις εταιρείες παροχής τέτοιων υπηρεσιών, να βασίσουν την πολιτική τους για την 2.5 και 3 γενιά κινητών επικοινωνιών στη σιγουριά που προσφέρει η τωρινή επιτυχία του GSM.

Οι σημερινές τάσεις, δείχνουν ότι το GSM θα μετεξελιχθεί στο UMTS, με ενδιάμεσα βήματα τις πλατφόρμες GPRS και EDGE. Παράλληλα φαίνεται η

τάση εξέλιξης στους ρυθμούς δεδομένων, από το ταπεινό 9.6kbps στα 2Mbps (σχήμα 13).



Σχήμα 13: Μετάβαση από το GSM στο UMTS

Εκτός όμως από το GSM, όλες οι πλατφόρμες κινητών και ασύρματων επικοινωνιών εμφανίζουν τάση μετάβασης προς το UMTS.Ο τελικός στόχος είναι η ανάπτυξη μιας ενιαίας πλατφόρμας που να επιτρέπει την σύγκλιση Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών.

6.2. Μετάδοση φωνής και δεδομένων μέσω GSM.

6.2.1.Μετάδοση φωνής

Στην περίπτωση του uplink παρατηρούμε ότι όλη η επεξεργασία της πληροφορίας γίνεται στο κινητό τηλέφωνο. Στην περίπτωση του downlink, η επεξεργασία γίνεται από το σταθμό βάσης και μια ειδική διάταξη που υπάρχει στα δίκτυα κινητής, που ονομάζεται transcoder.

Για λόγους συντομίας θα μελετήσουμε την περίπτωση του downlink, που είναι πιο περίπλοκη από το uplink.

Ας υποθέσουμε ότι κάποιος καλεί το κινητό μας από σταθερό τηλέφωνο(PCM). Μια χρονοθυρίδα(timeslot) PCM, μεταφέρει πληροφορία σε ρυθμό 64kbps. Αυτός όμως ο ρυθμός είναι απαγορευτικός για το GSM. Το air interface του GSM, αποτελείται από 8 Timeslots και έχει εύρος 200KHz. Αν λοιπόν το PCM timeslot συνέχιζε την πορεία του στον αέρα, θα είχαμε 8x64=512kbps. Αυτός όμως ο ρυθμός υπερβαίνει τα 200Khz. Έτσι, με κάποιο τρόπο ο ρυθμός του PCM timeslot, πρέπει να ελαττωθεί.
Η παραπάνω ελάττωση, επιτυγχάνεται με διάσπαση(segmentation) και κωδικοποίηση της φωνής που λαμβάνουν χώρα στον transcoder. Η όλη διαδικασία ονομάζεται αλγόριθμος Regular Pulse Excited With Long Term Prediction.Αυτό επιτυγχάνεται ως εξής. Η φωνή στο PCM αποτελείται από δείγματα των 8bitμ με ρυθμό δειγματοληψίας 8000δείγματα/sec.Ο παραπάνω ρυθμός είναι ισοδύναμος με 160δείγματα/20ms. Η επιλογή του χρόνου των 20ms, ως χρόνου αναφοράς σχετίζεται με την φυσιολογία του ανθρώπινου διαφράγματος και συγκεκριμένα με την ιδιοσυχνότητα των φωνητικών χορδών που κυμαίνεται από 2-20msec.

Είναι δυνατό να αναπαραστήσουμε μαθηματικά τη φωνή, σαν ένα φίλτρο και μια ακολουθία διέγερσης. Έτσι στην πραγματικότητα αντί να μεταδώσουμε την φωνή μεταδίδουμε τις παραμέτρους του φίλτρου και πληροφορίες για την ακολουθία διέγερσης. Η μετάδοση αυτή γίνεται με περίοδο 20ms. Όπως είναι φυσικό, η διαδικασία εκτελείται αντιστρόφως στο κινητό και παράγεται το δείγμα φωνής. Έτσι από τα 160*8=1280bits/sec που μεταφέρει το αρχικό timeslot, περιοριζόμαστε στα 260bits/20ms ή 13kbps για την φωνή.

6.2.2.Μετάδοση δεδομένων

Η μεγάλη διαφορά των δεδομένων με τη φωνή είναι ότι τα δεδομένα δεν υπόκεινται σε αλλαγή του ρυθμού μετάδοσης τους στον transcoder. Από την άλλη πλευρά όμως όπως είδαμε και πιο πάνω τα 64kbps του PCM είναι αδύνατο να μεταδοθούν. Έτσι τα δεδομένα θα πρέπει με κάποιο τρόπο να προσαρμοστούν στα 13kbps που αναφέραμε και πιο πάνω. Σύμφωνα με τις συστάσεις για το GSM τα δεδομένα στον αέρα μεταδίδονται σε blocks των 60bits/5ms. Από τα 60 αυτά bits τα 48 είναι καθαρά δεδομένα ενώ τα 12 αφορούν το **RS232** signaling.
Έτσι προκύπτει καθαρός ρυθμός 9.6kbps για τα δεδομένα και 2.4kbps για το signaling. Τα δεδομένα αυτά διέρχονται από τον transcoder ανά 4 blocks ώστε έχουμε και πάλι ρυθμό μεταγωγής με βάση τα 20ms. Έτσι έχουμε ρυθμό μεταγωγής 240bits/20ms.Κάθε τέτοιο block ακολουθείται από 4

επιπρόσθετα bits(tailing bits).Αυτό ανεβάζει τον ρυθμό στα 244bits/20ms.Με την χρήση συνελικτικού κώδικα κάθε block περιλαμβάνει 488bits/20ms.Από αυτά 32bits δεν μεταδίδονται(punctured). Τα bit αυτά προκύπτουν από τον εξής κανόνα: Για κάθε 488bits (c(1),c(2),..c(488)) τα punctured bits παράγονται από τον κανόνα c(11+15i) όπου ι=0,1..,31. Έτσι απομένουν 456 bits/20ms τα οποία σε τέσσερα διαδοχικά timeslots στον αέρα.

6.2.3.Νέες τεχνολογίες για βελτίωση του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων.

A.HSCSD

Η πρώτη προσπάθεια για βελτίωση του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων έγινε με την εισαγωγή της τεχνολογίας High Speed Circuit Switched Data.Για την υλοποίηση της τεχνολογίας αυτής απαιτούνται αλλαγές τόσο στο interface μεταξύ MSC και BSC(A interface), όσο και interface μεταξύ BSCκαι κινητού(air interface).

Εξετάζουμε αρχικά τις αλλαγές που χρειάζονται που γίνονται στο interface μεταξύ BSC-MSC.

Στο GSM, όπως ήδη αναφέραμε υπάρχει κάποια κωδικοποιημένα bit, που δεν μεταδίδονται(punctured). Αν αλλάξουμε τον αριθμό των punctured bits στο interface μεταξύ MSC-BSC, μπορούμε να αυξήσουμε το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, από τα 12 kbps στα 14.5 kbps. Αυτό που στην πραγματικότητα συμβαίνει είναι ότι ένα μέρος από τα bit που χρησιμοποιούνται για την διόρθωση λαθών, χρησιμοποιούνται για την μεταφορά δεδομένων.

Ας δούμε πως από τα 12 kbps(ωφέλιμα τα 9.6) φτάνουμε στα 14.5 kbps. Τα 14.5 kbps σημαίνουν περίπου 288bits/20ms. Θυμίζουμε ότι τα 20ms είναι η χρονική διάρκεια του block του transcoder. Μαζί με τα συνοδευτικά bit, έτσι ώστε να σχηματιστούν τα blocks φτάνουμε στα 292bits/20ms. Με τη χρήση συνελεκτικού κώδικα προστίθενται ακόμα 296 bits. Έτσι συνολικά έχουμε 588 bits(στην πραγματικότητα έχουμε 584+4 για να ξεχωρίζει το block). Με punctuation σε 128 bits, έχουμε και πάλι 456 bits/20 ms, δηλαδή ένα κανονικό GSM burst.

Από την άλλη πλευρά, η ελάττωση των bit διόρθωσης λαθών, οδηγεί σε μικρότερη ακτίνα κάλυψης. Για να πετύχουμε ίδιο Quality of Service(Qos) θα πρέπει να αυξηθεί η ισχύς εκπομπής. Κάτι τέτοιο όμως θα είχε σαν συνέπεια την εμφάνιση παρεμβολών, ειδικά σε περιοχές με πολλούς συνδρομητές. Μία λύση στο πρόβλημα που εμφανίζεται στα HSCSD, είναι η χρήση μιας διαδικασίας

προσαρμογής ανάλογα με την ποιότητα της ζεύξης μεταξύ κινητού τηλεφώνου και σταθμού βάσης. Έτσι στην πραγματικότητα η κωδικοποίηση αλλάζει, ανάλογα με το ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων(9.6 ή 14.5 kbps).

Με την παραπάνω βελτίωση έχουμε ένα κέρδος 4.8 kbps. Και πάλι όμως, για να αξιοποιηθεί η πληροφορία που έχει αποσταλεί με ένα PCM tsl των 64 kbps, πρέπει να βελτιώσουμε την πρόσβαση(access) του τελικού χρήστη στο δίκτυο. Έτσι λοιπόν απαιτούνται διορθώσεις στο interface μεταξύ κινητού και σταθμού βάσης(air interface).

Οι διορθώσεις αυτές αφορούν στην δυνατότητα που δίνει η τεχνολογία στον συνδρομητή να χρησιμοποιεί περισσότερα του ενός tsl στο AIR interface. Έτσι οι ρυθμοί μετάδοσης είναι μεταβλητοί όπως φαίνεται και στον πίνακα 7, ανάλογα με τα χρησιμοποιούμενα tsl.

ΑΡΙΘΜΟΣ TSL	GSM(kbps)	HSCSD(kbps)
1	9.6	14.4
2	19.2	28.8
3	28.8	43.2
4	38.4	57.6

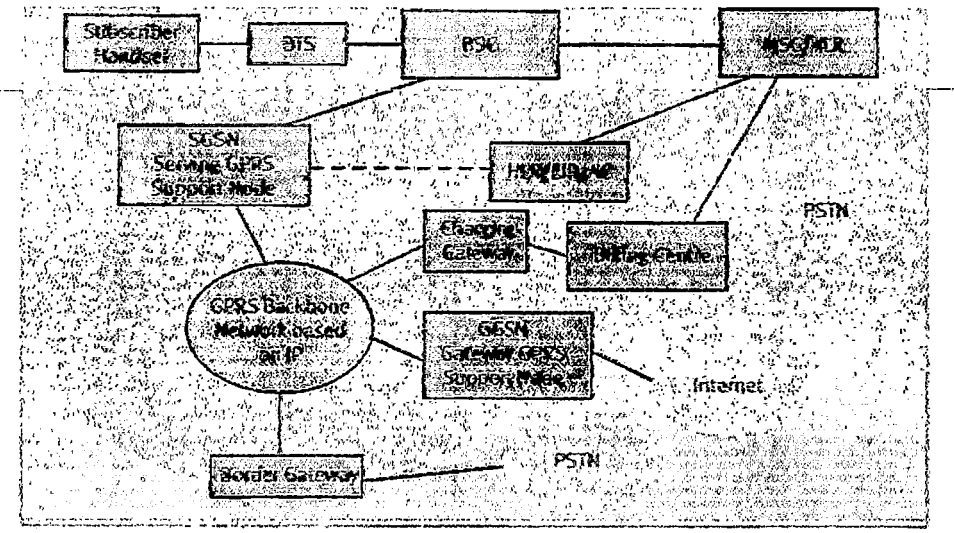
Πίνακας 7: Διαφορές ρυθμού μετάδοσης GSM/HSCSD

Η μεταβλητότητα στο ρυθμό μετάδοσης είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί το Qos . Επίσης ο αριθμός των διαθέσιμων tsl, για τα HSCSD, εξαρτάται από τις ανάγκες μιας δεδομένης κυψέλης για φωνητικές κλήσεις. Από την στιγμή που το GSM, έχει σχεδιαστεί πρωτίστως για φωνητικές κλήσεις η προτεραιότητα στην διάθεση των tsl, αφορά την φωνή και όχι τα δεδομένα. Πάντως υποστηρίζονται, τόσο οι διαφανείς(transparent) όσο και οι αδιαφανείς(non transparent), ως προς το χρήστη υπηρεσίες δεδομένων.

Η διαφορά των διαφανών από τις μη διαφανείς υπηρεσίες, είναι ότι στην πρώτη περίπτωση έχουμε σταθερό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, ενώ στη δεύτερη περίπτωση ο ρυθμός μεταβάλλεται ανάλογα με την τηλεπικοινωνιακή κίνηση . Έτσι οι διαφανείς συνδέσεις προσφέρονται για μετάδοση video, ή fax, ενώ οι μη διαφανείς χρησιμοποιούνται για μεταφορά αρχείων ή για πρόσβαση στο Internet.

6.3.GENERAL PACKET RADIO SYSTEM(GPRS)

Τα υπάρχοντα GSM δίκτυα, βασίζονται σε τεχνικές μεταγωγής κυκλώματος. Είναι προφανές ότι για εφαρμογές Internet, η τεχνική αυτή είναι ελάχιστα αποδοτική και εξαιρετικά απαιτητική σε bandwidth. Έτσι το 1997 προστέθηκε στο GSM μια πλατφόρμα που διατηρεί τα κύρια χαρακτηριστικά του GSM(όσο αφορά την πρόσβαση του χρήστη στο δίκτυο) παρέχει όμως την δυνατότητα μεταγωγής πακέτων. Στην εικόνα 12 δίνεται η τυπική δομή ενός GPRS δικτύου.



Εικόνα 12: Τυπική δομή ενός GPRS δικτύου

Η τεχνική μεταγωγής πακέτου χωρίζει τα δεδομένα σε μικρότερα τμήματα που αποκαλούνται πακέτα. Το κάθε πακέτο έχει μια διεύθυνση. Τη διεύθυνση αυτή τη χρησιμοποιούν οι δρομολογητές ενός δικτύου για κατευθύνουν ένα πακέτο στο σωστό παραλήπτη. Η τεχνική αυτή είναι κατάλληλη όταν τα δεδομένα μεταδίδονται με bursts(είναι η ονομασία για τα tsl του TDMA) είτε όταν τα δεδομένα είναι ευαίσθητα σε λάθη. Το bandwidth δεν καταλαμβάνεται σε μόνιμη βάση, όπως συμβαίνει στις τεχνολογίες μεταγωγής κυκλώματος, αλλά μόνο όταν είναι αναγκαίο να μεταδοθεί κάτι(virtual connections). Από την σκοπιά των άλλα data networks το GPRS είναι ένα ακόμα υποδίκτυο εύκολα προσβάσιμο από δρομολογητές.

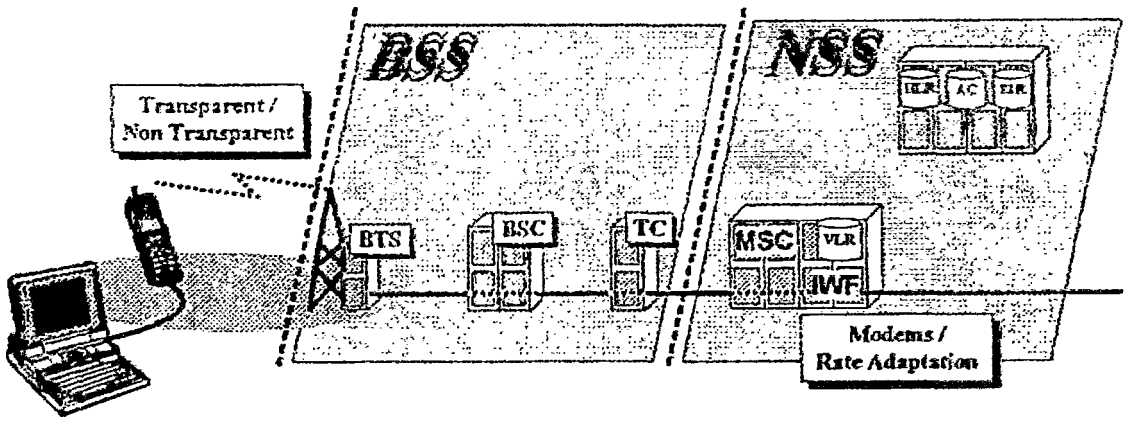
Στο GPRS, τα πακέτα είναι στατιστικώς πολυπλεγμένα στο AIR interface. Έτσι έχουμε καλύτερη εκμετάλλευση των διαθέσιμων ραδιοκαναλιών. Κάθε tsl στο GPRS air μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πολλούς χρήστες

κάθε φορά που αυτοί έχουν μα μεταδώσουν δεδομένα. Έτσι ο αριθμός των χρηστών στο AIR interface του GPRS, σε αντίθεση με το GSM, δεν είναι καθορισμένος αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με τον τηλεπικοινωνιακό φόρτο. Αυτή η στατιστική πολυπλεξία συνεπάγεται βέβαια κάποιες καθυστερήσεις στο δίκτυο, επομένως πρέπει να γίνει σωστός σχεδιασμός ώστε να υπάρχει ένα δεδομένο επίπεδο ποιότητας υπηρεσιών.

Αν θελήσουμε να συγκρίνουμε το GPRS με το HSCSD, θα εντοπίζαμε την διαφορά στη τεχνολογία που χρησιμοποιούν(μεταγωγή πακέτου /μεταγωγή κυκλώματος). Από άποψης κόστους υλοποίησης το HSCSD επικάθεται σε ένα υπάρχον GSM δίκτυο ενώ το GPRS χρειάζεται νέες επενδύσεις σε Hardware και Software.

6.3.1.Υλοποίηση GPRS δικτύου

Στο σημείο αυτό είναι και πάλι αναγκαία μια αναδρομή στο GSM. Η τυπική δομή ενός τέτοιου δικτύου δίνεται στην εικόνα . Στην εικόνα 13 αυτή φαίνονται και τα interfaces που συνδέουν τα κύρια στοιχεία του δικτύου.



Εικόνα 13: Τυπική δομή GPRS δικτύου

Στο GPRS δίκτυο εισάγονται νέες λειτουργικές βαθμίδες, νέα interfaces και νέα πρωτόκολλα Οι νέες λειτουργικές βαθμίδες είναι το SGSN και το GGSN. Ο ρόλος στο δίκτυο είναι ο ακόλουθος.

A)Serving GPRS Support Node (SGSN)

- Μετατροπή πρωτοκόλων που χρησιμοποιούνται από την IP ραχοκοκκαλιά του δικτύου στα αντίστοιχα που χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο και το BSS.

- Συμπίεση και κρυπτογράφηση

- Επαλήθευση (authentication) των στοιχείων του συνδρομητή.

- Δρομολόγηση δεδομένων στο αντίστοιχο GGSN, κάθε φορά που απαιτείται σύνδεση με κάποιο εξωτερικό δίκτυο.Όλα τα πακέτα δεδομένων που ανταλλάσσονται μεταξύ δύο κινητών ακόμα και του ιδίου δικτύου πρέπει να διέλθουν από το GGSN.

- Ανταλλαγή πληροφοριών με το MSC/VLR και το HLR.

- Συλλογή των στοιχείων για την χρέωση του συνδρομητή καθώς και των στατιστικών της κίνησης.

B)Gateaway GPRS Support Node(GGSN)

- Δρομολογεί τα προερχόμενα από τα εξωτερικό δίκτυο πακέτα προς τον αντίστοιχο SGSN.

- Δρομολογεί τα πακέτα που εκπέμπονται από ένα κινητό προς ένα εξωτερικό δίκτου

- Υλοποιεί τη διεπαφή σε εξωτερικά δίκτυα

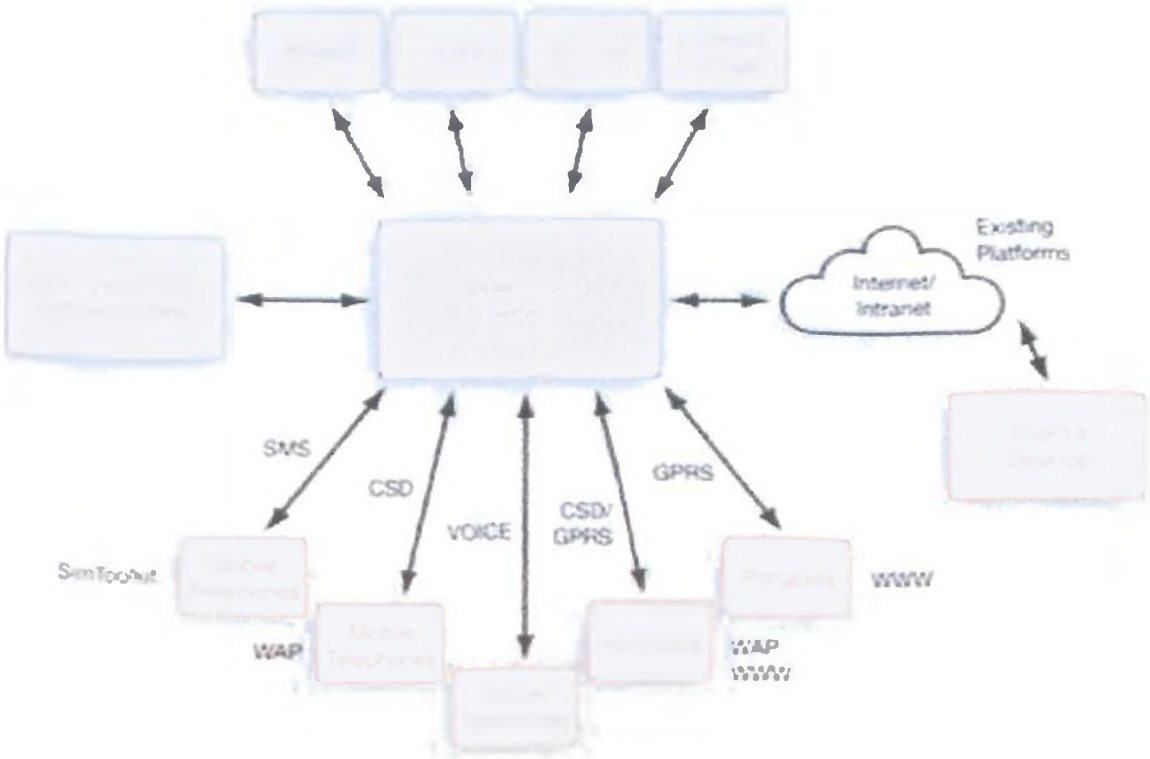
- Συγκεντρώνει τα δεδομένα χρέωσης και τα στατιστικά κίνησης.

- Προσδιορίζει δυναμικές ή στατικές IP διευθύνσεις στα κινητά τηλέφωνα.

Για ένα εξωτερικό δίκτυο ο GGSN είναι ένας δρομολογητής προς ένα IP υποδίκτυο.Ο GGSN, λαμβάνει τα δεδομένα και τις διευθύνσεις αποστολής. Κατόπιν ελέγχει αν οι διευθύνσεις προς τις οποίες απευθύνονται τα πακέτα είναι ενεργές οπότε και προωθεί τα πακέτα στον SGSN. Σε άλλη περίπτωση τα αγνοεί.

Τα υπόλοιπα στοιχεία σε ένα GPRS δίκτυο συναντιούνται και στα υπόλοιπα δίκτυα δεδομένων. Δηλαδή υπάρχουν Domain Name Servers για την μετατροπή IP διευθύνσεων σε IP ονόματα, Firewalls για την προστασία του IP δικτύου από εξωτερικές επιθέσεις.

Σχήμα 13 :Λειτουργία GPRS



Επίσης υπάρχει Border Gateaway για την δημιουργία συνδέσεων με δίκτυα παροχής ανάλογων υπηρεσιών. Αυτό βοηθά τις εταιρείες κινητών τηλεπικοινωνιών να έχουν δρόμους για μεταγωγή δεδομένων, διαφορετικούς από το κοινό Internet.
'Ενα ακόμα στοιχείο, που υπάρχει στα GPRS δίκτυα, είναι το Charging Gateway που συλλέγει τα στοιχεία για την χρέωση του συνδρομητή, τόσο από το SGSN, όσο και από το GGSN. Αφού γίνει μια πρώτη επεξεργασία τα προωθεί στο σύστημα έκδοσης λογαριασμών.

Ας μελετήσουμε τώρα τα interfaces, που συναντάμε στο GPRS δίκτυα.

- Air interface: Όπως και στο GSM εξασφαλίζει την πρόσβαση(access) του συνδρομητή στο δίκτυο. Είναι περίπου το ίδιο με το αντίστοιχο του GSM με κάποιες διαφορές. Ιδιαίτερη αναφορά για το GPRS το air interface υπάρχει σε χωριστή ενότητα.

- Gb interface: Εξασφαλίζει την επικοινωνία του BSS με το SGSN. Στην ουσία είναι ο φορέας της κίνησης και της σηματοδοσίας του GPRS μεταξύ του GSM ραδιοδικτύου και του GPRS. Ο έλεγχος της ροής σε αυτό το interface επιτυγχάνεται με τεχνολογίες frame relay.

- Gn interface: Είναι το interface μεταξύ του SGSN και του GGSN του ιδίου δικτύου(πρακτικά της ίδιας εταιρείας παροχής τέτοιων υπηρεσιών). Το πρωτόκολο που χρησιμοποιείται είναι το GPRS Tunnelling Protocol(GTP).Στην ουσία αυτό το πρωτόκολλο ενθυλακώνει την πληροφορία σε containers και τη μεταφέρει. Τα containers αυτά μπορούν να μεταφερθούν με κάθε είδους τεχνολογία, ATM, X.25, ή Frame Relay. Στην πράξη χρησιμοποιείται το IP.

- Gp interface: Λειτουργεί όπως και το Gn με τη διαφορά ότι μέσω του Border Gateaway και του Firewall, εξασφαλίζει την διασύνδεση διαφορετικών δικτύων(διαφορετικών GGSNs). Πρακτικά είναι Internet τύπου δίκτυο μεταξύ όλων των πάροχων τέτοιων υπηρεσιών. Υλοποιείται με GTP πρωτόκολλο.

- Ga interface: Εξασφαλίζει την επικοινωνία μεταξύ των GSNs και του Charging Gateaway που αναφέρθηκε παραπάνω. Μέσα από αυτό διοχετεύεται όλη η απαιτούμενη πληροφορία για τη χρέωση ενός συνδρομητή. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται είναι μια παραλλαγή του GTP το GTP'.

- Gs interface(προαιρετικό): Είναι το interface μεταξύ SGSN και MSC. Μέσω αυτού του interface ο SGSN μπορεί να στείλει πληροφορίες για το που βρίσκεται ένας συνδρομητής ή να ζητήσει να γίνει εντοπισμός(paging) σε κάποιο χρήστη. Στο interface αυτό χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο BSSAP+ το οποίο αποτελεί τροποποιημένη εκδοχή του BSSAP που χρησιμοποιείται στο GSM.

- Gd interface: Είναι το interface μεταξύ του κέντρου μηνυμάτων(τα γνωστά σε όλους SMS με το SGSN. Επίσης είναι το interface μεταξύ του SGSN και του IWC-MSC, το οποίο είναι το τμήμα εκείνο του MSC που προσφέρει υπηρεσίες τύπου fax.Χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο MAP που χρησιμοποιείται στο κλασσικό GSM για το signaling του MSC.

- Gf interface: Είναι το interface μεταξύ του SGSN και του Equipment Identification Register(EIR). Στο EIR καταγράφονται πληροφορίες για τους τύπους των κινητών τηλεφώνων που χρησιμοποιούνται. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να διαχωριστούν σε «μαύρες», «γκρίζες» και «λευκές» λίστες, ανάλογα αν το χρησιμοποιούμενο κινητό είναι κλεμμένο, υπό παρακολούθηση ή νόμιμο.

- Gc interface(optional): Συνδέει το GGSN με το Home Location Register. Υπάρχει περίπτωση ο GGSN να ζητήσει από το HLR την πληροφορία για το ποια είναι η τρέχουσα θέση του συνδρομητή.

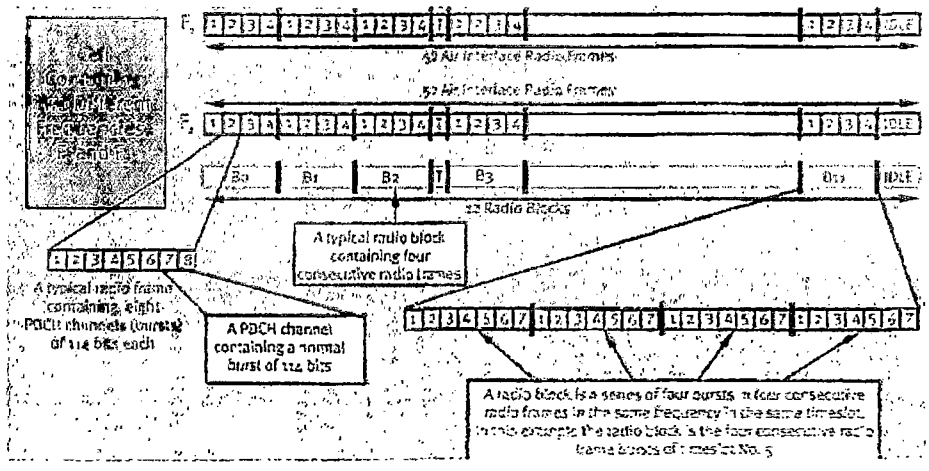
6.3.2.Σύστημα πρόσβασης στο GPRS δίκτυο(GPRS AIR INTERFACE)

Όπως ήδη αναφέραμε,το GPRS Air interface είναι παρόμοιο με αυτό του GSM. Υπάρχουν βέβαια και διαφορές. Τα 8 TDMA tsl του GSM(TCH), ονομάζονται τώρα Packet Data Channel(PDTCH). Κάθε τέτοιο tsl έχει 114 bits σε ρυθμό 33.8kbps. Κάθε PDCH, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πολλούς χρήστες.

'Οπως και στο GSM, εκτός από τα φυσικά κανάλια, που ήδη αναφέραμε, υπάρχουν και τα λογικά κανάλια. Τα κανάλια αυτά είναι αντίστοιχα με τα

λογικά κανάλια του GSM, γεγονός που πιστοποιείται και από την ονοματολογία τους όπου μπροστά από το κανάλι τοποθετείται το γράμμα P(εντός παρένθεσης είναι η GSM ονομασία. Αν μάλιστα δεν οριστεί σαφώς η ύπαρξη τους τότε χρησιμοποιούνται τα αντίστοιχα του GSM. Έτσι έχουμε το P(BCCH), P(CCCH), P(RACH), P(PCH), P(AGCH), P(ACCH), P(TCCH).

Μία διαφορά με το GSM, εντοπίζεται στο multiframe. Ενώ στο GSM το multiframe αποτελείται από 51 frames(1 TDMA frame περιέχει 8 tsl), στο GPRS το multiframe αποτελείται από 52 frames. Κάθε τέτοιο multiframe αποτελείται από 12 radio blocks των 4 TDMA radio frames , 2 κενά frames και 2 frames για το PTCCH. Τα παραπάνω φαίνονται στην εικόνα 14 .



Εικόνα 14:Δομή GPRS Air Interface

'Οπως φαίνεται και από την εικόνα το radio block στην ουσία αποτελείται από 4 tsl σε 4 διαδοχικά frames(tsl 2 στην εικόνα 14). Έτσι το ίδιο radio block μπορεί να χρησιμοποιηθεί από 8 διαφορετικούς χρήστες. Έτσι ένα multiframe μπορεί να εξυπηρετήσει 96 χρήστες.

Ο ρυθμός μετάδοσης εξαρτάται από τη μορφή κωδικοποίησης και τον αριθμό των tsl που χρησιμοποιούνται. Οι κωδικοποιήσεις(C1, C2, C3, C4) αυτές διαφέρουν στην δυνατότητα διόρθωσης λαθών. Η C1 έχει την υψηλότερη δυνατότητα ενώ, η C4 δεν παρέχει καμιά δυνατότητα διόρθωσης λαθών.

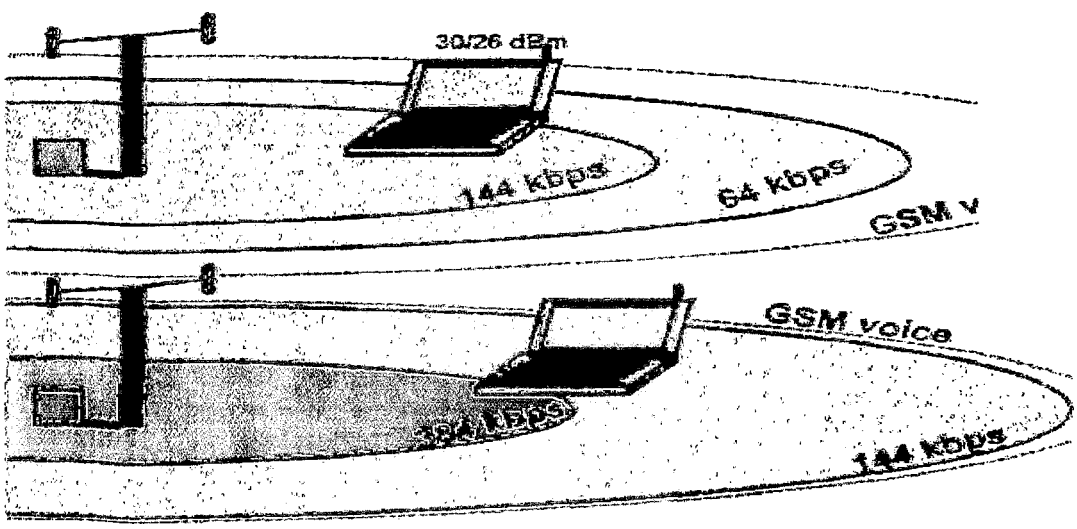
Ο GPRS συνδρομητής μπορεί να χρησιμοποιήσει περισσότερα του ενός tsl, κάτι που στο GSM δεν συμβαίνει. Οριακά μπορεί να χρησιμοποιήσει και τα 8(Αυτό αποτελεί επιλογή της εταιρείας που προσφέρει τέτοιες υπηρεσίες).

Με το παραπάνω δεδομένο, μπορούν να διαμορφωθούν διαφορετικοί τρόποι σύνδεσης. Μπορούμε για παράδειγμα να έχουμε ασύμμετρους ρυθμούς στο

uplink και στο downlink. Οι ρυθμοί μετάδοσης εξαρτώνται από το είδος της εφαρμογής και τον τηλεπικοινωνιακό φόρτο. Για παράδειγμα σε μια εφαρμογή video για το downlink χρειάζονται περισσότερα tsl, από ότι στο uplink. Και αν ακόμα ο χρήστης στο uplink χρειάζεται λιγότερο και από ένα tsl, αυτό μπορεί να διατεθεί με πολύπλεξη και σε άλλους.

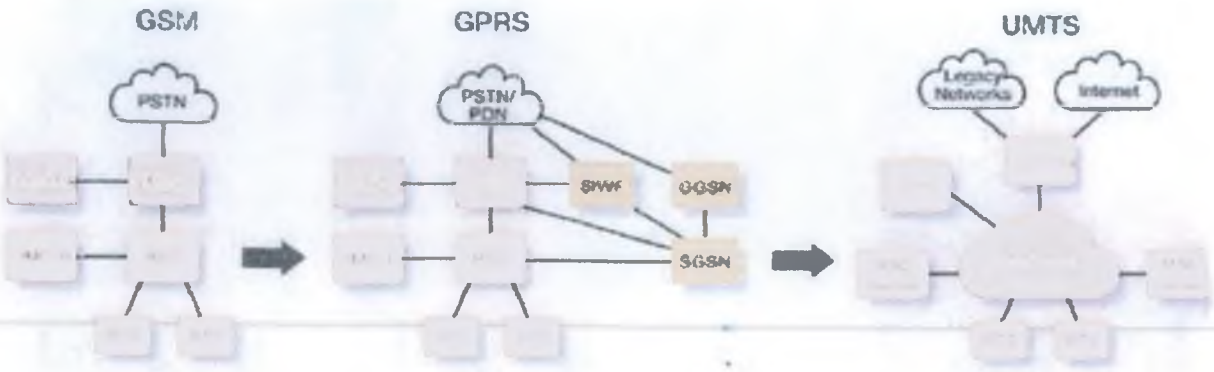
Με το σύστημα αυτό οι ρυθμοί μετάδοσης μπορούν να φτάσουν τα 384kbps. Για το λόγο αυτό το σύστημα ονομάζεται GSM384. Η βασική διαφορά από το GSM, είναι η αλλαγή στη διαμόρφωση που χρησιμοποιείται στο air interface. Ενώ στο GSM χρησιμοποιείται το Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK), στο EDGE χρησιμοποιείται το 8PSK. Μολονότι η διαμόρφωση αυτή περιορίζει την περιοχή κάλυψης, αυξάνει κατά πολύ το ρυθμό μεταγωγής δεδομένων.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι στην περίπτωση των HSCSD η χρήση του EDGE αυξάνει το ρυθμό από τα 14.4kbps στα 38.4kbps για κάθε tsl (εικόνα 15).



Εικόνα 15:Διαφορές ρυθμού μετάδοσης HSCSD/EDGE

6.4.Universal Mobile Telecommunications System(UMTS)



Σχήμα 14: Η μετάβαση στο UMTS

Το UMTS αποτελεί την κατάληξη της εξελικτικής πορείας στο χώρο των ασύρματων κυψελοειδών τηλεπικοινωνιών (σχήμα 14). Η εισαγωγή του έρχεται να καλύψει το κενό των κινητών επικοινωνιών σε B-ISDN, υπηρεσίες.

Επειδή η μετάβαση προς αυτό το σύστημα δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμα, με εξαίρεση την Ιαπωνία για περιορισμένο αριθμό συνδρομητών, η μελέτη του θέματος παρουσιάζει κάποια δυσκολία.

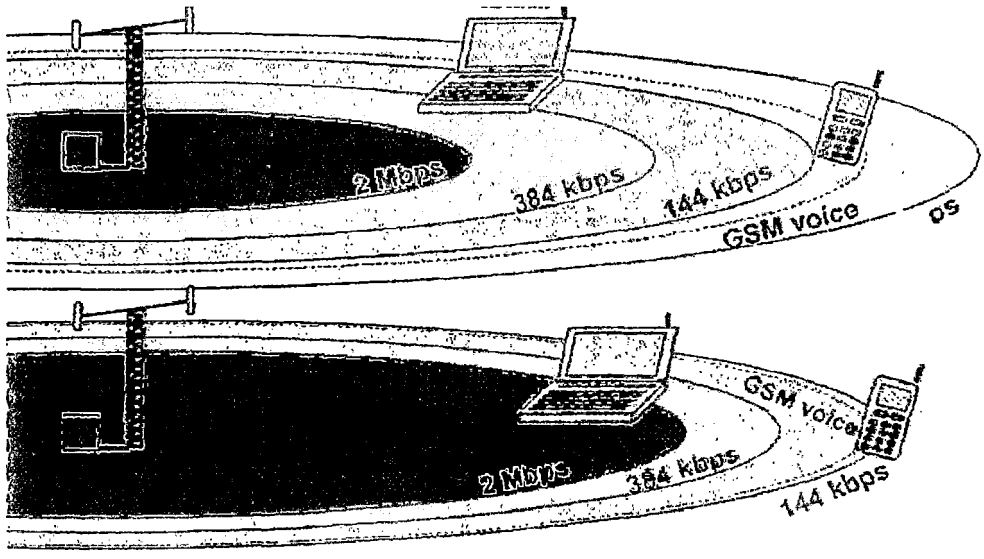
Η δυσκολία εντοπίζεται κυρίως στο προσδιορισμό της μορφής που θα έχουν τα δίκτυα τρίτης γενιάς. Ενώ για τα HSCSD, GPRS και EDGE, η κατάσταση είναι αρκετά ξεκαθαρισμένη, για το UMTS απομένουν λεπτομέρειες για να διευκρινιστούν. Έτσι είναι δύσκολο να γίνει άμεση αναφορά στα interface μεταξύ των διαφόρων στοιχείων των δικτύων.

Για την σχεδίαση λοιπόν των μελλοντικών δικτύων υπάρχουν τρεις κύριες προτάσεις:

- Independent design: Δηλαδή η σχεδίαση να γίνει από μηδενικής βάσης χωρίς να ληφθούν υπόψη τα υπάρχοντα δίκτυα.
- Second Generation Adaptation: Τα υπάρχοντα δίκτυα δεύτερης γενιάς να αποτελέσουν την βάση για τα μελλοντικά σχέδια και υπηρεσίες.

- Fixed Network Intergration: Η αρχιτεκτονική, η τεχνολογική υποδομή και οι υπηρεσίες θα αποτελέσουν τον οδηγό για την σχεδίαση των UMTS δικτύων. Όλα τα πρωτόκολλα το hardware και το software θα είναι συνδεδεμένα στα σταθερά δίκτυα (B-ISDN, N-ISDN, PSTN).

Επειδή το κόστος της επένδυσης είναι τεράστιο λογικά οι εταιρείες θα κινηθούν με τη δεύτερη λύση. Το μόνο που μοιάζει να είναι σίγουρο είναι ότι το σχήμα πρόσβασης στο δίκτυο(air interface) θα είναι το W-CDMA. Από άποψη ρυθμού δεδομένων, η τρίτη γενιά υπόσχεται 2Mbit σε μικρές αποστάσεις(και ακίνητο ή με χαμηλή ταχύτητα συνδρομητή), 384kbps σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις και 144kbps στις πιο απομακρυσμένες (εικόνα 16).



Εικόνα 16:Διαφορές ρυθμού μετάδοσης 2ης και 3ης γενίας

6.5.Συνοπτική περιγραφή του W-CDMA

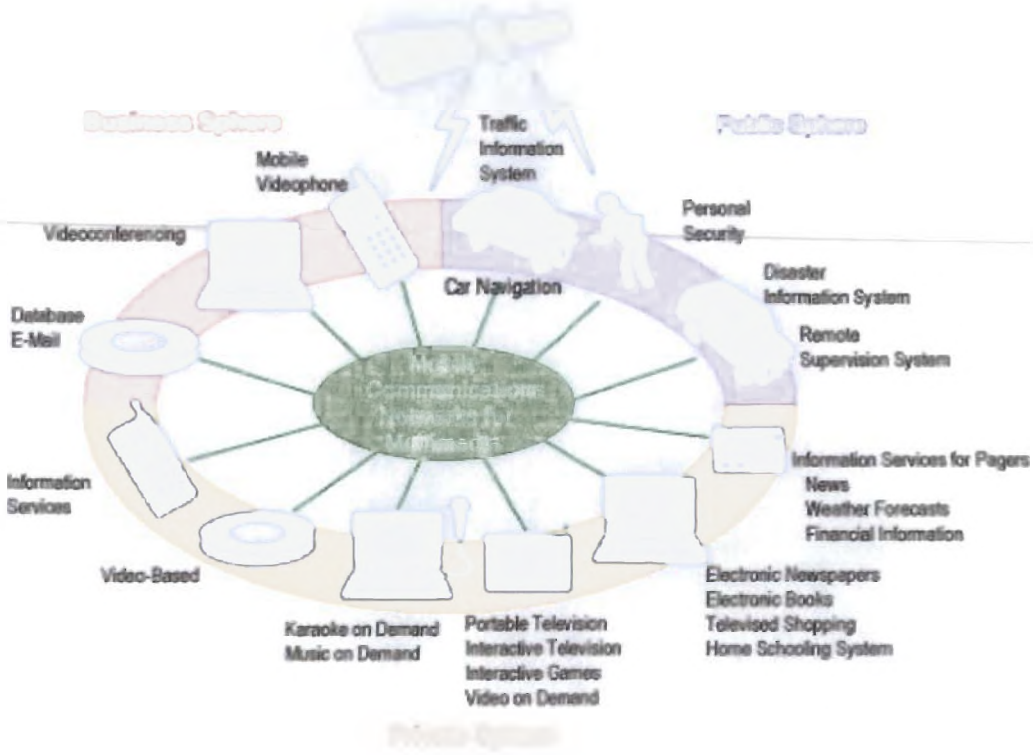
Το W-CDMA βασίζεται στις έννοιες Code Division Multiple Access και σήμα ευρέως φάσματος.

Η βασική ιδέα στα CDMA συστήματα περιγράφεται με τα ακόλουθα σημεία:

- Διεύρυνση του εύρους ζώνης κατά πολύ περισσότερο από το εύρος ζώνης της πληροφορίας.

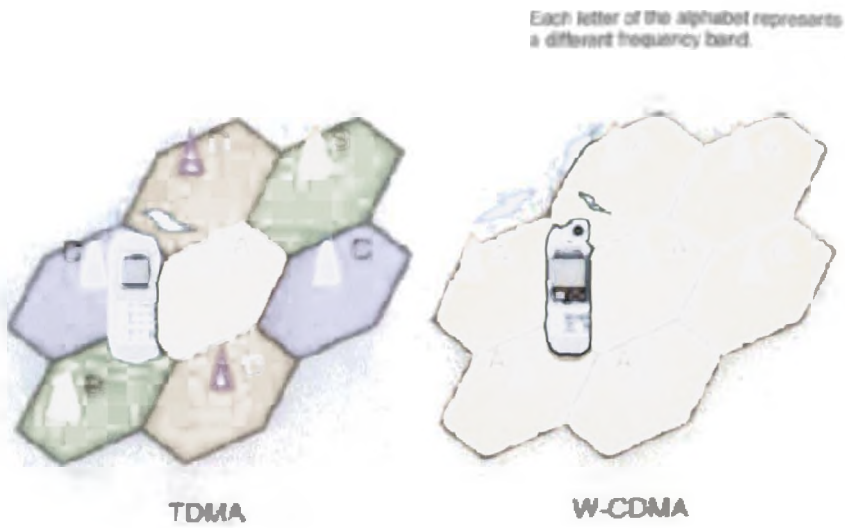
- Τελικό εύρος ζώνης ανεξάρτητο από το εύρος ζώνης της αρχικής πληροφορίας.

- Η διεύρυνση (διασκορπισμός) πραγματοποιείται με τη χρήση σήματος / κώδικα ανεξάρτητου από το σήμα πληροφορίας.



Σχήμα 15: Τρόποι χρήσης του W-CDMA

Αντίθετα με το TDMA, το CDMA δεν αποδίδει μια συγκεκριμένη συχνότητα σε κάθε χωριστή κυψέλη(Εικόνα 17). Αντίθετα αξιοποιεί όλο το διατιθέμενο φάσμα, για να διοχετευθούν πακέτα κωδικοποιημένων δεδομένων.



Εικόνα 17:Διαφορά TDMA/CDMA

Η ισχύς είναι μια κοινή πηγή για όλους τους χρήστες. Οι χρήστες χρησιμοποιούν τόση ισχύ ώστε η παρεμβολή να είναι ανεκτή.

Παραθέτουμε ακολούθως τις βασικές παραμέτρους του WCDMA:

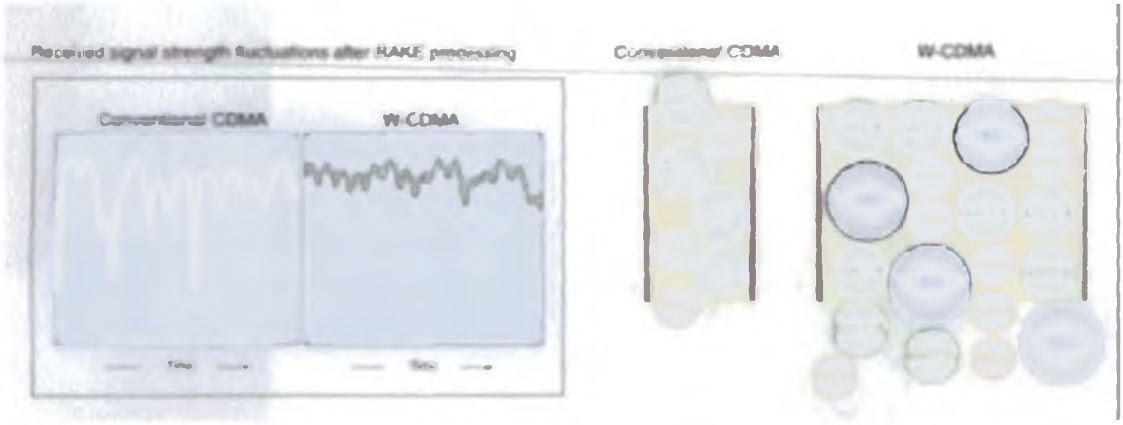
- Το WCDMA είναι ένα ευρυζωνικό σύστημα διασπορά φάσματος ευθείας ακολουθίας(DS-CDMA). Δηλαδή τα bit της πληροφορίας διαχέονται σε ένα μεγάλο εύρος ζώνης με πολλαπλασιασμό των δεδομένων με ημι-τυχαία bit (που ονομάζονται chips). Τα bit αυτά παράγονται από CDMA κώδικες διάχυσης.

- ρυθμός μετάδοσης των chips είναι 3.84MHz. Ο ρυθμός αυτός απαιτεί ένα φέρον με εύρος ζώνης 5MHz. Ένα τόσο ευρύ φέρον μπορεί να υποστηρίξει υψηλούς ρυθμούς μεταγωγής δεδομένων και γενικότερα δίνει πολλά άλλα πλεονεκτήματα. Κάθε εταιρεία παροχής τέτοιων υπηρεσιών μπορεί να μισθώσει από το κράτος, περισσότερα του ενός φέροντα για να βελτιώσει την χωρητικότητα του δικτύου. Τα φέροντα αυτά απέχουν 200kHz, στην περιοχή 4.4 έως 5MHz.

- Το WCDMA υποστηρίζει την λειτουργία Bandwidth on Demand.Σε κάθε χρήστη διατίθενται frames των 10ms. Στο διάστημα αυτό ο ρυθμός μεταγωγής δεδομένων παραμένει σταθερός. Εν τούτοις η χωρητικότητα σε δεδομένα μεταξύ των χρηστών μεταβάλλεται από frame σε frame. Αυτή η γρήγορη μεταβολή της διατιθέμενης χωρητικότητας θα καθορίζεται από το δίκτυο έτσι ώστε ο ωφέλιμος ρυθμός ροής πληροφοριών να είναι ο βέλτιστος.

- Το WCDMA υποστηρίζει δύο βασικούς τρόπους λειτουργίας. Ο ένας είναι ο Frequency Division Duplex(FDD). Στο FDD χρησιμοποιούνται διαφορετικά φέροντα για το uplink και το down link. Ο άλλος τρόπος είναι ο Time Division Duplex (TDD). Στο TDD και στο uplink και στο downlink χρησιμοποιείται η ίδια συχνότητα.

- Υποστηρίζει την δυνατότητα handover από το GSM



Εικόνα 17:Διαφορές CDMA/W-CDMA

Στο UTRA τα δεδομένα των ανωτέρων επιπέδων (layers) μεταδίδονται στο Air-IF με τα κανάλια μεταφοράς. Κάθε κανάλι μεταφοράς αντιστοιχίζεται (διακινείται) σε συγκεκριμένο φυσικό κανάλι και συνοδεύεται από το TFI (Transport Format Indicator).

➢ Κοινά κανάλια μεταφοράς (common transfer channels)

Τα κοινά κανάλια χρησιμοποιούνται από όλους τους χρήστες ή ομάδες χρηστών εντός μιας κυψέλης.

- BCH (Broadcast Control channel)
- FACH (Forward Access Channel)
- PCH (Paging Channel)
- RACH (Random Access Channel)
- CPCH (Common Packet Channel)
- DSCH (Downlink Share Channel)

➢ Αποκλειστικά κανάλια μεταφοράς (dedicated transfer channels)

Κάθε αποκλειστικό κανάλι διατίθεται σε συγκεκριμένο χρήστη.
Τα DCH (Dedicated Channels αντιστοιχίζονται (διακινούνται) σε 2 φυσικά κανάλια:

- DPDCH (Dedicated Physical Data Channel)
- DPCCH (Dedicated Physical Control Channel)

Κεφάλαιο 7

ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ GSM 900-1800

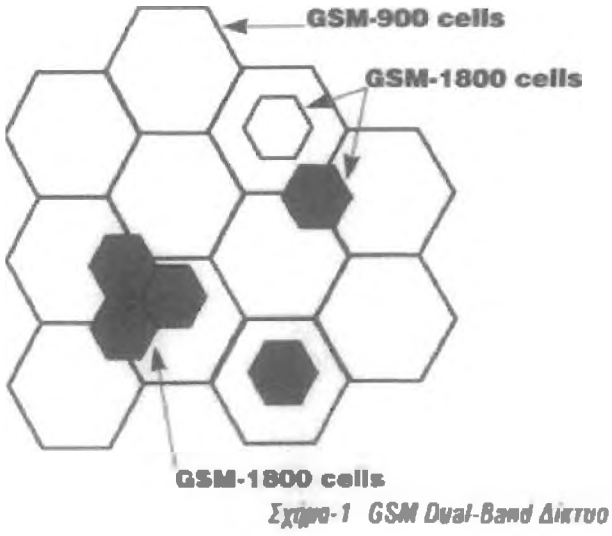
Το υψηλό ποσοστό διείσδυσης της κινητής στην ελληνική αγορά, αλλά και ο ανάλογος ρυθμός αύξησης των συνδρομητών κατέστησαν επιτακτική την ανάγκη για μεγαλύτερη χωρητικότητα και υψηλότερη ποιότητα υπηρεσιών. Το σύστημα GSM, παρόλο που οι προδιαγραφές του καταρτίστηκαν σε μεγάλο βαθμό στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας, εξακολουθεί να παρακολουθεί "ανελλιπώς" τις νέες εξελίξεις και να μπορεί να ανταποκριθεί με απόλυτη επιτυχία στις σύγχρονες απαιτήσεις. Η λύση ήταν τα δίκτυα dual band, μια λύση "δύο σε ένα" που επέτρεψε την ανάπτυξη των δικτύων, χωρίς τους περιορισμούς του παρελθόντος.

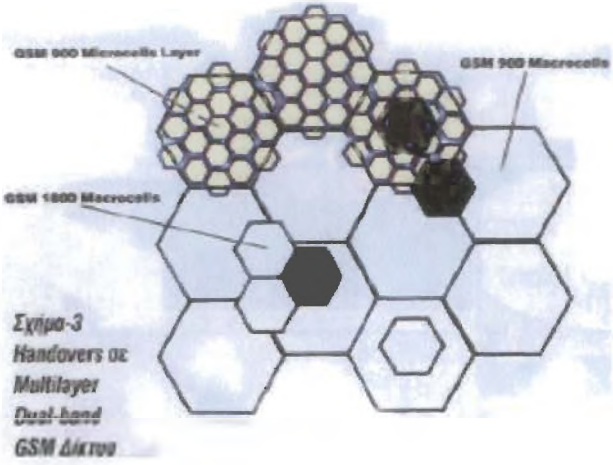
Τα dual band GSM δίκτυα έρχονται να δώσουν λύση στις προαναφερθείσες απαιτήσεις: εάν κάποιο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας διαθέτει άδεια λειτουργίας, τόσο για το GSM-900, όσο και για το GSM-1800, μπορεί να κάνει ταυτόχρονη χρήση των δύο αυτών συστημάτων, παρέχοντας "διαφανή" handovers ανάμεσα στις δύο ζώνες συχνοτήτων, χωρίς αυτό να γίνεται αντιληπτό από τον "κινητό" συνδρομητή, με την προϋπόθεση, βέβαια, ότι ο συνδρομητής διαθέτει τερματική συσκευή, που να υποστηρίζει, ταυτόχρονα, τα δύο αυτά συστήματα (dual-band terminal). Καθόλου δύσκολο, δεδομένου ότι εδώ και τέσσερα περίπου χρόνια οι περισσότεροι κατασκευαστές έχουν σταματήσει την παραγωγή συσκευών single band.

Η ζώνη συχνοτήτων του GSM-1800 (2x85 MHz) παρέχει τριπλάσιο φάσμα συχνοτήτων από το GSM-900 (2x35 MHz) και σημαντικά μεγαλύτερο φάσμα ακόμη και από το EGSM-900 (2x75 MHz), αποτελώντας έτσι την ιδανική λύση για την επέκταση ενός GSM-900 δικτύου, το οποίο έχει φτάσει σε τέτοιο σημείο ωρίμανσης, ώστε να βρίσκεται στα όρια της χωρητικότητας και των δυνατοτήτων του. Ο τρόπος, βέβαια με τον οποίο θα χρησιμοποιηθεί το επιπλέον φάσμα εξαρτάται από τη νομοθεσία, το ανταγωνιστικό περιβάλλον κάθε χώρας και τις... διαπραγματεύσεις με τις αρμόδιες αρχές. Στη χώρα μας π.χ. παρουσιάστηκε το φαινόμενο άσκησης πίεσης από πλευράς υπουργείου στα δίκτυα, ώστε να αυξήσουν τη χωρητικότητά τους, ιδιαίτερα μετά τους σεισμούς. Παράλληλα, το ίδιο το υπουργείο παρέμενε αδιάλλακτο, όσον

αφορά το ποσό που θα έπρεπε να καταβληθεί ως αντίτιμο "για μια χούφτα μεγάκυκλους".

Εκτός από την αύξηση της χωρητικότητας, το επιπλέον φάσμα συχνοτήτων, που παρέχεται από το GSM-1800 σύστημα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υπηρεσίες υψηλής ποιότητας, που απαιτούν μεγαλύτερο φάσμα συχνοτήτων, όπως είναι το GPRS, το οποίο χρησιμοποιεί, ταυτόχρονα, περισσότερες της μίας χρονοθυρίδες (multislot). Με δεδομένη την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση για υπηρεσίες data, το GPRS αποτελεί μια εξαιρετική ευκαιρία για τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, δίνοντάς τους την ευκαιρία να παρέχουν διαφοροποιημένες υπηρεσίες, που θα τα καταστήσουν πιο ανταγωνιστικά. Με τον τρόπο αυτό, μπορούν να παρέχουν καλύτερες και περισσότερες υπηρεσίες στον "κινητό" συνδρομητή, με αποτέλεσμα τη θεαματική αύξηση των εσόδων τους.

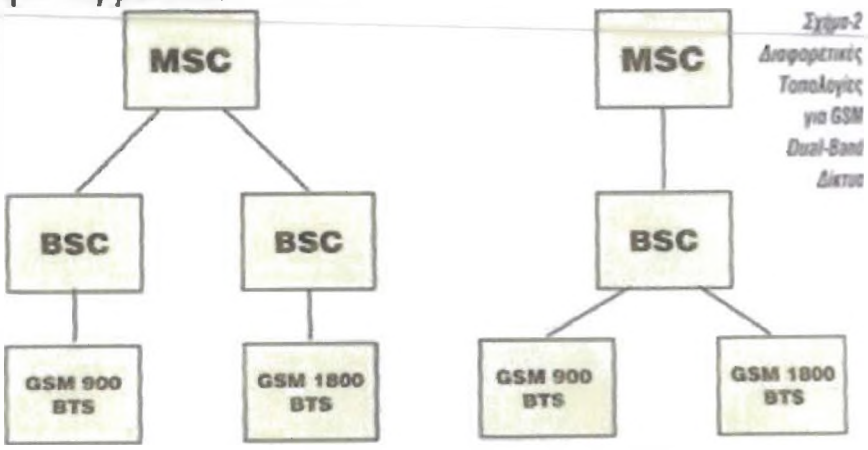




Σχήμα 16/17: Διαφορές GSM-900/1800

Τα dual-band δίκτυα προσφέρουν τη δυνατότητα "συμπλήρωσης" του υπάρχοντος GSM-900 δικτύου από το GSM-1800 δίκτυο, αυξάνοντας έτσι τη χωρητικότητα του συστήματος. Η επικάλυψη μπορεί να γίνει είτε σε ολόκληρη την επικράτεια, είτε σε μεμονωμένες περιοχές, όπου παρατηρείται υψηλή τηλεφωνική κίνηση (hot-spots), όπως φαίνεται στο σχήμα-1. Το ETSI έχει προσδιορίσει ένα classmark, το οποίο αποστέλλεται από το dual-band τερματικό στο BSS και το οποίο πληροφορεί το δίκτυο ότι υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης και των δύο φασματικών περιοχών. Τα dual-band τερματικά έχουν τη δυνατότητα να μετρούν την ένταση του λαμβανόμενου σήματος στις δύο ζώνες συχνοτήτων και να ενημερώνουν σχετικά το BSS. Το BSS με τη σειρά του, συνδυάζοντας τις πληροφορίες από το classmark και από τα αποτελέσματα των προαναφερθεισών μετρήσεων, επιλέγει την κατάλληλη κυψέλη για το κινητό τερματικό.

Σημαντικός παράγοντας για την επιτυχία των dual-band δικτύων είναι ο σωστός σχεδιασμός τους, με τη χρησιμοποίηση της κατάλληλης τοπολογίας. Στο σχήμα 18, απεικονίζονται δύο διαφορετικές τοπολογίες, οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία.

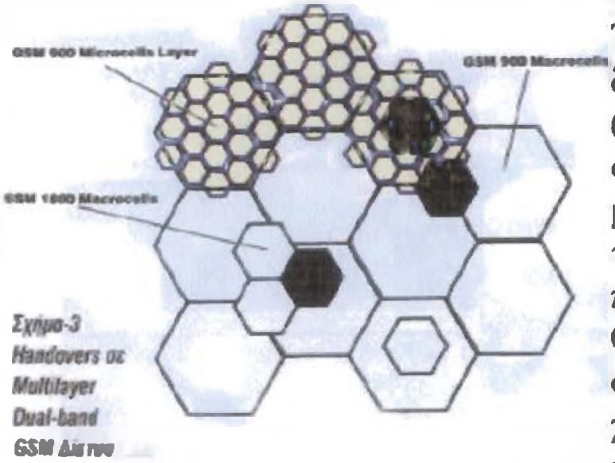


Σχήμα 18:Τοπολογίες GSM-900/1800

Το κόστος για την αναβάθμιση ενός GSM-900 δικτύου σε dual-band (GSM-900 και GSM-1800) είναι εξαιρετικά χαμηλό, καθώς οι περισσότεροι πόροι του συστήματος χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα και για τις δύο ζώνες συχνοτήτων. Απαιτείται μόνον η προσθήκη επιπλέον BTS, καθώς και ειδικό software για τη βέλτιστη δρομολόγηση των κλήσεων ανάμεσα στις δύο ζώνες συχνοτήτων , προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη χωρητικότητα του δικτύου. Το ίδιο MSC μπορεί να υποστηρίξει τα BSSs και των δύο συστημάτων. Οι ρυθμίσεις που καθορίζουν τη λειτουργία του dual-band δικτύου μπορούν να γίνουν είτε στο MSC είτε από το BSC (το οποίο είναι πιο κατάλληλο για τη διαχείριση των handovers και τη μετάβαση από τη μία φασματική περιοχή στην άλλη). Επίσης, το ίδιο OMC-R, καθώς και το ίδιο OMC-S χρησιμοποιούνται και για τις δύο φασματικές περιοχές. Ο ήδη εγκατεστημένος εξοπλισμός του GSM-900 δικτύου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να στεγάσει και τους σταθμούς βάσης του GSM-1800 δικτύου. Παρόλο που απαιτείται διαφορετικό control link για κάθε BTS, τα BTSs των δύο διαφορετικών

συστημάτων δεν παρουσιάζουν καμία αρνητική αλληλεπίδραση και μάλιστα μπορούν να συνδεθούν στην ίδια leased line, με τη μέθοδο του "drop and insert". Επειδή η τυπική τιμή, για την ακτίνα κυψέλης στα GSM-1800 δίκτυα είναι περίπου 1 km, δε θα χρειαστούν επιπλέον BTSs στις περιοχές με υψηλή τηλεφωνική κίνηση (και επομένως με μικρή ακτίνα κυψέλης).
Στις περιοχές, όμως, με χαμηλότερη τηλεφωνική κίνηση (όπου η ακτίνα κυψέλης είναι μεγαλύτερη) , θα χρειαστεί είτε να εγκατασταθούν περισσότερα GSM-1800 BTSs, είτε να χρησιμοποιηθούν GSM-1800 κυψέλες με έξι sectors. Εκτός, όμως, από τη δυνατότητα συνεγκατάστασης BTSs για GSM-900 και GSM-1800, υπάρχει και η δυνατότητα χρησιμοποίησης BTSs ,που λειτουργούν ταυτόχρονα και στις δύο ζώνες συχνοτήτων (dual-band BTSs). Τα dual-band BTSs είναι δυνατό να αποτελούνται είτε από διαφορετικό cabinet για κάθε ζώνη συχνοτήτων (οπότε συνδέονται μεταξύ τους και αποτελούν μία λογική μονάδα BTS), είτε από ένα μοναδικό cabinet και για τις δύο ζώνες συχνοτήτων.

Παρόλο που έγιναν προσπάθειες να χρησιμοποιηθεί ένα μοναδικό BCCH (Broadcast Control Channel) και για τους δύο τύπους BTSs, που είναι εγκατεστημένοι στο ίδιο σημείο (γεγονός που θα αύξανε σημαντικά τη χωρητικότητα των dual-band δικτύων), φαίνεται ότι αυτό δεν είναι εφικτό, για δύο .κυρίως λόγους:

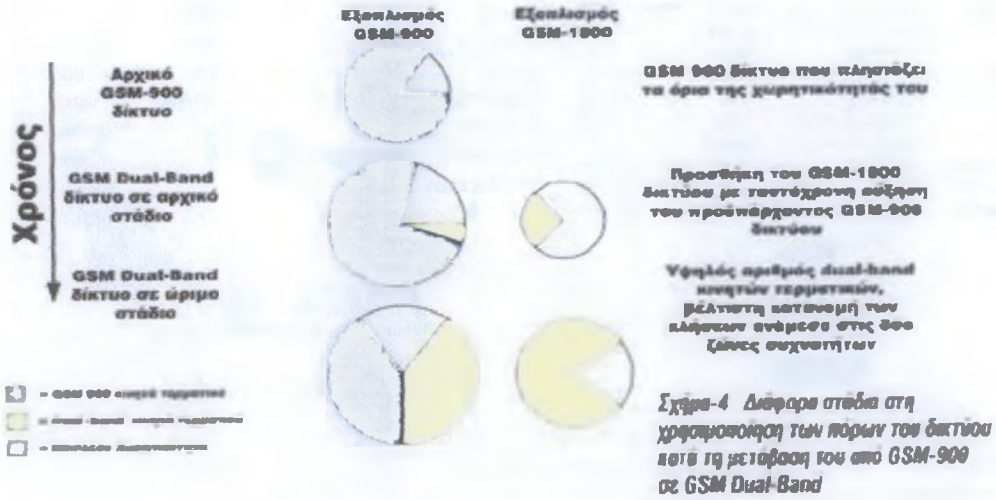


Σχήμα-3 Handovers σε Multilayer Dual-band GSM Δίκτυο

Τα BTS, που έχουν κεραίες με διαφορετικό διάγραμμα ακτινοβολίας (radiation pattern) για κάθε περιοχή συχνοτήτων, παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές στη διαφορά της μέσης τιμής της ισχύος του σήματος στις δύο περιοχές συχνοτήτων.
Οι κεραίες των dual-band τερματικών, σε περίπτωση αλληλεπίδρασης με το χέρι ή το κεφάλι του συνδρομητή, προκαλούν de-correlation στις διακυμάνσεις της μέσης τιμής της ισχύος του σήματος στις δύο περιοχές συχνοτήτων.
Θα πρέπει να επισημάνουμε το γεγονός ότι τα επιπλέον BTS που απαιτούνται για τα dual-band δίκτυα είναι δυνατό να προέρχονται από οποιοδήποτε GSM κατασκευαστή, ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή του ήδη εγκατεστημένου GSM δικτύου. Το handover μπορεί να γίνει ανάμεσα σε οποιοδήποτε επίπεδο (layer) των δύο συστημάτων (GSM-900 και GSM- 1800), όπως φαίνεται στο σχήμα-3. Ως κριτήρια για το handover λαμβάνονται κυρίως η ισχύς και η ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος, καθώς και επιπλέον πληροφορίες που απαιτούνται,προκειμένου να γίνει handover ανάμεσα σε δύο διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων. Ενδεικτικά, αναφέρεται η περίπτωση, κατά την οποία μπορεί να γίνει handover από τη

μία ζώνη συχνοτήτων στην άλλη, εξαιτίας της τηλεπικοινωνιακής συμφόρησης που μπορεί να παρατηρηθεί στη μία από τις δύο ζώνες συχνοτήτων.

Ας εξετάσουμε την πιθανότητα επέκτασης ενός δικτύου GSM-900 στη ζώνη συχνοτήτων του GSM-1800. Αρχικά, ο αριθμός των dual-band κινητών τερματικών θα είναι περιορισμένος και το δίκτυο θα πρέπει να επενδύσει σε εξοπλισμό για GSM-1800 (κυρίως BTSs). Καθώς ο αριθμός των "κινητών" συνδρομητών, που χρησιμοποιούν dual-band τερματικά αυξάνεται, η διαθέσιμη χωρητικότητα για τους "κινητούς" συνδρομητές που χρησιμοποιούν GSM-900 τερματικά θα σημειώνει ανάλογη αύξηση. Αντίστοιχα, θα διασφαλίζεται η διαθέσιμη χωρητικότητα για τους κινητούς συνδρομητές, που διαθέτουν dual-band κινητά τερματικά. Στο σχήμα 20 παριστάνεται η μεταβολή στη χρησιμοποίηση των πόρων του δικτύου κινητής τηλεφωνίας με την πάροδο του χρόνου.



Σχήμα 20:Μεταβολή πόρων του δικτύου

Συμπερασματικά, μπορεί να ειπωθεί ότι τα GSM dual-band δίκτυα αποτελούν την ενδεδειγμένη λύση για άμεση διασφάλιση της χωρητικότητας και της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών στα GSM-900 δίκτυα, που βρίσκονται πλέον σε ώριμο στάδιο. Εξάλλου, με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών παρέχεται η δυνατότητα κάλυψης υψηλών απαιτήσεων των συνδρομητών, προσφέρονται νέες υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας και διασφαλίζονται οι επενδύσεις των δικτύων κινητής τηλεφωνίας.

Βιβλιογραφία

Περιοδικά

1)Computer Networks, The International Journal of Computer and Telecommunications Networking,April 2001

2)European Transactions on Telecommunications,April 2001

3)Network Computing,October 2001

4)Wireless Insider,October 13, 2001

Βιβλία

1) Mobile Cellular Telecommunications-Analog and Digital Systems , Lee W.C.Y.,1993

2) Cellular Communications for Data Transmission, Flack M., Gronow M. N.C.C.,1993

3) Overview of the GSM System and Protocol Architecture , Moe Rahnema 1993

4) Telecommunication Transmission Systems , Robert G. Winch,1993

5) Ανδρέας Πομπόρτσης , Εισαγωγή στις Νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών,Εκδόσεις Α.Τζιόλα ,1997

Ιστοσελίδες

1) www.panwebil.com

2) www.gem.com

3) www.panarena.com

4) www.pan.uni.edu

5) www.elnet.gr/uoa

6) www.dpa.uoa.gr

7) www.dp-panteion.com

8) www.fin.gr/dp

9) www.dpkeiep.com