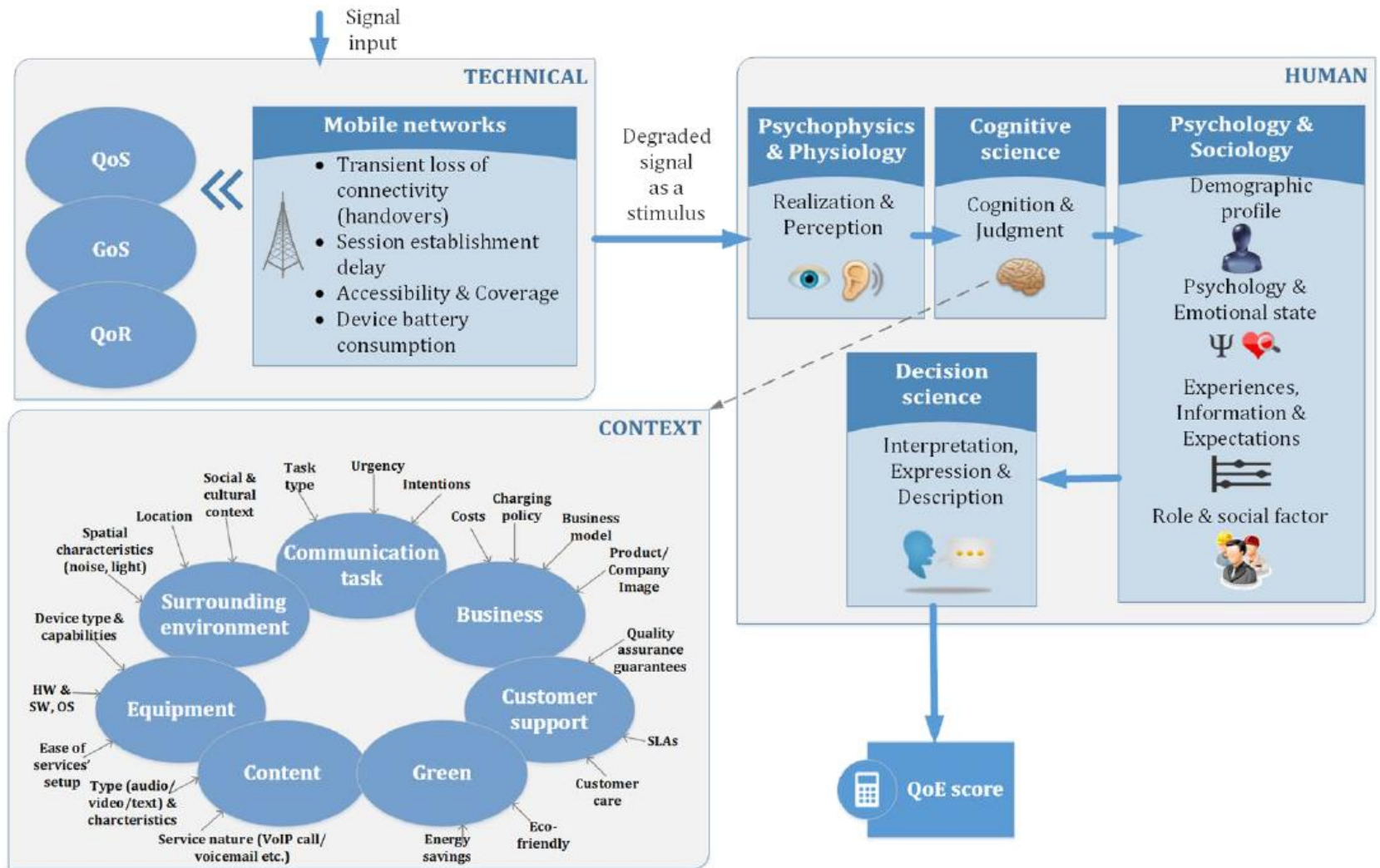


Πρωτόκολλα Πολλαπλής Πρόσβασης

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

- 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

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



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

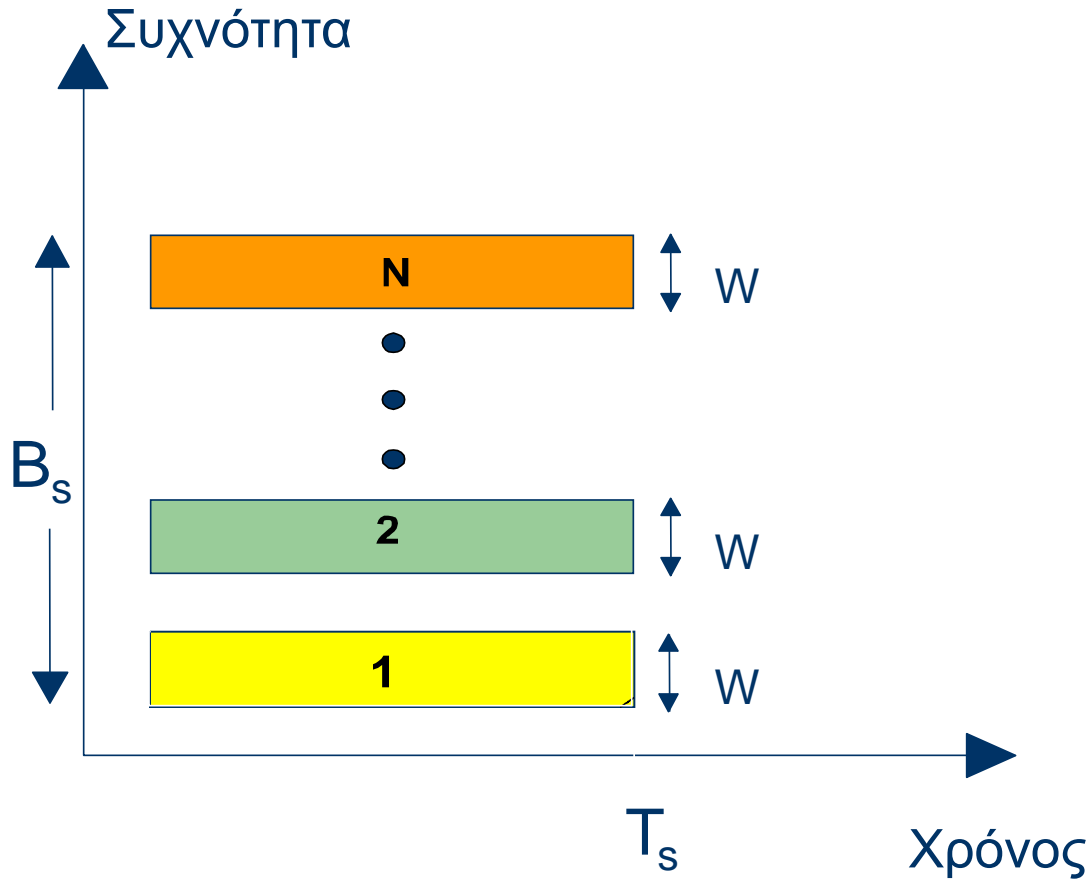
Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

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



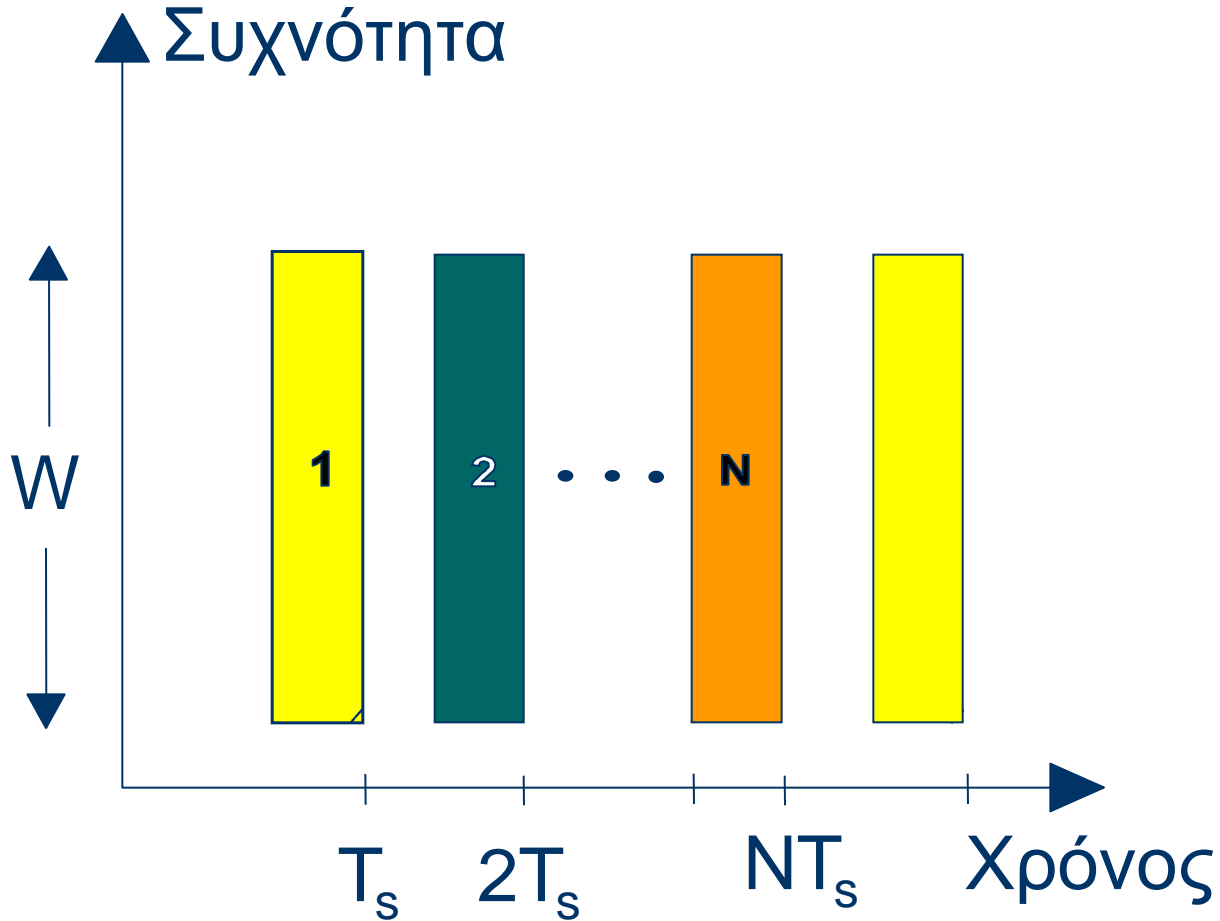
Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

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

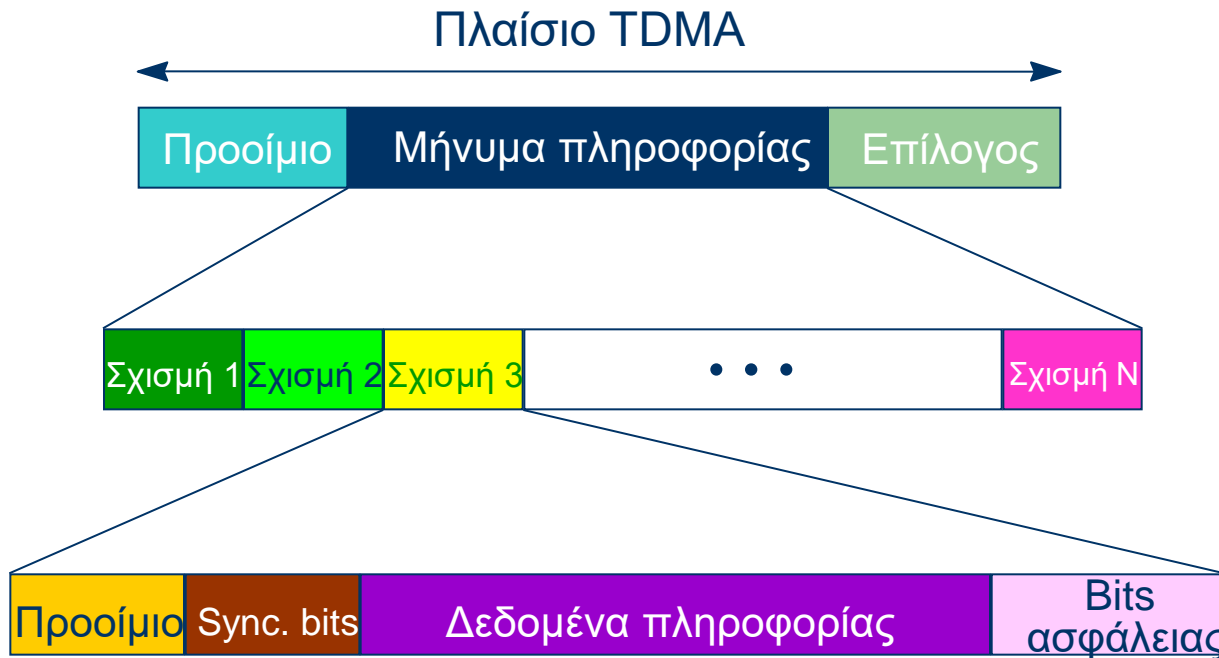
Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

TDMA

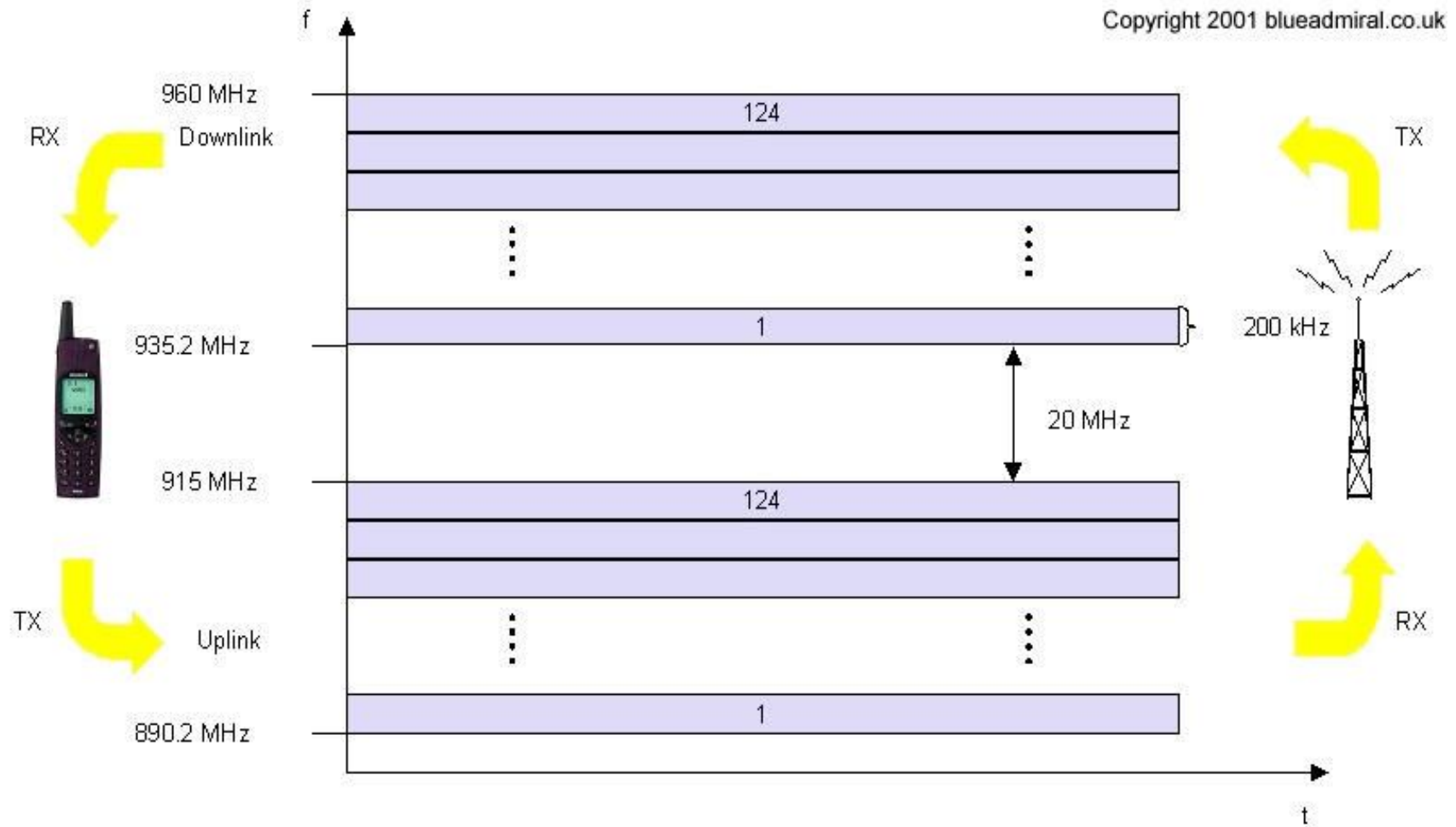


Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

Δομή πλαισίου TDMA

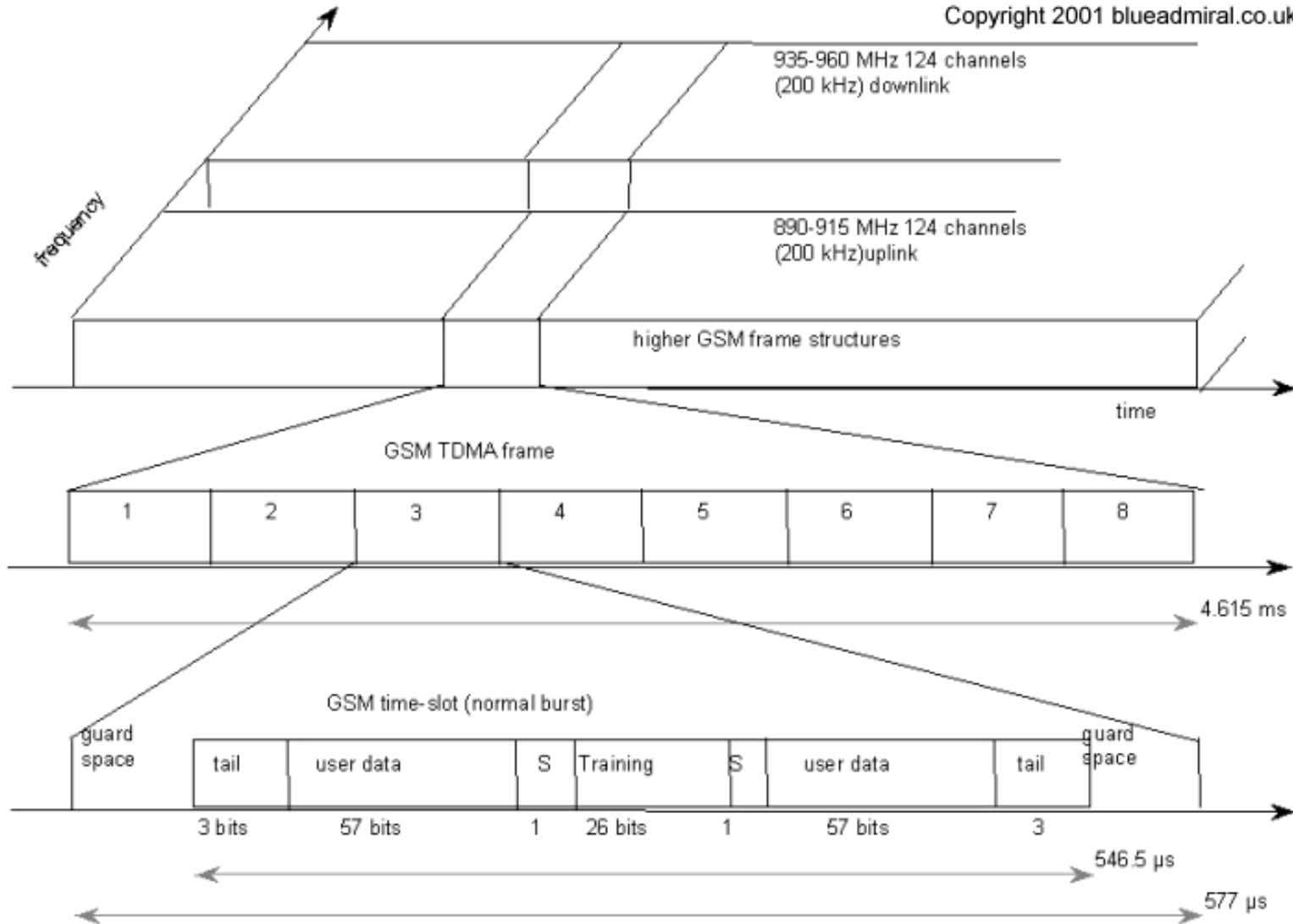


Πολλαπλή πρόσβαση στο GSM



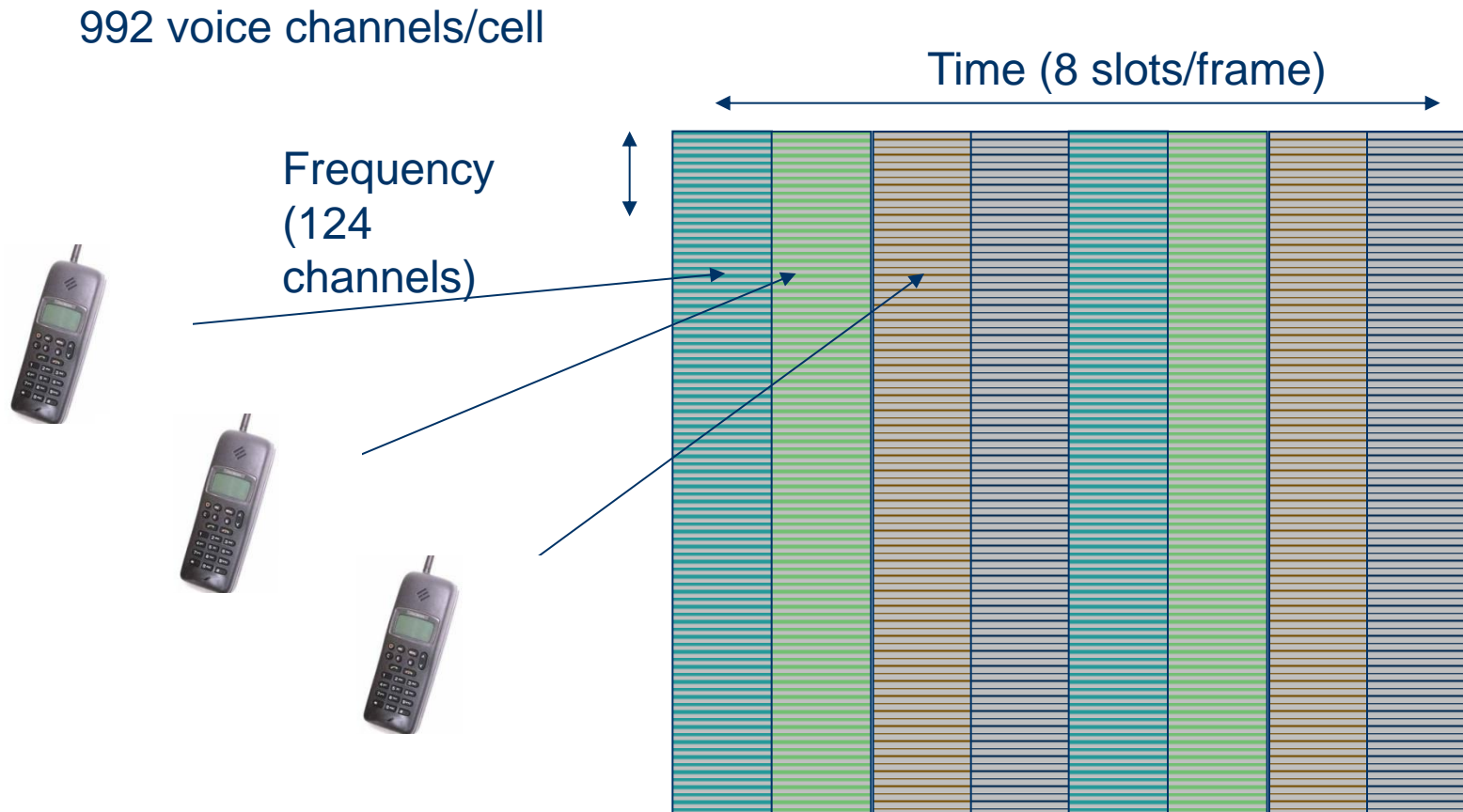
GSM resource allocation

Copyright 2001 blueadmiral.co.uk

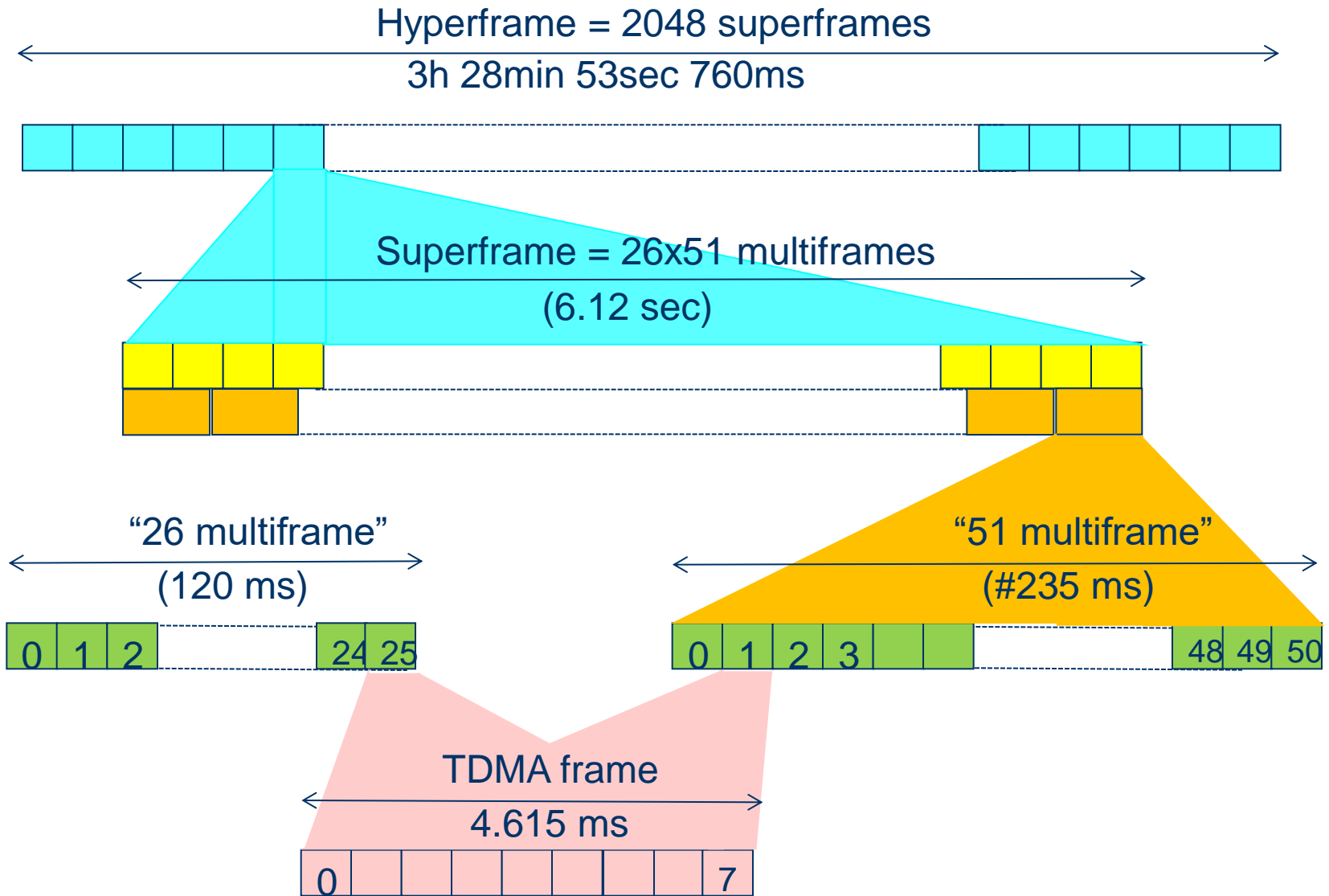


GSM System – Multiple Access

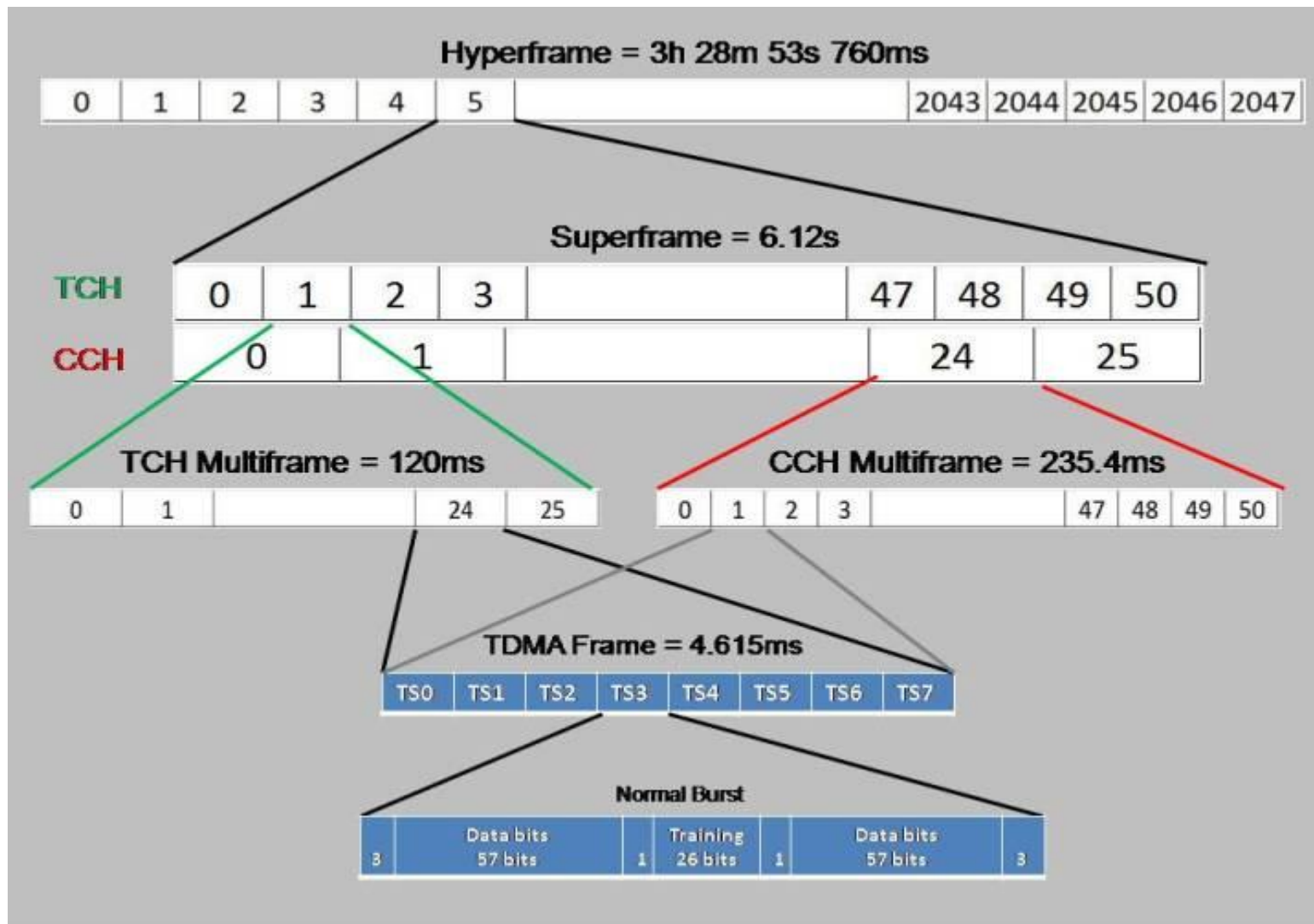
Time Division Multiple Access (TDMA)



Ιεραρχία πλαισίων στο GSM

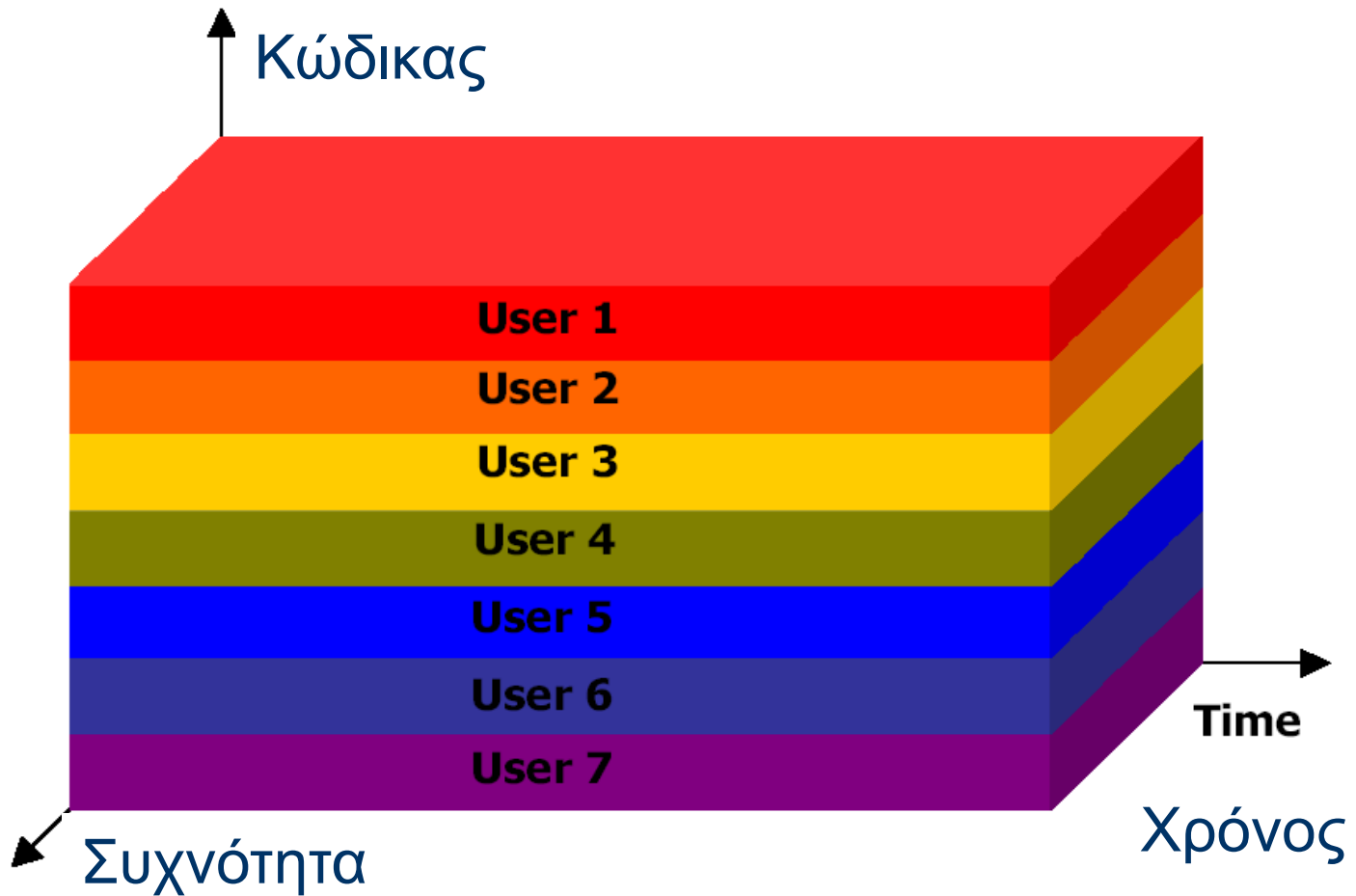


Ιεραρχία πλαισίων στο GSM



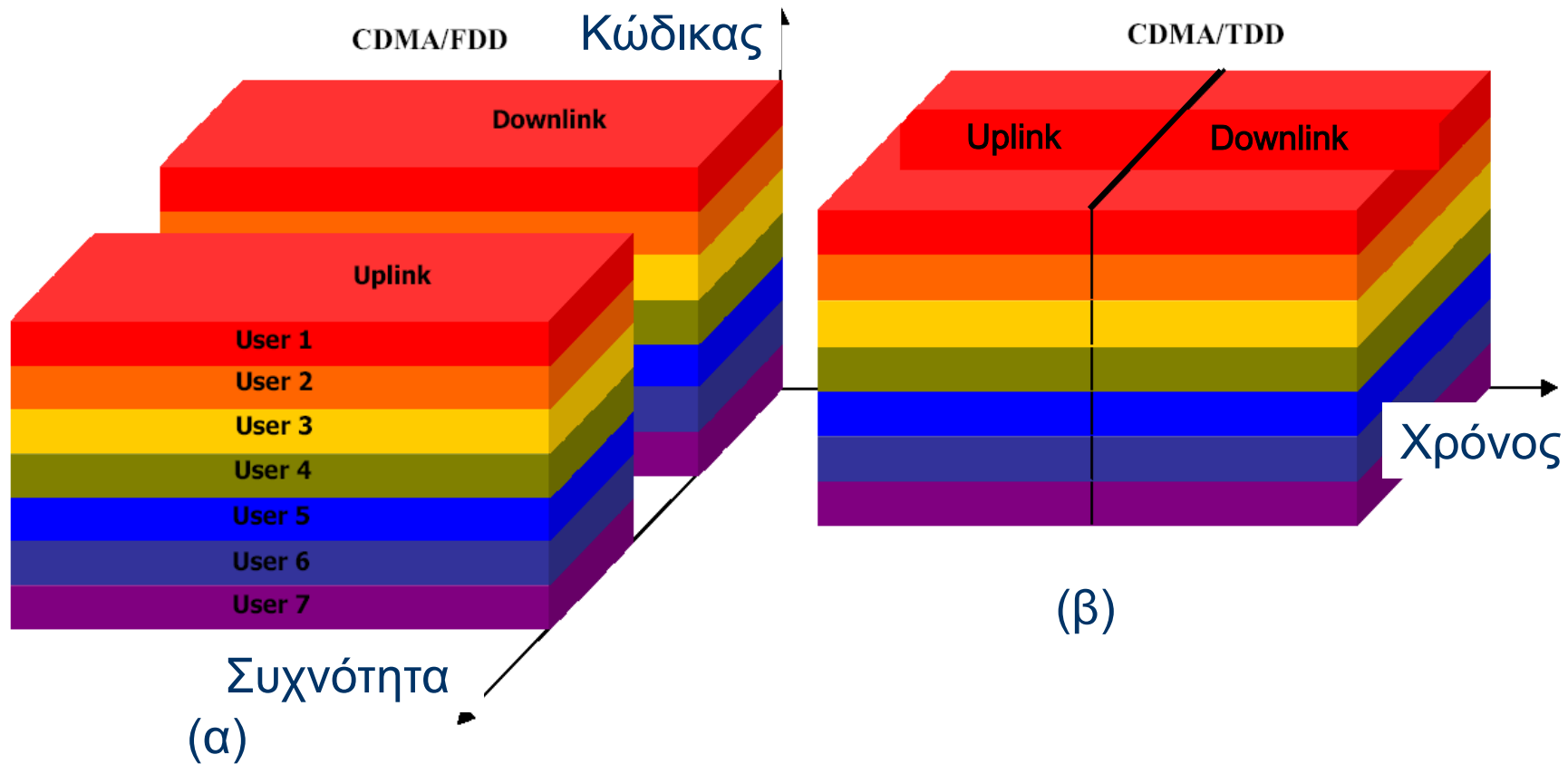
Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

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)

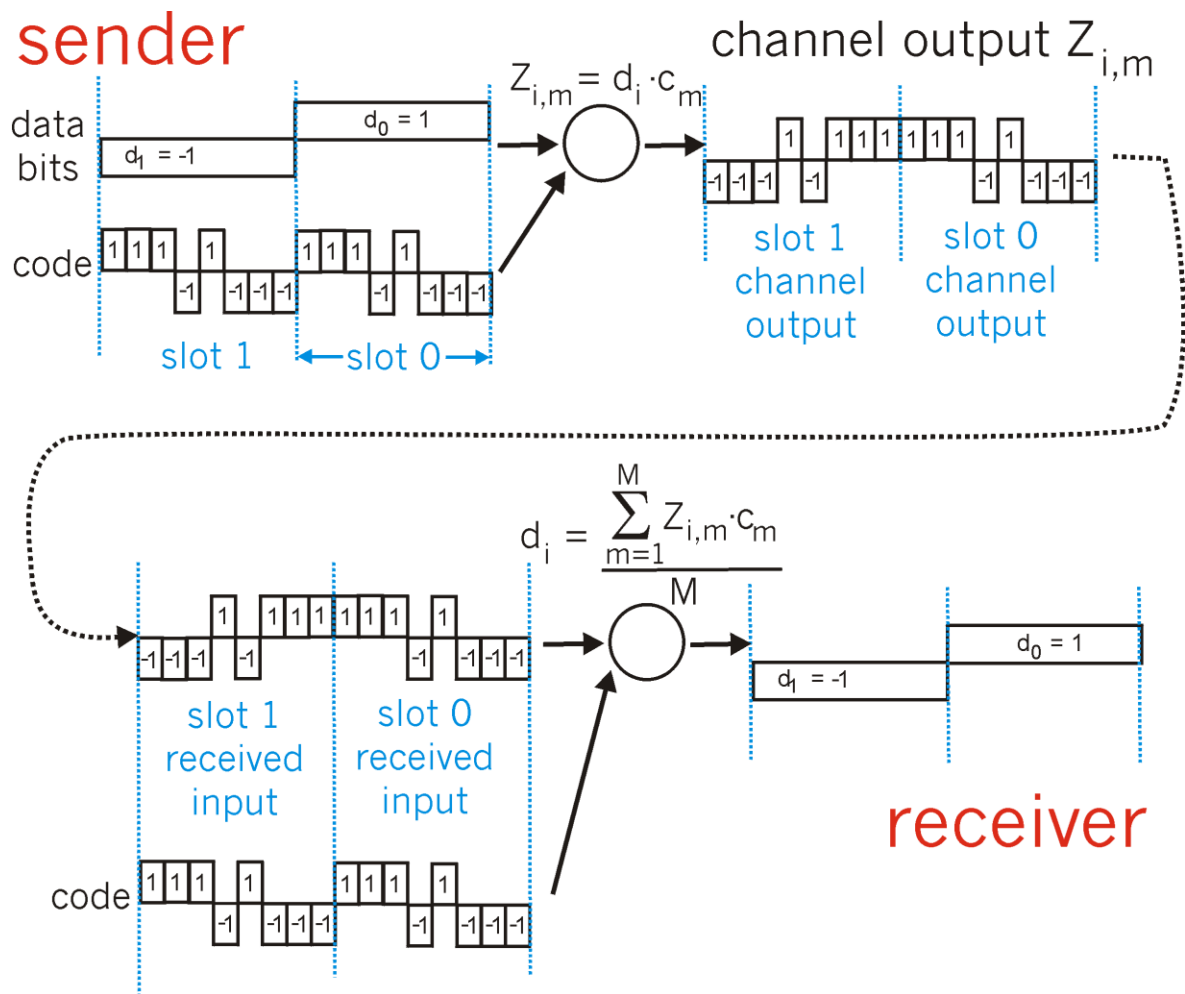
B: (-1 -1 +1 -1 +1 +1 +1 -1)

C: (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)

D: (-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1)

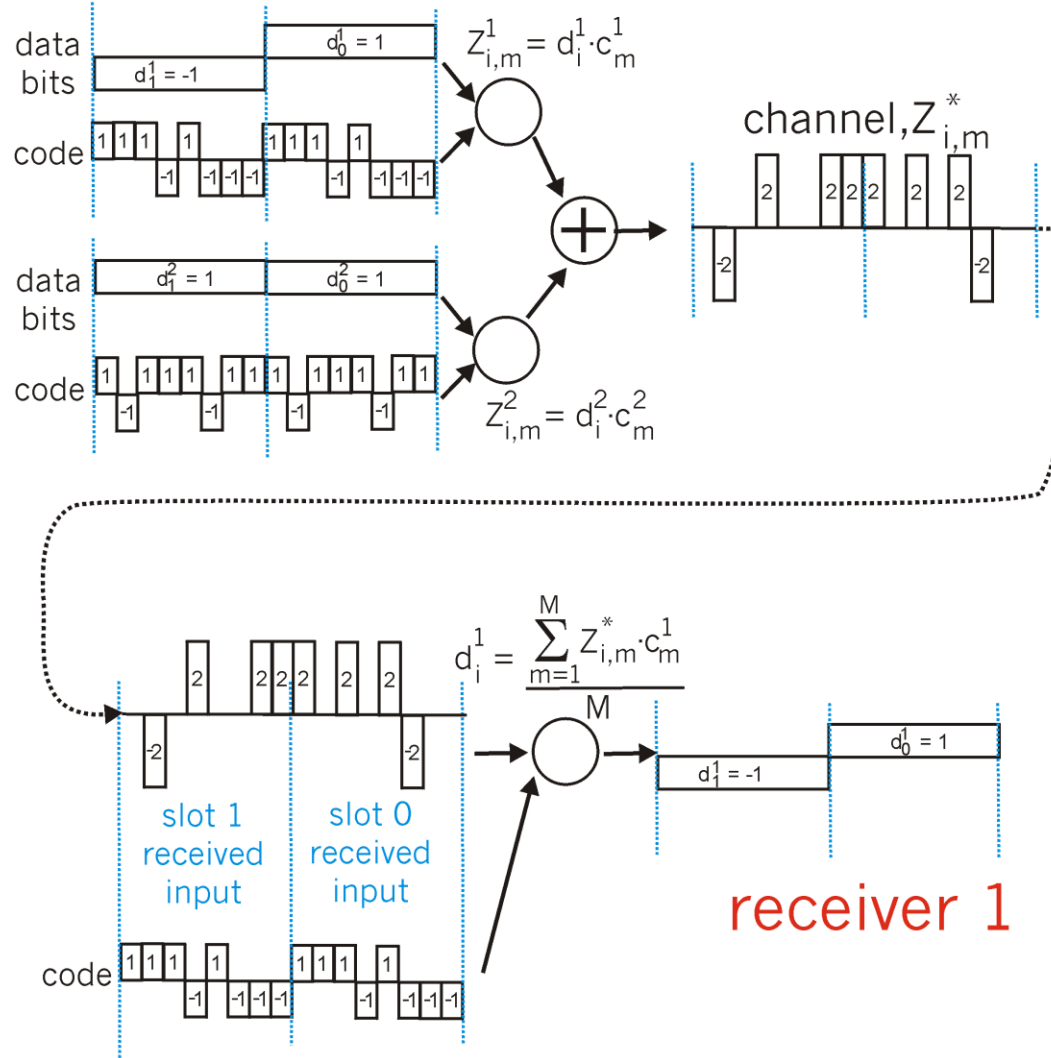
Chip Sequence:	1 0 1 1 0 0
Spreading Sequence:	1 -1 1 1 -1 -1
Transmitted bits, data = 1:	1 -1 1 1 -1 -1
Transmitted bits, data = 0:	-1 1 -1 -1 1 1
No transmission:	0 0 0 0 0 0

DS/CDMA Encode/Decode



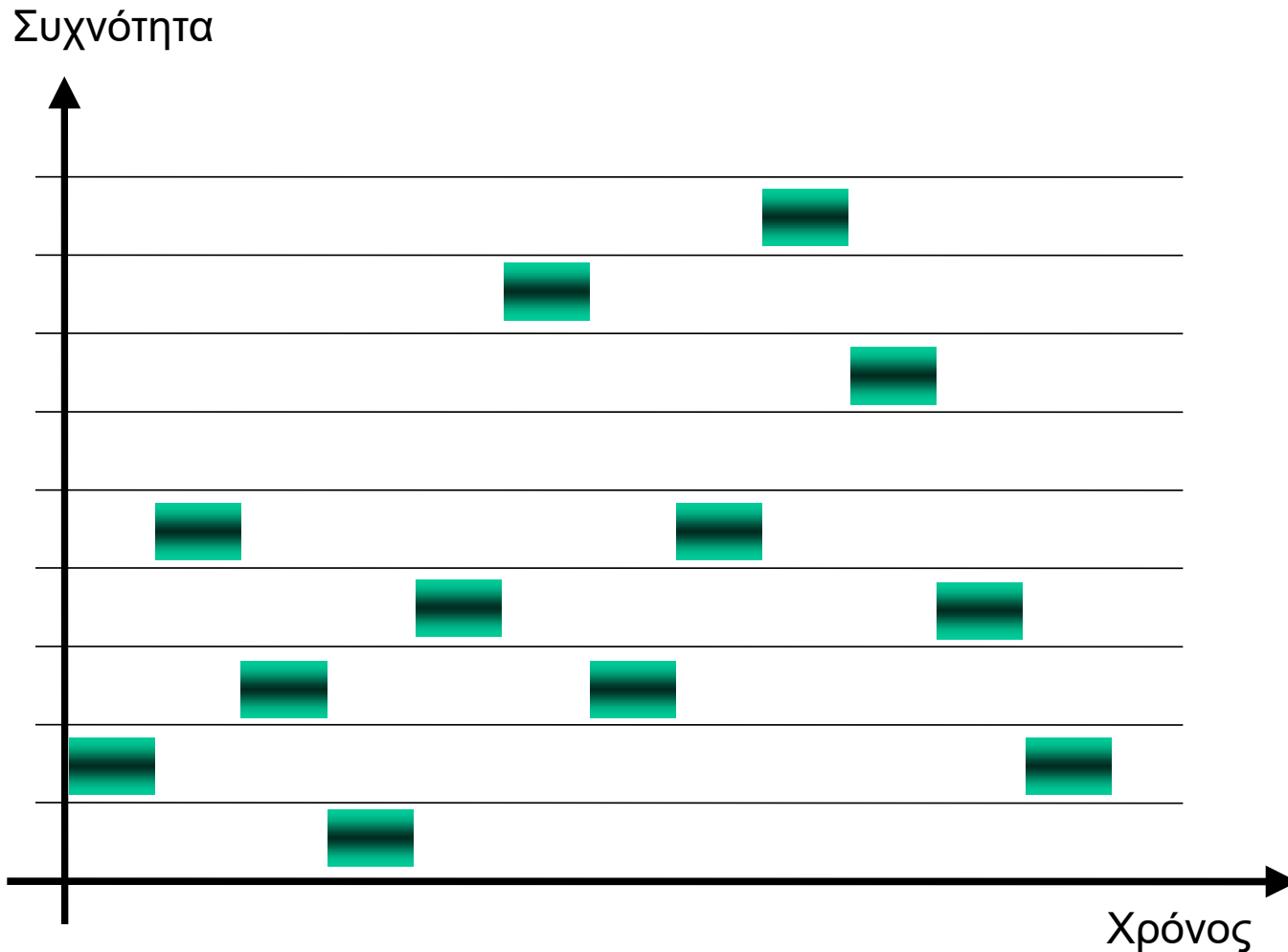
DS/CDMA: two-sender interference

senders



Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

FH/CDMA



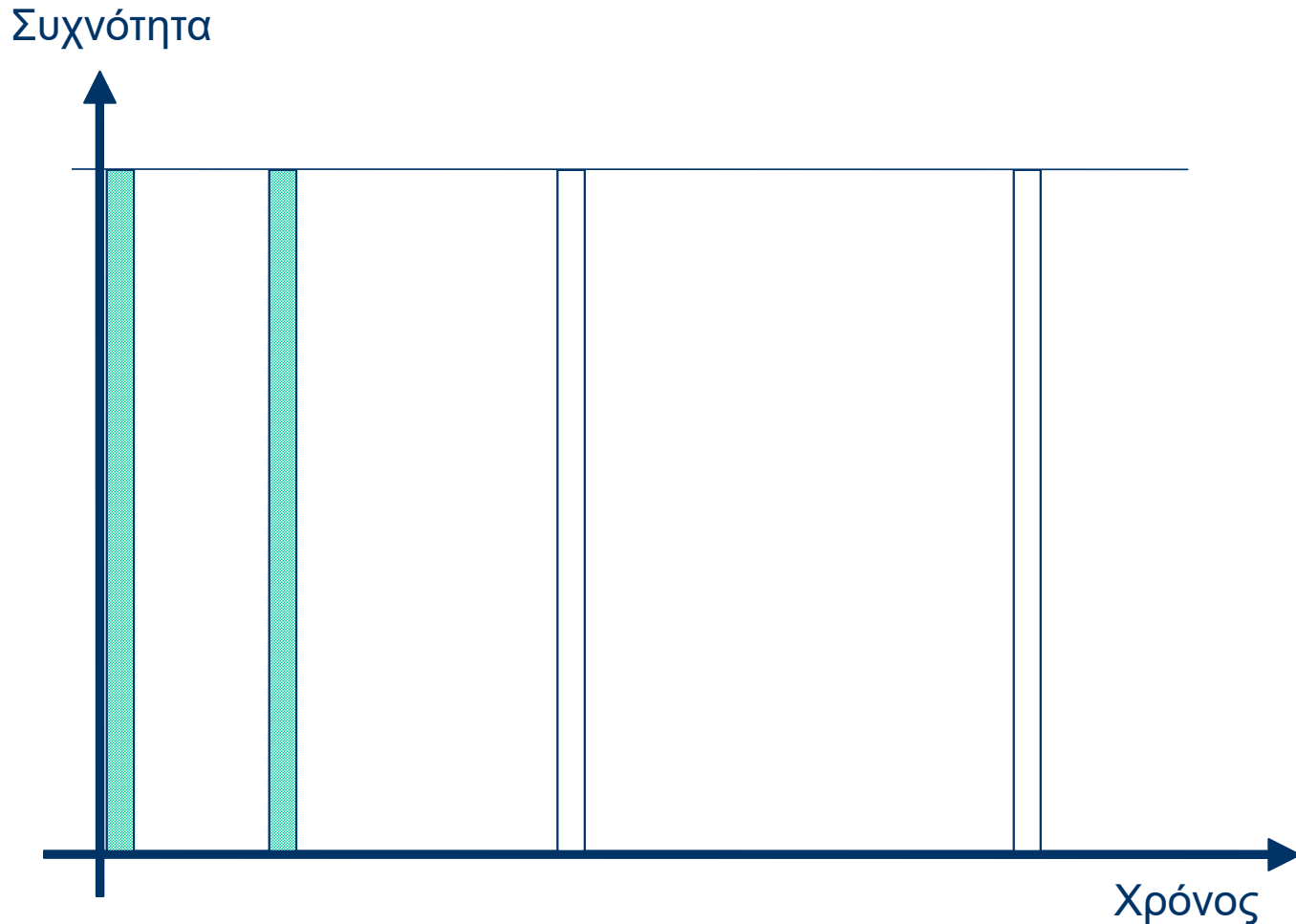
Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

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



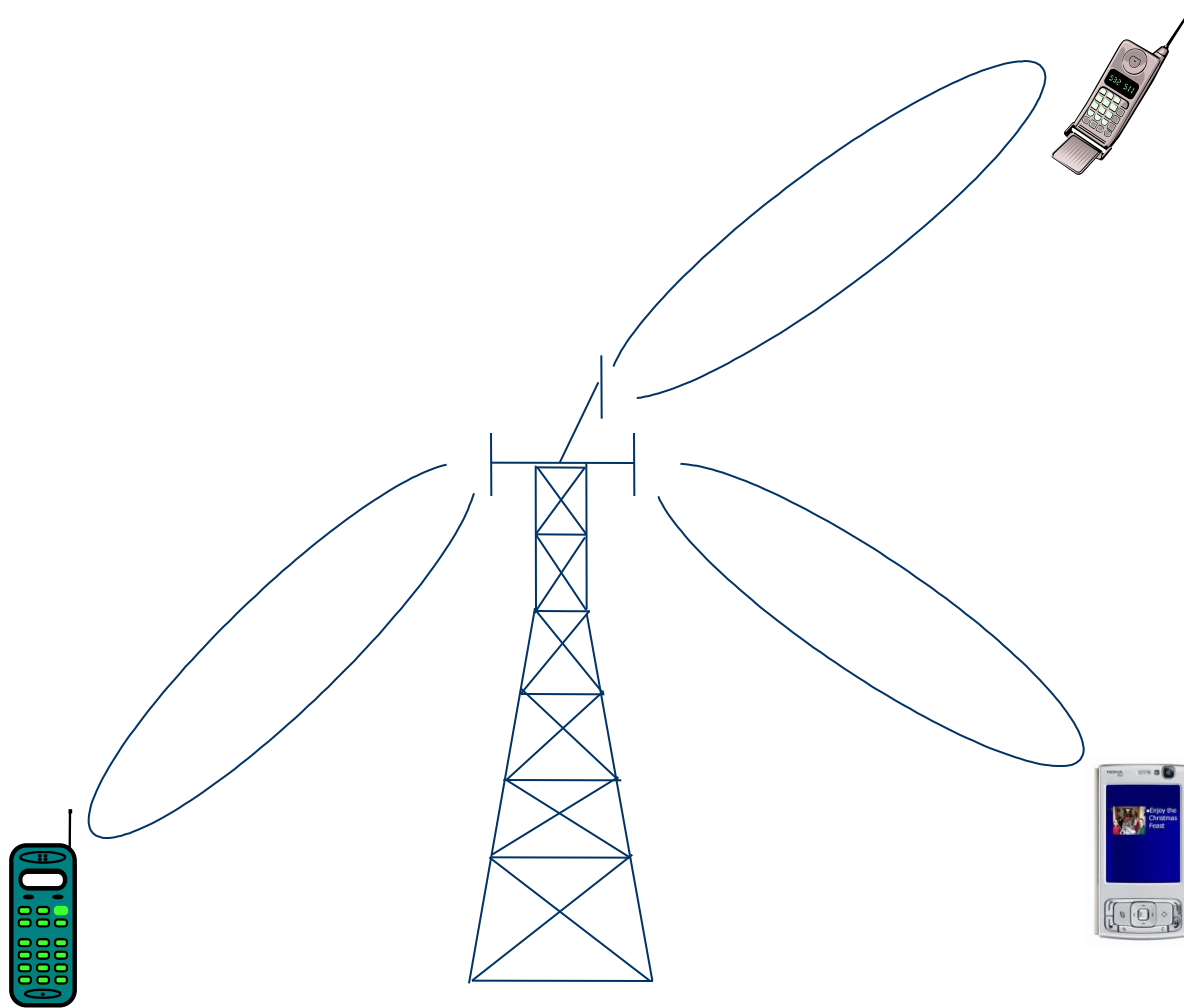
Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

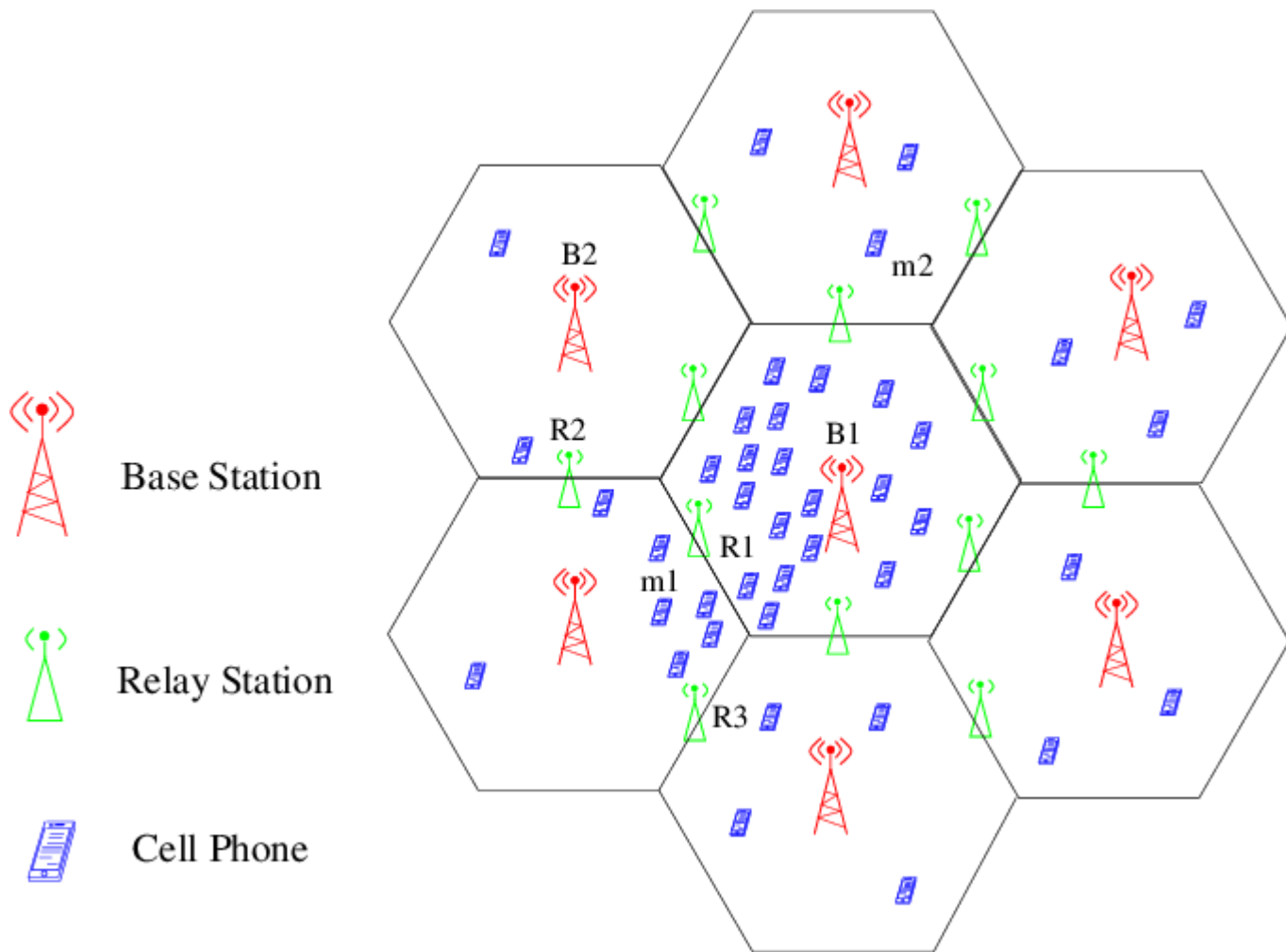
ΤΗ/CDMA

- 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

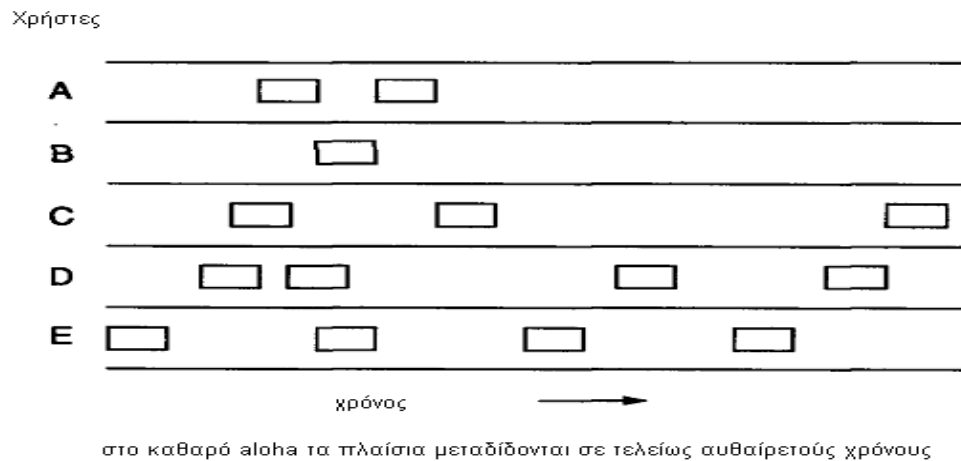




Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών

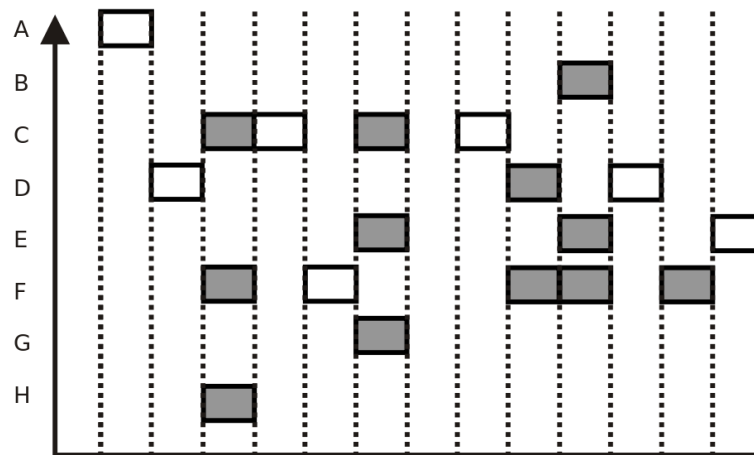
ALOHA (Καθαρό)

- 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



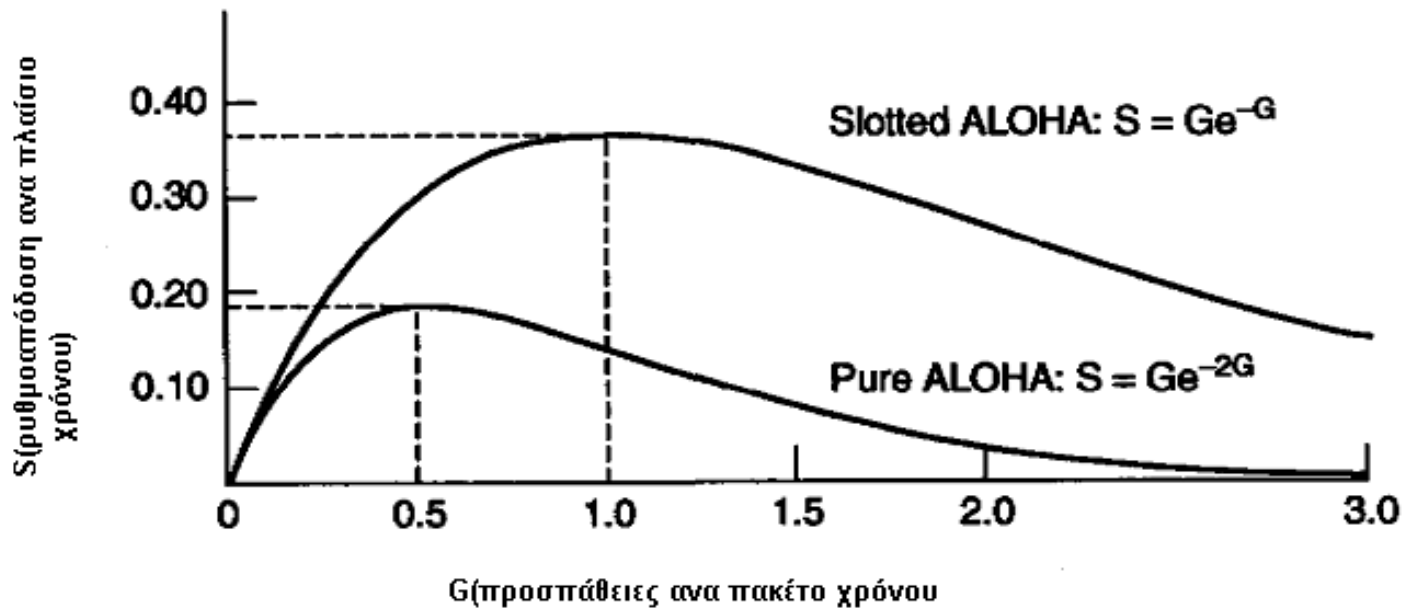
Τεμαχισμένο ALOHA (Slotted Aloha)

- 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

Πολλαπλή Προσπέλαση Ανίχνευσης Φέροντος (CSMA)

- Ένας κόμβος μπορεί να ακούσει αν άλλοι κόμβοι μεταδίδουν ύστερα από ένα χρονικό διάστημα
- Εφόσον οι κόμβοι μπορούν να ακούσουν μεταδόσεις άλλων, μπορούν να αναβάλουν τη μετάδοσή τους, ώστε να αποφύγουν μια βέβαιη σύγκρουση
- Δεν αποφεύγονται όλες οι συγκρούσεις εξαιτίας της αργοπορημένης ανίχνευσης μετάδοσης (καθυστέρηση διάδοσης σήματος)

Πολλαπλή Προσπέλαση Ανίχνευσης Φέροντος Με Ανίχνευση Σύγκρουσης(CSMA/CD)

κάθε κόμβος μπορεί να ακούσει **πριν μεταδώσει** και οι φυσικές ιδιότητες του καναλιού επιτρέπουν σε ένα κόμβο να ακούει το κανάλι **ενώ μεταδίδει** αμέσως μόλις ο κόμβος ανιχνεύσει την σύγκρουση:

εγκαταλείπει τη μετάδοση

περιμένει τυχαίο χρονικό διάστημα πριν ξαναπροσπαθήσει

Χρησιμοποιείται στο Ethernet

δύσκολο να εφαρμοστεί σε ασύρματες μεταδόσεις

