



ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (Θ)

Ενότητα 8: ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Ευσταθίου Δημήτριος

Διδάκτορας Κινητών τηλεπικοινωνιών

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΤΕ





Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





Ενότητα 8

ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

**ΕΥΣΤΑΘΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΔΙΔΑΚΤΟΡΑΣ ΚΙΝΗΤΩΝ
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**



Περιεχόμενα ενότητας

1. Λειτουργικά στάδια Φυσικού Επιπέδου
2. Κωδικοποίηση καναλιού
3. Κωδικοποίηση Καναλιού – Τυχαιοποίηση
4. Εμπροσθοβαρής διόρθωση σφάλματος
5. Κωδικοποιητής Reed-Solomon
6. Κωδικοποιητής shortening – puncturing
7. Συνελκτικός Κωδικοποιητής
8. Reed-Solomon και Συνελκτικός Κώδικας
9. Διάπλεξη - interleaving
10. Αντιστοίχιση Συμβόλων – Διαμόρφωση
11. Διαμόρφωση OFDM συμβόλου



Σκοποί ενότητας



Ευρυζωνικά Δίκτυα

Ενότητα 8^η



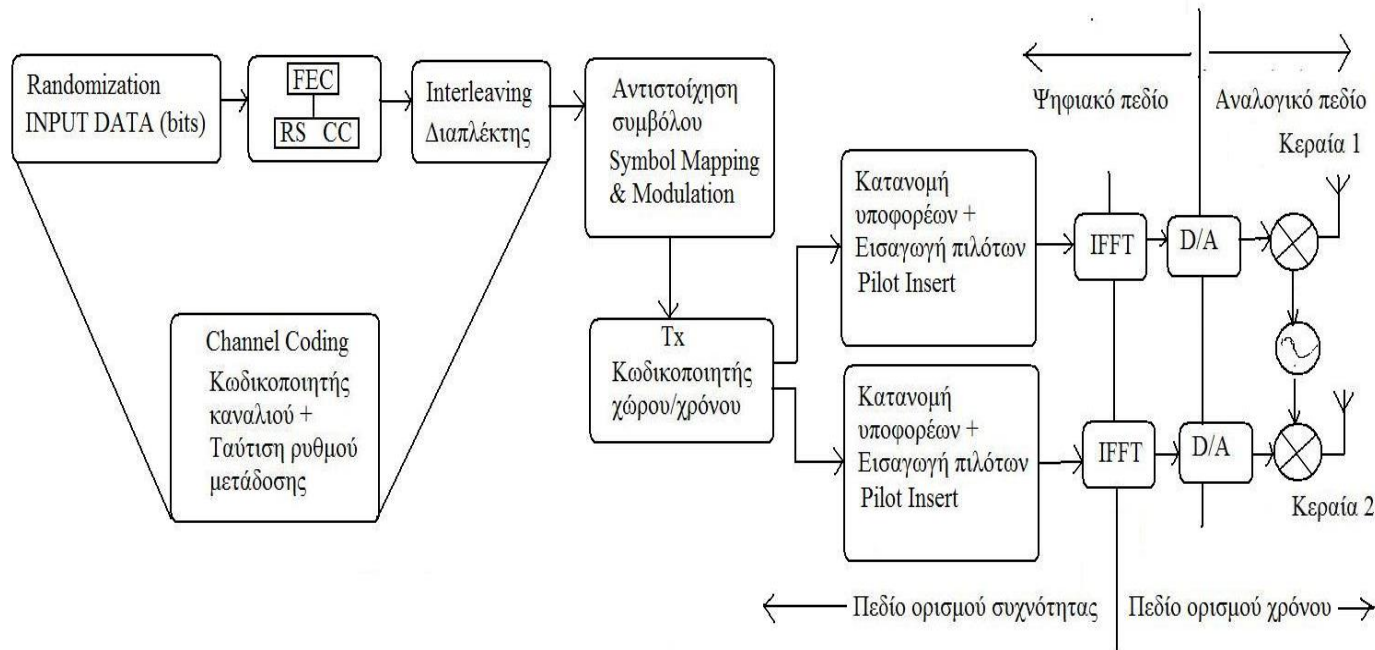
IEEE 802.16 (WiMAX)

ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ – ΔΙΑΠΛΕΞΗ - ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ



Λειτουργικά στάδια Φυσικού Επιπέδου

- Λειτουργικά στάδια που χρησιμοποιούνται στο φυσικό επίπεδο **IEEE 802.16-2004** για την μετάδοση ενός OFDM μπλοκ.

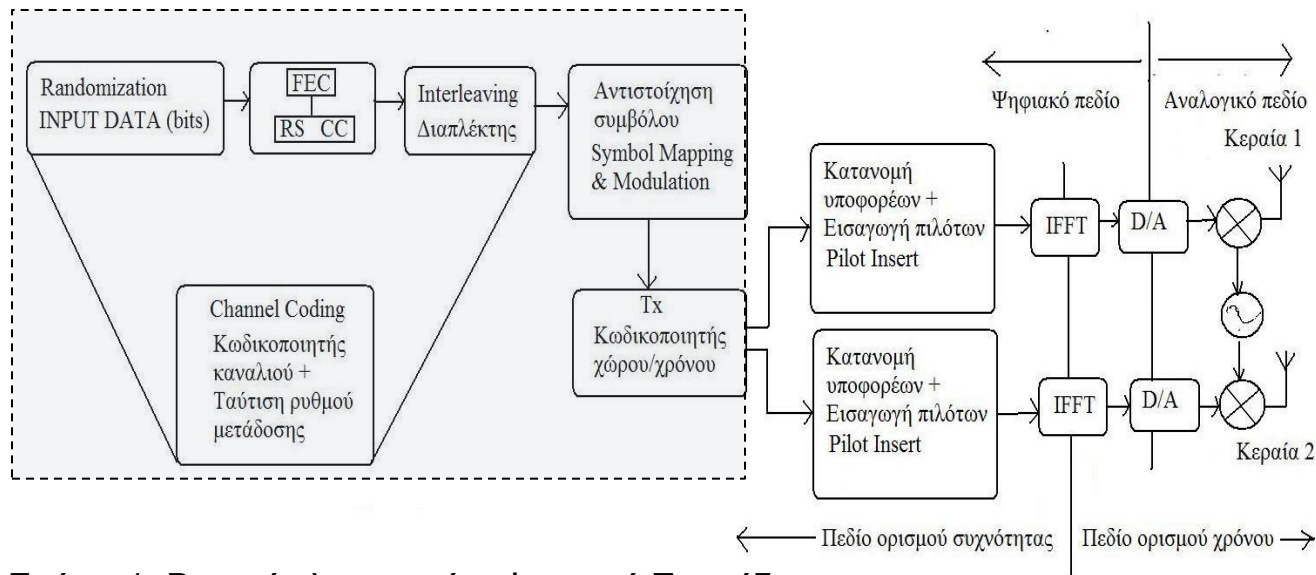


Σχήμα 1



Λειτουργικά στάδια Φυσικού Επιπέδου

- Βασικά λειτουργικά στάδια Φυσικού Επιπέδου
 - Κωδικοποίηση καναλιού και ταύτιση ρυθμού μετάδοσης
 - Αντιστοίχιση συμβόλου - Διαμόρφωση

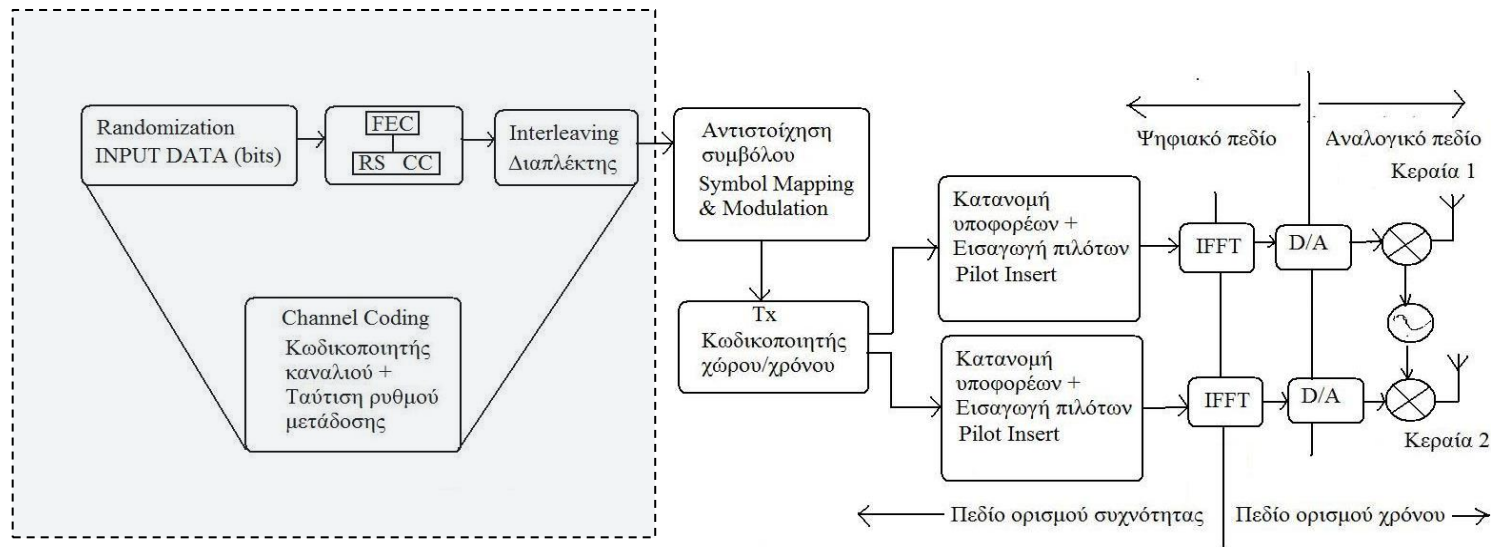


Σχήμα 1. Βασικές λειτουργίες Φυσικού Επιπέδου



Κωδικοποίηση καναλιού

- Η κωδικοποίηση καναλιού περιλαμβάνει τρία στάδια:
 - Την τυχαίωση (randomization)
 - Την εμπροσθοβαρή διόρθωση σφάλματος, FEC (Forward Error Coding)
 - Την διάπλεξη (interleaving)

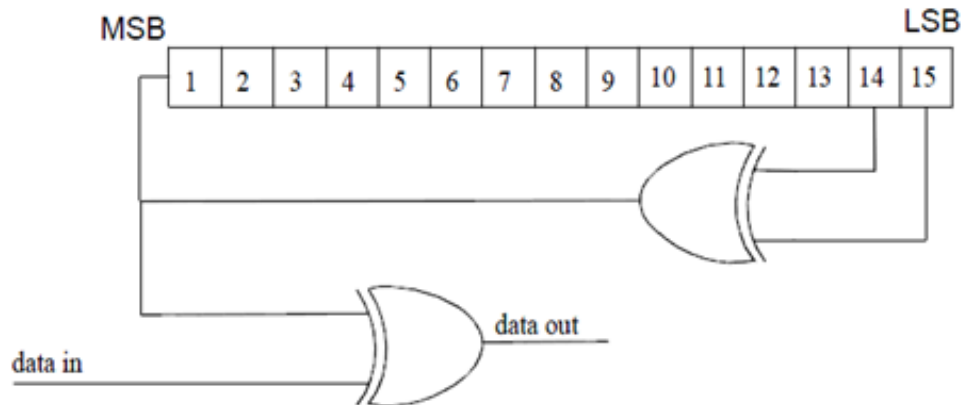


Σχήμα 1. Βασικές λειτουργίες Φυσικού Επιπέδου



Κωδικοποίηση Καναλιού - Τυχαιοποίηση

- Η ακολουθία της γεννήτριας ψευδοτυχαίων bits (PRBS) είναι η $1+x^{14}+x^{15}$. Κάθε byte δεδομένων προς εκπομπή πρέπει να εισέρχεται διαδοχικά στον τυχαιοποιητή, με το MSB πρώτο.
- Η τιμή του seed (αρχική τιμή γεννήτριας) χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των bits τυχειότητας. Η ακολουθία του τυχαιοποιητή εφαρμόζεται μόνο στα bits πληροφορίας.

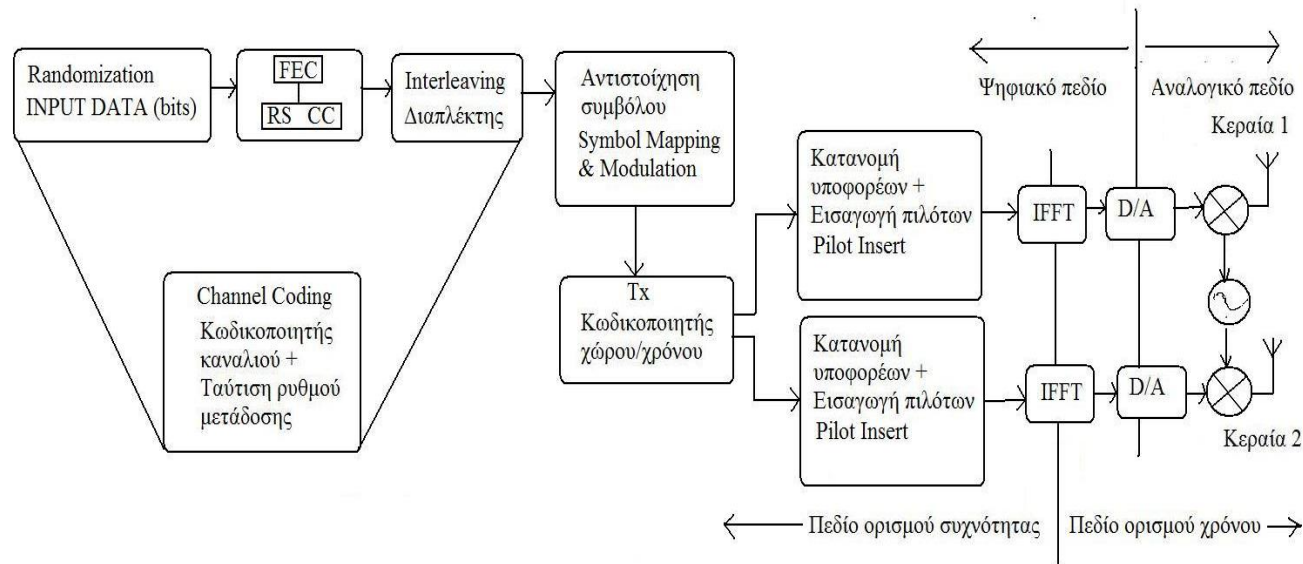


Σχήμα 2 PRBS γεννήτρια τυχαίων αριθμών



Κωδικοποίηση Καναλιού- Τυχαιοποίηση

- Τα bits που παράγονται από τον τυχαιοποιητή εφαρμόζονται στον κωδικοποιητή (encoder).
- Αν τα δεδομένα προς εκπομπή δεν καλύπτουν τις θέσεις των των δεδομένων που έχουν δεσμευτεί, τότε γίνεται η διαδικασία του one padding ('γεμίσματος με άσσους') στο τέλος του μπλοκ εκπομπής.



Σχήμα 1. Βασικές λειτουργίες Φυσικού Επιπέδου



Εμπροσθοβαρής διόρθωση σφάλματος

- FEC κωδικοποίηση (forward error correction):
 - Εξωτερικός κώδικας Reed-Solomon
 - Εσωτερικού συνελικτικού κώδικα συμβατού ρυθμού.
 - Προαιρετική χρήση Turbo συνελικτικού κώδικα.

- Υποστηρίζεται στο **uplink** και στο **downlink**.

- Ο ρυθμός κωδικοποίησης Συνελικτικού κώδικα - Reed Solomon κώδικα είναι $1/2$



Κωδικοποιητής Reed-Solomon

- Η κωδικοποίηση Reed-Solomon παράγεται από ένα συστηματικό RS κώδικα ($N=255$, $K=239$, $T=8$) χρησιμοποιώντας το πεδίο Γκαλουά με 2^8 στοιχεία $GF(2^8)$, όπου:
 - N =αριθμός των συνολικών bytes μετά την κωδικοποίηση.
 - K =αριθμός των bytes δεδομένων πριν την κωδικοποίηση.
 - T =αριθμός των bytes δεδομένων τα οποία μπορεί να διορθωθούν.



Κωδικοποιητής shortening - puncturing

- Ο κώδικας γίνεται πιο ευέλικτος με την χρήση:
 - της διαδικασίας του shortening
 - της διαδικασίας του puncturing (περικοπή).

- **Shortening:** Όταν ένα μπλοκ μειωθεί σε K bytes δεδομένων τοποθετούνται $239-K$ μηδενικά bytes σαν πρόθεμα, έτσι ώστε στην είσοδο του RS να έχουμε πάντα 239 bytes δεδομένων, τα οποία όμως μετά την κωδικοποίηση τα αγνοούμε.



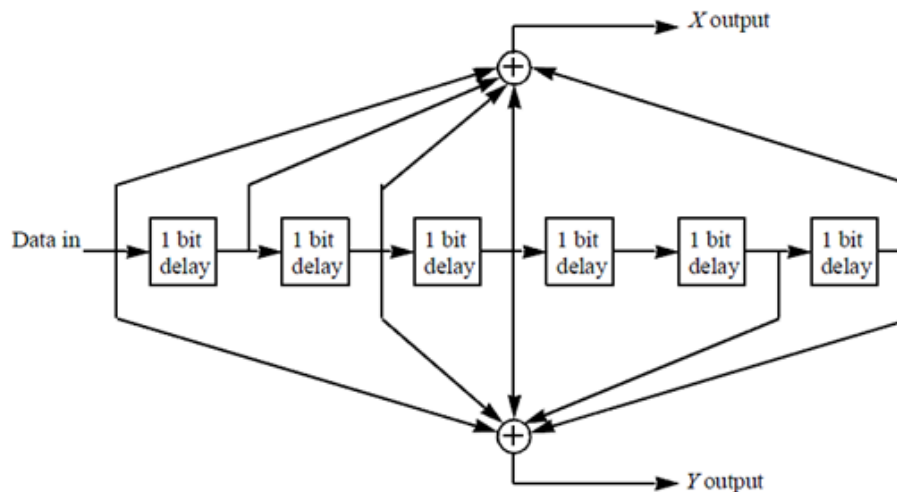
Κωδικοποιητής shortening - puncturing

- Περικοπή (puncturing) είναι η διαδικασία της συστηματικής διαγραφής των bits από την έξοδο ενός κωδικοποιητή χαμηλού ρυθμού για να μειωθεί το ποσοστό των δεδομένων που προρίζεται για μετάδοση, δημιουργώντας έτσι έναν κώδικα υψηλού ρυθμού.
- Όταν μία λέξη γίνεται punctured, ώστε να επιτρέψει T bytes να διορθωθούν, μόνο τα $2T$ bytes από τα συνολικά 16 bytes πλεονασμού (parity bytes) χρησιμοποιούνται.
- Τα parity αυτά bytes υπολογίζονται από τον Reed-Solomon ($N=255, K=239, T=8$) κώδικα ως $2T=N-K$.



Συνελικτικός Κωδικοποιητής

- Δυαδικός συνελικτικός κωδικοποιητής με ρυθμό $1/2$, μήκος περιορισμού ίσο με το 7.
- Ο συνελικτικός κωδικοποιητής δέχεται μηνύματα μεγέθους k_0 bits και παράγει κωδικολέξεις μεγέθους n_0 bits ($k_0 = 1$ bit και $n_0 = 2$ bits)

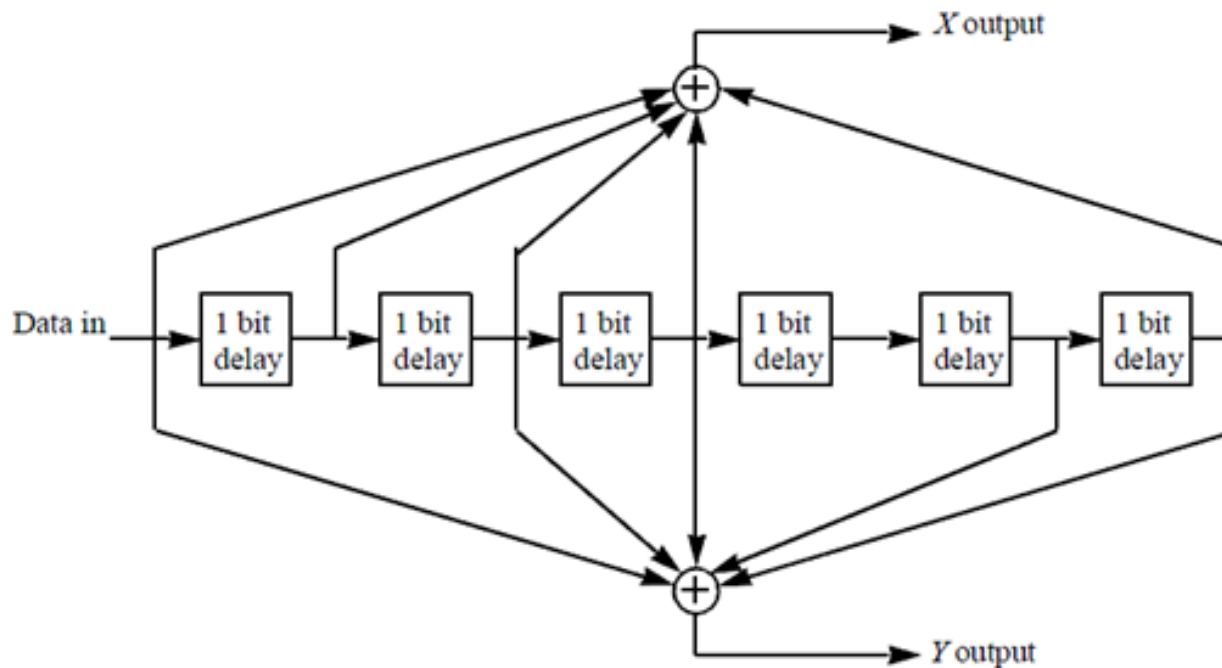


Σχήμα 3: RS και συνελικτικός δυαδικός κωδικοποιητής ρυθμού $1/2$



Συνελικτικός Κωδικοποιητής

- Δημιουργείται από έναν καταχωρητή μετατόπισης L τμημάτων, όπου L συμβολίζεται το **μήκος περιορισμού** (constraint length).



Σχήμα 3: RS και συνελικτικός δυαδικός κωδικοποιητής ρυθμού 1/2



Reed-Solomon και Συνελικτικός Κώδικας

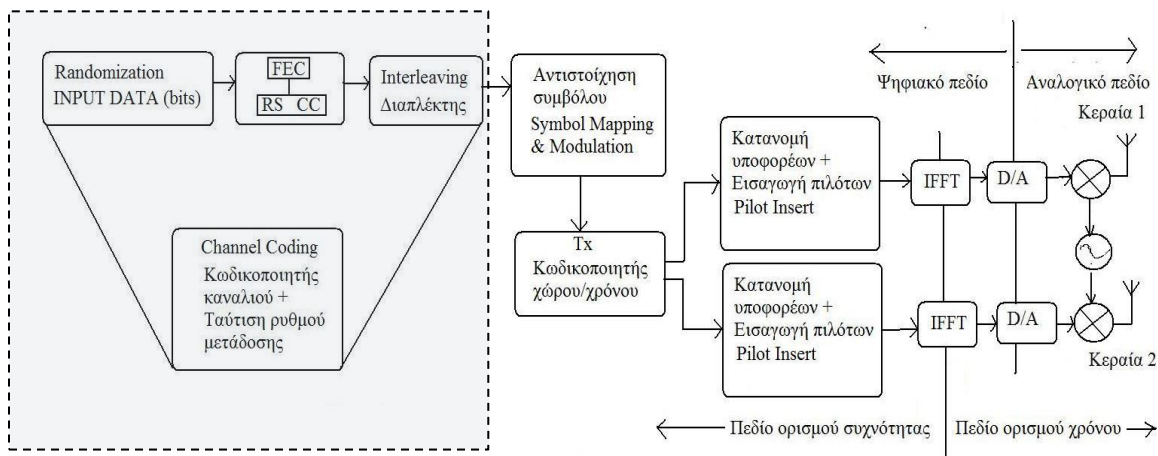
- Οι διαφορετικοί ρυθμοί κωδικοποίησης που μπορούμε να επιτύχουμε παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Modulation	Uncoded block size (bytes)	Coded block size (bytes)	Overall coding rate	RS code	CC code rate
BPSK	12	24	1/2	(12,12,0)	1/2
QPSK	24	48	1/2	(32,24,4)	2/3
QPSK	36	48	3/4	(40,36,2)	5/6
16-QAM	48	96	1/2	(64,48,8)	2/3
16-QAM	72	96	3/4	(80,72,4)	5/6
64-QAM	96	144	2/3	(108,96,6)	3/4
64-QAM	108	144	3/4	(120,108,6)	5/6



Διάπλεξη - interleaving

- Τα κωδικοποιημένα bits διαπλέκονται με μία διαδικασία δύο βημάτων.
- Στο πρώτο βήμα τα γειτονικά κωδικοποιημένα bits αντιστοιχίζονται σε μη γειτονικούς υποφορείς, παρέχοντας ποικιλότητα συχνότητας και βελτιώνοντας την απόδοση του αποκωδικοποιητή.
- Στο δεύτερο βήμα τα γειτονικά bits αντιστοιχίζονται εναλλάξ σε λιγότερο και περισσότερο σημαντικά bits του σχηματισμού διαμόρφωσης.

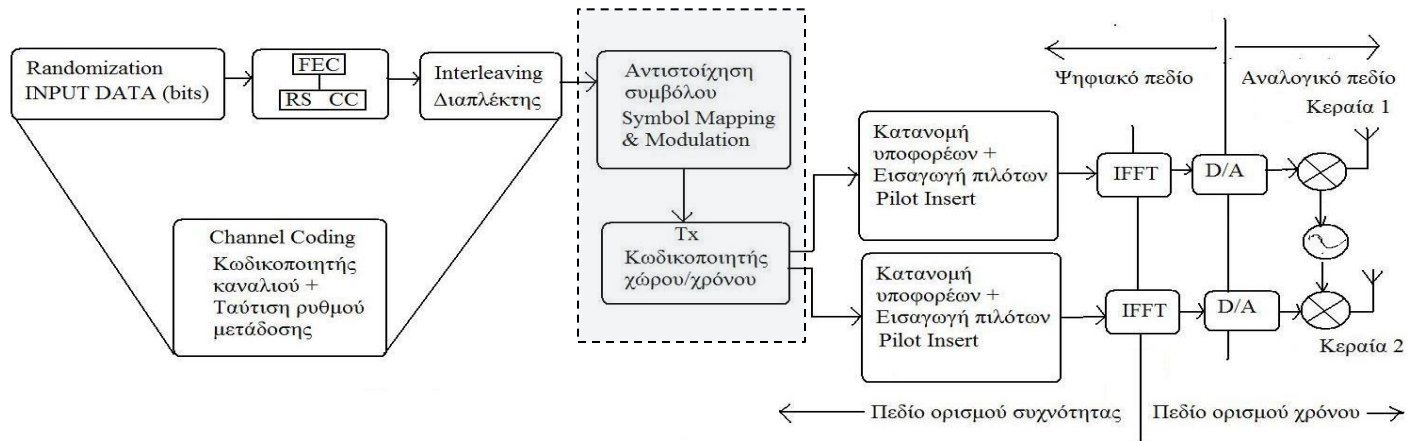


Σχήμα 1. Βασικές λειτουργίες Φυσικού Επιπέδου



Αντιστοίχιση Συμβόλων - Διαμόρφωση

- Διαμόρφωση του συμβόλου (modulation) είναι και η προσθήκη των συμβόλων σε αντίστοιχο διάγραμμα αστερισμού της διαμόρφωσης που θα χρησιμοποιηθεί για την μετέπειτα μετάδοσης τους.



Σχήμα 1. Βασικές λειτουργίες Φυσικού Επιπέδου



Αντιστοίχιση Συμβόλων - Διαμόρφωση

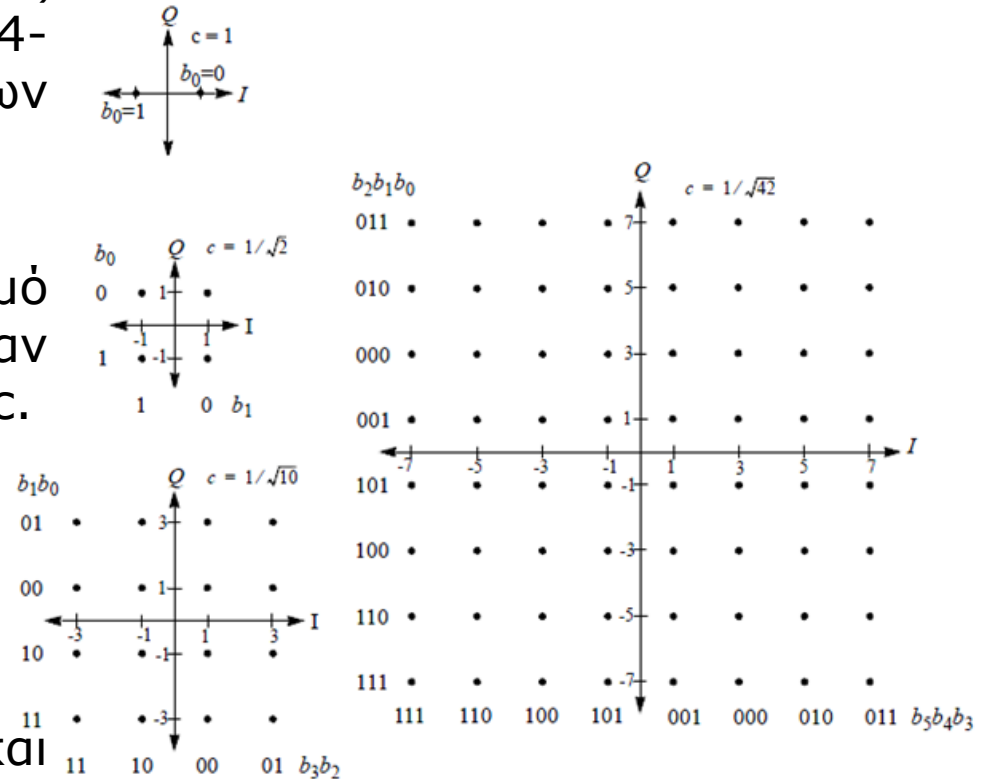
□ Υποστηρίζονται οι διαμορφώσεις BPSK, QPSK, 16-QAM και 64-QAM οι αστερισμοί των οποίων φαίνονται στο σχήμα.

□ Κάθε σημείο στον αστερισμό πολλαπλασιάζεται με έναν παράγοντα κανονικοποίησης c .

□ Η τιμή του c είναι

$$1, \sqrt{1/2}, \sqrt{1/10}, \sqrt{1/42},$$

για την BPSK, QPSK, 16-QAM και 64-QAM αντίστοιχα.



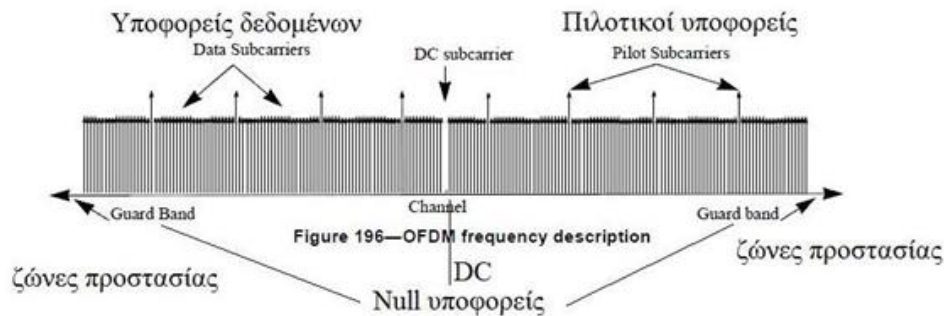
Σχήμα 4: Διαγράμματα αστερισμών BPSK, QPSK, 16-QAM και 64-QAM



Διαμόρφωση OFDM συμβόλου

- Τα BPSK, QPSK, 16-QAM και 64-QAM σύμβολα διαμορφωθούν πάνω στους 192 εκχωρημένους υποφορείς.

- Τα πιλοτικά σύμβολα τοποθετούνται σε 8 συγκεκριμένους υποφορείς μέσα σε όλα τα OFDM σύμβολα. Τα πιλοτικά σήματα χρησιμοποιούνται για:
 - Την αντιστάθμιση της μετατόπισης συχνότητας στον δέκτη
 - Την εκτίμηση καναλιού σε γρήγορα χρονικά μεταβαλλόμενα κανάλια
- Οι υπόλοιποι 56 υπο-φορείς χρησιμοποιούνται ως υποφορείς φύλαξης ζώνης.



Σχήμα 5: Διαμόρφωση OFDM συμβόλου



Τέλος Ενότητας

