



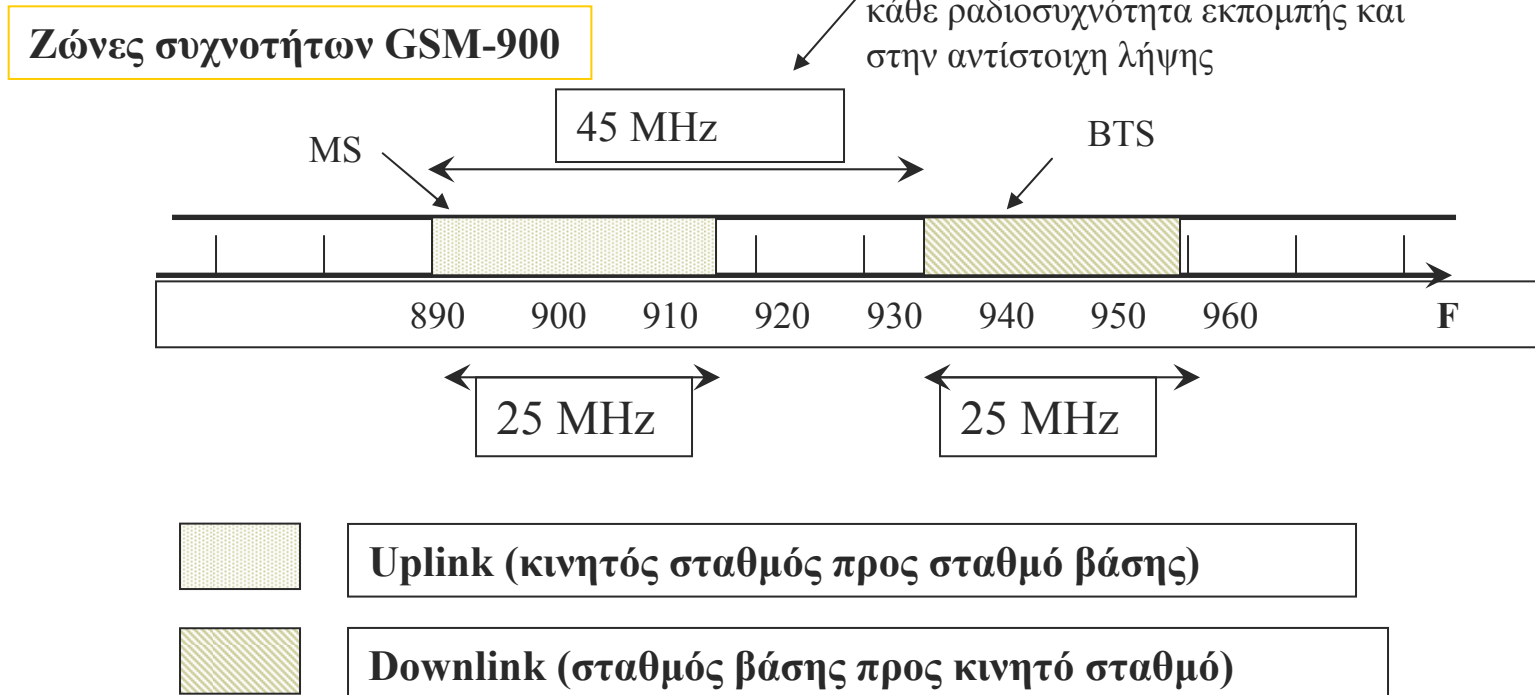
Κινητές Επικοινωνίες

Κεφάλαιο 3

Λογικά και φυσικά κανάλια
στο GSM

Πολλαπλή πρόσβαση – FDMA και TDMA

Το GSM βασίζεται σε συνδυασμό Πολλαπλής Πρόσβασης με διαίρεση συχνότητας (FDMA: Frequency Division Multiple Access) και χρόνου (TDMA: Time Division Multiple Access).



[Ιδιότητες ραδιοκυμάτων]

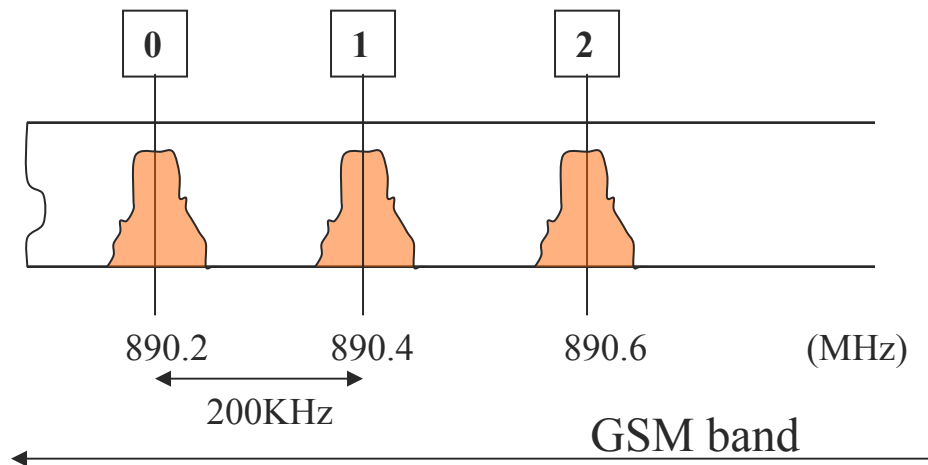
- Τα ραδιοκύματα χαμηλής συχνότητας διαδίδονται σε μικρότερη απόσταση, διαπερνούν όμως τα φυσικά εμπόδια. Αντίθετα, τα ραδιοκύματα υψηλής συχνότητας διαδίδονται σε μεγαλύτερη απόσταση, δυσκολεύονται όμως περισσότερο να διαπεράσουν τα φυσικά εμπόδια.
- Πάντα η ζώνη με τις χαμηλότερες συχνότητες χρησιμοποιείται για τις ζεύξεις ανόδου (uplink), γιατί αυτές παρουσιάζουν μικρότερες απώλειες διαδρομής, κάτι που ευνοεί τα κινητά που έχουν περιορισμένη ισχύ μπαταρίας

[Ελληνική πραγματικότητα]

	GSM 900	GSM 1800
COSMOTE		(1760-1785)/(1855-1880)
VODAFONE	(905-915)/(950-960)	(1745-1760)/(1840-1855)
WIND	(890-900)/(935-945)	(1730-1735)/(1825-1830)
INFOQUEST		(1735-1745)/(1830-1840)

Φάσμα συχνοτήτων κάθε παρόχου (uplink/downlink)

FDMA



Οι ζώνες συχνοτήτων διαιρούνται σε 124 ζευγάρια (Uplink-Downlink) από φέρουσες

Οι φέρουσες απέχουν μεταξύ τους 200 KHz.

Η πρώτη uplink φέρουσα αρχίζει βρίσκεται στα 890.2 MHz.

Η πρώτη ζώνη συχνότητας (από τα συνολικά 125 ζευγάρια στα οποία χωρίζεται το κάθε τμήμα των 25 MHz) χρησιμεύει σαν ζώνη ασφαλείας μεταξύ του GSM και άλλων συστημάτων

[FDMA - συνέχεια]

GSM-900: Το εύρος ζώνης της uplink (downlink) ζεύξης είναι 25 MHz

☞ 124 φέρουσες (στη ζώνη των 25 MHz) από τις οποίες χρησιμοποιούνται οι 122 για την αποφυγή παρεμβολών

Το n-ιοστό κανάλι uplink είναι στη συχνότητα $(890+0.2n)$ MHz ($n=1,2,\dots,124$), ενώ το αντίστοιχο downlink είναι κατά 45 MHz μπροστά.

DCS-1800: Το εύρος ζώνης της uplink (downlink) ζεύξης είναι 75 MHz

☞ 374 φέρουσες (στη ζώνη των 75 MHz), εύρους ζώνης 200kHz έκαστη.

[TDMA]

Ο άξονας του χρόνου χωρίζεται σε πλαίσια (frames) των 8 χρονοθυρίδων (Time slots)

✿ Κάθε χρονοθυρίδα (Tsx 0-7) έχει μήκος 0,577 ms (15/26 ms) – αποτελείται από 148 bits.

✿ Κάθε πλαίσιο έχει μήκος 4.615 ms (οι συνολικά 8 χρονοθυρίδες)

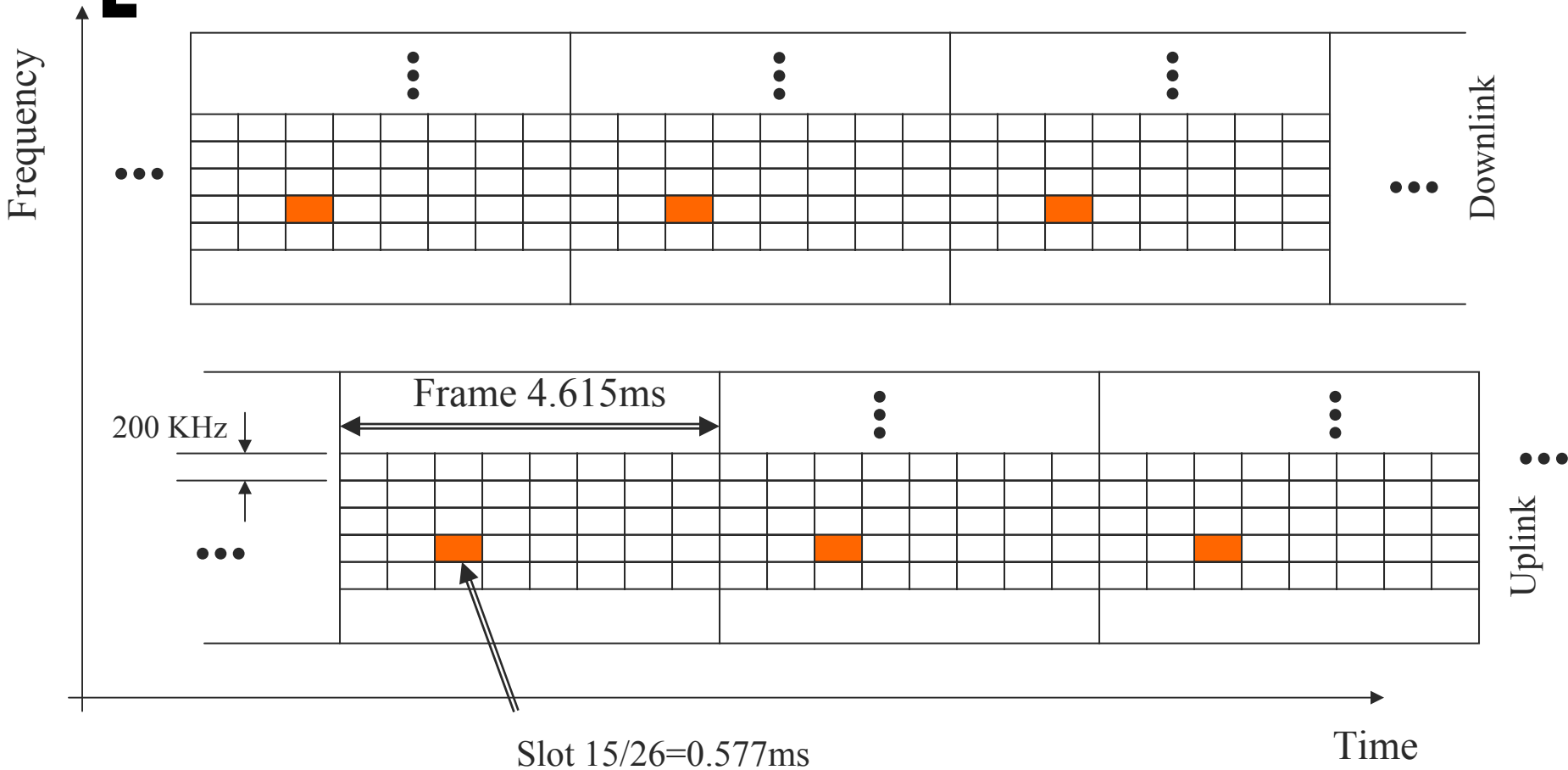
Η επανάληψη μιας συγκεκριμένης θυρίδας σε ένα TDMA πλαίσιο δημιουργεί ένα φυσικό κανάλι. Η διάρκεια της χρονοθυρίδας χρησιμοποιείται σαν μονάδα χρόνου και ονομάζεται περίοδος παλμοριπής-Burst Period.

Κάθε ζεύγος ραδιοσυχνοτήτων διαμοιράζεται σε 8 χρονοθυρίδες (με τα παραπάνω χαρακτηριστικά).

Ο TDMA παράγοντας των 8 θυρίδων σε συνδυασμό με το εύρος ζώνης των 200 KHz δημιουργεί ένα ισοδύναμο κανάλι με εύρος ζώνης 25 KHz.

Κάθε χρήστης χρησιμοποιεί μία συγκεκριμένη χρονοθυρίδα σε κάποια φέρουσα για τη μετάδοση των δεδομένων του (μία χρονοθυρίδα κάθε 4.615ms). Για τη λήψη χρησιμοποιείται η αντίστοιχη φέρουσα της κατερχόμενης ζεύξης και η ίδια χρονοθυρίδα. Τα πλαίσια της κατερχόμενης ζεύξης προπορεύονται χρονικά αυτών της ανερχόμενης κατά 3 χρονοθυρίδες. Έτσι, ο κινητός σταθμός δεν μεταδίδει και λαμβάνει ταυτόχρονα.

TDMA - συνέχεια



Χρησιμοποίηση καναλιού σημαίνει εκπομπή (λήψη) ριτών σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές και σε συγκεκριμένες χρονοθυρίδες. Κάθε ριπή έχει μήκος 148 bits.

Πόσα κανάλια τελικά?

- **Συνολικός αριθμός καναλιών στο GSM: $124 * 8 = 992$ κανάλια**
- Κάθε ζεύγος συχνοτήτων (ραδιοκανάλι) μεταφέρει ψηφιακό σήμα 270Kbps, το οποίο μοιράζεται (λόγω TDMA) σε 8 συνδρομητές – άρα, κάθε συνδρομητής διαθέτει 33.8kbps. Από αυτά, για τη φωνή χρησιμοποιεί μόνο τα 13kbps – τα υπόλοιπα χρησιμοποιούνται για κωδικοποίηση, διαχείριση/έλεγχο και συγχρονισμό για αποφυγή παρεμβολών.
- Η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται είναι η GMSK.
- Κάθε Σταθμός Βάσης είναι εφοδιασμένος με ένα καθορισμένο αριθμό RF καναλιών (συνήθως από 1-15), ανάλογα με τη ζήτηση στη συγκεκριμένη περιοχή. Ο BTS αποφασίζει ποιο κανάλι θα χρησιμοποιηθεί, ώστε αν είναι δυνατόν να μη χρησιμοποιείται σε γειτονικούς σταθμούς ώστε να αποφεύγονται εντελώς οι ενδοκαναλικές παρεμβολές

Ζώνες συχνοτήτων GSM-κανάλια

	E-GSM (10/10)	GSM 900(25/25)	GSM 1800 (55/75)	#CARR.	#TS
COSMOTE			2x25MHz 125X8=1000	125	1000
VODAFON		2X15MHz 75X8=600	2X15MHz 75X8=600	150	1200
STET		2X10MHz 50X8=400	2X5MHz 25X8=200	75	600
INFOQUEST			2X10MHz 50X8=400	50	400
Αδιάθετα	2X10MHz 50X8=400		2x20MHz 100X8=800	150	1200
	0/400	1000/1000	2200/3000	550	4400

[Λογικά κανάλια]

- ⊙ Δικατευθυντική μετάδοση φωνής ρυθμού 13Kbps
- ⊙ Δικατευθυντική μεταφορά δεδομένων ρυθμού 12, 6 και 3.6 Kbps (οι ρυθμοί αυτοί επιτρέπουν ρυθμούς συμβατούς με modems: 9.6, 4.8 και 2.4 Kbps)
- ⊙ Μεταφορά σύντομων μηνυμάτων. (Υλοποιείται με μεθόδους ανάλογες αυτών της μετάδοσης σηματοδοσίας)
- ⊙ Πάνω στα 992 φυσικά κανάλια, υλοποιούνται τα **λογικά κανάλια**, τα οποία κατηγοριοποιούνται σε **κανάλια κίνησης** και **κανάλια ελέγχου**.
- ⇒ Για όλες τις υπηρεσίες (εκτός της μεταφοράς συντόμων μηνυμάτων) διατίθεται στο χρήστη ένα μέρος της ραδιο-επαφής που αντιστοιχεί στα **κανάλια κίνησης** TCH-Traffic channel.
 - ⇒ TCH/F (Full) για τη μετάδοση φωνής (13 Kbps) ή δεδομένων (12 Kbps)
 - ⇒ TCH/H (Half) για τη μετάδοση φωνής (7 Kbps) ή δεδομένων (6, 3.6 Kbps)

Κανάλια κίνησης

- Τα TCH/F (8 θυρίδες ανά TDMA πλαίσιο) επιτρέπουν εκπομπή φωνής στα 13kbit/s και δεδομένων στα 9.6, 4.8 και 2.4kbit/s.
- Τα TCH/H (16 θυρίδες ανά TDMA πλαίσιο) επιτρέπουν εκπομπή φωνής στα 11.4kbit/s και δεδομένων στα 6 και 3.6kbit/s.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα κανάλια κίνησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για σηματοδοσία.

[Ανάγκες για σηματοδοσία]

- ❑ Όταν ένα κινητό είναι powered on χωρίς να έχει στη διάθεσή του κανάλι TCH, λέμε ότι είναι σε ανενεργή κατάσταση (idle mode) λειτουργίας.
- ❑ Σ' αυτή την περίπτωση πρέπει να μένει σε επαφή με το BTS για να «ακούει» τα μηνύματα τηλεειδοποίησης (paging) και να ελέγχει το λαμβανόμενο σήμα.
- ❑ Επιπλέον μία υπηρεσία, η CBSMS (Cell Broadcast Short Message Service) παρέχεται όταν το κινητό είναι σε idle mode.
- ❑ Η αλλαγή από idle mode σε dedicated mode απαιτεί την ανταλλαγή σηματοδοσίας για πρόσβαση στο δίκτυο.
- ❑ Επίσης, σήματα ελέγχου πρέπει να στέλλονται συνεχώς και κατά τη διάρκεια μίας κλήσης
- ❑ Άρα: Μεγάλη ανάγκη για χρήση σημαντικού τμήματος του bandwidth και για σηματοδοσία.

Κανάλια ελέγχου - Σηματοδοσία

- Η σηματοδοσία συσχετίζεται είτε με το χρήστη π.χ. την εγκαθίδρυση και τερματισμό μιας κλήσης, ενδείξεις για την ενεργή κλήση, ή με τεχνικά ζητήματα της επικοινωνίας, π.χ. προετοιμασία και εκτέλεση μεταβίβασης.
- Υπάρχουν 3 τύποι τέτοιων καναλιών:
 - Κανάλια εκπομπής (Broadcasting channels)
 - Κοινά κανάλια ελέγχου (Common Control channels)
 - Αφιερωμένα κανάλια ελέγχου (Dedicated Control Channels)
- Τα κανάλια εκπομπής είναι τύπου «ένα-προς-πολλά» (point to multipoint), δηλαδή πληροφορίες που εκπέμπονται από τον Σταθμό Βάσης σε όλα τα κινητά. Τα υπόλοιπα κανάλια είναι τύπου «σημείο-προς-σημείο», δηλαδή το κάθε κινητό επικοινωνεί με τον Σταθμό Βάσης και αντίστροφα

Κανάλια εκπομπής

□ Συγχρονισμός.

□ **FCCH (Frequency Correction Channel)**. Το κανάλι αυτό μεταφέρει πληροφορία από το BSS για τη διόρθωση της συχνότητας του MS. Επιτρέπει δηλαδή το συγχρονισμό της συχνότητας του δέκτη.

□ **SCH (Synchronisation Channel)**. Το κανάλι αυτό μεταφέρει πληροφορία από το BSS για τον συγχρονισμό των TDMA πλαισίων. Επιτρέπει δηλαδή τον χρονικό συγχρονισμό (σε επίπεδο bit). Επίσης, μεταφέρει τον αριθμό του τρέχοντος πλαισίου και την ταυτότητα του Σταθμού Βάσης

□ Πληροφόρηση κινητού

□ **BCCH (Broadcast Control Channel)** Επιτρέπει στο δέκτη να λαμβάνει πληροφορία για το δίκτυο, όπως η ταυτότητα της κυψέλης, διαθέσιμες υπηρεσίες κ.α. Αυτό το κανάλι είναι συνεχώς ενεργό, με εικονικές ριπές να στέλνονται όταν δεν υπάρχει πληροφορία να μεταδοθεί. Αυτό συμβαίνει γιατί η λήψη του σήματος αυτού χρησιμοποιείται από τα κινητά για τη λήψη αποφάσεων αρχικής σύνδεσης και μεταπομπής.

Κοινά κανάλια ελέγχου

□ Πρόσβαση

- **PCH (Paging Channel)**. Κανάλι τηλεειδοποίησης για εισερχόμενες κλήσεις.
- **RACH (Random Access Channel)** Κανάλι αιτήσεων πρόσβασης από τα κινητά.
- **AGCH (Access Grant Channel)** Κανάλι που χρησιμοποιείται από το σύστημα για να υποδεικνύει το εκχωρημένο κανάλι κίνησης μετά από αίτηση πρόσβασης. Με άλλα λόγια, είναι απάντηση σε ένα RACH.

Αφιερωμένα κανάλια ελέγχου

□ Σηματοδοσία παράλληλη με τη μετάδοση δεδομένων.

□ **SACCH (Slow Associated Control Channel)**. Δικατευθυντικό κανάλι που έχει τη δυνατότητα μεταφοράς 2 μηνυμάτων ανά sec σε κάθε κατεύθυνση. Χρησιμοποιείται για μη επείγουσες διαδικασίες π.χ. τη μετάδοση μετρήσεων λήψης σήματος από γειτονικούς σταθμούς βάσης, για την απόφαση μεταπομπής. Χρησιμοποιείται επίσης για τη ρύθμιση της ισχύος του κινητού, έτσι ώστε να μειώνονται οι παρεμβολές τύπου «near-far». Ένα SACCH κανάλι βρίσκεται πάντα σε άμεση συνεργασία με ένα TCH κανάλι.

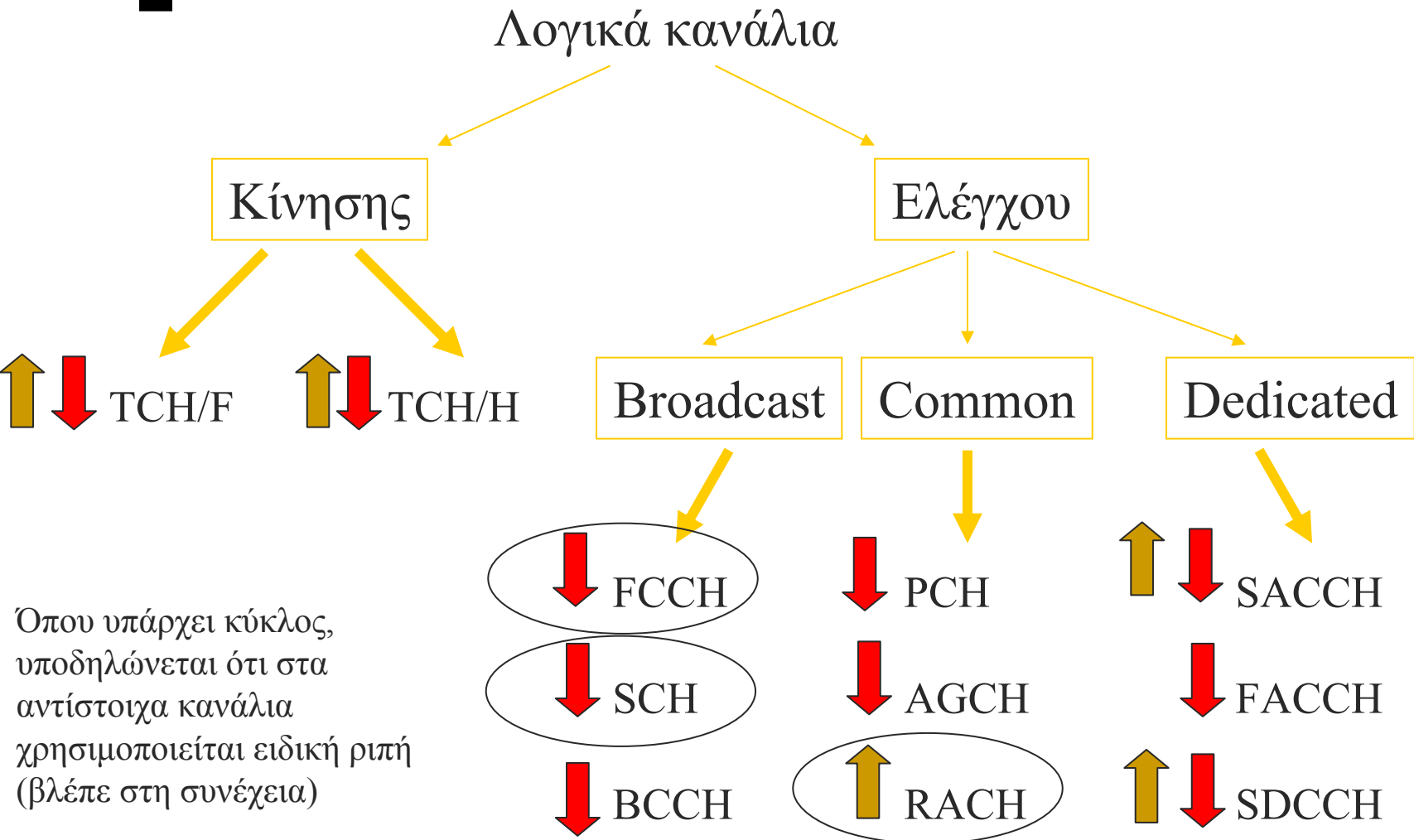
□ **FACCH (Fast Associated Control Channel)**. Μία ιδιαίτερη χρήση του TCH (δηλαδή, παίρνει περιστασιακά τη θέση του TCH) που ρυθμίζεται από το stealing bit (βλέπε στις επόμενες διαφάνειες). Χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση του χρήστη, ένδειξη προόδου εγκαθίδρυσης κλήσης, εντολή μεταπομπής. Με άλλα λόγια, χρησιμοποιείται όταν προκύπτει ανάγκη ανταλλαγής πολλών σημάτων σηματοδοσίας και το SACCH δεν μπορεί να ανταποκριθεί. Ριπές ομιλίες των 20μsec “κλέβονται” – αυτό δεν γίνεται αντιληπτό γιατί το σύστημα αντικαθιστά τα χαμένα bits με μία άλλη ακολουθία από bits – βλέπε στη συνέχεια. Είναι επίσης δύο κατευθύνσεων.

Αφιερωμένα κανάλια ελέγχου (συνέχεια)

□ Σηματοδοσία ανεξάρτητη της κλήσης.

□ **SDCCH (Stand Alone Dedicated Control Channel)** ή TCH/8 (1/8 του ρυθμού). Χρησιμοποιείται για τη μεταφορά μηνυμάτων του χρήστη όπως διαχείριση προώθησης κλήσης, μετάδοση συντόμων μηνυμάτων (SMS) και ενημέρωση θέσης. Δεν χρησιμοποιούνται TCH/F ή TCH/H κανάλια για αυτές τις διαδικασίες για εξοικονόμηση φάσματος. Επίσης, χρησιμοποιείται για τη μεταφορά σημάτων ελέγχου της κλήσης από και προς τον κινητό σταθμό κατά τη διάρκεια εγκαθίδρυσης της κλήσης (π.χ. αυθεντικοποίηση του χρήστη). Το κανάλι ελευθερώνεται όταν η εγκαθίδρυση της κλήσης ολοκληρωθεί.

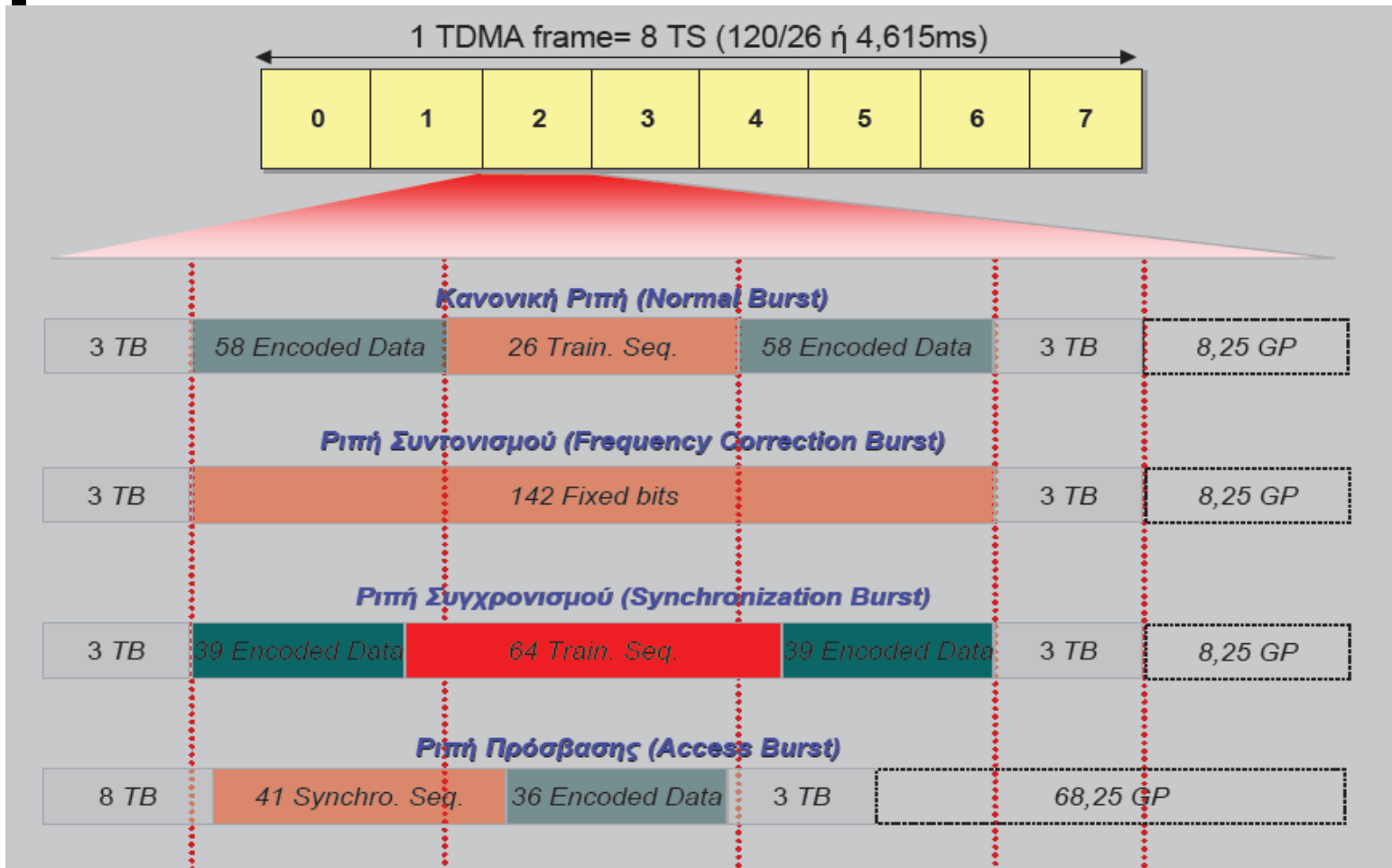
Κατηγοριοποίηση λογικών καναλιών



[Ριπές]

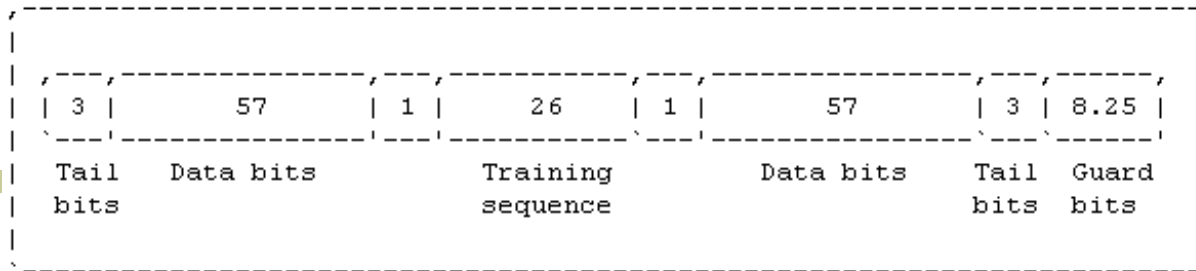
- Η μορφή της πληροφορίας κατά τη διάρκεια μιας χρονοθυρίδας σε ένα TDMA κανάλι λέγεται ριπή.
- Κάθε ριπή διαρκεί 0.577msec, ενώ 8 ριπές απαρτίζουν ένα πλαίσιο (frame) διάρκειας 4.615msec.
- Τα διάφορα είδη ριπών φαίνονται στην επόμενη διαφάνεια.

Είδη ριπών



συνολικά μεταδίδονται 156.25 bit στα 0.577 ms, gross bit rate 270.833 kbps ²¹

Κανονική ριπή



- Χρησιμεύει για την μεταφορά πληροφοριών του καναλιού κίνησης (TCh) και όλων των καναλιών ελέγχου, πλην των καναλιών RCh, SCh και FCCh που έχουν ειδικό τύπο ριπής.
- **Tail bits:** μηδενικά – αυτό χρειάζεται για την αποκωδικοποίηση καναλιού (στην οποία χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος Viterbi)
- Η **ακολουθία εκμάθησης (training sequence)** των 26 bit χρησιμοποιείται για την ισοστάθμιση. Η ακολουθία αυτή είναι γνωστή στον δέκτη (μία τέτοια ακολουθία για κάθε κυψέλη). Ο δέκτης συγκρίνει τη σειρά που λαμβάνει με την αντίστοιχη τιμή που γνωρίζει. Έτσι επιτρέπεται στον δέκτη να προσδιορίζει τη θέση του χρήσιμου σήματος μέσα σε ένα παράθυρο λήψης και να έχει ιδέα της παραμόρφωσης που προέκυψε από τη μετάδοση. Στην ουσία αντιμετωπίζει το πρόβλημα της πολυδιόδευσης. Η υλοποίηση του ισοσταθμιστή δεν προσδιορίζεται στις προδιαγραφές του GSM.
- Η **περίοδος φύλαξης (GP)** είναι ένα κενό διάστημα που διασφαλίζει ότι δεν θα υπάρξει επικάλυψη ανάμεσα στους 8 (το πολύ) χρήστες που μπορούν να υπάρχουν ανά φέρον σήμα. Εμποδίζει δηλαδή την επικάλυψη ριπών που φτάνουν από διαφορετικά τερματικά στον Σταθμό Βάσης. Αποτελείται από 8,25 κενά bits, που αντιστοιχούν περίπου σε 30μsec (Διάρκεια ενός bit: 3,69μsec).
- Τα **bits πληροφορίας** είναι 2 ομάδες των 57 bits (+ ένα bit, stealing bit, που δείχνει αν η ριπή έχει «κλαπεί» για σηματοδосία FACCH). Τα 114 bits πληροφορίας είναι κρυπτογραφημένα data ή ομιλία. Στην περίπτωση της φωνής, δημιουργούνται ως εξής:

Δημιουργία bits από ομιλία

- Η φωνή κωδικοποιείται, δίνοντας ψηφιακό σήμα των 260bits, διάρκειας 20ms (ρυθμός κωδικοποιητή φωνής: 13 kbps). Στη συνέχεια, προστίθενται bits στα πλαίσια της κωδικοποίησης καναλιού, λαμβάνοντας τελικά 456 bits των 20 msec (που αντιστοιχεί σε ενδιάμεσο ρυθμό 22.8kbps).
- Θα μπορούσαν τα 456 bits να χωριστούν σε 4 μπλοκ των $114=57+57$ bits και κάθε τέτοιο μπλοκ να μπει σε μία ριπή. Όμως δεν γίνεται αυτό: τα μπλοκ σε μία ριπή ανακατώνονται – δηλαδή, τα 456 bits χωρίζονται σε 8 μπλοκ των 57 bits, και κάθε ριπή περιέχει δύο τέτοια μπλοκ – όχι διαδοχικά. Αυτή είναι η διαδικασία του interleaving, προκειμένου να μπορεί ο δέκτης να διορθώνει τα καταιγιστικά σφάλματα που μπορεί να λάβουν χώρα (έτσι, αν γίνουν πάρα πολλά σφάλματα σε συνεχόμενα bits, αυτά πλέον διαμοιράζονται και δεν είναι διαδοχικά – πιο εύκολη και αποτελεσματική λοιπόν η αποκωδικοποίηση).

Ριπή πρόσβασης

Ριπή Πρόσβασης:

έχει μακρύτερη περίοδο φύλαξης για να αντισταθμίσει το γεγονός ότι όταν εκπέμπεται (αρχική πρόσβαση) ο ΚΣ δεν γνωρίζει την προπορεία χρόνου που απαιτείται.



8 TB

41 Synchro. Seq.

36 Encoded Data

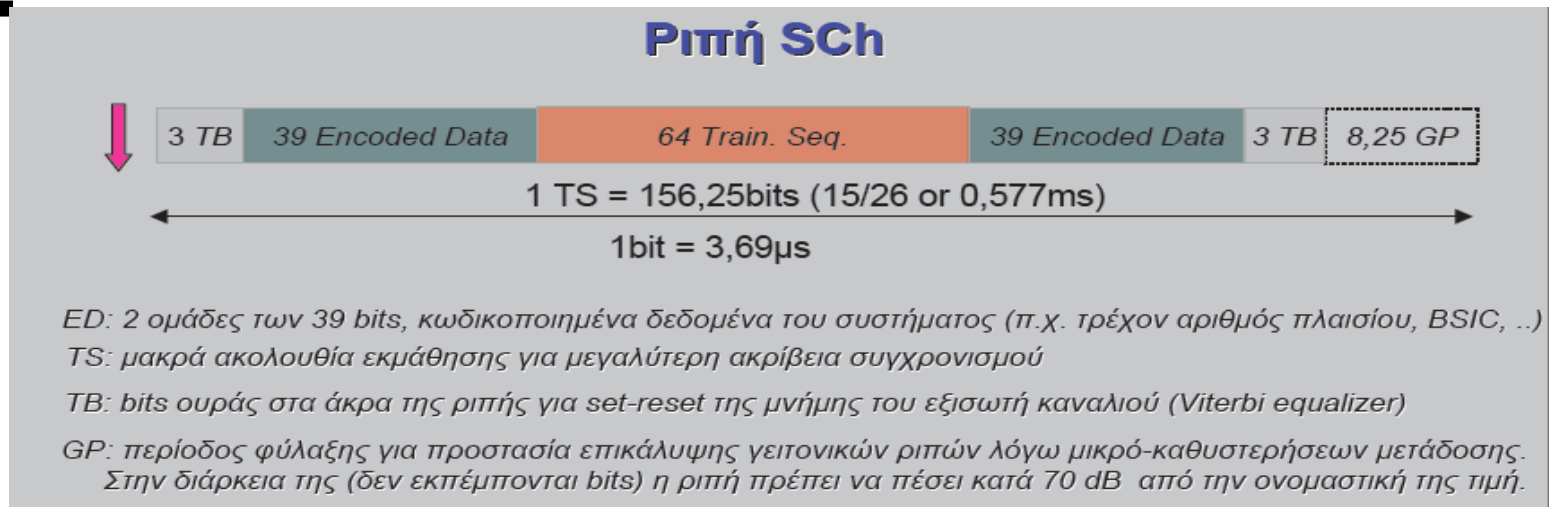
3 TB

68,25 GP

Τέτοιες ριπές στέλνονται στο κανάλι RACH.

Σε ένα Σταθμό Βάσης, τα σήματα από τα κινητά πρέπει να φτάνουν στο σωστό χρόνο. Ένα κινητό μπορεί να βρίσκεται μακριά από τον ΣΒ, οπότε η αρχική ριπή του (είτε για να αιτείται πρόσβαση στο δίκτυο για πρώτη φορά είτε για πρόσβαση σε νέο ΣΒ έπειτα από μεταπομπή) δεν έχει ακόμα συγχρονιστεί (η διαδικασία συγχρονισμού από τον ΣΒ καλείται προπορεία χρόνου – **timing advance**). Έτσι, μπορεί να φτάσει με καθυστέρηση και να επικαλυφθεί από το σήμα άλλου κινητού που βρίσκεται πλησιέστερα στον ΣΒ. Για αυτό, υπάρχει μεγαλύτερη περίοδος φύλαξης στην πρώτη ριπή, ώστε να αποφύγουμε επικάλυψη με τη ριπή της επόμενης χρονοθυρίδας.

Ριπή συγχρονισμού



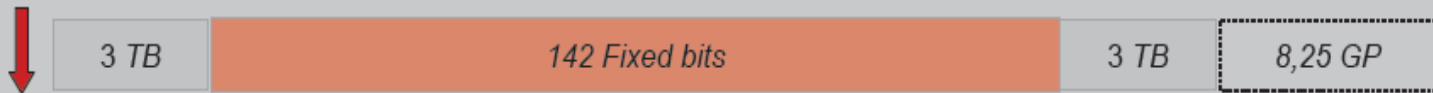
Χρησιμοποιείται στο κατερχόμενο κανάλι SCh. Χρησιμοποιείται για το χρονικό συγχρονισμό του κινητού.

Περιέχει μεγάλη ακολουθία εκμάθησης, εύκολα ανιχνεύσιμη, ενώ επίσης μεταφέρει πληροφορία για τον αριθμό του TDMA-πλαισίου, για την ταυτότητα του ΣΒ (BSIC), καθώς και την training sequence που το κινητό θα πρέπει να αναζητεί στις επόμενες κανονικές ριπές.

Όπως η ριπή πρόσβασης είναι η πρώτη που ο ΣΒ πρέπει να αποδιαμορφώσει στην ανερχόμενη ζεύξη, έτσι και η ριπή συγχρονισμού είναι η πρώτη που το κινητό πρέπει να αποδιαμορφώσει στην κατερχόμενη ζεύξη (για αυτό και η μεγάλη ακολουθία εκμάθησης).

[Ριπή διόρθωσης συχνότητας]

Ριπή Διόρθωσης Συχνότητας (συντονισμού): Χρησιμεύει για τον συντονισμό του ΚΣ στην συχνότητα του ΣΒ. Η ακολουθία των 142 μηδενικών bits κάνουν τον διαμορφωτή να παράγει ένα αδιαμόρφωτο φέρον με συγκεκριμένη απόκλιση ως προς την συχνότητα του ΣΒ.



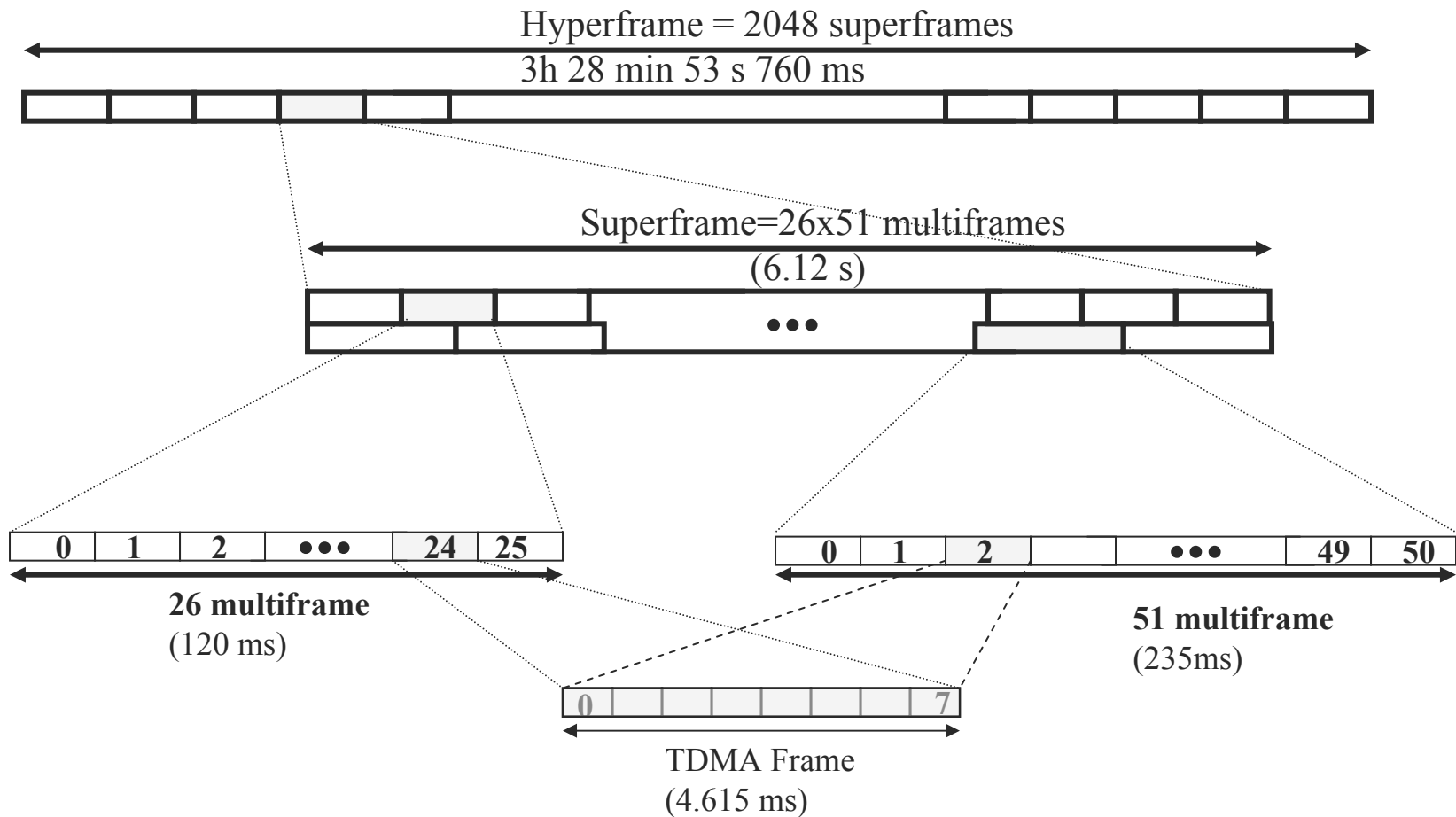
- Οι επαναλήψεις αυτών των ριπών είναι το κανάλι FCCH.
- Η περίοδος φύλαξης είναι η ίδια με αυτή της κανονικής ριπής.

Υπάρχει και η **μη ενεργή ριπή (dummy burst)** που στέλνεται από τους ΣΒ σε ορισμένες περιπτώσεις, όπου δεν υπάρχει η ανάγκη για εκπομπή πληροφορίας αλλά ο ΣΒ πρέπει να είναι ενεργός. Είναι ίδια με την κανονική₂₆ ριπή, απλά δεν φέρει πληροφορία.

Αρίθμηση φυσικών καναλιών

- Κατά τη διάρκεια μιας κλήσης, κάθε κινητό έχει πρόσβαση σε ένα TCh και σε ένα SACCh (αμφίδρομα και τα δύο).
- Κάθε χρονοθυρίδα έχει συγκεκριμένο αριθμό, τον οποίο τον ξέρουν ο ΣΒ και το κινητό (υπάρχει στην πληροφορία συγχρονισμού). Επειδή δεν γίνεται τα TDMA πλαίσια να αριθμούνται μέχρι το άπειρο, ακολουθείται μία κυκλική αρίθμηση. Έχει εκλεγεί ο αριθμός 2715648, ο οποίος αντιστοιχεί σε 3 ώρες 28 λεπτά 53 δευτερόλεπτα και 760 χιλιοστά. Αυτή η δομή ονομάζεται hyperframe.
- Ένα hyperframe υποδιαιρείται σε 2048 superframes, διάρκειας 6.12 sec το καθένα. Το κάθε superframe χωρίζεται σε multiframe. Υπάρχουν δύο ειδών multiframe:
 - Ένα Multiframe που αποτελείται από 26 TDMA πλαίσια. Αυτό φέρει TCh (και SACCH και FACCH). 51 από αυτά τα multiframe συγκροτούν το superframe.
 - Ένα Multiframe που αποτελείται από 51 TDMA πλαίσια. Αυτό φέρει BCH και CCCH. 26 από αυτά τα multiframe συγκροτούν το superframe.

Ιεραρχία πλαισίων στο TDMA

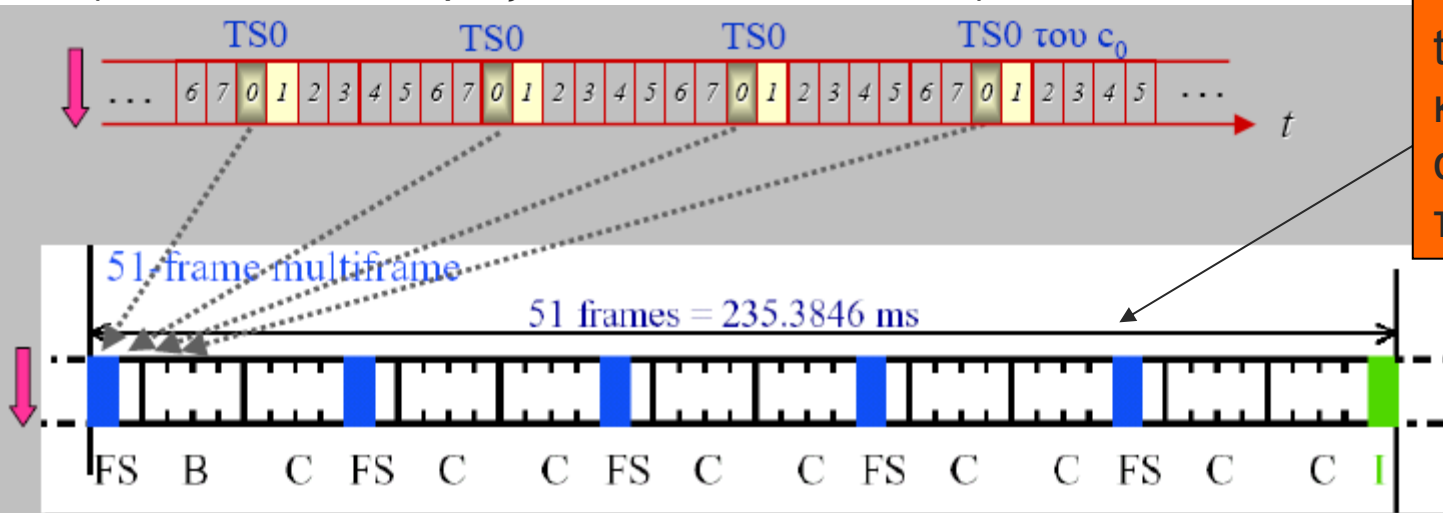


Αντιστοίχιση λογικών καναλιών σε φυσικά

- Έστω ΣB με n φέροντα (στην πράξη, το n είναι μέχρι 15), όπου το καθένα έχει 8 χρονοθυρίδες (TS).
- Τα φέροντα συμβολίζονται c_0, c_1, \dots, c_n και οι χρονοθυρίδες $TS0, TS1, \dots, TS7$.
- Στο c_0 , οι $TS0$ και $TS1$ χρησιμοποιούνται για να αντιστοιχίσουν λογικά κανάλια ελέγχου μόνο.
- Οι υπόλοιπες χρονοθυρίδες στο c_0 χρησιμοποιούνται για λογικά κανάλια κίνησης.
- Όλες οι χρονοθυρίδες σε όλα τα άλλα φέροντα χρησιμοποιούνται για να αντιστοιχηθούν TCh.

Multiframe των 51 πλαισίων

- Χρησιμοποιείται για να φέρει κανάλια ελέγχου στο φέρον c_0 του BS (το οποίο θα ονομάζεται και BCCH-carrier)



Το πρώτο time-slot σε κάθε ένα από τα 51 πλαίσια

ΣΤΕΛΝΟΝΤΑΙ ΠΑΝΤΟΤΕ

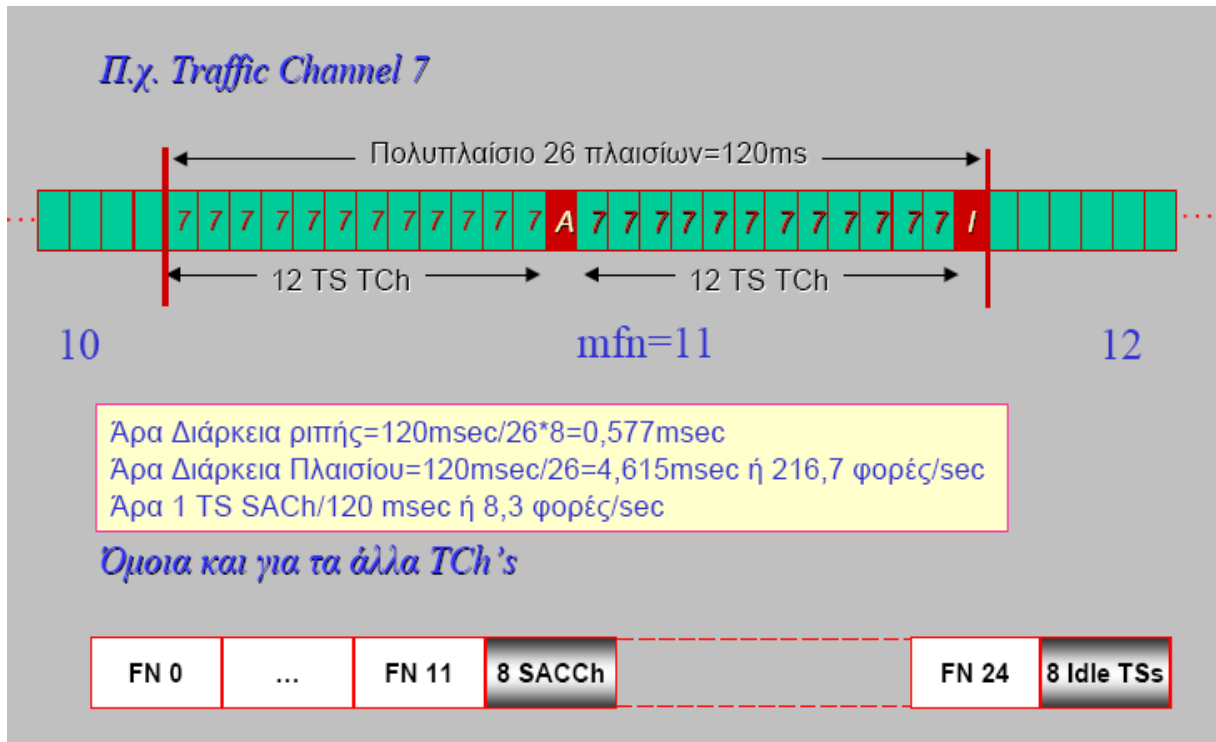
F (FCCh): συντονισμός στην ραδιοσυχνότητα του ΣΒ
 S (SCh): συγχρονισμός, ανάγνωση αριθμού πλαισίου και BSIC
 B (BCCh): ανάγνωση γενικών πληροφοριών
 C (CCCh): τηλεειδοποίηση ή εκχώρηση καναλιού SDCCh
 I (IDLE): κενό πλαίσιο

↑ Στο uplink της TS0 του c_0 όλες οι 51 ριπές είναι ριπές RACH

[Ρόλος του c_0]

- Οι BS πρέπει πάντα να εκπέμπουν στο c_0 , ακόμα και αν δεν υπάρχει πρόσβαση σε εξέλιξη. Αυτό συμβαίνει για να μπορούν οι MS να κάνουν μετρήσεις της έντασης του σήματος που λαμβάνουν από τον BS, έτσι ώστε να αποφασίζουν ποιος είναι ο κατάλληλος για την αρχική σύνδεση ή τη μεταπομπή.

[Multiframe των 26 πλαισίων]



Οι TS0, TS1 στο c0 έχουν κανάλια ελέγχου. Οι TS2-7 φέρουν κίνηση (TCh). Τα TCH/F υλοποιούνται σε κύκλο 24 πλαισίων (μία TS σε κάθε πλαίσιο). Το SACCh υλοποιείται στο 12^ο frame (σε όλα τα slots αυτού). Το τελευταίο frame μένει κενό.

Αφού ανά ριπή έχουμε 57+57=114 bits δεδομένων, και έχουμε 24 κανονικές ριπές στα 120msec, ο ρυθμός πληροφορίας είναι 22.8kbps³²

Μετρήσεις του σήματος από κινητό σταθμό

- Φάση αναμονής (idle mode)
 - Όταν η κινητή μονάδα ανοίξει, η επιλογή κυψέλης γίνεται με δύο τρόπους:
 - Το κινητό ανιχνεύει όλα τα 124 RF κανάλια και υπολογίζει τις μέσες στάθμες για το καθένα. Συγχρονίζεται στο πιο ισχυρό από αυτά και ελέγχει αν είναι BCCH φέρον. Αν όντως είναι, διαβάζει τα BCCH-δεδομένα για να βρει αν η κυψέλη είναι του ίδιου συστήματος με το κινητό. Διαφορετικά, το κινητό συγχρονίζεται με το δεύτερο ισχυρότερο φέρον κ.ο.κ.
 - Το κινητό μπορεί προαιρετικά να έχει στη μνήμη του τα BCCH φέροντα, οπότε ψάχνει μόνο για αυτά. Αν τελειώσει ανεπιτυχώς, τότε ακολουθεί το Βήμα 1.
 - Το κινητό ενημερώνεται επίσης ποια BCCH φέροντα πρέπει να παρακολουθεί, προκειμένου αν χρειαστεί να αλλάξει κυψέλη. Κατασκευάζει λοιπόν μία λίστα με τα έξι ισχυρότερα φέροντα. Η λίστα ανανεώνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα

Μετρήσεις του σήματος από κινητό σταθμό

- Φάση υπάρχουσας σύνδεσης (call connected mode)
 - Κατά τη διάρκεια της κλήσης, το κινητό συνέχεια αναφέρει (μέσω SACCH) στο σύστημα πόσο ισχυρό είναι το λαμβανόμενο σήμα από τον BS. Αυτές οι μετρήσεις χρησιμοποιούνται από τον BSC προκειμένου να πάρει γρήγορες αποφάσεις για τις κυψέλες-στόχους όταν ζητηθεί μία μεταπομπή.

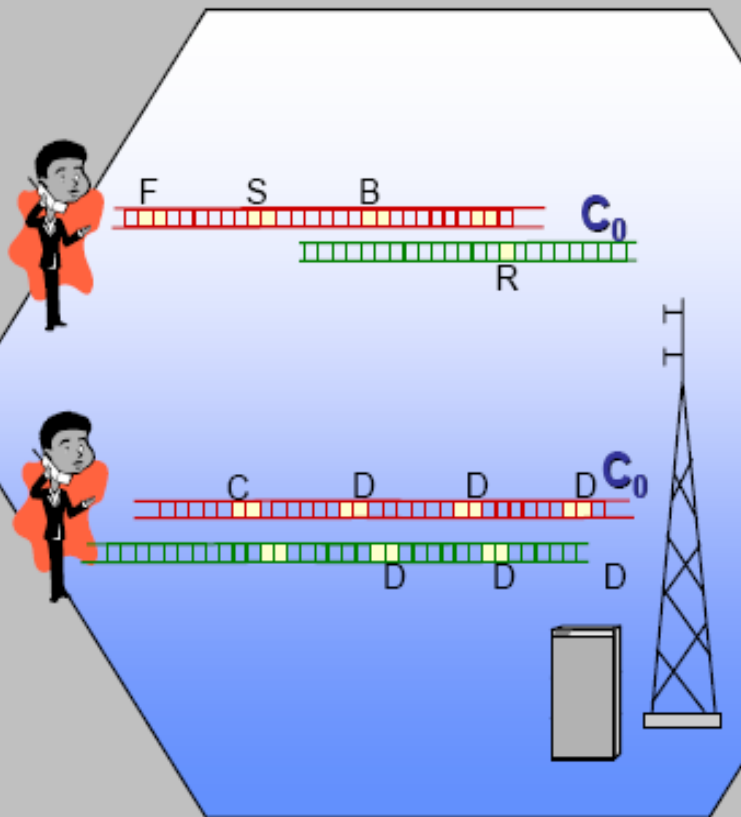
[Ακριβής διαδικασία]

- Οι μετρήσεις γίνονται όταν το κινητό δεν κάνει τίποτε, π.χ. μεταξύ μετάδοσης και λήψης.
- 1. Το κινητό λαμβάνει και μετρά την ένταση του σήματος της ενεργής κυψέλης, TS2
- 2. Το κινητό μεταδίδει
- 3. Το κινητό μετράει την ένταση του σήματος από τουλάχιστον από μία από τις γειτονικές κυψέλες
- 4. Το κινητό διαβάζει τον BSIC στο SCh (TS0) για μία από τις γειτονικές κυψέλες.

Οι έξι γειτονικότερες κυψέλες με την υψηλότερη μέση τιμή έντασης σήματος αποστέλλονται μέσω SACCH στο BSC.

Ενεργοποίηση, Σύνδεση

C0: TS0, TS1, TS2, ..., TS7
 C1: TS0, TS1, TS2, ..., TS7
 C2: TS0, TS1, TS2, ..., TS7
 ..

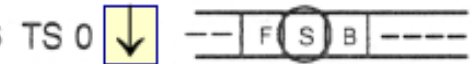


Ενεργοποίηση

Power on. The mobile searches for BCCH-carriers, finds the strongest one and synchronizes to it by reading FCCH.



Next, to find out the identity of the BTS and to synchronize to the hyperframe TDMA-frame number, the mobile reads SCH.



A lot of general system information must be known before any call processing can begin, i.e. neighbour cell description, frequencies used in the current cell, cell barred?, mobile country and network code etc. The mobile listens to BCCH to find out these things.



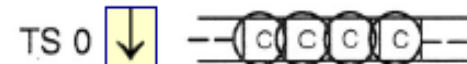
At this point, the mobile must register in order to tell the system where it is and that it is powered on.

Σύνδεση (εγγραφή)

The mobile sends an access request message on RACH.



The system allocates a SDCCH to the mobile via AGCH.



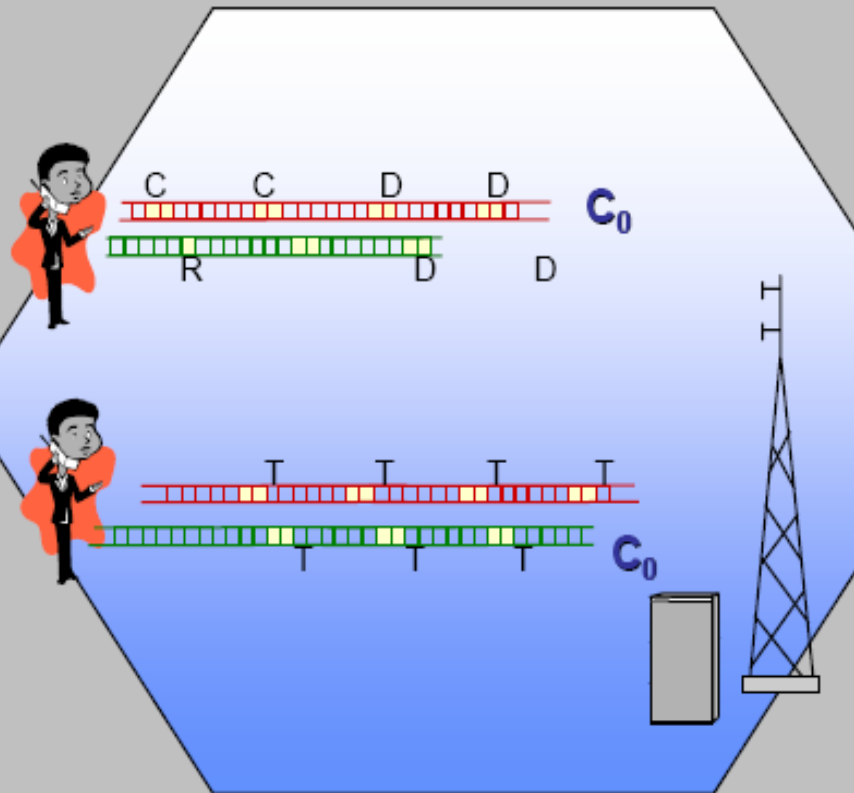
Registration is performed on SDCCH. Control signalling on SACCH. The mobile returns to the idle mode.



Now, everything is ready for paging or access. The mobile is in idle mode, listening to BCCH and CCCH.

Συνδιαλέξεις

- C0: TS0, TS1, TS2, ..., TS7
- C1: TS0, TS1, TS2, ..., TS7
- C2: TS0, TS1, TS2, ..., TS7
- ..



Εισερχόμενη κλήση

- The system pages the mobile via the PCH. TS 0 ↓
- The mobile responds by sending a Page Response message on RACH. TS 0 ↑
- The system allocates a SDCCH to the mobile via AGCH. TS 0 ↓

- The system and the mobile exchanges necessary information to set up the call - e.g. authentication, ciphering mode, set-up information (MS identity, B-number etc.). Measurement reports and power control are sent on SACCH. Finally, the mobile is allocated a TCH. TS 1 ↑↓
- The call is started on a TCH. TS 2-7 ↑↓

Εξερχόμενη κλήση

- The mobile sends an access request message on RACH. TS 0 ↑
- The system allocates a SDCCH to the mobile via AGCH. TS 0 ↓
- Further set-up information is exchanged on SDCCH (see above). Control signalling on SACCH. TS 1 ↑↓
- The call is started on a TCH. TS 2-7 ↑↓

Άλματα συχνότητας (Frequency hopping)

- Άλματα συχνότητας: αλλαγές στη συχνότητα ενός λογικού καναλιού ανά τακτά διαστήματα, για βελτιστοποίηση της μετάδοσης. Οι αλλαγές γίνονται με βάση κάποιον αλγόριθμο.
- Με το να αλλάζει συνεχώς η συχνότητα, μικραίνει η πιθανότητα εδοκαναλικής παρεμβολής και βελτιώνεται η επικοινωνία σε περιοχές με διαλείψεις (fadings).
- Επίσης τα άλματα στη συχνότητα βοηθούν στην ασφάλεια (βλέπε Κεφάλαιο 5).
- Βοηθούν επίσης στη διόρθωση σφαλμάτων, γιατί τα πλεοναστικά bits που έχει εισάγει ο κωδικοποιητής καναλιού για τη διόρθωση των σφαλμάτων διαμοιράζονται στις ριπές. Άρα, αν μία ριπή δεν ληφθεί σωστά λόγω διαλείψεων, η επόμενη είναι σε άλλη συχνότητα όπου πιθανότατα δεν θα υπάρχουν διαλείψεις και άρα τα bits του κώδικα καναλιού που θα «χαθούν» δεν θα είναι πολλά.
- Η συχνότητα αλλάζει σχετικά αργά ώστε να παραμένει πάντα η ίδια κατά τη διάρκεια μετάδοσης μίας ριπής. Ωστόσο, η συχνότητα αλλάζει σε κάθε ριπή, άρα έχουμε περίπου 2^{17} άλματα το δευτερόλεπτο.
- Τα κοινά κανάλια (FCCH, SCH, BCCH, PACH, RACH) πρέπει να χρησιμοποιούν προκαθορισμένη συχνότητα. Έτσι, τα κοινά κανάλια με αριθμό χρονοθυρίδας TS0 χρησιμοποιούν πάντοτε την ίδια συχνότητα.

[Πηγές]

- Για τη διαμόρφωση των διαφανειών αυτού του κεφαλαίου, χρησιμοποιήθηκε υλικό (εικόνες, διαγράμματα κτλ.) από διάφορες άλλες διαλέξεις του μαθήματος των Κινητών Επικοινωνιών που είναι διαθέσιμες στο Διαδίκτυο:
 - Γ. Ι. Στεφάνου, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Πανεπιστήμιο Αθηνών