

# Συστήματα Διάχυτου Φάσματος (*Spread Spectrum*)

- Τεχνικές Διάχυτου Φάσματος (SS)
- Χωρητικότητα
- Έλεγχος Ισχύος (Power Control)
- Μεταπομπές
- Διαφορική Μετάδοση (Uplink και downlink)
- Δέκτης RAKE



# Τεχνικές Διάχυτου Φάσματος

Οι βασικές τεχνικές διάχυτου φάσματος είναι:

- Άμεσης ακολουθίας DS (π.χ. WCDMA, IS-95)
- Αναπήδησης συχνότητας FH (π.χ. GSM)

Στην τεχνική άμεσης ακολουθίας τα bits του χρήστη κωδικοποιούνται με μια μοναδική δυαδική ακολουθία (=κωδικός). Τα bits του κωδικού καλούνται chips.

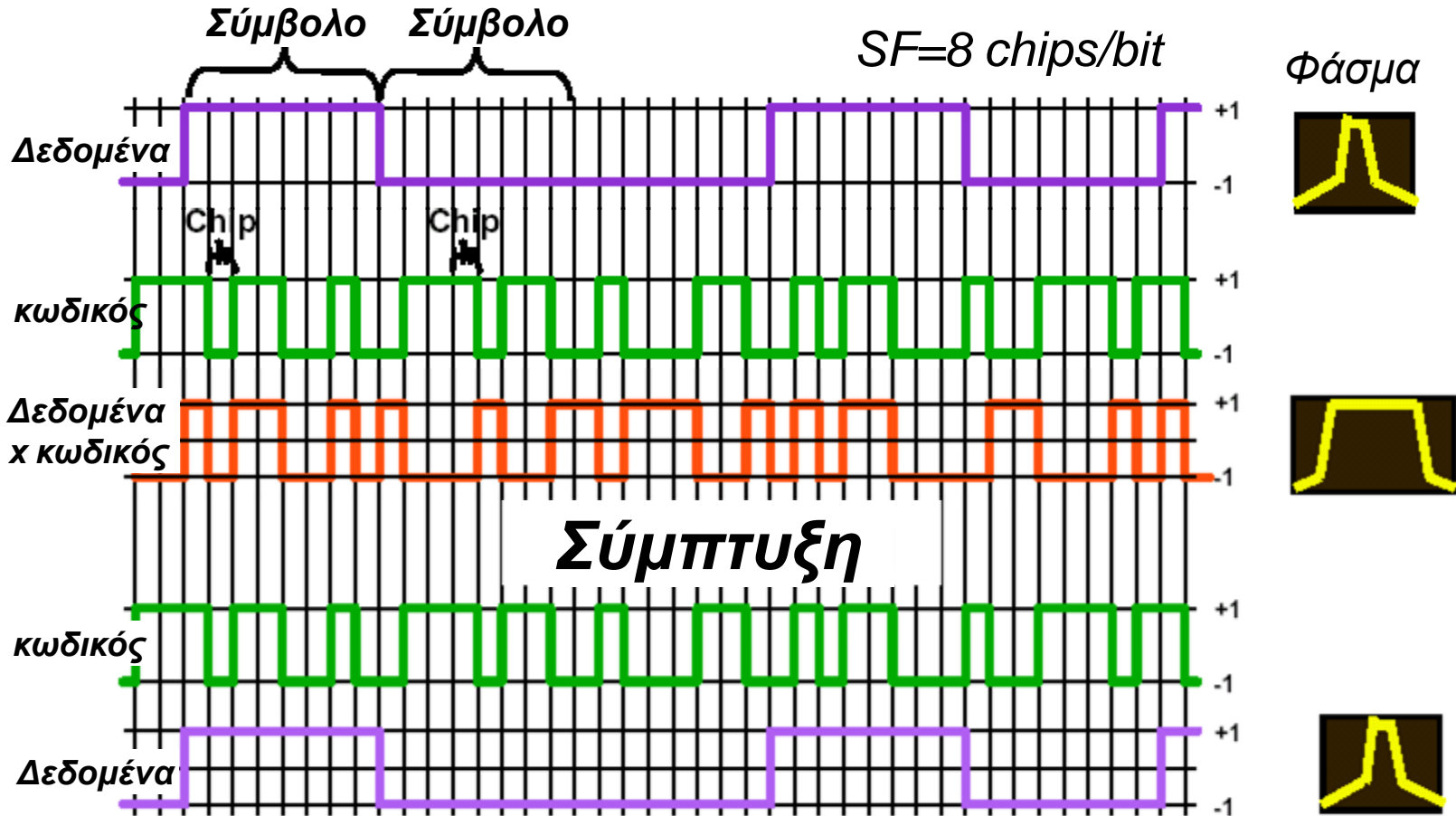
Ο ρυθμός των chips ( $W$ ) είναι τυπικά πολύ μεγαλύτερος από των ρυθμό των bit ( $R$ ).

Παράγων διάχυσης  $SF$  (#chips/bit) = ρυθμός chips  $W \div$  ρυθμός bit καναλιού  $R$

Κέρδος επεξεργασίας (Processing Gain)  $G = 10 \log SF$ , dB

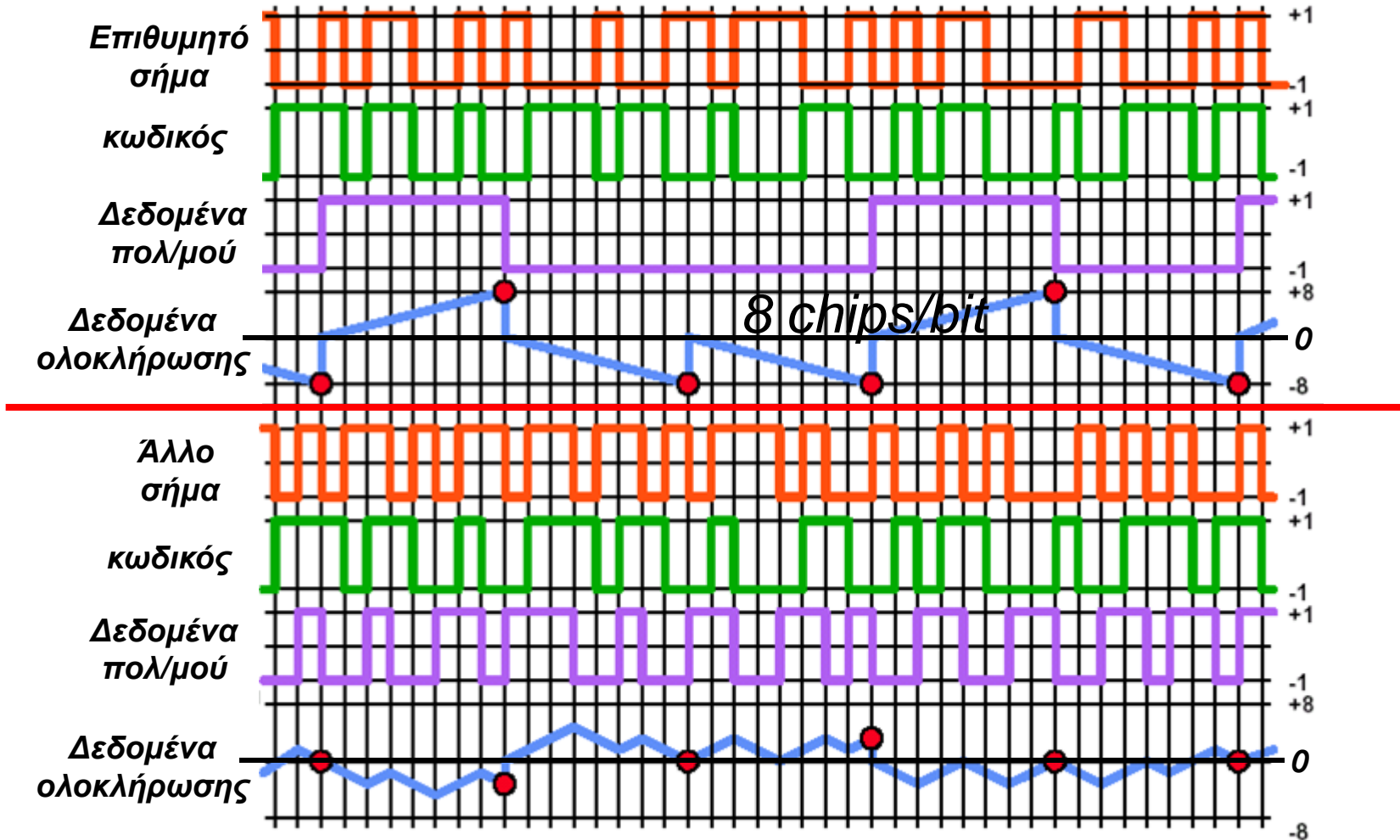
# Παράδειγμα Άμεσης Ακολουθίας

## Διάχυση

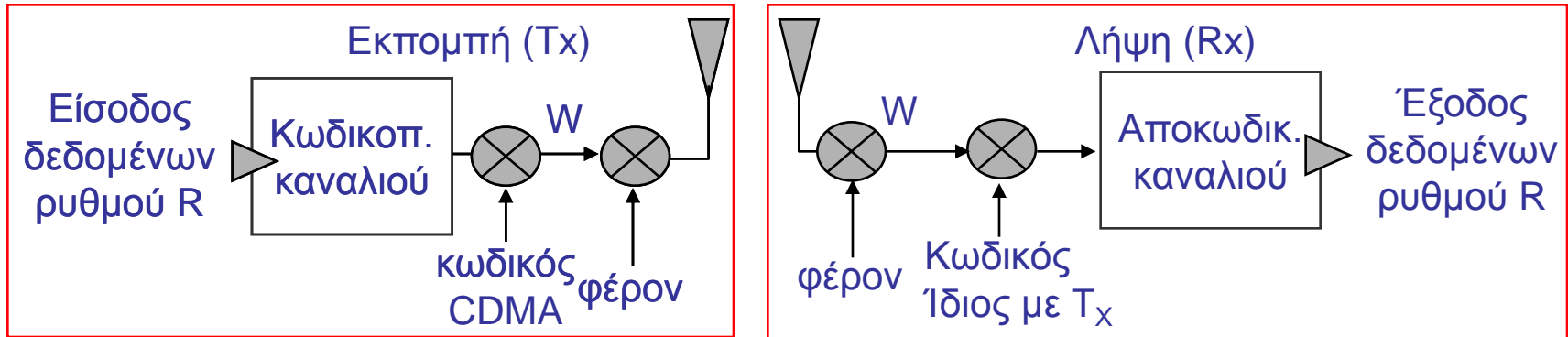


# Παράδειγμα Άμεσης Ακολουθίας-Συσχετιστής (Correlator)

## Διάκριση Σήματος - Παρεμβολής



# Σύστημα Tx-Rx Άμεσης Ακολουθίας



- Αν ο Tx και ο Rx είναι συγχρονισμένοι και χρησιμοποιούν τον ίδιο κωδικό, τα λαμβανόμενα (στενής ζώνης) δεδομένα του χρήστη ενισχύονται κατά το κέρδος επεξεργασίας  $PG=10 \cdot \log(W/R)$ .
- Οι λοιπές συνιστώσες ισχύος (λοιποί χρήστες, θόρυβος) που φθάνουν στον δέκτη (=παρεμβολές) δεν έχουν PG.
- Το PG είναι διαφορετικό για διαφορετικές υπηρεσίες στα δίκτυα 3G (φωνή, www-πλοήγηση, videophone) λόγω του διαφορετικού ρυθμού R
- Η κάλυψη και η χωρητικότητα θα διαφέρουν για τις διάφορες υπηρεσίες

# Αριθμητικά Παραδείγματα

$$\left[ \frac{E_b}{N_0 + I_0} \right] = \frac{\frac{P_s}{R}}{\frac{N}{W}} = \frac{W}{R} \cdot \frac{P_s}{N}$$
$$\left[ \frac{E_b}{N_0 + I_0} \right] = SF \cdot \frac{C}{I}$$

π.χ WCDMA: chip rate  $W=3,84 \cdot 10^6$  cps

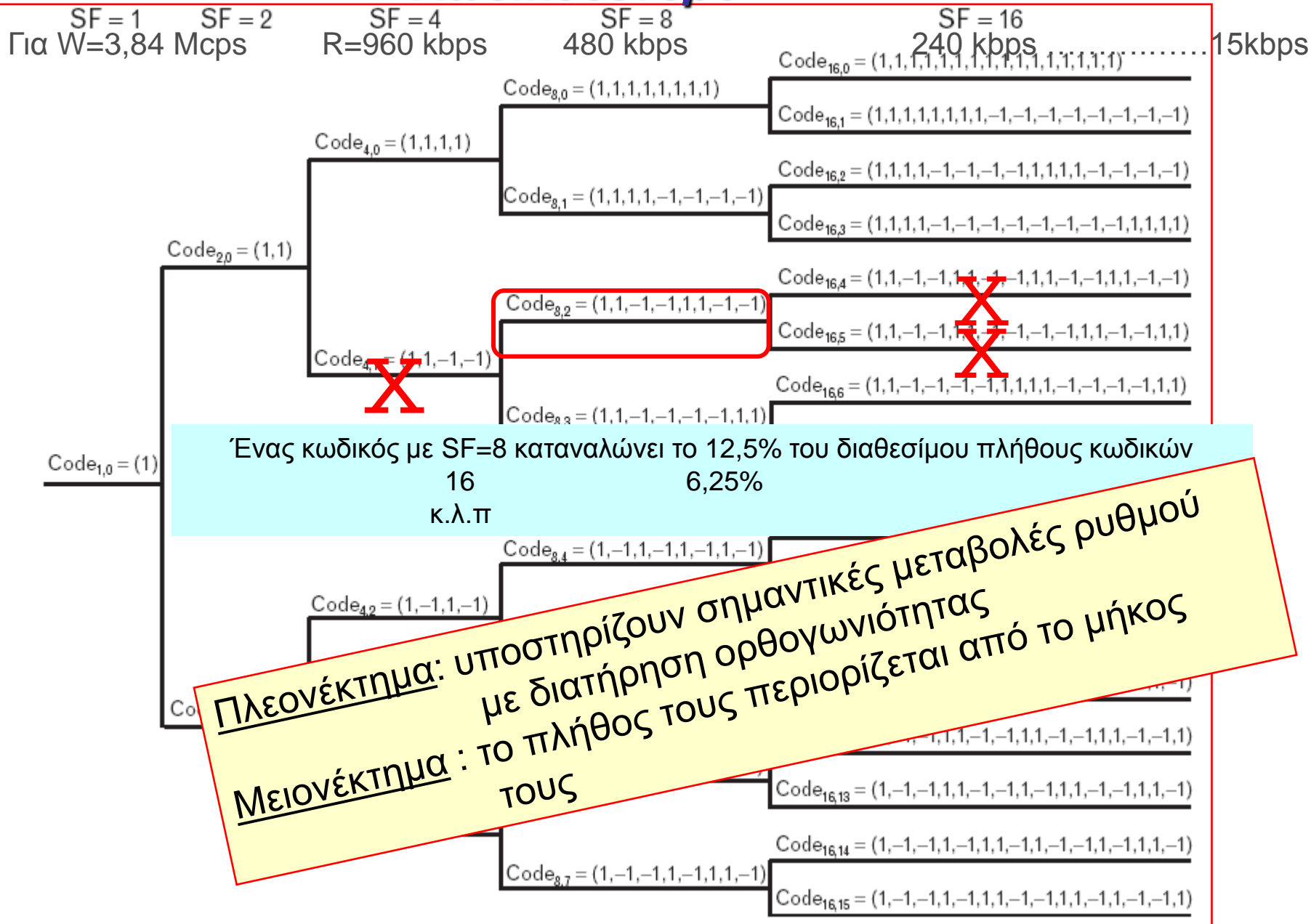
Αν απαιτείται  $(E_b/N_0)_{target}=5$  dB θα έχουμε :

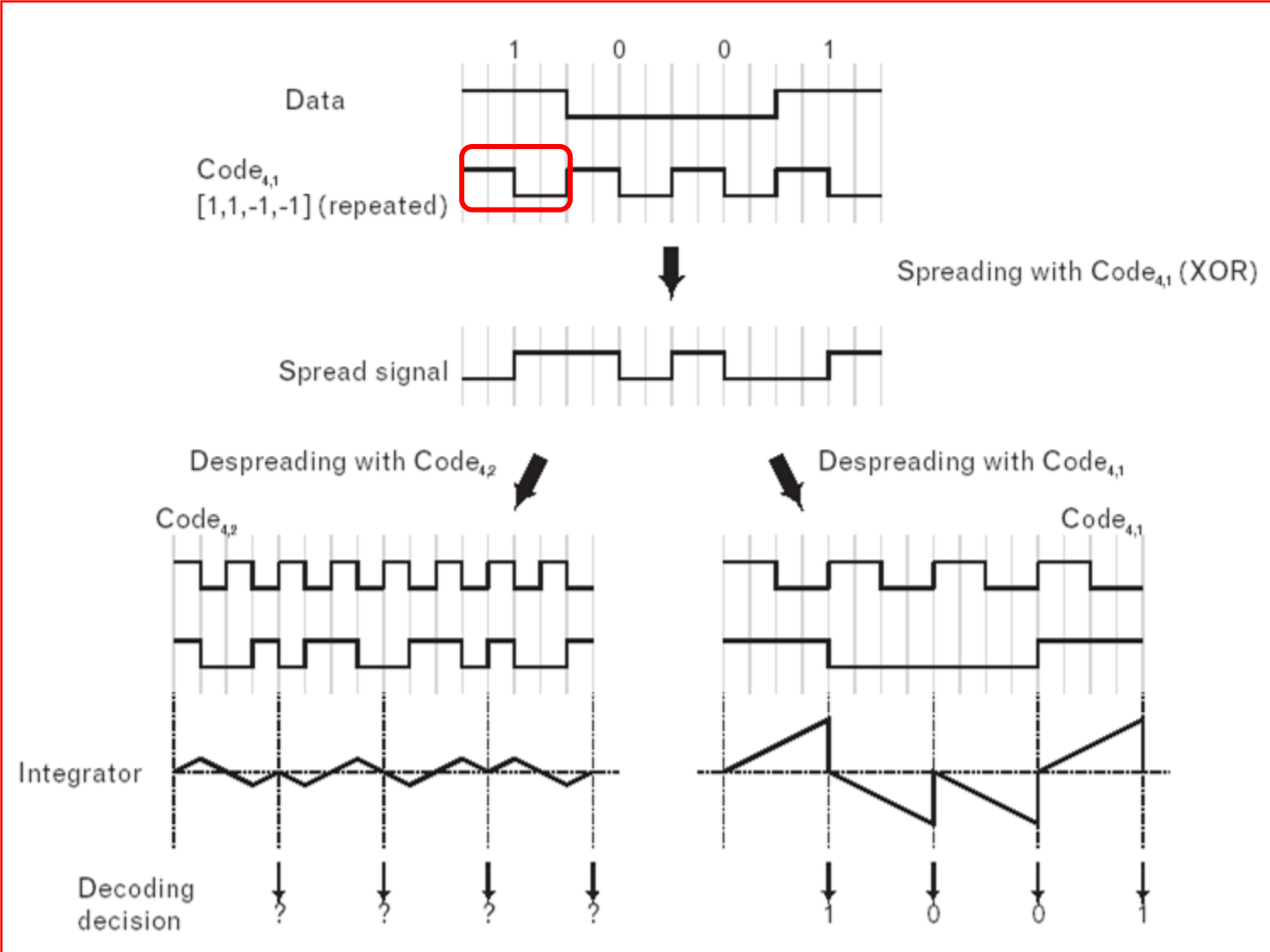
Για  $R=12,2$  kbps (φωνή)  $G_p=25$  dB ( $SF=314,75$ ) τότε  $C/I=-20$  dB

για  $R = 960$  kbps  $G_p=6$  dB ( $SF=4$ )  $C/I=-1$  dB

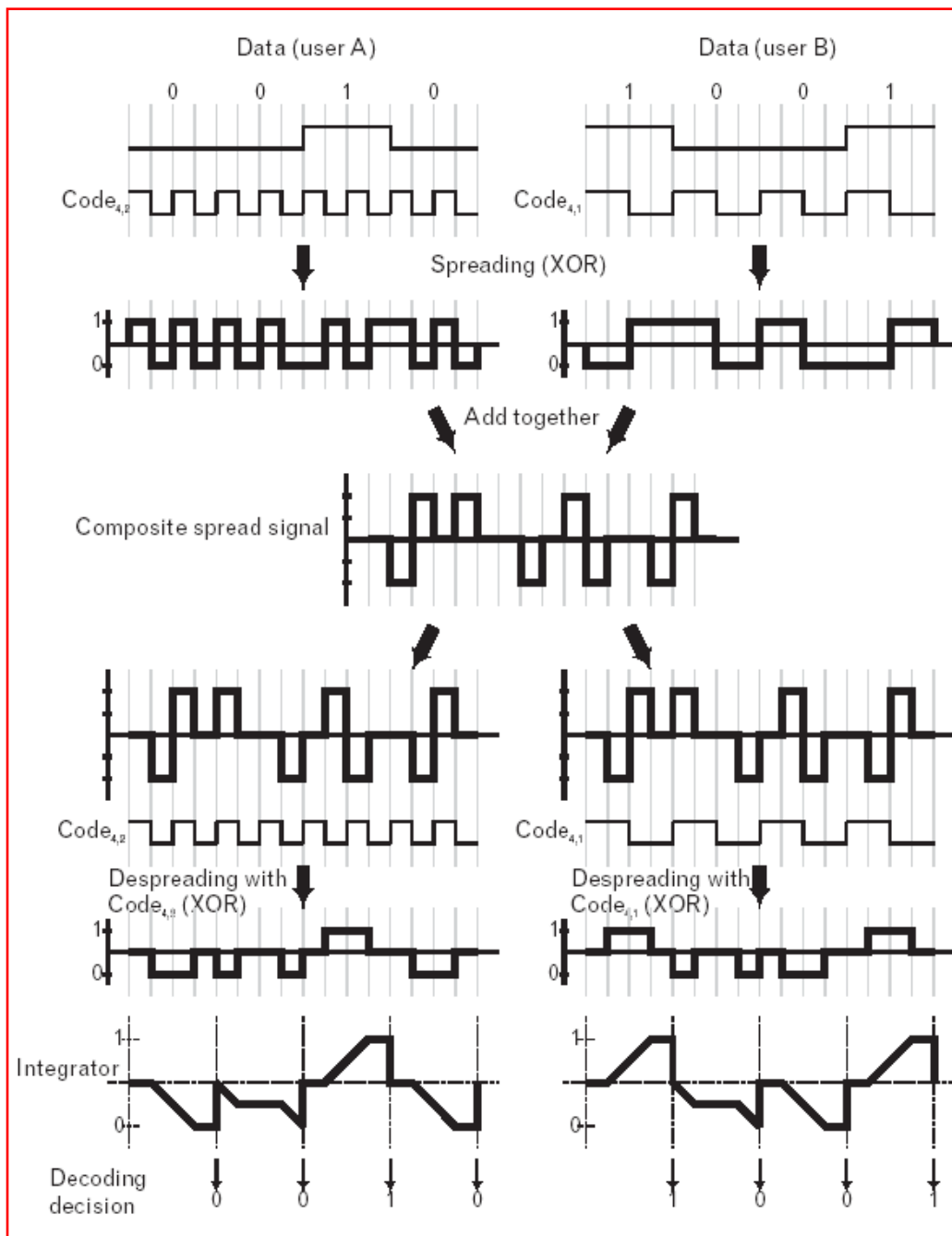
Για δοσμένο  $W$  το  $G$  είναι μεγαλύτερο για υπηρεσίες μικρού  $R$  και συνεπώς αυτές αντέχουν σε ισχυρότερη στάθμη παρεμβολής.

# Κωδικοδένδρο









# Είδη Κωδικών

Οι χρησιμοποιούμενοι κωδικοί στο WCDMA είναι ψευδοτυχαίες ακολουθίες που κατασκευάζονται με συνδυασμό δύο άλλων κωδικών :

1. των κωδικών καναλοποίησης που είναι ορθογώνιες ακολουθίες μεταβλητού παράγοντα διάχυσης OVVSF-code
2. των κωδικών περίπλεξης (Scrambling) που είναι ειδικοί για κάθε κυψέλη

## Κώδικες καναλοποίησης ή βραχείς κώδικες (Channelisation Codes)

- Το μήκος τους εξαρτάται από τον παράγοντα SF
- Διακρίνουν τα διαφορετικά κανάλια μιας πηγής εκπομπής
- Ίδιοι για όλες τις κυψέλες/κινητά  $\Rightarrow$  χρειάζονται πρόσθετοι κώδικες (scrambling codes)

## Κώδικες Scrambling

- μεγάλου μήκους (π.χ. 38400 chips για διάρκεια ενός πλαισίου 10 msec) και διατίθενται σε μεγάλο πλήθος
  - Στο Uplink: διαχωρίζουν τα διάφορα κινητά (πηγές)
  - Στο Downlink: διαχωρίζουν διάφορες κυψέλες/τομείς(πηγές)
- μικρού μήκους (π.χ. 256 chips για διάρκεια ενός συμβόλου). Προσφέρονται για ταχεία συσχέτιση δύο κωδικών π.χ. για ανάκτηση κώδικα (code acquisition) και συγχρονισμό.

Ο τελικός κώδικας είναι συνδυασμός των δύο κωδικών

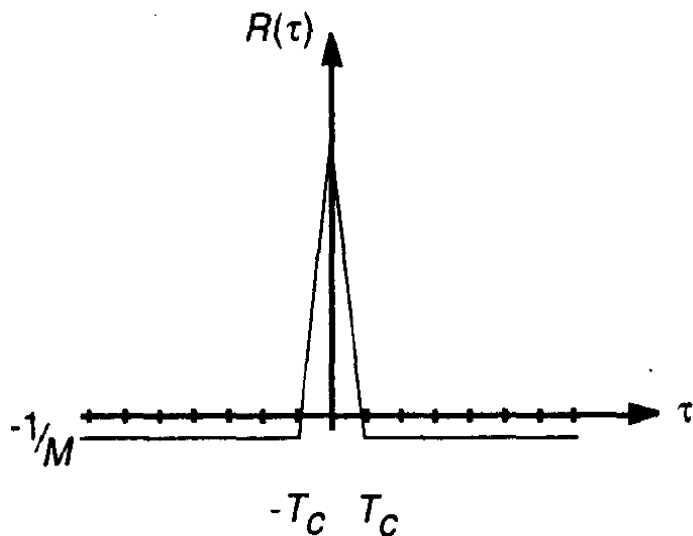


Figure 2.3 Autocorrelation of PN sequence.

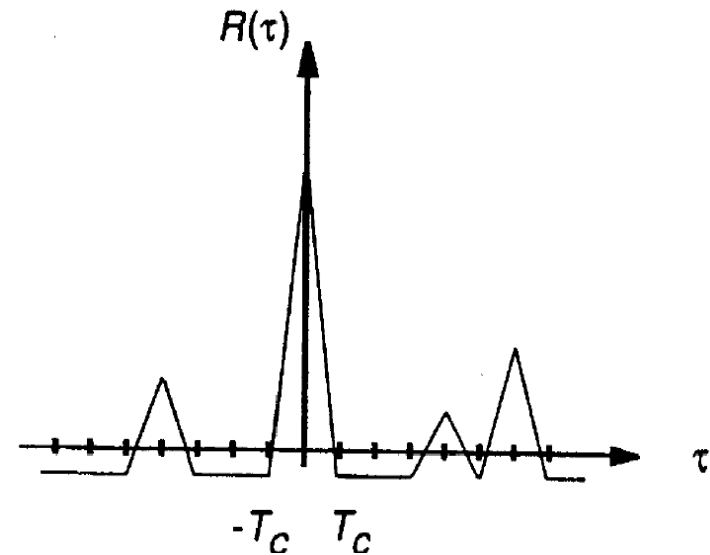


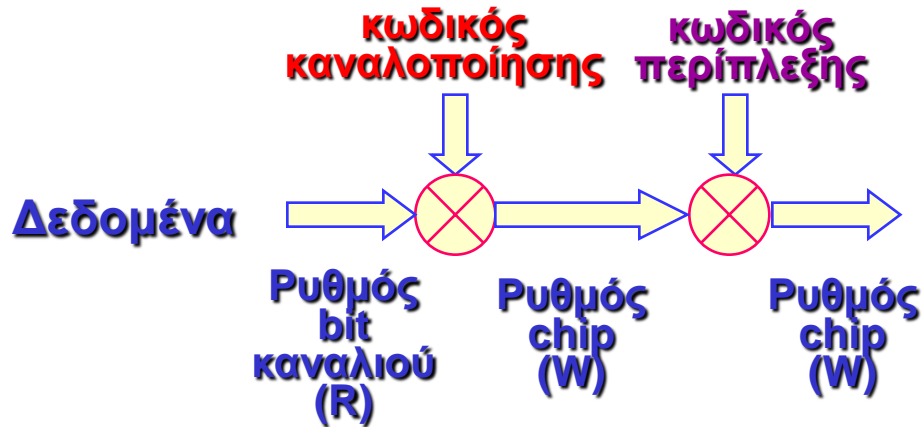
Figure 2.4 Cross-correlation of a PN sequence.

Αυτοσυσχέτιση: μετρά την συσχέτιση μεταξύ του σήματος και ενός χρονικά καθυστερημένου αντίγραφου του. Αυτή η ιδιότητα (μεγάλη αυτοσυσχέτιση) είναι σημαντική στην διαδικασία του αρχικού συγχρονισμού καθώς και στην διάκριση των πολυδιαδρομικών συνιστωσών του σήματος.

Διασυσχέτιση: μετρά την συσχέτιση μεταξύ ενός σήματος και κάποιων άλλων. Αυτή η ιδιότητα (μικρή διασυσχέτιση) είναι σημαντική γιατί δείχνει το επίπεδο των παρεμβολών που προκαλούνται σε άλλους χρήστες

Είναι δύσκολο να επιτευχθεί ταυτόχρονα μεγάλη αυτοσυσχέτιση και μικρή διασυσχέτιση.

# Κωδικός διάχυσης

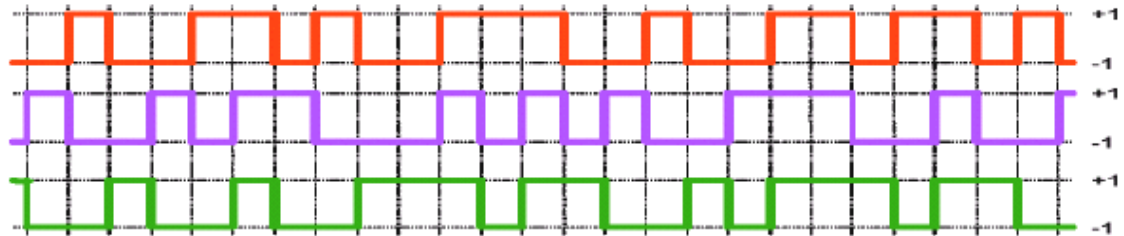


Κωδικός διάχυσης = κωδικός καναλοποίησης  $\times$  κωδικός περίπλεξης

Κωδικός καναλοποίησης

Κωδικός περίπλεξης

Κωδικός διάχυσης



Παράγων διάχυσης SF (#chips/bit) = ρυθμός chips  $W \div$  ρυθμός bit καναλιού  $R$

Κέρδος επεξεργασίας (Processing Gain) =  $10 \log SF$

# Παράδειγμα Τεχνικής Διάχυτου Φάσματος

## Spread spectrum, example, BSK

