



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

**ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΗΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΣΥΓΧΡΟΝΑ
ΑΣΥΡΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ
2^{ΗΣ}, 3^{ΗΣ} ΚΑΙ 4^{ΗΣ} ΓΕΝΙΑΣ**

**ΠΟΛΥΖΩΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ
Α.Μ. 7844
ΤΑΦΙΛΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
Α.Μ. 7591**

**Επιβλέπων Καθηγητής
ΙΩΑΝΝΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

Μεσολόγγι Φεβρουάριος 2005



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

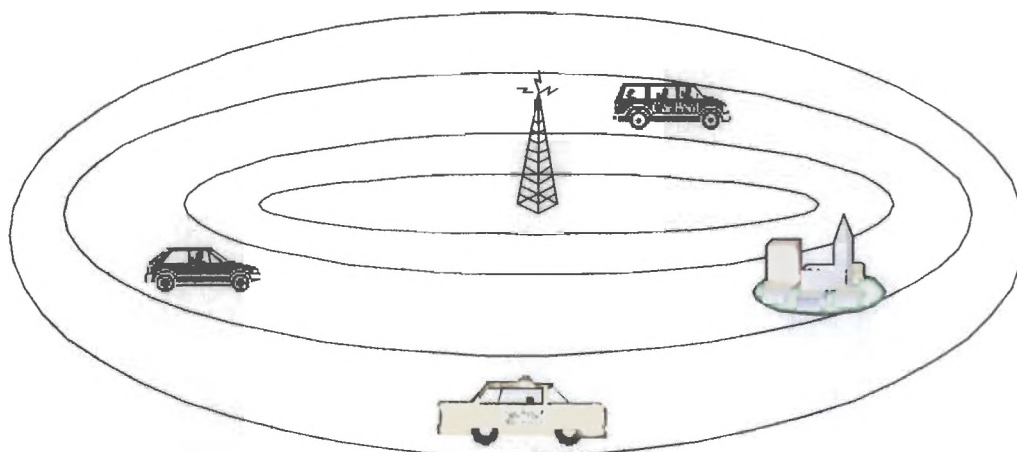
Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας Ιωάννου Κωνσταντίνο για τη γενική καθοδήγηση και βοήθεια καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Αμέσως μετά την ανακάλυψη της ασυρματικής διάδοσης, γύρω στα τέλη του 1800, δημιουργήθηκε η ανάγκη για επικοινωνία χωρίς περιορισμούς με σκοπό τη ανταλλαγή πληροφοριών όποτε αυτό ήταν επιθυμητό. Το πρώτο σύστημα κινητής τηλεφωνίας εγκαταστάθηκε από τον Marconi το 1898 στο νησί Wight της Αγγλίας.

Μέχρι το έτος 1970 η κινητή τηλεφωνία ανήκε στο χώρο της αναλογικής συμβατικής ασύρματης επικοινωνίας. Η εισαγωγή των πρώτων κυτταρικών συστημάτων κινητής τηλεφωνίας, πραγματοποιήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '80. Τα συστήματα αυτά ονομάστηκαν συστήματα πρώτης γενιάς (1st Generation systems – 1G), είχαν αναλογικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και υποστήριζαν την υπηρεσία μετάδοσης φωνής. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα σε πολλά μέρη του κόσμου, παρόλο το περιορισμένο ραδιοφάσμα και τη χαμηλή της ποιότητα. Στο Σχήμα 1.1 παρουσιάζεται ένα γραφικά ένα αναλογικό σύστημα συμβατικής επικοινωνίας.

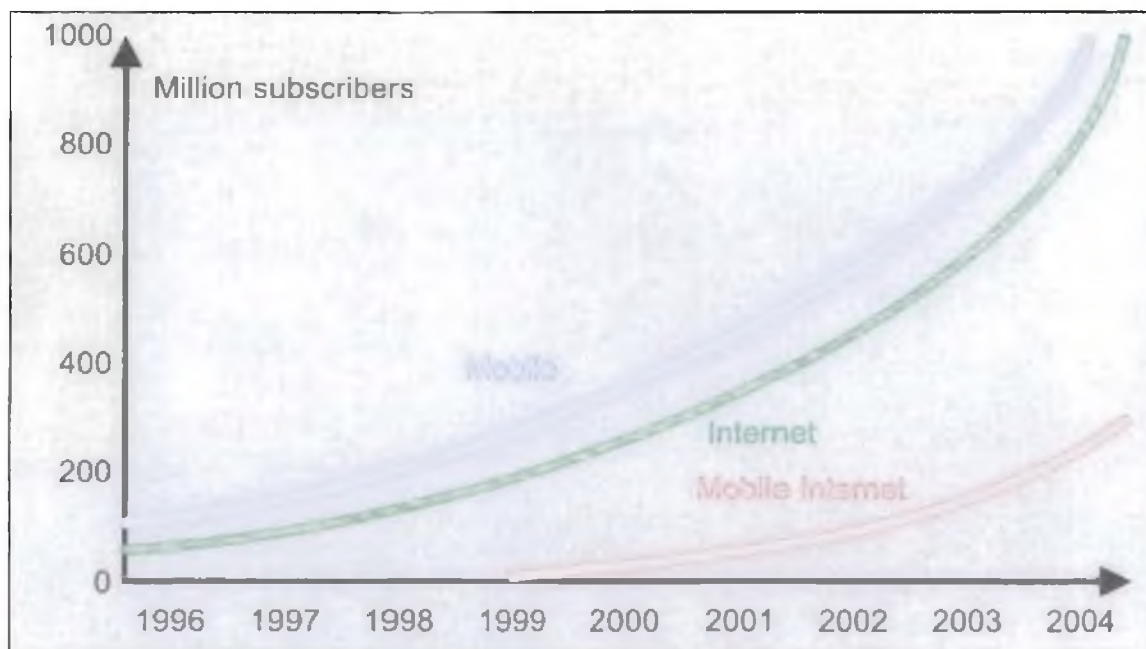


Σχήμα 1.1: Αρχικά Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

Η ολοένα και αυξανόμενη απαίτηση για καλύτερη ποιότητα επικοινωνίας και περισσότερες υπηρεσίες, και ο ολοένα αυξανόμενος αριθμός συνδρομητών (Σχήμα 1.2) δημιούργησε τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G), τα οποία έχουν αναβαθμισμένη τεχνολογία σε σχέση με τα αρχικά συστήματα. Τα συστήματα 2^{ης} γενιάς χρησιμοποιούνται κυρίως για μετάδοση φωνής, αλλά και για περιορισμένες χρήσεις μετάδοσης δεδομένων. Έχουν

μεγαλύτερο εύρος ζώνης και παρέχουν καλύτερη ποιότητα φωνής, ενώ υπάρχουν ήδη στην αγορά και αναβαθμισμένα συστήματα 2^{ης} γενιάς.

Οι απαιτήσεις όμως για μεγαλύτερες ταχύτητες στη μετάδοση δεδομένων ολοένα και πολλαπλασιάζονται. Επιπλέον, δημιουργούνται νέες υπηρεσίες, όπως υπηρεσίες πολυμέσων, οι οποίες απαιτούν νέα και πιο γρήγορα συστήματα, ώστε να μπορέσουν να εφαρμοστούν στην πράξη. Για το λόγο αυτό, τυποποιήθηκαν και αναπτύχθηκαν τα συστήματα τρίτης γενιάς (3G), τα οποία θα λειτουργήσουν στο άμεσο μέλλον. Τα συστήματα αυτά θα βασίζονται σε μικρο-κυτταρική (micro-cellular) και πικο-κυτταρική (pico-cellular) δομή, ενώ οι τελικές συχνότητες λειτουργίας τους θα ανήκουν στη φασματική περιοχή των 50-60 GHz, προκειμένου να επιτευχθούν οι απαιτούμενοι υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων. Η ανάπτυξη των κυτταρικών συστημάτων τρίτης γενιάς αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι των μελλοντικών τηλεπικοινωνιών. Οριοθετεί την σε ασύρματο επίπεδο προέκταση της τακτικής για την παροχή ενός βελτιωμένου και πλήρως συμβατού ολοκληρωμένου συστήματος προσωπικών επικοινωνιών. Η ολοκλήρωση αυτή θα επιτευχθεί μέσα από τη διασύνδεσή τους με το ενσύρματο δίκτυο, του οποίου κύριος εκφραστής θα είναι το B-ISDN.



Σχήμα 1.2: Συνδρομητές Κινητής Τηλεφωνίας και Internet

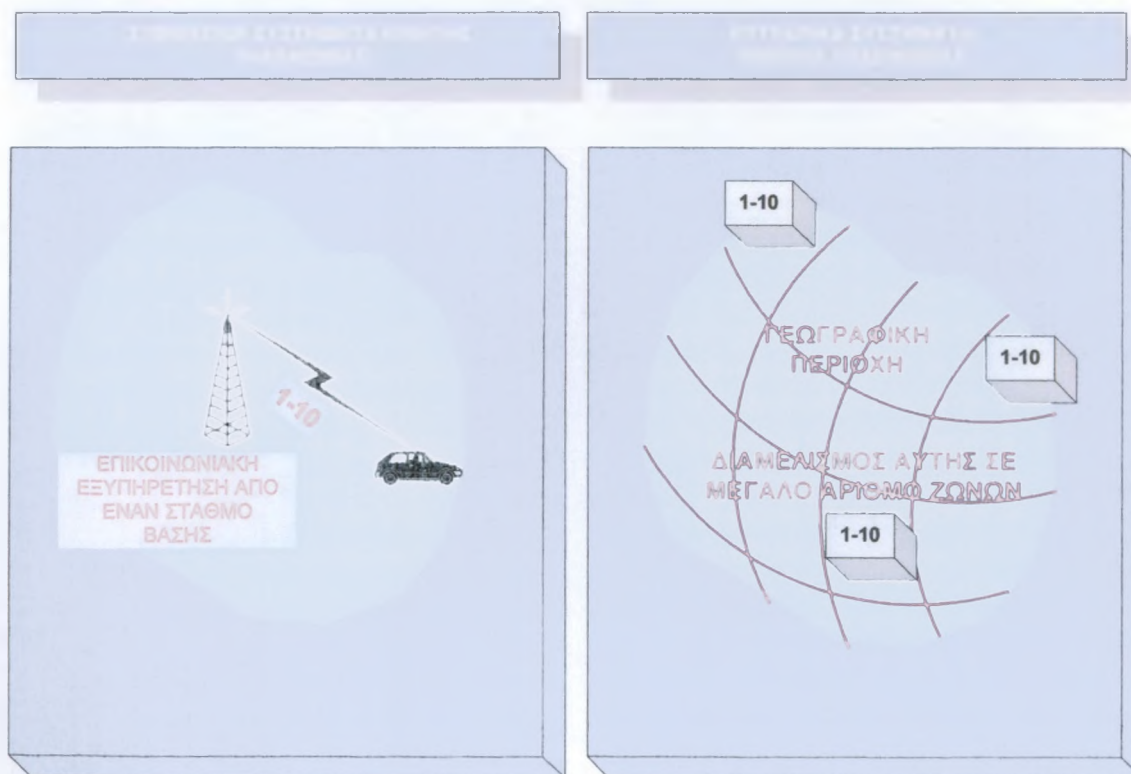
Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται αρχικά μια ανάλυση της κυτταρικής ιδέας, δεδομένου ότι είναι αναγκαία προϋπόθεση για την κατανόηση των σημερινών και των μελλοντικών συστημάτων κινητών επικοινωνιών. Ακολουθεί μια λεπτομερής περιγραφή των συστημάτων 2^{ης} και 3^{ης} γενιάς και παρουσιάζονται τα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους. Τέλος, γίνεται εστίαση στα συστήματα GSM και UMTS και IMT-2000, μιας και αυτά αποτελούν τους κυριότερους εκπρόσωπους κάθε γενιάς.

1.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΗΣ ΙΔΕΑΣ

Πριν την περιγραφή των συστημάτων δεύτερης και τρίτης γενιάς, χρειάζεται να γίνει αναφορά στην ανάγκη ύπαρξης της κυτταρικής διάσπασης, καθώς και στα πλεονεκτήματα που πηγάζουν από αυτή.

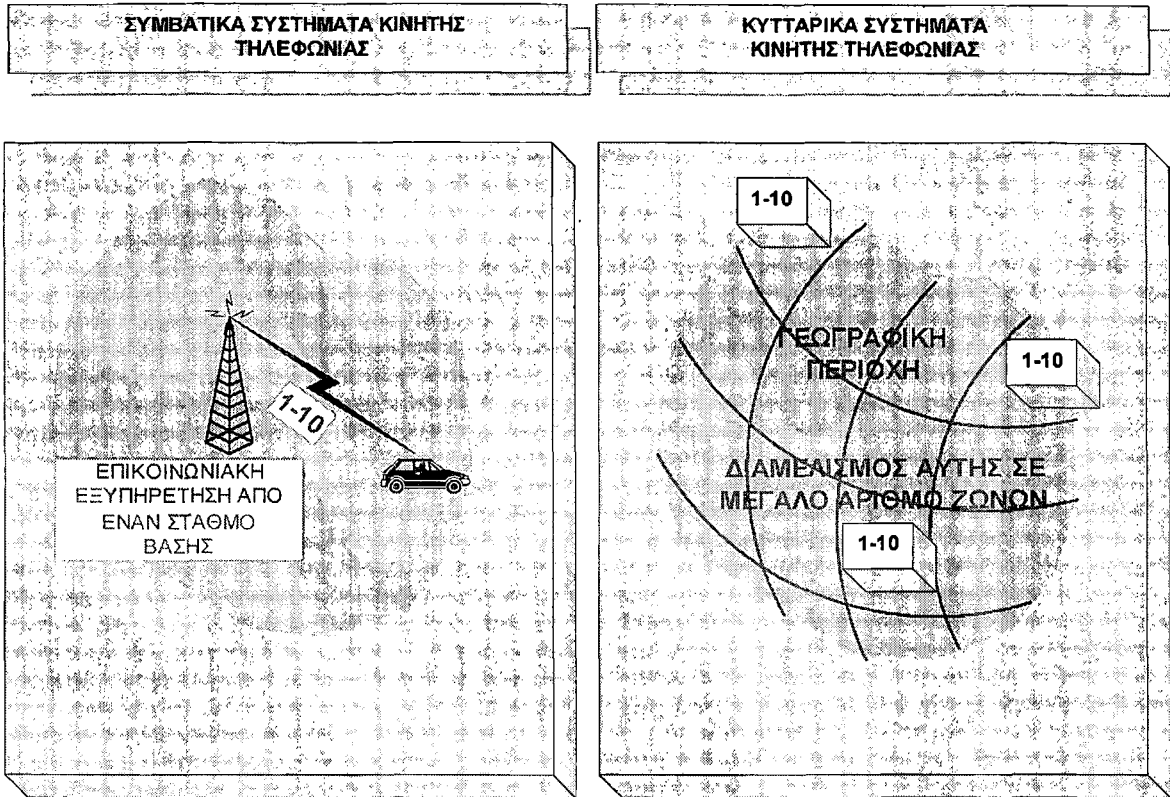
Σύμφωνα με την τεχνολογία της συμβατικής κινητής τηλεφωνίας, μία γεωγραφική περιοχή καλύπτεται ηλεκτρομαγνητικά από ένα μόνο σταθμό βάσης. Για την επιλογή της συγκεκριμένης θέσης, όπου αυτός θα τοποθετηθεί, υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες, όπως η ιδιομορφία του γεωγραφικού ανάγλυφου και οι κλιματολογικές συνθήκες. Η υψομετρική στάθμη του σταθμού βάσης έπρεπε να είναι τέτοια, ώστε να μπορέσει να καλύψει όλη την προς εξυπηρέτηση περιοχή. Επίσης, η ισχύς εκπομπής έπρεπε να είναι μεγάλη για να προκύψει στο δέκτη αξιόπιστο σήμα. Ένα άλλο χαρακτηριστικό των συμβατικών συστημάτων ήταν ότι όλοι οι σταθμοί βάσης διαχειρίζονταν τις ίδιες συχνότητες και, επομένως, η μεταξύ τους απόσταση έπρεπε να είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να μην παρουσιάζονται έντονα προβλήματα παρεμβολών.

Ένα κυτταρικό Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών, υποστηρίζει ένα σύνολο από επικοινωνιακές υπηρεσίες εντός των γεωγραφικών ορίων της ενεργούς τηλεπικοινωνιακής περιοχής. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διαίρεση της λειτουργικής περιοχής (γεωγραφικής περιοχής) σε ένα συγκεκριμένο αριθμό γεωγραφικών τομέων - γειτονικών κυττάρων, στο καθένα από τα οποία ανατίθεται ένας ορισμένος αριθμός συχνοτήτων (Σχήμα 1.4).



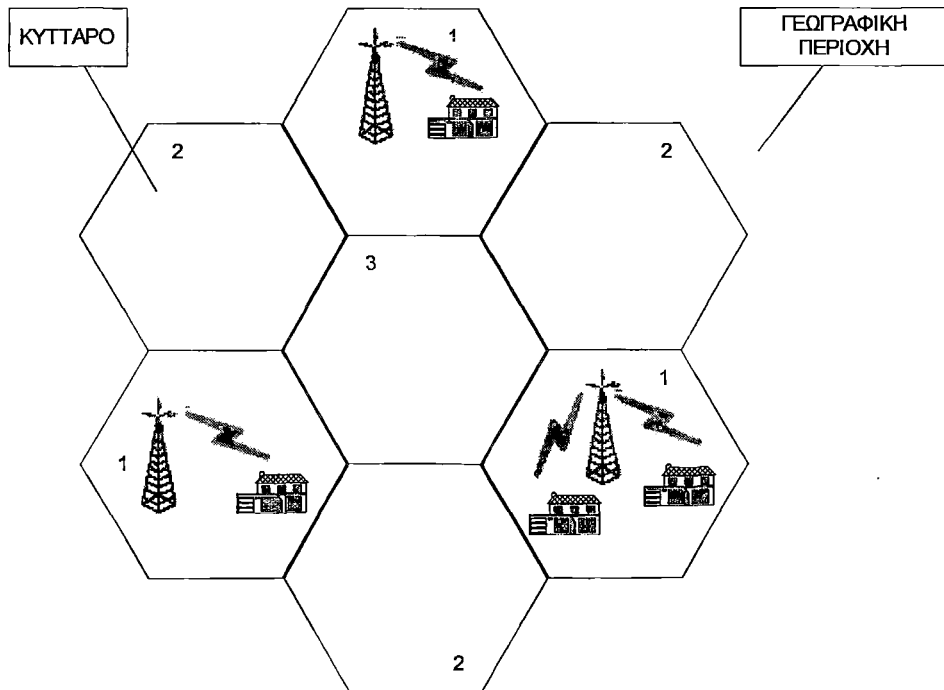
Σχήμα 1.3: Συμβατικά και Κυτταρικά Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΑΣΥΡΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ 2^{ΗΣ}, 3^{ΗΣ} ΚΑΙ 4^{ΗΣ} ΓΕΝΙΑΣ



Σχήμα 1. Σφάλμα! Αγνωστη παράμετρος αλλαγής.: Συμβατικά και Κυτταρικά Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

Στο Σχήμα 1. Σφάλμα! Αγνωστη παράμετρος αλλαγής. φαίνεται η διαίρεση της γεωγραφικής περιοχής σε κανονικά εξάγωνα



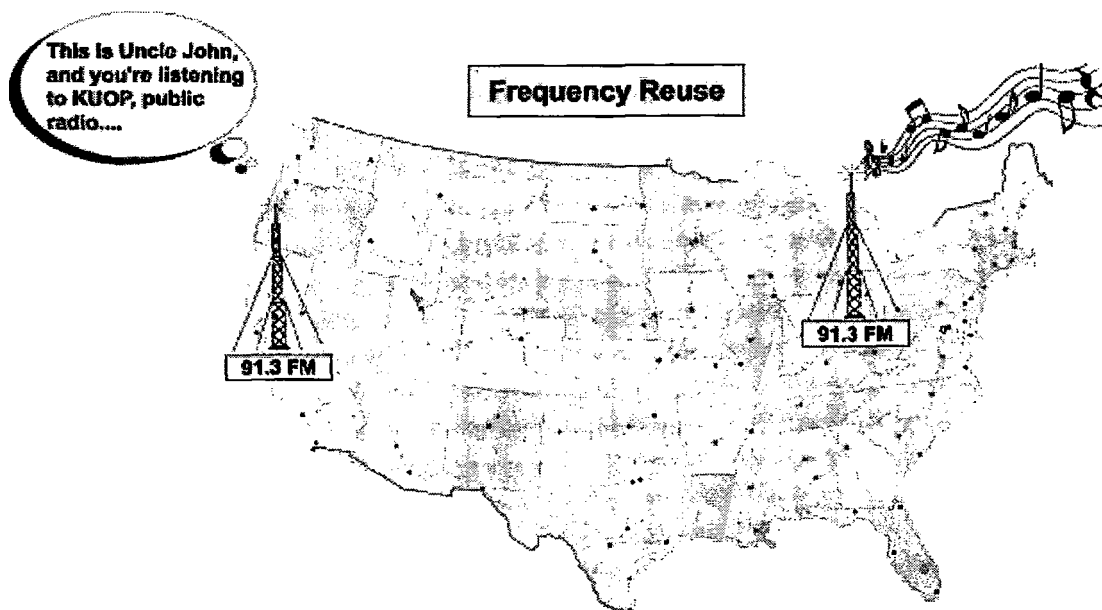
Σχήμα 1. Σφάλμα! Αγνωστη παράμετρος αλλαγής.: Διαίρεση γεωγραφικής περιοχής σε κύτταρα

Το πλεονέκτημα της κυτταρικής δομής είναι ότι οι συχνότητες, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε ένα κύτταρο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε οποιοδήποτε άλλο, αρκεί να ισχύει ο εξής περιορισμός:

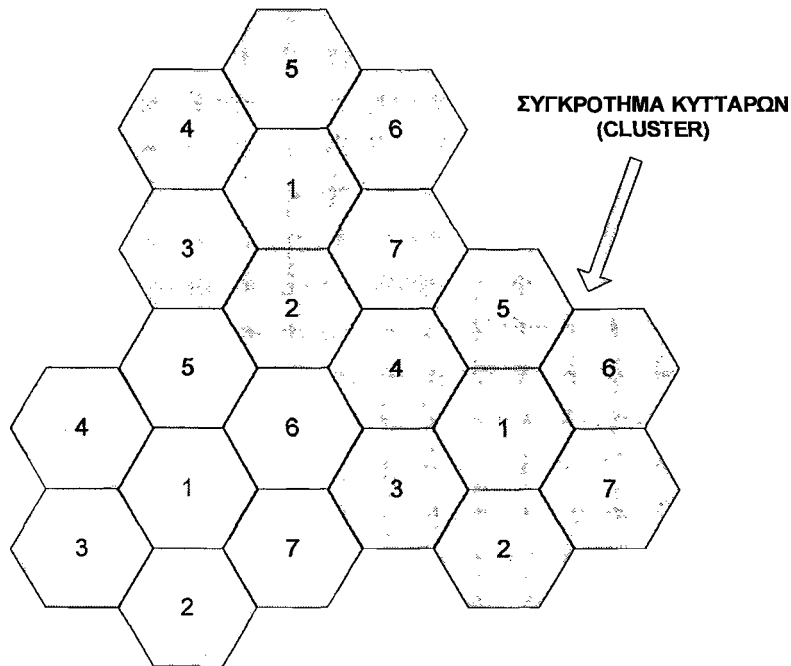
$$\frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

όπου D είναι η απόσταση των κέντρων δύο διαδοχικών συγκαταληκτικών κυττάρων (δηλαδή κυττάρων που χρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες) και R η ακτίνα του κυττάρου, ενώ N είναι ο αριθμός των κυττάρων ανά κυτταρικό συγκρότημα.

Η σχέση αυτή προκύπτει από την απαίτηση της ικανοποιητικής απόστασης μεταξύ των ιδίων καναλιών, προκειμένου να αποφεύγεται η ομοκαταληκτική παρεμβολή (co-channel interference). Το σύνολο των γειτονικών κυττάρων που χρησιμοποιούν διαφορετικές συχνότητες καλείται cluster. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, η έννοια της επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων μετά από κάποια απόσταση, δεν αποτελεί καινοτόμο ιδέα των σχεδιαστών των κυτταρικών συστημάτων κινητών επικοινωνιών. Μια παρόμοια τεχνική είχε εφαρμοστεί αρκετά χρόνια νωρίτερα στη ραδιοφωνία της μπάντας των FM (Σχήμα 1.Σφάλμα! Αγνωστη παράμετρος αλλαγής.) και αυτή η τεχνική ισχύει βέβαια και στις μέρες μας. Μία ιδέα της επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων και της πρακτικής εφαρμογής της παραπάνω σχέσης στην κυτταρική κινητή τηλεφωνία φαίνεται στο Σχήμα 1.Σφάλμα! Αγνωστη παράμετρος αλλαγής. που ακολουθεί:

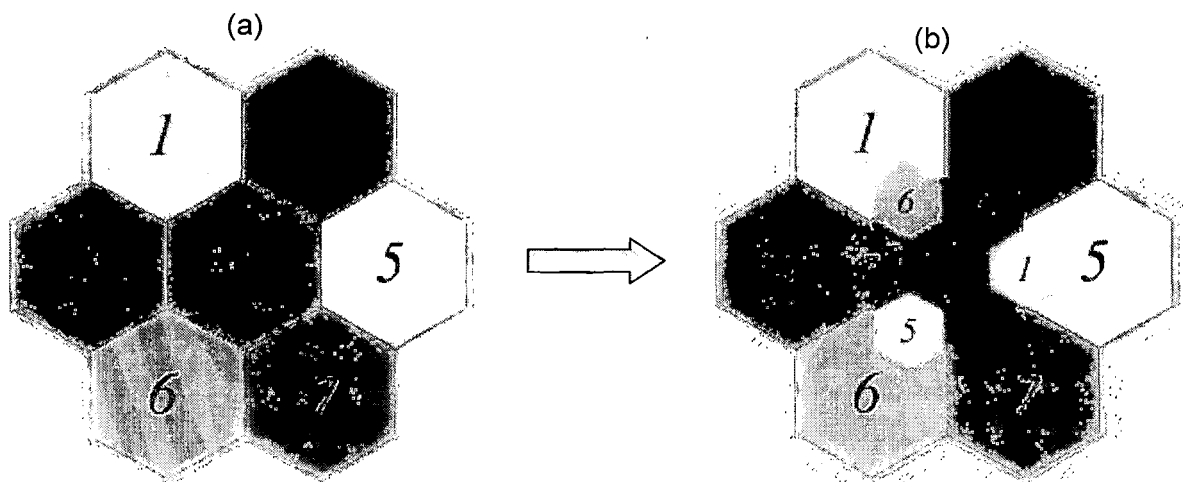


Σχήμα 1.Σφάλμα! Αγνωστη παράμετρος αλλαγής.: Παράδειγμα επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων στα FM



Σχήμα 1. Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.: Επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

Μία άλλη θεμελιώδης έννοια των κυτταρικών συστημάτων είναι η κυτταρική διάσπαση. Αυτή η διαδικασία είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση του προβλήματος της αύξησης της τηλεπικοινωνιακής κίνησης σε μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Πιο συγκεκριμένα, σε ώρες αιχμής η λειτουργία του συστήματος καθίσταται αρκετές φορές προβληματική. Στην περίπτωση αυτή, οι καταχωρημένες συχνότητες σε ένα κύτταρο δεν επαρκούν για την εξυπηρέτηση των χρηστών. Τότε υφίσταται στο σύστημα κυτταρική διάσπαση με τέτοιο τρόπο, ώστε η διάταξη του νέου σχηματισμού κυττάρων να επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση των διαθέσιμων συχνοτήτων.



Σχήμα 1. Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.: (α) Πριν την Κυτταρική Διάσπαση (β) Μετά την Κυτταρική Διάσπαση

Το *Σχήμα 1.Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.* παρουσιάζει ένα παράδειγμα κυτταρικής διάσπασης. Έτσι, με τις τεχνικές της επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων και της κυτταρικής διάσπασης το σύστημα είναι ικανό να αντεπεξέλθει σε συνθήκες υψηλής τηλεπικοινωνιακής κίνησης και να εξυπηρετήσει το μεγάλο αριθμό συνδρομητών με τις περιορισμένες διαθέσιμες συχνότητες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ (2G)

Τα συστήματα 2ης γενιάς είναι ψηφιακής τεχνολογίας και παρέχουν αναβαθμισμένες υπηρεσίες κινητών επικοινωνιών. Τα χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών είναι: η πολυεραρχική λειτουργική δομή τους, η υψηλή χωρητικότητα από πλευράς εξυπηρέτησης χρηστών, η δυναμική διαχείριση του ράδιο-φάσματος των συχνοτήτων και το κυτταρικό πρότυπο επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων (frequency re-use pattern). Έτσι, μπορούν να παρέχουν βελτιωμένη ποιότητα φωνής και μεγάλη κάλυψη συνδρομητών. Τα συστήματα 2ης γενιάς έχουν τυποποιηθεί για να παρέχουν υπηρεσίες μετάδοσης φωνής αλλά και χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων. Τα συστήματα αυτά διατηρούν τη μέθοδο μεταγωγής κυκλώματος (circuit switching) των αναλογικών συστημάτων, η οποία δεν είναι πολύ αποτελεσματική για μετάδοση δεδομένων. Με αυτή τη μέθοδο δημιουργείται μια σύνδεση των συνδρομητών, δηλαδή καθορίζεται συγκεκριμένος ραδιο-δίαυλος, ο οποίος παραμένει στην αποκλειστική διάθεσή τους για όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας. Με τη μεταγωγή κυκλώματος όμως, γίνεται ικανοποιητική η μετάδοση φωνής, η οποία είναι ο κύριος σκοπός των συστημάτων κινητών επικοινωνιών, καθώς οι καθυστερήσεις που εισάγονται είναι πολύ μικρές.

Τα τέσσερα πιο διαδεδομένα πρότυπα ψηφιακής, κινητής τηλεφωνίας 2ης γενιάς σε όλο τον κόσμο είναι τα εξής: GSM, TDMA (IS-136), CDMA (cdmaOne ή IS-95-B) και PDC. Όλα τα παραπάνω υποστηρίζουν ρυθμούς μετάδοσης μέχρι τα 9.6 Kbps.

Το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών (Global System for Mobile communications - GSM), είναι το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο πρότυπο συστήματος και δημιουργήθηκε το 1992. Το GSM χρησιμοποιεί μέθοδο μεταγωγής κυκλώματος. Η δυνατότητα χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων (< 9.6 Kbps) που υποστηρίζει, χρησιμοποιήθηκε για πολλές εμπορικές υπηρεσίες που παρέχει το δίκτυο, αλλά τελικά περισσότερο από όλες επικράτησε η αποστολή e-mail από τους φορητούς υπολογιστές των χρηστών. Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται από το πρότυπο GSM είναι τα 900 MHz και τα 1.8 GHz στην Ευρώπη, και τα 1.9 GHz στις ΗΠΑ. Το πρότυπο GSM και η επέκτασή του, το GSM-1800, είναι αυτά που χρησιμοποιούνται σήμερα περισσότερο στον κόσμο, ενώ και τα δίκτυα που αναπτύχθηκαν στην Ελλάδα χρησιμοποιούν αυτή την τεχνολογία. Γι' αυτό το λόγο, περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια.

Το πρότυπο Πολλαπλής Πρόσβασης με Επιμερισμό Χρόνου (Time Division Multiple Access), αρχικά γνωστό ως IS-54 και τώρα ως IS-136 (TDMA IS-136), αναφέρεται μερικές φορές ως το ψηφιακό πρότυπο της «Βορείου Αμερικής». Παρόλα αυτά, αναπτύχθηκε στη Λατινική Αμερική, στις Ανατολικές ακτές της Ασίας και στην Ανατολική Ευρώπη.

Το πρότυπο Προσωπικών Ψηφιακών Επικοινωνιών (Personal Digital Communications – PDC) είναι το κυρίαρχο πρότυπο στην Ιαπωνία, και λειτουργεί στα 800 MHz και 1 GHz.

Τέλος, το IS-95 βασίζεται σε τεχνολογία Πολλαπλής Πρόσβασης με Επιμερισμό Κώδικα (Code Division Multiple Access – CDMA) στενής ζώνης. Αναφέρεται ως στενής ζώνης διότι μέσα από αυτά τα δίκτυα μεταδίδονται μικρές ποσότητες πληροφοριών. Η μέθοδος CDMA επιτρέπει στους συνδρομητές να χρησιμοποιήσουν τον ίδιο ραδιο-διάυλο και την ίδια χρονοθυρίδα (time-slot) δίνοντας τους έναν κωδικό, τον οποίο χρησιμοποιεί ο δέκτης για να διαχωρίσει το επιθυμητό σήμα. Το IS-95 λειτουργεί είτε στη συχνότητα των 800 MHz είτε στα 1.9 GHz. Το πρωτόκολλο IS-95-B υποστηρίζει μετάδοση δεδομένων μέχρι 115 Kbps χρησιμοποιώντας δέσμη 8 καναλιών. Είναι δημοφιλές στη Νότια Κορέα και στη Βόρειο Αμερική.

2.1 ΤΟ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (G.S.M.)

Το πανευρωπαϊκό πρότυπο GSM, το οποίο λειτουργεί στις ζώνες των 900 MHz και των 1800 MHz του ενεργού ραδιο-φάσματος, έχει τυποποιηθεί από την ειδική συσταθείσα επιστημονική ομάδα για θέματα κινητών επικοινωνιών της Ευρωπαϊκής ένωσης, γνωστής με την ονομασία Groupe Special Mobile. Είναι το πιο γνωστό σύστημα της 2ης γενιάς κινητών επικοινωνιών. Το GSM, είναι το πρώτο διεθνές πρότυπο για παροχή υπηρεσιών στον τομέα των κινητών επικοινωνιών, το οποίο προσφέρει στους χρήστες πλήρη πρόσβαση σε ανομοιογενή δίκτυα, στις χώρες που έχουν αποδεχτεί το πρότυπο αυτό. Είναι χαρακτηριστικό ότι GSM δίκτυα λειτουργούν σε 60 χώρες περίπου, στην Ευρώπη, την Άπω Ανατολή, Αφρική, τη Νότιο Αμερική και την Αυστραλία. Επίσης, το GSM είναι το πρώτο σύστημα κινητών επικοινωνιών στο οποίο τα σήματα φωνής, η σηματοδότηση και ο έλεγχος των λειτουργιών, επεξεργάζονται ψηφιακά. Έτσι, μπορούν πλέον να διεκπεραιωθούν υπηρεσίες όπως ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή μετάδοση δεδομένων, ασυρματικά μέσω της κυτταρικής κινητής τηλεφωνίας.

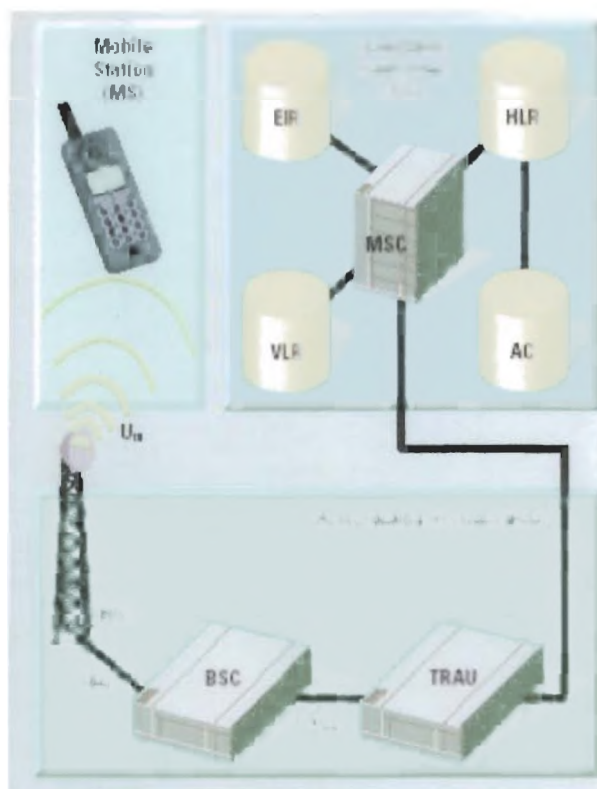
Γενικά το GSM δίκτυο ικανοποιεί τις εξής απαιτήσεις:

- Καλή ποιότητα φωνής
- Χαμηλό κόστος τερματικού εξοπλισμού και υπηρεσιών
- Υποστήριξη διεθνούς περιαγωγής
- Υποστήριξη νέων υπηρεσιών και ευκολιών
- Αποδοτικότητα του ραδιο-φάσματος
- Συμβατότητα με το ISDN

2.1.1 ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το σύστημα GSM έχει σαν κύριο χαρακτηριστικό την υψηλή τεχνολογία που χρησιμοποιεί, τόσο στο υλικό των ραδιο-μονάδων, όσο και στο υλικό της ευρύτερης τηλεπικοινωνιακής πλατφόρμας, καθώς επίσης και την ευφυή επεξεργασία της εμπλεκόμενης πληροφορίας που

διεκπεριώνεται. Οι περισσότερες μεγάλες εταιρίες στο χώρο της ευρωπαϊκής βιομηχανίας τηλεπικοινωνιών, έχουν συμμετάσχει στην ανάπτυξη του GSM και έχουν ήδη διαθέσει στην αγορά διάφορα προϊόντα τους. Στο Σχήμα 2.1, φαίνονται τα διάφορα τμήματα όπως αυτά καθορίζονται από το πρότυπο του GSM. Από πλευράς συνδρομητών, τα τεχνικά χαρακτηριστικά της κινητής (φορητής) ραδιο-μονάδας παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Ο κινητός σταθμός και το υποσύστημα σταθμών βάσης επικοινωνούν μέσω διεπαφής γνωστή ως διεπαφή-αέρα



Σχήμα 2.1: Σχηματικό διάγραμμα των διαφόρων τμημάτων του GSM δικτύου.

Τα βασικά τμήματα του GSM δικτύου είναι :

- **Η Κινητή Μονάδα (KM, Mobile Station – MS) και η Συνδρομητική Κάρτα Ταυτότητας (SIM)**

Οι κινητές (φορητές) συσκευές, διατίθενται στην αγορά με ένα μεγάλο εύρος τεχνικών χαρακτηριστικών και επιλογών, αλλά το βάρος και οι διαστάσεις τους είναι οι κύριοι παράγοντες έλξης για τους υποψήφιους χρήστες. Οι διαστάσεις των συσκευών εξαρτώνται από τον χρησιμοποιούμενο τύπο μπαταριών, ενώ η σημερινή τεχνολογία στον τομέα αυτό επιτρέπει τη λειτουργία της συσκευής καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, με μόνο μια απλή φόρτιση, χρησιμοποιώντας μπαταρίες μικρών διαστάσεων. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι ανεξάρτητα των διαστάσεων των κινητών μονάδων, αυτές πρέπει να συνεργάζονται με όλα

ανεξάρτητα των διαστάσεων των κινητών μονάδων, αυτές πρέπει να συνεργάζονται με όλα τα Ευρωπαϊκά δίκτυα, σύμφωνα με τα προκαθορισμένα πρότυπα. Μέσα στην κινητή μονάδα τοποθετείται μία «έξυπνη» κάρτα, η συνδρομητική κάρτα ταυτότητας (Subscriber Identity Module – SIM), η οποία περιλαμβάνει τον κώδικα ασφαλείας του συνδρομητή και είναι τυποποιημένη για να συνεργάζεται με όλα τα ραδιο-συστήματα GSM. Στην κάρτα αυτή είναι μόνιμα αποθηκευμένα τα δεδομένα του συνδρομητή (π.χ. ο διεθνής αριθμός του [International Mobile Subscriber Identity – IMSI], ο προσωπικός κωδικός αριθμός [Personal Identification Number – PIN], κλπ.) και διάφορες άλλες παράμετροι (π.χ. η ταυτότητα της τελευταίας περιοχής εντοπισμού [LAI], η κλειδα K_i, οι αλγόριθμοι πιστοποίησης και ελέγχου του συνδρομητή [authentication], κλπ.). Η κάθε κινητή μονάδα έχει επίσης και έναν μοναδικό αριθμό ταυτότητας, τον Διεθνή Αριθμό Κινητού Εξοπλισμού (International Mobile Equipment Identity – IMEI).

- **To Σύστημα Σταθμού Βάσης (ΣΣΒ, Base Station System– BSS)**

Το Σύστημα Σταθμού Βάσης περιέχει όλο τον ραδιο-εξοπλισμό (πομποί, δέκτες και μονάδες ελέγχου), ο οποίος είναι απαραίτητος για τον έλεγχο των επικοινωνιών στην ενεργό περιοχή ενός κυττάρου. Ο εξοπλισμός του σταθμού αυτού τοποθετείται σε ειδικές συγκεκριμένες τοποθεσίες (π.χ. σε επαγγελματικές στέγες, στα δώματα των πολυκατοικιών, σε containers κλπ.). Η διάταξη του παραπάνω εξοπλισμού πρέπει να είναι συμπαγής και να δίνεται η δυνατότητα για έλεγχο και ενεργοποίηση της λειτουργίας του από απόσταση (π.χ. από το ψηφιακό κέντρο). Ουσιαστικά, το ΣΣΒ αποτελείται από τα εξής τμήματα: τον Σταθμό Εκπομπής - Λήψης (Base Transceiver Station – BTS), τον Ελεγκτή Σταθμού Βάσης (Base Station Controller – BSC) και την TRAU (Transcoding and Rate Adaptation Unit)

- **Σταθμός Εκπομπής - Λήψης (Base Transceiver Station – BTS)**

Ο BTS περιέχει τους πομπούς και τους δέκτες, που χρειάζονται για την κάλυψη ενός κυττάρου.

- **Ελεγκτής Σταθμού Βάσης (Base Station Controller – BSC)**

Η λειτουργία του ΣΒ πραγματοποιείται από τον ελεγκτή του ΣΒ, με την απαραίτητη σηματοδότηση, τους ραδιο-διαύλους φωνής και με τη βοήθεια της διεπαφής (standard interface) A-bis. Η μονάδα BSC ελέγχει τις λειτουργίες διαχείρισης διαφόρων ΣΒ, σύμφωνα με το αποκεντρωτικό σενάριο διεργασιών του GSM, ανακουφίζοντας κατά αυτό τον τρόπο το κέντρο MSC. Ελέγχει ένα μέγιστο αριθμό 120 κεραιών. Η μονάδα αυτή συνεργάζεται με το σύστημα κωδικοποίησης, μετατρέποντας τα σήματα φωνής κωδικοποιημένα με ρυθμούς μετάδοσης 13 Kbps, σε αντίστοιχα σήματα των 64 Kbps, σύμφωνα με τα πρότυπα του Δημόσιου Επιλογικού Τηλεφωνικού Δικτύου (PSTN).

- **TRAU (Transcoding and Rate Adaptation Unit)**

Ο TRAU ρυθμίζει την 64kbits/s σύνδεση που εξασφαλίζεται από το MSC σε μικρότερο ρυθμό μετάδοσης (22.8 kbit/s) της ραδιο - διεπαφής

- **Το Υποσύστημα Μεταγωγής (SSS, Switching Subsystem – BSS)**

Το Υποσύστημα Μεταγωγής περιλαμβάνει το Διακοπτικό Κέντρο Κινητών Επικοινωνιών (Mobile Services Switching Center – MSC) το Κέντρο Πιστοποίησης (Authentication Center – AC), τη Βάση Δεδομένων Εγγραφής Επίσκεψης (Visitor Location Register – VLR) και την Οικεία Βάση Δεδομένων Εγγραφής (Home Location Register – HLR)

- **Το Διακοπτικό Κέντρο Κινητών Επικοινωνιών (Mobile Services Switching Center – MSC)**

Η κύρια λειτουργία του Διακοπτικού Κέντρου Κινητών Επικοινωνιών (Mobile Services Switching Center – MSC), είναι να αποκαταστήσει την κλήση του συνδρομητή και να παρέχει την κατάλληλη ζεύξη με το σταθερό δίκτυο ή με άλλο κέντρο MSC. Το GSM χρησιμοποιεί το ολοκληρωμένο σύστημα σηματοδότησης κοινού καναλιού CCITT No.7 το οποίο επιτρέπει τη μετάδοση διαφόρων αναγκαίων πληροφοριών (π.χ. διευθύνσεις, χρέωση κλπ.), με ρυθμούς της τάξης των 64 Kbps μεταξύ των ψηφιακών κέντρων. Επίσης, χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών (π.χ. μετάδοση φωνής και δεδομένων), παίζοντας καθοριστικό ρόλο στα κυτταρικά συστήματα κινητής τηλεφωνίας, στο επίπεδο εφαρμογής (Mobile Application Part – MAP). Πρέπει να σημειωθεί, ότι τα κέντρα MSC παίζουν το ρόλο των κόμβων του δικτύου σηματοδότησης (Signaling Network).

- **Βάση Δεδομένων Εγγραφής Επίσκεψης (Visitor Location Register – VLR):**

Η Βάση Δεδομένων Εγγραφής Επίσκεψης (Visitor Location Register – VLR), είναι ένα από τα βασικά τμήματα του κέντρου MSC, όπου καταχωρούνται τα προσωρινά δεδομένα του συνδρομητή, κατά τη στιγμή της εισόδου του στην ενεργό περιοχή του. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει στοιχεία από τα αρχεία της οικείας θέσης του συνδρομητή δίνοντας λεπτομέρειες που αφορούν τα χαρακτηριστικά και την κλάση υπηρεσίας του συγκεκριμένου χρήστη, καθώς και πληροφορίες που αφορούν τα χαρακτηριστικά της νέας περιοχής εντοπισμού, στην οποία εισέρχεται ο συνδρομητής. Η βάση αυτή είναι σε τοπικό επίπεδο.

- **Οικεία Βάση Δεδομένων Εγγραφής (Home Location Register – HLR) .**

Μία άλλη σπουδαία μονάδα του κέντρου MSC, είναι η Οικεία Βάση Δεδομένων (Home Location Register – HLR), η οποία έχει μόνιμα καταχωρημένα τα στοιχεία του συνδρομητή (π.χ. αριθμός περιαγωγής, αριθμός ISDN, προτεραιότητα, εγγεγραμμένες υπηρεσίες) καθώς και τη νέα διεύθυνσή του στη βάση VLR, οπότε ο συνδρομητής εντοπίζεται αυτόματα όταν καλείται από συνδρομητή του σταθερού τηλεπικοινωνιακού δικτύου. Η βάση VRL λειτουργεί σε περιφερειακό επίπεδο. Επίσης, υπάρχει και μία άλλη

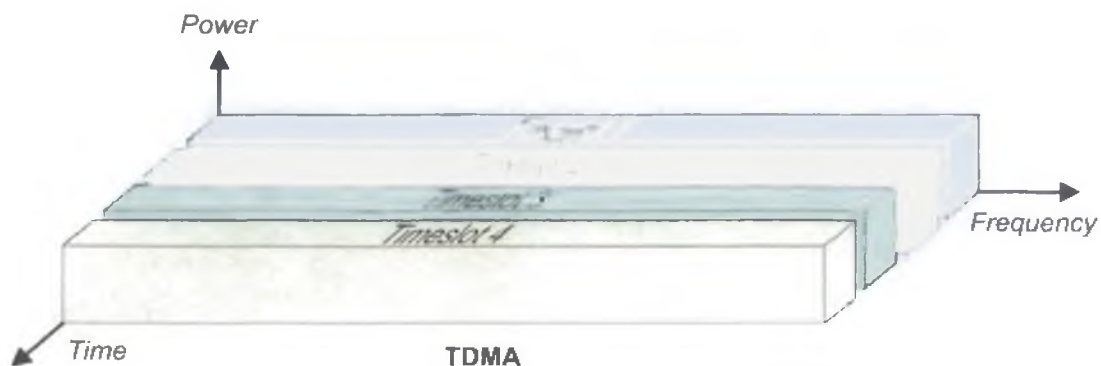
βάση δεδομένων, στην οποία καταγράφεται ο κωδικός του κινητού. Η βάση αυτή χρησιμοποιείται για την ασφάλεια και την πιστοποίηση και ονομάζεται EIR (Equipment Identity Register).

- Το Κέντρο Πιστοποίησης (Authentication Center – AC)

Τα καθήκοντα του Κέντρου Πιστοποίησης (Authentication Center – AC), είναι να ελέγχει και να διαχειρίζεται την πληροφορία ασφάλειας ολόκληρου του δικτύου του συστήματος. Ο συνδρομητής εισάγει τον προσωπικό του PIN αριθμό, την κάρτα χρέωσης, και κάθε φορά που ο συνδρομητής εγγράφεται για επικοινωνιακή εξυπηρέτηση, ενεργοποιείται μια διαδικασία διαλόγου υπό μορφή ανταλλαγής λογικών σημάτων μεταξύ του κέντρου AC και της SIM κάρτας, στα πλαίσια της πιστοποίησης για τη διασφάλιση του απορρήτου της επικοινωνίας. Η προαναφερθείσα ανταλλαγή μηνυμάτων ελέγχεται από έναν τυχαίο αριθμό, οπότε είναι δύσκολη η επανεμφάνισή του. Πρέπει να σημειωθεί ότι η βάση VLR χρησιμοποιεί τον επιλεγέντα τυχαίο αριθμό, προκειμένου να τροποποιήσει την ταυτότητα του εμπλεκόμενου συνδρομητή. Εάν ο συνδρομητής κατόπιν πραγματοποιήσει μια κλήση, τότε η κλήση κωδικοποιείται με ένα κώδικα που αλλάζει σε κάθε πραγματοποιούμενη εγγραφή και ο οποίος δεν πρέπει να μεταδίδεται από τον καταχωρηθέντα ραδιο-διάυλο. Επίσης, τόσο το κέντρο AC όσο και η κάρτα SIM, διαχειρίζονται τον κώδικα αυτόν ανεξάρτητα από τον επιλεγέντα τυχαίο αριθμό.

2.1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ GSM 900

Οι ζώνες συχνοτήτων που έχουν παραχωρηθεί στο σύστημα GSM 900 είναι για την άνω ζεύξη (uplink) 890-915 MHz, με ένα εύρος ζώνης 25 MHz, και για την κάτω ζεύξη (downlink) 935-960 MHz, επίσης με 25 MHz εύρος ζώνης. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε πολλές χώρες δεν χρησιμοποιείται όλο το φάσμα των συχνοτήτων. Η απόσταση των φέρουσων συχνοτήτων (carrier separation) είναι 200 KHz, οπότε λαμβάνουμε ένα συνολικό αριθμό 124 φέρουσων στη ζώνη του GSM. Κάθε μία από αυτές τις φέρουσες συχνότητες χωρίζεται στο πεδίο του χρόνου, σύμφωνα με την πολύπλεξη TDMA (*Σχήμα 2.Σφάλμα! Αγνωστη παράμετρος αλλαγής.*). Έτσι, ο κάθε ραδιο-διάυλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα από 8 κινητούς συνδρομητές (δημιουργία 8 χρονοθυρίδων – time slots σε κάθε ραδιο-διάυλο), οπότε συνεπάγεται ότι ο συνολικός αριθμός των διαθέσιμων φυσικών ραδιο-διαύλων (physical channels) είναι 992. Μεταξύ των 992 φυσικών ραδιο-διαύλων, υπάρχουν και 12 λογικοί ραδιο-διαύλοι (logical channels), οι οποίοι πολυπλέκονται και χρησιμοποιούνται για ειδικούς σκοπούς (2 για κίνηση, 9 για έλεγχο σηματοδότησης και 1 για την κατανομή του μηνύματος). Οι ραδιο-διαύλοι κίνησης (traffic channels - TCH), χρησιμοποιούνται για την αποστολή/λήψη ομιλίας και δεδομένων. Ανάλογα με το ρυθμό μετάδοσης χωρίζονται σε πλήρους ρυθμού (full rate) για μετάδοση με ρυθμό της τάξης των 9.6 Kbps, και σε μισού ρυθμού (half rate) για μετάδοση με 4.8 Kbps. Οι χρησιμοποιούμενοι τύποι ραδιο-διαύλων ελέγχου (control channels) αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο.



Σχήμα 2.2: Πολύπλεξη TDMA

2.1.3 ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

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

- Αναμονή Κλήσεων (Call Waiting and Call Hold)

Η υπηρεσία αυτή επιτρέπει την απάντηση σε μια νέα εισερχόμενη κλήση, ενώ υπάρχει κάποιος άλλος συνομιλητής στη γραμμή. Έτσι, όταν κατά τη διάρκεια μιας συνομιλίας δεχτεί ο συνδρομητής μια δεύτερη κλήση, ακούγεται ένα ηχητικό σήμα που τον ειδοποιεί για τη νέα κλήση. Αυτός τότε μπορεί να δεχτεί τη νέα και να βάλει σε αναμονή την αρχική κλήση, ή να πραγματοποιήσει αυτός μια κλήση ενώ η αρχική είναι στην αναμονή, και να επιστρέψει αργότερα σε αυτήν.

- Τηλεφωνική Συνδιάσκεψη (Conference Call)

Η υπηρεσία αυτή δίνει τη δυνατότητα σε τρεις ή περισσότερους (μέγιστος αριθμός 5) συνδρομητές να συνομιλούν ταυτόχρονα. Οι συμμετέχοντες ομιλητές μπορεί να ανήκουν σε διαφορετικά δίκτυα GSM (εσωτερικού ή εξωτερικού) ή ακόμα σε σταθερό τηλεφωνικό δίκτυο (εσωτερικού ή εξωτερικού). Κατά τη χρονική εξέλιξη της τηλεσυνδιάσκεψης υπάρχουν πολλές δυνατότητες, όπως κλήση ενός συνδρομητή εκτός συνδιάσκεψης, δημιουργία κατ'ιδίαν επικοινωνίας με έναν από τους συμμετέχοντες κ.α.

- Πληροφόρηση Κόστους Συνδιάλεξης (Advice of Charge)

Η υπηρεσία αυτή δίνει τη δυνατότητα πληροφόρησης για τη χρέωση κάθε κλήσης που πραγματοποιείται από την ΚΜ του συνδρομητή. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα προσδιορισμού του κόστους για κάθε κλήση (εθνική ή διεθνή) διαβιβάζοντας τις πληροφορίες χρέωσης από την οθόνη της ΚΜ, οι οποίες αναφέρονται στη συγκεκριμένη κλήση, πριν ακόμη αυτή πραγματοποιηθεί.

- Υπηρεσία Σύντομων Μηνυμάτων (Short Message Service)

Ο στόχος της υπηρεσίας αυτής είναι η αποστολή σύντομων μηνυμάτων (μέχρι 160 χαρακτήρες), κατευθείαν από το σύστημα διαχείρισης μηνυμάτων ή το κέντρο

εξυπηρέτησης, ή από οποιοδήποτε άλλο συνδρομητή μέσω του κέντρου αυτού, προς την ΚΜ του εμπλεκόμενου συνδρομητή και αντίστροφα. Αν η ΚΜ είναι εκτός λειτουργίας ή ο χρήστης βρίσκεται εκτός περιοχής κάλυψης, τότε το μήνυμα αποθηκεύεται στο δίκτυο και μεταδίδεται μόλις η ΚΜ τεθεί σε λειτουργία ή ο χρήστης βρεθεί και πάλι εντός περιοχής κάλυψης. Αν η ΚΜ είναι κατελημμένη, τότε το μήνυμα αποθηκεύεται στην κάρτα SIM και μπορεί να ανακληθεί αργότερα μετά το τέλος της συνομιλίας. Επιπλέον, η λήψη του μηνύματος κοινοποιείται στον αποστολέα με ένα μήνυμα αναφοράς λήψης.

- Εκπομπή Μηνυμάτων Τοπικής Εμβέλειας (Cell Broadcast)

Με την υπηρεσία αυτή υπάρχει η δυνατότητα εκπομπής σύντομου μηνύματος (μέχρι 93 χαρακτήρες) από το κέντρο εξυπηρέτησης σε όλες τις ΚΜ σε ένα κύτταρο ή σε μια ομάδα κυττάρων. Οι ΚΜ πρέπει να είναι σε κατάσταση λειτουργίας ή σε αδρανή κατάσταση για να λάβουν το μήνυμα. Με τον τρόπο αυτό, μεταδίδονται πληροφορίες σε ενδιαφερόμενους συνδρομητές οι οποίες αφορούν την κίνηση σε συγκεκριμένους δρόμους, πρόγνωση και δελτίο καιρού, εφημερεύοντα πρατήρια βενζίνης κλπ.

- Υπηρεσία Μετάδοσης Δεδομένων και Fax (Data and Fax Transmission)

Ο στόχος της υπηρεσίας αυτής είναι η παροχή στους συνδρομητές, της δυνατότητας μετάδοσης δεδομένων με ρυθμούς της τάξης των 9.6 Kbps. Εκτός από τη φορητή ραδιομονάδα, ο συνδρομητής πρέπει να έχει έναν προσαρμογέα μετάδοσης δεδομένων (Data Service Adapter – DSA) ή την ειδική κάρτα PCMCIA (Personal Computers Memory Card International Association), και ένα φορητό υπολογιστή ή μια μηχανή Fax. Η μονάδα DSA χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση της φορητής ραδιο-μονάδας με τη σειριακή θύρα του υπολογιστή, και με ένα Group 3 μηχανήμα Fax. Η κάρτα PCMCIA χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση της φορητής ραδιο-μονάδας με ένα φορητό υπολογιστή ή με ένα κινητό μηχανήμα Fax. Η κάρτα αυτή έχει τις διαστάσεις μιας πιστωτικής κάρτας και τη λειτουργικότητα ενός modem, όσον αφορά την αποστολή και λήψη δεδομένων μέσω του δικτύου GSM. Η υπηρεσία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις παρακάτω εφαρμογές:

- Πωλήσεις υποστηριζόμενες από υπολογιστή (Computer-aided selling)
- Συμβουλευτικές υπηρεσίες υποστηριζόμενες από υπολογιστή (Computer-aided consulting)
- Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης
- Τεχνική Υποστήριξη
- Τηλεμετρία (Telemetry)
- Διαχείριση στόλου (Fleet management)

- Υπηρεσία Φωνητικής Πληκτρολόγησης

Η υπηρεσία αυτή δίνει τη δυνατότητα στο συνδρομητή να ενεργοποιεί την ΚΜ με τη φωνή του, χωρίς να χρειάζεται να πληκτρολογεί τον αριθμό κλήσης. Στα πλαίσια της υπηρεσίας,

αυτής δημιουργείται ένα αρχείο, το οποίο περιέχει τους συνδρομητές με τα τηλέφωνα τους που καλούνται πιο συχνά.

2.2 Το ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ GSM-1800

Το ψηφιακό σύστημα GSM-1800 (το οποίο ονομαζόταν αρχικά Ψηφιακό Κυψελοειδές σύστημα DCS-1800, Digital Cellular System –1800) δεν αποτελεί ξεχωριστό πρότυπο, καθώς βασίζεται στη θεμελιώδη τεχνολογία του κυτταρικού συστήματος κινητής τηλεφωνίας GSM, ενώ έχει κάποιες τροποποιήσεις και βελτιώσεις σε σχέση με το υπάρχον GSM-900. Το σύστημα GSM-1800 είναι μικροκυτταρικής μορφής. Έχει τη δυνατότητα να εξασφαλίσει υψηλή ποιότητα επικοινωνίας σε συνδρομητές που κινούνται σε πυκνοκατοικημένες περιοχές και παρέχει υψηλή χωρητικότητα από πλευράς εξυπηρέτησης χρηστών. Το κόστος της ολοκληρωμένης τεχνικής είναι αρκετές τάξεις μεγέθους μεγαλύτερο, από το αντίστοιχο κόστος του GSM-900. Λαμβανομένου όμως υπόψη της υψηλής χωρητικότητάς του στην πλήρη ανάπτυξη του συστήματος και με δεδομένο το πρόσδοκώμενο πλήθος χρηστών και το υπολογισμένο κόστος ανά συνδρομητή σε ικανό βάθος χρόνου, δίνει θετικές τάσεις απόσβεσης και κέρδους.

Μία από τις βασικές διαφορές των ανταγωνιστικών συστημάτων GSM-900 και GSM-1800, είναι η περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας, οι οποίες επηρεάζουν σε τελική φάση τα χαρακτηριστικά της αντίστοιχης ηλεκτρομαγνητικής διάδοσης (ολίσθηση Doppler, χαρακτηριστικά διαλείψεων). Συγκεκριμένα, η εκπομπή σήματος από την ΚΜ προς τον ΣΒ πραγματοποιείται στο τμήμα του ραδιο-φάσματος από 1710 MHz έως 1785 MHz, ενώ η εκπομπή από ένα ΣΒ σε μια ΚΜ επιτυγχάνεται στην περιοχή από 1805 MHz έως 1880 MHz. Όπως φαίνεται, το εύρος ζώνης είναι 75 MHz και είναι τριπλάσιο από το αντίστοιχο εύρος ζώνης του συστήματος GSM, το οποίο είναι 25 MHz. Επίσης, η ελάχιστη απόσταση των διαδοχικών ραδιο-διαύλων είναι 200 KHz και υπάρχει μια απόσταση ασφαλείας εύρους 200 KHz στο κατώτερο όριο της κάθε υποζώνης.

Άλλη διαφορά είναι το μέγεθος της ισχύος εκπομπής των ΚΜ και των ΣΒ. Η ισχύς εκπομπής της ΚΜ στο GSM-1800 είναι μικρότερη από την αντίστοιχη του συστήματος GSM-900, δηλαδή η μέγιστη ισχύς εκπομπής είναι: 1 W (30 dBm) και 0.25 W (24 dBm). Η διαβάθμιση των μέγιστων ισχύων εκπομπής για το GSM-900 είναι: 20 W (43 dBm), 8 W (39 dBm), 5 W (37 dBm), 2 W (33 dBm) και 0.8 W (29 dBm). Οι ΚΜ μπορούν να μειώνουν την ισχύ εξόδου των πομπών τους με βήματα των 2 dB κατόπιν εντολής του οικείου ΣΒ. Οι κατηγορίες της ισχύος εκπομπής του ΣΒ του GSM-1800 ανήκουν στις κατώτερες κατηγορίες των ισχύων εκπομπής του συστήματος GSM-900. Συγκεκριμένα, ανάλογα με το μέγεθος του κυττάρου κάλυψης, η διαβάθμιση των μέγιστων ισχύων εκπομπής είναι: 20 W, 10 W, 5 W, και 2.5 W. Η αντίστοιχη διαβάθμιση των μέγιστων ισχύων των ΣΒ του GSM-900 είναι: 320 W, 160 W, 80 W, 40 W, 20 W, 10 W, 5 W και 2.5 W. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει δυνατότητα ρύθμισης της ισχύος εκπομπής, ώστε να επιτρέπεται μείωση αυτής από τη μέγιστη στάθμη, με 6 στάθμες των 2 dB και

με ακρίβεια της τάξης του 1 dB. Με τον τρόπο αυτό, υπάρχει δυνατότητα «μικρορύθμισης» της κάλυψης από τον φορέα εκμετάλλευσης για τη βέλτιστη λειτουργία ολόκληρου του δικτύου.

Τα γενικότερα τεχνικά χαρακτηριστικά των δεκτών του συστήματος GSM-1800 περιγράφονται στη σύσταση GSM 05.05 – DCS, όπου παρέχονται τα χαρακτηριστικά της φραγής, της παρεμβολής ενδοδιαμόρφωσης και της στάθμης των παρασιτικών εκπομπών. Στην προκειμένη περίπτωση, για τους δέκτες των ΣΒ δεν πρέπει να υπερβαίνουν τις στάθμες των 2 nW για την περιοχή συχνοτήτων από 9 KHz έως 1 GHz, και 20 nW για συχνότητες από 1 GHz έως 12.75 GHz. Το κατώφλι ευαισθησίας ενός δέκτη προσδιορίζεται ανάλογα με το είδος του ραδιο-διαύλου και τις τοπικές συνθήκες της ηλεκτρομαγνητικής διάδοσης. Το κατώφλι αυτό για τους κινητούς δέκτες και τους δέκτες των ΣΒ του GSM-1800 είναι: -100 dBm (42 dBμV/m) και -104 dBm (38 dBμV/m) αντίστοιχα. Τα αντίστοιχα κατώφλια για το GSM-900 είναι: -102 dBm (35 dBμV/m) και -104 dBm (33 dBμV/m) αντίστοιχα.

Επίσης, υπάρχουν και άλλες τροποποιήσεις που πραγματοποιούνται στον τομέα της σηματοδοσίας του GSM-1800 και αναφέρονται στη σύσταση GSM 04.08 – DCS. Οι τροποποιήσεις αναφέρονται στην περιγραφή ραδιο-διαύλου σε συγκεκριμένο κύτταρο, στην περιγραφή γειτονικού κυττάρου, στην εντολή καταχώρησης ραδιο-διαύλων και σε πληροφορίες του συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ – Η ΓΕΝΙΑ 2.5

Όπως αναφέραμε παραπάνω, οι τεχνολογίες της 2ης γενιάς σχεδιάστηκαν αρχικά για μετάδοση φωνής αλλά τελικά τους προστέθηκαν νέες δυνατότητες όσον αφορά τη μετάδοση δεδομένων. Ο όρος «γενιά 2.5» (2.5G), δηλώνει τις αρχιτεκτονικές που συμπληρώνουν την υποδομή της 2ης γενιάς, παρέχοντας νέες υπηρεσίες που απαιτούν μεγαλύτερο εύρος ζώνης και αυξημένη χωρητικότητα. Ουσιαστικά, οι τεχνολογίες της γενιάς 2.5 σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο, ώστε να επεκτείνουν τις ικανότητες των υφιστάμενων συστημάτων 2ης γενιάς, και να προετοιμάσουν τη μετάβαση στην 3η γενιά κινητών επικοινωνιών. Η γενιά 2.5 έχει «χτιστεί» πάνω στα πρότυπα της 2ης γενιάς και παρέχει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων που κυμαίνονται από 57.6 Kbps έως 171.2 Kbps. Παρακάτω θα αναφερθούν μερικά πρότυπα της γενιάς αυτής.

Είναι γνωστό ότι το GSM δίκτυο βασίζεται στην τεχνολογία μεταγωγής κυκλώματος. Η εξέλιξη της τεχνολογίας αυτής σε περιβάλλον του GSM είναι το πρότυπο Υψηλής Ταχύτητας Μετάδοσης Δεδομένων με Μεταγωγή Κυκλώματος (*High Speed Circuit Switched Data – HSCSD*). Το HSCSD χρησιμοποιεί για τη μετάδοση τέσσερις συνεχόμενες χρονοθυρίδες του GSM, η κάθε μία από τις οποίες είναι ικανή να υποστηρίξει ρυθμό μετάδοσης 14.4 Kbps. Έτσι το HSCSD μπορεί να μεταδώσει δεδομένα πάνω από ένα GSM δίκτυο με ρυθμό 57.6 Kbps.

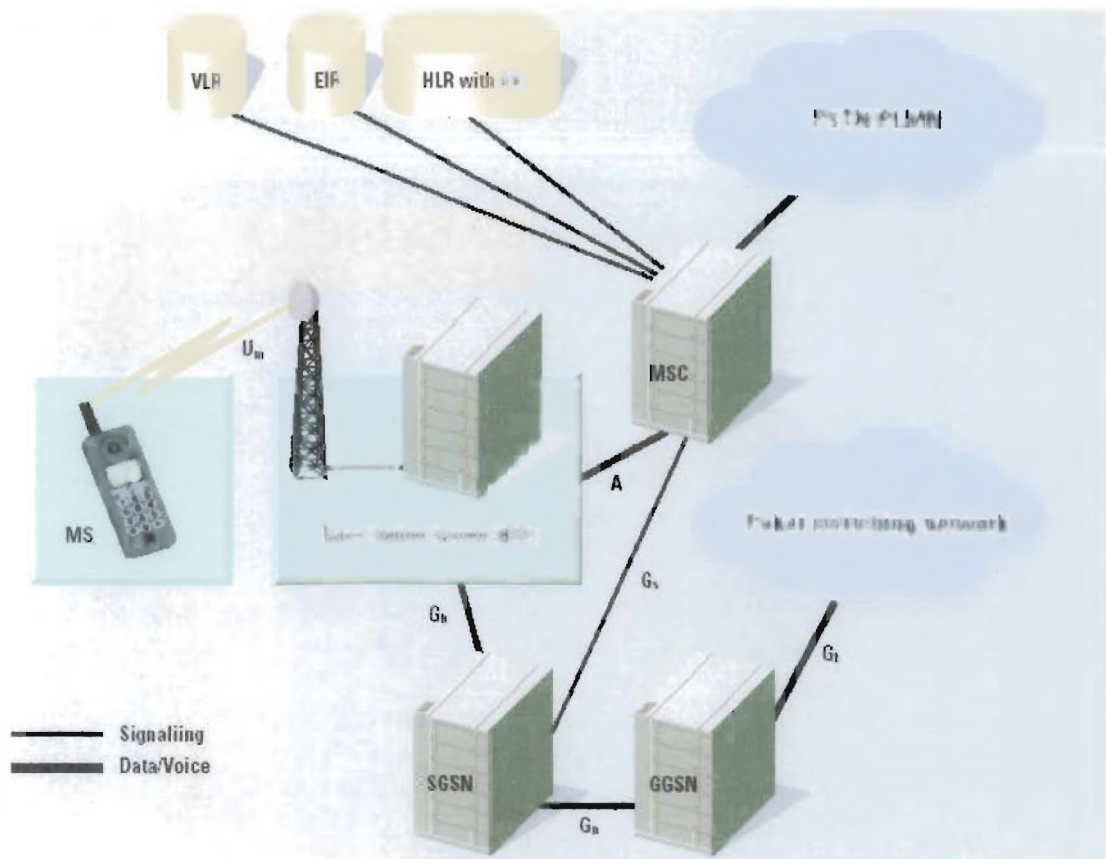
Το πρότυπο *D-AMPS IS-136B* που βασίζεται σε Πολλαπλή Πρόσβαση με Επιμερισμό Χρόνου (Time Division Multiple Access – TDMA), αποτελεί το ενδιάμεσο βήμα για το Universal Wireless Communication (UWC-136), το οποίο είναι πρότυπο της 3ης γενιάς. Σε πρώτη φάση το D-AMPS θα παρέχει ρυθμό μετάδοσης μέχρι τα 64 Kbps. Η δεύτερη φάση του προτύπου θα παρέχει μέχρι τα 115 Kbps μετάδοση σε κινητό περιβάλλον.

Ένα άλλο πρότυπο αυτής της γενιάς, είναι το Γενικό Ραδιο-Σύστημα Μεταγωγής Πακέτου (*General Packet Radio System - GPRS*) (Σχήμα 3.Σφάλμα! Αγνοστη παράμετρος αλλαγής.). Το GPRS αποτελεί το εξελικτικό μονοπάτι για το GSM και το IS-136 TDMA προς το UWC-136. Ουσιαστικά είναι μία επέκταση του GSM που χρησιμοποιεί τη μέθοδο μεταγωγής πακέτων. Όταν υλοποιείται η υπηρεσία GPRS στην αρχιτεκτονική του GSM προστίθενται δύο ακόμη τμήματα. Το SGSN (Serving GPRS Support Node) και το GGSN (Gateway GPRS Support Node). Το SGSN αντιστοιχεί με ένα MSC επίσκεψης ενώ το GGSN αντιστοιχεί στο gateway MSC στο δίκτυο μεταγωγής πακέτου. Τα νέα τμήματα επιτρέπουν άμεση πρόσβαση στα IP και X.25 δίκτυο μεταγωγής πακέτου δεδομένων. Επιπλέον απαιτούνται οι παρακάτω αναβαθμίσεις::

- Ο BSS εξοπλίζεται με μια Μονάδα Ελέγχου Πακέτων (Packet Control Unit – PCU) με στόχο να λαμβάνει και να προσαρμόζει τα πακέτα δεδομένων από και προς το SGSN
- Προστίθεται μια Μονάδα Κωδικοποίησης Καναλιού (Channel Codec Unit - CCU) στον BTS για να εκτελέσει την κωδικοποίηση των πακέτων δεδομένων

- Οι GPRS συνδρομητές δεδομένων διαχειρίζονται στο HLR

Το πλεονέκτημα της τεχνολογίας GPRS εντοπίζεται κυρίως στην αύξηση της ταχύτητας διακίνησης των δεδομένων, που από τα 9.6 Kbps του GSM φτάνει τα 115 Kbps, ταχύτητα που υπολείπεται ελαφρώς από εκείνη που παρέχουν οι ενσύρματες ISDN συνδέσεις των 128 Kbps. Το δεύτερο σημαντικό χαρακτηριστικό του GPRS είναι η διαρκής σύνδεση του κινητού τηλεφώνου με το δίκτυο, με τη χρέωση να πραγματοποιείται μόνο όταν ο χρήστης ζητά κάποια πληροφορία. Αντίθετα, στα δίκτυα GSM αλλά και στις ενσύρματες συνδέσεις, ο χρήστης χρεώνεται με βάση το χρόνο που παραμένει συνδεδεμένος στο δίκτυο, ανεξαρτήτως εάν το χρησιμοποιεί. Όπως αναφέραμε, το GPRS είναι μια υπηρεσία του GSM που χρησιμοποιεί μέθοδο μεταγωγής πακέτων. Αυτό σημαίνει, ότι οι πόροι του συστήματος (πχ. ραδιο-δίαυλοι) χρησιμοποιούνται μόνο όταν οι χρήστες στέλνουν ή λαμβάνουν δεδομένα. Χρησιμοποιώντας το GPRS, η πληροφορία τεμαχίζεται και τοποθετείται σε πακέτα πριν μεταδοθεί, ενώ στο δέκτη γίνεται η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή από-πακετοποιείται και συναρμολογείται η αρχική πληροφορία. Το GPRS επιτρέπει στην πληροφορία να μεταδοθεί και να ληφθεί μέσα από πολλαπλά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας. Τυπικά, συμπληρώνει τις σημερινές υπηρεσίες μετάδοσης δεδομένων με μεταγωγή κυκλώματος και τις υπηρεσίες συντόμων μηνυμάτων. Το πρώτο πράγμα που θα χρειαστεί να αλλάξει ο καταναλωτής την εποχή του GPRS είναι το κινητό του τηλέφωνο, καθώς υπάρχουν ήδη στην αγορά συσκευές που υποστηρίζουν ταχύτητες για λήψη δεδομένων από το δίκτυο προς το τηλέφωνο μεταξύ 25 Kbps και 56 Kbps. Για την αντίστροφη πορεία η ταχύτητα θα φτάνει τα 14.4 Kbps.



Σχήμα 3.1: Δομή GPRS δικτύου

Πάντως, το GPRS δεν είναι η μόνη εξέλιξη από όσες θα προηγηθούν των συστημάτων 3ης γενιάς. Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα συστήματα Αυξημένου Ρυθμού Μετάδοσης Δεδομένων για Παγκόσμια Εξέλιξη (*Enhanced Data rates for Global Evolution – EDGE*). Τα συστήματα EDGE χρησιμοποιούν ένα νέο τρόπο διαμόρφωσης, πιο συγκεκριμένα μια τροποποιημένη διαμόρφωση φάσης 8PSK και επιτυγχάνουν ταχύτητες μεγαλύτερες του GPRS, της τάξης των 384 Kbps. Ένα από τα χαρακτηριστικά του EDGE είναι ότι χρησιμοποιεί την υπάρχουσα υποδομή του GSM δικτύου για να παρέχει μερικές υπηρεσίες 3ης γενιάς, όπως είναι η ταχύτερη μετάδοση δεδομένων των 384 Kbps. Συγκεκριμένα, υπάρχει η δυνατότητα της εύκολης και γρήγορης αναβάθμισης των σταθμών βάσης του GSM. Το EDGE είναι μια τεχνολογία που θα μπορούσε να καλύψει το κενό μεταξύ της 2ης και της 3ης γενιάς.

Ο Πίνακας 4., συνοψίζει τα πιο σημαντικά πρότυπα που αναμένεται να χρησιμοποιηθούν από τη βιομηχανία κατά τη μετάβαση στη γενιά 2.5. Να σημειωθεί ότι η υποδομή της 2ης γενιάς παραμένει και λειτουργεί όπως πριν, ακόμα και αν εμπλέκεται με τη τεχνολογία της γενιάς 2.5.



GSM	-2 ^{ης} γενιάς με χρήση μεθόδου Πολλαπλής Πρόσβασης με Επιμερισμό Χρόνου (TDMA) και με μεταπήδηση συχνοτήτων -High Speed Circuit Switched Data
HSCSD	-Συνδυασμός μέχρι 4 Χρονοθυρίδων -Ρυθμός μετάδοσης 56 Kbps -Χρησιμοποιεί την υπάρχουσα υποδομή -General Packet Radio Services -Χρησιμοποιεί την υπάρχουσα υποδομή για μετάδοση φωνής
GPRS	-Προσθέτει νέα υποδομή με μέθοδο μεταγωγής πακέτων για μετάδοση Δεδομένων -Βελτιωμένη χρήση των RF πόρων, ρυθμός μετάδοσης 115-160 Kbps -Κατανέμει τον όγκο των δεδομένων όπως χρειάζεται -Enhanced Data Rates for GSM
EDGE	-Ρυθμός μετάδοσης 384 Kbps -Τροποποιημένη διαμόρφωση φάσης 8PSK
EGPRS	-Enhanced GPRS -Συνδυασμός GSM GPRS με διαμόρφωση EDGE
PDC	-2 ^{ης} γενιάς με τεχνολογία (TDMA)
IS-136 (TDMA)	-2 ^{ης} γενιάς με τεχνολογία (TDMA)
TDMA/NADC	-2 ^{ης} γενιάς με τεχνολογία (TDMA) -Αρχιτεκτονική GPRS για ANSI-136 -Διαμόρφωση EDGE
IS-136B/HS	-Ρυθμός μετάδοσης 9.6 Kbps με χρήση μιας χρονοθυρίδας και διαμόρφωση QPSK -14.4 Kbps με μια χρονοθυρίδα και διαμόρφωση 8PSK -43.2 Kbps με τρεις χρονοθυρίδες και διαμόρφωση 8PSK
CdmaOne	-2 ^{ης} γενιάς με τεχνολογία Πολλαπλής Πρόσβασης με Επιμερισμό Κώδικα (CDMA)
IS-95B	-Συνδυασμένη κωδικοποίηση καναλιών, επιτυγχάνει ρυθμό 64 Kbps

Πίνακας 1.1: Μέθοδοι ασύρματης μετάδοσης 2ης γενιάς και αναβαθμίσεις της γενιάς 2.5.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΙΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ 3G

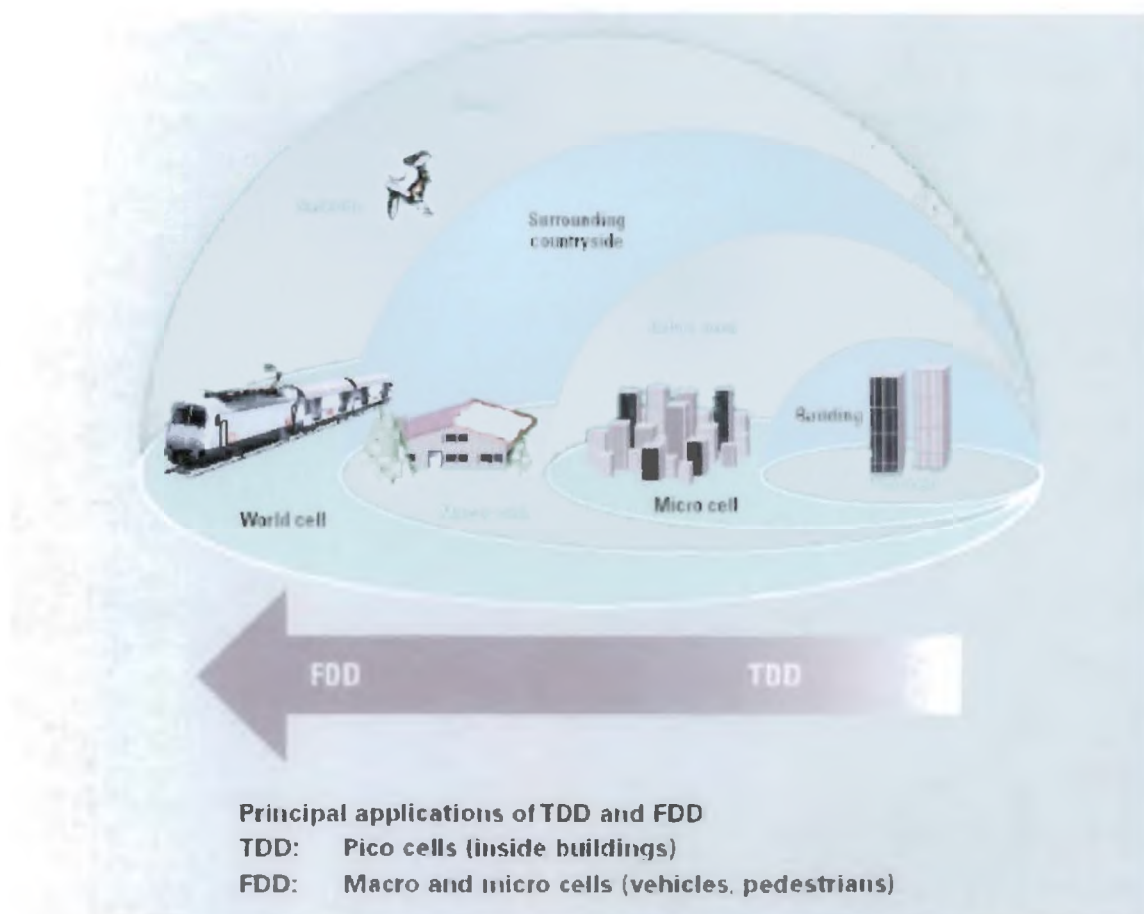
Από το έτος 2000 και με έτος τερματισμού το 2010, πρόκειται να λειτουργήσουν τα κυτταρικά συστήματα της τρίτης γενιάς (3G). Τα συστήματα της 3ης γενιάς σχεδιάστηκαν ώστε να μεταφέρουν το ίδιο καλά φωνή και δεδομένα. Τα προτεινόμενα συστήματα για την 3η γενιά, προσπαθούν να ξεπεράσουν τους τεχνικούς περιορισμούς των προηγούμενων τεχνολογιών και οτιδήποτε εμπόδιζε την ανάπτυξη υπηρεσιών, όπως το ασύρματο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail), η αναζήτηση στο διαδίκτυο κλπ. Επίσης, κάνουν εφικτή την εφαρμογή υπηρεσιών όπως η τηλεδιάσκεψη, το ηλεκτρονικό εμπόριο και τα πολυμέσα. Η 3η γενιά δεν αποτελεί μια τεχνολογία ή ένα πρότυπο, αλλά ένα γενικό όρο που περιγράφει μια ποικιλία μεθόδων, που φέρνουν υπηρεσίες διαδικτύου μεγάλης ταχύτητας στα κυτταρικά δίκτυα τηλεφωνίας. Η διαχρονική εξέλιξη των συστημάτων 3ης γενιάς θα οδηγήσει σε μετάδοση των δεδομένων με ρυθμούς της τάξης των 155 Mbps.

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών, είναι ότι θα βασίζονται σε μικρο-κυτταρική (micro-cellular) και πικο-κυτταρική (pico-cellular) δομή. Μάλιστα, τα μελλοντικά αυτά συστήματα θα χρησιμοποιούν πολλούς τύπους κυττάρων, ανάλογα με τη στιγμιαία τους θέση. Η σύνδεσή τους θα είναι δύο επιπέδων στις περισσότερες περιοχές (πχ. εθνικές οδοί, πυκνοκατοικημένες περιοχές κλπ.), αλλά και τριών επιπέδων (πχ. εντός κτιρίων). Οι κατηγορίες των κυττάρων που θα χρησιμοποιηθούν είναι οι παρακάτω:

- Κύτταρα μεγίστης κάλυψης (overlay cells)
Τα κύτταρα αυτά έχουν ακτίνα κάλυψης, η οποία φτάνει μέχρι μερικές εκατοντάδες Km και χρησιμοποιούνται στη δορυφορική κινητή τηλεφωνία, προκειμένου να καλυφτούν επικοινωνιακά οι κινητές μονάδες που βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές.
- Υπερκύτταρα (hyper cells)
Τα κύτταρα αυτά έχουν ακτίνα κάλυψης μεγαλύτερη από 20 Km και χρησιμοποιούνται για την επικοινωνιακή κάλυψη κινητών μονάδων, οι οποίες βρίσκονται εντός επαρχιακών περιοχών.
- Μακροκύτταρα (macro cells)
Τα κύτταρα αυτά έχουν ακτίνα κάλυψης η οποία έχει ελάχιστη τιμή 1 Km και μέγιστη τιμή 20 Km. Η δομή αυτή χρησιμοποιείται για την επικοινωνιακή κάλυψη κινητών μονάδων που κινούνται σε οδούς εκτός πόλεων, καθώς και σε πυκνοκατοικημένες περιοχές.
- Μικροκύτταρα (micro cells)
Τα κύτταρα αυτά έχουν ακτίνα κάλυψης με ελάχιστη τιμή 100 m και μέγιστη τιμή 1 Km. Η δομή αυτή χρησιμοποιείται για την κάλυψη των επικοινωνιακών αναγκών των κινητών μονάδων που βρίσκονται και κινούνται στις κεντρικές περιοχές των πόλεων.
- Πικοκύτταρα (pico cells)

Τα κύτταρα αυτά έχουν ακτίνα κάλυψης μικρότερη από 100 m. Η δομή αυτή χρησιμοποιείται για την κάλυψη των επικοινωνιακών αναγκών των χρηστών με φορητές μονάδες οι οποίοι κινούνται γενικά εντός κτιρίων (πχ. γραφεία, κατοικίες, κλπ.) και ειδικότερα αυτών που βρίσκονται εντός λεωφορείων, τρένων, πλοίων και αεροπλάνων.

Παρακάτω φαίνεται το περιβάλλον της ραδιο-κάλυψης σε παγκόσμιο επίπεδο.



Σχήμα 4.1: Το περιβάλλον της παγκόσμιας ασύρματης πρόσβασης τον 21ο αιώνα.

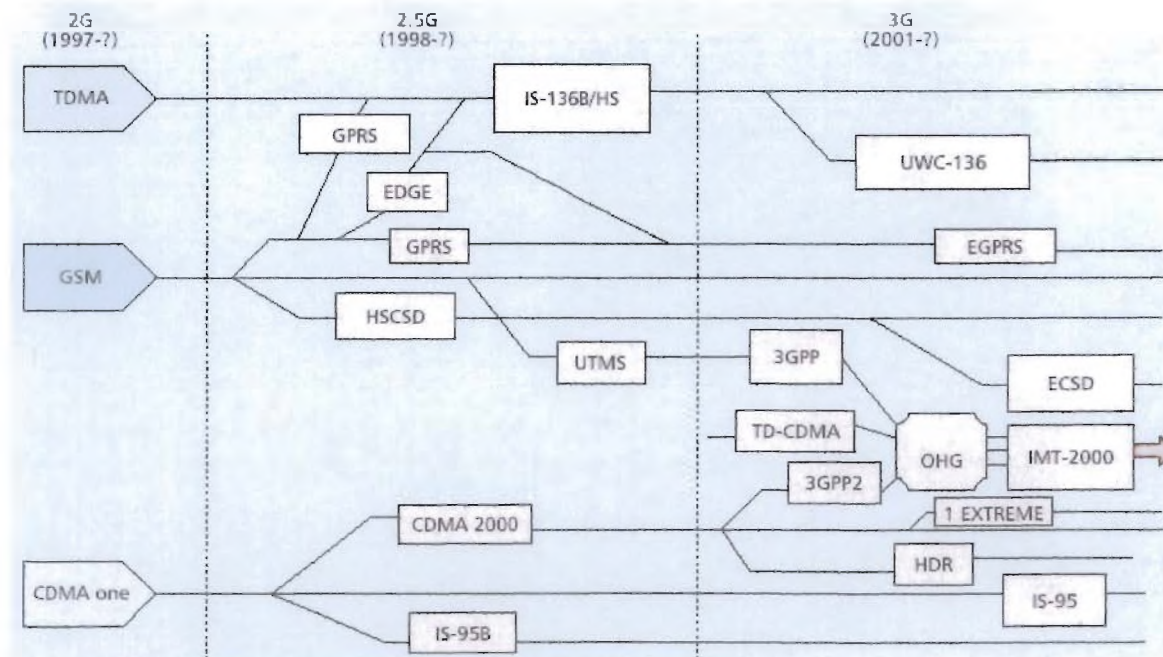
Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union – ITU), πρότεινε ένα σύνολο από στόχους που πρέπει να πληροί ένα ασύρματο σύστημα 3ης γενιάς, οι οποίοι ονομάζονται Διεθνείς Κινητές Τηλεπικοινωνίες για το έτος 2000 (International Mobile Telecommunications - IMT-2000). Οι κυριότερες απαιτήσεις για όλα τα είδη των τεχνολογιών που πρέπει να πληρούνται από συστήματα 3ης γενιάς είναι οι παρακάτω:

- Ποιότητα φωνής συγκρίσιμη με αυτή του δημόσιου επιλογικού δικτύου (PSTN)
- Ρυθμό μετάδοσης δεδομένων της τάξης των 144 Kbps για χρήστες σε ταχέως κινούμενα οχήματα σε μεγάλες περιοχές κάλυψης

ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΑΣΥΡΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ 2^{ΗΣ}, 3^{ΗΣ} ΚΑΙ 4^{ΗΣ} ΓΕΝΙΑΣ

- Ρυθμό μετάδοσης δεδομένων της τάξης των 384 Kbps για πεζούς, είτε ακίνητους, είτε αργά κινούμενους σε μικρές περιοχές κάλυψης
- Ρυθμό μετάδοσης δεδομένων μέχρι τα 2.048 Mbps για χρήση μέσα σε γραφεία
- Υποστήριξη υπηρεσιών μεταγωγής πακέτου και μεταγωγής κυκλώματος
- Προσαρμογή της ασύρματης διασύνδεσης σύμφωνα με την ασύμμετρη φύση των πληροφοριών που μεταδίδονται από το Internet, μεγαλύτερο εύρος ζώνης για την κάτω ζεύξη (downlink) από ότι για την άνω ζεύξη (uplink).
- Πιο αποτελεσματική χρήση του διαθέσιμου ραδιο-φάσματος
- Υποστήριξη μεγάλης ποικιλίας κινητού εξοπλισμού
- Ευέλικτη εισαγωγή νέων υπηρεσιών και τεχνολογιών

Η μετάβαση από τη 2η γενιά στην 3η, έφερε περισσότερη εξέλιξη στις τεχνολογίες σε σχέση με τις δύο προηγούμενες γενιές. Η μετάβαση αυτή, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.2, ξεκινάει από πολλές παράλληλες διαδρομές της 2ης γενιάς που απεικονίζουν τις είδη ανεπτυγμένες τεχνολογίες.



Σχήμα 4.2: Η πορεία προς την τρίτη γενιά.

Μία από τις πολλά υποσχόμενες τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν στα συστήματα 3ης γενιάς είναι η Ευρείας Ζώνης Πολλαπλή Πρόσβαση με Επιμερισμό Κώδικα (*Wideband Code Division Multiple Access – WCDMA*). Έχει σχεδιαστεί για να παραδίδει υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων και ιδιαίτερα πακέτα δεδομένων βασισμένα στο Internet. Φτάνει ένα ρυθμό μετάδοσης μέχρι 2 Mbps σε περιβάλλον γραφείου και μέχρι τα 384 Kbps σε

ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων και ιδιαίτερα πακέτα δεδομένων βασισμένα στο Internet. Φτάνει ένα ρυθμό μετάδοσης μέχρι 2 Mbps σε περιβάλλον γραφείου και μέχρι τα 384 Kbps σε κινητό περιβάλλον. Υποστηρίζει επικοινωνίες, είτε με μέθοδο μεταγωγής πακέτου, είτε με μεταγωγή κυκλώματος, όπως πρόσβαση στο Internet και στις ενσύρματες τηλεφωνικές υπηρεσίες. Η WCDMA κάνει αποτελεσματική χρήση του ραδιο-φάσματος και δεν χρειάζεται ανάθεση συχνοτήτων, με αποτέλεσμα να παρέχει μεγαλύτερη χωρητικότητα και κάλυψη σε σχέση με τις τωρινές διασυνδέσεις. Είναι επίσης συμβατό με τις τεχνολογίες της 2ης γενιάς. Χρησιμοποιεί τη δομή (σηματοδοσία) του πρωτοκόλλου δικτύου παρόμοια με αυτή του GSM. Έτσι, η τεχνολογία GSM μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί σε WCDMA τεχνολογία 3ης γενιάς σύμφωνα με την υλοποίηση EDGE. Επίσης, στο WCDMA βασίζεται και το πρότυπο UMTS το οποίο θα αναλυθεί εκτενώς παρακάτω.

Επίσης, αναπτύχθηκε και ένα ακόμα πρότυπο με βάση το CDMA, το οποίο ονομάζεται **CDMA-2000**. Το πρότυπο αυτό αποτελεί εξέλιξη του CDMA One της 2ης γενιάς. Υποστηρίζει ένα πλήθος από συχνότητες καναλιών, οι οποίες είναι: 1.25, 3.75, 7.5, 11.25, και 15 MHz. Έτσι μπορεί να εξυπηρετεί ένα πλήθος από ρυθμούς δεδομένων καθώς επίσης και μεγάλο αριθμό χρηστών. Προσφέρει στους διαχειριστές δικτύων 2ης γενιάς με CDMA One συστήματα, ένα ομαλό μονοπάτι μετάβασης που να κάνει εφικτή οικονομικά την αναβάθμιση σε υπηρεσίες 3ης γενιάς μέσα στην ίδια κατανομή ραδιο-φάσματος. Το CDMA-2000 έχει χωριστεί σε δύο φάσεις. Οι δυνατότητες της πρώτης φάσης καθορίζονται με το πρότυπο 1X, και μεταδίδουν με ταχύτητες 144 Kbps πακέτα δεδομένων. Η δεύτερη φάση είναι γνωστή με το πρότυπο 3X και ενσωματώνει τις δυνατότητες του 1X. Επιπλέον, υποστηρίζει όλα τα μεγέθη καναλιών και παρέχει ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων μέχρι τα 2 Mbps. Τέλος, ενσωματώνει αναβαθμισμένες δυνατότητες πολυμέσων.

Υπάρχουν και πρότυπα που χρησιμοποιούν τη μέθοδο Πολλαπλής Πρόσβασης με Επιμερισμό Χρόνου (TDMA). Ένα από αυτά είναι το **TD-CDMA**, το οποίο ουσιαστικά πρόκειται για συνδυασμό των μεθόδων TDMA και CDMA στο ίδιο σύστημα. Αυτή η προσέγγιση διατηρεί κάποιες από τις λειτουργικές παραμέτρους του GSM-TDMA, όπως τη δομή του πλαισίου και των χρονοθυρίδων. Την ίδια στιγμή, η CDMA τεχνολογία προσθέτει καλύτερο μέσο όρο παρεμβολών και ποικιλία συχνοτήτων. Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων συνενώνει την αποτελεσματικότητα του ραδιο-φάσματος από το CDMA και τις αρχές σχεδιασμού και τα εύκολα κατανοητά χαρακτηριστικά του GSM δικτύου, το οποίο βασίζεται σε TDMA.

Επιπροσθέτως, υπάρχει και ένα πρότυπο που είναι ένα από τα λίγα αυθεντικά TDMA πρότυπα, χωρίς καθόλου στοιχεία από το CDMA. Αυτό το πρότυπο ονομάζεται **UWC-136**. Αποτελεί τον εξελικτικό δρόμο για το σύστημα Advanced Mobile Phone System (AMPS) και για τις τεχνολογίες 2ης γενιάς TIA/EIA-136, που σχεδιάστηκαν ειδικά για να είναι συμβατές με το AMPS. Το πρότυπο UWC-136 είναι πολύ σημαντικό, αν σκεφτούμε ότι το AMPS το χρησιμοποιούν οι περισσότερες συσκευές στον κόσμο σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο δίκτυο, εκτός από το GSM. Στις αρχές του 1999, η Παγκόσμια Συνεργασία Ασυρμάτων Επικοινωνιών (Universal Wireless Communications Consortium – UWCC) ανακοίνωσε ένα πλαίσιο σύγκλησης

με το GSM. Αυτή η ανακοίνωση προώθησε την ικανότητα της τεχνολογίας ασύρματης μετάδοσης UWC-136, η οποία προτείνει μια χαμηλού κόστους εξέλιξη και ανάπτυξη για τους διαχειριστές συστημάτων AMPS και TIA/EIA-136. Η τεχνολογία αυτή αναπτύχθηκε σε μια αρκετά μεγάλη μπάνα συχνοτήτων, από 500 MHz έως 2.5 GHz. Οι ρυθμοί μετάδοσης των δεδομένων για τα συστήματα UWC-136 κυμαίνονται από τα 48.6 Kbps έως τα 5.2 Mbps.

Συνοπτικά, τα πρότυπα κινητών επικοινωνιών της 3ης γενιάς, παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.:

Πρότυπα	Χαρακτηριστικά
	-Παγκόσμιο Σύστημα Κυτταρικών Κινητών Επικοινωνιών (Universal Mobile Telephone Service)
UMTS	-Εκδοχή του 3GPP τυποποιημένη από τον ETSI -Μέρος του UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) -W-CDMA με τεχνολογία Direct Sequence Spread Spectrum -3.84 Mcps/sec -Μέχρι 2 Mbps ρυθμός μετάδοσης -Association of Radio Industries and Businesses
ARIB	-Ιαπωνική εκδοχή του 3GPP -W-CDMA με τεχνολογία Direct Sequence Spread Spectrum -3.84 Mcps/sec -Μέχρι 2 Mbps ρυθμός μετάδοσης
UWC-136	-Παγκόσμια Συνεργασία Ασύρματων Επικοινωνιών (Universal Wireless Communications Consortium) -Συμβατό με AMPS, IS-54, ANSI-136, ANSI-41, GSM -Τεχνολογία Πολλαπλής Πρόσβασης με Επιμερισμό Χρόνου (TDMA) -Ρυθμός μετάδοσης από 48.6 Kbps έως 5.2 Mbps -Μέθοδος Διπλής Πρόσβασης με Επιμερισμό Χρόνου (Time Division Duplex Access)
TD-CDMA	-Εκπομπή/ λήψη στην ίδια συχνότητα -W-CDMA στα 3.84 Mcps
Cdma2000	-Συμβατό με IS-95 και ANSI-4 -Πρώτη φάση του Cdma2000
1X	-Ρυθμός μετάδοσης πακέτων στα 144 Kbps, εμπρόσθια σύνδεση -1 φορέας στα 1.2288 Mcps, εμπρόσθια και ανάστροφη σύνδεση -Δεύτερη φάση του Cdma2000
3X	-3 φορείς στα 1.2288 Mcps ο καθένας, εμπρόσθια σύνδεση -1 φορέας στα 3.6864 Mcps, ανάστροφη σύνδεση
3GPP	-Εργασία Τυποποίησης 3ης γενιάς (Third Generation Partnership Project) που καθορίζει τις τεχνικές τυποποιήσεις για συστήματα 3 ^{ης} γενιάς βασισμένα

ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΑΣΥΡΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ 2^{ΗΣ}, 3^{ΗΣ} ΚΑΙ 4^{ΗΣ} ΓΕΝΙΑΣ

που καθορίζει τις τεχνικές τυποποιήσεις για ένα σύστημα 3ης γενιάς, το cdma2000

Πίνακας 4.2: Μέθοδοι ασύρματης μετάδοσης 3ης γενιάς.

Με τα συστήματα της 3ης γενιάς, δημιουργείται ένα πλήθος από νέες υπηρεσίες που επιτρέπουν την επικοινωνία, τη μετάδοση πληροφοριών και την ψυχαγωγία μεταξύ των τερματικών, οπουδήποτε και αν βρίσκονται οι χρήστες. Είναι χαρακτηριστικό, ότι οι νέες προσωπικές επικοινωνιακές συσκευές είναι συνδυασμός της μονάδας του φορητού υπολογιστή και του κυτταρικού φορητού τηλεφώνου. Η υβριδική αυτή συσκευή δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη για αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων, τηλε-ομοιοτυπία, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, τηλε-ειδοποίηση, μετάδοση φωνής, καθώς επίσης δυνατότητες οργάνωσης και διαχείρισης της πληροφορίας. Ένα παράδειγμα συσκευής 3ης γενιάς φαίνεται στο *Σχήμα 4.3*.



Σχήμα 4. Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.: Κινητά τηλέφωνα τρίτης γενιάς.

Όπως αναφέραμε παραπάνω, το κινητό τηλέφωνο θα μπορεί να μετατραπεί σε τηλεόραση, η μετάδοση φωτογραφιών θα διαρκεί λίγα δευτερόλεπτα, ενώ θα είναι δυνατή η τηλεσυνδιάσκεψη μέσω του κινητού. Κάποιες από τις νέες υπηρεσίες που θα φέρουν τα δίκτυα 3ης γενιάς είναι:

- Ηλεκτρονικό Πορτοφόλι (E-Wallet): Η πληρωμή των λογαριασμών θα μπορεί να γίνεται απευθείας μέσω του κινητού.
- Διακοπές-Ταξίδια: Χρησιμοποιώντας το κινητό του, ο συνδρομητής θα μπορεί να ελέγξει αν υπάρχουν κενές θέσεις σε αεροπλάνα ή πλοία, να κάνει κράτηση σε ξενοδοχεία, ή να ενημερώνεται για τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου.
- Εντοπισμός Θέσης: Σε έκτακτες περιπτώσεις, π.χ. βλάβης αυτοκινήτου, θα μπορεί η να εντοπίζεται ο χρήστης και να του παρέχεται βοήθεια. Επίσης, θα μπορεί να ενημερώνεται για καταστάματα που έχει επιλέξει και που βρίσκονται κοντά στην περιοχή που κινείται εκείνη τη στιγμή.
- Ηλεκτρονικό Εμπόριο (E-Commerce): Μέσω του κινητού του, ο χρήστης θα μπορεί να ενημερώνεται για τις προσφορές της ημέρας και για τα καταστήματα που κάνουν τις προσφορές. Επίσης, θα μπορεί να πραγματοποιεί τις αγορές απευθείας μέσω του κινητού, απλώς με την πληκτρολόγηση του αριθμού της πιστωτικής κάρτας.
- Ενημέρωση-Διασκέδαση: Θα υπάρχουν αμφίδρομα ηλεκτρονικά παιχνίδια, όπου οι παίκτες θα συναντώνται μέσω κινητού στο διαδίκτυο. Επίσης, θα υπάρχουν on-line ειδήσεις και υπηρεσίες πληροφοριών, ζωντανές μεταδόσεις καινούργιων τραγουδιών, κρατήσεις θέσεων σε κινηματογράφους κλπ.

Οι δυνατότητες της κινητής τηλεφωνίας 3ης γενιάς, παρουσιάζονται στον πίνακα 1.3.

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ					
ΕΙΔΗΣΕΙΣ	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	ΟΔΗΓΟΣ ΠΟΛΗΣ	ΜΙΚΡΕΣ ΑΓΤΕΛΙΕΣ & ΑΓΟΡΕΣ	ΤΑΞΙΔΙΑ	ΕΙΔΙΚΑ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟ
-Επικαιρότητα	-Δείκτες χρηματιστηρίου	-Ταξί	-Προσωπικά	-Κίνηση στους δρόμους	-Κινητή τηλεφωνία
-Πολιτικά	-Τιμές μετοχών	-Εστιατόρια	-Αυτοκίνητα	-Μέσα μεταφοράς	-Σελίδες στο Internet
-Οικονομικά & Επιχειρήσεις	-Stock alert	-Θέατρα	-Ακίνητα	-Δρομολόγια τρένων	-Computers και λογισμικό
-Πολιτιστική ενημέρωση	-Τιμές συναλλάγματος	-Συναυλίες	-Πλειστηριασμοί	-Οδικόι χάρτες	
-Ειδήσεις	-Επιτόκια	-Εκθέσεις	-Shopping	-Αεροπορικές	
Προπό-Λόττο	Ισολογισμοί	-Νυχτερινά κέντρα	-Μικρά αντικείμενα		

ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΑΣΥΡΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ 2^{ΗΣ}, 3^{ΗΣ} ΚΑΙ 4^{ΗΣ} ΓΕΝΙΑΣ

κλπ	-Πιστωτικό υπόλοιπο -Μεταφορές χρημάτων -Πληρωμές λογαριασμών -Αγορά/ Πώληση μετοχών κλπ.	-Πρώτες βοήθειες -Φαρμακεία -Καιρός - Εντοπισμός ATM	-Διαφημιστικές καμπάνιες -Εισιτήρια	πτήσεις -Ξενοδοχεία -Πακέτα διακοπών		
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ						
SMS	E-MAIL	FAX	ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ			
-Αποστολή/ λήψη SMS μηνυμάτων -Ευχετήριες κάρτες	-Αποστολή/ λήψη E-mail -Φωνητικά μηνύματα	-Αποστολή/ λήψη Fax -Ειδικές εφαρμογές (Παραλαβή κειμένων και αποθήκευση για επεξεργασία)	-Μηνύματα και ειδήσεις σε ομάδες με κοινά ενδιαφέροντα			
ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ						
ORGANIZERS	ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΣ ΒΟΗΘΟΣ	ΕΡΓΑΛΕΙΑ	ΔΙΑΦΟΡΑ			
-Αποστολή/ λήψη SMS μηνυμάτων -Ευχετήριες κάρτες	-Διαχείριση τηλεφωνημάτων -Υπηρεσίες μετάφρασης	-Calculator -Λεξικό -Μεταφραστής -Μετατροπέας συναλλάγματος	-Πληρωμή σε αυτόματα μηχανήματα -Ηλεκτρονική ταυτότητα			
ΔΙΑΣΚΕΔΑΣΗ						
ΜΟΥΣΙΚΗ	TV	LIFE STYLE	ΔΙΑΣΚΕΔΑΣΗ	ΕΙΚΟΝΕΣ	ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ	ΑΣΤΡΟΛΟΓΙΑ
-Ήχοι για κινητά -Βίντεοκλιπ	-Πρόγραμμα -Στιγμιότυπα	- Γαστρονομία -Χόμπι -Μόδα	-Ανέκδοτα -Ρητά -Ονειροκρίτης	-Εικόνες -Σήματα -Καρτ ποστάλ	-Παζλ -Κουίζ -Τζόγος	-Ωροσκόπιο -Βιορυθμοί

Πίνακας 4.3: Οι δυνατότητες της κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς

4.1 ΤΟ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 3^{ΗΣ} ΓΕΝΙΑΣ UMTS

Το μελλοντικό Παγκόσμιο Σύστημα Κυτταρικών Κινητών Επικοινωνιών (Universal Mobile Telephone System – UMTS), ανήκει, όπως έχει ήδη αναφερθεί, στα συστήματα επικοινωνίας της τρίτης γενιάς, είναι υπό ανάπτυξη και πρόκειται να δρομολογήσει τις υπηρεσίες στην Ευρώπη την πρώτη δεκαετία του 2000, αποτελεί δηλαδή την Ευρωπαϊκή εκδοχή των συστημάτων 3ης γενιάς. Ο πρωταρχικός στόχος είναι να ικανοποιήσει τις ανάγκες για αναβαθμισμένες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες ενός μεγάλου αριθμού χρηστών που εργάζονται σε διαφορετικά υλικά και λογισμικά περιβάλλοντα. Στην περίπτωση αυτή, οι διάφορες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες (πχ. τηλε-ειδοποίηση, ασύρματη τηλεφωνία κλπ), οι οποίες στη φάση αυτή παρέχονται από διαφορετικά συστήματα, πρόκειται να ολοκληρωθούν σε ένα και μοναδικό τηλεπικοινωνιακό σύστημα, το οποίο θα φέρει την ονομασία UMTS.

Οι κυριότεροι αντικειμενικοί στόχοι του συστήματος αυτού είναι:

- να υποστηρίξει την υπάρχουσα τεχνολογία στις κινητές και σταθερές τηλεπικοινωνίες (ISDN και B-ISDN), προκειμένου να διεκπεραιώνονται οι αντίστοιχες ψηφιακές υπηρεσίες με ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων από 2 Mbps μέχρι 155 Mbps. Οι ραδιο-συχνότητες του

ασυρματικού τμήματος του συστήματος θα είναι άνω των 2 GHz (τα ραδιο-φασματικά παράθυρα είναι υπό διερεύνηση).

- να υποστηρίζει εξειδικευμένες κινητές υπηρεσίες (πχ. εντοπισμός οχήματος, φόρτος οδικής κίνησης, κλπ.), οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία υψηλού δείκτη ενδιαφέροντος όχι μόνο στην παν-Ευρωπαϊκή, αλλά και στην παγκόσμια διεθνή αγορά.
- να υποστηρίζει τη χρήση τερματικών μονάδων οπουδήποτε και αν αυτές βρίσκονται (πχ. στην κατοικία, στο γραφείο, εν κινήσει σε αστικό, ημιαστικό και μη αστικό περιβάλλον).
- να υποστηρίζει (τεχνολογικά) τη συν-λειτουργία ανομοιογενών τεχνολογιών στα κινητά τερματικά, προκειμένου να προωθούνται οι προκεχωρημένες υπηρεσίες video και δεδομένων.
- τέλος, να υποστηρίζει βέλτιστες και αξιόπιστες διαδικασίες περιαγωγής των κινητών μονάδων κατά τη μετάβαση τους από κύτταρο σε κύτταρο.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι η φιλοσοφία της ολοκλήρωσης του συστήματος UMTS είναι αναβάθμιση των υπαρχόντων συστημάτων κινητής τηλεφωνίας και η βασική απαίτηση της «συνέχειας» των επικοινωνιών σε περιβάλλον μη ομογενών συστημάτων. Η ιδέα της ολοκλήρωσης δεν αναφέρεται μόνο σε επίπεδο επικοινωνιακών υπηρεσιών, αλλά αναφέρεται και σε επίπεδο λειτουργιών συστήματος και πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Επομένως, η αποκτηθείσα εμπειρία από τη λειτουργία των υπαρχόντων συστημάτων κινητής τηλεφωνίας, θα αποτελέσει τον θεμελιώδη πυρήνα των αρχικών συνθηκών, σε όλα τα λειτουργικά επίπεδα, του συστήματος UMTS. Μερικές από τις σχεδιαστικές επιλογές του συστήματος αυτού είναι:

- Η αυτονομία του. Ο σχεδιασμός του συστήματος αυτού πραγματοποιείται χωρίς την υποχρεωτική επαναχρησιμοποίηση υλικών και λογισμικών μονάδων των ήδη υπαρχόντων συστημάτων. Η ενεργοποίηση των κλήσεων μεταξύ των χρηστών του σταθερού τηλεπικοινωνιακού δικτύου και των χρηστών του συστήματος UMTS, θα πραγματοποιείται μέσω ειδικής πύλης (gateway).
- Η υιοθέτηση των υπηρεσιών των συστημάτων της δεύτερης γενιάς. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η τεχνολογία του προτύπου GSM έχει χρησιμοποιηθεί προκειμένου να παρέχει τις υπηρεσίες του UMTS. Επιπλέον, οι προδιαγραφές των συστημάτων της 2ης γενιάς θα χρησιμοποιηθούν σαν το αρχικό επίπεδο προδιαγραφών του σχεδιασμού του συστήματος αυτού.
- Η ολοκλήρωση με ένα σταθερό δίκτυο. Στην περίπτωση αυτή, η τεχνολογική υποδομή και οι αντίστοιχες υπηρεσίες του σταθερού τηλεπικοινωνιακού δικτύου θα χρησιμοποιηθούν και από το UMTS. Οι υλικές και λογισμικές οντότητες του UMTS θα συνδεθούν στις ίδιες προσαρμοστικές μονάδες όπως οι αντίστοιχες οντότητες του σταθερού δικτύου (πχ. PSTN, N-ISDN και B-ISDN).

Με μια πρώτη ματιά, κατά την αξιολόγηση των προαναφερθέντων σχεδιαστικών επιλογών καθίσταται εμφανές, ότι η «αναγέννηση» του UMTS από τα κυτταρικά συστήματα κινητής τηλεφωνίας 2ης γενιάς, δεν αποτελεί την πλέον αποδεκτή λύση. Σχεδιάζοντας το σύστημα αυτό με βάση τα συστήματα της 2ης γενιάς, δημιουργείται σοβαρό πρόβλημα διότι περιορίζεται η λειτουργικότητα αυτού. Εάν το UMTS θέλουμε να αποτελέσει ένα πραγματικό σύστημα 3ης γενιάς, τότε σίγουρα θα απαιτηθεί ένα μεγάλο μέρος νέας ενδο-διαδικτύωσης μεταξύ του συστήματος και των συστημάτων της 2ης γενιάς, προκειμένου να υποστηριχθούν οι εμπλεκόμενες λειτουργικές διαδικασίες.

Το πλεονέκτημα του «αυτόνομου» σχεδιασμού του UMTS δίνει δυνατότητες βέλτιστων και μη περιοριστικών διαδικασιών σε επίπεδο δομής και παροχής υπηρεσιών. Η αυτοδυναμία, όμως, οδηγεί σε δαπανηρή υποδομή λόγω (σε μερικές περιπτώσεις) της διπλής επικάλυψης υλικών και λογισμικών μονάδων.

Η περίπτωση της ολοκλήρωσης του UMTS με ένα σταθερό δίκτυο, είναι μια πολύ καλή λύση. Το πλεονέκτημα στην περίπτωση αυτή είναι η μείωση του κόστους. Η επαναχρησιμοποίηση διαφόρων τμημάτων άλλων συστημάτων δίνει θετικούς δείκτες στη μείωση του κόστους, τόσο στο σχεδιαστικό όσο και στο λειτουργικό επίπεδο του UMTS. Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα της ολοκλήρωσης αυτής είναι η μεγαλύτερη ικανοποίηση των αναγκών των χρηστών, διότι θα δίνεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης του σταθερού δικτύου και του δικτύου των κινητών επικοινωνιών. Εφόσον το UMTS πρόκειται να χρησιμοποιήσει ένα υποσύνολο των υπηρεσιών του B-ISDN, τότε το B-ISDN είναι το άμεσα υποψήφιο σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί για την ολοκλήρωση του μελλοντικού συστήματος κινητών επικοινωνιών.

Λαμβάνοντας υπόψη τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα της ολοκλήρωσης, έχουμε τις παρακάτω παρατηρήσεις:

- Κοινή χρήση της ενδο-διαδικτύωσης.

Εάν χρησιμοποιηθούν δύο διαφορετικά συστήματα, ένα για τους σταθερούς χρήστες και ένα για τους κινητούς συνδρομητές, τότε η επιλογή αυτή δεν αποτελεί την καλύτερη λύση, λαμβανομένης υπόψη της ανοδικής τάσης του ρυθμού αύξησης των κινητών συνδρομητών. Επομένως η ανεξαρτητοποίηση των B-ISDN και του UMTS, όπου στην πραγματικότητα καλύπτουν την ίδια γεωγραφική περιοχή, θα είχε σαν αποτέλεσμα τη συνολική αύξηση του κόστους της υποδομής. Στην περίπτωση αυτή, η χρήση κοινής υποδομής θα είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους. Η ελάττωση του κόστους αναφέρεται τόσο σε επίπεδο εγκατάστασης (λιγότερο υλικό για εγκατάσταση), όσο και σε λειτουργικό επίπεδο (μόνο ένα δίκτυο για λειτουργία και συντήρηση).

- Κοινή χρήση λειτουργιών και πρωτοκόλλων.

Στην περίπτωση της μερικής ή ολικής ολοκλήρωσης, η λειτουργικότητα μοιράζεται μεταξύ των συστημάτων B-ISDN και UMTS.

- Κοινές υπηρεσίες.

Στην περίπτωση αυτή, το σύνολο των παρεχόμενων υπηρεσιών θα είναι το ίδιο, τόσο για τους κινητούς, όσο και για τους σταθερούς χρήστες. Εδώ θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι

πιθανόν ένα μέρος των προσφερόμενων υπηρεσιών να μην είναι διαθέσιμο στους κινητούς χρήστες, λόγω του περιορισμού του εύρους ζώνης του ασυρματικού δικτύου. Από την πλευρά του χρήστη, το σύστημα UMTS, θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν την κινητή επέκταση του B-ISDN.

Λόγω της μεγάλης εξάπλωσης που έχει το δίκτυο GSM, κατά την εφαρμογή του UMTS δεν πρέπει να αγνοηθούν όλες οι ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις και το ήδη υπάρχον λογισμικό του GSM. Έτσι πρέπει να γίνει μια ομαλή διαδικασία μετάβασης από το ένα δίκτυο στο άλλο. Υπάρχουν πολλά σενάρια για τη μετάβαση αυτή. Το κυρίαρχο σενάριο με το χρονοδιάγραμμά του φαίνεται στον Πίνακα 4.4. Όπως βλέπουμε, επιλέγεται η λειτουργία του GPRS προτύπου για την ενδιάμεση κατάσταση από τη 2η γενιά στην 3η και το UMTS.

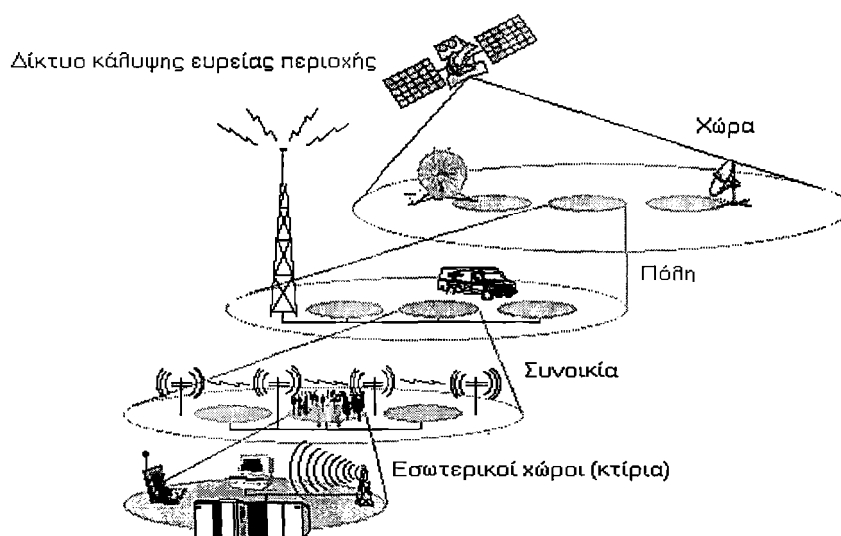
1ο – 2^ο τρίμηνο του 2001:	Ξεκινά η λειτουργία των πρώτων GPRS δικτύων, με παράλληλη εμφάνιση των πρώτων συσκευών που υποστηρίζουν μέγιστη ταχύτητα 56 Kbps
3ο – 4^ο τρίμηνο του 2001:	Επέκταση των δικτύων GPRS και των υπηρεσιών
Τέλη 2001 – Αρχές 2002:	Εμφάνιση νέων συσκευών με μεγαλύτερες ταχύτητες
2001 – 2002:	Ολοκλήρωση των διαδικασιών για την πώληση αδειών UMTS στις ευρωπαϊκές χώρες
2002:	Ταχύτητα των 112 Kbps στις συσκευές. Μείωση του κόστους χρήσης του GPRS
2001 – 2004:	Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας αναβαθμίζονται και προετοιμάζεται η είσοδος του UMTS, με Παράλληλη ανάπτυξη των σχετικών υπηρεσιών

Πίνακας 4.4: Διαδικασία μετάβασης από το GSM στο UMTS: Το κυρίαρχο σενάριο

Το χαρακτηριστικό του συστήματος UMTS είναι ότι θα διαχειρίζεται την πληροφορία, η οποία θα προέρχεται από ένα πολύπλοκο κυτταρικό περιβάλλον, τόσο σε θέσεις εξωτερικών χώρων όσο και σε θέσεις εσωτερικών χώρων. Μερικές από τις ενδεικτικές τιμές ισχύων εκπομπής των αντίστοιχων Σταθμών Βάσης είναι:

- Ισχύς πομπού Σταθμού Βάσης εσωτερικού χώρου για πικοκυτταρικό περιβάλλον: είναι της τάξης του 0.01 W
- Ισχύς πομπού Σταθμού Βάσης εξωτερικού χώρου για μικροκυτταρικό περιβάλλον: είναι της τάξης του 0.2 W
- Ισχύς πομπού Σταθμού Βάσης εξωτερικού χώρου για μακροκυτταρικό περιβάλλον: είναι της τάξης του 1 W
- Ισχύς πομπού Σταθμού Βάσης εξωτερικού χώρου για περιπτώσεις μεγάλων κυττάρων (πχ. ανοικτές αγροτικές περιοχές): είναι της τάξης του 1-20 W.

Το κυτταρικό σύστημα κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς UMTS, βασίζεται σε μια ιεραρχική κυψελοειδή δομή για βαθμιαία υποστήριξη πολλών, μεγάλου φάσματος εφαρμογών. Τα συστήματα δεύτερης γενιάς είναι δομής ενός επιπέδου, με αποτέλεσμα να επιβάλλονται περιορισμοί στην συχνότητα και την ευελιξία της ραδιομετάδοσης, μη επιτρέποντας έτσι ταχείς ρυθμούς μετάδοσης. Η πολυεπίπεδη κυψελοειδής δομή του UMTS χρησιμοποιεί πικοκυτταρικά, μικροκυτταρικά και μακροκυτταρικά συστήματα για την κάλυψη μιας ευρείας περιοχής. Οι διαφορές των κυττάρων στο μέγεθος, το κανάλι και τα χαρακτηριστικά μετάδοσης έχει ως αποτέλεσμα την υποστήριξη μιας πλατιάς γκάμας υπηρεσιών. Η ιεραρχική αυτή δομή του UMTS μπορεί να φανεί στο *Σχήμα 4.Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.*



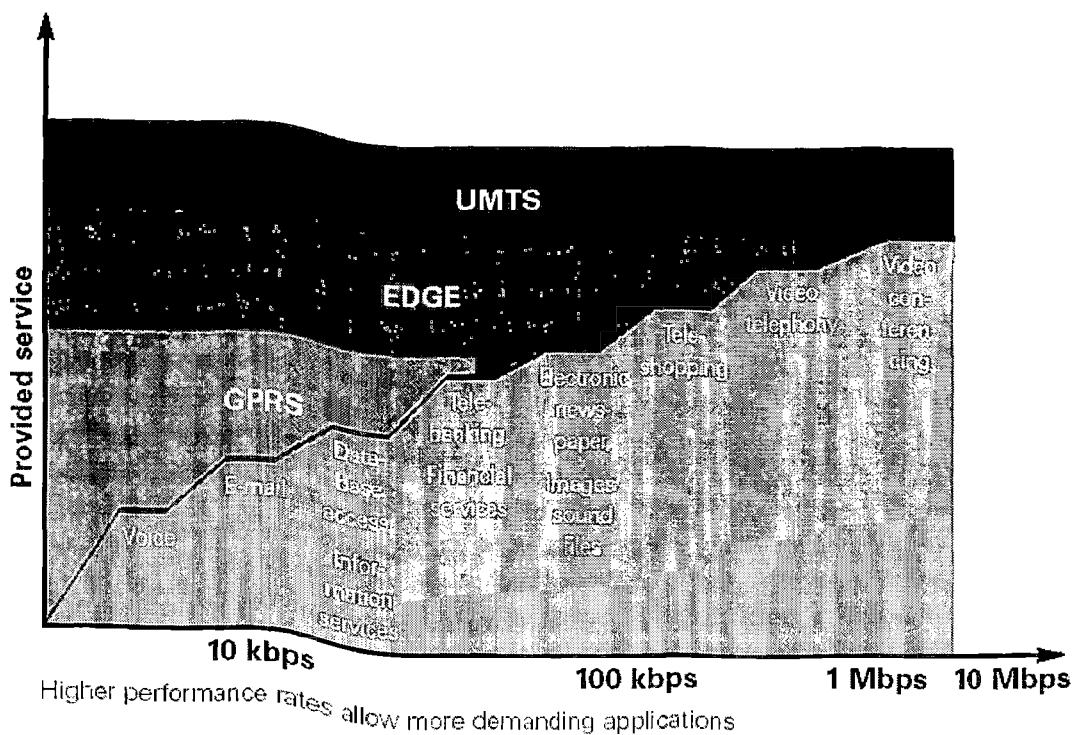
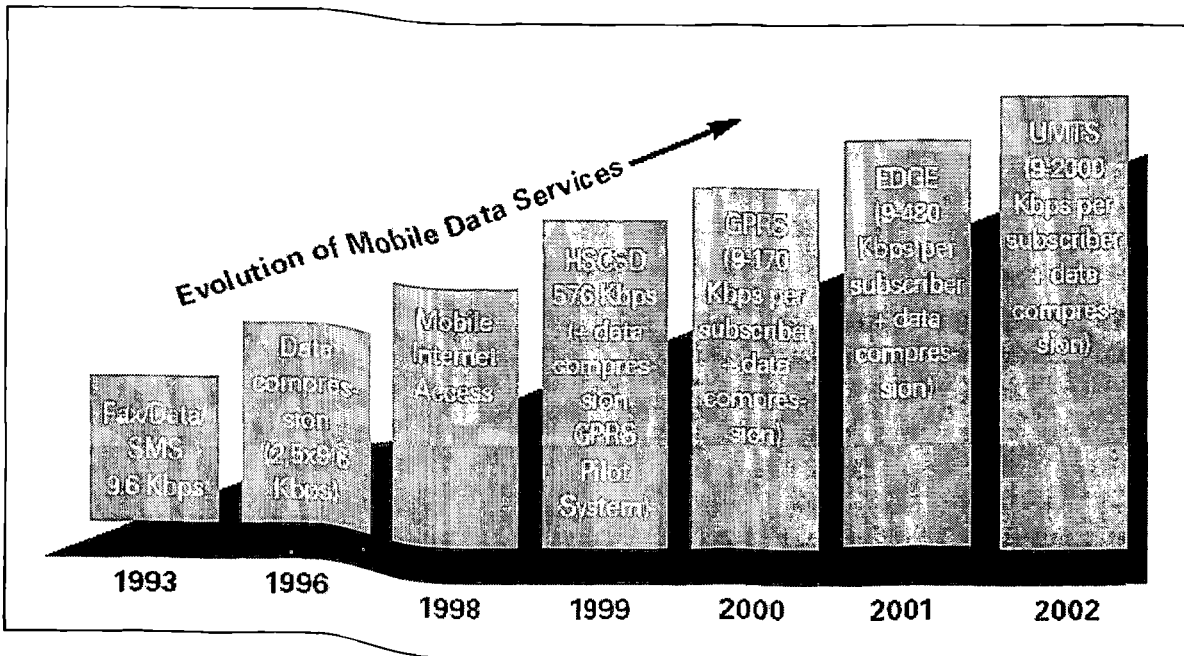
Σχήμα 4.Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής. : Πολυεπίπεδη κυτταρική δομή του UMTS

Με την επικράτηση του UMTS, υπηρεσίες που τρέχουν σε διάφορα περιβάλλοντα θα εξυπηρετούνται από ένα μόνο τηλεπικοινωνιακό σύστημα με ταχύτητες που ξεπερνούν τα 2 Mbps και σε συχνότητες των 2-3 GHz, με προοπτική να φτάσουμε σε συχνότητες των 60 GHz και ταχύτητες των 155 Mbps. Μία αρχική εκτίμηση είναι να χρησιμοποιηθεί ένα εύρος ζώνης 170 MHz για επίγειες εφαρμογές, καλύπτοντας τη ζώνη φάσματος από 1885-2025 MHz και από 2110-2200 MHz. Για τον ίδιο σκοπό, για δορυφορικές εφαρμογές έχουμε, αντίστοιχα, ένα εύρος ζώνης 60 MHz και φάσμα από 1980-2010 MHz και από 2170-2200 MHz. Στο σχήμα 1.8 μπορούμε να παρατηρήσουμε την ιστορική εξέλιξη των υπηρεσιών, τους ρυθμούς που απαιτείται να καλύψει το νέο σύστημα και τις προοπτικές για τον μελλοντικό αριθμό κινητών συνδρομητών.

Με το UMTS επιτυγχάνεται η ολοκλήρωση των υπηρεσιών μέσα από άλλα συστήματα. Η ολοκλήρωση αυτή βασίζεται στην ιδέα της επαναχρησιμοποίησης τμημάτων άλλων

ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΑΣΥΡΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ 2^{ΗΣ}, 3^{ΗΣ} ΚΑΙ 4^{ΗΣ} ΓΕΝΙΑΣ

συστημάτων για το UMTS, με σκοπό την μείωση του κόστους, αλλά ταυτόχρονα και την ικανοποίηση των αναγκών των χρηστών. Το B-ISDN προβάλλει ως το επικρατέστερο ενσύρματο δίκτυο για τη συγκεκριμένη ολοκλήρωση, για τον απλούστατο λόγο ότι τόσο το UMTS όσο και το B-ISDN θα υποστηρίζουν τις ίδιες υπηρεσίες.



Σχήμα 4. Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.: Ιστορική εξέλιξη του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων και των προσφερόμενων υπηρεσιών

Λόγω του ότι το UMTS θα εξυπηρετεί ένα πολύ μεγάλο αριθμό χρηστών, το μέγεθος του κυττάρου απαιτείται να είναι μικρό. Όμως, αυτό συνεπάγεται πολλές προσπάθειες μεταγωγής με κίνδυνο η ποιότητα της επικοινωνίας να πέσει γρήγορα. Επίσης, ένα πλήθος μεταγωγών σημαίνει αποτελεσματική σηματοδότηση. Επομένως, η ιδέα ενός κεντρικού ελέγχου πρέπει να εγκαταλειφθεί και ο έλεγχος για μεταγωγή να πραγματοποιείται σε κατώτερα επίπεδα του δικτύου.

Συνοψίζοντας τους σκοπούς αυτού του συστήματος θα μπορούσαμε να πούμε ότι:

- ◆ Το νέο σύστημα αποτελεί τη βάση για την ενοποίηση των διαφόρων, ανομοιογενών, υλικών και λογισμικών περιβαλλόντων που υπάρχουν σήμερα. Το UMTS θα αξιοποιήσει την υπάρχουσα τεχνολογία των σταθερών και κινητών επικοινωνιών με σκοπό να υποστηρίξει υπηρεσίες φωνής, δεδομένων, εικόνας και βίντεο με μεγαλύτερες ταχύτητες, που εξασφαλίζουν ποιότητα στην μετάδοση και πραγματικού χρόνου υπηρεσίες.
- ◆ Θα ικανοποιήσει την καθολική απαίτηση για αξιόπιστες επικοινωνίες χωρίς χρονικούς και χωρικούς περιορισμούς
- ◆ Θα εξασφαλίσει τη βέλτιστη δρομολόγηση και συνέχεια των συνδιαλέξεων οποιασδήποτε μορφής με προηγμένες διαδικασίες μεταγωγής κατά την διέλευση των κινητών μονάδων από κύτταρο σε κύτταρο και ανάμεσα σε διαφορετικά περιβάλλοντα
- ◆ Θα εξυπηρετήσει υψηλού δείκτη ενδιαφέροντος υπηρεσίες σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο

4.1.1 Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το σύστημα του UMTS αποτελείται από τις παρακάτω βασικές μονάδες :

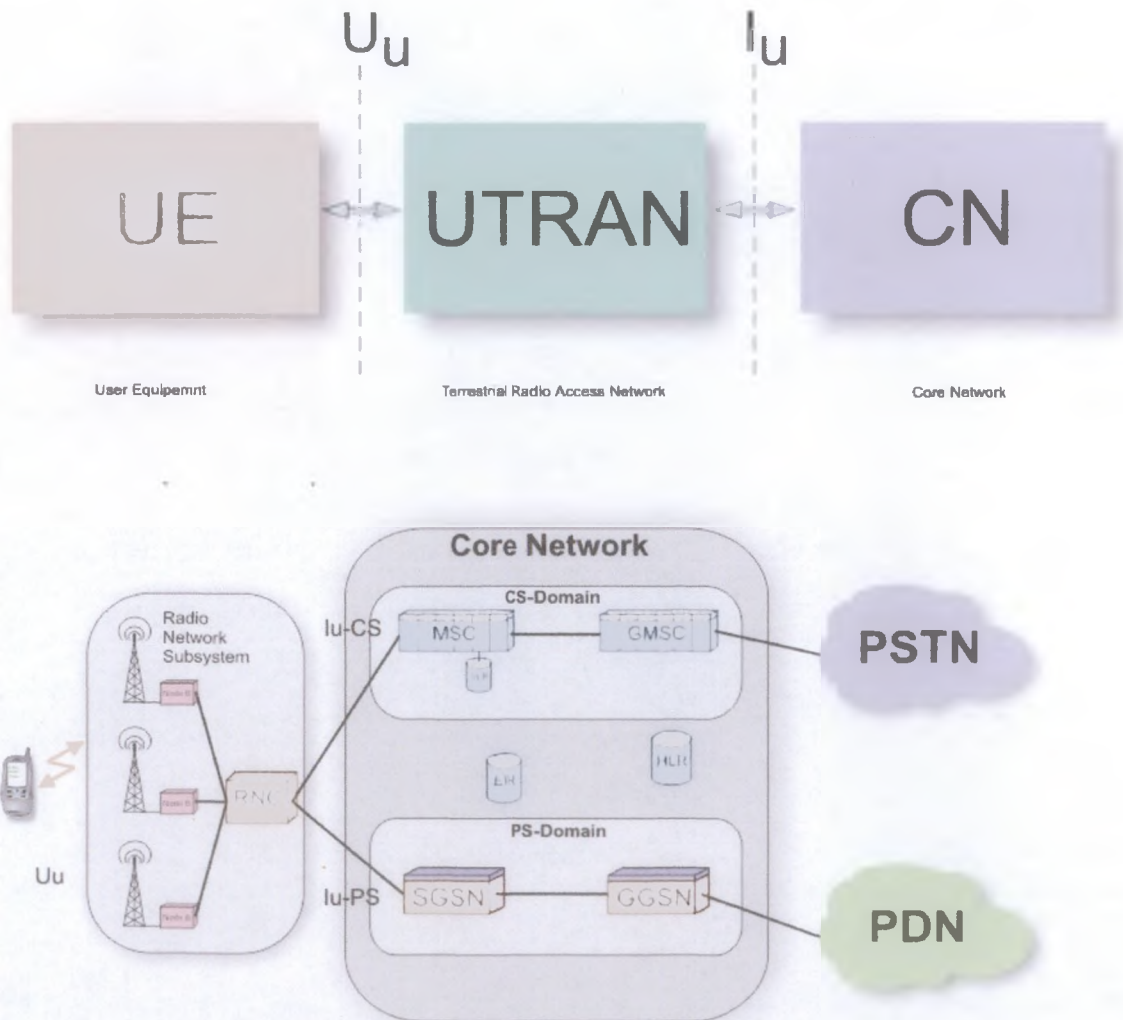
- την Κινητή Τερματική Μονάδα (Mobile Terminal-MT)
- το Τοπικό Επικοινωνιακό Κέντρο (Local Exchange-LE)
- το Κέντρο Μεταγωγής (Transit Exchange-TX)
- την Μονάδα Ελέγχου των Κινητών Λειτουργιών (Mobility and Service Control Point-MSCP)
- την Μονάδα Δεδομένων Υποστήριξης Κινητών Λειτουργιών (Mobility and Service Data Point-MSDP)

Οι δύο τελευταίες μονάδες είναι φυσικές οντότητες οι οποίες διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο. Οι διάφορες λειτουργικές μονάδες του συστήματος συνδέονται με το Σύστημα

ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΑΣΥΡΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ 2^{ΗΣ}, 3^{ΗΣ} ΚΑΙ 4^{ΗΣ} ΓΕΝΙΑΣ

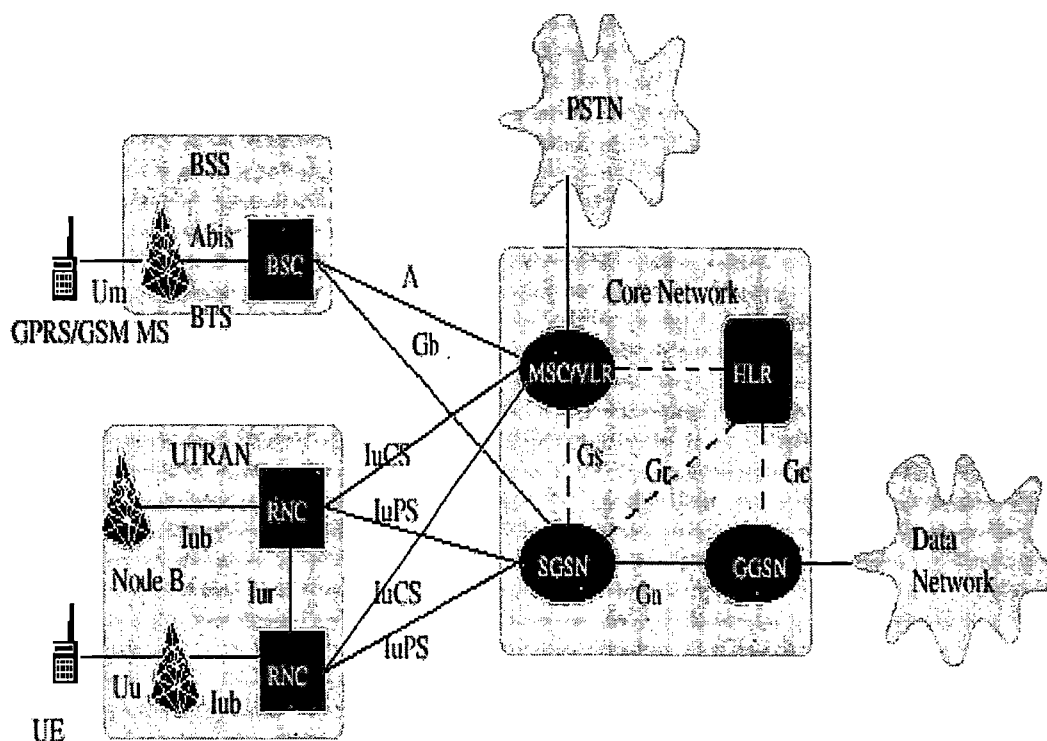
Σηματοδοσίας (Signaling System) μέσω ενός κατάλληλου Δικτύου Πυρήνα (Core Network) με βάση τις καθορισμένες συστάσεις προσαρμογής.

Η αρχιτεκτονική του συστήματος UMTS φαίνεται σε γενικές γραμμές στο Σχήμα 4.6.



Σχήμα 4.6: Αρχιτεκτονική του δικτύου UMTS

Ένα δίκτυο UMTS φαίνεται στο παρακάτω σχήμα από το οποίο βλέπουμε ότι το δίκτυο UMTS συνδέεται με το υπάρχον δίκτυο του συστήματος δεύτερης γενιάς (GSM), με το δίκτυο GPRS καθώς και με το δίκτυο PSTN.



Σχήμα 4. Σφάλμα! Αγνώστη παράμετρος αλλαγής.: Δίκτυο UMTS

BTS : Base Transceiver Station. BSC Base Station Controller. BSS : Base Station System. MSC : Mobile Switching Center. HLR : Home Location Register. VLR : Visitor Location Register. MS : Mobile Station. UE : User Equipment. RNC : Radio Network Controller. SGSN : Serving GPRS Support Node. GGSN : Gateway GPRS Support Node. PSTN : Public Switched Telephone Network

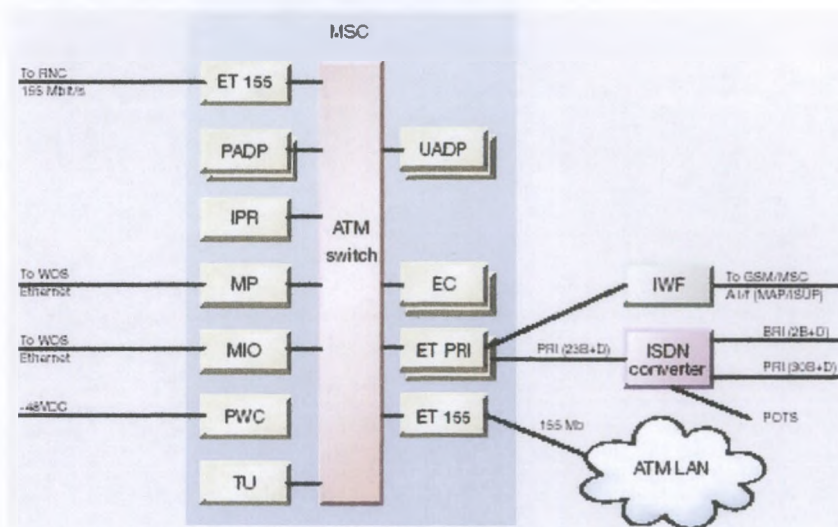
4.1.2 Το ΔΙΚΤΥΟ ΠΥΡΗΝΑ (CORE NETWORK)

Το δίκτυο πυρήνα (core network-CN) που φαίνεται στο σχήμα αποτελεί εξέλιξη του αντίστοιχου δικτύου του GSM. Αποτελείται από δύο συστήματα εξυπηρέτησης : ένα σύστημα εξυπηρέτησης βασισμένο σε μεταγωγή κυκλώματος (Circuit Switching-CS) και ένα σύστημα εξυπηρέτησης βασισμένο σε μεταγωγή πακέτου (Packet Switching-PS). Το δίκτυο πυρήνα αποτελείται από τα εξής στοιχεία : το κύριο διακοπτικό κέντρο (Mobile Switching Center-MSC) , τη βάση δεδομένων των «επισκεπτών» συνδρομητών (Visitor Location Register-VLR) , τη βάση δεδομένων των οικείων συνδρομητών (Home Location Register-HLR) , τον κόμβο εξυπηρέτησης του GPRS (Serving GPRS Support Node-SGSN) και την πύλη προς το σύστημα GPRS (Gateway GPRS Support Node-GGSN).

Το πρώτο στοιχείο του δικτύου, δηλαδή το κύριο διακοπτικό κέντρο (MSC), του οποίου η αρχιτεκτονική φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, αποτελεί το «κέντρο» του δικτύου πυρήνα. Το MSC μπορεί να υποστηρίξει τις συνδέσεις του GSM-BSS και του δικτύου UTRAN.

ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΑΣΥΡΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ 2^{ΗΣ}, 3^{ΗΣ} ΚΑΙ 4^{ΗΣ} ΓΕΝΙΑΣ

Περιλαμβάνει διεπαφές προς το δημόσιο σταθερό τηλεφωνικό δίκτυο (Public Switched Telephone Network-PSTN), προς άλλα MSC, προς το δίκτυο μεταγωγής πακέτου (SGSN) και προς διάφορες βάσεις δεδομένων του δικτύου πυρήνα π.χ. HLR. Σε φυσικό επίπεδο υπάρχει σύνδεση και με την VLR. Σ' ένα MSC μπορούν να συνδεθούν πολλοί σταθμοί βάσης. Ο αριθμός των MSC που υπάρχουν σ' ένα δίκτυο εξαρτάται από το μέγεθος του τηλεπικοινωνιακού οργανισμού και αυξάνεται όσο αυξάνεται ο αριθμός των συνδρομητών.



Σχήμα 4.8: Αρχιτεκτονική του MSC

Το δεύτερο στοιχείο του δικτύου είναι η βάση δεδομένων των «επισκεπτών» συνδρομητών (VLR). Η VLR περιέχει πληροφορίες για τους συνδρομητές που μετά από περιαγωγή φτάνουν στην περιοχή που ελέγχεται από το συγκεκριμένο MSC. Η VLR περιέχει πληροφορίες για όλους τους συνδρομητές που υπάρχουν στην περιοχή του. Οι πληροφορίες που υπάρχουν στην VLR είναι προσωρινά αποθηκευμένες εκεί. Όταν ένας συνδρομητής συνδέεται σε νέο δίκτυο, τα δεδομένα που τον αφορούν γράφονται στη νέα VLR. Για κάθε συνδρομητή (κινητή μονάδα-KM) η VLR περιέχει τις εξής πληροφορίες: την «ταυτότητα» του συνδρομητή, τον διεθνή ISDN αριθμό, τον αριθμό περιαγωγής, την προσωρινή «ταυτότητα» της KM, την αρχική και πρόσφατη θέση της KM.

Το τρίτο στοιχείο είναι μια άλλη βάση δεδομένων, η βάση δεδομένων των οικείων συνδρομητών (HLR). Η HLR περιέχει μόνιμα αποθηκευμένα στοιχεία για κάθε συνδρομητή. Πληροφορίες για κάθε συνδρομητή υπάρχουν μόνο σε μία HLR. Οι πληροφορίες στην HLR εισάγονται μόλις ο χρήστης πραγματοποιήσει τη συνδρομή. Υπάρχουν δύο ειδών δεδομένα στην HLR: μόνιμα και προσωρινά. Τα μόνιμα δεδομένα δεν αλλάζουν εκτός αν αλλάξουν οι παράμετροι του συνδρομητή, για παράδειγμα όταν ο συνδρομητής επιθυμεί επιπλέον υπηρεσίες. Τα προσωρινά δεδομένα (π.χ. πληροφορίες κρυπτογράφησης) μπορούν να μεταβάλλονται αρκετά

συχνά , ακόμα και από κλήση σε κλήση. Η HLR επίσης προωθεί τις απαραίτητες πληροφορίες προς το κέντρο που ελέγχει τις χρεώσεις των συνδρομητών.

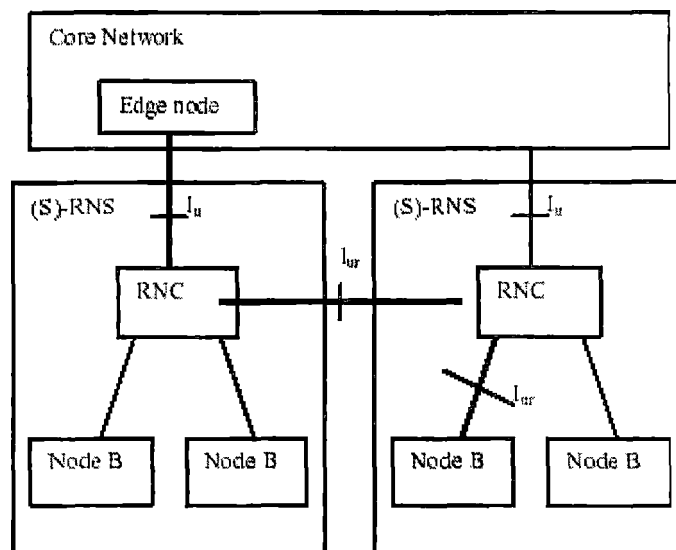
Ένα ακόμα στοιχείο του δικτύου πυρήνα είναι ο κόμβος εξυπηρέτησης του GPRS (Serving GPRS Support Node-SGSN).Το στοιχείο αυτό αποτελεί το κεντρικό στοιχείο του δικτύου μεταγωγής πακέτου. Περιέχει πληροφορίες τόσο για τα στοιχεία των συνδρομητών όσο και για τη θέση του κινητής συσκευής. Το SGSN συνδέεται με το UTRAN μέσω μιας IuPS διεπαφής και με τον σταθμό βάσης μέσω μιας Gb διεπαφής. Έχει επίσης διεπαφές και προς άλλα στοιχεία του δικτύου [9].

Τέλος , ένα στοιχείο είναι η πύλη προς το σύστημα GPRS GGSN (Gateway GPRS Support Node).Το GGSN κατευθύνει τόσο την εισερχόμενη όσο και την εξερχόμενη επικοινωνιακή κίνηση προς το κατάλληλο MSC.Διατηρεί πληροφορίες για τη συνδρομή και τη θέση της κινητής μονάδας και τη διεύθυνση SGSN του SGSN στο οποίο έχει εγγραφεί η κινητή μονάδα. Το GGSN λαμβάνει πληροφορίες και δεδομένα από τα HLR και το SGSN.

4.1.3 UTRAN (UMTS TERRESTRIAL RADIO ACCESS NETWORK)

Το UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) είναι ένα νέο δίκτυο πρόσβασης αποκλειστικά σχεδιασμένο για το UMTS.Τα όρια του αποτελούνται από τη διεπαφή Iu προς το δίκτυο πυρήνα και τη Uu διεπαφή προς τον συνδρομητή (user equipment).Το UTRAN είναι μια αντίληψη της έννοιας του GRAN (Generic Radio Access Network) και μελλοντικές εφαρμογές του μπορεί να αποτελέσουν τα : BRAN (Broadband Radio Access Networks) και το USRAN (UMTS Satellite Radio Access Networks).

Η αρχιτεκτονική του UTRAN παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 4.Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.: Αρχιτεκτονική του UTRAN

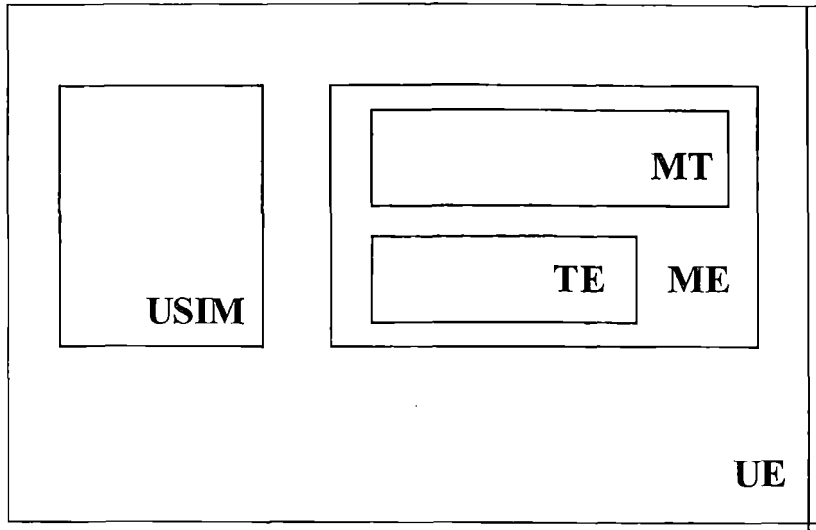
Το UTRAN αποτελείται από κόμβους B (Nodes B) και από ελεγκτές ραδιοδικτύου (Radio Network Controllers-RNC). Τα RNC και Node B αποτελούν το σύστημα εξυπηρέτησης του ραδιοδικτύου (Serving Radio Network System-SRNS). Η κινητή μονάδα στα πλαίσια των συστημάτων τρίτης γενιάς ονομάζεται «εξοπλισμός χρήστη» (user equipment-UE) και συνδέεται με τους κόμβους B μέσω μιας διεπαφής Uu που βασίζεται στην τεχνολογία WCDMA (Wideband CDMA).

Ο ελεγκτής ραδιοδικτύου (Radio Network Controllers-RNC) ελέγχει έναν ή περισσότερους κόμβους B. Κάθε RNC συνδέεται με τον κόμβο εξυπηρέτησης του συστήματος GPRS (Serving GPRS Support Node- SGSN) μέσω μιας διεπαφής IuPS και με το κύριο διακοπτικό κέντρο (Mobile Switching Center- MSC) μέσω μιας διεπαφής IuCS. Ένα RNC μπορεί να συνδεθεί με άλλα RNCs μέσω διεπαφής Iur. Η Iur είναι μια λογική διεπαφή και μεταξύ δύο RNCs δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει απευθείας φυσική σύνδεση. Ένα RNC μπορεί να χαρακτηριστεί ως το αντίστοιχο στοιχείο με τον ελεγκτή σταθμού βάσης (Base Station Controller-BSC) στα δίκτυα GSM. Το RNC έχει τις εξής αρμοδιότητες : διαχείριση πόρων του Iub , έλεγχος των κόμβων B , διαχείριση επικοινωνιακής κίνησης των κοινών καναλιών , έλεγχος ισχύος της άνω και κάτω ζεύξης , διαχείριση και προγραμματισμός των πληροφοριών του συστήματος.

Ο κόμβος B είναι το αντίστοιχο στοιχείο με τον πομποδέκτη του σταθμού βάσης στα δίκτυα GSM. Γι' αυτό και πολλές φορές χρησιμοποιείται ο όρος σταθμός βάσης και για τον κόμβο B. Κάθε κόμβος B συνδέεται με το RNC μέσω μιας διεπαφής Iub. Η διεπαφή αρχικά είχε σχεδιαστεί ως ανοιχτή διεπαφή , αλλά επειδή «χειρίζεται» σημαντικά θέματα , όπως ο έλεγχος της ισχύος , τελικά κάθε κατασκευαστής προτείνει δικές του λύσεις. Έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει ένα ή και παραπάνω κύτταρα , αν και γενικά οι προδιαγραφές μιλούν για έναν κόμβο B ανά κύτταρο. Μερικές από τις αρμοδιότητές του είναι : μετάδοση πληροφοριακών μηνυμάτων του συστήματος ανάλογα με τις παραμέτρους που δίνονται από το RNC , έλεγχος της ροής των δεδομένων εσωτερικά στον κόμβο B , καταγραφή των παρεμβολών στην άνω και κάτω ζεύξη , έλεγχος της μεταγωγής , εντοπισμός και διόρθωση λαθών , πολύπλεξη καναλιών. Κάποιοι κατασκευαστές προσφέρουν τη δυνατότητα με τον ίδιο φυσικό εξοπλισμό του σταθμού βάσης να ικανοποιούνται το σύστημα GSM και το σύστημα WCDMA [13].

Ο όρος εξοπλισμός χρήστη (User Equipment-UE) είναι μια συσκευή που επιτρέπει στον χρήστη να έχει πρόσβαση στις υπηρεσίες του δικτύου. Ο εξοπλισμός χρήστη υποδιαιρείται σε διάφορες οντότητες που χωρίζονται μεταξύ τους με σημεία αναφοράς. Δύο από τις οντότητες αυτές είναι οι εξής : (Mobile Equipment Domain-ME) και (User Services Identity Module Domain-USIM). Η πρώτη οντότητα μπορεί να υποδιαιρεθεί περαιτέρω σε στοιχεία που δείχνουν τη σχέση μεταξύ διαφορετικών λειτουργικών ομάδων. Ο UE είναι συμβατός με παραπάνω από ένα δίκτυο , όπως για παράδειγμα οι συσκευές dual-mode για τα δίκτυα GSM και UMTS. Ο UE μπορεί να περιέχει μια «έξυπνη κάρτα» που θα λειτουργεί σε συσκευές διαφορετικού τύπου.

Ένα λειτουργικό μοντέλο του εξοπλισμού χρήστη (User Equipment-UE) παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα :



Σχήμα 4.Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.: Λειτουργικό μοντέλο του User Equipment-UE.

4.1.4 UTRA (UMTS TERRESTRIAL RADIO ACCESS)

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στο σύστημα UMTS ονομάζεται UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access).Οι προτεινόμενες τεχνολογίες για το UTRA φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.

European UTRA proposals

α	β	γ	δ	ε
WCDMA Wideband CDMA CDMA 4.096 Mcchip/s W: 4.4 - 5.2 MHz f-reuse: 1/1 SF = 4 - 256	OFDMA Orthogonal FDMA FDMA & TDMA W: 100 KHz 4 / 8 / 16 TS carrier & TS combining	W-TDMA Wideband TDMA TDMA W: 1.6 MHz 16 / 64 TS TS combining	TD-CDMA TDMA & CDMA TDMA & CDMA 2.167 Mcchip/s W: 1.6 MHz 8 TS f-reuse: 1/3 SF = 16	ODMA Opportunity Driven Multiple Access MS- relay system: enhancement for α- & β- concept

Σχήμα 4.Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.: Προτεινόμενες τεχνολογίες για το UTRA

Όπως φαίνεται, η τεχνολογία UTRA προέκυψε από συνδυασμένη χρήση της Ιαπωνικής τεχνολογίας W-CDMA (στήλη α στο παραπάνω σχήμα) και της Ευρωπαϊκής τεχνολογίας TD-CDMA (στήλη δ στο παραπάνω σχήμα).Αυτές οι δύο τεχνολογίες αναλύονται παρακάτω :

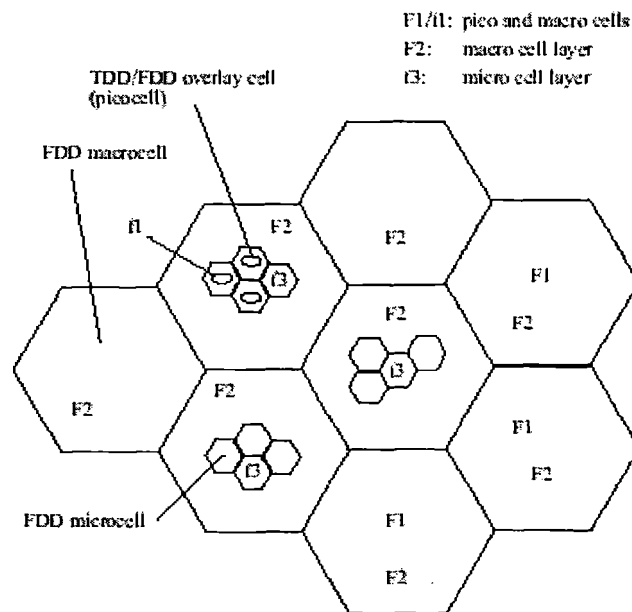
Το W-CDMA (Wideband CDMA) σχεδιάστηκε για να επιτρέπεται η μεταγωγή σε GSM δίκτυα [5]. Ο σχεδιασμός του αναφέρεται σε κανάλια εύρους ζώνης 5 MHz, τέσσερις φορές δηλαδή το εύρος ζώνης του cdmaone και 25 φορές μεγαλύτερο του GSM. Το μεγαλύτερο εύρος ζώνης επιλέχτηκε για να επιτρέπει υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων, μόνο όμως σε περιοχές με λίγους χρήστες και με πολύ καλή λήψη. Σε αντίθεση με το cdmaone, που στέλνει αυτόματα κάθε

bit πληροφορίας 64 φορές, το W-CDMA προσαρμόζει το κέρδος ανάλογα με την ένταση του σήματος. Κάθε bit στέλνεται από 4 έως 128 φορές, που σημαίνει ότι περισσότερο εύρος ζώνης είναι διαθέσιμο σε περιοχές με ισχυρότερο σήμα.

Η μεγαλύτερη διαφορά του W-CDMA από το cdmaone είναι η ανάγκη για συγχρονισμό. Το W-CDMA σχεδιάστηκε για να λειτουργεί χωρίς GPS σήματα ρολογιού και επομένως χρειάζεται ελαφρώς διαφορετική τεχνική κωδικοποίησης που ονομάζεται 'Gold codes'. Σε συνδυασμό με την QPSK διαμόρφωση δίνει ένα μέγιστο ρυθμό δεδομένων των 4 Mbps ανά κανάλι, ξεπερνώντας τις απαιτήσεις του IMT-2000.

Το Time division W-CDMA (TD-CDMA) είναι ένα υβριδικό σύστημα μεταξύ TDMA και CDMA. Η τεχνική πολύπλεξης είναι CDMA, αλλά χρησιμοποιείται time division duplexing για να μοιραστούν τα κανάλια της πάνω και κάτω ζεύξης. Αυτό κάνει καλύτερη χρήση του φάσματος, καθώς ελεύθερη χωρητικότητα της πάνω ζεύξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κάτω ζεύξη.

Ένα χαρακτηριστικό του UTRA είναι η ύπαρξη δύο διαφορετικών καταστάσεων : εκπομπή-λήψη σημάτων με πολύπλεξη συχνότητας (Frequency Duplex Division-FDD) και εκπομπή-λήψη σημάτων με πολύπλεξη χρόνου (Time Duplex Division-TDD) καθεμία από τις οποίες βασίζεται σε διαφορετικές αλλά σχετιζόμενες μεταξύ τους τεχνολογίες. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ποια από τις δύο καταστάσεις χρησιμοποιείται από κάθε επίπεδο ενός ιεραρχικού κυτταρικού συστήματος UMTS.



Σχήμα 4. Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.: Καταστάσεις που χρησιμοποιούνται από τα διάφορα επίπεδα ενός ιεραρχικού συστήματος UMTS

Η κατάσταση UTRA FDD είναι ένα σύστημα CDMA στο οποίο η ορθογωνιότητα μεταξύ δύο διαφορετικών συνδέσεων εξασφαλίζεται με τη χρήση κώδικα. Μπορεί να συγκριθεί με υπάρχοντα συστήματα CDMA όπως το Cdmaone αν και υπάρχουν μερικές διαφορές όσον αφορά τη διαχείριση των κωδικών και την ανάγκη για συγχρονισμό. Σημαντικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά είναι η χρήση της ασύγχρονης λειτουργίας (με υποστήριξη και σύγχρονης λειτουργίας για ορισμένα κύτταρα) και η χρήση προγραμμάτων «οδηγών» για πολύπλεξη στο πεδίο του χρόνου και για την κάτω ζεύξη.

Η κατάσταση UTRA TDD εισάγει ένα επιπλέον στοιχείο : οι μεταβλητοί ρυθμοί δεδομένων υποστηρίζονται από μια δυναμική και ανεξάρτητη κατανομή κωδικών και χρονοθυρίδων (16 αντί για 8 που υπάρχουν στο GSM) για την άνω και την κάτω ζεύξη. Σημαντικό σχεδιαστικό χαρακτηριστικό είναι η προσπάθεια διατήρησης της δομής του TDMA. Η ισχύς είναι μειωμένη σε σχέση με το FDD και υπάρχει η δυνατότητα οικονομικής εφαρμογής του περιβάλλοντος πολλών χρηστών. Αυτή η κατάσταση ανοίγει το δρόμο για κάποιες εφαρμογές όπως ασύρματα τηλεφωνικά συστήματα [Cordless Telephone Systems (UMTS-CTS)].

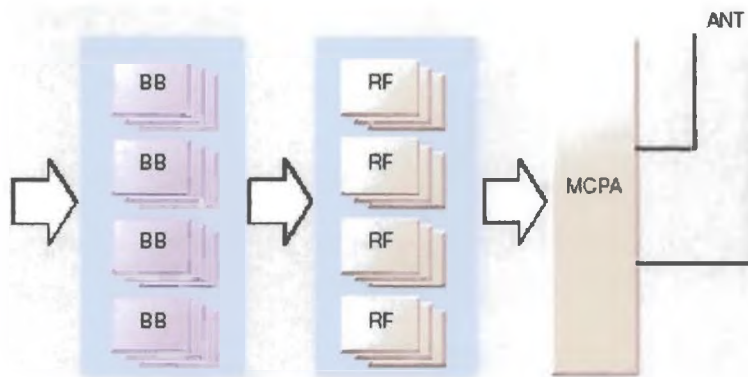
Οι δύο προαναφερόμενες καταστάσεις δίνουν τη δυνατότητα να υπάρχει μεγάλη αποδοτικότητα με το ίδιο σύστημα ανεξάρτητα από τις συνθήκες (ανοιχτοί ή κλειστοί χώροι). Ένα δημόσιο δίκτυο UMTS θα παρέχει κάλυψη με τη χρήση δύο επιπέδων : ενός μακροκυτταρικού με χρήση FDD και ρυθμούς 384 Kbps και ενός μικροκυτταρικού με χρήση TDD και ρυθμούς ως 2 Mbps. Μ' αυτόν τον τρόπο καλύπτονται οι απαιτήσεις της IMT-2000 για υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Η τεχνολογία UTRA υποστηρίζει φυσικά τη διαδικασία της μεταγωγής και χρησιμοποιεί προσαρμοστικές κεραιές για τη μείωση της στάθμης παρεμβολής [12].

Τα χαρακτηριστικά του φυσικού επιπέδου του UTRA είναι τα παρακάτω :

- κωδικοποίηση. Κώδικες Turbo και συνελκτικός (convolutional)
- ρυθμός προσαρμογής
- ανάκτηση βασισμένη στο συγχρονισμό
- απόκλιση κεραιάς δέκτη
- απόκλιση δέκτη (W-CDMA) ή εντοπισμός ένωσης (joint detection) (TD-CDMA)

Αυτή την περίοδο η δουλειά που γίνεται πάνω στο UTRA και το δίκτυο πυρήνα του UMTS που βασίζεται στο GSM , είναι επικεντρωμένη σε μια νέα προσπάθεια το : Third Generation Partnership Project-3GPP. Σ' αυτή την προσπάθεια έχουν συνενωθεί διάφοροι οργανισμοί και επιτροπές όπως : ETSI , ARIB και TTC για την ανάπτυξη κοινών τεχνικών προδιαγραφών για δίκτυα τρίτης γενιάς. Αυτοί οι οργανισμοί-μέλη συνεδριάζουν και παρουσιάζουν αποτελέσματα πάνω σε θέματα όπως : κινητές συσκευές , πρόσβαση ραδιοδιαύλων και δίκτυα πυρήνα.

Ένα από τα σημαντικά στοιχεία του συστήματος που πρέπει να μελετηθεί είναι και ο σταθμός βάσης (BTS-base transceiver station) ο οποίος συνδέει τις κινητές συσκευές με το υπόλοιπο δίκτυο [6]. Πρώτα απ' όλα ο BTS πρέπει να είναι ταυτόχρονα ένας ισχυρός πολυκαναλικός πομποδέκτης και μια διεπαφή προς το τηλεφωνικό δίκτυο. Έτσι, για να βελτιωθεί ο BTS και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε δίκτυα UMTS πρέπει να βελτιωθούν η δυνατότητα εκπομπής και λήψης καθώς και οι συναρτήσεις δικτύου. Ο σταθμός βάσης για ένα σύστημα τρίτης γενιάς φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4.13: Αρχιτεκτονική σταθμού βάσης συστήματος τρίτης γενιάς

Για το θέμα της εκπομπής και λήψης πρέπει να αυξηθεί η ισχύς και να βελτιωθεί η ποιότητα του σήματος που στέλνει και λαμβάνει ο σταθμός βάσης, ενώ θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί (αν είναι δυνατόν) η παρεμβολή γειτονικού καναλιού. Ένας τρόπος για να γίνουν τα παραπάνω είναι με τη χρήση ψηφιακής τεχνολογίας, δηλαδή με ισχυρούς μικροεπεξεργαστές και τεχνικές επεξεργασίας σημάτων. Μ' αυτόν τον τρόπο οι μελλοντικές βελτιώσεις θα γίνουν πιο απλές αφού οι συναρτήσεις που μελετούν τη συμπεριφορά πομπού και δέκτη μεταβάλλονται μέσω προγραμματιστικών εντολών που ελέγχουν το μικροεπεξεργαστή. Μ' αυτή τη μέθοδο που βασίζεται στο software αποφεύγουμε μια δαπανηρή αλλαγή στο hardware για τη μετάδοση σ' ένα σύστημα UMTS.

Όπως ειπώθηκε και πιο πάνω, για την επιτυχία του συστήματος UMTS είναι σημαντικό να υπάρξει βελτίωση στη λειτουργικότητα του BTS. Ο σταθμός βάσης στην περίπτωση του UMTS θα πρέπει να χειρίζεται μεγάλες ποσότητες δεδομένων που θα αποτελούνται από φωνή, δεδομένα και βίντεο, ενώ θα υπάρχει και αμφίδρομη επικοινωνία. Για βέλτιστη απόδοση ο BTS θα πρέπει να χειρίζεται διαφορετικούς τύπους δεδομένων με διαφορετικούς τρόπους. Για παράδειγμα, υπηρεσίες ασύρματης μετάδοσης δεδομένων απαιτούν υψηλή ταχύτητα και μετάδοση χωρίς λάθη, αλλά είναι ανεκτικές στις μεταβλητές χρονικές καθυστερήσεις, όταν δηλαδή μεταβάλλεται η απόσταση ανάμεσα σ' έναν κινητό συνδρομητή και την κεραία που καλύπτει την περιοχή. Από την άλλη μεριά οι φωνητικές υπηρεσίες ανέχονται μόνο σύντομης διάρκειας χρονικές καθυστερήσεις αλλά είναι πιο ανεκτικές στα λάθη κατά τη διάρκεια της

μετάδοσης. Δηλαδή κατά τη συνομιλία μεταξύ δύο ανθρώπων , αν γίνει κάποιο λάθος , ο συνομιλητής καταλαβαίνει τη σωστή πρόταση από τα συμφραζόμενα , ενώ αν υπάρχουν καθυστερήσεις ο ένας συνομιλητής διακόπτει τον άλλον.

Ένα από τα χαρακτηριστικά του συστήματος UMTS είναι ότι διαχειρίζεται την πληροφορία η οποία προέρχεται από ένα πολύπλοκο κυτταρικό περιβάλλον τόσο σε περιπτώσεις εξωτερικών χώρων όσο και σε περιπτώσεις εσωτερικών χώρων. Μερικές από τις ενδεικτικές τιμές για την ισχύ εκπομπής των Σταθμών Βάσης για διαφορετικά μεγέθη κυττάρων και για διαφορετικούς χώρους είναι οι εξής [1]:

- Ισχύς πομπού Σταθμού Βάσης εσωτερικού χώρου για πικοκυτταρικό περιβάλλον είναι της τάξης των 0.01 W
- Ισχύς πομπού Σταθμού Βάσης εξωτερικού χώρου για μικροκυτταρικό περιβάλλον είναι της τάξης των 0.2 W
- Ισχύς πομπού Σταθμού Βάσης εξωτερικού χώρου για μακροκυτταρικό περιβάλλον είναι της τάξης των 1 W
- Ισχύς πομπού Σταθμού Βάσης εξωτερικού χώρου για περιπτώσεις χρήσης μεγάλων κυττάρων (π.χ. ανοικτές αγροτικές περιοχές) είναι της τάξης των 1-20 W

Εκτός από τον σταθμό βάσης, και στο υπόλοιπο δίκτυο πρέπει να υπάρξει βελτίωση στη λειτουργικότητά του. Το δίκτυο δεν θα πρέπει να βρίσκεται σε αδράνεια , ειδικά όταν υπάρχουν τόσοι πολλοί συνδρομητές και διαφορετικοί τύποι δεδομένων όπως στο σύστημα UMTS. Τα δίκτυα τρίτης γενιάς πρέπει να προσαρμόζονται στο είδος του φορτίου που «ρέει» κάθε φορά στα στοιχεία τους και να βελτιώνουν την απόδοσή τους για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις των χρηστών. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην διαδικασία κατά τη οποία το ο συνδυασμός των διαφόρων τύπων φορτίου κατευθύνεται από τον BTS σ' ένα μεταγωγικό κέντρο και από εκεί στο δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο. Η βελτίωση αυτής της διαδικασίας είναι απαραίτητη για την υποστήριξη των υπηρεσιών του UMTS και μπορεί να γίνει με χρήση καλωδίου οπτικών ινών , με μικροκυματικά συστήματα και με χρήση laser.

Στο σύστημα UMTS έχει υιοθετηθεί ο διαχωρισμός του επιπέδου σηματοδοσίας του δικτύου και του αντίστοιχου επιπέδου σηματοδοσίας πρόσβασης στο δίκτυο. Η σηματοδοσία του δικτύου χρησιμοποιείται για τη λογική διασύνδεση των διαφόρων εμπλεκόμενων κόμβων του δικτύου σε επίπεδο προσαρμογής (Network Node Interface-NNI). Η σηματοδοσία πρόσβασης χρησιμοποιείται για τη λογική διασύνδεση του χρήστη (κινητή μονάδα) και της αντίστοιχης εμπλεκόμενης φυσικής μονάδας (π.χ Τοπικό Επικοινωνιακό Κέντρο) του δικτύου , σε επίπεδο προσαρμογής δικτύου και μονάδας χρήστη (Unit Network Interface-UNI). Για τη σηματοδοσία η οποία είναι απαραίτητη μεταξύ του Συστήματος του Σταθμού Βάσης (Base Station System-BSS) και μιας φυσικής μονάδας του δικτύου , καθώς και για τη σηματοδοσία μεταξύ της κινητής μονάδας και του BSS , μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ίδια πρωτόκολλα επικοινωνίας.

Ένα ακόμα σημαντικό θέμα είναι και αυτό της ασφάλειας των δεδομένων στο δίκτυο του UMTS. Δεν θα πρέπει να επιτρέπεται σε άτομα χωρίς εξουσιοδότηση να επεμβαίνουν σε

οποιοδήποτε σημείο του δικτύου. Σε πολλές περιπτώσεις η ασφάλεια των δεδομένων μπορεί να «κινδυνεύει» από το γεγονός ότι ο ESN (Electronic Serial Number) , δηλαδή ο αριθμός που δείχνει ποιος πληρώνει το λογαριασμό της συσκευής , δεν αποκρύπτεται. Επειδή ο ESN μεταδίδεται πριν την κλήση , κάποιος μ'ένα δέκτη στην ίδια συχνότητα που λειτουργεί η κινητή συσκευή μπορεί να βρει τον ESN και να χρεώσει τον συγκεκριμένο λογαριασμό.

Για την ασφάλεια της επικοινωνίας στα συστήματα δεύτερης γενιάς υπήρχε ένας κωδικός (PIN) για κάθε κινητή συσκευή ο οποίος μπορούσε ν'αλλάξει μόνο με την εισαγωγή του κωδικού ασφαλείας της συσκευής (mobile terminal security code).Επίσης μετά από τρεις αποτυχημένες προσπάθειες εισαγωγής του PIN η συσκευή «κλειδώνει».Παρ'όλα αυτά πολλοί χρήστες δεν χρησιμοποιούσαν αυτή τη δυνατότητα επειδή δεν καταλάβαιναν τη χρήση του. Επομένως μόνο με το PIN οι συνομιλίες δεν ήταν τόσο ασφαλείς.

Για το σύστημα UMTS το οποίο δίνει τη δυνατότητα για προσωπική επικοινωνία και μεταφορά δεδομένων το θέμα της ασφαλείας είναι ακόμα πιο σημαντικό. Πρέπει να γίνει μελέτη πάνω στα θέματα της απόδοσης και της συμβατότητας των συστημάτων ασφαλείας στο UMTS.Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να υπάρξει έρευνα , εφαρμογή και κατάθεση προτάσεων πάνω στα ακόλουθα θέματα :

- μεταφορά των χαρακτηριστικών ασφαλείας των συστημάτων δεύτερης γενιάς στο σύστημα UMTS
- εντοπισμός και αντιμετώπιση της «απάτης» στο UMTS
- ασφαλείς υπηρεσίες για επικοινωνία από άκρη σ'άκρη (end-to-end security services)
- ασφάλεια στη χρέωση των υπηρεσιών που παρέχονται από το σύστημα UMTS.

Σε κάθε σύστημα κινητών τηλεπικοινωνιών υπάρχουν κάποιες διαδικασίες που χαρακτηρίζουν την αξιοπιστία του. Το ίδιο συμβαίνει και με το UMTS.Οι διαδικασίες αυτές είναι οι εξής:

- **Ενημέρωση για τη θέση που βρίσκεται ο συνδρομητής κάθε στιγμή.** Αυτή η διαδικασία έχει σχέση με την καταγραφή της γεωγραφικής θέσης του συνδρομητή καθ' όλη τη διάρκεια της σύνδεσής του στο δίκτυο.
- **Τηλεειδοποίηση.** Η διαδικασία αυτή έχει σχέση με την προηγούμενη και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν έχουμε επικοινωνιακή κίνηση από το σταθερό τηλεφωνικό δίκτυο προς τον κινητό συνδρομητή.
- **Μεταγωγή.** Αυτή η διαδικασία ελέγχει αν διατηρείται η επικοινωνία όταν ο κινητός συνδρομητής μετακινείται από κύτταρο σε κύτταρο.

Όλοι οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι έχουν στραφεί προς τις mobile LoCation Services (LCS).Αυτές οι υπηρεσίες εξαρτώνται από τη γνώση της θέσης της ΚΜ μέσα στο δίκτυο. Τα στοιχεία του 3GPP δικτύου που σχετίζονται με την εύρεση της θέσης της ΚΜ είναι τα εξής :

1. **Gateway Mobile Location Center (GMLC).** Το στοιχείο αυτό αποτελεί τη διεπαφή επικοινωνίας μεταξύ του δικτύου και του «πελάτη» που ζητάει την γνώση της θέσης της ΚΜ.

2. **Serving Mobile Location Center (SMLC).** Το SMLC παρέχει τις συντεταγμένες (και την απόκλιση) της θέσης της ΚΜ.
3. **Location Measurement Unit (LMU).** Ο ρόλος του είναι να βοηθήσει το SMLC στο θέμα του συγχρονισμού. Μπορεί να βρίσκεται μέσα στους κόμβους Β ή καταναμεμημένη στο δίκτυο. Η LMU ορίζει τη θέση της ΚΜ και τη μετατρέπει σε συντεταγμένες (x, y).

4.1.5 ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΟΥ UMTS ΜΕ ΤΟ B-ISDN

Η βασική ιδέα πίσω από την ολοκλήρωση είναι η επαναχρησιμοποίηση τμημάτων άλλων συστημάτων από το UMTS. Η ολοκλήρωση αυτή δεν περιορίζεται μόνο στο φυσικό επίπεδο, αλλά επεκτείνεται και σε άλλες όψεις του συστήματος, όπως οι υπηρεσίες, οι λειτουργίες και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται η λειτουργική διασύνδεση των οντοτήτων του ενσύρματου και ασυρματικού δικτύου στις ίδιες επιφάνειες εργασίας μέσα από διαφορετικά περιβάλλοντα.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η στήριξη της οικοδόμησης των συστημάτων τρίτης γενιάς στα υπάρχοντα δίκτυα δεύτερης γενιάς δεν αποτελεί μία αποδεκτή λύση. Αυτό συμβαίνει, διότι περιορίζεται σημαντικά η λειτουργικότητα του UMTS. Από την άλλη, η αυτόνομη σχεδίαση ενός συστήματος, ενώ παρουσιάζει το προφανές πλεονέκτημα της μη επιβολής περιορισμών από την ολοκλήρωση με άλλα συστήματα, είναι αρκετά πολυδάπανη, καθώς για την τηλεπικοινωνιακή κάλυψη μιας συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής θα απαιτούνται περισσότερα του ενός συστήματα. Φυσιολογικά λοιπόν, καταλήγουμε στην πολλά υποσχόμενη λύση της ολοκλήρωσης του UMTS με το σταθερό δίκτυο.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα από αυτή τη λύση είναι, βέβαια, η αισθητή μείωση του κόστους κατασκευής ενός τέτοιου συστήματος. Η επαναχρησιμοποίηση τμημάτων άλλων συστημάτων είναι οικονομικά αποτελεσματική τόσο στη φάση της σχεδίασης όσο και στην λειτουργική φάση του UMTS. Ένα άλλο πλεονέκτημα της ολοκλήρωσης είναι ότι προσφέρει περισσότερες πιθανότητες να ικανοποιήσει τις ανάγκες των χρηστών, καθώς αυτοί κάνουν χρήση και του σταθερού και του κινητού δικτύου.

Το δίκτυο B-ISDN είναι το επικρατέστερο δίκτυο για την επίτευξη της επιθυμητής ολοκλήρωσης. Ο λόγος είναι πολύ απλός. Τόσο το B-ISDN όσο και το UMTS σχεδιάζονται για την υποστήριξη υπηρεσιών μεγάλων ταχυτήτων, όπως βίντεο και δεδομένα. Συνεπώς, είναι λογικό να επιζητήσουμε την ολοκλήρωση αυτών των δικτύων, αφού θα μπορούν να δρομολογούν τις υπηρεσίες από το ένα στο άλλο.

Στην περίπτωση της ολοκλήρωσης του UMTS με το B-ISDN η λειτουργικότητα μοιράζεται ανάμεσα σε δύο δίκτυα. Σαν παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε τον έλεγχο μίας κλήσης από ένα μόνο τοπικό κέντρο, το οποίο θα μπορεί να υποστηρίξει κλήσεις σε σταθερό και κινητό επίπεδο. Αυτό σημαίνει ότι ορισμένα πρωτόκολλα θα χρειαστεί να αναπτυχθούν μία μόνο φορά και, επομένως, το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης του λογισμικού στο κέντρο είναι μικρότερο.

Η φιλοσοφία της ολοκλήρωσης περιλαμβάνει και την προσαρμογή των συστημάτων που εμπλέκονται. Καθώς η απαίτηση για αποκλειστικά σταθερά δίκτυα χωρίς προεκτάσεις κινητής τηλεφωνίας είναι υπαρκτή, συμπεραίνουμε ότι πρέπει να προσαρμόσουμε τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του UMTS σε εκείνα για πρόσβαση σε σταθερό δίκτυο. Η έννοια του έξυπνου δικτύου (intelligent network IN) παρέχει ένα τρόπο για να προσθέσουμε την απαιτούμενη λειτουργικότητα σε ένα υπάρχον δίκτυο, χωρίς να χρειάζεται να επέμβουμε με δραστικές αλλαγές στην αρχική λειτουργικότητα.

4.1.6 ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ UMTS

Η τεχνολογία των συστημάτων τρίτης γενιάς αποτελεί το σημείο σύγκλισης δύο τάσεων, της κινητής τηλεφωνίας και του διαδικτύου. Με τα συστήματα αυτά, μπορούμε να πετύχουμε γρήγορη και αξιόπιστη πρόσβαση από την κινητή μονάδα στο διαδίκτυο και η ασύρματη επικοινωνία να γίνεται με ικανοποιητική απόδοση και χαμηλό κόστος.

Μία πληθώρα υπηρεσιών παρέχεται σήμερα μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας IP (Internet Protocol). Σκοπός είναι, να μπορέσουμε στο μέλλον να διοχετεύσουμε το σύνολο των επικοινωνιών και των υπηρεσιών μέσα από περιβάλλοντα IP πρωτοκόλλων. Με τον τρόπο αυτό, τα σημερινά δίκτυα επικοινωνίας, που υποστηρίζουν την μετάδοση δεδομένων χαμηλής ταχύτητας θα μπορέσουν να υποστηρίξουν νέες, πιο εξελιγμένες υπηρεσίες διαδικτύου που απαιτούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης και εφαρμογές πολυμέσων. Η ανάγκη για την πρόσβαση στο διαδίκτυο από τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας έχει ήδη διαφανεί στον ορίζοντα, με τις εταιρίες παροχής υπηρεσιών διαδικτύου να συμβάλλουν αποφασιστικά στην ανάπτυξη υπηρεσιών και εφαρμογών που στηρίζονται στα συστήματα τρίτης γενιάς.

4.2 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΚΙΝΗΤΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2000 (IMT200)

Οι προσπάθειες εναρμόνισης των διαφόρων αντιλήψεων περί ασύρματων δικτύων, στα πλαίσια των διεθνών τηλεπικοινωνιών, συνοψίζονται στο σύστημα IMT-2000. Με το ξεκίνημα της τρίτης χιλιετίας, προβάλλει η ανάγκη για παροχή εύχρηστων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Το IMT-2000 αποτελεί την προσπάθεια του Παγκόσμιου Οργανισμού Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunications Union - ITU) για την ενοποίηση των διαφόρων τάσεων στις κινητές επικοινωνίες, σε ένα σύστημα τρίτης γενιάς που θα ικανοποιεί τις παγκόσμιες απαιτήσεις για ασύρματες επικοινωνίες. Η αρχική του ονομασία ήταν Μελλοντικά Δημόσια, Επίγεια, Κινητά Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα (Future Public Land Mobile Telecommunications Systems – FPLMTS) και αποτελεί ουσιαστικά μία άλλη όψη του Ευρωπαϊκού Προτύπου UMTS.

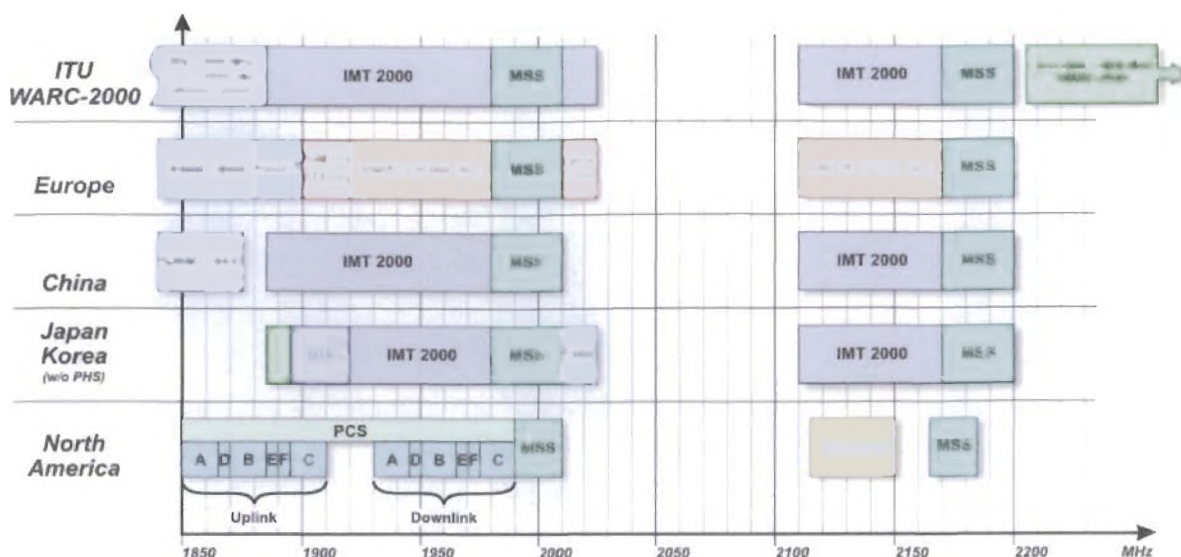
Μία από τις αρχές που αποτελεί θεμελιώδες τμήμα του IMT-2000, είναι η ικανότητα να παρέχεται στον χρήστη μία μικρή, ελαφριά και εύχρηστη συσκευή επικοινωνίας, η οποία θα μπορεί να ικανοποιήσει τη γενική απαίτηση για επικοινωνίες παντού και πάντα. Αν και αυτή η

ανάγκη είναι ουσιώδης για το IMT-2000, αντιπροσωπεύει μόνο ένα κομμάτι από την απαιτούμενη λειτουργικότητα αυτού του συστήματος. Είναι γενική πεποίθηση ότι για την επιτυχία του IMT-2000 στην διεθνή αγορά, πρέπει αυτό να υποστηρίξει μία μεγάλη ποικιλία υπηρεσιών και λειτουργιών.

Η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας οδηγεί τους καταναλωτές σε συνεχή απαίτηση νέων και εύχρηστων υπηρεσιών. Τα μελλοντικά συστήματα πρέπει να σχεδιαστούν, ώστε να παρέχουν όχι μόνο τις παραδοσιακές υπηρεσίες φωνής, αλλά και μία κλίμακα άλλων λειτουργιών και εφαρμογών που σχετίζονται με δεδομένα και εικόνα. Ενδεικτικά, αναφέρουμε τις υπηρεσίες πολυμέσων, την πρόσβαση στο Internet από την κινητή μονάδα και την τηλεδιάσκεψη. Συνεπώς, η ITU σχεδιάζει το νέο σύστημα για να μπορεί να υποστηρίξει εφαρμογές υψηλών ρυθμών μετάδοσης. Ένας μεταβλητός ρυθμός της τάξης των 2Mbps αποτελεί μία πρώτη προσέγγιση για τις ταχύτητες που θα εξυπηρετεί το IMT-2000.

Μία άλλη θεμελιώδης αρχή του IMT-2000 είναι η ύπαρξη ενός ενιαίου επιπέδου που μπορεί να αντικαταστήσει τα διάφορα περιβάλλοντα που υπάρχουν σήμερα. Αυτή η άποψη του IMT-2000 είναι ελκυστική ιδιαίτερα σε χρήστες, οι οποίοι είναι υποχρεωμένοι να χειρίζονται πολλά ασύρματα δίκτυα ταυτόχρονα για να εξυπηρετούν τις ανάγκες τους. Είναι προφανές ότι, ένα ενιαίο περιβάλλον θα επιτρέψει στον Τηλεπικοινωνιακό Παροχέα να βελτιώσει τις λειτουργικές του ικανότητες, προσφέροντας, παράλληλα, φιλικές προς το χρήστη ασύρματες υπηρεσίες.

Το IMT-2000 θα χρησιμοποιεί ένα μέρος του φάσματος των 2 GHz. Συγκεκριμένα, για την άνω ζεύξη (επικοινωνία ΚΜ με ΣΒ) θα χρησιμοποιείται η περιοχή 1920 MHz έως 1980 MHz, ενώ η κάτω ζεύξη (επικοινωνία ΣΒ με ΚΜ) θα χρησιμοποιεί την περιοχή 2110 MHz έως 2170 MHz. Σε ότι αφορά τις τεχνικές πρόσβασης στο IMT-2000, φαίνεται τελικά να υπερισχύει η Πολλαπλή Προσπέλαση με Επιμερισμό Κώδικα (CDMA), με αποτέλεσμα το πρότυπο IMT-2000 να μετονομάζεται τελευταία σε CDMA-2000. Ταυτόχρονα όμως, λόγω του ότι τα Συστήματα Τρίτης Γενιάς θα βασίζονται σε πολυεπίπεδη δομή (όπως αυτή του σχήματος 1.4), η τεχνολογική τάση είναι να χρησιμοποιούνται διαφορετικές τεχνικές πρόσβασης σε κάθε επίπεδο. Στο *Σχήμα 4.Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.* παρουσιάζεται η χρήση του ραδιοφάσματος για διάφορες περιοχές του κόσμου



Σχήμα 4.14: Χρήση ραδιοφάσματος για το IMT 2000 για διάφορες περιοχές του κόσμου

Η ολοκλήρωση του IMT-2000 με ένα σταθερό δίκτυο, είναι μία αναπόφευκτη αναγκαιότητα. Έτσι, ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να απολαμβάνει ποικίλες υπηρεσίες με απόλυτα παραδεκτή ποιότητα. Λόγω των προοπτικών σχεδίασης του συστήματος για την κάλυψη υψηλής ταχύτητας υπηρεσιών, η ολοκλήρωση αυτή είναι πιθανόν να πραγματοποιηθεί με το ISDN ευρείας ζώνης (B-ISDN). Η υιοθέτηση του συστήματος IMT-2000, θα οδηγήσει στη γεφύρωση του τηλεπικοινωνιακού χάσματος μεταξύ των προοδευτικά αναπτυσσόμενων χωρών και των ήδη αναπτυγμένων. Μια καινοτομία του συστήματος αυτού, το Περιβάλλον Εικονικού Σπιτιού (Virtual Home Environment), θα οδηγήσει στην λήψη της ίδιας ποιότητας υπηρεσιών από όπου και να πραγματοποιείται η κλήση. Δεν θα πρέπει να υπάρχουν αντιληπτές διαφορές όσον αφορά τις υπηρεσίες, τις δυνατότητες μεταφοράς, την κωδικοποίηση του σήματος της πηγής, ακόμα και αν οι κλήσεις δρομολογούνται και μέσω υποανάπτυκτων, στον τομέα των επικοινωνιών, χωρών. Στην πράξη, τα χαρακτηριστικά των λειτουργικών περιβαλλόντων ή των μέσων μετάδοσης, είτε πρόκειται για ραδιοσυχνότητες, είτε για οπτικές ίνες, θα θέτουν ένα κατώφλι στην αξιολόγηση του συστήματος.

4.3 ΜΕΡΙΚΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

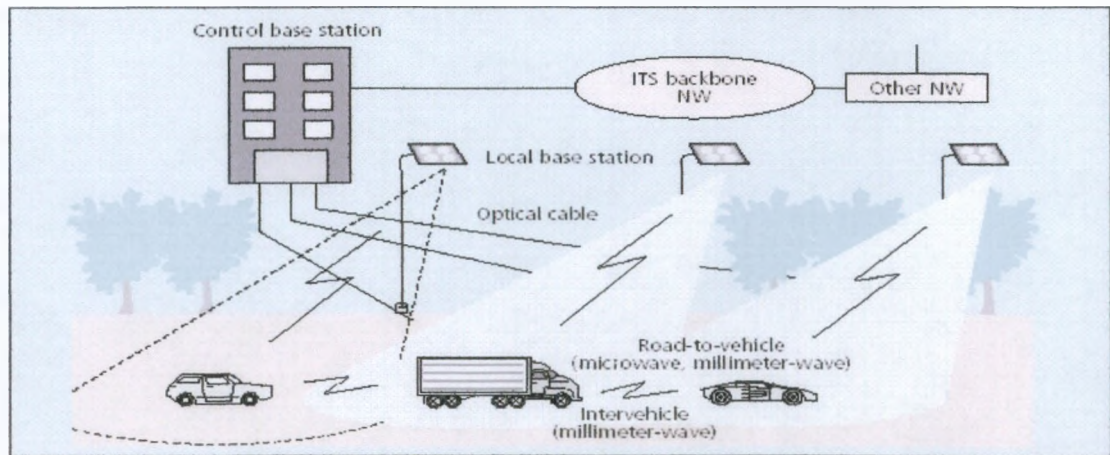
Είναι ενδιαφέρον να εξετάσουμε τα Έξυπνα Συστήματα Μεταφοράς (ITS) που χρησιμοποιούν τα κυτταρικά συστήματα κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς. Το ITS είναι ένα καινούργιο σύστημα μεταφοράς, το οποίο παρέχει πρόσθετες πληροφορίες που αφορούν τους χρήστες, τους δρόμους μιας περιοχής και τα οχήματα. Με αυτόν τον τρόπο το σύστημα ITS αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την επίλυση προβλημάτων όπως τα αυτοκινητιστικά δυστυχήματα ή την κίνηση στους δρόμους. Βέβαια τα συστήματα ITS δεν θα χρησιμοποιούνται μόνο για τις προηγούμενες υπηρεσίες αλλά θα μέσω αυτών θα παρέχονται και υπηρεσίες

πολυμέσων τόσο για τους οδηγούς, όσο και για περαστικούς. Στο Σχήμα 4.15 μπορούμε να δούμε την βασική ιδέα των συστημάτων ITS.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε, βλέποντας το σχήμα, ότι τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα σχετίζονται άμεσα με τα ITS και ότι διαιρούνται σε δύο υποδομές:

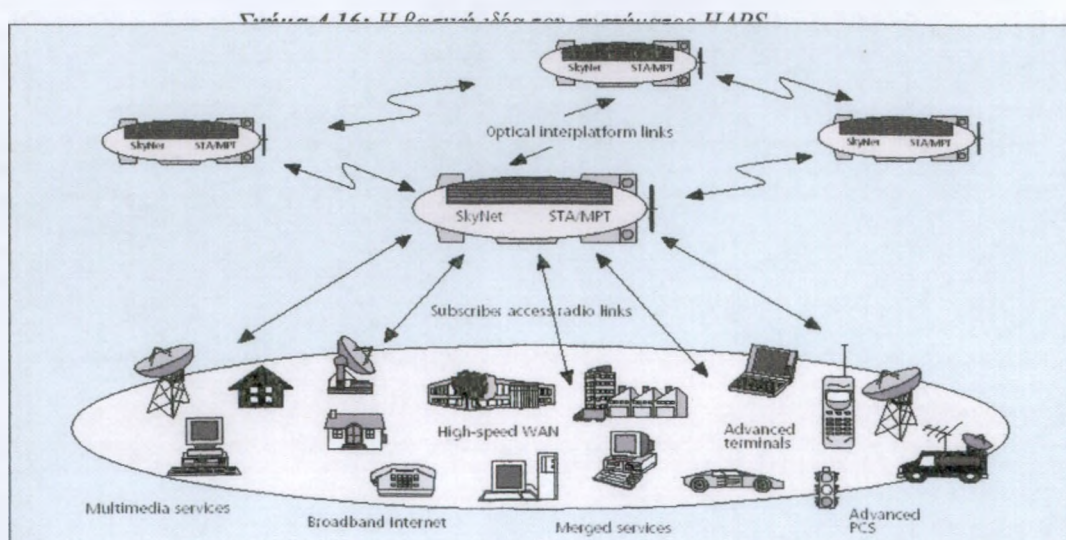
- σύστημα επικοινωνίας μεταξύ δρόμου και οχημάτων
- σύστημα επικοινωνίας μέσα από τα οχήματα.

Η πιο σημαντική υποδομή, θα λέγαμε ότι είναι αυτή μεταξύ δρόμων και οχημάτων, στην οποία πολλοί σταθμοί βάσης χρησιμοποιούνται κατά μήκος των δρόμων, έτσι ώστε να υπάρχει επικοινωνία με τα οχήματα, όπως επίσης χρησιμοποιούνται και πολλοί σταθμοί ελέγχου για την διαχείριση των σταθμών βάσεων.



Σχήμα 4.15: Η βασική ιδέα του συστήματος ITS

Ένα άλλο σύστημα που πιθανόν να τύχει γενικής αποδοχής στο μέλλον είναι το HAPS. Η βασική ιδέα του συστήματος αυτού φαίνεται στο Σχήμα 4.16.



Σχήμα 4.16: Η βασική ιδέα του συστήματος HAPS

Το σύστημα HAPS είναι πάρα πολύ σημαντικό για επικοινωνίες πολυμέσων. Είναι η τρίτη επικοινωνιακή υποδομή μετά από αυτές, της επίγειας επικοινωνίας και της δορυφορικής. Όπως προαναφέρθηκε και προηγουμένως το σύστημα αυτό βρίσκεται σε υψόμετρο 20km από την γη και μέσω οπτικών ενδοεπικοινωνιακών συνδέσεων δημιουργούν ένα πρότυπο δικτύου στον ουρανό.

Επίσης το σύστημα αυτό μπορεί να υποστηρίξει διάφορους τύπους τερματικών όπως σταθερά τερματικά ή κινητά τερματικά ή φορητά τερματικά. Ένας τυπικός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι 25Mbps για τα περισσότερα σταθερά και φορητά τερματικά.

4.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με τα συστήματα κυτταρικής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς που υπάρχουν ήδη στην αγορά, μπορούμε να έχουμε μετάδοση φωνής με καλή ποιότητα, αλλά και μετάδοση δεδομένων χαμηλού ρυθμού. Έτσι, παρόλη την ψηφιακή μορφή τους και την υψηλή χωρητικότητα από πλευράς εξυπηρέτησης χρηστών, έφτασε η εποχή που τα δίκτυα αυτής της μορφής καθίστανται ανεπαρκή. Οι χρήστες θέλουν όλο και μεγαλύτερες ταχύτητες ενώ νέες υπηρεσίες έρχονται στο προσκήνιο. Έτσι άρχισε η δημιουργία συστημάτων τρίτης γενιάς. Για να γίνει όμως ομαλή η μετάβαση από γενιά σε γενιά χρειάζεται μια ενδιάμεση περίοδο με τον τίτλο «γενιά 2.5». Οι τεχνολογίες αυτής της γενιάς σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να επεκτείνουν τις δυνατότητες των υπαρχόντων συστημάτων 2^{ης} γενιάς.

Η τρίτη γενιά θα επηρεάσει τον τρόπο ζωής και την εργασία μας. Η πρόσβαση σε συστήματα 3ης γενιάς επιτρέπει στους χρήστες να έχουν επικοινωνία καλής ποιότητας, να μεταδίδουν πληροφορίες με μεγάλη ταχύτητα καθώς και να ψυχαγωγούνται μέσα από την κινητή τους συσκευή. Πολλά είναι τα πρότυπα 3^{ης} γενιάς που θα τεθούν σε εφαρμογή σε παγκόσμιο επίπεδο στο άμεσο μέλλον, ενώ δεσπόζουν το UMTS, το IMT-2000 και το UWC-136. Πάντως, ενώ θα περιμέναμε η τρίτη γενιά να είναι μία επανάσταση, τελικά θα είναι απλά μία εξέλιξη προς τα επόμενα μελλοντικά συστήματα, της τέταρτης και πέμπτης γενιάς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΤΩΝ ΚΥΤΤΑΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ

Οι κλήσεις των Κινητών Μονάδων (ΚΜ) σε ένα κυτταρικό σύστημα κινητής τηλεφωνίας είναι τυχαία γεγονότα στο χρόνο και στο χώρο. Επομένως, πρέπει να υπάρχει τρόπος αποκατάστασης της επικοινωνίας από και προς τις ΚΜ, οι οποίες κινούνται σε όλη τη γεωγραφική περιοχή που καλύπτει το σύστημα. Με τον τρόπο αυτό, εξασφαλίζεται η «συνέχεια»

των κλήσεων οι οποίες βρίσκονται σε εξέλιξη. Για την ικανοποίηση των παραπάνω απαιτήσεων, αναπτύχθηκαν διάφοροι αλγόριθμοι – διαδικασίες βασικών λειτουργιών του συστήματος, όπως:

- Αποκατάσταση και διακοπή των κλήσεων.
- Εξασφάλιση της συνέχειας των συνομιλιών οι οποίες βρίσκονται σε εξέλιξη, όταν οι ΚΜ μετακινούνται από κύτταρο σε κύτταρο (Μεταγωγή – Handoff) ή όταν αλλάζουν δίκτυο (Περιογωγή – Roaming).
- Βέλτιστη κατανομή του επικοινωνιακού φορτίου.

Το κεφάλαιο αυτό ασχολείται με τις λειτουργικές διαδικασίες των κυτταρικών συστημάτων κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς. Δίνεται μία γενική ταξινόμηση των λειτουργιών που εκτελούνται από ένα τέτοιο σύστημα και παρατίθενται τα είδη των χρησιμοποιούμενων ραδιο-διαύλων. Περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα για την επιτυχή αποκατάσταση και τον τερματισμό των κλήσεων και αναλύεται η δρομολόγηση της διαδικασίας της περιογωγής. Επίσης, γίνεται μία εισαγωγή στην έννοια της μεταγωγής, η οποία θα αναλυθεί διεξοδικά στο επόμενο κεφάλαιο.

5.1 Γενικά

Στην ενότητα αυτή, περιγράφονται περιληπτικά οι λειτουργικές διαδικασίες που δρομολογούνται σε ένα κυτταρικό σύστημα και δίνεται ένας ορισμός των χρησιμοποιούμενων ραδιο-διαύλων.

Οι βασικές λειτουργίες ελέγχου και σηματοδοσίας είναι:

- Απλές διαδικασίες διαχείρισης κινητικότητας
- Διαδικασίες πιστοποίησης και αναγνώρισης
- Ανίχνευση συνδρομητικής κάρτας αναγνώρισης και ασφάλειας
- Ειδικές διαδικασίες διαχείρισης κινητικότητας
- Ενημέρωση της θέσης της κινητής μονάδας κατά περιοδικά διαστήματα
- Διαχείριση κινητικότητας κατά την αποκατάσταση μίας σύνδεσης
- Διαχείριση κινητικότητας κατά την μεταφορά της πληροφορίας
- Διαχείριση κινητικότητας κατά την φάση αποδέσμευσης της σύνδεσης
- Γενικές διαδικασίες ραδιο-εξυπηρέτησης με την χρήση πακέτων (General Packet Radio Service GPRS).

Οι στοιχειώδεις λειτουργίες ενός συστήματος είναι οι ακόλουθες:

- Αποκατάσταση μίας κλήσης
- Τερματισμός μίας κλήσης
- Λειτουργίες σηματοδοσίας κατά την ενεργό κατάσταση της κινητής μονάδας
- Διαδικασίες ενημέρωσης του χρήστη
- Διαδικασίες επαναδιευθέτησης μίας κλήσης

5.1.1 ΡΑΔΙΟΔΙΑΥΛΟΙ ΚΥΤΤΑΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Οι χρησιμοποιούμενοι ραδιοδιάυλοι ή φυσικοί ραδιοδιάυλοι χωρίζονται στους ραδιοδιάυλους κίνησης που μεταφέρουν τα δεδομένα και στους λογικούς ραδιοδιάυλους ελέγχου,

μεταφέρει είναι απαραίτητα κατά την εναλλαγή, όταν η έναρξη της διαδικασίας γίνεται από την πλευρά του κινητού τερματικού.

- c. Γρήγορος Συσχετισμένος Ραδιοδιάυλος Ελέγχου (Fast Associated Control Channel FACCH). Ο ραδιοδιάυλος αυτός είναι συσχετισμένος με ένα κανάλι κίνησης της άνω ή της κάτω ζεύξης. Χρησιμοποιείται, όταν κατά τη διάρκεια μετάδοσης ομιλίας χρειάζεται να γίνει ανταλλαγή σημάτων με το σύστημα με ρυθμούς μεγαλύτερους από εκείνους που διαχειρίζεται ο SACCH.

4. Κυτταρικός Ραδιοδιάυλος Εκπομπής (Cell Broadcast Channel CBCH).

Ο ραδιοδιάυλος αυτός αναφέρεται μόνο στην κάτω ζεύξη και χρησιμοποιείται για τη διεκπεραίωση της Υπηρεσίας Μικρών Μηνυμάτων (Short Message Service SMS)

5. Ραδιοδιάυλος Ενημέρωσης (Notification Channel NCH).

Αναφέρεται στην κάτω ζεύξη μόνο και χρησιμοποιείται για να ενημερώνει τις κινητές μονάδες για Υπηρεσίες Εκπομπής Φωνής (Voice Broadcast Service VBS) ή για Υπηρεσίες Φωνής Ομάδας Κλήσεων (Voice Group Call Service VGCS).

Πρέπει να αναφερθεί, ότι τα συστήματα τρίτης γενιάς χρησιμοποιούν δύο σημεία πρόσβασης για σηματοδότηση στο δεύτερο επίπεδο που διαχωρίζονται από τα Service Access Point Identifiers (SAPI). Το πρώτο είναι το SAPI 0 που υποστηρίζει την μεταφορά πληροφορίας σηματοδότησης από χρήστη σε χρήστη και το δεύτερο είναι το SAPI 3, που υποστηρίζει την μεταφορά πληροφορίας του χρήστη για μικρά μηνύματα. Το τρίτο επίπεδο επιλέγει το σημείο πρόσβασης στην υπηρεσία, το λογικό κανάλι ελέγχου και την κατάσταση λειτουργίας του δευτέρου επιπέδου. Εδώ, θα πρέπει να σημειωθεί, ότι τα συστήματα τρίτης γενιάς χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο ATM adaptation layer 2 (AAL 2), το οποίο απαιτεί χρονική συσχέτιση πομποδέκτη, υποστηρίζει μεταβλητό ρυθμό μετάδοσης και προσανατολίζεται σε connection oriented σύνδεση.

5.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΤΩΝ ΚΛΗΣΕΩΝ

5.2.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΛΗΣΕΩΝ

Τα κυτταρικά συστήματα κινητής τηλεφωνίας επιτρέπουν τις κλήσεις προς όλες τις κατευθύνσεις, δηλαδή από τις ΚΜ σε συνδρομητές του σταθερού τηλεπικοινωνιακού δικτύου, από τους συνδρομητές του σταθερού τηλεπικοινωνιακού δικτύου προς τις ΚΜ, και μεταξύ των ΚΜ. Υπάρχουν διάφοροι αλγόριθμοι αποκατάστασης των κλήσεων με μικρές διαφορές μεταξύ

τους. Σε γενικές γραμμές ακολουθείται το μοντέλο που περιγράφεται παρακάτω για κάθε περίπτωση ξεχωριστά.

5.2.1.1 ΚΛΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΚΜ ΣΕ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΕΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Οι διαδοχικές ενέργειες οι οποίες ακολουθούνται σε περίπτωση κλήσεων αυτής της κατηγορίας είναι:

1. Ο συνδρομητής πληκτρολογεί στην ΚΜ τον αριθμό του συνδρομητή του σταθερού τηλεπικοινωνιακού δικτύου, με τον οποίο επιθυμεί να επικοινωνήσει.
2. Η ΚΜ επιχειρεί να προσπελάσει τον διάλο σηματοδοσίας (Signaling Channel – SC). Αν η προσπάθεια είναι επιτυχής, ένα μήνυμα το οποίο καθορίζει την προέλευση και την ταυτότητα της ΚΜ λαμβάνεται από τον SC, ο οποίος το μεταφέρει με τη σειρά του στο Διακοπτικό Κέντρο Κινητών Επικοινωνιών (MSC).
3. Το MSC αυτόματα αναγνωρίζει την ταυτότητα της ΚΜ, η οποία ζητά επικοινωνία και αποδέχεται ή όχι τον καλούμενο αριθμό.
4. Όταν τα παραπάνω αρχικά αναγνωριστικά βήματα ολοκληρωθούν, το MSC παραχωρεί έναν αδρανή (idle) ραδιο-διάλο φωνής στον Σταθμό Βάσης (ΣΒ), από τον οποίο προέρχεται η κλήση.
5. Αποστέλλεται από το MSC προς τον SC του επιλεγμένου ΣΒ, ένα μήνυμα αποκατάστασης (set-up) ραδιο-διαύλου, το οποίο προετοιμάζει τον επιλεγμένο ραδιο-διάλο επικοινωνίας, για να πραγματοποιήσει την κλήση.
6. Ο ραδιο-διάλος φωνής (Voice Channel) των μονάδων επικοινωνίας του ΣΒ ενεργοποιεί τον πομπό του και αποστέλλει ένα ειδικό ακουστικό σήμα SAT (Supervisory Audio Tone) στην ΚΜ.
7. Την ίδια χρονική στιγμή ο SC αποστέλλει ένα μήνυμα αρχικού καθορισμού του ραδιο-διαύλου φωνής (initial voice channel designation) στην ΚΜ, μέσω του ραδιο-διαύλου σηματοδοσίας. Το μήνυμα αυτό ενημερώνει την ΚΜ σε ποιον ραδιο-διάλο να συντονιστεί.
8. Όταν η ΚΜ συντονιστεί στο σωστό ραδιο-διάλο, τότε απαντά με ένα σήμα SAT στο ΣΒ, μέσω του ραδιο-διαύλου φωνής, με το οποίο τον ενημερώνει ότι συντονίστηκε στο σωστό ραδιο-διάλο.
9. Ο ΣΒ αναφέρει την ύπαρξη του σήματος αυτού στο MSC μέσω του SC.
10. Η ΚΜ η οποία ζητά την κλήση παράγει έναν χαρακτηριστικό ήχο, ο οποίος δείχνει ότι η κλήση έγινε αποδεκτή.
11. Τέλος, το MSC επικοινωνεί με το σταθερό τηλεπικοινωνιακό δίκτυο και καλεί τον τηλεφωνικό αριθμό τον οποίο ζητά η ΚΜ. Στην περίπτωση αυτή, αν υπάρξει απάντηση, η διαδικασία αποκατάστασης της κλήσης τελειώνει και αρχίζει η φάση της συνομιλίας.

Η παραπάνω διαδικασία διαρκεί μόνο 2 έως 3 δευτερόλεπτα από την εισαγωγή του καλούμενου αριθμού στην ΚΜ, μέχρι η συσκευή του συνδρομητή η οποία ανήκει στο σταθερό τηλεπικοινωνιακό δίκτυο να αρχίσει να ηχεί (ringing).

5.2.1.2 ΚΛΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΕΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΕ ΧΡΗΣΤΕΣ ΤΗΣ ΚΜ.

Όταν ένας συνδρομητής του σταθερού τηλεπικοινωνιακού δικτύου επιχειρήσει να καλέσει μια ΚΜ ακολουθείται γενικά η παρακάτω διαδικασία:

1. Ο συνδρομητής του σταθερού τηλεπικοινωνιακού δικτύου πληκτρολογεί την κατάλληλη αριθμητική ακολουθία (αριθμός) της ΚΜ.
2. Το σταθερό τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, μέσω του τοπικού κέντρου, αποστέλλει τον αριθμό στο MSC, χρησιμοποιώντας την κατάλληλη διεπαφή (interface).
3. Το MSC προσπαθεί να ειδοποιήσει τις ΚΜ, στέλνοντας μια αίτηση – ειδοποίηση (page) σε όλους τους SCs. Μέσω του ραδιο-διαύλου σηματοδοσίας SC μεταφέρεται ο αριθμός της καλούμενης ΚΜ στο MSC.
4. Κάθε ΚΜ λαμβάνει το σήμα ειδοποίησης (page) και συγκρίνει τον καλούμενο αριθμό με τον δικό του. Αν οι δύο αριθμοί είναι ταυτόσημοι, τότε η ΚΜ επιχειρεί να απαντήσει με ένα σήμα απόκρισης (page response).
5. Όταν το σήμα «page response» ληφθεί από το MSC, τότε παραχωρείται ένας ελεύθερος ραδιο-διάυλος στο SC, ο οποίος μετέδωσε το σήμα.
6. Ένα μήνυμα αποκατάστασης επικοινωνίας (set-up) αποστέλλεται από το MSC στον SC χρησιμοποιώντας την ίδια διαδικασία που περιγράφηκε στο τμήμα i).
7. Ο SC μεταδίδει ένα σήμα ενεργοποίησης (alert) στην ΚΜ μέσω του ραδιο-διαύλου φωνής.
8. Η ΚΜ αρχίζει να ηχεί, ενώ ταυτόχρονα απαντά στον SC με ένα ειδικού σκοπού σήμα.
9. Όταν ο κινητός συνδρομητής απαντήσει στην κλήση που του γίνεται, σταματά η αποστολή του προηγούμενου σήματος και ένα μήνυμα απάντησης (answer) αποστέλλεται προς τον SC, ο οποίος με τη σειρά του το μεταφέρει στο MSC.
10. Η διαδικασία της κλήσης έχει τελειώσει και αρχίζει η φάση της συνομιλίας.

5.2.1.3 ΚΛΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΚΜ

Στην περίπτωση των κλήσεων μεταξύ κινητών συνδρομητών, οι παραπάνω διαδικασίες συνδυάζονται, το σταθερό τηλεπικοινωνιακό δίκτυο δεν παρεμβάλλεται και όλες τις ενέργειες αποκατάστασης των κλήσεων τις διαχειρίζεται το MSC.

Εκτός όμως από την αποκατάσταση των κλήσεων, σε όποια από τις παραπάνω κατηγορίες και αν ανήκουν, υπάρχει και η λειτουργία της διακοπής των κλήσεων, είτε από τον κινητό συνδρομητή είτε από τον συνδρομητή του σταθερού δικτύου. Αν ο κινητός συνδρομητής διακόψει πρώτος την κλήση, τότε η ΚΜ παράγει ένα χαρακτηριστικό σήμα χρονικής διάρκειας

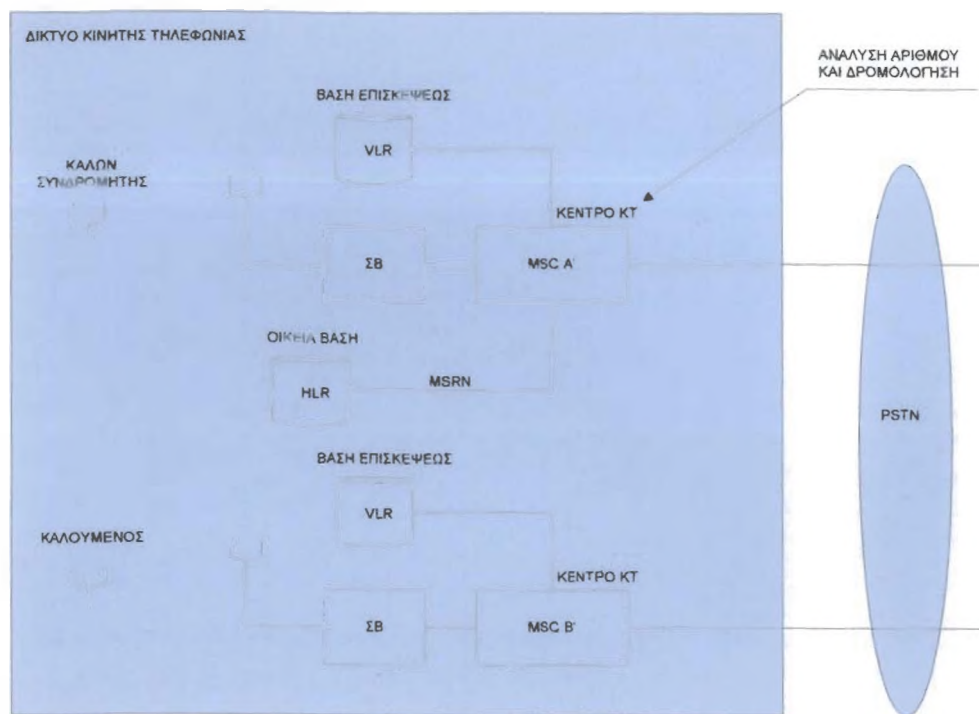
περίπου 2 δευτερολέπτων. Όταν το σήμα αυτό ανιχνευτεί, τότε ο ραδιο-διάυλος φωνής απενεργοποιείται κλείνοντας τον πομπό και ταυτόχρονα αποστέλλει ένα μήνυμα «απελευθέρωσης» (release) στον SC, ο οποίος με τη σειρά του το μεταφέρει στο MSC. Κατόπιν, αυτό απενεργοποιεί τόσο τη διεπαφή με το σταθερό τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, όσο και τη διεπαφή με τον SC.

Αν ο συνδρομητής του σταθερού τηλεπικοινωνιακού δικτύου διακόψει πρώτος την κλήση, τότε το MSC απενεργοποιεί την KM αποστέλλοντας ένα μήνυμα απελευθέρωσης μέσω του SC. Στη συνέχεια, η KM απαντά με ένα σήμα – ριπή (burst), χρονικής διάρκειας περίπου 2 δευτερολέπτων. Ο ραδιο-διάυλος φωνής ανιχνεύει το σήμα αυτό, απενεργοποιεί τον πομπό και παράγει ένα σήμα αναγνώρισης της απελευθέρωσης προς τον SC.

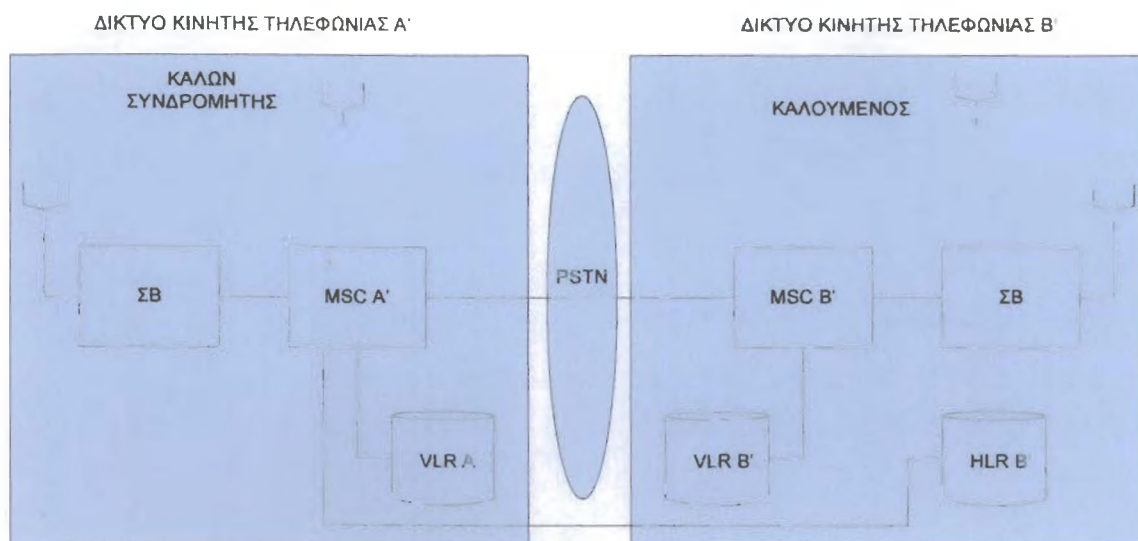
Η διαδικασία διακοπής της κλήσης στην περίπτωση επικοινωνίας δύο κινητών συνδρομητών είναι συνδυασμός των παραπάνω, με ευθύνη μόνο του MSC.

Μόλις ο καλών ολοκληρώσει την επιλογή του καλούμενου αριθμού και πατήσει το πλήκτρο εκπομπής, ο κινητός σταθμός στέλνει ένα πρώτο μήνυμα προς το δίκτυο μέσω του καναλιού ελέγχου RACH, ζητώντας πρόσβαση σε αυτό. Το κέντρο του καλούντος του ορίζει ένα αποκλειστικό κανάλι, κάνει πιστοποίηση με τα στοιχεία της βάσης επισκέψεως, βλέπει την κατηγορία του και τον σημειώνει ως κατειλημμένο επιστρέφοντας ένα επιβεβαιωτικό κριτήριο. Όπως απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα, το κέντρο κινητής τηλεφωνίας του καλούντος αναλύει μέρος του αριθμού του καλούμενου και ενημερώνεται από την ανάλυση αυτή ότι πρόκειται για κινητό συνδρομητή του αυτού δικτύου, με κοινή οικεία βάση όπου υπάρχουν η διεθνής ταυτότητα (IMSI) και ο διεθνής αριθμός του κινητού (MSISDN). Στη συνέχεια το κέντρο του καλούντος πληροφορείται τον αριθμό περιαγωγής του καλούμενου από τη συνήθως μοναδική οικεία βάση του δικτύου (η οποία έχει προηγουμένως ενημερωθεί από τη βάση επισκέψεως στις οποίας την κάλυψη βρίσκεται ο καλούμενος). Από την πληροφορία αυτή δρομολογεί την κλήση προς το αντίστοιχο κέντρο επισκέψεως, ενδεχομένως μέσω του σταθερού δικτύου.

ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΑΣΥΡΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ 2^{ΗΣ}, 3^{ΗΣ} ΚΑΙ 4^{ΗΣ} ΓΕΝΙΑΣ



Σχήμα 5.1: Κλήσεις Μεταξύ Κινητών Μονάδων του ίδιου Δικτύου



Σχήμα 5.2: Κλήσεις Μεταξύ Κινητών Μονάδων Διαφορετικών Δικτύου

5.2.2 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΚΛΗΣΕΩΝ ΣΤΑ ΔΗΜΟΣΙΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (PUBLIC LAND MOBILE NETWORKS PLMN)

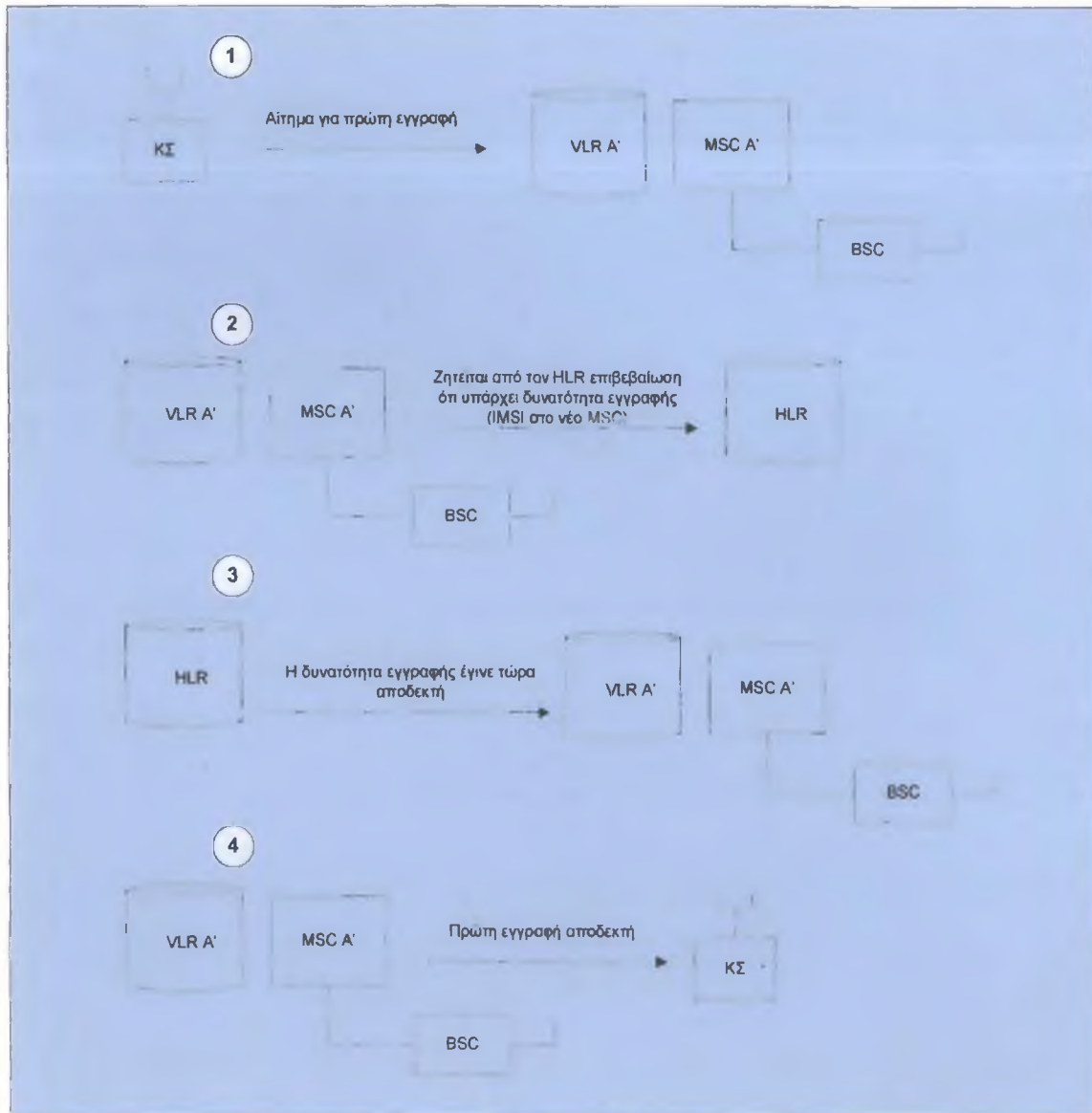
Τα θέματα διαχείρισης της θέσης της κινητής μονάδας μέσα στα ασυρματικά δίκτυα βασίζονται σε δύο τύπους βάσεων δεδομένων, την Οικεία Βάση Δεδομένων (Home Location Register HLR) και τη Βάση Δεδομένων Εγγραφής Επισκέψεων (Visitor Location Register VLR). Για κάθε δίκτυο υπάρχει μία HLR και κάθε συνδρομητής είναι εγγεγραμμένος σε αυτήν. Ο αριθμός των VLRs ποικίλλει και κάθε μία από αυτές περιέχει πληροφορίες για τον χρήστη που επισκέπτεται την περιοχή που αυτή εξυπηρετεί.

Η διαχείριση της θέσης της κινητής μονάδας περιλαμβάνει δύο κύριες εργασίες, την καταγραφή της θέσης και την μεταφορά των κλήσεων. Οι διαδικασίες καταγραφής της θέσης ενημερώνουν ανά πάσα στιγμή τις προαναφερθείσες βάσεις δεδομένων και πιστοποιούν την αλλαγή της θέσης της κινητής μονάδας. Οι διαδικασίες μεταφοράς των κλήσεων εντοπίζουν την κινητή μονάδα, με βάση τα στοιχεία που είναι καταγεγραμμένα στις βάσεις δεδομένων, όταν απαιτείται η έναρξη μίας κλήσης για τη δεδομένη κινητή μονάδα.

5.2.2.1 ΑΡΧΙΚΗ ΕΓΓΡΑΦΗ ΚΙΝΗΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Μόλις ο κινητός σταθμός τεθεί σε λειτουργία, αρχίζει μία σάρωση στα κανάλια BCH/CCCH, για να βρει την σωστή συχνότητα. Η συχνότητα αυτή περιέχει όλες τις πληροφορίες εκπομπής και τα πιθανά μηνύματα τηλεειδοποίησης. Μίας και ο κινητός σταθμός εισέρχεται για πρώτη φορά στο σύστημα ή έπειτα από μεγάλη παύση, το κέντρο και η βάση επισκέψεως δεν γνωρίζουν τίποτα γι' αυτόν και πρέπει να ενημερωθούν. Ο κινητός σταθμός αρχίζει την ενημέρωση του συστήματος με τον IMSI την πληροφορία ότι είναι νέος στην περιοχή και ανταλλάσσεται η ταυτότητα της περιοχής εντοπισμού του (LAI). Από τότε το σύστημα τον θεωρεί συνδεδεμένο και καταγράφει το διεθνή αριθμό IMSI στα αρχεία της βάσης επισκέψεως. Η περίπτωση της πρώτης εγγραφής σημειώνεται στο άνω μέρος του επομένου σχήματος.

Η διαγραφή ενός κινητού σταθμού συσχετίζεται επίσης με τη διαχείριση του IMSI όπως περιγράφεται στο κάτω μέρος του επόμενου σχήματος. Με τη διαγραφή του ο κινητός συνδρομητής δηλώνει ότι καθίσταται ανενεργός και κανένα μήνυμα τηλεειδοποίησης δεν στέλνεται πλέον προς αυτόν. Η αρχική εγγραφή ενός σταθμού στο σύστημα φαίνεται στο *Σχήμα 5.Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.*

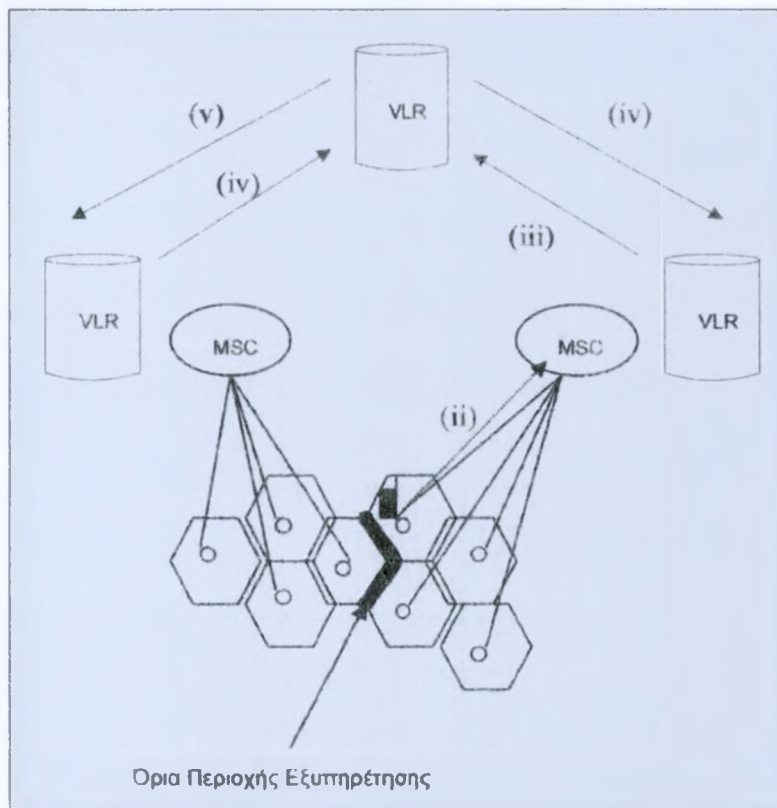


Σχήμα 5.3: Αρχική εγγραφή σταθμού στο σύστημα

5.2.2.2 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Για την επιτυχή μεταφορά των κλήσεων, το δίκτυο πρέπει να καταγράφει το νοητό μονοπάτι σύνδεσης του τερματικού εξοπλισμού του χρήστη με τα δομικά στοιχεία του δικτύου. Οι πληροφορίες για την σύνδεση αυτή καταγράφονται στις βάσεις δεδομένων HLR και VLR. Επειδή, η κινητή μονάδα συνεχώς αλλάζει θέση μέσα στην περιοχή εξυπηρέτησης, θα πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός για την συνεχή ενημέρωση των HLR και VLR, ώστε οι κλήσεις να είναι επιτυχείς.

Κάθε φορά που η κινητή μονάδα αλλάζει περιοχή εξυπηρέτησης, χρειάζεται να γίνεται ένας έλεγχος για το αν η νέα περιοχή ανήκει στην ίδια VLR ή σε κάποια άλλη. Αν δεν υπάρχει αλλαγή, τότε απλά ενημερώνεται η VLR για την νέα ταυτότητα της περιοχής. Διαφορετικά, απαιτούνται παραπάνω διαδικασίες και συγκεκριμένα εγγραφή του συνδρομητή στην καινούρια VLR, ενημέρωση της HLR για την αλλαγή στην VLR και διαγραφή του συνδρομητή από την παλιά VLR. Τα βήματα κατά την καταγραφή της θέσης του συνδρομητή φαίνονται στο Σχήμα 5.4 και περιγράφονται ακολούθως:



Σχήμα 5.4: Βήματα για την καταγραφή της θέσης της κινητής μονάδας

- i. Η κινητή μονάδα εισέρχεται σε μία νέα περιοχή εξυπηρέτησης και στέλνει ένα μήνυμα ενημέρωσης στο νέο σταθμό βάσης.
- ii. Ο σταθμός βάσης προωθεί το μήνυμα προς το MSC, το οποίο ξεκινά τις διαδικασίες αναζήτησης στην συμβεβλημένη βάση δεδομένων.
- iii. Η VLR ενημερώνεται για την νέα θέση της μονάδας. Αν απαιτείται εγγραφή σε νέα VLR, τότε ενημερώνεται και η HLR ,μέσω ενός πίνακα αντιστοιχίσεων (translation table).
- iv. Αφού πιστοποιηθεί η αλλαγή στην HLR, στέλνεται ένα μήνυμα εγγραφής στην νέα VLR.
- v. Η HLR στέλνει ένα μήνυμα ακύρωσης της εγγραφής στην παλιά VLR
- vi. Η παλιά VLR ακυρώνει την εγγραφή και στέλνει πίσω στην HLR το μήνυμα ακύρωσης.

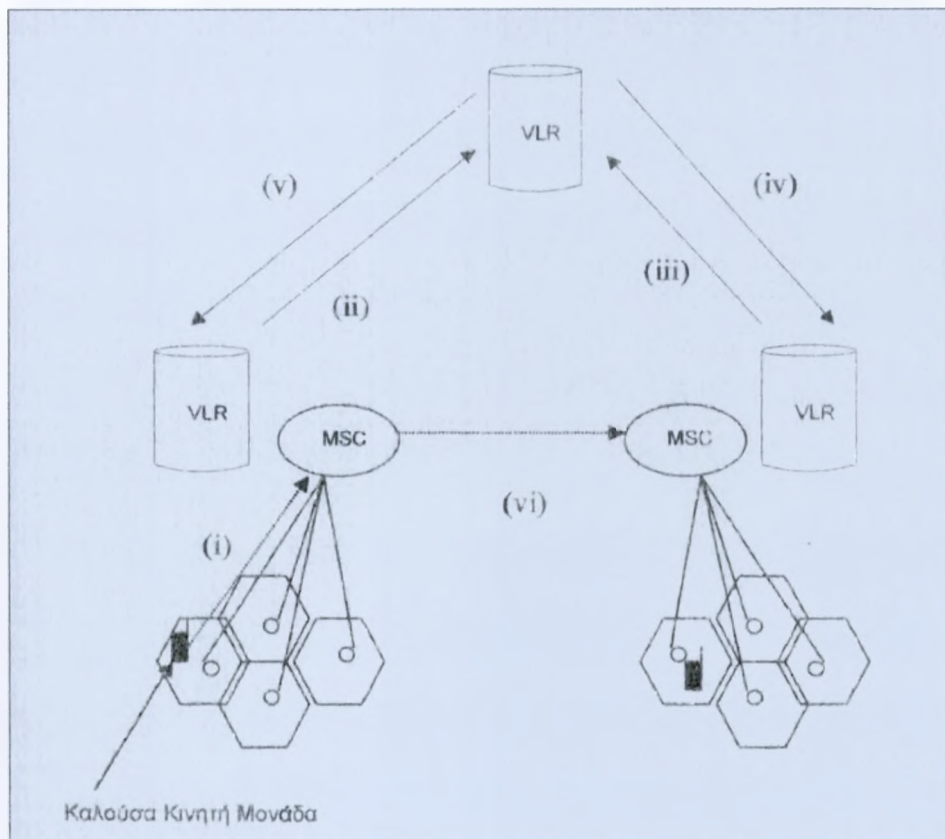
Εδώ, χρειάζεται να επισημάνουμε ένα μειονέκτημα της όλης διαδικασίας. Καθώς η απόσταση μεταξύ της HLR και της κινητής μονάδας αυξάνεται και καθώς ο αριθμός των συνδρομητών συνεχώς πληθαίνει, όλο και περισσότερα σήματα σηματοδότησης μεταδίδονται για την ολοκλήρωση των παραπάνω διεργασιών. Αυτό συνεπάγεται μία αύξηση του επικοινωνιακού φορτίου του συστήματος.

5.2.2.3 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΚΛΗΣΕΩΝ

Για την μεταφορά των κλήσεων εμπλέκονται δύο κύρια βήματα, η απόφαση για την VLR εξυπηρέτησης και ο εντοπισμός του κυττάρου, στο οποίο βρίσκεται η κινητή μονάδα. Έχουμε, λοιπόν, τα ακόλουθα βήματα:

- i. Η καλούσα κινητή μονάδα στέλνει ένα σήμα παραγωγής μίας κλήσης στο MSC μέσω του πλησιέστερου σταθμού βάσης
- ii. Το MSC αναζητά τη διεύθυνση της κινητής μονάδας στην HLR μέσω του translation table και στέλνει ένα μήνυμα αίτησης εντοπισμού στην HLR.
- iii. Η HLR αποφασίζει για την VLR και της στέλνει ένα μήνυμα αίτησης δρομολόγησης. Κατόπιν, η VLR προωθεί το μήνυμα στο MSC.
- iv. Το MSC αναθέτει ένα προσωρινό αριθμό διεύθυνσης στην κινητή μονάδα και στέλνει μία απάντηση στην HLR μαζί με τον αριθμό αυτό.
- v. Η HLR προωθεί αυτήν την πληροφορία στο MSC του καλούντος συνδρομητή.
- vi. Το καλών MSC κάνει μία αίτηση αποκατάστασης κλήσης στο καλούμενο MSC.

Σχηματικά, η διαδικασία αυτή φαίνεται στο :



Σχήμα 5.Σφάλμα! Αγνώστη παράμετρος αλλαγής.: Βήματα κατά την μεταφορά των κλήσεων

Με τη διαδικασία αυτή, αποκαθίσταται η σύνδεση μεταξύ της καλούσας κινητής μονάδας και του MSC του καλούμενου συνδρομητή. Κατόπιν, επειδή κάθε δομικό στοιχείο του συστήματος εξυπηρετεί περισσότερα από ένα κύτταρα, στέλνεται ένα μήνυμα τηλε-ειδοποίησης (paging), το οποίο συλλαμβάνει η καλούμενη κινητή μονάδα και απαντά προς το κέντρο, ώστε να εντοπιστεί το κύτταρο, στο οποίο βρίσκεται.

5.2.3 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΚΛΗΣΕΩΝ ΣΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (ATM)

Η διαχείριση της θέσης της κινητής μονάδας στα ασυρματικά ATM δίκτυα χρησιμοποιεί τρεις τεχνικές, την Τεχνική Εξυπηρετητών Θέσεως (Location Servers), την Τεχνική Ενημέρωσης Κόμβων Δικτύου (Location Advertisement) και την Τεχνική Τηλε-Ειδοποίησης Τερματικών (Terminal Paging).

5.2.3.1 ΤΕΧΝΙΚΗ LOCATION SERVERS

Location Servers είναι βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση και την επανάκτηση μίας εγγραφής από την τρέχουσα θέση του κινητού. Οι προτεινόμενοι αλγόριθμοι είναι δύο. Ο πρώτος χρησιμοποιεί δομή βάσεων δεδομένων παρόμοια με αυτή των HLR και VLR, ενώ ο δεύτερος χρησιμοποιεί μία ιεραρχία από βάσεις δεδομένων.

α) Βάση Δεδομένων Διπλής ουράς. Η αρχιτεκτονική αυτή χρησιμοποιεί δύο επιπέδων βάσεις δεδομένων HLR και VLR που κατανέμονται σε ζώνες μέσα στο δίκτυο. Η καταγραφή της θέσης για την μέθοδο αυτή στηρίζεται στην παρούσα ζώνη της κινητής μονάδας. Σε κάθε ζώνη ανατίθεται μία VLR και εξυπηρετεί μόνο τα τερματικά που βρίσκονται σε αυτή τη ζώνη. Τα βήματα, που ακολουθούνται για την εγγραφή είναι:

- i. Η κινητή μονάδα στέλνει ένα μήνυμα αίτησης εγγραφής στη νέα MSCP που περιέχει τον αριθμό αναγνώρισης του χρήστη, πληροφορίες πιστοποίησης και τον αριθμό αναγνώρισης ή ταυτότητα της προηγούμενης ζώνης.
- ii. Η τρέχουσα MSCP αναγνωρίζει την οικεία ζώνη του χρήστη από την προηγούμενη ζώνη.
- iii. Η τρέχουσα και η οικεία MSCP πιστοποιούν τον χρήστη και ενημερώνουν τα αρχεία του οικείου χρήστη με τις νέες πληροφορίες εντοπισμού.
- iv. Η οικεία ζώνη στέλνει ένα αντίγραφο των αρχείων στην τωρινή ζώνη, η οποία αποθηκεύει τα αρχεία στη θέση VLR της βάσης δεδομένων

- v. Η τρέχουσα MSCP στέλνει ένα μήνυμα ειδοποίησης στην παλιά ζώνη για τη διαγραφή των αρχείων του χρήστη από την VLR της παλιάς ζώνης.

Η μεταφορά των κλήσεων πραγματοποιείται με δρομολόγηση της κλήσης στην τελευταία γνωστή ζώνη. Αν η μονάδα έχει εγκαταλείψει τη ζώνη αυτή, η κλήση μεταφέρεται αυτομάτως στην οικεία ζώνη. Εκεί, στην HLR αναζητείται η τρέχουσα θέση του συνδρομητή και η κλήση προωθείται στον καλούντα διακόπτη. Αυτός αποκαθιστά την σύνδεση με τον τρέχοντα διακόπτη της κινητής μονάδας.

β) Τοπικοί καταχωρητές με ιεραρχική δομή των βάσεων δεδομένων. Η μέθοδος αυτή κατανέμει τους location servers σε μία ιεραρχική δομή επιφάνειας NNI. Η παράταξη αυτή επιτρέπει στο δίκτυο να δρομολογεί συνδέσεις με την κινητή μονάδα, χωρίς να απαιτείται ο γονικός κόμβος να έχει ακριβείς πληροφορίες της θέσεως. Η διαδικασία αυτή στηρίζεται στην ιεράρχηση του δικτύου σε ομότιμες ομάδες, καθεμία από τις οποίες αποτελείται από μία συλλογή από ATM διακόπτες. Κάθε διακόπτης μπορεί να συνδεθεί με άλλους διακόπτες εντός της ίδιας ομότιμης ομάδας, η οποία διαθέτει τη δική της βάση δεδομένων για να αποθηκεύει πληροφορίες εντοπισμού των κινητών μονάδων που εξυπηρετούνται από την ομότιμη ομάδα. Η ενημέρωση για την νέα θέση της κινητής μονάδας γίνεται ως ακολούθως:

- i. Η κινητή μονάδα στέλνει μήνυμα εγγραφής στο νέο σταθμό βάσης ή διακόπτη.
- ii. Ο νέος διακόπτης αποθηκεύει τον αριθμό της μονάδας στον τοπικό καταχωρητή της ομότιμης ομάδας.
- iii. Η ομότιμη ομάδα μεταδίδει την πληροφορία για τη νέα θέση στο υψηλότερο επίπεδο τοπικών καταχωρητών για δρομολόγηση, μέχρι να βρει ένα κοινό επίπεδο με την προηγούμενη ομότιμη ομάδα.
- iv. Η HLR της κινητής μονάδας, ενημερώνεται για το βάθος του καινούριου επιπέδου στη δομή της ιεραρχίας.
- v. Το επόμενο βήμα είναι να στείλει ο καινούριος διακόπτης ένα μήνυμα και να διαγραφεί ο συνδρομητής από τον παλιό τοπικό καταχωρητή.

Η μεταφορά των κλήσεων είναι λιγότερο πολύπλοκη σε αυτή τη μέθοδο, αφού γίνεται χρήση της ιεραρχικής οργάνωσης του δικτύου. Η αίτηση κλήσης μεταφέρεται στην τελευταία γνωστή ομότιμη ομάδα και αν ο συνδρομητής την έχει εγκαταλείψει, τότε ο αντίστοιχος διακόπτης στέλνει ένα μήνυμα εντοπισμού της νέας θέσης.

5.2.3.2 ΤΕΧΝΙΚΗ LOCATION ADVERTISEMENT

Παρά το γεγονός ότι η προηγούμενη τεχνική είναι απλούστερη και μειώνει το κόστος των υπολογισμών, εντούτοις απαιτεί πρόσθετο φορτίο σηματοδοσίας. Γι' αυτό χρησιμοποιείται η τεχνική location advertisement, υπό την έννοια ότι έχουμε ενημέρωση των κατάλληλων κόμβων

του δικτύου για την τρέχουσα θέση της κινητής μονάδας. Η τεχνική αυτή υλοποιείται με τρεις διαφορετικές μεθόδους, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω:

α) Κινητή επιφάνεια NNI. Κάθε ομότιμη ομάδα περιέχει πληροφορίες για την τοπολογία της ομάδας και το φορτίο που διεκπεραιώνει κάθε ομότιμος διακόπτης. Η διαδικασία της εγγραφής δεν κάνει χρήση βάσεων δεδομένων, αφού η πληροφορία εντοπισμού της θέσεως ενός συνδρομητή περιλαμβάνονται σε πακέτα που ανταλλάσσονται μεταξύ των ομότιμων διακοπών.

Οι διαδικασίες εγγραφής και ενημέρωσης εφαρμόζονται σε δύο βήματα. Αρχικά, η κινητή μονάδα στέλνει ένα μήνυμα εγγραφής στον οικείο διακόπτη. Αυτός μαζί με την κύρια τρέχουσα ομότιμη ομάδα μεταδίδουν με πακέτα την πληροφορία για τη νέα θέση. Ο οικείος διακόπτης πρέπει να στείλει ένα μήνυμα στον προηγούμενο διακόπτη για να αρχίσει να προωθεί τα πακέτα. Αν υπάρχει χρόνος για να μεταδοθεί η πληροφορία, ο διακόπτης ενημερώνεται να σταματήσει την προώθηση.

Η μεταφορά των κλήσεων δεν περιλαμβάνει προηγούμενη εγκατάσταση σύνδεσης, αφού κάθε διακόπτης μπορεί να δρομολογήσει την κλήση βασίζόμενος στην πληροφορία που έχει λάβει. Μία κλήση από την ίδια γειτονιά μπορεί άμεσα να δρομολογηθεί προς το σωστό διακόπτη, δεδομένου ότι έχει ενημερωθεί για τις τελευταίες αλλαγές στην χωρική ταξινόμηση των συνδρομητών. Το ίδιο συμβαίνει και για κλήση προς μία μονάδα που βρίσκεται στην οικεία γειτονιά της. Σε κάθε άλλη περίπτωση, ο οικείος διακόπτης πρέπει να δρομολογήσει την κλήση προς τον τρέχοντα διακόπτη.

β) Δέντρο εικονικής σύνδεσης. Η αρχιτεκτονική αυτής της μεθόδου περιλαμβάνει μία συλλογή από φορητούς σταθμούς βάσης που συνδέονται στα παρεχόμενα εικονικά μονοπάτια, σχηματίζοντας ένα δέντρο σύνδεσης. Η μορφή των δέντρων βασίζεται στα δεδομένα κίνησης της μονάδας. Η διαδικασία εγγραφής εκκινεί, όταν το τερματικό χρήσης εισέρχεται στο σύστημα ή αποδεσμεύεται από αυτό, ή όταν το τερματικό αλλάζει περιοχή εξυπηρέτησης. Κατά τη φάση εισόδου ή εξόδου από το σύστημα, η κινητή μονάδα στέλνει ένα μήνυμα στον αντίστοιχο τοπικό σταθμό βάσης. Αυτός απλά προσθέτει ή διαγράφει τον συνδρομητή από την λίστα εξυπηρέτησης. Κατά τη φάση αλλαγής περιοχής εξυπηρέτησης, απαιτείται ένα μήνυμα για την αποδέσμευση της κινητής μονάδας από τον παλιό σταθμό βάσης. Η μεταφορά των κλήσεων αποτελείται από ενημέρωση των κόμβων για τον αριθμό του τερματικού μέσω ενός μηνύματος εκπομπής από τον σταθμό του καλούντος τερματικού. Ο φορητός σταθμός βάσης αποκρίνεται σε αυτό το μήνυμα και ξεκινά η διαδικασία της σύνδεσης. Αν δεν υπάρξει απόκριση, η κλήση απορρίπτεται με την αιτιολογία ότι η κινητή μονάδα δεν είναι εγγεγραμμένη.

γ) Ανάλυση ολοκληρωμένου εντοπισμού. Αυτή η μέθοδος διαμορφώνει τις λειτουργίες σηματοδότησης κατά τη διαδικασία αποκατάστασης των κλήσεων ATM για να περιλάβει ενδείξεις της τρέχουσας θέσης του καλούμενου συνδρομητή. Ένας οικείος διακόπτης ανατίθεται στην κινητή μονάδα, ο οποίος ελέγχει όλες τις πληροφορίες για την τρέχουσα θέση του τερματικού μέσα στο δίκτυο. Για την μεταφορά των κλήσεων, όλες οι αιτήσεις αποκατάστασης κλήσεων δρομολογούνται στον οικείο διακόπτη με ένα μήνυμα αποκατάστασης σύνδεσης. Επειδή, η κατάσταση του καλούντος τερματικού σημείου, αν δηλαδή πρόκειται για συνδρομητή

του σταθερού ή του ασυρματικού δικτύου, δεν είναι σαφής, είναι δυνατόν να υπάρχει μία από τις ακόλουθες καταστάσεις:

- i. Το καλών τερματικό σημείο είναι σταθερό, μονίμως συνδεδεμένο στον οικείο του διακόπτη.
- ii. Το καλών τερματικό είναι κινητό προσωρινά προσκολλημένο στον οικείο του διακόπτη.
- iii. Το καλών τερματικό είναι κινητό προσωρινά αποκολλημένο από τον οικείο του διακόπτη.

Στα όρια NNI και UNI της αρχιτεκτονικής δομής του συστήματος, ο οικείος διακόπτης πρέπει να αποφανθεί για την κατάσταση του συνδρομητή. Αν το καλών τερματικό είναι σταθερό, τότε ο οικείος διακόπτης στέλνει ένα μήνυμα σύνδεσης στον αρχικό διακόπτη. Αν το καλών τερματικό σημείο είναι κινητό και προσωρινά προσκολλημένο στον οικείο διακόπτη, τότε πραγματοποιείται η ίδια διαδικασία, αλλά, επίσης, αναγνωρίζονται τα μονοπάτια με τους γειτονικούς ATM διακόπτες για πιθανή μελλοντική μεταγωγή. Η μεταφορά των κλήσεων για κινητά τερματικά, τα οποία είναι προσωρινά απομακρυσμένα από τον οικείο διακόπτη, περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

- i. Η κινητή μονάδα αποστέλλει ένα μήνυμα αποκατάστασης της σύνδεσης στον οικείο διακόπτη.
- ii. Ο διακόπτης αυτός αποφαινεται ότι το τερματικό είναι έξω από το οικείο περιβάλλον.
- iii. Ο οικείος διακόπτης στέλνει ένα μήνυμα απελευθέρωσης του αρχικού διακόπτη.
- iv. Ένας διακόπτης στο αρχικό μονοπάτι σύνδεσης εγκαθιδρύει ένα νέο μονοπάτι για την σύνδεση με την κινητή μονάδα και στέλνει ένα νέο μήνυμα αποκατάστασης κλήσης στη τρέχουσα διεύθυνση της μονάδας. Το μήνυμα αυτό περιλαμβάνει την οικεία διεύθυνση της κινητής μονάδας.
- v. Οι διακόπτες στο νέο μονοπάτι πρέπει να είναι έτοιμοι για πιθανές μελλοντικές μεταγωγές.

5.2.3.3 ΤΕΧΝΙΚΗ TERMINAL PAGING

Σε αυτή την τεχνική διακρίνουμε την μέθοδο της τηλεειδοποίησης ταχύτητας. Με αυτήν προσπαθούμε να κατατάξουμε την κινητή μονάδα σε μία κλάση ταχύτητας. Για την επιλογή της κλάσης υπάρχουν δύο τρόποι. Ο πρώτος χρησιμοποιεί σαν κριτήριο την απόσταση για να καταγράψει τη θέση της κινητής μονάδας. Κατόπιν, με διάφορους υπολογισμούς γίνεται μία εκτίμηση της μέσης ταχύτητας του τερματικού. Ο άλλος τρόπος εκμεταλλεύεται τις διαδικασίες κίνησης, όπου μετράται ο αριθμός που μία μονάδα διέρχεται από κάποιο κύτταρο.

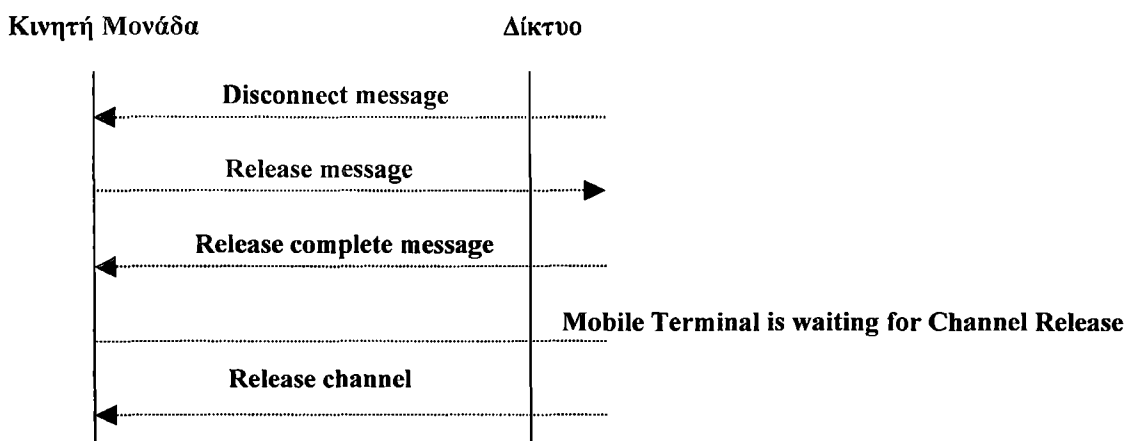
Όταν το σύστημα θέλει να μεταφέρει μία κλήση, αναζητά έναν location server. Επιλέγεται η κλάση ταχύτητας της μονάδας και διαβάζεται ο χρόνος της τελευταίας εγγραφής της μονάδας στο σύστημα. Με αυτά τα στοιχεία, υπολογίζεται η μέγιστη απόσταση που μπορεί να διανύσει η

κινητή μονάδα και τα κύτταρα, που περιλαμβάνονται σε αυτήν την απόσταση αποτελούν την πρώτη ομάδα που είναι υποψήφια για paging.

5.2.4 ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΛΗΣΕΩΝ

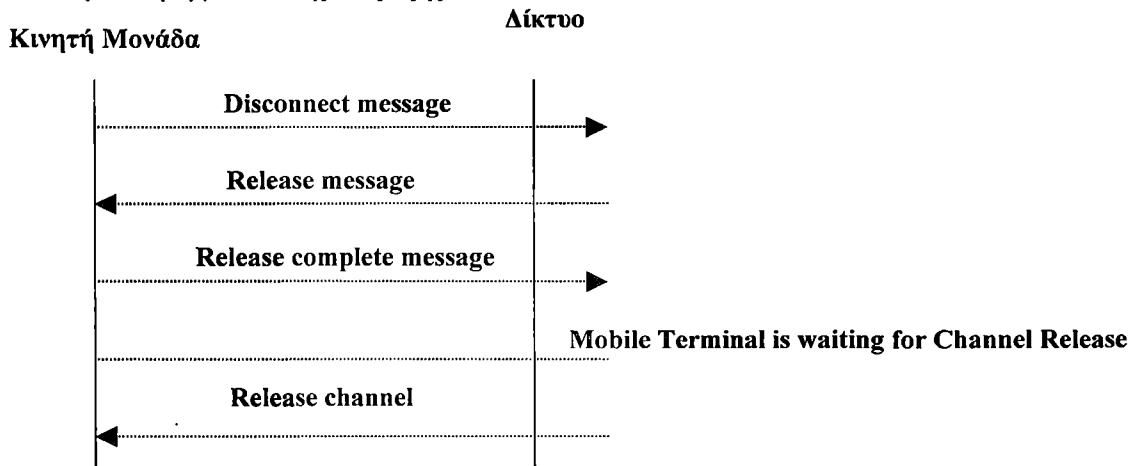
Οι διαδικασίες τερματισμού μίας κλήσης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το ποιος τις δρομολογεί. Πιο συγκεκριμένα:

- Διαδικασίες εκκίνησης από το δίκτυο. Το δίκτυο ξεκινά τις διαδικασίες για τον τερματισμό μίας κλήσης στέλνοντας ένα μήνυμα αποσύνδεσης (Disconnect message) στην κινητή μονάδα. Αυτή με την σειρά της λαμβάνει το μήνυμα από το δίκτυο και απαντά με ένα μήνυμα απελευθέρωσης (Release message). Κατόπιν, το δίκτυο στέλνει ένα μήνυμα ολοκλήρωσης της διαδικασίας απελευθέρωσης (Release complete message). Η κινητή μονάδα λαμβάνει το μήνυμα αυτό και, αν ο τερματισμός της κλήσης είναι η τελευταία δραστηριότητα του καναλιού, περιμένει για την απελευθέρωση του καναλιού, η οποία εκκινεί πάντα από το δίκτυο. Στην περίπτωση περιβάλλοντος πολλαπλών κλήσεων δεν έχουμε άμεση απελευθέρωση του καναλιού, αλλά εξετάζεται πρώτα η κατάσταση του δικτύου, αν δηλαδή, υπάρχουν κλήσεις που περιμένουν να εξυπηρετηθούν. Οι διαδικασίες που περιγράφηκαν παραπάνω, παριστάνονται στο *Σχήμα 5.Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.*



Σχήμα 5.Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.: Διαδικασίες εκκίνησης από το δίκτυο για τον τερματισμό μίας κλήσης

- Διαδικασίες εκκίνησης από την κινητή μονάδα. Η διαδικασία ξεκινά με την κινητή μονάδα να στέλνει ένα μήνυμα αποσύνδεσης στο δίκτυο. Αυτό απαντά με ένα μήνυμα απελευθέρωσης. Η κινητή μονάδα λαμβάνει το μήνυμα αυτό και στέλνει ένα μήνυμα επιβεβαίωσης της ολοκλήρωσης της απελευθέρωσης, αν το κανάλι δεν χρειάζεται πλέον. Στην περίπτωση περιβάλλοντος πολλαπλών κλήσεων ακολουθείται η ίδια διαδικασία με αυτή για την περίπτωση εκκίνησης από το δίκτυο. Σχηματικά, η διακοπή μίας κλήσης που ξεκινά από την κινητή μονάδα έχει ως εξής:



Σχήμα 5. Σφάλμα! Αγνώστη παράμετρος αλλαγής.: Διαδικασίες εκκίνησης από την κινητή μονάδα για τον τερματισμό μίας κλήσης

5.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Με τον όρο Διαχείριση Κινητικότητα (Mobility management), εννοούμε τον χειρισμό των λειτουργιών που εμφανίζονται από την κινητικότητα του συνδρομητή, όπως θέματα που αφορούν την ασφάλεια και την πιστοποίηση. Επίσης, υπάρχουν και διαδικασίες που ενεργοποιούν το σύστημα, ώστε να ξέρει ανά πάσα στιγμή την τοποθεσία μιας κινητής μονάδας για να μπορέσει να δρομολογήσει μια εισερχόμενη κλήση.

5.3.1 ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΘΕΣΗΣ

Ένα κινητό σε λειτουργία ενημερώνεται, όπως προαναφέρθηκε, για μια εισερχόμενη κλήση από το σήμα ειδοποίησης (paging message) που του στέλνει το MSC. Μια ακραία περίπτωση είναι να στέλνεται το σήμα αυτό σε κάθε κύτταρο του δικτύου για κάθε κλήση, πράγμα που σημαίνει σπατάλη του ραδιο-φάσματος. Στο άλλο άκρο έχουμε την περίπτωση το κινητό να ειδοποιεί το σύστημα, με μηνύματα ενημέρωσης θέσης (location updating messages), την ακριβή θέση του σε ένα κύτταρο. Αυτό θα απαιτήσει από το MSC να στείλει σήμα ειδοποίησης μόνο σε ένα κύτταρο, αλλά θα υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μηνυμάτων ενημέρωσης των θέσεων όλων

των ΚΜ του συστήματος. Μία μέση λύση εφαρμόζεται στο GSM στο οποίο ομαδοποιούμε κάποια κύτταρα και τα ονομάζουμε περιοχές εντοπισμού (location areas). Μηνύματα ενημέρωσης απαιτούνται μόνο κατά τη μετακίνηση μεταξύ περιοχών εντοπισμού και το MSC στέλνει σήμα ειδοποίησης μόνο στα κύτταρα της περιοχής εντοπισμού που βρίσκεται η ΚΜ.

Η διαδικασία ενημέρωσης της θέσης και κατά συνέπεια η δρομολόγηση των κλήσεων, χρησιμοποιούν το Διακοπτικό κέντρο κινητών επικοινωνιών (MSC), την Οικεία βάση δεδομένων (HLR), και την Βάση δεδομένων εγγραφής επίσκεψης (VLR). Όταν η ΚΜ ενεργοποιηθεί σε μία νέα περιοχή εντοπισμού ή μετακινηθεί σε μια νέα περιοχή εντοπισμού ή σε ένα διαφορετικό δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, τότε πρέπει να καταχωρηθεί στο δίκτυο η τωρινή του θέση. Συνήθως, στέλνεται ένα μήνυμα ενημέρωσης της θέσης του στη μονάδα VLR του καινούργιου MSC. Εκεί καταγράφεται η πληροφορία της περιοχής εντοπισμού και αποστέλλεται έπειτα στην HLR του συνδρομητή. Αν ο συνδρομητής αρχίσει να εξυπηρετείται, η HLR στέλνει ένα υποσύνολο της πληροφορίας του συνδρομητή, το οποίο είναι απαραίτητο για τον έλεγχο της κλήσης, στη VLR του νέου MSC και στέλνει ένα μήνυμα στη VLR του παλιού MSC για ακύρωση της παλιάς εγγραφής του.

Για λόγους αξιοπιστίας, το δίκτυο GSM έχει και μία διαδικασία περιοδικής ενημέρωσης της θέσης της ΚΜ. Εδώ, οι βάσεις δεδομένων ενημερώνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, είτε έχουμε αλλαγή στην περιοχή εντοπισμού των ΚΜ είτε όχι. Ο χρόνος μεταξύ των ενημερώσεων καθορίζεται από το διαχειριστή του συστήματος, ανάλογα με την κίνηση της σηματοδότησης και την ταχύτητα ανάκτησης.

5.3.2 ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Εφ' όσον στα ασύρματα μέσα μετάδοσης μπορεί να έχει πρόσβαση ο καθένας, πρέπει να υπάρχει διαδικασία πιστοποίησης των χρηστών που να αποδεικνύει ότι είναι πράγματι αυτοί που ισχυρίζονται ότι είναι. Η πιστοποίηση εμπλέκει δύο λειτουργικές οντότητες, την κάρτα SIM του κινητού και το Κέντρο Πιστοποίησης (AC). Ο κάθε συνδρομητής έχει έναν μυστικό κωδικό με δύο αντίγραφα. Ένα υπάρχει στην κάρτα SIM και το άλλο στο AC. Κατά τη διαδικασία της πιστοποίησης, το AC δημιουργεί ένα τυχαίο αριθμό τον οποίο στέλνει στο κινητό. Ο αριθμός αυτός χρησιμοποιείται από το κινητό και από το AC, σε συνδυασμό με τον μυστικό κωδικό του συνδρομητή, αλλά και ένα αλγόριθμο κρυπτογράφησης με το όνομα A3 και δημιουργούν μια «υπογεγραμμένη» απάντηση (SRES) που στέλνεται στο AC. Αν ο αριθμός που στάλθηκε από το κινητό είναι ο ίδιος με αυτόν που υπολογίστηκε στο AC, τότε πιστοποιείται η ταυτότητα του συνδρομητή.

Ένα άλλο επίπεδο ασφάλειας εφαρμόζεται και στον ίδιο τον εξοπλισμό του κινητού. Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 1, κάθε κινητό στο GSM έχει έναν μοναδικό Διεθνή Αριθμό Κινητού Εξοπλισμού (IMEI). Μία λίστα από τέτοιους αριθμούς IMEI σε ένα δίκτυο, είναι

αποθηκευμένοι σε μια βάση δεδομένων, την EIR. Η απάντηση που έρχεται από την EIR, αν ρωτήσουμε για έναν συγκεκριμένο IMEI ενός κινητού είναι μία από τις ακόλουθες:

- Λευκή λίστα: Το κινητό επιτρέπεται να συνδεθεί στο δίκτυο.
- Γκρι λίστα: Το κινητό είναι υπό παρακολούθηση από το δίκτυο λόγω εμφάνισης πιθανών προβλημάτων.
- Μαύρη λίστα: Το κινητό είτε έχει κλαπεί, είτε δεν είναι κατάλληλο για χρήση σε GSM δίκτυο. Οπότε δεν επιτρέπεται να συνδεθεί στο δίκτυο.

5.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ

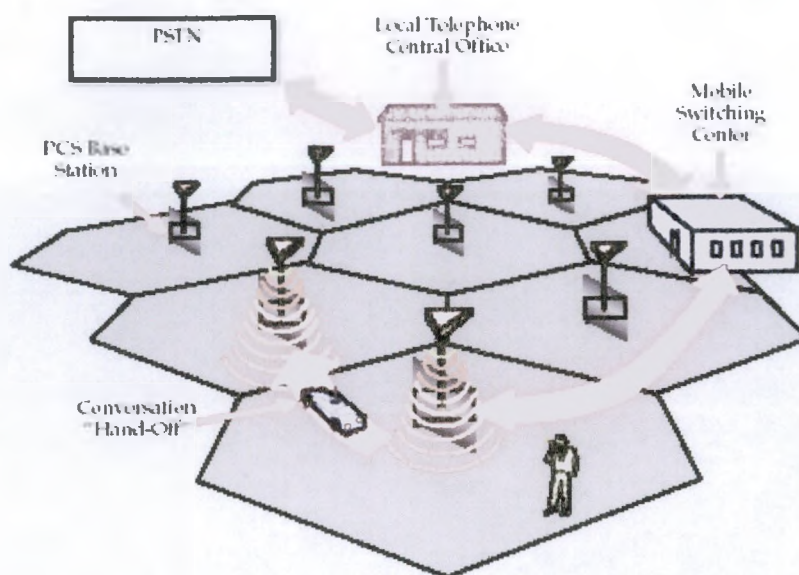
Μεταγωγή είναι η αυτόματη μεταφορά των κλήσεων μιας κινητής μονάδας από ένα σταθμό βάσης σε ένα άλλο (Handoff). Διακρίνουμε δύο είδη μεταγωγής :

- α) Γνήσια μεταγωγή, η οποία πραγματοποιείται όταν η ένταση του σήματος που λαμβάνεται από την κινητή μονάδα είναι πολύ χαμηλή με κίνδυνο διακοπής της επικοινωνίας
- β) Κατευθυνόμενη μεταγωγή, η οποία πραγματοποιείται προκειμένου να επιτευχθεί ισόρροπη κατανομή του επικοινωνιακού φορτίου του συστήματος.

Υπάρχει, επίσης, ένα άλλο είδος μεταγωγής, το οποίο έχει να κάνει με το κανάλι που χρησιμοποιεί η κινητή μονάδα, δηλαδή την περιοχή συχνοτήτων. Όταν η επικοινωνία σε ένα κύτταρο πραγματοποιείται σε συχνότητα f_1 , αλλά λόγω ισχυρής απόσβεσης από φυσικά εμπόδια, παρεμβολές κτλ δεν είναι αποδοτική, είναι δυνατή η πραγματοποίηση μεταγωγής σε μία άλλη συχνότητα f_2 του ίδιου κυττάρου.

Η μεταγωγή πραγματοποιείται στα όρια των κυττάρων. Οι απαιτήσεις για χωρητικότητα επιβάλλουν μια αρχιτεκτονική που βασίζεται στην παράταξη μικροκυττάρων. Όμως, με δεδομένο ένα μικρό μέγεθος κυττάρου, οι ταχέως κινούμενες κινητές μονάδες θα έπρεπε να πραγματοποιούν ένα μεγάλο αριθμό μεταγωγών. Γι' αυτό προτάθηκε η ιδέα των μικροκυτταρικών επικοινωνιακών συστημάτων με ιεραρχική δομή επικαλυπτόμενων μακροκυττάρων, αφού τα μακροκύτταρα παρέχουν κανάλια υπερχείλισης για μικροκύτταρα ή για περιοχές χαμηλού φορτίου.

Η μεταγωγή αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα αξιολόγησης ενός κυτταρικού συστήματος, καθώς διασφαλίζει την αξιόπιστη συνέχεια των κλήσεων κατά την μετάβαση της κινητής μονάδας από ένα κύτταρο σε ένα άλλο. Στο Σχήμα 2.8 φαίνεται η διαδικασία της μεταγωγής.



Σχήμα 2.8: Διαδικασία Μεταγωγής

5.5 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΑΓΩΓΗΣ (ROAMING)

Η διαδικασία της περιαγωγής είναι αναγκαία στην περίπτωση συστημάτων που εξυπηρετούν ένα μεγάλο αριθμό συνδρομητών, οπότε η προς εξυπηρέτηση περιοχή κατατάσσεται λειτουργικά σε πολλά ψηφιακά κέντρα. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι η ανάληψη της ευθύνης για τη διεκπεραίωση των κλήσεων από το κατάλληλο ψηφιακό κέντρο κάθε φορά. Έτσι, αυξάνεται η ποιότητα της προσφερόμενης υπηρεσίας και, παράλληλα, μειώνεται το κόστος της μετάδοσης του σήματος.

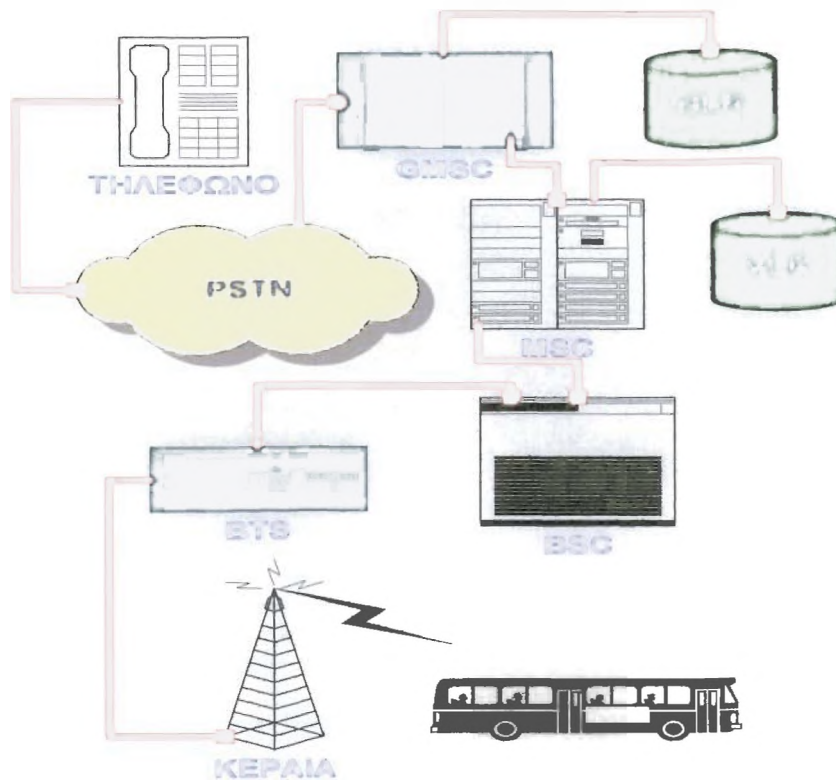
Δίνοντας ένα κατάλληλο ορισμό για τη διαδικασία της περιαγωγής, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η περιαγωγή είναι η διαδικασία της μεταγωγής μεταξύ των ψηφιακών κέντρων του ίδιου συστήματος. Οι κανονισμοί που την καθορίζουν είναι πολύ αυστηροί, τόσο σε επίπεδο λειτουργίας των ψηφιακών κέντρων όσο και σε επίπεδο επικοινωνίας μεταξύ τους. Μπορούμε να διακρίνουμε μεταξύ της διεθνούς και της εθνικής περιαγωγής. Η εθνική περιαγωγή πραγματοποιείται στα γεωγραφικά όρια μιας χώρας και συνίσταται από την περιαγωγή μεταξύ των ψηφιακών κέντρων του ίδιου δικτύου ή μεταξύ ψηφιακών κέντρων διαφορετικών δικτύων. Η διεθνής περιαγωγή περιλαμβάνει την εξυπηρέτηση ενός συνδρομητή, που ανήκει σε ένα τοπικό δίκτυο μιας χώρας, από ένα τοπικό δίκτυο μίας άλλης χώρας.

Οι δύο βασικές προϋποθέσεις για την εξασφάλιση της συνέχειας της προσφερόμενης υπηρεσίας είναι η καταγραφή της γεωγραφικής θέσης της κινητής μονάδας και η επιλογή του δικτύου που θα συνεχίσει να εξυπηρετεί την υπηρεσία. Τα τοπικά δίκτυα πρέπει να παρέχουν μία συνάρτηση καταγραφής της γεωγραφικής θέσης του συνδρομητή, έτσι ώστε να επιτρέπεται στους

συνδρομητές του σταθερού δικτύου να μπορούν να επικοινωνούν με τους συνδρομητές του ασυρματικού δικτύου, χωρίς να χρειάζεται η γνώση της ακριβούς θέσης της κινητής μονάδας. Από την άλλη μεριά, οι κινητοί συνδρομητές θα πρέπει να μπορούν να αναγνωρίζουν την ύπαρξη αλλαγών στην περιοχή εξυπηρέτησης και να έχουν πρόσβαση στο σύστημα, ανεξάρτητα από τη γεωγραφική τους θέση.

Η κινητή μονάδα αναλαμβάνει να επιλέξει ένα δίκτυο τη φορά. Αν η διαδικασία επιλογής είναι επιτυχής, τότε καταγράφεται το επιλεγμένο δίκτυο στην κάρτα της κινητής μονάδας. Έτσι, ο συνδρομητής έχει πρόσβαση στο δίκτυο και δύναται να παράγει και να λαμβάνει κλήσεις από αυτό. Αν η διαδικασία αποτύχει, τότε ανιχνεύεται η αιτία της αποτυχίας και ο συνδρομητής δεν γίνεται δεχτός σε κανένα δίκτυο μέχρι την αποκατάσταση της αιτίας αυτής. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, ο συνδρομητής έχει πρόσβαση για την εξυπηρέτηση επειγόντων κλήσεων.

Αν δεν υπάρχει κανένα δίκτυο καταγεγραμμένο στην κάρτα του συνδρομητή ή το επιλεγμένο δίκτυο δεν είναι διαθέσιμο, τότε η κινητή μονάδα αναλαμβάνει να εκτελέσει τις λειτουργίες καταγραφής σε ένα τοπικό δίκτυο, ανάλογα με την κατάσταση επιλογής του δικτύου, αν δηλαδή είναι αυτόματη ή εξαρτάται από τον χρήστη. Κάθε στιγμή βέβαια, ο χρήστης διατηρεί το δικαίωμα νέας επιλογής του δικτύου. Στη διαδικασία της επιλογής όμως, επιβάλλονται κάποιοι περιορισμοί, οι οποίοι έχουν να κάνουν με τη δυνατότητα υποστήριξης ενός δικτύου από τον τρέχοντα τερματικό εξοπλισμό του κινητού συνδρομητή. Οι περιορισμοί αυτοί μπορεί να αφορούν τον μόνιμο αποκλεισμό της μονάδας από ένα δίκτυο, οπότε το δίκτυο αυτό καταγράφεται στην κάρτα σαν απαγορευμένο για την αποφυγή άσκοπων αιτήσεων επιλογής του συγκεκριμένου δικτύου στο μέλλον, ή τον προσωρινό αποκλεισμό, οπότε η κινητή μονάδα διατηρεί τη δυνατότητα να επανεπιλέξει το δίκτυο, όταν όμως αλλάξει η κατάσταση του δικτύου εξυπηρέτησης. Στο σχήμα 2.5 παριστάνεται η διαδικασία της περιαγωγής. Οι συντημήσεις που εμφανίζονται, έχουν αναφερθεί στην παράγραφο 1.2.1.1.



Σχήμα 2.9: Φάσεις του συστήματος κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της περιαγωγής.

Τη διαδικασία αυτή, την καθορίζουν πολύ αυστηροί κανονισμοί, τόσο σε επίπεδο λειτουργίας των MSC, όσο και σε επίπεδο επικοινωνίας μεταξύ τους. Για την αποστολή και λήψη δεδομένων και μηνυμάτων μεταξύ των MSC, απαιτείται η χρήση γραμμών μεταφοράς υψηλού ρυθμού μετάδοσης που να συνδέουν τα MSC. Με αυτό τον τρόπο, κρατείται η χρονική διάρκεια της διαδικασίας της περιαγωγής κάτω από τα 100 ms που είναι προβλεπόμενο όριο.

5.6 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΡΑΔΙΟ-ΔΙΑΥΛΩΝ

Εκτός από τις λειτουργικές διαδικασίες του δικτύου που έχουν αναφερθεί ως τώρα, υπάρχουν και διαδικασίες που σχετίζονται με τους ραδιο-διαύλους. Οι διαδικασίες αυτές είναι απαραίτητες για την υλοποίηση των υπολοίπων διαδικασιών του συστήματος, καθώς και για τη συνολική και αξιόπιστη λειτουργία του. Για το GSM δίκτυο, οι διαδικασίες αυτές αναλύονται παρακάτω.

5.6.1 ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ ΡΑΔΙΟ-ΔΙΑΥΛΩΝ

Κατά το σχεδιασμό και τη λειτουργία ενός κυτταρικού συστήματος κινητής τηλεφωνίας, απαιτείται η κατάλληλη επιλογή της στρατηγικής που θα ακολουθηθεί για την καταχώρηση των ραδιο-διαύλων, ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα προβλήματα που αφορούν τη χωρητικότητα του συστήματος και τον αναγκαίο ραδιο-εξοπλισμό. Η διαδικασία της καταχώρησης των ραδιο-διαύλων, προσδιορίζει εάν ένας ραδιο-διάυλος είναι διαθέσιμος να εξυπηρετήσει μια εισερχόμενη κλήση. Η επιλογή του ραδιο-διαύλου πρέπει να γίνει κάτω από τους περιορισμούς του κριτηρίου επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων. Οι πιο γνωστές διαδικασίες καταχώρησης ραδιο-διαύλων είναι: η Σταθερή (Fixed), η Δυναμική (Dynamic) και η Υβριδική (Hybrid).

Τα συστήματα τα οποία υιοθετούν την Σταθερή Διαδικασία Καταχώρησης Ραδιο-διαύλων (Fixed Channel Allocation Process), χρησιμοποιούν συγκεκριμένα υποσύνολα διαθέσιμων ραδιο-διαύλων σε κάθε κύτταρο. Τα υποσύνολα αυτά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε άλλα κύτταρα, με την προϋπόθεση ότι ισχύει το κριτήριο επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων. Να σημειωθεί ότι στην περίπτωση αυτή, η επικοινωνιακή κίνηση σ'ένα συγκεκριμένο κύτταρο εξυπηρετείται μόνο από τους συγκεκριμένους ραδιο-διαύλους που έχουν καταχωρηθεί στο κύτταρο αυτό. Όταν όλοι οι ραδιο-διάυλοι ενός κυττάρου είναι κατειλημμένοι, τότε οι επιπλέον νέες κλήσεις των συνδρομητών δεν εξυπηρετούνται από το σύστημα, ακόμα και αν υπάρχουν αδρανείς ραδιο-διάυλοι σε γειτονικά κύτταρα.

Για τα συστήματα που υιοθετούν την Δυναμική Διαδικασία Καταχώρησης Ραδιο-διαύλων (Dynamic Channel Allocation Process), ο κάθε ραδιο-διάυλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε κύτταρο του συστήματος. Στην περίπτωση αυτή, ανάλογα με το φορτίο της επικοινωνιακής κίνησης και με τη βοήθεια ειδικών αλγορίθμων, το σύστημα καταχωρεί τους ραδιο-διαύλους στα αντίστοιχα κύτταρα. Όταν μια κλήση τερματιστεί, τότε ο αντίστοιχος ραδιο-διάυλος αδρανοποιείται και το σύστημα τον καταχωρεί στο ίδιο ή σε άλλο κύτταρο, ανάλογα με τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης χρονικής στιγμής. Στα πλαίσια της δυναμικής καταχώρησης, υπάρχει δικλείδα ασφαλείας για τη διασφάλιση του κριτηρίου επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι πιθανότητες δημιουργίας ομοκαναλικής παρεμβολής.

Σύμφωνα με την Υβριδική Καταχώρηση Ραδιο-διαύλων (Hybrid Channel Allocation Process), ένα υποσύνολο των διαθέσιμων ραδιο-διαύλων καταχωρείται στα κύτταρα του συστήματος σύμφωνα με τους κανόνες της σταθερής καταχώρησης, οι δε υπόλοιποι ραδιο-διάυλοι καταχωρούνται στο σύστημα με βάση τους κανόνες της δυναμικής καταχώρησης.

Υπάρχει και μια νέα στρατηγική καταχώρησης ραδιο-διαύλων, η οποία βασίζεται στην τεχνική της Δυναμικής Διάσπασης Συγκροτήματος (ή Υπερκυττάρων) των Κυττάρων (Cell Cluster Size Splitting Technique). Σύμφωνα με αυτή την τεχνική, το σύστημα έχει τη δυνατότητα να υφίσταται μετάπτωση σε διάφορους κυτταρικούς σχηματισμούς π.χ. από συγκρότημα τάξης 7, σε συγκρότημα τάξης 4, και έπειτα σε τάξης 3, ανάλογα με τις απαιτήσεις του στιγμιαίου επικοινωνιακού φορτίου κίνησης της συγκεκριμένης περιοχής.

5.6.2 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΟΜΙΛΙΑΣ

Για να γίνει μετάδοση ομιλίας, η οποία είναι αναλογική, μέσα από ψηφιακά κυτταρικά συστήματα κινητής τηλεφωνίας, όπως είναι από το GSM, απαιτείται η μετατροπή της σε ψηφιακή μορφή. Η μέθοδος η οποία έχει εφαρμοστεί στο ISDN δίκτυο και στα σύγχρονα τηλεφωνικά συστήματα για πολύπλεξη φωνής μέσα από υψηλής ταχύτητας κυκλώματα και γραμμές οπτικών ινών είναι η Παλμοκωδική Διαμόρφωση (PCM). Η παροχή δεδομένων στην έξοδο για το PCM είναι 64 Kbps, πολύ υψηλή για να είναι εφικτή μέσα από μια ασύρματη σύνδεση. Το σήμα αυτό των 64 Kbps, παρόλο που είναι εύκολο να παραχθεί, περιέχει πολύ πλεονασμό. Έτσι, απαιτείται διαφορετική κωδικοποίηση που ποικίλει από σύστημα σε σύστημα, και έχει διαφορετικούς ρυθμούς. Για παράδειγμα, το GSM έχει ρυθμό κωδικοποίησης ομιλίας 13 Kbps, το Advanced Mobile Phone System (AMPS) που εφαρμόστηκε στις ΗΠΑ έχει 8 Kbps, και ένα σύστημα της Ιαπωνίας έχει 7 Kbps.

5.6.3 ΠΟΛΥΟΔΙΚΗ ΙΣΟΣΤΑΘΜΙΣΗ

Στη συχνότητα των 900 MHz που λειτουργεί το GSM, τα ραδιοσήματα ανακλώνται πάνω σε οποιοδήποτε αντικείμενο υπάρχει στο χώρο, δηλαδή κτίρια, λόφους, αεροπλάνα κτλ. Έτσι, το τελικά λαμβανόμενο σήμα προκύπτει από τη σύνθεση όλων των ανακλώμενων ραδιοσημάτων, τα οποία έχουν και διαφορετική φάση. Η πολυοδική ισοστάθμιση (Multipath equalization) χρησιμοποιείται για να εξάγει το επιθυμητό σήμα από τις ανεπιθύμητες ανακλάσεις. Λειτουργεί ανακαλύπτοντας πώς αλλάζει ένα γνωστό μεταδιδόμενο σήμα λόγω της πολυοδικής εξασθένησης και κατασκευάζοντας ένα αντίστροφο φίλτρο, ώστε να εξάγει το επιθυμητό σήμα. Αυτό το γνωστό σήμα είναι μια σειρά 26 bit που μεταδίδονται στη μέση κάθε ριπής της χρονοθυρίδας. Η ακριβής υλοποίηση του ισοσταθμιστή δεν αναφέρεται στη τυποποίηση του GSM.

5.6.4 ΜΕΤΑΠΗΔΗΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Ο κινητός σταθμός πρέπει να έχει «ευκινησία» στη συχνότητα, με το νόημα ότι μπορεί να μετακινηθεί μεταξύ μιας χρονοθυρίδας μετάδοσης, μιας χρονοθυρίδας λήψης και μιας παρακολούθησης και ελέγχου, μέσα σε ένα TDMA πλαίσιο, οι οποίες κανονικά βρίσκονται σε διαφορετικές συχνότητες. Το GSM χρησιμοποιεί την ευκινησία αυτή για να υλοποιήσει αργή μεταπήδηση συχνοτήτων (frequency hopping), όπου το κινητό και ο BTS μεταδίδουν κάθε TDMA πλαίσιο σε διαφορετική συχνότητα φορέα. Ο αλγόριθμος της μεταπήδησης συχνοτήτων μεταδίδεται μέσω του Ραδιο-διαύλου Ελέγχου Εκπομπής (BCCH). Αφού η πολυοδική εξασθένηση εξαρτάται από τη συχνότητα φορέα, η αργή μεταπήδηση συχνοτήτων βοηθάει στη μείωση του προβλήματος.

5.6.5 ΑΣΥΝΕΧΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ

Η ελαχιστοποίηση της συγκαταληκτικής παρεμβολής είναι ένας στόχος για τα κυτταρικά συστήματα, αφού επιτρέπει καλύτερη εξυπηρέτηση σε ένα κύτταρο συγκεκριμένου μεγέθους ή τη χρήση μικρότερων κυττάρων με αποτέλεσμα την αύξηση της συνολικής χωρητικότητας του συστήματος. Η ασυνεχής μετάδοση (Discontinuous transmission -DTX), είναι μία μέθοδος που εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι ένα άτομο μιλάει λιγότερο από 40 % του χρόνου μιας κανονικής συζήτησης, κλείνοντας τον πομπό κατά τη διάρκεια των σιωπηλών περιόδων της συνομιλίας. Ένα πλεονέκτημα της DTX είναι ότι γίνεται εξοικονόμηση της ισχύος του κινητού.

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό της DTX είναι βεβαίως η ανίχνευση φωνής. Πρέπει να γίνεται διαχωρισμός μεταξύ της φωνής και του θορύβου, το οποίο δεν είναι τόσο ασήμαντο και εύκολο διότι υπάρχει και θόρυβος του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της συνομιλίας. Αν ένα σήμα φωνής παρερμηνευτεί ως θόρυβος, ο πομπός σταματά τη λειτουργία του και ακούγεται ένας ενοχλητικός ήχος στον δέκτη. Αν τώρα ο θόρυβος παρερμηνευτεί πολύ συχνά ως σήμα φωνής, η αποτελεσματικότητα της DTX μειώνεται δραματικά. Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ότι, όταν κλείσει ο πομπός, ακούγεται μια πλήρης ησυχία στον δέκτη, εξ' αιτίας της ψηφιακής φύσης του GSM. Για να βεβαιωθεί ο δέκτης ότι δεν έχει κοπεί η σύνδεση, δημιουργείται ένα είδος θορύβου στο άκρο του δέκτη, ο οποίος προσπαθεί να προσαρμοστεί στα χαρακτηριστικά του περιβαλλοντικού θορύβου του δέκτη.

Μία άλλη μέθοδος για εξοικονόμηση της ισχύος του κινητού είναι η ασυνεχής λήψη (discontinuous reception). Ο ραδιο-διάυλος τηλε-ειδοποίησης (PCH) που χρησιμοποιείται από το σταθμό βάσης για την τηλε-ειδοποίηση της κινητής μονάδας για μια εισερχόμενη κλήση, χωρίζεται σε υποκανάλια. Ο κάθε ένας κινητός σταθμός χρειάζεται να «ακούει» μόνο από το δικό του υποκανάλι. Στο χρόνο μεταξύ διαδοχικών υποκαναλιών τηλε-ειδοποίησης, το κινητό μπορεί να είναι σε ανενεργή μορφή (sleep mode), όπου δεν χρησιμοποιεί σχεδόν καθόλου ισχύ.

5.6.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΣΧΥΟΣ

Υπάρχουν τέσσερις τύποι κινητών μονάδων στο GSM, σύμφωνα με τη μέγιστη ισχύ εκπομπής τους, η διαβάθμιση της οποίας είναι: 20, 8, 5, 2, και 0.8 Watts. Για να ελαχιστοποιηθεί η συγκαταληκτική παρεμβολή και να εξοικονομηθεί ισχύς, τα κινητά αλλά και οι BTS λειτουργούν στην κατώτερη στάθμη ισχύος, η οποία διατηρεί μια αποδεκτή ποιότητα σήματος. Τα επίπεδα ισχύος μπορούν να μειωθούν ή να αυξηθούν με βήματα των 2 dB, από τη μέγιστη ισχύ έως την κατώτερη των 13 dBm (20 milliwatts).

Ο κινητός σταθμός μετράει την ένταση του σήματος ή την ποιότητά του και μεταδίδει την πληροφορία στον BSC, ο οποίος τελικά αποφασίζει αν και πότε θα αλλάξει η ισχύς. Ο έλεγχος της ισχύος πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά, καθώς υπάρχει η πιθανότητα να υπάρξει αστάθεια. Αυτή η πιθανότητα αυξάνεται με την ύπαρξη κινητών σε συγκαταληκτικά κύτταρα, τα

οποία εκ-περιτροπής αυξάνουν την ισχύ τους σε απάντηση στην μεγάλη συγκαναλική παρεμβολή που έχει προκληθεί από την αύξηση της ισχύος του άλλου κινητού. Αυτό είναι μάλλον απίθανο να συμβεί στην πράξη αλλά μελετώνται όλα τα ενδεχόμενα.

5.7 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΙΣΟΡΡΟΠΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΟΥ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Παράλληλα με τους αλγόριθμους που υλοποιούν τη διαδικασία της μεταγωγής, αναπτύχθηκαν και αλγόριθμοι ισόρροπης κατανομής (load balancing) του επικοινωνιακού φορτίου, με σκοπό τη βέλτιστη εκμετάλλευση των προσφερόμενων ραδιο-διαύλων επικοινωνίας.

Στα πλαίσια της διερεύνησης του επικοινωνιακού φορτίου, χρησιμοποιήθηκαν κλασσικά μοντέλα κίνησης (π.χ. το Blocked Calls Cleared) προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα της ολικής κατάληψης ραδιο-διαύλων και προφανώς η αντίστοιχη πιθανότητα αναμονής για εξυπηρέτηση των RF ραδιο-διαύλων φωνής (voice channels). Επίσης, αναπτύχθηκαν τεχνικές στηριζόμενες στη θεωρία ουρών, προκειμένου να ελαττωθούν οι καθυστερήσεις στο ραδιο-διάυλο σηματοδοσίας (signaling channel).

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνιακή διάταξη των κυτταρικών συστημάτων, δηλαδή τα μοντέλα κίνησης, είναι οι παρακάτω:

- a) Μέθοδος Blocked Calls Cleared – BCC: Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή και σαν Erlang B. Σύμφωνα με αυτή, οι καλούντες θα σταματήσουν την προσπάθεια για επικοινωνία όταν λάβουν ένα ειδικό σήμα το οποίο τους πληροφορεί ότι τα κυκλώματα είναι απασχολημένα.
- b) Μέθοδος Blocked Calls Delayed – BCD: Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή και σαν Erlang C. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, οι καλούντες θα πρέπει να περιμένουν θεωρητικά απεριόριστο χρόνο, προκειμένου να λάβουν το αντίστοιχο σήμα για να σταματήσουν την προσπάθεια για επικοινωνία.
- c) Μέθοδος Blocked Calls Held – BCH: Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή και σαν μέθοδος Poisson. Βασίζεται στην παραδοχή ότι οι καλούντες δεν περιμένουν για την αποκατάσταση της επικοινωνίας περισσότερο χρόνο από τη μέση τιμή της διάρκειας της κλήσης.

Η διαδικασία της ισόρροπης κατανομής του επικοινωνιακού φορτίου λαμβάνει χώρα, όταν η δυναμική του κυττάρου εισέρχεται στην κατάσταση της *κατευθυνόμενης επανάληψης προσπάθειας* ή της *κατευθυνόμενης μεταγωγής*. Στην πρώτη κατάσταση, οι νέες αιτήσεις για επικοινωνία ανατίθενται στα γειτονικά κύτταρα. Με τον τρόπο αυτό, αφήνεται ελεύθερο πεδίο στο κύτταρο, ώστε να δεχτεί κλήσεις που έχουν υποστεί τη διαδικασία της μεταγωγής. Στη δεύτερη κατάσταση, η ευθύνη μιας κλήσης η οποία βρίσκεται σε εξέλιξη, μεταφέρεται σε γειτονικό κύτταρο, ώστε να μείνουν ελεύθεροι ραδιο-διάυλοι για εξυπηρέτηση επειγόντων αιτήσεων για μεταγωγή από ΚΜ, στις οποίες η μετρούμενη ένταση του σήματος είναι μικρότερη από κάποια καθορισμένη στάθμη.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, όταν το επικοινωνιακό φορτίο σε ένα κύτταρο αυξάνει, τότε το κύτταρο οδηγείται δυναμικά από την Κανονική Κατάσταση στην Κατάσταση Κατευθυνόμενης Επανάληψης Προσπάθειας και ακολούθως στην Κατάσταση Κατευθυνόμενης Μεταγωγής. Επίσης, όταν ο αριθμός των κατειλημμένων ραδιο-διαύλων φωνής υπερβεί κάποιο καθορισμένο όριο, τότε το κύτταρο το οποίο βρίσκεται στην κανονική κατάσταση, δεν μπορεί να ικανοποιήσει τις λειτουργίες της έναρξης και τερματισμού μιας κλήσης, καθώς και την υποδοχή κλήσεων που έχουν υποστεί μεταγωγή. Στο σημείο αυτό, το κύτταρο εισέρχεται στην κατάσταση κατευθυνόμενης επανάληψης προσπάθειας, όπου όλες οι αιτήσεις για νέες κλήσεις ανατίθενται σε γειτονικά κύτταρα αφήνοντας κατ'αυτόν τον τρόπο ελεύθερους ραδιο-διάυλους για υποδοχή κλήσεων που έχουν υποστεί μεταγωγή. Όταν ο αριθμός των κατειλημμένων ραδιο-διαύλων αυξηθεί πέραν ενός ορισμένου σημείου, τότε το κύτταρο εισέρχεται στην κατάσταση κατευθυνόμενης μεταγωγής, όπου οι υπάρχουσες κλήσεις σε εξέλιξη μεταφέρονται αυτόματα σε γειτονικά κύτταρα. Επιπλέον, οι ραδιο-διάυλοι οι οποίοι ελευθερώνονται χρησιμοποιούνται για την υποδοχή των κλήσεων που έχουν υποστεί γνήσια μεταγωγή.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, είναι φανερό ότι μία αύξηση του αριθμού των ραδιο-διαύλων οι οποίοι χρησιμοποιούνται για υποδοχή κατευθυνόμενης μεταγωγής, οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας, μια κλήση που έχει υποστεί μεταγωγή να αναμένει για εύρεση νέου ραδιο-διαύλου προκειμένου να εξυπηρετηθεί.

Στα πλαίσια του ελέγχου της ικανότητας των αλγορίθμων ισόρροπης κατανομής του επικοινωνιακού φορτίου, αναπτύχθηκαν διάφορες τεχνικές εξομοίωσης των κυτταρικών συστημάτων κινητής τηλεφωνίας. Οι τεχνικές αυτές, ανάμεσα σε όλες τις εμπλεκόμενες παραμέτρους, λαμβάνουν υπόψη τους και τις εξής παρακάτω:

- a) Την ανομοιόμορφη κατανομή του επικοινωνιακού φορτίου
- b) Τις υφιστάμενες παρεμβολές μεταξύ των κυττάρων, λόγω της χρησιμοποίησης των ίδιων ραδιο-διαύλων (συγκαναλική παρεμβολή)
- c) Την τυχειότητα που χαρακτηρίζει τις μετακινήσεις των ΚΜ

5.7.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Ο σχεδιασμός των MSC που θα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις και τις ανάγκες των ψηφιακών κυτταρικών συστημάτων κινητής τηλεφωνίας, απαιτεί τον υπολογισμό του ρυθμού (συχνότητας) με τον οποίο η ΚΜ χρησιμοποιεί το σύστημα. Η συχνότητα αυτή εκφράζεται σε Erlangs ή σε Hundred Call Seconds – HCS. Ένα Erlang αντιπροσωπεύει ένα κύκλωμα το οποίο απασχολείται για μία ώρα, ενώ ένα HCS αντιπροσωπεύει ένα κύκλωμα το οποίο απασχολείται για 100 δευτερόλεπτα. Η σχέση μεταξύ τους είναι:

$$1 \text{ Erlang} = 36 \text{ HCS} \quad (2.1)$$

Η χρήση του συστήματος από την ΚΜ καθορίζεται από τους τρεις παρακάτω κύριους παράγοντες:

- Τον μέσο αριθμό των κλήσεων, τον οποίο πραγματοποιεί η ΚΜ σε χρονική διάρκεια μιας μέρας
- Τη μέση χρονική διάρκεια κάθε κλήσης
- Τον αριθμό των κλήσεων της ΚΜ την ώρα αιχμής (busy hour) της ημέρας. Σημειώνεται ότι κατά τη διάρκεια (60 λεπτά) της ώρας αιχμής πραγματοποιούνται οι περισσότερες κλήσεις.

Για παράδειγμα, αν ο μέσος αριθμός κλήσεων της ΚΜ είναι 6 την ημέρα, η μέση χρονική διάρκεια κάθε κλήσης είναι 120 δευτερόλεπτα και το 1/8 των κλήσεων πραγματοποιήθηκαν την ώρα αιχμής, τότε το επικοινωνιακό φορτίο που δημιουργεί ο κινητός συνδρομητής είναι:

$$6 \cdot \frac{1}{8} \cdot \frac{120}{3600} = 0.025 \text{ Erlangs ή } 0.96 \text{ HCS} \quad (2.2)$$

Το φορτίο αυτό αντιπροσωπεύει το επί τοις εκατό του χρόνου, όπου η ΚΜ χρησιμοποιεί το σύστημα την ώρα αιχμής. Δηλαδή σύμφωνα με το παράδειγμα, η ΚΜ χρησιμοποιεί το σύστημα για 2.5 % του χρόνου κατά τη διάρκεια αιχμής. Στα ήδη εγκατεστημένα συστήματα, το πιο συνηθισμένο φορτίο είναι περίπου 1 HCS ανά ΚΜ. Για τον υπολογισμό του ολικού φορτίου ενός κυττάρου, πολλαπλασιάζουμε το μέσο φορτίο των ΚΜ, με τον αριθμό των ΚΜ του κυττάρου. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι, όταν το ολικό HCS φορτίο ενός κυττάρου είναι γνωστό, τότε χρησιμοποιούνται πιθανοτικές μέθοδοι για τον καθορισμό του απαιτούμενου αριθμού των ραδιο-διαύλων φωνής στο κύτταρο αυτό.

5.8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λαμβανομένου υπόψη της τυχαιότητας των συνδρομητικών κλήσεων στο χώρο και στο χρόνο, θα πρέπει να υλοποιηθούν αλγόριθμοι οι οποίοι θα εξασφαλίζουν αφενός μεν τη «συνέχεια» της επικοινωνίας μεταξύ των συνδρομητών (κινητών και ακίνητων) και αφετέρου την ποιότητα των προσφερόμενων υπηρεσιών. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύθηκαν οι λειτουργικές διαδικασίες στα κυτταρικά συστήματα κινητών επικοινωνιών. Τον πρωταγωνιστικό ρόλο στις λειτουργικές διαδικασίες τον έχει η διαδικασία της μεταγωγής και της καταχώρησης καναλιών στα επιμέρους κύτταρα. Κι αυτό γιατί μόνο μέσα από τη μεταγωγή είναι εφικτή η κινητικότητα των χρηστών, που είναι η κύρια απαίτηση για τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας. Επίσης, μέσα από τη μεταγωγή μπορεί να γίνει και ισόρροπη κατανομή του επικοινωνιακού φορτίου σε ένα σύστημα, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα ολικής κατάληψης καναλιών σε κάθε κύτταρο του συστήματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>Κεφάλαιο 1</u>	2
<u>1. Γενικές Αρχές Κυτταρικών Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών</u>	2
<u>1.1 Ανάλυση Της Κυτταρικής Ιδέας</u>	4
<u>Κεφάλαιο 2</u>	9
<u>2. Τα Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών Δεύτερης Γενιάς (2G)</u>	9
<u>2.1 Το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών (G.S.M.)</u>	10
<u>2.1.1 Τα Βασικά Τμήματα του Δικτύου</u>	10
<u>2.1.2 Περιγραφή του Συστήματος Gsm 900</u>	14
<u>2.1.3 Προσφερόμενες Υπηρεσίες</u>	15
<u>2.2 Το Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών GSM-1800</u>	17
<u>Κεφάλαιο 3</u>	19
<u>3. Η Εξέλιξη της Δεύτερης Γενιάς – Η γενιά 2.5</u>	19
<u>Κεφάλαιο 4</u>	23
<u>4. Τα Συστήματα Τρίτης Γενιάς 3G</u>	23
<u>4.1 Το Μελλοντικό Σύστημα 3^{ης} Γενιάς UMTS</u>	30
<u>4.1.1 Η Αρχιτεκτονική Του Δικτύου</u>	36
<u>4.1.2 Το Δίκτυο Πυρήνα (CORE NETWORK)</u>	38
<u>4.1.3 UTRAN (UMTS TERRESTRIAL RADIO ACCESS NETWORK)</u>	40
<u>4.1.4 UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access)</u>	42
<u>4.1.5 Ολοκλήρωση του UMTS με το B-ISDN</u>	48
<u>4.1.6 Διαδίκτυο και UMTS</u>	49
<u>4.2 Διεθνείς Κινητές Τηλεπικοινωνίες για το έτος 2000 (IMT200)</u>	49
<u>4.3 Μερικά Μελλοντικά Συστήματα</u>	51
<u>4.4 Συμπεράσματα</u>	53
<u>Κεφάλαιο 5</u>	53
<u>5. Λειτουργικές Διαδικασίες των Κυτταρικών Συστημάτων Κινητής Τηλεφωνίας</u>	53
<u>5.1.1 Ραδιοδιάλογοι Κυτταρικών Συστημάτων</u>	54
<u>5.2 Διαδικασίες Αποκατάστασης και Διακοπής των Κλήσεων</u>	56
<u>5.2.1 Αλγόριθμοι Αποκατάστασης των Κλήσεων</u>	56
<u>5.2.1.1 Κλήσεις από ΚΜ σε συνδρομητές του σταθερού δικτύου</u>	57
<u>5.2.1.2 Κλήσεις από συνδρομητές του σταθερού δικτύου σε χρήστες της ΚΜ</u>	58
<u>5.2.1.3 Κλήσεις μεταξύ ΚΜ</u>	58
<u>5.2.2 Αποκατάσταση Των Κλήσεων Στα Δημόσια Τοπικά Δίκτυα (Public Land Mobile Networks PLMN)</u> 61	
<u>5.2.2.1 ΑΡΧΙΚΗ ΕΓΓΡΑΦΗ ΚΙΝΗΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ</u>	61
<u>5.2.2.2 Καταγραφή της Θέσης της Κινητής Μονάδας</u>	62
<u>5.2.2.3 Μεταφορά των Κλήσεων</u>	64
<u>5.2.3 Αποκατάσταση Των Κλήσεων Στα Ασύρματικά Δίκτυα Τεχνολογίας Asynchronous Transfer Mode (ATM)</u>	65
<u>5.2.3.1 Τεχνική Location Servers</u>	65
<u>5.2.3.2 Τεχνική Location Advertisement</u>	66
<u>5.2.3.3 Τεχνική Terminal Paging</u>	68
<u>5.2.4 Τερματισμός Κλήσεων</u>	69
<u>5.3 Διαδικασίες Σχετικές με τη Διαχείριση Κινητικότητας</u>	70
<u>5.3.1 Ενημέρωση Θέσης</u>	70
<u>5.3.2 Πιστοποίηση και Ασφάλεια</u>	71
<u>5.4 Λειτουργική Διαδικασία Της Μεταγωγής</u>	72
<u>5.5 Λειτουργική Διαδικασία Της Περιαγωγής (Roaming)</u>	73
<u>5.6 Λειτουργικές Διαδικασίες σε Θέματα Ραδιο-Διαύλων</u>	75
<u>5.6.1 Καταχώρηση Ραδιο-Διαύλων</u>	76
<u>5.6.2 Κωδικοποίηση Ομιλίας</u>	77
<u>5.6.3 Πολυοδική Ισοστάθμιση</u>	77

5.6.4	Μεταπήδηση Συχνοτήτων	77
5.6.5	Ασυνεχής Μετάδοση και Λήψη.....	78
5.6.6	Έλεγχος Ισχύος.....	78
5.7	Αλγόριθμοι ισορροπής κατανομής του επικοινωνιακού φορτίου	79
5.7.1	Υπολογισμός του Επικοινωνιακού Φορτίου.....	80
5.8	Συμπεράσματα.....	81

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] T.S. Rappaport, *Wireless Communications* (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1996).
- [2] Theodore S. Rappaport: "Wireless Communications – Principles & practice", Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series
- [3] Ι. Πανουτσόπουλος, Σ. Λούβρος, Κ. Ιωάννου, Σ. Κωτσόπουλος και Δ. Ζευγώλης «Επι των παραμέτρων μεγιστοποίησης της χωρητικότητας των κυτταρικών συστημάτων κινητής τηλεφωνίας», 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ένωσης Ελλήνων Φυσικών & Ένωσης Κυπρίων Φυσικών με θέμα: Προοπτικές, Εξελίξεις Των Εκπαιδευτικών Θεμάτων Ζάκυνθος, 11 – 13 Φεβρουαρίου 2000.
- [4] Κ.Ιωάννου, "Ψηφιακό Κυτταρικό Σύστημα Κινητής Τηλεφωνίας GSM 1800", Περιοδικό Επικοινωνία του Τηλεπ. Διαμερίσματος ΟΤΕ Αιτ/νίας, Σεπτέμβριος – Νοέμβριος 2000.
- [5] Κ.Ιωάννου, "Το Μελλοντικό Σύστημα UMTS", Περιοδικό Επικοινωνία του Τηλεπ. Διαμερίσματος ΟΤΕ Αιτ/νίας, Δεκέμβριος – Φεβρουάριος 2000
- [6] Κ.Ιωάννου, "Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία – Κινητή Τηλεφωνία - Υγεία", Περιοδικό Επικοινωνία του Τηλεπ. Διαμερίσματος ΟΤΕ Αιτ/νίας, Αύγουστος 2000
- [7] Κ.Ιωάννου, "Το πανευρωπαϊκό ζευκτικοποιημένο πρότυπο TETRA", Περιοδικό Επικοινωνία του Τηλεπ. Διαμερίσματος ΟΤΕ Αιτ/νίας, Δεκέμβριος 2001
- [8] Σ.Κωτσόπουλος, Γ.Καραγιαννίδης, "Κινητή Τηλεφωνία" Εκδόσεις Παπασωτηρίου