

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

Πτυχιακή Εργασία
"Carrier Ethernet - Metro Ethernet και εφαρμογές"

ΕΛΕΝΗ ΓΚΑΤΣΟΥ, Α.Μ.:i196
Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Σπυριδούλα Μαργαρίτη

ΙΩΑΝΝΙΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2019

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	4
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	6
Κεφάλαιο 2: Ethernet.....	10
2.1 Εισαγωγή Ethernet.....	10
2.1.1 Ιστορική αναδρομή.....	12
2.1.2 Τι είναι το Ethernet;.....	12
2.2 Καλωδίωση Ethernet.....	15
2.2.1 Τύποι καλωδίων.....	15
2.2.2 Σύνδεσμοι καλωδίων Ethernet.....	17
2.2.3 Άλλοι παράγοντες για τα καλώδια Ethernet.....	18
2.3 Πλεονεκτήματα Ethernet.....	19
2.4 Μειονεκτήματα Ethernet.....	20
2.5 Μοντέλο OSI.....	21
2.5.1 Εισαγωγικά Στοιχεία.....	21
2.5.2 Επίπεδα μοντέλου OSI.....	23
2.5.3 Μοντέλο OSI και Ethernet.....	29
Κεφάλαιο 3: Carrier Ethernet.....	31
3.1 Αρχιτεκτονική του Carrier Ethernet.....	33

3.2 Χαρακτηριστικά του Carrier Ethernet.....	36
3.2.1 Τυποποιημένες Υπηρεσίες.....	37
3.2.2 Κλιμακωσιμότητα.....	41
3.2.3 Αξιοπιστία.....	41
3.2.4 Ποιότητα Υπηρεσιών.....	42
3.2.5 Διαχείριση Υπηρεσιών.....	43
3.3 Χρήσεις του Carrier Ethernet.....	44
3.4 Πλεονεκτήματα του Carrier Ethernet.....	45
Κεφάλαιο 4: Metro Ethernet.....	46
4.1 Τι είναι το Metro Ethernet.....	46
4.2 Υπηρεσίες του Metro Ethernet.....	48
4.3 Πλεονεκτήματα Metro Ethernet.....	54
Κεφάλαιο 5: Εφαρμογές Carrier Ethernet και Metro Ethernet.....	56
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα.....	61
Βιβλιογραφία.....	64

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας καθιστά ολοένα και πιο επιτακτική την ανάγκη για άμεση, γρήγορη και χωρίς προβλήματα επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών και άλλων συσκευών και κρατά αμείωτο το ενδιαφέρον για δημιουργία δικτύων σε τοπικό αλλά και σε ευρύτερο επίπεδο. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, η πιο ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία που χρησιμοποιείται κυρίως σε δίκτυα ζώνης (Wide Area Networks, WANs) αλλά και σε δίκτυα κορμού είναι το Ethernet. Το Carrier Grade Ethernet (ή Carrier Ethernet) διακρίνεται από το απλό LAN Ethernet, καθώς έχει κάποιες επιπλέον ιδιότητες, όπως της κλιμακωσιμότητας, της αξιοπιστίας και της ποιότητας υπηρεσίας. Το Metro Ethernet χρησιμοποιείται κυρίως για τη διασύνδεση των χρηστών σε ένα ευρύτερο δίκτυο υπηρεσιών ή στο Internet και πολλές φορές χρησιμοποιείται από επιχειρήσεις για να συνδεθούν τα γραφεία μεταξύ τους.

Λέξεις κλειδιά: Carrier Ethernet, Metro Ethernet, E - Line, E - LAN, E- Tree

ABSTRACTION

The rapid growth of technology makes the need for immediate, fast and communication without problems between computers and other devices increasingly imperative and keeps interest in networking at local and wider levels. Over the last few decades, the most widespread technology used mainly in Wide Area Networks (WANs) and in backbone networks is Ethernet. Carrier Grade Ethernet (or Carrier Ethernet) is distinguished from simple Ethernet LAN, as it has some additional features such as scalability, reliability and service quality. Metro Ethernet is primarily used to connect users to a wider network of services or to the Internet and is often used by businesses to connect offices to each other.

Key words: Carrier Ethernet, Metro Ethernet, E - Line, E - LAN, E- Tree

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αδιαμφισβήτητα ο 20ος αιώνας χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση και την τεράστια ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Στις μέρες μας υπάρχουν πλέον εκατομμύρια υπολογιστές σε ολόκληρο τον κόσμο παρόλο που δεν έχουν περάσει πολλά χρόνια από τη δημιουργία του πρώτου υπολογιστή (1951). Η περίοδος που διανύουμε είναι αυτήν των υπολογιστών εγγεγραμμένου προγράμματος ενώ οι προηγούμενες περιόδους ήταν αυτές των μηχανικών κατασκευών και των αυτόματων υπολογιστικών μηχανών. Η βιομηχανία των υπολογιστών, έτσι όπως έχει διαμορφωθεί στις μέρες μας, μπορεί πλέον να συναγωνιστεί αυτήν των αυτοκινήτων.

Ομολογουμένως ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής έχει άπειρες δυνατότητες. Μία από τις σημαντικότερες, όμως, που αποτέλεσε επανάσταση στον χώρο της τεχνολογίας, είναι αυτή του διαδικτύου. Το διαδίκτυο αναπτύχθηκε και εξελίχθηκε με ταχύτατους ρυθμούς μέσα σε λίγα χρόνια κατέχοντας κυρίαρχη θέση στην καθημερινότητα εκατομμυρίων ανθρώπων σε όλο τον κόσμο. Το διαδίκτυο είναι ένα δίκτυο αποτελούμενο από δίκτυα υπολογιστών. Είναι ένα πλέγμα από εκατομμύρια διασυνδεδεμένους υπολογιστές που εκτείνεται σχεδόν σε κάθε γωνιά του πλανήτη και

παρέχει τις υπηρεσίες του σε εκατομμύρια χρήστες και προσφέρει στον άνθρωπο κάτι που επεδίωκε από τα πολύ παλιά χρόνια, την επικοινωνία μέσω κωδικοποιημένων μηνυμάτων.

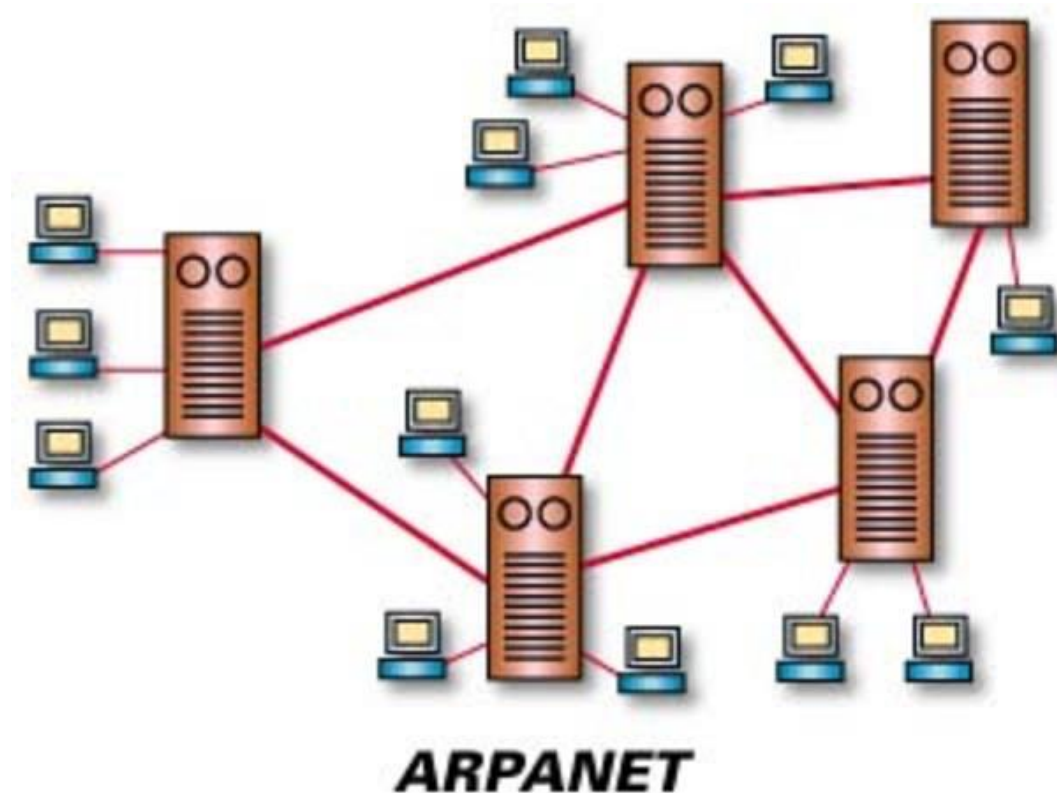
Η επικοινωνία των υπολογιστών επιτυγχάνεται με την ανταλλαγή μηνυμάτων ειδικής φόρμας ακολουθώντας κάποιους ειδικούς κανόνες που ονομάζονται πρωτόκολλα ώστε να μπορούν να διαβαστούν από όλους τους υπολογιστές που διαθέτουν τις αντίστοιχες προβλέψεις υπό μορφή υλικού και λογισμικού. η απλούστερη μορφή δικτύου λαμβάνει χώρα όταν οι υπολογιστές συνδέονται ανά δύο απευθείας με μία τηλεπικοινωνιακή ζεύξη σημείου προς σημείο. Η περίπτωση αυτή, όμως, δεν είναι γενικεύσιμη εκτός από κάποιες περιπτώσεις που είναι πολύ απλές και αυτό γιατί οι υπολογιστές μπορεί να βρίσκονται πολύ μακριά ο ένας από τον άλλον και να μην δικαιολογείται το κόστος της απευθείας σύνδεσης. Αν, δηλαδή, ακολουθήσουμε αυτήν την λογική θα πρέπει να ξεκινά από κάθε συσκευή ένα τέτοιο πλήθος ζεύξεων ίσων με όλα τα πιθανά σημεία ανταπόκρισης. Για να γίνει κατανοητό το τελευταίο, αρκεί να σκεφτούμε την περίπτωση της τηλεφωνίας, όπου για να μπορεί να συνδεθεί το τηλέφωνό μας με οποιαδήποτε άλλη τηλεφωνική συσκευή που υπάρχει στη Γη θα έπρεπε να ξεκινάνε από το σπίτι μας εκατομμύρια γραμμές αλλά θα χρειαζόνταν αμέτρητες ώρες για να βρεθεί η γραμμή του κάθε ανταποκριτή. Το πρόβλημα αυτό λύθηκε με τα δίκτυα.

Το 1964 η RAND πρότεινε μία στρατηγική που βασιζόταν στη διαίρεση του μηνύματος σε datagrams ή σε πακέτα όπου κάθε πακέτο έχει τη διεύθυνση του δικού του προορισμού. Κάθε πακέτο θα ταξιδεύει ανεξάρτητα από άλλα πακέτα και στον τελικό προορισμό όλα τα πακέτα θα συναρμολογηθούν με τη σωστή σειρά για να ανακτηθεί το αρχικό μήνυμα. Σε αυτήν τη στρατηγική αλλαγής πακέτων, όπως ονομάστηκε από τον Davies, στηρίχθηκε η ARPA για την έκδοση ενός δικτύου μεταγωγής πακέτων, το ARPANET. Στόχος ήταν η δημιουργία ενός διαδικτύου που θα εξασφάλιζε την επικοινωνία μεταξύ απομακρυσμένων δικτύων έστω και αν κάποια από τα ενδιάμεσα συστήματα βρίσκονταν προσωρινά εκτός λειτουργίας.

Το ARPANET σχεδιάστηκε αρχικά για στρατιωτικούς λόγους αλλά στη συνέχεια πάρθηκε η απόφαση πως η τεχνολογία που είχε το συγκεκριμένο δίκτυο ήταν ικανή να παράγει νέες μορφές επικοινωνίας για ανταλλαγή δεδομένων και ιδεών. Στα τέλη του 1969 το ARPANET είχε καταφέρει να συνδέσει τέσσερα πανεπιστήμια: το Stanford, το πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια Santa Barbara, της Γιούτα και της Καλιφόρνια Los Angeles.

Η ταχύτητα του δικτύου έφτασε τα 50kbps και έτσι επιτεύχθηκε η πρώτη dial up σύνδεση μέσω γραμμών τηλεφώνου. Μέχρι το 1972 οι υπολογιστές που ήταν συνδεδεμένοι στο ARPANET είχαν φτάσει τους 23, ενώ οχτώ χρόνια μετά τη δημιουργία του ο αριθμός των συνδεδεμένων υπολογιστών είχε φτάσει στο 200, πολλοί από τους οποίους ήταν εγκατεστημένοι στην Ευρώπη. Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε τη μορφή που είχε το δίκτυο ARPANET. Το 1974 δόθηκε στο δίκτυο η ονομασία Internet και την ίδια χρονιά αρχίζει να χάνει τη στρατιωτική του

ιδιότητα και το 1989 οι υπολογιστές που ήταν συνδεδεμένοι στο δίκτυο είχαν φτάσει τους 100.000.



Εικόνα 1: Δίκτυο ARPANET

Παρόλο που το ARPANET απέδειξε τη βιωσιμότητα της μεταγωγής πακέτων σε μεγάλες αποστάσεις, ήταν ένα ιδιωτικό δίκτυο που δημιουργήθηκε για να αποδείξει την έννοια της μεταγωγής πακέτων και για να εξυπηρετήσει έναν πολύ περιορισμένο αριθμό χρηστών. Η ολοένα και αυξανόμενη, όμως, χρήση των υπολογιστών είχε ως άμεση συνέπεια να δημιουργηθεί η ανάγκη για σύνδεση των υπολογιστών μεταξύ τους κυρίως σε οργανισμούς όπου διέθεταν μεγάλο αριθμό τερματικών. Η έμφαση σε αυτό δόθηκε στη σύνδεση τους σε ένα κτήριο ή σε μία πανεπιστημιούπολη σε κοντινή απόσταση και αυτό διότι η αύξηση της χρήσης των υπολογιστών περιοριζόταν σε μεγάλους οργανισμούς και επιχειρήσεις που διέθεταν ηλεκτρονικούς υπολογιστές μόνο σε τοπικό περιβάλλον.

Η ανάγκη αυτής της σύνδεσης είχε ως αποτέλεσμα να αναπτυχθεί, το 1976 από τους Robert Metcalfe και David Boggs, το πρωτόκολλο Ethernet για σύνδεση υπολογιστών που βρίσκονταν σε κοντινή απόσταση. Για τα δίκτυα αυτά επικράτησε η ονομασία LAN (Local Area Network). Το Ethernet χρειάστηκε περίπου 25 χρόνια για να αναπτυχθεί ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες σύνδεσης υπολογιστών που βρίσκονταν σε μεγαλύτερες αποστάσεις [1].

Με την πάροδο των χρόνων το Ethernet απέκτησε μεγάλη δημοτικότητα λόγω της απλότητας των πρωτοκόλλων του, της στενής του σχέσης με το TCP/IP μοντέλο αναφοράς και της προσαρμοστικότητάς του στις νέες τεχνολογίες, τις βασισμένες στο πρωτόκολλο IP. Αυτά τα στοιχεία έχουν κάνει το Ethernet να επικρατήσει, ακόμα και αν δεν υπερέχει τεχνικά ή σε ταχύτητα.

Στον χώρο των carrier υπηρεσιών, δηλαδή των υπηρεσιών μεταφοράς πληροφοριών που εξυπηρετούν ένα ευρύ φάσμα πελατών μέσω μιας κοινής πλατφόρμας, οι πάροχοι μητροπολιτικών (MAN) και ευρείας περιοχής (WAN) δικτύων αντιμετωπίζουν τρεις βασικές ανάγκες:

- να παρέχουν στους πελάτες υπηρεσίες Ethernet
- να χρησιμοποιούν τη χωρητικότητα και τα οικονομικά πλεονεκτήματα των τεχνολογιών Ethernet στα δίκτυά τους
- να αντικαταστήσουν τις μη-Ethernet τεχνολογίες με αντίστοιχες ανταγωνιστικές Ethernet, που παρέχουν επαρκή χωρητικότητα για αποθήκευση, δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας και βίντεο υψηλής ευκρίνειας και εγγυώνται τα απαραίτητα χαρακτηριστικά για την υποστήριξη των υπηρεσιών αυτών.

Στα παραδοσιακά carrier δίκτυα, η προσφερόμενη υπηρεσία είναι πολύ στενά συνδεδεμένη με την αντίστοιχη υποδομή. Το Ethernet φαίνεται να προσφέρει μία παγκόσμια βάση πάνω στην οποία μπορεί να οικοδομηθεί μία υποδομή μεταφορών, καθώς προσφέρει όλο και περισσότερες τυποποιημένες υπηρεσίες, πάνω στις οποίες αναπτύσσονται νέες τεχνολογίες. Έτσι, το Ethernet γίνεται πολυπλοκότερο για να μεταμορφώσει αυτό που κάποτε ήταν μία ασυνδεδασμένη τεχνολογία μεταφοράς, σε μία πιο ντετερμινιστική συνδεοστραφή, το επονομαζόμενο Carrier Grade Ethernet. Η αλλαγή αυτήν του Ethernet από μία απλή, σε μία πιο εύρωστη, κλιμακώσιμη και αξιόπιστη τεχνολογία μεταφοράς δεδομένων, επιτυγχάνεται μέσω μιας σειράς προτύπων που επεκτείνουν τις δυνατότητές της. Τα περισσότερα από τα πρότυπα του Ethernet εμπίπτουν στο IEEE, αν και επιπλέον πρότυπα μπορούν να καλύψουν ειδικές απαιτήσεις πέρα από τις αρμοδιότητες του IEEE. Τέτοια παραδείγματα προτύπων είναι το IETF (Internet Engineering Task Force) που αφορά πρωτόκολλα διαχείρισης βασισμένα στην τεχνολογία IP και πρωτόκολλα που αφορούν επίπεδα υψηλότερα του επιπέδου 2 του μοντέλου OSI. Επίσης, η διαμόρφωση του Carrier Ethernet εξαρτάται από την ITU (International Telecommunications Union) και το MEF (Metro Ethernet Forum) το οποίο είναι ένας συνδυασμός τεχνικού forum μαζί με μάρκετινγκ για την προώθηση της υιοθέτησης του Metro Ethernet, δηλαδή ενός δικτύου Ethernet που παρέχει υπηρεσίες διασύνδεσης από σημείο σε σημείο ή σε πολλά σημεία σε ένα μητροπολιτικό δίκτυο.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται, στο Κεφάλαιο 1 για το προς διαπραγμάτευση θέμα μέσα από μία ιστορική αναδρομή στον χώρο των δικτύων αλλά και μέσα από τον ορισμό σχετικών με τον τομέα των δικτύων εννοιών. Το Κεφάλαιο 2 αναφέρεται στην τεχνολογία Ethernet καθώς και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της. Παράλληλα, αναφέρονται τα διάφορα οφέλη αλλά και τα προβλήματα της εν λόγω τεχνολογίας. Στο Κεφάλαιο 3, γίνεται μία εκτενής αναφορά στο Carrier Grade Ethernet, στα πρωτόκολλα που ορίζει το IEEE για την υποστήριξή του σε δίκτυα κορμού, στα χαρακτηριστικά του Carrier Ethernet αλλά και στις χρήσεις του. Το Κεφάλαιο 4 αφορά το Metro Ethernet, ποιος είναι ο τρόπος λειτουργίας του, ποια είναι τα χαρακτηριστικά του αλλά και οι υπηρεσίες που προσφέρει καθώς και τα πλεονεκτήματά του. Τέλος, στο Κεφάλαιο 5, παρουσιάζονται γενικά οι εφαρμογές του Carrier και του Metro Ethernet.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ETHERNET

2.1

Εισαγωγή Ethernet

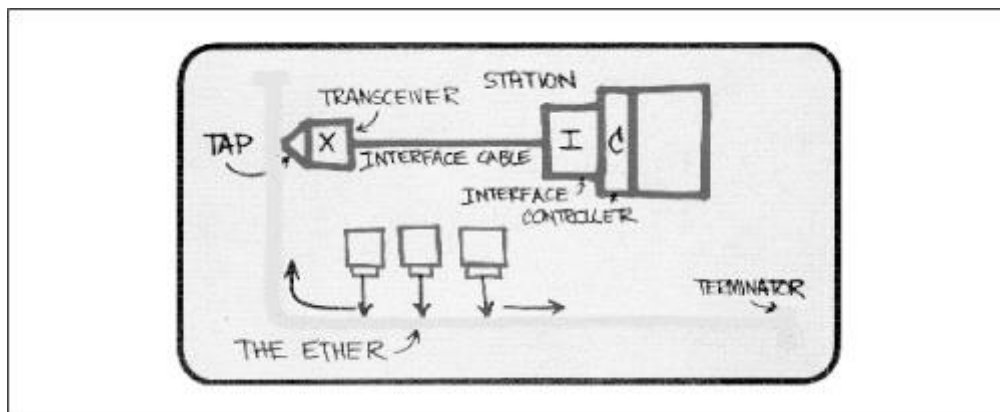
2.1.1 Ιστορική αναδρομή

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή το Ethernet αναπτύχθηκε από τους Robert Metcalfe και David Boggs, στο κέντρο Xerox Palo Alto Research Center (PARC) το 1972. Στο συγκεκριμένο κέντρο το Ethernet δημιουργήθηκε προκειμένου να συνδεθούν οι προσωπικοί σταθμοί εργασίας με διασύνδεση γραφικών με τον χρήστη που είχαν δημιουργήσει οι εργαζόμενοι με τους εκτυπωτές λέιζερ.

Το δίκτυο που δημιουργήθηκε, αρχικά ονομάστηκε Alto Aloha Network και το 1973 μετονομάστηκε σε Ethernet προκειμένου ο δημιουργός του να καταστήσει σαφές ότι σε αυτό το δίκτυο μπορούσε να συνδεθεί οποιοσδήποτε τύπος συσκευής. Ο όρος "ether" υποδεικνύει τον τρόπο μεταφοράς των bit στο δίκτυο με τον ίδιο τρόπο που οι επιστήμονες πίστευαν ότι μεταδίδονταν τα κύματα στο διάστημα μέσω του αιθέρα [2].

Η συγκεκριμένη δημιουργία αποτέλεσε επανάσταση για την εποχή, καθώς από τις αρχές της δεκαετίας του 70, ο χώρος της πληροφορικής χαρακτηριζόταν από μεγάλους και πολύ ακριβούς υπολογιστές τους οποίους λίγοι είχαν τη δυνατότητα να τους αγοράσουν και ακόμα πιο λίγοι ήξεραν πώς να τους χρησιμοποιήσουν.

Το 1976 έγινε η πρώτη δημοσίευση για το Ethernet και ο δημιουργός του, ο Metcalfe, δημιούργησε το παρακάτω διάγραμμα για να το παρουσιάσει τον Ιούνιο της ίδιας χρονιάς στο Εθνικό Συνέδριο Υπολογιστών.



Εικόνα 2: Σχέδιο του αρχικού συστήματος Ethernet[3]

Τον Ιούλιο του 1976 ο Robert Metcalfe και ο David Boggs δημοσίευσαν την εργασία τους: "Ethernet: κατανεμημένο πακέτο μεταγωγής για τοπικά δίκτυα υπολογιστών" στην Ένωση Υπολογιστικών Μηχανημάτων και έναν περίπου χρόνο

αργότερα έλαβαν μαζί με τους Charles P. Thacker και Butler W. Lampson αριθμό ευρεσιτεχνίας για το Ethernet ως ένα "σύστημα πολλαπλών σημείων επικοινωνίας με ανίχνευση σύγκρουσης".

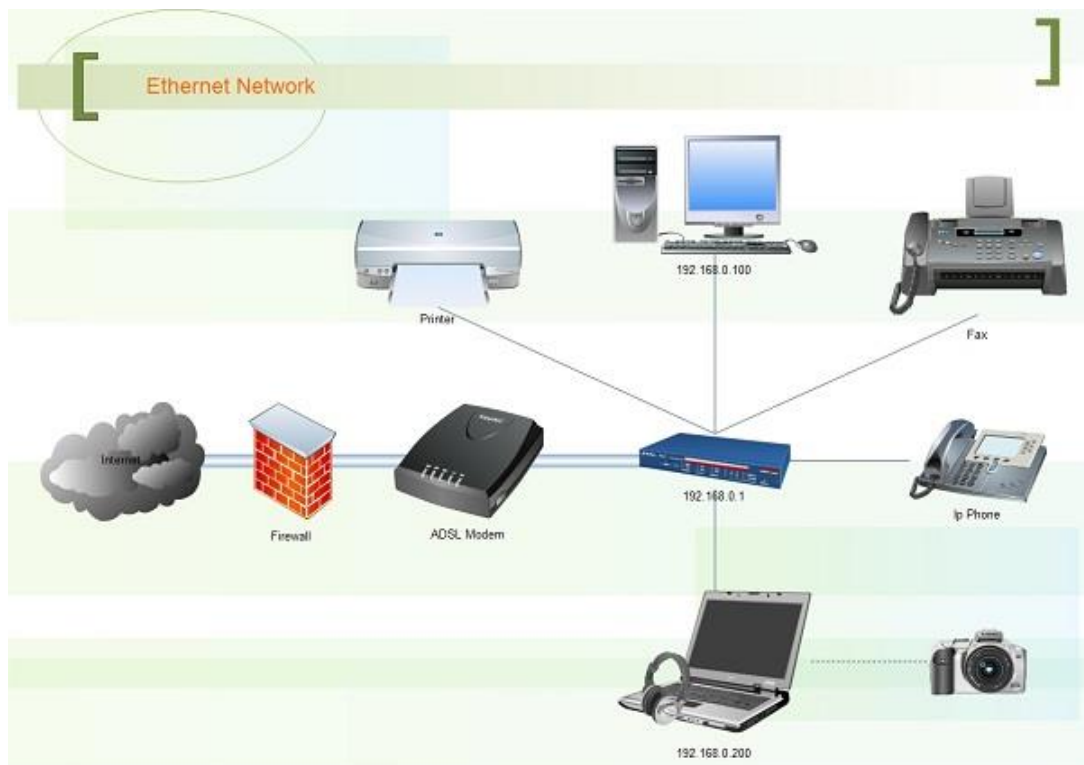
Το αρχικό πρότυπο Ethernet των 10Mbps δημοσιεύθηκε για πρώτη φορά το 1980 από την κοινοπραξία των εταιριών DEC-Intel-Xerox και πήρε το όνομά του από το αρχικό γράμμα της κάθε εταιρίας, DIX. Το πρότυπο αυτό περιελάμβανε τις προδιαγραφές για τη λειτουργία του Ethernet καθώς και τις προδιαγραφές για ένα σύστημα μεμονωμένων μέσων που βασίζεται σε παχύ ομοαξονικό καλώδιο. Όπως ισχύει για τα περισσότερα πρότυπα, το πρότυπο DIX αναθεωρήθηκε για να συμπεριληφθούν κάποιες τεχνικές αλλαγές, κάποιες διορθώσεις και κάποιες μικρές βελτιώσεις. Η τελευταία αναθεώρηση αυτού του προτύπου ήταν η DIX V2.0.

Την ίδια περίοδο δημιουργήθηκε από το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronic Engineers - IEEE) ένα νέο πρότυπο, το IEEE. Το πρότυπο αυτό που δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά το 1985 με την ονομασία IEEE 802.3 Carrier Sense Multiple with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications, δεν περιλαμβάνει στον τίτλο του το όνομα Ethernet καθώς οι επιτροπές προτύπων είναι αρκετά ευαίσθητες όσον αφορά τη χρήση εμπορικών ονομάτων που ενδέχεται αν συνεπάγονται την έγκριση μιας συγκεκριμένης εταιρίας. Ως αποτέλεσμα, η τεχνολογία αυτή καλείται CSMA/CD ή απλώς 802.3 παρόλο που οι περισσότεροι εξακολουθούν αν χρησιμοποιούν το όνομα Ethernet όταν θέλουν αν αναφερθούν σε αυτήν [2].

Το Ethernet γνώρισε μεγάλη αποδοχή από ακαδημαϊκά και ορισμένα εταιρικά δίκτυα διότι ήταν οικονομικό και επέτρεπε την εκτέλεση ελεύθερα διαθέσιμων πρωτοκόλλων όπως το IP (Internet Protocol). Ωστόσο, μία άλλη εταιρία η IBM προσπαθούσε να επιβάλλει στον κόσμο την υιοθέτηση του δικού της πρωτοκόλλου, του Token Ring. Πριν την εμφάνιση της μεταγωγής, η αντιμετώπιση προβλημάτων στο Ethernet είχε περισσότερες δυσκολίες απ'ότι στο Token Ring. Επίσης, παρόλο που το Ethernet ήταν φθηνότερο στην υλοποίηση του, οι μεγαλύτερες εταιρίες προτιμούσαν το Token Ring εξαιτίας της σχέσης τους με την IBM και της δυνατότητας που παρείχε το συγκεκριμένο πρωτόκολλο να αντιμετωπίζουν καλύτερα τα προβλήματα. Επιπλέον, στο Token Ring, που διέθετε πιο εξελιγμένα εργαλεία, συνήθως ήταν αρκετά εμφανές σε ποιο σημείο υπήρχε κάποιο πρόβλημα με αποτέλεσμα να μπορεί να λυθεί εύκολα και γρήγορα [2].

Σε αυτόν τον στίβο των τοπικών δικτύων επικράτησε, τελικά, μετά από δέκα περίπου χρόνια το Ethernet. Παρόλο που έχουν εμφανιστεί και εξακολουθούν αν εμφανίζονται νέες τεχνολογίες, όπως το AppleTalk, το Novell IPX, το Ethernet αποτελεί την κυρίαρχη τεχνολογία για τοπική συνδεσιμότητα υψηλών ταχυτήτων. Στο δίκτυο Ethernet οι συσκευές συνδέονται με τη βοήθεια καλωδίου οπτικών ινών που συνδέει τις συσκευές σε απόσταση 10χλμ. Για αυτό, πρέπει να εγκατασταθεί μια κάρτα διασύνδεσης δικτύου υπολογιστή (NIC) σε κάθε

υπολογιστή. Μια μοναδική διεύθυνση δίνεται σε κάθε συνδεδεμένο υπολογιστή. Έτσι, για την κοινή χρήση δεδομένων και πόρων, όπως εκτυπωτές, υπολογιστές και άλλα μηχανήματα, χρησιμοποιείται η δικτύωση Ethernet καθώς καθιερώνει ένα σύστημα επικοινωνίας (εικόνα 3).



Εικόνα 3: Σύνδεση συσκευών στο δίκτυο Ethernet

2.1.2 Τι είναι το Ethernet;

Το Ethernet είναι μία οικογένεια τεχνολογιών δικτύωσης που χρησιμοποιούνται συνήθως σε τοπικά δίκτυα (LAN), μητροπολιτικά δίκτυα (MAN) και δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN) [4]. Τα συστήματα που επικοινωνούν μέσω Ethernet διαιρούν μία ροή δεδομένων σε μικρότερα κομμάτια που ονομάζονται πλαίσια. Κάθε πλαίσιο περιέχει διευθύνσεις προέλευσης και προορισμού καθώς και δεδομένα ελέγχου σφαλμάτων, έτσι ώστε να μπορούν να ανιχνευθούν και να απορριφθούν τα κατεστραμμένα πλαίσια. Στην περίπτωση αυτήν, πρωτόκολλα υψηλότερου στρώματος ενεργοποιούν την αναμετάδοση των χαμένων πλαισίων [5].

Ο μέγιστος ρυθμός δεδομένων της αρχικής τεχνολογίας Ethernet είναι 10 megabits ανά δευτερόλεπτο (10 Mbps), η τεχνολογία Ethernet δεύτερης γενιάς έχει ταχύτητα 100Mbps ενώ η τελευταία έκδοση που ονομάζεται Gigabit Ethernet λειτουργεί στα 1000Mbps. Το δίκτυο Ethernet μπορεί να διακριθεί στους παρακάτω τρεις τύπους:

-

Fast Ethernet

Αυτός ο τύπος Ethernet μπορεί να μεταφέρει δεδομένα με ταχύτητα 100Mbps. Το Fast Ethernet χρησιμοποιεί για την πραγματοποίηση της επικοινωνίας καλώδιο περιστρεφόμενου ζεύγους ή οπτικό καλώδιο. Υπάρχουν τρεις τύποι Fast Ethernet:

- 100BASE-TX
- 100BASE-FX
- 100BASE-T4
- ***Gigabit Ethernet***

Αυτός ο τύπος Ethernet μπορεί να μεταφέρει δεδομένα με ταχύτητα 1000Mbps. Το Gigabit Ethernet χρησιμοποιεί για την πραγματοποίηση της επικοινωνίας, επίσης, καλώδιο περιστρεφόμενου ζεύγους ή οπτικό καλώδιο.

Σήμερα, το Gigabit Ethernet είναι πολύ δημοφιλές. Η τελευταία έκδοση του Gigabit Ethernet είναι η 10 Gigabit Ethernet που μπορεί να μεταφέρει δεδομένα με ταχύτητα 10Gbps. Το Gigabit Ethernet αναπτύχθηκε ώστε να μπορέσει να καλύψει ορισμένες ανάγκες του χρήστη όπως γρηγορότερο δίκτυο επικοινωνιών, ταχύτερη μεταφορά δεδομένων κλπ.

- ***Switch Ethernet***

Το Switch Ethernet περιλαμβάνει την προσθήκη διακοπών έτσι ώστε κάθε σταθμός εργασίας να έχει τη δική του ειδική σύνδεση 10Mbps αντί να μοιράζεται το μέσο το οποίο μπορεί να βελτιώσει τη διακίνηση στο δίκτυο και έχει το πλεονέκτημα απέναντι σε ανταγωνιστικές τεχνολογίες μεταγωγής όπως είναι η ασύγχρονη λειτουργία μεταφοράς που χρησιμοποιεί τα ίδια πρωτόκολλα χαμηλού επιπέδου, φθηνές καλωδιώσεις και κάρτες διασύνδεσης δικτύου όπως το συνηθισμένο Ethernet.

Όταν χρησιμοποιούμε έναν διακόπτη σε ένα δίκτυο, τότε χρησιμοποιούμε ένα κανονικό καλώδιο δικτύου αντί για ένα καλώδιο crossover. Το καλώδιο crossover αποτελείται από ένα ζεύγος μετάδοσης στο ένα άκρο και ένα ζεύγος λήψης στο άλλο άκρο.

Η κύρια δουλειά του μεταγωγέα σε ένα δίκτυο είναι να μεταφέρει τα δεδομένα από μια συσκευή σε μια άλλη συσκευή στο ίδιο δίκτυο χωρίς να επηρεάζει τις άλλες συσκευές.

Αυτός ο τύπος Ethernet χρησιμοποιεί τοπολογία αστέρα.

2.2

Καλωδίωση Ethernet

-

Τύποι καλωδίων

Οποιοσδήποτε έχει συνδέσει τον υπολογιστή του σε μία ευρυζωνική σύνδεση, όπως το DSL, έχει χρησιμοποιήσει ένα καλώδιο Ethernet. Τα καλώδια Ethernet είναι τα συνηθισμένα καλώδια που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη σύνδεση ενός μόντεμ σε δρομολογητή ή σε τοπικό δίκτυο και, επίσης, για τη σύνδεση δρομολογητή σε μια κάρτα διασύνδεσης δικτύου ενός υπολογιστή. Μερικοί φορητοί υπολογιστές χρησιμοποιούν προσαρμογείς ή μετατροπείς USB για σύνδεση σε ασύρματο δίκτυο αλλά τα καλώδια Ethernet χρησιμοποιούνται περισσότερο σε σταθερούς υπολογιστές. Αυτά τα παχιά, εύκαμπτα καλώδια είναι σχεδόν πρακτικά αδιάκριτα στο μη εκπαιδευμένο μάτι, αλλά δεν είναι όλα τα καλώδια Ethernet τα ίδια.

Όπως τα συνηθισμένα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις που περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, έτσι και τα καλώδια Ethernet έχουν πολλές διαφορετικές κατηγορίες, όπως την Κατηγορία 3, την Κατηγορία 5, την Κατηγορία 5e, την Κατηγορία 6, την Κατηγορία 6a και την Κατηγορία 7. Κάθε κατηγορία έχει διαφορετικές προδιαγραφές όσον αφορά τη θωράκιση από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, την ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων και το πιθανό εύρος συχνότητας που απαιτείται για να επιτευχθεί αυτή η ταχύτητα. Μερικές φορές αποδεικνύεται δύσκολη η επιλογή του κατάλληλου καλωδίου με δεδομένη την ποικιλία των διαθέσιμων επιλογών. Η κατηγορία του καλωδίου είναι σαφώς τυπωμένη στο περίβλημά του έτσι ώστε αν μην υπάρχει καμία αμφιβολία για το καλώδιο που χρησιμοποιείται. Στη συνέχεια ακολουθούν τα κύρια χαρακτηριστικά κάθε τύπου καλωδίου Ethernet.

-

Κατηγορία 3

Το καλώδιο Ethernet κατηγορίας 3, γνωστό και ως Cat 3, είναι μία από τις παλιότερες μορφές καλωδίου Ethernet που χρησιμοποιείται σήμερα. Πρόκειται για ένα καλώδιο UTP(Unshielded Twisted Pair) που μπορεί να μεταφέρει 10 megabit ανά δευτερόλεπτο (10 Mbps) δεδομένων ή φωνητικών μεταδόσεων. Το

μέγιστο δυνατό εύρος ζώνης του είναι 16 MHz. Το συγκεκριμένο καλώδιο έφτασε στο αποκορύφωμα της δημοτικότητάς του στις αρχές της δεκαετίας του 1990 καθώς τότε ήταν το βιομηχανικό πρότυπο για δίκτυα υπολογιστών. Η χρήση του καλωδίου Cat 3 μειώθηκε αισθητά με την εμφάνιση του ταχύτερου καλωδίου κατηγορίας 5 και πλέον χρησιμοποιείται σε τηλεφωνικά συστήματα δύο γραμμών και σε παλιότερες εγκαταστάσεις Ethernet 10BASE-T [6].

○

Κατηγορία 5

Το καλώδιο Ethernet κατηγορίας 5 (Cat 5) είναι ο διάδοχος της προηγούμενης κατηγορίας 3. Όπως και το Cat 3, είναι ένα καλώδιο UTP αλλά είναι σε θέση να μεταφέρει δεδομένα σε υψηλότερη ταχύτητα. Τα καλώδια κατηγορίας 5 εισήγαγαν την ταχύτητα 10/100Mbps στο Ethernet, πράγμα που σημαίνει ότι μπορούν να υποστηρίξουν αυτές τις ταχύτητες. Η ταχύτητα 100Mbps είναι επίσης γνωστή και ως Fast Ethernet και τα καλώδια κατηγορίας 5 ήταν τα πρώτα με αυτήν τη δυνατότητα. Τα συγκεκριμένα καλώδια μπορούν επιπλέον να χρησιμοποιηθούν για τηλεφωνικά σήματα και βίντεο. Αντικαταστάθηκαν από τα καλώδια κατηγορίας 5e [6].

○

Κατηγορία 5e

Τα καλώδια κατηγορίας 5e αποτελούν μία βελτιωμένη έκδοση των καλωδίων Cat 5 όσον αφορά τη μείωση των παρεμβολών ή την ανεπιθύμητη μετάδοση σημάτων μεταξύ των καναλιών δεδομένων. Αυτή η κατηγορία καλωδίων λειτουργεί για ταχύτητες 10/100 Mbps και 1000Mbps και αποτελεί την πιο διαδεδομένη κατηγορία καλωδίων Ethernet που κυκλοφορεί στην αγορά. Ενώ η κατηγορία Cat 5 είναι πολύ κοινή σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις, η κατηγορία Cat 5e την έχει αντικαταστήσει εντελώς σε νέες εγκαταστάσεις. Ενώ και οι δύο αυτές κατηγορίες περιέχουν τέσσερα περιστρεφόμενα ζεύγη καλωδίων, η κατηγορία Cat 5 χρησιμοποιεί μόνο δύο από αυτά τα ζεύγη για το Fast Ethernet ενώ η κατηγορία Cat 5e χρησιμοποιεί και τα τέσσερα; ζεύγη επιτρέποντας ταχύτητες 1000Mbps. Στην κατηγορία αυτήν, το εύρος ζώνης επίσης αυξάνεται με τα καλώδια Cat 5e να μπορούν να υποστηρίξουν ένα μέγιστο εύρος ζώνης 100MHz. Τα καλώδια κατηγορίας Cat 5e είναι συμβατά με τα αντίστοιχα της κατηγορίας Cat 5 και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιαδήποτε σύγχρονη εγκατάσταση [6].

○

Κατηγορία 6

Μία από τις μεγαλύτερες διαφορές ανάμεσα στα καλώδια Cat 5e και στα καλώδια της κατηγορίας 6 είναι η απόδοση της μετάδοσης. Ενώ τα καλώδια Cat

5e μπορούν να χειριστούν ταχύτητες Gigabit Ethernet, τα καλώδια της κατηγορίας 6 είναι πιστοποιημένα για να διαχειρίζονται το Gigabit Ethernet με εύρος ζώνης έως 250MHz. Τα καλώδια Cat 6 έχουν αρκετές βελτιώσεις συμπεριλαμβανομένων της καλύτερης μόνωσης και των λεπτότερων καλωδίων που παρέχουν μεγαλύτερο λόγο σήματος προς θόρυβο και είναι καλύτερα προσαρμοσμένα σε περιβάλλοντα όπου μπορεί να υπάρχουν υψηλότερες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Ωστόσο, για τις περισσότερες εφαρμογές, το καλώδιο Cat 5e είναι κατάλληλο για Gigabit Ethernet και είναι πολύ φθηνότερο από το καλώδιο Cat 6 [6].

○

Κατηγορία 6a

Το καλώδιο κατηγορίας 6a ή το ενισχυμένο καλώδιο κατηγορίας 6 βελτιώνει το βασικό καλώδιο Cat 6, επιτρέποντας ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων 10.000 Mbps και διπλασιάζοντας αποτελεσματικά το μέγιστο εύρος ζώνης στα 500 MHz. Τα καλώδια της κατηγορίας 6a είναι συνήθως διαθέσιμα σε μορφή STP και ως εκ τούτου πρέπει να διαθέτουν εξειδικευμένους συνδετήρες που γειώνουν το καλώδιο [6].

○

Κατηγορία 7

Το καλώδιο της κατηγορίας 7, γνωστό και ως Class F, είναι ένα πλήρως θωρακισμένο καλώδιο που υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 10 Gbps (10.000 Mbps) και εύρος ζώνης μέχρι 600 MHz. Τα στρώματα μόνωσης και θωράκισης που περιέχονται μέσα σε αυτά τα καλώδια είναι ακόμη πιο εκτεταμένα από αυτά των καλωδίων Cat 6. Λόγω αυτής της θωράκισης, είναι παχύτερα, πιο ογκώδη και δυσκολότερο να λυγίσουν. Επιπλέον, κάθε στρώμα θωράκισης πρέπει να είναι γειωμένο καθώς σε διαφορετική περίπτωση η απόδοση μπορεί να μειωθεί στο σημείο που δεν θα υπάρξει βελτίωση σε σχέση με την κατηγορία Cat 6 και η απόδοση μπορεί να είναι χειρότερη από την Cat 5 [6].

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τους πιο συνηθισμένους τύπους καλωδίων Ethernet συμπεριλαμβανομένων των μέγιστων ταχυτήτων μετάδοσης δεδομένων και των μέγιστων ευρών ζώνης [6].

	Τύπος	Μέγιστη	Μέγιστο εύρος
--	--------------	----------------	----------------------

	καλωδίου	ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων	ζώνης
Κατηγορία 3	UTP	10 Mbps	16 MHz
Κατηγορία 5	UTP	10 / 100Mbps	100 MHz
Κατηγορία 5e	UTP	1000 Mbps	100 MHz
Κατηγορία 6	UTP ή STP	1000 Mbps	250 MHz
Κατηγορία 6a	STP	10.000 Mbps	500 MHz
Κατηγορία 7	SSTP	10.000 Mbps	600 MHz

- Σύνδεσμοι καλωδίων**

Ethernet

Οι άκρες των καλωδίων Ethernet που συνδέονται σε έναν δρομολογητή ή σε κάποια άλλη συσκευή δικτύου είναι γνωστές με πολλά ονόματα αλλά συνήθως αναφέρονται απλά ως βύσματα. Τα καλώδια Ethernet μικρότερου μήκους πωλούνται με τις υποδοχές ήδη εγκατεστημένες αλλά για εγκαταστάσεις που απαιτούν μεγαλύτερα μήκη στις οποίες τα καλώδια πωλούνται σε μεγάλες ποσότητες οι υποδοχές πρέπει να εγκατασταθούν στα άκρα.

Ο πιο συνηθισμένος τύπος βύσματος για εγκαταστάσεις Ethernet είναι γνωστός ως "RJ-45". Το επίσημο του όνομα είναι 8P8C αλλά σπάνια χρησιμοποιείται με αυτόν τον όρο σε αντίθεση με το όνομα RJ-45 το οποίο έχει επικρατήσει από την εποχή που ήταν όρος της τηλεφωνίας. Τα καλώδια των κατηγοριών 3 έως και 6 χρησιμοποιούν το βύσμα RJ-45 αλλά η κατηγορία 7 χρησιμοποιεί μία εξειδικευμένη έκδοση αυτού του βύσματος που ονομάζεται GigaGate45 (GG45) που επιτρέπει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων [7].

Σε κάθε περίπτωση, οι προδιαγραφές του καλωδίου, όπως η κατηγορία του, ανεξάρτητα από το εάν είναι θωρακισμένο ή όχι, και αν πρέπει ή όχι να γειωθεί, πρέπει να ταιριάζουν με τις προδιαγραφές του συνδετήρα.

- Άλλοι παράγοντες για τα καλώδια Ethernet**

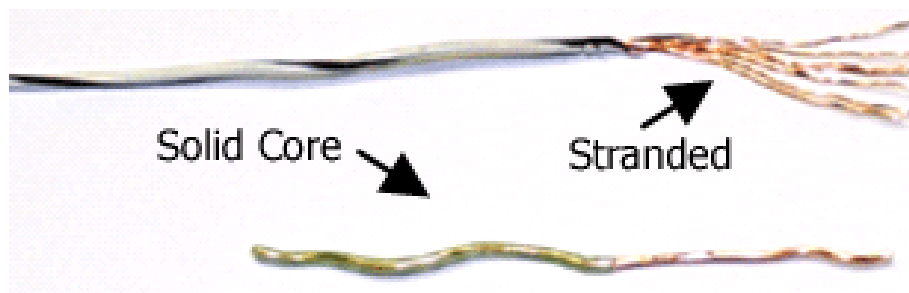
Υπάρχουν μερικοί σημαντικοί παράγοντες που ισχύουν για όλα τα καλώδια Ethernet. Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων και το εύρος ζώνης μειώνονται με την αύξηση του μήκους του καλωδίου, οπότε όσο μικρότερο είναι το μήκος τόσο το καλύτερο. Για δίκτυα που έχουν μέγιστες ταχύτητες 10, 100 ή 1000 Mbps το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος καλωδίου είναι 100 μέτρα καθώς σε μεγαλύτερο το μήκος το σήμα θα αρχίσει να φθίνει. Για τα καλώδια της

κατηγορίας 6a που έχουν ταχύτητες 10Gbps, το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος είναι 55 μέτρα.

Υπάρχουν και κάποιοι άλλοι όροι που αφορούν τις καλωδιώσεις οι οποίοι μπορεί να περιπλέξουν την αγορά των κατάλληλων καλωδίων. Ορισμένα καλώδια αναφέρονται ως καλώδια patch, ενώ άλλα καλούνται καλώδια crossover. παρόλο που τα καλώδια patch και crossover φαίνονται τα ίδια, λειτουργούν διαφορετικά. Ένα καλώδιο patch είναι ένα καλώδιο που έχει και στα δύο άκρα του τον ίδιο τύπο βύσματος. Τα βύσματα που υπάρχουν στα άκρα ενός καλωδίου patch μπορεί να χρησιμοποιούν πρότυπα T568A ή T568B, αλλά πρέπει να είναι τα ίδια και στα δύο άκρα. Ένα καλώδιο crossover, από την άλλη μεριά, στο ένα άκρο του έχει ένα βύσμα T568A και στο άλλο άκρο του υπάρχει ένα βύσμα T568B. τα καλώδια patch χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση συσκευών που είναι διαφορετικές μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα μία switch και ένας υπολογιστής. Τα καλώδια crossover χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση παρόμοιων συσκευών, όπως για παράδειγμα δύο switch μεταξύ τους.

Μία ακόμη σημαντική διάκριση στα καλώδια Ethernet είναι αν περιέχουν στερεούς αγωγούς ή αγωγούς που περιέχουν πολλά λεπτά χάλκινα σύρματα μικρής διατομής, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.

Τα καλώδια στερεών αγωγών έχουν μόνο ένα συμπαγές σύρμα ανά αγωγό, ενώ τα καλώδια με αγωγούς που περιέχουν σύρματα, έχουν αρκετές δέσμες σύρματος, συνήθως επτά, τυλιγμένη η μία γύρω από την άλλη για τον σχηματισμό ενός μόνο αγωγού. Κάθε τύπος έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.



Εικόνα 4: Καλώδιο στερεού αγωγού και αγωγού με λεπτά χάλκινα σύρματα [8]

2.3

Πλεονεκτήματα Ethernet

Η τεχνολογία Ethernet είναι η παραδοσιακή κυρίαρχη δύναμη στην ενσύρματη δικτύωση μιας και αποτελεί ένα από τα πλέον οικονομικά μέσα δικτύωσης. Το κόστος εγκατάστασης και η συντήρησή τους παραμένει εξαιρετικά χαμηλό ενώ είναι και υπερβολικά εύκολο ως προς την εγκατάσταση και τη χρήση. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της ενσύρματης δικτύωσης Ethernet αποτελεί η μεγάλη

ταχύτητα που προσφέρει και ιδιαίτερα η πολύ καλή απόδοση κάτω από μέτριες συνθήκες φόρτου δικτύου. Για το οικιακό δίκτυο οι κάρτες Ethernet των 10Mbps αρκούν, εκτός και αν προβλέπεται η συχνή μεταφορά μεγάλων αρχείων ή στο δίκτυο συμμετέχουν αρκετοί υπολογιστές, οπότε σε αυτές τις περιπτώσεις η χρήση καρτών 10 / 100 Mbps ή 1000Mbps προσφέρει την κατάλληλη λύση.

Επιπλέον, τα σχεδιαστικά τους πρότυπα είναι κατάλληλα για τη δικτύωση μιας οικείας αφού το επιτρεπόμενο όριο των συνδεδεμένων κόμβων είναι 1.024. Συνήθως, ο αριθμός των κόμβων που απαιτείται είναι σημαντικά μικρότερος ενώ το μήκος τους είναι πολύ μικρότερο από το επιτρεπόμενο με αποτέλεσμα το δίκτυο Ethernet να λειτουργεί αποτελεσματικά και με αξιοπιστία.

Συνεπώς, μπορούμε να πούμε ότι η τεχνολογία Ethernet παραμένει στο προσκήνιο εδώ και πολλά χρόνια για τους εξής κυρίως λόγους: [9]

- Έχει πολύ καλή απόδοση κάτω από μέτριες συνθήκες φόρτου δικτύου
- Συνήθως χρησιμοποιείται πιο συντηρητικά από ότι επιτρέπουν τα σχεδιαστικά πρότυπα, διότι κατά κανόνα στο δίκτυο συνδέονται κάτω από 200 κόμβοι, που είναι προφανώς πολύ λιγότεροι από το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο των 1.024 κόμβων.

Επιπλέον, συχνά το μήκος είναι μικρότερο από το επιτρεπόμενο για τους εξής λόγους:

- Οι κόμβοι συνήθως παρέχουν end - to - end μηχανισμούς ελέγχου ροής, οπότε και είναι σπάνιο ένας κόμβος να ρίχνει συνέχεια πλαίσια στο δίκτυο.
- Είναι εύκολα στη διαχείριση και τη συντήρησή τους
- Το κόστος τους είναι χαμηλό.

2.4

Μειονεκτήματα Ethernet

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της τεχνολογίας Ethernet είναι η απαραίτητη καλωδίωση μεταξύ των υπολογιστών και των διάφορων συσκευών. Αν, για παράδειγμα, σε ένα σπίτι οι υπολογιστές βρίσκονται σε διαφορετικά δωμάτια, τότε για να συνδεθούν θα πρέπει να εγκατασταθούν καλώδια από τον έναν στον άλλον, περνώντας αναγκαστικά μέσα από τρύπες στους τοίχους.

Επίσης, υπάρχουν φυσικοί περιορισμοί στα δίκτυα Ethernet που συμβάλλουν σημαντικά και στην μείωση της τελικής απόδοσης του προτύπου. Το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος καλωδίου για το πρότυπο 802.3 είναι τα 500 μέτρα. Για την επιτυχημένη επέκταση του δικτύου σε μεγαλύτερες αποστάσεις, χρησιμοποιούνται πολλά καλώδια συνδεδεμένα μεταξύ τους με επαναλήπτες (receivers) που όμως αυξάνουν την πολυπλοκότητα και το κόστος. Ακόμα και έτσι όμως υπάρχουν πάντα σημαντικοί φυσικοί περιορισμοί όπως ότι η απόσταση μεταξύ δύο πομποδεκτών δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 2,5 χιλιόμετρα ενώ μεταξύ τους δεν μπορούν να παρεμβάλλονται περισσότεροι από τέσσερις επαναλήπτες.

Ένα ακόμη μειονέκτημα είναι ότι η πιθανοκρατική συμπεριφορά της μεθόδου που ελέγχει την πρόσβαση στο μέσο μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα αφού ένας σταθμός μπορεί να περιμένει αδικαιολόγητα μεγάλο χρονικό διάστημα για να στείλει ένα πλαίσιο. Επίσης, το γεγονός ότι τα πλαίσια, δεν έχουν προτεραιότητες, έχει ως αποτέλεσμα η εν λόγω τεχνολογία να είναι ακατάλληλη για συστήματα πραγματικού χρόνου (real time), στα οποία τα σημαντικά πλαίσια δεν περιμένουν για να σταλούν τα ασήμαντα.

Συνοψίζοντας, τα κυριότερα μειονεκτήματα της τεχνολογίας Ethernet είναι τα ακόλουθα:

- Απαραίτητη καλωδίωση όλων των συσκευών
- Μείωση της απόδοσης λόγω των περιορισμών

- μέτρα Το μέγιστο μήκος είναι 500
- καλωδιώσεων αυξάνεται η πολυπλοκότητα αλλά και το κόστος Λόγω των πολλών
- σημαντικών πλαισίων Πιθανή καθυστέρηση των

2.5

Μοντέλο OSI

2.5.1 Εισαγωγικά Στοιχεία

Το μοντέλο OSI είναι μια ιεραρχική δομή επτά επιπέδων που καθορίζει τις προδιαγραφές επικοινωνίας μεταξύ δύο υπολογιστών, ορίζοντας επακριβώς τον σκοπό κάθε επιπέδου αλλά και τα χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα, και τυποποιήθηκε ως πρότυπο ISO 7498-1. Θεωρήθηκε ότι θα επέτρεπε τη λειτουργική συνεργασία μεταξύ ποικίλων ψηφιακών συσκευών που ήταν διαθέσιμες στην αγορά. Το μοντέλο επιτρέπει σε όλα τα στοιχεία ενός δικτύου να συλλειτουργούν, με κάθε στοιχείο να υλοποιεί ένα ή περισσότερα πρωτόκολλα δικτύωσης, ανεξάρτητα από το ποιος είναι ο κατασκευαστής τους. Περί τα τέλη της δεκαετίας του 1980 ο ISO συνιστούσε την εφαρμογή του μοντέλου OSI ως κοινώς αποδεκτού υποδείγματος σχεδιασμού δικτύων [10].

Το μοντέλο OSI υποδιαιρεί τις λειτουργίες ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου σε μια «κατακόρυφη» στοίβα από επίπεδα, για το καθένα από τα οποία μπορεί να οριστεί

κάποιο πρωτόκολλο σε μία συγκεκριμένη υλοποίηση. Κάθε επίπεδο αξιοποιεί τις λειτουργίες του κατώτερου του στη στοίβα επιπέδου, ενώ στόχος του είναι να παρέχει λειτουργικότητα στο αμέσως ανώτερο επίπεδό του. Μία συγκεκριμένη υλοποίηση του μοντέλου, με καθορισμένα πρωτόκολλα για κάθε επίπεδο, ονομάζεται στοίβα πρωτοκόλλων ή απλά στοίβα. Το κάθε πρωτόκολλο υλοποιείται είτε σε υλικό είτε σε λογισμικό. Συνήθως τα κατώτερα επίπεδα υλοποιούνται στο υλικό ενώ τα ανώτερα σε λογισμικό [10].

Το βασικό χαρακτηριστικό του είναι η διασύνδεση μεταξύ των επιπέδων, η οποία υπαγορεύει τις προδιαγραφές της αλληλεπίδρασής τους. Αυτό σημαίνει ότι ένα επίπεδο υλοποιημένο με κάποιο συγκεκριμένο πρωτόκολλο μπορεί να συνεργαστεί με το γειτονικό του στη στοίβα επίπεδο, το οποίο υλοποιείται με κάποιο άλλο πρωτόκολλο, υπό την προϋπόθεση ότι οι προδιαγραφές του καθενός έχουν δημοσιευθεί και έχουν γίνει αντιληπτές σωστά. Αυτές οι προδιαγραφές είναι τυπικά γνωστές ως RFC (Requests For Comments) και αποτελούν πρότυπα του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης ISO [10].

Συνήθως τα επίπεδα είναι αυστηρά διαχωρισμένα μεταξύ τους: αξιοποιούν τις υπηρεσίες του κατώτερου επιπέδου τους και προσφέρουν υπηρεσίες στο ανώτερό τους, αλλά το καθένα δεν παρεμβαίνει στις λειτουργίες του άλλου· πιθανόν να μη γνωρίζει καν γι' αυτές. Αυτός ο λογικός διαχωρισμός των επιπέδων διευκολύνει πολύ τη μελέτη της συμπεριφοράς των πρωτοκόλλων και επιτρέπει τη σχεδίαση πολύπλοκων και αξιόπιστων στοιβών πρωτοκόλλων. Ορισμένες φορές όμως αυτή η αρχή ανεξαρτησίας των επιπέδων παραβιάζεται, για λόγους βελτιστοποίησης της απόδοσης ή αύξησης της λειτουργικότητας, με πρωτόκολλα διαφορετικών επιπέδων να συγχωνεύονται ή να παρεμβαίνουν το ένα στη λειτουργία του άλλου [10].

Τα επίπεδα στα οποία χωρίζεται το μοντέλο OSI περιγράφονται στον ακόλουθο πίνακα:

	Μονάδα Δεδομένων	Επίπεδο	Λειτουργία
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ	Εφαρμογών	Παρέχεται στις εφαρμογές πρόσβαση στο δίκτυο
		Παρουσίασης	Αναπαράσταση δεδομένων και κρυπτογράφηση
		Συνόδου	Έλεγχος του διαλόγου μεταξύ των άκρων της επικοινωνίας
	ΤΜΗΜΑ	Μεταφοράς	Αξιόπιστη επικοινωνία από άκρο σε άκρο
ΥΛΙΚΟ	ΠΑΚΕΤΟ	Δικτύου	Καθορισμός διαδρόμων και λογικών διευθύνσεων των κόμβων στα πλαίσια ενός διαδικτύου
	ΠΛΑΙΣΙΟ	Ζεύξης Δεδομένων	Φυσική διευθυνσιοδότηση (MAC και LLC)
	BIT	Φυσικό	Δυναμική μετάδοση σήματος μέσω του φυσικού μέσου

2.5.2 Επίπεδα μοντέλου OSI

- *Επίπεδο 7 - Επίπεδο Εφαρμογών*

Το επίπεδο εφαρμογών είναι ένα buffer μεταξύ του περιβάλλοντος του χρήστη (αυτό που ο χρήστης χρησιμοποιεί για την εκτέλεση της εργασίας) και της εφαρμογής δικτύου. Η εφαρμογή δικτύου μπορεί να αποτελεί μέρος της εφαρμογής του χρήστη ή μιας διεπαφής προγραμματισμού εφαρμογών (API) που καλείται από την εφαρμογή του χρήστη.

Το επίπεδο εφαρμογών είναι υπεύθυνο για την εύρεση συνεργάτη επικοινωνίας στο δίκτυο. Μόλις βρεθεί κάποιος συνεργάτης, τότε είναι υπεύθυνος για την εξασφάλιση επαρκούς εύρους ζώνης δικτύου για την παράδοση των δεδομένων.

Αυτό το στρώμα μπορεί επίσης να είναι υπεύθυνο για το συγχρονισμό της επικοινωνίας και παρέχει έλεγχο σφαλμάτων μεταξύ των δύο εταιρών. Αυτό εξασφαλίζει ότι η εφαρμογή είτε στέλνει είτε λαμβάνει και ότι τα διαβιβαζόμενα δεδομένα είναι τα ίδια δεδομένα που ελήφθησαν.

Τυπικές εφαρμογές αυτού του επιπέδου περιλαμβάνουν μία εφαρμογή πελάτη / διακομιστή, μία εφαρμογή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και μία εφαρμογή για τη μεταφορά αρχείων χρησιμοποιώντας FTP ή HTTP [11].

- *Επίπεδο 6 - Επίπεδο Παρουσίασης*

Το στρώμα παρουσίασης είναι υπεύθυνο για την παρουσίαση δεδομένων στο επίπεδο εφαρμογών. Αυτή η παρουσίαση μπορεί να λάβει τη μορφή πολλών δομών.

Το επίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για το πως μια εφαρμογή θα διαμορφώσει τα δεδομένα τα οποία είναι να σταλούν στο δίκτυο. Βασικά, επιτρέπει στην εφαρμογή να διαβάσει και να κατανοήσει τα μηνύματα.

Για παράδειγμα, μπορεί να χρειαστεί η μετατροπή δεδομένων από ASCII σε EBCDIC ή ενδέχεται να είναι απαραίτητες διάφορες μορφές πολυμέσων όπως στο World Wide Web που αποτελεί μία καταπληκτική ανταλλαγή πληροφοριών που χρησιμοποιεί πολλούς τύπους πολυμέσων.

Γραφικά αρχεία όπως PICT, JPEG, TIFF και GIF και αρχεία βίντεο και ήχου, όπως το MPEG και το QuickTime της Apple, είναι παραδείγματα ευθυνών στο επίπεδο παρουσίασης [11]

- *Επίπεδο 5 - Επίπεδο Συνόδου*

Αυτή το επίπεδο αποφασίζει για τη μέθοδο επικοινωνίας: ημι-αμφίδρομη ή πλήρως αμφίδρομη. Η ημι-αμφίδρομη λειτουργία είναι η μέθοδος αποστολής δεδομένων μόνο όταν ολοκληρώσει τις λειτουργίες του ο άλλος υπολογιστής.

Το επίπεδο συνόδου ξεκινά μία επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών καθορίζοντας την αρχική σύνδεση μεταξύ τους. Αυτή η αρχική σύνδεση επιτρέπει στους επικοινωνούντες υπολογιστές να αποφασίσουν σχετικά με τη μέθοδο επικοινωνίας και το πρωτόκολλο που θα χρησιμοποιηθεί. Όταν αυτό αποφασιστεί μπορεί να γίνει μεταφορά δεδομένων μεταξύ τους. Μετά το πέρας της μεταφοράς δεδομένων, αποσυνδέονται.

Το επίπεδο συνόδου έχει συμπεριλάβει κάποιο έλεγχο λάθους. Για να διασφαλιστεί ότι τα δεδομένα έχουν μεταφερθεί σωστά, το επίπεδο συνόδου δημιουργεί ένα σημείο ελέγχου στη ροή δεδομένων. Αυτό το σημείο ελέγχου είναι ένα μέσο για τον υπολογιστή λήψης να αναγνωρίσει στον αποστολέα ότι έχουν ληφθεί τα δεδομένα. Εάν χάσετε δεδομένα, η επιβεβαίωση του σημείου ελέγχου πίσω στον αποστολέα θα έδειχνε αυτά τα δεδομένα λείπουν και ο αποστολέας θα αποφασίσει ποια δεδομένα χάθηκαν και θα τα ξαναστείλει.

Όταν ο αποστολέας και ο παραλήπτης διαπραγματεύονται τη χρήση σημείων ελέγχου στη ροή δεδομένων, αυτό ονομάζεται υπηρεσία προσανατολισμένη στις συνδέσεις. Χρησιμοποιούμε αυτή τη μέθοδο όταν απαιτείται αξιόπιστη παράδοση δεδομένων. Ωστόσο, υπάρχουν στιγμές που δεν χρειάζονται αξιόπιστα δεδομένα και έτσι για να μειωθεί το εύρος ζώνης του δικτύου, τα σημεία ελέγχου δεν χρησιμοποιούνται. Ο αποστολέας στέλνει τα δεδομένα μέσω του δικτύου και δεν περιμένει τυχόν παραδοχές από τον δέκτη. Είναι ευθύνη του στρώματος εφαρμογών να αποφασίσει αν λείπουν κάποια δεδομένα. Αν και λιγότερο αξιόπιστη, είναι μια πιο γρήγορη μέθοδος αποστολής δεδομένων.

Κάποια παραδείγματα του πρωτοκόλλου του επιπέδου συνόδου περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- SQL (δομημένη γλώσσα ερωτημάτων)
- RPC (κλήση απομακρυσμένης διαδικασίας)
- X Windows (γραφικό σύστημα για επικοινωνία με διακομιστές UNIX)
- NFS (σύστημα αρχείων δικτύου) [11]

- *Επίπεδο 4 - Επίπεδο μεταφοράς*

Το επίπεδο μεταφοράς υλοποιεί την απόφαση που πάρθηκε στο επίπεδο συνόδου σχετικά με τη μέθοδο επικοινωνίας που θα ακολουθηθεί. Αυτό το επίπεδο υλοποιεί τις λειτουργίες που είναι απαραίτητες για την αποστολή δεδομένων στον συνεργάτη επικοινωνίας. Αυτοί οι μηχανισμοί περιλαμβάνουν την πολυπλεξία δεδομένων από διαφορετικές εφαρμογές, τον καθορισμό της ακεραιότητας των δεδομένων και τη διαχείριση των εικονικών κυκλωμάτων.

Η πολυπλεξία είναι μέθοδος συνδυασμού δεδομένων από τα ανώτερα στρώματα και η αποστολή τους μέσω της ίδιας ροής δεδομένων. Αυτό επιτρέπει σε περισσότερες από μία εφαρμογές να επικοινωνούν ταυτόχρονα με τον συνεργάτη επικοινωνίας. Όταν τα δεδομένα φτάσουν στον απομακρυσμένο συνεργάτη, το επίπεδο μεταφοράς αποσυναρμολογεί το τμήμα και διαβιβάζει τα σωστά δεδομένα σε κάθε μία από τις εφαρμογές λήψης.

Τα εικονικά κυκλώματα είναι μέθοδοι δημιουργίας μιας διαδρομής επικοινωνίας με τον δέκτη. Αυτή η διαδρομή μπορεί φυσικά να αλλάζει ανάλογα με το δίκτυο, αλλά παραμένει ανοικτή μέσω ενός εικονικού συνδέσμου. Το επίπεδο μεταφοράς είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία, τη συντήρηση και την αποσύνδεση των εικονικών κυκλωμάτων.

Η ακεραιότητα των δεδομένων είναι απαραίτητη για τη μετάδοση δεδομένων σε ένα δίκτυο. Υπάρχουν τρεις μέθοδοι που το στρώμα μεταφοράς μπορεί να χρησιμοποιήσει για να εξασφαλίσει την ακεραιότητα: buffering, quench source και windowing. Αυτές οι τρεις μέθοδοι είναι εφαρμογές ελέγχου ροής [11]

- *Επίπεδο 3 - Επίπεδο δικτύου*

Το επίπεδο δικτύου μας επιτρέπει να στέλνουμε δεδομένα σε οποιονδήποτε υπολογιστή στον κόσμο, εφόσον υπάρχει μια φυσική σύνδεση δικτύου. Ωστόσο, δεδομένου ότι δεν μπορούμε να έχουμε ένα μόνο τμήμα, πρέπει να διαιρέσουμε αυτά τα τμήματα και ταυτόχρονα να τα διατηρήσουμε σε επικοινωνία. Η συσκευή που μας επιτρέπει να επιτύχουμε αυτό το αποτέλεσμα είναι ο δρομολογητής, που μερικές φορές αναφέρεται ως συσκευή επιπέδου 3.

Ένας δρομολογητής μπορεί να γνωρίζει περισσότερους από έναν τρόπο για να λάβει δεδομένα στον τελικό του προορισμό. Και πάλι, αυτή είναι η λειτουργία του επιπέδου δικτύου. Προκειμένου ο δρομολογητής να επιτύχει

σε αυτή την προσπάθεια, πρέπει να είναι σε θέση να προσδιορίσει το τμήμα προέλευσης και το τμήμα τελικού προορισμού. Αυτό γίνεται μέσω διευθύνσεων δικτύου, που ονομάζονται επίσης λογικές διευθύνσεις.

Μια διεύθυνση δικτύου αποτελείται από δύο μέρη, το τμήμα δικτύου και το τμήμα κεντρικού υπολογιστή. Για να συνδεθούν αυτά τα δύο μέρη μαζί, χρειάζεται να τοποθετηθεί ένα router. Οι δρομολογητές λειτουργούν μόνο με τη διεύθυνση δικτύου. Όταν ένας δρομολογητής λαμβάνει δεδομένα, εξετάζει τα δεδομένα του επιπέδου 3 για να καθορίσει τη διεύθυνση δικτύου προορισμού. Στη συνέχεια, αναζητά τη διεύθυνση σε έναν πίνακα που δείχνει ποια διαδρομή θα χρησιμοποιήσει για να βρει τα δεδομένα στον τελικό προορισμό. Τοποθετεί τα δεδομένα στη σωστή σύνδεση, δρομολογώντας έτσι το πακέτο από το ένα τμήμα στο άλλο. Τα δεδομένα μπορεί να χρειαστεί να ταξιδεύουν μέσω πολλών δρομολογητών πριν φτάσουν στον κεντρικό υπολογιστή προορισμού τους [11].

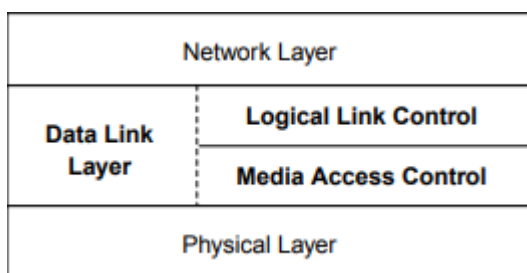
Ορισμένα παραδείγματα πρωτοκόλλων δικτύου είναι τα ακόλουθα:

- IP
- IPX
- RIP
- OSPF

• *Επίπεδο 2 - Επίπεδο ζεύξης δεδομένων*

Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων είναι αυτό που συνδέει τα πρωτόκολλα λογισμικού με τα πρωτόκολλα υλικού. Είναι υπεύθυνο για τη λήψη δεδομένων από τα ανώτερα στρώματα και για την απαιτούμενη μετατροπή τους σε κομμάτια για να σταλούν στο φυσικό καλώδιο και αντίστροφα.

Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων χωρίζεται σε δύο υποεπίπεδα, στο Logical Link Control (LLC) και στον έλεγχο πρόσβασης πολυμέσων (MAC). Το υποεπίπεδο MAC βρίσκεται πιο κοντά στο φυσικό επίπεδο, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5: Υποεπίπεδα του επιπέδου ζεύξης δεδομένων

Το υποεπίπεδο MAC ορίζει μια φυσική διεύθυνση, που ονομάζεται διεύθυνση MAC ή διεύθυνση υλικού, η οποία είναι μοναδική σε κάθε επιμέρους διεπαφή δικτύου. Αυτό επιτρέπει έναν τρόπο μοναδικής αναγνώρισης κάθε διεπαφής δικτύου σε ένα δίκτυο, ακόμα και αν οι

διεπαφές δικτύου βρίσκονται στον ίδιο υπολογιστή. Το πιο σημαντικό όμως είναι ότι η διεύθυνση MAC μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε δίκτυο που υποστηρίζει την επιλεγμένη διεπαφή δικτύου (π.χ. Ethernet ή Token Ring). Αυτό μας επιτρέπει να μεταφέρουμε έναν υπολογιστή από ένα δίκτυο που εκτελεί TCP / IP και να τον συνδέουμε σε άλλο δίκτυο με IPX / SPX αλλάζοντας μόνο το πρωτόκολλο στρώματος δικτύου. Η διεύθυνση δικτύου ή η λογική διεύθυνση είναι συγκεκριμένη για το πρωτόκολλο στρώματος δικτύου που χρησιμοποιείται. Αυτή η διεύθυνση μπορεί να είναι ένα μοναδικό σχήμα αρίθμησης, όπως στο TCP / IP, ή μπορεί να είναι ένα αντίγραφο της διεύθυνσης MAC, όπως στο IPX / SPX.

Το επίπεδο MAC στον υπολογιστή λήψης θα πάρει τα bits από το φυσικό επίπεδο και θα τα τοποθετήσει σε ένα πλαίσιο. Θα κάνει επίσης μια CRC (Cyclic Redundancy Check) για να διαπιστώσει αν υπάρχουν σφάλματα στο πλαίσιο. Θα ελέγξει τη διεύθυνση υλικού προορισμού για να καθορίσει εάν τα δεδομένα προορίζονται για αυτό, ή αν πρέπει να απορριφθούν ή να σταλούν στο επόμενο μηχάνημα. Αν τα δεδομένα προορίζονται για τον τρέχοντα υπολογιστή, θα τα μεταβιβάσει στο στρώμα LLC.

Το επίπεδο LLC είναι το buffer μεταξύ των πρωτοκόλλων λογισμικού και των πρωτοκόλλων υλικού. Είναι υπεύθυνο για τη λήψη των δεδομένων από το επίπεδο του δικτύου και την αποστολή τους στο επίπεδο MAC. Αυτό επιτρέπει στα πρωτόκολλα λογισμικού να εκτελούνται σε οποιοδήποτε τύπο αρχιτεκτονικής δικτύου, συμπεριλαμβανομένου του Ethernet και του Token Ring.

Όταν το υποεπίπεδο LLC λαμβάνει δεδομένα από το επίπεδο MAC, πρέπει να προσδιορίσει ποιο πρωτόκολλο λογισμικού στο επίπεδο δικτύου θα αποστείλει. Για να γίνει αυτό, το LLC περιλαμβάνει σημεία πρόσβασης υπηρεσίας (SAP) στην κεφαλίδα. Η προέλευση SAP (SSAP) προσδιορίζει το πρωτόκολλο αποστολής και ο προορισμός SAP (DSAP) προσδιορίζει το πρωτόκολλο λήψης. Όταν το LLC λαμβάνει το πλαίσιο από το υποεπίπεδο MAC, μπορεί στη συνέχεια να αφαιρέσει την κεφαλίδα και να εξετάσει το DSAP. Χρησιμοποιώντας αυτές τις πληροφορίες, το LLC μπορεί να διαβιβάσει τα δεδομένα στο σωστό πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου [11].

Ορισμένα παραδείγματα πρωτοκόλλων σύνδεσης δεδομένων είναι τα ακόλουθα:

- HDLC
- PPP
- 802.3 ΚΑΙ 802.2
- ISDN

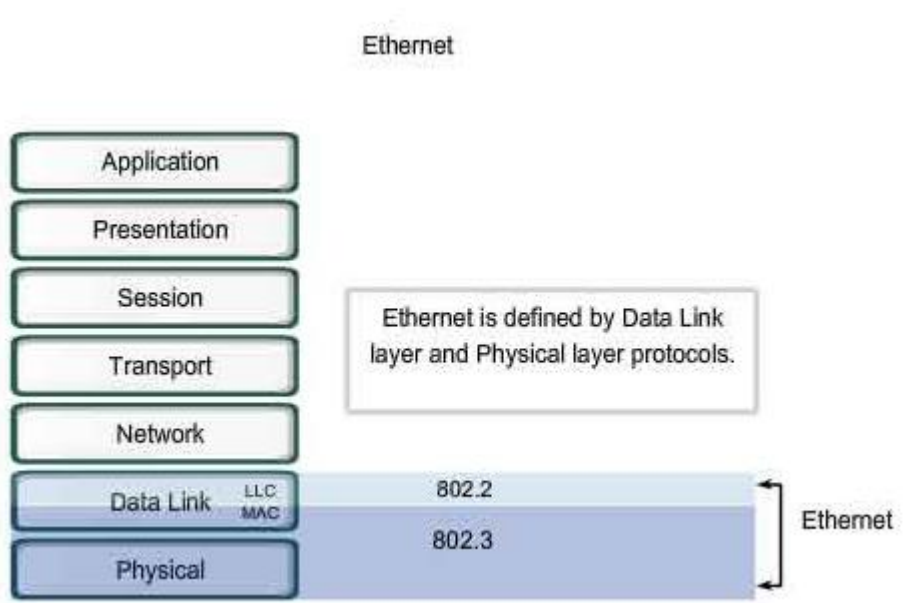
- *Επίπεδο 1 - Φυσικό επίπεδο*

Το φυσικό στρώμα κάνει μόνο δύο πράγματα, ωστόσο αυτά τα δύο πράγματα είναι ζωτικής σημασίας για το δίκτυο. Είναι υπεύθυνο για την αποστολή δεδομένων και τη λήψη δεδομένων σε ένα φυσικό μέσο. Αυτά τα δεδομένα αποστέλλονται σε bit, είτε σε 0 είτε σε 1. Τα δεδομένα μπορούν να μεταδίδονται ως ηλεκτρικά σήματα (δηλαδή, θετικές και αρνητικές τάσεις), ως ήχοι ή ως φως.

Αυτή το επίπεδο ορίζει επίσης τον εξοπλισμό τερματικού δεδομένων (DTE) και τον εξοπλισμό τερματισμού κυκλώματος δεδομένων (DCE). Το DTE είναι συχνά προσβάσιμο μέσω ενός μόντεμ ή μιας μονάδας υπηρεσίας καναλιών / υπηρεσίας δεδομένων (CSU / DSU) συνδεδεμένης σε υπολογιστή ή δρομολογητή. Ο φορέας του σήματος WAN παρέχει τον εξοπλισμό DCE. Μια τυπική συσκευή θα ήταν ένας διακόπτης πακέτων, ο οποίος είναι υπεύθυνος για το χρονοισμό και την εναλλαγή [11].

2.5.3 Μοντέλο OSI και Ethernet

Το Ethernet λειτουργεί στα δύο κάτω επίπεδα του μοντέλου OSI: το επίπεδο ζεύξης δεδομένων (Data Link Layer) και το φυσικό επίπεδο (Physical Layer). Αυτό μπορούμε να το παρατηρήσουμε και στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 6: Λειτουργία Ethernet στα επίπεδα του μοντέλου OSI

Το Ethernet στο φυσικό επίπεδο περιλαμβάνει σήματα, ροές bit που μετακινούνται στα μέσα, φυσικά συστατικά που θέτουν σήματα στα μέσα και διάφορες τοπολογίες. Το επίπεδο 1 του Ethernet διαδραματίζει βασικό ρόλο στην επικοινωνία που πραγματοποιείται μεταξύ των συσκευών, αλλά κάθε λειτουργία έχει περιορισμούς. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, το επίπεδο 2 του Ethernet αντιμετωπίζει αυτούς τους περιορισμούς.

Αντιμετώπιση περιορισμών του επιπέδου 1 του Ethernet από το επίπεδο 2	
Περιορισμοί του επιπέδου 1	Λειτουργίες επιπέδου 2
Δεν είναι δυνατή η επικοινωνία με ανώτερα επίπεδα	Συνδέεται με τα ανώτερα επίπεδα μέσω του Logical Link Control (LLC)
Δεν είναι δυνατή η αναγνώριση συσκευών	Χρησιμοποιεί συστήματα διευθύνσεων για την αναγνώριση των συσκευών
Αναγνωρίζει μόνο ροές από bits	Χρησιμοποιεί πλαίσια για την οργάνωση των bits σε ομάδες
Δεν είναι δυνατός ο προσδιορισμός της πηγής μιας μετάδοσης όταν μεταδίδουν πολλές συσκευές ταυτόχρονα	Χρησιμοποιεί το MAC για τον προσδιορισμό των πηγών μετάδοσης

Το Ethernet διαχωρίζει τις λειτουργίες του επιπέδου ζεύξης δεδομένων σε δύο ξεχωριστά υποεπίπεδα: το υποεπίπεδο Logical Link Control (LLC) και το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης πολυμέσων (MAC). Η χρήση αυτών των

υποεπιπέδων συμβάλλει σημαντικά στη συμβατότητα μεταξύ διαφορετικών τελικών συσκευών. Για το Ethernet, το πρότυπο IEEE 802.2 περιγράφει τις λειτουργίες υποεπιπέδου LLC και το πρότυπο 802.3 περιγράφει το υποεπίπεδο MAC και τις λειτουργίες του φυσικού επιπέδου. Το υποεπίπεδο LLC χειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ των ανώτερων επιπέδων και του λογισμικού δικτύωσης και των κατώτερων επιπέδων, συνήθως του υλικού. Το υποεπίπεδο LLC λαμβάνει τα δεδομένα πρωτοκόλλου δικτύου, τα οποία είναι συνήθως ένα πακέτο IPv4, και προσθέτει πληροφορίες ελέγχου για να συμβάλλουν στην παράδοση του πακέτου στον κόμβο προορισμού. Το επίπεδο 2 επικοινωνεί με τα ανώτερα στρώματα μέσω LLC. Το LLC εφαρμόζεται σε λογισμικό και η εφαρμογή του είναι ανεξάρτητη από τον φυσικό εξοπλισμό. Σε έναν υπολογιστή, το LLC μπορεί να θεωρηθεί λογισμικό προγράμματος οδήγησης για την κάρτα διασύνδεσης δικτύου (Network Interface Card - NIC). Το πρόγραμμα οδήγησης NIC είναι ένα πρόγραμμα που αλληλεπιδρά άμεσα με το υλικό στο NIC για να περάσει τα δεδομένα μεταξύ του μέσου και του υποεπιπέδου ελέγχου πρόσβασης πολυμέσων [12].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

CARRIER ETHERNET

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, το Ethernet έχει από καιρό γίνει αποδεκτό ως μία φθηνή, κλιμακούμενη λύση δικτύωσης δεδομένων σε περιβάλλοντα LAN. Ωστόσο, οι αυστηρές προσδοκίες για ποιότητα υπηρεσιών απαιτούν από τους παρόχους να βρουν λύσεις για να αξιοποιήσουν την αποδοτικότητα του Ethernet χωρίς να θυσιάσουν τα οφέλη που προσφέρει η πολυπλεξία.

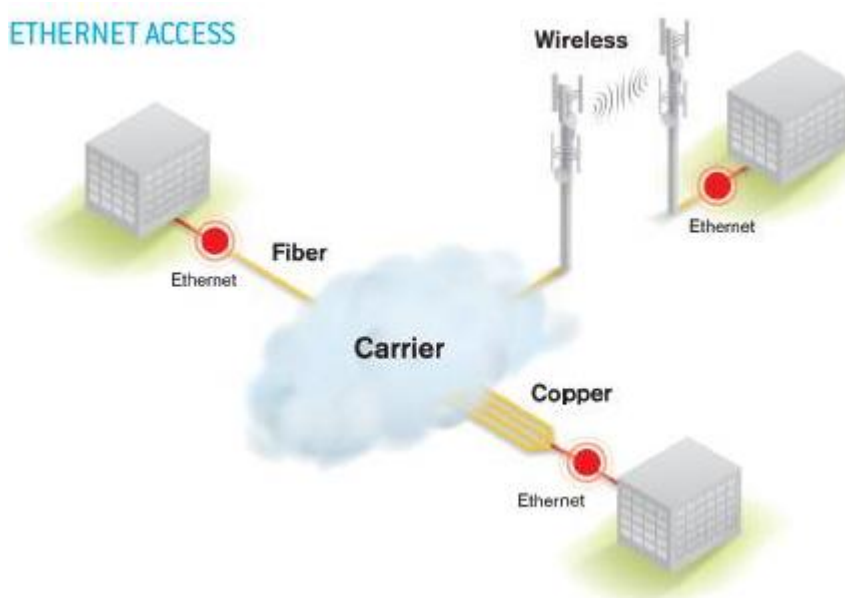
Οι ολοκληρωμένες δοκιμές Ethernet αμέσως μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας είναι απαραίτητες προκειμένου να διασφαλιστεί η ποιότητα της προσφερόμενης υπηρεσίας και να αυξηθεί η ικανοποίηση των πελατών. Η συμφωνία επιπέδου εξυπηρέτησης πελατών (Service Level Agreement - SLA) υπαγορεύει ορισμένα κριτήρια επιδόσεων που πρέπει να πληρούνται, με την πλειοψηφία να καταγράφει τη διαθεσιμότητα του δικτύου και τις τιμές για τον μέσο χρόνο επισκευής (MTTR), οι οποίες είναι εύκολα επαληθεύσιμες. Ωστόσο, τα κριτήρια επιδόσεων Ethernet είναι πιο δύσκολο να αποδειχθούν και η απόδειξη της διαθεσιμότητας απόδοσης, η καθυστέρηση μετάδοσης, η σύνδεση με τη σταθερότητα και η ακεραιότητα των υπηρεσιών δεν μπορούν να γίνουν με ακρίβεια μόνο με μία απλή εντολή ping. Το Carrier Ethernet, συνεπώς, είναι η επέκταση του Ethernet που επιτρέπει στους παρόχους υπηρεσιών να παρέχουν υπηρεσίες υψηλής ποιότητας Ethernet.

Το Carrier Grade Ethernet ή Carrier Ethernet είναι η δυνατότητα χρήσης του Ethernet σε διαφορετικές τεχνολογίες μεταφοράς δεδομένων που ξεπερνά τα όρια των πανεπιστημιακών, εταιρικών, μητροπολιτικών δικτύων και μπορεί να επεκταθεί σε παγκόσμιο επίπεδο. Είναι μία "τυποποιημένη υπηρεσία", με την έννοια ότι οι υπηρεσίες που προσφέρει δεν υλοποιούνται μόνο στα παραδοσιακά Ethernet δίκτυα αλλά και σε άλλες τεχνολογίες δικτύων, όπως στα εικονικά ιδιωτικά δίκτυα (Virtual Private Networks, VPNs) [13].

Ένα ακόμη στοιχείο που πρέπει να αναφέρουμε είναι ότι υπάρχει διαχωρισμός ανάμεσα στις έννοιες υπηρεσίες Carrier Ethernet και δίκτυα μεταφοράς Carrier Ethernet. Οι υπηρεσίες Carrier Ethernet είναι υπηρεσίες που προσφέρει ένας πάροχος

υπηρεσιών στους πελάτες του, ώστε αυτοί να μπορούν να συνδεθούν σε μία υποδομή Ethernet. Τα Carrier Ethernet δίκτυα μεταφοράς είναι η χρήση της υποδομής Ethernet για διασύνδεση του παρόχου, π.χ. διασύνδεση DSL πολυπλεκτών πρόσβασης (DSL Access Multiplexers, DSLAMs) με διακομιστές ευρυζωνικής δρομολόγησης και πρόσβασης (Broadband routing and access server, BRAS) για την υποστήριξη ευρυζωνικών υπηρεσιών πρόσβασης.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει τα διαφορετικά μέσα που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο Carrier Ethernet:



Εικόνα 7: Μέσα σε ένα δίκτυο Carrier Ethernet

-

Χαλκός (Copper)

Μέχρι σήμερα, η καλωδίωση χαλκού εξακολουθεί να είναι ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μέσα στο Carrier Ethernet λόγω της εκτεταμένης ανάπτυξής του και του σχετικά χαμηλού κόστους. Με την αξιοποίηση αυτής της υποδομής οι πάροχοι υπηρεσιών μπορούν να αποφύγουν την κατασκευή νέων, δαπανηρών δικτύων καθώς απευθύνονται σε αγορές με χαμηλότερη επισκεψιμότητα ως και 1 Gigabit ανά δευτερόλεπτο και αρχίζουν να μεταφέρουν κίνηση υψηλότερης ταχύτητας (σε ορισμένες περιπτώσεις έως 10 Gbit/s. Η εγγενής κλιμάκωση της Ethernet παρέχει στους μεταφορείς μια εξαιρετικά ευέλικτη πλατφόρμα για την παροχή αυξημένων υπηρεσιών σε μικρότερες επιχειρήσεις, υποκαταστήματα, κυψελωτούς πύργους και άλλους χώρους. Ωστόσο, ο χαλκός υπόκειται σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές όσο οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την αξιόπιστη μεταφορά ψηφιακών δεδομένων και σε υψηλές ταχύτητες, το πρόβλημα είναι ακόμη χειρότερο.

-

Μικροκύματα

Το Ethernet χρησιμοποιείται, επίσης, και για κινητή αναμεταφορά, την απόσταση από έναν πύργο κυψέλης σε ένα γραφείο μεταγωγής ή μεταξύ γραφείων μεταγωγής. Το μέσο που χρησιμοποιείται είναι τα μικροκύματα. Η ακτινοβολία μικροκυμάτων είναι μία δημοφιλής επιλογή υποδομής για τους ασύρματους χειριστές. Το Ethernet με δυνατότητα μικροκυμάτων καθίσταται όλο και πιο σημαντικό στοιχείο μιας ασύρματης υποδομής. Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τα μικροκύματα οδηγείται από τις απαιτήσεις υψηλότερου εύρους ζώνης στις τοποθεσίες του σταθμού βάσης και την απαίτηση να υπάρξει σημαντική μείωση του λειτουργικού κόστους της αναμεταφοράς της κυκλοφορίας δεδομένων.

-

Ίνα

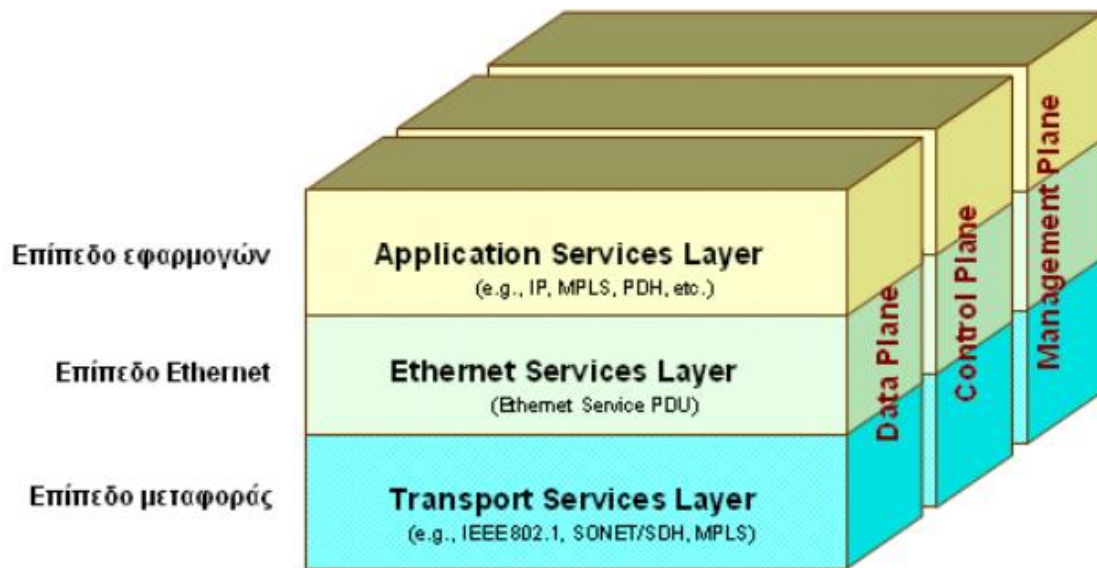
Δεδομένου ότι οι ίνες μπορούν να μεταφέρουν πολύ περισσότερες πληροφορίες από τον χαλκό, οι φορείς παροχής Ethernet συνήθως χρησιμοποιούν ίνες για την μεταφορά κυκλοφορίας υψηλής ταχύτητας (συνήθως 1Gbit/s ή περισσότερο) σε μεγάλες αποστάσεις ή εντός του πυρήνα του δικτύου. Η καλωδίωση των ινών μπορεί να έχει αρχικά υψηλότερο κόστος, αλλά ακόμα και με τις μεγαλύτερες ταχύτητες, είναι απόλυτα ανθεκτική στις διασταυρούμενες και τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, επομένως μπορεί να προσφέρει πολύ πιο αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων. Καθώς αυξάνεται η ζήτηση για εύρος ζώνης και ταχύτητα, αυξάνεται η ανάγκη υλοποίησης οπτικών ινών σε δίκτυα, ακόμη και στην επιχειρηματική περιοχή. Ωστόσο, το κύριο ζήτημα με τις ίνες είναι το υψηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης.

3.1

Αρχιτεκτονική του

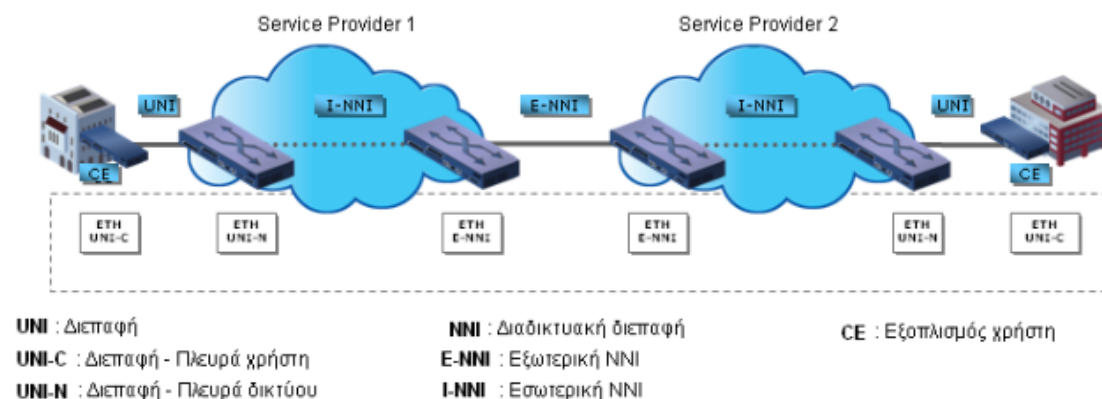
Carrier Ethernet

Μέσα σε ένα δίκτυο Carrier Ethernet, τα δεδομένα μεταφέρονται μεταξύ των δικτυακών διεπαφών των χρηστών (User Network Interfaces, UNIs), δηλαδή των οριακών σημείων μεταξύ των δικτύων Ethernet του παρόχου και του ιδιωτικού δικτύου του πελάτη, σε μία αρχιτεκτονική πολλών επιπέδων, η οποία φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Κάθε UNI είναι μία φυσική διεπαφή Ethernet που λειτουργεί σε ταχύτητες 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps και 10Gbps [14].



Εικόνα 8: Αρχιτεκτονική του Carrier Ethernet [14]

Όταν υπάρχει κίνηση στο επίπεδο Ethernet (εικόνα 9), τότε το ίδιο συμβαίνει και στο επίπεδο μεταφοράς. Αυτό επιτρέπει στην Carrier Ethernet κίνηση να είναι αόρατη στα επιμέρους δίκτυα που διασχίζει.



Εικόνα 9: Επίπεδο Ethernet [14]

Το επίπεδο μεταφοράς λειτουργεί αφαιρετικά μεταξύ των κόμβων μεταγωγής των υψηλότερων στρωμάτων και της φυσικής δικτυακής υποδομής. Επιτρέπει την οπτικοποίηση της τοπολογίας των συνδέσμων μεταξύ των δρομολογητών και καθιστά δυνατή την πλέον αποτελεσματική χρήση των πόρων του συστήματος και των κόμβων μεταγωγής, διοχετεύοντας για παράδειγμα τη διαμετακομιστική κίνηση σε χαμηλότερα επίπεδα. Επίσης αποτρέπει την αποτυχία των συνδέσμων, καθώς χρησιμοποιεί εργαλεία για την γρήγορη απομόνωση των βλαβών, κατά μήκος περίπλοκων εικονικών συνδέσεων μεταξύ δρομολογητών, οι οποίες συχνά ανήκουν σε διαφορετικά δίκτυα και διανύουν μεγάλες αποστάσεις.

Κατά την μεταφορά της πληροφορίας μεταξύ των τελικών χρηστών είναι πιθανό αυτή να διαπεράσει από τα δίκτυα διαφορετικών παρόχων. Τα σημεία διεπαφής μεταξύ των παρόχων υπηρεσιών ονομάζονται Network to Network Interfaces (NNI).

Ο τύπος διεπαφής NNI είναι μία φυσική διεπαφή Ethernet που οριοθετεί τις υπηρεσίες μεταξύ των δικτύων δυο φορέων παροχής υπηρεσιών. Κάθε πάροχος είναι υπεύθυνος για την αντίστοιχη πλευρά της υπηρεσίας του, μέχρι το σημείο διασύνδεσης NNI. Το MEF ορίζει δύο κατηγορίες παρόχων που διασυνδέονται στη NNI. Ο ένας ονομάζεται "διαχειριστής" (operator) και ο άλλος "πάροχος υπηρεσιών" (service operator SP) . Σύμφωνα με τους ορισμούς αυτούς ο πάροχος υπηρεσιών πωλεί Ethernet υπηρεσίες προς τους τελικούς αγοραστές, οι όποιοι συνδέονται στο δίκτυο μέσω Ethernet UNI. Ο διαχειριστής πωλεί Ethernet υπηρεσίες στον πάροχο υπηρεσιών και τα δίκτυα τους είναι συνδεδεμένα μέσω Ethernet NNI. Ένας διαχειριστής χρησιμοποιείται όταν ο πάροχος υπηρεσιών δε μπορεί να "φτάσει" τις εγκαταστάσεις των τελικών χρηστών, οι οποίες ονομάζονται "εκτός δικτύου".

Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τύποι NNI:

- External Network to Network Interface (E - NNI)
- Internal Network to Network Interface (I - NNI)
- Network to Network Interface (NI - NNI)
- Service to Network to Network Interface (SI - NNI)

Το MEF έχει ορίσει δύο τύπους εικονικών Ethernet συνδέσεων, την EVC (Ethernet Virtual Connection) και την OVC (Operator Virtual Connection). Οι εικονικές αυτές συνδέσεις απεικονίζουν περισσότερο τη λογική και όχι την πλήρη φυσική συνδεσιμότητα μεταξύ των UNIs και NNIs.

Μια EVC συνδέει δύο ή περισσότερες UNIs αποτρέποντας τη μεταφορά δεδομένων από σταθμούς που δεν ανήκουν στην ίδια EVC , ενώ μπορεί επίσης να συνδυαστεί με άλλου τύπου συνδέσεις ή να πολυπλεχθεί στην ίδια UNI.

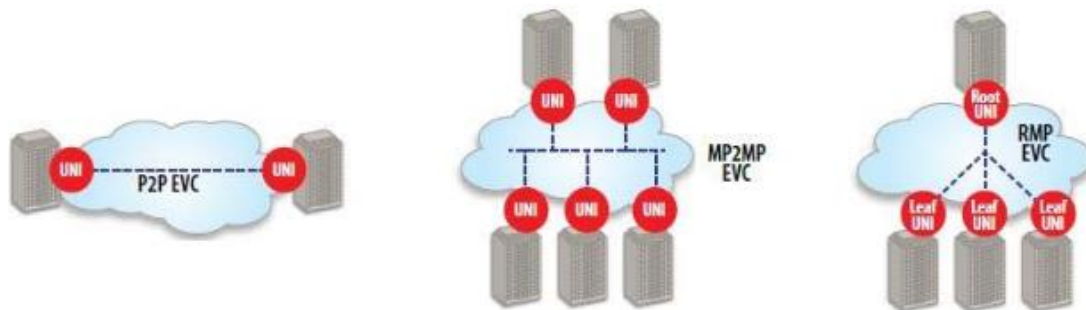
Υπάρχουν τρεις τύποι EVC (εικόνα 10 - εικόνα 11):

- *Από σημείο σε σημείο (Point - to - Point, P2P)*
 Παρέχει συνδεσιμότητα με άλλες παρόμοιες point to point MAN/WAN τεχνολογίες (T1/E1 ή Frame). Διασύνδεει αποκλειστικά 2 UNIs.
- *Από πολλά σε πολλά σημεία (Multipoint - to - Multipoint, MP2MP)*

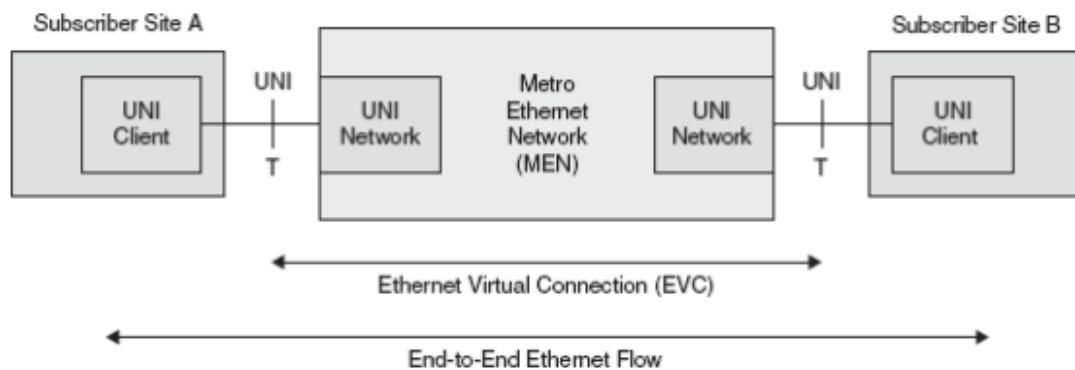
Είναι παρόμοια με τη χρήση του Ethernet σε ένα LAN καθώς όλα τα πλαίσια Ethernet που σχετίζονται με την EVC είναι ορατά και προσβάσιμα από όλα τα μέλη της. Χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση απομακρυσμένων περιοχών.

- Από ένα σημείο σε πολλά σημεία (*Point - to - Multipoint, Rooted Multipoint, RMP*)

Ειδική περίπτωση multipoint - to - multipoint EVC, όπου μία UNI ορίζεται ως ρίζα και οι υπόλοιπες προσδιορίζονται σαν φύλλα. Η ρίζα συνδέεται πλήρως με όλα τα φύλλα, ενώ τα φύλλα συνδέονται μόνο με τη ρίζα. Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές πολλαπλής εκπομπής όπως π.χ. η μετάδοση βίντεο, όπου η ρίζα μεταδίδει τα κανάλια σε όλα τα φύλλα, ενώ τα φύλλα αποστέλλουν στη ρίζα αιτήσεις για αλλαγή καναλιού. Μια άλλη εφαρμογή είναι η "συγκέντρωση πρόσβασης στο δίκτυο", όπου η ρίζα συνδέεται απευθείας στο Internet μέσω της σύνδεσης της ρίζας.



Εικόνα 10: Τύποι EVCs [15]



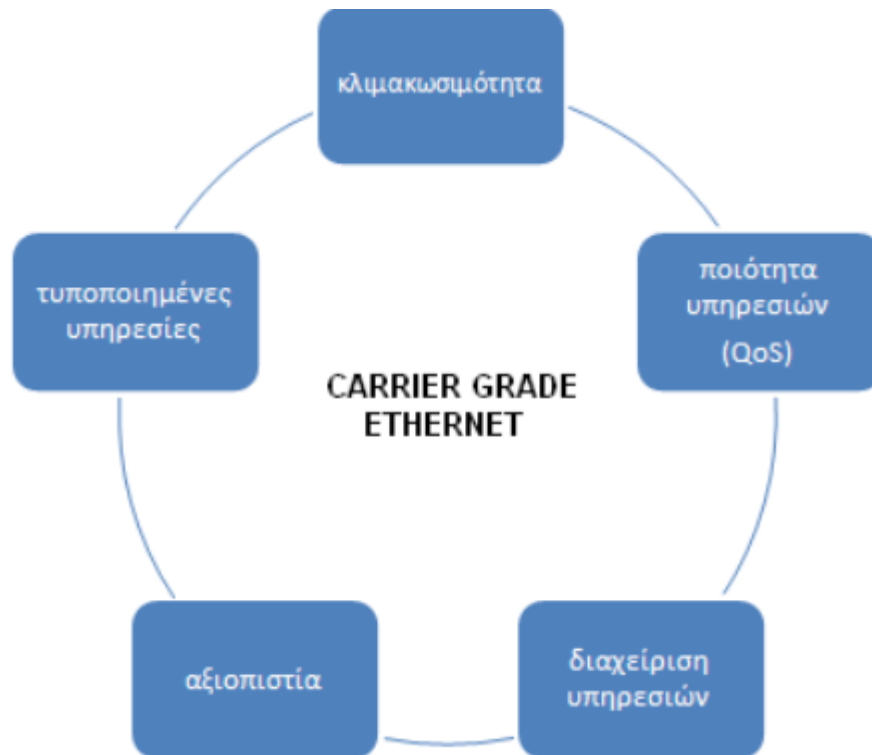
Εικόνα 11: UNIs και EVC

3.2

Χαρακτηριστικά του

Carrier Ethernet

Το Carrier Ethernet διαθέτει πέντε χαρακτηριστικά τα οποία το διακρίνουν από το γνωστό LAN που βασίζεται στο Ethernet. Τα χαρακτηριστικά αυτά φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 12: Χαρακτηριστικά Carrier Ethernet

3.2.1 Τυποποιημένες Υπηρεσίες

Οι τρεις βασικοί τύποι υπηρεσιών Ethernet που ορίζονται από το Metro Ethernet Forum (MEF) και βασίζονται στον τύπο σύνδεσης EVC είναι οι ακόλουθοι:

- *Ethernet Line (E - Line)*

Οι υπηρεσίες E - Line παρέχουν point - to - point διασύνδεση και χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία υπηρεσιών ιδιωτικής γραμμής Ethernet, υπηρεσιών Ethernet πρόσβασης στο Internet και point - to - point Ethernet VPNs.[14] Η υπηρεσία E - Line φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί:

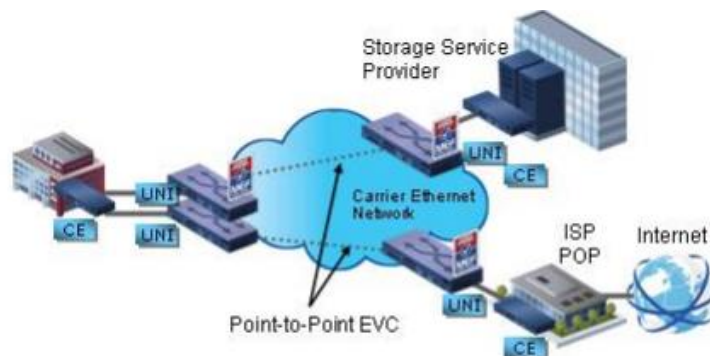


Εικόνα 13: E - Line, Point - to - point EVC μεταξύ δύο UNIs [14]

Η υπηρεσία E - Line χρησιμοποιείται για πρόσβαση παρέχοντας μία ιδιωτική γραμμή Ethernet και μία εικονική ιδιωτική γραμμή Ethernet:

- *Ιδιωτική γραμμή Ethernet (Ethernet Private Line, EPL)*


Η ιδιωτική γραμμή Ethernet είναι η απλούστερη E - Line υπηρεσία που υπάρχει και για τον λόγο αυτόν είναι και η πιο δημοφιλής. Τα Ethernet frames του χρήστη είναι απολύτως διαχωρισμένα από τα υπόλοιπα στο επίπεδο Ethernet και ο χρήστης έχει στη διάθεση του το διαθέσιμο επιτρεπόμενο εύρος ζώνης. Όπως φαίνεται στο σχήμα της παρακάτω εικόνας, η EPL είναι μία point - to - point σύνδεση μεταξύ δύο UNIs.



CE: Εξοπλισμός χρήστη **UNI**: User Network Interface

ISP : Internet Service Provider

POP : Σημείο πρόσβασης

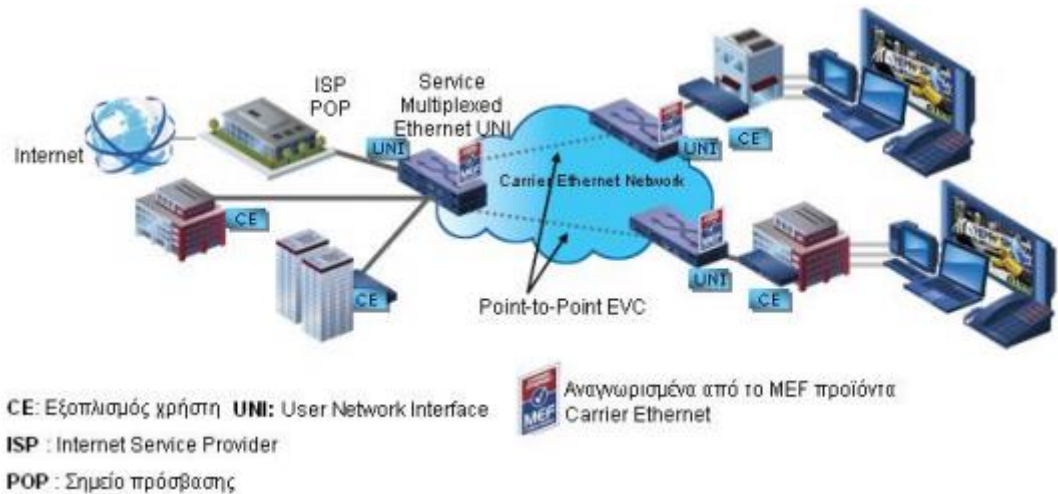
 Αναγνωρισμένα από το MEF προϊόντα Carrier Ethernet

Εικόνα 14: EPL [14]

- *Εικονική ιδιωτική γραμμή Ethernet (Ethernet Virtual Private Line, EVPL)*

Στην εικονική γραμμή Ethernet(εικόνα 15) είναι κάπως διαφορετικά τα πράγματα καθώς υπάρχουν περισσότερες της μίας EVC στην ίδια διεπαφή. Η EVPL είναι μία point - to -point σύνδεση την οποία χρησιμοποιεί ο πελάτης αλλά μέσω μιας κοινόχρηστης γραμμής και όχι μέσω μιας αφιερωμένης όπως στην EPL. Η υπηρεσία EVPL είναι ο ιδανικός τρόπος αντικατάστασης μιας υπάρχουσας point - to - point Frame Relay σύνδεσης

ή ενός σταθερού εικονικού δικτύου ATM (Permanent Virtual Circuit, PVC).[14], [16]



Εικόνα 15: EVPL [14]

- *Ethernet LAN (E - LAN)*

Η υπηρεσία E - LAN είναι μία multipoint - to - multipoint EVC η οποία προσφέρει πολλαπλή συνδεσιμότητα μεταξύ πολλών UNIs σε ένα δίκτυο Carrier Ethernet. Η υπηρεσία E - LAN παρέχει, επίσης, ένα ιδιωτικό LAN και ένα εικονικό ιδιωτικό LAN:

- *Ιδιωτικό LAN (Ethernet Private LAN, EP - LAN)*

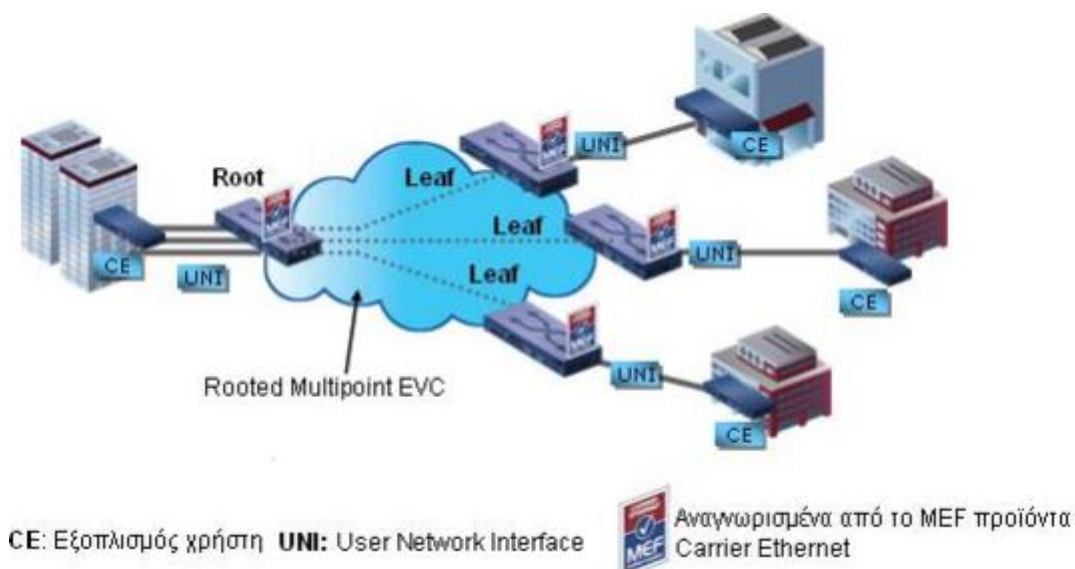
Σε ένα EP - LAN μπορούν να συνδεθούν δύο ή περισσότεροι συνδρομητές. Τα δεδομένα που στέλνονται από ένα πελάτη μπορούν να παραλειφτούν από έναν ή περισσότερους άλλους πελάτες. Από την άποψη ενός συνδρομητή, ένα EP - LAN κάνει πολλές τοποθεσίες LAN να μοιάζουν με ένα ενιαίο, αλλά τεράστιο LAN [16].

- *Εικονικό ιδιωτικό LAN (Ethernet Virtual Private LAN, EVP - LAN)*

Η υπηρεσία EVP - LAN προσφέρει μία multipoint - to - multipoint σύνδεση επιπέδου 2 μεταξύ συσκευών Ethernet. Το EVPLAN είναι μια οικονομικά αποδοτική υπηρεσία για τον πάροχο υπηρεσιών, καθώς μπορεί να αξιοποιήσει το κοινόχρηστο εύρος ζώνης μετάδοσης στο δίκτυο. Ωστόσο, επειδή είναι μια multipoint - to - multipoint υπηρεσία, μπορεί να είναι πολύπλοκη για τη διαχείριση [16].

- *Ethernet Tree (E - Tree)*

Η υπηρεσία E - Tree είναι μία point - to - multipoint EVC που επιτρέπει τη διασύνδεση μίας ή περισσοτέρων ριζών με ένα σύνολο από φύλλα αλλά αποτρέπει την επικοινωνία μεταξύ των φύλλων, όπως διακρίνεται και στην παρακάτω εικόνα.

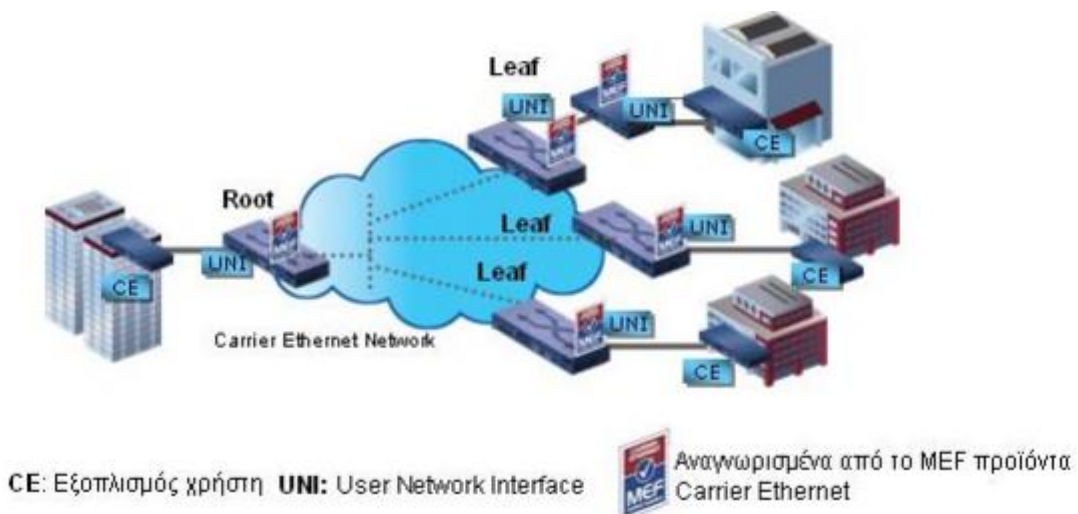


Εικόνα 16: *E - Tree* [14]

Όπως και με τις υπηρεσίες E - Line και E - LAN, υπάρχουν δύο μορφές της υπηρεσίας E - Tree, η Ethernet Private Tree (EP - Tree) και η Ethernet Virtual Private Tree (EVP - Tree). Οι υπηρεσίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ενός ευρέος φάσματος υπηρεσιών με ρίζες πολλαπλών σημείων [14].

Η υπηρεσία EP - Tree παρέχει υψηλό βαθμό διαφάνειας έτσι ώστε τα πλαίσια υπηρεσιών να είναι πανομοιότυπα τόσο στα UNIs της πηγής όσο και στα UNIs του προορισμού.

Η υπηρεσία EVP - Tree χρησιμοποιεί UNIs για ρίζα και για φύλλα και επιτρέπει την πολυπλεξία και την ομαδοποίηση υπηρεσιών καθιστώντας δυνατή την υποστήριξη πολλαπλών EVC στο UNI, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα [14].



Εικόνα 17: *EVPL - Tree* [14]

- *Ethernet Access (E - Access)*

Η υπηρεσία E - Access είναι μία point - to - point OVC μεταξύ μιας UNI και μιας NNI. Οι υπηρεσίες E - Access προσφέρονται από τους παρόχους πρόσβασης Ethernet στους συνδρομητές τους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ενός ευρέος φάσματος υπηρεσιών πρόσβασης.

Όπως και με τις προηγούμενες υπηρεσίες, η υπηρεσία E - Access παρέχει δύο μορφές, την Access Ethernet Private Line (EPL) και την Access Ethernet Virtual Private Line (EVPL).

Μια υπηρεσία πρόσβασης EPL συνδέει μία αποκλειστική UNI και μία NNI. Παρέχει υψηλό βαθμό διαφάνειας έτσι ώστε τα πλαίσια υπηρεσίας να παραδίδονται αμετάβλητα στην NNI με την προσθήκη ετικέτας S-VLAN και τα πλαίσια NNI να παραδίδονται αμετάβλητα στην UNI εκτός από την αφαίρεση της ετικέτας S-VLAN [14].

Μια υπηρεσία πρόσβασης EVPL χρησιμοποιεί ένα UNI που μπορεί να υποστηρίξει πολλές περιπτώσεις υπηρεσιών. Η πρόσβαση στο EVPL παρέχει υψηλό βαθμό διαφάνειας έτσι ώστε τα πλαίσια υπηρεσίας να παραδίδονται αμετάβλητα στην NNI με την προσθήκη ετικέτας S-VLAN και τα πλαίσια NNI να παραδίδονται αμετάβλητα στην UNI εκτός από την αφαίρεση της ετικέτας S-VLAN. Είναι παρόμοια με την υπηρεσία EPL αλλά προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία και είναι πιο οικονομική όταν απαιτείται η παροχή πολλαπλών υπηρεσιών [14].

- *Ethernet Transit (E - Transit)*

Οι υπηρεσίες E - Line Transit και E - LAN Transit μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση με ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών πρόσβασης.

Μια υπηρεσία E - Line Transit συνδέει δύο NNI. Παρέχει υψηλό βαθμό διαφάνειας έτσι ώστε τα πλαίσια υπηρεσιών να παραδίδονται αμετάβλητα στην είσοδο και στην έξοδο της NNI.

Μια υπηρεσία E - LAN Transit συνδέει πολλαπλές NNI. Παρέχει υψηλό βαθμό διαφάνειας έτσι ώστε τα πλαίσια υπηρεσιών να παραδίδονται αμετάβλητα σε όλους τους αποδέκτες NNI [14].

3.2.2 Κλιμακωσιμότητα

Κλιμάκωση εύρους ζώνης

Το Ethernet έχει εξελιχθεί τα τελευταία 10 χρόνια για να προσφέρει ένα ευρύ φάσμα ταχύτητας διασύνδεσης που κυμαίνεται από 10/100 / 1000Mbps έως 10/40 / 100Gbps. Χαρακτηριστικά όπως το Link Aggregation και το DSL Bonding βοηθούν τους μεταφορείς να καθορίσουν τα ενδιαμέσα εύρη ζώνης για να επιτρέψουν τις υπηρεσίες να μεταφερθούν μέσω λογισμικών ελέγχου από τα κέντρα λειτουργίας τους δικτύου [17]. Καμία άλλη τεχνολογία δεν προσφέρει τόσο ευρύ φάσμα εύρους ζώνης.

Δυνατότητα επέκτασης δικτύου

Οι επιχειρήσεις σήμερα απαιτούν τα δίκτυα να είναι κλιμακωτά πέρα από τα γεωγραφικά όρια. Η δυνατότητα κλιμάκωσης του δικτύου έχει επιτευχθεί μέσω λειτουργιών όπως το VPLS σε δίκτυα που βασίζονται σε MPLS, τα οποία αργότερα εξελίχθηκαν σε H-VPLS για να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις ανάπτυξης [17].

Επεκτασιμότητα Υπηρεσιών

Το Carrier Ethernet έχει τη δυνατότητα να υποστηρίζει πολλές διαφορετικές υπηρεσίες, έχοντας την ικανότητα πολυπλεξίας πολλαπλών υπηρεσιών στην ίδια διασύνδεση χρήστη - δικτύου [17].

3.2.3 Αξιοπιστία

Όσον αφορά το παραδοσιακό Ethernet, ολόκληρος ο εξοπλισμός βρίσκεται σε μία αξιόπιστη βάση, με δυνατότητα εύκολης ανάκαμψης. Δεν απαιτούνται αυστηρά χρονικά όρια για την προστασία των συνδέσεων και δεν υπάρχουν SLAs που να συνδέονται με τη διαθεσιμότητα του δικτύου.

Το Carrier Ethernet, όμως, προσφέρει τη δυνατότητα προστασίας σε περίπτωση αποτυχίας σύνδεσης σε λιγότερο από 50ms. Αυτό σημαίνει πολύ γρηγορότερη ανίχνευση σφαλμάτων, απομόνωσή τους και ανάκτηση.

Οι λειτουργίες Ethernet OAM (IEEE 802.3ah, IEEE 802.1ag, ITU-T Y.1731) παρέχονται από όλους τους προμηθευτές εξοπλισμού Carrier Ethernet. Για να απομονώσουν τα ελαττώματα όσο πιο σύντομα γίνεται, οι πωλητές πυριτίου περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά Ethernet OAM στο ίδιο το υλικό τους. Αυτή η εκφόρτωση υλικού βοήθησε να χειριστεί ταυτόχρονα πολλαπλές συνεδρίες OAM και να βελτιώσει την απόδοση ανίχνευσης βλαβών. Σε δίκτυα που βασίζονται σε MPLS, η εκφόρτωση υλικού των λειτουργιών MPLS OAM, όπως τα LSP Ping, BFD και VCCV, αρχίζει και γίνεται ιδιαίτερα δημοφιλής στις αρχιτεκτονικές επόμενης γενιάς.

Η προστασία δακτυλίων και γραμμών Ethernet, όπως ορίζεται από τα ITU-T G.8032 και G.8031, προσφέρει γρήγορες δυνατότητες αποκατάστασης και οικονομικό κόστος. Για τα δίκτυα που βασίζονται σε MPLS, οι δυνατότητες όπως η δυνατότητα γρήγορης αναβάθμισης και προστασίας διαδρομής, όπως η προστασία LSP μαζί με τις δυνατότητες ανίχνευσης βλαβών του BFD, παρέχουν τη δυνατότητα ικανοποίησης των απαιτήσεων αποκατάστασης 50ms.

Η αξιόπιστη, εγγενής δυνατότητα χρονισμού είναι μια άλλη σημαντική απαίτηση χαρακτηριστικών του εξοπλισμού Carrier Ethernet. Το Synch-E (ITU-T G.8262) και το IEEE 1588v2 είναι οι τεχνολογίες πακέτων που χρησιμοποιούνται ευρέως για τον συγχρονισμό των συχνοτήτων ρολογιού μεταξύ συσκευών σε δίκτυα backhaul. Σήμερα, αυτά τα βασικά χαρακτηριστικά είναι διαθέσιμα σε διακόπτες chipsets σχεδιασμένα για Carrier Ethernet [17].

3.2.4 Ποιότητα Υπηρεσιών

Υπάρχουν πολλές διαφορές στα χαρακτηριστικά QoS που κάθε τμήμα της αγοράς αναζητά. Οι οικιακές υπηρεσίες χρειάζονται υψηλό εύρος ζώνης και είναι ευαίσθητες στην καθυστέρηση. Οι υπηρεσίες για επιχειρήσεις δεν απαιτούν απαραίτητα μεγαλύτερο εύρος ζώνης, αλλά είναι ευαίσθητες στην καθυστέρηση. Τα χαρακτηριστικά QoS των υπηρεσιών backhaul για κινητά συνδέονται με την απόδοση των υπηρεσιών παλαιού τύπου. Οι χονδρικές υπηρεσίες χρειάζονται καλή ποιότητα με χαμηλή λανθάνουσα κατάσταση.

Το Carrier Ethernet επιτρέπει στους παρόχους υπηρεσιών έως και 64 επίπεδα ταξινόμησης υπηρεσιών. Η ιεραρχική ταξινόμηση QoS και η ιεραρχία

προγραμματισμού πολλαπλών επιπέδων με τη διαμόρφωση σε κάθε επίπεδο και η δυνατότητα δυναμικής χαρτογράφησης των ιεραρχιών είναι απαραίτητες λειτουργίες QoS τις οποίες πρέπει να υποστηρίξει ο εξοπλισμός Carrier Ethernet σήμερα [17].

Σήμερα, το ενδιαφέρον έχει μετατοπιστεί περισσότερο προς την παράδοση των υπηρεσιών Carrier Ethernet μεταξύ των παρόχων υπηρεσιών και της παράδοσης μέσω ανταλλαγών Ethernet Carrier. Σύμφωνα με το MEF αυτά τα σημεία σύνδεσης ονομάζονται διεπαφές εξωτερικού δικτύου προς δίκτυο. Θεωρούνται ως τα εξωτερικά σημεία οριοθέτησης και σε κάθε τέτοιο σημείο οι ιδιότητες υπηρεσιών και QoS πρέπει να περάσουν ή να χαρτογραφηθούν κατάλληλα [17], [18].

3.2.5 Διαχείριση Υπηρεσιών

Η διαχείριση υπηρεσιών του Carrier Ethernet χαρακτηρίζεται από πολλαπλές ιδιότητες όπως η ενεργοποίηση της υπηρεσίας, η δημιουργία, η διαχείριση και η εγγυημένη ποιότητα.

Στην εποχή της εικονικής εναλλαγής, η ευελιξία που προσφέρει το Carrier Ethernet στην ενεργοποίηση των υπηρεσιών δυναμικά και αυτόματα βοηθά τους μεταφορείς σε υπηρεσίες παροχής υπηρεσιών γρήγορα και με ακρίβεια. Με μοντέλα σήραγγας πολλαπλών ορίων, μια υπηρεσία μπορεί να παραδοθεί αγγίζοντας το χαμηλότερο επίπεδο μιας σήραγγας PBB-TE χωρίς να διαταραχθούν όλα τα επίπεδα των κόμβων του δικτύου. Ωστόσο, δημιουργούνται σημεία συμφόρησης όταν νέα μοντέλα υπηρεσιών μεταφράζονται σε αλλαγές διαμόρφωσης του υποκείμενου εξοπλισμού Carrier Ethernet πολλαπλών προμηθευτών. Η παροχή μιας νέας υπηρεσίας συνεπάγεται την ανασύνθεση πολλών πλαισίων από πολλούς προμηθευτές στο δίκτυο και κάθε ένα από αυτά θα έχει το δικό του σύνολο χαρακτηριστικών για παροχή [17].

Οι οργανισμοί τυποποίησης, όπως το IETF, έχουν καταλήξει σε πρότυπα όπως το NETCONF και το YANG για την αντιμετώπιση των ελλείψεων των τυποποιημένων διασυνδέσεων, όπως οι SNMP και CLI, όσον αφορά τη διαμόρφωση δικτύων. Το NETCONF επιτρέπει στο πρωτόκολλο διαχείρισης να αντικατοπτρίζει στενά τις εγγενείς λειτουργίες της συσκευής. Το YANG χρησιμοποιείται για τη σύνθεση των μοντέλων διαμόρφωσης και καταστάσεων που χειρίζονται τα NETCONF [17].

Οι OEMs έχουν επίσης εξειδικευμένα προϊόντα για την αυτοματοποίηση των δυνατοτήτων ενεργοποίησης, δημιουργίας και διαχείρισης υπηρεσιών, οι οποίες επιτρέπουν στους μεταφορείς να παρέχουν γρήγορα νέες υπηρεσίες, να διασφαλίζουν την ποιότητα των υπηρεσιών και να μεγιστοποιούν τη διαθεσιμότητα τους. Αυτό εξαντλεί εντελώς την πολυπλοκότητα της ανάπτυξης,

παροχής και συντήρησης υπηρεσιών σε εξοπλισμό πολλαπλών προμηθευτών. Τα εργαλεία λογισμικού χρησιμοποιούν πρότυπα πρωτόκολλα όπως LLDP, EOAM και CFM για την τοπολογία και την ανακάλυψη υπηρεσιών [17].

3.3

Χρήσεις του Carrier

Ethernet

Η λίστα που ακολουθεί αναφέρεται σε πτυχές του Carrier Ethernet που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη λειτουργία ορισμένων δημοφιλών εφαρμογών.

- *Πρόσβαση σε υπηρεσίες IP*
Πολλές από τις σημερινές επιχειρηματικές εφαρμογές μεταφέρονται με τη χρήση IP. Αυτές μπορεί να είναι οποιεσδήποτε εφαρμογές Internet, αλλά ιδιαίτερα σημαντικές είναι εφαρμογές και κατανάλωση περιεχομένου από παρόχους περιεχομένου εφαρμογών (π.χ. πύλη VoIP, περιεχόμενο βίντεο κλπ). Οι συνδρομητές σε έναν πάροχο υπηρεσιών CEN μπορούν να επωφεληθούν από τα οφέλη των υπηρεσιών μεταφοράς Ethernet όταν καταναλώνουν υπηρεσίες IP.
- *Υπηρεσίες χονδρικής πρόσβασης*
Οι φορείς παροχής υπηρεσιών Carrier Ethernet συχνά καλούνται να παρέχουν υπηρεσίες εκτός της εμβέλειας CEN. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το SP μπορεί να αγοράσει μια υπηρεσία σήραγγας από έναν πάροχο υπηρεσιών πρόσβασης.
- *Κινητά backhaul*

Οι υπηρεσίες Carrier Ethernet χρησιμοποιούνται στα κινητά backhaul και είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τις εφαρμογές LTE, LTE-Advance και Small Cell.

;h

- *Επιχειρηματικές Υπηρεσίες*
Το Carrier Ethernet για επιχειρήσεις καλύπτει μια μεγάλη ποικιλία υπηρεσιών επικοινωνίας που προσφέρονται όχι μόνο σε επιχειρήσεις αλλά και σε ΜΜΕ και εταιρικά γραφεία όλων των μεγεθών.
- *Αντικατάσταση TDM*
Μια κοινή εφαρμογή είναι η σύνδεση PBXs μέσω δημόσιου δικτύου χρησιμοποιώντας PL υπηρεσίες TDM που προσφέρονται από παρόχους υπηρεσιών χρησιμοποιώντας τα SONET / SDH δίκτυά τους. Σε αυτές τις υπηρεσίες, κάθε τοποθεσία διαθέτει ένα PBX συνδεδεμένο μέσω ενός E1 / T1 (ή πακέτου E1 / T1 για αυξημένο εύρος ζώνης) σε ένα διακόπτη ADM του δικτύου SONET / SDH.
- *Αντικατάσταση Frame Relay και ATM*
Ορισμένες υπηρεσίες WAN προσφέρονται σήμερα μέσω δημόσιων δικτύων ATM ή σε ορισμένες περιπτώσεις μέσω Frame Relay (FR). Αυτά τα δίκτυα παλαιού τύπου επιτρέπουν διαφορετικούς τύπους πρωτοκόλλων μεταφοράς (IP, TDM, κλπ.) μέσω εικονικών κυκλωμάτων [19].

3.4 Πλεονεκτήματα του Carrier Ethernet

Το Carrier Ethernet έχει αναδειχθεί ως μία από τις πιο εφικτές και πρακτικές επιλογές για εταιρείες που αναζητούν να αναβαθμίσουν τα συστήματα επικοινωνίας, την αποθήκευση δεδομένων και διάφορες άλλες επικοινωνιακές πτυχές της επιχείρησης που απαιτούν διαδίκτυο. Οι σημαντικότεροι λόγοι για τους οποίους κάποιος πρέπει να χρησιμοποιήσει το Carrier Ethernet είναι οι ακόλουθοι:

- *Μεγαλύτερη ασφάλεια*

Οι υπηρεσίες Carrier Ethernet προσφέρουν στους χρήστες μεγαλύτερη ασφάλεια από το MPLS σε πολλά σενάρια. Ο διακόπτης διανομής που υπάρχει στην υπηρεσία Carrier Ethernet λειτουργεί στο επίπεδο 2 και το κανάλι ελέγχου εντός ζώνης είναι VLAN (Virtual LAN), το οποίο δεν είναι προσβάσιμο από το δίκτυο του επιπέδου 3. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημά είναι ασφαλές από ενδεχόμενες απειλές πιθανών χάκερ [20].

- *Βελτιωμένη δυνατότητα κλιμάκωσης*

Χρησιμοποιώντας μια ευέλικτη συσκευή δικτύωσης ινών, οι μεταφορείς μπορούν, κάθε τόσο συχνά, να δίνουν στους πελάτες μια αίτηση, για παράδειγμα, μια σύνδεση 100 Megabit σε κάθε θύρα 1 Gigabit. Ωστόσο, με το Carrier Ethernet, η δυνατότητα κλιμάκωσης του εύρους ζώνης πολλαπλασιάζεται με 9, γεγονός που το κάνει έως και 900 Megabits κάθε δευτερόλεπτο. Τα VAR μπορούν επίσης να βοηθήσουν τους πελάτες να ανταποκριθούν γρήγορα στις επιχειρηματικές απαιτήσεις, χωρίς την ανάγκη για πρόσθετο εξοπλισμό, καθώς οι ανάγκες τους για χωρητικότητα αυξάνονται [20].

- *Συνδεσιμότητα κέντρου δεδομένων*

Οι επιχειρήσεις που αναζητούν υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας που απαιτούνται για τη σύνδεση κέντρων δεδομένων προτιμούν να χρησιμοποιούν τις συνδέσεις Ethernet, καθώς το μέγιστο διαθέσιμο εύρος ζώνης είναι συνήθως δέκα Gigabit ανά δευτερόλεπτο μέσω των συνδέσεων των ινών, με τις περισσότερες φορές να υπερβαίνουν κατά πολύ αυτό το "ανώτατο όριο" [20].

- *Απλότητα χρήσης*

Οι συνδέσεις WAN του Carrier Ethernet διαθέτουν VLAN, τα οποία μπορούν εύκολα να δημιουργηθούν και να αφιερωθούν στην ιεράρχηση της κυκλοφοριακής ροής με αποτέλεσμα οι επιχειρήσεις αποκομίζουν πολλά οφέλη από το άφθονο εύρος ζώνης, μείον τα προβλήματα υπερπλήρωσης και σύγκρουσης. Επιπλέον, οι χρήστες μπορούν να περιμένουν και λιγότερη αδράνεια [20].

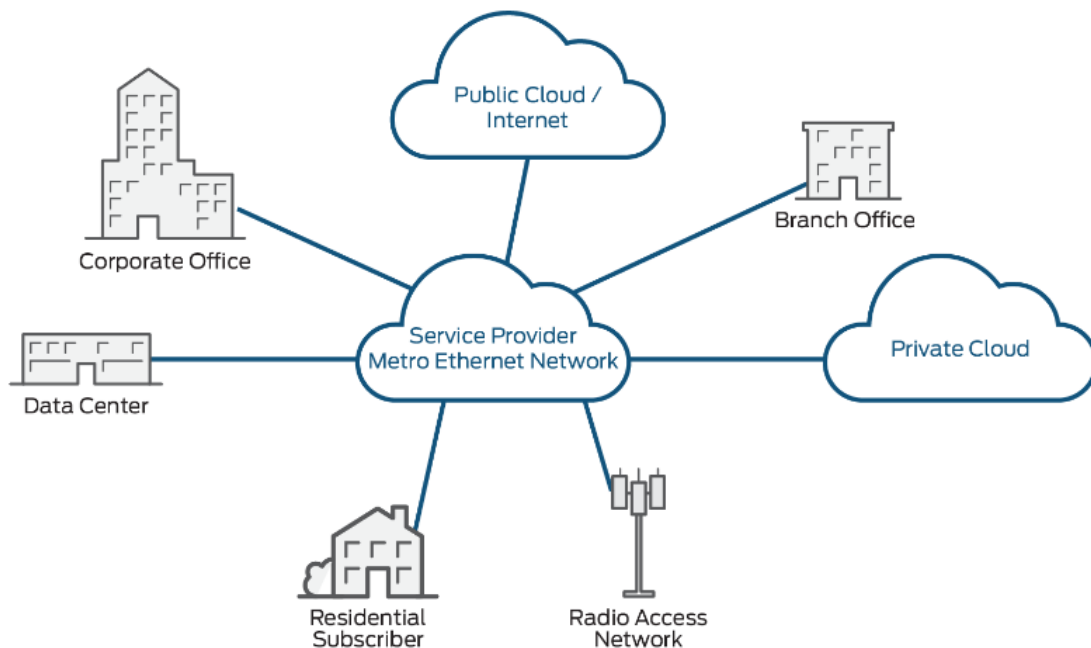
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

METRO ETHERNET

4.1 Τι είναι το Metro Ethernet

Ένα μητροπολιτικό δίκτυο Ethernet, Ethernet MAN, ή δίκτυο Metro Ethernet είναι ένα δίκτυο μητροπολιτικής περιοχής που βασίζεται σε πρότυπα Ethernet. Συνήθως χρησιμοποιείται για τη σύνδεση των συνδρομητών σε ένα μεγαλύτερο δίκτυο υπηρεσιών ή στο Internet. Επίσης, το Metro Ethernet χρησιμοποιείται από επιχειρήσεις για τη σύνδεση των γραφείων μεταξύ τους. [4]

Το Metro Ethernet είναι η χρήση της τεχνολογίας Carrier Ethernet σε δίκτυα μητροπολιτικών περιοχών (MAN). Επειδή είναι συνήθως μια συλλογική προσπάθεια με πολλούς οικονομικούς συνεργάτες (εικόνα 18), το Metro Ethernet προσφέρει αποδοτικότητα κόστους, αξιοπιστία, κλιμάκωση και διαχείριση εύρους ζώνης ανώτερη από τα περισσότερα ιδιόκτητα δίκτυα. Με άλλα λόγια, το Metro Ethernet είναι ένα δίκτυο μεταφορών Ethernet που παρέχει point - to - point ή multipoint υπηρεσίες διασύνδεσης μέσω ενός μητροπολιτικού δικτύου (MAN) [21].



Εικόνα 18: *Metro Ethernet Network* [22]

Οι επιχειρήσεις, οι κατοικίες και οι συνδρομητές κινητής τηλεφωνίας επιλέγουν υπηρεσίες Ethernet από παρόχους υπηρεσιών λόγω του χαμηλού κόστους, της απόδοσης και της ευελιξίας. Οι πάροχοι υπηρεσιών χρησιμοποιούν το Metro Ethernet για τους παρακάτω λόγους:[22]

- Για να συνδέσουν γραφεία επιχειρήσεων ή κέντρα δεδομένων. Το Metro Ethernet μπορεί να συνδέσει δύο ή εκατοντάδες ιστότοπους
- Για να συνδέσουν οικιακούς συνδρομητές ή επιχειρήσεις στο Διαδίκτυο.
- Για την παροχή υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας backhaul
- Για την παροχή συνδεσιμότητας σε δημόσια ή ιδιωτικά κέντρα δεδομένων cloud
- Για την παροχή πολλαπλής διανομής που χρησιμοποιείται από επαγγελματίες για τηλεδιασκέψεις και από ιδιώτες για εφαρμογές IPTV και βίντεο.

Το Metro Ethernet χρησιμοποιεί καλωδιώσεις με ίνες προκειμένου να υποστηρίξει μεγαλύτερες αποστάσεις. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται μερικά από τα πρότυπα που είναι κατάλληλα για το Metro Ethernet: [23]

ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ
100Base - LX10	10 Km	100 Mbps
1000Base - LX	5 Km	1 Gbps
1000Base - LX10	10 Km	1 Gbps
1000Base - ZX	100 Km	1 Gbps
10Gbase - LR	10 Km	10 Gbps
10Gbase - ER	40 Km	10 Gbps
40Gbase - LR4	10 Km	40 Gbps
100Gbase - ER4	40 Km	100 Gbps

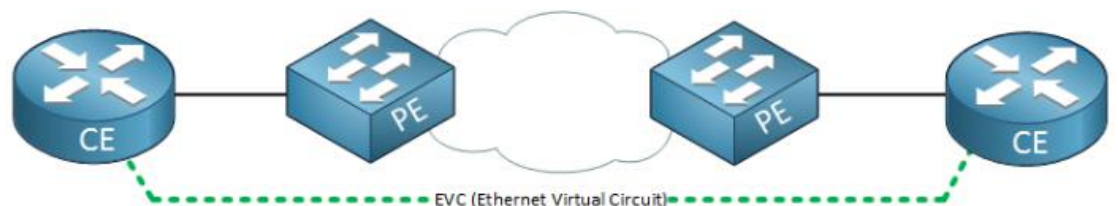
4.2 Υπηρεσίες του Metro Ethernet

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές υπηρεσίες του Metro Ethernet και κάθε μία έχει τη δική της τοπολογία. Το MEF (Metro Ethernet Forum) είναι μία μη κερδοσκοπική υπηρεσία που καθορίζει πρότυπα και υπηρεσίες για το Metro Ethernet. Οι πιο κοινές από αυτές τις υπηρεσίες είναι οι ακόλουθες:[23]

- *Ethernet Line Service (E - Line)*

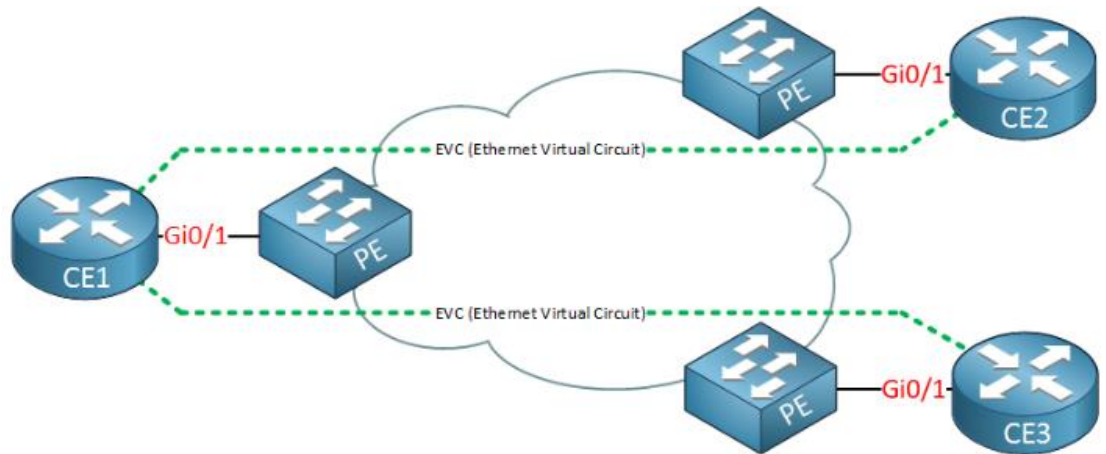
Η υπηρεσία E - Line είναι η απλούστερη υπηρεσία Metro Ethernet. Είναι μία point - to - point σύνδεση μεταξύ δύο ιστοτόπων, όπως φαίνεται και στην εικόνα.

Από την οπτική γωνία του πελάτη, είναι σαν να συνδέονται δύο δρομολογητές μεταξύ τους με ένα crossover καλώδιο. Είναι μία σύνδεση επιπέδου 2, οπότε αν ρυθμιστούν οι διευθύνσεις IP, οι δρομολογητές θα βρίσκονται στο ίδιο υποδίκτυο.



Εικόνα 19: E - Line

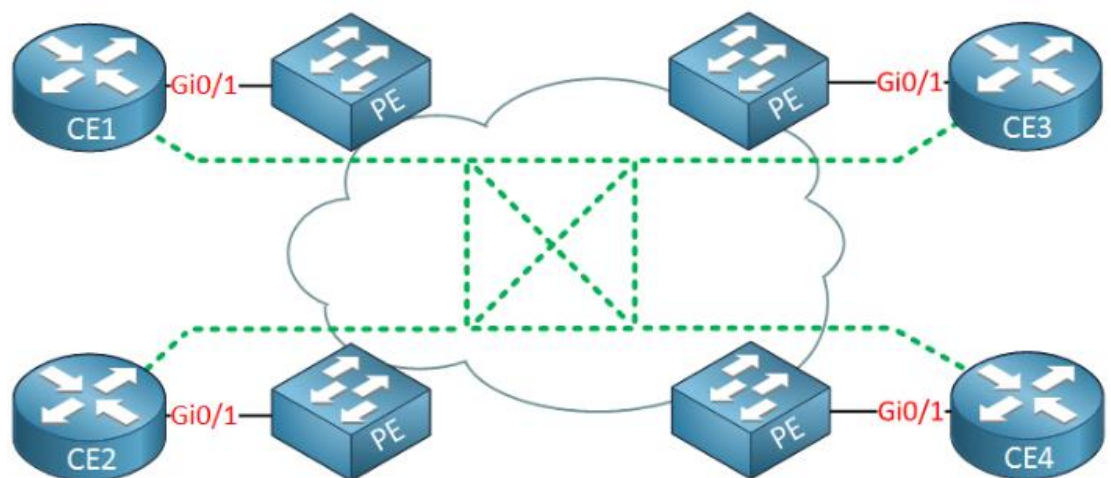
Στην περίπτωση των πολλών ιστοτόπων, είναι δυνατή η ύπαρξη πολλών συνδέσεων E - Line σε μία ενιαία φυσική διεπαφή.(εικόνα 20)



Εικόνα 20: E - Line με πολλούς ιστοτόπους

- *Ethernet LAN Service (E - LAN)*

Η υπηρεσία E - LAN χρησιμεύει στην περίπτωση των πολλών ιστοτόπων για την άμεση αποστολή πλαισίων από τον έναν ιστότοπο στον άλλον. Είναι μια τοπολογία full-mesh που λειτουργεί σαν ένας μεγάλος διακόπτης, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 21: E - LAN

Η πράσινη γραμμή συμβολίζει μία απλή EVC που συνδέει και τους τέσσερις ιστοτόπους σχηματίζοντας ένα E - LAN.

Το MEF έχει αναπτύξει ένα πλαίσιο υπηρεσιών Ethernet για να βοηθήσει τους συνδρομητές και τους παρόχους υπηρεσιών να έχουν μια κοινή ονοματολογία όταν μιλάνε για τους διαφορετικούς τύπους υπηρεσιών και τις ιδιότητές τους. Για κάθε έναν από τους δύο τύπους υπηρεσιών E - Line και E - LAN, το MEF έχει ορίσει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά υπηρεσίας και τις αντίστοιχες παραμέτρους:[21]

- *Χαρακτηριστικό φυσικής διεπαφής Ethernet*

Εδώ υπάρχουν οι ακόλουθοι παράμετροι:

- *Φυσικό μέσο:* ορίζει το φυσικό μέσο σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 802.3. Παραδείγματα είναι τα 10BASE - T, 100BASE - T, 1000BASE - X.
- *Ταχύτητα:* ορίζει την ταχύτητα του Ethernet, 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps ή 10 Gbps.
- *Λειτουργία:* υποδηλώνει την υποστήριξη για αμφίδρομη ή ημι - αμφίδρομη λειτουργία και την υποστήριξη αυτόματη διαπραγματεύση μεταξύ δύο θυρών Ethernet.
- *Στρώμα MAC:* Καθορίζει το επίπεδο MAC που υποστηρίζεται όπως αυτό καθορίζεται στο πρότυπο 802.3-2002

- *Παράμετροι κυκλοφορίας*

Το MEF έχει ορίσει ένα σύνολο προφίλ εύρους ζώνης που μπορεί να εφαρμοστεί στο UNI ή σε μία EVC. Ένα προφίλ εύρους ζώνης είναι ένα όριο στον ρυθμό με τον οποίο τα πλαίσια Ethernet μπορούν να διασχίσουν το UNI ή την EVC. Η διαχείριση των προφίλ εύρους ζώνης μπορεί να είναι μια δύσκολη επιχείρηση. Για point - to - point συνδέσεις όπου υπάρχει μόνο μία EVC μεταξύ δύο τοποθεσιών, είναι εύκολο να υπολογιστεί ένα προφίλ εύρους ζώνης που έρχεται μέσα και έξω από τον σωλήνα. Ωστόσο, για τις περιπτώσεις όπου μια multipoint υπηρεσία παραδίδεται και υπάρχει η δυνατότητα να υπάρχουν πολλαπλά EVCs στην ίδια φυσική διασύνδεση,

γίνεται δύσκολο να προσδιοριστεί το προφίλ του εύρους ζώνης ενός EVC. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ο περιορισμός του προφίλ εύρους ζώνης ανά UNI μπορεί να είναι πιο πρακτικός.

Τα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας προφίλ εύρους ζώνης είναι τα εξής:

- *Προφίλ εύρους ζώνης εισόδου και εξόδου ανά UNI*
- *Προφίλ εύρους ζώνης εισόδου και εξόδου ανά EVC*
- *Προφίλ εύρους ζώνης εισόδου και εξόδου ανά αναγνωριστικό CoS*
- *Κατατομή προφίλ εύρους ζώνης ανά προορισμό UNI ανά EVC*
- *Προφίλ εύρους ζώνης εξόδου ανά πηγή UNI ανά EVC*

Τα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας προφίλ εύρους ζώνης αποτελούνται από τις ακόλουθες παραμέτρους κυκλοφορίας:

- *CIR*

Αυτή είναι η ελάχιστη εγγυημένη απόδοση που πρέπει να παραδώσει το δίκτυο για την υπηρεσία υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Μια υπηρεσία μπορεί να υποστηρίξει ένα CIR ανά VLAN στη διασύνδεση UNI. Ωστόσο, το άθροισμα όλων των CIRs δεν πρέπει να υπερβαίνει την ταχύτητα φυσικής θύρας. Το CIR έχει μια πρόσθετη παράμετρο που σχετίζεται με αυτό που ονομάζεται CBS. Το CBS είναι το μέγεθος μέχρι το οποίο η κυκλοφορία των συνδρομητών επιτρέπεται να υπερβεί τα όρια στο προφίλ και να μην απορριφθεί ή να διαμορφωθεί. Τα πλαίσια σε προφίλ είναι εκείνα που ικανοποιούν τις παραμέτρους CIR και CBS. Το CBS μετριέται σε KB ή MB.
- *PIR*

Καθορίζει το ποσοστό πάνω από το CIR στο οποίο επιτρέπεται η κυκλοφορία στο δίκτυο και το οποίο μπορεί να παραδοθεί εάν το δίκτυο δεν έχει συμφόρηση. Έχει μια πρόσθετη παράμετρο που σχετίζεται με αυτή που ονομάζεται MBS. Το MBS είναι το μέγεθος

μέχρι το οποίο η κυκλοφορία επιτρέπεται να ξεπεράσει τα επιτρεπτά όρια χωρίς να απορριφθεί. Το MBS μπορεί να μετρηθεί σε KB ή MB, όπως και το CBS.

- *Παράμετροι απόδοσης*
Οι παράμετροι απόδοσης υποδεικνύουν την ποιότητα της υπηρεσίας που έχει ο συνδρομητής. Αποτελούνται από τα ακόλουθα:

- *Διαθεσιμότητα*

Η διαθεσιμότητα καθορίζεται από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά υπηρεσίας:

- *Χρόνος ενεργοποίησης υπηρεσίας UNI*

Καθορίζει την ώρα κατά την οποία η νέα ή τροποποιημένη εντολή υπηρεσίας τοποθετείται στην υπηρεσία ώρας και είναι ενεργοποιημένη και έτοιμη για χρήση.

- *Μέσος χρόνος επαναφοράς UNI*

Καθορίζει το χρόνο που χρειάζεται από την στιγμή που το UNI δεν είναι διαθέσιμο έως ότου αποκατασταθεί.

- *Χρόνος ενεργοποίησης υπηρεσίας EVC*

Ο χρόνος ενεργοποίησης της υπηρεσίας EVC ξεκινά όταν ενεργοποιούνται όλες οι μονάδες UNIs.

- *Διαθεσιμότητα EVC*

Καθορίζει πόσο συχνά η EVC του συνδρομητή φτάνει ή υπερβαίνει τις επιδόσεις της υπηρεσίας καθυστέρησης, απώλειας ή διακύμανσης στο ίδιο διάστημα μέτρησης.

- *EVC (MTTR)*

Καθορίζει το χρονικό διάστημα κατά το οποίο η EVC δεν είναι διαθέσιμο έως ότου γίνει ξανά διαθέσιμο.

- *Καθυστέρηση*

Η καθυστέρηση είναι μια κρίσιμη παράμετρος που επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) για εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο. Η καθυστέρηση έχει οριστεί ως καθυστέρηση μονής κατεύθυνσης ή καθυστέρηση από άκρο σε άκρο. Η καθυστέρηση μεταξύ δύο τοποθεσιών στο δίκτυο Metro είναι μια συσσώρευση καθυστερήσεων, ξεκινώντας από ένα UNI στο ένα άκρο, πηγαίνοντας μέσα από το δίκτυο του Metro, και πηγαίνοντας μέσα από το UNI στο άλλο άκρο. Η καθυστέρηση στο UNI επηρεάζεται από τη γραμμή στη σύνδεση UNI και το υποστηριζόμενο μέγεθος πλαισίου Ethernet.

Το ίδιο το δίκτυο Metro εισάγει πρόσθετες καθυστερήσεις με βάση τη ταχύτητα του δικτύου και το επίπεδο συμφόρησης. Η απόδοση καθυστέρησης ορίζεται από το 95^ο εκατοστημόριο (95%) της καθυστέρησης των επιτυχώς παραδοθέντων πλαισίων εξόδου για ένα χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, μια καθυστέρηση 15 ms σε 24 ώρες σημαίνει ότι σε διάστημα 24 ωρών το 95 τοις εκατό των πλαισίων που παραδόθηκαν είχε μονόδρομη καθυστέρηση μικρότερη ή ίση με 15 ms.

- *Διακύμανση*

Η διακύμανση είναι μια άλλη παράμετρος που επηρεάζει την ποιότητα της υπηρεσίας. Η διακύμανση είναι επίσης γνωστό ως μεταβολή καθυστέρησης και έχει πολύ αρνητικές επιπτώσεις σε εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο, όπως η τηλεφωνία IP.

- *Απώλεια*

Η απώλεια υποδεικνύει το ποσοστό των πλαισίων Ethernet που είναι εντός του προφίλ και τα οποία δεν παραδίδονται αξιόπιστα μεταξύ των μονάδων σε ένα χρονικό διάστημα. Σε ένα point - to - point EVC, για παράδειγμα, εάν έχουν σταλεί 100 πλαίσια από ένα UNI στο ένα άκρο και 90 καρέ που βρίσκονται στο προφίλ έχουν παραληφθεί στο άλλο άκρο, η απώλεια θα είναι $(100 - 90)/100 = 10\%$. Η απώλεια μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις, ανάλογα με την εφαρμογή. Εφαρμογές όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και τα αιτήματα του προγράμματος περιήγησης Web HTTP μπορεί να αντέξουν περισσότερη απώλεια από VoIP, για παράδειγμα.

- *Παράμετροι υπηρεσιών*

Οι παράμετροι υπηρεσιών μπορούν να οριστούν για τους συνδρομητές του Metro Ethernet με βάση διάφορα αναγνωριστικά CoS, όπως τα εξής:

- *Φυσική θύρα*

Αυτή είναι η απλούστερη μορφή QoS που ισχύει για τη φυσική θύρα της σύνδεσης UNI. Όλη η επισκεψιμότητα που εισέρχεται και εξέρχεται από τη θύρα λαμβάνει το ίδιο CoS.
- *Διευθύνσεις προέλευσης / προορισμού MAC*

Αυτός ο τύπος ταξινόμησης χρησιμοποιείται για την παροχή διαφορετικών τύπων υπηρεσιών με βάση συνδυασμούς διευθύνσεων MAC προέλευσης και προορισμού. Ενώ αυτό το μοντέλο είναι πολύ ευέλικτο, είναι δύσκολο να διαχειριστεί, ανάλογα με την ίδια την υπηρεσία. Εάν ο εξοπλισμός CPE του πελάτη στα άκρα των συνδέσεων είναι διακόπτες Layer 2 που αποτελούν μέρος μιας υπηρεσίας LAN-To-LAN, εκατοντάδες ή χιλιάδες διευθύνσεις MAC ενδέχεται να πρέπει να παρακολουθούνται. Από την άλλη πλευρά, αν οι CPEs είναι δρομολογητές, οι διευθύνσεις MAC που παρακολουθούνται είναι αυτές των διασυνδέσεων του δρομολογητή. Ως εκ τούτου, οι διευθύνσεις MAC είναι πολύ πιο διαχειρίσιμες.
- *VLAN ID*

Αυτός είναι ένας πολύ πρακτικός τρόπος εκχώρησης CoS εάν ο συνδρομητής έχει διαφορετικές υπηρεσίες στη φυσική θύρα, όπου μια υπηρεσία ορίζεται από ένα αναγνωριστικό VLAN.
- *802.1p*

Το πεδίο 802.1 p επιτρέπει στον μεταφορέα να εκχωρήσει έως και οκτώ διαφορετικά επίπεδα προτεραιοτήτων στην επισκεψιμότητα του πελάτη. Οι διακόπτες Ethernet χρησιμοποιούν αυτό το πεδίο για να καθορίσουν ορισμένες βασικές προτεραιότητες προώθησης, όπως τα πλαίσια με αριθμό προτεραιότητας 7 να προωθούνται πριν από τα πλαίσια με αριθμό προτεραιότητας 6, και ούτω καθεξής. Αυτή είναι μια μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαφοροποίηση μεταξύ της κυκλοφορίας VoIP και της κανονικής κυκλοφορίας.

○

IP ToS

Το πεδίο IP ToS είναι ένα πεδίο 3-bit μέσα στο πακέτο IP, το οποίο χρησιμοποιείται για την παροχή οκτώ διαφορετικών κλάσεων υπηρεσίας, γνωστών ως προτεραιότητα IP. Αυτό το πεδίο είναι παρόμοιο με το πεδίο 802.1 p, εάν χρησιμοποιείται για βασικές προτεραιότητες προώθησης. Ωστόσο, βρίσκεται μέσα στην κεφαλίδα IP αντί για την κεφαλίδα της ετικέτας Ethernet 802.1 Q.

•

Χαρακτηριστικό

υποστήριξης VLAN

Το Metro Ethernet δημιουργεί ένα διαφορετικό περιβάλλον στο οποίο το δίκτυο Ethernet υποστηρίζει πολλαπλά δίκτυα επιχειρήσεων που μοιράζονται την ίδια υποδομή και στα οποία κάθε επιχειρηματικό δίκτυο μπορεί να έχει ακόμα τη δική του κατάτμηση. Η υποστήριξη για διαφορετικά επίπεδα VLAN και η δυνατότητα χειρισμού ετικετών VLAN είναι πολύ σημαντικές.

•

Χαρακτηριστικό

πολυπλεξίας

Η υπηρεσία πολυπλεξίας χρησιμοποιείται για την υποστήριξη πολλαπλών EVCs στην ίδια φυσική σύνδεση. Αυτό επιτρέπει στον ίδιο πελάτη να έχει διαφορετικές υπηρεσίες με το ίδιο καλώδιο Ethernet.

•

Χαρακτηριστικό

ομαδοποίησης

Το χαρακτηριστικό ομαδοποίησης επιτρέπει δύο ή περισσότερα αναγνωριστικά VLAN να αντιστοιχιστούν σε μία ενιαία EVC σε ένα UNI. Με την ομαδοποίηση, ο πάροχος και ο συνδρομητής πρέπει να συμφωνήσουν σχετικά με τα αναγνωριστικά VLAN που χρησιμοποιούνται στο UNI και την αντιστοίχιση μεταξύ του αναγνωριστικού VLAN και μιας συγκεκριμένης EVC.

•

Χαρακτηριστικό φίλτρων

ασφαλείας

Τα φίλτρα ασφαλείας είναι λίστες πρόσβασης MAC που χρησιμοποιεί ο μεταφορέας για τον αποκλεισμό ορισμένων διευθύνσεων από τη ροή μέσω της EVC. Αυτή θα μπορούσε να είναι μια πρόσθετη υπηρεσία που μπορεί να προσφέρει ο μεταφορέας κατόπιν αιτήματος του συνδρομητή, ο οποίος θα ήθελε ένα επίπεδο προστασίας έναντι ορισμένων διευθύνσεων MAC. Οι διευθύνσεις MAC που ταιριάζουν με μια συγκεκριμένη λίστα πρόσβασης θα μπορούσαν να απορριφθούν ή να επιτραπούν.

4.3 Πλεονεκτήματα του Metro Ethernet

Όταν πρόκειται για υπηρεσίες τηλεπικοινωνιών, πολλές επιχειρήσεις επιλέγουν το Metro Ethernet επειδή προσφέρει όλα τα παρακάτω πλεονεκτήματα:[24]

- *Απλότητα διαχείρισης*
Οι κορυφαίοι πάροχοι υπηρεσιών Metro Ethernet κατανοούν ότι μια επιχείρηση θα χρειαστεί να συνδέσει πολλαπλές τοποθεσίες χωρίς πολύπλοκες τεχνολογίες μετατροπής. Ως εκ τούτου, προσφέροντας την απλότητα του Ethernet, οι πάροχοι υπηρεσιών εξυπηρετούν την ανάγκη σύνδεσης υποκαταστημάτων μιας επιχείρησης σε ένα απλό δίκτυο. Είναι επίσης σε θέση να παρέχουν υποστήριξη για άλλες υπηρεσίες, όπως βίντεο μέσω πρωτοκόλλου Internet, VoIP μέσω πρωτοκόλλου Internet και μετάδοσης δεδομένων.
- *Εξοικονόμηση κόστους*
Με ένα αποτελεσματικό δίκτυο Metro Ethernet, μια επιχείρηση μπορεί πράγματι να απολαύσει συγκλίνουσες υπηρεσίες. Τέτοιες υπηρεσίες παρέχονται επίσης μέσω μεγαλύτερης τιμής εύρους ζώνης, ιδιαίτερα σε σύγκριση με παλαιότερες τεχνολογίες, όπως η αναμετάδοση πλαισίων. Με αυτές τις συγκλίνουσες υπηρεσίες, μια επιχείρηση μπορεί να ενσωματώσει όλες τις ανάγκες επικοινωνίας σε μία τεχνολογία. Έτσι, αντί να αντιμετωπίζει ένα συγκεχυμένο και περίπλοκο τοπίο επικοινωνιών, μπορεί να το απλοποιήσει και να απολαύσει τεράστια αποδοτικότητα κόστους.
- *Διαθεσιμότητα*
Μία από τις μεγαλύτερες ανάγκες όσον αφορά το δίκτυο επικοινωνίας είναι η διαθεσιμότητα της τεχνολογίας σε διάφορες τοποθεσίες. Οι περισσότεροι κορυφαίοι πάροχοι υπηρεσιών Metro Ethernet προσφέρουν τέτοια διαθεσιμότητα. Αυτό απλά σημαίνει ότι μπορεί κάποιος να μείνει με έναν πάροχο υπηρεσιών και να συνδέσει όλες τις διαφορετικές τοποθεσίες του απολαμβάνοντας κεντρική διαχείριση. Η εκτεταμένη διαθεσιμότητα σημαίνει ότι ένα δίκτυο πλεονάζει και είναι αξιόπιστο. Και τα δύο είναι εξαιρετικά σημαντικά για μια επιχείρηση, για να συνεχίσει να απολαμβάνει εξαιρετικά διαθέσιμες τηλεπικοινωνίες.
- *Ευελιξία*
Κάθε επιχειρηματική οργάνωση θα αναπτυχθεί! Όταν πρόκειται για νέες αγορές, για νέες ανάγκες τηλεπικοινωνιών, νέους συνεργάτες στην επιχείρηση ακόμη και για

νέες τοποθεσίες για την ίδια την επιχείρηση, πρέπει να έχει στήριγμα το δίκτυο Ethernet της για να τις καλύψει όλες. Επομένως, με μια καλή και ισχυρή λύση συνδεσιμότητας Ethernet θα υπάρχει η δυνατότητα κλιμάκωσης. Όσο και αν η επιχείρηση απαιτεί περισσότερες συνδέσεις και μεγαλύτερη κάλυψη δικτύου, ο πάροχος υπηρεσιών θα είναι σε θέση να τα προσφέρει. Επομένως, το κλιμακωτό εύρος ζώνης είναι απαραίτητο.

- *Ταχύτητα εγκατάστασης*

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η ταχύτητα μπορεί να απογειώσει ή να καταστρέψει μια επιχείρηση, είναι λογικό ότι οι επιχειρήσεις θα πρέπει να είναι σε θέση να απολαμβάνουν την εξαιρετικά γρήγορη ανάπτυξη των υπηρεσιών του Metro Ethernet. Αυτό είναι στην πραγματικότητα ένα από τα μεγαλύτερα επιχειρηματικά οφέλη που προσφέρει αυτή η σύνδεση Ethernet.

- *SLA*

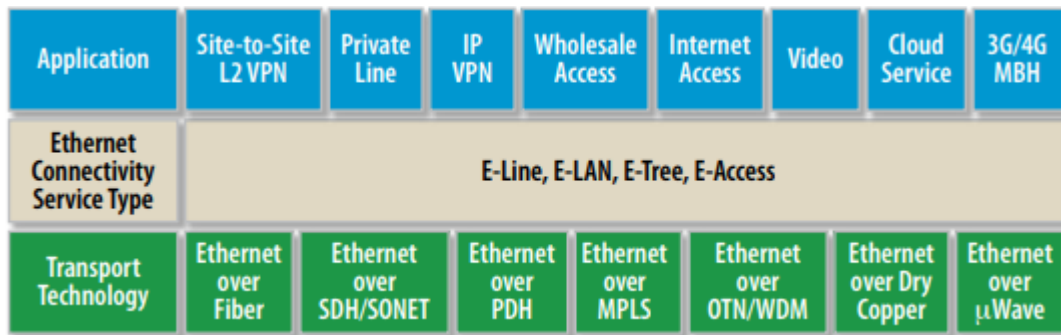
Το SLA ή η συμφωνία επιπέδου υπηρεσιών είναι μια άλλη τεράστια συμφωνία όταν πρόκειται για τις υπηρεσίες Metro Ethernet. Διευκρινίζει το είδος της διαθεσιμότητας σύνδεσης Ethernet για μια επιχείρηση. Ανάλογα με τον επιλεγμένο πάροχο υπηρεσιών, μια επιχείρηση μπορεί να απολαύσει ακόμη έως και 99,99% διαθεσιμότητα. Αυτό μεταφράζεται άμεσα στην αξιοπιστία των υπηρεσιών και ως εκ τούτου μπορεί να διαδραματίσει τεράστιο ρόλο στην επιχειρηματική συνέχεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ CARRIER ETHERNET ΚΑΙ METRO ETHERNET

- *Εφαρμογές* *Carrier*
Ethernet

Το Carrier Ethernet χρησιμοποιείται για διάφορους σκοπούς στο διαδίκτυο. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται οι αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των διαφορετικών ρόλων του Carrier Ethernet στο δίκτυο.



Εικόνα 22: Χρήσεις του Carrier Ethernet[15]

Στην πρώτη γραμμή του παραπάνω πίνακα αναφέρεται η εφαρμογή στην οποία χρησιμοποιείται το Carrier Ethernet, στη δεύτερη γραμμή ο τύπος της υπηρεσίας Ethernet ενώ στην τρίτη γραμμή αναφέρεται η τεχνολογία μεταφοράς.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις τεχνολογίες μεταφοράς που χρησιμοποιούνται για την παροχή των υπηρεσιών Ethernet που αναφέρονται στην εικόνα 22.[15]

Ethernet συνδυασμένο με τεχνολογία μεταφοράς Layer 1	Περιγραφή
Ethernet over Fiber	Ethernet στο IEEE 802.3 Layer 1
Ethernet over SONET/SDH	Ethernet εμφωλευμένο στο ITU-T G.8040 GFP, συνδυασμένο με SONET / SDH Virtual Concatenation (είδος πολυπλεξίας)
Ethernet over PDH	Ethernet εμφωλευμένο στο ITU-T G.8041 GFP, με χρήση ξεχωριστών ή συγκολλημένων T1, E1, E3 ή T3 κυκλωμάτων
Ethernet over MPLS	Ethernet με επικεφαλίδα MPLS χρησιμοποιούμενο με οποιαδήποτε τεχνολογία μεταφοράς Layer 1
Ethernet over OTN	Ethernet εμφωλευμένο στο ITU-T G.709 Digital Wrapper (είδος πολυπλεξίας)
Ethernet over WDM	Ethernet σε διάφορα μήκη κύματος

Ethernet over dry copper pairs (χάλκινα καλώδια συνεστραμμένου ζεύγους)	Ethernet εμφωλευμένο στο ITU-T G.SHDSL
Ethernet over μWave	Ethernet στο φάσμα μικροκυματικών συχνοτήτων

Οι εφαρμογές που ενεργοποιούνται από μία υποδομή δικτύου Carrier Ethernet περιλαμβάνουν τη δικτύωση Ethernet Layer 2 και πρόσβαση Ethernet σε IP υπηρεσίες (Layer 3). Ο παρακάτω πίνακας παρέχει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την ενεργοποίηση Ethernet εφαρμογών που αναφέρονται στην εικόνα 22. [15]

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Site-to-site Layer 2 VPNs (εικονικά ιδιωτικά δίκτυα Layer 2 συνδεδεμένων ιστοσελίδων)	Υψηλό εύρος ζώνης και ευέλικτη αντικατάσταση των αντίστοιχων Frame Relay Layer 2 VPNs EPL
EPL (Ethernet Private Line)	Παρόμοια χαρακτηριστικά με ιδιωτική γραμμή Layer 1, αλλά υλοποίηση μέσω διεπαφών Ethernet
Wholesale Ethernet access (χονδρική πρόσβαση στο Ethernet)	First / Last mile υπηρεσίες Ethernet που επιτρέπουν στους παρόχους υπηρεσιών να εξυπηρετήσουν ιδιωτικές εγκαταστάσεις του πελάτη
3G/4G cell site mobile backhaul	Διασύνδεση κινητών σταθμών βάσης 3G/4G με τους ελεγκτές βάσης, στο κέντρο μεταγωγής
Ethernet access to IP services (Ethernet πρόσβαση σε IP υπηρεσίες)	Αφιερωμένη πρόσβαση στο Internet, πρόσβαση σε IP VPNs και cloud υπηρεσίες, IP video μέσω DSLAM, GePON ή CMTS συλλέκτη

- *Ethernet* *Εφαρμογές* *Metro*

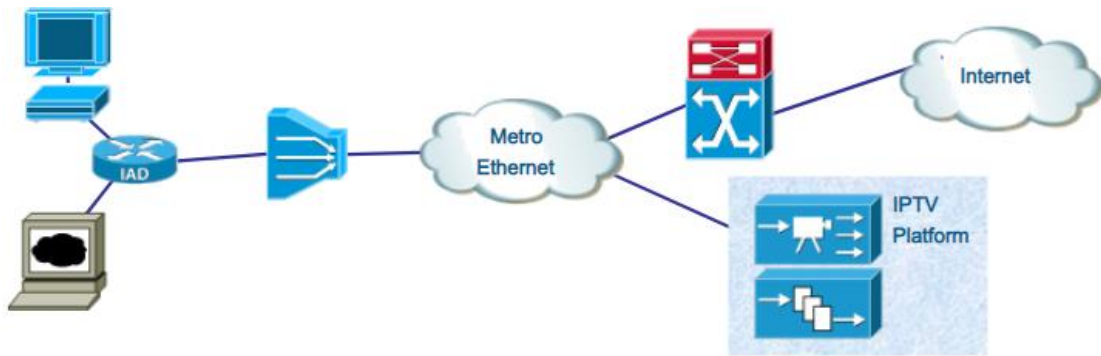
- *IPTV*

Η IPTV είναι μία υπηρεσία όπου η ψηφιακή τηλεόραση παρέχεται με χρήση πρωτοκόλλου internet πάνω από μία δικτυακή υποδομή, η πρόσβαση στην οποία μπορεί να γίνει μέσω μιας ευρυζωνικής σύνδεσης. Το περιεχόμενο της τηλεόρασης, πραγματικού ή προ - εγγεγραμμένου χρόνου, λαμβάνεται από τον ακροατή μέσω τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα υπολογιστών (IP δικτύου) αντί να παρέχεται μέσω των παραδοσιακών υποδομών.

Οι υπηρεσίες που παρέχει η IPTV είναι οι ακόλουθες:

- Broadcast TV: διανομή free - to - air τηλεοπτικών καναλιών
- Pay TV: συνδρομητική τηλεόραση
- Near Video On Demand (NVoD): επαναλαμβανόμενη εκπομπή προγραμμάτων σε διαφορετικά χρονικά παράθυρα
- Video On Demand: πρόσβαση σε περιεχόμενο κατά αίτηση
- Pay per view: πρόσβαση κατά αίτηση σε περιεχόμενο με συγκεκριμένο χρόνο προβολής
- Personal Video Recording - Video Record: είτε τοπικά είτε δικτυακά
- Time Shifted TV
- Δυνατότητα online gaming, betting και μουσικής
- Τηλεφωνία μέσω VoIP, video conference, e - mail

Η υπηρεσία IPTV παρέχεται μέσω του δικτύου ADSL over Metro Ethernet (DSLAM). Ο πελάτης, εκτός από το συμβατό router, λαμβάνει μία συσκευή Set - Top - Box για διασύνδεση με τον υφιστάμενο τηλεοπτικό δέκτη και για αλληλεπίδραση με τον εξοπλισμό IPTV, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 23: IPTV[25]

○

Μισθωμένα κυκλώματα

Για την παροχή της υπηρεσίας επιλέγεται ο καταλληλότερος τύπος κυκλώματος σύμφωνα με τη διαθεσιμότητα στο σημείο σύνδεσης, αλλά και το είδος των υπηρεσιών που θα παρέχονται μέσω της αντίστοιχης πρόσβασης. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται κυκλώματα Metro Ethernet μέσω οπτικής ίνας, ασύρματα κυκλώματα, ενσύρματα κυκλώματα πρόσβασης τεχνολογίας xDSL κ.α. Οι συνδέσεις αυτές είναι αποκλειστικά αφιερωμένες για εταιρική χρήση και παρέχουν ταχύτητα, αξιοπιστία και κατά συνέπεια πλήρη λειτουργικότητα. Ταυτόχρονα παρέχονται και κατάλληλα εφεδρικά κυκλώματα πρόσβασης ώστε να διασφαλίζεται η παροχή της υπηρεσίας ακόμη και στην περίπτωση δυσλειτουργίας της βασικής σύνδεσης [26].

○

Ethernet

Άλλες εφαρμογές του Metro

•

Υγεία

Το Metro Ethernet μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα του προσωπικού καθώς και την φροντίδα των ασθενών μέσω των ακόλουθων στοιχείων:

- Ασφαλή μεταφορά ηλεκτρονικών αρχείων υγείας (EHRs) σε ιδιωτικό δίκτυο
 - Βελτίωση της αλληλεπίδρασης των ασθενών και της ποιότητας του χρόνου με τους ασθενείς μέσω της τηλεϊατρικής
 - Ασφαλής σύνδεση πανεπιστημίων υγειονομικής περίθαλψης, κλινικών, παρόχων ιατρικών ασφαλίσεων και απομακρυσμένων διαγνωστικών κέντρων
 - Μείωση του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας και βελτίωση της απόδοσης των επενδύσεων
- Εκπαίδευση

Το Metro Ethernet βοηθά τα σχολεία και τα εκπαιδευτικά ιδρύματα παρέχοντας:

- Βελτιωμένη αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών φέρνοντας εφαρμογές και τεχνολογία που ενισχύουν τη μάθηση στην τάξη
- Βελτιωμένη μάθηση με την ενεργοποίηση μεθόδων μάθησης επόμενης γενιάς
- Σύνδεση Smartboard και πίνακα
- Συνδεσιμότητα απομακρυσμένης μάθησης
- Παρακολούθηση με βίντεο σε πραγματικό χρόνο και άλλες μεθόδους ασφαλείας
- Μεγαλύτερη ταχύτητα λήψης και πρόσβαση σε εφαρμογές
- Συνδέσεις υψηλότερου εύρους ζώνης για την ικανοποίηση των απαιτήσεων των online δοκιμών
- Πρόσβαση στο cloud και ενοποίηση διακομιστών

- Διοικητική αποδοτικότητα
— συνεργασία, διαχείριση της μάθησης, αρχεία, ψηφιακό περιεχόμενο και πρόγραμμα σπουδών, συμμόρφωση με την κανονικότητα, εκχώρηση σύνταξης και διαχείριση δεδομένων και ανάλυση
- Ενεργοποίηση της κατάστασης των προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης της τέχνης
- Αυτοδιοικήσεις και κυβερνήσεις
 Το Metro Ethernet βοηθά να εξασφαλιστούν τα παρακάτω:
 - Ασφαλής επικοινωνία μεταξύ των υπηρεσιών
 - Μεγαλύτερη ασφάλεια των πολιτών
 - Υποστήριξη εφαρμογών όπως βίντεο - ακροάσεις
 - Βελτιωμένη παραγωγικότητα του προσωπικού με την παροχή καλύτερης εμπειρίας χρήστη
 - Ομαλή δυνατότητα κλιμάκωσης και φιλική προς τον προϋπολογισμό
 - Ενισχυμένη παροχή υπηρεσιών ηλεκτρονικής διακυβέρνησης
- Οικονομικά
 Το Metro Ethernet είναι ιδανικό για χρηματοπιστωτικά ιδρύματα που χρειάζονται τα ακόλουθα:
 - Ασφαλής διυπηρεσιακή επικοινωνία
 - Ένα ασφαλές περιβάλλον για τη μεταφορά κρίσιμων χρηματοοικονομικών δεδομένων
 - Συμμόρφωση PCI

- Βελτιωμένη εμπειρία
χρήστη και ταχύτητες online συναλλαγών
- Αξιόπιστη συνδεσιμότητα
υψηλού εύρους ζώνης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το Ethernet ξεκίνησε αρχικά ως μία τεχνολογία για την τοπική δικτύωση υπολογιστών και επεκτάθηκε σε διάφορους τομείς όπως η βιομηχανία, τα οικιακά συστήματα ψυχαγωγίας και αλλού. Πλέον έχει πολύ μακρά ιστορία στον χώρο των δικτύων κατέχοντας την πρώτη θέση προτίμησης στην υλοποίηση τοπικών δικτύων έχοντας αντέξει στον ανταγωνισμό των υπόλοιπων τεχνολογιών δικτύωσης.

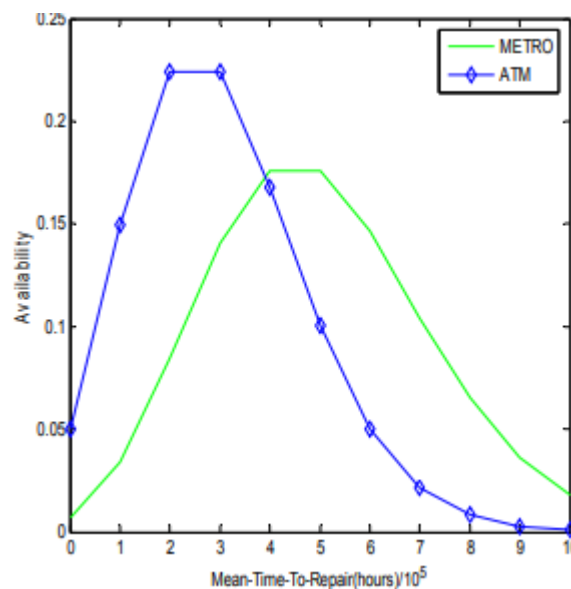
Οι τεχνολογίες αυτές τοπικής δικτύωσης LAN του Ethernet ενισχύονται από το Carrier Ethernet για την κατασκευή μητροπολιτικών δικτύων και δικτύων ευρείας περιοχής. Χρησιμοποιείται, επίσης, για την κατασκευή υποδομών δικτύου και την παροχή λιανικών και χονδρικών υπηρεσιών επικοινωνίας. Τα δομικά στοιχεία του Carrier Ethernet περιλαμβάνουν τα Ethernet UNI και ENNI, τα οποία παρέχουν οριοθέτηση υπηρεσιών μεταξύ αγοραστών και πωλητών υπηρεσιών, ενώ οι EVC και OVCs ορίζουν την εικονική διασύνδεση μεταξύ αυτών των διεπαφών.

Το Carrier Ethernet, όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3 του συγκεκριμένου δοκιμίου, παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα και είναι σε θέση να υποστηρίξει υποδομές και υπηρεσίες τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, όπως οπτικά δίκτυα, υποδομές βίντεο,

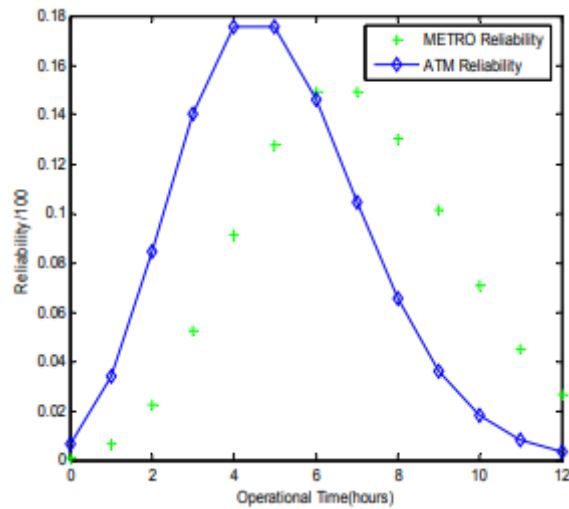
δρομολόγησης και μεταγωγής καθώς και First Mile πρόσβαση. Η χρήση του Carrier Ethernet έχει εξαπλωθεί σε επιχειρησιακά, ασύρματα και οικιακά δίκτυα. Η αύξηση των εσόδων από αυτή τη χρήση αγγίζουν παγκοσμίως ποσοστά της τάξης του 30% κάθε χρόνο [27]

Στα μητροπολιτικά δίκτυα η χρήση του Carrier Ethernet είναι το Metro Ethernet. Επειδή είναι συνήθως μια συλλογική προσπάθεια με πολλούς οικονομικούς συνεργάτες, το Metro Ethernet προσφέρει αποδοτικότητα κόστους, αξιοπιστία, κλιμάκωση και διαχείριση εύρους ζώνης ανώτερη από τα περισσότερα ιδιόκτητα δίκτυα.

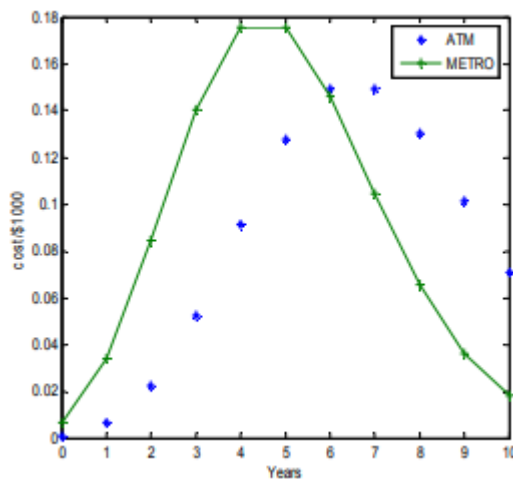
Η τεχνολογία των δικτύων Metro Ethernet παρέχει οικονομική βιωσιμότητα σε μικρές και μεγάλες επιχειρήσεις. Τα άτομα και οι οργανισμοί βασίζονται στις ΤΠΕ για την καθημερινή λειτουργία τους. Το κόστος χρήσης αυτών των υπηρεσιών καθορίζει την προσβασιμότητα των χρηστών. Το Metro Ethernet Network είναι ευέλικτο για χρήση σε σύγκριση με άλλα δίκτυα μεταγωγής όπως το ATM (Asynchronous Transfer Mode). Στα παρακάτω γραφήματα φαίνεται μία σύγκριση των χαρακτηριστικών της τεχνολογίας Metro Ethernet με αυτά του ATM.



Εικόνα 24: Διαθεσιμότητα Metro Ethernet και ATM[28]



Εικόνα 25: Αξιοπιστία Metro Ethernet και ATM[28]



Εικόνα 26: Ανάλυση κόστους Metro Ethernet και ATM[28]

Στο μέλλον ελπίζουμε στην υλοποίηση των τεχνολογιών αυτών σε μεγαλύτερα δίκτυα που να περιλαμβάνουν μεγαλύτερο αριθμό κόμβων και να καλύπτουν μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές σε παγκόσμιο επίπεδο. Επιπλέον, όσον αφορά το Metro Ethernet μπορούν να γίνουν περαιτέρω εργασίες, όπως στον τομέα ανάπτυξης χρεώσεων, για να βελτιωθούν οι υπηρεσίες του στις επιχειρήσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Μπαλαντινάκη, Μ. (2010), Ιστορική αναδρομή Διαδικτύου. Ανακτήθηκε από:
<https://marilenabalantinaki.wordpress.com>

- [2] Spurgeon, C. E. (2000). *Ethernet: the definitive guide*. " O'Reilly Media, Inc."
- [3] Robyn E. Shotwell (1985). *The Ethernet Sourcebook*. "New York: North-Holland"
- [4] Santitoro R. (2006). *Metro Ethernet Services—A Technical Overview*. In Metro Ethernet Forum 2003 Apr
- [5] Charles M. Kozierok (2005). *The TCP / IP Guide*
- [6] [https://www.ebay.co.uk/gds/What-are-the-Different-Types-of-Ethernet-Cables-
/10000000177629325/g.html](https://www.ebay.co.uk/gds/What-are-the-Different-Types-of-Ethernet-Cables-/10000000177629325/g.html)
- [7] [https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/ethernet-ieee-802-
3/cables-types-pinout-cat-5-5e-6.php](https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/ethernet-ieee-802-3/cables-types-pinout-cat-5-5e-6.php)
- [8] Cisco & Cisco Router. (2014, Dec). *The Different Types of Ethernet Cables*. *Cisco Network Hardware News and Technology*. Διαθέσιμο: [http://ciscorouterswitch.over-
blog.com/article-the-different-types-of-ethernet-cables-125299851.html](http://ciscorouterswitch.over-blog.com/article-the-different-types-of-ethernet-cables-125299851.html)
- [9] Μιχάλης Στεφανουδάκης (2007). *Ενσύρματη Οικιακή Δικτύωση*. "Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων, Κρήτη"
- [10] R. Young (2005). *Networking Standards and the OSI Model*. Διαθέσιμο: <http://vig.prenhall.com/samplechapter/0130903086.pdf>
- [11] Robert N. Myhre (2001). *Introduction to Networking and the OSI Model*. Διαθέσιμο: <http://vig.prenhall.com/samplechapter/0130903086.pdf>
- [12] <http://www.highteck.net/EN/Ethernet/Ethernet.html>

- [13] *Carrier Grade Ethernet* (Brocade Inc., 2009)
- [14] *Carrier Ethernet Services Overview*, MEF, 2008
- [15] *Carrier Ethernet Essentials*, Fujitsu Network Communications Inc., 2010
- [16] *Carrier Ethernet Basics* (Thierno Diallo, 2012)
- [17] <https://connect.altran.com/2012/07/5-key-service-attributes-of-carrier-ethernet/>
- [18] MEF, Technical Specification MEF 26, External Network Network Interface (ENNI) - Phase 1, 2010
- [19] L. Samberg (2016). *Applications of Carrier Ethernet. MEF References Wiki*. Διαθέσιμο: wiki.mef.net/display/CESG/Applications+of+Carrier+Ethernet
- [20] www.massivenetworks.com/2017/12/14/carrier-ethernet-4-reasons-why-you-should-be-using-it/
- [21] S. Halabi (2003). *Metro Ethernet Services. Cisco Press*. Διαθέσιμο: <http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=101367&seqNum=2>
- [22] www.juniper.net/us/en/products-services/what-is/metro-ethernet/
- [23] O. Wendell (2016). *CCNA Routing and Switching, ICND2 200 - 105*. Διαθέσιμο: www.amazon.com/Routing-Switching-ICND2-200-105-Official-book/dp/B01HF7BE6O
- [24] www.telcosolutions.net/post/metro-ethernet-business-benefits
- [25] <https://slideplayer.gr/slide/2307431/>
- [26] <https://www.dataways.gr/intergrated-solutions/leased-circuits>
- [27] IDC, 2008
- [28] IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 8, Issue 4, No 2, July 2011 ISSN (Online): 1694-0814