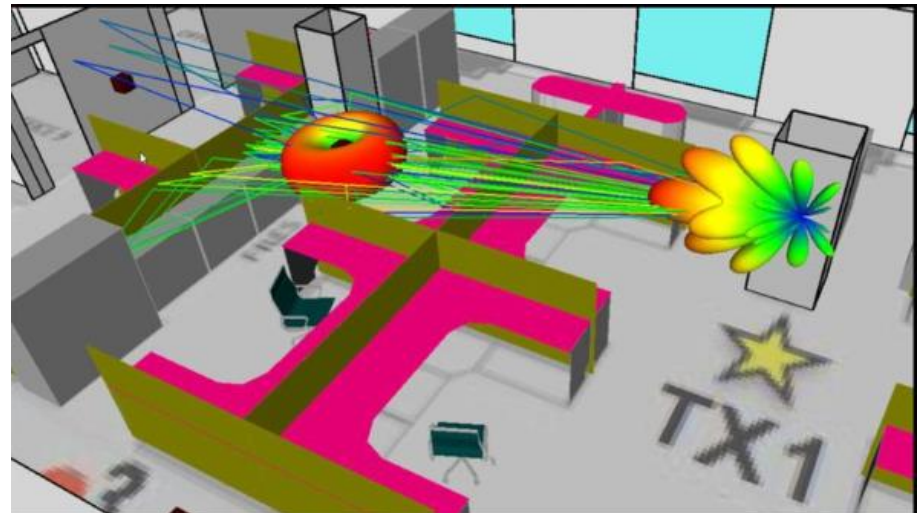
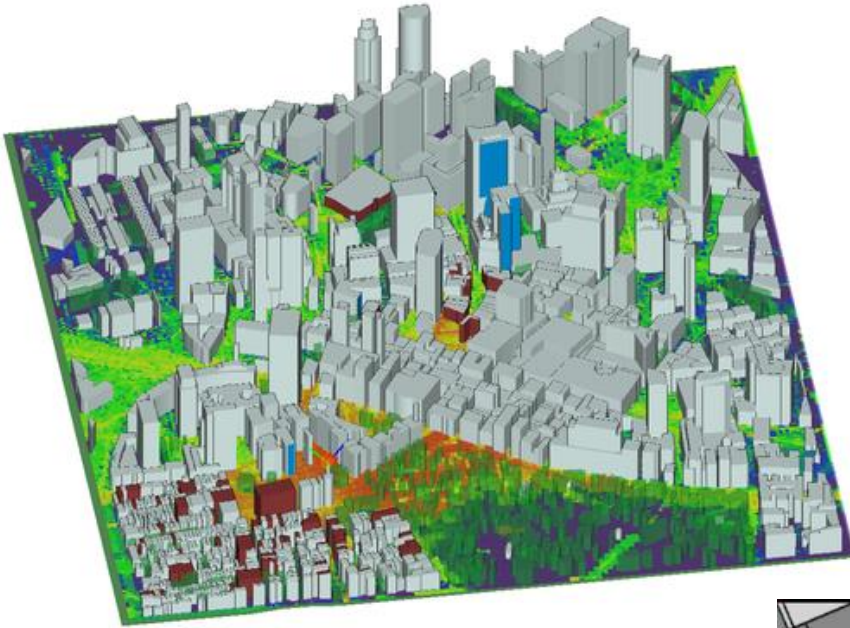


Ασύρματες Ζεύξεις

**Το ασύρματο περιβάλλον στις
κινητές επικοινωνίες**

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

Διάδοση Η/Μ σήματος



Βασικές ενότητες

- Βασικές αρχές διάδοσης ηλεκτρομαγνητικού σήματος
- Σχέση διάδοσης/μετάδοσης
- Μοντέλα διάδοσης
- Διαλείψεις (μικρής και μεγάλης κλίμακας)
- Παρεμβολές (εντός και εκτός συστήματος)
- Εισαγωγή στα δίκτυα 4^{ης} γενιάς



- 2.1
- 2.2 (μόνο εισαγωγικό όχι υποενότητες)
- 2.3
- 2.4
- 3.1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Αναλυτικά και Εμπειρικά Μοντέλα Απωλειών Διάδοσης

2.1	Εισαγωγή	47
2.2	Διάδοση Ραδιοκυμάτων	47
2.2.1	Ιδιότητες των Μέσων Μετάδοσης	52
2.2.2	Λύση της Κυματικής Εξίσωσης για Διάφορα Μέσα	55
2.2.3	Λύση της Κυματικής Εξίσωσης σε Σφαιρικές Συντεταγμένες	59
2.3	Απώλειες και Αναλυτικά Μοντέλα Διάδοσης	60
2.3.1	Μοντέλο Απωλειών Ελεύθερου Χώρου (Free Space Loss)	60
2.3.2	Η Εξίσωση του Radar	63
2.3.3	Ανάκλαση Επίπεδων Κυμάτων από Λείο Επίπεδο Έδαφος	63
2.3.4	Ανάκλαση Επίπεδων Κυμάτων από Απλή Διηλεκτρική Πλάκα	69
2.3.5	Μοντέλο Επίπεδης Γης (Plane Earth Model)	71
2.3.6	Ανάκλαση και Σκέδαση από Τραχιές Επιφάνειες	80
2.3.7	Περιθλαση	84
2.3.7.1	Η Αρχή του Huygens	84
2.3.7.2	Τα Ελλειψοειδή και οι Ζώνες Fresnel	87
2.3.7.3	Ζώνες Fresnel και το Μοντέλο Επίπεδης Γης	91
2.3.7.4	Περιθλαση από Ευθεία Ακμή (Knife Edge Diffraction)	93
2.3.7.5	Περιθλαση από Ευθεία Ακμή πάνω από Επίπεδο Έδαφος	97
2.3.7.6	Περιθλαση από Στρογγυλεμένο Εμπόδιο	101
2.3.7.7	Περιθλαση από Πολλαπλές Ευθείες Ακμές	103
2.3.7.8	Περιθλαση από Πολλαπλά Κτήρια σε Αστικό Περιβάλλον	110
2.4	Απώλειες και Εμπειρικά Μοντέλα Διάδοσης	115
2.4.1	Εκθετικό Μοντέλο Διάδοσης (Μοντέλο Απλής Κλίσης)	117
2.4.2	Μοντέλο Egli	118
2.4.3	Μοντέλο Okumura-Hata	118
2.4.4	Μοντέλο COST 231 – Hata	121
2.4.5	Μοντέλο COST 231 – Walfisch-Ikegami	121
2.4.6	Μοντέλο IEEE 802.16	127
2.4.7	Μοντέλο ITU-R P.1546	128
2.4.8	Μοντέλα ITU-R M.2135 ή Μοντέλα WINNER	129
2.4.9	Μοντέλα Εσωτερικών Χώρων	129
2.4.9.1	Μοντέλο Απλής Κλίσης	130
2.4.9.2	Keenan – Motley	131



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ		ix
2.4.9.3	Μοντέλο COST 231 – MWM (Μοντέλο Πολλαπλών Τοίχων)	132
2.4.9.4	Απλό Γραμμικό Μοντέλο	133
2.4.9.5	Μοντέλο ITU-R P.1238	133
2.4.10	Απώλειες από τη Διείσδυση σε Κτήριο	134
2.4.11	Απώλειες από το Ανθρώπινο Σώμα	135
2.5	Βιβλιογραφία	136

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Διαλείψεις και Χαρακτηρισμός Ραδιοδιαύλου

3.1	Διαλείψεις – Ένα Χωρικό Φαινόμενο	139
3.1.1	Είδη Διαλείψεων	142
3.1.2	Διαλείψεις Μικρής Κλίμακας (Small Scale Fading)	143
3.1.3	Διαλείψεις Μεγάλης Κλίμακας (Large Scale Fading)	146
3.1.4	Εμπειρικός Προσδιορισμός Παραμέτρων Μοντέλου Διάδοσης Απλής Κλίσης	151



- 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 Γνωσικά Ραδιο-Δίκτυα	385
5.2	Η Έννοια της Κυψέλης και της Επαναχρησιμοποίησης Συχνοτήτων	387
5.2.1	Η Επιλογή των Εξαγωγικών 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		Xiii
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



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 Συστήματα LTE (Long Term Evolution) 751

11.1	Εισαγωγή	751
11.2	Αρχιτεκτονική δικτύου	753
11.2.1	Δίκτυο Ραδιο-Πρόσβασης (E-UTRAN)	754
11.2.2	Δίκτυο κορμού (EPC)	755
11.2.3	Λειτουργικός Διαχωρισμός E-UTRAN και EPC	757
11.2.4	Στοιβα πρωτοκόλλων	758
11.2.5	Κανάλια Μετάδοσης	760
11.2.5.1	Λογικά κανάλια (Logical Channels)	760
11.2.5.2	Κανάλια μεταφοράς (transport channels)	761
11.2.5.3	Φυσικά κανάλια δεδομένων (Physical Data Channels)	762
11.2.5.4	Πληροφορίες ελέγχου (Control Information)	763
11.2.5.5	Φυσικά κανάλια ελέγχου (Physical Control Channels)	764
11.2.5.6	Φυσικά σήματα (Physical Signals)	764
11.3	Φυσικό Στρώμα	766
11.3.1	Τεχνολογίες Φυσικού Στρώματος LTE	767
11.3.1.1	Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας, απλής φέρουσας (SC-FDMA)	768
11.3.1.2	Τεχνολογίες MIMO	771
11.3.2	Δομή πλαισίων	783
11.3.3	Κατεύθυνση άνω ζεύξης (Uplink)	785
11.3.4	Κατεύθυνση Κάτω Ζεύξης (Downlink)	789
11.3.5	Διαυλοποίηση	790
11.3.6	Κωδικοποίηση διαύλου	792
11.3.6.1	Συνελικτική κωδικοποίηση	793
11.3.6.2	Κωδικοποίηση Turbo	794

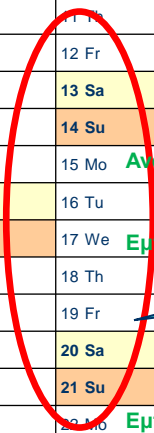
11.8	LTE-Advanced	803
11.8.1	Τεχνική συνάθροισης διαύλων (Carrier Aggregation – CA)	805
11.8.2	Εξελιγμένες τεχνικές πολλαπλών κεραιών	807
11.8.3	Κατηγορίες Τερματικών	814
11.8.4	Κόμβοι αναμετάδοσης (Relay Nodes – RN)	815
11.8.5	Συντονισμένη Μετάδοση από Πολλαπλούς Σταθμούς Βάσης (Coordinated MultiPoint – CoMP)	816

➤ 11.3

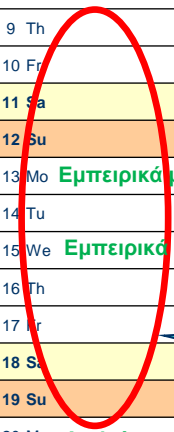
➤ 11.8

Ασύρματες Ζεύξεις – Εαρινό 2023-2024

March	April	May	June
1 Fr	1 Mo Αναλυτικά μοντέλα	1 We	1 Sa
2 Sa	2 Tu	2 Th	2 Su
3 Su	3 We Αναλυτικά μοντέλα	3 Fr	3 Mo Παρεμβολές
4 Mo	4 Th	4 Sa	4 Tu
5 Tu	5 Fr	5 Su	5 We LTE / LTE-A(4G)
6 We	6 Sa	6 Mo	6 Th
7 Th	7 Su	7 Tu	7 Fr
8 Fr	8 Mo Αναλυτικά μοντέλα	8 We	8 Sa
9 Sa	9 Tu	9 Th	9 Su
10 Su	10 We Αναλυτικά μοντέλα	10 Fr	10 Mo LTE / LTE-A(4G)
11 Mo Εισαγωγή	11 Th	11 Sa	11 Tu
12 Tu	12 Fr	12 Su	12 We LTE / LTE-A(4G)
13 We Φαινόμενα διάδοσης	13 Sa	13 Mo Εμπειρικά μοντέλα	13 Th
14 Th	14 Su	14 Tu	14 Fr
15 Fr	15 Mo Αναλυτικά μοντέλα	15 We Εμπειρικά μοντέλα	15 Sa
16 Sa	16 Tu	16 Th	16 Su
17 Su	17 We Εμπειρικά μοντέλα	17 Fr	17 Mo
18 Mo	18 Th	18 Sa	18 Tu
19 Tu	19 Fr	19 Su	19 We
20 We Τεχνικές διάδοσης	20 Sa	20 Mo Διαλείψεις	20 Th
21 Th	21 Su	21 Tu	21 Fr
22 Fr	22 Mo Εμπειρικά μοντέλα	22 We Διαλείψεις	22 Sa
23 Sa	23 Tu	23 Th	23 Su
24 Su	24 We Εμπειρικά μοντέλα	24 Fr	24 Mo
25 Mo Αναλυτικά μοντέλα	25 Th	25 Sa	25 Tu
26 Tu	26 Fr	26 Su	26 We
27 We Αναλυτικά μοντέλα	27 Sa	27 Mo Παρεμβολές	27 Th
28 Th	28 Su	28 Tu	28 Fr
29 Fr	29 Mo	29 We Παρεμβολές	29 Sa
30 Sa	30 Tu	30 Th	30 Su
31 Su		31 Fr	



1^η άσκηση

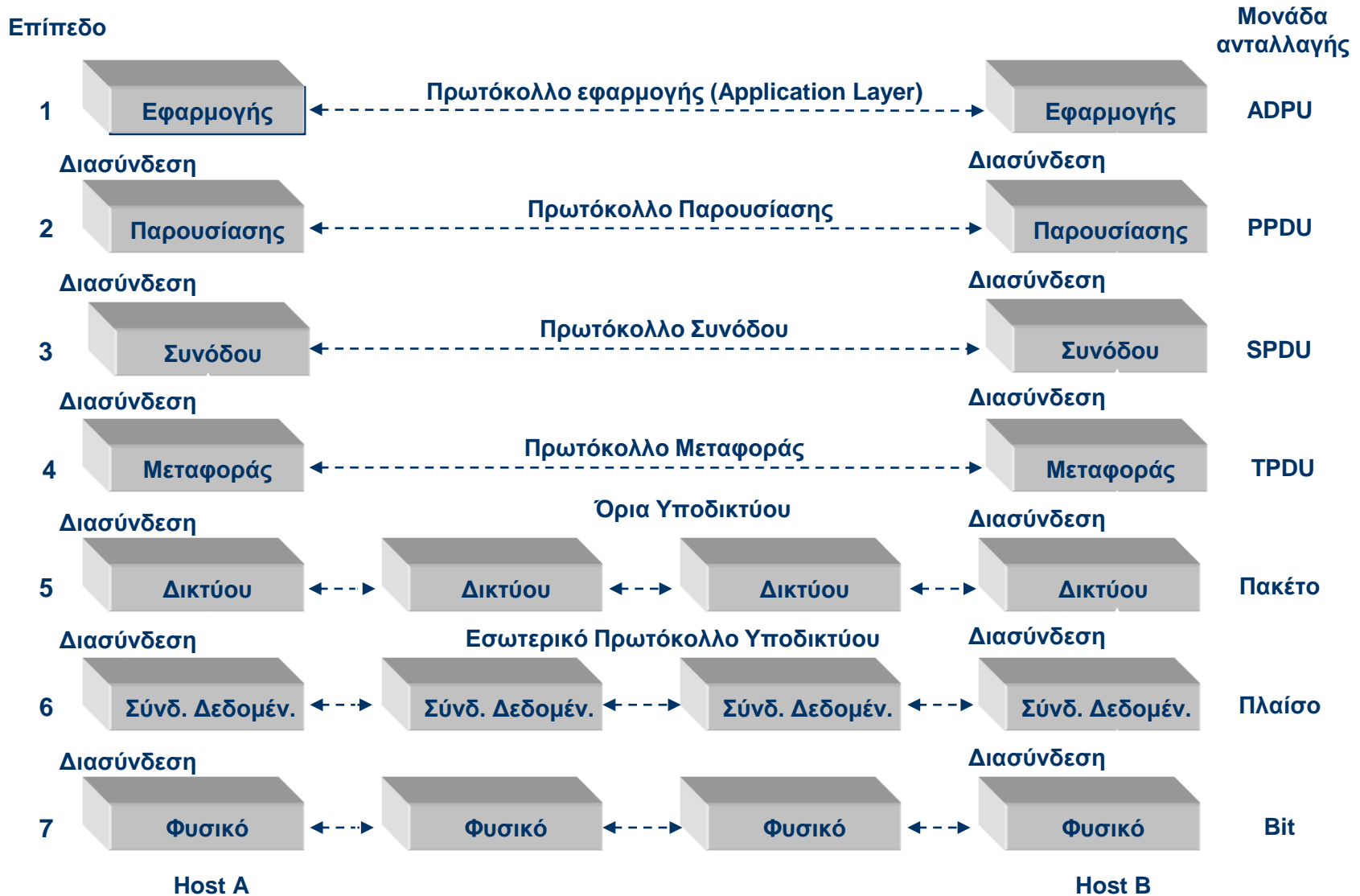


2^η άσκηση

Εργαστήριο μαθήματος

- Δύο ασκήσεις
 - EDX (Αναλυτικά)
 - Matlab (Εμπειρικά)
- 30% του βαθμού (15% έκαστη)
- Υλοποίηση σεναρίου, χρήση μοντέλου, αναφορά
- Μία διάλεξη για κάθε άσκηση μέσα στο εξάμηνο.

Το μοντέλο αναφοράς OSI*



*Open Systems Interconnection

Το μοντέλο αναφοράς OSI

Επίπεδο

1 Εφαρμογής

2 Παρουσίασης

3 Συνόδου

4 Μεταφοράς

5 Δικτύου

6 Σύνδ. Δεδομέν.

7 Φυσικό

Κρυπτογράφηση, συμπίεση, μετατροπή δεδομένων

Αρχικοποίηση και έλεγχος διαφορετικών ροών ανά εφαρμογή

Έλεγχος ροής, έλεγχος λαθών, επαναμεταδόσεις από άκρο σε άκρο

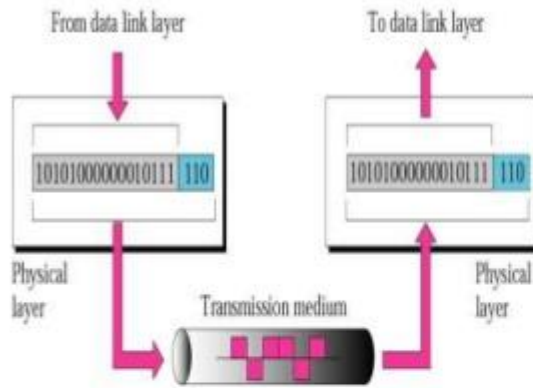
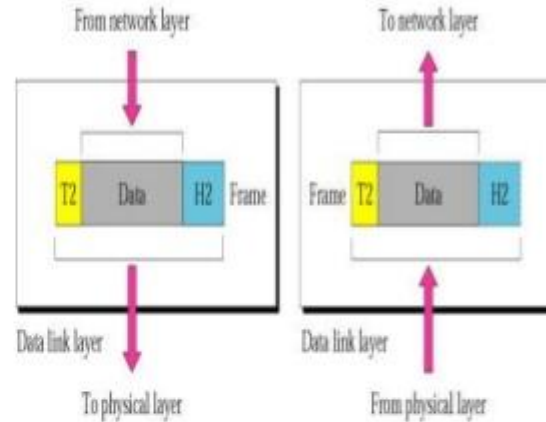
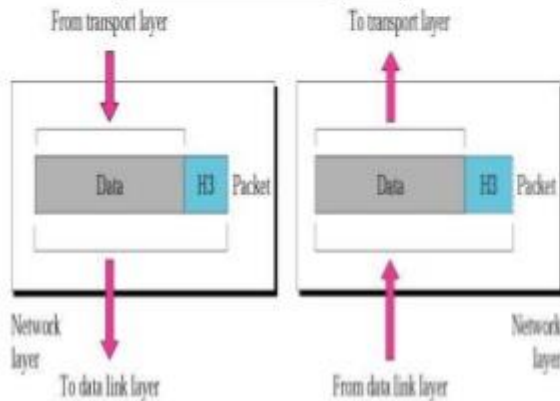
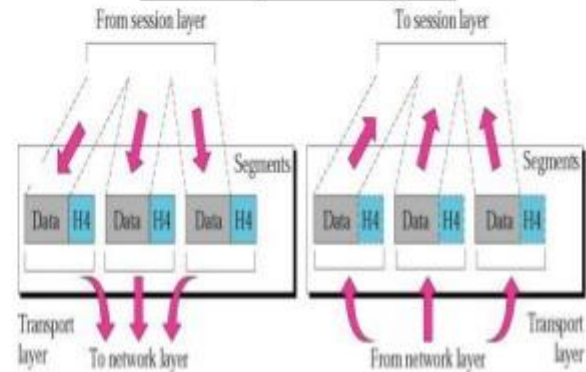
Διευθυνσιοδότηση, δρομολόγηση πακέτων

Έλεγχος πολλαπλής πρόσβασης, διόρθωση λαθών, ...

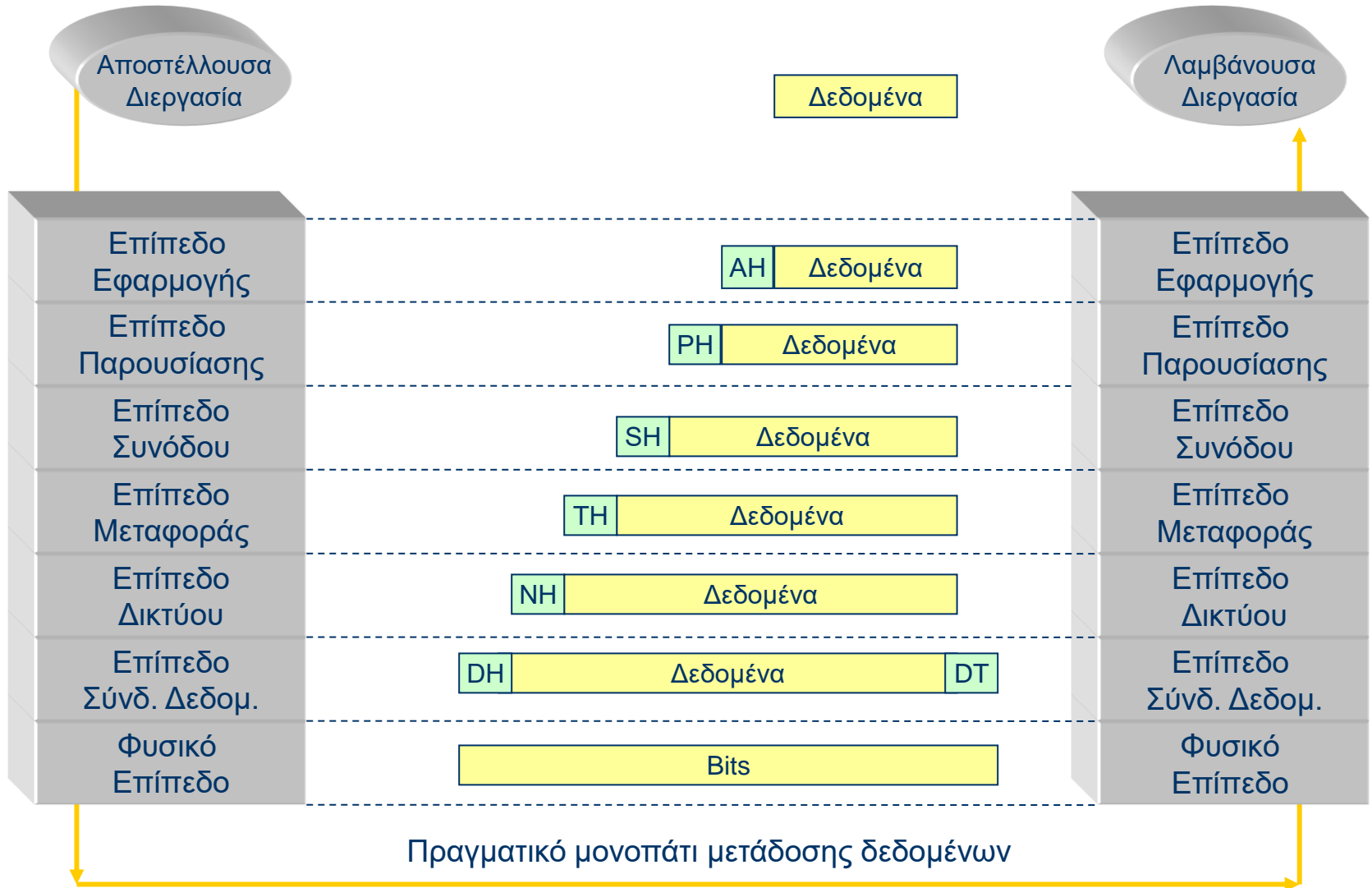
Μετάδοση στο φυσικό μέσο διαμόρφωση σήματος, επεξεργασία

Μετάδοση πληροφορίας

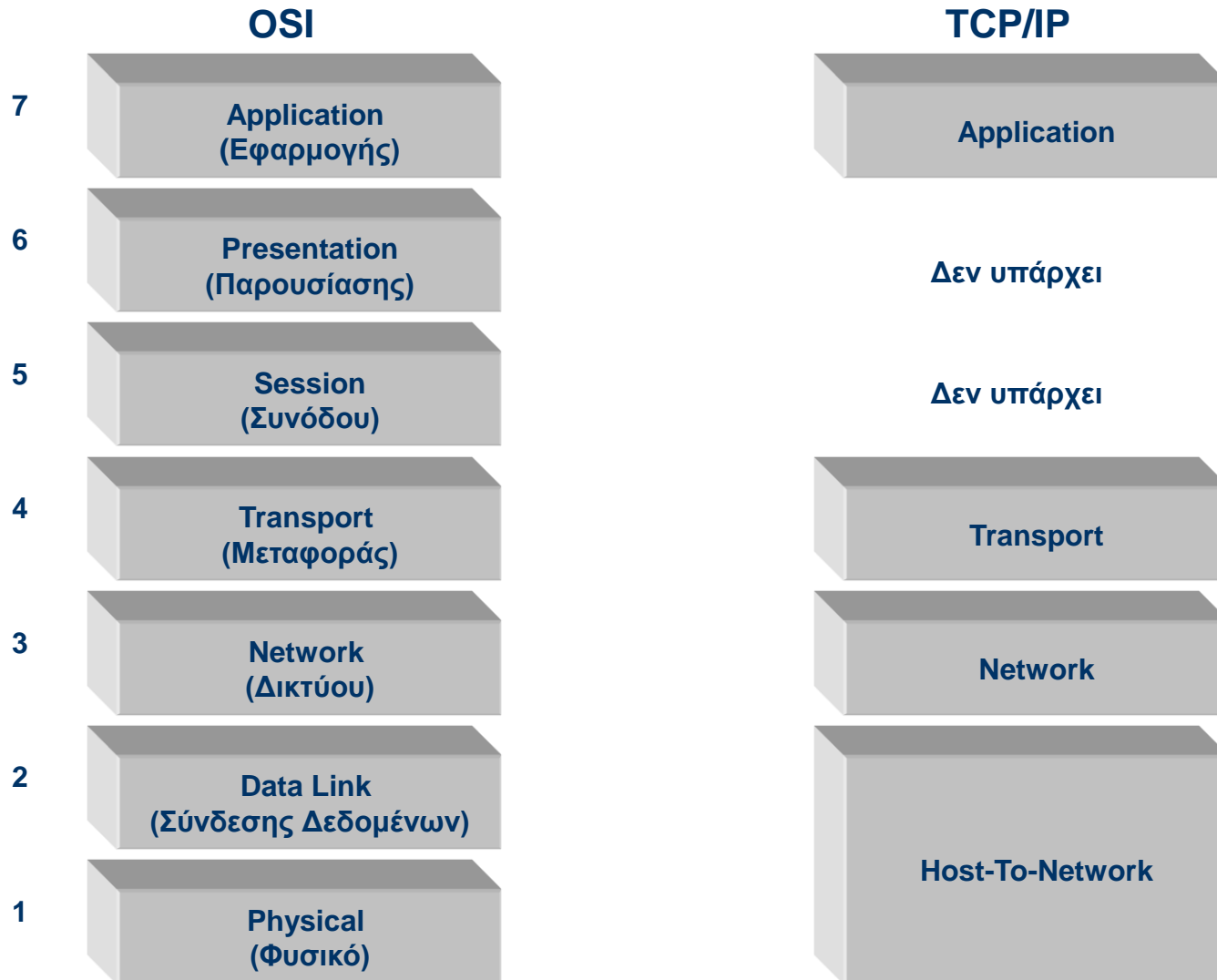
- **Physical layer**

**Data link layer****Network layer****Transport layer**

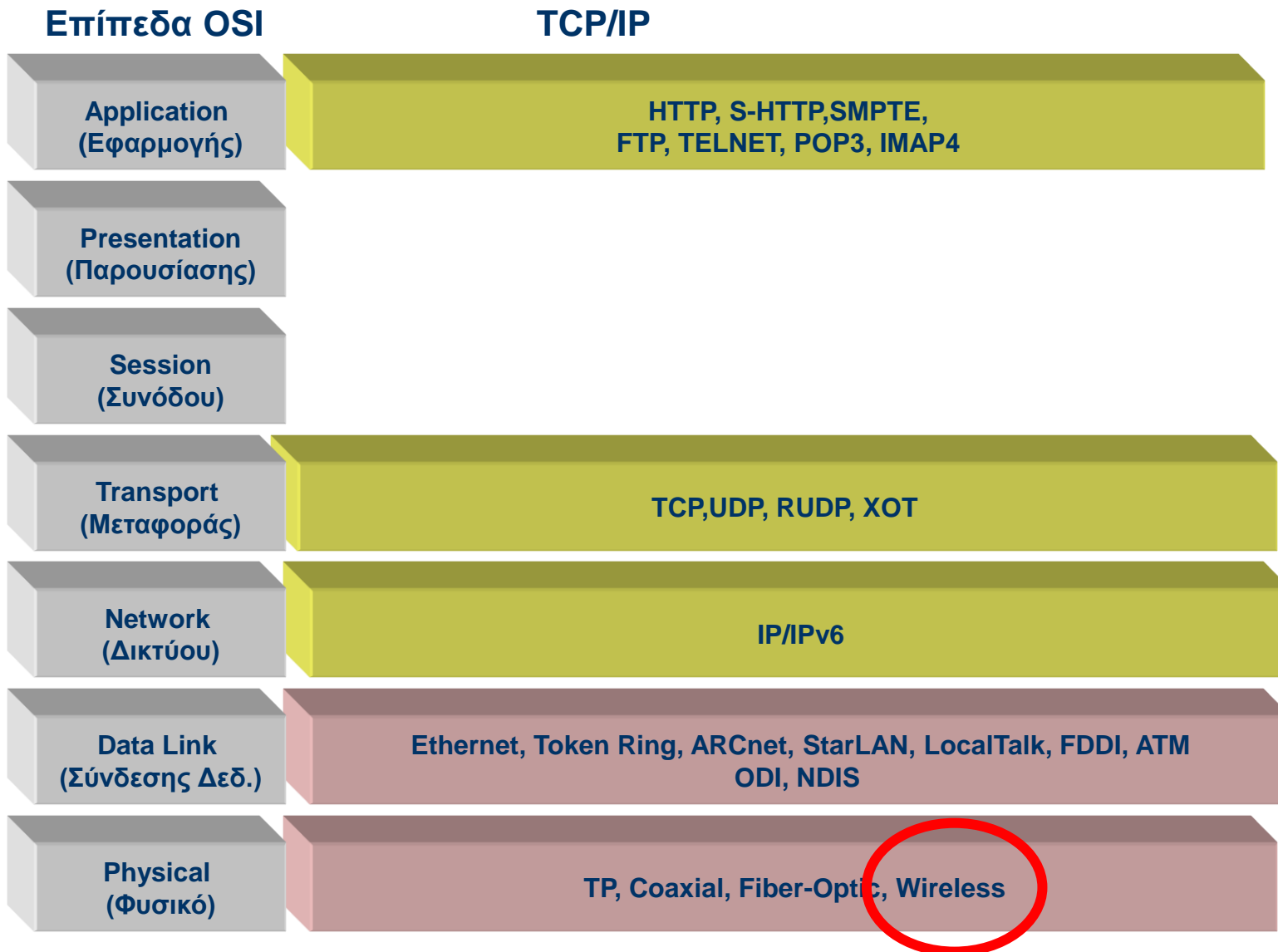
Μετάδοση Δεδομένων στο Μοντέλο OSI

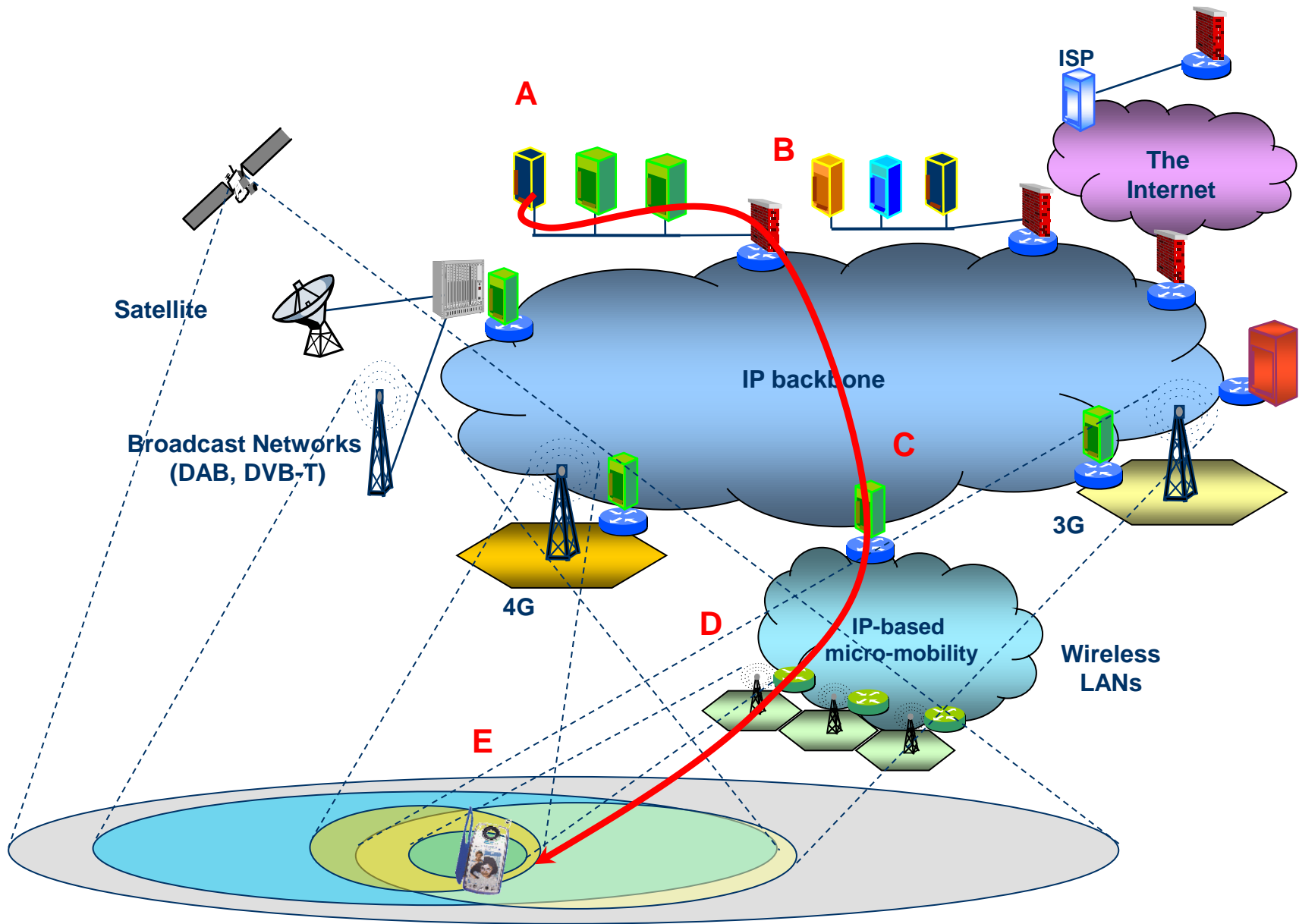


Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP



Τα πρωτόκολλα στο μοντέλο OSI



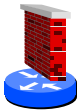




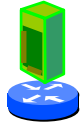
A



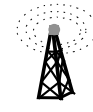
E



B



C



D

HTTP

HTTP

TCP

TCP

IP

IP

IP

IP

IP

Ethernet

Ethernet

ATM

ATM

Ethernet

Ethernet

802.11 MAC

802.11 MAC

Coaxial

Coaxial

Fiber-Optic

Fiber-Optic

Coaxial

Coaxial

802.11 PHY

802.11 PHY

