

Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών

Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

Ενότητα 3: Δίκτυα Τηλεπικοινωνιών

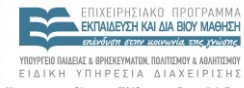
Αν. καθηγήτρια Μαλαματή Λούτα

e-mail: louta@uowm.gr

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ψηφιακά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Περιεχόμενα ενότητας 1/1

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Βασικές Αρχές Λειτουργίας Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών
 - Αρχιτεκτονική Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών
 - Δομικά Στοιχεία Δικτύου
 - Θεμελιώδεις Λειτουργίες Δικτύου
 - Κινητή Τηλεφωνία Πρώτης Γενιάς: Αναλογική Φωνή
 - Κινητή Τηλεφωνία Δεύτερης Γενιάς: Ψηφιακή Φωνή
 - Κινητή Τηλεφωνία 2,5 G
 - Κινητή Τηλεφωνία Τρίτης Γενιάς: Ψηφιακή Φωνή και Δεδομένα
 - Κινητή Τηλεφωνία Τέταρτης Γενιάς



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Ιδανικός Στόχος (ανεξαρτήτως αρχιτεκτονικής) :
 - Παροχή υψηλής στάθμης υπηρεσιών στο ευρύτερο δυνατό σύνολο χρηστών, στα πλαίσια του περιορισμένου διαθέσιμου εύρους ζώνης.
 - Υποστήριξη κινητικότητας.
 - Διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαφορετικών τεχνολογιών των δικτύων πρόσβασης.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Συμβατικά Συστήματα Ραδιοεπικοινωνιών
 - Αυτόνομες περιοχές.
 - Μεγάλη ισχύς εκπομπής.
 - Όσο το δυνατόν μεγαλύτερη περιοχή κάλυψης.
 - Δεν υποστηρίζονται διαπομπές.
 - Κυψελωτά Συστήματα
 - Το περιορισμένο σύνολο διαθέσιμων καναλιών (και επομένως, ταυτόχρονων συνδιαλέξεων) προήγαγε την ιδέα της κυψελωτής κινητής τηλεφωνίας (*cellular systems*), σύμφωνα με την οποία γίνεται χρήση διατάξεων κυψελών (*cell patterns*) μικρών σχετικά διαστάσεων, ενώ ταυτόχρονα λαμβάνει χώρα επαναχρησιμοποίηση του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων σε τακτές αποστάσεις, εξασφαλίζοντας όμως την αποφυγή ανεπιθύμητων φαινομένων παρεμβολών.

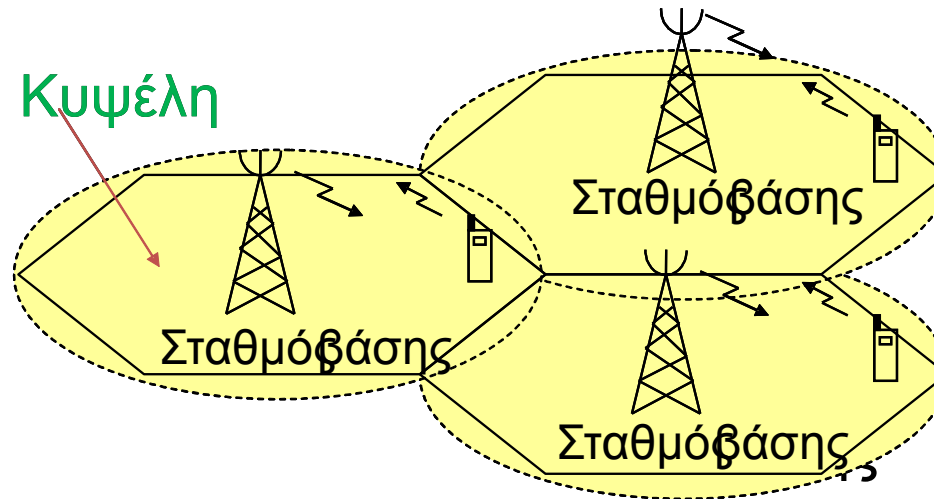


Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Αρχές Κυψελωτών Συστημάτων

- Ο όρος «κυψελωτά» αναφέρεται στο διαχωρισμό της περιοχής κάλυψης σε κυψέλες, κάθε μία από τις οποίες εξυπηρετείται από ένα σταθμό βάσης.
 - Χρήση πολλών σταθμών βάσης με σχετικά μικρές ακτίνες κάλυψης (10 km ή λιγότερο).
 - Σχεδιαστική Επιδίωξη: Μεγιστοποίηση αριθμού χρηστών ανά MHz και ανά κυψέλη.

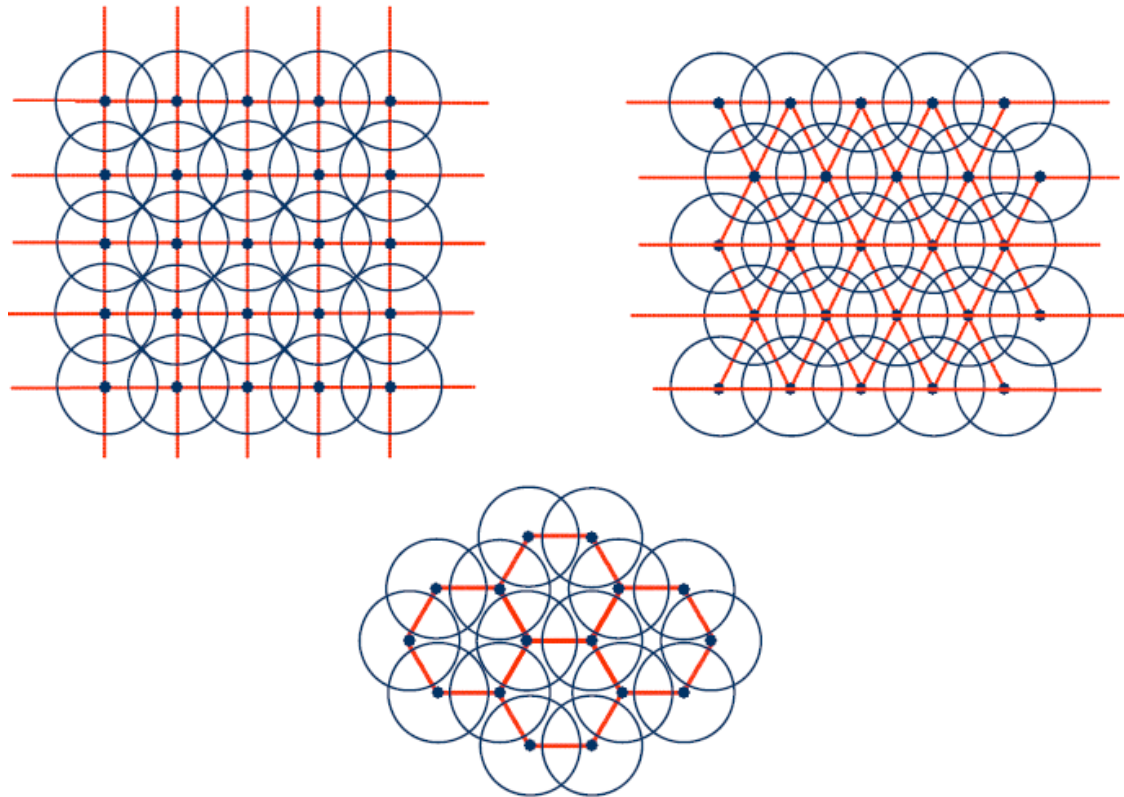


Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Αρχές Κυψελωτών Συστημάτων
 - Μορφή κυψελών
 - Σε ένα ιδανικό κυψελωτό σύστημα:
 - » Οι κυψέλες θα είναι κυκλικές.
 - » Η περιοχή εξυπηρέτησης μπορεί να καλυφθεί με σταθμούς βάσης που είναι διατεταγμένοι σε τριγωνικά, τετραγωνικά ή εξαγωνικά πλέγματα.
 - Για να αποφευχθούν οι επικαλυπτόμενες περιοχές και για να έχουμε καλύτερη προσέγγιση στη μελέτη κυψελωτών συστημάτων, οι κυψέλες έχουν σχήμα κανονικού πολυγώνου.
 - » Τρίγωνο.
 - » Τετράγωνο.
 - » Εξάγωνο.



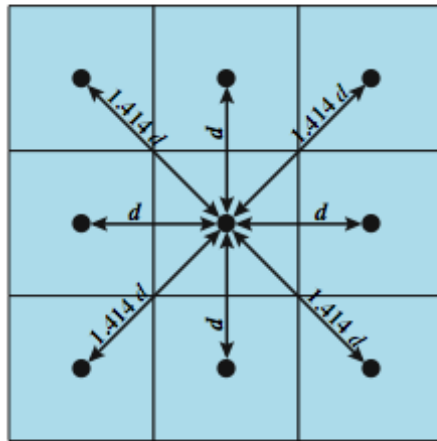
Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



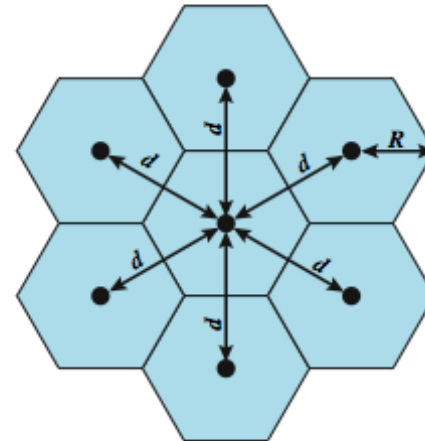
Μορφή κυψελών σε ιδανικά κυψελωτά συστήματα



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



(a) Square pattern



(b) Hexagonal pattern

Μορφή κυψελών σε ιδανικά κυψελωτά συστήματα



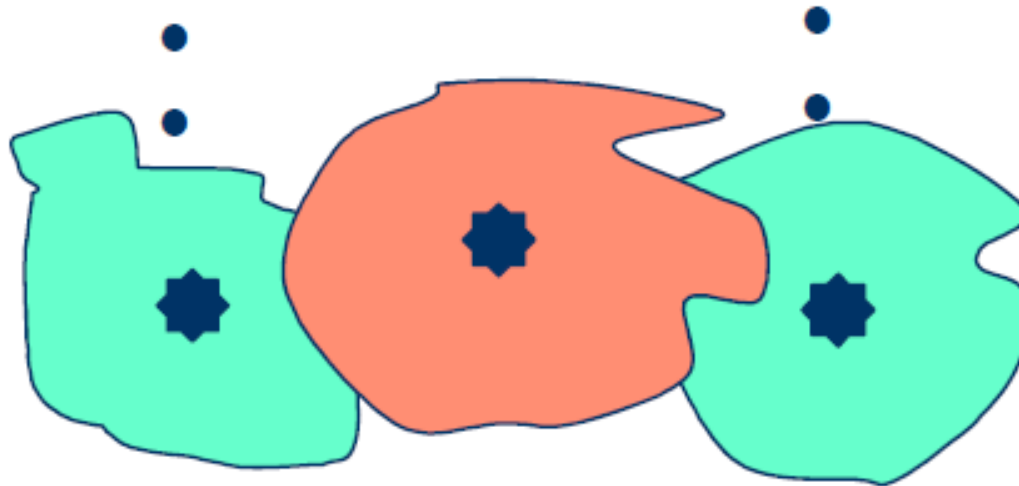
Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

Αρχές Κυψελωτών Συστημάτων

Μορφή κυψελών

Σχεδιαστικό πρόβλημα: Τοποθέτηση σταθμών βάσης με τέτοιο τρόπο ώστε οι περιοχές χωρίς κάλυψη να μην υπερβαίνουν ένα αποδεκτό όριο.



Πραγματική κυψελωτή δομή

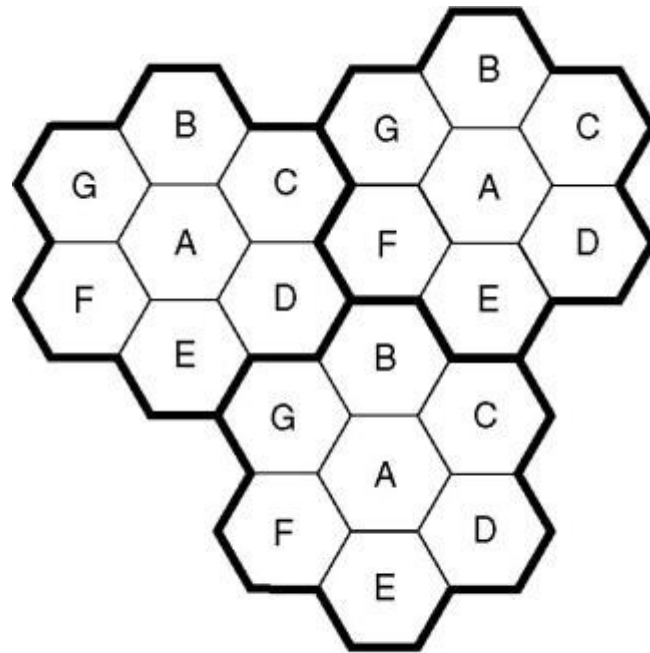


Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

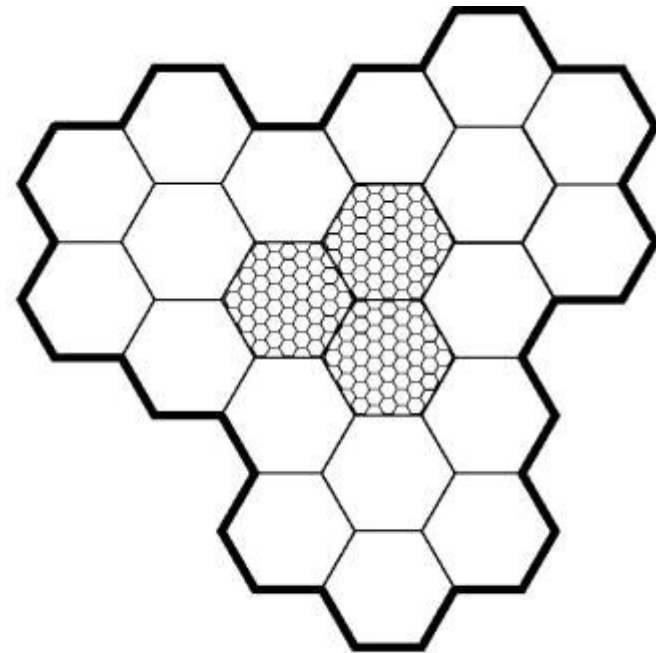
- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Αρχές Κυψελωτών Συστημάτων
 - Επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων
 - Κάθε διαθέσιμη συχνότητα χρησιμοποιείται ταυτόχρονα σε πολλές κυψέλες, υπό την προϋπόθεση ότι οι κυψέλες αυτές βρίσκονται αρκετά μακριά ώστε η παρεμβολή από τις ταυτόχρονες συνδιαλέξεις είναι αμελητέα.
 - Επιτρέπει πολύ υψηλότερη πυκνότητα συνδρομητών / MHz από ό,τι τα προηγούμενα συστήματα.
 - » Σε κάθε σταθμό βάσης αποδίδεται ένα μέρος του συνόλου των διαθέσιμων διαύλων του συστήματος.
 - » Σε γειτονικούς σταθμούς βάσης αποδίδονται διαφορετικές ομάδες διαύλων.
 - » Όλοι οι διαθέσιμοι δίαυλοι του συστήματος αποδίδονται σε ένα μικρό αριθμό γειτονικών σταθμών βάσης. Οι κυψέλες αυτές απαρτίζουν την ομάδα επαναχρησιμοποίησης
 - » Το σχήμα απόδοσης διαύλων στην ομάδα επαναχρησιμοποίησης επαναλαμβάνεται και για τις υπόλοιπες κυψέλες του συστήματος.
 - » Οι κυψέλες που χρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες ονομάζονται ομοδιαυλικές.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



(a)

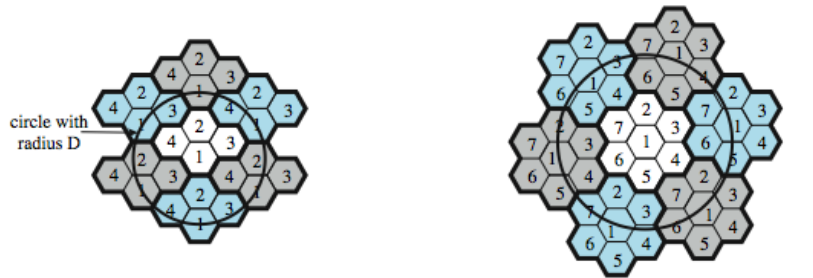


(b)

Κυψελωτά συστήματα και επαναχρησιμοποίηση
συχνοτήτων



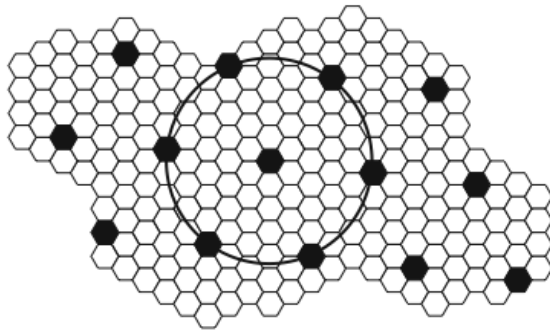
Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



(a) Frequency reuse pattern for $N = 4$

(b) Frequency reuse pattern for $N = 7$

Κυψελωτά συστήματα
και επαναχρησιμοποίηση
συχνοτήτων



(c) Black cells indicate a frequency reuse for $N = 19$



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Αρχές Κυψελωτών Συστημάτων
 - Το διαθέσιμο εύρος ζώνης κάθε κυψέλης χωρίζεται σε δύο ομάδες καναλιών.
 - Κανάλια Επικοινωνίας (*Communication Channels*)
 - » Χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη των κλήσεων στις οποίες ενέχονται τα κινητά της κυψέλης.
 - Κανάλια Ελέγχου
 - » Χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία κάποιου ΜΤ με το τηλεφωνικό δίκτυο με αποκλειστικό στόχο την ανταλλαγή πληροφοριών διαχείρισης, ταυτοποίησης και πληροφοριών σχετικών με τις συνδιαλέξεις που βρίσκονται σε εξέλιξη.
 - » Είναι λιγότερα από τα κανάλια επικοινωνίας.

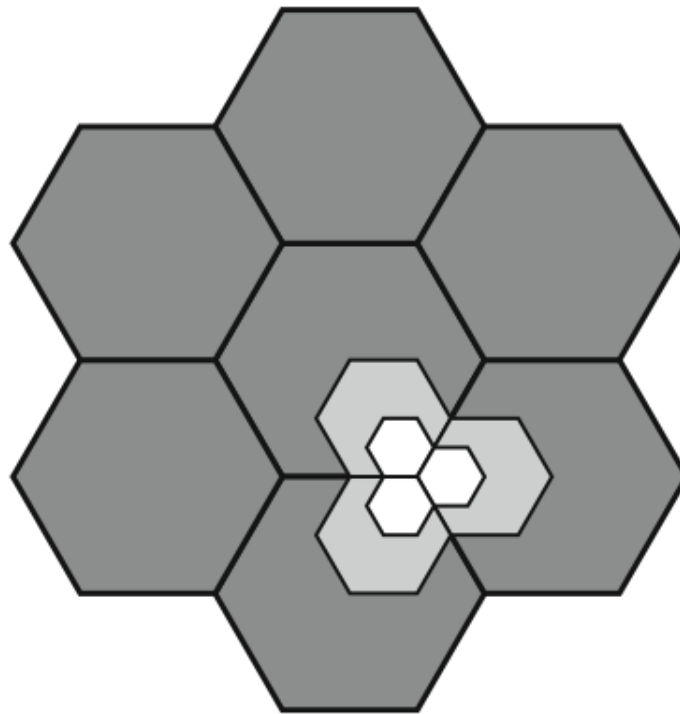


Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Αρχές Κυψελωτών Συστημάτων
 - Αύξηση χωρητικότητας κυψελωτών συστημάτων
 - Δυναμική ανάθεση συχνοτήτων στους σταθμούς βάσης / Δανεισμός συχνοτήτων από γειτονικούς σταθμούς βάσης.
 - Διάσπαση κυψελών
 - » Εφαρμόζεται σε περιοχές που αντιμετωπίζουν πολύ υψηλή κίνηση.
 - Χρήση κατευθυντικών κεραιών – τομέων στις κυψέλες.
 - » Μείωση της ομοδιαυλικής παρεμβολής -> Μείωση του μεγέθους της ομάδας επαναχρησιμοποίησης -> Αύξηση της χωρητικότητας.
 - » Συνήθως χρησιμοποιούνται 3 τομείς των 120° ή 6 τομείς των 60° σε μία κυψέλη.
 - Χρήση μικροκυψελών
 - » Μείωση της ακτίνας των κυψελών με αντίστοιχη μείωση της εκπεμπόμενης ισχύος.
 - » Δεν μεταβάλλεται το μέγεθος της ομάδας επαναχρησιμοποίησης.
 - » Ίδιος αριθμός συχνοτήτων χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση μικρότερης περιοχής -> αύξηση χωρητικότητας του συστήματος.
 - » Κάλυψη δρόμων, μεγάλων κτιρίων.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



Διάσπαση Κυψελών



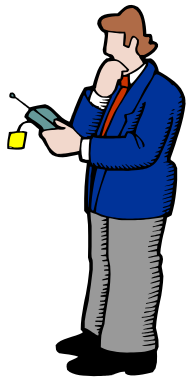
Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Αρχές Κυψελωτών Συστημάτων
 - Υποστήριξη / Διαχείριση Κινητικότητας.
 - Κινητικότητα τερματικού (*terminal mobility*)
 - Κινητικότητα χρήστη (*user mobility*)
 - » Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να αποκτούν πρόσβαση σε δίκτυα / υπηρεσίες όντας σε διαφορετικές γεωγραφικές θέσεις.
 - » Δεν υποστηρίζεται απαραίτητα κινητικότητα της τερματικής συσκευής.
 - Κινητικότητα υπηρεσίας / συνόδου (*service / session mobility*)
 - » Αναφέρεται στη δυνατότητα του δικτύου να παρέχει αδιάλειπτα υπηρεσίες στο τερματικό και θέση που επιλέγει ο χρήστης.
 - » Οι ακριβείς υπηρεσίες που μπορεί να δεχθεί ο χρήστης εξαρτώνται από τις δυνατότητες του τερματικού και του δικτύου που εξυπηρετεί το τερματικό.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

Κινητικότητα τερματικού

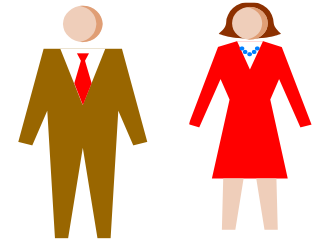


- Ανάγκη μεταφοράς του τερματικού
- Να υπάρχει ραδιοκάλυψη

Προσωπική κινητικότητα



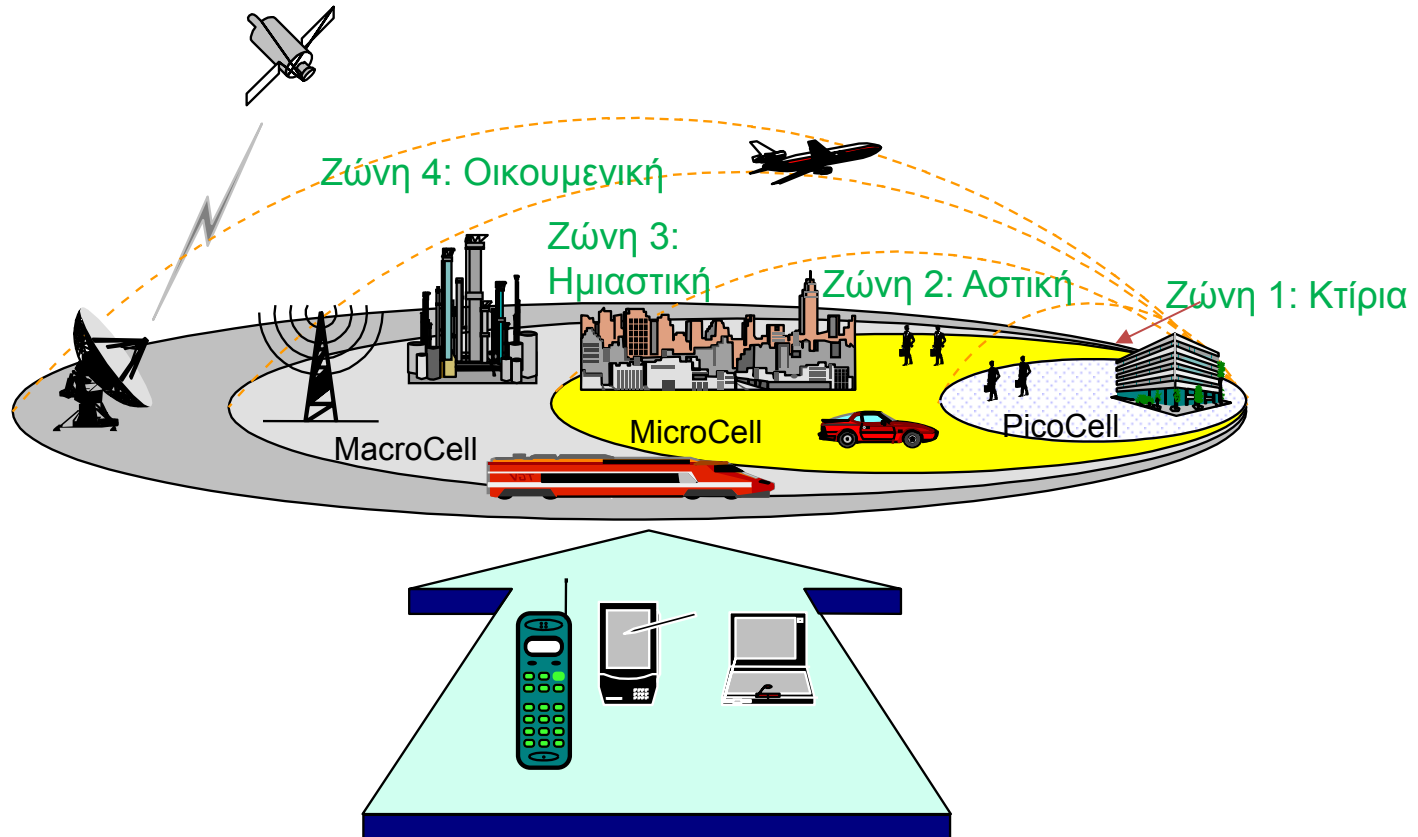
- Όχι απαραίτητα μεταφορά του τερματικού



Υποστήριξη Κινητικότητας



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



Υποστήριξη Κινητικότητας



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Αρχές Κυψελωτών Συστημάτων
 - Υποστήριξη / Διαχείριση Κινητικότητας.
 - Συνεχής παρακολούθηση της τρέχουσας περιοχής στην οποία κινείται ο χρήστης.
 - Περιαγωγή των χρηστών χωρίς να υπάρχει διακοπή εξυπηρέτησης.
 - » Διαπομπή σε διαφορετική κυψέλη για αδιάλειπτη επικοινωνία
 - **Είδη Διαπομπής**
 - » Οριζόντια Διαπομπή (*Horizontal Handover*)
Inter-domain (μεταξύ κελιών διαφορετικών παρόχων της ίδιας τεχνολογίας)
Intra-domain (μεταξύ κελιών του ίδιου παρόχου δικτύου)
 - » Κάθετη Διαπομπή (μεταξύ κελιών διαφορετικών τεχνολογιών)

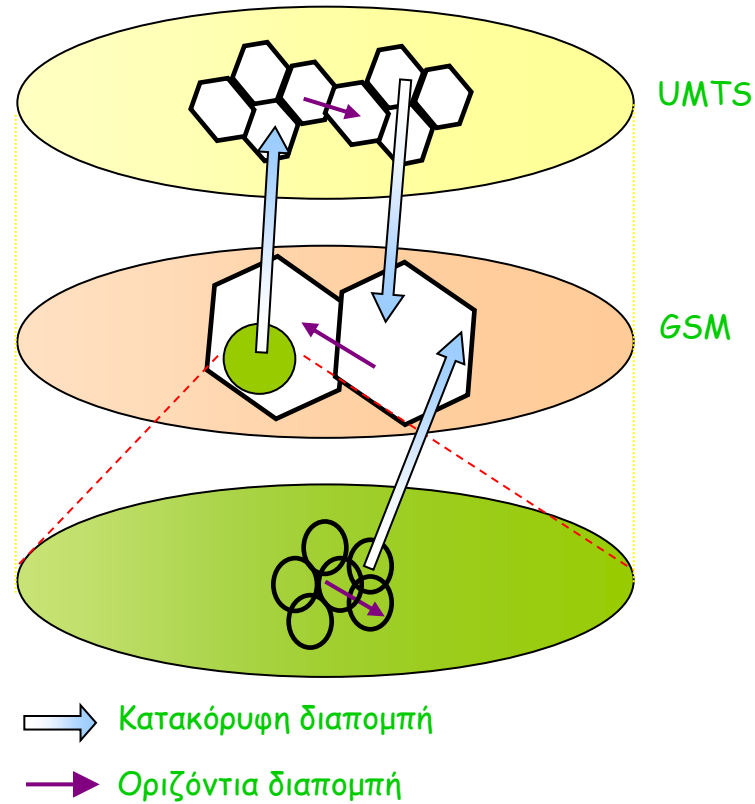


Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Θεμελιώδεις Λειτουργίες Δικτύου
 - Διαδικασία Μεταβίβασης Κλήσης (*Handover Procedure*)
 - Είδη Διαπομπής
 - » Ομαλή (*soft handover*) – το κινητό τερματικό συντονίζεται με το νέο σταθμό βάσης, πριν ακόμη εγκαταλείψει τον προηγούμενο σταθμό βάσης. Με τον τρόπο αυτό δεν υπάρχει απώλεια σύνδεσης. Το τηλέφωνο πρέπει να είναι σε θέση να συντονίζεται με δύο συχνότητες την ίδια χρονική στιγμή. Δεν υποστηρίζεται από τις συσκευές πρώτης και δεύτερης γενιάς. Αναφέρεται και ως *make before break*.
 - » Απότομη (*hard handover*) – το κινητό τερματικό εγκαταλείπει τον παλιό σταθμό βάσης πριν συντονισθεί με τον καινούργιο σταθμό βάσης. Αν ο νέος σταθμός βάσης δεν μπορεί να εξυπηρετήσει την κλήση (π.χ. γιατί δεν υπάρχει καμία διαθέσιμη συχνότητα), τότε η κλήση διακόπτεται με απότομο τρόπο. Αναφέρεται και ως *break before make*.



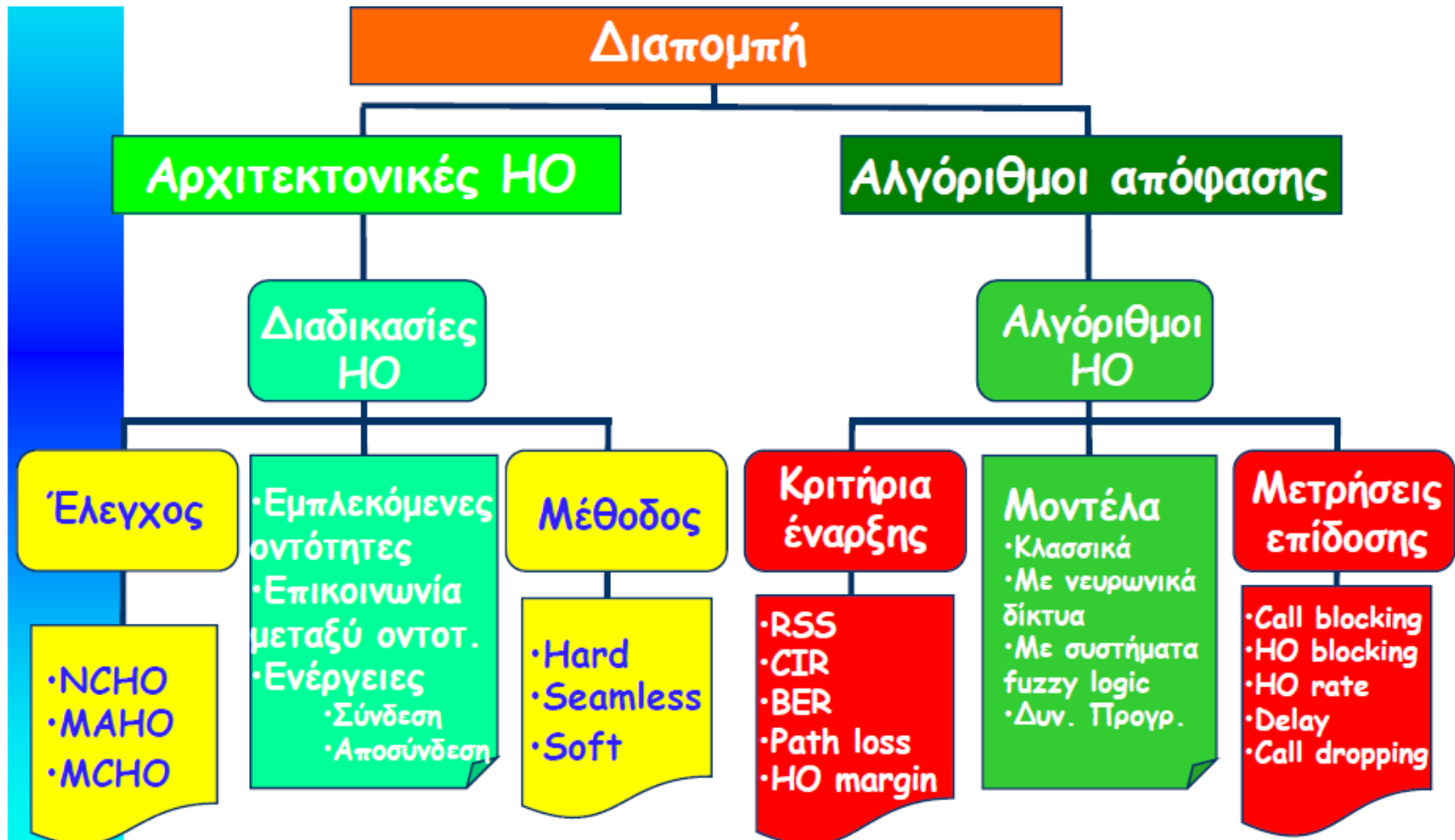
Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



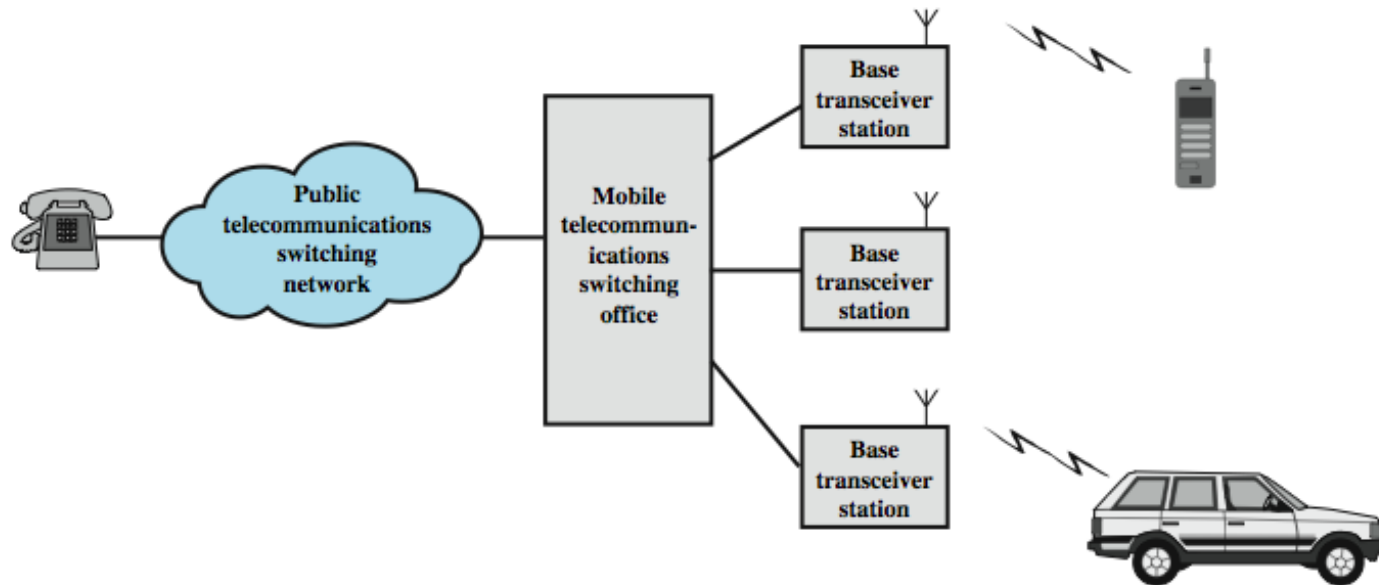
Υποστήριξη Κινητικότητας



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



Απλοποιημένη Αρχιτεκτονική Κυψελωτών Συστημάτων



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Αρχιτεκτονική Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών
 - Απώτερος Στόχος κάθε σχεδίασης: σταδιακή εισαγωγή επιπρόσθετων στοιχείων και λειτουργιών, με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιηθεί η επίδραση κάθε αλλαγής στην υπάρχουσα σταθερή επικοινωνιακή υποδομή.
 - Η δομή των συστημάτων κινητών επικοινωνιών μπορεί να θεωρηθεί ότι απαρτίζεται από τρία τμήματα
 - Τμήμα Δικτύου Πρόσβασης (*Access Network Segment*)
 - » Επιτρέπει την ταυτόχρονη λειτουργία και συνεργασία της κινητής μονάδας και του σταθερού δικτύου.
 - Τμήμα Δικτύου Κορμού (*Core Network Segment*)
 - » Παρέχει λειτουργίες Μεταγωγής και Μετάδοσης.
 - Τμήμα Ευφυούς Δικτύου (*Intelligent Network Segment*)
 - » Εμπεριέχει τη λογική και τα δεδομένα που κάνουν δυνατή την παροχή υπηρεσιών στους χρήστες.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Αρχιτεκτονική Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών
 - Δομικά Στοιχεία Δικτύου
 - Κινητό Τερματικό (*Mobile Terminal – MT*)
 - » Είναι η φυσική συσκευή που χρησιμοποιεί ο χρήστης προκειμένου να αποκτήσει πρόσβαση στο δίκτυο.
 - » Εμπεριέχει το απαραίτητο λογισμικό για την εκτέλεση των λειτουργιών εκείνων που θα του επιτρέψουν την επικοινωνία με το σύστημα κινητών επικοινωνιών.
 - Υποσύστημα Σταθμού Βάσης (*Base Station Subsystem – BSS*)
 - » Αποτελεί το σημείο επαφής (*interface*) μεταξύ των *MT* και του δικτύου. Το *BSS* υποστηρίζει την πρόσβαση των χρηστών στο δίκτυο και παρέχει διαχείριση των ραδιοδιαύλων. Αποτελείται από έναν Ελεγκτή Σταθμού Βάσης (*Base Station Controller – BSC*), ο οποίος ελέγχει έναν αριθμό από σταθμούς βάσης και από τους σταθμούς βάσης (*Base Transceiver Station – BTS*).



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Αρχιτεκτονική Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών
 - Δομικά Στοιχεία Δικτύου
 - Σταθμός Βάσης (*Base Transceiver Station – BTS*)
 - » Αποτελείται από διατάξεις εκπομπής και λήψης (συμπεριλαμβανομένων και των κεραιών), καθώς και από διατάξεις επεξεργασίας του σήματος.
 - Ελεγκτής Σταθμού Βάσης (*Base Station Controller –BSC*)
 - » Διαχειρίζεται ένα σύνολο από σταθμούς βάσης.
 - » Συνδέεται με ένα Κέντρο Μεταγωγής Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών (*Mobile Switching Center- MSC*).
 - » Παρέχει λειτουργίες μεταγωγής και λειτουργίες που σχετίζονται με τον έλεγχο και τη διαχείριση κλήσεων και συνδέσεων.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Αρχιτεκτονική Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών
 - Δομικά Στοιχεία Δικτύου
 - Κέντρο Μεταγωγής Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών (Mobile Switching Center- MSC)
 - » Συνιστά στοιχείο του επικοινωνιακού δικτύου κορμού.
 - » Αποτελεί το σημείο διασύνδεσης του συστήματος κινητών επικοινωνιών με το κυρίως επικοινωνιακό δίκτυο.
 - » Υποστηρίζει λειτουργίες μεταγωγής.
 - » Επιτρέπει την ταυτόχρονη λειτουργία και συνεργασία του δικτύου πρόσβασης (δηλ. των κινητών χρηστών) με το σταθερό δίκτυο.
 - » Κύριες λειτουργίες: Έλεγχος κλήσεων, διαπομπή, διαχείριση κινητικότητας, ασφάλεια πληροφοριών.
 - Βάση Δεδομένων του Δικτύου
 - » Ανάμεσα στα στοιχεία που περιλαμβάνει είναι οι τρέχουσες θέσεις των χρηστών, τα δικαιώματα των χρηστών, η τρέχουσα κατάσταση του δικτύου, οι δυνατότητες των τερματικών για την υποστήριξη των υπηρεσιών.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Θεμελιώδεις Λειτουργίες Δικτύου
 - Λειτουργίες Πρόσβασης
 - Όταν ένα *MT* ενεργοποιείται, αναζητεί το *BTS* εκείνο από το οποίο λαμβάνει το ισχυρότερο σήμα. «Κλειδώνει» στο δίαυλο ελέγχου με το ισχυρότερο σήμα.
 - Όταν το *MT* θέλει να καλέσει, ενημερώνει μέσω του διαύλου ελέγχου το *BTS*, ο οποίος του αποδίδει έναν ειδικό δίαυλο για την παροχή στοιχείων σχετικά με τη ζητούμενη υπηρεσία.
 - Η διαδικασία της πρόσβασης ολοκληρώνεται με την εκχώρηση διαύλου ελέγχου για να χρησιμοποιηθεί από το κινητό τερματικό.
 - Η διαδικασία της πρόσβασης μπορεί να επιτελεστεί και σε περίπτωση που έχουμε εισερχόμενη κλήση για κάποιο κινητό τερματικό σε συνέχεια της διαδικασίας αναζήτησης του κινητού τερματικού.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Θεμελιώδεις Λειτουργίες Δικτύου
 - Ενεργοποίηση / Απενεργοποίηση *MT (Attach / Detach)*
 - Μέσω αυτών των διαδικασιών, ο χρήστης ειδοποιεί το σύστημα ότι επιθυμεί ή ότι δεν επιθυμεί αντίστοιχα να λαμβάνει κλήσεις.
 - Οι λειτουργίες αυτές ενημερώνουν το δίκτυο σχετικά με την παρούσα κατάσταση του τερματικού.
 - Εγγραφή / Διαγραφή Χρήστη (*User Registration / Deregistration*)
 - Μέσω της διαδικασίας εγγραφής χρήστη, ενημερώνεται το δίκτυο σχετικά με το τερματικό στο οποίο επιθυμεί ο χρήστης να λαμβάνει τις κλήσεις που απευθύνονται σε αυτόν.
 - Έχει εισαχθεί για την υποστήριξη της κινητικότητας χρήστη (*personal mobility*).
 - Δεν έχει νόημα σε περίπτωση κινητικότητας τερματικού (*terminal mobility*).
 - Με τη διαδικασία διαγραφής χρήστη επιτελείται η αντίστροφη λειτουργία, δηλαδή το δίκτυο ενημερώνεται ότι η συσχέτιση χρήστη τερματικού, η οποία καθορίστηκε με τη διαδικασία εγγραφής χρήστη, δεν ισχύει πλέον.

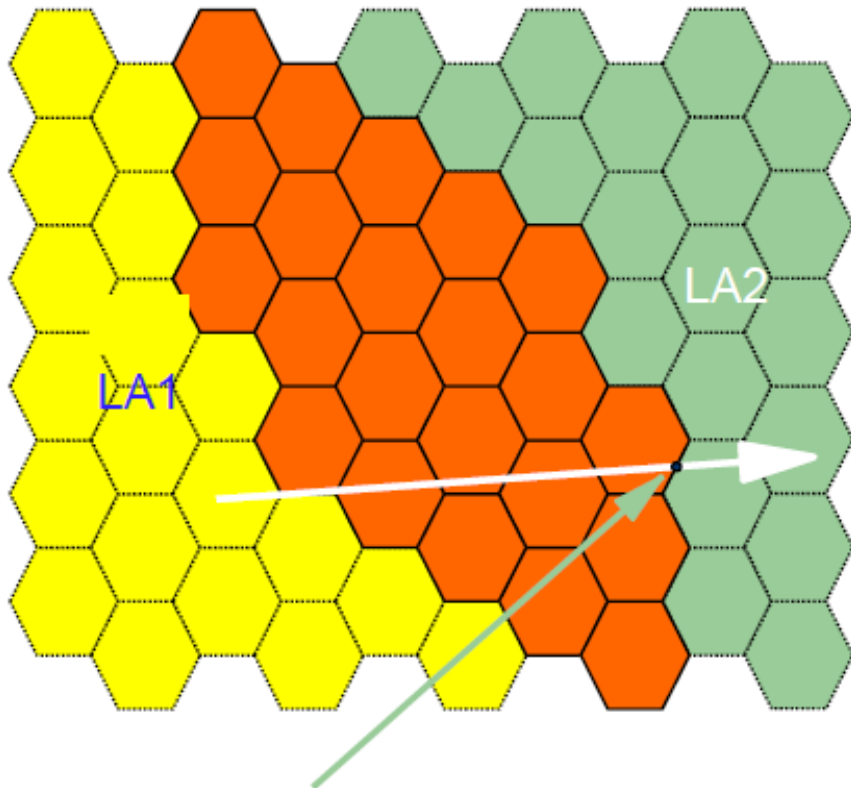


Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Θεμελιώδεις Λειτουργίες Δικτύου
 - Ενημέρωση Θέσης (*Location Update*)
 - Κάθε *MT* για το χρονικό διάστημα που παραμένει ενεργοποιημένο πρέπει να ενημερώνει το σύστημα σχετικά με την τρέχουσα θέση του.
 - Η διαδικασία ενημέρωσης θέσης εκτελείται αυτόματα κάθε φορά που ένα τερματικό ανιχνεύει αλλαγή της περιοχής εντοπισμού, καθώς κινείται μέσα στην περιοχή κάλυψης ενός συγκεκριμένου δικτύου.
 - Η περιοχή εντοπισμού αποτελείται από ένα σύνολο κυψελών.
 - Από την ενεργοποίησή του και μετά, ένα τερματικό ανιχνεύει ένα προς ένα τα μέλη ενός συγκεκριμένου συνόλου από κανάλια ελέγχου και συνεχώς συντονίζεται με το ισχυρότερο. Ουσιαστικά εντοπίζει το καταλληλότερο *BTS* για την εξυπηρέτησή του.
 - Μέσω του καναλιού ελέγχου το *MT* λαμβάνει γνώση σχετικά με την ευρύτερη περιοχή (ομάδα από *BTSS*) στην οποία κινείται. Αν διαπιστώσει ότι η περιοχή αυτή έχει αλλάξει, θα χρησιμοποιήσει αυτό το κανάλι για να ανανεώσει την πληροφορία που κρατά το σύστημα σχετικά με την τρέχουσα θέση του.
 - Στην περίπτωση που έχουμε επικαλυπτόμενες περιοχές, το τερματικό δεν θα επιχειρήσει να εκτελέσει μία διαδικασία ενημέρωσης θέσης, όσο η ταυτότητα της περιοχής εντοπισμού είναι διαθέσιμη.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



Ενημέρωση θέσης θα γίνει εδώ

Διαδικασία
ενημέρωσης θέσης με
επικαλυπτόμενες
περιοχές εντοπισμού



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Θεμελιώδεις Λειτουργίες Δικτύου
 - Ενημέρωση Θέσης (*Location Update*)
 - Περιοχή Εντοπισμού / Ενημέρωσης Θέσης (*Location Area – LA*)
 - » Περιοχή πέραν της οποίας το *MT* θα πρέπει να προβεί σε ενημέρωση σχετικά με τη θέση του.
 - Μέγεθος περιοχής ενημέρωσης θέσης
 - » Η μικρότερη δυνατή *LA* ταυτίζεται με μία κυψέλη. Μία τέτοια επιλογή ή γενικότερα μίας μικρής κλίμακας *LA* συνεπάγεται υψηλότερους ρυθμούς ενημέρωσης δικτύου – έντονο φορτίο σηματοδοσίας.
 - » Αντίθετα, η παραδοχή μίας μεγάλης κλίμακας *LA* συνεπάγεται σημαντική επιφόρτιση αναφορικά με τον ακριβή καθορισμό της κυψέλης εντός της οποίας κινείται το *MT*.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Θεμελιώδεις Λειτουργίες Δικτύου

- Εντοπισμός Θέσης /Αναζήτηση Καλούμενου Τερματικού (*Paging Procedure*)

- Όταν κληθεί ο αριθμός κάποιου *MT*, η σχετική αίτηση προωθείται μέσω του συστήματος στη βάση δεδομένων, προκειμένου να προσδιοριστεί η περιοχή εντοπισμού στην οποία θα πραγματοποιηθεί η διαδικασία της αναζήτησης. Αυτή η διαδικασία αναφέρεται ως διαδικασία εντοπισμού δεδομένων. Ελέγχεται επίσης εάν το τερματικό που χρησιμοποιεί ο χρήστης είναι ενεργοποιημένο (έλεγχος κατάστασης τερματικού).
 - Εν συνεχεία η αίτηση προωθείται μέχρι εκείνα τα στοιχεία του δικτύου (*MSCs*) που έχουν καταχωρημένο το συγκεκριμένο *MT* σε κάποια *LA*. Στο σημείο αυτό ενεργοποιείται η διαδικασία της αναζήτησης.
 - Καταρχήν αποστέλλονται μηνύματα που περιλαμβάνουν τον κωδικό του καλούμενου τερματικού προς τους *BTSs* των κυψελών της σχετικής *LA*. Κάθε *BTS* στέλνει μέσω του διαύλου ελέγχου ένα αναλόγου περιεχομένου μήνυμα.
 - Το κάθε *MT* είναι συντονισμένο με εκείνο το κανάλι που ακούει ευκρινέστερα. Μόλις αναγνωρίσει τον κωδικό του αριθμό, συμπεραίνει ότι το μήνυμα το αφορά αποκλειστικά. Στη συνέχεια, το *MT* αποκρίνεται στην αίτηση με μία αίτηση παροχής πρόσβασης και η διαδικασία της αναζήτησης έχει ολοκληρωθεί.
 - Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας του *paging*, στα πλαίσια της διαδικασίας εγκαθίδρυσης κλήσης, ακολουθούν οι έλεγχοι των δικαιωμάτων του χρήστη, και τέλος ο συντονισμός του κινητού τερματικού με το κατάλληλο κανάλι προκειμένου να αρχίσει η συνδιάλεξη.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

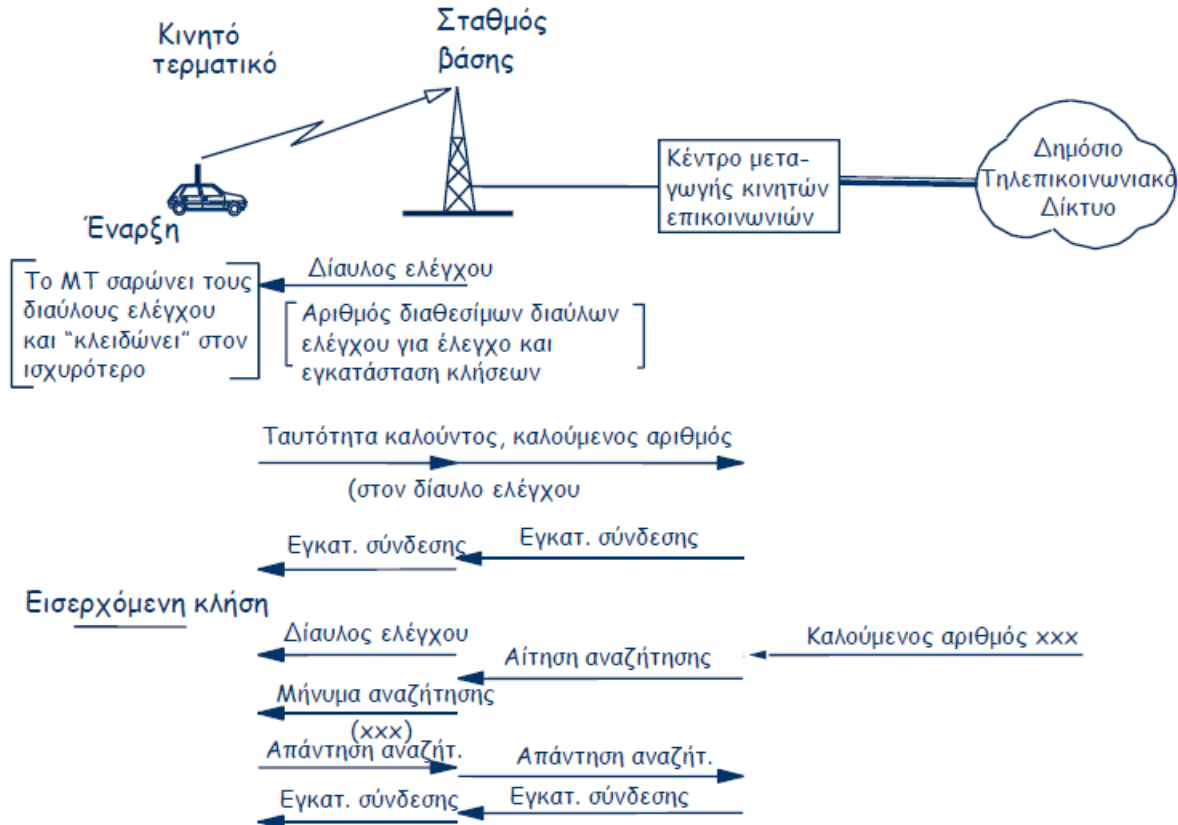
- Θεμελιώδεις Λειτουργίες Δικτύου

- Εγκατάσταση Κλήσης (*Call Set-Up*)

- Ο χρήστης, αφού έχει επιτελέσει τη λειτουργία της πρόσβασης, αιτείται τη χρήση κάποιας υπηρεσίας (π.χ. σύνδεση με κάποιο άλλο τερματικό).
 - Η αίτηση φθάνει μέσω του διαύλου ελέγχου που του έχει αποδοθεί στο *BTS* και από εκεί διαβιβάζεται στις αρμόδιες διαδικασίες του συστήματος που είναι επιφορτισμένες με την επεξεργασία της αίτησης.
 - Σε πρώτη φάση θα ελεγχθεί κατά πόσο ο χρήστης έχει το δικαίωμα χρήσης της συγκεκριμένης υπηρεσίας (*authentication, user profile inspection / authorization*).
 - Στη συνέχεια, ειδικά για την περίπτωση υπηρεσιών που περιλαμβάνουν καλούμενα μέρη, έπονται η φάση της αναζήτησης του καλούμενου τερματικού και οι συναφείς έλεγχοι των δικαιωμάτων των καλούμενων χρηστών.
 - Εφόσον όλοι οι έλεγχοι ολοκληρωθούν με επιτυχία, έχουμε την τελική φάση της διαδικασίας εγκατάστασης κλήσης, η οποία περιλαμβάνει την εγκατάσταση των συνδέσεων.
 - » Ορίζονται οι ραδιοδιάυλοι (κανάλια) μέσω των οποίων θα πραγματοποιηθεί η συνδιάλεξη.
 - » Ενημερώνονται τα εμπλεκόμενα μέρη (μέσω των διαύλων καναλιών) για το κανάλι στο οποίο πρέπει να συντονιστούν προκειμένου να αρχίσει η συνδιάλεξη.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



Διαδικασία εγκαθίδρυσης σύνδεσης

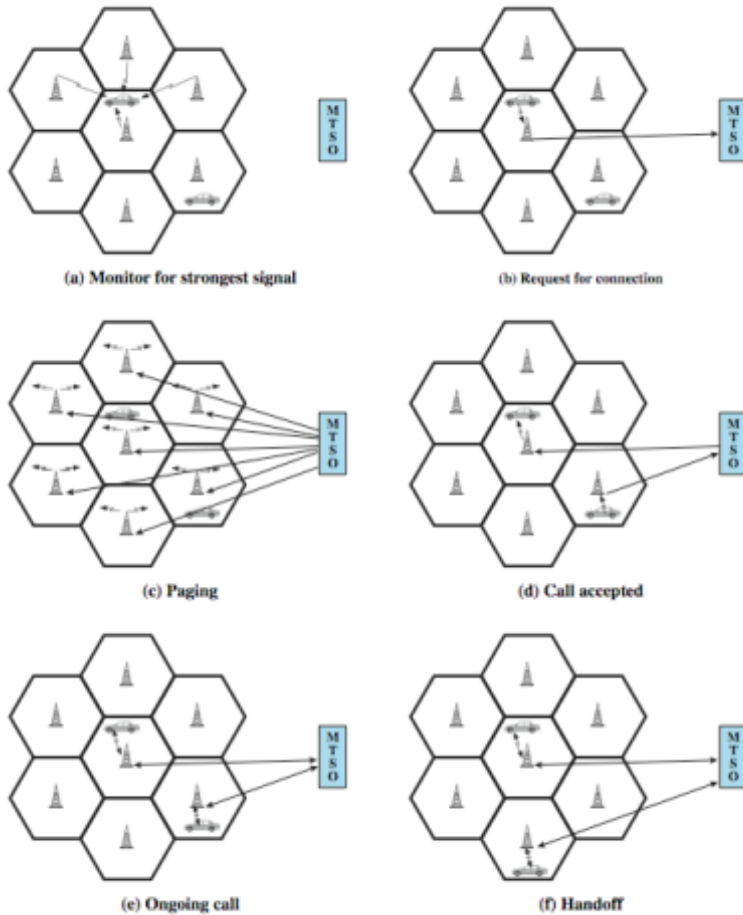


Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών
 - Θεμελιώδεις Λειτουργίες Δικτύου
 - Τερματισμός Κλήσης (*Call Release*)
 - Ο τερματισμός κλήσης επιτελείται με ανάλογο τρόπο εκείνου που χρησιμοποιείται στα μη κινητά συστήματα επικοινωνιών. Οποιαδήποτε ενέργεια θα πρέπει να συνοδεύεται από την αποστολή μηνύματος προς το αντίστοιχο *BTS* που να γνωστοποιεί ότι το κανάλι έχει πλέον απελευθερωθεί.
 - Διαδικασία Μεταβίβασης Κλήσης (*Handover Procedure*)
 - Αφορά στην αλλαγή σημείου πρόσβασης του κινητού τερματικού στο δίκτυο.
 - Η διενέργεια της διαδικασίας διαπομπής πρέπει να είναι διαφανής στο χρήστη, ο οποίος δεν πρέπει να αντιληφθεί οτιδήποτε.
 - Η πλέον πιθανή αφορμή ενεργοποίησής της είναι η πτώση στην απόδοση ενός ραδιοδιαύλου.
 - » Απόδοση Ραδιοδιαύλου: καθορίζεται από την ισχύ του σήματος αφενός και από την ποιότητα του σήματος αφετέρου, η οποία με τη σειρά της καθορίζεται από παραμέτρους όπως το BER.
 - Το δίκτυο μπορεί επίσης να επιβάλλει διαδικασία διαπομπής για λόγους αποτελεσματικότερης διαχείρισης των πόρων του.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

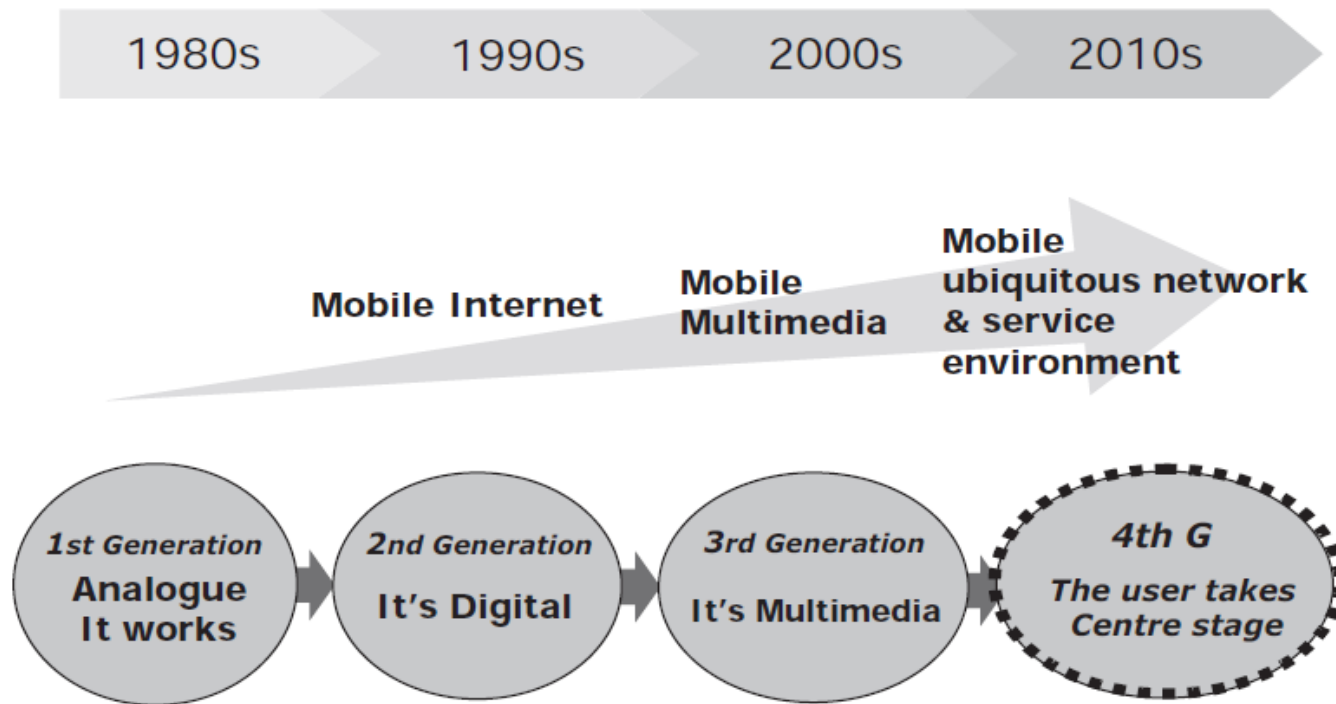


Παράδειγμα Κλήσης



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

Evolution of Mobile Networks



Εξέλιξη των Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία
 - Το 1946 έγινε η εγκατάσταση του πρώτου συστήματος τηλεφωνίας από αυτοκίνητα στο *Saint Luis*.
 - Το σύστημα χρησιμοποιούσε ένα μόνο μεγάλο πομπό στην κορυφή ενός ψηλού κτιρίου.
 - Παρείχε υπηρεσίες ημι-αμφίδρομες σε χρήστες που κινούνταν με αυτοκίνητα, οι οποίοι έπρεπε να πατούν ένα κουμπί όταν μιλούσαν, ενώ τον υπόλοιπο χρόνο άκουγαν.
 - Συστήματα *push - to - talk*. Εγκαταστάθηκαν σε πολλές πόλεις (τέλος της δεκαετίας του 1950). Η τεχνολογία χρησιμοποιείται συχνά στους ασυρμάτους CB, στα ραδιοταξί, καθώς και στα περιπολικά της αστυνομίας.
 - Το 1960 εγκαταστάθηκε το IMTS (*Improved Mobile Telephone System*).
 - Χρησιμοποιούσε έναν πομπό υψηλής ισχύος 200 Watt στην κορυφή ενός λόφου. Υποστήριζε 23 κανάλια, τα οποία εκτείνονταν από τα 150 MHz έως τα 450 MHz.
 - Υποστήριζε υπηρεσίες αμφίδρομες.
 - Λόγω του μικρού αριθμού καναλιών, οι χρήστες έπρεπε να περιμένουν αρκετή ώρα για να βρουν διαθέσιμη συχνότητα για διεκπεραίωση κλήσης.
 - Επιπρόσθετα, λόγω της υψηλής ισχύος του πομπού στην κορυφή του λόφου, τυχόν γειτονικά συστήματα θα έπρεπε να βρίσκονται αρκετές εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά το ένα από το άλλο, ώστε να αποφεύγονται οι παρεμβολές.
 - Η περιορισμένη χωρητικότητα έκανε το σύστημα μη πρακτικό.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Πρώτης Γενιάς : Αναλογική Φωνή
 - Τα κυψελωτά συστήματα 1^{ης} Γενιάς χρησιμοποιούν
 - Αναλογική διαμόρφωση συχνότητας για μετάδοση φωνής (FM)
 - Μεταλλαγή Μετατόπισης Συχνότητας (FSK) για μετάδοση πληροφοριών ελέγχου – σηματοδοσία.
 - Διαφορετικές κλήσεις χρησιμοποιούν διαφορετικές συχνότητες (FDMA)
 - Αναλογικά Κυψελωτά Συστήματα
 - AMPS (Advanced Mobile Phone Service)
 - TACS (Total Access Communication System)
 - NMT (Nordic Mobile Telephone)
 - C-450
 - Radiocom 200
 - RTMS (Radio Access Communication System)



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Πρώτης Γενιάς : Αναλογική Φωνή
 - AMPS (*Advanced Mobile Phone System*)
 - Εγκαταστάθηκε για πρώτη φορά το 1982 στις ΗΠΑ. Χρησιμοποιήθηκε επίσης στην Αγγλία (*TACS*) και στην Ιαπωνία (*MSC-L1*).
 - Η γεωγραφική περιοχή υποδιαιρείται σε κυψέλες (*cells*).
 - Οι κυψέλες στο AMPS έχουν συνήθως διάμετρο 10 έως 20 Km.
 - Στα ψηφιακά συστήματα οι κυψέλες είναι συνήθως μικρότερες.
 - Κάθε κυψέλη χρησιμοποιεί ένα σύνολο συχνοτήτων, το οποίο δεν χρησιμοποιείται από κανέναν από τους γείτονές της.
 - Βασική ιδέα που δίνει στα κυψελωτά συστήματα πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα από τα προηγούμενα συστήματα είναι η χρήση σχετικά μικρών κυψελών και η επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων μετάδοσης σε κοντινές (αλλά όχι γειτονικές) κυψέλες.
 - Ενώ ένα σύστημα IMTS με διάμετρο 100 Km μπορεί να έχει μία κλήση σε κάθε συχνότητα, ένα σύστημα AMPS μπορεί να έχει 100 κυψέλες των 10 Km στην ίδια περιοχή, έτσι ώστε να μπορεί να έχει 10 με 15 κλήσεις σε κάθε συχνότητα, αλλά σε κυψέλες αρκετά απομακρυσμένες μεταξύ τους.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Πρώτης Γενιάς : Αναλογική Φωνή
 - AMPS (*Advanced Mobile Phone System*)
 - Στο κέντρο κάθε κυψέλης βρίσκεται ένας Σταθμός Βάσης (Base Transceiver Station - BTS) προς τον οποίο μεταδίδουν όλα τα τηλέφωνα της κυψέλης. Ο Σταθμός Βάσης υποστηρίζει την πρόσβαση των χρηστών στο δίκτυο και παρέχει διαχείριση ραδιοδιαύλων.
 - Σε μικρά συστήματα, όλοι οι σταθμοί βάσης συνδέονται σε ένα μόνο Κέντρο Μεταγωγής Κινητής Τηλεφωνίας (Mobile Switching Center – MSC).
 - Σε μεγαλύτερα συστήματα χρησιμοποιούνται περισσότερα Κέντρα Μεταγωγής, τα οποία συνδέονται σε κέντρα μεταγωγής δεύτερου επιπέδου κ.ο.κ.
 - Τα Κέντρα Μεταγωγής επικοινωνούν με τους Σταθμούς Βάσης, και διασυνδέουν το Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών με το δίκτυο κορμού του σταθερού δικτύου, το οποίο παρέχει λειτουργίες μεταγωγής και μετάδοσης.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Πρώτης Γενιάς : Αναλογική Φωνή
 - AMPS (*Advanced Mobile Phone System*)
 - Διαθέσιμο φάσμα 50 MHz στις περιοχές 824-849 MHz και 869-894 MHz.
 - Χρησιμοποιεί 832 πλήρως αμφίδρομους ραδιοδιαύλους.
 - Το εύρος κάθε ραδιοδιαύλου είναι 30 KHz (ανά κατεύθυνση).
 - Υπάρχουν 21 ραδιοδίαυλοι δεσμευμένοι για πληροφορίες ελέγχου (δίαυλοι ελέγχου).
 - Τυπικό σχέδιο επαναχρησιμοποίησης: χρησιμοποιεί ομάδες των 12 κυψελών ή ομάδες των 7 κυψελών με τρεις τομείς ανά κυψέλη.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Δεύτερης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή
 - Η ανάπτυξη τεχνικών κωδικοποίησης ομιλίας με χαμηλό ρυθμό μετάδοσης συνετέλεσε στην πλήρη ψηφιοποίηση των συστημάτων 2^{ης} Γενιάς.
 - Χρήση τεχνικών TDMA και CDMA ως εναλλακτικών λύσεων της FDMA.
 - Χρήση τεχνικών κρυπτογράφησης για την ασφάλεια πληροφοριών.
 - Χρήση μηχανισμών ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων.
- Ψηφιακά Κυψελωτά Συστήματα
 - D-AMPS (*Digital -Advanced Mobile Phone System*)
 - GSM (*Global System for Mobile communications*)
 - DCS-1800 (*Digital Cellular System 1800*)
 - IS-54 (Βόρεια Αμερική / TDMA)
 - PDC (*Personal Digital Cellular*)
 - Ιαπωνία / TDMA.
 - IS-95 (Βόρεια Αμερική / CDMA) - cdmaOne



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Δεύτερης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή
 - CDMA
 - Τεχνική Πολλαπλής Πρόσβασης Διαίρεσης Κώδικα (*Code Division Multiple Access*)
 - Βασική Ιδέα: Κάθε *bit* του αρχικού σήματος αντικαθιστάται από πολλά *bit* (*k chips*), σύμφωνα με ένα προκαθορισμένο σχέδιο μέσα στο μεταδιδόμενο σήμα.
 - Εάν ο ρυθμός μετάδοσης του αρχικού σήματος είναι D , ο ρυθμός μετάδοσης του τελικού σήματος είναι kD .
 - Συνήθως, έχουμε 64 ή 128 *chips* ανά *bit*.
 - Η αύξηση του ρυθμού μετάδοσης από τα D *bps* στα kD *bps* γίνεται μόνο αν αυξηθεί το διαθέσιμο εύρος ζώνης κατά ένα παράγοντα k , γεγονός που κάνει την *CDMA* μία τεχνική εξάπλωσης φάσματος.
 - Αν έχουμε μία διαθέσιμη ζώνη συχνοτήτων 1 MHz και 100 σταθμούς, με την *FDM* κάθε σταθμός θα είχε 10 KHz και θα μπορούσε να στέλνει στα 10 Kbps (υποθέτοντας 1 bit / Hz). Με την τεχνική *CDMA* κάθε σταθμός χρησιμοποιεί ολόκληρο το 1 MHz, οπότε ο ρυθμός μετάδοσης των *chips* είναι 1.000.000 *chips* / sec. Με λιγότερα από 100 *chips* / bit, ο τελικός ρυθμός μετάδοσης / σταθμό είναι μεγαλύτερος για την *CDMA* από ότι για την *FDM*.
 - Επιτυγχάνεται πολλαπλή πρόσβαση σε όλη τη χωρητικότητα του κοινού μέσου με μικρές μόνο παρεμβολές.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Δεύτερης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή
 - D-AMPS (*Digital -Advanced Mobile Phone System*)
 - Το D-AMPS σχεδιάστηκε προσεκτικά για να συνυπάρχει με το AMPS.
 - Χρησιμοποιεί ραδιοδιαύλους των 30 KHz όπως και το AMPS και στις ίδιες συχνότητες, οπότε ένας ραδιοδιάυλος μπορεί να είναι αναλογικός και οι γειτονικοί του να είναι ψηφιακοί.
 - Ανάλογα με το πλήθος τηλεφώνων σε μία κυψέλη, το MSC που διαχειρίζεται την κυψέλη αποφασίζει ποιοι ραδιοδιάυλοι είναι αναλογικοί και ποιοι ψηφιακοί, ενώ μπορεί να αλλάζει τύπους ραδιοδιαύλων δυναμικά, καθώς αλλάζει η σύνθεση των κινητών σε μία κυψέλη.
 - Όταν το D-AMPS παρουσιάστηκε ως υπηρεσία, του διατέθηκε μία νέα ζώνη συχνοτήτων, ώστε να ικανοποιηθεί το αναμενόμενο αυξημένο φορτίο.
 - Ανερχόμενα κανάλια: στη ζώνη συχνοτήτων 1850 – 1910 MHz
 - Κατερχόμενα κανάλια: στη ζώνη συχνοτήτων 1930 – 1990 MHz
 - Πολλά τηλέφωνα D-AMPS μπορούν να χρησιμοποιούν τόσο τη ζώνη των 850 MHz, όσο και τη ζώνη των 1900 MHz, έτσι ώστε να έχουν μεγαλύτερο εύρος διαθέσιμων καναλιών.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Δεύτερης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή
 - D-AMPS (*Digital -Advanced Mobile Phone System*)
 - Σε ένα κινητό τηλέφωνο D-AMPS, το σήμα φωνής που λαμβάνεται από το μικρόφωνο ψηφιοποιείται και συμπιέζεται λαμβάνοντας υπόψη τις ακριβείς ιδιότητες του ανθρώπινου φωνητικού συστήματος για να κατεβάσει το εύρος ζώνης από τα 56 Kbps της τυπικής κωδικοποίησης PCM στα 8 Kbps ή και λιγότερα.
 - Η συμπίεση γίνεται από τον κωδικοποιητή φωνής (*vocoder*) στο τηλέφωνο και όχι στο σταθμό βάσης ή στο τερματικό κέντρο, έτσι ώστε να μειωθεί σημαντικά το πλήθος των bit που αποστέλλονται στην ασύρματη σύνδεση.
 - Στην κινητή τηλεφωνία υπάρχει τεράστιο κέρδος από το γεγονός ότι η συμπίεση λαμβάνει χώρα στο τηλέφωνο.
 - Συγκεκριμένα, στο D-AMPS τρεις χρήστες μπορούν να μοιράζονται ένα μόνο ζεύγος συχνοτήτων χρησιμοποιώντας πολύπλεξη με διαίρεση χρόνου.
 - Κάθε ζεύγος συχνοτήτων υποστηρίζει 25 πλαίσια / δευτ. των 40 msec το καθένα. Κάθε πλαίσιο διαιρείται σε έξι χρονικές υποδοχές (*time-slots*) των 6,67 msec η κάθε μία.
 - Κάθε πλαίσιο υποστηρίζει τρεις χρήστες, οι οποίοι χρησιμοποιούν με τη σειρά τις ανερχόμενες και τις κατερχόμενες συνδέσεις.

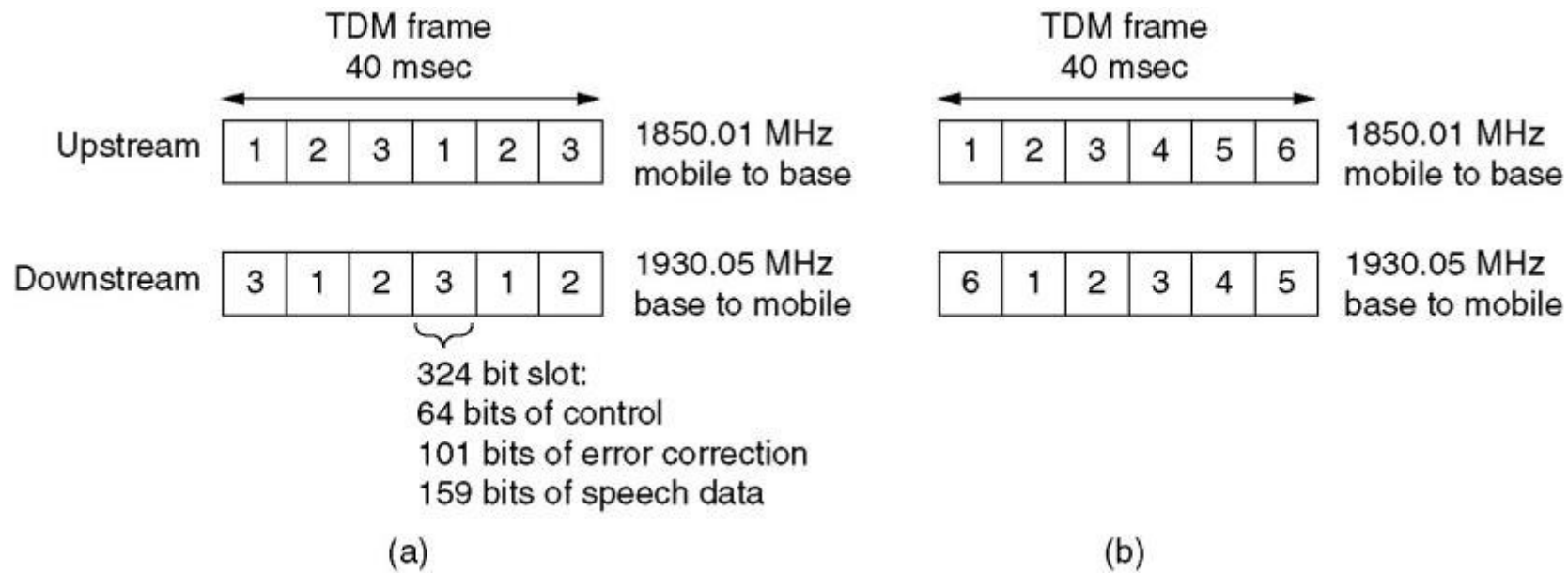


Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Δεύτερης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή
 - D-AMPS (*Digital -Advanced Mobile Phone System*)
 - Συγκεκριμένα, στο D-AMPS τρεις χρήστες μπορούν να μοιράζονται ένα μόνο ζεύγος συχνοτήτων χρησιμοποιώντας πολύπλεξη με διαίρεση χρόνου.
 - Κάθε χρονική υποδοχή έχει μήκος 324 bit, από τα οποία τα 64 bit χρησιμοποιούνται για χρόνο προστασίας, συγχρονισμό και έλεγχο, αφήνοντας 260 bit για το ωφέλιμο φορτίο του χρήστη. Από αυτά τα 101 bit χρησιμοποιούνται για διόρθωση σφαλμάτων πάνω από την ασύρματη σύνδεση, οπότε τελικά μένουν μόνο 159 bit για τη συμπιεσμένη ομιλία.
 - Με 50 χρονικές υποδοχές / δευτ. που χρησιμοποιούνται από ένα χρήστη, το εύρος ζώνης που διατίθεται για συμπιεσμένη ομιλία είναι 7,95 Kbps.
 - Χρησιμοποιώντας καλύτερους αλγορίθμους συμπίεσης, η ομιλία μπορεί να μειωθεί μέχρι τα 4 Kbps, οπότε μπορούν να χωρέσουν έξι χρήστες σε ένα πλαίσιο.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



D-AMPS Σύστημα με (a) τρεις χρήστες και (b) έξι χρήστες



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Δεύτερης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή
 - D-AMPS (*Digital -Advanced Mobile Phone System*)
 - Σε γενικές γραμμές το σύστημα D-AMPS δουλεύει όπως το AMPS, αν και η δομή ελέγχου του είναι πολύπλοκη.
 - Όταν ενεργοποιηθεί ένα κινητό, έρχεται σε επαφή με το σταθμό βάσης από τον οποίο λαμβάνει το ισχυρότερο σήμα για να ανακοινώσει την ύπαρξή του και μετά παρακολουθεί ένα κανάλι ελέγχου για εισερχόμενες κλήσεις. Μόλις εντοπισθεί ένα νέο κινητό στην περιοχή δικαιοδοσίας του, το MSC ενημερώνει την οικεία βάση του χρήστη για τη θέση όπου βρίσκεται, ώστε να δρομολογούνται οι κλήσεις κατάλληλα.
 - Μία διαφορά ανάμεσα στα δύο συστήματα είναι ο τρόπος χειρισμού της διαπομπής.
 - Στο AMPS, το MSC χειρίζεται πλήρως τη διαδικασία της διαπομπής, χωρίς βοήθεια από τις κινητές συσκευές. Συγκεκριμένα, το MSC που διαχειρίζεται το σταθμό βάσης που έχει τον έλεγχο του τερματικού, όταν το τερματικό απομακρύνεται, παρατηρεί ότι το σήμα του τηλεφώνου εξασθενεί και ρωτάει όλους τους σταθμούς βάσης που το περιβάλλουν πόση ισχύ λαμβάνουν από το τηλέφωνο. Στη συνέχεια, το MSC μεταφέρει τον έλεγχο στην κυψέλη που λαμβάνει το ισχυρότερο σήμα από το τηλέφωνο. Το τηλέφωνο ενημερώνεται για την αλλαγή του σταθμού βάσης και αν υπάρχει κάποια κλήση σε εξέλιξη θα ζητηθεί από το τηλέφωνο να τη μεταφέρει σε ένα νέο κανάλι.
 - Στο D-AMPS, κατά το 1/3 του χρόνου, ένα κινητό ούτε στέλνει ούτε λαμβάνει. Επομένως, μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτές τις χρονικές υποδοχές για να μετρήσει την ποιότητα της γραμμής. Μόλις ανακαλύψει ότι το σήμα έχει εξασθενήσει, στέλνει ένα σήμα στο MSC, το οποίο μπορεί να διακόψει τη σύνδεση για να συντονισθεί το κινητό σε κάποιον άλλο σταθμό βάσης. Η τεχνική αυτή ονομάζεται Διαπομπή Υποβοηθούμενη από το Κινητό (*Mobile Assisted Handover*).

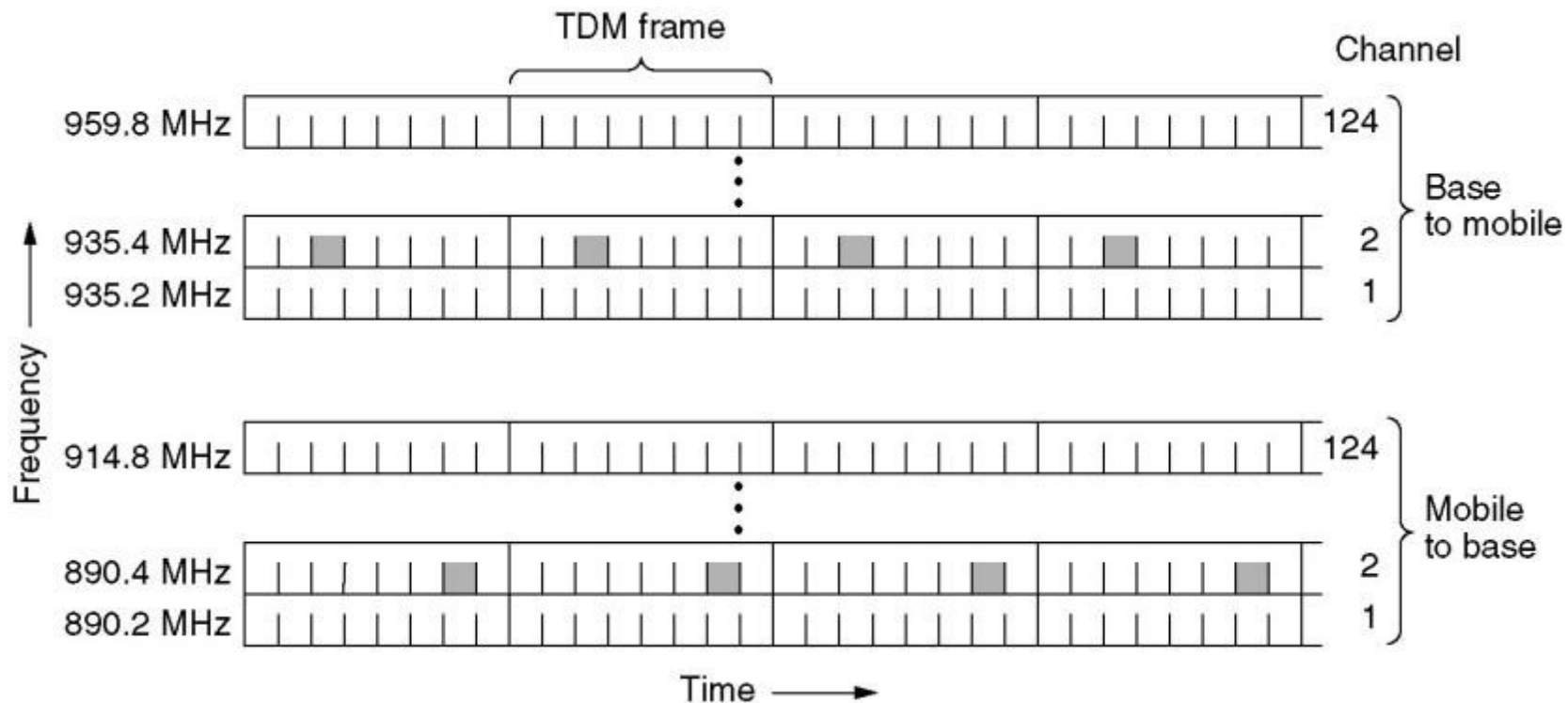


Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Δεύτερης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή
 - GSM (Global System for Mobile Communications)
 - Σε μία πρώτη προσέγγιση το GSM είναι παρόμοιο με το D-AMPS.
 - Και τα δύο είναι κυψελωτά συστήματα.
 - Και στα δύο συστήματα χρησιμοποιείται πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας συνδυασμένη με πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου.
 - Οι ραδιοδίαυλοι του GSM είναι πολύ ευρύτεροι από τους ραδιοδιαύλους του D-AMPS (200 KHz έναντι 30 KHz / ανά κατεύθυνση), ενώ περιέχουν σχετικά λίγο περισσότερους χρήστες (8 έναντι 3), παρέχοντας έτσι στο GSM πολύ υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων ανά χρήστη από ότι στο D-AMPS.
 - Ένα σύστημα GSM έχει 124 ζεύγη μονόδρομων ραδιοδιαύλων, κάθε ένας από τους οποίους έχει εύρος 200 KHz και υποστηρίζει 8 χωριστές συνδέσεις, χρησιμοποιώντας πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου.
 - Θεωρητικά, μπορούν να υποστηριχθούν 992 δίαυλοι σε κάθε κυψέλη.
 - Η μετάδοση και η λήψη δεν πραγματοποιούνται στην ίδια χρονική υποδοχή, επειδή οι πομποδέκτες δεν μπορούν ταυτόχρονα να μεταδίδουν και να λαμβάνουν και χρειάζονται χρόνο για να αλλάξουν κατάσταση.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



GSM Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών

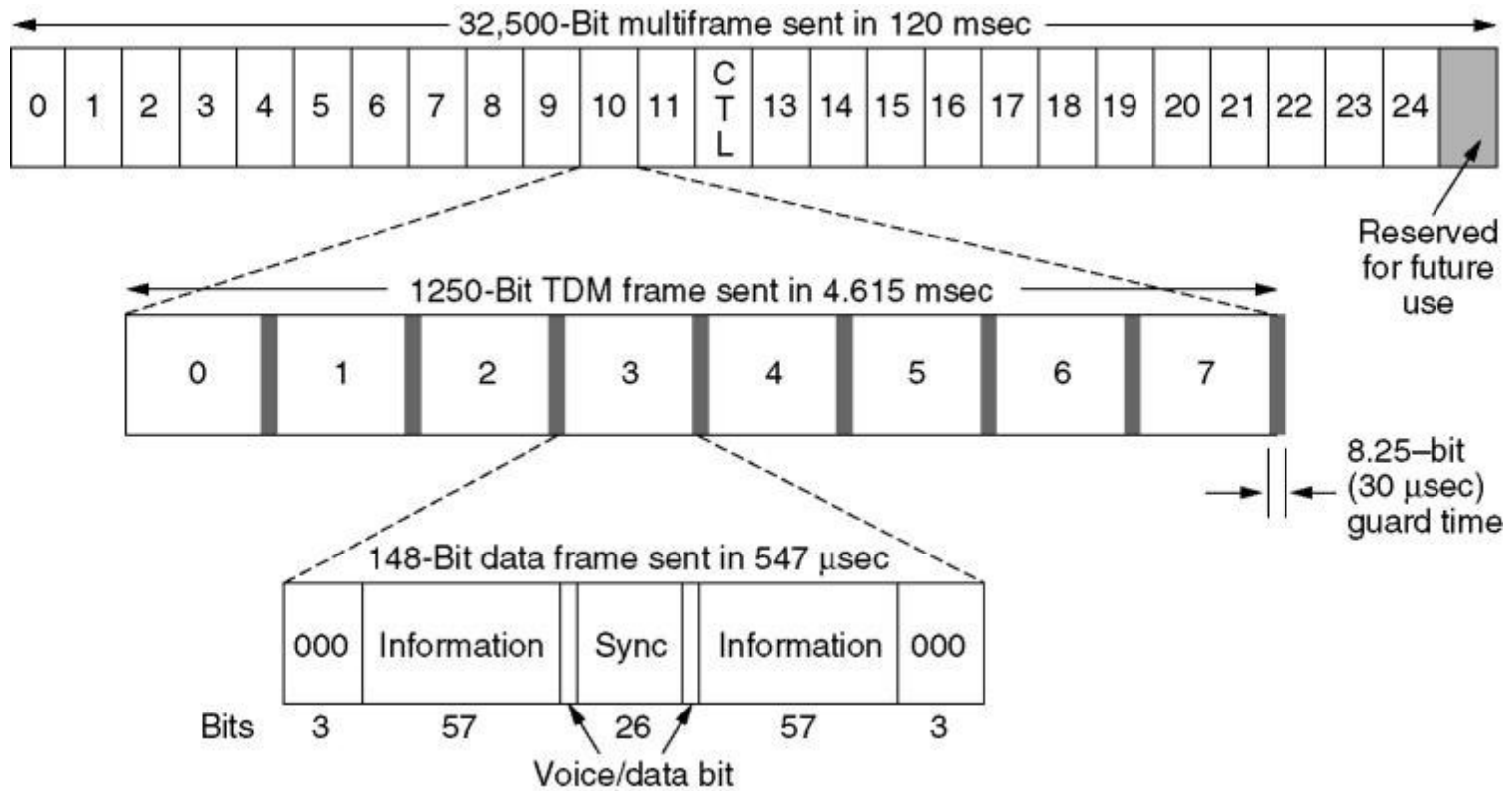


Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Δεύτερης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή
 - GSM (Global System for Mobile Communications)
 - Τα πλαίσια TDM αποτελούνται από οκτώ πλαίσια δεδομένων (οκτώ χρονικές υποδοχές).
 - Κάθε πλαίσιο δεδομένων αποτελείται από 148 bit και καταλαμβάνει τον δίαυλο για 577 msec (547 +30 msec χρόνος προστασίας μετά από κάθε υποδοχή).
 - Κάθε πλαίσιο δεδομένων ξεκινάει και τελειώνει με τρία bit 0, έτσι ώστε να διακρίνονται τα διαδοχικά πλαίσια δεδομένων.
 - Περιέχει επιπρόσθετα δύο πεδία Πληροφοριών των 57 bit, με το κάθε ένα από αυτά να περιέχει ένα bit ελέγχου που δείχνει κατά πόσο το επόμενο πεδίο Πληροφοριών περιέχει φωνή ή δεδομένα. Ανάμεσα στα πεδία Πληροφοριών υπάρχει ένα πεδίο Συγχρονισμού, το οποίο χρησιμοποιείται από το δέκτη για να συγχρονιστεί με τα όρια των πλαισίων του αποστολέα.
 - Τα πλαίσια TDM οργανώνονται σε πολυπλαίσια, τα οποία αποτελούνται από 26 πλαίσια TDM ή από 51 πλαίσια TDM.
 - Αφού ένα πλαίσιο δεδομένων ενός χρήστη μπορεί να μεταδοθεί μόνο κάθε 4,615 msec, έχουμε μία ταχύτητα 32,06 Kbps – διπλάσια από αυτή του D-AMPS, το οποίο επιτυγχάνει μετάδοση 324 bit 50 φορές το δευτερόλεπτο, δηλ. 16,2 Kbps.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

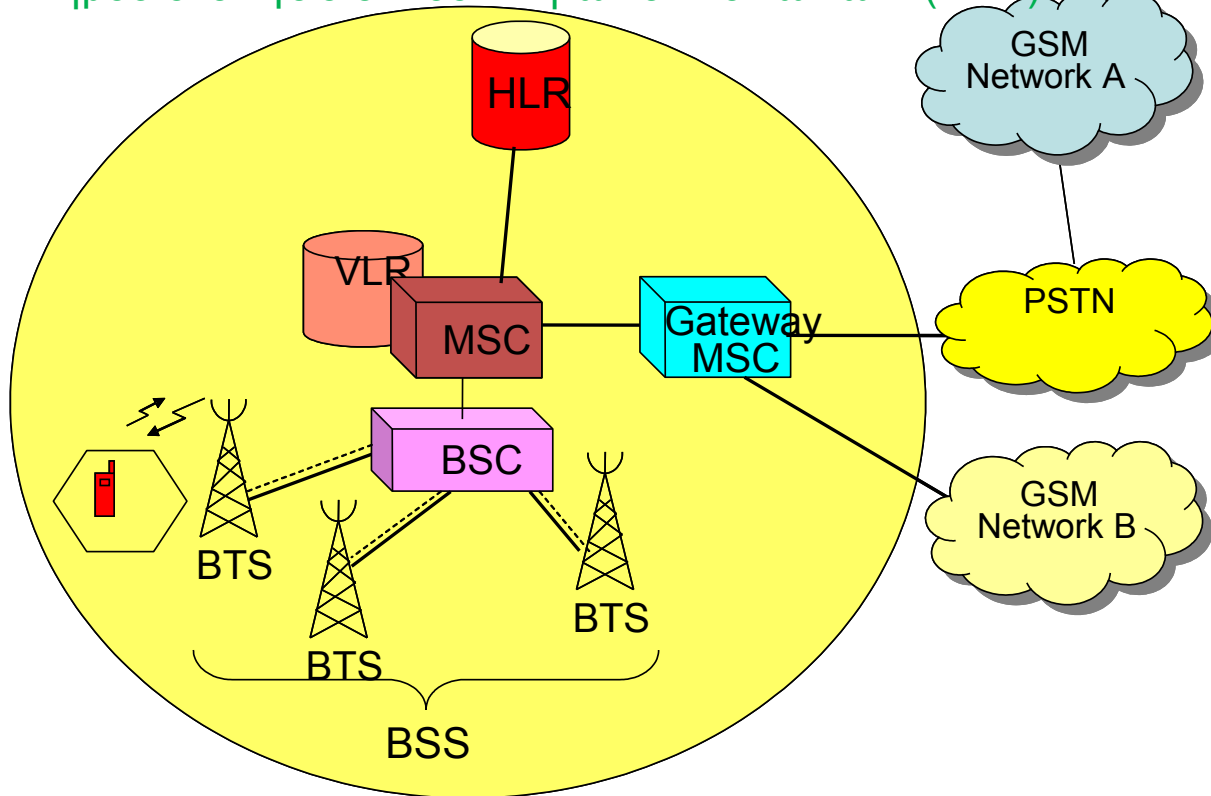


GSM Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

Δημόσιο επίγειο δίκτυο κινητών επικοινωνιών (PLMN)

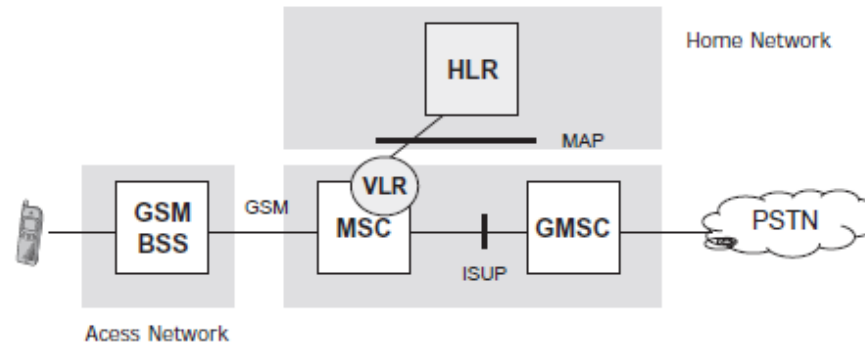


GSM Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

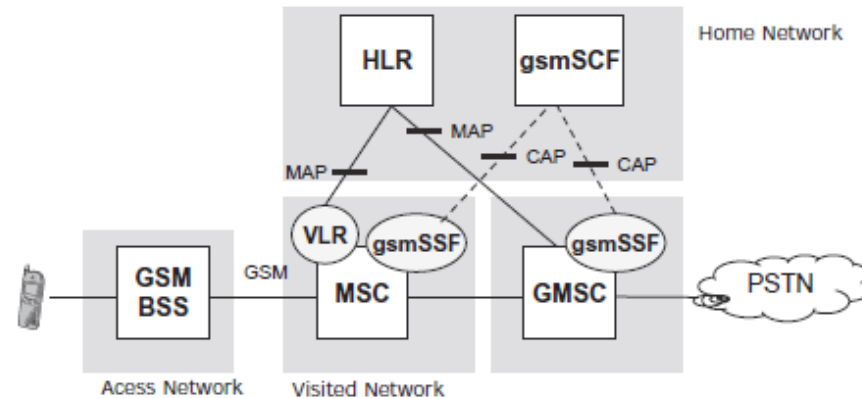
- Κινητή Τηλεφωνία Δεύτερης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή
 - GSM (Global System for Mobile Communications)
 - Σηματοδοσία και έλεγχος υπηρεσιών – βασίζεται στα ευφυή δίκτυα
 - Η σηματοδοσία ανάμεσα στα MSC και τα εξωτερικά δίκτυα που αφορά κλήσεις χρησιμοποιεί το ISDN User Part (ISUP), ενώ η σηματοδοσία μεταξύ MSC και καταχωρητών θέσης (HLR) πραγματοποιείται μέσω του *Mobile Application Part of SS#7*.



MSC Mobile-services Switching Centre
HLR Home Location Register
VLR Visitor Location Register
GMSC Gateway Mobile Services Switching Centre
MAP Mobile Application Part of SS#7
ISUP ISDN Usage Part of SS#7

Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Δεύτερης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή
 - GSM (Global System for Mobile Communications)
 - Σηματοδοσία και έλεγχος υπηρεσιών – βασίζεται στα ευφυή δίκτυα
 - Η παροχή συμπληρωματικών υπηρεσιών γίνεται από ένα πρόσθετο IN δίκτυο στο GSM σύστημα, το οποίο ονομάζεται CAMEL (*Customized Applications for Mobile Network Enhanced Logic*)
 - Νέα SCPs εισάγονται για την παροχή υπηρεσιών. Αυτά είναι τα gsmSCF.
 - Τα gsmSSF αναγνωρίζουν ότι ζητείται κάποια συμπληρωματική υπηρεσία.



SCF Service Control Function
SSF Service Switching Function
CAP CAMEL Applic. Part of SS#7



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Δεύτερης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή
 - GSM (Global System for Mobile Communications)
 - Κανάλια Ελέγχου
 - Κανάλι Ελέγχου Εκπομπής (*Broadcast Control Channel*)
 - » Είναι μία συνεχής ροή εξόδου από τον σταθμό βάσης, η οποία περιέχει την ταυτότητα του σταθμού βάσης.
 - » Όλοι οι κινητοί σταθμοί παρακολουθούν την ισχύ του σήματος αυτού για να δουν αν έχουν μετακινηθεί σε κάποια άλλη κυψέλη.
 - Αφιερωμένο Κανάλι Ελέγχου (*Dedicated Control Channel*)
 - » Χρησιμοποιείται για ενημέρωση τοποθεσίας, καταχώρηση και εγκαθίδρυση κλήσεων.
 - » Συγκεκριμένα, κάθε σταθμός βάσης διατηρεί μία βάση δεδομένων με τους κινητούς σταθμούς που βρίσκονται την τρέχουσα στιγμή στη δικαιοδοσία του. Οι πληροφορίες που απαιτούνται για την τήρηση αυτής της βάσης δεδομένων στέλνονται στο αφιερωμένο κανάλι ελέγχου.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Δεύτερης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή
 - GSM (Global System for Mobile Communications)
 - Κανάλια Ελέγχου
 - Κοινό Κανάλι Ελέγχου (*Common Control Channel*)
 - » Διαιρείται σε τρία λογικά υποκανάλια.
 - » Το πρώτο είναι το κανάλι ειδοποίησης (*paging channel*), το οποίο χρησιμοποιείται από το σταθμό βάσης για την ανακοίνωση εισερχόμενων κλήσεων. Κάθε κινητός σταθμός το παρακολουθεί συνεχώς για να εντοπίσει κλήσεις, στις οποίες θα πρέπει να απαντήσει.
 - » Το δεύτερο είναι το κανάλι τυχαίας προσπέλασης (*random access channel*), το οποίο επιτρέπει στους χρήστες να ζητούν να τους παραχωρηθεί μία υποδοχή στο αφιερωμένο κανάλι ελέγχου. Αν υπάρξει διένεξη σε δύο αιτήσεις, αυτές παραμορφώνονται και θα πρέπει να αποσταλούν εκ νέου. Χρησιμοποιώντας την υποδοχή στο αφιερωμένο κανάλι ελέγχου, το κινητό τερματικό μπορεί να εγκαθιδρύσει μία κλήση.
 - » Το τρίτο υποκανάλι είναι το κανάλι παραχώρησης πρόσβασης (*access grant channel*), στο οποίο ανακοινώνεται η παραχώρηση της χρονικής υποδοχής στο αφιερωμένο κανάλι ελέγχου.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Προς τα Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών 3^{ης} Γενιάς
 - Συστήματα 2,5 G
 - GPRS (*General Packet Radio Service*)
 - Δίκτυο μεταγωγής πακέτων πάνω από το D-AMPS ή το GSM.
 - Επιτρέπει στους κινητούς σταθμούς να στέλνουν και να λαμβάνουν πακέτα IP σε μία κυψέλη.
 - Ρυθμός μετάδοσης: Μπορεί να φθάσει τα 160 Kbps.
 - Μερικές χρονικές υποδοχές σε κάποιες συχνότητες δεσμεύονται για κίνηση πακέτων δεδομένων. Το πλήθος και η θέση των χρονικών υποδοχών μπορεί να ορίζεται δυναμικά από το σταθμό βάσης, ανάλογα με το λόγο κίνησης φωνής προς δεδομένα στην κυψέλη.
 - Οι πόροι χρησιμοποιούνται από κοινού από τους ενεργούς χρήστες.
 - EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*)
 - Εισαγωγή νέων τεχνικών διαμόρφωσης (8PSK) – υποστήριξη περισσότερων bit / baud (3 bit / baud).
 - Περισσότερα bit / baud σημαίνει περισσότερα σφάλματα / baud, οπότε το σύστημα EDGE έχει εννιά διαφορετικές μεθόδους διαμόρφωσης και διόρθωσης σφαλμάτων, οι οποίες διαφέρουν στο ποσοστό του εύρους ζώνης το οποίο αφιερώνεται για τη διόρθωση σφαλμάτων που εισάγονται λόγω της υψηλότερης ταχύτητας.
 - Ρυθμός μετάδοσης: Μπορεί να φθάσει τα 386 Kbps.
 - EGPRS (*Enhanced GPRS*)
 - Εφαρμογή του EDGE στο GPRS
 - Επιτυγχάνονται περίπου τριπλάσιοι ρυθμοί από εκείνους του κλασικού GPRS.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Τρίτης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή & Δεδομένα
 - ITU– Εξέδωσε το πρόγραμμα δράσης IMT-2000 για να φθάσουμε σε σύγκλιση φωνής και δεδομένων με ασύρματες διασυνδέσεις υψηλού εύρους ζώνης.
 - Ο αριθμός 2000 σήμαινε τρία πράγματα:
 - Το έτος στο οποίο το σύστημα θα έμπαινε σε λειτουργία.
 - Τη συχνότητα στην οποία το σύστημα θα λειτουργούσε (σε MHz).
 - Το εύρος ζώνης που θα έπρεπε να προσφέρει (σε KHz).
 - Βασικές υπηρεσίες που θα παρέχει το δίκτυο IMT-2000 στους χρήστες τους είναι:
 - Μετάδοση φωνής υψηλής ποιότητας.
 - Ανταλλαγή μηνυμάτων.
 - Πολυμεσικές Εφαρμογές.
 - Πρόσβαση στο Internet.
 - Ομαδικά Παιχνίδια.
 - Κινητό Εμπόριο.
 - Εικονοδιάσκεψη
 - Επίτευξη υψηλών ρυθμών μετάδοσης
 - 2 Mbps για εσωτερικούς χώρους, 384 Kbps για χρήστες που κινούνται με μικρή ταχύτητα (πεζούς) και 144 Kbps για χρήστες με ταχύτητα μέχρι 50 Km /h.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Τρίτης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή & Δεδομένα
 - ITU– Εξέδωσε το πρόγραμμα δράσης IMT-2000 για να φθάσουμε σε σύγκλιση φωνής και δεδομένων με ασύρματες διασυνδέσεις υψηλού εύρους ζώνης.
 - Πρώτη Κύρια Τεχνολογική Λύση
 - W-CDMA (*Wideband CDMA*)
 - » Χρησιμοποιεί εξάπλωση φάσματος άμεσης ακολουθίας.
 - » Δουλεύει σε εύρος ζώνης 5 MHz και συνεργάζεται με δίκτυα GSM. Συγκεκριμένα, έχει την εξής ιδιότητα: ένας χρήστης μπορεί να βγει από μία κυψέλη W-CDMA και να μπει σε μία κυψέλη GSM χωρίς να χαθεί η κλήση του.
 - » Το σύστημα αυτό προωθήθηκε έντονα από την E.E., η οποία το ονόμασε Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών (*Universal Mobile Telecommunications System*).

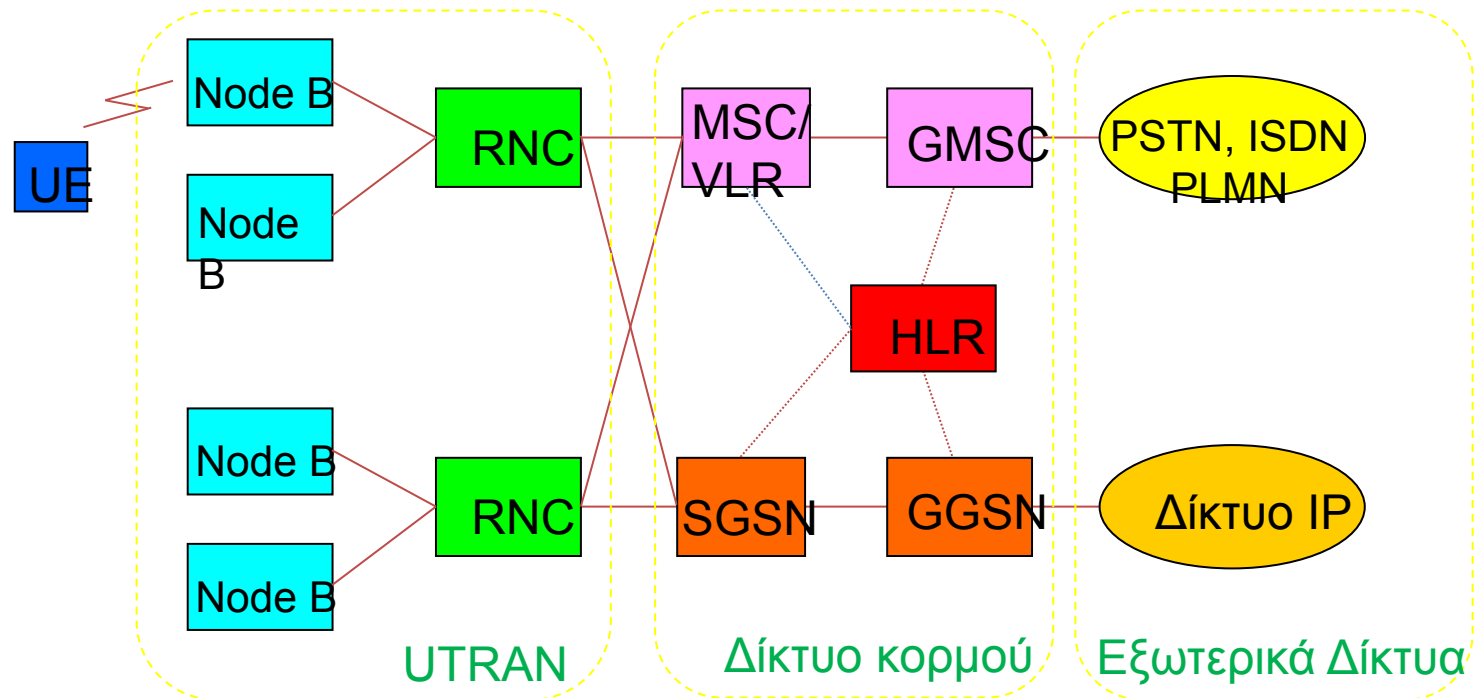


Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Τηλεφωνία Τρίτης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή & Δεδομένα
 - ITU– Εξέδωσε το πρόγραμμα δράσης IMT-2000 για να φθάσουμε σε σύγκλιση φωνής και δεδομένων με ασύρματες διασυνδέσεις υψηλού εύρους ζώνης.
 - Δεύτερη Κύρια Τεχνολογική Λύση
 - CDMA2000
 - » Αποτελεί εξέλιξη του cdmaOne.
 - » Χρησιμοποιεί εξάπλωση φάσματος άμεσης ακολουθίας.
 - » Δουλεύει σε εύρος ζώνης 5 MHz, αλλά δεν συνεργάζεται με δίκτυα GSM. Αποτελεί επέκταση του CDMA όπως περιγράφεται στο διεθνές πρότυπο IS-95 και είναι συμβατό προς τα πίσω με αυτό.
 - » Άλλες τεχνικές διαφορές με το W-CDMA είναι ο διαφορετικός ρυθμός μετάδοσης chips, η διαφορετική διάρκεια πλαισίων, η χρήση διαφορετικού φάσματος και η διαφορετική μέθοδος συγχρονισμού.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



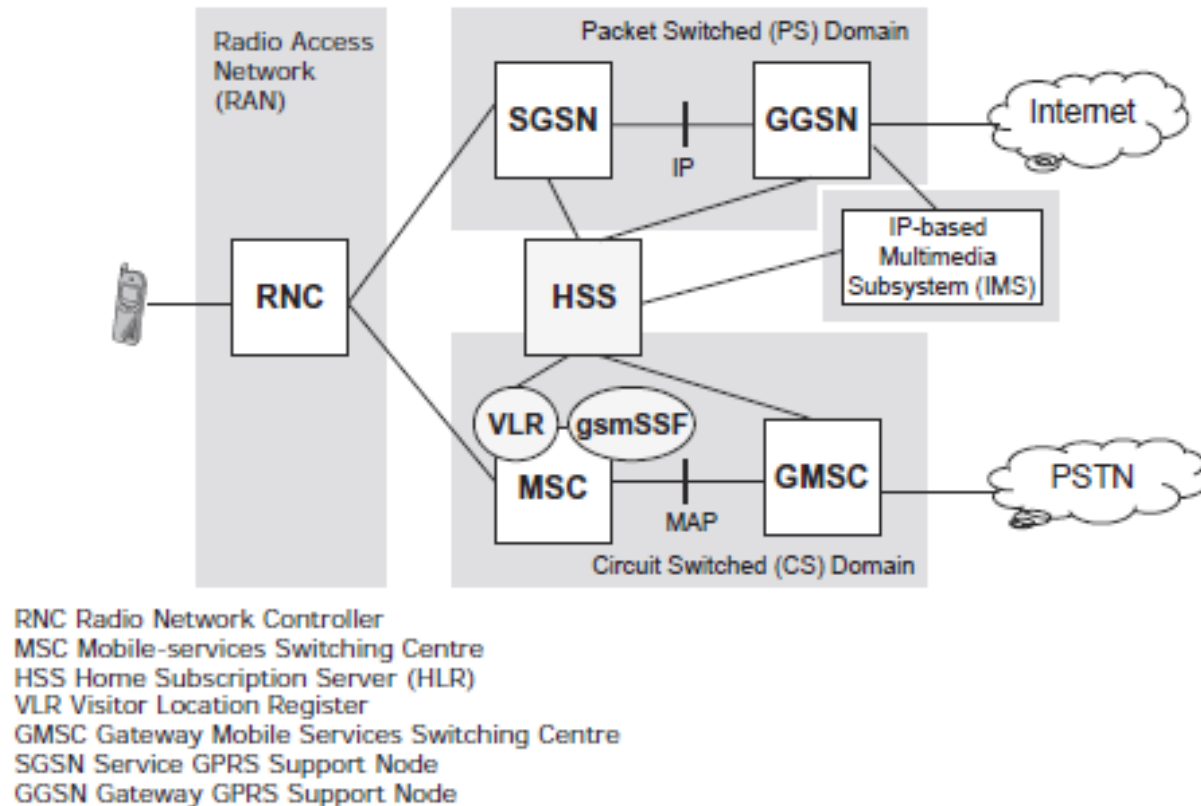
UE: User Equipment
Node B
RNC: Radio Network Controller
Node B
UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network

SGSN: Serving GPRS Support
GGSN: Gateway GPRS Support

Αρχιτεκτονική Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



Αρχιτεκτονική Συστημάτων Κινητών Επικοινωνιών 3^{ης} Γενιάς



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Επικοινωνία Τέταρτης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή & Δεδομένα
 - Τα συστήματα κινητών επικοινωνιών 4G θα εστιάζουν στους χρήστες και στις εφαρμογές.
 - Στόχος: Η παροχή πρόσβασης κάθε χρήστη σε οποιοδήποτε πόρο (υπηρεσία, υπολογιστή, βάση δεδομένων, κλπ) ανεξάρτητα της γεωγραφικής θέσης του χρήστη, της χρονικής στιγμής που ο χρήστης αιτείται την πρόσβαση, του τερματικού που χρησιμοποιεί (π.χ., υπολογιστής, κινητό), της ετερογένειας των υποκείμενων δικτύων πρόσβασης, ενώ ανά πάσα χρονική στιγμή ο χρήστης θα πρέπει να είναι βέλτιστα συνδεδεμένος μέσω του δικτύου που ανταποκρίνεται καλύτερα στις ιδιαίτερες προτιμήσεις και απαιτήσεις του.



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Επικοινωνία Τέταρτης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή & Δεδομένα
 - Προτεινόμενα Χαρακτηριστικά
 - Βασίζεται στο IP.
 - Τεχνολογία μεταγωγής πακέτου σε όλα τα στάδια του δικτύου.
 - Εισαγωγή του IP Multimedia Subsystem (IMS).
 - Υψηλό εύρος ζώνης.
 - Συνδεσιμότητα παντού.
 - Διαφανής ενοποίηση με τα ενσύρματα δίκτυα.
 - Υψηλή ποιότητα υπηρεσιών για πολυμεσικές εφαρμογές.
 - Προσαρμοστική διαχείριση πόρων και φάσματος.
 - Υλοποίηση πομποδεκτών σε λογισμικό (*software radios*).

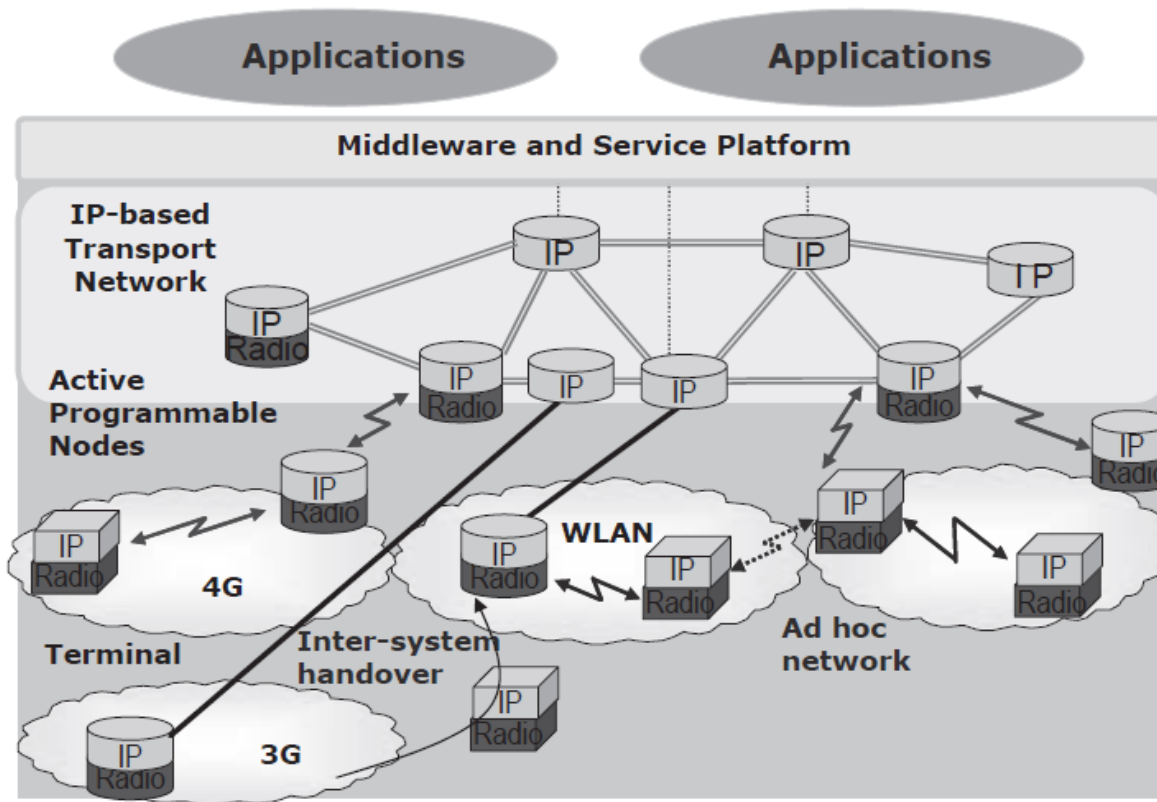


Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- Κινητή Επικοινωνία Τέταρτης Γενιάς : Ψηφιακή Φωνή & Δεδομένα
 - Τεχνολογίες
 - Long Term Evolution (LTE) και Long Term Evolution – Advanced (LTE-Advanced)
 - WiMAX (IEEE 802.16m)
 - Ενδιάμεσα βήματα (Κινητή Επικοινωνία 3.5 G)
 - High Speed Packet Access
 - High Speed Packet Access +
 - IEEE 802.16d (υποστήριξη νομαδικότητας – ο χρήστης μπορεί να κινείται, αλλά διακόπτεται η σύνδεσή του κατά την αλλαγή κυψέλης)
 - IEEE 802.16e (υποστήριξη φορητότητας – διακόπτεται η υπηρεσία, αλλά όχι η σύνδεση στο δίκτυο)



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών



Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών βασισμένα στο IP



Τέλος Ενότητας



Σημείωμα Αναφοράς

- Copyright Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Λούτα Μαλαματή. «Δίκτυα Τηλεπικοινωνιών». Έκδοση: 1.0. Κοζάνη 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.uowm.gr/courses/ICTE278/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

1. William Stallings, "Επικοινωνίες Υπολογιστών και Δεδομένων", 8η εκδοση
2. Andrew Tanenbaum, "Δίκτυα Υπολογιστών"
3. Α. Αλεξόπουλος και Γ. Λαγογιάννης, "Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών"
Στο μάθημα Δίκτυα Τηλεπικοινωνιών, επιπρόσθετα στη βιβλιογραφία έχουμε και το Ιάκωβος Βενιέρης, "Δίκτυα Ευρείας Ζώνης"
4. Τεχνολογίες αποκατάστασης εδαφών και υπογείων υδάτων από επικίνδυνους ρύπους, Ε. Γιδαράκος, Μ. Αιβαλιώτη, Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη, 2005.
5. Περιβάλλον και βιομηχανική ανάπτυξη, τόμος Β, Καλδέλης Ιωάννης Κ., Κονδύλη Αιμιλία Μ., εκδόσεις Σταμούλη ΑΕ, 2006.

