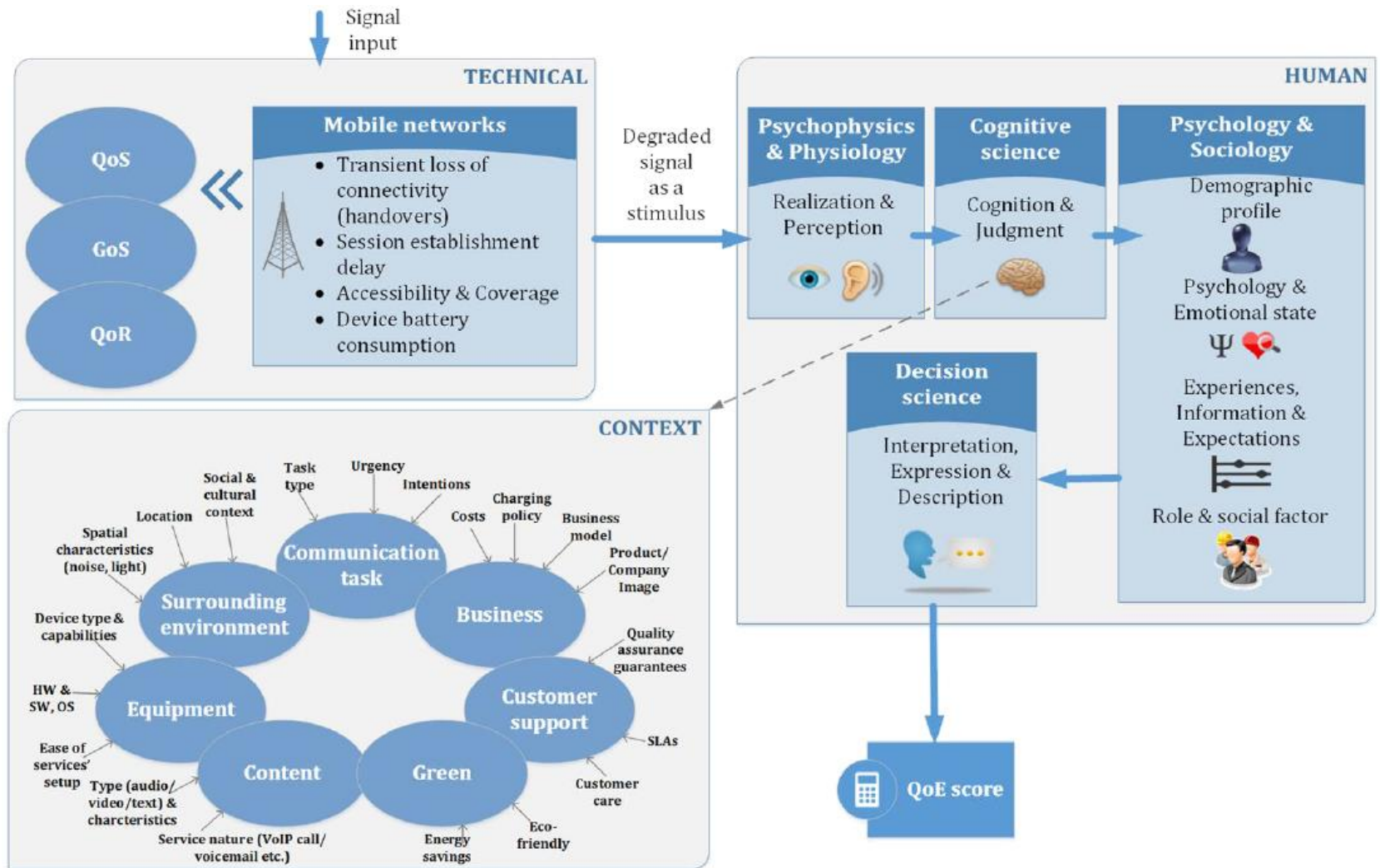


# Πρωτόκολλα Πολλαπλής Πρόσβασης

# Εξασφάλιση ποιότητας υπηρεσίας

- Ποιότητα Υπηρεσίας (Quality of Service – QoS): Η «αποδοτική» μετάδοση πληροφορίας που έχει σαν αποτέλεσμα την «ικανοποιητική» λειτουργία μιας δικτυακής εφαρμογής έτσι όπως την αντιλαμβάνεται ο χρήστης
- Τι σημαίνει «ικανοποιητική» λειτουργία; Είναι συχνά υποκειμενική και εξαρτάται από τις προτιμήσεις του χρήστη, αλλά και τις συγκεκριμένες ανάγκες του
- Συχνά αναφέρεται ως Ποιότητα εμπειρίας - QoE: Quality of Experience

# Ποιότητα εμπειρίας - QoE



# Ποιότητα εμπειρίας - QoE

Aspect	Quality Influence Factors	
Mobile networks	Vertical and horizontal handovers Battery consumption Session establishment delay	Accessibility Coverage
Service	Call setup success ratio Blocking probability Call setup time	Call cut-off ratio Availability & Reliability
Transport / Network	Round trip / one-way delay Jitter Packet loss ratio Delay burstiness distribution	Loss burstiness distribution Bottleneck bandwidth Congestion period
Physical	SNR / SIR / SINR Bit rate BLER Outage probability Packet / Symbol / Bit Error Probability Outage capacity	Ergodic capacity / rate Throughput Diversity order / coding gain Area spectral efficiency Energy efficiency

# Εξασφάλιση ποιότητας υπηρεσίας

- Τι σημαίνει «**αποδοτική**» μετάδοση; Είναι η μετάδοση της κίνησης που ικανοποιεί συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (παραμέτρους ποιότητας υπηρεσίας), τα οποία εξάγονται με βάση την «**ικανοποιητική**» λειτουργία της δικτυακής εφαρμογής
- Τυπικές παράμετροι ποιότητας υπηρεσίας:
  - μέση καθυστέρηση από άκρο σε άκρο (**mean delay**),
  - μέγιστη καθυστέρηση από άκρο σε άκρο (**maximum delay**)
  - μέγιστη επιτρεπτή διαφορά στην καθυστέρηση (**delay jitter**)
  - μέσος ρυθμός απώλειας πακέτων (**mean packet error rate**)

# Εξασφάλιση ποιότητας υπηρεσίας

- Ανάλογα με το είδος της κίνησης και τις ανάγκες ή προτιμήσεις του χρήστη προκύπτουν οι συγκεκριμένες παράμετροι ποιότητας υπηρεσίας (QoS parameters)
- Οι εφαρμογές **πραγματικού χρόνου** (φωνή, βίντεο) έχουν απαίτηση για **μικρή μέση και μέγιστη καθυστέρηση** (100-200msec end-to-end), αλλά έχουν κάποια ανοχή σε απώλειες πακέτων (π.χ.,  $10^{-2}$ )
- Οι εφαρμογές **μη πραγματικού χρόνου** (email, file transfer) έχουν απαίτηση για **απολύτως σωστά δεδομένα** (ρυθμός απώλειας πακέτων ουσιαστικά μηδέν), αλλά έχουν μεγάλη ανοχή στην καθυστέρηση (π.χ., αρκετά δευτερόλεπτα).

# Εξασφάλιση ποιότητας υπηρεσίας

- Οι τιμές των παραμέτρων «διαμοιράζονται» από τα ανώτερα επίπεδα σε τιμές ανά ζεύξη (link)
- Στόχος κάθε πρωτοκόλλου στο επίπεδο-2 (Data-Link) είναι να εξασφαλίζει τις τιμές των παραμέτρων αυτών για τη ζεύξη που αυτό ελέγχει.

# Πολλαπλή πρόσβαση

## Επίλυση του προβλήματος

- Αρχικά, επιλέγουμε μια **βασική τεχνολογία** για να διαχωρίσουμε την κίνηση που προέρχεται από διαφορετικούς χρήστες (τερματικά).
  - Μπορεί να είναι στο πεδίο του χρόνου ή στο πεδίο της συχνότητας.
- Στη συνέχεια, επιλέγουμε πώς να κατανέμουμε έναν περιορισμένο αριθμό πόρων μετάδοσης σε μεγαλύτερο σύνολο ανταγωνιζόμενων χρηστών.
- Η ύπαρξη σταθμού βάσης διευκολύνει την πολλαπλή πρόσβαση.



# Πολλαπλή πρόσβαση

## Βασικοί στόχοι στη σχεδίαση

- **Ευελιξία:** δυνατότητα εξυπηρέτησης ολοκληρωμένης κίνησης φωνής, δεδομένων και video και δυνατότητα αντιμετώπισης της μετακίνησης του τερματικού.
- **Ποιότητα:** ικανοποίηση των απαιτήσεων υπηρεσίας, όπως π.χ. είναι οι περιορισμοί καθυστέρησης και απώλειας πακέτων.
- **Χωρητικότητα:** μεγιστοποίηση του αριθμού των χρηστών που εξυπηρετούνται για το διατιθέμενο εύρος ζώνης συχνοτήτων.

# Πολλαπλή πρόσβαση

## Περιορισμοί

- Έλλειψη φάσματος:
  - Δύσκολα βρίσκεται διαθέσιμο φάσμα,
  - Λίγες συχνότητες διατίθενται για επικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων,
  - Τα σχήματα πολλαπλής πρόσβασης πρέπει να μην σπαταλούν εύρος ζώνης.

# Πολλαπλή πρόσβαση

## Περιορισμοί

- Χαρακτηριστικά των ραδιοζεύξεων:
  - Δεκτικές σε σφάλματα
    - Διαλείψεις
    - Παρεμβολές
  - Φαινόμενο σύλληψης
    - Το τερματικό με τη μεγαλύτερη ισχύ καλύπτει το άλλο.
    - Το τερματικό χαμηλής ισχύος μπορεί να μην έχει ποτέ τη δυνατότητα να ακουστεί.

# Πολλαπλή πρόσβαση

## Αμφιδρόμηση

FDD



TDD



# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

- Διαχωρισμός των δεδομένων των διαφόρων πηγών.
- Τέσσερις βασικές επιλογές:
  - Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας (Frequency division multiple access, FDMA)
  - Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χρόνου (Time division multiple access, TDMA)
  - Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης κώδικα (Code division multiple access, CDMA)
  - Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χώρου (Space Division Multiple Access, SDMA)

# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

Κυψελωτό σύστημα	Τεχνική πολλαπλής πρόσβασης
Advanced Mobile Phone System (AMPS)	FDMA/FDD
Global System for Mobile (GSM)	TDMA/FDD
U.S. Digital Cellular (USDC)	TDMA/FDD
Japanese Digital Cellular (JDC)	TDMA/FDD
Cordless Telephone 2 (CT2)	FDMA/TDD
Digital European Cordless Telephone (DECT)	TDMA/TDD
U.S. Narrowband Spread Spectrum (IS-95)	CDMA/FDD
cdma2000	CDMA/FDD
UMTS (UTRA-FDD)	WCDMA/FDD
UMTS (UTRA-TDD)	WCDMA/TDD

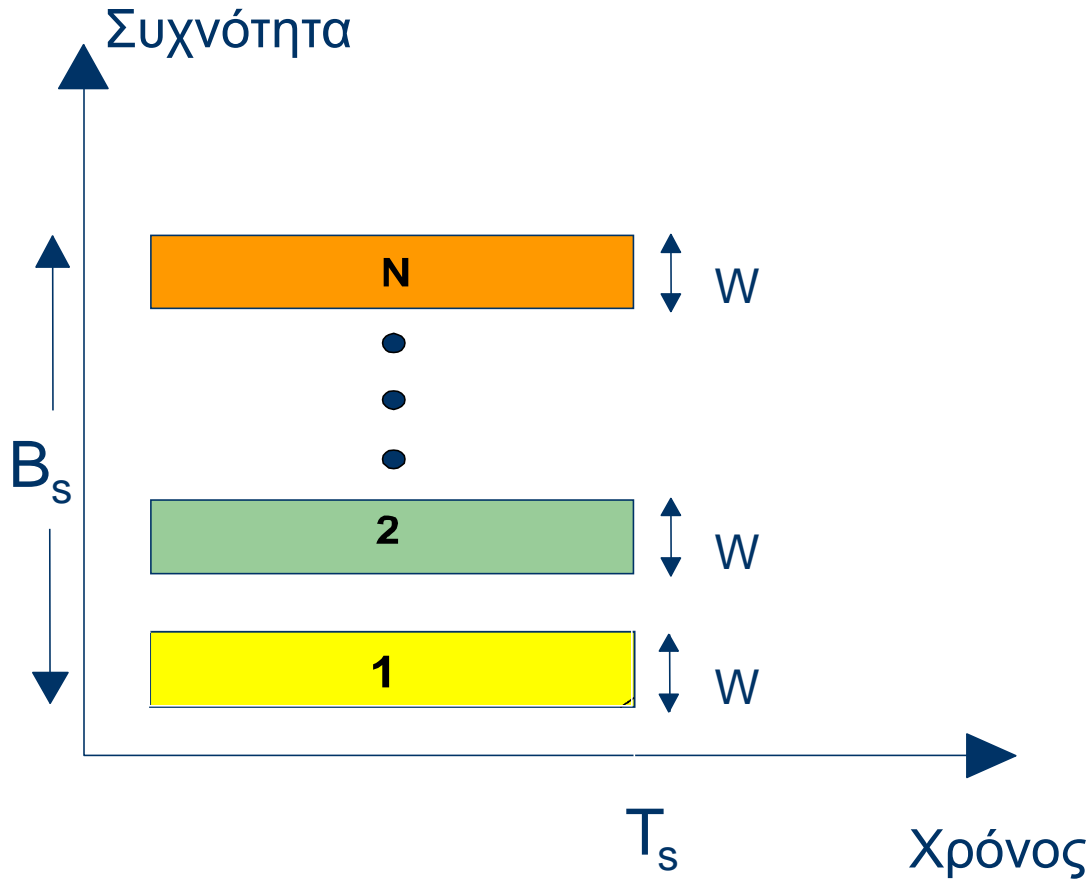
# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## FDMA

- Όλοι οι σταθμοί μεταδίδουν ταυτόχρονα, αλλά σε διαφορετικές συχνότητες.
- Ο αριθμός συχνοτήτων είναι περιορισμένος.
  - Κυψελωτή δομή, επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων
- Είναι πολύ απλή.
- Μειονεκτήματα:
  - Χαμηλή απόδοση φάσματος,
  - Ακατάλληλη για υπηρεσίες πολυμέσων,
  - Ακριβότεροι σταθμοί βάσης σε σχέση με την TDMA

# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## FDMA





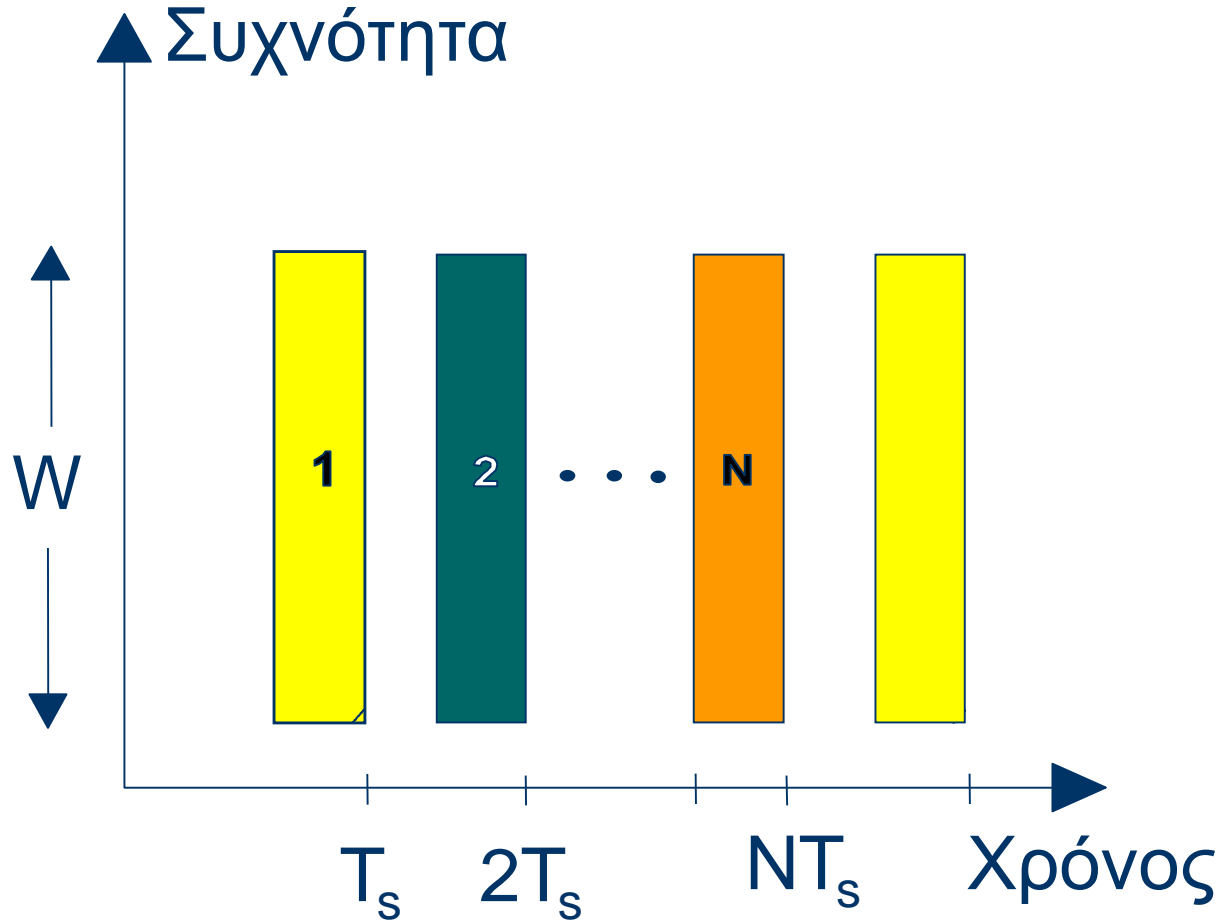
# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## TDMA

- Όλοι οι σταθμοί μεταδίδουν δεδομένα στην ίδια συχνότητα, αλλά σε διαφορετικούς χρόνους.
- Ανάγκη συγχρονισμού.
- Πλεονεκτήματα:
  - Μπορεί να δοθεί διαφορετικό εύρος ζώνης σε διαφορετικούς χρήστες,
  - Τα κινητά μπορεί να χρησιμοποιούν τους νεκρούς χρόνους για να καθορίσουν τον καλύτερο σταθμό βάσης,
  - Μπορεί να παραμείνουν κλειστά όταν δεν εκπέμπουν.
- Μειονεκτήματα:
  - Πλεονάζουσα πληροφορία για συγχρονισμό,
  - Κενά διαστήματα μεταξύ μεταδόσεων

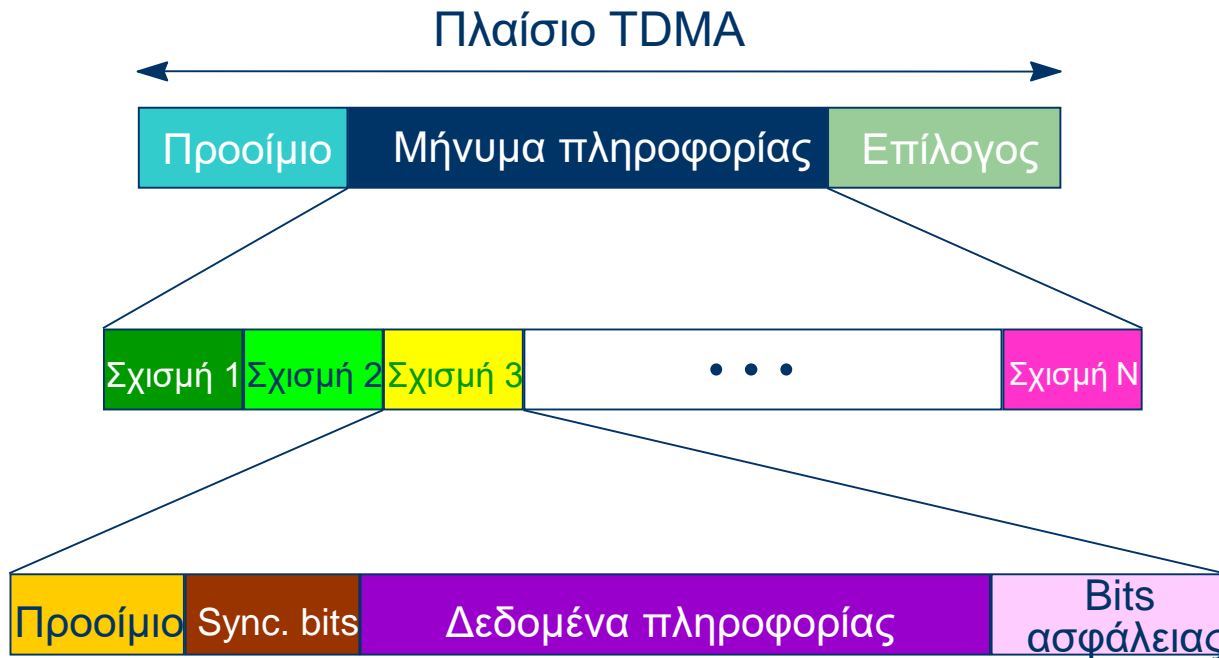
# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## TDMA

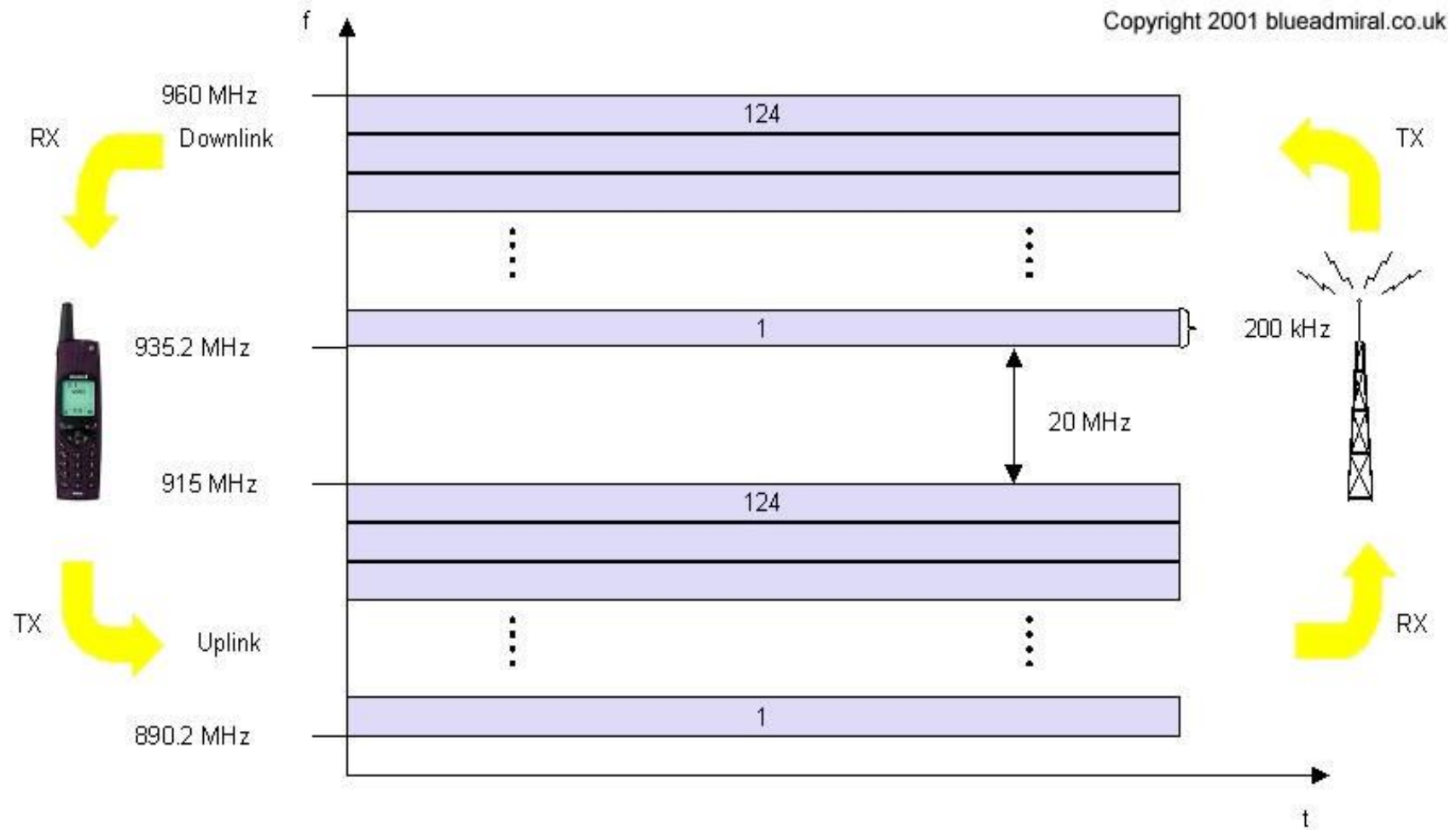


# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## Δομή πλαισίου TDMA

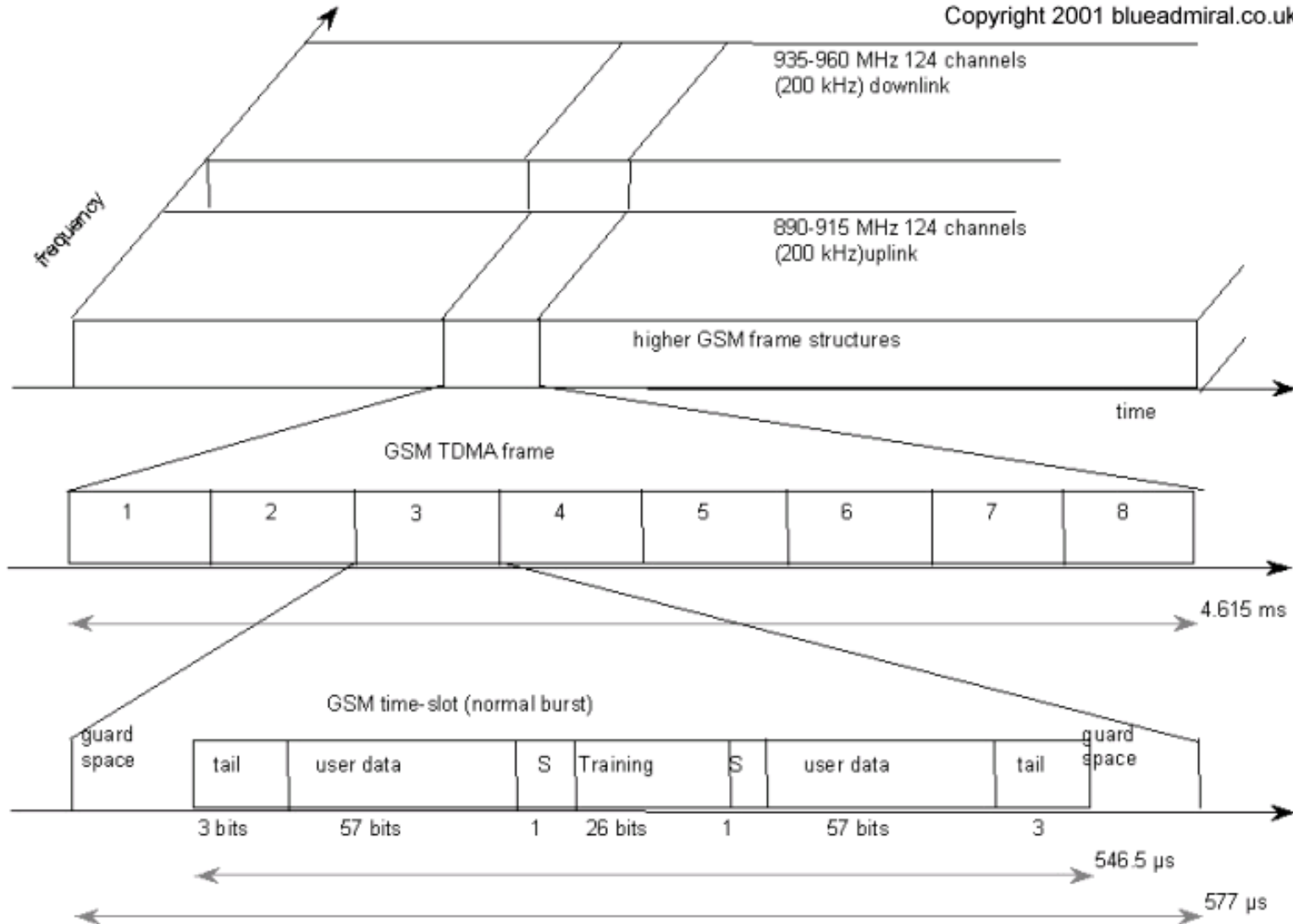


# Πολλαπλή πρόσβαση στο GSM



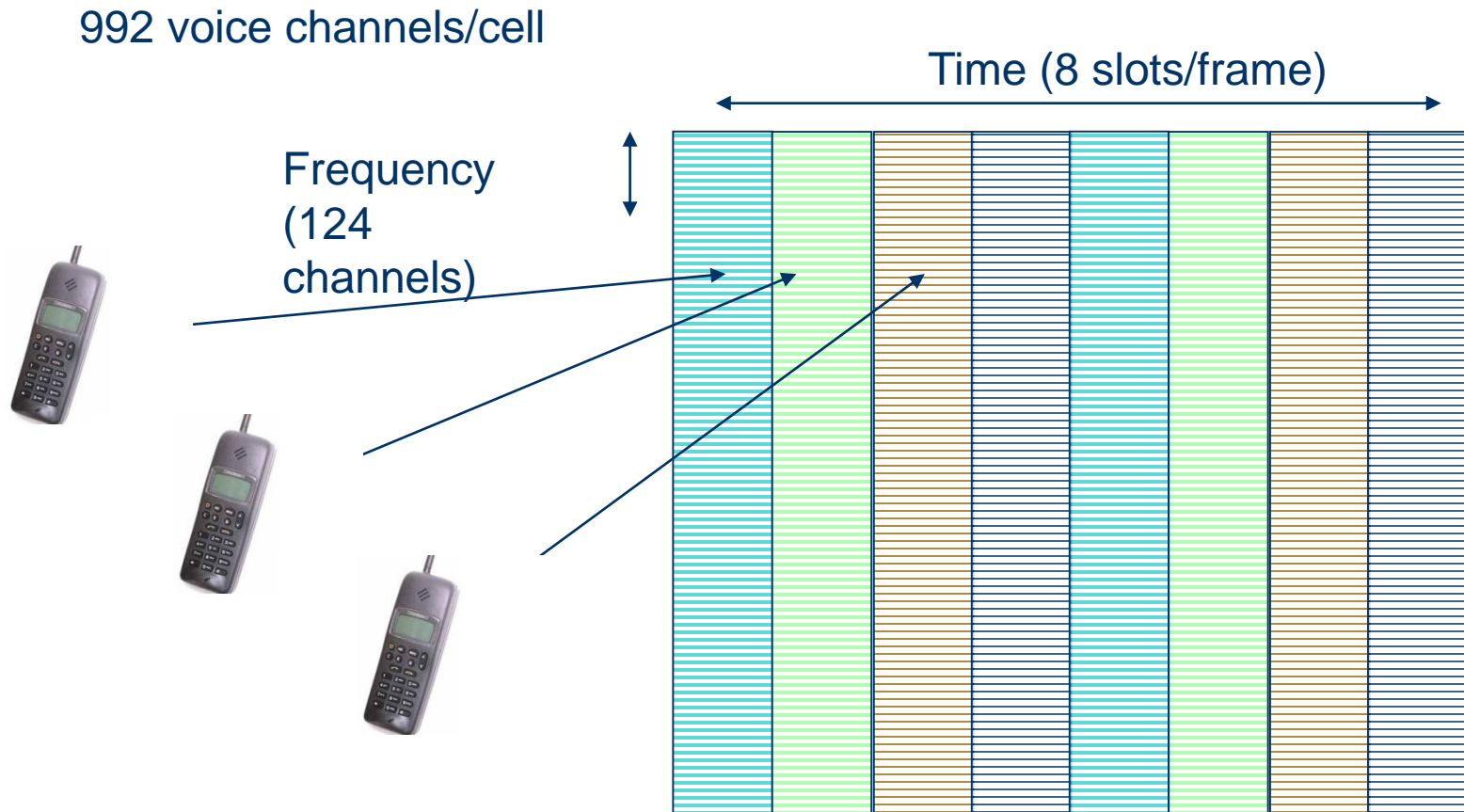
# GSM resource allocation

Copyright 2001 blueadmiral.co.uk

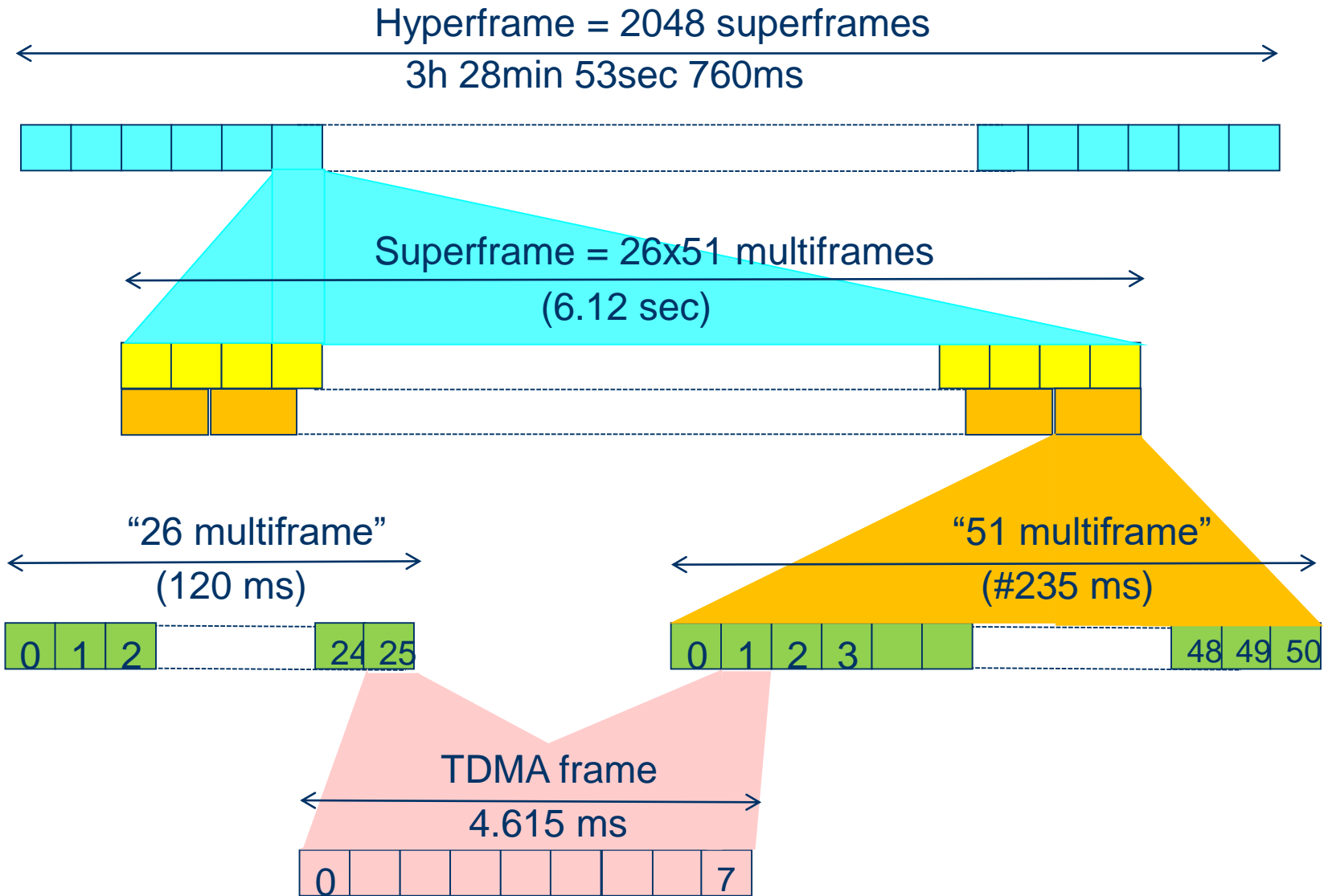


# GSM System – Multiple Access

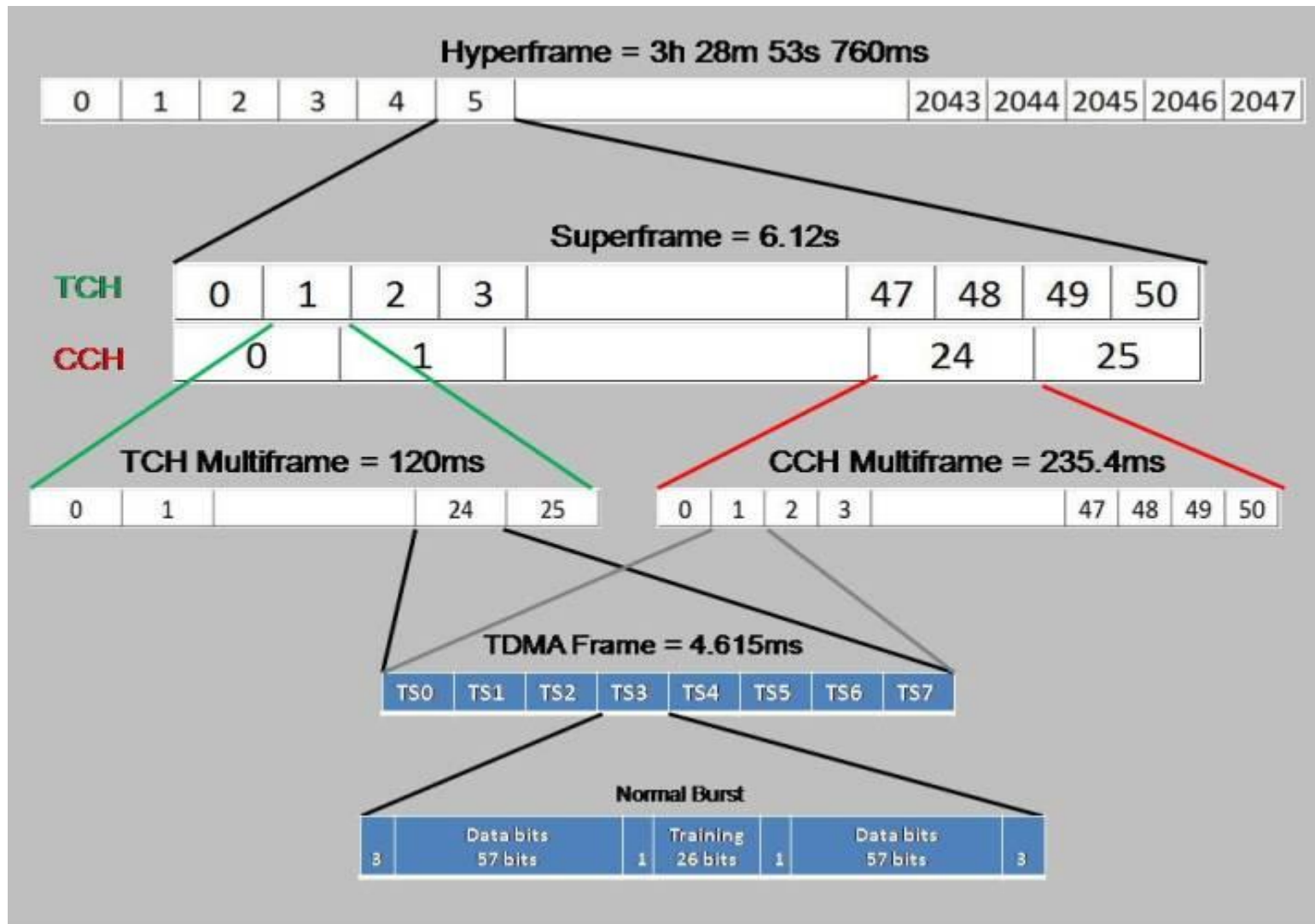
## Time Division Multiple Access (TDMA)



# Ιεραρχία πλαισίων στο GSM



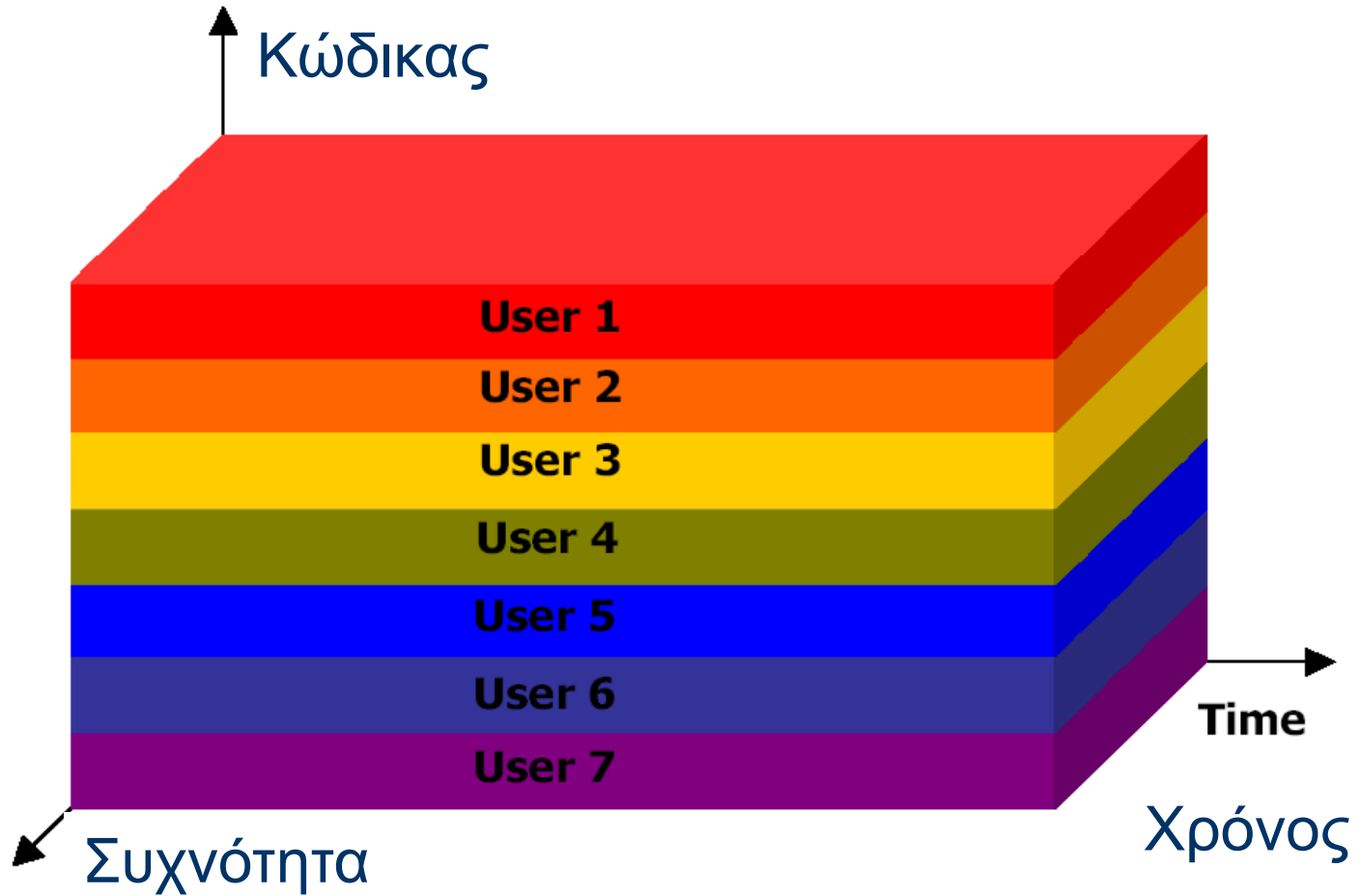
# Ιεραρχία πλαισίων στο GSM





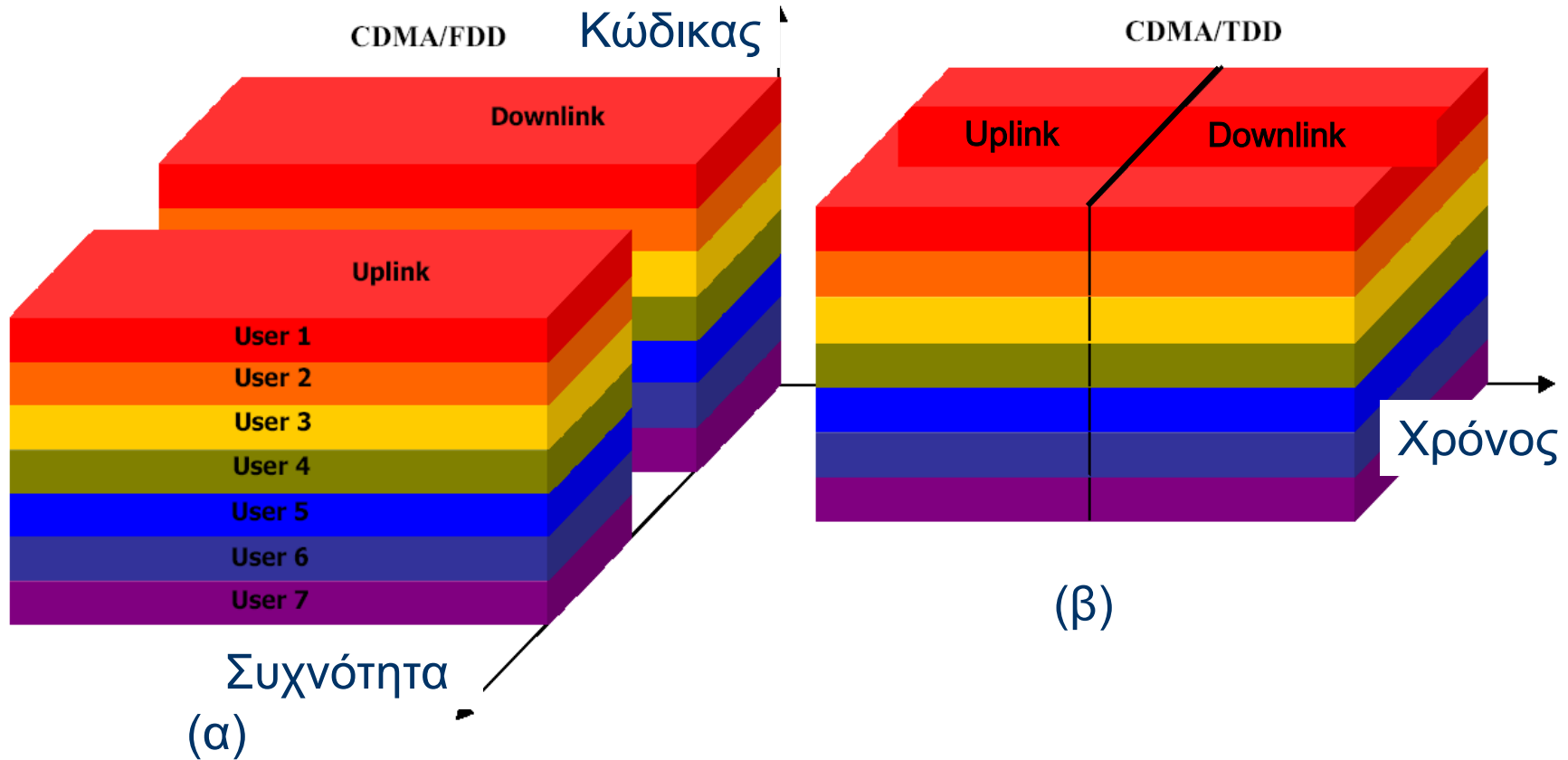
# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## CDMA



# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## CDMA



# Μεταφορική Παρουσίαση του CDMA

- Έστω ότι σ' ένα μεγάλο δωμάτιο, πολλά ζευγάρια ανθρώπων συνομιλούν:
  - με το TDMA όλα τα άτομα βρίσκονται οπουδήποτε στο δωμάτιο, αλλά ο καθένας περιμένει τη σειρά του για να μιλήσει (πρώτα μιλάει ο ένας, μετά ο άλλος κ.ο.κ.)
  - με το FDMA οι άνθρωποι στο δωμάτιο χωρίζονται σε ομάδες, όπου κάθε ομάδα βρίσκεται σε αρκετή απόσταση από την άλλη ώστε οι ομάδες να συνομιλούν ταυτόχρονα αλλά ανεπηρέαστα η μία από την άλλη
  - με το CDMA όλα τα άτομα βρίσκονται οπουδήποτε στο δωμάτιο και μιλάνε ταυτόχρονα, αλλά σε διαφορετική γλώσσα ώστε αυτοί που μιλάνε την ίδια γλώσσα επικοινωνούν, ενώ απορρίπτουν τις άλλες συνομιλίες σαν θόρυβο

# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## CDMA

- CDMA ευθείας ακολουθίας (Direct Sequence CDMA, DS/CDMA)
- CDMA με μεταπήδηση συχνότητας (Frequency Hopping CDMA, FH/CDMA)
- CDMA με μεταπήδηση χρόνου (Time Hopping CDMA, TH/CDMA)
- Υβριδικά συστήματα CDMA

# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## DS/CDMA

- Επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να μοιραστούν το ίδιο εύρος ζώνης.
- Τα σήματα των χρηστών διαχωρίζονται στον δέκτη χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες του κώδικα.
- Η παρεμβολή μεταξύ των χρηστών περιορίζεται από την ετεροσυσχέτιση των κωδικών.
- Στην κάθοδο, το σήμα και η παρεμβολή έχουν την ίδια ισχύ.
- Στην άνοδο, “κοντινοί” χρήστες εξαφανίζουν “μακρινούς” χρήστες (near-far πρόβλημα)
- Ομαλή υποβάθμιση (Graceful degradation) – το σύστημα υποβαθμίζεται ομαλά καθώς αυξάνεται ο αριθμός των χρηστών

# DS/CDMA

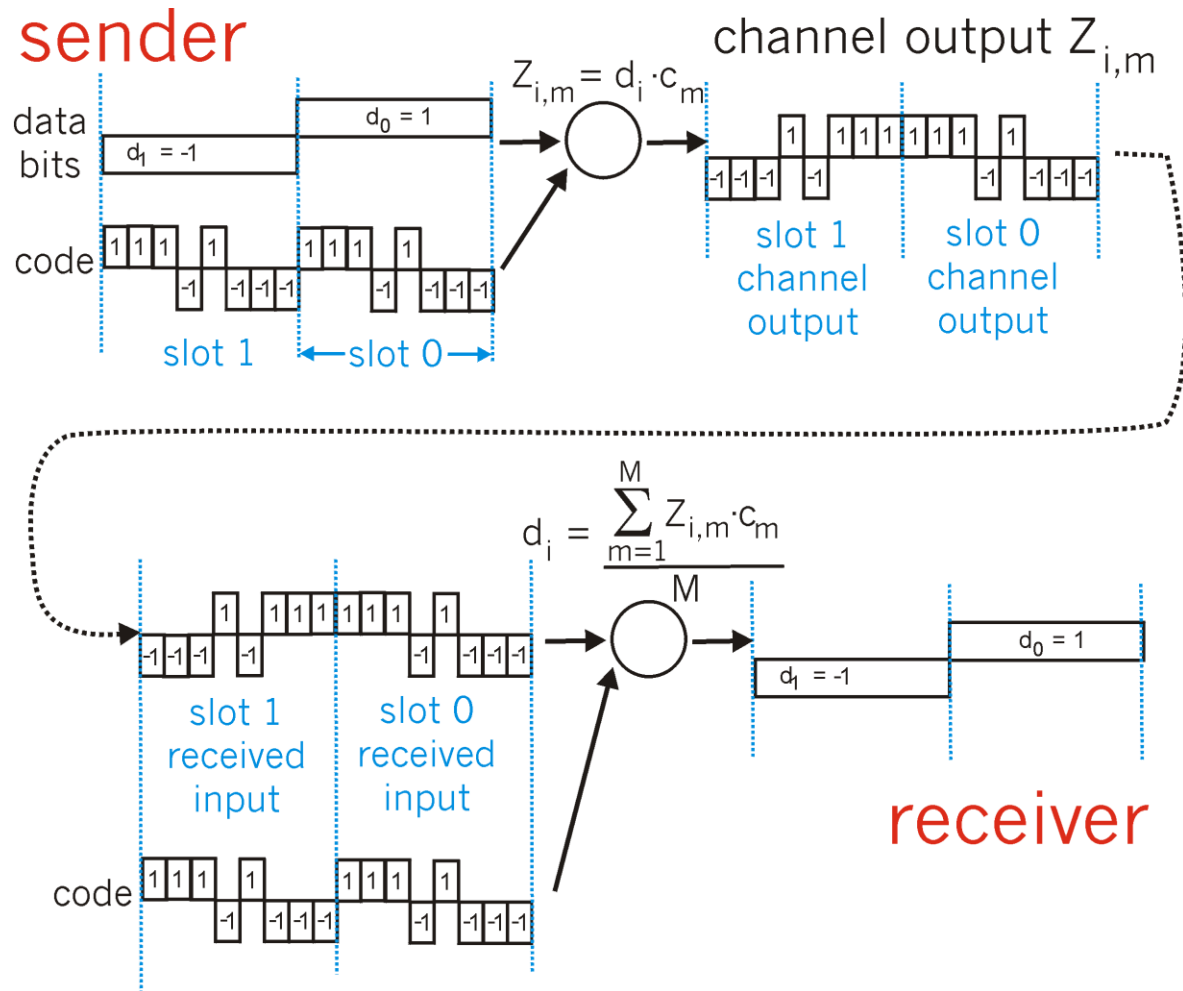
- Κάθε σταθμός μετάδοσης παίρνει ένα κωδικό (chip sequence) που αντιπροσωπεύει τη μετάδοση του 1 (το συμπληρωματικό αντιπροσωπεύει το 0)
  - Π.χ. 1=00011011 0=11100100 (8-chip code)
- Το μετάδοση του 0 σηματοδοτείται με  $-1$  και το 1 με  $+1$  (π.χ. τάση σε volts)

A: 0 0 0 1 1 0 1 1  
B: 0 0 1 0 1 1 1 0  
C: 0 1 0 1 1 1 0 0  
D: 0 1 0 0 0 0 1 0

A: (-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1)  
B: (-1 -1 +1 -1 +1 +1 +1 -1)  
C: (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)  
D: (-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1)

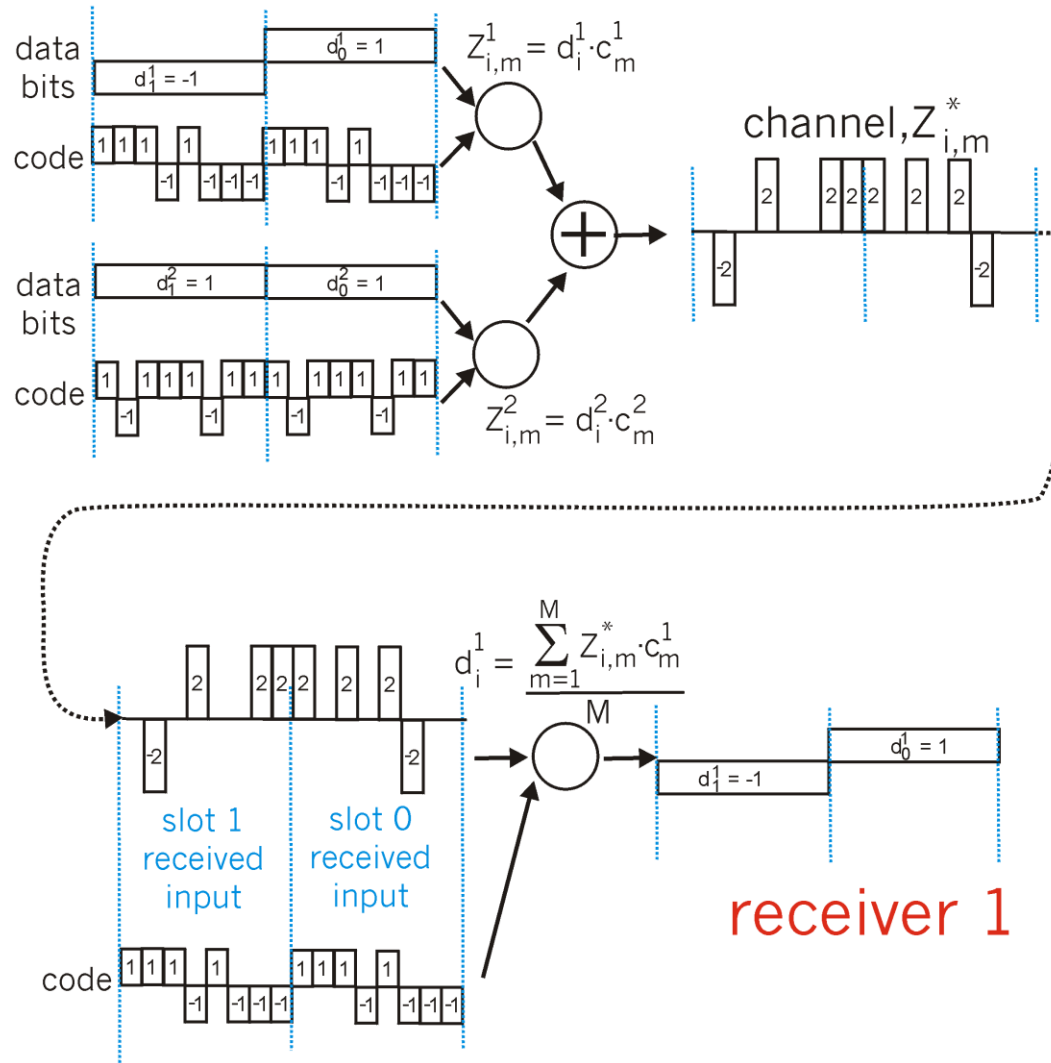
Chip Sequence:	1 0 1 1 0 0
Spreading Sequence:	1 -1 1 1 -1 -1
Transmitted bits, data = 1:	1 -1 1 1 -1 -1
Transmitted bits, data = 0:	-1 1 -1 -1 1 1
No transmission:	0 0 0 0 0 0

# DS/CDMA Encode/Decode



# DS/CDMA: two-sender interference

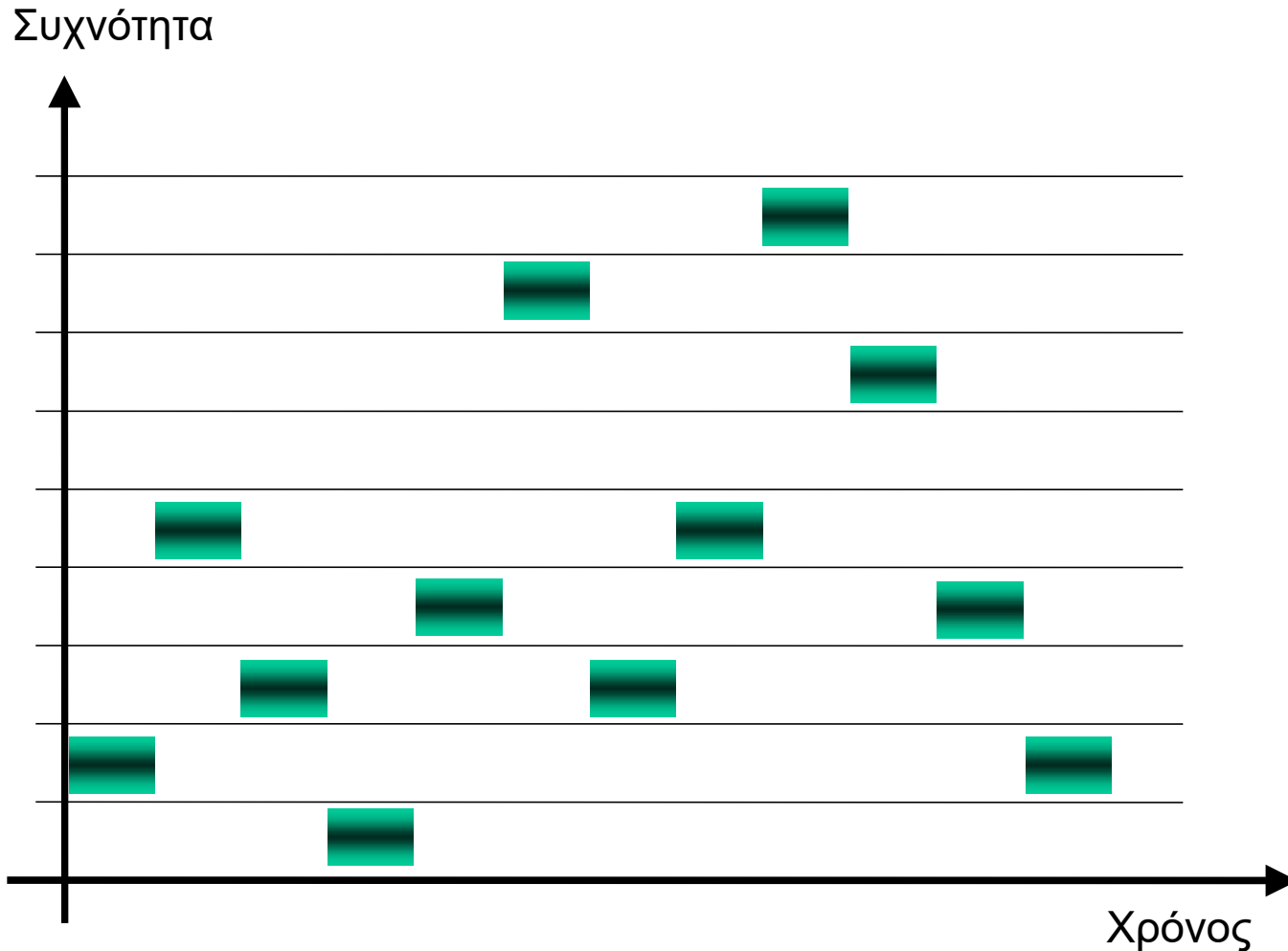
senders





# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## FH/CDMA



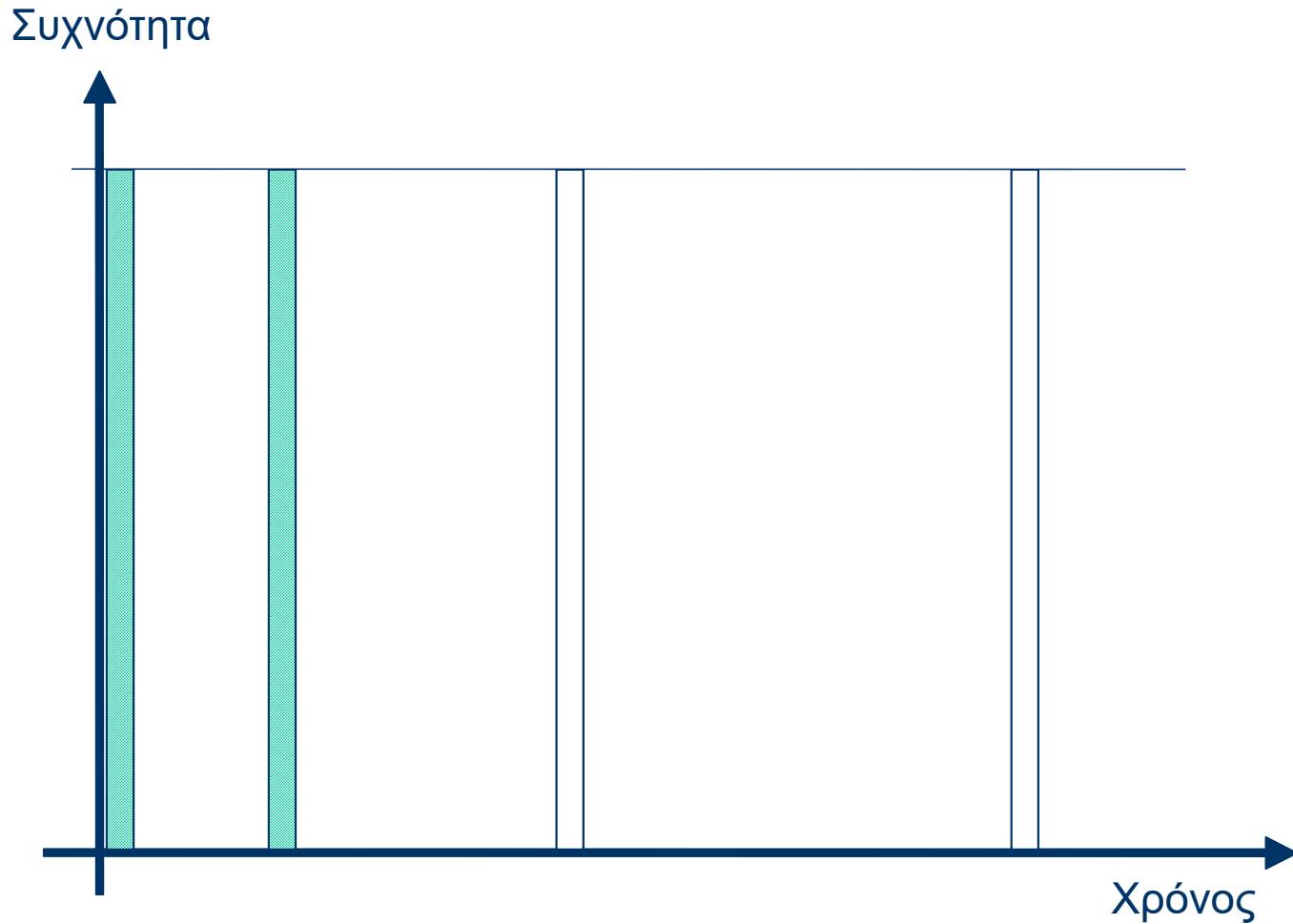
# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## FH/CDMA

- Χρησιμοποιεί μέρος του εύρους ζώνης αλλά η θέση του μέρους αυτού μεταβάλλεται χρονικά.
- Πλεονεκτήματα:
  - Οι διάφορες ζώνες συχνοτήτων δεν χρειάζεται να είναι γειτονικές στο φάσμα,
  - Η πιθανότητα να μεταδίδουν πολλοί χρήστες ταυτόχρονα στην ίδια περιοχή συχνοτήτων είναι μικρή.
- Μειονεκτήματα:
  - Απαιτείται πολύπλοκος συνθέτης συχνοτήτων
  - Απότομη μεταβολή του σήματος κατά τη μεταπήδηση
  - Δύσκολη η αποδιαμόρφωση.

# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## ΤΗ/CDMA



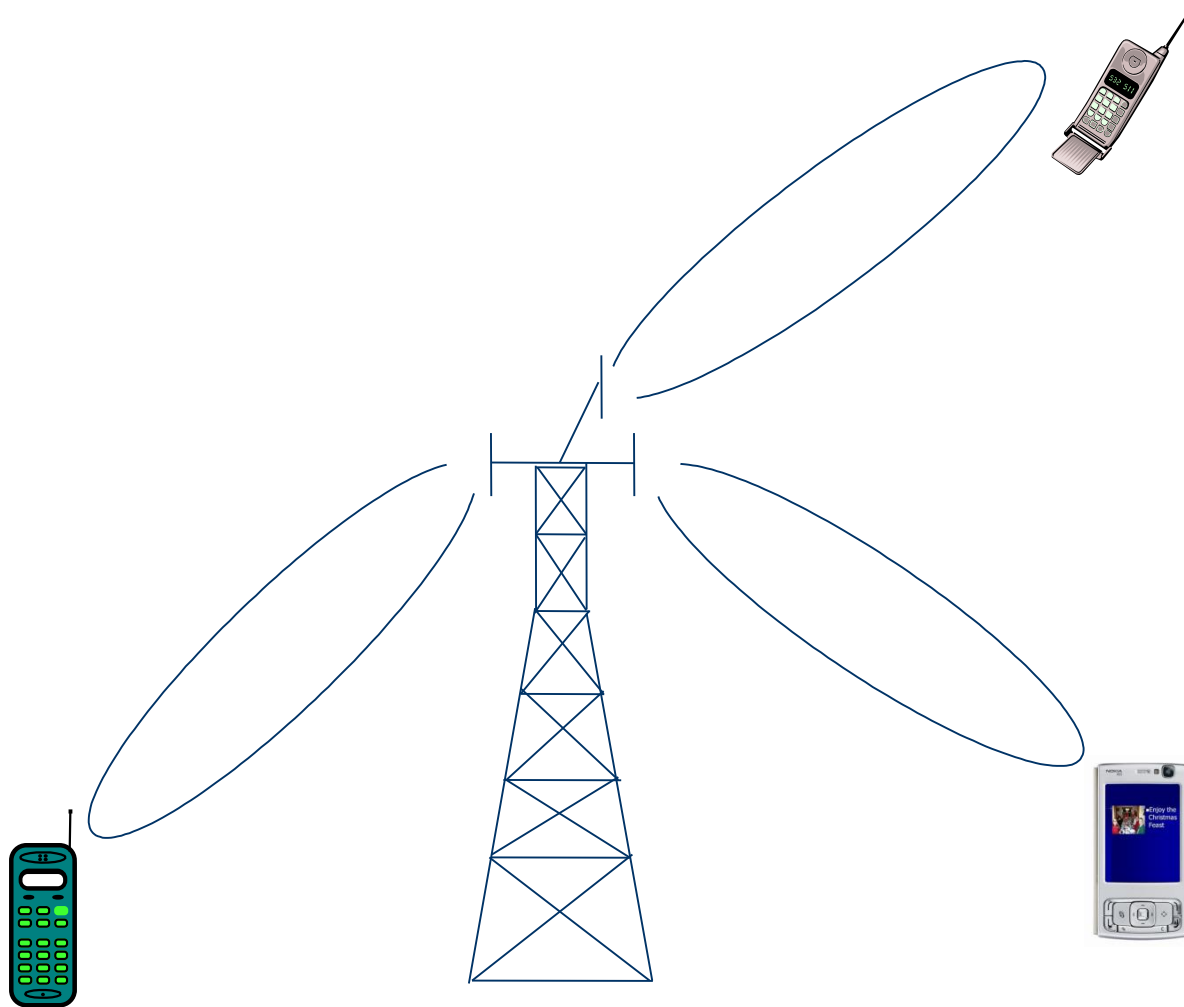
# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

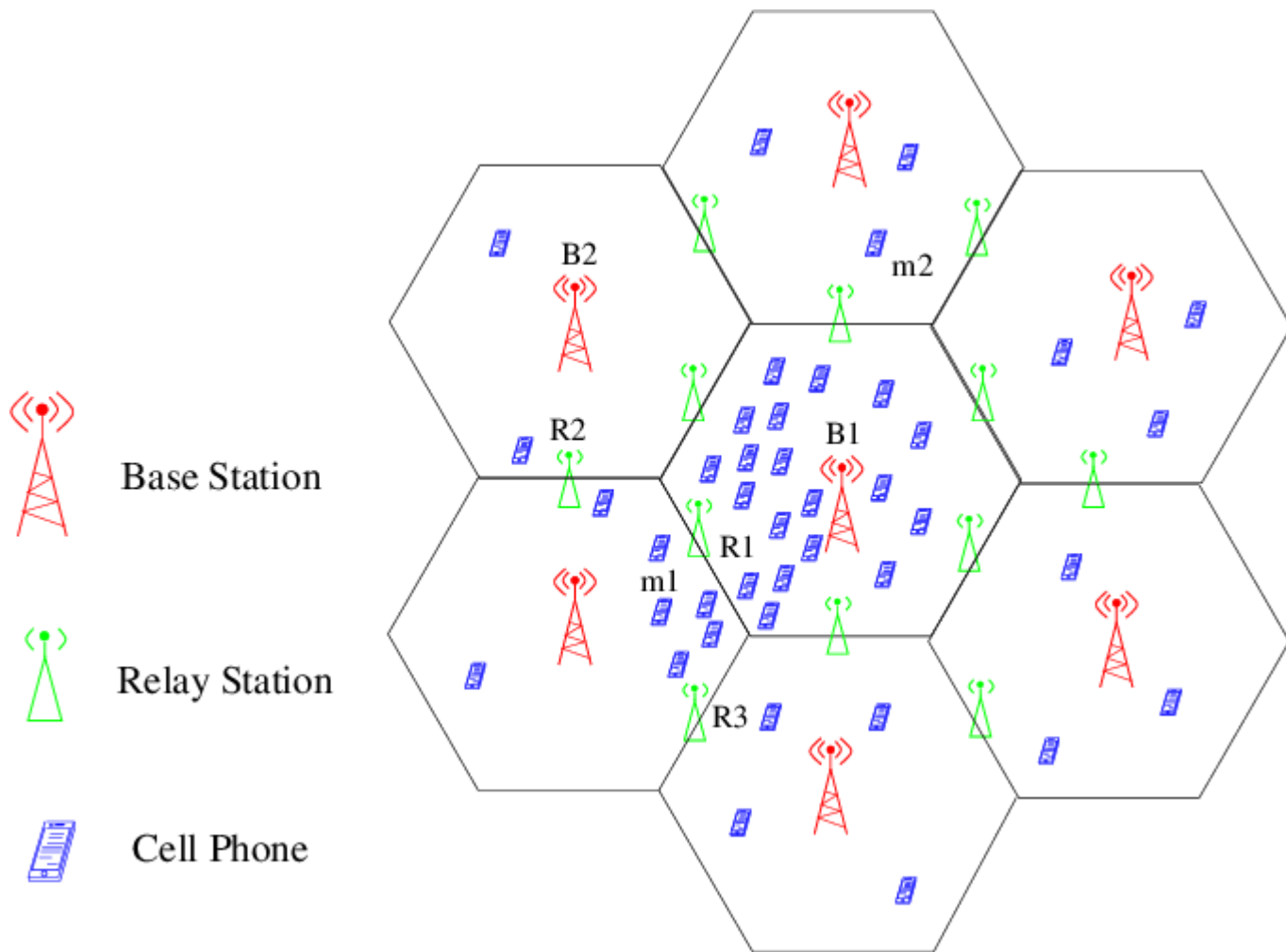
## ΤΗ/CDMA

- Ο χρόνος διαιρείται σε πλαίσια και κάθε πλαίσιο σε Μ χρονοσχισμές.
- Κατά τη διάρκεια ενός πλαισίου ο χρήστης μεταδίδει σε μία από τις χρονοσχισμές σύμφωνα με κάποιον κώδικα.
- Πλεονεκτήματα:
  - Ευκολότερη υλοποίηση από την FH/CDMA,
  - Χρήσιμη όταν υπάρχει περιορισμός ως προς το μέσο ρυθμό και όχι ως προς τη μέγιστη (μετάδοση με ριπές),
  - Το φαινόμενο near-far είναι λιγότερο σημαντικό, γιατί κάθε τερματικό μεταδίδει μόνο του.
- Μειονεκτήματα:
  - Απαιτείται πολύς χρόνος για τον συγχρονισμό.

# Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

## Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χώρου

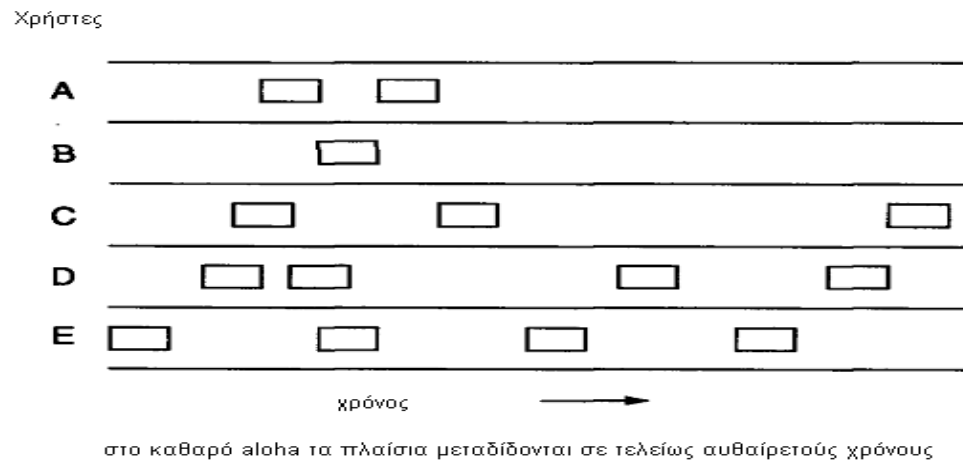




Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών

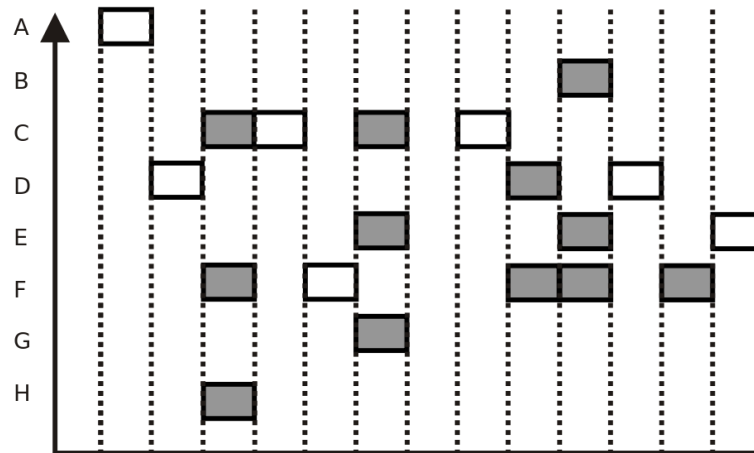
# ALOHA (Καθαρό)

- Συνεχής χρόνος, μετάδοση οποιαδήποτε χρονική στιγμή
- Δεν υπάρχει συγχρονισμός και ο κάθε κόμβος ξεκινά τη μετάδοση αμέσως μόλις δεχτεί το πακέτο στην ουρά του (άφιξη πακέτου)
- Εάν υπάρξει σύγκρουση το πακέτο επαναμεταδίδεται μετά από τυχαίο χρονικό διάστημα



# Τεμαχισμένο ALOHA (Slotted Aloha)

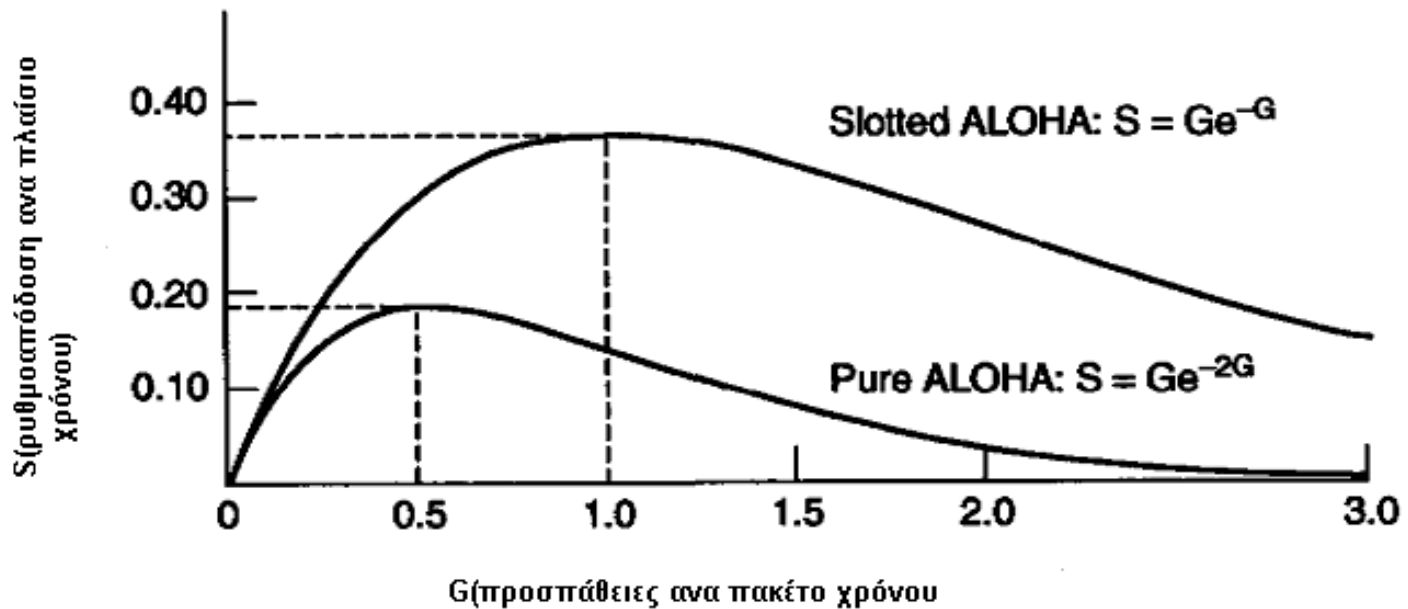
- Σταθερό μέγεθος πακέτων
- Χρόνος μετάδοσης πακέτου = 1 μονάδα χρόνου = μέγεθος χρονοθυρίδας (slot)
- Κάθε πακέτο μεταδίδεται στην πρώτη χρονοθυρίδα μετά την άφιξη του
- Απαιτείται συγχρονισμός της μετάδοσης με την αρχή κάθε χρονοθυρίδας
- Σε περίπτωση σύγκρουσης η μετάδοση επαναλαμβάνεται μετά από τυχαίο αριθμό χρονοθυρίδων



Slotted ALOHA protocol (shaded slots indicate collision)



# Ρυθμαπόδοση (Throughput)



Η ρυθμαπόδοση για τα διάφορα ALOHA συστήματα