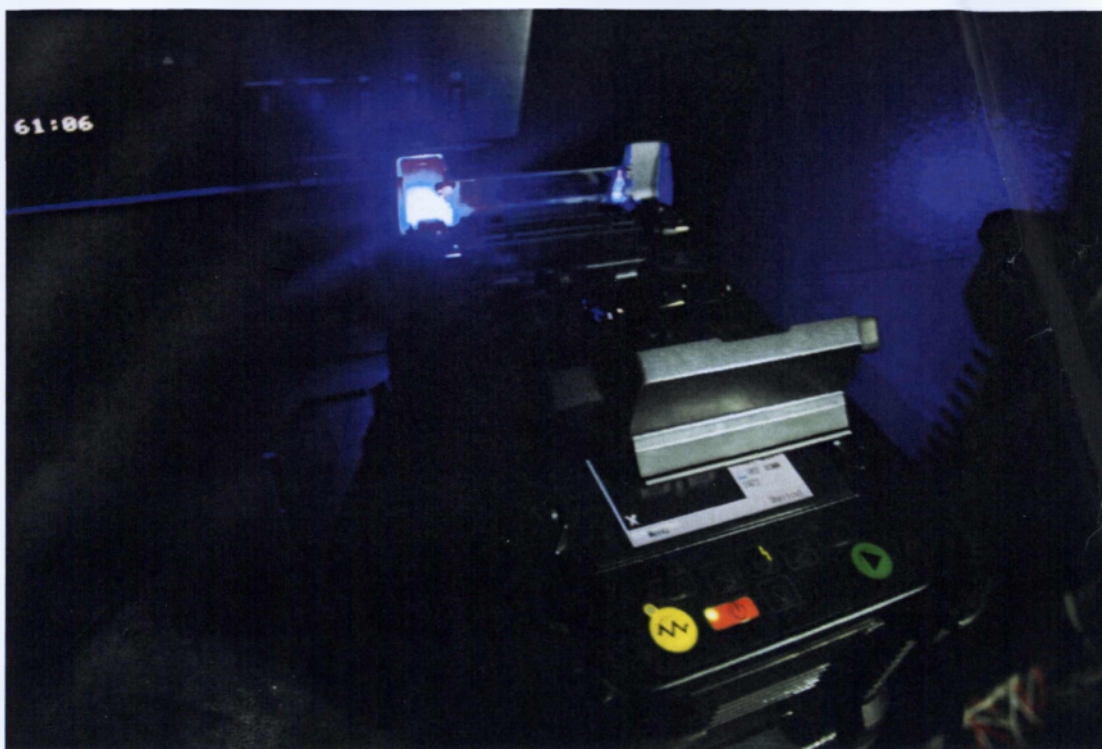




**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΠΑΡΤΗΣ**



***Μελέτη εγκατάστασης μητροπολιτικού ευρυζωνικού δικτύου
οπτικών ινών(MAN) στον Δήμο Σπάρτης.***

Βασιλική Ζδράγκα

Σουσάνα-Αναστασία Κρητικού

Επιβλέποντες καθηγητές: Παναγιώτης Φιλιππίδης - Μιχάλης
Ναστάκος

ΣΠΑΡΤΗ 2013

Ευχαριστίες

Είναι γεγονός ότι οι ευχαριστίες κατά την παρουσίαση μιας πτυχιακής εργασίας αποτελούν καθαρά ένα τυπικό της μέρος, θα θέλαμε να αναφερθούμε σε μερικούς ανθρώπους που παρά το φόρτο εργασίας τους ήταν πρόθυμοι να συμβάλλουν στην επίτευξη της πτυχιακή μας εργασίας.

Θα θέλαμε πραγματικά να ευχαριστήσουμε την κ. Κατερίνα Σανιδά, διευθύντρια τμήματος Πληροφορικής στον δήμο Σπάρτης και τον κ. Κώστα Φασμούλο, τεχνικό του ΟΤΕ για τις πληροφορίες που μας μεταβίβασαν.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τους καθηγητές μας κ. Παναγιώτη Φιλιππόπουλο και κ. Μιχάλη Ναστάκο. Η συνεισφορά τους, και η συνεργασία μας καθώς και η διάθεση τους για προσφορά στην επιστήμη συνέβαλαν καθοριστικά στο να εστιάσουμε τόσο στη συγγραφή της πτυχιακής μας όσο και στον γενικότερο τρόπο σκέψης μας.

Δηλώνουμε υπεύθυνα ότι η παρούσα εργασία αποτελεί προϊόν προσωπικής μελέτης και έρευνας και πως όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για την συγγραφή της δηλώνονται σαφώς στην βιβλιογραφία. Γνωρίζουμε πως η λογοκλοπή αποτελεί σοβαρότατο παράπτωμα και είμαστε ενήμερες για την επέλευση των νόμιμων συνεπειών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της παρούσας πτυχιακής είναι αρχικά η καταγραφή των τεχνολογιών –αρχιτεκτονικών -τοπολογιών των μητροπολιτικών οπτικών δικτύων και η παρουσίαση των ασυρμάτων τεχνολογιών. Στο δεύτερο τμήμα με βάση τα στοιχεία της μελέτης γίνεται αναφορά στις τεχνικές υλοποίησης των οπτικών δικτύων, όπου περιλαμβάνονται οι απαιτήσεις των οπτικών υποδομών και των λειτουργικών δικτύων, η προμήθεια, το κόστος εγκατάστασης, και οι υποδομές ενεργού τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η αναλυτική περιγραφή του Μητροπολιτικού Δικτύου Οπτικών Ινών της Σπάρτης, όπου περιλαμβάνεται η περιγραφή του δικτύου και ο ενεργητικός εξοπλισμός.

Τέλος γίνεται αναφορά στα οφέλη και τις προοπτικές που θα μπορούσαν να προκύψουν από την εγκατάσταση ενός τέτοιου έργου και τις κύριες εφαρμογές του στον τομέα των υπηρεσιών, επιπλέον παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά του προτεινόμενου επιχειρηματικού σχεδίου που θα εξασφαλίσει τη χρηματοοικονομική βιωσιμότητα των ευρυζωνικών υποδομών και θα αποτελέσει εγγύηση για την ανάπτυξη, εκμετάλλευση των υποδομών.

Τα ευρυζωνικά δίκτυα σήμερα προσδιορίζονται από την δυνατότητα της μεγάλης χωρητικότητας και της ταχείας μετάδοσης της πληροφορίας. Οι δυνατότητες που παρέχουν τα ευρυζωνικά δίκτυα επικοινωνίας είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Η χρήση τους αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά την καθημερινή ζωή των πολιτών αφού τους ανοίγει το δρόμο για να συμμετάσχουν σε δράσεις δια βίου εκπαίδευσης, τηλεϊατρικής, συμμετοχής στην ηλεκτρονική διακυβέρνηση, αγοράς προϊόντων μέσω Διαδικτύου. Επιπλέον τους δίνει τη δυνατότητα πρόσβασης σε υπηρεσίες και περιεχόμενο όπως η τηλεφωνία μέσω IP, η βιντεοδιάσκεψη, η εργασία από το σπίτι, η ψηφιακή τηλεόραση, το διαδικτυακό παιχνίδι τα οποία θα διαμορφώσουν καινούργια δεδομένα όσον αφορά την επικοινωνία και την ψυχαγωγία των ανθρώπων. Ο κύριος στόχος των δικτύων ευρείας ζώνης είναι να διασυνδεθούν τα κτίρια του δημόσιου τομέα στην πόλη, αλλά και την ανάπτυξη των υποδομών (ίνες ή ασύρματα συστήματα) που θα δημιουργήσουν τις προϋποθέσεις του ανταγωνισμού τόσο στην παροχή όσο στην πρόσβαση και τις υπηρεσίες προς όφελος του τελικού καταναλωτή. Η χρήση των ευρυζωνικών υποδομών από τους παρόχους υπηρεσιών θα πρέπει να βασίζεται στην ανοικτή διαθεσιμότητα της υποδομής ως προς το κόστος με αποτελεσματικό τρόπο.

Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| Ευχαριστίες..... | 3 |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ..... | 5 |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ..... | 11 |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ..... | 13 |
| Γλωσσάριο-Συντομογραφίες..... | 15 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 16 |
| Αντικείμενο της μελέτης..... | 16 |
| Δομή και διάρθρωση..... | 17 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ_1 ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ MAN..... | 20 |
| 1.1 Ορισμός Μητροπολιτικού Δικτύου..... | 20 |
| Εικόνα 1.1: Μητροπολιτικό δίκτυο..... | 21 |
| 1.2 Εφαρμογές MAN..... | 21 |
| 1.3 Τεχνολογίες MAN..... | 22 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2_ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ..... | 24 |
| 2.1 Τεχνολογίες Μητροπολιτικών Δικτύων..... | 24 |
| 2.2 Δημιουργία SONET..... | 24 |
| 2.2.1 Τεχνολογία SONET..... | 25 |
| 2.2.2 Η μετανάστευση από SONET/SDH..... | 26 |
| 2.3 Η Τεχνολογία ATM..... | 26 |
| 2.4 Η Τεχνολογία GIGABIT ETHERNET..... | 28 |
| 2.4.1 Πλεονεκτήματα του GIGABIT ETHERNET..... | 29 |
| 2.4.2 Το πρότυπο ΙΕΕΕ 802.3z..... | 30 |
| 2.4.3 CSMA/CD Access Protocol..... | 31 |
| 2.5 Η Υπηρεσία FDDI..... | 33 |
| 2.6 Κατανεμημένη Ουρά Διπλής Αρτηρίας (Distributed Queue Dual Bus-DQDB)..... | 34 |
| 2.6.1 Τοπολογίες για DQDB..... | 37 |
| 2.6.2 Λειτουργία του DQDB..... | 38 |
| 2.6.3 Αρχή μετάδοσης των δεδομένων με το DQDB..... | 38 |
| 2.7 Τεχνολογία IP..... | 39 |
| 2.8 Μεταγωγίμη Υπηρεσία πολλών εκατομμυρίων δυαδικών ψηφίων(Switched Multi-megabit Data Service-SMDS)..... | 40 |

| | |
|---|-----------|
| 2.8.1 Τα μέρη ενός SMDS δικτύου..... | 42 |
| 2.9.2 SMDS INTERFACE PROTOCOL-SIP..... | 43 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3_ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ..... | 45 |
| 3.1 Αρχιτεκτονικές Μητροπολιτικών δικτύων..... | 45 |
| 3.2 Μητροπολιτικά Δίκτυα βασισμένα σε ATM/SONET/SDH Διαφανή Υπηρεσία Τοπικών Δικτύων (TLS)..... | 45 |
| 3.2.1 Διαφανή Υπηρεσία Τοπικών Δικτύων (TLS) | 46 |
| 3.3 Μητροπολιτικό Δίκτυο βασισμένο σε IP πάνω από ETHERNET μεγάλων αποστάσεων..... | 47 |
| 3.4 MAN βασισμένο σε IP πάνω από ETHERNET μεγάλης απόστασης και δακτυλίους CWDM..... | 48 |
| 3.4.1 Η Τεχνολογία CWDM..... | 49 |
| 3.5 MAN βασισμένα σε Τεχνολογία IP πάνω από δακτύλιους DWDM..... | 50 |
| 3.5.1 Η Τεχνολογία DWDM | 51 |
| 3.6 Οπτική Ινα..... | 52 |
| 3.7 Τι είναι μία τοπολογία | 54 |
| 3.8 Γραμμική Αρτηρία (Linear Bus Topology) | 54 |
| 3.8.1 Πλεονεκτήματα της Γραμμικής Τοπολογίας Διαύλου..... | 54 |
| 3.8.2 Μειονεκτήματα της Γραμμικής Τοπολογίας Διαύλου | 55 |
| 3.9 Τοπολογία Αστέρα (STAR TOPOLOGY) | 55 |
| 3.9.1 Πλεονεκτήματα της Τοπολογίας Αστέρα | 56 |
| 3.9.2 Μειονεκτήματα της Τοπολογίας Αστέρα | 56 |
| 3.10 Τοπολογία Δέντρου (TREE TOPOLOGY)..... | 57 |
| 3.10.1 Πλεονεκτήματα της Τοπολογίας Δέντρο | 57 |
| 3.10.2 Μειονεκτήματα της Τοπολογίας Δέντρο..... | 58 |
| 3.11 Κανόνας 5-4-3 | 58 |
| 3.11.1 Εκτιμήσεις κατά την επιλογή μιας τοπολογίας | 58 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ_4 ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ MAN | 60 |
| 4.1 Ασύρματες Επικοινωνίες..... | 60 |
| 4.1.2 Είδη Ασύρματης Πρόσβασης..... | 61 |
| 4.2 Μητροπολιτικό Ασύρματο Δίκτυο..... | 62 |
| 4.2.1 Πρότυπα IEEE για τα Μητροπολιτικά Ασύρματα Δίκτυα..... | 63 |
| 4.2.1.1 IEEE 802.16 | 63 |
| 4.2.2 Χαρακτηριστικά Μετάδοσης..... | 65 |
| 4.2.3 Αρχιτεκτονική του WiMAX..... | 67 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3 Τοπικό Ασύρματο Δίκτυο..... | 68 |
| 4.4 Το πρότυπο IEEE 802.11 | 70 |
| 4.4.1 Συχνότητες Λειτουργίας | 71 |
| 4.4.2 Υπο-πρότυπα IEEE 802.11 | 72 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ_5 ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΟ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ (MAN) ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΣΠΑΡΤΗΣ | 74 |
| 5.1 Μεθοδολογία-Προβλήματα της μελέτης του έργου | 74 |
| 5.2 Ορισμοί | 75 |
| 5.3 Ειδικές απαιτήσεις οπτικής υποδομής..... | 78 |
| 5.3.1 Απαιτήσεις για το κύριο δίκτυο..... | 78 |
| 5.3.2 Απαιτήσεις για το δίκτυο διανομής..... | 79 |
| 5.3.3 Απαιτήσεις για το δίκτυο πρόσβασης | 80 |
| 5.3.4 Απαιτήσεις για το δίκτυο συγκέντρωσης (τελικών χρηστών)..... | 81 |
| 5.3.5 Ελάχιστες απαιτήσεις Παθητικού εξοπλισμού κόμβων | 81 |
| 5.3.6 Άλλες γενικές απαιτήσεις..... | 83 |
| 5.3.6.1 Μετρήσεις και δοκιμασίες | 83 |
| 5.3.7 Υλικά..... | 84 |
| 5.4 Κύριος κόμβος | 84 |
| 5.5 Κόμβος διανομής..... | 85 |
| 5.6 Κόμβος πρόσβασης..... | 85 |
| 5.7 Τελικός χρήστης..... | 86 |
| 5.8 Απαιτήσεις για λειτουργικά δίκτυα | 87 |
| 5.8.1 Εισαγωγή..... | 87 |
| 5.8.2 Διαφάνεια ως προς τα πρωτόκολλα | 88 |
| 5.8.3 Μέγιστο Μέγεθος Πλαισίου | 90 |
| 5.8.4 Εξασφάλιση Ποιότητας Υπηρεσίας (QoS) | 91 |
| 5.8.5 Διαχειριζόμενες γραμμές πρόσβασης (802.3ah) | 92 |
| 5.8.5.1 Διαφορά μεταξύ 802.3ah και Fiber Driver based OESD..... | 93 |
| 5.8.6 Το υπάρχον περιβάλλον για την υλοποίηση αρχικών λειτουργικών δικτύων | 96 |
| 5.8.7 Τεχνικές Λύσεις..... | 97 |
| 5.8.8 Παρατηρήσεις | 102 |
| 5.9 Εξοπλισμός Ασύρματης Πρόσβασης..... | 103 |
| 5.9.1 Εισαγωγή..... | 103 |
| 5.9.2 Επίπεδα ασύρματης σύνδεσης..... | 103 |

| | |
|--|-----|
| Τα παραπάνω συστήματα συνήθως χρησιμοποιούνται ιεραρχικά για την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του καθενός..... | 104 |
| 5.10 Συνοπτική περιγραφή του δικτύου..... | 104 |
| 5.11 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ..... | 111 |
| 5.11.1 Προϋπολογισμός του έργου Σπάρτης..... | 111 |
| 5.12 Επιχειρηματικά Μοντέλα..... | 111 |
| 5.12.1 Τοπική Δημόσια Παροχή (Public Local Provider-A)..... | 111 |
| 5.12.2 Εναρμονισμένη Σύμπραξη Δημοσίου-Ιδιωτικού τομέα (Orchestrated PPP -B)..... | 112 |
| 5.12.3 Πλήρης Δημόσιος Έλεγχος (Full Public Control -Γ)..... | 112 |
| 5.12.4 Πλήρως Ιδιωτική Πρωτοβουλία (Full Private Initiative -Δ)..... | 112 |
| 5.12.5 Μεταπώληση (Retail- E)..... | 113 |
| 5.12.6 Συμπεράσματα από τα υφιστάμενα μοντέλα..... | 113 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | 114 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 119 |

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1.1 : Μητροπολιτικό δίκτυο..... | 21 |
| Εικόνα 2.1: Synchronous Optical Network..... | 25 |
| Εικόνα 2.2: Asynchronous Transfer Mode..... | 27 |
| Εικόνα 2.3: Gigabit Ethernet Technology..... | 28 |
| Εικόνα 2.4: CSMA/CD Access Protocol..... | 32 |
| Εικόνα 2.5: Fiber Distributed Data Interface Technology..... | 34 |
| Εικόνα 2.6: Distributed Queue Dual Bus..... | 35 |
| Εικόνα 2.7: Τοπολογία DQDB..... | 36 |
| Εικόνα 2.8: Χρήση access unit και συνδέσμου attachment..... | 37 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 2.9: Μετάδοση δεδομένων DQDB..... | 38 |
| Εικόνα 2.10: Switched Multi – megabit Data Service..... | 41 |
| Εικόνα 2.11: Τα μέρη ενός SMDS δικτύου..... | 43 |
| Εικόνα 2.12: SMDS INTERFACE PROTOCOL-SIP..... | 44 |
| Εικόνα 3.1: Μητροπολιτικό δίκτυο βασισμένο σε ATM/SONET/SDH..... | 45 |
| Εικόνα 3.2: Μητροπολιτικό δίκτυο βασισμένο σε IP πάνω από ETHERNET..... | 47 |
| Εικόνα 3.3: MAN βασισμένο σε IP πάνω από ETHERNET με δακτύλιους CDWM..... | 48 |
| Εικόνα 3.4: MAN βασισμένο σε Τεχνολογία IP πάνω από δακτύλιους DWDM..... | 50 |
| Εικόνα 3.5: Οπτική ίνα..... | 53 |
| Εικόνα 3.6: Γραμμική Αρτηρία..... | 54 |
| Εικόνα 3.7: Τοπολογία Αστέρα..... | 56 |
| Εικόνα 3.8: Τοπολογία Δέντρο..... | 57 |
| Εικόνα 4.1: Τεχνολογία WiMAX..... | 62 |
| Εικόνα 4.2: Αρχιτεκτονική του WiMAX..... | 67 |
| Εικόνα 4.3: Συστήματα Διανομής..... | 69 |
| Εικόνα 5.1: Απαιτήσεις παθητικού εξοπλισμού..... | 82 |
| Εικόνα 5.2: Χρήση διακριτών ινών για κάθε σύνδεση ενός μεταγωγέα πρόσβασης με ένα κεντρικό μεταγωγέα..... | 98 |
| Εικόνα 5.3: Χρήση SFP-Based και Dual-rate στοιχείων..... | 100 |
| Εικόνα 5.4: Χρήση CWDM οπτικών πολυπλεκτών για την τροφοδοσία των κόμβων πρόσβασης..... | 101 |
| Εικόνα 5.5: Δίκτυο Διανομής και πρόσβασης MAN Σπάρτης..... | 106 |

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Κόμβοι πρόσβασης Αι και εξυπηρετούμενοι Χρήστες i...107

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικός Πίνακας Κόμβος Δικτύων.....110

Γλωσσάριο-Συντομογραφίες

MAN: Metropolitan Area Network

SONET: Synchronous Optical Network

SDH: Synchronous Digital Hierarchy

ADMS: Add/Drop Multiplexers

TDM: Time Division Multiplexing

DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing

SMDS: Switched Multi-megabit Data Service

SIP: SMDS Interface Protocol

DXi: Data Exchange Interface

LAPF: Link Access Procedure for Frame-Mode Rearer Services

ATM: Asynchronous Transfer Mode

TLS: Transparent LAN Service

SIU: Sensus System Interface Unit

DQDB: Distibuted Queue Dual Bus

CWDM: Coarse Wavelength Division Multiplexing

WAN: Wide Area Network

RAN: Regional Area Network

PLCP: Physical Layer Convergence Protocol

CPE: Customer Premises Equipment

FDDI: Fiber Distributed Data Interface

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο της μελέτης

Η παρούσα εργασία στοχεύει στην θεωρητική τεκμηρίωση, την ανάλυση και παρουσίαση του Μητροπολιτικού Ευρυζωνικού Δικτύου Οπτικών Ινών στον Δήμο Σπάρτης. Κύριος σκοπός του έργου είναι η βελτίωση της λειτουργίας των φορέων της Ελληνικής Δημόσιας Διοίκησης, με την αναβάθμιση της ποιότητας των προσφερόμενων σε αυτούς τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και την παροχή προηγμένων υπηρεσιών.

Η κατάσταση σήμερα στην χώρα μας

Η χώρα μας σε σχέση με τις άλλες χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν έχει ακολουθήσει την ίδια πορεία σε σχέση με την κατασκευή δικτυακών υποδομών υψηλών ταχυτήτων. Για την ακρίβεια η στέρση που παρατηρείται είναι εμφανής και όλοι οι επίσημοι δείκτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης το φανερώνουν. Για παράδειγμα εδώ και ένα περίπου χρόνο η διείσδυση της Ευρυζωνικότητας στη χώρα μας κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα τα οποία κατατάσσουν τη χώρα μας στην τελευταία θέση στον τομέα αυτό στην ΕΕ. Ορισμένοι από τους λόγους για τους οποίους η χώρα μας υστερεί στους προαναφερθέντες τομείς είναι:

- Η χώρα αποτελεί σχετικά μικρή αγορά στον τομέα της πληροφορικής και των επικοινωνιών σε σχέση με τις άλλες χώρες της ΕΕ. Ταυτόχρονα, η αγορά τα προηγούμενα χρόνια ειδικότερα, παρουσίαζε αρκετές ιδιαιτερότητες που κύρια οφειλόταν στην έλλειψη ενός ανταγωνιστικού τηλεπικοινωνιακού νόμου.
- Η χώρας μας λόγω της μορφολογίας της δεν επιτρέπει την εύκολη ανάπτυξη ευζωνικών δικτύων από άκρη σε άκρη.

- Απουσία ευρυζωνικών υπηρεσιών οι οποίες θα μπορούσαν θεωρητικά να δημιουργήσουν τη ζήτηση ευρυζωνικών υπηρεσιών και να αναπτύξουν μια αγορά στον τομέα αυτό.

Σε ότι αφορά τις ευρυζωνικές υποδομές στη χώρα μας, είναι γνωστό ότι κατά συντριπτική πλειοψηφία ανήκουν στον ΟΤΕ. Ο ΟΤΕ διαθέτει στο μεγαλύτερο μέρος της Ελληνικής Επικράτειας ευρυζωνικές υποδομές ενώ αντίθετα οι πάροχοι αναγκάζονται να νοικιάσουν υποδομές από τον ΟΤΕ για να δημιουργήσουν με αυτό τον τρόπο συνθήκες ανταγωνισμού στην αγορά. Με άλλα λόγια αυτό που μπορούμε να συμπεράνουμε για την κατάσταση σε σχέση με τις ευρυζωνικές υποδομές στη χώρα μας είναι ότι δεν υπάρχει ακόμη ανταγωνισμός ούτε στις ευρυζωνικές υποδομές ούτε στις ευρυζωνικές υπηρεσίες.

Ορισμένοι λόγοι που αποθαρρύνουν τη δημιουργία συνθηκών ανταγωνισμού στη Ελληνική αγορά αναφέρονται παρακάτω:

- Έλλειψη ξεκάθਾਰου ρυθμιστικού πλαισίου το οποίο θα ξεκαθαρίζει το θολό τοπίο στην τηλεπικοινωνιακή αγορά στη χώρα μας.
- Δυσκολίες και προβλήματα που παρουσιάζονται στην αποδέσμευση του τοπικού βρόχου συνδρομητή.
- Αδυναμία των περισσότερων παρόχων να ικανοποιήσουν ακόμη και την χαμηλή ζήτηση ευρυζωνικών υπηρεσιών (πχ νέων γραμμών DSL).

Δομή και διάρθρωση

Η εργασία περιλαμβάνει τα ακόλουθα κεφάλαια:

Κεφάλαιο 1 <<Μητροπολιτικά Δίκτυα MAN>>: Στην ενότητα αυτή αναλύεται θεωρητικά η έννοια των Μητροπολιτικών Δικτύων. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στις εφαρμογές και τα οφέλη του Μητροπολιτικού Δικτύου σε διάφορους τομείς όπως εκπαίδευση, υγεία και στην εξέλιξη του τομέα της επικοινωνίας μέσω διαδικτύου. Στο τέλος της ενότητας παρουσιάζονται θεωρητικά κάποιες εφαρμογές και υπηρεσίες του Μητροπολιτικού Δικτύου.

Κεφάλαιο 2 <<Τεχνολογίες Μητροπολιτικών Δικτύων>>: Στην ενότητα αυτή θα αναφέρουμε συνοπτικά ορισμένες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα μητροπολιτικά δίκτυα. Ονομαστικά οι τεχνολογίες που παρουσιάζονται είναι οι εξής: SONET, ATM, GIGABIT ETHERNET, Distributed Queue Dual Bus-DQDB, IP, Fiber Distributed Data Interface Technology -FDDI και Switched Multi-megabit Data Service-SMDS. Γίνεται αναφορά στη λειτουργία και τη χρήση τους.

Κεφάλαιο 3 <<Αρχιτεκτονικές Μητροπολιτικών Δικτύων>>: Στην ενότητα αυτή θα αναφέρουμε συνοπτικά ορισμένες αρχιτεκτονικές που χρησιμοποιούνται στα μητροπολιτικά δίκτυα. Οι αρχιτεκτονικές που παρουσιάζονται είναι οι εξής: Μητροπολιτικά Δίκτυα βασισμένα σε ATM/SONET/SDH, Διαφανή Υπηρεσία Τοπικών Δικτύων (TLS), Μητροπολιτικό Δίκτυο βασισμένο σε IP πάνω από ETHERNET μεγάλων αποστάσεων, MAN βασισμένα σε IP πάνω από ETHERNET μεγάλης απόστασης και δακτυλίους CWDM, και MAN βασισμένα σε τεχνολογία IP πάνω από δακτύλιους DWDM. Εκτός της παρουσίασης των αρχιτεκτονικών, γίνεται μια εκτενέστερη περιγραφή των δακτυλίων CWDM-DWDM και του πρωτοκόλλου TLS. Ακόμα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά, η λειτουργία, η τοπολογία του προτύπου DQDB καθώς και το πρότυπο IEEE 802.6 στο οποίο βασίζεται. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στα κύρια μέρη μιας SMDS υπηρεσία και του πρωτοκόλλου SMDS INTERFACE PROTOCOL-SIP. Τέλος παρουσιάζονται οι εξής τοπολογίες: τοπολογία γραμμικής λεωφορείων, τοπολογία αστέρι, τοπολογία δέντρου και ο κανόνας 3-4-5. Επιπλέον περιγράφεται η λειτουργία, η δομή τους και τέλος γίνονται εκτιμήσεις για την επιλογή μιας τοπολογίας

Κεφάλαιο 4 <<Ασύρματες Τεχνολογίες στο δίκτυο MAN >>: Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι ασύρματες επικοινωνίες. Αρχικά, βλέπουμε μια ιστορική αναδρομή από την αρχή της εμφάνισή τους μέχρι την σημερινή μορφή τους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα είδη της ασύρματης πρόσβασης καθώς τα πρότυπα IEEE 802.16 και IEEE 802.11. Στο τέλος, αναλύεται διεξοδικά η τεχνολογία WiMAX με την παρουσίαση των χαρακτηριστικών και της αρχιτεκτονικής τους καθώς και το τοπικό Ασύρματο Δίκτυο.

Κεφάλαιο 5 << Μητροπολιτικό Ευρυζωνικό Δίκτυο Οπτικών Ινών (MAN) στον Δήμο Σπάρτης >>: Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται διεξοδικά οι τεχνικές υλοποίησης Οπτικών Δικτύων. Αυτό έγινε με τη λεπτομερή παρουσίαση των ειδικών απαιτήσεων οπτικής υποδομής (δηλ. την παρουσίαση των κύριων, διανομής, πρόσβασης κόμβων) καθώς και με την παρουσίαση των απαιτήσεων των λειτουργικών δικτύων. Ακόμα παρουσιάζεται διεξοδικά το Μητροπολιτικό Δίκτυο MAN της Σπάρτης. Αυτό έγινε με τη συνοπτική περιγραφή του δικτύου, και του ενεργού εξοπλισμού. Τέλος παρουσιάστηκαν αναφορικά τα οικονομικά στοιχεία του έργου και τα Επιχειρηματικά Μοντέλα .

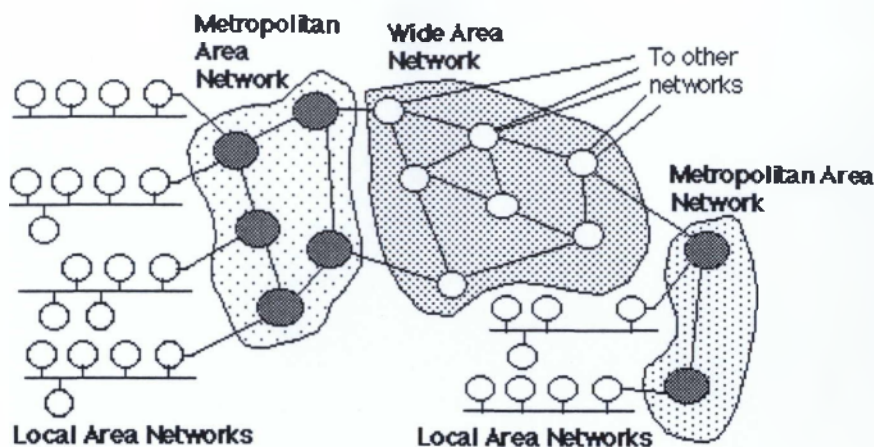
Συμπεράσματα: Στο τέλος της πτυχιακής λαμβάνοντας υπόψη την προηγούμενη ανάλυση προκύπτουν τα συμπεράσματα. Εκεί γίνεται αναφορά στα πλεονεκτήματα που προσφέρει η ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας στους παρόχους της. Στη συνέχεια παρουσιάζονται

κάποιοι παράγοντες εγκατάστασης που προέκυψαν από τη μελέτη για την μελλοντική επιτυχία του έργου. Και τέλος γίνεται αναφορά σε κάποιες προτάσεις που θα υποστηρίξουν την ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ_1ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΜΑΝ

1.1 Ορισμός Μητροπολιτικού Δικτύου

Το μητροπολιτικό δίκτυο είναι στην ουσία ένα τοπικό δίκτυο το οποίο μπορεί να καλύπτει μια ολόκληρη πόλη, είναι ένα μεγάλο δίκτυο υπολογιστών που καλύπτει μια μητροπολιτική περιοχή ή μια πανεπιστημιούπολη. Γεωγραφικά βρίσκεται μεταξύ ενός WAN και ενός LAN. Τα ΜΑΝ προσφέρουν σύνδεση στο Διαδίκτυο σε LAN μιας μητροπολιτική περιοχής και τα συνδέουν σε δίκτυα ευρείας περιοχής, όπως το Διαδίκτυο.



Εικόνα 1.1: Μητροπολιτικό δίκτυο

1.2 Εφαρμογές MAN

Το Μητροπολιτικό Δίκτυο είναι ένα δίκτυο οπτικών ινών που καλύπτει αποστάσεις από μερικές δεκάδες έως μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα, συνδέει εκατοντάδες σημεία της πόλης με τα περισσότερα από αυτά να ανήκουν σε δημόσιες ή δημοτικές υπηρεσίες, νοσοκομεία, πανεπιστημιακά ιδρύματα, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, βιομηχανίες, μεγάλες εταιρείες κτλ. Με αυτή την τοπολογία η κάθε πόλη και οι πολίτες της αποκτούν πρόσβαση στην ευρυζωνικότητα. Το πρώτο ορατό πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα γρήγορων συνδέσεων στο διαδίκτυο σε ανταγωνιστικές τιμές και με αισθητή μείωση του κόστους των ήδη υπάρχοντων συνδέσεων (PSTN, ISDN, ADSL). Με τα Μητροπολιτικά Δίκτυα προκύπτουν νέες πολυάριθμες εφαρμογές ικανές να αλλάξουν την ποιότητα υπηρεσιών, το χρόνο εξυπηρέτησης και την απόδοση των επιχειρήσεων.

Χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε μερικές από τις εφαρμογές και τα οφέλη τους. Στον τομέα της εκπαίδευσης με εφαρμογές e-learning μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε on - line βιβλιοθήκες, on - line μαθήματα σε μαθητές με χαμηλό κόστος και εκπαιδευτικά σεμινάρια σε ανέργους. Οι εφαρμογές e-government εξαφανίζουν φαινόμενα μεγάλων αναμονών, άσκοπων μετακινήσεων από τη μία υπηρεσία στην άλλη και περιορίζουν τα φαινόμενα διαφθοράς εξασφαλίζοντας έτσι άμεση εξυπηρέτηση των πολιτών και των επιχειρήσεων.

Σημαντικά οφέλη υπάρχουν και στον τομέα της υγείας έχοντας τη δυνατότητα εξέτασης ασθενών από απόσταση, άμεση μεταφορά ιατρικών δεδομένων και καθοδήγηση του προσωπικού άμεσης βοήθειας κατά τη

μεταφορά του ασθενή. Αλλάζουν τα δεδομένα στις επικοινωνίες με τα τηλεφωνικά κανάλια σε πολύ χαμηλότερο κόστος, τη δυνατότητα μετάδοσης φωνής μέσω διαδικτύου (Voice over IP) και τηλεδιασκέψεων (videoconference). Βοηθάει στην ανάπτυξη των τοπικών επιχειρήσεων παρέχοντας τη δυνατότητα για γρήγορη αναζήτηση προϊόντων, ανταλλαγή πληροφοριών και πρόσβαση σε εξειδικευμένες βάσεις δεδομένων για αναζήτηση νόμων, δικαστικές αποφάσεις, και στατιστικά στοιχεία. Είναι πλέον εφικτή η Τηλε-εργασία δίνοντας τη δυνατότητα για εργασία από το σπίτι σου και παρέχει τις υπηρεσίες σου σε εταιρίες που βρίσκονται σε άλλη πόλη. Σημαντικές αλλαγές επέρχονται και στην βιομηχανία ψυχαγωγίας έχοντας τη δυνατότητα πλέον για on -line παιχνίδια, αμφίδρομη διαδραστική τηλεόραση και μεταφορά ή πώληση αρχείων μουσικής και video. Αυτές είναι μερικές από τις εφαρμογές που μπορούν να υλοποιηθούν γύρω από τα Μητροπολιτικά Δίκτυα.

1.3 Τεχνολογίες MAN

Στην παρούσα υποενότητα παρουσιάζονται κάποιες τεχνολογίες και αρχιτεκτονικές που χρησιμοποιούνται στα μητροπολιτικά δίκτυα και κατηγοριοποιούνται με βάση τη διαστρωμάτωση OSI.

Έτσι αρχικά αναφέρονται οι τεχνολογίες και οι αρχιτεκτονικές που αφορούν στα χαμηλότερα OSI Layers όπως:

- **SONET/SDH:** Αποτελεί το βασικό επίπεδο επικοινωνίας τόσο για τα δίκτυα που βασίζονται στην πολυπλεξία του χρόνου όσο και για τα υπόλοιπα δίκτυα δεδομένων. Το σύστημα SONET/ SDH παρέχει έναν μηχανισμό για να «αποπλέξει / πολυπλέξει» (multiplex/demultiplex) και να διανείμει ένα εύρος δεδομένων μέσα στο δίκτυο.
- **DWDM/DWM:** Τα DWDM αποτελούν μια επέκταση της DWM με περισσότερα κανάλια και μεγαλύτερη χωρητικότητα σε εύρος ζώνης.
- **CWDM:** Η τραχύς μήκους κύματος διαίρεση πολυπλεξία (CWDM – Coarse Wavelength Division Multiplexing) είναι μια τεχνολογία μεταφοράς πρωτοκόλλων.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις τεχνολογίες-αρχιτεκτονικές που αφορούν στα μεσαία OSI Layers:

- **ATM:** Το ATM (Asynchronous Transfer Mode) είναι πρότυπο υψηλής ταχύτητας που έχει σχεδιαστεί για να στηρίζει τόσο την επικοινωνία μέσω δεδομένων όσο και την επικοινωνία μέσω φωνής.
- **GIGABIT ETHERNET:** Το Gigabit Ethernet λειτουργεί με οπτική ίνα και μπορεί να προσφέρει μεγαλύτερο εύρος ζώνης χωρίς να αποδιοργανώσει το ήδη υπάρχον δίκτυο.
- **DOQB:** Δίκτυο κελιών (cell based) βασιζόμενο σε οπτικές ίνες, υψηλών ταχυτήτων, που χρησιμοποιεί δύο ανεξάρτητες παράλληλες αρτηρίες που η καθεμία εκπέμπει κελιά σε αντίθετη κατεύθυνση. Τυπική χρήση του είναι η δημιουργία μητροπολιτικών δικτύων.
- **Τεχνολογία IP:** Το πρωτόκολλο διαδικτύου IP αποτελεί το κύριο πρωτόκολλο επικοινωνίας για τη μετάδοση πακέτων δεδομένων σε ένα διαδίκτυο.
- **TCP:** Ο ρόλος του πρωτοκόλλου TCP (Transmission Control Protocol) είναι η αξιόπιστη αποστολή και λήψη δεδομένων.
- **TLS:** Transport Layer Security (TLS) είναι ένα πρωτόκολλο που εξασφαλίζει την ιδιωτικότητα μεταξύ εφαρμογών επικοινωνίας και των χρηστών τους στο διαδίκτυο.

Τέλος γίνεται αναφορά στην τεχνολογία που αφορούν στα υψηλότερα OSI Layers:

- **SMDS:** Το SMDS (Switched Multi-megabit Υπηρεσία Δεδομένων) είναι πακέτο μεταγωγής υπηρεσιών προς τις επιχειρήσεις που θα πρέπει να ανταλλάσσουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων με άλλες επιχειρήσεις μέσω του δικτύου ευρείας περιοχής (WAN).

Οι συνδέσεις των MAN ανάμεσα στα τοπικά δίκτυα μπορούν να υλοποιηθούν χωρίς καλώδια, με τη χρήση μικροκυμάτων, ράδιο-μετάδοσης ή υπέρυθρου λέιζερ. Οι περισσότερες εταιρείες νοικιάζουν κυκλώματα από τηλεπικοινωνιακούς φορείς, λόγω του σημαντικού κόστους της τοποθέτησης καλωδίωσης μεγάλου μήκους. Το μητροπολιτικό δίκτυο αγοράς οδηγείται από τη ζήτηση για νέες υπηρεσίες και την εισαγωγή σε υψηλές ταχύτητες πρόσβασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2_ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

2.1 Τεχνολογίες Μητροπολιτικών Δικτύων

Πολλές τεχνολογίες για τη μεταφορά και την ενθυλάκωση των δεδομένων έχουν προταθεί στην μητροπολιτική αγορά. Ένα χαρακτηριστικό αυτών είναι ότι καλούνται να στηρίξουν μια ποικιλία των παλαιότερων και των νέων τύπων στην κυκλοφορία. Στην ενότητα αυτή θα αναφέρουμε συνοπτικά ορισμένες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα μητροπολιτικά δίκτυα.

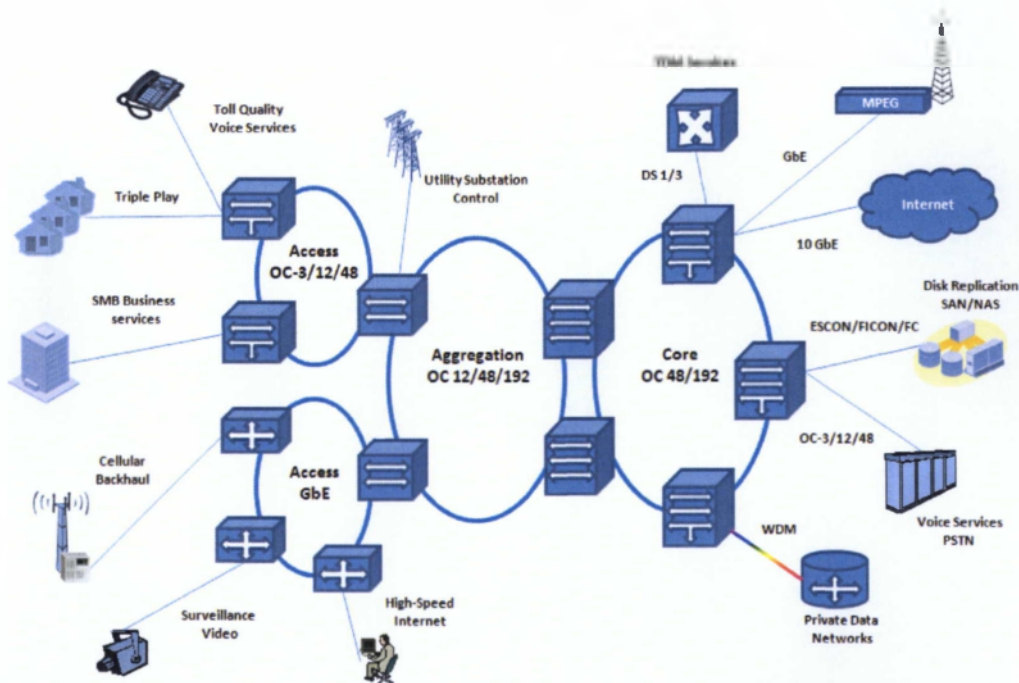
2.2 Δημιουργία SONET

Πριν την ανάπτυξη και την παρουσίαση του SONET, τα ψηφιακά δίκτυα αντικατέστησαν τα αναλογικά σήματα μεταφοράς με τη χρήση του PDH (Pleisiochronous Digital Hierarchy), μια συλλογή από υπηρεσίες, που διευθυνσιοδοτούσαν ηλεκτρικούς διασυνδετές για δίκτυα χαμηλών ταχυτήτων που βασιζόνταν στην τυποποίηση <<Μεταφορέα T>>. Ο όρος <<pleisiochronous>> χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει τεχνολογίες δικτύων, που είναι σχεδόν (αλλά όχι πλήρως), σύγχρονες. Αυτά τα δίκτυα βασιστήκαν σε υλικά που λειτουργούσαν χωρίς ρολόγια και με <<σφιχτή>> ωρολογιακή ανοχή αλλά δεν απαιτούσαν κοινό παλμό.

Έτσι αν και τα δίκτυα PDH παρείχαν σημαντικά πλεονεκτήματα στα αναλογικά συστήματα, η αυξανόμενη ζήτηση για μεγάλο εύρος χρήσης, οδήγησε στην εισαγωγή των οπτικών συστημάτων επικοινωνίας, για τα όποια δεν υπήρχε τυποποίηση. Τα υλικά τους προσαρμοζόταν με δυσκολία στα κοινά δίκτυα. Αναγνωρίζοντας ότι τα δίκτυα επικοινωνιών μπορούσαν να επωφεληθούν από μια καθορισμένη τυποποίηση, η Bellcore πρότεινε το SONET σαν μια ιεραρχία μετάδοσης το 1985.

2.2.1 Τεχνολογία SONET

Το SONET χρησιμοποιείται στα μητροπολιτικά δίκτυα τα τελευταία δέκα χρόνια. Αποτελούσε το βασικό επίπεδο επικοινωνίας τόσο για τα δίκτυα που βασίζονται στην πολυπλεξία του χρόνου όσο και για τα υπόλοιπα δίκτυα δεδομένων. Σχεδιάστηκε αρχικά για να υποστηρίξει ιεραρχική παράδοση σύγχρονων επικοινωνιακών κυκλωμάτων. Ποιο μετά αποδείχθηκε ότι είναι μια χρήσιμη τεχνολογία για την δόμηση και μεταφορά άλλων δικτύων πρωτόκολλων, συμπεριλαμβανόμενων του ATM (Asynchronous Transfer Mode) και IP (Internet Protocol). Οι διακόπτες (switches) και δρομολογητές (routers) ATM και IP κατασκευάζονται με διαπάλες (interfaces) υψηλών ταχυτήτων SONET, επιτρέποντας να λειτουργούν απευθείας σε οπτικές συνδέσεις μεγάλων ταχυτήτων.



Εικόνα 2.1: Synchronous Optical Network

Η τυποποίηση SONET απευθύνεται σε πολλά θέματα που καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος τεχνολογιών.

2.2.2 Η μετανάστευση από SONET/SDH

Στην πιο βασική μορφή το σύστημα SONET/ SDH παρέχει έναν μηχανισμό για να «αποπλέξει / πολυπλέξει» (multiplex/demultiplex) και να διανείμει ένα εύρος δεδομένων μέσα στο δίκτυο. Ένα εύρος από δεδομένα μεταφέρονται στο δίκτυο. Τρεις βασικές αρχές χαρακτηρίζουν τα περιφερειακά. Το επίπεδο σύγχρονου σήματος μεταφοράς (synchronous transport signal (STS)): αναφέρεται στην βασική μονάδα του σήματος που μεταφέρεται διαμέσου του δικτύου. Τα επίπεδα οπτικών μεταφορέων, (Optical carrier, (OC)): αναφέρονται ακριβώς στο ρυθμό της οπτικής σήμανσης. Όταν προσθέτεις την ονομαστική συνθήκη SDH, ένα δόγμα πλαισίωσης δεδομένων γνωστό ως «synchronous transport module (STM)» τίθεται σε ενέργεια.

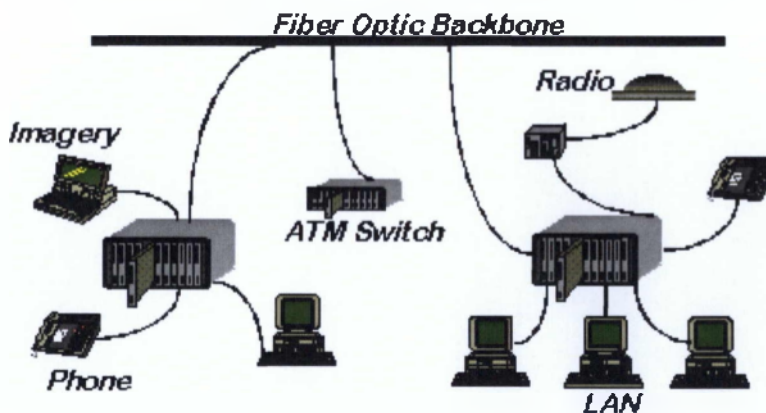
2.3 Η Τεχνολογία ATM

Το ATM (Asynchronous Transfer Mode) είναι πρότυπο υψηλής ταχύτητας που έχει σχεδιαστεί για να στηρίζει τόσο την επικοινωνία μέσω δεδομένων όσο και την επικοινωνία μέσω φωνής. Χρησιμοποιείται από τους παρόχους υπηρεσιών Διαδικτύου για τη χρήση των απομακρυσμένων δικτύων. Λειτουργεί στο Data Link Layer (στρώμα ζεύξης δεδομένων- Layer 2 του μοντέλου OSI) πάνω από κάθε ένα ή συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων. Διαφέρει από τις πιο κοινές τεχνολογίες ζεύξης δεδομένων, όπως το Ethernet με διάφορους τρόπους. Για παράδειγμα, το ATM δε χρησιμοποιεί δρομολογητή. Οι συσκευές υλικού είναι γνωστές ως ATM συστήματα μεταγωγής που καθιερώνουν point - to- point συνδέσεις μεταξύ των τελικών σημείων και των δεδομένων απευθείας από την πηγή στον προορισμό. Επιπλέον, αντί της χρήσης μεταβλητού μήκους πακέτων που περιέχει το Ethernet , το ATM χρησιμοποιεί σταθερού μεγέθους πακέτα.

Η απόδοση του ATM συχνά εκφράζεται με τη μορφή του OC (Optical Carrier) επίπεδα, που γράφτηκε ως "OC-xxx." Τα επίπεδα απόδοσης φτάνουν μέχρι και 10 Gbps (OC-192) από τεχνικής πλευράς είναι συναφή με το ATM. Τα πιο κοινά επίπεδα επιδόσεων για ATM είναι 155 Mbps (OC-3) και 622 Mbps (OC-12). Η ATM τεχνολογία έχει σχεδιαστεί

για να βελτιώσει την Υπηρεσία Ποιότητας (QoS) στα δίκτυα μεγάλης κυκλοφορίας. Χωρίς δρομολόγηση και με σταθερού μεγέθους κελιά, τα δίκτυα μπορούν πολύ πιο εύκολα να διαχειριστούν το εύρος ζώνης σύμφωνα με το ATM σε σχέση με το Ethernet. Για παράδειγμα το υψηλό κόστος της τεχνολογίας ATM σε σχέση με της Ethernet είναι ένας παράγοντας που έχει περιορίσει τη χρήση της στα δίκτυα υψηλής απόδοσης.

Επιπλέον, στην τεχνολογία ATM η πληροφορία προς μετάδοση (video, ήχος, εικόνα, δεδομένα) οργανώνεται σε κελιά μικρού και σταθερού μεγέθους. Τα κελιά μεταγονται σε υψηλές ταχύτητες (τυπική περίπτωση 155 Mbps) με τη χρήση εικονικών κυκλωμάτων. Τα δίκτυα ATM είναι η πλέον σύγχρονη μορφή δικτύου και έχει προταθεί για ολοκληρωμένες ψηφιακές υπηρεσίες.



Εικόνα 2.2: Asynchronous Transfer Mode

Προτιμάται διότι μπορεί να εγκλωβίσει πολλά διαφορετικά πρωτόκολλα και τύπους κυκλοφορίας σε μια κοινή μορφή, για μεταφορά δεδομένων μέσα από ένα SONET δίκτυο. Το ATM είναι αρκετά ακριβό στην υλοποίησή του αλλά παραμένει δυνατό στον τομέα των μητροπολιτικών δικτύων διότι μπορεί να προσφέρει υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και ταυτόχρονο έλεγχο κυκλοφορίας. Οι συσκευές ATM χρησιμοποιούνται για να τερματίσουν την κυκλοφορία σε περιπτώσεις όπως η φωνή μέσω IP (Voice over IP-VoIP), η Γραμμή Αμέσης Εξυπηρέτησης (Direct Service Line-DSL) και η αναμετάδοση πακέτου (Frame Relay). Επιπλέον, πολλοί φορείς παροχής υπηρεσιών εναέριας κυκλοφορίας ευνοούνται επειδή μπορεί να ενσωματώσουν διαφορετικά πρωτόκολλα και τύπων κίνησης σε μια κοινή μορφή για τη μετάδοση μέσω ενός δικτύου SONET.

Τέλος μπορεί να φιλοξενήσει υψηλότερες ταχύτητες γραμμής διασύνδεσης και παρέχει υπηρεσίες διαχείρισης εικονικού κυκλώματος, ενώ προσφέρει δυνατότητες διαχείρισης της κυκλοφορίας.

2.4 Η Τεχνολογία GIGABIT ETHERNET

Το Gigabit Ethernet είναι μία τεχνολογία στην οποία μπορούμε να μεταβούμε πολύ εύκολα από το κλασικό Ethernet, ή την οποία μπορούμε να ενσωματώσουμε στο κλασικό Ethernet. Είναι πολύ πιο φτηνή από τις υπόλοιπες τεχνολογίες που προσφέρουν τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, αλλά δεν μπορεί να προσφέρει Ποιότητα Υπηρεσίας (Quality of Service) από μόνη της. Το πιο σύγχρονο Gigabit Ethernet είναι το 10 Gigabit Ethernet και προέκυψε από την ανάγκη διασύνδεσης των τοπικών δικτύων τα οποία λειτουργούν στα 10, 100 ή 1000 Mbps. Με χρήση ενός 1550-nm σειριακού laser, το 10 GBE μπορεί να φτάσει από 40 ως και 80 km με μονότροπη οπτική ίνα. Έτσι ένας παροχέας υπηρεσιών μπορεί να έχει ένα Ethernet δίκτυο πάνω σε σκοτεινή ίνα χωρίς τη χρήση SONET ή ATM, με αποτέλεσμα να μπορεί να προσφέρει ταχύτητες των 10/100/1000 Mbps σε πολύ χαμηλό κόστος. Τα Gigabit Ethernet μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να συγκεντρώσουν πιο αργούς συνδέσμους πρόσβασης, στα παλαιότερα δίκτυα, καθώς και για την πρόσβαση σε WAN.



Εικόνα 2.3: Gigabit Ethernet Technology

Η τεχνολογία του είναι απλή, αξιόπιστη και ευπροσάρμοστη. Επίσης η διαχείριση ενός δικτύου Ethernet είναι πολύ απλή. Είναι σχετικά φθηνή σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες που προσφέρουν τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης, αλλά δεν παρέχουν την ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) ή την ανοχή σε βλάβες από μόνη της. Το Ethernet προσφέρει τεχνικά πλεονεκτήματα για ένα αποδεδειγμένο, ευπροσάρμοστο, αξιόπιστο, και απλό τεχνολογικό περιβάλλον. Η υλοποίηση του είναι πρότυπη και διαλειτουργική, και το κόστος είναι πολύ μικρότερο από SONET ή ATM.

Αρχιτεκτονικά, το πλεονέκτημα του Ethernet είναι ότι μπορεί να χρησιμεύσει ως μια επεκτάσιμη λύση end-to-end, στη διαχείριση του δικτύου μπορεί επίσης να βελτιωθεί με τη χρήση Ethernet σε όλη την MAN και WAN.

2.4.1 Πλεονεκτήματα του GIGABIT ETHERNET

Το Gigabit Ethernet στηρίζεται στις αποδεδειγμένες αξίες, αλλά είναι 100 φορές πιο γρήγορα από το κανονικό Ethernet και 10 φορές γρηγορότερο από το Fast Ethernet.

Τα κύρια οφέλη του Gigabit Ethernet περιλαμβάνουν:

- Το δίκτυο είναι αξιόπιστο και εύκολο στο στήσιμό του.
- Υπάρχουν πολλά εργαλεία διαχείρισης δικτύου όπως το πρωτόκολλο SNMP.
- Οι ταχύτητες του Ethernet κλιμακώνονται από 10 Mbps ως 1000 Mbps, ενώ χρησιμοποιείται η ίδια μορφή πακέτου δεδομένων (frame) σε όλες τις ταχύτητες.
- Το κόστος δημιουργίας του δικτύου είναι χαμηλό.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλες οι υπάρχουσες τεχνολογίες διασύνδεσης δικτύων, καθώς οι συσκευές είναι συμβατές με το GBE.

- Αύξηση του εύρους ζώνης για υψηλότερες επιδόσεις και την εξάλειψη των σημείων συμφόρησης.
- Ευρεία στις δυνατότητες ανάπτυξης, χωρίς εκ νέου καλωδίωση, χρησιμοποιώντας 1000BASE-T Gigabit πάνω από την κατηγορία 5 καλωδιώσεων χαλκού.
- Συνολικό εύρος ζώνης σε 16Gbps, μέσω του πρότυπου IEEE 802.3ad και Intel $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ Link Aggregation χρησιμοποιώντας Intel server adapters και διακόπτες.
- Full-duplex ικανότητα, που επιτρέπει στα δεδομένα να διαβιβάζονται και να λαμβάνονται ταυτόχρονα, έτσι ώστε το εύρος ζώνης σχεδόν να διπλασιάζεται.
- Ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών (QoS), η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στην εξάλειψη κακής ποιότητας βίντεο ή παραμορφωμένο ήχο.

2.4.2 Το πρότυπο IEEE 802.3z

Το ETHERNET πρωτόκολλο αφορά την οικογένεια του τοπικού δικτύου (LAN) που καλύπτονται από το πρότυπο IEEE 802.3. Το Gigabit Ethernet βασίζεται στο πρωτόκολλα Ethernet και έχει αυξημένη ταχύτητα δέκα φορές πάνω από το Fast Ethernet. Το πρωτόκολλο Ethernet χρησιμοποιεί ως πρότυπο το IEEE 802.3z και 802.ab.

Το Gigabit Ethernet πρότυπο είναι πλήρως συμβατό με Ethernet και Fast Ethernet εγκαταστάσεις. Διατηρεί CSMA / CD (Ανίχνευση Φέροντος Πολλαπλής Πρόσβασης). Υποστηρίζει πλήρως αμφίδρομες καθώς και ημιαμφίδρομους τρόπους λειτουργίας, μονότροπες και πολύτροπες (Single -mode και multi mode) ίνες και μικρών αποστάσεων ομοαξονικά καλώδια.

Το πρότυπο που έχει καθοριστεί από τον IEEE για το Gigabit Ethernet είναι το IEEE 802.3z.

Το πρότυπο αυτό:

- Επιτρέπει την διπλή και ημί-διπλή λειτουργία σε ταχύτητες των 1000 Mbps.
- Χρησιμοποιεί το 802.3 πακέτο του Ethernet.
- Χρησιμοποιεί το CSMA/CD με έναν επαναλήπτη για κάθε περιοχή όπου μπορεί να υπάρχει σύγκρουση.
- Εξασφαλίζει τη συμβατότητα με τις τεχνολογίες 10Base-T και 100Base-T .
- Στο πρότυπο αυτό για τη μεταφορά δεδομένων χρησιμοποιούνται: μια πολύτροπη οπτική ίνα με μέγιστο μήκος 550 μέτρα, μία μονότροπη οπτική ίνα με μέγιστο μήκος 3 χμ και ένα καλώδιο χαλκού με μέγιστο μήκος 25 μέτρα.

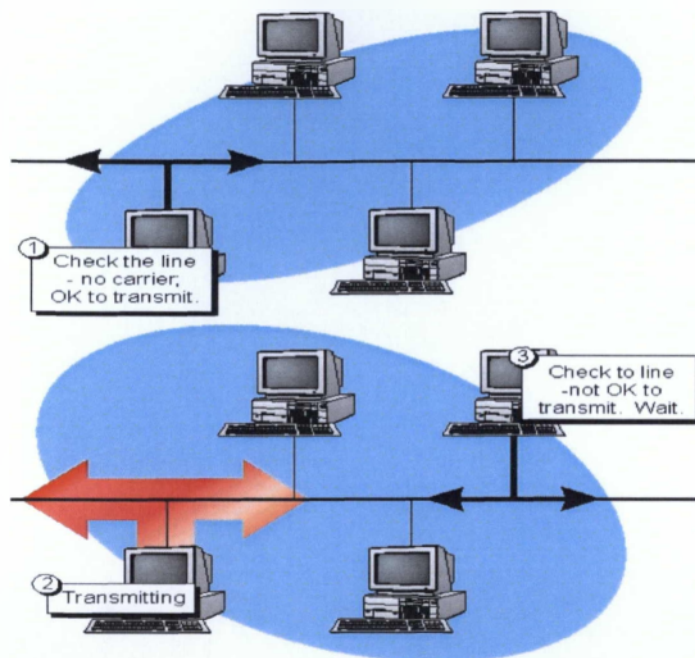
2.4.3 CSMA/CD Access Protocol

Δύο κόμβοι που είναι συνδεδεμένοι σε ένα πλήρως διπλό μονοπάτι μπορούν να στείλουν και να λάβουν πακέτα ταυτόχρονα (full duplex operation). Το GBE ακολουθεί κυρίως αυτή τη διαδικασία. Όταν το GBE λειτουργεί σε ημί-διπλή λειτουργία (half duplex operation), τότε χρησιμοποιεί το CSMA/CD για τη ρύθμιση της κυκλοφορίας. Φυσικά η μέθοδος έχει εμπλουτιστεί ώστε να μπορεί να λειτουργήσει σε ταχύτητες μετάδοσης της τάξης των Gigabit. Διαφορετικά, τα ελάχιστα (minimum - sized packets) πακέτα θα μεταδίδονταν πριν ο αποστολέας αντιληφθεί την σύγκρουση και θα παραβίαζαν το πρωτόκολλο CSMA/CD. Για το λόγο αυτό, ο χρόνος του ελάχιστου φορέα CSMA/CD και της χρονικής σχισμής του Ethernet έχουν επεκταθεί από τα 64 bytes στα 512bytes.

Carrier Sense Multiple Access / Collision Detect (CSMA / CD) είναι το πρωτόκολλο για την πρόσβαση σε Ethernet δίκτυα. Στο Ethernet, κάθε συσκευή μπορεί να προσπαθήσει να στείλει ένα πλαίσιο ανά πάσα στιγμή. Κάθε συσκευή ανιχνεύει αν η γραμμή είναι αδρανής και συνεπώς διαθέσιμη για να χρησιμοποιηθεί. Εάν είναι, η συσκευή αρχίζει να μεταδίδει το πρώτο πλαίσιο της. Εάν κάποια άλλη συσκευή έχει προσπαθήσει να στείλει την ίδια στιγμή, μια σύγκρουση δημιουργείται και απορρίπτονται τα πλαίσια που έχουν σταλθεί. Κάθε

συσκευή περιμένει στη συνέχεια ένα τυχαίο χρονικό διάστημα και προσπαθεί ξανά μέχρι να πάρει την επιτυχή μετάδοση του έστειλε.

Το CSMA / CD ορίζεται από το πρότυπο IEEE 802.3.



Εικόνα 2.4: CSMA/CD Access Protocol

Οι βασικοί κανόνες για τη διαβίβαση ενός (frame) πλαισίου έχουν ως εξής:

1.Το δίκτυο παρακολουθείται από έναν «μεταφορέα», ή από το σταθμό μετάδοσης. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως «η αίσθηση του μεταφορέα» (carrier sense).

2.Αν υπάρχει ένας ενεργός μεταφορέας και έχει εντοπιστεί, τότε η μετάδοση αναβάλλεται. Ο σταθμός εξακολουθεί να παρακολουθεί το δίκτυο μέχρις ότου ο φορέας να σταματήσει.

3.Αν υπάρχει ένας ενεργός μεταφορέας και δεν ανιχνεύεται, τότε η περίοδος της μη μεταφοράς είναι ίση ή μεγαλύτερη από το χάσμα interframe, και ο σταθμός ξεκινά άμεση μετάδοση του πλαισίου.

4.Όταν ο σταθμός μετάδοσης στέλνει το πλαίσιο (frame), παρακολουθεί το μέσο για μια σύγκρουση.

5. Εάν η πρόσκρουση ανιχνεύεται, και ο σταθμός εκπομπής σταματήσει να στέλνει τα δεδομένα πλαισίου (frame) τότε στέλνει μια 32-bit σύγκρουση (jam sequence). Εάν η σύγκρουση ανιχνευθεί πολύ νωρίς για τη μετάδοση του πλαισίου (frame), η μετάδοση σταθμού θα ολοκληρώσει την αποστολή του αρχικού πλαισίου (frame), πριν από την έναρξη μετάδοσης της σύγκρουσης (jam sequence). Η σύγκρουση (jam sequence) μεταδίδεται ώστε να διασφαλίσει ότι στη διάρκεια της σύγκρουσης, αρκεί να γίνονται αντιληπτές από τους άλλους σταθμούς ώστε να μη μεταδίδονται.

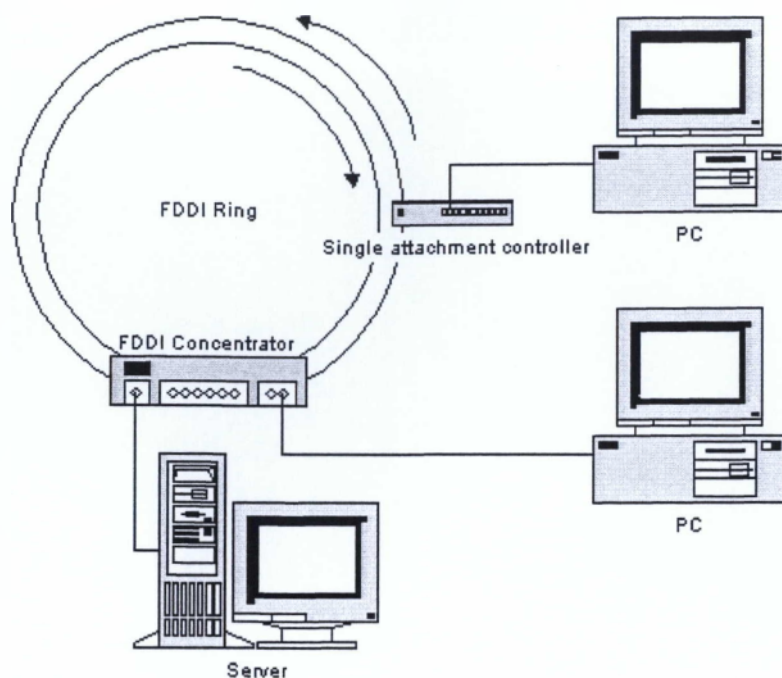
6. Μετά την αποστολή της σύγκρουσης (jam sequence) ο διαβιβάζων σταθμός περιμένει ένα τυχαίο χρονικό διάστημα να επιλέξει χρησιμοποιώντας μια γεννήτρια τυχαίων αριθμών πριν από την έναρξη της διαδικασίας μετάδοσης πάνω από το παραπάνω βήμα. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται "υποχώρηση". Η πιθανότητα επανάληψης της σύγκρουσης έχει μειωθεί και οι σταθμοί περιμένουν ένα τυχαίο χρονικό διάστημα πριν από την αναμετάδοση.

7. Αν συμβούν επανειλημμένες συγκρούσεις, τότε η μετάδοση επαναλαμβάνεται, αλλά η τυχαία καθυστέρηση αυξάνεται με κάθε προσπάθεια. Αυτό μειώνει περαιτέρω την πιθανότητα σύγκρουσης ενός άλλου.

Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρις ότου ο σταθμός να μεταδώσει ένα πλαίσιο (frame) χωρίς σύγκρουση. Όταν ένας σταθμός μεταδίδει επιτυχώς ένα πλαίσιο (frame), αντιμετωπίζει τη σύγκρουση του μετρητή που χρησιμοποιεί για να αυξήσει το χρόνο υποχώρησης μετά από κάθε επαναλαμβανόμενη σύγκρουση.

2.5 Η Υπηρεσία FDDI

Το FDDI (Fiber Distributed Data Interface) είναι ένα τοπικό δίκτυο υψηλών επιδόσεων, το οποίο χρησιμοποιεί ως μέσο μετάδοσης τις πολύτροπες (multi mode) οπτικές ίνες. Το πρότυπο αρχικά αναπτύχθηκε από το Αμερικανικό Ινστιτούτο Προτύπων ANSI (American National Standards Institute) στα τέλη της δεκαετίας του 1980.



Εικόνα 2.5: Fiber Distributed Data Interface Technology

Το FDDI χωρίζεται σε FDDI-I και σε FDDI-II. Η τοπολογία του δικτύου FDDI-I είναι διπλού δακτυλίου και κάθε δακτύλιος υλοποιείται με οπτικές ίνες. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για έλεγχο πρόσβασης είναι το γνωστό μας κουπόνι διέλευσης (token passing).

Το είδος του φωτός που κινείται μέσα στην οπτική ίνα του FDDI προέρχεται συνήθως από μια φωτοδίοδο εκπομπής φωτός LED (Light Emitting Diode) και δεν χρησιμοποιεί Laser.

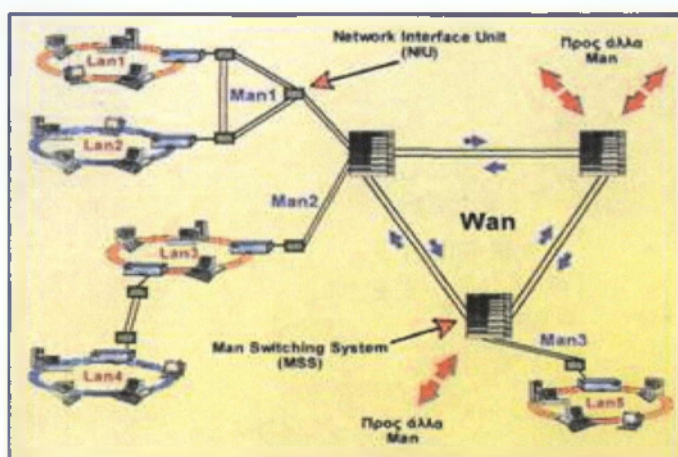
Τέλος το FDDI τείνει να αντικαθιστά το Ethernet στην διασύνδεση ταχέων σταθμών εργασίας και τοπικών δικτύων. Το FDDI συνδέει μέχρι και 500 κόμβους με μέγιστο μήκος ινών 200 km. Η απόσταση μεταξύ διαδοχικών κόμβων δε μπορεί να ξεπεράσει τα 2km.

2.6 Κατανεμημένη Ουρά Διπλής Αρτηρίας (Distributed Queue Dual Bus-DQDB)

Δίκτυο κελιών (cell based) βασιζόμενο σε οπτικές ίνες, υψηλών ταχυτήτων, που χρησιμοποιεί δύο ανεξάρτητες παράλληλες αρτηρίες που

η καθεμία εκπέμπει κελιά σε αντίθετη κατεύθυνση. Τυπική χρήση του είναι η δημιουργία μητροπολιτικών δικτύων.

Στις τηλεπικοινωνίες, το πρότυπο DQDB είναι ένα καταναμημένο πολλαπλής πρόσβασης πρότυπο στο δίκτυο. Υποστηρίζει ολοκληρωμένες επικοινωνίες χρησιμοποιώντας ένα 'διπλό λεωφορείο' dual bus και μια καταναμημένη ουρά, παρέχει πρόσβαση σε τοπικά ή μητροπολιτικά δίκτυα, και υποστηρίζει μεταφορά δεδομένων χωρίς σύνδεση. Μπορεί να θεωρηθεί ως διπλός δακτυλίδιος, που μεταφέρει δεδομένα σε κάθε κατεύθυνση γύρω από το δακτυλίδι. Αυτό βελτιώνει την αξιοπιστία που είναι σημαντικό σε ένα Metropolitan Area Networks (MAN), όπου οι επισκευές μπορεί να διαρκέσουν περισσότερο από ό, τι σε ένα LAN και Wi-Fi, επειδή η ζημία μπορεί να είναι απρόσιτη. Η τεχνολογία DQDB βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802,6 που αναπτυσσόταν τη στιγμή που το ATM (Broadband ISDN) ήταν ακόμα σε πρώιμη ανάπτυξη, ωστόσο υπήρχε ισχυρή αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο προτύπων. Τα κελιά του ATM και τα πλαίσια του DQDB ήταν εναρμονισμένα. Και στα δύο εγκαταστάθηκε ουσιαστικά ένα 48-byte πλαίσιο δεδομένων και επικεφαλίδα μεγέθους 5-byte.



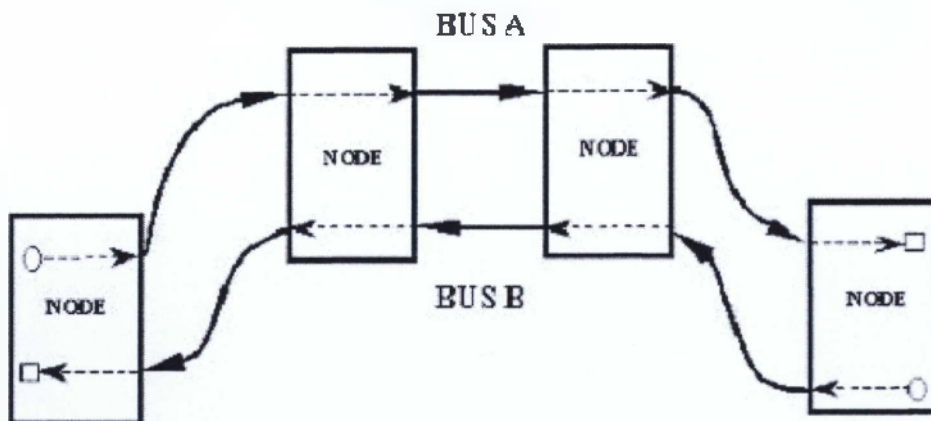
Εικόνα 2.6: Distributed Queue Dual Bus

Τα σημερινά DQDB συστήματα έχουν εγκατασταθεί από πολλούς φορείς σε ολόκληρες πόλεις, με μήκος που φθάνουν έως και 160 χιλιόμετρα και ταχύτητα μιας γραμμής (44,736 Mbit / s).

Το πρότυπο αυτό αναπτύχθηκε για μητροπολιτικά δίκτυα και περιέχει καλά χαρακτηριστικά απόδοσης, όπως οι υψηλές ταχύτητες, υποστήριξη ασύγχρονης και ισόχρονης επικοινωνίας, διπλή αρτηρία (dual bus) και τα κελιά σταθερού μήκους (αυτό σημαίνει ότι μπορεί να διαχειριστεί και

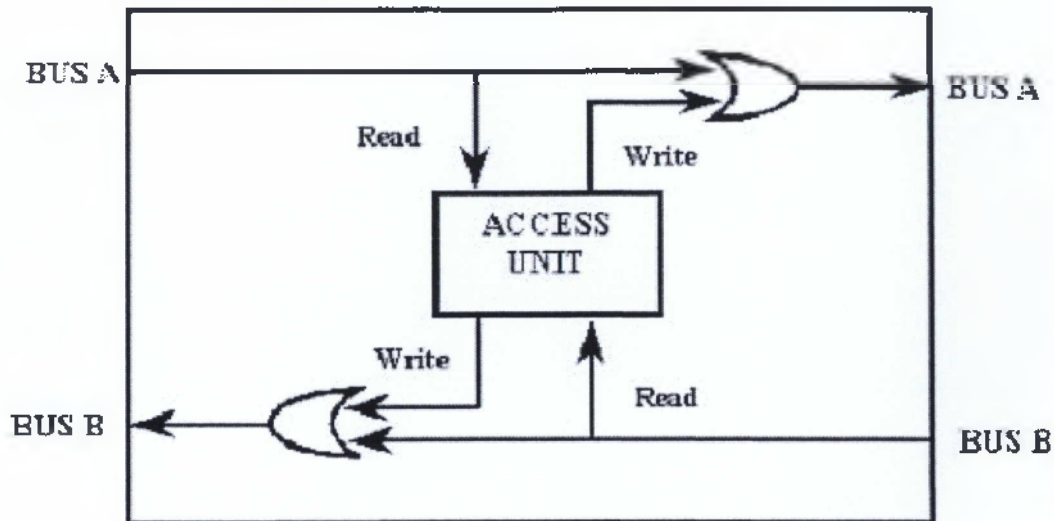
μικρά αλλά και μεγάλα πακέτα). Η αρχιτεκτονική ενός DQDB MAN περιλαμβάνει γέφυρες, δρομολογητές και πύλες.

Η τοπολογία ενός DQDB δικτύου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, όπου υπάρχουν δύο μονόδρομες αρτηρίες (Bus A, Bus B) και ένας αριθμός κόμβων. Οι δύο αρτηρίες υποστηρίζουν επικοινωνία σε διαφορετικές κατευθύνσεις, επιτρέποντας έτσι διπλής κατεύθυνσης επικοινωνία μεταξύ των κόμβων. Οι δύο αρτηρίες λειτουργούν διαρκώς, και τα δεδομένα στην κάθε μία είναι τυποποιημένα σε σταθερού μήκους σχισμές. Αυτές δημιουργούνται από τον αρχικό κόμβο (head node) κάθε αρτηρίας (στο σχήμα σημειώνεται με κύκλο, ο τελικός κόμβος σημειώνεται με τετράγωνο).



Εικόνα 2.7: Τοπολογία DQDB

Οι κόμβοι συνδέονται σε κάθε αρτηρία μέσω μιας μονάδας πρόσβασης (access unit) και ενός συνδέσμου (attachment), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 2.8 : Χρήση access unit και συνδέσμου attachment

2.6.1 Τοπολογίες για DQDB

Υπάρχουν δύο διαφορετικές τοπολογίες για ένα DQDB δικτύου:

- Η τοπολογία ανοικτής αρτηρίας (open bus topology), στην οποία οι κόμβοι βρίσκονται σε αντίθετες πλευρές της αρτηρίας και
- Η τοπολογία βροχοειδούς αρτηρίας (looped bus topology), όπου οι κόμβοι που προσαρτώνται στις δύο αρτηρίες και δημιουργούν δύο κλειστούς βρόχους.

Στην περίπτωση αυτή ο αρχικός κόμβος είναι ο ίδιος και για τις δύο αρτηρίες. Η Open Dual Bus είναι λιγότερο δαπανηρή από τη Looped Dual Bus τοπολογία. Ωστόσο, η Looped Dual Bus τοπολογία διαύλου παρέχει ανοχή σε σφάλματα: ένα κομμένο καλώδιο σ' αυτήν την τοπολογία είναι αποτέλεσμα μιας Open Dual Bus τοπολογίας, παρέχοντας μια αδιάκοπη αποκατάσταση βλαβών με αδιάκοπη παροχή υπηρεσιών προς τον πελάτη.

Τα δύο DQDB buses δεν είναι διασυνδεδεμένα σε οποιαδήποτε τοπολογία. Κάθε κόμβος στο κάθε bus γνωρίζει τη θέση του στην ουρά για το συγκεκριμένο bus, με τον πρώτο κόμβο να ενεργεί ως επικεφαλής του bus. Ο επικεφαλής του bus κόμβου μπορεί μόνο να γράφει σε αυτό

το bus. Το τέλος του bus κόμβου μπορεί μόνο να διαβάσει από αυτό το bus. Όλοι οι άλλοι κόμβοι μπορεί τόσο διαβάζουν και να γράφουν σε κάθε bus (λεωφορείο).

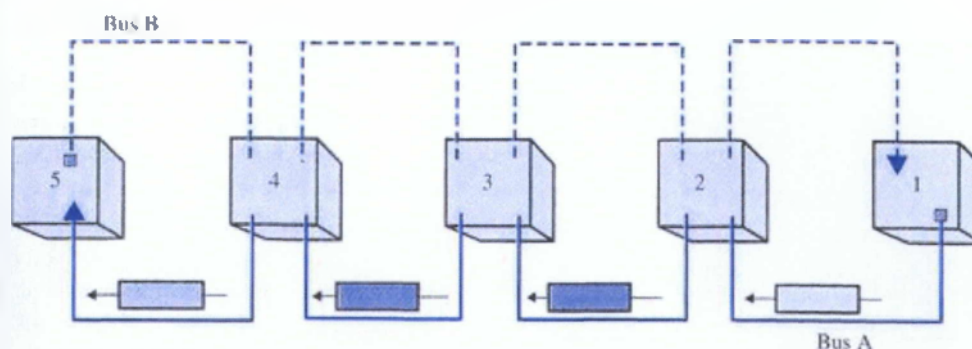
2.6.2 Λειτουργία του DQDB

Για τα δύο bus μονής κατεύθυνσης (απλά καλώδια) που συνδέονται σε όλους τους υπολογιστές: 1 2 3 N, ισχύει:

- Το κάθε bus να είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία προς μια κατεύθυνση.
- Το κάθε bus να έχει μια αρχή και ένα τέλος, το οποίο ελέγχει όλες τις δραστηριότητες μεταφοράς.
- Να υπάρχουν δύο σημαντικά protocol bits.
- Επέκταση στα 100 km ως επιτρεπόμενη.
- Τα ποσοστά δεδομένων να είναι πάνω των 150 Mbit / s.

2.6.3 Αρχή μετάδοσης των δεδομένων με το DQDB

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε τη μεταφορά δεδομένων με DQDB:



a. Station 2 sends data to station 4.

Εικόνα 2.9: Μετάδοση δεδομένων DQDB

Σε κάθε αρτηρία ο χρόνος χωρίζεται τμήματα ή σχισμές (slots) οι οποίες μεταδίδονται από το bus head κάθε 125 μs. Ο αριθμός των σχισμών

εξαρτάται από τη χωρητικότητα που είναι διαθέσιμη στο κύκλωμα υποστήριξης του δικτύου. Το μήκος του κάθε πακέτου είναι 53 bytes, ακριβώς όπως τα κελιά του ATM. Από αυτά, το πρώτο χρησιμοποιείται για έλεγχο της πρόσβασης. Από τα υπόλοιπα 52,4 bytes που περιλαμβάνουν ένα header και τα 48 που απομένουν περιλαμβάνουν ωφέλιμο φορτίο. Επιπλέον το κάθε πακέτο των 125μs περιλαμβάνει ένα επιπλέον header και ένα πεδίο που δηλώνει το τέλος του πλαισίου.

Οι σχισμές DQDB χωρίζονται σε δύο ειδών:

Προ-ρυθμισμένες (pre-arbitrated), όπου ο σταθμός χρησιμοποιεί μία ή περισσότερες σχισμές με τη βοήθεια ενός circuit identifier το οποίο περιλαμβάνεται στο header. Η σταθερή αναλογία μεταξύ ενός σταθμού εκπομπής και ενός σταθμού προορισμού είναι ισοδύναμη με την εγκατάσταση ενός κυκλώματος μεταξύ των δύο αυτών σταθμών, οι οποίοι με τον τρόπο αυτό έχουν πάντα διαθέσιμο εύρος ζώνης για τη μεταφορά ισόχρονης επικοινωνίας (π.χ τηλεφωνο).

Ρυθμισμένες (arbitrated), όπου πολλοί σταθμοί μοιράζονται τις σχισμές με στατιστικό τρόπο. Ο διαμερισμός γίνεται με τη διαχείριση των ουρών (queues) οι οποίες είναι κατανομημένες στους σταθμούς που είναι συνδεδεμένοι στη διπλή αρτηρία. Αυτή η διαδικασία δίνει τη δυνατότητα ασύγχρονης επικοινωνίας (π.χ μεταφορά δεδομένων).

Για τη μετάδοση δεδομένων ακολουθείται η εξής διαδικασία: Το head της αρτηρίας A παράγει κενές σχισμές για αυτήν. Το ίδιο κάνει το head της B για την αρτηρία B. Ο ρυθμός των δεδομένων εξαρτάται από τον αριθμό των σχισμών που δημιουργούνται ανά δευτερόλεπτο. Μια άδεια σχισμή μετακινείται στην αρτηρία της μέχρι τη στιγμή που θα δεχτεί δεδομένα τα οποία θα διαβαστούν από τον σταθμό προορισμού.

2.7 Τεχνολογία IP

Η τεχνολογία IP μπορεί να συνδυαστεί με όλες τις προηγούμενες. Έτσι μπορούμε να έχουμε IP πάνω σε ATM και SONET, IP πάνω σε SONET, ή IP πάνω σε Gigabit Ethernet ή 10 Gigabit Ethernet.

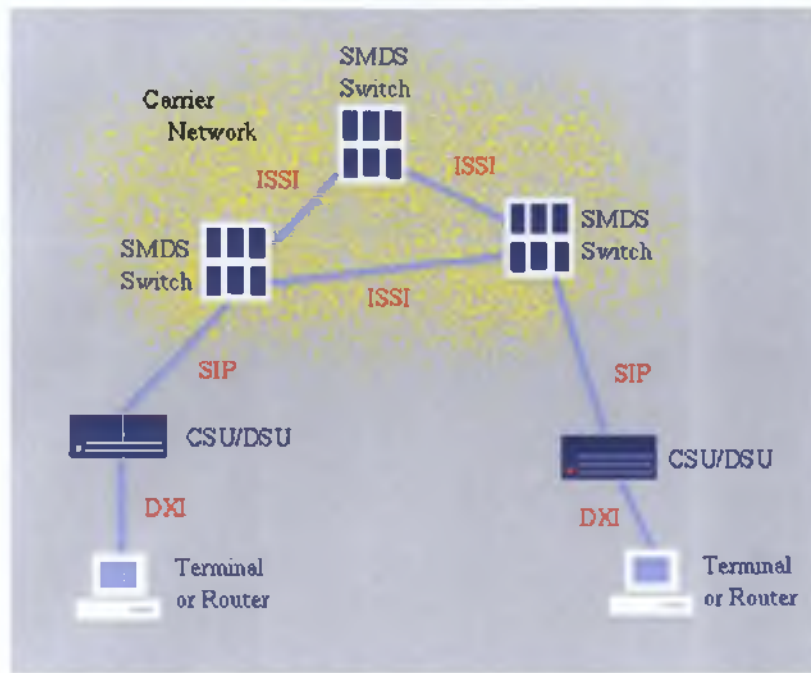
Το πρωτόκολλο διαδικτύου IP αποτελεί το κύριο πρωτόκολλο επικοινωνίας για τη μετάδοση πακέτων δεδομένων σε ένα διαδίκτυο. Ανήκει στο Επίπεδο Δικτύου, στο Μοντέλο Διαστρωμάτωσης TCP/IP. Καθορίζει τη μορφή των πακέτων που στέλνονται μέσω ενός διαδικτύου, καθώς και τους μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται για την προώθηση

των πακέτων από έναν υπολογιστή προς έναν τελικό προορισμό μέσω ενός ή περισσότερων δρομολογητών. Γι' αυτούς τους σκοπούς, το IP, χρησιμοποιεί συγκεκριμένες μεθόδους διευθυνσιοδότησης και δομές για την ενθυλάκωση των πακέτων δεδομένων.

Επιπλέον, είναι υπεύθυνο για τη διευθυνσιοδότηση των κόμβων και την δρομολόγηση των πακέτων από έναν υπολογιστή προς έναν τελικό προορισμό, κατά μήκος ενός ή περισσότερων δικτύων. Για το σκοπό αυτό, το πρωτόκολλο IP, καθορίζει ένα σύστημα διευθυνσιοδότησης, το οποίο έχει δύο λειτουργίες. Έτσι κάθε πακέτο IP, αποτελείται από μια κεφαλίδα και στη συνέχεια ακολουθούν τα δεδομένα. Στη κεφαλίδα αυτή εμπεριέχονται πληροφορίες: πρώτον, για τα δεδομένα που εμπεριέχονται στο πακέτο και δεύτερον, οι διευθύνσεις αφετηρίας και προορισμού. Η διαδικασία προσθήκης της κεφαλίδας σε ένα πακέτο δεδομένων ονομάζεται ενθυλάκωση. Τέλος είναι μια υπηρεσία χωρίς σύνδεση, είναι ανεξάρτητη από την τεχνολογία του υλικού, που χρησιμοποιείται σε κάθε δίκτυο, και δεν χρειάζεται να την γνωρίζει πριν την μετάδοση.

2.8 Μεταγώγιμη Υπηρεσία πολλών εκατομμυρίων δυαδικών ψηφίων(Switched Multi-megabit Data Service-SMDS)

Το SMDS (Switched Multi-megabit Υπηρεσία Δεδομένων) είναι πακέτο μεταγωγής υπηρεσιών προς τις επιχειρήσεις που θα πρέπει να ανταλλάσσουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων με άλλες επιχειρήσεις μέσω του δικτύου ευρείας περιοχής (WAN). Παρέχει κατάλληλη αρχιτεκτονική για την ανταλλαγή δεδομένων και ένα σύνολο υπηρεσιών. Σε γενικές γραμμές, το SMDS επεκτείνει την απόδοση και την αποτελεσματικότητα του τοπικού δικτύου της εταιρείας (LAN) σε μια ευρεία περιοχή, όπως απαιτείται.



Εικόνα 2.10: Switched Multi-megabit Data Service

Το SMDS είναι χωρίς σύνδεση, πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπάρχει ανάγκη για να δημιουργηθεί μια σύνδεση μέσω του δικτύου πριν την αποστολή δεδομένων. Αυτό προάγει το εύρος ζώνης για την "εκρηκτική" μετάδοση δεδομένων που συνήθως συναντάται σε τοπικά δίκτυα. Τα SMDS πακέτα περιέχουν έως και 7168 bytes των δεδομένων, το οποίο είναι αρκετά μεγάλο για να δεχθεί τα πιο κοινά πακέτα LAN. Κάθε πακέτο περιλαμβάνει τη διεύθυνση πηγής και τη διεύθυνση προορισμού και αποστέλλεται ξεχωριστά από άλλα πακέτα. Κάθε επιχείρηση χρησιμοποιώντας SMDS αποδίδει από 1-16 μοναδικές SMDS διευθύνσεις, ανάλογα με τις ανάγκες. Μια διεύθυνση είναι ένας δέκα-ψήφιος αριθμός που μοιάζει με ένα συνηθισμένο τηλέφωνο.

Το SMDS προάγει, επίσης, τη μετάδοση πακέτων σε πολλές SMDS διευθύνσεις. Κάθε SMDS εκχωρείται σε μία ή περισσότερες ομάδες διευθύνσεων που μπορεί να χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τις ομάδες προορισμού. Επιτρέπει πρωτόκολλα δρομολόγησης, όπως το TCP / IP, χρησιμοποιώντας δυναμικές διεύθυνση και ενημερώσεις δρομολογητών.

Από τότε που το SMDS έγινε μια δημόσια υπηρεσία, κάθε πελάτης SMDS μπορεί να ανταλλάσσει δεδομένα με οποιονδήποτε άλλο πελάτη. Η Ομάδα Ενδιαφέροντος SMDS, μια ένωση των φορέων παροχής υπηρεσιών, κατασκευαστές εξοπλισμού, και χρηστών, αναπτύσσουν τεχνικές προδιαγραφές, προωθούν την ευαισθητοποίηση των SMDS,

δημιουργούν νέες εφαρμογές, και εξασφαλίζουν την παγκόσμια διαλειτουργικότητα των υπηρεσιών, σε συνεργασία με διεθνείς θυγατρικές τους.

2.8.1 Τα μέρη ενός SMDS δικτύου

Ένα δίκτυο SMDS περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία:

- Τον εξοπλισμό στο χώρο του πελάτη (Customer Premises Equipment-CPE).
- Το περιβάλλον διεπαφής του φορέα (carrier interface).
- Το περιβάλλον διεπαφής του συνδρομητή του δικτύου (Subscriber Network Interface-SNI).

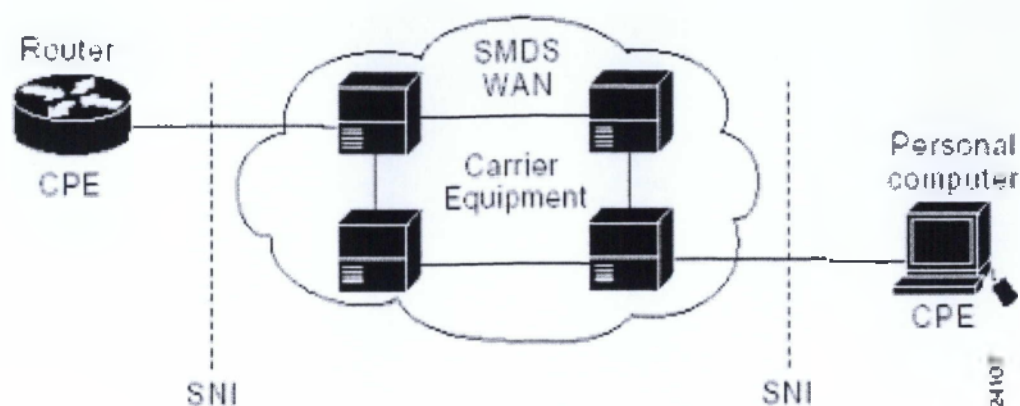
Customer-premises equipment (CPE) είναι ο εξοπλισμός που βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του συνδρομητή και συνδέεται με το κανάλι τηλεπικοινωνιών στο σημείο οριοθέτησης ("demarc"). Το demarc είναι ένα σημείο που είναι εγκατεστημένο σε κτίριο ή σε συγκρότημα κτιρίων και έχει ξεχωριστό εξοπλισμό συνδρομητή από τον εξοπλισμό που βρίσκεται είτε στην υποδομή διανομής είτε στα κεντρικά γραφεία του Παρόχου Υπηρεσιών Επικοινωνιών.

Το CPE αναφέρεται γενικά σε συσκευές όπως τηλέφωνα, δρομολογητές, διακόπτες, οικιακούς gateways (RG), set-top boxes, προσαρμογείς οικιακού δικτύου και πύλες πρόσβασης στο Internet που επιτρέπει στους καταναλωτές να έχουν πρόσβαση στις υπηρεσίες παροχής υπηρεσιών επικοινωνιών και τη διανομή τους γύρω το σπίτι τους μέσω LAN (Τοπικό Δίκτυο Πρόσβασης). Εξαιρούνται από την CPE οι εξοπλισμοί προστασίας και λογαριασμοί τηλεφώνων. Το CPE είναι ο τερματικός εξοπλισμός του πελάτη, δηλαδή δρομολογητές, modem, και πολυπλέκτες. Οι ενδιάμεσοι κόμβοι μπορούν να παρέχονται από τον φορέα. Ο εξοπλισμός του φορέα συνήθως είναι υψηλής ταχύτητας διακόπτες, οι οποίοι πρέπει να είναι συμβατοί με τις προδιαγραφές για τον εξοπλισμό δικτύου που έχει καθορίσει η Bellcore.

Το SNI είναι το περιβάλλον διεπαφής μεταξύ του CPE και εξοπλισμού του φορέα. Είναι το σημείο όπου τελειώνει το δίκτυο του πελάτη και ξεκινάει το δίκτυο του φορέα. Η λειτουργία του SNI είναι να καταστήσει

αόρατη στον πελάτη την τεχνολογία και τη λειτουργία του SMDS δικτύου.

Η σχέση μεταξύ των τριών αυτών στοιχείων φαίνεται στο σχήμα:

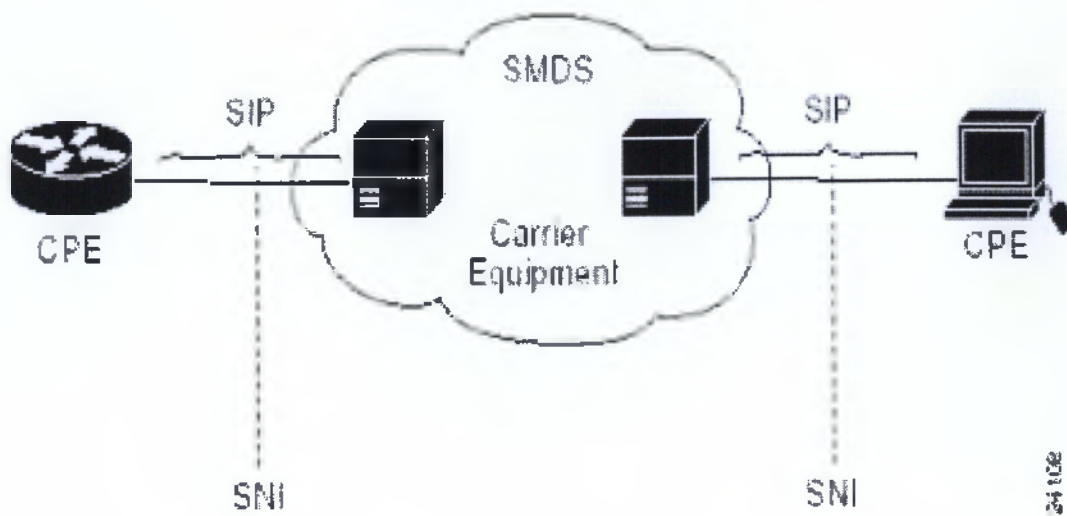


Εικόνα 2.11: Τα μέρη ενός SMDS δικτύου

2.9.2 SMDS INTERFACE PROTOCOL-SIP

Το πρωτόκολλο διεπαφής του SMDS (SMDS interface protocol-SIP) χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ του CPE και του εξοπλισμού SMDS του φορέα. Βασίζεται στο πρότυπο DQDB που καθορίζεται από το IEEE 802.6. Το SIP προσφέρει υπηρεσίες χωρίς σύνδεση, επιτρέποντας έτσι στο CPE να έχει πρόσβαση στο SMDS δίκτυο. Το SIP δεν υποστηρίζει από μόνο του φωνή και βίντεο. Το IEEE 802.6 επιλέχθηκε ως βάση του SIP διότι υποστηρίζει όλα τα στοιχεία της διαδικασίας SMDS. Επίσης είναι συμβατό με το ευρυζωνικό ISDN, κάτι που του επιτρέπει να συνεργαστεί με ευρυζωνικές υπηρεσίες φωνής και βίντεο.

Η χρήση του SIP φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 2.12: SMDS INTERFACE PROTOCOL-SIP

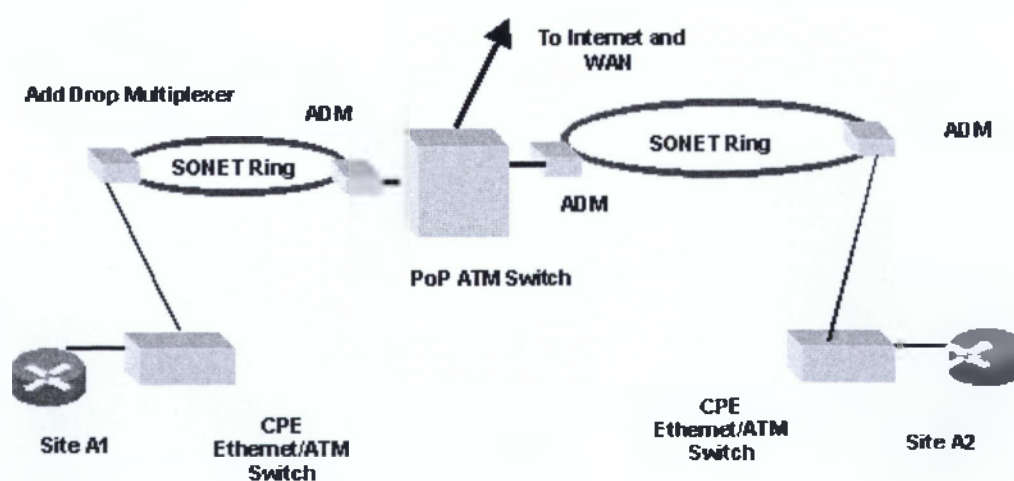
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3_ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

3.1 Αρχιτεκτονικές Μητροπολιτικών δικτύων

Στην παράγραφο αυτή θα εξετάσουμε μερικές αρχιτεκτονικές που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα μητροπολιτικά δίκτυα. Η επιλογή κάποιας από αυτές εξαρτάται από παράγοντες όπως η προσαρμοστικότητα, η ασφάλεια, η ποιότητα υπηρεσίας, το κόστος, η δυνατότητα κλιμάκωσης και η ικανότητα γρήγορης προσφοράς εύρους ζώνης.

3.2 Μητροπολιτικά Δίκτυα βασισμένα σε ATM/SONET/SDH Διαφανή Υπηρεσία Τοπικών Δικτύων (TLS)

Η αρχιτεκτονική των δικτύων αυτού του τύπου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 3.1: Μητροπολιτικό δίκτυο βασισμένο σε ATM/SONET/SDH

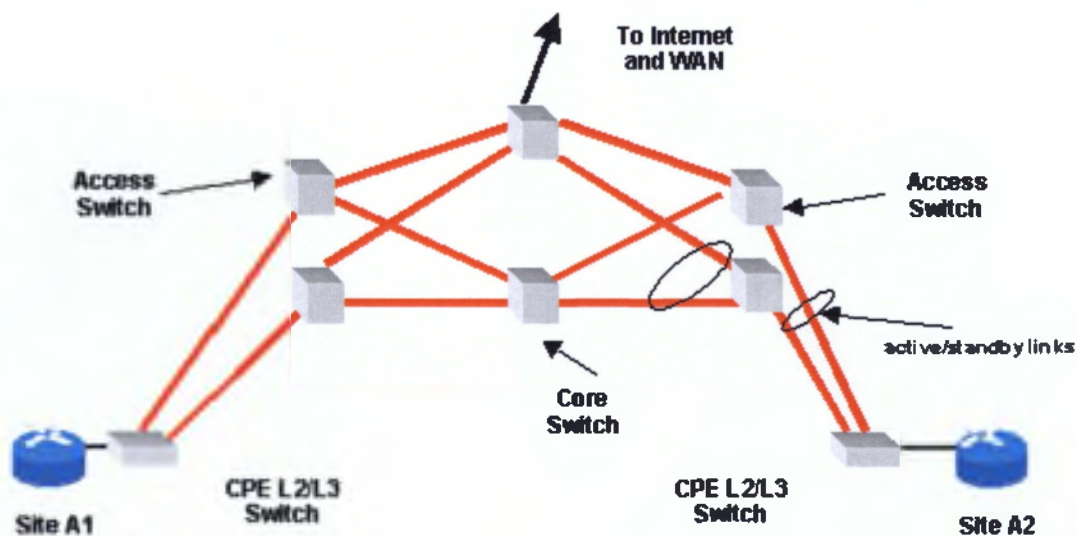
Η Διάφανη Υπηρεσία Τοπικών Δικτύων (Transparent LAN Service) είναι μια υπηρεσία η οποία χρησιμοποιείται στα μητροπολιτικά δίκτυα για να αποκρύψει την πολυπλοκότητά τους από το χρήστη. Στην περίπτωση του σχήματος, η κυκλοφορία Ethernet από το Site A1 εγκλωβίζεται σύμφωνα με το RFC 1483 και αποστέλλεται με γέφυρα μέσω ενός ATM δικτύου στο Site A2. Για κάθε ζευγάρι από sites που ανήκουν στο μητροπολιτικό δίκτυο δημιουργείται ένα μόνιμο εικονικά κύκλωμα (permanent virtual circuit-PVC). Το κόστος και η δυνατότητα κλιμάκωσης καθορίζονται από τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται από το ATM/SONET/SDH.

3.2.1 Διαφανή Υπηρεσία Τοπικών Δικτύων (TLS)

Transport Layer Security (TLS) είναι ένα πρωτόκολλο που εξασφαλίζει την ιδιωτικότητα μεταξύ εφαρμογών επικοινωνίας και των χρηστών τους στο διαδίκτυο. Όταν ένας διακομιστής επικοινωνεί με τον πελάτη, το TLS διασφαλίζει ότι κανένας τρίτος δεν μπορεί να παρακολουθεί ή να παρέμβει με οποιοδήποτε μήνυμα. Το TLS είναι ο διάδοχος του Secure Sockets Layer (SSL). Το TLS αποτελείται από δύο στρώματα: το TLS Record πρωτόκολλο και το πρωτόκολλο χειραψίας TLS. Το πρωτόκολλο TLS Εγγραφής παρέχει ασφάλεια σύνδεσης με κάποια μέθοδο κρυπτογράφησης, όπως τον αλγόριθμο Data Encryption Standard (DES). Το πρωτόκολλο TLS εγγραφής μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί χωρίς κρυπτογράφηση. Το πρωτόκολλο χειραψίας TLS επιτρέπει στο διακομιστή και πελάτη για να τον αμοιβαίο έλεγχο ταυτότητας και να διαπραγματεύονται έναν αλγόριθμο κρυπτογράφησης και τα κλειδιά κρυπτογράφησης των δεδομένων πριν από την ανταλλαγή.

3.3 Μητροπολιτικό Δίκτυο βασισμένο σε IP πάνω από ETHERNET μεγάλων αποστάσεων

Το δίκτυο αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 3.2: Μητροπολιτικό Δίκτυο βασισμένο σε IP πάνω από ETHERNET

Στην περίπτωση αυτή η μονάδα αλληλεπίδρασης της υπηρεσίας (service interface unit-SIU) του site A1 μπορεί να ανήκει σε έναν χρήστη ή να μοιράζεται από έναν αριθμό χρηστών σε ένα κτίριο. Σε κάθε περίπτωση η κυκλοφορία από κάθε συνδρομητή εγκλωβίζεται σε μια επικεφαλίδα εικονικού τοπικού δικτύου (virtual LAN-VLAN) και αποστέλλεται μέσω γέφυρας στο MAN.

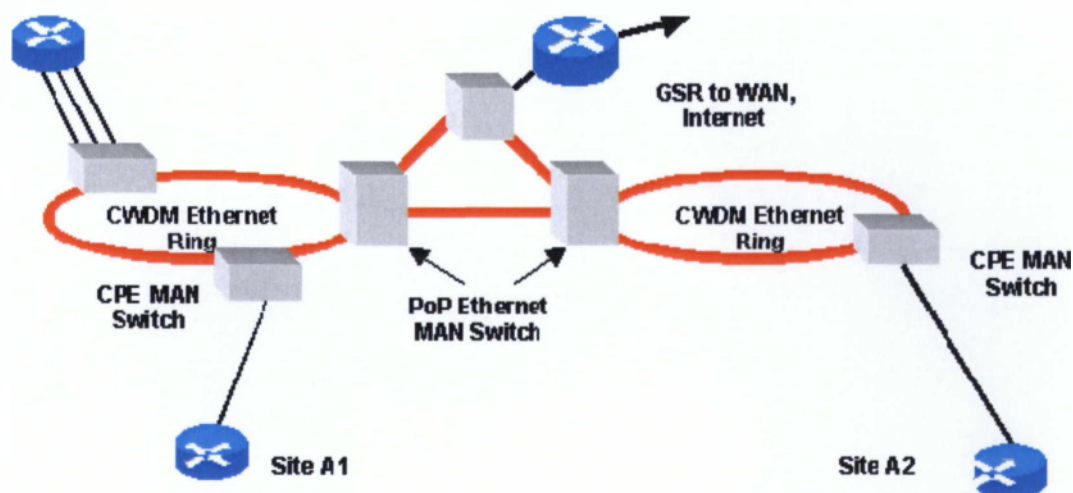
Η δυνατότητα κλιμάκωσης παρέχεται από το Fast Ethernet και Gigabit Ethernet μεγάλων αποστάσεων, ενώ το 10 Gigabit Ethernet καθώς και τα επόμενα Ethernets θα έχουν τα χαρακτηριστικά αυτά εγγενή.

3.4 MAN βασισμένο σε IP πάνω από ETHERNET μεγάλης απόστασης και δακτυλίου CWDM

Επειδή η οπτική ίνα είναι σχετικά σπάνια όσο πλησιάζουμε στο site του πελάτη, οι εταιρίες χρησιμοποιούν CWDM και τεχνολογία δακτυλίου πακέτων (packet ring) στους διακόπτες Ethernet του μητροπολιτικού δικτύου. Η CWDM είναι παρόμοια με την πυκνή πολυπλεξία μήκους κύματος (Dense Wavelength Division Multiplexing), αλλά παρέχει 4 ή 8 μήκη κύματος αντί για 32 ή 64. Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά είναι παρόμοια με αυτά που έχουμε ήδη περιγράψει.

Παρόλο που υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί δακτύλιοι πακέτων, το IEEE καθιέρωσε το πρότυπο IEEE 802.17 για τον Ανθεκτικό Δακτύλιο Πακέτου (Resilient Packet Ring-RPR). Ο δακτύλιος που δημιουργείται είναι παρόμοιος με αυτόν του SONET είτε πάνω από οπτική ίνα είναι με πολυπλεξία στο μήκος κύματος (wavelength division multiplexing-WDM).

Η αρχιτεκτονική αυτή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 3.3: MAN βασισμένα σε IP πάνω από ETHERNET με δακτυλίου CWDM

3.4.1 Η Τεχνολογία CWDM

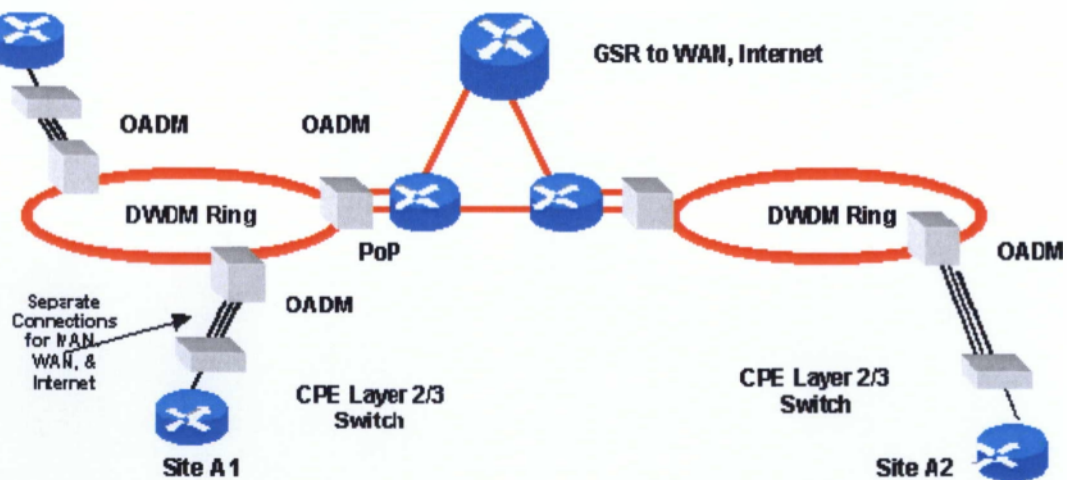
Η τραχύς μήκους κύματος διαίρεση πολυπλεξία (CWDM – Coarse Wavelength Division Multiplexing) είναι μια τεχνολογία μεταφοράς πρωτοκόλλων, που παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη στην αγορά λόγω των ιδιοτήτων χαμηλότερου κόστους και της απλότητας στον σχεδιασμό της. Η CWDM τεχνολογία αντιπροσωπεύει μια οικονομική τεχνολογία τόσο σε πρόσβαση όσο και στην αγορά δικτύων κορμού και ειδικά σε σχετικά μικρές αποστάσεις (έως 31 μίλια). Παραδίδει τα πολλαπλάσια μήκη κύματος μέσω μιας οπτικής ίνας σε ένα μέρος του κόστους και πολυπλοκότητας των συστημάτων DWDM. Ένας ακριβέστερος ορισμός του CWDM είναι «μια μορφή διαίρεσης και πολυπλεξίας μήκους κύματος που έχει ευρύτερα διαστήματα μεταξύ των μηκών κύματος από αυτά που χρησιμοποιούνται στο DWDM. Επίσης, αντίθετα από άλλες μορφές WDM, χρησιμοποιεί ένα πολύ ευρύτερο φωτονιακό φάσμα ζωνών από άλλα τέτοια συστήματα, τα οποία συχνά είναι περιορισμένα σε μια ή δύο ζώνες». (Μέχρι 18 μήκη κύματος μπορούν να σταλούν χρησιμοποιώντας μερικά σχέδια CWDM).

Η CWDM μπορεί να χρησιμοποιηθεί πάνω από πολύτροπες και μονότροπες ίνες αν και οι αποστάσεις του σήματος είναι γενικά πιο σύντομες από το DWDM. Οι τεχνολογίες CWDM ήταν σε χρήση από την αρχή της δεκαετίας του '80, πολύ πριν από τη γενική αποδοχή της WDM στα δίκτυα τηλεπικοινωνιών. Οι αρχικές επεκτάσεις περιλάμβαναν μήκη κύματος με διαστήματα 25 nm με παράθυρο 850 nm πάνω από την πολύτροπες ίνες σε τοπικά δίκτυα. Οι εφαρμογές περιλάμβαναν την πολύ-διαυλική τηλεοπτική διανομή, αμφίδρομες ευαίσθητες πληροφορίες τηλεμετρίας και ελέγχους λανθάνουσας κατάστασης που διαβιβάζονται πέρα από μια ενιαία οπτική ίνα. Στα αρχικά στάδια, η CWDM τεχνολογία δεν είχε συγκεκριμένα πρότυπα και υπήρξε αρχική σύγχυση στον καθορισμό της έννοιας και της αίτησής της. Αυτό άλλαξε στο τέλος της δεκαετίας του '90, όταν η CWDM έτυχε ενδιαφέροντος από διάφορες ομάδες εργασίες που ασχολούνταν κυρίως με την επίλυση των προβλημάτων διασποράς και απώλειας για 10 Gigabit Ethernet LANs και μερικές 10Gbe WAN εφαρμογές.

3.5 MAN βασισμένα σε Τεχνολογία IP πάνω από δακτύλιους DWDM

Η αρχιτεκτονική αυτή βασίζεται στη σύνδεση οπτικών πολυπλεκτών προσθήκης-διαγραφής (Optical Add-Drop Multiplexers-OADM) με δακτυλίους πυκνής πολυπλεξίας μήκους κύματος (Dense Wavelength Division Multiplexing-DWDM).

Η αρχιτεκτονική αυτή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 3.4: MAN βασισμένα σε τεχνολογία IP πάνω από δακτύλιους DWDM

Υπάρχουν πολλοί τύποι OADM και η βασική τους διαφορά βρίσκεται στο πόση υποστήριξη προσφέρουν στο SONET. Αυτό είναι πολύ σημαντικό, αν θέλουμε να υπάρχει συμβατότητα με την υπάρχουσα υποδομή της πολυπλεξίας του χρόνου (Time Division Multiplexing-TDM). Ένα MAN το οποίο βασίζεται σε DWDM μπορεί να προσφέρει σε ένα πελάτη τη δυνατότητα να μισθώσει ένα ολόκληρο μήκος κύματος για τη διασύνδεση δύο δικτυακών τόπων (sites) στο MAN ή ακόμη και για τη διασύνδεση δικτυακών τόπων που βρίσκονται σε MAN τα οποία απέχουν χιλιάδες χιλιόμετρα.

Επιπλέον από οικονομική πλευρά, η ικανότητά του να παρέχει δυνητικά απεριόριστη μετάδοση, είναι το πιο προφανές πλεονέκτημα της τεχνολογίας DWDM.

Η τρέχουσα επένδυση στο εργοστάσιο οπτικών ινών μπορεί όχι μόνο να διατηρηθεί, αλλά και να βελτιστοποιηθεί από έναν παράγοντα τουλάχιστον 32 φορές. Αλλαγή απαιτείται στη χωρητικότητα, μπορεί να προστεθεί περισσότερη, είτε με απλή αναβάθμιση εξοπλισμού ή με την αύξηση του αριθμού των 'lambdas' στην ίνα, χωρίς δαπανηρές αναβαθμίσεις. Για τη χωρητικότητα μπορεί να ληφθεί και το κόστος του εξοπλισμού, και των υφιστάμενων ινών στην επενδυτική μονάδα που διατηρούνται.

3.5.1 Η Τεχνολογία DWDM

Τα DWDM αποτελούν μια επέκταση της DWDM με περισσότερα κανάλια και μεγαλύτερη χωρητικότητα σε εύρος ζώνης. Τα μήκη κύμματα φωτός βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται ταχύτητες από 2,5 έως 10 Gbps ανά μηνά.

Τα DWDM συστήματα έχουν πολλά πλεονεκτήματα όπως:

- Παρέχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα της ίνας.
- Είναι ευκολότερη η επέκταση ενός δικτύου.
- Δεν απαιτείται η εγκατάσταση νέων οπτικών ινών.
- Είναι απλή η διαδικασία πρόσθεσης ενός νέου μήκους κύματος.
- Μικρό κόστος για τη δημιουργία νέων καναλιών.

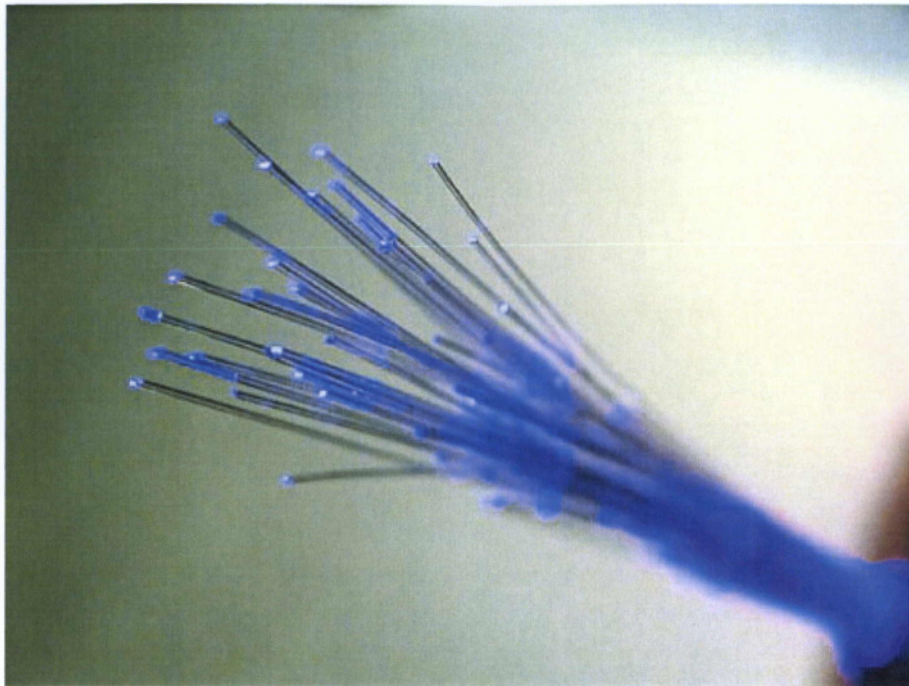
Καθώς και μερικά μειονεκτήματα:

- Τα δίκτυα SONET/SDH δεν είναι κατάλληλα εξοπλισμένες για τις τοπολογίες DWDM.
- Οι μηχανισμοί προστασίας και ο έλεγχος και η παρακολούθηση της απόδοσης τους είναι ακόμη σε αρχικό στάδιο.
- Δε συμφέρει το κόστος για μικρό αριθμό καναλιών.

Τα DWDM συστήματα διακρίνονται σε p-t-p (point -to-point) και ring. Και τα δύο μπορεί να είναι μόνης και διπλής κατεύθυνσης. Τα συστήματα μόνης κατεύθυνσης χρησιμοποιούν όλα τα διαθέσιμα κανάλια κυμάτων της ίνας για να στείλουν ή να λάβουν δεδομένα. Αντιθέτως, της διπλής κατεύθυνσης έχουν μερικά μήκη κύματος από τα διαθέσιμα για αποστολή και μερικά για λήψη ταυτόχρονα.

3.6 Οπτική Ίνα

Μια **οπτική ίνα** είναι μια γυάλινη ή πλαστική ίνα που μεταφέρει το φως κατά μήκος της. Υπάρχει ιδιαίτερος κλάδος της επιστήμης που ασχολείται με έρευνα για τις δυνατότητες και εφαρμογές των οπτικών ινών. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται ευρέως σε δίκτυα επικοινωνιών , και επιτρέπουν την μετάδοση σε μεγαλύτερες αποστάσεις και σε υψηλότερου εύρους ζώνης (ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων) σε σχέση με άλλες μορφές επικοινωνίας όπως ο χαλκός. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται αντί των μεταλλικών καλωδίων, διότι τα σήματα ταξιδεύουν μαζί τους με λιγότερη απώλεια, και επίσης δεν επηρεάζονται από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται επίσης για φωτισμό, και είναι σε μάτσα, επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά εικόνων, επιτρέποντας έτσι την προβολή σε στενούς χώρους.



Εικόνα 3.5 : Οπτική ίνα

Ειδικά σχεδιασμένες οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται και για πολλές άλλες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων των αισθητήρων λέιζερ. Το φως κατά την διέλευση του παραμένει στον πυρήνα της οπτικής λόγω του φαινομένου της ολικής ανάκλασης. Αυτό προκαλεί την ίνα να λειτουργήσει ως κυματοδηγό. Οι ίνες οι οποίες υποστηρίζουν πολλές συχνότητες διερχόμενου φωτός ονομάζονται **πολύτροπες (MMF)**, ενώ εκείνες που μπορούν να μεταφέρουν φως μια μόνο συχνότητας ονομάζονται **μονότροπες (SMF)** single - mode fibers.

- Οι πολύτροπες έχουν γενικά μεγαλύτερη διάμετρο πυρήνα, και χρησιμοποιούνται για τις θαλάσσιες συνδέσεις επικοινωνίας εξ αποστάσεως και για εφαρμογές όπου υπάρχει ανάγκη μεταφοράς μεγάλου όγκου δεδομένων.
- Οι μονότροπες ίνες χρησιμοποιούνται όταν οι ανάγκες επικοινωνίας απαιτούν συνδέσεις σε απόσταση μεγαλύτερη από 550 μέτρα (1.800 πόδια).

Η ένωση οπτικών ινών είναι πιο πολύπλοκη από την ένωση συρμάτων ή καλωδίων. Τα άκρα των ινών πρέπει να είναι σχισμένα με προσοχή, και στη συνέχεια, συγκολλημένα μαζί με μηχανική πίεση ή με σύντηξη χρησιμοποιώντας ηλεκτρικό τόξο. Ειδικοί ακροδέκτες χρησιμοποιούνται στις συνδέσεις.

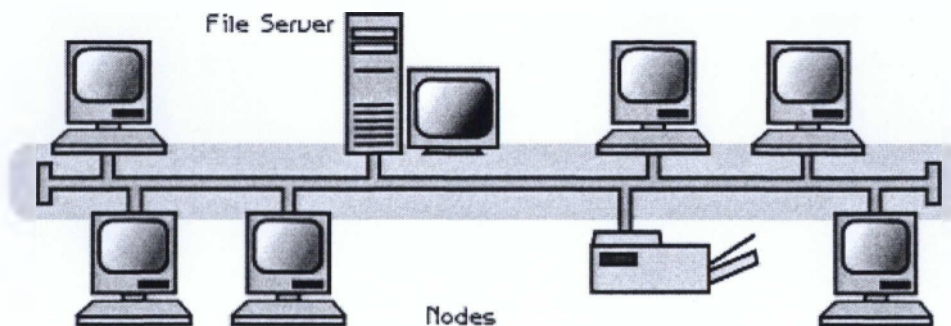
3.7 Τι είναι μία τοπολογία

Η φυσική τοπολογία του δικτύου αναφέρεται στη διαμόρφωση των καλωδίων, των υπολογιστών. Η φυσική τοπολογία δε πρέπει να συγχέεται με τη λογική τοπολογία, η οποία είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται για να περάσει τις πληροφορίες μεταξύ των θέσεων εργασίας.

Οι ενότητες που ακολουθούν πραγματεύονται στις φυσικές τοπολογίες που χρησιμοποιούνται σε δίκτυα.

3.8 Γραμμική Αρτηρία (Linear Bus Topology)

Μια γραμμική τοπολογία αρτηρία αποτελείται από ένα κύριο τρέξιμο του καλωδίου με τερματικό σε κάθε άκρο. Όλοι οι κόμβοι (file server, σταθμούς εργασίας, καθώς και περιφερειακά) συνδέονται στη γραμμική αρτηρία με καλώδιο.



Εικόνα 3.6: Γραμμική αρτηρία

3.8.1 Πλεονεκτήματα της Γραμμικής Τοπολογίας Διαύλου

- Είναι εύκολη η διαδικασία σύνδεσης του υπολογιστή και των περιφερειακών συσκευών σε μία γραμμική τοπολογία διαύλου.
- Απαιτείται λιγότερο μήκος καλωδίου από ότι σε τοπολογία αστέρι, άρα είναι πιο οικονομική.

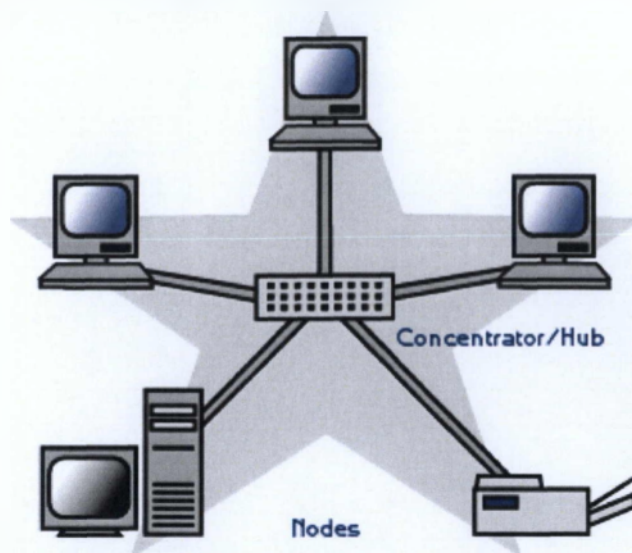
3.8.2 Μειονεκτήματα της Γραμμικής Τοπολογίας Διαύλου

- Ολόκληρο το δίκτυο κλείνει όταν υπάρχει διακοπή στο κεντρικό καλώδιο.
- Εξολοθρευτές απαιτούνται στα δύο άκρα του καλωδίου στη σπονδυλική στήλη.
- Δύσκολο να εντοπίσει το πρόβλημα, εάν το σύνολο του δικτύου τερματιστεί.
- Δεν προορίζεται να χρησιμοποιηθεί ως αυτόνομη λύση σε ένα μεγάλο κτίριο.

3.9 Τοπολογία Αστέρα (STAR TOPOLOGY)

Μια τοπολογία αστέρων έχει σχεδιαστεί με κάθε κόμβο (file server, σταθμούς εργασίας, καθώς και περιφερειακά) να συνδέεται άμεσα σε ένα κεντρικό κόμβο του δικτύου, διακόπτης, ή συγκεντρωτή.

Τα δεδομένα σε ένα δίκτυο αστέρι περνούν μέσα από το διανομέα-διακόπτη ή συγκεντρωτή πριν συνεχίσουν τον προορισμό τους. Ο διανομέας-διακόπτης ή συγκεντρωτής διαχειρίζονται και ελέγχουν όλες τις λειτουργίες του δικτύου. Επίσης, λειτουργεί ως αναμεταδότης για τη ροή των δεδομένων. Αυτή η ρύθμιση είναι κοινή με το καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους. Ωστόσο, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ομοαξονικό καλώδιο ή καλώδιο οπτικών ινών.



Εικόνα 3.7: Τοπολογία Αστέρα

3.9.1 Πλεονεκτήματα της Τοπολογίας Αστέρα

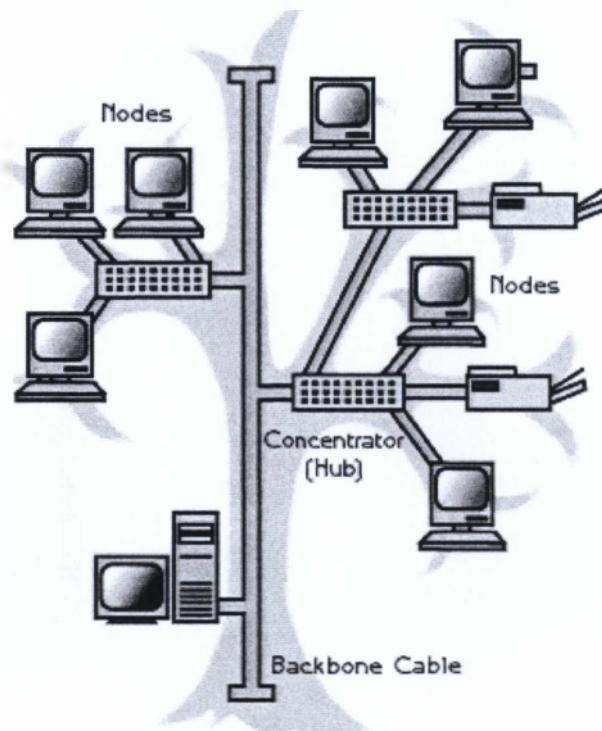
- Εύκολο στην εγκατάσταση.
- Δεν υπάρχουν διαταραχές στο δίκτυο κατά τη σύνδεση ή την αφαίρεση συσκευών.
- Εύκολο για την ανίχνευση βλαβών, διότι η αφαίρεση κάποιων τμημάτων δεν επηρεάζει ολόκληρη την τοπολογία.

3.9.2 Μειονεκτήματα της Τοπολογίας Αστέρα

- Απαιτείται μεγαλύτερο μήκος καλωδίου από ότι σε μια γραμμική τοπολογία.
- Λόγω του κόστους των κόμβων αποτελεί πιο ακριβή τοπολογία από τη γραμμική λεωφορείων.

3.10 Τοπολογία Δέντρου (TREE TOPOLOGY)

Μια τοπολογία δέντρου συνδυάζει τα χαρακτηριστικά των γραμμικών λεωφορείων - αστέρι τοπολογιών. Αποτελείται από ομάδες των αστέρων-διαμορφωμένες με θέσεις εργασίας που συνδέονται σε ένα γραμμικό καλώδιο, ραχοκοκαλιά λεωφορείο. Η τοπολογία δέντρο επιτρέπει την επέκταση του υπάρχοντος δικτύου, και ακόμα επιτρέπει σε σχολεία να ρυθμίσουν ένα δίκτυο για να καλύψουν τις ανάγκες τους.



Εικόνα 3.8: Τοπολογία Δέντρο

3.10.1 Πλεονεκτήματα της Τοπολογίας Δέντρο

- Σημείο-προς-σημείο καλωδίωση για μεμονωμένους τομείς.
- Υποστηρίζεται από πολλούς πωλητές υλικού και λογισμικού.

3.10.2 Μειονεκτήματα της Τοπολογίας Δέντρο

- Το συνολικό μήκος του κάθε τμήματος περιορίζεται από το είδος της καλωδίωσης που χρησιμοποιείται.
- Εάν γίνουν αλλαγές στη γραμμή κορμού, το σύνολο του τομέα κατεβαίνει.
- Πιο δύσκολο διαμορφώνετε και απαιτεί περισσότερο σύρμα από άλλες τοπολογίες.

3.11 Κανόνας 5-4-3

Μια εξέταση για τη δημιουργία μιας τοπολογίας δέντρο χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο Ethernet είναι ο κανόνας 5-4-3. Μια πτυχή του πρωτοκόλλου Ethernet απαιτεί ότι ένα σήμα που στέλνεται από το καλώδιο δικτύου θα φτάσει σε κάθε μέρος του δικτύου εντός καθορισμένου χρονικού διαστήματος. Κάθε συγκεντρωτή μας δείχνει ότι ένα σήμα που περνάει προσθέτει ένα μικρό χρονικό διάστημα. Αυτό οδηγεί στον κανόνα ότι μεταξύ δύο κόμβων του δικτύου μπορεί να υπάρξει μόνο ένα ανώτατο όριο 5 τμημάτων, που συνδέεται μέσω 4 επαναληπτών / συλλεκτών. Πυκνοκατοικημένο είναι ένα τμήμα που έχει ένα ή περισσότερους κόμβους που επισυνάπτονται σε αυτό.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Αυτός ο κανόνας δεν ισχύει για άλλα πρωτόκολλα δικτύου ή δίκτυα Ethernet, όπου όλα τα καλώδια οπτικών ινών ή ένας συνδυασμός των ινών κορμού με UTP καλωδίωση χρησιμοποιείται.

3.11.1 Εκτιμήσεις κατά την επιλογή μιας τοπολογίας

Για την επιλογή μιας τοπολογίας, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τα παρακάτω:

- **Χρήματα.** Ένα γραμμικό δίκτυο λεωφορείων μπορεί να είναι ο λιγότερος δαπανηρός τρόπος για να εγκαταστηθεί ένα δίκτυο, επειδή δε χρειάζεται η αγορά συλλεκτών.

- **Μήκος καλωδίου που απαιτείται.** Η γραμμική του δικτύου των λεωφορείων χρησιμοποιεί τα μικρότερα μήκη των καλωδίων σε σχέση με όλες τις άλλες τοπολογίες.

- **Η μελλοντική ανάπτυξη.** Με μιας τοπολογίας αστέρι, η επέκταση ενός δικτύου γίνεται πολύ εύκολα με την προσθήκη ενός συγκεντρωτή πλεονέκτημα που δε προσφέρουν οι άλλες τοπολογίες.

- **Γ θέση τύπου.** Το πιο κοινό καλώδιο στα σχολεία είναι το αθωράκιστο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους, το οποίο χρησιμοποιείται πιο συχνά με το αστέρι τοπολογίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ_4 ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ MAN

4.1 Ασύρματες Επικοινωνίες

Ο σημερινός τρόπος ζωής απαιτεί άμεση και ταχεία πρόσβαση σε πληροφορίες και δεδομένα για τον συνεχώς κινούμενο χρήστη. Αυτό το νέο δυναμικό περιβάλλον έχει δημιουργήσει μια διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για καλύτερες, απλούστερες, πιο αποτελεσματικές και παράλληλα πιο οικονομικές μεθόδους ασύρματης πρόσβασης.

Έτσι το 1970 έκαναν την εμφάνισή τους τα ασύρματα δίκτυα και από τότε καθώς περνάνε τα χρόνια έχουν ολοένα και μεγαλύτερη εξάπλωση. Αυτό έγινε ιδιαίτερα αντιληπτό την προηγούμενη δεκαετία, κατά την οποία τα ασύρματα δίκτυα μπόρεσαν να υποστηρίξουν και την κινητικότητα των κόμβων τους. Τα ασύρματα δίκτυα είναι ελκυστικά, διότι εγκαθίστανται πολύ εύκολα και παρέχουν ελευθερία κινήσεων στους χρήστες που δεν έχουν σταθερή θέση εργασίας. Οι τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης προσφέρουν ευελιξία, αξιόπιστη μετάδοση με αρκετά μεγάλη εμβέλεια και συμβατότητα με γνωστά πρωτόκολλα , όπως το Ethernet και το ATM .

4.1.2 Είδη Ασύρματης Πρόσβασης

Τα ασύρματα δίκτυα ανάλογα με την γεωγραφική τους κάλυψη μπορεί να είναι τοπικής ή ευρείας περιοχής. Έτσι χαρακτηρίζονται ως Τοπικά (LAN και WLAN), Μητροπολιτικά (MAN και WMAN) και Ευρείας Κάλυψης (WAN και WWAN).

1. Τοπικά δίκτυα

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (local area networks ή LAN) είναι δίκτυα που συνδέουν υπολογιστές σε κοντινές αποστάσεις, π.χ. από υπολογιστές που βρίσκονται σε ένα δωμάτιο μέχρι υπολογιστές που απέχουν μερικά χιλιόμετρα μεταξύ τους. Χρησιμοποιούνται συνήθως για να συνδέουν προσωπικούς υπολογιστές και σταθμούς εργασίας σε γραφεία εταιρειών, εργοστάσια, πανεπιστήμια κ.λπ

2. Μητροπολιτικά δίκτυα

Ένα μητροπολιτικό δίκτυο ή και MAN (metropolitan area network) είναι μια μεγαλύτερη εκδοχή ενός τοπικού δικτύου καθώς καλύπτει μεγαλύτερες αποστάσεις, π.χ. από μια ομάδα γειτονικών γραφείων μιας εταιρείας έως μια πόλη.

3. Δίκτυα ευρείας περιοχής

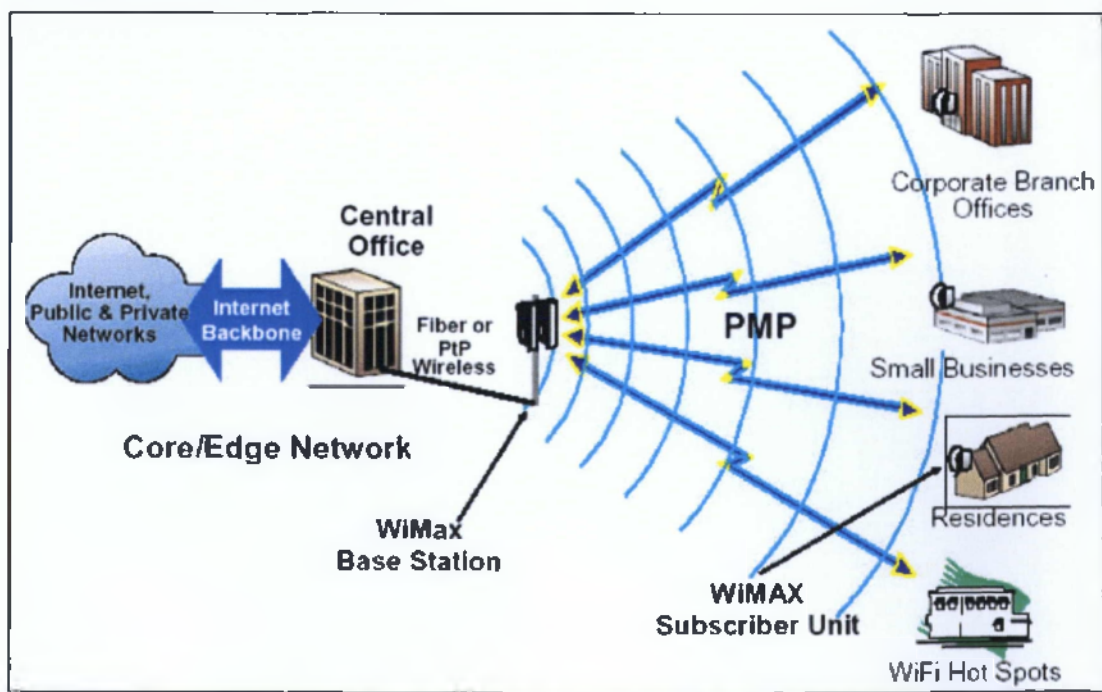
Τα δίκτυα ευρείας περιοχής ή WAN (wide area network) καλύπτουν μεγάλες γεωγραφικές περιοχές, π.χ. από σύνδεση μεταξύ διαφορετικών πόλεων μέχρι μιας ολόκληρης ηπείρου και μπορούν να συνδέσουν ακόμη και περισσότερα από ένα τοπικά δίκτυα καθώς και ομάδες τοπικών δικτύων. Τα περισσότερα δίκτυα ευρείας περιοχής χρησιμοποιούν τηλεφωνικά δίκτυα ή τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους.

Επίσης το Διαδίκτυο ανήκει στα δίκτυα ευρείας περιοχής τα οποία καλύπτουν γεωγραφικές περιοχές μίας ή περισσότερων ηπείρων διασυνδέοντας επιμέρους δίκτυα. Σε ένα Διαδίκτυο μπορεί να συνυπάρχουν διασυνδεδεμένοι υπολογιστές και δίκτυα που χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνολογίες και λειτουργικά συστήματα. Το Διαδίκτυο (Internet) είναι το μεγαλύτερο τέτοιου είδους δίκτυο.

4.2 Μητροπολιτικό Ασύρματο Δίκτυο

Το μητροπολιτικό ασύρματο δίκτυο (Metropolitan Area Network) αναμένεται να αποτελέσει τον διάδοχο του WiFi, προσφέροντας την ίδια ευχρηστία, ασφάλεια και ευελιξία, επιτρέποντας όμως μεγαλύτερη εμβέλεια (της τάξεως των δεκάδων km) και πολύ υψηλότερες ταχύτητες (που φθάνουν ή ξεπερνούν τα 100 Mbps). Η τεχνολογία του WiMAX είναι παρόμοια με αυτή του WiFi, όμως στοχεύει στην περαιτέρω βελτίωση της απόδοσης της ασύρματης επικοινωνίας και στην επέκταση του τοπικού βρόγχου σε μια πιο εκτεταμένη γεωγραφική περιοχή.

Το **WiMAX** αναβαθμίζοντας τις σημερινές τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης στο Διαδίκτυο είναι η λύση που θα επικρατήσει στο άμεσο μέλλον, αντικαθιστώντας ακόμη και τις οικιακές ADSL συνδέσεις. Εκτιμάται, ότι πολύ σύντομα, το WiMAX θα καλύπτει πολύ μεγαλύτερο ποσοστό συνδρομητών, σε σχέση με αυτούς που συνδέονται στο διαδίκτυο μέσω ενσύρματης γραμμής ADSL, ISDN ή PSTN. Το Internet πρέπει να αποτελεί ένα μέσο ενημέρωσης και επικοινωνίας προσβάσιμο ανά πάσα στιγμή από παντού, με την ίδια λογική που σήμερα ένα κινητό τηλέφωνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σχεδόν από οποιοδήποτε σημείο, χωρίς πολύπλοκες διαδικασίες.



Εικόνα 4.1: Τεχνολογία WiMAX

Μέχρι σήμερα το WiFi επέτρεπε την πρόσβαση στο Internet σε πολύ μικρή εμβέλεια γύρω από hotspots, όπως σε αεροδρόμια, συνεδριακούς χώρους ή ξενοδοχεία. Το WiMAX θα είναι σε θέση να κάνει το ίδιο σε εμβέλεια ολόκληρης πόλης, τα κτήρια της οποίας θα καλύπτουν με το σήμα τους οι ISP. Το WiMAX θα χρησιμοποιείται για την παροχή υπηρεσιών ευρυζωνικής πρόσβασης στο Internet σε τελικούς χρήστες, με εξοπλισμό ιδιαίτερα εύκολο στην εγκατάσταση.

4.2.1 Πρότυπα IEEE για τα Μητροπολιτικά Ασύρματα Δίκτυα

4.2.1.1 IEEE 802.16

Η αρχική έκδοση του πρότυπου IEEE 802.16 για τα ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα λειτουργούσε στην ζώνη συχνοτήτων 10-66 GHz. Στις παραπάνω συχνότητες η επικοινωνία μεταξύ δύο σταθμών επιτυγχάνεται μόνο όταν οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται σε συνθήκες οπτικής επαφής, όπως περιγράφεται στο υπό πρότυπο IEEE 802.11c. Η ανάγκη για επικοινωνία μεταξύ σταθμών που δεν βρίσκονται σε οπτική επαφή ήταν το κίνητρο για τη δημιουργία του υπό πρότυπου IEEE 802.16a. Έτσι, το 2003 το πρότυπο επεκτάθηκε ώστε να λειτουργεί και στις συχνότητες από 2 - 11 GHz όπου στις συχνότητες αυτές ήταν δυνατή η δημιουργία συνδέσεων χωρίς οπτική επαφή πομπού - δέκτη. Το υπό πρότυπο το οποίο περιγράφει τη διαδικασία αυτή ονομάστηκε IEEE 802.16a. Τα πρώτα προϊόντα WiMAX τα οποία σήμερα είναι διαθέσιμα στην αγορά ακολουθούν στην μεγαλύτερή τους πλειοψηφία το υπό πρότυπο αυτό. Επιπλέον η εξασφάλιση ποιότητας υπηρεσίας στα ασύρματα δίκτυα γίνεται ένας πολύ καθοριστικός παράγοντας για την ποιότητα της επικοινωνίας. Για παράδειγμα, η μετάδοση video σε πραγματικό χρόνο απαιτεί από το δίκτυο συνθήκες πολύ χαμηλής καθυστέρησης μετάδοσης. Για αυτό το λόγο, προκειμένου να ικανοποιηθεί η ανάγκη για ποιότητα υπηρεσίας ορίστηκε το υπό πρότυπο IEEE 802.16d.

IEEE802.16 2004

- Η ένωση των υπό προτύπων IEEE 802.11 a, c, d όρισε το πρότυπο IEEE 802.16-2004 το οποίο περιγράφει τη συνολική λειτουργικότητα των επιμέρους υποπροτύπων που

προαναφέρθηκαν για συχνότητες λειτουργίας 2-66 GHz. Με το πρότυπο αυτό περιγράφεται η επικοινωνία χρηστών οι οποίοι βρίσκονται μέσα σε μια κυψέλη, η οποία καλύπτεται από ένα base station δίχως να υποστηρίζεται η μετακίνηση των χρηστών μεταξύ των κυψέλων. Τέλος το πρότυπο 802.16b ήταν από τα πρώτα που δημιουργήθηκαν. Η δημιουργία του υπο-προτύπου αυτού στόχευε στις εφαρμογές εκτός νόμιμης (licensed) περιοχής στις συχνότητες 5-6GHz. Το 802.16b παρέχει QoS διαβεβαιώνοντας ότι θα υπάρχει προτεραιότητα στη μετάβαση πραγματικού χρόνου εικόνας και ήχου καθώς επίσης παρέχει διαφοροποιημένα επίπεδα υπηρεσίας σε διαφορετικού τύπου μετακίνησης δεδομένων.

IEEE 802.16-2005

- Το υπο-πρότυπο IEEE 802.16e έχει προσθέσει χαρακτηριστικά-κλειδιά για την υποστήριξη της κινητικότητας των χρηστών από ένα base station σε άλλο. Στο υπο-πρότυπο αυτό ορίζεται ότι ένας κινητός χρήστης μπορεί να συνεχίσει να εξυπηρετείται από το δίκτυο ακόμα και αν κινείται με ταχύτητες οι οποίες προσεγγίζουν τα 120 χλμ. / ώρα. Ωστόσο η παραπάνω τιμή είναι ενδεικτική - πειραματική, καθώς μέχρι τη στιγμή αυτή δεν υπάρχει κάποιο διαθέσιμο προϊόν στην αγορά συμβατό με το IEEE 802.16e υπο-πρότυπο που να πιστοποιεί την προαναφερθείσα τιμή. Το υποστηριζόμενο από το WiMAX Forum πρωτόκολλο έχει κληρονομήσει τη μοναδική NLOS επίδοση και την ανθεκτική σε πολλαπλή διαδρομή λειτουργία του OFDM, καθιστώντας το κατάλληλο για το κινητό περιβάλλον.

Παραλλαγές του προτύπου, που στοχεύουν στους κινητούς χρήστες (802.16e) και στην παροχή QoS (802.16b) είναι ήδη σε εξέλιξη. Διάφοροι προμηθευτές chip, συμπεριλαμβανομένης και της Intel, εργάζονται στο 802.16a ενσωματωμένο πυρίτιο, και σε χαμηλού κόστους μονάδες συνδρομητών και αναμένεται στο τέλος του 2005 να είναι ευρέως διαθέσιμα σημεία πρόσβασης (Access Points - AP). Αρκετοί προμηθευτές που έχουν ασχοληθεί με εξοπλισμό για ευρείας ζώνης ασύρματη πρόσβαση, έχουν εκδηλώσει το ενδιαφέρον τους για το WiMAX και έτσι δραστηριοποιούνται στην κατασκευή προϊόντων συμβατών με το εν λόγω πρότυπο.

4.2.2 Χαρακτηριστικά Μετάδοσης

Αντίθετα με άλλα ασύρματα δίκτυα, τα οποία επιτρέπουν μεταδόσεις μόνο με ένα φάσμα συχνότητας, το WiMAX επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων με πολλαπλά, ευρέα φάσματα συχνότητας. Η μεταφορά μέσω πολλαπλών φασμάτων, δίνει τη δυνατότητα μεγιστοποίησης της μετάδοσης πέρα από τις συχνότητες άλλων ασύρματων εφαρμογών αποδίδοντας πραγματικές ευρυζωνικές ταχύτητες.

Η αρχική έκδοση του προτύπου 802.16 καθορίζει ένα φυσικό επίπεδο, ικανό να υποστηρίξει συστήματα που λειτουργούν στις συχνότητες 10-66 GHz. Αυτή η συχνотική μπάντα δημιουργεί ένα φυσικό περιβάλλον όπου εξαιτίας του μικρού μήκους κύματος η επίτευξη επικοινωνίας απαιτεί οπτική επαφή, αλλά όμως η λήψη σήματος πολλαπλών διαδρομών (multipath) είναι αμελητέα. Τα κανάλια του φυσικού περιβάλλοντος του πρότυπου είναι μεγάλα. Με ιδανικό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων μεγαλύτερο από 120 Mbit/s το περιβάλλον που δημιουργείται είναι κατάλληλο για point-to-multipoint.

Το πρότυπο 802.16a που ακολούθησε υποστήριξε και άλλες προδιαγραφές στο φυσικό επίπεδο. Το πιο ευρέως διαδεδομένο πρότυπο Ασύρματου Μητροπολιτικού Δικτύου, αυτή τη στιγμή είναι το 802.16a, που λειτουργεί στην μπάντα των 2-11 GHz και δεν απαιτεί την ύπαρξη οπτικής επαφής. Το υπο-πρότυπο αυτό λειτουργεί παράλληλα με το 802.16 για να προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία στη χρησιμοποίηση των συχνοτήτων και την τοπολογία του δικτύου.

Ορισμένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της τεχνολογίας WiMAX είναι:

- **Ταχύτητα μετάδοσης:** Οι ταχύτητες μετάδοσης του πρότυπου εξαρτώνται από την εκάστοτε ψηφιακή διαμόρφωση που χρησιμοποιείται. Συνήθεις διαμορφώσεις είναι η 64 QAM η οποία μπορεί να εξασφαλίσει και τη μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης, η 16 QAM και η QPSK η οποία μπορεί να εξασφαλίσει μεγάλη κάλυψη του συστήματος.
- **Ευρεία κάλυψη:** Το WiMAX δυναμικά υποστηρίζει πολλαπλά επίπεδα διαμόρφωσης, όπως BPSK, QPSK, 16-QAM και 64-QAM. Ιδιαίτερα αν το σύστημα είναι εξοπλισμένο με ενισχυτή υψηλής ισχύος και λειτουργεί με μια χαμηλού επιπέδου διαμόρφωση (BPSK ή QPSK, για παράδειγμα) τότε είναι ικανό να καλύψει μια αρκετά μεγάλη γεωγραφική περιοχή όταν υπάρχει οπτική επαφή.

- **Υψηλή κωρητικότητα:** Χρησιμοποιώντας υψηλότερη διαμόρφωση (64-QAM) και εύρος ζώνης καναλιού (τρέχουσα τιμή 7 MHz, με σχεδιασμένη ανάπτυξη προς το πλήρες εύρος ζώνης όπως διευκρινίζεται στα αντίστοιχα πρότυπα της IEEE και της ETSI), τα συστήματα WiMAX μπορούν να παρέχουν σημαντικό εύρος ζώνης στους τελικούς χρήστες.
- **Κλιμακοσιμότητα:** Επίσης πολύ σημαντικό για τη διάδοση του είναι η κλιμακοσιμότητα (scalability) ή καλύτερα επεκτασιμότητα. Για να μπορεί να γίνει εύκολος και επεκτάσιμος ο σχεδιασμός κυψελών (cells) επικοινωνίας σε επιτρεπόμενες και μη συχνοτικές μπάντες, το πρότυπο IEEE 802.16 υποστηρίζει ευέλικτα από την άποψη εύρους ζώνης κανάλια επικοινωνίας. Για παράδειγμα αν σε κάποιο χειριστή ανατεθεί συχνοτικό φάσμα των 20 MHz, τότε αυτός μπορεί να χωρίσει το φάσμα σε δύο κομμάτια των 10 MHz ή ακόμα σε τέσσερα κομμάτια των 5 MHz. Συγκεντρώνοντας έτσι όλη την ενέργεια σε ένα πολύ μικρό φάσμα συχνοτήτων ο χειριστής μπορεί να αυξήσει τον αριθμό των χρηστών επιτυγχάνοντας παράλληλα μεγάλο βεληνεκές και throughput. Για να κλιμακώσει ακόμα περισσότερο την εμβέλεια του σήματος, ο χειριστής μπορεί να χωρίσει ακόμα περισσότερο το φάσμα συχνοτήτων δημιουργώντας απομόνωση μεταξύ των κεραιών των σταθμών βάσης.
- **Διεκπαιρευτική ικανότητα:** Η μεγάλη διεκπαιρευτική ικανότητα (throughput) που επιτυγχάνει, ακόμα και σε μεγάλες αποστάσεις αφού έχει ένα πολύ μεγάλο φάσμα εκπομπής που είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό σε αντανakλάσεις του σήματος κατά τη διάρκεια της διαδρομής του.
- **Υψηλή ποιότητα υπηρεσίας:** Η παροχή υψηλής ποιότητας υπηρεσιών QoS (Quality of Service) όπως είναι η μεταφορά φωνής, είναι εξαιρετικά σημαντική για την υιοθέτηση και εξάπλωση του προτύπου. Για αυτό ακριβώς το λόγο το υποπρότυπο 802.16a συμπεριλαμβάνει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που κάνουν δυνατή τη μεταφορά φωνής και βίντεο αφού για να είναι εφικτή αυτή η μεταφορά χρειάζεται ένα χαμηλού φόρτου δίκτυο. Το WiMAX μπορεί δυναμικά να ρυθμιστεί για την μείξη της κυκλοφορίας που μεταφέρεται.

4.2.3 Αρχιτεκτονική του WiMAX

Οι βασικές δομικές μονάδες ενός συστήματος WiMAX είναι ο σταθμός βάσης (BS ή Base Station) και ο σταθμός του συνδρομητή (SS ή Subscriber Station). Ο σταθμός βάσης διαχειρίζεται όλα τα αιτήματα των SS για πρόσβαση στο δίκτυο και είναι υπεύθυνος για τη δρομολόγηση των δεδομένων σε άλλο BS ή στο κεντρικό δίκτυο του παροχέα (backbone), αλλά και για τον χρονοπρογραμματισμό της μετάδοσης των δεδομένων (scheduling). Ένας SS μπορεί να εξυπηρετεί ταυτόχρονα πολλούς χρήστες και με κατάλληλους μηχανισμούς να αντιστοιχίζει τα αιτήματα και τις αποκρίσεις από το BS σε κάθε χρήση.



Εικόνα 4.2: Αρχιτεκτονική του WiMAX

Η αποστολή δεδομένων από το σταθμό βάσης στο χρήστη γίνεται με μια Point-to-Multipoint (PMP) σύνδεση χωρίς ωστόσο να αποκλείεται και η χρήση της Point-to-Point ή ευρείας κάλυψης σύνδεση. Στην περίπτωση που υπάρχει μόνο ένας σταθμός υπηρεσίας στο δίκτυο, ο σταθμός βάσης του WiMAX θα επικοινωνεί με το σταθμό υπηρεσίας με μια Point-to-Point σύνδεση. Ένας σταθμός βάσης που πραγματοποιεί Point-to-Point σύνδεση μπορεί να χρησιμοποιεί κεραία στενότερης δέσμης ώστε να

καλύπτει μεγαλύτερες αποστάσεις. Στην επικοινωνία σημείου προς σημείο παρέχεται κάλυψη που μπορεί να αγγίξει τα 50Km.

Γενικά έχει εμβέλεια έως 30 km περίπου, με μια τυπική ακτίνα κυψέλης στα 6–9km. Συνήθως ένας σταθμός βάσης επικοινωνεί με άλλους σταθμούς συνδρομητών, οι οποίοι προσφέρουν πρόσβαση σε κτίρια (γραφεία ή κατοικίες). Μέσα στην ακτίνα εμβέλειας, η χωρίς οπτική επαφή επίδοση είναι βέλτιστη. Με διαμοιραζόμενους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων μέχρι 75 Mbps, ένας απλός σταθμός βάσης μπορεί να παρέχει επαρκές εύρος ζώνης για να καλύψει 60 επιχειρήσεις και εκατοντάδες σπίτια με ρυθμούς σύνδεσης εφάμιλλους με το DSL, χρησιμοποιώντας 20 MHz εύρους κανάλια.

Τα αμφίδρομα ασύρματα δίκτυα με τοπολογίες point-to-multipoint (PMP) και mesh είναι δύο τρόποι διαμοιρασμού του ασύρματου μέσου το οποίο στην προκειμένη περίπτωση είναι το κενό μέσω του οποίου πραγματοποιείται η μετάδοση των ραδιοκυμάτων.

4.3 Τοπικό Ασύρματο Δίκτυο

Ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο (Wireless Local Area Network - WLAN ή Wireless Fidelity WiFi) χρησιμοποιεί ραδιοσυχνότητες (RF) προκειμένου να μεταδώσει και να λάβει δεδομένα μέσω του αέρα. Τα τελευταία χρόνια, τα WLANs βρίσκουν εφαρμογή διεθνώς σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων αυτών της υγείας, της παιδείας, των απλών κατοικιών καθώς και των ακαδημαϊκών ιδρυμάτων.

Τρόπος λειτουργίας WLAN: Τα WLANs χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα για να διαβιβάσουν τις πληροφορίες από ένα σημείο σε ένα άλλο, χωρίς απαίτηση για ενσύρματη σύνδεση. Αρχικά, οι πληροφορίες προς μετάδοση διαμορφώνουν κατάλληλα τη φέρουσα συχνότητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων του πομπού, κατόπιν τα κύματα μεταδίδονται μέσω του αέρα και τέλος, φτάνοντας στο δέκτη, από-διαμορφώνονται και οι μεταδιδόμενες πληροφορίες ανακτώνται. Υπάρχει δυνατότητα ο πομπός να εκπέμπει ταυτόχρονα, στον ίδιο χώρο, περισσότερες της μίας φέρουσας συχνότητας, οι οποίες δεν παρεμβάλλονται μεταξύ τους, εφόσον βέβαια αυτές είναι όλες διαφορετικές. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, για να ανακτήσει τις

πληροφορίες ο δέκτης, συντονίζεται (ή επιλέγει) μια ραδιοσυχνότητα, απορρίπτοντας έτσι τα ραδιοσήματα στις υπόλοιπες συχνότητες. Σε μια τυπική διάταξη WLAN, μια συσκευή πομπού/δέκτη, αποκαλούμενη σημείο πρόσβασης, είναι συνδεδεμένη στο ενσύρματο δίκτυο σε συγκεκριμένη θέση, χρησιμοποιώντας συνήθως τυπικό καλώδιο Ethernet. Αυτό το σημείο πρόσβασης λαμβάνει, αποθηκεύει, και διαβιβάζει πληροφορίες μεταξύ του WLAN και του ενσύρματου δικτύου, ενώ μπορεί να υποστηρίξει μια μικρή ομάδα χρηστών και να λειτουργήσει εντός μιας ακτίνας από 30 έως μερικές 100άδες μέτρα. Οι τελικοί χρήστες έχουν πρόσβαση στο WLAN μέσω των ειδικών προσαρμογέων ασύρματου τοπικού δικτύου, οι οποίοι μπορούν να εφαρμοστούν ως κάρτες στους φορητούς υπολογιστές, κάρτες ISA ή PCI στους υπολογιστές γραφείου, ή ακόμα και να είναι πλήρως ενσωματωμένες συσκευές μέσα στους φορητούς υπολογιστές. Οι προσαρμογείς WLAN αποτελούν τη διεπαφή μεταξύ του λειτουργικού συστήματος των χρηστών του δικτύου και των ραδιοκυμάτων, μέσω μιας κεραίας. Η φύση της ασύρματης σύνδεσης είναι διαφανής (transparent) στο λειτουργικό σύστημα των τερματικών χρηστών.

Τα στοιχεία τα οποία χρειάζεται ένα WLAN για να λειτουργήσει, καθώς και για να συνδεθεί στο ευρύτερο δίκτυο, είναι:



Εικόνα 4.3: Σύστημα Διανομής

- **Προσαρμογείς:** που λειτουργούν ως συνδετικά στοιχεία μεταξύ του τελικού εξοπλισμού του χρήστη και του σημείου ασύρματης πρόσβασης του δικτύου.
- **Σημεία πρόσβασης:** που είναι πομποδέκτες με μία ή δύο κεραίες. Συνδέονται με το ενσύρματο τοπικό δίκτυο (ή με την ευρυζωνική σύνδεση). Μέσω αυτών, επικοινωνεί ο προσαρμογέας του τελικού χρήστη με το υπόλοιπο δίκτυο.

- **Γέφυρες:** Παρέχουν την από σημείο σε σημείο ασύρματη σύνδεση μεταξύ δύο WLANs, όπως μεταξύ δύο ορόφων.
- **Κόμβοι Διανομής:** Συγκεντρώνουν και συνδέουν πολλαπλά σημεία ασύρματης πρόσβασης με το ενσύρματο ή ασύρματο δίκτυο κορμού.
- **Κόμβοι κορμού:** Διασυνδέουν τους κόμβους διανομής. Καλύπτουν πολλούς χρήστες, λόγω του μεγάλου αριθμού των σημείων πρόσβασης που είναι συνδεδεμένα μέσω των κόμβων διανομής με αυτά. Σχεδόν πάντα επικοινωνούν μεταξύ τους, με περισσότερες από μία συνδέσεις, για να μειωθούν περιπτώσεις απώλειας επαφής.

4.4 Το πρότυπο IEEE 802.11

Ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο είναι αυτό στο οποίο ένας κινούμενος χρήστης μπορεί να συνδεθεί σε ένα τοπικό δίκτυο μέσω μια ασύρματης σύνδεσης. Το πρότυπο IEEE 802.11 περιγράφει τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα ασύρματα τοπικά δίκτυα. Το 802.11 είναι μια οικογένεια προδιαγραφών για ασύρματα τοπικά δίκτυα που αναπτύχθηκαν από ομάδες εργασίας του ινστιτούτου ηλεκτρολόγων και ηλεκτρονικών μηχανικών, το γνωστό Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Όλα τα πρότυπα που περιλαμβάνει το 802.11, χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο Ethernet και μέθοδο πολλαπλής πρόσβασης με ανίχνευση φέροντος και αποφυγή συγκρούσεων, το carrier sense multiple access with collision avoidance (csma/ca). Η μέθοδος διαμόρφωσης που χρησιμοποιήθηκε αρχικά ήταν το κλείδωμα μεταλλαγής φάσης ή διαμόρφωση διακριτής φάσης, phase-shift keying (psk). Σε νεότερες προδιαγραφές όμως, χρησιμοποιούνται και άλλα σχήματα ψηφιακής διαμόρφωσης, όπως το complementary code keying (cck).

Οι νεότερες μέθοδοι διαμόρφωσης παρέχουν μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων. Αυτή τη στιγμή υπάρχουν 4 πρότυπα στην οικογένεια 802.11: 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11g και μέχρι το τέλος του έτους αναμένεται να εγκριθούν τα 802.11i και 802.11e. Και τα 4 χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο Ethernet και μέθοδο πολλαπλής πρόσβασης με ανίχνευση φέροντος και αποφυγή συγκρούσεων, το carrier sense multiple access with collision avoidance (csma/ca).

Τα βασικά στοιχεία ενός δικτύου IEEE 802.11 είναι:

- **Station (STA):** Ένας προσωπικός υπολογιστής ή μια συσκευή με ασύρματη σύνδεση.

- Access Point (AP): Η γέφυρα μεταξύ του ασύρματου και του ενσύρματου LAN
- Basic Service Set (BSS): Σύνολο από STAs τα οποία επικοινωνούν μέσω του ίδιου καναλιού στην ίδια περιοχή.
- Extended Service Set (ESS): Ένα σύνολο από BSSs και ενσύρματα LANs.

Η Αρχιτεκτονική του:

Τυχαία (Ad-hoc ή peer to peer): Η πιο απλή διάρθρωση στην οποία οι ασύρματοι σταθμοί που μετέχουν είναι ισότιμοι και επικοινωνούν μεταξύ τους κατευθείαν. Πλεονέκτημα είναι η γρήγορη και εύκολη εγκατάσταση.

Δομημένης Διάρθρωσης (Infrastructure WLAN): Ακολουθεί μια κυψελοειδή αρχιτεκτονική, όπου το δίκτυο χωρίζεται σε κυψέλες με κάθε κυψέλη να ονομάζεται BSS (Basic Service Set). Κάθε κυψέλη περιλαμβάνει ένα σταθμό βάσης AP (Access Point) και ένα αριθμό από ασύρματους σταθμούς.

4.4.1 Συχνότητες Λειτουργίας

Τα πιο κοινά WLANs λειτουργούν στη μη αδειοδοτημένη περιοχή συχνοτήτων ISM (Industrial, Scientific and Medical) των 2,4 GHz και στην UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) μπάνια των 5 GHz. Τα IEEE 802.11b WLANs λειτουργούν στη ζώνη 2,4 - 2.4835 GHz. Το πρότυπο IEEE 802.11a χρησιμοποιεί την περιοχή των 5 GHz UNII. Αυτή η περιοχή έχει εύρος 300 MHz και είναι χωρισμένη σε δύο υπο-περιοχές. Η χαμηλότερη υπο-περιοχή επεκτείνεται από 5,15 MHz ως 5,35 MHz. Η ανώτερη υπο-περιοχή είναι από 5.725 MHz ως 5.825 MHz. (Η ΕΕΤΤ δεν έχει δώσει άδεια χρήσης της στην Ελλάδα).

Στο φυσικό επίπεδο προδιαγράφονται δύο τεχνικές διαμόρφωσης (Απλωμένου Φάσματος):

1. FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
2. DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

Και στις δύο υποστηρίζονται ρυθμοί μετάδοσης 1 και 11Mbps στην ζώνη συχνοτήτων 2.4 - 2.4835GHz.

Στην ζώνη συχνοτήτων 5GHz η τεχνική η οποία χρησιμοποιείται είναι η Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).

1. FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)

- Η ζώνη των 2,4GHz διαιρείται σε υπο-κανάλια των 75MHz
- Ο πομπός και ο δέκτης συμφωνούν σε ένα hopping pattern και τα δεδομένα στέλνονται σε μια ακολουθία από αυτά τα υπο-κανάλια
- Κάθε σύνδεση χρησιμοποιεί διαφορετικό pattern. Τα patterns είναι έτσι σχεδιασμένα ώστε να ελαχιστοποιούν την πιθανότητα δύο πομποί να χρησιμοποιούν το ίδιο υπο-κάνάλι ταυτόχρονα
- Οι τεχνικές FHSS επιτρέπουν ταχύτητες όχι υψηλότερες από 2 Mbps.

2. DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

- Η ζώνη των 2,4GHz διαιρείται σε 14 κανάλια που διαφέρουν κατά 25 MHz.
- Το προς αποστολή σήμα πολλαπλασιάζεται με μια ακολουθία από bits (chip) πολύ μεγαλύτερης συχνότητας και αυτό οδηγεί στο άπλωμα του φάσματος του τελικού προς αποστολή σήματος.
- Ο δέκτης πρέπει να γνωρίζει την ψευδοτυχαία ακολουθία προκειμένου να αποκωδικοποιήσει σωστά το σήμα.
- Οι τεχνικές DSSS επιτρέπουν ταχύτητες ως 11 Mbps.

4.4.2 Υπο-πρότυπα IEEE 802.11

IEEE 802.11

- Εφαρμόζεται σε ασύρματα τοπικά δίκτυα και παρέχει ρυθμούς μετάδοσης 1 ή 2Mbps στη μπάντα των 2.4GHz.

IEEE 802.11a

- Είναι μια επέκταση του 802.11 που εφαρμόζεται σε ασύρματα τοπικά δίκτυα και παρέχει ρυθμούς μετάδοσης έως 54Mbps στη μπάντα των 5GHz. Συνήθως όμως οι επικοινωνίες πραγματοποιούνται στα 6Mbps, 12Mbps ή στα 24Mbps. Χρησιμοποιείται σε πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας και σε ασύρματα δίκτυα ATM.

IEEE 802.11b

- Συνήθως το λέμε Wi-Fi και είναι συμβατό με το 802.11. Η μέθοδος διαμόρφωσης που χρησιμοποιήθηκε στο 802.11 ήταν το κλείδωμα μεταλλαγής φάσης ή διαμόρφωση διακριτής φάσης, phase-shift keying (psk). Η μέθοδος διαμόρφωσης που επιλέχθηκε για το 802.11b είναι γνωστή ως complementary code keying (cck) και παρέχει μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων.

IEEE 802.11e

- Το πρώτο ασύρματο πρότυπο για οικιακό ή εταιρικό δικτυακό περιβάλλον. Παρέχει χαρακτηριστικά ποιότητας υπηρεσιών και υποστήριξη πολυμέσων στα υπάρχοντα ασύρματα πρότυπα IEEE 802.11a και IEEE 802.11b ενώ ταυτόχρονα είναι και συμβατό με αυτά. Η ποιότητα υπηρεσιών και υποστήριξη πολυμέσων είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στα ασύρματα οικιακά δίκτυα που θέλουμε να παρέχουν φωνή, video και ήχο (video on demand, audio on demand, voice over ip, υψηλής ταχύτητας πρόσβαση στο Internet).

IEEE 802.11g

- Εφαρμόζεται σε ασύρματα τοπικά δίκτυα και παρέχει ρυθμούς μετάδοσης άνω των 20mbps στη μπάντα των 2.4GHz. Αυτό είναι το πρότυπο που εγκρίθηκε πιο πρόσφατα και παρέχει ασύρματη μετάδοση σε σχετικά κοντινές αποστάσεις με ταχύτητες μέχρι και 54mbps συγκριτικά με τα 11mbps του πρότυπου 802.11b. Όπως και το 802.11b, το IEEE 802.11g λειτουργεί στη μπάντα των 2.4GHz οπότε είναι συμβατό με αυτό.

IEEE 802.11i

- Προσθέτει στο 802.11 πρότυπο ασύρματων τοπικών δικτύων, το πρωτόκολλο ασφάλειας advanced encryption standard (aes).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ_5 ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΟ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ (MAN) ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΣΠΑΡΤΗΣ

5.1 Μεθοδολογία-Προβλήματα της μελέτης του έργου

Σ' αυτήν την ενότητα περιγράφεται μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για να σχεδιασεί το MAN της Σπάρτης καθώς και κάποια προβλήματα που προέκυψαν. Το έργο της παρούσας δράσης αφορά στην κατασκευή, σε τοπικό επίπεδο, βασικού ολοκληρωμένου και ενιαίου μέρους φυσικής δικτυακής υποδομής μητροπολιτικών οπτικών ινών με πρόβλεψη της ενσωμάτωσης, της συμπληρωματικότητας και της δια-λειτουργικότητας του με ευρύτερες οπτικές δικτυακές υποδομές στο τοπικό, περιφερειακό, και εθνικό επίπεδο.

Για να διαχειριστούν το έργο, να εξασφαλίσουν την ορθότητα και την ποιότητα του σχεδιασμού, οι αρμόδιοι ακολούθησαν τη συγκεκριμένη μεθοδολογία:

- Πραγματοποίησαν αρκετές επισκέψεις στον Δήμο, προκειμένου να οριστικοποιηθούν οι θέσεις των κτιρίων, τα σημεία όπου αυτά τα κτίρια θα συνδεθούν με το δίκτυο και την τελική χαρτογράφηση με τους αγωγούς που θα εγκατασταθούν.
- Σχεδιασμός του δικτύου, σύμφωνα με τα τρία διαφορετικά επίπεδα (πρόσβασης, διανομής και κυρίου δικτύου).
- Σχεδιάστηκαν οι απαιτήσεις των κόμβων του δικτύου και του εξοπλισμού (παθητικός και ενεργητικός).
- Έλαβαν υπόψη τη πρώτη έκδοση της αναλυτικής μελέτης του δικτύου.
- Έλαβαν υπόψη τις ειδικές απαιτήσεις των στοιχείων του δικτύου ανάλογα με τις ανάγκες του δήμου.
- Έγινε ενδεικτική κοστολόγηση των απαιτήσεων για το συνολικό σχεδιασμό προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι είναι συμβατή με το προϋπολογισμό που διατέθηκε.
- Τέλος βελτιστοποιήθηκε ο σχεδιασμός του δικτύου και οι απαιτήσεις του εξοπλισμού.

Η παραπάνω μέθοδος χρησιμοποιήθηκε αποτελεσματικά και για άλλα δίκτυα παρόλο αυτά η αρχική μελέτη παρουσίασε αρκετά προβλήματα.

- Στην τοποθεσία των αναμεταδοτών σε αρκετές περιπτώσεις δεν υπήρχε οπτική επαφή. Μερικοί ήταν τοποθετημένοι σε αρχαιολογικό χώρο και μερικοί δεν προβλέπονταν να εγκατασταθούν σε χώρο ιδιοκτησίας της ΤΕΔΚ ή του Δημοσίου αλλά σε ιδιωτικό χώρο. Για αυτούς τους λόγους πραγματοποιήθηκε προσπάθεια κατά τη διάρκεια του έργου να εντοπιστούν νέες θέσεις για τους αναμεταδότες.
- Η αρχική μελέτη χρησιμοποιούσε εκτενώς αναμεταδότες στη ζώνη συχνοτήτων των 2.4Ghz, καθώς επίσης και για τους κόμβους διανομής. Η συγκεκριμένη συχνότητα χρησιμοποιείται εκτενώς (καθότι είναι ελεύθερη για δημόσια χρήση) και συνεπώς είναι σχετικά εύκολο να υπάρχουν παρεμβολές είτε κατά τη διάρκεια της υλοποίησης, είτε μελλοντικά.
- Ένας άλλος παράγοντας είναι πως για υψηλότερες συχνότητες το εύρος της ζώνης Fresnel είναι μικρότερο. Συνεπώς προτιμήθηκε για την υλοποίηση να χρησιμοποιηθεί η ζώνη των 5.4Ghz, στην οποία επιτρέπεται και μεγαλύτερη ισχύς εκπομπής (EIRP) και συνεπώς είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν καλύτερες ζεύξεις από σημείο σε σημείο.

Συνεπώς σε αυτή τη μελέτη εφαρμογής που προτείνεται για την υλοποίηση του έργου έχουν πραγματοποιηθεί αλλαγές στις κεραιές, στους πομποδέκτες, στα access points αντικεραυνικής προστασίας. Τέλος προστέθηκε νέος εξοπλισμός όπως κιβώτια στέγασης, ράφια, και ηλεκτρικές εγκαταστάσεις προκειμένου να γίνει μια επαγγελματική και αξιόπιστη εγκατάσταση.

5.2 Ορισμοί

Κατ' αρχάς αποσαφηνίζονται ορισμοί οι οποίοι ήταν χρήσιμοι για τον προσδιορισμό του εύρους των έργων και των σχέσεων μεταξύ υποδομών διαφορετικού εύρους:

WAN (Wide Area Network Δίκτυα ευρείας περιοχής): Όσον αφορά τον οδηγό ως δίκτυο ευρείας περιοχής εννοούμε τα υπάρχοντα ή μελλοντικά δίκτυα εθνικού ή και υπερεθνικού επιπέδου που συνήθως έχουν τη μορφή αραιού πλέγματος με κόμβους σε μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας. Τα έργα στα οποία αναφέρεται ο παρών οδηγός δεν αφορούν

τα δίκτυα ευρείας περιοχής αλλά πρέπει να λαμβάνουν υπ' όψη τους υπάρχοντες και μελλοντικούς κόμβους τους.

RAN (Regional Area Networks_ Περιφερειακά δίκτυα): Ο όρος είναι αδόκιμος, αλλά χρησιμοποιείται ευρέως τελευταία λόγω του μεγάλου ενδιαφέροντος που έχουν οι δικτυακές υποδομές στο περιφερειακό επίπεδο και της σημασίας για την οικονομική ανάπτυξη ολόκληρων περιοχών από τα δίκτυα αυτά. Όσον αφορά τον παρόντα οδηγό ως περιφερειακά δίκτυα εννοούμε υπάρχοντα η μελλοντικά δίκτυα στο επίπεδο π.χ μιας διοικητικής περιφέρειας, που συνήθως έχουν τη μορφή πυκνότερου πλέγματος ή διασυνδεδεμένων δακτυλίων με κόμβους τοποθετημένους σε μεγάλους δήμους της περιφέρειας. Κατά μία έννοια τα RAN ανήκουν στην κατηγορία των δικτύων ευρείας περιοχής, αλλά οι εξελίξεις της τεχνολογίας των οπτικών ινών, έχουν καταστήσει δυνατή την ανάπτυξη δικτύων «διαμέτρου» πολλών δεκάδων χιλιομέτρων με πρότυπα που προσιδιάζουν σε μικρότερης έκτασης δίκτυα. Τα έργα στα οποία αναφέρεται ο παρών οδηγός δεν αφορούν τα περιφερειακά δίκτυα αλλά πρέπει να λαμβάνουν υπ' όψη τους υπάρχοντες και μελλοντικούς κόμβους τους οι οποίοι μπορεί και πρέπει να ταυτίζονται με τους κύριους κόμβους του υπό κατασκευή δικτύου.

MAN (Metropolitan Area Networks_ Μητροπολιτικά δίκτυα): Ο όρος παρουσιάζει μια ελαστικότητα όσον αφορά το εύρος της περιοχής που καταλαμβάνουν τα δίκτυα αυτά. Για την Ελλάδα, ένα τυπικό (από άποψη μεγέθους για ευρωπαϊκή χώρα) μητροπολιτικό δίκτυο (100 -300 km) θα μπορούσε να καλύψει ένα ολόκληρο νομό ή ακόμη και μία περιφέρεια. Παρ' όλα αυτά, όσον αφορά τον παρόντα οδηγό ως Μητροπολιτικά δίκτυα εννοούμε εφ' εξής υπάρχοντα η μελλοντικά δίκτυα στο επίπεδο ενός μεγάλου αστικού κέντρου, ή ενός συνόλου μικρότερων δήμων που συνήθως έχουν τη μορφή ενός ή πολλαπλών δακτυλίων και συμπληρωματικών υποδομών πρόσβασης. Τα έργα στα οποία αναφέρεται ο παρών οδηγός αφορούν μέρος ή όλο ενός μητροπολιτικού δικτύου στο επίπεδο ενός δήμου, με έμφαση στην πρόσβαση στους κύριους κόμβους του δικτύου αυτού.

Κύριος κόμβος: Κύριο σημείο διασύνδεσης οπτικών αγωγών και καλωδίων του περιφερειακού ιστού για κάλυψη των συναθροισμένων επικοινωνιακών αναγκών ενός μεγάλου δήμου ή μιας ευρύτερης αλλά πλέον αραιοκατοικημένης περιοχής η μέρους ενός μεγάλου αστικού κέντρου. Για λόγους διαθεσιμότητας της υποδομής, επιδιώχθηκε κάθε κύριος κόμβος να είναι άμεσα συνδεδεμένος με παραπάνω από του ενός ομότιμους κύριους κόμβους. Στους κύριους κόμβους εγκαταστάθηκε

ενεργός εξοπλισμός, πέραν των παθητικών διατάξεων μικτονόμησης των οπτικών ινών και προβλέφτηκε συν-εγκατάσταση ή πρόσβαση διαχειριστών και παροχών υπηρεσιών και εφαρμογών.

Κύριο δίκτυο: Το δίκτυο υποδομών και οπτικών καλωδίων για τη διασύνδεση μεταξύ των κυρίων κόμβων με την έννοια που ορίστηκαν παραπάνω (regional network, trunk network κλπ). Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδρομές μεταξύ των κύριων κόμβων ή ταυτίζονταν με εθνικά ή περιφερειακά δίκτυα υποδομών άλλου τύπου (όπως οδικά δίκτυα, σιδηροδρομικά δίκτυα, δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, δίκτυα μεταφοράς φυσικού αερίου, δίκτυα άρδευσης ή ύδρευσης).

Κόμβος διανομής: Το σημείο διασύνδεσης οπτικών αγωγών και καλωδίων του κατ' εξοχήν μητροπολιτικού δικτύου (δικτύου διανομής) για συγκέντρωση των συναθροισμένων επικοινωνιακών αναγκών μιας γεωγραφικής περιοχής ιδίως στις περιπτώσεις όπου:

α) δεν συντρέχθηκαν λόγοι για τοποθέτηση κόμβου κορμού όπως

στην περίπτωση ενός μικρού Δήμου

β) για την εξυπηρέτηση ενός τμήματος

μεγάλου αστικού κέντρου και την διευκόλυνση της σύνδεσης των κόμβων χαμηλότερου επιπέδου προς το κύριο δίκτυο. Ανάλογα με το μοντέλο ανάπτυξης των λειτουργικών δικτύων, στους κόμβους διανομής μπορούσε να μην εγκατασταθεί ενεργός εξοπλισμός, αλλά μόνο διατάξεις μικτονόμησης οπτικών ινών. Για διάφορους λόγους όμως, όπως η μεγάλη απόσταση από τον πλησιέστερο κύριο κόμβο ή η έλλειψη κύριου κόμβου ή η στενότητα στον αριθμό οπτικών ινών ή η επιθυμία πολλαπλασιασμού του εύρους ζώνης ή άλλες εξωγενείς αιτίες, στον κόμβο διανομής μπορούσε να τοποθετηθεί παθητικός ή και ενεργός εξοπλισμός για πολυπλεξία.

Δίκτυο διανομής: Το πυκνότερο δίκτυο για τη διασύνδεση μεταξύ των κόμβων διανομής ή/και μεταξύ κόμβων διανομής και κύριων κόμβων. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδρομές (χάνδακες) μεταξύ κόμβων διανομής ταυτίζονται με διαδρομές του δικτύου κορμού, του δικτύου πρόσβασης και «τρέχουν» παράλληλα με δίκτυα άλλων υποδομών (οδικό δίκτυο, δίκτυο αποχέτευσης, κλπ). Για λόγους διαθεσιμότητας της υποδομής, επιδιώκεται η έμμεση σύνδεση κάθε κόμβου διανομής με

περισσότερους του ενός κύριους κόμβους είτε απ' ευθείας είτε εμμέσως ή/και μέσω ενδιάμεσων συνδέσεων με άλλους κόμβους διανομής (π.χ με τη μορφή φυσικών δακτυλίων).

Κόμβος πρόσβασης: Το σημείο διασύνδεσης μεμονωμένων κτιριακών εγκαταστάσεων ή συγκροτημάτων προς το δίκτυο πρόσβασης. Αποτελεί και σημείο τοποθέτησης ενεργού εξοπλισμού για παροχή δικτυακών υπηρεσιών προς τους τελικούς χρήστες.

Δίκτυο πρόσβασης: Το πυκνό δίκτυο σύνδεσης των κόμβων πρόσβασης με το δίκτυο διανομής. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδρομές μεταξύ κόμβων πρόσβασης γειτνιάζουν ή ταυτίζονται και με δίκτυα άλλων υποδομών σε τοπικό επίπεδο π.χ. μιας γειτονιάς. Για λόγους διαθεσιμότητας και ασφάλειας της υποδομής, αποτελεί λογική επιδίωξη ή έμμεση σύνδεση κάθε κόμβου πρόσβασης με περισσότερους του ενός κόμβους διανομής (π.χ με την τοποθέτησή τους σε φυσικό δακτύλιο), αν και αυτό λόγω της πυκνότητας της υποδομής, του συνεπαγόμενου μεγάλου κόστους εναλλακτικών οδεύσεων, της μικρής σχετικά σημασίας των βλαβών στο επίπεδο μεμονωμένων χρηστών, και της παραδοσιακής πρακτικής ακτινοειδούς ανάπτυξης του τοπικού βρόχου, μπορεί να μην είναι καθολικά υλοποιήσιμο. Η δομή του δικτύου πρόσβασης διαφοροποιείται ως προς την πυκνότητα και την τοπολογία ανάλογα με την περίπτωση της εξυπηρετούμενης περιοχής (αστική, βιομηχανική, αγροτική).

5.3 Ειδικές απαιτήσεις οπτικής υποδομής

5.3.1 Απαιτήσεις για το κύριο δίκτυο

Μεταξύ των κυρίων κόμβων του δικτύου, έγινε κάθε προσπάθεια ώστε το καλώδιο να είναι διακριτό και ενιαίο χωρίς ενδιάμεσες μικτονομήσεις ή, αν αυτό είναι αδύνατον, το κύριο δίκτυο να μοιραστεί από το δίκτυο διανομής. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να έχει τον ελάχιστο αριθμό συγκολλήσεων, οι οποίες έγιναν κατά προτίμηση εντός των κόμβων διανομής, χωρίς όμως τη δυνατότητα τερματισμού και μικτονόμησης, δηλαδή λειτουργικά (λογικά) ένας συγκεκριμένος αριθμός ινών πρέπει να έχει ενωθεί κύριος κόμβος με κύριο κόμβο. Τα ενιαία τμήματα μεταξύ

συγκολλήσεων σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να είναι μικρότερα των 2 χιλιομέτρων (εκτός προφανώς των τερματικών τμημάτων που απέμειναν μετά την τελευταία συγκόλληση στην κατεύθυνση εγκατάστασης της ίνας προς τον επόμενο κεντρικό κόμβο). Συνήθως μόνο ένα οπτικό καλώδιο εντός ιδιαίτερης υπό-σωληνώσης απαιτείται για τη σύνδεση δύο κυρίων κόμβων προς τη μία κατεύθυνση ενός κεντρικού δακτυλίου με την προϋπόθεση ότι αυτό είναι επαρκώς διαστασιολογημένο. Η αντίστροφη κατεύθυνση προφανώς θα έχει άλλη διαδρομή.

Προβλέφτηκε ότι η επέκταση του κυρίου δικτύου σε περιφερειακό επίπεδο, και οι συνδέσεις π.χ μεταξύ δήμων ή κοινοτήτων ή δημοτικών διαμερισμάτων, χρειάστηκε χώρος για ίνες και συνεπώς για καλώδιο και σωληνώσεις στο μέλλον. Για το κύριο δίκτυο, η απόλυτη ελάχιστη προτεινόμενη ποσότητα ήταν τρεις (3) εγκατεστημένες υπό-σωληνώσεις κατά μήκος της διαδρομής του κυρίου δικτύου, ασχέτως αν χρησιμοποιήθηκαν σε πρώτη φάση. Γενικότερα, πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον $K+1$ υπό σωληνώσεις όπου K είναι ο αριθμός των προβλεπόμενων κυρίων κόμβων στους οποίους συνδέθηκαν οι κόμβοι διανομής των συγκεκριμένων έργων.

Επιπλέον οι σωληνώσεις/υπό-σωληνώσεις που απαιτήθηκαν λήφθηκαν υπ' όψη τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Προφανώς πρέπει να γίνει προσπάθεια για την εκμετάλλευση της εκκαφής της συγκεκριμένης διόδου, για τις σωληνώσεις και τα καλώδια διανομής και της πρόσβασης. Σημειώθηκε ότι στους κύριους κόμβους προβλέφτηκε και τοποθετήθηκε ενεργά και παθητικά στοιχεία πολυπλεξίας και από-πολυπλεξίας. Έτσι ακόμη και η ανάγκη πλεονασματικής υποστήριξης όλων των χρηστών από περισσότερους του ενός κύριους κόμβους, θα μπορούσε να ικανοποιηθεί με μειωμένο αριθμό ινών στο κύριο δίκτυο έως και μία τάξη μεγέθους μικρότερο από αυτόν που καταλήγει τελικά στους κόμβους πρόσβασης μέσω των δικτύων διανομής και πρόσβασης.

5.3.2 Απαιτήσεις για το δίκτυο διανομής

Δεδομένου ότι κάθε κόμβος διανομής συνδέθηκε τυπικά με δύο κεντρικούς κόμβους ή με ένα κεντρικό κόμβο μέσω δύο διαδρομών, μία υπό-σωληνώση προς κάθε κατεύθυνση ή δύο υπό-σωληνώσεις προς τη μία κατεύθυνση απαιτήθηκε για το σκοπό αυτό (ανάλογα με το εάν ο κόμβος διανομής ήταν ανάμεσα από τους κυρίους κόμβους ή από την ίδια πλευρά αντιστοίχως), για κάθε κόμβο διανομής. Για το δίκτυο διανομής, η απόλυτη ελάχιστη προτεινόμενη ποσότητα ήταν πέντε (5) εγκατεστημένες υπό-σωληνώσεις ή μικρό-σωληνώσεις. Συνήθως,

σωληνώσεις για περισσότερους του ενός κόμβους διανομής, καθώς και σωληνώσεις του δικτύου πρόσβασης συνυπήρξαν στην ίδια διόδευση. Συνεπώς πρέπει να υπάρξει πρόβλεψη για περισσότερες υπό-σωληνώσεις. Το καλώδιο από κύριο κόμβο προς κάθε κόμβο διανομής στη βέλτιστη περίπτωση πρέπει να είναι διακριτό και ενιαίο. Σημειώθηκε ότι οι κόμβοι διανομής μπορούν αρχικά (για λόγους απλότητας και μικρού κόστους διαχείρισης) να μην είναι τίποτα παραπάνω από διατάξεις μικτονόμησης (cross-connect) οι οποίες υλοποιήθηκαν κατά περίπτωση μία ή παραπάνω φυσικών συνδέσεων (χωρίς πλεονασμό ή με πλεονασμό αντίστοιχα) μεταξύ ενός κόμβου πρόσβασης και ενός κυρίου κόμβου. Αυτό όμως σημαίνει ότι σε πλήρη ανάπτυξη, και με ανάγκη πλεονασματικής σύνδεσης κάθε σημείου πρόσβασης προς δύο κεντρικούς κόμβους, ο αριθμός των ινών που πρέπει να υποστηρίζει ο κόμβος διανομής να είναι ιδιαίτερα μεγάλος. Η πρόβλεψη ενεργών ή παθητικών στοιχείων πολυπλεξίας και από-πολυπλεξίας στους κόμβους διανομής, καθώς και της σύνδεσης εν σειρά κόμβων για υλοποίηση τοπικών δακτυλίων ή αρτηριών με ένα ή περισσότερα σημεία εξόδου, μπορεί να μειώσει κατά πολύ τις παραπάνω απαιτήσεις σε αριθμό εγκατεστημένων ινών. Στα παρόντα έργα, υπάρχει πρόβλεψη για απ' ευθείας σύνδεση μεταξύ κόμβων διανομής εν σειρά, για αντιμετώπιση μελλοντικής ζήτησης σε ίνες κυρίου δικτύου, για την περίπτωση ανυπαρξίας κυρίου δικτύου, και για την ικανοποίηση λειτουργικών δακτυλίων χωρίς τη διαμεσολάβηση κυρίου κόμβου .

5.3.3 Απαιτήσεις για το δίκτυο πρόσβασης

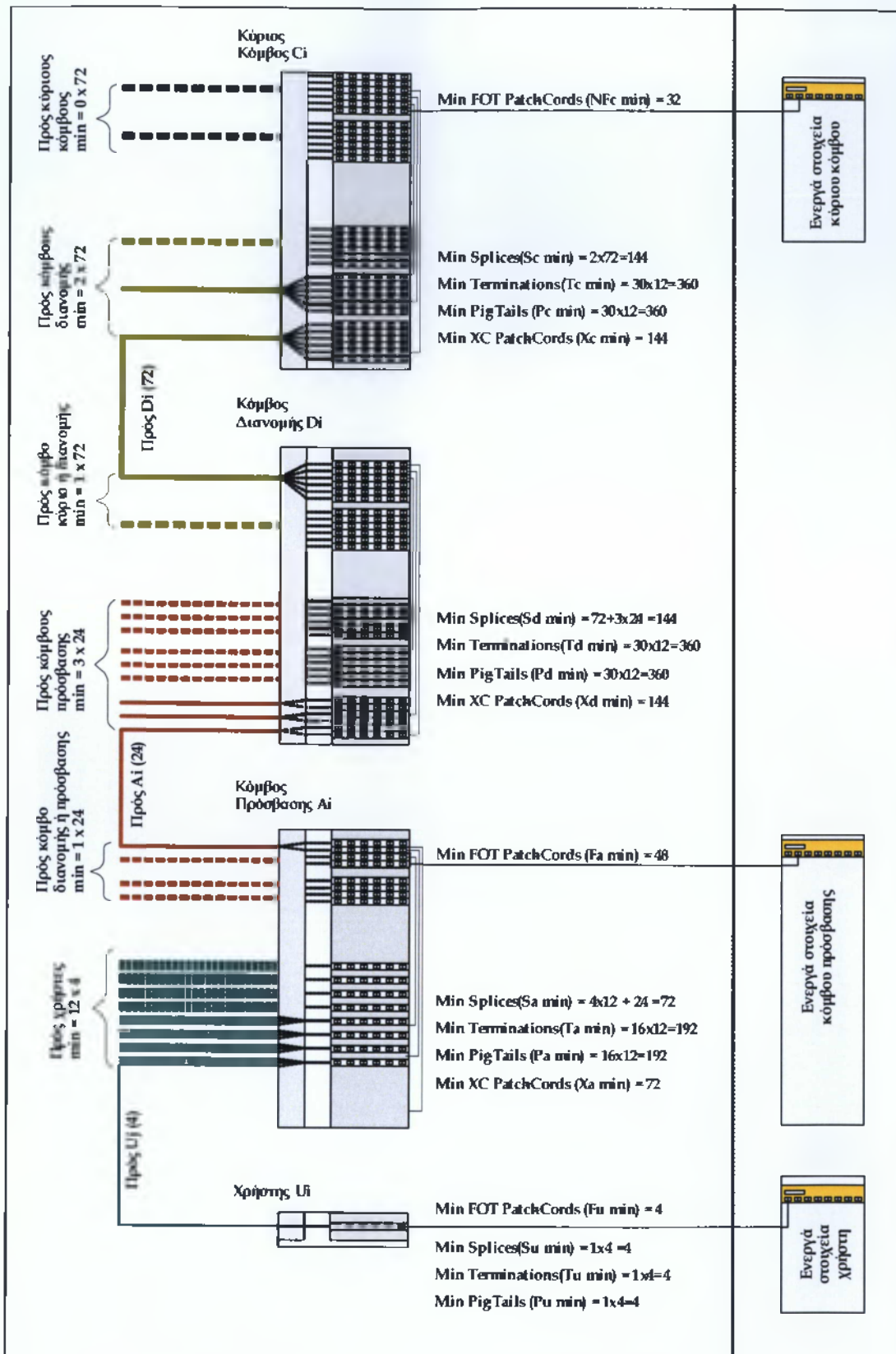
Το δίκτυο πρόσβασης ενώνει τους κόμβους πρόσβασης με τους κόμβους διανομής μέσω του καλωδίου πρόσβασης το οποίο με τη μορφή βρόχου διατρέχει φρεάτια διακλάδωσης και συγκόλλησης. Σημειώθηκε ότι στον κόμβο πρόσβασης, υπήρχαν ενεργά στοιχεία μεταγωγής ή και ενεργά ή παθητικά στοιχεία πολυπλεξίας για την υποστήριξη των χρηστών, οπότε ο αριθμός των ινών που αντιστοιχούσαν σε συνδέσεις με χρήστες μπορεί τελικά να ικανοποιήσει πολύ μικρότερο αριθμό ινών μεταξύ κόμβου πρόσβασης και κυρίου κόμβου. Από τον κόμβο πρόσβασης θα αναχωρήσουν ζεύξεις για διακριτούς χρήστες της περιοχής. Ο αριθμός των σωλήνων, υπό-σωλήνων, κλπ. που τοποθετήθηκε στο χάνδακα ενώνει τα φρεάτια πρόσβασης και εξαρτάται από το εάν οι κοινοί χάνδακες και σωληνώσεις εξυπηρετούν κατά μήκος της διαδρομής τους και άλλους χρήστες .

5.3.4 Απαιτήσεις για το δίκτυο συγκέντρωσης (τελικών χρηστών)

Τυπικά κάθε χρήστης (κτίριο) εξυπηρετείται από έναν κόμβο πρόσβασης, μέσω φρεατίων και διαδρομών οι οποίες στο φυσικό επίπεδο μπορούν να έχουν μικτή τοπολογία απαρτιζόμενη από αστέρα, αρτηρία ή και δακτύλιο. Κάθε χρήστης πρέπει να έχει τη δυνατότητα πλεονασματικών συνδέσεων (εντός της ίδιας όδευσης) προς τον οικείο κόμβο πρόσβασης και σε κάθε περίπτωση πρέπει να έχει γίνει εκμετάλλευση κοινών διοδεύσεων όπου αυτό είναι δυνατόν. Δεδομένου του ότι, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για το συγκεκριμένο έργο υπάρχει και πρόβλεψη για απευθείας φυσική εν σειρά ζεύξη των κόμβων πρόσβασης που ανήκουν στον ίδιο βρόχο, υπάρχει δυνατότητα πολλών τρόπων διασύνδεσης μεταξύ ομοειδών χρηστών. Αυτό μπορεί να περιορίσει τον αριθμό των αφιερωμένων απαιτούμενων ινών και συνδέσεων στους ενδιάμεσους κόμβους όλων των επιπέδων.

5.3.5 Ελάχιστες απαιτήσεις Παθητικού εξοπλισμού κόμβων

Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα αποτυπώνονται οι προτεινόμενες ελάχιστες ενδεικτικές απαιτήσεις σε καλώδια, ίνες, συγκολλήσεις (splices), προτερματισμένα pig-tails, οπτικά patch-panels των 12 τερματικών συνδέσμων τύπου <LC/UPC ή LC/APC> και συνδετικών χορδών με συνδέσμους <LC/UPC ή LC/APC αντίστοιχα> και στα δύο άκρα για μικτονόμηση στα ODFs, καθώς και συνδετικών χορδών με συνδέσμους <LC/UPC ή LC/APC αντίστοιχα> στο ένα άκρο τους, για σύνδεση προς την πλευρά των ενεργών ή παθητικών στοιχείων πολυπλεξίας (με κατάλληλους συνδέσμους στο άλλο άκρο τους οι οποίες θα αντιστοιχούν στις διεπαφές των συσκευών). Σε περιπτώσεις όπου η αναμενόμενη ζήτηση ήταν μεγάλη, οι προτεινόμενες ελάχιστες τιμές πρέπει να αυξηθούν.



Εικόνα 5.1: Απαιτήσεις παθητικού εξοπλισμού

5.3.6 Άλλες γενικές απαιτήσεις

5.3.6.1 Μετρήσεις και δοκιμασίες

Οι μετρήσεις και δοκιμασίες γίνονται για να επιτευχθεί το σωστό επίπεδο ποιότητας, και για να επιβεβαιωθεί ότι οι απαιτήσεις μετάδοσης που ορίστηκαν για ένα δίκτυο, ικανοποιούνται από το οπτικό καλώδιο, τις συγκολλήσεις και τις επαφές. Οι μετρήσεις και οι δοκιμές βασίζονται κυρίως σε δύο διαδικασίες, την ονομαζόμενη OTDR και την μέτρηση εξασθένισης σήματος (μέτρηση dB).

- Η **μέτρηση OTDR** μας προμηθεύει με γνώση σχετικά με το αν κάθε κομμάτι της οπτικής επαφής ήταν χωρίς προβλήματα.
- Η **μέτρηση εξασθένισης σήματος** δίνει την πιο ακριβή τιμή για την συνολική εξασθένιση της οπτικής επαφής από άκρο σε άκρο.

Για κάθε διαδικασία μέτρησης, υπάρχουν διαφορετικές μέθοδοι. Για τη συμβατότητα και συγκρισιμότητα μεταξύ των μετρήσεων που λήφθηκαν σε διαφορετικές περιστάσεις, είναι σημαντικό η μέθοδος μέτρησης να έχει περιγραφεί επακριβώς και να υπάρχει σχετική τεκμηρίωση. Οι προδιαγραφές και οι συμβατές τις αυτές τεχνική προσφορά του αναδόχου θα πρέπει να έχουν αναφερθεί σε αναμενόμενες τιμές από τις μετρήσεις στο συγκεκριμένο δίκτυο. Με τον τρόπο αυτό ταυτόσημες απαιτήσεις εφαρμόζονται σε διαφορετικά σημεία του δικτύου ανεξάρτητα από το πότε αυτά σχεδιάστηκαν ή δημιουργήθηκαν.

Η σύμβαση ορίστηκε με βάση:

- Τα όρια των τιμών εξασθένισης και ανάκλασης στα καλώδια, τις συγκολλήσεις και τις συνδέσμους.
- Τις τύπους των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν τις μετρήσεις.
- Τις μεθόδους μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν σε διαφορετικές μετρήσεις.

Την διαδικασία τεκμηρίωσης και παρουσίασης των αποτελεσμάτων των μετρήσεων.

5.3.7 Υλικά

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τα οπτικά δίκτυα συμπεριλάμβαναν: φρεάτια, σωληνώσεις, καλώδια, κιβώτια συγκολλήσεων, υπαίθρια κιβώτια ή κιβώτια εσωτερικού χώρου με ερμάρια συγκόλλησης και διατάξεις μικτονόμησης (cross-connect) τερματισμού και σύνδεσης με ενεργό εξοπλισμό, χώρο οργάνωσης πλεονάζοντος καλωδίου, τα ικριώματα παθητικού και ενεργού εξοπλισμού και όλες τις βοηθητικές διατάξεις και εξαρτήματα για ένωση και διακλάδωση σωληνώσεων και υπό-σωληνώσεων, για τη στήριξη, τη δρομολόγηση και την οργάνωση μεγάλου αριθμού καλωδίων.

Δεδομένου ότι υπάρχει μεγάλος αριθμός από επιλογές και διαδικασίες για την τοποθέτηση των παραπάνω υλικών, η επιλογή υλικών και διαδικασιών πρέπει να πάρει υπ' όψη, τους τοπικούς περιορισμούς και ιδιομορφίες, την συγκεκριμένη διαβάθμιση τεχνογνωσίας μεταξύ των διαφόρων μεθόδων, τους συγκεκριμένους τεχνοοικονομικούς στόχους κλπ. Σε κάθε περίπτωση όμως είναι προφανής η ανάγκη ανάπτυξης των δικτύων με συνεπή και δομημένο τρόπο λαμβάνοντας υπ' όψη το κόστος της συντήρησης και της επέκτασης μετά την αρχική λειτουργία του. Το δίκτυο αγωγών (ducting) περιλαμβάνει φρεάτια (ή εναλλακτικά υπαίθρια κιβώτια) και σωληνώσεις.

5.4 Κύριος κόμβος

Ο απαιτούμενος χώρος για τον κύριο κόμβο (όπου υπήρχε σημείο παρουσίας PoP ενός ή πολλών παροχών) πρέπει να εξασφαλίζει την ικανοποίηση ιδιαίτερων λειτουργικών απαιτήσεων. Το μέγεθος του χώρου πρέπει να είναι ικανό να φιλοξενήσει όλες τις διατάξεις για συγκόλληση ινών, διασύνδεση ινών (interconnection) μικτονόμηση ινών (cross - connection), και σύνδεση ενεργού εξοπλισμού μετάδοσης από διαφορετικούς (ανταγωνιστικούς ή μη) παρόχους. Επιπλέον πρέπει να υπάρχει χώρος για μελλοντική επέκταση. Ο χώρος πρέπει να είναι εφοδιασμένος με διατάξεις κλιματισμού, μηχανική προστασία από κλοπή, κοινή διάταξη αδιάλειπτης ηλεκτρικής παροχής με χρόνο αυτόνομης κάλυψης τουλάχιστον 30 λεπτά. Παράλληλα, εάν δεν υπάρχει, πρέπει να μπει στο σχεδιασμό και να υλοποιηθεί δευτερεύουσα πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (ηλεκτρο-παραγωγό ζεύγος). Επιπλέον, είναι

επιθυμητό ο χώρος να είναι εφοδιασμένος με ηλεκτρονικό σύστημα ταυτοποίησης με ιδιαίτερα επιθυμητή τη δυνατότητα καταγραφής (logging). Τα βασικά παθητικά στοιχεία απαρτίζονται από μονάδες συγκόλλησης, τερματισμού και μικτονόμησης οι οποίες μπορούν να φιλοξενοούνται σε κοινά ικριώματα (Optical Distribution Frames - ODF).

Τα ενεργά στοιχεία, καθώς και παθητικές διατάξεις πολυπλεξίας, από-πολυπλεξίας αφορούν συγκεκριμένες υπηρεσίες, συγκεκριμένων παροχών, τοποθετούνται σε ικριώματα παράπλευρου χώρου ο οποίος, σε πλήρη ανάπτυξη, μπορεί να έχει διαφορετική πολιτική πρόσβασης και διαφορετικό μηχανισμό ταυτοποίησης .

5.5 Κόμβος διανομής

Ο κόμβος διανομής απαρτίζεται απλά από παθητικές διατάξεις cross-connect, και είναι προετοιμασμένος να δεχθεί παθητικά στοιχεία πολυπλεξίας/απο-πολυπλεξίας ή και ενεργό εξοπλισμό. Έτσι ο κόμβος διανομής μπορεί να υλοποιηθεί με ένα κιβώτιο εξωτερικού ή εσωτερικού χώρου εφοδιασμένο με ερμάρια συγκόλλησης, τερματισμού, αποθήκευσης καλωδίου και μικτονόμησης από την εμπρόσθια πλευρά. Για την περίπτωση μελλοντικής επέκτασης και εγκατάστασης και υποστήριξης παθητικών ή ενεργών στοιχείων πολυπλεξίας (π.χ. CWDM OADM, PON Splitters και Couplers κλπ) απαιτείται επαρκής επιπλέον χώρος. Για τις περιπτώσεις προγραμματισμού παθητικού εξοπλισμού δεν απαιτείται ηλεκτρική παροχή.

5.6 Κόμβος πρόσβασης

Ο κόμβος πρόσβασης, είναι το σημείο απ' όπου υλοποιούνται οι ζεύξεις προς κάθε ιδιαίτερο χρήστη και συμπεριλαμβάνει παθητικές διατάξεις (συγκόλλησης, τερματισμού) οι οποίες μπορεί να απαρτίζονται από διακριτές μονάδες ή να συσσεγάζονται σε κοινά ικριώματα (FDFs), Η διαμόρφωση του χώρου εξαρτάται από τον αριθμό των υποστηριζόμενων χρηστών. Οι διαστάσεις του απαιτούμενου χώρου εξαρτώνται από των αριθμό των υποστηριζόμενων χρηστών, το είδος των χρηστών (εάν ανήκουν π.χ. σε ομογενές κλειστό group ή όχι) κλπ. Για μικρό αριθμό χρηστών, ο κόμβος πρόσβασης μπορεί να περιορίζεται σε ένα κλειστό ικριώμα εντός στεγασμένου χώρου, το οποίο θα συμπεριλαμβάνει παθητικά και ενεργά στοιχεία, με πιθανά απομακρυσμένο το κιβώτιο

εισόδου του καλωδίου και συγκόλλησης των εισερχόμενων (OSP) προς τις ενδοκιβωριακές ίνες (IFC) ή θα περιορίζεται σε ένα κιβώτιο εξωτερικού χώρου εφοδιασμένου με ερμάκια συγκόλλησης, τερματισμού, αποθήκευσης καλωδίου και μικτονόμησης από την εμπρόσθια πλευρά, μπαταρίες, UPS, και ικρίωμα ανάρτησης ενεργών στοιχείων κατάλληλων για χρήση σε εξωτερικό περιβάλλον. Για μεγάλο αριθμό χρηστών, το μέγεθος και ο τύπος του κόμβου πρόσβασης μπορεί να είναι συγκρίσιμος με αυτά του κεντρικού κόμβου. Σημειώνεται ότι κόμβοι διανομής και πρόσβασης μπορούν να συστεγασθούν στον ίδιο χώρο, ιδιαίτερα στο έργο αυτό, πλην όμως, οι διατάξεις του κόμβου διανομής θα είναι διακριτές από αυτές του κόμβου πρόσβασης. Ο κόμβος πρόσβασης πρέπει να προβλέπει και τη δυνατότητα για μελλοντική εγκατάσταση ενεργού εξοπλισμού για την παροχή υπηρεσιών προς τους τελικούς χρήστες.

5.7 Τελικός χρήστης

Κατά τεκμήριο, οι τελικοί χρήστες εξυπηρετούνται από επιτοίχιο οπτικό κιβώτιο συγκόλλησης όπου καταλήγει το καλώδιο εξωτερικού χώρου (ή η μικροσωλήνωση). Ο τερματισμός μπορεί να γίνει στο κιβώτιο αυτό, ή εναλλακτικά να χρησιμοποιηθεί καλώδιο εσωτερικού χώρου του οποίου οι ίνες, μετά τη συγκόλληση στο ένα άκρο με τις αντίστοιχες ίνες του εξωτερικού καλωδίου θα τερματισθούν σε δεύτερο οπτικό κατανεμητή, πλησίον των ενεργών στοιχείων του χρήστη (π.χ. στο ίδιο ικρίωμα 19”).

Άξιες ιδιαίτερης προσοχής είναι λύσεις οι οποίες συνδυάζουν σε ένα επιτοίχιο κιβώτιο εξωτερικού χώρου, τη φιλοξενία ενός μεταγωγέα, διάταξης εισόδου και στεγανοποίησης των καλωδίων οπτικών ινών και χαλκού για τον πάροχο και το χρήστη αντίστοιχα, UPS, μπαταρίας και μηχανισμού ασφαλείας για περιορισμό της πρόσβασης. Η λύση αυτή συμβάλει στον περιορισμό διαδικαστικών προβλημάτων που θα προκαλούσε η ανάγκη συντήρησης και επιδιόρθωσης βλαβών σε μη εργάσιμες ώρες.

5.8 Απαιτήσεις για λειτουργικά δίκτυα

5.8.1 Εισαγωγή

Καθώς το Ethernet σταθεροποιείται ως η βασική, απλούστερη και πλέον συμφέρουσα λύση για την πρόσβαση στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, συγκεκριμενοποιούνται απαιτήσεις οι οποίες αναφέρονται σε χαρακτηριστικά και ιδιότητες όπως η διαχειρισσιμότητα, η διαφάνεια έναντι των πρωτοκόλλων (protocol transparency), ο περιορισμός της ταχύτητας, το μέγιστο μέγεθος πακέτου (maximum packet size) κλπ.

Βασική έννοια της πρόσβασης μέσω Ethernet είναι η συγκέντρωση συνδέσεων (FO link or loop/copper aggregation) στον αντίστοιχο κόμβο πρόσβασης του δικτύου (Access Node). Αυτό σημαίνει ότι πολλαπλές συνδέσεις συντρέχουν σε ένα κόμβο και συνδυάζονται σε ιδιαίτερη φυσική ή λογική σύνδεση εύρους ζώνης τουλάχιστον ίσης με το άθροισμα του εύρους ζώνης όλων των εισερχομένων συνδέσεων πρόσβασης.

Η τεχνολογία συνάθροισης, και μεταφοράς εντός και πέραν του MAN, μπορεί να βασισθεί σε ποικίλα πρωτόκολλα μεταφοράς (transport) με ένα όμως κοινό χαρακτηριστικό: την πρόσβαση Ethernet (Ethernet in the First Mile –EFM). Η μεταφορά εντός του MAN, μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους:

- Παραδοσιακή μεταφορά με SONET/SDH τερματισμένη σε απλές θύρες Ethernet.
- Μεταγωγή και δρομολόγηση με επεκτάσεις LAN (VLAN 802.1Q/ VMAN QinQ κλπ).
- MPLS/VPLS/IP.

Συνεπώς, η πρόσβαση Ethernet πρέπει να υποστηρίζει πλειάδα πρωτοκόλλων μεταφοράς MAN οι οποίες όμως εισάγουν συγκεκριμένες απαιτήσεις για τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να υλοποιηθεί η

συγκέντρωση των συνδέσεων πρόσβασης Ethernet. Η ανάγκη υποστήριξης υπηρεσιών ανεξαρτήτως των πρωτοκόλλων μεταφοράς του MAN (Transparent LAN Services – TLS, Ethernet Private Lines, κλπ) θέτει συγκεκριμένες απαιτήσεις ως προς το μέγιστο επιτρεπόμενο μέγεθος πλαισίου/πακέτου, τη διαφάνεια, το ελάχιστο επίπεδο μηχανισμών υποστήριξης Ποιότητας Υπηρεσίας (QoS) κλπ. Οι υπάρχουσες λύσεις ποικίλουν και η επιλογή σχετίζεται με τον τρόπο με τον οποίο η οπτική υποδομή χρησιμοποιείται για την παροχή υπηρεσιών πάνω απ’ αυτή, τα διαχειριστικά μοντέλα που θα επιλεγούν κλπ.

Ανάλογα με τις ανάγκες και το θεσμικό πλαίσιο που διέπει την διαχείριση της υποδομής και το βαθμό ανεξαρτησίας μεταξύ υποδομών, λειτουργικών δικτύων και υπηρεσιών διασύνδεσης, υπάρχει μία ευρεία ομάδα λύσεων για τη συγκέντρωση και την οριοθέτηση της πρόσβασης Ethernet στο MAN η οποία συμπεριλαμβάνει:

- α) την απλούστερη υπηρεσία διαχειριζόμενης πρόσβασης κατά IEEE 802.3ah
- β) τα multi-service Layer 2-3 switches, έως
- γ) τις προωθημένες L2-L7 service gateways για υποστήριξη Virtual Private Services.

Στο παρόν θα μας απασχολήσουν οι δύο πρώτες περιπτώσεις δεδομένου ότι ανιχνεύουμε λύσεις για άμεση, γρήγορη και οικονομική παροχή υπηρεσιών σε μεγάλο αριθμό χρηστών με έντονο το στοιχείο της επέκτασης διακριτών LAN στη γεωγραφική έκταση ενός οπτικού (και όχι μόνο) MAN, αφού πρώτα συζητηθούν αναλυτικότερα οι γενικές απαιτήσεις στις οποίες αναφερθήκαμε παραπάνω.

5.8.2 Διαφάνεια ως προς τα πρωτόκολλα

Η ανεξαρτησία από πρωτόκολλα (Protocol Transparency) στο επίπεδο πρόσβασης και ειδικότερα στις μονάδες που οριοθετούν (π.χ κατά το πρότυπο 802.3ah) την πρόσβαση μέσω Ethernet (Optical Ethernet Services Demarcation units) είναι βασική απαίτηση για την υλοποίηση διαφανών υπηρεσιών Ethernet διαμέσου του MAN.

Με τον όρο «διαφανείς υπηρεσίες LAN» (Transparent LAN Services – TLS), εννοούμε την επέκταση του LAN ενός οργανισμού σε ευρύτερη

μητροπολιτική περιοχή χρησιμοποιώντας την υποδομή του MAN χωρίς να χρειάζεται καμία αλλαγή στις τεχνικές οι οποίες χρησιμοποιεί ο οργανισμός για τη διαχείριση του τοπικού LAN και οι οποίες μπορούν να συμπεριλαμβάνουν:

- Spanning Tree protocols - 802.1D/Q
- Link Aggregation - 802.1ad
- Port Control - 802.1ab
- VLAN fragmentation (ISL, 802.Q)
- Inter-VLAN routing
- VTP

Υποθέτουμε ότι ο πάροχος της διασύνδεσης αυτής (ο οποίος δεν είναι κατ' ανάγκη μοναδικός) χρησιμοποιεί μεταγωγείς Ethernet στους κόμβους πρόσβασης (ή σε ένα σημείο κεντρικά) και ότι σε όλα τα LAN υπάρχουν καταναμημένα τμήματα του κάθε οργανισμού τα οποία ανήκουν σε διαφορετικά 802.1Q VLAN το καθένα.

Σ' όλους τους οργανισμούς οι αντίστοιχοι διαχειριστές χρησιμοποιούν το VLAN 1 για management και έχουν αποδώσει τυχαία VLAN tags σε κάθε τμήμα του οργανισμού. Είναι προφανές όμως, ότι το VLAN 2 του σχολικού LAN το οποίο μπορεί να αντιστοιχεί σε υπηρεσία VoIP, δεν έχει συνήθως καμία σχέση με το VLAN 2 του δικτύου της Υγείας στο οποίο π.χ αντιστοιχεί η χειρουργική κλινική ή το λογιστήριο. Επίσης είναι προφανές ότι οι διαχειριστές των δικτύων αυτών δεν θέλουν ούτε να σκέπτονται την αλλαγή των tags (πολύ περισσότερο όταν δεν μπορούν να το αλλάξουν) και επίσης είναι προφανές ότι δεν θα ήταν καθόλου ευχάριστο για κανέναν η «συνεύρεση» σε κοινό VLAN του λογιστηρίου του Δήμου, του εργαστηρίου ενός σχολείου και του δικτύου διαχείρισης του παρόχου.

Δεδομένου ότι η χρήση ιδιαίτερων ενεργών στοιχείων εντός του MAN για κάθε οργανισμό είναι εκτός πραγματικότητας, ο πάροχος έχει μόνο μία απλή λύση (σύνθετες και ακριβές υπάρχουν πολλές): να χρησιμοποιήσει VLAN tunneling (επονομαζόμενο και VMAN και QinQ).

Με τον τρόπο αυτό, τα πλαίσια Ethernet που κινούνται εντός του MAN καθοδηγούνται από τα tags του παρόχου (ένα για κάθε οργανισμό, π.χ, το 200 για το group της εκπαίδευσης, το 300 για το Δήμο κλπ) τα οποία προστίθενται στο πλαίσιο με την είσοδό του στο MAN και αποσύρονται

από το πλαίσιο με την έξοδο από το MAN. Σε κάθε τέτοια «μετάφραση» αυξάνεται και μειώνεται το μέγεθος του πλαισίου.

5.8.3 Μέγιστο Μέγεθος Πλαισίου

Το μέγιστο μέγεθος για τα IEEE standard Ethernet frames είναι 1522 bytes (με 802.1Q tagged frames). Παρόλα αυτά, πολλοί μεταγωγείς και δρομολογητές χρησιμοποιούν proprietary (ή de-facto standard) επεκτάσεις στο Ethernet frame οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα μεγαλύτερο μέγιστο μήκος πλαισίου. Αυτά τα πρωτόκολλα, όπως το Cisco ISL, VTP, ή CDP, «τρέχουν» κυρίως σε επίπεδο LAN παρά σε αυτό του WAN. Η εμφάνιση όμως υπηρεσιών όπως η Ethernet Transparent LAN Services, όπως ακριβώς αυτή που αναφέρθηκε στο προηγούμενο παράδειγμα, αυξάνουν την παρουσία των πρωτοκόλλων αυτών σε περιοχές κατά πολύ ευρύτερες όπως αυτές των LAN.

Για την περίπτωση των ιδιωτικών δικτύων όπου ο πάροχος και ο χρήστης είναι ένα και το αυτό, είναι πιθανό, οι οποιοιδήποτε περιορισμοί αναφορικά με το μέγεθος του πακέτου σε συγκεκριμένες περιοχές του δικτύου να μπορούν να αντιμετωπισθούν στη φάση του σχεδιασμού. Η επιχείρηση αγοράζει τα dark fibers ή τα λ που χρειάζεται, τοποθετεί τα ενεργά στοιχεία που θέλει στα άκρα του δικτύου, και οργανώνει τη μεταγωγή με τον τρόπο που αυτή επιθυμεί. Στην περίπτωση όμως δημόσιων δικτύων, κάθε μαζική υπηρεσία η οποία συνεπάγεται συγκέντρωση πρόσβασης Ethernet άρα και στοιχεία ενεργούς πολυπλεξίας και μεταφοράς εντός του MAN, θα πρέπει να μπορεί να εξυπηρετήσει την ευρύτερη δυνατή γκάμα απαιτήσεων αναφορικά με το μέγεθος του πακέτου. Οι πάροχοι δημοσίων δικτύων πρέπει να είναι πολύ προσεκτικοί στην ανάπτυξη υπηρεσιών οι οποίες θέτουν σοβαρούς περιορισμούς στο συνδρομητή.

Υπηρεσίες LES (LAN Extension Services) αναπτύσσονται καθημερινά με ταχύτητες των 10 Mbps, 100 Mbps και 1000 Mbps. Για να μπορούν να ικανοποιηθούν όλες οι εφαρμογές που στηρίζονται σε de-facto standard proprietary πρωτόκολλα, καθώς και στα αναδεικνυόμενα πρωτόκολλα IP/MPLS/Ethernet σε συνδέσεις που διατρέχουν τα MAN, ο εξοπλισμός πρόσβασης πρέπει είναι ικανός να μεταφέρει πλαίσια μεγέθους από 64 bytes έως ένα μέγιστο τα οποίο προς το παρόν κυμαίνεται μεταξύ των 1548-1600 bytes αλλά το οποίο βαίνει αυξανόμενο. Τα αναδυόμενα πρωτόκολλα για υποστήριξη TLS (Transparent LAN services) βασίζονται στο γεγονός ότι σε full duplex mode το Ethernet πρακτικά δεν υπόκειται

σε κανένα περιορισμό αναφορικά με το μέγεθος του πλαισίου. Έτσι, προοδευτικά εμφανίζονται πρωτόκολλα που αυξάνουν το επιτρεπτό μέγιστο μέγεθος πλαισίου πάνω από τα 1600 bytes με χαρακτηριστικότερο μέγιστο μέγεθος αυτό των 1900 bytes (mini-jumbo frames) που προοιωνίζει όμως την μελλοντικά γενικευμένη απαίτηση για πλαίσια ακόμη μεγαλύτερα (π.χ έως και 9000bytes jumbo size frames) έως και τον τελικό συνδρομητή/χρήστη.

Με βάση τις απαιτήσεις των προαναφερθέντων υπηρεσιών, αλλά και και των πρωτοκόλλων τα οποία είναι σε στάδια ανάπτυξης, είναι φανερό ότι οποιοσδήποτε περιορισμός στο μέγεθος πλαισίου κάτω από τα 1600 bytes θα μειώσει αισθητά την ελκυστικότητα του Ethernet over Fiber και είναι ανεπιτρεπτος σε δίκτυα που σχεδιάζονται τη στιγμή αυτή.

5.8.4 Εξασφάλιση Ποιότητας Υπηρεσίας (QoS)

Για την παροχή ποιοτικών ευρυζωνικών υπηρεσιών, δεν επαρκεί απλώς η χρήση τεχνικών LAN εντός του MAN. Απαιτείται, επιπλέον, αυξημένη διαθεσιμότητα, δυνατότητα διαφοροποίησης των χαρακτηριστικών ποιότητας ανάλογα με την εφαρμογή (protocol port) ή το συνδρομητή καθώς και διαχειριστικά εργαλεία ώστε να μπορεί να προσφέρεται σταθερά η υπηρεσία με τον τρόπο που αναμένει ο κάθε συνδρομητής και υπόσχεται ο πάροχος μέσω του αντίστοιχου SLA (Service Level Agreement) για κάθε εφαρμογή ξεχωριστά.

Τα ενεργά στοιχεία (μεταγωγείς) πρέπει να ικανοποιούν τις παραπάνω απαιτήσεις, ώστε τοποθετούμενα στα σημεία συγκέντρωσης των γραμμών πρόσβασης η/και στο χώρο του συνδρομητή, να καθιστούν δυνατή την παροχή πολλαπλών ποιοτικών υπηρεσιών με διαφανή τρόπο και να επιτρέπουν την υλοποίηση των συμφωνιών (SLA) μεταξύ παρόχου και συνδρομητή για κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή ή υπηρεσία. Οι υπηρεσίες αυτές, πέραν της πρόσβασης στο Ιντερνέτ, μπορεί να συμπεριλαμβάνουν L2 VPNs, VoIP, Ethernet Circuit Emulation (ECE) κλπ.

5.8.5 Διαχειριζόμενες γραμμές πρόσβασης (802.3ah)

Η πρόκληση για την ομάδα εργασίας IEEE 802.3ah Ethernet in the First Mile (EFM) ήταν η ενίσχυση της ως τώρα ad-hoc Ethernet πρόσβασης με: α) την απαιτούμενη αξιοπιστία, β) απλές και φθηνές μεθόδους παροχής bandwidth on demand και γ) απλό τρόπο διαχείρισης και ελέγχου (OAM) της γραμμής πρόσβασης (First Mile link). Το πρότυπο 802.3ah IEEE θέτει τις αρχές και τους κανόνες διαλειτουργικότητας για την ανάπτυξη της πρόσβασης Ethernet για τρεις συγκεκριμένες τεχνολογίες (εκ των οποίων η δεύτερη είναι άμεσου ενδιαφέροντος για τα συγκεκριμένα έργα των Μητροπολιτικών Δικτύων):

- Ethernet σε χαλκό συμπεριλαμβανομένων συνδέσεων σε μήκος μεγαλύτερο των 100m.
- Συνδέσεις Point to Point (P2P) Optical Ethernet Links συμπεριλαμβανομένων των οπτικών ιδιοτήτων για συνδέσεις Fast and Gigabit Ethernet, και των πρωτοκόλλων διαχείρισης των συνδέσεων (άμεσου ενδιαφέροντος για την περίπτωση μας).
- Συνδέσεις Point to Multipoint (P2MP) Optical Ethernet Links συμπεριλαμβανομένων των οπτικών ιδιοτήτων (PMD) για Gigabit Ethernet, και των πρωτοκόλλων διαχείρισης των συνδέσεων αυτών (πιθανά μελλοντικού ενδιαφέροντος για υπηρεσίες και εφαρμογές video broadcasting κλπ).

Το πρότυπο 802.3ah παρέχει μηχανισμούς παρακολούθησης της λειτουργίας και της «υγείας» της σύνδεσης πρόσβασης και την επισήμανση και απομόνωση λαθών. Βασική έννοια εδώ είναι αυτή του LINK δηλαδή (ολοκλήρης της σύνδεσης μεταξύ δύο επικοινωνούντων link partners) η οποία είναι διαχειριζόμενη εξ' ολοκλήρου από το σημείο συγκέντρωσης το οποίο βρίσκεται σε κόμβο του MAN. Σημειώνεται ότι το πρότυπο προχώρησε σε τροποποίηση του Ethernet PMD για τα links αυτά, ώστε να επιτρέπεται η μόνο-κατευθυντική αναφορά (reporting) προς το σημείο συγκέντρωσης και το απομακρυσμένο άκρο να αποτελεί στην ουσία μία προέκταση της αντίστοιχης θύρας που βρίσκεται εντός του MAN.

Το 802.3ah παρέχει:

- Επισήμανση σφάλματος σύδεσης (Link fault detection)
- Dying gasp –σηματοδότηση προς τον link partner για τοπική μη αναστρέψιμη βλάβη
- Άλλα critical events
- Δυνατότητα Link loopback

Επιπλέον, το πρότυπο παρέχει τη δυνατότητα για παρακολούθηση της απόδοσης της σύνδεσης με εκτεταμένα στατιστικά στοιχεία.

5.8.5.1 Διαφορά μεταξύ 802.3ah και Fiber Driver based OESD

Μια τυπική λύση δίνει τη δυνατότητα παροχής κατευθείαν στο χώρο του συνδρομητή μιας θύρας 10/100 ή 1000 Mbps (συνήθως TX) πάνω από μία διαχειριζόμενη (διαφανώς για τον πελάτη) οπτική σύνδεση η οποία, είναι επιθυμητό, να ρυθμίζεται ως προς την ταχύτητα σύμφωνα με το SLA (service Level Agreement) μεταξύ παρόχου και συνδρομητή. Αυτό αφήνει στο συνδρομητή την υπευθυνότητα για τη διαχείριση του δικού του intranet, θεμάτων Ποιότητας Υπηρεσίας κλπ. Παρέχοντας μια απλή αλλά πλήρως διαχειριζόμενη σύνδεση ο πάροχος μπορεί να ελαχιστοποιήσει τα λειτουργικά κόστη και να περιορίσει τις ευθύνες του. Εννοείται ότι τα ενεργά στοιχεία του παρόχου εντός του MAN εξασφαλίζουν την απαιτούμενη διαφάνεια έναντι διαφόρων πρωτοκόλλων και εξυπηρετούν τα προβλεπόμενα μήκη πακέτων του συνδρομητή (με τα μέγιστα όρια να περιγράφονται στο αντίστοιχο SLAs).

Στο σημείο αυτό είναι άξια επισήμανσης τα επιθυμητά χαρακτηριστικά της διαχειριζόμενης σύνδεσης, πέραν αυτών που ορίζει το πρότυπο IEEE 802.3ah, ώστε αυτή να γίνει ακόμη πιο ελκυστική μεγιστοποιώντας την ευελιξία και ελαχιστοποιώντας την αρχική επένδυση.

- Δυνατότητα συγκέντρωσης και δομημένης οργάνωσης πολλαπλών συνδέσεων στο σημείο συγκέντρωσής τους. Αυτό

επιτυγχάνεται με την ύπαρξη φθηνών παθητικών πλαισίων τα οποία μπορούν να φιλοξενήσουν μία ομάδα (π.χ 1, 2, 4, 8, 16 κλπ) από στοιχεία συνδέσεων (link-partners) καθώς και ενός διαχειριστικού στοιχείου (management module) το οποίο μπορεί να αναλάβει τη διαχείριση πολλαπλών συνδέσεων ταυτόχρονα από την πλευρά του MAN.

- Δυνατότητα χρήσης SFP (Small Form-factor Pluggable modules) για την υλοποίηση του οπτικού link ανάλογα με το είδος της οπτικής ίνας (MM ή SM, ζεύγος ινών ή μονή ίνα), την απόσταση, και την επιδιωκόμενη μέγιστη ταχύτητα.
- Δυνατότητα χρήσης SFP (Small Form-factor Pluggable modules) για την υλοποίηση της σύνδεσης στα άκρα του συνδρομητή, για τις περιπτώσεις όπου τα ενεργά στοιχεία του συνδρομητή είναι σε μεγάλη απόσταση από το κιβώτιο τερματισμού της οπτικής σύνδεσης.
- Δυνατότητα χρήσης SFP (Small Form-factor Pluggable modules) για την υλοποίηση της σύνδεσης προς τα ενεργά στοιχεία του παρόχου, για τις περιπτώσεις που αυτά δεν βρίσκονται στο σημείο συγκέντρωσης αλλά είναι σε απομακρυσμένα σημεία (πιθανά σε κεντρικούς κόμβους του MAN). Ως παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε τη χρήση “colored” SFP, τα οποία επιτρέπουν φθηνή πολυπλεξία μέσω ενός CWDM πολυπλέκτη (MUX/DEMUX) ή ενός OADM, και οδήγηση των πολυπλεγμένων συνδέσεων στα ενεργά στοιχεία ενός “collapsed backbone” του παρόχου (κατά τεκμήριο σε κόμβο όπου υπάρχει tele-housing).
- Δυνατότητα χρήσης SFP (Small Form-factor Pluggable modules), για την υλοποίηση πλεονάζουσας (redundant) σύνδεσης μέσω του ιδίου ή διαφορετικών link-partners (single ή dual-homing) προς τα ενεργά στοιχεία του παρόχου για κρίσιμες εφαρμογές. Η δυνατότητα του Link Integrity Notification είναι απαραίτητη ώστε να κλείσει η αντίστοιχη θύρα του πρωτεύοντος link-partner και να ανοίξει η θύρα του δευτερεύοντος link-partner

ώστε τελικά τα ενεργά στοιχεία του παρόχου να ενημερωθούν και να αναπροσαρμοσθεί η μεταγωγή ή δρομολόγηση στα παραπάνω επίπεδα (π.χ Spanning Tree, OSFP κλπ) εάν είναι απαραίτητο.

- Δυνατότητα διαγνωστικών για τα SFP (π.χ SFP Digital Diagnostics κατά SFF-8472).
- Δυνατότητα ρύθμισης του επιτρεπόμενου ορίου ταχύτητας με μικρές αυξομειώσεις κατά δύο τουλάχιστον τάξεις μεγέθους μικρότερες από την ονομαστική τιμή της σύνδεσης.
- Διαφάνεια ως προς τα χρησιμοποιούμενα L2 πρωτόκολλα.
- Δυνατότητα υποστήριξης διευρυμένου μέγιστου μεγέθους πλαισίου > 1600 Bytes.
- Δυνατότητα αναβάθμισης του μικροκώδικα των link-partners από απόσταση, ούτως ώστε να μειώνεται το κόστος συντήρησης.

Με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, η βασική δικτυακή υποδομή πρόσβασης επεκτείνει τη χρήση του Ethernet στο MAN έως και τους κόμβους πρόσβασης ή και βαθύτερα (όπως παρουσιάστηκε στα αμέσως παραπάνω) και επιτρέπει τη δια-λειτουργικότητα με οποιαδήποτε λύση στο εσωτερικό του MAN η οποία απλά παρέχει «εξωτερικά» προς την πλευρά των συνδέσεων πρόσβασης θύρες Ethernet οποιουδήποτε τύπου. Από την άλλη πλευρά επεκτείνει το MAN έως το χρήστη με τρόπο προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις και στην τεχνογνωσία του τελευταίου.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η παραπάνω λύση μπορεί να γενικευθεί ως δυνατότητα σε κάθε κόμβο πρόσβασης του δικτύου χωρίς να αποκλείει α) την επιλογή μεμονωμένων χαρακτηριστικών από αυτά που προαναφέρθηκαν παραπάνω (π.χ μόνο τη διαχειριστικότητα και όχι το rate limiting), και β) την συνδυασμένη χρήση άλλων τεχνικών στο επίπεδο 2 για εξασφάλιση ποιότητας υπηρεσίας, multi-service provisioning κλπ όπως θα αναφερθεί παρακάτω.

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο της παραπάνω λύσης ότι η αποθήκη του παρόχου για να εξυπηρετήσει άμεση ζήτηση και να καλύψει μεμονωμένες βλάβες. αρκεί να είναι εφοδιασμένη με:

- Μερικά N-slot chassis.
- Μερικά 1-slot chassis.
- Μερικά ζευγάρια από link-partner modules.

- Μία μικρή ποικιλία από SFPs (8-16) για συνήθεις αποστάσεις και ταχύτητες.

5.8.6 Το υπάρχον περιβάλλον για την υλοποίηση αρχικών λειτουργικών δικτύων

Η αρχική υλοποίηση λειτουργικών δικτύων με σκοπό την παροχή Transparent LAN Services (TLS) θα υλοποιηθεί κατά πάσα περίπτωση σε ένα περιβάλλον το οποίο χαρακτηρίζεται από τα παρακάτω:

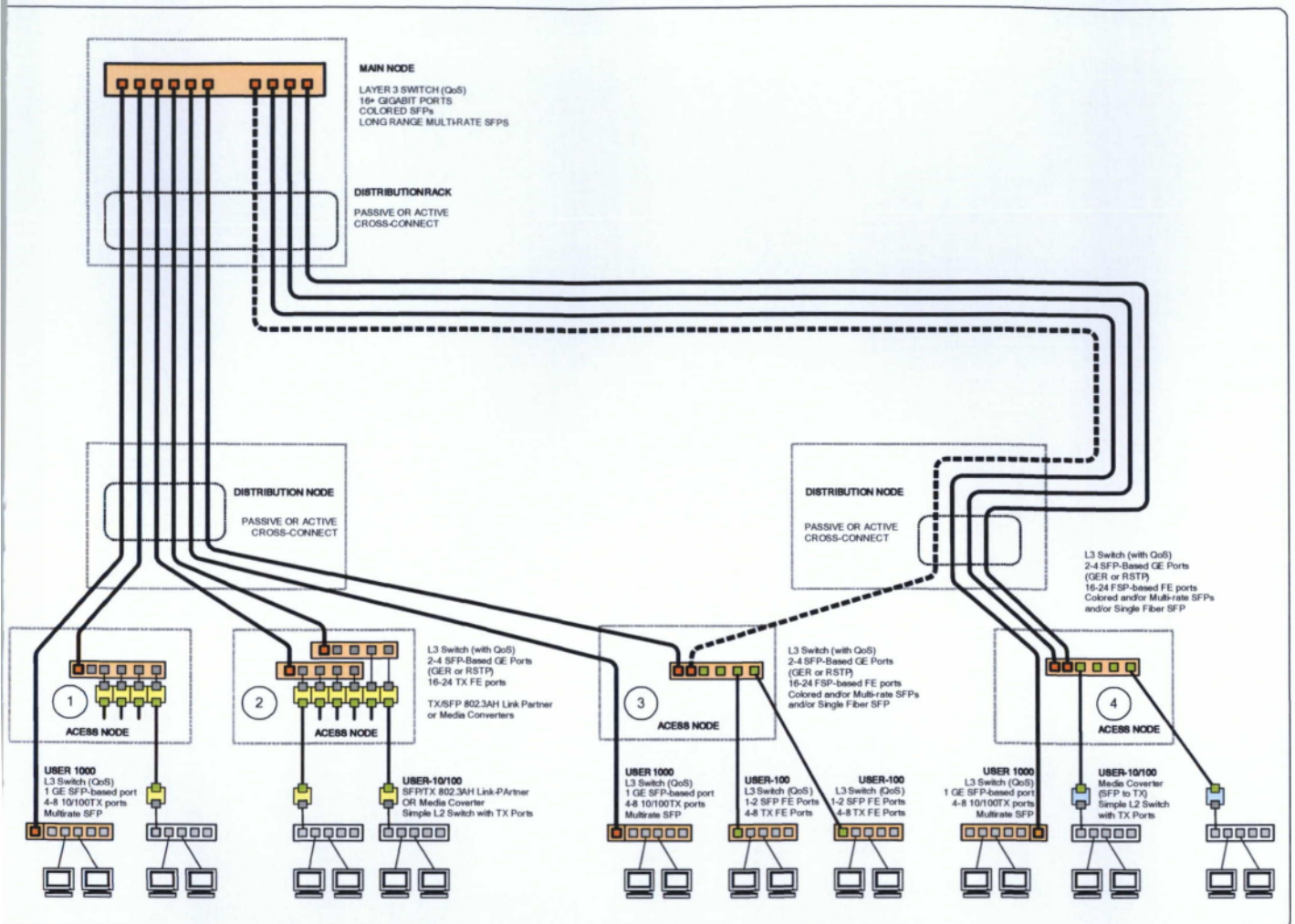
- Το μοντέλο διαχείρισης και εκμετάλλευσης της υποδομής είναι υπο διαμόρφωση και μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την περίπτωση. Συνεπώς, δεν πρέπει οποιαδήποτε λειτουργική λύση να προϋποθέσει ότι υπάρχει κοινός πάροχος και διαχειριστής για υποδομές και λειτουργικά δίκτυα. Αντίθετα πρέπει να λαμβάνει υπ' όψη την πιθανή διάκριση μεταξύ ενός παρόχου υποδομής, αρχικά ενός παρόχου υπηρεσιών διασύνδεσης Ethernet και TLS για το δημόσιο τομέα, και μελλοντικά πολλών παρόχων διασύνδεσης και υπηρεσιών, με δυνατότητα συνεγκατάστασης πολλών παρόχων σε κεντρικό tele-house σε κύριο κόμβο, αλλά και στους κόμβους πρόσβασης στο μέλλον.
- Δεδομένων και των παραπάνω, υφίσταται η ανάγκη εξοικονόμησης οπτικών ινών με τη λογική ότι αυτές στο μέλλον θα πρέπει να αγοράζονται κόστος στρεφώς. Μια τακτική η οποία θα δημιουργούσε στενότητα εξ αρχής, θα μείωνε την δυνατότητα για υποστήριξη επιπλέον χρηστών στο μέλλον.
- Έλλειψη κατανεμημένης τεχνογνωσίας στην παροχή των προαναφερθεισών υπηρεσιών αλλά και στη χρήση από τους τελικούς δικαιούχους. Συνήθως η τεχνογνωσία αυτή, όσον αφορά το δημόσιο, συγκεντρώνεται γύρω από τα κέντρα διαχείρισης δικτύων των Πανεπιστημίων. Στην περίπτωση των τελικών χρηστών, στα παραπάνω πρέπει να προστεθεί και η

έλλειψη κατάλληλου εξοπλισμού για σύνδεση με ευρυζωνικά δίκτυα.

- Μικροί πόροι για την τεχνική διαχείριση των υποδομών και λειτουργικών δικτύων.

5.8.7 Τεχνικές Λύσεις

Στη συνέχεια παρατίθενται 3 χαρακτηριστικές προσεγγίσεις για να χρησιμοποιηθούν ως βάση προβληματισμού και διαμόρφωσης της τελικής λύσης ή οποία μπορεί να εμπεριέχει πολλαπλές προσεγγίσεις συμπεριλαμβανομένων των παραπάνω:



Εικόνα 5.2: Χρήση διακριτών ινών για κάθε σύνδεση ενός μεταγωγέα πρόσβασης με ένα κεντρικό μεταγωγέα

Η πρώτη προσέγγιση χρησιμοποιεί διακριτές ίνες (μια ή δύο ανάλογα με το επιλεγμένο SFP στα άκρα) για κάθε σύνδεση ενός μεταγωγέα πρόσβασης με ένα κεντρικό μεταγωγέα και για κάθε σύνδεση μεγάλου χρήστη με τον κεντρικό μεταγωγέα. Για την περίπτωση συστηματικής χρήσης εναλλακτικών οδεύσεων με ζεύγη ινών για τους κόμβους πρόσβασης και τους μεγάλους χρήστες, ο απαιτούμενος αριθμός ινών στο δίκτυο διανομής κυμαίνεται μεταξύ των $IMIN = M + K$ (για την περίπτωση καθολικής χρήσης Single-Fiber SFPs) και $IMAX = 4 * IMIN$ (όπου M είναι ο αριθμός των κόμβων πρόσβασης και K είναι ο αριθμός των μεγάλων χρηστών). Π.χ για 20 μεταγωγείς πρόσβασης και 10 μεγάλους χρήστες θα απαιτηθούν από 30 έως 120 ίνες.

Οι χρήστες συνδέονται με τους κόμβους πρόσβασης είτε με υπάρχοντα είτε με νέο εξοπλισμό. Στην περίπτωση που οι μεταγωγείς των χρηστών δεν διαθέτουν τις κατάλληλες θύρες, χρησιμοποιούνται media

converters. Στο σχήμα επίσης παρουσιάζεται και η δυνατότητα χρήσης διαχειρίσιμων γραμμών σύνδεσης (κατά 802.3ah) με τον τρόπο που παρουσιάστηκε προηγουμένως. Η χρήση αυτή συνδυάζει την διαχειριστικότητα με τη χρήση media converters σε κάθε link-partner.

Στον κόμβο (1):

Διέρχεται με μικτονόμηση η σύνδεση ενός μεγάλου χρήστη και κατευθύνεται προς τον κεντρικό κόμβο. Το απαραίτητο link budget το εξασφαλίζουν τα δύο GE SFPs στα άκρα της σύνδεσης.

Ο μεταγωγέας του μεγάλου χρήστη δεν έχει SFP-Based θύρα GE και χρειάζεται media conversion. Ο μεταγωγέας πρόσβασης συνδέεται μέσω SFP με τον κεντρικό μεταγωγέα και μέσω διαχειριζόμενων γραμμών πρόσβασης με τον υπάρχοντα εξοπλισμό των χρηστών του κόμβου. Οι θύρες των 100 Mbps μπορεί να είναι FX ή TX. Υπάρχει η ανάγκη τοπικού media conversion.

Στον κόμβο (2):

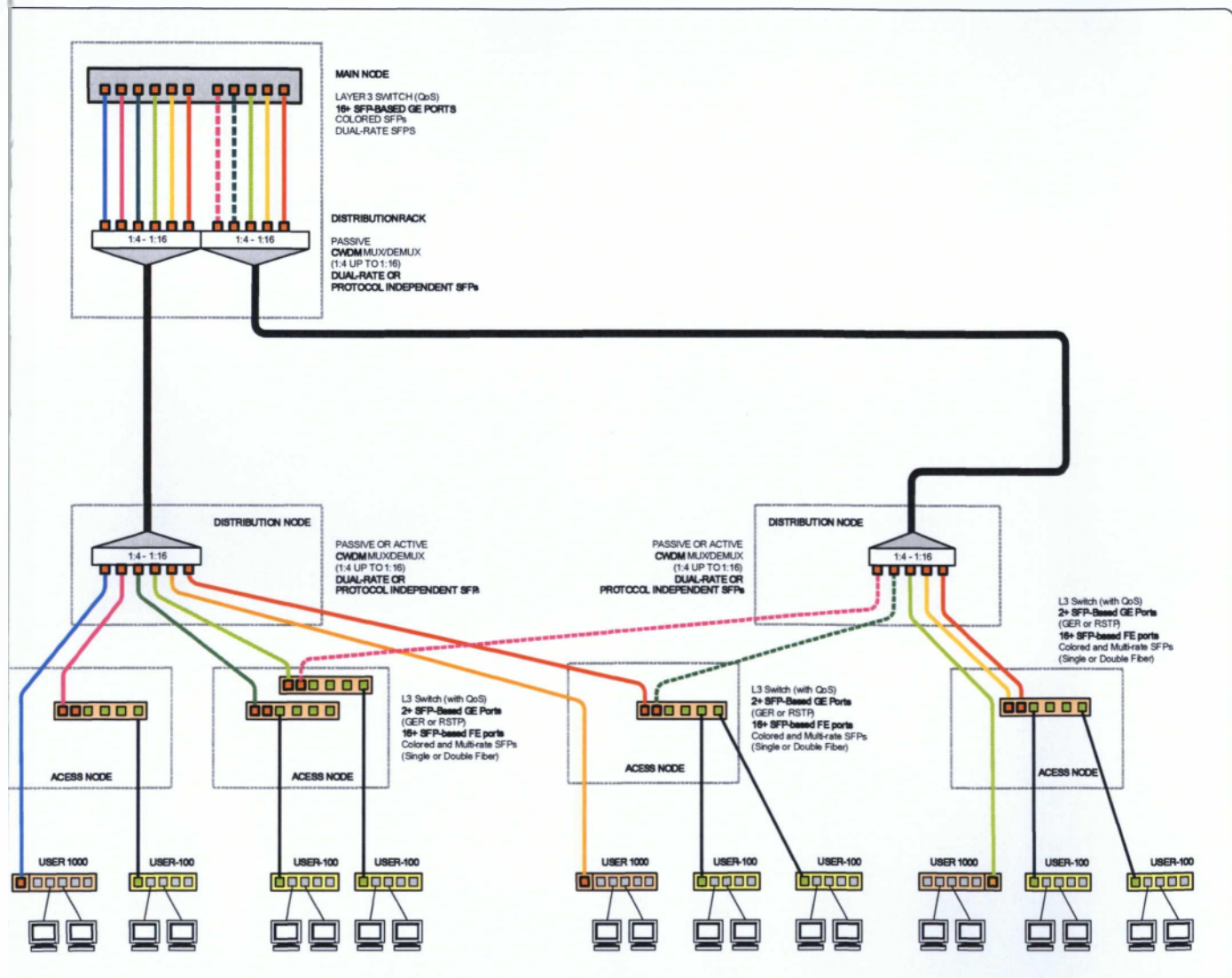
Οι μεταγωγείς πρόσβασης είναι περισσότεροι του ενός λόγω του μεγάλου αριθμού χρηστών. Συνδέονται με τον ίδιο τρόπο όπως και στον (1), με τον κεντρικό μεταγωγέα και μέσω διαχειριζόμενων γραμμών πρόσβασης με τον υπάρχοντα εξοπλισμό των χρηστών του κόμβου. Οι θύρες των 100 Mbps μπορεί να είναι FX ή TX. Υπάρχει η ανάγκη τοπικού media conversion.

Στον κόμβο (3):

Διέρχεται με μικτονόμηση η σύνδεση ενός μεγάλου χρήστη και κατευθύνεται προς τον κεντρικό κόμβο. Οι (νέοι) μεταγωγείς όλων των χρηστών έχουν SFP-Based θύρα GE ή FE. Ο μεταγωγέας πρόσβασης έχει SFP-based όλες τις θύρες. Κανένα media-conversion δεν είναι απαραίτητο. Ο μεταγωγέας πρόσβασης είναι συνδεδεμένος με 2 εναλλακτικές συνδέσεις που ακολουθούν διαφορετικές διαδρομές η κάθε μία προς τον κόμβο πρόσβασης.

Στον κόμβο (4):

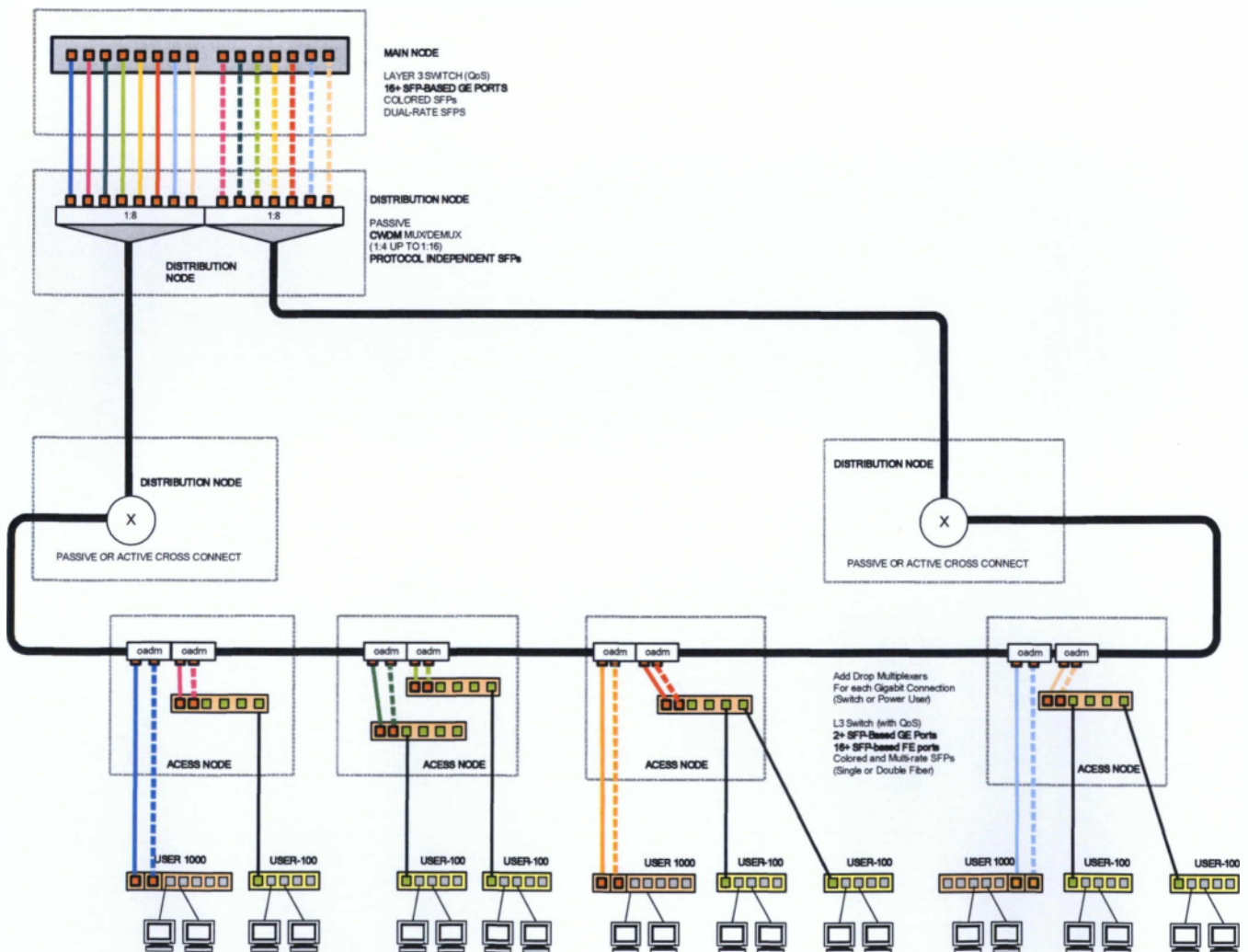
Διέρχεται με μικτονόμηση η σύνδεση ενός μεγάλου χρήστη και κατευθύνεται προς τον κεντρικό κόμβο. Οι μεταγωγείς των χρηστών δεν έχουν SFP-Based θύρα GE. Ο μεταγωγέας πρόσβασης έχει SFP-based όλες τις θύρες. Κανένα media-conversion δεν είναι απαραίτητο. Ο μεταγωγέας πρόσβασης είναι συνδεδεμένος με 2 εναλλακτικές συνδέσεις η κάθε μία προς τον κόμβο πρόσβασης.



Εικόνα 5.3: Χρήση SFP-Based και Dual-rate στοιχείων

Η δεύτερη προσέγγιση χρησιμοποιεί ομοιογενή, αποκλειστικά SFP-Based ενεργά στοιχεία και ομοιογενείς dual-rate SFPs. Κάθε μεταγωγέας πρόσβασης έχει τουλάχιστον 2 θύρες GE για υλοποίηση εναλλακτικών συνδέσεων προς τον κεντρικό κόμβο. Γίνεται προσπάθεια για αντικατάσταση του εξοπλισμού των χρηστών με μεταγωγείς διαχειριζόμενους από τον πάροχο. Πρώτα σε όλους τους μεγάλους

χρήστες και στη συνέχεια στους μικρότερους. Σε όσους δεν επαρκεί ο προϋπολογισμός χρησιμοποιούνται απλά media-conversions. Η καινοτομία της δεύτερης λύσης βασίζεται στην οπτική πολυπλεξία στους κόμβους διανομής. Χρησιμοποιούνται CWDM πολυπλέκτες/αποπολυπλέκτες (με 4 έως 16 μήκη κύματος) και SFP θύρες. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα μπορούμε να υποθέσουμε ότι χρησιμοποιούμε πολυπλέκτες των 8 λ σύμφωνα με το πρότυπο ITU G.694.2. Κάθε πολυπλέκτης εφοδιάζεται με 8 ζεύγη «χρωματισμένων» SFPs και χρησιμοποιεί ένα ζεύγος για τη σύνδεση 8 κόμβων πρόσβασης ή μεγάλων χρηστών προς τον κεντρικό κόμβο. Π.χ τρεις κόμβοι με συνολικά 20 μεταγωγείς πρόσβασης και 10 μεγάλους χρήστες θα απαιτηθούν από 30 έως 120 ίνες.



Εικόνα 5.4: Χρήση CWDM οπτικών πολυπλεκτών για την τροφοδοσία των κόμβων πρόσβασης

Η τρίτη προσέγγιση, παρόμοια με τη δεύτερη προσέγγιση που παρουσιάστηκε παραπάνω, είναι κατάλληλη για τις περιπτώσεις όπου μπορούν να σχηματισθούν φυσικοί δακτύλιοι ή αρτηρίες στο δίκτυο πρόσβασης και επιτρέπει την οικονομία οπτικών ινών στο δίκτυο αυτό. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται παθητικοί CWDM οπτικοί πολυπλέκτες add-drop για την τροφοδοσία των ενεργών στοιχείων των κόμβων πρόσβασης (τυπικά σε ταχύτητες του 1 Gigabit/sec). Χρησιμοποιώντας π.χ 8 μήκη κύματος μπορούμε να επιτύχουμε σύνδεση έως και 8 κόμβων πρόσβασης ή μεγάλων χρηστών σε διάταξη δακτυλίου (όπως στο σχήμα) ή αρτηρίας. Στην περίπτωση του δακτυλίου χρησιμοποιούνται πολυπλέκτες των 4 θυρών ενώ στην περίπτωση αρτηρίας χρησιμοποιούνται πολυπλέκτες 3 θυρών.

Οι οπτικοί πολυπλέκτες μπορούν να συνδυασθούν είτε με συμβατικές σωληνώσεις και να συνδυαστούν με διατάξεις συγκολλήσεων σε φρεάτια, είτε να τοποθετηθούν στους κόμβους πρόσβασης για τους οποίους θα έχει επιτευχθεί σύνδεση εν σειρά με μικροσωληνώσεις.

5.8.8 Παρατηρήσεις

Η πρώτη προσέγγιση χαρακτηρίζεται από απλότητα στο δίκτυο διανομής αλλά μεγάλο απαιτούμενο αριθμό ινών. Στο δίκτυο πρόσβασης χαρακτηρίζεται από σχετική πολυπλοκότητα και μικτά περιβάλλοντα (SFPs, TX, rate-limiting, media-converters).

Η δεύτερη και η τρίτη προσέγγιση χαρακτηρίζονται από απλότητα αλλά και ιδιαίτερη οικονομία στο δίκτυο διανομής ή και πρόσβασης αντίστοιχα. Επίσης η ομοιομορφία τους μειώνει το διαχειριστικό κόστος. Προφανώς μπορεί να ακολουθηθούν ενδιάμεσες ή μικτές προσεγγίσεις, ή και λύσεις που αποκλίνουν από την παραπάνω λογική. Γνώμονας όμως πρέπει να είναι η απλότητα της λύσης και η μείωση του λειτουργικού κόστους.

5.9 Εξοπλισμός Ασύρματης Πρόσβασης

5.9.1 Εισαγωγή

Στα πλαίσια των συγκεκριμένων έργων, πέραν των βασικών οπτικών υποδομών, προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί ασύρματη τεχνολογία για έμμεση σύνδεση απομακρυσμένων σημείων παρουσίας δημόσιων φορέων στο μητροπολιτικό ευρυζωνικό οπτικό δίκτυο. Αυτό δικαιολογείται σε περιπτώσεις όπου α) η προέκταση του οπτικού ιστού για κάλυψη των εν λόγω σημείων παρουσιάζει δυσμενή λόγω κόστους προς όφελος και β) η εγκατάσταση των σχετικών ασύρματων υποδομών για τα σημεία αυτά, μπορεί να δημιουργήσει ευνοϊκές προϋποθέσεις για περαιτέρω επέκταση του ιστού πρόσβασης (ασύρματου ή ενσύρματου).

5.9.2 Επίπεδα ασύρματης σύνδεσης

Πρέπει να σημειωθεί ότι βρισκόμαστε σε μία μεταβατική περίοδο όπου, ελλείψει προτύπων για ασύρματη πρόσβαση σε μητροπολιτικό επίπεδο, διάφορες λύσεις χρησιμοποιούνται με διάφορους τρόπους, με αποκλίσεις πολλές φορές από τον «ορθό» τρόπο χρήσης τους, με κύριο σκοπό την εκ των ενόντων κάλυψη της έλλειψης εναλλακτικών ενσύρματων ζεύξεων, παρά την σχεδιασμένη και συστηματική επέκταση της ευρυζωνικής πρόσβασης με υπάρχοντα πρότυπα.

Παρ' όλα αυτά, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κύριους τύπους ζεύξεων εξωτερικού χώρου, οι οποίοι χρησιμοποιούμενοι σε συνδυασμό, συνθέτουν την ασύρματη πρόσβαση σε μητροπολιτικό επίπεδο:

- **Backhaul** συνδέσεις με τον καθ' εαυτό ευρυζωνικό κορμό. Εάν δεν είναι ενσύρματες, τότε είναι ασύρματες συνδέσεις σημείου προς σημείο, (Point to Point – PtP), αυξημένης χωρητικότητας, με ενισχυμένους πομποδέκτες για κάλυψη μακρών αποστάσεων μήκους δεκάδων χιλιομέτρων.

- **Μητροπολιτικές κυψέλες Point to Multipoint** με Συστήματα Σταθερής Ασύρματης Πρόσβασης Τελευταίου Μιλίου (Last Mile Fixed Wireless Access), με ενισχυμένους πομποδέκτες και χρήση μη τυποποιημένων πρωτοκόλλων (έως τώρα) ή WiMAX (εφ' εξής) για δημιουργία μητροπολιτικών κυψελών με ακτίνα της τάξης των 10 χιλιομέτρων.

- **Κυψέλες ή Ζώνες ή πρόσβασης WiFi**, single hop ή multi-hop mesh αντίστοιχα, με χρήση αυτούσιας ή τροποποιημένης τεχνολογίας WiFi αντίστοιχα, για δημιουργία εκτεταμένων ζωνών πυκνής πρόσβασης από WiFi CPEs.

Τα παραπάνω συστήματα συνήθως χρησιμοποιούνται ιεραρχικά για την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του καθενός.

5.10 Συνοπτική περιγραφή του δικτύου

Το έργο περιλαμβάνει εκσκαφές, σωληνώσεις, συστήματα υπο σωληνώσεων και μικροσωληνώσεων, φρεάτια, κόμβους, κατανεμητές, οπτικά καλώδια, ενεργό εξοπλισμό και εξοπλισμό ασύρματης πρόσβασης καθώς και τον απαραίτητο παθητικό εξοπλισμό για συγκολλήσεις, δρομολογήσεις καλωδίων και μικροσωληνώσεων, μικτονομήσεις ινών και συνδέσεις με ενεργά στοιχεία. Επίσης, περιλαμβάνει ένα δακτύλιο και διασυνδέσεις μεταξύ τμημάτων του δακτυλίου και εξωτερικών σημείων (ουρές) ώστε να μπορούν να επιτευχθούν φυσικές και λειτουργικές συνδέσεις προς κόμβους του δακτυλίου από χρήστες κατανεμημένους σ' ολόκληρο τον ιστό της πόλης. Η υλοποίηση του MAN έγινε με βάση την αρχιτεκτονική δακτυλίου προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη διαθεσιμότητα του δικτύου και να υπάρχει μεγάλη αντοχή σε προβλήματα. Το MAN Σπάρτης αποτελείται από έναν δακτύλιο, μια ουρά που καταλήγει στο κτίριο των ΤΕΙ και μια δεύτερη ουρά που καταλήγει στο κτίριο του Διοικητηρίου.

Το προτεινόμενο δίκτυο οπτικών ινών στην περιοχή της Σπάρτης όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.5 αποτελείται από έναν (1) κύριο κόμβο, δύο (2)

κόμβους διανομής και πέντε (5) κόμβους πρόσβασης στους οποίους θα συνδέονται οι διάφοροι φορείς.

- Ο κύριος κόμβος C2 θα εγκατασταθεί μαζί με έναν κόμβο διανομής D2 και έναν κόμβο πρόσβασης A2 στο παλαιό Δημαρχείο στην κεντρική πλατεία της Σπάρτης (Σημείο 2).
- Ο κόμβος διανομής D17 και ο κόμβος πρόσβασης A17 προβλέπεται να εγκατασταθούν στη Πυροσβεστική Υπηρεσία Σπάρτης (Σημείο 17).
- Ο κόμβος πρόσβασης A35 προβλέπεται να εγκατασταθεί στο 2ο Λύκειο Σπάρτης (Σημείο 35).
- Ο κόμβος πρόσβασης A8 προβλέπεται να εγκατασταθεί στην Κεντρική Βιβλιοθήκη (Σημείο 8).
- Τέλος, ο κόμβος πρόσβασης A27 θα τοποθετηθεί στο 2ο Δημοτικό Σχολείο Σπάρτης (Σημείο 27).



Εικόνα 5.5: Δίκτυο Διανομής και πρόσβασης MAN Σπάρτης



Συνολικά προβλέπεται η υποστήριξη τουλάχιστον 48 χρηστών με θύρες 100 /1000 MBps Ethernet (SFP based). Αρχικά θα προτιμηθούν να εξυπηρετηθούν με τις θύρες αυτές τα σχολεία, το Νοσοκομείο και τα κτίρια δημοσίου ενδιαφέροντος τα οποία έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης.

Προβλέπεται να συνδεθούν οι παρακάτω χρήστες:

Πίνακας 1: Κόμβοι πρόσβασης Αι και εξυπηρετούμενοι Χρήστες ι

| Αι | Σημείο στο χαρτη. | Υ Π Η Ρ Ε Σ Ι Α | ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ |
|----|-----------------------------------|---|--------------------------|
| Α2 | 1 | Δημαρχείο | Γκορτσολόγου 52 |
| | | ΔΕΥΑ Σπάρτης | Γκορτσολόγου 52 |
| | 2 | Παλαιό Δημαρχείο | Κεντρική Πλατεία Σπάρτης |
| | 4 | Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λακωνίας | Οθων-Αμαλίας 85 |
| | 5 | Δ/ση Τοπικής Αυτ/σης & Διοίκησης | Οθων. Αμαλίας 93 |
| | | Κτηματική Υπηρεσία | Οθων. Αμαλίας 93 |
| | 11 | 5 ^ο Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων | Αγησιλάου 87 |
| | 16 | Δ.Ο.Υ. | Μενελάου 74 |
| 37 | Κέντρο Εξυπηρέτησης Πολιτών Δήμου | Λεωνίδου 40 | |
| Α8 | 8 | Κεντρική Βιβλιοθήκη | Λυκούργου 135 |
| | 15 | Δικαστήρια | Λυκούργου |
| | 18 | ΟΑΕΔ | Λεωνίδου 73 |
| | | Διοίκηση Αγροφυλακής | Λεωνίδου 73 |
| | 22 | ΤΕΒΕ | Γκορτσολόγ. 119 |
| | 24 | Ένωση Αγροτικών Συν/μών | Λεωνίδου 113 |

| | | | |
|-----|----|--|---------------------|
| | 25 | Πανεπιστήμιο Πελονήσου (Σχολή Ανθρ/νης Κίνησης & ποιότητας ζωής. | Λυσσάνδρου 3 |
| | 26 | 1ο Δημοτικό Σχολείο Σπάρτης | Πλατανιστά |
| | 40 | Γενικά Αρχεία του Κράτους | Βρασιδου 158 |
| | 47 | Σαϊνοπούλειο Θέατρο | Μυστράς |
| | 49 | Υποθηκοφυλάκιο | Βρασιδου 153 |
| A17 | 3 | Νέο Δημαρχείο (Στάδιο Μελέτης) | Λόφος Ξενία |
| | 7 | Επιθεώρηση Εργασίας | Βρασιδου 78 |
| | | Δ/ση Βιομ. & Εμπορίου | Βρασιδου 78 |
| | 13 | Δ/ση Γεωργικής Ανάπτυξης | Ορθίας Αρτέμιδος |
| | 14 | Δ/ση Μεταφορών & Επικοινωνιών | Χαμαρέτου 116 |
| | 17 | Πυροσβεστική Υπηρεσία | Λυκούργου 51 |
| | 23 | ΤΕΔΚ Ν. Λακωνίας | Δωριέων 11 |
| | 29 | 4ο Δημοτικό Σχολείο Σπάρτης | Ευρυβιάδου 25 |
| | 30 | 5ο Δημοτικό Σχολείο Σπάρτης | Τριακοσίων |
| | 36 | Κέντρο Εξυπηρέτησης Πολιτών Ν.Α. | Αρχιδάμου 51 |
| | 39 | Κλειστό Δημοτικό Γυμναστήριο | Επισκ. Βρεσθένης 29 |
| | 46 | Πανεπιστήμιο (Νέο Κτήριο) | |
| A27 | 6 | Διεύθυνση Δασών | Οδός των 118 30 |
| | | Δ/ση Εγγείων Βελτιώσεων | Οδός των 118 30 |

| | | | |
|-----|-------------------|---|-------------------------------|
| | | Δ/νση Υγείας Πρόνοιας | Οδός των 118 30 |
| | | Δ/νση Τεχν. Υπηρ. Πολ. & Περ. | Οδός των 118 30 |
| | 9 | 5 ^η Εφορεία Π.Κ. Αρχαιοτήτων | Παλαιολόγου 133 |
| | 10 | Μουσείο | Αγ. Νίκωνος 71 |
| | 12 | Δ/νση Αθλητισμού-Πολιτισμού | Βρασιδίου 151 |
| | 19 | Νοσοκομείο | |
| | 20 | ΙΚΑ | Γκορτσολόγ. 137 |
| | 21 | ΤΥΔΚΥ | Θερμοπυλών 97 |
| | 27 | 2ο Δημοτικό Σχολείο Σπάρτης | Παλαιολόγου |
| | 38 | Εθνική Πινακοθήκη | Παλαιολόγου |
| | 42 | ΤΕΙ (υπό ανέγερση) | Κλαδάς |
| | 44 | Διεύθυνση Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης | Λυκούργου |
| | 48 | Εργοστάσιο ΧΥΜΟΦΙΕ (Υπό κατασκευή – Νεο Αρχαιολογικό μουσείο Σπάρτης) | Εθνική Οδό Σπάρτης – Τρίπολης |
| A35 | 28 | 3ο Δημοτικό Σχολείο Σπάρτης | Γκορτσολόγου 4 |
| | 31 | 3ο Γυμνάσιο Σπάρτης | Μαυρομιχάλη |
| | 31 | 4ο Γυμνάσιο Σπάρτης | Αγ. Νίκωνος 19 |
| | 31 | Εσπερινό Λύκειο | Αγ. Νίκωνος 19 |
| | | Εσπερινό Γυμνάσιο Σπάρτης | Αγ. Νίκωνος 19 |
| | 33 | Εργαστήριο Ε.Ε.Ε.Κ. | Αγ. Βαρβάρας |
| | | 3ο Λύκειο Σπάρτης | Αγ. Βαρβάρας |
| 34 | 1ο Λύκειο Σπάρτης | Μονεμβασίας | |

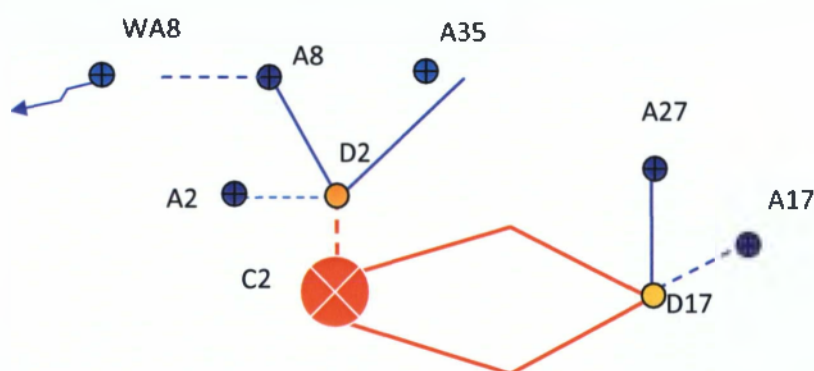
| | | | |
|--|----|----------------------------|-------------------|
| | 34 | 1ο Γυμνάσιο Σπάρτης | Παλαιολόγου 2 |
| | 35 | 2ο Γυμνάσιο Σπάρτης | Παλαιολόγου 2 |
| | 35 | 2ο Λύκειο Σπάρτης | Παλαιολόγου 1 |
| | 41 | Διοικητήριο (υπό ανέγερση) | Σπάρτης - Γυθείου |
| | 43 | Φοιτητική Εστία | Κιλκίς |

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συνολικά οι κόμβοι και τα σημεία που διασυνδέονται με χρήση ασύρματης τεχνολογίας:

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικός Πίνακας Κόμβων Δικτύων

| MAN ΣΠΑΡΤΗΣ | Κύριοι Κόμβοι | Κόμβοι Διανομής | Κόμβοι Πρόσβασης | Σύνολο σημείων που συνδέονται με ασύρματη ζεύξη |
|-------------|---------------|-----------------|------------------|---|
| | 1 | 2 | 5 | 1 |

Η λογική αναπαράσταση του MAN σε επίπεδο δικτύου διανομής και πρόσβασης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Λογική Αναπαράσταση MAN

(Με διακεκομμένη παριστάνονται οι κόμβοι που βρίσκονται στον ίδιο χώρο, C_i οι κύριοι κόμβοι, D_i οι κόμβοι διανομής, A_i οι κόμβοι πρόσβασης, ενώ wA_i είναι ο σταθμός ασύρματης βάσης στο σημείο i)

5.11 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

5.11.1 Προϋπολογισμός του έργου Σπάρτης

Ο προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 871.462,7 €, πλέον του ΦΠΑ, ήτοι, σύνολο, σε 1.037.040,6 €

Το έργο χρηματοδοτήθηκε από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Κοινωνία της Πληροφορίας», στο πλαίσιο του Γ' ΚΠΣ, σε ποσοστό 75% από το ΕΤΠΑ και 25% από Εθνικούς Πόρους.

5.12 Επιχειρηματικά Μοντέλα

Το επιχειρηματικό μοντέλο καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο θα πραγματοποιηθεί η εκμετάλλευση ενός μητροπολιτικού κοινοτικού οπτικού δικτύου. Καθορίζει ποιος είναι ο ρόλος του δήμου, πως θα προωθηθεί ο υγιείς ανταγωνισμός, σε πιο επίπεδο θα προωθηθεί ο ανταγωνισμός, πια θα είναι η εμπλοκή του ιδιωτικού τομέα κλπ. Στόχος του επιχειρηματικού μοντέλου είναι να εξασφαλισθεί η βιωσιμότητα του μητροπολιτικού κοινοτικού οπτικού δικτύου και η εξασφάλιση πόρων για την συντήρηση του και επέκταση ενώ ταυτόχρονα να οξύνει τον ανταγωνισμό με στόχο την καλύτερη και φθηνότερη παροχή υπηρεσιών στον πολίτη. Τα επιχειρηματικά μοντέλα μητροπολιτικών οπτικών δικτύων ήδη εφαρμόζονται σε πραγματικά δίκτυα πόλεων ενώ άλλα προτείνουν απλώς εναλλακτικούς τρόπους εκμετάλλευσης οπτικών υποδομών, χωρίς ωστόσο να έχουν υλοποιηθεί. Παρακάτω αναφέρονται και αναπτύσσονται κάποια επιχειρηματικά μοντέλα.

5.12.1 Τοπική Δημόσια Παροχή (Public Local Provider-A)

Σε αυτό το μοντέλο η πόλη-δήμος παρέχει την υποδομή του δικτύου, δηλαδή τον ενεργό και παθητικό εξοπλισμό, σε παρόχους υπηρεσιών βάσει της αρχής της ανοικτής πρόσβασης έναντι ενοικίου. Την

συντήρηση και την ομαλή λειτουργία του εξοπλισμού αναλαμβάνει ο Διαχειριστής, ο οποίος ανήκει κατά κυριότητα στον δήμο.

5.12.2 Εναρμονισμένη Σύμπραξη Δημοσίου-Ιδιωτικού τομέα (Orchestrated PPP -B)

Ο δήμος - πόλη αποφασίζει την κατασκευή ενός Μητροπολιτικού Δικτύου σε συνεργασία με ιδιωτικούς φορείς, δημιουργώντας μια κοινοπραξία. Η εταιρία που δημιουργείται αναλαμβάνει τη διαχείριση κάποιου επιπέδου του δικτύου. Τα υπόλοιπα επίπεδα διαχειρίζονται από άλλους ιδιωτικούς φορείς που πληρώνουν για τη χρήση της υποδομής.

5.12.3 Πλήρης Δημόσιος Έλεγχος (Full Public Control - Γ)

Ένας δημόσιος φορέας αποφασίζει την κατασκευή ενός Μητροπολιτικού δικτύου. Αναλαμβάνει τη λειτουργία, διαχείριση και συντήρηση της υποδομής. Το επίπεδο των υπηρεσιών ακολουθεί την αρχή της ανοικτής πρόσβασης και συνεπώς διατίθεται σε όλους τους ενδιαφερόμενους παρόχους υπηρεσιών. Η κύρια διαφορά αυτού του μοντέλου είναι το γεγονός ότι ο δήμος - πόλη δραστηριοποιείται σε όλα τα επίπεδα ακόμα και στο επίπεδο των υπηρεσιών ως πάροχος.

5.12.4 Πλήρως Ιδιωτική Πρωτοβουλία (Full Private Initiative -Δ)

Στην περίπτωση της πλήρως ιδιωτικής πρωτοβουλίας ένας ιδιωτικός φορέας αποφασίζει την κατασκευή, συντήρηση και λειτουργία ενός Μητροπολιτικού Δικτύου. Ενσωματώνει την αρχή της ανοικτής πρόσβασης και διαθέτει την υποδομή χσε όλους τους ενδιαφερόμενους παρόχους.

5.12.5 Μεταπώληση (Retail- E)

Η πόλη- δήμος στην περίπτωση αυτή λειτουργεί ως μεταπωλητής υπηρεσιών, δηλαδή νοικιάζει την υποδομή που έχει αναπτυχθεί από ιδιωτικούς φορείς στην πόλη και δραστηριοποιείται ως πάροχος μαζί και με άλλους παρόχους υπηρεσιών.

5.12.6 Συμπεράσματα από τα υφιστάμενα μοντέλα

Οι δήμοι επιλέγουν να συμμετέχουν στην λειτουργία των οπτικών υποδομών που αποκτούν. Στα πρώτα τρία μοντέλα, (RPR,PPP,FPC) Αποφασίζουν να συμμετέχουν σε Ενεργό και Παθητικό επίπεδο, είτε μόνοι τους είτε σε συνεργασία με ιδιωτικούς φορείς. Επίσης στο τελευταίο από αυτά ο δήμος δραστηριοποιείται και ως πάροχος υπηρεσιών, εκμεταλλευόμενος την κάθετη ολοκλήρωση που του παρέχει η ιδιοκτησία των υποδομών. Στο τέταρτο μοντέλο (FPI), η πρωτοβουλία ανήκει σε κάποιον ιδιώτη και ο Δήμος δεν έχει καμία συμμετοχή στην κατασκευή και λειτουργία των οπτικών υποδομών. Τέλος σύμφωνα με την έρευνα που διεξήχθη, υπάρχει η περίπτωση της δραστηριοποίησης του Δήμου ως παρόχου υπηρεσιών (R), χωρίς ωστόσο να συμμετέχει στην ιδιοκτησία των υποδομών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λαμβάνοντας υπόψη όσα προαναφέρθηκαν γνωρίζουμε ότι έχει γίνει μελέτη και εγκατάσταση μητροπολιτικού ευρυζωνικού δικτύου οπτικών ινών (MAN) στον Δήμος Σπάρτης. Μέχρι σήμερα δεν έχει εφαρμοστεί. Από τη μελέτη που έχει γίνει συμπεραίνουμε ότι η οπτική υποδομή, πρέπει να αναπτυχθεί με κατάλληλο τρόπο ώστε:

- Να έχει το στοιχείο του πλεονασμού και τη δυνατότητα εναλλακτικών συνδέσεων σε ένα πάροχο, ή συνδέσεων σε παραπάνω από έναν παρόχους υπηρεσιών.
- Να μπορεί να προσαρμοσθεί σε διαφοροποιημένες απαιτήσεις παρόχων δικτυακών υπηρεσιών με διαφορετικούς τρόπους και αρχιτεκτονικές παροχής υπηρεσιών από τον καθένα.
- Να επιτρέπει λειτουργικές (λογικές) τοπολογίες αρτηρίας, δένδρων και δακτυλίων σε υποσύνολο της υποδομής
- Να επιτρέπει την πολυπλεξία υψηλής ρυθμαπόδοσης α) μεταξύ κύριων κόμβων, β) μεταξύ κύριων κόμβων και κόμβων πρόσβασης, γ) μεταξύ κόμβων πρόσβασης και γ) μεταξύ κόμβων πρόσβασης και διακριτών χρηστών.
- Να είναι επεκτάσιμη ακόμη και με πρωτοβουλία τρίτων μερών τα οποία θα μπορούν να κατασκευάσουν συμπληρωματικές υποδομές συγκέντρωσης χρηστών και πρόσβασης και να επιζητήσουν τη διασύνδεση των υποδομών αυτών (κατά τεκμήριο σε κόμβους διανομής ή πρόσβασης) μέσω φρεατίων και σωληνώσεων της παρούσας υποδομής. Επίσης να μπορούν να προστεθούν κόμβοι οποιουδήποτε επιπέδου μεταξύ υπάρχοντων κόμβων.

- Να επιτρέπει με φυσικό τρόπο το μερισμό της και την κοστολόγηση των μερών που ενοικιάζονται ή εκχωρούνται μακροχρόνια ανάλογα με το διαχειριστικό σχήμα που θα προκύψει.
- Να έχει μειωμένο κόστος διαχείρισης και αποκατάστασης βλαβών

Με την εφαρμογή του MAN στο Δήμο Σπάρτης θα ενισχυθεί σημαντικά η υποδομή για την ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας στην περιφέρεια με την δυνατότητα παροχής υπηρεσιών στους πολίτες, τα παρακάτω:

- Ταχύτερο και φθηνότερο Internet (ευρυζωνικό Internet).
- Ηλεκτρονικές συναλλαγές με τις Δημοσιές Υπηρεσίες , πολύ γρήγορα και με την ασφάλεια των δεδομένων από το σπίτι ή το γραφείο.
- Ηλεκτρονικές οικονομικές συναλλαγές από το σπίτι με τράπεζες και δημοσιές υπηρεσίες.
- Εργασία εξ' αποστάσεως, μέσω μεθόδων Τηλε-εργασίας από πολίτες απομακρυσμένων περιοχών.
- Ενημέρωση και ψυχαγωγία.
- Δυνατότητα τηλεφωνικής συνομιλίας σε συνδυασμό με εικόνα με πρακτικά μηδενικό κόστος τόσο μειαξύ των διασυνδεομένων δημοσίων φορέων όσο και για τους πολίτες , χάρη στην ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας.

Η δράση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για την Περιφέρεια, καθώς συμβάλλει στη συγκρότηση του ενεργού πληθυσμού σε απομακρυσμένες περιοχές, αφού δίνεται η δυνατότητα στους πολίτες να συναλλάσσονται ηλεκτρονικά με το κέντρο για την διεκπεραίωση των υποθέσεων τους. Παράλληλα αυξάνονται σημαντικά οι ευκαιρίες για επιχειρηματική δραστηριότητα με δυνατότητα διείσδυσης σε νέες αγορές μέσω INTERNET.

Ακόμη, με την εγκατάσταση μητροπολιτικού ευρυζωνικού δικτύου οπτικών ινών (MAN) στον Δήμος Σπάρτης εκτός από την παροχή υπηρεσιών στους πολίτες ένα δεύτερο θέμα που αξίζει προσοχή είναι ότι η υλοποίηση μιας τέτοιας μελέτης και μάλιστα σε συνεργασία με ένα

δημόσιο οργανισμό, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί υπό όρους και τηρώντας τα σχετικά πρότυπα διαλειτουργικότητας και πιστοποίησης. Σ' αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφέρουμε κάποιους παράγοντες εγκατάστασης που προέκυψαν από τη μελέτη για την μελλοντική επιτυχία του έργου.

- Οι υποδομές δημιουργήθηκαν ώστε να επιτρέπεται η πληθώρα εναλλακτικών μελλοντικών εφαρμογών και υπηρεσιών στο τομέα των τηλεπικοινωνιών και δε βασίστηκαν σε σημερινές εφαρμογές ή υπηρεσίες.
- Λόγω του υπολογίσιμου κόστους του έργου, δόθηκε ιδιαίτερη σημασία για τη πρόβλεψη της βαθμιαίας επέκτασης των υποδομών για την υποστήριξη περισσότερων χρηστών με το ελάχιστο δυνατό κόστος.
- Επιπλέον, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στην εξυπηρέτηση των τελικών χρηστών. Αυτό έγινε με τη χρήση ενός κιβωτίου εξωτερικού χώρου που μπορεί να φιλοξενήσει ένα μεταγωγέα διάταξης εισόδου και στεγανοποίησης των καλωδίων οπτικών ινών και χαλκού για το πάροχο και το χρήστη αντίστοιχα, UPS, μπαταρίας και μηχανισμού ασφάλειας για περιορισμό της πρόσβασης. Αυτός ο εξοπλισμός συμβάλει στον περιορισμό διαδικαστικών προβλημάτων που θα προκαλούσε η ανάγκη συντήρησης και επιδιόρθωσης βλαβών σε μη εργάσιμες ώρες.
- Τέλος, για την παροχή ποιοτικών ευρυζωνικών υπηρεσιών, δεν επαρκεί απλώς η χρήση τεχνικών LAN εντός του MAN. Απαιτείται, επιπλέον, αυξημένη διαθεσιμότητα, δυνατότητα διαφοροποίησης των χαρακτηριστικών ποιότητας ανάλογα με την εφαρμογή ή το συνδρομητή καθώς και διαχειριστικά εργαλεία. Γι' αυτό χρησιμοποιείται η Ποιότητα υπηρεσίας (QoS) που ικανοποιεί τις παραπάνω απαιτήσεις.

Ολοκληρώνοντας, θα πρέπει να αναφέρουμε τους παράγοντες για την προώθηση της ευρυζωνικότητας και κάποιες προτάσεις, για την ανάπτυξη της. Η προώθηση της ευρυζωνικότητας εξαρτάται από δύο βασικούς παράγοντες: την αύξηση της ζήτησης και την αύξηση της προσφοράς.

Οι κοινές κατευθύνσεις για την αύξηση της ζήτησης είναι: η πληροφόρηση του κοινού, η προώθηση της μέσω της δημιουργίας ευρυζωνικών εφαρμογών και περιεχομένου, η οικοδόμηση περιβάλλοντος που ενθαρρύνει την καινοτομία της ευρυζωνικότητας και η δημιουργία μιας ανταγωνιστικής δομής αγοράς που κρατά τις τιμές χαμηλά. **Οι κοινές κατευθύνσεις για την αύξηση της προσφοράς είναι:** η διασφάλιση/ύπαρξη μιας ανταγωνιστικής δομής αγοράς, η ύπαρξη κυβερνητικών προγραμμάτων που εστιάζουν στην ευρυζωνικότητα και η εφαρμογή καινοτόμων ιδεών για την επέκταση των δικτύων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω συμπεράσματα για την προώθηση της ευρυζωνικότητας η πολιτεία θα μπορούσε να προσφέρει τα παρακάτω:

- Ενθάρρυνση εκ μέρους των ρυθμιστικών αρχών της επένδυσης σε υποδομές και της ενίσχυσης του ανταγωνισμού (π.χ. αδειοποίηση τοπικού βρόχου, κατανομή συχνοτήτων, άνοιγμα αχρησιμοποίητων οπτικών ινών σε ιδιωτική χρήση, κ.λπ.).
- Παροχή κινήτρων (ασφάλιση, δάνεια, ευνοϊκή φορολογική μεταχείριση, άλλες οικονομικές ενισχύσεις) για την κατασκευή νέων ευρυζωνικών υποδομών.
- Οικονομική ενίσχυση προγραμμάτων έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης.
- Επιχορήγηση πολιτών με χαμηλό εισόδημα για την αγορά προσωπικών υπολογιστών.
- Προσφορά φορολογικών απαλλαγών στους εργοδότες που προσφέρουν ηλεκτρονικούς υπολογιστές και ευρυζωνικές συνδέσεις στους εργαζόμενούς τους.
- Προώθηση της «ψηφιακής» εκπαίδευσης, σύνδεση όλων των σχολείων με το διαδίκτυο.

- Υποστήριξη της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, της ηλεκτρονικής εκπαίδευσης, του ηλεκτρονικού εμπορίου, των ηλεκτρονικών υπηρεσιών υγείας και άλλων τύπων υπηρεσιών όπου χρησιμοποιούνται οι ευρυζωνικές τεχνολογίες.
- Υποστήριξη της τοπικής αυτοδιοίκησης για την ανάπτυξη ευρυζωνικών υπηρεσιών.
- Εκπαίδευση πληθυσμού σε θέματα πληροφορικής (σχολεία πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, νοικοκυρές, στρατός, ΑμΕΑ).
- Επανεκπαίδευση βιομηχανικών εργατών για την γεφύρωση του ψηφιακού χάσματος και την ανάπτυξη καλά καταρτισμένου εργατικού δυναμικού.
- Παροχή φορολογικών ελαφρύνσεων και επιχορηγήσεων σε εταιρείες υψηλής τεχνολογίας.
- Παροχή εκπτώσεων 30-50% στις χρεώσεις τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών σε άτομα με χαμηλό εισόδημα και σε ΑμεΑ.
- Επέκταση της ευρυζωνικότητας στις αγροτικές περιοχές.
- Δημιουργία ασύρματων δικτύων IP σε μεγάλες περιοχές στις οποίες δεν υπάρχει πρόσβαση σε ευρυζωνικές υποδομές.
- Υποστήριξη μη κερδοσκοπικών οργανισμών απομακρυσμένων περιοχών μέσω της χρηματοδότησης για την κατάρτιση επιχειρηματικού σχεδίου για την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών.
- Προώθηση πρωτοβουλιών ανάπτυξης περιεχομένου και σχετικών ρυθμίσεων (π.χ. πνευματικά δικαιώματα).
- Εξασφάλιση ότι οι καταναλωτές διαθέτουν την απαραίτητη γνώση και εμπιστοσύνη για τη χρησιμοποίηση των ΤΠΕ στον τομέα του ηλεκτρονικού εμπορίου, δημιουργία ασφαλούς online περιβάλλοντος.
- Ενδυνάμωση της παρουσίας της χώρας στις εξελίξεις που λαμβάνουν χώρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση.
- Προώθηση της προσφοράς φτηνών λύσεων πρόσβασης στο διαδίκτυο με ταυτόχρονη προσφορά υπηρεσιών υψηλής ποιότητας.
- Δυνατότητα ελεύθερης επιλογής εναλλακτικών τεχνολογιών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.Metzler, A. (September 2001.). The New Age MAN-The Architectures and Services. England.
- 2.Rastricoli, G. (*Techguide*. Διαθέσιμο σε: <http://www.techguide.com> (Ανακτήθηκε 11 Ιανουαρίου, 2012).σελ20-22
- 3.Rosner, M. (3 Ιανουαρίου 2000). Distributed Queue Dual Bus, smds. *Mrosner5*. Διαθέσιμοσε:<http://www.ece.wpi.edu/courses/ee535/hwk4cd97/mrosner/mrosner.html>(Ανακτήθηκε 9 Φεβρουαρίου 2012).σελ.40-42
- 4.Salzman, M. (2009). Application Requirements and Proposed Layer Architecture. England.σελ. 45-51
- 5.Varadharajan, S. & Debashis, S. (2011). Recent Advances in Broadband Integrated Network Operations and Services Management (Premier Reference Source). Germany.σελ 16-19
- 6.Gi Lee, B. & Woo, J. (2011). Integrated Broadband Networks: TCP/IP, ATM, SDH/SONET and WDM/Optics. New York. Σελ.24-39
- 7.Stallings, W. (2008). The Internet Protocol Journal. America.σελ68-72
- 8.Foundrynet. Διαθέσιμο σε: www.foundrynet.com (Ανακτήθηκε 19 Οκτωβρίου, 2012).
- 9.Αλεξόπουλος, Α. & Λαγογιάννης, Γ. (1991). Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών. Ελλάδα: ΡΟΗ Ε.Π.Ε.
- 10.Σβερώνης, Ι. (Φεβρουάριος 2011). Η οπτική ίνα ως μέσο μετάδοσης της πληροφορίας και η χρησιμοποίηση της στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα.. Διδακτορική διατριβή. Λάρισα.σελ.53-57
- 11.Σούτλης, Κ. (Μάιος 2010). Ποιότητα Υπηρεσιών και Ασφάλεια σε Ασύρματα Δίκτυα 4ης Γενίας. Διδακτορική διατριβή. Θεσσαλονίκη.σελ31-38
- 12.Φετοκάκης, Σ. (Αύγουστος 2006). Ευρυζωνικά δίκτυα, υποδομές και υπηρεσίες-Παρόν και Μέλλον. Διδακτορική διατριβή. Αθήνα.σελ114.118

13. Μπούζη, Δ. (Οκτώβριος 2008). *Μελέτη εξυπηρέτησης εσωτερικού χώρου από ασύρματες υπηρεσίες ευρυζωνικού Internet(WiFi). Ανάπτυξη και σχεδιασμός με τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού. Διδακτορική διατριβή. Αθήνα.σελ 60-68*

14. Δήμος Σπάρτης. (2005). Επιχειρησιακό πρόγραμμα <<Κοινωνία της Πληροφορίας>>. Τεύχος Προκήρυξης Ανοικτού Διεθνούς Διαγωνισμού Για την προμήθεια και εγκατάσταση Ευρυζωνικού Διοκτύου Οπτικών Ινών στον Δήμο Σπάρτης. Αθήνα. σελ74-113