



Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Κινητές και Δορυφορικές Επικοινωνίες

Εισαγωγή στα Ασύρματα Συστήματα Επικοινωνιών

Δημοσθένης Βουγιούκας (dnougiou@aegean.gr)

Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών & Επικοινωνιακών Συστημάτων



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

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 Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Στόχοι & Επιδιωκόμενες Εξελίξεις

- ◆ Υποστήριξη πολλαπλών υπηρεσιών πολυμέσων
- ◆ Υψηλού ρυθμού μετάδοσης
- ◆ Υψηλής ποιότητας
- ◆ Μεταξύ Φορητών Τερματικών
- ◆ Που μπορεί να ανήκουν στο ίδιο ή και διαφορετικά δίκτυα
- ◆ Που μπορούν να βρίσκονται οπουδήποτε
- ◆ Οποτεδήποτε

Ασύρματα Συστήματα Επικοινωνιών

◆ Εφαρμογές

- Φωνή και voice over IP
- Πρόσβαση στο Internet
- Πλοήγηση και αναζήτηση στο Web
- Μεταφορά γραπτών μηνυμάτων
- Μεταφορά αρχείων
- Αναζήτηση και ειδοποίηση χρηστών
- Συνδρομητικές υπηρεσίες (π.χ. Δικτυακά παιχνίδια, ή άλλες διαδραστικές πολυμεσικές εφαρμογές)
- Τηλεδιασκέψεις (voice & video)

Ασύρματα Συστήματα Επικοινωνιών

◆ Συστήματα

- Κλασικά κυψελωτά (GSM, UMTS, IS95, IS136)
- Ασύρματα (DECT, PHS)
- Συστήματα Τηλεειδοποίησης (HERMES)
- Συστήματα για εφαρμογές έκτακτης ανάγκης (TETRA)
- Συστήματα εντοπισμού στόλων (OmniTracs)
- Συστήματα ευρείας αναμετάδοσης ψηφιακού ήχου (DAB) και video (DVB)
- Ασύρματα τοπικά δίκτυα υπολογιστών WLANs (IEEE 802.11a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, m, n, ac, ad)
- Δορυφορικά συστήματα κινητών επικοινωνιών (Globalstar, Teledesic, S-UMTS, HAPS)

Ασύρματα Συστήματα Επικοινωνιών

◆ Συστήματα (Συνέχεια)

- Ασύρματης δικτύωσης σε μικρές αποστάσεις αποκαλούμενα και WPANs (Bluetooth, IEEE 802.15)
- Συστήματα Σταθερής Ασυρματικής Ευρυζωνικής Ραδιοπρόσβασης (BWANs) αποκαλούμενα και WMANs (LMDS, MMDS, IEEE 802.16, HiperACCESS, HiperMAN)
- Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (WSNs)

◆ Περιοχές Κάλυψης

- Εσωτερικοί ή/και εξωτερικοί χώροι
- Μικρή περιοχή, μια πόλη, μια ευρύτερη γεωγραφική περιοχή, ολόκληρη η γη.
- Χρήστες με υψηλή ή χαμηλή κινητικότητα

Ασύρματα Συστήματα Επικοινωνιών

- ◆ Είναι απαραίτητος ο κατακερματισμός
 - Διαφορετικά προϊόντα
 - Διαφορετικές προδιαγραφές
 - Διαφορετικές υπηρεσίες
- ◆ Χαρακτηριστικά υπηρεσιών
 - Ελάχιστος Ρυθμός μετάδοσης
 - Μέγιστος Ρυθμός σφαλμάτων
 - Μέγιστη Καθυστέρηση
- ◆ Ομαδοποίηση βασικών εφαρμογών και ικανοποίηση των βασικών απαιτήσεων από ένα σύστημα (π.χ. UMTS), ή αργότερα από τα λεγόμενα B3G συστήματα.

Ασύρματα Συστήματα Επικοινωνιών

- ◆ Πώς επιτυγχάνεται η αποφυγή κατακερματισμού της βιομηχανίας και η μείωση του κόστους ανάπτυξης των συστημάτων
 - Κοινά αποδεκτές προδιαγραφές
 - Κλασικό παράδειγμα το GSM
 - Νέες προδιαγραφές των WLANs
 - Συστήματα WCDMA (UMTS) και cdma2000 στο πλαίσιο IMT-2000 της ITU
 - Νέες προδιαγραφές B3G
 - Διασυνεργασία συστημάτων

Παράγοντες Επιτυχίας Νέων Συστημάτων

- ◆ Παροχή πρόσβασης υψηλής ταχύτητας, που να υποστηρίζει ευρυζωνικές υπηρεσίες
- ◆ Ευελιξία δικτύων και υποστήριξη των νέων υπηρεσιών
- ◆ Ανεκτό κόστος υπηρεσιών
- ◆ Συμβατότητα με τα σημερινά συστήματα (ανάπτυξη και επέκταση με το ελάχιστο δυνατό κόστος)

Εξέλιξη Τερματικών και Υπηρεσιών

2G



3G



4G

«Κλειστή» παροχή υπηρεσίας
«Κάθετες» υπηρεσίες

- Τηλεφωνία
- Συμπληρωματικές υπηρεσίες
- Φαξ

«Ανοικτή» παροχή υπηρεσίας
«Οριζόντιες» υπηρεσίες

- Βασισμένες στο IP
- Προστιθέμενη Αξία
Java



WAP



Standard Edition



Personal Java



Java Micro Edition

Διαφοροποίηση

TDMA
FDD

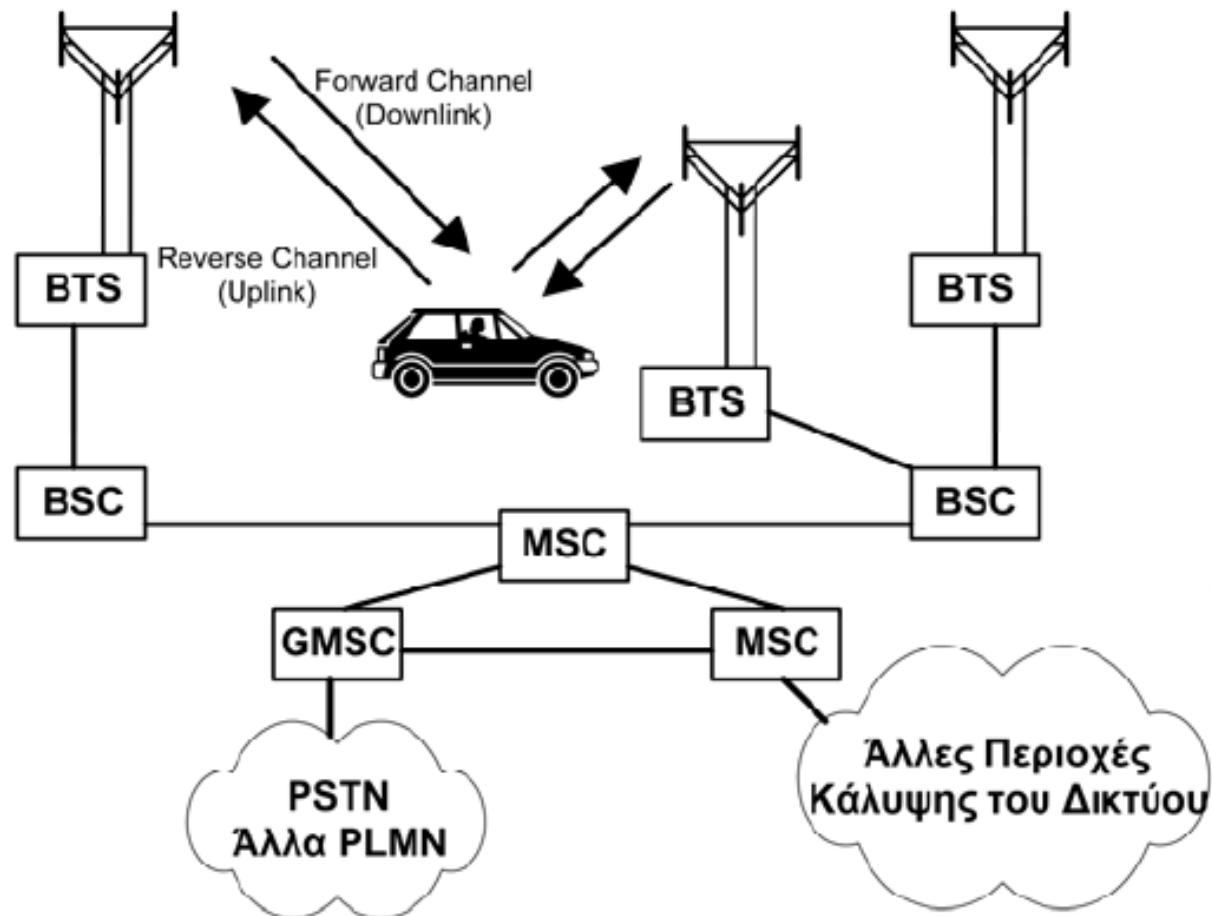
Direct Sequence
Frequency
Hopping

WCDMA
TD-CDMA

OFDM

OFDM
TDD

Δομικά Στοιχεία ΣΚΕ



Δομικά Στοιχεία ΣΚΕ

- ◆ **MS: (Mobile Station)** Κινητός Σταθμός, όλα τα τερματικά είτε χειρός είτε φορητά.
- ◆ **BTS: (Base Transceiver Station)** Σταθμός Βάσης, στο κέντρο ή στα όρια της περιοχής κάλυψης
 - Κεραίες εκπομπής και λήψης
 - Πομποδέκτες
- ◆ Κάθε BTS εξυπηρετεί μια περιοχή που ονομάζεται **κυψέλη (cell)**, η οποία και έχει δεδομένους ραδιοπόρους (ραδιοδιαύλους, κώδικες κλπ.).
- ◆ Οι MS συνδέονται με τους BTS χρησιμοποιώντας ραδιοδιαύλους και την αντίστοιχη ραδιοεπαφή
- ◆ **Ραδιοεπαφή (RAT):** Σύνολο κανόνων που καθορίζουν πως γίνεται η πρόσβαση στο ραδιοδίαυλο.

Δομικά Στοιχεία ΣΚΕ

- ◆ Κάθε BTS συνδέεται και με το **δίκτυο κορμού (backbone network)** του παροχέα (operator) μέσω ενός ελεγκτή **BSC (Base Station Controller)**.
- ◆ Πολλά BSCs συνδέονται σε ένα κέντρο μεταγωγής **MSC (Mobile Switching Center)**.
- ◆ **MSC**: Διαχειρίζεται και δρομολογεί τις κλήσεις σε μια μεγάλη περιοχή εξυπηρέτησης.
- ◆ **GMSC (Gateway MSC)**: Το MSC που αναλαμβάνει τη διασύνδεση με άλλα δίκτυα (κυρίως το PSTN).

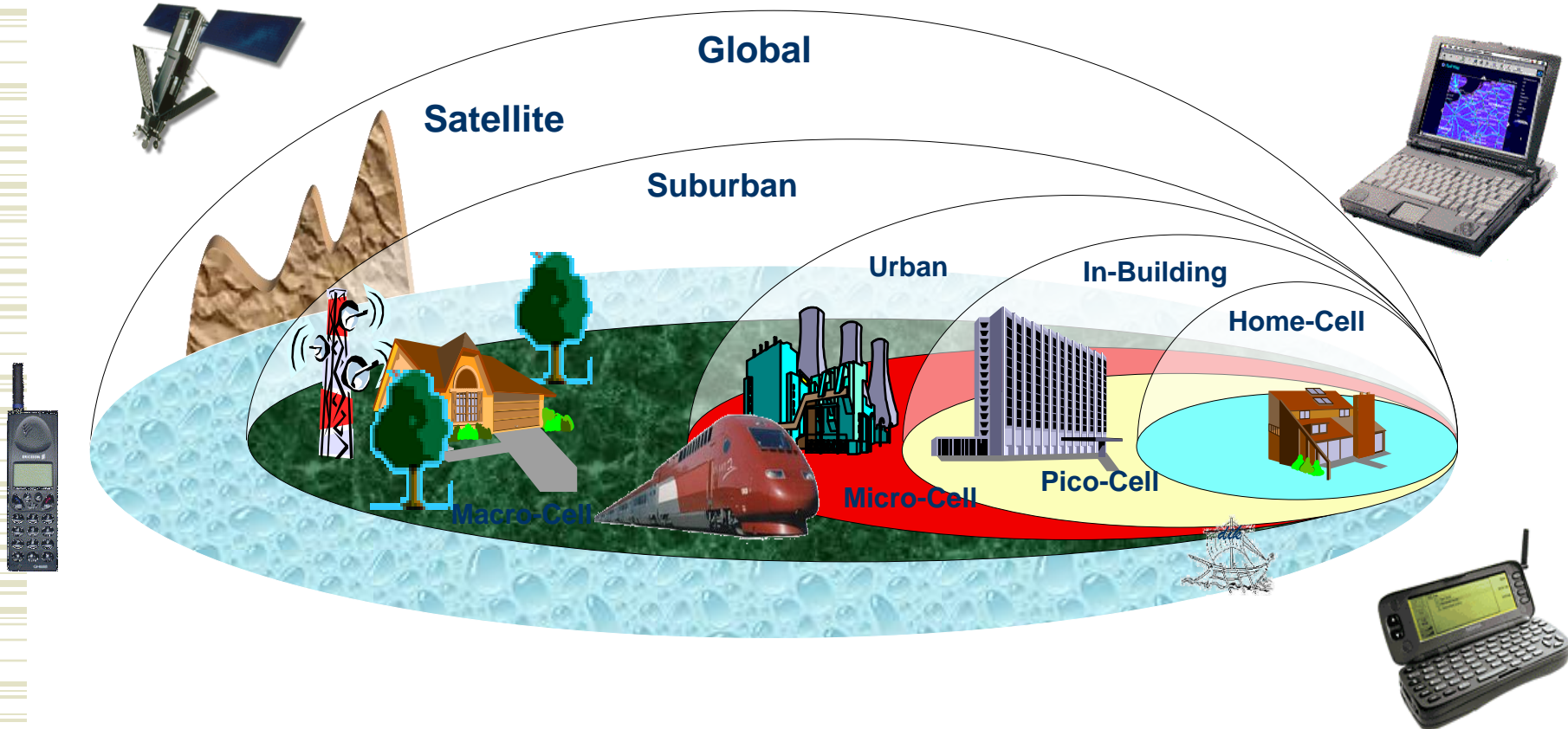
Δομικά Στοιχεία ΣΚΕ

- ◆ Αν ένα MS που βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής (idle state) μεταβαίνει σε άλλη κυψέλη (BTS), το δίκτυο αναλαμβάνει συνήθως την σύνδεσή του με άλλο BTS.
- ◆ Υπάρχει περιοδική ανταλλαγή μηνυμάτων ελέγχου μεταξύ MS και δικτύου, ώστε να είναι γνωστή η θέση του MS. Η διαδικασία αυτή καλείται **περιαγωγή (roaming)**.
- ◆ Η περιαγωγή καλύπτει και την περίπτωση ο MS να αλλάξει **PLMN (Public Land Mobile Network)**.

Δομικά Στοιχεία ΣΚΕ

- ◆ Αν κατά τη μετάβαση από κυψέλη σε κυψέλη υπάρχει σε εξέλιξη εγκατεστημένη κλήση, τότε το δίκτυο φροντίζει για τη μεταφορά της κλήσης. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **μεταπομπή (handover ή handoff)**.
- ◆ Επειδή η μεταφορά της κλήσης γίνεται χωρίς διακοπή και χωρίς ο συνδρομητής να αντιληφθεί το παραμικρό, πολλές φορές καλείται και **seamless handoff**.
- ◆ Η μεταπομπή μπορεί να συμβεί είτε μεταξύ BTS του ίδιου δικτύου, είτε άλλων δικτύων του ίδιου τύπου, είτε άλλων δικτύων άλλου τύπου, είτε και μέσα στην ίδια κυψέλη, μεταφέροντας την κλήση σε ραδιοδίαυλο με καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τον εξυπηρετούντα.

Τύποι Κυψελών



Τύποι Κυψελών

◆ Macrocells

- Κυψέλες με ακτίνα μέχρι μερικές δεκάδες χιλιόμετρα.
- Καλύπτουν χρήστες με μεγάλη κινητικότητα.
- Μικρός αριθμός συνδρομητών στο συνολικό δίκτυο.
- Τοποθέτηση των BTS σε υψηλά κτίρια ή πύργους με καλή ορατότητα της περιοχής κάλυψης.
- Υποστήριξη συνήθως υπηρεσιών στενής ζώνης λόγω φαινομένων διάδοσης.

◆ Microcells

- Κυψέλες με ακτίνα συνήθως μέχρι 1-2Km.
- Αύξηση της χωρητικότητας με μείωση της εκπεμπόμενης ισχύος και άρα της ακτίνας κάλυψης.
- Πυκνή επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.
- Τοποθέτηση των BTS σε στέγες κτιρίων.

Τύποι Κυψελών

◆ Pico cells

- Κυψέλες με ακτίνα συνήθως μέχρι 100-200m.
- Κάλυψη περιοχών με μεγάλες απαιτήσεις σε τηλεπικοινωνιακή κίνηση (hot spots).
- Τοποθέτηση των BTS σε χαμηλά ύψη (συνήθως κάτω από 4m, ή αν πρόκειται για εσωτερικούς χώρους σε διαδρόμους και ανελκυστήρες)
- Δυνατότητα υποστήριξης ευρυζωνικών υπηρεσιών

◆ Megacells

- Κυψέλες με κάλυψη μεγάλων γεωγραφικών περιοχών
- Δορυφορικοί πομποδέκτες ή HAPS (High Altitude Platform Systems)

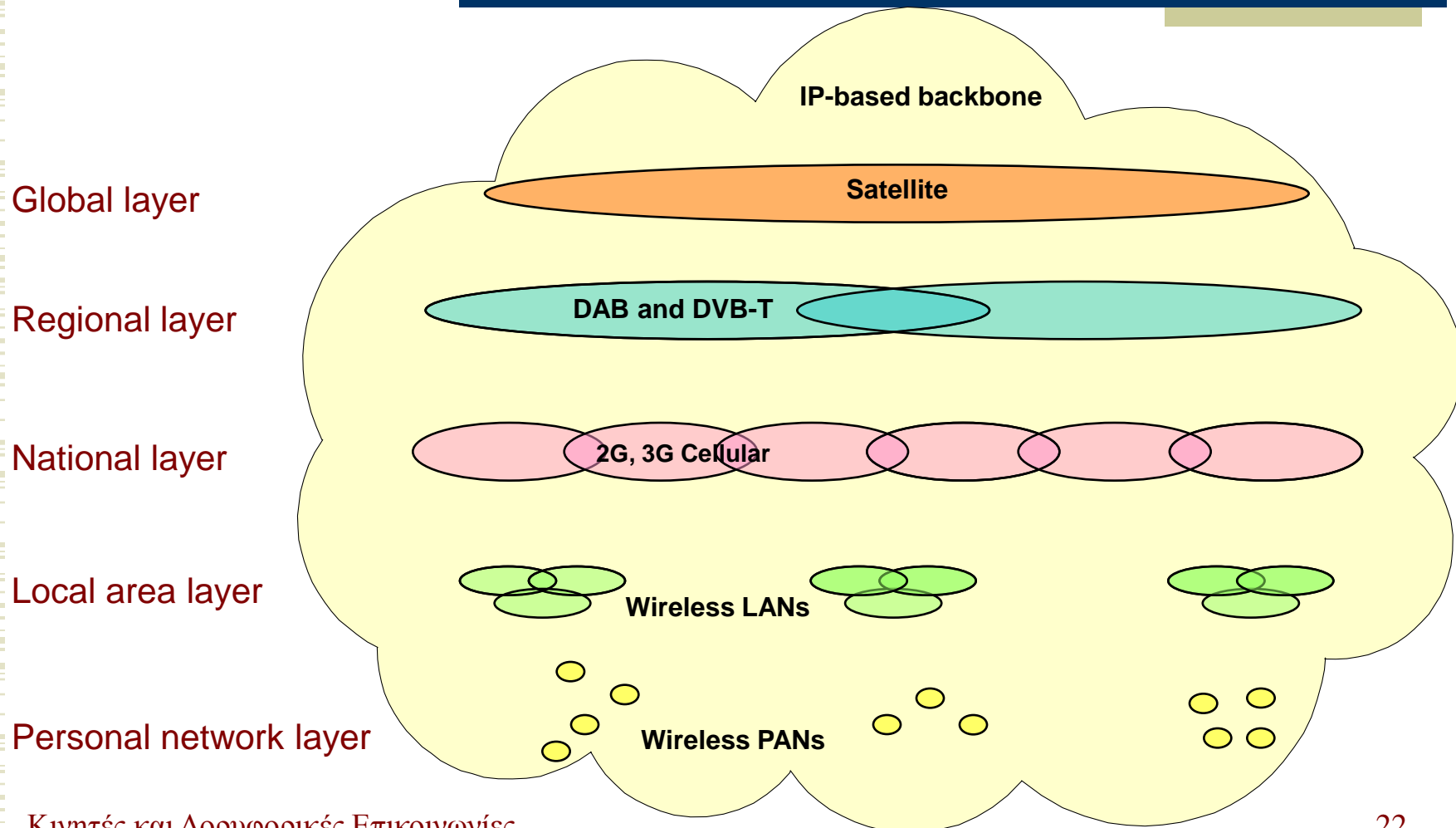
Τύποι Κυψελών

- ◆ Μείωση της ισχύος εκπομπής συνεπάγεται με:
 - Μείωση της ακτίνας κάλυψης
 - Αύξηση των απαιτούμενων BTS για την κάλυψη της ίδιας περιοχής
 - Δηλαδή αύξηση και του κόστους ανάπτυξης του δικτύου
 - Αύξηση της επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων
 - Συνεπώς αύξηση της υποστηριζόμενης χωρητικότητας
 - Αλλά και αύξηση του αριθμού και του ρυθμού των μεταπομπών για χρήστες που μετακινούνται με μεγάλη ταχύτητα.

Τύποι Κυψελών

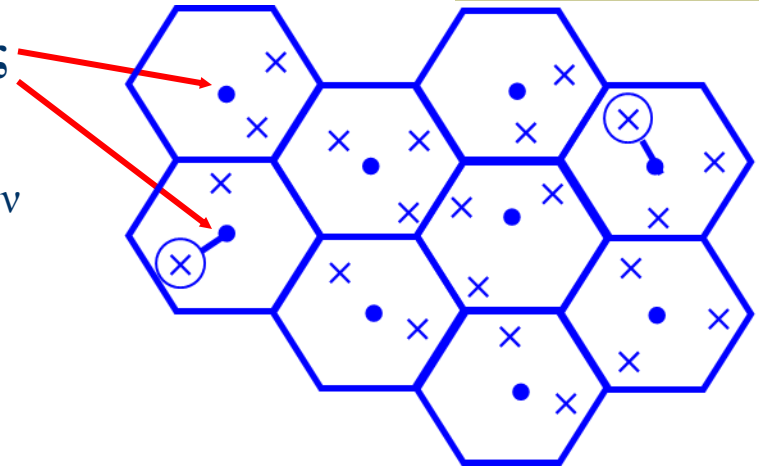
- ◆ **Ιεραρχική Δομή Κυψελών:** επικάλυψη της περιοχής με διαφορετικούς τύπους κυψελών ταυτόχρονα.
- ◆ Εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων όλων των τύπων κυψελών.
- ◆ **Συστήματα Χαμηλής Βαθμίδας Ιεράρχησης (Low Tier Systems):** Συνδυασμός picocells και microcells (π.χ. DECT, GSM), για αύξηση χωρητικότητας, προσφέροντας καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών.
- ◆ **Συστήματα Υψηλής Βαθμίδας Ιεράρχησης (High Tier Systems):** Συνδυασμός microcells και macrocells (π.χ. GSM) συνήθως για κάλυψη χρηστών με μεγάλες κινητικότητα και ταχύτητα.

Τύποι Κυψελών Διασύνδεση σε Επίπεδα

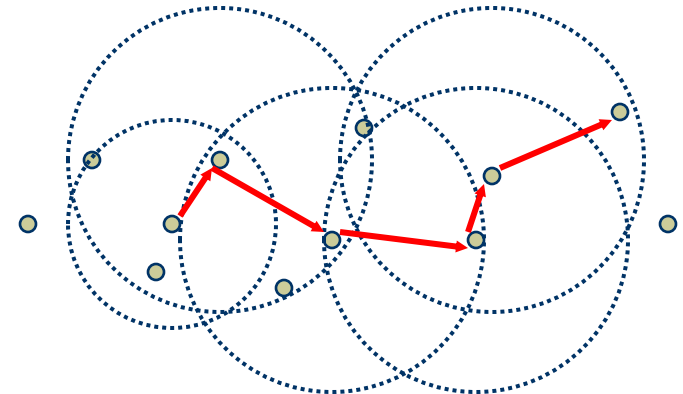


Βασικός Διαχωρισμός Ασύρματων Δικτύων

- ◆ Με σημεία πρόσβασης = **σταθμούς βάσης**
 - κλασικό παράδειγμα: κυψελωτά δίκτυα (κινητή τηλεφωνία)
 - απ' ευθείας επικοινωνία μεταξύ τερματικών δεν είναι δυνατή
 - επικοινωνία εξαρτάται από ύπαρξη «υποδομής» (infrastructure)
 - *service provider*



- ◆ Χωρίς σημεία πρόσβασης: **ad-hoc networks**
 - επικοινωνία **χωρίς** «υποδομή» (infrastructure)
 - απ' ευθείας επικοινωνία μεταξύ τερματικών
 - multi-hop operation



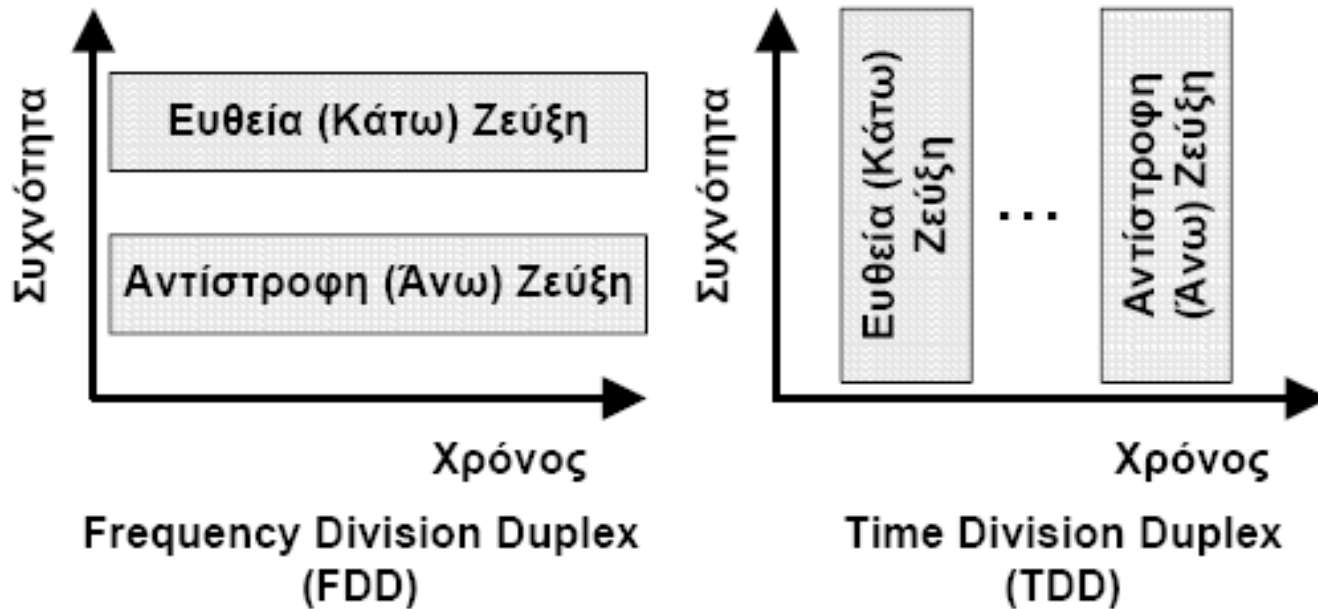
Τύποι Διαύλων Επικοινωνίας

- ◆ **Simplex:** Επικοινωνία δυνατή μόνο στη μία κατεύθυνση (π.χ. τηλεειδοποίηση)
- ◆ **Half-Duplex:** Αμφίδρομη αλλά όχι ταυτόχρονη επικοινωνία. Ένας δίαυλος και για τις δύο κατευθύνσεις, δηλαδή ένας χρήστης μια δεδομένη στιγμή μπορεί ή μόνο να εκπέμπει ή μόνο να λαμβάνει (π.χ. Push-to-talk). Συνήθως είναι τα ραδιο-συστήματα οργανισμών κοινής ωφέλειας (π.χ. ΕΚΑΒ, ΔΕΗ, ΟΤΕ, κλπ.).
- ◆ **Full-Duplex:** Ταυτόχρονη εκπομπή και λήψη μεταξύ χρηστών και Σταθμών Βάσης. Παροχή δύο ταυτόχρονων διαύλων επικοινωνίας.

Τύποι Διαύλων Επικοινωνίας

- ◆ Στα full-duplex συστήματα
 - **Ευθεία (forward) ή κάτω ζεύξη (down link)** η ζεύξη από το BTS στο MS
 - **Αντίστροφη (reverse) ή άνω ζεύξη (up link)** η ζεύξη από το MS στο BTS
- ◆ Αν η συχνότητα στην ευθεία και την αντίστροφη ζεύξη είναι διαφορετική τότε το σύστημα καλείται **FDD (Frequency Division Duplex)**
- ◆ Αν η συχνότητα στην ευθεία και την αντίστροφη ζεύξη είναι ίδια αλλά χρησιμοποιούν γειτονικές χρονοσχισμές τότε το σύστημα καλείται **TDD (Time Division Duplex)**.

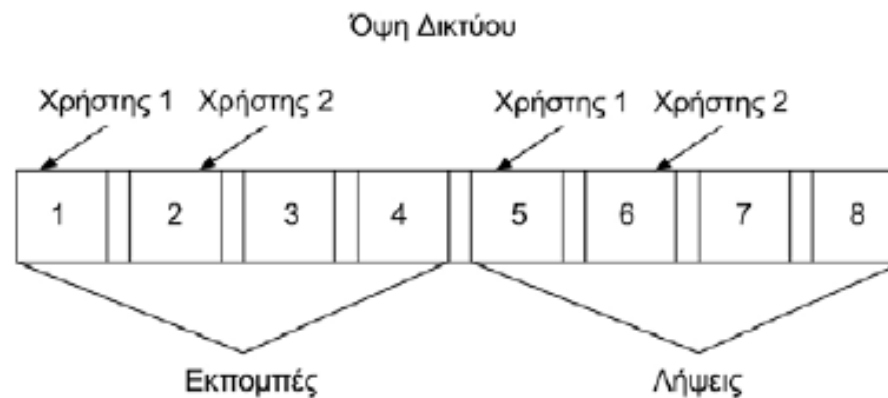
Τύποι Διαύλων Επικοινωνίας



Χρονοπλαίσιο

- ◆ **Χρονοπλαίσιο (timeframe)** είναι μια συγκεκριμένη δομή από χρονικά διαστήματα συγκεκριμένης διάρκειας, που επαναλαμβάνεται στο χρόνο.
- ◆ Αποτελείται δηλαδή από **χρονοσχισμές (timeslots)** ή χρονοθυρίδες με συγκεκριμένη χρονική απόσταση μεταξύ τους.
- ◆ Η πρόσβαση στο πλαίσιο απαιτεί ανάκτηση συγχρονισμού με το δίκτυο.
- ◆ Το χρονοπλαίσιο έχει δύο όψεις, αυτή που αντιλαμβάνεται το δίκτυο, δηλαδή οι BTSs, και αυτή που αντιλαμβάνεται ο MS.

Χρονοπλαίσιο



- ◆ Άλλες Λειτουργίες :
 - Ανίχνευση άλλων ΣΒ, ή και τίποτε για ελαχιστοποίηση κατανάλωσης μπαταρίας



Duplexing

- ◆ Στα FDD συστήματα χρησιμοποιείται η ίδια κεραία για εκπομπή και λήψη και άρα απαιτείται **duplexer (διπλέκτης)**.
- ◆ Για επαρκή απομόνωση (και άρα μικρό κόστος διπλέκτη) απαιτείται αρκετή απόσταση μεταξύ των διαύλων επικοινωνίας ενός χρήστη, αλλά και φίλτρα με μικρή ζώνη διέλευσης μεταξύ διαδοχικών διαύλων.
- ◆ Στα TDD συστήματα (οποσδήποτε ψηφιακά) υπάρχει ανάγκη για ακριβή συγχρονισμό.
- ◆ Λόγω μεταβαλλόμενης καθυστέρησης διάδοσης αλλά και χρονικής εξάπλωσης λόγω πολυδιαδρομικής διάδοσης, απαιτείται χρήση **χρονικών διαστημάτων φύλαξης** μεταξύ των χρονοσχημάτων στο πλαίσιο.

Λειτουργίες Κυψελωτών Συστημάτων

- ◆ Ένα Κυψελωτό Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών πρέπει:
 - Να εντοπίζει και να παρακολουθεί τα MS
 - Να προσπαθεί να συνδέσει τα MS στους βέλτιστους BTS.
- ◆ Η δεύτερη λειτουργία απαιτεί συνεχή αξιολόγηση της ποιότητας της ραδιοζεύξης με το BTS αλλά και με εναλλακτικούς BTSs.
- ◆ Ένα υπολογιστικό σύστημα:
 - Χρησιμοποιεί τη γνώση της ποιότητας των ζεύξεων
 - Γνωρίζει την τοπολογία του συστήματος
 - Παρακολουθεί τη ροή της τηλεπικοινωνιακής κίνησης
 - Αποφασίζει με βάση τα παραπάνω το βέλτιστο BTS

Λειτουργίες Κυψελωτών Συστημάτων

- ◆ Λόγω της χρονικά μεταβαλλόμενης ποιότητας των ραδιοζεύξεων, απαιτείται έγκαιρη μέτρηση και εκτίμηση της ποιότητας ώστε το σύστημα να προσαρμόζεται γρήγορα στις αλλαγές.
- ◆ Ο χρόνος και η ακρίβεια της μέτρησης και εκτίμησης εξαρτώνται από τα τοπικά χαρακτηριστικά της ραδιοδιάδοσης.
- ◆ Συνεπώς, η ταχύτητα παρακολούθησης και ο έλεγχος για πιθανές αλλαγές στα στοιχεία του δικτύου είναι κρίσιμη παράμετρος για τη φασματική απόδοση του συστήματος.

Φασματική Απόδοση Κυψελωτών

- ◆ Η φασματική απόδοση των κυψελωτών συστημάτων εξαρτάται από:
 - Το μέγεθος των κυψελών και συνεπώς τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων.
 - Τη δυνατότητα των ραδιοζεύξεων να αντεπεξέρχονται σε υποβιβασμούς και παρεμβολές
 - Τη δυνατότητα του συστήματος να αντιδρά στις μεταβολές της τηλεπικοινωνιακής κίνησης.
- ◆ Στόχος όλων των σύγχρονων ψηφιακών τεχνικών είναι η μείωση του χρόνου παρακολούθησης και ελέγχου, με ακρίβεια.

Πρόσβαση στο Δίαυλο

- ◆ Το ραδιοφάσμα είναι περιορισμένο (φυσικός πόρος).
- ◆ Απαιτούνται αποδοτικές τεχνικές διαμοιρασμού των διαθέσιμων διαύλων σε διαφορετικούς χρήστες.
- ◆ Εφαρμογές όπως η φωνή και το Video απαιτούν συνεχή μετάδοση και άρα αποκλειστικούς διαύλους για τη διάρκεια μιας κλήσης.
- ◆ Η μετάδοση με τη μορφή πακέτων είναι συνήθως σε ριπές.

Πρόσβαση στο Δίαυλο

- ◆ Οι τεχνικές που αποδίδουν αποκλειστικούς διαύλους καλούνται **τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης**.
- ◆ Οι τεχνικές που αποδίδουν διαύλους τυχαία, δηλαδή δεν εξασφαλίζεται πρόσβαση στο δίαυλο, καλούνται **τεχνικές τυχαίας πρόσβασης**.
- ◆ Κάθε τύπος έχει επιμέρους παραλλαγές.
- ◆ Η επιλογή της τεχνικής εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της τηλεπικοινωνιακής κίνησης του συστήματος, αλλά και τη συμβατότητα με άλλα συστήματα.

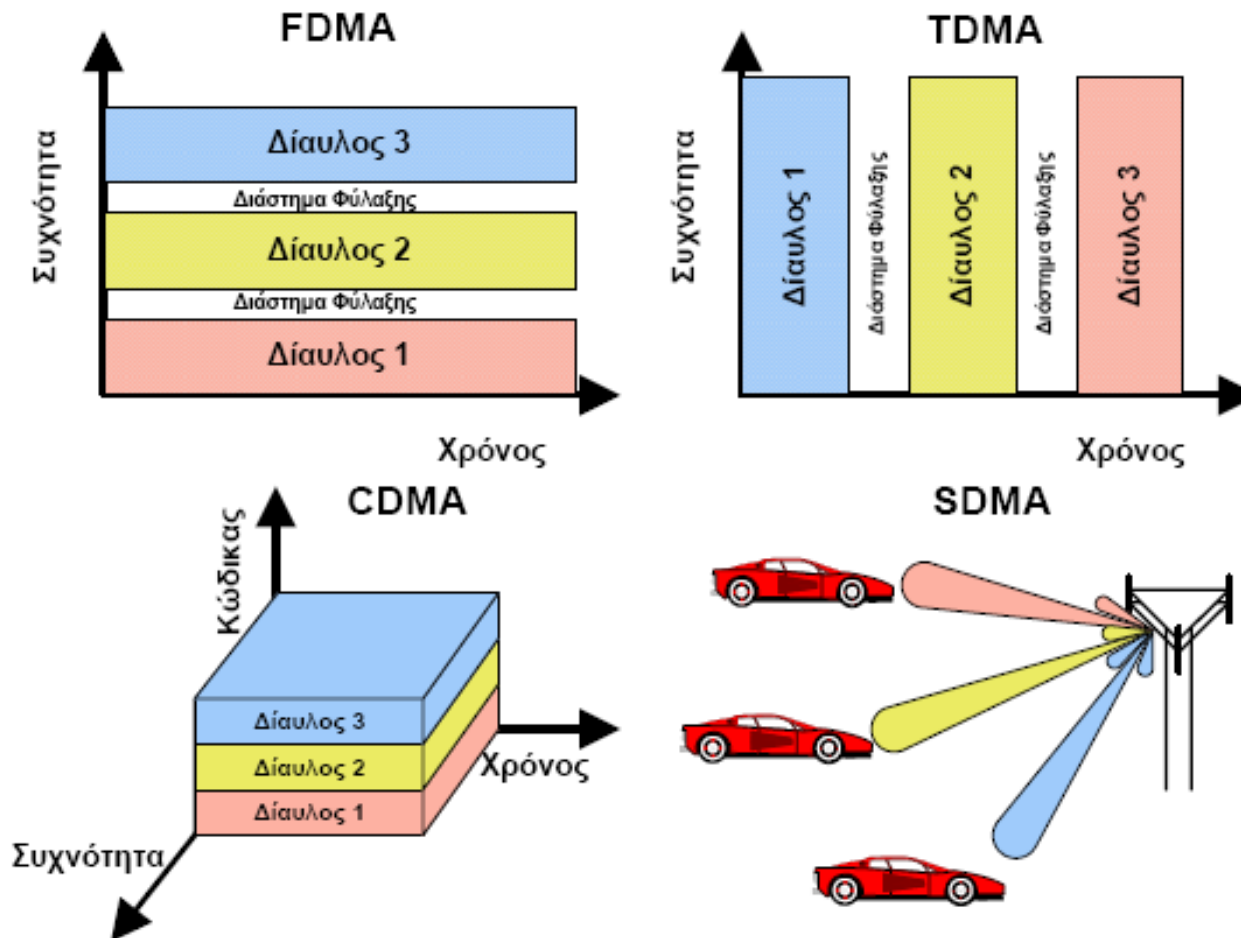
Τεχνικές Πολλαπλής Πρόσβασης

- ◆ Διαφορετικοί χρήστες μπορούν να μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης όταν τα σήματά τους είναι ορθογώνια μεταξύ τους.
- ◆ Ορθογωνιότητα σημαίνει μηδενική (ιδανικά) ετεροσυσχέτιση, ώστε τα σήματα να είναι διαχωρίσιμα στο δέκτη.
- ◆ Όλες οι τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης επιτυγχάνουν ορθογωνιότητα σε διαφορετικά όμως πεδία.

Τεχνικές Πολλαπλής Πρόσβασης

- ◆ Απόδοση αποκλειστικών διαύλων σε διαφορετικούς χρήστες.
- ◆ Διαίρεση (ορθογωνιότητα-διαχωρισμός) Συχνότητας, **Frequency Division Multiple Access (FDMA)**
- ◆ Διαίρεση (ορθογωνιότητα-διαχωρισμός) Χρόνου, **Time Division Multiple Access (TDMA)**
- ◆ Διαίρεση (ορθογωνιότητα-διαχωρισμός) Κώδικα, **Code Division Multiple Access (CDMA)**
- ◆ Διαίρεση (ορθογωνιότητα-διαχωρισμός) Χώρου, **Space Division Multiple Access (SDMA)**
- ◆ Υβριδικοί Συνδυασμοί (π.χ. FDMA/TDMA στο GSM)

Τεχνικές Πολλαπλής Πρόσβασης



Frequency Division Multiple Access (FDMA)

- ◆ Η FDMA τεχνική είναι σχετικά απλή.
- ◆ Η ορθογωνιότητα εξασφαλίζεται με διαστήματα φύλαξης στη συχνότητα. Απαιτούνται καλά BPFs.
- ◆ Αν ένας διάυλος δεν χρησιμοποιείται (π.χ. κατά τη διάρκεια σιωπών σε μια τηλεφωνική συνδιάλεξη), τότε έχουμε σπατάλη φάσματος, αφού δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άλλο χρήστη και να αυξηθεί η απόδοση.
- ◆ Συνδυάζεται συνήθως με τεχνική duplexing TDD, ώστε:
 - Να αποφεύγεται ταυτόχρονη εκπομπή και λήψη
 - Να υπάρχει ομοιότητα των χαρακτηριστικών του διαύλου στην ευθεία και την αντίστροφη ζεύξη
 - Να είναι απλή η εφαρμογή τεχνικών διαφορισιμότητας στο Σταθμό Βάσης.

Time Division Multiple Access (TDMA)

- ◆ Στην TDMA απαιτείται συγχρονισμός όλων των χρηστών.
- ◆ Ο ρυθμός μετάδοσης είναι πολλαπλάσιος (ως προς την FDMA) κατά ένα παράγοντα ίσο με τον αριθμό των χρηστών που μοιράζονται το συχνοτικό διάυλο (π.χ. 8 στο GSM).
- ◆ Άρα η διάρκεια συμβόλου είναι μικρότερη κατά τον ίδιο παράγοντα, και άρα είναι τεχνική ευάλωτη στη διασυμβολική παρεμβολή (**Inter-Symbol Interference, ISI**).
- ◆ Απαιτούνται χρονικά διαστήματα φύλαξης.

Time Division Multiple Access (TDMA)

◆ Πλεονεκτήματα

- Δεν υπάρχουν προβλήματα ενδοδιαμόρφωσης
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υπηρεσίες φωνής και δεδομένων
- Υποστηρίζει μεταβαλλόμενο ρυθμό μετάδοσης
- Είναι φασματικά πιο αποδοτική μέθοδος αφού δεν χρησιμοποιούνται συχνотικά διαστήματα φύλαξης
- Επειδή η μετάδοση είναι σε ριπές, δηλαδή ασυνεχής, προσφέρει μικρότερη κατανάλωση ισχύος

Time Division Multiple Access (TDMA)

◆ Πλεονεκτήματα (συνέχεια)

- Τα προϊόντα TDMA παράγονται μαζικά σε VLSI και έχουν μειωμένο κόστος
- Παρέχει τη δυνατότητα μέτρησης της ποιότητας σε επίπεδο πλαισίου (frame)
- Είναι ιδανικό για περιπτώσεις με ιεραρχικές δομές κυψελών
- Είναι πλέον δοκιμασμένη και αρκετά αποτελεσματική τεχνολογία

Code Division Multiple Access (CDMA)

- ◆ Στην CDMA σημαντικό ρόλο παίζει ο τύπος των κωδίκων που χρησιμοποιούνται.
 - **Ορθογωνικοί κώδικες:** Πεπερασμένος και μικρός αριθμός κωδικών σε δεδομένο εύρος ζώνης, αλλά μηδενική παρεμβολή (πλήρης ορθογωνιότητα).
 - **Ημι-ορθογωνικοί κώδικες:** Πάρα πολύ μεγάλος αριθμός κωδικών σε δεδομένο εύρος ζώνης, αλλά υπάρχει μια μικρή εναπομείνασα παρεμβολή μεταξύ κωδικών.
- ◆ Η παραγωγή των σημάτων γίνεται συνήθως με την τεχνική **Direct Sequence (DS-CDMA)**.

Code Division Multiple Access (CDMA)



- ◆ Κάθε ομιλητής χρησιμοποιεί τη μητρική του γλώσσα
- ◆ Ο ακροατής έχει μητρική γλώσσα τα Ελληνικά
- ◆ Αντιλαμβάνεται τη μητρική του γλώσσα και απορρίπτει κάθε άλλη

- ◆ **Ακούς μόνο αυτό που αναγνωρίζεις και αντιλαμβάνεσαι**

Πλεονεκτήματα CDMA

- ◆ Εκμεταλλευόμαστε τις σιωπηλές περιόδους στις τηλεφωνικές συνομιλίες.
- ◆ Δεν απαιτείται η χρήση **ισοσταθμιστή (equalizer)**
- ◆ Στα κυψελωτά συστήματα όπου γειτονικές κυψέλες χρησιμοποιούν τον ίδιο δίαυλο, δεν απαιτείται μεταπομπή στη συχνότητα.
- ◆ Δεν απαιτούνται διαστήματα φύλαξης, τα οποία είναι απώλεια στη συνολική χωρητικότητα.
- ◆ Επιτυγχάνει πολύ μεγαλύτερες χωρητικότητες σε επίπεδο χρηστών ανά κυψέλη.
- ◆ Δεν απαιτούνται πολύπλοκες τεχνικές απόδοσης και διαχείρισης του φάσματος καθώς επίσης και τεχνικές σχεδίασης του συστήματος.

Πλεονεκτήματα CDMA

- ◆ Έχει πολύ καλή συμπεριφορά όσον αφορά στην ασφάλεια της μετάδοσης των δεδομένων
- ◆ Σε φυσιολογικές συνθήκες η προσθήκη ενός επιπλέον χρήστη επιδρά λίγο μόνο στην ποιότητα των υπηρεσιών των υπαρχόντων χρηστών (**soft capacity**)
- ◆ Δυνατή η συνύπαρξη με άλλα αναλογικά συστήματα
- ◆ Δυνατότητα υποστήριξης εύρους ζώνης κατά απαίτηση (**bandwidth-on-demand**)

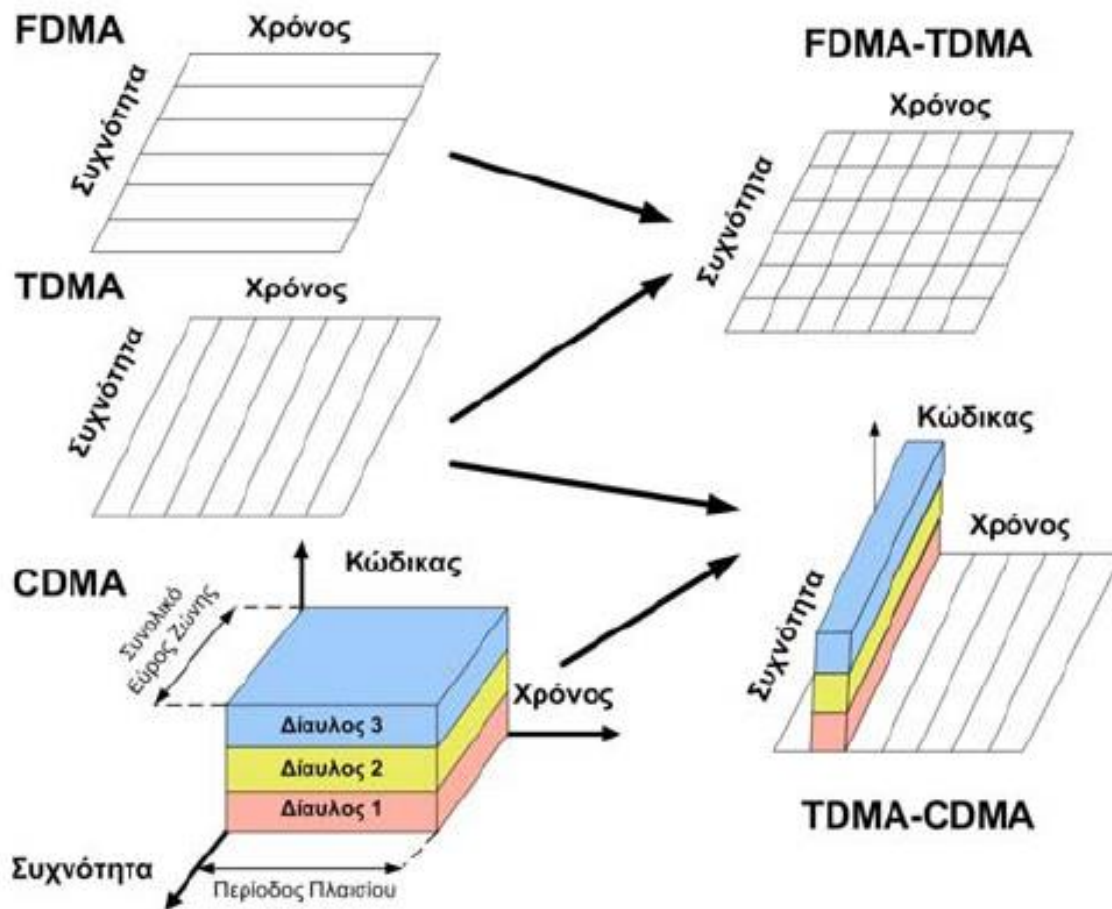
Προβλήματα στο CDMA

- ◆ Η ισχύς που λαμβάνεται από τον πομπό με Κώδικα Β είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη του επιθυμητού με κώδικα Α.
- ◆ Λύση: Έλεγχος ισχύος (power control) από το BTS, ώστε όλα τα λαμβανόμενα να έχουν περίπου την ίδια ισχύ.

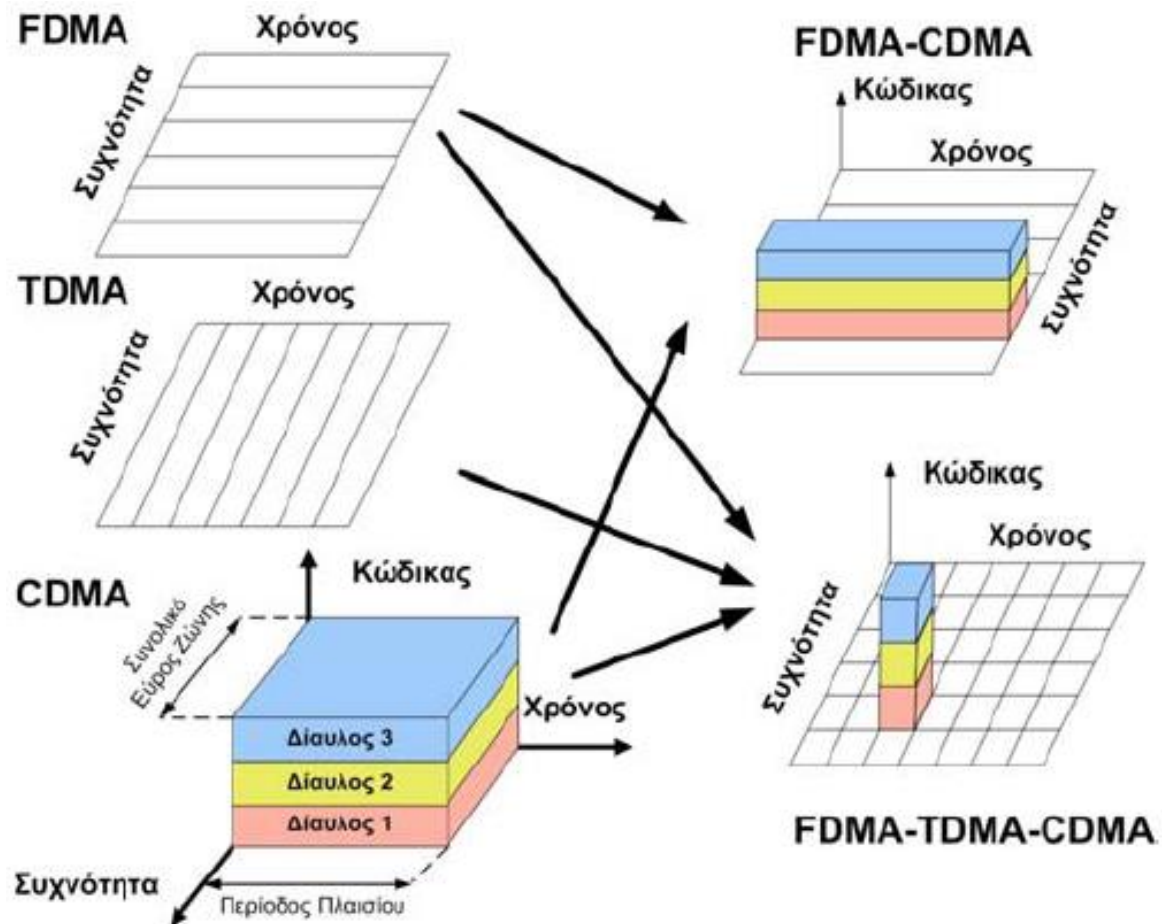
Space Division Multiple Access (SDMA)

- ◆ Έλεγχος της ακτινοβολούμενης Η/Μ ακτινοβολίας για κάθε χρήστη στην περιοχή κάλυψης.
- ◆ Για τον έλεγχο χρησιμοποιούνται έξυπνες (**smart**) προσαρμοστικές (**adaptive**) κεραίες (**antennas**).
- ◆ Σε κάθε περιοχή που εξυπηρετείται από ένα λοβό ακτινοβολίας, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε άλλες τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης (π.χ. FDMA, TDMA ή και CDMA).

Συνδυασμοί Τεχνικών Πολλαπλής Πρόσβασης



Συνδυασμοί Τεχνικών Πολλαπλής Πρόσβασης



Τεχνικές Τυχαίας Πρόσβασης

- ◆ Στα περισσότερα ασύρματα δίκτυα δεδομένων μόνο
 - Μια μικρή
 - Απρόβλεπτη
 - Δυναμική

υποομάδα χρηστών στέλνει δεδομένα μια δεδομένη χρονική στιγμή.

- ◆ Η αποκλειστική απόδοση διαύλων δεν είναι αποδοτική.
- ◆ Χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης που στηρίζονται στη μετάδοση δεδομένων σε πακέτα.

Τεχνικές Τυχαίας Πρόσβασης

- ◆ Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες
 - Τεχνικές ALOHA
 - Πρωτόκολλα Reservation ή Demand-Assignment
 - Υβριδική τεχνική PRMA (Packet Reservation Multiple Access)
- ◆ ALOHA
 - Απλή ALOHA
 - Slotted-ALOHA
 - Επικουρικές τεχνικές: Carrier Sensing, Collision Detection, Collision Avoidance

Εξέλιξη Συστημάτων

- ◆ **1934:** Εγκατάσταση σε 252 αστυνομικά τμήματα (ΗΠΑ) αναλογικού συστήματος ΚΕ με διαμόρφωση πλάτους (ΑΜ). 5000 συσκευές εγκαταστάθηκαν σε περιπολικά της αστυνομίας για την επικοινωνία με τα τμήματα.
- ◆ **1935:** Ο Edwin Armstrong εισάγει τη διαμόρφωση συχνότητας (FM), η οποία και αντικαθιστά την ΑΜ στα συστήματα ΚΕ.
- ◆ **1946:** Εγκατάσταση σε 25 πόλεις των ΗΠΑ συστημάτων ΚΕ. Πομποί σε ψηλούς πύργους και κάλυψη αποστάσεων μέχρι 50Km. Εύρος ζώνης για φωνή τα 120KHz, σε half-duplex επικοινωνία.

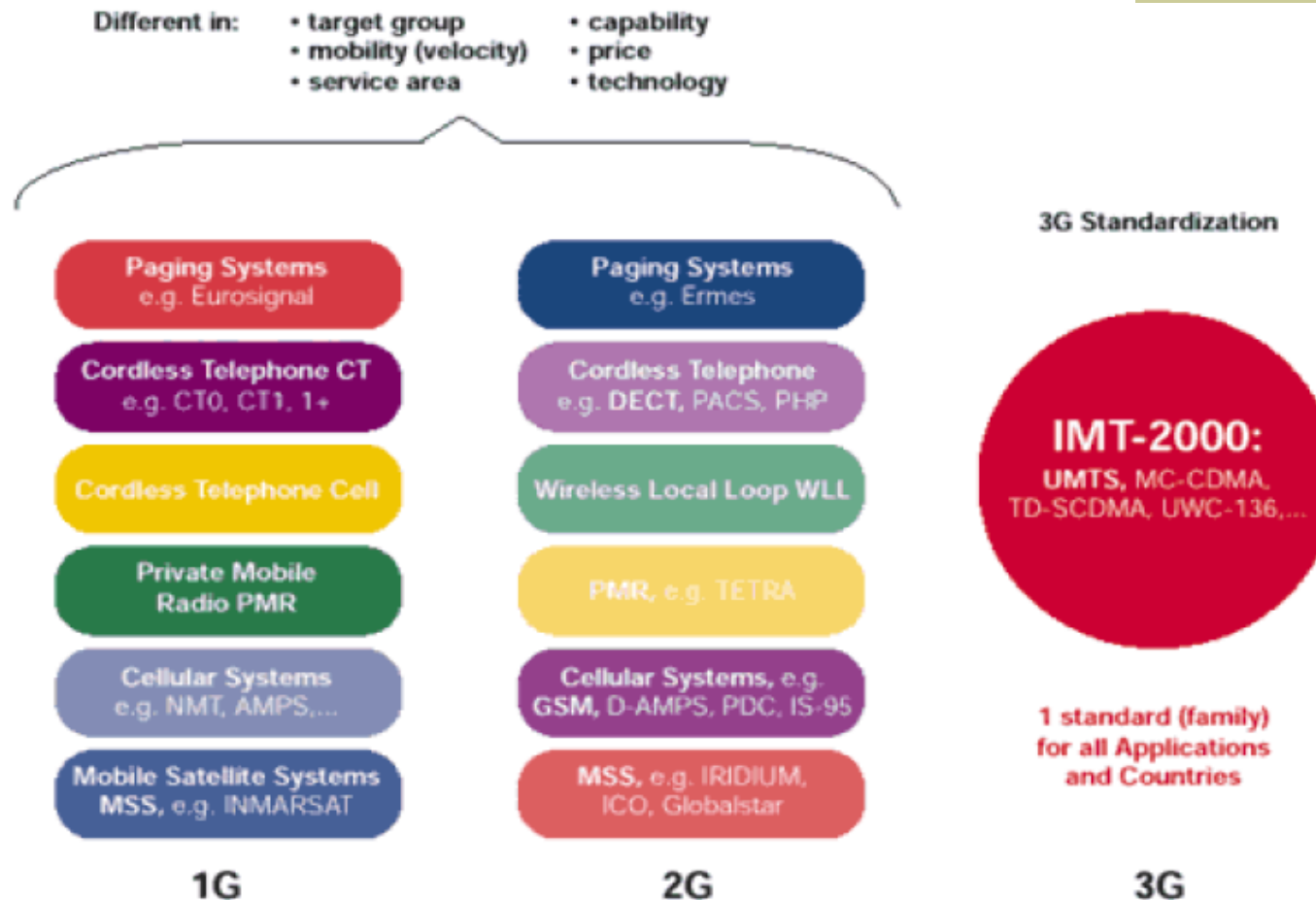
Εξέλιξη Συστημάτων

- ◆ Το μεγάλο RF εύρος ζώνης για την FM διαμόρφωση φωνής οφείλονταν στη δυσκολία κατασκευής στενών και φτηνών RF φίλτρων και ενισχυτών χαμηλού θορύβου στο δέκτη.
- ◆ Δεκαετία **1950** : Μείωση του απαιτούμενου εύρους ζώνης για φωνή στα 60KHz.
- ◆ Δεκαετία **1960** : Μείωση του απαιτούμενου εύρους ζώνης για φωνή στα 30KHz.
- ◆ **1971**: Πρόταση των Bell Labs για υιοθέτηση των κυψελωτών συστημάτων. Από το 1947 ο D.H. Ring είχε προτείνει τη χρήση κυψελών σε εσωτερική έκθεσή του στα Bell Labs.

Εξέλιξη Συστημάτων

- ◆ **1976:** Το WARC εγκρίνει την απόδοση συχνοτήτων για κυψελωτά συστήματα στην περιοχή των 800/900MHz.
- ◆ **1978:** Πιλοτικό πρόγραμμα (Bell Labs) παροχής υπηρεσιών από πλήρως κυψελωτό σύστημα στην περιοχή του Chicago, Illinois.
- ◆ **1979:** Λειτουργία του πρώτου κυψελωτού συστήματος στην Ιαπωνία από την NTT.
- ◆ **1981:** Λειτουργία του πρώτου κυψελωτού στην Ευρώπη (Σουηδία) από την Ericsson.
- ◆ **1983:** Λειτουργία του πρώτου εμπορικού κυψελωτού συστήματος στις ΗΠΑ.

Εξέλιξη Συστημάτων



Κυψελωτά Συστήματα 1ης Γενιάς

- ◆ **1979:** Το πρώτο κυψελωτό στην Ιαπωνία από την Nippon Telephone & Telegraph (NTT), με 600 FM duplex διαύλους, με εύρος 25KHz στη ζώνη 925- 940/870-885 MHz.
- ◆ **1981:** Η Ericsson αναπτύσσει το πρώτο Ευρωπαϊκό κυψελωτό, το **NMT450 (Nordic Mobile Telephone)**, στη ζώνη των 450-470MHz, το οποίο μετεξελίχθηκε στο **NMT900** (890-915/917-950MHz) το 1986.
- ◆ **1983:** Τα Bell Labs αναπτύσσουν το **AMPS (American Mobile Phone System)** στη ζώνη των 824-849/869-894MHz, με εύρος διαύλου τα 30KHz.
- ◆ **1985:** Ανάπτυξη του **European TACS (Total Access Communication System) (ETACS)** (890-915/935-960MHz) σχεδόν ίδιο με το AMPS, με εύρος διαύλου τα 25KHz, στην Αγγλία.

Κυψελωτά Συστήματα 1ης Γενιάς

- ◆ **1985**: Ανάπτυξη στη Γερμανία του **C-450**
- ◆ Τα συστήματα NTT, NMT450, NMT900, AMPS, NAMPS, ETACS, JTACS, C-450, αποτελούν συστήματα 1ης γενιάς με αναλογική διαμόρφωση **FM**, τεχνική πολλαπλής πρόσβασης **FDMA** και τεχνική duplexing **FDD**.
- ◆ Η απόσταση των συχνοτήτων εκπομπής και λήψης ήταν 45MHz.
- ◆ Το εύρος του διαύλου ήταν σε όλα τα συστήματα 25KHz, εκτός από το AMPS που ήταν 30KHz, το NAMPS που ήταν 10KHz, και το NMT900 που ήταν 12,5KHz.

Κυψελωτά Συστήματα 1ης Γενιάς

	Ζώνη Συχνοτήτων Αντίστροφη/Ευθεία Ζεύξη (MHz)	Εύρος Διαύλου (KHz)	Αριθμός Διαύλων	Περιοχή Ανάπτυξης
NTT	925-940/870-885	25	600	Ιαπωνία
NMT450	453-457.5/463-467.5	25	180	Σουηδία
NMT900	890-915/935-960	12.5	1999	Σουηδία
AMPS	824-849/869-894	30	832	ΗΠΑ
NAMPS	824-849/869-894	10	2412	ΗΠΑ
ETACS	872-905/917-950	25	1240	Αγγλία
JTACS	915-925/860-870	25	400	Ιαπωνία
C-450	450-455.74/460- 465.74	10	573	Γερμανία

Μετάβαση στα Ψηφιακά Συστήματα

- ◆ **1924:** Ο Nyquist καθορίζει το μέγιστο ρυθμό σηματοδοσίας σε τηλεγραφικό δίαυλο συγκεκριμένου εύρους ζώνης, χωρίς διασυμβολική παρεμβολή.
- ◆ **1928:** Ο Hartley ασχολείται με το μέγιστο πλήθος δεδομένων που μπορούν να μεταδοθούν αξιόπιστα από δίαυλο πεπερασμένου εύρους με τη χρήση σημάτων πλάτους σε πολλαπλές στάθμες.
- ◆ **1942:** Ο Wiener ασχολήθηκε με το πρόβλημα της εκτίμησης μιας επιθυμητής κυματομορφής υπό την παρουσία θορύβου, καθορίζοντας το βέλτιστο γραμμικό φίλτρο του οποίου η έξοδος είναι το επιθυμητό σήμα.
- ◆ **1947:** Ο Kotelnikov αναλύει διάφορα ψηφιακά συστήματα με βάση τη γεωμετρική προσέγγιση.

Μετάβαση στα Ψηφιακά Συστήματα

- ◆ **1947:** Οι W. Brattain, J. Bardeen, W. Shockley, επινοούν το transistor.
- ◆ **1948:** Ο Shannon θέτει τις μαθηματικές αρχές της θεωρίας της πληροφορίας και τα βασικά όρια στα ψηφιακά συστήματα επικοινωνιών.
- ◆ **1958:** Εφευρίσκεται το ολοκληρωμένο κύκλωμα από τους J. Kilby και R. Noyce.
- ◆ **1965:** Οι Wozencraft – Jacobs επεκτείνουν και θεμελιώνουν την προσέγγιση του Kotelnikov.
- ◆ **1950:** Ο Hamming δημοσιεύει τις εργασίες του πάνω στην αναγνώριση και τη διόρθωση σφαλμάτων.

Πλεονεκτήματα Ψηφιακών Συστημάτων

- ◆ Αυξημένη ανοσία στο θόρυβο
- ◆ Περισσότερο αποδοτικές τεχνικές μετάδοσης και καλύτερη ποιότητα υπηρεσίας μέσω τεχνικών διόρθωσης σφαλμάτων, αποδοτικών τεχνικών διαμόρφωσης, κλπ.
- ◆ Δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών κρυπτογράφησης
- ◆ Ευελιξία στην ανάπτυξη και επέκταση των δικτύων
- ◆ Χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος
- ◆ Εφαρμογή διαφορετικών επιπέδων ποιότητας υπηρεσίας
- ◆ Δυνατότητα επεξεργασίας του σήματος
- ◆ Εύκολα υλοποιήσιμα στοιχεία του δικτύου σε VLSI με χαμηλότερο κόστος
- ◆ Νέες τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης (TDMA/CDMA/SDMA) και duplexing (TDD)
- ◆ Υλοποίηση επαναπροσδιοριζόμενων δεκτών λογισμικού (Software Defined Radio)

Μειονεκτήματα Ψηφιακών Συστημάτων

- ◆ Ανάγκη για ισοστάθμιση για αποφυγή διασυμβολικών παρεμβολών
- ◆ Πολλές φορές υποβαθμισμένη ποιότητα φωνής
- ◆ Ανάγκη για συγχρονισμό
- ◆ Αυξημένη πολυπλοκότητα αλγορίθμων, διαδικασιών ελέγχου και πρωτοκόλλων
- ◆ Μεγάλο κόστος αντικατάστασης των αναλογικών συστημάτων

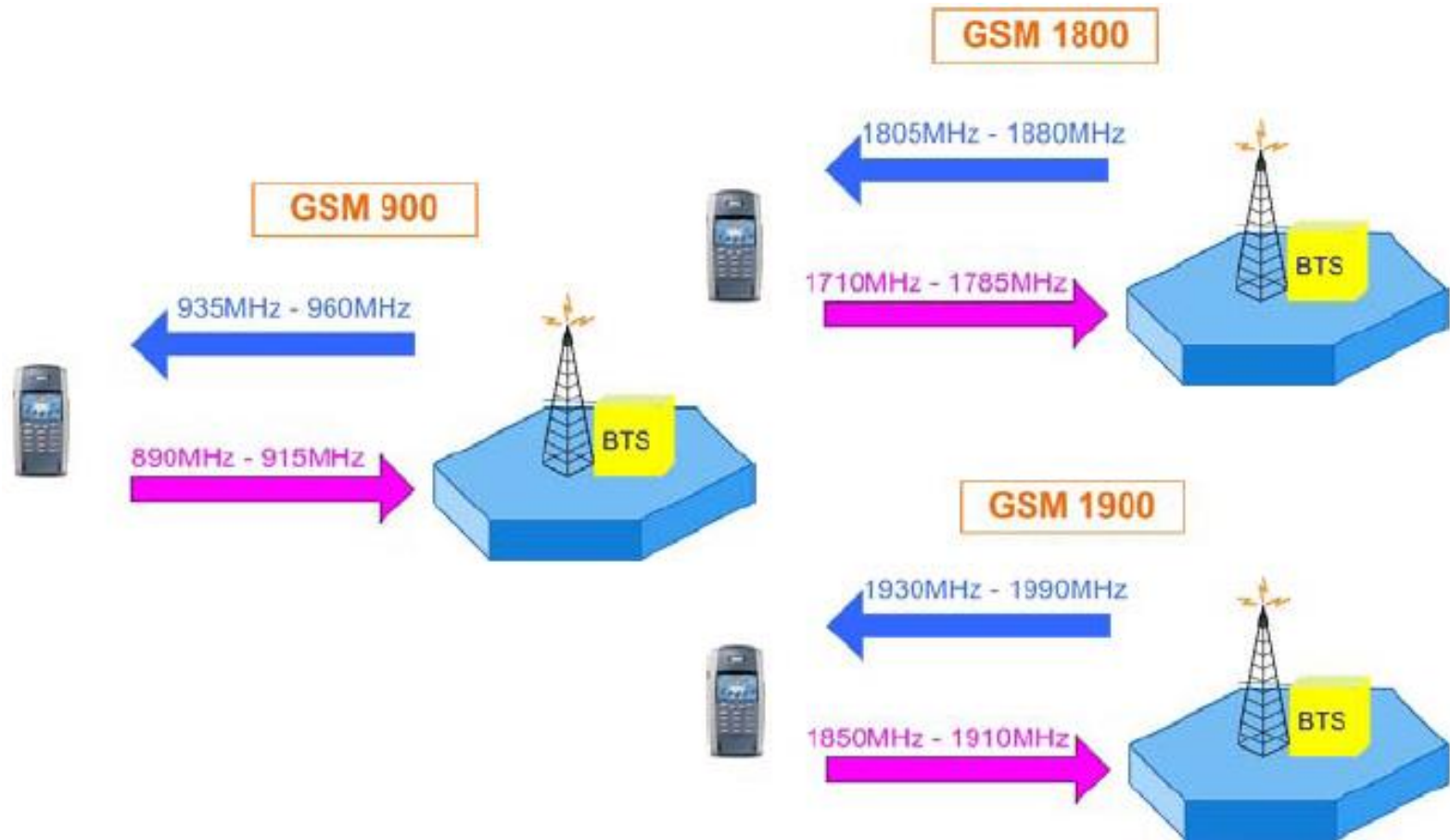
Προβλήματα Αναλογικών Κυψελωτών

- ◆ Εξαιρετικά περιορισμένο φάσμα προς απόδοση και συνεπώς πολύ χαμηλή χωρητικότητα συστημάτων
- ◆ Η χαμηλή ποιότητα και ο μικρός αριθμός προσφερόμενων υπηρεσιών δημιούργησαν λανθασμένη αντίληψη στους χρήστες
- ◆ Απουσία ασφάλειας επικοινωνιών
- ◆ Αδυναμία να μειώσουν το κόστος των τερματικών και της υποδομής των δικτύων
- ◆ Ασυμβατότητα μεταξύ των διάφορων αναλογικών συστημάτων
- ◆ **Συνεπώς αποφασίστηκε στροφή στις ψηφιακές τεχνικές.**

Κυψελωτά Συστήματα 2ης Γενιάς

- ◆ **GSM (Groupe Special Mobile ή Global System for Mobile Communications) (900/1800/1900)**
 - Πλήρως Ευρωπαϊκό Σύστημα (Προδιαγραφή του ETSI που ιδρύθηκε το 1988 για το σκοπό αυτό)
 - Το 1992 λειτούργησε το πρώτο σύστημα
 - FDMA/TDMA/FDD (Κάθε φέρον έχει 8 διαύλους-χρονosχισμές με 0,577msec διάρκεια σχισμής)
 - Ψηφιακή Διαμόρφωση GMSK με τελικό ρυθμό μετάδοσης τα 270,8Kbps.
 - Στα τέλη του 2004 υπήρχαν 1.263,7 εκατομμύρια συνδρομητές παγκοσμίως, σε 626 δίκτυα, σε 198 χώρες.

Συχνότητες στο GSM



Κυψελωτά Συστήματα 2ης Γενιάς

◆ IS-54 (TDMA)

- Το IS-54 (ή D-AMPS ή USDC) είναι το πρώτο δίκτυο 2ης γενιάς που αναπτύχθηκε στις ΗΠΑ και είναι συμβατό με το AMPS (υποστηρίζοντας τερματικά διπλού τρόπου λειτουργίας).
- Έχει ψηφιακή σηματοδοσία βασισμένη στο TDMA (3 χρονοσχισμές ανά φέρον).
- Το εύρος των διαύλων είναι 30KHz, η διαμόρφωση $\pi/4$ -DQPSK, με τελικό ρυθμό μετάδοσης τα 48,6Kbps.
- Οι συχνότητες είναι ίδιες με του AMPS.
- Υποστηρίζει 2 τύπους διαύλων σηματοδοσίας ελέγχου, ένα για το ψηφιακό και ένα για το AMPS.

Κυψελωτά Συστήματα 2ης Γενιάς

◆ IS-136 (TDMA)

- Είναι η μετεξέλιξη του IS-54 που υποστηρίζει κλειστές ομάδες χρηστών και παρέχει δυνατότητα αποστολής μικρών μηνυμάτων.
- Τα τερματικά του δεν είναι συμβατά με εκείνα του IS-54, μια και δεν είναι συμβατό με το AMPS, γεγονός βέβαια που έριξε το κόστος των αντίστοιχων συσκευών.
- Έχει μόνο ψηφιακούς διαύλους σηματοδοσίας στα 48,6kbps.
- Χρησιμοποιεί βέβαια τις ίδιες ζώνες συχνοτήτων.

Κυψελωτά Συστήματα 2ης Γενιάς

◆ IS-95 (cdmaOne)

- Αναπτύχθηκε στις ΗΠΑ το 1992, βασίζεται στην τεχνική CDMA και προτάθηκε από την Qualcomm.
- Είναι συμβατό και με το AMPS και η εταιρία κατασκεύασε τερματικά 2ου τρόπου λειτουργίας.
- Χρησιμοποιεί διασπορά φάσματος Direct Sequence.
- Παρουσιάζει ασυμμετρία ζεύξεων (διαφορετικές τεχνικές στην ευθεία και την αντίστροφη ζεύξη).
- Γίνεται επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων σε κάθε κυψέλη. Κάθε χρήστης έχει διαφορετικό κώδικα.
- Το εύρος ζώνης του διεσπαρμένου σήματος είναι 1.25MHz.

Κυψελωτά Συστήματα 2ης Γενιάς

◆ IS-95 (cdmaOne) (συνέχεια)

- Ο ρυθμός μετάδοσης για κάθε χρήστη είναι συνάρτηση του χρόνου που η φωνή είναι ενεργή αλλά και της συνολικής κίνησης στο δίκτυο.
- Οι συχνότητες που χρησιμοποιεί είναι ίδιες με εκείνες του IS-54 και του AMPS, αλλά έχουν αποδοθεί και επιπλέον συχνότητες στη ζώνη 1,8-2GHz.
- Η μεγάλη ευελιξία που παρέχει η τεχνολογία CDMA ήταν ο κύριος λόγος που το IS-95 υπήρξε ο οδηγός και βάση εκκίνησης για τα δίκτυα 3ης γενιάς.

Κυψελωτά Συστήματα 2ης Γενιάς

◆ PDC (Pacific Digital Cellular)

- Αναπτύχθηκε στην Ιαπωνία από το 1989
- Στηρίζεται στις αρχές του IS-54
- TDMA (3 χρονοσχισμές ανά φέρον), εύρος 25kHz, διαμόρφωση $\pi/4$ -DQPSK, ρυθμός μετάδοσης τα 42kbps.
- Συχνότητες λειτουργίας : 810-826MHz/940-956MHz και 1429-1453MHz/1477-1501MHz.
- Χρησιμοποιεί διαφορισιμότητα στην κεραία του κινητού σταθμού.

Κυψελωτά Συστήματα 2.5 Γενιάς

- ◆ **GPRS (General Packet Radio Service)**
 - Packet-Switched υπηρεσία προστιθέμενης αξίας για τεχνολογίες TDMA circuit-switched, όπως το GSM, ή το IS-136, (packet-switching overlay on a circuitswitching network).
 - Μέγιστος θεωρητικά ρυθμός 171,2kbps, αλλά πρακτικά 112kbps.
 - Επειδή είναι βασισμένη σε τεχνολογία πακέτων, προσφέρει μεγάλη φασματική απόδοση, καθώς εκμεταλλεύεται τους ραδιοπόρους του συστήματος (χρονοσχισμές) όταν υπάρχει πληροφορία να μεταδοθεί, επιτρέποντας την πρόσβαση στους ίδιους πόρους από άλλους χρήστες.

Κυψελωτά Συστήματα 2.5 Γενιάς

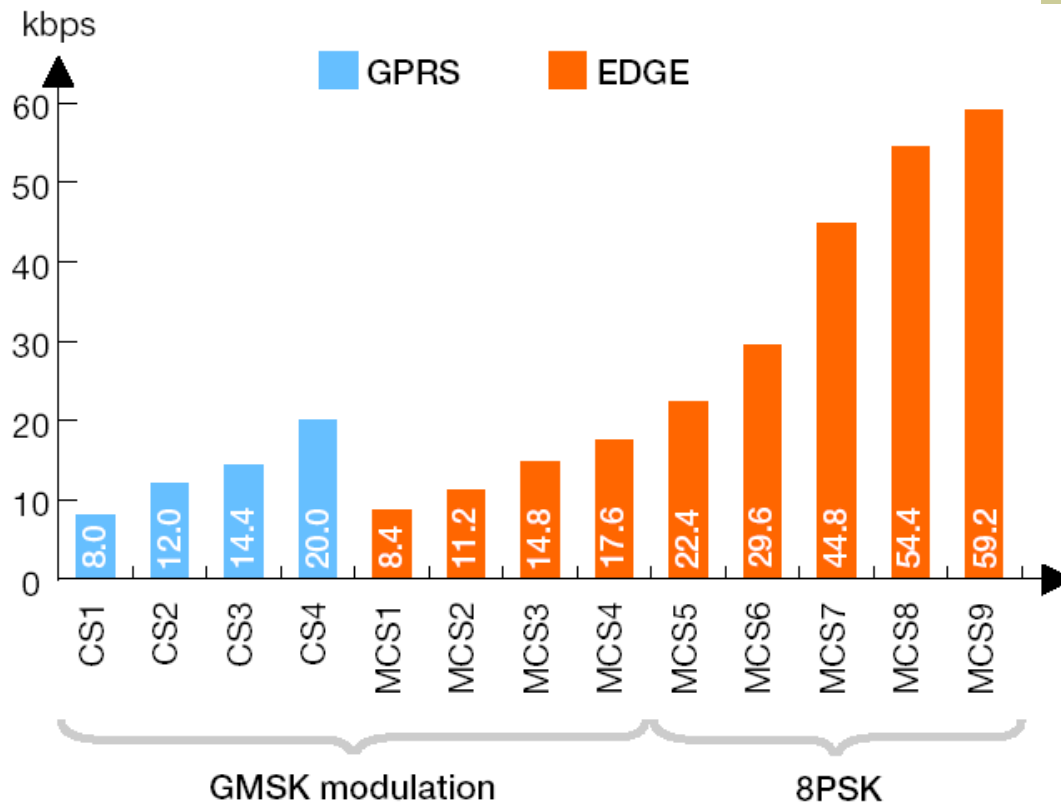
- ◆ **GPRS (General Packet Radio Service) (συνέχεια)**
 - Η συνολική χωρητικότητα ανά κυψέλη είναι περιορισμένη. Υπηρεσίες φωνής και δεδομένων μοιράζονται τους ίδιους ραδιοπόρους. Συνεπώς ο αριθμός των χρονοσχισμών που αποδίδονται αποκλειστικά στο GPRS δεν αποδίδεται σε φωνητικές υπηρεσίες. Υπάρχει όμως δυνατότητα δυναμικής απόδοσης των ραδιοπόρων.
 - Προκειμένου να λειτουργήσει 'πάνω' από GSM δίκτυα πρέπει να προστεθούν τουλάχιστο δύο επιπλέον κόμβοι στη δομή GGSN (Gateway GPRS Support Node), SGSN (Serving GPRS Support Node).
 - Υποστήριξη IP.

Κυψελωτά Συστήματα 2.5 Γενιάς

◆ Enhanced Data for Global Evolution (EDGE)

- Μετεξέλιξη του GPRS (Enhanced-GPRS (EGPRS)) ή του HSCSD (Enhanced-HSCSD).
- Η βασική διαφορά από το GPRS είναι ότι χρησιμοποιεί διαφορετικό τρόπο διαμόρφωσης (8-PSK) και διαφορετικούς τύπους κωδικοποίησης διαύλου.
- Υποστηρίζει ρυθμούς θεωρητικά μέχρι και 384kbps. Ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης για μια χρονοσχισμή έχει αυξηθεί στα 59.2kbps.
- Προσθήκη στο GPRS και δεν μπορεί να λειτουργήσει αυτόνομα.
- Κάθε χρονοσχισμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πολλούς χρήστες, αυξάνοντας έτσι τη χωρητικότητα του δικτύου.

Σχήματα Κωδικοποίησης στα 2.5G



8PSK, 8-phase shift keying; CS, Coding scheme; EGPRS, Enhanced GPRS; GMSK, Gaussian minimum shift keying; MCS, Modulation coding scheme)

IMT-2000

- ◆ Ομοσπονδία συστημάτων κινητών επικοινωνιών 3ης Γενιάς για ασύρματη πρόσβαση στην παγκόσμια τηλεπικοινωνιακή υποδομή.
- ◆ Στόχοι:
 - Μεγάλη ομοιότητα στη σχεδίαση συστημάτων
 - Συμβατότητα υπηρεσιών
 - Υψηλή ποιότητα υπηρεσιών
 - Μικρό μέγεθος τερματικών για παγκόσμια χρήση
 - Δυνατότητα περιαγωγής παγκοσμίως
 - Υποστήριξη εφαρμογών πολυμέσων.

Κυψελωτά Συστήματα 3ης Γενιάς

- ◆ Απαιτήσεις:
 - Ρυθμοί Μετάδοσης μέχρι και 2Mbps
 - Μεταβαλλόμενος ρυθμός μετάδοσης
 - Πολυπλεξία υπηρεσιών, με διαφορετικές απαιτήσεις ως προς την ποιότητα στην ίδια σύνθεση
 - Μεταβαλλόμενες απαιτήσεις ως προς την καθυστέρηση
 - Μεταβαλλόμενες απαιτήσεις ποιότητας ανάλογα με την υπηρεσία
 - Συνύπαρξη με συστήματα 2ης γενιάς και υποστήριξη μεταπομπής
 - Υποστήριξη ασύμμετρης τηλεπικοινωνιακής κίνησης
 - Μεγάλη φασματική απόδοση
 - Συνύπαρξη FDD και TDD συστημάτων

Διαφορά στους Ρυθμούς Μετάδοσης

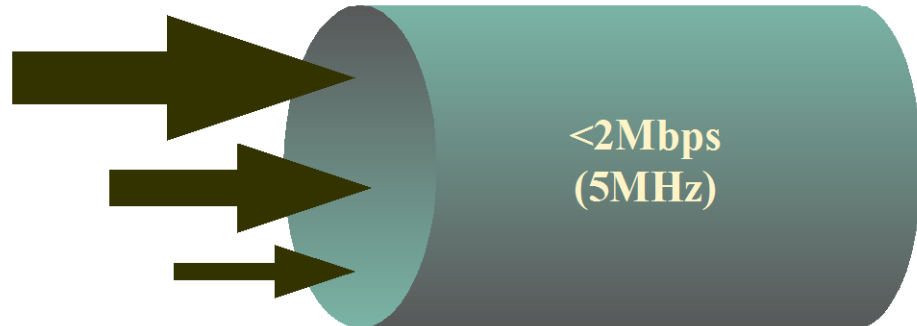
2G

Φωνή
Χαμηλοί
Ρυθμοί Μετάδοσης



3G

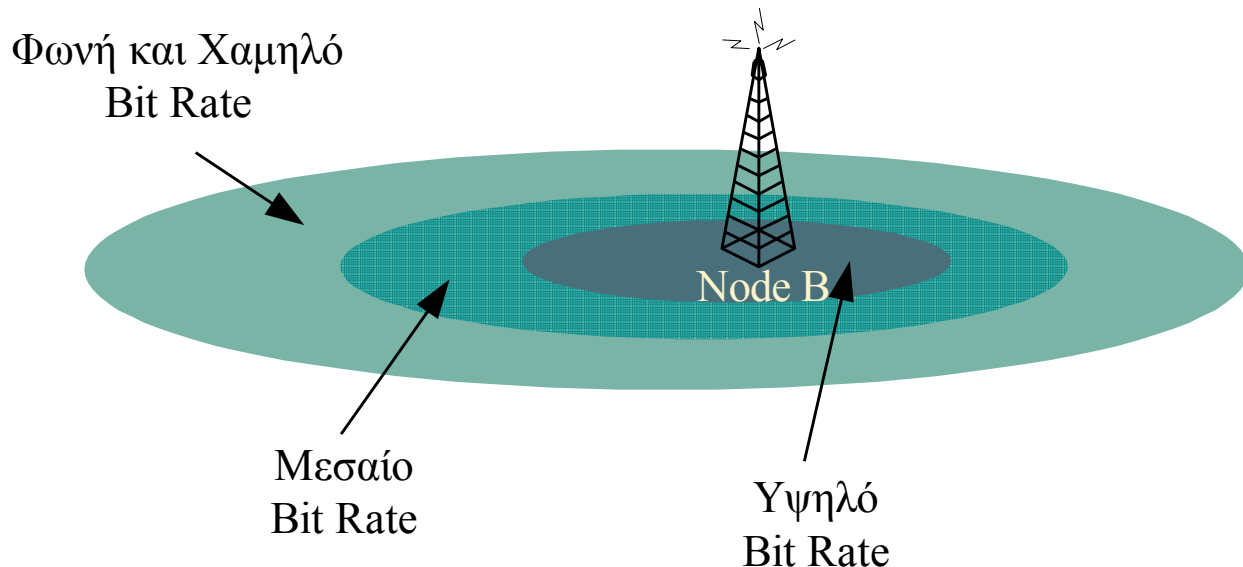
Εικόνες και
Video
Internet
Φωνή



Υπηρεσίες στα 3G Συστήματα

- ◆ Πρόσβαση στο Διαδίκτυο
- ◆ Interactive shopping & Τραπεζικές Συναλλαγές
- ◆ On-line εφημερίδες
- ◆ Location Based Services
- ◆ Video και Μουσική
- ◆ On-line βιβλιοθήκη
- ◆ Interactive games
- ◆ Κινητό γραφείο (Mobile Office)
- ◆ Τηλεϊατρική
- ◆ Υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης

Διαφορετική Κάλυψη για Διαφορετικές Υπηρεσίες



Σχεδίαση Δικτύων: Ανάγκη για Συνδυασμένη Αντιμετώπιση Χωρητικότητας και Κάλυψης.

Κυψελωτά Συστήματα 3ης Γενιάς

- ◆ Δύο βασικές ραδιοεπαφές έχουν αναπτυχθεί:
 - **WCDMA (UTRA)**
 - **cdma2000** (1x, 1xEV-DO, 1xEV-DV, Multicarrier CDMA)
- ◆ Υπάρχει και η προδιαγραφή TD-SCDMA (Κίνα), η οποία μοιάζει εξαιρετικά με την TDD έκδοση του WCDMA, αλλά είναι στενής ζώνης.
- ◆ Προωθούνται αντίστοιχα από **3GPP** (3rd Generation Partnership Project) και **3GPP2** (3rd Generation Partnership Project number 2)
 - **UTRA-based Network** (UMTS για την Ευρώπη & FOMA για την Ιαπωνία μη συμβατά) : Στηρίζεται και επεκτείνει τη δομή του δικτύου κορμού του GSM.
 - **Cdma2000-based Network** : Συμβατότητα προς τα πίσω με το IS-95(cdmaOne).

Κυψελωτά Συστήματα 3ης Γενιάς

◆ WCDMA FDD

- Διαφορετική συχνότητα uplink/downlink
- Εύρος διαύλου 5MHz (Chip Rate=3.84Mcps)
- Κάθε φέρον διαιρείται σε χρονοπλαίσια των 10ms
- Κάθε χρονοπλαίσιο διαθέτει 15 χρονοσχιμές

◆ WCDMA TDD

- Ίδια συχνότητα uplink/downlink
- Όλες οι 15 χρονοσχιμές αποδίδονται δυναμικά σε uplink και downlink (ασυμμετρία)

◆ TD-SCDMA

- Σχεδόν ίδιο με WCDMA-TDD αλλά το εύρος του διαύλου είναι 1.6MHz (Chip Rate=1.28Mcps)

Κυψελωτά Συστήματα 3ης Γενιάς

- ◆ **cdma2000 1xRTT (Radio Transmission Technology)**
 - Πολλές φορές καλείται και 2.5 ή 2.75G
 - Υποστηρίζει ρυθμούς μέχρι 144Kbps
 - Εύρος διαύλου 1.25MHz (ChipRate=1.2288Mcps)
- ◆ **cdma2000 1xEV-DO (1xEvolution-Data Only)**
 - Υποστήριξη ασύμμετρων υπηρεσιών (downlink μέχρι 3.1Mbps & uplink μέχρι 1.2Mbps) σε αποκλειστικό δίαυλο για μεταφορά δεδομένων (Βασισμένο στο HDR της Qualcomm). Λειτουργεί ως overlay στο voice network.
- ◆ **cdma2000 1xEV-DV (1xEvolution-Data & Voice)**
 - Υποστήριξη ασύμμετρων υπηρεσιών δεδομένων (downlink μέχρι 3.1Mbps & uplink μέχρι 1.8Mbps) και ταυτόχρονα χρήστες φωνής στο ίδιο φέρον

Κυψελωτά Συστήματα 3ης Γενιάς

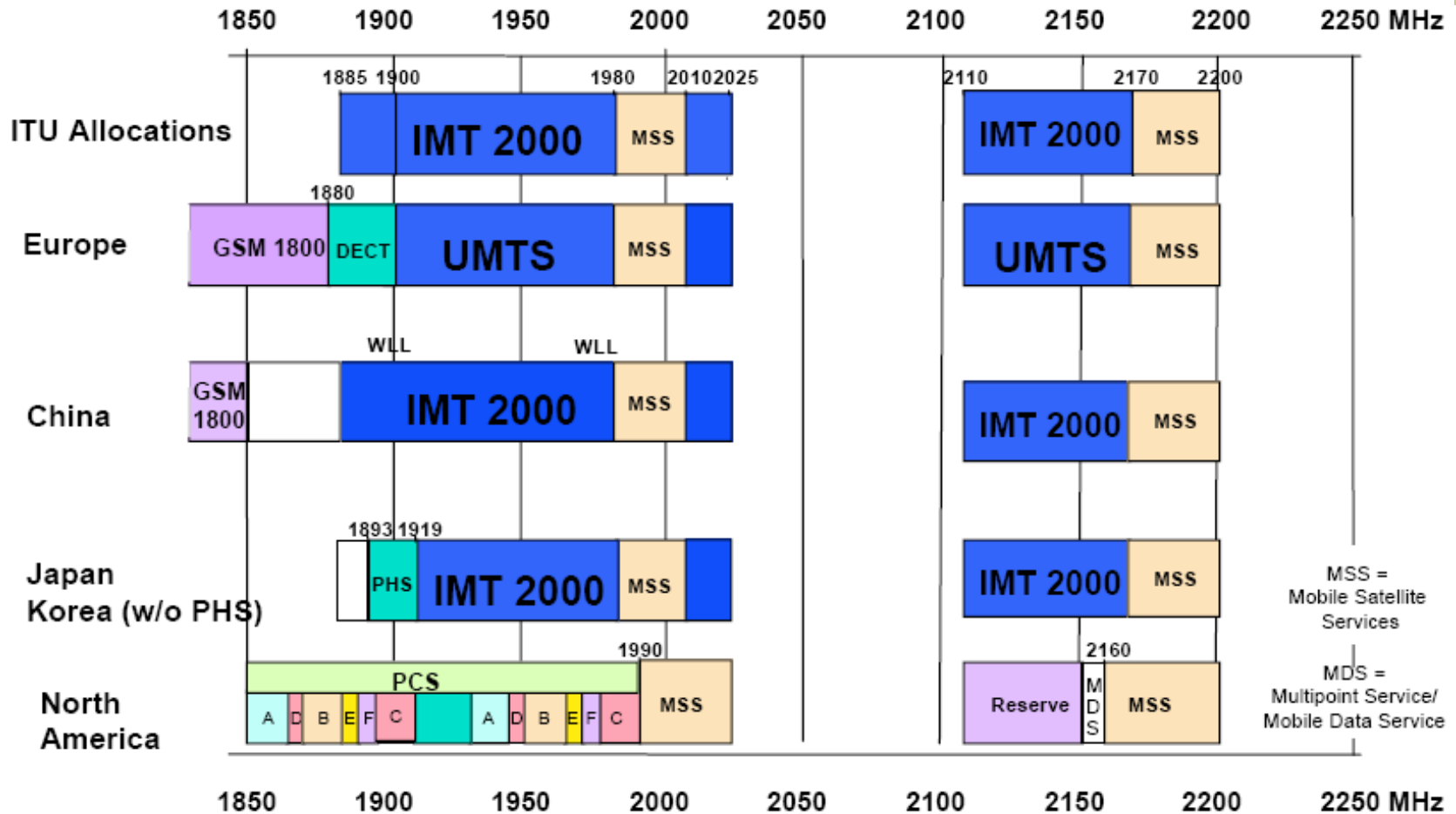
◆ Multicarrier (MC)-CDMA

- Υποστηρίζει πολλαπλά φέροντα των 1.25MHz (μέχρι 12, δηλαδή $\text{ChipRate}=12*1.2288\text{Mcps}=14.7456\text{Mcps}$)
- Αρχικά θα υποστηρίζει $3*1.25\text{MHz}=3.75\text{MHz}$, δηλαδή $\text{ChipRate}=3*1.2288\text{Mcps}=3.6864\text{Mcps}$ (cdma2000 3x)

◆ Direct Spread CDMA

- Εναλλακτική με απευθείας διασπορά με 3,6864Mcps και το ίδιο εύρος ζώνης

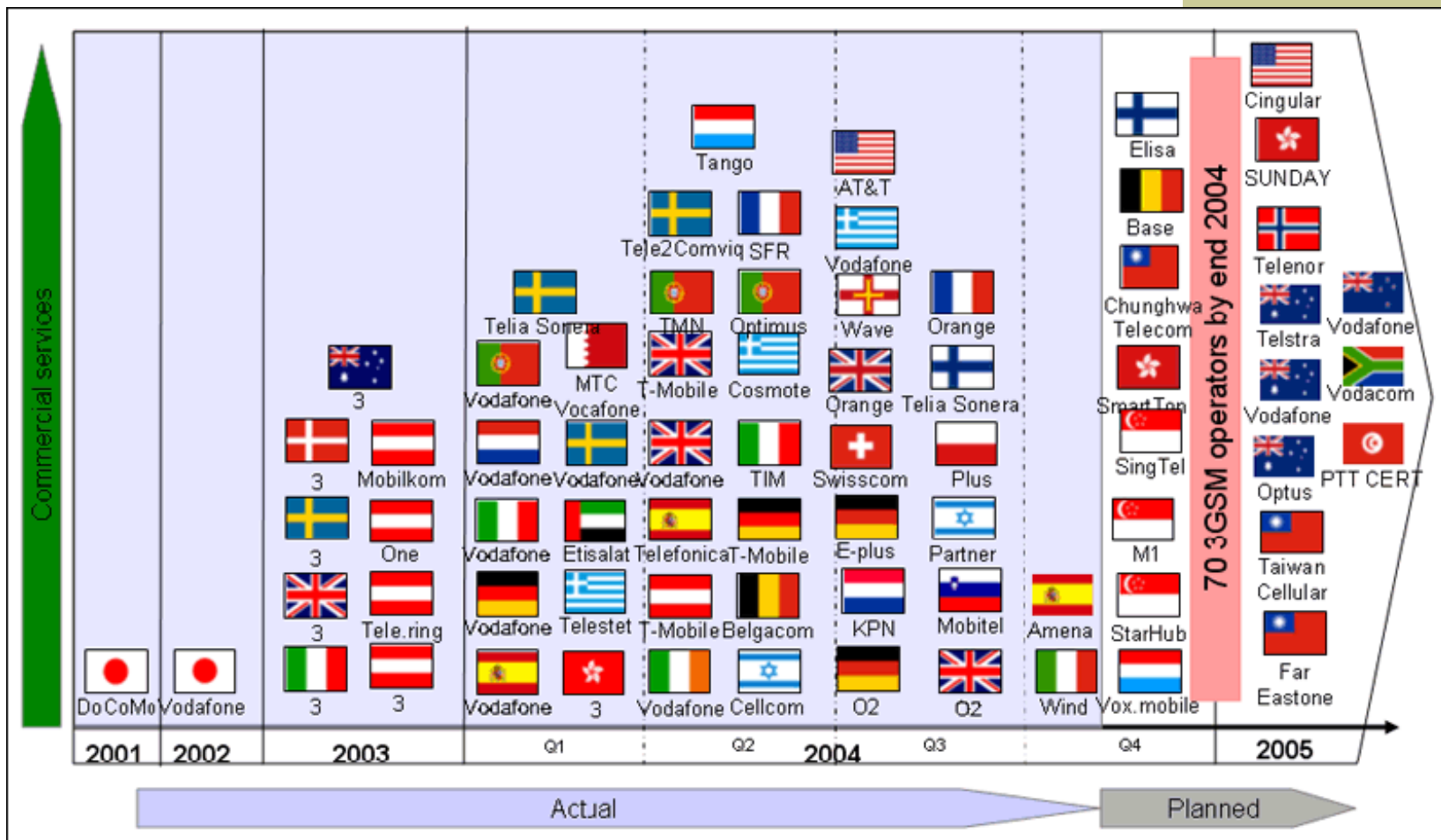
Κυψελωτά Συστήματα 3ης Γενιάς



Κυψελωτά Συστήματα 3ης Γενιάς

- ◆ Συχνότητες στην Ευρώπη (WCDMA)
 - WCDMA FDD : 2*60MHz (1920-1980MHz uplink, 2110-2170MHz downlink)
 - WCDMA TDD (με άδεια) : 25MHz (1900-1920MHz και 2020-2025MHz)
 - WCDMA TDD (χωρίς άδεια) : 10MHz (2010-2020MHz)

Κυψελωτά Συστήματα 3ης Γενιάς



Κυψελωτά Συστήματα 3.5ης Γενιάς

- ♦ Στην R5 της προδιαγραφής για τα δίκτυα 3^{ης} γενιάς εισάγεται νέα τεχνολογία: Πρόσβαση Πακέτων Υψηλής Ταχύτητας (High Speed Packet Access – HSPA)
- ♦ Το 3GPP συνέχισε να εκδίδει νέες Releases του HSPA, καλούμενο και HSPA+ στην έκδοση R11 (2012)
- ♦ Το HSPA περιλαμβάνει τόσο την τεχνολογία High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) που εισήχθη με την R5 όσο και την High Speed Uplink Packet Access (HSUPA), που εισήχθη με την R6.
- ♦ Τα τρέχοντα δίκτυα HSPA υποστηρίζουν ως 47 Mbps στην ευθεία ζεύξη, ενώ στην R11 μέχρι και 337 Mbps.

Κυψελωτά Συστήματα 3.5ης Γενιάς

- ♦ Στην R5 της προδιαγραφής για τα δίκτυα 3^{ης} γενιάς εισάγεται νέα τεχνολογία: Πρόσβαση Πακέτων Υψηλής Ταχύτητας (High Speed Packet Access – HSPA)
- ♦ Το 3GPP συνέχισε να εκδίδει νέες Releases του HSPA, καλούμενο και HSPA+ στην έκδοση R11 (2012)
- ♦ Το HSPA περιλαμβάνει τόσο την τεχνολογία High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) που εισήχθη με την R5 όσο και την High Speed Uplink Packet Access (HSUPA), που εισήχθη με την R6.
- ♦ Τα τρέχοντα δίκτυα HSPA υποστηρίζουν ως 47 Mbps στην ευθεία ζεύξη, ενώ στην R11 μέχρι και 337 Mbps.

Κυψελωτά 4^{ης} Γενιάς (IMT-Advanced)

- ◆ Τα 4ης γενιάς συστήματα αποτελούν τη συνέχεια των προδιαγραφών του 3GPP και του IEEE για την παροχή ασύρματων ευρυζωνικών επικοινωνιών σε κινητά τερματικά.
- ◆ Το LTE (3GPP R8 και R9) και ιδιαίτερα το LTE-Advanced (3GPP R10 και R11), όπως επίσης το WiMAX (IEEE802.16.e) και το WiMAX2 (IEEE 802.16.m) ή όπως αποκαλείται WirelessMAN-Advanced, αποτελούν τις πρώτες προδιαγραφές που έρχονται να αντιμετωπίσουν με αξιώσεις τις απαιτήσεις για υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης σε πληθώρα από περιβάλλοντα και για χρήστες στις πλέον απομακρυσμένες και «δύσκολες» περιοχές των κυψελών.

Κυψελωτά 4^{ης} Γενιάς (IMT-Advanced)

- ◆ Στο LTE εισάγεται το OFDM και η χρήση πολλαπλών κεραιών στους πομποδέκτες (συστήματα MIMO).
- ◆ Το LTE υιοθετεί μια ασυμμετρία στις δύο ζεύξεις, την ευθεία και την αντίστροφη, προκειμένου να μειωθεί το κόστος των κινητών τερματικών.
- ◆ Στην ευθεία ζεύξη χρησιμοποιεί την OFDMA τεχνική ενώ στην αντίστροφη την SC-FDMA ή DFT-Spread OFDM τεχνική, η οποία επιτρέπει τη χρήση ενισχυτών μικρού κόστους λόγω του περιορισμού των φαινομένων μη-γραμμικής λειτουργίας. Επιπλέον, η τεχνική αυτή επιτρέπει το διαχωρισμό των χρηστών σε μια κυψέλη τόσο στο πεδίο του χρόνου όσο και της συχνότητας.

Κυψελωτά 4^{ης} Γενιάς (IMT-Advanced)

- ◆ Πολλαπλές ροές μπορούν να πολυπλεχθούν προς ένα χρήστη, το τερματικό του οποίου υποστηρίζει πολλαπλές κεραίες, υλοποιώντας την τεχνική SingleUserMIMO (SU-MIMO).
- ◆ Στην ίδια κατηγορία ανήκει και η εκπομπή από το σταθμό βάσης πολλαπλών ροών προς πολλαπλούς χρήστες, υλοποιώντας την τεχνική multiuserMIMO (MU-MIMO).

Κυψελωτά 4^{ης} Γενιάς (IMT-Advanced)

- ◆ Κεντρικό σημείο στην αρχιτεκτονική του συστήματος είναι και ο μερισμός των πόρων, με τη χρήση του μεριζόμενου διαύλου. Ο scheduler ελέγχει για κάθε χρονική στιγμή πως θα κατανεμηθούν τα επιμέρους τμήματα των πόρων σε διαφορετικούς χρήστες. Ο έλεγχος αφορά τόσο την ευθεία όσο και την αντίστροφη ζεύξη και λαμβάνει υπόψη του την κατάσταση του ραδιο-διαύλου.
- ◆ Στο LTE γίνεται πλήρης επαναχρησιμοποίηση των πόρων σε γειτονικές κυψέλες. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί τεχνικές συντονισμού των εκπομπών των γειτονικών κυψελών για χρήστες που βρίσκονται στα άκρα των κυψελών και υποφέρουν από παρεμβολές.

Κυψελωτά 4^{ης} Γενιάς (IMT-Advanced)

- ◆ Στην R9 του LTE εισάγεται η έννοια της ταυτόχρονης μετάδοσης από πολλαπλούς σταθμούς βάσης της ίδιας πληροφορίας, μια τεχνική που καλείται Multicast/Broadcast Single Frequency Network(MBSFN). Η τεχνική αυτή απαιτεί ακριβή συγχρονισμό των σταθμών βάσης αλλά προσφέρει πολύ μεγάλη βελτίωση στη λήψη από τα τερματικά που βρίσκονται στις άκρες των κυψελών.
- ◆ Στην R9 προστέθηκε και η δυνατότητα για ακριβή προσδιορισμό της θέσης των τερματικών.

Κυψελωτά 4^{ης} Γενιάς (IMT-Advanced)

- ◆ Στην R10 ή όπως αποκαλείται LTE-Advanced, εισάγεται η έννοια της συγκέντρωσης φερόντων (Carrier Aggregation-CA), που δίνει τη δυνατότητα της χρήσης ταυτόχρονα πολλαπλών τμημάτων του φάσματος (φερόντων) προς τον ίδιο χρήστη, προκειμένου να αυξηθεί ο ρυθμός μετάδοσης.
- ◆ Προβλέπεται η συγκέντρωση μέχρι και 5 συνιστωσών φάσματος ακόμη και διαφορετικού εύρους η κάθε μια και όχι απαραίτητα συνεχόμενων στη συχνότητα, φθάνοντας έτσι το μέγιστο των 100 MHz εύρους για μια μετάδοση.

Κυψελωτά 4^{ης} Γενιάς (IMT-Advanced)

- ♦ Στην R10 υποστηρίζονται μέχρι 8 ροές στη χωρική πολυπλεξία στην ευθεία ζεύξη, που δίνει μαζί με τη συγκέντρωση των φερόντων ρυθμούς μέχρι και 3 Gbps, ενώ αυξάνονται οι δυνατότητες του συστήματος για beamforming.
- ♦ Στην αντίστροφη ζεύξη υποστηρίζεται χωρική πολυπλεξία 4 ροών που μαζί με την συγκέντρωση φερόντων δίνει ρυθμούς μέχρι 1,5 Gbps.
- ♦ Για πρώτη φορά εισάγεται η δυνατότητα χρήσης ενός αναμεταδότη για την επικοινωνία ενός τερματικού με το σταθμό βάσης. Οι αναμεταδότες είναι ΣΒ μικρής ισχύος που μπορούν να συνδέονται στο υπόλοιπο δίκτυο ασύρματα και οι οποίοι θα τοποθετούνται συνήθως σε περιοχές με δυσμενείς συνθήκες διάδοσης.

Συστήματα Ασύρματης Τηλεφωνίας

- ◆ Σύνδεση ενός φορητού σταθμού με ένα ΣΒ που συνδέεται σε μια αποκλειστική τηλεφωνική γραμμή του PSTN ή ISDN.
- ◆ Ραδιοκάλυψη μικρών αποστάσεων και άρα απλουστευμένες ραδιοεπαφές.
- ◆ Οι προδιαγραφές περιγράφουν μια τεχνολογία ραδιοπρόσβασης και όχι ολόκληρο δίκτυο (π.χ. DECT).
- ◆ Ορισμένα επιτρέπουν περιαγωγή και μεταπομπές σε ίδιου αλλά και άλλου τύπου δίκτυα (π.χ. GSM)

Συστήματα Ασύρματης Τηλεφωνίας

- ◆ **1ης Γενιάς:** CT1 (Ευρώπη) και CT0 (Αμερική)
- ◆ Αναλογικά συστήματα (FM) της δεκαετίας 1980, ιδιαίτερα δημοφιλή.
- ◆ **2ης Γενιάς:** Ψηφιακά συστήματα, π.χ. DECT και CT2 στην Ευρώπη, PHS (Personal Handyphone System) στην Ιαπωνία, PACS στην Αμερική.
- ◆ Υποστηρίζουν αυξημένη κινητικότητα χρηστών.
- ◆ Σύνδεση των ΣΒ με τα τοπικά κέντρα PBX (Private Branch Exchange).

Συστήματα Ασύρματης Τηλεφωνίας

- ◆ **DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications)**
 - Ευρωπαϊκή προδιαγραφή (1993)
 - Παρέχει εξαιρετική ποιότητα φωνής
 - Υποστηρίζει μεταφορά δεδομένων μέχρι τα 552kbps.
 - Χρησιμοποιεί TDMA/TDD με εύρος 1,728MHz, κάθε φέρον υποστηρίζει 12 διαύλους, έχει διαμόρφωση GMSK, λειτουργεί στη ζώνη 1880-1900MHz.

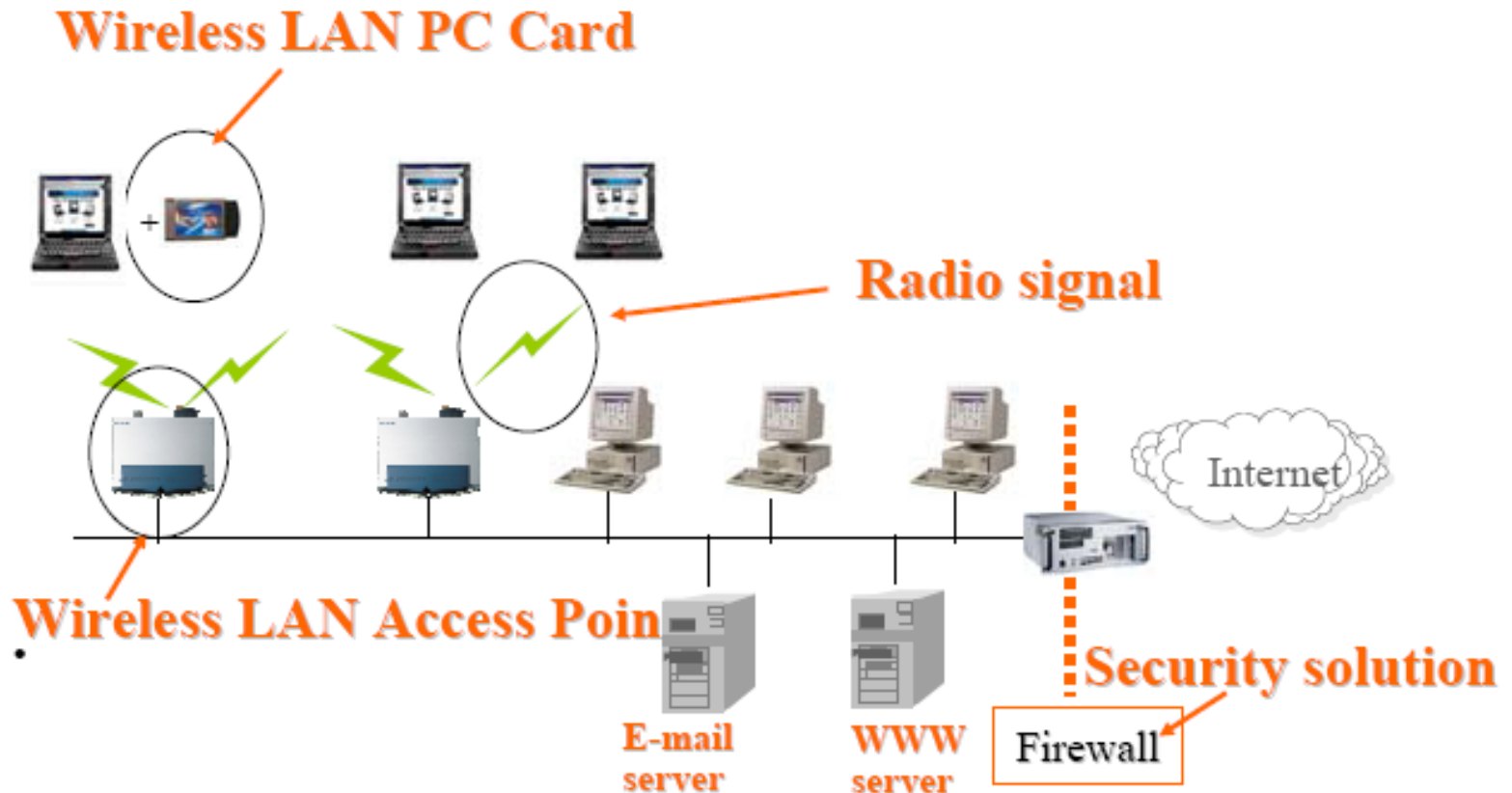
Συστήματα Ασύρματης Τηλεφωνίας (2ης Γενιάς)

Σύστημα	Ζώνη Αντίστροφη / Ευθεία Ζεύξη (MHz)	Εύρος (KHz)	Διαμόρφωση	Πολλαπλή Πρόσβαση
DECT	1880-1900	1728	GMSK	TDMA/TDD
CT2	864.1-868.1	100	GMSK	FDMA/TDD
PHS	1895-1918	300	$\pi/4$ -DQPSK	TDMA/TDD
PACS	1850-1910/1920-1930	300	$\pi/4$ -DQPSK	TDMA/FDD Ή TDD

Συστήματα Τηλεειδοποίησης

- ◆ Παρέχουν μονόδρομες υπηρεσίες δεδομένων σε χρήστες με κινητικότητα σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές.
- ◆ Μηνύματα : αριθμητικά, αλφαριθμητικά, μηνύματα φωνής
- ◆ Ευρεία αναμετάδοση μηνύματος ταυτόχρονα από πολλούς ΣΒ (επίγειους ή δορυφορικούς), που καλείται και simulcasting.
- ◆ Ανάγκη εκπομπής υψηλής ισχύος από ΣΒ.
- ◆ Απλά και χαμηλού κόστους τα τερματικά χρηστών.
- ◆ **POCSAG** (1ης γενιάς) στη Βρετανία, **FLEX** (ΗΠΑ) και **HERMES** (Ευρώπη) 2ης γενιάς συστήματα, **NTT** την Ιαπωνία.

Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (WLANs)



Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (WLANs)

- ◆ Υπάρχουν δύο οικογένειες προδιαγραφών
 - IEEE 802.11 (IEEE)
 - HIPERLAN (ETSI)
- ◆ Η πρώτη έχει κυριεύσει την αγορά.
- ◆ Η συμμαχία των εταιριών που υποστηρίζει την πρώτη οικογένεια προδιαγραφών καλείται **WiFi**.
- ◆ Λειτουργούν στην ISM band (2400-2483.5MHz) ή 5.2GHz ή 17GHz, όπου δεν απαιτείται αδειοδότηση.
- ◆ Το πλεονέκτημα της μη αδειοδότησης εύκολα μετατρέπεται σε μειονέκτημα λόγω εκτεταμένης χρήσης και παρεμβολών.

Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (WLANs)

- ◆ Απαιτείται συνεπώς περιορισμένη εκπεμπόμενη ισχύς ανά μονάδα εύρους ζώνης, δηλαδή στην πράξη χρησιμοποιείται διασπορά φάσματος (IEEE) ή OFDM (HiperLAN).
- ◆ Χρονικά οι προδιαγραφές της IEEE εξεδόθησαν και υλοποιήθηκαν σε προϊόντα πιο γρήγορα, ενώ του ETSI καθυστέρησαν κυρίως λόγω προβλημάτων μη γραμμικότητας στους ενισχυτές υψηλής ισχύος.
- ◆ Ιδιαίτερα οι IEEE 802.11 ακολουθούν το πρωτόκολλο Carrier Sense Multiple Access /Collision Avoidance (CSMA/CA).

Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (WLANs)

- ◆ **IEEE 802.11**: Αρχική προδιαγραφή στα 2.4GHz με ρυθμούς μέχρι 2Mbps
- ◆ **IEEE 802.11a**: Επέκταση φυσικού στρώματος για τα 5,2GHz (ρυθμοί μέχρι 54Mbps). Δημιουργήθηκε μετά το 802.11b και στηρίζεται στην τεχνολογία OFDM.
- ◆ **IEEE 802.11b**: Επέκταση φυσικού στρώματος για τα 2,4GHz (ρυθμοί μέχρι 11Mbps)
- ◆ **IEEE 802.11c**: Επέκταση για υποστήριξη λειτουργίας ασύρματης γεφύρωσης στο MAC (διασύνδεση ασύρματων LANs ή διαφορετικών τμημάτων του ίδιου LAN)
- ◆ **IEEE 802.11d**: Προσθήκη διαδικασίας ελέγχου λειτουργίας σε διαφορετικές χώρες

Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (WLANs)

- ◆ **IEEE 802.11e**: Παροχή βελτιωμένου QoS για υπηρεσίες φωνής και video (π.χ. MPEG2) με τροποποίηση του MAC
- ◆ **IEEE 802.11f**: Δυνατότητα δημιουργίας σύνθετων δικτύων (υποστήριξη Inter Access Point Protocol) με τροποποίηση του MAC
- ◆ **IEEE 802.11g**: Τροποποίηση φυσικού στρώματος για μεγαλύτερους ρυθμούς (2.4GHz) μέχρι και 54Mbps με τεχνολογία OFDM.
- ◆ **IEEE 802.11h**: Βελτιώσεις του IEEE 802.11a με διαχείριση φάσματος και ισχύος

Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (WLANs)

- ◆ **IEEE 802.11i**: Βελτιώσεις στην ασφάλεια
- ◆ **IEEE 802.11j**: Τροποποίηση του 802.11a για τις συχνότητες 4.9-5.0GHz για την Ιαπωνία
- ◆ **IEEE 802.11k**: Διαχείριση ραδιοπόρων συστήματος.
- ◆ **IEEE 802.11m**: Τεχνικές διορθώσεις και διευκρινίσεις (Documentation των προδιαγραφών).
- ◆ **IEEE 802.11n**: Τροποποιήσεις για υψηλούς ρυθμούς (MIMO).
- ◆ **IEEE 802.11ac**: Τροποποιήσεις για υψηλούς ρυθμούς (5GHz, 80-160MHz bandwidth, 500Mbps).
- ◆ **IEEE 802.11ad**: Τροποποιήσεις για υψηλούς ρυθμούς (60GHz, WiGig, 7Gbps).

Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPANs)

- ◆ Ασύρματη δικτύωση φορητών υπολογιστών, άλλων κινητών υπολογιστικών μονάδων όπως τα PDAs, περιφερειακών, κυψελωτών τηλεφώνων, άλλων ηλεκτρονικών συσκευών, σε μικρές αποστάσεις (<10m).
- ◆ Κυρίαρχες τεχνολογίες
 - Bluetooth ver. 1.1(αργότερα IEEE 802.15.1) και ver. 1.2 (IEEE 802.15.1a)
 - IEEE 802.15.2, IEEE 802.15.3 και IEEE 802.15.4
- ◆ Λειτουργούν στην ISM (Industrial Scientific Medicine) ζώνη συχνοτήτων.
- ◆ Πολύ χαμηλή ισχύς εκπομπής

Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPANs)

- ◆ **Bluetooth** (Δανός βασιλιάς των Vikings)
- ◆ Λειτουργεί στα 2.4GHz
- ◆ Υποστηρίζει ρυθμούς μέχρι περίπου 700Kbps για μεταφορά δεδομένων και μέχρι 3 τηλεφωνικές συνδέσεις των 64Kbps.
- ◆ Τρέχουσα έκδοση 1.2 με:
 - Μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης
 - Πιο μικρό χρόνο αναγνώρισης συσκευής προς σύνδεση
 - Δυναμική Μεταπήδηση Συχνότητας (AFH)

Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPANs)

◆ IEEE 802.15.2

- Υποστήριξη τεχνικών αποφυγής παρεμβολών μεταξύ των WPANs και των WLANs, που λειτουργούν στα 2.4GHz.
- Διασυνεργασία των συστημάτων ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι παρεμβολές.
- Υπάρχουν συνεργατικές και μη συνεργατικές τεχνικές.

Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPANs)

◆ IEEE 802.15.3 (High-Rate WPAN)

- Υποστήριξη υψηλών ρυθμών μετάδοσης μέχρι 55Mbps
- Χρησιμοποιεί συνδυασμό CSMA και TDMA
- Το εύρος διαύλου είναι 15MHz
- Υποστηρίζει διάφορες τεχνικές διαμόρφωσης αλλά όχι OFDM (απορρίφθηκε λόγω κόστους και κατανάλωσης ισχύος).
- Υποστηρίζει δυναμική επιλογή διαύλου και έλεγχο εκπεμπόμενης ισχύος.

Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPANs)

◆ IEEE 802.15.4 (Low-Rate WPAN)

- Προορίζεται για WSNs
- Υποστήριξη χαμηλών ρυθμών μετάδοσης (μέγιστος τα 250kbps) αλλά
- Εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ισχύος
- Εξαιρετικά χαμηλό κόστος
- Χρησιμοποιεί διαχείριση ισχύος
- Λειτουργεί στα 2.4GHz
- Χρησιμοποιεί CSMA/CA

Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPANs)

- ◆ Χαρακτηριστικά **Ad-Hoc** Δικτύων:
 - Δηλαδή δυναμικά δημιουργούμενων και επαναπροσδιοριζόμενων σύμφωνα με τις τρέχουσες ανάγκες δικτύων



Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα (Ασύρματα Ευρυζωνικά BWA) WMANs

- ◆ Προσφέρουν υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας Internet (φωνής, δεδομένων και video) σε οικιακούς συνδρομητές ή και επιχειρήσεις (σταθερούς χωρίς κινητικότητα).
- ◆ Τοπολογίες
 - Σημείο-προς-Σημείο (**Point-to-Point**)
 - Σημείο-προς-Πολλαπλά Σημεία (**Point-to-Multipoint**)
 - Πολλαπλά Σημεία-προς-Πολλαπλά Σημεία (**Multipoint-to-Multipoint ή mesh networks**)
- ◆ Υπηρεσίες - Συστήματα
 - Local Multipoint Distribution Services (**LMDS**)
 - Multi-channel Multipoint Distribution Services (**MMDS**)

Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα (Ασύρματα Ευρυζωνικά BWA) WMANs

- ◆ **Point-to-Multipoint (PMP)**
 - Base Stations (BS)
 - Subscriber Stations (SS)
 - Repeater Stations (RS)
- ◆ Στο BS χρησιμοποιούνται τομείς
- ◆ Σε ένα δίαυλο σε ένα τομέα, όλοι οι SS λαμβάνουν την ίδια πληροφορία
- ◆ Οι RS αναμεταδίδουν την πληροφορία του BS σε ένα SS ή σε μια ομάδα SSs.

Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα (Ασύρματα Ευρυζωνικά BWA) WMANs

◆ Mesh Networks (MP-MP)

- Η τοπολογία χρησιμοποιείται συνήθως σε ζώνες συχνοτήτων χωρίς αδειοδότηση.
- Η πληροφορία μπορεί να περάσει από πολλούς αναμεταδότες (RS) πριν καταλήξει στο συνδρομητή (SS).
- Συνήθως κάθε SS είναι και RS.
- Οι κεραίες είναι συνήθως κατευθυντικές.

Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα (Ασύρματα Ευρυζωνικά BWA) WMANs

- ◆ **Local Multipoint Distribution Services (LMDS)**
 - 24GHz, 28GHz, 39GHz
 - 45Mbps (P-to-MP) και 100Mbps (P-to-P)
 - Ακτίνα κάλυψης μέχρι 5Km.
 - Απαραίτητη η οπτική επαφή
 - Μεσαίες και μεγάλες επιχειρήσεις
- ◆ **Multi-channel Multipoint Distribution Services (MMDS)**
 - 2.5-2.7GHz
 - Τυπικά μέχρι 3Mbps
 - Ακτίνα κάλυψης μέχρι 50Km.
 - Δεν είναι απαραίτητη η οπτική επαφή
 - Μικρές επιχειρήσεις και οικιακοί χρήστες (π.χ. χωρίς DSL)

Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα (Ασύρματα Ευρυζωνικά BWA) WMANs

◆ Προδιαγραφές:

■ ETSI/BRAN

- HiperACCESS
- HiperMAN

■ IEEE (υποστηρίζεται από τη συμμαχία WiMAX)

- IEEE 802.16
- IEEE 802.16a
- IEEE 802.16.2
- IEEE 802.16d
- IEEE 802.16e
- IEEE 802.20

Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα (Ασύρματα Ευρυζωνικά BWA) WMANs

◆ HiperACCESS

- 40.5-43.5GHz
- 25Mbps-100Mbps
- Μέγιστη ακτίνα κάλυψης 5Km
- Χρησιμοποιεί TDMA

◆ HiperMAN

- 2-11GHz
- 10Mbps-25Mbps
- Μέγιστη ακτίνα κάλυψης 15Km
- Χρησιμοποιεί OFDM

Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα (Ασύρματα Ευρυζωνικά BWA) WMANs

◆ IEEE 802.16

- LMDS στη ζώνη 10 - 66GHz
- Point to Multipoint
- Ραδιοεπαφή “WirelessMAN-SC”
 - Single Carrier Modulation (QPSK και 16 ή 64 QAM)
- TDMA πρόσβαση στο uplink
- Χρησιμοποιείται TDD και FDD
- Λίγα προβλήματα πολυδιαδρομικής διάδοσης
- Υποστηρίζονται ρυθμοί μέχρι 120Mbps

Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα (Ασύρματα Ευρυζωνικά BWA) WMANs

◆ IEEE 802.16a

- MMDS– (NLOS) στη ζώνη 2 - 11GHz
- Εύρος διαύλου 6MHz
- 3 τύποι ραδιοεπαφών
 - **WirelessMAN-SC2** (Single Carrier modulation)
 - **WirelessMAN-OFDM** (OFDM με 256-point FFT και TDMA)
 - **WirelessMAN-OFDMA** (OFDM με 2048-point FFT) Πολλαπλά φέροντα σε πολλαπλούς χρήστες
- Υποστήριξη διαχείρισης ισχύος και δυναμικής επιλογής συχνότητας σε ζώνες χωρίς αδειοδότηση

Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα (Ασύρματα Ευρυζωνικά BWA) WMANs

- ◆ **IEEE 802.16.2**
 - Προτάσεις για αποφυγή παρεμβολών από ίδια ή και διαφορετικού τύπου δίκτυα
- ◆ **IEEE 802.16d**
 - Κυρίως εισαγωγή τεχνολογίας MIMO
- ◆ **IEEE 802.16e**
 - Προτάσεις για εισαγωγή μικρής κινητικότητας χρηστών
- ◆ **IEEE 802.20**
 - Υποστήριξη μεγάλης κινητικότητας χρηστών (BWA με υψηλές ταχύτητες)

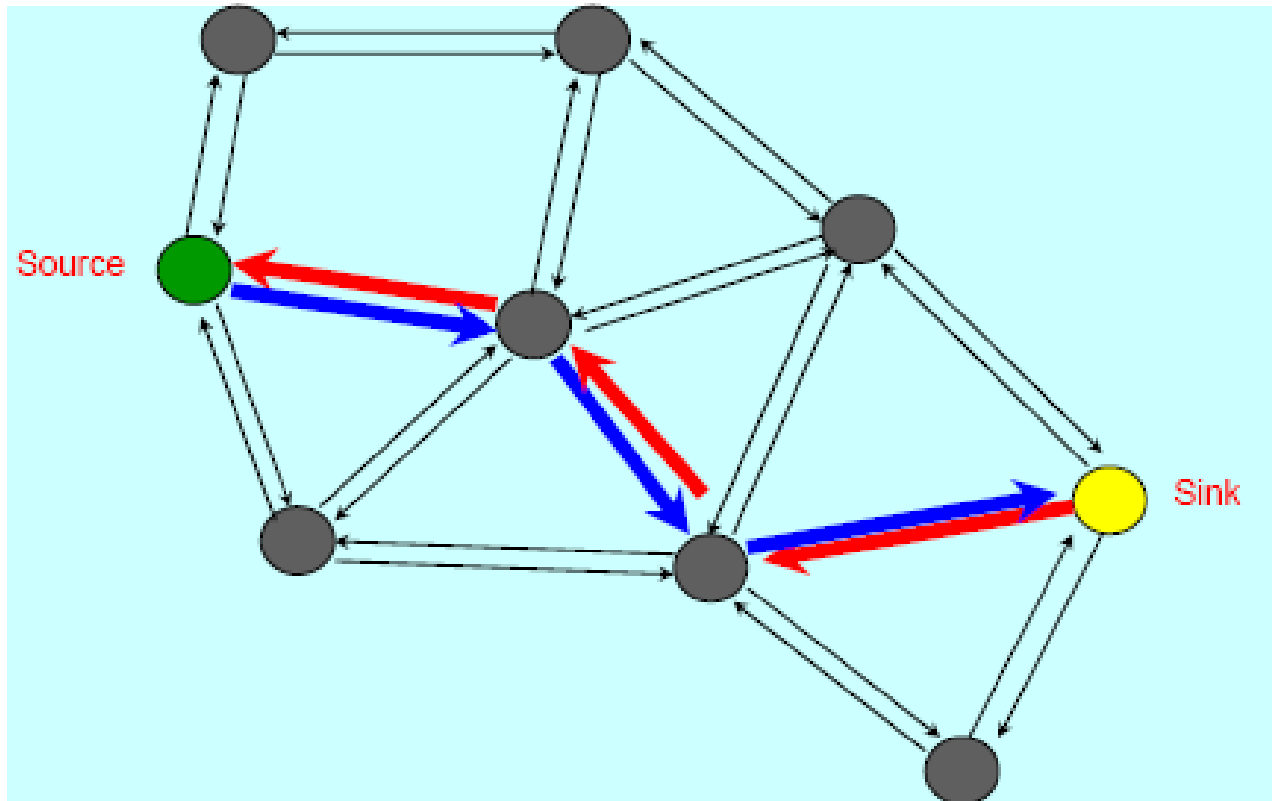
Δορυφορικά Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

- ◆ Παροχή υπηρεσιών σε ξηρά, θάλασσα και αέρα (LMSS, AMSS, MMSS).
- ◆ Παροχή υπηρεσιών φωνής, δεδομένων αλλά πλέον και πολυμέσων.
- ◆ Χρησιμοποιούν κυρίως GEO, MEO, LEO.
- ◆ Διακρίνονται σε παγκόσμιας κάλυψης ή τοπικά συστήματα (π.χ. Βόρεια Αμερική, Ανατολική Ασία, ή Ευρώπη).
- ◆ Παραδείγματα : INMARSAT, Iridium, Globalstar, AMSC, MSAT, Thuraya, OmniTracs, EutelTracs, Ellipso, κλπ.

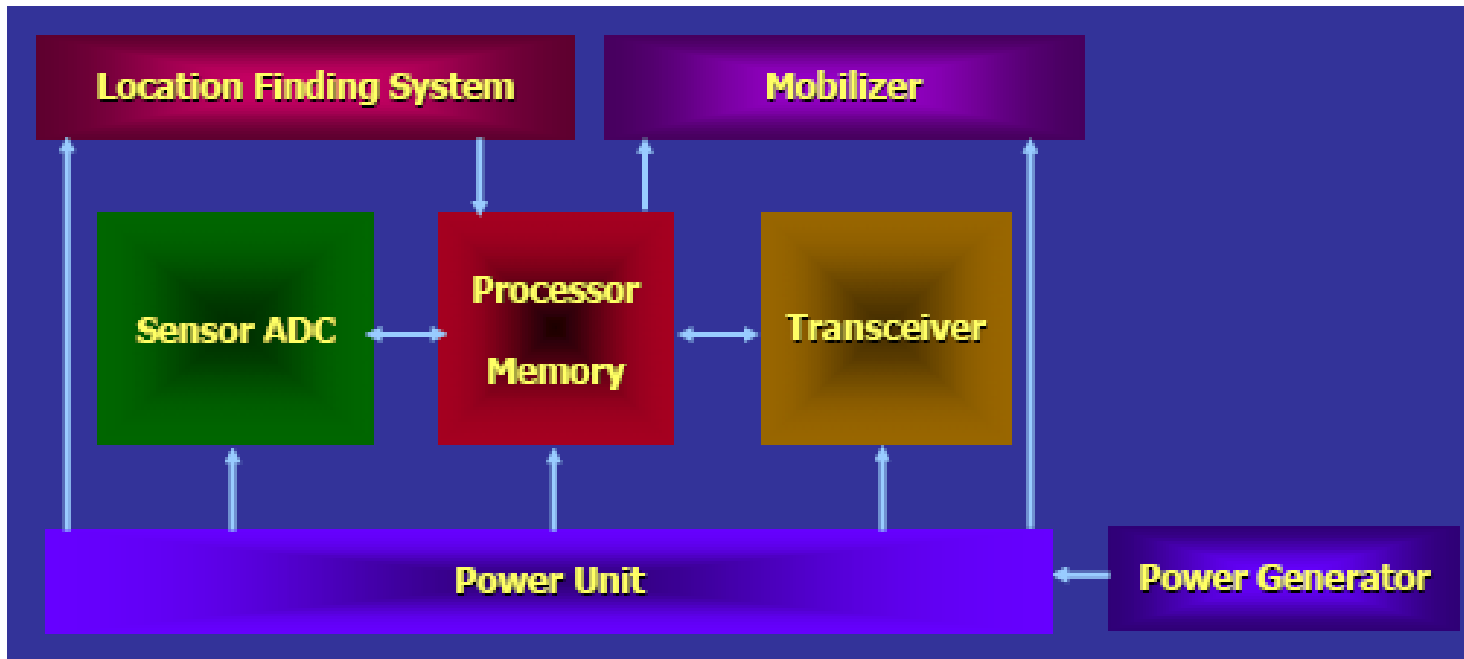
Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (WSNs)

- ◆ Εξαιρετικά μικρές διαστάσεις μεγάλου αριθμού κόμβων-αισθητήρων
- ◆ Οι κόμβοι συλλέγουν πληροφορίες, επεξεργάζονται και σχηματίζουν δυναμικό (τυχαίες θέσεις) ασύρματο δίκτυο.
- ◆ Μικρή κατανάλωση ενέργειας
- ◆ Πολλές εφαρμογές
 - Περιβάλλον
 - Υγεία
 - Οικιακές εφαρμογές
 - Στρατιωτικές εφαρμογές

Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (WSNs)



Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (WSNs)



Επαγγελματικά Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών (PMRs)

- ◆ Προσφέρουν υπηρεσίες σε οργανισμούς κοινής ωφέλειας.
- ◆ Κάλυψη αναγκών επικοινωνίας διεσπαρμένων κινητών μονάδων με τα κέντρα επιχειρήσεων.
- ◆ **TETRA (TErrestrial Trunked RAdio)**
 - Χρησιμοποιεί TDMA/FDD, με εύρος 25kHz και 4 διαύλους ανά φέρον.
 - Διαμόρφωση $\pi/4$ -DQPSK με ρυθμούς μέχρι 28,8kbps.
 - Αυξημένες δυνατότητες κρυπτογράφησης και ασφάλειας δεδομένων.
 - Συχνότητες : 380-400MHz, 410-430/450-470MHz