



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών

Ενότητα 1: Εισαγωγή

Νικόλαος Πασσάς

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Περιγραφή ενότητας

- Βασικές έννοιες
 - Κινητικότητα
 - Φορητότητα υπηρεσιών
- Ασύρματα συστήματα κινητών επικοινωνιών
- Επίδραση της κινητικότητας στην εξέλιξη των τηλεπικοινωνιακών δικτύων
- Γενικές τάσεις στην εξέλιξη των δικτύων επικοινωνιών
- Εξέλιξη των ψηφιακών συστημάτων κινητών επικοινωνιών



Εισαγωγή

Σκοπός του μαθήματος

- Μελέτη της **αρχιτεκτονικής** και της **λειτουργίας** των δικτύων κινητών και προσωπικών επικοινωνιών.
- Το αντικείμενο είναι τεράστιο και δεν μπορεί να καλυφθεί μόνο με το μάθημα αυτό.
- Το βιβλίο που προτείνεται για το μάθημα καλύπτει πολύ μεγαλύτερη ύλη από τις ανάγκες του μαθήματος. **Μην τρομάξετε από τον όγκο του!**
- Θα καλυφθούν κυρίως οι περιοχές που αφορούν:
 - Βασικές έννοιες
 - Τη χωρητικότητα των κυψελωτών συστημάτων
 - Τις παρεμβολές στα κυψελωτά συστήματα
 - Τη διαχείριση ασυρμάτων πόρων
 - Τις λειτουργίες υποστήριξης κινητικότητας
 - Τη διαχείριση επικοινωνιών
 - Ασύρματα τοπικά δίκτυα



Περίληψη του εισαγωγικού μέρους

- Βασικές έννοιες
 - Κινητικότητα
 - Φορητότητα υπηρεσιών
- Ασύρματα συστήματα κινητών επικοινωνιών
- Επίδραση της κινητικότητας στην εξέλιξη των τηλεπικοινωνιακών δικτύων
- Γενικές τάσεις στην εξέλιξη των δικτύων επικοινωνιών
- Εξέλιξη των ψηφιακών συστημάτων κινητών επικοινωνιών



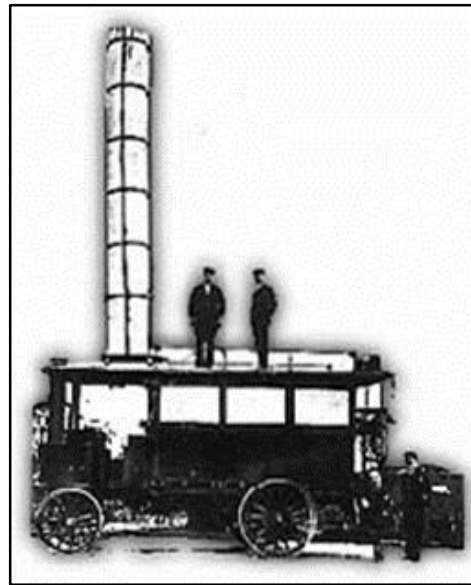
Κινητές Επικοινωνίες στις αρχές του 20ου αιώνα (1/2)



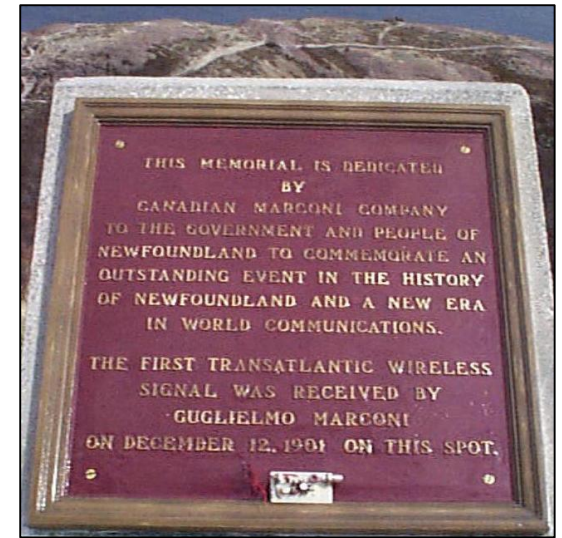
Εικόνα 1.



Εικόνα 2.



Εικόνα 3.



Εικόνα 4.

Κινητές Επικοινωνίες στις αρχές του 20ου αιώνα (2/2)



Εικόνα 5. 1910: Ericsson & wife Hilda



Εικόνα 6. 1924: First mobile radio telephone, Courtesy of Rich Howard



Γενιές Κινητών Επικοινωνιών

- 0G: Briefcase-size mobile radio telephones
- 1G: Analog cellular telephony (end '70s)
- 2G: Digital cellular telephony (beg '90's)
- 3G: High-speed digital cellular telephony (including video telephony) (beg '00)
- 4G: IP-based “anytime, anywhere” voice, data, and multimedia telephony at faster data rates than 3G (beg '10)
- 5G: 10-times faster data rates, much more flexible in mobility, Internet of Things (IoT) support (cheap, low energy, massive number of devices) (beg '20)



Εξέλιξη κινητών επικοινωνιών

Κινητά δίκτυα το 2014 (1/2)

- Η παγκόσμια διακινούμενη πληροφορία μέσω κινητών αυξήθηκε κατά 69% το 2014.
- Η περυσινή κίνηση μέσω κινητών ήταν 30 φορές μεγαλύτερη από την παγκόσμια κίνηση όλου του Διαδικτύου το 2000.
- Η κίνηση μέσω κινητών που αφορά σε βίντεο ξεπέρασε για πρώτη φορά το 50% της συνολικής κίνησης το 2012.
- Σχεδόν μισό δισεκατομμύριο κινητές συσκευές προστέθηκαν παγκοσμίως το 2014.
- Το 2014, κατά μέσο όρο, μια έξυπνη συσκευή παρήγαγε 22 φορές μεγαλύτερη κίνηση από μια μη έξυπνη.



Κινητά δίκτυα το 2014 (2/2)

- Οι ταχύτητες των συνδέσεων κινητών επικοινωνιών αυξήθηκαν κατά 20% μέσα στο 2014.
- Η μέση χρήση ενός smartphone αυξήθηκε κατά 45% το 2014.
- Τα smartphones αντιπροσωπεύουν το 29% των συσκευών παγκοσμίως αλλά παράγουν το 69% της παγκόσμιας κίνησης.
- Το 46% της κίνησης από κινητά διοχετεύθηκε στο σταθερό δίκτυο μέσω Wi-Fi ή φεμτοκυψέλες.



Κινητά δίκτυα μέχρι το 2019 (1/2)

- Η παγκόσμια κίνηση από κινητά θα αυξηθεί 10 φορές μέχρι το 2019.
- Στο τέλος του 2014, οι κινητές συσκευές ξεπέρασαν τον πληθυσμό της γης και το 2019 θα είναι σχεδόν 1,5 φορές περισσότερες.
- Οι ταχύτητες των κινητών συνδέσεων θα διπλασιαστούν μέχρι το 2019.
- Το 2019, μια σύνδεση 4G θα παράγει 10 φορές περισσότερη κίνηση από μια μη-4G.
- Μέχρι το 2019, περισσότερες από τις μισές κινητές συσκευές παγκοσμίως θα είναι «έξυπνες».



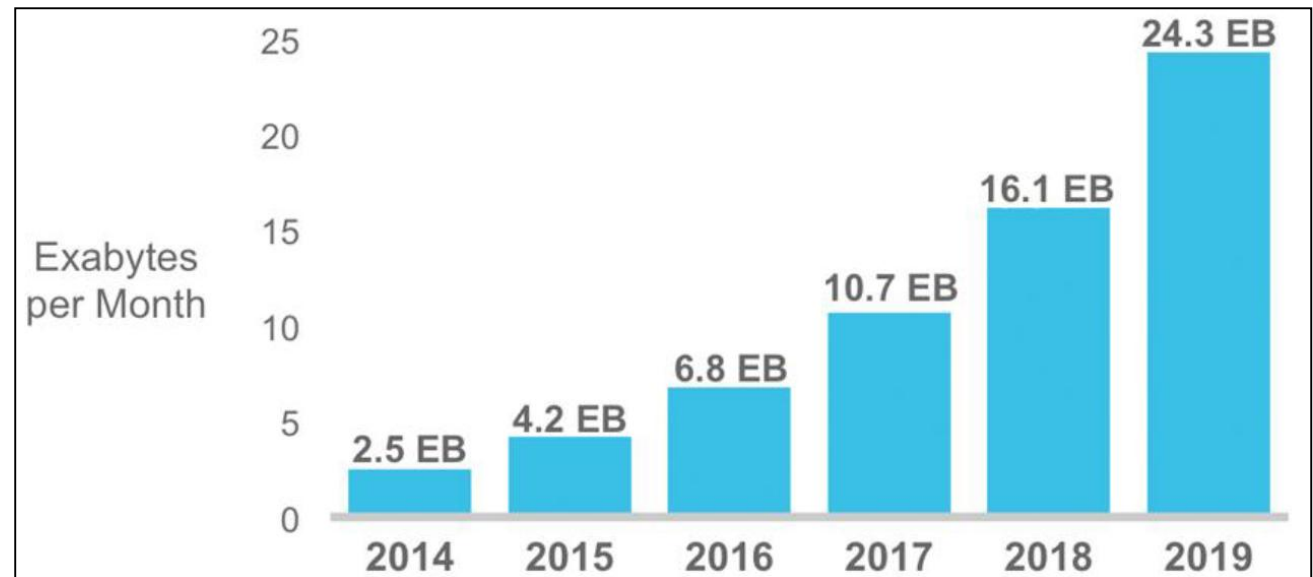
Κινητά δίκτυα μέχρι το 2019 (2/2)

- Σχεδόν 3/4 της παγκόσμιας κίνησης κινητών θα είναι βίντεο μέχρι το 2019.
- Μέχρι το 2019, τα tablets θα παράγουν σχεδόν τη διπλάσια κίνηση από τη συνολική παγκόσμια κίνηση από κινητά το 2014.
- Το μέσο smartphone θα παράγει 4.0 GB κίνησης το μήνα το 2019, πέντε φορές περισσότερη από τα 819MB το 2014.
- Μέχρι το 2016, πάνω από τη μισή κίνηση κινητών συσκευών θα εισάγεται στο σταθερό δίκτυο μέσω Wi-Fi και φεμτοκυψέλες.



Exabytes per Month of Mobile Data Traffic

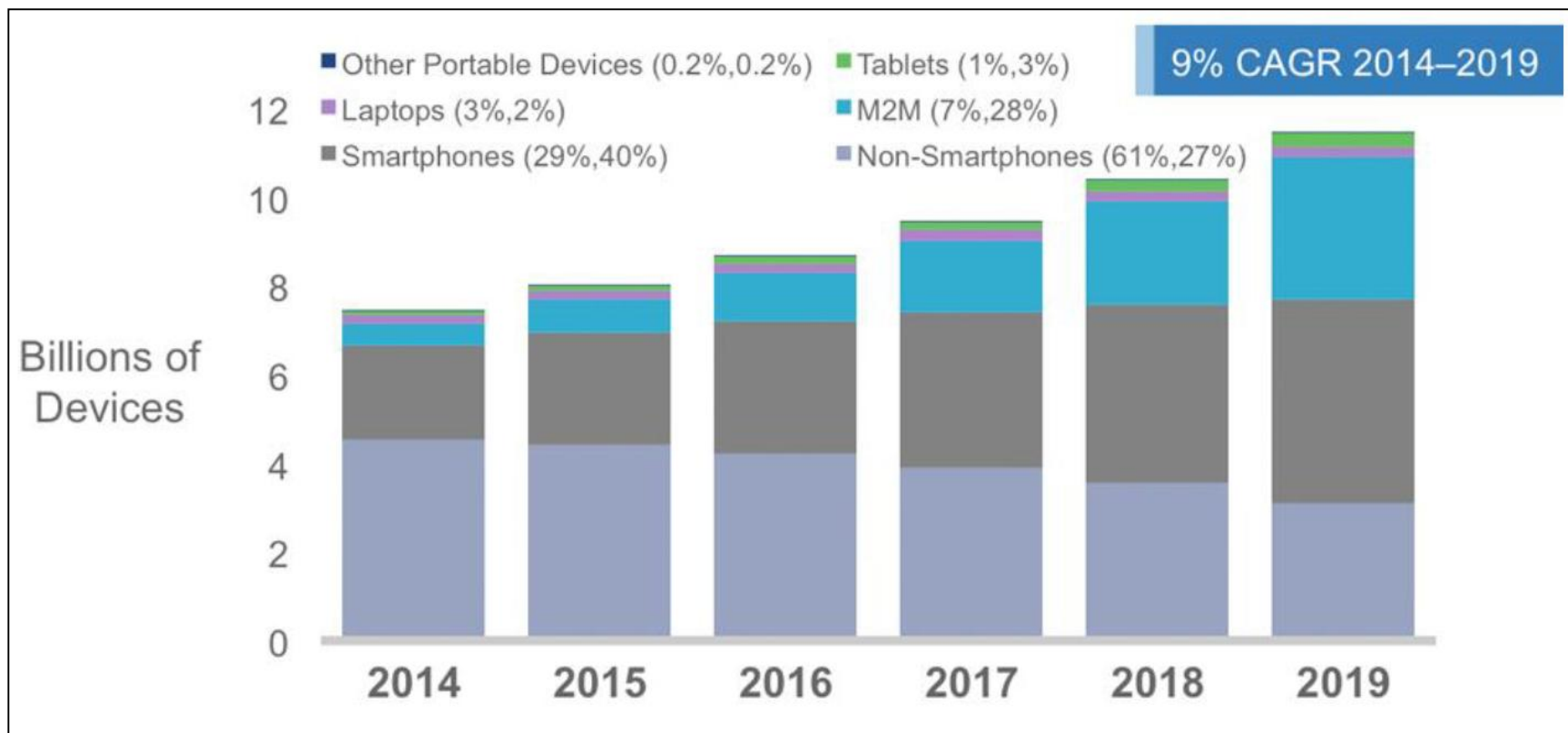
Decimal	
Value	Metric
1000	kB kilobyte
1000 ²	MB megabyte
1000 ³	GB gigabyte
1000 ⁴	TB terabyte
1000 ⁵	PB petabyte
1000 ⁶	EB exabyte
1000 ⁷	ZB zettabyte
1000 ⁸	YB yottabyte



Πίνακας 1.



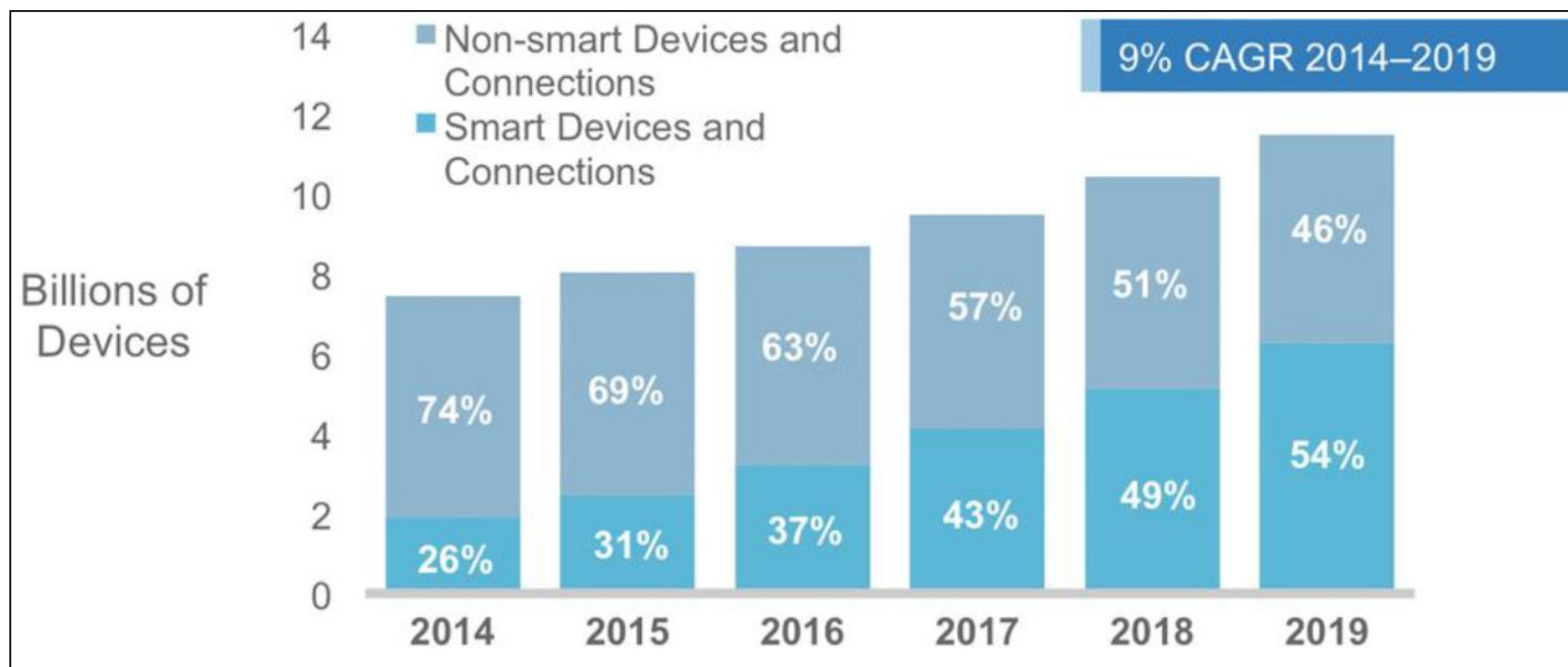
Global mobile devices



Πίνακας 2.



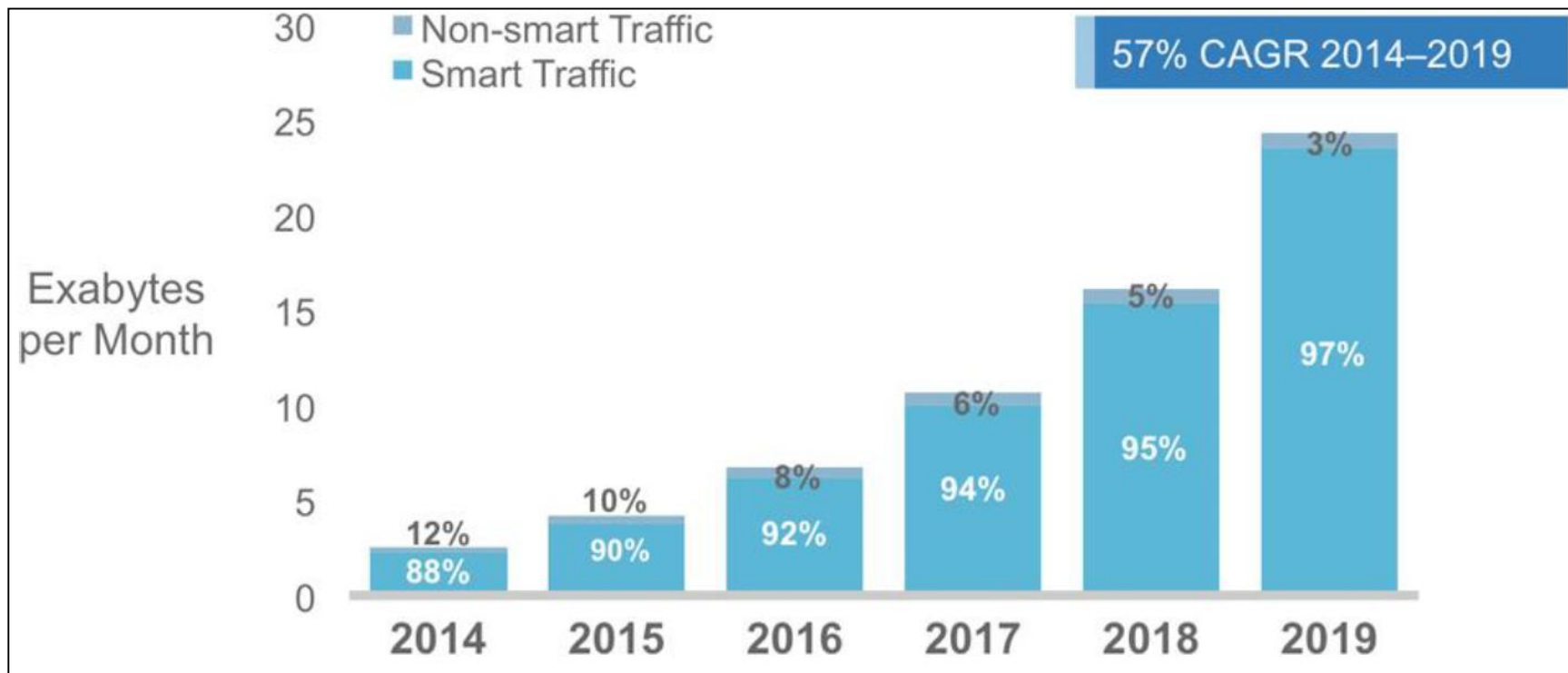
Growth of smart devices



Πίνακας 3.



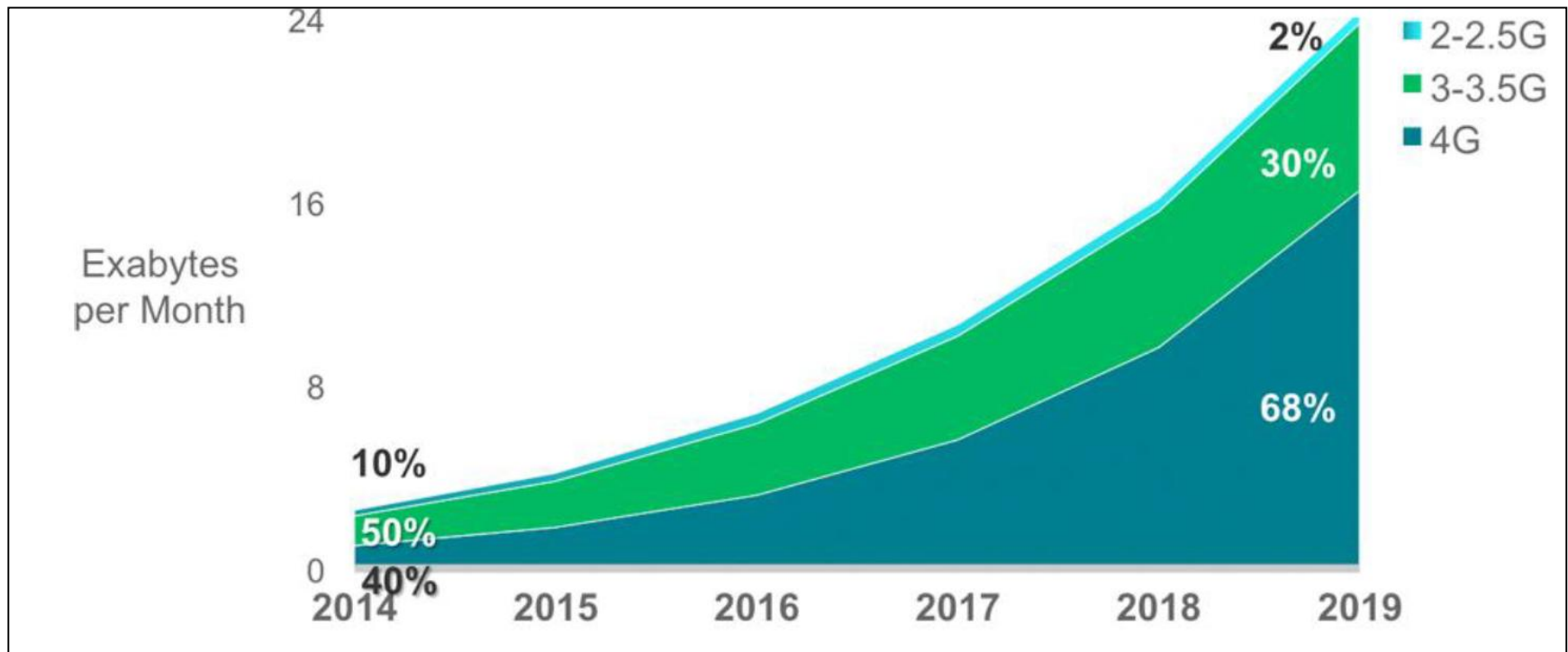
Growth of smart traffic



Πίνακας 4.



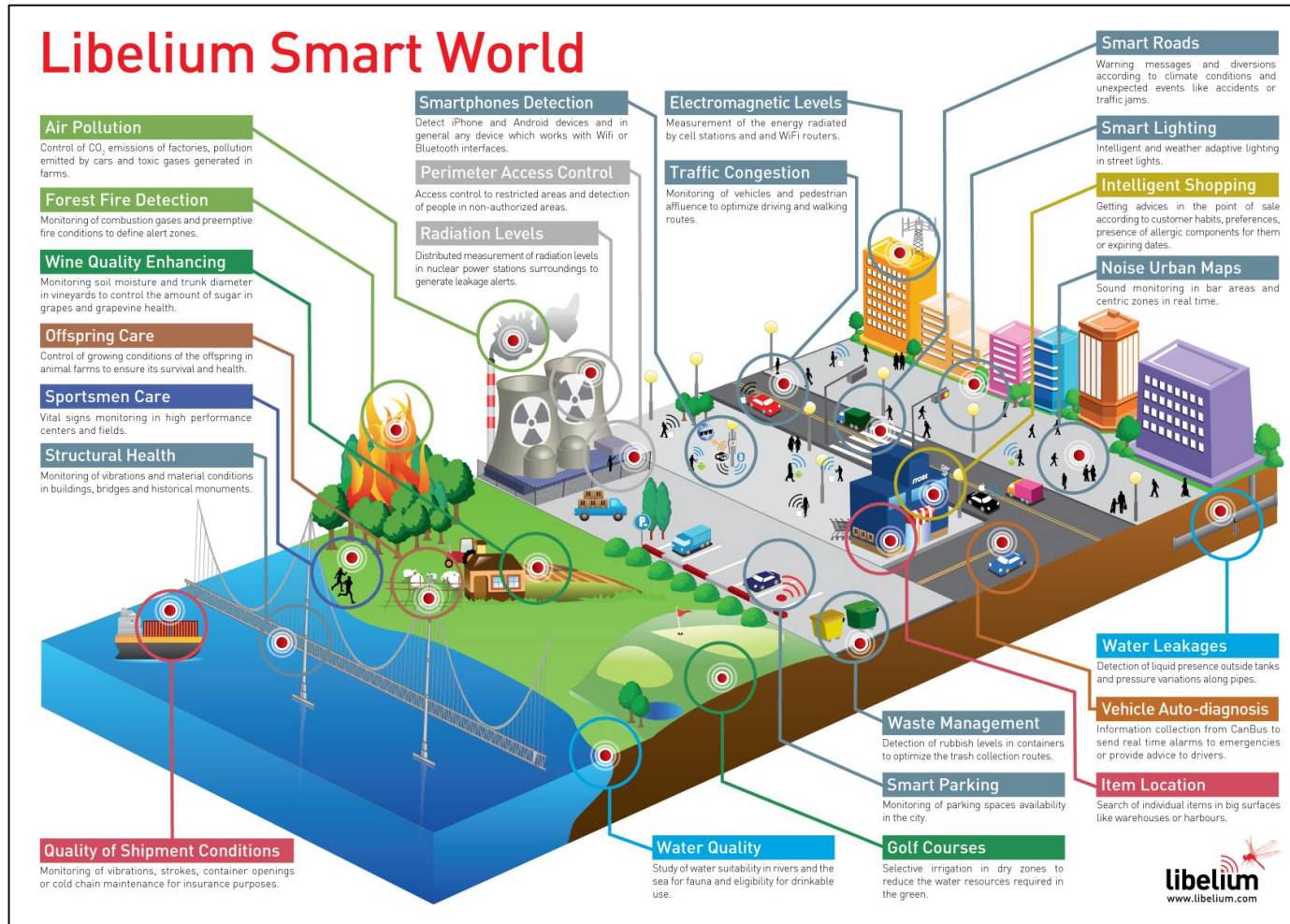
Global mobile traffic



Πίνακας 5.

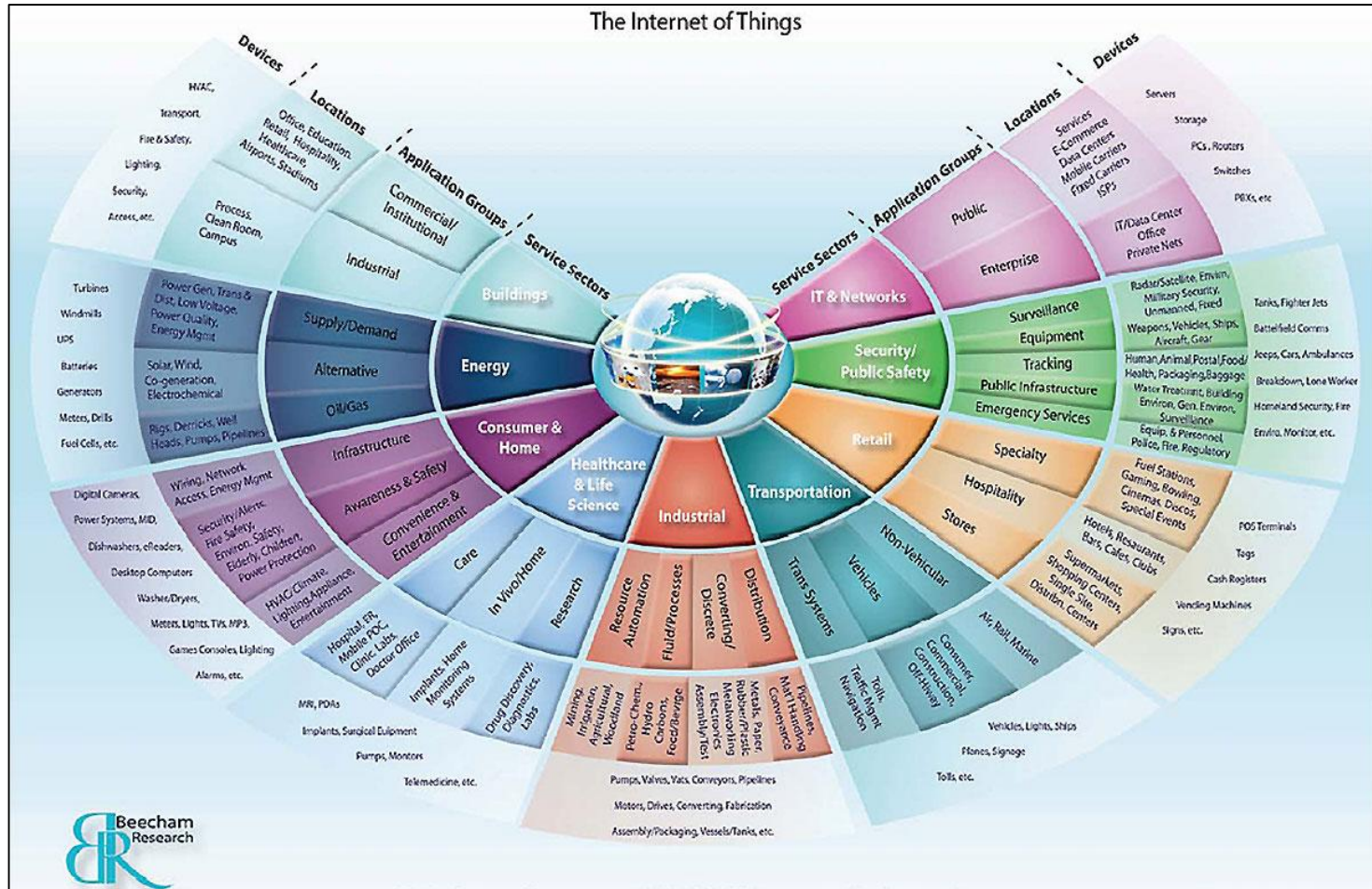


Internet of Things (IoT) (1/2)



Εικόνα 7.

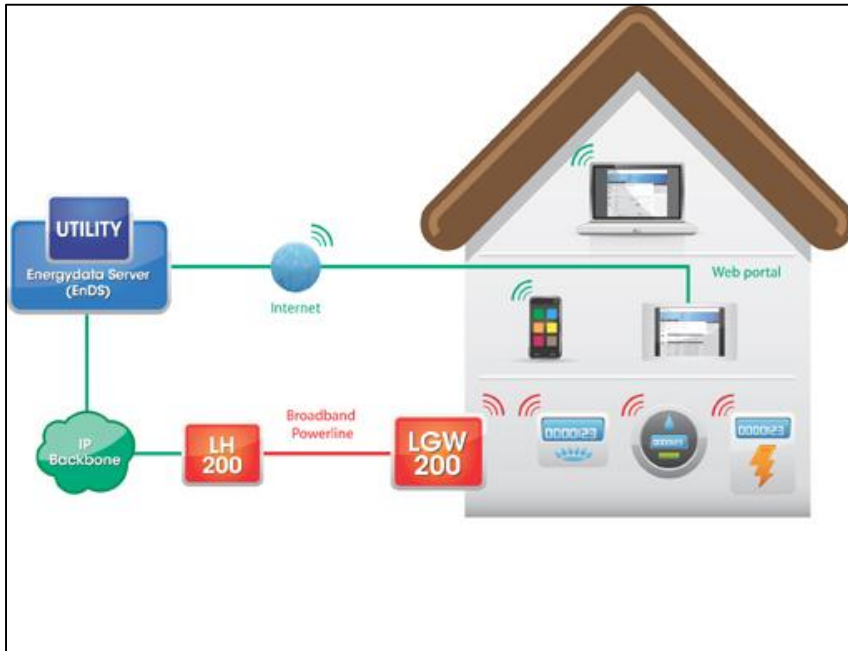
Internet of Things (IoT) (2/2)



Εικόνα 8.

Smart Energy

Smart energy



Εικόνα 9.

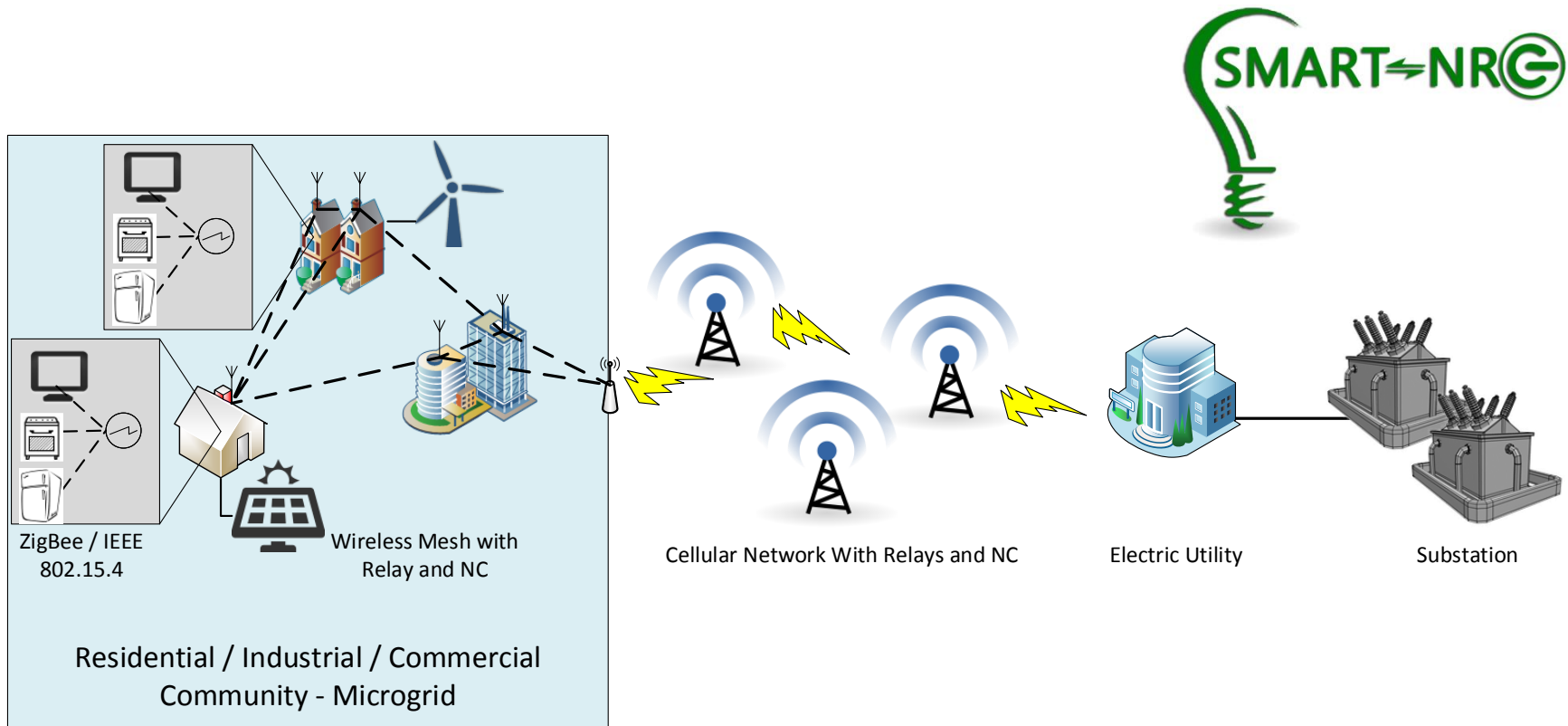


Εικόνα 10.



Εικόνα 11.

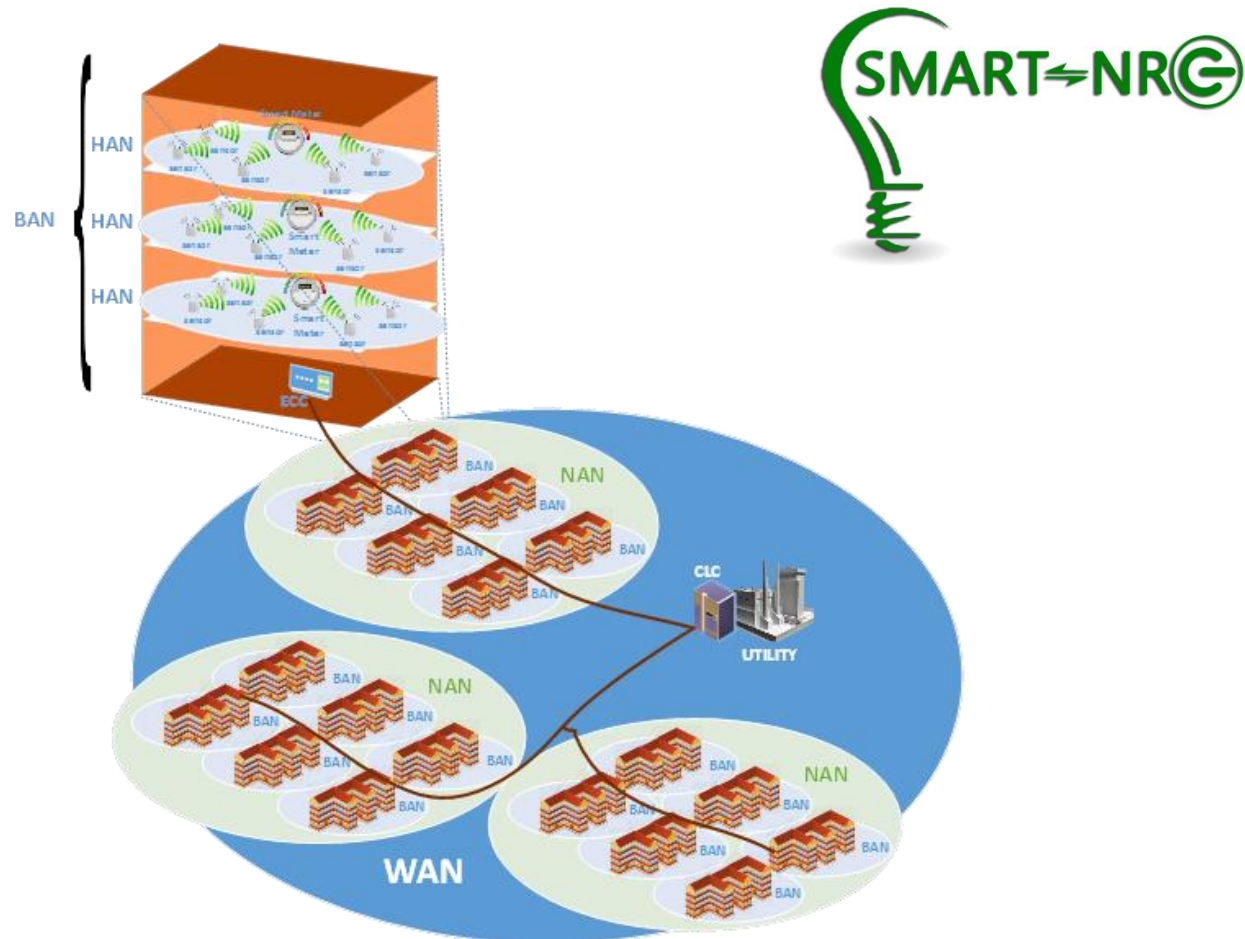
Reference architecture



Εικόνα 12. "Smart NRG logo". Πηγή: <http://gain.di.uoa.gr/smart-nrg/>

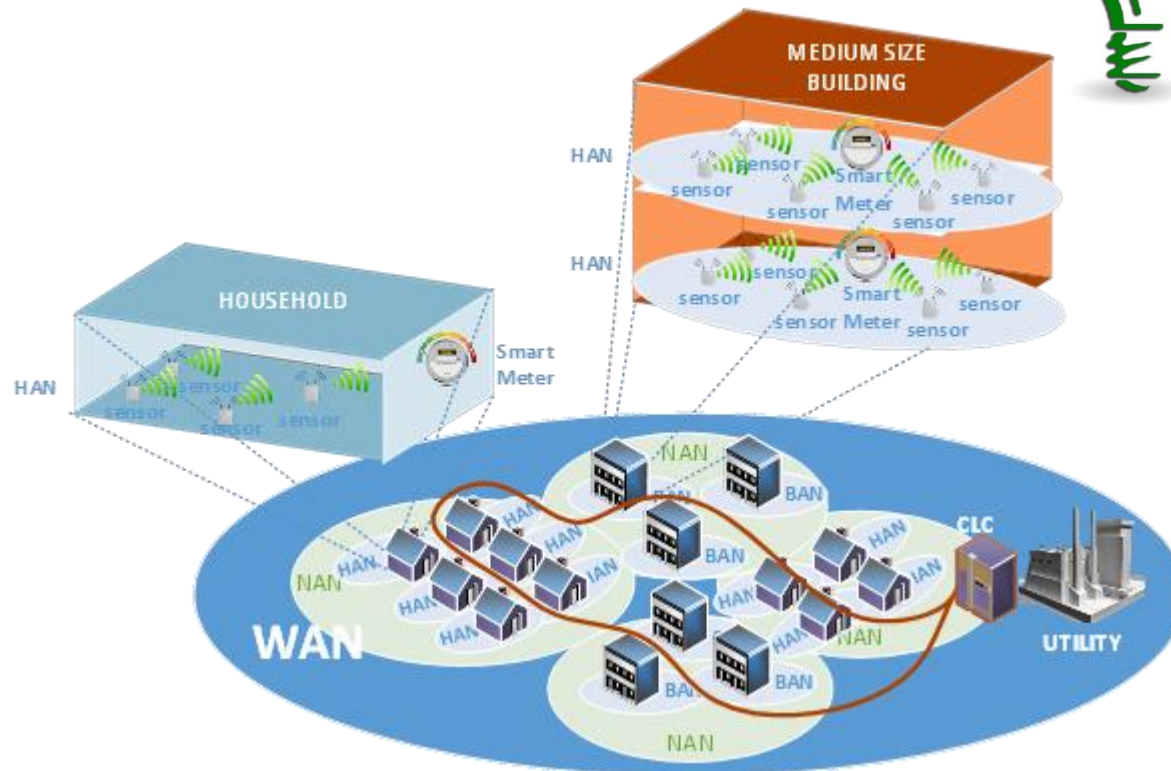


Dense urban scenario



Εικόνα 13.

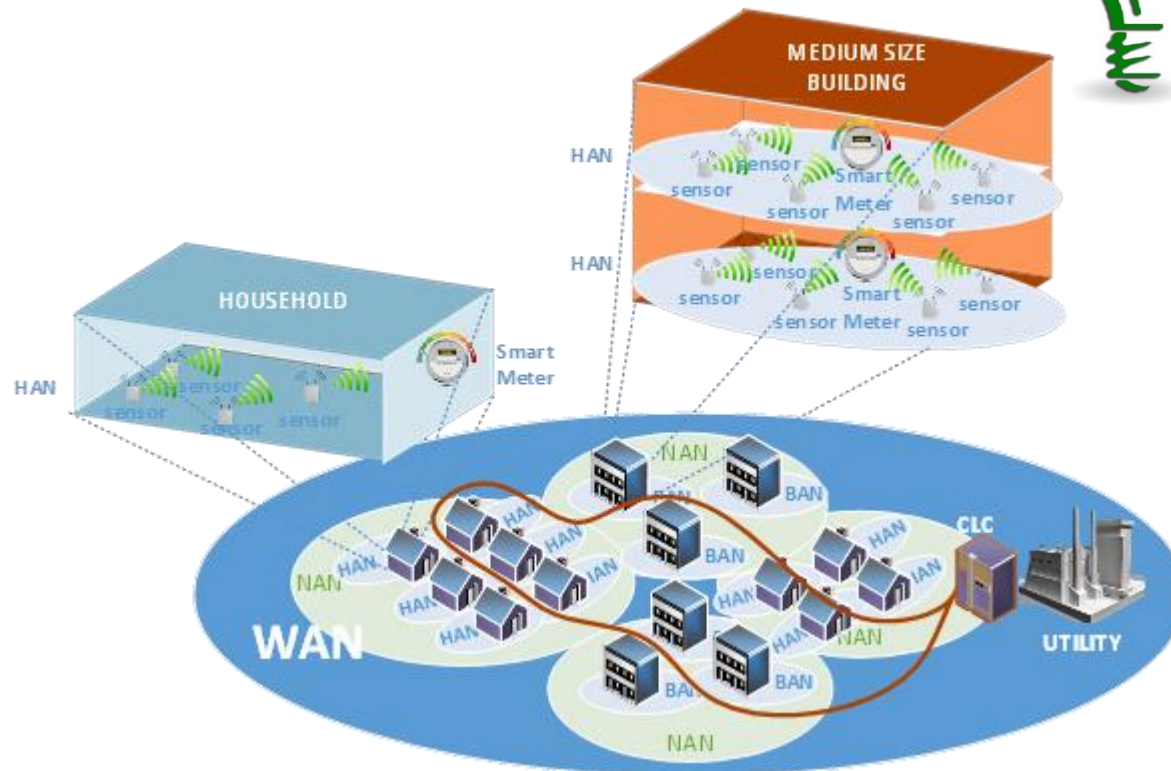
Dense rural scenario



Εικόνα 14.



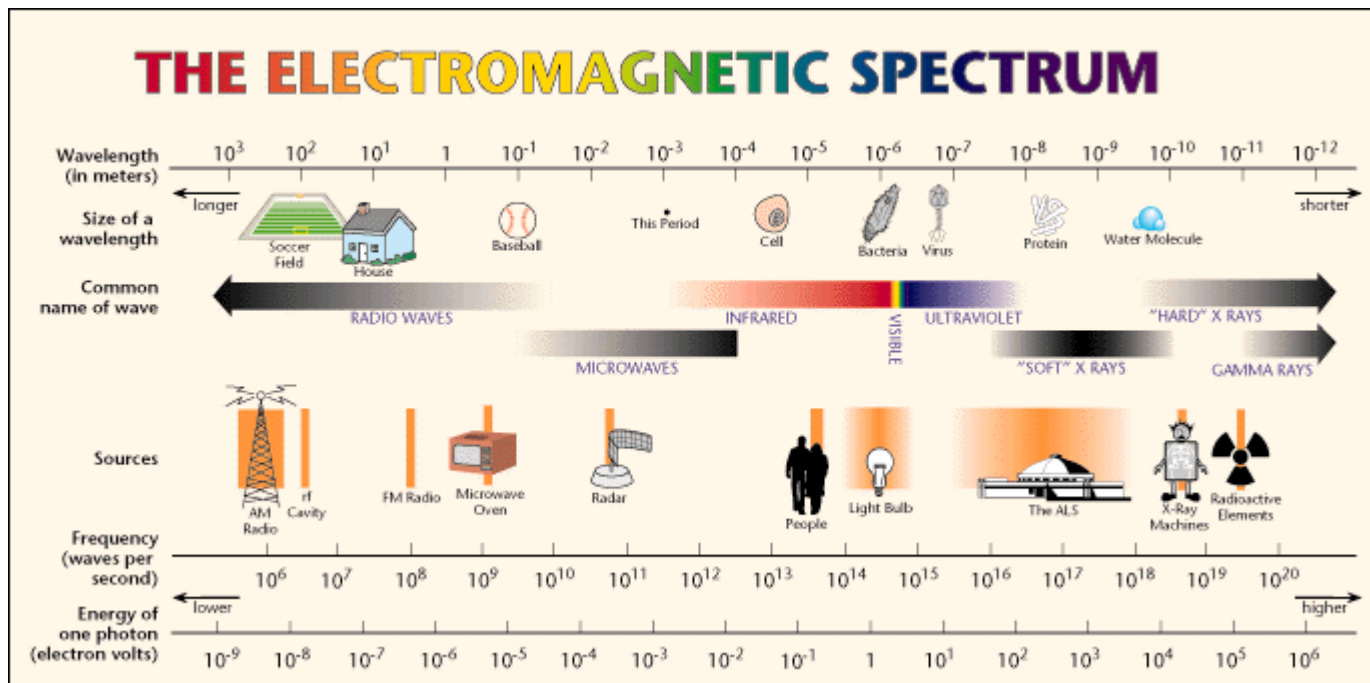
Industrial scenario



Εικόνα 15.



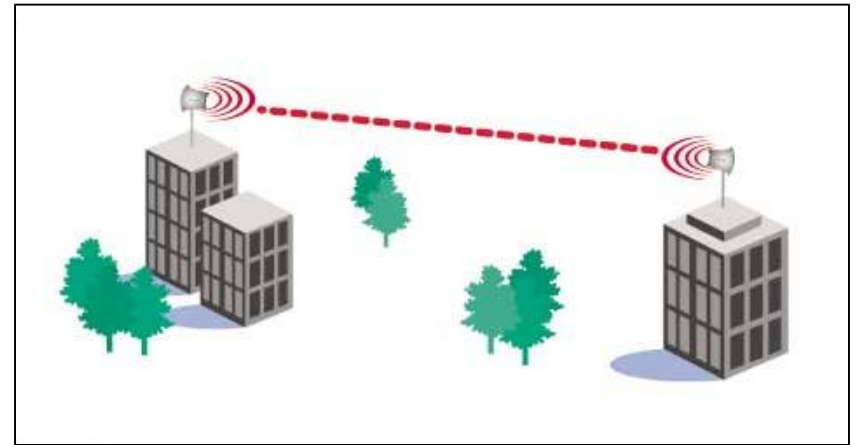
Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



Εικόνα 16.

Υψηλός αριθμός λαθών (1/3)

- Εξασθένηση σήματος λόγω
 - Απόστασης
 - Φυσικών εμποδίων

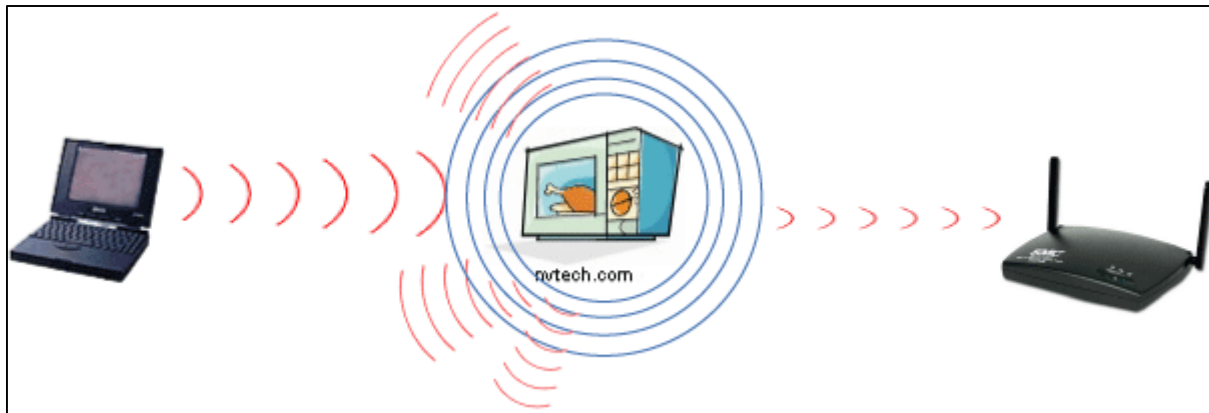


Εικόνα 17.



Υψηλός αριθμός λαθών (2/3)

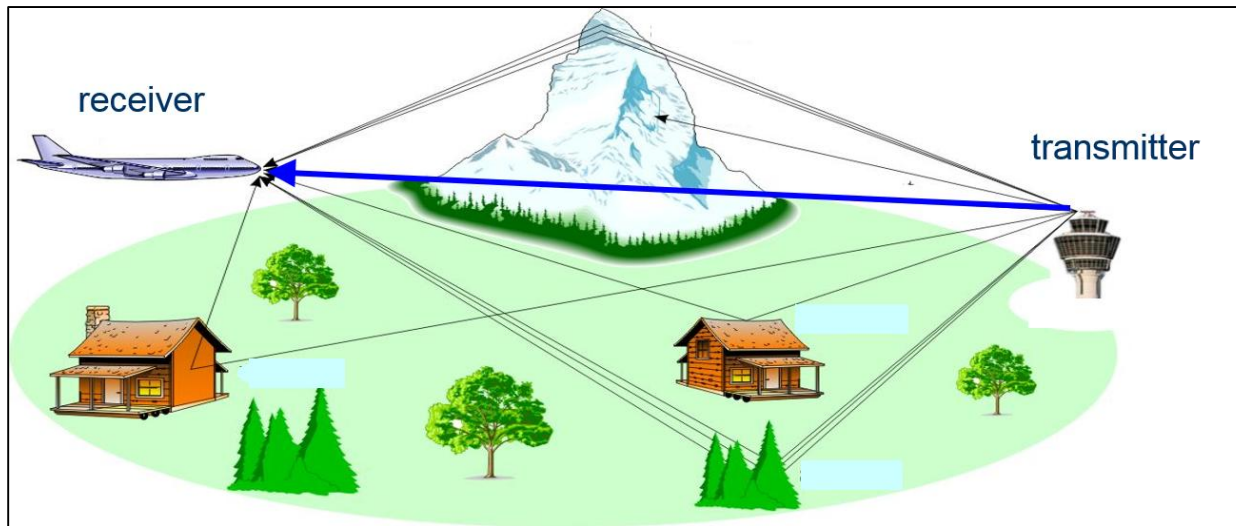
- Παρεμβολές από άλλες πηγές
 - Πολλές συσκευές στην ίδια συχνότητα
 - π.χ., 2.4 GHz ασύρματο τηλέφωνο αλληλο-παρεμβάλεται με το WiFi
 - Η/Μ θόρυβος (π.χ., φούρνος μικροκυμάτων)



Εικόνα 18.

Υψηλός αριθμός λαθών (3/3)

- Πολλαπλές διαδρομές
 - Αντανάκλαση σε εμπόδια
 - Πολλαπλά μονοπάτια
 - Σύγχυση του δέκτη



Εικόνα 19.

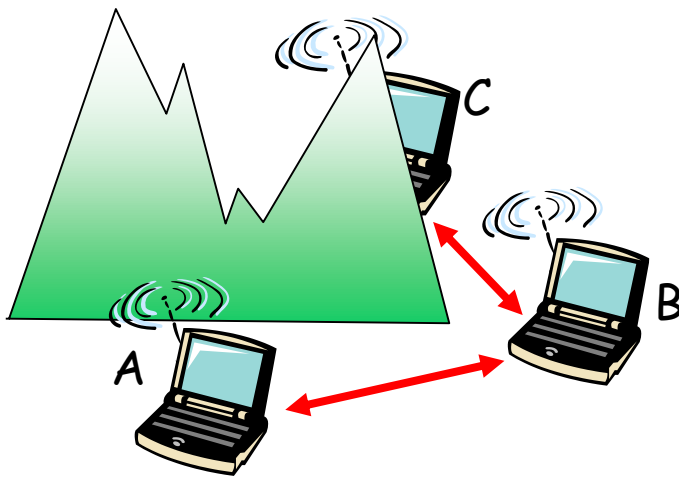
Πως χειριζόμαστε τα λάθη

- Σταθερά vs. κινητά
 - Σταθερά: Λάθη εξαιτίας συμφόρησης
 - Ασύρματα: περισσότερα και με διαφορετικά αίτια
- Τι κάνουμε
 - Αύξηση της ισχύος μετάδοσης
 - Περισσότερη κατανάλωση ενέργειας (κακό για τη μπαταρία)
 - Δημιουργεί παρεμβολές σε άλλους δέκτες
 - Έλεγχος και διόρθωση λαθών
 - Πιο ισχυροί κώδικες (επεξεργασία, κατανάλωση καναλιού)
 - Επαναμεταδόσεις (κατανάλωση καναλιού)



Περιορισμοί στη μετάδοση (1/2)

- Σταθερά δίκτυα: Όλοι οι κόμβοι ακούνε τις μεταδόσεις
- Ασύρματα: Κρυμμένα τερματικά



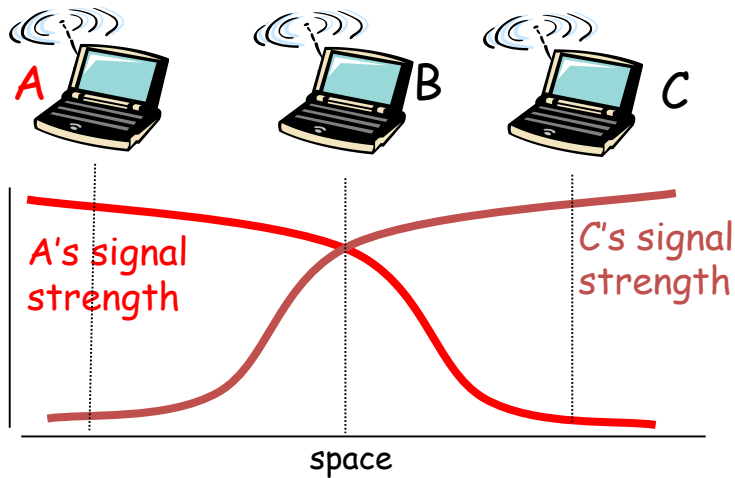
Εικόνα 20.

- A και B ακούνε
- B και C ακούνε
- Αλλά, ο A και ο C δεν ακούνε

Άρα, οι A και C μπορεί να δημιουργήσουν παρεμβολή στο B

Περιορισμοί στη μετάδοση (2/2)

- Σταθερά δίκτυα: Όλοι οι κόμβοι ακούνε τις μεταδόσεις
- Ασύρματα: Εξασθένηση σήματος



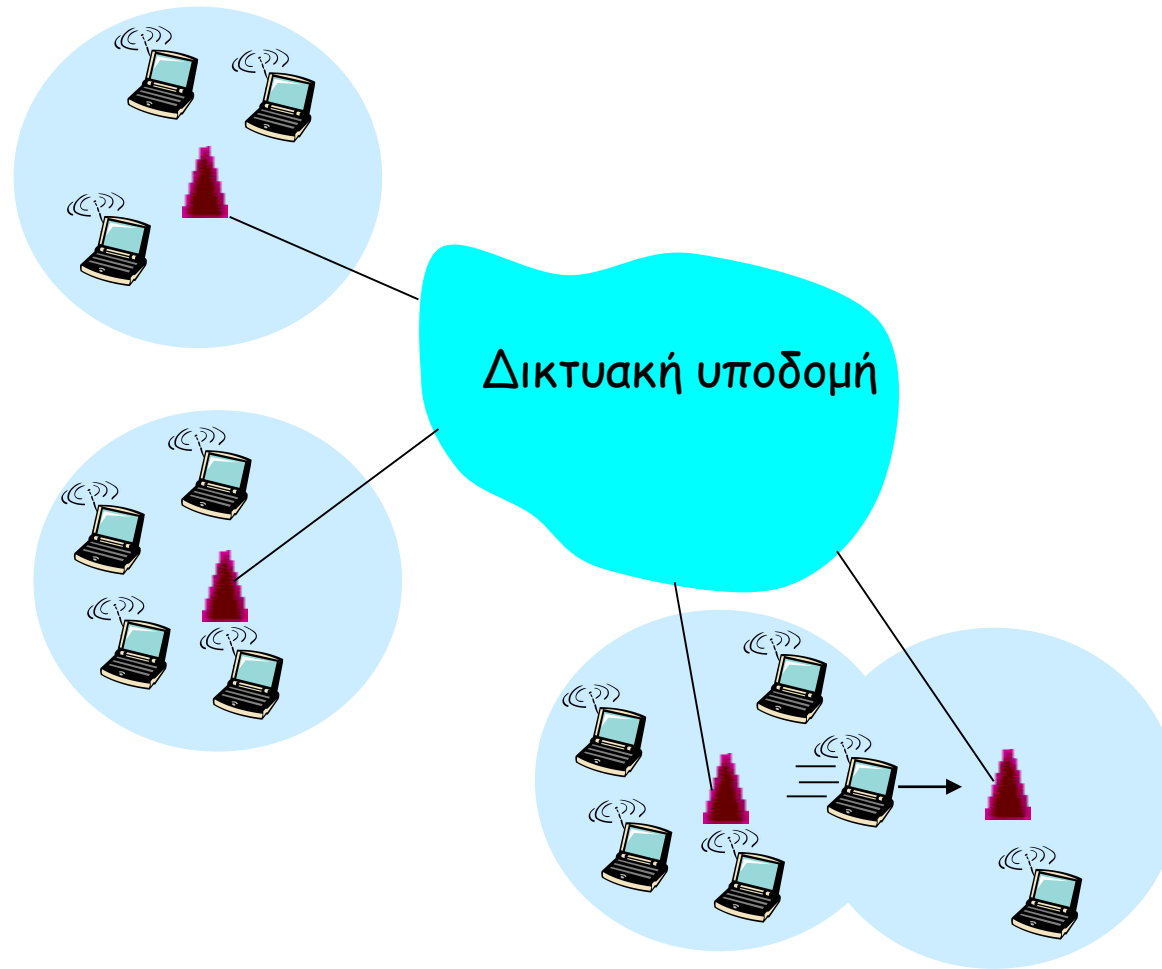
Εικόνα 21.

- A και B ακούνε
- B και C ακούνε
- Αλλά, ο A και ο C δεν ακούνε

Άρα, οι A και C μπορεί να δημιουργήσουν παρεμβολή στο B

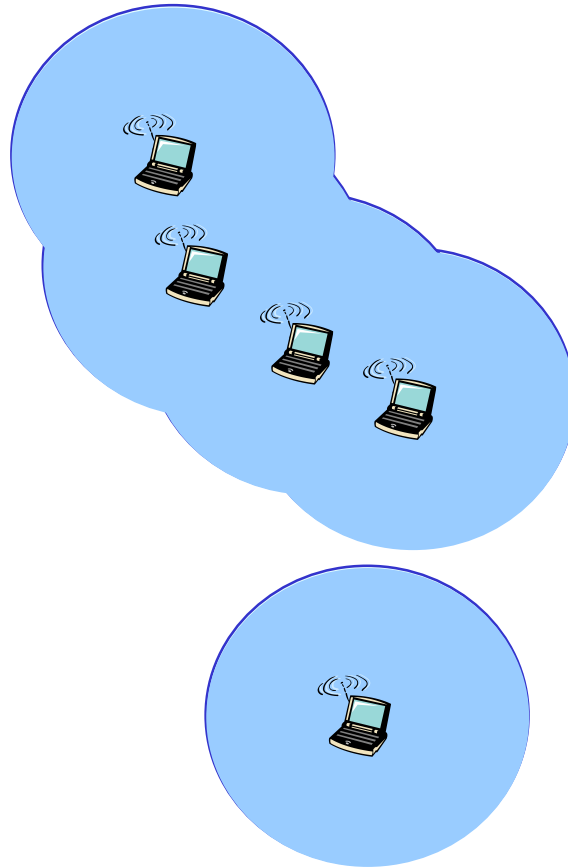
Δίκτυα

Δίκτυα με δικτυακή υποδομή



Εικόνα 22.

Δίκτυα χωρίς υποδομή (Ad Hoc)



Εικόνα 23.

Με και χωρίς υποδομή

- Με υποδομή
 - Οι ασύρματοι κόμβοι συνδέονται μόνο με το σταθμό βάσης
 - Υπηρεσίες ανάλογες με τα σταθερά δίκτυα (address assignment, routing, DNS resolution)
- Ad hoc
 - Δεν υπάρχει υποδομή για να συνδεθούν
 - Οι δικτυακές υπηρεσίες παρέχονται από τους ίδιους τους κόμβους
 - Δυσκολότερη η δικτύωση αλλά χωρίς της απαίτηση ύπαρξης σταθμού βάσης

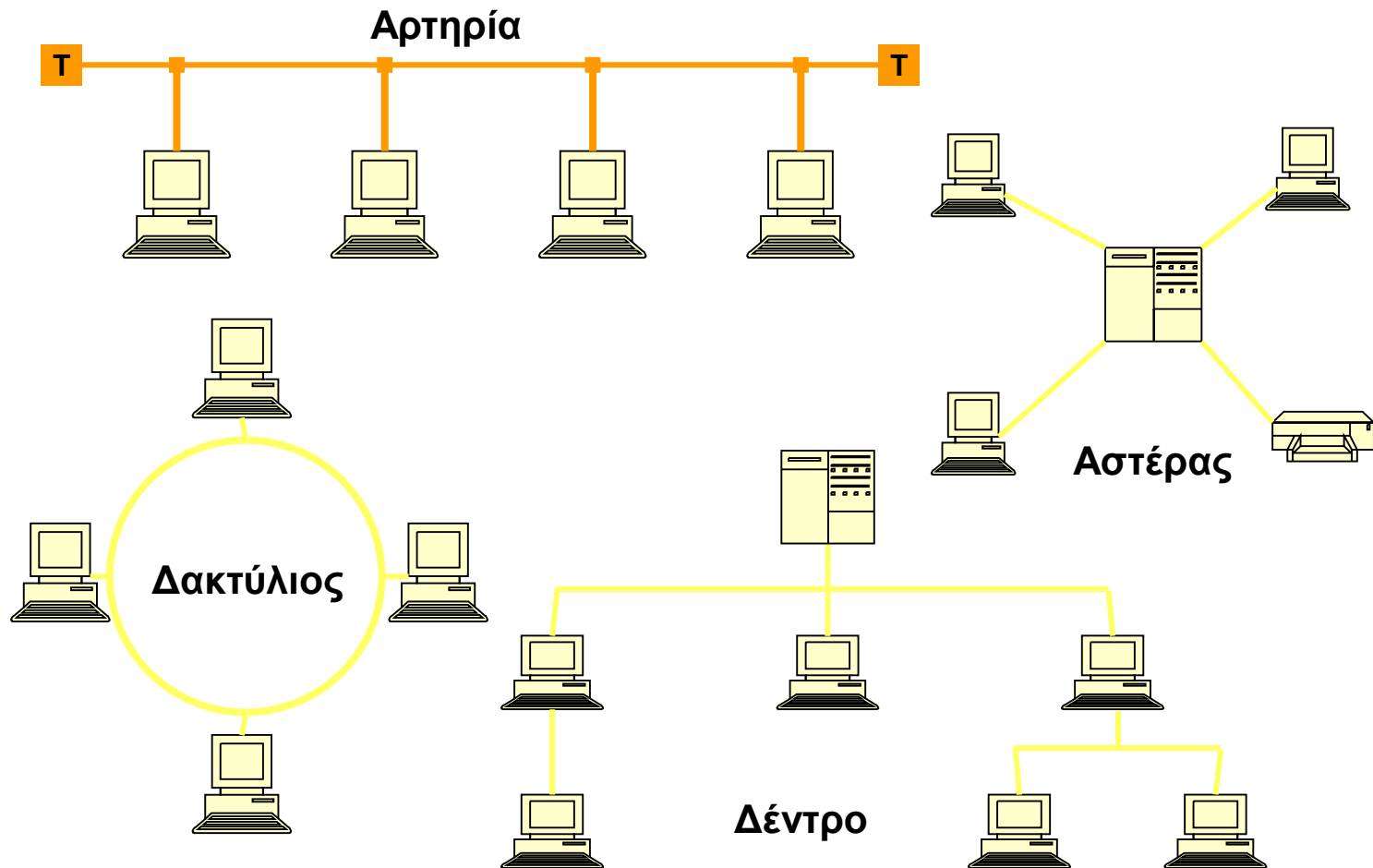


Επανάληψη Τεχνικών Δικτύων

- Βασικές Τοπολογίες Δικτύων
- Αρτηρία (Bus)
- Δέντρο (Tree)
- Δακτύλιος (Ring)
- Αστέρας (Star)
- Το μοντέλο Αναφοράς OSI
- Μετάδοση Δεδομένων στο Μοντέλο OSI
- Το Μοντέλο Αναφοράς TCP/IP
- Τα Πρωτόκολλα στο Μοντέλο OSI
- Σύγκριση: Μεταγωγή Κυκλώματος-Μηνύματος-Πακέτου



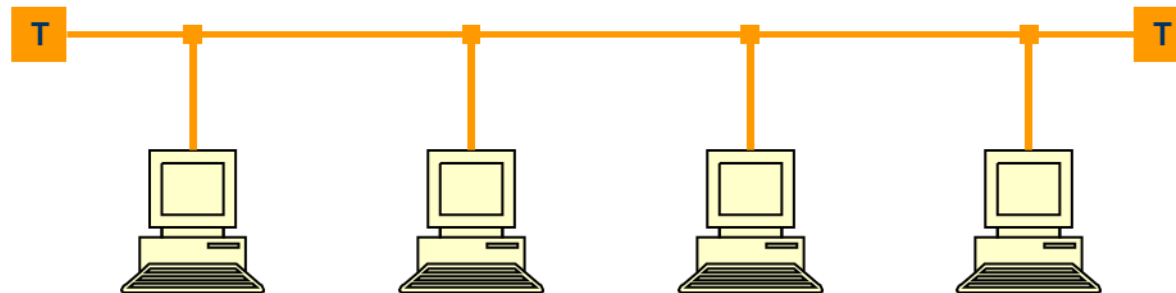
Βασικές Τοπολογίες Δικτύων



Εικόνα 24.

Αρτηρία (Bus)

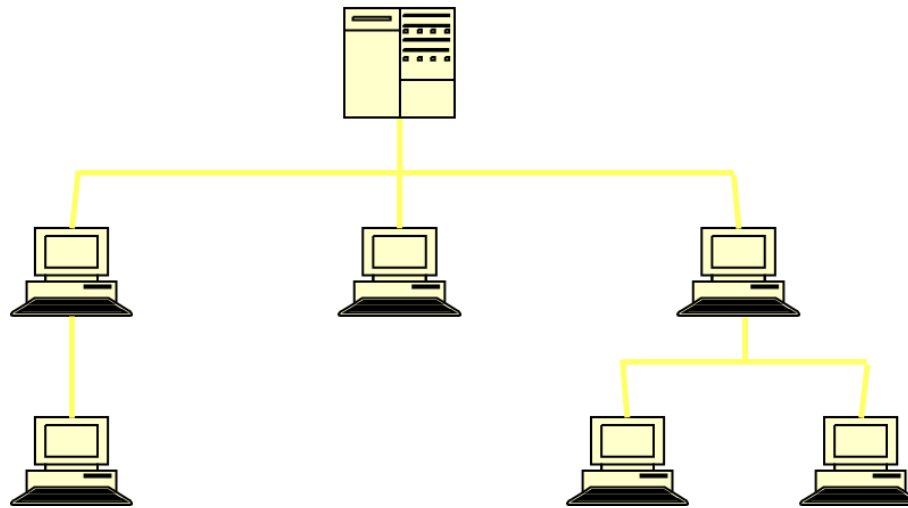
- Όλα τα τερματικά συνδέονται σε ένα αγωγό (αρτηρία)
- Μπορούμε να συνδέσουμε/αποσυνδέσουμε ένα τερματικό χωρίς να επηρεάσουμε τη λειτουργία του δικτύου
- Η αρτηρία πρέπει να τερματίζεται
- Μόνο ένα μήνυμα μπορεί να βρίσκεται στην αρτηρία σε μια δεδομένη στιγμή
- Χαμηλό κόστος καλωδίωσης



Εικόνα 25.

Δέντρο (Tree)

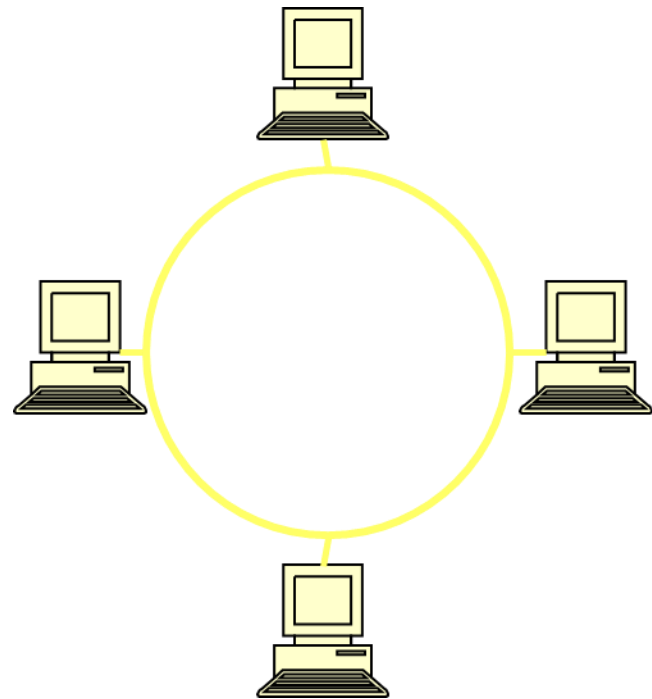
- Αν ο γονικός κόμβος επιφορτίζεται με όλες τις εργασίες τότε δημιουργείται «μποτιλιάρισμα» (bottleneck)
- Αν ο γονικός κόμβος τεθεί εκτός λειτουργίας, όλο το δίκτυο τίθεται εκτός λειτουργίας
- Μπορούμε να προσθέσουμε επιπλέον κόμβους στη βάση του δέντρου



Εικόνα 26.

Δακτύλιος (Ring)

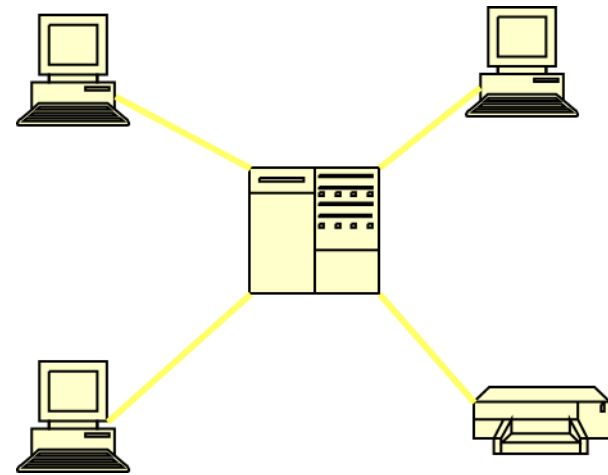
- Μετάδοση δεδομένων από τον ένα σταθμό στον άλλο μέχρι την άφιξη τους στο σταθμό-προορισμό
- Όταν ένας σταθμός λαμβάνει ένα πακέτο, ελέγχει τη διεύθυνση προτού κάνει αναμετάδοση στον επόμενο του
- Ο σταθμός-παραλήπτης σημαδεύει το πακέτο
- Οι σταθμοί συνδέονται στο δίκτυο μέσω ενός επαναλήπτη (repeater)
- Το δίκτυο συνεχίζει να λειτουργεί ακόμη κι όταν σταθμός/σταθμοί τίθενται εκτός λειτουργίας



Εικόνα 27.

Αστέρας (Star)

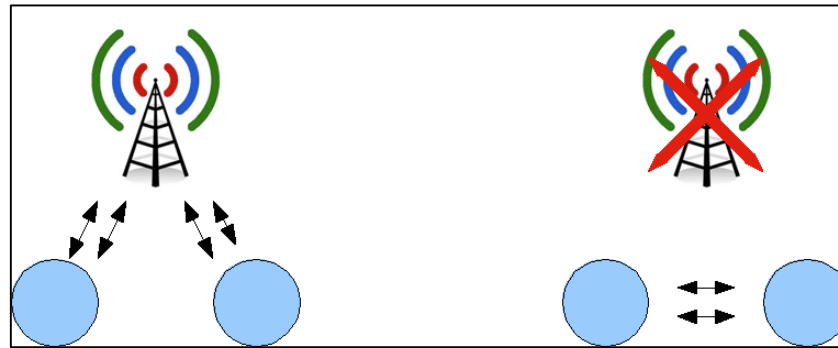
- Τοπολογία διαδεδομένη στα δίκτυα WAN
- Στον κεντρικό κόμβο συνδέονται όλοι οι περιφερειακοί πόροι
- Όλη η κυκλοφορία διέρχεται από τον κεντρικό κόμβο
- Αν ο κεντρικός κόμβος τεθεί εκτός λειτουργίας τότε το δίκτυο τίθεται και αυτό εκτός λειτουργίας



Εικόνα 28.

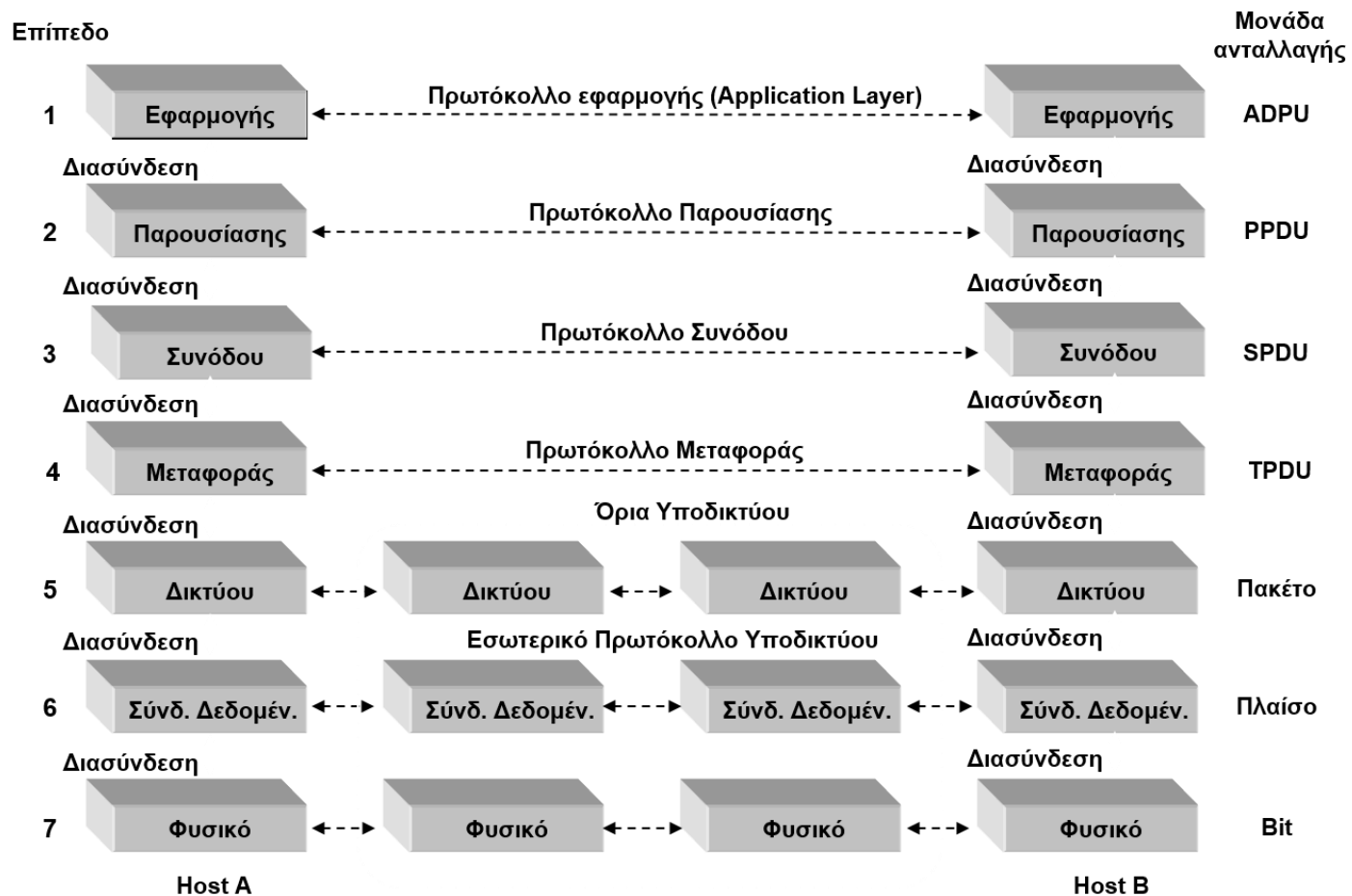
Τοπολογίες κινητών επικοινωνιών

- Κυψελωτές ή Ad-hoc
- Κοινό μέσο μετάδοσης (αρτηρία)
- Όλη η κυκλοφορία διέρχεται από τον κεντρικό κόμβο (αστέρας)
- Μετάδοση δεδομένων από ένα σταθμό σε άλλο (δακτύλιος)
- Έλεγχος πολλαπλής μετάδοσης
- Έλεγχος λαθών
- Κινητικότητα



Εικόνα 29.

Το Μοντέλο αναφοράς OSI (1/2)



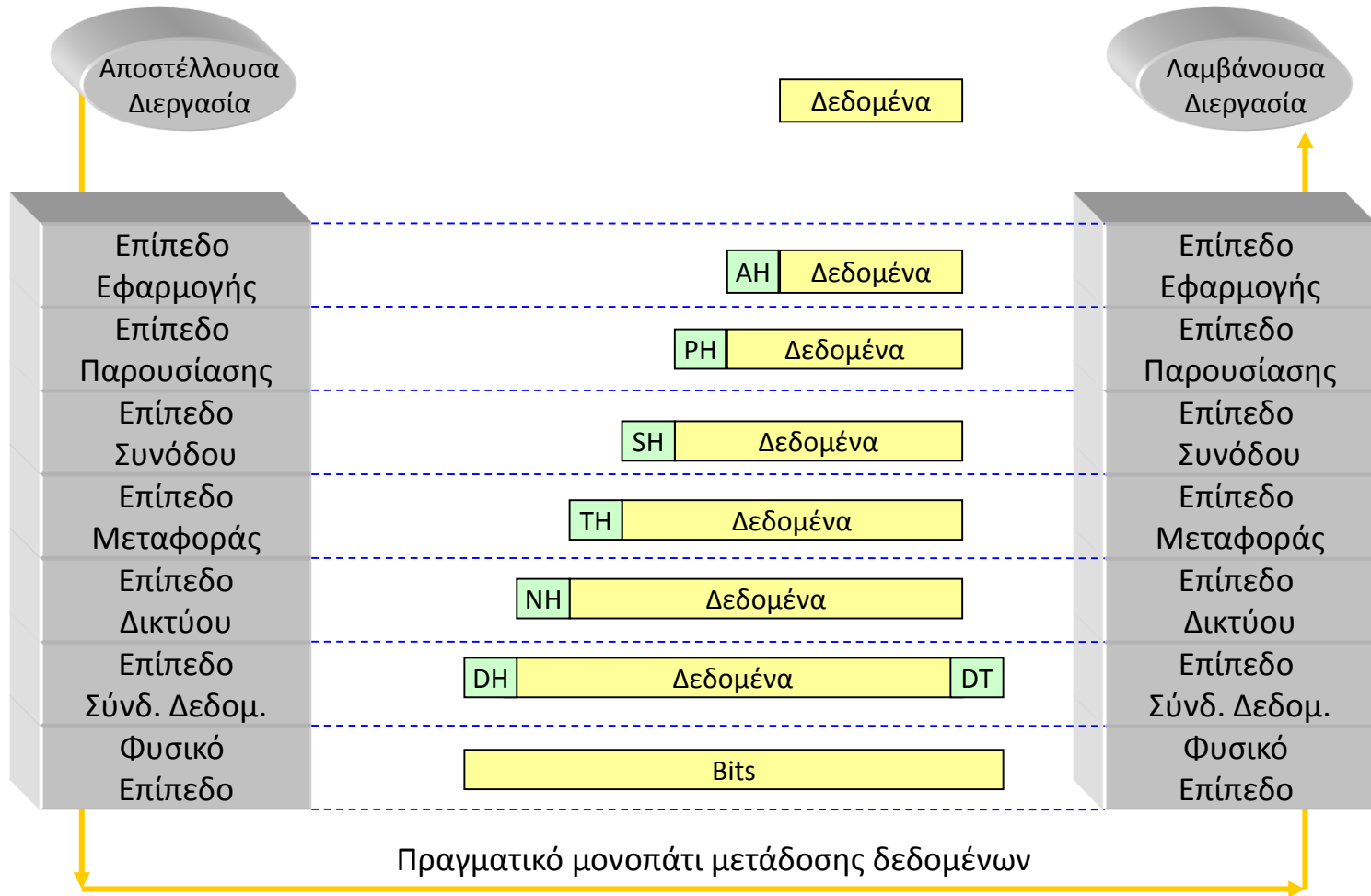
Το Μοντέλο αναφοράς OSI (2/2)

Επίπεδο

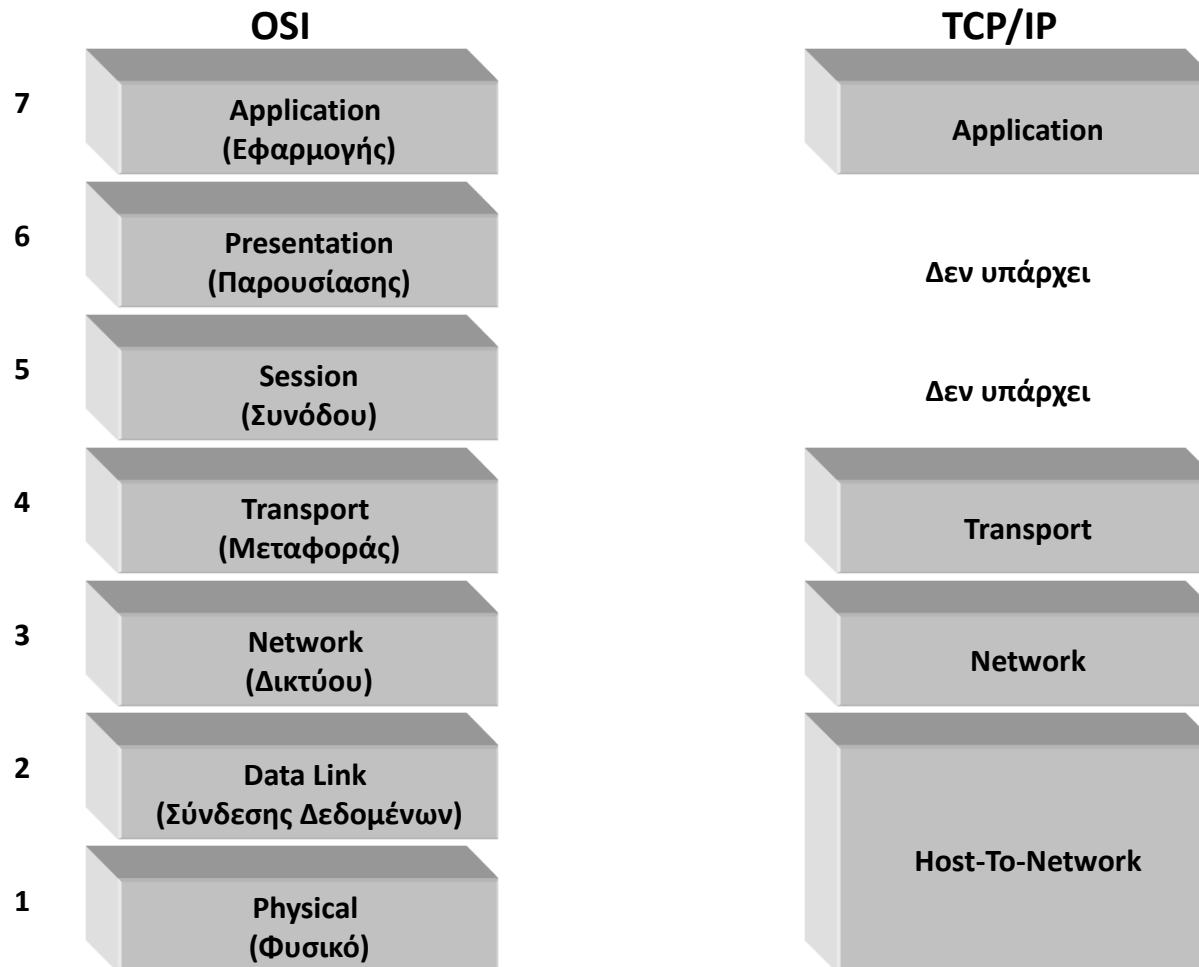
1	Εφαρμογής	
2	Παρουσίασης	Κρυπτογράφηση, συμπίεση, μετατροπή δεδομένων
3	Συνόδου	Αρχικοποίηση και έλεγχος διαφορετικών ροών ανά εφαρμογή
4	Μεταφοράς	Έλεγχος ροής, έλεγχος λαθών, επαναμεταδόσεις από άκρο σε άκρο
5	Δικτύου	Διευθυνσιοδότηση, δρομολόγηση πακέτων
6	Σύνδ. Δεδομέν.	Έλεγχος πολλαπλής πρόσβασης, διόρθωση λαθών, ...
7	Φυσικό	Μετάδοση στο φυσικό μέσο, διαμόρφωση σήματος, επεξεργασία



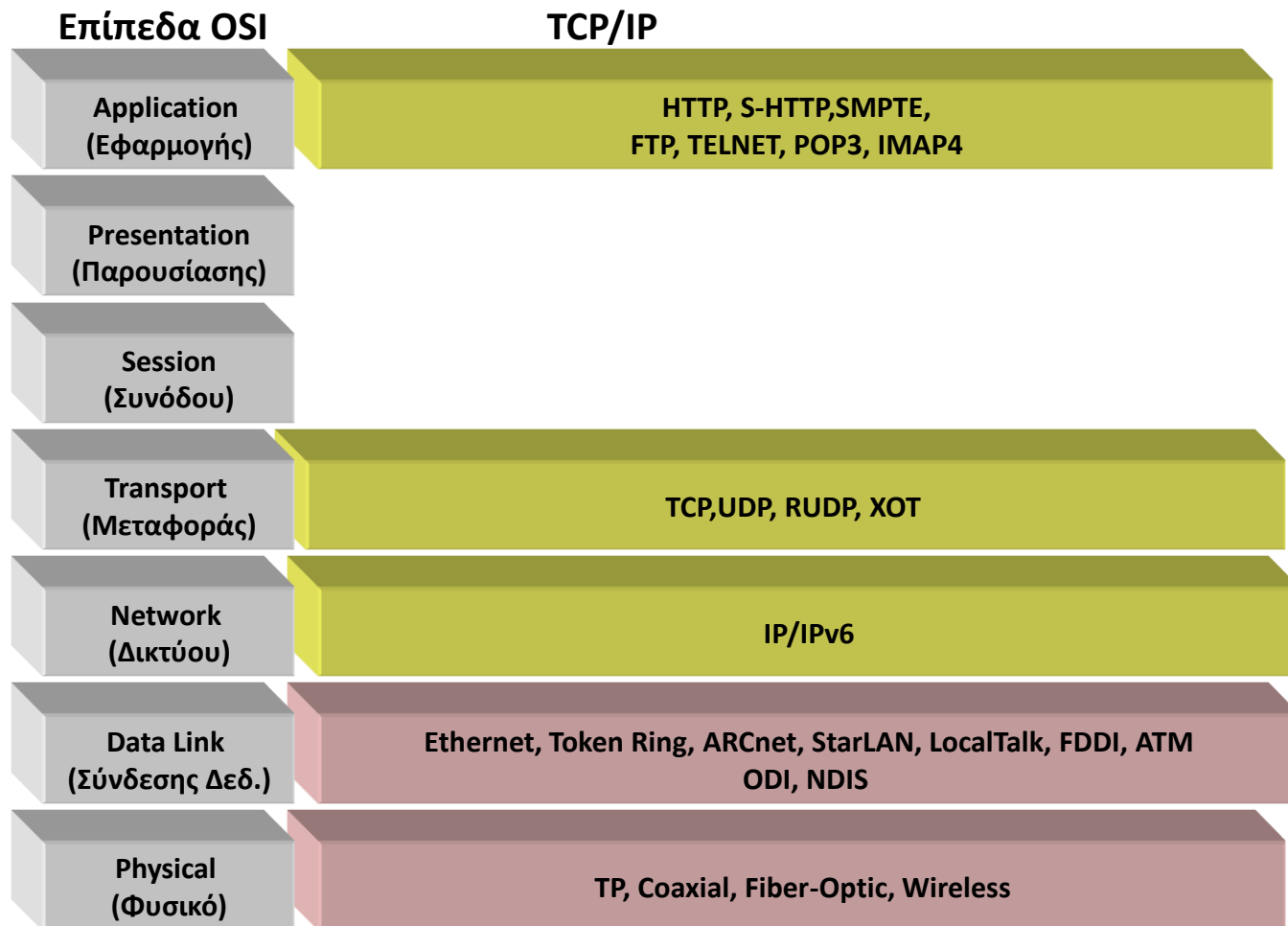
Μετάδοση Δεδομένων στο Μοντέλο OSI



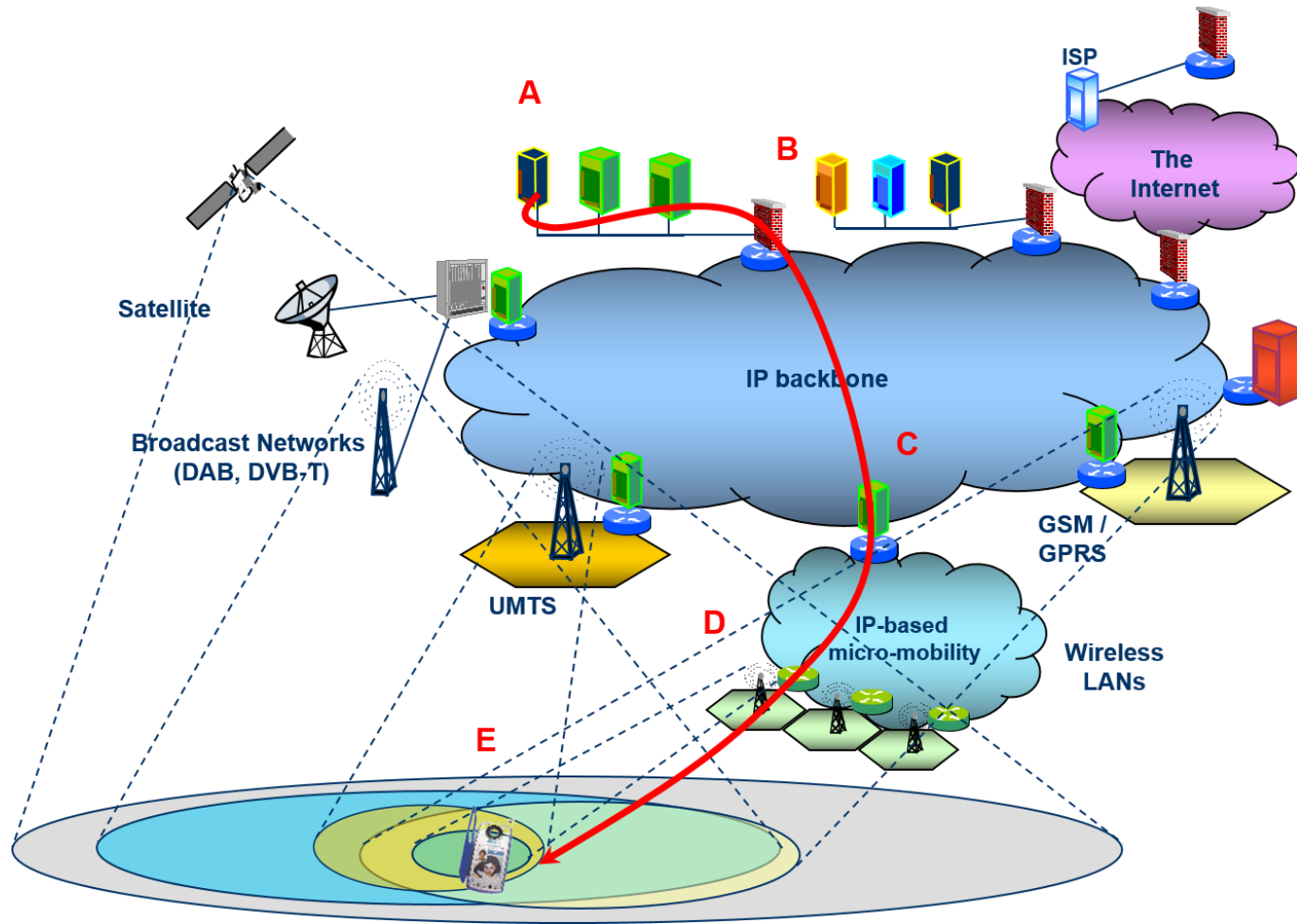
Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP



Τα πρωτόκολλα στο μοντέλο OSI (1/3)

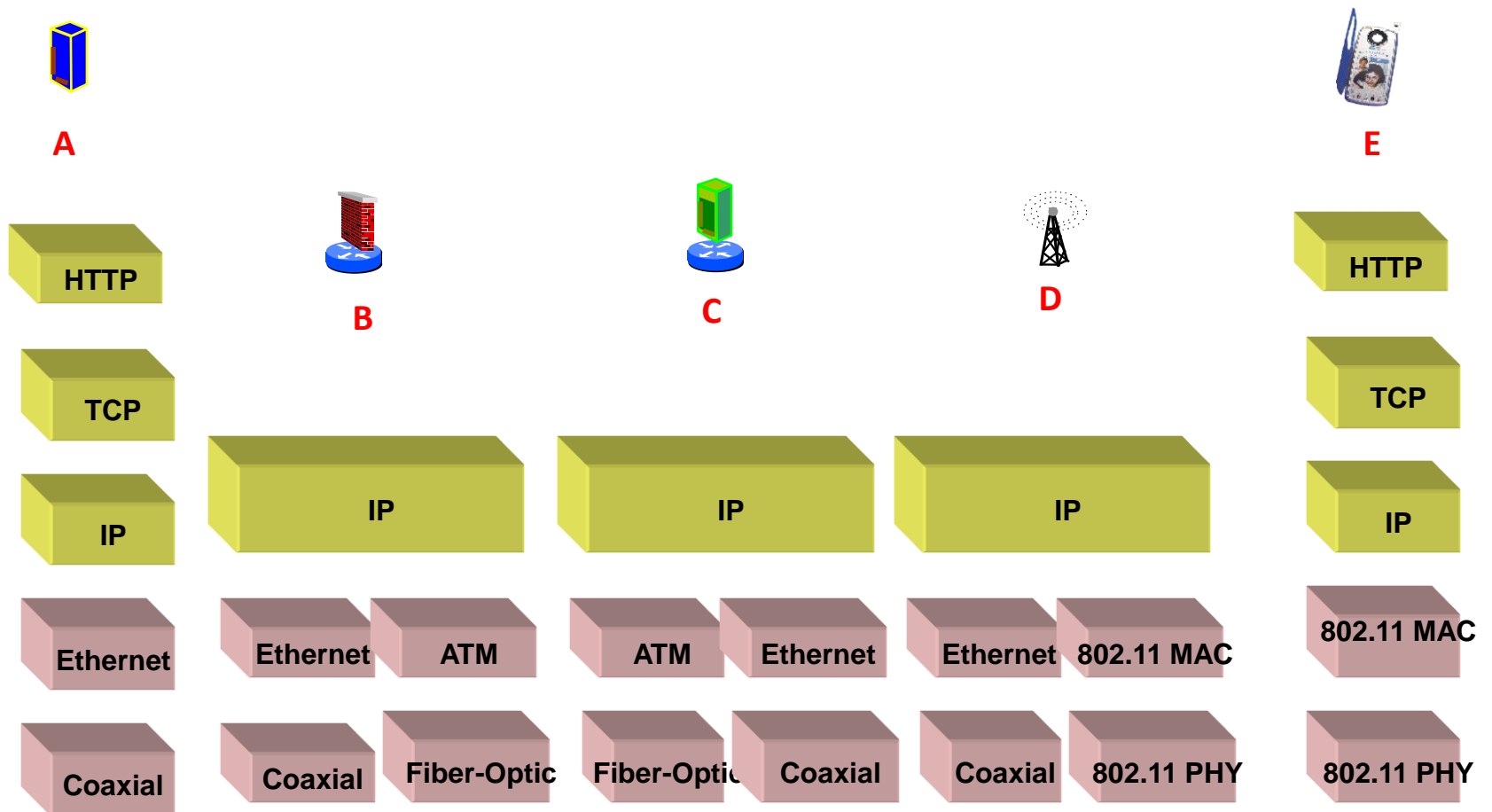


Τα πρωτόκολλα στο μοντέλο OSI (2/3)



Εικόνα 30.

Τα πρωτόκολλα στο μοντέλο OSI (3/3)



Βασικά Προβλήματα του IP σε Ασύρματα/Κινητά Δίκτυα

1. Χαμηλή απόδοση σε ασύρματα περιβάλλοντα
 - Περιορισμένοι αλγόριθμοι αποφυγής και διόρθωσης λαθών
2. “Best Effort” (καμία εγγύηση ποιότητας υπηρεσίας – QoS)
 - Έλλειψη μηχανισμού προτεραιοτήτων της κίνησης
3. Έλλειψη υποστήριξης κινητικότητας
 - Η δρομολόγηση γίνεται αποκλειστικά με βάση την IP διεύθυνση η οποία καθορίζει και τη θέση του τερματικού



1. Τι σημαίνει «χαμηλή απόδοση σε ασύρματα περιβάλλοντα»;

- Το IP δεν περιλαμβάνει μηχανισμούς διόρθωσης λαθών
- Στηρίζεται ουσιαστικά στα ανώτερα επίπεδα TCP και UDP

TCP

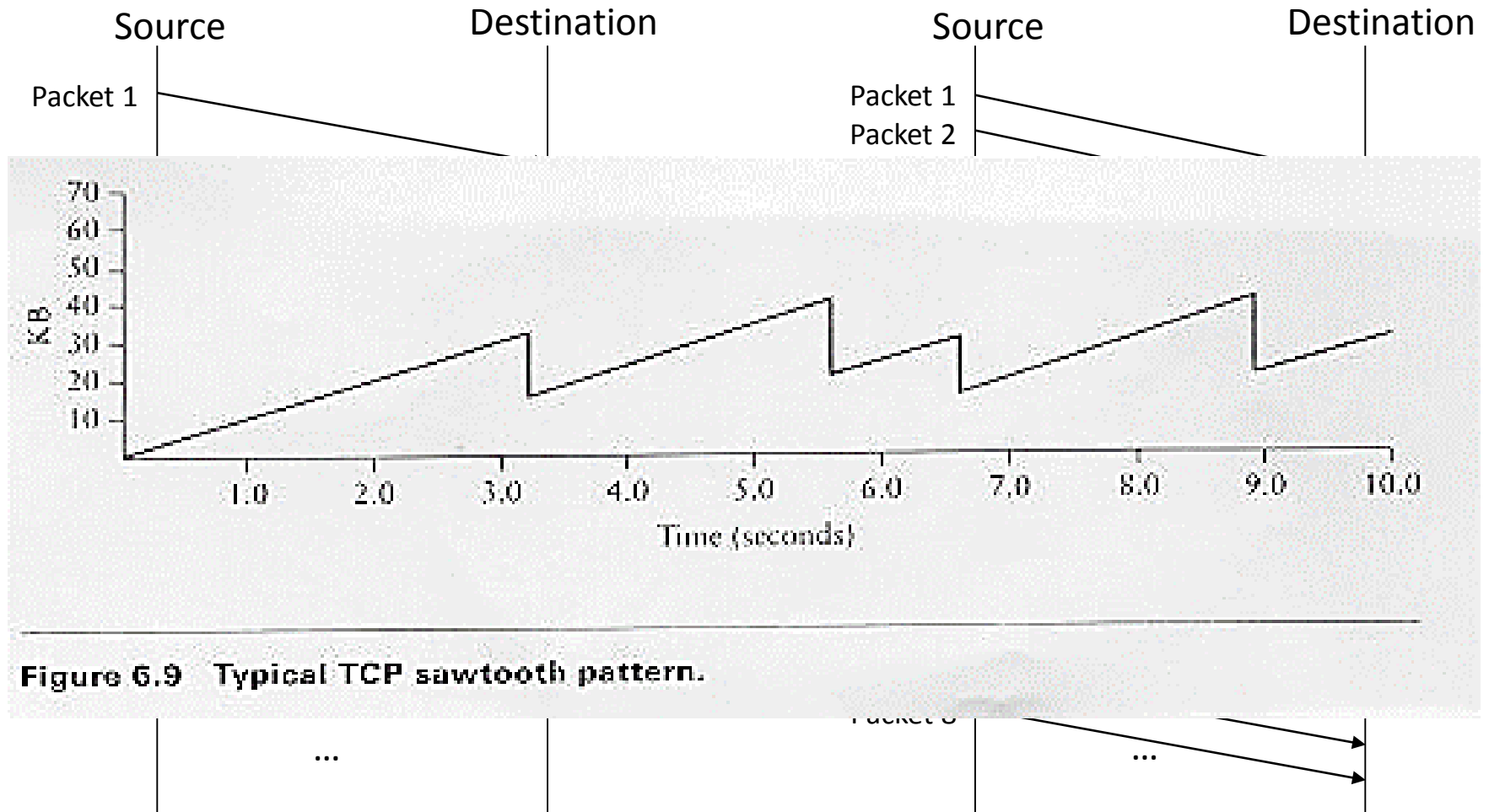
- Σχεδιασμένο για εφαρμογές «μη-πραγματικού χρόνου»
- Διορθώνει τα λάθη μέσω επανα-μεταδόσεων end-to-end
- Για το TCP ο μόνος λόγος απώλειας πακέτου είναι η συμφόρηση
- σε κάποιο σημείο της διαδρομής

UDP

- Σχεδιασμένο για εφαρμογές «πραγματικού χρόνου»
- Δεν έχει μηχανισμό διόρθωσης λαθών



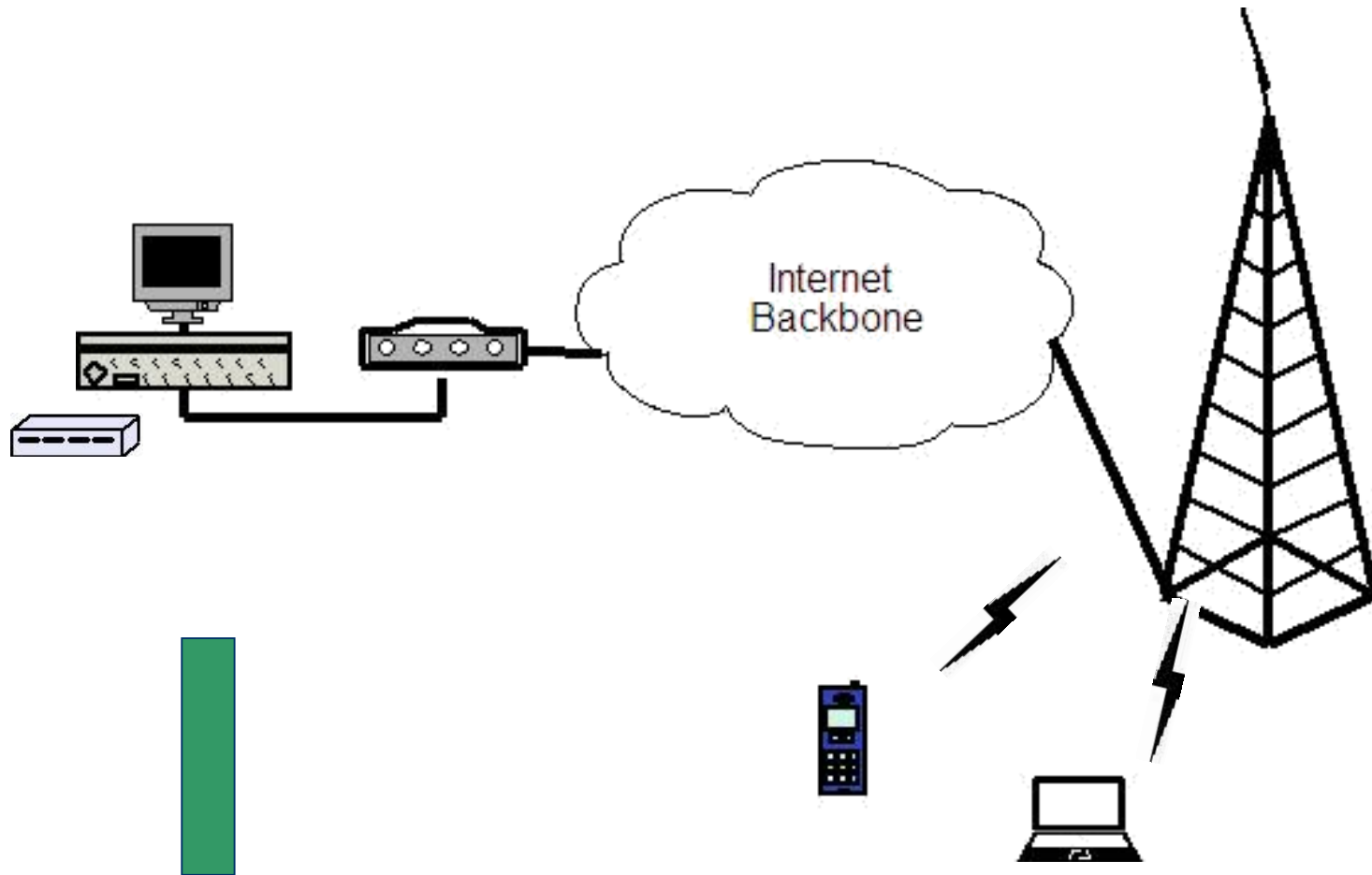
Λειτουργία TCP (1/6)




Εικόνα 31.



Λειτουργία TCP (2/6)

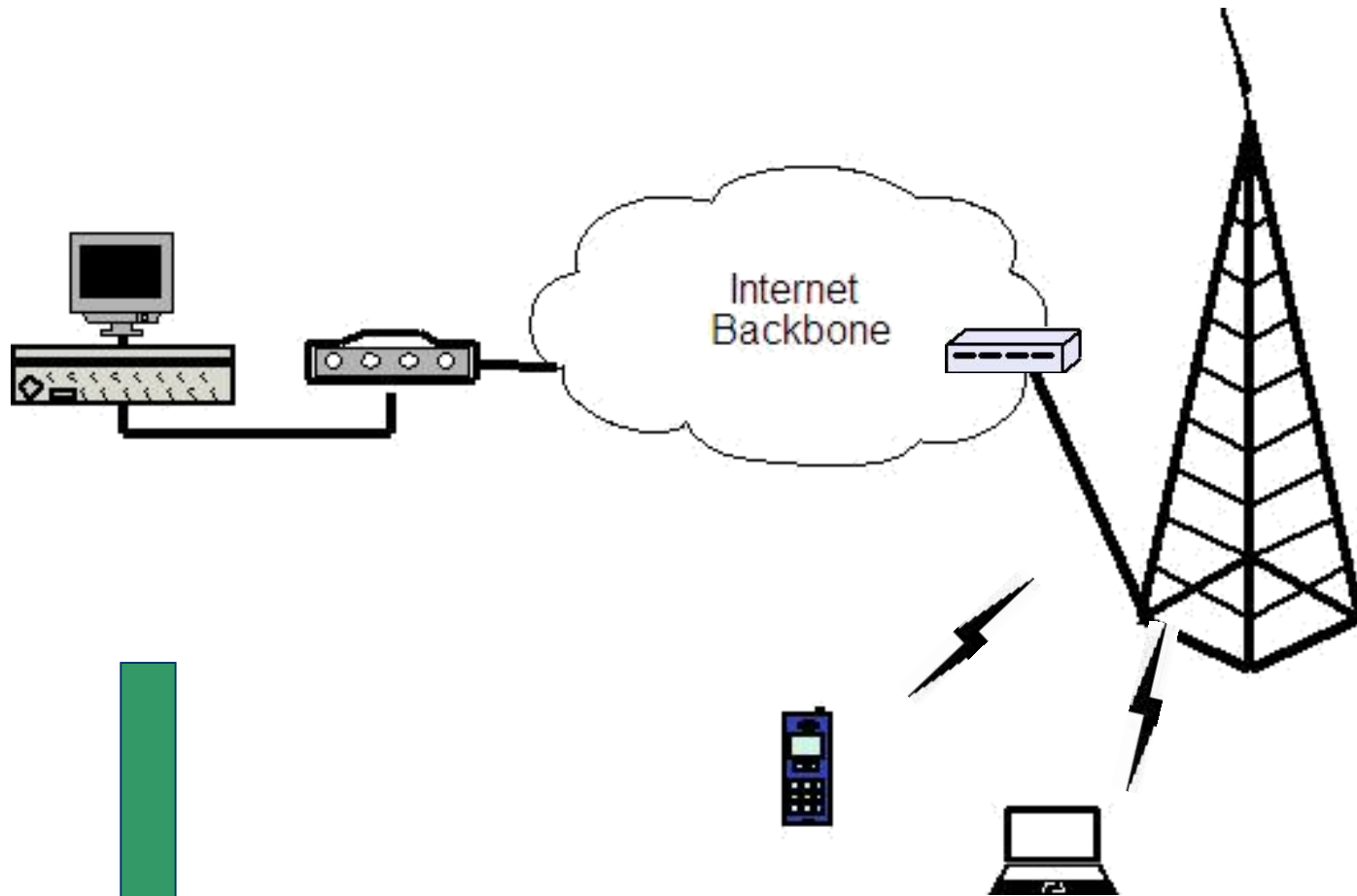



cwnd

Εικόνα 32.



Λειτουργία TCP (3/6)

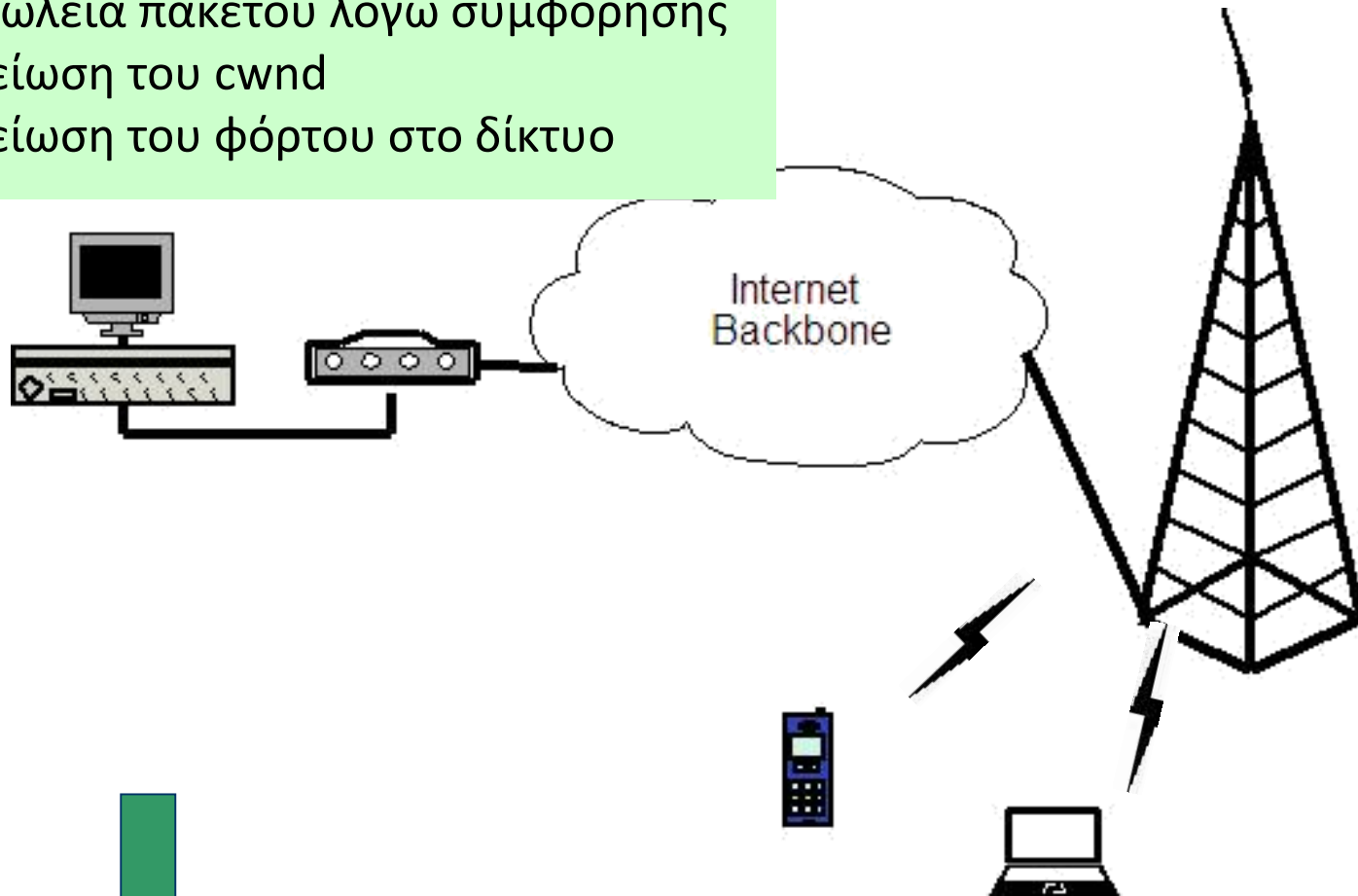



cwnd



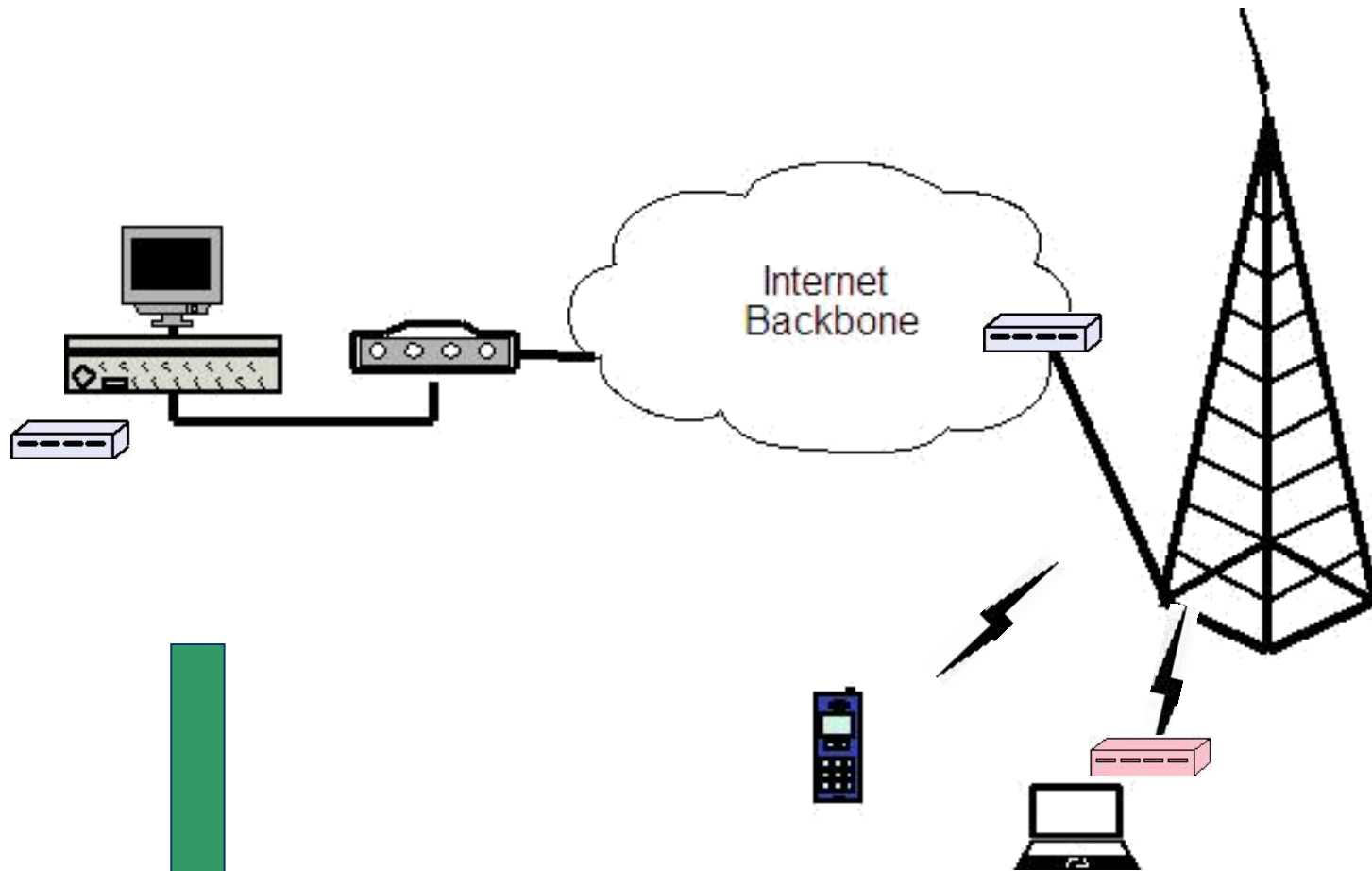
Λειτουργία TCP (4/6)


Απώλεια πακέτου λόγω συμφόρησης
Μείωση του cwnd
Μείωση του φόρτου στο δίκτυο



cwnd

Λειτουργία TCP (5/6)

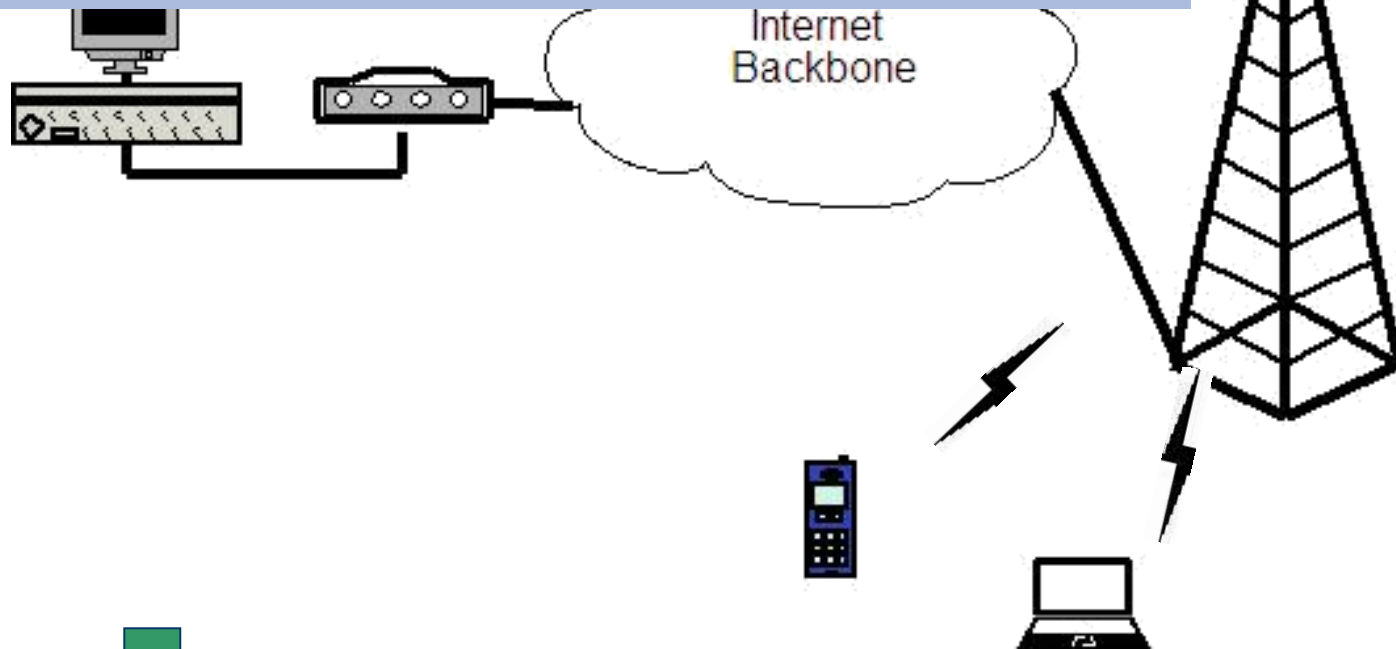



cwnd



Λειτουργία TCP (6/6)

Απώλεια πακέτου λόγω λάθους στο ασύρματο κανάλι
Λαμβάνεται από το TCP ως δείγμα συμφόρησης
Λανθασμένη μείωση του cwnd
Μείωση του φόρτου = χαμηλή χρησιμοποίηση δικτύου




cwnd

2. Τι σημαίνει «Best Effort»;

- Όλα τα είδη πληροφορίας, ανεξαρτήτως προτεραιότητας, γίνονται IP πακέτα και ρίχνονται στο δίκτυο.
- Από εκεί και πέρα το IP δεν έχει μηχανισμούς να διασφαλίσει βασικά χαρακτηριστικά ποιότητας όπως είναι η καθυστέρηση και η απώλεια πακέτων.
- Ο μόνος διαχωρισμός είναι μεταξύ UDP και TCP πακέτων (πραγματικού και μη-πραγματικού χρόνου) όμως αυτό δεν αρκεί.
- Η ανάγκη για ποιότητα υπηρεσίας είναι ακόμα μεγαλύτερη στα ασύρματα δίκτυα καθώς πρόκειται για δίκτυα σχετικά μικρής ταχύτητας μετάδοσης και με μεγάλη πιθανότητα λαθών.
- Συμπέρασμα: Τα κλασικά απλά πρωτόκολλα τύπου Ethernet δεν αρκούν και απαιτούνται πιο εξελιγμένα.



3. Γιατί το IP δεν υποστηρίζει κινητικότητα;

- Οφείλεται στο μηχανισμό δρομολόγησης πακέτων με βάση τη στατική διεύθυνση προορισμού (IP address).
- Η στατική διεύθυνση προορισμού έχει άμεση σχέση από το σημείο σύνδεσης στο δίκτυο.
- Αν το σημείο σύνδεσης αλλάξει και δεν αλλάξει η διεύθυνση του τερματικού τότε τα πακέτα δρομολογούνται στο παλιό σημείο.
- Όμως η διεύθυνση του τερματικού δε μπορεί να αλλάξει γιατί με αυτή είναι γνωστός σε όλο το δίκτυο.
- Ενημέρωση όλου του δικτύου κάθε φορά που ο χρήστης αλλάξει σημείο σύνδεσης είναι πρακτικά αδύνατη.

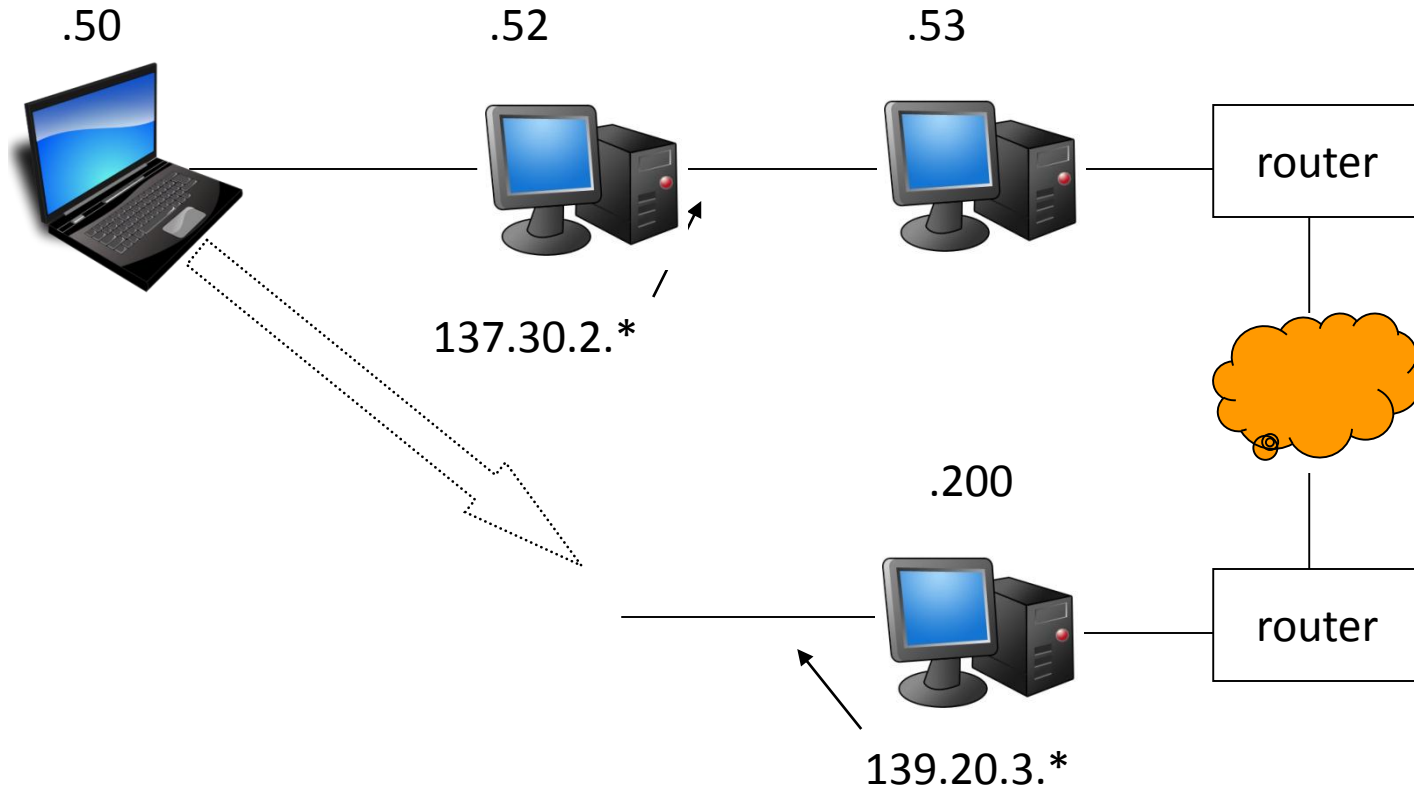


IP Header (1/2)

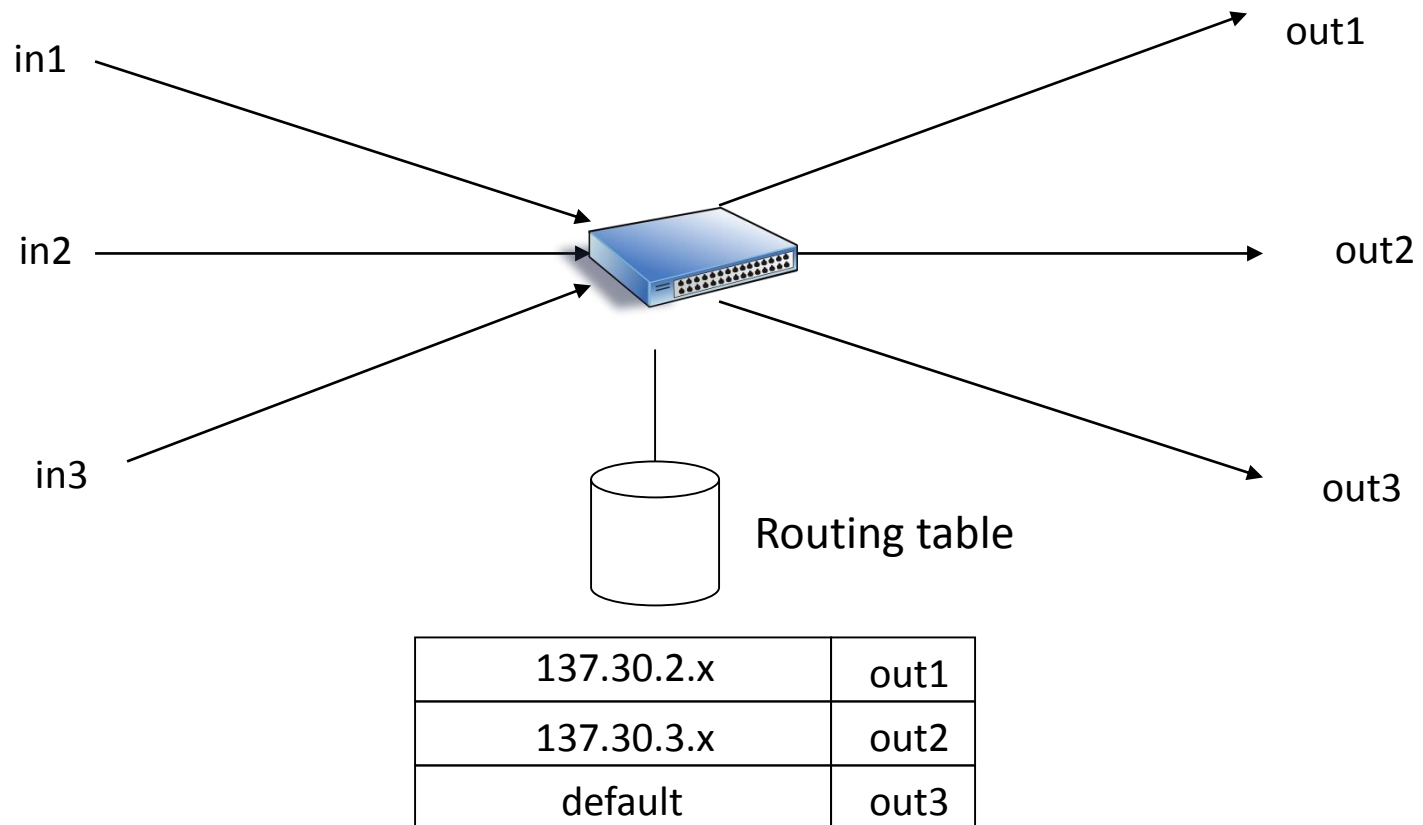
ver.		TOS	total length			IP
IP ID					offset	
TTL	protocol		checksum			
32 bit Source IP address						
32 bit Destination IP address						
Options						
Source Port			Destination Port			TCP/UDP



IP Header (2/2)



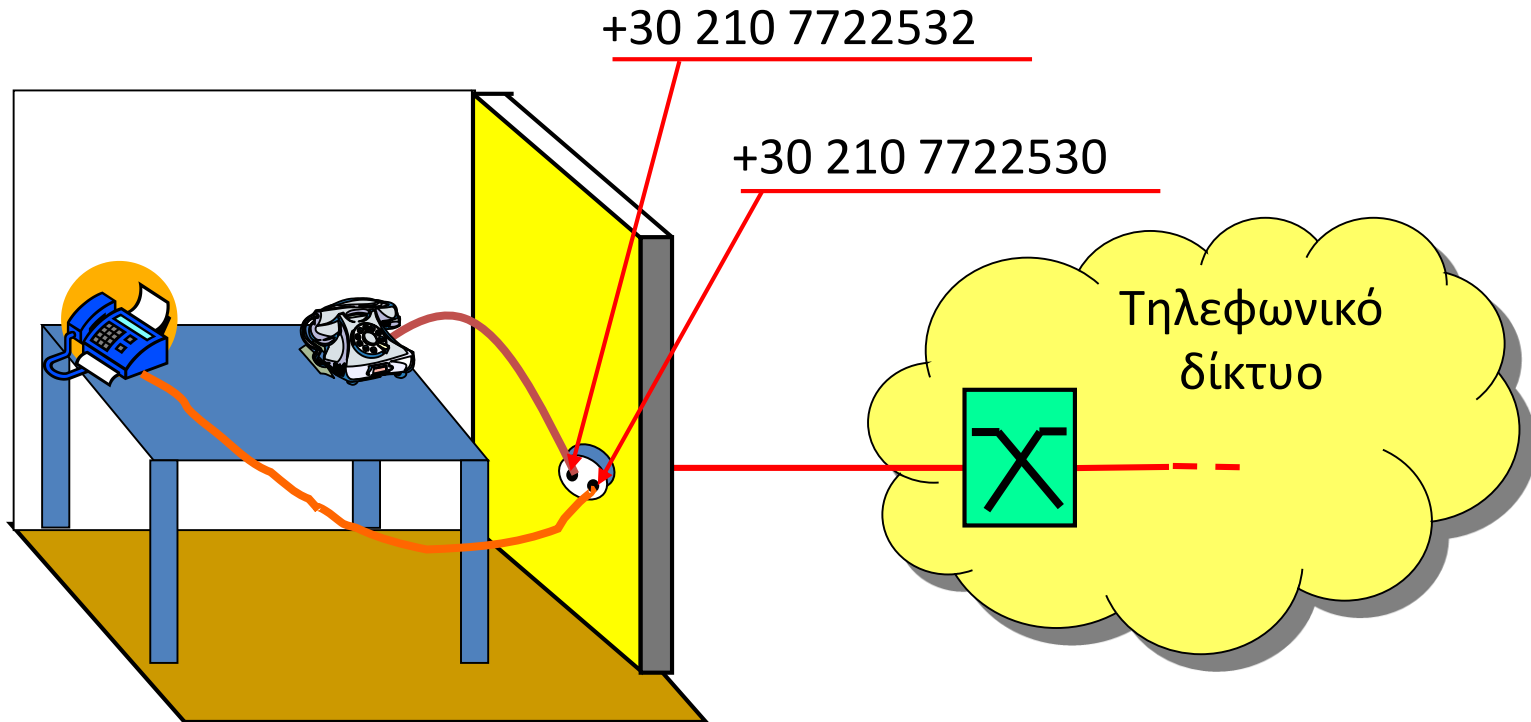
IP δρομολόγηση



Βασικές έννοιες

Σταθερές επικοινωνίες (1/2)

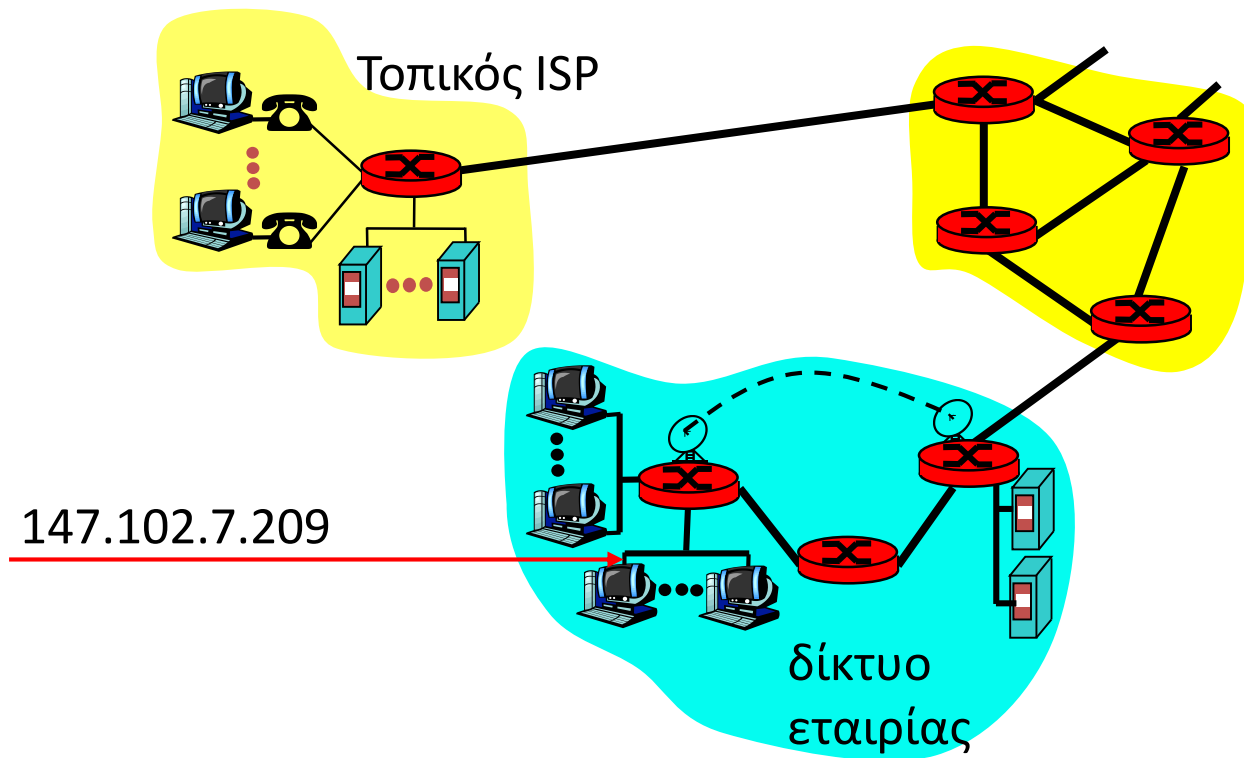
- Το σημείο πρόσβασης υπηρεσίας είναι σταθερό.



Εικόνα 33.

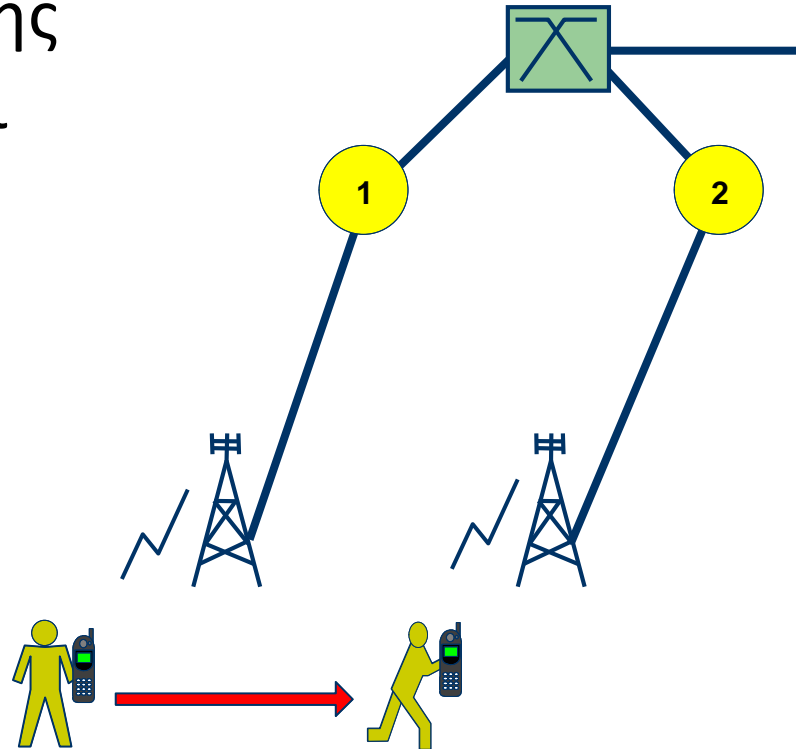
Σταθερές επικοινωνίες (2/2)

- Το σημείο πρόσβασης υπηρεσίας είναι, ως επί το πλείστον, σταθερό.



Κινητές επικοινωνίες

- Το σημείο πρόσβασης υπηρεσίας δεν είναι σταθερό.

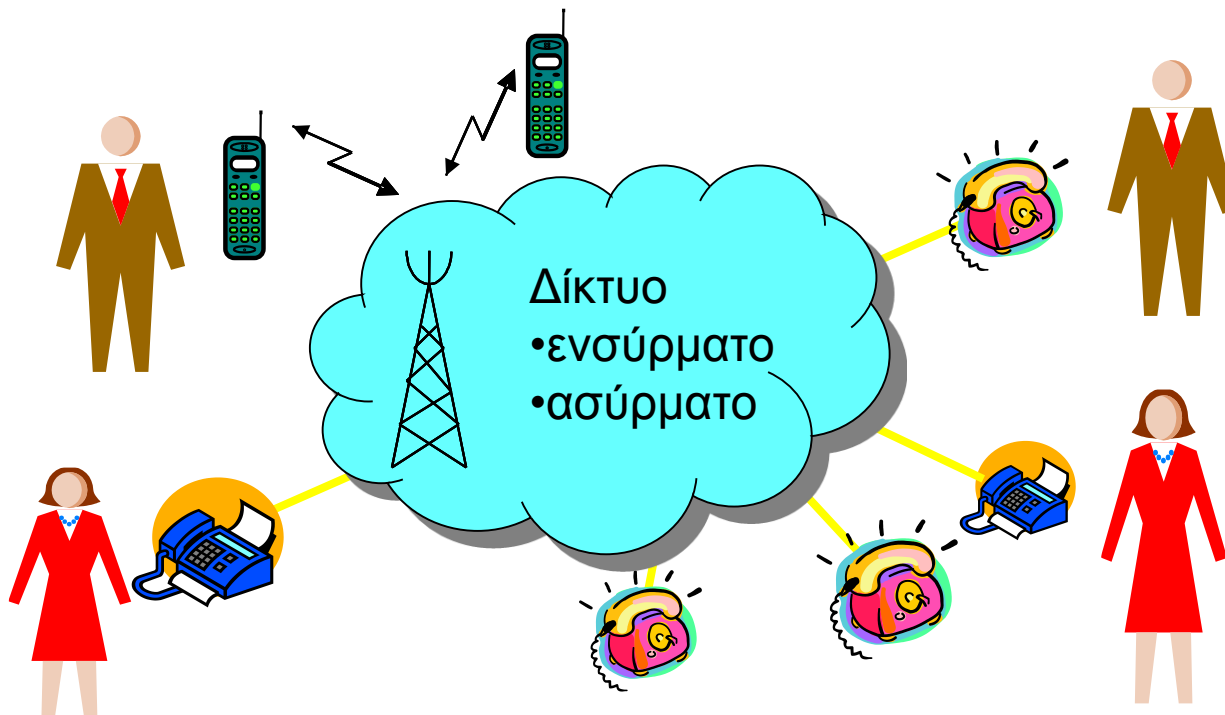


Μονοσήμαντη σχέση χρήστη με συγκεκριμένο τερματικό.



Προσωπικές επικοινωνίες

- Το σημείο πρόσβασης υπηρεσίας δεν είναι σταθερό.



Εικόνα 34.

Όχι μονοσήμαντη σχέση χρήστη με συγκεκριμένο τερματικό.



Κινητές και προσωπικές επικοινωνίες (1/3)

Σκοπός

- Οποιασδήποτε μορφής επικοινωνία, με οποιοδήποτε πρόσωπο ή τερματικό, οπουδήποτε.



Κινητές και προσωπικές επικοινωνίες (2/3)

Να είναι σε οποιοδήποτε μέρος:

-  Σπίτι
-  Γραφείο
-  Δημόσιος χώρος
-  Μετακίνηση



Επίλεξε τον προσωπικό αριθμό του κ. Χ

Να χρησιμοποιεί οποιαδήποτε συσκευή:



Κινητό τηλέφωνο



Τηλέφωνο γραφείου ενσύρματο



Τηλέφωνο γραφείου ασύρματο



Τηλέφωνο σπιτιού



Τηλεειδοποιητής



Fax

Ο κ. Χ μπορεί:



Εικόνα 35.

Κινητές και προσωπικές επικοινωνίες (3/3)

Βασικοί παράγοντες για την παροχή κινητών και προσωπικών επικοινωνιών:

- *Κινητικότητα του τερματικού (terminal mobility)* **→ ασύρματη πρόσβαση**
- *Προσωπική κινητικότητα (personal mobility)* **→ προσωπικός αριθμός**
- *Φορητότητα των υπηρεσιών (service portability)* **→ προφίλ εξυπηρέτησης**



Κινητικότητα

Κινητικότητα τερματικού



Προσωπική κινητικότητα



Εικόνα 36.

Φορητότητα υπηρεσιών

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



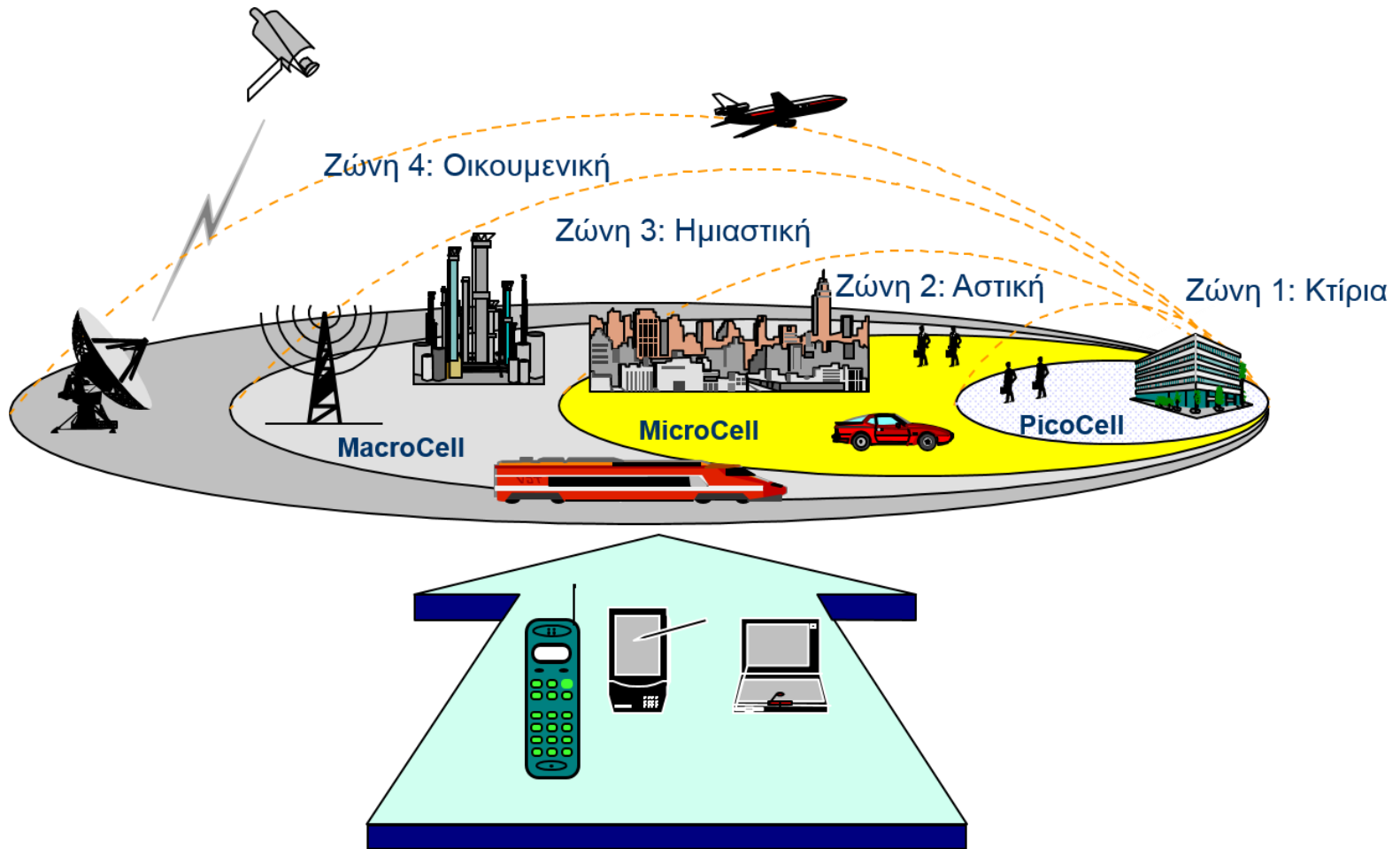
Οικουμενική κινητικότητα (1/2)

Τα πρότυπα για τα μελλοντικά συστήματα κινητών επικοινωνιών έχουν ως στόχο να εξασφαλίσουν:

- Διαλειτουργικότητα μεταξύ των διάφορων συστημάτων ασύρματης πρόσβασης.
- Κινητικότητα σε οικουμενική κλίμακα.
- Παροχή υπηρεσιών μεγάλου εύρους ζώνης.



Οικουμενική κινητικότητα (2/2)



Εικόνα 37.

Ασύρματα συστήματα κινητών και
προσωπικών επικοινωνιών

Περιοχές εφαρμογής (1/2)

Τρεις κύριες περιοχές εφαρμογής:

- **Ασύρματη πρόσβαση σε μεγάλα δίκτυα**, για κινητές και προσωπικές επικοινωνίες φωνής και δεδομένων, με χαμηλές απαιτήσεις κινητικότητας.
- **Ασύρματα Συστήματα επικοινωνιών**, για κινητές και προσωπικές επικοινωνίες φωνής και δεδομένων, με υψηλές απαιτήσεις κινητικότητας.
- **Ασύρματα τοπικά δίκτυα.**



Περιοχές εφαρμογής (2/2)

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



Ασύρματη πρόσβαση σε μεγάλα δίκτυα (1/3)

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



Εικόνα 38.

Ασύρματη πρόσβαση σε μεγάλα δίκτυα (2/3)

Βήματα εξέλιξης

- Ψηφιακή λειτουργία των ασύρματων τηλεφώνων.
- Ολοκλήρωσή τους με μικρά συστήματα μεταγωγής για την παροχή ασύρματης πρόσβασης σε κτίριο γραφείων.
- Παγκοσμίως διατίθενται ζώνες συχνοτήτων κοντά στα 1 GHz και 2 GHz.



Ασύρματη πρόσβαση σε μεγάλα δίκτυα (3/3)

Σχεδιαστικοί στόχοι

- Μικρό βάρος τερματικού
- Μικρό μέγεθος τερματικού
- Μικρή κατανάλωση ισχύος τερματικού

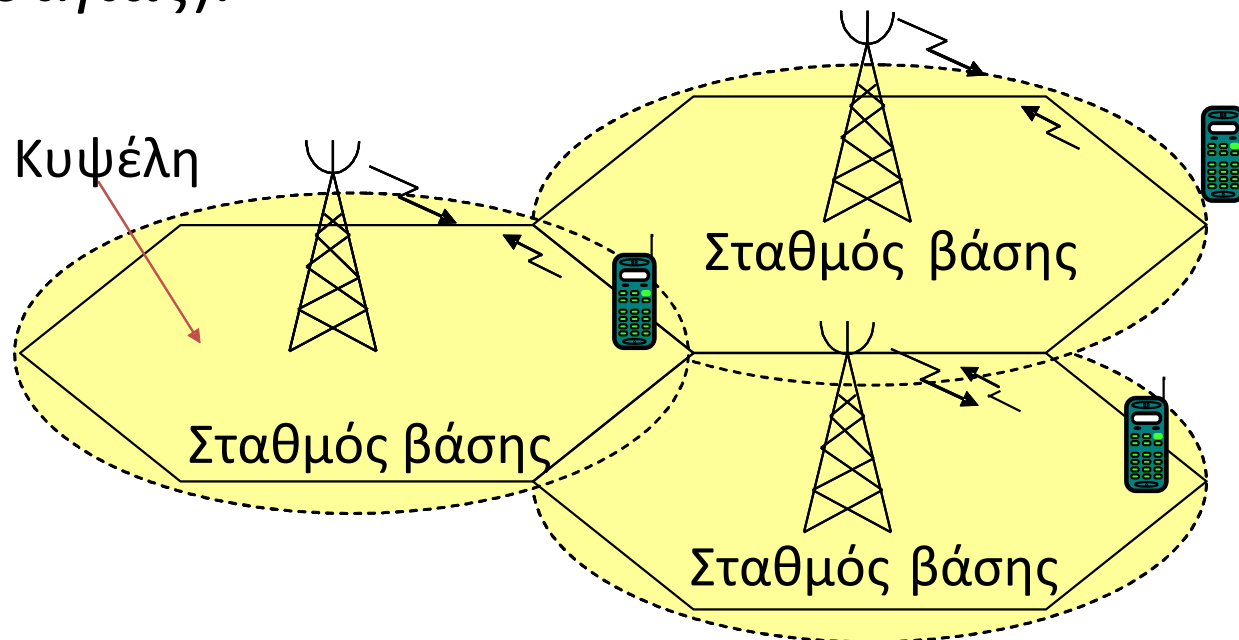
Επιπτώσεις

- Μικρή ισχύς εκπομπής (εμβέλεια)
- Μικρή πολυπλοκότητα των τερματικών
- Πυκνή διάταξη σταθμών βάσης
- Φθηνοί σταθμοί βάσης, που δεν υποστηρίζουν πολύπλοκες λειτουργίες



Κυψελωτά Συστήματα επικοινωνιών (1/3)

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



Εικόνα 39.

Κυψελωτά Συστήματα επικοινωνιών (2/3)

Προβλήματα

- Μεγάλοι ιστοί κεραιών των σταθμών βάσης.
- Δυσκολία εξεύρεσης χώρων σε αστικές περιοχές.
- Μεγάλος αριθμός ξεχωριστών συσκευών μετάδοσης για κάθε κύκλωμα βασικής ζώνης.

Βήματα εξέλιξης

- Μετάβαση σε ψηφιακή μετάδοση.
- Βελτίωση των διαδικασιών ελέγχου.
- Χρησιμοποίηση μικροκυψελών.



Κυψελωτά Συστήματα επικοινωνιών (3/3)

Σχεδιαστικοί στόχοι

- Μεγιστοποίηση αριθμού χρηστών ανά MHz και ανά κυψέλη.
- Οι σταθμοί βάσης να παρέχουν ευρεία ραδιοκάλυψη σε αραιοκατοικημένες περιοχές.

Επιπτώσεις

- Υψηλή πολυπλοκότητα τερματικών.
- Υψηλή κατανάλωση ισχύος εκπομπής και επεξεργασίας σήματος.
- Χαμηλή ποιότητα κυκλωμάτων.



Ασύρματα τοπικά δίκτυα (1/3)

Στόχος

- Παροχή *υψηλότερων ρυθμών μετάδοσης* (αρκετά Mbps) σε φορητά τερματικά, που μετακινούνται σε *περιορισμένες περιοχές*, όπως π.χ. μέσα σε μεγάλα κτίρια ή σε πανεπιστημιούπολεις, νοσοκομειακούς χώρους, εμπορικά κέντρα.
- Ενδιαφέρει περισσότερο η φορητότητα της υπηρεσίας παρά η κινητικότητα.



Ασύρματα τοπικά δίκτυα (2/3)



Εικόνα 40.

Ασύρματα τοπικά δίκτυα (3/3)

- Ρυθμοί μετάδοσης από μερικές δεκάδες kbps μέχρι αρκετές δεκάδες Mbps.
- Περιοχή ISM (900 MHz και 2.4 GHz), 5 GHz, 18 GHz, υπέρυθρες ακτίνες.
- Δύο φιλοσοφίες ανάπτυξης
 - Δίκτυα με υποδομή
 - Δίκτυα ad hoc



Θέματα σχεδίασης

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



Επίδραση της κινητικότητας στην εξέλιξη
των τηλεπικοινωνιακών δικτύων

Εξέλιξη των τηλεπικοινωνιακών δικτύων (1/2)

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



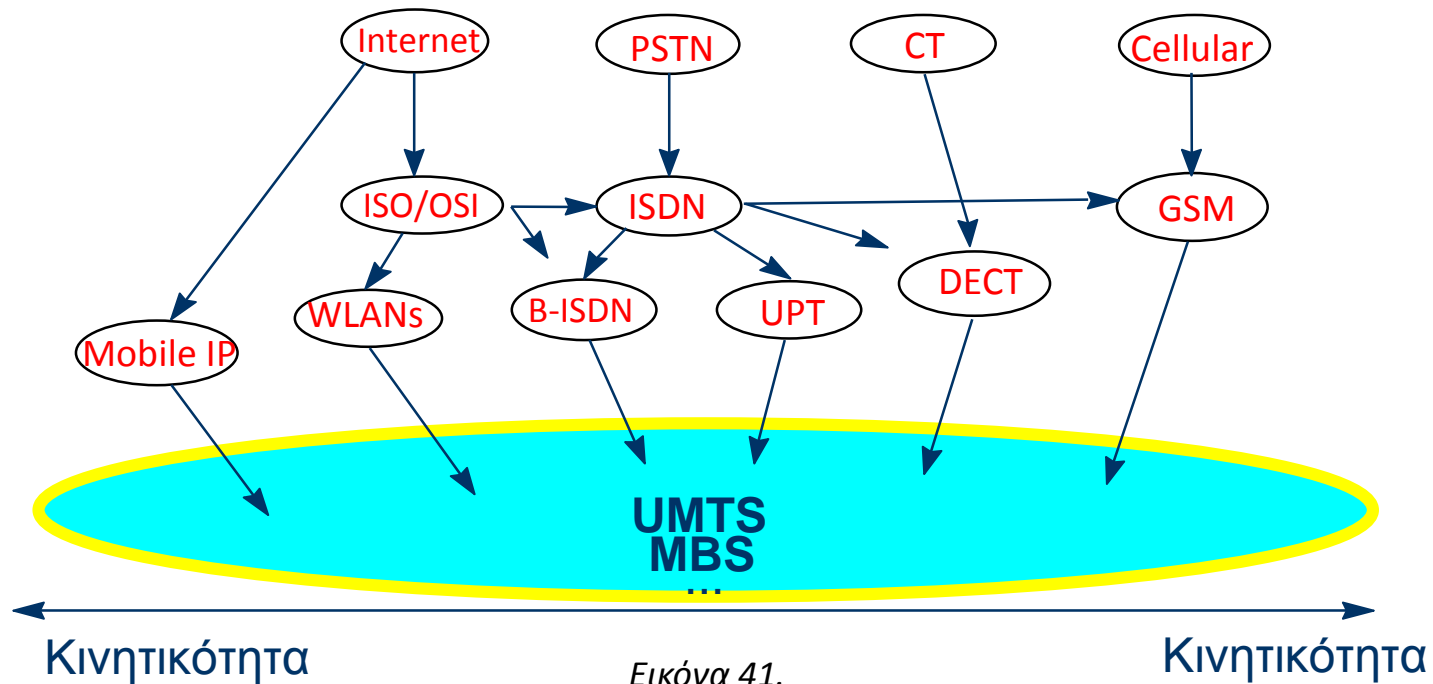
Εξέλιξη των τηλεπικοινωνιακών δικτύων (2/2)

- Συνδυασμός των δύο προηγούμενων στόχων είναι **οι κινητές επικοινωνίες πολυμέσων (mobile multimedia)**.
- Το παγκόσμιο σύστημα κινητών τηλεπικοινωνιών (**UMTS**) και επόμενες γενιές συστημάτων κινητών επικοινωνιών υποστηρίζουν την παροχή υπηρεσιών υψηλής ποιότητας, υψηλών ρυθμών μετάδοσης, με απεριόριστη δυνατότητα κίνησης και οικουμενική χρησιμοποίηση.



Ενοποίηση των τηλεπικοινωνιακών δικτύων

- Τα Συστήματα ενοποιημένων υπηρεσιών μπορεί να προέλθουν είτε από ενσύρματα με ασύρματες διεπαφές, είτε από κυψελωτά με βελτίωση των προσφερόμενων υπηρεσιών.



Εικόνα 41.

Ενσύρματα δίκτυα

- Προσωπική κινητικότητα
- Παγκόσμιες προσωπικές τηλεπικοινωνίες (UPT)
 - Προτυποποιούνται
 - Έχουν στενή σχέση με τα ευφυή δίκτυα (IN)
- PTN (Personal Telecommunications number)
- PIN (Personal Identity Number)
- Χρέωση στον προσωπικό λογαριασμό



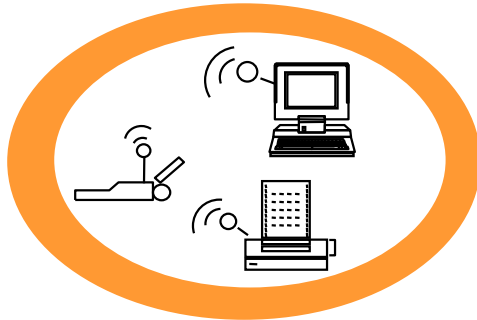
Ασύρματα τοπικά δίκτυα (1/3)

- Χρήση ασύρματων στοιχείων ως interface των LAN προς τα ενσύρματα δίκτυα κορμού σε δύσκολα περιβάλλοντα γραφείου.
- Εγκατάσταση περιστασιακών (ad hoc) δικτύων.
- Δημιουργία hot spots.
- Μέσο για νέες εφαρμογές.

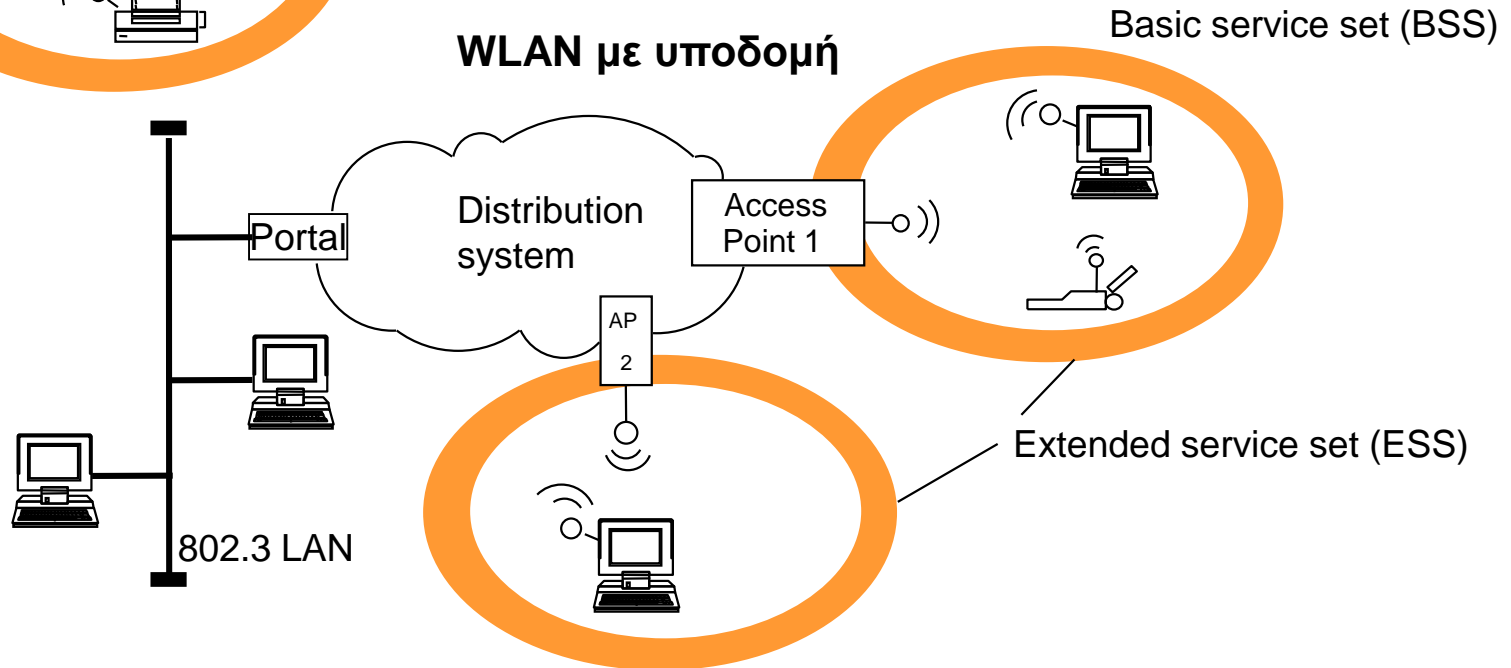


Ασύρματα τοπικά δίκτυα (2/3)

Ad hoc WLAN

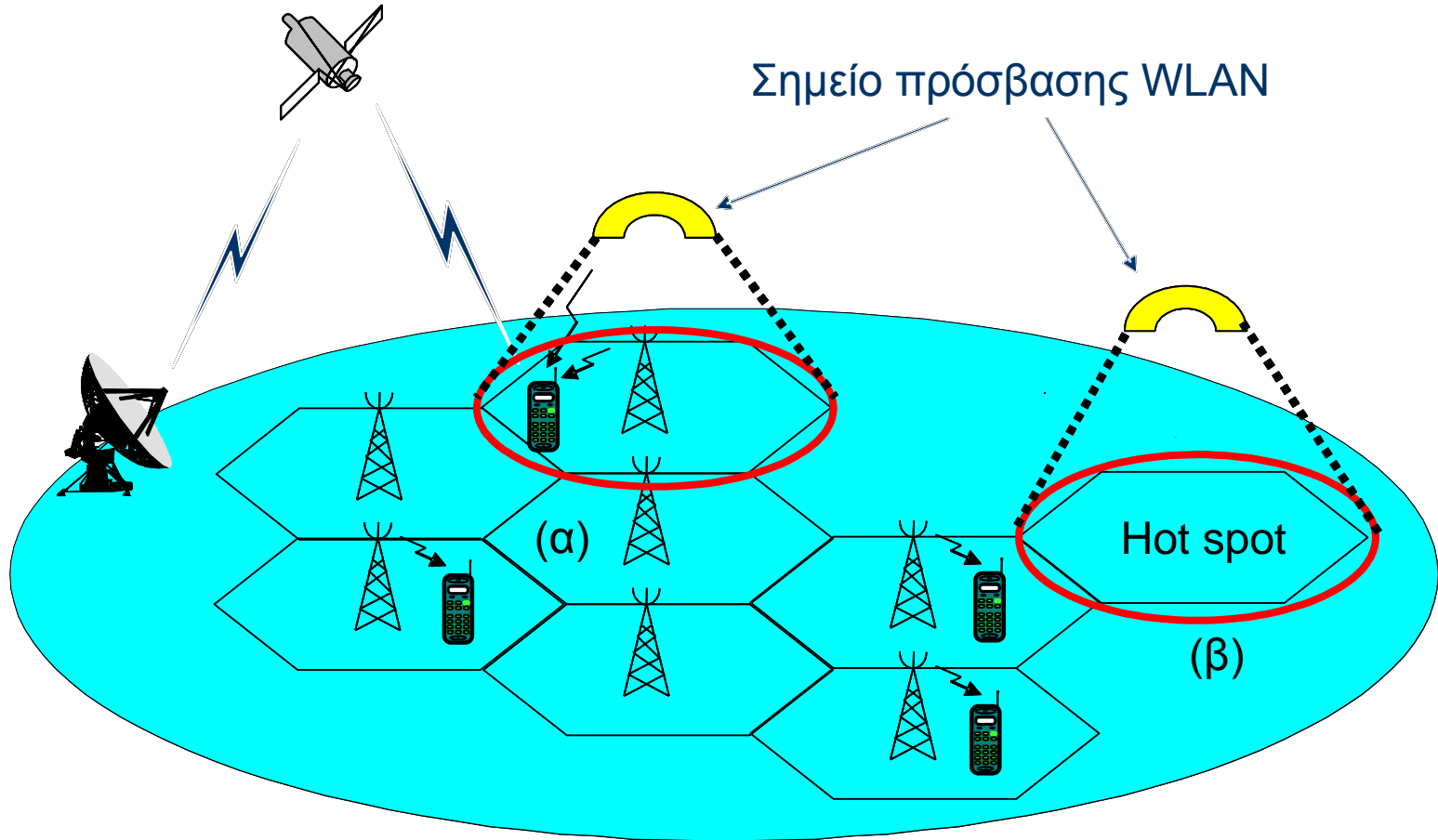


WLAN με υποδομή



Εικόνα 42.

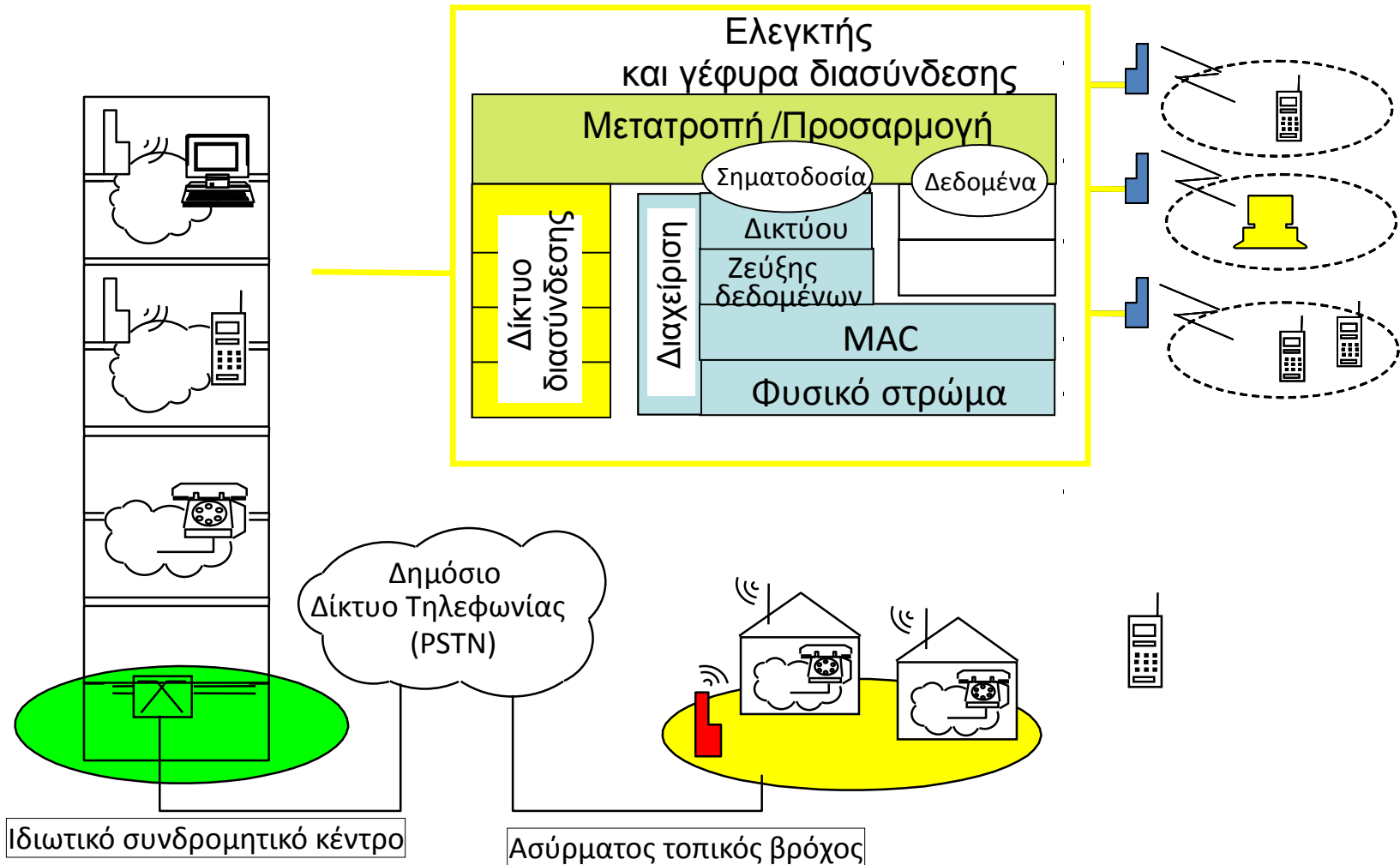
Ασύρματα τοπικά δίκτυα (3/3)



Εικόνα 43.



DECT



Εικόνα 44.

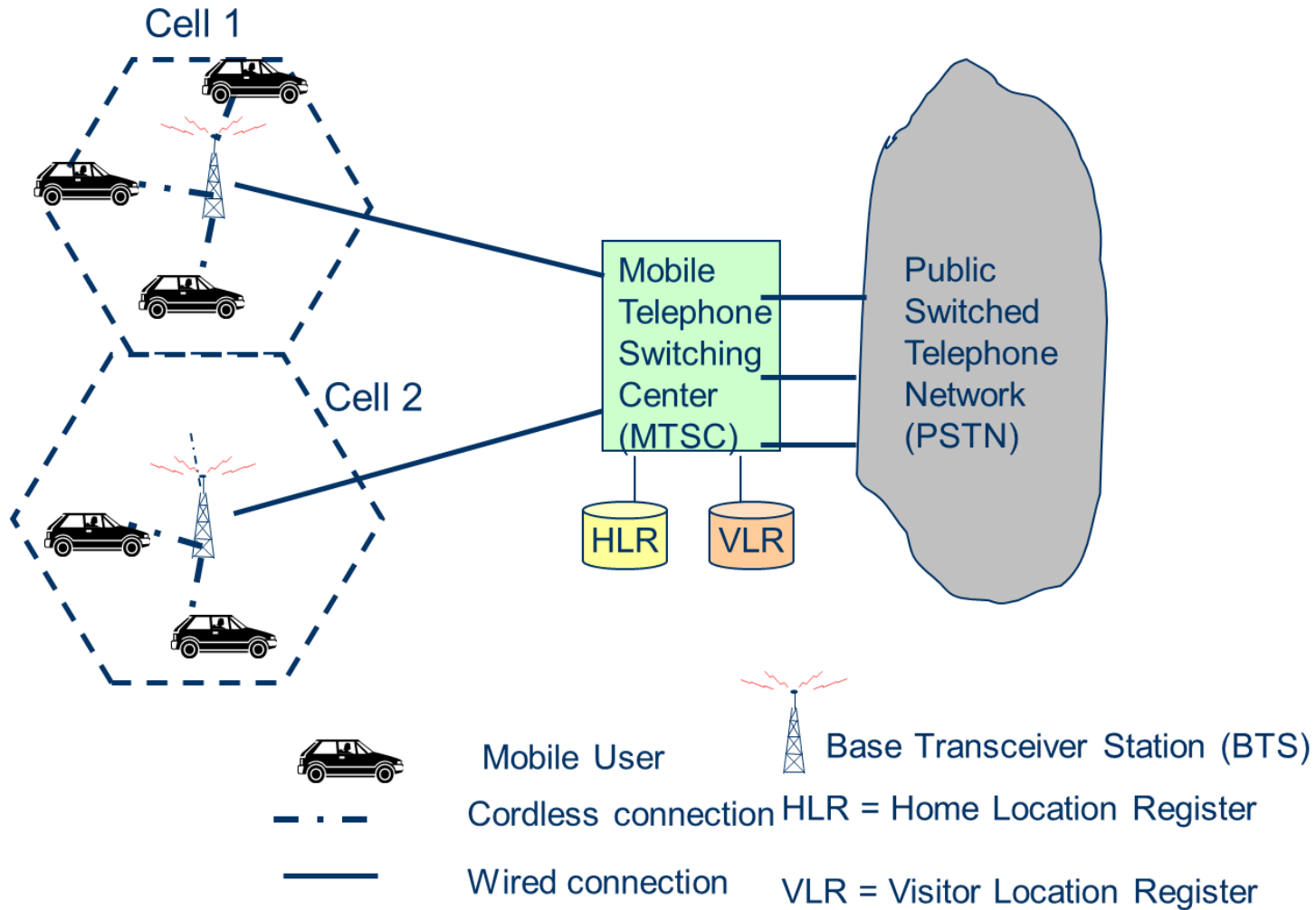
Κυψελωτά συστήματα επικοινωνιών

Κύρια χαρακτηριστικά

- Διαρκής παρακολούθηση της τρέχουσας περιοχής που περιφέρεται ο χρήστης.
- Διαπομπή μεταξύ κυψελών για αδιάλειπτη επικοινωνία.
- Περιαγωγή των χρηστών χωρίς να χάνεται η εξυπηρέτηση.



Ένα κυψελωτό δίκτυο

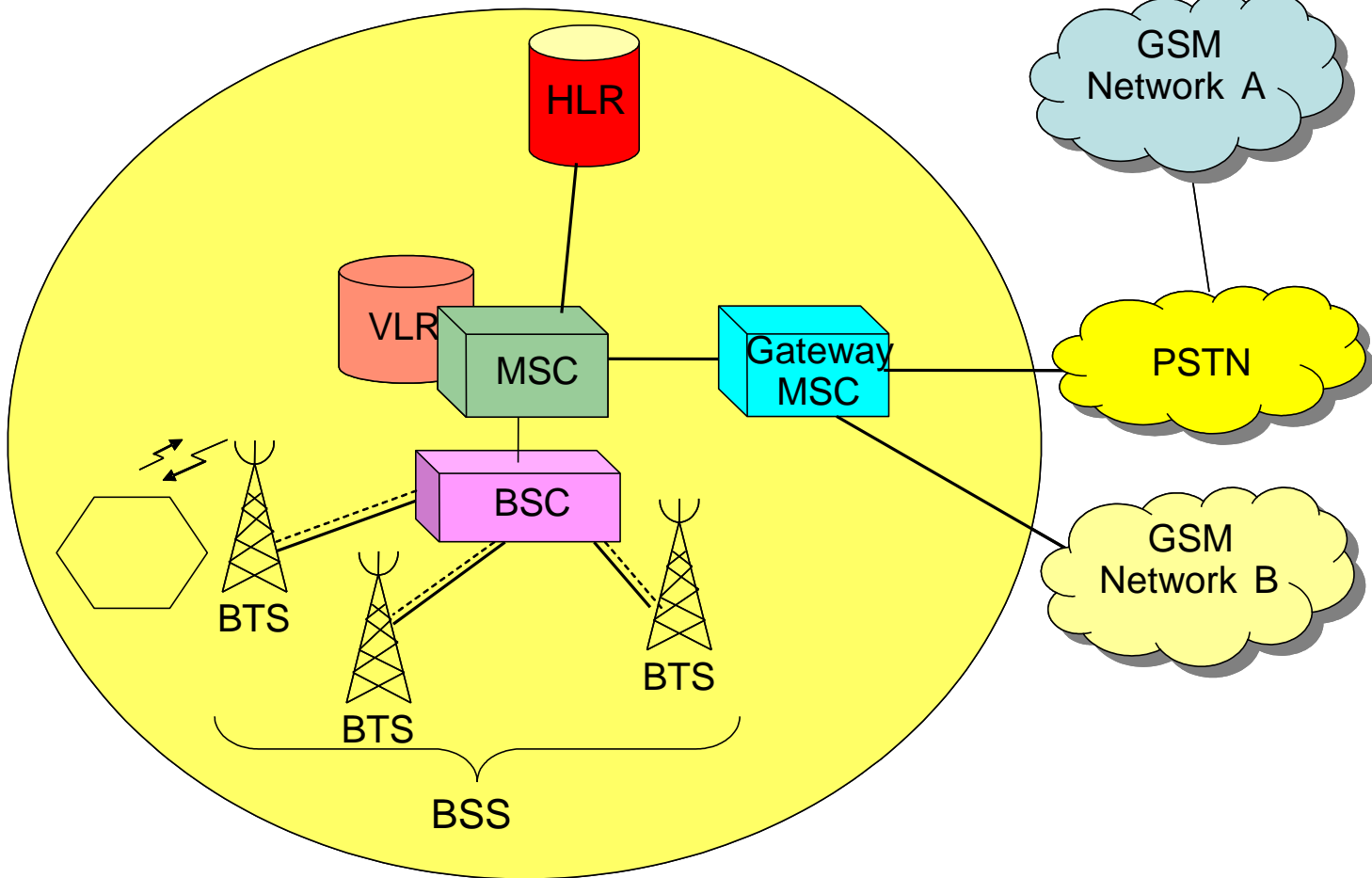


Εικόνα 45.

GSM

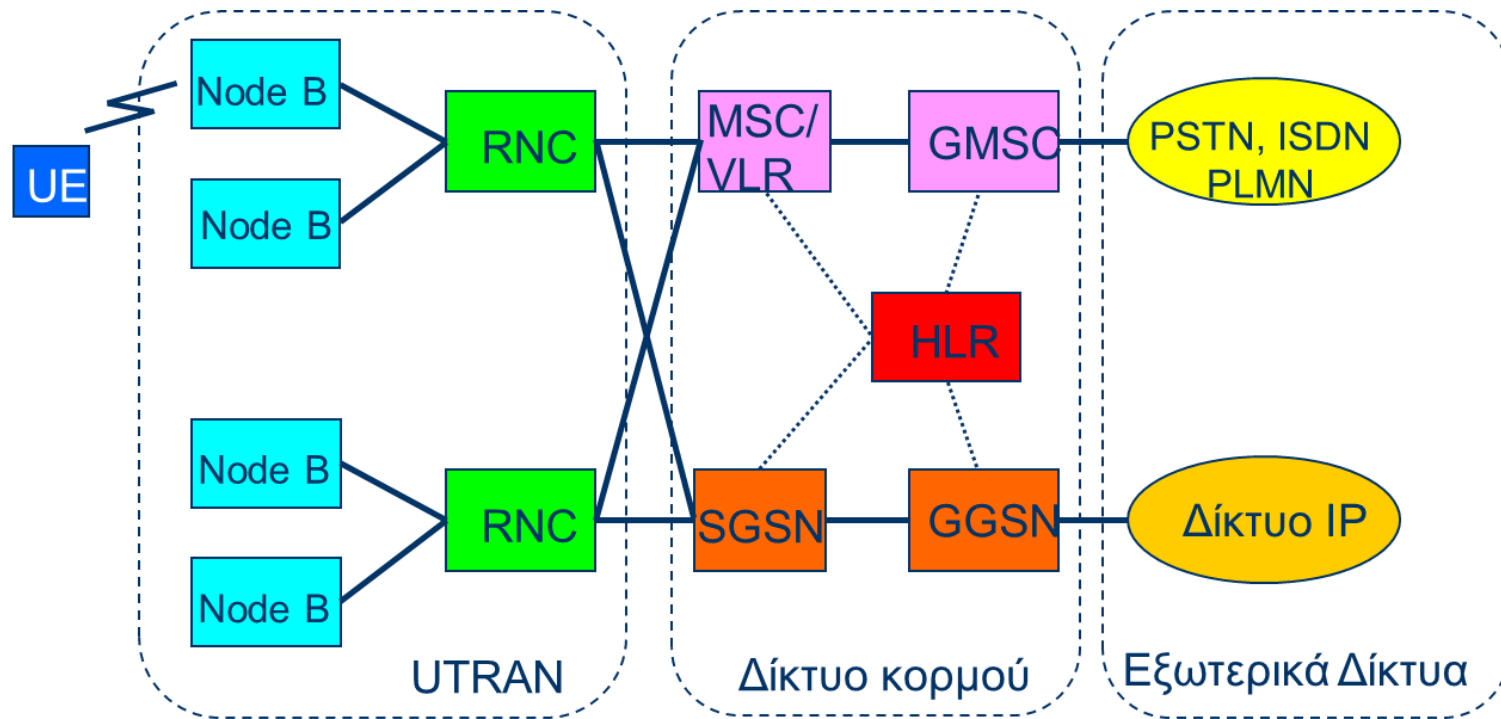
Δημόσιο επίγειο δίκτυο κινητών επικοινωνιών

(PLMN)



Εικόνα 46.

UMTS



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

— Κίνηση και σηματοδότηση
..... Σηματοδότηση

Εικόνα 47.

Κινητικότητα στο Διαδίκτυο

Βασικά θέματα προς επίλυση:

- Πώς αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της αλλαγής θέσης των κόμβων;
- Πώς διατηρείται η επικοινωνία παρά τη μετακίνηση του κόμβου, αφού αλλαγή των διευθύνσεων συνεπάγεται διακοπή των συνδέσεων στο στρώμα μεταφοράς;



Mobile IP – Απαιτήσεις

- Ο κινητός κόμβος πρέπει να μπορεί να συνεχίσει την επικοινωνία του αφού έχει αλλάξει το σημείο πρόσβασης του επιπέδου σύνδεσης (Link Layer), χωρίς να αλλάξει την IP διεύθυνση του
- Ο κινητός κόμβος πρέπει να μπορεί να επικοινωνεί με άλλους κόμβους που δεν έχουν υλοποιήσει μηχανισμούς υποστήριξης κινητικότητας
- Τα μηνύματα ενημέρωσης θέσης πρέπει να πιστοποιούνται ως προς τη γνησιότητα τους



Mobile IP – ορολογία



Ανταποκριτής κόμβος
Correspondent Node (CN)

Οικείος Αντιπρόσωπος
Home Agent (HA)



home address



Οικείο δίκτυο
home network

Ξένος Αντιπρόσωπος
Foreign Agent (FA)



Προσωρινή διεύθυνση
care-of address



Κινητός κόμβος
Mobile Node (MN)

Ξένο δίκτυο
foreign network



Mobile IP – Λειτουργία (1/3)

- Κάθε κινητός κόμβος είναι πάντα αναγνωρίσιμος από την οικεία διεύθυνση (home address), ανεξάρτητα από το σημείο πρόσβασης στο Internet.
- Όταν βρίσκεται μακριά από το οικείο του δίκτυο, συσχετίζεται με μία προσωρινή διεύθυνση (care-of address), που παρέχει πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα πρόσβασή του στο Internet.
- Η προσωρινή διεύθυνση και η αντιστοιχία της με την οικεία διεύθυνση εγγράφεται στον οικείο αντιπρόσωπο (home agent) που βρίσκεται στο οικείο δίκτυο.
- Ο οικείος αντιπρόσωπος «αναχαιτίζει» τα πακέτα που προορίζονται για την οικεία διεύθυνση και τα αναδρομολογεί προς την προσωρινή διεύθυνση.



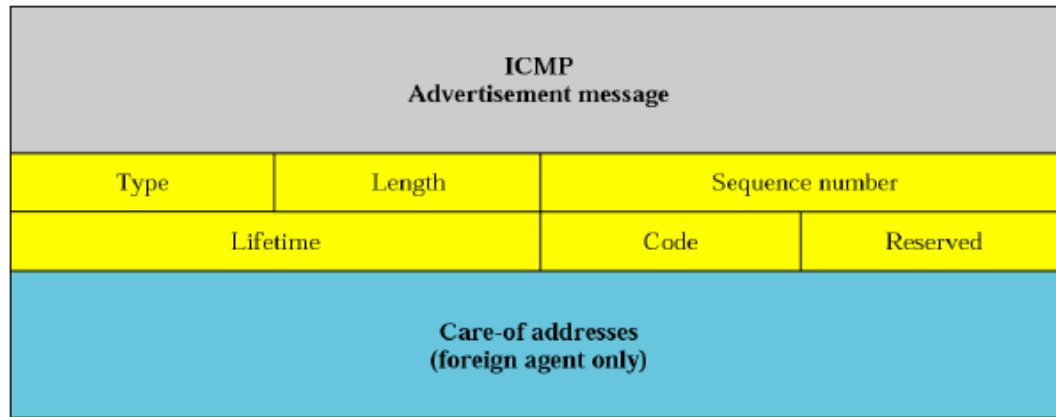
Mobile IP – Λειτουργία (2/3)

- Ο οικείος αντιπρόσωπος χρησιμοποιεί την τεχνική του **τούνελ** (tunneling) για να στείλει τα πακέτα που προορίζονται για την οικεία διεύθυνση προς την προσωρινή διεύθυνση
- Στην άλλη άκρη του τούνελ, ο **ξένος αντιπρόσωπος** (foreign agent) “βγάζει” τα αρχικά πακέτα από το τούνελ και τα προωθεί στον κινητό κόμβο



Εικόνα 48.

Mobile IP – Ανακάλυψη αντιπροσώπων

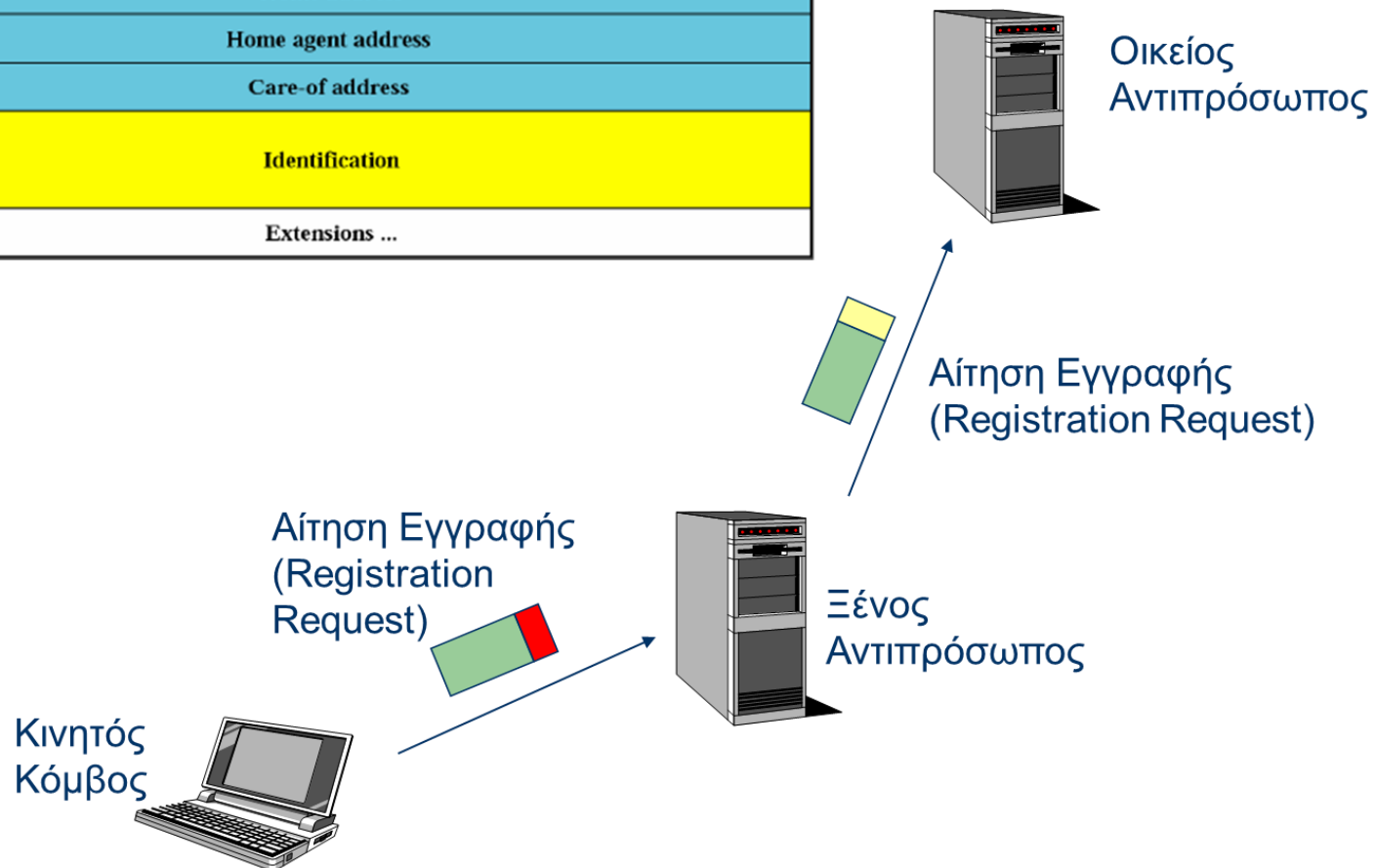


Εικόνα 49.



Mobile IP – Εγγραφή (1/2)

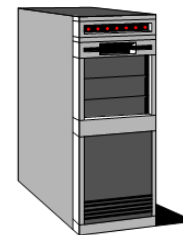
Type	Flag	Lifetime
Home address		
Home agent address		
Care-of address		
Identification		
Extensions ...		



Εικόνα 50.

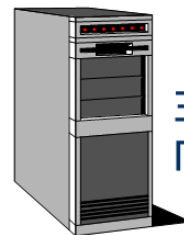
Mobile IP – Εγγραφή (2/2)

Type	Code	Lifetime
Home address		
Home agent address		
Identification		
Extensions ...		



Οικείος
Πράκτορας

Απάντηση Εγγραφής
(Registration Response)



Ξένος
Πράκτορας

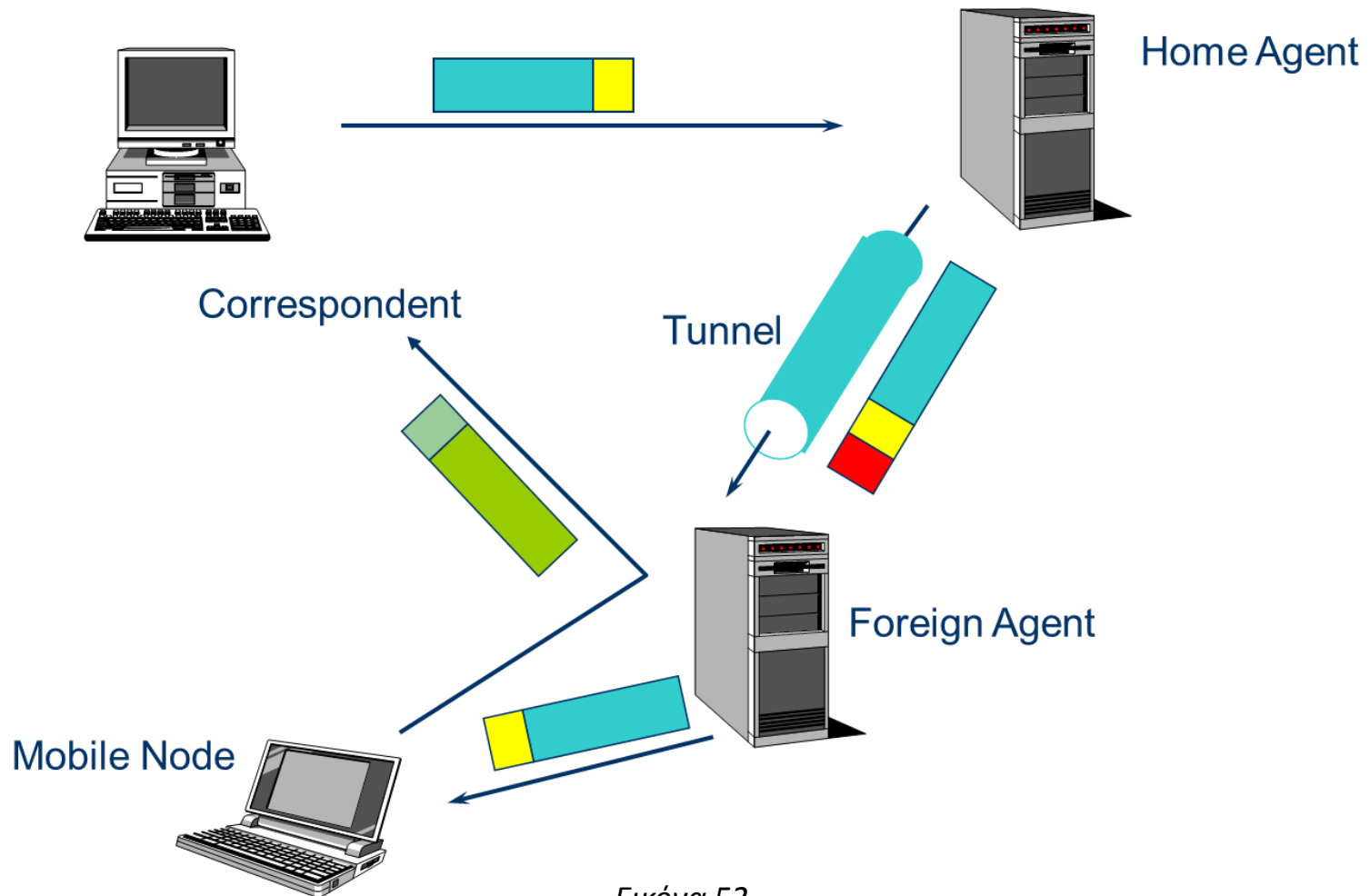
Απάντηση Εγγραφής
(Registration Response)

Κινητός
Κόμβος



Εικόνα 51.

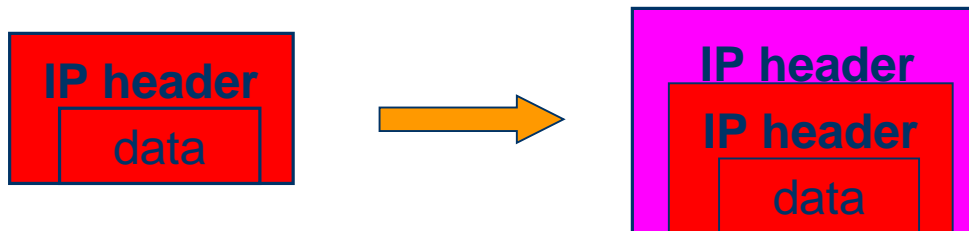
Mobile IP – Λειτουργία (3/3)



Εικόνα 52.

IP-in-IP Tunneling

- Το IP πακέτο που πρόκειται να προωθηθεί «ενθυλακώνεται» σε ένα νέο IP πακέτο
- Στο νέο πακέτο:
 - Destination = care-of-address
 - Source = address of home agent
 - Data = original IP packet



Εικόνα 53.

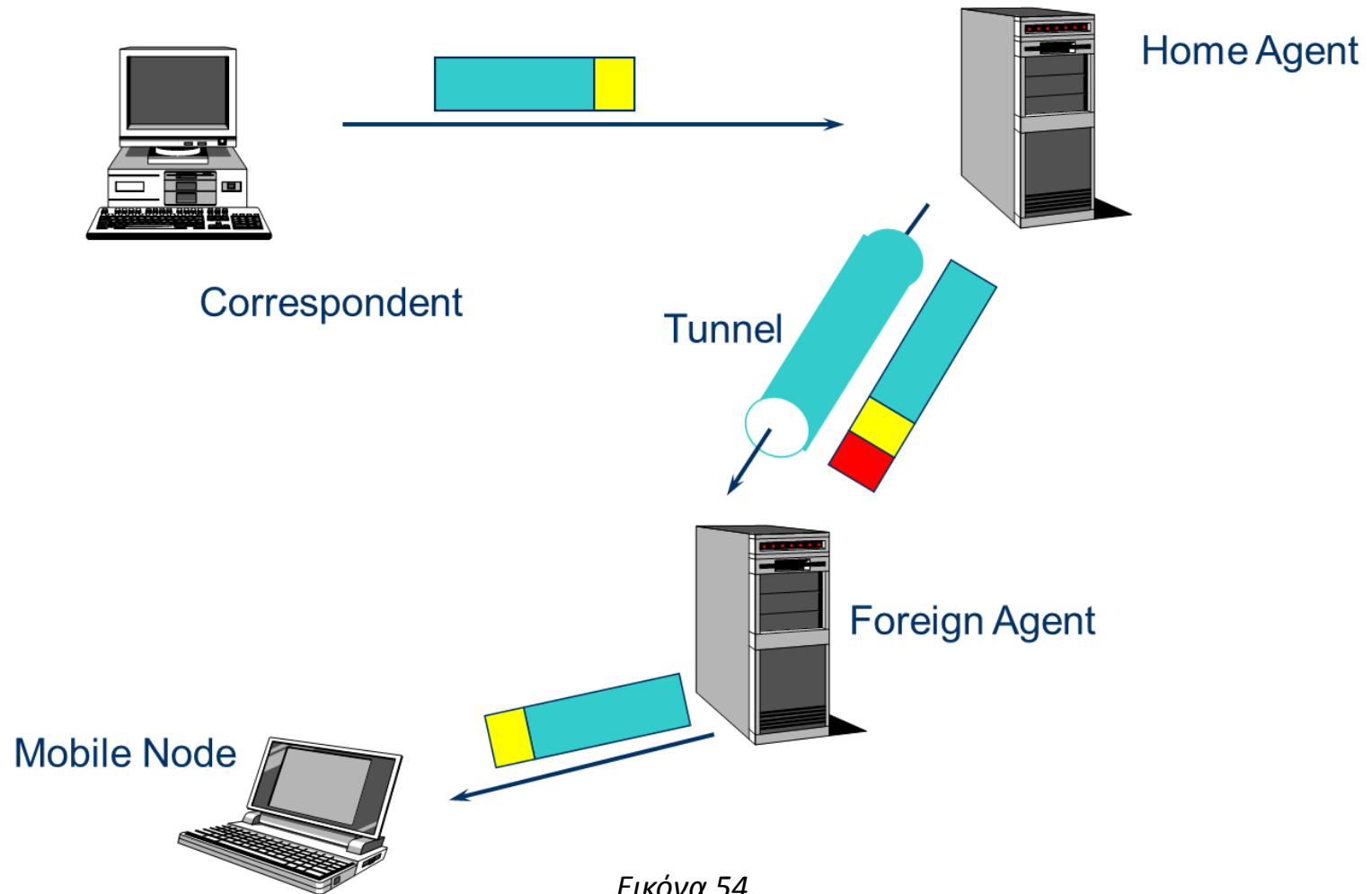
Προβλήματα του Mobile IP

Προβλήματα

- **Υποβέλτιστη δρομολόγηση** (triangular routing)
 - Λύση: Βελτιστοποίηση δρομολόγησης (route optimization)
- **Firewalls:** Χρήση της προσωρινής διεύθυνσης για αποστολή στον ανταποκριτή
 - Λύση: Υλοποίηση αντίστροφου tunnel από το ξένο δίκτυο προς τον οικείο αντιπρόσωπο.



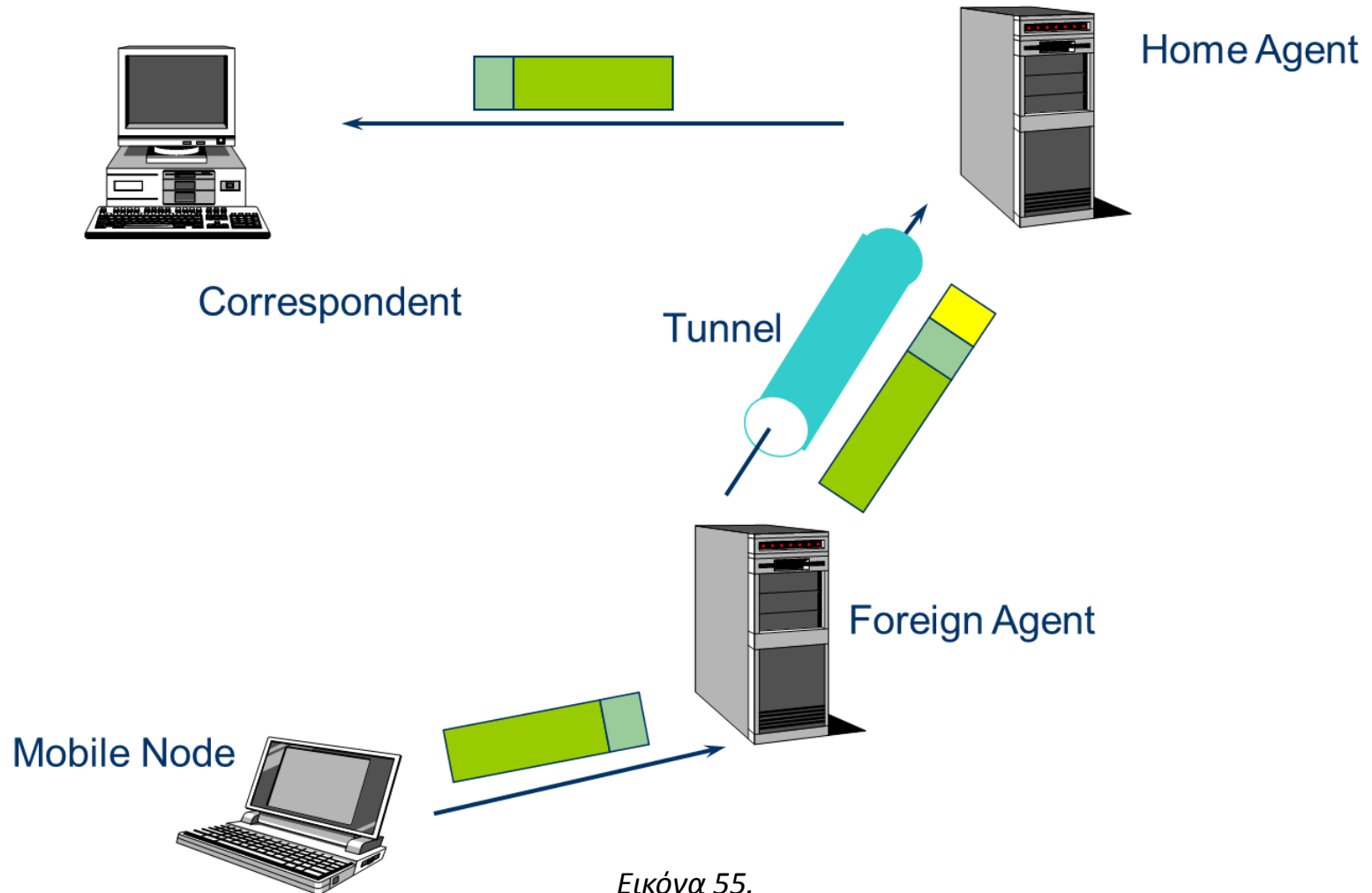
Mobile IP – Αντίστροφο τούνελ (1/2)



Εικόνα 54.



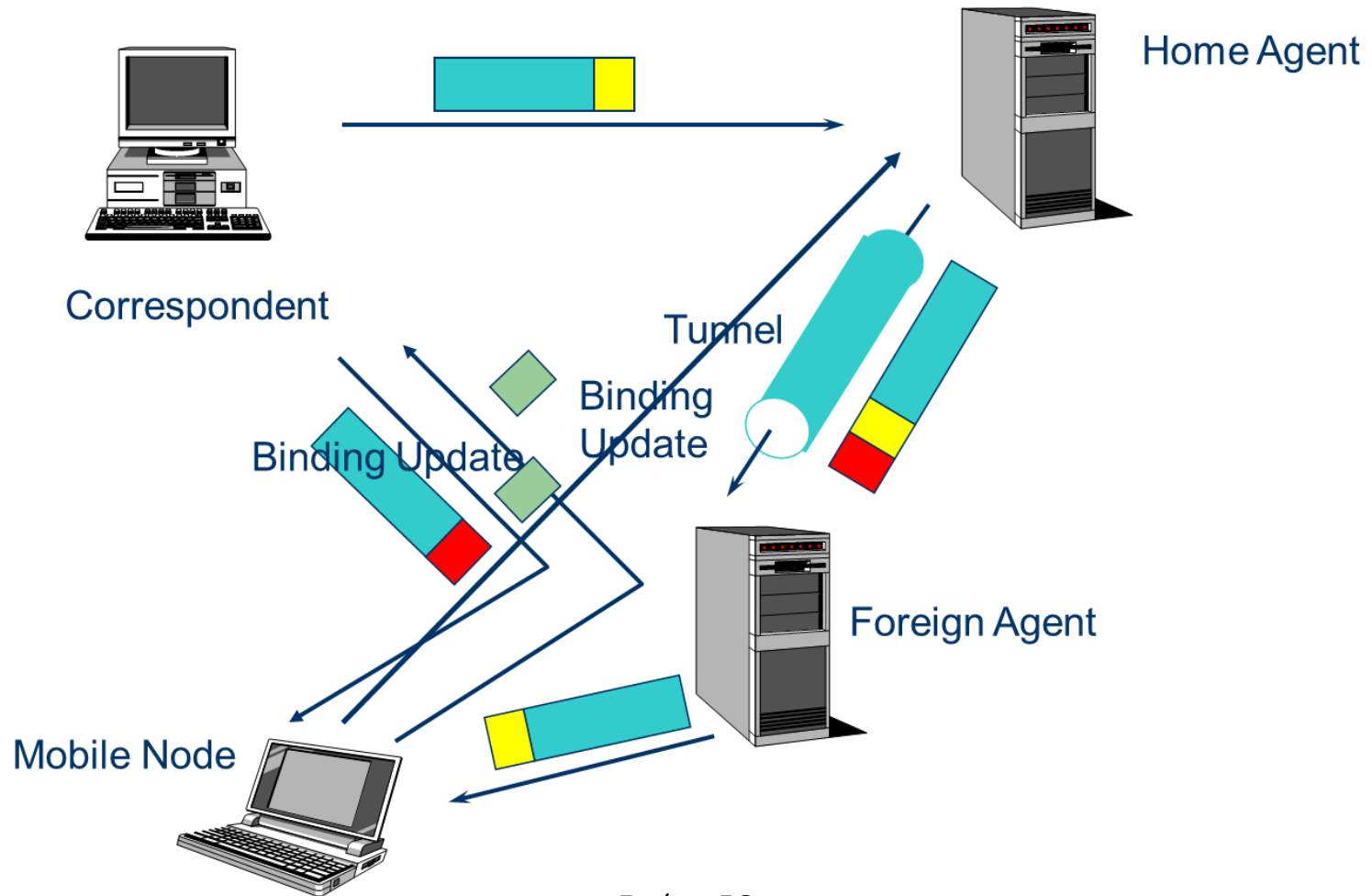
Mobile IP – Αντίστροφο τούνελ (2/2)



Εικόνα 55.



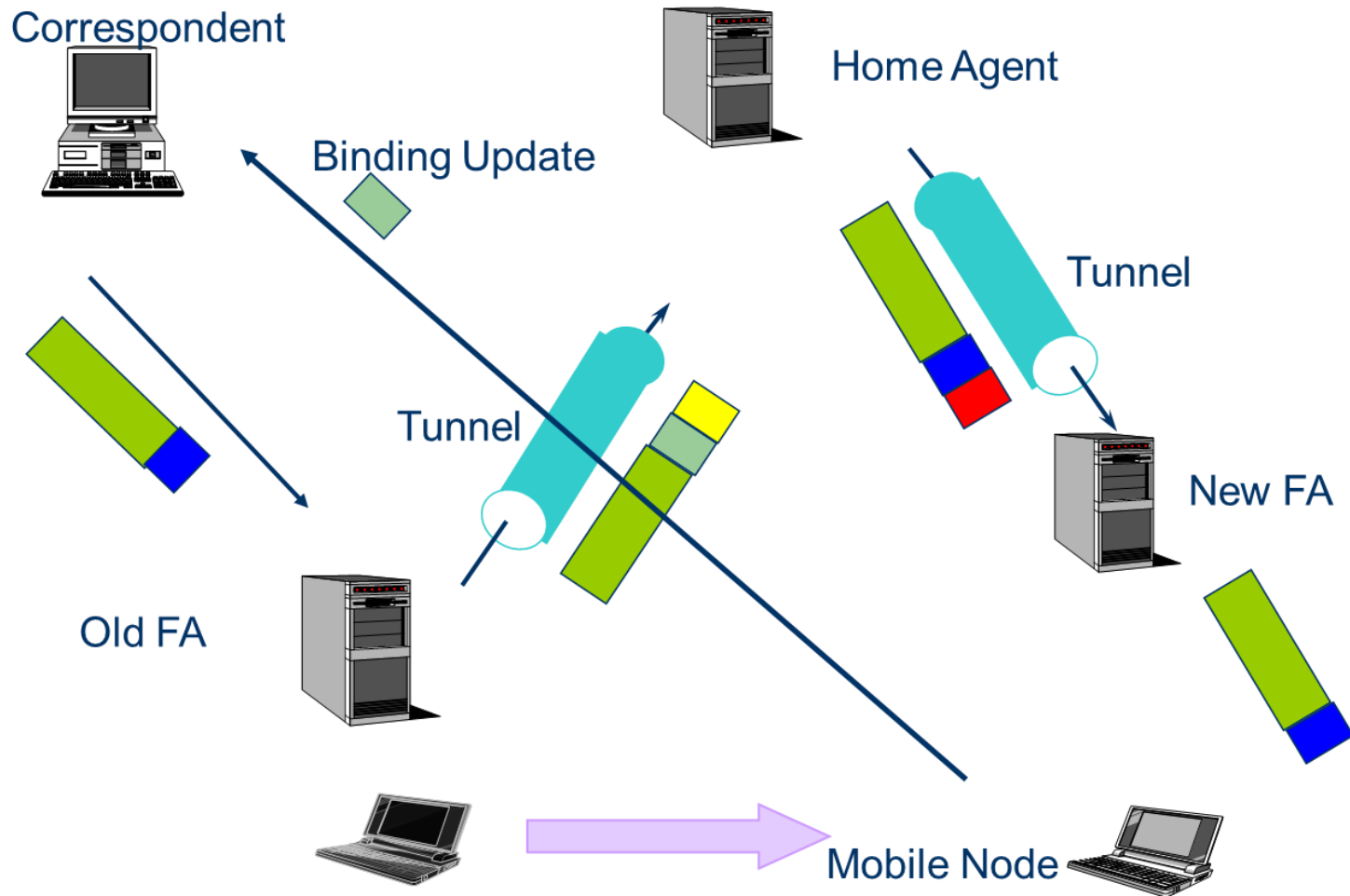
Mobile IP – Route Optimization



Εικόνα 56.



Mobile IP – Μεταπομπή



Εικόνα 57.



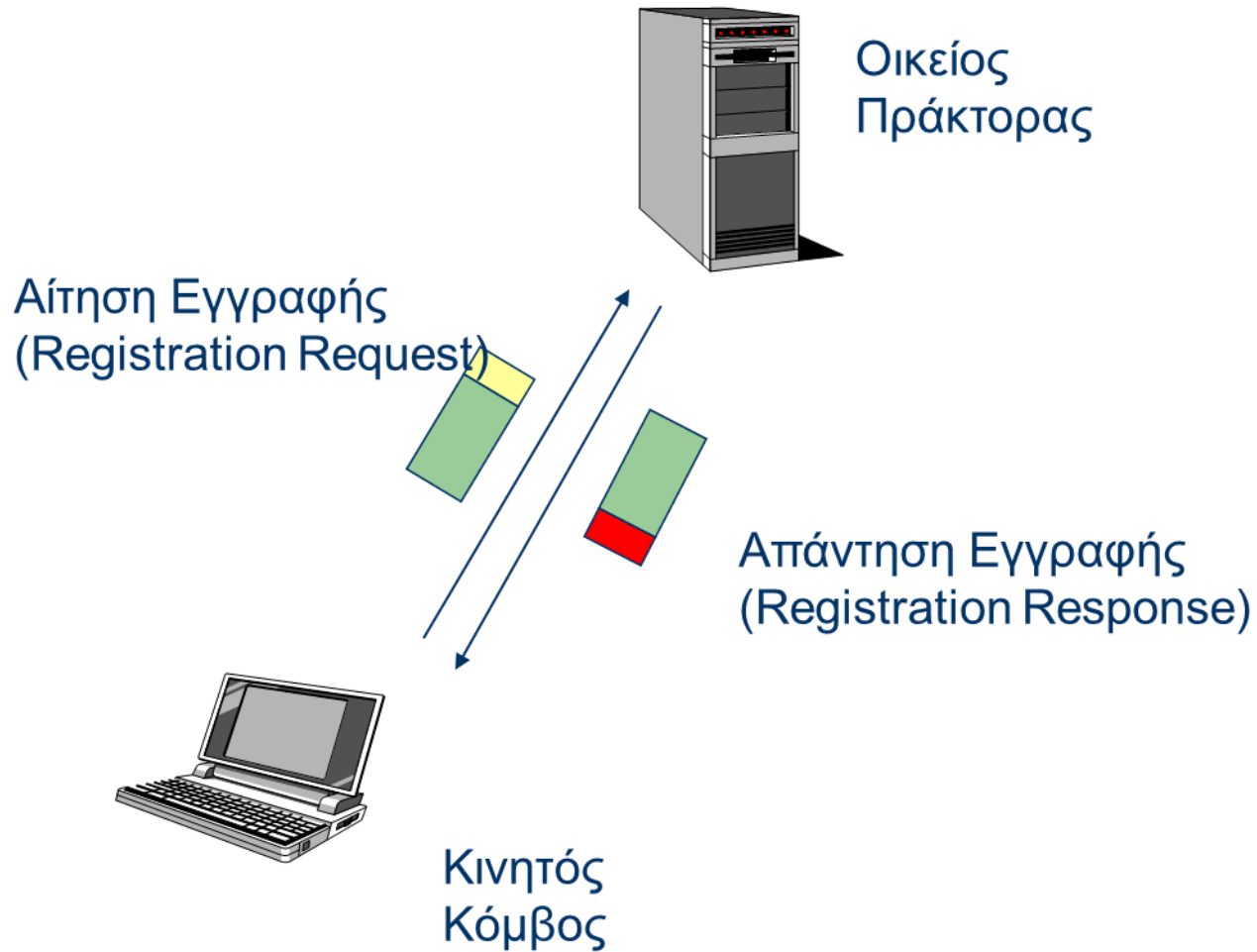
Mobile IP – Mobile IPv6

Βελτιώσεις σε σχέση με Mobile IPv4

- Ενσωματωμένη βελτιστοποίηση δρομολόγησης (route optimization).
- Ενσωματωμένη λύση του προβλήματος με τα firewalls.
- Απλοποίηση δρομολόγησης multicast πακέτων.
- Κατάργηση των ξένων ανταποκριτών (Foreign Agents).
- Χρησιμοποιείται IPsec (εγγενές στο IPv6) αντί για ανεξάρτητο πρωτόκολλο για κρυπτογράφηση.
- Περιγράφεται στο RFC3775.



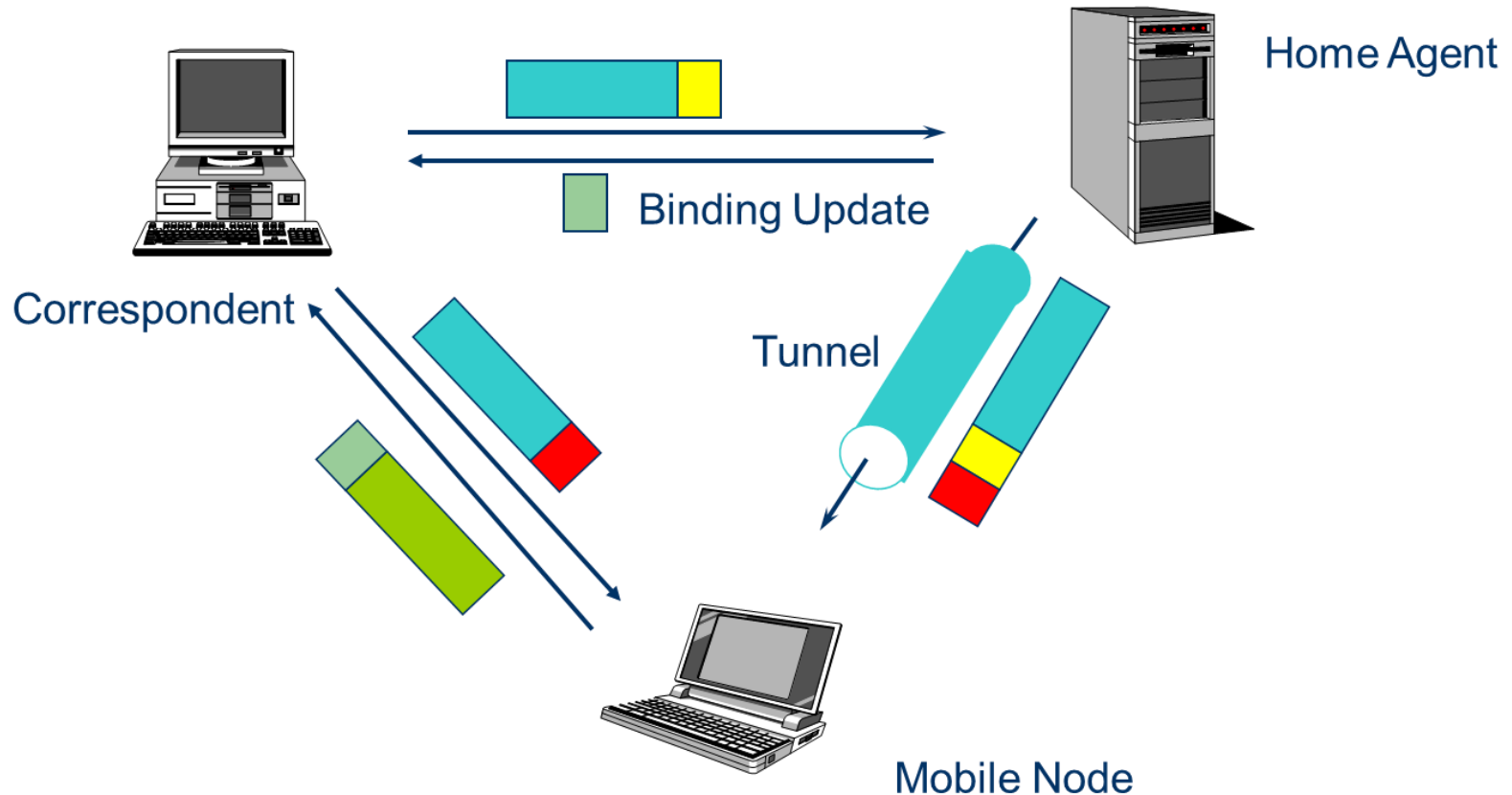
Mobile IPv6 – Εγγραφή



Εικόνα 58.



Mobile IP – Mobile IPv6

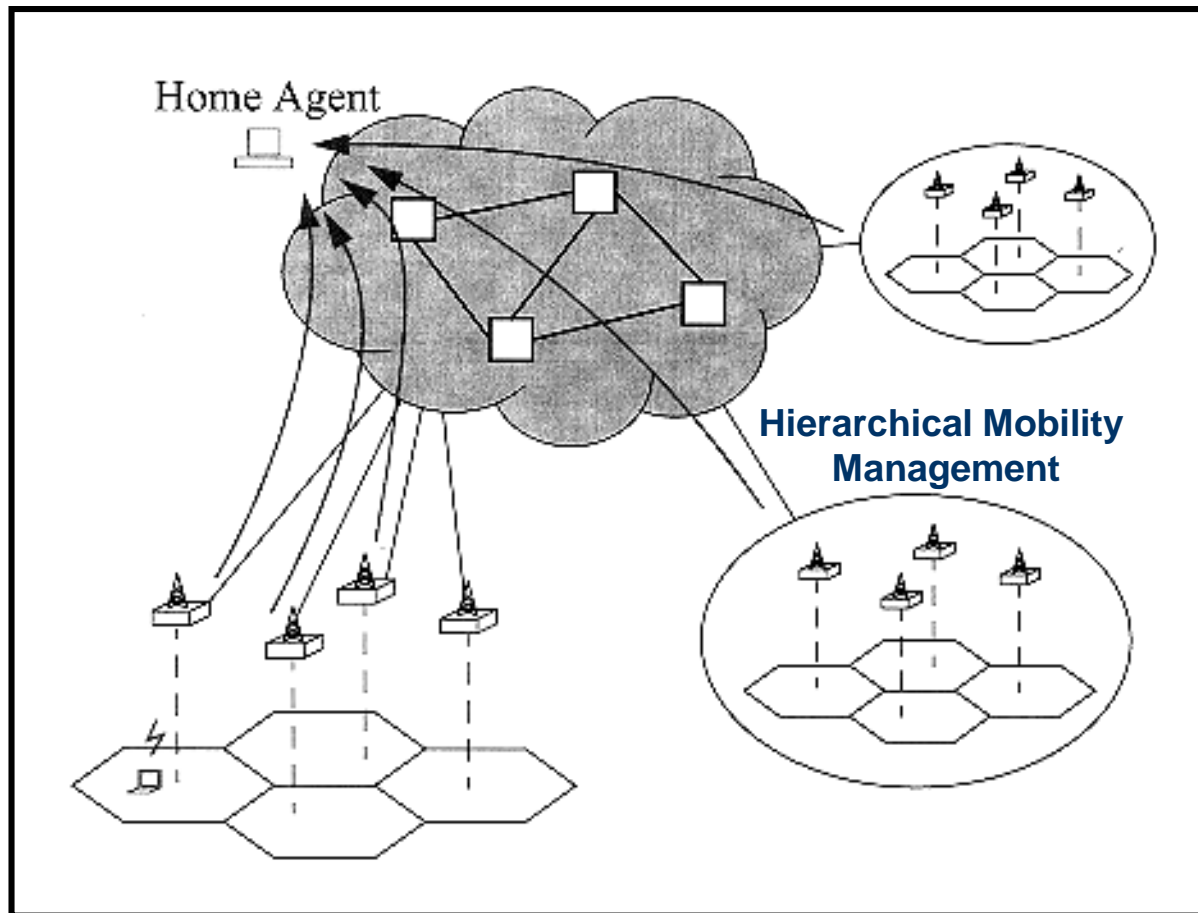


Δεν έγινε έτσι στο IPv4 γιατί απαιτεί αλλαγές στην IP υλοποίηση σε κάθε κόμβο.

Εικόνα 59.



Mobile IP and Cellular IP



Εικόνα 60.



Γιατί χρειαζόμαστε το Cellular IP όταν έχουμε το Mobile IP?

Γιατί το Mobile IP:

- είναι αργό
- επιβαρύνει μεγάλο μέρος του δικτύου με σηματοδοσία

Καλό μόνο για:

- Κινητικότητα σε μεγάλες περιοχές
- Κινητά τερματικά που δεν κινούνται συχνά

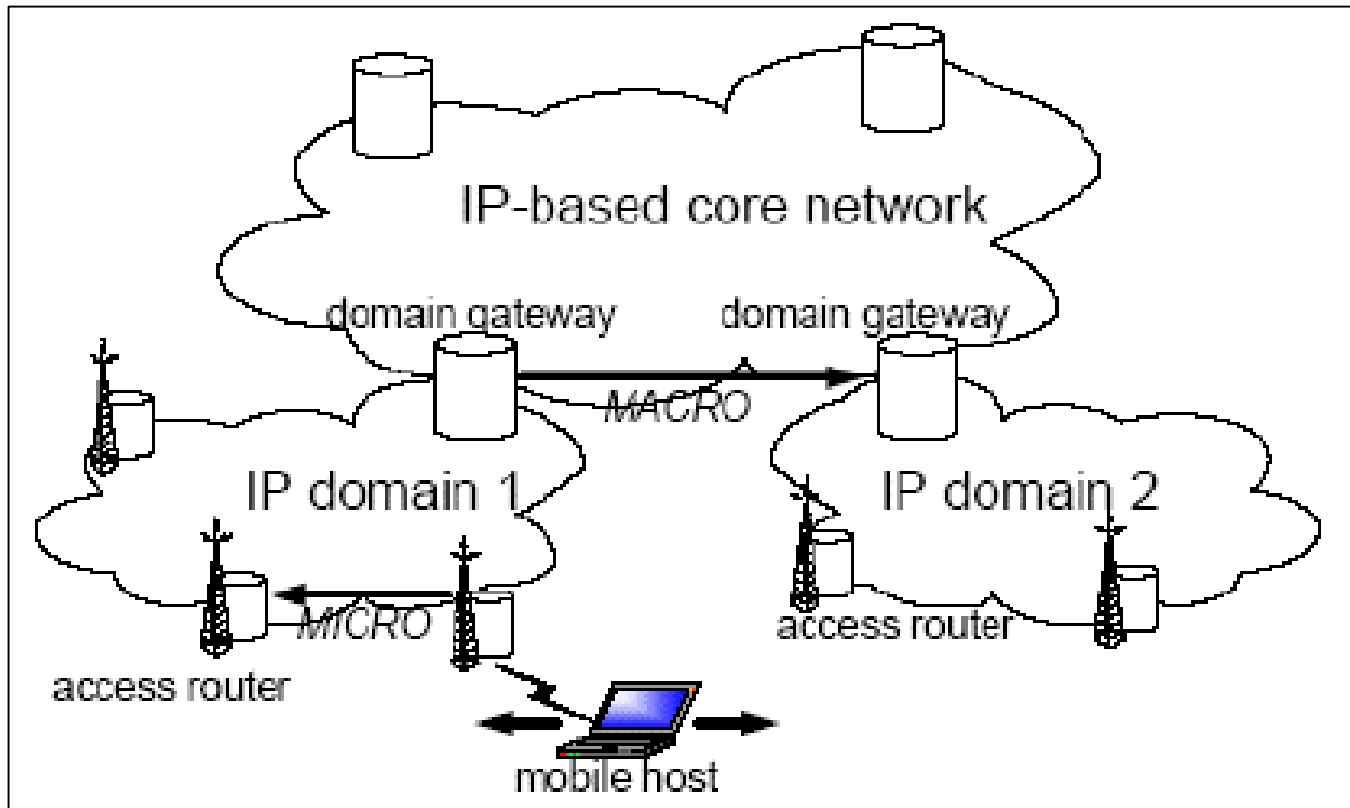


Micro-mobility

- Micro-mobility
 - Κινητικότητα σε περιορισμένη γεωγραφική περιοχή
 - Πιθανότατα συχνές μεταπομπές
 - Ανάγκη για τοπική σηματοδότηση
- Macro-mobility
 - Κινητικότητα σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές
 - Όχι συχνές μετακινήσεις



Macro- and Micro- mobility (1/2)



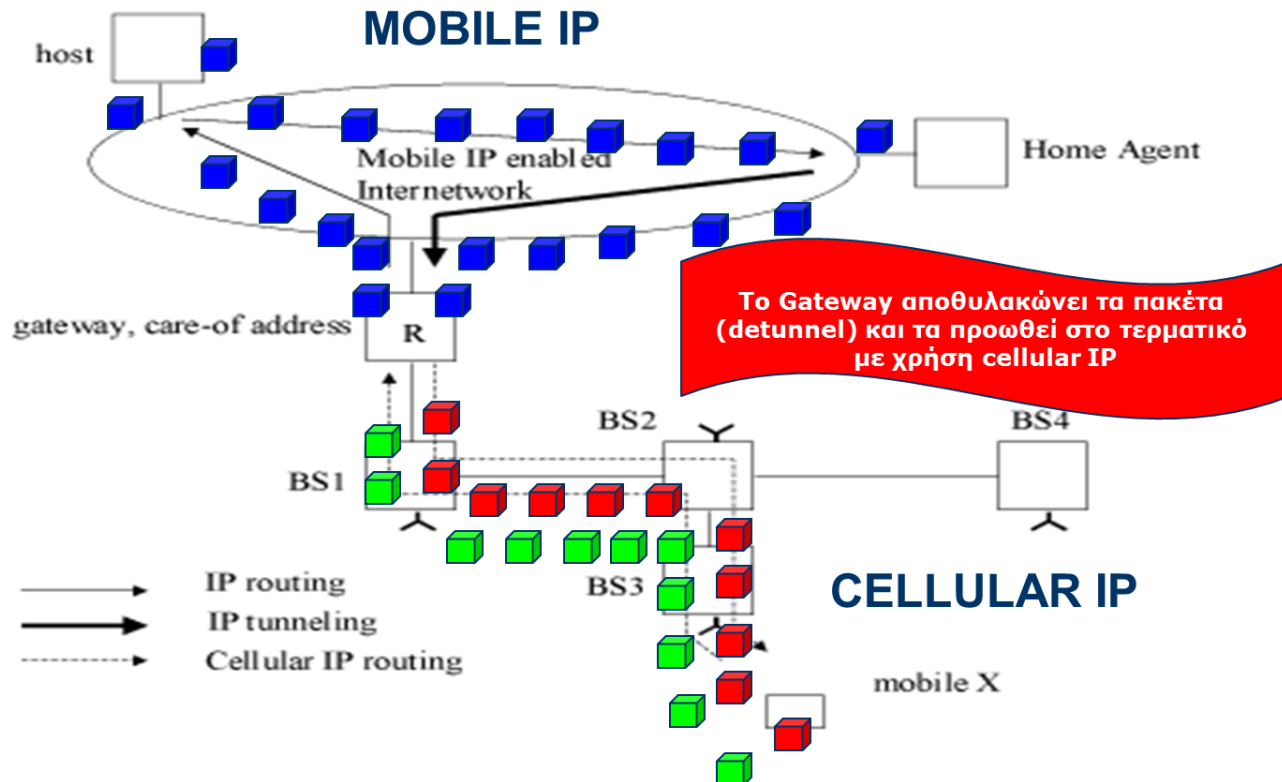
Εικόνα 61.



Macro- and Micro- mobility (2/2)

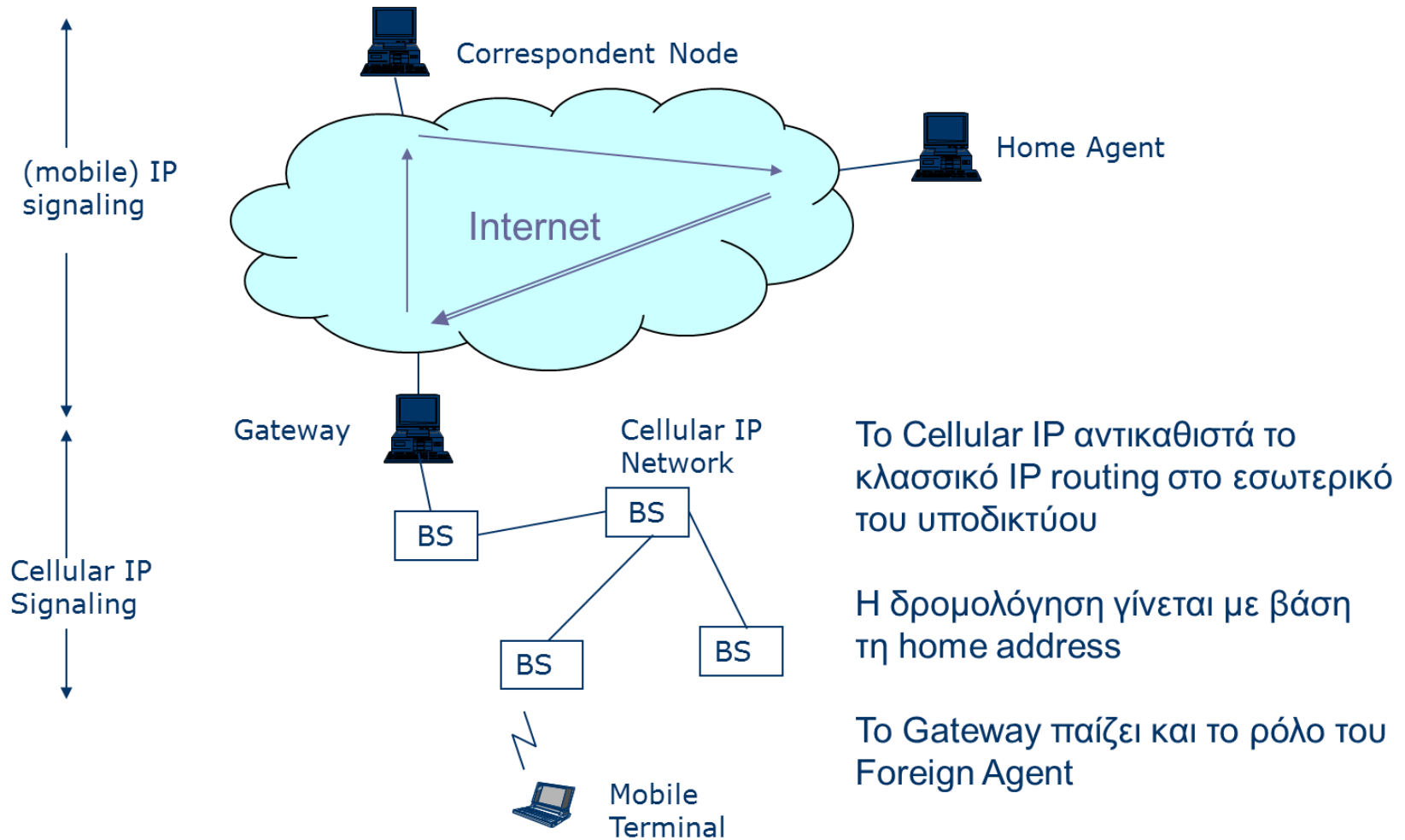
Τα πακέτα δρομολογούνται αρχικά στον Home Agent και στη συνέχεια προωθούνται στο Gateway (Care-of address = gateway address)

Τα πακέτα από το τερματικό δρομολογούνται στο δίκτυο πάντα μέσω του Gateway



Εικόνα 62.

Cellular IP (1/3)



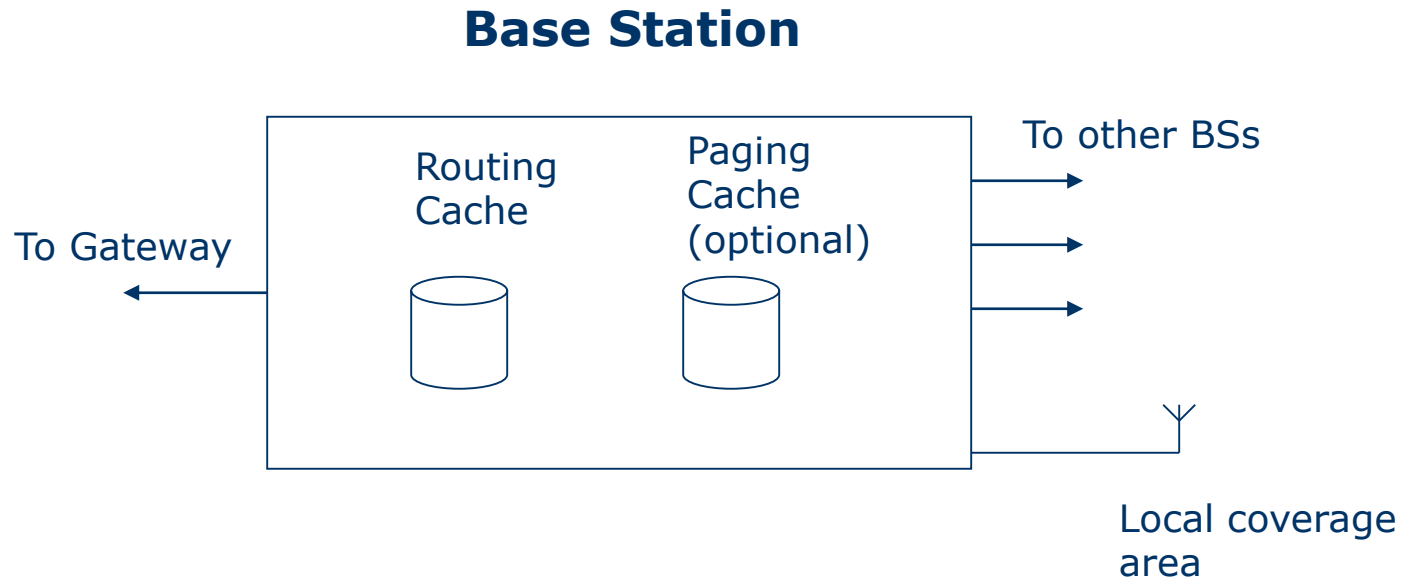
Το Cellular IP αντικαθιστά το κλασικό IP routing στο εσωτερικό του υποδικτύου

Η δρομολόγηση γίνεται με βάση τη home address

Το Gateway παίζει και το ρόλο του Foreign Agent

Εικόνα 63.

Cellular IP (2/3)

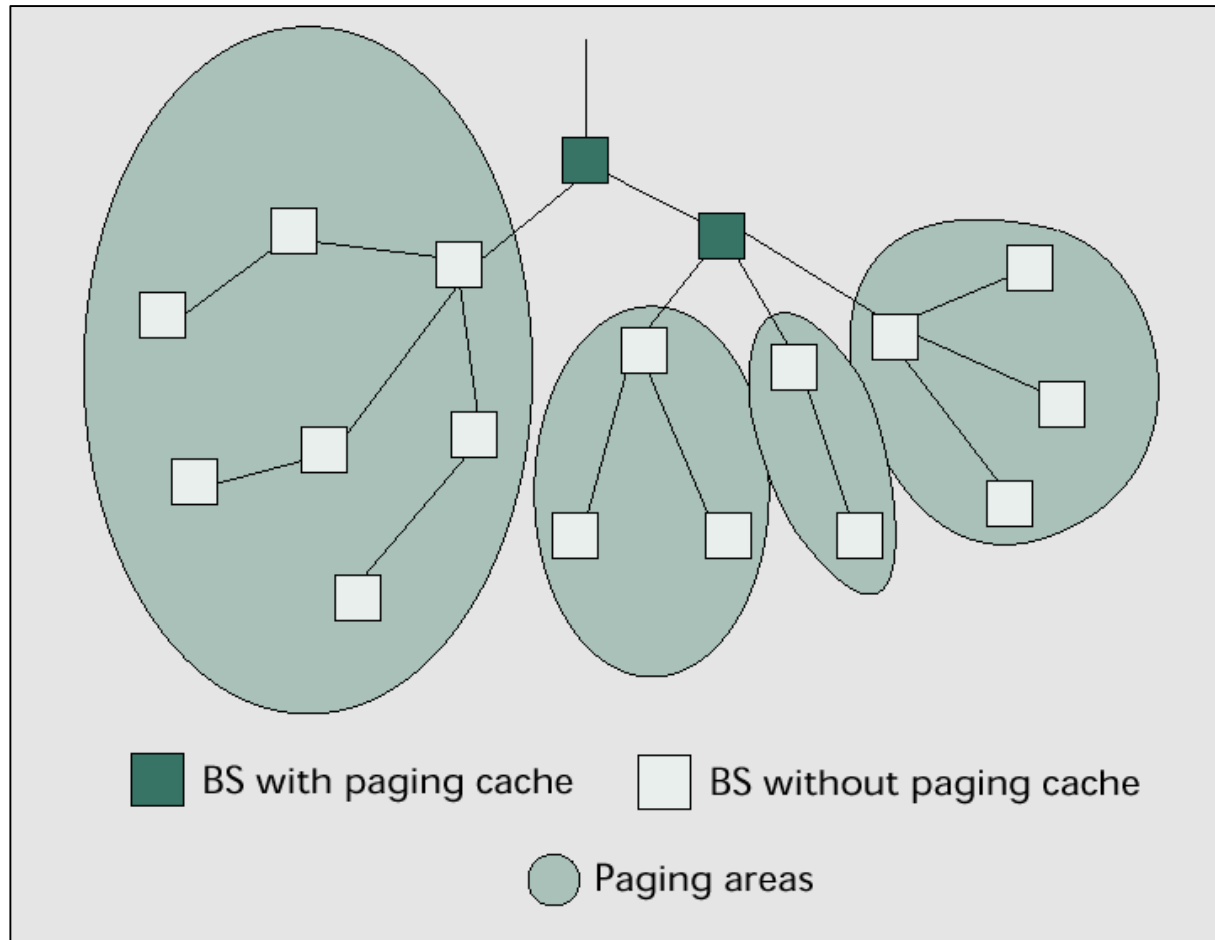


Εικόνα 64.

- Routing Cache έχουν όλοι οι κόμβοι
- Paging Cache έχουν κάποιοι ανάλογα με το σχεδιασμό



Cellular IP (3/3)



Εικόνα 65.



Δύο παράλληλοι μηχανισμοί εντοπισμού ενός κινητού τερματικού

Routing Cache (RC)

- Χρησιμοποιείται για τη δρομολόγηση καθοδικής κίνησης σε ενεργά τερματικά.
- Η ενημέρωση γίνεται:
 - Αυτόματα αν το τερματικό έχει ανοδική κίνηση.
 - Μέσω περιοδικών **routing updates** αν το τερματικό δεν έχει ανοδική κίνηση.
- Αν για κάποιο χρονικό διάστημα δε ληφθεί routing update η **πληροφορία διαγράφεται**.

Paging Cache (PC)

- Χρησιμοποιείται για το γρήγορο εντοπισμό ανενεργών τερματικών.
- Τα τερματικά οφείλουν να στέλνουν περιοδικά **paging updates** για να διατηρούν την πληροφορία στις PCs.
- Αν για κάποιο χρονικό διάστημα δε ληφθεί paging update η **πληροφορία χάνεται**.

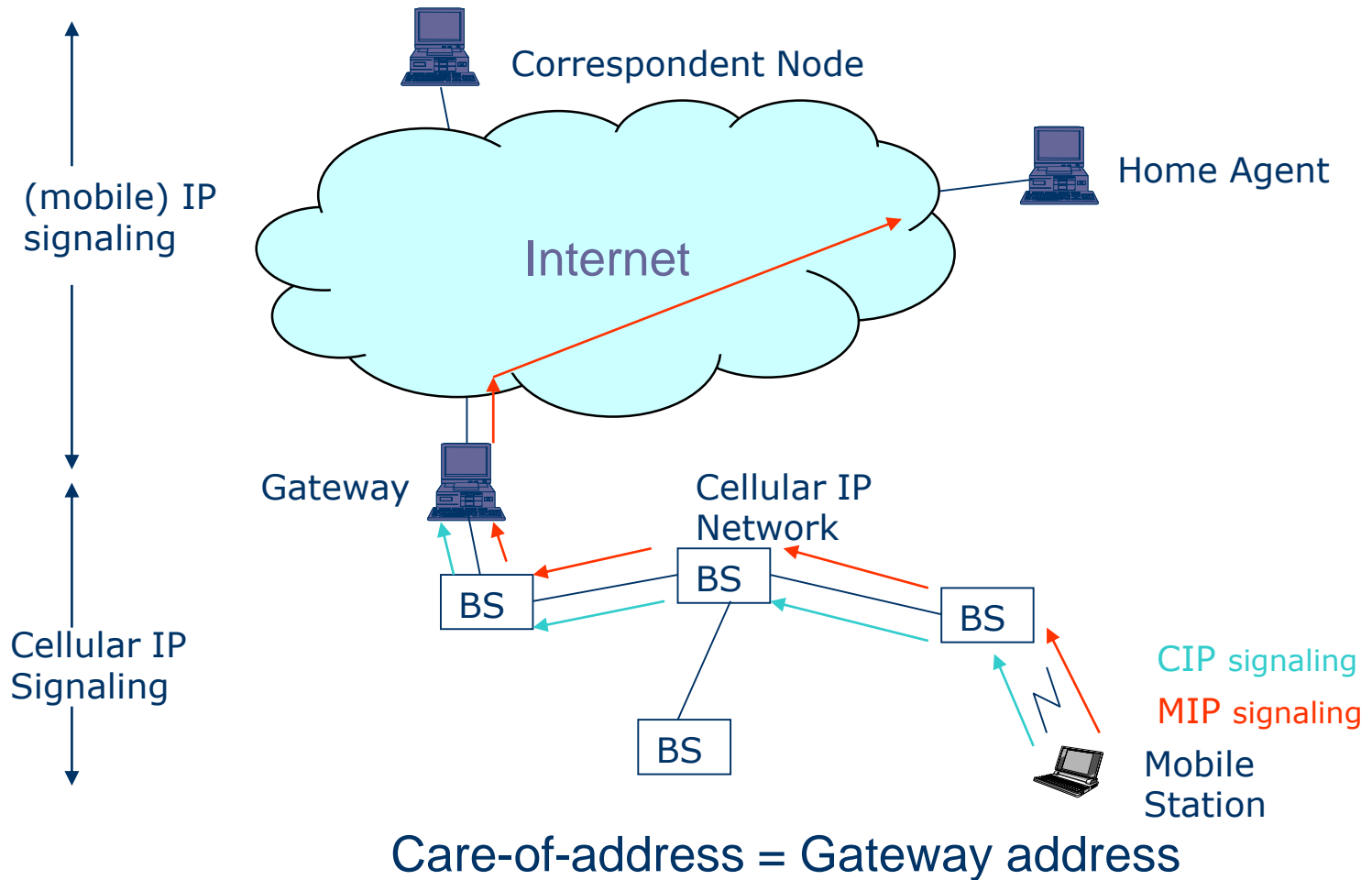


Βασικές Λειτουργίες Cellular IP

- **Registration:** Εγγραφή του χρήστη στο δίκτυο και ενημέρωση των PC και RC.
- **Paging Update:** Ενημέρωση των PC σχετικά με την paging area που βρίσκεται ένα **ανενεργό** τερματικό.
- **Paging:** Διαδικασία αναζήτησης ανενεργού τερματικού σε συγκεκριμένη paging area.
- **Routing Update:** Ενημέρωση των RC σχετικά με την ακριβή θέση **ενεργού** τερματικού.



Cellular IP - Registration



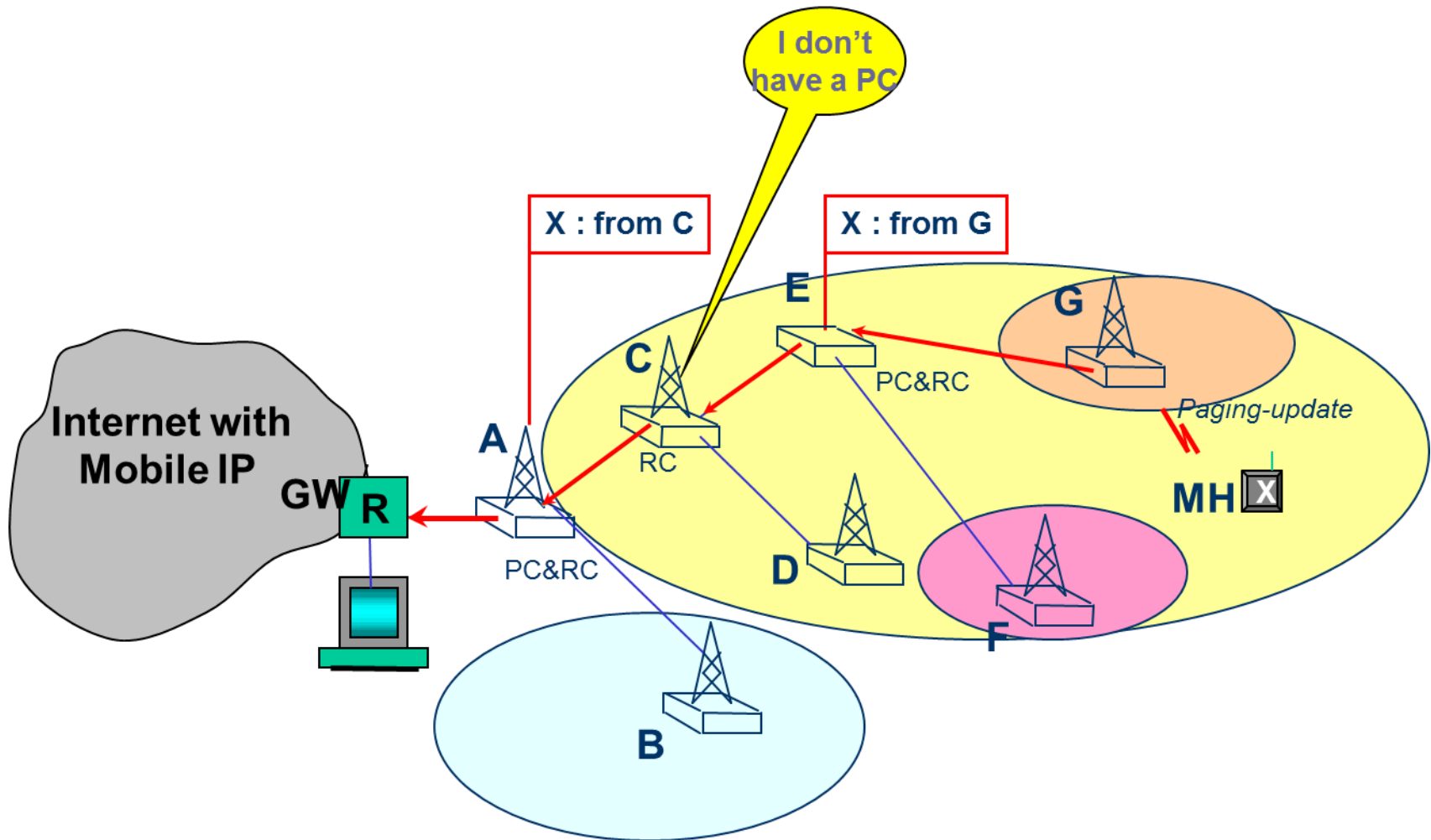
Εικόνα 66.

Paging Update

- Διαδικασία ενημέρωσης θέσης **ανενεργών** τερματικών.
- Ένα ανενεργό τερματικό στέλνει paging-update μηνύματα:
 1. περιοδικά
 2. όταν αλλάζει paging area
- Τα paging-update μηνύματα κατευθύνονται προς το Gateway.
- Οι ενδιαμέσοι κόμβοι με PC ενημερώνουν τη βάση τους για το συγκεκριμένο τερματικό.
- Η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό του τερματικού όταν υπάρχουν δεδομένα γι' αυτό.

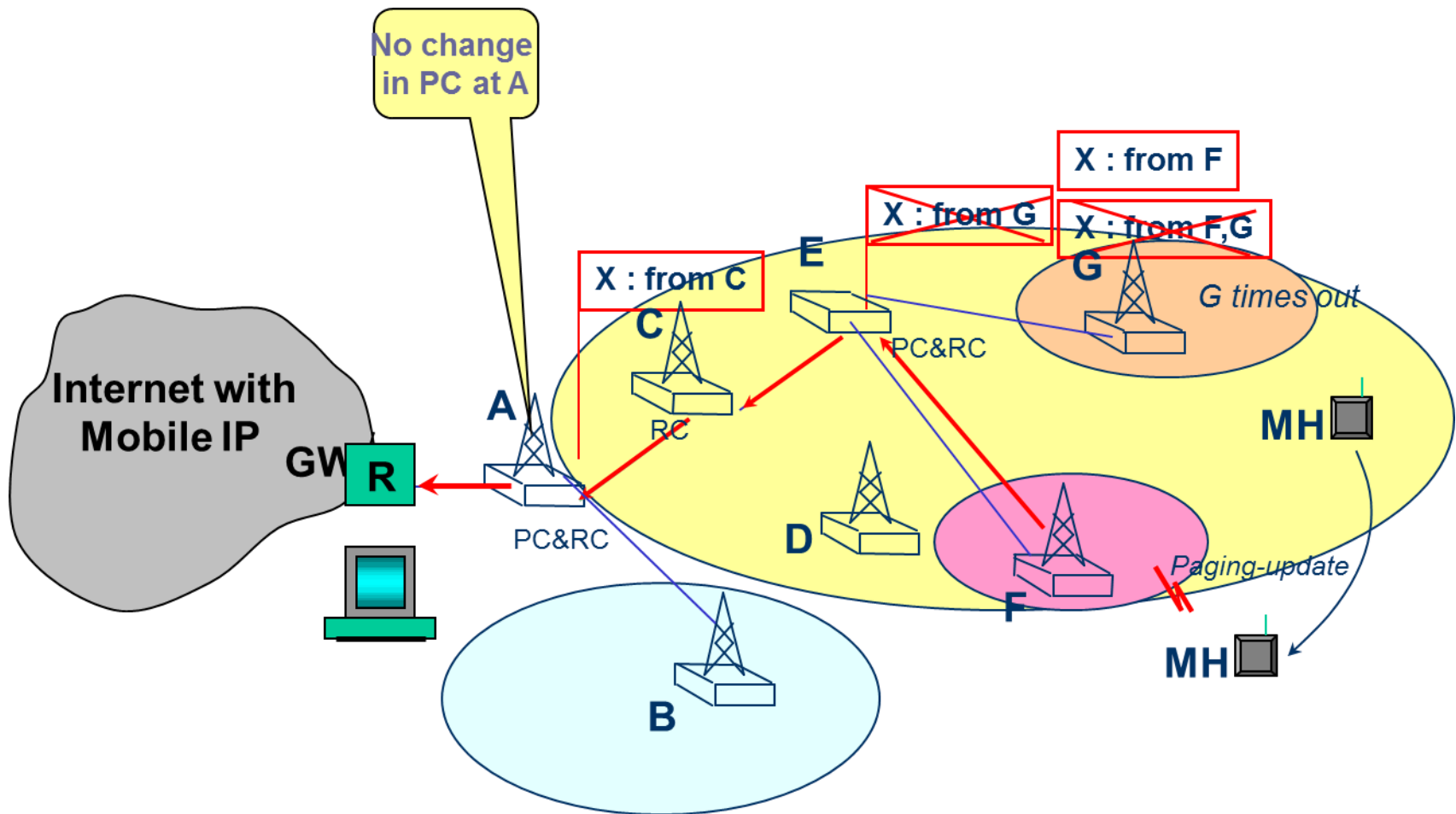


Περιοδικό Paging Update



Εικόνα 67.

Αλλαγή Paging Area



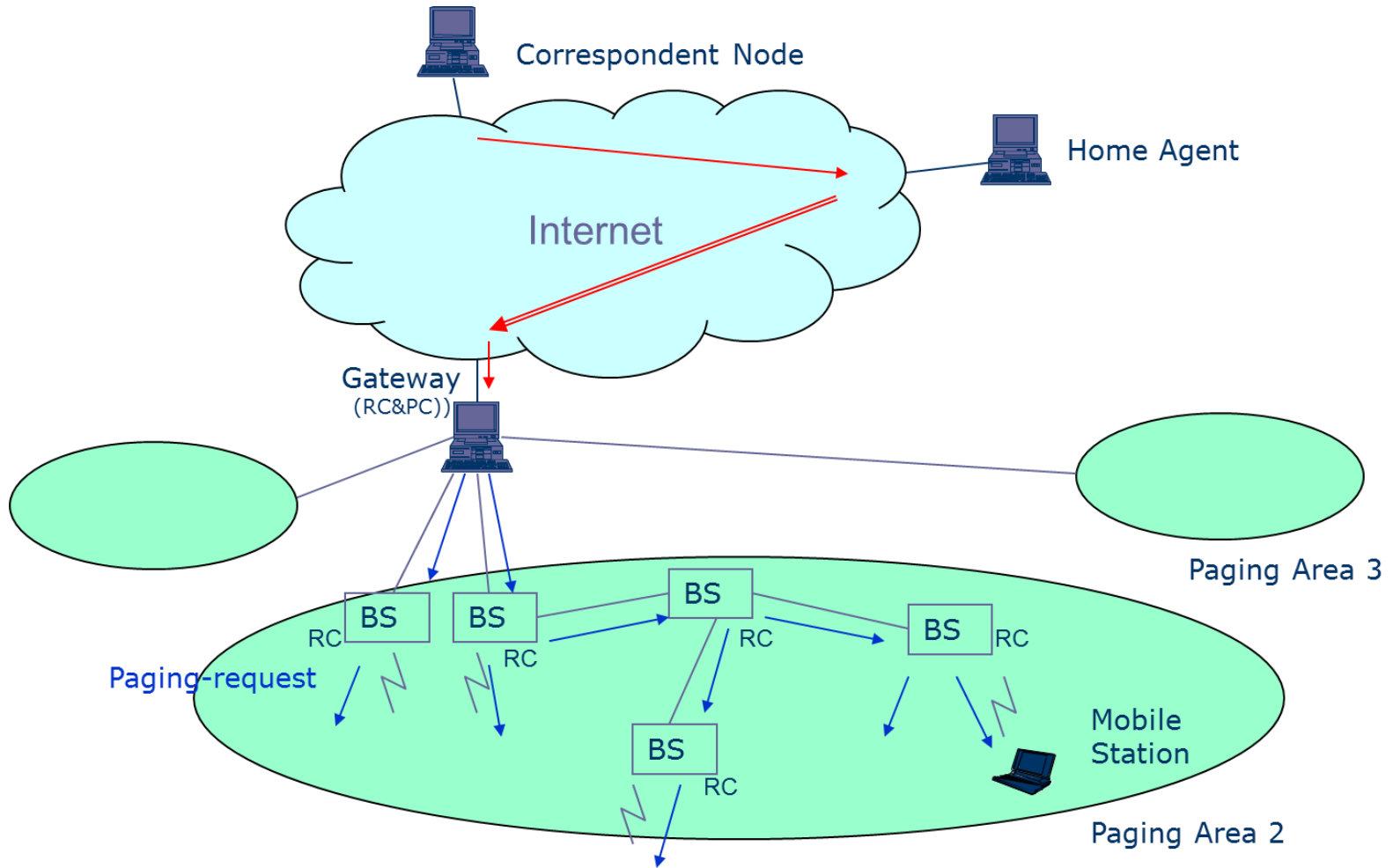
Εικόνα 68.

Paging

- Διαδικασία αναζήτησης ανενεργού τερματικού.
- Η διαδικασία ξεκινάει από το Gateway μόλις αυτό λάβει το **πρώτο πακέτο** δεδομένων για ένα ανενεργό τερματικό.
- Καθώς δε γνωρίζει ποια είναι η ακριβής θέση του τερματικού, πρέπει να το αναζητήσει.
- Η αναζήτηση γίνεται στην **paging area** που «εμφανίστηκε» την τελευταία φορά το τερματικό, με βάση τα δεδομένα των PC.
- Η απάντηση του χρήστη γίνεται με **routing-update**, ώστε να ενημερωθούν όλες οι ενδιαμέσες RCs, και να μπορέσουν να δρομολογηθούν σωστά τα πακέτα.

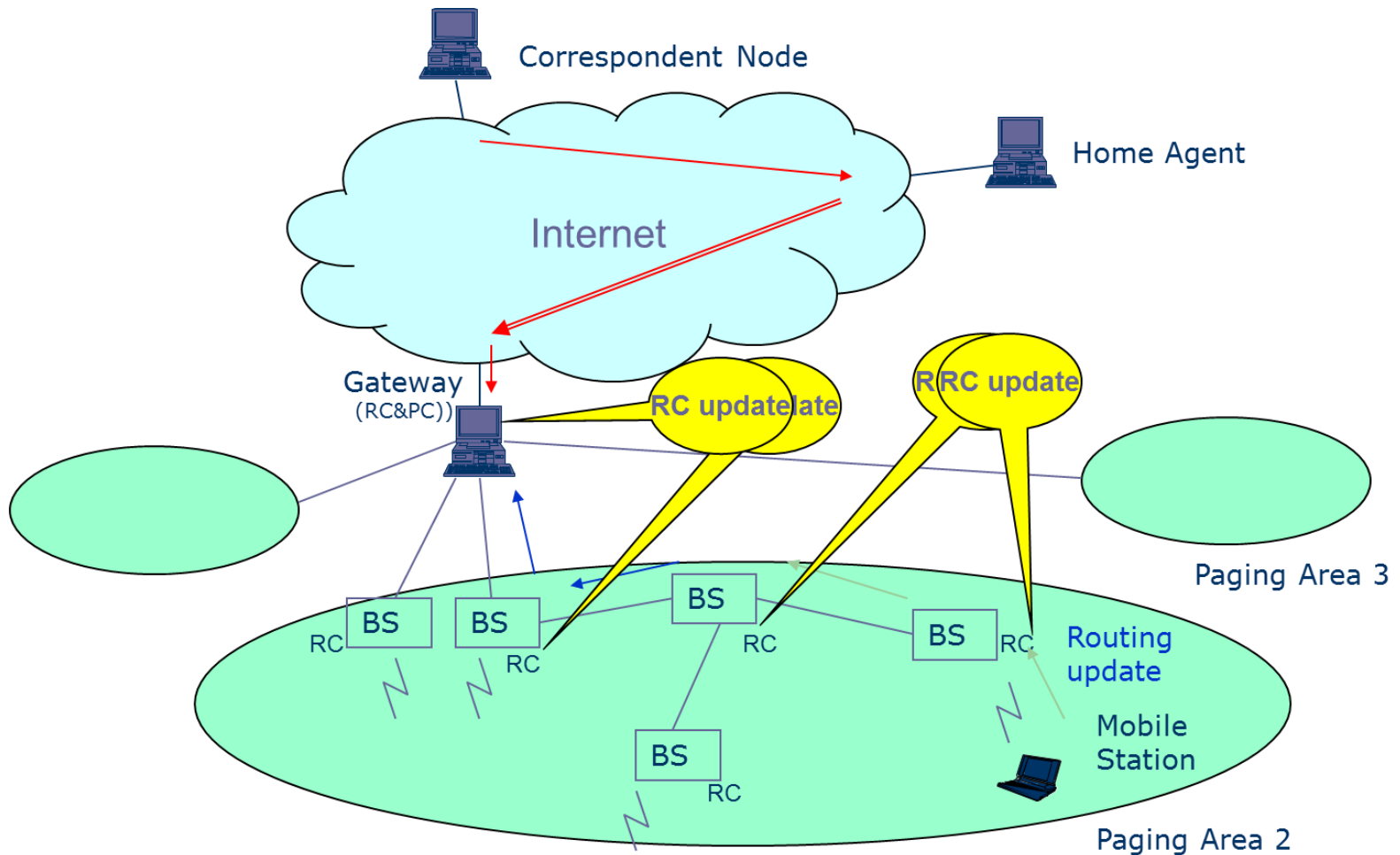


Cellular IP – Paging Request



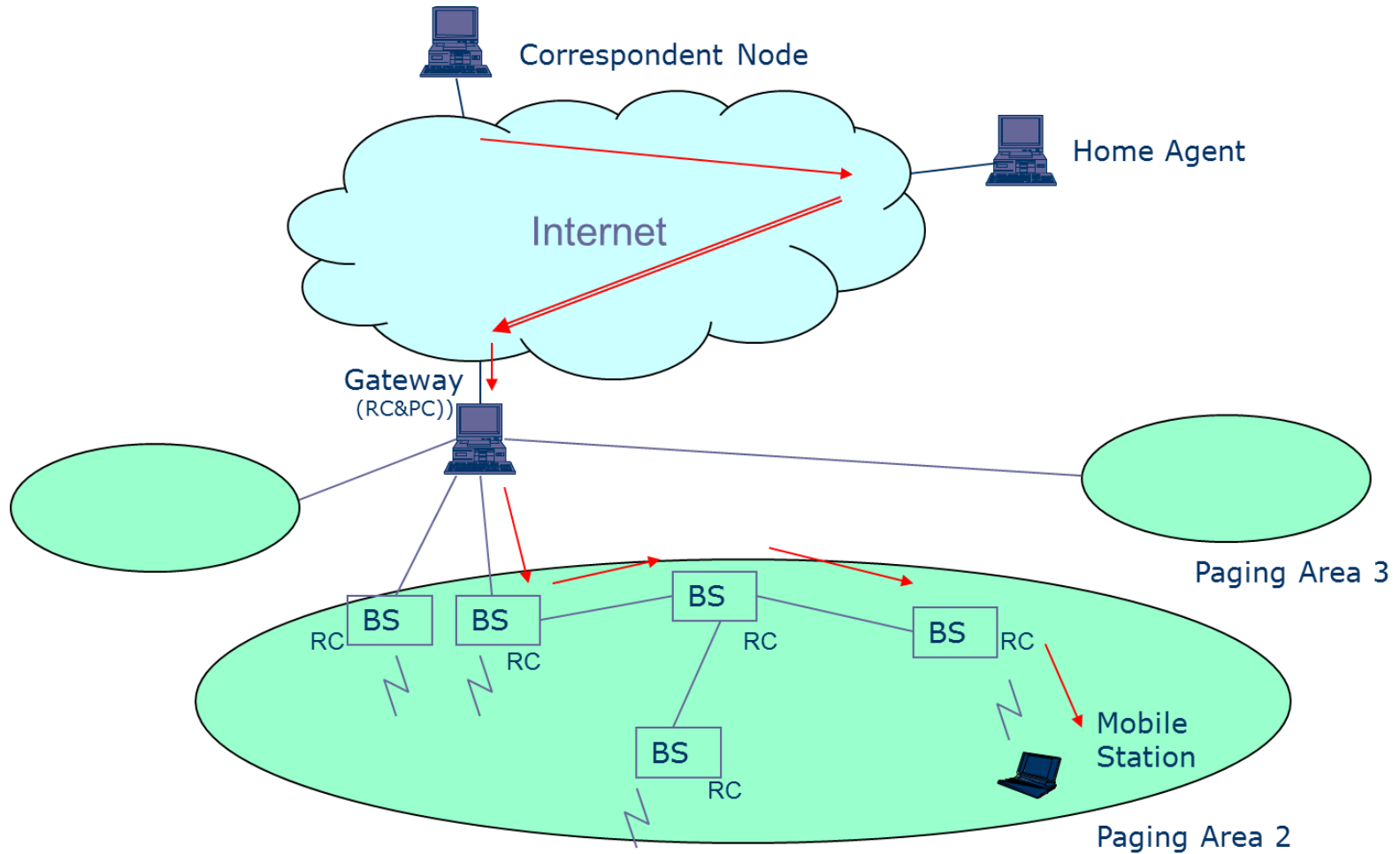
Εικόνα 69.

Cellular IP – Paging Response



Εικόνα 70.

Cellular IP – Data Delivery



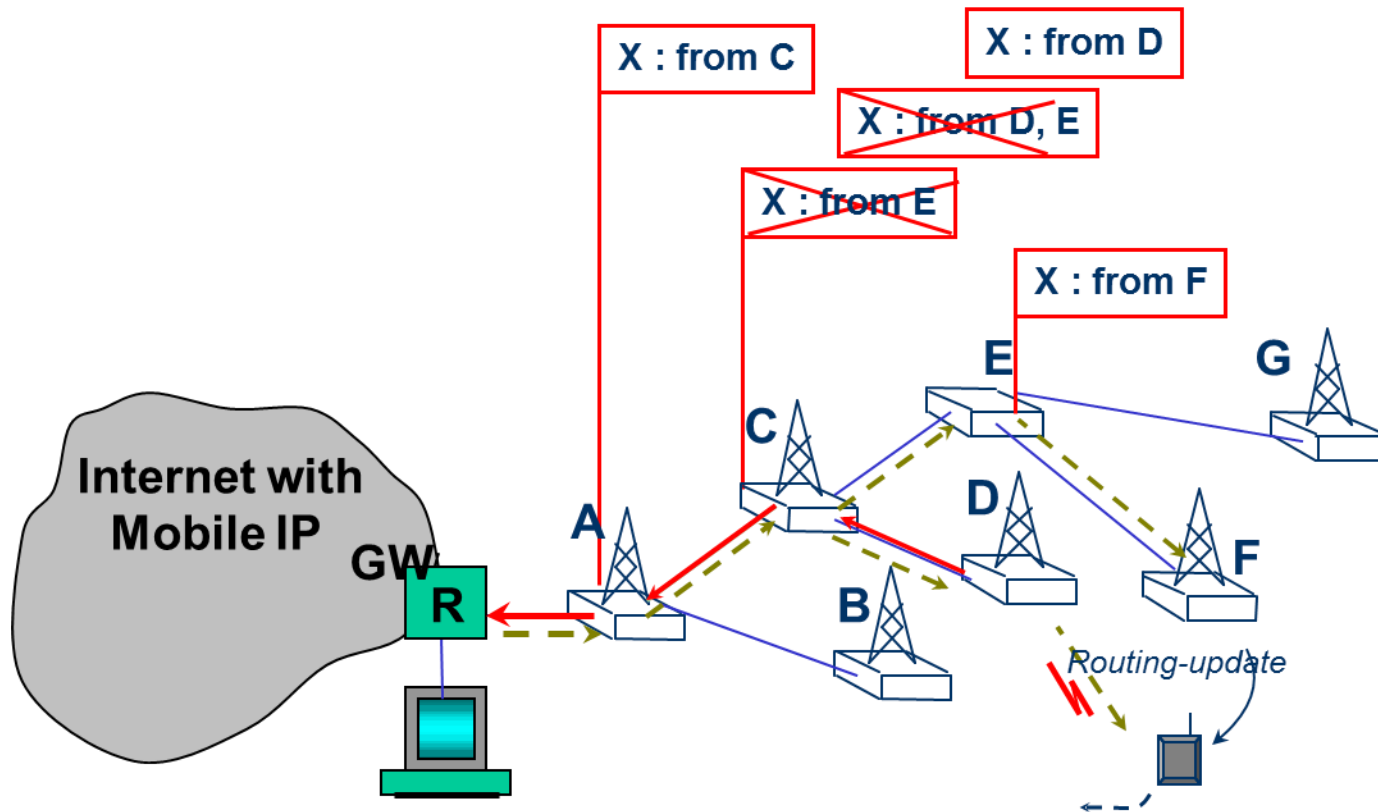
Εικόνα 71.

Routing Update

- Διαδικασία ενημέρωσης των RCs για την **ακριβή θέση ενός ενεργού τερματικού.**
- Η διαδικασία ενεργοποιείται σε δύο περιπτώσεις:
 1. Σαν **απάντηση σε paging request**, ώστε να γίνει γνωστή η θέση του τερματικού και να αρχίσουν να δρομολογούνται δεδομένα.
 2. Όταν ένα **ενεργό** τερματικό χωρίς ανοδική κίνηση **αλλάζει σημείο πρόσβασης** και πρέπει να αλλάξει η δρομολόγηση των πακέτων.
- Τα μηνύματα κατευθύνονται προς το Gateway και ενημερώνουν τις ενδιάμεσες RCs όπου χρειάζεται.



Routing Update (handover)



Εικόνα 72.



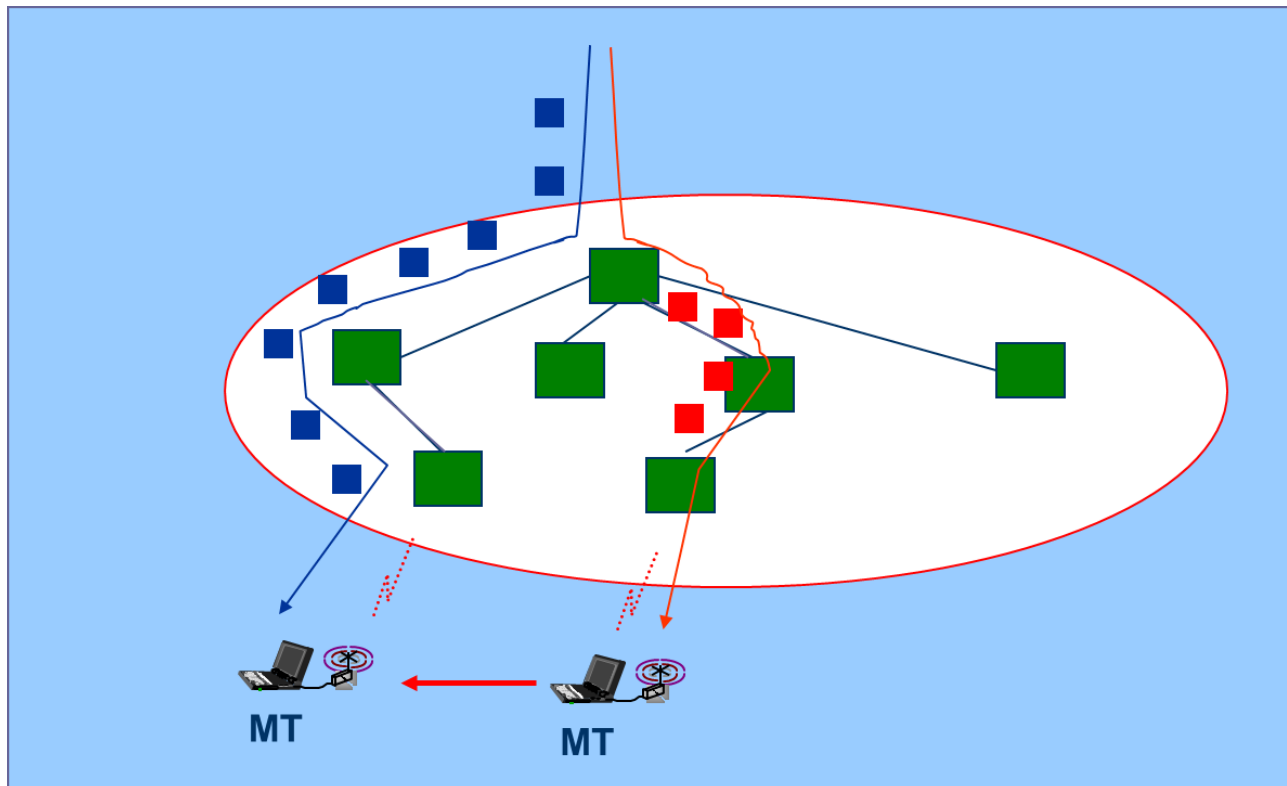
Πλεονεκτήματα Σχεδιασμού

- Τα ενεργά τερματικά είναι συνήθως πολύ λιγότερα από τα ανενεργά.
- Αυτό οδηγεί σε:
 - Route caches πολλές, μικρές και γρήγορες
 - Paging caches λίγες, μεγάλες και αργές
- Περιορίζεται ο αριθμός των μηνυμάτων που απαιτούνται για τη λειτουργία του πρωτοκόλλου, καθώς τα ανενεργά τερματικά στέλνουν μόνο **paging updates**.
- Ο περιορισμός αυτός είναι σημαντικός αφού
 1. πρόκειται για μηνύματα που περνάνε **πάνω από τη ραδιο-επαφή**
 2. επιτρέπει στα ανενεργά τερματικά να κάνουν **power-saving**



Κάποιες απώλειες πακέτων μπορεί να συμβούν

- Μέχρι να ολοκληρωθεί η διαδικασία routing-update, τα πακέτα θα κατευθύνονται στο παλιό BS



Εικόνα 73.

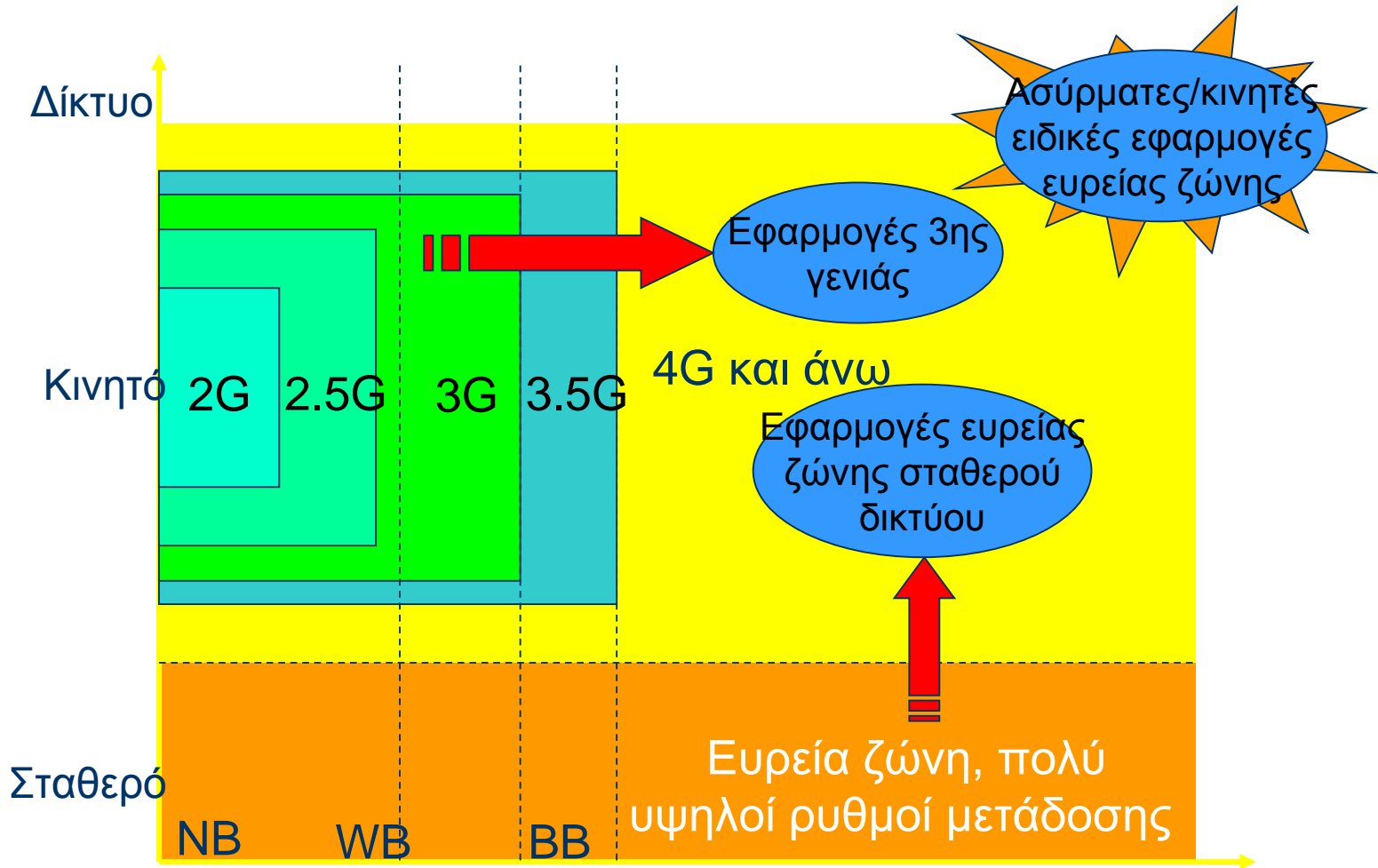
Γενικές τάσεις στην εξέλιξη των δικτύων επικοινωνιών

- Μετατόπιση της τηλεπ. κίνησης από τα σταθερά δίκτυα προς τα συστήματα κινητών επικοινωνιών.
- Η δημοτικότητα των υπηρεσιών δεδομένων αυξάνει διαρκώς.
- Η τηλεπικοινωνιακή βιομηχανία προχωρά προσθέτοντας το Internet και πολλαπλές υπηρεσίες στην ασύρματη επικοινωνία και στην κινητικότητα.
 - 1.2 δις συνδρομές mobile-broadband το 2011
- Εισαγωγή νέων υπηρεσιών:
 - Κοινωνικές υπηρεσίες και ασφάλεια
 - Εξοικονόμηση χρόνου και εξουσιοδότηση
 - Διασκέδαση



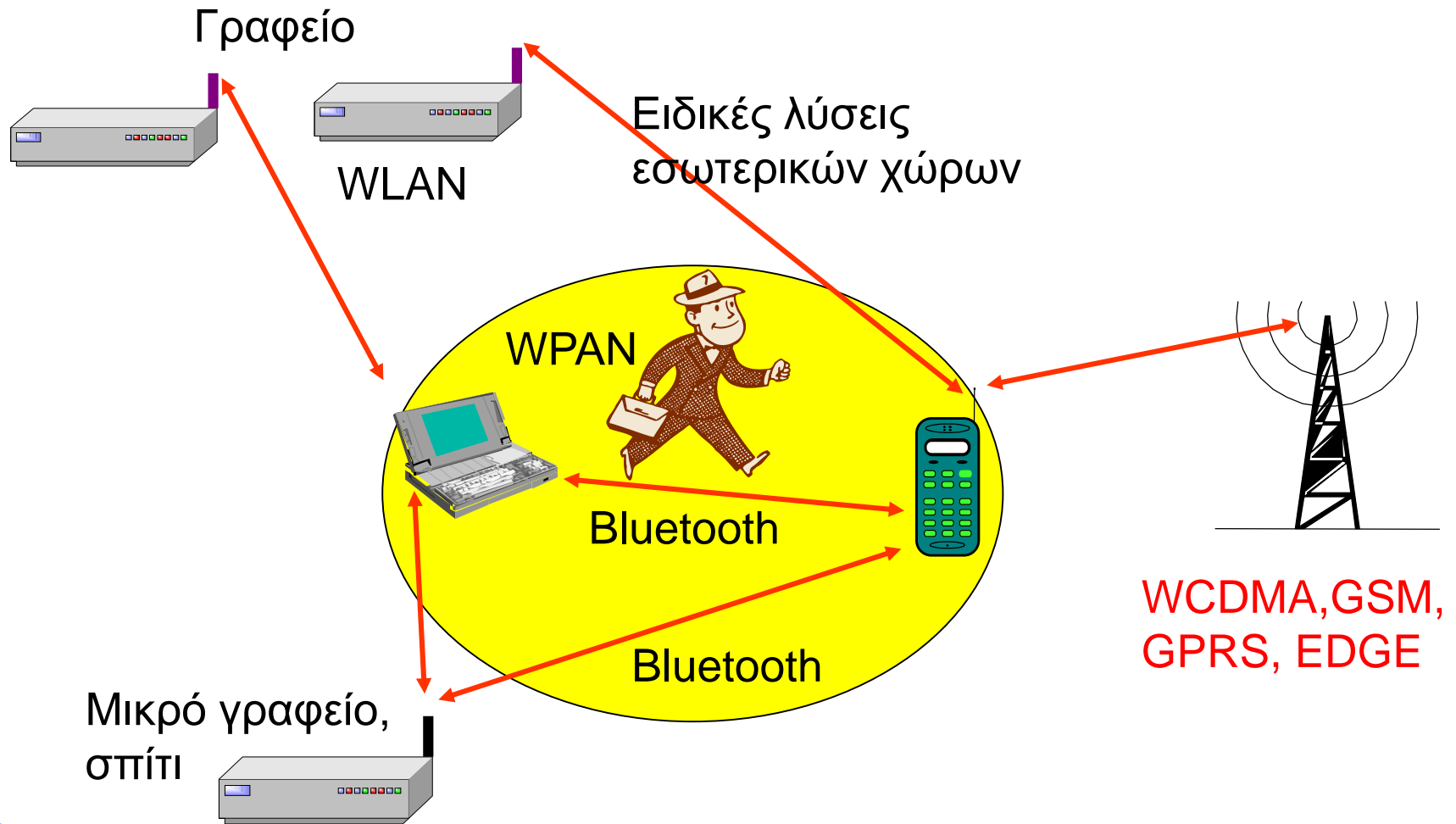
Γενικές τάσεις στην εξέλιξη των
δικτύων επικοινωνιών

Εξέλιξη των εφαρμογών προς 4G



Εικόνα 74.

Ταυτόχρονη πρόσβαση σε διάφορα δίκτυα



Multimedia mobile terminal

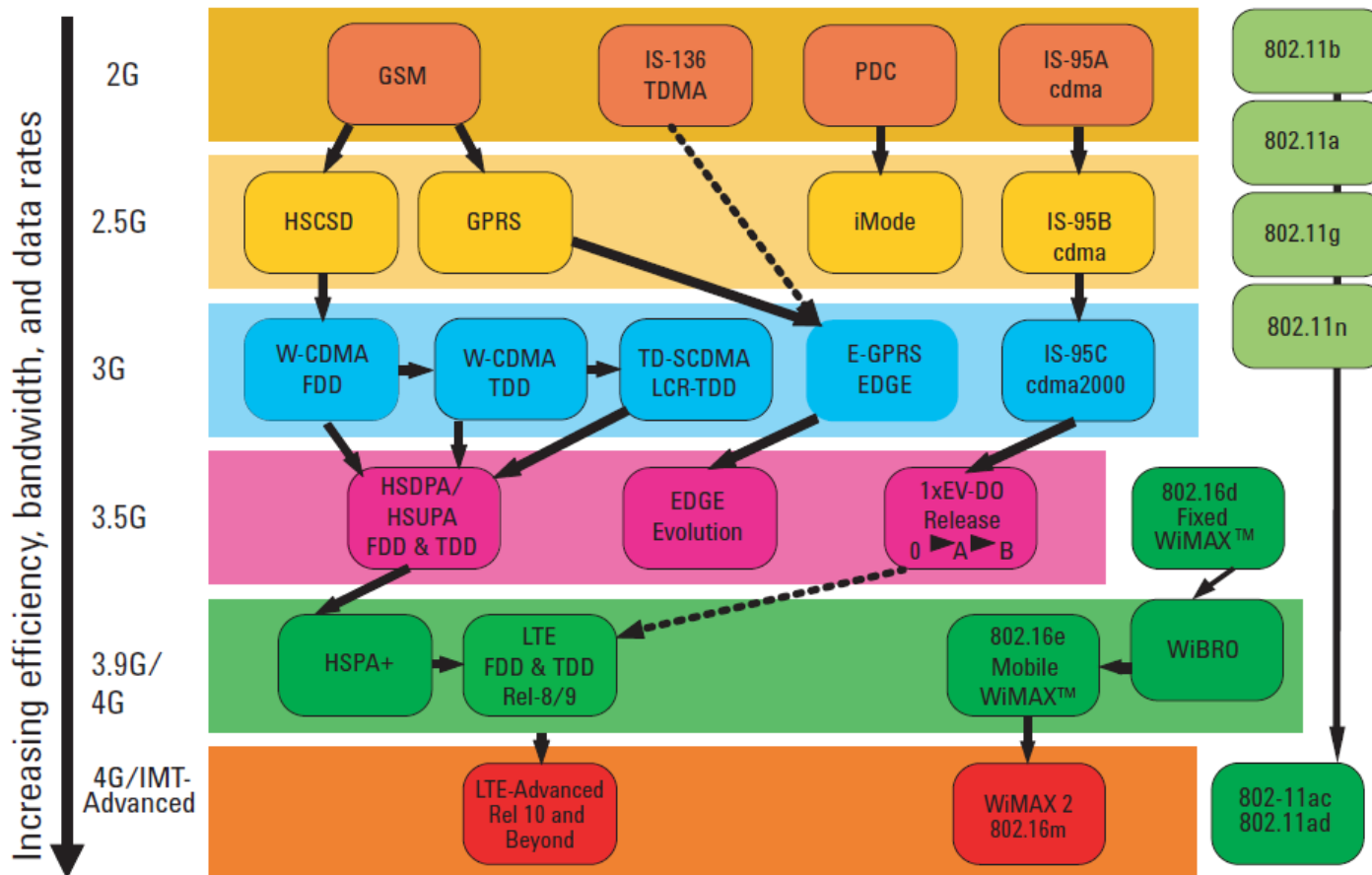


Εικόνα 75.



Εξέλιξη των ψηφιακών συστημάτων
κινητών επικοινωνιών

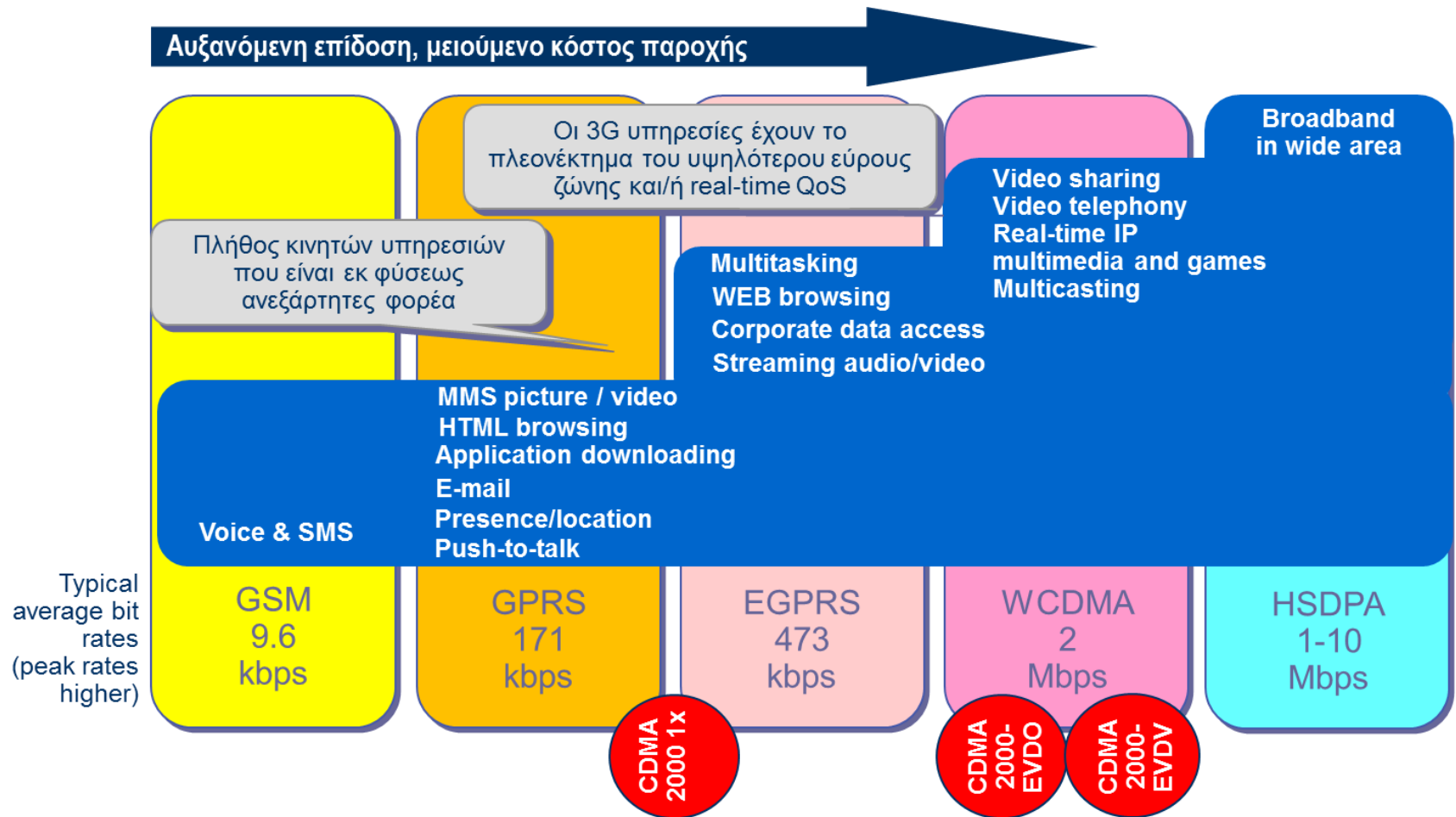
Εξέλιξη από 2G σε 4G



Εικόνα 76.



Εξέλιξη υπηρεσιών



Εικόνα 77.

Εξέλιξη του GSM σε 3G

High Speed Circuit Switched Data

Εκχώρηση μέχρι 4 χρονοσχισμών για σύνδεση δεδομένων μέχρι ~ 50 kbps

Καλό για εφαρμογές real-time αντί για GPRS

Αναποτελεσματικό -> δεσμεύει πόρους, ακόμη και αν δεν υπάρχει μετάδοση

Όχι τόσο δημοφιλές όσο το GPRS

GSM

9.6kbps (μία χρονοσχισμή)

GSM Data

Ονομαζόμενο επίσης CSD

GSM

HSCSD

Enhanced Data Rates for Global Evolution

Χρησιμοποιεί διαμόρφωση 8PSK

3x ρυθμός μετάδοσης σε μικρές αποστάσεις

Μπορεί να μεταπέσει σε GMSK για μεγαλύτερες

Μπορεί να συνδυάζεται με HSCSD

EGPRS ~ 384 kbps

GPRS

General Packet Radio Services

Ρυθμοί μετάδοσης μέχρι ~ 115 kbps

Max: 8 χρονοσχισμές μπορεί να χρησιμοποιηθούν

Μεταγωγή πακέτου

Βασίζεται στον ανταγωνισμό. Αποτελεσματικό, αλλά μεταβαλλόμενες καθυστερήσεις

GSM / GPRS core network επαναχρησιμοποιήθηκε από το WCDMA (3G)

WCDMA

EDGE



UMTS (1/6)

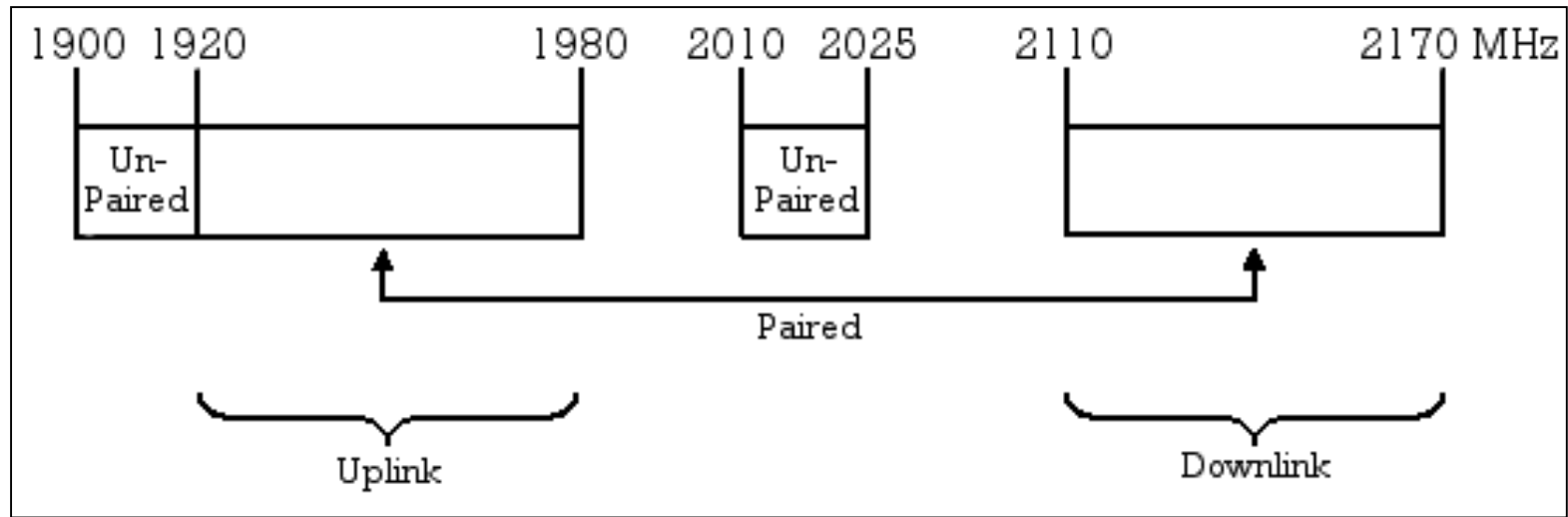
- Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)
- Το UMTS είναι μια αναβάθμιση από το GSM μέσω του GPRS ή EDGE.
- Η προτυποποίηση για το UMTS γίνεται από το 3GPP (Third Generation Partnership Project).
- Οι ρυθμοί μετάδοσης για το UMTS είναι:
 - 144 kbps για rural
 - 384 kbps για urban outdoor
 - 2048 kbps για indoor και low range outdoor
- Virtual Home Environment (VHE)



UMTS (2/6)

Φάσμα συχνοτήτων

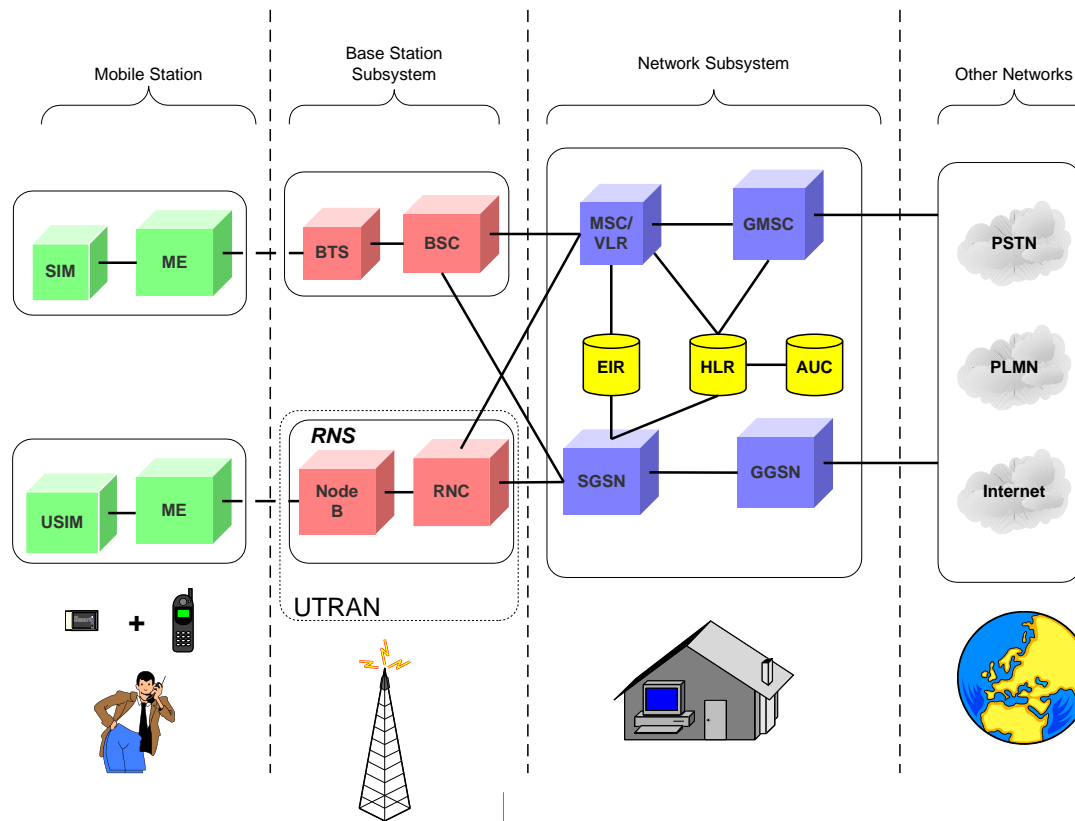
- 1900-2025 MHz και 2110-2200 MHz για μετάδοση 3G.
- Στις ΗΠΑ χρησιμοποιούνται οι περιοχές 1710 – 1755 MHz and 2110–2155 MHz.



Εικόνα 78.

UMTS (3/6)

Αρχιτεκτονική δικτύου



Εικόνα 79.

UMTS (4/6)

Η αρχιτεκτονική δικτύου του UMTS αποτελείται από τρεις τομείς:

- **Core Network (CN):** Παρέχει μεταγωγή, δρομολόγηση και διέλευση της κίνησης των χρηστών.
- **UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN):** Παρέχει την ασύρματη διεπαφή για τα κινητά τερματικά.
- **User Equipment (UE):** Τα τερματικά λειτουργούν ως οι αντίστοιχες προς τους σταθμούς βάσης ασύρματες διεπαφές. Οι διάφορες ταυτότητες είναι: IMSI, TMSI, P-TMSI, TLLI, MSISDN, IMEI, IMEISV.



UMTS (5/6)

UTRAN

- Τεχνολογία wide band CDMA
 - WCDMA
 - TD-SCDMA



UMTS (6/6)

- Οι σταθμοί βάσης αναφέρονται ως Node-B και η συσκευή ελέγχου των Node-B ονομάζεται Radio Network Controller (RNC).
 - Λειτουργίες του Node-B:
 - Εκπομπή/ λήψη στην ασύρματη διεπαφή
 - Διαμόρφωση/ Αποδιαμόρφωση
 - Λειτουργίες του RNC:
 - Έλεγχος των ασύρματων πόρων
 - Εκχώρηση διαύλων
 - Έλεγχος ισχύος
 - Έλεγχος διαπομπής
 - Κρυπτογράφηση
 - Κατάτμηση και επανασυναρμολόγηση



3.5G (HSPA)

High Speed Packet Access (HSPA): είναι ένα κράμα δύο πρωτοκόλλων των κινητών επικοινωνιών, του High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) και του High Speed Uplink Packet Access (HSUPA), που επεκτείνει και βελτιώνει την επίδοση των υφιστάμενων πρωτοκόλλων [WCDMA](#).

Το 3.5G εισάγει πολλά νέα χαρακτηριστικά που ενισχύουν την τεχνολογία UMTS. Σ' αυτά περιλαμβάνονται:

- Προσαρμοστική διαμόρφωση και κωδικοποίηση.
- Ταχύς προγραμματισμός πρόσβασης.
- Προς τα πίσω συμβατότητα με το 3G.
- Βελτιωμένη ασύρματη διεπαφή.



4G (LTE)

- LTE σημαίνει Long Term Evolution.
- Η επόμενη γενιά της ευρυζωνικής τεχνολογίας κινητών επικοινωνιών.
- Υπόσχεται ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων 100 Mbps.
- Βασίζεται στην τεχνολογία UMTS 3G.
- Είναι βελτιστοποιημένο για κίνηση all-IP.



4G (LTE) - Πλεονεκτήματα

- Υψηλή διέλευση δικτύου
- Μικρές καθυστερήσεις
- Αρχιτεκτονική plug & play
- Μικρό λειτουργικό κόστος
- All-IP δίκτυο
- Απλοποιημένη αναβάθμιση από τα δίκτυα 3G
- Ταχύτερο download και upload για δεδομένα.
- Βελτιωμένη απόκριση για τις εφαρμογές.
- Βελτιωμένη εμπειρία για τους χρήστες.

Για τους παρόχους δικτύου

Για τους χρήστες

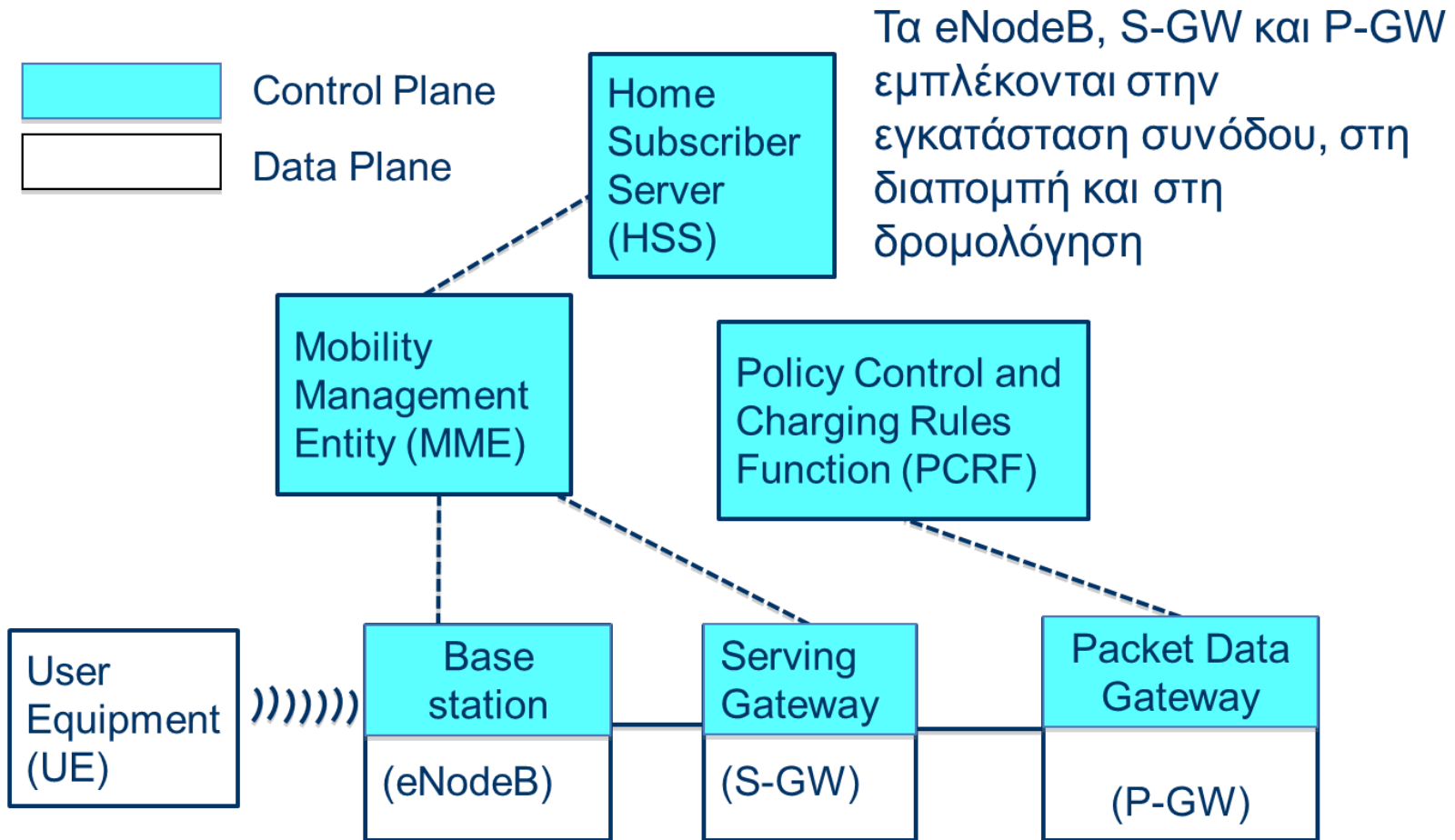


4G (LTE) - Ασύρματες τεχνολογίες

- Χρησιμοποιεί Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) στη ζεύξη καθόδου.
- Χρησιμοποιεί Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA) στη ζεύξη ανόδου.
- Χρησιμοποιεί Multi-input Multi-output(MIMO) για βελτιωμένη διέλευση.
- Περιορισμένη κατανάλωση ισχύος.
- Υψηλότερη απόδοση του ενισχυτή RF (μικρότερη κατανάλωση στη μπαταρία των κινητών).



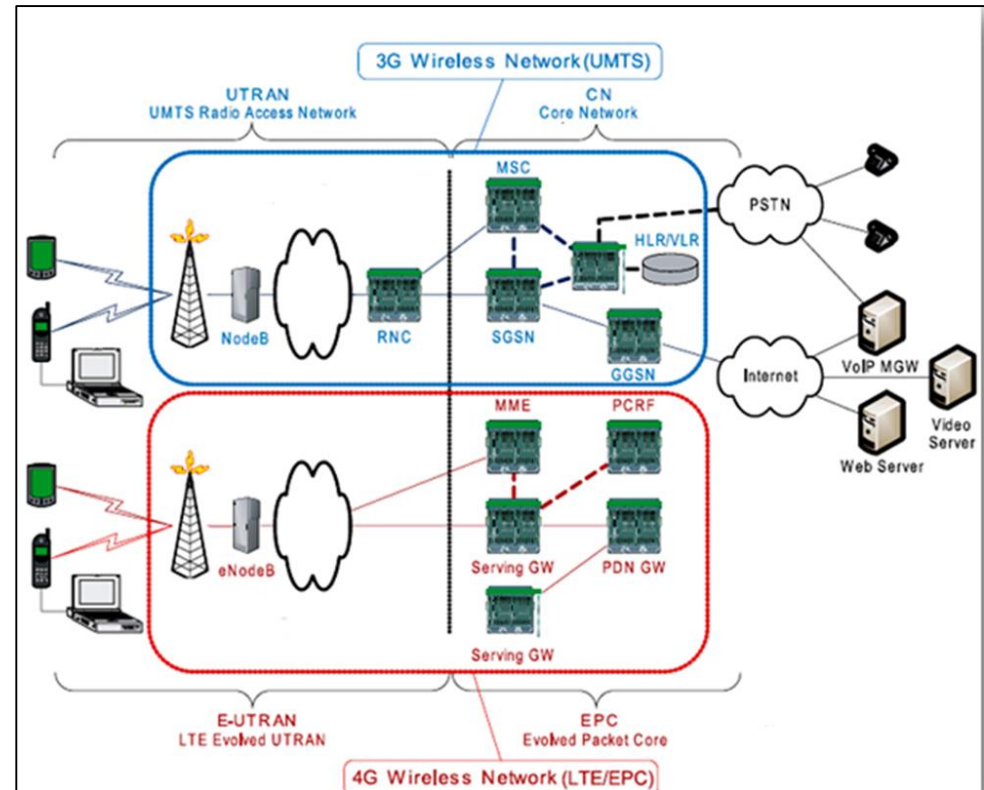
4G (LTE) - Αρχιτεκτονική



Εικόνα 80.

Από UMTS σε LTE

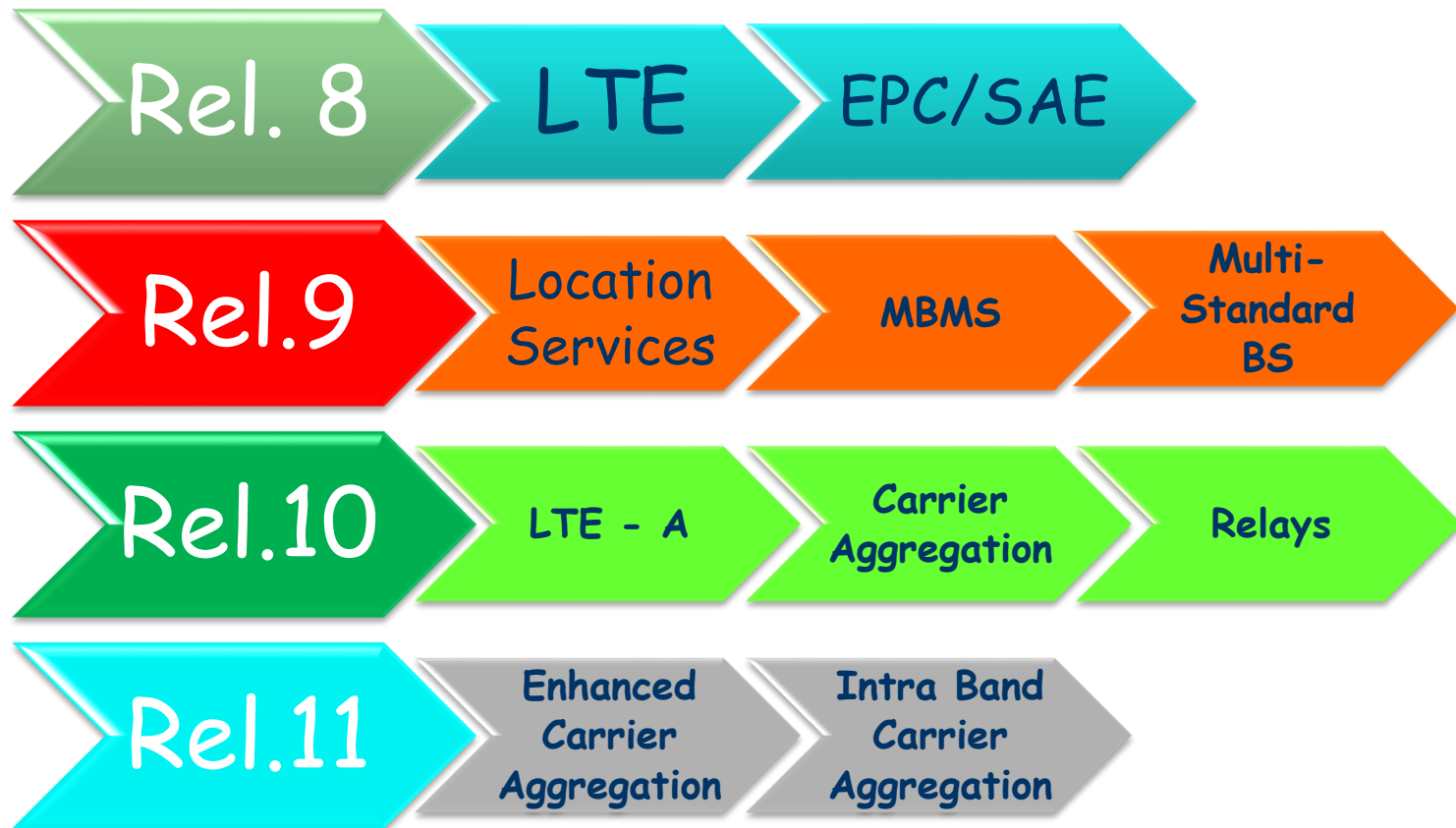
- UTRAN στο 3G, E-UTRAN στο 4G
- CN στο 3G, EPC στο 4G
- NodeB στο 3G, E-NodeB στο 4G
- Όχι RNC όπως στο 3G
- Οι λειτουργίες του RNC εκτελούνται από το eNodeB και το EPC



Εικόνα 81.

International Mobile Telecommunications

Εκδόσεις των προδιαγραφών της 3GPP



5G (1/2)

- Οι Οργανισμοί προτυποποίησης και η βιομηχανία οργανώνουν τώρα την προτυποποίηση της τεχνολογίας 5G, η οποία προβλέπεται να παγιωθεί μεταξύ του 2016 και 2018 και να ακολουθήσουν οι πρώτες υλοποιήσεις γύρω στο 2020.
- Η ανάπτυξη της τεχνολογίας 3G και 4G οδηγήθηκε κυρίως από τη ζήτηση για υπηρεσίες δεδομένων πάνω από το Internet.
- Τα κίνητρα για τα συστήματα 5G αναμένεται να είναι πολύ πιο ποικίλα.
- Εμφανίζονται νέες μορφές κίνησης υπηρεσιών δεδομένων, ειδικότερα, επικοινωνίες M2M για την υποστήριξη ιδεών όπως smart grid, smart homes, smart cities και e-health.



5G (2/2)

- Οι εφαρμογές αυτές έχουν ποικίλες τηλεπικοινωνιακές απαιτήσεις και ο κύριος στόχος θα είναι να υπάρξει μια μοναδική ενοποιημένη ασύρματη τεχνολογία που να τις υποστηρίζει μαζί με τις υπηρεσίες φωνής και Internet.
- Επιπρόσθετα, τα μελλοντικά δίκτυα θα πρέπει να είναι ενεργειακά πιο αποδοτικά, ώστε η τεχνολογία 5G να είναι βιώσιμη διαχρονικά.
- Τέλος, αν η τεχνολογία 5G δεν μπορεί να προσφέρει νέο πρότυπο ανώτερο και με περισσότερες δυνατότητες από το LTE-Advanced δεν θα μπορέσει να εισαχθεί επιτυχώς στην αγορά.



5G – Κύριες κατευθύνσεις (1/2)

- Cell-centric → device-centric με εστίαση στις ανάγκες των τερματικών των χρηστών.
- Υψηλότερες ζώνες συχνοτήτων (millimeter wave), όπου υπάρχει πολύ περισσότερο εύρος ζώνης, μολονότι η διάδοση είναι χειρότερη.
- Antenna arrays ή massive MIMO
- Πιο ευφυή τερματικά, που μπορούν να μετριάζουν τις παρεμβολές και να επικοινωνούν απευθείας με άλλες συσκευές χωρίς την παρέμβαση του δικτύου.
- Machine-to-machine επικοινωνίες με αποτελεσματικό και ενοποιημένο τρόπο.



5G – Κύριες κατευθύνσεις (2/2)

- Χωρικά πυκνότερα δίκτυα: πιο ετερογενή δίκτυα με macrocells, picocells, relays και small cells, καθώς και άμεση D2D επικοινωνία.
- Φασματική συσσωμάτωση: οι μελλοντικές συσκευές να μπορούν να επικοινωνούν σε πολλές συχνότητες ταυτόχρονα, συμπεριλαμβανομένων και των ζωνών χιλιοστομετρικών μηκών κύματος.
- Πυκνότερο δίκτυο κορμού: η σύνδεση από τις διάφορες κυψέλες στο δίκτυο κορμού να βελτιωθεί για ανταποκρίνεται στις αυξημένες ανάγκες των δικτύων 5G.



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, Εισαγωγή». 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 (1/12)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1: «Guglielmo Marconi (sinistra) e George Kemp». Copyrighted.

<http://www.radiomarconi.com/marconi/marconi2.html>

Εικόνα 2: «Marconi and his receiving apparatus at Signal Hill, St. John's, December 1901.». Copyrighted. <http://www.ucs.mun.ca/~jcraig/mar3.jpg>

Εικόνα 3: «Κινητός τηλέγραφος». Copyrighted.

<http://protv.ua/news/mobile/77086/>

Εικόνα 4: «Πλακέτα». Copyrighted. <http://www.ucs.mun.ca/~jcraig/plqs.jpg>

Εικόνα 5: «Ericsson & wife Hilda». Copyright 1994, Anders Suneson.

<http://www.privateline.com/TelephoneHistory2A/ericsson.htm>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/12)

Εικόνα 6: «First mobile radio telephone, Courtesy of Rich Howard». Copyright 2000, Lucent Technologies.

http://www.privateline.com/mt_digitalbasics/ii_wireless_history/15_the_first_car_mounted_radiotelephone/

Εικόνα 7: «Internet of things (IoT)». Copyrighted.

https://securityledger.com/?attachment_id=5383

Εικόνα 8: «Internet of things». Copyrighted. http://www.symplio.com/wp-content/uploads/2011/09/beecham_research_internet_of_things.jpg

Εικόνα 9: «Smart metering». Copyrighted. http://www.ppc-ag.de/files/smart_metering_en.jpg

Εικόνα 10: «Smart metering, content». Copyrighted. <http://www.tuttogreen.it/wp-content/uploads/2014/11/smart-metering-3.png>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/12)

Εικόνα 11: «Smart meters». Copyrighted. <http://iecetech.org/issue/2013-11/Smart-meters>

Εικόνα 12: «Smart NRG logo». Copyrighted. <http://gain.di.uoa.gr/smart-nrg/>

Εικόνα 13: «Dense urban scenario»

Εικόνα 14: «Dense rural scenario»

Εικόνα 15: «Industrial scenario»

Εικόνα 16: «Electromagnetic spectrum». Copyrighted. <http://www.lbl.gov/images/MicroWorlds/EMSpec.gif>

Εικόνα 17: «Εξασθένιση σήματος». Copyrighted. <http://lum2010infapl.blogspot.gr/2009/10/tipos-de-conexion-inalambricas.html>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/12)

Εικόνα 18: «Reti wireless vs microonde». Copyrighted.

<http://www.ictblog.it/index.php?/search/microonde/P2.html>

Εικόνα 19: «Typical scenario of radio-mobile propagation in rural area».

Copyrighted. <http://hussein.hijazi.free.fr/research.php>

Εικόνα 20: «Κρυμμένα τερματικά». Copyrighted.

<http://www.jiancool.com/article/31541533261/>

Εικόνα 21: «Εξασθένηση σήματος». Copyrighted.

<http://www.jiancool.com/article/31541533261/>

Εικόνα 22: «Δικτυακή υποδομή». Copyrighted.

Εικόνα 23: «Δίκτυα χωρίς υποδομή (Ad Hoc)». Copyrighted.

Εικόνα 24: «Βασικές Τοπολογίες Δικτύων». Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/12)

Εικόνα 25: «Αρτηρία (Bus)». Copyrighted.

Εικόνα 26: «Δέντρο (Tree)». Copyrighted.

Εικόνα 27: «Δακτύλιος (Ring)». Copyrighted.

Εικόνα 28: «Αστέρας (Star)». Copyrighted.

Εικόνα 29: «Τοπολογίες κινητών επικοινωνιών». Copyrighted.

Εικόνα 30: «Πρωτόκολλα στο μοντέλο OSI». Copyrighted.

<http://broadband.cti.gr/el/evrizonikotita/umts.php>

Εικόνα 31: «Λειτουργία TCP». Copyrighted.

Εικόνα 32: «Λειτουργία TCP No.2». Copyrighted.

Εικόνα 33 έως 36: Βιβλίο: Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών, 2η έκδοση, Μ.Ε. Θεολόγου, Εκδόσεις Τζιόλας. Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/12)

Εικόνα 37: «Οικουμενική κινητικότητα». Copyrighted.

<http://users.uom.gr/~kpsannis/MobileTelecoms-I.pdf>

Εικόνα 38: «Ασύρματη πρόσβαση σε μεγάλα δίκτυα». Πηγή: Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών, 2η έκδοση, Μ.Ε. Θεολόγου, Εκδόσεις Τζιόλας. Copyrighted.

Εικόνα 39: «Κυψελωτά Συστήματα επικοινωνιών».

Εικόνα 40: «Ασύρματα τοπικά δίκτυα». Copyrighted.

Εικόνα 41: «Ενοποίηση των τηλεπικοινωνιακών δικτύων». Copyrighted.

Εικόνα 42: «Ασύρματα τοπικά δίκτυα». Copyrighted.

Εικόνα 43: «Ασύρματα τοπικά δίκτυα No.2». Copyrighted.

Εικόνα 44: «DECT». Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (7/12)

Εικόνα 45: «Ένα κυψελωτό δίκτυο». Copyrighted.

Εικόνα 45: «Ένα κυψελωτό δίκτυο». Copyrighted.

Εικόνα 46: «GSM». Copyrighted.

Εικόνα 47: «UMTS». Copyrighted.

Εικόνα 48: «Mobile IP – Λειτουργία». Copyrighted.

Εικόνα 49: «Mobile IP – Ανακάλυψη αντιπροσώπων». Copyrighted.

Εικόνα 50: «Mobile IP – Εγγραφή». Copyrighted.

Εικόνα 51: «Mobile IP – Εγγραφή No.2». Copyrighted.

Εικόνα 52: «Mobile IP – Λειτουργία No.2». Copyrighted.

Εικόνα 53: «IP-in-IP Tunneling». Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (8/12)

Εικόνα 54: «Mobile IP – Αντίστροφο τούνελ». Copyrighted.

Εικόνα 55: «Mobile IP – Αντίστροφο τούνελ No.2». Copyrighted.

Εικόνα 56: «Mobile IP – Route Optimization». Copyrighted.

Εικόνα 57: «Mobile IP – Μεταπομπή». Copyrighted.

Εικόνα 58: «Mobile IPv6 – Εγγραφή No.3». Copyrighted.

Εικόνα 59: «Mobile IP – Mobile IPv6». Copyrighted.

Εικόνα 60: «Mobile IP and Cellular IP». Copyrighted.

Εικόνα 61: «Macro- and Micro- mobility». Copyrighted.

Εικόνα 62: «Macro- and Micro- mobility No.2». Copyrighted.

Εικόνα 63: «Cellular IP». Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (9/12)

Εικόνα 64: «Cellular IP No.2». Copyrighted.

Εικόνα 65: «Cellular IP No.3». Copyrighted.

Εικόνα 66: «Cellular IP - Registration». Copyrighted.

Εικόνα 67: «Περιοδικό Paging Update». Copyrighted.

Εικόνα 68: «Αλλαγή Paging Area». Copyrighted.

Εικόνα 69: «Cellular IP – Paging Request». Copyrighted.

Εικόνα 70: «Cellular IP – Paging Response». Copyrighted.

Εικόνα 71: «Cellular IP – Data Delivery». Copyrighted.

Εικόνα 72: «Routing Update (handover)». Copyrighted.

Εικόνα 73: «Κάποιες απώλειες πακέτων μπορεί να συμβούν». Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (10/12)

Εικόνα 74: «Εξέλιξη των εφαρμογών προς 4G». Copyrighted.

Εικόνα 75: «Redneck laptop». Copyrighted. www.funnyfreepics.com

Εικόνα 76: «Από 2G σε 4G». Copyrighted.
<http://www.dbmaker.com/newTech/newTech03.html>

Εικόνα 77: «Εξέλιξη υπηρεσιών». Copyrighted.

Εικόνα 78: «Φάσμα συχνοτήτων». Copyrighted.

Εικόνα 79: «Αρχιτεκτονική δικτύου». Copyrighted.

Εικόνα 80: «4G (LTE) - Αρχιτεκτονική». Copyrighted.

Εικόνα 81: «Showing changes that take place on a 3G network to attain LTE». Copyrighted. Tabula Inc. <http://samagona.blogspot.gr/2014/08/how-far-are-ugandan-4g-networks-4g.html>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (11/12)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Πίνακες

Πίνακας 1: «Cisco Forecasts 24.3 Exabytes per Month of Mobile Data Traffic by 2019». Copyrighted. Cisco VNI Mobile, 2015.

http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.html

Πίνακας 2: « Global Mobile Devices and Connections Growth». Copyrighted. Cisco VNI Mobile, 2015. http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.html

Πίνακας 3: «Global Growth of Smart Mobile Devices and Connections». Copyrighted. Cisco VNI Mobile, 2015.

http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.html



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (12/12)

Πίνακας 4: «Effect of Smart Mobile Devices and Connections Growth on Traffic». Copyrighted. Cisco VNI Mobile, 2015.

http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.html

Πίνακας 5: «By 2019, 68 Percent of Total Mobile Data Traffic Will Be 4G». Copyrighted. Cisco VNI Mobile, 2015.

http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.html

