



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Δίκτυα Επικοινωνιών ΙΙ

Ενότητα 3: Ασύρματα, Κινητά Δίκτυα

Διδάσκων: Λάζαρος Μεράκος

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών
Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Δίκτυα Επικοινωνιών ΙΙ

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



Εθνικό & Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Θεματικές Ενότητες (ΘΕ) μαθήματος:

ΘΕ1: Εισαγωγή

(Κεφ. 1 του βιβλίου)

ΘΕ2: Συστήματα Αναμονής (M/M/1 και παραλλαγές, M/G/1, συστήματα με προτεραιότητες, δίκτυα ουρών)

ΘΕ3: Ασύρματα/Κινητά Δίκτυα (ασύρματα τοπικά δίκτυα, υποστήριξη κινητικότητας στο διαδίκτυο, κινητά δίκτυα 3ης γενιάς)

(Κεφ. 6 του βιβλίου)

ΘΕ4: Δικτύωση και Εφαρμογές Πολυμέσων

(Κεφ. 7 του βιβλίου)

ΘΕ5: Ασφάλεια Δικτύων

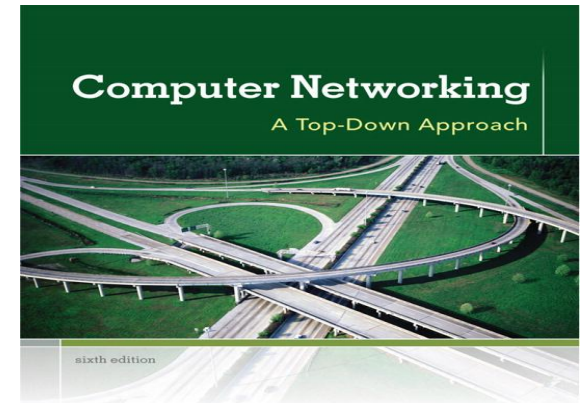
(Κεφ. 8 του βιβλίου)

Συνιστώμενο Βιβλίο:

Computer Networking: A Top-Down Approach, by Kurose & Ross, Addison-Wesley

Ελληνική Μετάφραση:

Εκδόσεις : Μ. Γκιούρδας



Οι περισσότερες από τις διαφάνειες αυτές αποτελούν προσαρμογή και απόδοση στα ελληνικά των διαφανειών που συνοδεύουν το βιβλίο Computer Networking : A Top-Down Approach, J.F Kurose and K.W. Ross, 6/E, Addison-Wesley.

All material copyright 1996-2012
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

Προσαρμογή και επιμέλεια της απόδοσης των πρωτότυπων διαφανειών στα ελληνικά :
Λάζαρος Μεράκος

Ασύρματα και Κινητά Δίκτυα

- Ο αριθμός ασύρματων (κινητών) τηλεφωνικών συνδρομητών πλέον ξεπερνάει τον αριθμό ενσύρματων τηλεφωνικών συνδρομητών (5-προς-1)!
- Ο αριθμός ασύρματων συσκευών συνδεδεμένων στο Internet ισούται με τον αριθμό ενσύρματων συσκευών συνδεδεμένων στο Internet
 - laptops, τηλέφωνα με ενεργοποιημένο Internet υπόσχονται ασύρματη πρόσβαση ανά πάσα στιγμή
- Δύο σημαντικές (αλλά διαφορετικές) **προκλήσεις**
 - **ασύρματη επικοινωνία**
 - **κινητικότητα**: διαχείριση του κινητού που αλλάζει σημείο σύνδεσης στο δίκτυο

Διάρθρωση θεματικής ενότητας

6.1 Εισαγωγή

Ασύρματη Επικοινωνία

6.2 Ασύρματες ζεύξεις, χαρακτηριστικά

- CDMA

6.3 IEEE 802.11 ασύρματα LANs (“Wi-Fi”)

6.4 Κυψελωτή πρόσβαση στο Internet

- αρχιτεκτονική
- πρότυπα (e.g., GSM)

Κινητικότητα

6.5 Αρχές: διευθυνσιοδότηση και δρομολόγηση προς κινητούς χρήστες

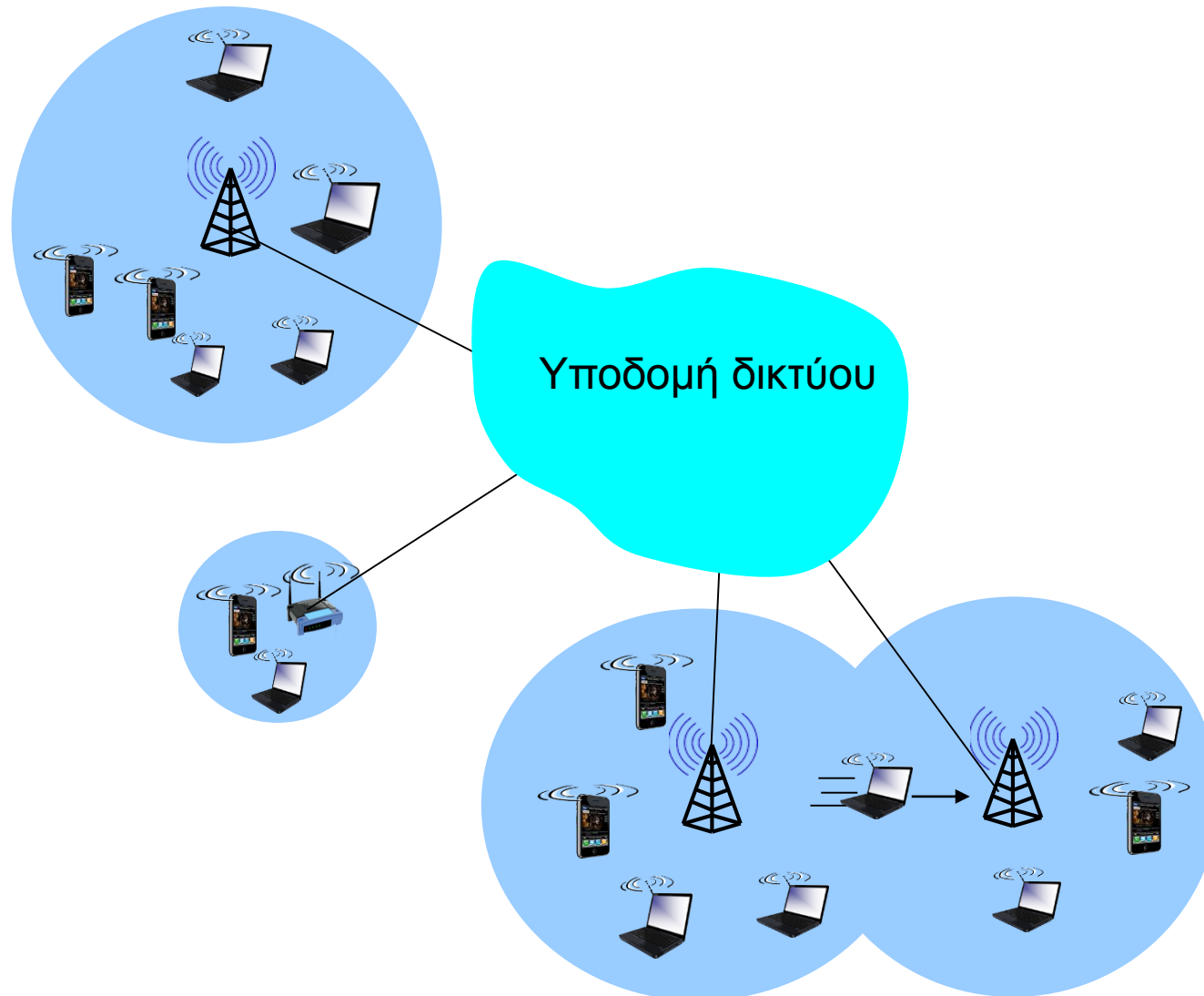
6.6 Mobile IP

6.7 Διαχείριση κινητικότητας σε κυψελωτά δίκτυα

6.8 Κινητικότητα και πρωτόκολλα υψηλότερων στρωμάτων

6.9 Περίληψη

Στοιχεία ασύρματου δικτύου

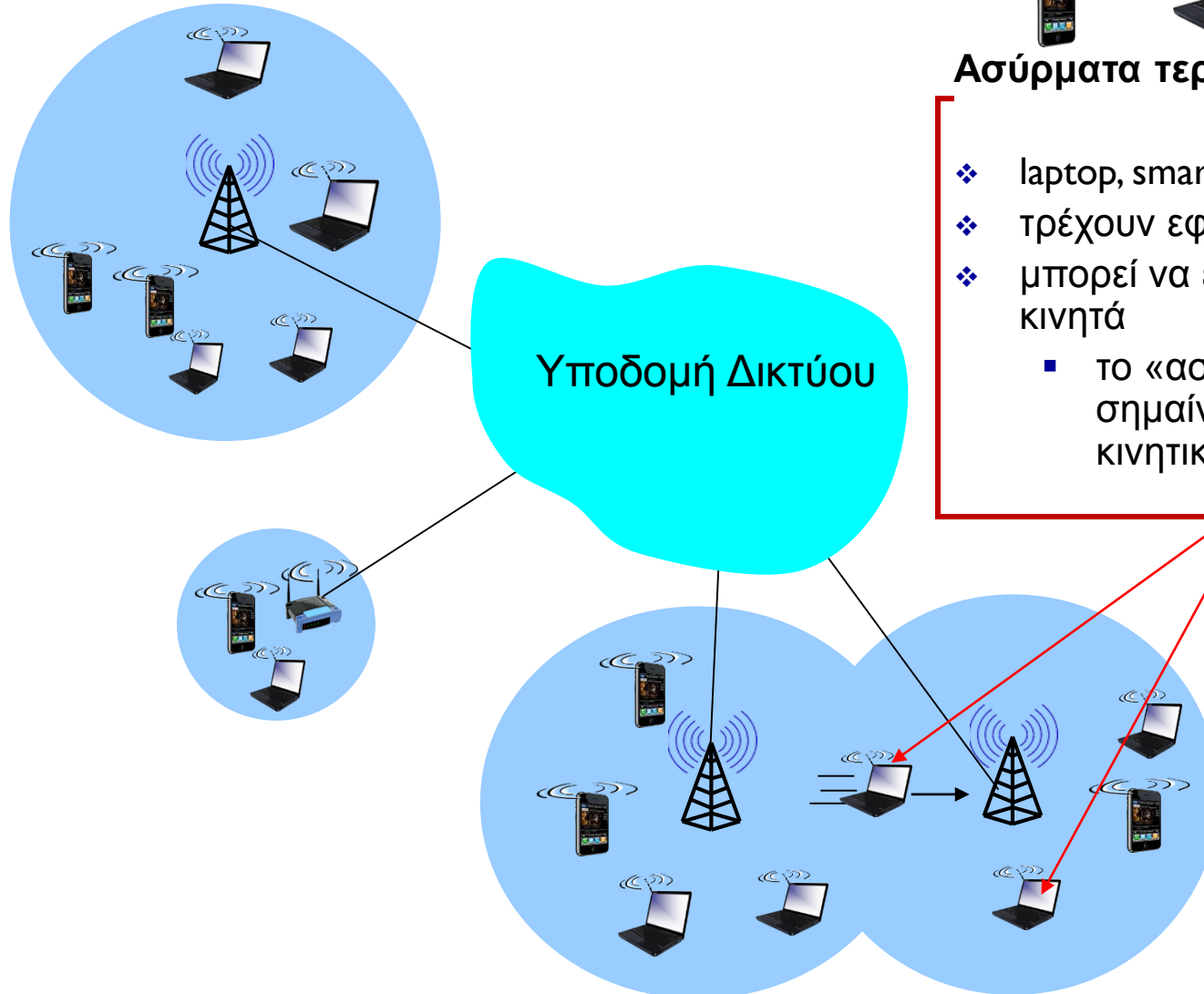


Στοιχεία ασύρματου δικτύου

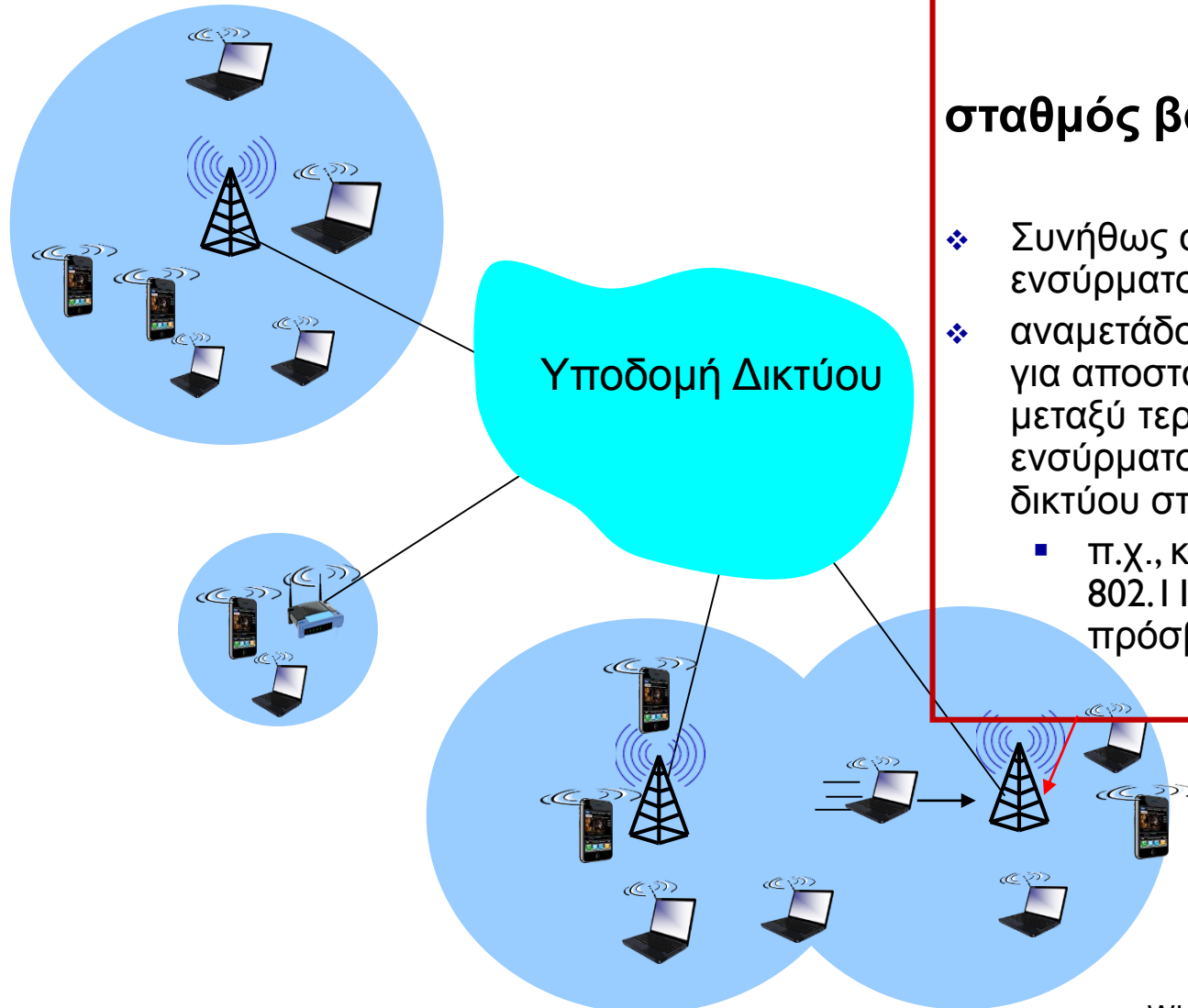


Ασύρματα τερματικά

- ❖ laptop, smartphone
- ❖ τρέχουν εφαρμογές
- ❖ μπορεί να είναι στατικά ή κινητά
 - το «ασύρματο» δε σημαίνει πάντα κινητικότητα



Στοιχεία ασύρματου δικτύου

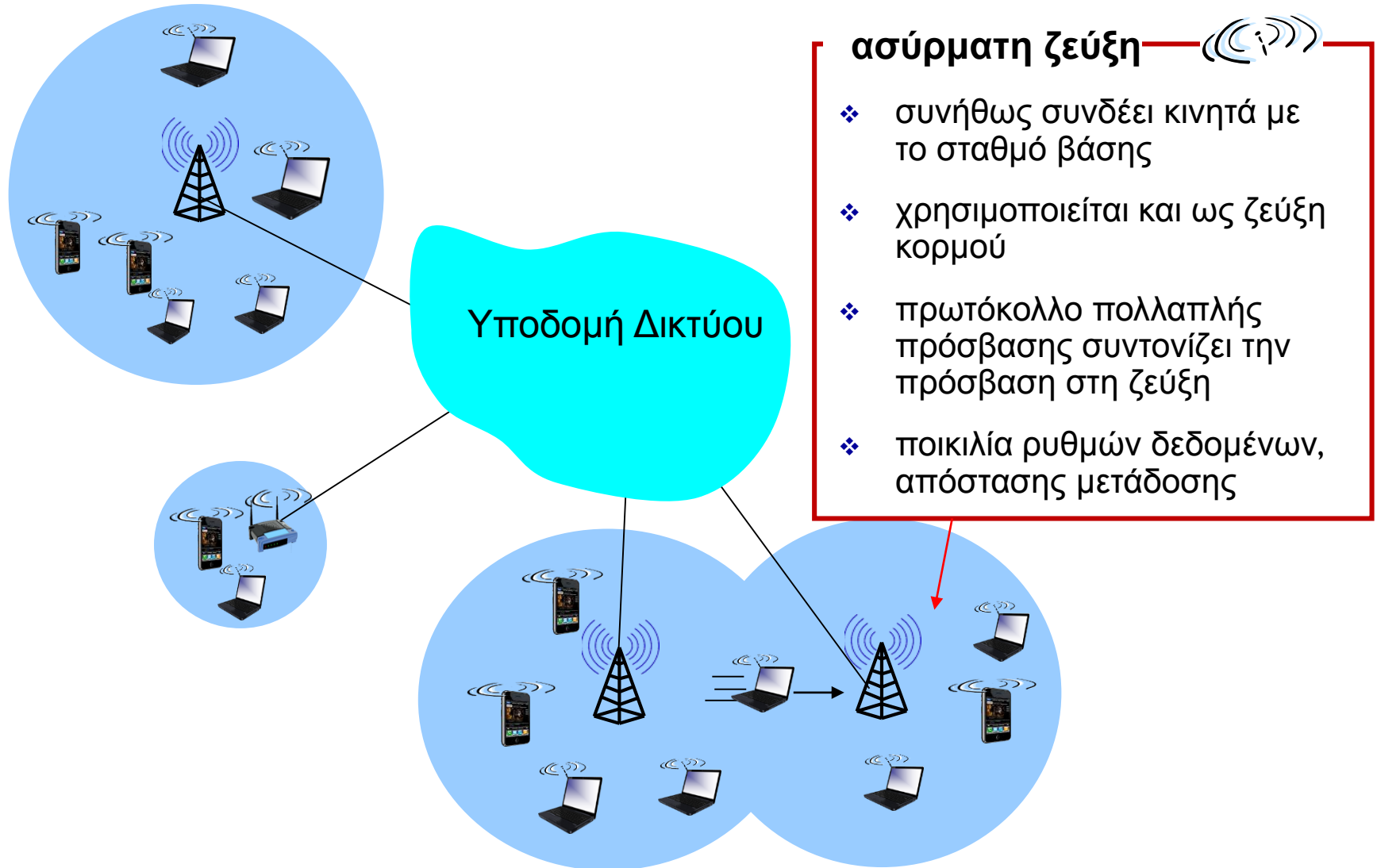


σταθμός βάσης

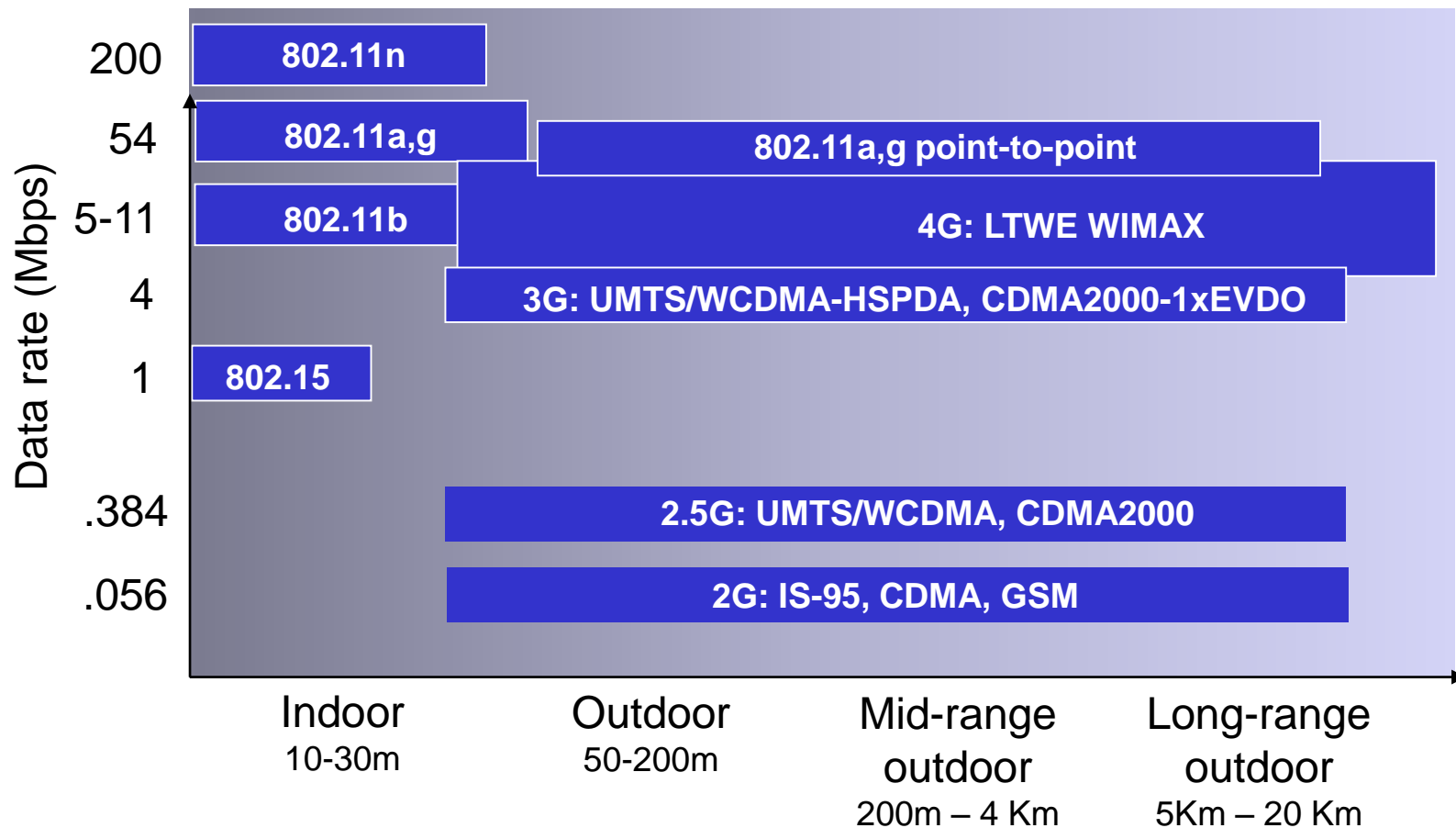


- ❖ Συνήθως συνδέεται στο ενσύρματο δίκτυο
- ❖ αναμετάδοση – υπεύθυνος για αποστολή πακέτων μεταξύ τερματικών ενσύρματου και ασύρματου δικτύου στην “περιοχή” του
 - π.χ., κεραιές κινητής, 802.11 σημεία πρόσβασης

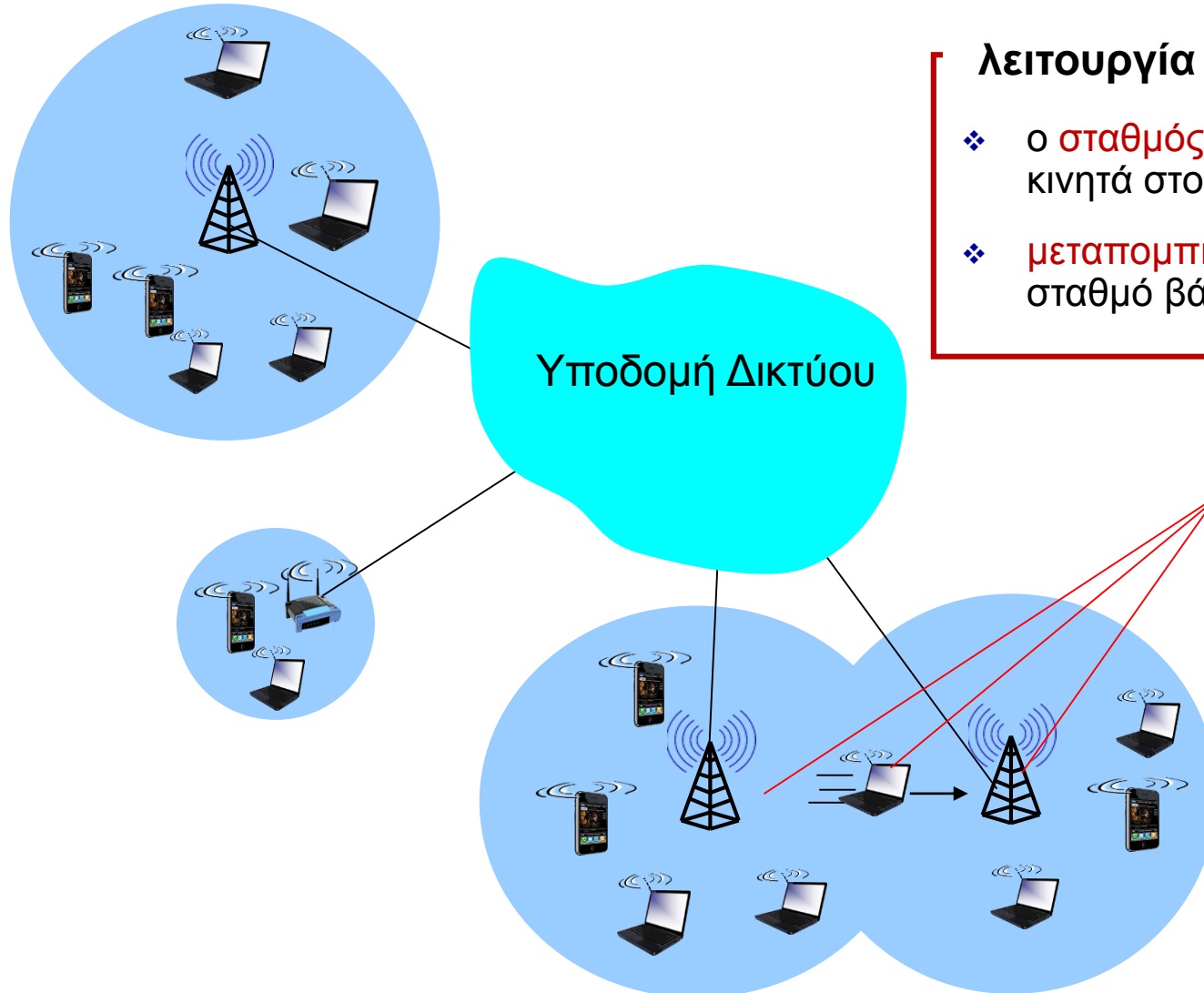
Στοιχεία ασύρματου δικτύου



Χαρακτηριστικά επιλεγμένων ασύρματων προτύπων



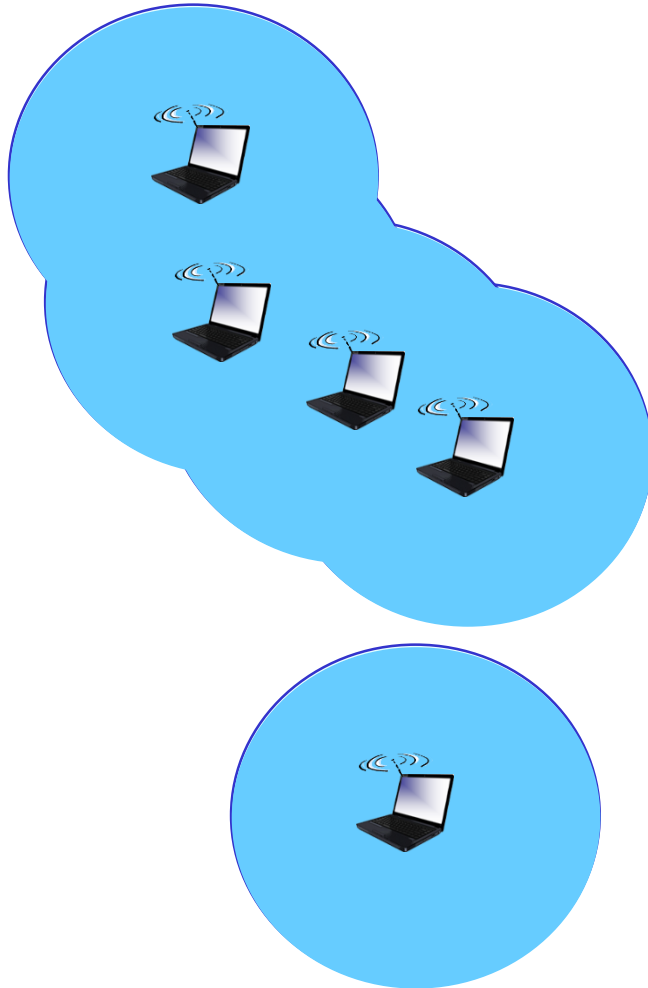
Στοιχεία ασύρματου δικτύου



Λειτουργία υποδομής

- ❖ ο **σταθμός βάσης** συνδέει κινητά στο ενσύρματο δίκτυο
- ❖ **μεταπομπή**: το κινητό αλλάζει σταθμό βάσης

Στοιχεία ασύρματου δικτύου



ad hoc λειτουργία

- ❖ χωρίς σταθμούς βάσης
- ❖ κόμβοι μπορούν μόνο να μεταδώσουν σε άλλους κόμβους εντός της περιοχής κάλυψης της ζεύξης
- ❖ οι κόμβοι αυτό-οργανώνονται σε ένα δίκτυο: μεταξύ τους δρομολόγηση
- ❖ D2D (Device-to-Device)

Ταξινόμηση ασύρματων δικτύων

	ένα άλμα	πολλαπλά άλματα
υποδομή (π.χ., APs)	Το τερματικό συνδέεται στο σταθμό βάσης (WiFi, WiMAX, κυψελωτό) που το συνδέει στο ευρύτερο Internet	Το τερματικό ίσως πρέπει να αναμεταδώσει μέσω αρκετών ασύρματων κόμβων για να συνδεθεί στο ευρύτερο Internet: <i>δίκτυο πλέγματος (mesh network)</i>
χωρίς υποδομή	Χωρίς σταθμό βάσης, χωρίς σύνδεση στο ευρύτερο Internet (Bluetooth, ad hoc δίκτυα)	Χωρίς σταθμό βάσης, χωρίς σύνδεση στο ευρύτερο Internet. Ίσως πρέπει να αναμεταδώσει για να φθάσει ένα δοσμένο ασύρματο κόμβο MANET, VANET

Διάρθρωση θεματικής ενότητας

6.1 Εισαγωγή

Ασύρματο

6.2 Ασύρματες ζεύξεις, χαρακτηριστικά

- CDMA

6.3 IEEE 802.11 ασύρματα LANs (“Wi-Fi”)

6.4 Κυψελωτή πρόσβαση στο Internet

- αρχιτεκτονική
- πρότυπα (e.g., GSM)

Κινητικότητα

6.5 Αρχές: διευθυνσιοδότηση και δρομολόγηση προς κινητούς χρήστες

6.6 Mobile IP

6.7 Διαχείριση κινητικότητας σε κυψελωτά δίκτυα

6.8 Κινητικότητα και πρωτόκολλα υψηλότερων στρωμάτων

6.9 Περίληψη

Χαρακτηριστικά Ασύρματης Ζεύξης (I)

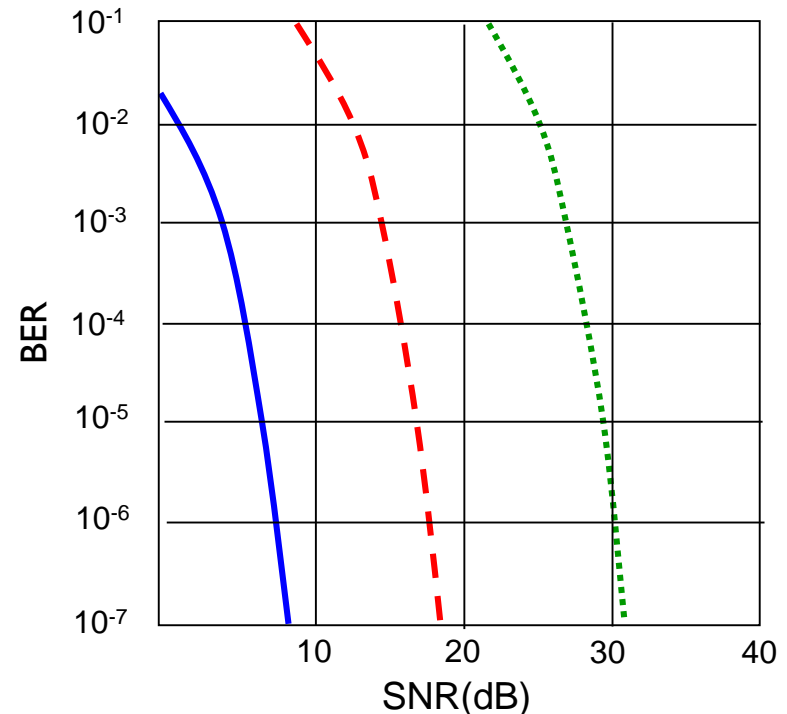
σημαντικές διαφορές από ενσύρματη ζεύξη

- *μειωμένη ισχύς σήματος*: το ραδιοσήμα εξασθενεί καθώς διαδίδεται μέσω ύλης (απώλειες διαδρομής)
- *παρεμβολές από άλλες πηγές*: προτυποποιημένες συχνότητες ασύρματου δικτύου (π.χ., 2.4 GHz) μοιράζονται με άλλες συσκευές (π.χ., τηλέφωνα)
- *διάδοση πολλαπλών διαδρομών* : ραδιοσήμα ανακλάται από αντικείμενα στο έδαφος, φθάνοντας στον προορισμό σε ελαφρώς διαφορετικούς χρόνους

.... κάνει την επικοινωνία κατά μήκος της ασύρματης ζεύξης (ακόμα και «σημείου προς σημείο») πολύ πιο “δύσκολη”

Χαρακτηριστικά Ασύρματης Ζεύξης (2)

- ❖ SNR: λόγος σήματος προς θόρυβο
 - μεγαλύτερο SNR – ευκολότερο να εξάγει σήμα από το θόρυβο (είναι καλό)
- ❖ **SNR και BER**
 - **δεδομένου φυσικού επιπέδου:** αύξηση ισχύος -> αύξηση SNR -> μείωση BER
 - **δεδομένου SNR:** επέλεξε το φυσικό επίπεδο που ικανοποιεί την απαίτηση BER, δίνοντας μέγιστη απόδοση
 - το SNR μπορεί να αλλάξει με την κινητικότητα: δυναμική προσαρμογή φυσικού επιπέδου (τεχνική διαμόρφωσης, ρυθμός)



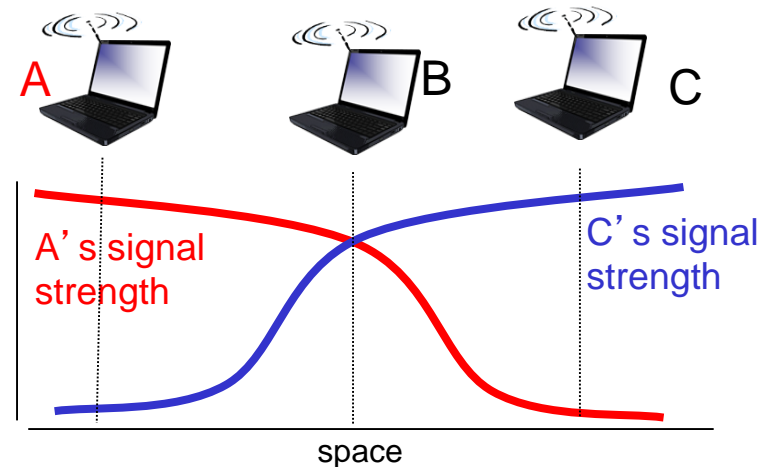
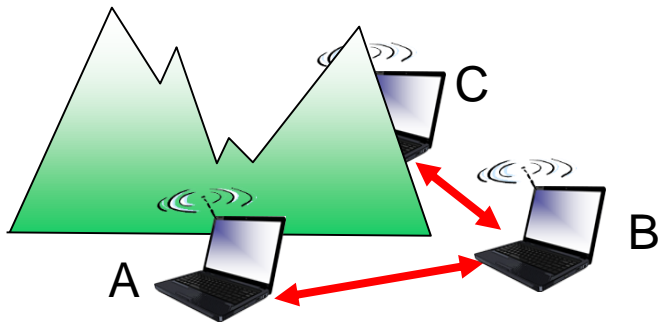
..... QAM256 (8 Mbps)

- - - QAM16 (4 Mbps)

— BPSK (1 Mbps)

Χαρακτηριστικά Ασύρματης Ζεύξης (3)

Πολλαπλοί ασύρματοι αποστολείς και παραλήπτες δημιουργούν επιπλέον προβλήματα (πέραν της πολλαπλής πρόσβασης):



Πρόβλημα κρυμμένου τερματικού

- ❖ B, A ακούνε ο ένας τον άλλο
- ❖ B, C ακούνε ο ένας τον άλλο
- ❖ A, C δεν ακούνε ο ένας τον άλλο: σημαίνει πως οι A, C αγνοούν τις παρεμβολές τους στο B

Εξασθένηση σήματος:

- ❖ B, A ακούνε ο ένας τον άλλο
- ❖ B, C ακούνε ο ένας τον άλλο
- ❖ A, C αγνοούν τις παρεμβολές τους στο B

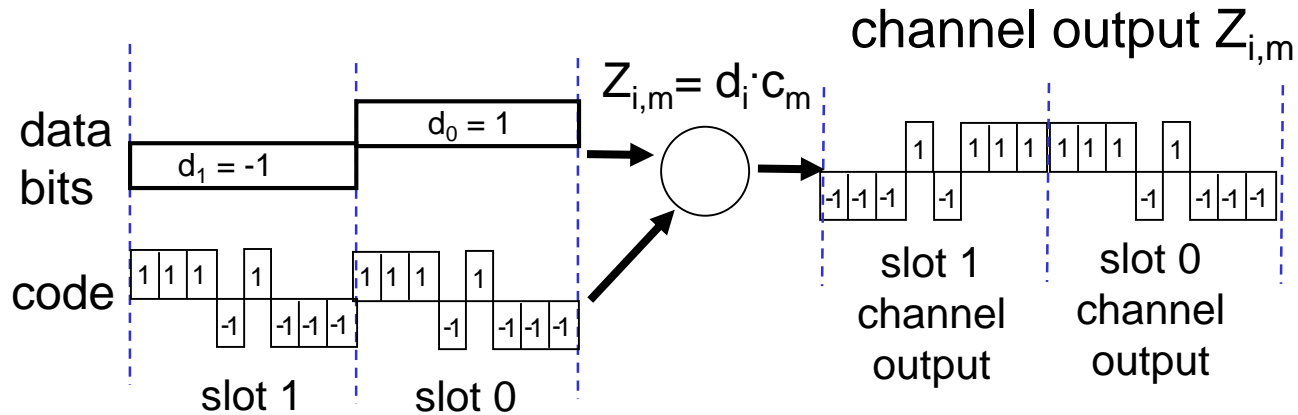
Code Division Multiple Access (CDMA)

(Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση Κώδικα)

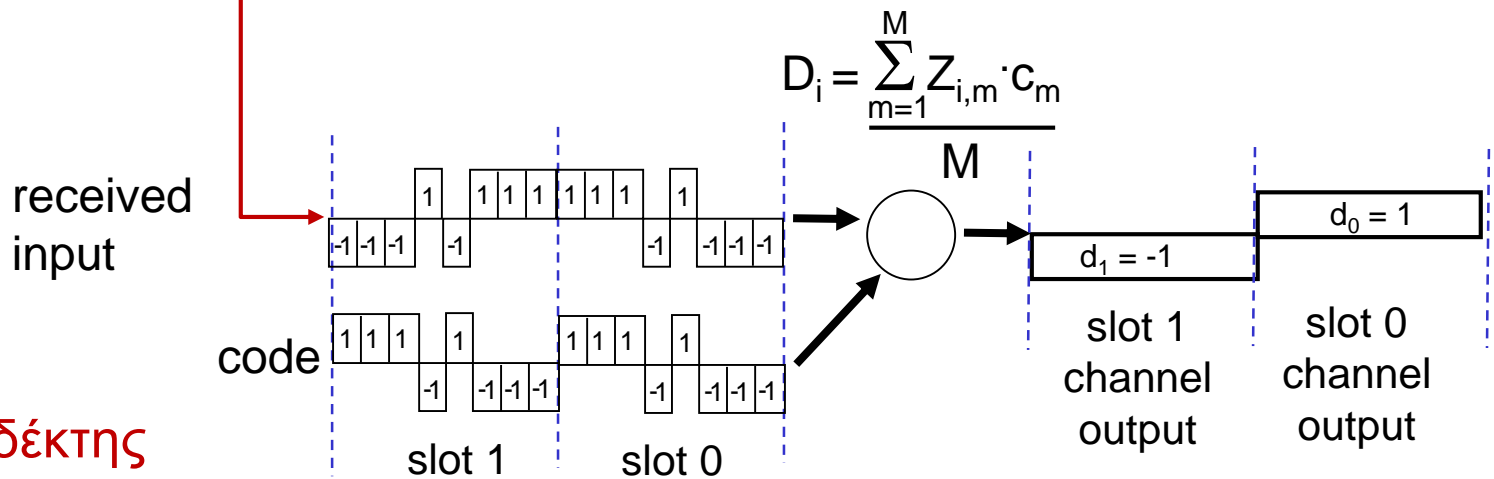
- ❖ μοναδικός “κώδικας” ανατίθεται σε κάθε χρήστη
 - όλοι οι χρήστες μοιράζονται την ίδια συχνότητα, αλλά ο καθένας έχει δική του “chipping” ακολουθία (π.χ., κώδικας) για την κωδικοποίηση των δεδομένων
 - επιτρέπει σε πολλαπλούς χρήστες να “συνυπάρχουν” και να μεταδίδουν ταυτόχρονα με ελάχιστες παρεμβολές (αν οι κώδικες είναι “ορθογώνιοι”)
- ❖ *κωδικοποιημένο σήμα* = (αρχικά δεδομένα) x (ακολουθία chipping)
- ❖ *αποκωδικοποίηση*: εσωτερικό γινόμενο του κωδικοποιημένου σήματος και chipping ακολουθίας

CDMA κωδικοποίηση/αποκωδικοποίηση

πομπός

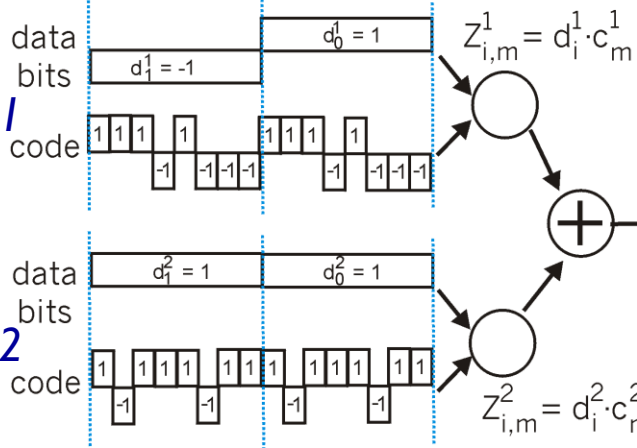


δέκτης



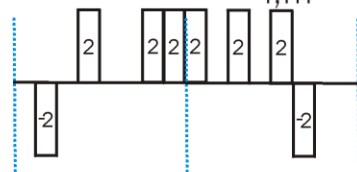
CDMA: παρεμβολή δύο αποστολέων

senders

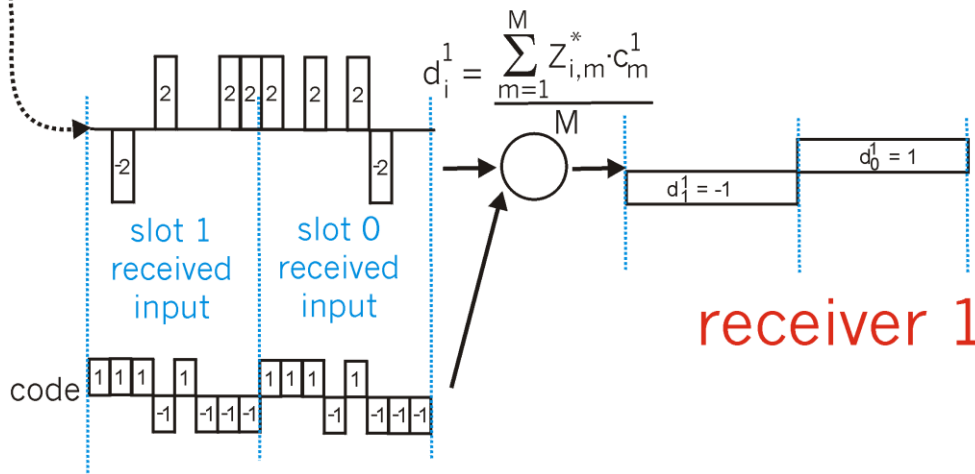


channel, $Z_{i,m}^*$

το κανάλι προσθέτει τις μεταδόσεις των αποστολέων 1 και 2



$$d_i^1 = \sum_{m=1}^M Z_{i,m}^* \cdot c_m^1$$



χρησιμοποιώντας ίδιο κώδικα με τον αποστολέα 1, ο δέκτης ανακτά τα αρχικά δεδομένα του αποστολέα 1 από τα δεδομένα του αθροιστικού καναλιού!

Διάρθρωση θεματικής ενότητας

6.1 Εισαγωγή

Ασύρματο

6.2 Ασύρματες ζεύξεις, χαρακτηριστικά

- CDMA

6.3 IEEE 802.11 ασύρματα LANs (“Wi-Fi”)

6.4 Κυψελωτή πρόσβαση στο Internet

- αρχιτεκτονική
- πρότυπα (e.g., GSM)

Κινητικότητα

6.5 Αρχές: διευθυνσιοδότηση και δρομολόγηση προς κινητούς χρήστες

6.6 Mobile IP

6.7 Διαχείριση κινητικότητας σε κυψελωτά δίκτυα

6.8 Κινητικότητα και πρωτόκολλα υψηλότερων στρωμάτων

6.9 Περίληψη

IEEE 802.11 Ασύρματο LAN

802.11b

❖ 2.4-5 GHz μη αδειοδοτημένο φάσμα

❖ ως 11 Mbps

❖ Διασπορά φάσματος άμεσης ακολουθίας (Direct Sequence Spread Spectrum-DSSS) στο φυσικό επίπεδο

- όλα τα τερματικά χρησιμοποιούν τον ίδιο chipping κωδικό

- ❖ όλα χρησιμοποιούν CSMA/CA για πολλαπλή πρόσβαση
- ❖ όλα έχουν εκδοχές δικτύων σταθμού βάσης και ad-hoc

802.11a

- 5-6 GHz εύρος
- ως 54 Mbps

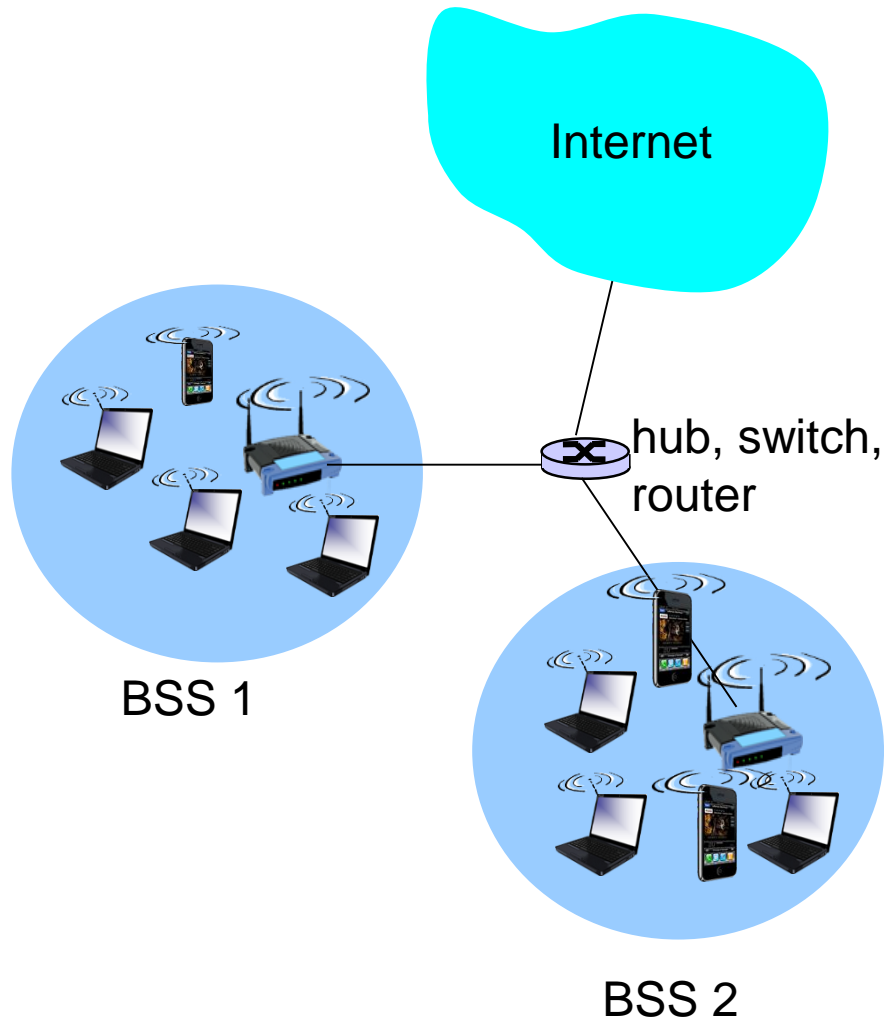
802.11g

- 2.4-5 GHz εύρος
- ως 54 Mbps

802.11n: πολλαπλές κεραιές

- 2.4-5 GHz εύρος
- ως 200 Mbps

802.11 LAN : αρχιτεκτονική

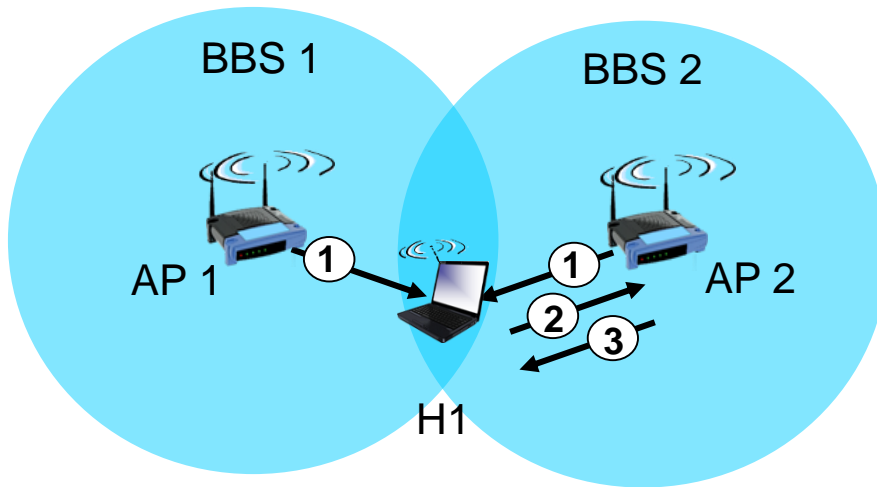


- ❖ το ασύρματο τερματικό επικοινωνεί με το σταθμό βάσης
 - σταθμός βάσης = σημείο πρόσβασης (AP)
- ❖ **Basic Service Set (BSS)** (δλδ “κυψέλη”) σε λειτουργία υποδομής περιέχει:
 - ασύρματα τερματικά
 - σημεία πρόσβασης (AP): σταθμός βάσης
 - ad hoc λειτουργία: μόνο τερματικά

802.11: Κανάλια, σύνδεση

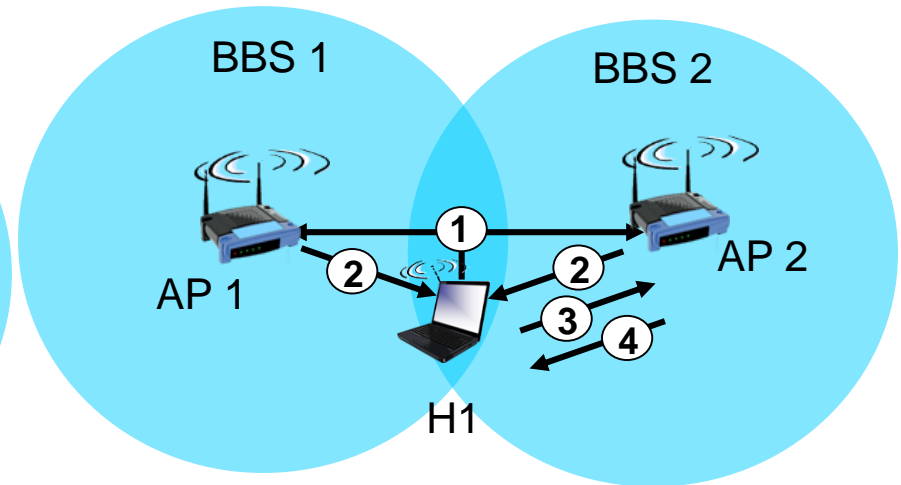
- ❖ **802.11b**: 2.4GHz-2.485GHz φάσμα, διαιρείται σε 11 κανάλια σε διαφορετικές συχνότητες
 - Ο AP admin επιλέγει συχνότητα για το AP
 - πιθανή παρεμβολή: το κανάλι μπορεί να είναι ίδιο με του γειτονικού AP!
- ❖ **τερματικό: πρέπει να συνδεθεί με ένα AP**
 - σαρώνει τα κανάλια, ακούει για *πλαίσια beacon* που περιέχουν το όνομα (SSID) και την MAC διεύθυνση του AP
 - επιλέγει AP για να συνδεθεί
 - ίσως εκτελέσει πιστοποίηση [βλέπε ΘΕ5: ασφάλεια δικτύων]
 - συνήθως θα τρέξει DHCP για να πάρει IP διεύθυνση στο subnet του AP

802.11: παθητική/ενεργητική σάρωση



παθητική σάρωση:

- (1) beacon πλαίσια από APs
- (2) πλαίσιο αίτησης σύνδεσης: από H1 προς επιλεγμένο AP
- (3) πλαίσιο απόκρισης σύνδεσης: από επιλεγμένο AP προς H1

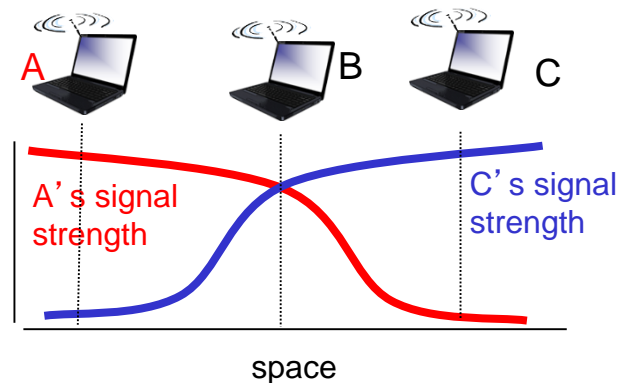
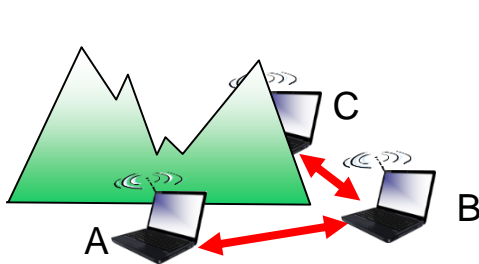


ενεργητική σάρωση:

- (1) broadcast πλαίσιο αίτησης ανίχνευσης από H1
- (2) πλαίσια αίτησης ανίχνευσης από APs
- (3) πλαίσιο αίτησης σύνδεσης : από H1 προς επιλεγμένο AP
- (4) πλαίσιο απόκρισης σύνδεσης: από επιλεγμένο AP προς H1

IEEE 802.11: πολλαπλή πρόσβαση

- ❖ αποφυγή συγκρούσεων: >1 κόμβοι μεταδίδουν την ίδια στιγμή
- ❖ 802.11: CSMA – “αφουγκράζεται” το κανάλι πριν μεταδώσει
 - μη συγκρουστείς με εν εξελίξει μετάδοση από άλλο κόμβο
- ❖ 802.11: χωρίς ανίχνευση σύγκρουσης!
 - δύσκολο να λάβει (ανιχνεύσει συγκρούσεις) όταν μεταδίδει λόγω αδύναμων λαμβανόμενων σημάτων (εξασθένιση)
 - δεν μπορεί να αντιληφθεί όλες τις συγκρούσεις σε κάθε περίπτωση: κρυμμένο τερματικό, εξασθένιση
 - στόχος: **αποφυγή συγκρούσεων**: CSMA/CA (Collision Avoidance)



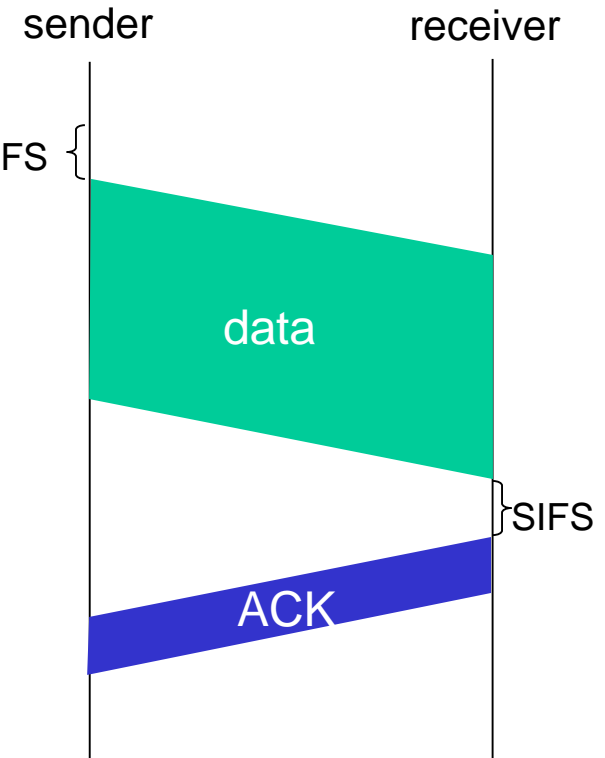
IEEE 802.11 MAC Protocol: CSMA/CA

802.11 αποστολέας

- αν «αισθανθείς» το κανάλι αδρανές για **DIFS** τότε μετάδωσε ολόκληρο το πλαίσιο (όχι CD)
- αν «αισθανθείς» το κανάλι απασχολημένο τότε
 - ξεκίνησε τυχαίο χρόνο οπισθοχώρησης
 - χρονομετρητής μετράει αντίστροφα όταν το κανάλι είναι αδρανές
 - μετάδωσε όταν λήξει ο χρονομετρητής
 - αν δεν λάβεις ACK, αύξησε το τυχαίο διάστημα οπισθοχώρησης, επανάλαβε το 2

802.11 δέκτης

- αν το πλαίσιο παραληφθεί OK
 - στείλε ACK μετά από **SIFS** (ACK χρειάζεται λόγω προβλήματος κρυμμένου τερματικού)



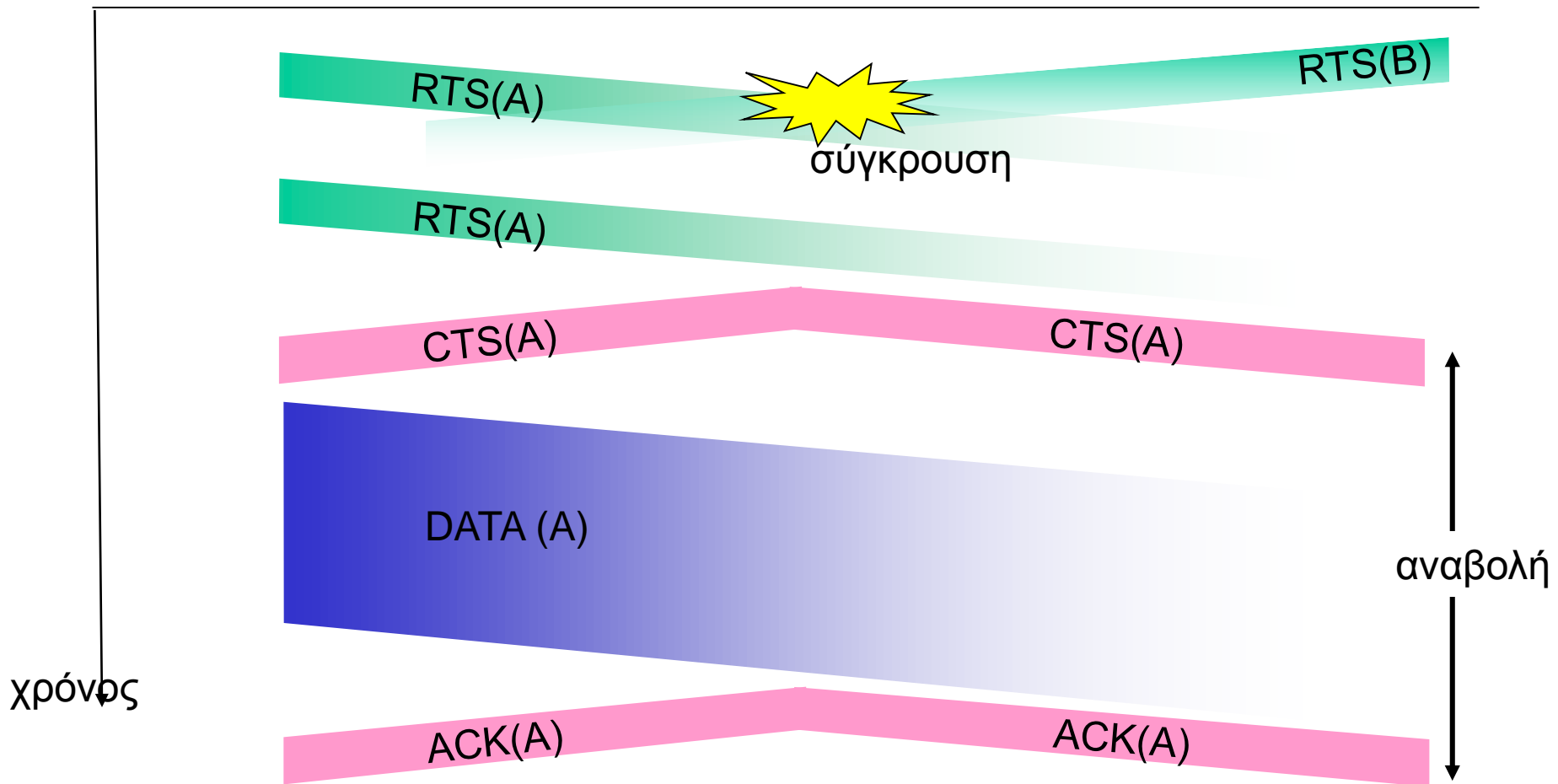
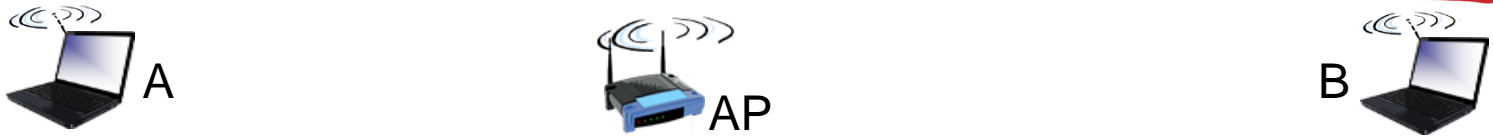
Αποφυγή συγκρούσεων (περισσότερα)

Ιδέα: επέτρεψε στον αποστολέα να “**κάνει κράτηση**” στο κανάλι αντί για τυχαία πρόσβαση των πλαισίων δεδομένων → αποφυγή συγκρούσεων μεγάλων πλαισίων δεδομένων

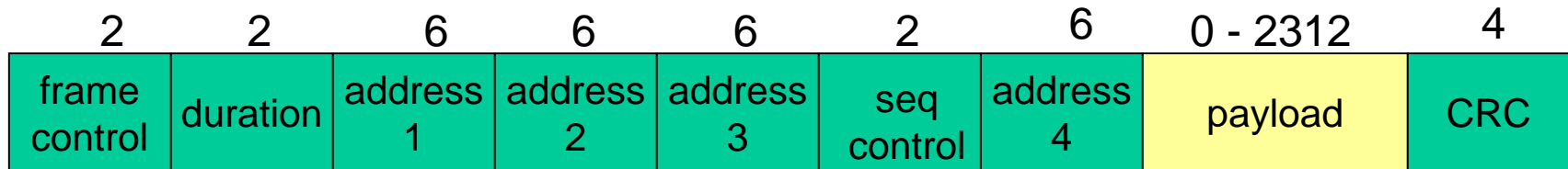
- ❖ ο αποστολέας πρώτα μεταδίδει *μικρά* πακέτα **request-to-send (RTS)** (αίτηση για αποστολή) στο BS (σταθμό βάσης) χρησιμοποιώντας CSMA
 - τα RTS μπορεί να συγκρουστούν μεταξύ τους (αλλά είναι μικρά)
- ❖ BS εκπέμπει **clear-to-send (CTS)** σε απόκριση του RTS
- ❖ το CTS (clear to send – “ελεύθερο” για αποστολή) ακούγεται από όλους τους κόμβους
 - ο αποστολέας μεταδίδει πλαίσιο δεδομένων
 - οι άλλοι σταθμοί αναβάλλουν τις μεταδόσεις

*απόφυγε συγκρούσεις πλαισίων δεδομένων εντελώς,
χρησιμοποιώντας μικρά πακέτα κράτησης!*

Αποφυγή Συγκρούσεων: «κράτηση» καναλιού μέσω RTS-CTS



802.11 πλαίσιο: διευθυνσιοδότηση



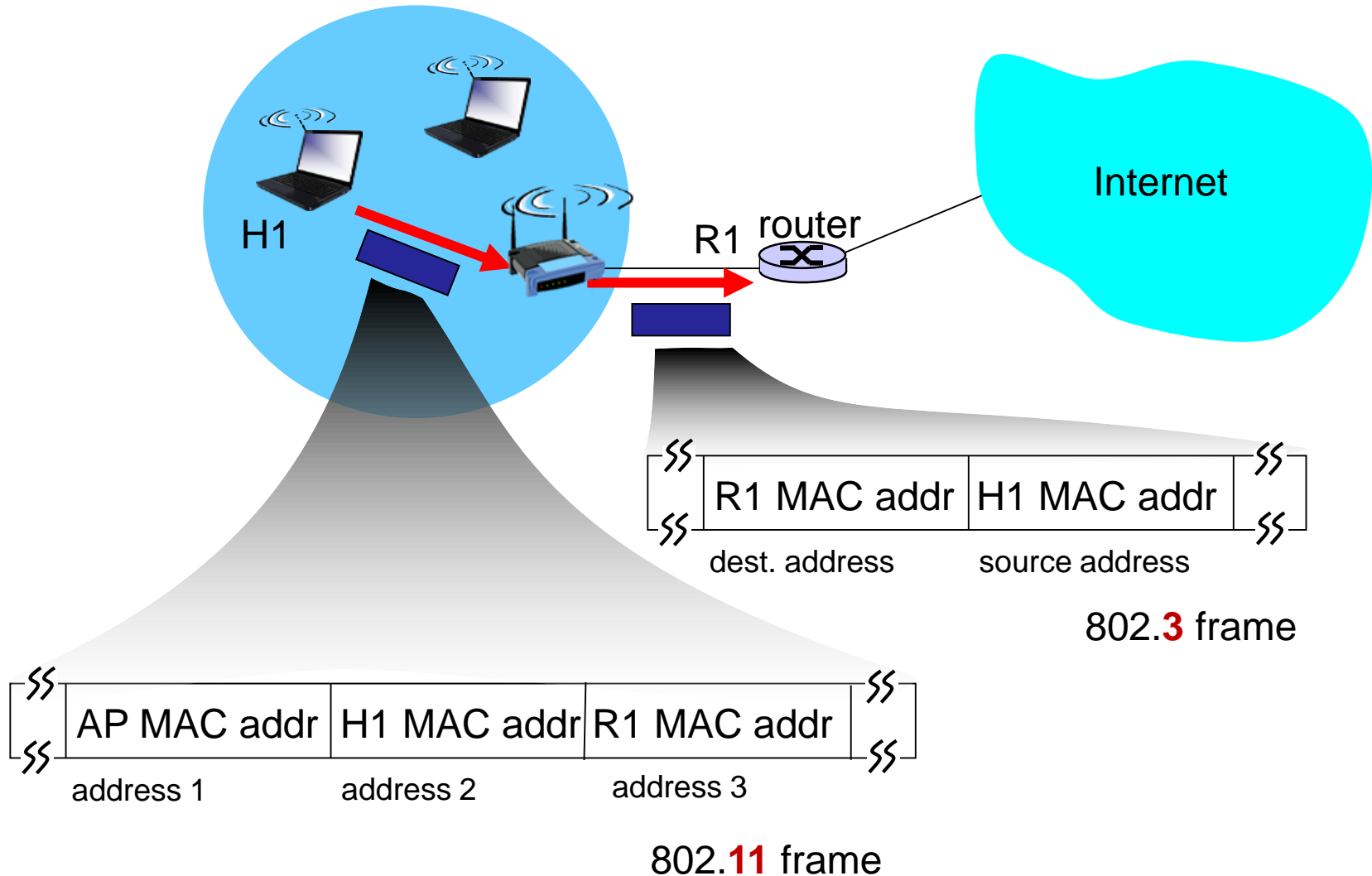
Διεύθυνση 1: MAC διεύθυνση ασύρματου τερματικού ή AP που λαμβάνει αυτό το πλαίσιο

Διεύθυνση 2: MAC διεύθυνση ασύρματου τερματικού ή AP που μεταδίδει αυτό το πλαίσιο

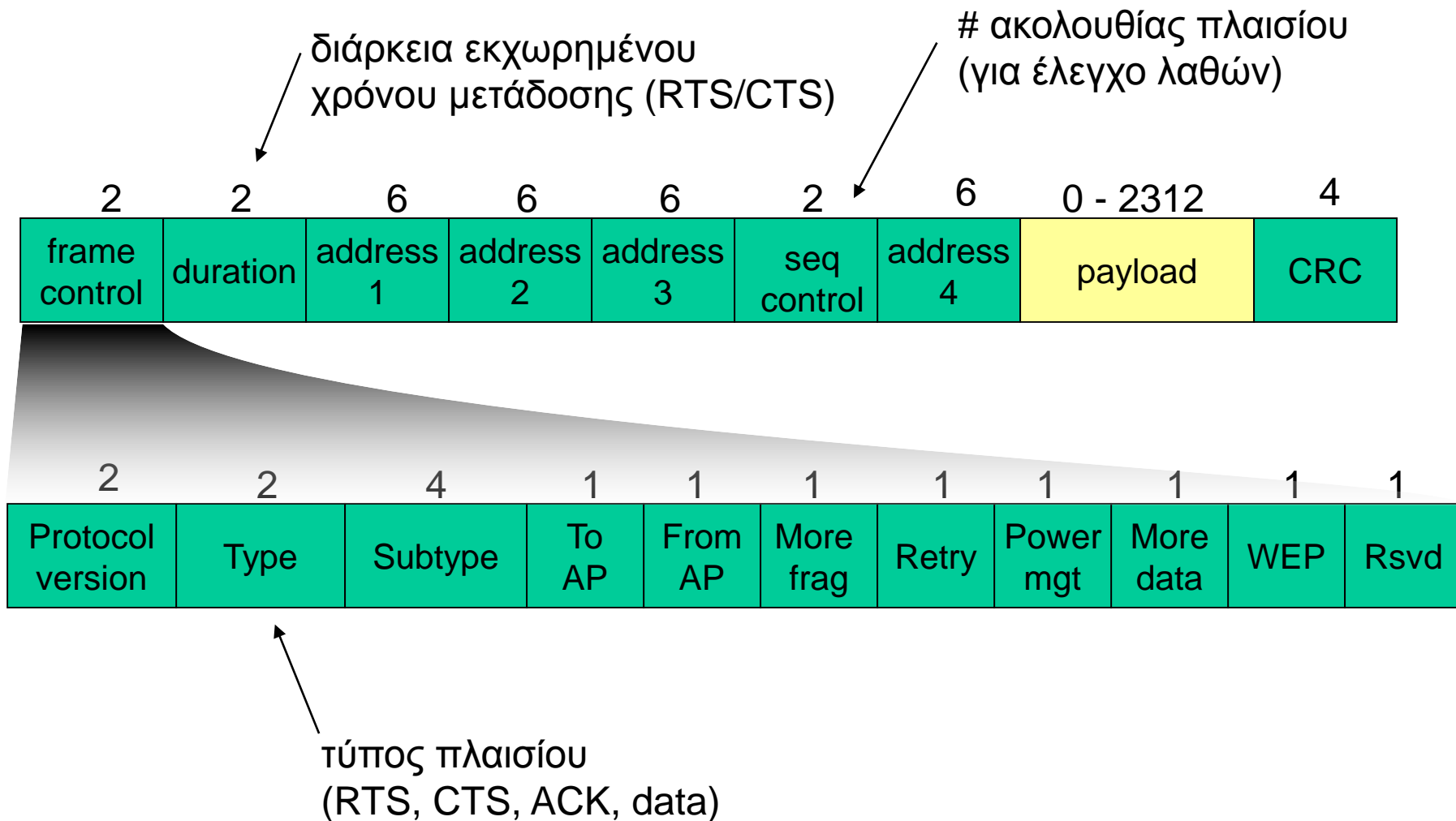
Διεύθυνση 3: MAC διεύθυνση διεπαφής δρομολογητή στην οποία συνδέεται το AP

Διεύθυνση 4: χρησιμοποιείται μόνο σε ad hoc λειτουργία

802.11 πλαίσιο: διευθυνσιοδότηση

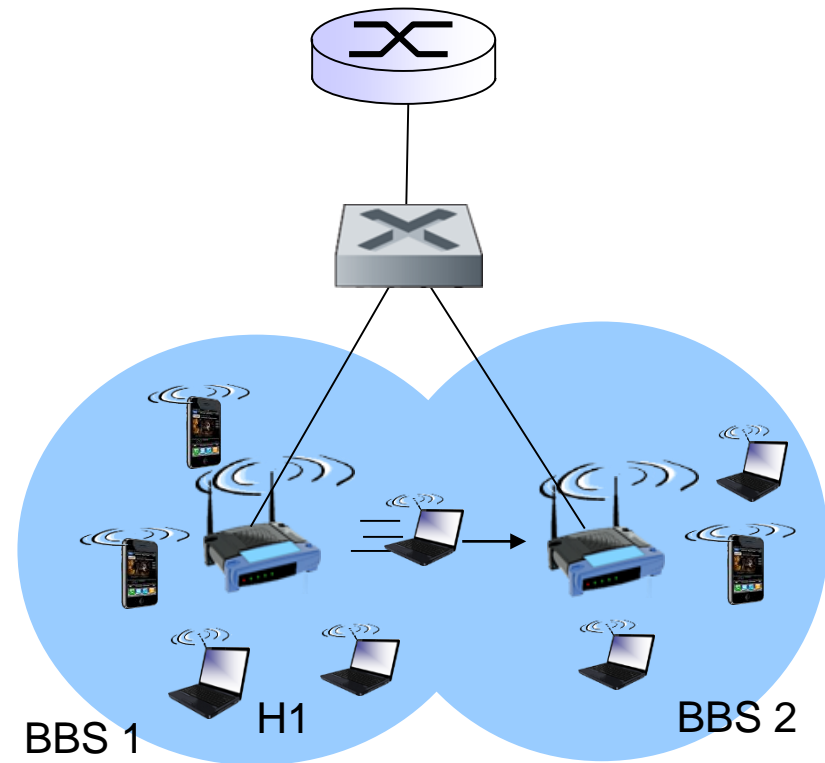


802.11 πλαίσιο: περισσότερα



802.11: κινητικότητα εντός του ίδιου subnet

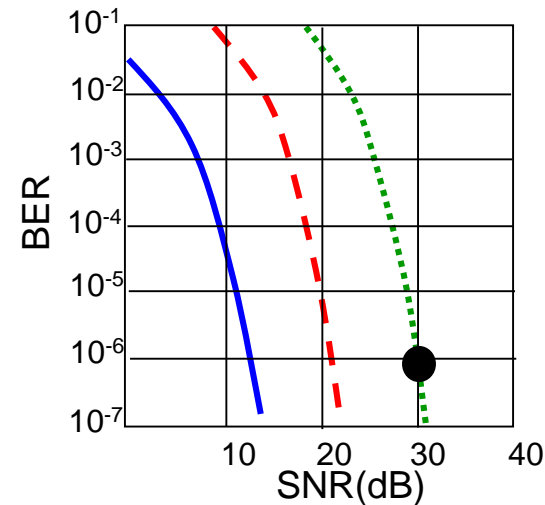
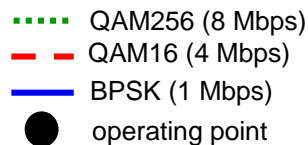
- ❖ Ο ΗΙ παραμένει στο ίδιο IP υποδίκτυο: η IP διεύθυνση μπορεί να παραμείνει ίδια
- ❖ μεταγωγέας: ποιό AP συνδέεται με τον ΗΙ;
 - αυτο-εκμάθηση: ο μεταγωγέας θα δει το πλαίσιο από το ΗΙ και θα “θυμηθεί” ποιά θύρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να φθάσει στον ΗΙ



802.11: προχωρημένες δυνατότητες

Προσαρμογή ρυθμού

- ❖ σταθμός βάσης, κινητό δυναμικά αλλάζουν ρυθμό μετάδοσης (τεχνική διαμόρφωσης φυσικού επιπέδου) καθώς μετακινείται το κινητό, το SNR ποικίλλει



1. SNR μειώνεται, BER αυξάνεται καθώς ο κόμβος απομακρύνεται από το σταθμό βάσης
2. Όταν το BER γίνεται πολύ μεγάλο, μεταβαίνει σε χαμηλότερο ρυθμό μετάδοσης αλλά με μικρότερο BER

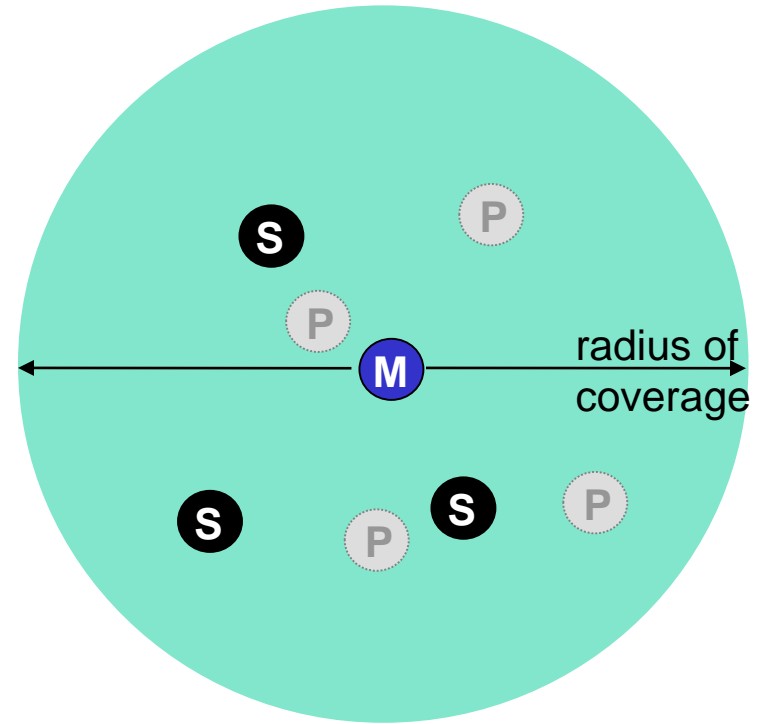
802.11: προηγμένες δυνατότητες

διαχείριση ενέργειας

- κόμβος προς AP: “Θα κοιμηθώ μέχρι το πλαίσιο beacon”
 - το AP γνωρίζει ότι δεν πρέπει να μεταδίδει προς αυτό τον κόμβο
 - ο κόμβος “ξυπνάει” πριν το επόμενο beacon πλαίσιο
- πλαίσιο beacon : περιέχει λίστα των κινητών με πλαίσια από το AP προς το κινητό που περιμένουν για αποστολή
 - ο κόμβος θα παραμείνει “ξύπνιος” αν υπάρχουν πλαίσια από το AP προς το κινητό που περιμένουν για αποστολή
 - αλλιώς κοιμάται ξανά μέχρι το επόμενο beacon πλαίσιο

802.15: personal area network

- ❖ λιγότερο από 10 m διάμετρο
- ❖ αντικατάσταση καλωδίου (ποντίκι, πληκτρολόγιο, ακουστικά)
- ❖ ad hoc: χωρίς υποδομή
- ❖ master/slaves:
 - slaves αιτούνται άδειας να στείλουν (στον master)
 - master δέχεται αιτήματα
- ❖ 802.15: εξελίχθηκε από προδιαγραφή του Bluetooth
 - 2.4-2.5 GHz ζώνη συχνοτήτων
 - ως 721 kbps



- M** Master device
- S** Slave device
- P** Parked device (inactive)

Διάρθρωση θεματικής ενότητας

6.1 Εισαγωγή

Ασύρματο

6.2 Ασύρματες ζεύξεις, χαρακτηριστικά

- CDMA

6.3 IEEE 802.11 ασύρματα LANs (“Wi-Fi”)

6.4 Κυψελωτή πρόσβαση στο Internet

- αρχιτεκτονική
- πρότυπα (e.g., GSM)

Κινητικότητα

6.5 Αρχές: διευθυνσιοδότηση και δρομολόγηση προς κινητούς χρήστες

6.6 Mobile IP

6.7 Διαχείριση κινητικότητας σε κυψελωτά δίκτυα

6.8 Κινητικότητα και πρωτόκολλα υψηλότερων στρωμάτων

6.9 Περίληψη

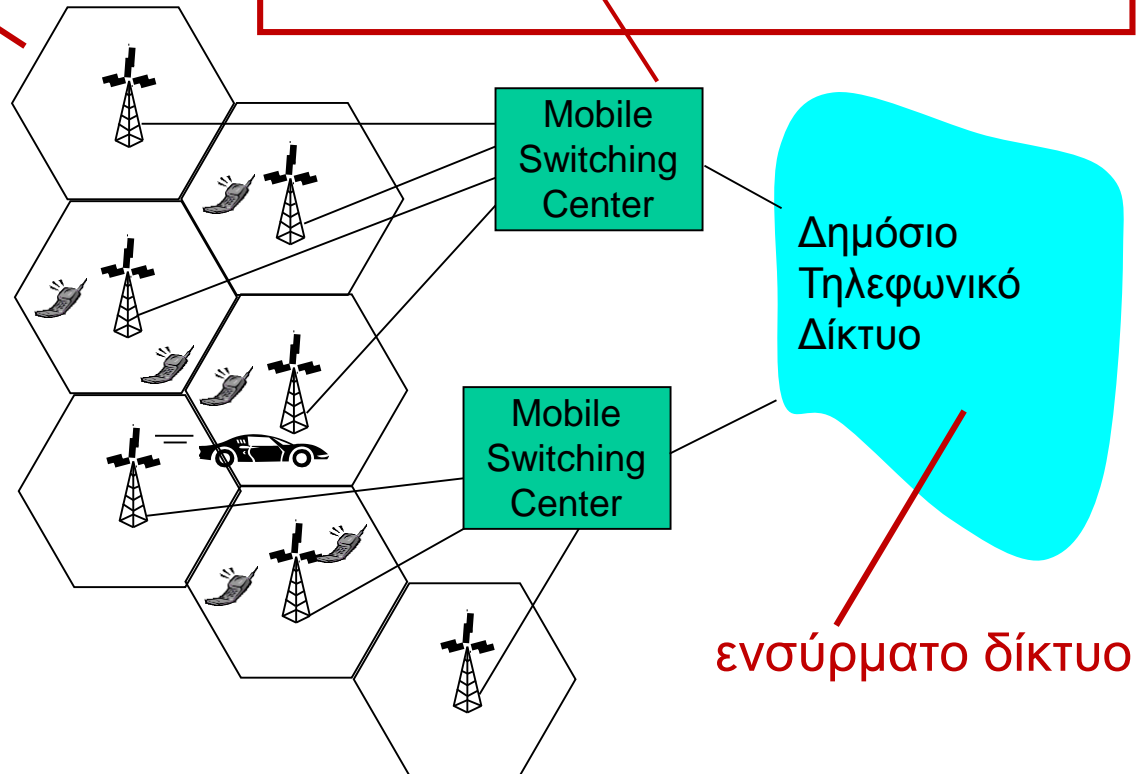
Συστατικά αρχιτεκτονικής κυψελωτού δικτύου

κυψέλη

- ❖ καλύπτει γεωγραφική περιοχή
- ❖ *σταθμός βάσης* (BS) ανάλογος με 802.11 AP
- ❖ *κινητοί χρήστες* συνδέονται στο δίκτυο μέσω του BS
- ❖ *διεπαφή αέρα*: πρωτόκολλο επιπέδων ζεύξης και φυσικού μεταξύ κινητού και BS

MSC

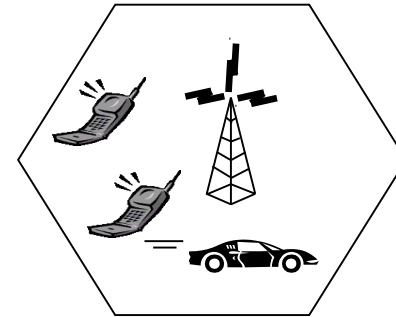
- ❖ συνδέει κυψέλες σε ενσύρματα τηλεφωνικά δίκτυα
- ❖ διαχειρίζεται την εγκατάσταση κλήσης
- ❖ διαχειρίζεται την κινητικότητα



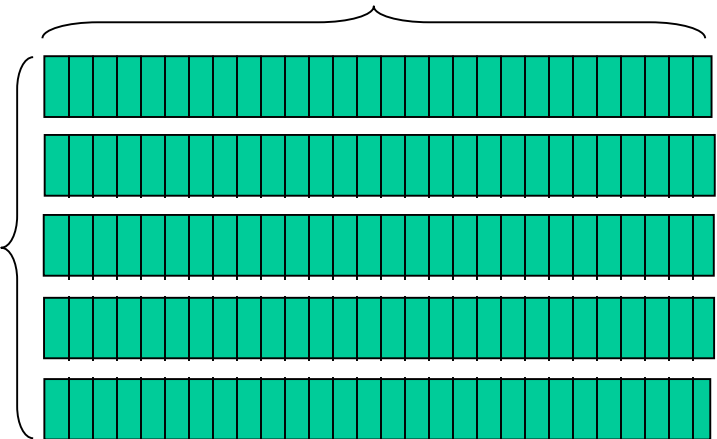
Κυψελωτά δίκτυα: πρώτο άλμα

2 τεχνικές διαμοιρασμού
ραδιοφάσματος από το
κινητό και το BS

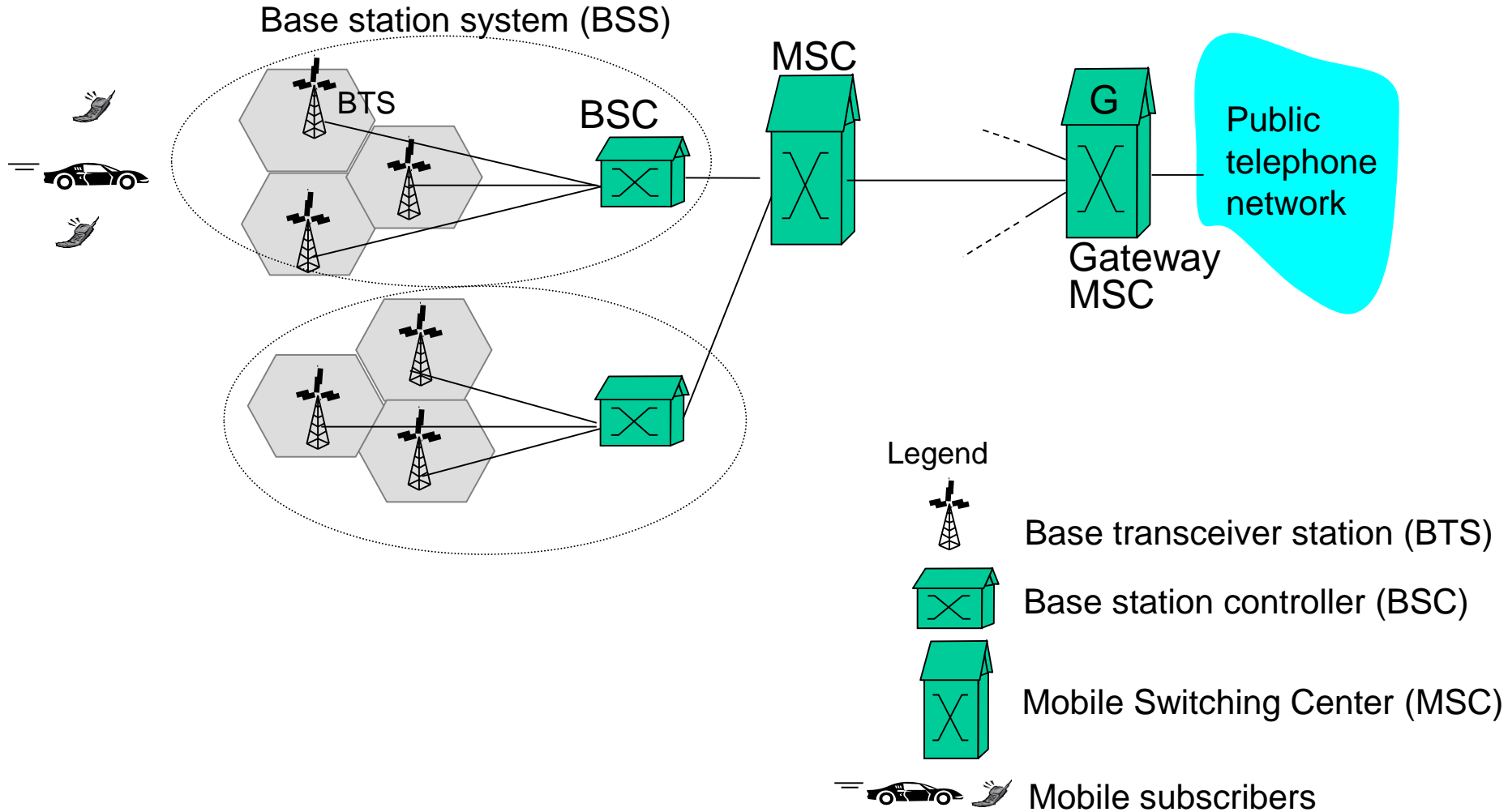
- ❖ **συνδυασμένο FDMA/TDMA:**
διαίρει το φάσμα σε
υποκανάλια συχνότητας,
διαίρει κάθε κανάλι σε
χρονοθυρίδες
- ❖ **CDMA:** code division multiple
access



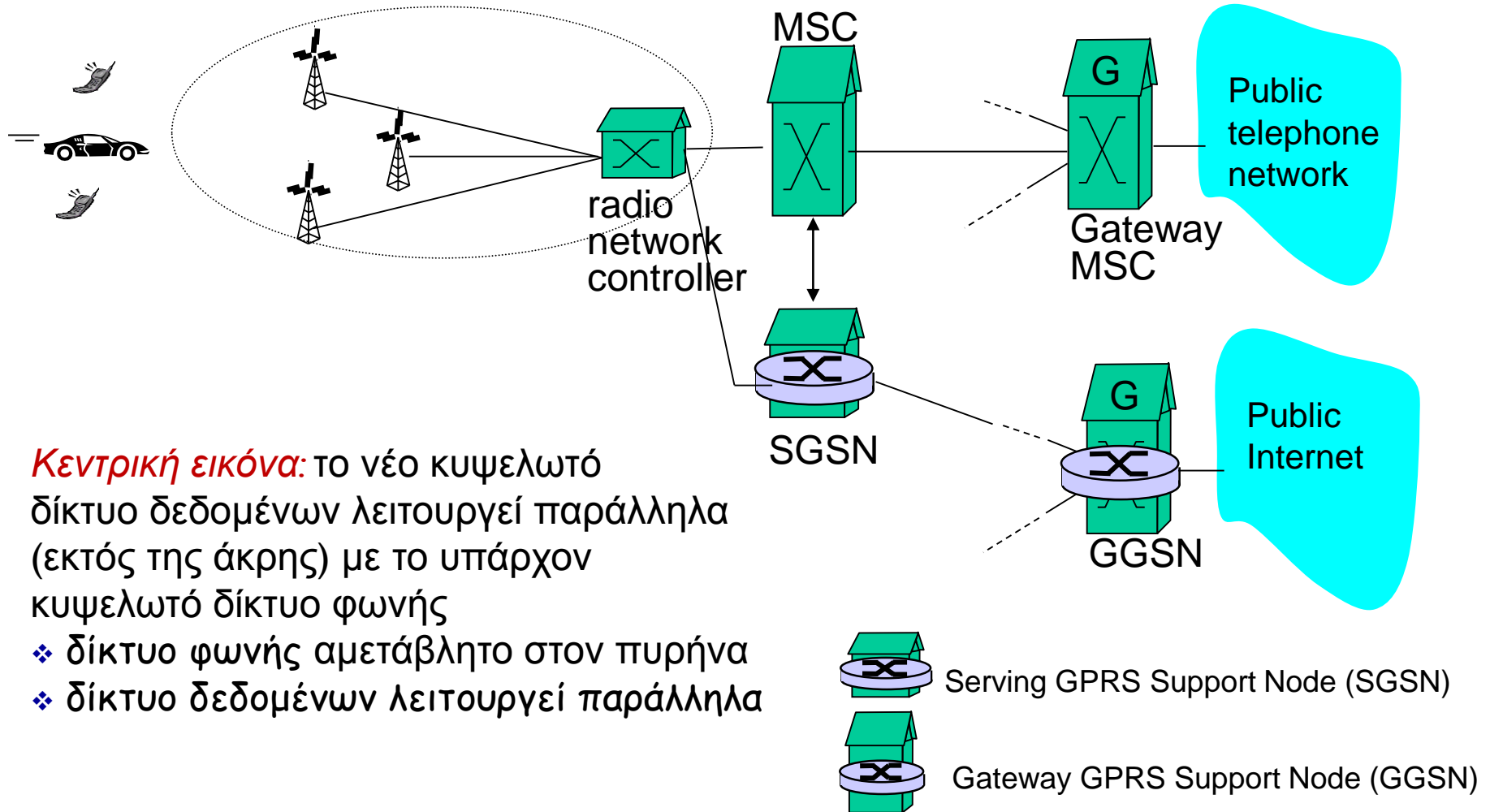
time slots



2G (φωνή) αρχιτεκτονική δικτύου



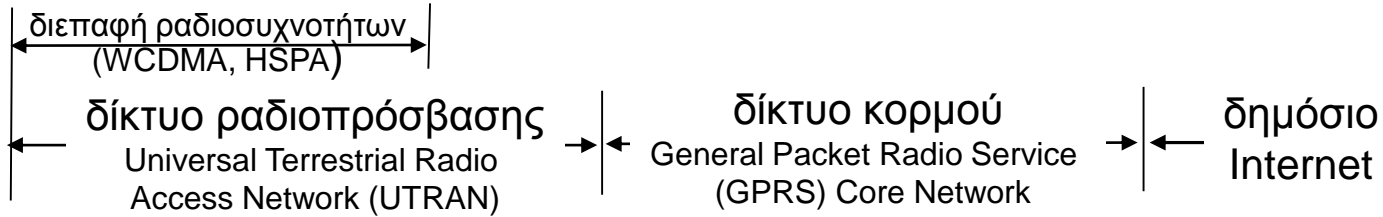
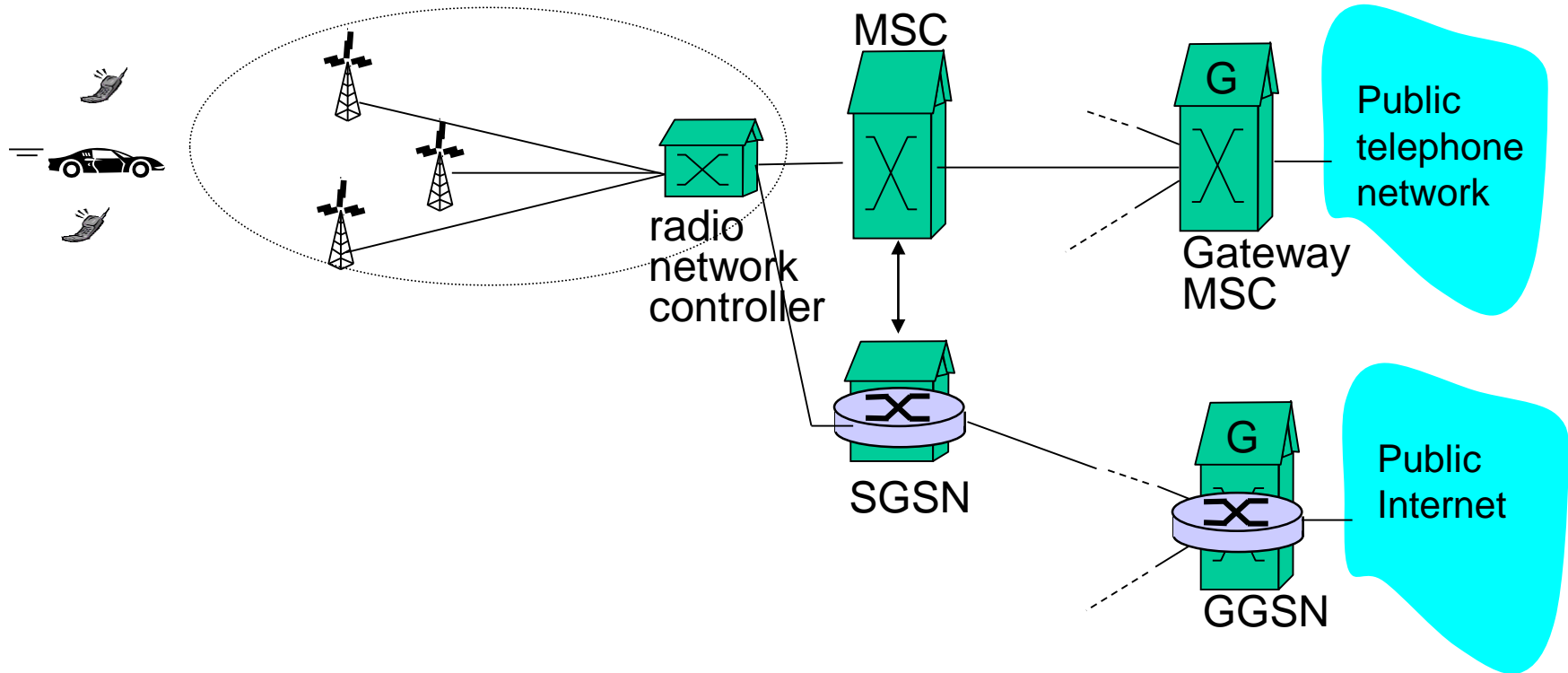
3G (φωνή+δεδομένα) αρχιτεκτονική δικτύου



Κεντρική εικόνα: το νέο κυψελωτό δίκτυο δεδομένων λειτουργεί παράλληλα (εκτός της άκρης) με το υπάρχον κυψελωτό δίκτυο φωνής

- ❖ δίκτυο φωνής αμετάβλητο στον πυρήνα
- ❖ δίκτυο δεδομένων λειτουργεί παράλληλα

3G (φωνή+δεδομένα) αρχιτεκτονική δικτύου



Διάρθρωση θεματικής ενότητας

6.1 Εισαγωγή

Ασύρματο

6.2 Ασύρματες ζεύξεις, χαρακτηριστικά

- CDMA

6.3 IEEE 802.11 ασύρματα LANs (“Wi-Fi”)

6.4 Κυψελωτή πρόσβαση στο Internet

- αρχιτεκτονική
- πρότυπα (e.g., GSM)

Κινητικότητα

6.5 Αρχές: διευθυνσιοδότηση και δρομολόγηση προς κινητούς χρήστες

6.6 Mobile IP

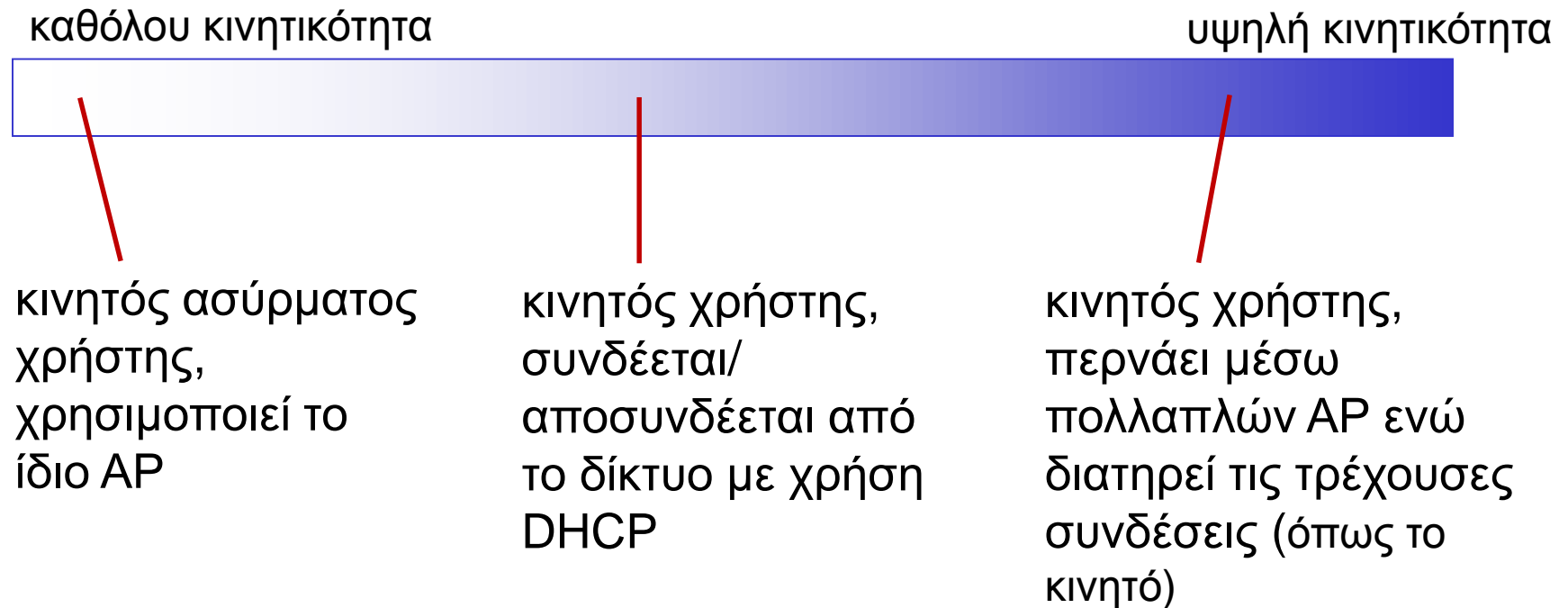
6.7 Διαχείριση κινητικότητας σε κυψελωτά δίκτυα

6.8 Κινητικότητα και πρωτόκολλα υψηλότερων στρωμάτων

6.9 Περίληψη

Τι είναι η κινητικότητα;

- ❖ φάσμα κινητικότητας, από την άποψη του *δικτύου*:

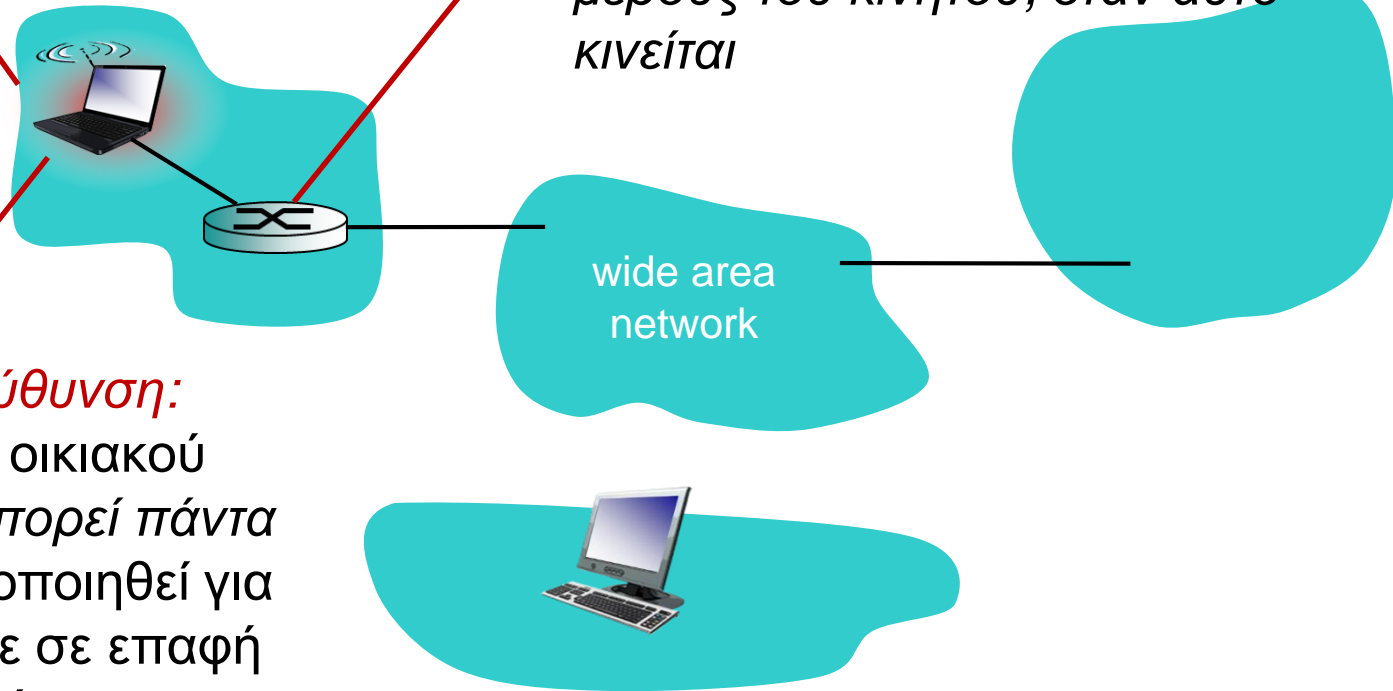


Κινητικότητα: Λεξιλόγιο

οικιακό δίκτυο: μόνιμη “κατοικία” του κινητού (π.χ., 128.119.40/24)

οικιακός πράκτορας: οντότητα που θα εκτελέσει λειτουργίες διαχείρισης κινητικότητας εκ μέρους του κινητού, όταν αυτό κινείται

μόνιμη διεύθυνση: διεύθυνση οικιακού δικτύου, μπορεί πάντα να χρησιμοποιηθεί για να έρθουμε σε επαφή με το κινητό
πχ, 128.119.40.186

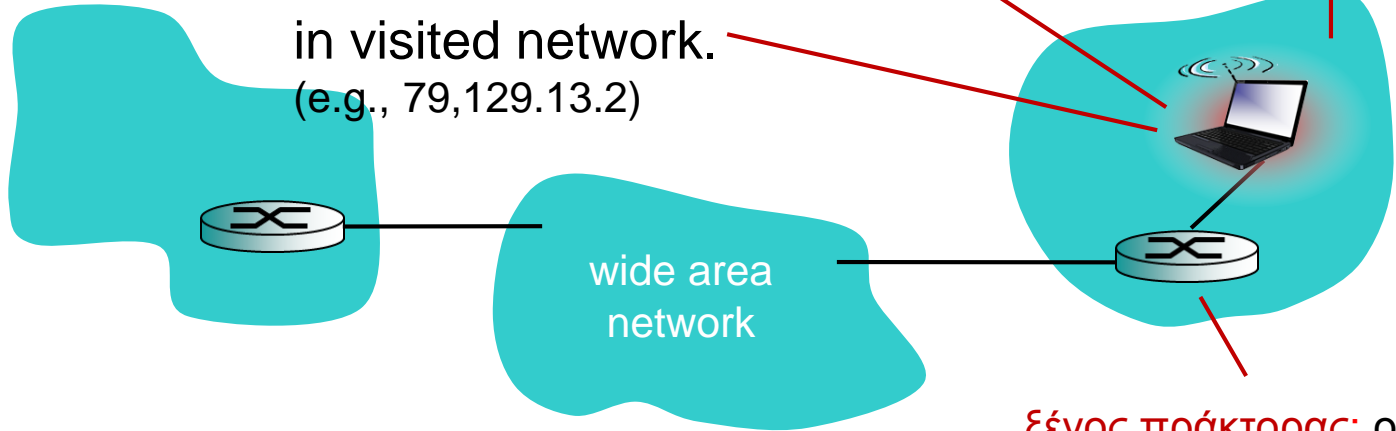


Κινητικότητα: περισσότερο λεξιλόγιο

μόνιμη διεύθυνση: παραμένει σταθερή (π.χ., 128.119.40.186)

ΕΠΙΣΚΕΠΤΟΜΕΝΟ ΔΙΚΤΥΟ: δίκτυο στο οποίο το κινητό βρίσκεται προς το παρόν (π.χ., 79.129.13/24)

care-of-address: address in visited network. (e.g., 79,129.13.2)



ανταποκριτής: θέλει να επικοινωνήσει με το κινητό

ξένος πράκτορας: οντότητα στο επισκεπτόμενο δίκτυο που θα εκτελέσει λειτουργίες κινητικότητας εκ μέρους του κινητού.

Πώς επικοινωνείς με μια *κινητή* φίλη:

Πως βρίσκεις μιά φίλη που αλλάζει συχνά διευθύνσεις;

- ❖ ψάχνεις όλους τους τηλεφωνικούς καταλόγους;
- ❖ καλείς τους γονείς της;
- ❖ περιμένεις να σε ενημερώσει για το που βρίσκεται;



Κινητικότητα: προσεγγίσεις

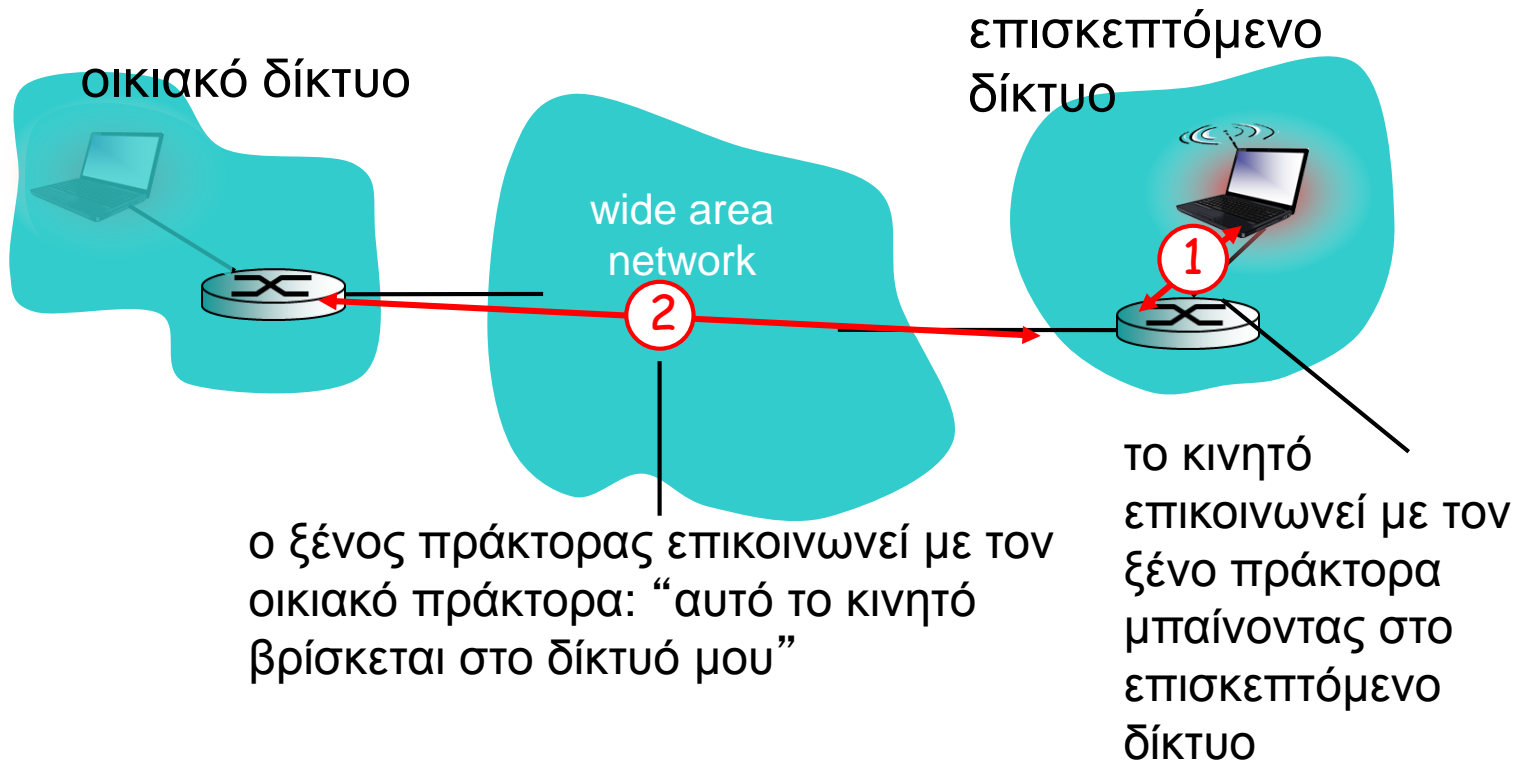
- ❖ *άσε τη δρομολόγηση να το αναλάβει:* οι δρομολογητές διαφημίζουν τη μόνιμη διεύθυνση των κινητών κόμβων μέσω της συνήθους ανταλλαγής πινάκων δρομολόγησης
 - πίνακες δρομολόγησης υποδεικνύουν που βρίσκεται κάθε κινητό
 - χωρίς αλλαγές στα τερματικά
- ❖ *άσε τα τερματικά να το αναλάβουν:*
 - *έμμεση δρομολόγηση:* επικοινωνία από ανταποκριτή προς κινητό μέσω του οικιακού πράκτορα, μετά προωθείται στο κινητό
 - *άμεση δρομολόγηση:* ανταποκριτής παίρνει την ξένη διεύθυνση του κινητού, στέλνει απευθείας στο κινητό

Κινητικότητα: προσεγγίσεις

- ❖ *άσε τη δρομολόγηση να το αναλάβει:* οι δρομολογητές διαφημίζουν τη μόνιμη διεύθυνση των κόμβων μέσω της συνήθους ανταλλαγής πινάκων.
 - πίνακες δρομολόγησης που περιλαμβάνουν που βρίσκεται κάθε κινητό
 - χωρίς αλλαγές στα τετραπά
- ❖ *άσε τα τερματικά να το αναλάβουν:*
 - *έμμεση δρομολόγηση:* επικοινωνία από ανταποκριτή προς κινητό μέσω του οικιακού πράκτορα, μετά προωθείται στο κινητό
 - *άμεση δρομολόγηση:* ανταποκριτής παίρνει την ξένη διεύθυνση του κινητού, στέλνει απευθείας στο κινητό

δεν
κλιμακώνεται σε
εκατομμύρια κινητά

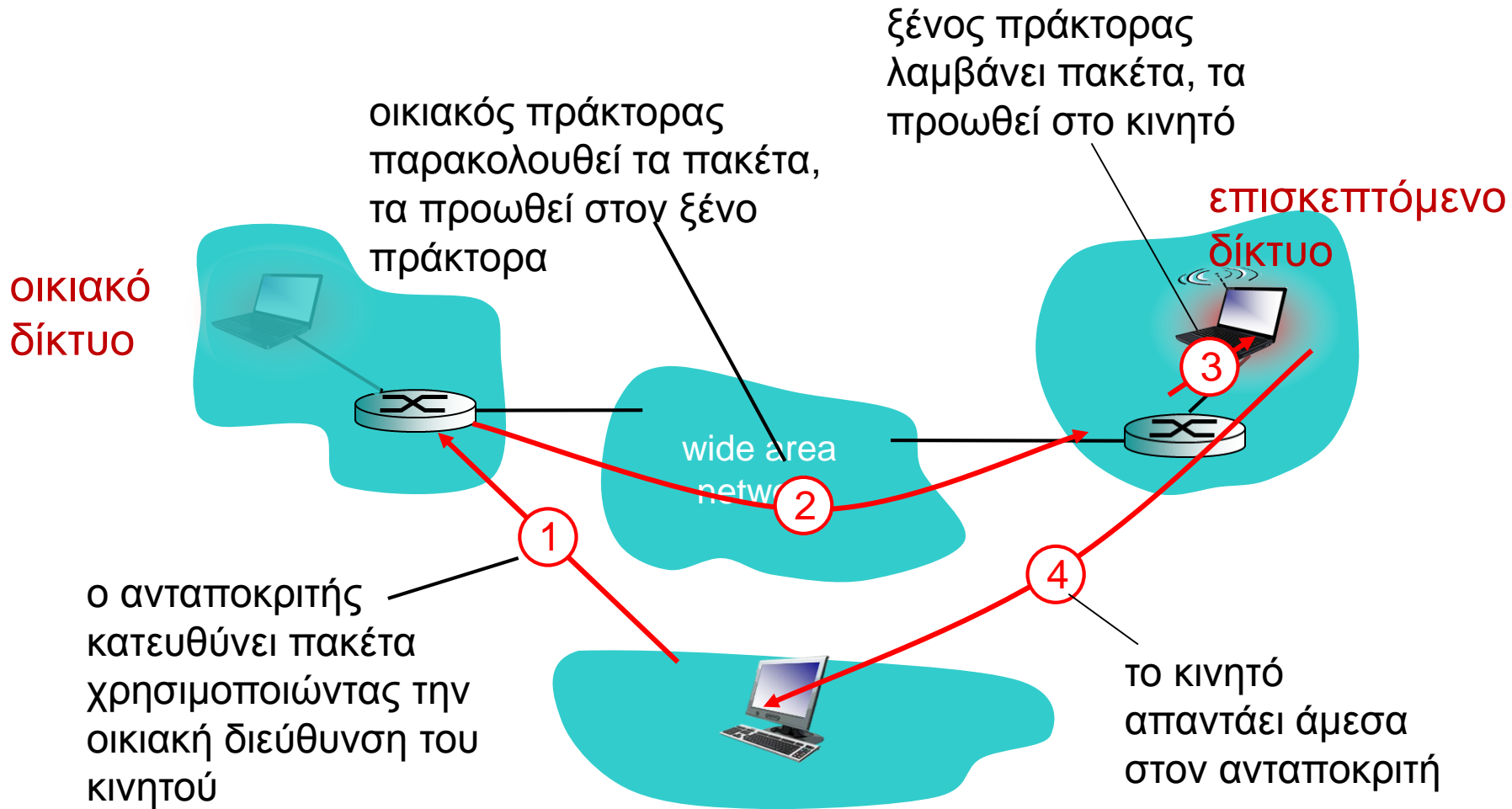
Κινητικότητα: εγγραφή



τελικό αποτέλεσμα:

- ❖ ο ξένος πράκτορας γνωρίζει για το κινητό
- ❖ ο οικιακός πράκτορας γνωρίζει τη θέση του κινητού

Κινητικότητα μέσω έμμεσης δρομολόγησης



Έμμεση δρομολόγηση: σχόλια

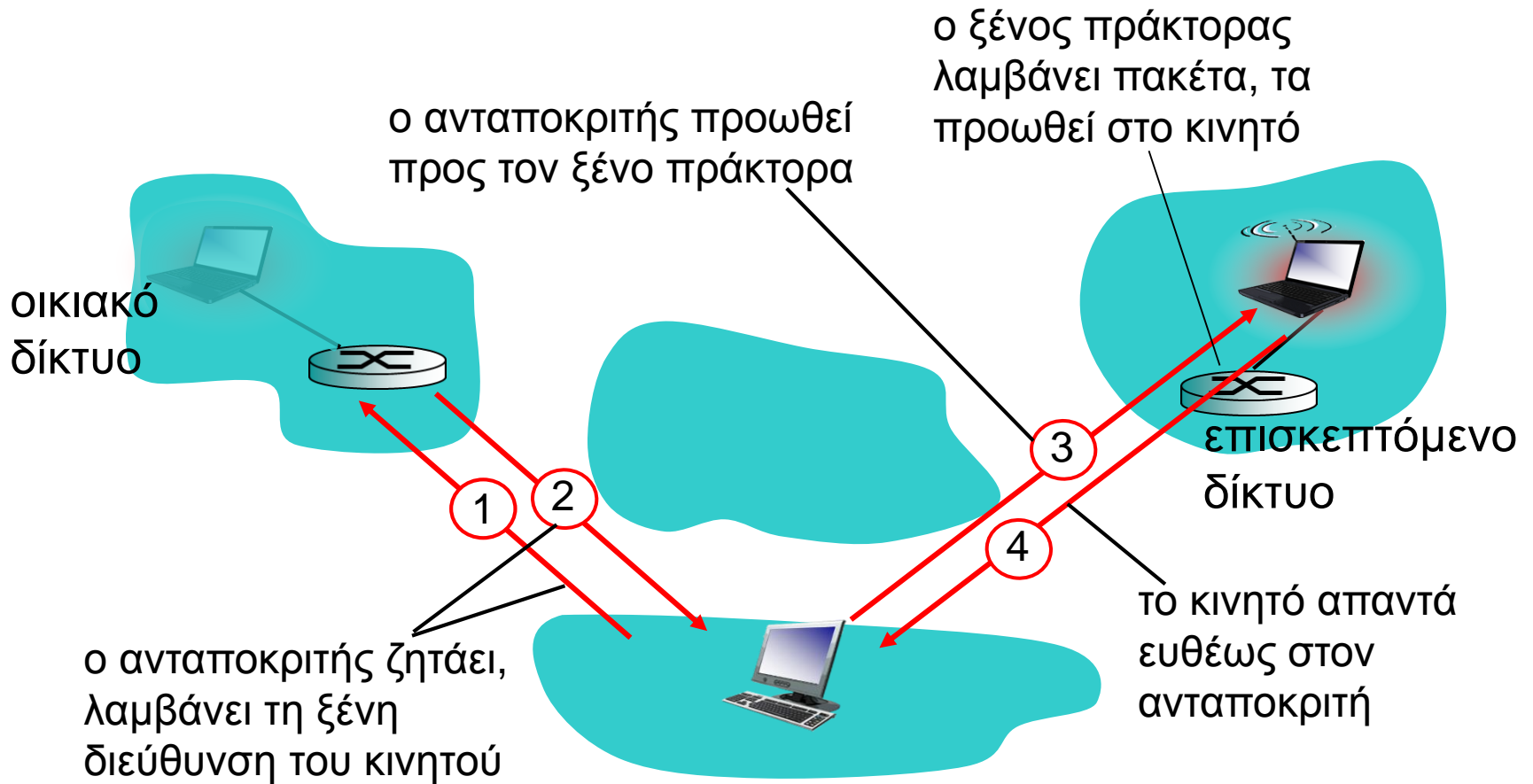
- ❖ το κινητό χρησιμοποιεί 2 διευθύνσεις:
 - **μόνιμη:** χρησιμοποιείται από τον ανταποκριτή (έτσι η θέση του κινητού είναι διαφανής στον ανταποκριτή)
 - **care-of:** χρησιμοποιείται από τον οικιακό πράκτορα για να προωθεί datagrams στο κινητό
- ❖ λειτουργίες του ξένου πράκτορα: μπορεί να τις κάνει το κινητό από μόνο του
- ❖ **τριγωνική δρομολόγηση:** ανταποκριτής-οικιακό δίκτυο-κινητό
 - αναποτελεσματικό όταν ανταποκριτής και κινητό είναι στο ίδιο δίκτυο



Έμμεση δρομολόγηση: μετακίνηση μεταξύ δικτύων

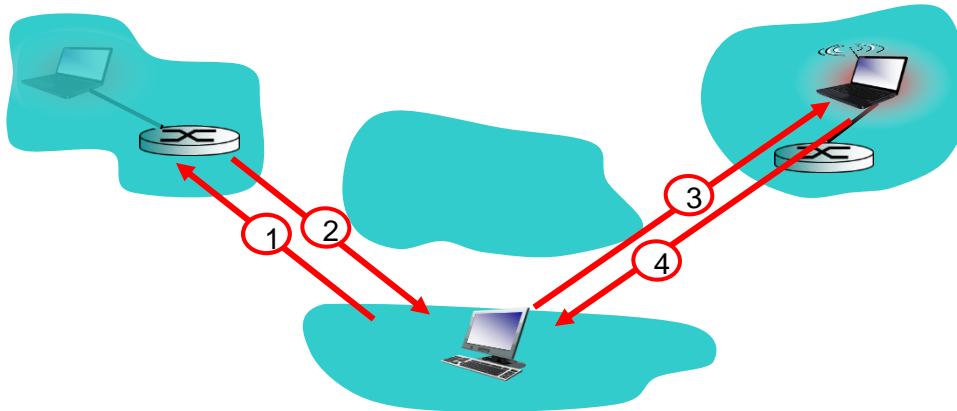
- ❖ υποθέστε ότι ο κινητός χρήστης μετακινείται σε άλλο δίκτυο
 - εγγράφεται σε νέο ξένο Πράκτορα
 - ο νέος ξένος Πράκτορας εγγράφεται στον οικιακό Πράκτορα
 - ο οικιακός Πράκτορας ενημερώνει την care-of διεύθυνση του κινητού
 - πακέτα συνεχίζουν να προωθούνται προς το κινητό (αλλά με νέα care-of διεύθυνση)
- ❖ κινητικότητα, αλλαγή ξένων δικτύων: *οι τρέχουσες συνδέσεις διατηρούνται!*

Κινητικότητα μέσω άμεσης δρομολόγησης



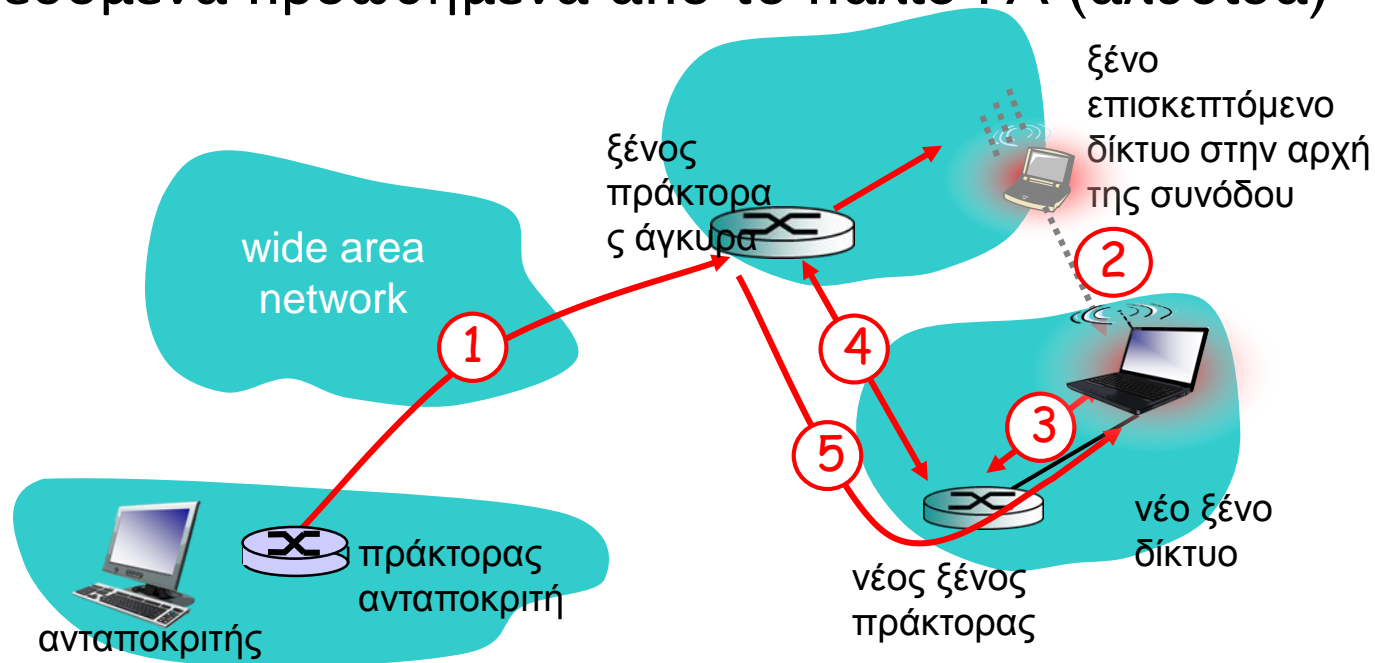
Κινητικότητα μέσω άμεσης δρομολόγησης: σχόλια

- ❖ ξεπερνάει το τριγωνικό πρόβλημα δρομολόγησης
- ❖ *αδιαφανής προς τον ανταποκριτή*: ο ανταποκριτής πρέπει να πάρει την care-of διεύθυνση από τον οικιακό πράκτορα
 - αν το κινητό αλλάξει επισκεπτόμενο δίκτυο;



Κινητικότητα με άμεση δρομολόγηση

- ❖ ξένος Πράκτορας-άγκυρα (FA): FA στο πρώτο επισκεπτόμενο δίκτυο
- ❖ τα δεδομένα πάντα δρομολογούνται πρώτα προς το FA-άγκυρα
- ❖ όταν το κινητό κινείται: νέο FA κανονίζει να έχει δεδομένα προωθημένα από το παλιό FA (αλυσίδα)



Διάρθρωση θεματικής ενότητας

6.1 Εισαγωγή

Ασύρματο

6.2 Ασύρματες ζεύξεις, χαρακτηριστικά

- CDMA

6.3 IEEE 802.11 ασύρματα LANs (“Wi-Fi”)

6.4 Κυψελωτή πρόσβαση στο Internet

- αρχιτεκτονική
- πρότυπα (e.g., GSM)

Κινητικότητα

6.5 Αρχές: διευθυνσιοδότηση και δρομολόγηση προς κινητούς χρήστες

6.6 Mobile IP

6.7 Διαχείριση κινητικότητας σε κυψελωτά δίκτυα

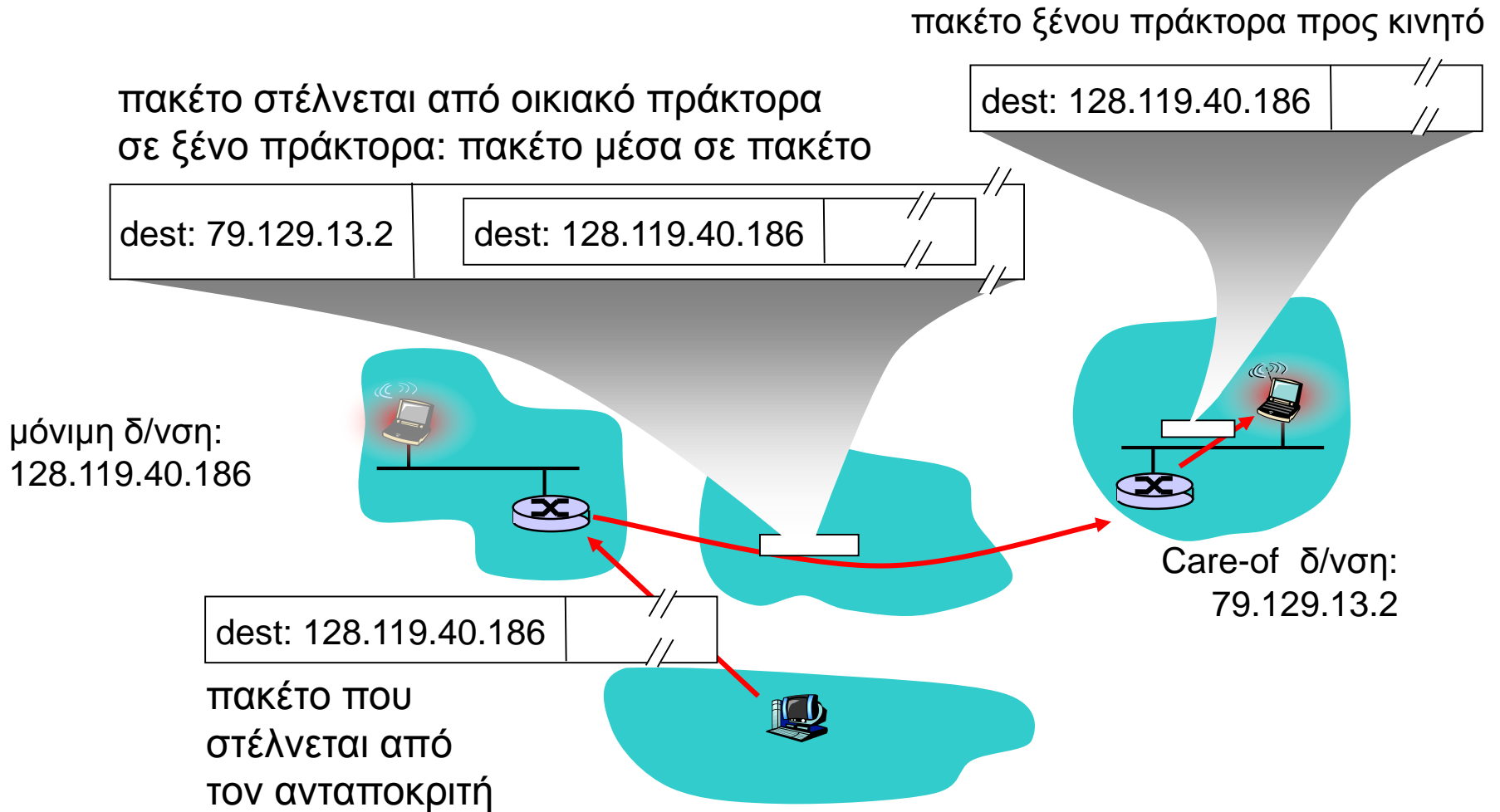
6.8 Κινητικότητα και πρωτόκολλα υψηλότερων στρωμάτων

6.9 Περίληψη

Mobile IP

- ❖ RFC 3344
- ❖ πολλά χαρακτηριστικά που έχουμε δει:
 - οικιακοί πράκτορες, ξένοι πράκτορες, εγγραφή ξένου πράκτορα, care-of διευθύνσεις, ενθυλάκωση (πακέτο μέσα σε πακέτο)
- ❖ τρία συστατικά με το πρότυπο:
 - έμμεση δρομολόγηση datagrams
 - ανακάλυψη πράκτορα
 - εγγραφή με οικιακό πράκτορα

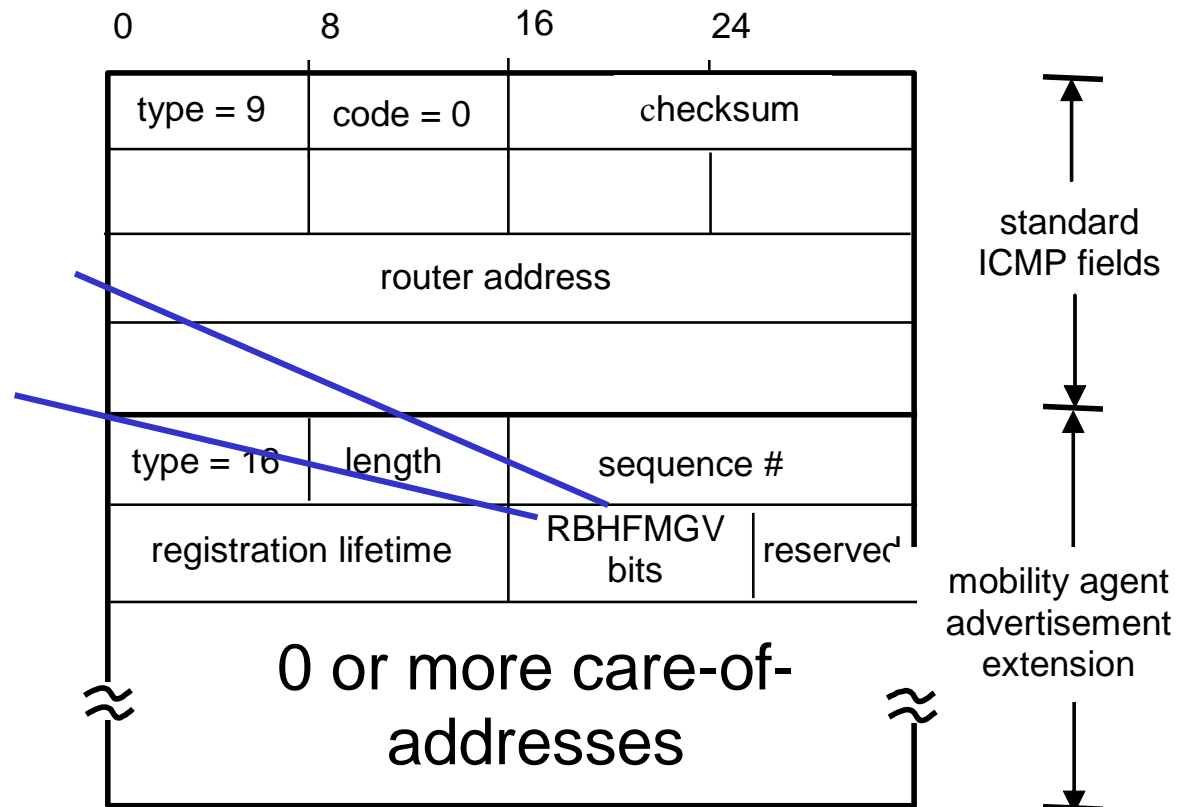
Mobile IP: άμεση δρομολόγηση



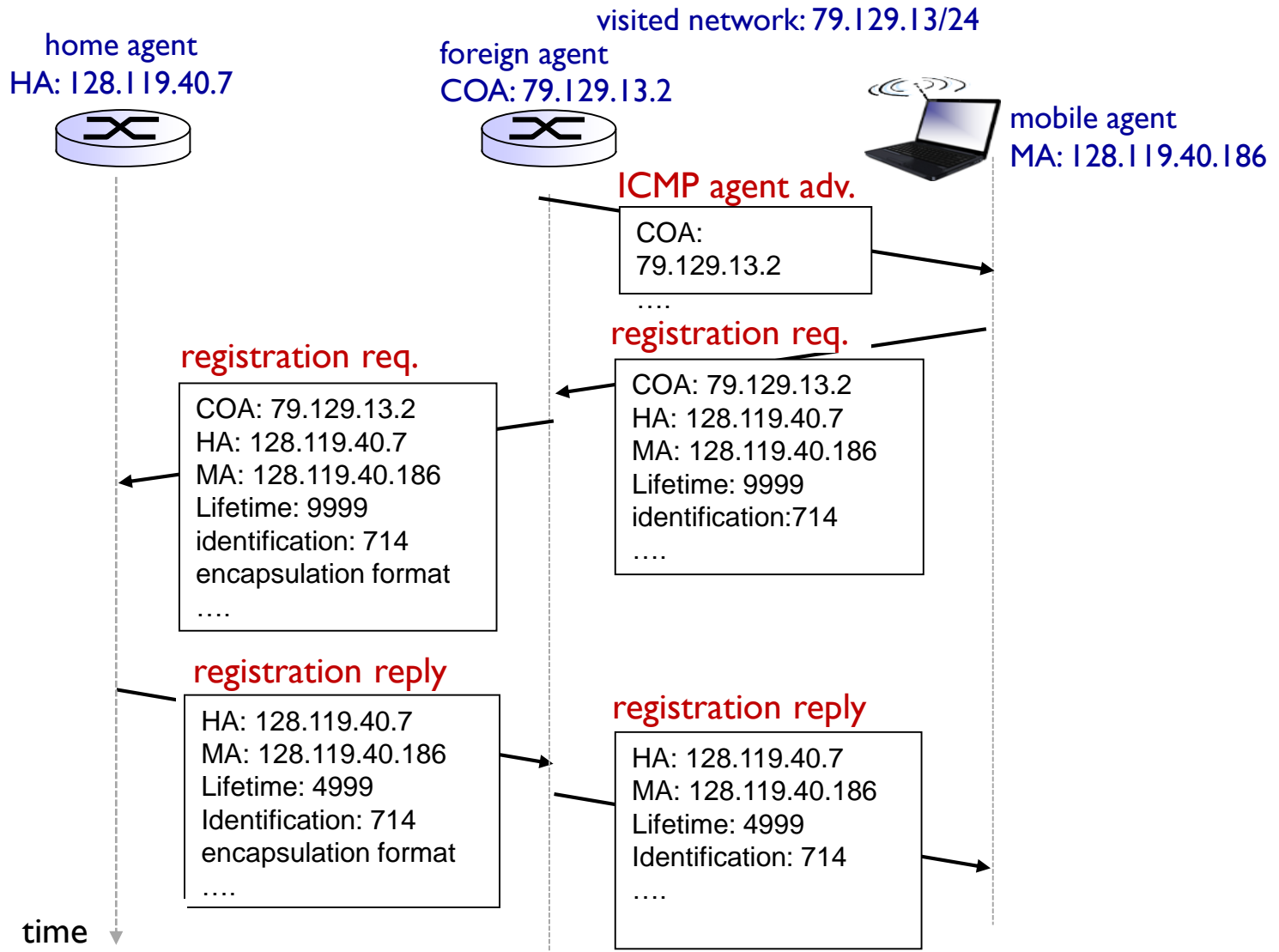
Mobile IP: ανακάλυψη πράκτορα

- ❖ **διαφήμιση πράκτορα:** ξένοι/οικιακοί πράκτορες διαφημίζουν υπηρεσίες μέσω broadcast ICMP μηνυμάτων (πεδίο τύπου = 9)

H,F bits: οικιακός ή/και ξένος πράκτορας
 R bit: απαιτείται εγγραφή

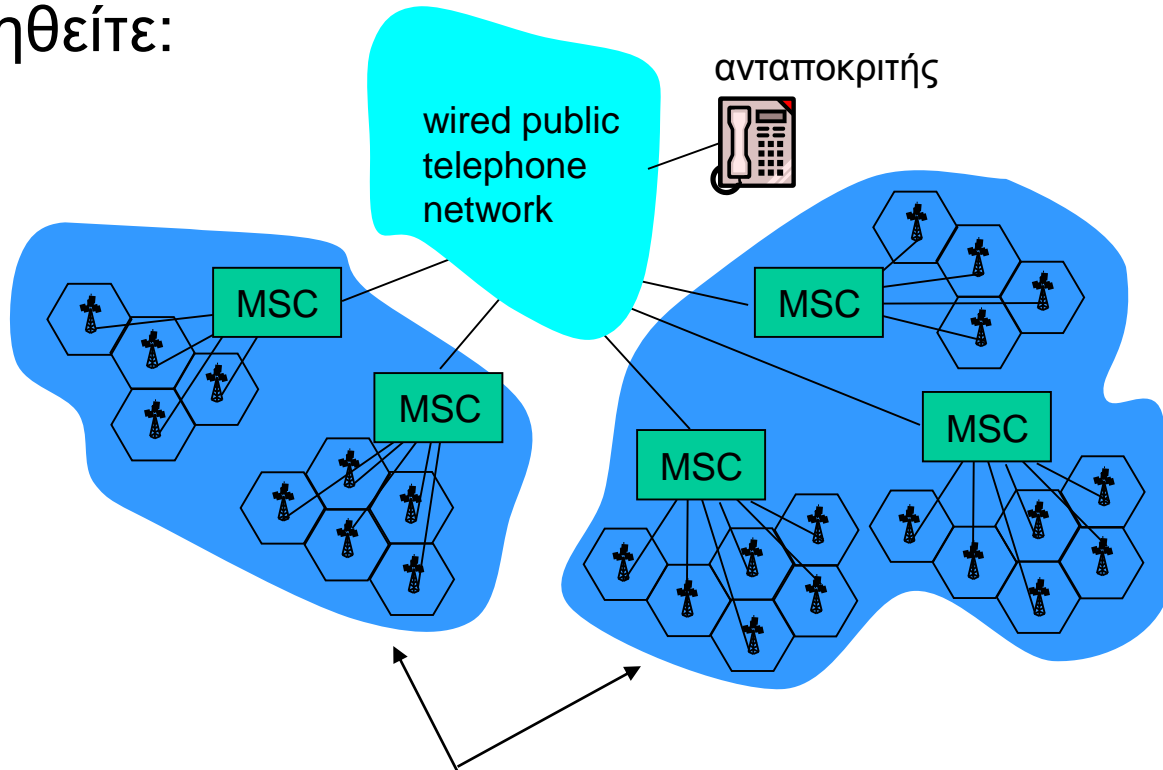


Mobile IP: παράδειγμα εγγραφής



Συστατικά αρχιτεκτονικής κυψελωτού δικτύου

θυμηθείτε:

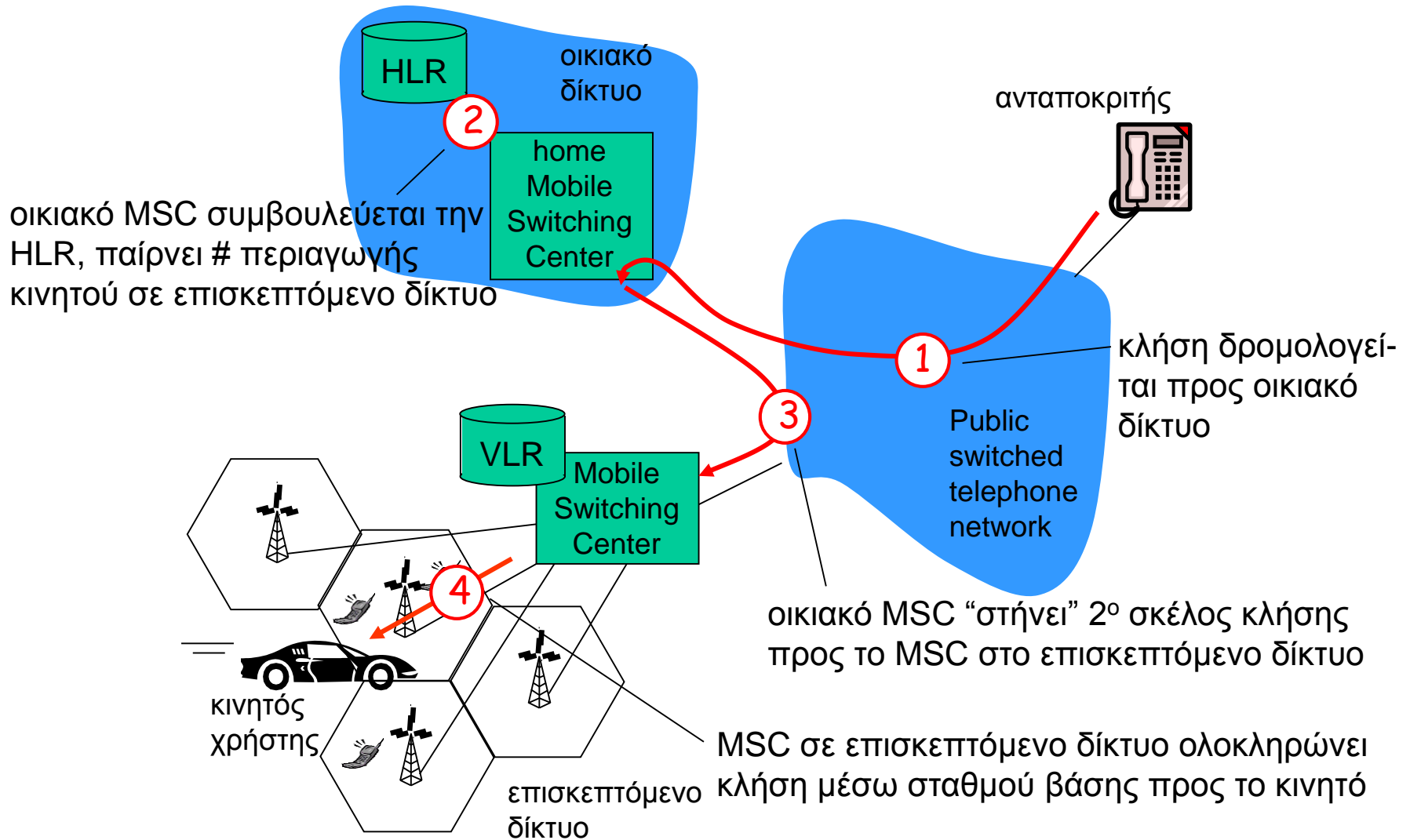


διαφορετικά κυψελωτά δίκτυα,
τα διαχειρίζονται διαφορετικοί πάροχοι

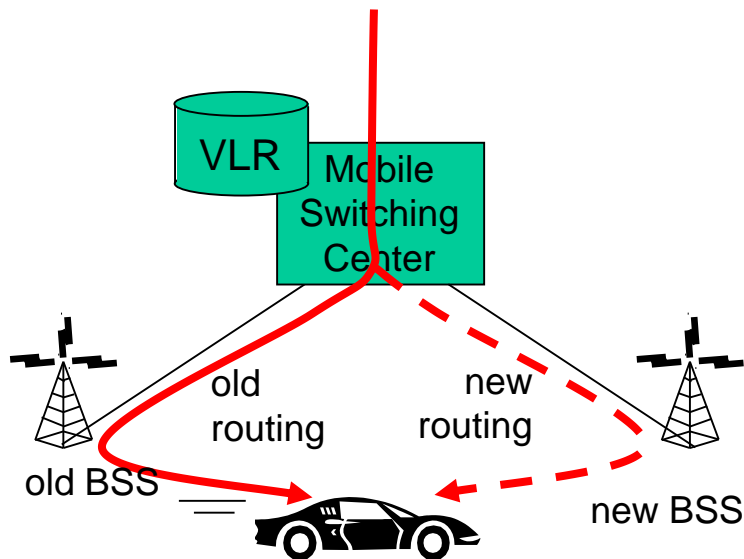
Αντιμετώπιση κινητικότητας σε κυψελωτά δίκτυα

- ❖ **οικιακό δίκτυο:** δίκτυο κυψελωτού παρόχου στο οποίο εγγράφεται (π.χ., Cosmote, Vodafone, Wind)
 - **home location register (HLR):** βάση δεδομένων σε οικιακό δίκτυο που περιέχει τον μόνιμο # κινητού τηλεφώνου, πληροφορίες προφίλ (υπηρεσίες, προτιμήσεις, χρεώσεις), πληροφορίες για τρέχουσα τοποθεσία (θα μπορούσε να είναι σε άλλο δίκτυο)
- ❖ **επισκεπτόμενο δίκτυο:** δίκτυο στο οποίο βρίσκεται προς το παρόν το κινητό
 - **visitor location register (VLR):** βάση δεδομένων με εγγραφή για κάθε χρήστη στο δίκτυο επί του παρόντος
 - θα μπορούσε να είναι το οικιακό δίκτυο

GSM: έμμεση δρομολόγηση σε κινητό

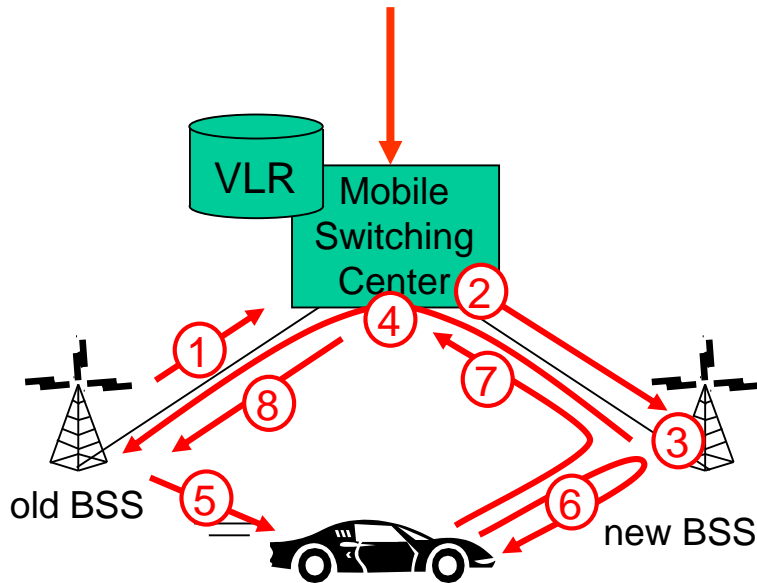


GSM: μεταπομπή με κοινό MSC



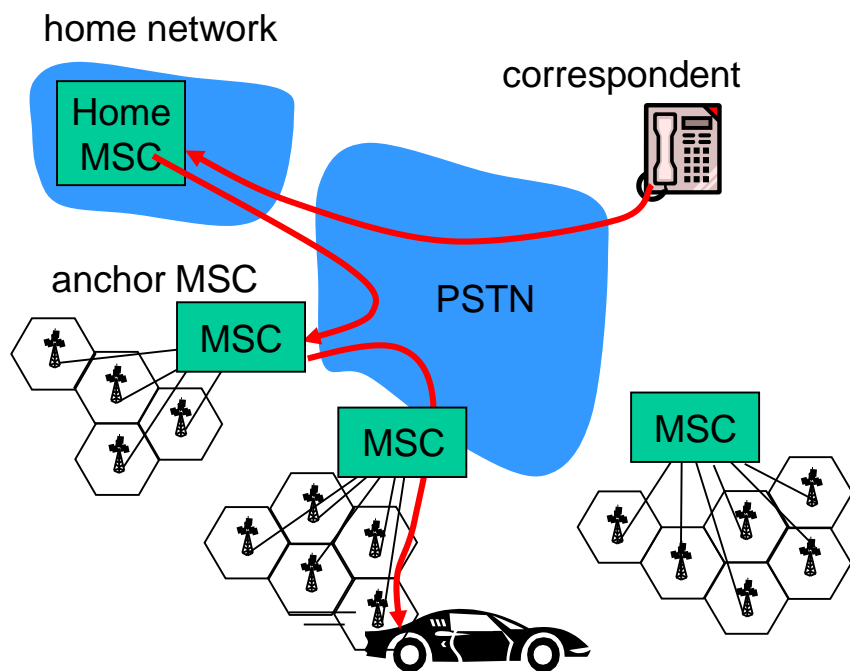
- ❖ **στόχος μεταπομπής:** δρομολόγηση κλήσης μέσω νέου σταθμού βάσης (χωρίς διακοπή)
- ❖ **λόγοι μεταπομπής:**
 - ισχυρότερο σήμα προς/από νέο BSS (συνεχής συνδεσιμότητα, μικρότερη εξάντληση της μπαταρίας)
 - εξισορρόπηση φόρτου: ελευθερώνει κανάλι στο τρέχον BSS
 - GSM δεν ενδιαφέρεται **γιατί** εκτελεί μεταπομπή (πολιτική), μόνο **πώς** (μηχανισμός)
- ❖ μεταπομπή εκκινείται από παλιό BSS

GSM: μεταπομπή με κοινό MSC



1. το παλιό BSS πληροφορεί το MSC για επικείμενη μεταπομπή, παρέχει λίστα 1+ νέων BSS
2. MSC δημιουργεί διαδρομή (αναθέτει πόρους) προς το νέο BSS
3. νέο BSS αναθέτει κανάλι για χρήση από το κινητό
4. νέο BSS στέλνει σήμα σε MSC, παλιό BSS: έτοιμο
5. παλιό BSS λέει στο κινητό: εκτέλεσε μεταπομπή προς νέο BSS
6. κινητό, νέο BSS στέλνουν σήμα για να ενεργοποιηθούν το νέο κανάλι
7. το κινητό στέλνει σήμα μέσω του νέου BSS στο MSC: μεταπομπή πλήρης. MSC αναδρομολογεί κλήση
8. πόροι για MSC - παλιό BSS ελευθερώνονται

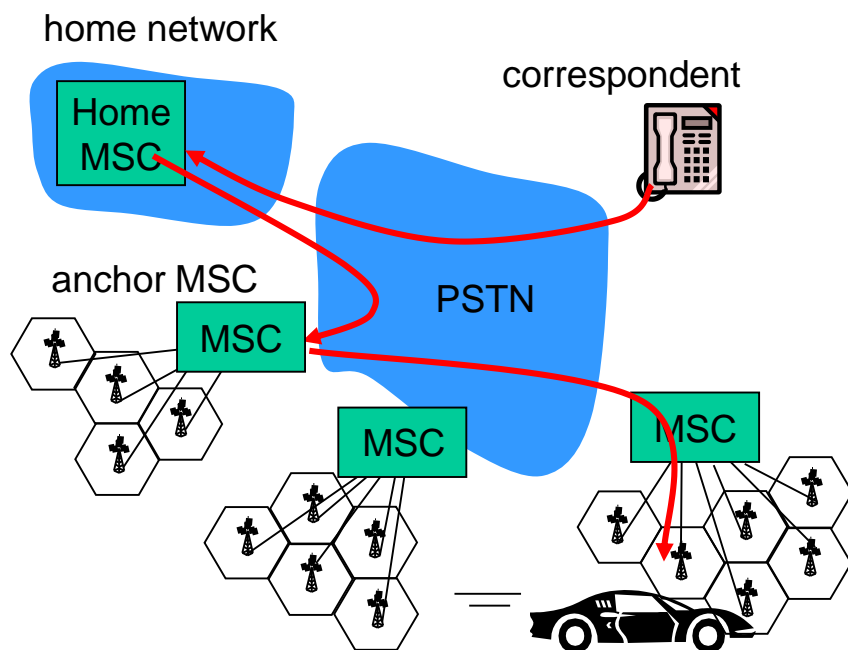
GSM: μεταπομπή μεταξύ MSCs



(a) πριν τη μεταπομπή

- ❖ **MSC άγκυρα:** πρώτο MSC που επισκέπτεται κατά την κλήση
 - κλήση εξακολουθεί να δρομολογείται μέσω MSC άγκυρας
- ❖ νέα MSCs προστίθενται στο τέλος της MSC αλυσίδας καθώς το κινητό μετακινείται σε νέο MSC
- ❖ Προαιρετικό βήμα ελαχιστοποίησης μονοπατιού για μείωση multi-MSC αλυσίδας

GSM: μεταπομπή μεταξύ MSCs



(b) μετά τη μεταπομπή

❖ *MSC άγκυρα*: πρώτο MSC που επισκέπτεται κατά την κλήση

- κλήση εξακολουθεί να δρομολογείται μέσω MSC άγκυρας

❖ νέα MSCs προστίθενται στο τέλος της MSC αλυσίδας καθώς το κινητό μετακινείται σε νέο MSC

❖ προαιρετικό βήμα ελαχιστοποίησης μονοπατιού για μείωση multi-MSC αλυσίδας

Mobility: GSM έναντι Mobile IP

GSM στοιχείο	Σχόλιο για GSM στοιχείο	Mobile IP στοιχείο
Οικιακό σύστημα	Δίκτυο στο οποίο ο μόνιμος αριθμός τηλεφώνου του κινητού χρήστη ανήκει	Οικιακό δίκτυο
Gateway Mobile Switching Center ή “οικιακό MSC”. Home Location Register (HLR)	Home MSC: σημείο επαφής για να αποκτήσει δρομολογήσιμη δ/νση για τον κινητό χρήστη. HLR: βάση δεδομένων στο σύστημα, περιέχει μόνιμο τηλεφωνικό αριθμό, πληροφορίες προφίλ, τρέχουσα τοποθεσία κινητού χρήστη, πληροφορίες εγγραφής	Οικιακός πράκτορας
Επισκεπτόμενο σύστημα	Άλλο δίκτυο από το οικιακό σύστημα όπου βρίσκεται ο κινητός χρήστης	Επισκεπτόμενο δίκτυο
Visited Mobile services Switching Center. Visitor Location Record (VLR)	Επισκεπτόμενο MSC: υπεύθυνο για δημιουργία κλήσεων από/προς κινητούς κόμβους σε κυψέλες που συνδέονται με το MSC. VLR: προσωρινή εγγραφή βάσης δεδομένων στο επισκεπτόμενο σύστημα, περιέχει πληροφορίες εγγραφής για κάθε επισκέπτη κινητό χρήστη	Ξένος πράκτορας
Mobile Station Roaming Number (MSRN) ή “αριθμός περιαγωγής”	Δρομολογήσιμη δ/νση για τμήμα τηλεφωνικής κλήσης μεταξύ οικιακού MSC και επισκεπτόμενου MSC, μη ορατό τόσο στο κινητό όσο και στον ανταποκριτή	Care-of δ/νση

Ασύρματη ζεύξη, κινητικότητα: επίδραση σε πρωτόκολλα υψηλότερων επιπέδων

- ❖ λογικά, η επίδραση θα έπρεπε να είναι ελάχιστη...
 - μοντέλο υπηρεσίας βέλτιστης προσπάθειας παραμένει αμετάβλητο
 - TCP και UDP μπορούν και τρέχουν σε ασύρματο, κινητό
- ❖ ... αλλά όσον αφορά την επίδοση:
 - απώλεια πακέτων/καθυστέρηση λόγω λαθών bit (απορριφθέντα πακέτα, καθυστερήσεις για αναμεταδόσεις επιπέδου ζεύξης) και μεταπομπής
 - TCP ερμηνεύει τις απώλειες ως συμφόρηση, θα μειώσει το παράθυρο συμφόρησης χωρίς να χρειάζεται
 - διαταραχές καθυστέρησης για κίνηση πραγματικού χρόνου
 - περιορισμένο εύρος ζώνης ασύρματων ζεύξεων

Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδεια Χρήσης

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών,
Μεράκος Λάζαρος 2014. «Δίκτυα Επικοινωνιών ΙΙ. Ενότητα 3:
Ασύρματα, Κινητά Δίκτυα». Έκδοση: 1.01. Αθήνα 2014.
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<http://opencourses.uoa.gr/courses/DI15>

Χρηματοδότηση

- ❖ Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- ❖ Το έργο «**Ανοικτά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» 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