

# Πίνακας Περιεχομένων

<b>Πρόλογος</b> .....	<b>xvι</b>
<b>Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή</b> .....	<b>1</b>
1.1. Επικοινωνιακές ανάγκες .....	2
1.2. Από Κεντρικές σε Κατακεμημένες Λειτουργικές Δομές.....	4
1.2.1. Κατακεμημένη Επεξεργασία και το Παράδειγμα Πελάτη – Εξυπηρετητή .....	6
1.2.2. Η ανάγκη για σύνδεση στα επίπεδα LAN/MAN/WAN.....	7
1.2.3. Αύξηση της κίνησης μεταξύ των τοπικών δικτύων .....	8
1.2.4. Η αρχή του επιταχυνόμενου εύρους ζώνης .....	9
1.3. Η ιστορία των τηλεπικοινωνιακών δικτύων .....	10
1.3.1. Τηλεφωνικά δίκτυα .....	11
1.3.2. Δίκτυα Υπολογιστών.....	15
1.3.3. Άλλες τεχνολογίες δικτύωσης .....	19
1.4. Η εξέλιξη του Διαδικτύου (Internet).....	20
1.5. Ανάγκη για ένα διαμοιραζόμενο μέσο .....	23
1.6. Διάφοροι τρόποι διασύνδεσης .....	28
1.7. Δίκτυα πολυμέσων .....	31
1.8. Υπηρεσίες δικτύων ευρείας ζώνης .....	35
1.9. Ένα παράδειγμα: Μετάδοση Φωνής Μέσω Δικτύων Πακέτων.....	37
<b>Κεφάλαιο 2 – Δίκτυα Μεταγωγής Πακέτων</b> .....	<b>43</b>
2.1. Εισαγωγή.....	43
2.2. Βασική λειτουργία .....	43
2.3. Μέθοδοι μεταγωγής πακέτων.....	46
2.4. Δρομολόγηση.....	48
2.5. Αρχές λειτουργίας πρωτοκόλλων .....	49
2.6. Η αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου TCP/IP .....	50
2.6.1. TCP.....	51
2.6.2. UDP .....	52
2.6.3. IP και IPv6.....	52
2.7. Μεταφορά πακέτων δεδομένων στο TCP/IP .....	54
2.8. Εφαρμογές TCP/IP .....	57

<b>2.9. Πρότυπα στο Internet.....</b>	<b>58</b>
<b>2.10. Η αρχιτεκτονική Πρωτοκόλλων του OSI.....</b>	<b>60</b>
<b>2.11. Διαδικτύωση .....</b>	<b>61</b>
2.11.1. Παράδειγμα διαδικτύωσης.....	62
<b>2.12. Έλεγχος συμφόρησης .....</b>	<b>66</b>
2.12.1. Τα αποτελέσματα της συμφόρησης.....	66
2.12.2. Ιδεατή απόδοση.....	68
2.12.3. Πρακτική συμπεριφορά .....	69
<b>2.13. Έλεγχος συμφόρησης .....</b>	<b>70</b>
2.13.1. Πίεση προς τα πίσω.....	71
2.13.2. Πακέτα πνιγμού .....	71
2.13.3. Υπονοούμενη Σηματοδοσία Συμφόρησης (Implicit Congestion Control)....	72
2.13.4. Ρητή Σηματοδοσία Συμφόρησης (Explicit Congestion Signaling).....	72
2.13.5. Παράμετροι Διαχείρισης Κίνησης.....	73
2.13.6. Δικαιοσύνη .....	73
2.13.7. Ποιότητα Υπηρεσίας.....	74
2.13.8. Κρατήσεις (Reservations).....	74
<b>Κεφάλαιο 3 – Δίκτυα Frame Relay .....</b>	<b>75</b>
<b>3.1. Προβλήματα παραδοσιακών δικτύων μεταγωγής πακέτων .....</b>	<b>75</b>
<b>3.2. Τα δίκτυα Frame Relay .....</b>	<b>76</b>
<b>3.3. Σύνδεση με το Frame Relay.....</b>	<b>78</b>
<b>3.4. Αρχιτεκτονική του Frame Relay .....</b>	<b>80</b>
<b>3.5. Μεταφορά δεδομένων .....</b>	<b>82</b>
<b>3.6. Διευθέτηση Διεύθυνσης.....</b>	<b>85</b>
<b>3.7. Συνδέσεις .....</b>	<b>86</b>
<b>3.8. Δεσμευμένος Ρυθμός Πληροφορίας .....</b>	<b>87</b>
<b>3.9. Έλεγχος Συμφόρησης.....</b>	<b>88</b>
<b>3.10. Δεδομένα πολλαπλής εκπομπής.....</b>	<b>90</b>
<b>3.11. Διαχείριση δικτύων Frame Relay .....</b>	<b>92</b>
<b>3.12. Τοπολογίες δικτύων Frame Relay.....</b>	<b>92</b>
<b>3.13. Έλεγχος κλήσης στο Frame Relay .....</b>	<b>95</b>
<b>3.14. RFC 1490: Διασύνδεση πολλαπλών πρωτοκόλλων πάνω από Frame Relay..</b>	<b>96</b>
<b>3.15. Προκλήσεις στον σχεδιασμό δικτύων Frame Relay .....</b>	<b>98</b>
<b>3.16. Διαλειτουργικότητα Frame Relay και SNA .....</b>	<b>99</b>

**Κεφάλαιο 4 – Πρωτόκολλα Δικτύου στη στοίβα TCP/IP ... 101**

<b>4.1. Εισαγωγή.....</b>	<b>101</b>
<b>4.2. Αυτοδύναμο Πακέτο IP (IP Datagram).....</b>	<b>101</b>
4.2.1. Η μορφή του αυτοδύναμου πακέτου IPv4.....	102
4.2.2. Τμηματοποίηση.....	107
4.2.3. Επιλογές δρομολόγησης στο αυτοδύναμο πακέτο IP.....	109
4.2.4. Χρονοσφραγίδα διαδικτύου (Internet Time Stamp).....	112
<b>4.3. Διευθυνσιοδότηση στο IPv4.....</b>	<b>113</b>
4.3.1. Η μορφή της διεύθυνσης στο IPv4.....	114
4.3.2. Ειδικές διευθύνσεις IPv4.....	116
<b>4.4. Υποδίκτυα IPv4.....</b>	<b>117</b>
4.4.1. Τύποι διαχωρισμού σε υποδίκτυα.....	118
4.4.2. Ένα παράδειγμα στατικού τύπου διαχωρισμού σε υποδίκτυα.....	119
4.4.3. Ένα παράδειγμα μεταβλητού τύπου διαχωρισμού σε υποδίκτυα.....	121
4.4.4. Intranets (Ιδιωτικές Διευθύνσεις IP).....	122
<b>4.5. Το πρόβλημα της εξάντλησης των διαθέσιμων διευθύνσεων.....</b>	<b>122</b>
<b>4.6. Το πρωτόκολλο IPv6.....</b>	<b>125</b>
4.6.1. Η επικεφαλίδα του IPv6.....	126
4.6.2. Επικεφαλίδες Επέκτασης.....	129
4.6.3. Διευθυνσιοδότηση IPv6.....	136
<b>4.7. Δρομολόγηση IP.....</b>	<b>142</b>
4.7.1. Άμεση δρομολόγηση.....	143
4.7.2. Έμμεση δρομολόγηση.....	143
4.7.3. Πίνακας δρομολόγησης IP.....	143
4.7.4. Αλγόριθμος δρομολόγησης IP.....	145
<b>4.8. Πρωτόκολλο Μηνυμάτων Ελέγχου Διαδικτύου (Internet Control Message Protocol (ICMP)).....</b>	<b>147</b>
4.8.1. Μηνύματα Πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαδικτύου ICMP (Internet Control Message Protocol).....	148
4.8.2. Εφαρμογές του ICMP.....	156
<b>4.9. Το πρωτόκολλο δρομολόγησης BGP-4.....</b>	<b>157</b>
<b>4.10. Το πρωτόκολλο δρομολόγησης RIP.....</b>	<b>160</b>
<b>4.11. Το πρωτόκολλο δρομολόγησης OSPF.....</b>	<b>161</b>
4.11.1. Ο αλγόριθμος δρομολόγησης SPF.....	163
4.11.2. Η δομή του πακέτου OSPF.....	164

<b>4.12. Το πρωτόκολλο δρομολόγησης IS-IS.....</b>	<b>165</b>
<b>4.13. Ποιότητα Υπηρεσιών (QoS) .....</b>	<b>166</b>
<b>4.14. Ολοκληρωμένες Υπηρεσίες .....</b>	<b>168</b>
4.14.1. Κατηγορίες υπηρεσιών.....	171
4.14.2. Υπηρεσία Ελεγχόμενου Φορτίου .....	174
4.14.3. Εγγυημένη Υπηρεσία .....	175
4.14.4. Το μέλλον των Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών .....	176
<b>4.15. Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες.....</b>	<b>177</b>
4.15.1. Αρχιτεκτονική Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών.....	178
4.15.2. Η συμπεριφορά ανά κόμβο (Per-Hop Behavior).....	178
4.15.3. Περιοχές Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών.....	181
4.15.4. Οι κόμβοι συνόρων του DiffServ.....	182
4.15.5. Εσωτερικά συστατικά DS .....	185
4.15.6. Περιοχές πηγής (Source Domains).....	186
4.15.7. Υπηρεσίες.....	189
4.15.8. Αναλογίες πελατών και παρόχων υπηρεσιών.....	189
4.15.9. SLS και TCS.....	189
4.15.10. Ταξινόμηση Υπηρεσιών .....	190
4.15.11. Το πεδίο μιας υπηρεσίας .....	191
4.15.12. Δυναμικά και Στατικά SLS .....	192
<b>4.16. Το πρωτόκολλο Ανάλυσης Διευθύνσεων (Address Resolution Protocol) .....</b>	<b>193</b>
<b>4.17. Λεπτομερής αναφορά για το ARP .....</b>	<b>194</b>
4.17.1. Παραγωγή πακέτων ARP.....	194
4.17.2. Διαδικασία λήψης ενός πακέτου ARP.....	196
4.17.3. ARP και υποδίκτυα .....	197
<b>4.18. Πληρεξούσιο ARP ή διάφανη δρομολόγηση σε υποδίκτυα (Proxy ARP or Transparent Subnetting) .....</b>	<b>197</b>
4.18.1. Τι είναι το proxy ARP .....	198
<b>4.19. Το Πρωτόκολλο Αντίστροφης Ανάλυσης Διευθύνσεων (Inverse Address Resolution Protocol).....</b>	<b>199</b>
<b>4.20. Η μορφοποίηση του πακέτου Inverse-ARP .....</b>	<b>199</b>
<b>4.21. Περιγραφή της λειτουργίας του πρωτοκόλλου InARP .....</b>	<b>200</b>
4.21.1. Λειτουργία με υπολογιστές υποδοχής με πολλαπλές διευθύνσεις .....	201
4.21.2. Λειτουργία του πρωτοκόλλου με το Frame Relay .....	201

**Κεφάλαιο 5 – Το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP ..... 205**

5.1. Εισαγωγή.....	205
5.2. Το TCP (Transport Control Protocol).....	206
5.3. Η διαδικασία σύνδεσης μεταξύ οντοτήτων στο TCP .....	207
5.4. Εγκατάσταση μιας σύνδεσης .....	210
5.5. Έλεγχος ροής στο TCP.....	211
5.6. Πολιτικές Υλοποίησης .....	216
5.7. Το φαινόμενο της συμφόρησης στο πρωτόκολλο TCP.....	217
5.8. Τεχνικές ελέγχου συμφόρησης αποστολέα .....	223
5.8.1. Αργή εκκίνηση, Δυναμική Μεταβολή Παραθύρου κατά τη διάρκεια συμφόρησης, Γρήγορη Επανεκπομπή.....	223
5.8.2. Γρήγορη Ανάνηψη (Fast Recovery).....	230
5.8.3. Επιλεκτική Επιβεβαίωση ( SACK ) .....	231
5.8.4. TCP New Reno.....	236
5.8.5. TCP Vegas.....	241
5.9. Τεχνικές ελέγχου συμφόρησης που λειτουργούν στους δρομολογητές ....	248
5.9.1. Τυχαίος πρόωρος εντοπισμός.....	248

**Κεφάλαιο 6 – Δίκτυα ATM ..... 257**

6.1. Εισαγωγή.....	257
6.2. Ο Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς.....	258
6.3. Τα πολλά «πρόσωπα» του ATM.....	259
6.3.1. Το ATM ως διεπαφή .....	260
6.3.2. Το ATM ως πρωτόκολλο .....	261
6.3.3. Το ATM ως τεχνολογία.....	261
6.3.4. Το ATM ως οικονομική, ολοκληρωμένη πρόσβαση .....	261
6.3.5. Το ATM ως Κλιμακωτή Δομή .....	262
6.3.6. Το ATM ως Υπηρεσία απ' άκρη σ' άκρη .....	262
6.4. Οι συσκευές ATM.....	263
6.5. Διεπαφές UNI και NNI.....	264
6.6. Κελιά ATM .....	265
6.6.1. Μορφή Επικεφαλίδας.....	266
6.6.2. Έλεγχος σφαλμάτων επικεφαλίδας .....	269
6.7. Εικονικά Κανάλια (Virtual Channels) και Εικονικά Μονοπά-τια (Virtual Paths).....	271

6.7.1. Χαρακτηριστικά των VP και VC .....	276
<b>6.8. Το μοντέλο αναφοράς ATM.....</b>	<b>276</b>
6.8.1. Το επίπεδο χρήστη .....	277
6.8.2. Το φυσικό επίπεδο.....	278
6.8.3. Επίπεδο ATM.....	281
6.8.4. Επίπεδο προσαρμογής (ALL).....	282
6.8.5. Επίπεδο ελέγχου .....	291
6.8.6. Σηματοδοσία AAL (SAAL) .....	293
6.8.7. Επίπεδο διαχείρισης .....	295
<b>6.9. Έλεγχος κίνησης και συμφόρησης.....</b>	<b>296</b>
6.9.1. Έλεγχος Ροής.....	297
6.9.2. Ποιότητα υπηρεσιών (QoS) .....	297
6.9.3. Παράμετροι κίνησης.....	299
6.9.4. Κατηγορίες υπηρεσιών.....	299
6.9.5. Έλεγχος κίνησης.....	303
6.9.6. Έλεγχος κίνησης ABR .....	310
<b>6.10. Το PNNI .....</b>	<b>318</b>

## **Κεφάλαιο 7 – Διασύνδεση τοπικών δικτύων με το ATM....323**

7.1. Εισαγωγή.....	323
7.2. Τι είναι η εξομοίωση του LAN.....	323
7.3. Τύποι των τρόπων διασυνδεσιμότητας στο LANE.....	325
7.4. Συστατικά υλικού και λογισμικού σε ένα εξομοιωμένο LAN.....	326
7.5. Συστατικά της Εξομοίωσης LAN .....	328
7.6. Τρόποι σύνδεσης και ελέγχου στο LANE .....	330
7.7. Διαδικασίες στην Εξομοίωση LAN.....	331
7.7.1. Κίνηση πολλαπλής εκπομπής.....	335
7.7.2. Υπηρεσίες πολλαπλής εκπομπής.....	336
7.7.3. Αποστολή πακέτων Πολλαπλής και Ευρείας εκπομπής.....	336
7.8. Τύποι Πακέτων στην Εξομοίωση LAN και στην Ενθυλάκωση .....	337
7.8.1. Ενθυλάκωση LLC για δρομολογημένα πρωτόκολλα.....	340
7.9. Εφαρμογές του LANE .....	341
7.10. Σύγκριση Εικονικού LAN και Εξομοιωμένου LAN.....	342
7.11. Συμπεράσματα .....	342

**Κεφάλαιο 8 – Το πρωτόκολλο MPLS..... 343**

<b>8.1. Εισαγωγή.....</b>	<b>343</b>
<b>8.2. Προβλήματα του παραδοσιακού IP .....</b>	<b>343</b>
<b>8.3. MPLS.....</b>	<b>345</b>
8.3.1. Η λύση MPLS .....	345
8.3.2. Λειτουργία του LSR.....	346
<b>8.4. Προώθηση στο MPLS .....</b>	<b>347</b>
<b>8.5. Ανταλλαγή των ετικετών και δημιουργία της LIB.....</b>	<b>351</b>
8.5.1. Έναρξη δημιουργίας LSP.....	351
8.5.2. Ανταλλαγή των ετικετών.....	351
8.5.3. Κόμβοι άκρης και πυρήνα .....	353
8.5.4. Κατακερματισμός.....	353
8.5.5. Έλεγχος εξόδου και τοπικός έλεγχος .....	354
<b>8.6. Κωδικοποίηση στοίβας ετικετών.....</b>	<b>355</b>
8.6.1. Σήραγγες MPLS .....	356
<b>8.7. Ρητή Δρομολόγηση – Μηχανική κίνησης.....</b>	<b>357</b>
8.7.1. Δρομολόγηση με βάση περιορισμούς .....	358
<b>8.8. Ποιότητα υπηρεσιών στο MPLS.....</b>	<b>359</b>
<b>8.9. MPLS και Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες (Diff-Serv).....</b>	<b>359</b>
8.9.1. E-LSP .....	359
8.9.2. L-LSP .....	360
<b>8.10. Ολοκληρωμένες υπηρεσίες και MPLS.....</b>	<b>361</b>

**Κεφάλαιο 9 – Βασικές αρχές Λειτουργίας Μεταγωγέων .... 363**

<b>9.1. Εισαγωγή.....</b>	<b>363</b>
<b>9.2. Αρχιτεκτονικές μεταγωγέων.....</b>	<b>364</b>
<b>9.3. Βασικές αρχές ψηφιακών μεταγωγέων.....</b>	<b>365</b>
<b>9.4. Ένα Μοντέλο Επίδοσης Μεταγωγέα .....</b>	<b>366</b>
<b>9.5. Αναδρομική Κατασκευή Χωρικών Μεταγωγέων.....</b>	<b>368</b>
<b>9.6. Χρονικοί μεταγωγείς .....</b>	<b>371</b>
<b>9.7. Γενική περιγραφή μεταγωγέα Clos.....</b>	<b>374</b>
9.7.1. Γενική αναδρομική κατασκευή μεταγωγέων .....	375
9.7.2. Μεταγωγέας Benes.....	377
9.7.3. Μεταγωγείς αντιγραφής .....	378

<b>9.8. Γρήγοροι μεταγωγείς πακέτου .....</b>	<b>379</b>
9.8.1. Μεταγωγείς κατανεμημένοι ενταμιευτή.....	380
9.8.2. Μεταγωγείς διαμοιραζόμενοι ενταμιευτή .....	388
9.8.3. Μεταγωγείς ενταμιευτών εξόδου .....	388
9.8.4. Μεταγωγείς ενταμιευτών εξόδου .....	389
<b>9.9. Κατηγορίες μεταγωγέων .....</b>	<b>391</b>
9.9.1. Μεταγωγείς Κορμού ή Πυρήνα.....	392
9.9.2. Μεταγωγείς άκρης παρόχου .....	393
9.9.3. Μεταγωγείς Κορμού Επιχείρησης.....	394
9.9.4. Μεταγωγείς Κορμού Τοπικού Δικτύου Εργασίας.....	394
9.9.5. Άλλα επιθυμητά χαρακτηριστικά των μεταγωγέων ATM .....	394
<b>Κεφάλαιο 10 – Συστήματα LTE. ....</b>	<b>395</b>
<b>10.1. Εισαγωγικές Παρατηρήσεις .....</b>	<b>395</b>
<b>10.2. Βασικά χαρακτηριστικά του LTE.....</b>	<b>396</b>
10.2.1. Βασικές παράμετροι του LTE .....	398
<b>10.3. Η αρχιτεκτονική δικτύου του LTE .....</b>	<b>398</b>
10.3.1. Ο εξοπλισμός του χρήστη (User Equipment -UE) .....	401
10.3.2. Το δίκτυο πρόσβασης E-UTRAN .....	401
10.3.3. Ο εξελιγμένος πυρήνας πακέτου (The Evolved Packet Core - EPC) ...	404
10.3.4. Η αρχιτεκτονική περιαγωγής του LTE.....	406
10.3.5. Αρίθμηση και διευθυνσιοδότηση στο LTE .....	407
10.3.6. Αρχιτεκτονική του Ραδιο-πρωτοκόλου του LTE .....	410
<b>10.4. Στρώματα της Στοιβάς πρωτοκόλλων του LTE.....</b>	<b>413</b>
10.4.1. Ροή δεδομένων στα στρώματα του LTE .....	416
10.4.2. Σχεδιασμός του ραδιοστρώματος.....	417
10.4.3. Υπόστρωμα MAC .....	418
10.4.4. Το υπόστρωμα PDCP.....	423
10.4.5. Υπόστρωμα RLC.....	425
10.4.6. Φυσικό Στρώμα .....	427
<b>10.5. Κανάλια επικοινωνίας στο LTE .....</b>	<b>429</b>
10.5.1. Λογικά Κανάλια .....	430
10.5.2. Κανάλια Μεταφοράς .....	431
10.5.3. Φυσικά Κανάλια.....	433
<b>10.6. Η χρήση της τεχνολογίας OFDM στο LTE .....</b>	<b>435</b>



<b>10.7. Χρονοπρογραμματισμός στα συστήματα LTE.....</b>	<b>437</b>
10.7.1. Βασικές Σχεδιαστικές Επιλογές .....	440
10.7.2. Περιορισμοί στα συστήματα LTE.....	441
10.7.3. Επίμονος και ημι-επίμονος χρονοπρογραμματισμός.....	443
<b>10.8. Στρατηγικές χρονοπρογραμματισμού για το καθοδικό κανάλι των LTE.....</b>	<b>444</b>
10.8.1. Στρατηγικές χωρίς επίγνωση του καναλιού .....	444
10.8.2. Στρατηγική με επίγνωση του καναλιού / χωρίς επίγνωση του QoS.....	447
10.8.3. Στρατηγικές με επίγνωση του καναλιού και του QoS.....	453
10.8.4. Ημί-επίμονος προγραμματισμός για την υποστήριξη VoIP.....	455
10.8.5. Στρατηγικές με επίγνωση της ενέργειας.....	456
<b>10.9. Βασικά χαρακτηριστικά των LTE .....</b>	<b>457</b>
10.9.1. Ποιότητα Υπηρεσιών (QoS).....	457
10.9.2. Διαλειτουργικός Σχεδιασμός για τη σύγκλιση προς το LTE.....	462
10.9.3. Κινητικότητα ροής ραδιοπρόσβασης .....	464
10.9.4. LTE και κελιά Femtocell.....	469
<b>10.10. Νέες κατευθύνσεις και μελλοντικές προσκλήσεις.....</b>	<b>471</b>
<b>10.11. Συμπεράσματα και διδάγματα .....</b>	<b>474</b>
<b>Κεφάλαιο 11 – Επικοινωνίες 5ης Γενιάς (5G/5G) .....</b>	<b>477</b>
<b>11.1. Εισαγωγή.....</b>	<b>477</b>
<b>11.2. Γενικά χαρακτηριστικά του 5G.....</b>	<b>479</b>
11.2.1. Απαιτήσεις και Στόχοι.....	479
11.2.2. Υπηρεσίες.....	481
11.2.3. Απαιτήσεις του 5G .....	487
<b>11.3. Βασικά χαρακτηριστικά των δικτύων 5G.....</b>	<b>493</b>
11.3.1. Τεχνολογίες Πρόσβασης στο δίκτυο 5G .....	493
11.3.2. 5G Stand Alone (SA) .....	504
11.3.3. Πέρα από το 5G.....	506
<b>11.4. Το Δίκτυο Ράδιο-Πρόσβασης .....</b>	<b>507</b>
11.4.1. Κεντροκοποίηση της RAN.....	509
11.4.2. Εικονικοποίηση RAN.....	509
11.4.3. Παράδειγμα λειτουργίας RAN .....	512
<b>11.5. Δίκτυο Πυρήνα.....</b>	<b>513</b>
11.5.1. Κύρια συστατικά .....	514
11.5.2. Πρόσθετα συστατικά.....	518

<b>11.6. Ασύρματες Τεχνολογίες στο 5G.....</b>	<b>522</b>
11.6.1. Πρότυπα Ασύρματης Επικοινωνίας βασισμένα στο 802.11 .....	522
11.6.2. mmWave .....	524
11.6.3. Τεχνολογίες πολλαπλής πρόσβασης.....	526
11.6.4. MIMO και Massive MIMO .....	527
11.6.5. Massive MIMO .....	530
<b>11.7. Ολοκλήρωση του συστήματος 5G με δίκτυα πρόσβασης μη 3GPP .....</b>	<b>532</b>
11.7.1. Δίκτυα πρόσβασης εκτός 3GPP .....	533
11.7.2. LoRa .....	535
11.7.3. Δίκτυα LoRaWAN .....	536
<b>11.8. Αρχιτεκτονικές και τεχνολογίες υποδομής 5G .....</b>	<b>539</b>
11.8.1. Αρχιτεκτονική πολλαπλών επιπέδων .....	539
11.8.2. Αρχιτεκτονικές βασισόμενες σε Γνωστικά Ραδιοδίκτυα (CRNs).....	540
11.8.3. Αρχιτεκτονικές Device-to-Device (D2D) .....	540
11.8.4. Αρχιτεκτονικές βασισόμενες στο Νέφος .....	541
11.8.5. Ενεργειακά αποδοτικές αρχιτεκτονικές .....	542
11.8.6. Δίκτυα ορισμένα από το λογισμικό (Software Defined Networks - SDN)....	543
11.8.7. Εικονικοποίηση Δικτυακής Λειτουργίας (Network Function Virtualization - NFV).....	545
11.8.8. Τεμαχισμός Δικτύου (Network Slicing).....	546
11.8.9. Υπολογιστική Πολυπροσβάσιμου Άκρου (Multi-Access Edge Computing- MEC).....	547
11.8.10. Υπολογιστική Νέφος και Υπολογιστική Ομίχλης .....	559
<b>11.9. Θέματα ασφάλειας.....</b>	<b>550</b>
11.9.1. Αρχιτεκτονική Ασφάλειας.....	550
11.9.2. Φορείς Επιβολής Ασφάλειας.....	552
11.9.3. Απειλές εναντίου του δικτύου πρόσβασης.....	553
11.9.4. Απειλές εναντίον του πυρήνα του δικτύου.....	556
11.9.5. Απειλές εναντίον της φυσικής υποδομής .....	559
<b>11.10. Βαδίζοντας προς το μέλλον .....</b>	<b>562</b>
11.10.1. Εφαρμογές.....	562
11.10.2. Νέες προκλήσεις.....	564
11.10.3. Εξέλιξη ασφάλειας.....	565
11.10.4. Άλλες πρόοδοι.....	566
11.10.5. Παρόν και μέλλον .....	566

11.10.6. Αγκαλιάζοντας το 5G .....	569
11.10.7. Μελλοντικές προκλήσεις.....	569
11.10.8. Μετάβαση στη νέα γενιά.....	569
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 .....</b>	<b>572</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 .....</b>	<b>577</b>

## **Κεφάλαιο 12 – Τεχνολογία εικονικοποίησης δικτυακών λειτουργιών (NFV) .....587**

<b>12.1. Εισαγωγή.....</b>	<b>587</b>
12.1.1. Η εξέλιξη του NFV .....	588
12.1.2. Ορισμός του NFV.....	589
<b>12.2. Είναι το NFV τεχνολογία SDN; .....</b>	<b>589</b>
<b>12.3. Η εικονικοποίηση του Δικτύου.....</b>	<b>590</b>
<b>12.4. Εικονικοποίηση Δικτυακών Λειτουργιών .....</b>	<b>592</b>
<b>12.5. Το αρχιτεκτονικό πλαίσιο του NFV .....</b>	<b>594</b>
<b>12.6. Βασικές Αρχές Εικονικοποίησης Δικτυακών Λειτουργιών .....</b>	<b>598</b>
<b>12.7. Δικτυακές Υπηρεσίες και NFV.....</b>	<b>600</b>
<b>12.8. Βασικά συστατικά της Αρχιτεκτονικής NFV.....</b>	<b>602</b>
12.8.1. Υποδομή NFV (NFVI).....	602
12.8.2. Λειτουργίες Εικονικού Δικτύου .....	606
12.8.3. Διαχείριση κύκλου ζωής VNF.....	610
12.8.4. Διαχειριστής εικονικών δικτυακών λειτουργιών.....	613
<b>12.9. NFV Orchestrator .....</b>	<b>613</b>
<b>12.10. Πληροφοριακό μοντέλο MANO .....</b>	<b>615</b>
<b>12.11. Υλοποίηση του NFV .....</b>	<b>616</b>
<b>12.12. Ενσωμάτωση τεχνολογιών SDN και NFV σε μελλοντικά δίκτυα .....</b>	<b>618</b>

## **Κεφάλαιο 13 – Υπολογιστική Νέφος: Δίκτυα Κέντρων Δεδομένων ..... 621**

<b>13.1. Εισαγωγή.....</b>	<b>621</b>
<b>13.2. Μοντέλα παροχής υπολογιστικού νέφους.....</b>	<b>622</b>
13.2.1. Δημόσιο Νέφος (Public Cloud Networking).....	622
13.2.2. Ιδιωτικό Νέφος (Private Cloud Networking) .....	623
13.2.3. Υβριδικό Νέφος (Hybrid Cloud Networking).....	623
<b>13.3. Κέντρα δεδομένων – η εξελικτική τους πορεία.....</b>	<b>624</b>

13.3.1. Η εξέλιξη των Κέντρων Δεδομένων .....	624
13.3.2. Επιλογή κέντρου δεδομένων τοπικά ή στο ΥΝ.....	625
13.3.3. Παραδοσιακά επιχειρησιακά δίκτυα και το Νέφος.....	626
<b>13.4. Θέματα Διασύνδεσης Υπολογιστικών Νεφών.....</b>	<b>629</b>
13.4.1. Σχεδιάσεις για τα επίπεδα 2 και 3 .....	629
<b>13.5. Δίκτυα Διασύνδεσης (Interconnection Networks).....</b>	<b>636</b>
13.5.1. Στατικά Δίκτυα.....	637
13.5.2. Δομές Διασύνδεσης και Θέματα Δρομολόγησης για DCN.....	655
13.5.3. Σχεδιάσεις Λογισμικού – Δίκτυα SDN .....	656
13.5.4. Δίκτυα Υψηλών Ταχυτήτων – InfiniBand.....	658
<b>13.6. Δίκτυα Αποθήκευσης (Storage Area Networks).....</b>	<b>662</b>
13.6.1. Μοντέλα συνδεσιμότητας δικτύων SAN.....	665
13.6.2. Ασφάλεια Δικτύων SAN .....	668
<b>13.7. Τύποι δικτυακών μεταγωγέων σε κέντρα δεδομένων .....</b>	<b>670</b>
13.7.1. Εικονικοποίηση δικτύων και δικτύωση βασισμένη στο λογισμικό.....	672
<b>13.8. Διαχείριση ισχύος (Power management) .....</b>	<b>683</b>
13.8.1. Στατική διαχείριση ενέργειας.....	684
13.8.2. Δυναμική διαχείριση ισχύος.....	686
<b>13.9. Network Function Virtualization (NVF) .....</b>	<b>687</b>
<b>13.10. Ζητήματα Ασφάλειας.....</b>	<b>688</b>
13.10.1. Προστασία από DDoS.....	689
13.10.2. Χρήση εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ασφάλεια ΥΝ.....	693

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – SONET / SDH..... 695**

<b>A.1. Εισαγωγή.....</b>	<b>695</b>
<b>A.2. Στόχοι και σχεδίαση SONET .....</b>	<b>695</b>
<b>A.3. Δομή SONET.....</b>	<b>696</b>
<b>A.4. Ρυθμοί και μορφοποίηση SONET.....</b>	<b>697</b>
<b>A.5. Τα στρώματα του SONET .....</b>	<b>703</b>
<b>A.6. Επιβάρυνση SONET.....</b>	<b>704</b>
A.6.1. Επιβάρυνση τομέα.....	705
A.6.2. Επιβάρυνση γραμμής.....	705
A.6.3. Επιβάρυνση μονοπατιού STS.....	706
<b>A.7. Σύγχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία (SDH: Synchronous Digital Hierarchy) ..</b>	<b>707</b>
A.7.1. Συνήθεις ρυθμοί του SDH.....	707

A.7.2. Διεπαφή και δομή πλαισίου στο SDH.....	708
---	-----

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – Το DSL ..... 713**

<b>B.1. Εισαγωγή .....</b>	<b>713</b>
<b>B.2. Φιλοσοφία, Ορολογία και Λειτουργία του DSL.....</b>	<b>715</b>
<b>B.3. Τεχνικές Διαμόρφωσης Σήματος.....</b>	<b>719</b>
<b>B.4. Ασύμμετρη Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή (ADSL).....</b>	<b>721</b>
<b>B.5. Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή Υψηλού Ρυθμού Μετάδοσης (HDSL: High bit rate Digital Subscriber Line) .....</b>	<b>724</b>
<b>B.6. Συμμετρική Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή (SDSL: Symmetrical Digital Subscriber Line) .....</b>	<b>725</b>
<b>B.7. Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή πολύ Υψηλού Ρυθμού Δεδομένων (VDSL: Very high-bit-rate Digital Subscriber Line) .....</b>	<b>726</b>
<b>B.8. Σύγκριση VDSL – ADSL.....</b>	<b>728</b>
<b>B.9. Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή Προσαρμοσμένη στο Ρυθμό (RADSL: Rate Adaptive Digital Subscriber Line) .....</b>	<b>728</b>
<b>B.10. Απολογισμός των Τεχνολογιών DSL .....</b>	<b>729</b>
<b>B.11. Παράγοντες που επηρεάζουν τις επιδόσεις του xDSL.....</b>	<b>730</b>
B.11.1. Πηνία φόρτισης.....	730
B.11.2. Εξασθένιση σήματος .....	731
B.11.3. Παρεμβολές NEXT και FEXT .....	731
B.11.4. Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.....	732
<b>B.12. Υπηρεσίες και εφαρμογές μέσω xDSL.....</b>	<b>732</b>
B.12.1. Πρόσβαση στο Διαδίκτυο με υψηλή ταχύτητα.....	733
B.12.2. Υπηρεσίες Πολυμέσων .....	734
B.12.3. Διαδικτυακές πύλες και DSL.....	736
<b>B.13. Ανταγωνιστικές Τεχνολογίες.....</b>	<b>737</b>
B.13.1. Το σύστημα Καλωδιακής Τηλεόρασης .....	737
B.13.2. Ασύρματες τεχνολογίες .....	739

## **Αρκτικόλεξα..... 743**

## **Βιβλιογραφία ..... 749**