



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών

Ενότητα 4: Αρχιτεκτονική των κυψελωτών  
συστημάτων

Νικόλαος Πασσάς

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

# Περιγραφή ενότητας

- Βασικές απαιτήσεις και λειτουργίες
- Ραδιοκάλυψη – Ασύρματη πρόσβαση
- Υποστήριξη κινητικότητας χρηστών
- Λειτουργική αρχιτεκτονική
- Φυσική αρχιτεκτονική
- Ορολογία στα κυψελωτά δίκτυα
- Κυψελωτή δικτύωση
- Μοντέλα κινητικότητας



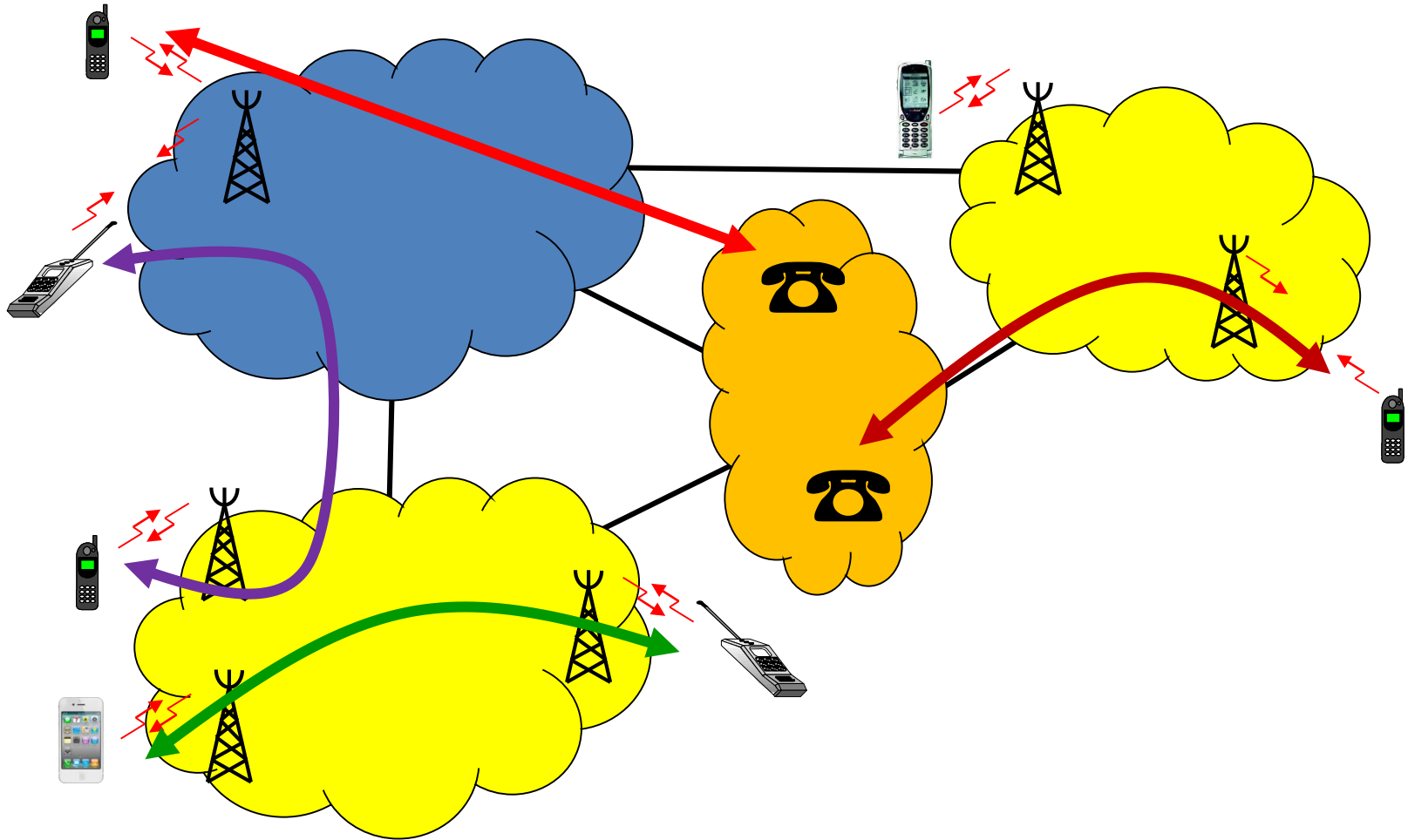
# Αρχιτεκτονική των κυψελωτών συστημάτων

# Κυψελωτά συστήματα – Αντικειμενικός σκοπός (1)

- Η υποστήριξη των επικοινωνιών μεταξύ χρηστών κυψελωτών συστημάτων, αλλά και μεταξύ χρηστών κυψελωτών συστημάτων και χρηστών σταθερών δικτύων, οπουδήποτε και οποτεδήποτε.
- Η εξασφάλιση της ολοκλήρωσης των επικοινωνιών (κλήσεων) που βρίσκονται σε εξέλιξη ανεξάρτητα από το αν κινούνται οι χρήστες, ή όχι, κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας.



# Κυψελωτά συστήματα – Αντικειμενικός σκοπός (2)



# Κυψελωτά συστήματα (1)

- Παρακολουθείται διαρκώς η **θέση** του κινητού τερματικού (χρήστη), ώστε να είναι εύκολο να εντοπισθεί, όταν δέχεται κλήση.
- Κατά τη διάρκεια της κλήσης, αν η ποιότητα της επικοινωνίας πέσει κάτω από ένα αποδεκτό κατώφλι, λαμβάνει χώρα αυτόματα η **μεταπομπή**:
  - Επιλογή του καλύτερου σταθμού βάσης για την κάλυψη του τερματικού,
  - Εκχώρηση νέων ασύρματων πόρων από τον καλύτερο σταθμό βάσης,
  - Μεταφορά της επικοινωνίας στον νέο σταθμό βάσης (νέα κυψέλη).



# Κυψελωτά συστήματα (2)

- Οι διαδικασίες αυτές πρέπει να πραγματοποιούνται:
  - Όταν οι διαδοχικές κυψέλες από τις οποίες διέρχεται το κινητό βρίσκονται υπό τον έλεγχο του **ίδιου συστήματος**,
  - Όταν βρίσκονται υπό τον έλεγχο **διαφορετικών συστημάτων**.
- Κατά τη μεταπομπή πρέπει να εξασφαλίζεται και η **ίδια ποιότητα** υπηρεσίας (επιπλέον επικοινωνία μεταξύ συστημάτων).



# Κυψελωτά συστήματα (3)

- **Αντικειμενικός σκοπός των παρόχων:**
  - Εξυπηρέτηση των χρηστών του δικτύου τους κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο
  - Παγκόσμια κάλυψη ώστε να επιτυγχάνεται ανεμπόδιστη κίνηση
  - Μεγιστοποίηση του κέρδους τους





# Κυψελωτά συστήματα (4)

- **Ο αντικειμενικός σκοπός των παρόχων επιτυγχάνεται:**
  - Με **αύξηση του χρόνου** χρησιμοποίησης της ασύρματης διεπαφής
  - Με **περιορισμό της χρήσης** του δικτύου από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες
  - Με **συμφωνίες περιαγωγής** με άλλους παρόχους
  - Με **ελεύθερο ανταγωνισμό**
    - Τιμολογιακή πολιτική
    - Ελκυστικές υπηρεσίες



# Κυψελωτά συστήματα (5)

## Κυψελωτή διαδικτύωση

- Παράδοση κλήσεων από ένα σύστημα σε άλλο, το οποίο μπορεί να βρίσκεται και σε πολύ μεγάλη, γεωγραφικά, απόσταση (περιαγωγή).
- Είναι μια αρχιτεκτονική κυψελωτών συστημάτων που παρέχει, σε ξεχωριστές ή επικαλυπτόμενες περιοχές εξυπηρέτησης, ένα **περιβάλλον όπου οι κλήσεις αντιμετωπίζονται με συναφή τρόπο.**



# Κυψελωτά συστήματα (6)

## Κυψελωτή διαδικτύωση

- **Βασική ιδέα:**

- Ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιεί και να δέχεται κλήσεις εύκολα και με τους **ίδιους κωδικούς αριθμούς** πρόσβασης, ανεξάρτητα από τη θέση του.
- Εκείνοι που προσπαθούν να επικοινωνήσουν με τον συγκεκριμένο χρήστη **δεν χρειάζεται να θυμούνται** μακριές ακολουθίες πληκτρολογήσεων, κωδικών πρόσβασης, κλπ.
- Τα διάφορα **χαρακτηριστικά της υπηρεσίας** συνοδεύουν τον χρήστη, όταν αυτός μετακινείται σε άλλα συστήματα και σε άλλες χώρες.



# Κυψελωτά συστήματα (7)

## Κυψελωτή διαδικτύωση

- **Άποψη παρόχων**

- Το εμπορικό πλεονέκτημα της **μεγάλης περιοχής εξυπηρέτησης**.
- Η αύξηση των κερδών με τη βελτίωση του ποσοστού των **κλήσεων που περατώνονται επιτυχώς** και τη βελτιωμένη ποιότητα εξυπηρέτησης μεταξύ δύο ανεξάρτητων αλλά διαδικτυωμένων συστημάτων.



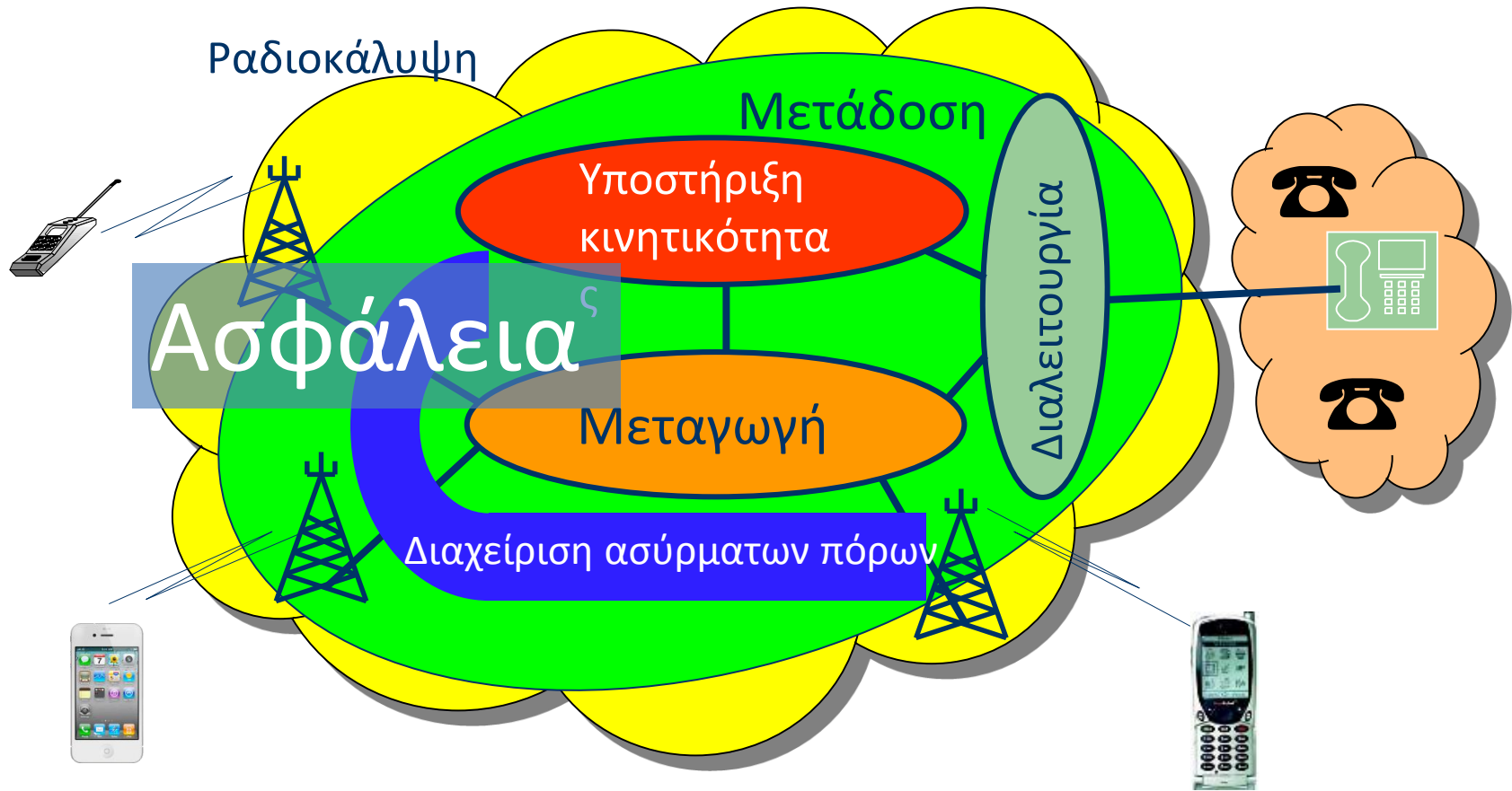
# Κυψελωτά συστήματα (8)

## Κυψελωτή διαδικτύωση

- **Εμπόδια για τη δικτύωση στα λειτουργούντα κυψελωτά συστήματα**
  - Η διαδικασία περιαγωγής ποικίλει από σύστημα σε σύστημα.
  - Τα διάφορα χαρακτηριστικά υπηρεσίας δεν συνοδεύουν τον χρήστη καθώς αυτός μετακινείται σε άλλα συστήματα και σε άλλες πόλεις ή χώρες.



# Βασικές απαιτήσεις και λειτουργίες



# Ραδιοκάλυψη (1)

- Κατάλληλη τοποθέτηση **σταθμών βάσης** σε όλη την περιοχή κάλυψης του συστήματος.
- Βελτίωση της φασματικής απόδοσης.
  - Κυψέλες διαφορετικού μεγέθους και σχήματος
  - Διάσπαση κυψελών
  - Χωρισμός κυψελών σε τομείς
  - Μικροκυψελικά συστήματα
  - Ιεραρχικές αρχιτεκτονικές κάλυψης



# Ραδιοκάλυψη (2)

- **Μακροκυψέλες**

- Ακτίνα κάλυψης μεγαλύτερη του 1km με ήπια χαρακτηριστικά και λίγα φυσικά εμπόδια
- Μεγάλη ισχύ από κεραία σε ψηλό σημείο
- Καλύπτει κενά μικροκυψελών ως ομπρέλα
- Απορροφά μέρος της κίνησής τους
- Ικανοποιεί μεταπομπές που δεν καλύπτονται από μικροκυψέλες
- Μειώνει τις μεταπομπές χρηστών που κινούνται γρήγορα





# Ραδιοκάλυψη (3)

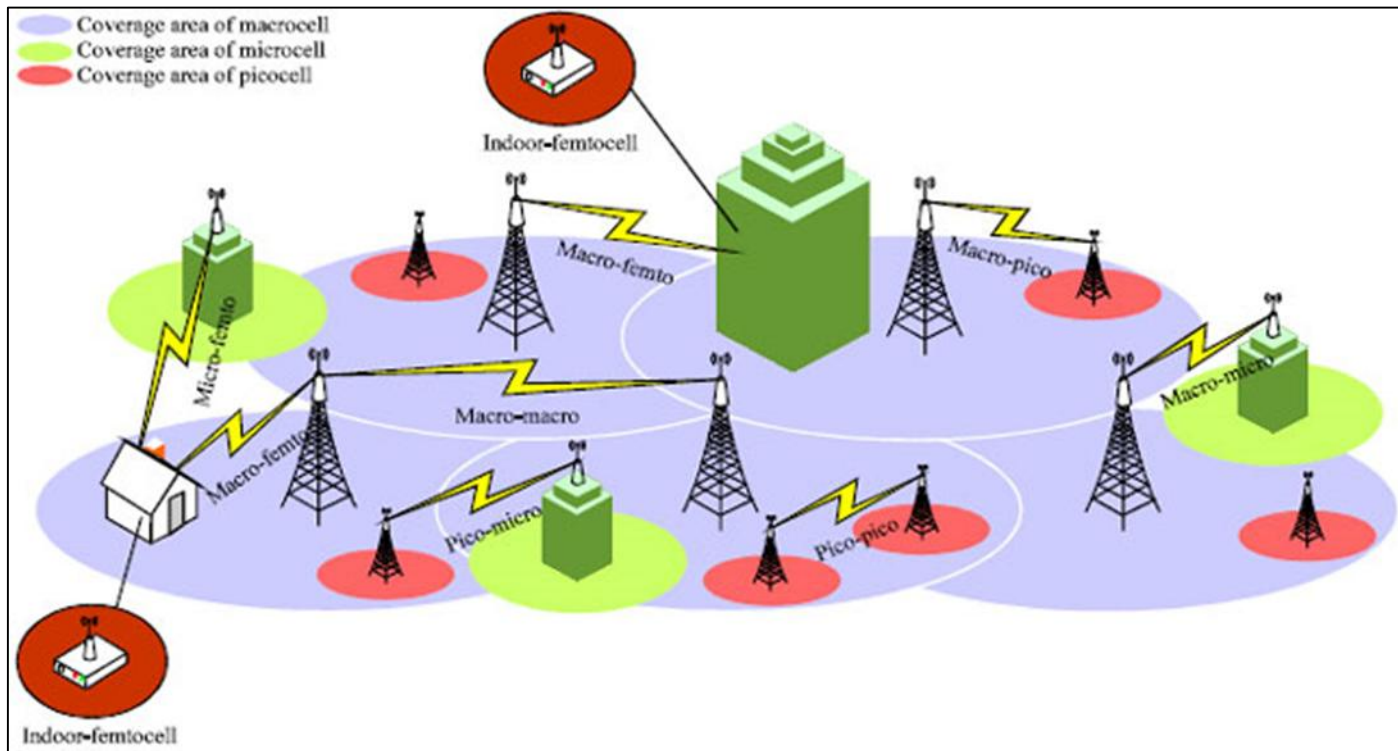
- **Μικροκυψέλες**

- Καλύπτουν περιοχές με μεγάλη συγκέντρωση ή κακή κάλυψη (πχ ανάμεσα σε δύο ψηλά κτίρια)
- Αυξάνουν τη χωρητικότητα αλλά δυσκολεύουν τη διαχείριση του συστήματος
- Μικρή ισχύ από κεραίες σε μικρό ύψος (πχ ταράτσες, στύλους φωτισμού)
- Κάλυψη 100-200μ
- Απαιτούν υποστήριξη πολλών και απότομων μεταπομπών (πχ γωνία δρόμου)
- Εξοικονόμηση ισχύος και μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης



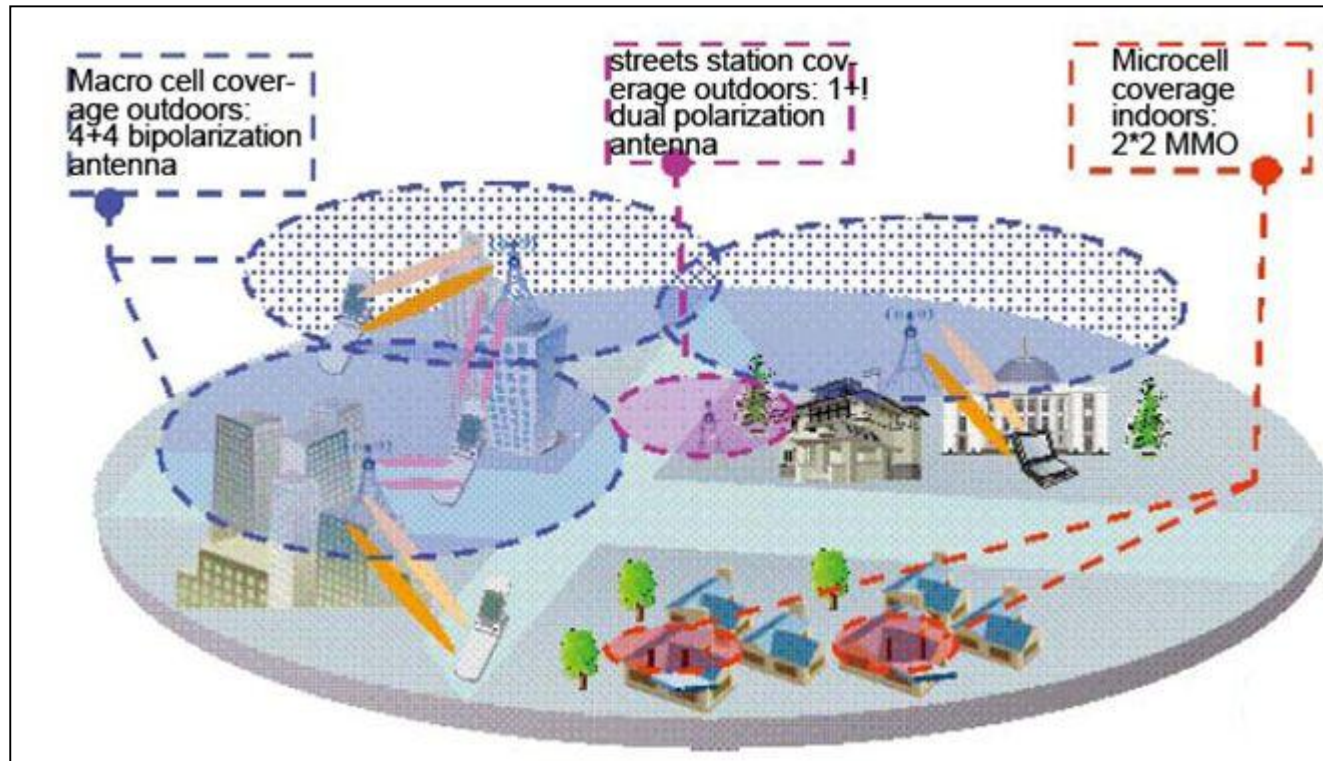
# Ραδιοκάλυψη (4)

- Η επιλογή μεγέθους και θέσης κυψελών είναι πολύ σημαντική σχεδιαστική απόφαση που επηρεάζει την απόδοση (πρέπει να ελέγχεται και να αναθεωρείται τακτικά)



Εικόνα 1.

# Ραδιοκάλυψη (5)



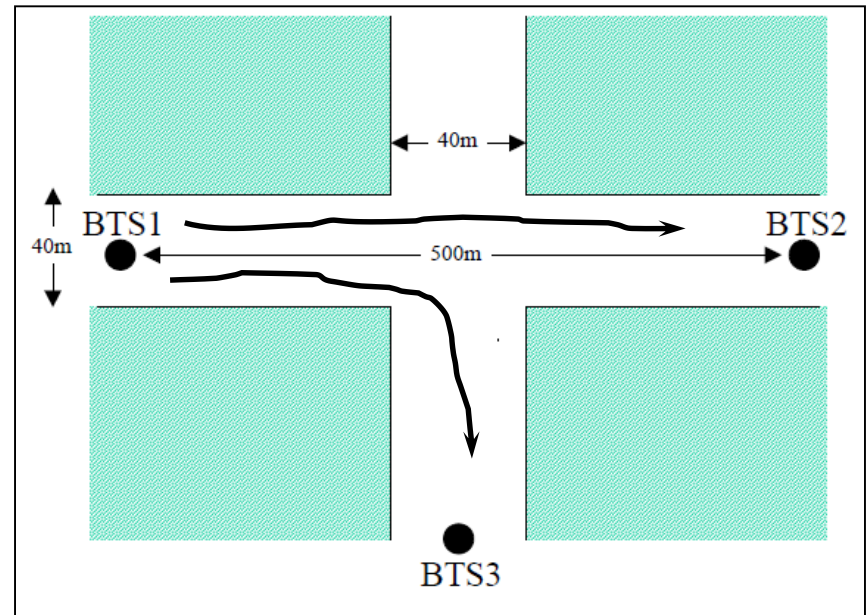
Εικόνα 2.



# Ασύρματη πρόσβαση (1)

## Μικροκυψελικά συστήματα

- 2 τύποι μεταπομπής
  - Οπτικής επαφής
  - Μη-οπτικής επαφής
  - Το σήμα χάνεται άμεσα
  - Απαιτεί ταχύτατη μεταπομπή

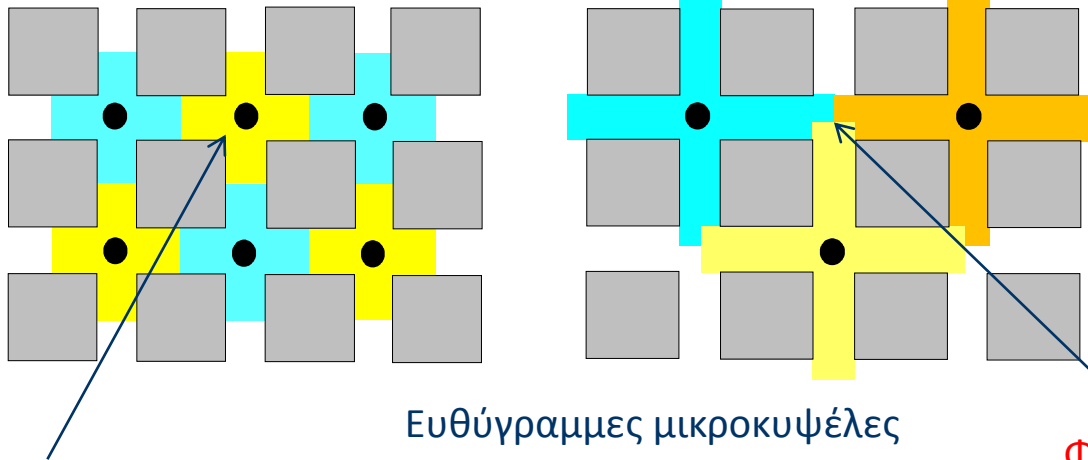


Εικόνα 3.

# Ασύρματη πρόσβαση (2)

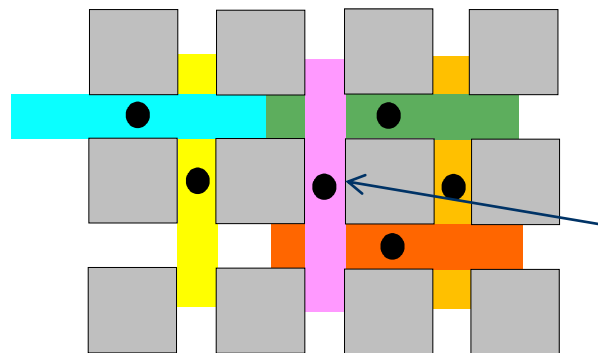
## Μικροκυψελικά συστήματα

Σταυροειδείς μικροκυψέλες μισού και πλήρους τετραγώνου



Μεταπομπές όλες  
οπτικής επαφής  
Πολύ καλή χωρητικότητα  
Μεγάλος αριθμός κυψελών

Ευθύγραμμες μικροκυψέλες



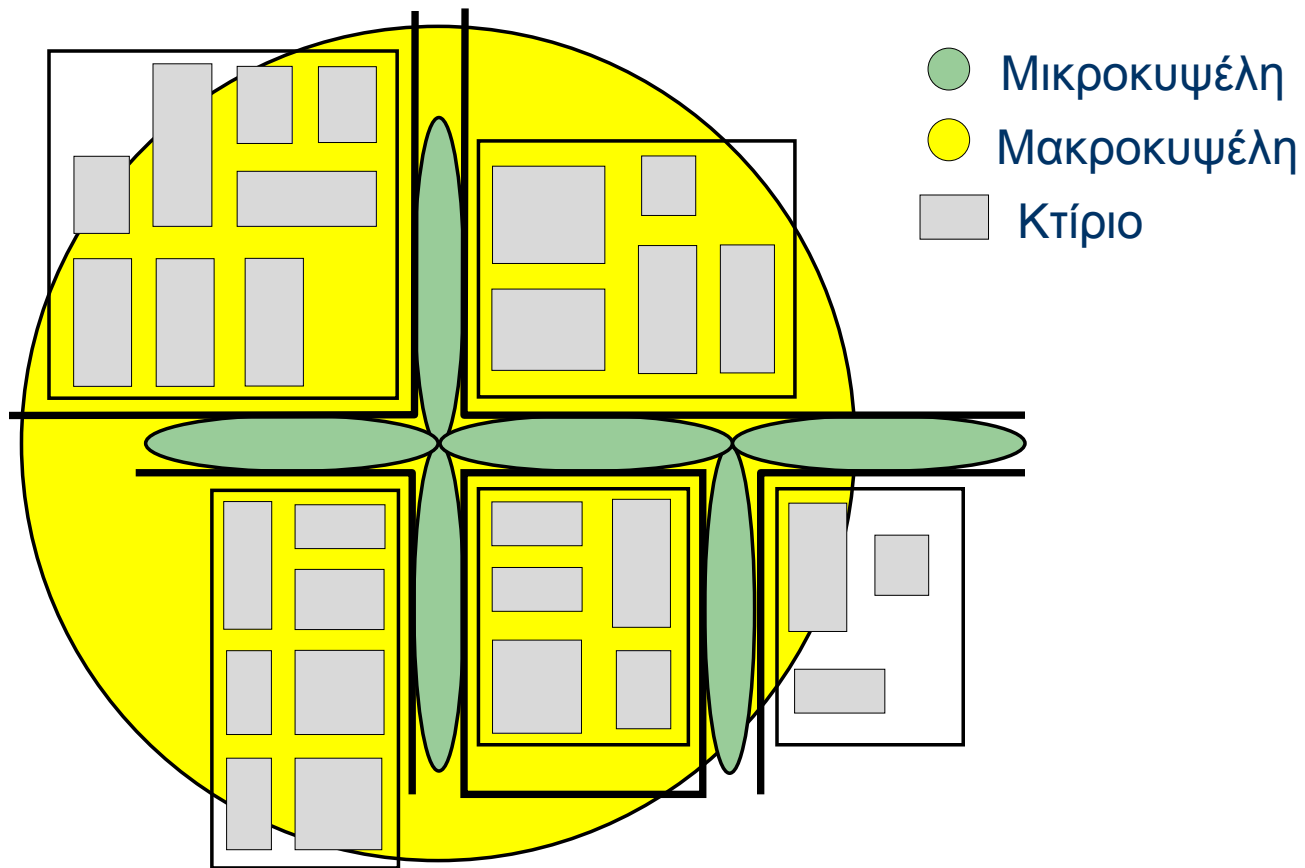
Φαινόμενο γωνίας  
δρόμου

Σταθμοί μπορούν να  
προστίθενται όσο αυξάνεται η  
κίνηση  
Πολύπλοκο σχήμα μεταπομπής



# Ασύρματη πρόσβαση (3)

## Ιεραρχικές αρχιτεκτονικές κάλυψης



# Ασύρματη πρόσβαση (4)

## Ιεραρχικές αρχιτεκτονικές κάλυψης

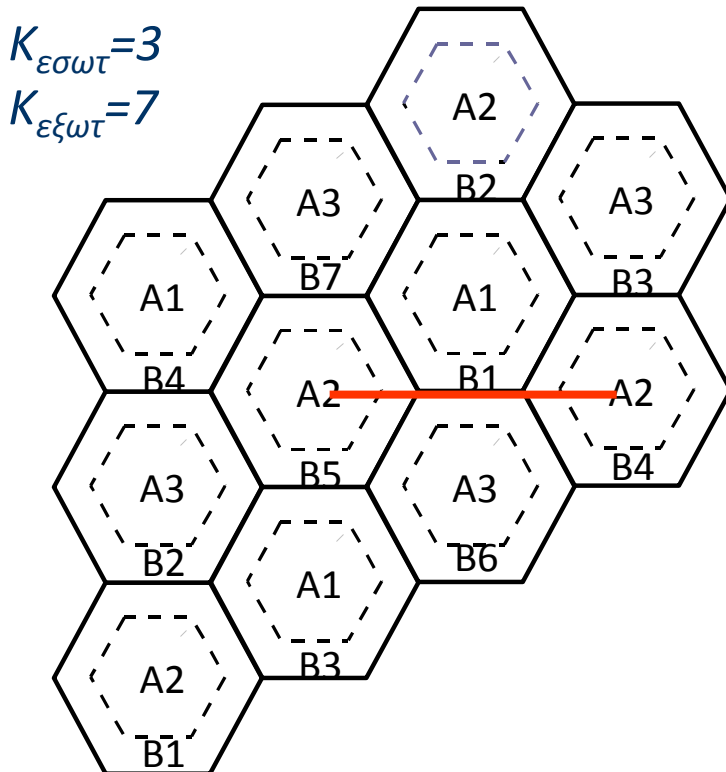
- Πλεονεκτήματα
  - Μικροκυψέλες μόνο σε περιοχές με μεγάλο φορτίο (εμπορικά κέντρα, αθλητικοί χώροι, κτλ)
  - Μικρότερος αριθμός μεταπομπών
  - Η επιπλέον κίνηση απορροφάται από τις μακροκυψέλες



# Ασύρματη πρόσβαση (5)

## Ιεραρχικές αρχιτεκτονικές

## Επιμερισμός επαναχρησιμοποίησης



$$\left. \begin{aligned} \frac{D_{\varepsilon\sigma}}{R_{\varepsilon\sigma}} = \frac{D_{\varepsilon\xi}}{R_{\varepsilon\xi}} = 4.6 \\ \frac{D_{\varepsilon\sigma}}{R_{\varepsilon\xi}} = 3 \end{aligned} \right\} \frac{D_{\varepsilon\sigma}}{R_{\varepsilon\sigma}} = \frac{4.6}{3} \frac{D_{\varepsilon\sigma}}{R_{\varepsilon\xi}}$$

$$\frac{R_{\varepsilon\sigma}}{R_{\varepsilon\xi}} = 0.65$$

$$E = \frac{\sqrt{3}}{2} R$$

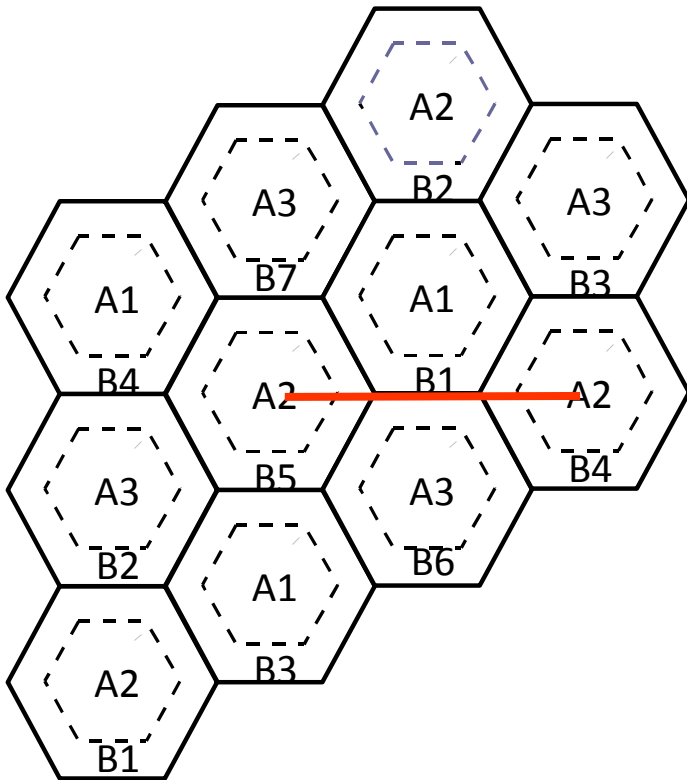
$$\frac{E_{\varepsilon\sigma}}{E_{\varepsilon\xi}} = (0.65)^2 = 0.43$$



# Ασύρματη πρόσβαση (6)

## Ιεραρχικές αρχιτεκτονικές

## Επιμερισμός επαναχρησιμοποίησης



$$7 \times 0.57 \times C_C + 3 \times 0.43 \times C_C = C_{ολ}$$

$$C_C = C_{ολ} / 5.28 = 0.189 > C_{ολ} / 7 = 0.143$$

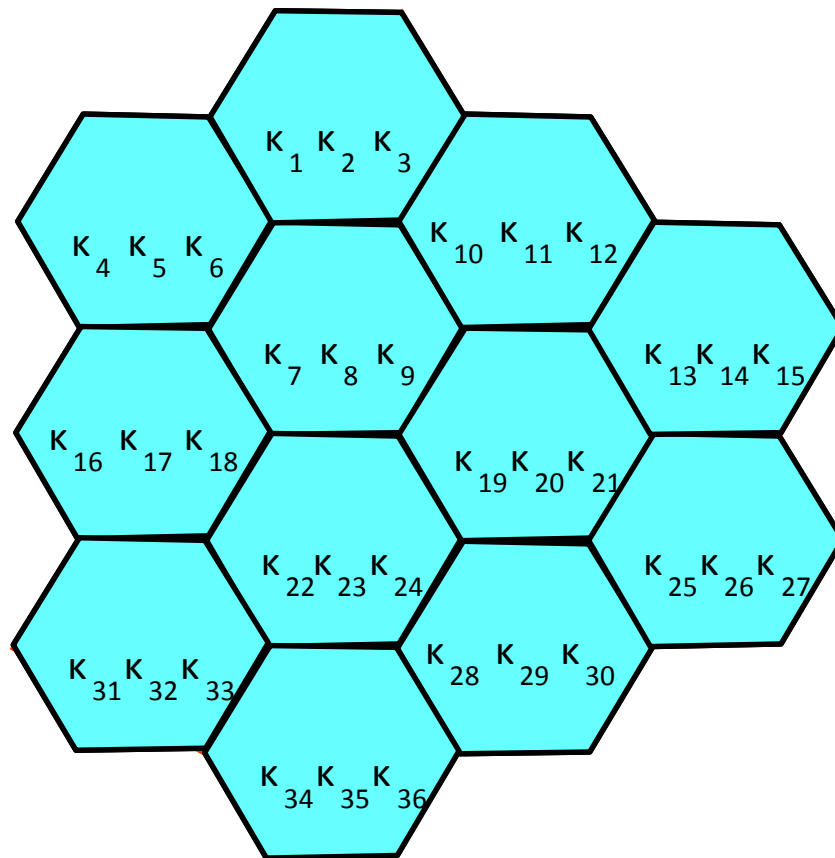
Άρα έχουμε βελτίωση της  
φασματικής  
απόδοσης κατά 1,32 φορές (32%)

Αρνητικό:

Μεγαλύτερος αριθμός μεταπομπών

# Ασύρματη πρόσβαση (7)

## Στρωματωμένη αρχιτεκτονική



1 επίπεδο,  
μόνο μακροκυψέλες:

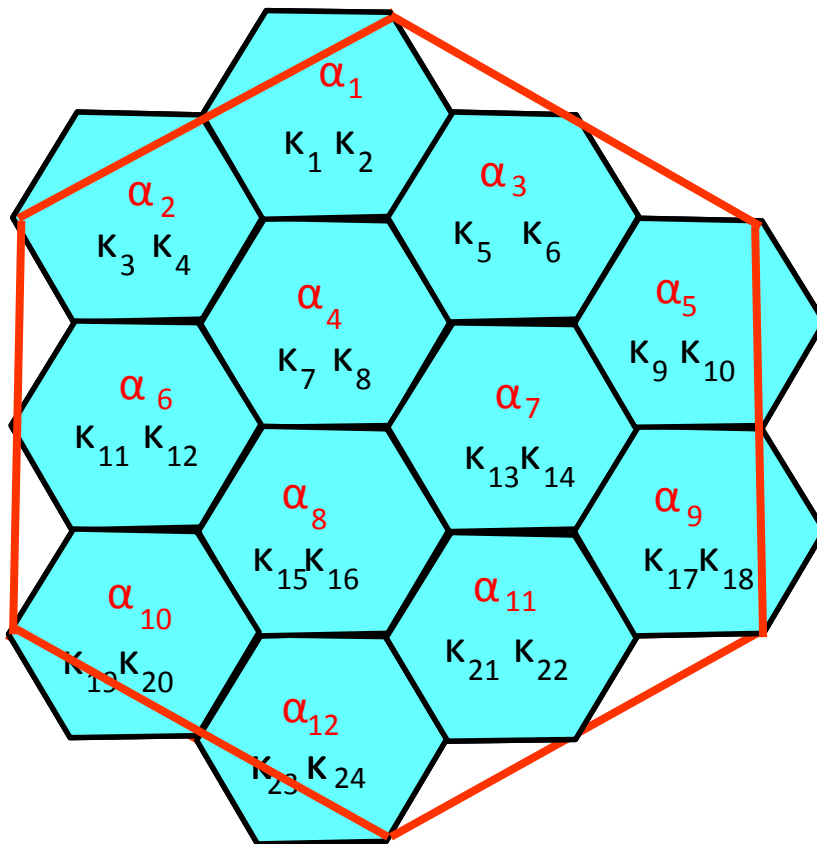
$$K=12$$

$$C_{ολ}=36$$

$$C_c=3$$

# Ασύρματη πρόσβαση (8)

## Στρωματωμένη αρχιτεκτονική



2 επίπεδα,  
Μακρο- και μικρο- κυψέλες:

$$K=12$$

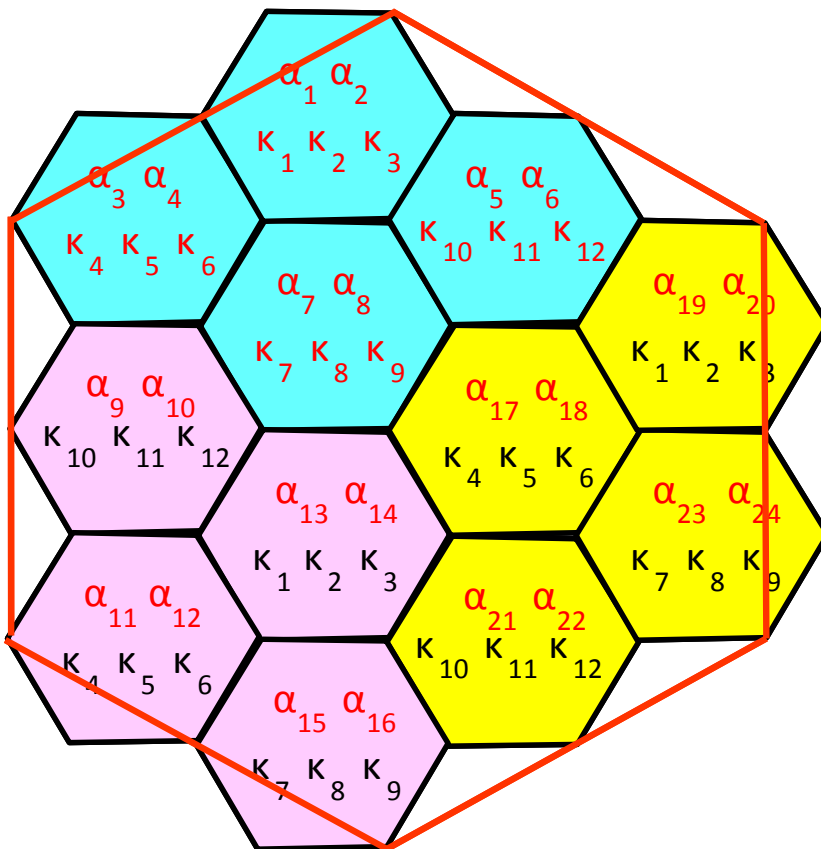
$$C_{ολ}=36$$

$$C_{macro}=1$$

$$C_{micro}=2$$

# Ασύρματη πρόσβαση (9)

## Στρωματωμένη αρχιτεκτονική



2 επίπεδα,  
Μακρο- και μικρο- κυψέλες:

$$K_{\text{macro}}=12$$

$$K_{\text{micro}}=4$$

$$C_{\text{ολ}}=36$$

$$C_{\text{macro}}=2$$

$$C_{\text{micro}}=3$$

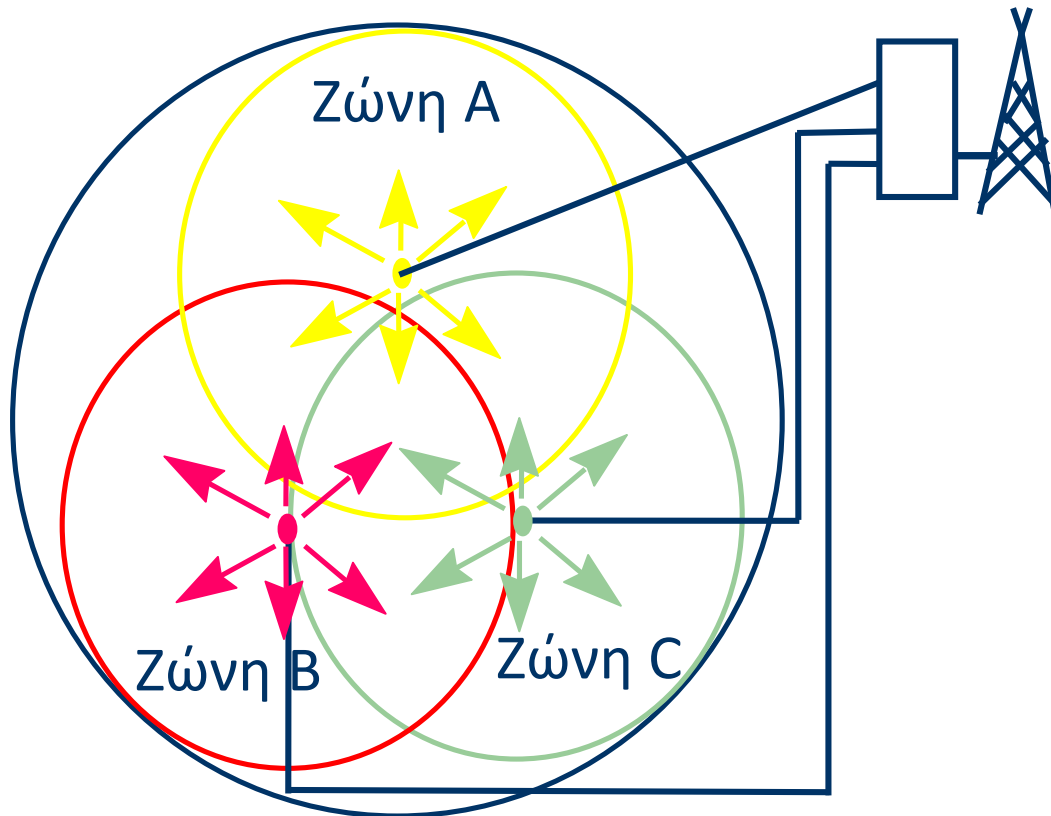
**Αποτέλεσμα:**

5 δίαυλοι/κυψέλη

Μεγαλύτερη χωρητικότητα

# Ασύρματη πρόσβαση (11)

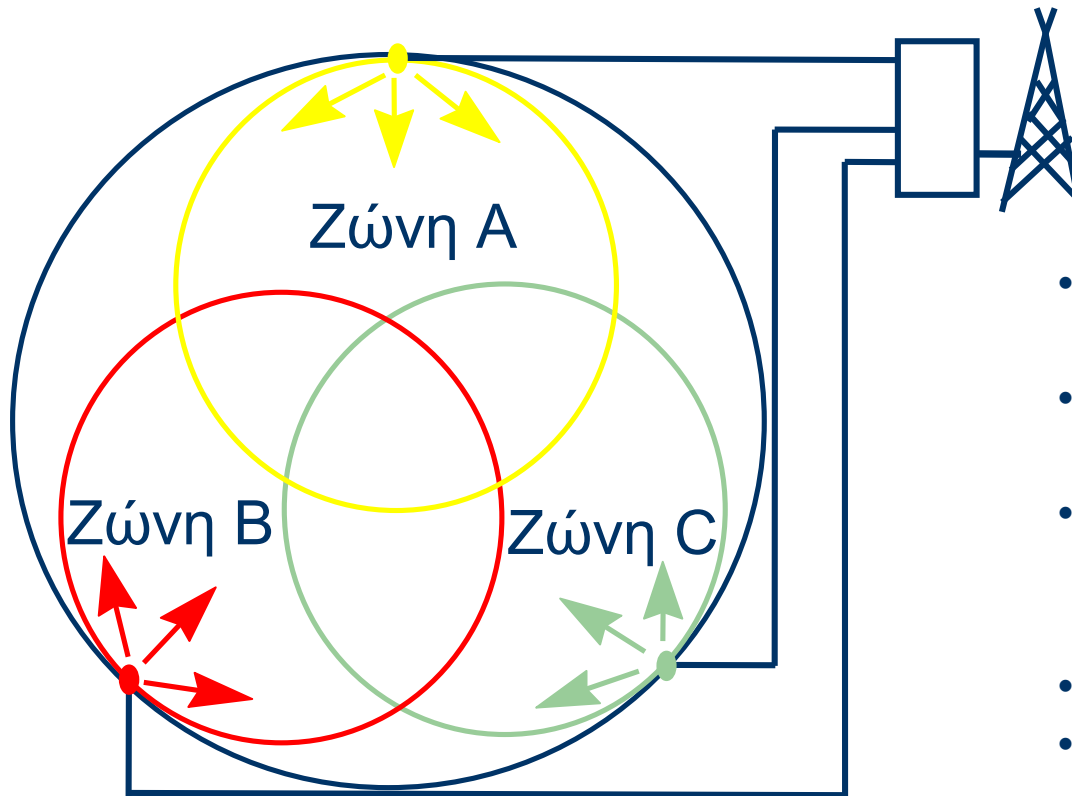
## Μικροκυψελικά συστήματα



- Ένας σταθμός βάσης και περισσότερες κεραιές
- Όλες οι κεραιές λαμβάνουν το σήμα από το κινητό στην άνοδο
- Μόνο αυτή που λαμβάνει το ισχυρότερο  $S/I$  εκπέμπει στην κάθοδο
- Δεν απαιτείται μεταπομπή
- Πιο πολύπλοκη διαχείριση κεραιών

# Ασύρματη πρόσβαση (12)

## Μικροκυψελικά συστήματα



- Ένας σταθμός βάσης και περισσότερες κεραιές
- Όλες οι κεραιές λαμβάνουν το σήμα από το κινητό στην άνοδο
- Μόνο αυτή που λαμβάνει το ισχυρότερο  $S/I$  εκπέμπει στην κάθοδο
- Δεν απαιτείται μεταπομπή
- Πιο πολύπλοκη διαχείριση κεραιών



# Υποστήριξη κινητικότητας χρηστών (1)

- Περιοχές εντοπισμού
- Πληροφορία θέσης
- Ενημέρωση θέσης
- Εντοπισμός δεδομένων
- Αναζήτηση



# Υποστήριξη κινητικότητας χρηστών (2)

## Διαχείριση κινητικότητας

- Κινητικότητα τερματικού
- Κινητικότητα χρήστη
- Κινητικότητα με SIM





# Υποστήριξη κινητικότητας χρηστών (3)

## Λειτουργίες που δεν σχετίζονται με τις κλήσεις

- Στόχος των λειτουργιών αυτών είναι να κρατούν ενήμερο το δίκτυο σχετικά με:
  - Τη θέση των τερματικών που βρίσκονται σε λειτουργία,
  - Την παρούσα κατάσταση των τερματικών,
  - Την κατάσταση εγγραφής των χρηστών



# Υποστήριξη κινητικότητας χρηστών (4)

## Λειτουργίες που δεν σχετίζονται με τις κλήσεις

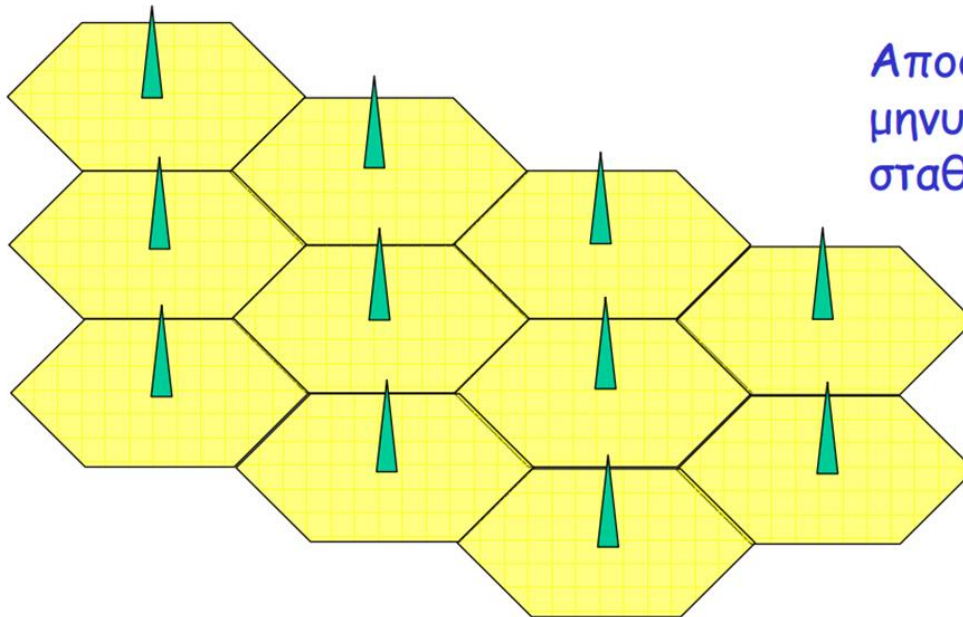
- Αφορούν διαδικασίες που πραγματοποιούνται ανεξάρτητα από το αν υπάρχει κλήση σε εξέλιξη ή όχι.
  - Διαδικασία ενημέρωσης θέσης
  - Διαδικασία ενεργοποίησης τερματικού
  - Διαδικασία απενεργοποίησης τερματικού
  - Διαδικασία εγγραφής χρήστη
  - Διαδικασία διαγραφής χρήστη



# Υποστήριξη κινητικότητας χρηστών (5)

## Λειτουργίες που δεν σχετίζονται με τις κλήσεις *Ενημέρωση θέσης – Το πρόβλημα*

Πού είναι ο 97532468?



Αποστολή broadcast  
μηνυμάτων σε κάθε  
σταθμό βάσης?

# Υποστήριξη κινητικότητας χρηστών (6)

## Λειτουργίες που δεν σχετίζονται με τις κλήσεις

### Ενημέρωση θέσης – Η λύση

- Ενημέρωση θέσης (Location update)
  - Εκτελείται από τον κινητό πελάτη
  - Ενημερώνει το δίκτυο για την τρέχουσα θέση του
- Αναζήτηση (Paging)
  - Εκτελείται από το δίκτυο
  - Αναζήτηση σε όλα τα πιθανά κελιά μέχρι να βρεθεί
  - Ο αριθμός των κελιών, όπου θα αναζητηθεί, εξαρτάται από τη διαδικασία ενημέρωσης θέσης
- **Tradeoff-1:** Συχνή ενημέρωση θέσης vs. Λιγότερο συχνή ενημέρωση θέσης
  - Μικρή αβεβαιότητα θέσης (μικρό paging κόστος) & Μεγάλο κόστος (traffic) στο uplink κανάλι
  - Μεγάλη αβεβαιότητα θέσης (μεγάλο paging κόστος) & Μικρό κόστος (traffic) στο uplink κανάλι
- **Tradeoff-2:** Paging κόστος vs. Καθυστέρηση
  - Ταυτόχρονο paging όλων των κελιών => μικρή καθυστέρηση



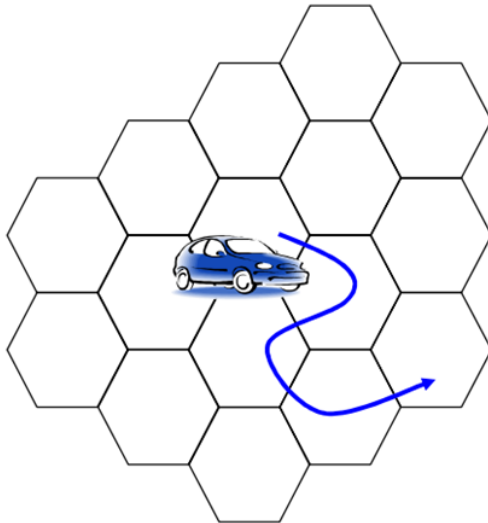
# Υποστήριξη κινητικότητας χρηστών (7)

## Λειτουργίες που δεν σχετίζονται με τις κλήσεις Ενημέρωση θέσης

### Never Update Σχήμα

Ποτέ ενημέρωση θέσης  
(καθόλου κόστος).

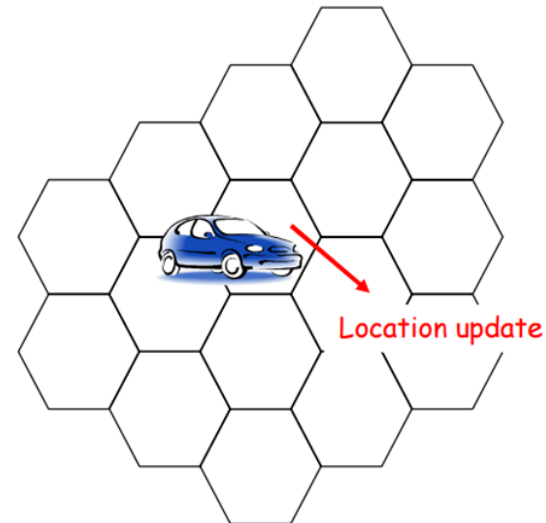
Ανάγκη αναζήτησης σε  
κάθε κελί (μέγιστο κόστος).



### Always Update Σχήμα

Ενημέρωση θέσης σε κάθε κελί  
(μέγιστο κόστος).

Αναζήτηση σε ένα μόνο κελί  
(ελάχιστο κόστος).



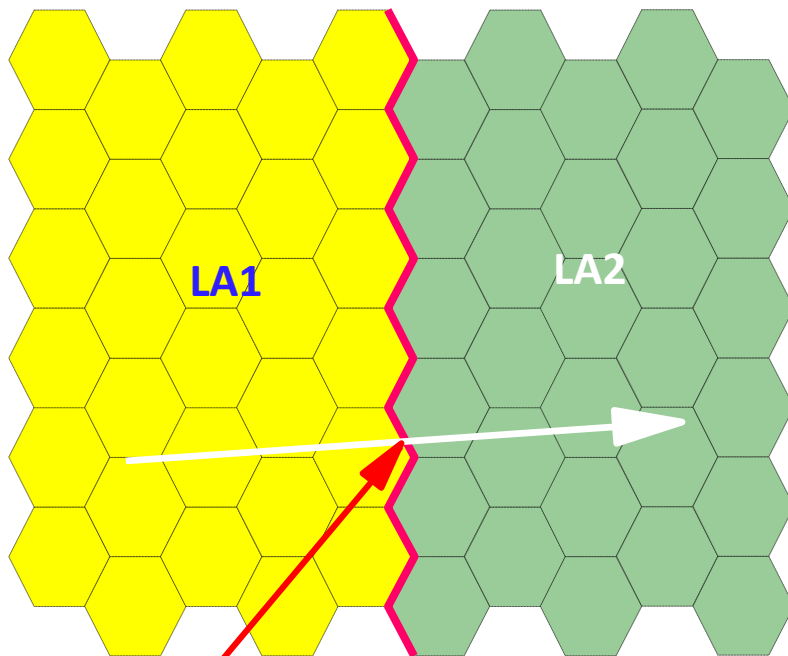
Εικόνα 3.



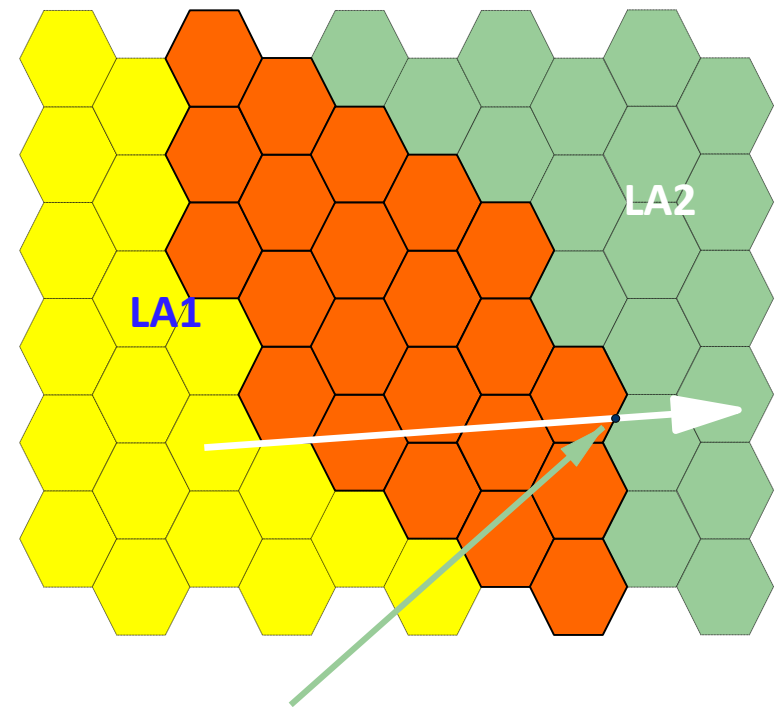
# Υποστήριξη κινητικότητας χρηστών (8)

**Λειτουργίες που δεν σχετίζονται με τις κλήσεις**

*Ενημέρωση θέσης*



Ενημέρωση θέσης θα γίνει εδώ

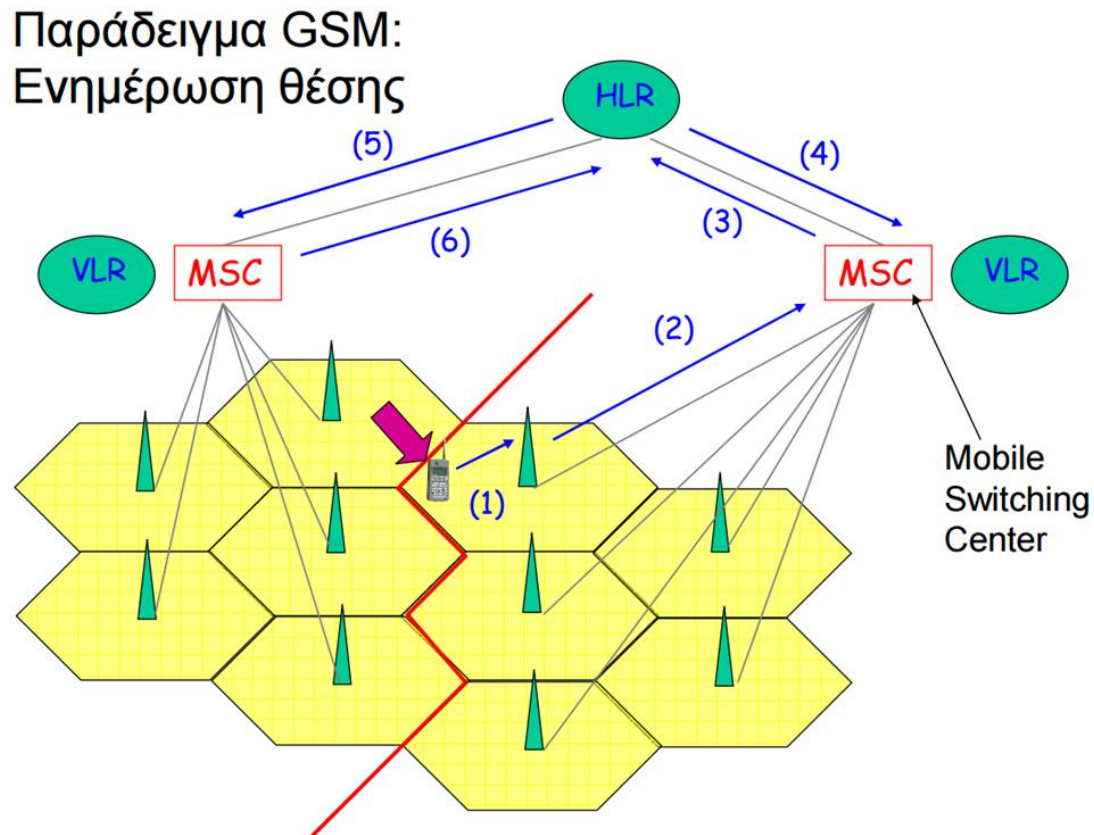


Ενημέρωση θέσης θα γίνει εδώ



# Υποστήριξη κινητικότητας χρηστών (9)

## Λειτουργίες που δεν σχετίζονται με τις κλήσεις Ενημέρωση θέσης



# Υποστήριξη κινητικότητας χρηστών (10)

## Λειτουργίες που δεν σχετίζονται με τις κλήσεις

- Αφορούν διαδικασίες που ενεργοποιούνται μόνο σε περίπτωση εισερχόμενης κλήσης προς κάποιο κινητό τερματικό/χρήστη καθώς και κατά τη διάρκεια της κλήσης.
  - Διαδικασία εντοπισμού δεδομένων
    - Περιοχή αναζήτησης
    - Τερματικό χρήστη
    - Δυνατότητες τερματικού
    - Είδος συνδρομής
  - Διαδικασία αναζήτησης τερματικού
  - Μεταπομπή



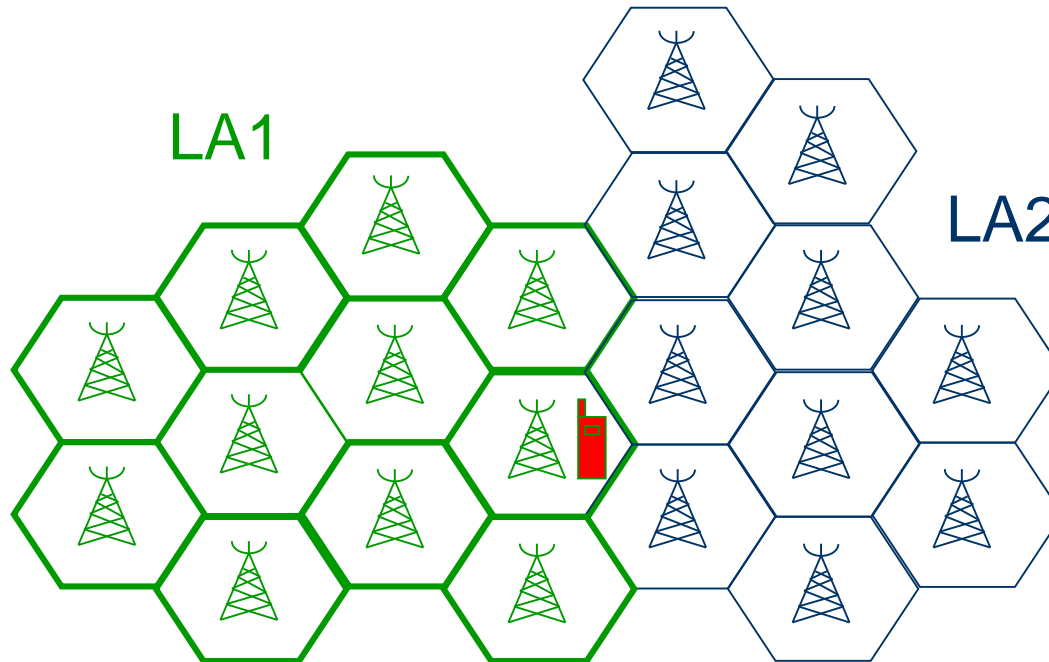


# Υποστήριξη κινητικότητας χρηστών (11)

## Λειτουργίες που δεν σχετίζονται με τις κλήσεις

### Αναζήτηση

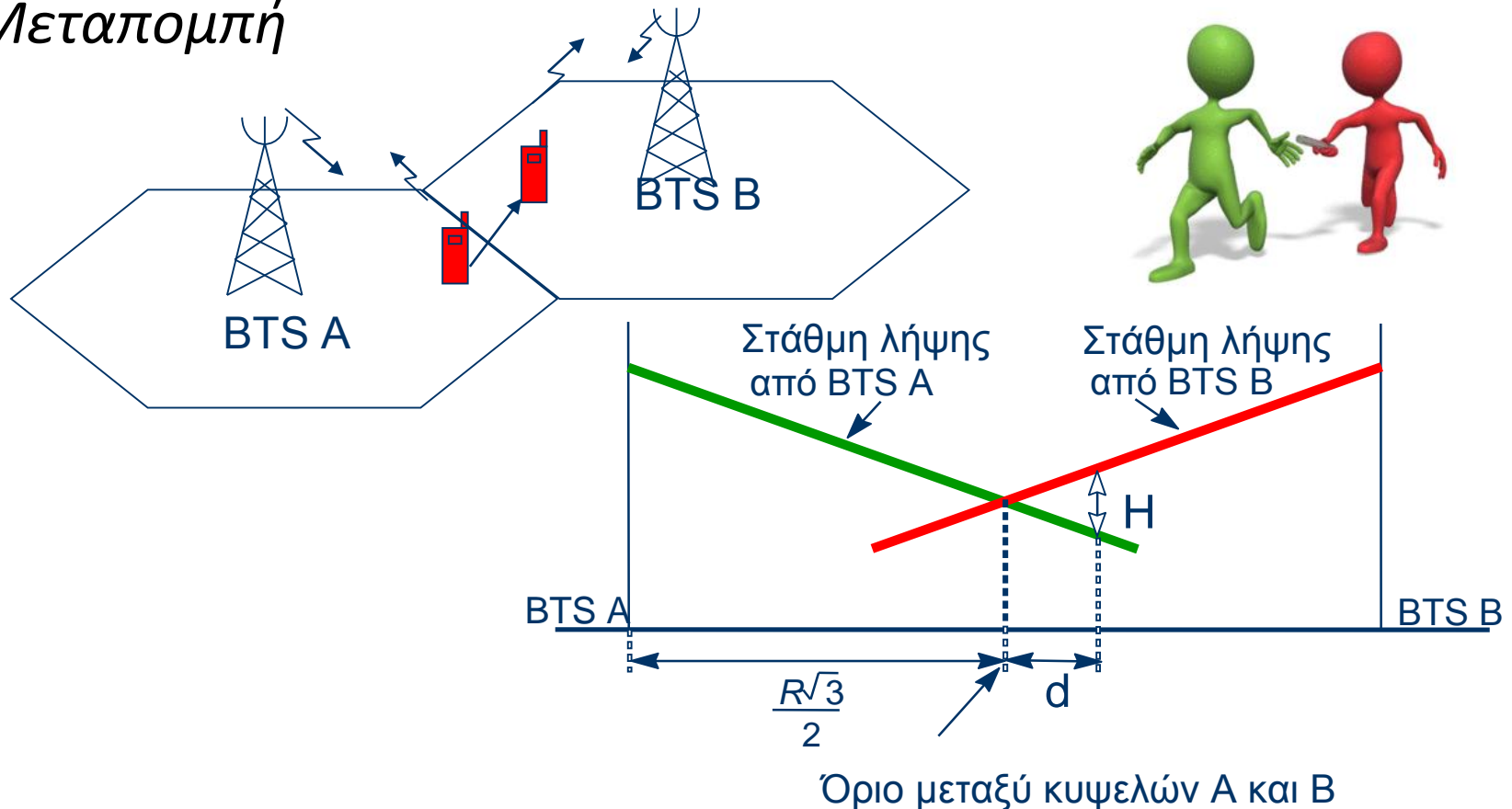
- Αναζήτηση σταθμού βάσης
- Εγκατάσταση ασύρματου διαύλου σηματοδότησης



# Υποστήριξη κινητικότητας χρηστών (12)

Λειτουργίες που δεν σχετίζονται με τις κλήσεις

Μεταπομπή



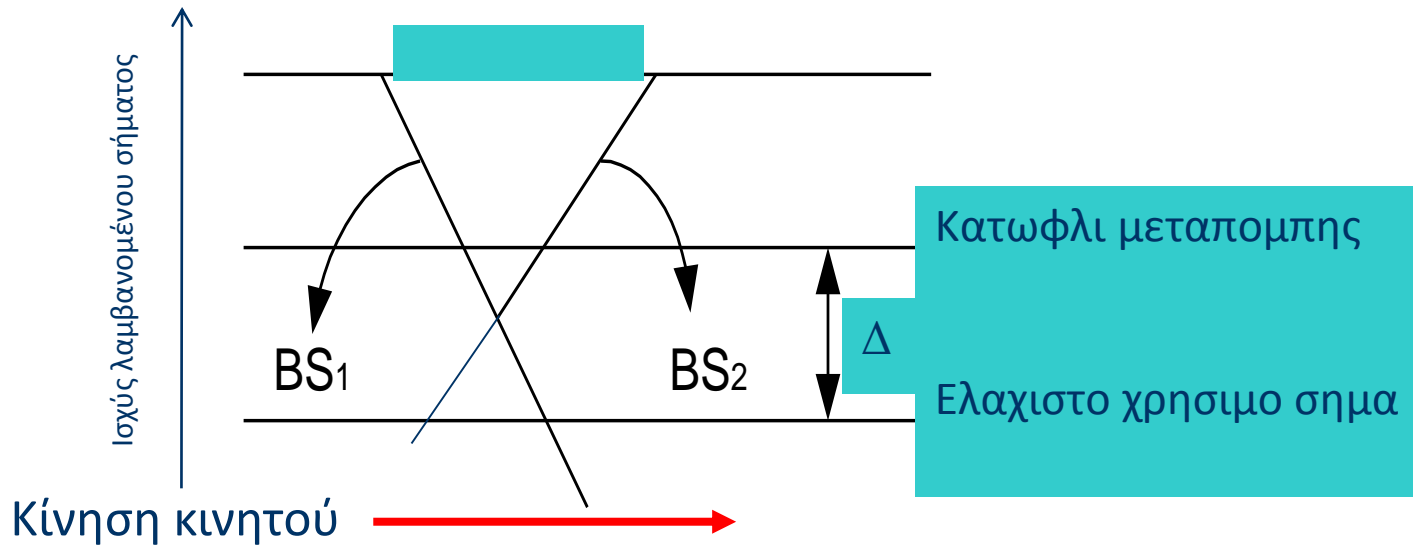
Εικόνα 4.

# Μεταπομπή (Handoff) (1)

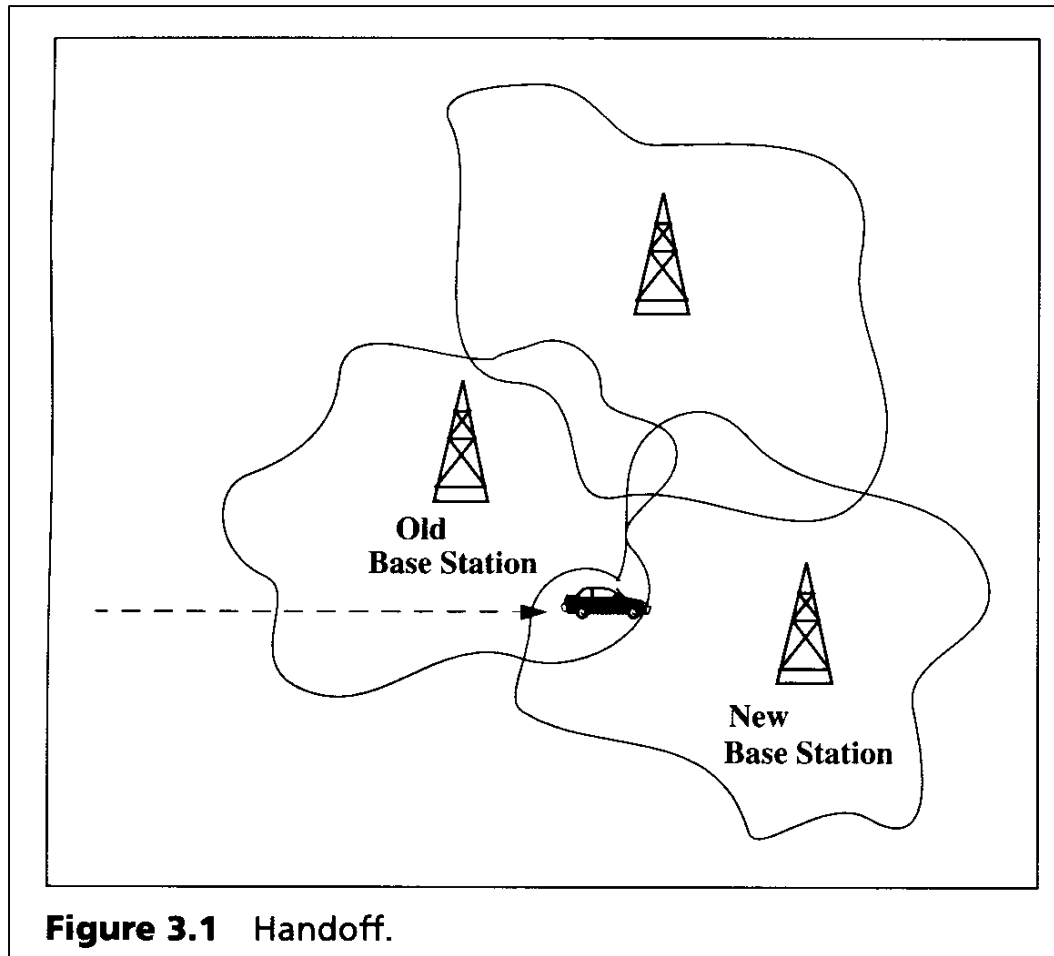
- **Μεταπομπή (HANDOFF):** η διαδικασία μεταφοράς μιας κλήσης από την δικαιοδοσία ενός σταθμού βάσης σε ενός άλλου.
- Η Μεταπομπή πρέπει να εκτελείται όσο το δυνατόν πιο σπάνια.
- Η Μεταπομπή ξεκινά όταν η ισχύς του λαμβανόμενου σήματος πλησιάζει σε μια προκαθορισμένη τιμή πάνω από το ελάχιστο εκμεταλλεύσιμο σήμα λήψης.
- Ισχύς μεταπομπής = ισχύς εκμεταλλεύσιμη +  $\Delta$
- Αν το  $\Delta$  είναι πολύ μεγάλο  $\Rightarrow$  κίνδυνος μη απαραίτητης μεταπομπής
- Αν το  $\Delta$  είναι πολύ μικρό  $\Rightarrow$  κίνδυνος απώλειας της κλήσης



# Μεταπομπή (Handoff) (2)



# Μεταπομπή (Handoff) (2)



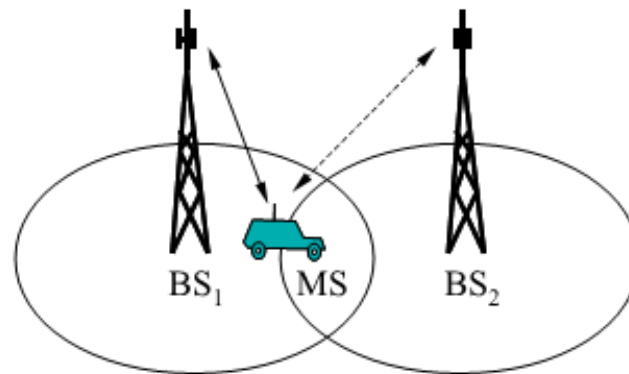
Εικόνα 5.

# Handover or Handoff

- Handover basically means changing the point of connection while communicating.

## Old Concept

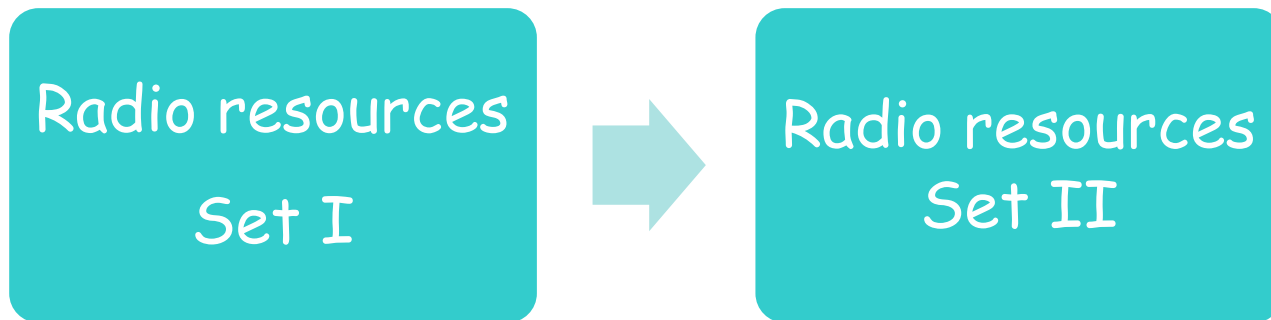
Whenever Mobile Station is connected to 1 Base Station and there is a need to change to another Base Station, it is known as HANDOVER.



Εικόνα 6.

# New Concept

- When mobile station switches from one set of radio resources to another set, HANDOVER is said to have taken place.



HANDOVER



# Inter-cell and Intra-cell Handover

- The **inter-cell** handover switches a call in progress from **one cell to another cell**, and the **intra-cell handover** switches a call in progress from **one physical channel of a cell to another physical channel of the same cell**.





# Handoff decisions

- There are numerous methods for performing handoff. From the **decision process point of view**, one can find at least three different kinds of handoff decisions.
  - **Network-Controlled Handoff**
  - **Mobile-Assisted Handoff**
  - **Mobile-Controlled Handoff**



# Network-Controlled Handoff

- In a network-controlled handoff protocol, the network makes a handoff decision **based on the measurements at a number of BSs**.
- In general, the handoff process takes 100–200 ms.
- Network-controlled handoff is used in first-generation analog systems such as AMPS (Advanced Mobile Phone System), TACS (Total Access Communication System), and NMT (Nordic Mobile Telephone



# Mobile-Assisted Handoff

- In a mobile-assisted handoff process, **the MS makes measurements** and the network makes the decision.
- In the circuit-switched GSM (global system mobile), the BS controller (BSC) is in charge of the radio interface management. This mainly means allocation and release of radio channels and handoff management.
- The handoff time between handoff decision and execution in a circuit-switched GSM is approximately 1 second.



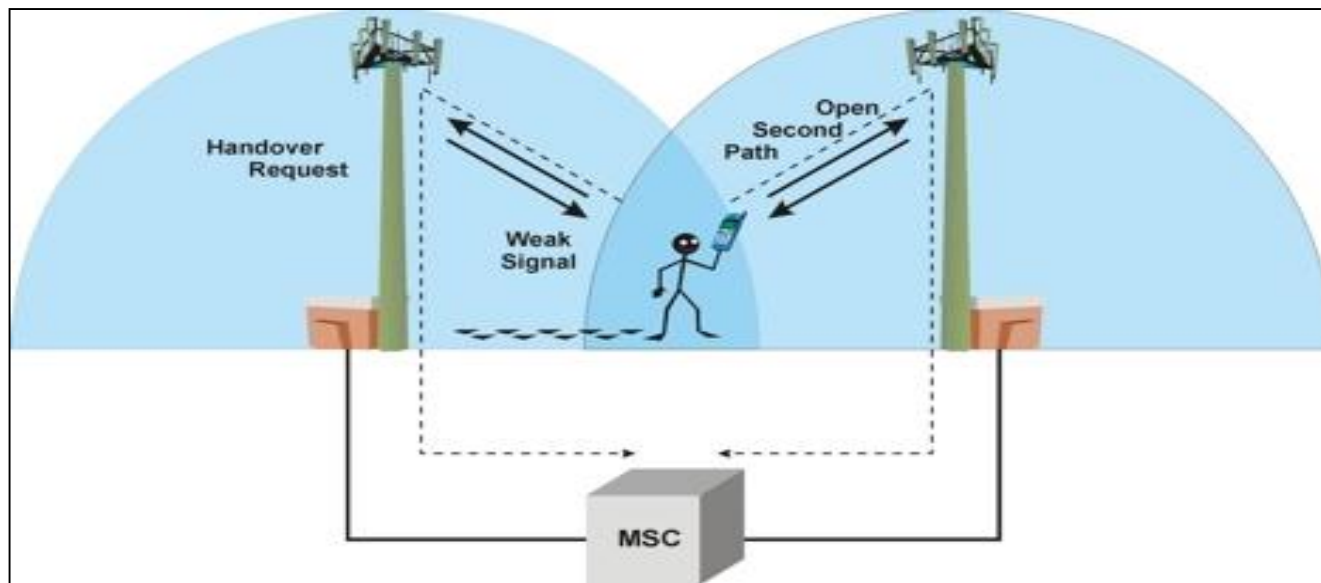
# Mobile-Controlled Handoff

- In mobile-controlled handoff, each **MS is completely in control of the handoff process.**
- This type of handoff has a short reaction time (in the order of 0.1 second).
- MS measures the signal strengths from surrounding BSs and interference levels on all channels.
- A handoff can be initiated if the signal strength of the serving BS is lower than that of another BS by a certain threshold.



# Types of Handover

- Hard Handover
- Soft Handover
- Horizontal Handover
- Vertical Handover



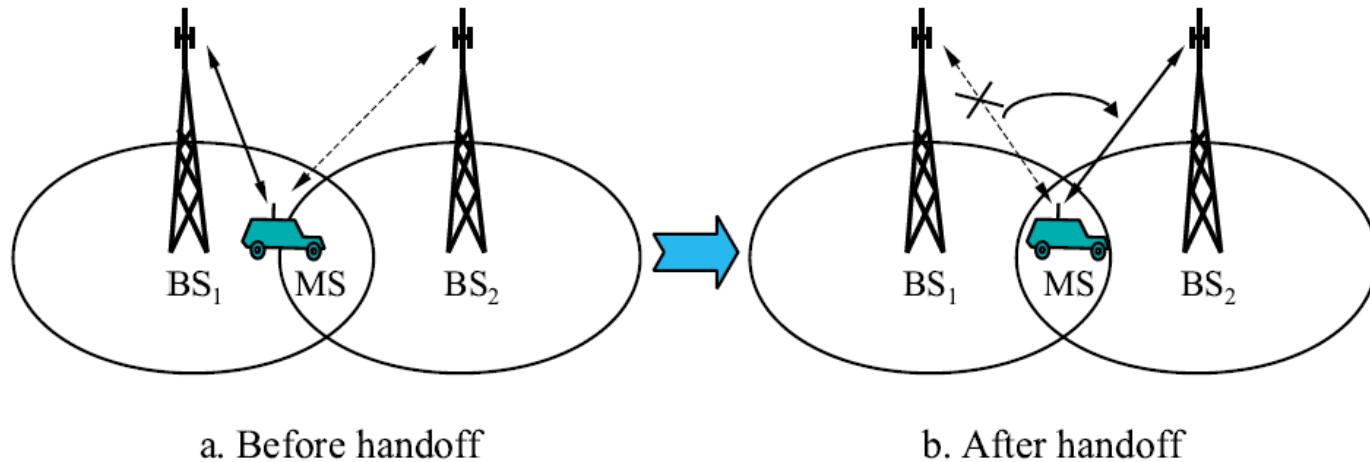
Εικόνα 7.

# Hard Handover

- “Break Before Make”
- **Old connection is broken** before a new connection is activated
- Primarily used in FDMA and TDMA systems (e.g. GSM)
- Different frequency ranges used in adjacent cells to minimize the interference



# Mechanism of Hard Handover



Εικόνα 8.

- The base station BS<sub>1</sub> on one cell site hands off the mobile station (MS)'s call to another cell BS<sub>2</sub>.
- The link to the prior base station, BS<sub>1</sub> is terminated before the user is transferred to the new cell's base station, BS<sub>2</sub>. The MS is linked to no more than one BS at any given time.



# Characteristics

- A Hard handover is relatively **cheaper and easier to implement** in comparison to other types of Handover.
- It is primarily used in **FDMA** (frequency division multiple access) and **TDMA** (time division multiple access), where different frequency ranges are used in adjacent channels in order to minimize channel interference.
- It is simpler as MT's hardware does **not need to be capable of receiving two or more channels in parallel.**



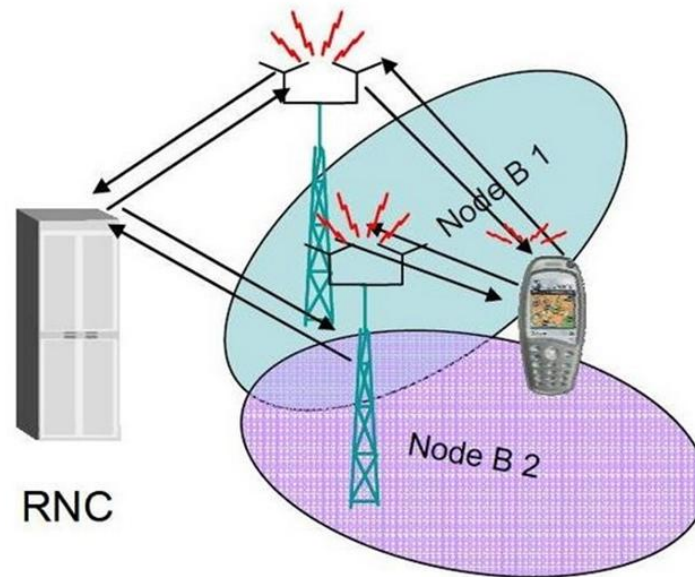


# Soft Handover

- “Make Before Break”
- New connection **is activated before** the old is broken
- Used in UMTS to improve the signal quality
  - Uplink and downlink signals may be combined for better signal
  - A mobile may in UMTS spend a large part of the connection time in soft handover
  - Better connection reliability
- More seamless handover.



# Mechanism of Soft Handover



Εικόνα 9.

- The call is first connected to the new base station  $BS_2$  and then it is dropped by the previous base station  $BS_1$ .
- The call will be established only when a reliable connection to the target cell is obtained. The MS is linked to two BS for a brief interval of time. Thus soft handover involves connection to more than one cell.



# Characteristics

- It offers **more reliable access continuity** in network connection and less chances of a call termination during switching of base stations in comparison to a Hard handoff.
- It is commonly **used in CDMA** (Code-division multiple access) systems that enables the overlapping of the repeater coverage zones, so that every cell phone set is always well within range of at least one of the base stations.
- Technical implementation of a Soft handoff is **more expensive** and **complex** in comparison to a Hard handoff.
- It is used in **sensitive communication services** such as videoconferencing.

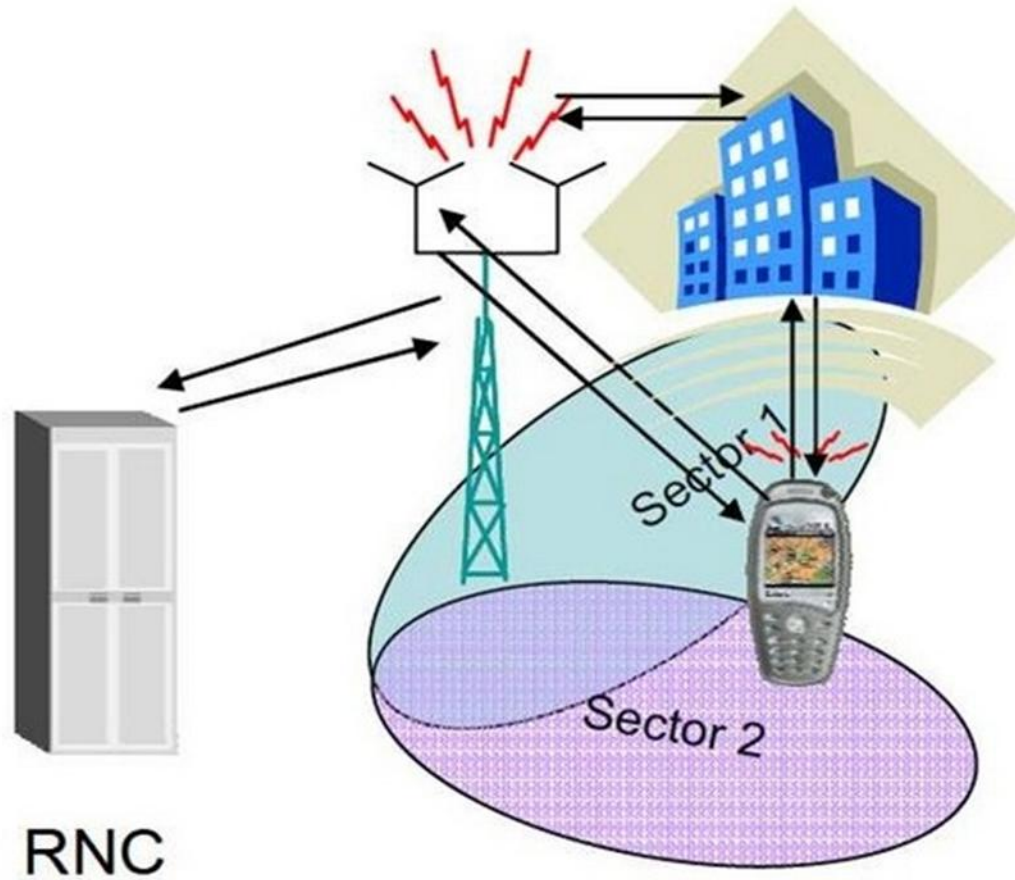


# Softer Handover (1)

- Softer handover is the situation where **one base station receives two user signals from two adjacent sectors** it serves.
- In the case of softer handover the base station receives **2 separated signals through multi-path propagation**.
- Due to reflections on buildings or natural barriers the signal sent from the mobile stations reaches the base station from two different sectors.



# Softer Handover (2)



Εικόνα 10.

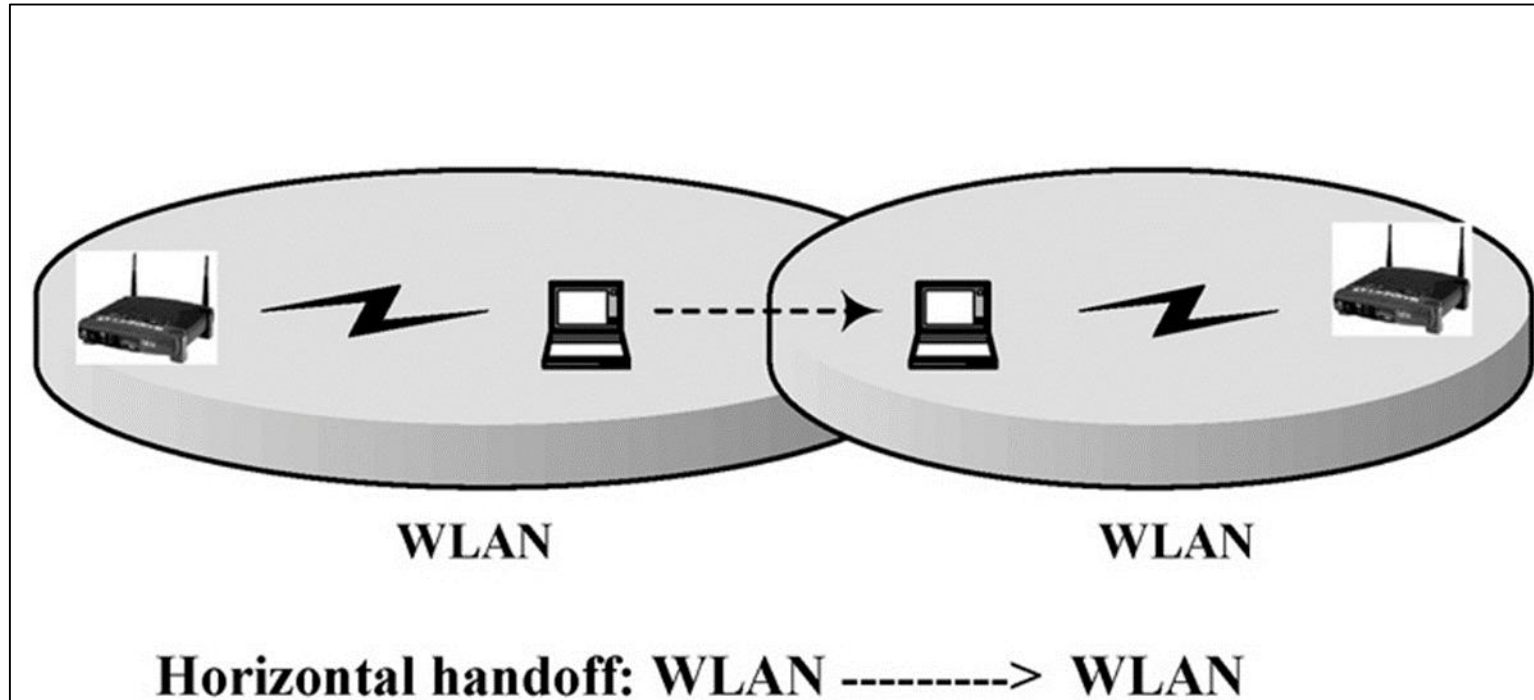


# Horizontal Handover (1)

- Horizontal handover is when a mobile terminal changes its point of connection within the same type of network
  - E.g. from one operator to another in GSM
  - E.g. from an access point to another in WiFi
- Reasons for handover
  - Worse signal quality or loss of signal
  - Traffic load balancing
  - Cost



# Horizontal Handover (2)



Εικόνα 11.



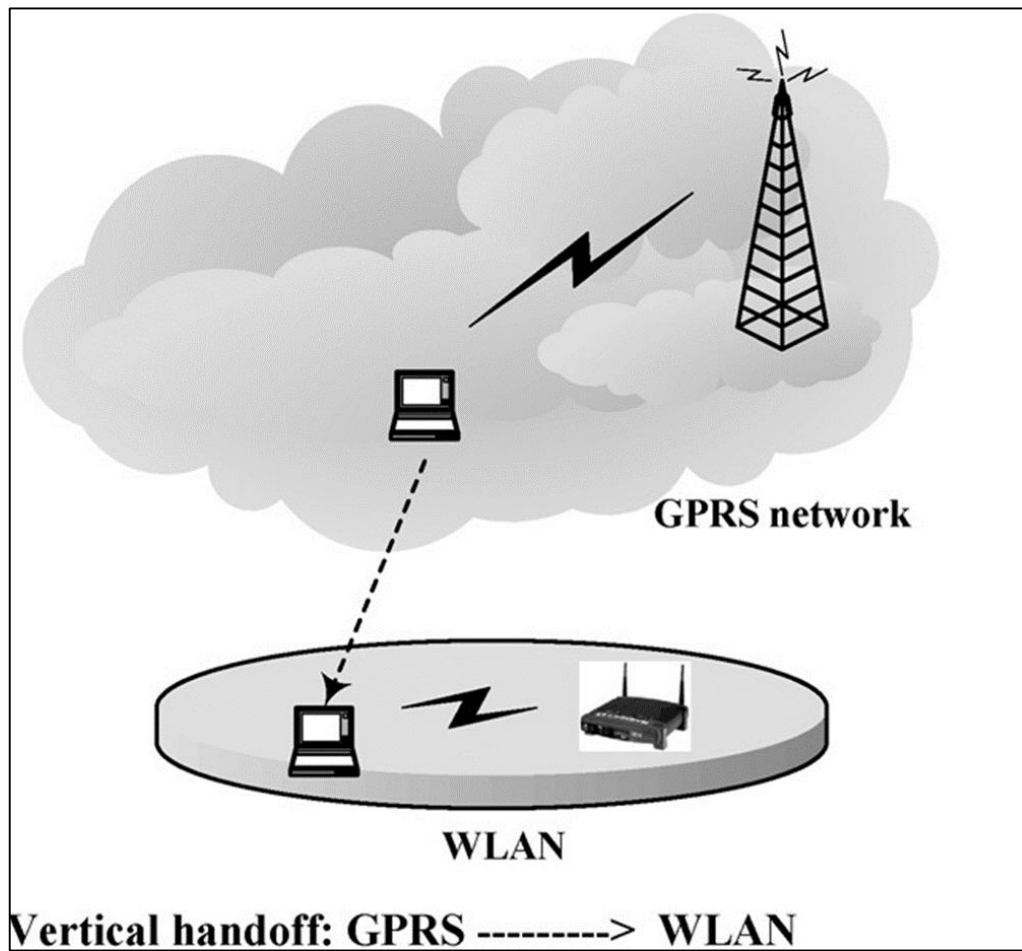
# Vertical Handover (1)

- **Vertical handover** or **vertical handoff** refers to a network node changing the type of connectivity it uses to **access a supporting infrastructure**, usually to support node mobility
- Vertical handovers refer to the automatic fall over **from one technology to another** in order to maintain communication.





# Vertical Handover (2)



Εικόνα 12.



# Capabilities of vertical handover as compared to horizontal handover

- Usage of different access technologies
- Usage of multiple network interfaces
- Usage of multiple IP addresses
- Usage of multiple (changeable) QoS parameters
- Usage of multiple network connections (multi-homing features)



# Handoff Failures

- Because frequencies cannot be reused in adjacent cells, when a user moves from one cell to another, **a new frequency must be allocated for the call.**
- If a user moves into a cell when all available channels are in use, the user's call must be terminated.
- Problem of signal interference where adjacent cells overpower each other resulting in receiver desensitization is also there.



# Λειτουργική αρχιτεκτονική

- Ομαδοποίηση των λειτουργιών των δικτύων κινητών επικοινωνιών ανάλογα με την *ομοιότητα του σκοπού τους*.
- Μπορούμε να τις εντάξουμε σε ομάδες, αν απαντήσουμε στο ερώτημα, *ποιες λειτουργίες για ποιο σκοπό*.
- Ένας αποτελεσματικός τρόπος για την ομαδοποίηση των λειτουργιών του δικτύου είναι το *μοντέλο αναφοράς*.



# Μοντέλο αναφοράς (1)

- Οι λειτουργίες ομαδοποιούνται σε λειτουργικά στρώματα, που παριστάνονται τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο.
- Το **κατώτερο στρώμα αναφέρεται στη φυσική μετάδοση** της πληροφορίας μεταξύ λειτουργικών οντοτήτων και βασίζεται σε φυσικά μέσα μετάδοσης, ενώ το **ανώτερο στρώμα παριστάνει την άποψη των εξωτερικών χρηστών**.
- Πέρα από αυτήν την ιεραρχική δομή, υπάρχει έμμεσα και **χρονική ιεράρχηση**.



## Μοντέλο αναφοράς (2)

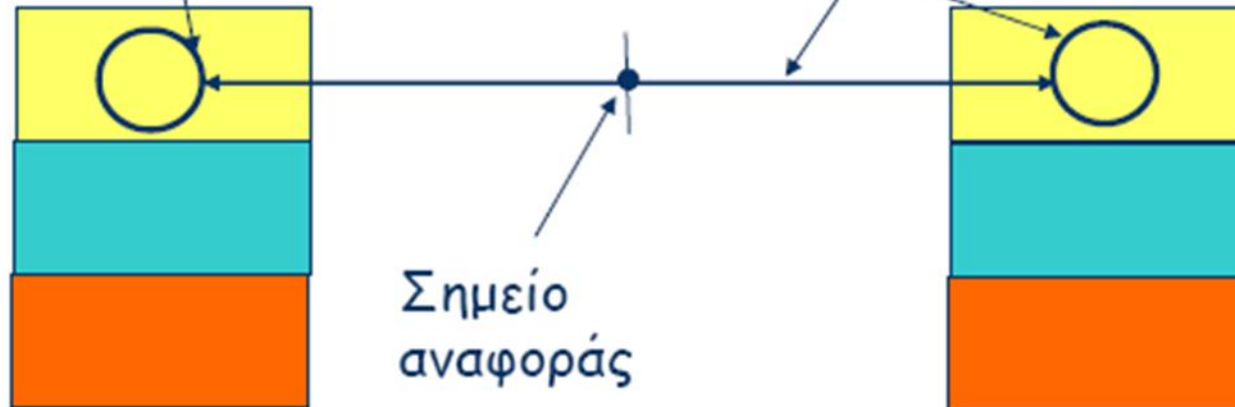
- Σε κάθε στρώμα, οι **ομότιμες** οντότητες συνεργάζονται για να παράσχουν την απαιτούμενη υπηρεσία, ανταλλάσσοντας μεταξύ τους πληροφορίες.
- Οι κανόνες ανταλλαγής των πληροφοριών καθορίζονται στα **σημεία αναφοράς**, όπου η ροή πληροφοριών διέρχεται από μια διεπαφή μεταξύ διαφορετικών οντοτήτων.
- Οι κανόνες αυτοί ονομάζονται **πρωτόκολλα σηματοδοσίας**.



# Μοντέλο αναφοράς (3)

Ομότιμες οντότητες

Πρωτόκολλο σηματοδότησης



# Στρώμα μετάδοσης

- Οι λειτουργίες του εξαρτώνται από:
  - τα διάφορα είδη πληροφορίας που μεταδίδονται
  - τους ειδικούς περιορισμούς στις διάφορες διεπαφές.
- Λειτουργίες διασύνδεσης
- Λειτουργίες μετατροπής
- Μεταφορά πληροφορίας χρήστη και μηνυμάτων σηματοδοσίας
- Διαμόρφωση, κωδικοποίηση, πολυπλεξία, πρωτόκολλα επικοινωνίας, διαμόρφωση δεδομένων, σειρά μετάδοσης, διόρθωση λαθών, δρομολόγηση

Μετάδοση





# Στρώμα διαχείρισης ραδιοδιαύλων

- Εξασφαλίζει ευσταθείς συνδέσεις μεταξύ κινητών τερματικών και κέντρου μεταγωγής κινητών επικοινωνιών.
- Η διαχείριση των πόρων πρόσβασης στα συστήματα κινητών επικοινωνιών απαιτεί λειτουργίες, οι οποίες δεν υπάρχουν στα σταθερά δίκτυα.
- Οι δυνατότητες σηματοδοσίας, που διατίθενται σε ΜΤ που δεν πραγματοποιεί κλήση, περιορίζονται στις απόλυτα ελάχιστες.
- Παρέχεται ασύρματος δίαυλος σε ΜΤ, όταν τούτο ζητηθεί, μόνο κατά τη διάρκεια της κλήσης και υπό τον διαρκή έλεγχο του δικτύου.

Διαχείριση ραδιοδιαύλων

Μετάδοση



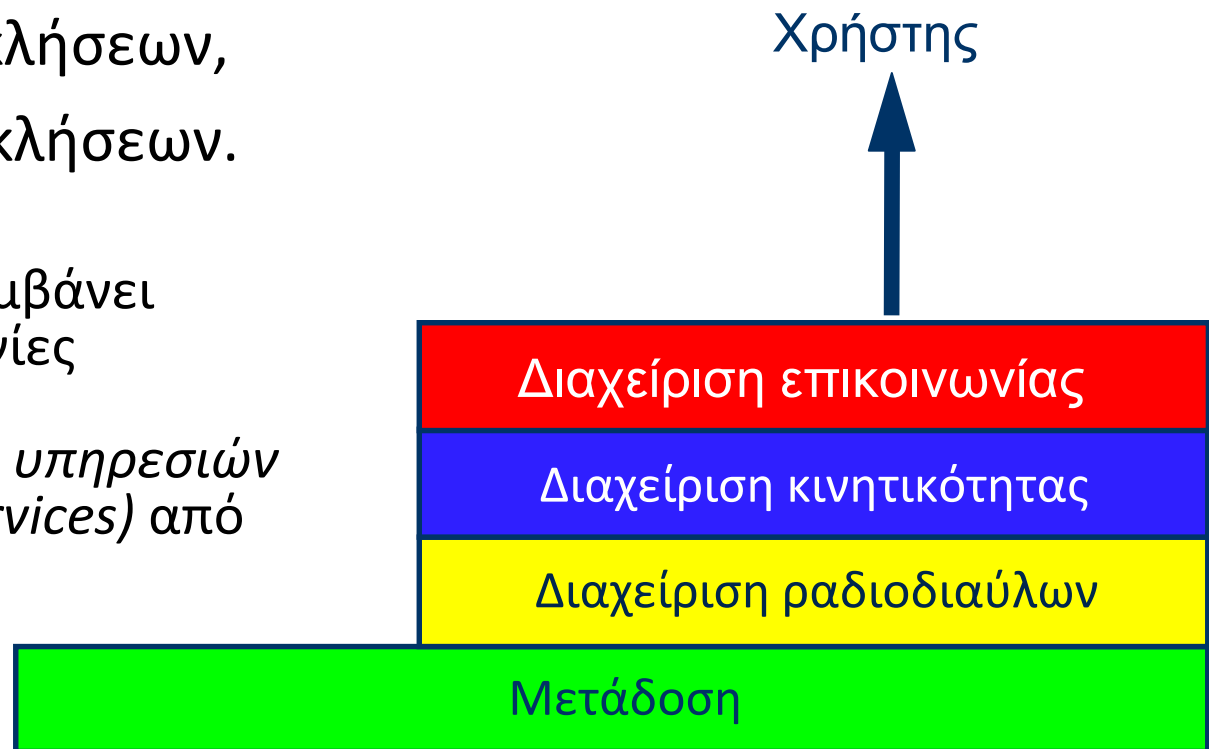
# Στρώμα διαχείρισης κινητικότητας

- Λειτουργίες λόγω κίνησης των τερματικών:
- Τρόπος που το MT (χρήστης) αντιμετωπίζει την αλλαγή περιβάλλοντος,
- Τρόπος με τον οποίο το δίκτυο διαχειρίζεται την πληροφορία θέσης των MT, ώστε να καθιστά δυνατή την αποτελεσματική εγκατάσταση των εισερχόμενων κλήσεων προς τα MT.
- Διαχείριση θεμάτων πιστοποίησης αυθεντικότητας.

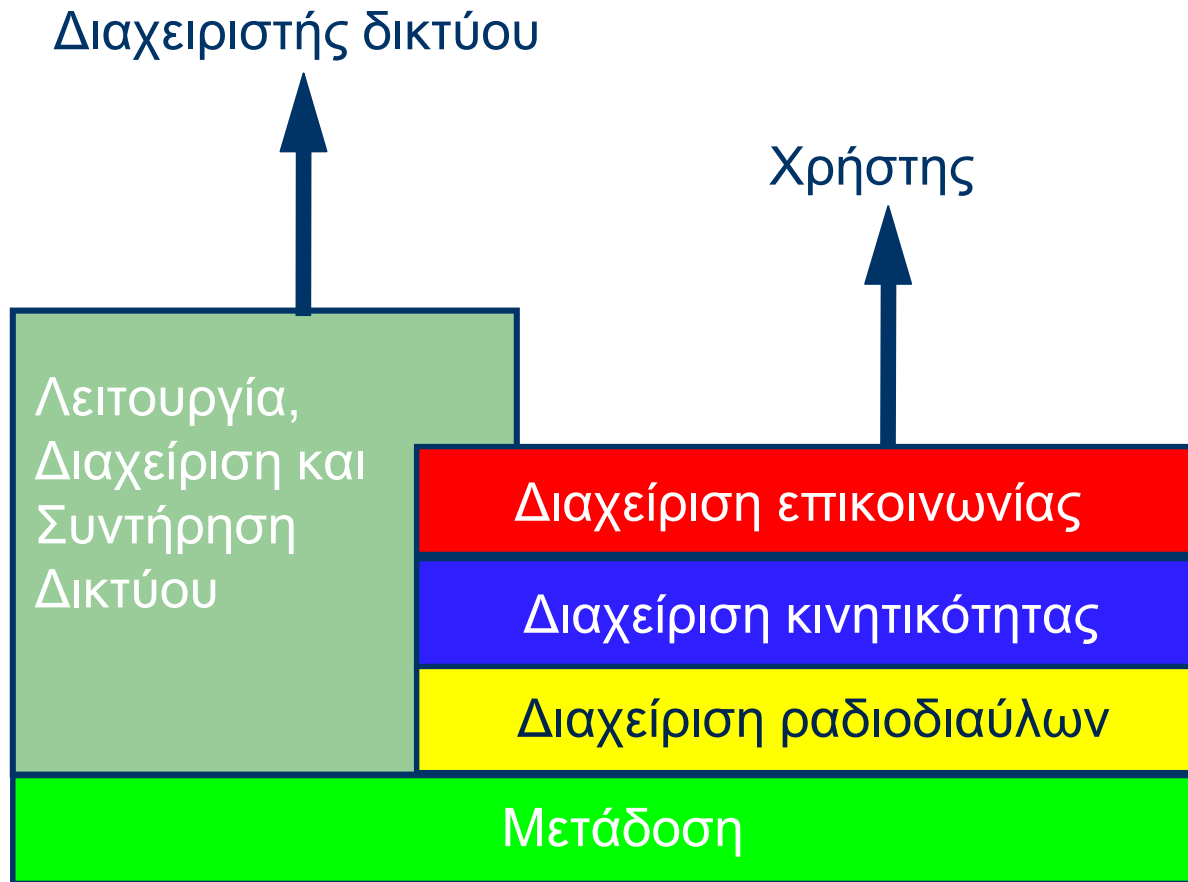


# Στρώμα διαχείρισης επικοινωνίας

- Οι λειτουργίες του αφορούν:
- Εγκατάσταση κλήσεων μεταξύ των χρηστών, ύστερα από αίτησή τους,
- Διατήρηση των κλήσεων,
- Κατάργηση των κλήσεων.
- Το στρώμα περιλαμβάνει επίσης τις λειτουργίες διαχείρισης συμπληρωματικών υπηρεσιών (*supplementary services*) από τον χρήστη.



# Στρώμα λειτουργίας, διαχείρισης και συντήρησης (1)



# Στρώμα λειτουργίας, διαχείρισης και συντήρησης (2)

- Παρέχει τα μέσα για τη ροή των πληροφοριών επιτήρησης από τα μηχανήματα προς τον διαχειριστή δικτύου.
- Επιτρέπει στον διαχειριστή δικτύου να τροποποιήσει τη διάταξη των μηχανημάτων και των λειτουργιών του δικτύου.
- Βρίσκεται πάνω από τα άλλα στρώματα (δεν χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες τους, αλλά μόνο τις βασικές λειτουργίες μετάδοσης για την ανταλλαγή των πληροφοριών διαχείρισης).
- Οι λειτουργίες του στρώματος αυτού χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη χρονική κλίμακα (ώρες ή μέρες έως μερικά χρόνια).



# Λειτουργικό μοντέλο (1)

- Το **λειτουργικό μοντέλο** δικτύου προσδιορίζει:
  - Τις λειτουργικές οντότητες του συστήματος,
  - Τα κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ αυτών των οντοτήτων,
  - Τις πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ τους.
- Μια **λειτουργική οντότητα** αποτελεί ομάδα λειτουργιών που βρίσκονται στο ίδιο σημείο του συστήματος και συνιστούν ένα υποσύνολο του συνόλου των λειτουργιών



# Λειτουργικό μοντέλο (2)

Λειτουργίες

Λειτουργικές οντότητες

Τερματικό  
χρήστη

Ασύρματη  
πρόσβαση

Διαχείριση  
ασύρματων  
πόρων

Έλεγχος  
επικοινωνίας

Διαχείριση  
κινητικότητας/  
αυθεντικότητα

CM



MM



RRM



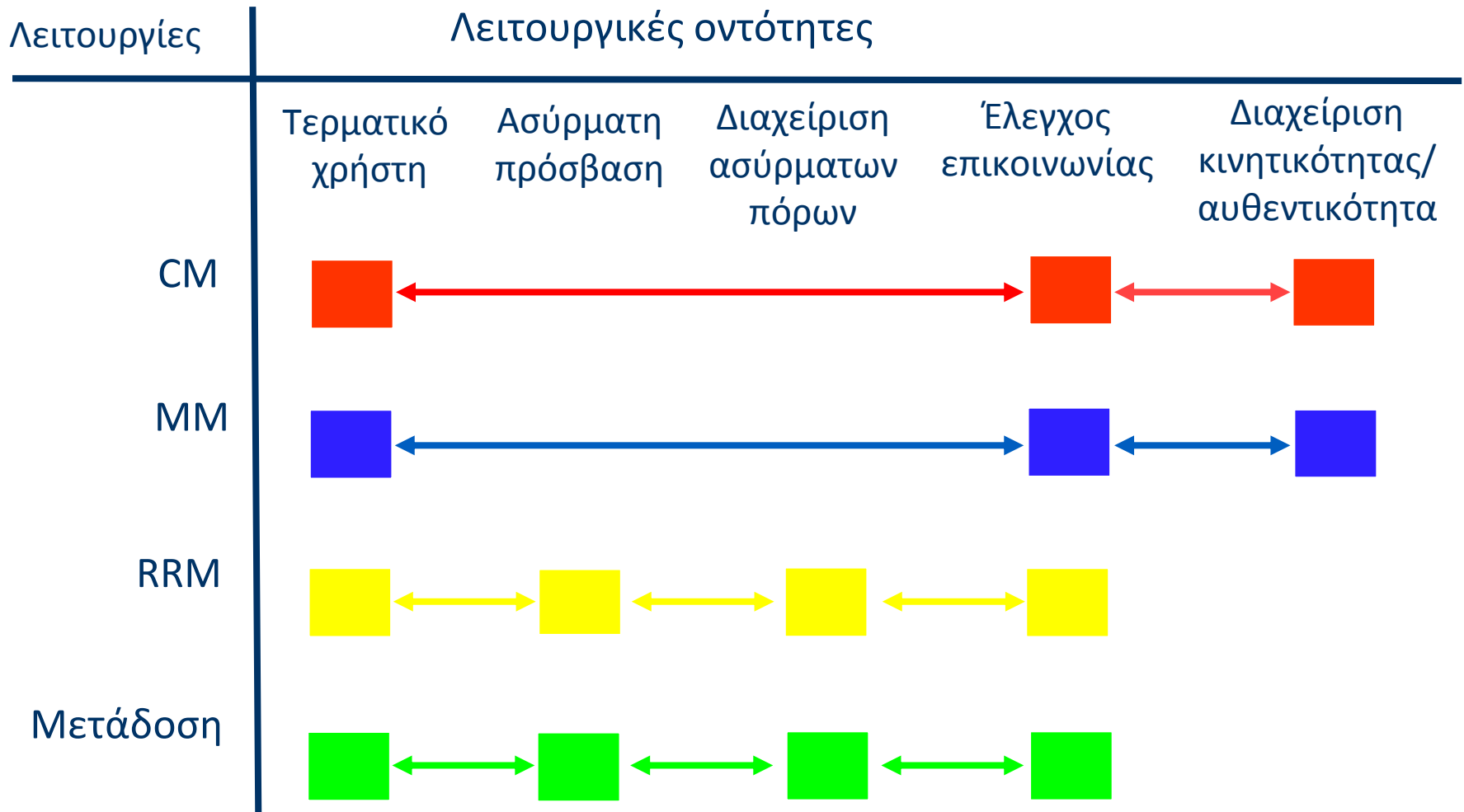
Μετάδοση



Εικόνα 13.



# Λειτουργικό μοντέλο (3)



Εικόνα 14.

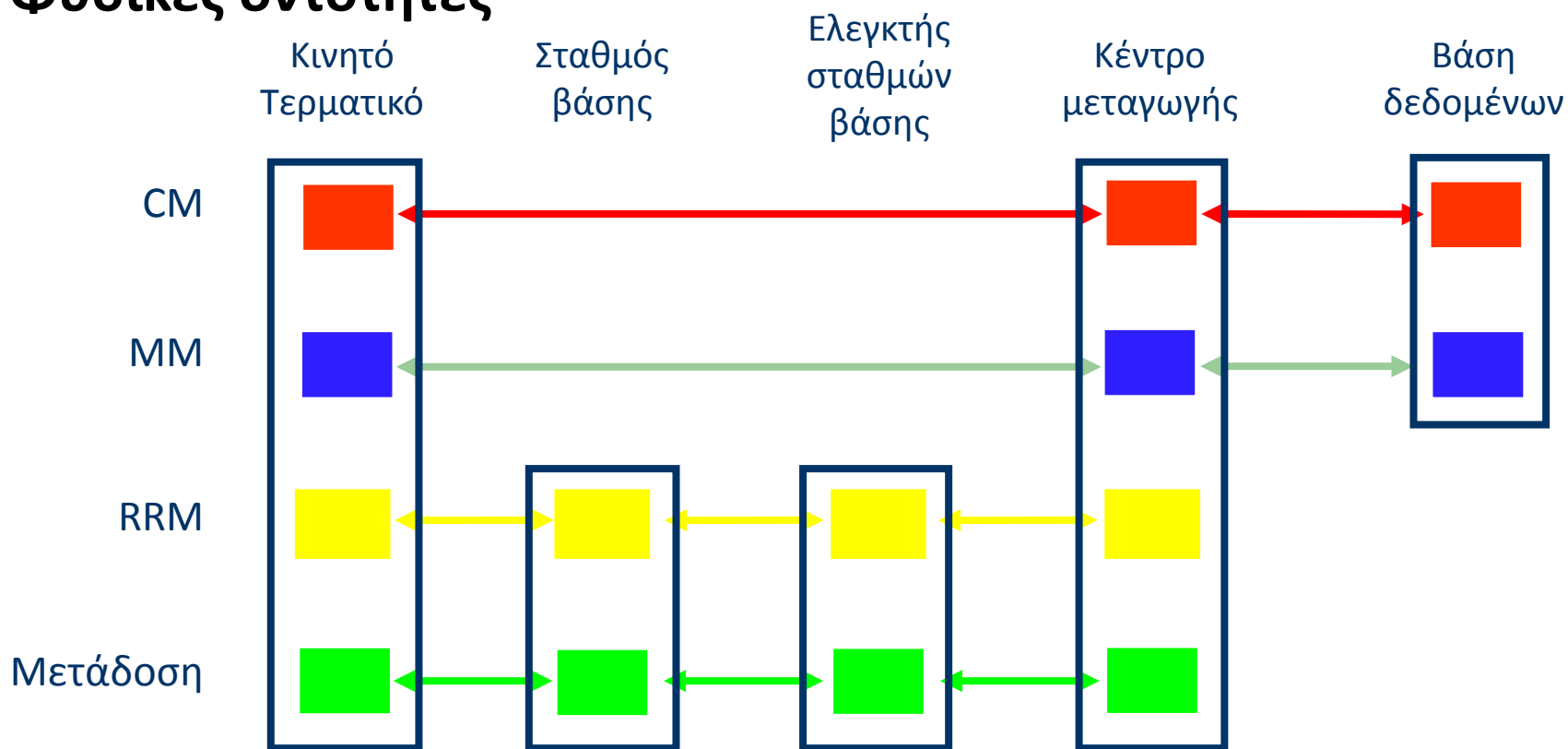




# Φυσική αρχιτεκτονική

- Πού πραγματοποιείται η κάθε λειτουργία;

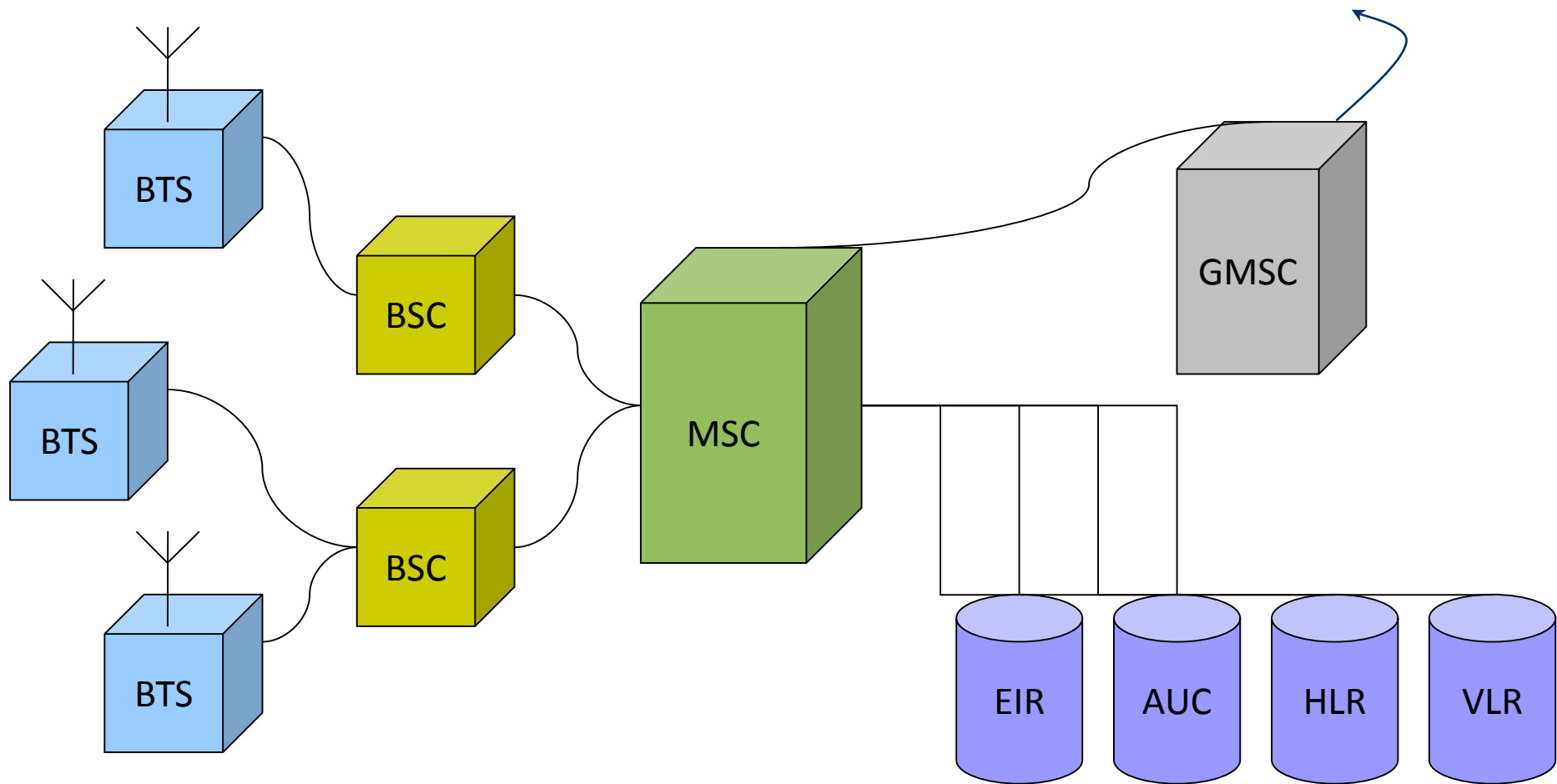
## Φυσικές οντότητες



Εικόνα 15.



# GSM architecture

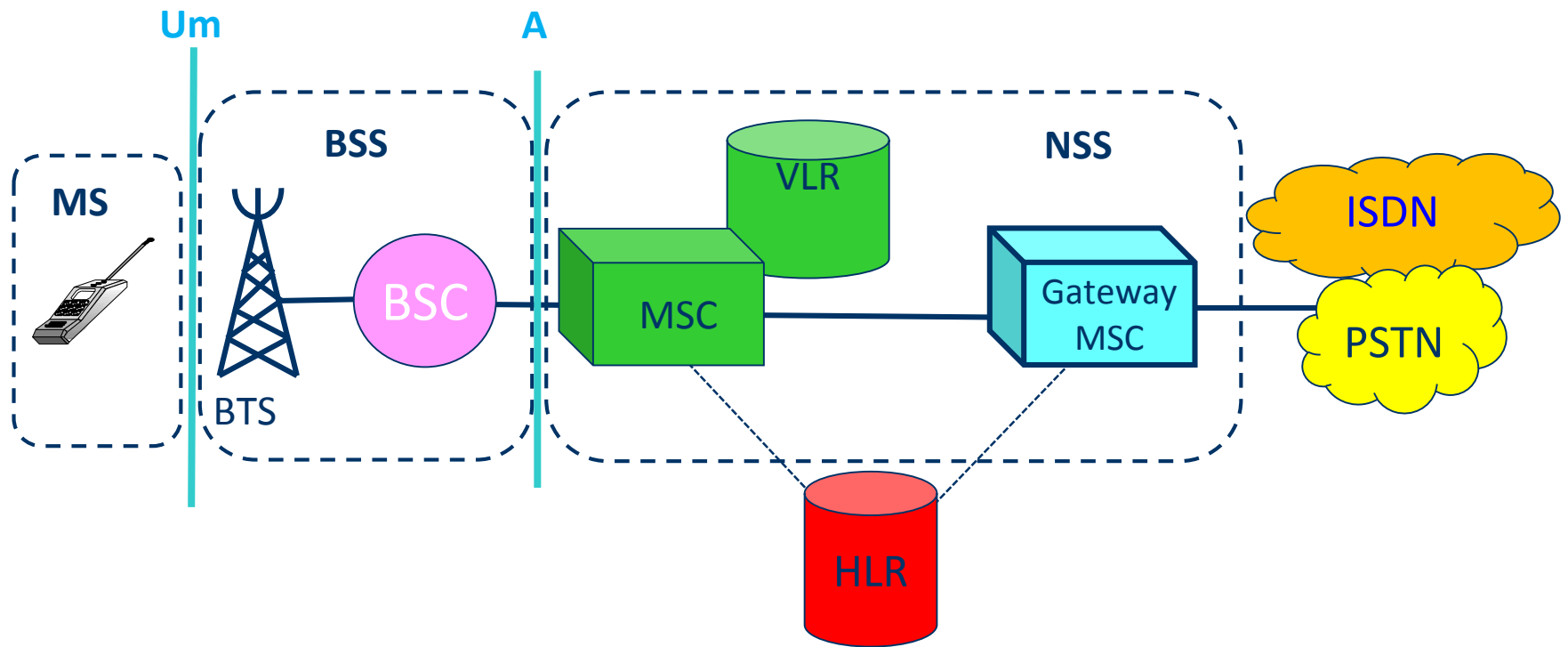


# GSM main components

- **Base Transceiver Station (BTS)**: Encodes, encrypts, multiplexes, modulates and feeds the **RF signals to the antenna**.
- **Base Station Controller (BSC)**: **Manages Radio resources for BTSs**, assigns frequency and time slots for all mobile terminals in its area.
- **Mobile Switching Center (MSC)**: **Heart of the network**, call setup function and basic switching, call routing , billing information and collection, mobility management.
- **Home/Visiting Location Registers (HLR/VLR)**: permanent/temporary **database about mobile subscribers** in a large service area.
- **Authentication Center (AUC)**: Protects against intruders in air interface, maintains **authentication keys and algorithms**.
- **Equipment Identity Register (EIR)**: Database that is used to **track handsets** using the IMEI (International Mobile Equipment Identity).

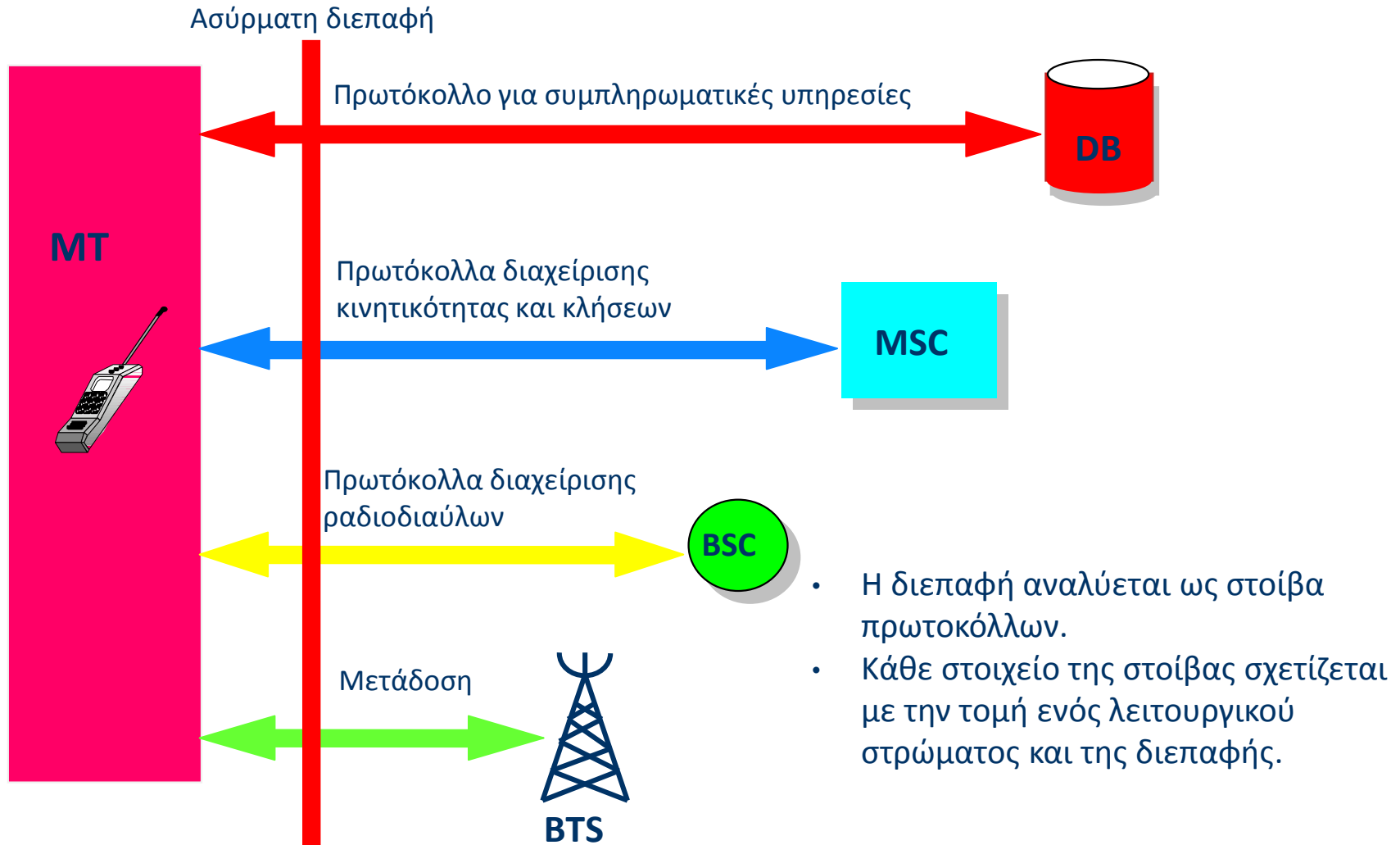


# Φυσική αρχιτεκτονική GSM



Εικόνα 16.

# Διεπαφή - Πρωτόκολλα

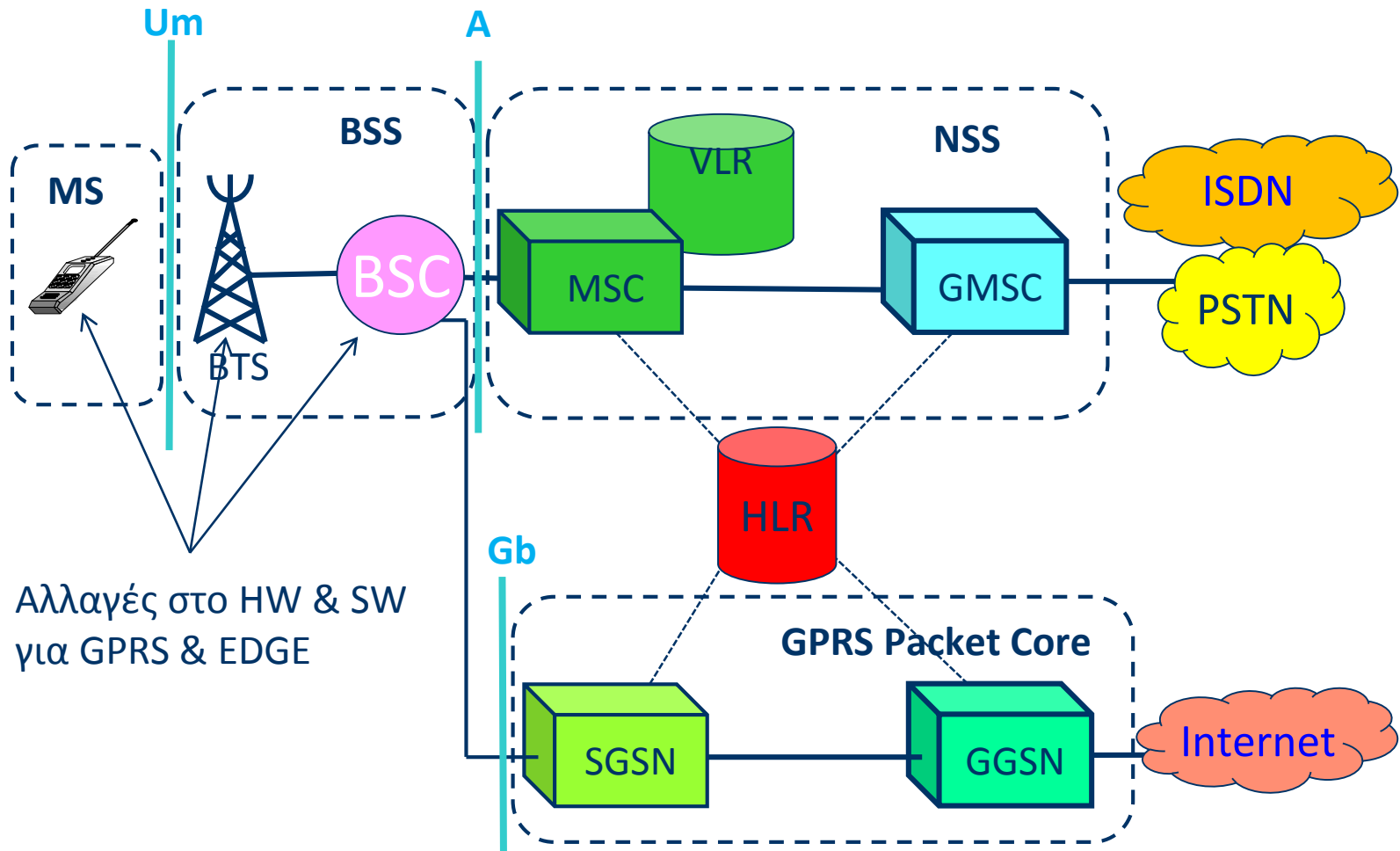


# GPRS (General Packet Radio Service)

- GSM upgrade that provides IP-based packet **data transmission up to 171 kbps (never allowed)**
- Users can “simultaneously” make **calls and send data**
- GPRS provides “always on” **Internet access and the Multimedia Messaging Service (MMS)**
- Performance degrades as number of users increase
- GPRS is an example of 2.5G telephony

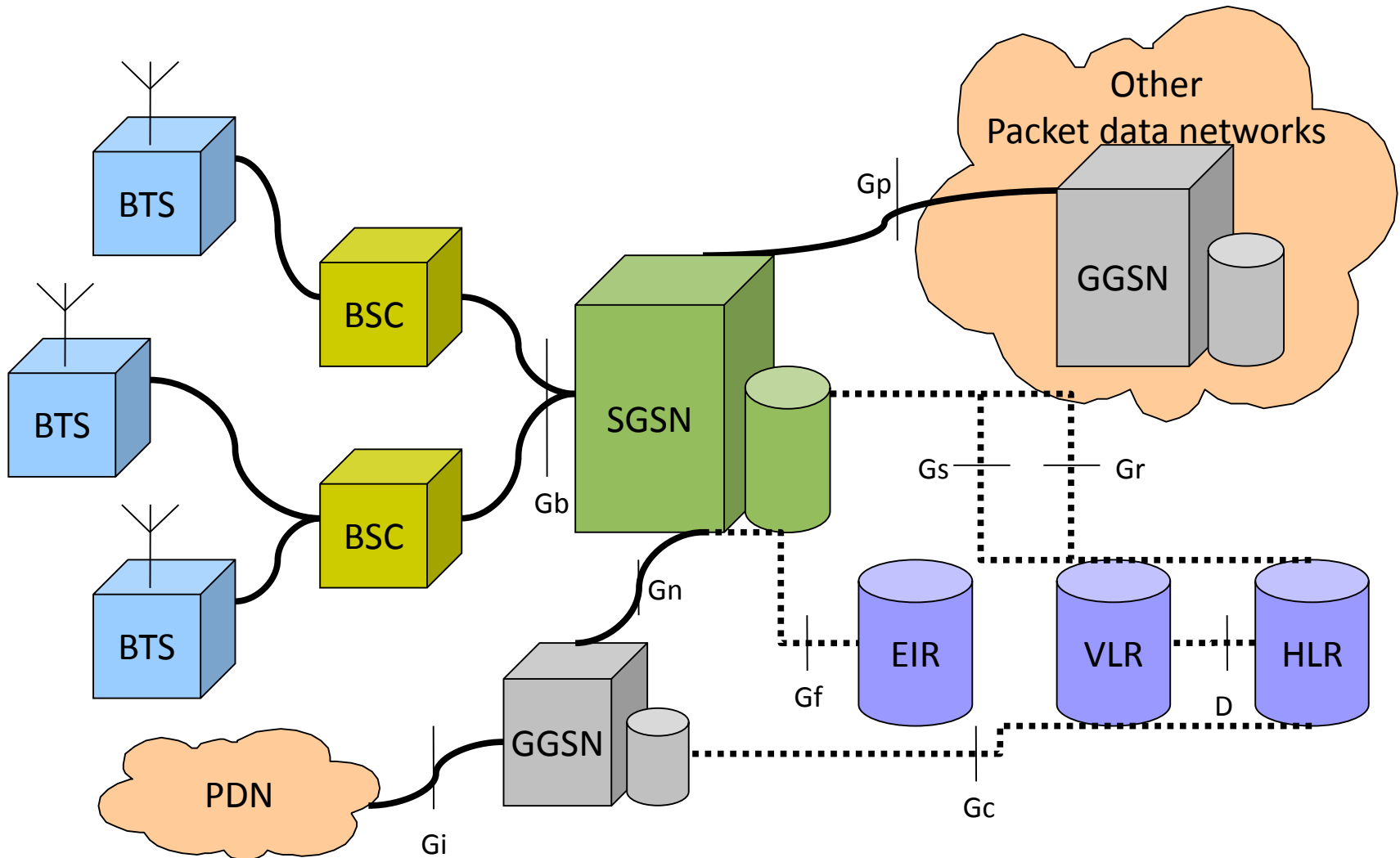


# Φυσική αρχιτεκτονική GSM-GPRS



Εικόνα 17.

# GPRS Architecture



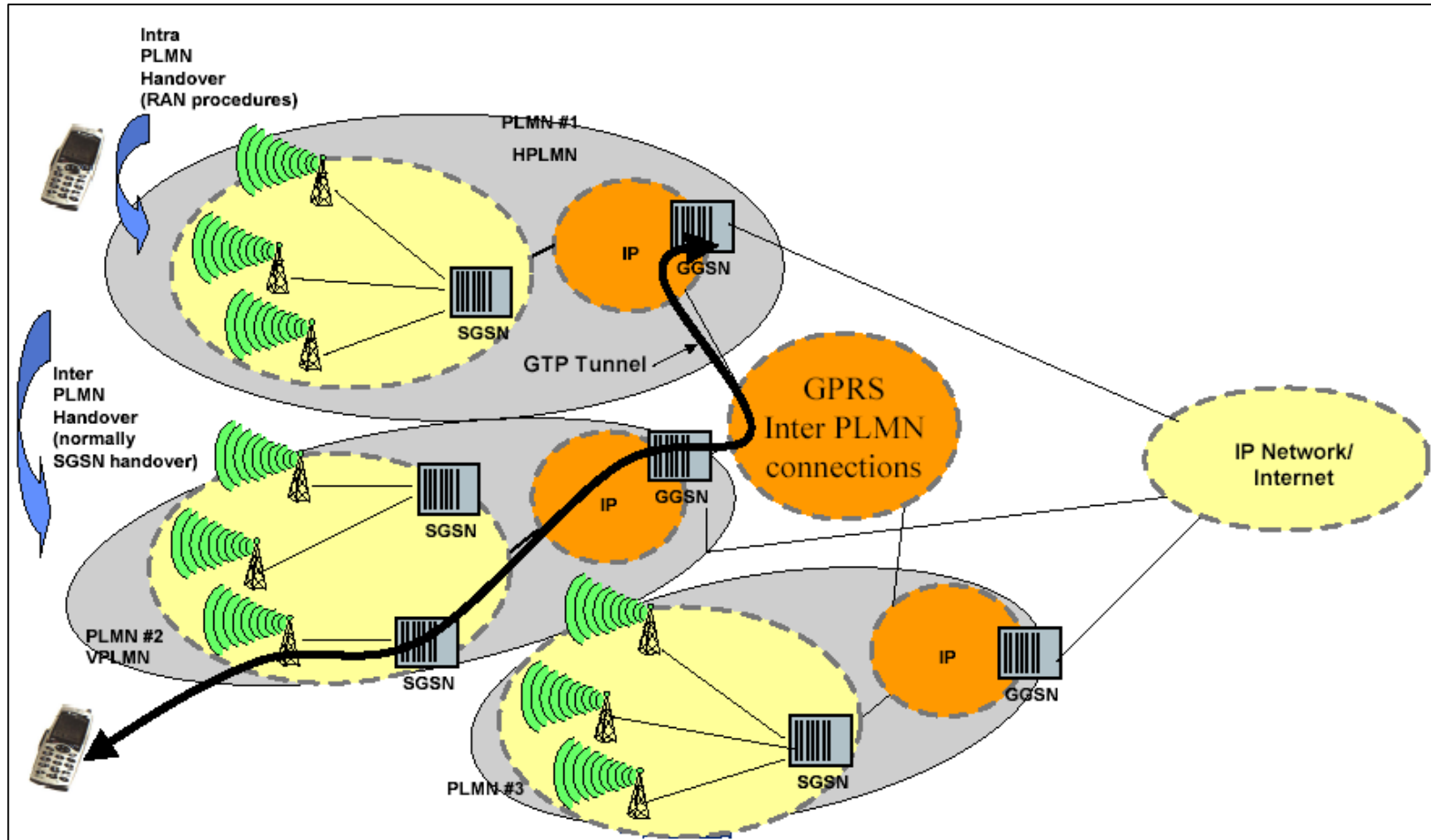


# Main difference with GSM

- **SGSN (Serving GPRS Support Node):** Packet switching with mobility management capabilities. Responsible for the **delivery of data packets from and to the mobile stations** within its geographical service area.
- **GGSN (Gateway GPRS Support Node):** Packet switch **interworking with other data networks** (Internet). Converts the GPRS packets coming from the SGSN into the appropriate packet data protocol format (e.g., IP)



# Routing in GPRS



Εικόνα 18.

# 3GPP Releases

Release	Stage 3: Core specs complete	Main feature of Release
Rel-99	March 2000	UMTS 3.84 Mcps (W-CDMA FDD & TDD)
Rel-4	March 2001	1.28 Mcps TDD (aka TD-SCDMA)
Rel-5	June 2002	HSDPA
Rel-6	March 2005	HSUPA (E-DCH)
Rel-7	Dec 2007	HSPA+ (64QAM DL, MIMO, 16QAM UL). LTE & SAE Feasibility Study, Edge Evolution
Rel-8	Dec 2008	LTE Work item – OFDMA air interface SAE Work item – New IP core network UMTS Femtocells, Dual Carrier HSDPA
Rel-9	Dec 2009	Multi-standard Radio (MSR), Dual Carrier HSUPA, Dual Band HSDPA, SON, LTE Femtocells (HeNB) LTE-Advanced feasibility study, MBSFN
Rel-10	March 2011	LTE-Advanced (4G) work item, CoMP Study Four carrier HSDPA
Rel-11	Sept 2012	CoMP, eDL MIMO, eCA, MIMO OTA, HSUPA TxD & 64QAM MIMO, HSDPA 8C & 4x4 MIMO, MB MSR
Rel-12	March 2013 stage 1	New carrier type, LTE-Direct, Active Antenna Systems

1999



2013

Εικόνα 19.



# 3G

- 3G refers to a **set of standards** that comply to IMT-2000 specifications by ITU
- The following standards are typically branded 3G:
  - the **UMTS system**, first offered in 2001, standardized by **3GPP**, used primarily in Europe
  - the **CDMA2000** system, first offered in 2002, standardized by **3GPP2**, used especially in North America

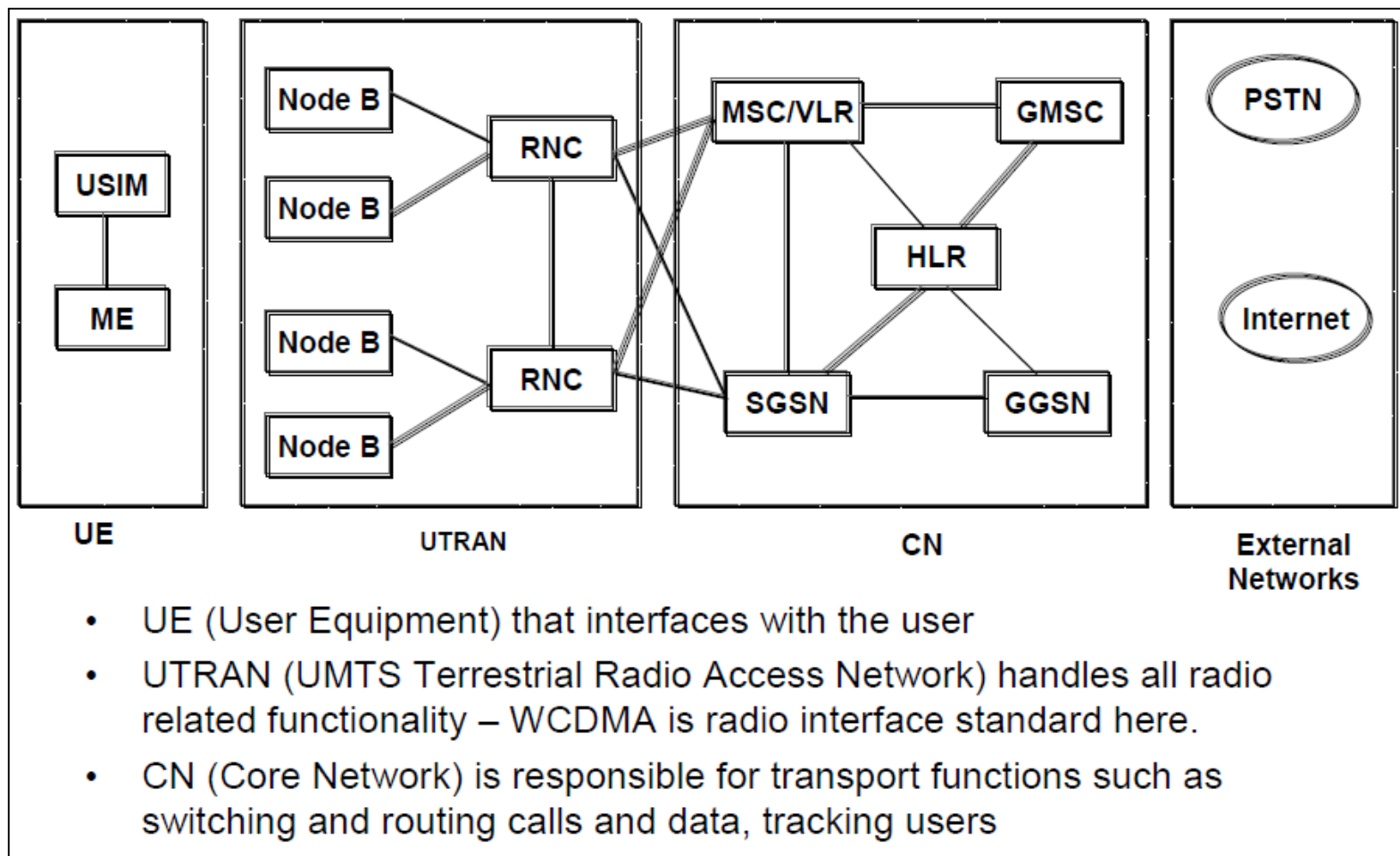


# UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

- Voice quality comparable to the **public switched telephone** network
- **144 Kbps/user** in high-speed motor vehicles
- **384 Kbps/pedestrian** standing or moving slowly over small areas
- **Up to 2 Mbps** for fixed applications like office use
- Symmetrical/asymmetrical data transmission rates
- Support for both **packet switched and circuit switched data** services like Internet Protocol (IP) traffic and real time video



# UMTS Architecture (1)



Εικόνα 20.

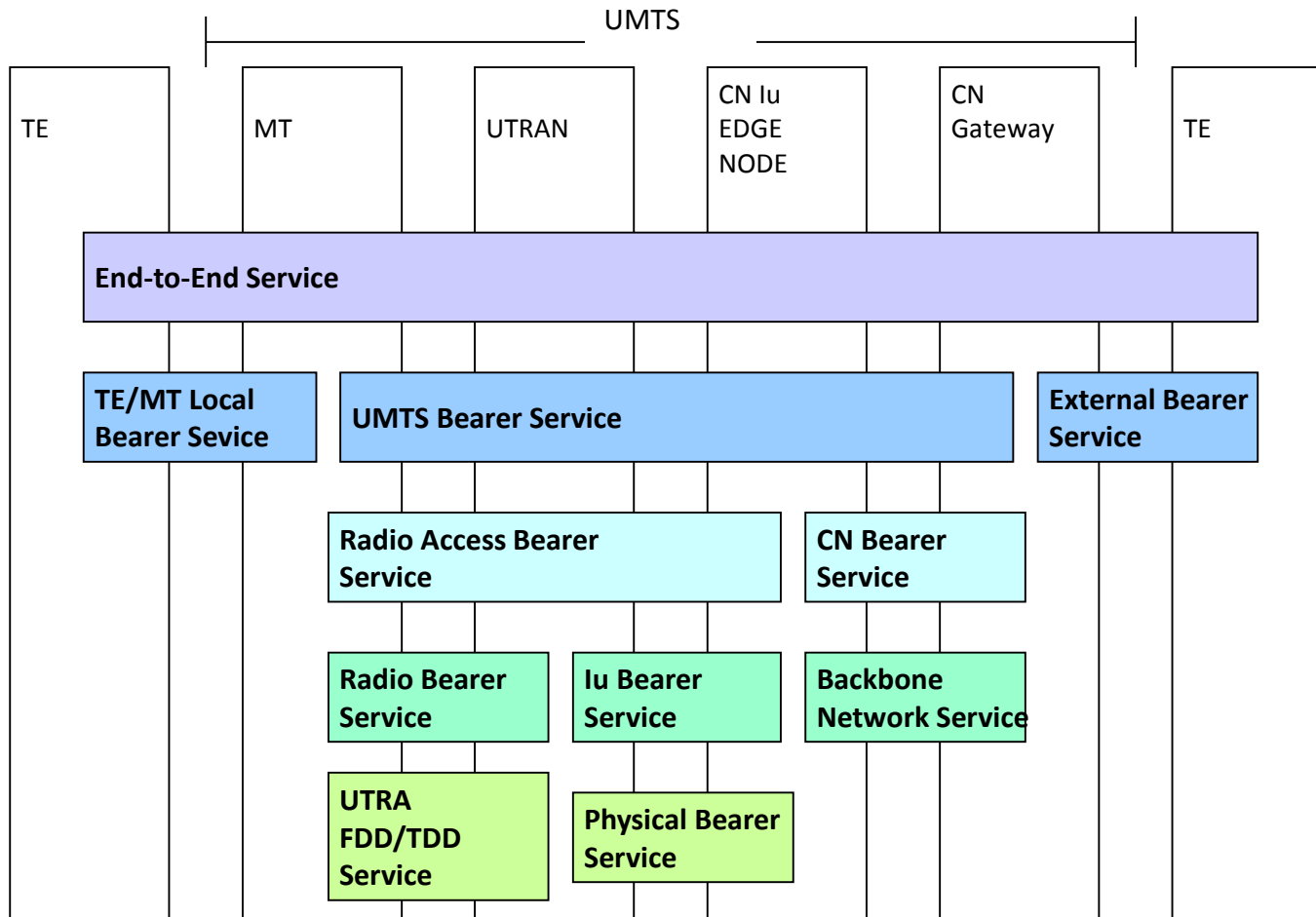


# UMTS Architecture (2)

- UMTS network architecture consists of three domains
  - **Core Network (CN)**: Provide switching, routing and transit for user traffic
  - **UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN)**: Provides the air interface access method for user equipment.
  - **User Equipment (UE)**: Terminals work as air interface counterpart for base stations.



# UMTS Bearer Services



Εικόνα 21.





# UMTS QoS Classes

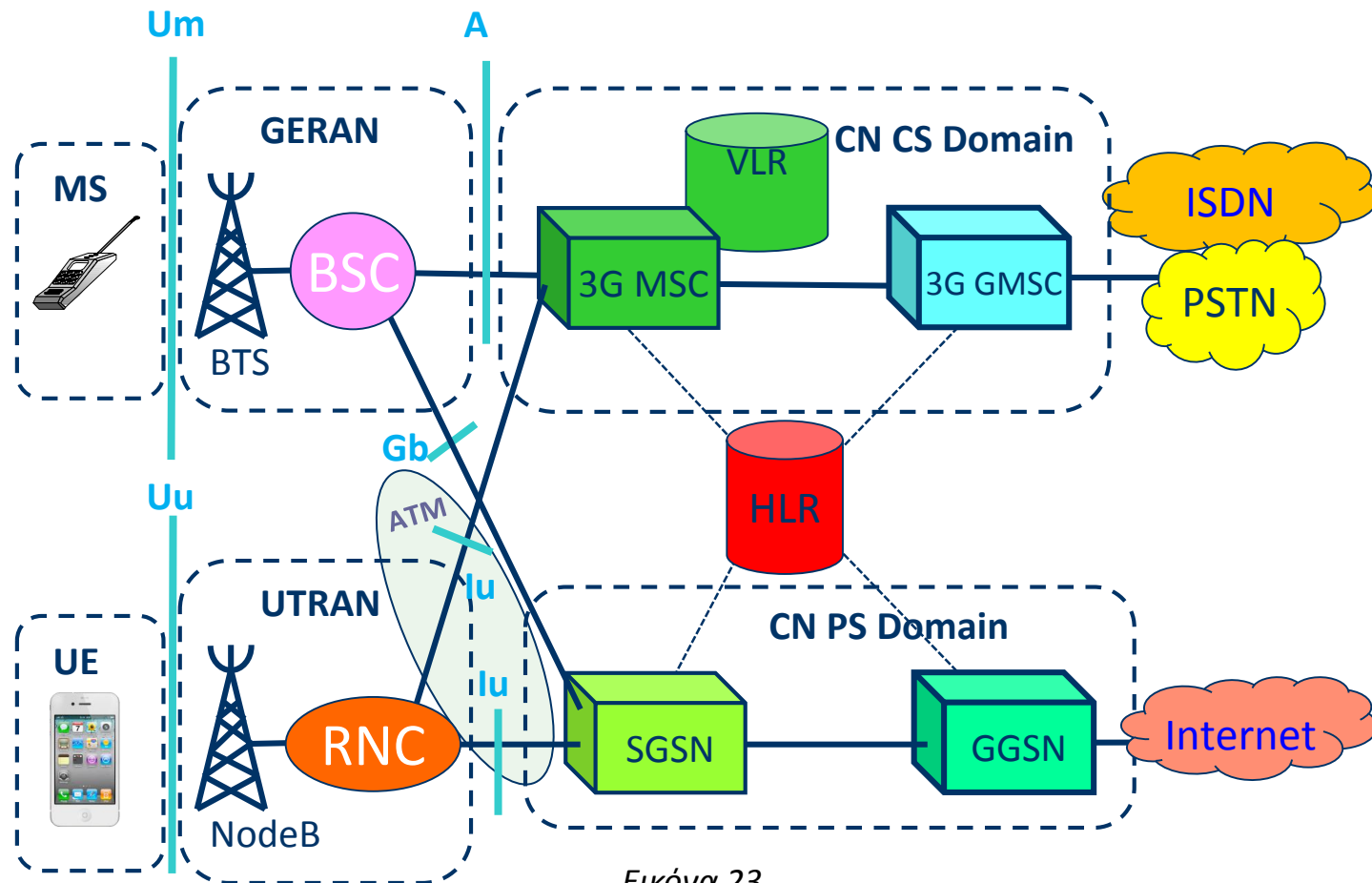
Traffic class	Conversational class	Streaming class	Interactive class	Background
<b>Fundamental characteristics</b>	<p>Preserve time relation between information entities of the stream</p> <p>Conversational pattern (stringent and low delay)</p>	<p>Preserve time relation between information entities of the stream</p>	<p>Request response pattern</p> <p>Preserve data integrity</p>	<p>Destination is not expecting the data within a certain time</p> <p>Preserve data integrity</p>
<b>Example of the application</b>	Voice, videotelephony, video games	Streaming multimedia	Web browsing, network games	Background download of emails

Εικόνα 22.



# Φυσική αρχιτεκτονική 3G

## 3GPP Release 99



Εικόνα 23.

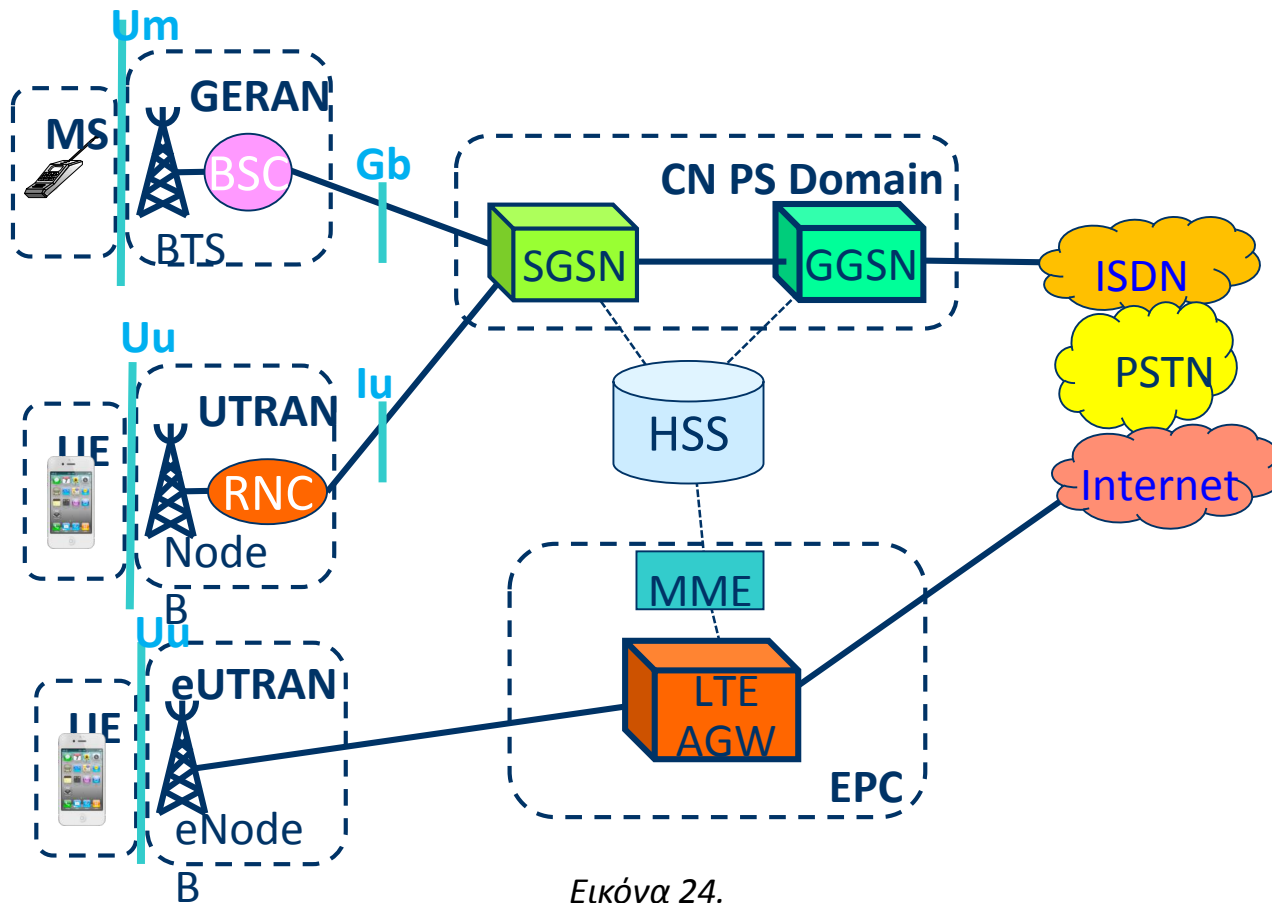
# Από 3G σε 4G... (1)

- UTRAN στο 3G → E-UTRAN στο 4G
- CN στο 3G → EPC (Evolved Packet Core) στο 4G
- NodeB στο 3G → E-NodeB στο 4G
- Όχι RNC όπως στο 3G
- Οι λειτουργίες του RNC εκτελούνται από το eNodeB και το EPC



# Από 3G σε 4G... (2)

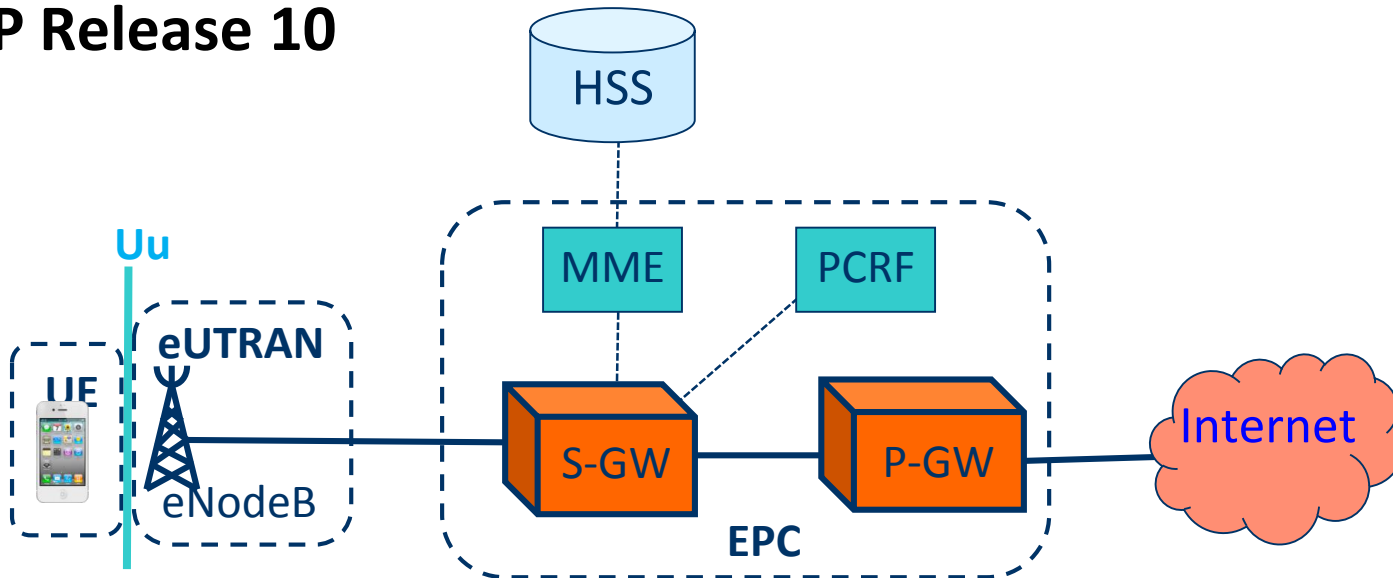
## 3GPP Release 8



Εικόνα 24.

# Φυσική αρχιτεκτονική 4G

## 3GPP Release 10



- S-GW: serving gateway
- P-GW: packet data network gateway
- MME: mobility management entity
- HSS: home subscriber server
- PCRF: policy charging and rule function

Εικόνα 25.

# Τεχνικά Χαρακτηριστικά

	WCDMA (UMTS)	HSPA HSDPA / HSUPA	HSPA+	LTE	LTE ADVANCED (IMT ADVANCED)
Max downlink speed (bps)	384k	14 M	28 M	100 M	1 G
Max uplink speed (bps)	128 k	5.7 M	11 M	50 M	500 M
Latency round trip time (approx.)	150 ms	100 ms	50 ms (max)	~10 ms	Less than 5 ms
3GPP releases	Rel 99/4	Rel 5/6	Rel 7	Rel 8/9	Rel 10
Approx years of initial roll out	2003/4	2005/6 HSDPA 2007/8 HSUPA	2008/9	2009/10	
Access methodology	CDMA	CDMA	CDMA	OFDMA/SC-FDMA	OFDMA/SC-FDMA

Εικόνα 26.



# Key parameters of LTE

<b>Frequency Range</b>	<b>UMTS FDD bands and UMTS TDD bands</b>					
<b>Channel bandwidth</b> 1 Resource Block (RB) =180 kHz	<b>1.4 MHz</b>	<b>3 MHz</b>	<b>5 MHz</b>	<b>10 MHz</b>	<b>15 MHz</b>	<b>20 MHz</b>
	6 RB	15 RB	25 RB	50 RB	75 RB	100 RB
<b>Modulation Schemes</b>	<b>Downlink</b>	QPSK, 16QAM, 64QAM				
	<b>Uplink</b>	QPSK, 16QAM, 64QAM (⇒ optional for handset)				
<b>Multiple Access</b>	<b>Downlink</b>	OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)				
	<b>Uplink</b>	SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access)				
<b>MIMO technology</b>	<b>Downlink</b>	Wide choice of MIMO configuration options for transmit diversity, spatial multiplexing, and cyclic delay diversity (max. 4 antennas at base station and handset)				
	<b>Uplink</b>	Multi-user collaborative MIMO				
<b>Peak Data Rate</b>	<b>Downlink</b>	150 Mbps (UE category 4, 2x2 MIMO, 20 MHz) 300 Mbps (UE category 5, 4x4 MIMO, 20 MHz)				
	<b>Uplink</b>	75 Mbps (20 MHz)				

Εικόνα 27.



# LTE / LTE-A comparison

Technology	LTE	LTE--A
Peak data rate Down Link (DL)	150 Mbps	1 Gbps
Peak data rate Up Link (UL)	75 Mbps	500 Mbps
Transmission bandwidth DL	20MHz	100 MHz
Transmission bandwidth UL	20MHz	40 MHz (requirements as defined by ITU)
Mobility	Optimized for low speeds(<15 km/hr) High Performance At speeds up to 120 km/hr Maintain Links at speeds up to 350 km/hr	Same as that in LTE
Coverage	Full performance up to 5 km	a) Same as LTE requirement b) Should be optimized or deployment in local areas/micro cell environments.
Scalable Band Widths	1.3,3, 5, 10, and 20 MHz	Up to 20–100 MHz
Capacity	200 active users per cell in 5 MHz.	3 times higher than that in LTE

Εικόνα 28.

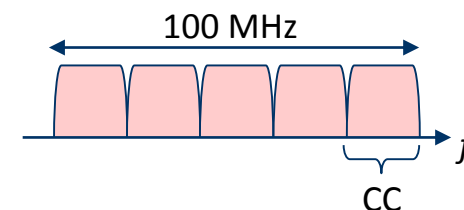




# LTE-A main features (1)

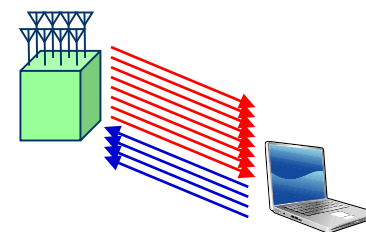
## Support of Wider Bandwidth (Carrier Aggregation)

- Use of multiple component carriers(CC) to extend **bandwidth up to 100 MHz**
- Common physical layer parameters between component carrier and LTE Rel-8 carrier
- **Improvement of peak data rate, backward compatibility with LTE Rel-8**



## Advanced MIMO techniques

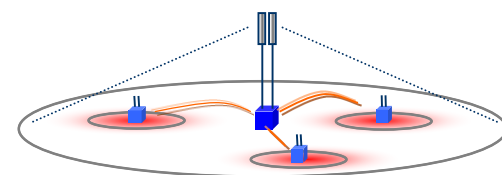
- Extension to up to **8-layer transmission in downlink**
- Introduction of single-user MIMO up to **4-layer transmission in uplink**
- Enhancements of multi-user MIMO
- **Improvement of peak data rate and capacity**



# LTE-A main features (2)

Heterogeneous network and eICIC (enhanced Inter-Cell Interference Coordination)

- **Interference coordination** for overlaid deployment of cells with different Tx power
- **Improvement of cell-edge throughput and coverage**



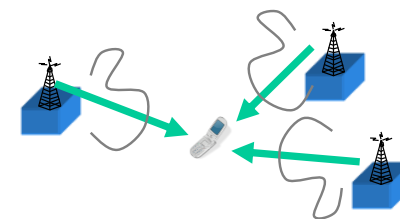
Relay

- Supports radio backhaul and **creates a separate cell** and appear as Rel. 8 LTE eNB to Rel. 8 LTE UEs
- **Improvement of coverage and flexibility of service area extension**

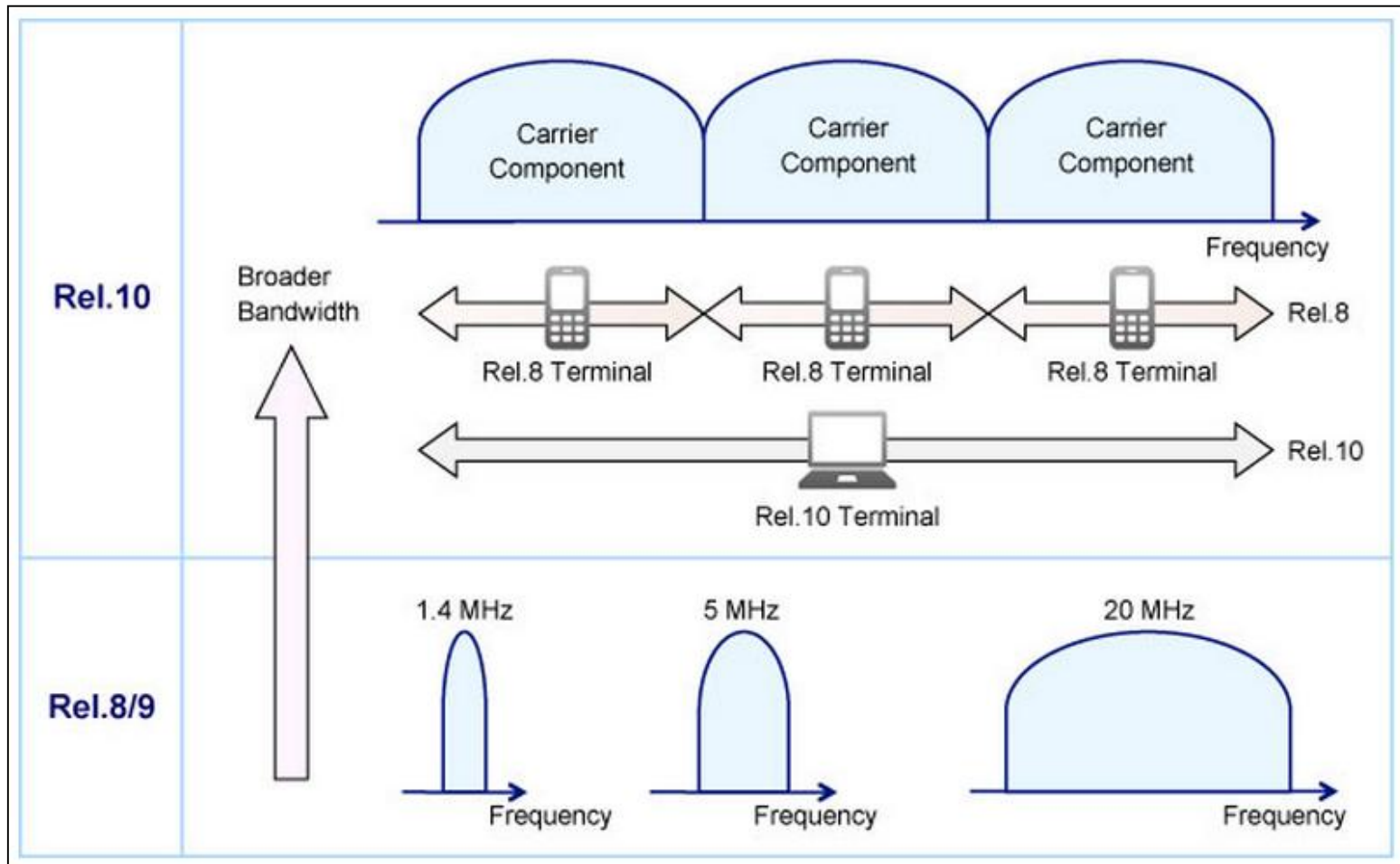


Coordinated Multi-Point transmission and reception (CoMP)

- Support of **multi-cell transmission and reception**
- **Improvement of cell-edge throughput and coverage**

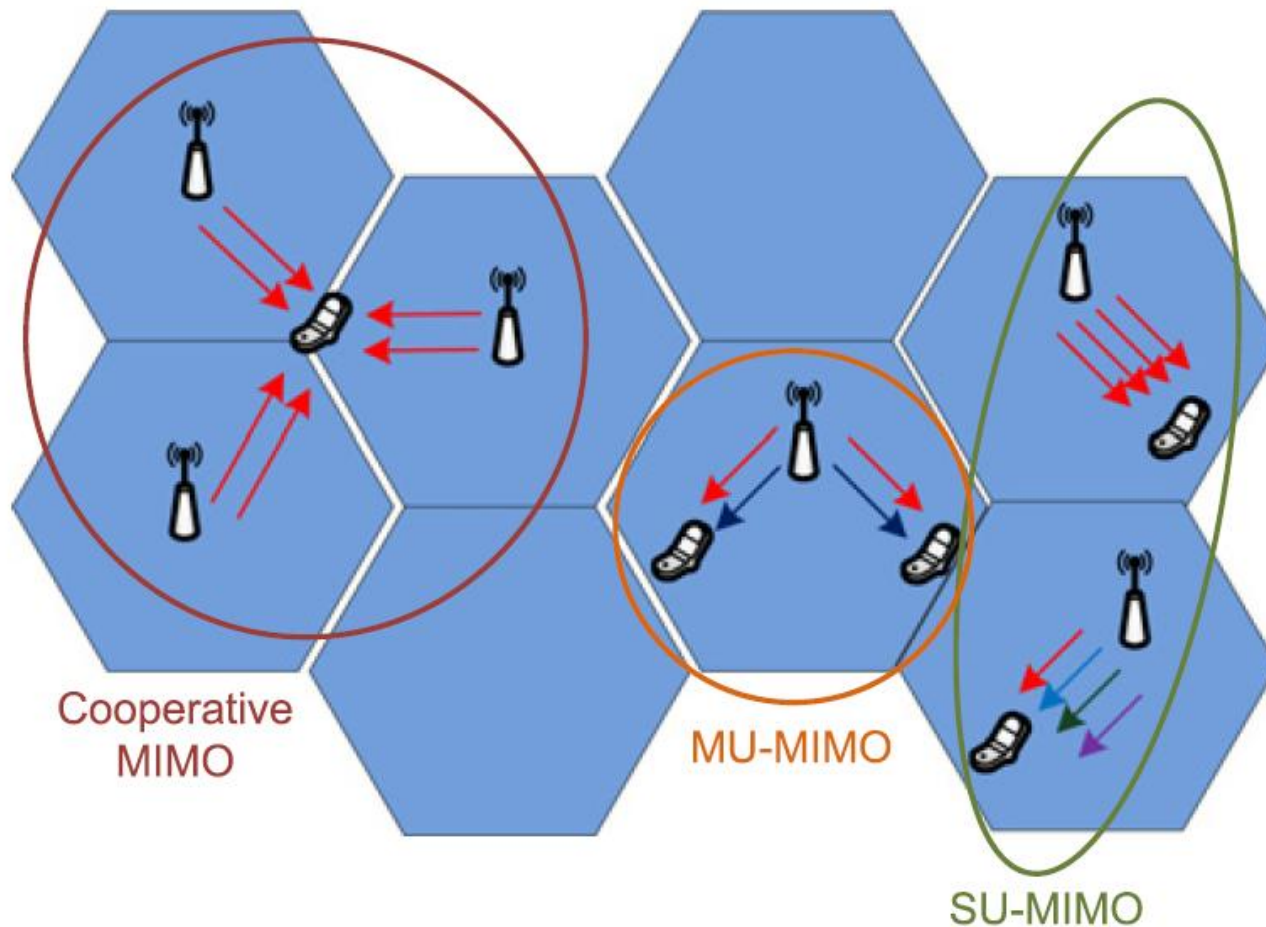


# Carrier aggregation



Εικόνα 29.

# 3 different MIMO capabilities



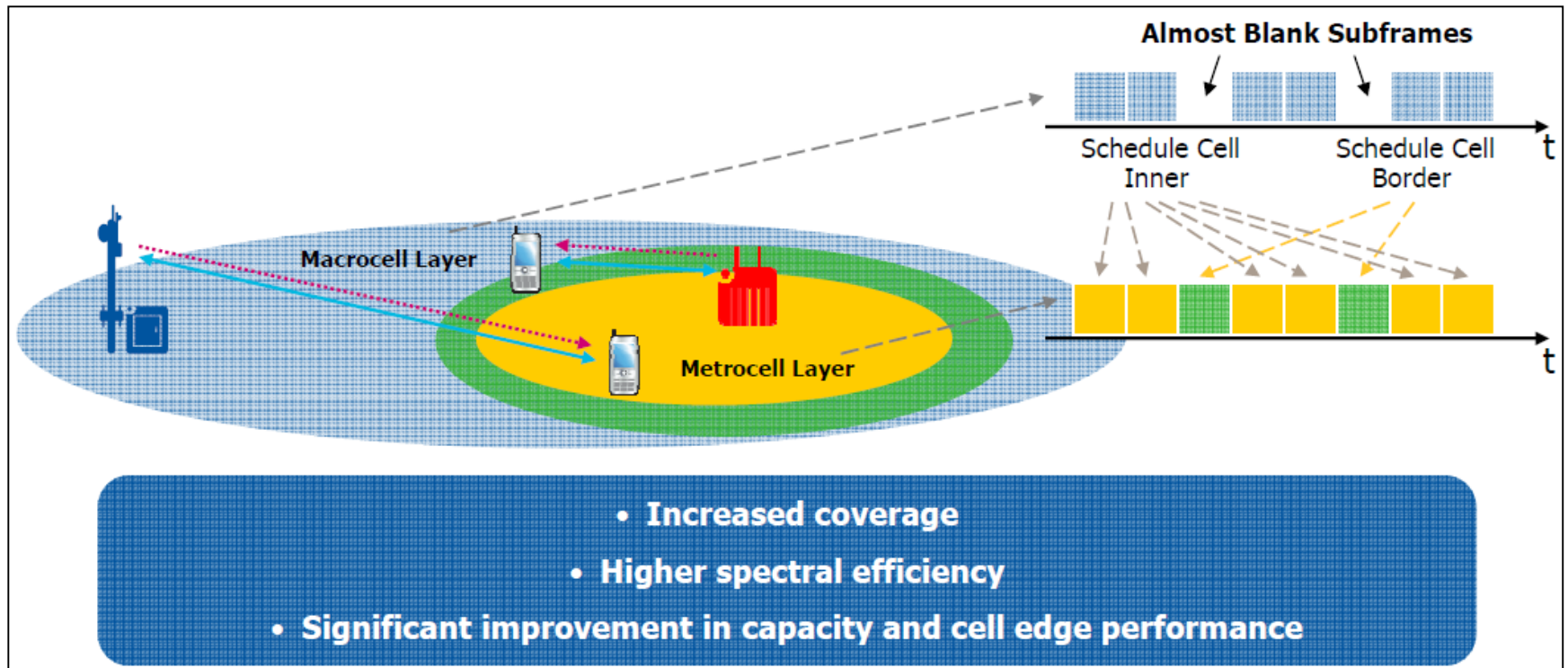
Εικόνα 30.

# enhanced Inter-Cell Interference Coordination (eICIC)

- Coordination between eNBs at different tiers (e.g. femto-macro) to mitigate interference
- Three categories
  - Time-domain: Almost Blank Subframes (ABSFs) at macrocells, where no control or data signals are transmitted.
  - Frequency-domain: Select different frequency channels for victim users in macro and femto
  - Power-domain: Reduce power in femtocell to mitigate interference to macrocell

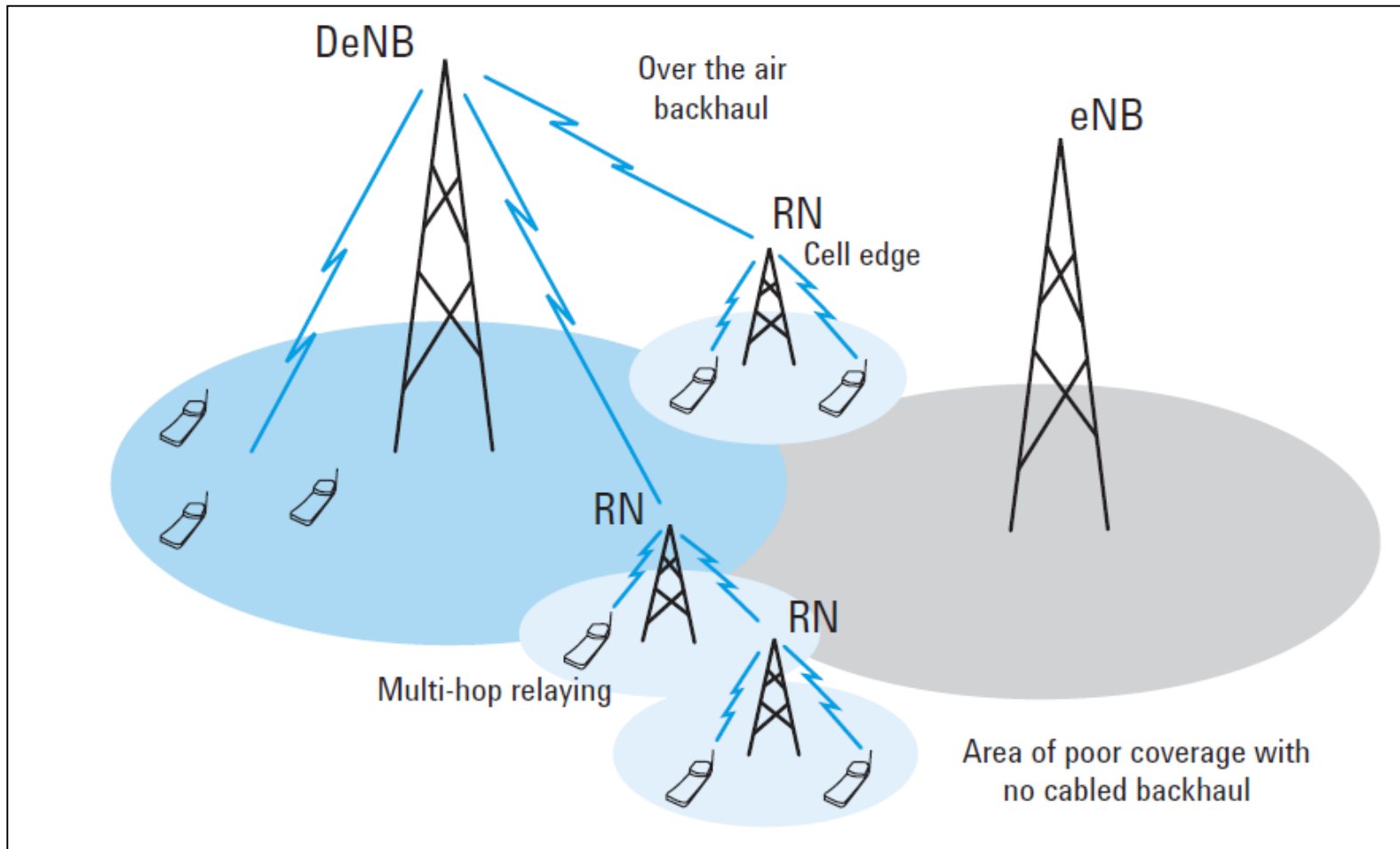


# Almost Blank Subframes



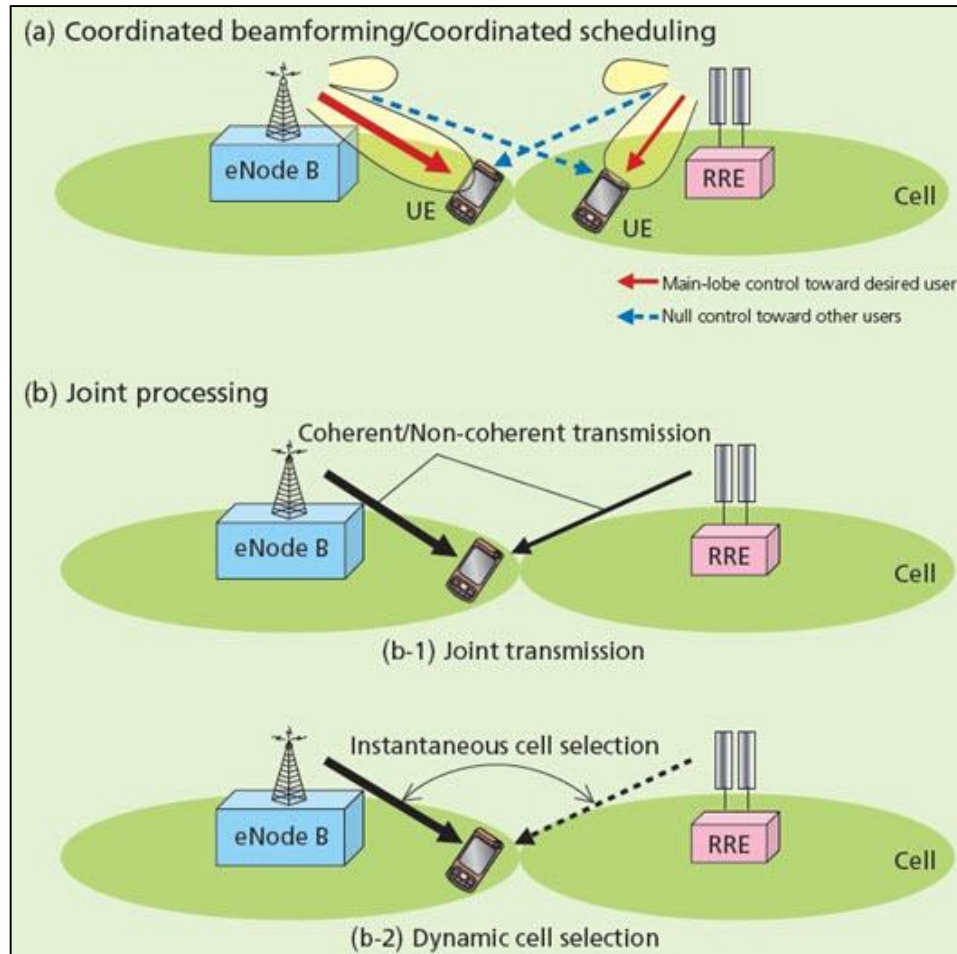
Εικόνα 31.

# Relaying in LTE-A



Εικόνα 32.

# Co-ordinated Multipoint

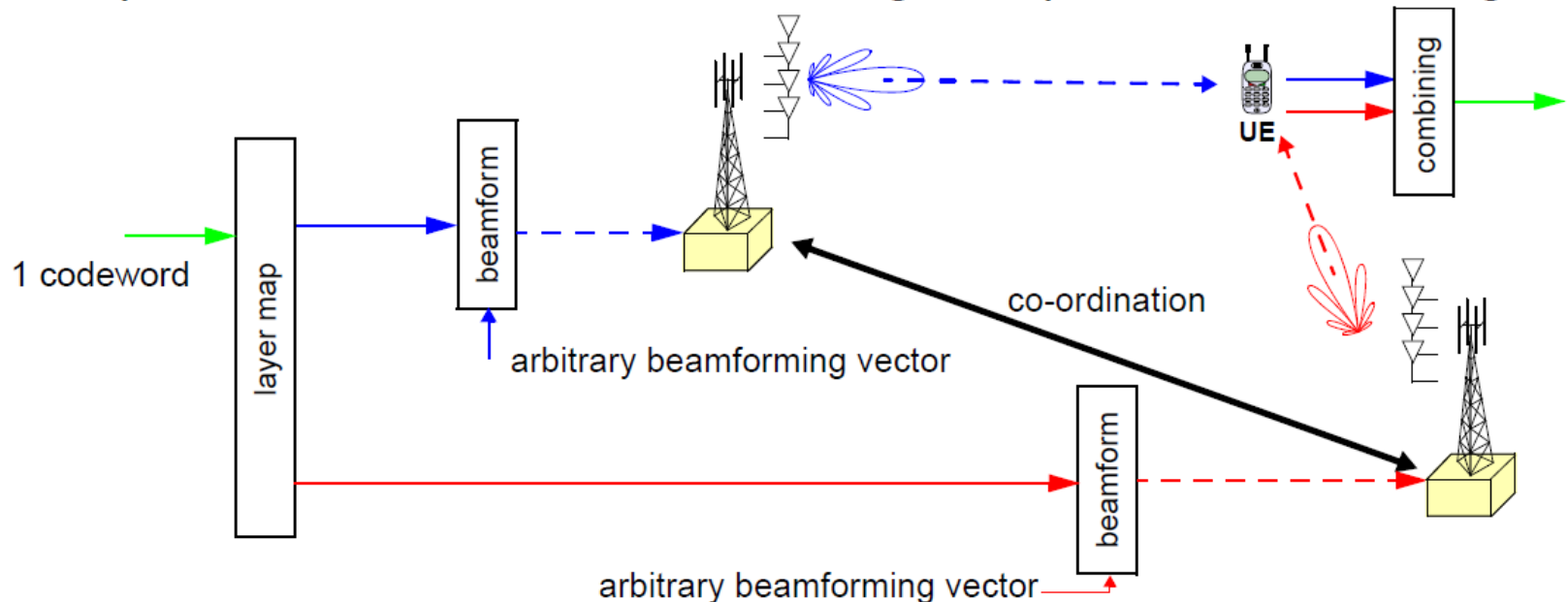


Εικόνα 33.



# CoMP – Joint processing

- Joint Processing Coordinated Multipoint (JP-CoMP): data available at multiple cells. Two techniques:
- Multiple eNBs transmit to one UE using UE-specific reference signals:

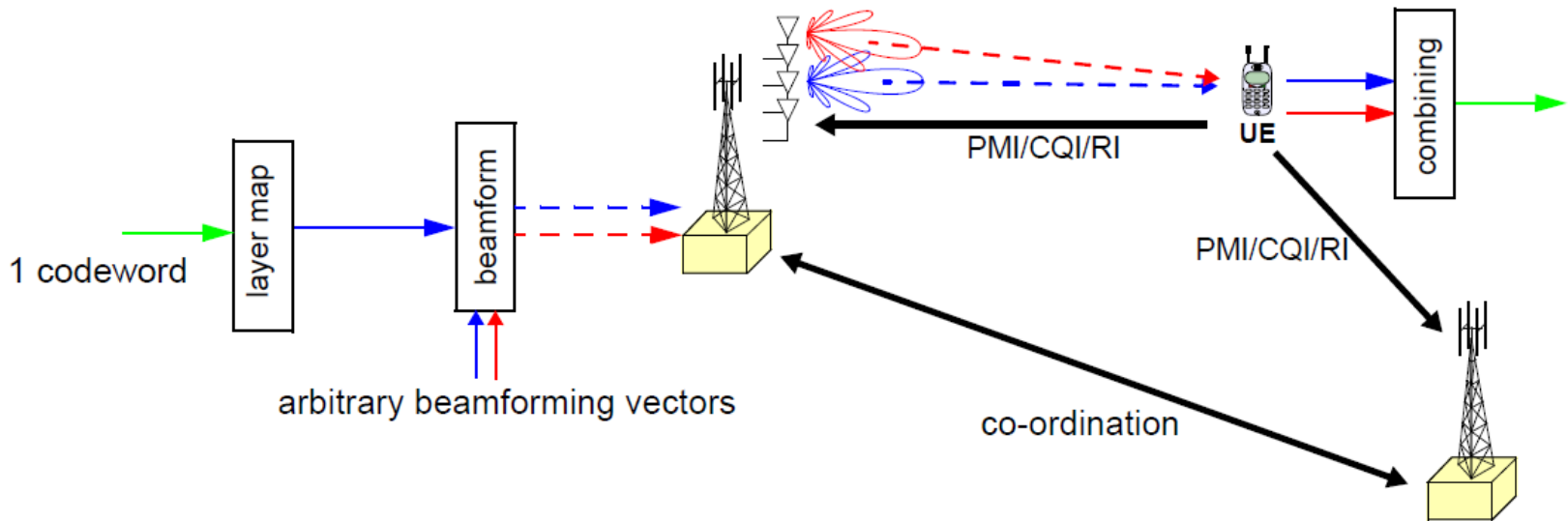


- eNB selection per transmission (UE connected to multiple eNB).

Εικόνα 34.

# CoMP – CS/CB

- Co-ordinated scheduling / co-ordinated beamforming (CS/SB):
  - Data only available at one eNB;
  - eNBs jointly decide scheduling of transmission in time, frequency and space:

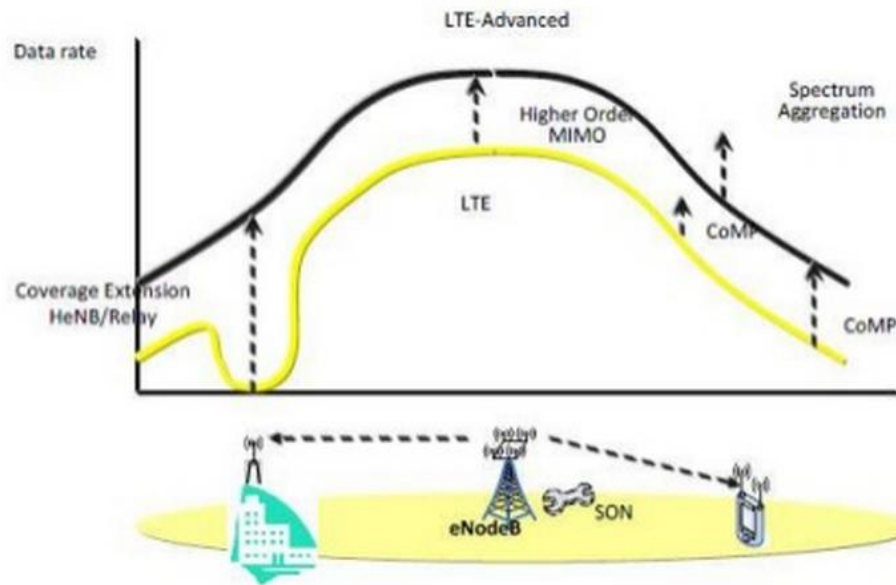


Εικόνα 35.

# LTE – Advanced Improvements

## LTE-Advanced Improvements

- A schematic view on LTE-Advanced improvements



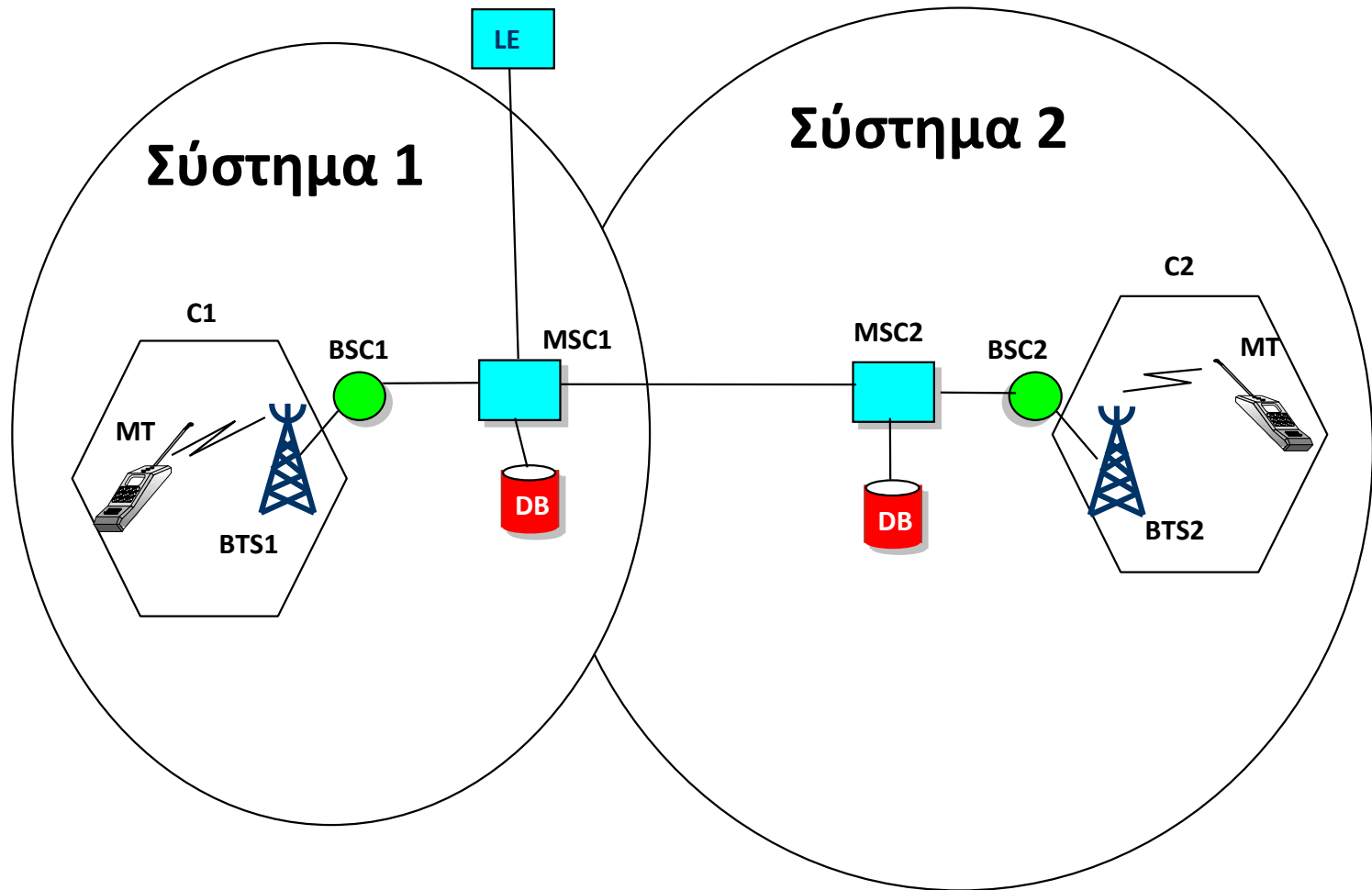
Εικόνα 36.

# Ορολογία κυψελωτών δικτύων

- Οικείο σύστημα (Home system)
- Φιλοξενούν σύστημα (Visited system)
- Απερχόμενη κλήση
- Εισερχόμενη κλήση
- Ελέγχον κέντρο μεταγωγής (κέντρο μεταγωγής πρόσδεσης, anchor MSC)

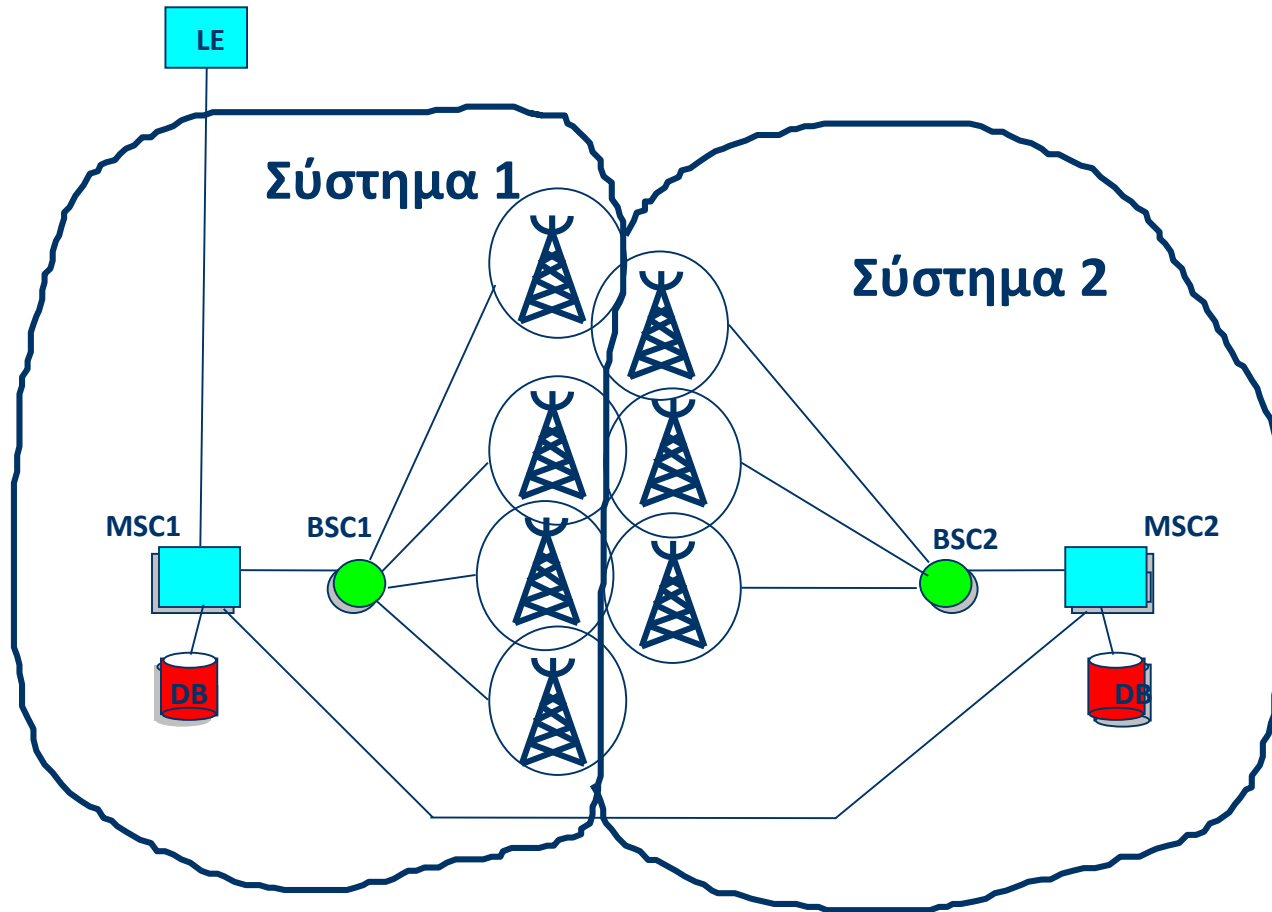


# Κυψελωτή διαδικτύωση



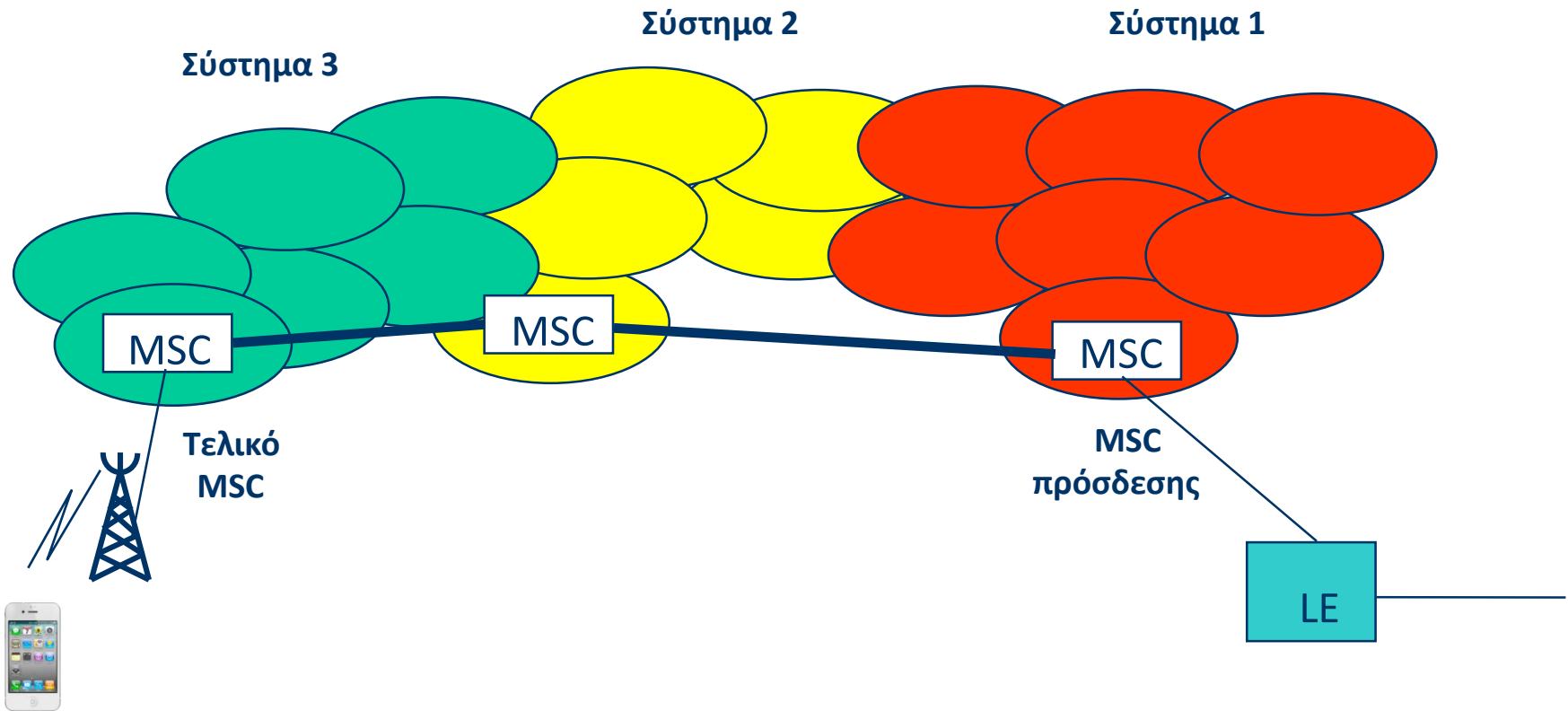
Εικόνα 37.

# Κυψελωτή διαδικτύωση - Φαινόμενο «κορδόνι παπουτσιών»

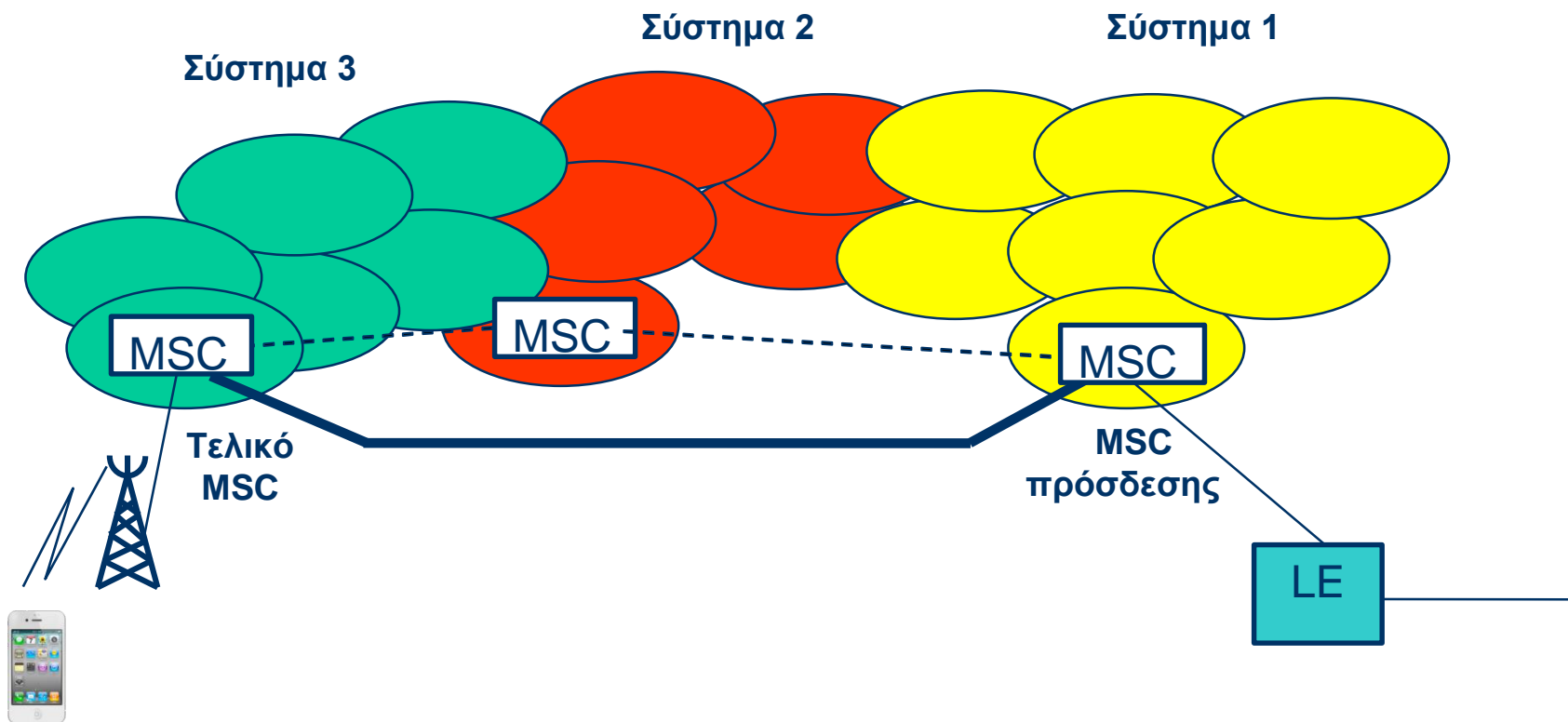


Εικόνα 38.

# Κυψελωτή διαδικτύωση - Φαινόμενο «τρομπόνι» (1)



# Κυψελωτή διαδίκτυωση - Φαινόμενο «τρομπόνι» (2)





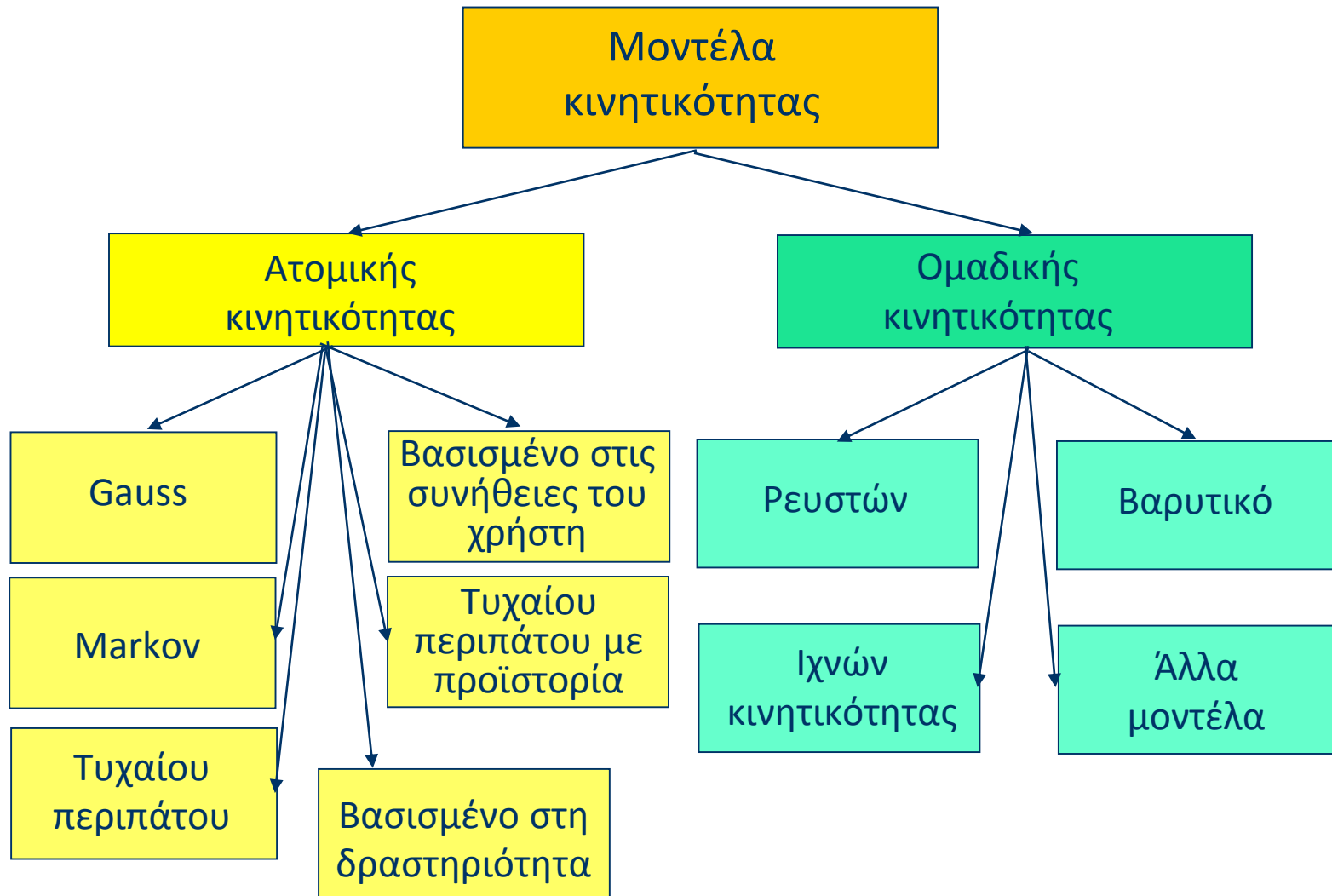
# Μοντέλα κινητικότητας (1)

Υπάρχουν δύο κατηγορίες μοντέλων κινητικότητας που χρησιμοποιούνται στις προσομοιώσεις των δικτύων: τα μοντέλα ιχνών και τα συνθετικά.

- Τα **ίχνη (traces)** είναι τα σχέδια κινητικότητας που παρατηρούνται σε πραγματικά συστήματα. Τα ίχνη παρέχουν ακριβείς πληροφορίες, ειδικά όταν εμπλέκουν μεγάλο αριθμό συμμετεχόντων για μια κατάλληλα μεγάλη περίοδο.
- Τα **συνθετικά** μοντέλα προσπαθούν να αναπαραστήσουν ρεαλιστικά την κίνηση των κινητών τερματικών χωρίς τη χρήση ιχνών.
  - Είναι λιγότερο ρεαλιστικά και υπάρχει ανάγκη κατανόησης των μοντέλων πριν τα χρησιμοποιήσουμε.



# Μοντέλα κινητικότητας (2)



# Μοντέλο ρευστών (1)

- Υπολογίζει τον μέσο ρυθμό διελεύσεων κινητών τερματικών από τα όρια μιας γενικευμένης περιοχής.
- Η περιοχή χαρακτηρίζεται από:
  - Την πυκνότητα των τερματικών σε κάθε σημείο,  $\sigma = \sigma(x,y)$ ,
  - Τη μέση τιμή της συνιστώσας της ταχύτητας, που είναι κάθετη στην περιβάλλουσα της περιοχής με κατεύθυνση προς τα έξω και ορίζεται σε κάθε σημείο  $(x,y)$  από τη συνάρτηση  $V_n = V_n(x,y)$ .
  - $V_n = 0$ , όταν το κινητό κατευθύνεται προς τα μέσα.



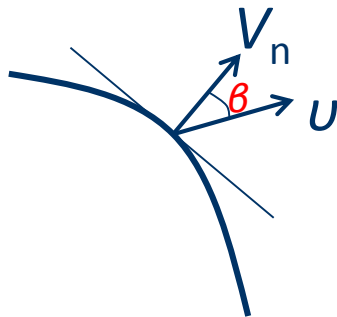
# Μοντέλο ρευστών (2)

$$N_{out} = \int_L \sigma \cdot V_n \cdot dl$$

ΜΤ με τυχαία κατεύθυνση, ομοιόμορφα κατανεμημένη και ίδια μέση ταχύτητα προς όλες τις κατευθύνσεις.

$$V_n = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v \cdot f(\beta) \cdot d\beta$$

$$f(\beta) = \begin{cases} \cos \beta, & \text{αν } \cos \beta \geq 0 \\ 0, & \text{αν } \cos \beta < 0 \end{cases}$$



$$V_n = \frac{v}{\pi}$$

# Μοντέλο ρευστών (3)

$$N_{out} = \int_L \frac{\sigma \cdot \upsilon}{\pi} \cdot dl$$

$$N_{out} = \frac{\sigma \cdot \upsilon}{\pi} \cdot P$$

$$N_{out} = \frac{N \cdot \upsilon \cdot P}{\pi A}$$

$$\eta = \frac{N_{out}}{N} = \frac{\upsilon \cdot P}{\pi A}$$

Ρυθμός διέλευσης κινητού τερματικού από τα όρια της περιοχής, προς τα μέσα ή προς τα έξω



Τέλος Ενότητας

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την 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.



Σημειώματα



# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση διαθέσιμη [εδώ](#).



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Νικόλαος Πασσάς 2015. Νικόλαος Πασσάς. «Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών, Αρχιτεκτονική των κυψελωτών συστημάτων». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<http://opencourses.uoa.gr/courses/DI118>.



# 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 (1/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

## Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

**Εικόνα 1:** «Heterogeneous cellular network Hasan et al. (2011)». Copyrighted.  
<http://scialert.net/fulltext/?doi=jas.2012.1418.1431&org=11>

**Εικόνα 2:** «Advantages of 8-antenna double-stream beamforming technology». Copyrighted.  
<http://en.datanggroup.cn/templates/Article%20List/index.aspx?nodeid=20&page=ContentPage&contentid=86>

**Εικόνα 3:** «Λειτουργίες που δεν σχετίζονται με τις κλήσεις, Ενημέρωση θέσης». Copyrighted.

**Εικόνα 4:** «Μεταπομπή». Copyrighted.

**Εικόνα 5:** «Μεταπομπή (Handoff)». Copyrighted.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/6)

**Εικόνα 6:** «Before handoff». Copyrighted.

<http://electronicsgurukulam.blogspot.gr/2012/08/handoff-in-cellular-system.html>

**Εικόνα 7:** «Soft Handover». Copyrighted. <http://www.althosbooks.com/intowc.html>

**Εικόνα 8:** «Before and after handoff ». Copyrighted.

<http://electronicsgurukulam.blogspot.gr/2012/08/handoff-in-cellular-system.html>

**Εικόνα 9:** «Soft Handover». Copyrighted. <http://www.3glteinfo.com/soft-softer-handover-in-umts-system/>

**Εικόνα 10:** «Softer Handover». Copyrighted. <http://www.3glteinfo.com/soft-softer-handover-in-umts-system/>

**Εικόνα 11:** «Horizontal handover». Copyrighted. <http://www.ijser.org/paper/A-Network-Detection-and-Selection-Scheme-in-Heterogeneous-Wireless-Network.html>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/6)

**Εικόνα 12:** «Vertical handover». Copyrighted. <http://www.ijser.org/paper/A-Network-Detection-and-Selection-Scheme-in-Heterogeneous-Wireless-Network.html>

**Εικόνα 13:** «Λειτουργικό μοντέλο». Copyrighted.

**Εικόνα 14:** «Λειτουργικό μοντέλο (2)». Copyrighted.

**Εικόνα 15:** «Φυσική αρχιτεκτονική, Φυσικές οντότητες». Copyrighted.

**Εικόνα 16:** «Φυσική αρχιτεκτονική GSM». Copyrighted.

**Εικόνα 17:** «Φυσική αρχιτεκτονική GSM-GPRS». Copyrighted.

**Εικόνα 18:** «Routing in GPRS». Copyrighted.  
<http://www.slideshare.net/Garry54/gprs-4450468>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/6)

**Εικόνα 19:** «3GPP Releases». Copyrighted.

<http://www.slideshare.net/zahidtg/3gpp-lte-standards-update-release-11-12-and-beyond>

**Εικόνα 20:** «UMTS Architecture». Copyrighted. <http://file.scirp.org/Html/11-6101327/3ce3ea3d-d6cd-4473-904e-4f0470f0ecec.jpg>

**Εικόνα 21:** «UMTS Bearer Services». Copyrighted.

**Εικόνα 22:** «UMTS QoS Classes». Copyrighted.

[http://www.cs.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/cellular\\_qos/index.html](http://www.cs.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/cellular_qos/index.html)

**Εικόνα 23:** «Φυσική αρχιτεκτονική 3G, 3GPP Release 99». Copyrighted.

**Εικόνα 24:** «3GPP Release 8». Copyrighted.

**Εικόνα 25:** «3GPP Release 10». Copyrighted.





# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/6)

**Εικόνα 26:** «Τεχνικά Χαρακτηριστικά». Copyrighted.

**Εικόνα 27:** «Key parameters of LTE». Copyrighted.

**Εικόνα 28:** «LTE / LTE-A comparison». Copyrighted.

<http://www.slideshare.net/DfunZoneNet/lte-advanced-52818896>

**Εικόνα 29:** «Carrier aggregation». Copyrighted. <http://tweet4tutorial.com/wp-content/uploads/2014/04/Untitled1.gif>

**Εικόνα 30:** «3 different MIMO capabilities». Copyrighted.

<http://image.slidesharecdn.com>

**Εικόνα 31:** «Almost Blank Subframes». Copyrighted.

**Εικόνα 32:** «Relaying in LTE-A». Copyrighted.

[http://www.mem.com.tw/article\\_content.asp?sn=1109070009&page=2](http://www.mem.com.tw/article_content.asp?sn=1109070009&page=2)



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/6)

**Εικόνα 33:** «Co-ordinated Multipoint». Copyrighted.

[https://poplar007.files.wordpress.com/2011/03/comp\\_nttdocomo\\_2.jpg](https://poplar007.files.wordpress.com/2011/03/comp_nttdocomo_2.jpg) via 3g4g.blogspot.com

**Εικόνα 34:** «CoMP – Joint processing». Copyrighted.

**Εικόνα 35:** «CoMP – CS/CB». Copyrighted.

**Εικόνα 36:** «LTE – Advanced Improvements». Copyrighted.

<http://www.slideshare.net/allabout4g/lteadvanced-overview>

**Εικόνα 37:** «Κυψελωτή διαδικτύωση». Copyrighted.

**Εικόνα 38:** «Κυψελωτή διαδικτύωση - Φαινόμενο «κορδόνι παπουτσιών». Copyrighted.

**Λοιπές εικόνες και σχήματα:** Πηγή: Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών, 2η έκδοση, Μ.Ε. Θεολόγου, Εκδόσεις Τζιόλας. Copyrighted.

