



Πανεπιστήμιο Αιγαίου

ΔΙΚΤΥΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Ενότητα 1 :Βασικές Αρχές – Εξέλιξη Ασύρματων Δικτύων Επικοινωνιών

Δημοσθένης Βουγιούκας
Επίκουρος 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



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

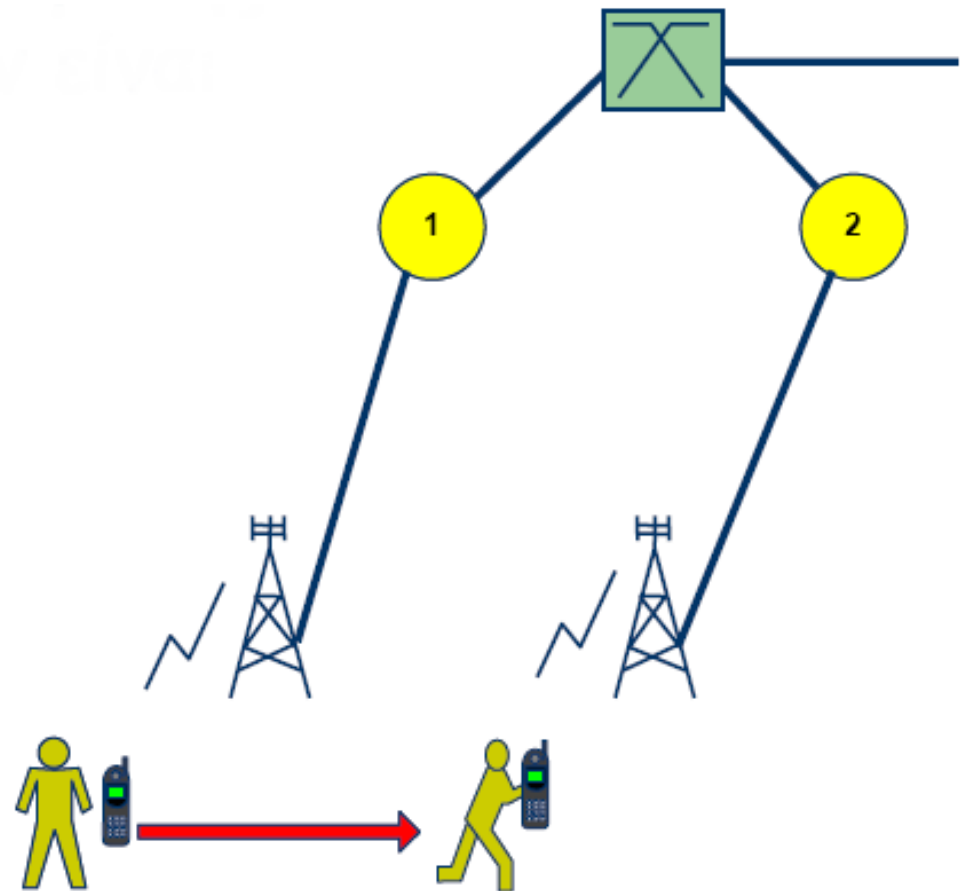
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Κινητές επικοινωνίες

4

- Το σημείο πρόσβασης υπηρεσίας δεν είναι σταθερό



Προσωπικές επικοινωνίες

5

- Το σημείο πρόσβασης υπηρεσίας δεν είναι σταθερό



Κινητές και προσωπικές επικοινωνίες

6

□ Σκοπός

- Οποιασδήποτε μορφής επικοινωνία
- 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

Κινητές και προσωπικές επικοινωνίες

7



Επίλεξε τον προσωπικό αριθμό του κ. Χ

Να είναι σε οποιοδήποτε μέρος



Σπίτι



Γραφείο



Δημόσιος χώρος



Μετακίνηση

Να χρησιμοποιεί οποιαδήποτε συσκευή



Κινητό τηλέφωνο



Τηλέφωνο γραφείου ενσύρματο



Τηλέφωνο γραφείου ασύρματο



Τηλέφωνο σπιτιού



Τηλεειδοποιητής



Fax

Ο κ. Χ μπορεί:



Κινητές και προσωπικές επικοινωνίες

- Βασικοί παράγοντες για την παροχή κινητών και προσωπικών επικοινωνιών
 - ▣ κινητικότητα του τερματικού (terminal mobility)
 - που παρέχεται από την ασύρματη πρόσβαση
 - ▣ προσωπική κινητικότητα (personal mobility)
 - που βασίζεται σε προσωπικούς αριθμούς κλήσης
 - ▣ μεταφερσιμότητα των υπηρεσιών (service portability)
 - που επιτυγχάνεται μέσω της διαχείρισης του προφίλ εξυπηρέτησης των χρηστών

Κινητικότητα

9

Κινητικότητα τερματικού



Ασύρματο δίκτυο

- Ανάγκη μεταφοράς του τερματικού
- Να υπάρχει ραδιο-κάλυψη

Προσωπική κινητικότητα



Δίκτυο
• ενσύρματο
• ασύρματο

- Όχι απαραίτητα μεταφορά του τερματικού
- Χρήση προσωπικού αριθμού

Μεταφερσιμότητα υπηρεσιών

10

- Αναφέρεται στη δυνατότητα του δικτύου να παρέχει υπηρεσίες σε τερματικό / θέση που επιλέγεται από τον χρήστη
- Οι ακριβείς υπηρεσίες που μπορεί να δεχτεί ο χρήστης εξαρτώνται από τις δυνατότητες του τερματικού και του δικτύου που εξυπηρετεί το τερματικό
- Πραγματοποιείται με την ενημέρωση του προφίλ εξυπηρέτησης κάθε χρήστη και την αναζήτησή του όταν χρειάζεται

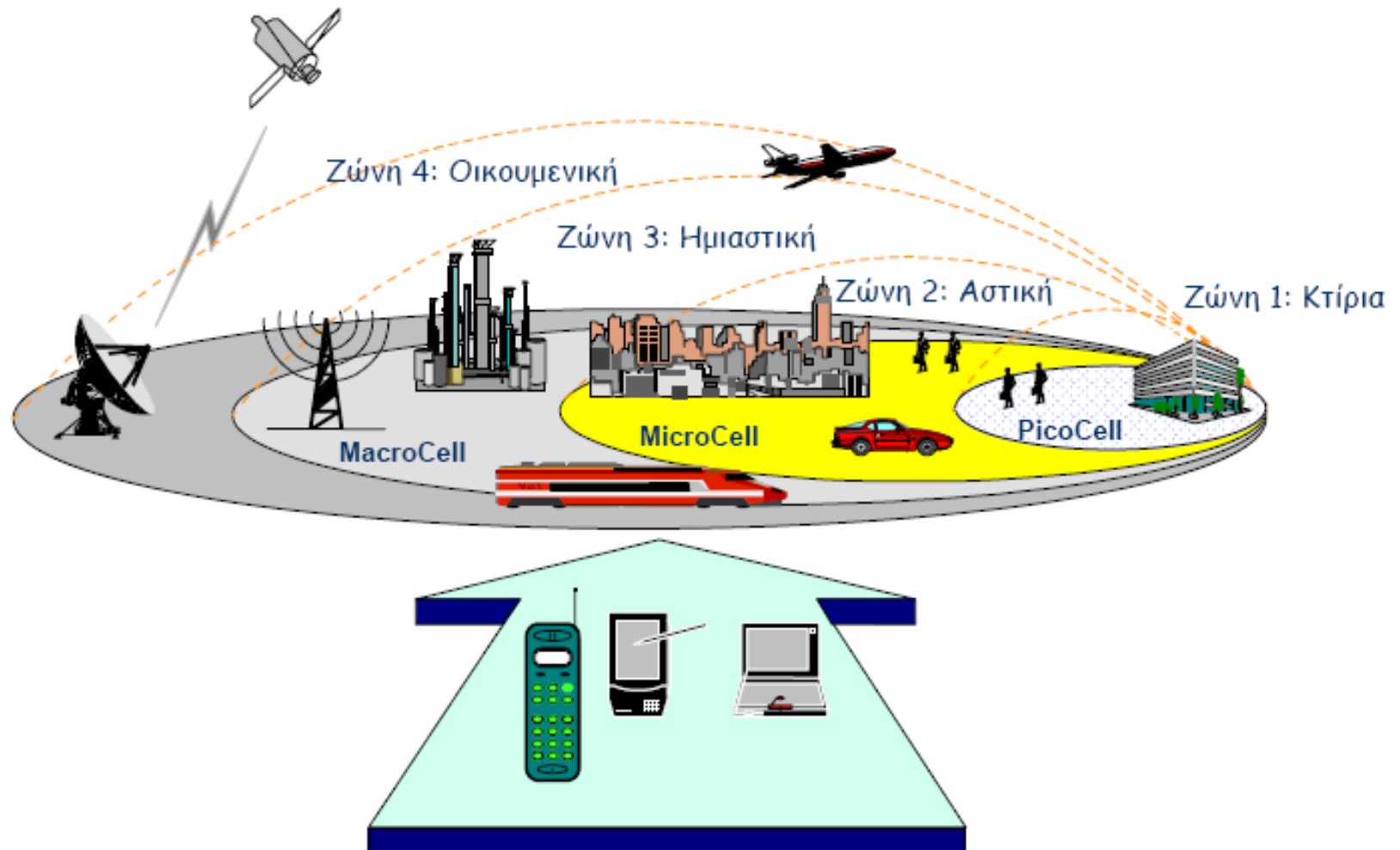
Παγκόσμια κινητικότητα

11

- Τα πρότυπα για τα μελλοντικά συστήματα κινητών επικοινωνιών έχουν ως στόχο να εξασφαλίσουν:
 - ▣ Διαλειτουργικότητα μεταξύ των διάφορων συστημάτων ασύρματης πρόσβασης
 - ▣ Κινητικότητα σε παγκόσμια κλίμακα
 - ▣ Παροχή υπηρεσιών μεγάλου εύρους ζώνης

Παγκόσμια κινητικότητα

12



Τύποι Κυψελών

13

□ 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

14

□ Picocells

- 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

15

- 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

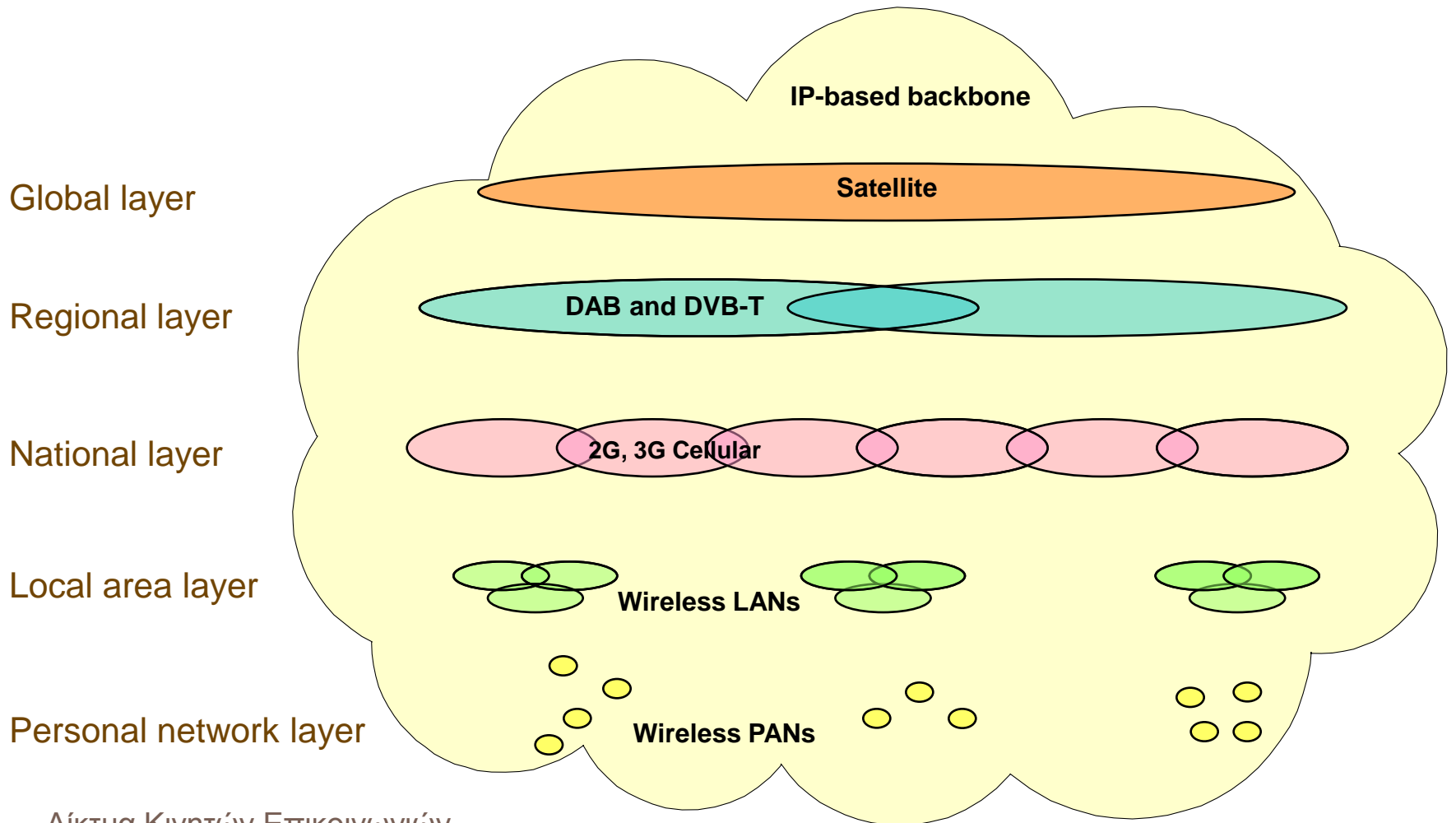
16

- **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

17



Ασύρματα συστήματα κινητών και προσωπικών επικοινωνιών

18

- Τρεις κύριες περιοχές εφαρμογής
 - Ασύρματη πρόσβαση σε μεγάλα δίκτυα για προσωπικές επικοινωνίες χαμηλών απαιτήσεων κινητικότητας
 - Ασύρματα δίκτυα κινητών επικοινωνιών για προσωπικές επικοινωνίες υψηλών απαιτήσεων κινητικότητας
 - Ασύρματα τοπικά δίκτυα

Ασύρματα συστήματα κινητών και προσωπικών επικοινωνιών

19

- Υπάρχει επικάλυψη των τριών περιοχών στα προβλήματα που εμφανίζουν και στους τρόπους αντιμετώπισής τους
- Οι σχεδιαστικοί συμβιβασμοί για την κάθε περιοχή εφαρμογής θέτουν διαφορετική έμφαση σε συγκεκριμένες παραμέτρους και τεχνικές προσεγγίσεις
- Αποτέλεσμα: Διαφορετικές αρχιτεκτονικές και διαδικασίες ελέγχου

Ασύρματη πρόσβαση σε μεγάλα δίκτυα

20



- **Στόχος:** Παροχή κινητών υπηρεσιών φωνής και δεδομένων, με μικρές φορητές συσκευές, σε πεζούς και σχεδόν στάσιμους χρήστες, μέσα σε σπίτια και κτίρια ή γύρω από αυτά.

Ασύρματη πρόσβαση σε μεγάλα δίκτυα

21

□ Βήματα εξέλιξης

- ψηφιακή λειτουργία των ασύρματων τηλεφώνων
- ολοκλήρωσή τους με το σύστημα telepoint
- ολοκλήρωσή τους με μικρά συστήματα μεταγωγής για την παροχή ασύρματης πρόσβασης σε κτίριο γραφείων
- παγκοσμίως διατίθενται ζώνες συχνοτήτων κοντά στα 1 GHz και 2 GHz

Ασύρματη πρόσβαση σε μεγάλα δίκτυα

22

- Οι σχεδιαστικοί περιορισμοί προέρχονται από:
 - ▣ Εφαρμογές που πρέπει να υποστηριχθούν
 - ▣ Περιβάλλον λειτουργίας

Ασύρματη πρόσβαση σε μεγάλα δίκτυα

23

□ Σχεδιαστικοί στόχοι

- Βάρος τερματικού
- Μέγεθος τερματικού
- Κατανάλωση ισχύος τερματικού

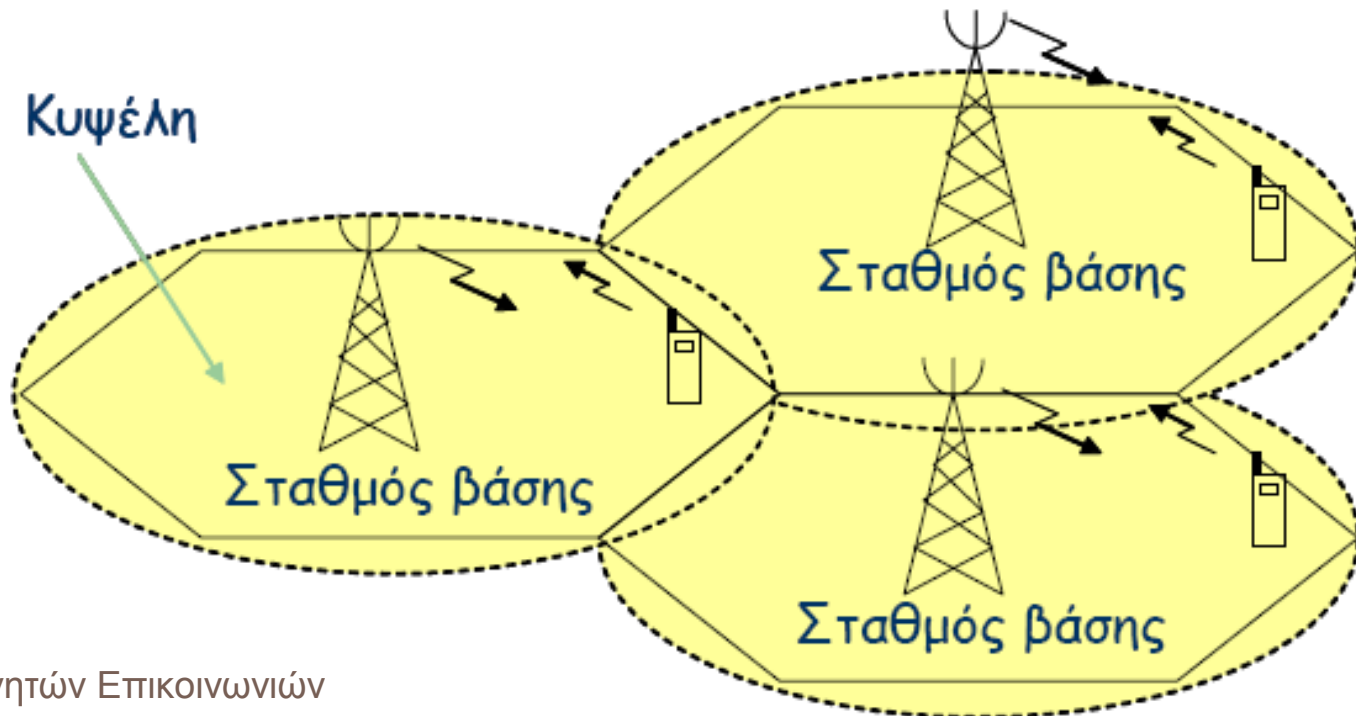
□ Επιπτώσεις

- Μικρή ισχύς εκπομπής
- Μικρή πολυπλοκότητα των τερματικών
- Πυκνή διάταξη σταθμών βάσης
- Φθηνοί σταθμοί βάσης, χαμηλού κόστους που δεν υποστηρίζουν πολύπλοκες λειτουργίες

Κυψελωτά δίκτυα κινητών επικοινωνιών

24

- **Στόχος:** Παροχή υπηρεσιών σε κινητά τερματικά, που εμφανίζουν μεγάλη διασπορά σε δρόμους και λεωφόρους αστικών, ημιαστικών και αγροτικών περιοχών (κινητά τερματικά μεγάλης ταχύτητας)



Κυψελωτά δίκτυα κινητών επικοινωνιών

25

- **Κύρια χαρακτηριστικά**
 - Χρήση κυψελών και επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων
 - Η διαρκής παρακολούθηση της τρέχουσας περιοχής που περιφέρεται ο χρήστης
 - Διαπομπή μεταξύ κυψελών για αδιάλειπτη επικοινωνία
 - Δημιουργία τομέων και τεχνικών πολλαπλής πρόσβασης
 - Περιοδή των χρηστών χωρίς να χάνεται η εξυπηρέτηση

Κυψελωτά δίκτυα κινητών επικοινωνιών

26

□ Βήματα εξέλιξης

- Μετάβαση σε ψηφιακή μετάδοση
- Βελτίωση των διαδικασιών ελέγχου
- Χρησιμοποίηση μικροκυψελών
- Εξέλιξη των τεχνικών πολλαπλής πρόσβασης και διαμόρφωσης



Βελτίωση της χωρητικότητας και του ρυθμού
μετάδοσης

Κυψελωτά δίκτυα κινητών επικοινωνιών

27

□ Προβλήματα

- μεγάλοι ιστοί κεραιών των σταθμών βάσης
- χώροι για τους Σ/Β σε ακριβές περιοχές
- μεγάλος αριθμός ξεχωριστών Σ/Β και συσκευών μετάδοσης για κάθε κύκλωμα βασικής ζώνης

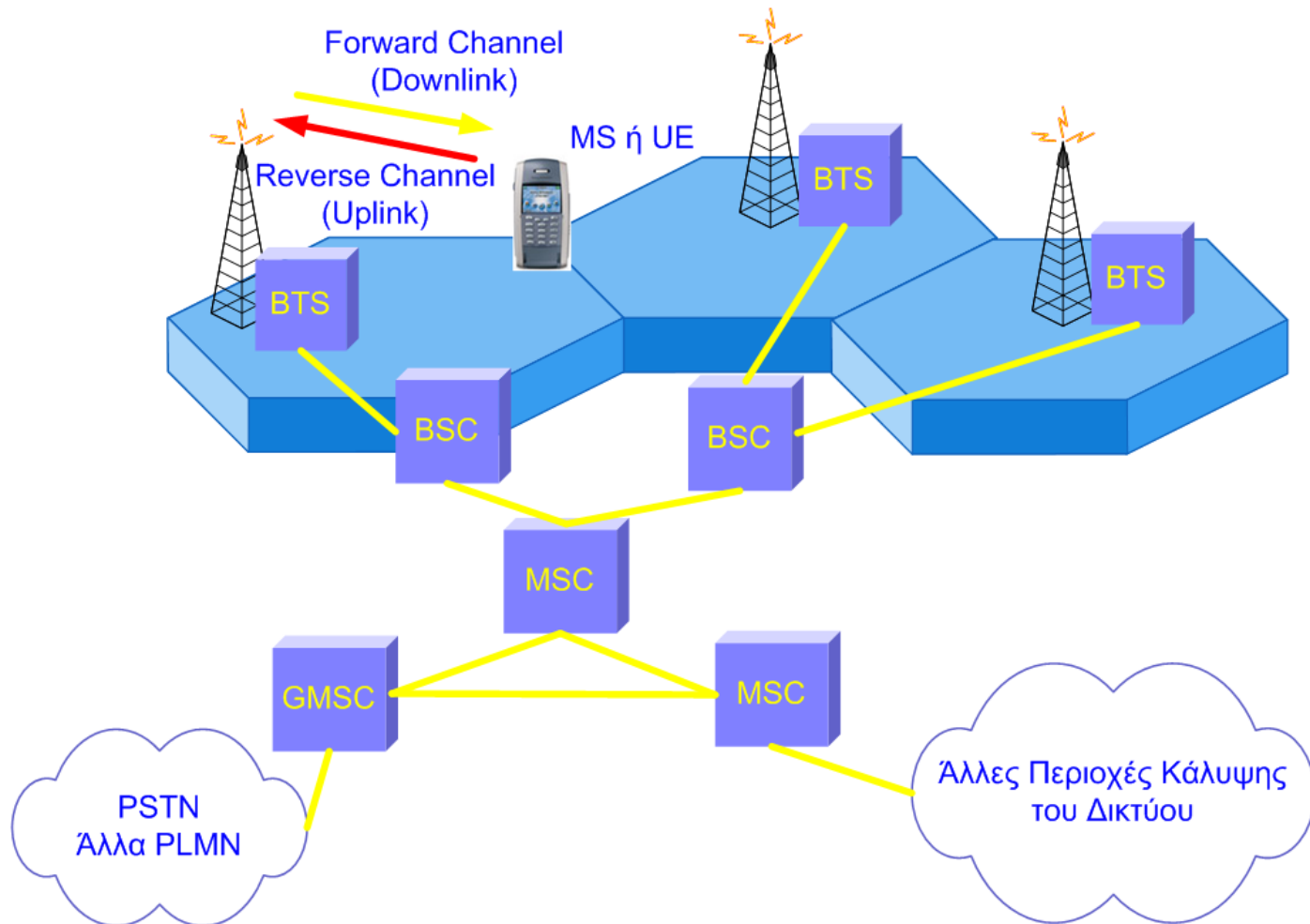
Κυψελωτά δίκτυα κινητών επικοινωνιών

28

- **Σχεδιαστική επιδίωξη**
 - ▣ μεγιστοποίηση αριθμού χρηστών ανά MHz και ανά κυψέλη
- **Συμβιβασμοί**
 - ▣ υψηλή πολυπλοκότητα τερματικών
 - ▣ υψηλή κατανάλωση ισχύος εκπομπής και επεξεργασίας σήματος
 - ▣ χαμηλή ποιότητα κυκλωμάτων

Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών (ΣΚΕ) GSM

29



Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών

Δομικά Στοιχεία ΣΚΕ

30

- **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

31

- 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

32

- 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 αλλάζει **PLMN (Public Land Mobile Network)**.

Δομικά Στοιχεία ΣΚΕ

33

- 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.

Ασύρματα Συστήματα Επικοινωνιών

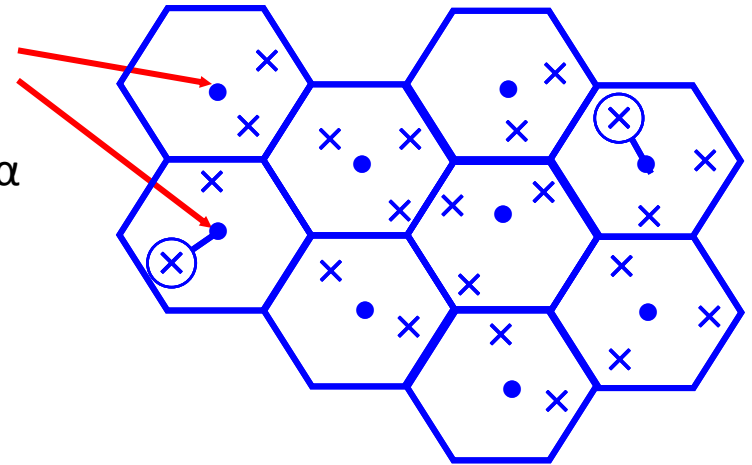
34

- Κλασικά κυψελωτά (GSM, UMTS, IS95, IS136, LTE)
- 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, ...)
- 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)
- Δορυφορικά συστήματα κινητών επικοινωνιών (Globalstar, Teledesic, S-UMTS, HAPS)

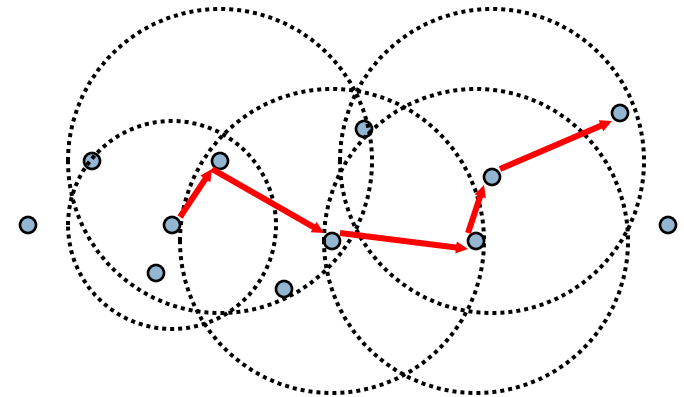
Βασικός Διαχωρισμός Ασύρματων Δικτύων

35

- 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

36

- **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.

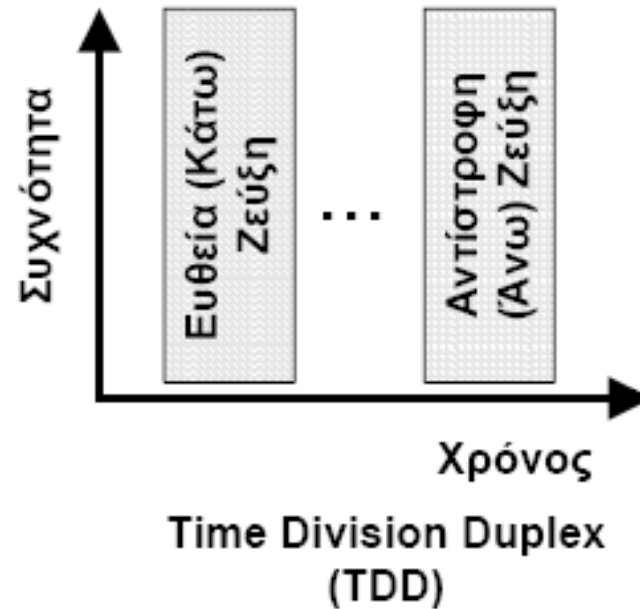
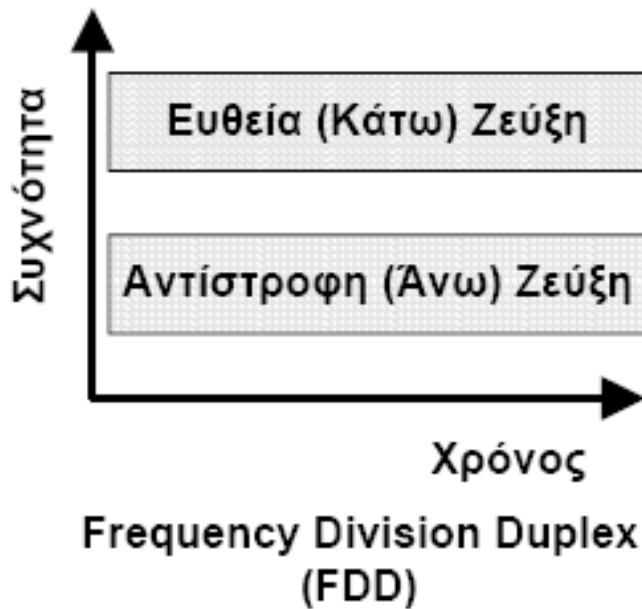
Τύποι Διαύλων Επικοινωνίας

37

- 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

38



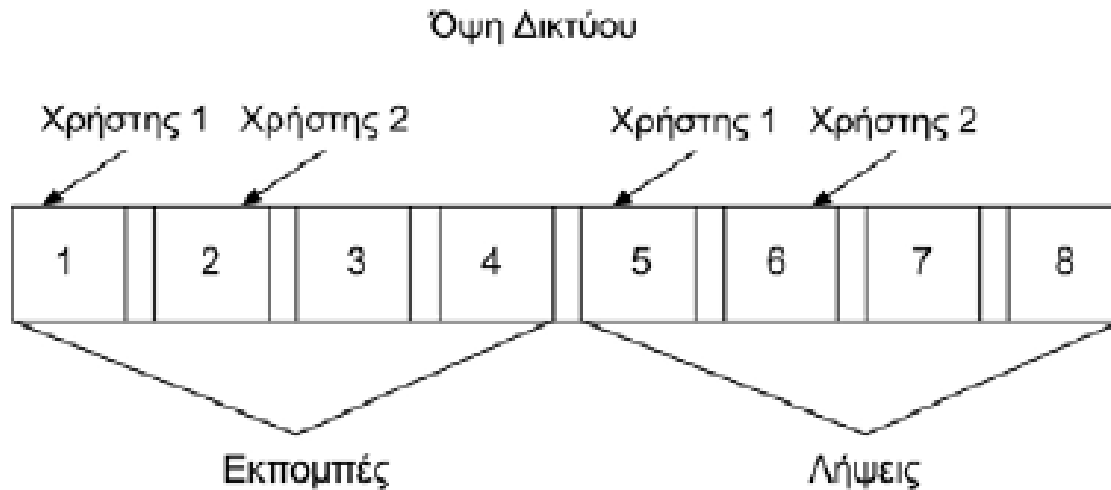
Χρονοπλαίσιο

39

- **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

40



- 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 (οπωσδήποτε ψηφιακά) υπάρχει ανάγκη για ακριβή συγχρονισμό.
- Λόγω μεταβαλλόμενης καθυστέρησης διάδοσης αλλά και χρονικής εξάπλωσης λόγω πολυδιαδρομικής διάδοσης, απαιτείται χρήση **χρονικών διαστημάτων φύλαξης** μεταξύ των χρονοσχισμών στο πλαίσιο.

Θέματα σχεδίασης ασύρματων συστημάτων κινητών επικοινωνιών

42

- Ραδιοδιάυλος
 - Θόρυβος
 - Διαλείψεις
- Πολυπλεξία, πολλαπλή πρόσβαση
- Παρεμβολές, επαναχρησιμοποίηση φάσματος
- Διασύνδεση σταθμών βάσης, κινητικότητα χρηστών
- Ασφάλεια επικοινωνιών

Επίδραση της κινητικότητας στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα

43

- **Η μελλοντική εξέλιξη των δικτύων επικοινωνιών εστιάζει:**
 - ▣ Στη βελτίωση της ποιότητας και της ποικιλίας των υπηρεσιών που προσφέρονται
 - ▣ Στην υποστήριξη της κινητικότητας (mobility) επικοινωνίας, σε όποια μορφή και αν εμφανίζεται αυτή.

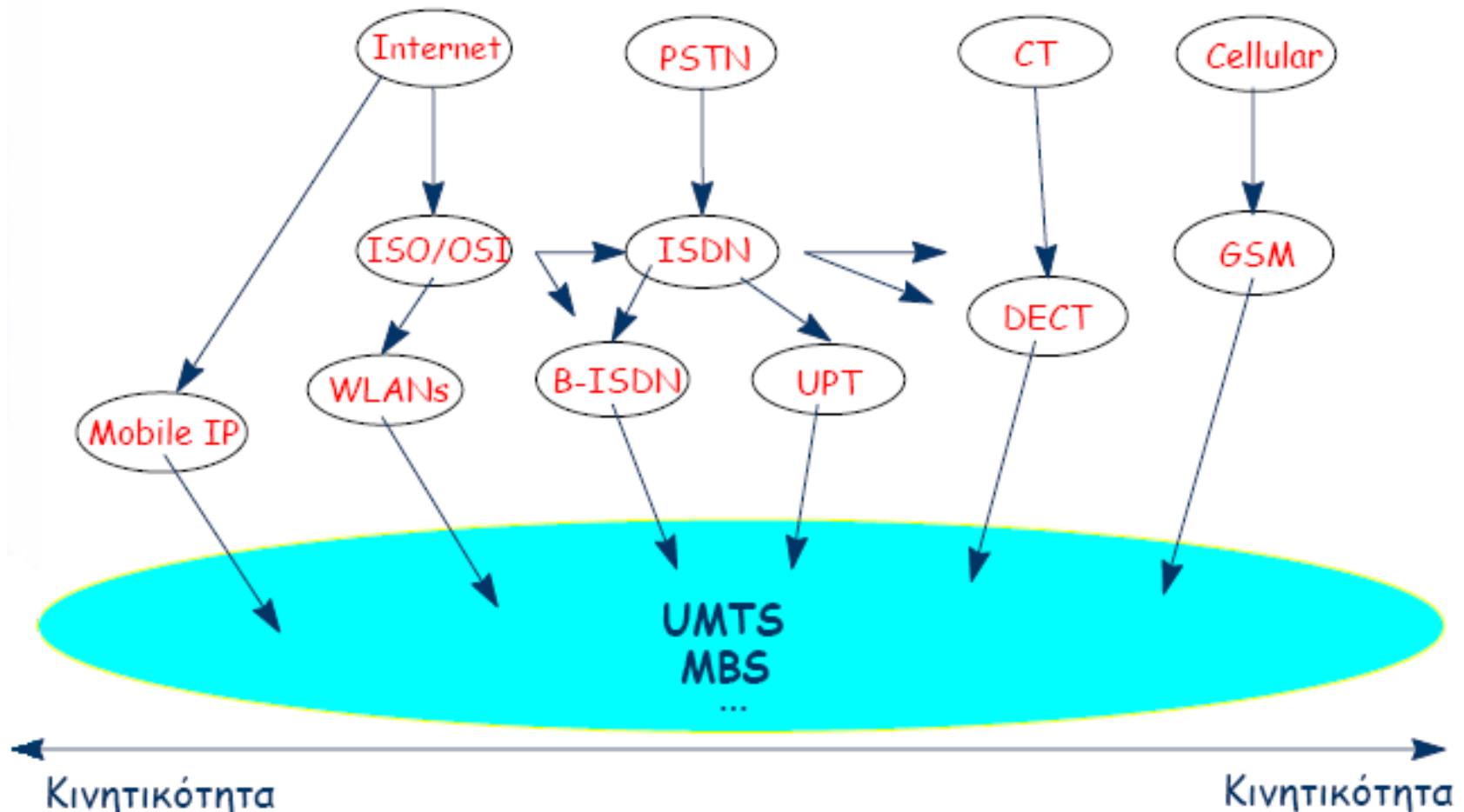
Επίδραση της κινητικότητας στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα

44

- Οι κινητές επικοινωνίες πολυμέσων (mobile multimedia) αποτελούν συνδυασμό των δύο προηγουμένων στόχων
- Το παγκόσμιο σύστημα κινητών τηλεπικοινωνιών (LTE) αναμένεται ότι θα βοηθήσει στην παροχή υπηρεσιών υψηλής ποιότητας, υψηλών ρυθμών μετάδοσης, με απεριόριστη δυνατότητα κίνησης και παγκόσμια χρησιμοποίηση

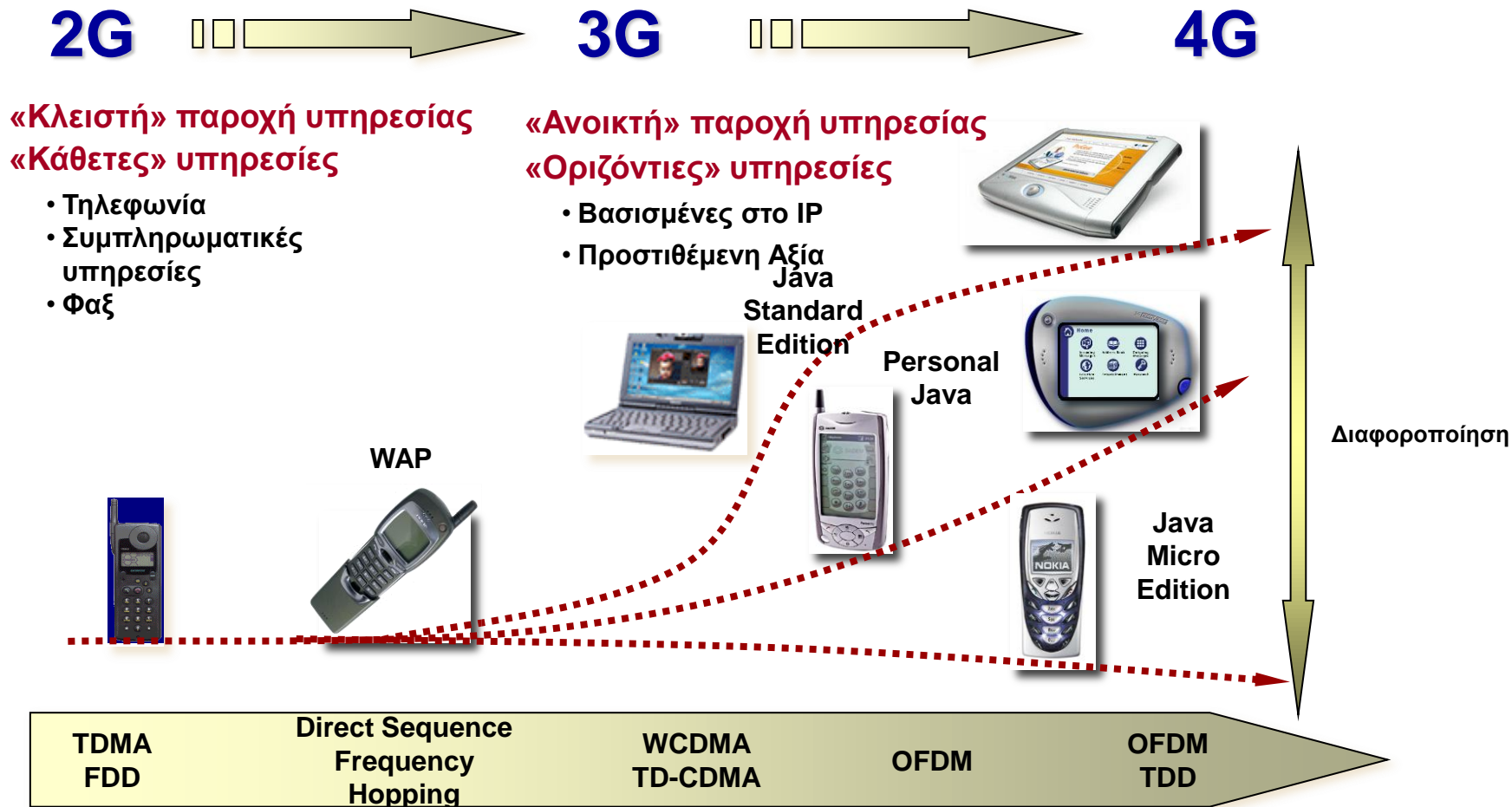
Εξέλιξη των δικτύων και ολοκλήρωσή τους

45



Εξέλιξη των υπηρεσιών

46



Εξέλιξη Ασύρματων Επικοινωνιών

47

- 1895: πρώτη ραδιομετάδοση (Marconi, Wight Νησί, απόσταση 18 μιλίων)
- 1915: Ασύρματη μετάδοση φωνής San Francisco & New York
- 1945: Arthur C. Clarke προτείνει τους γεωστατικούς δορυφόρους
- 1946: Δημόσια κινητή τηλεφωνία εισάχθηκε σε 25 πόλεις της Αμερικής
- 1947: Επινόηση της κεντρικής ιδέας του κυψελωτού συστήματος (AT&T)
- 1957: Πρώτη χρήση τηλεπικοινωνιακού δορυφόρου (Sputnik, Σοβιετική Ένωση)
- 1963: Πρώτη χρήση γεωστατικού δορυφόρου (NASA)
- 1971: Πρώτο ραδιοδίκτυο μεταγωγής πακέτου (ALOHANET, Παν. της Hawaii)
- 1983: Πρώτη υλοποίηση αναλογικού κυψελωτού δικτύου (Chicago)
- 1985: Ελεύθερες (χωρίς άδεια) ζώνες συχνοτήτων για χρήση από τα ασύρματα τοπικά δίκτυα
- Δεκαετία 1990: Πρώτα ψηφιακά κυψελωτά δίκτυα ("2G", GSM)
- 2000 - τώρα: Προτυποποίηση της 3ης γενιάς κινητών συστημάτων επικοινωνίας και ασυρμάτων δικτύων WLANs, WPANs, ραδιοδίκτυα αισθητήρων, Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 4ης Γενιάς...

Εξέλιξη Ασύρματων Επικοινωνιών

48

- Πρώτο Κινητό Ραδιοτηλέφωνο (1924)



Κυψελωτά Συστήματα 1ης Γενιάς

49

- Αναλογικά Συστήματα με αναλογικές τεχνικές διαμόρφωσης των σημάτων
- Παρέχουν υπηρεσίες φωνής
- Χαμηλή χωρητικότητα
- Μικρός αριθμός καναλιών και χρηστών
- Πρόβλημα ασφάλειας
- Μετάδοση 25 ή 30 kHz FM
- Ασυμβατότητα μεταξύ των διάφορων αναλογικών συστημάτων

Μετάβαση στα Ψηφιακά Συστήματα

50

- **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.
- **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

51

- 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

52

- 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

Κυψελωτά Συστήματα 2ης Γενιάς

53

- **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-χρονοσχισμές με 0,577msec διάρκεια σχισμής)
 - Ψηφιακή Διαμόρφωση GMSK με τελικό ρυθμό μετάδοσης τα 270,8Kbps.

Κυψελωτά Συστήματα 2ης Γενιάς

54

- IS-54 (TDMA)
- IS-136 (TDMA)
- IS-95 (cdmaOne)

} ΗΠΑ

- PDC (Pacific Digital Cellular)

} Ιαπωνία

Κυψελωτά Συστήματα 2.5ης Γενιάς

55

- **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 2.5ης Γενιάς

56

- **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 2.5ης Γενιάς

57

- **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.

Κυψελωτά Συστήματα 3ης Γενιάς

58

- 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

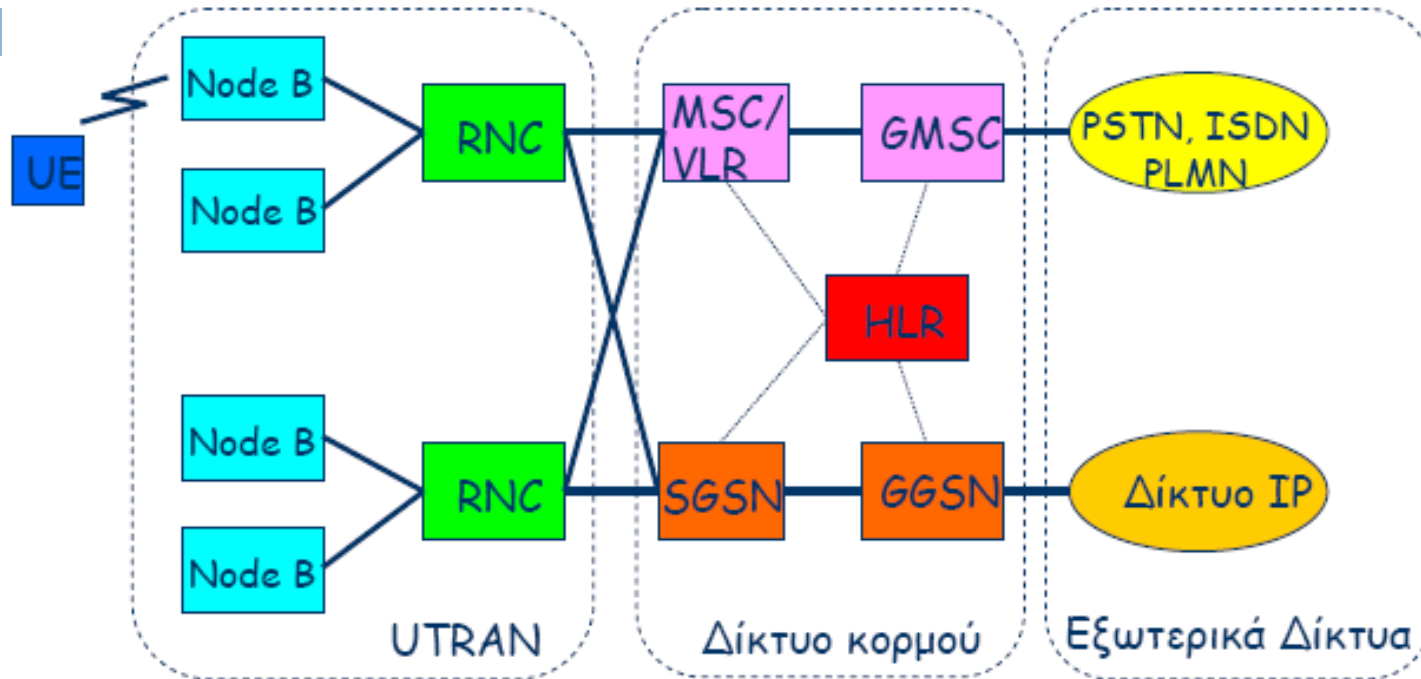
Κυψελωτά Συστήματα 3ης Γενιάς

59

- 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

60

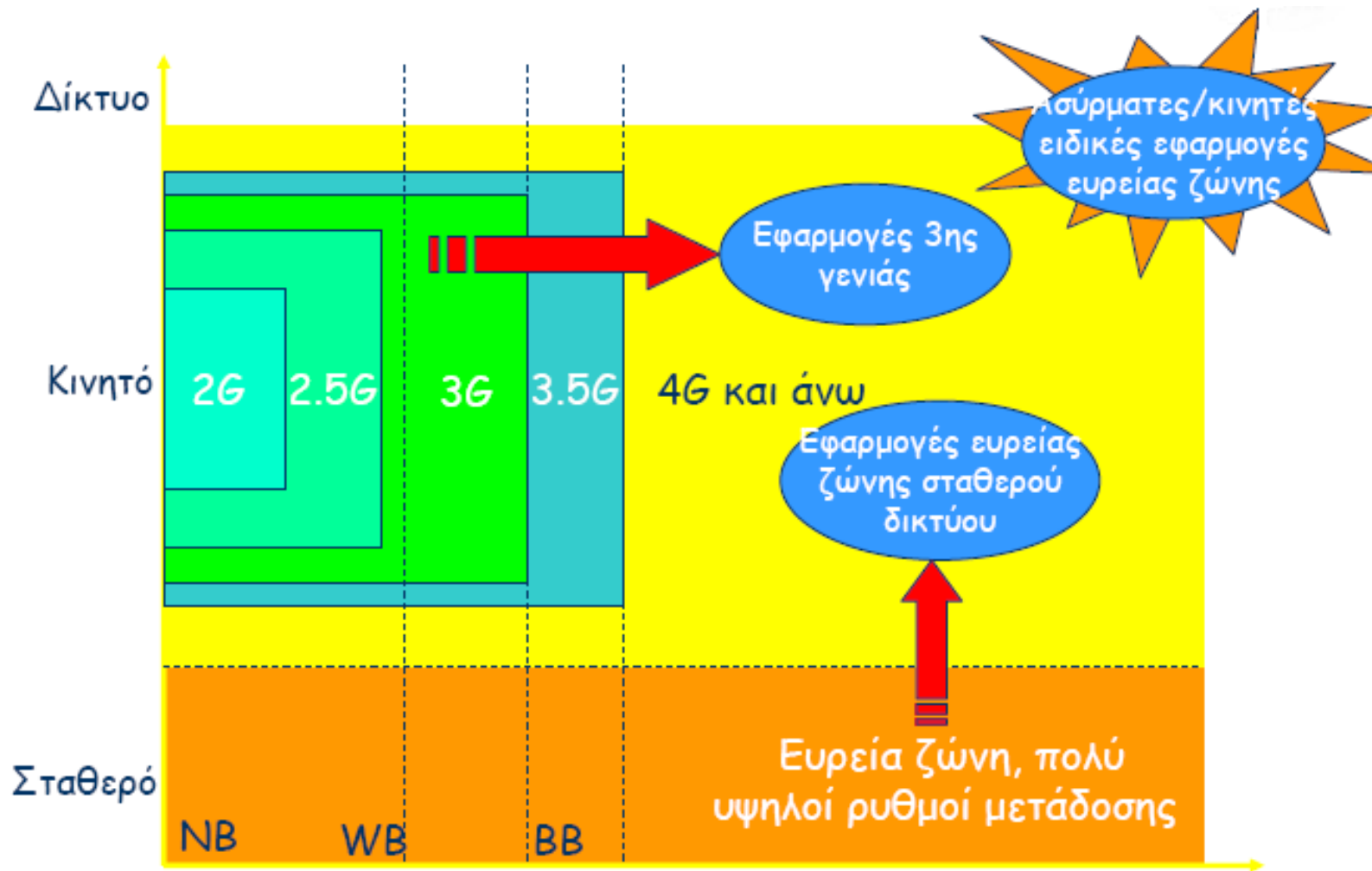


- UE: User Equipment
- RNC: Radio Network Controller
- UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network
- SGSN: Serving GPRS Support Node
- GGSN: Gateway GPRS Support Node

- Κίνηση και σηματοδοσία
- - - - Σηματοδοσία

Εξέλιξη των εφαρμογών προς 4G

61



Χαρακτηριστικά του 4G

62

- Από την άποψη του χρήστη
 - ▣ Οποτεδήποτε, οπουδήποτε και με οποιαδήποτε τεχνολογία
 - ▣ Μίγμα ετερογενών συστημάτων
 - ▣ Ένα ολοκληρωμένο τερματικό
 - ▣ Ευρεία περιοχή εφαρμογών
- Υποστήριξη υπηρεσιών πολυμέσων με χαμηλό κόστος μετάδοσης
 - ▣ Όχι μόνο τηλεφωνία αλλά επίσης υπηρεσίες δεδομένων και πολυμέσων
 - ▣ Υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης
 - ▣ Καλή αξιοπιστία του συστήματος
 - ▣ Χαμηλό κόστος μετάδοσης ανά bit
- Προσωποποίηση
 - ▣ Παροχή προσωπικών και προσαρμοσμένων στις ανάγκες του χρήστη υπηρεσιών
- Ολοκληρωμένες υπηρεσίες
 - ▣ Δυνατότητα πρόσβασης πολλών υπηρεσιών από οποιονδήποτε πάροχο ταυτόχρονα

4G: θέματα προς αντιμετώπιση

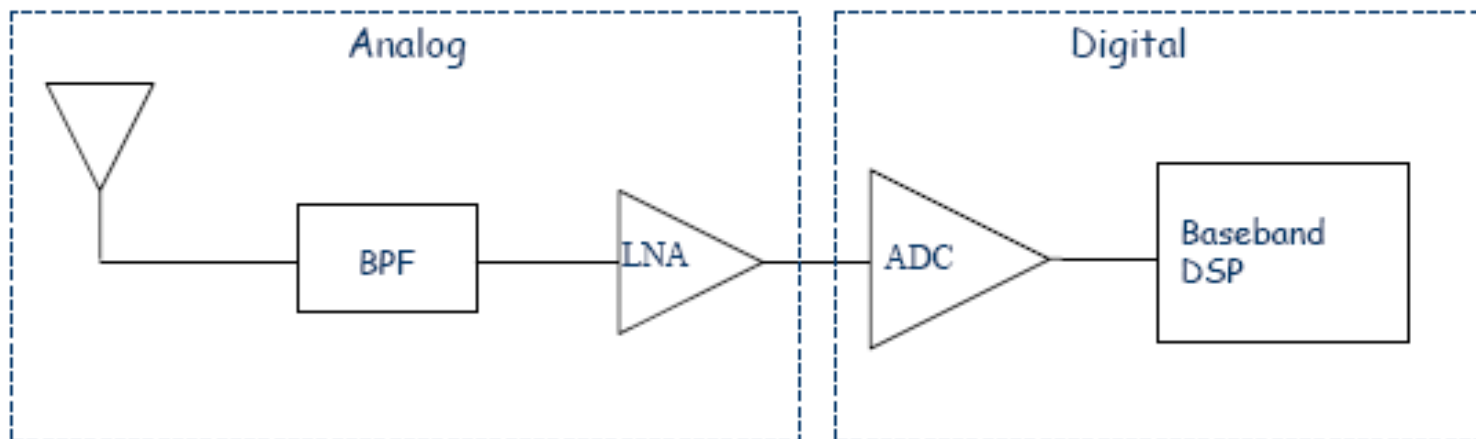
63

- Κινητό τερματικό
 - ▣ Multi-mode τερματικά
 - ▣ Αναζήτηση ασύρματου συστήματος
 - ▣ Επιλογή ασύρματου συστήματος
- Σύστημα
 - ▣ Κινητικότητα τερματικού
 - ▣ Υποδομή δικτύου και υποστήριξη QoS
 - ▣ Ασφάλεια
- Εξυπηρέτηση
 - ▣ Πολλαπλοί πάροχοι και σύστημα χρέωσης
 - ▣ Προσωπική κινητικότητα

Τερματικά multi-mode

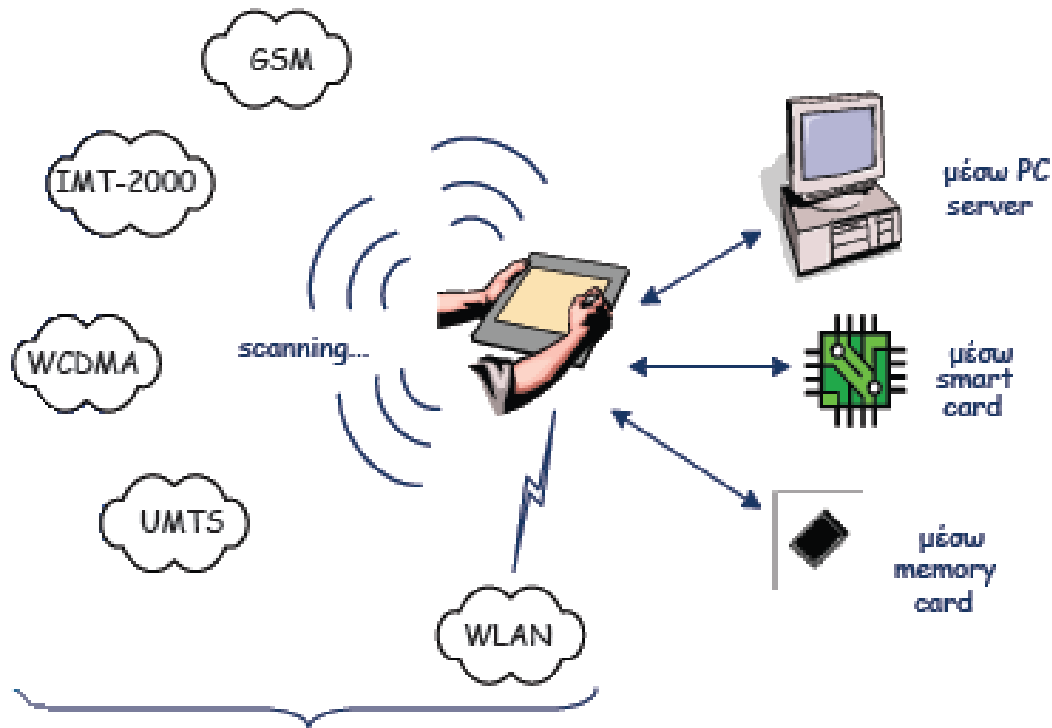
64

- Στα 4G, τα MT πρέπει να μπορούν να συνδέονται σε διαφορετικά ασύρματα δίκτυα
- Μπορεί να λυθεί το πρόβλημα με software radio
- Φόρτωμα του κατάλληλου λογισμικού για να επαναπρογραμματίζεται το MT και να προσαρμόζεται στα διαφορετικά συστήματα



Αναζήτηση ασύρματου συστήματος

65



Διαθέσιμα συστήματα

Τρόποι φόρτωσης software

Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών

- **Σήμερα,**
 - Τα ασύρματα συστήματα εκπέμπουν μηνύματα σηματοδοσίας
 - οι clients ακούν ειδικούς διαύλους
- **Προκλήσεις για τα συστήματα 4G,**
 - Πολλά διαφορετικά συστήματα σηματοδοσίας και πρωτόκολλα πρόσβασης
 - είναι δύσκολο να ανιχνευθούν τα διαθέσιμα συστήματα
- **Προτεινόμενη λύση**
 - Το τερματικό παρακολουθεί έναν κοινό δίαυλο σηματοδοσίας που χρησιμοποιείται στα ασύρματα συστήματα

Επιλογή ασυρμάτου συστήματος

66

- Όταν το τερματικό ανιχνεύσει τα διαθέσιμα συστήματα, μπορεί να συνδεθεί σε ένα από αυτά
- Η απόφαση μπορεί να βασίζεται σε χαρακτηριστικά των δικτύων, σε προτιμήσεις των χρηστών ή των παρόχων
- Συνεπώς, πριν την επιλογή ενός κατάλληλου συστήματος για επικοινωνία, απαιτείται επαρκής γνώση κάθε δικτύου, π.χ.,
 - ▣ Υποστηριζόμενοι τύποι υπηρεσιών
 - ▣ Διαθέσιμοι πόροι δικτύου
 - ▣ Απαιτήσεις QoS
 - ▣ Επικοινωνιακά κόστη
 - ▣ Προτιμήσεις χρηστών

Κυψελωτά Συστήματα 4ης Γενιάς

67

- Δίκτυα μεταγωγής πακέτων πλήρως βασισμένα στην τεχνολογία IP (**All-IP-Networks**)
- Ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων έως **1 Gbps** για σχετικά σταθερούς χρήστες και **100 Mbps** για χρήστες υψηλής κινητικότητας
- Αποδοτικότερη χρησιμοποίηση του διαθέσιμου φάσματος με υποστήριξη περισσότερων χρηστών σε σχέση με τα 3G συστήματα.
- Χρησιμοποίηση μεγαλύτερου εύρους φάσματος 20 έως 40 MHz.
- Διαφανής στο χρήστη διαδικασία μεταπομπής μεταξύ ετερογενών δικτύων
- Τεχνολογία **Long Term Evolution (LTE)** της **3GPP** είναι το πρώτο βήμα για την τέταρτη γενιά κινητής τηλεφωνίας μαζί με το πρότυπο **LTE-Advanced**.

Συστήματα Ασύρματης Τηλεφωνίας

68

- **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).

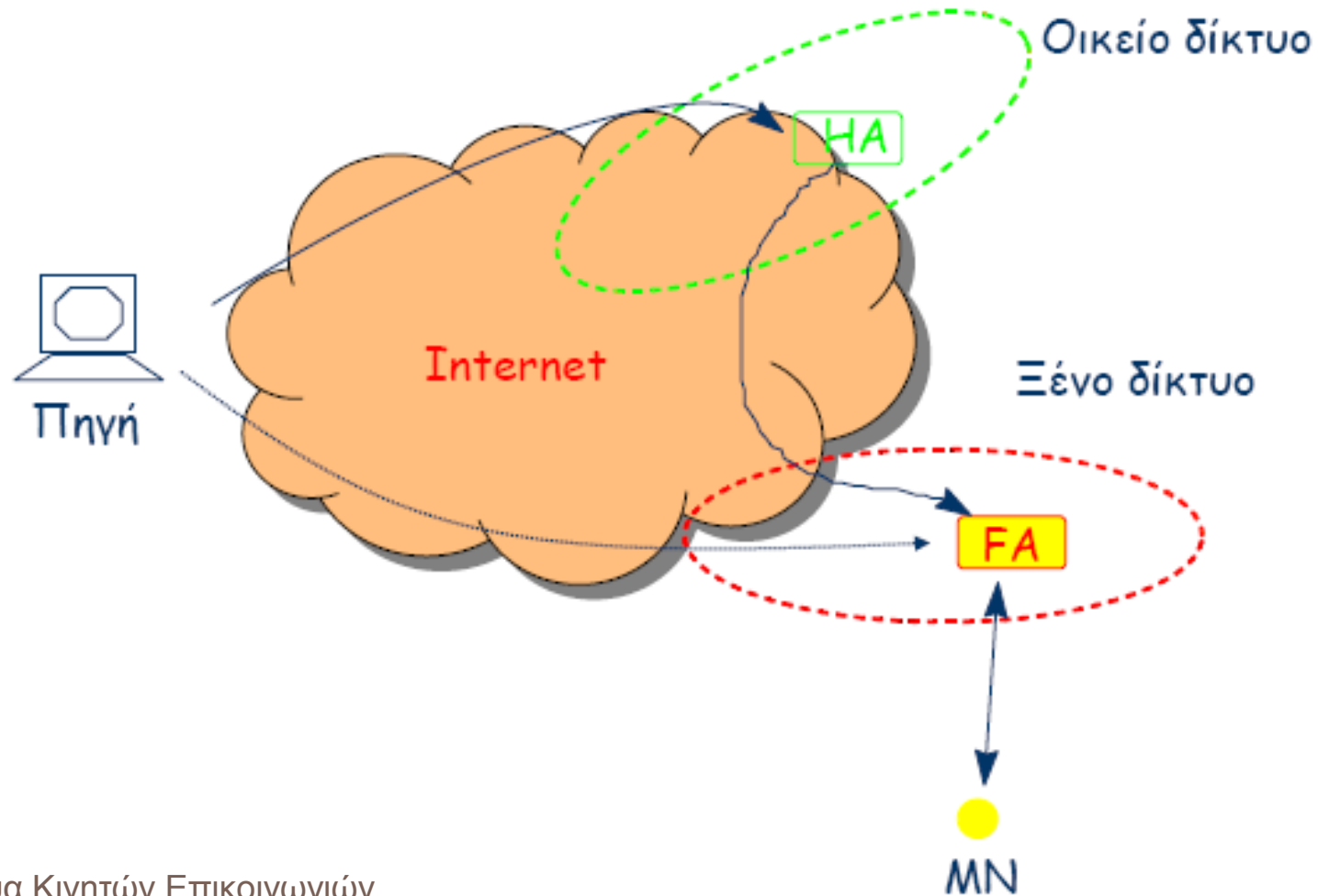
Σύστημα Ασύρματης Τηλεφωνίας 2ης Γενιάς

69

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

Κινητό IP

70



Γενικές τάσεις στην εξέλιξη των συστημάτων κινητών επικοινωνιών

71

- Η δημοτικότητα των υπηρεσιών δεδομένων αυξάνει διαρκώς (200 → 600 min/μήνα [2005])
- Μετατόπιση κίνησης από τα σταθερά προς τα κινητά δίκτυα
- Εισαγωγή νέων υπηρεσιών
 - Κοινωνικές υπηρεσίες και ασφάλεια
 - Εξοικονόμηση χρόνου και εξουσιοδότηση
 - Διασκέδαση
- Η τηλεπικοινωνιακή βιομηχανία προχωρά προσθέτοντας το internet και πολλαπλές υπηρεσίες στην ασύρματη επικοινωνία και στην κινητικότητα

Ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN)

72

□ Στόχος

- ▣ παροχή υψηλότερων ρυθμών μετάδοσης (αρκετά Mbps) σε φορητά τερματικά, που μετακινούνται αργά σε περιορισμένες περιοχές, όπως π.χ. μέσα σε μεγάλα κτίρια ή σε πανεπιστημιούπολεις, νοσοκομεία, εμπορικά κέντρα.

Ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN)

73



Ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN)

74

- 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 (WLAN)

Πίνακας 1.4: Χαρακτηριστικά των Προδιαγραφών IEEE 802.11

Τύπος	Περιγραφή
IEEE 802.11	Αρχική προδιαγραφή στα 2.4GHz
IEEE 802.11a	Επέκταση φυσικού στρώματος για τα 5,2GHz (ρυθμοί μέχρι 54Mbps)
IEEE 802.11b	Επέκταση φυσικού στρώματος για τα 2,4GHz (ρυθμοί μέχρι 11Mbps)
IEEE 802.11c	Επέκταση για υποστήριξη ασύρματης γεφύρωσης στο MAC
IEEE 802.11d	Προσθήκη διαδικασίας ελέγχου λειτουργίας σε διαφορετικές χώρες
IEEE 802.11e	Παροχή βελτιωμένου QoS με τροποποίηση του MAC
IEEE 802.11f	Δυνατότητα δημιουργίας σύνθετων δικτύων με τροποποίηση του MAC
IEEE 802.11g	Τροποποίηση φυσικού στρώματος για μεγαλύτερους ρυθμούς (2.4GHz)
IEEE 802.11h	Βελτιώσεις του IEEE 802.11a με διαχείριση φάσματος και ισχύος
IEEE 802.11i	Βελτιώσεις στην ασφάλεια
IEEE 802.11j	Τροποποίηση του 802.11a για 4.9-5.0GHz για την Ιαπωνία
IEEE 802.11k	Διαχείριση ραδιοπύλων συστήματος
IEEE 802.11m	Τεχνικές διορθώσεις και διευκρινίσεις
IEEE 802.11n	Τροποποιήσεις για υψηλούς ρυθμούς

Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPAN)

76

- Σχεδιάζονται ώστε να επιτρέπουν την ασύρματη διασύνδεση προσωπικών συσκευών, όπως π.χ., laptop, κινητών τηλεφώνων, ακουστικών, μικροφώνων και εκτυπωτών.
- Προδιαγραφές
 - Χαμηλή κατανάλωση ισχύος
 - Αποστάσεις 0 –10 m
 - Ρυθμοί μετάδοσης 19.2 –100 kbps
 - Επιτρέπεται η επικάλυψη με άλλα δίκτυα στον ίδιο χώρο
 - Δικτυακή υποστήριξη τουλάχιστον για 16 συσκευές

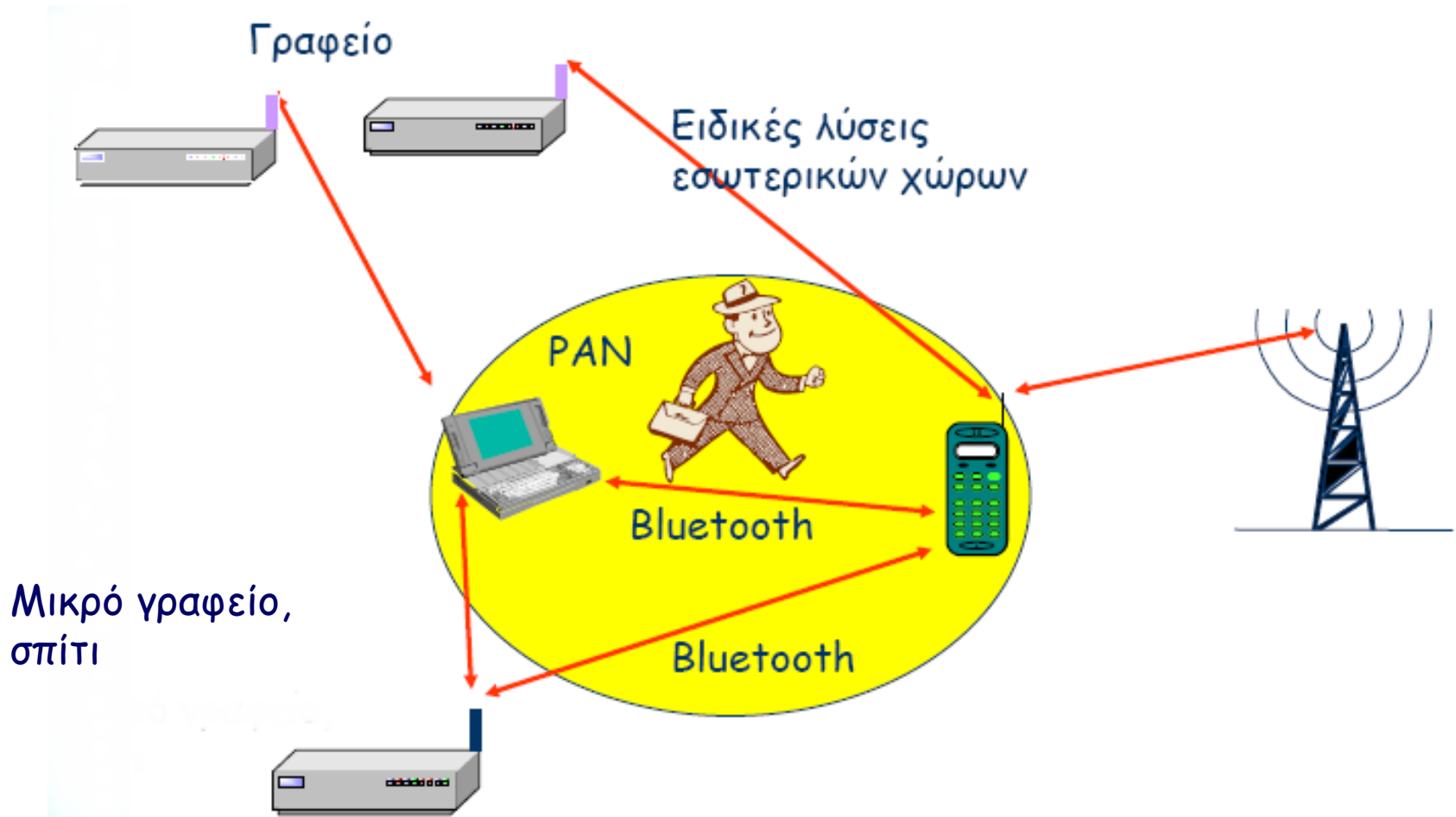
Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPAN)

77

- 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 (WPAN)

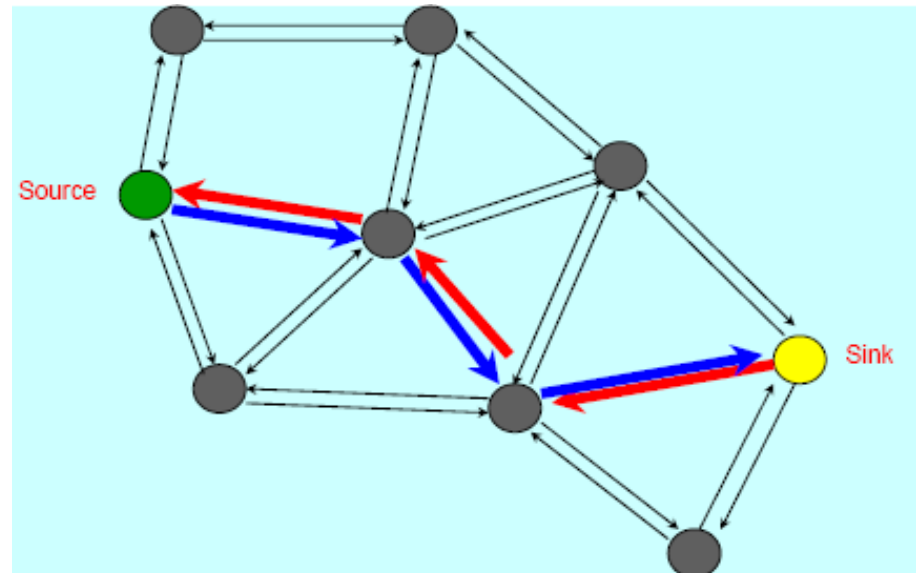
78



Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (WSN)

79

- 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



Επαγγελματικά Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών (PMRs)

80

- 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

Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα WMANs

81

- 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 WMANs

82

- 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

Συστήματα Υπερ-ευρείας ζώνης (UWB)

83

- Χαρακτηριστικά:
 - ▣ Χρήση μεγάλου εύρους ζώνης, τουλάχιστον 500 MHz
 - ▣ Χαμηλή ισχύς μετάδοσης σε σχέση με το εύρος ζώνης
 - ▣ Αποστολή παλμών μικρής διάρκειας (pico, nano-seconds), duty cycle 1%
 - ▣ Λειτουργεί στα 7.5 GHz στο ελεύθερο φάσμα της FCC-USA
 - ▣ Γρήγορα κυκλώματα CMOS χαμηλής εκπομπής
- Χρήσεις:
 - ▣ Επικοινωνίες μικρής κλίμακας
 - ▣ Άριστη ικανότητα εύρεσης θέσης (ακρίβεια 1 cm)
 - ▣ Πολύ μεγάλους ρυθμούς μετάδοσης (500 Mbps στα 3.5 m)

Δορυφορικά Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών

84

- 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.

Ερωτήσεις;

85

Wire telegraph is a kind of a very, very long cat. You pull his tail in New York and his head is meowing in Los Angeles.

And radio operates exactly the same way: you send signals here, they receive them there. The only difference is that there is no cat.

Albert Einstein