

# Περιεχόμενα

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	<b>11</b>
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Ιστορική Αναδρομή – ο δρόμος προς το LTE</b> .....	<b>13</b>
1.1 Ιστορική Αναδρομή Κινητής Τηλεφωνίας .....	13
1.2 Δικτυακή Υποδομή Δικτύου 4G (LTE/SAE) .....	26
1.3 Το δίκτυο προσβάσεως LTE – Μία εισαγωγική προσέγγιση .....	28
1.3.1 LTE - Απαιτήσεις (design requirements – standard’s demands).....	30
1.3.2 LTE radio interface .....	33
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Διεπαφή Αέρα (Air Interface) Δικτύου LTE</b> .....	<b>37</b>
2.1 Η δομή των πρωτοκόλλων της Διεπαφής Αέρα.....	37
2.2 Το Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer) της Διεπαφής Αέρα.....	39
2.2.1 Δομή πλαισίου χρόνου - συχνότητας στη διεπαφή αέρα .....	39
2.2.2 Επεξήγηση των παραμέτρων του πλαισίου χρόνου – συχνότητας σύμφωνα με τα πρότυπα 3GPP .....	44
2.2.3 Δομή των φυσικών καναλιών και των σημάτων αναφοράς (reference signals) πλαισίου OFDM στη διεπαφή αέρα – Γενικές πληροφορίες .....	61
2.2.3.1 Downlink reference signals (RS) – Σήματα αναφοράς στην κάτω ζεύξη .....	61
2.2.3.2 Το MAC κανάλι DL_SCH - Η απεικόνιση στο φυσικό επίπεδο (PDSCH).....	65
2.2.3.3 Downlink L1/L2 Control Signaling – Σηματοδοσία L1/L2 επιπέδου .....	70

2.2.3.4 Primary/Secondary synchronization signals .....	72
2.2.3.5 Uplink reference signals (RS) – Σήματα αναφοράς στην άνω ζεύξη .....	79
2.3 Η τεχνική πολλαπλής πρόσβασης OFDM στο δίκτυο LTE .....	88
2.3.1 Δημιουργία πλαισίου OFDM στην κάτω ζεύξη της διεπαφής αέρα .....	88
2.3.2 Δημιουργία πλαισίου SC-FDMA στην άνω ζεύξη της διεπαφής αέρα .....	97
2.4 ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΟ-Μαθηματική περιγραφή της τεχνικής OFDM.....	102
2.4.1 Το Ασύρματο Κανάλι – μία σύντομη μαθηματική προσέγγιση .....	102
2.4.2 Μετάδοση & Παραμόρφωση σήματος στο ασύρματο κανάλι.....	114
2.4.3 Δια-συμβολική Παρεμβολή (ISI) .....	126
2.4.4 Μαθηματική Προσέγγιση Βασικών Αρχών Τεχνολογίας OFDM.....	135

### **Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> Εκτίμηση Θεωρητικών Ορίων Λειτουργίας Δικτύου LTE με έμφαση στο Σχεδιασμό.....153**

3.1 Σχεδιασμός Ράδιο Δίκτυο LTE .....	153
3.2 Περιληπτική Περιγραφή Λειτουργίας MAC scheduler .....	158
3.3 Εκτίμηση ρυθμαπόδοσης (throughput) δικτύου LTE.....	177
3.3.1 Υπολογισμός Αριθμού διαθέσιμων RE's για user data PDSCH channel στην κατηγορία των οκτώ high data rate.....	179
3.3.2 Υπολογισμός Αριθμού διαθέσιμων RE's για user data PDSCH channel στην ειδική κατηγορία του subframe #5 .....	186
3.3.3 Υπολογισμός Αριθμού διαθέσιμων RE's για user data PDSCH channel στην ειδική κατηγορία του subframe #0 .....	191
3.3.4 Εφαρμογή – Εκτίμηση μεγίστης ρυθμαπόδοσης.....	196
3.3.5 Εφαρμογή – εκτίμηση ρυθμού μετάδοσης δεδομένων στο downlink - Η περίπτωση ενός χρήστη στα άκρα του κυττάρου (cell edge user).....	204
3.3.6 Εφαρμογή – εκτίμηση του ελαχίστου ρυθμού μετάδοσης δεδομένων στο uplink. Η περίπτωση του uplink cell edge user.....	218

3.3.7 Εφαρμογή – Εκτίμηση μέσης καθυστέρησης $T_{delay}$ μετάδοσης δεδομένων στο uplink. Η περίπτωση του uplink cell edge user.....	224
--	-----

<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> Μοντέλα Ράδιο-κάλυψης στο LTE – Βασικές Αρχές Απωλειών .....</b>	<b>237</b>
4.1 Εισαγωγή .....	237
4.2 Διάδοση Η/Μ ακτινοβολίας στον χώρο .....	238
4.3 Στατιστικά μοντέλα ράδιο κάλυψης στον ελεύθερο & επίπεδο γεωγραφικό χώρο .....	244
4.3.1 Διάδοση στον ελεύθερο χώρο (free path space loss).....	244
4.3.2 Ray trace model – απλή διάδοση στην επιφάνεια της Γης.....	244
4.3.3 Διπλό πρότυπο κλίσης .....	246
4.3.4 Το πρότυπο Egli.....	251
4.4 Στατιστικά μοντέλα ράδιο κάλυψης σε περιβάλλον διάδοσης παρουσία εμποδίων .....	252
4.4.1 Γενική παρουσίαση – Μαθηματική ανάλυση.....	252
4.4.2 Το μοντέλο Okomura-Hata.....	260
4.4.3 Το μοντέλο COST-231 Hata .....	263
4.4.4 Το μοντέλο Ikegami.....	264
4.4.5 Το πρότυπο Walfisch-Bertoni.....	265
4.4.6 Το πρότυπο COST-231 Walfisch-Bertoni.....	267
4.5 Πρότυπα διάδοσης εσωτερικών χώρων .....	269
4.5.1 Το πρότυπο Keenan-Motley.....	269
4.5.2 Βελτίωση προτύπου Keenan-Motley .....	271
4.5.3 Πρότυπο διάδοσης κάλυψης από εξωτερική κεραία εντός κτηρίων (Building Penetration model).....	273
4.6 Ημι-εμπειρικό μοντέλο διάδοσης στην Ναυπακτία .....	276

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> Το Περιβάλλον Ράδιο-Κάλυψης στο LTE –</b>	
<b>Βασικές Αρχές Κυτταρικής Κάλυψης .....</b>	<b>285</b>
5.1 Εισαγωγή .....	285
5.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Γεωγραφικής Κάλυψης Κυττάρων .....	291
5.2.1 Εισαγωγή .....	291
5.2.2 Κυτταρική διάσπαση .....	293
5.2.3 Χρήσιμες παράμετροι κεραιών .....	305
5.3 Link Budget Analysis – Προϋπολογισμός Ζεύξης .....	326
5.3.1 Εισαγωγή .....	326
5.3.2 Περιθώριο Διαλείψεων Rayleigh (Rayleigh fading margin) .....	329
5.3.3 Περιθώριο Απωλειών Ανθρωπίνου Ιστού (Body Loss margin) .....	332
5.3.4 Περιθώριο Απωλειών Εποχούμενων Συνδρομητών (In-car margin) .....	334
5.3.5 Περιθώριο Απωλειών εσωτερικών χώρων (outdoor to indoor coverage losses margin) .....	336
5.3.6 Περιθώριο Απωλειών Σκίασης (Shadowing – Log Normal coverage losses margin) .....	339
5.3.7 Περιθώριο Απωλειών ταχέως κινούμενων συνδρομητών (fast moving user coverage losses margin) .....	359
<b>Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> Σχεδιασμός Ράδιο-δικτύου LTE –</b>	
<b>Βασικές Αρχές Σχεδιασμού .....</b>	<b>379</b>
6.1 Εισαγωγή .....	379
6.2 Βασικός Σχεδιασμός .....	381
6.2.1 Διαδικασία Σχεδιασμού .....	381
6.2.2 Αρχικές υποθέσεις – εκτιμήσεις .....	382
6.2.3 Σχεδιασμός του uplink .....	383
6.2.3.1 Σχεδιασμός με γεωγραφικό περιορισμό κάλυψης του κυττάρου .....	383
6.2.4 Σχεδιασμός του downlink .....	419

---

6.2.4.1 Εκτίμηση των απωλειών διαδρομής $L_{pathloss}$ .....	419
6.2.4.2 Εκτίμηση της στάθμης θορύβου υποβάθρου $N_{dl}$ (background noise) .....	420
6.2.4.3 Downlink Link Budget. ....	421
6.2.4.4 Εκτίμηση της δια-κυτταρικής παρεμβολής $I_{RB}^{dl}$ (Inter-cell Interference) .....	425
6.2.4.5 Εκτίμηση αποδομένων ράδιο-πόρων σε έναν $n_{RB}^{dl}$ downlink χρήση.....	429
6.2.4.6 Εκτίμηση του ρυθμού μετάδοσης $\langle R_{data} \rangle_{downlink}$ στα άκρα του κυττάρου .....	432
<b>Αναφορές .....</b>	<b>439</b>

