



**Πανεπιστήμιο Αιγαίου**

# Ασύρματα Δίκτυα Επικοινωνιών

**Δίκτυο GSM**

Δημοσθένης Βουγιούκας (dnougiou@aegean.gr)

Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών & Επικοινωνιακών Συστημάτων



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Δομή της διάλεξης

- ◆ Σύστημα GSM 900/1800/1900
- ◆ Χαρακτηριστικά
- ◆ Αρχιτεκτονική
- ◆ Μεταπομπές
- ◆ Έλεγχος Ισχύος
- ◆ Πλαίσια και κανάλια
- ◆ Καταστάσεις και Ταυτότητες

# Το σύστημα GSM

GSM: **G**lobal **S**ystem for **M**obile communications



Το πανευρωπαϊκό σύστημα κυψελοειδούς τηλεφωνίας που σχεδιάστηκε εξ' αρχής με στόχο την παροχή πλήρους περιαγωγής (roaming) σε όλες τις χώρες

Οι προδιαγραφές του GSM περιγράφει την ραδιοδιεπαφή καθώς και ορισμένες από τις διεπαφές δικτύου.

# Ιστορία του GSM

|           |  |
|-----------|--|
| 1982-1985 | Ο CEPT ξεκίνησε να προδιαγράφει ένα Ευρωπαϊκό ψηφιακό πρότυπο στη ζώνη συχνοτήτων των 900 MHz. Αυτό το πρότυπο αργότερα έγινε γνωστό ως Global System for Mobile communication (GSM).                                |
| 1986      | Δοκιμές πεδίου πραγματοποιούνται στο Παρίσι για να αποφασιστεί ποιο τεχνολογικό πρότυπο θα χρησιμοποιηθεί.<br>Η επιλογή ήταν το Time Division Multiple Access (TDMA) ή το Frequency Division Multiple Access (FDMA). |
| 1987      | Ο συνδυασμός του TDMA και FDMA επιλέχτηκε για τη μετάδοση του GSM.<br>Πάροχοι από 12 χώρες υπέγραψαν ένα Memorandum of Understanding (MoU) δεσμευόμενοι να συστήσουν το GSM έως το 1991.                             |
| 1988      | Ο CEPT ξεκίνησε να δημιουργεί τις προδιαγραφές του GSM για τη φάση υλοποίησης.<br>Ακόμα 5 χώρες υπέγραψαν το MoU.  |
| 1989      | Το ETSI αναλαμβάνει την ευθύνη για τις προδιαγραφές του GSM.   |
| 1990      | Οι προδιαγραφές της Φάσης παγώνουν για να επιτρέψουν στους κατασκευαστές να αναπτύξουν εξοπλισμό δικτύου.  |

# Ιστορία του GSM

|      |  |
|------|--|
| 1991 | <p>Το πρότυπο GSM 1800 ανακοινώνεται.</p> <p>Ένα συμπλήρωμα προστέθηκε στο MoU επιτρέποντας χώρες εκτός CEPT να υπογράψουν.</p>  |
| 1992 | <p>Οι προδιαγραφές της Φάσης 1 ολοκληρώνονται.</p> <p>Η πρώτη εμπορική Φάση 1 του δικτύου GSM τίθεται σε λειτουργία.</p> <p>Η πρώτη διεθνής συμφωνία για roaming ιδρύθηκε μεταξύ Telecom Finland και Vodafone στη Μεγάλη Βρετανία.</p>   |
| 1993 | <p>Η Αυστραλία έγινε η πρώτη η μη Ευρωπαϊκή χώρα που υπέγραψε το MoU.</p> <p>Το MoU έχει τώρα ένα σύνολο από 70 υπογράφοντες. Τα GSM δίκτυα ξεκινούν στην Νορβηγία, Αυστρία, Ιρλανδία, Hong Kong και Αυστραλία.</p> <p>Ο αριθμός των συνδρομητών GSM φτάνει το 1 εκατομμύριο.</p> <p>Το πρώτο εμπορικό σύστημα DCS 1800 ξεκινάει στη Μεγάλη Βρετανία</p> |
| 1994 | <p>Το MoU έχει τώρα πάνω από 100 υπογράφοντες καλύπτοντας 60 χώρες.</p> <p>Περισσότερα GSM δίκτυα ξεκινούν.</p> <p>Ο συνολικός αριθμός των συνδρομητών GSM ξεπερνάει τα 3 εκατομμύρια.</p>   |

# Ιστορία του GSM

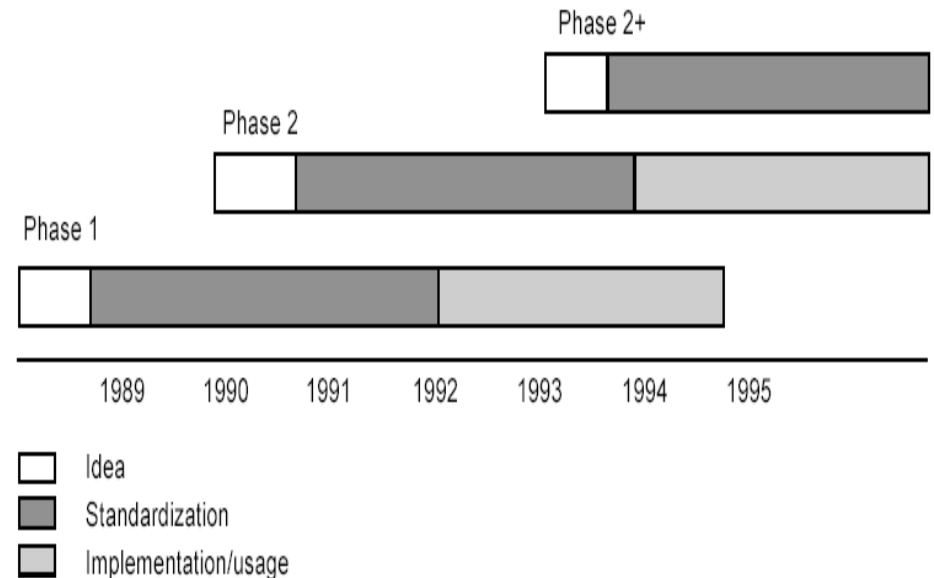
|      |  |
|------|--|
| 1995 | <p>Η προδιαγραφή για υπηρεσίες Personal Communications Services (PCS) αναπτύχθηκε στις ΗΠΑ. Αυτή η έκδοση για GSM λειτουργεί στη ζώνη συχνοτήτων των 1900 MHz.</p> <p>Η ανάπτυξη του GSM συνεχίζεται σταθερά με τον αριθμό των συνδρομητών GSM να αυξάνεται με ρυθμό 10.000 ανά μέρα και περισσότερο.</p> <p>Τον Απρίλιο του 1995, υπάρχουν 188 μέλη στο MoU από 69 χώρες.</p> |
| 1996 | <p>Τα πρώτα GSM 1900 συστήματα έγιναν διαθέσιμα. Αυτό συμμορφώνεται με το πρότυπο PCS1900.</p>   |
| 1998 | <p>Στο ξεκίνημα του 1998 το MoU έχει 253 μέλη σε 100 χώρες και υπάρχουν πάνω από 70 εκατομμύρια GSM συνδρομητές παγκοσμίως. Οι GSM συνδρομητές κατέχουν το 31% της παγκόσμιας αγοράς κινητής τηλεφωνίας.</p>   |



# Φάσεις του GSM

## Φάση 1:

- ◆ Μετάδοση φωνής
- ◆ Διεθνής περιαγωγή
- ◆ Βασικές υπηρεσίες fax/data
- ◆ Προώθηση κλήσεων
- ◆ Short Message Service (SMS)



Στη Φάση 1 περιλαμβάνονται και άλλες λειτουργίες, όπως ciphering και Subscriber Identity Module (SIM) cards

# Φάσεις του GSM

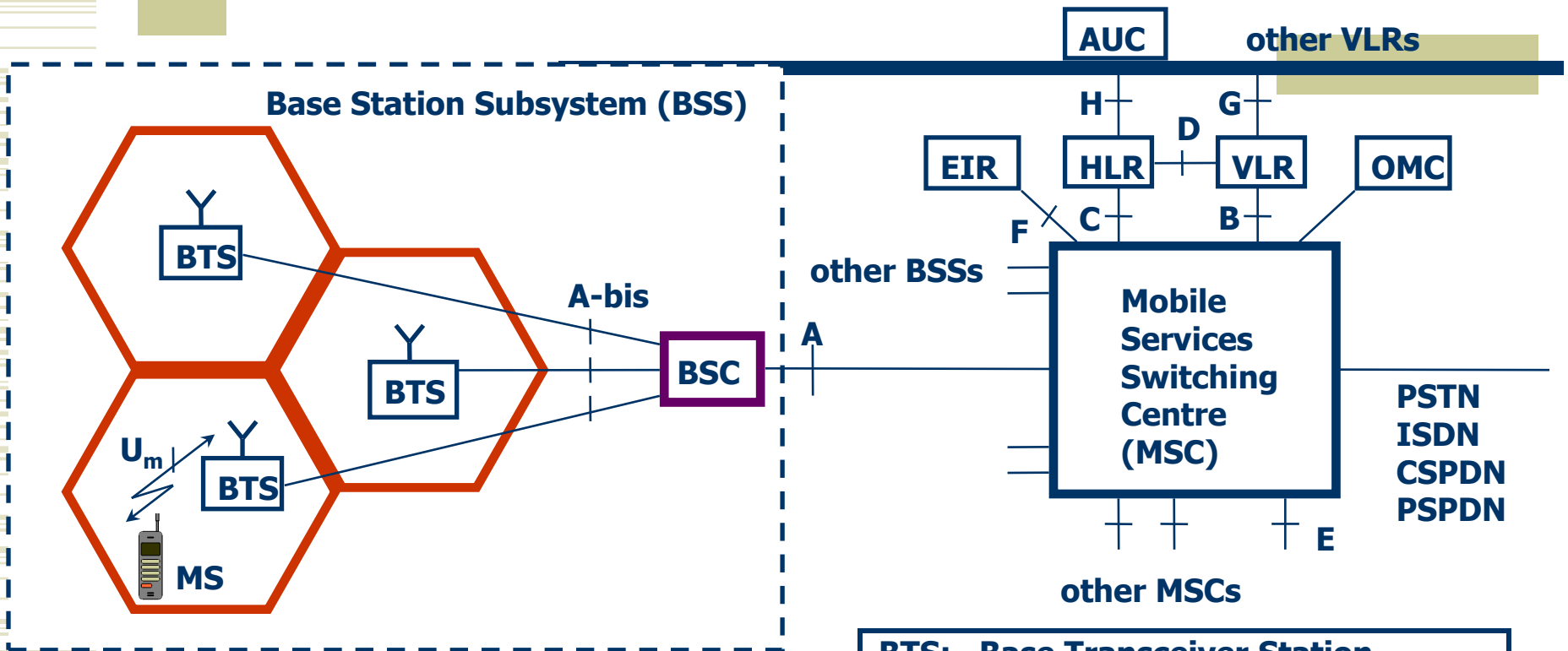
## Φάση 2:

- ◆ Advice of charge
- ◆ Calling line identification
- ◆ Call waiting
- ◆ Call hold
- ◆ Conference calling
- ◆ Closed user groups
- ◆ Additional data communications capabilities

## Φάση 2+:

- ◆ Πολλαπλά προφίλ υπηρεσίας (Multiple service profiles)
- ◆ Private numbering plans
- ◆ Πρόσβαση σε υπηρεσίες Centrex
- ◆ Διαλειτουργικότητα με GSM 1800, GSM 1900 και το πρότυπο DECT

# Βασική Αρχιτεκτονική GSM

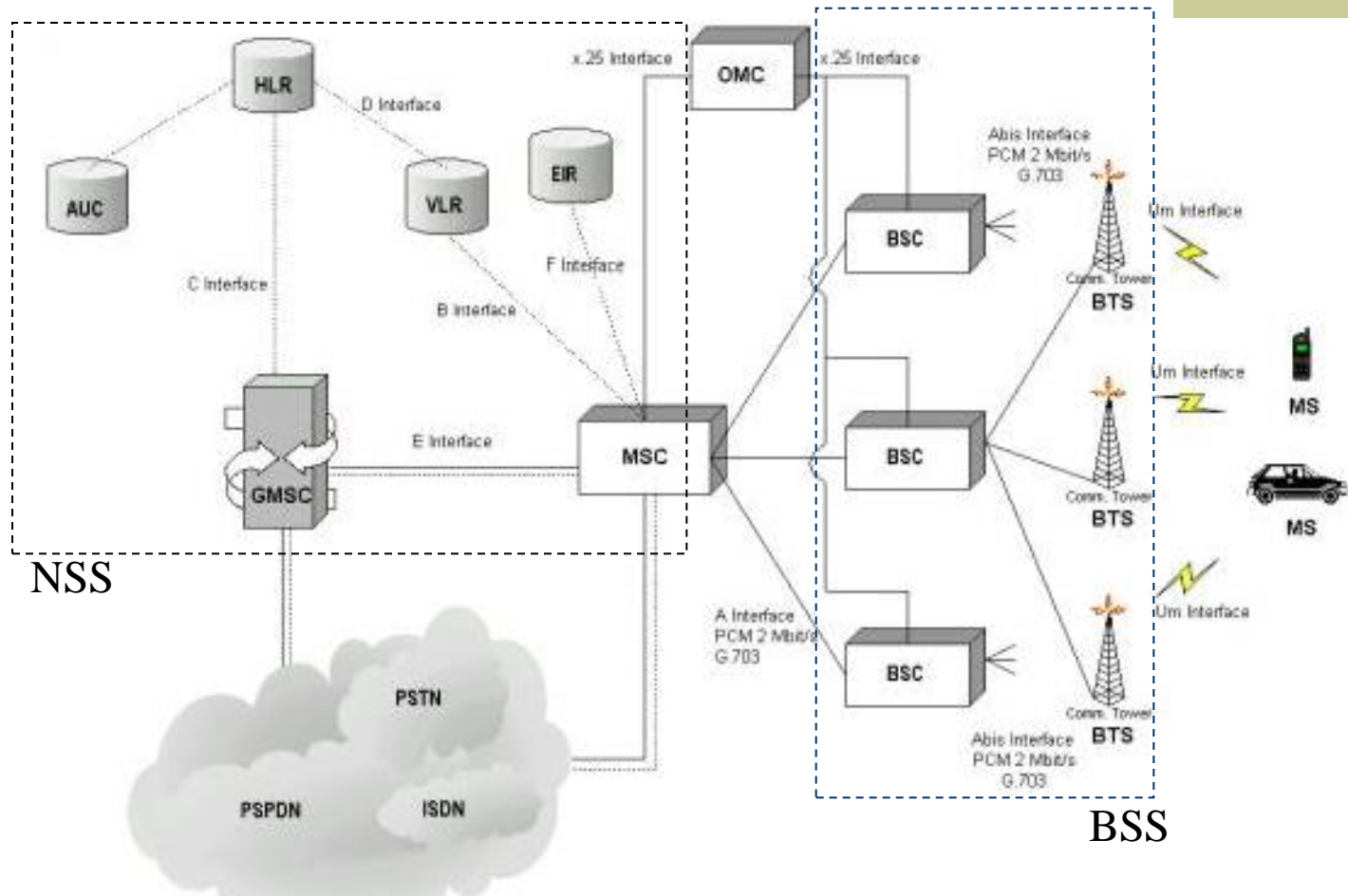


- BTS:** Base Transceiver Station
- BSC:** Base Station Controller
- HLR:** Home Location Register
- VLR:** Visited Location Register
- OMC:** Operation & Maintenance Centre
- EIR:** Equipment Identity Register
- AUC:** Authentication Centre

# Διεπαφές GSM

- ◆ Τα μέρη του συστήματος GSM διασυνδέονται μεταξύ τους χρησιμοποιώντας πρότυπες διεπαφές. Αυτό επιτρέπει σε έναν παροχέα να αγοράσει διαφορετικά μέρη του δικτύου από διαφορετικούς κατασκευαστές.
- ◆ Οι σημαντικότερες διεπαφές του δικτύου είναι:
  - ◆ **Um** – air interface
  - ◆ Διεπαφή **A** – μεταξύ του BSC και MSC

# Αρχιτεκτονική του GSM



# Αρχιτεκτονική του GSM

Αποτελείται από τρία υποσυστήματα:

## 1. BSS (Base Station Subsystem):

Το Υποσύστημα Σταθμών Βάσης συνδέει την τερματική συσκευή (MS: *Mobile Station*) με το Υποσύστημα Δικτύου και Μεταγωγής. Αναλαμβάνει την εκπομπή και λήψη των ραδιοσημάτων.

## 2. NSS (Network & Switching Subsystem):

Το Υποσύστημα Δικτύου & Μεταγωγής χειρίζεται την μεταγωγή των κλήσεων. Διαθέτει μια σειρά από βάσεις δεδομένων για τους συνδρομητές με σκοπό την δυνατότητα περιαγωγής.

## 3. OSS (Operation Support Subsystem):

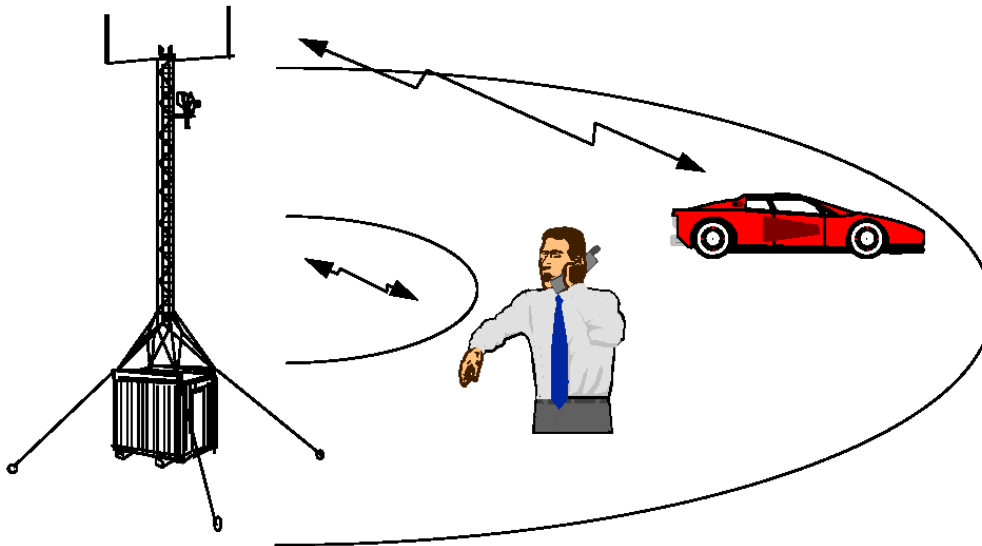
Το Υποσύστημα Υποστήριξης Λειτουργιών διασυνδέεται με διάφορα συστήματα από το NSS και το BSS, για έλεγχο και παρακολούθηση του δικτύου και του φόρτου κίνησης.

# Κινητός Σταθμός Mobile Station (MS)

- ◆ Ο **MS** είναι ένας φυσικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται από τον συνδρομητή GSM (mobile handset).
- ◆ Αποτελείται από δύο μέρη:
  - μία κάρτα συνδρομητή (Subscriber Identity Module - **SIM**) και
  - κινητό εξοπλισμό (Mobile Equipment - **ME**).

# Κινητός Σταθμός Mobile Station (MS)

- ◆ Τερματική Συσκευή (MS: *Mobile Station*) για την επικοινωνία του συνδρομητή με το δίκτυο. Αποτελείται από το κινητό τερματικό (*mobile terminal*) και την μονάδα ταυτότητας συνδρομητή (SIM: *Subscriber Identity Module*). Σε αντίθεση με άλλα δίκτυα, ο συνδρομητής GSM είναι ανεξάρτητος από το κινητό τερματικό, λόγω ύπαρξης της κάρτας SIM.





# Subscriber Identity Module (SIM)

- Η **SIM** είναι μία έξυπνη κάρτα που κουβαλάει όλες τις πληροφορίες του συνδρομητή που χρησιμοποιούνται από ένα MS. Οι κυριότερες λειτουργίες είναι να προσδιορίσει τον τρέχων χρήστη ενός MS και να συμμετάσχει στις διαδικασίες ασφάλειας και εμπιστευτικότητας. Επίσης, αποθηκεύει πρόσφατη πληροφορία θέσης και αποθηκεύει προσωπική πληροφορία του χρήστη, όπως τηλεφωνικός κατάλογος κλήσεων. Ιδιαίτερες λειτουργίες περιλαμβάνουν:
  - **Μόνιμη αποθήκευση της διεθνούς ταυτότητας του συνδρομητή International Mobile Subscriber Identity (IMSI)** και του κλειδιού αυθεντικοποίησης (Authentication key - Ki).
  - **Ημι-μόνιμη αποθήκευση** του συστήματος αποθήκευσης, π.χ. πρόσφατη **θέση (Location Area Identity - LAI)**, κλειδί κρυπτογράφησης (encryption key - Kc) και λίστες του προτιμώμενου / απαγορευμένου GSM δικτύων.
  - Ημι-μόνιμη αποθήκευση της πληροφορίας του χρήστη, τηλεφωνικός κατάλογος, SMS.
  - Συμμετοχή σε διαδικασίες κινητικότητας, π.χ. αυθεντικοποίηση χρήστη, παραγωγή κλειδιών ciphering, κλπ.
  - Προστατεύεται από κωδικό PIN.

# Κινητός Εξοπλισμός Mobile Equipment (ME)

- ◆ Το **ME** παρέχει την ραδιοεπαφή και την επεξεργασία που χρειάζεται για την πρόσβαση στο δίκτυο GSM, μαζί με μία διεπαφή man-machine interface - MMI με σκοπό την παροχή στο χρήστη υπηρεσίες πρόσβασης. Ιδιαίτερες λειτουργίες είναι:
  - **Ραδιοεκπομπή και λήψη και επεξεργασία σήματος**
  - Λειτουργίες σχετικά με τις ραδιοεπαφές: power control; timing advance; discontinuous transmission (DTX); slow frequency hopping (SFH).
  - Call handling
  - **Διεπαφή man-machine interface, display, keypad, speech transducers.**
  - Διεπαφές με εξωτερικό εξοπλισμό, π.χ. laptops / palmtops

# Υποσυστήματα Σταθμού Βάσης Base Station Subsystem (BSS)

Αποτελείται από:

- τους Σταθμούς Πομποδεκτών Βάσης (BTS: *Base Transceiver Stations* ή απλούστερα Σταθμούς Βάσης: BS: *Base Stations*) που αποτελούνται από συσκευές εκπομπής/λήψης ραδιοσημάτων.
- τους Ελεγκτές Σταθμών Βάσης (BSC: *Base Station Controller*) που περιλαμβάνουν συσκευές ελέγχου δικτύου και επεξεργασίας σήματος.

Όλοι οι BSCs συνδέονται στη συνέχεια σε ένα MSC.

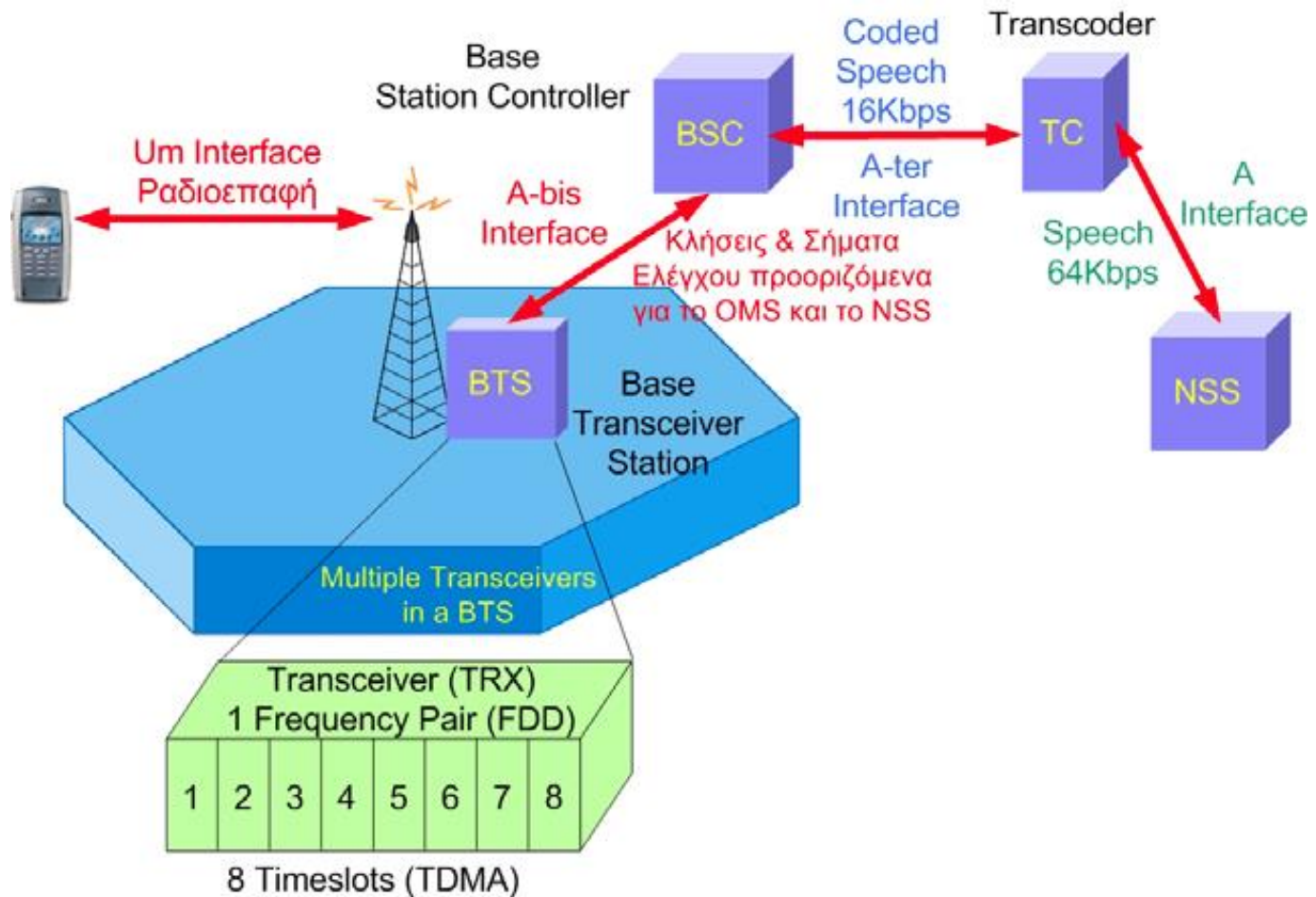


BTS



BSC

# Υποσυστήματα Σταθμού Βάσης Base Station Subsystem (BSS)



# Σταθμός Πομποδεκτών Βάσης Base Transceiver Station (BTS)

- ◆ Το **BTS** παρέχει τη ραδιοκάλυψη για το δίκτυο GSM σε μία κυψέλη.
- ◆ Αποτελείται από 1- 16 πομποδέκτες (TRX) συμπεριλαμβανομένου των κεραιών με την κατάλληλη επεξεργασία σημάτων και ένα ‘έξυπνο’ ραδιο-modem (FDMA).
- ◆ Το BTS είναι υπεύθυνο για την επεξεργασία του σήματος στη ραδιοεπαφή (διαμόρφωση, κωδικοποίηση), καθώς επίσης και το έλεγχο της ποιότητας των σημάτων.
- ◆ Κάθε TRX μπορεί να επικοινωνήσει με το πολύ 8 MSs (TDMA).
- ◆ Επικοινωνεί με τους MS μέσω της ραδιοεπαφής και με το BSC (Base Station Controller) μέσω της διεπαφής **A-bis**.
- ◆ Στο BSC στέλνει τόσο τις κλήσεις όσο και σήματα ελέγχου προς το NSS και το OMS.

# Σταθμός Πομποδεκτών Βάσης Base Transceiver Station (BTS)

- ◆ Ιδιαίτερες λειτουργίες περιλαμβάνουν:
  - Κεραίες (με diversity)
  - Πομποδέκτες και επεξεργασία σημάτων
  - Οδηγίες για την εκπομπή TDMA χρονοσχισμές στο MS
  - Υλοποίηση των λειτουργιών ραδιοεκπομπών: slow frequency hopping (SFH); discontinuous transmission (DTX); ciphering και power control.

# Ελεγκτής Σταθμών Βάσης Base Station Controller (BSC)

- ◆ Το **BSC** είναι ένας μικρός μεταγωγέας με εμπλουτισμένη επεξεργαστική ικανότητα.
- ◆ Λειτουργεί ως ένας τοπικός συγκεντρωτής κίνησης και παρέχει τοπική εναλλαγή για το φαινόμενο της μεταγωγής μεταξύ διαφόρων BTSs.
- ◆ Διαχειρίζεται το ραδιοκανάλι και αναλαμβάνει τον έλεγχο μίας πληθώρας ραδιολειτουργιών εξασφαλίζοντας την απρόσκοπτη ζεύξη μεταξύ των χρηστών.
- ◆ Ελέγχει τις μεταπομπές μεταξύ γειτονικών κυψελών, αν βέβαια αυτές είναι υπό τον έλεγχό του.
- ◆ Είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο ισχύος τόσο των MSs όσο και των TRXs από τα BTS που ελέγχει, για ελαχιστοποίηση παρεμβολών.
- ◆ Επικοινωνεί με τον Transcoder (TC) μέσω της διεπαφής **A-ter**.



# Ελεγκτής Σταθμών Βάσης Base Station Controller (BSC)

- ◆ Οι ευθύνες του συστήματος περιλαμβάνουν:
  - Συντονισμός και έλεγχος ενός αριθμού BTSs
  - Συγκέντρωση κίνησης
  - Χαμηλού επιπέδου λειτουργίες εναλλαγής (switching)
  - Διεπαφή διαχείρισης δικτύου σε όλα τα ραδιοστοιχεία
  - Διαχείριση ραδιοκαναλιών
  - **Μεταπομπή μεταξύ BTSs εντός του ίδιου domain**
  - Προγραμματισμό ενός αιτήματος αναζήτησης (paging)
  - Διαβιβάζοντας πληροφορίες συστήματος, π.χ. LAI (Location Area Identity) στους BTSs για την εκπομπή προώθησης
  - Σειρά αναμονής
  - Έλεγχος των λειτουργιών ραδιοεκπομπών: slow frequency hopping (SFH); discontinuous transmission (DTX); ciphering και power control
  - **Υπηρεσία διακωδίκευσης (transcoding), αλλαγή του ρυθμού της ραδιοεπαφής, π.χ. μετατρέποντας τη φωνή από 13 kbit/s σε 64 kbit/s**



# Transcoder (TC)

- ◆ Ο Transcoder (TC) μετατρέπει το αρχικό σήμα φωνής των 64kbps και διάφορα μηνύματα διαχείρισης (O&M alarms) σε κωδικοποιημένο σήμα φωνής των 13kbps και 3kbps (O&M alarms).
- ◆ Βέβαια μόνο η πληροφορία της φωνής (13kbps) μεταδίδεται στη ραδιο-επαφή.
- ◆ Τα υπόλοιπα 3kbps προορίζονται από το OMS στο BTS περνώντας από τον Transcoder.
- ◆ Η λειτουργία αυτή απαιτείται για την υψηλή φασματική απόδοση του συστήματος.

# Υποσύστημα Δικτύου & Μεταγωγής Network & Switching Subsystem (NSS)

Αποτελείται από:

- ◆ Το Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών (MSC: Mobile Services Switching Center) είναι το κύριο στοιχείο του NSS.
  - Διεκπεραιώνει όλες τις λειτουργίες μεταγωγής του δικτύου.
  - Είναι υπεύθυνο για να παρέχει διασύνδεση με άλλα δίκτυα.
- ◆ Το Μητρώο Εντόπιων Συνδρομητών (HLR: Home Location Register) είναι η βάση που αποθηκεύει όλες τις πληροφορίες για τους χρήστες που ανήκουν στην περιοχή εξυπηρέτησης του MSC, όπως για παράδειγμα το σύνολο των υπηρεσιών που έχουν αγοράσει με το συμβόλαιο τους. Επίσης περιέχει την πιο πρόσφατη θέση του συνδρομητή.

# Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών Mobile Switching Centre (MSC)

- ◆ Το MSC είναι ένας ISDN μεταγωγέας με εμπλουτισμένη επεξεργαστική ικανότητα. Το MSC αναλαμβάνει ένα πλήθος από BSCs. Είναι υπεύθυνο για το χειρισμό μιας κλήσης (call handling) ενός συνδρομητή μέσα στο δικό του domain. Αυτό περιλαμβάνει την παραγωγή εγγραφών για χρέωση κλήσεων (call charging records). Ειδικές αρμοδιότητες του MSC περιλαμβάνουν:
  - Έλεγχος κλήσης
  - Παραγωγή εγγραφών για χρέωση κλήσεων
  - Συμπληρωματικές υπηρεσίες εκτέλεσης
  - **Ενδο-BSC και ενδο-MSC μεταγωγές**
- ◆ Από τη στιγμή που αναγνωρίζονται ως ξεχωριστές οντότητες, οι κινητές υπηρεσίες του κέντρου μεταγωγής και ο καταχωρητής Visitor Location Register (VLR) είναι υλοποιημένα ως μία MSC/VLR μονάδα.

# Υποσύστημα Δικτύου και Μεταγωγής Network & Switching Subsystem (NSS)

- ◆ Το Μητρώο Επισκεπτών Συνδρομητών (**VLR**: *Visitor Location Register*) είναι μία βάση που περιέχει πληροφορίες για έναν συνδρομητή που επισκέπτεται το MSC. Συγκεκριμένα όταν ένας επισκέπτης εμφανιστεί στην περιοχή κάλυψης του MSC το NSS φροντίζει να ενημερώσει το VLR του από το οικείο HLR του συνδρομητή. Έτσι για όσο διάστημα παραμένει ο επισκέπτης στην περιοχή κάλυψης του απομακρυσμένου MSC μπορεί να εξυπηρετείται, χωρίς κάθε φορά να χρειάζεται να αντλείται πληροφορία από το οικείο του NSS.
- ◆ Το Κέντρο Πιστοποίησης Ταυτότητας (**AuC**: *Authentication Center*) είναι ένα σύστημα απαραίτητο για λόγους ασφάλειας. Παρέχει τις απαραίτητες λειτουργίες για πιστοποίηση ταυτότητας και κρυπτογράφηση.

# Μητρώο Οικείων Συνδρομητών Home Location Register (HLR)

- ◆ Ο HLR είναι η πρωταρχική βάση δεδομένων, που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση των κινητών συνδρομητών.
- ◆ Το GSM δίκτυο μπορεί να περιέχει έναν ή περισσότερους HLR ανάλογα με το μέγεθός του.
- ◆ Δύο ειδών δεδομένα αποθηκεύονται στον HLR.
  - Τα μόνιμα (στατικά) δεδομένα όλων των συνδρομητών, που ανήκουν στη σχετική περιοχή, όπως το IMSI κάθε χρήστη, ο αριθμός τηλεφώνου από το δημόσιο δίκτυο, το κλειδί αυθεντικότητας (authentication key), καθώς και οι επιπρόσθετες υπηρεσίες, στις οποίες ο συνδρομητής επιτρέπεται να έχει πρόσβαση.
  - Συνεπώς παρέχει δικαιώματα πρόσβασης για την περιαγωγή (roaming) και τις υπηρεσίες στις οποίες είναι εγγεγραμμένος ο συνδρομητής.

# Μητρώο Οικείων Συνδρομητών Home Location Register (HLR)

- Τα προσωρινά (δυναμικά) δεδομένα, όπως
  - ένα μέρος της πληροφορίας θέσης και ειδικότερα η διεύθυνση του τρέχοντος VLR, που αυτή τη στιγμή εξυπηρετεί τον εκάστοτε συνδρομητή που είναι καταχωρημένος στον HLR
  - ο αριθμός στον οποίο θα πρέπει να προωθούνται οι κλήσεις (εάν ο συνδρομητής έχει επιλέξει την προώθηση κλήσεων)
  - καθώς και μερικές προσωρινές παράμετροι για πιστοποίηση και κρυπτογράφηση (ciphering).

# Μητρώο Επισκεπτών Συνδρομητών Visitor Location Register (VLR)

- ◆ Ο VLR είναι μία βάση δεδομένων που περιέχει δυναμική πληροφορία για όλες τις κινητές μονάδες, που είναι επί του παρόντος τοποθετημένες στην MSC περιοχή.
- ◆ Κάθε MSC έχει έτσι το δικό του μοναδικό VLR.
- ◆ Μόλις το κινητό μεταφερθεί σε μία νέα MSC περιοχή, ο VLR του νέου MSC θα ζητήσει δεδομένα για το κινητό από τον HLR. Ως μέρος της διαδικασίας ο HLR θα αποθηκεύσει τη διεύθυνση του VLR, όπου το κινητό θα καταχωρηθεί.
- ◆ Ο VLR έχει όλα τα απαραίτητα δεδομένα για εγκατάσταση κλήσης, μειώνοντας την κίνηση δεδομένων στον HLR.
- ◆ Ο VLR περιέχει ακριβή πληροφόρηση για τη θέση του κινητού μέσα στην MSC περιοχή.

# Μητρώο Επισκεπτών Συνδρομητών Visitor Location Register (VLR)

- ◆ Ο VLR μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα κατακευματισμένο αντίγραφο του HLR, με τα ίδια αποθηκευμένα μόνιμα δεδομένα, αλλά ελαφρώς διαφοροποιημένα προσωρινά δεδομένα (π.χ. TMSI αντί του IMSI).
- ◆ Ο HLR παρέχει στο GMSC την απαραίτητη πληροφορία για το συνδρομητή, όταν εισέρχεται μία κλήση από το δημόσιο δίκτυο.
- ◆ Από την άλλη, ο VLR εξυπηρετεί την αντίστροφη διαδικασία, παρέχοντας στο host (G)MSC την απαραίτητη πληροφορία για το συνδρομητή, όταν εισέρχεται μία κλήση από ένα κινητό σταθμό.



# Μητρώο Αναγνώρισης Συσκευής Equipment Identity Register (EIR)

- ◆ Στη βάση αυτή καταχωρούνται όλοι οι σειριακοί αριθμοί (serial numbers) των κινητών συσκευών, οι οποίες είτε είναι κλεμμένες είτε, λόγω ελαττωματικού hardware, δε χρησιμοποιούνται στο δίκτυο.
- ◆ Υπάρχει διαφορά μεταξύ της ταυτότητας του φυσικού εξοπλισμού του κινητού (**IMEI**) και της ταυτότητας του συνδρομητή (**IMSI**).
- ◆ Ο αριθμός IMEI δεν είναι μόνο ο σειριακός αριθμός ενός συγκεκριμένου κινητού σταθμού, αλλά και ο αριθμός που φανερώνει τον κατασκευαστή, τη χώρα παραγωγής και τον τύπο της συσκευής (type approval).
- ◆ Μέσω του EIR μπορούν να απαγορευτούν κλήσεις π.χ. από κλεμμένες συσκευές ή από συσκευές που δεν πληρούν τις τοπικές προδιαγραφές πιστοποίησης.



# Πύλη Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών Gateway Mobile Switching Center (GMSC)

- ◆ Το GMSC αποτελεί τη διεπαφή μεταξύ του GSM κυψελωτού δικτύου και του δημόσιου δικτύου σταθερής τηλεφωνίας (PSTN/ISDN).
- ◆ Παρέχει τη δυνατότητα δρομολόγησης των κλήσεων από το δίκτυο σταθερής τηλεφωνίας σε ένα μεμονωμένο κινητό σταθμό, μέσω του συστήματος σταθμών βάσης (BSS).
- ◆ Ανάλογα με το μέγεθος του δικτύου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ένα ή περισσότερα GMSC's.
- ◆ Μία κύρια διαφορά μεταξύ GMSC και MSC είναι ότι το MSC δε σχετίζεται με κάποιο οικείο καταχωρητή θέσης (HLR).
- ◆ Πλέον κάθε MSC μπορεί να παίζει το ρόλο GMSC.

# Κέντρο Αυθεντικοποίησης Authentication Centre (AUC)

- ◆ Το AUC είναι ένα κομμάτι του HLR.
- ◆ Πρόκειται για μία προστατευόμενη βάση δεδομένων που διατηρεί ένα αντίγραφο ενός μυστικού κλειδιού (authentication key), το οποίο είναι αποθηκευμένο και στην κάρτα SIM του κάθε συνδρομητή και χρησιμοποιείται για πιστοποίηση και κρυπτογράφηση πάνω στο ραδιοδίαυλο.
- ◆ Το AUC παρέχει πρόσθετη ασφάλεια ενάντια στις κακόβουλες χρήσεις.

# Υποσύστημα Υποστήριξης Λειτουργιών Operation Support Subsystem (OSS)

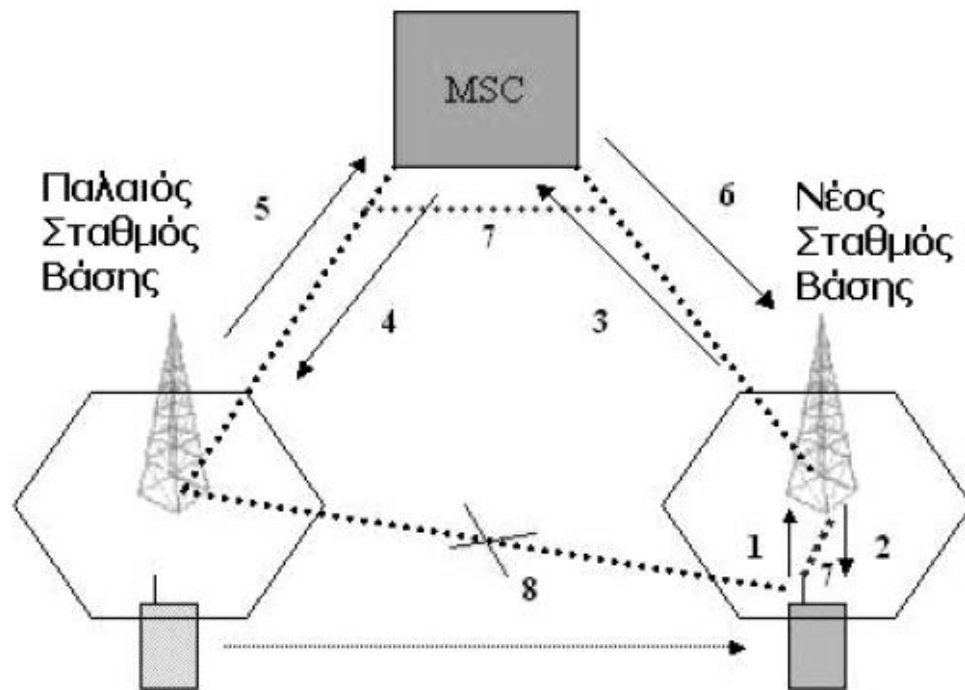
Αποτελείται από:

- ◆ Το Κέντρο Λειτουργίας και Υποστήριξης (OMC: *Operation and Maintenance Center*) είναι ένα μηχανογραφημένο κέντρο παρακολούθησης το οποίο συνδέεται με το MSC και το BSC με διεπαφή X.25. Παρακολουθούνται και ελέγχονται πολλές παράμετροι του δικτύου. Μπορεί να συνυπάρξουν περισσότερα του ενός OMC ανάλογα με τη χωρητικότητα του δικτύου.
- ◆ Το Κέντρο Διαχείρισης Δικτύου (NMC: *Network Management Center*) είναι ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου του δικτύου. Ένα κέντρο χρειάζεται για το δίκτυο για να ελέγχονται τα υφιστάμενα OMC. Το πλεονέκτημα αυτής της ιεραρχίας βρίσκεται στο ότι το NMC επικεντρώνεται στα long-term ζητήματα του δικτύου ενώ το OMC στα short-term.

# Μεταπομπή (Handover)

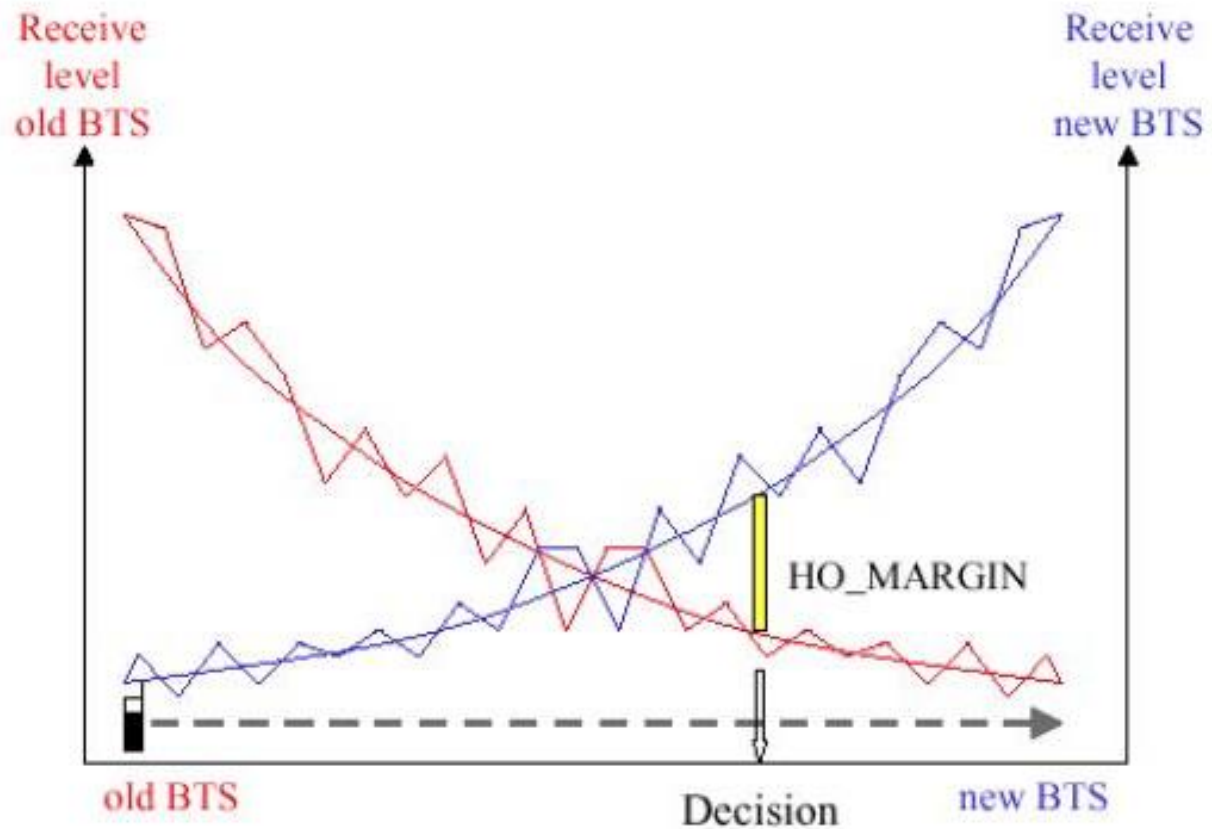
- ◆ Μεταπομπή στο GSM μπορεί να συμβεί για έναν από τους ακόλουθους λόγους
  - Λόγω χαμηλής λαμβανόμενης ισχύος ή χαμηλής ποιότητας της ζεύξης
  - Λόγω πολύ μεγάλης απόστασης του MS από τον BTS.
  - Λόγω υψηλής τηλεπικοινωνιακής κίνησης και έλλειψης ραδιοπόρων σε μια κυψέλη.
  - Λόγω απόφασης από το OMC π.χ. για λειτουργίες συντήρησης στην κυψέλη που εξυπηρετεί τον MS.

# Μεταπομπή (Handover)

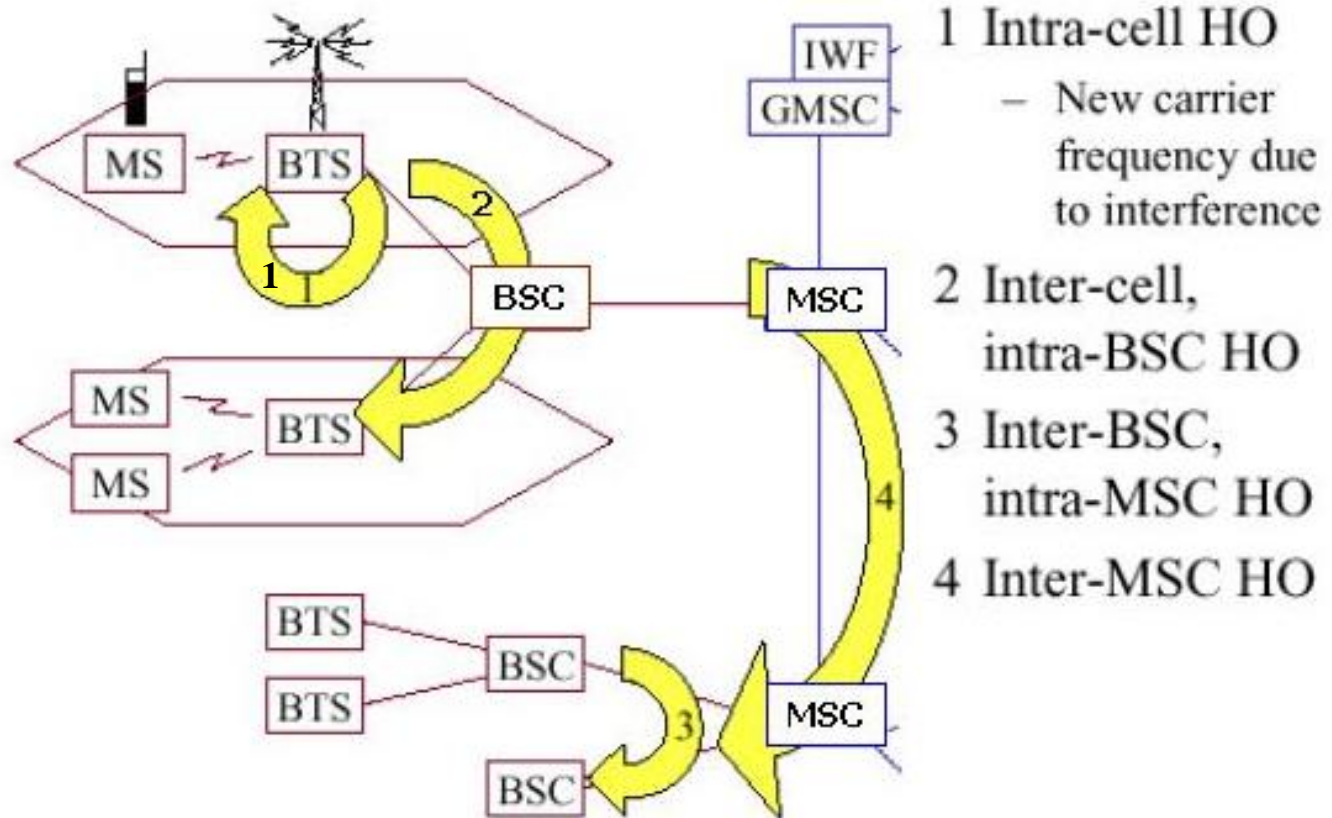


1: Αναφορά μέτρησης σήματος, 2: έναρξη μεταπομπής, 3: Μήνυμα αίτησης για μεταπομπή, 4: Αίτηση αποστολής δεδομένων παλαιάς ζεύξης, 5: Ανταπόκριση και αποστολή δεδομένων, 6: Προώθηση δεδομένων, 7: Εγκατάσταση ζεύξης, 8: Διακοπή παλαιάς ζεύξης και απελευθέρωση αντίστοιχων πόρων.

# Μεταπομπή (Handover)



# Είδη Μεταπομπών





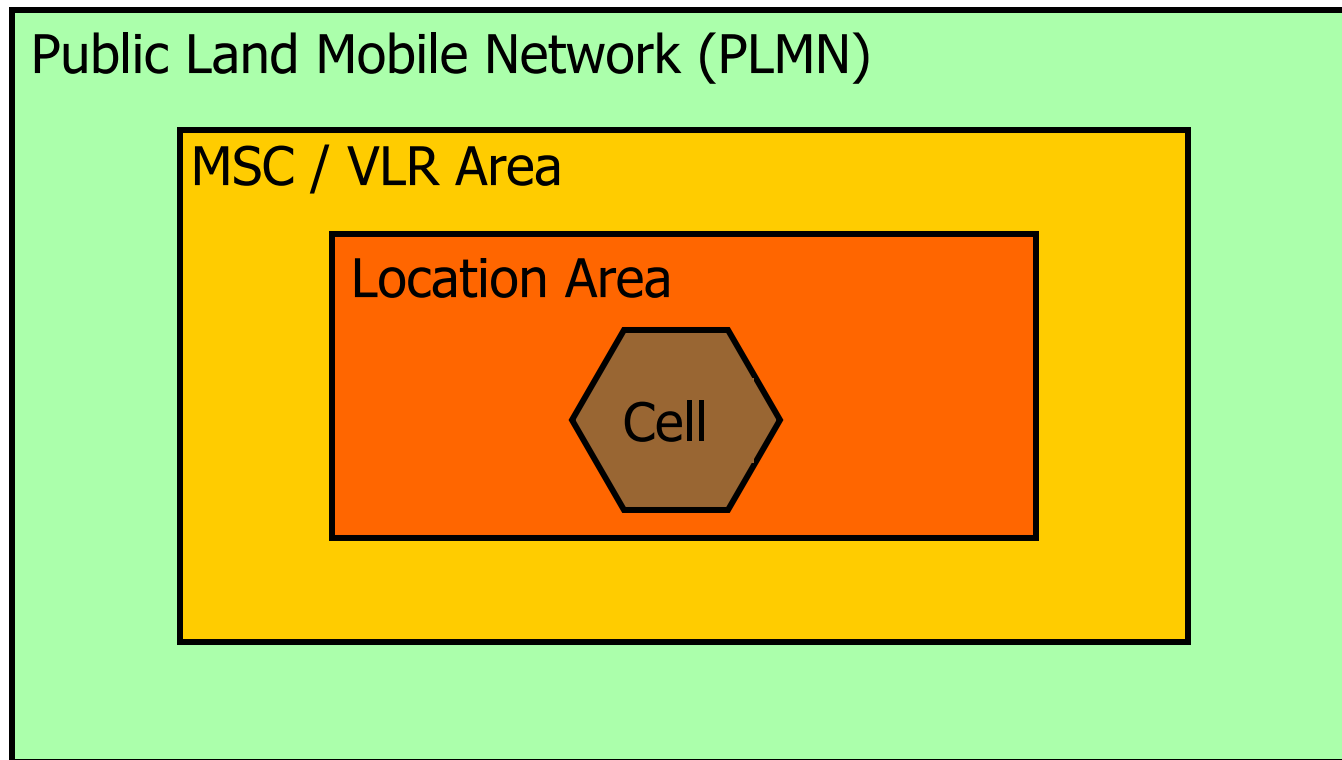
# Αναζήτηση (Paging)

- ◆ Η αναζήτηση (Paging) είναι μία διαδικασία ευρυεκπομπής ενός μηνύματος το οποίο ειδοποιεί ένα κινητό να πάρει μία δράση, π.χ. αν υπάρχει μία εισερχόμενη κλήση.
- ◆ Αν το σύστημα δε γνωρίζει την ακριβή κυψέλη που βρίσκεται το κινητό, πρέπει να κάνει αναζήτηση σε ένα πλήθος κυψελών.
- ◆ Μία ακραία προσέγγιση θα ήταν να αναλάβει την αναζήτηση σε όλη την καλυπτόμενη περιοχή ενός κυψελωτού συστήματος κάθε φορά που το κινητό πρέπει να ειδοποιηθεί. Εντούτοις, αυτό θα ήταν σπατάλη σε σηματοδοσία, χωρητικότητα, κλπ.
- ◆ Το πρόβλημα λύνεται μέσω της χρήσης των περιοχών εντοπισμού (location areas) και ενημέρωσης θέσης (location updating).

# Περιοχή Εντοπισμού Location Area – LA

- ◆ Μέσα σε μια LA, ένας MS μπορεί ελεύθερα να κινείται χωρίς να είναι υποχρεωμένος να ενημερώνει για τη θέση του το MSC/VLR που ελέγχει την περιοχή.
- ◆ Μία LA περιοχή είναι, επίσης, η περιοχή όπου ένα μήνυμα αναζήτησης (paging) θα μεταδοθεί έτσι, ώστε να βρεθεί ο MS.
- ◆ Η LA μπορεί να περιλαμβάνει διάφορες κυψέλες και να εξαρτάται από ένα ή περισσότερα BSC, αλλά είναι πάντα συσχετισμένη με ένα και μόνο ένα MSC/VLR.

# GSM Περιοχές Δικτύου



# Περιοχές Δικτύου GSM

- ◆ Public Land Mobile Network (PLMN)
  - Η περιοχή που εξυπηρετεί ένας πάροχος, π.χ. Vodafone / Cosmote, κλπ.
- ◆ MSC / VLR Area
  - Ένα group από Location Areas το οποίο εξυπηρετείται από ένα MSC / VLR, δηλαδή, όλες οι κυψέλες είναι συνδεδεμένες σε αυτό το MSC / VLR
- ◆ Location Area (LA)
  - Ένα group από κυψέλες μέσα σε μία περιοχή MSC/VLR που είναι αναγνωρισμένη από τη δική της Location Area Identity (LAI)
- ◆ Cell
  - Αναγνωρισμένη από το δικό της Cell Global Identity αριθμό (CGI) το οποίο αντιστοιχεί σε μία περιοχή κάλυψης ενός σταθμού βάσης.

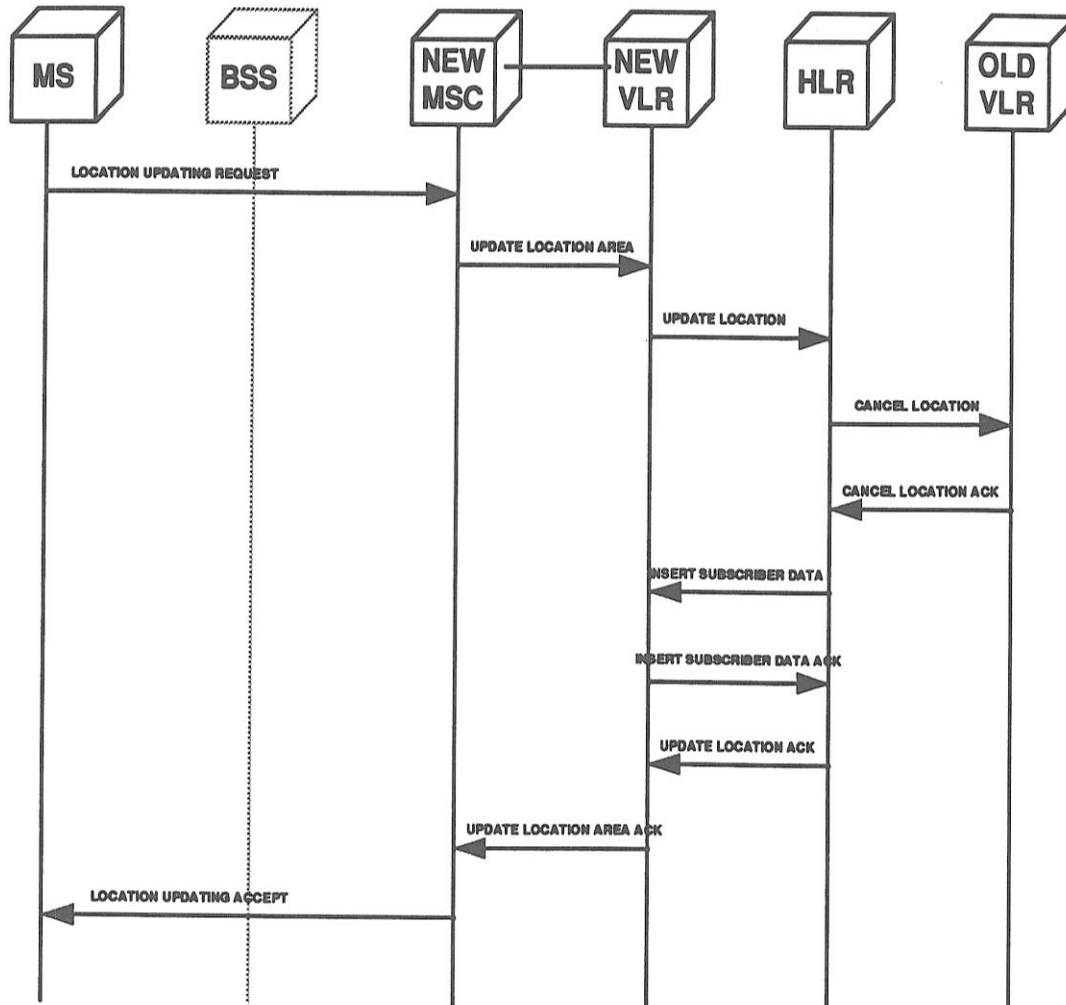
# Ενημέρωση Θέσης Location Update

- ◆ Η ενημέρωση θέσης χρησιμοποιείται για να ελαττώσει την περιοχή όπου η αναζήτηση πρέπει να γίνει σε ένα κυψελωτό σύστημα.
- ◆ Η περιοχή κάλυψης διαιρείται σε ένα πλήθος location areas.
- ◆ Όλες οι κυψέλες εκπέμπουν την ταυτότητα για κάθε Location Area (LAI).
- ◆ Κάθε φορά που ένας κινητός σταθμός παρατηρεί πως μπορεί να κινηθεί σε μία καινούρια location area πληροφορεί το δίκτυο κάνοντας μία ενημέρωση θέσης (location update). Αυτό δίνει τη δυνατότητα στο δίκτυο να εκτελέσει αναζητήσεις σε μία μικρότερη περιοχή.
- ◆ Σε μία ακραία περίπτωση, κάθε κυψέλη μπορεί να είναι μία περιοχή εντοπισμού, το σύστημα μπορεί να ξέρει με πολύ ακρίβεια πού βρισκόταν το κινητό, αλλά με τη σπατάλη μίας πολύ υψηλού επιπέδου υπηρεσίας αναζήτησης. Ως συμβιβασμός, οι περιοχές εντοπισμού καθορίζονται ως ένα group κυψελών.

# Ενημέρωση Θέσης Location Update

- ◆ Ο MS ανιχνεύει ότι έχει εισέλθει σε μία καινούρια περιοχή εντοπισμού (location area) συγκρίνοντας την τελευταία γνωστή LA (αποθηκευμένη στη κάρτα SIM) με την πληροφορία που εκπέμπεται από την τοπική κυψέλη.
- ◆ Ο MS έχει πρόσβαση σε ένα ραδιοκανάλι και αιτείται ενημέρωση θέσης.
- ◆ Αν το εξυπηρετούμενο MSC/VLR είναι αμετάβλητο, το δίκτυο μπορεί αμέσως να κάνει αυθεντικοποίηση το MS και να πληροφορήσει την αλλαγή του LA.
- ◆ Αν το MS έχει μετακινηθεί εκτός MSC/VLR, το MSC/VLR απευθύνει ένα μήνυμα στο HLR.
- ◆ Το HLR πληροφορεί για τη νέα θέση (VLR) και κατεβάζει τις παραμέτρους ασφάλειας για να επιτρέψουν στο δίκτυο την αυθεντικοποίηση του κινητού, και επίσης περνάει πληροφορίες του συνδρομητή στο νέο VLR και ενημερώνει το παλιό VLR για να σβήσει τις εγγραφές του.

# Ενημέρωση Θέσης Location Update



# Ακολουθία Ενημέρωσης Θέσης

- MS to NEW MSC (via BSS) – location updating request
- New MSC to NEW VLR – update location area
- New VLR to HLR – update location
- HLR to OLD VLR – cancel location
- OLD VLR to HLR – cancel location ACK
- HLR to NEW VLR – insert subscriber data
- NEW VLR to HLR – insert subscriber data ACK
- HLR to NEW VLR – update location ACK
- NEW VLR to NEW MSC – update location area ACK
- NEW VLR to MS – location updating accept

- ACK = acknowledge

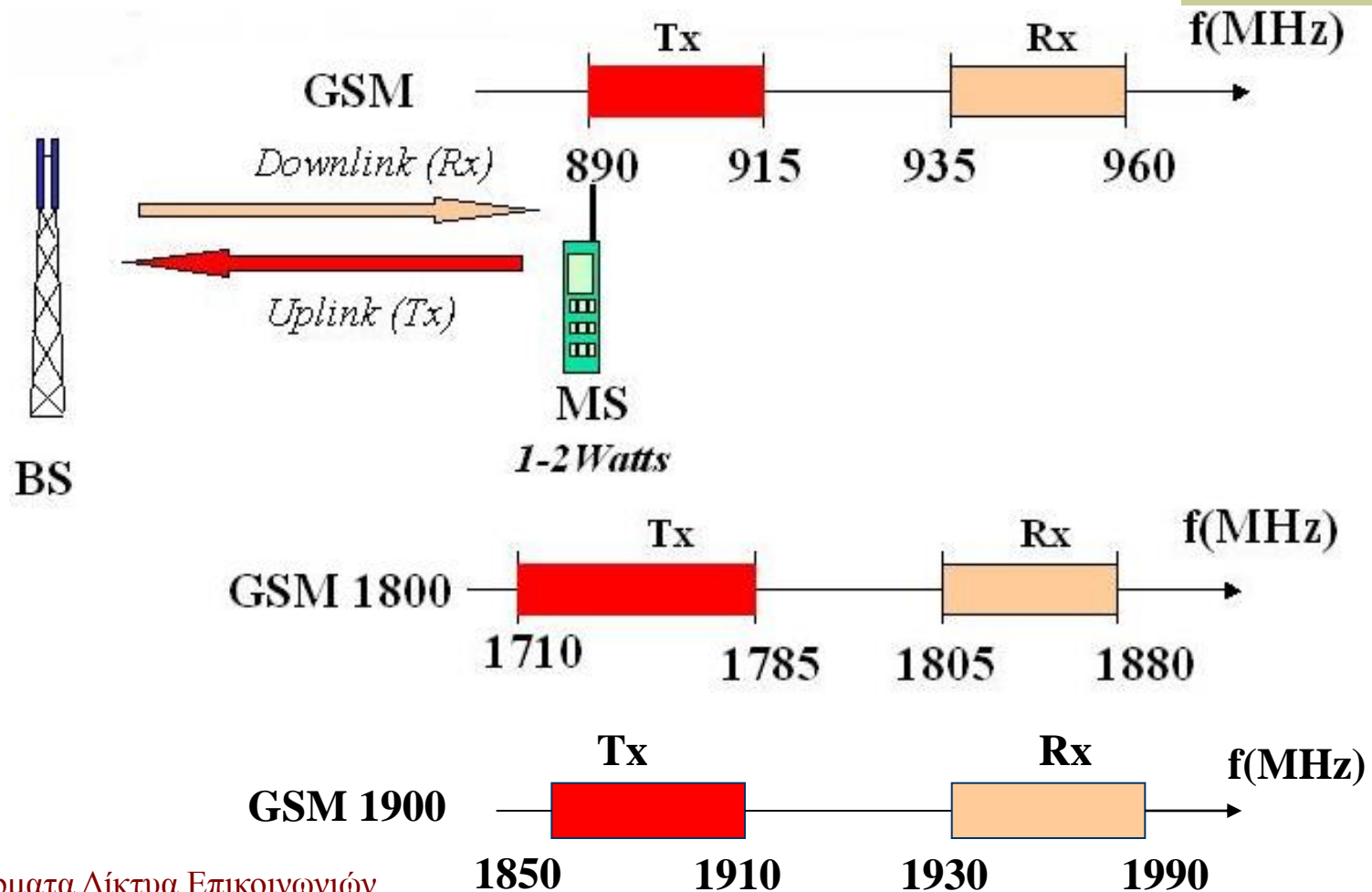


# Έλεγχος Ισχύος

- ◆ Ένα κινητό εκπέμπει με μέση ισχύ 250mW
- ◆ Για χρήση πλήρους ρυθμού η μέγιστη ισχύς είναι 8 φορές μεγαλύτερη, δηλαδή: 2W
- ◆ Η ισχύς εκπομπής του κινητού ρυθμίζεται σε μια περιοχή 30dB με βήματα των 2dB
- ◆ Για εξοικονόμηση ισχύος ο πομπός δεν τροφοδοτείται κατά τη διάρκεια χρονοσχημάτων που ανήκουν σε άλλους χρήστες (κατάσταση idle).

|       | GSM 400 –<br>900 -850           | GSM – 1800      | PCC – 1900      |
|-------|---------------------------------|-----------------|-----------------|
| Κλάση | Ονομαστική Μέγιστη Ισχύς Εξόδου |                 |                 |
| 1     |                                 | 1 W (30 dBm)    | 1 W (30 dBm)    |
| 2     | 8 W (39 dBm)                    | 0,25 W (24 dBm) | 0,25 W (24 dBm) |
| 3     | 5 W (37 dBm)                    | 4 W (36 dBm)    | 2 W (33 dBm)    |
| 4     | 2 W (33 dBm)                    |                 |                 |
| 5     | 0,8 W (29 dBm)                  |                 |                 |

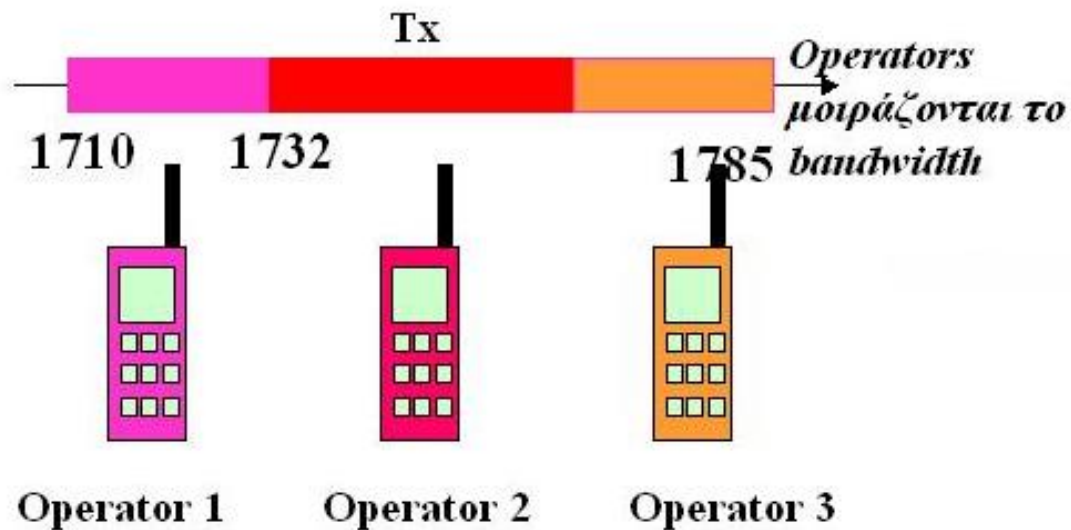
# Εύρος Συχνοτήτων στο GSM



# Εύρος Συχνοτήτων στο GSM

GSM :  $[890+nx0.2]$  MHz up to 915MHz

GSM 1800 :  $[1710+nx0.2]$  MHz up to 1785MHz



οι περιοχές συχνοτήτων έχουν διαφεθεί σε 124 ζεύγη φερουσών συχνοτήτων για το GSM 900 και 374 ζεύγη για το GSM 1800 με 200 KHz απόσταση μεταξύ τους

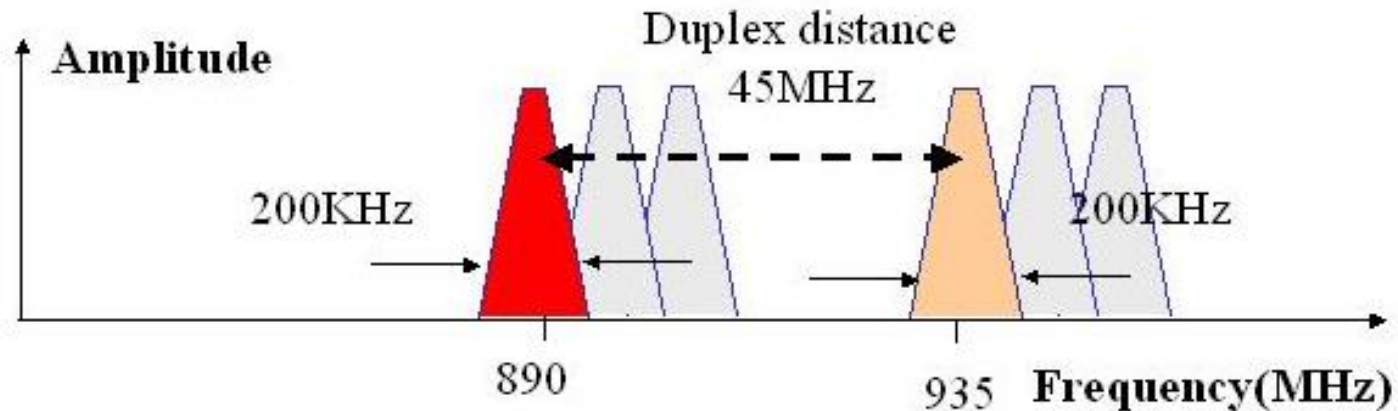
| Σήμα Uplink (MHz) | Σήμα Downlink (MHz) |
|-------------------|---------------------|
| 890,2             | 935,2               |
| 890,4             | 935,4               |
| ...               | ...                 |
| 914,8             | 959,8               |

| Σήμα Uplink (MHz) | Σήμα Downlink (MHz) |
|-------------------|---------------------|
| 1710,2            | 1805,2              |
| 1710,4            | 1805,4              |
| ...               | ...                 |
| 1784,8            | 1879,8              |

# Χαρακτηριστικά GSM

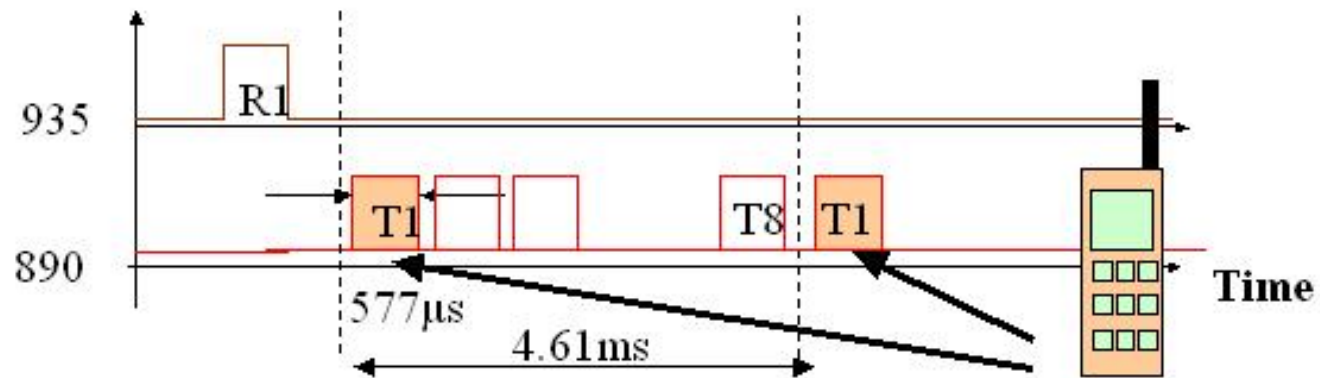
|   |  |
|---|--|
| Modulation  | GMSK   |
| Transmit Frequency Bands                                    |  |
| Base Stations   | 935 – 960 MHz  |
| Mobile Stations   | 890 – 915 MHz  |
| Duplex Separation   | 45 MHz   |
| RF Carrier Spacing  | 200 kHz  |
| Total RF Duplex Channels                                    | 124  |
| Maximum Base Station erp (W)                                | 300  |
| Nominal Mobile Station Transmit Power<br>peak / average (W) | 20 / 2.5<br>8 / 1.0<br>5 / 0.625<br>2 / 0.25                                 |
| Cell Radius (km) min / max                                  | 0.5 / 35   |
| Access Method   | TDMA   |
| Traffic Channels / carrier                                  | 8  |
| Channel Coding  | rate one half convolutional code<br>with interleaving and error<br>detection |
| Control Channel Structure                                   |  |
| Common control channel                                      | yes  |
| Associated control channel                                  | fast and slow  |
| Broadcast control channel                                   | yes  |

# FDMA (Frequency Division Multiple Access)



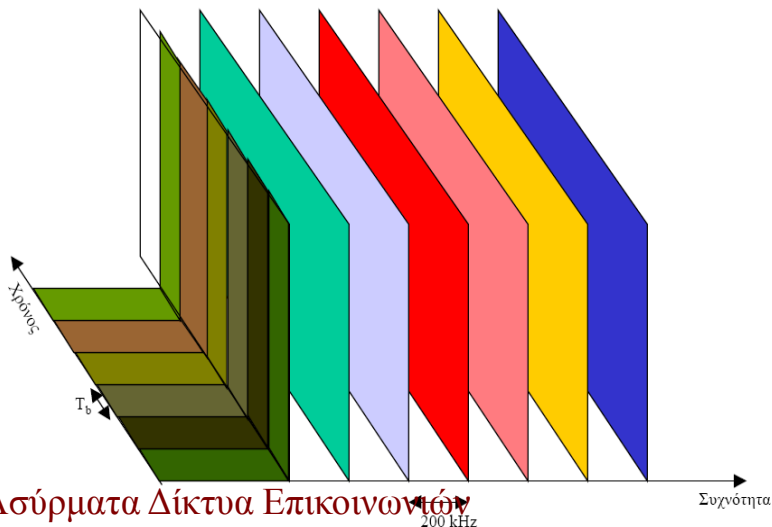
# TDMA (Time Division Multiple Access)

Time domain multiple access (TDMA)



# FDMA & TDMA

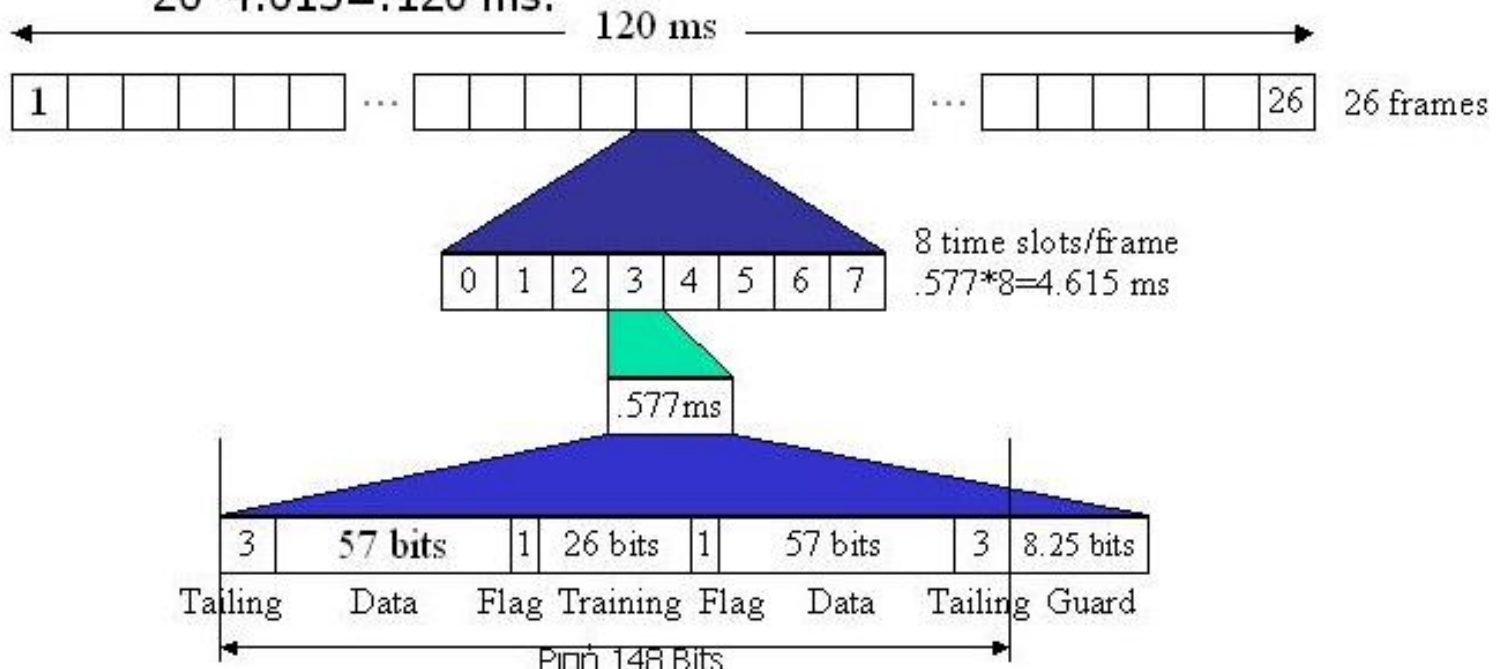
- ♦ Στο GSM η κάθε ζώνη των 25 MHz διαιρείται σε 124 φέρουσες συχνότητες στο σχήμα του FDMA, οι οποίες απέχουν μεταξύ τους 200 kHz.
- ♦ Κανονικά η ζώνη των 25 MHz μπορεί να μας δώσει 125 φέρουσες συχνότητες αλλά η πρώτη φέρουσα χρησιμοποιείται ως ζώνη φύλαξης (guard band) ανάμεσα στο GSM και σε άλλες ασύρματες υπηρεσίες που λειτουργούν σε χαμηλότερες συχνότητες



- ♦ Το πρώτο ζευγάρι των φερουσών συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται στην πράξη είναι οι συχνότητες 890,2 MHz και 935,2 MHz, έχοντας απόσταση μεταξύ τους 45 MHz. Κάθε κυψέλη του δικτύου GSM μπορεί να έχει από 1 μέχρι 15 ζευγάρια συχνοτήτων και κάθε φέρουσα συχνότητα πολυπλέκεται στο χρόνο σε 8 χρονοσχισμές (time slots).
- ♦ Η χρονοσχισμή είναι ουσιαστικά η μονάδα του χρόνου στο TDMA και διαρκεί 0,577 ms. 8 συνεχόμενες χρονοσχισμές σχηματίζουν ένα πλαίσιο TDMA που έχει διάρκεια 4,615 ms.

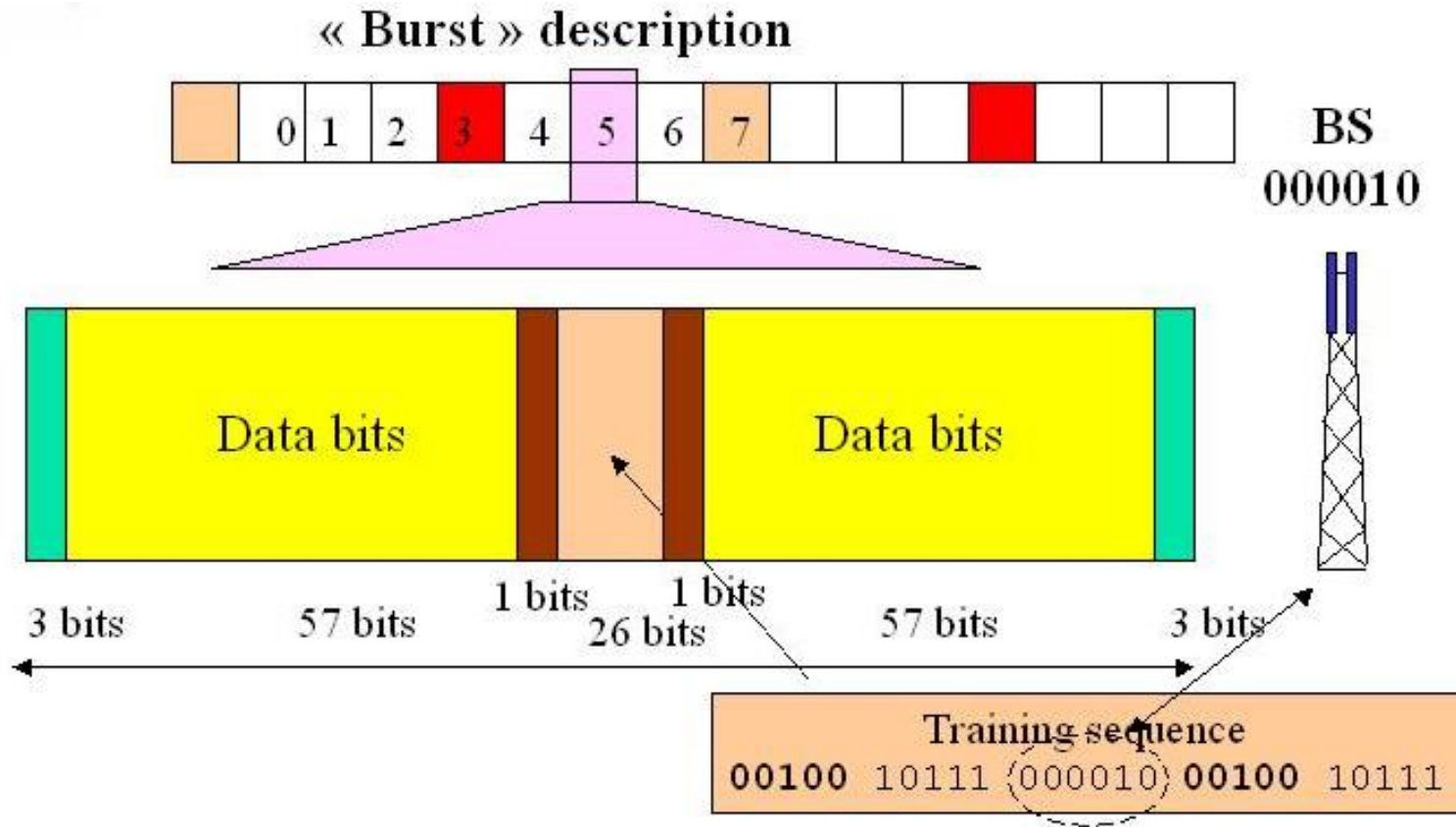
# Βασική Δομή TDMA πλαισίου, χρονοσχισμής και ριπής

- Κάθε frame(πλαίσιο) έχει 8 time slots (χρονοσχισμές),
  - $8 * 0.577 = 4.615$  ms (time for sending one frame)
  - Σε ένα κανάλι, 26 frames είναι μαζί για 120 ms time period.  
 $26 * 4.615 = 120$  ms.

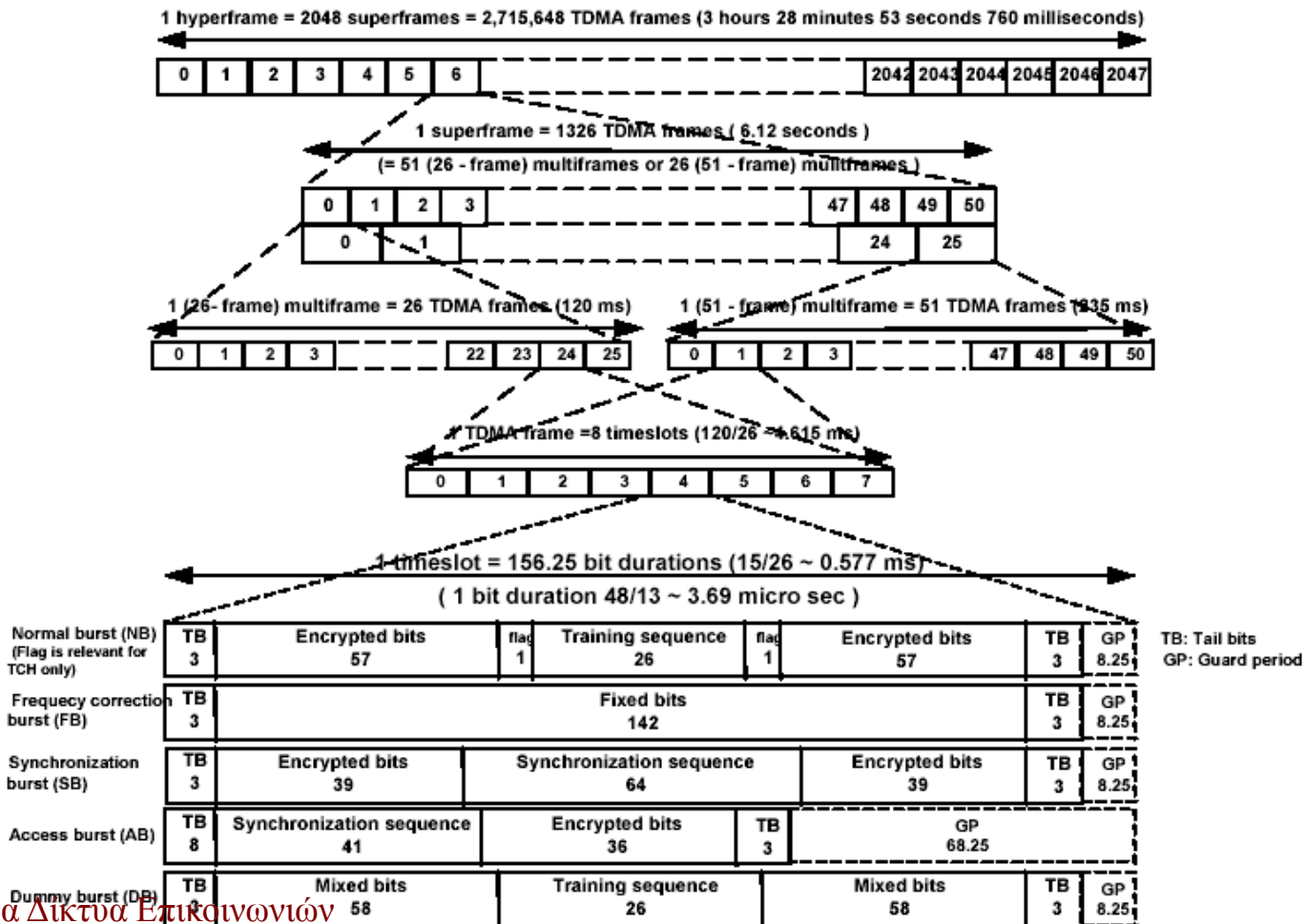




# Περιγραφή Ριπής



# Τα πλαίσια του GSM



# Ιεραρχική Δομή Πλαισίου TDMA

- ◆ Η ανώτερη ιεραρχικά δομή μετά το TDMA frame είναι το multiframe. Αυτό δομείται με δύο τρόπους
  - Είτε (για Dedicated Channels) παίρνουμε 26 TDMA frames και σχηματίζουμε ένα multiframe διάρκειας 120 ms. Η τιμή των 120msec, ως πολλαπλάσιο των 20msec, επιλέχθηκε ώστε να είναι δυνατός ο συγχρονισμός με δίκτυα ISDN.
  - Είτε (για Common Channels) παίρνουμε 51 TDMA frames και σχηματίζουμε multiframe των 235 ms.

# Ιεραρχική Δομή Πλαισίου TDMA

- ◆ Ένα **superframe** είναι διάρκειας 6.12 ms και αποτελείται από 1326 TDMA frames, δηλαδή είτε 51 multiframe των 26 frames το καθένα είτε 26 multiframe των 51 frames το καθένα.
- ◆ Τέλος, υπάρχει το **hyperframe**, που αποτελείται από 2048 superframes και έχει περίοδο επανάληψης 3 h 28 min 53 sec 760 ms.
- ◆ Είναι η μικρότερη περίοδος επανάληψης για την κρυπτογράφηση και το σχήμα μεταπήδησης συχνότητας.
- ◆ Γενικά όλα τα επίπεδα ιεράρχησης είναι μετρητές που διευκολύνουν την οργάνωση της πληροφορίας χρηστών και της σηματοδότησης στο TRX, καθώς επίσης της κρυπτογράφησης στη ραδιοεπαφή.

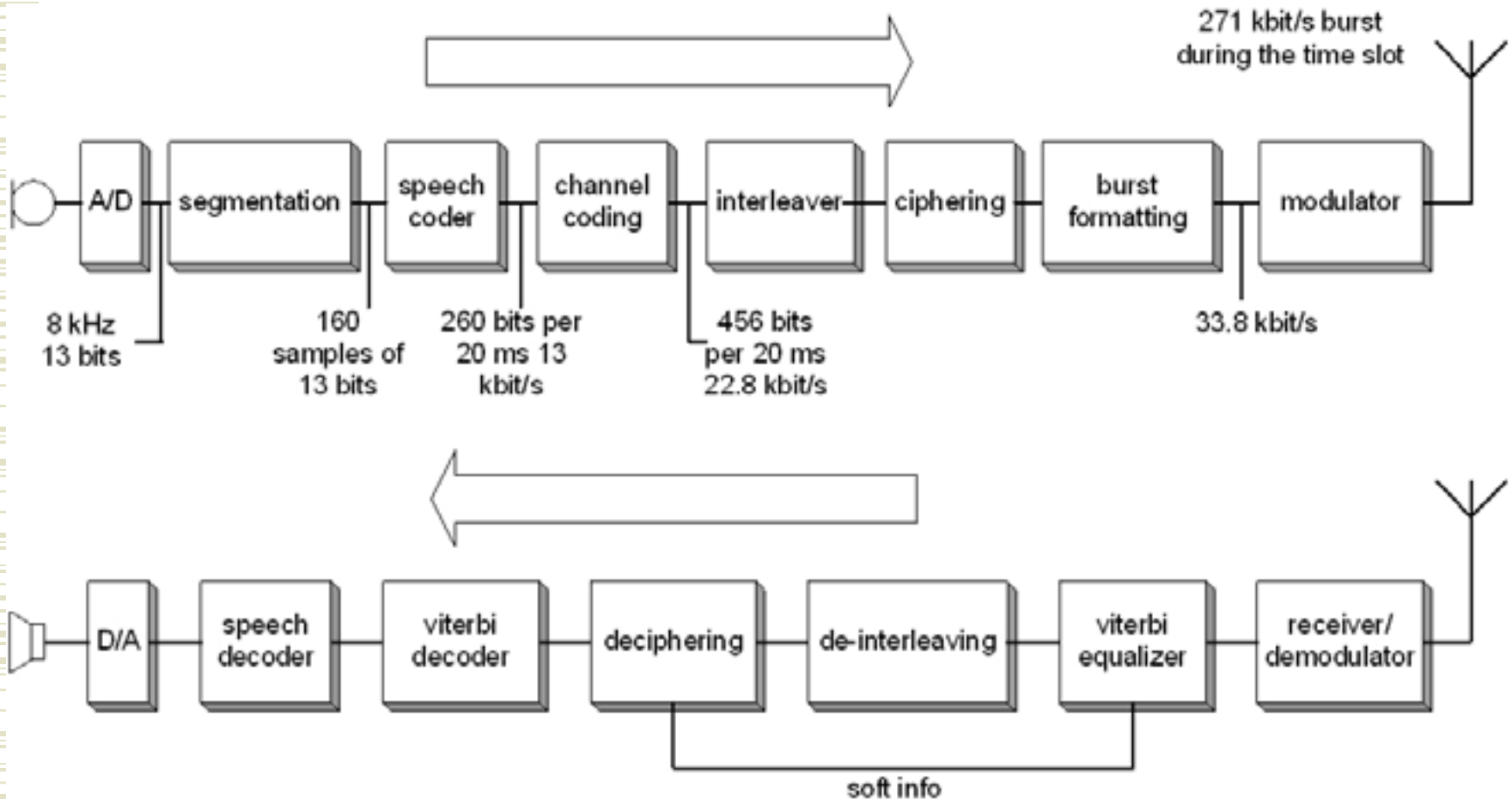
# Συνδυασμός FDD και TDD

- ◆ Συνδυασμός FDD και TDD
- ◆ Για λόγους ευκολίας, στο GSM η διαφορά χρόνου μεταξύ εκπομπής και λήψης είναι τρεις χρονοσχισμές.
- ◆ Η αρίθμηση των χρονοσχισμών τόσο για τον BTS όσο και για τον MS παραμένει ακριβώς η ίδια σαν και οι δύο να χρησιμοποιούσαν την ίδια χρονοσχισμή ταυτόχρονα.

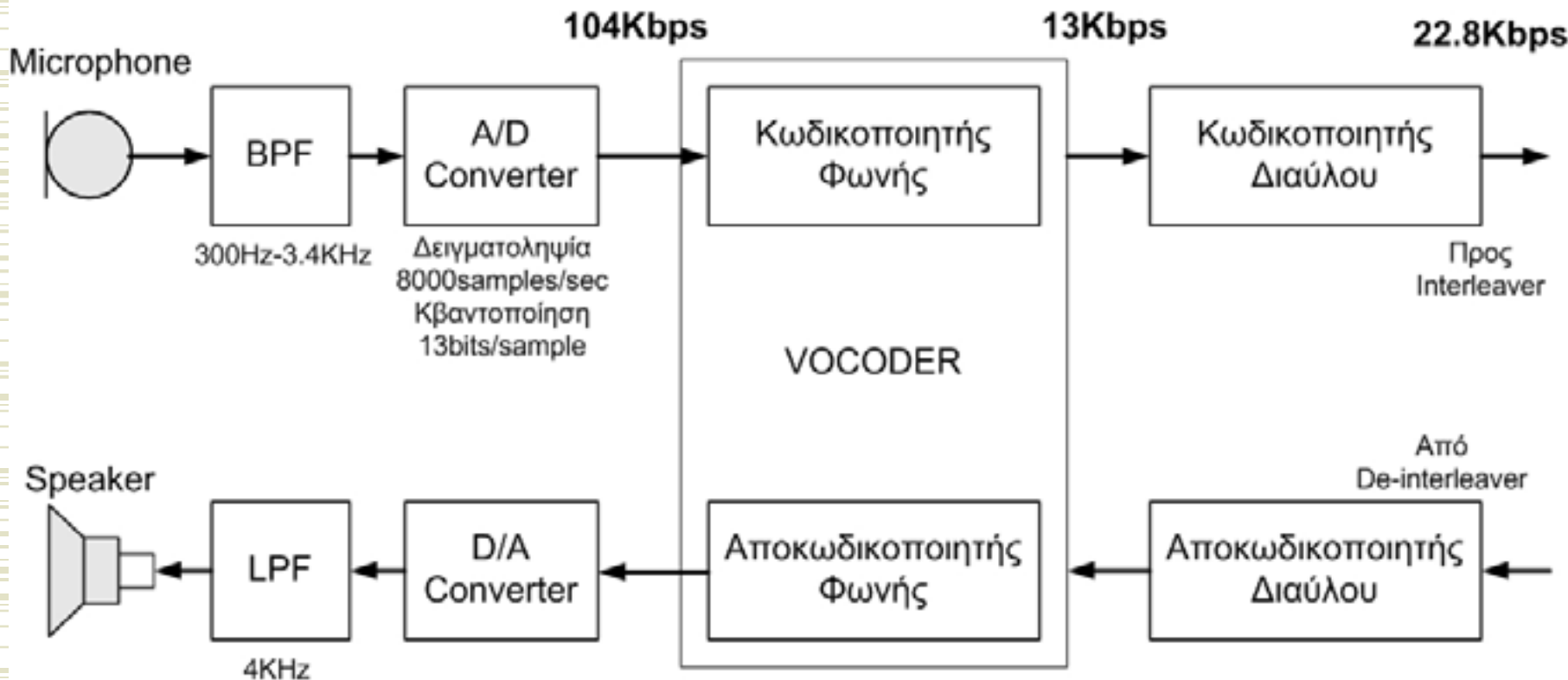


Υπόθεση : Αμελητέα χρονική Καθυστέρηση μεταξύ MS και BTS

# Δομή Πομποδέκτη GSM



# Κωδικοποίηση Πηγής (Φωνής)



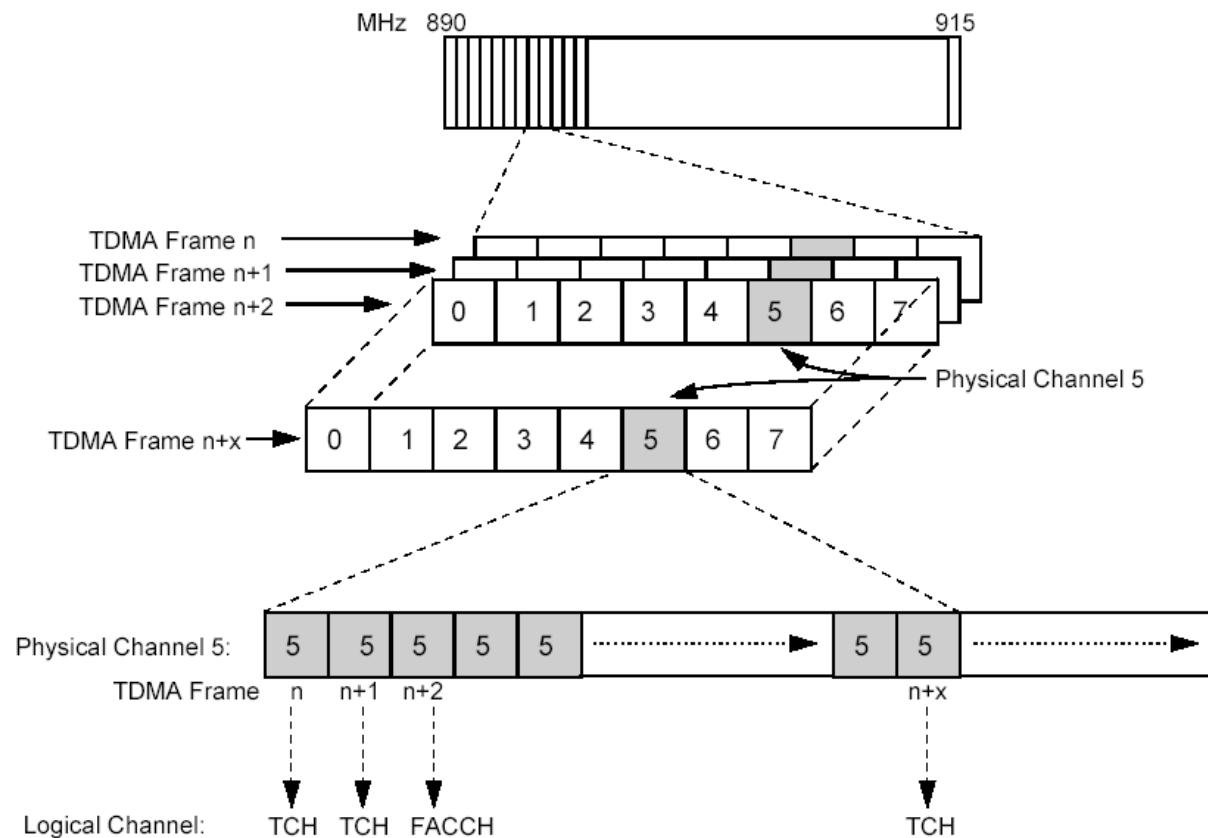
# Φυσικά Κανάλια

Κάθε χρονοσχισμή ονομάζεται φυσικό κανάλι



8 φυσικά κανάλια σε κάθε συχνότητα

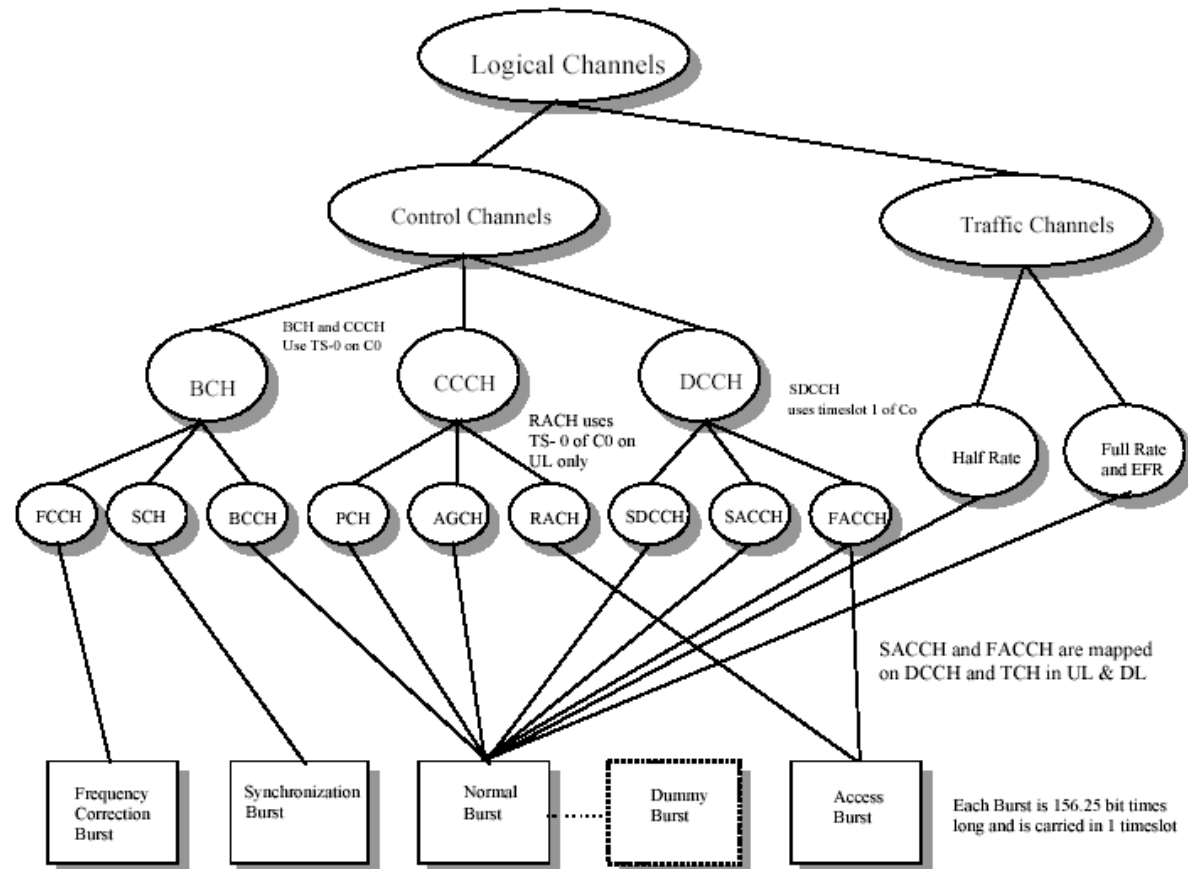
Τα φυσικά κανάλια χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση φωνής, δεδομένων και σηματοδοσίας





# Λογικά Κανάλια

Κάθε ένα από τα λογικά κανάλια μεταφέρει πληροφορία προς και από το MS διαμορφωμένη με τέτοιο τρόπο ώστε το MS να καταλαβαίνει τη σημασία των διαφορετικών bits σε κάθε μήνυμα.



# Κανάλια Ελέγχου

Χρησιμοποιούνται για σύνδεση του MS με έναν BTS.

Η συχνότητα του BCCH περιέχει σημαντική πληροφορία για το MS, όπως ταυτότητα περιοχής, πληροφορία συγχρονισμού και ταυτότητα δικτύου

| Broadcast Channels (BCH's)          |                               |  |  |
|-------------------------------------|-------------------------------|--|--|
| Logical Channel                     | Direction                     | BTS  | MS   |
| Frequency Correction Channel (FCCH) | Downlink, point to multipoint | Transmits a carrier frequency.   | Identifies BCCH carrier by the carrier frequency and synchronizes with the frequency.  |
| Synchronization Channel (SCH)       | Downlink, point to multipoint | Transmits information about the TDMA frame structure in a cell (e.g. frame number) and the BTS identity (Base Station Identity Code (BSIC)).                                     | Synchronizes with the frame structure within a particular cell, and ensures that the chosen BTS is a GSM BTS - BSIC can only be decoded by an MS if the BTS belongs to a GSM network.  |
| Broadcast Control Channel (BCCH)    | Downlink, point to multipoint | Broadcasts some general cell information such as Location Area Identity (LAI), maximum output power allowed in the cell and the identity of BCCH carriers for neighboring cells. | Receives LAI and will signal to the network as part of the Location Updating procedure if the LAI is different to the one already stored on its SIM. MS sets its output power level based on the information received on the BCCH. The MS stores the list of BCCH carrier frequencies on which Rx.lev.measurement is done for Handover decision. |

# Κανάλια Ελέγχου

Χρησιμοποιούνται για να κάνει ή να δεχθεί μία κλήση ο συνδρομητής.

| Common Control Channels (CCCH) |                          |  |  |
|--------------------------------|--------------------------|--|--|
| <i>Logical Channel</i>         | <i>Direction</i>         | <i>BTS</i>   | <i>MS</i>  |
| Paging Channel (PCH)           | Downlink, point to point | Transmits a paging message to indicate an incoming call or short message. The paging message contains the identity number of the mobile subscriber that the network wishes to contact. | At certain time intervals the MS listens to the PCH. If it identifies its own mobile subscriber identity number on the PCH, it will respond. |
| Random Access Channel (RACH)   | Uplink, point to point   | Receives access-request from MS for call setup/ loc. update/ SMS   | Answers paging message on the RACH by requesting a signaling channel.  |
| Access Grant Channel (AGCH)    | Downlink, point to point | Assigns a signaling channel (SDCCH) to the MS.   | Receives signaling channel assignment (SDCCH).   |

# Κανάλια Ελέγχου

Χρησιμοποιούνται για να ξεκινήσει η διαδικασία κλήσης μεταξύ MS και BSS.

| <b>Dedicated Control Channels (DCCH)</b>      |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <i>Logical Channel</i>                        | <i>Direction</i>                          | <i>BTS</i>  | <i>MS</i>   |
| Stand alone Dedicated Control CHannel (SDCCH) | Uplink and downlink, point to point       | The BTS switches to the assigned SDCCH, used for call set-up signaling. TCH is assigned on here. (SDCCH is also used for SMS messages to MS). | The MS switches to the assigned SDCCH. Call set-up is performed. The MS receives a TCH assignment information (carrier and time slot).  |
| Cell Broadcast CHannel (CBCH)                 | DL, point to multi point, mapped on SDCCH | Uses this logical channel to transmit short message service cell broadcast.   | MS receives cell broadcast messages.  |
| Slow Associated Control CHannel (SACCH)       | Uplink and downlink, point to point       | Instructs the MS on the allowed transmitter power and parameters for time advance.<br><br>SAACH is used for SMS during a call.                | Sends averaged measurements on its own BTS (signal strength and quality) and neighboring BTS's (signal strength). The MS continues to use SACCH for this purpose during a call. |
| Fast Associated Control CHannel (FACCH)       | Uplink and downlink, point to point       | Transmits handover information.   | Transmits necessary handover information in access burst  |

# Κανάλια Κίνησης

Χρησιμοποιούνται αφού ολοκληρωθεί το call set-up και για να συντονιστεί το MS σε ένα κανάλι κίνησης.

## Τύποι Καναλιών Κίνησης (TCH):

- Πλήρους Ρυθμού (*Full Rate*)  13kbits/s  1 TCH
- Μισού Ρυθμού (*Half Rate*)  6,5kbits/s



2 half rate χρησιμοποιούν 1 TCH



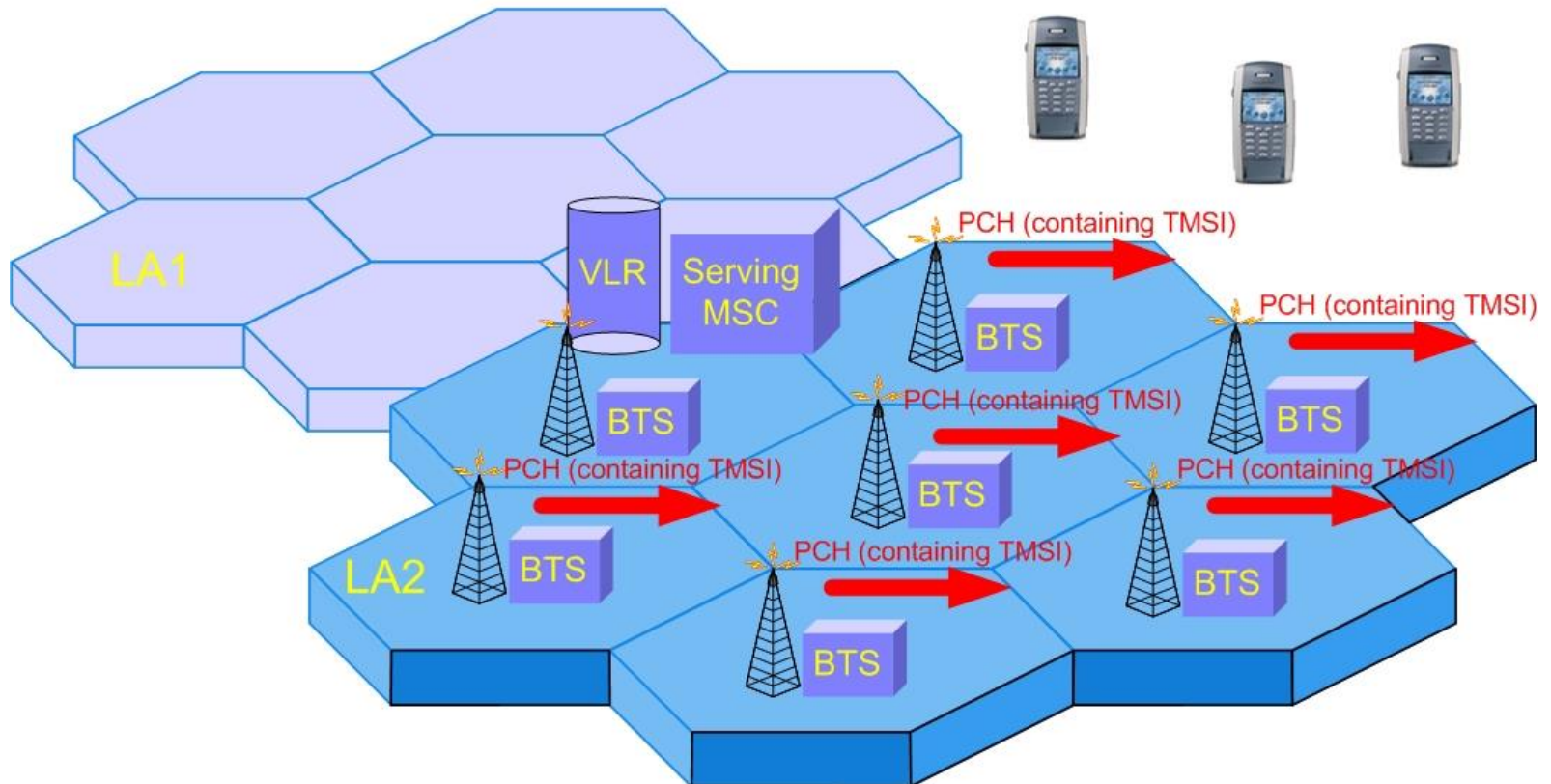
Διπλασιασμός χωρητικότητας της κυψέλης

# Κανάλια Ριπής

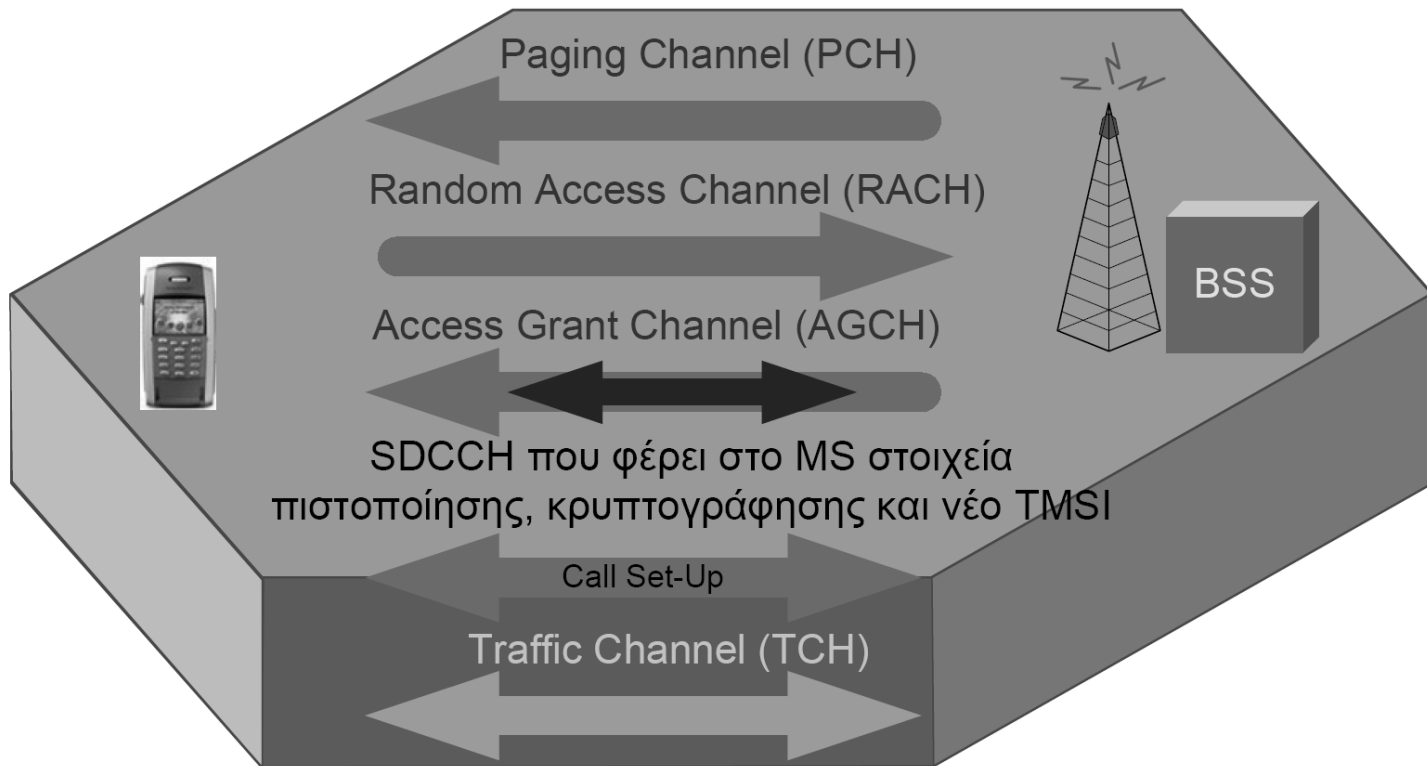
| Burst Type           | Purpose   | Used by  | Contents   |
|----------------------|---|--|--|
| Normal               | Used to carry information on traffic and control channels                         | BCCH,<br>PCH,<br>AGCH,<br>SDCCH,<br>CBCH,<br>SACCH,<br>FACCH,<br>TCH | <ul style="list-style-type: none"> <li>Two blocks of 57 bits each for traffic</li> <li>Training sequence (26 bits)</li> <li>Steal flags (1 bit each) to indicate that FACCH has temporarily stolen 57 bits</li> <li>Tail bits (always 000)</li> <li>Guard period: 8.25 bit durations</li> </ul>      |
| Frequency Correction | Used for frequency synchronization of the mobile                                  | FCCH   | <ul style="list-style-type: none"> <li>142 frequency correction bits</li> <li>Tail bits</li> <li>Guard period: 8.25 bit durations</li> </ul>   |
| Synchronization      | Used for frame synchronization of the mobile                                      | SCH  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Two blocks of 39 bits for TDMA frame structure information</li> <li>64 synchronization bits</li> <li>Tail bits</li> <li>Guard period: 8.25 bit durations</li> </ul>   |
| Access               | Used for random and handover access   | RACH<br>FACCH  | <ul style="list-style-type: none"> <li>41 synchronization bits</li> <li>36 bits of access information</li> <li>Tail bits</li> <li>Guard period: 68.25 bit durations. A longer GP is used because it's the first transmission from the mobile - no timing advance information is available</li> </ul> |
| Dummy                | Used when no other channel requires a burst to be sent and carries no information | All free TS on C0. (1-7)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pattern consists of Training sequence and a mixed bits pattern.</li> </ul>  |

# Διαδικασία Αναζήτησης (Paging)

ΜΟΝΟ το MS με το σωστό TMSI θα αναγνωρίσει το PCH και θα αποκριθεί



# Διαδικασία Αναζήτησης (Paging)



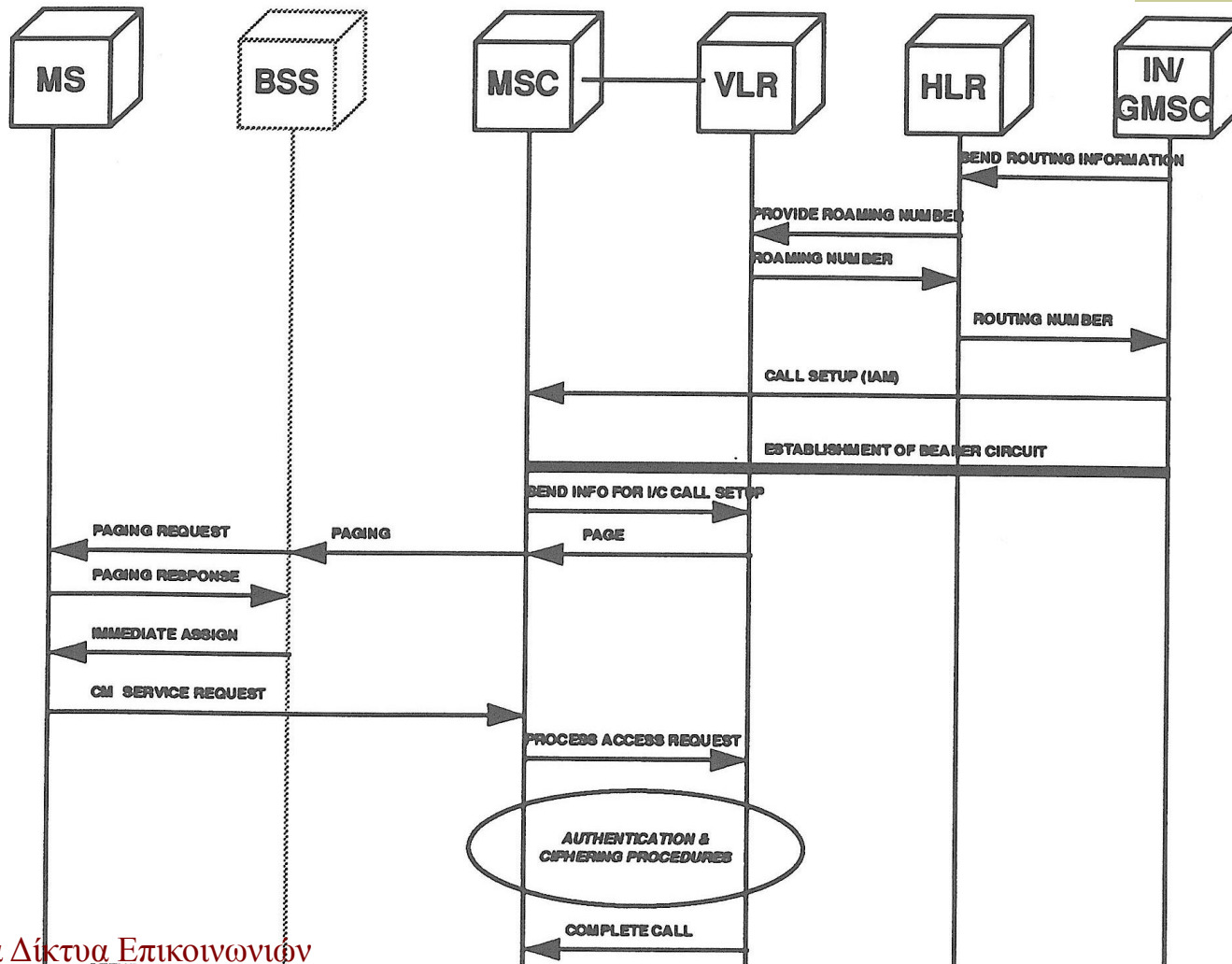
Σχήμα 6.45: Διαδικασία απόκρισης στην αναζήτηση



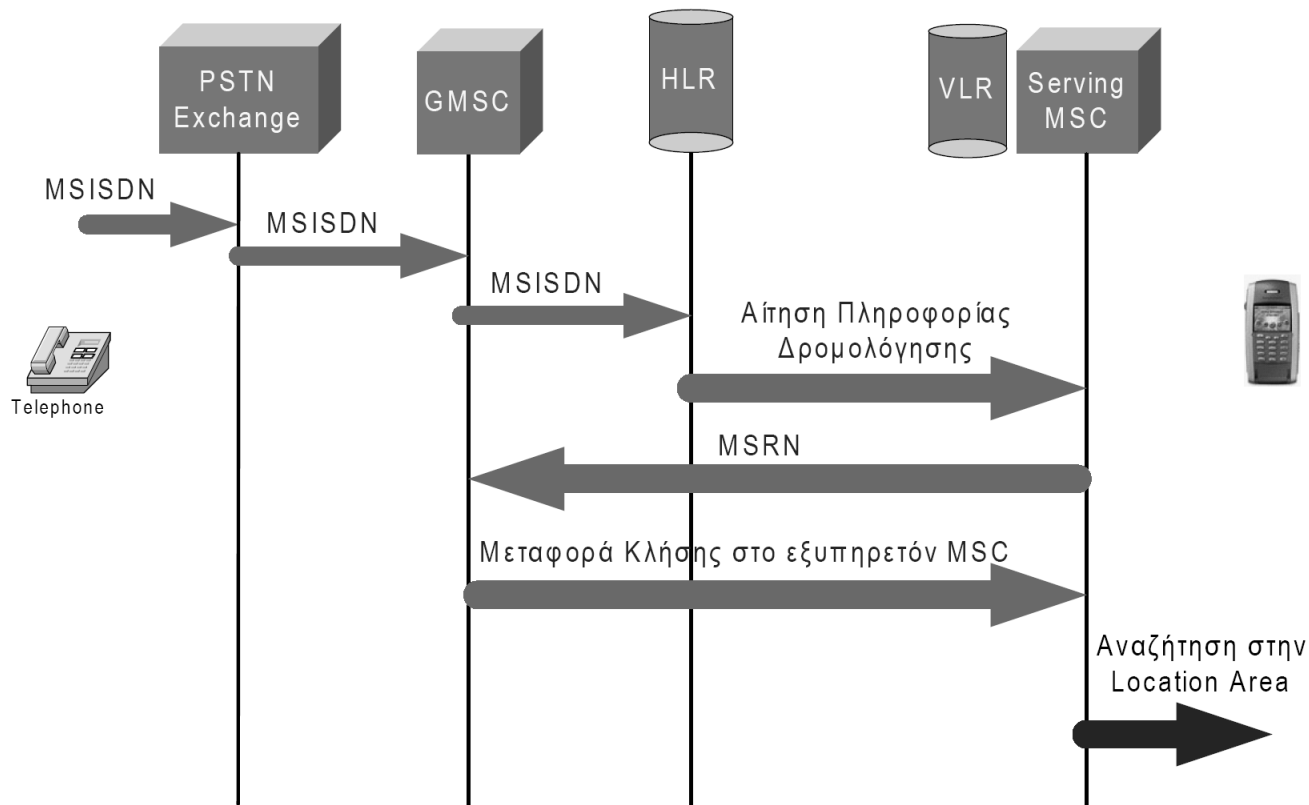
# Εισερχόμενη Κλήση Incoming Call

- ♦ Μία εισερχόμενη κλήση παρουσιάζεται στην πύλη MSC (GMSC), που περιλαμβάνει τον κόμβο ανάκρισης (Interrogating Node – IN). Ο κόμβος IN καθορίζει το HLR από τον αριθμό Mobile Subscriber ISDN και αιτείται πληροφορία δρομολόγησης από το HLR προς το MSC/VLR όπου το κινητό είχε τελευταία εμφανιστεί.
- ♦ Το MSC/VLR αναζητεί το κινητό και αν είναι σε ακτίνα δράσης ανταποκρίνεται στην αναζήτηση και αιτείται ένα ραδιοκανάλι. Το MSC/VLR αυθεντικοποιεί το MS και εφαρμόζει την κρυπτογράφηση.
- ♦ Ο κομιστής είναι τώρα εγκατεστημένος και το σήμα ειδοποίησης μπορεί να ενεργοποιηθεί στο κινητό.
- ♦ Αυτό προϋποθέτει καμία συμπληρωματική υπηρεσία, όπως call forwarding, κλπ.

# Εισερχόμενη Κλήση Incoming Call

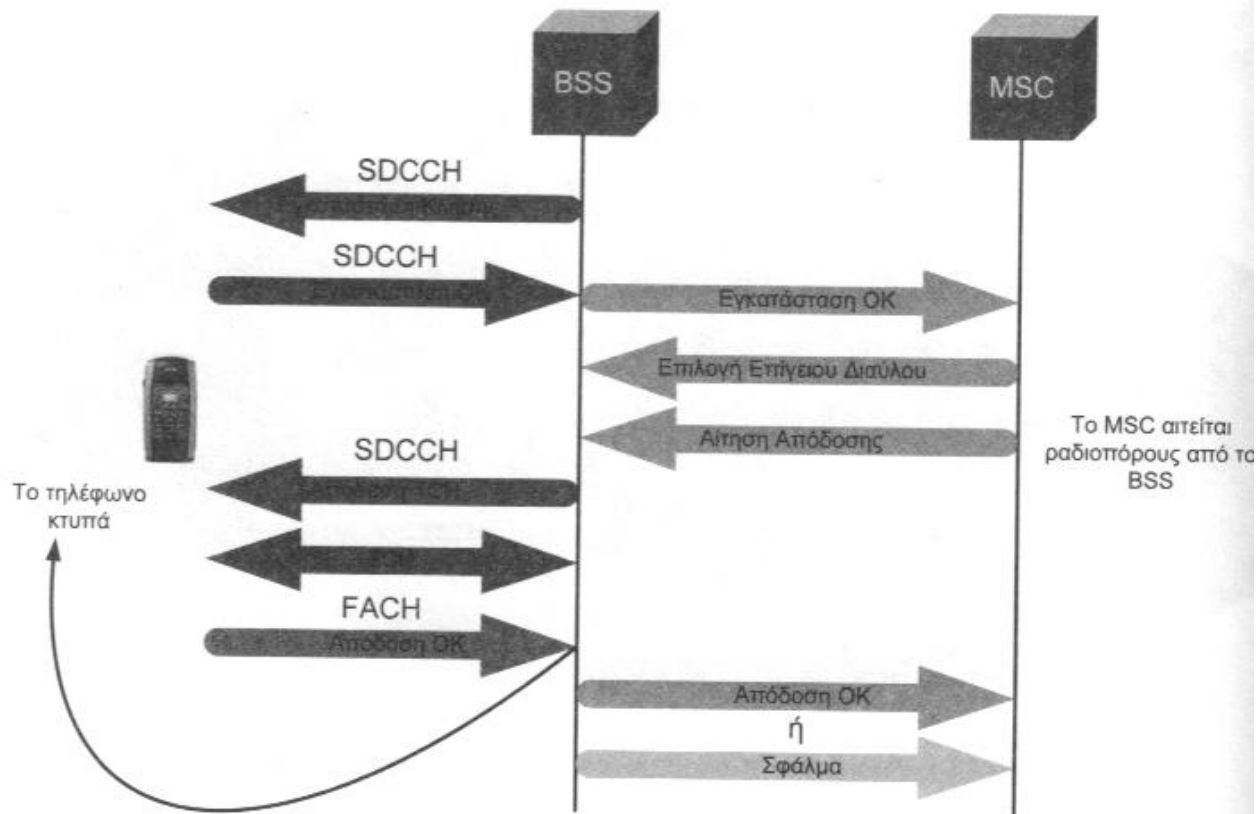


# Εισερχόμενη Κλήση Incoming Call



Σχήμα 6.46: Διαδικασία αναζήτησης για κλήση από το PSTN/ISDN

# Εισερχόμενη Κλήση Incoming Call

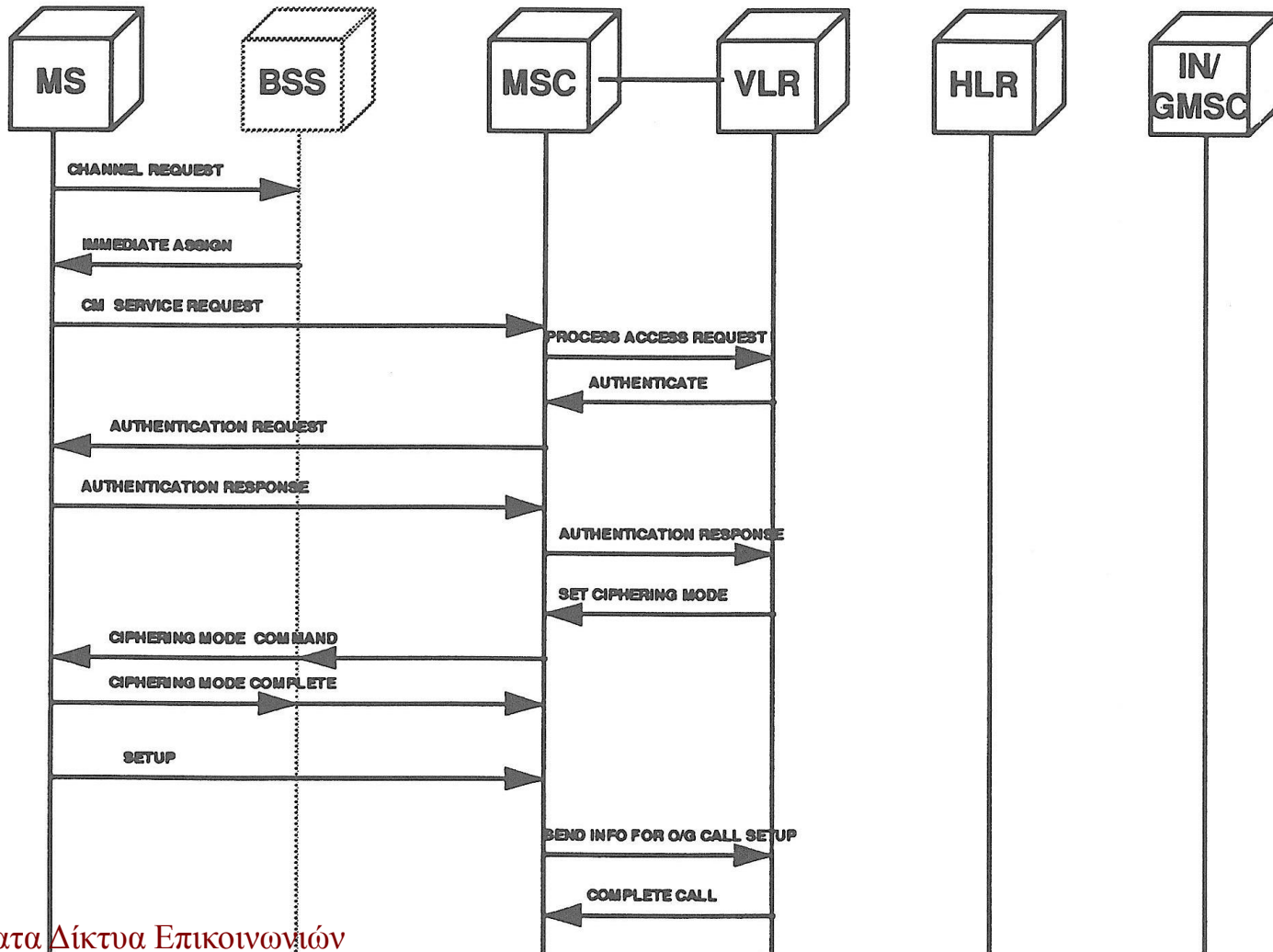


Σχήμα 6.47: Διαδικασία εγκατάστασης κλήσης

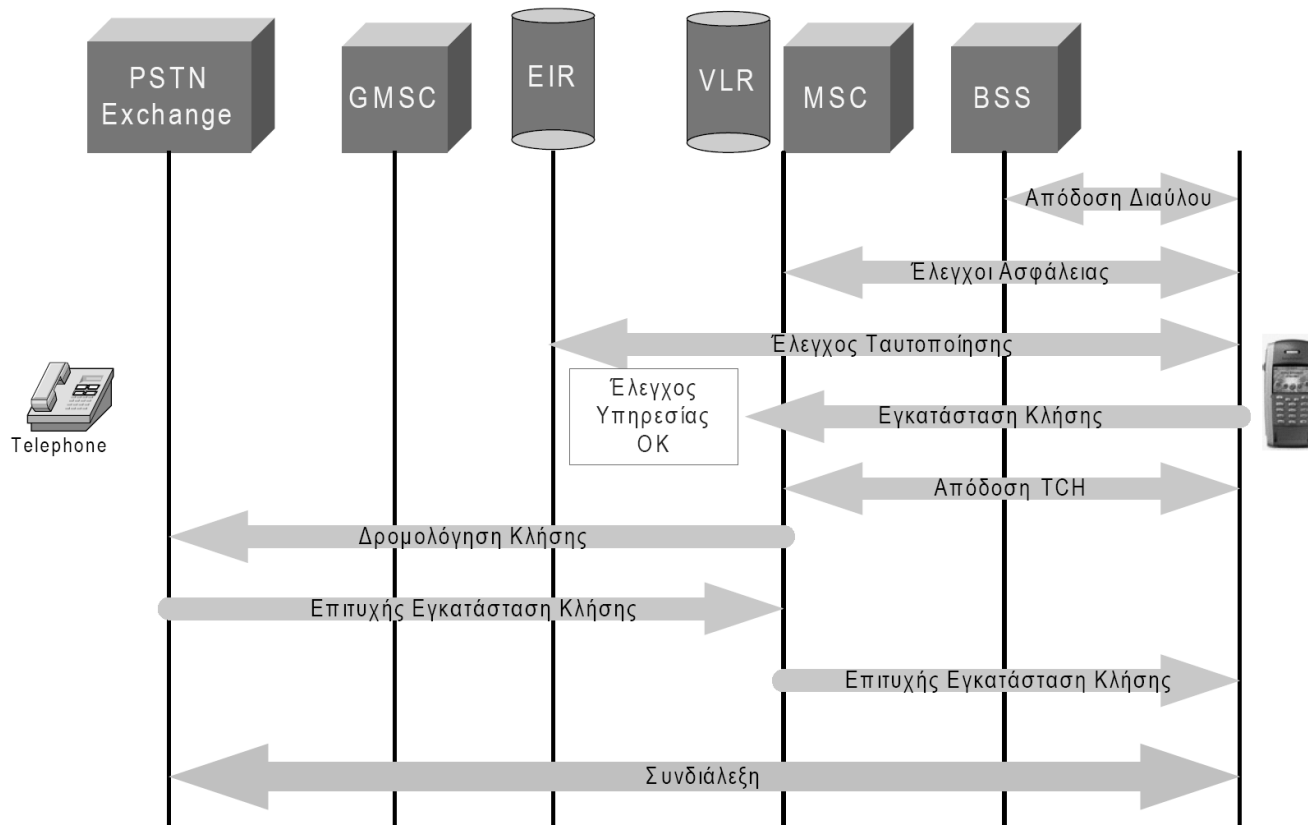
# Εξερχόμενη Κλήση Outgoing Call

- ◆ Μία εξερχόμενη κλήση ξεκινάει όταν ο χρήστης πληκτρολογεί έναν αριθμό και πατάει το κουμπί ‘αποστολή’. Το MS τότε αιτείται ένα ραδιοκανάλι. Το τοπικό MSC/VLR αυθεντικοποιεί το MS και εγκαθιστά ένα ραδιοκανάλι με κρυπτογραφία.
- ◆ Η κλήση τότε δρομολογείται σε σχέση με το πληκτρολογούμενο νούμερο και το MSC/VLR διατηρεί τις εγγραφές κόστους (charging records).

# Εξερχόμενη Κλήση Outgoing Call

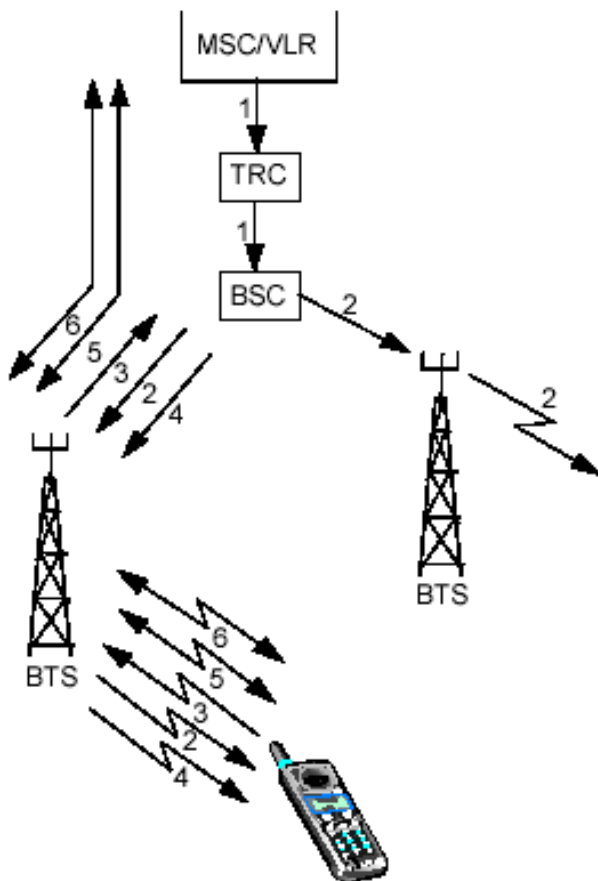


# Εξερχόμενη Κλήση Outgoing Call



Σχήμα 6.48: Διαδικασία κλήσης από κινητό συνδρομητή

# Κλήση προς ένα MS



1. Το MSC/VLR γνωρίζει σε ποιο LA το MS βρίσκεται. Ένα μήνυμα αναζήτησης στέλνεται στο BSC που ελέγχει το LA.
2. Το BSC διανέμει το μήνυμα αναζήτησης στο BTS του επιθυμητού LA. Το BTS εκπέμπει ένα μήνυμα μέσω της διεπαφής του αέρα χρησιμοποιώντας το PCH (paging channel).
3. Όταν το MS ανιχνεύσει το PCH ταυτοποιεί τον εαυτό του, και στέλνει ένα αίτημα για κανάλι σηματοδότησης χρησιμοποιώντας το RACH.
4. Το BSC χρησιμοποιεί το AGCH για να πληροφορήσει το MS για ποιο κανάλι σηματοδότησης να χρησιμοποιήσει (SDCCH και SACCH).
5. Τα SDCCH και SACCH χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση της κλήσης. Ένα TCH εκχωρείται και ένα SDCCH ελευθερώνεται.
6. Το MS και ο BTS μετάγει στην ταυτοποιημένη συχνότητα και χρονοσχισμή του TCH. Αν ο συνδρομητής απαντήσει η σύνδεση εγκαθίσταται. Κατά τη διάρκεια της κλήσης τα σήματα μπορούν να αποσταλούν ληφθούν από το MS χρησιμοποιώντας το SACCH.



# Key terms

Η τερματική συσκευή (MS) μπορεί να έχει τις ακόλουθες καταστάσεις:

- ◆ **Idle:** MS είναι ON αλλά καμία κλήση σε εξέλιξη
- ◆ **Active:** MS είναι ON και κλήση σε εξέλιξη
- ◆ **Detached:** MS είναι OFF

# Key terms

| Mode   | Term                  | Description   |
|--------|-----------------------|---|
| Idle   | Registration          | This is the process in which an MS informs a network that it is attached.   |
|        | Roaming               | When an MS moves around a network in idle mode, it is referred to as roaming.   |
|        | International Roaming | When an MS moves into a network which is not its home network, it is referred to as international roaming. MSs can only roam into networks with which the home network has a roaming agreement. |
|        | Location Updating     | An MS roaming around the network must inform the network when it enters a new LA. This is called location updating.   |
|        | Paging                | This is the process whereby a network attempts to contact a particular MS. This is achieved by broadcasting a paging message containing the identity of that MS.                                |
| Active | Handover              | This is the process, where a call path is switched from one physical ch. to another, while the MS moves.  |

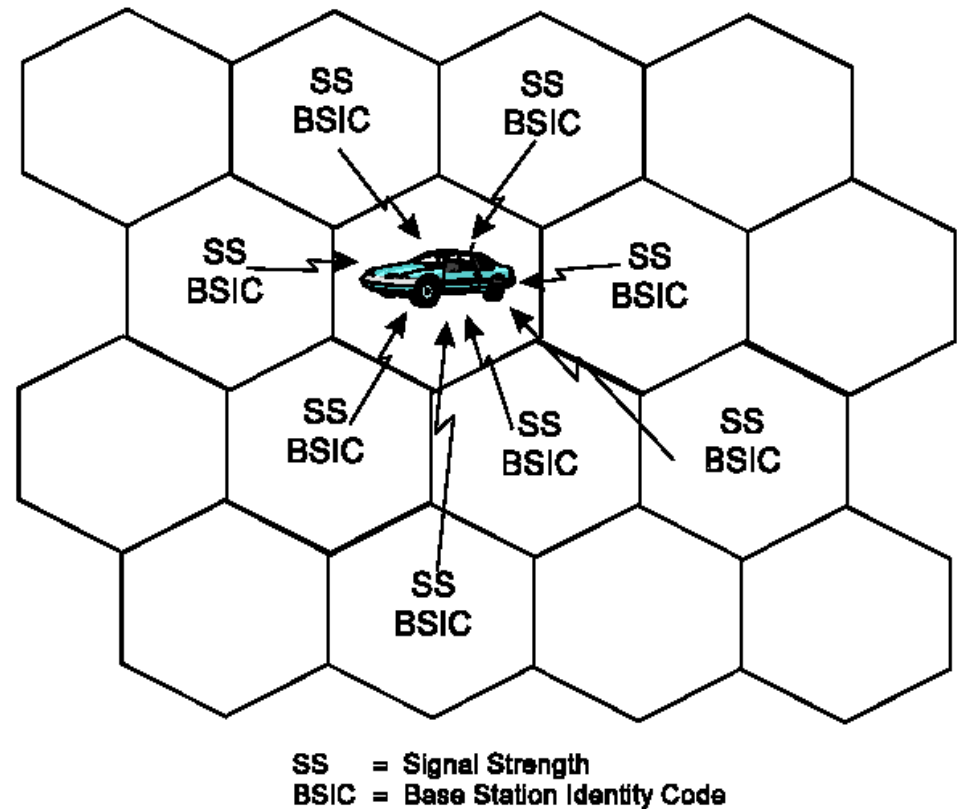
# Idle Mode

Η επιλογή κυψέλης γίνεται όταν το κινητό είναι σε λειτουργία ON:

- ◆ Το κινητό σαρώνει όλα τα κανάλια συχνοτήτων και υπολογίζει τη μέση τιμή για το καθένα. Συντονίζεται στο δυνατότερο σήμα και καθορίζει αν είναι BCCH. Αν ναι, τότε διαβάζει την πληροφορία του. Αν όχι, συντονίζεται στο δεύτερο δυνατότερο κανάλι κ.ο.κ. μέχρι να βρεθεί έγκυρο κανάλι.
- ◆ Προαιρετικά, το κινητό μπορεί να διαθέτει μνήμη έγκυρων καναλιών BCCH. Άρα ψάχνει μόνο αυτά τα φέροντα, αλλιώς εκτελείται η διαδικασία 1.
- ◆ Αν δε βρει έγκυρα BCCH, αλλά κανάλι που ανήκει σε άλλο GSM δίκτυο τότε εμφανίζει το μήνυμα «Επείγουσες κλήσεις μόνο» (*Emergency calls only*).
- ◆ Αν δε βρει έγκυρα BCCH και ούτε άλλο κανάλι που ανήκει σε άλλο GSM δίκτυο, τότε εμφανίζει το μήνυμα «Εκτός δικτύου» (*No Network*).

# Active Mode

- ◆ Κατά τη διάρκεια κλήσης το κινητό ενημερώνει το σύστημα (μέσω SACCH) πόσο ισχυρό είναι το σήμα από τα BTSs. Ισχύς σήματος και ποιότητα μετρώνται στο BTS που κατέχει το MS.
- ◆ Οι μετρήσεις χρησιμοποιούνται από το BSC για να πάρει γρήγορες αποφάσεις για τις κυψέλες σε περίπτωση διαπομπής.
- ◆ Μετρήσεις σε γειτονικές κυψέλες κατά τη διάρκεια κλήσης γίνονται όταν το κινητό είναι σε κατάσταση Idle.



# Ταυτότητες Δικτύου GSM

Είναι αριθμοί τους οποίους χρησιμοποιεί το GSM για να εντοπίσει έναν συνδρομητή όταν πραγματοποιείται μία κλήση προς αυτόν. Το δίκτυο βασίζεται σε αυτές τις μοναδικές και σωστές ταυτότητες για να δρομολογήσει τις κλήσεις.

- ◆ Ταυτότητες Συνδρομητών
  - Mobile Station ISDN number (MSISDN)
  - International Mobile Subscriber Identity (IMSI)
  - Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI)
- ◆ Ταυτότητες Εξοπλισμού
  - International Mobile Equipment Identity (IMEI)
  - International Mobile Equipment Identity and Software Version number (IMEISV)
- ◆ Ταυτότητες Εντοπισμού
  - Mobile Station Roaming Number (MSRN)
  - Location Area Identity (LAI)
  - Cell Global Identity (CGI)
  - Base Station Identity Code (BSIC)
  - Location Number (LN)
  - Regional Subscription Zone Identity (RSZI)

# Ταυτότητες Συνδρομητών

## Mobile Station ISDN number (MSISDN):

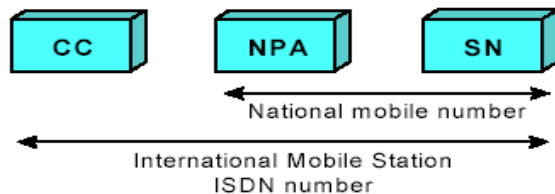
- ♦ Προσδιορίζει μοναδικά τον συνδρομητή και είναι το μοναδικό στοιχείο που γνωρίζει ο συνδρομητής.



CC Country Code  
 NDC National Destination Code  
 SN Subscriber Number

CME 20 MSISDN --> GSM 900/1800

| International prefix in Germany | CC  | NDC | SN      |
|---------------------------------|-----|-----|---------|
| 00                              | 353 | 87  | 1234567 |



CC Country Code  
 NPA Number Planning Area  
 SN Subscriber Number

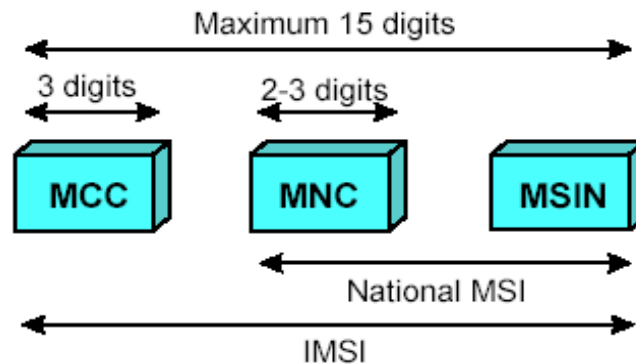
CME 40 MSISDN --> GSM 1900

| International prefix in Sweden | CC | NDC | SN       |
|--------------------------------|----|-----|----------|
| 00                             | 1  | 514 | 555 1234 |

# Ταυτότητες Συνδρομητών

## International Mobile Subscriber Identity (IMSI):

- ♦ Προσδιορίζει μοναδικά τον συνδρομητή και διευκολύνει την αναγνώρισή του πάνω από το ραδιοδιάυλο και δια μέσου του δικτύου.
- ♦ Χρησιμοποιείται για τη σηματοδότηση στο PLMN.
- ♦ Αποθηκεύεται στην κάρτα SIM, στο HLR και στο VLR.



|      |                                      |
|------|--------------------------------------|
| MCC  | Mobile Country Code                  |
| MNC  | Mobile Network Code                  |
| MSIN | Mobile Station Identification Number |

# Ταυτότητες Συνδρομητών

## Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI):

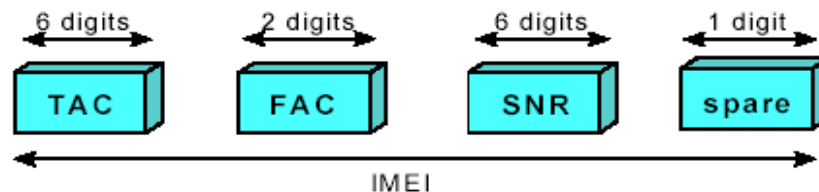
- ◆ Προσωρινό IMSI νούμερο γνωστό στο MS κατά τη διάρκεια καταχώρησης.
- ◆ Χρησιμοποιείται για να προστατεύσει την ταυτότητα του συνδρομητή πάνω από το air interface.
- ◆ Έχει τοπική σημασία μόνο (μέσα στην περιοχή MSC/VLR) και αλλάζει σε χρονικά διαστήματα ή όταν συμβαίνει κάποιο συγκεκριμένο συμβάν, όπως ενημέρωση θέσης.
- ◆ Μέγιστος αριθμός bits = 8



# Ταυτότητες Εξοπλισμού

## International Mobile Equipment Identity (IMEI):

- ◆ Προσδιορίζει μοναδικά τη συσκευή στο δίκτυο.
- ◆ Χρησιμοποιείται για διαδικασίες ασφάλειας (αναγνώρισης κλεμμένης συσκευής).
- ◆ Προστασία από μη-εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στο δίκτυο.

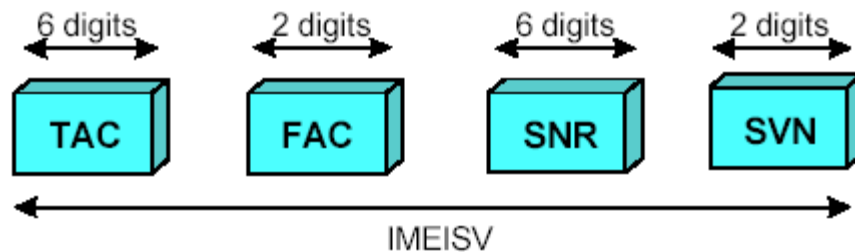


|       |  |
|-------|--|
| TAC   | Type Approval Code, determined by a central GSM body   |
| FAC   | Final Assembly Code, identifies the manufacturer   |
| SNR   | Serial Number, an individual serial number of six digits uniquely identifies all equipment within each TAC and FAC |
| spare | A spare digit for future use. When transmitted by the MS this digit should always be zero                          |

# Ταυτότητες Εξοπλισμού

## International Mobile Equipment Identity and Software Version number (IMEISV):

- ◆ Προσδιορίζει μοναδικά την κάθε συσκευή.
- ◆ Αναφέρεται στην έκδοση του εγκαταστημένου λογισμικού στο MS.
- ◆ Επηρεάζει τις υπηρεσίες που προσφέρει το MS ή τις δυνατότητες κωδικοποίησης της φωνής (π.χ. αν είναι half ή full rate).



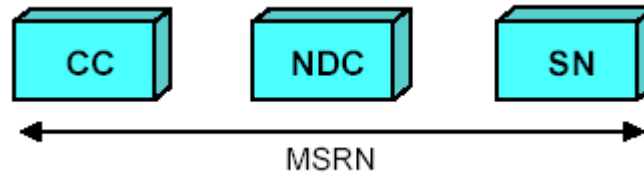
SVN

Software Version Number allows the mobile equipment manufacturer to identify different software versions of a given type approved mobile. SVN value 99 is reserved for future use

# Ταυτότητες Εντοπισμού

## Mobile Station Roaming Number (MSRN):

- ♦ Προσωρινή ταυτότητα δικτύου που αναθέτεται κατά τη διάρκεια εγκατάστασης κλήσης σε έναν συνδρομητή περιαγωγής.

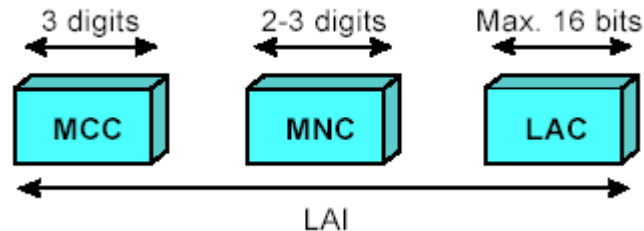


**Note:** In this case, SN is the address to servicing MSC/VLR.  
SN= Servicing Node

# Ταυτότητες Εντοπισμού

## Location Area Identity (LAI):

- ◆ Προσωρινή ταυτότητα δικτύου που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια δρομολόγησης.
- ◆ Σκοπός του LAI είναι:
  - Το paging, όπου πληροφορείται ο MSC την περιοχή κάλυψης που βρίσκεται ο MS.
  - Ενημέρωση της θέσης των συνδρομητών.

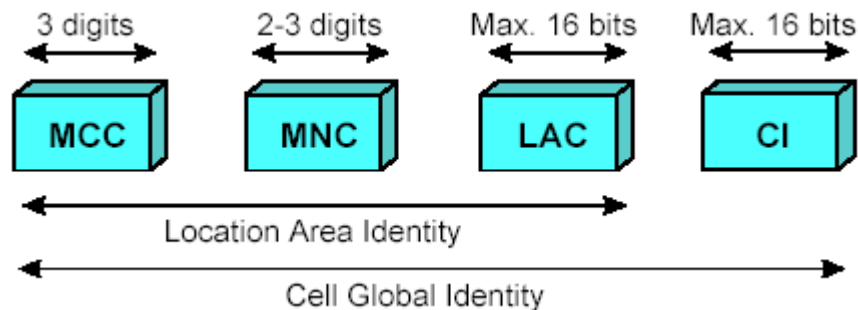


LAC Location Area Code, the maximum length of LAC is 16 bits, enabling 65,536 different location areas to be defined in one PLMN

# Ταυτότητες Εντοπισμού

## Cell Global Identity (CGI):

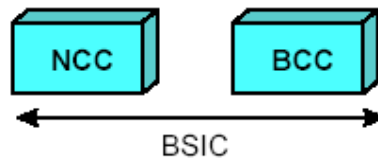
- ♦ Χρησιμοποιείται για την αναγνώριση ξεχωριστών κυψελών μέσα σε μία περιοχή εντοπισμού.
- ♦ Η αναγνώριση κυψέλης πετυχαίνεται με την προσθήκη της ταυτότητας κυψέλης (*Cell Identity – CI*) στις παραμέτρους του LAI.



# Ταυτότητες Εντοπισμού

## Base Station Identity Code (BSIC):

- ♦ Χρησιμοποιείται για να διακρίνει το MS μεταξύ των διαφορετικών BSs που εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα.



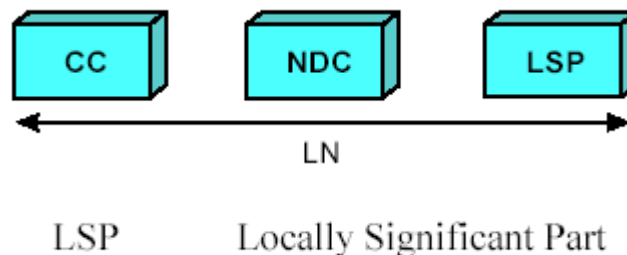
**NCC** Network Color Code (3 bits) identifies the PLMN. Note that it does not uniquely identify the operator. NCC is primarily used to distinguish between operators on each side of a border

**BCC** Base Station Color Code (3 bits) identifies the Base Station to help distinguish between RBS using the same control frequencies

# Ταυτότητες Εντοπισμού

## Location Number (LN):

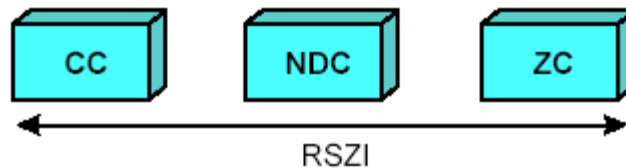
- ♦ Αριθμός που σχετίζεται με τη γεωγραφική περιοχή και συνδέεται με τις κυψέλες τις περιοχές εντοπισμού ή τις περιοχές που εξυπηρετούν τα MSC/VLR.
- ♦ Χρησιμοποιείται για την υλοποίηση περιφερειακών/τοπικών συνδρομών και οφειλών



# Ταυτότητες Εντοπισμού

## Regional Subscription Zone Identity (RSZI):

- ♦ Χρησιμοποιείται για τον καθορισμό και για την υλοποίηση περιφερειακών/τοπικών συνδρομών και οφειλών.



ZC

The length of the Zone Code, is two octets



# Υπηρεσίες GSM

- ◆ Υπηρεσίες φωνής (voice services)
- ◆ Υπηρεσίες δεδομένων (Circuit Switched Data: 300bps to 9.6 kbps)
- ◆ Υπηρεσία Σύντομων Μηνυμάτων (SMS: Short Message Service)
  - Αλφαριθμητικά περιορισμένου μεγέθους (160x7bit χαρακτήρες ASCII)
  - Χρήση σε εφαρμογές πληροφόρησης, ασφάλειας και απροσδόκητη κατάχρηση από το ευρύ κοινό για καθημερινή επικοινωνία.
- ◆ Υπηρεσία Πολυμεσικών Μηνυμάτων (MMS: Multimedia Message Service)
  - Η μετεξέλιξη του SMS με δυνατότητα αποστολής κειμένου, εικόνων, ήχου, video ή και συνδυασμού τους.
  - Δυνατότητα multicast
- ◆ High Speed Circuit Switched Data: Ρυθμοί μετάδοσης μέχρι 64Kbps. Χρήση για σύνδεση της τερματικής συσκευής στο Internet.
- ◆ GPRS: General Packet Radio Service. Υπηρεσία ραδιομετάδοσης πακέτων δεδομένων.
- ◆ Για εκπομπές μικρής διάρκειας (Βασισμένο στο TCP/IP), όπως π.χ.
  - υπηρεσίες προσπέλασης βάσεων δεδομένων
  - μετάδοση/λήψη e-mail