



ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (Θ)

Ενότητα 11: 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 11

ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

**ΕΥΣΤΑΘΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΔΙΔΑΚΤΟΡΑΣ ΚΙΝΗΤΩΝ
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**



Περιεχόμενα ενότητας

1. LTE - Φυσικό επίπεδο
2. LTE - Φυσικό επίπεδο - Downlink



Σκοποί ενότητας



Ευρυζωνικά Δίκτυα

Ενότητα 11^η



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κεντρικής Μακεδονίας

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής ΤΕ

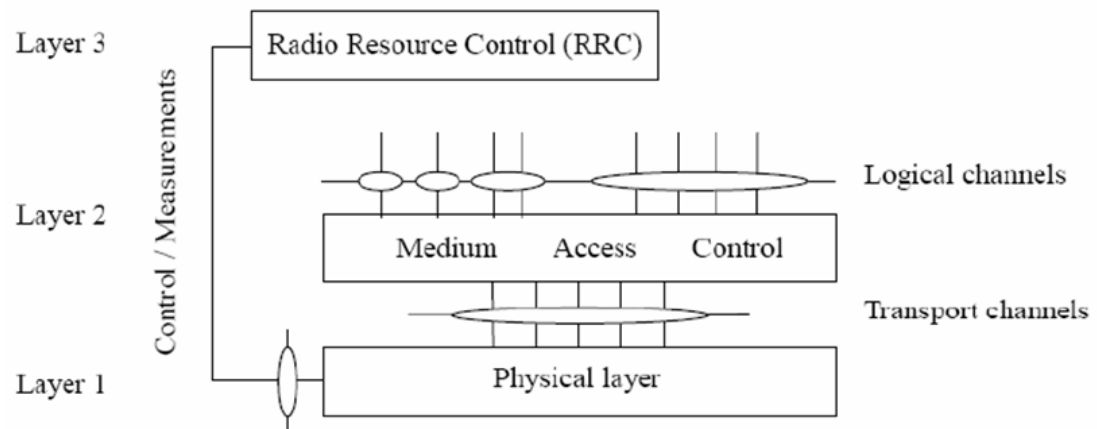
Long Term Evolution (LTE)

Φυσικό Επίπεδο



LTE - Φυσικό επίπεδο

- Ραδιο-επαφή (radio interface) φυσικού επιπέδου LTE: διεπαφή (interface) μεταξύ του σταθμού βάσης (**Base Station, eNodeB**) και του εξοπλισμού του χρήστη (**User Equipment, UE**).
- Περιγραφή ραδιο-επαφής στη σειρά 3GPP TS 36.200 των προδιαγραφών.



Σχήμα 1 Τα τρία πρώτα επίπεδα του LTE



LTE - Φυσικό επίπεδο - Downlink

- Αριθμός υποφορέων (subcarriers): 128, 256, 512, 1024, 1536 ή 2048.
- Ο αριθμός των υποφορέων (subcarriers) εξαρτάται από το διατιθέμενο εύρος ζώνης (από 1.25MHz μέχρι 20MHz)
- Κανάλια φύλαξης (guard bands) καταλαμβάνουν τμήμα του διατιθέμενου εύρους ζώνης.



LTE - Φυσικό επίπεδο - Downlink

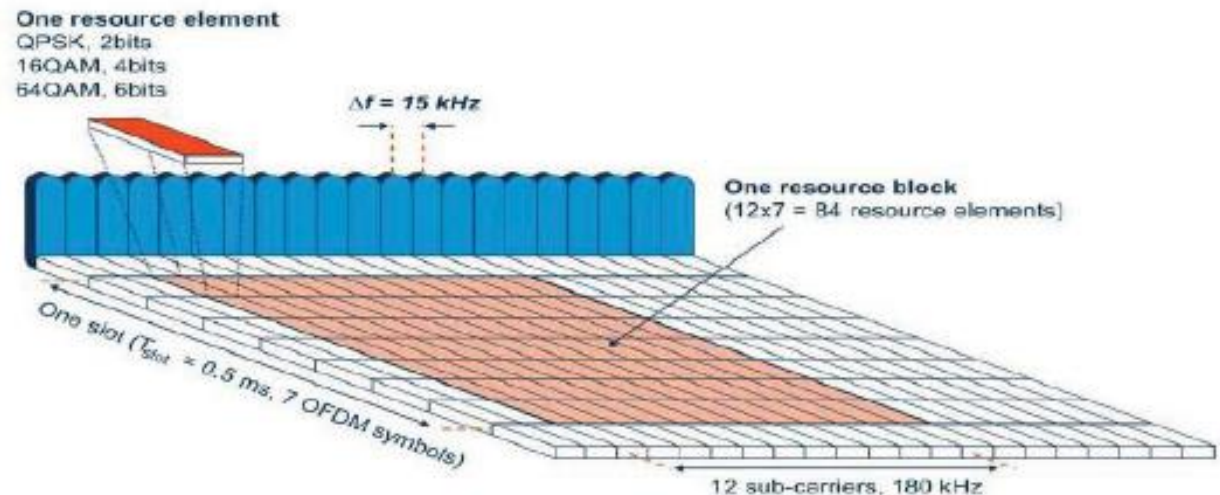
Βασική μονάδα: Φασματική περιοχή (resource blocks)

- Δυνατότητα προσαρμογής σε διαφορετικές κατανομές φάσματος.
- Μπορεί να συνδεθεί με δύο τρόπους:
 - 12 υποφορείς (subcarriers) εύρους ζώνης των 15 kHz ανά υποφέρον (σύνολο 180 kHz) για κάθε μια χρονοθυρίδα (time slot) διάρκειας 0,5 ms.
 - 24 υποφορείς εύρους ζώνης των 7,5 kHz ανά υποφέρον, για κάθε μια χρονοθυρίδα (time slot) διάρκειας 0,5 ms.



LTE - Φυσικό επίπεδο - Downlink

- ❑ Πλέγμα χρόνου-συχνότητας
- ❑ Το διάστημα μεταξύ των υποφορέων $\Delta f = 15 \text{ kHz}$.
- ❑ Χρονική διάρκεια ενός συμβόλου είναι **$(1/\Delta f) + \text{Κυκλικό Πρόθεμα}$** .
- ❑ Οργάνωση συμβόλων σε φασματικές περιοχές. (resource blocks).

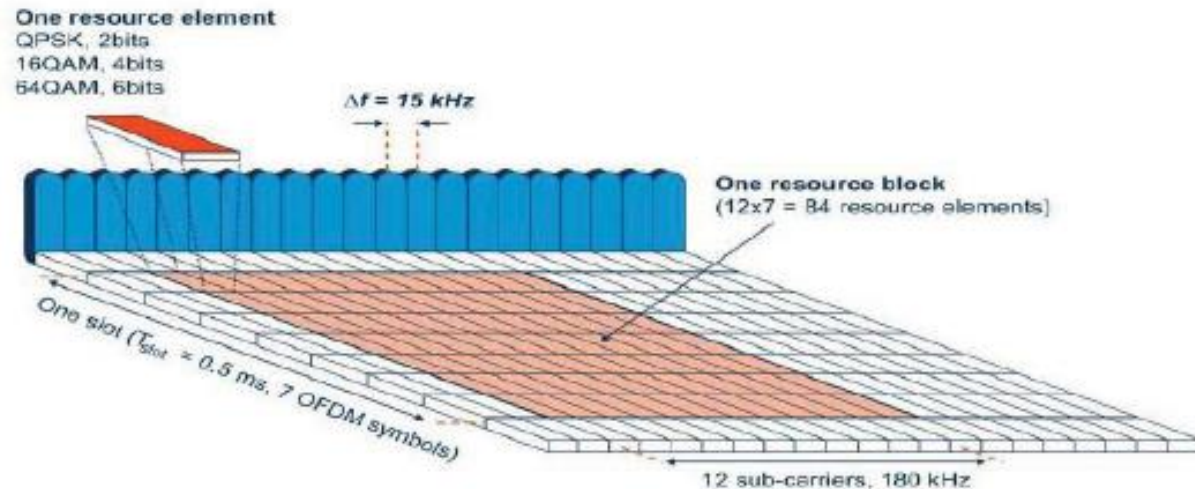


Σχήμα 2. Πλέγμα χρόνου-συχνότητας στο LTE



LTE - Φυσικό επίπεδο - Downlink

- Κάθε χρονικό διάστημα μετάδοσης (Transmission Time interval-TTI) του 1ms αποτελείται από δύο χρονοθυρίδες (Tslot) των 0.5 ms κάθε μια.

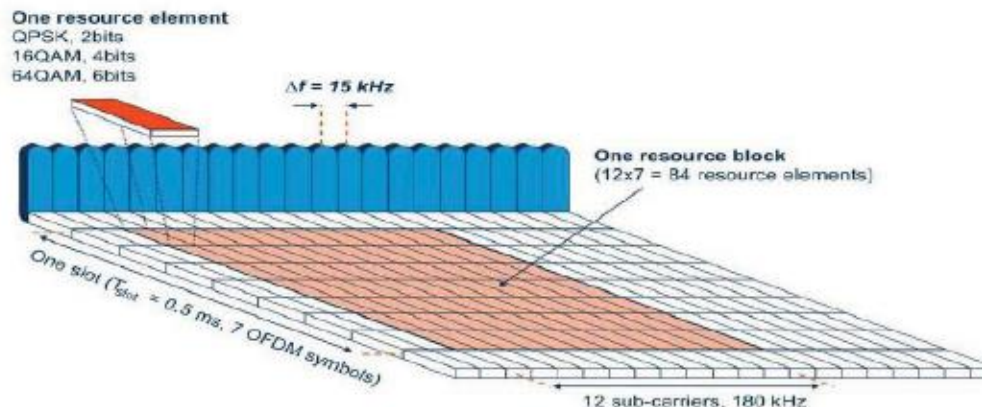


Σχήμα 2. Πλέγμα χρόνου-συχνότητας στο LTE



LTE - Φυσικό επίπεδο - Downlink

- ❑ Κάθε χρήστης καταλαμβάνει ένα σύνολο φασματικών περιοχών (resource blocks) στο πλέγμα χρόνου-συχνότητας.
- ❑ Ο ρυθμός μετάδοσης ενός χρήστη είναι ανάλογος:
 - ❑ των χρησιμοποιούμενων φασματικών περιοχών
 - ❑ της ψηφιακής διαμόρφωσης

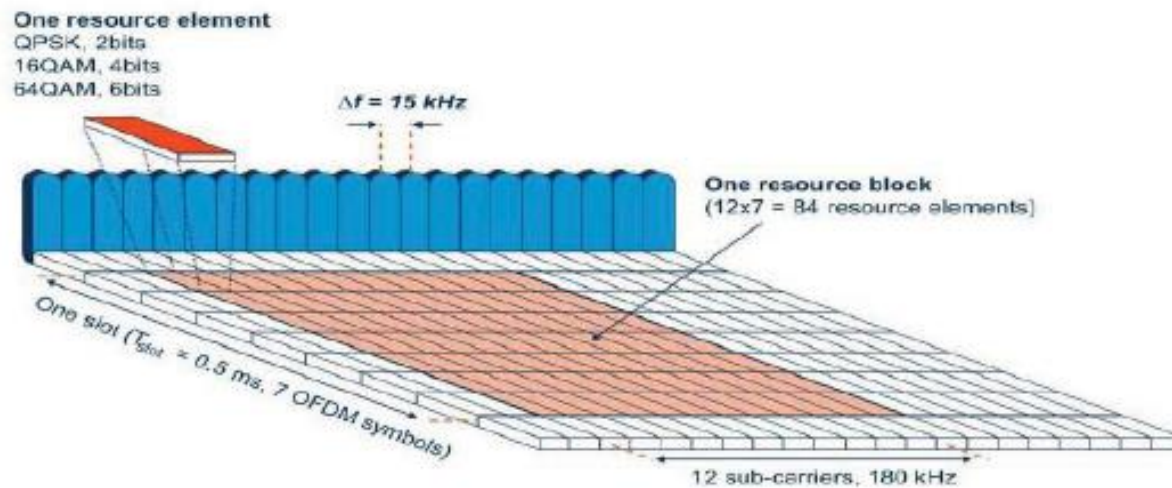


Σχήμα 2. Πλέγμα χρόνου-συχνότητας στο LTE



LTE - Φυσικό επίπεδο - Downlink

- Προηγμένοι προγραμματιστικοί μηχανισμοί καθορίζουν:
 - Τον αριθμό των φασματικών περιοχών που διατίθενται σε κάθε χρήστη
 - Ποιες φασματικές περιοχές διατίθενται σε κάθε χρήστη
 - Τη βέλτιστη απόδοση για διαφορετικές υπηρεσίες και σε διαφορετικά περιβάλλοντα μετάδοσης.



Σχήμα 2. Πλέγμα χρόνου-συχνότητας στο LTE



LTE - Φυσικό επίπεδο – Downlink

Δομές πλαισίων στο LTE

□ Υπάρχουν δύο τύποι δομών πλαισίου στο LTE:

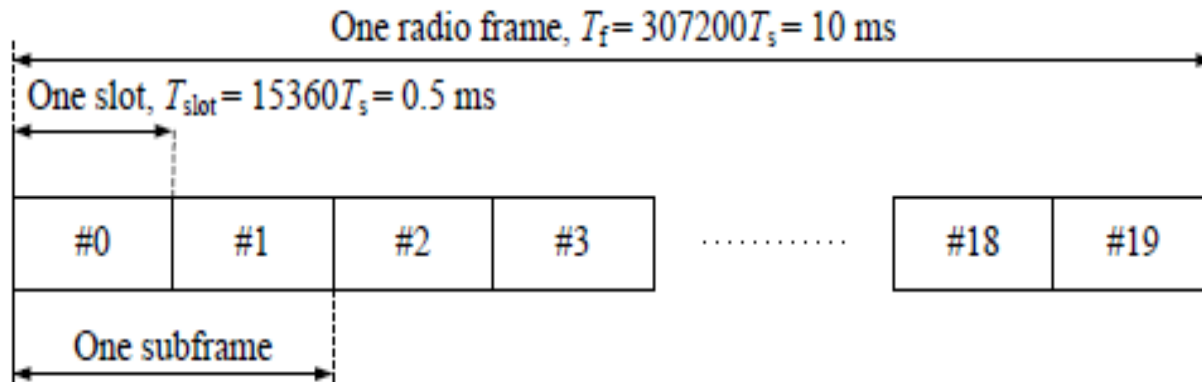
- *Τύπος 1:* χρησιμοποιείται για συστήματα που εφαρμόζουν LTE FDD αμφιδρόμηση.

- *Τύπος 2:* χρησιμοποιείται για συστήματα που εφαρμόζουν LTE TDD αμφιδρόμηση.



LTE - Φυσικό επίπεδο – Downlink

- Ο τύπος 1 πλαισίου (radio frame): **αμφίδρομη** και **ημιαμφίδρομη** λειτουργία, δηλαδή για FDD και έχει διάρκεια 10 ms.
- Αποτελείται από 20 θυρίδες με την κάθε μία να έχει διάρκεια 0,5 ms.
- Δύο συνεχόμενες χρονοθυρίδες διαμορφώνουν ένα **υποπλαίσιο** (sub frame) μήκους 1 ms.

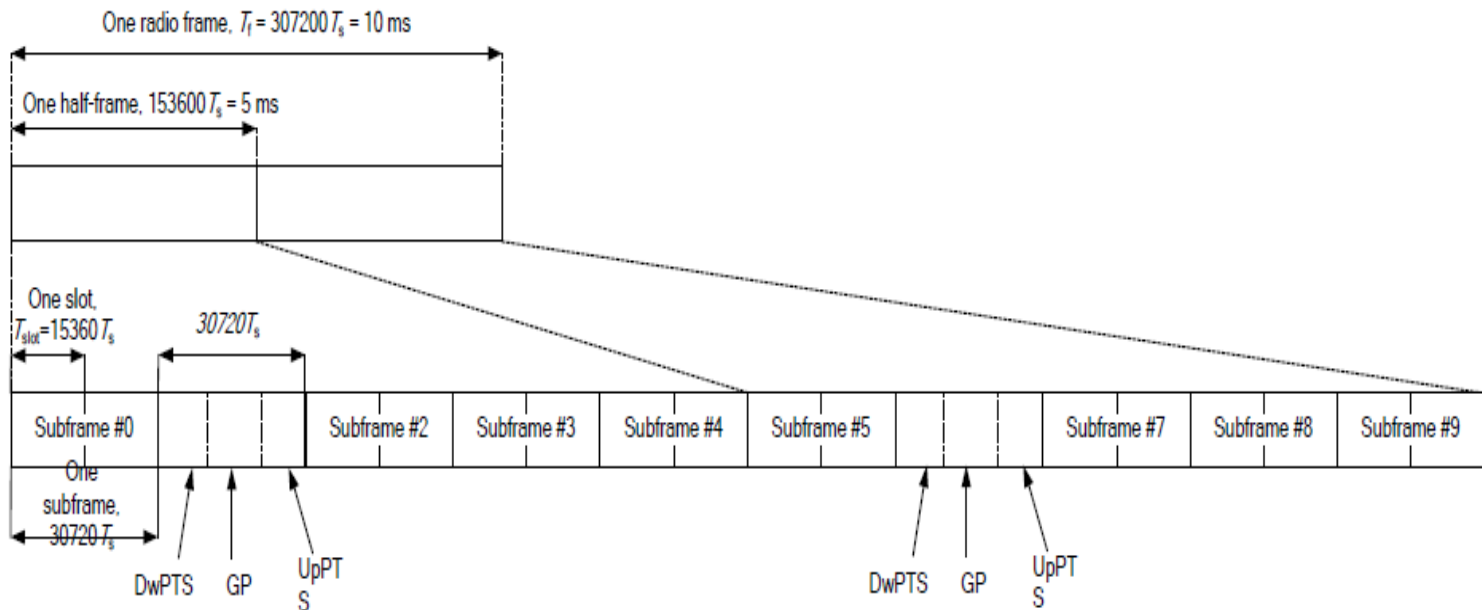


Σχήμα 3 : Ο τύπος 1 πλαισίου FDD



LTE - Φυσικό επίπεδο – Downlink

- Ο τύπος 2 πλαισίου χρησιμοποιείται για TDD και αποτελείται από 2 υποπλαίσια διάρκειας 5 ms το καθένα.
- Κάθε υποπλαίσιο των 5 ms διαιρείται σε υποπλαίσια του 1 ms το καθένα.

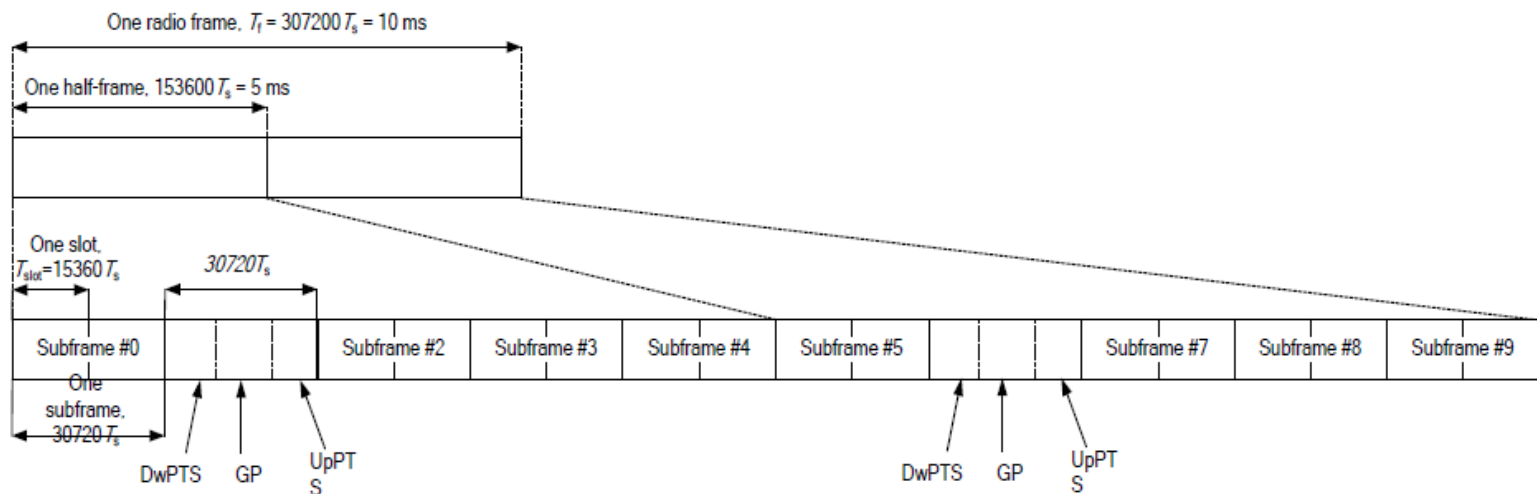


Σχήμα 4 : Ο τύπος 2 πλαισίου TDD



LTE - Φυσικό επίπεδο – Downlink

- Ένα υποπλαίσιο του 1 ms αποτελείται από δύο συνεχόμενες χρονοθυρίδες με διάρκεια 0.5 ms ανά χρονοθυρίδα.
- Υπάρχουν δύο ειδικά υποπλαίσια (1 και 6), τα οποία αποτελούνται από τρία πεδία DwPTS - Downlink Pilot Time Slot, GP - Guard Period, UpPTS - Uplink Pilot Time Slot.



Σχήμα 4 : Ο τύπος 2 πλαισίου TDD



LTE - Φυσικό επίπεδο – Downlink

Uplink-downlink configuration	Downlink-to-Uplink Switch-point periodicity	Subframe number									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5 ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5 ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10 ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10 ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10 ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

Πίνακας 1: Διαμορφώσεις Uplink- Downlink για τον τύπο 2 πλαισίου TDD



LTE - Φυσικό επίπεδο – Downlink

Τα Φυσικά Κανάλια του Downlink

- Το LTE air interface αποτελείται από:
 - Τα **φυσικά κανάλια** μεταφέρουν δεδομένα ελέγχου και προγραμματισμού.
 - Τα **φυσικά σήματα** χρησιμοποιούνται για το συγχρονισμό του συστήματος, την αναγνώριση κυψέλης και την εκτίμηση του καναλιού.



LTE - Φυσικό επίπεδο – Downlink

Τα Φυσικά Κανάλια του Downlink

- Physical Broadcast Channel (PBCH): Μετάδοση πληροφοριών από τον σταθμό eNodeB που πρέπει να λάβουν όλοι οι χρήστες της κυψέλης.
- Physical Control Format Indicator Channel (PCFICH): ενημέρωση των χρηστών μιας κυψέλης για τον αριθμό των OFDM συμβόλων που δεσμεύονται για τη μετάδοση πληροφοριών ελέγχου.
- Physical Hybrid ARQ Indicator Channel (PHICH): Μετάδοση θετικής ή αρνητικής απάντησης (ACK, NACK) από τον σταθμό βάσης eNodeB στη συσκευή μετά από υβριδικές ARQ αναμεταδόσεις.



LTE - Φυσικό επίπεδο – Downlink

Τα Φυσικά Κανάλια του Downlink

- Physical Downlink Control Channel (PDCCH): Μετάδοση σηματοδότησης από το σταθμό βάσης σε κάθε ενεργή συσκευή πληροφοριών σχετικών με αποφάσεις προγραμματισμού στο downlink μαζί με τα επιλεγμένα σχήματα διαμόρφωσης.
- Physical Downlink Share Channel (PDSCH): Κοινό κανάλι το οποίο μοιράζονται οι χρήστες σε μια κυψέλη για λήψη πληροφορίας στο downlink.



LTE - Φυσικό επίπεδο – Downlink

Τα Φυσικά Σήματα του Downlink

- Τα σήματα διαχωρίζονται σε:
- Σήματα Αναφοράς (Reference Signals): Η χρήση τους επιτρέπει τη σύγχρονη αποδιαμόρφωση και χρησιμοποιούνται από τους χρήστες για την εκτίμηση του καναλιού και για μετρήσεις ποιότητας του καναλιού.
- Σήματα Συγχρονισμού (Synchronization Signals): Τα σήματα συγχρονισμού μεταδίδονται από το σταθμό βάσης (eNodeB) στον χρήστη με σκοπό την αναγνώριση της ταυτότητας της κυψέλης και το χρονικό συγχρονισμό των χρηστών.
- Σήματα που σχετίζονται με συγκεκριμένους χρήστες (User Equipment (UE) specific), τα οποία μεταδίδονται μόνο όταν δεν υπάρχουν σήματα κυψέλης (cell specific signals) και υπάρχουν μόνο στα resource block που είναι ήδη προγραμματισμένα για κάποιον χρήστη.



Τέλος Ενότητας

