



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών

Ενότητα 5: Διαχείριση ραδιοδιαύλων

Νικόλαος Πασσάς

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

# Περιγραφή ενότητας

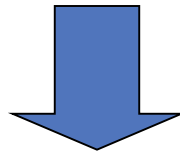
- Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων
  - διαχείριση διάταξης
  - διαχείριση εκχώρησης
  - έναρξη δραστηριότητας MT
  - διαχείριση μετάδοσης
- Μεταπομπή
  - παράμετροι επίδοσης
  - προετοιμασία
  - εκτέλεση
  - πρωτόκολλα



# Διαχείριση ραδιοδιαύλων

# Διαχείριση ραδιοδιαύλων (1/7)

- Αφορά λειτουργίες και διαδικασίες που έχουν σχέση με την:
- Εγκατάσταση και απελευθέρωση συνδέσεων μεταξύ κινητών τερματικών και MSC,
- Διατήρηση αυτών των συνδέσεων ανεξάρτητα από τις κινήσεις των κινητών τερματικών.
- Χορηγείται δίαυλος για όσον χρόνο διαρκεί η κλήση **και υπό τον διαρκή έλεγχο του συστήματος.**



- Επιπρόσθετες λειτουργίες που δεν υπάρχουν στα σταθερά δίκτυα.
- Σηματοδοσία

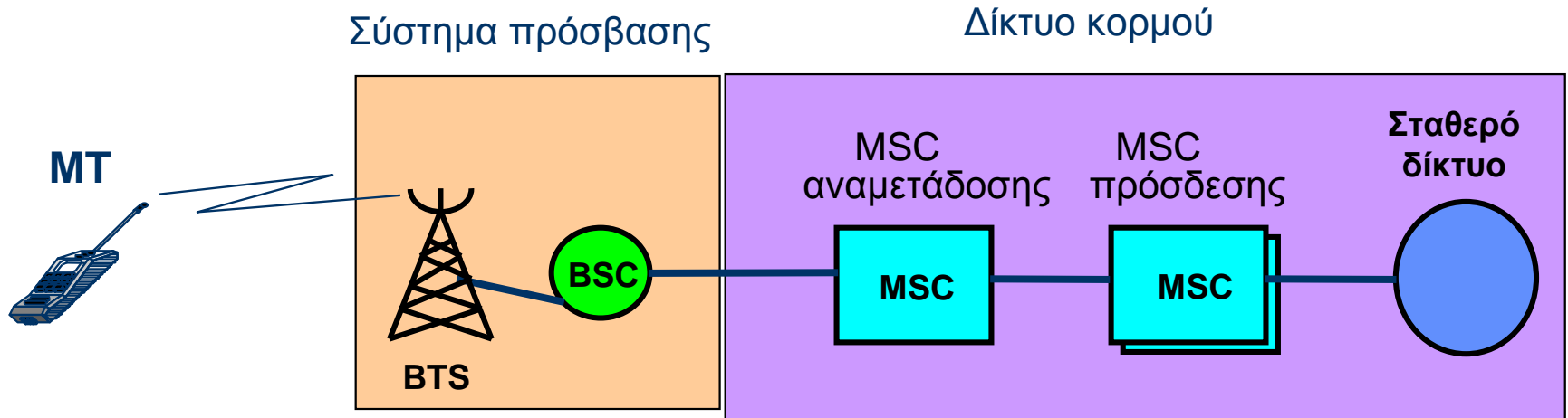


# Διαχείριση ραδιοδιαύλων (2/7)

- Μεταπομπή
- Μετρήσεις
- Απόφαση
- Εκτέλεση
- Ο κύριος ρόλος για τις λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων πέφτει στο σύστημα πρόσβασης (BSS για 2G ή UTRAN για 3G)
- Μικρή εμπλοκή και του MSC (ή SGSN για 3G)



# Διαχείριση ραδιοδιαύλων (3/7)



Εικόνα 1.

- Η διαρκής παρακολούθηση των παρεχόμενων διαύλων απαιτεί σηματοδότηση:
  - μεταξύ των MT και του δικτύου κορμού.
  - μεταξύ των διαφόρων διατάξεων του δικτύου

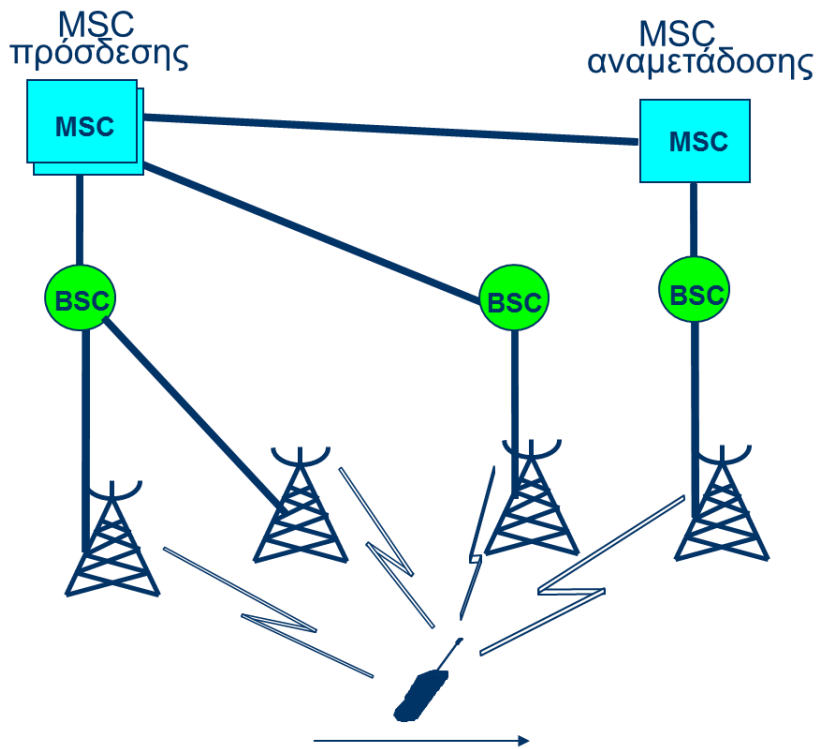


# Διαχείριση ραδιοδιαύλων (4/7)

- Μια σύνοδος MT παρέχει κατ' ελάχιστον:
  - Τα μέσα για τη σηματοδοσία MT – MSC πρόσδεσης.
  - Αναφορές για τον ραδιοδιάυλο στις διεπαφές **BTS - BSC** και **BSC – MSC**.
  - Τα μέσα στο BSS να παρακολουθεί την ασύρματη σύνδεση και να λαμβάνει αποφάσεις για τη μεταπομπή.
- Όταν μεταδίδονται δεδομένα χρήστη απαιτείται πλήρης σύνδεση μεταξύ MT – MSC πρόσδεσης.
- Μια σύνοδος MT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αρκετές διαδοχικές ή παράλληλες κλήσεις.



# Διαχείριση ραδιοδιαύλων (5/7)



Εικόνα 2.

- Λίγα τα σταθερά χαρακτηριστικά της συνόδου MT.
- Είναι υπό τον διαχειριστικό έλεγχο πολλών οντοτήτων του δικτύου.





# Διαχείριση ραδιοδιαύλων (6/7)

- Οι σύνοδοι των ΜΤ είναι ανεξάρτητες, αλλά μοιράζονται το ίδιο σύνολο ασύρματων πόρων.
- Η διαχείριση των ασύρματων πόρων που θα χρησιμοποιηθούν σε μια κυψέλη περιλαμβάνει δύο κύρια θέματα:
  - **διαχείριση διάταξης διαύλων:** καθορισμός των διαύλων και διάρθρωση των μηχανημάτων.
  - **διαχείριση εκχώρησης διαύλων:** συμμετοχή των διαύλων σε κύκλους εκχώρησης – απελευθέρωσης.

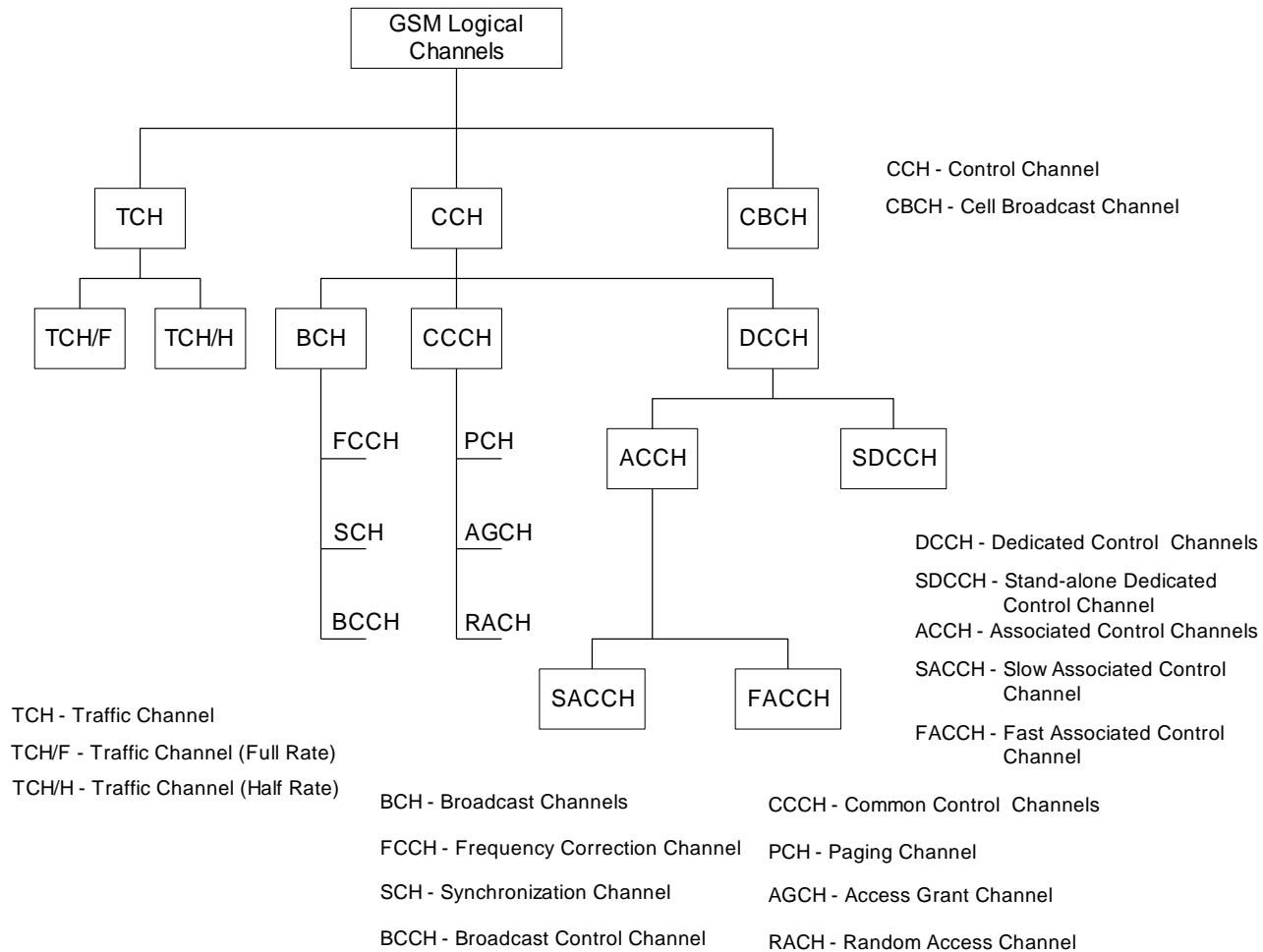


# Διαχείριση ραδιοδιαύλων (7/7)

- Η διαχείριση διάταξης και η διαχείριση εκχώρησης διαύλων είναι αρμοδιότητα του BSC.
- Το MSC παρεμβαίνει για να καθορίσει τον τύπο του διαύλου.
- Ο BTS εκτελεί τις εργασίες υπό τον έλεγχο του BSC.

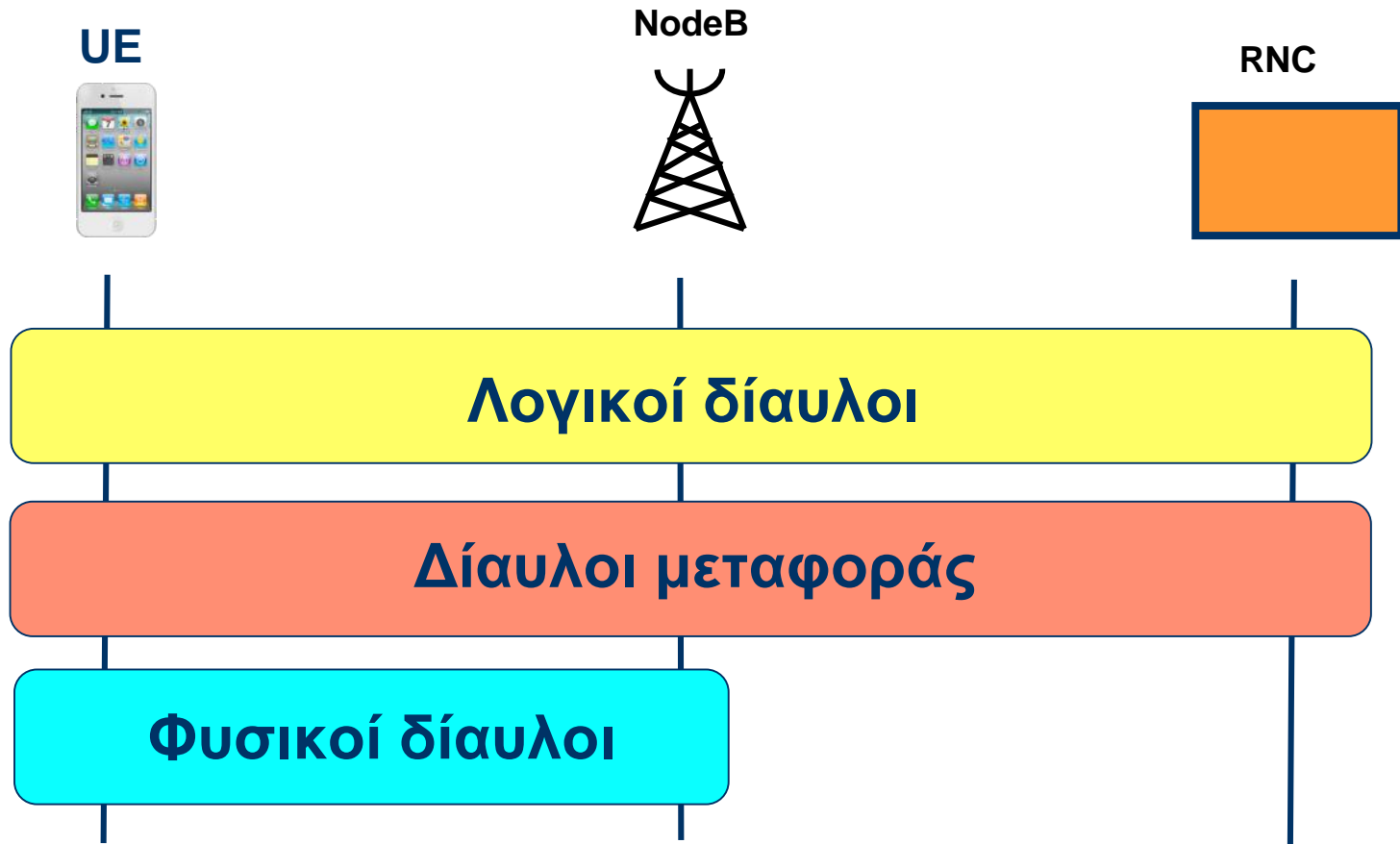


# Διαχείριση ραδιοδιαύλων - Λογικοί δίαυλοι GSM

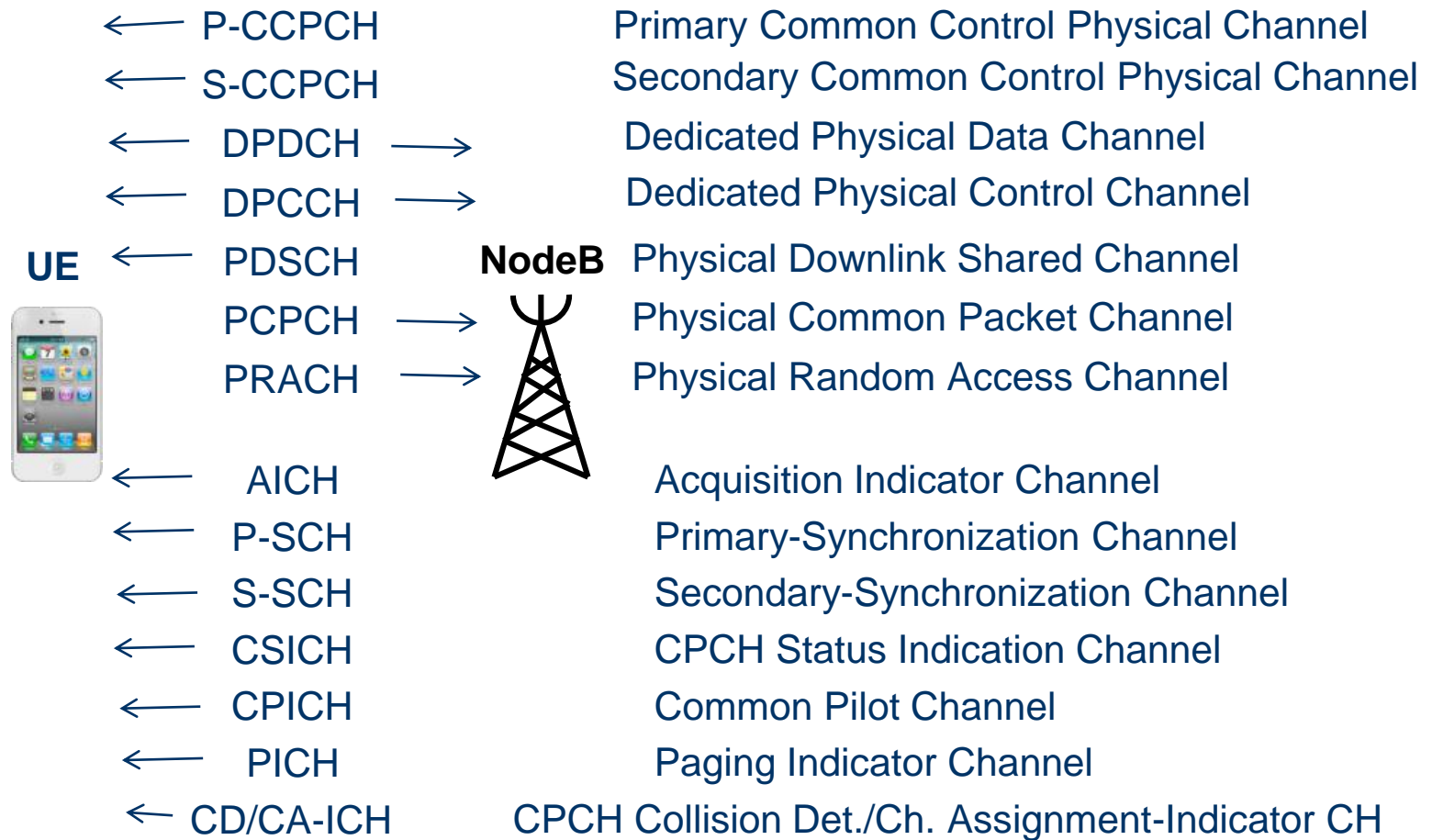


Εικόνα 3.

# Διαχείριση ραδιοδιαύλων - Τύποι διαύλων στο WCDMA

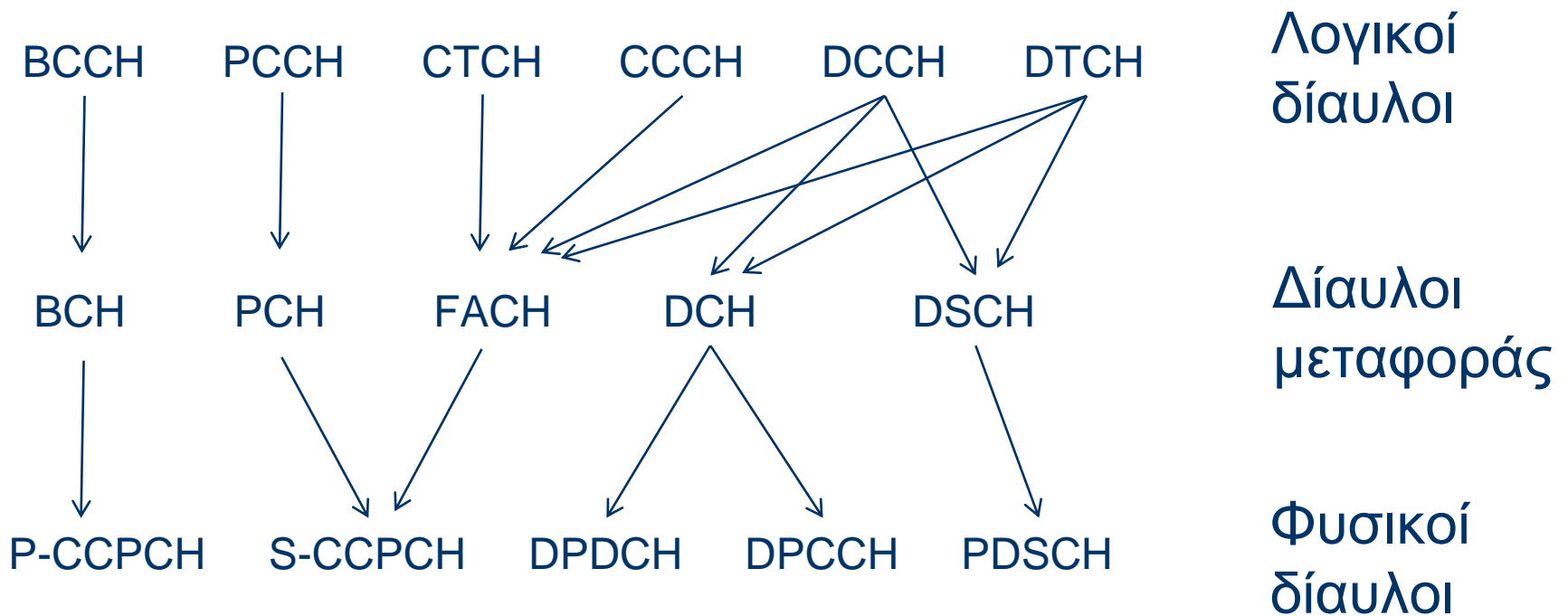


# Διαχείριση ραδιοδιαύλων - Φυσικοί δίαυλοι στο WCDMA



Εικόνα 4.

# Διαχείριση ραδιοδιαύλων - Αντιστοίχιση διαύλων WCDMA: downlink



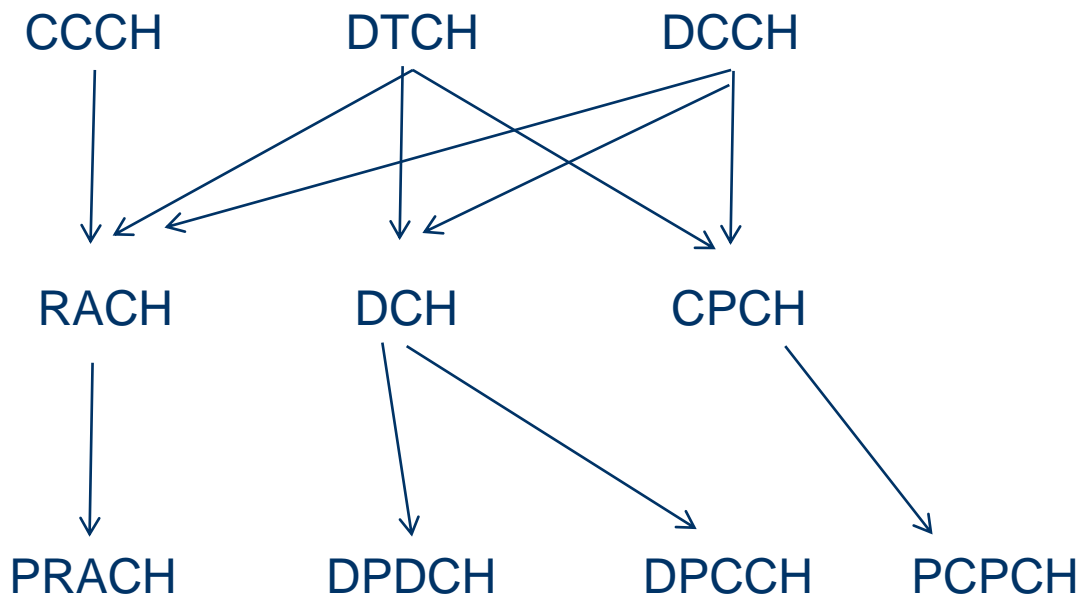
Λογικοί  
δίαυλοι

Δίαυλοι  
μεταφοράς

Φυσικοί  
δίαυλοι



# Διαχείριση ραδιοδιαύλων - Αντιστοίχιση διαύλων WCDMA: uplink



Λογικοί  
δίαυλοι

Δίαυλοι  
μεταφοράς

Φυσικοί  
δίαυλοι



# Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων (1/14)

## Λειτουργίες διαχείρισης διάταξης

- Η διάταξη διαύλων μιας κυψέλης είναι η λίστα διαύλων που ορίστηκε να χρησιμοποιούνται στην κυψέλη.
- Περιλαμβάνει διαύλους **κίνησης** και **ελέγχου**.
- Η διάταξη διαύλων μιας κυψέλης μπορεί να μεταβάλλεται χρονικά.
- Οι μεταβολές μπορεί να έχουν διαφορετικό βαθμό επίδρασης στη διαχείριση της κίνησης.





# Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων (2/14)

## Λειτουργίες διαχείρισης διάταξης

- Αναδιάταξη των διαύλων (αρχικής) πρόσβασης.
- Αναδιοργάνωση του διαύλου αναζήτησης και παροχής πρόσβασης (ελέγχεται από BSC).
- Αναδιάταξη διαύλων κίνησης (HO, new call).
- Αλλαγές στη διάταξη συχνοτήτων (FH).
  - για το MT, αλλαγές συχνοτήτων
  - για το BSS, συγχρονισμός μεταξύ MTs και BTS με σηματοδοσία που από τη φύση της είναι ασύγχρονη.



# Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων (3/ 14)

## Λειτουργίες εκχώρησης διαύλων

- Αφορούν τον τρόπο που επιλέγονται οι δίαυλοι συγκεκριμένης χρήσης.
- **Από πλευράς ΜΤ:**
  - Απλές εντολές για έναρξη εκπομπής και λήψης σε προκαθορισμένους διαύλους.
- **Από πλευράς δικτύου:**
  - Επιλογή διαύλου και έναρξη χρησιμοποίησής του.
  - Η επιλογή διαύλου πρέπει να λάβει υπόψη τη βελτιστοποίηση της επίδοσης μετάδοσης.
  - Εκ των προτέρων γνώση της επίδοσης κάθε δίαυλου.



# Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων (4/ 14)

## Λειτουργίες έναρξης δραστηριότητας MT

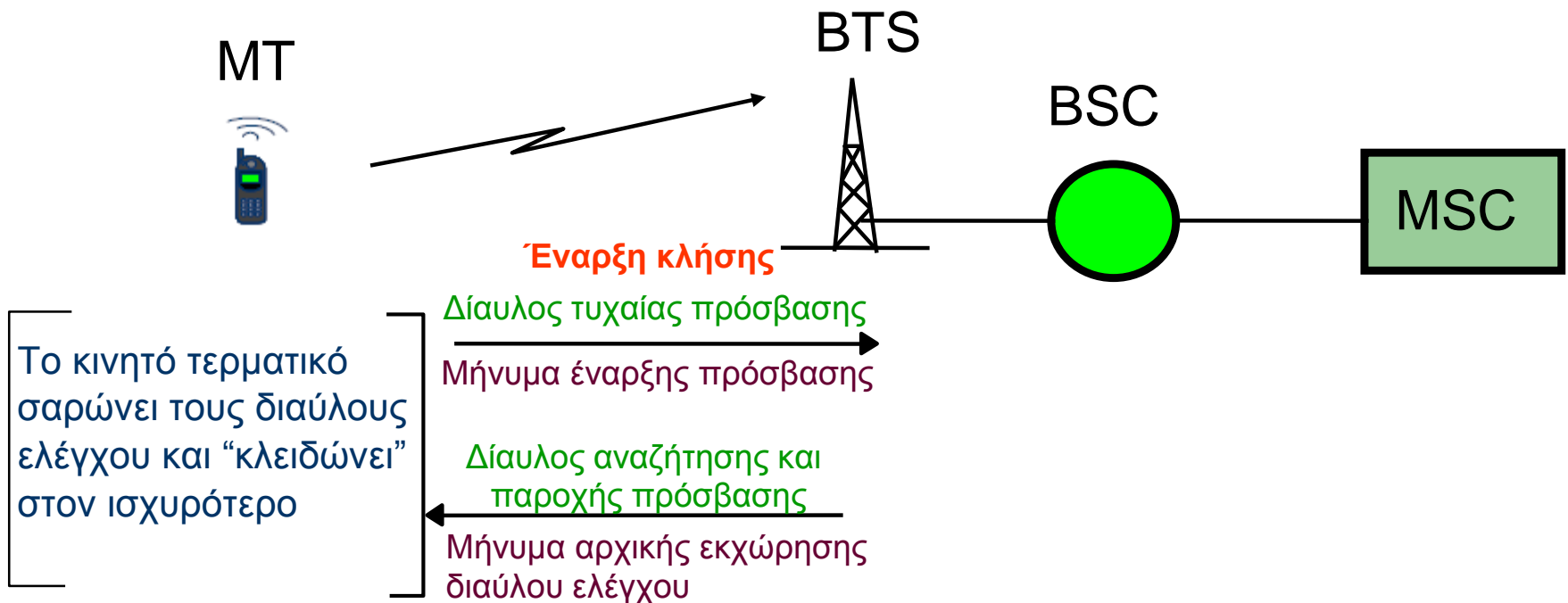
- Ενεργοποιημένο (switched-on) MT
  - κατάσταση ηρεμίας (idle state)
  - κατάσταση δραστηριότητας (active state)
- Οι **λειτουργίες πρόσβασης** αφορούν τη μετάβαση του MT από κατάσταση ηρεμίας σε κατάσταση δραστηριότητας.
  - Η διαδικασία της πρόσβασης ξεκινά πάντα από το MT.
  - Οι **λειτουργίες αναζήτησης** χρησιμοποιούνται από το δίκτυο για να ειδοποιήσουν το MT να ζητήσει εγκατάσταση συνόδου



# Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων (5/ 14)

## Λειτουργίες έναρξης δραστηριότητας MT

### Πρόσβαση



Εικόνα 5.

# Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων (6/ 14)

## Λειτουργίες έναρξης δραστηριότητας MT

### Πρόσβαση

- Η διαδικασία της πρόσβασης αποτελεί έναρξη μιας συνόδου.
- Δραστηριοποιεί όλες τις οντότητες που συμμετέχουν και όλες τις επαναλαμβανόμενες λειτουργίες που αποτελούν μέρος της συνόδου.
- Πρόσβαση μπορεί να ζητηθεί:
  - από το MT (έναρξη κλήσης, ενημέρωση θέσης),
  - από το δίκτυο (εισερχόμενη κλήση).



# Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων (7/ 14)

## Λειτουργίες έναρξης δραστηριότητας MT

### Αναζήτηση

- Η διαδικασία της αναζήτησης είναι πλησιέστερη προς τη Διαχείριση Κινητικότητας.
- Κατατάσσεται και στη διαχείριση ραδιοδιαύλων λόγω της σχέσης της με λειτουργίες που είναι αμιγείς λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων.
  - Κοινός δίαυλος αναζήτησης και αρχικής πρόσβασης που τον διαχειρίζεται ο BSC.
    - Ομαδοποίηση των μηνυμάτων αναζήτησης
    - Ομαδοποίηση των μηνυμάτων αρχικής πρόσβασης
  - Ο BSC κάνει το κυρίως έργο της αναζήτησης.
  - Ασυνεχής λήψη.



# Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων (8/ 14)

## Λειτουργίες διαχείρισης μετάδοσης

- Χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση των χαρακτηριστικών μιας συνόδου MT.
- Τα χαρακτηριστικά της συνόδου εξαρτώνται από την υπηρεσία και αποφασίζονται από το MSC πρόσδεσης.
- Ο BSC επιλέγει τον δίαυλο του απαιτούμενου τύπου και ελέγχει τις διάφορες οντότητες, συμπεριλαμβανομένου και του MT.
- Το κύκλωμα μεταξύ MSC - BSC ελέγχεται από το MSC.
- Η κρυπτογράφηση αποφασίζεται από το MSC και ο BSC συντονίζει την αλλαγή.



# Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων (9/ 14)

## Λειτουργίες διαχείρισης μετάδοσης

### Έλεγχος ισχύος

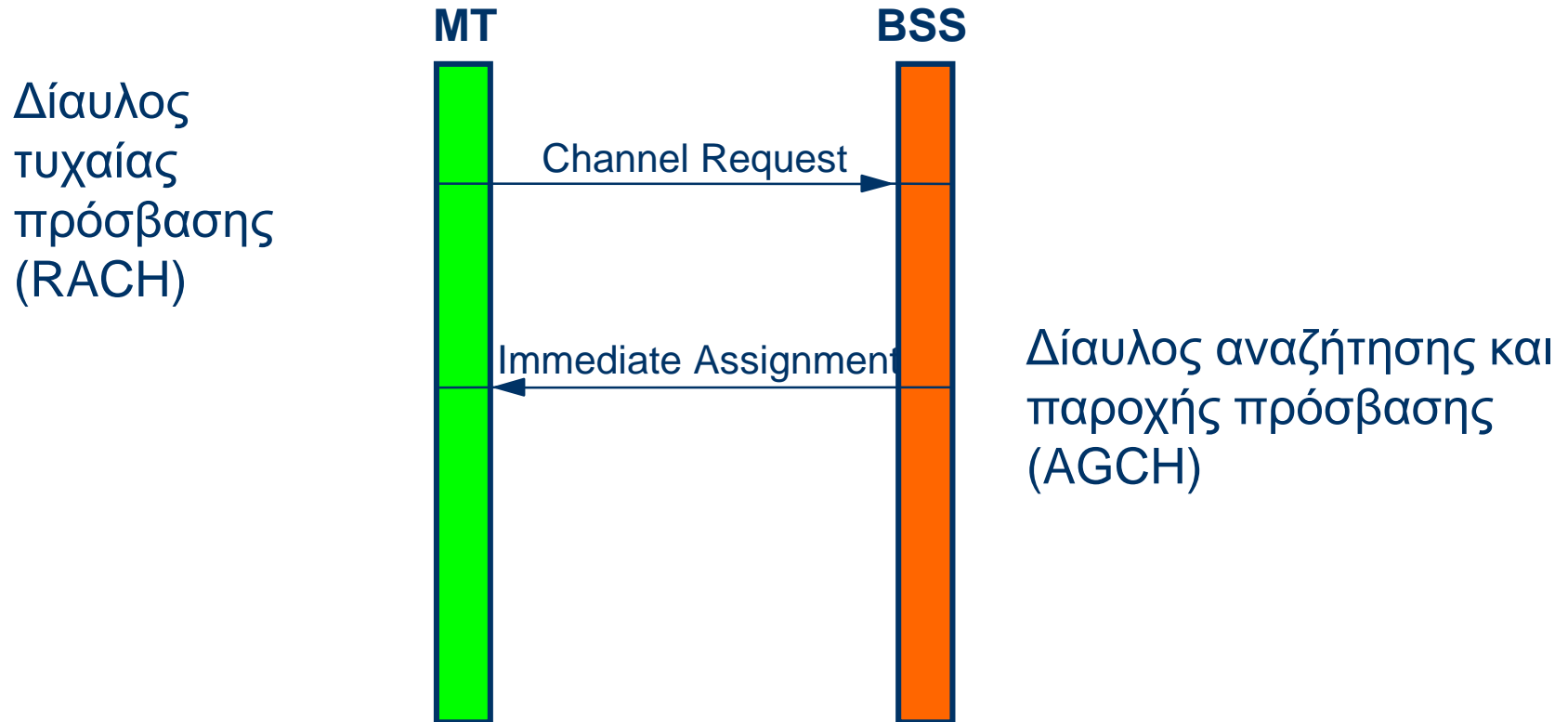
- Αναφέρεται στη δυνατότητα να τροποποιείται η ισχύς εκπομπής, μέσα σε κάποια περιοχή μεταβολής, τόσο από το MT όσο και από τον BTS.
- Υπόκειται σε διαχείριση από το BSS. Η κατανομή των λειτουργιών μεταξύ του BTS και του BSC διαφέρει από κατασκευαστή σε κατασκευαστή.
  - Αποστολή μετρήσεων
  - Αποστολή εντολών
    - BSC → MT
    - BSC → BTS





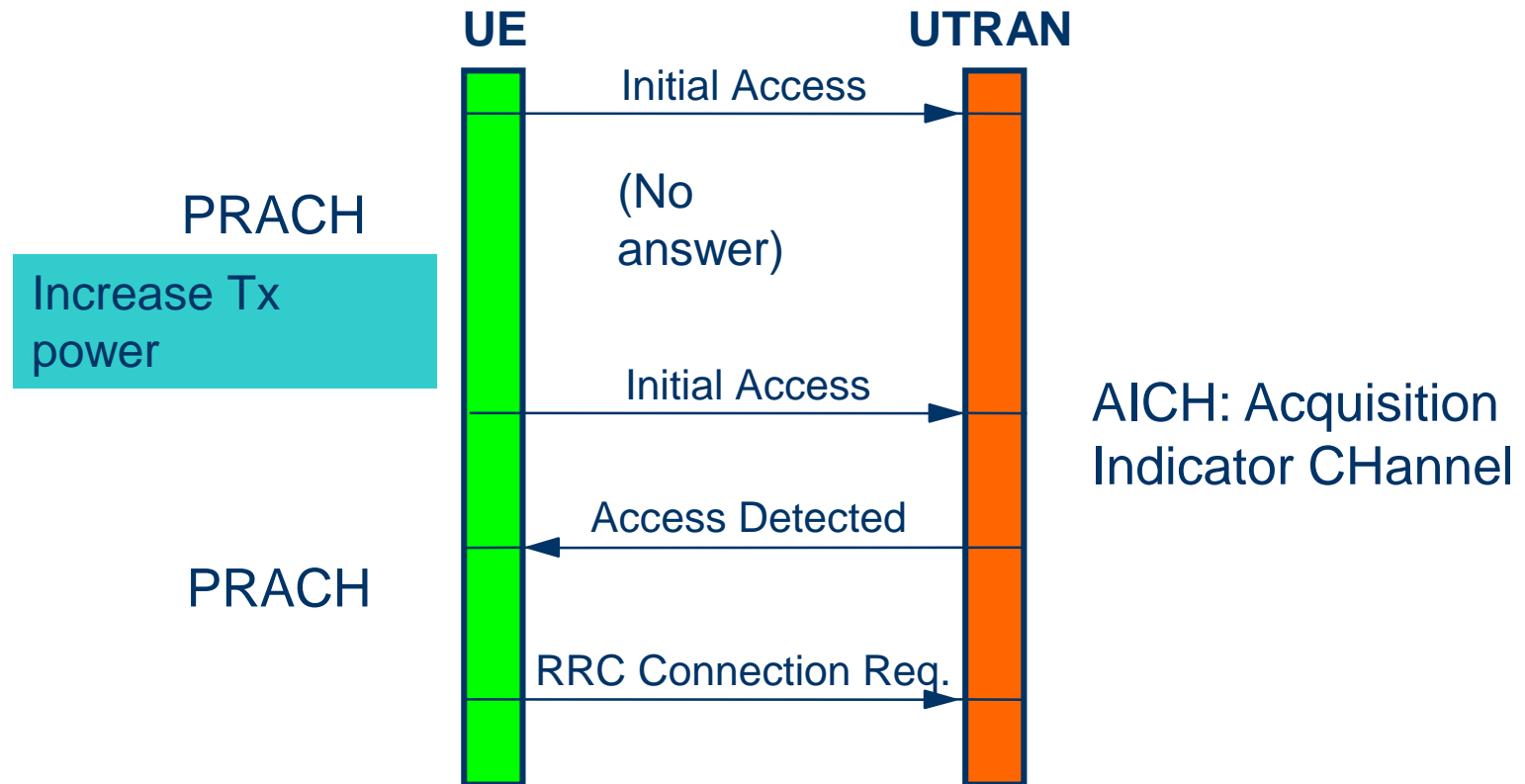
# Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων (10/ 14)

## Διαδικασία πρόσβασης και αρχικής εκχώρησης: GSM/ DCS



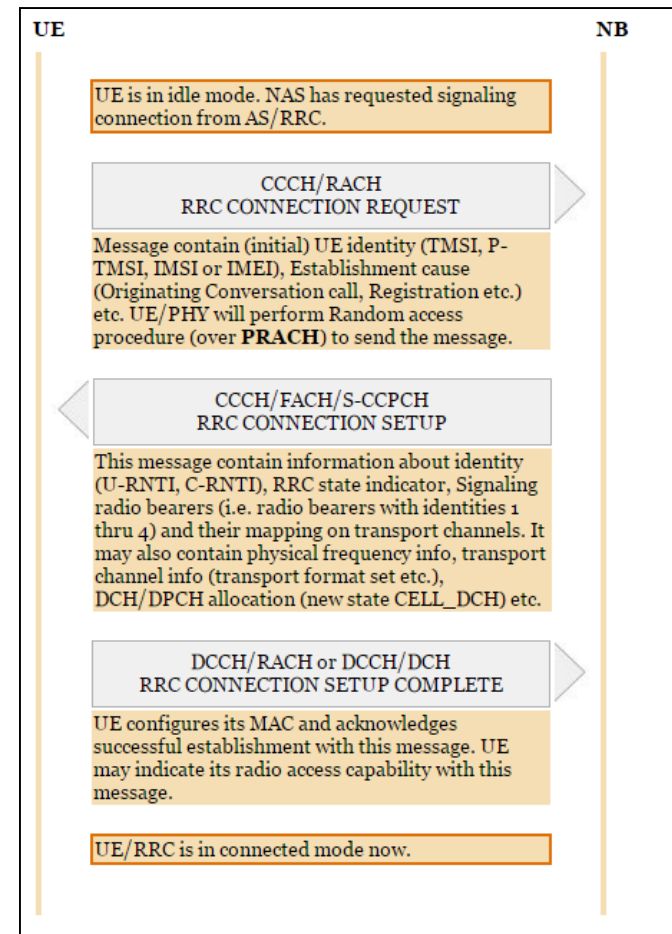
# Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων (11/ 14)

## Διαδικασία πρόσβασης και αρχικής εκχώρησης: UMTS



# Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων (12/ 14)

## Διαδικασία πρόσβασης και αρχικής εκχώρησης: UMTS

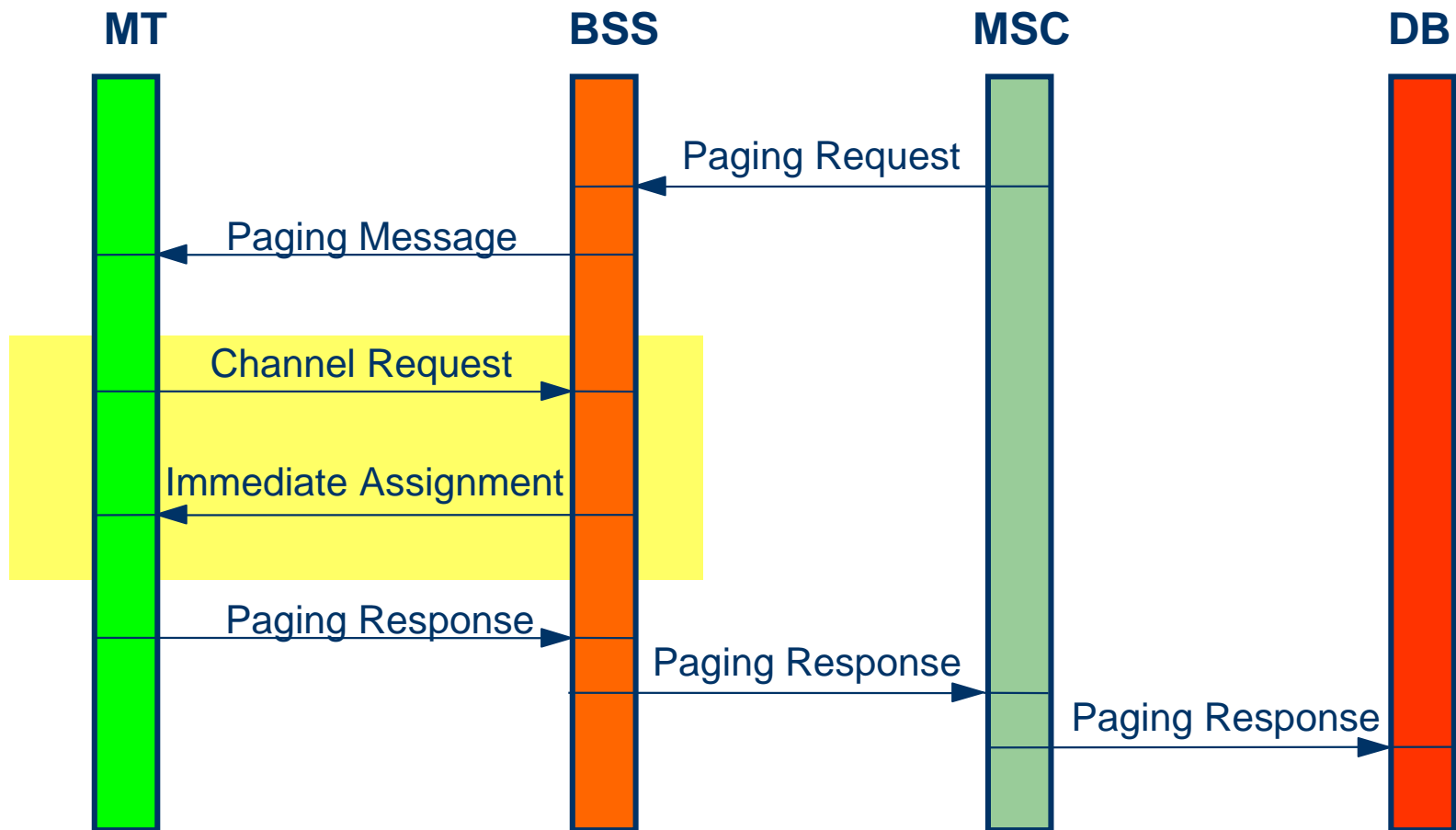


Εικόνα 6.



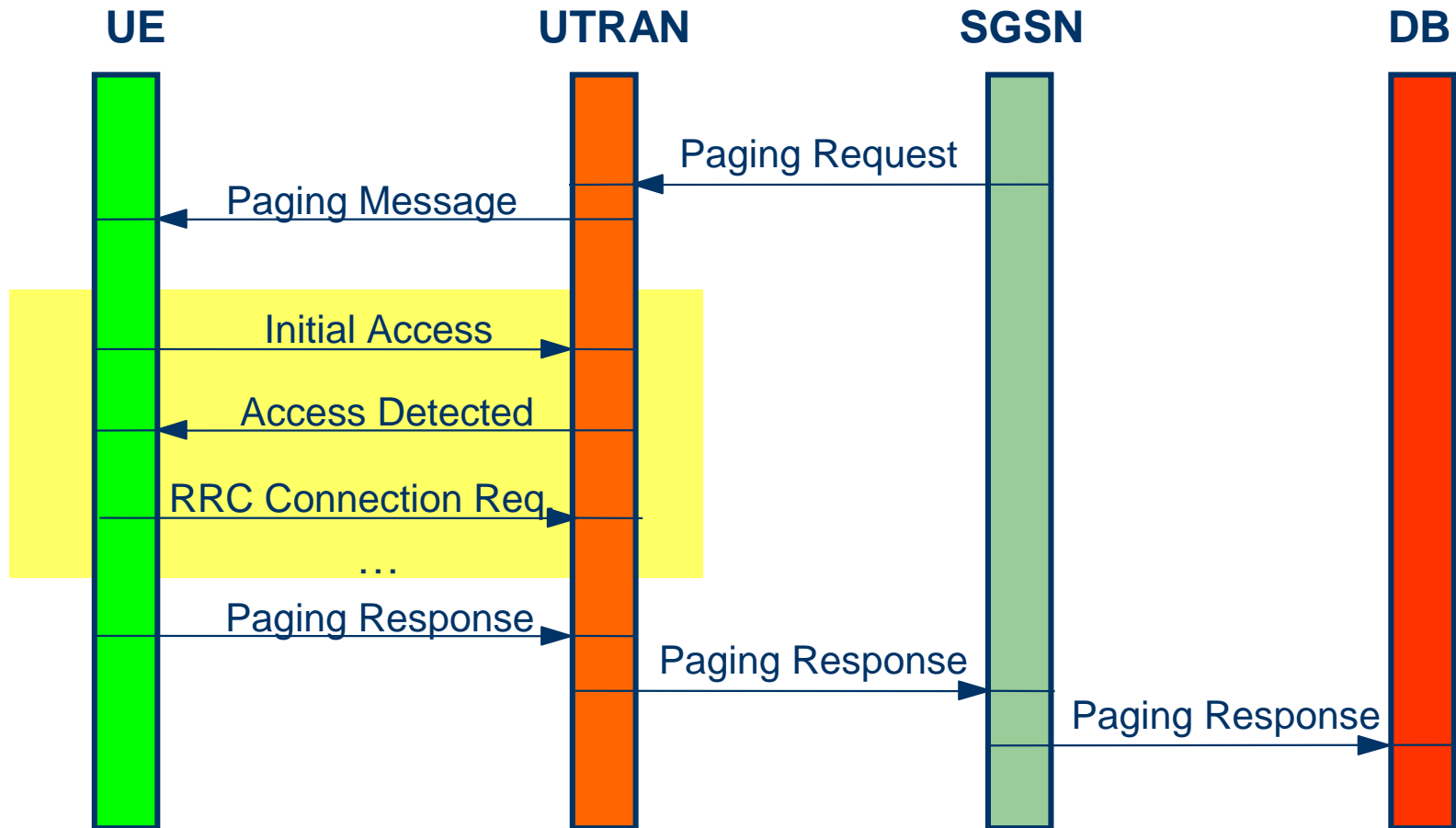
# Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων (13/ 14)

## Διαδικασία αναζήτησης: GSM/ DCS



# Λειτουργίες διαχείρισης ραδιοδιαύλων (14/ 14)

## Διαδικασία αναζήτησης: UMTS

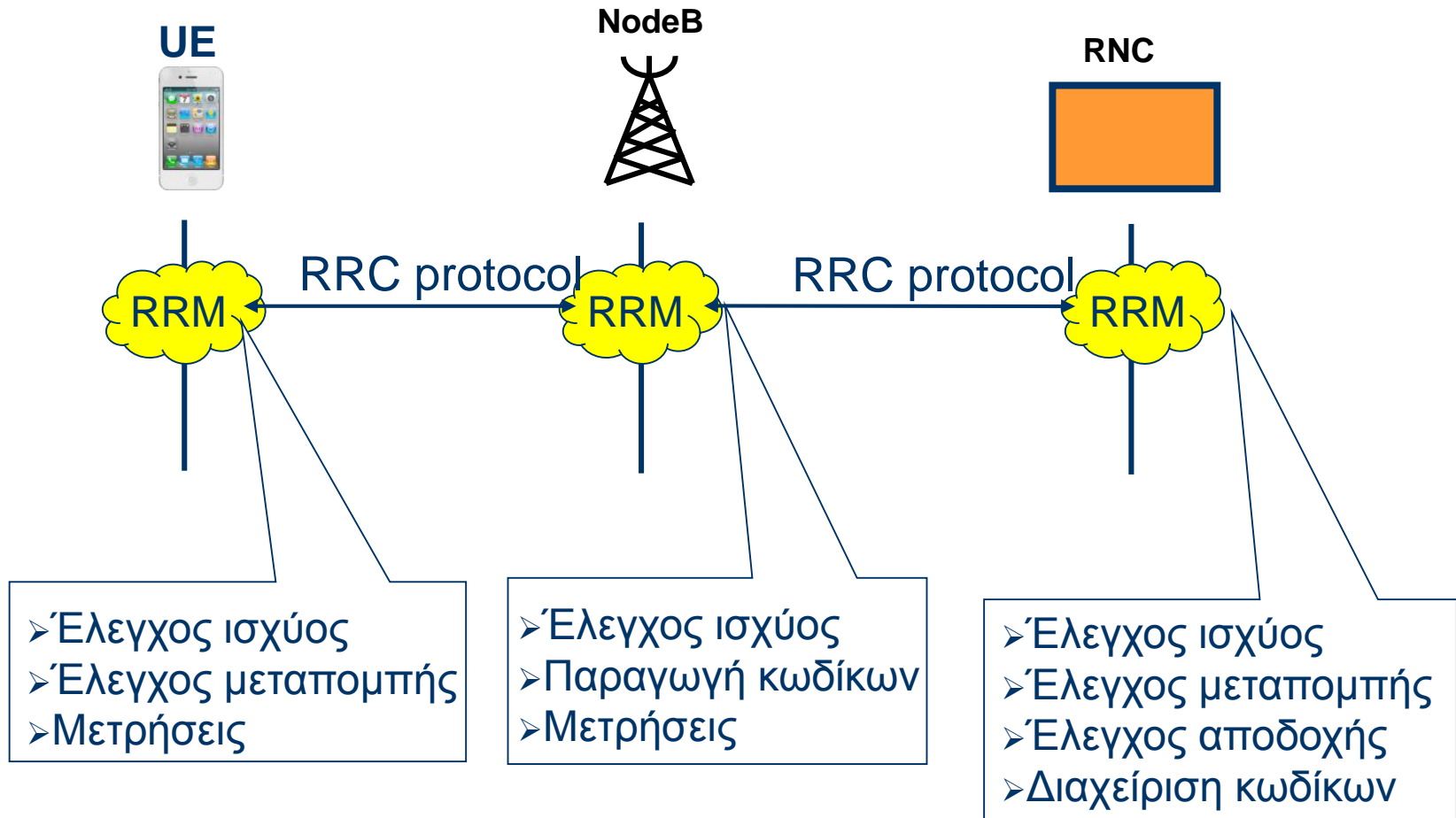


# Διαχείριση ασυρμάτων πόρων στο UMTS (1/10)

- Ο κύριος ρόλος για τις λειτουργίες διαχείρισης ανήκει στο UTRAN.
- Η διαχείριση ασυρμάτων πόρων χρησιμοποιεί διάφορες διαδικασίες για την εξασφάλιση της ποιότητας της ασύρματης ζεύξης.
- Η ανταλλαγή πληροφοριών για την υλοποίηση των διαδικασιών αυτών γίνεται με το πρωτόκολλο ελέγχου ασυρμάτων πόρων (radio resource control, RRC).



# Διαχείριση ασυρμάτων πόρων στο UMTS (2/10)



# Διαχείριση ασυρμάτων πόρων στο UMTS (3/10)

## Έλεγχος ισχύος

- Εφαρμόζεται και στη ζεύξη ανόδου και στη ζεύξη καθόδου.
- Στη ζεύξη καθόδου έχει ως βασικό στόχο να ελαχιστοποιήσει την παρεμβολή προς τις άλλες κυψέλες, να αντισταθμίσει την παρεμβολή από τις άλλες κυψέλες και να επιτύχει αποδεκτό λόγο S/I.
- Στη ζεύξη ανόδου μετριάζει το φαινόμενο near-far για να μειώσει την ενδοκυψελική παρεμβολή.
- Χρησιμοποιούνται δύο μηχανισμοί:
  - Ανοιχτού βρόχου (Open Loop Power Control, OLPC)
  - Κλειστού βρόχου (Closed Loop Power Control, CLPC)





# Διαχείριση ασυρμάτων πόρων στο UMTS (4/10)

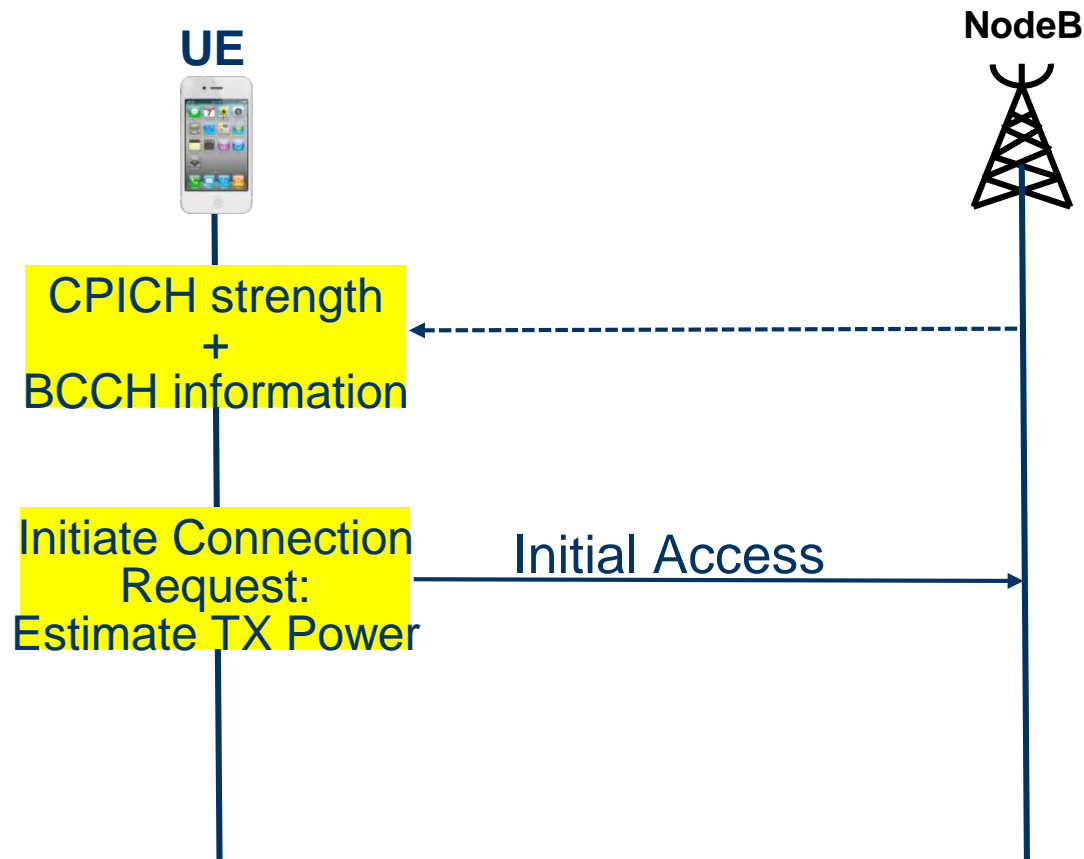
## Έλεγχος ισχύος ανοιχτού βρόχου

- Ο μηχανισμός OLPC χρησιμοποιείται βασικά στη ζεύξη ανόδου και μέσω αυτού ο UE ρυθμίζει την ισχύ εκπομπής του, **όταν είναι σε κατάσταση ηρεμίας**, βάσει μιας εκτίμησης της στάθμης του λαμβανόμενου σήματος **στο CPICH, πριν μεταδώσει στο PRACH.**
- Επιπρόσθετα, η UE λαμβάνει πληροφορίες από το **BCCH** για τις επιτρεπόμενες στάθμες, όταν είναι σε κατάσταση ηρεμίας. Το UE υπολογίζει τις απώλειες διαδρομής και με βάση τις τιμές που λαμβάνει από το BCCH εκτιμά τη στάθμη ισχύος με την οποία θα επιχειρήσει την αρχική πρόσβαση.



# Διαχείριση ασυρμάτων πόρων στο UMTS (5/10)

## Έλεγχος ισχύος ανοιχτού βρόχου



# Διαχείριση ασυρμάτων πόρων στο UMTS (6/10)

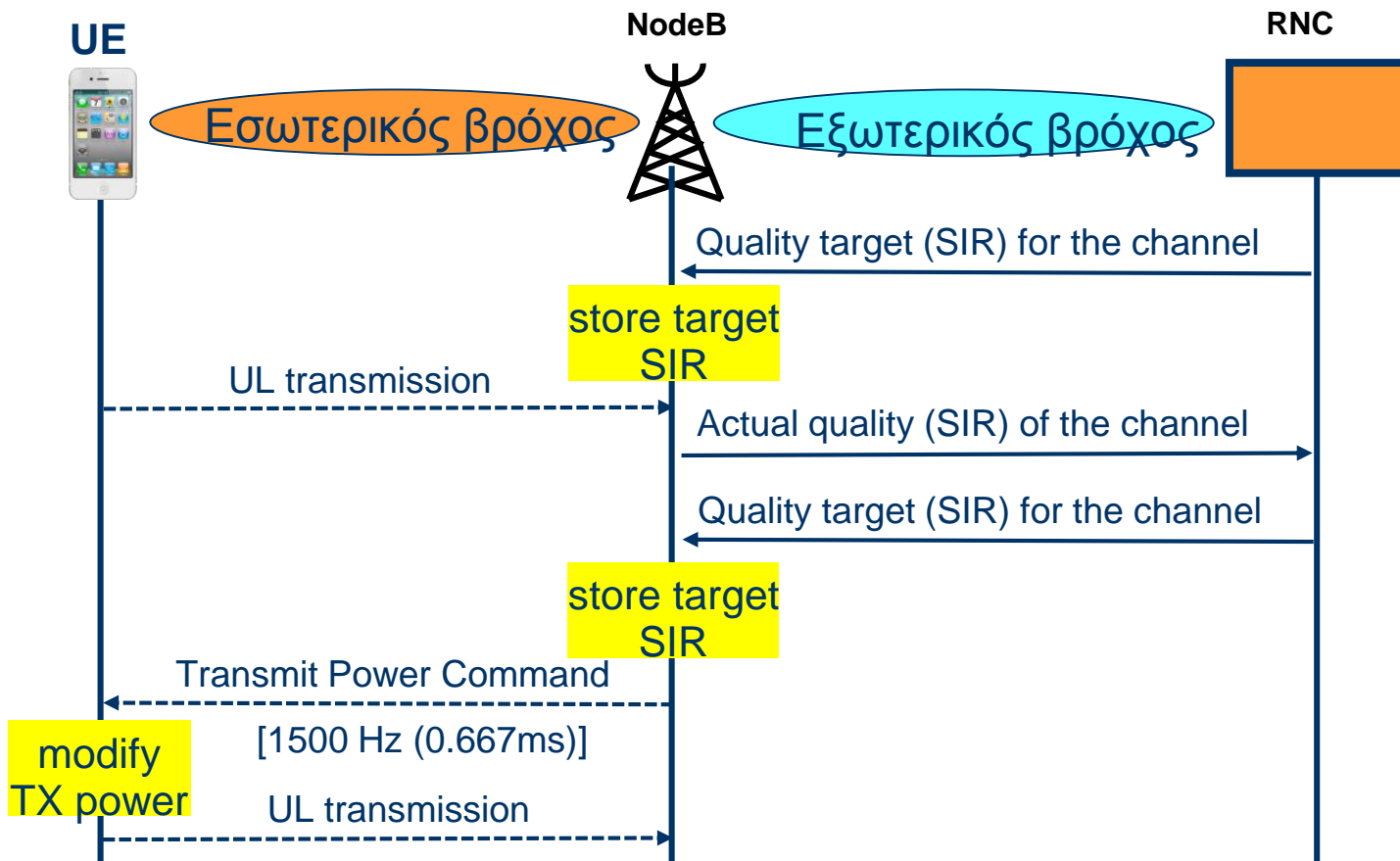
## Έλεγχος ισχύος κλειστού βρόχου

- Ο μηχανισμός CLPC χρησιμοποιείται **όταν έχει ήδη εγκατασταθεί η σύνδεση.**
- Αντισταθμίζει την επίδραση των απότομων μεταβολών της έντασης του σήματος και, συνεπώς, πρέπει να είναι αρκετά γρήγορος.
- Εφαρμόζεται τόσο στη ζεύξη ανόδου όσο και στη ζεύξη καθόδου.
- Στη ζεύξη ανόδου, ανάλογα με το SIR στο λαμβανόμενο σήμα, ο NodeB δίνει εντολή στην UE, με ρυθμό 1500 φορές ανά sec, να μεταβάλλει την ισχύ εκπομπής της με βήματα μεταβολής 1, 2, ή 3 dB.
- Στη ζεύξη καθόδου, εφαρμόζεται η αντίστροφη διαδικασία.



# Διαχείριση ασυρμάτων πόρων στο UMTS (7/10)

## Έλεγχος ισχύος κλειστού βρόχου



# Διαχείριση ασυρμάτων πόρων στο UMTS (8/10)

## Έλεγχος αποδοχής κλήσεων

- Το κύριο έργο του είναι να εκτιμήσει κατά πόσο μια νέα κλήση μπορεί να έχει πρόσβαση στο σύστημα χωρίς να υποβαθμίζονται οι εξυπηρετούμενες κλήσεις.
- Ο αλγόριθμος ελέγχου αποδοχής θα πρέπει να προβλέπει το φορτίο της κυψέλης, όταν πρόκειται να γίνει αποδεκτή μια κλήση. Βάσει του αλγορίθμου ελέγχου αποδοχής, ο RNC είτε αποδέχεται είτε απορρίπτει την πρόσβαση.



# Διαχείριση ασυρμάτων πόρων στο UMTS (9/10)

## Διαχείριση κωδίκων

- Ο RNC διαχειρίζεται τους κώδικες διαύλων και τους κώδικες ανάδευσης (scrambling) στις ασύρματες συνδέσεις.
- Η παραγωγή των κωδίκων γίνεται κυρίως στον σταθμό βάσης.
- Κάθε κυψέλη χρησιμοποιεί έναν κώδικα ανάδευσης. Η UE μπορεί να διακρίνει τις κυψέλες από τους διαφορετικούς κώδικες ανάδευσης.
- Κάτω από τον ίδιο κώδικα ανάδευσης ο RNC χρησιμοποιεί μια ομάδα κωδίκων διαύλων, που είναι η ίδια για κάθε κώδικα ανάδευσης.



# Διαχείριση ασυρμάτων πόρων στο UMTS (10/10)

## Διαχείριση κωδίκων

- Η πληροφορία που εκπέμπεται στο BCCH κωδικοποιείται με έναν κώδικα ανάδευσης. Η UE πρέπει πρώτα να βρει την τιμή του κώδικα ανάδευσης για να κάνει πρόσβαση στην κυψέλη.
- Μετά τη σύνδεση μεταξύ της UE και του δικτύου, οι χρησιμοποιούμενοι δίαυλοι διαχωρίζονται μεταξύ τους με κώδικες διαύλων.
- Η πληροφορία που μεταδίδεται μέσω της ασύρματης διεπαφής απλώνεται με τη χρήση ενός κώδικα εξάπλωσης ανά δίαυλο και ο χρησιμοποιούμενος κώδικας εξάπλωσης είναι ο κώδικας ανάδευσης  $\times$  κώδικας διαύλου.



# Μεταπομπή (1/22)

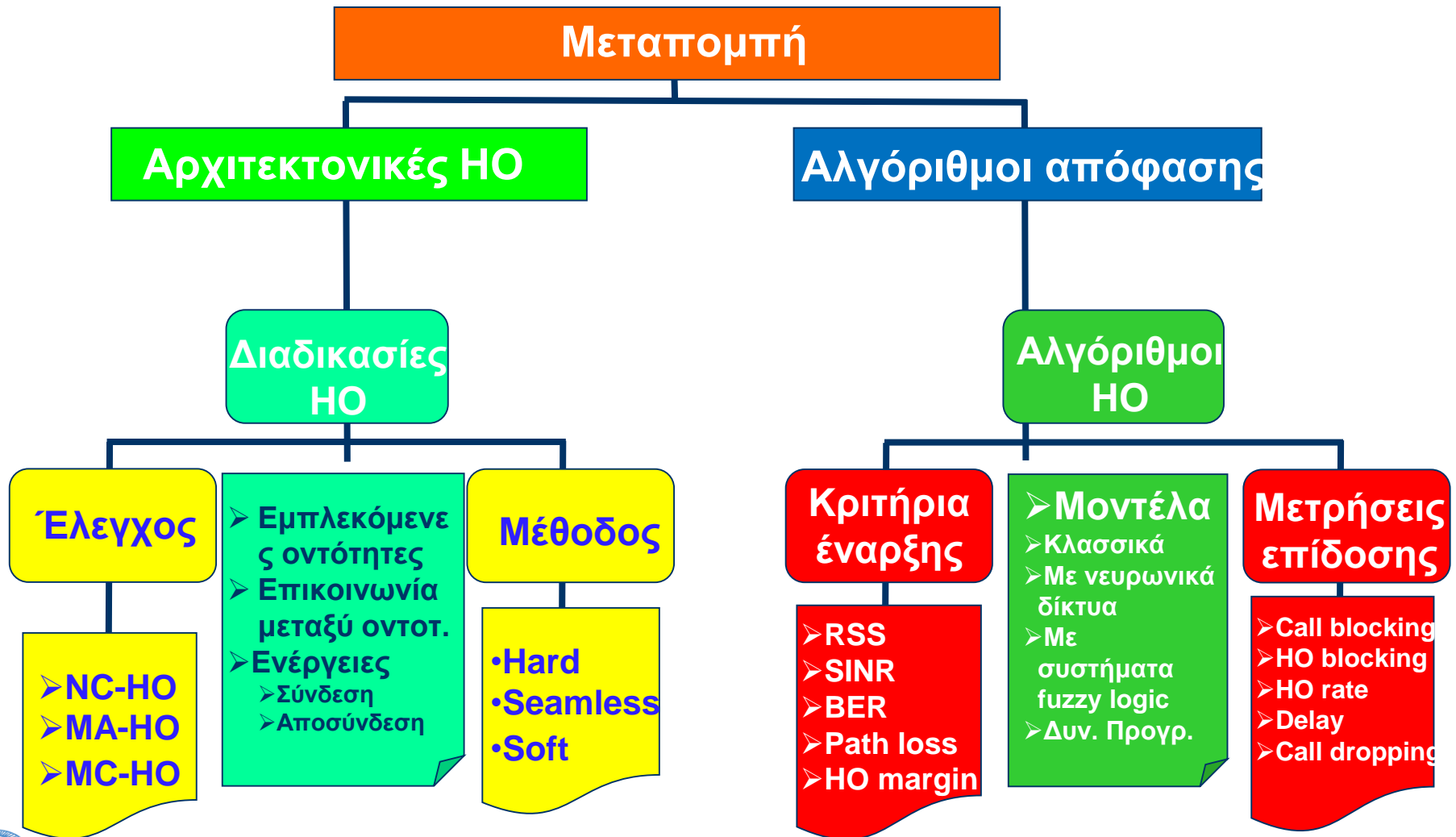
## Βασικές απαιτήσεις

- Να μην γίνεται αντιληπτή από τον χρήστη
  - Ταχύτητα εκτέλεσης
  - Αξιοπιστία και διαφάνεια ως προς τον χρήστη
  - Να λαμβάνεται υπόψη η υπηρεσία
- Να μην αυξάνει το φορτίο σηματοδοσίας
  - Περιορισμένη κατανομή της λειτουργικότητας της μεταπομπής





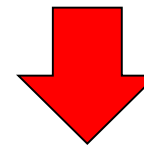
# Μεταπομπή (2/22)



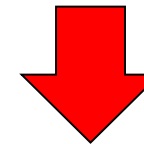
# Μεταπομπή (3/22)

## Φάσεις της μεταπομπής

- Κριτήρια μετρήσεων
- Αναφορές μετρήσεων



- Παράμετροι αλγορίθμων
- Κριτήρια έναρξης



- Σηματοδοσία μεταπομπής
- Εκχώρηση ασυρμάτων πόρων



# Μεταπομπή (4/22)

## Μετρήσεις

- Η φάση των μετρήσεων είναι ζωτικής σημασίας για την καλή επίδοση του δικτύου, για δύο λόγους:
  - Παρατηρείται συχνά δραστική μεταβολή της στάθμης του σήματος στον ραδιοδίαυλο, λόγω απωλειών διαδρομής και διαλείψεων, που οφείλονται στο περιβάλλον της κυψέλης και στην κίνηση του ΜΤ.
  - Περίσσεια αναφορών μετρήσεων από το ΜΤ ή εκτέλεση της διαπομπής από το δίκτυο, αυξάνει το συνολικό φορτίο σηματοδοσίας, γεγονός που δεν είναι επιθυμητό



# Μεταπομπή (5/22)

## Μετρήσεις

- Για τους σκοπούς της μεταπομπής το ΜΤ μετρά διαρκώς τη στάθμη ισχύος του σήματος από τις γειτονικές κυψέλες και αναφέρει τα αποτελέσματα στο δίκτυο
  - Ποιες μετρήσεις;
  - Πώς γίνονται από το ΜΤ;
  - Πώς μεταφέρονται στο δίκτυο;



# Μεταπομπή (6/22)

## Απόφαση

- Η μεταπομπή μπορεί να αρχίσει κάτω από τρεις συνθήκες:
  - Όταν υποβιβάζεται η ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος.
  - Όταν ο χρήστης (τερματικό) διασχίζει τα όρια της κυψέλης.
  - Όταν γίνεται αναδιάταξη των διαύλων από το σύστημα.
- Υπάρχουν δύο τύποι μεταπομπής:
  - Ενδοκυψελική (intra-cell)
  - Διακυψελική (inter-cell)



# Μεταπομπή (7/22)

## Κριτήρια έναρξης

- Στην πράξη χρησιμοποιούνται τέσσερα κριτήρια έναρξης της μεταπομπής:
  - Ισχύς του λαμβανόμενου σήματος (Received Signal strength, RSS)
  - Λόγος σήματος προς παρεμβολή και θόρυβο (SINR)
  - Απόσταση μεταξύ MT και BTS
  - Κριτήρια σχετικά με το δίκτυο



# Μεταπομπή (8/22)

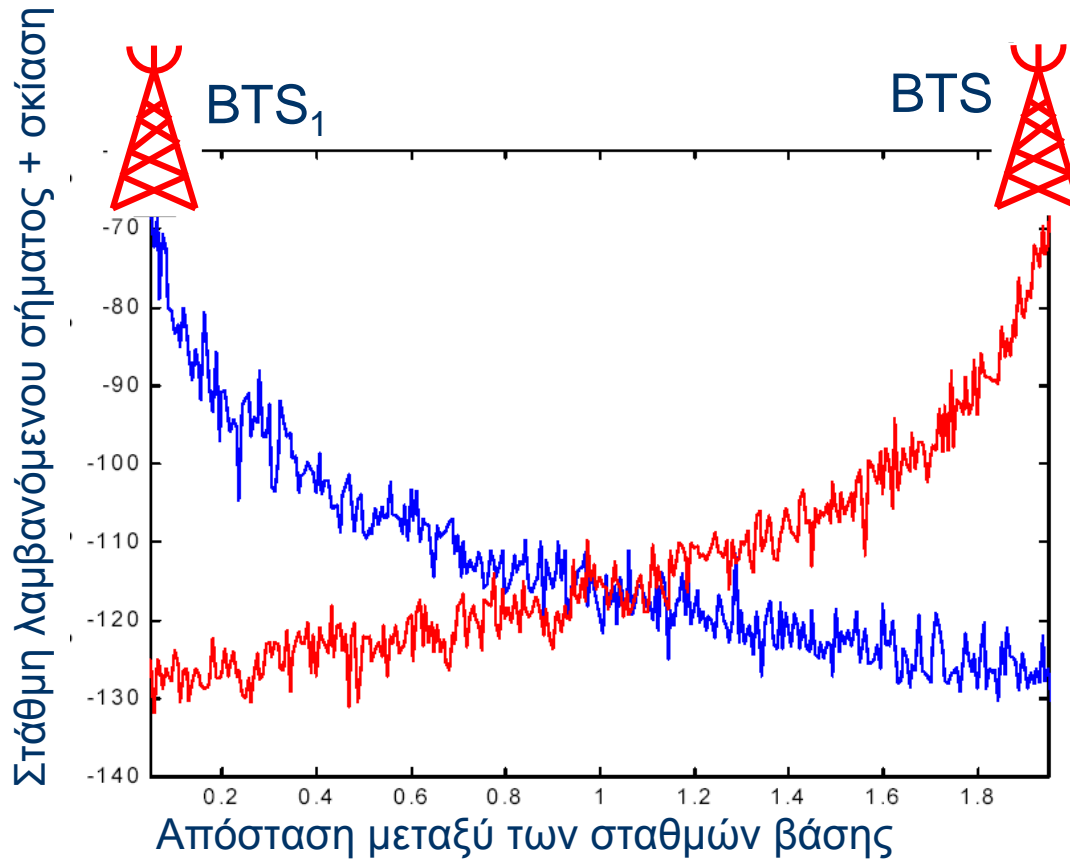
## Κριτήρια έναρξης

- Το κριτήριο του RSS χρησιμοποιείται περισσότερο από τα άλλα.
- Για την αποφυγή πρόωρων μεταπομπών χρησιμοποιούνται:
  - Το παράθυρο μέσης τιμής
  - Το περιθώριο υστέρησης



# Μεταπομπή (9/22)

## Κριτήρια έναρξης

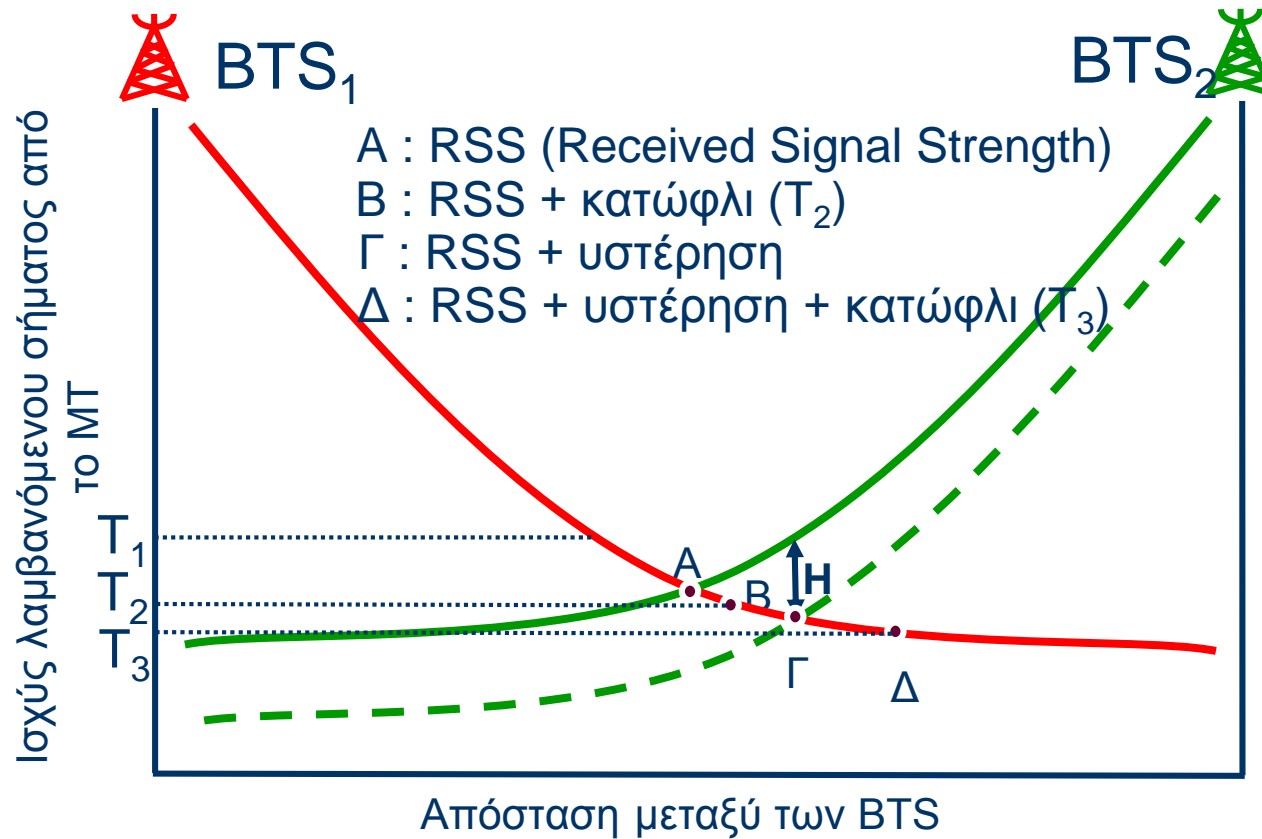


Εικόνα 7.



# Μεταπομπή (10/22)

## Κριτήρια έναρξης



Εικόνα 8.

# Μεταπομπή (11/22)

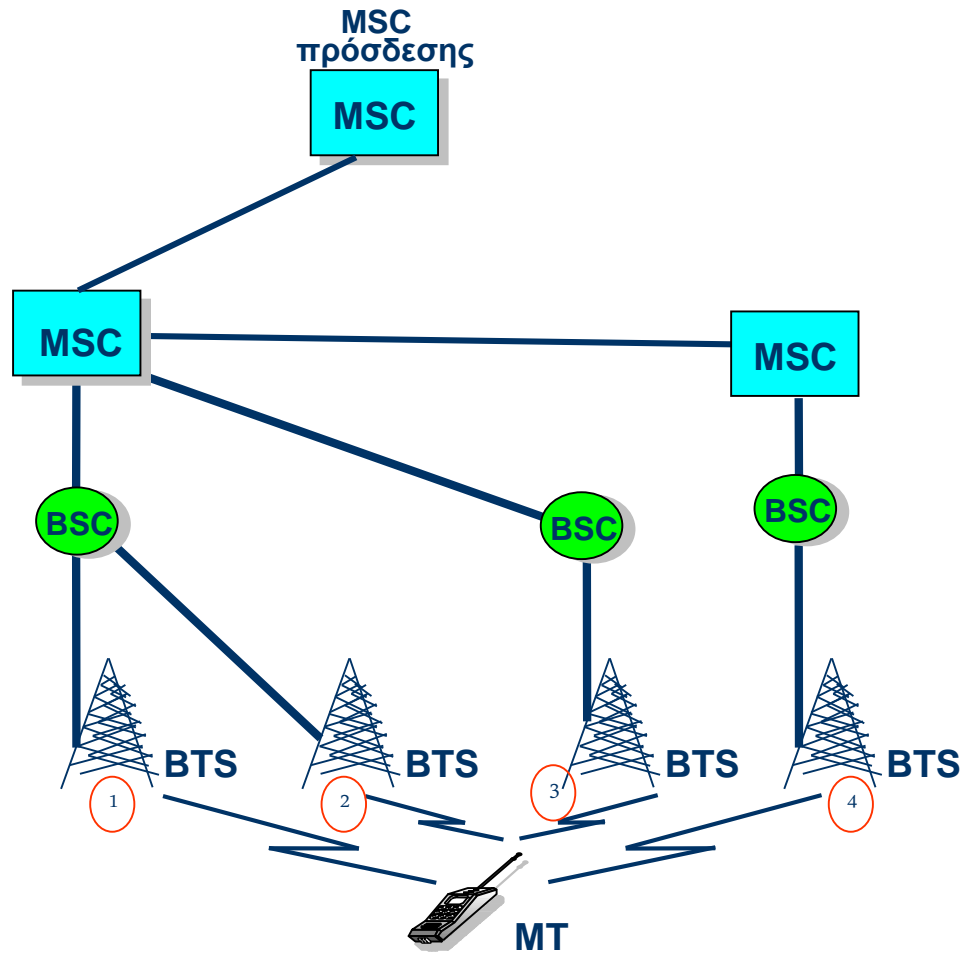
## Εκτέλεση

- Η απόφαση για να επιχειρηθεί μεταπομπή για δοθέν MT λαμβάνεται από τον BSC
- Με κριτήριο το ασύρματο interface MT-BSC:
  - Σύγχρονη μεταπομπή (συγχρονισμένοι BTS)
  - Ασύγχρονη μεταπομπή
- Με κριτήριο τη θέση του κόμβου μεταγωγής:
  - Εσωτερική μεταπομπή (intra-BSC)
  - Εξωτερική μεταπομπή
    - Intra-MSC
    - Inter-MSC



# Μεταπομπή (12/22)

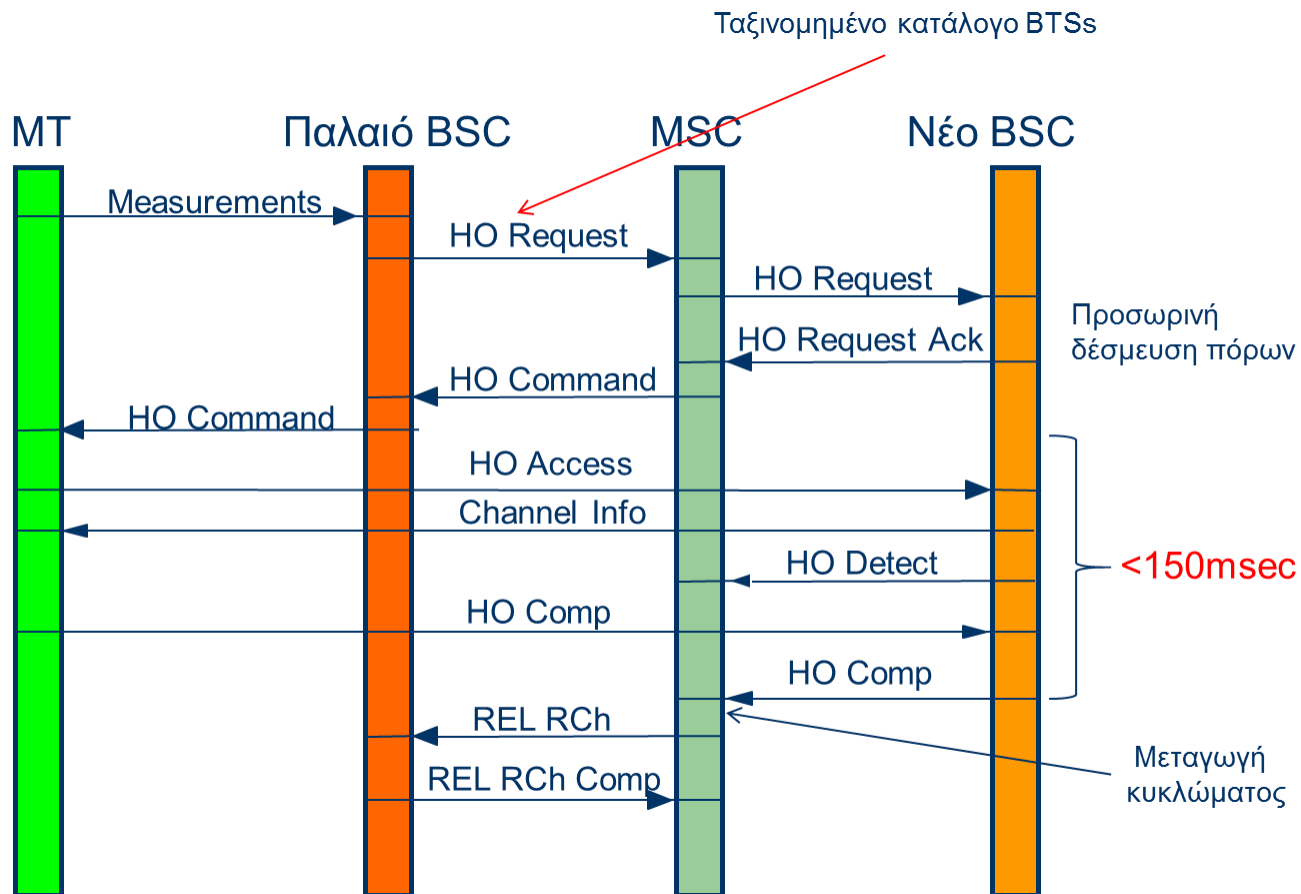
## Εκτέλεση



Εικόνα 9.

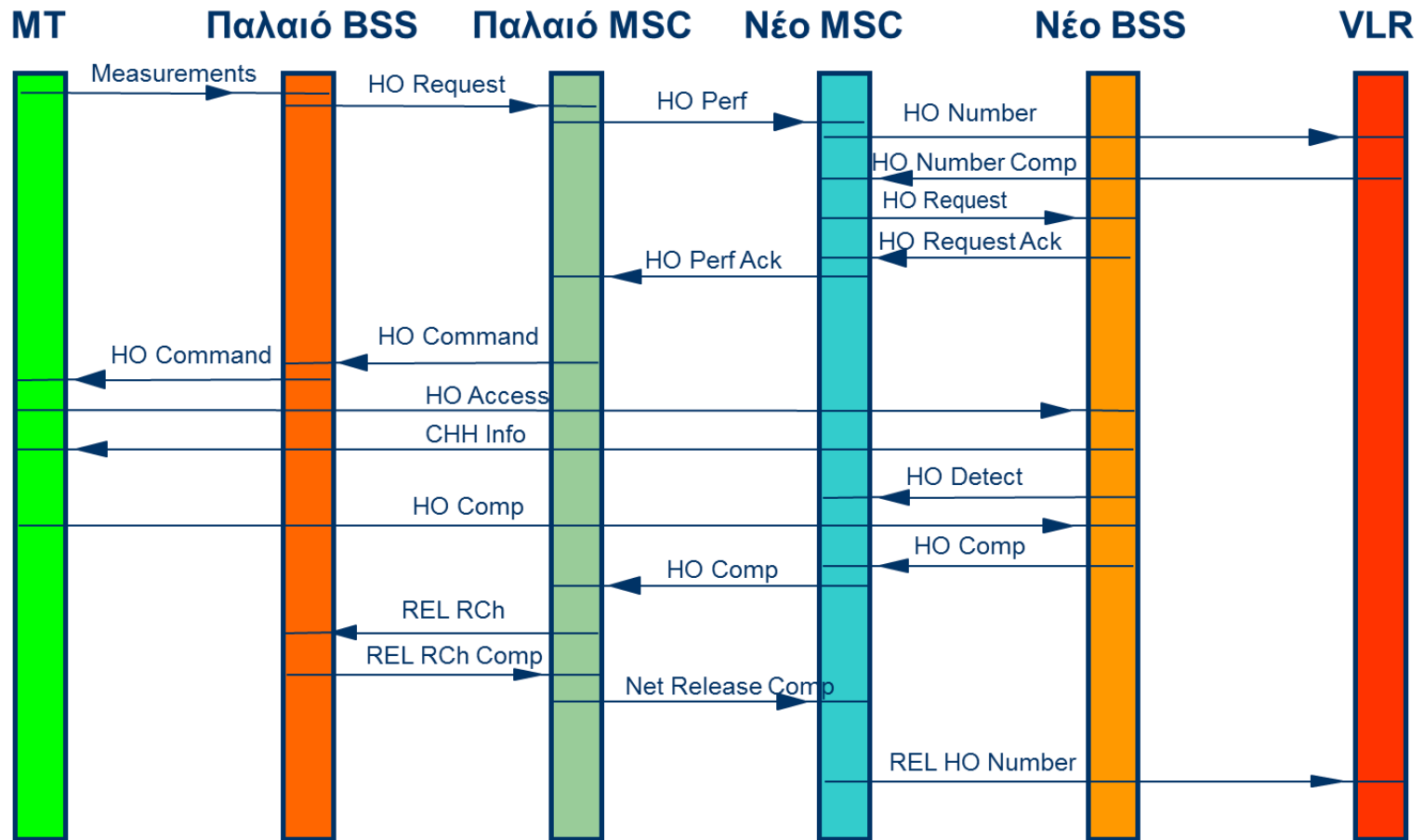
# Μεταπομπή (13/22)

## Εξωτερική: intra-MS



# Μεταπομπή (14/22)

## Εξωτερική: intra-MSC



# Μεταπομπή (15/22)

## Εκτέλεση

- Προτεραιότητες για την εκτέλεση της μεταπομπής:
  - Κράτηση διαύλων
  - N-πλή προσπάθεια
  - Ουρά αναμονής
    - FIFO
    - Ρυθμός υποβάθμισης στον ραδιοδιάυλο
- Υποβιβασμός ρυθμού μετάδοσης



# Μεταπομπή (16/22)

## Πρωτόκολλα ελέγχου

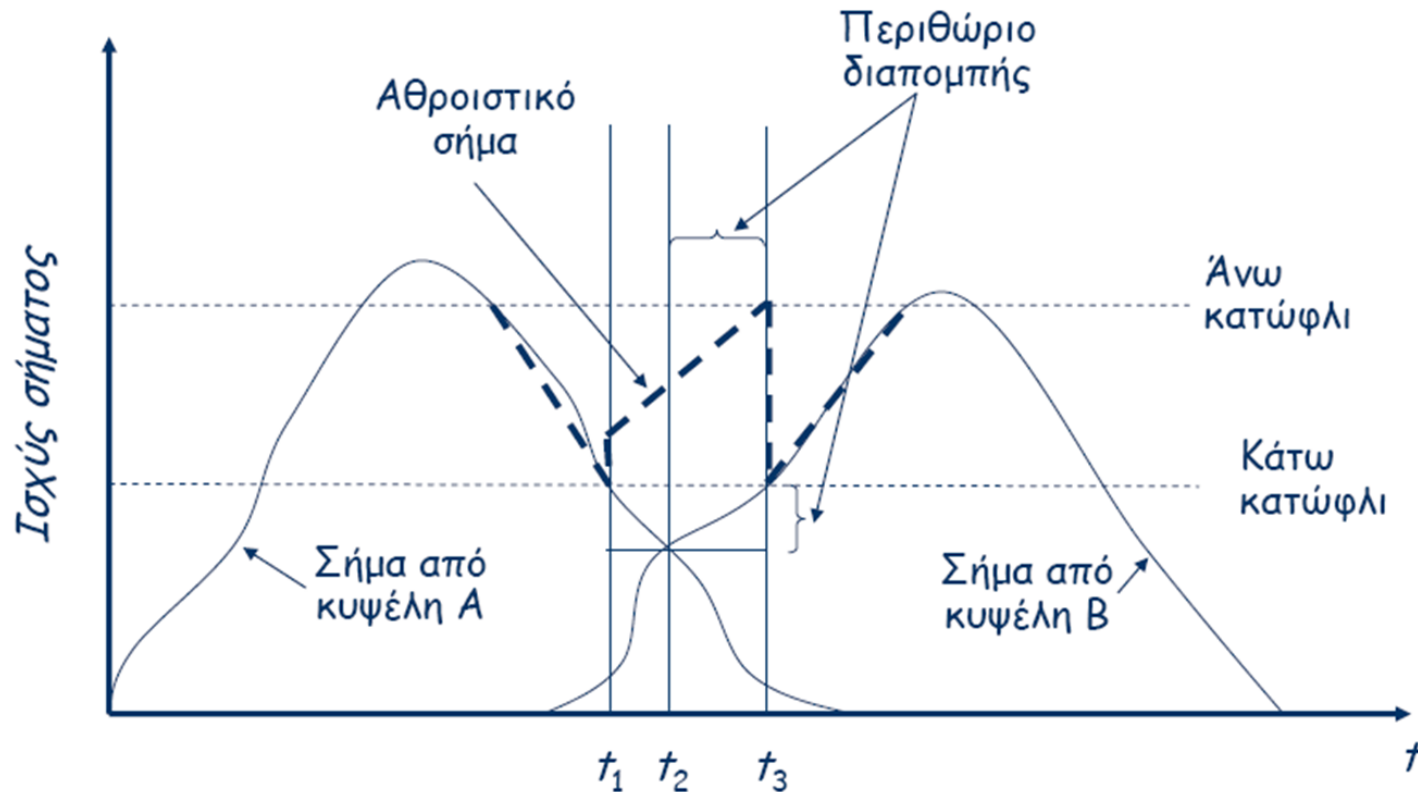
Ανάλογα με το ποιος αρχίζει και εκτελεί τη μεταπομπή:

- μεταπομπή ελεγχόμενη από το δίκτυο (Network controlled HO, NCHO)
- μεταπομπή υποβοηθούμενη από το MT (Mobile Assisted HO, MAHO)
- μεταπομπή ελεγχόμενη από το MT (Mobile Controlled HO, MCHO)
- Ήπια μεταπομπή (Soft HO, SHO)



# Μεταπομπή (17/22)

## Μεταπομπή στο UMTS – Soft Handover

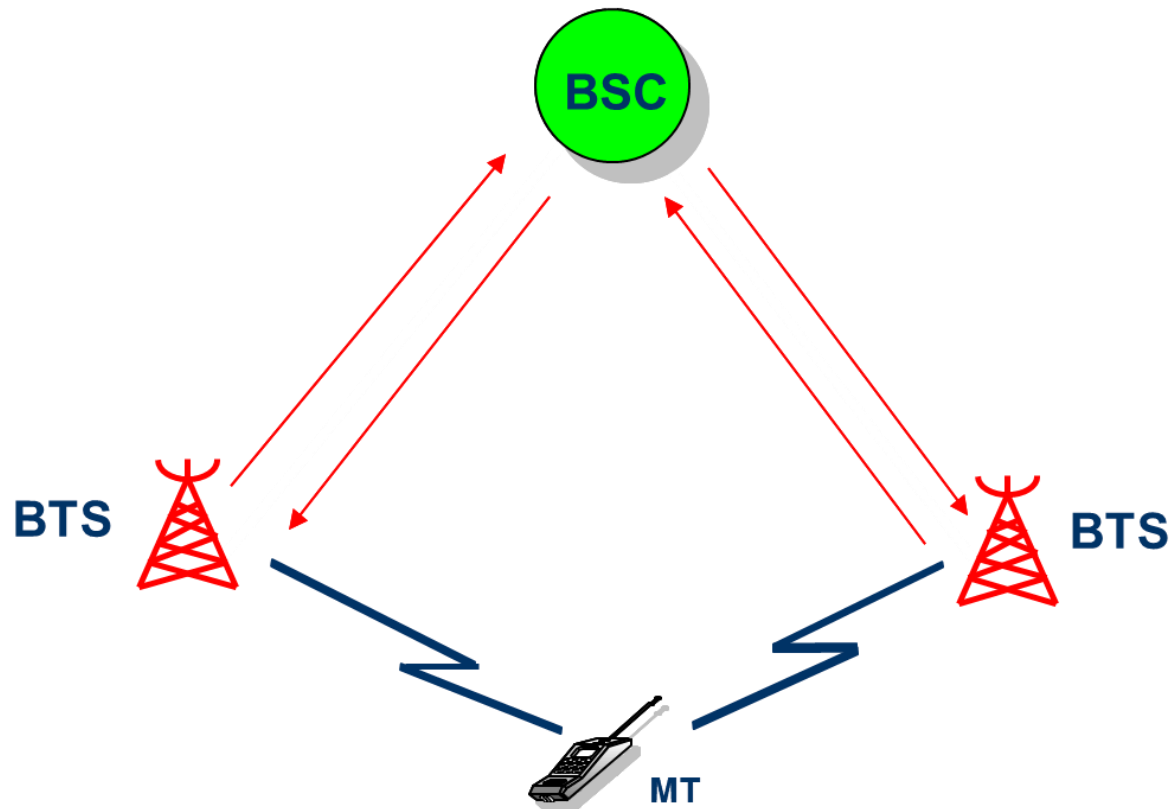


Εικόνα 10.



# Μεταπομπή (18/22)

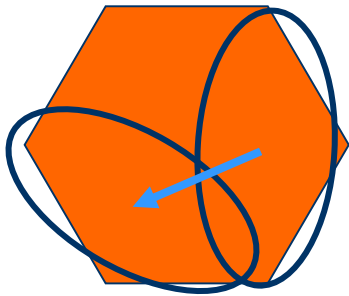
Αδιάλειπτη (seamless)



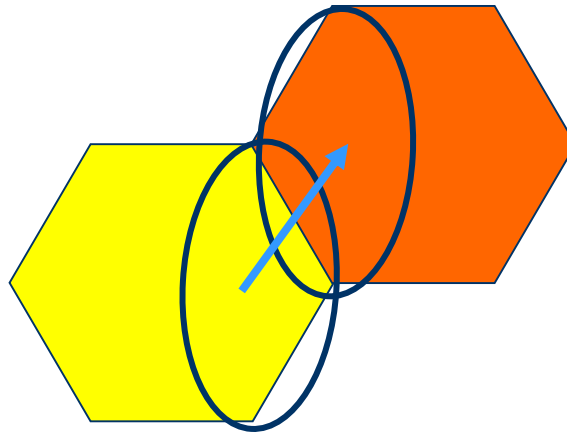
Εικόνα 11.

# Μεταπομπή (19/22)

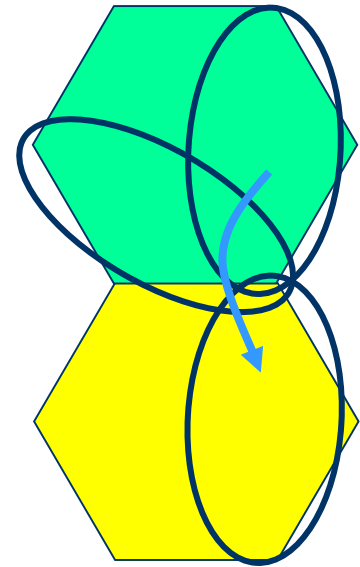
## Τύποι ήπιας μεταπομπής



Ηπιότερη  
μεταπομπή



Ήπια  
μεταπομπή

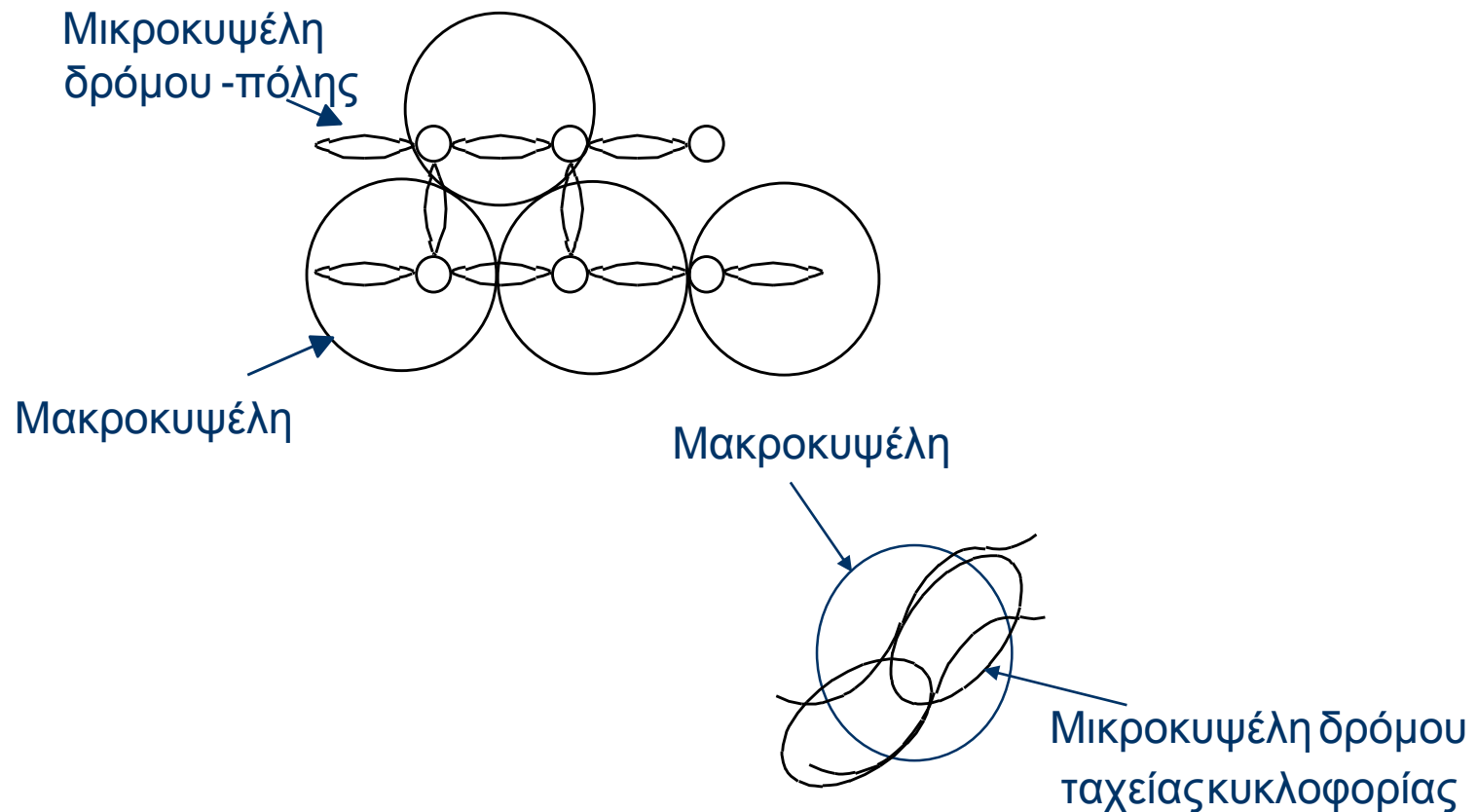


Ήπια-ηπιότερη  
μεταπομπή



# Μεταπομπή (20/22)

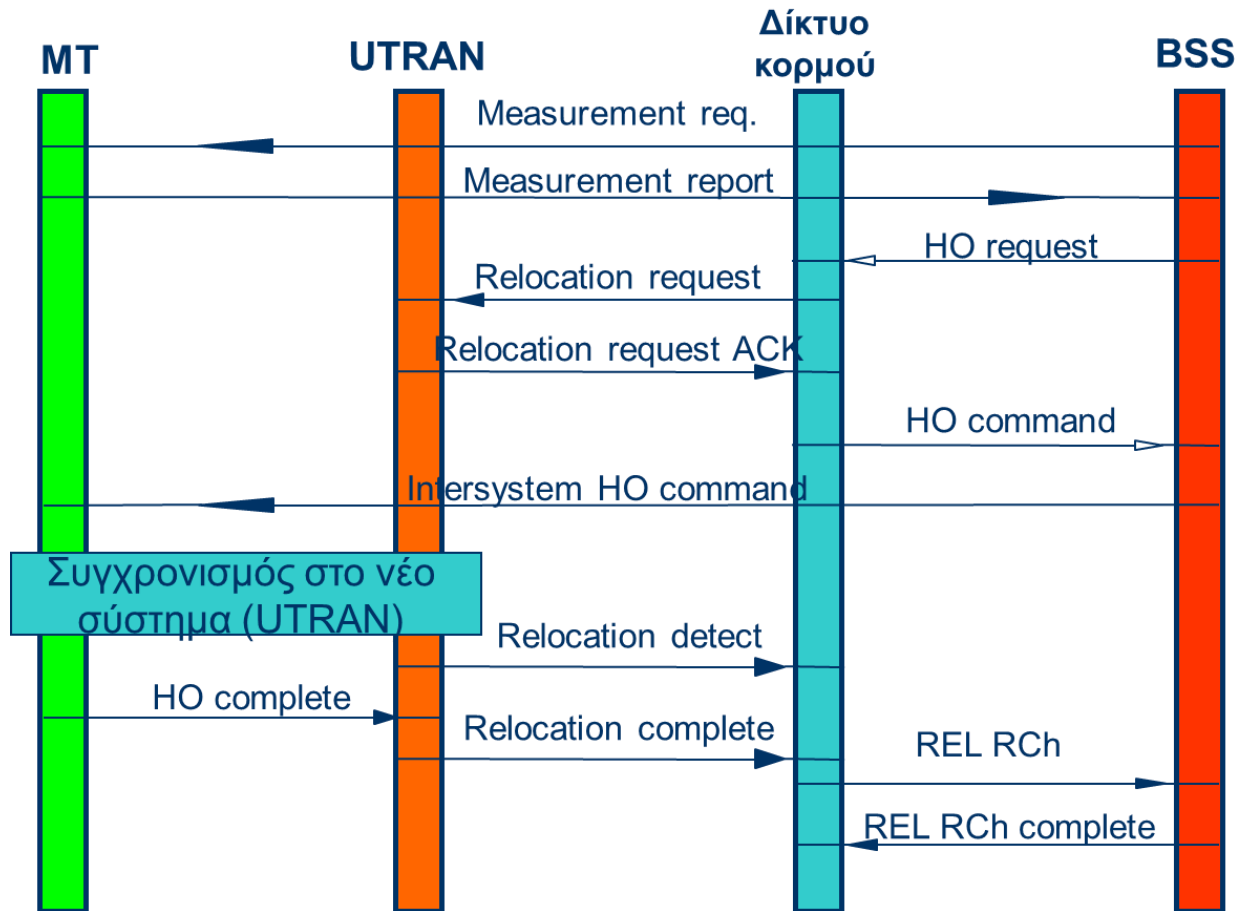
## HO σε πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική



Εικόνα 12.

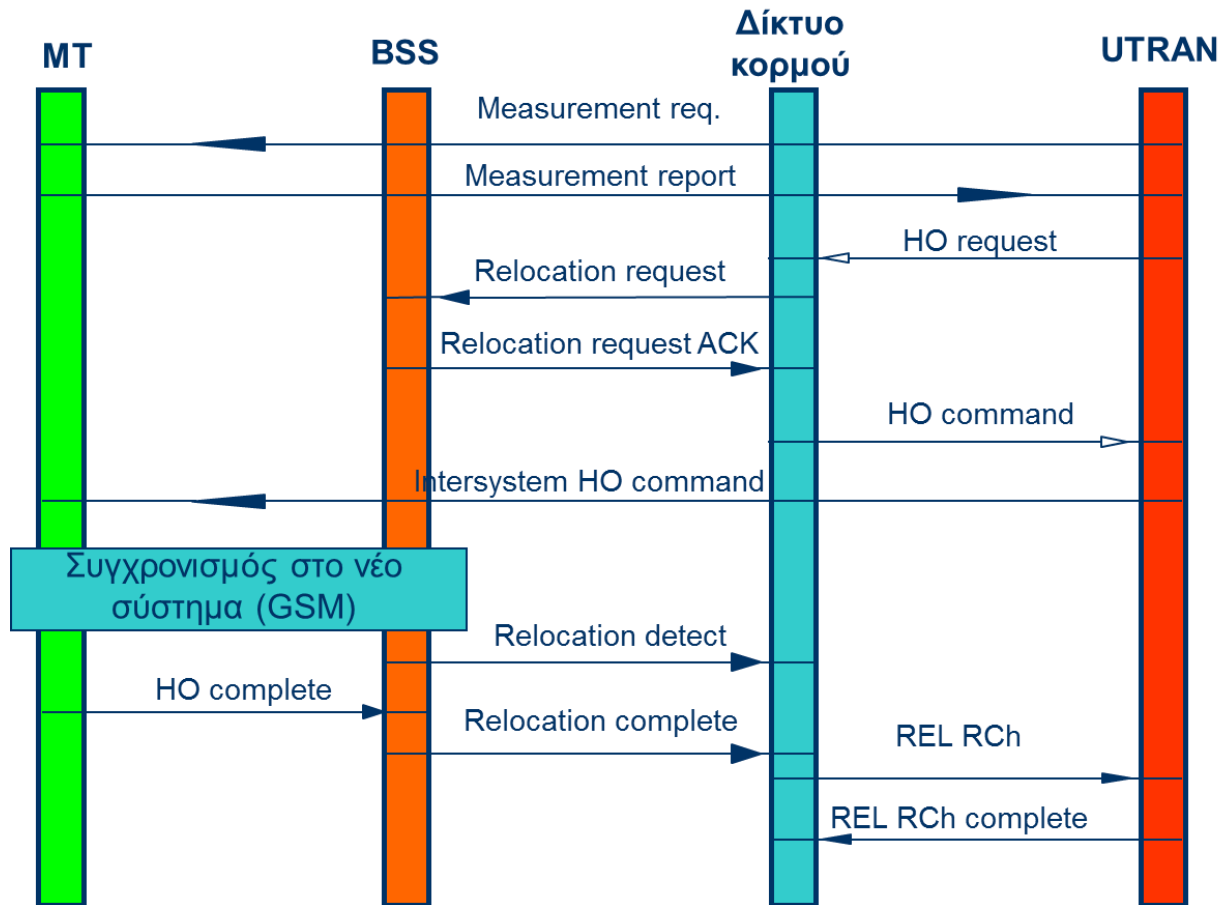
# Μεταπομπή (21/22)

## HO μεταξύ συστημάτων GSM → UMTS



# Μεταπομπή (22/22)

## HO μεταξύ συστημάτων UMTS → GSM



# Επίδοση της διαδικασίας μεταπομπής (1/8)

## Παράμετροι

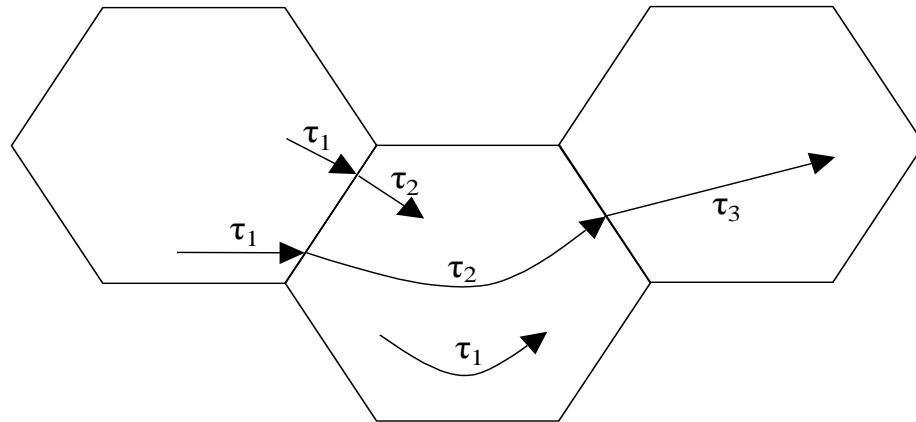
- Πιθανότητα μεταπομπής (handover probability),  $P_h$
- Ρυθμός μεταπομπών (handover rate),  $\lambda_h$
- Πιθανότητα αποκλεισμού μεταπομπών (handover blocking probability),  $P_{hf}$
- Πιθανότητα απόρριψης κλήσεων (call dropping probability),  $P_f$



# Επίδοση της διαδικασίας μεταπομπής (2/8)

## Υπολογισμός παραμέτρων

Μια κλήση αποτελείται από διαδοχικές συνόδους  $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots$  σε κυψέλες από τις οποίες διέρχεται το ΜΤ.



Εικόνα 13.

$\tau_c$  : ο χρόνος κατάληψης διαύλου σε μια κυψέλη από κάποιο ΜΤ που βρίσκεται σε επικοινωνία. Η τυχαία μεταβλητή  $\tau_c$  μπορεί να μοντελοποιηθεί με εκθετική κατανομή.



# Επίδοση της διαδικασίας μεταπομπής (3/8)

## Υπολογισμός παραμέτρων

$\tau_h$  : χρόνος παραμονής (residence time ή dwell time) ενός MT σε μια κυψέλη. Υποθέτουμε επίσης ότι η τυχαία μεταβλητή  $\tau_h$  έχει εκθετική κατανομή.

$$\bar{\tau}_h = \frac{1}{\eta}$$

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

$$\tau_c = \min \{ \tau, \tau_h \}$$

$$\mu_c = \mu + \eta$$

$$\bar{\tau}_c = \frac{1}{\mu_c} = \frac{1}{\mu + \eta}$$

$$P_h = \Pr[\tau > \tau_h] = \frac{\eta}{\mu + \eta}$$





# Επίδοση της διαδικασίας μεταπομπής (4/8)

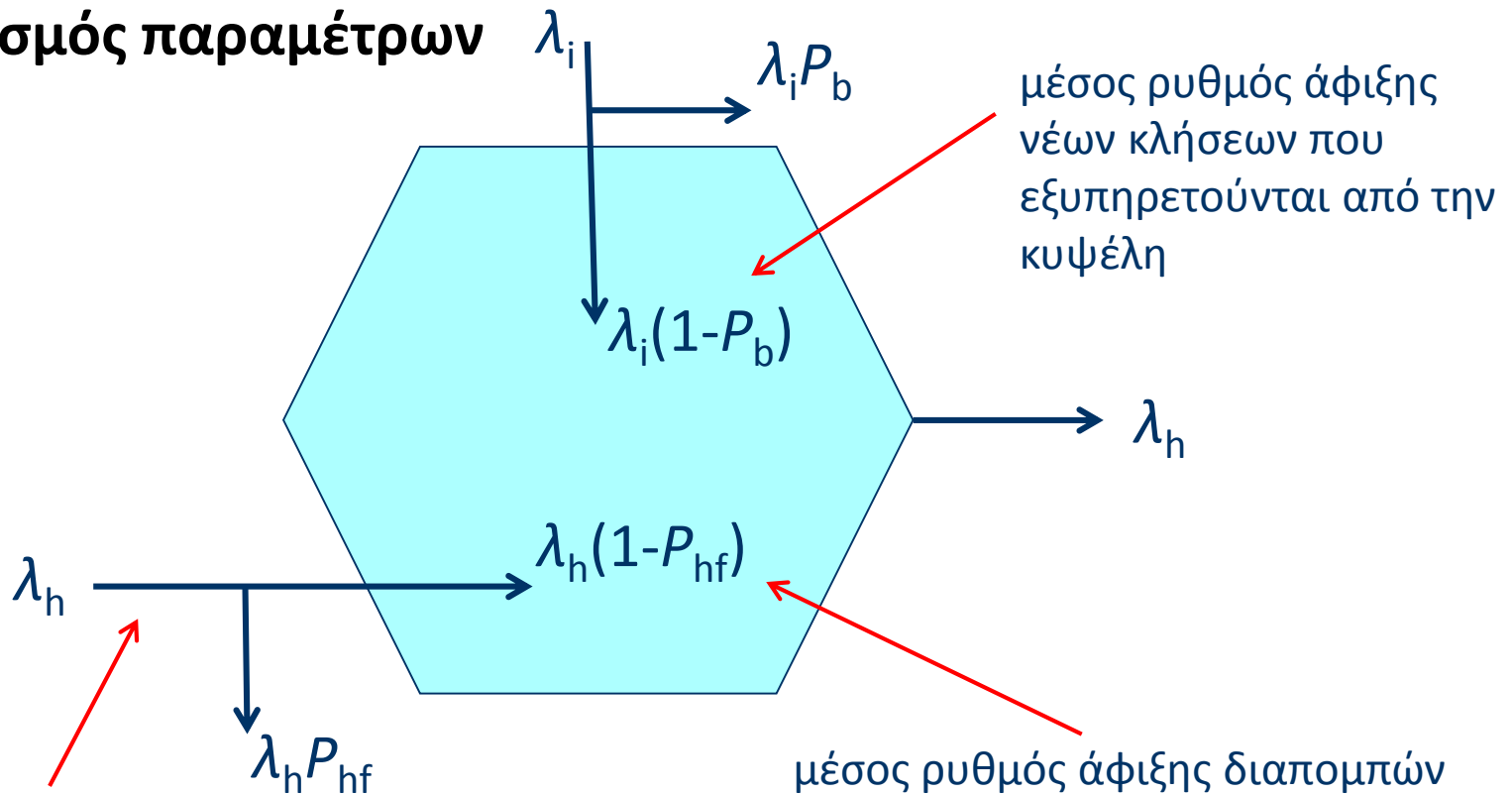
## Παράδειγμα 9.5

- Κυψελωτό σύστημα με εξαγωνικές κυψέλες ακτίνας  $R = 2$  km. Μέση ταχύτητα των ΜΤ,  $u = 20$  km/h με κατεύθυνση ομοιόμορφα κατανεμημένη από 0 έως  $2\pi$ . Μέση κίνηση ανά ΜΤ,  $A_{\text{ΜΤ}} = 0.1$  erlang και ρυθμός κλήσεων ανά ΜΤ,  $\lambda = 2$  κλήσεις / ώρα.
- Να υπολογιστεί ο μέσος χρόνος παραμονής των κινητών στην κυψέλη, η πιθανότητα μεταπομπής και ο μέσος χρόνος κατάληψης διαύλου.



# Επίδοση της διαδικασίας μεταπομπής (5/8)

## Υπολογισμός παραμέτρων



μέσος ρυθμός άφιξης διαπομπών στην κυψέλη από MT που μπαίνουν στην κυψέλη από όλες της γειτονικές της κυψέλες

Εικόνα 14.

# Επίδοση της διαδικασίας μεταπομπής (6/8)

## Υπολογισμός παραμέτρων

Στην κατάσταση ισορροπίας, ο μέσος ρυθμός των κλήσεων που εγκαταλείπουν την κυψέλη θα πρέπει να ισούται με τον μέσο ρυθμό των κλήσεων που ζητούν μεταπομπή λόγω και νέων κλήσεων και διαπομπών που εισέρχονται στην κυψέλη.

$$\lambda_h = P_h [(1 - P_b) \lambda_i + (1 - P_{hf}) \lambda_h]$$

$$\lambda_h = \frac{P_h (1 - P_b)}{[1 - P_h (1 - P_{hf})]} \lambda_i$$

για  $P_b \ll 1$  και  $P_{hf} \ll 1$

$$\lambda_h \approx \frac{P_h}{(1 - P_h)} \lambda_i = \frac{\eta}{\mu} \lambda_i$$



# Επίδοση της διαδικασίας μεταπομπής (7/8)

- Σε συστήματα με μικρές κυψέλες, μας ενδιαφέρει πολύ η πιθανότητα απόρριψης κλήσεων  $P_f$ .
- Η  $P_f$  μπορεί να βρεθεί, αν λάβουμε υπόψη ότι είναι η πιθανότητα να αποκλεισθεί μια ήδη διαπεμφθείσα κλήση σε κάποια από τις επόμενες διαπομπές.
- Η πιθανότητα να απορριφθεί στην πρώτη επόμενη μεταπομπή είναι  $P_h P_{hf}$ , στη δεύτερη  $P_h (1 - P_{hf}) P_h P_{hf}$ , κλπ. Αθροίζοντας τις πιθανότητες αυτές, βρίσκουμε:

$$P_f = \frac{P_h P_{hf}}{[1 - P_h (1 - P_{hf})]}$$

Για  $P_{hf} \ll 1$

$$P_f \approx \frac{P_h}{(1 - P_h)} P_{hf}$$



# Επίδοση της διαδικασίας μεταπομπής (8/8)

## Παράδειγμα 9.6

Για το κυψελωτό σύστημα του παραδείγματος 9.5, να υπολογισθεί ο μέσος ρυθμός διαπομπών ανά ΜΤ.

Ποια θα είναι η αντίστοιχη τιμή, αν γίνει διάσπαση κυψελών και οι κυψέλες του συστήματος αντικατασταθούν με μικρότερες ακτίνας  $R = 1 \text{ km}$ ;



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, Διαχείριση ραδιοδιαύλων». 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

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

## **Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες**

**Εικόνα 3:** «Διαχείριση ραδιοδιαύλων - Λογικοί δίαυλοι GSM». Copyrighted.

**Εικόνα 4:** «Διαχείριση ραδιοδιαύλων - Φυσικοί δίαυλοι στο WCDMA». Copyrighted.

**Εικόνα 6:** «Διαδικασία πρόσβασης και αρχικής εκχώρησης: UMTS». Copyrighted.

**Εικόνα 7:** «Μεταπομπή Κριτήρια έναρξης». Copyrighted.

**Εικόνα 8:** «Μεταπομπή Κριτήρια έναρξης (2)». Copyrighted.

**Εικόνες 1, 2, 5, 9 έως και 14:** Πηγή: Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών, 2η έκδοση, Μ.Ε. Θεολόγου, Εκδόσεις Τζιόλας. Copyrighted.

