

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ



ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΧΡΗΣΤΙΔΗΣ ΜΙΧΑΗΛ

A.M 4070

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:	: Κινητα Συστη-Ματα/Δικτυα	3
1.1	ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	3
1.2	ΣΤΑΘΜΟΙ ΒΑΣΗΣ.....	5
1.3	ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ, ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗ,ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	5
1.4	ΛΟΙΠΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:	Τροπος Λειτουργιας Κινητων Συστηματων	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:	Συστήματα 1 ^{ΗΞ} Γενιάς.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:	Συστηματα 2 ^{ΗΞ} Γενιας	14
4.1	Καθολικό σύστημα για κινητή επικοινωνία (GSM).....	19
4.2	Extended TDMA (E-TDMA) TM	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:	Ψηφιακο Κυψε-Λοειδες Συστημα Πακετων (Γε-Νια 2.5).....	21
5.1	Ενισχυμένοι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων για καθολική επέκταση (EDGE).....	22
5.2	Εξέλιξη Μόνο δεδομένων (Evolution Data Only – 1xEVDO)	23
5.3	ξέλιξη δεδομένων και φωνής (Evolution Data and Voice – 1xEVDV)	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:	Ευρυζωνικο Ψηφιακο Κυψελοειδες Συστημα Πακετων (Γενια 3)	24
6.1	Σύστημα WCDMA.....	25
6.2	CDMA 2000.....	25
6.3	Time Division CDMA.....	26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: : ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ/ΔΙΚΤΥΑ

1.1 ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

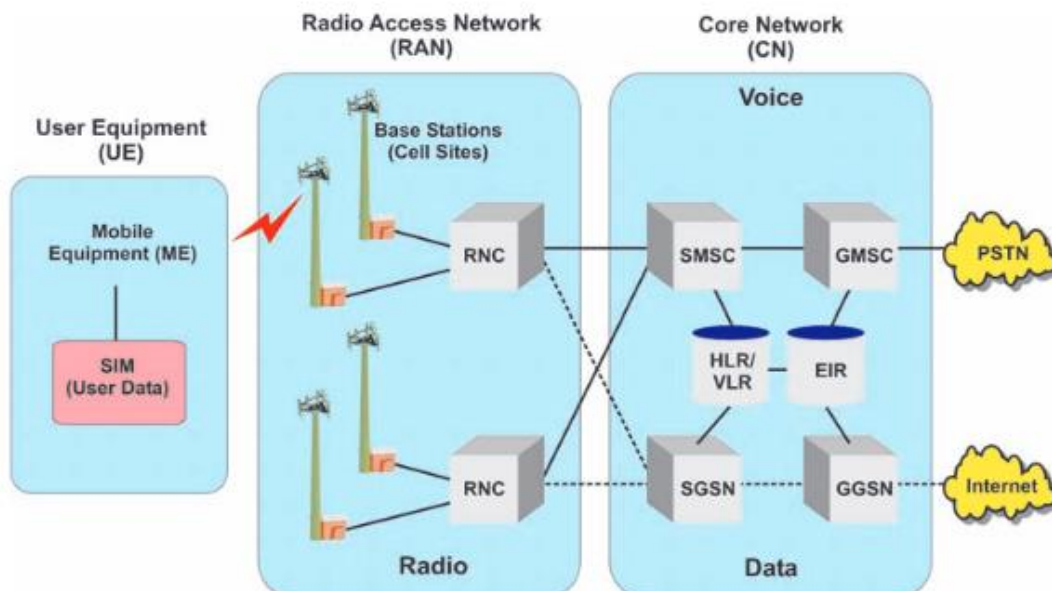
Τα κινητά συστήματα αποτελούνται από σταθμούς βάσης (BS), συστήματα ανταλλαγής και επιμέρους συναρτήσεις επεξεργασίας δεδομένων. Τα κινητά δίκτυα συνδέουν ασύρματες συσκευές μέσω γειτονικών πύργων εκπομπής ραδιοκυμάτων, οι οποίοι δρομολογούν τις κλήσεις μέσα από διακοπτικά συστήματα σε άλλα ασύρματα δίκτυα ή ασύρματα τηλέφωνα.

Η δημιουργία και η διαχείριση ενός ασύρματου δικτύου περιλαμβάνει επιλογή και εγκατάσταση εξοπλισμού, διασύνδεση στα δημόσια διακοπτικά τηλεφωνικά δίκτυα (PTSN) και άλλα δίκτυα όπως είναι το ίντερνετ.

Ένα κινητό σύστημα χρησιμοποιεί είτε ένα κινητό διακοπτικό κέντρο (MSC) για μετάδοση φωνής και δεδομένων μεσαίας ταχύτητας ή ένα κόμβο εξυπηρέτησης πακέτων δεδομένων (PDSN) που παρέχει υπηρεσίες επεξεργασίας πακέτων δεδομένων. Το MSC συντονίζει τη συνολική δρομολόγηση των κλήσεων κατά μήκος όλου του ασύρματου δικτύου. Το PDSN διασφαλίζει ότι τα πακέτα που προέρχονται από τις κινητές συσκευές θα φτάσουν στον προορισμό τους.

Η επόμενη εικόνα δείχνει ένα απλοποιημένα λειτουργικό διάγραμμα ενός κινητού δικτύου. Από το διάγραμμα αυτό μπορούμε να συμπεραίνουμε ότι ένα κινητό σύστημα αποτελείται από 3 βασικά μέρη:

- Τον εξοπλισμό του χρήστη (UE).
- Το ασύρματο δίκτυο εκπομπής ραδιοσυχνοτήτων (RAN)
- Ένα βασικό δίκτυο διασύνδεσης (CN)



Ο εξοπλισμός του χρήστη χωρίζεται σε 2 μέρη. Τον ασύρματο εξοπλισμό (ME) και τη κάρτα SIM. Το ασύρματο δίκτυο εκπομπής ραδιοσυχνοτήτων αποτελείται από σταθμούς βάσης και από ελεγκτές σταθμών βάσεων. Το βασικό δίκτυο διασύνδεσης υποδιαιρείται στο τμήμα διακοπτικού κυκλώματος για μετάδοση φωνής και στο τμήμα μετάδοσης πακέτων. Το τελευταίο τμήμα περιλαμβάνει την υπηρεσία εξυπηρέτησης γενικών ραδιοπακέτων (GPRS), ένα κόμβο υποστήριξης (SGSN) και μία πύλη εξόδου (GMSC) για την υπηρεσία GPRS. Το SGSN συνδέεται στο σύστημα RAN και η πύλη εξόδου GMSC συνδέεται σε δίκτυα δεδομένων όπως είναι το Internet.

1.2 ΣΤΑΘΜΟΙ ΒΑΣΗΣ

Οι σταθμοί βάσης μπορεί να είναι αυτόνομα συστήματα μετάδοσης ή τμήμα ενός κυψελοειδούς συστήματος και αποτελείται από ένα σύστημα με κεραία (συνήθως έναν πύργο εκπομπής ραδιοσυχνοτήτων), ένα κτίριο και ασύρματο εξοπλισμό.

Οι πομποδέκτες των σταθμών βάσεων περιλαμβάνουν τα ίδια μέρη με τις ασύρματες συσκευές, αλλά έχουν επιπρόσθετες λειτουργίες. Το τμήμα εκπομπής συχνοτήτων του πομποδέκτη υποδιαιρείται σε τμήμα πομπού και σε τμήμα δέκτη. Το τμήμα πομπού μετατρέπει ένα σήμα φωνής ή ένα σήμα δεδομένων σε ραδιοσυχνότητα για μετάδοση σε ασύρματες συσκευές, ενώ το τμήμα δέκτη μετατρέπει τις ραδιοσυχνότητες που λαμβάνει από την ασύρματη συσκευή σε σήματα φωνής ή δεδομένων τα οποία δρομολογούνται σε συνέχεια στο δίκτυο ανταλλαγής πακέτων. Το τμήμα του ελεγκτή διαχειρίζεται την εισαγωγή και την εξαγωγή των σημάτων πληροφορίας. Σε αντίθεση με τις ασύρματες συσκευές, όπως οι φορητοί υπολογιστές και τα ασύρματα τηλέφωνα ο πομποδέκτης και ο ελεγκτής μπορούν να ομαδοποιηθούν μέσα στον εξοπλισμό. Για παράδειγμα, μια απλή συσκευή μπορεί να περιλαμβάνει όλους τους ραδιοεπισχυτές και τις κάρτες μετάδοσης φωνής. Σε αντίθεση με τα αναλογικά συστήματα ή τα παλιά ψηφιακά κινητά συστήματα, τα οποία είχαν έναν δέκτη σε κάθε σταθμό βάσης για ένα κανάλι ελέγχου, το κινητό σύστημα συνδυάζει κανάλια ελέγχου και κανάλια φωνής σε ένα μοναδικό φυσικό ραδιοκανάλι.

Το κινητό διακοπτικό κέντρο (Mobile switching center – MSC) επεξεργάζεται αιτήσεις εξυπηρέτησης από κινητές και σταθερές συσκευές και δρομολογεί τις κλήσεις μεταξύ των σταθμών βάσεις του δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου (PSTN).

1.3 ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ, ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗ, ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Πιστοποίηση (Authentication) είναι η διαδικασία ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ μιας συσκευής επικοινωνίας (συνήθως ενός κινητού τηλεφώνου) ενός δικτύου επικοινωνίας που επιτρέπει την επιβεβαίωση της πραγματικής αθωότητας του χρήστη ή της συσκευής.

Η εξουσιοδότηση (Authorization) είναι η διαδικασία απονομής δικαιωμάτων πρόσβασης σε χρήστες ή ομάδες.

Η λογιστικοποίηση (Accounting) είναι η μέθοδος παρακολούθησης για το ποιος ή τι εκτέλεσε μια συγκεκριμένη ενέργεια, όπως π.χ. ο εντοπισμός της σύνδεσης ενός χρήστη και την καταγραφή των χρηστών του συστήματος.

1.4 ΛΟΙΠΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ένα κινητό σύστημα επικοινωνίας περιλαμβάνει και τα ακόλουθα στοιχεία:

- Κέντρο Μηνυμάτων (Message Center) Είναι ένας κόμβος ή μια λειτουργία δικτύου εντός ενός δικτύου επικοινωνίας το οποίο φιλοξενεί μηνύματα τα οποία στέλνονται και λαμβάνονται μέσω της υπηρεσίας σύντομων μηνυμάτων (SMS).
- Κόμβος υποστήριξης της υπηρεσίας εξυπηρέτησης γενικών ραδιοπακέτων (SGSN) □ Ο κόμβος αυτός συντονίζει τη λειτουργία των ραδιοπακέτων τα οποία μεταδίδονται εντός του εύρους εξυπηρέτησης. Ο κόμβος SGSN λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο όπως και το MSC με τη διαφορά ότι εκτελεί μεταγωγή πακέτων και όχι μεταγωγή κυκλώματος.
- Κόμβος υποστήριξης για πύλη εξόδου GPRS. Ο κόμβος αυτός είναι ένα σύστημα μεταγωγής πακέτων που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση του δικτύου μεταγωγής GPRS πακέτων με άλλα δίκτυα μεταγωγής πακέτων όπως είναι το internet
- Ελεγκτής σταθμού βάσης (Base Station Controller – BSC) Ο ελεγκτής αυτός επιτρέπει σε δύο ή περισσότερους δέκτες σταθμών βάσης να επικοινωνούν με ένα κινητό διακοπτικό κέντρο (Switching Center) και/ή με ένα κέντρο μεταγωγής πακέτων. Ο ελεγκτής αυτός είναι γνωστός και με το όνομα ελεγκτής ραδιοδικτύου (Radio Network Controller – RNC)
- Σύστημα φωνητικών μηνυμάτων (Voice Message System – VMS) Το σύστημα φωνητικών μηνυμάτων επιτρέπει σε ένα συνδρομητή να λάβει και να ακούσει μηνύματα από μια απομακρυσμένη τοποθεσία (π.χ. ένα κινητό τηλέφωνο). Το σύστημα VMS αποτελείται πρωταρχικά από μνήμη αποθήκευσης για μηνύματα, τηλεφωνική διεπαφή για τη σύνδεση στο

σύστημα επικοινωνίας καθώς και στοιχεία για ηχογράφηση και αναπαραγωγή μηνυμάτων

- Δικτυακές Βάσεις Δεδομένων (Network Databases) Οι βάσεις αυτές είναι συστήματα αποθήκευσης και ανάκτησης πληροφορίας τα οποία είναι προσπελάσιμα μέσω δικτύου. Υπάρχουν πολλές δικτυακές βάσεις δεδομένων σε ένα κινητό δίκτυο. Για παράδειγμα υπάρχουν βάσεις δεδομένων για επικύρωση και επιβεβαίωση χρηστών, βάσεις δεδομένων για χρέωση ποσών κλπ.
- Αρχική τοποθεσία εγγραφής (Home Location Register – HLR) Μια βάση δεδομένων η οποία περιέχει τόσο την διεθνή ταυτότητα του συνδρομητή της κινητής επικοινωνίας (IMSI) όσο και τον αναγνωριστή του φορητού εξοπλισμού του χρήστη που χρησιμοποιούνται για να αναγνωρίζουν μονοσήμαντα τον κάθε πελάτη. Το HLR περιλαμβάνει το προφίλ του πελάτη με πληροφορίες όπως η εταιρία επικοινωνίας που έχει επιλέξει, τα ποσά χρέωσης του, και άλλες δικτυακές επιλογές.
- Τοποθεσία καταγραφής επισκέπτη (Visitor Location Register – VLR) Είναι επίσης μία βάση δεδομένων που κρατάει την πληροφορία του κάθε πελάτη όταν αυτός ως επισκέπτης χρησιμοποιεί κάποιο άλλο δίκτυο.
- Κέντρο πιστοποίησης (Authentication center – AuC) Το κέντρο πιστοποίησης αποθηκεύει και επεξεργάζεται πληροφορία η οποία απαιτείται για την επικύρωση της ταυτότητας μιας ασύρματης συσκευής πριν την παροχή υπηρεσιών στη συσκευή αυτή.
- Δίκτυο κορμού IP (IP backbone Network) Ένα δίκτυο κορμού είναι η βασική δομή ενός δικτύου η οποία συνδέει πολλά δικτυακά στοιχεία μεταξύ τους. Το σύστημα αυτό είναι συνήθως ένα δίκτυο επικοινωνίας υψηλής ταχύτητας όπως το ATM ή το FDDI και αποτελείται από μεταγωγής υψηλής ταχύτητας και γραμμές επικοινωνίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Στην ενότητα αυτή θα περιγράψουμε την λειτουργία των ασύρματων και φορητών συσκευών. Η λειτουργία αυτή περιλαμβάνει ένα σύνολο ενεργειών που εκτελούνται για να διασφαλίσουν της βασικές λειτουργίες όπως π.χ. αρχικοποίηση της πληροφορίας όταν ανοίγει η συσκευή, καταγραφή πληροφορίας ελέγχου, προσπέλαση του συστήματος, και δημιουργία συνόδων επικοινωνίας.

Ποιο συγκεκριμένα όταν η κινητή συσκευή ανοίγει για πρώτη φορά εκτελεί μια διαδικασία αρχικοποίησης σαρώνοντας όλα τα διαθέσιμα ραδιοκανάλια για να ανακαλύψει κανάλια ελέγχου. Αν ανακαλύψει περισσότερα από ένα κανάλια ελέγχου τότε θα συγχρονιστεί με το κανάλι που έχει το ισχυρότερο ή το ποιοτικότερο σήμα. Στη συνέχεια θα συγχρονιστεί χρονικά με το κανάλι ελέγχου που εντόπισε. Κατόπιν θα κάνει καταγραφή στο σύστημα προκειμένου το σύστημα να δρομολογεί τις εισερχόμενες κλήσεις στις κατάλληλες κυψέλες, οι οποίες μπορούν να επικοινωνήσουν με τη φορητή συσκευή. Η κινητή συσκευή θα συνεχίσει να καταγράφεται στο σύστημα στέλνοντας σύντομα μηνύματα καθώς μετακινείτε σε νέα περιοχή κάλυψης.

Όταν η κινητή συσκευή επιθυμεί να λάβει υπηρεσία από το ασύρματο σύστημα στέλνει μήνυμα που ζητάει προσπέλαση σε αυτό και προτού η συσκευή λάβει άδεια πρόσβασης στο σύστημα πρέπει πρώτα να εξετάσει το κανάλι ελέγχου και να διαπιστώσει αν το σύστημα δεν είναι απασχολημένο στην εξυπηρέτηση άλλων ασύρματων συσκευών. Όταν η συσκευή λάβει αίτηση από το σύστημα και αποκτήσει πρόσβαση στις υπηρεσίες του, εγκαθιδρύεται μία σύνοδος επικοινωνίας. Κατά τη διάρκεια αυτής της συνόδου επικοινωνίας μπορούν να εγκαθιδρυθούν και άλλες σύνοδοι για μετάδοση φωνής και/η δεδομένων.

Στη συνέχεια ακολουθεί η αρχικοποίηση της φορητής συσκευής. Με τον όρο αυτό εννοούμε ότι η φορητή συσκευή βρίσκει αρχικά ένα διαθέσιμο ραδιοκανάλι, συγχρονίζεται με αυτό και λαμβάνει τις παραμέτρους του. Στη συνέχεια η κινητή συσκευή παρακολουθεί συνεχώς το κανάλι για τυχόν αλλαγές στις παραμέτρους του. Αν η φορητή συσκευή υποστηρίζει sleep-mode και αν το σύστημα υποστηρίζει αυτόν τον

τρόπο λειτουργίας, τότε η φορητή συσκευή κλίνει τον δέκτη της και μη-ουσιώδη κυκλώματα για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Κατά τη διάρκεια αυτού του διαστήματος το σύστημα δεν στέλνει πληροφορίες που έχουν σχεδιαστεί για αυτήν την συσκευή.

Μετά ακολουθεί η μεταφορά δεδομένων μεταξύ φορητής συσκευής και σταθμού βάσης. Σε αυτό τον τρόπο λειτουργίας ο σταθμός βάσης μεταβιβάζει κάθε πακέτο που λαμβάνει από τη συσκευή είτε σε μία προκαθορισμένη γραμμή επικοινωνίας (αν το πακέτο αφορά ηχητική κλήση) ή σε μια συγκεκριμένη IP (αν το πακέτο αφορά δεδομένα).

Όταν ολοκληρωθεί η σύννοδος επικοινωνίας (π.χ. αν ο χρήστης τερματίσει την εφαρμογή του που αφορά είτε e-mail είτε περιήγηση στον ιστό) τότε τερματίζει η σύνδεση και ο σταθμός βάσης μπορεί να δώσει τους πόρους του σε άλλους χρήστες. Η φορητή συσκευή δεν χρειάζεται να μεταδίδει συνεχώς δεδομένα όταν είναι συνδεδεμένη με τον σταθμό βάσης. Μπορούμε να αναφέρουμε ενδεικτικά ότι στην μετάδοση δεδομένων που γίνεται κατά την επικοινωνία με ένα web-browser η τυπική λειτουργία μετάδοση δεδομένων δεν υπερβαίνει το 10%. Στη διάρκεια των περιόδων που δεν γίνεται ανταλλαγή δεδομένων του σταθμού βάσης και της φορητής συσκευής, το σύστημα μπορεί να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα άλλους χρήστες στο κανάλι αυτό επιτυγχάνοντας τον μέγιστο δυνατό παραλληλισμό.

Για να λαμβάνει η κινητή συσκευή εισερχόμενες κλήσεις πρέπει να γνωστοποιήσει τη θέση της στο σύστημα. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται εγγραφή (Registration). Η διαδικασία της εγγραφής είναι συνήθως συνεχής. Για παράδειγμα όταν η φορητή συσκευή ανοίγει, όταν μετακινείτε σε άλλη περιοχή κάλυψης ή όταν κλείνει τότε πρέπει να εγγραφεί στο σύστημα.

Αν η κινητή συσκευή θέλει να μεταδώσει πακέτα σε πολλούς χρήστες τότε πρέπει να υπάρχει ένας αλγόριθμος χρονοπρογραμματισμού δεδομένων μέσα στο σύστημα ο οποίος θα συγχρονίσει τις μεταδώσεις αυτές. Το ποσοστό δεδομένων που μεταδίδονται από μια συσκευή σε σχέση με το συνολικό αριθμό μετάδοσης δεδομένων ονομάζεται παράγοντας δραστηριότητας (Activity Factor). Όσο μικρότερος είναι αυτός ο παράγοντας τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός κινητών συσκευών που μπορούν να προσπελάσουν το σύστημα. Αυτός ο χρονοπρογραμματισμός δεδομένων μπορεί να δίνει διαφορετικά επίπεδα προτεραιότητας ανάλογα με τον χρήστη και το είδος της εφαρμογής. Για παράδειγμα

πακέτα για εφαρμογές όπως είναι η τηλεφωνία IP μπορεί να έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα όπως άλλες εφαρμογές όπως η περιήγηση στον ιστό και το e-mail.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 1^{ΗΣ} ΓΕΝΙΑΣ

Τα αναλογικά κυψελοειδή συστήματα 1ης γενιάς χρησιμοποιήθηκαν για τη μετάδοση φωνής μέσω αναλογικής διαμόρφωσης π.χ. FM. Τα συστήματα αυτά μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν ψηφιακά κανάλια ελέγχου και χρησιμοποιήθηκαν για την μετάδοση φωνής και δεδομένων χαμηλής ταχύτητας σε μια ευρεία γεωγραφική περιοχή.

Τα αναλογικά κυψελοειδή συστήματα χρησιμοποίησαν ραδιοκανάλια περιορισμένου εύρους ζώνης μεταξύ 10 – 30 KHz. Έστελναν πληροφορίες ελέγχου σε ψηφιακή μορφή. Οι ρυθμοί σηματοδότησης δεδομένων έδειχναν την ταχύτητα με την οποία μεταδίδονταν τα μηνύματα σε κανάλια ελέγχου. Το επίπεδο ραδιο-ισχύος καθόριζε την απόσταση από το σταθμό βάσης στην οποία μπορούσε να λειτουργήσει το κινητό τηλέφωνο. Ανεξάρτητα από το μέγεθος και τον τύπο των ραδιοκαναλιών, τα συστήματα αυτά επέτρεπαν την λειτουργία σε κανάλια πλήρως αμφίδρομα (Full Duplex). Με τον όρο αυτό εννοούμε την ταυτόχρονη επικοινωνία μεταξύ των δύο επικοινωνού-ντων άκρων. Αυτό σημαίνει ότι ένα κινητό τηλέφωνο πρέπει να είναι ικανό να μεταδίδει ραδιοκύματα. Το ραδιοκάνάλι από τη συσκευή του κινητού τηλεφώνου προς το σταθμό βάσης ονομάζεται γραμμή μετάδοσης (uplink) ενώ το αντίστοιχο ραδιοκάνάλι από το σταθμό βάσης προς τη συσκευή ονομάζεται γραμμή λήψης (downlink). Το πρώτο λειτουργούσε σε συχνότητα 45 MHz και το δεύτερο με 80 KHz.

Στα πρώιμα αυτά κινητά ραδιο-συστήματα ένα κινητό τηλέφωνο έλεγχε τον περιορισμένο αριθμό των διαθέσιμων καναλιών μέχρι ως ότου έβρισκε ένα αχρησιμοποίητο το οποίο το επέτρεπε να αρχικοποιήσει μια κλήση. Επειδή τα αναλογικά κυψελοειδή συστήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα έχουν εκατοντάδες ραδιοκανάλια, ένα κινητό τηλέφωνο δεν μπορεί να τα σαρώσει όλα σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα. Προκειμένου ένα κινητό τηλέφωνο να εντοπίζει γρήγορα ένα διαθέσιμο κανάλι, κάποια από τα διαθέσιμα κανάλια είναι αφιερωμένα ως κανάλια ελέγχου. Τα περισσότερα κυψελοειδή συστήματα χρησιμοποιούσαν δύο τύπους ραδιοκαναλιών: Κανάλια ελέγχου και κανάλια φωνής.

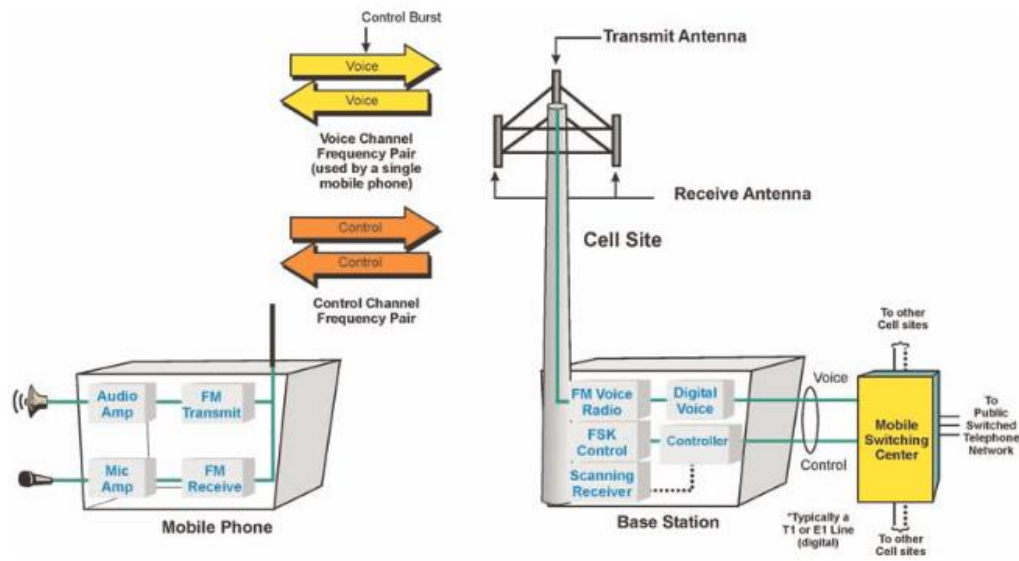
Τα κανάλια ελέγχου μετέφεραν μόνο πληροφορίες ελέγχου όπως π.χ. σήματα προειδοποίησης, ενώ τα κανάλια φωνής μετέφεραν και λάμβαναν εκτός από πληροφορία φωνής επιπλέον και μηνύματα ψηφιακού ελέγχου για να επιτρέπουν αλλαγές στη συχνότητα και τη ισχύ κατά τη διάρκεια της κλήσης.

Τα κανάλια αυτά μπορούσαν να εξυπηρετήσουν μόνο ένα συνδρομητή σε κάθε χρονική στιγμή. Άρα ο αριθμός των διαθέσιμων ραδιοκαναλιών επηρέαζε την χωρητικότητα του συστήματος. Παρόλα αυτά ένας τυπικός συνδρομητής χρησιμοποιούσε το σύστημα μόνο για μερικά λεπτά της ημέρας σε καθημερινή βάση και πολύ συνδρομητές μοιράζονταν ένα κανάλι. Ένας τυπικός κανόνας έλεγε ότι 20 – 32 συνδρομητές διαμοιράζονταν το κάθε ραδιοκανάλι ανάλογα με το μέσο χρόνο ομιλίας ανά ώρα για το κάθε συνδρομητή. Γενικότερα μια κυψέλη με 50 κανάλια μπορούσε να υποστηρίξει 1000 – 1600 συνδρομητές.

Η βασική λειτουργία αυτών των συστημάτων περιλάμβανε την αρχικοποίηση της κινητής συσκευής όταν ξεκινούσε την λειτουργία της, τη λήψη μηνυμάτων, την προσπέλαση σε κανάλια και τον τρόπο λειτουργίας για μετάδοση φωνής και δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα όταν ένα κινητό τηλέφωνο ξεκινούσε τη λειτουργία του έκανε αυτόματη αναζήτηση σε ένα προκαθορισμένο σύνολο καναλιών ελέγχου και μετά συνδεόταν στο πιο ισχυρό. Κατά τη διάρκεια της αρχικοποίησης λάμβανε μηνύματα από το κανάλι ελέγχου προκειμένου να το αναγνωρίσει. Μετά την αρχικοποίηση η συσκευή έμπαινε σε κατάσταση αδράνειας και περίμενε να λάβει εισερχόμενη κλήση. Όταν λάμβανε κλήση η συσκευή έκανε προσπέλαση στο σύστημα μέσω ενός καναλιού ελέγχου. Όταν αποκτούσε τον έλεγχο στη συνέχεια η συσκευή συνδεόταν με ένα κανάλι φωνής και έμπαινε σε λειτουργία συνομιλίας.

Η προσπάθεια μιας τέτοιας κινητής συσκευής για να λάβει υπηρεσίες από ένα κυψελοειδές σύστημα ήταν γνωστή με το όνομα προσπέλαση. Όταν λάμβανε την προσπέλαση τότε ξεκινούσε η μετάδοση εντός ενός συγκεκριμένου χρονικού ορίου. Για να λάβει εισερχόμενες κλήσεις, η φορητή συσκευή ήταν υπό την παρακολούθηση μιας διαδικασίας που ονομαζόταν «σελιδοποίηση» (paging). Η «σελίδα» είναι ένα μήνυμα ελέγχου καναλιού που περιέχει τον κωδικό της συσκευής (Mobile Identification Number – MIN). Όταν η φορητή συσκευή λάμβανε το μήνυμα αυτό τότε «χτυπούσε» προκειμένου να καταλάβει ο συνδρομητής ότι έχει εισερχόμενη κλήση. Όταν ο συνδρομητής απατούσε στη κλήση (πατώντας τα κουμπιά SEND ή TALK) τότε το κινητό τηλέφωνο έστελνε τον αριθμό του και έναν σειριακό αριθμό για να γίνει γνωστή η ταυτότητα του χρήστη.

Η επόμενη εικόνα δείχνει ένα βασικό αναλογικό κυψελοειδές σύστημα σύμφωνα με αυτά που περιγράψαμε στην ενότητα αυτή.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 2^{ΗΣ} ΓΕΝΙΑΣ

Η ψηφιακή κυψελοειδής τηλεφωνία αποτέλεσε το βασικό χαρακτηριστικό της 2ης γενιάς στην οποία μεταδίδεται πληροφορία φωνής σε ψηφιακή μορφή. Η διαφορο-ποίηση της από την αναλογική κυψελοειδή τηλεφωνία είναι ότι η μέθοδο για τη μετά-δοση πληροφορίας φωνής/δεδομένων γίνεται με ψηφιακά σήματα. Τα κινητά ψηφιακά ραδιοσυστήματα χαρακτηρίζονται συχνά από τον τύπο της τεχνολογίας προσπέλασης (TDMA ή CDMA). Η τεχνολογία προσπέλασης καθορίζει το πώς μεταφέρεται η ψη-φιακή πληροφορία από και προς τα κυψελοειδή συστήματα.

Τα ψηφιακά κυψελοειδή συστήματα μπορούν να εξυπηρετήσουν πολλούς συνδρομητές σε ένα μοναδικό ραδιοκανάλι ταυτόχρονα. Ανάλογα με τον τύπο του συστήματος το πλήθος των εξυπηρετούμενων συνδρομητών βρίσκεται στο εύρος από 3-20. Προκειμένου αυτό να γίνει εφικτό, σχεδόν όλα τα ψηφιακά κυψελοειδή συστήματα διαμοιράζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της ψηφιοποίησης και της συμπίεσης φωνής. Αυτό επιτρέπει σε ένα μοναδικό ραδιοκανάλι να χωρίζεται σε περισσότερο υποκανάλια ή κανάλια επικοινωνίας. Το κάθε κανάλι επικοινωνίας μπορεί να εξυπηρε-τήσει ένα μοναδικό πελάτη.

Επειδή κάθε συνδρομητής χρησιμοποιεί το κυψελοειδές σύστημα μόνο για μερικά λεπτά της ημέρας, πολλοί συνδρομητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το καθένα από αυτά τα κανάλια επικοινωνίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Μπορούμε να αναφέρουμε ως ένα κανόνα ότι 20-30 συνδρομητές μπορούν να διαμοιραστούν ένα κανάλι επικοινωνίας.

Τα ψηφιακά κυψελοειδή συστήματα χρησιμοποιούν 2 τύπους καναλιών επικοινωνίας : κανάλια ελέγχου και κανάλια φωνής. Ένα κανάλι ελέγχου σε ένα ψηφιακό σύστημα είναι συνήθως ένα από τα υποκανάλια σε ένα ραδιοκανάλι. Αυτό επιτρέπει στα ψηφιακά συστήματα να συνδυάζουν ένα κανάλι ελέγχου και ένα ή περισσότερα κανάλια φωνής στο ίδιο ραδιοκανάλι. Το μέρος του ραδιοκαναλιού που εξυπηρετεί τον έλεγχο μεταφέρει μόνο ψηφιακά μηνύματα και ενώ τα υπόλοιπα υποκανάλια μεταφέ-ρουν φωνή και δεδομένα.

Η βασική λειτουργία ενός ψηφιακού κυψελοειδούς συστήματος αφορά την αρχικοποίηση του τηλεφώνου όταν αυτό τεθεί σε λειτουργία, τη λήψη αρχικών μηνυμάτων την προσπάθεια προσπέλασης όταν αυτή ζητηθεί και τη μετάδοση δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα το ψηφιακό κυψελοειδές σύστημα, όταν τεθεί σε λειτουργία, αρχικοποιείται αναζητώντας ένα προκαθορισμένο σύνολο καναλιών έλεγχου και μετά συγχρονίζεται με το πιο ισχυρό. Κατά τη διάρκεια της αρχικοποίησης «αφουγκράζεται» μηνύματα στο κανάλι ελέγχου προκειμένου να ανακτήσει την ταυτότητα του συστήματος και πληροφορίες αρχικοποίησης. Συγκρινόμενα με τα αναλογικά συστήματα, τα ψηφιακά συστήματα έχουν περισσότερα κανάλια επικοινωνίας και έλεγχου. Αυτό αναγκάζει τα ψηφιακά συστήματα να ξοδέψουν περισσότερο χρόνο για την αναζήτηση καναλιών ελέγχου. Για τη μείωση του χρόνου αυτού τα περισσότερα ψηφιακά συστήματα χρησιμοποιούν διάφορες διεργασίες που βοηθούν ένα κινητό τηλέφωνο να βρει ένα διαθέσιμο κανάλι ελέγχου. Μπορούμε να φέρουμε ως παράδειγμα τέτοιων διεργασιών την καταχώριση στην μνήμη του τελευταίου επιτυχούς καναλιού ελέγχου ή έ-ναν πίνακα παραπλήσιων καναλιών ελέγχου, και ενός μηχανισμού επιλογής από αυ-τόν.

Ύστερα από την αρχικοποίησή του, το ψηφιακό κινητό τηλέφωνο μπαίνει σε έναν ανενεργό τρόπο λειτουργίας όπου περιμένει είτε να λάβει μια κλήση είτε από το χρήστη του να κάνει μια κλήση. Όταν λάβει μία κλήση το κινητό τηλέφωνο μπαίνει σε τρόπο λειτουργίας προσπέλασης του κυψελοειδούς συστήματος και προκειμένου να το πετύχει αυτό πρέπει να βρει όπως αναφέραμε ένα διαθέσιμο κανάλι ελέγχου. Όταν βρει ένα τέτοιο, το κανάλι ελέγχου στέλνει ένα μήνυμα που δηλώνει ανοιχτό κανάλι επικοινωνίας. Το κανάλι αυτό μπορεί να βρίσκεται σε μία διαφορετική χρονοθυ-ρίδα σε διαφορετική συχνότητα ή στην ίδια συχνότητα. Στη συνέχεια το ψηφιακό κινη-τό τηλέφωνο συγχρονίζεται στο οριζόμενο κανάλι επικοινωνίας και μπαίνει σε λει-τουργία συνομιλίας ή μετάδοσης δεδομένων. Καθώς το κινητό τηλέφωνο λειτουργεί σε ένα μοναδικό κανάλι φωνής, το ψηφιακό σύστημα χρησιμοποιεί συνήθως διαμόρ-φωση φάσης για να στείλει και να λάβει ψηφιακή πληροφορία.

Η προσπάθεια ενός κινητού τηλεφώνου να λάβει υπηρεσίες από ένα κυψελοειδές σύστημα αναφέρεται με τον όρο προσπέλαση (access). Τα ψηφιακά κινητά τηλέφωνα ανταγωνίζονται στο κανάλι ελέγχου για να αποκτήσουν πρόσβαση στο κυψελοειδές σύστημα.

Τα ψηφιακά κινητά τηλέφωνα έχουν συνήθως την ικανότητα να επικυρώνουν την ταυτότητά τους με μεγαλύτερη ασφάλεια κατά τη διάρκεια της προσπέλασης σε σχέση με τα αναλογικά κινητά τηλέφωνα. Αυτό γίνεται από μία διαδικασία που ονομάζεται επικύρωση (authentication). Η διαδικασία της επικύρωσης ανταλλάσσει κρυφά δεδομένα μεταξύ του ψηφιακού κινητού τηλεφώνου και του κυψελοειδούς συστήματος. Αν η πιστοποίηση είναι επιτυχής το σύστημα στέλνει ένα μήνυμα το οποίο καθορίζει το κινητό τηλέφωνο να αλλάξει κανάλι και να συνδεθεί σε ένα νέο προκειμένου να ξεκινήσει η συνομιλία. Στη συνέχεια το ψηφιακό κινητό τηλέφωνο στέλνει ψηφιοποιημένη φωνή ή άλλα δεδομένα του πελάτη. Κατά περιόδους μπορεί να στέλνονται μηνύματα ελέγχου μεταξύ του σταθμού βάσης και του κινητού τηλεφώνου. Τα μηνύματα αυτά καθοδηγούν το κινητό τηλέφωνο να προσαρμόσει το επίπεδο ισχύος του, να αλλάξει συχνότητες ή να ζητήσει μια ειδική υπηρεσία π.χ. τριπλή κλήση. Προκειμένου ο σταθμός βάσης να μεταδώσει μηνύματα ελέγχου κατά τη στιγμή που το ψηφιακό κινητό τηλέφωνο μεταδίδει ψηφιοποιημένη φωνή, η πληροφορία ομιλίας αντικαθίσταται είτε από μία σύντομη «ριπή» (burst) που ονομάζεται εναλλακτικά γρήγορη σηματοδότηση είτε από μηνύματα ελέγχου τα οποία στέλνονται μαζί με την ψηφιοποιημένη φωνή που ονομάζεται εναλλακτικά αργή σηματοδότηση.

Τα περισσότερα κινητά τηλέφωνα αυτόματα συντηρούν την διάρκεια ζωής της μπαταρίας τους καθώς μεταδίδουν μόνο σε μικρές χρονικές περιόδους. Επιπλέον για την περαιτέρω εξοικονόμηση της διάρκειας ζωής της μπαταρίας, τα περισσότερα ψηφιακά τηλέφωνα έχουν την ικανότητα της αποσύνδεσης από τη μετάδοση κάτι που αναστέλλει τη μετάδοση κατά τη διάρκεια περιόδων που ο χρήστης δεν συνομιλεί. Όταν ο χρήστης ξεκινήσει πάλι την συνομιλία του το κινητό τηλέφωνο ενεργοποιείται ξανά. Αυτή η εξοικονόμηση ενέργειας επιτρέπει στα κινητά τηλέφωνα να έχουν από διπλάσιο ως πενταπλάσιο επιπλέον χρόνο μετάδοσης.

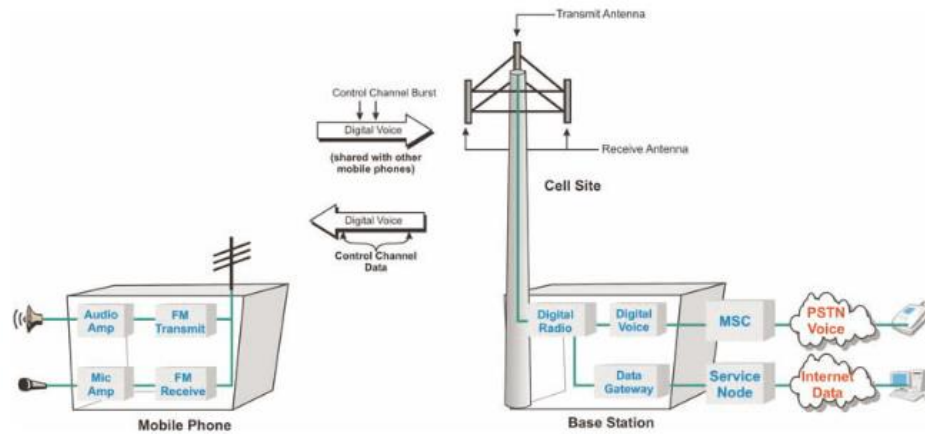
Η ψηφιακή τεχνολογία αυξάνει την αποδοτικότητα του συστήματος συνδυάζοντας ψηφιοποίηση φωνής, κωδικοποίηση ομιλίας, κωδικοποίηση καναλιού και τη χρήση φασματικής διαμόρφωσης ραδιοσήματος. Η τυποποιημένη ψηφιοποίηση φωνής στο δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο παράγει έναν ρυθμό δεδομένων 64 Kbps. Λόγω της μετάδοσης μέσω ραδιοκαναλιών, ένα ψηφιακό σήμα απαιτεί περίπου 1Hz από το εύρος ζώνης του ραδιοκαναλιού για κάθε bit per second, και αυτό οδηγεί συνολικά σε περισσότερα από 64 KHz εύρους ζώνης για ένα μη συμπίεμένο σήμα ψηφιακής φωνής. Για αυτό τα ψηφιακά συστήματα συμπιέζουν την πληροφορία

φωνής χρησιμο-ποιώντας έναν κωδικοποιητή φωνής (Voice coder – Vocoder). Η κωδικοποίηση φωνής αποφεύγει τον πλεονασμό στο ψηφιακό σήμα και προσπαθεί να αγνοήσει τα πρότυπα δεδομένα τα οποία δεν είναι χαρακτηριστικά της ανθρώπινης φωνής. Ο κωδικοποιητής φωνής εξετάζει κώδικες σε έναν πίνακα αποθηκευμένων κωδικών οι οποίοι αντιπρο-σωπεύουν διάφορα ψηφιακά πρότυπα και επιλέγει το πρότυπο εκείνο που είναι πλη-σιέστερο με το ψηφιοποιημένο σήμα εισόδου.

Ως έναν γενικό κανόνα μπορούμε να αναφέρουμε, ότι όσα λιγότερα bits χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση του σήματος φωνής, τόσο λιγότερο ποιοτικό είναι το σήμα φωνής. Αν αυξηθεί η πολυπλοκότητα δηλ. η επεξεργασία του σήματος για τον κωδικοποιητή φωνής τότε θα πάρουμε καλύτερη ποιότητα φωνής με λιγότερα bit. Η ψηφιοποίηση φωνής και η κωδικοποίηση ομιλίας χρειάζονται κάποιο χρόνο επεξερ-γασίας. Συνήθως τα πακέτα ομιλίας ψηφιοποιούνται κάθε 20 msec και εισάγονται στο κωδικοποιητή ομιλίας. Η διαδικασία συμπίεσης, μετάδοσης και αποσυμπίεσης του δέκτη καθυστερούν το σήμα φωνής. Η συνολική καθυστέρηση είναι 50 – 100 msec. Παρόλο που μια τέτοια καθυστέρηση δεν είναι συνήθως παρατηρήσιμη σε μία συνο-μιλία «διπλής» διαδρομής (two way conversation) μπορεί να προκαλέσει μία ενοχλη-τική ηχώ στο ακουστικό του δέκτη (συνήθως οι χρήστες ακούνε τον εαυτό τους). Πα-ρόλα αυτά υπάρχει τρόπος να ακυρώσουμε αυτή τη αντήχηση.

Όταν συμπιέζεται η πληροφορία ψηφιακής φωνής τότε προστίθενται αφενός επιπλέον bits ελέγχου καθώς και bits πλεονασμού προκειμένου να προστατέψουν την πληροφορία αυτή από σφάλματα τα οποία εισάγονται κατά την διάρκεια της ραδιομε-τάδοσης. Το συνδυαστικό ψηφιακό σήμα (το οποίο αποτελείτε από συμπιεσμένη ψη-φιοποιημένη φωνή και πληροφορία ελέγχου) στέλνεται στον ραδιοδιαμορφωτή όπου εκεί μετατρέπεται σε ψηφιοποιημένο ραδιοσήμα. Για την αποδοτική ψηφιοποίηση σε ραδιοσήμα χρησιμοποιείται μια μορφή διαμόρφωσης φάσης.

Η ακόλουθη εικόνα δείχνει ένα βασικό ψηφιακό κυψελοειδές σύστημα 2ης γε-νιάς.



Το διάγραμμα αυτό δείχνει ότι υπάρχει συνήθως μόνο ένας τύπος ραδιοκαναλιού ο οποίος ονομάζεται ψηφιακό κανάλι κυκλοφορίας (Digital Traffic Channel – DTC). Το ψηφιακό ραδιοκανάλι υποδιαιρείται συνήθως σε κανάλια ελέγχου και κανάλια ψηφιακής φωνής. Και τα δύο είδη καναλιών χρησιμοποιούν τον ίδιο τύπο ψηφιακής διαμόρφωσης προκειμένου να στείλουν δεδομένα ελέγχου αλλά και δεδομένα φωνής μεταξύ της κινητής συσκευής και του σταθμού βάσης. Όταν χρησιμοποιούνται για φωνή το ψηφιακό σήμα προέρχεται συνήθως από έναν κωδικοποιητή φωνής. Όταν μια συνομιλία είναι σε εξέλιξη κάποια από τα bits είναι συνήθως αφιερωμένα στον έλεγχο της πληροφορίας (όπως είναι το handoff). Σε αντιστοιχία με τα αναλογικά συστήματα οι ψηφιακοί σταθμοί βάσης χρησιμοποιούν δύο κεραίες οι οποίες αυξάνουν την λήψη ασθενών ραδιοσημάτων από κινητές συσκευές. Οι σταθμοί βάσης συνδέονται συνήθως σε ένα κινητό διαμετακομιστικό κέντρο (Mobile Switching Center – MSC) μέσω μιας τηλεφωνικής γραμμής υψηλής ταχύτητας ή ενός ραδιοσυστήματος μικροκυμάτων. Αυτή η διασύνδεση μπορεί να επιτρέπει συμπιεσμένη ψηφιακή πληροφορία η οποία προέρχεται απευθείας από το κωδικοποιητή φωνής προκειμένου να αυξήσει τον αριθμό των καναλιών φωνής τα οποία μπορούν να διαμοιράζονται σε μια γραμμή επικοινωνίας. Το MSC συνδέεται στο τηλεφωνικό δίκτυο προκειμένου να επιτρέπει σε κινητά τηλέφωνα να συνδέονται όπως και τα σταθερά τηλέφωνα.

4.1 Καθολικό σύστημα για κινητή επικοινωνία (GSM)

Το καθολικό σύστημα για την κινητή επικοινωνία (GSM) είναι ένα καθολικό ψηφιακό ραδιοσύστημα το οποίο χρησιμοποιεί χρονική πολυπλεξία πολλαπλής προσπέλασης (TDMA). Το GSM είναι μία ψηφιακή κυψελοειδής τεχνολογία η οποία δημιουργήθηκε αρχικά ως πρότυπο για να προσφέρει ένα πανευρωπαϊκό κυψελοειδές σύστημα και δεν σχεδιάστηκε για να είναι συμβατό με τα είδη εγκατεστημένα αναλογικά συστήματα.

Η ανάπτυξη του GSM ξεκίνησε το 1982 και το 1991 ενεργοποιήθηκε το πρώτο ψηφιακό κυψελοειδές σύστημα της αγοράς. Η τεχνολογία του GSM εξελίχτηκε στη συνέχεια για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μία ποικιλία συστημάτων και συχνοτήτων συμπεριλαμβανομένου των υπηρεσιών προσωπικών επικοινωνιών (PCS) στη βόρεια Αμερική και προσωπικού δικτύου επικοινωνίας (PCN) σε όλο τον κόσμο.

Οι χρήστες που επικοινωνούν στο σύστημα GSM μπορούν να λειτουργούν στο ίδιο ραδιοκάνάλι ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας χρονοθυρίδες (time slots). Το σύστημα αυτό επιτρέπει σε 8 κινητά τηλέφωνα να διαμοιράζονται ένα μοναδικό εύρος ζώνης συχνοτήτων 200 KHz για μετάδοση φωνής και δεδομένων. Για να επιτρέπει τη διπλή επικοινωνία χρησιμοποίησε δύο διαφορετικά εύρη συχνοτήτων 200 KHz.

Το σύστημα GSM έχει πολλούς τύπους καναλιών ελέγχου και συγχρονίζει τη προσπέλαση με τρόπο παραπλήσιο των αναλογικών καναλιών. Όμως τα κανάλια ψηφιακού ελέγχου και GSM έχουνε πολλοί περισσότερες ικανότητες σε σχέση με τα αναλογικά κανάλια ελέγχου όπως πχ. η εκπομπή μηνυμάτων τηλεειδοποίησης, η επεκταμένη ανενεργή κατάσταση της συσκευής κλπ. Επειδή τα κανάλια ελέγχου GSM χρησιμοποιούν μία μικρή αναλογία χρονοθυρίδων μπορούν να συνυπάρξουν σε ένα μοναδικό ραδιοκάνάλι (δηλ. σε μία χρονοθυρίδα) με άλλες χρονοθυρίδες οι οποίες χρησιμοποιούνται για αποστολή φωνής. Ένα φέρον σήμα GSM μεταδίδει με ρυθμό 270 kbps. Ένα μοναδικό ψηφιακό GSM ραδιοκάνάλι (η αλλιώς χρονοθυρίδα) μπορεί να μεταφέρει μόνο το 1/8 των 270 kbps.

Τα χρονικά διαστήματα σε κανάλια GSM πλήρους ρυθμού χωρίζονται σε πακέτα με 8 χρονοθυρίδες σε δύο διαφορετικές ραδιοσυχνότητες. Η μία συχνότητα χρησιμοποιείται για τη μετάδοση από το κινητό τηλέφωνο και η άλλη για τη λήψη στο κινητό τηλέφωνο. Κατά τη διάρκεια μιας συνομιλίας στο κινητό τηλέφωνο η μία χρονοθυρίδα είναι αφιερωμένη στη μετάδοση, η άλλη στη λήψη και οι 6 παραμένουν ανε-

νεργές. Το κινητό τηλέφωνο χρησιμοποιεί μερικές από τις κενές χρονοθυρίδες για να μετρήσει τη δύναμη του σήματος των συχνοτήτων του περιβάλλοντος φορέα για προετοιμασία της παράδοσης. Στην μπάντα των 900 MHz τα ψηφιακά GSM ραδιοκανάλια μεταδίδουν δε μία συχνότητα και λαμβάνουν σε μία άλλη συχνότητα που είναι 45 MHz μεγαλύτερη αλλά όχι στην ίδια χρονική στιγμή. Στην μπάντα του 1.9 GHz η δια-φορά μεταξύ των συχνοτήτων αποστολής και λήψης είναι 80 MHz. Το κινητό τηλέφωνο λαμβάνει μία ριπή δεδομένων σε μία συχνότητα και μετά μεταδίδει μία ριπή σε μία άλλη συχνότητα και τέλος μετράει τη δύναμη του σήματος τουλάχιστον μεταξύ ενός διαδοχικού κελιού πριν επαναλάβει την ίδια διαδικασία.

4.2 Extended TDMA (E-TDMA)TM

Το επεκταμένο TDMA σύστημα χρησιμοποιεί το ίδιο συχνοτήτων με το υπάρχον TDMA σύστημα καθώς και την ίδια δομή καναλιού. Ενώ το σύστημα TDMA καταχωρεί έναν αριθμό χρονοθυρίδων σταθερής διάρκειας για κάθε κελί, το σύστημα ETDMA καταχωρεί δυναμικά χρονοθυρίδες όπως αυτές ζητούνται. Επίσης χρησιμοποιεί έναν κωδικοποιητή φωνής μισού ρυθμού (4 Kbps) το οποίο μειώνει τον αριθμό των bits πληροφορίας τα οποία πρέπει να μεταδίδονται και να λαμβάνονται κάθε δευτερόλεπτο. Αυτό κάνει χρήση περιόδων ησυχίας, δηλ. περιόδων που δεν γίνεται μετάδοση φωνής έτσι ώστε άλλοι χρήστες να μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις θυρίδες. Το συνολικό πλεονέκτημα είναι ότι περισσότεροι από έναν χρήστες μπορούν να διαμοιράζονται τον ίδιο εξοπλισμό ραδιοκαναλιών και να βελτιώσουν την απόδοση της επικοινωνίας. Ο συνδυασμός ενός κωδικοποιητή φωνής με χαμηλό bit-rate και α-νίχνευση φωνής αυξάνει την απόδοση του ραδιοκαναλιού περίπου 10 φορές σε σχέση με την υπάρχουσα χωρητικότητα AMPS. Στο σύστημα ETDMA μερικά ραδιοκανάλια περιλαμβάνουν μία χρονοθυρίδα ελέγχου η οποία συγχρονίζει την κατανομή των χρονοθυρίδων. Το σύστημα ETDMA χρησιμοποιεί την ακόλουθη διαδικασία για να κατα-νειμί χρονοθυρίδες όταν αυτές χρειάζονται:

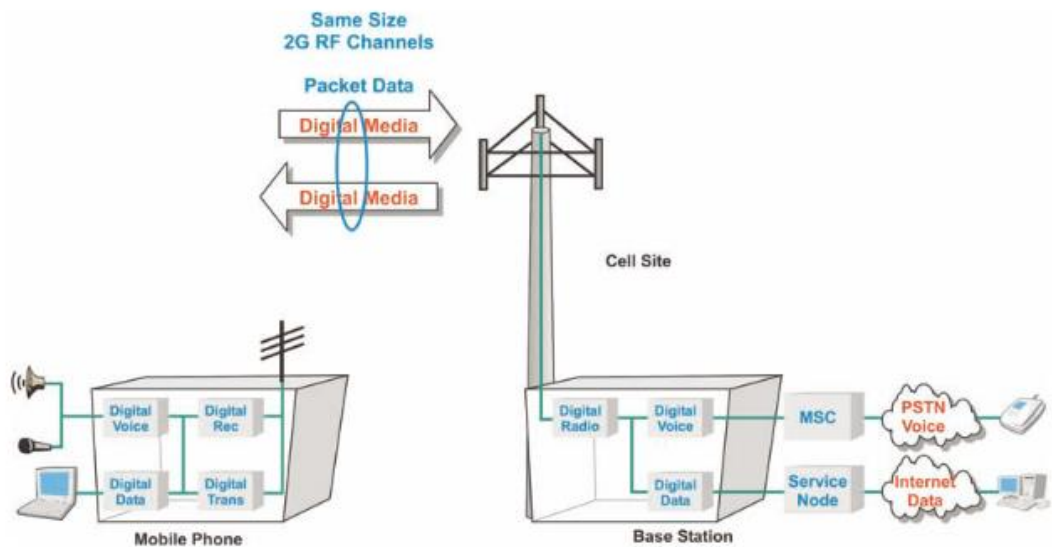
- Η επικοινωνία με το σταθμό βάσης είναι σταθερή κατά τη διάρκεια της χρονοθυρίδας ελέγχου.
- Όταν αρχίζει μια συνομιλία το κανάλι χρησιμοποιεί την χρονοθυρίδα ελέγχου για να ζητήσει από το σταθμό βάσης μία χρονοθυρίδα μετάδοσης φωνής.
- Κατά τη διάρκεια της χρονοθυρίδας ελέγχου ο σταθμός βάσης εκχωρεί μία χρονοθυρίδα φωνής και επιτρέπει το κανάλι να μεταδώσει σε αυτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΨΗΦΙΑΚΟ ΚΥΨΕ- ΛΟΕΙΔΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΚΕΤΩΝ (ΓΕ-ΝΙΑ 2.5)

Ο όρος 2.5 γενιά χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει συστήματα που παρέχουν περισσότερες υπηρεσίες και έχουν επιπλέον χαρακτηριστικά από τα συστήματα 2ης γενιάς αλλά λιγότερα από τα συστήματα 3ης γενιάς που θα περιγράψουμε στο επόμενο κεφάλαιο.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων της 2.5ης γενιάς είναι η ικανότητά τους να μεταδίδουν δεδομένα σε μορφή πακέτων. Τα συστήματα αυτά σχεδιάστηκαν για να επιτρέπουν στο ίδιο ραδιοκανάλι να διαμοιράζονται σήματα φωνής και πακέτων δεδομένων. Για τη προσθήκη της δυνατότητας μετάδοσης πακέτων δεδομένων οι φορητές συσκευές και οι σταθμοί βάσης τροποποιήθηκαν με την εισαγωγή νέου λογισμικού το οποίο τους επέτρεπε να διαχωρίζουν την μετάδοση δεδομένων από την μετάδοση φωνής. Επίσης προστέθηκε κατάλληλος εξοπλισμός για αποστολή πακέτων δεδομένων στα κινητά συστήματα ο οποίος τους επέτρεπε να δρομολογήσουν πακέτα δεδομένων εντός του ίδιου δικτύου ή σε άλλα δίκτυα όπως π.χ. το internet.

Η επόμενη εικόνα δείχνει ένα ψηφιακό κυψελοειδές σύστημα 2ης γενιάς το οποίο έχει αναβαθμιστεί για να προσφέρει υπηρεσίες αποστολής πακέτων δεδομένων μέτριας ταχύτητας.



Η εικόνα αυτή δείχνει ότι επαναχρησιμοποιείτε το υπάρχον εύρος ζώνης του ψηφιακού ραδιοκαναλιού 2ης γενιάς. Σε μερικές περιπτώσεις έχει αλλάξει η τεχνολογία διαμόρφωσης προκειμένου να επιτρέψει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων. Σε κάθε περίπτωση το ψηφιακό κανάλι κυκλοφορίας (DTC) έχει αναβαθμιστεί προκειμένου να έχει ικανότητες και μεταγωγής κυκλώματος και μεταγωγής πακέτου. Αυτό επιτυγχάνεται διαιρώντας το ψηφιακό ραδιοκάνάλι σε περισσότερα κανάλια ελέγχου και κανάλια ψηφιακής μετάδοσης δεδομένων και φωνής. Η εικόνα δείχνει ότι το ψηφιακό ραδιοκάνάλι μπορεί να συνδεθεί στο υπάρχον κινητό δίκτυο επικοινωνίας για υπηρεσίες φωνής ή μπορεί να συνδεθεί (μερικές φορές ταυτόχρονα) σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων (όπως το internet) προκειμένου να επιτρέψει multimedia υπηρεσίες επικοινωνίας.

5.1 Ενισχυμένοι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων για καθολική επέκταση (EDGE).

Οι Ενισχυμένοι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων για καθολική επέκταση (EDGE) είναι μία εξελιγμένη έκδοση του συστήματος GSM η οποία χρησιμοποιεί μία νέα διαμόρφωση φάσης και μία μετάδοση δεδομένων η οποία επιτρέπει υπηρεσίες υψηλού ρυθμού μετάδοσης. Το σύστημα EDGE χρησιμοποιεί 8 επίπεδα διαμόρφωσης φάσης (8 PSK) για την αναπαράσταση πληροφορίας 3 bit. Η πληροφορία αυτή είναι τριπλάσια από αυτή που μεταφέρεται από ένα Standard σήμα GMSK το οποίο χρησιμοποιήθηκε από την 1η γενιά συστημάτων GSM. Αυτό δίνει

ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων 604.8 Kbps και έναν καθαρό μέγιστο θεωρητικό ρυθμό λήψης δεδομένων 384 Kbps.

5.2 Εξέλιξη Μόνο δεδομένων (Evolution Data Only – 1xEVDO)

Η ανάπτυξη υπαρχόντων συστημάτων μόνο για δεδομένα (1xEVDO) είναι μια εξελιγμένη έκδοση του συστήματος CDMA2000™ 1xRTT. Η έκδοση αυτή αλλάζει τη τεχνολογία διαμόρφωσης για να επιτρέψει την μετάδοση δεδομένων με ρυθμούς μέχρι 2.5 Mbps. Αντίστοιχα η ανάπτυξη συστημάτων για δεδομένα και φωνή (1xEVDV) είναι μια εξελιγμένη έκδοση του ίδιου συστήματος 1xRTT το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υπηρεσίες και φωνής και δεδομένων. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται για μετάδοση και φωνής και δεδομένων σε ένα ραδιοκανάλι εύρους ζώνης 1.25 MHz.

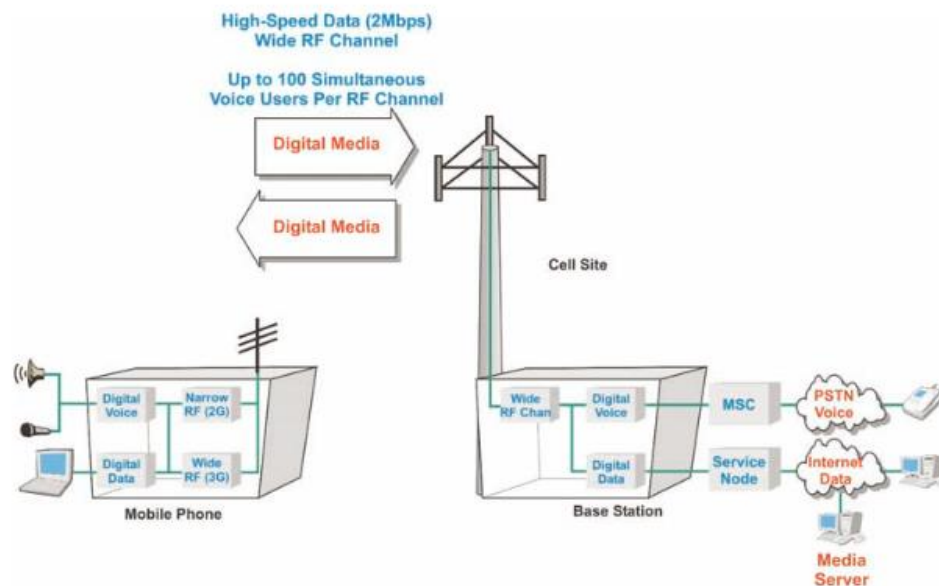
5.3 Ξέλιξη δεδομένων και φωνής (Evolution Data and Voice – 1xEVDV)

Η ανάπτυξη υπάρχοντος συστημάτων για δεδομένα και φωνή (1xEVDV) είναι βελτιωμένη έκδοση του συστήματος CDMA 2000 1xRTT το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υπηρεσίες δεδομένων και φωνής. Το σύστημα 1xEVDV χρησιμοποιείται τόσο για μετάδοση φωνής όσο και για μετάδοση δεδομένων σε υψηλούς ρυθμούς στο ίδιο ραδιοκανάλι (εύρους 1.25 MHz) με το υπάρχον σύστημα IS-95. Το σύστημα 1xEVDV έχει μέγιστο ρυθμό μετάδοσης 2.7 Mbps.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΚΥΨΕΛΟΕΙΔΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΚΕΤΩΝ (ΓΕΝΙΑ 3)

Η απαιτήσεις της 3ης γενιάς ορίζονται στο project IMT-2000 που αναπτύχθηκε από τη διεθνή ένωση τηλεπικοινωνίας (International Telecommunication Union – ITU). Το project IMT-2000 το οποίο ορίζει απαιτήσεις για μετάδοση δεδομένων υψηλής ταχύτητας, υπηρεσίες που βασίζονται στο πρωτόκολλο IP, υπηρεσίες παγκόσμια περιαγωγής και επικοινωνίες με ανταλλαγή πολυμέσων. Ύστερα από πολλές προτάσεις αναδείχτηκαν δύο καθολικά συστήματα: το WCDMA και το CDMA2000.

Η επόμενη εικόνα δείχνει ένα ευρυζωνικό ψηφιακό κυψελοειδές σύστημα που επιτρέπει πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων μέσω της χρήσης σχετιζόμενων ραδιοκαναλιών.



Στο σύστημα αυτό τα ραδιοκανάλια είναι ευρύτερα πολλές δεκάδες φορές σε σχέση με τα ραδιοκανάλια 2ης γενιάς. Αυτό επιτρέπει στα ψηφιακά κυψελοειδή ευρυζωνικά συστήματα να στέλνουν δεδομένα υψηλής ταχύτητας σε συσκευές επικοινωνίας. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί επίσης server επικοινωνίας οι οποίοι βοηθούν τη διαχείριση συνόδων επικοινωνίας με πολυμέσα. Εκτός από τη χρήση ευρυζωνικών

ραδιοκαναλιών και επικοινωνίας με πακέτα δεδομένων, το διάγραμμα αυτό δείχνει επιπλέον ότι τα συστήματα 3ης γενιάς χρησιμοποιούν τυπικά το ίδιο διακοπτικό σύστημα δικτύου φωνής όπως τα συστήματα επικοινωνίας 2ης γενιάς. Στα επόμενα κεφάλαια περιγράφουμε τα συστήματα WCDMA και το CDMA2000.

6.1 Σύστημα WCDMA

Το WCDMA είναι ένα ψηφιακό κυψελωτό σύστημα 3ης γενιάς το οποίο χρησιμοποιεί ραδιοκανάλια τα οποία έχουν ένα μεγαλύτερο εύρος ζώνης από τα ψηφιακά κυψελωτά συστήματα 2ης γενιάς όπως είναι το GSM. Το WCDMA συνήθως λειτουργεί σε σχέδιο καναλιού των 5 MHz.

Το project 3GPP επιβλέπει τη δημιουργία βιομηχανικών standard για ασύρματη επικοινωνία συστημάτων 3ης γενιάς (Wideband Code Division Multiple Access). Η τεχνολογία 3GPP η οποία είναι γνωστή και ως σύστημα παγκόσμιας ασύρματης επικοινωνίας (UMTS) βασίζεται πάνω στο εξελιγμένο βασικό GSM δίκτυο το οποίο περιέχει στοιχεία 2.5G δλδ. περιλαμβάνει μεταγωγής GPRS. Αυτή η αρχή επιτρέπει σε ένα GSM δίκτυο να εξελιχθεί σε WCDMA προσθέτοντας τα απαραίτητα 3G ραδιοστοιχεία στο υπάρχον δίκτυο δημιουργώντας "νήσους" κάλυψης 3G.

6.2 CDMA 2000

Το CDMA 2000 είναι μια οικογένεια standard που αντιπροσωπεύει μία εξέλιξη από το σύστημα CDMA το οποίο προσέφερε πρωτόκολλα μετάδοσης ενισχυμένων πακέτων για την επίτευξη υπηρεσιών μετάδοσης δεδομένων υψηλής ταχύτητας. Οι τεχνολογίες CDMA λειτουργούν στα ίδια ραδιοκανάλια των 1.25 MHz τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για το σύστημα CDMA. Το CDMA 2000 εποπτεύεται από το project 3GPP2. Το 3GPP2 είναι ένα το project το οποίο εστιάζει στην ανάπτυξη γενικών χαρακτηριστικών για συστήματα 3ης γενιάς.

6.3 Time Division CDMA

Αυτό που αναμένεται να συμβεί είναι ότι το WCDMA και το CDMA 2000 θα κυριαρχήσουν στην αγορά του 3G. Παρόλα αυτά στην Κίνα αναπτύχθηκε νέο standard το οποίο είναι γνωστό ως Time Division CDMA το οποίο προσφέρει υπηρεσίες φωνής και δεδομένων τόσο για μεταγωγή κυκλώματος όσο και για μεταγωγή πακέτου σε ρυθμούς μέχρι 2Mbps. Χρησιμοποιεί τεχνική διπλής πολυπλεξίας χρόνου στην οποία η μετάδοση και η λήψη σημάτων γίνεται στην συχνότητα αλλά σε διαφορετικές χρονι-κές στιγμές. Η χρονοθυρίδες επάνω στον ασύρματο φορέα μπορούν είτε να εκχωρη-θούν συμμετρικά για υπηρεσίες όπως η φωνή και μη συμμετρικά για υπηρεσίες δεδο-μένων όπου οι ρυθμοί δεδομένων στις δύο υπηρεσίες μετάδοσης μπορούν να διαφέ-ρουν σημαντικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία:

Lawrence Harte, “Introduction to Mobile Telephone Systems” 2nd Edition

William Lee, “Mobile Cellular Telecommunications Systems”

Jochen Schiller, “Mobile Communications (2nd Edition)”

Gordon L. Stüber, “Principles of Mobile Communication”

URLs:

<http://www.nomor.de/home/technology/white-papers/dual-cell-hspa-and-its-future-evolution>

<http://www.unwiredinsight.com/2014/highlights-of-3gpp-release-12>

http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Mobile_Telecommunications_System

<http://en.wikipedia.org/wiki/3GPP>

http://en.wikipedia.org/wiki/High-Speed_Downlink_Packet_Access

http://en.wikipedia.org/wiki/High-Speed_Uplink_Packet_Access

http://en.wikipedia.org/wiki/Enhanced_Data_Rates_for_GSM_Evolution

http://en.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service

http://www.funsms.net/mobile_phone_generations.htm

<http://en.wikipedia.org/wiki/CDMA2000>

http://web.archive.org/web/20110607105523/http://www.itu.int/ITU-D/imt-2000/Documents/IMT2000/What_really_3G.pdf