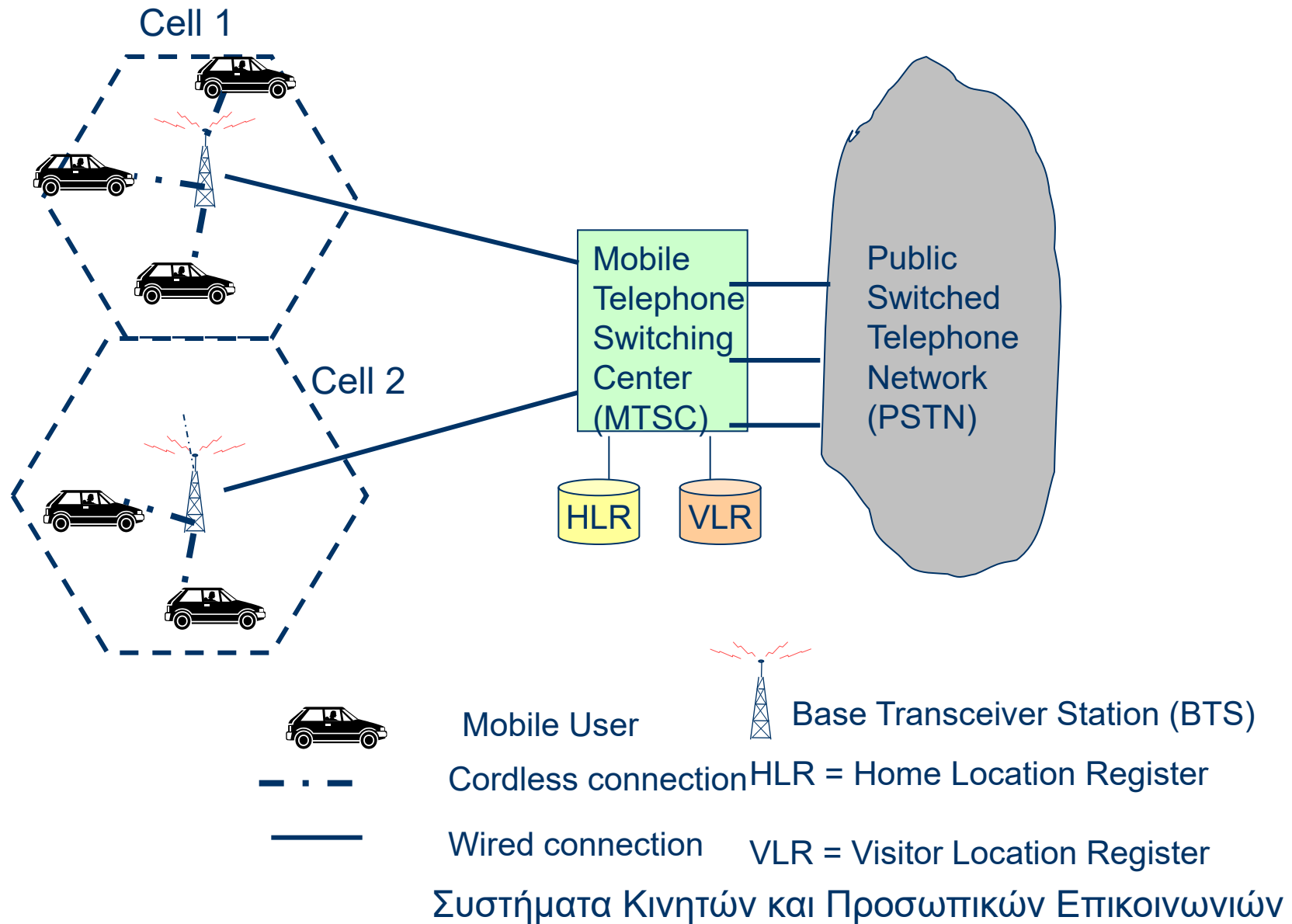


Κυψελωτή δομή και επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

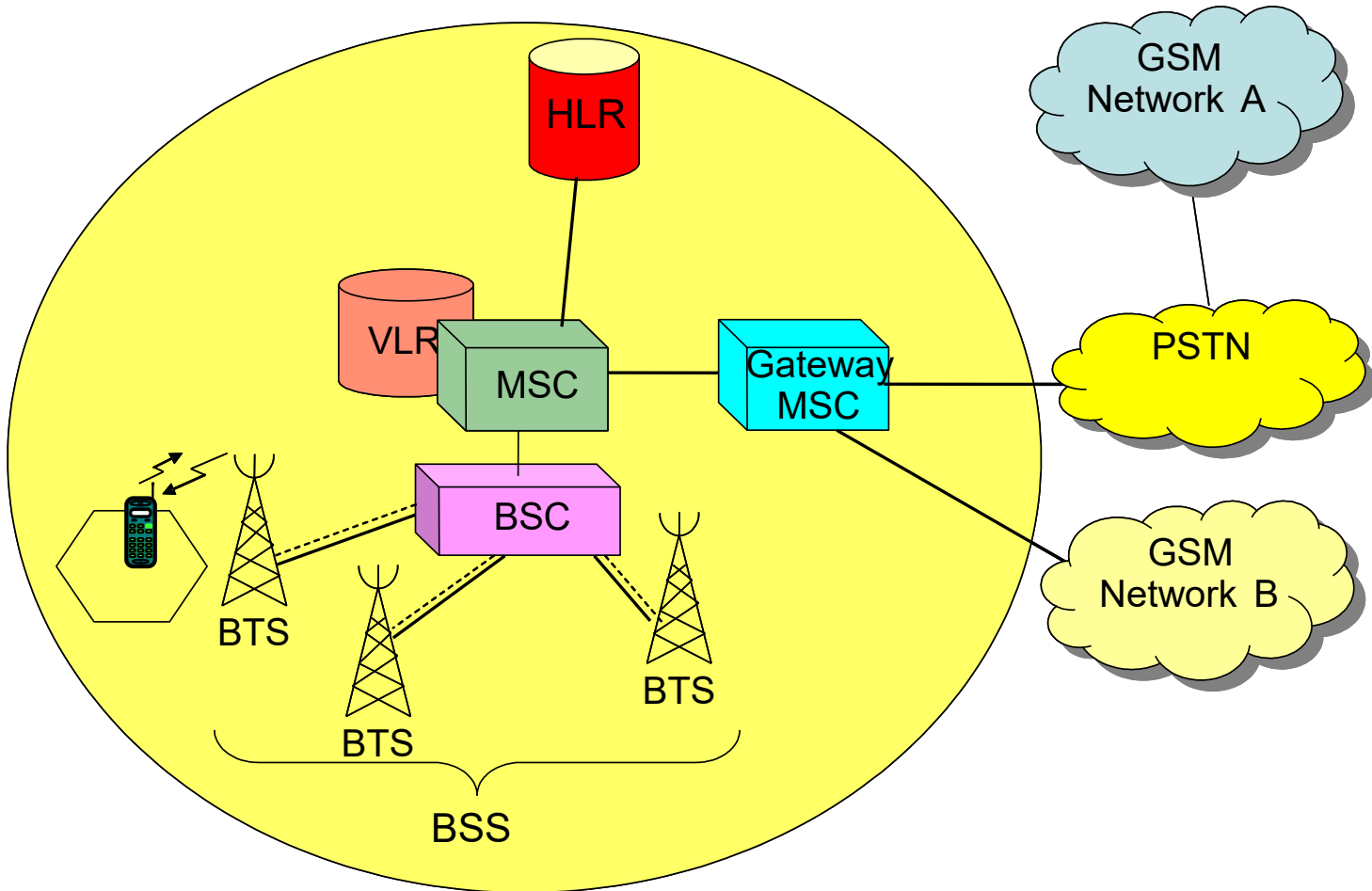
Ένα κυψελωτό δίκτυο



Επίδραση της κινητικότητας στην εξέλιξη των τηλεπικοινωνιακών δικτύων

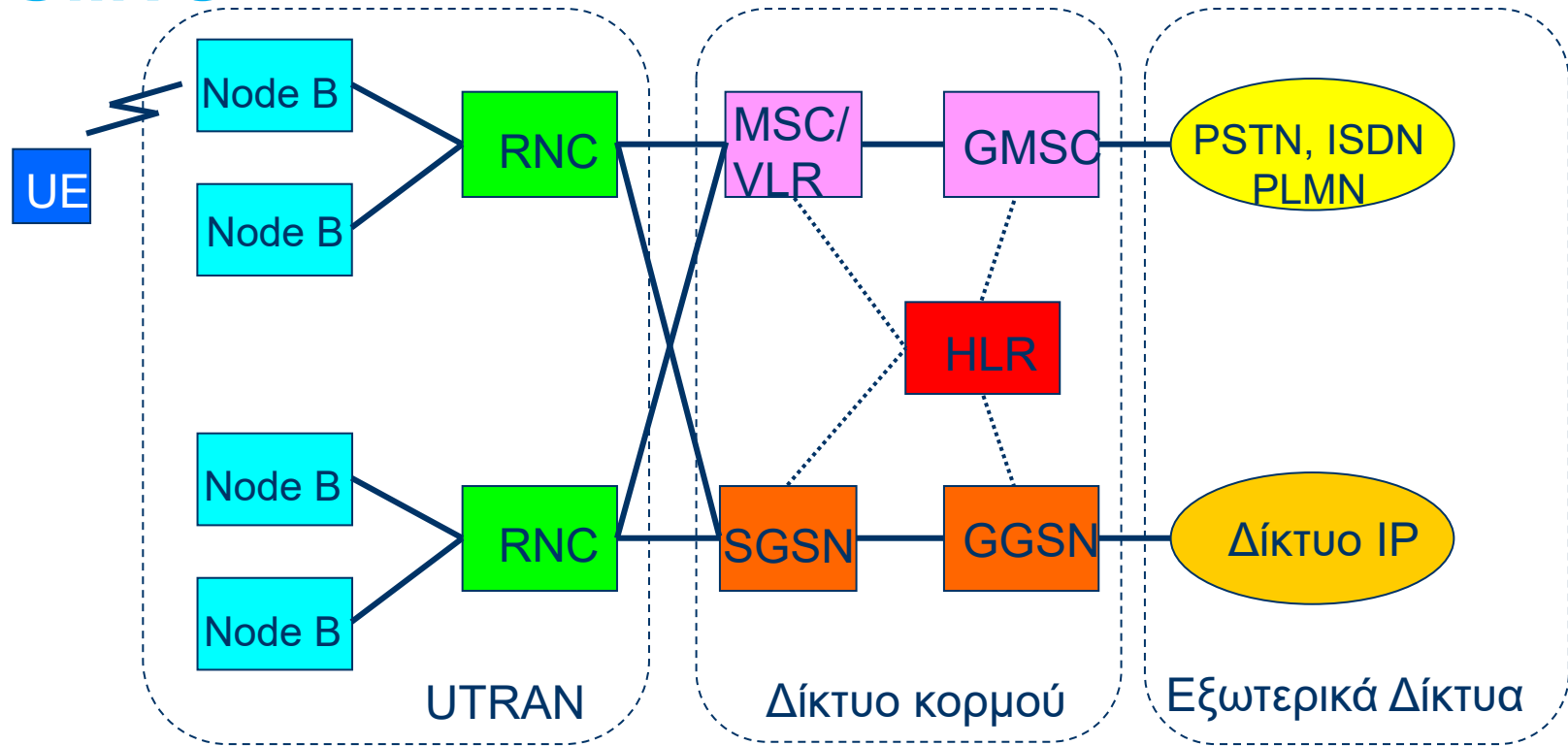
GSM

Δημόσιο επίγειο δίκτυο κινητών επικοινωνιών (PLMN)



Επίδραση της κινητικότητας στην εξέλιξη των τηλεπικοινωνιακών δικτύων

UMTS



UE: User Equipment

RNC: Radio Network Controller

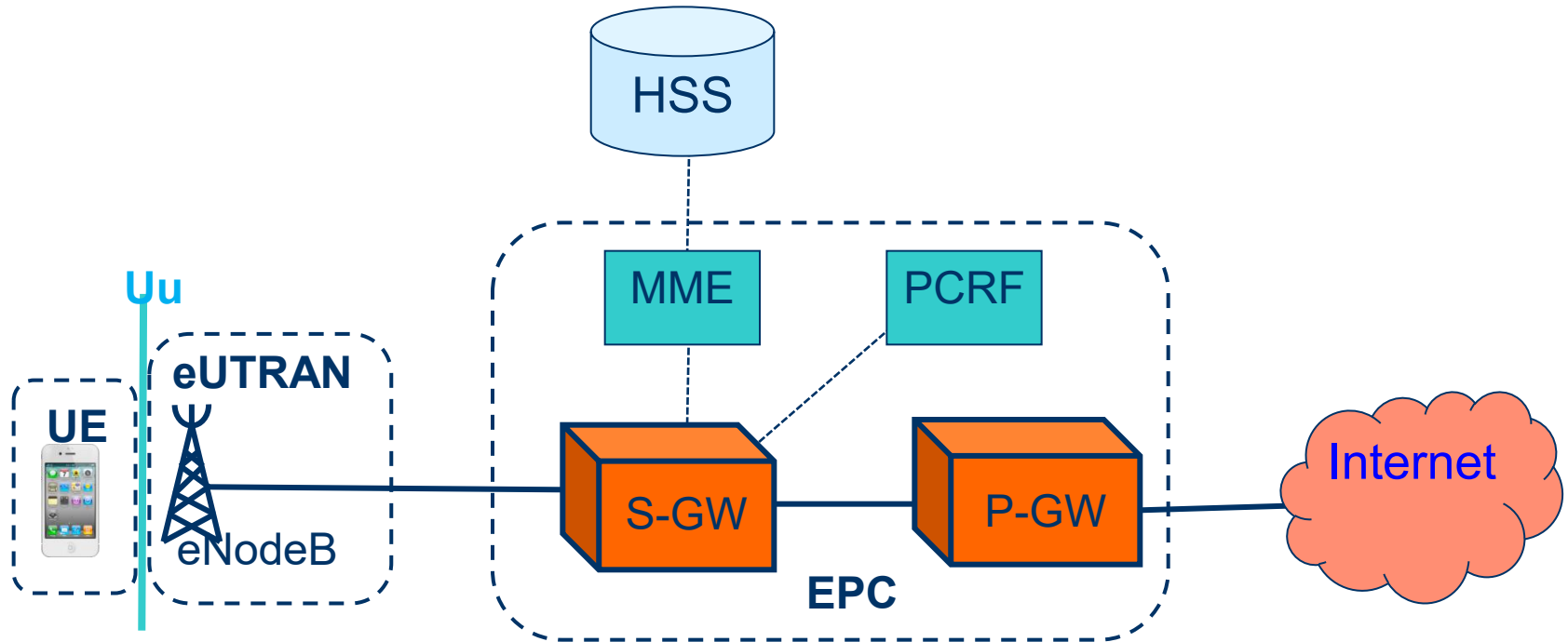
UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network

SGSN: Serving GPRS Support Node

GGSN: Gateway GPRS Support Node

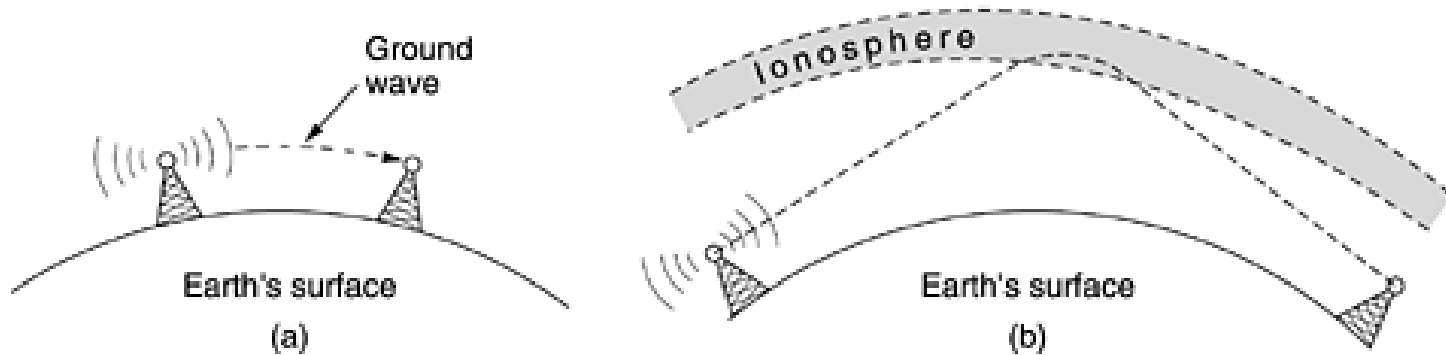
Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών

Από UMTS σε LTE



- S-GW: serving gateway
- P-GW: packet data network gateway
- MME: mobility management entity
- HSS: home subscriber server
- PCRF: policy charging and rule function

Διάδοση Ραδιοκυμάτων



Τα ραδιοκύματα χαμηλής συχνότητας (VLF, LF, and MF)

- | ακολουθούν την καμπύλη της γης και μεταδίδονται επίγεια (π.χ. AM)
- | διαπερνούν φυσικά εμπόδια
- | η ισχύς του μειώνεται αργά

Τα ραδιοκύματα υψηλής συχνότητας (HF and VHF)

- | απορροφώνται από τη γη, αλλά ανακλώνται από την ιονόσφαιρα (π.χ. FM)
- | δεν διαπερνούν φυσικά εμπόδια
- | η ισχύς τους δε διατηρείται σε μεγάλη απόσταση

Προβλήματα Ραδιοκυμάτων

- θόρυβος από εξωτερικές ηλεκτρομαγνητικές πηγές (noise)
- εξασθένιση σήματος (path loss)
- πολυοδική διάθλαση σήματος (multipath fading)
- παρεμβολές μεταξύ γειτονικών καναλιών (inter-channel interference)

Διαμόρφωση Σήματος

- **Baseband:** Μετάδοση αδιαμόρφωτου σήματος
 - Μεγάλο εύρος σχετικά χαμηλών συχνοτήτων
 - Μεγάλη εξασθένιση και περιορισμένη μετάδοση
 - Καλό μόνο για μικρές αποστάσεις και χαμηλές ταχύτητες
- **Διαμόρφωση:** η ελεγχόμενη αλλαγή ενός παράγοντα του φέροντος σήματος (carrier) με βάση την πληροφορία που επιθυμούμε να μεταδώσουμε
 - Εύρος
 - Συχνότητα
 - Φάση
- **Modem:** Συσκευή διαμόρφωσης/αποδιαμόρφωσης (modulator/demodulator)

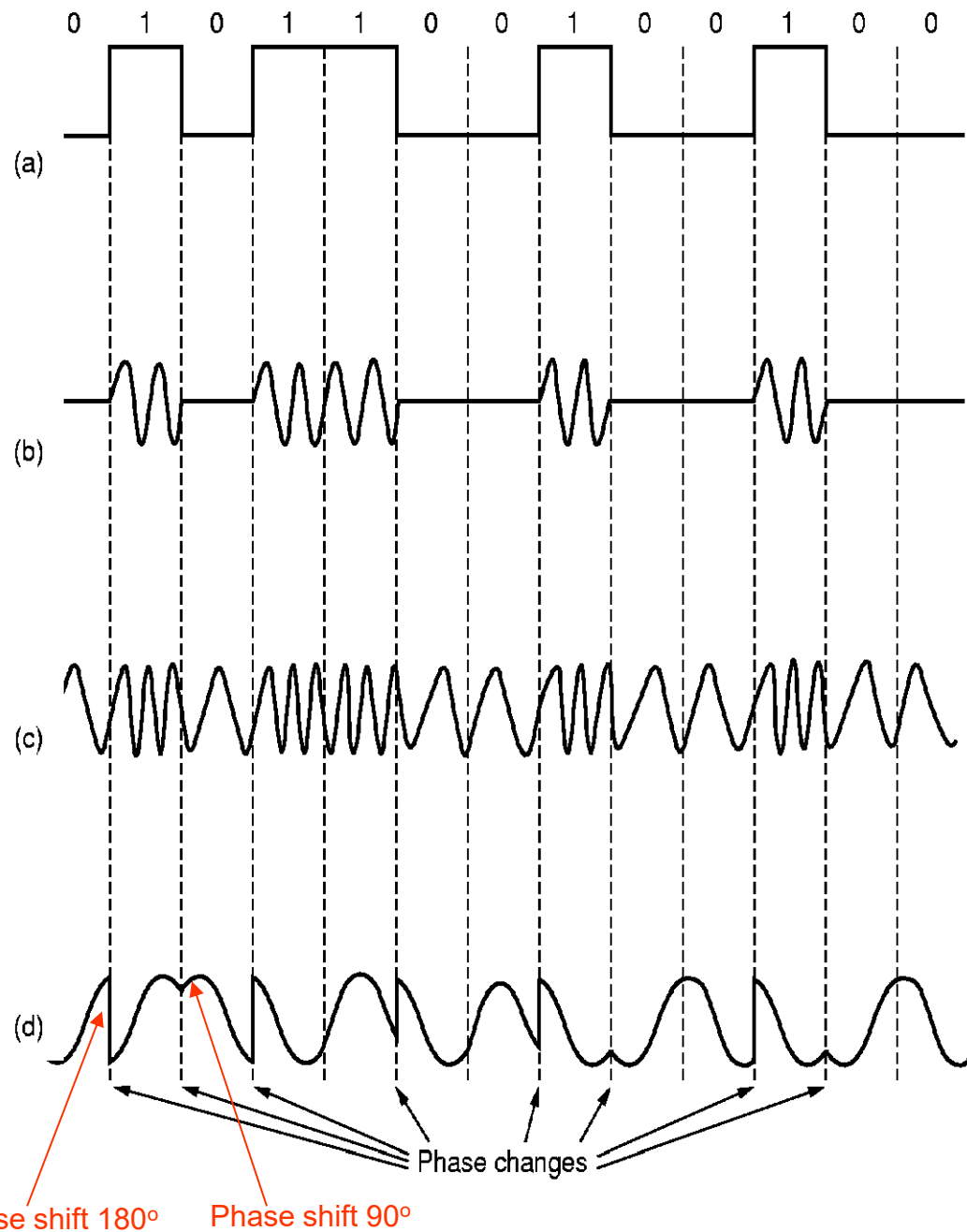
Διαμόρφωση Σήματος (Modulation)

1. μη διαμορφωμένο (ψηφιακό) σήμα
2. διαμόρφωση εύρους (AM)
3. διαμόρφωση συχνότητας (FM)

FSK (frequency shift keying)
τεχνική για ψηφιακά σήματα

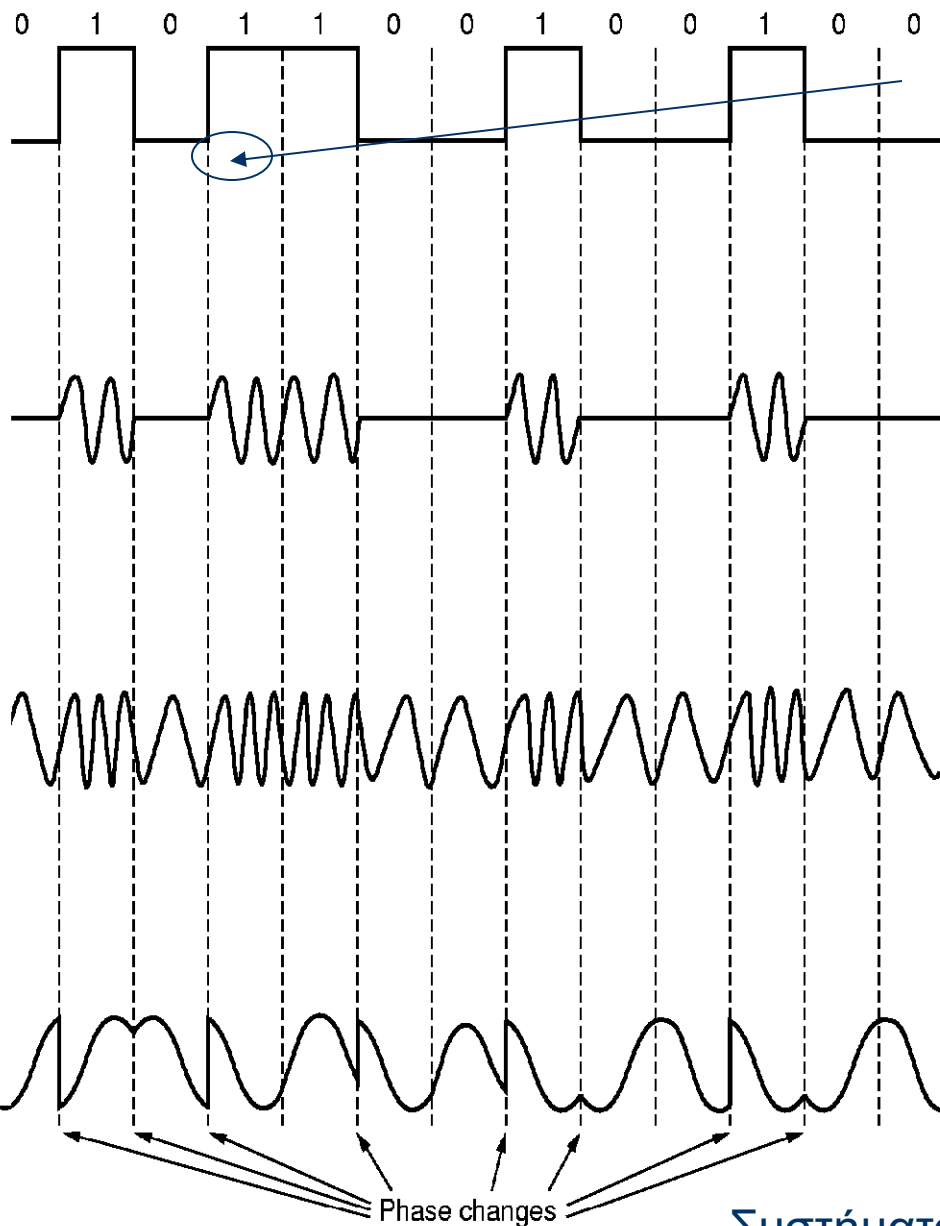
4. διαμόρφωση φάσης (PM)
PSK (phase shift keying)
τεχνική για ψηφιακά σήματα

➤ f : **φέρουσα** συχνότητα



Phase shift 180° Phase shift 90°

Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών



Sample

Sample Rate=Samples/sec (Baud Rate)

Κατά τη διάρκεια ενός Sample στέλνεται ένα **“symbol”**

Symbol=ελάχιστο τμήμα πληροφορίας

Στην απλούστερη περίπτωση AM με :

1 symbol = 1 bit (0/1) = voltage/no voltage

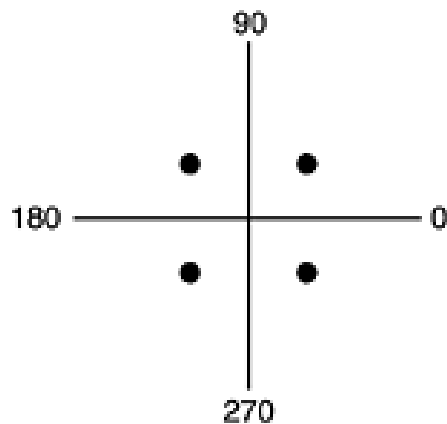
Για να αυξήσουμε την ταχύτητα μετάδοσης δε μπορούμε να μειώνουμε το sample επ' άπειρον.

Μπορούμε όμως να αυξάνουμε τον αριθμό των πιθανών symbols (επιπέδων έντασης μετάδοσης, δηλαδή εύρους σήματος) του AM

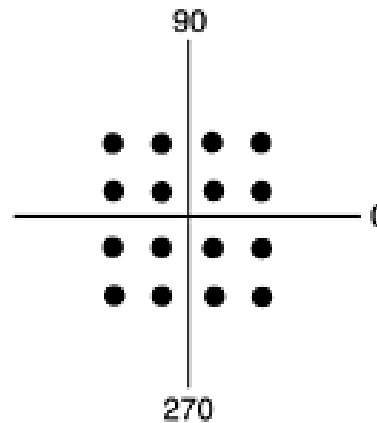
Συνηθέστερος συνδυασμός της τεχνικής αυτής με PSK.

Πολλαπλές Διαμορφώσεις

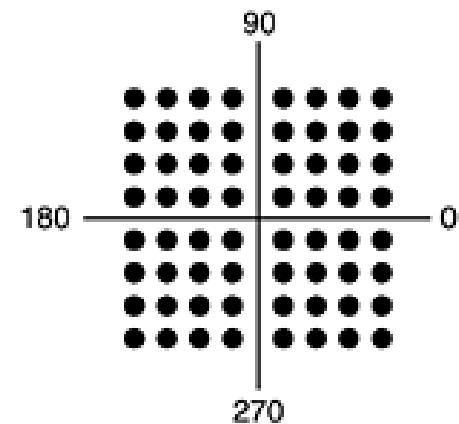
- QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) = 4 phase shifts, 1 amplitude level, 2 bits/symbol
- QAM-16 = 4 phase shifts, 4 amplitude levels, 4 bits/symbol
- QAM-64 = 4 phase shifts, 16 amplitude levels, 6 bits/symbol



QPSK

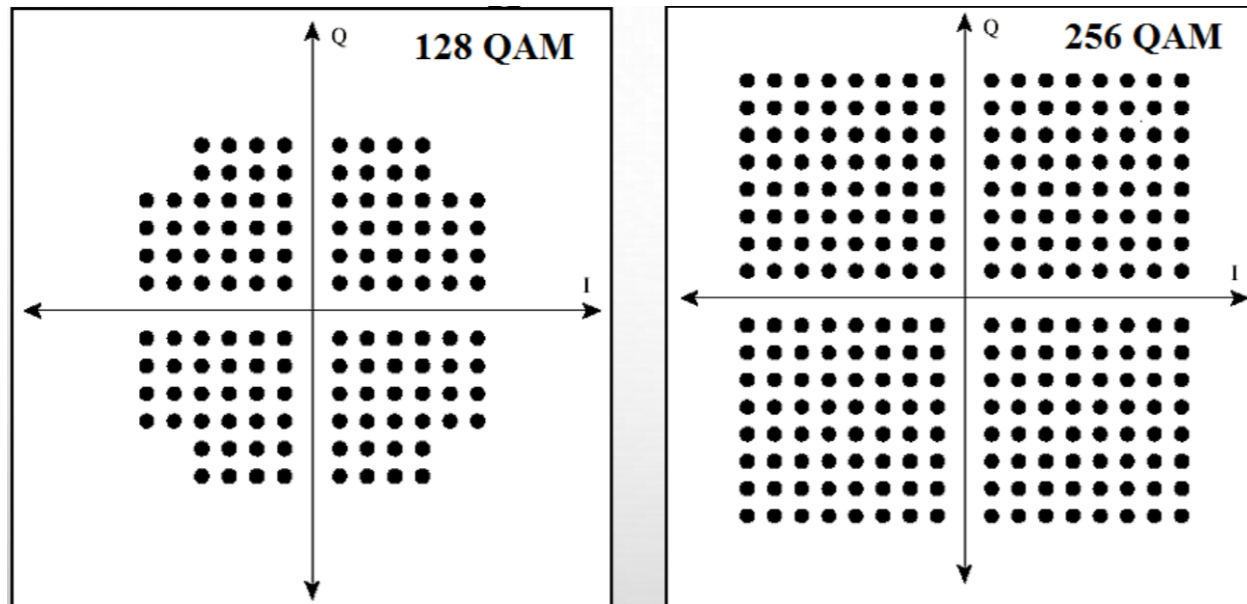
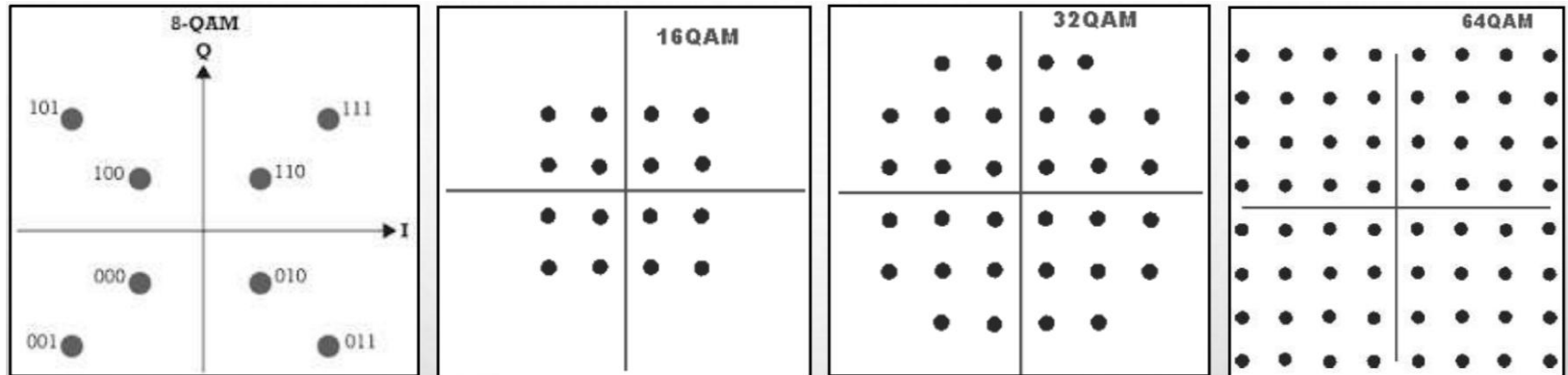


QAM-16

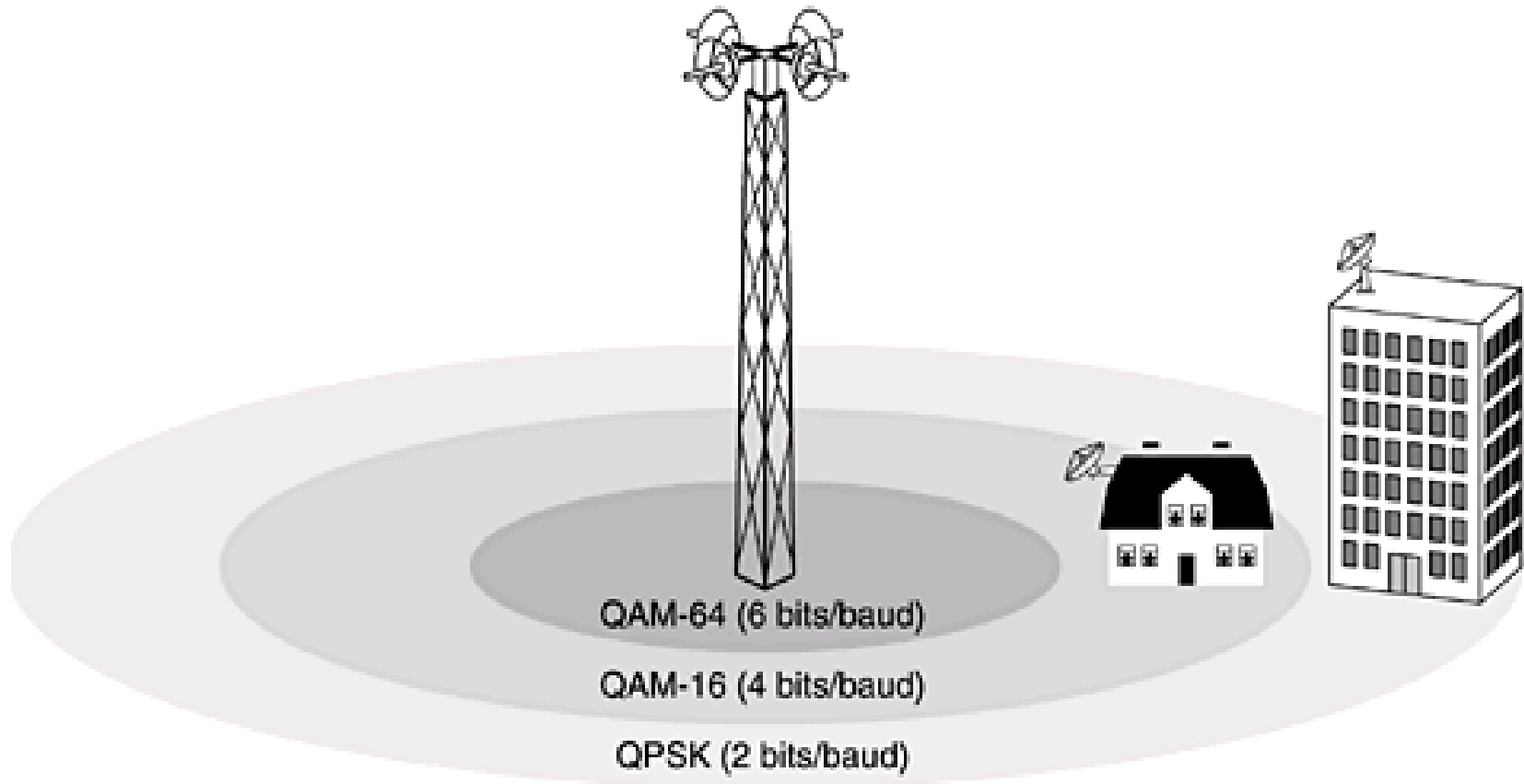


QAM-64

Πολλαπλές Διαμορφώσεις



Δυναμική Διαμόρφωση

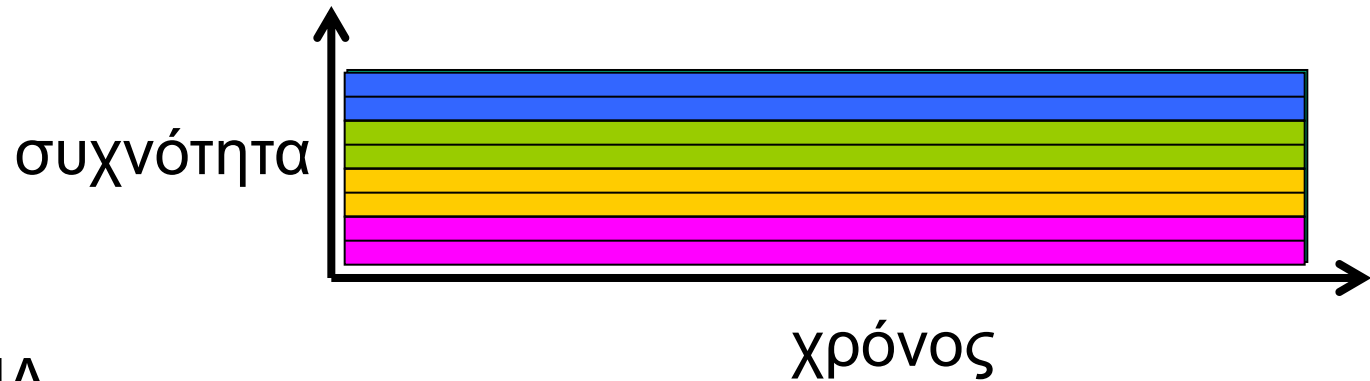


Δίαυλοι – Channels

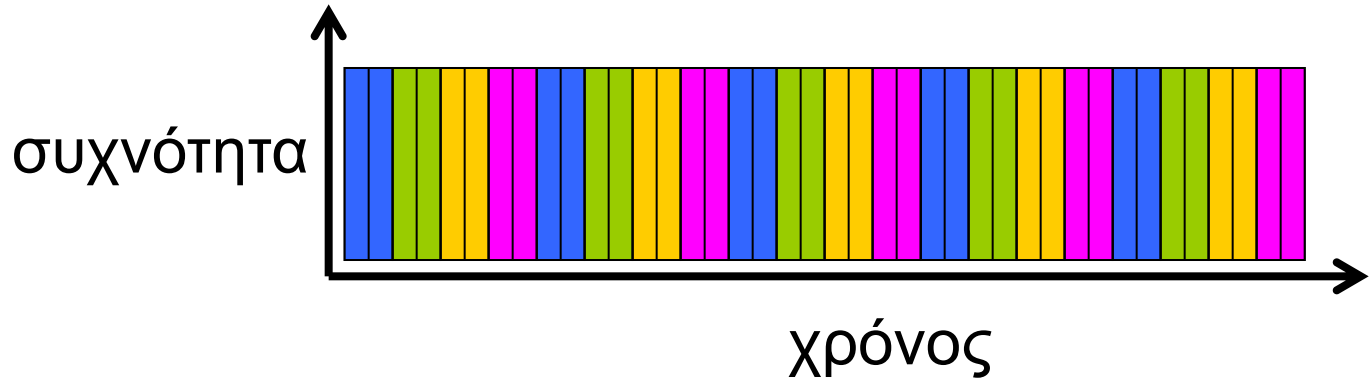
FDMA

Παράδειγμα:

4 χρήστες ■ ■ ■ ■

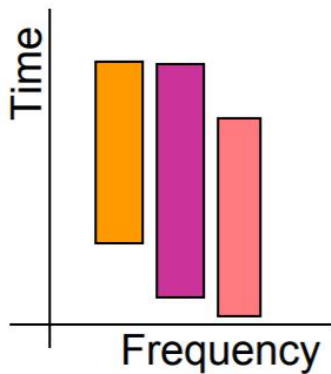


TDMA

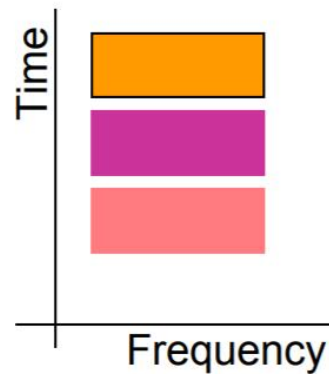


Δίαυλοι – Channels

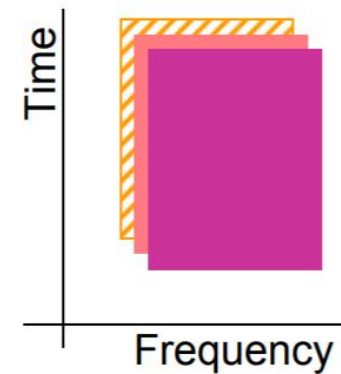
Frequency
Division
Multiple
Access
FDMA



Time
Division
Multiple
Access
TDMA



Code
Division
Multiple
Access
CDMA

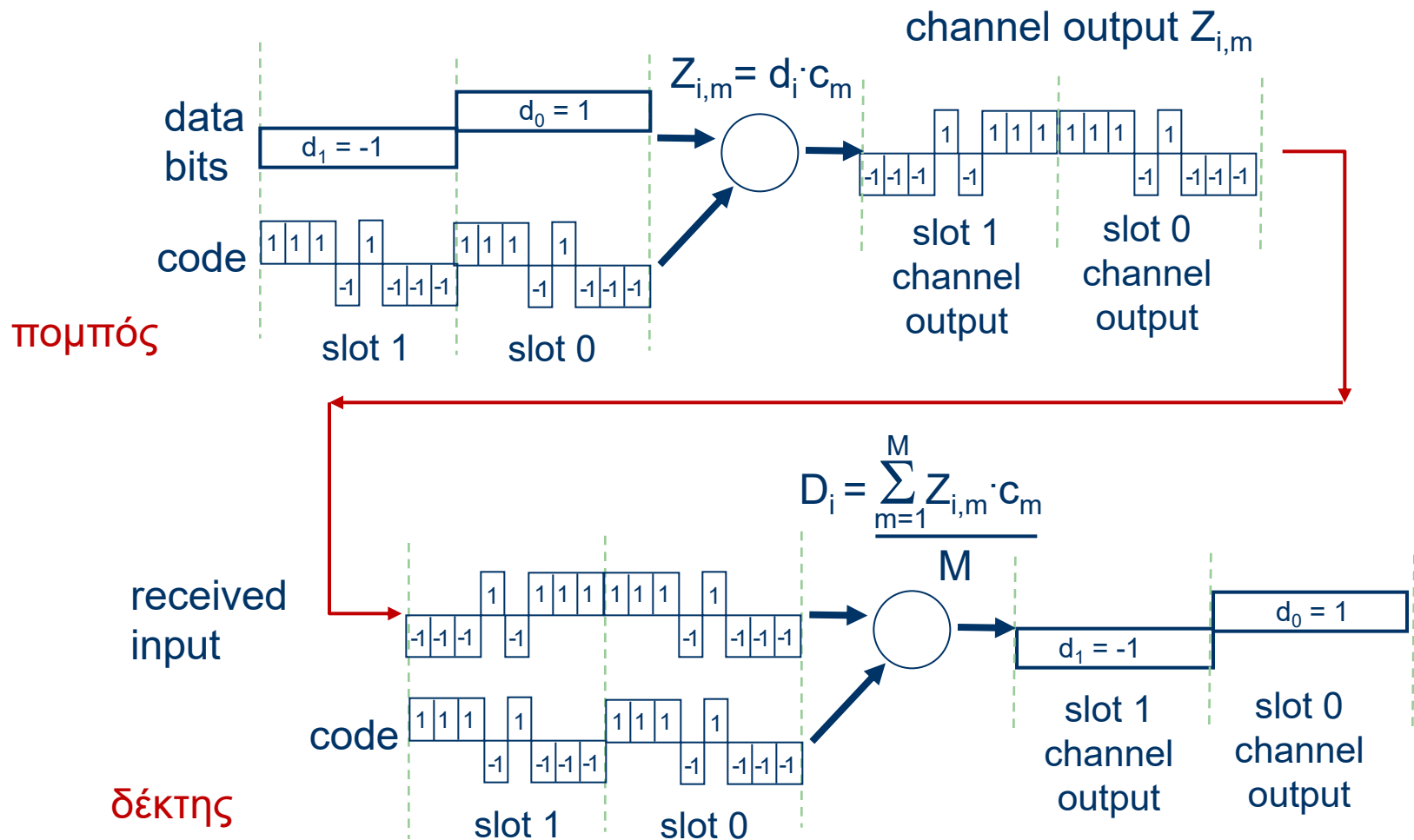


Code Division Multiple Access (CDMA) (Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση Κώδικα)

- μοναδικός “κώδικας” ανατίθεται σε κάθε χρήστη
 - όλοι οι χρήστες μοιράζονται την ίδια συχνότητα, αλλά ο καθένας έχει δική του “chipping” ακολουθία (κώδικας) για την κωδικοποίηση των δεδομένων
 - επιτρέπει σε πολλαπλούς χρήστες να “συνυπάρχουν” και να μεταδίδουν ταυτόχρονα με ελάχιστες παρεμβολές (αν οι κώδικες είναι “ορθογώνιοι”)
- **κωδικοποιημένο σήμα** = (αρχικά δεδομένα) x (ακολουθία chipping)
- **αποκωδικοποίηση**: εσωτερικό γινόμενο του κωδικοποιημένου σήματος και chipping ακολουθίας

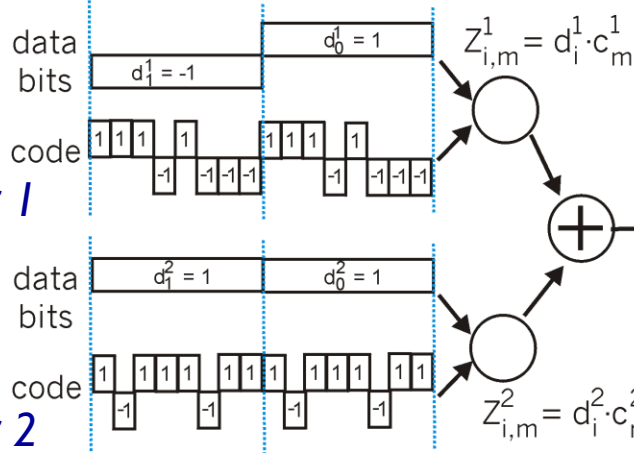
CDMA

κωδικοποίηση/αποκωδικοποίηση



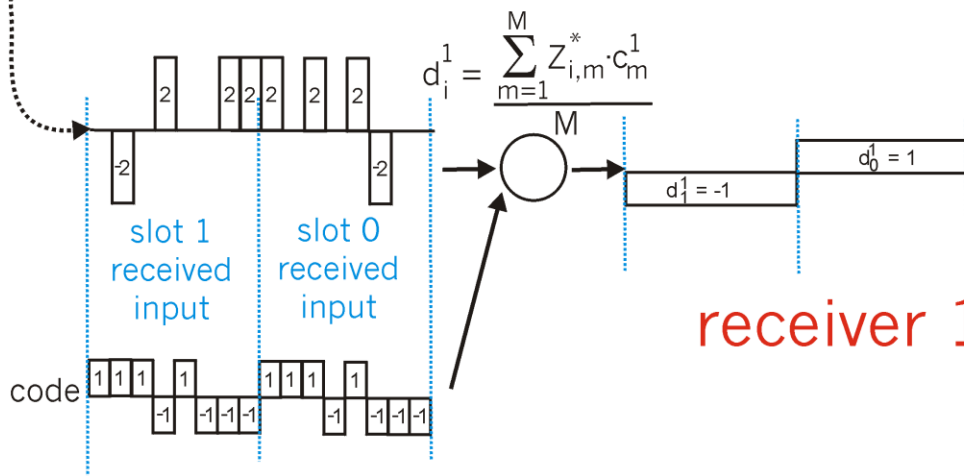
CDMA: παρεμβολή δύο αποστολέων

senders



channel, $Z_{i,m}^*$

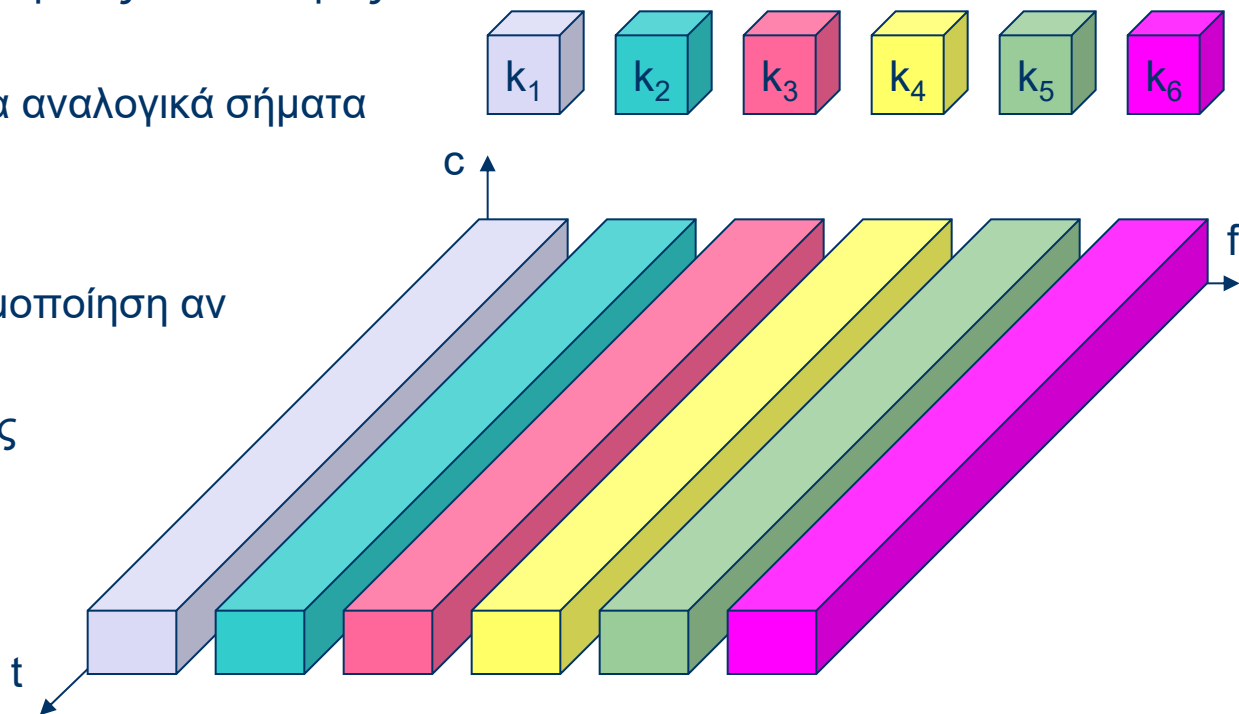
το κανάλι προσθέτει τις μεταδόσεις των αποστολέων 1 και 2



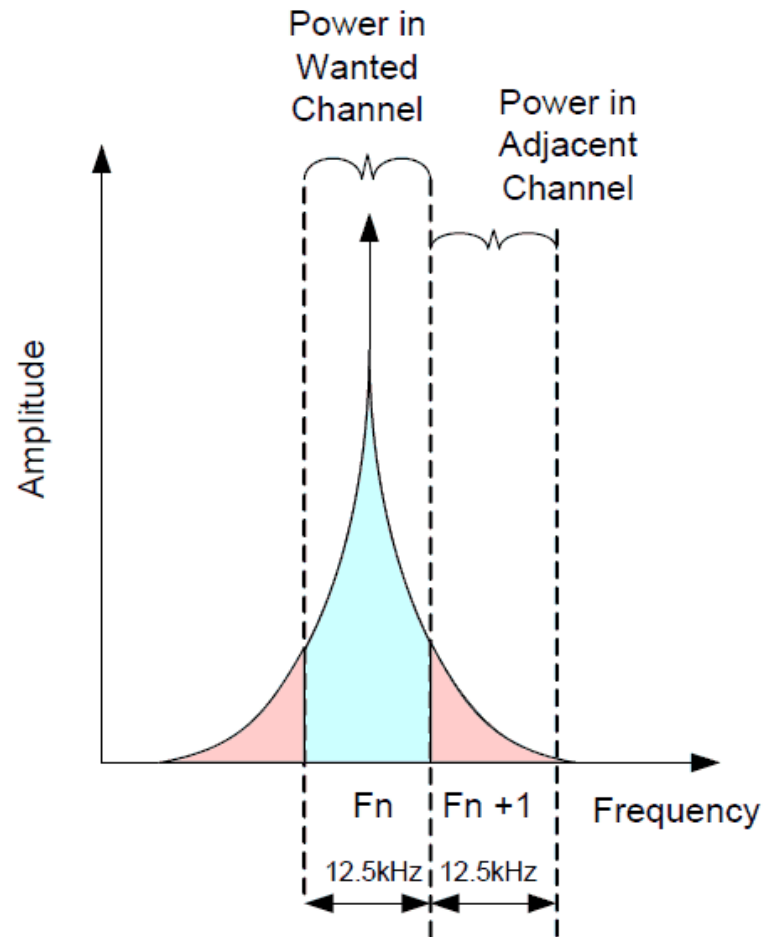
χρησιμοποιώντας ίδιο κώδικα με τον αποστολέα 1, ο δέκτης ανακτά τα αρχικά δεδομένα του αποστολέα 1 από τα δεδομένα του αθροιστικού καναλιού!

Frequency Division Multiplexing (FDM)

- Διαχωρισμός όλου του διαθέσιμου φάσματος σε έναν αριθμό συχνοτήτων
- Ένα «δίαυλος» έχει μια συχνότητα μετάδοσης για όλη τη διάρκεια λειτουργίας του
- Πλεονεκτήματα:
 - Δε χρειάζεται δυναμικός συντονισμός πομπού και δέκτη
 - Λειτουργεί και για αναλογικά σήματα
 - φθηνότερο
- Μειονεκτήματα:
 - Μειωμένη χρησιμοποίηση αν δεν υπάρχει κίνηση
 - Έλλειψη ευελιξίας
 - Ακριβή φίλτρα

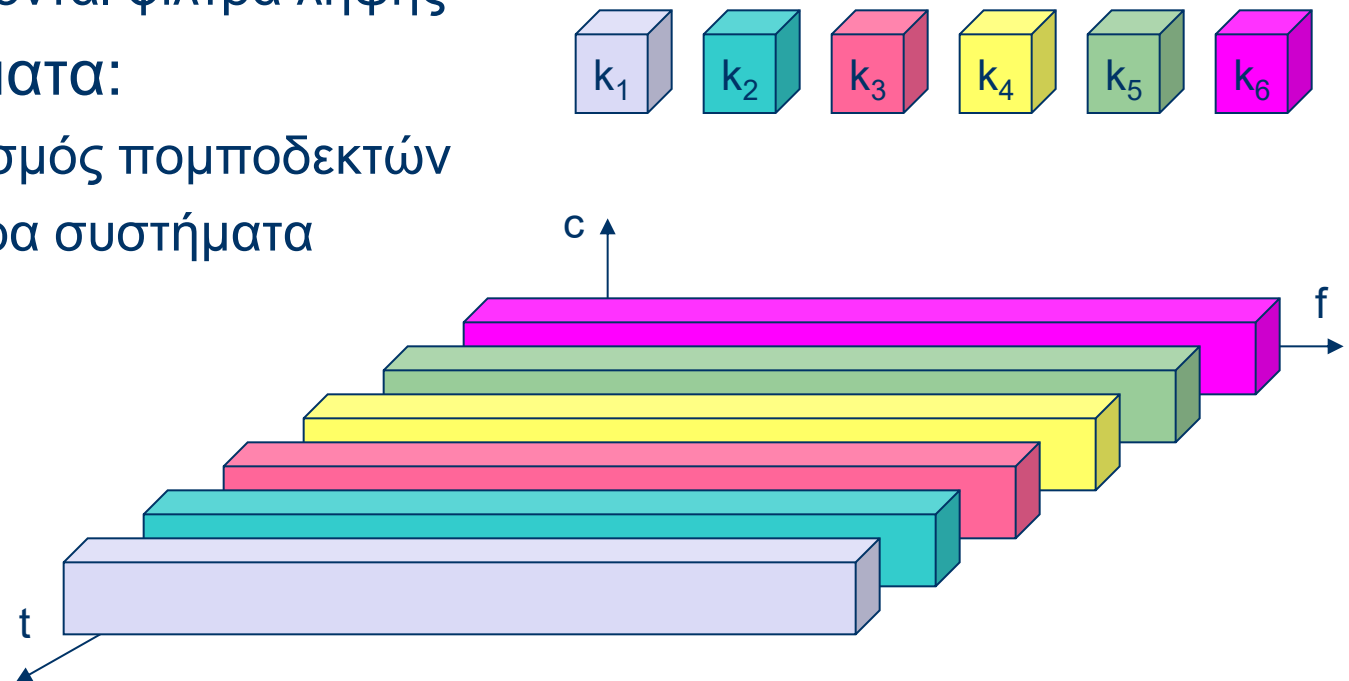


Frequency Division Multiplexing (FDM)



Time Division Multiplexing (TDM)

- Κάθε δίαυλος παίρνει το σύνολο του διαθέσιμου φάσματος για συγκεκριμένο χρόνο (slot)
- Πλεονεκτήματα:
 - Μόνο ένας μεταδίδει κάθε φορά
 - Υποστήριξη ρύπων δεδομένων
 - Δε χρειάζονται φίλτρα λήψης
- Μειονεκτήματα:
 - Συγχρονισμός πομποδεκτών
 - Ακριβότερα συστήματα



Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών

Hybrid TDM/FDM

- Συνδυασμός και των δύο μεθόδων
- Κάθε δίαυλος παίρνει μια συχνότητα για συγκεκριμένο χρόνο (slot)
- Πλεονεκτήματα:
 - καλύτερη προστασία από παρεμβολές και υποκλοπές
 - δυναμική διαχείριση φάσματος
- Μειονεκτήματα:
 - πολυπλοκότητα

