

Ασύρματες Ζεύξεις

**Το ασύρματο περιβάλλον στις
κινητές επικοινωνίες**

<https://eclass.uoa.gr/courses/D72/>

Αντιμετώπιση παρεμβολών



- 5.2
- 5.7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Αρχές και Σχεδίαση Κυψελωτών Συστημάτων 371

5.1	Πρόσβαση στο Δίαυλο	371
5.1.1	Τεχνικές Προγραμματισμένης Πολλαπλής Πρόσβασης	372
5.1.1.1	Τεχνική FDMA	373
5.1.1.2	Τεχνική TDMA	374
5.1.1.3	Τεχνική CDMA	374
5.1.1.4	Τεχνική SDMA	376
5.1.1.5	Τεχνική OFDMA	377
5.1.2	Τεχνικές Τυχαίας Πρόσβασης	381
5.1.3	Υβριδικές Τεχνικές Πολλαπλής Πρόσβασης	384
5.1.4	Δυναμική Πρόσβαση στο Φάσμα και Γνωστικά Ραδιο-Δίκτυα	385
5.2	Η Έννοια της Κυψέλης και της Επαναχρησιμοποίησης Συχνοτήτων	387
5.2.1	Η Επιλογή των Εξαγωνικών Κυψελών	389
5.2.2	Σχεδίαση Κυψελωτών Συστημάτων	392
5.3	Τύποι Κυψελών	397
5.4	Τεχνικές Μετατομής	399
5.5	Τηλεπικοινωνιακή Κίνηση	402
5.5.1	Μοντέλο Erlang B	405
5.5.2	Μοντέλο Erlang C	409
5.5.3	Μοντέλο για Κίνηση Πακέτων Δεδομένων	412
5.6	Καθορισμός Περιοχής Κάλυψης	414
5.7	Οι Παρεμβολές και η Διαχείρισή τους	420
5.7.1	Παρεμβολές σε Κλασικά Κυψελωτά Συστήματα 2 ^{ης} και 3 ^{ης} Γενιάς	420
5.7.1.1	Ομοδιαυλικές Παρεμβολές και Θόρυβος	420
5.7.1.2	Καθορισμός Ελάχιστης Εκπεμπόμενης Ισχύος	421
5.7.1.3	Καθορισμός Απόστασης Επαναχρησιμοποίησης	424
5.7.1.4	Παρεμβολές Γειτονικών Διαύλων	427

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ Χiii

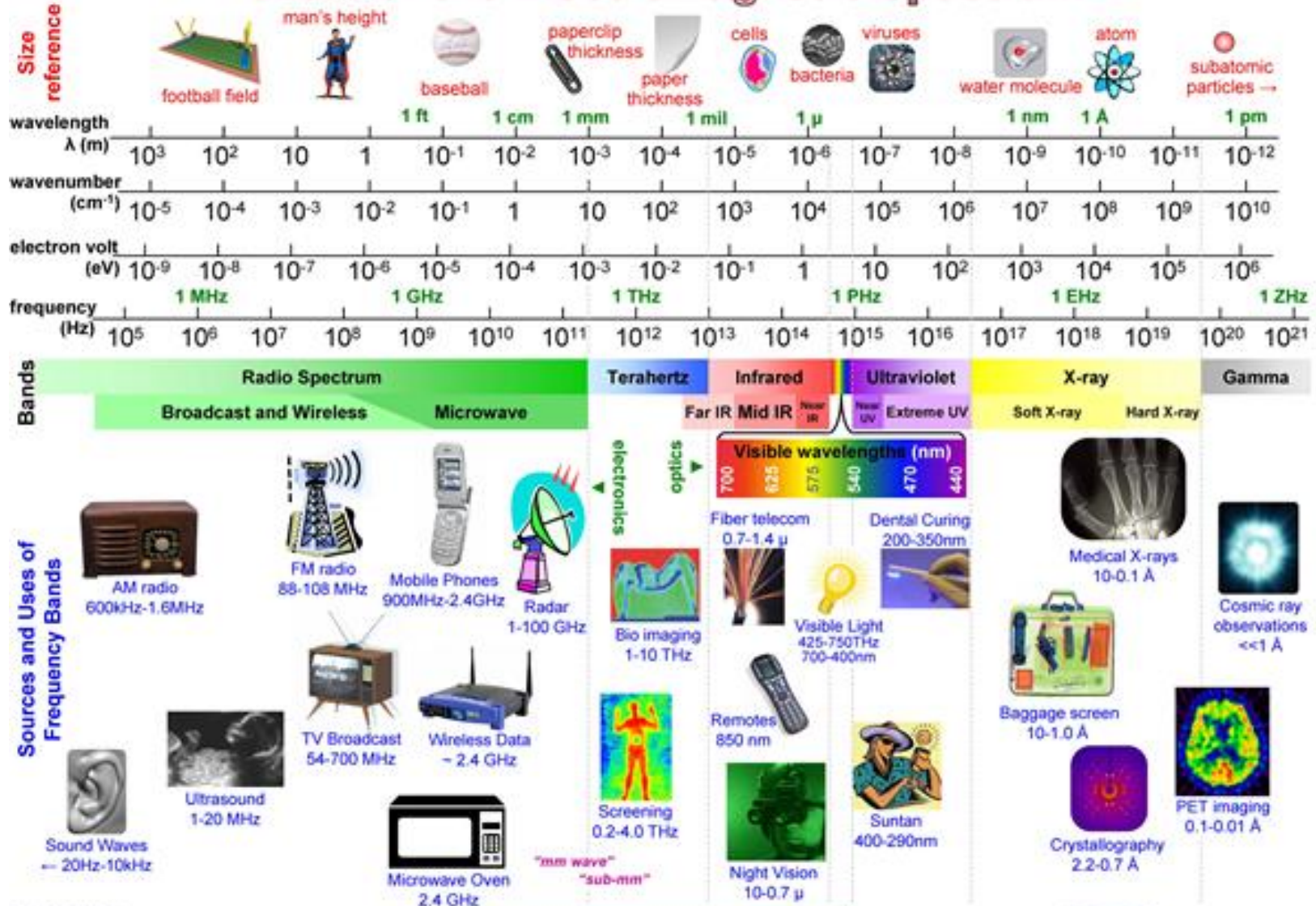
5.7.2	Τεχνικές Βελτίωσης Φασματικής Απόδοσης	429
5.7.2.1	Τομεοποίηση Κυψελών	429
5.7.2.2	Διάσπαση Κυψελών	432
5.7.3	Τεχνικές Απόδοσης Διαύλων	437
5.7.3.1	Σταθερή Απόδοση Διαύλων	437
5.7.3.2	Δυναμική Απόδοση Διαύλων	438
5.7.3.3	Ελαστική Απόδοση Διαύλων	439
5.7.4	Συντονισμός και Ακύρωση Παρεμβολών στα Συστήματα 4 ^{ης} Γενιάς	439
5.7.5	Παρεμβολές στα Ετερογενή Δίκτυα	444
5.8	Βιβλιογραφία	446

Τι είναι η παρεμβολή

- **Ταυτόχρονη** μετάδοση τουλάχιστον ενός ακόμα ηλεκτρομαγνητικού σήματος **στην ίδια ή γειτονική συχνότητα** με τη μετάδοση που μας ενδιαφέρει
- Αναπόφευκτη λόγω έλλειψης διαθέσιμων συχνοτήτων
- Αύξηση του αριθμού των λαθών και μείωση της απόδοσης

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Chart of the Electromagnetic Spectrum

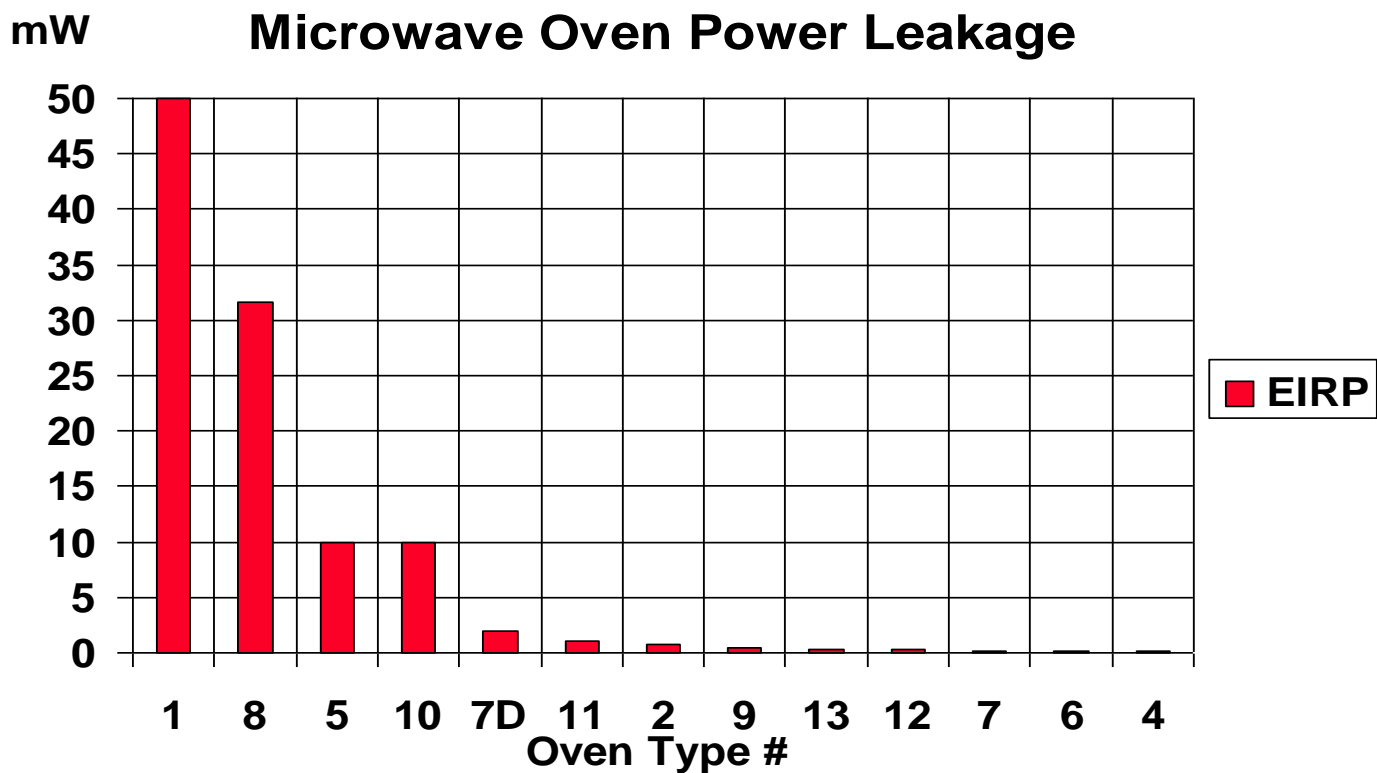


$$\lambda = 3 \times 10^8 / \text{freq} = 1 / (\text{wn} \times 100) = 1.24 \times 10^{-6} / \text{eV}$$

Πηγές Παρεμβολών

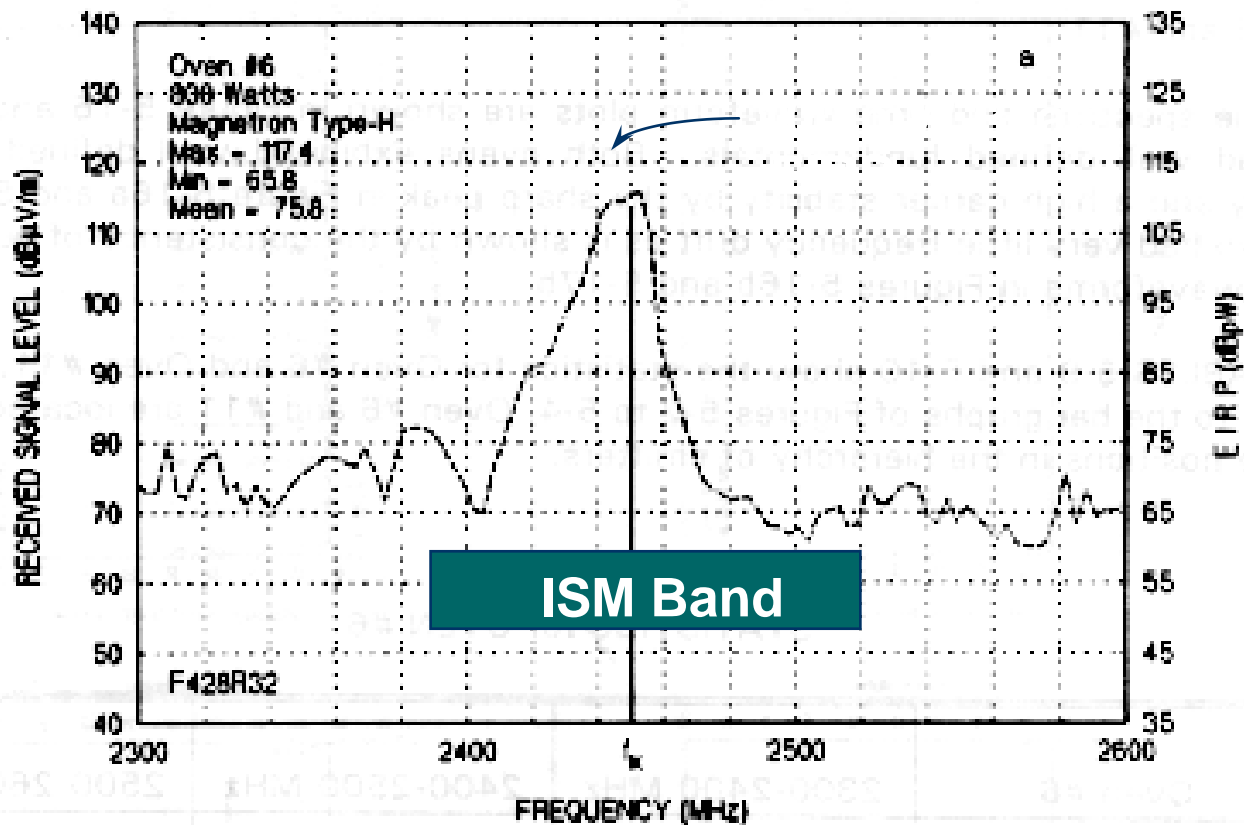
- Άλλα ασύρματα συστήματα
- Φούρνοι μικροκυμάτων, Bluetooth, ασύρματα τηλέφωνα, baby monitors
- Ηλεκτρικές συσκευές
- Άλλοι χρήστες του ίδιου συστήματος

Παρεμβολές από φούρνους μικροκυμάτων



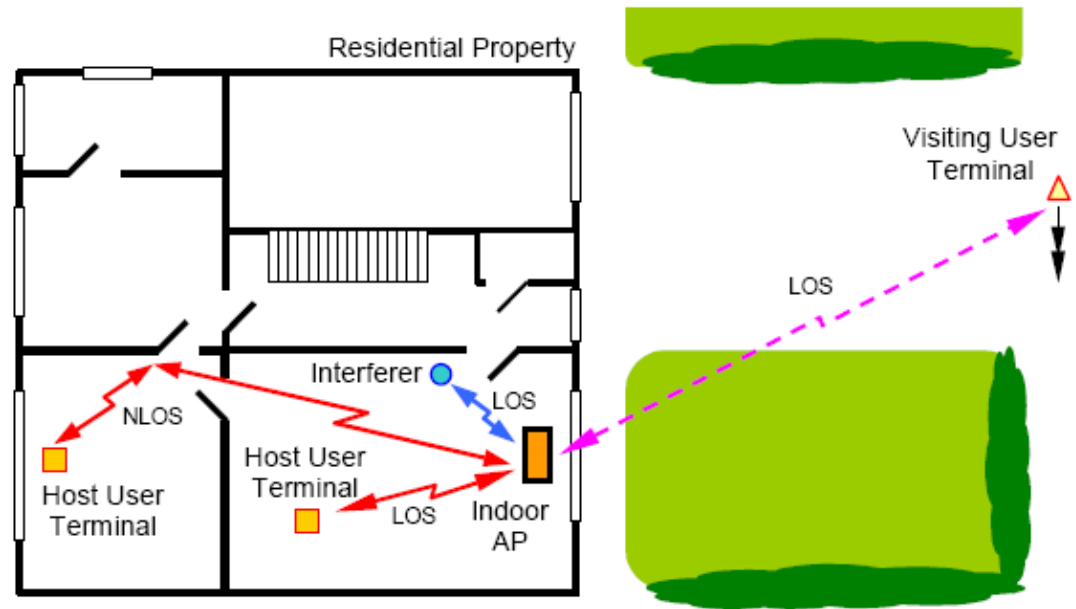
* Equivalent Isotropically Radiated Power

Εκπομπές από φούρνους μικροκυμάτων



Άλλα ασύρματα συστήματα

- 4^{ης} γενιάς συστήματα
- Ασύρματες συσκευές με μεγάλη ισχύ
- Ασύρματα Δίκτυα WLans

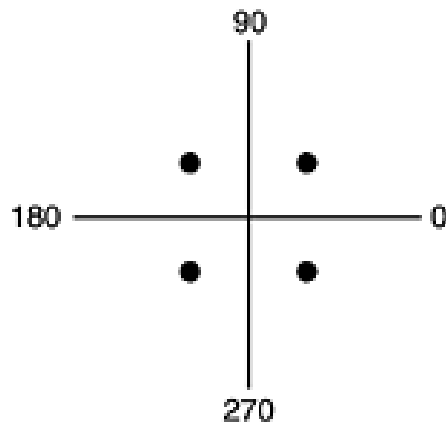


Ηλεκτρικές συσκευές

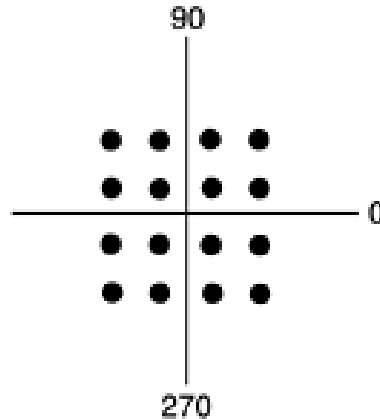
- Εσωτερικού χώρου:
 - Κινητήρες Ανελκυστήρων
 - Συσκευές ηλεκτροσυγκόλλησης
- Εξωτερικού χώρου:
 - Γραμμές ΔΕΗ
 - Ηλεκτρικός σιδηρόδρομος
 - Εργοστάσια παραγωγής ηλ. ενέργειας

Μεγαλύτερο το πρόβλημα όσο μεγαλύτερη η διαμόρφωση

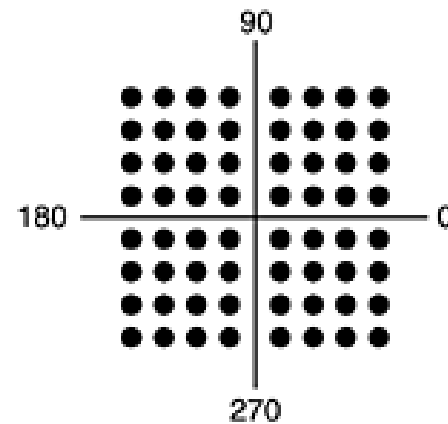
- QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) = 4 phase shifts, 1 amplitude level, 2 bits/symbol
- 16-QAM = 4 phase shifts, 4 amplitude levels, 4 bits/symbol
- 64-QAM = 4 phase shifts, 16 amplitude levels, 6 bits/symbol



QPSK

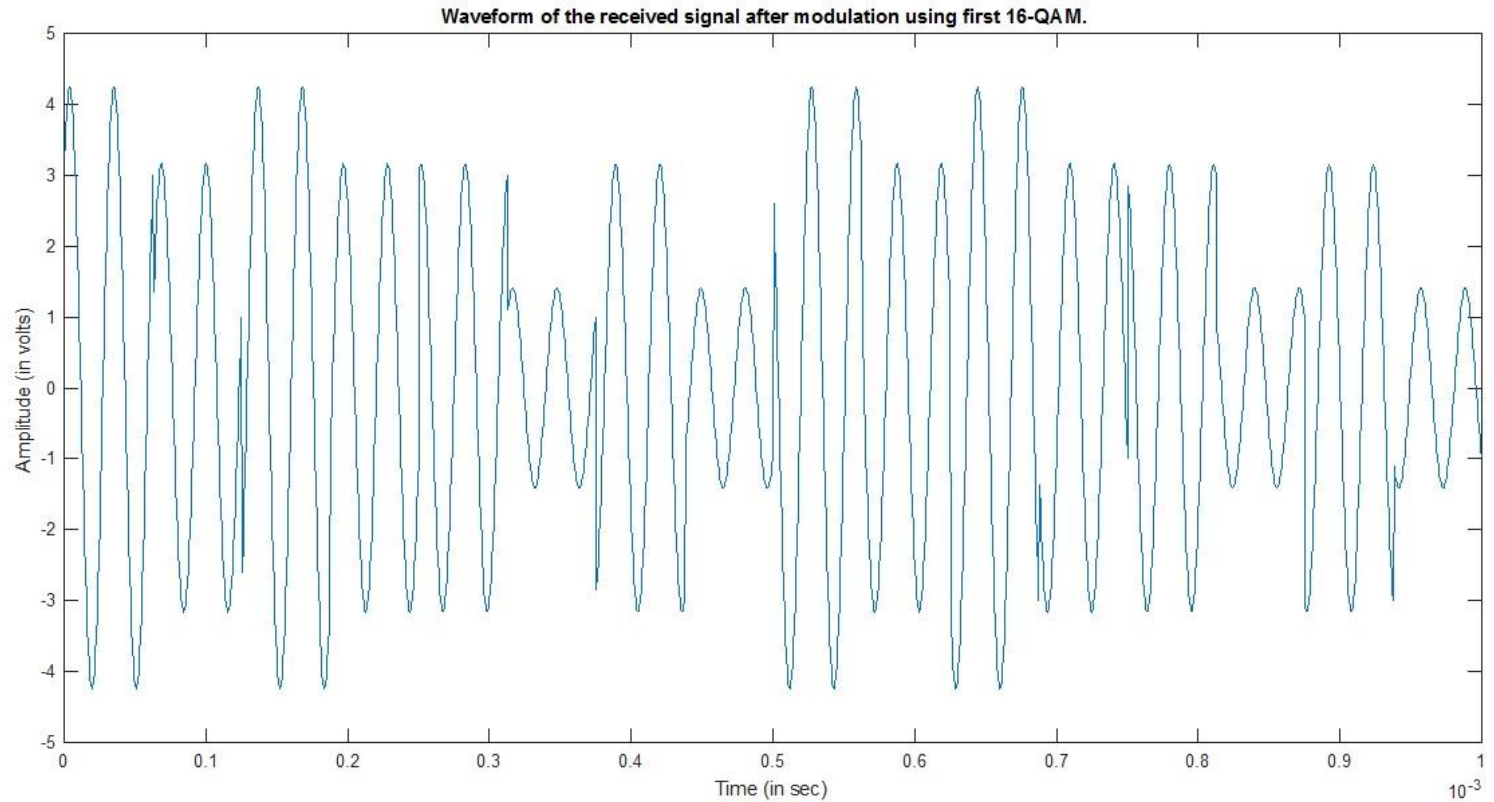


16-QAM



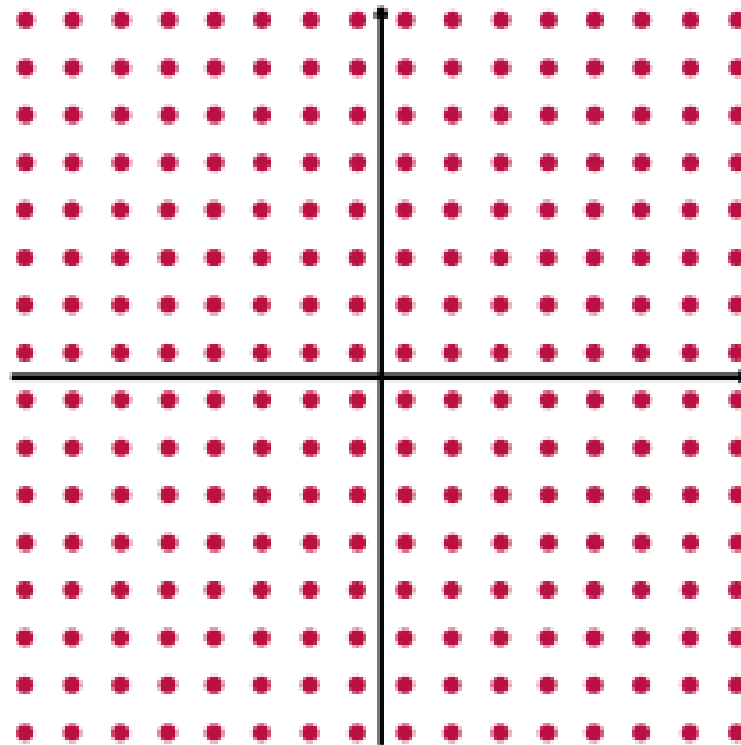
64-QAM

Διαμορφωμένο σήμα 16-QAM



Τα σύγχρονα συστήματα φτάνουν μέχρι και 256-QAM

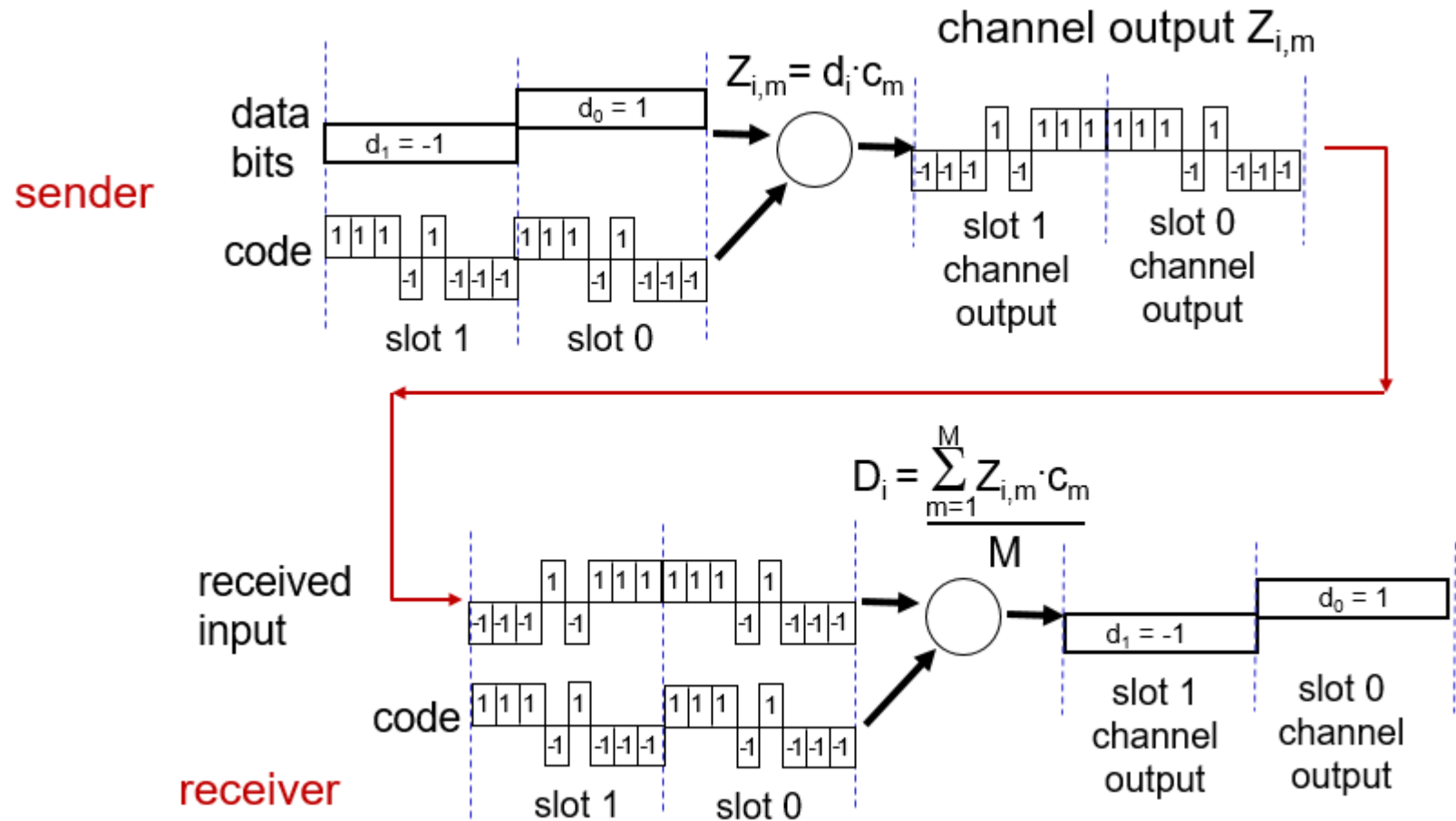
4 phase shifts, 64 amplitude levels, 8 bits/symbol



Παρεμβολές από άλλες συσκευές του ίδιου συστήματος

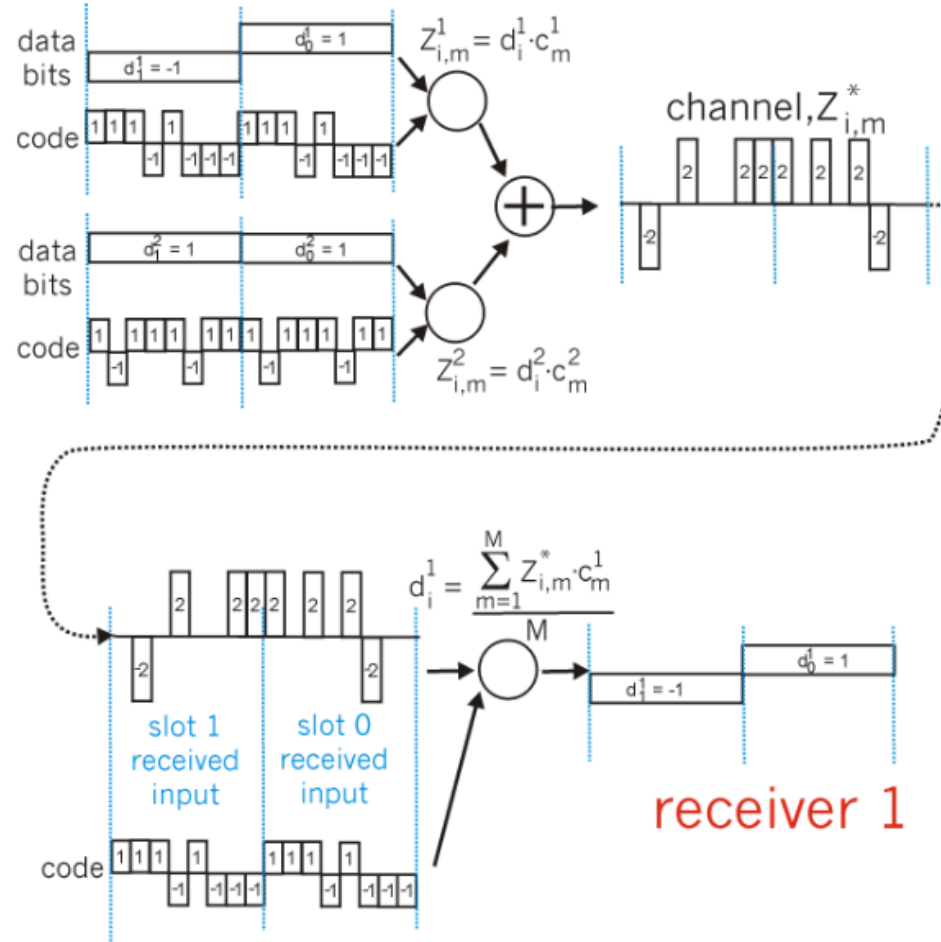
- Co-channel interference (Συγκαναλική παρεμβολή)
 - Σήματα από κυψέλες που χρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες προκαλούν συγκαναλική παρεμβολή
 - Υπάρχει μεταξύ σταθμών βάσης αλλά και κινητών τερματικών.
- Adjacent channel interference (Παρεμβολή γειτονικού καναλιού)
 - Σήματα από γειτονικές κυψέλες και γειτονικές συχνότητες προκαλούν τέτοιου είδους παρεμβολή.
 - Ελαττώνεται με τη χρήση φίλτρων
- Intermodulation Interference (Παρεμβολή ενδοδιαμόρφωσης)

Code Division Multiple Access (CDMA)



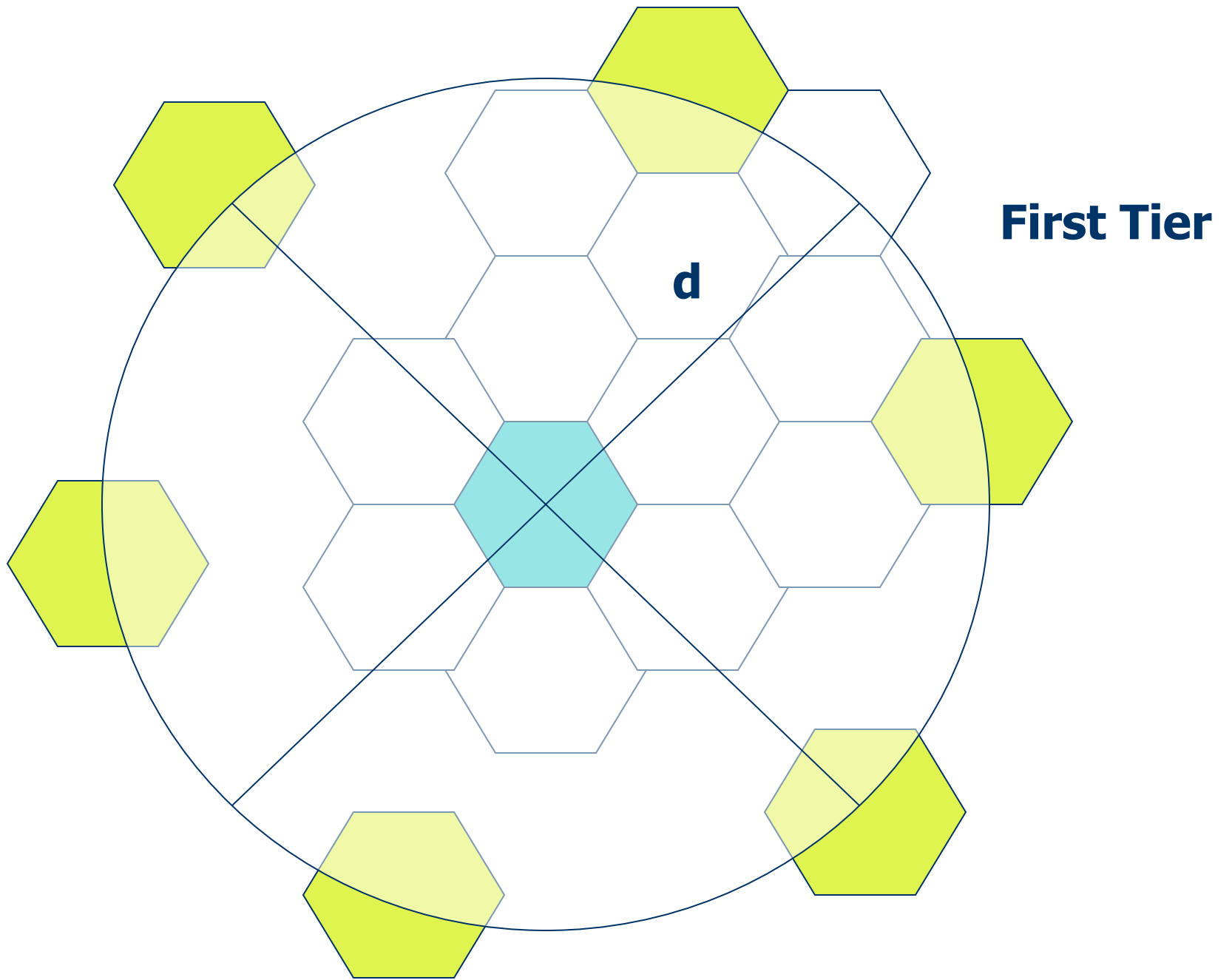
Code Division Multiple Access (CDMA)

senders

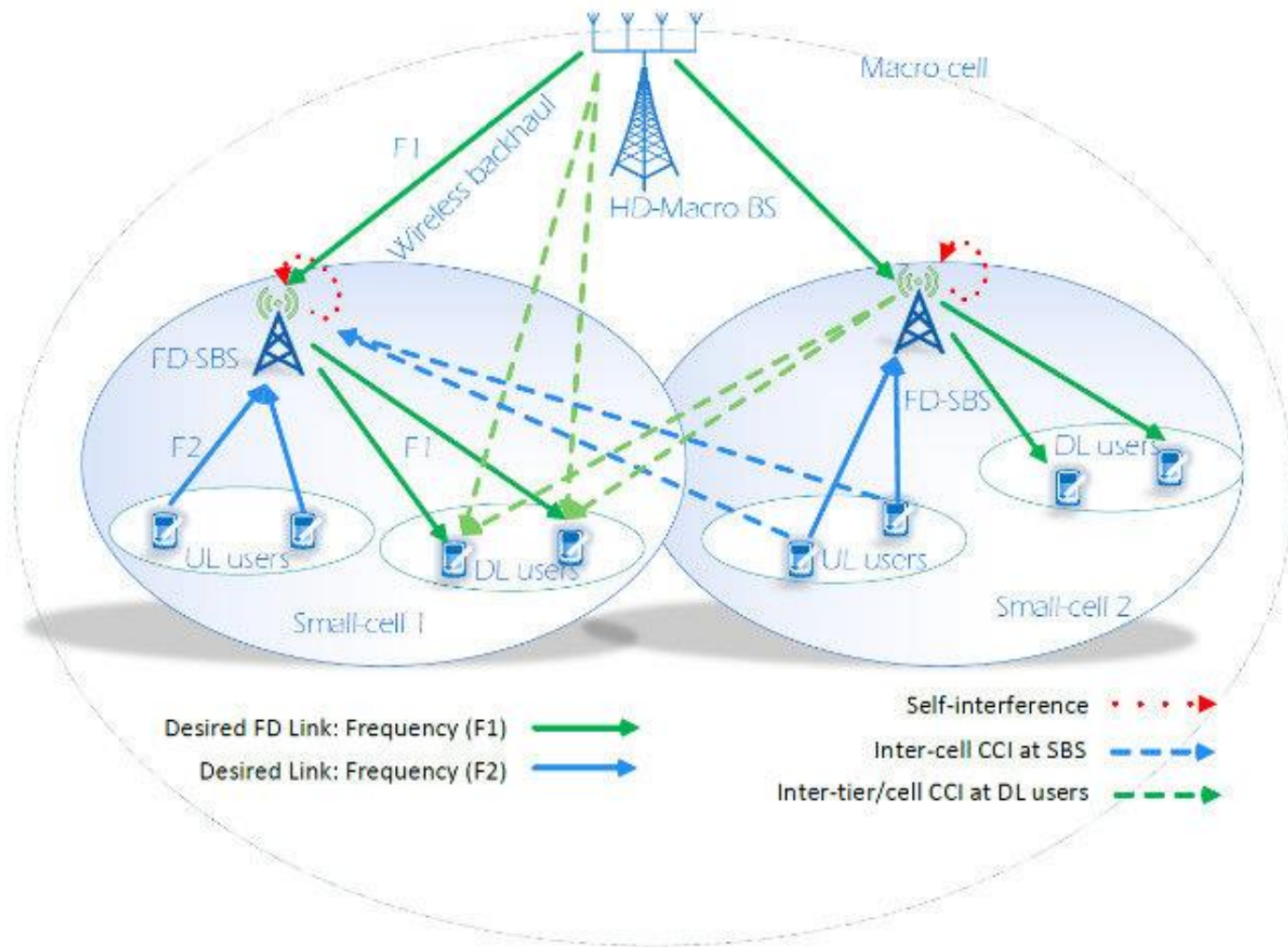


Συγκαναλική παρεμβολή

- Η συγκαναλική παρεμβολή (Co-channel Interference) προκύπτει όταν δύο πομποδέκτες λειτουργούν στις ίδιες συχνότητες.
- Το δίκτυο προβλέπει ότι οι δύο αυτοί πομποδέκτες θα βρίσκονται σε μια μεγάλη απόσταση d που ονομάζεται απόσταση επαναχρησιμοποίησης (Reuse distance)
- Σε ένα κυψελωτό σύστημα με ομάδα επαναχρησιμοποίησης $K=7$ θα έχουμε 6 παρεμβολείς πρώτου επιπέδου (1st tier)
- Στο φαινόμενο συμμετέχουν και πιο απομακρυσμένοι πομποδέκτες (2nd tier, 3rd tier) η συνιστώσα των οποίων όμως θεωρείται αμελητέα.

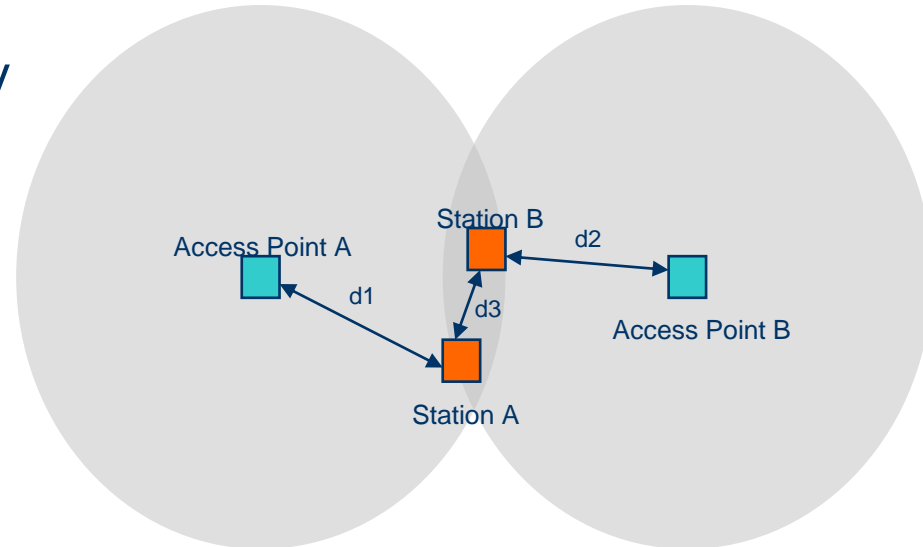


Συγκαναλική παρεμβολή

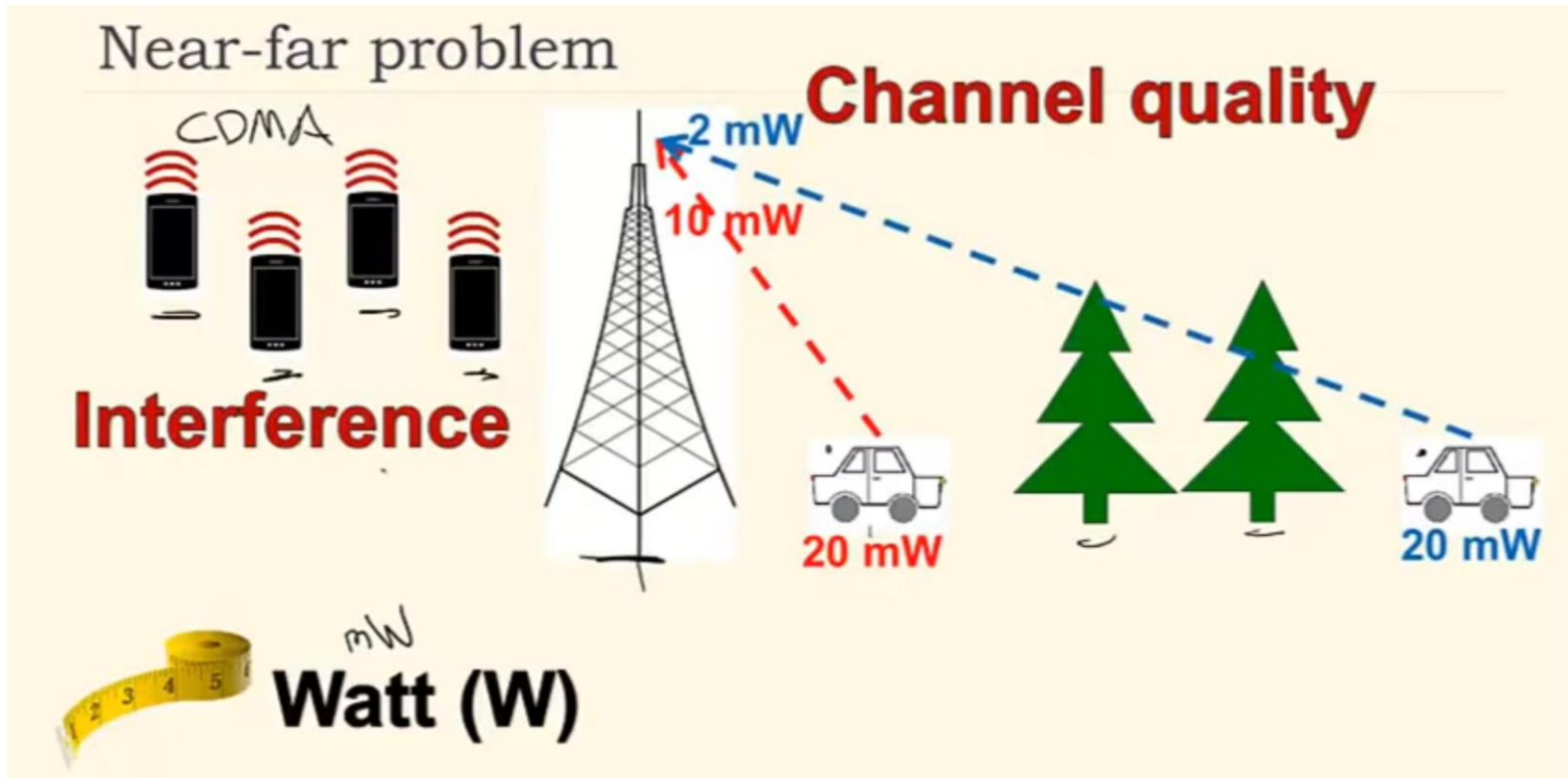


Near – Far φαινόμενο

- Οι δύο πομποδέκτες βρίσκονται σε κοντινή απόσταση και μακριά από τους σταθμούς βάσης
- Έντονο πρόβλημα όταν έχουν την ίδια συχνότητα
- Στις κινητές επικοινωνίες οι συχνότητες είναι διαφορετικές, αλλά επαναχρησιμοποιούνται.

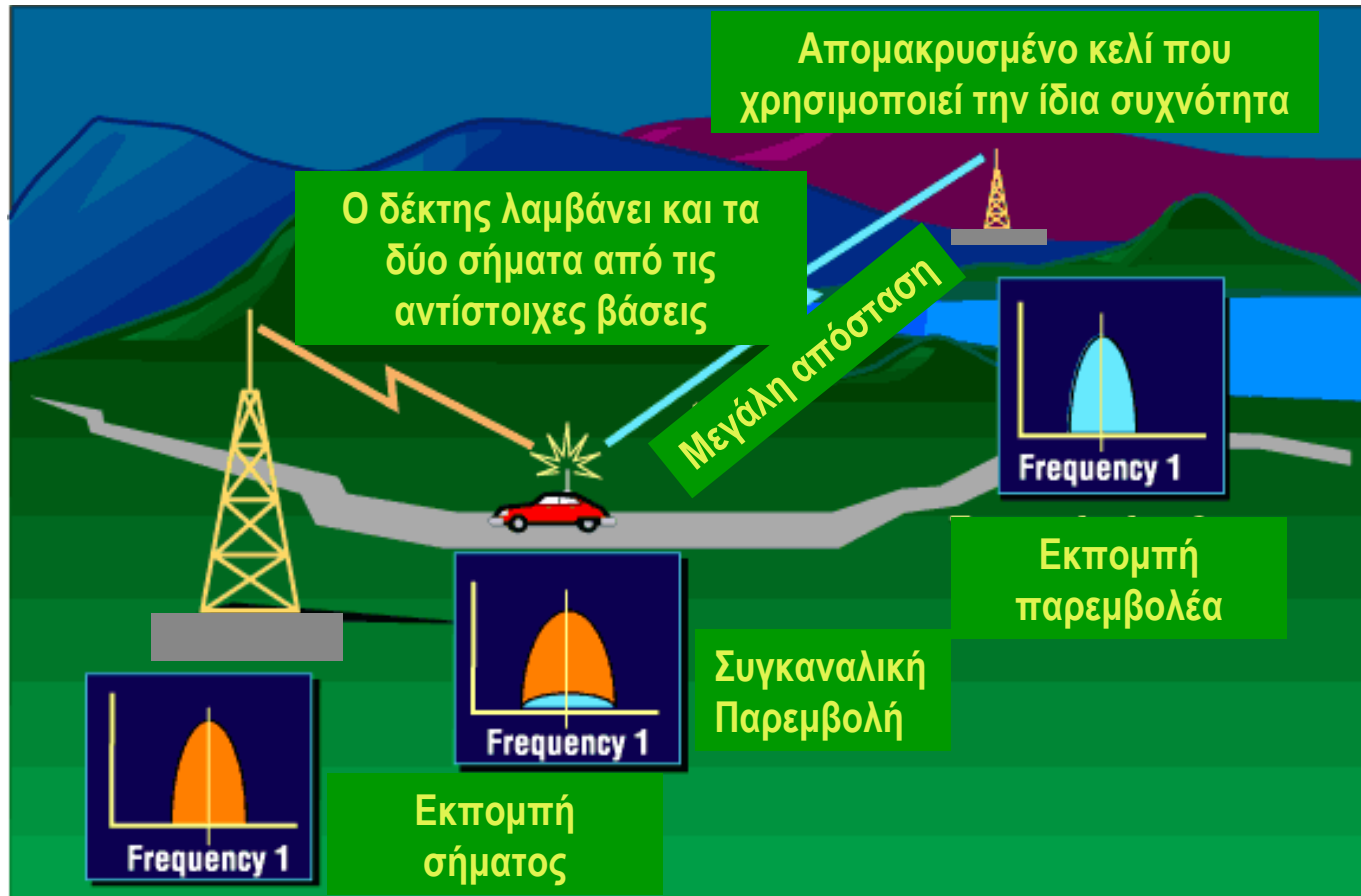


Near – Far εντονότερο στο CDMA



- Αντιμετωπίζεται με έλεγχο ισχύος ώστε η λαμβανόμενη ισχύς των δύο σημάτων να είναι παραπλήσια

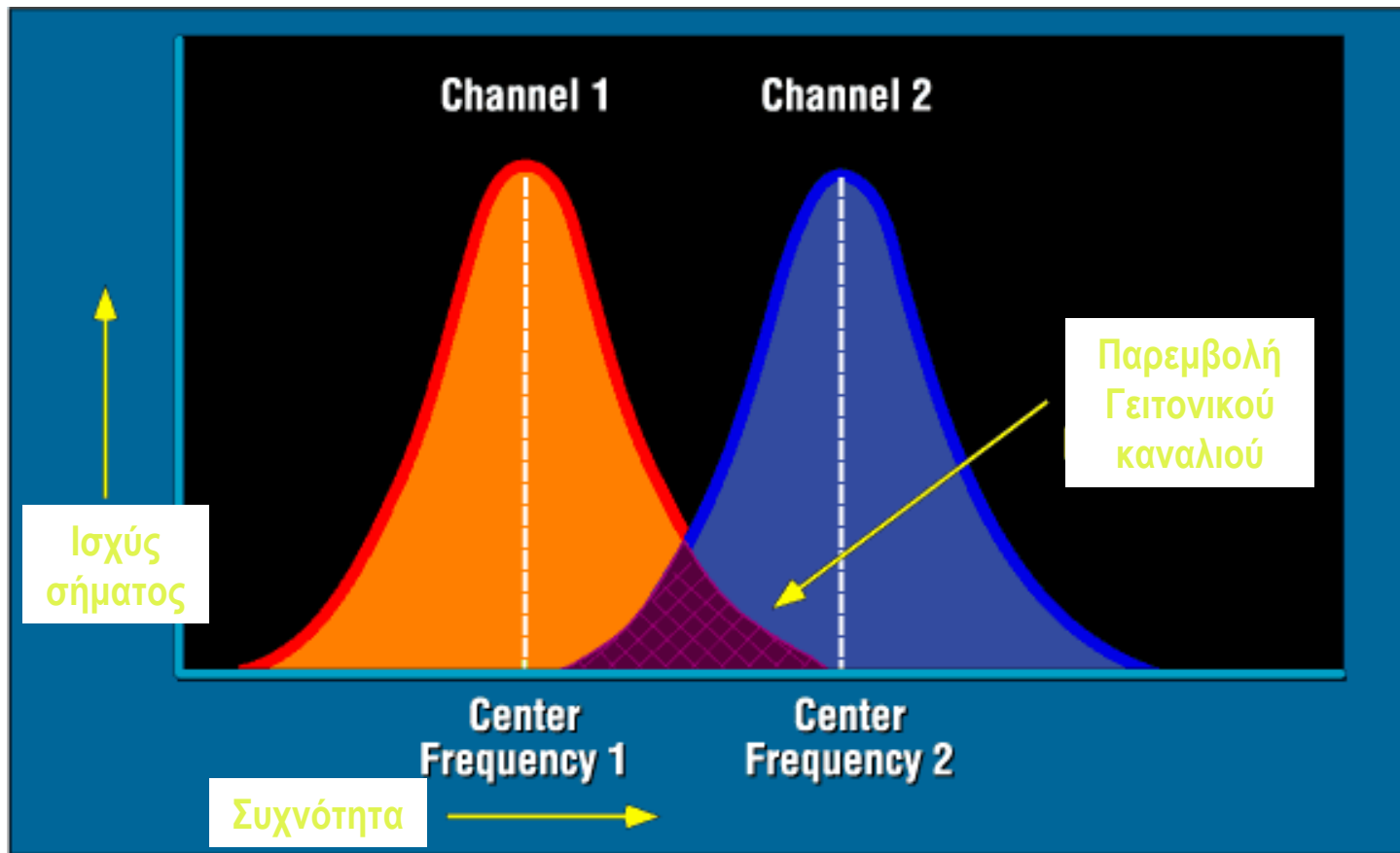
Συγκαναλική παρεμβολή



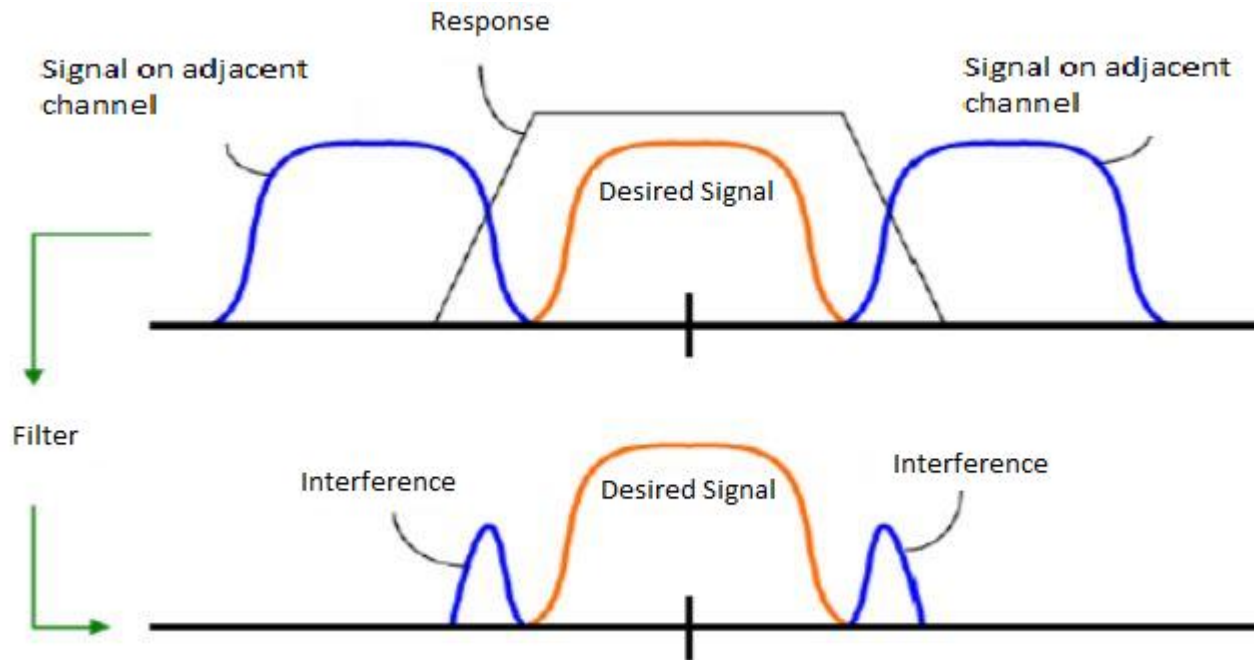
Παρεμβολή Γειτονικού καναλιού

- Η παρεμβολή γειτονικού καναλιού (Adjacent channel Interference) προκύπτει όταν δύο πομποδέκτες που λειτουργούν σε γειτονικές συχνότητες αλληλοεπηρεάζονται λόγω μη ιδανικής εκπομπής.
- Το δίκτυο προστατεύεται από αυτού του είδους την παρεμβολή με τη χρήση αυστηρών φίλτρων

Παρεμβολή Γειτονικού καναλιού

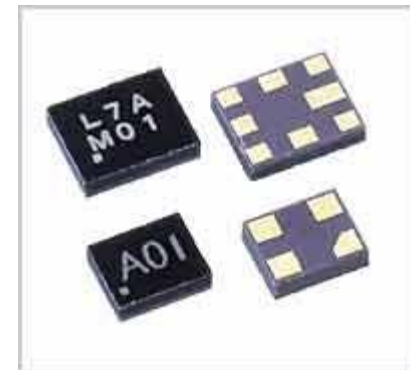
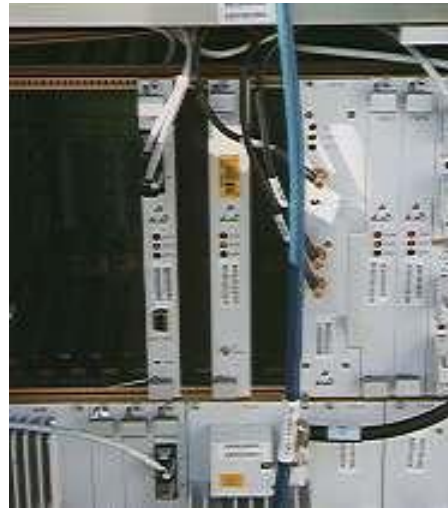


Παρεμβολή Γειτονικού καναλιού



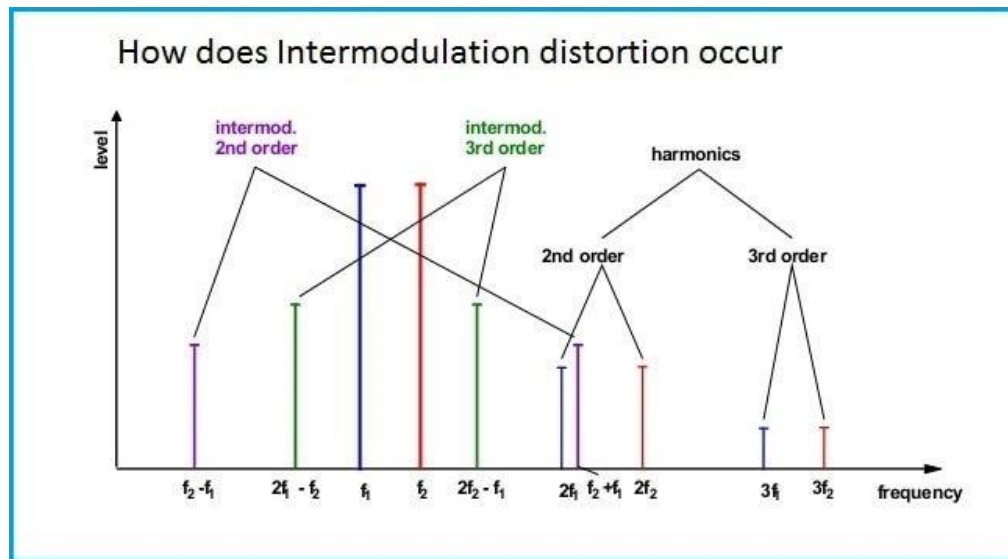
Φίλτρα

- Στους σταθμούς βάσης χρησιμοποιούνται φίλτρα με αυστηρή συμπεριφορά για κάθε συχνότητα εκπομπής
- Στα κινητά χρησιμοποιούνται SAW (Surface Acoustic Wave) φίλτρα



Παρεμβολή Ενδοδιαμόρφωσης

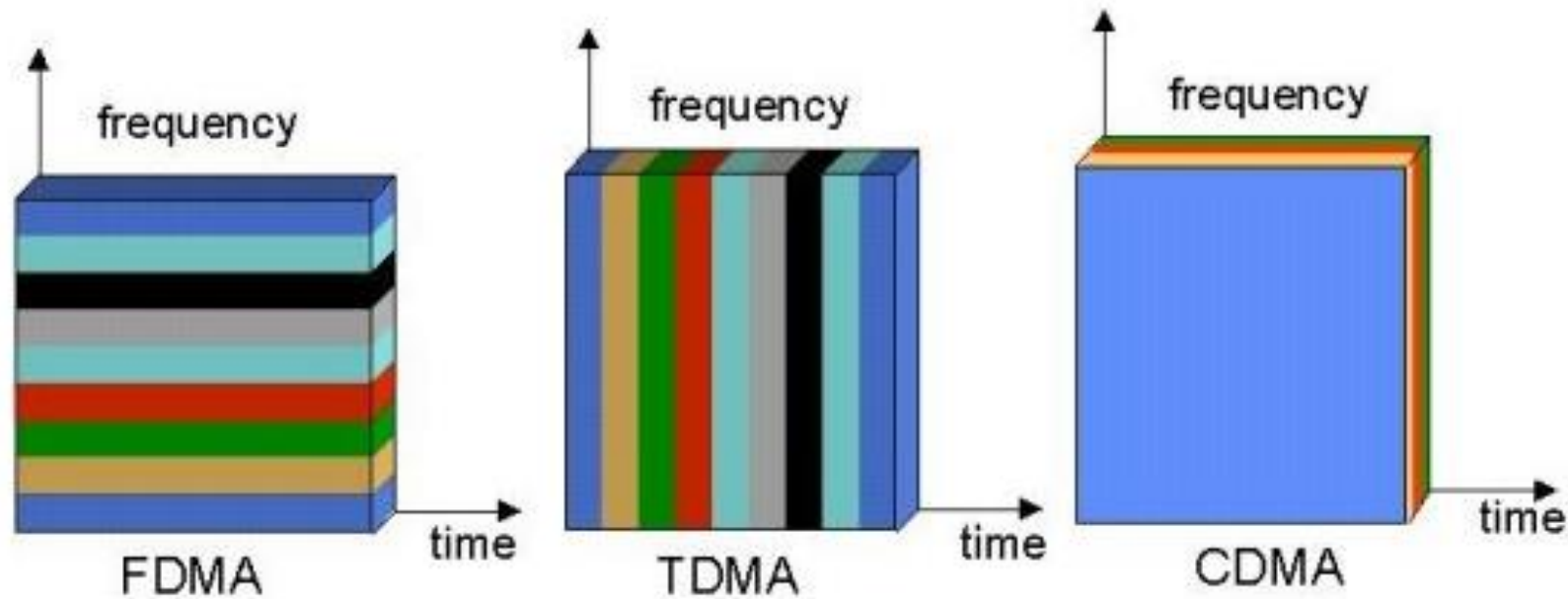
- Η παρεμβολή ενδοδιαμόρφωσης (Intermodulation Interference) προκύπτει όταν δύο σήματα διαφορετικής συχνότητας διαπερνούν μια μη γραμμική διάταξη οπότε και προκύπτουν παράγωγες συχνότητες που τυχόν να είναι σήματα παρεμβολής για κάποια άλλη επικοινωνία.
- Το δίκτυο προστατεύεται από αυτού του είδους την παρεμβολή με τη χρήση αυστηρών φίλτρων στον πομπό.
- Προϊόντα ενδοδιαμόρφωσης μπορεί να εμφανιστούν και στον δέκτη καθώς σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα, μη γραμμικότητες μπορεί να εμφανιστούν και από μια ψυχρή κόλληση.



Αντιμετώπιση παρεμβολών

- Αδειοδότηση
- Πρωτόκολλα πολλαπλής μετάδοσης
- Έλεγχος ισχύος μετάδοσης
- Φίλτρα
- Απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων

Πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης



Frequency Division Multiplexing (FDM)

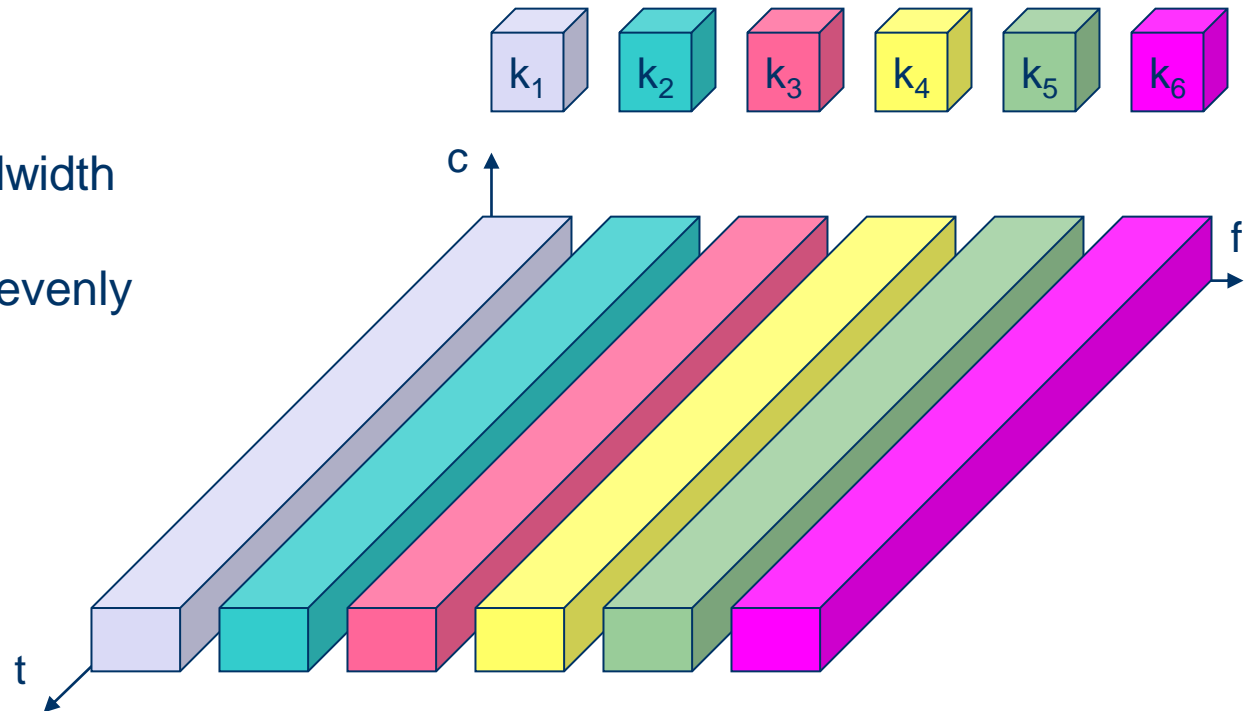
- Separation of the whole spectrum into smaller frequency bands
- A channel gets a certain band of the spectrum for the whole time

Advantages:

- no dynamic coordination necessary
- works also for analog signals
- cheaper

➤ Disadvantages:

- waste of bandwidth if the traffic is distributed unevenly
- inflexible

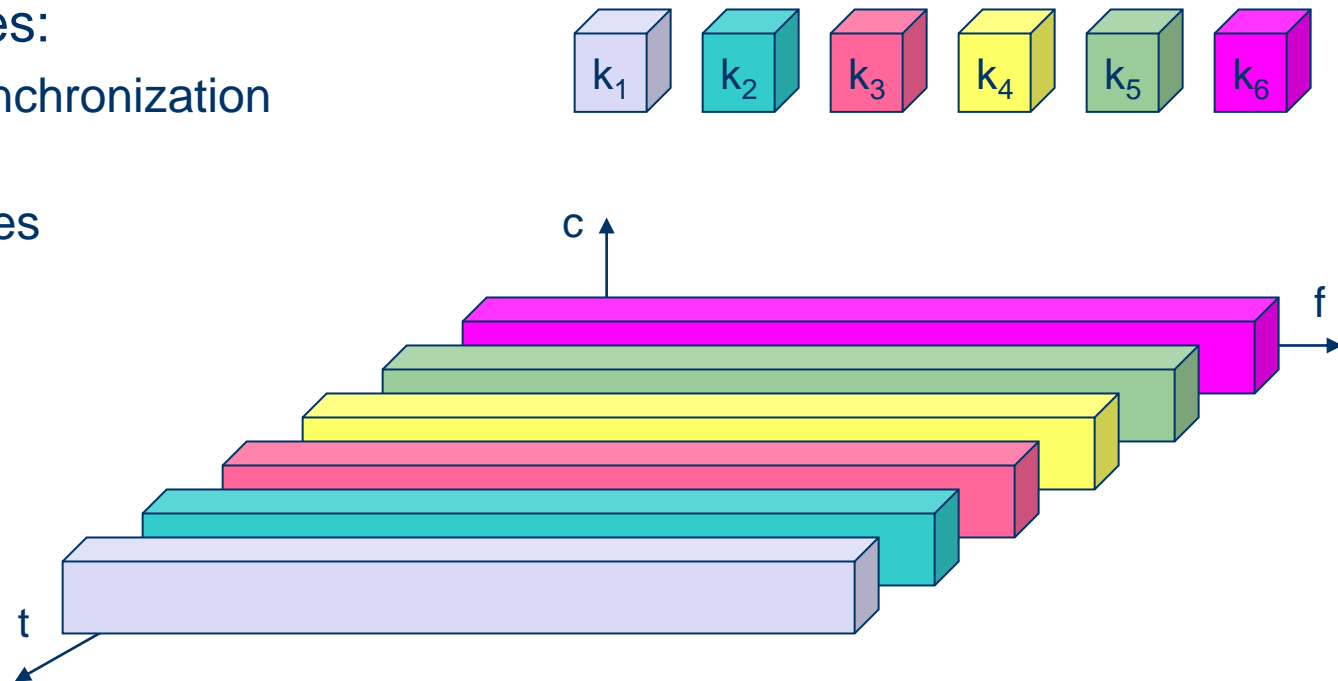


Frequency Division Multiplexing (FDM)



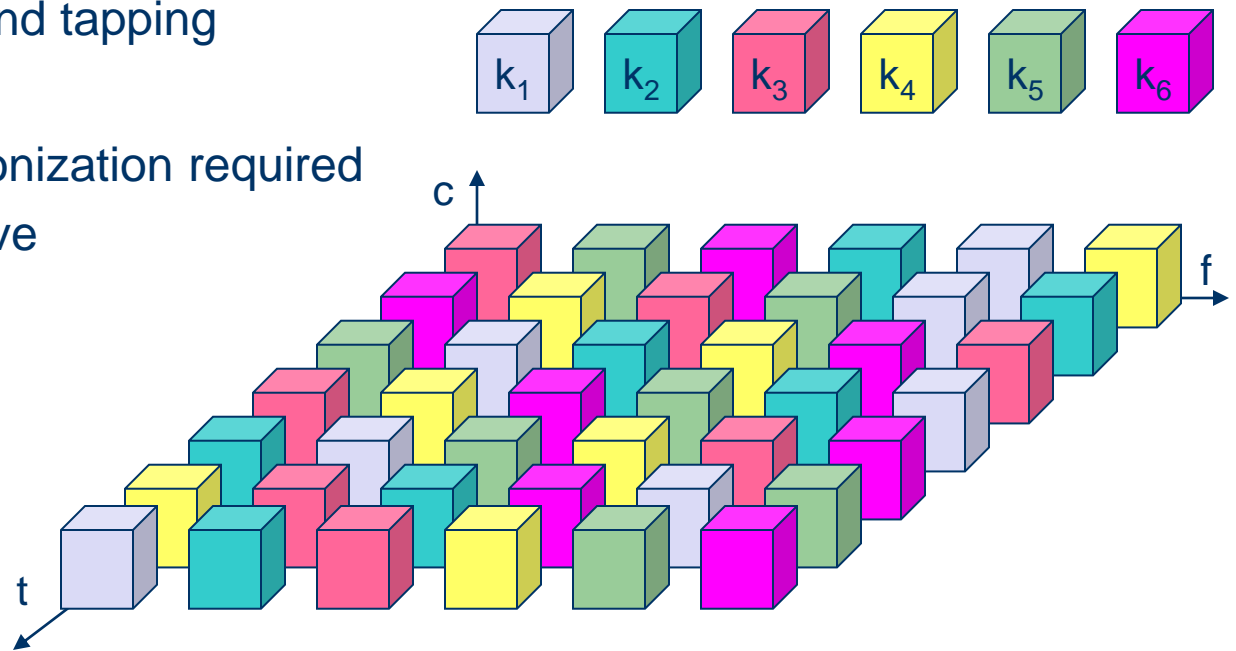
Time Division Multiplexing (TDM)

- A channel gets the whole spectrum for a certain amount of time
- Advantages:
 - only one carrier in the medium at any time
 - throughput high - supports bursts
 - flexible – multiple slots
- Disadvantages:
 - Precise synchronization necessary
 - high bit rates at each Tx/Rx

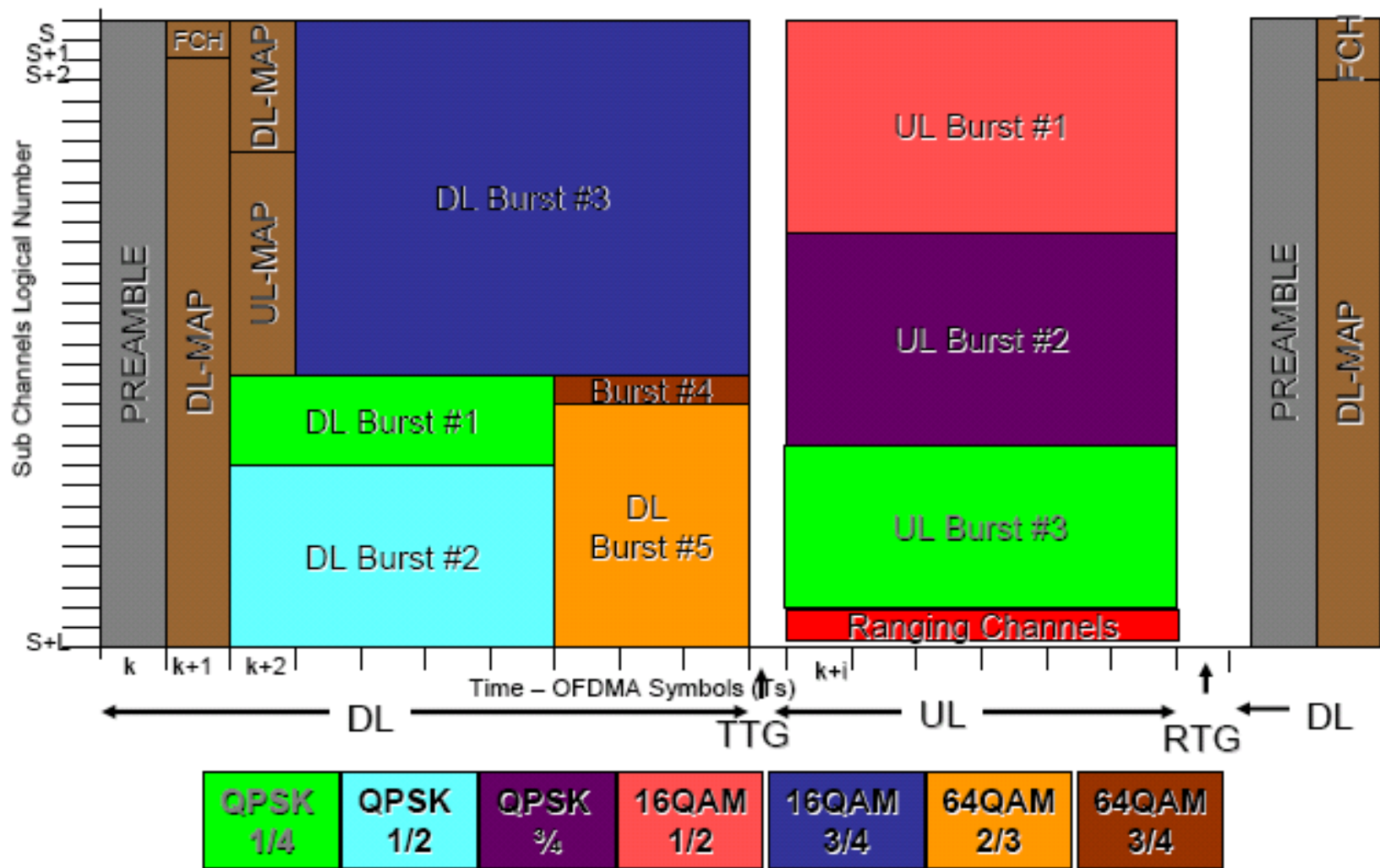


Hybrid TDM/FDM

- Combination of both methods
- A channel gets a certain frequency band for a certain amount of time (slot).
- Advantages:
 - better protection against interference and tapping
- Disadvantages:
 - Better synchronization required
 - More expensive

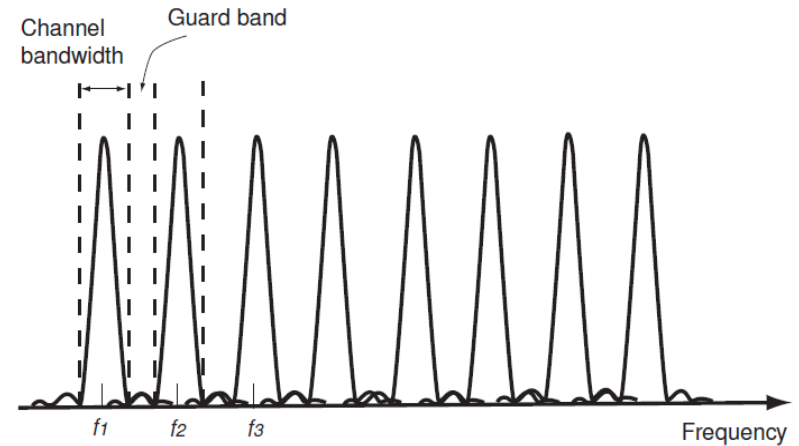


FDM/TDM structure in 4G

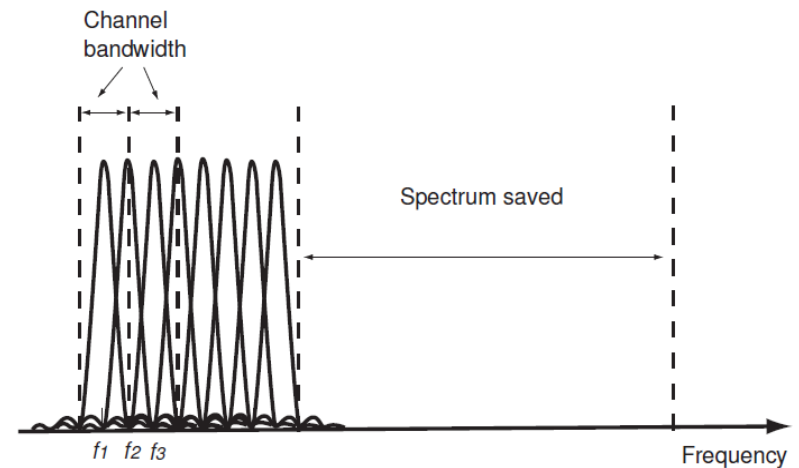


OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

- Divides spectrum into many small, **partially overlapping** subcarriers
- Subcarrier frequencies “orthogonal” to each other
- Traditional FDM does not allow overlapping

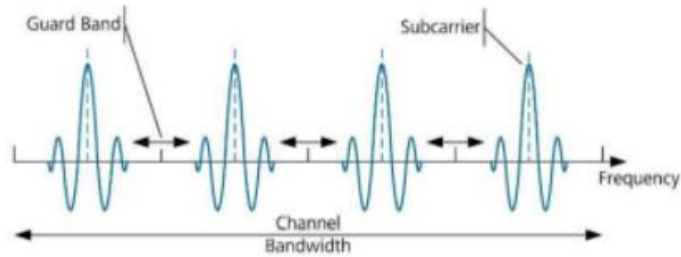


(a) Normal frequency division multiplexing

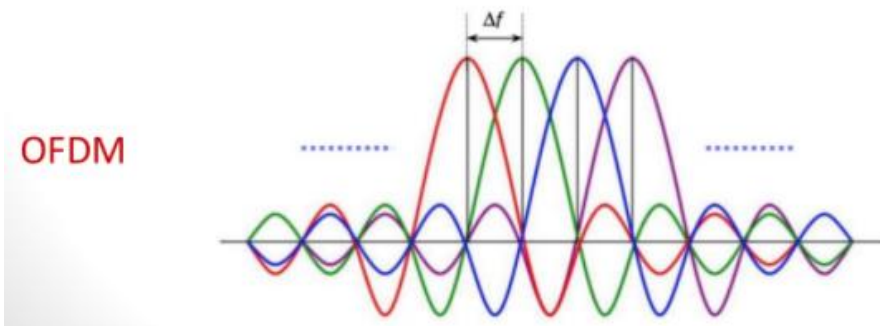


(b) OFDM

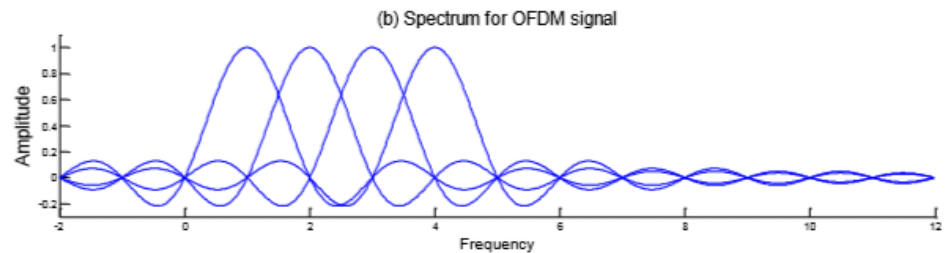
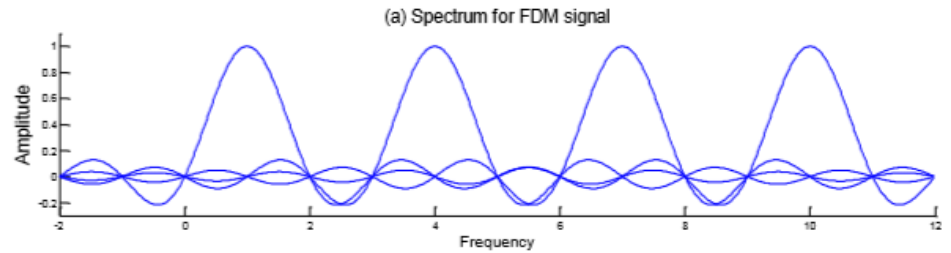
OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing



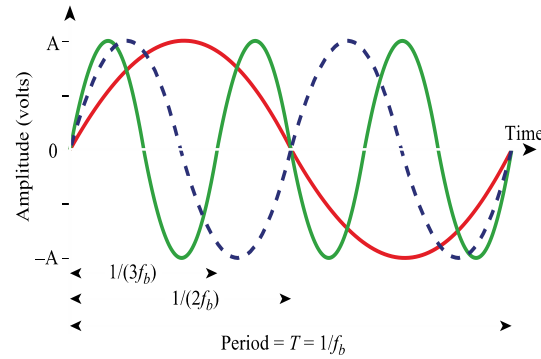
Frequency
Division
Multiplexing



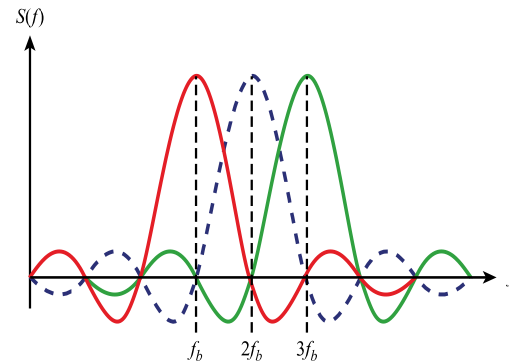
OFDM



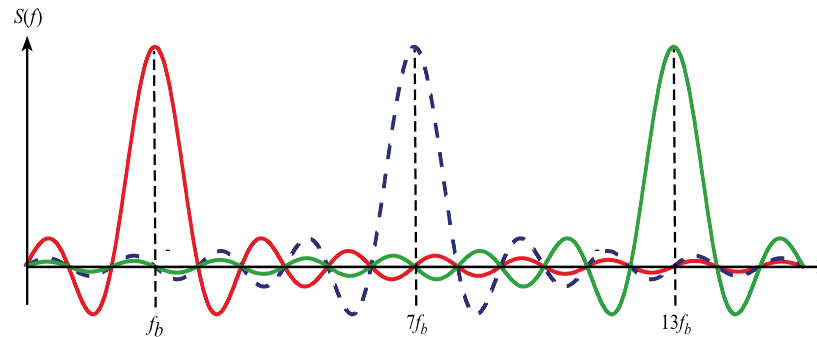
OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing



(a) Three subcarriers in time domain

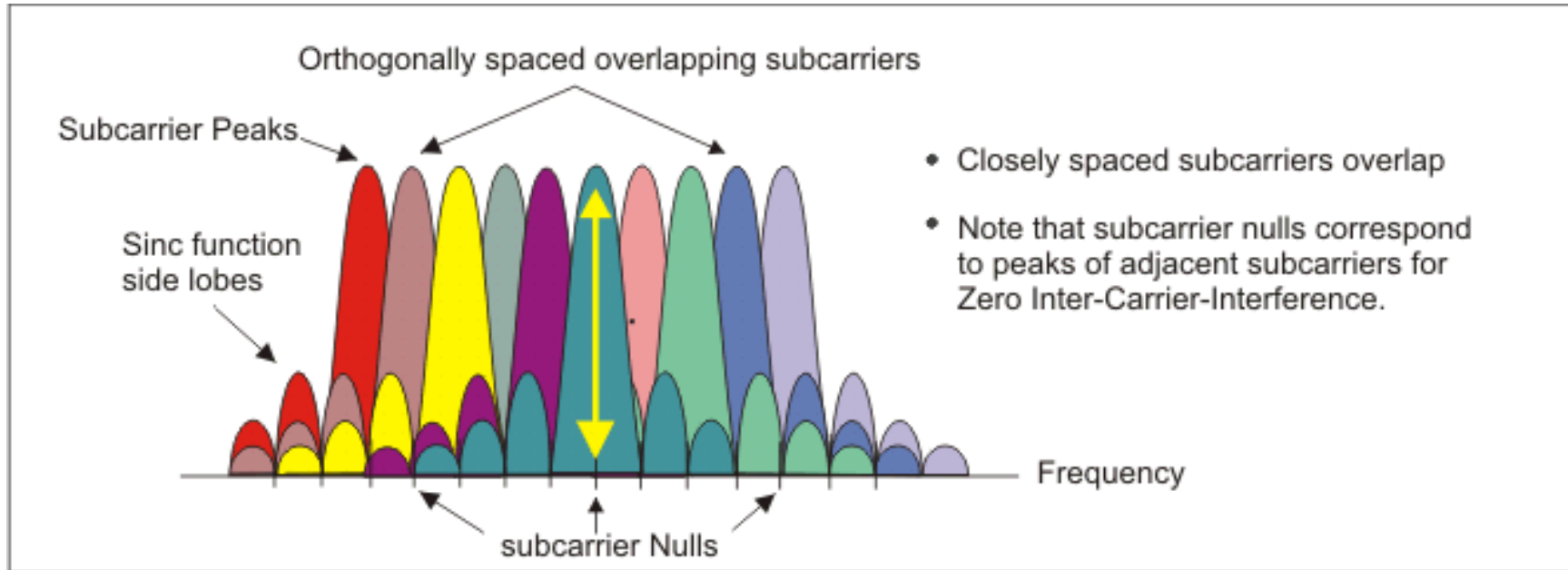


(b) Three orthogonal subcarriers in frequency domain



(c) Three carriers using traditional FDM

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing



OFDM Signal Frequency Spectra