

University of Macedonia
Master Information Systems
Networking Technologies
Professors : A.A. Economides & A. Pomportsis

PROJECT ON
CELLULAR NETWORKS

By

Emmanouilidis Efstratios

15 January 2006

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα
Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων
Καθηγητές : Α.Α. Οικονομίδης & Α. Πομπόρτσης

ΕΡΓΑΣΙΑ
ΣΤΑ ΚΥΨΕΛΟΕΙΔΗ ΔΙΚΤΥΑ

Του

Εμμανουηλίδη Ευστρατίου

15 Ιανουαρίου 2006

Dreams are fast becoming reality in the world of the mobile phone. The arrival of analogue mobile communications led people to wish forever-smaller phones with greater spectrum efficiency, coverage and roaming capability. All this has been accomplished through digital GSM.

Manufacturers need to continue to diversify technology and product lines, operators need new ways to earn revenue and users will soon expect their phone to do much of what their computer does - but with as little complication or effort as possible. Each group wants phones to do even more, and is looking to a future which offers much more than voice.

This is where data comes in. New services will be information-driven, starting with those already available, such as SMS and voice mail, and moving on to the new era of email and ever more specialised services, many of which will be linked to the Internet. Internet is rapidly consolidating itself to be the primary solutions delivery platform. If data is a concept whose time has come, the Internet is a key enabler that can help that concept express itself as reality.

The strength of the specification is no coincidence. Once, 'data over GSM' was a term and a service rarely used. Selling the idea was difficult because of interfaces that were not user friendly, data delivery speeds that were too slow, and a lack of compelling applications. All this will change soon, as new mobile infrastructures catering to high-speed data capabilities become available and terminals configured for this infrastructure, follow.

All of this will appear on already available bandwidth, making some at least of the third generation (3G) wideband future a reality for 2G. This in part is due to the development of new and efficient data delivery technologies. The names to note are: High-Speed Circuit Switched Data (HSCSD) and General Packet Radio Services (GPRS) - which are the first steps to fully-fledged data communications. EDGE – Enhanced Data rates for GSM Evolution. With 3G(UMTS) is concluded the mobile data packets networks under high speed data transfer.

Τα όνειρα γίνονται γρήγορα πραγματικότητα στον κόσμο των κινητών επικοινωνιών. Η άφιξη της αναλογικής κινητής επικοινωνίας οδήγησε τους ανθρώπους στην επιθυμία για

μικρότερα τηλέφωνα με μεγαλύτερες αποδοτικότητες φάσματος, μεγαλύτερη κάλυψη και ικανότητα περιπλάνησης. Όλο αυτό έχει ολοκληρωθεί μέσω του ψηφιακού GSM. Οι κατασκευαστές πρέπει να συνεχίσουν να διαφοροποιούν τις γραμμές τεχνολογίας και προϊόντων, οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας χρειάζονται νέους τρόπους να κερδίσουν και οι χρήστες θα αναμένουν σύντομα, ότι το τηλέφωνό τους να κάνει ένα μεγάλο μέρος αυτού που ο υπολογιστής τους κάνει - αλλά με όσο το δυνατόν λιγότερο περίπλοκα. Κάθε ομάδα χρηστών θέλει τα κινητά τηλέφωνα για να κάνει ακόμη περισσότερα, και κοιτάζει στο μέλλον για υπηρεσίες άλλες και όχι μόνο απλά φωνής. Εδώ είναι όπου η έννοια data (δεδομένα) μπαίνει. Οι νέες υπηρεσίες, αρχίζοντας από τις ήδη διαθέσιμες, όπως SMS και το φωνητικό ταχυδρομείο, θα γίνουν περισσότερο πληροφοριακές και θα κινηθούν προς τη νέα εποχή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και ακόμα πιά εξειδικευμένων υπηρεσιών, πολλές από τις οποίες θα συνδεθούν με το Διαδίκτυο. Το Διαδίκτυο παγιώνεται γρήγορα για να είναι η αρχική πλατφόρμα υπηρεσιών. Εάν τα δεδομένα είναι μια έννοια της οποίας ο καιρός έχει έρθει, το Διαδίκτυο είναι ένα βασικό μέσο που θα καταστήσει αυτή την έννοια σαφή και πραγματική. Η δύναμη αυτής της προδιαγραφής δεν είναι σύμπτωση. Κάποτε, η έννοια "δεδομένα μέσω του GSM" ήταν ένας όρος και μια υπηρεσία που χρησιμοποιείτο σπάνια. Η παροχή αυτής της ιδέας ήταν δύσκολη λόγω των διεπαφών που δεν ήταν φιλικές προς το χρήστη, οι ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων ήταν πάρα πολύ αργές, αλλά και μιας έλλειψης εφαρμογών χρήσιμες για τον χρήστη. Όλο αυτό θα αλλάξει σύντομα, καθώς οι νέες κινητές τεχνολογίες που τροφοδοτούν δεδομένα με υψηλές ταχύτητες διατίθενται και τερματικά που διαμορφώνονται για αυτήν την υποδομή, ακολουθούν. Όλο αυτό το σύστημα θα εμφανιστεί στο ήδη διαθέσιμο εύρος ζώνης, κάνοντας ένα μέρος τουλάχιστον από το εύρος ζώνης του (3G) μια πραγματικότητα για 2G. Αυτό εν μέρει οφείλεται στην ανάπτυξη των νέων και αποδοτικών τεχνολογιών μετάδοσης δεδομένων. Τα ονόματα για να θυμόμαστε είναι: Το HSCSD και το GPRS - που είναι τα πρώτα βήματα στις πλήρως αναπτυγμένες μεταδόσεις δεδομένων. Το EDGE- μια ενισχυμένη εξέλιξη του GSM. Μετά έρχεται το 3G (UMTS) το οποίο κλαείται να ολοκληρώσει τα κινητά δίκτυα μετάδοσης πακέτων σε υψηλές ταχύτητες.

CONTENTS

	<i>Page</i>
<u>Introduction</u>	<u>7</u>
<u>Historical retrospection of Mobile Communications</u>	<u>7</u>

What is a cellular network?	11
Cells and Clumps	13
That it allows the mobility of subscriber	15
Movement of mobile telephone from one cell to another	17
The Dcs-1800 system - Advantages of this system	18
GSM services	19
Mobile Telephony Systems of 2.5 generation	20
Mobile Telephony Systems of 3rd generation - What is the UMTS	22
What UMTS system offers - Services of UMTS	24
Differences of 2nd and 3rd generation networks	26
Conclusion	27

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
Εισαγωγή	7
Ιστορική αναδρομή των Κινητών Επικοινωνιών	7
Τι είναι ένα κυψελοειδές δίκτυο;	11
Κυψέλες και Συστάδες	13
Πως επιτρέπει την κινητικότητα του συνδρομητή	15

Κίνηση του κινητού τηλεφώνου από μια κυψέλη σε άλλη	17
Το σύστημα DCS-1800 - Πλεονεκτήματα του συστήματος	18
Οι υπηρεσίες του GSM	19
Συστήματα Κινητής Τηλεφωνίας 2.5 γενεάς	20
Συστήματα Κινητής Τηλεφωνίας 3 ^{ης} γενεάς - Τι είναι το UMTS	22
Τι προσφέρει το σύστημα UMTS - Υπηρεσίες του UMTS	24
Διαφορές δικτύων 2 ^{ης} και 3 ^{ης} γενεάς	26
Επίλογος	27

Εισαγωγή

Είναι πλέον γνωστό σε όλους ότι τα κινητά τηλέφωνα γίνονται όλο και περισσότερο μια ανάγκη στους περισσότερους ανθρώπους που την θεωρούν ως τη λαμπρότερη εφεύρεση του αιώνα. Αυτό που δεν συνειδητοποιούν όμως είναι ότι το κινητό τηλέφωνο χρησιμοποιεί μόνο μια από τις πολλές υπηρεσίες ενός **κυψελοειδούς δικτύου**, την μετάδοση φωνής. Εκτός από την εμπορικά διαθέσιμη μετάδοση φωνής για τα κινητά τηλέφωνα, ένα κυψελοειδές δίκτυο θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί για να διαβιβάσει **δεδομένα, εικόνες, κείμενο και βίντεο**. Πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί και πολλές από αυτές είναι ακόμα υπό εξέλιξη, για να αντιληφθούμε τη δυνατότητα να διαβιβαστούν άλλες μορφές πληροφοριών μέσω του κυψελοειδούς δικτύου.

Ιστορική αναδρομή των Κινητών Επικοινωνιών

Η ανάγκη επικοινωνίας με μη σταθερά σημεία , που βρίσκονται πέραν του οπτικού ορίζοντα και χωρίς την υποστήριξη τηλεπικοινωνιακών καλωδίων για τη μεταφορά πληροφορίας , δημιουργήθηκε αμέσως μετά την ανακάλυψη της ασυρματικής διάδοσης , γύρω στις αρχές του 1900. Τα συστήματα κινητής επικοινωνίας που αναπτύχθηκαν κυρίως σε Αμερική και Αγγλία , από την εποχή εκείνη και μέχρι περίπου το 1940 , χρησιμοποιούσαν ραδιο-διαύλους επικοινωνίας με συχνότητες που ξεκινούσαν από τα 2-3 MHz και σταδιακά έφτασαν στα 450 MHz . Η χρήση τους αφορούσε κυρίως την αστυνομία . Τα πρώτα αυτά συστήματα κινητών επικοινωνιών λειτουργούσαν αυτόνομα και δεν υπήρχε επικοινωνία με το Τηλεφωνικό Δίκτυο της εκάστοτε χώρας.

Κατά τη διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου , η χρήση των συστημάτων κινητής επικοινωνίας επεκτάθηκε στις ένοπλες δυνάμεις και στις υπηρεσίες αμέσου επέμβασης . Αμέσως μετά τον πόλεμο , στην Αμερική , τα εργαστήρια Bell δρομολόγησαν ένα πρόγραμμα για παροχή επικοινωνιακών υπηρεσιών με συστήματα τα οποία χρησιμοποιούσαν κοινό φορέα (common carrier) , προκειμένου να εξυπηρετούνται πολλοί χρήστες μαζί κινούμενοι σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές . Η υπηρεσία αυτή ονομάστηκε Δημόσια Εσωτερική Υπηρεσία Επίγειων Κινητών Ασυρματικών Επικοινωνιών (Domestic Public Land Mobile Radio Service - DPLMRS) , η οποία στη συνέχεια δρομολόγησε δύο νέα συστήματα , το Urban System και το Highway System , που λειτούργησαν το 1946 και το 1947 , αντίστοιχα . Κατά το 1970 εγκαταστάθηκε και λειτούργησε το Βελτιωμένο Σύστημα Κινητής Τηλεφωνίας (Improved Mobile Telephone System - IMTS).[10]

Τα μέχρι τότε ανεπτυγμένα συστήματα κινητής τηλεφωνίας μπορούσαν να υποστηρίξουν ένα μικρό αριθμό χρηστών . Η απαίτηση για πολλούς διαθέσιμους ραδιο-διαύλους σε μια συγκεκριμένη περιοχή του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων , ανάγκαζε τους ραδιο-διαύλους να έχουν στενό εύρος ζώνης . Η διαμόρφωση συχνοτήτων στενής ζώνης όμως , επέφερε χαμηλή ποιότητα στη μεταδιδόμενη φωνή και αύξανε ταυτόχρονα το φαινόμενο των ραδιο-παρασίτων . Επομένως, αυτά τα συστήματα κινητής επικοινωνίας παρουσίαζαν πολλά μειονεκτήματα :

- Μικρή χωρητικότητα δικτύου , εξαιτίας των περιορισμών στο εύρος ζώνης των διαθέσιμων ραδιο-συχνοτήτων , και της υποβαθμισμένης οργάνωσης του δικτύου.
- Χαμηλό βαθμό ποιότητας επικοινωνίας , λόγω της διαμόρφωσης συχνοτήτων στενής ζώνης, και της έλλειψης επεξεργασίας της φωνής .
- Ευαισθησία στις υφιστάμενες ατμοσφαιρικές συνθήκες.

- Υψηλό κόστος για το συνδρομητή .

Στις αρχές του 1970 , το Παγκόσμιο Συνέδριο Διαχείρισης Ραδιο-συχνοτήτων παραχώρησε μέρος από το φάσμα στην περιοχή των 900 MHz για εφαρμογές της κινητής ραδιο-τηλεφωνίας . Για την αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση αυτού του φάσματος , η επόμενη γενιά συστημάτων κινητής τηλεφωνίας έπρεπε να ικανοποιεί κάποια κριτήρια :

- Δυνατότητα λειτουργίας συστημάτων υψηλής χωρητικότητας (high capacity) , με αποδεκτό κόστος για τον συνδρομητή .
- Ποιότητα στην επικοινωνία , έλλειψη παρεμβολών και λανθασμένων μεταδιδόμενων πληροφοριών , με την ταυτόχρονη παροχή υψηλού επιπέδου φιλικότητας προς το χρήστη .
- Δυνατότητα ραδιο-κάλυψης μιας σχετικά μεγάλης γεωγραφικής περιοχής .

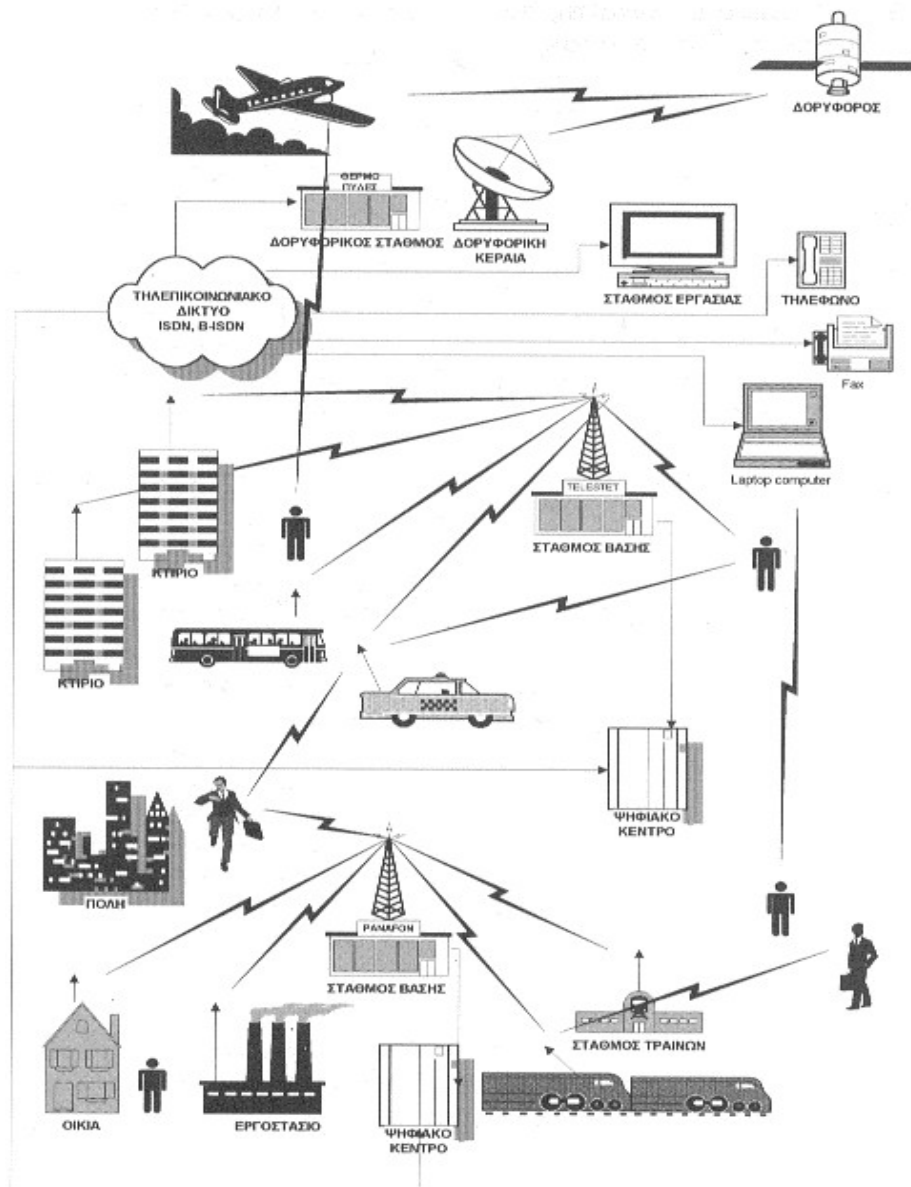
Επειδή όμως τα μέχρι τότε υπάρχοντα συστήματα κινητής τηλεφωνίας , εξαιτίας της φύσης τους , των αρχών λειτουργίας τους και της οργάνωσής τους , δε μπορούσαν να ικανοποιήσουν την απαιτούμενη χωρητικότητα και ποιότητα μετάδοσης , έπρεπε να αντικατασταθούν από συστήματα που θα ακολουθούσαν την Κυτταρική προσέγγιση .

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή της διαχρονικής εξέλιξης των συστημάτων κινητής τηλεφωνίας: **[29]**

- Από το 1970 μέχρι το 1990 , μελετήθηκαν , υλοποιήθηκαν και λειτούργησαν τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας **πρώτης γενιάς** , τα οποία βασίστηκαν στην κυτταρική δομή και είχαν αναλογικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά . Παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι το AMPS. Τα συστήματα αυτά μετέδιδαν φωνή με ρυθμούς που σταδιακά έφτασαν τα 2.4kbps .
- Από το 1990 μέχρι το 2000 , αναβαθμίστηκαν τα συστήματα πρώτης γενιάς , μετατράπηκαν σε οργανωμένα κυτταρικά συστήματα και χαρακτηρίστηκαν συστήματα **δεύτερης γενιάς** . Η τεχνολογία των συστημάτων δεύτερης γενιάς εξελίχθηκε διαχρονικά από την αναλογική στην ψηφιακή μορφή . Προσφέρουν υπηρεσίες μετάδοσης φωνής και δεδομένων , χρησιμοποιώντας ρυθμούς που προσεγγίζουν τα 2 Mbps. Έχουν υψηλή χωρητικότητα για εξυπηρέτηση των χρηστών , δυναμική διαχείριση του ραδιο-φάσματος συχνοτήτων και χρησιμοποιούν το κυτταρικό πρότυπο επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων . Παραδείγματα τέτοιων συστημάτων είναι το GSM και το DCS 1800 . Το GSM λειτουργεί στην περιοχή των 900MHz και το DCS 1800 στην περιοχή των 1800MHz.

- Από το 2000 και περίπου μέχρι το 2010 , πρόκειται να λειτουργήσουν τα κυτταρικά συστήματα **τρίτης γενιάς** . Στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι να δημιουργήσει τις κατάλληλες τεχνικές προδιαγραφές για τα συστήματα τρίτης γενιάς , ώστε να διαχειρίζονται αξιόπιστα και σε πραγματικό χρόνο τις υπηρεσίες πολυμέσων . Παράδειγμα συστήματος τρίτης γενιάς είναι το UMTS . Με την εισαγωγή των συστημάτων κινητής τηλεφωνίας ευρείας ζώνης , τα συστήματα τρίτης γενιάς θα εξελιχθούν διαχρονικά και θα φτάσουν να μεταδίδουν δεδομένα με ρυθμούς της τάξης των 155Mbps. Θα έχουν μικρο-κυτταρική και πικο-κυτταρική δομή , και οι τελικές συχνότητες λειτουργίας τους θα ανήκουν στην περιοχή των 50-60 GHz του φάσματος , προκειμένου να επιτευχθούν οι απαιτούμενοι υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων . Τα μελλοντικά συστήματα κινητής τηλεφωνίας θα χρησιμοποιούν πολλούς τύπους κυτάρων , ανάλογα με τη στιγμιαία θέση της κινητής μονάδας. Η συ-λειτουργία των σύνθετων αυτών κυτταρικών δομών είναι ένα από τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν στη φάση της μελέτης, σχεδιασμού και υλοποίησης των συστημάτων τρίτης γενιάς . Άλλα προβλήματα που πρέπει να λυθούν μέχρι να λειτουργήσουν τα συστήματα αυτά , είναι η προσαρμογή της ραδιοεπαφής στο σταθερό επικοινωνιακό δίκτυο , η ανάπτυξη και χρήση διαδικασιών για τη βέλτιστη αξιοποίηση του περιορισμένου εύρους ζώνης , και η εργονομία του τερματικού εξοπλισμού .

Στο παρακάτω σχήμα 1, δείχνεται η ολοκλήρωση των επίγειων και των αντίστοιχων δορυφορικών επικοινωνιών , η οποία πραγματοποιήθηκε με την εξέλιξη της κυτταρικής κινητής τηλεφωνίας . Στόχος του στρατηγικού αναπτυξιακού σχεδίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα των Τηλεπικοινωνιών , σε συνδυασμό με τις συντονισμένες ενέργειες διεθνών Τηλεπικοινωνιακών φορέων είναι να τεθούν σε χρήση βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα , οι αναβαθμισμένες , σε περιβάλλον πολυμέσων , υπηρεσίες της κινητής τηλεφωνίας σε παγκόσμιο επίπεδο.[14]



Σχήμα 1 : Εξέλιξη της δικτυακής υποδομής των κινητών επικοινωνιών

Παρακάτω θα αναφερθώ συνοπτικά στα δίκτυα 2^{ης}, 2.5 και 3^{ης} γενεάς.

Όπως ανέφερα και παραπάνω για τα δίκτυα 2^{ης} γενεάς θα ακολουθήσει μια ανάλυση του κυψελοειδούς δικτύου, δηλ. του GSM. Το GSM είναι το πρότυπο το οποίο επικρατεί σήμερα στην Ευρώπη. Εξαρχής η προσπάθεια επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη ενός κοινού προτύπου με τη συνεργασία κυβερνήσεων, τηλεπικοινωνιακών φορέων (κρατικών και μη) αλλά και κατασκευαστών συστημάτων κινητής τηλεφωνίας. Η ύπαρξη ενός και μόνο προτύπου σε μια αγορά πολλών

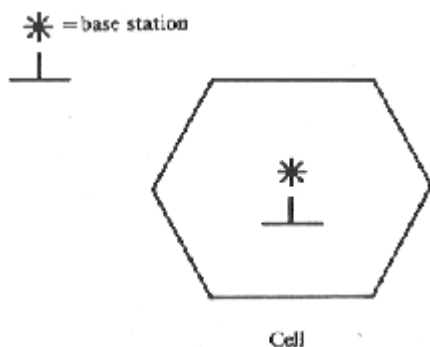
εκατομμυρίων πελατών έχει το προφανές μειονέκτημα της συμπίεσης του κόστους για τους κατασκευαστές το οποίο μεταφράζεται σε μειωμένο κόστος για τον τελικό χρήστη. Επίσης σε κάθε χώρα προβλέπεται η λειτουργία τουλάχιστον δύο ανταγωνιστικών δικτύων με απώτερο σκοπό την περαιτέρω μείωση του κόστους λόγω ανταγωνισμού. [6]

Τι είναι ένα κυψελοειδές δίκτυο;

Ένα κυψελοειδές δίκτυο επιτρέπει στους συνδρομητές του να βρίσκονται οπουδήποτε στη χώρα και να παραμένουν συνδεδεμένοι με το **δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN)** μέσω των κινητών τηλεφώνων τους. Ένα κυψελοειδές δίκτυο έχει μια ιεραρχική δομή και είναι διαμορφωμένο να συνδέει τα σημαντικότερα συστατικά που αναφέρονται παρακάτω:

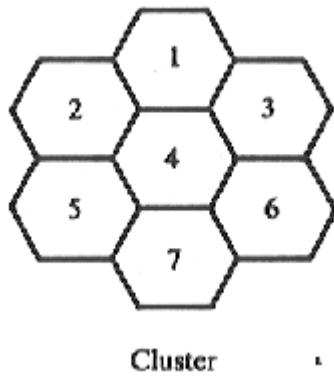
- Κινητά τηλέφωνα [1] - κύριο κομμάτι του εξοπλισμού όσον αφορά τον συνδρομητή
- Σταθμός (BS) βάσης
- Κινητό κέντρο Διαλογής (MSC)

Σταθμός (BS) βάσης



Ο σταθμός βάσης εξυπηρετεί μια κυψέλη που θα μπορούσε να έχει διάμετρο μερικά χιλιόμετρα, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 1.

Διάγραμμα 1

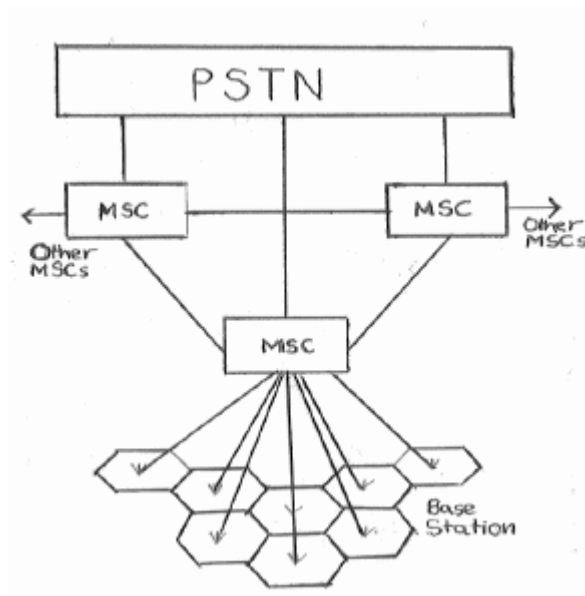


Οι κυψέλες όταν συγκεντρώνονται διαμορφώνουν μια συστάδα όπως φαίνεται στο διάγραμμα 2.

Διάγραμμα 2

Όλα τα BSs μέσα σε μια συστάδα συνδέονται με ένα **κινητό κέντρο διαλογής (MSC)** χρησιμοποιώντας γραμμές εδάφους. Κάθε MSC μιας συστάδας συνδέεται έπειτα με το MSC άλλων συστάδων και ενός κύριου κέντρου διαλογής, του PSTN. Αυτό παρουσιάζεται στο διάγραμμα 3. Το MSC αποθηκεύει τις πληροφορίες για τους συνδρομητές που βρίσκονται μέσα στη συστάδα και είναι αρμόδιο για την κατεύθυνση των κλήσεων σε αυτούς.

Το διάγραμμα 3 παρουσιάζει τη δομή του δικτύου που εξήγησα παραπάνω.

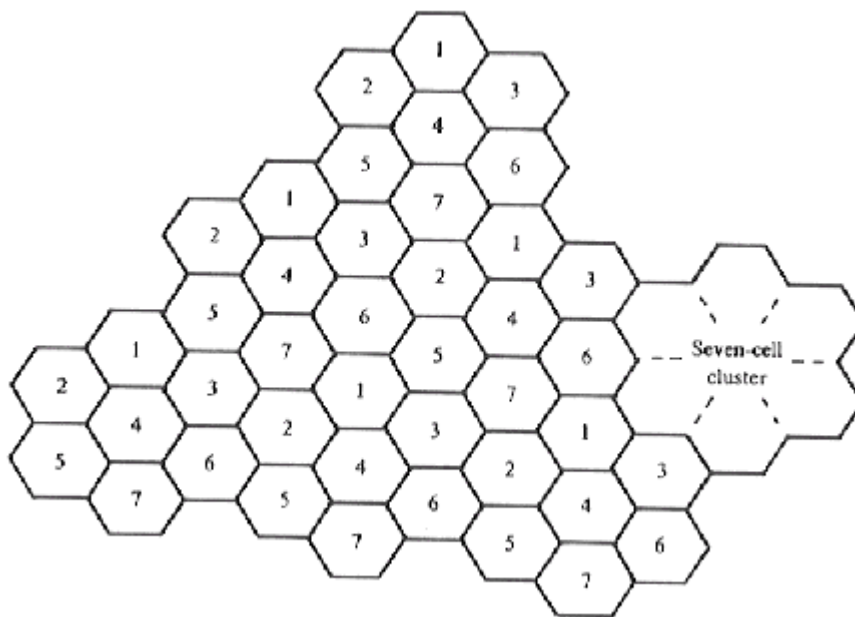


Διάγραμμα 3

Κυψέλες και Συστάδες

Τακτοποίηση των κυψελών σε μια συστάδα

Ο αριθμός κυψελών ανά συστάδα περιορίζεται από την απαίτηση ότι οι συστάδες πρέπει να ταιριάζουν μεταξύ τους όπως τα δόντια των πριονιών. Οι πιθανές συστάδες κυψελών είναι οι **συστάδες 4, 7, 12- και 21-κυψελών**.



Το διάγραμμα 4 παρουσιάζει συστάδα 7-κυψελών που χρησιμοποιείται συνήθως στο UK.

Διάγραμμα 4

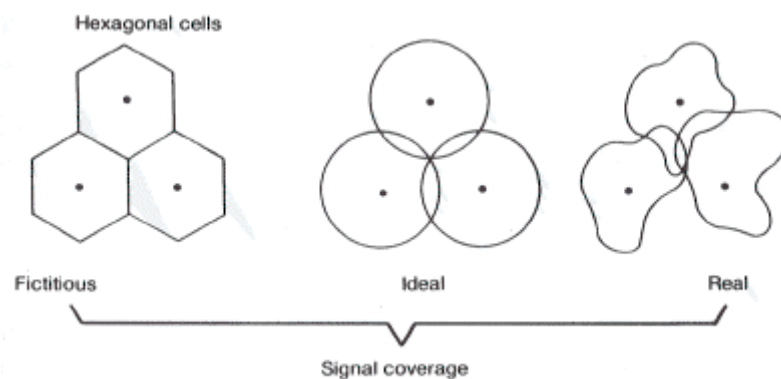
Επαναχρησιμοποίηση της συχνότητας

Το εύρος ζώνης που διατίθεται για τα κυψελοειδή δίκτυα είναι από **890 έως 915MHz για τη μετάδοση προς την βάση** και **935 έως 960MHz για την μετάδοση προς το κινητό**. Όλες οι μεταδόσεις γίνονται μέσω καναλιών. Ένα κανάλι αποτελείται από ένα ζευγάρι συχνοτήτων, μια για κάθε κατεύθυνση της μετάδοσης που χρησιμοποιείται για full-duplex λειτουργία. Στο UK το 1992, τα κυψελοειδή δίκτυα είχαν στο σύνολο 1000 κανάλια (300 που διατέθηκαν στην Cellnet και άλλα 300 που διατέθηκαν στη Vodafone, αφήνοντας 400 σε εφεδρεία για το πανευρωπαϊκό σύστημα – GSM [2]). Αυτό σημαίνει ότι λιγότεροι από 600 συνδρομητές θα μπορούσαν να έχουν πρόσβαση στο σύστημα ταυτόχρονα όταν στην πραγματικότητα ο αριθμός των συνδρομητών είναι της τάξης των εκατομμυρίων. Μια έρευνα των **εργαστηρίων Bell**, έχει βρει μια λύση που

περιλαμβάνει την επαναχρησιμοποίηση της ίδιας συχνότητας καναλιών σε πολλές διαφορετικές συστάδες. Οι κυψέλες σε αυτές τις διαφορετικές συστάδες που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα καναλιών πρέπει να βρίσκονται αρκετά μακριά μεταξύ τους έτσι ώστε να μην εμφανίζονται co-channel παρεμβολές [3].

Κυψέλη: Μορφή και μέγεθος

Μορφές



Διάγραμμα 5

Οι εξαγωνικής μορφής κυψέλες [4] που παρουσιάζονται στο διάγραμμα 5 είναι τεχνητές και δεν μπορούν να παραχθούν στον πραγματικό κόσμο. Εντούτοις, αυτή η μορφή επιλέγεται για **να απλοποιήσει τον προγραμματισμό και το σχέδιο ενός κυψελοειδούς συστήματος**, καθώς τα εξάγωνα ταιριάζουν μεταξύ τους χωρίς οποιοδήποτε επικάλυψη ή χάσμα. Ένα άλλο πλεονέκτημα της χρήσης εξαγώνων είναι ότι **πλησιάζουν μια κυκλική μορφή που είναι η ιδανική περιοχή κάλυψης**. Η πραγματική μορφή κυψελών είναι όπως παρουσιάζεται στο 3^ο σχήμα του διαγράμματος 5.

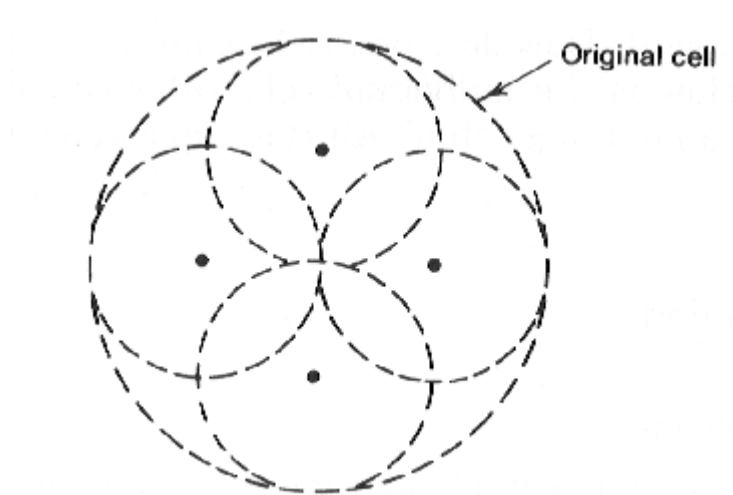
Μέγεθος

Το μέγεθος της κυψέλης εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από την περιοχή στην οποία αυτή βρίσκεται. Γενικά, οι αγροτικές περιοχές έχουν τους λιγότερους συνδρομητές έναντι των αστικών περιοχών. Έτσι σε μια αστική περιοχή απαιτούνται περισσότερα κανάλια για να φιλοξενήσουν τον μεγάλο αριθμό συνδρομητών. Εάν κάθε κυψέλη σε μια δεδομένη αγροτική και αστική περιοχή είχε καθορισμένο τον αριθμό καναλιών, το μέγεθος κυψελών στην αστική περιοχή θα έπρεπε να είναι

μικρότερο για να επιτρέψει περισσότερα κανάλια στη δεδομένη περιοχή. Η μείωση του μεγέθους των κυψελών θα οδηγούσε τις κυψέλες, που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα καναλιών, να βρίσκονται πιο κοντά η μια στην άλλη. Επομένως η μείωση του μεγέθους σε μεγάλο βαθμό, θα προκαλούσε μια αύξηση των co-channel παρεμβολών.

Το μέγεθος της κυψέλης μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την ισχύ και ευαισθησία του σταθμού βάσης. Ένας εναλλακτικός τρόπος να αλλαχτεί το μέγεθος της κυψέλης είναι να χωριστεί [5]. Αυτό περιλαμβάνει τη μείωση της ακτίνας μιας κυψέλης στο μισό και το διαχωρισμό μιας παλαιάς κυψέλης σε τέσσερις μικρότερες όπως παρουσιάζονται στο διάγραμμα 6.

Διάγραμμα 6



Πως επιτρέπει την κινητικότητα του συνδρομητή

Προκειμένου να επιτραπεί η κινητικότητα σε έναν συνδρομητή το κυψελοειδές δίκτυο πρέπει :

- να έχει τη δυνατότητα να εντοπίσει τον συνδρομητή όταν του γίνεται μια κλήση
- επιτρέψει στο συνδρομητή να κάνει κλήσεις ενώ δεν είναι σε κάποιο συγκεκριμένο μέρος.

Ο εντοπισμός του συνδρομητή είναι εφικτός μόνο εάν

- το σύστημα διατηρεί πληροφορίες για τη θέση του κινητού τηλεφώνου του συνδρομητή

- το κινητό τηλέφωνο ξέρει τα κατάλληλα κανάλια για να αναμένει τα σήματα από το σύστημα.

Με σκοπό, και το κυψελοειδές σύστημα και το κινητό τηλέφωνο να έχουν αυτήν την απαραίτητη πληροφορία, υπάρχουν δύο κύριες διαδικασίες που ακολουθούνται όταν ένα κινητό τηλέφωνο ανοίγει. Αυτές είναι:

Έρευνα για τα κανάλια

Υπάρχουν δύο κανάλια που αναζητούνται από το κινητό τηλέφωνο

Ισχυρό Αφιερωμένο Κανάλι Ελέγχου (DCC)	ένα κανάλι που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση πληροφοριών ψηφιακού ελέγχου από έναν σταθμό βάσης στο κινητό τηλέφωνο ή και αντίστροφα.
Ισχυρό Κανάλι Σελιδοποίησης	ένα κανάλι που χρησιμοποιείται από το MSC για την έρευνα του κινητού τηλεφώνου όταν είναι να δεχτεί μια κλήση αυτό

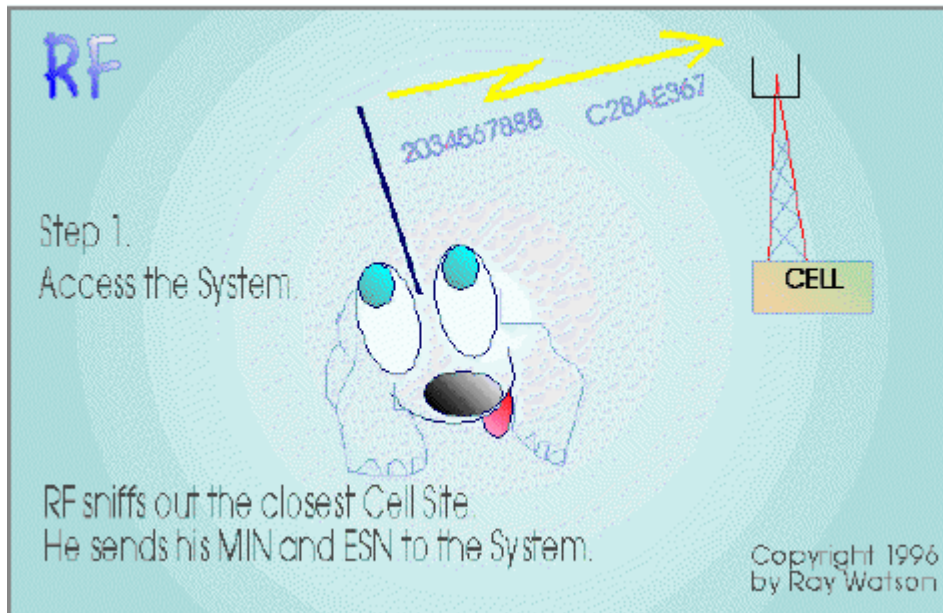
Αυτή η διαδικασία επιτρέπει στο κινητό τηλέφωνο να προσδιορίσει τα σωστά κανάλια από τα οποία να περιμένει τα σήματα από το σύστημα (π.χ.-όταν γίνεται μια κλήση στον ιδιοκτήτη του κινητού τηλεφώνου).

«Εγγραφή στον κατάλογο» του κοντινότερου Σταθμού Βάσης

Το κινητό τηλέφωνο εγγράφεται στον κατάλογο αποστέλλοντας

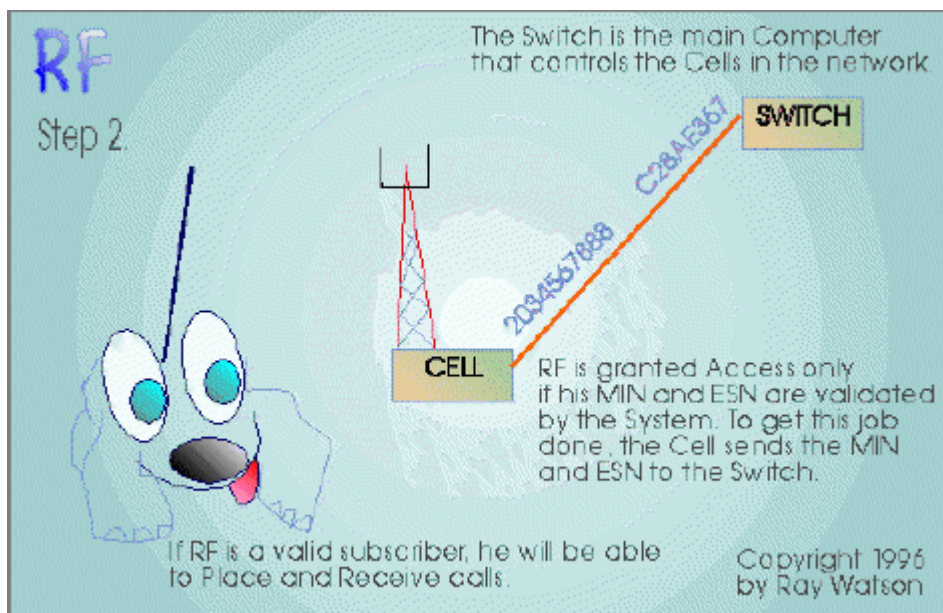
Αριθμός Αναγνώρισης Κινητού (MIN)	ο αριθμός τηλεφώνου που ορίζεται στο συνδρομητή από το κυψελοειδές δίκτυο
Ηλεκτρονικός Σειριακός Αριθμός (ESN)	αυτό ορίζεται στο κινητό τηλέφωνο από τον κατασκευαστή

Η παρακάτω εικόνα επεξηγεί αυτό, γραφικά :



Τα MSN και ESN χρησιμοποιούνται από το MSC για την επικύρωση πρόσβασης. Αυτό περιλαμβάνει τον έλεγχο επιβεβαίωσης των πληροφοριών που είναι αποθηκευμένες κατά την αρχική εγγραφή του συνδρομητή στο οικείο δίκτυο.

Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει αυτό, γραφικά :



Οι πληροφορίες σχετικές με το κινητό τηλέφωνο και της τρέχουσας θέσης του αποθηκεύονται στο κινητό κέντρο διαλογής (MSC). Και οι πληροφορίες που αποθηκεύονται στο MSC και το κανάλι σελιδοποίησης, χρησιμοποιούνται από το MSC για να κατευθύνουν οποιαδήποτε κλήση στον κατάλληλο συνδρομητή.

Όταν ο συνδρομητής κάνει κλήσεις, έχει την «άδεια» να είναι οπουδήποτε μέσα στο δίκτυο, καθώς αυτό περιλαμβάνει το κινητό τηλέφωνο να έχει πρόσβαση στο σταθμό βάσης - που θα μπορούσε να βρεθεί σε οποιαδήποτε από τις κυψέλες όλου του δικτύου.

Κίνηση του κινητού τηλεφώνου από μια κυψέλη σε άλλη

Κατά τη διάρκεια μιας κλήσης, ο σταθμός βάσης ελέγχει το επίπεδο σημάτων από το κινητό τηλέφωνο. Όταν το κινητό τηλέφωνο κινείται σε μια νέα κυψέλη, το επίπεδο σημάτων θα μειωθεί σε μια κρίσιμη τιμή αναγκάζοντας το σταθμό βάσης να ενημερώσει το MSC για αυτό το γεγονός. Το MSC θα καθοδηγήσει όλους τους περιβάλλοντες σταθμούς βάσης να μετρήσουν το επίπεδο σήματος αυτού του κινητού και να μεταφέρουν τον έλεγχο αυτού στο σταθμό βάσης που λαμβάνει το ισχυρότερο σήμα. Αυτό είναι γνωστό ως **hand-over** και εμφανίζεται μέσα σε **400ms**, έτσι ώστε οι συνδρομητές να μην αντιλαμβάνονται αυτό το «σπάσιμο».

Τώρα η εγγραφή στον κατάλογο γίνεται πάλι με τον νέο σταθμό βάσης. Οι πληροφορίες θέσης που βρίσκονται αποθηκευμένες στο MSC γι' αυτό το τηλέφωνο ενημερώνονται με τα νέα στοιχεία. Εάν το κινητό τηλέφωνο κινείται σε μια κυψέλη που ανήκει σε μια διαφορετική συστάδα θα πρέπει επίσης να καταχωρηθεί και στο νέο MSC. [30]

Το σύστημα DCS-1800

Θα αναφερθώ και λίγο στο σύστημα DCS-1800 που ανήκει στα δίκτυα 2^{ης} γενεάς. Το ψηφιακό σύστημα DCS-1800 ανήκει στην κατηγορία των προσωπικών επικοινωνιακών δικτύων (Personal Communication Networks, PCN) και βασίζεται στα γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος GSM. [15]

Πλεονεκτήματα του συστήματος DCS-1800

Το σύστημα DCS-1800 είναι μικρό-κυτταρικής μορφής δίκτυο και έχει τη δυνατότητα να εξασφαλίσει υψηλή ποιότητα επικοινωνίας σε συνδρομητές που κινούνται σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, παρέχοντας συγχρόνως και υψηλή χωρητικότητα από πλευράς αριθμού εξυπηρετούμενων συνδρομητών. Απαιτείται πυκνότερο δίκτυο για την κάλυψη συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής αλλά οι σταθμοί βάσης έχουν δυνατότητα ρύθμισης της ισχύος εκπομπής με βήματα των 2 dB για την ακριβέστερη ρύθμιση και τη βέλτιστη λειτουργία του δικτύου. Μια από τις βασικές διαφορές του συστήματος σε σχέση με το GSM είναι η περιοχή των

συχνοτήτων λειτουργίας. Συγκεκριμένα έχουν παραχωρηθεί οι εξής ζώνες συχνοτήτων. [26]

1710-1785 MHz για uplink

1805-1880 MHz για downlink

Το εύρος ζώνης των 75 MHz είναι τριπλάσιο από τα 25 MHz του GSM γεγονός που ανεβάζει τον αριθμό των φυσικών καναλιών σε 374 τα οποία με τη χρησιμοποίηση της τεχνικής TDMA αντιστοιχούν σε 2992 διαθέσιμα κανάλια επικοινωνίας.

Όσον αφορά τις τερματικές συσκευές του συστήματος αυτές έχουν αυξημένες αρμοδιότητες και αναλαμβάνουν τη διαχείριση όλων των κωδικοποιήσεων κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας. Ακόμη η ισχύς εκπομπής των συσκευών είναι μικρότερη σε σχέση με τα δίκτυα GSM. Χαρακτηριστικά αναφέρω ότι η μέγιστη ισχύς είναι 1 W/30 dBm ή 0.25 W/24 dBm ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκει η συσκευή σε σύγκριση με τα 20 W/43 dBm, 8 W/39 dBm, 5 W/37 dBm, 2 W/33 dBm και 0.8 W/29 dBm όπως είναι η διαβάθμιση στο GSM. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι τερματικές συσκευές του συστήματος DCS-1800 έχουν τη δυνατότητα μείωσης της ισχύος εκπομπής με βήματα των 2dB σε συνεργασία με τον τοπικό σταθμό Βάσης του συστήματος, επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση της εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. [28]

Οι υπηρεσίες του GSM

Οι υπηρεσίες διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: [6] & [27]

1) **Υπηρεσίες δικτύου (Bearer Services)**. Είναι αυτές που προσφέρουν τη δυνατότητα διαβίβασης σημάτων μεταξύ των διαφόρων σημείων πρόσβασης του χρήστη με το δίκτυο. Εδώ πρόκειται για υπηρεσίες μεταφοράς που αντιστοιχούν στα χαμηλότερα επίπεδα 1 έως 3 του OSI που αφορούν τη δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων, φωνής, ή ανάμικτα.

ΦΑΣΗ: Ε σημειώνονται οι αναγκαίες υπηρεσίες, Α οι πρόσθετες, ΠΜ εκείνες που βρίσκονται υπό μελέτη.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ	ΦΑΣΗ
Σύγχρονη αμφίδρομη επικοινωνία κυκλωμάτων δεδομένων, 300-9600 Kbit/sec	A
Ασύγχρονη αμφίδρομη επικοινωνία δεδομένων, 1200-9600 Kbit/sec	Ε,Α
Ασύγχρονη αμφίδρομη πρόσβαση κυκλωμάτων πακέτων, 300-9600 Kbit/sec	ΠΜ
Σύγχρονη αμφίδρομη επικοινωνία πακέτων, 1200-9600	Ε,Α
Ομιλία συνοδευόμενη από δεδομένα	A

2) **Τηλεϋπηρεσίες(Teleservices)**. Είναι αυτές που προσφέρουν στους χρήστες τη δυνατότητα πλήρους πρόσβασης για επικοινωνία με άλλους χρήστες σύμφωνα με τα ισχύοντα πρωτόκολλα επικοινωνίας και ανάλογα με τις υπάρχουσες συμφωνίες μεταξύ των διαφόρων φορέων λ.χ. των δικτύων Κινητής Τηλεφωνίας. Οι τηλεϋπηρεσίες αντιστοιχούν σε ανώτερα επίπεδα, 4-7 του μοντέλου OSI. Σαν παραδείγματα τηλεϋπηρεσιών έχουμε την τηλεφωνία, το videotext, το teletext, την εναλλασσόμενη ομιλία και fax, τις κλήσεις ανάγκης προς ένα ή περισσότερα συγκεκριμένα σημεία και τις υπηρεσίες διαχείρισης μηνυμάτων.

3) **Συμπληρωματικές υπηρεσίες**. Μερικές συμπληρωματικές υπηρεσίες που διαθέτει το GSM, ανάλογα και με τις δυνατότητες σηματοδότησης του σταθερού δικτύου είναι οι εξής: **[7] & [8]**

- Ένδειξη στον καλούμενο, της ταυτότητας του καλούντος συνδρομητή και η αντίθετη της εργασίας αυτής(χορηγείται στον καλούμενο).
- Ένδειξη στον καλούμενο του αριθμού του καλούμενου και η αντίθετη της εργασίας αυτής(χορηγείται στον καλούμενο).
- Άμεσος εντοπισμός εκ μέρους του καλούμενου μίας κακόβουλης κλήσης.
- Εκτροπή εισερχόμενων κλήσεων σ' έναν άλλο αριθμό.
- Κλήση σε ουρά αναμονής. Ειδικός τόνος κατά τη διάρκεια μίας συνομιλίας, προς τον συνδρομητή που συνομιλεί ότι κάποιος τρίτος τον καλεί. Μπορεί να απαντήσει στον τρίτο χωρίς να διακόψει την συνομιλία.
- Κλειστή ομάδα συνδρομητών.
- Παροχή στοιχείων χρέωσης.
- Μεταφορά κλήσης σε άλλο αριθμό. Η υπηρεσία αυτή διαφέρει από την εκτροπή κλήσης επειδή αναφέρεται σε μία πλήρως αποκατεστημένη κλήση, ενώ η εκτροπή σχετίζεται με εισερχόμενη κλήση, που δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί.
- Τριμερής και πλέον συνομιλία.
- Φραγή, διαφόρων παραλλαγών.
- Κλήσεις χωρίς χρέωση που καταλήγουν σε συγκεκριμένο αριθμό με χρέωση του καλουμένου.

Συστήματα Κινητής Τηλεφωνίας 2.5 γενεάς

Το πρώτο βήμα στην εξέλιξη από το GSM στο UMTS είναι το HSCSD. Το HSCSD επιτρέπει σε ένα κινητό τηλέφωνο να μεταδώσει πολλαπλές ροές δεδομένων TDMA μέσα από ένα ράδιο-κανάλι. Αυτό σημαίνει ότι ο ρυθμός μετάδοσης μπορεί να αυξηθεί κατά πολύ σε σχέση με την μονή ροή TDMA, είτε σε 9,6 kilobits ανά δευτερόλεπτο (9.6Kbps) είτε σε 14.4Kbps. Παραδείγματος χάριν, εάν

4 χρονοθυρίδες (timeslots) παρέχονται σε ένα τηλέφωνο τότε ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων θα μπορούσε να είναι είτε 38.4Kbps είτε 57.6Kbps.

Αν και ο ρυθμός μετάδοσης αυξάνεται με HSCSD, συνεχίζει ακόμα να είναι κύκλωμα μεταστροφής (circuit switched). Το HSCSD επιτρέπει μια αλληλουχία πολλαπλών time-slots για να αυξήσει τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, αλλά διατηρεί ακόμα την αρχική αφιερωμένη (dedicated) αρχιτεκτονική καναλιών φωνής του GSM. Βασικά, το HSCSD είναι μια μικρή τροποποίηση στο αρχικό σχέδιο κωδικοποίησης GSM, που συνδέεται με τη λειτουργία πολύ-χρονοθυρίδων (καναλιών). Συνδυάζοντας αυτές τις δύο τεχνικές επιτρέπει στον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων των χρηστών να διπλασιαστεί σε 14,4 KB το δευτερόλεπτο ανά κανάλι, ή ακόμα και να φτάσει μέχρι και 57,6 KB το δευτερόλεπτο εάν συνδυαστούν τέσσερις αφιερωμένες χρονοθυρίδες. **[20] & [21]**

Όμως, οι χρονοθυρίδες είναι περιορισμένες και πολύτιμες για τη σημαντικότερη λειτουργία των κυψελοειδών δικτύων -την φωνή. Η υπηρεσία HSCSD είναι χαρακτηριστικά διαθέσιμη μόνο όπου οι κυψέλες δεν φορτώνονται πλήρως ή κατά τη διάρκεια των ωρών μη αιχμής. Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα "ακανθώδη" ζητήματα ήρθε το GPRS (General Packet Radio Service), ένα άλλο μέλος της οικογένειας 2.5G. **[23]**

Το GPRS είναι ένα χωριστό δίκτυο πακέτων που επικάθεται στο αρχικό circuit-switched δίκτυο φωνής.

Τέσσερις πιθανοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων είναι διαθέσιμοι ανά κανάλι, που κυμαίνονται από 9 kbps έως 21,4 kbps και όπως στο HSCSD, η λειτουργία πολυ-χρονοθυρίδων επιτρέπεται επίσης, παρέχοντας, θεωρητικά τουλάχιστον, ρυθμούς μετάδοσης της τάξης των 171,2 kbps με την χρήση οκτώ χρονοθυρίδων υπό τους καλύτερους δυνατούς όρους. Πραγματικά, ο ρυθμός 171,1 kbps είναι μόνο εφικτός υπό ιδανικές συνθήκες - να βρίσκομαι σε μια περιοχή δίπλα σε έναν κυψελοειδή πύργο και να είμαι το μόνο πρόσωπο στον κόσμο που βρίσκεται στο δίκτυο.

Ως ένα απαραίτητο βήμα στην εξέλιξη προς την 3η γενεά, το GPRS παρέχει υπηρεσίες δεδομένων του GSM, αλλά σε ένα ενισχυμένο επίπεδο μεταφοράς δεδομένων με τρόπο που να φροντίζει για την αυξανόμενη κυκλοφορία Διαδικτύου.

Ο νέος εξοπλισμός GPRS που σχεδιάζεται για τα δεδομένα πακέτων θα πρέπει να εγκατασταθεί παράλληλα με το μεταστρεφόμενο κύκλωμα του δικτύου GSM για να παρέχει την άμεση πρόσβαση IP (πρωτόκολλο Διαδικτύου) στο Διαδίκτυο και τα εταιρικά δίκτυα δεδομένων.

Το GPRS επιτρέπει την αποδοτική χρήση του ραδιο-καναλιού επιτρέποντας σε πολλούς χρήστες δεδομένων να μοιράζονται τη ράδιο διεπαφή σε στατιστική βάση. Οι χρήστες παραμένουν μόνιμα "συνδεδεμένοι" και εάν τα πακέτα δεδομένων παραληφθούν, κατόπιν ενημερώνονται αμέσως οι χρήστες. Αυτό είναι παρόμοιο με την ταχυδρομική υπηρεσία, δηλ. μπορεί να θεωρηθεί ότι όλοι είμαστε μόνιμα συνδεδεμένοι με το δίκτυο.

Εάν κάποιος μας στείλει μια επιστολή, θα φθάσει στο σπίτι μας χωρίς να το ζητήσουμε. Το GPRS παρέχει ροή μετάδοσης δεδομένων περίπου 115 kilobits ανά δευτερόλεπτο (115Kbps), αλλά υιοθετεί ακόμα την ίδια τεχνική TDMA πάνω στο ραδιο-κανάλι, όπως και στο GSM.

Η φιλοσοφία λειτουργίας του είναι ότι αντί να πάρουμε απευθείας την δικιά μας γραμμή (όπως με ένα τηλεφώνημα), το μήνυμά μας ταξιδεύει σε πακέτα μέσω ενός ανοικτού καναλιού (όπως είναι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και οι ιστοσελίδες που ταξιδεύουν σε ολόκληρο το Διαδίκτυο). Όταν διαβιβάζουμε ένα αρχείο μέσω μιας packet-switched (σε αντιδιαστολή με circuit-switched) σύνδεσης, το αρχείο χωρίζεται αρχικά σε πολλά ίδιου μεγέθους πακέτα.

Κάθε πακέτο περιέχει και τη διεύθυνση IP του τελευταίου προορισμού του αρχείου και έναν μοναδικό αριθμό που επιτρέπει στο αρχείο να αναδημιουργηθεί κατάλληλα όταν φθάσουν όλα τα πακέτα στο άλλο άκρο. Επειδή κάθε πακέτο ονομάζεται και έχει τις ανωτέρω οδηγίες, δεν πρέπει απαραίτητα να ακολουθήσει τη διαδρομή του πακέτου που στάλθηκε πριν από αυτό.

Το τρέχον ραδιο κανάλι που χρησιμοποιείται για τη φωνή και τα δεδομένα είναι μια ευρεία ζώνη 200-kHz που διαιρείται σε οκτώ χωριστές ροές δεδομένων. Επειδή το GPRS είναι δίκτυο βασισμένο σε πακέτα, μπορεί να στείλει τα πακέτα και μέσω των οκτώ ροών ταυτόχρονα. Κάθε ροή μπορεί να χειριστεί περίπου 13 Kbps του ρυθμού μετάδοσης, έτσι όταν προσθέσουμε όλα τα κανάλια, παίρνουμε ένα ποσοστό που είναι πάνω από 100 Kbps. [17] & [22]

Συστήματα Κινητής Τηλεφωνίας 3^{ης} γενεάς

Γιατί χρειαζόμαστε το UMTS

Καθώς η κοινωνία της πληροφορίας ανθεί στα πρώτα χρόνια της νέας χιλιετίας, οι χρήστες των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών των δεδομένων και πολυμέσων θα περιμένουν και θα απαιτούν ότι οι ίδιες αυτές οι υπηρεσίες θα συνεχίσουν να είναι διαθέσιμες σ' αυτούς όταν αυτοί φεύγουν μακριά από τα θρανία, τα γραφεία ή τα σπίτια τους. Οι υπηρεσίες πολυμέσων επιτρέπουν την παράδοση μιας πλούσιας ποικιλίας από ήχο, εικόνα και βασισμένη στο κείμενο πληροφορίας επιπρόσθετα στη «βασική φωνή».

Τα τρέχοντα ασύρματα ή κινητά συστήματα, παρόλη την εξέλιξη τους, ακόμα περιορίζονται στους όρους των ρυθμών των δεδομένων που μπορούν να προσφέρουν και την ευελιξία τους να διαχειριστούν πολύπλοκες, ακόμα φιλικές προς το χρήστη υπηρεσίες πολυμέσων. Αυτή η ανάγκη παρουσιάζει την ευκαιρία στους φορείς κινητής τηλεπικοινωνίας, και στις κοινότητες καταναλωτών ηλεκτρονικών να προσφέρουν στους χρήστες κάτι καινούριο- ένα κινητό σύστημα ικανό να

διαχειρίζεται και να παραδίδει μια πολύ πλατύτερη περιοχή υπηρεσιών πληροφορίας στη μαζική αγορά. **[12]**

Τι είναι το UMTS

Το UMTS είναι ένα από τα μεγαλύτερα κινητά συστήματα της τρίτης γενιάς που έχουν σχεδιαστεί μέσα στο πλαίσιο εργασίας που έχει οριστεί από τη διεθνή ένωση τηλεπικοινωνιακών (ITU) γνωστό σαν IMT-2000. Ήταν το θέμα από επίμονες προσπάθειες σ' ολόκληρο τον κόσμο στην έρευνα και την ανάπτυξη μέσα από την τελευταία δεκαετία. Το UMTS έχει την υποστήριξη από πολλούς μεγάλους λειτουργούς τηλεπικοινωνιών και κατασκευαστών επειδή παρουσιάζει μια μοναδική ευκαιρία να δημιουργήσει μια μαζική αγορά για υψηλή προσωπική και φιλική προς το χρήστη κινητή πρόσβαση στην κοινωνία της πληροφορίας. Είναι γνωστό επίσης και ως ευρείας ζώνης κώδικας διαίρεσης πολλαπλής πρόσβασης (W- CDMA). Θα αυξήσει τις ταχύτητες δικτύων σε 2Mbps ανά κινητό χρήστη και θα καθιερώσει πρότυπα global roaming. **[9] & [16]**

Το IMT-2000 έχει οριστεί από την ITU σαν ένα ανοιχτό διεθνές πρότυπο για υψηλή χωρητικότητα, κινητό σύστημα τηλεπικοινωνιών με υψηλούς ρυθμούς δεδομένων. Το UMTS έχει γίνει πρότυπο στο ευρωπαϊκό ινστιτούτο τηλεπικοινωνιακών προτύπων (ETSI) στο πλαίσιο εργασίας για το IMT-2000, σε συνεργασία με άλλα τοπικά και διεθνή σώματα προτύπων σ' ολόκληρο τον κόσμο για να παράγουν λεπτομερή πρότυπα ώστε να ικανοποιούν τις ανάγκες της αναπτυσσόμενης αγοράς για καθολική περιπλάνηση(roaming) και διαθεσιμότητα υπηρεσιών. **[11]**

Το UMTS είναι ένα σημαντικό κομμάτι από πλατύτερες καινοτομίες για να ικανοποιήσει τις ανάγκες των συνεργαζόμενων χρηστών και της μαζικής αγοράς. **[19]**

Φάσμα για το UMTS

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

Η Ευρώπη κι η Ιαπωνία έχουν αποφασίσει να υλοποιήσουν το επίγειο κομμάτι των UMTS στα ζευγάρια μπαντών 1920-1980 MHz και 2110-2170 MHz. Η Ευρώπη επίσης αποφάσισε να υλοποιήσει το UTRA στις αζευγάρωτες μπάντες (unpaired bands) 1900-1920 MHz και 2010-2025 MHz. **[26]**

Τι προσφέρει το σύστημα UMTS

Τα οφέλη της τεχνολογίας αυτής είναι: [18]

- Γρήγορη πρόσβαση στο Internet. Με ταχύτητες έως και 384kbps το κινητό προσφέρει ταχύτητες πρόσβασης παρόμοιες με αυτές της τεχνολογίας xDSL.
- Εφαρμογές πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο. Σε αυτές περιλαμβάνονται υψηλής ποιότητας ήχος, εικόνα ακόμη και η αναμενόμενη δυνατότητα τηλεδιάσκεψης από το κινητό!
- Υψηλής ταχύτητας μετάδοση μηνυμάτων, συμπεριλαμβανομένων και των mms αλλά και μηνυμάτων email, τα οποία πλέον θα αποστέλλονται και θα λαμβάνονται σε ελάχιστο χρόνο!
- Υψηλής ποιότητας παιχνίδια, τα οποία θα μπορούν να παίζονται online σε πραγματικό χρόνο και ταυτόχρονα με άλλους παίκτες.
- Υπηρεσίες εύρεσης θέσεως, σε συνδυασμό με την τεχνολογία GPS, οι οποίες θα μπορούν να παρέχουν χάρτες τη περιοχής που βρισκόμαστε, εύρεση βέλτιστης διαδρομής προς τον προορισμό μας, γειτονικά σημεία ενδιαφέροντος κλπ.
- Μετά την ευρεία διείσδυση της τεχνολογίας 3G αναμένεται να διατεθούν ακόμη περισσότερες υπηρεσίες, όπως μετάδοση τηλεοπτικών εκπομπών και υπηρεσίες παγκόσμιας περιαγωγής.

Υπηρεσίες που προσφέρει το UMTS [13]

1. Postcards & commercial stills: Με τη χρησιμοποίηση του δικτύου UMTS οι χρήστες θα είναι σε θέση να στείλουν και να λάβουν ηλεκτρονικές κάρτες. Οι συσκευές που έχουν ενσωματωμένες φωτογραφικές μηχανές είναι περισσότερο κατάλληλες για τη χρήση αυτής της υπηρεσίας.

2. Mobile music: Στοχεύοντας σε εκείνους που χρησιμοποιούν ένα προσωπικό στερεοφωνικό συγκρότημα, αυτή η υπηρεσία θα παράσχει τη δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει τη μουσική από απομακρυσμένα sites και να την «φορτώσει» στη συσκευή του. Οι συσκευές θα είναι τότε σε θέση να αναπαράγουν τη μουσική, ή εάν παρέχονται κατάλληλες διεπαφές τότε η συσκευή μπορεί να συνδεθεί με ένα κατάλληλο εξοπλισμό για την ακρόαση.
3. Video clips: Αυτή η υπηρεσία θα παρέχει στο χρήστη την ικανότητα να «κατεβάζει» video clips . Ικανές συσκευές θα είναι σε θέση να καταγράψουν τα Video clips και να τα στείλουν έπειτα σε άλλους χρήστες. Αυτό δεν είναι υπηρεσία πραγματικού χρόνου.
4. Πολυμέσα: Ο ρόλος τους είναι να συντονίσουν τη μεταφορά διάφορων μέσων (βίντεο, εικόνες, μουσική, κ.λπ...) στους διάφορους χρήστες. Φαίνεται ότι αυτό θα επιτευχθεί με την ενσωμάτωση του περιεχομένου σε ένα email το οποίο η συσκευή θα εξαγάγει έπειτα από την παραλαβή.
5. Video conferencing: Μια υπηρεσία που θα επιτρέψει στους χρήστες με τις κατάλληλα εξοπλισμένες συσκευές, την τηλεοπτική διάσκεψη μεταξύ τους και ακόμη και με πολλούς άλλους χρήστες. Η οθόνη της συσκευής θα εμφανίζει σε πραγματικό χρόνο την εικόνα του καλούμενου μαζί με μια μικρότερη εικόνα του χρήστη (που παράγεται μέσω της ενσωματωμένης φωτογραφικής μηχανής), οι χρήστες θα είναι σε θέση να ακούσουν και να δουν ο ένας τον άλλον.
6. Find & guide: Οι χρήστες επιλέγουν τους προορισμούς που τους ενδιαφέρουν σε μια τοπική περιοχή. Η συσκευή θα τους καθοδηγήσει έπειτα στον επιθυμητό προορισμό. Παραδείγματος χάριν, ο χρήστης μπορεί να θελήσει να βρει τα εστιατόρια στην τοπική περιοχή.
7. Localised push advertising: Με βάση τη θέση μας, οι αναφορές από εκείνη την περιοχή μας στέλνονται για να μας ενημερώσουν για ειδικές προσφορές, ενδιαφέροντα μέρη για επίσκεψη κ.λπ. Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει δικό του προφίλ με το οποίο μόνο αυτά που τον ενδιαφέρουν από τις τοπικές αναφορές να του εμφανίζονται.
8. Managed back-up: Οι συσκευές θα είναι σύνθετες και θα περιέχουν πολλές πληροφορίες, είτε είναι της φύσης Personal Information Manager (PIM) ή των βίντεο, μουσικής, στοιχείων που ο χρήστης έχει «κατεβάσει». Αυτή η

υπηρεσία θα είναι διαθέσιμη σε εκείνους τους ανθρώπους οι οποίοι θέλουν να υποστηρίξουν τα δεδομένα τους σε περίπτωση που χαθούν.

9. Group working & job scheduling: Παρέχει την υπηρεσία που επιτρέπει στους συνδρομητές να σχεδιάζουν συναντήσεις, κοινωνικά γεγονότα, κ.λπ. ο ένας με τον άλλο.
10. Fast & secure mobile office: Πρόσβαση στο εσωτερικό δίκτυο των χρηστών, το διαδίκτυο, δυνατότητα να «κατεβάζουν» τα email τους καθώς και εφαρμογές γραφείου. Στοχεύει να παρέχει ένα περιβάλλον ασύρματου κινητού γραφείου.
11. M-commerce: Θα διευκολύνει τις αγορές που γίνονται με την χρήση e-wallet που θα το δημιουργεί ο χρήστης για εύκολη πληρωμή χωρίς να χρειάζεται να επανεισάγονται οι πληροφορίες της πιστωτικής κάρτας. Ακολουθώντας μια διαδικασία εγγραφής με την οποία θα καθιερωθεί σαφή ευθύνη για τις οικονομικές συναλλαγές που αναλαμβάνονται, οι πελάτες μπορούν "να αναζητήσουν" και να αγοράσουν αγαθά και υπηρεσίες σε ένα κινητό περιβάλλον διαδικτύου.

Διαφορές δικτύων 2^{ης} και 3^{ης} γενεάς

Πριν ολοκληρώσω αυτήν την παρουσίαση θεωρώ σκόπιμο να αναφέρω κάποιες διαφορές των δικτύων 2^{ης} και 3^{ης} γενεάς.

- Μια σημαντική διάκριση μεταξύ των δικτύων GSM και UMTS είναι ο τρόπος που επηρεάζονται από τις υπηρεσίες δεδομένων. Ακόμη και με τις πιο πρόσφατες εξελίξεις στο GSM όπως HSCSD και GPRS, οι επιπτώσεις στην απόδοση των δικτύων είναι ακόμα σημαντικά διαφορετική από εκείνες στο UMTS. Με το GSM, η εισαγωγή των υπηρεσιών δεδομένων έχει επιπτώσεις μόνο στους πόρους που είναι διαθέσιμοι για μεμονωμένους χρήστες. Η παρεμβολή μέσα το δίκτυο θα είναι η ίδια είτε φορτώνεται πλήρως με χρήστες φωνής είτε με μερικούς χρήστες δεδομένων που καταλαμβάνουν όλες τις χρονοθυρίδες και τα ζεύγη συχνοτήτων.

Αντίθετα, με το UMTS η πιθανή παρεμβολή που εισάγεται από έναν χρήστη που χρησιμοποιεί υψηλούς ρυθμούς δεδομένων εξαρτάται από την θέση μέσα στην κυψέλη που βρίσκεται αυτός. Γενικά, οι υπηρεσίες που χρησιμοποιούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων υιοθετούν έναν πιο σύντομο κώδικα διάδοσης και έχουν έτσι ένα μειωμένο κέρδος διάδοσης. Για να υπερνικήσει αυτήν την απώλεια η υπηρεσία μπορεί να μεταδοθεί με υψηλότερη ενέργεια. Αυτοί οι παράγοντες οδηγούν σε μεγάλες διακυμάνσεις των παρεμβολών. **[25]**

- Μια άλλη διαφορά μεταξύ του σχεδιασμού UMTS και GSM αφορά τον προσδιορισμό θέσης των σταθμών βάσεων. Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας επιθυμούν σίγουρα να επαναχρησιμοποιήσουν όσο το δυνατόν περισσότερα από τις υπάρχουσες περιοχές κυψελών, όχι μόνο λόγω του κόστους αλλά και λόγω της μεγάλης έλλειψης κατάλληλων περιοχών στις αστικές περιοχές για τοποθέτηση νέων. Ενώ οι θέσεις για τους σταθμούς βάσεων ήταν μια από τις μεταβλητές στη διαδικασία σχεδιασμού για το GSM, αυτό θα προκαθοριστεί σε μια πολύ μεγαλύτερη έκταση στο UMTS. Αυτό μπορεί να προκαλέσει δυσκολίες κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού - η επιθυμητή χωρητικότητα μπορεί να μην είναι επιτεύξιμη με τις παρούσες περιοχές και μπορεί να αναγκάσει τις εταιρείες να υποβαθμίσουν την υπηρεσία σε μια περιοχή έως ότου διατεθούν νέες περιοχές. Ένα τελικό ζήτημα για τους αρμόδιους για το σχεδιασμό για να εξετάσουν είναι η έννοια της «μαλακής» μεταγωγής. Τα συστήματα GSM χρησιμοποιούν τη «σκληρή» μεταγωγή μεταξύ των κυψελών, το οποίο σημαίνει ότι ο χρήστης συνδέεται με μια κυψέλη τη φορά. Καθώς η κινητή συσκευή κινείται από την μια άκρη στην άλλη του δικτύου περνά από ένα σταθμό βάσης σε έναν άλλο. Τα συστήματα CDMA είναι ευαίσθητα σε αυξήσεις της ισχύς μετάδοσης. Στην άκρη μιας κυψέλης, ένας χρήστης θα πρέπει να αυξήσει τη ισχύ μετάδοσής του στο σταθμό βάσης και αυτό θα οδηγήσει σε μια γενική υποβάθμιση ικανότητας στο δίκτυο. Η έννοια της «μαλακής» μεταγωγής αναπτύχθηκε για το CDMA έτσι ώστε η ισχύς μετάδοσης του χρήστη να μπορεί να παραληφθεί σε δύο ή περισσότερους σταθμούς βάσης και να συνδυαστεί έπειτα στο διακόπτη. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης είναι σε θέση να διαβιβάσει σε χαμηλότερο επίπεδο ισχύος, το οποίο θα μειώσει ενδεχομένως την παρεμβολή. Το μειονέκτημα είναι ότι η αυξανόμενη σηματοδότηση απαιτείται στο backbone, έτσι ο αυστηρός έλεγχος της περιοχής «μαλακής» μεταγωγής είναι σημαντικός. [24]

Επίλογος

Οι υπηρεσίες που θα αποτελέσουν αιχμή της συζήτησης σύμφωνα με την προσωπική μου κρίση είναι η video κλήση, υπηρεσίες εύρεσης θέσεως σε συνδυασμό με την τεχνολογία GPS και γρήγορη πρόσβαση στο Internet. Είναι εντυπωσιακό να μπορούμε να βλέπουμε τον συνομιλητή μας, πολύ χρήσιμο να μπορούμε να βρίσκουμε την βέλτιστη διαδρομή για το προορισμό μας και αφού το διαδίκτυο έχει μπει στη ζωή μας σημαντικό για τους ανθρώπους που το διαδίκτυο είναι μέρος της δουλειάς τους να έχουν γρήγορη πρόσβαση. [8]

Γλωσσάριο

PSTN	Public Switched Telephone Network
MSC	Mobile Switching Centre
BS	Base Station
GSM	Global System for Mobile communication
DCC	Dedicated Control Channel
MIN	Mobile Identification Number
ESN	Electronic Serial Number
GPRS	General Packet Radio Service
PCN	Personal Communication Networks
TDMA	Time Division Multiple Access
HSCSD	High-Speed Circuit-Switched Data
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
WCDMA	Wide-Band Code Division Multiple Access

Βιβλιογραφία

- Title:** How does Cellular Work?
Author(s): Watson R., Yakman B.
Source: <http://web.idirect.com/~wireless/cell101.htm>
Περιέχει μια σύντομη επεξήγηση των κινητών τηλεφώνων
- Title:** Cellular Communication Networks - GSM
Author(s): My project partner -Fahham F.
Source: <http://www-students.doc.ic.ac.uk/~fjf/article1.html>
Περιέχει μια πολύ εμπειριστατωμένη επεξήγηση του GSM
- Title:** Mobile Cellular Telecommunications - Analog and Digital Systems
Author(s): Lee W.C.Y.
Source: 2nd Edition, McGraw-Hill, Inc.
Κεφάλαιο 6- σελίδα 189. Περιέχει σύντομη εξήγηση της co-channel παρεμβολής
- Title:** Mobile Cellular Telecommunications - Analog and Digital Systems
Author(s): Lee W.C.Y.
Source: 2nd Edition, McGraw-Hill, Inc.
Κεφάλαιο 1- σελίδα 27. Περιέχει περιγραφή των σχημάτων των κυψελών
- Title:** Mobile Cellular Telecommunications - Analog and Digital Systems
Author(s): Lee W.C.Y.
Source: 2nd Edition, McGraw-Hill, Inc.

Κεφάλαιο 10 – σελίδα 325. Περιέχει πλήρη επεξήγηση για τον διαχωρισμό των κυψελών.

6. **Title:** The GSM tutorial
Author(s): Web document
Source: <http://www.iec.org>
Περιέχει πλήρη επεξήγηση των υπηρεσιών του δικτύου GSM.
- 7 **Title:** GSM World
Source: <http://www.gsmworld.com/index.shtml>
Η ένωση GSM είναι η παγκόσμια εμπορική ένωση που υπάρχει για να προωθήσει, να προστατεύσει και να ενισχύσει τα συμφέροντα των παρόχων κινητών υπηρεσιών GSM σε όλο τον κόσμο.
- 8 **Title:** BYTE.COM
Source: <http://www.byte.com/art/9805/sec18/art4.htm>
On-line περιοδικό τεχνολογίας
- 9 **Title:** WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications
Author(s): Harri Holma, Antti Toskala
Παρέχει μια πλήρη εικόνα της WCDMA διεπαφής των 3ης γενεάς κυψελοειδών συστημάτων - UMTS .Το WCDMA σχεδιάζεται για τις επικοινωνίες πολυμέσων συμπεριλαμβανομένων των υψηλής ποιότητας εικόνων και του βίντεο, και την πρόσβαση στις υπηρεσίες με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων.
- 10 **Title:** Overview of the Global System for Mobile Communications
Author(s): John Scourias
Source: <http://ccnga.uwaterloo.ca/~jscouria/GSM/gsmreport.html>
Εργασία που παρουσιάζει και περιγράφει αναλυτικά την ιστορία και λειτουργία του δικτύου GSM
- 11 **Title:** Third Generation Mobile Telecommunication Systems : UMTS and IMTS-2000
Author(s): Peter Stavroulakis
Πολύ καλό βιβλίο που αναφέρεται στο πρότυπο IMTS-2000 για το UMTS
- 12 **Title:** 3G/UMTS - Towards mobile broadband and personal Internet (updated October 2005)
Author(s): White Paper
Source: http://www.umts-forum.org/servlet/dycon/ztumts/umts/Live/en/umts/MultiMedia_PDFs_Papers_Towards-Mobile-Broadband-Oct05.pdf
Πρόσφατα ενημερωμένη με τις πιο πρόσφατες πληροφορίες της αγοράς, αυτή η Λευκή Βίβλος από το φόρουμ UMTS, προσφέρει μια επισκόπηση των δικτύων 3G, των τερματικών και υπηρεσιών UMTS.
- 13 **Title:** The ranking of top 3G services
Author(s): White Paper
Source: http://www.umts-forum.org/servlet/dycon/ztumts/umts/Live/en/umts/MultiMedia_PDFs_Papers_Position-Paper-2.pdf

Μια από τις πολύ συχνά ερωτήσεις είναι "ποιές είναι οι κορυφαίες 3G υπηρεσίες στα επόμενα χρόνια". Αυτή η προφανώς απλή ερώτηση δεν μπορεί εύκολα να απαντηθεί.

Χρησιμοποιώντας τα ίδια στοιχεία που περιλαμβάνονται στις εκθέσεις φόρουμ UMTS 9 και 13, ένα σύνολο πινάκων έχουν προετοιμαστεί στο οποίο οι έξι κατηγορίες υπηρεσιών που αναφέρονται στις εκθέσεις ταξινομούνται σύμφωνα με διάφορα κριτήρια.

- 14 Title:** The European Telecommunications Standards Institute
Source: <http://www.etsi.org>
Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός τυποποίησης τηλεπικοινωνιών παρέχει όλα τα standards για την δημιουργία, χρήση και λειτουργία όλων των δικτύων κινητής επικοινωνίας.
- 15 Title:** Το Σύστημα GSM
Source: <http://www.gunet.gr/index.pl?id=3190&isa=Item&op=download>
Συνοπτική περιγραφή του GSM από το GUnet.
- 16 Title:** UMTS
Source: <http://www.gunet.gr/index.pl?id=3192&isa=Item&op=download>
Συνοπτική περιγραφή του UMTS από το GUnet.
- 17 Title:** GPRS: General Packet Radio Service
Source: <http://www.myphone.gr/library/article-33.html>
Μια αναλυτική δημοσίευση από το ελληνικό site www.myphone.gr σχετικά με τα δίκτυα GPRS.
- 18 Title:** Overview of The Universal Mobile Telecommunication System
Source: www.umtsworld.com
Μια αναλυτική διατριβή πάνω στο UMTS
- 19 Title:** 3G: Τρίτη Γενιά
Source: <http://www.myphone.gr/library/article-37.html>
Μια αναλυτική δημοσίευση από το ελληνικό site www.myphone.gr σχετικά με τα δίκτυα UMTS.
- 20 Title:** General Packet Radio Service (GPRS)
Source: <http://www.gunet.gr/index.pl?id=3190&isa=Item&op=download>
Συνοπτική περιγραφή του GPRS από το GUnet.
- 21 Title:** Survey of General Packet Radio Service
Source: <http://splitbits.com/space/Papers/gprs-survey.pdf>
Αυτό το έγγραφο παρέχει μια υψηλού επιπέδου παρουσίαση των σημαντικότερων συστατικών ενός συστήματος GPRS, αναφορικά με το GSM. Επίσης, παρουσιάζει μια συνοπτική επισκόπηση του συστήματος GSM.
- 22 Title:** ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΣΤΙΣ ΚΙΝΗΤΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ
Source: http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metapyxiaka/technologies_diktywn/teaching_m/WirelessNetworks-Web/Chapter2411.html#_Toc872059
Μια συνοπτική παρουσίαση του GPRS πριν μπούμε στην 3^η γενιά.
- 23 Title:** Latest GSM Technical Data
Source: <http://www.cellular.co.za/gsmtechdata.htm>
Καλό site που περιέχει πολλά στοιχεία για το GSM-GPRS-UMTS καθώς και τις τελευταίες εξελίξεις.
- 24 Title:** CDMA and 3G Cellular Networks
Source: <http://www.itarchitect.com/article/NMG20000831S0006>

- Άρθρο του περιοδικού IT-Architect σχετικά με τα δίκτυα 3^{ης} γενεάς και την διαμόρφωση CDMA.
- 25 Title:** Basic Concepts of WCDMA Radio Access Network
Source: http://www.ericsson.com/products/white_papers_pdf/e207_whitepaper_ny_k1.pdf
Καλό άρθρο σχετικά με το WCDMA από την ericsson
- 26 Title:** GSM Frequencies
Source: <http://www.gsmworld.com/using/spectrum/frequencies.shtml>
Εδώ αναφέρονται οι συχνότητες των κινητών δικτύων GSM-DCS-UMTS.
- 27 Title:** GSM Services
Source: <http://www.gsmworld.com/using/services.shtml>
Κάποιες από τις υπηρεσίες που παρέχει το GSM
- 28 Title:** Cell Phones: Signal-to-Interference Ratio.
Source: <http://mathdemos.gcsu.edu/cellsir/cellsir.html>
Μια εφαρμογή που μετρά τη δύναμη του σήματος ενός κινητού τηλεφώνου καθώς κινείται σε ένα κυψελοειδές δίκτυο και καθορίζει έπειτα τη θέση του στο δίκτυο όταν το σήμα είναι μέγιστο.
- 29 Title:** Cellular Networks QuickStart: Getting up to Speed on Cellular, from 1G to 3G
Source: <http://www.devx.com/wireless/Article/11422>
Μια σύντομη αναφορά στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας από την 1^η έως και την 3^η γενεά.
- 30 Title:** How Cell Phones Work
Source: <http://electronics.howstuffworks.com/cell-phone1.htm>
Μια σύντομη αναφορά στον τρόπο λειτουργίας των κινητών τηλεφώνων.