



Πανεπιστήμιο Αιγαίου

ΔΙΚΤΥΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Ενότητα 6 : Αρχιτεκτονική των κυψελωτών συστημάτων

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



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περίληψη

4

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

Κυψελωτά Συστήματα

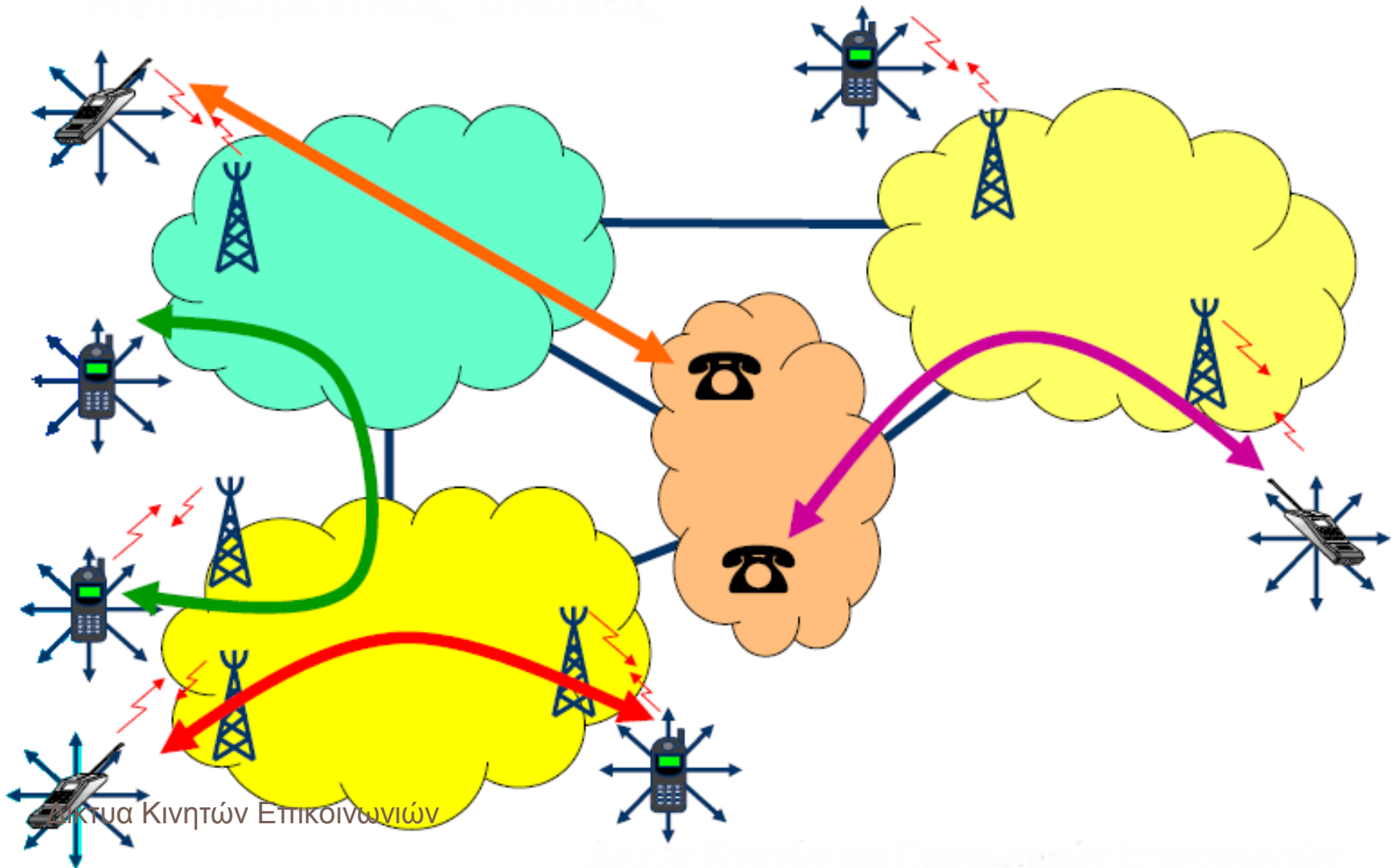
5

- **Αντικειμενικός σκοπός**
 - Η υποστήριξη των επικοινωνιών μεταξύ χρηστών κυψελωτών συστημάτων, αλλά και μεταξύ χρηστών κυψελωτών συστημάτων και χρηστών σταθερών δικτύων, οποιαδήποτε χρονική στιγμή
 - 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

6

□ Αντικειμενικός σκοπός



Κυψελωτά Συστήματα

7

- Παρακολουθείται διαρκώς η θέση του κινητού τερματικού (χρήστη), ώστε να είναι εύκολο να εντοπισθεί όταν δέχεται κλήση
- Κατά τη διάρκεια της κλήσης, αν η στάθμη ισχύος πέσει κάτω από μια συγκεκριμένη τιμή, λαμβάνει χώρα αυτόματα η διαπομπή
 - εξεύρεση του καλύτερου σταθμού βάσης για την κάλυψη του τερματικού
 - εκχώρηση ενός νέου διαύλου από τον καλύτερο σταθμό βάσης
 - μεταφορά της επικοινωνίας στον νέο σταθμό βάσης (νέα κυψέλη)

Κυψελωτά Συστήματα

8

- 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 την διαπομπή πρέπει να εξασφαλίζεται και η ίδια ποιότητα υπηρεσίας

Κυψελωτά Συστήματα

9

- **Άποψη των παρόχων**
 - ▣ Εξυπηρέτηση των χρηστών του δικτύου τους κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο
 - ▣ Μεγιστοποίηση του κέρδους τους

Κυψελωτά Συστήματα

10

- **Ο αντικειμενικός σκοπός των παρόχων επιτυγχάνεται**
 - ▣ με αύξηση του χρόνου χρησιμοποίησης του ασύρματου interface
 - ▣ με περιορισμό της χρήσης του δικτύου από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες
 - ▣ με ελεύθερο ανταγωνισμό
 - τιμολογιακή πολιτική
 - ελκυστικές υπηρεσίες

Κυψελωτά Συστήματα

- Κυψελωτή δικτύωση
 - παράδοση κλήσεων από ένα σύστημα σε άλλο, το οποίο βρίσκεται γεωγραφικά σε πολύ μεγάλη απόσταση (περιαγωγή)
 - η κυψελωτή δικτύωση είναι μια αρχιτεκτονική κυψελωτών συστημάτων που παρέχει σε ξεχωριστές ή επικαλυπτόμενες περιοχές κάλυψης ένα περιβάλλον, όπου οι κλήσεις αντιμετωπίζονται με συναφή τρόπο

Κυψελωτή Δικτύωση

12

- Βασική ιδέα της δικτύωσης
 - 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 υπηρεσίας συνοδεύουν τον χρήστη, όταν αυτός μετακινείται σε άλλες χώρες

Κυψελωτή Δικτύωση

13

□ Άποψη παρόχων

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

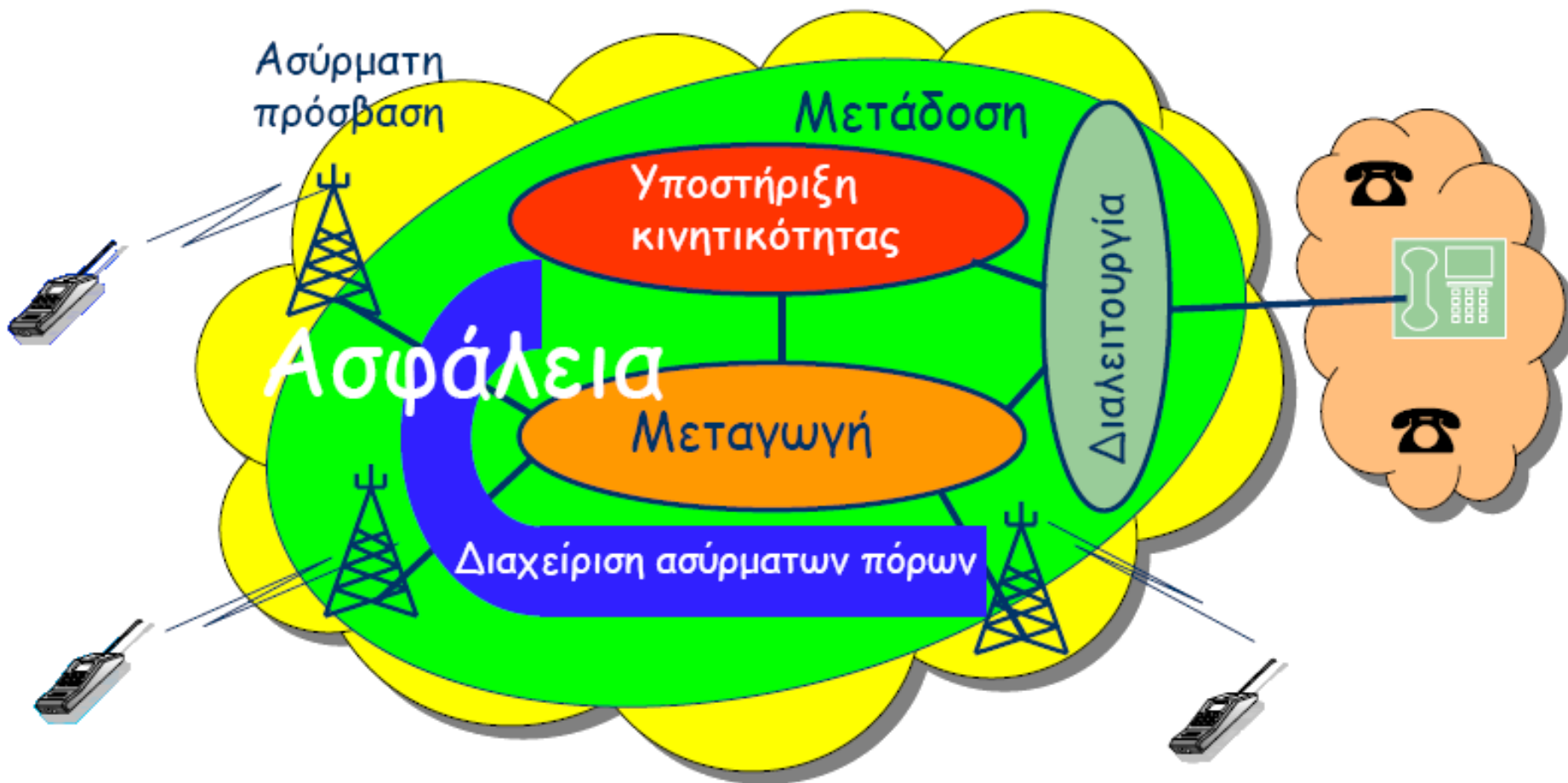
Κυψελωτά Συστήματα

14

- **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 ταξιδεύει σε άλλες πόλεις ή χώρες

Κυψελωτά Συστήματα

15



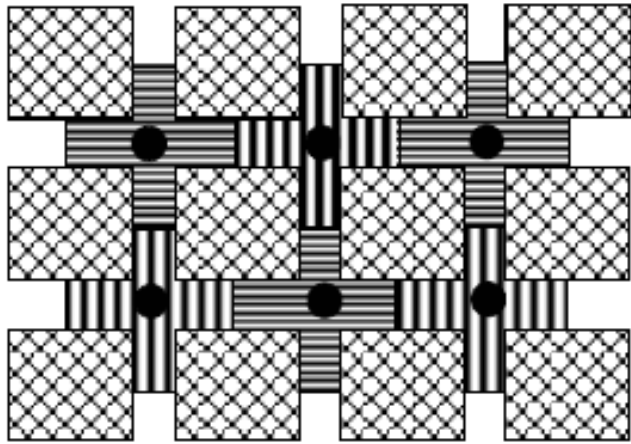
Ασύρματη Πρόσβαση

16

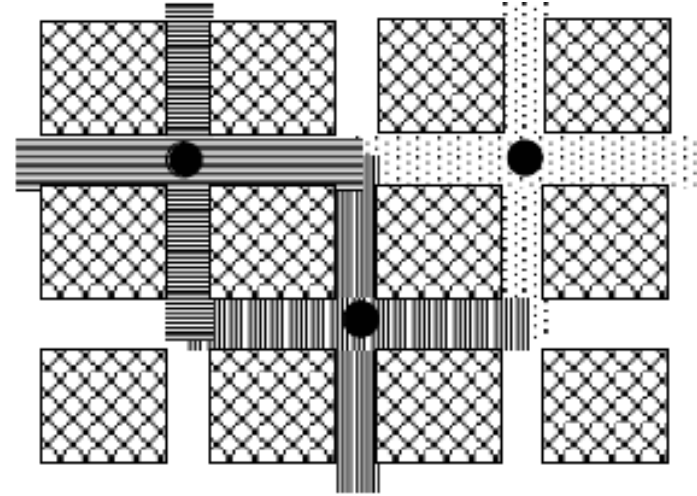
- Κατάλληλη τοποθέτηση σταθμών βάσης σε όλη την περιοχή κάλυψης του συστήματος
- Βελτίωση της φασματικής απόδοσης
 - Διάσπαση κυψελών
 - Χωρισμός κυψελών σε τομείς
 - Μικροκυψελικά συστήματα
 - Ιεραρχικές αρχιτεκτονικές κάλυψης

Ασύρματη Πρόσβαση – Μικροκυψέλες

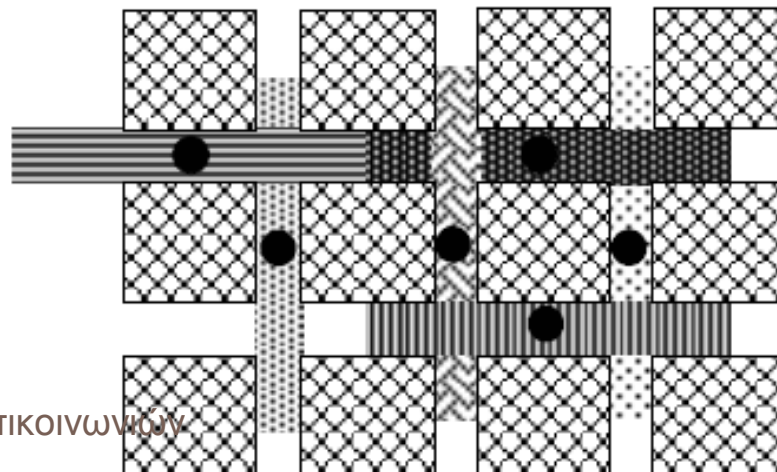
17 Σταυροειδείς μισού τετραγώνου



Σταυροειδείς ολόκληρου τετραγώνου



Ευθύγραμμες



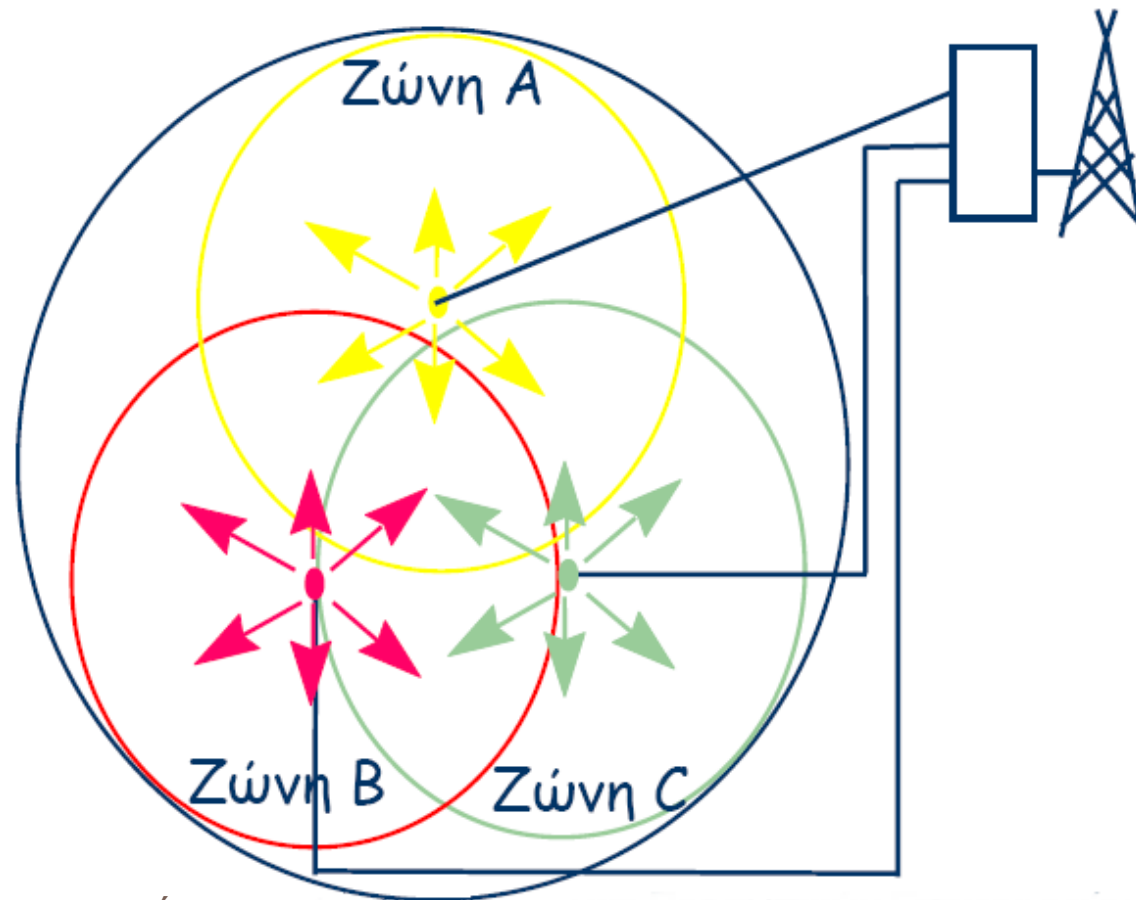
 Οικοδομικό
Τετράγωνο

Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών

Ασύρματη Πρόσβαση

18

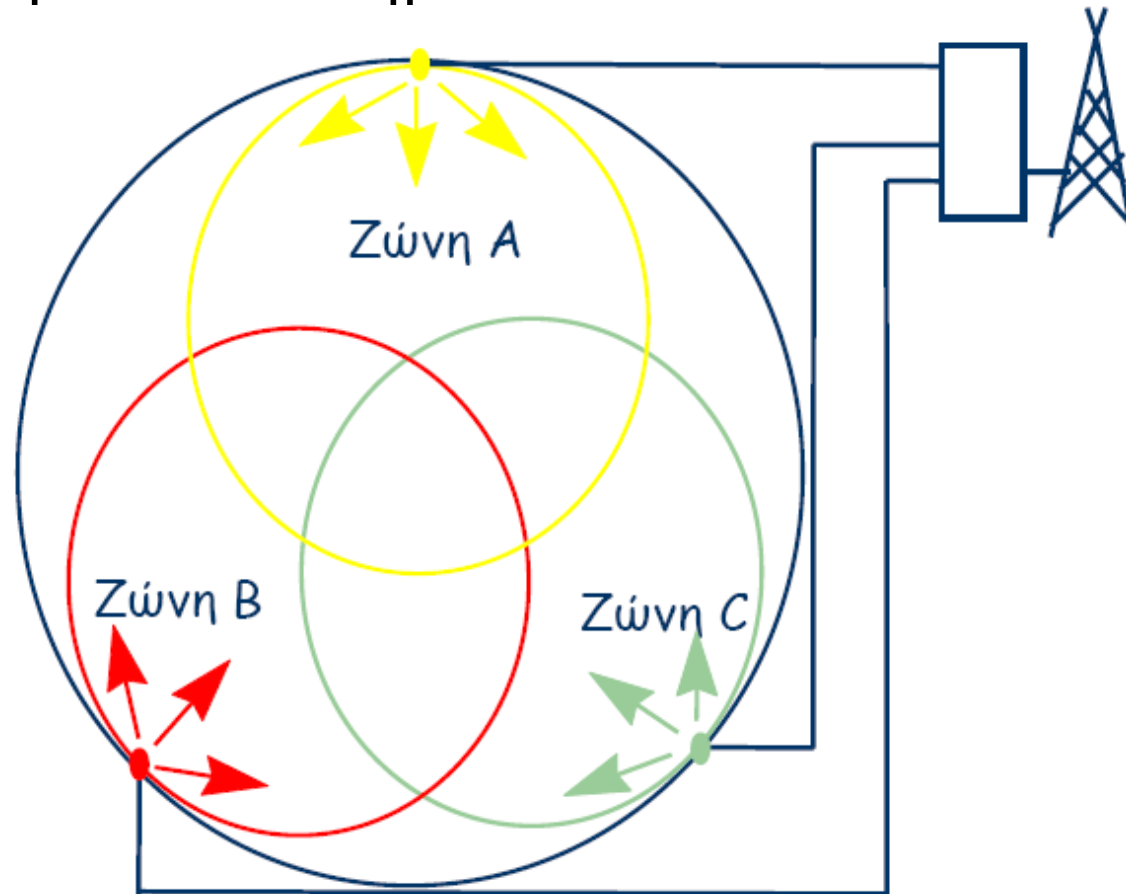
- Μικροκυβελικά συστήματα



Ασύρματη Πρόσβαση

19

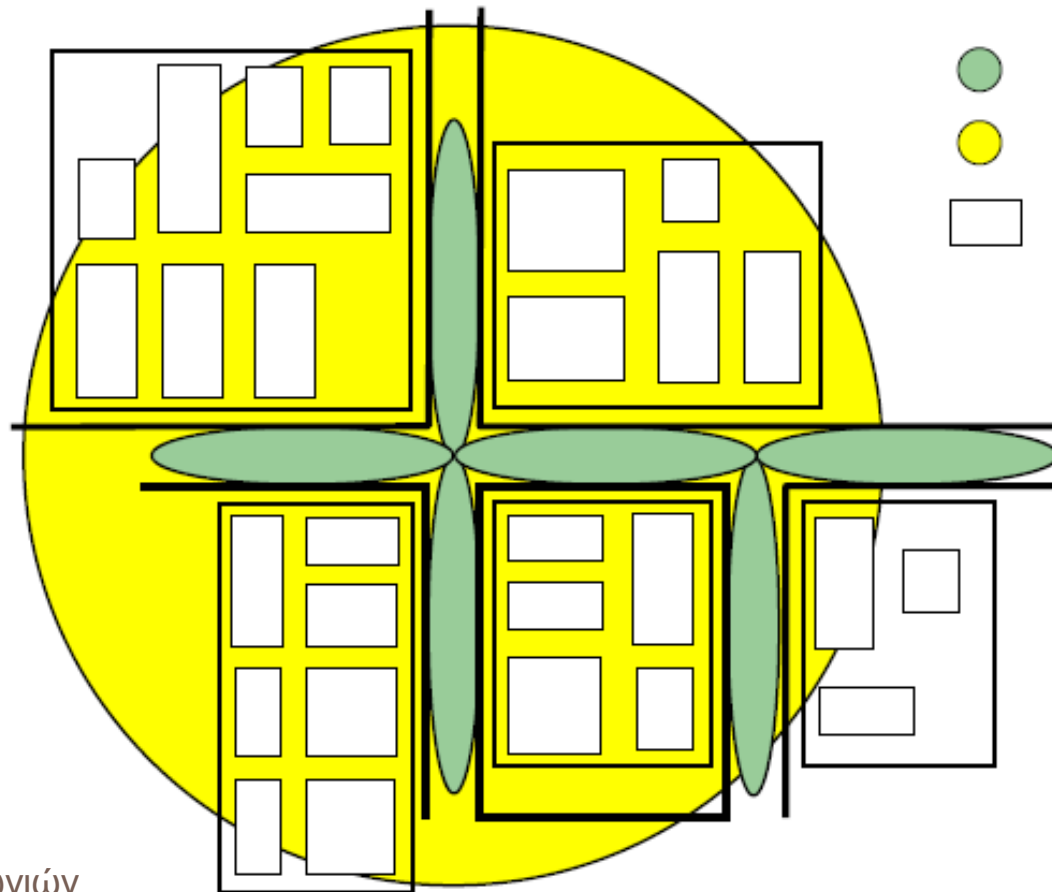
- Μικροκυψελικά συστήματα



Ασύρματη Πρόσβαση

20

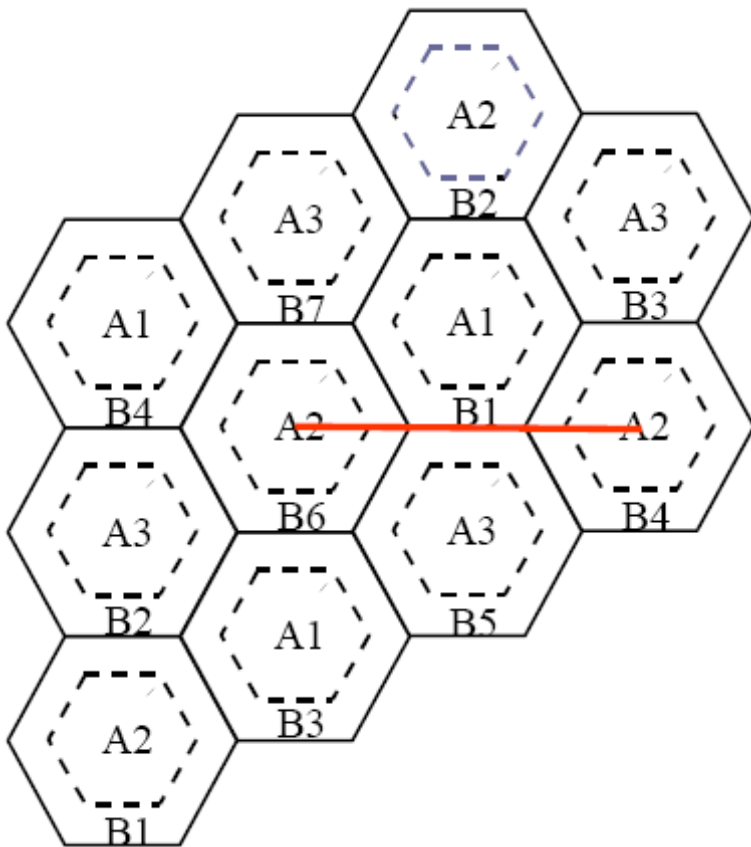
- Ιεραρχικές αρχιτεκτονικές κάλυψης



Ιεραρχικές αρχιτεκτονικές

21

- Επιμερισμός επαναχρησιμοποίησης



Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών

$$\frac{D_{\varepsilon\sigma}}{R_{\varepsilon\sigma}} = \frac{D_{\varepsilon\xi}}{R_{\varepsilon\xi}} = 4.6$$

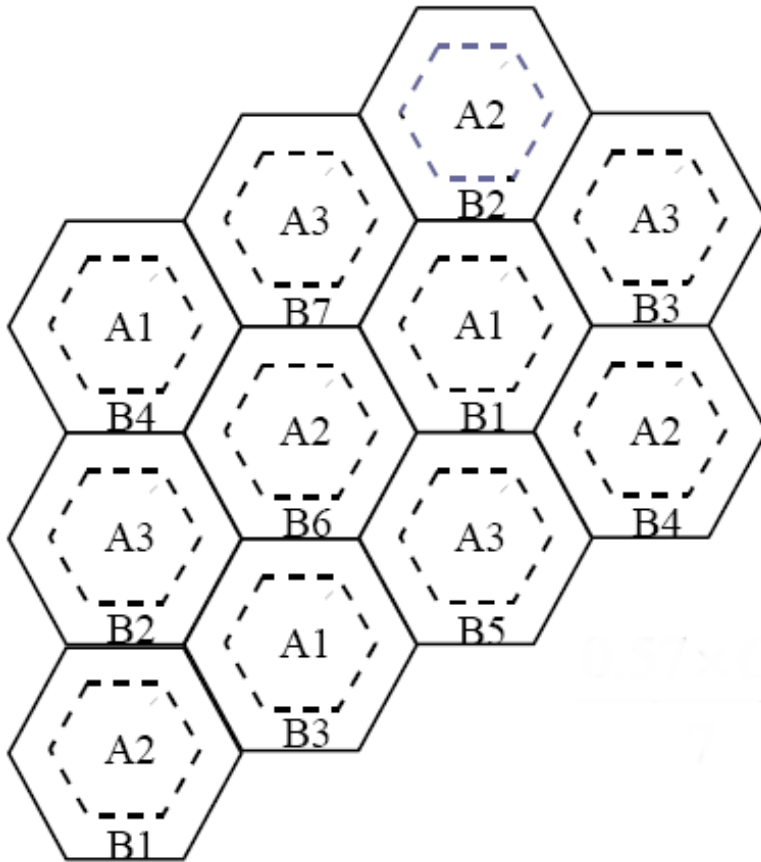
$$\frac{D_{\varepsilon\sigma}}{R_{\varepsilon\xi}} = 3$$

$$\frac{D_{\varepsilon\sigma}}{R_{\varepsilon\sigma}} = \frac{4.6}{3}$$
$$R_{\varepsilon\xi}$$

Ιεραρχικές αρχιτεκτονικές

22

- Επιμερισμός επαναχρησιμοποίησης



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

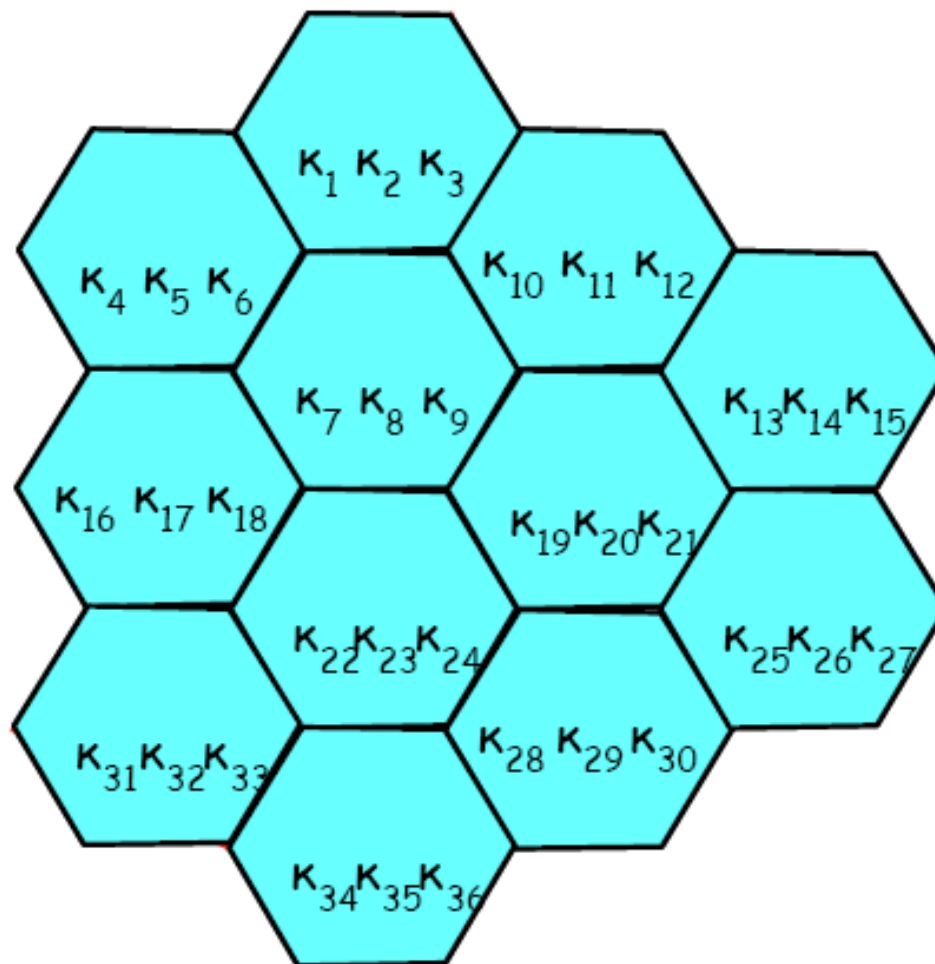
$$\frac{A_{\varepsilon\sigma}}{A_{\varepsilon\xi}} = (0.65)^2 = 0.43$$

$$\frac{0.57 \times C_{o\lambda}}{7} + \frac{0.43 \times C_{o\lambda}}{3} = 0.225 \times C_{o\lambda}$$

$$C_{o\lambda} / 7 = 0.143$$

Ιεραρχικές αρχιτεκτονικές

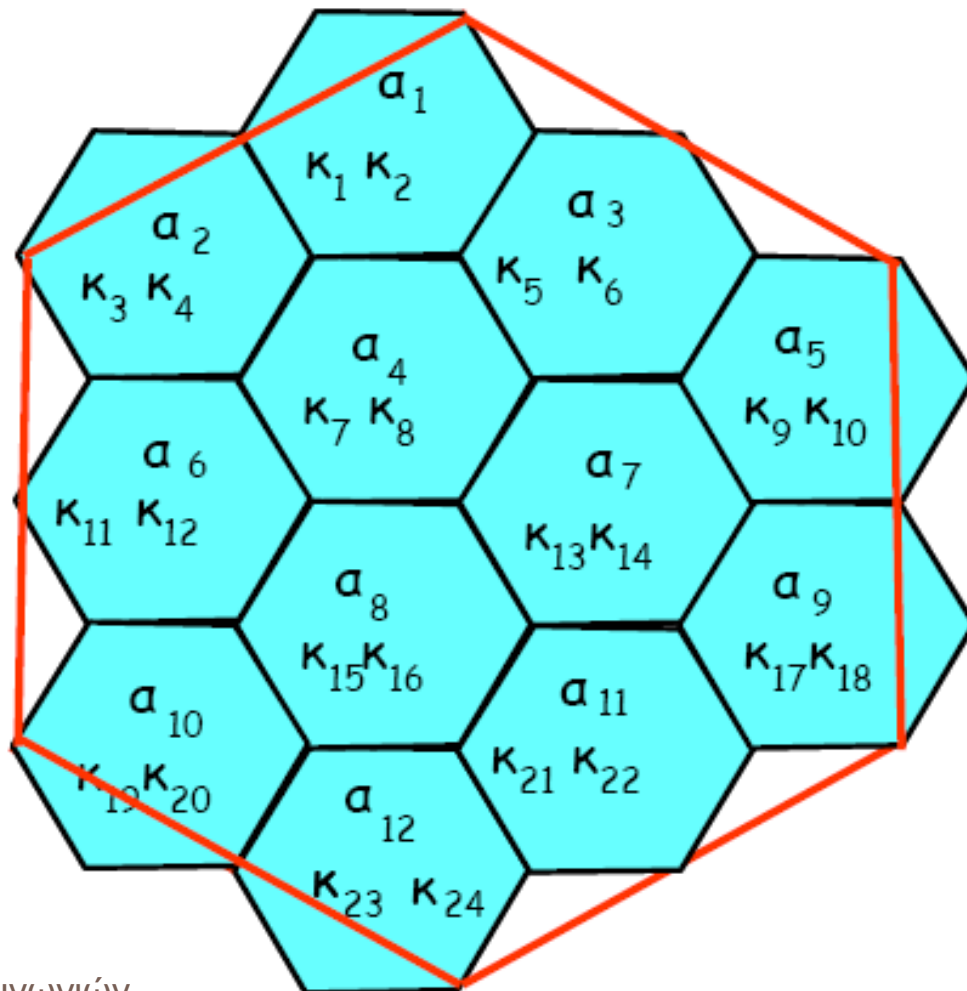
23



$K = 12$

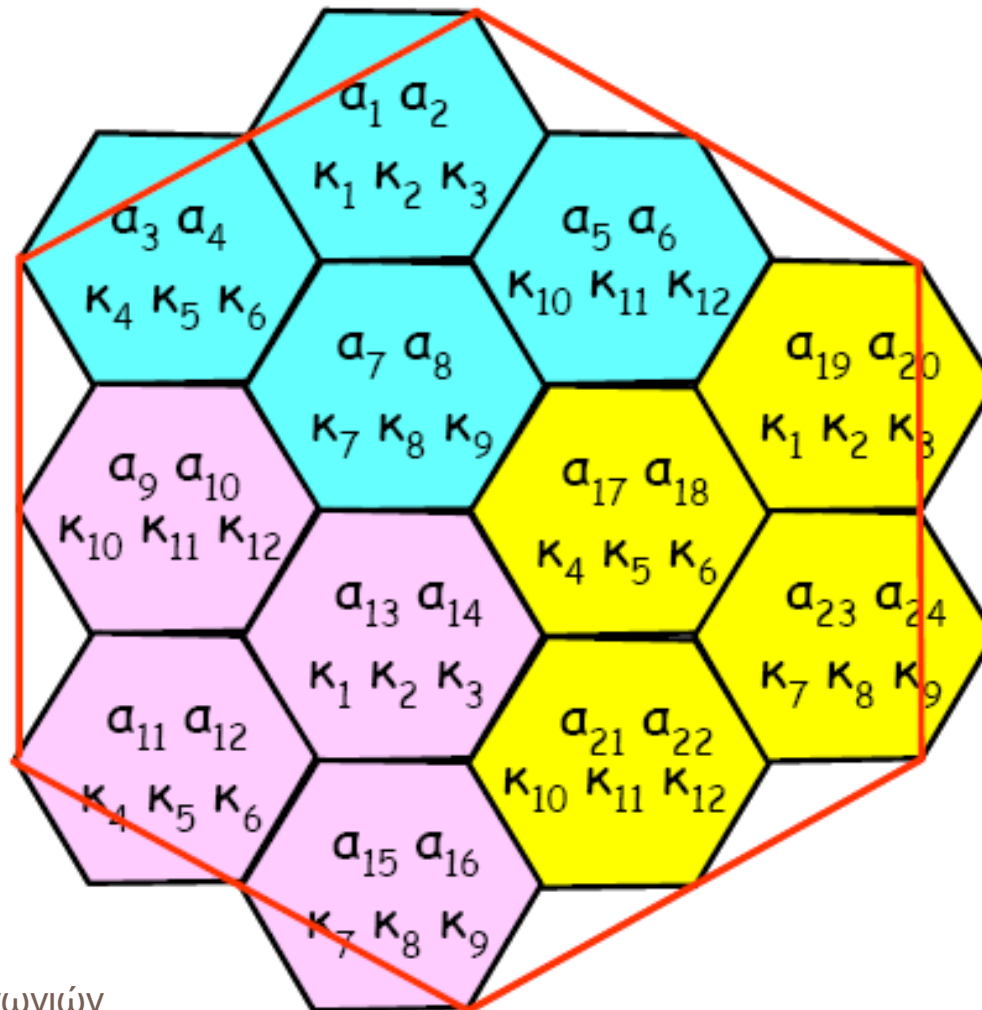
Ιεραρχικές αρχιτεκτονικές

24



Ιεραρχικές αρχιτεκτονικές

25



Διαχείριση κινητικότητας

26

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

Διαχείριση κινητικότητας

27

- Κινητικότητα τερματικού
- Κινητικότητα χρήστη
- Κινητικότητα με SIM

Διαχείριση κινητικότητας - Λειτουργίες

28

- **Λειτουργίες που δεν σχετίζονται με την κλήση**
- 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

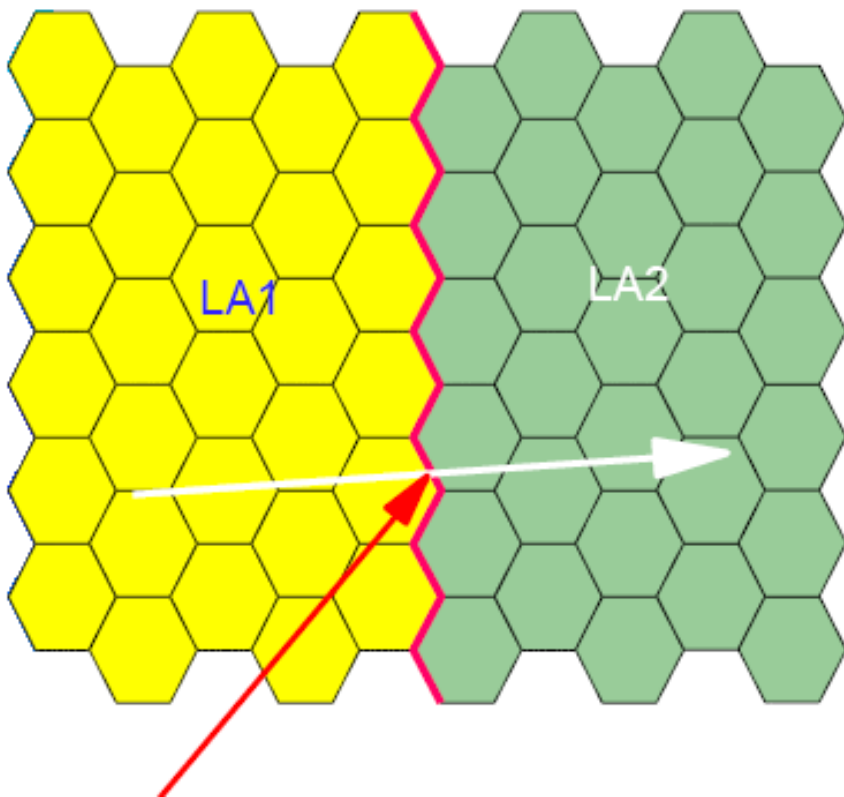
Διαχείριση κινητικότητας - Λειτουργίες

29

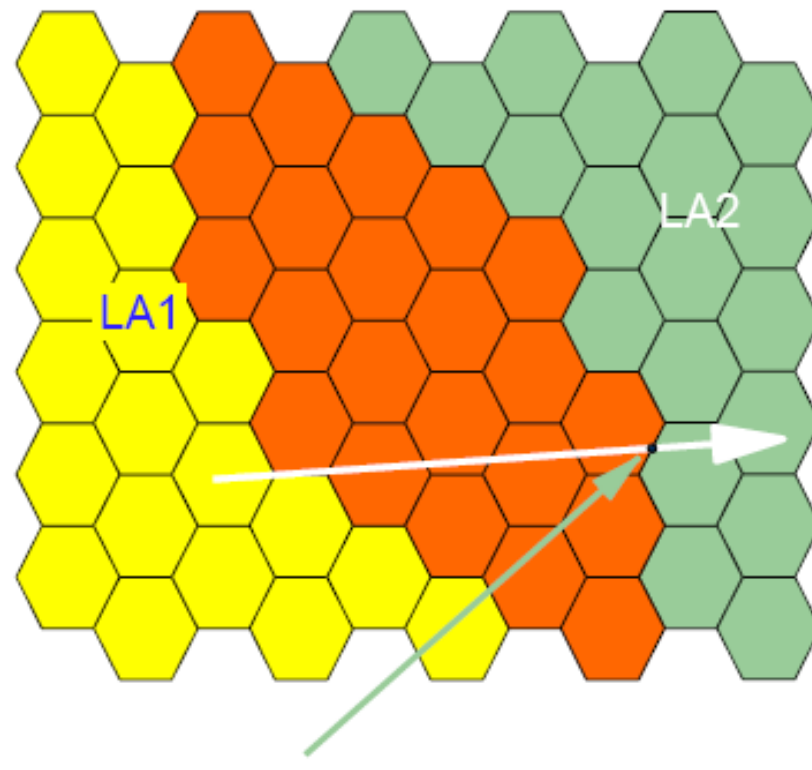
- Στόχος των λειτουργιών αυτών είναι να κρατούν ενήμερο το δίκτυο σχετικά με:
 - τη θέση των τερματικών που βρίσκονται σε λειτουργία
 - την παρούσα κατάσταση των τερματικών
 - την κατάσταση εγγραφής των χρηστών

Ενημέρωση θέσης

30



Ενημέρωση θέσης θα γίνει εδώ



Ενημέρωση θέσης θα γίνει εδώ

Διαχείριση κινητικότητας - Λειτουργίες

31

- **Λειτουργίες που σχετίζονται με την κλήση**
- Αφορούν διαδικασίες που ενεργοποιούνται μόνο σε περίπτωση εισερχόμενης κλήσης προς κάποιο κινητό τερματικό/χρήστη καθώς και κατά τη διάρκεια της κλήσης
 - ▣ Διαδικασία εντοπισμού δεδομένων
 - ▣ Διαδικασία αναζήτησης τερματικού
 - ▣ Διαπομπή

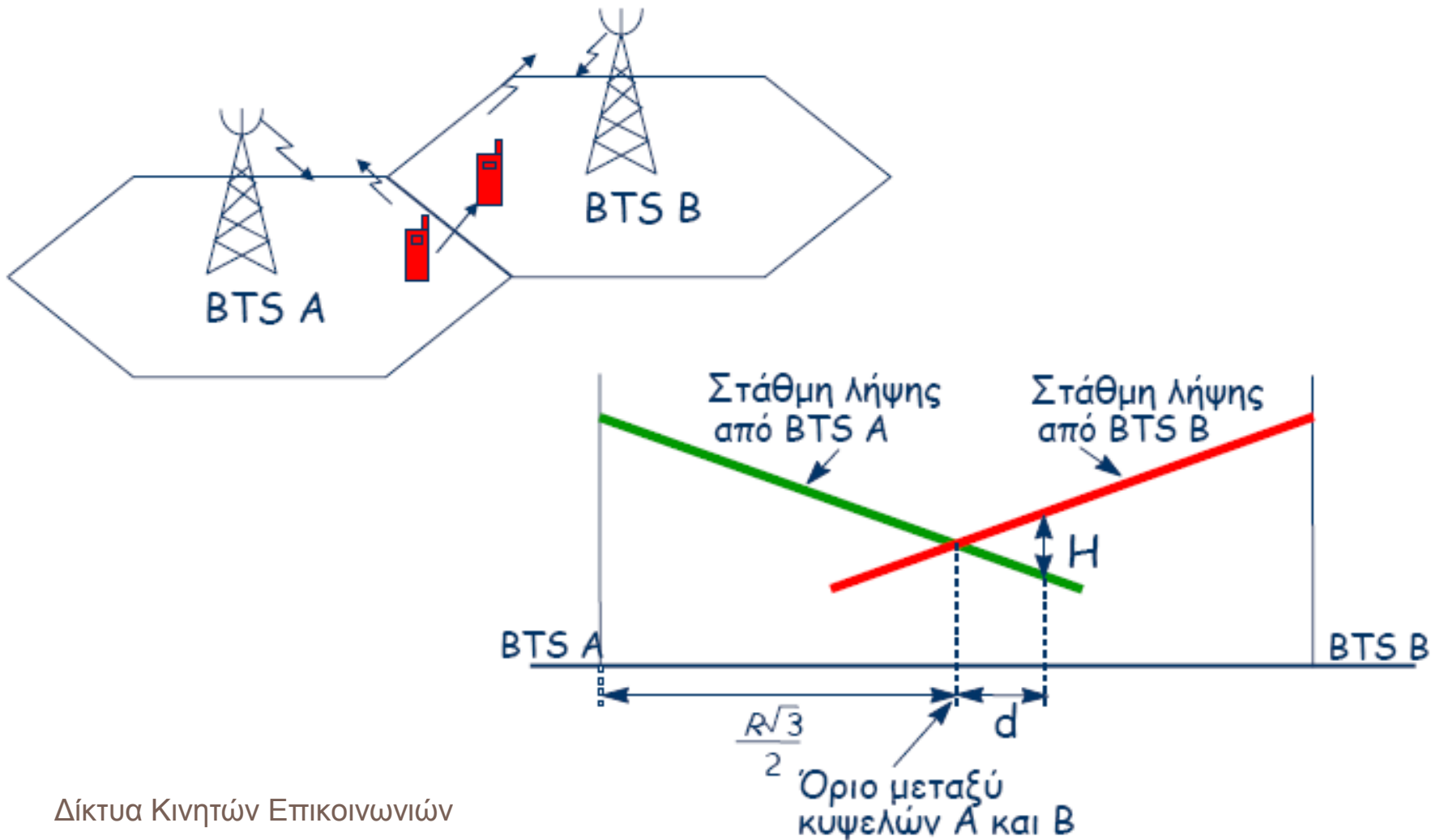
Διαδικασία Αναζήτησης

32



Διαδικασία Διαπομπής

33



Λειτουργική αρχιτεκτονική

34

- Ομαδοποίηση των λειτουργιών των δικτύων κινητών επικοινωνιών **ανάλογα με την ομοιότητα του σκοπού τους**
- Μπορεί να τις εντάξουμε σε ομάδες, αν απαντήσουμε στο ερώτημα, **ποιες λειτουργίες για ποιο σκοπό**

Μοντέλο αναφοράς

35

- Οι λειτουργίες ομαδοποιούνται σε λειτουργικά στρώματα, που παριστάνονται τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο
- Το κατώτερο στρώμα αναφέρεται στη φυσική μετάδοση της πληροφορίας μεταξύ απομακρυσμένων 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

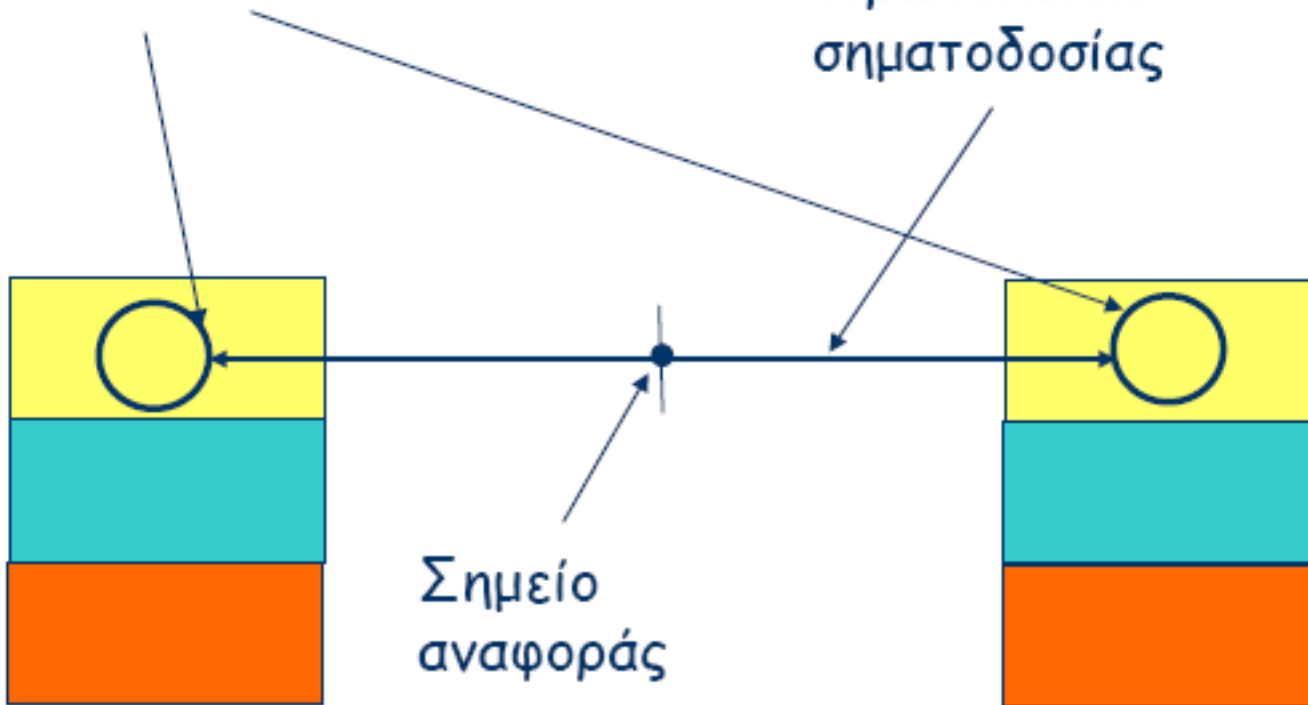
- Σε κάθε στρώμα, οι ομότιμες οντότητες συνεργάζονται για να παράσχουν την απαιτούμενη υπηρεσία, ανταλλάσσοντας μεταξύ τους πληροφορίες
- Οι κανόνες ανταλλαγής των πληροφοριών καθορίζονται στα σημεία αναφοράς, όπου η ροή πληροφοριών διέρχεται από μία διεπαφή μεταξύ διαφορετικών οντοτήτων.
- Οι κανόνες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

Μοντέλο αναφοράς

37

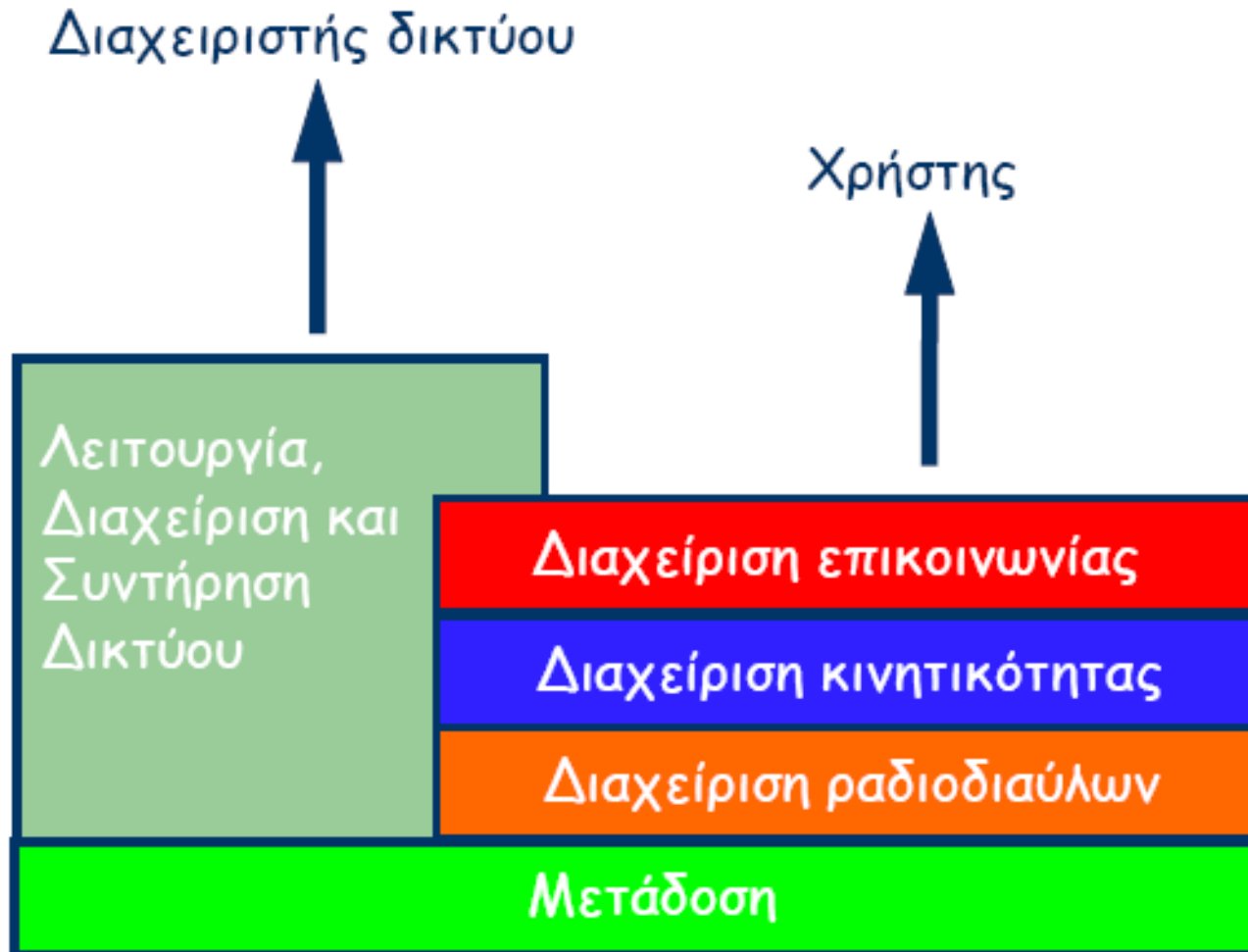
Ομότιμες οντότητες

Πρωτόκολλο
σηματοδοσίας



Μοντέλο αναφοράς

38



Στρώμα μετάδοσης

39

- Οι λειτουργίες του στρώματος αυτού εξαρτώνται:
 - Από τα διάφορα είδη πληροφορίας που μεταδίδονται
 - Από τους ειδικούς περιορισμούς στις διάφορες διεπαφές
- Λειτουργίες διασύνδεσης
- Λειτουργίες μετατροπής
- Μεταφορά πληροφορίας χρήστη και μηνυμάτων σηματοδοσίας

Στρώμα διαχείρισης ραδιοδιαύλων

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

Στρώμα διαχείρισης κινητικότητας

41

- 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 αυθεντικότητας

Στρώμα διαχείρισης επικοινωνίας

42

- Οι λειτουργίες του στρώματος αυτού αφορούν:
 - εγκατάσταση κλήσεων μεταξύ των χρηστών, ύστερα από αίτησή τους
 - διατήρηση των κλήσεων
 - απόλυση των κλήσεων
- Το στρώμα περιλαμβάνει επίσης τις λειτουργίες διαχείρισης των επιπρόσθετων υπηρεσιών (supplementary services) από τον χρήστη.

Στρώμα λειτουργίας, διαχείρισης και συντήρησης

43

- Παρέχει τα μέσα για τη ροή της πληροφορίας παρατήρησης 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)

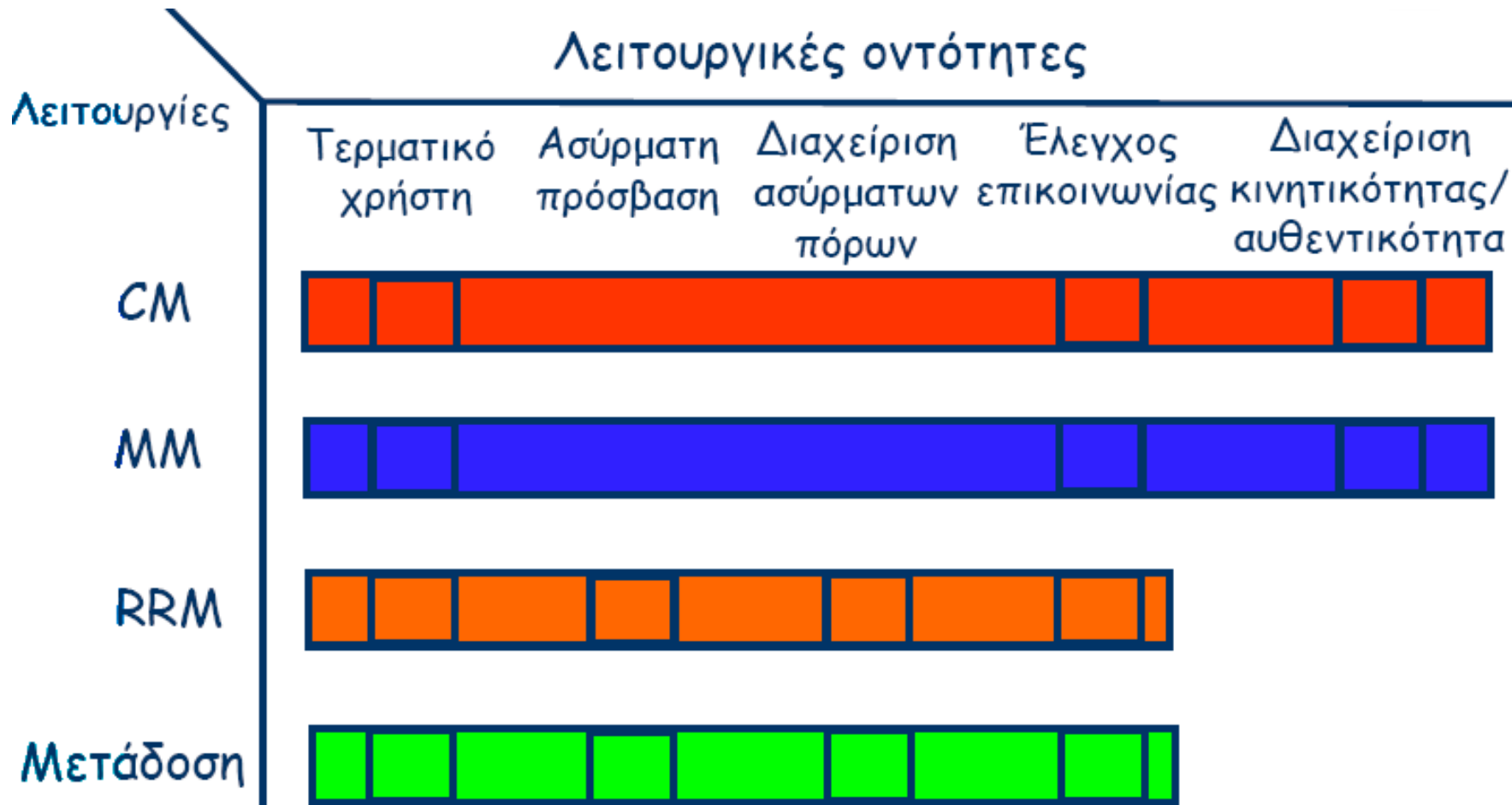
Λειτουργική αρχιτεκτονική

44

- Η λειτουργική αρχιτεκτονική του δικτύου προσδιορίζει:
 - ▣ τις λειτουργικές οντότητες του συστήματος
 - ▣ τα κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ αυτών των οντοτήτων
 - ▣ τις πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ τους

Λειτουργικές Οντότητες

45



Λειτουργικό μοντέλο

46

Λειτουργικές οντότητες

Τερματικό
χρήστη

Ασύρματη
πρόσβαση

Διαχείριση
ασύρματων
πόρων

Έλεγχος
επικοινωνίας

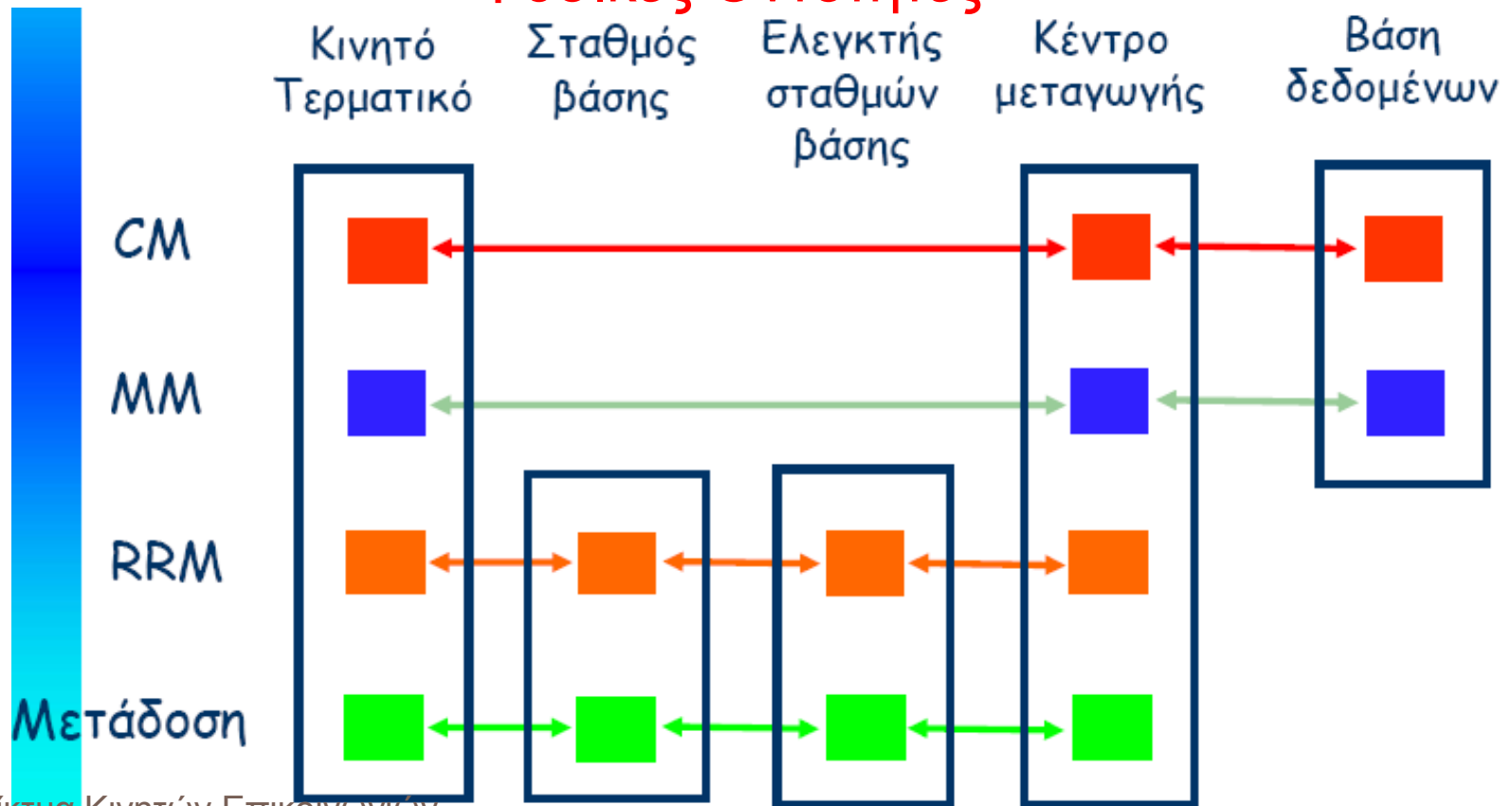


Φυσική αρχιτεκτονική

47

- Πού πραγματοποιείται η κάθε λειτουργία;

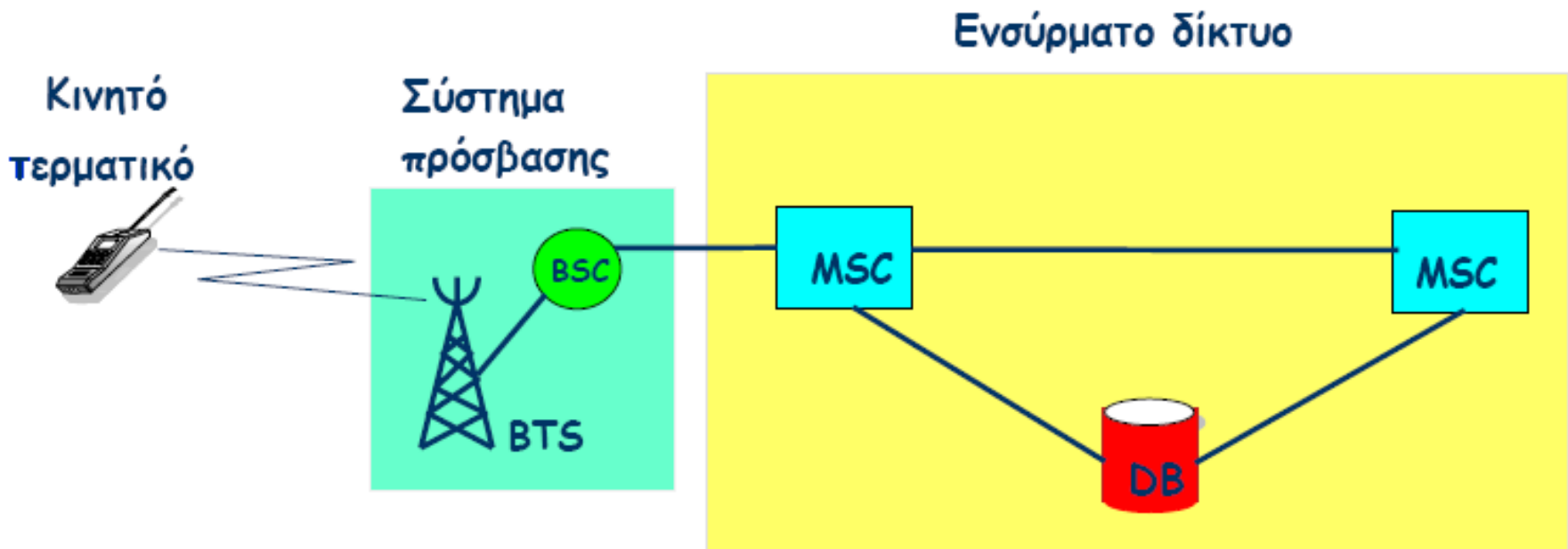
Φυσικές Οντότητες



Φυσική αρχιτεκτονική

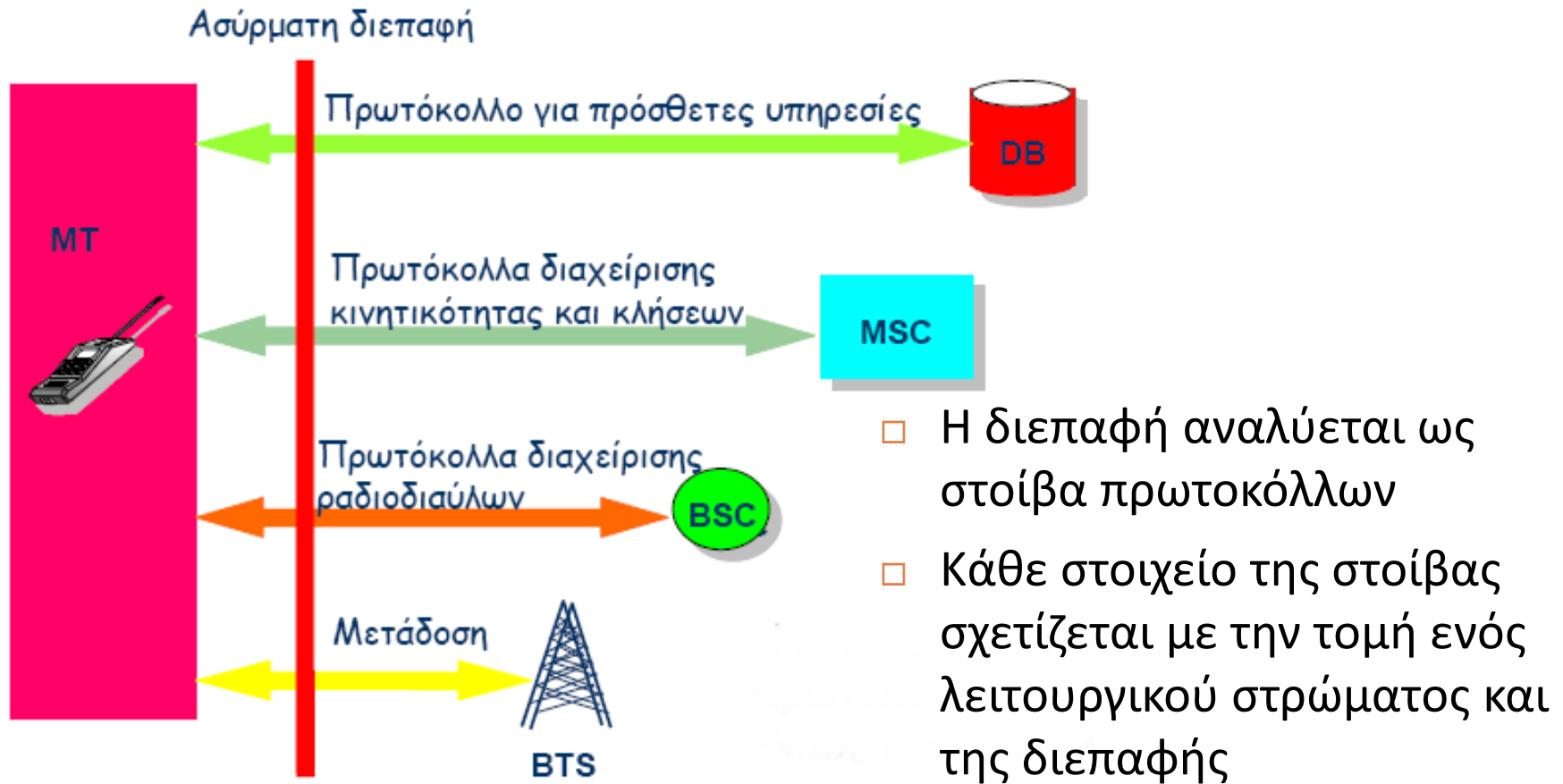
48

- Απαντάει στο ερώτημα: πού πραγματοποιείται η κάθε λειτουργία;



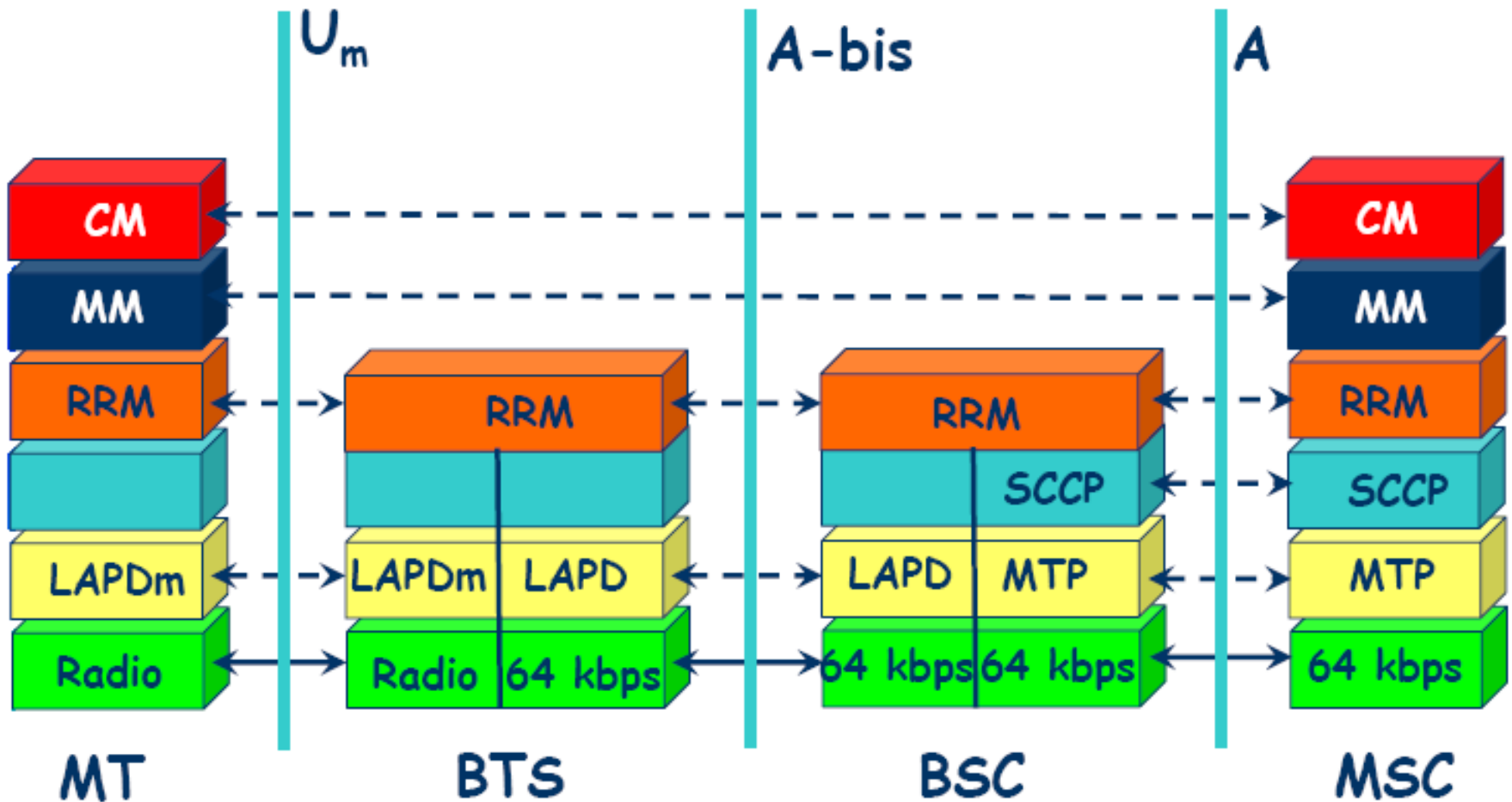
Διεπαφή - Πρωτόκολλα

49



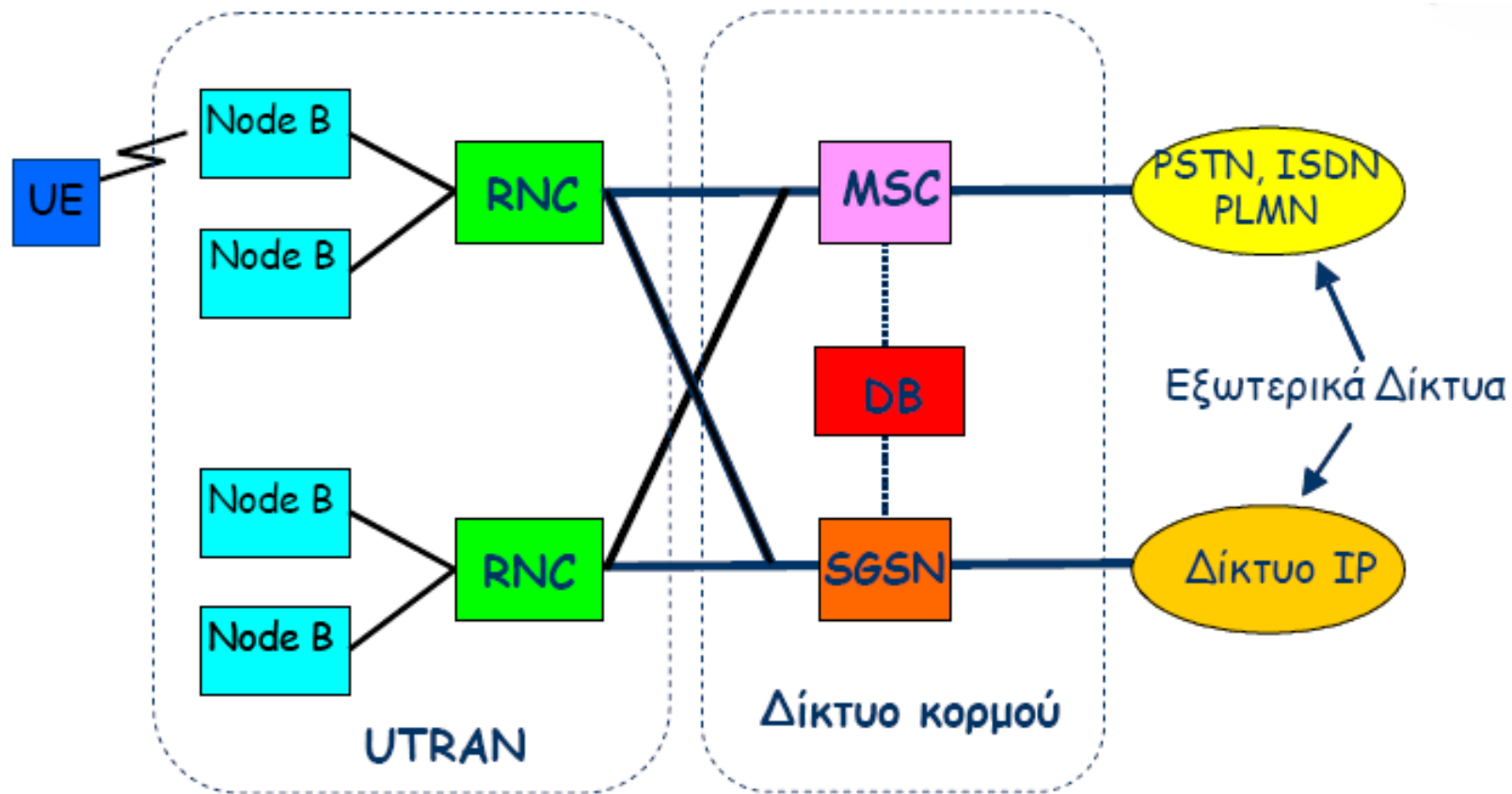
Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων GSM

50



Φυσική αρχιτεκτονική του UMTS

51



UE: User Equipment

RNC: Radio Network Controller

UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network

SGSN: Serving GPRS Support Node

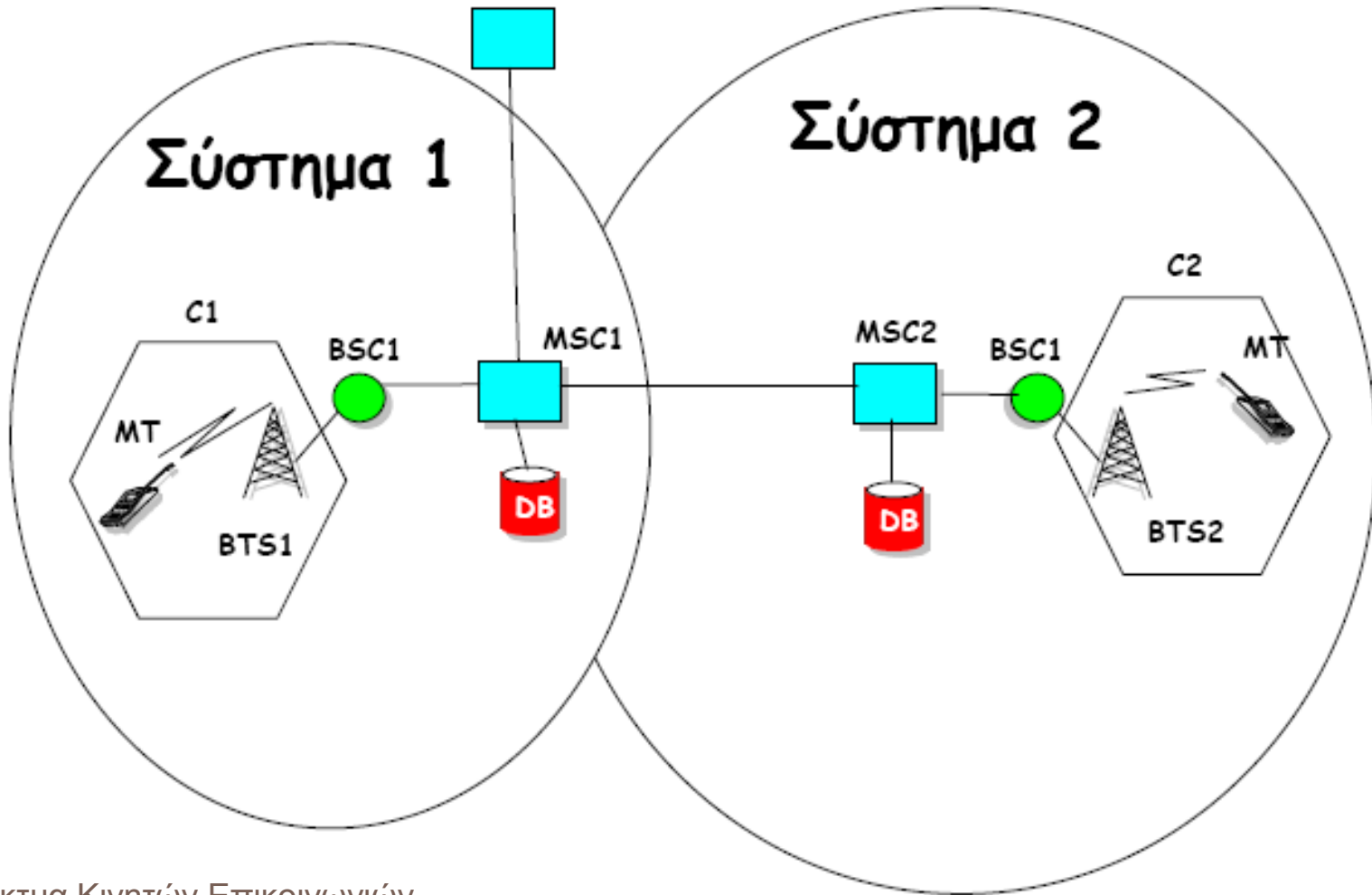
Ορολογία κυψελωτών δικτύων

52

- Οικείο σύστημα (Homesystem)
- Φιλοξενούν σύστημα (Visitedsystem)
- Απερχόμενη κλήση
- Εισερχόμενη κλήση
- Ελέγχον κέντρο μεταγωγής (κέντρο μεταγωγής πρόσδεσης, anchor MSC)

Κυψελωτή δικτύωση

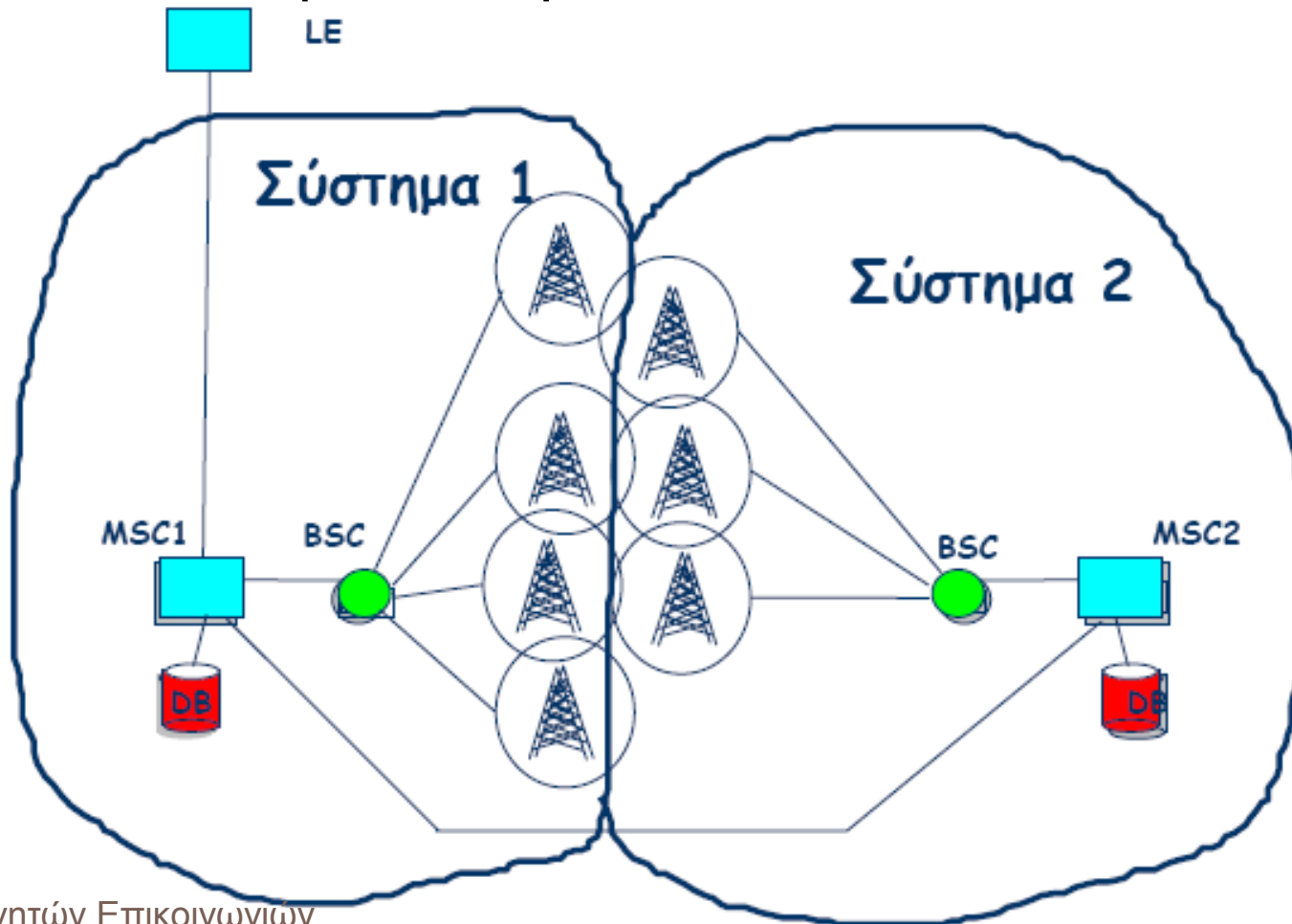
53



Κυψελωτή δικτύωση

54

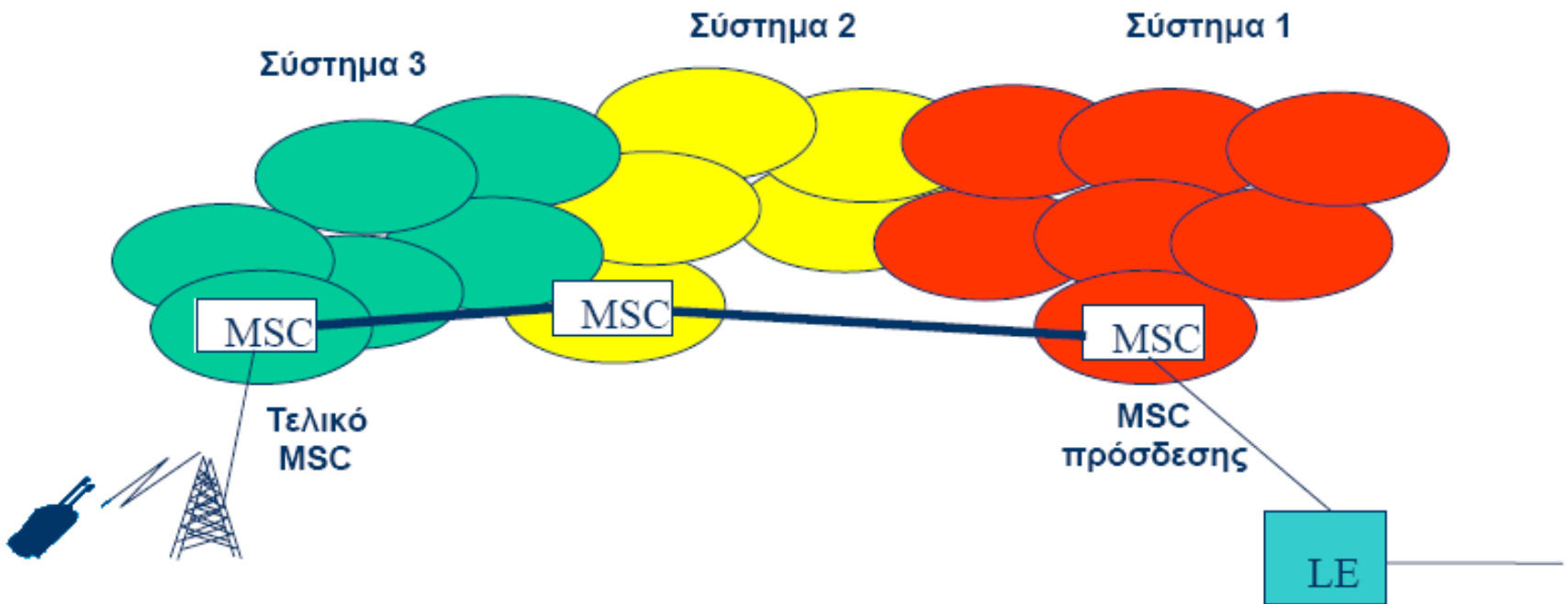
Φαινόμενο «κορδόνι παπουτσιών»



Κυψελωτή δικτύωση

55

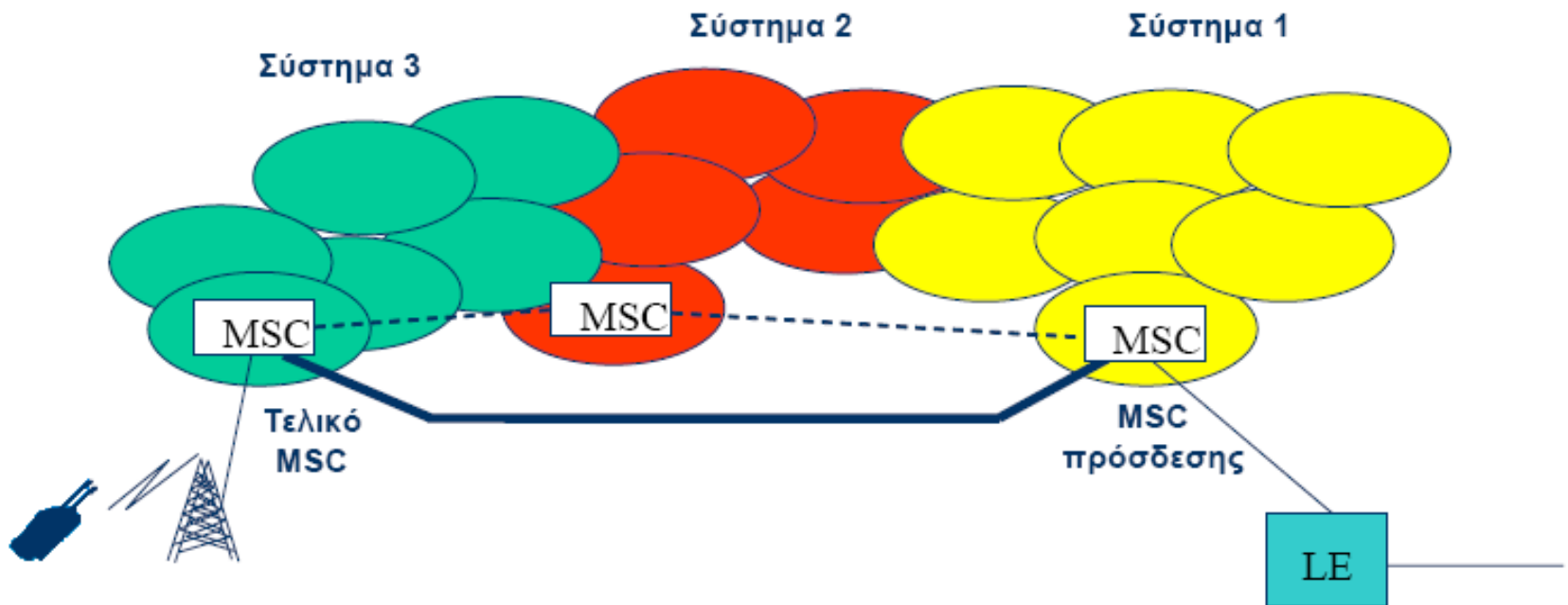
Φαινόμενο «τρομπόνι»



Κυψελωτή δικτύωση

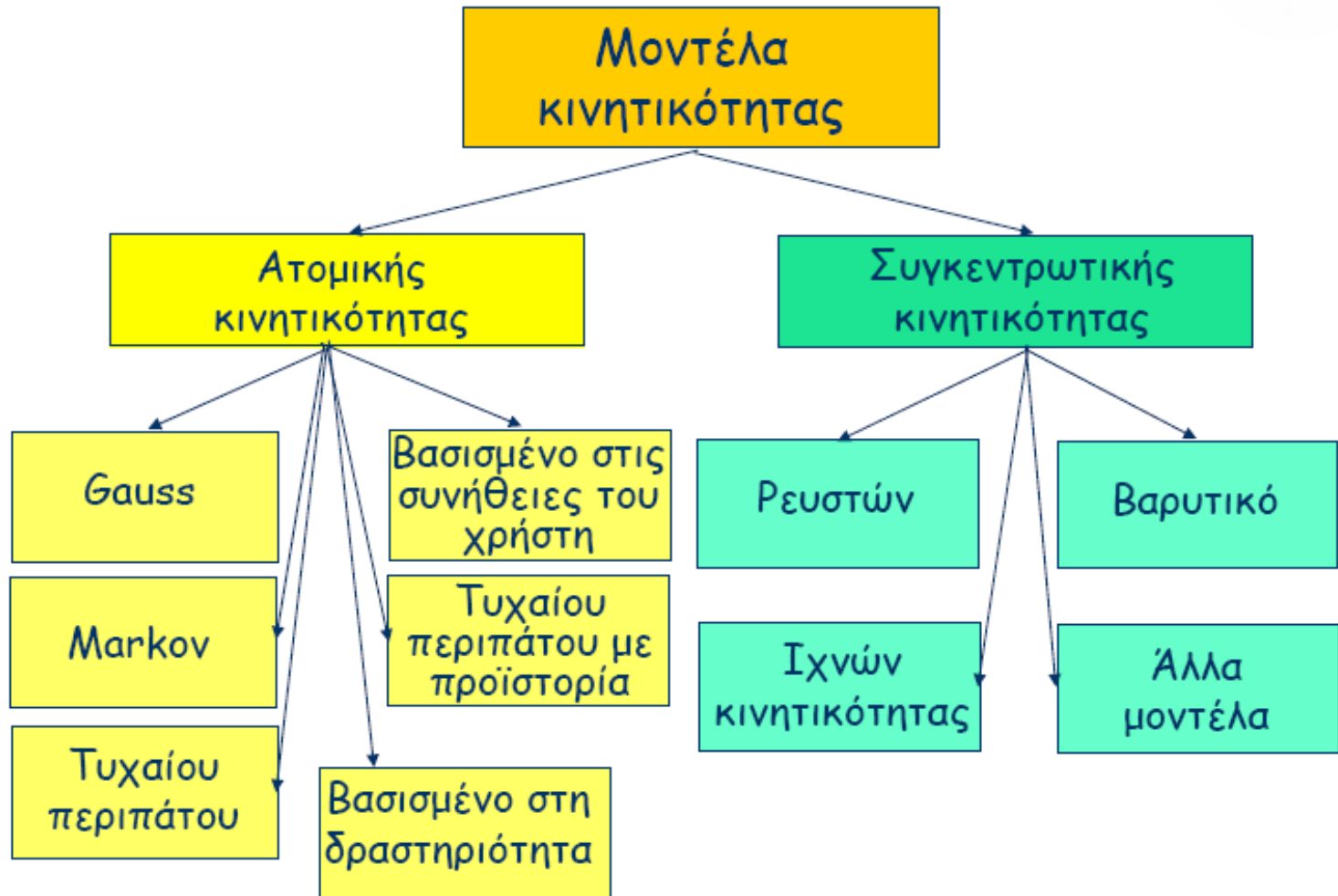
56

Φαινόμενο «τρομπόνι»



Μοντέλα κινητικότητας

57



Μοντέλο ρευστών

58

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

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

$$V_n = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v \cdot f(\beta) \cdot d\beta \quad f(\beta) = \begin{cases} \cos \beta, & \text{αν } \cos \beta \geq 0 \\ 0, & \text{αν } \cos \beta < 0 \end{cases}$$

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

Μοντέλο ρευστών

59

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

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

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

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

Ρυθμός διέλευσης κινητών τερματικών
από τα όρια της περιοχής, προς τα
μέσα ή προς τα έξω