



ΤΕΙ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ (ΕΔΡΑ ΣΠΑΡΤΗ)
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

**ΜΕΛΕΤΗ, ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΣΥΡΜΑΤΗΣ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ

Ευστράτιου Μεσσίνη

A.M. : 2008106

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Βασίλης Καραμπάτσος

ΣΠΑΡΤΗ

Οκτώβριος 2014

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Ευστράτιος Μεσσίνης ,2014

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής του Τεχνικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πελοποννήσου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Ευχαριστίες	2
Εισαγωγή	3
Κεφάλαιο 1	4
1. Ιστορική Αναδρομή	4
2. Ορισμός και δομικά στοιχεία δικτύου ηλεκτρονικών υπολογιστών	8
3. Κατηγορίες δικτύων	8
4. Τοπικά δίκτυα	12
4.1 Χρήση τοπικών δικτύων	13
4.2 Πλεονεκτήματα χρήσης δικτύων	15
5. Ενσύρματα δίκτυα	16
6. Τοπολογίες τοπικών δικτύων	18
6.1 Τοπολογίες Ενσύρματων Τοπικών Δικτύων	18
6.2 Μοντέλο αρχιτεκτονικής δικτύου OSI (Open Systems Interconnection)	23
6.3 Μέθοδοι ελέγχου πρόσβασης στο μέσο	30
6.4 Τυποποιήσεις ΙΕΕ 802,Χ	32
6.5 Συντάξεις, πρότυπα και πρωτόκολλα	37
Κεφάλαιο 2	40
1. Το εικονικό δίκτυο	40
1.1 Περιγραφή εικονικού δικτύου	40
1.2 Τύποι εικονικών δικτύων	40
1.3 Βασικό πρόβλημα ενσωμάτωσης εικονικών δικτύων	42
1.4 Γενικοί περιορισμοί ενσωμάτωσης εικονικών δικτύων	43
1.5 Συνολική πρόκληση ενσωμάτωσης εικονικών δικτύων	45
1.6 Σχεδιαστικές απαιτήσεις εικονικοποίησης δικτύων	46
2. Αρχές Σχεδίασης – Διαχείρισης Τοπικών δικτύων	49
2.1 Σχεδίαση Τοπικών Δικτύων	50
2.2 Σχεδίαση δικτυακής δομής	52
3. Μελέτη χώρου και διαχωρισμός υποδικτύων με κάποιες δικτυακές συσκευές	56
3.1 Επαναλήπτες	57
3.2 Γέφυρες	60
3.3 Δρομολογητές	64
Λειτουργίες Δρομολογητών	65

4. Ανάγκη για Υποδίκτυα	68
4.1 Τεχνική υποδικτύωσης	69
4.2 Μελέτη Υποδικτύωσης (Subnetting)	71
Κεφάλαιο 3	74
1. Υλοποίηση Δικτύου	74
2. Cisco Packet Tracer	74
3. Η Υλοποίηση	75
Συμπεράσματα - Προτάσεις	84
Βιβλιογραφία	85

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα γίνει εμβάθυνση στη μελέτη και σχεδίαση δικτύων όπου θα αναλυθούν τα ενσύρματα δίκτυα και πιο συγκεκριμένα εκείνα που βασίζονται στο πρωτόκολλο 802.3 (Ethernet). Ένα θέμα πολύ ενδιαφέρον και παράλληλα απαιτητικό καθώς για την ανάπτυξη του έπρεπε να συνδυαστούν πολλές από τις γνώσεις που μου παρέιχαν διάφορα μαθήματα της σχολής μου.

Έτσι, αρχικά θα γίνει μια ιστορική αναδρομή και έπειτα θα μελετήσουμε τα ενσύρματα δίκτυα, τη χρήση τους καθώς και τα πλεονεκτήματα αυτής. Επίσης θα αναλύσουμε τις κατηγορίες δικτύων, τα πρωτόκολλα των ενσύρματων δικτύων, το πρότυπο τοπικών δικτύων IEE 802,3 (γνωστό και ως Ethernet), το πρότυπο CSMA/CD, το μοντέλο αρχιτεκτονικής δικτύου OSI και τη Mac Address.

Στην συνέχεια της εργασίας θα μελετήσουμε τα εικονικά δίκτυα, δηλαδή τους τύπους, κάποια βασικά προβλήματα των ενσύρματων εικονικών δικτύων, τους γενικούς περιορισμούς και την συνολική πρόκληση ενσωμάτωσης τους καθώς και τις σχεδιαστικές απαιτήσεις εικονοποίησης των δικτύων. Έπειτα θα αναφερθούμε στη σχεδίαση τοπικών δικτύων, στις σχεδιαστικές απαιτήσεις της εικονικοποίησης τους, στην μελέτη χώρου και τον διαχωρισμό υποδικτύων με κάποιες δικτυακές συσκευές (γέφυρες, δρομολογητές) και στην μελέτη υποδοκτύωσης.

Τέλος θα γίνει υλοποίηση μιας ενσύρματης δικτύωσης με τη χρήση εικονικών δικτύων όπου και θα υλοποιηθεί μια συγκεκριμένη περίπτωση την οποία θα επιλύσουμε. Για την υλοποίηση θα βασιστούμε στο δίκτυο του δήμου Γαζίου του Ηρακλείου Κρήτης, όπου έγινε και η πρακτική μου άσκηση. Πιο συγκεκριμένα θα χρησιμοποιήσουμε ένα πρόγραμμα της Cisco το οποίο ονομάζεται Cisco packet tracer, από το οποίο και θα δοθεί το configuration που χρησιμοποιήθηκε και μια τελική εικόνα του δικτύου.

Λέξεις Κλειδιά

ενσύρματα δίκτυα, πρότυπο IEE 802,3, εικονικά δίκτυα, vlan, δίκτυο OSI,

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, αποτελεί το τελείωμα του κύκλου των σπουδών μου στο τμήμα «ΤΕΙ Μηχανικών» του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου. Μετά την υλοποίηση της εργασίας είναι σίγουρο πως έχω αποκομίσει γνώσεις που θα μου χρησιμέψουν στην μελλοντική μου πορεία. Θα ήθελα γι αυτό να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κύριο Καραμπάτσο Βασίλη, για την ανάθεση του θέματος καθώς και για την πολύτιμη και καθοριστική βοήθεια του στην υλοποίηση της παρούσας εργασίας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου καθώς και την αδερφή μου για την υλική, ηθική και ψυχολογική στήριξη που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Εισαγωγή

Η έννοια του δικτύου χρησιμοποιείται ευρύτατα στην καθημερινή μας ζωή. Αναφερόμαστε σε τηλεφωνικά δίκτυα, τηλεοπτικά δίκτυα, οδικά δίκτυα, σιδηροδρομικά δίκτυα, δίκτυα ύδρευσης και πολλά άλλα. Στην παρούσα εργασία θα μελετήσουμε, θα σχεδιάσουμε και θα υλοποιήσουμε ένα ενσύρματο δίκτυο με τη χρήση των εικονικών δικτύων.

Όταν δύο ή περισσότεροι υπολογιστές διασυνδέονται μεταξύ τους μέσω κάποιου είδους μέσο για να μοιράζονται τους πόρους, τότε η κατάσταση καλείται δίκτυο υπολογιστών (Wired technologies). Ένα ενσύρματο δίκτυο υπολογιστών είναι η διασύνδεση των υπολογιστών για λόγους επικοινωνίας με χρησιμοποίηση καλωδίων.

Ένα εικονικό δίκτυο είναι ένα δίκτυο υπολογιστών που αποτελείται από εικονικές συνδέσεις. Εικονική σύνδεση είναι μια σύνδεση που δεν αποτελεί μια φυσική σύνδεση (ενσύρματη ή ασύρματη) μεταξύ δυο υπολογιστικών συσκευών αλλά χρησιμοποιεί μεθόδους εικονικής δικτύωσης.

Κεφάλαιο 1

1.Ιστορική Αναδρομή

Η εξάπλωση των προσωπικών υπολογιστών γραφείου (PCs) η οποία ευνοήθηκε ταυτόχρονα και από την ταχύτερη εξέλιξη του internet, οδήγησε στην ανάπτυξη μιας νέας γενιάς Ethernet τοπικών δικτύων υψηλού εύρους ζώνης προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις για μετάδοση με ευαισθησία ως προς το χρόνο μεταξύ των χρηστών του δικτύου. Ο όρος Ethernet αναφέρετε στα τοπικά δίκτυα (LAN), που καλύπτονται από το πρότυπο IEEE 802.3, το οποίο χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο ελέγχου πρόσβασης του μέσου: Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection (CSMA/CD). Το IEEE 802.3 αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία: το φυσικό μέσο για την μεταφορά πλαισίων μέσω υπολογιστών, μια σειρά από κανόνες πρόσβασης στο μέσο οι οποίοι είναι ενσωματωμένοι σε κάθε σημείο διεπαφής Ethernet και ένα πλαίσιο Ethernet που αποτελείται από μία τυποποιημένη σειρά από Bits για τη μεταφορά των δεδομένων. Η άμεση αποδοχή και εξάπλωση του Fast Ethernet με ρυθμούς μετάδοσης 100 Mb/sec σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος και τη συμβατότητα με τα υπάρχοντα τοπικά δίκτυα, μας δείχνει ότι η Ethernet τεχνολογία είχε γίνει πολύ γνωστή. Με το Gigabit Ethernet, ρυθμού μετάδοσης 1000 Mb/sec που ακολούθησε σύντομα, η Ethernet τεχνολογία εξελίχθηκε στην βασική λύση του αιώνα μας για τα δίκτυα.

Ας δούμε όμως πως ξεκίνησε και πως εξελίχθηκε το πρότυπο IEEE 802.3.

Η ιστορία ξεκίνησε στην Χαβάη στις αρχές του 1970, όπου δεν υπήρχε καθόλου καλή τηλεφωνική επικοινωνία με το τηλεφωνικό σήμα να κόβεται συνεχώς και να δυσκολεύει τον ερευνητή Norman Abramson και τους συνεργάτες του στο Πανεπιστήμιο της Χαβάης , που προσπαθούσαν να συνδέουν τους χρήστες σε απομακρυσμένα νησιά στον κεντρικό υπολογιστή στη Χονολουλού. Εφόσον λοιπόν δεν μπορούσαν να περάσουν καλώδια μέσα από τον Ειρηνικό Ωκεανό αναζητούσαν μια διαφορετική λύση .

Το μόνο που βρήκαν ήταν να χρησιμοποιήσουν ραδιοπομπές μικρής εμβέλειας . Κάθε τερματικό χρήστη ήταν εξοπλισμένο με ένα μικρό ραδιοπομπό που έχει δύο συχνότητες : μια ανερχόμενη προς τον κεντρικό υπολογιστή, που γινόταν το (upstream), και μια κατερχόμενη που ερχόταν από τον κεντρικό υπολογιστή (downstream). Όταν ο χρήστης επιθυμούσε να επικοινωνήσει με τον κεντρικό υπολογιστή , απλά μεταδίδεται ένα πακέτο που περιέχει τα

δεδομένα στο ανερχόμενο κανάλι . Αν δεν έστελνε κανείς άλλος εκείνη τη στιγμή , το πακέτο πιθανότατα να κατάφερνε να φτάσει στον προορισμό του και επιβεβαιωνόταν μέσω του κατερχόμενου καναλιού. Αν το κανάλι ήταν κατειλημμένο εκείνη την στιγμή το τερματικό αντιλαμβάνονταν την έλλειψη επιβεβαίωσης και δοκίμαζε να ξαναστεύει.. Το σύστημα αυτό, που ονομαζόταν ALOHANET , λειτούργησε αρκετά καλά κάτω από συνθήκες χαμηλής κυκλοφορίας, αλλά η απόδοση του έπεφτε όταν η κυκλοφορία ήταν έντονη.

Περίπου τον ίδιο καιρό, ένας φοιτητής που ονομαζόταν Bob Metcalfe πήρε το πτυχίο του στο Μ.Ι.Τ και στη συνέχεια μετακόμισε στη Βοστώνη για να πάρει το διδακτορικό του στο Χάρβαρντ. Κατά τη διάρκεια των σπουδών του , ήρθε σε επαφή με την δουλειά του Abramson. Ενδιαφέρθηκε τόσο πολύ για αυτή τη δουλειά που μετά την αποφοίτηση του αποφάσισε να πάει στη Χαβάη. Έτσι συνεργάστηκε μαζί με τον Abramson πριν ξεκινήσει να δουλεύει στο Κέντρο Έρευνας του Πάλο Άλτο της Xerox. Όταν έφτασε στο PARC , είδε ότι οι ερευνητές είχαν σχεδιάσει και κατασκευάσει αυτά που αργότερα ονομάστηκαν προσωπικοί υπολογιστές. Αλλά οι μηχανές ήταν απομονωμένες. Χρησιμοποιώντας τις γνώσεις του από τη δουλειά του Abramson , ο ίδιος , μαζί με τον συνάδελφό του David Boggs , σχεδίασε και υλοποίησε το πρώτο τοπικό δίκτυο (Metcalfe και Boggs , 1976). που θα επέτρεπε στους χρήστες δηλαδή στις λεγόμενες θέσεις εργασίας να μπορούν να μοιραστούν τους εκτυπωτές που είχαν στο κτήριο. Το σύστημα ονομάστηκε Ethernet από το φωτοβόλο αιθέρα , μέσω του οποίου πίστευαν κάποτε ότι μεταδίδεται η ηλεκτρονική ακτινοβολία.

Το μέσο μετάδοσης εδώ δεν ήταν το κενό , αλλά ένα παχύ ομοαξονικό καλώδιο με μήκος μέχρι 2,5 χλμ. (και με αναμεταδότες κάθε 500 μέτρα) Τη διασύνδεση αναλάμβανε μία κάρτα δικτύου Ethernet προσαρτημένη σε κάθε κόμβο, με κάθε κάρτα να χαρακτηρίζεται από μία μοναδική, εργοστασιακή 48-bit διεύθυνση MAC.

Έως 256 μηχανές θα μπορούσαν να συνδέονται στο σύστημα μέσω πομποδεκτών που ήταν βιδωμένοι πάνω στο καλώδιο. Ένα καλώδιο με πολλαπλές μηχανές που επισυνάπτονται σε αυτό παράλληλα ονομάζεται καλώδιο πολλαπλής απόληξης . Το σύστημα έτρεχε στα 2,94 Mbps. Το Ethernet είχε μια σημαντική βελτίωση σε σχέση με ALOHANET : πριν μεταδώσει δεδομένα ο υπολογιστής μπορούσε να αφουγκραστεί το κανάλι για να δει αν κάποιος άλλος μετέδιδε ήδη. Αν συνέβαινε αυτό δηλαδή αν το κανάλι ήταν κατειλημμένο ο υπολογιστής περίμενε μέχρι να τελειώσει η τρέχουσα μετάδοση. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονταν οι παρεμβολές με τις υπάρχουσες μεταδόσεις , δίνοντας μια πολύ υψηλότερη απόδοση στο δίκτυο. Το ALOHANET δεν λειτούργησε έτσι επειδή ήταν αδύνατο για ένα τερματικό σε ένα

νησί να ανιχνεύει την μετάδοση ενός άλλου τερματικού σε ένα μακρινό νησί . Με το κοινό καλώδιο δεν υπήρχε τέτοιο πρόβλημα.

Παρά την ακρόαση του υπολογιστή πριν από τη διαβίβαση , ένα πρόβλημα που εξακολουθεί να τίθεται είναι : το τι θα συμβεί αν δύο ή περισσότεροι υπολογιστές ενώ περιμένουν να ολοκληρωθεί η τρέχουσα μετάδοση, στη συνέχεια ξεκινήσουν να μεταδίδουν όλοι μαζί; Η λύση είναι να έχουμε κάθε υπολογιστή να ακούει το καλώδιο ενώ μεταδίδει και αν εντοπίσει παρεμβολές , να μπλοκάρει τον αιθέρα για να προειδοποιήσει όλους τους αποστολείς. Στη συνέχεια σταματά την μετάδοση και περιμένει ένα τυχαίο χρονικό διάστημα πριν προσπαθήσετε ξανά. Εάν συμβεί μια δεύτερη σύγκρουση, το τυχαίο διάστημα αναμονής διπλασιάζεται, και ούτω καθεξής, έτσι ώστε να απλωθούν οι ανταγωνιστικές μεταδόσεις και να δοθεί η ευκαιρία σε μια από αυτές να πάει πρώτα .

Αργότερα, το 1980, η Intel και η Xerox κυκλοφόρησε το Πρότυπο DIX Ethernet που ήταν για το Ethernet, στα 10 Mbps. Μέσα από αυτή την προσπάθεια είδαμε ότι το Ethernet ήταν εφικτό να γίνει ένα ανοιχτό πρότυπο για τις λειτουργίες του δικτύου (Fairhurst, 2000D).

Την ίδια στιγμή, το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE) δημιούργησε μια ομάδα που χαρακτηρίζεται από την ομάδα εργασίας για την τυποποίηση των 802 τεχνολογιών δικτύου. αυτή η ομάδα δημιουργήσει πρότυπα που αργότερα θα έπαιρναν τον αριθμό 802.x. Η υποεπιτροπή που ανέπτυξε τις προδιαγραφές για το CSMA / CD, ήταν λειτουργικά πολύ παρόμοια με το σύστημα DIX Ethernet. Αργότερα, το 1985, κυκλοφόρησε η επίσημη έκδοση για το πρότυπο IEEE 802.3 όπου τότε το Ethernet έγινε αποδεκτό από τον οργανισμό IEEE ως το πρότυπο για ενσύρματα τοπικά δίκτυα (LAN).

Το IEEE 802.3 βασίστηκε στο πρότυπο Ethernet, που έχει ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 10 Mbps, υποστηρίζει, όμως, έναν μεγαλύτερο αριθμό ρυθμών μετάδοσης δεδομένων: στα 1, 10, 100 και 1000 Mbps.

Το πρότυπο καθορίζει το φυσικό επίπεδο (Physical layer) και το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης μέσου (Medium Access Control–MAC) του επιπέδου ζεύξης δεδομένων (Data Link layer). Συγκεκριμένα, περιγράφεται η διαδικασία πρόσβασης στο μέσο που είναι πολλαπλή πρόσβαση με ανίχνευση φέροντος και με ανίχνευση συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection - CSMA/CD) και οι προδιαγραφές του φυσικού επιπέδου (Physical layers pecifications).

Ως προς την επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων επιπέδων ορίζεται ότι: α) το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης μέσου επικοινωνεί με τα ανώτερα επίπεδα ανταλλάσσοντας πληροφορίες

που αφορούν την εκπομπή και λήψη πλαισίων και χρησιμοποιούνται στην διαδικασία διόρθωσης σφαλμάτων (error recovery) που πραγματοποιείται από τα ανώτερα επίπεδα, και β) μεταξύ του φυσικού επιπέδου και του υποεπιπέδου ελέγχου πρόσβασης μέσω ανταλλάσσονται πληροφορίες που αφορούν την ανίχνευση φέροντος (carrier sense), την λήψη έγκυρων δεδομένων (receive valid data), την αρχή εκπομπής (transmit initiation) και την ανίχνευση συγκρούσεων (collision detection).

Στο πρότυπο ορίζονται δύο διαφορετικοί τρόποι λειτουργίας: half duplex και full duplex. Στην λειτουργία half duplex δύο ή περισσότερα τερματικά (ή σταθμοί - stations) μοιράζονται το κοινό μέσο μετάδοσης, και χρησιμοποιούν την ορισμένη από το πρότυπο διαδικασία πρόσβασης για να καταλάβουν το μέσο. Στην λειτουργία αυτή μπορεί να συμβούν συγκρούσεις και να χρειαστεί η επανεκπομπή των πλαισίων που συγκρούστηκαν. Στην λειτουργία full duplex δύο μόνο τερματικά είναι συνδεδεμένα με το μέσο, που τους ανήκει εξ' ολοκλήρου (dedicated channel), και στο οποίο πρέπει να μπορεί να πραγματοποιείται ταυτόχρονη εκπομπή και λήψη πλαισίων. Στην λειτουργία αυτή δεν υπάρχουν συγκρούσεις ή επανεκπομπές και τα τερματικά δεν χρειάζεται να ανταγωνιστούν για την κατάληψη του μέσου

Η αρχική αρχιτεκτονική του δικτύου αναφερόταν σε σταθερά (fixed) τερματικά που είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους με ομοαξονικό καλώδιο ή οπτική ίνα σε διάφορες τοπολογίες. Η πιο απλή τοπολογία είναι ένα καλώδιο (ή οπτική ίνα), κατά μήκος του οποίου συνδέονται σε διάφορα σημεία όλα τα τερματικά του δικτύου.

Επειδή στην αρχή υπήρχαν περιορισμοί ως προς το μήκος του καλωδίου που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και τον αριθμό των τερματικών που μπορούν να συνδεθούν σε αυτό, γι' αυτό και μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε αναμεταδότες (repeaters) κατά μήκος του, έτσι ώστε να αυξηθεί η έκταση εξυπηρέτησης του δικτύου. Περισσότερα όμως για τις τοπολογίες που χρησιμοποιούμε στο πρότυπο 802.3 θα αναφέρουμε αργότερα πιο αναλυτικά.

2. Ορισμός και δομικά στοιχεία δικτύου ηλεκτρονικών υπολογιστών

Δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών (Computer Network) καλούμε ένα σύνολο ανεξάρτητων διασυνδεδεμένων ηλεκτρονικών υπολογιστών και άλλων ηλεκτρονικών συσκευών (εκτυπωτές, modem, plotters, κλπ) που είναι ικανές να ανταλλάξουν πληροφορίες.

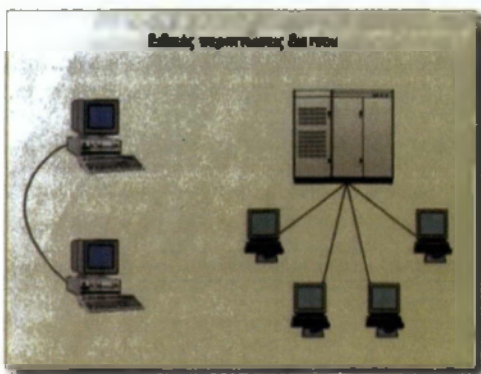
Τα δομικά στοιχεία ενός δικτύου είναι:

- Υπολογιστικό σύστημα (host), όπως προσωπικοί υπολογιστές, σταθμοί εργασίας, εξυπηρετητές δικτύου (network servers).
- Κόμβος (node), δηλαδή σημεία συνάντησης γραμμών επικοινωνίας (γραμμές μετάδοσης, κυκλώματα ζεύξης, κατανεμητές καλωδίων - hub, δρομολογητές).
- Περιφερειακές συσκευές δικτύου (network peripherals), όπως εκτυπωτές, modem, plotters κ.ά.
- Υποδίκτυο επικοινωνίας (communication subnet), που αφορά την καλωδίωση και τις γραμμές μετάδοσης.

3. Κατηγορίες δικτύων

Όπως αναφέραμε και στην αρχή του κεφαλαίου, τα δίκτυα μπορούμε να τα κατατάξουμε σε διαφορετικές κατηγορίες με βάση κάποια κοινά χαρακτηριστικά τους.

- *Ειδικές περιπτώσεις δικτύων*

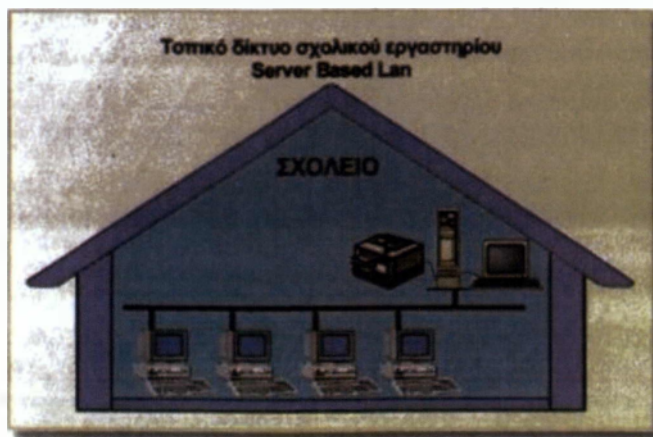


Ένα σύστημα με πολλές μονάδες επεξεργασίας και τερματικούς σταθμούς είναι μια ειδική περίπτωση δικτύου. Το λειτουργικό σύστημα διαφανώς αναλαμβάνει τη διαχείριση των CPU. Δίκτυα αυτής της μορφής ονομάζονται συγκεντρωτικά (Centralized Networks).

Άλλη ειδική μορφή δικτύου είναι αυτή που αποτελείται από δύο συνδεδεμένους σταθμούς εργασίας με σειριακή ή παράλληλη σύνδεση (Null Slot Networks).

- Δίκτυα βάσει γεωγραφικής κατανομής

Τοπικά δίκτυα (*Local Area Networks-LAN*), στα οποία ο διασυνδεδεμένος εξοπλισμός κατανέμεται σε ένα κτίριο ή ομάδα κτιρίων ή σε σχετικά μικρή απόσταση στα όρια μιας πόλης. Το μικρό της απόστασης διασποράς σε συνδυασμό με τις μεγάλες ταχύτητες πάνω από φθηνά επικοινωνιακά μέσα είναι το κλειδί για τον ορισμό ενός τοπικού δικτύου. Ο ακριβής προσδιορισμός της απόστασης διασποράς καθώς και της ταχύτητας επικοινωνίας είναι μάταιος, μια και ο ρυθμός ανάπτυξης των δικτύων είναι τέτοιος που μεταβάλλει τα δεδομένα σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.



-Μητροπολιτικά Δίκτυα (*Metropolitan Area Networks-MAN*), στα οποία ο διασυνδεδεμένος εξοπλισμός κατανέμεται σε μία πόλη.



-Δίκτυα ευρείας περιοχής (*Wide Area Networks-WAN*), στα οποία ο διασυνδεδεμένος εξοπλισμός κατανέμεται σε μια πόλη, ανάμεσα σε πόλεις ή στα όρια ενός κράτους. Οι ταχύτητες επικοινωνίας είναι σαφώς μικρότερες (σε σχέση με τα τοπικά δίκτυα) και το κόστος

των γραμμών επικοινωνίας πολύ μεγαλύτερο.

Τέλος η διασύνδεση τοπικών δικτύων και δικτύων ευρείας περιοχής παράγει το Διαδίκτυο, το γνωστό σε όλους μας Internet.

- *Δίκτυα βάσει μέσων μετάδοσης*

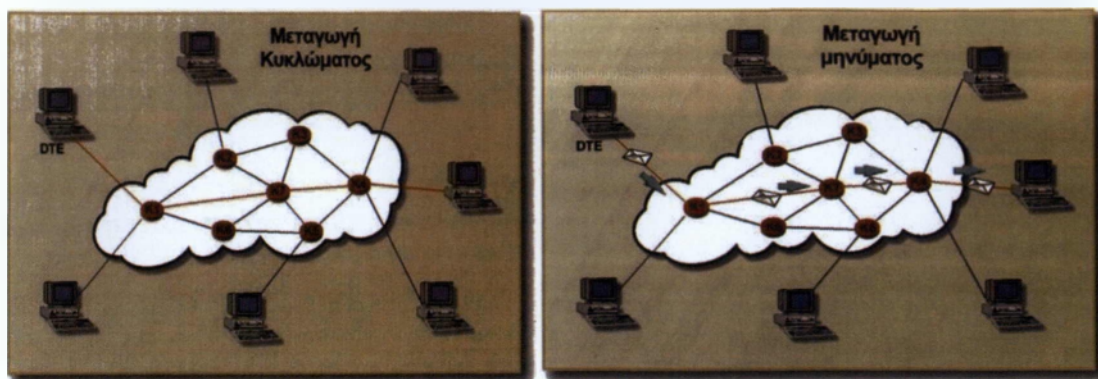
Συνήθως, για την υλοποίηση των δικτύων, χρησιμοποιούνται μέσα μετάδοσης όπως τα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων, τα ομοαξονικά καλώδια και οι οπτικές ίνες. Τελευταία, μεγάλη ανάπτυξη γνωρίζουν και τα ασύρματα δίκτυα (Wireless Networks). Τα πλεονεκτήματά τους είναι η εξοικονόμηση του αρχικού κόστους εγκατάστασης του υποδικτύου επικοινωνίας (καλώδια, ίνες κλπ), η δυνατότητα άμεσης μεταφοράς των θέσεων εργασίας καθώς και η ελευθερία χρήσης φορητών τερματικών και υπολογιστών. Για παράδειγμα ένα ασύρματο δίκτυο θα μπορούσε να βοηθήσει την οργάνωση μιας μεγάλης αποθήκης. Οι υπάλληλοι με φορητά τερματικά χειρός μπορούν να έχουν ελευθερία κίνησης στους χώρους της αποθήκης και ταυτόχρονα άμεση πρόσβαση στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων της αποθήκης. Άλλος χώρος στον οποίο ένα ασύρματο δίκτυο μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες είναι ο χώρος της υγείας. Σκεφτείτε ένα νοσοκομείο στο οποίο η καταχώρηση των στοιχείων των ασθενών γίνεται σε κεντρικό υπολογιστή μέσω φορητών τερματικών χειρός από τις νοσοκόμες. Κάθε χρονική στιγμή ο γιατρός μπορεί να έχει άμεση πρόσβαση και γνώση της κατάστασης των ασθενών όπου και να βρίσκεται.

- *Δίκτυα βάσει της τεχνικής προώθησης της πληροφορίας*

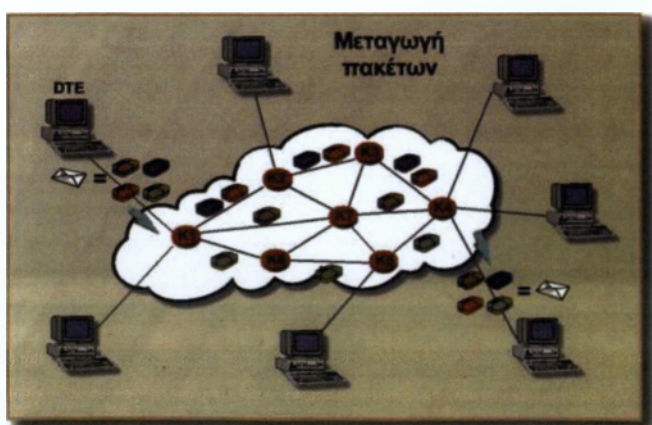
Δίκτυα Μεταγωγής (Switching Networks), που αποτελούνται από ένα σύνολο συνδεδεμένων κόμβων που αναλαμβάνουν τη δρομολόγηση της πληροφορίας από τον τερματικό σταθμό εκπομπής (Data Terminal Equipment-DTE) στον τερματικό σταθμό λήψης. Κάποιοι κόμβοι του δικτύου δεν έχουν τερματικούς σταθμούς και συνεπώς υπηρετούν μόνο τη μεταγωγή της πληροφορίας. Για λόγους αξιοπιστίας κατά κανόνα υπάρχουν περισσότεροι του ενός δρόμοι για τη διασύνδεση των κόμβων του δικτύου. Συνήθως τα δίκτυα μεταγωγής υποστηρίζονται από τους οργανισμούς τηλεπικοινωνίας και η κλήση ενός DTE γίνεται με επιλογή.

Η διαδικασία μεταγωγής της πληροφορίας γίνεται με τρεις τρόπους:

1. Μεταγωγή κυκλώματος (circuit switching), κατά την οποία η σύνδεση γίνεται με τη δέσμευση ενός φυσικού μονοπατιού από τον κόμβο εκπομπής στον κόμβο λήξης σε όλη τη διάρκεια της σύνδεσης. Η τεχνική είναι ανάλογη της τηλεφωνικής σύνδεσης.



2. Μεταγωγή μηνυμάτων (message switching), κατά την οποία οι τερματικοί σταθμοί δρομολογούν τμήματα πληροφορίας που ονομάζονται μηνύματα. Έτσι, το κύκλωμα σύνδεσης είναι διαθέσιμο για μεταφορά μηνυμάτων άλλων σταθμών όταν κάποιος είναι ανενεργός της μεθόδου μεταγωγής πακέτων είναι η διάθεση του κυκλώματος σύνδεσης για μεταφορά μηνυμάτων άλλων σταθμών όταν κάποιος είναι ανενεργός.
3. Η μεταγωγή πακέτων (packet switching) είναι αντίστοιχη τεχνική της μεταγωγής μηνύματος αλλά εδώ το μήνυμα σπάει σε μικρά πακέτα (128 ή 256 Bytes) τα οποία



και δρομολογούνται από τους κόμβους μεταγωγής. Υπάρχουν δύο διαφορετικές τεχνικές μεταγωγής πακέτων (Datagram και Virtual Circuit) οι οποίες και θα αναλυθούν στο κεφάλαιο του βιβλίου για τα δίκτυα ευρείας περιοχής. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου μεταγωγής πακέτων είναι η διάθεση

του κυκλώματος σύνδεσης για μεταφορά μηνυμάτων άλλων σταθμών όταν κάποιος είναι ανενεργός, η καλύτερη κατανομή του φορτίου (load distribution) και η αυξημένη αξιοπιστία (τα πακέτα προωθούνται με τη χρήση πολλών εναλλακτικών κυκλωμάτων). Το μειονέκτημά της είναι η ανάγκη ταξινόμησης των πακέτων τα οποία μπορεί να λαμβάνονται με διαφορετική σειρά από τη σειρά αποστολής λόγω των πολλαπλών οδεύσεων.

Δίκτυα Μετάδοσης (Broadcasting Networks), τα οποία δεν έχουν κόμβους δρομολόγησης της πληροφορίας. Κάθε μήνυμα που εκπέμπεται λαμβάνεται από όλους τους σταθμούς και υπάρχουν τεχνικές ελέγχου της πρόσβασης στο μέσο επικοινωνίας. Δίκτυα μετάδοσης είναι συνήθως τα τοπικά δίκτυα, τα δορυφορικά δίκτυα, τα τηλεοπτικά δίκτυα κλπ.

4.Τοπικά δίκτυα

Ένα τοπικό δίκτυο υπολογιστών (LAN: Local Area Network) είναι ένα δίκτυο επικοινωνίας του οποίου η έκταση δεν ξεπερνάει τα μερικές δεκάδες χιλιόμετρα. Στην πράξη ένα τοπικό δίκτυο δεν έχει εγκατεστημένη καλωδίωση μεγαλύτερη από *100 χιλιόμετρα*. Ένα τοπικό δίκτυο:

- Μπορεί να είναι ενσύρματο ή ασύρματο.
- Μπορεί να υποστηρίζει μετάδοση σημείου προς σημείο ή μετάδοση εκπομπής.
- Μπορεί να επιτύχει πολύ μεγάλους ρυθμούς μετάδοσης. Τα σημερινά τοπικά δίκτυα φτάνουν σε ταχύτητα το 1 Gbps αλλά με την πρόοδο της τεχνολογίας, και αυτή η ταχύτητα αναμένεται να ξεπεραστεί σύντομα.
- Έχει μικρό ρυθμό σφαλμάτων δυαδικού ψηφίου – ανάλογα πάντα και με το μέσο μετάδοσης.
- Μπορεί να είναι πλήρως ιδιόκτητο (δηλ. να ανήκει εξ' ολοκλήρου σε ένα ιδιώτη ή εταιρία). Σε αντίθεση, τα μητροπολιτικά και τα ευρείας περιοχής δίκτυα μπορεί να ανήκουν τμηματικά σε ιδιώτες. Για παράδειγμα σε ένα δίκτυο ευρείας περιοχής, κάποιες γραμμές επικοινωνίας μπορεί να ανήκουν στον ΟΤΕ ο οποίος και τις ενοικιάζει. Καλύπτει ανάγκες μιας εταιρίας, οργανισμού, σχολείου κλπ.

Επίσης πρέπει να ξέρουμε ότι το περιβάλλον ενός τοπικού δικτύου αποτελείται από:

- Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που καθορίζουν τον τρόπο πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης.
- Το λειτουργικό σύστημα δικτύου το οποίο είναι το λογισμικό που επιτρέπει στους σταθμούς εργασίας να χρησιμοποιούν και να διαχειρίζονται τους πόρους του δικτύου.

4.1 Χρήση τοπικών δικτύων

Τα τοπικά δίκτυα στις ημέρες μας αποτελούν βασικό στοιχείο κάθε επιχείρησης. Αυτό συμβαίνει κυρίως γιατί ο προσωπικός υπολογιστής αποτελεί πλέον το βασικό εργαλείο καθημερινής εργασίας για τους περισσότερους από εμάς, και έτσι πολλαπλασιάζεται η ανάγκη για ανταλλαγές αρχείων, δεδομένων, ιστοσελίδων κλπ. Ολοένα και περισσότερο η βιομηχανία βασίζεται στην ανταλλαγή και επεξεργασία δεδομένων μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών. Στην οικιακή χρήση, καθώς ο αριθμός των υπολογιστών (αλλά και άλλων "έξυπνων" συσκευών που μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους) αυξάνεται, σύντομα θα έρθει ο καιρός που οι κοινές κατοικίες θα διαθέτουν εγκατεστημένη καλωδίωση για τοπικά δίκτυα τα οποία θα συνδέουν όχι μόνο τους υπολογιστές του σπιτιού αλλά και οικιακές συσκευές μεταξύ τους.

Το παραπάνω σχήμα δείχνει ένα απλό τοπικό δίκτυο το οποίο συνδέει τρεις σταθμούς εργασίας και ένα εξυπηρετητή. Στο ίδιο δίκτυο ακόμα συνδέονται:

- Ένας σχεδιογράφος (plotter).
- Ένας εκτυπωτής τύπου LASER.
- Ένας σαρωτής (scanner).

Σε ένα ισχυρό τοπικό δίκτυο, είναι δυνατόν να μετακινούνται ακόμα και δεδομένα που έχουν να κάνουν με επικοινωνίες (φωνή, εικόνα, βίντεο).

- Διαμοιρασμός υλικού: Το τοπικό δίκτυο επιτρέπει τον διαμοιρασμό (κοινή χρήση) περιφερειακών συσκευών. Η έννοια της κοινής χρήσης είναι να χρησιμοποιείται μια περιφερειακή συσκευή (η οποία βρίσκεται συνδεδεμένη σε ένα μηχάνημα του δικτύου) από όλους τους χρήστες του δικτύου. Για παράδειγμα, μπορούμε να συνδέσουμε ένα εκτυπωτή Laser σε ένα σταθμό εργασίας ή στον εξυπηρετητή του δικτύου και όλοι οι χρήστες να μπορούν να εκτυπώσουν σε αυτόν άσχετα από τον σταθμό εργασίας τον οποίο χρησιμοποιούν τη δεδομένη στιγμή. Το λειτουργικό σύστημα του δικτύου φροντίζει ώστε η διαδικασία αυτή να γίνεται ομαλά, ακόμα και αν την ίδια στιγμή εκτυπώνουν στον ίδιο εκτυπωτή περισσότεροι από ένας χρήστες. Δεν είναι όμως δυνατόν να γίνει κοινή χρήση όλων των περιφερειακών συσκευών. Συνήθως επιτρέπεται κοινή χρήση των εκτυπωτών και σχεδιογράφων (plotter) καθώς και αποθηκευτικών μέσων (σκληρών δίσκων και αφαιρούμενων μέσων). Επίσης υπάρχουν σαρωτές (scanners) οι οποίοι μπορούν να λειτουργήσουν δικτυακά. Τέλος, να αναφέρουμε ότι υπάρχουν στην αγορά περιφερειακές συσκευές (κυρίως

εκτυπωτές) οι οποίοι συνδέονται απευθείας στο δίκτυο – με δική τους ενσωματωμένη κάρτα δικτύου – χωρίς να απαιτείται να συνδεθούν απευθείας σε κάποιο σταθμό εργασίας. Το κυριότερο πλεονέκτημα του διαμοιρασμού υλικού είναι ότι μπορούν όλοι οι χρήστες να μοιράζονται την ίδια συσκευή – η οποία μπορεί να έχει και υψηλό κόστος – ενώ σε αντίθετη περίπτωση θα έπρεπε να την αγοράσουμε τόσες φορές όσοι είναι και οι χρήστες.

- Διαμοιρασμός λογισμικού: Με τον διαμοιρασμό λογισμικού, αποθηκεύουμε στο σκληρό δίσκο του κεντρικού εξυπηρετητή (server) το λογισμικό το οποίο θέλουμε να είναι διαθέσιμο στους σταθμούς εργασίας του δικτύου. Μπορούμε επίσης να αποθηκεύσουμε και δεδομένα τα οποία χρειάζονται όλοι οι χρήστες. Στα τοπικά δίκτυα, ο εξυπηρετητής που αναλαμβάνει το ρόλο αυτό ονομάζεται fileserver και το μοντέλο (τρόπος) χρήσης ονομάζεται Πελάτης – Εξυπηρετητής (client – server). Με τον διαμοιρασμό λογισμικού μπορούμε να επιτύχουμε μείωση του κόστους αγοράς των προγραμμάτων αφού οι περισσότερες μεγάλες εταιρίες λογισμικού διαθέτουν ειδικές άδειες χρήσης για δικτυακή εγκατάσταση οι οποίες στοιχίζουν φθηνότερα από την αγορά χωριστών πακέτων. Ακόμα, επειδή τα δεδομένα και τα προγράμματα βρίσκονται σε ένα κεντρικό μηχάνημα είναι γενικά ευκολότερο να κάνουμε την συντήρηση και ανανέωση τους, καθώς και να κρατήσουμε αντίγραφα ασφαλείας (backup).
- Διαμοιρασμός πληροφοριών: Στο τοπικό δίκτυο, μπορούμε να εγκαταστήσουμε (συνήθως σε κάποιον εξυπηρετητή) ένα σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων. Με τον τρόπο αυτό τα δεδομένα είναι προσβάσιμα σε κάθε χρήστη του δικτύου (στον οποίο έχουμε βέβαια δώσει τα κατάλληλα δικαιώματα). Είναι μάλιστα δυνατή η ταυτόχρονη χρήση της βάσης από πολλούς χρήστες. Το σύστημα διαχείρισης της βάσης δεδομένων σε συνεργασία με το λειτουργικό σύστημα του δικτύου εξασφαλίζει ότι δεν μπορούν να δημιουργηθούν προβληματικές καταστάσεις όπως π.χ. ένας χρήστης να διαβάσει μια εγγραφή και την ίδια στιγμή κάποιος άλλος να τη διαγράψει. Γενικά όταν ένας χρήστης τροποποιεί μια συγκεκριμένη εγγραφή, αυτή δεν είναι διαθέσιμη σε άλλο χρήστη. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται κλειδωμα.
- Υπηρεσίες Διαδικτύου: Τα τοπικά δίκτυα σήμερα μπορούν να παρέχουν σε κάθε σταθμό εργασίας τους ολοκληρωμένες υπηρεσίες Διαδικτύου: Ιστοσελίδες (παγκόσμιος ιστός), e-mail, μεταφορά αρχείων (ftp) κλπ. Συνήθως αυτό επιτυγχάνεται με την απευθείας σύνδεση ενός και μόνο μηχανήματος απευθείας στο Internet –

τοπικά κάποιου εξυπηρετητή – ο οποίος κατόπιν έχει τον ρόλο της ``πύλης" (gateway) μεταφέροντας δεδομένα από και προς το Διαδίκτυο σε κάθε σταθμό εργασίας του τοπικού δικτύου. Έτσι σήμερα τα τοπικά δίκτυα έχουν σημαντικό ρόλο στη διαχείριση και μεταφορά δεδομένων αφού πολύ συχνά οι δικτυακές εφαρμογές και τα δεδομένα μιας επιχείρησης μεταφέρονται πλέον όχι μόνο μέσω του τοπικού δικτύου αλλά και του Διαδικτύου.

- Ομάδες συνεργασίας χρηστών: Σε πολλές περιπτώσεις, χρήστες που δουλεύουν σε μια εταιρία ή οργανισμό έχουν αναλάβει από κοινού την εκπόνηση κάποιας μελέτης ή εργασίας (project). Στην περίπτωση αυτή το τοπικό δίκτυο βοηθά την συνεργασία των μελών της ομάδας αφού με την βοήθεια του εκτελούν κάποιες κοινές εργασίες και συνεννοούνται μεταξύ τους, άσχετα από την απόσταση η οποία χωρίζει τους χώρους εργασίας τους. Πολλές εφαρμογές γραφείου – όπως για παράδειγμα το Microsoft Office – διαθέτουν ειδικές λειτουργίες συνεργασίας οι οποίες χρησιμοποιούνται ακριβώς για τέτοιες περιπτώσεις.
- Επέκταση της εγκατεστημένης βάσης: Τα τοπικά δίκτυα δίνουν την δυνατότητα – μέσα σε κάποια πλαίσια – να επεκτείνουμε τον αριθμό των υπολογιστών που είναι συνδεδεμένοι Μπορούμε με αυτό τον τρόπο να καλύψουμε για παράδειγμα την ανάγκη μιας αναπτυσσόμενης επιχείρησης για νέες θέσεις εργασίας – με προσθήκη των αντίστοιχων νέων σταθμών εργασίας. Βέβαια για να γίνει αυτό, προϋπόθεση είναι να έχει από την αρχή σχεδιαστεί η καλωδίωση του κτιρίου ώστε να καλύπτει την πιθανότητα προσθήκης νέων θέσεων.

4.2 Πλεονεκτήματα χρήσης δικτύων

- Το μοίρασμα πόρων (resources haring). Οι πιο συνηθισμένοι πόροι που μοιράζονται είναι αποθηκευτικός χώρος στο δίσκο, εκτυπωτές, λογισμικό, δεδομένα, υπολογιστική ισχύς και γενικότερα ακριβός εξοπλισμός.
- Η παροχή πρόσβασης σε εξοπλισμό, δεδομένα και προγράμματα που βρίσκονται σε απόσταση από εμάς. Η εξ αποστάσεως εργασία και εκπαίδευση είναι δύο υπηρεσίες τις οποίες το δίκτυο μπορεί να υποστηρίξει ικανοποιητικά.
- Η εξοικονόμηση χρημάτων, με το μοίρασμα ακριβού εξοπλισμού αλλά και η επίτευξη καλύτερης σχέσης απόδοσης/κόστους. Είναι σε όλους γνωστό πως σύστημα με

διπλάσια υπολογιστική ισχύ από ένα άλλο κοστίζει πολύ περισσότερο από τα διπλάσια χρήματα. Με τη βοήθεια του δικτύου τη συνολικά απαιτούμενη ισχύ την αποκτούμε με ένα σύνολο συστημάτων που διαθέτουν καλή σχέση απόδοσης / κόστους. Επίσης, η συνολική εγκατάσταση μπορεί να γίνει σταδιακά και, στην περίπτωση που οι απαιτήσεις γίνουν μεγαλύτερες, το δίκτυο μπορεί να επεκταθεί.

- Η αυξημένη αξιοπιστία, αφού έχουμε πολλούς σταθμούς εργασίας και πιθανότατα πολλά αντίγραφα του λογισμικού μας αλλά και των δεδομένων μας.
- Η εξυπηρέτηση επικοινωνιακών αναγκών. Το δίκτυο είναι ισχυρότατο μέσο επικοινωνίας και παρέχει άμεση πληροφόρηση στους χρήστες. Υπηρεσίες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, τηλεφωνίας, τηλεσυνδιάσκεψης κλπ, είναι από τις πλέον διαδεδομένες και συχνότερα χρησιμοποιούμενες.

Τα δίκτυα μπορούμε να τα κατατάξουμε σε κατηγορίες ανάλογα με την τοπολογία τους (αστέρας, δακτύλιος, κλπ.), τη γεωγραφική τους κατανομή (τοπικά, ευρείας περιοχής), το φορέα που μεταφέρει την πληροφορία (δημόσια, ιδιωτικά), το μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιούν (ενσύρματα, ασύρματα), την τεχνική προώθησης της πληροφορίας (δίκτυα μεταγωγής ή δίκτυα μετάδοσης), καθώς και σε ασύρματα ή ενσύρματα ανάλογα τις ανάγκες κάθε δικτύου. Στη παρούσα εργασία θα αναλύσουμε μόνο την ενσύρματη δικτύωση.

5. Ενσύρματα δίκτυα

Τα ενσύρματα δίκτυα υπολογιστών, εδώ και πολλά χρόνια έχουν ίσως το μεγαλύτερο μερίδιο στην "πίτα" των δικτύων. Από το πρώτο μεγάλο δίκτυο -το τηλεφωνικό- μέχρι και στις μέρες μας, η σύνδεση υπολογιστών με χρήση καλωδίων είναι η πιο διαδεδομένη. Υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους οι μηχανικοί δικτύων χρησιμοποιούν τα ενσύρματα δίκτυα. Ο πιο σημαντικός λόγος είναι φυσικά το κόστος. Για μικρής και μεσαίας κλίμακας δίκτυα, το καλώδιο είναι η πιο ελκυστική λύση. Το κόστος κατασκευής, προμήθειας, εγκατάστασης και συντήρησης είναι πολύ μικρό, ενώ είναι αρκετά αξιόπιστο, γρήγορο και ασφαλές. Ενδεικτικά, αναφέρουμε μερικούς τύπους καλωδίων που χρησιμοποιούνται:

- Συνεστραμμένου ζεύγους (STP/UTP- θωρακισμένο και μη, αντίστοιχα)

- Category 1 (1Mhz)
 - Category 2 (4MHz)
 - Category 3 (16MHz)
 - Category 4 (20Mhz)
 - Category 5 (100MHz)
 - Category 6 (250MHz)
 - Category 7 (έως και 600MHz μέσα από καλώδιο 100Ohm)
- Ομοαξονικό καλώδιο
 - Hard Line
 - Tri axial
 - Twin axial
 - Bi axial
 - Semirigid

Αρχικά, όταν ξεκίνησαν να αναπτύσσονται τα δίκτυα υπολογιστών, και κυρίως για μικρές αποστάσεις, χρησιμοποιούσαμε αρκετά το ομοαξονικό καλώδιο. Γρήγορα όμως παρατήθηκε διότι δεν προσέφερε μεγάλες ταχύτητες και μετάδοση σε μεγάλες αποστάσεις. Πλέον χρησιμοποιείται επί το πλείστον το καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους. Για καθημερινή χρήση (απλά δίκτυα), χρησιμοποιούμε το UTP, το οποίο είναι φθηνό, και αρκετά αξιόπιστο, ενώ για μεγαλύτερες απαιτήσεις χρησιμοποιείται το STP, το οποίο είναι μεν αρκετά ακριβότερο, αλλά παρέχει μεγαλύτερη αξιοπιστία. Σ' αυτό το σημείο να σημειωθεί ότι η θωράκιση στην καλωδίωση είναι απαραίτητη προκειμένου να προστατέψουμε τα δεδομένα που μεταφέρουμε μέσα από το καλώδιο από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, είτε αυτές προέρχονται από το ίδιο το καλώδιο, είτε από το περιβάλλον (κρουστικός θόρυβος για παράδειγμα). Το γεγονός ότι τα καλώδια του UTP/STP είναι συνεστραμμένα, είναι ένα πρώτο βήμα για την προστασία από ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή (κάθε καλώδιο από κάθε ζεύγος δημιουργεί αντίστροφο μαγνητικό πεδίο από το τέρι του, με σκοπό να ακυρώνει το ένα το πεδίο του άλλου), αλλά σε μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης (για παράδειγμα στο Cat5e ή στο Cat6) όπου οι ρυθμοί μετάδοσης είναι της τάξης των Gbps, αυτή η προστασία δεν είναι αρκετή.

6. Τοπολογίες τοπικών δικτύων

Η τοπολογία ορίζει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η φυσική διασύνδεση των κόμβων ενός δικτύου. Η τοπολογία επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

- Αν το δίκτυο είναι ενσύρματο ή ασύρματο.
- Από τον τρόπο σύνδεσης των κόμβων (ένας προς έναν ή ένας προς πολλούς).

6.1 Τοπολογίες Ενσύρματων Τοπικών Δικτύων

Τα βασικά είδη τοπολογίας είναι τέσσερα :

- Τοπολογία Αστέρα
- Τοπολογία Διαύλου
- Τοπολογία Δακτυλίου
- Τοπολογία Πλέγματος

Κάποιες τοπολογίες δημιουργούνται από παραλλαγές και βελτιώσεις των παραπάνω. Παραλλαγή της τοπολογίας διαύλου είναι το δέντρο και παραλλαγή της τοπολογίας του δακτυλίου, είναι ο διπλός δακτύλιος.

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή μιας τοπολογίας στην υλοποίηση ενός δικτύου είναι :

- Το είδος των εφαρμογών που εκτελούνται.
- Η πολυπλοκότητα των διαδικασιών έλεγχου που έχει κάθε τοπολογία και η επίδραση που μπορεί αυτή να έχει στην απόδοση του δικτύου.
- Το ποσό εύκολα μπορούμε να επεκτείνουμε το δίκτυο μας όποια στιγμή θέλουμε (π.χ. θέλουμε να προσθέσουμε και άλλες θέσεις εργασίας)

Όταν σε ένα δίκτυο ένας κόμβος Α θέλει να επικοινωνήσει με έναν άλλο κόμβο Β με περισσότερες από μια διαδρομές, τότε η εύρεση της συντομότερης διαδρομής αποτελεί το πρόβλημα της δρομολόγησης.

Τοπολογία διαύλου: Στην τοπολογία διαύλου (bus topology), όλοι οι κόμβοι του δικτύου, συνδέονται άμεσα σε μια κοινή γραμμή επικοινωνίας που λέγεται δίαυλος (bus). Τα πακέτα δεδομένων μεταδίδονται σε όλο το μήκος του φυσικού μέσου, και μπορούν να παραληφθούν από όλους τους άλλους κόμβους. Κάθε κόμβος βλέπει το μήνυμα, ελέγχει τη διεύθυνση του παραλήπτη, και εάν τον αφορά, το αντιγράφει. Τα δίκτυα αυτού του τύπου αποτελούν καλή επιλογή όταν ο αριθμός των κόμβων που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο είναι μικρός ή η κυκλοφορία του δικτύου είναι μικρή.

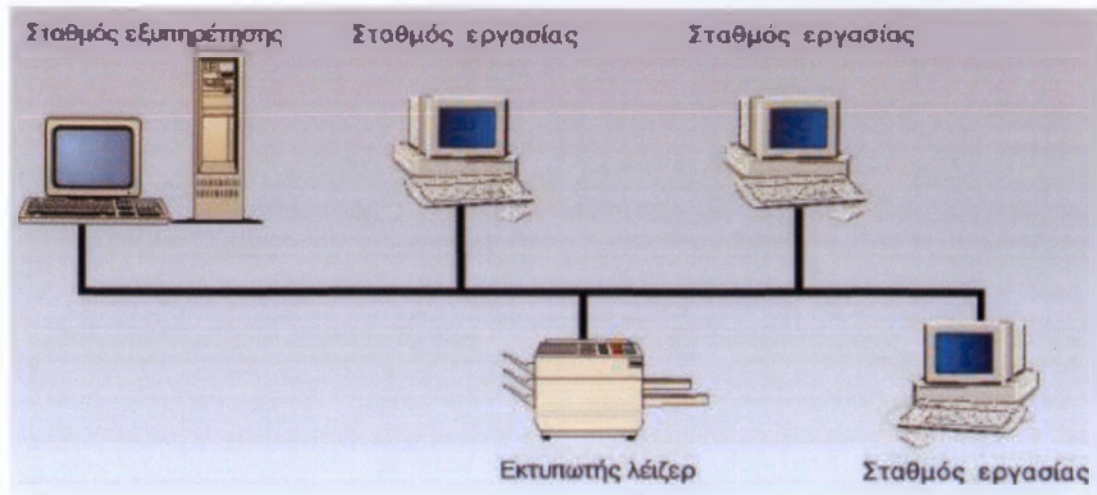
Πλεονεκτήματα :

- Δεν υπάρχουν προβλήματα στην κυκλοφορία των πακέτων.
- Έχουμε Αρκετά υψηλή ασφάλεια .
- Εάν βγάλουμε εκτός δικτύου έναν κόμβο δεν θα χαλάσει όλο μας το δίκτυο, παραμένει όπως ήταν.
- Έχουμε την δυνατότητα να ανιχνεύσουμε και να απομονώσουμε κάποιο σφάλμα που θα συμβεί την ώρα της επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων.

Μειονεκτήματα :

- Όταν είχε δημιουργηθεί αυτή η τεχνολογία ήταν αρκετά υψηλό το κόστος υλοποίησης της, αλλά σήμερα είναι ελάχιστο.
- Άλλο σημαντικό πρόβλημα ήταν οι δυσκολίες στην εγκατάσταση λόγω των πολλών καλωδιώσεων που υπήρχαν.

Ένα παράδειγμα τοπολογίας Διαύλου φαίνεται στην εικόνα:



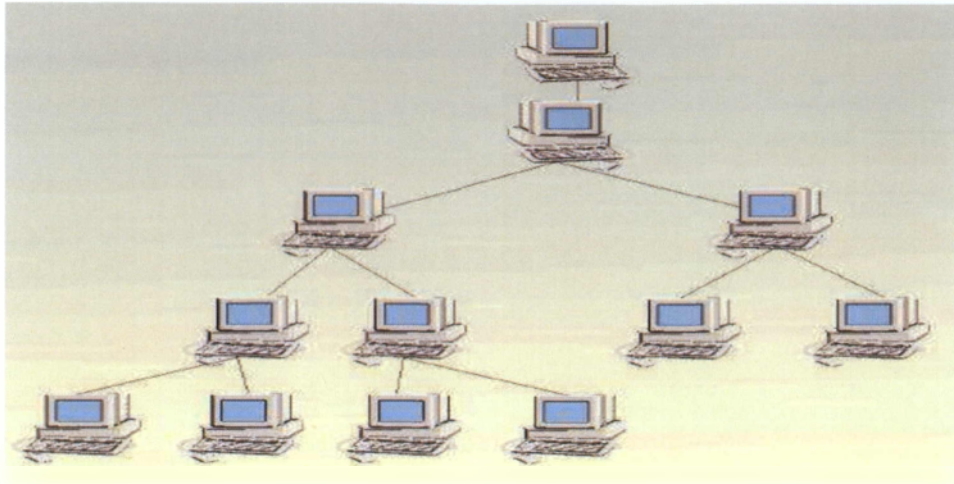
Τοπολογία δένδρου: Η τοπολογία δένδρου (tree topology) αποτελεί παραλλαγή της τοπολογίας διαύλου και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζεται από τα ίδια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Το βασικό της χαρακτηριστικό είναι το διάγραμμα της που μοιάζει με αυτό του ανεστραμμένου δένδρου, του οποίου, τόσο ο κορμός όσο και τα κλαδιά, αποτελούνται από δίκτυα διαύλου. Ο κεντρικός κόμβος του δικτύου ονομάζεται κεφαλή ή ρίζα, και ο βασικός του ρόλος είναι να μεταδίδει στο δίκτυο το σήμα το οποίο λαμβάνει από κάθε κόμβο που εκπέμπει. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε μεγάλο φόρτο κίνησης τον δίαυλο που περνά από τη ρίζα.

Μειονέκτημα: αυτού του τύπου δικτύου, είναι η κατάρρευσή του εάν η ρίζα του υποστεί κάποια βλάβη.

Πλεονεκτήματα:

- Μπορούμε να συνδέσουμε περισσότερες συσκευές σε μεγαλύτερες αποστάσεις.
- Για την αποστολή πληροφοριών έχουμε παροχή υπηρεσιών προτεραιότητας
- Έχουμε μεγάλη υποστήριξη υλικού και λογισμικού από πολλούς και διαφόρους παραγωγούς.
- Τέλος έχουμε διασύνδεση σημείου προς σημείο μεταξύ κόμβων.

Ένα παράδειγμα τοπολογίας Δέντρου φαίνεται στην εικόνα:



Τοπολογία δακτυλίου: Στην τοπολογία δακτυλίου (ring topology) το δίκτυο αποτελείται από ένα σύνολο διαδοχικών κόμβων με συνδέσεις σημείου προς σημείο ώστε να σχηματίζεται ένας κλειστός βρόγχος. Κάθε κόμβος συνδέεται στο δίκτυο μέσω μιας διάταξης που λέγεται αναμεταδότης και κάθε φορά που ένα πακέτο δεδομένων φτάνει σε αυτόν, διαβάζει τη διεύθυνση του παραλήπτη και εάν τον αφορά, το αντιγράφει. Η ροή της πληροφορίας έχει πάντα την ίδια φορά επάνω στο δακτύλιο, ενώ λόγω της ταυτόχρονης χρήσης του μέσου μετάδοσης από πολλούς κόμβους, απαιτείται έλεγχος πρόσβασης στο μέσο (Medium Access Control, MAC), ο οποίος μπορεί να είναι κεντρικός (centralized) ή κατακεντρωμένος (distributed). Η τοπολογία δακτυλίου χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις κατά τις οποίες:

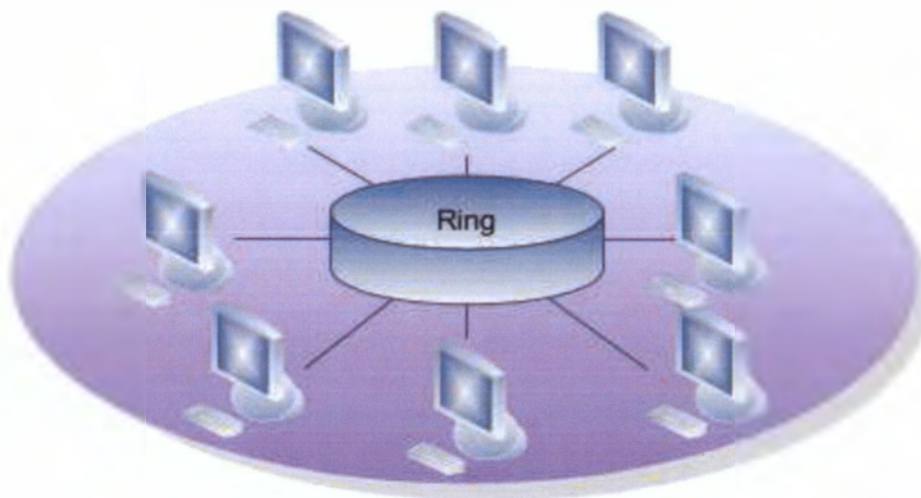
- Απαιτείται ισοκατανομή της χωρητικότητας του καναλιού σε όλους τους κόμβους του δικτύου
- Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες υπάρχουν πάρα πολλοί κόμβοι σε σχετικά μικρή απόσταση και οι οποίοι απαιτούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης
- Όταν η μετάδοση της πληροφορίας από ένα κόμβο θα πρέπει να γίνει σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Τα δίκτυα δακτυλίου παρουσιάζουν:

1. Σημαντικές καθυστερήσεις μετάδοσης ακόμη και σε περιπτώσεις μικρής κυκλοφορίας,
2. Μη αναλογική με το φορτίο, αύξηση της μέσης καθυστέρησης μετάδοσης.
3. Καλή συμπεριφορά όταν το δίκτυο χαρακτηρίζεται από μεγάλη κυκλοφορία.

Επέκταση της τοπολογίας του δακτυλίου αποτελεί ο διπλός δακτύλιος, με αντίθετες κατευθύνσεις μετάδοσης σε κάθε δακτύλιο.

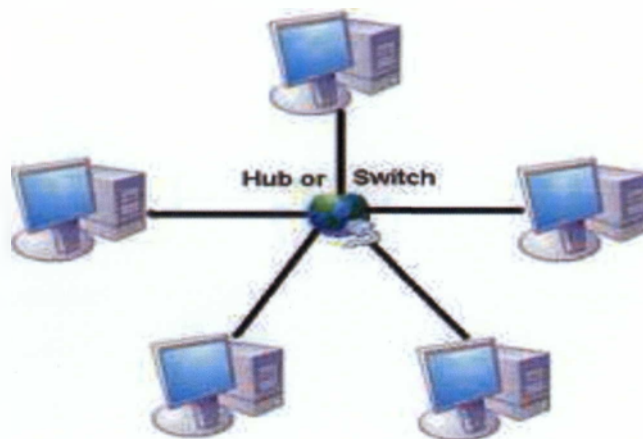
Ένα παράδειγμα τοπολογίας Δακτυλίου φαίνεται στην εικόνα:



Τοπολογία αστέρα: Στην τοπολογία αστέρα (star topology), ο κάθε κόμβος του δικτύου συνδέεται άμεσα με ένα κεντρικό σταθμό εξυπηρέτησης, διαμέσου δύο καλωδίων, εκ των οποίων το ένα χρησιμοποιείται για την αποστολή, και το άλλο για τη λήψη δεδομένων. Η τοπολογία αυτή έχει όλα τα χαρακτηριστικά της τοπολογίας διαύλου και η βασική της λειτουργία περιλαμβάνει τον έλεγχο της κυκλοφορίας των δεδομένων στο δίκτυο, προκειμένου αυτά να καταλήξουν τελικά, στον υπολογιστή παραλήπτη. Αυτός ο έλεγχος της κυκλοφορίας μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρεις κυρίως τρόπους. Στην πρώτη μορφή ο έλεγχος ασκείται από τον κεντρικό κόμβο του δικτύου ο οποίος είναι υπεύθυνος για τις διαδικασίες δρομολόγησης των μηνυμάτων, στη δεύτερη περίπτωση, ο έλεγχος πραγματοποιείται από ένα περιφερειακό κόμβο, ενώ ο κεντρικός κόμβος λειτουργεί σαν διακόπτης μεταγωγής, ενώ στην τρίτη μορφή, η διαδικασία ελέγχου της ροής της

πληροφορίας, ισοκατανέμεται σε όλους τους περιφερειακούς κόμβους, ενώ ο κεντρικός κόμβος είναι υπεύθυνος για τη δρομολόγηση και την αποφυγή των συγκρούσεων. Η τοπολογία αστέρα χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις κατά τις οποίες απαιτούνται ολοκληρωμένες υπηρεσίες μεταφοράς φωνής – δεδομένων καθώς και υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης. Το βασικό του μειονέκτημα είναι η πολύπλοκη υλοποίησή του κυρίως όσον αφορά τη διαδικασία ελέγχου της πληροφορίας, ενώ τέλος, πάρα πολλά από τα χαρακτηριστικά του δικτύου όπως είναι για παράδειγμα η χωρητικότητά του, η αξιοπιστία του, και ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων, εξαρτώνται σημαντικά από τις δυνατότητες του κεντρικού κόμβου

Ένα παράδειγμα τοπολογίας Αστέρα φαίνεται στην εικόνα:



6.2 Μοντέλο αρχιτεκτονικής δικτύου OSI (Open Systems Interconnection)

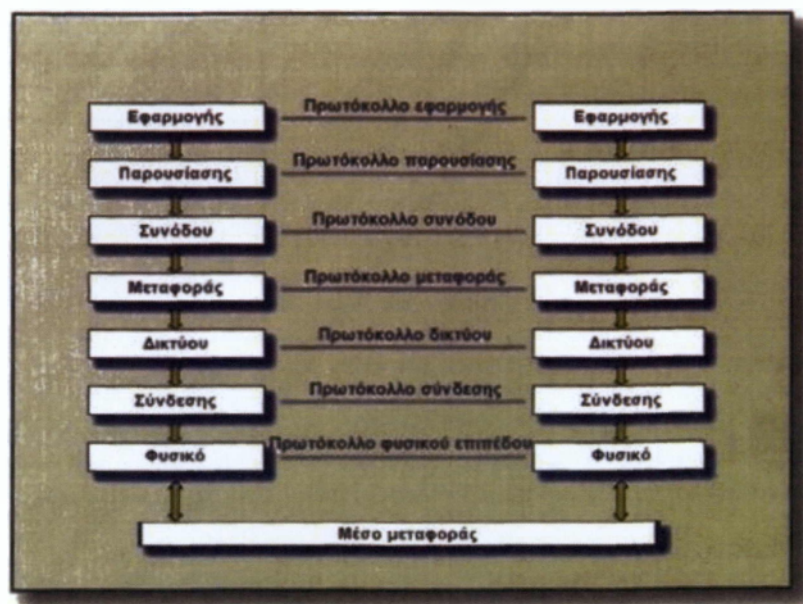
Τα πρώτα υπολογιστικά συστήματα και δίκτυα είχαν σχετικά μικρές επικοινωνιακές ανάγκες και τις περισσότερες φορές το δικτυακό υλικό διαφορετικών κατασκευαστών δε συνεργαζόταν αρμονικά. Το τμήμα του λογισμικού που υποστήριζε αυτές τις αρχικές επικοινωνιακές ανάγκες ήταν μονολιθικό, αδόμητο, γραμμένο σε γλώσσα χαμηλού επιπέδου (assembly). Οι δυνατότητες ελέγχου, εκσφαλμάτωσης και διαμόρφωσής του ήταν περιορισμένες.

Οι σύγχρονες επικοινωνιακές ανάγκες απαιτούν συστήματα που μπορούν να επικοινωνούν με ένα μεγάλο σύνολο συσκευών οι οποίες προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές (open systems). Το λογισμικό υποστήριξης πρέπει να είναι εύκολα τροποποιήσιμο και επεκτάσιμο καθώς νέες, βελτιωμένες τεχνικές επικοινωνίας εμφανίζονται όλο και με μεγαλύτερη συχνότητα.

Αυτές οι απαιτήσεις οδήγησαν τον οργανισμό τυποποίησης ISO (International Standards Organization) να προτείνει ένα μοντέλο αρχιτεκτονικής δικτύου επτά επιπέδων (OSI model). Οι λειτουργίες κάθε επιπέδου είναι σαφώς καθορισμένες και κάθε επίπεδο επικοινωνεί με το αμέσως προηγούμενο του (εκτός από το πρώτο) και το αμέσως επόμενο του (εκτός από το τελευταίο).

Σε γενικές γραμμές, κάθε επίπεδο χρησιμοποιεί υπηρεσίες από το επόμενο και προσφέρει υπηρεσίες στο προηγούμενο επίπεδο. Η μεταφορά της πληροφορίας κατά την εκπομπή είναι από το επίπεδο εφαρμογής προς το φυσικό επίπεδο, ενώ κατά τη λήψη αντίστροφα. Στη διαδικασία εκπομπής κάθε επίπεδο αφού επεξεργαστεί την πληροφορία

προσθέτει πρόθεμα (header) και επίθεμα (trailer) και παραδίδει τα προς αποστολή δεδομένα στο επόμενο επίπεδο. Η διαδικασία προσθήκης προθέματος και επιθέματος ονομάζεται ενθυλάκωση (encapsulation). Στη διαδικασία λήψης τα πράγματα γίνονται αντίστροφα. Κάθε



επίπεδο αφού επεξεργαστεί τα δεδομένα, αφαιρεί το πρόθεμα και το επίθεμα και μεταφέρει την πληροφορία στο προηγούμενο επίπεδο.

6.2.1 Η λειτουργία των επιπέδων του μοντέλου OSI

- Επίπεδο εφαρμογής (Application layer)

Αποτελεί το επίπεδο επαφής των χρηστών με το σύνολο των δικτυακών υπηρεσιών που προσφέρει το σύστημα. Η πρόσβαση σε απομακρυσμένους καταλόγους, η μεταφορά αρχείων, η μεταφορά μηνυμάτων (mail) είναι μερικές από τις υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο εφαρμογής του μοντέλου OSI. Οι υπηρεσίες αυτές είναι διαφανείς (transparent) στο χρήστη, με κλήσεις αντίστοιχες με τις κλήσεις συστήματος (system calls). Έτσι η πρόσβαση σε αρχείο απομακρυσμένου συστήματος είναι αντίστοιχη με την πρόσβαση σε αρχείο του τοπικού συστήματος. Η απόκρυψη των επιμέρους λεπτομερειών πρόσβασης είναι σημαντική για την εύκολη, γρήγορη και ορθή ανάπτυξη λογισμικού.

- Επίπεδο παρουσίασης (Presentation layer)

Το επίπεδο αυτό ασχολείται με την αναπαράσταση και μορφοποίηση των δεδομένων. Συστήματα με διαφορετική αναπαράσταση δεδομένων επικοινωνούν με τη βοήθεια αφηρημένων δομών δεδομένων. Φανταστείτε την περίπτωση όπου επικοινωνούν τηλεφωνικά ένας Έλληνας με ένα Ρώσο οι οποίοι γνωρίζουν μόνο τη μητρική τους γλώσσα. Ας υποθέσουμε, ότι καθένας τους χρησιμοποιεί ένα μεταφραστή, όμως η μόνη κοινή γλώσσα των μεταφραστών είναι η Αγγλική. Για να διεξαχθεί η συνομιλία, υποχρεωτικά ο καθένας μεταφράζει τη γλώσσα του στην Αγγλική, και ο συνομιλητής του αντίστοιχα την Αγγλική στη δική του γλώσσα. Στο παράδειγμα αυτό ο μεταφραστής εκτελεί υπηρεσίες αντίστοιχες με το επίπεδο παρουσίασης στο μοντέλο OSI και η Αγγλική γλώσσα είναι το αντίστοιχο των αφηρημένων δομών δεδομένων του επιπέδου παρουσίασης. Επίσης, το επίπεδο παρουσίασης μπορεί να ασχολείται και με θέματα συμπίεσης δεδομένων, κρυπτογράφησης καθώς και επιβεβαίωσης γνησιότητας της πληροφορίας που μεταφέρεται.

- Επίπεδο συνόδου (Session layer)

Το επίπεδο συνόδου είναι υπεύθυνο για την εγκατάσταση, τον τερματισμό και τη διαχείριση ενός καναλιού επικοινωνίας δύο οντοτήτων του επιπέδου παρουσίασης. Φανταστείτε τη μεταφορά ενός μεγάλου αρχείου σε δίκτυο, με μέσο χρόνο μεταξύ καταρρεύσεων μικρότερο του απαιτούμενου για τη μεταφορά του αρχείου. Το επίπεδο

συνόδου πρέπει να εισάγει σημεία ελέγχου, ώστε μετά από πιθανό πρόβλημα να μεταδοθούν μόνο τα δεδομένα από το σημείο ελέγχου και πέρα.

- Επίπεδο μεταφοράς (Transport layer)

Το επίπεδο μεταφοράς είναι υπεύθυνο για τη διαφανή παροχή υπηρεσιών μεταφοράς μηνυμάτων ανεξάρτητα από τον τύπο του δικτύου. Δέχεται μηνύματα από το επίπεδο συνόδου, τα οποία, αν χρειαστεί, χωρίζει σε μικρότερες μονάδες και διασφαλίζει τη σωστή μεταφορά τους στην άλλη πλευρά. Επίσης, για λόγους απόδοσης, μπορεί να δημιουργεί πολλαπλές συνδέσεις μεταφοράς για κάθε οντότητα του επιπέδου συνόδου ή και να πολυπλέκει συνδέσεις, όταν η δημιουργία ή η συντήρηση μιας σύνδεσης είναι ακριβή. Επιπλέον, είναι δυνατόν να ρυθμίζει τη ροή της πληροφορίας, έτσι ώστε ένα γρήγορο σύστημα να μην πλημμυρίζει ένα αργό.

- Επίπεδο δικτύου (Network layer)

Το επίπεδο του δικτύου αναλαμβάνει τις λειτουργίες δρομολόγησης και μεταγωγής πακέτων από τον έναν κόμβο του δικτύου στον άλλο. Είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση πινάκων δρομολόγησης οι οποίοι μπορεί να είναι στατικοί, να ορίζονται στην αρχή μιας συνομιλίας ή και να μεταβάλλονται δυναμικά. Ο έλεγχος της συμφόρησης του δικτύου, της κατανομής του φορτίου σε περίπτωση εναλλακτικών οδεύσεων και η λειτουργία χρέωσης κόμβων του δικτύου ανάλογα με την κίνηση τους είναι μερικές πρόσθετες αρμοδιότητες του επιπέδου δικτύου.

- Επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (Data link layer)

Το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων αναλαμβάνει την παροχή αξιόπιστης γραμμής δεδομένων χωρίς σφάλματα. Είναι υπεύθυνο για την αναγνώριση των πλαισίων δεδομένων (data frames) καθώς και για τη διαχείριση των πλαισίων επιβεβαίωσης λήψης (Acknowledgement frames). Επίσης αναλαμβάνει θέματα ελέγχου της ροής των δεδομένων (flow control) για τη σωστή συνεργασία γρήγορου πομπού και αργού δέκτη.

6.2.2 Φυσικό Επίπεδο (Physical layer)

Το φυσικό επίπεδο αναλαμβάνει τη μεταφορά ακατέργαστων δυαδικών ψηφίων στο μέσο μετάδοσης. Ασχολείται με τις μηχανικές (πόσους ακροδέκτες έχει ο σύνδεσμος του δικτύου, που χρησιμοποιείται ο κάθε ακροδέκτης, κλπ) και ηλεκτρικές προδιαγραφές (ποια στάθμη σήματος καθορίζει το δυαδικό 0 και ποια το δυαδικό 1, πόσο χρόνο διαρκεί η εκπομπή ενός δυαδικού ψηφίου, κλπ) της σύνδεσης.

Θα πρέπει να παρατηρήσουμε πως το OSI είναι ένα γενικευμένο μοντέλο αρχιτεκτονικής δικτύου και θέτει τα πλαίσια στα οποία θα κινηθεί το υποσύστημα επικοινωνίας δεδομένων. Δεν είναι απαραίτητη η πλήρης εναρμόνιση με το μοντέλο OSI. Πολλές υλοποιήσεις ενοποιούν ή και παραλείπουν κάποια επίπεδα. Σε άλλες περιπτώσεις υλοποίησης, λειτουργίες εμφανίζονται σε διαφορετικό επίπεδο και όχι σε αυτό που προδιαγράφει το μοντέλο OSI (π.χ. η εξακρίβωση της γνησιότητας των δεδομένων και η εισαγωγή σημείων ελέγχου πολλές φορές γίνονται στο επίπεδο της εφαρμογής).

Όπως εύκολα καταλαβαίνει κανείς, υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία πιθανών υλικών και τοπολογιών, με τα οποία μπορεί να υλοποιηθεί ένα δίκτυο 802.3. Για την πιο εύκολη αναφορά ανάμεσα στους χρήστες, ορίζεται από το πρότυπο ένας τυποποιημένος τρόπος ονομασίας κάθε υλοποίησης. Κάθε όνομα αποτελείται από τρία τμήματα ως εξής: ρυθμός μετάδοσης δεδομένων σε Mbps, τύπος του μέσου, μέγιστο μέγεθος τμήματος (καλωδίου ή οπτικής ίνας) x 100m. Έτσι, για παράδειγμα, η ονομασία 10Base5 σημαίνει ότι το δίκτυο λειτουργεί σε ταχύτητα 10Mbps, χρησιμοποιεί σηματοδότηση βασικής ζώνης, και υποστηρίζει μεγέθη τμημάτων μέχρι τα 500m. Παρακάτω δίνεται ένας πίνακας με τις πιο συνηθισμένες υλοποιήσεις :

Όνομα	Τύπος καλωδίου	Μέγιστος μέγεθος τμήματος	Κόμβοι ανά τμήμα	Πλεονεκτήματα
10Base5	Χοντρό ομοαξονικό	500 m	100	Ιδανικό για δίκτυα υποδομής

10Base2	Λεπτό ομοαξονικό	200 m	30	Το φθηνότερο
10Base-T	Ζεύγος πλεκόμενων καλωδίων	100 m	1024	Εύκολη συντήρηση
10Base-F	Ζεύγος πλεκόμενων καλωδίων	100 m	1024	Ιδανικό για διασύνδεση κτιρίων

6.2.3 Υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης μέσου

Μορφή του πλαισίου

Η γενική μορφή ενός *πλαίσιο* (frame) του υποεπιπέδου ελέγχου πρόσβασης μέσου δίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Preamble	Start Frame Delimiter (SFD)	Destination Address	Source Address	Length / Type	MAC Client Data	P A D	Frame Check Sequence (FCS)	Extension
----------	--------------------------------------	------------------------	-------------------	------------------	-----------------------	-------------	-------------------------------------	-----------

Γενική μορφή πλαισίου του υποεπιπέδου ελέγχου πρόσβασης μέσου

Το τμήμα Εισαγωγής (Preamble) χρησιμοποιείται για τον συγχρονισμό του φυσικού υποεπιπέδου σηματοδότησης (Physical signaling sublayer - PLS) του τερματικού δέκτη με το λαμβανόμενο πλαίσιο, και κάθε byte του περιέχει την ακολουθία 10101010.

Το τμήμα Ορισμού αρχής πλαισίου (Start Frame Delimiter - SFD) αποτελείται από την ακολουθία 10101011 και ορίζει την αρχή του κυρίως πλαισίου.

Τα τμήματα Διεύθυνση προορισμού (Destination Address) και Διεύθυνση πηγής (Source Address) περιέχουν την διεύθυνση του τερματικού-πομπού του πλαισίου και την διεύθυνση του τερματικού-δέκτη του αντίστοιχα. Το τμήμα Διεύθυνση προορισμού μπορεί να περιέχει είτε την διεύθυνση ενός μεμονωμένου τερματικού είτε μία ομαδική διεύθυνση που να αναφέρεται σε μία ομάδα τερματικών (multicasting) ή ακόμα και σε όλα τα υπόλοιπα τερματικά του δικτύου (broadcasting).

Το τμήμα Μήκος / Τύπος (Length / Type) περιέχει είτε τον αριθμό των bytes που περιέχονται στο τμήμα δεδομένων του πλαισίου, είτε δείχνει το είδος του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται από τα ανώτερα επίπεδα (MAC client protocol).

Το τμήμα Δεδομένων περιέχει έναν μεταβαλλόμενο αριθμό bytes δεδομένων, τα οποία περιέχονται στο τμήμα Δεδομένων των ανώτερων από το MAC επιπέδων (MAC client data). Για την σωστή λειτουργία του πρωτοκόλλου CSMA/CD και ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης εφαρμογής, θα πρέπει όλα τα πλαίσια να είναι μεγαλύτερα από έναν ελάχιστο αριθμό bytes. Έτσι, αν το τμήμα Δεδομένων δεν είναι αρκετά μεγάλο, προστίθεται και το τμήμα Γεμίματος (Pad) έτσι ώστε το πλαίσιο να έχει τον ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό bytes. Ανάλογα, και το μέγιστο μέγεθος πλαισίου μπορεί να αλλάζει ανάλογα με την συγκεκριμένη εφαρμογή, και έτσι να μεταβάλλεται και ο μέγιστος αριθμός bytes που περιέχει το τμήμα δεδομένων. Ο καθορισμός από το πρότυπο του μεγέθους του τμήματος αυτού στα 46 μέχρι 1500 bytes δίνεται ενδεικτικά και δεν αποτελεί περιορισμό για τον σχεδιαστή ενός δικτύου.

Το τμήμα Ακολουθία ελέγχου πλαισίου (Frame Check Sequence - FCS) χρησιμοποιείται στην επαλήθευση της σωστής λήψης του πλαισίου. Στο τμήμα αυτό περιέχεται μία τιμή που προκύπτει από έναν κώδικα που ονομάζουμε *Κυκλικό κώδικα ελέγχου σφάλματος με τη μέθοδο προσθήκης πλεονασμού* (32-bit Cyclic Redundancy Code - CRC), ο οποίος αναφέρεται στα τέσσερα προηγούμενα τμήματα, δηλαδή στα τμήματα Διεύθυνση προορισμού, Διεύθυνση πηγής, Μήκος / Τύπος, Δεδομένα των ανώτερων από το MAC επιπέδων και Γέμισμα. Ο παραλήπτης του πακέτου χρησιμοποιεί τον ίδιο κώδικα για το ίδιο τμήμα του πακέτου και συγκρίνει την τιμή που βρίσκει με αυτήν που είναι αποθηκευμένη στο τμήμα της Ακολουθίας ελέγχου πλαισίου. Έτσι, μπορεί να καταλάβει αν το πακέτο που έλαβε

έχει σταλεί σωστά, όταν οι δύο αριθμοί ταυτίζονται, ή αν έγινε κάποιο λάθος κατά την μετάδοσή του, όταν οι αριθμοί είναι διαφορετικοί.

Το τμήμα Προέκτασης (Extension) χρησιμοποιείται μόνο σε περιπτώσεις όπου επιβάλλεται από την ταχύτητα ή την τοπολογία του δικτύου η χρήση μεγαλύτερου μεγέθους πλαισίου για την σωστή λειτουργία του δικτύου. Τότε, λοιπόν, προστίθεται ένας κατάλληλος αριθμός από bytes στο τέλος του πλαισίου, τα οποία αποτελούν το τμήμα αυτό. Ένα παράδειγμα χρήσης του τμήματος αυτού δίνεται αν θεωρηθεί ένα δίκτυο που λειτουργεί σε ταχύτητα 1 Gbps. Τότε, αν η μέγιστη απόσταση ανάμεσα σε δύο οποιαδήποτε τερματικά είναι 250 m το ελάχιστο μέγεθος πλαισίου θα μπορούσε να είναι 640 bytes. Αν, όμως, η ελάχιστη απόσταση είναι 2500 m το ελάχιστο μέγεθος πλαισίου θα πρέπει να είναι 6400 bytes.

6.3 Μέθοδοι ελέγχου πρόσβασης στο μέσο

Σε ένα τοπικό δίκτυο, μπορεί κάθε φορά το φυσικό μέσο να είναι διαθέσιμο σε ένα μόνο κόμβο (σύνδεση σημείου προς σημείο) ή σε όλους τους κόμβους ταυτόχρονα (σύνδεση εκπομπής). Σε κάθε περίπτωση οι συνδέσεις καθορίζονται από κοινά αποδεκτούς κανόνες επικοινωνίας. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας αποτελείται από ένα σύνολο κανόνων οι οποίοι καθορίζουν τον τρόπο διασύνδεσης των συστημάτων που επικοινωνούν καθώς και τον τρόπο πρόσβασης στο μέσο. Ο τρόπος πρόσβασης στο μέσο καθορίζει μια σειρά από ενέργειες τις οποίες πρέπει να εκτελέσει ο κόμβος προκειμένου να πάρει υπό τον έλεγχο του το φυσικό μέσο του δικτύου και να μεταδώσει δεδομένα.

Ανόμοια μεταξύ τους συστήματα δικτύων μπορούν να επικοινωνήσουν εφόσον χρησιμοποιούν ίδια πρωτόκολλα. Κατά την εξέλιξη των δικτύων, τα πρωτόκολλα άλλαξαν πολλές φορές επηρεαζόμενα από την εξέλιξη της τεχνολογίας.

Διεθνείς οργανισμοί όπως ο ISO (Διεθνής Οργανισμός Προτυποποίησης – International Standards Organization) και ο IEEE (Διεθνής Ένωση Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών) έχουν δημιουργήσει πρότυπα για την δημιουργία πρωτοκόλλων και την διασύνδεση συστημάτων. Έχουμε ήδη αναφερθεί στο πρότυπο OSI (Open Systems Interconnect) το οποίο δημιουργήθηκε από την ISO με σκοπό να δώσει κατευθυντήριες γραμμές για το σχεδιασμό πρωτοκόλλων συστημάτων που να μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Όπως ίσως θυμάστε, το πρότυπο OSI αποτελείται από επτά (7) επίπεδα. Το

1980 το IEEE όρισε το πρότυπο 802 με σκοπό τη χρήση του σε τοπικά δίκτυα. Το φυσικό επίπεδο του 802 συμπίπτει με το αντίστοιχο του OSI. Στο επίπεδο λογικής γραμμής του OSI, το 802 αντιστοιχεί δύο υποεπίπεδα: Το υποεπίπεδο ελέγχου λογικής γραμμής (LLC, Logical Line Control) και το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC, Media Access Control).

- Το υποεπίπεδο **LLC** είναι υπεύθυνο για την αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων πάνω από το φυσικό επίπεδο καθώς και για την δημιουργία και συντήρηση της νοητής σύνδεσης των κόμβων που επικοινωνούν.
- Το υποεπίπεδο **MAC** καθορίζει τον τρόπο πρόσβασης στο κοινό μέσο επικοινωνίας, διαχειρίζεται την διευθυνσιοδότηση των πακέτων και παρέχει την διεύθυνση του αποστολέα και του παραλήπτη του πακέτου.

Σε κάθε περίπτωση, ο έλεγχος πρόσβασης στο μέσο μπορεί να είναι:

- **Κεντρικός**, όπου κάποιος κόμβος έχει τον ρόλο του ελεγκτή και είναι αυτός που επιτρέπει ή όχι την μετάδοση κάποιου πακέτου. Όποιος κόμβος θέλει να μεταδώσει δεδομένα πρέπει να έχει την έγκριση του κόμβου – ελεγκτή.
- **Κατανεμημένος**, όπου δεν υπάρχει κεντρικός ελεγκτής. Όλοι οι κόμβοι εκτελούν επιλεκτικά τις λειτουργίες του πρωτοκόλλου ελέγχου πρόσβασης στο μέσο και είναι συνυπεύθυνοι προκειμένου να καθορίσουν δυναμικά τη σειρά με την οποία θα μεταδώσει ο κάθε κόμβος το πακέτο του. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η μετάδοση περιορίζεται τόσο από την τοπολογία του δικτύου όσο και από άλλους παράγοντες όπως είναι το κόστος και η πολυπλοκότητα του δικτύου.

Οι τεχνικές ελέγχου πρόσβασης στο μέσο χαρακτηρίζονται επίσης σαν:

- **Συγχρονισμένες**: Μέρος της χωρητικότητας της κοινής γραμμής επικοινωνίας διατίθεται αποκλειστικά σε μια σύνδεση. Η σύνδεση παραμένει ενεργή ακόμα και αν δεν υπάρχει μετάδοση δεδομένων. Προφανώς συγχρονισμένες τεχνικές δεν εξυπηρετούν σε περιβάλλον τοπικού δικτύου αφού το φυσικό μέσο είναι κοινό και δεν είναι από πριν γνωστό πόσα δεδομένα θέλει ο κάθε κόμβος να μεταδώσει. Έτσι μπορεί να έχουμε δέσμευση του φυσικού μέσου ενώ δεν υπάρχουν δεδομένα για μετάδοση.

- **Ασυγχρόνιστες:** Η χωρητικότητα του φυσικού μέσου κατανέμεται δυναμικά, ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε κόμβου. Έτσι έχουμε πιο ευέλικτη χρήση του φυσικού μέσου αφού μπορούμε να ανακατανεύουμε την χωρητικότητα στους κόμβους που την χρειάζονται περισσότερο.

Στην κατηγορία των ασυγχρόνιστων τεχνικών, υπάρχουν πολλά πρωτόκολλα. Τα περισσότερα αφορούν τα λεγόμενα *κανάλια ανοικτής ακρόασης* μια κατηγορία που όλοι οι κόμβοι λαμβάνουν το μήνυμα και αποφασίζουν (εξετάζοντας την διεύθυνση του παραλήπτη) αν τους αφορά – οπότε και το αντιγράφουν – ή όχι – οπότε και το απορρίπτουν. Στην διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται συχνά σαν *κανάλια πολλαπλής πρόσβασης ή κανάλια τυχαίας προσπέλασης*.

Το *υποεπίπεδο MAC* είναι αυτό που καθορίζει κάθε φορά σε ένα τοπικό δίκτυο ποιος κόμβος έχει δικαίωμα πρόσβασης στα κανάλια πολλαπλής πρόσβασης. Το υποεπίπεδο αυτό είναι σημαντικό στα τοπικά δίκτυα αφού σχεδόν όλα τα είδη τοπικών δικτύων χρησιμοποιούν κάποιο είδος καναλιού πολλαπλής πρόσβασης. Αντίθετα τα δίκτυα ευρείας περιοχής (με εξαίρεση τα δορυφορικά) χρησιμοποιούν κανάλια σημείου προς σημείο.

6.4 Τυποποιήσεις IEEE 802.X

Όπως αναφέραμε παραπάνω, το υποεπίπεδο MAC καθορίζει τον τρόπο πρόσβασης στο μέσο (τον τρόπο δηλ. με τον οποίο οι κόμβοι συνεννοούνται για το ποιος έχει μια δεδομένη χρονική στιγμή δικαίωμα μετάδοσης στο δίκτυο).

Το Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών (*IEEE – Institute of Electronic and Electrical Engineers*) έχει δημιουργήσει μια σειρά από πρότυπα με διαφορετικούς τρόπους πρόσβασης. Κάποια από αυτά τα πρότυπα αναλύονται σε επόμενα κεφάλαια ενώ κάποια απλώς αναφέρονται.

Στις τυποποιήσεις αυτές του IEEE έχουν δοθεί τα γενικά ονόματα IEEE-802.x και ορισμένες είναι οι παρακάτω:

- **IEEE-802.3:** Πολλαπλή πρόσβαση με ανίχνευση φέροντος και αναγνώριση συγκρούσεων (*CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*). Με απλά λόγια το πρότυπο αυτό ορίζει ότι κάθε κόμβος έχει δυνατότητα να

αναγνωρίσει τότε το δίκτυο είναι κατειλημμένο (γίνεται μετάδοση) (δηλ. ανίχνευση φέροντος) καθώς και τότε υπάρχει σύγκρουση (δύο πακέτα από διαφορετικούς κόμβους μεταδόθηκαν ταυτόχρονα) (Collision Detection). Το πρότυπο αυτό αναλύεται στο κεφάλαιο 8 του βιβλίου.

- **IEEE-802.4:** Δίαυλος με κουπόνι διέλευσης. (Token Passing Bus) Πρόκειται για ένα πρότυπο με τοπολογία διαύλου στον οποίο κυκλοφορεί ένα κουπόνι – ένα πακέτο ειδικού τύπου – από τον ένα υπολογιστή στον άλλο. Κάθε φορά μόνο ένας υπολογιστής μπορεί να έχει το κουπόνι. Όποιος έχει το κουπόνι μπορεί να το φορτώσει με δεδομένα και όταν το κουπόνι φτάσει στον παραλήπτη αδειάζει. Το κουπόνι κυκλοφορεί από τον ένα υπολογιστή στον άλλο μέσα στο δίαυλο. Περισσότερα στο κεφάλαιο 8.
- **IEEE-802.5:** Δακτύλιος με κουπόνι διέλευσης. Περίπου όπως το παραπάνω, μόνο σε τοπολογία δακτυλίου. Το κουπόνι ταξιδεύει κυκλικά μέσα στον δακτύλιο.

Τα παραπάνω πρότυπα υλοποιούνται σε διαφορετικές ταχύτητες και τρόπους μετάδοσης.

Έτσι έχουμε *δίκτυα βασικής ζώνης* τα οποία διαθέτουν ένα μόνο κανάλι επικοινωνίας. Στα δίκτυα αυτά μόνο ένας κόμβος μπορεί ανά πάσα στιγμή να χρησιμοποιεί το μέσο μετάδοσης αλλά έχει διαθέσιμο όλο το εύρος ζώνης.

Επίσης έχουμε *δίκτυα ευρείας ζώνης* στα οποία το μέσο χωρίζεται σε λογικά (νοητά) κανάλια (με την βοήθεια π.χ. πολυπλεξίας στη συχνότητα) και μπορεί ταυτόχρονα να χρησιμοποιείται από περισσότερους από ένα κόμβους. Κάθε κόμβος έχει στην διάθεση του την χωρητικότητα του μέσου που αντιστοιχεί στο κανάλι που χρησιμοποιεί.

Τα πρότυπα αυτά συμβολίζονται με την γενική γραφή:

- **xx Base-yy** για δίκτυα βασικής ζώνης
- **xx Broad-yy** για δίκτυα ευρείας ζώνης

Το **xx** αντικαθίσταται από ένα αριθμό που δείχνει το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης του δικτύου σε Mbps. Το **yy** αντικαθίσταται από ένα αριθμό που αν τον πολλαπλασιάσουμε επί 100 έχουμε το μέγιστο μήκος του καλωδίου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. (Σε κάποιες ωστόσο περιπτώσεις το **yy** δηλώνει τον τύπο του φυσικού μέσου και όχι το μήκος).

6.4.1 Το πρότυπο IEEE-802.3

Το πρότυπο αυτό χρησιμοποιεί βελτιωμένη τεχνική ανίχνευσης φέροντος και αναγνώρισης συγκρούσεων (CSMA / CD). Για πρώτη φορά το υλοποίησε η εταιρία XEROX φτιάχνοντας το Ethernet. Αρχικά ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης ήταν τα 10 Mbps αλλά οι νεότερες υλοποιήσεις φτάνουν και 100 Mbps. Χρησιμοποιούνται καλώδια ομοαξονικά ή συνεστραμμένων ζευγών. Οι σημερινές παραλλαγές του προτύπου είναι:

- **10 Base-5:** Ομοαξονικό καλώδιο. Μέγιστο μήκος 500 μέτρα. Ταχύτητα 10 Mbps. Βασικής ζώνης.
- **10 Base-2:** Ομοαξονικό καλώδιο. Μέγιστο μήκος 200 μέτρα. Ταχύτητα 10 Mbps. Βασικής ζώνης.
- **10 Base-T:** Καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών. Μέγιστο μήκος 100 μέτρα. Ταχύτητα 10 Mbps. Βασικής ζώνης.
- **1 Base-5:** Καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών. Μέγιστο μήκος 500 μέτρα. Ταχύτητα 1 Mbps. Βασικής ζώνης.
- **10 Broad-36:** Ομοαξονικό καλώδιο. Μέγιστο μήκος 3600 μέτρα. Ταχύτητα 10 Mbps. Ευρείας ζώνης.
- **10 Base-F:** Οπτικής ίνας. Ως 4 χιλιόμετρα. Ταχύτητα 10 Mbps. Βασικής ζώνης.
- **100 Base-X:** Ταχύτητα 100 Mbps. Δομημένη καλωδίωση. Βασικής ζώνης. Αναλύεται περισσότερο σε επόμενα μαθήματα.
- **100Base-VGAnyLan:** Βασικής ζώνης με δομημένη καλωδίωση. Χρησιμοποιεί την νέα τεχνική του αιτήματος προτεραιότητας (demand priority).

Πιο αναλυτικά οι νεότερες εκδόσεις του Ethernet οι οποίες χρησιμοποιούν είτε κοινά καλώδια χαλκού με αθωράκιστα (καλώδια UTP) ή θωρακισμένα (καλώδια STP) συνεστραμμένα ζεύγη αγωγών ή οπτικές ίνες δηλαδή Ethernet (10 MBps), όπου για τις συνδέσεις με χαλκό χρησιμοποιείται το πρότυπο 10BASE-T και για τις οπτικές ίνες το πρότυπο 10BASE-F(L). Η σύνδεση χαλκού είναι συμβατή με αυτή του Fast Ethernet.

Μια άλλη έκδοση είναι η Fast Ethernet (στα 100 Mbps), όπου για τις συνδέσεις με χαλκό έχει επικρατήσει το πρότυπο 100BASE-TX έναντι των ουσιαστικά εγκαταλελειμμένων 100BASE-T2, 100BASE-T4. Το 100BASE-TX χρησιμοποιεί καλώδια UTP κατηγορίας 5e (CAT-5e) με 2 ζεύγη αγωγών (ένα για αποστολή και ένα για λήψη δεδομένων), σε μήκη μέχρι 100μ.

Πρακτικά, χρησιμοποιούνται καλώδια 4 ζευγών, ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση με ή η αναβάθμιση σε Gigabit Ethernet (1000BASE-TX). Το αντίστοιχο πρότυπο για τις οπτικές ίνες είναι το 100BASE-FX. Επιπλέον, είναι δυνατή η αυτόματη ανίχνευση κυκλώματος 10BASE-T στην άλλη πλευρά του καλωδίου και η εν συνεχεία υποβάθμιση της ταχύτητας στα 10Mbps (λειτουργία auto-negotiation).

Μετά έχουμε την Gigabit Ethernet (1 Gbps), όπου για τις συνδέσεις με χαλκό έχει επικρατήσει το πρότυπο 1000BASE-T. Το 1000BASE-T χρησιμοποιεί καλώδια UTP κατηγορίας 5e (CAT-5e) με 4 ζεύγη αγωγών. Κάθε ζεύγος μεταφέρει δεδομένα προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων προς κάθε κατεύθυνση. Ο τρόπος σύνδεσης των ζευγών είναι τέτοιος που επιτρέπει σε μια κάρτα Gigabit Ethernet να μπορεί να ανιχνεύσει την ύπαρξη κυκλώματος Fast Ethernet στην άλλη άκρη του καλωδίου και να αλλάξει αυτόματα το πρωτόκολλό της σε 100BASE-TX (λειτουργία auto-negotiation). Το αντίστοιχο πρότυπο για τις οπτικές ίνες είναι τα 1000BASE-FX. Τέλος υπάρχει και η 10 Gigabit Ethernet (10 Gbps), η οποία είναι και η γρηγορότερη μέχρι σήμερα.

Οι προδιαγραφές που ορίζει το Ethernet αφορούν το φυσικό επίπεδο και το υποεπίπεδο MAC του μοντέλου αναφοράς OSI. Στη μεγάλη πλειονότητα των περιπτώσεων μαζί με το Ethernet χρησιμοποιείται, στο υποεπίπεδο LLC, το πρωτόκολλο IEEE 802.2. Για τον έλεγχο πρόσβασης στο κοινό μέσο το Ethernet αξιοποιεί τον αλγόριθμο CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), στις περιπτώσεις όπου επιτρέπεται μόνο half-duplex σύνδεση. Πρακτικά, το Ethernet χρησιμοποιεί τη μέθοδο μετάδοσης δεδομένων σε μορφή πακέτων (packet switching) μέγιστου μεγέθους (Maximum Transmission Unit, MTU) 1500 bytes και ελάχιστου 46 bytes. Για το σκοπό αυτό, δεδομένα με μήκος μεγαλύτερο των 1500 bytes κατατέμνονται σε πακέτα των 46-1500 bytes (το λεγόμενο payload) τα οποία αποστέλλονται διαδοχικά στη γραμμή επικοινωνίας. Αν το payload έχει μήκος μικρότερο των 46 bytes, προστίθενται επιπλέον κενά bytes ώστε αυτό να αποκτήσει το επιθυμητό ελάχιστο μήκος. Επιπλέον του payload, προστίθενται πληροφορίες όπως ο σειριακός αριθμός της κάρτας Ethernet, οι φυσικές διευθύνσεις (MAC addresses)

αποστολέα και παραλήπτη, το μήκος του payload, καθώς και δεδομένα για έλεγχο σφαλμάτων κατά τη μετάδοση.

6.4.2 Τεχνολογία IEEE 802.3 (CSMA/CD)

Πολλαπλή πρόσβαση με ανίχνευση φέροντος και αναγνώριση συγκρούσεων . Το πρότυπο ορίζει ότι κάθε κόμβος μπορεί να αναγνωρίσει πότε το δίκτυο είναι κατειλημμένο αλλά και πότε υπάρχει σύγκρουση στο δίκτυο, δηλαδή όταν έχουν συγκρουστεί διαφορετικά πακέτα από διαφορετικούς κόμβους που έχουν μεταδοθεί ταυτόχρονα. Στο πρότυπο αυτό έχουμε βελτιωμένη τεχνική ανίχνευσης φέροντος και αναγνώρισης συγκρούσεων (csma / CD). Η εταιρία XEROX ήταν αυτή που έφτιαξε πρώτη το Ethernet. Στην αρχή ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης έφτανε μέχρι και 10 Mbps, με τον καιρό έχουν φτάσει και στα 100 Mbps. Για την υλοποίηση του χρησιμοποιούμε καλώδια ομοαξονικά η συνεστραμμένων ζευγών.

Πιο αναλυτικά σε αυτή την τεχνολογία οι κόμβοι είναι συνδεδεμένοι πάνω σε ένα κοινό ομοαξονικό ή συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίου όπου μπορούν να στείλουν ή να δεχτούν κάποιο πακέτο, ταυτόχρονα έχουν την δυνατότητα να βλέπουν τι συμβαίνει στο δίκτυο. Στην τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος CSMA/CD που περιγράφει πως γίνεται η κατανομή του προσφερόμενου εύρους φάσματος, επειδή δεν υπάρχει σύστημα προτεραιοτήτων για να αποφασίζει ποιος σταθμός και πότε θα εκπέμπει. Για την καλύτερη αξιοποίηση του δικτύου και για τον συγχρονισμό των υπολογιστών μεταξύ τους ο χρόνος διαιρείται σε θυρίδες οι οποίες είναι ίσες με το χρόνο εκπομπής ενός πακέτου. Όταν κάποιος κόμβος έχει ένα πακέτο προς μετάδοση, ελέγχει το δίκτυο για να δει αν είναι κατειλημμένο και αν το βρει ελεύθερο στέλνει το πακέτο του στο επόμενο slot. Αν το βρει κατειλημμένο αναπρογραμματίζεται η μετάδοση του. Όταν λειτουργεί το CSMA/CD το φυσικό μέσο μπορεί να βρίσκεται σε μια από τις τρεις ακόλουθες καταστάσεις :

- **Κατάσταση αργίας:** Σε αυτή την κατάσταση το φυσικό μέσο είναι ελεύθερο γιατί δεν μεταδίδει δεδομένα κανείς κόμβος. Έτσι το φυσικό μέσο είναι άμεσα διαθέσιμο για όποιον κόμβο θέλει να ξεκινήσει την μετάδοση.

- **Κατάσταση μετάδοσης:** Σε αυτή την κατάσταση ένας κόμβος μεταδίδει δεδομένα στο δίκτυο χωρίς να έχει γίνει κάποια σύγκρουση με κάποιον άλλο κόμβο. Αν κάποιος κόμβος θέλει να μεταδώσει δεδομένα βλέπει ότι γίνεται ήδη κάποια άλλη μετάδοση και δεν ξεφωνάει την μετάδοσή του. Ο χρόνος που το κανάλι παραμένει απασχολημένο ονομάζεται περίοδος μετάδοσης.
- **Κατάσταση ανταγωνισμού:** Σε αυτή την κατάσταση έχει γίνει κάποια σύγκρουση στο κανάλι. Το κανάλι μένει κατειλημμένο από τους δυο κόμβους που έχουν δημιουργήσει την σύγκρουση μέχρι να επιλυθεί το πρόβλημα. Όσο το κανάλι είναι κατειλημμένο οι υπόλοιποι κόμβοι που έχουν δεδομένα να στείλουν το καταλαβαίνουν και δεν δοκιμάζουν να στείλουν, μέχρι το κανάλι να επιστρέψει στην κατάσταση αργίας. Ο χρόνος που παραμένει το κανάλι σε αυτή την κατάσταση ονομάζεται **περίοδος ανταγωνισμού**. Αυτή η περίοδος περιλαμβάνει το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να επιλυθεί η σύγκρουση και το μέσο να είναι ξανά έτοιμο για μετάδοση δεδομένων. Το CSMA/CD είναι κατάλληλο μόνο για ενσύρματα δίκτυα και είναι συγχρονισμένο δηλαδή η μετάδοση γίνεται στην αρχή κάθε χρονοθυρίδας.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι το CSMA/CD είναι συγχρονισμένο, χρησιμοποιεί δηλαδή και η μετάδοση γίνεται στην αρχή κάθε χρονοθυρίδας. Επίσης το CSMA/CD είναι κατάλληλο μόνο για ενσύρματα δίκτυα.

6.5 Συστάσεις, πρότυπα και πρωτόκολλα

Ας θεωρήσουμε ότι έχουμε δύο υπολογιστές, που επικοινωνούν μεταξύ τους και ακολουθούν την αρχιτεκτονική που προτείνει το μοντέλο OSI των επτά επιπέδων. Η λειτουργία κάθε επιπέδου του ενός συστήματος διέπεται από ένα σύνολο κανόνων επικοινωνίας με το αντίστοιχο επίπεδο του άλλου συστήματος. Τέτοια σύνολα κανόνων επικοινωνίας ορίζουν ένα πρωτόκολλο.

Στα πρώτα χρόνια ανάπτυξης των δικτύων ο κάθε κατασκευαστής υπολογιστικών συστημάτων είχε τα δικά του πρωτόκολλα επικοινωνίας και διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης των συστημάτων του (IBM, Digital Research, κλπ). Πολλές φορές ακόμα και η ίδια εταιρία

είχε ένα μεγάλο σύνολο πρωτοκόλλων που δε συνεργαζόταν αρμονικά μεταξύ τους. Άμεσο αποτέλεσμα ήταν να μην μπορούν οι υπολογιστές αυτοί να λειτουργήσουν σε ένα κοινό δίκτυο (ή να λειτουργούν με προβλήματα). Η ανάγκη της τυποποίησης (θέσπιση κοινών κανόνων επικοινωνίας και διασύνδεσης) ήταν απαραίτητη, όχι μόνο για την επίτευξη της κοινής λειτουργίας σε δίκτυο, αλλά και για το μέγεθος της αγοράς, τη μαζική παραγωγή και τελικά τη μείωση των τιμών.

Οργανισμοί όπως ο ITU (International Telecommunication Union), πρώην CCITT, προτείνουν συστάσεις για διασυνδέσεις τηλεπικοινωνιακού υλικού και συστημάτων επικοινωνίας. Οι συστάσεις αυτές είναι προτάσεις και οδηγίες για τη δημιουργία συμβατών και κοινά αποδεκτών προϊόντων. Οι συστάσεις αυτές συχνά υιοθετούνται από κάποιον οργανισμό τυποποίησης (ISO κλπ) και ανάγονται σε πρότυπα. Αυτός ο τρόπος υιοθέτησης προτύπων ονομάζεται *de-jure*. Φυσικά, υπάρχουν και περιπτώσεις δημιουργίας προτύπων εξαιτίας της μεγάλης αποδοχής του προϊόντος από την αγορά (π.χ. ο προσωπικός υπολογιστής PC που αρχικά κατασκεύασε η IBM). Αυτός ο τρόπος υιοθέτησης προτύπων ονομάζεται *de-facto*.

Μερικοί από τους πιο σημαντικούς οργανισμούς τυποποίησης είναι ο ISO (International Standards Organisation), ο ANSI (American National Standards Institute), ο IETF (Internet Engineering Task Force), ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης (ΕΛΟΤ), και διάφοροι άλλοι.

Η σημασία των συστάσεων, προτύπων και πρωτοκόλλων είναι μεγάλη μια και αποτελούν προϋπόθεση για τη δημιουργία φθηνών, συμβατών και αξιόπιστων συστημάτων επικοινωνίας που μπορούν να συνεργαστούν χωρίς προβλήματα. Φανταστείτε το κόστος κατασκευής ενός εκτυπωτή αν μερικές εταιρίες υπολογιστών χρησιμοποιούσαν διαφορετική διασύνδεση και διαφορετικό πρωτόκολλο επικοινωνίας. Ο κατασκευαστής του εκτυπωτή θα έπρεπε να παρέχει μια θύρα διασύνδεσης (ή μετατροπέα) για κάθε διαφορετικό τρόπο διασύνδεσης. Επιπλέον θα έπρεπε να υποστηρίζει ένα μεγάλο σύνολο κανόνων επικοινωνίας. Όλα αυτά οδηγούν σε αύξηση της τιμής του εκτυπωτή, πώληση λιγότερων εκτυπωτών, επένδυση μικρότερων ποσών για έρευνα και τελικά δε βοηθούν στην παραπέρα ανάπτυξη της τεχνολογίας και της αγοράς. Συνοπτικά, η συμμόρφωση του προϊόντος με τις συστάσεις και τα πρότυπα βοηθά στη μείωση του κόστους του προϊόντος, στη μείωση του χρόνου ανάπτυξης και παραγωγής του προϊόντος και τέλος στη συμβατότητα με προϊόντα άλλων κατασκευαστών.

Κεφάλαιο 2

1. Το εικονικό δίκτυο

1.1 Περιγραφή εικονικού δικτύου

Ένα εικονικό δίκτυο γενικά αποτελείται από ένα σύνολο εικονικών κόμβων και εικονικών ζεύξεων που συνδέουν τους κόμβους μεταξύ τους. Οι εικονικοί κόμβοι μπορεί να είναι εικονικά τερματικά, εικονικοί δρομολογητές κτλ.. Οι κόμβοι αυτοί φιλοξενούνται από διαφορετικούς φυσικούς κόμβους ανάλογου τύπου, οι οποίοι είναι διασυνδεδεμένοι μέσω φυσικών μονοπατιών του υποκείμενου φυσικού δικτύου. Τα μονοπάτια αυτά αντιστοιχούν σε εικονικές ζεύξεις.

Η λογική αντιστοίχισης φυσικών-εικονικών δικτυακών στοιχείων για την υλοποίηση του εικονικού δικτύου διέπεται από τις ακόλουθες αρχές:

- Κάθε εικονικός κόμβος αντιστοιχίζεται μόνο σε ένα φυσικό
- Ένας φυσικός κόμβος μπορεί να φιλοξενεί πολλαπλούς εικονικούς κόμβους
- Κάθε εικονική ζεύξη αντιστοιχίζεται είτε σε ένα φυσικό μονοπάτι διαδοχικών φυσικών ζεύξεων είτε σε ένα σύνολο ροών που κατανέμονται σε πολλαπλά φυσικά μονοπάτια
- Μία φυσική ζεύξη μπορεί να φιλοξενεί πολλαπλές εικονικές ζεύξεις αποτελώντας τμήμα των ανάλογων φυσικών απεικονίσεων.

Σε κάθε περίπτωση τηρούνται οι περιορισμοί που διέπουν τα στοιχεία του υποκείμενου φυσικού δικτύου και ικανοποιούνται οι απαιτήσεις των εικονικών δικτυακών στοιχείων.

1.2 Τύποι εικονικών δικτύων

Τα εικονικά δίκτυα συναντώνται συνήθως στις ακόλουθες μορφές:

- Εικονικά τοπικά δίκτυα (Virtual LANs-VLANs), βασιζόμενα σε φυσικά LANs. Ένα VLAN μπορεί να δημιουργηθεί μέσω της διαμέρισης ενός φυσικού LAN σε πολλαπλά λογικά LANs (υποδίκτυα) με τη χρήση ενός VLAN ID. Εναλλακτικά, πολλαπλά φυσικά LANs μπορούν να λειτουργούν σαν ένα ενιαίο λογικό LAN. Το διαμερισμένο δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιεί έναν μοναδικό router, ή πολλαπλά VLANs μπορούν να χρησιμοποιούν πολλαπλούς routers ακριβώς όπως πολλαπλά φυσικά LANs μπορούν. Ένα VLAN μπορεί να είναι ενσωματωμένο και υλοποιημένο μέσα σε ένα VPN.
- Εικονικά ιδιωτικά δίκτυα (Virtual Private Networks- VPNs), που αποτελούνται από πολλαπλά απομακρυσμένα τερματικά σημεία, συνήθως δρομολογητές που λειτουργούν ως πύλες VPN πελατών λογισμικού. Αυτά τα σημεία συνδέονται λογικά με κάποιου είδους σήραγγα πάνω από κάποιο άλλο δίκτυο, χρησιμοποιώντας φυσικά κατάλληλα πρωτόκολλα προώθησης της κίνησης και διασφάλισης της ανταλλασσόμενης πληροφορίας. Δύο τέτοια σημεία αποτελούν ένα 'Από άκρο σ' άκρο VPN' ('Point to Point VPN - PTP VPN). Σύνδεση περισσότερων των δύο σημείων τοποθετώντας ένα πλέγμα από εικονικές σήραγγες δημιουργεί ένα 'VPN πολλαπλών σημείων' ('Multi point VPN')
- Εικονική ιδιωτική LAN υπηρεσία (Virtual Private LAN Service - VPLS), που είναι μία εξειδίκευση ενός VPN πολλαπλών σημείων. Το VPLS διαιρείται σε Διαφανείς Υπηρεσίες LAN (Transparent LAN Services - TLS) και Υπηρεσίες Εικονικής Σύνδεσης Ethernet (Ethernet Virtual Connection Services - EVLS). Μία TLS στέλνει ότι λαμβάνει, άρα παρέχει γεωγραφική απομόνωση αλλά όχι υποδικτύωση VLAN. Μία EVCS προσθέτει στα πακέτα VLAN IDs, οπότε παρέχει και γεωγραφική απομόνωση και δυνατότητα υποδικτύωσης VLAN.

Ένα κοινό παράδειγμα ενός εικονικού δικτύου που είναι βασισμένο σε εικονικές συσκευές είναι το δίκτυο εντός ενός VMWare ESX εικονικού host που υλοποιείται με τη χρήση εικονικών μεταγωγέων (virtual switches). Ανάλογα δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιούν τόσο το βασικό πρωτόκολλο Ethernet όσο και πρωτόκολλα εικονικοποίησης όπως το IEEE 802.1Q για VLAN.

1.3 Βασικό πρόβλημα ενσωμάτωσης εικονικών δικτύων

Η εικονικοποίηση εμπλέκει πολλαπλά προβλήματα τα οποία πρέπει να επιλυθούν για την ομαλή εισαγωγή της στο σύγχρονο Internet. Ένα θεμελιώδες πρόβλημα που ανακύπτει στην διαδικασία της ενσωμάτωσης εικονικών δικτύων πάνω σε μία φυσική υποδομή είναι η βέλτιστη ανάθεση και διαμοιρασμός των πόρων που παρέχονται από ένα δεδομένο φυσικό IP δίκτυο. Οι υποκείμενοι πόροι πρέπει να χρησιμοποιούνται με σύνεση. Συνεπώς, απαιτούνται προηγμένες τεχνικές απεικόνισης των εικονικών δικτύων πάνω στο υπόστρωμα ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα κατασπατάλησης πόρων και απόρριψης αιτήσεων εγκατάστασης νέων εικονικών δικτύων λόγω κακής εκμετάλλευσης της διαθέσιμης φυσικής χωρητικότητας.

Η απεικόνιση ενσωμάτωση (embed ding) αυτή είναι πρακτικά η ανάθεση κάθε εικονικού κόμβου σε συγκεκριμένο φυσικό κόμβο και αντίστοιχα κάθε εικονικής ζεύξης σε ένα ή περισσότερα μονοπάτια/ροές του φυσικού δικτύου, έτσι ώστε η λογική τοπολογία του εικονικού δικτύου να «επικάθεται» πάνω στην φυσική τοπολογία λαμβάνοντας τους πόρους που χρειάζεται για την λειτουργία του.

Ως τύποι φυσικών κόμβων μπορούν να θεωρηθούν, χωρίς βλάβη της γενικότητας, τερματικά και δρομολογητές που μπορούν να φιλοξενήσουν ταυτόχρονα πολλούς εικονικούς κόμβους αντίστοιχων όμως τύπων. Ένας εικονικός κόμβος καταλαμβάνει μία «φέτα») του αντίστοιχου φυσικού κόμβου όπου έχει απεικονιστεί και τους αντίστοιχους φυσικούς πόρους που απαιτεί. Αντίστοιχα μία εικονική ζεύξη καταλαμβάνει slices πολλαπλών φυσικών ζεύξεων. Πάνω σε μία φυσική ζεύξη μπορούν να συνυπάρχουν πολλές εικονικές ζεύξεις οι οποίες μπορούν να εκτείνονται ακόμα και σε ολόκληρα φυσικά μονοπάτια. Αν ειδωθεί ως συνολική οντότητα, το slice ορίζει την ανάθεση των κόμβων και ζεύξεων ενός εικονικού δικτύου και αποτελεί πρακτικά το στιγμιότυπο του εικονικού στο φυσικό δίκτυο.

Είναι προφανές ότι η χωρητικότητα, ως ένα συγκεκριμένο όριο λειτουργίας των φυσικών κόμβων και ζεύξεων (που έχει πολλές μορφές: υπολογιστική ισχύς, εύρος ζώνης, μέγιστος αριθμός εικονικών κόμβων ανά φυσικό κτλ.) είναι περιορισμένη και άρα η χαρτογράφηση-ανάθεση-ενσωμάτωση των εικονικών δικτύων υπόκειται σε αυστηρούς κανόνες.

Η πρόκληση είναι, τηρουμένων αυτών των κανόνων που είναι δεδομένοι και διέπουν το δοθέν φυσικό δίκτυο, να γίνει η ανάθεση έτσι ώστε οι φυσικοί πόροι να αξιοποιούνται με βέλτιστο τρόπο και να επιτρέπουν σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό αιτήσεων εικονικών δικτύων να γίνονται δεκτές και να υλοποιούνται παράλληλα από την υποκείμενη υποδομή. Αυτό είναι και το πρόβλημα το οποίο καλείται να λύσει αυτή η εργασία, έχοντας ως βάση αντίστοιχες εργασίες που έχουν δημοσιευθεί στο παρελθόν.

Απαιτείται λοιπόν αλγόριθμος ο οποίος απεικονίζει τους εικονικούς κόμβους και τις εικονικές ακμές στα αντίστοιχα πραγματικά στοιχεία του φυσικού δικτύου, με τέτοιο τρόπο ώστε το ίδιο φυσικό δίκτυο να έχει τη δυνατότητα να φιλοξενήσει όσο το δυνατόν περισσότερα εικονικά δίκτυα που να χρησιμοποιούν όσο το δυνατόν καλύτερα τους πόρους του. Όμως το παραπάνω πρόβλημα ενέχει πολλούς δύσκολα επιλύσιμους περιορισμούς που παρουσιάζονται στην ακόλουθη ενότητα.

1.4 Γενικοί περιορισμοί ενσωμάτωσης εικονικών δικτύων

Παρά τις προσπάθειες που έχουν γίνει για την επίλυση του προβλήματος, οι παρακάτω τέσσερις παράγοντες καθιστούν το πρόβλημα της VN ενσωμάτωσης εξαιρετικά δυσχερές.

- *Περιορισμοί κόμβων και ακμών*

Κάθε αίτηση εγκαθίδρυσης VN εμπεριέχει περιορισμούς πόρων, όπως : απαίτηση CPU και μνήμης στους κόμβους και μέγιστος αριθμός εικονικών κόμβων που μπορούν να «τρέχουν» ταυτόχρονα πάνω στον ίδιο φυσικό, απαίτηση εύρους ζώνης ανά ζεύξη, μέγιστος αριθμός φυσικών ζεύξεων/εικονική ζεύξη (σε όρους καθυστέρησης λόγω αλμάτων-hops στο μονοπάτι) και πιθανότητα λάθους στην μετάδοση bits όσον αφορά τις ακμές-ζεύξεις. Το καθαρά υπολογιστικό πρόβλημα το οποίο μας περιορίζει είναι το ότι η ενσωμάτωση VN σε φυσικά δίκτυα, με στόχο την βέλτιστη αξιοποίηση πόρων και με περιορισμούς-κανόνες ως

προς τους κόμβους και τις ακμές, οδηγεί αποσυντιθέμενη στο NP-δύσκολο multiway separator, ακόμα και αν όλες οι αιτήσεις είναι γνωστές εκ των προτέρων. Επίσης ακόμα και αν όλοι οι εικονικοί κόμβοι έχουν απεικονιστεί προκαταβολικά, η διαδικασία απεικόνισης εικονικών ακμών σε φυσικά μονοπάτια με περιορισμούς ως προς το εύρος ζώνης είναι ακόμα NP- δύσκολη στο σενάριο της αδιαχώριστης ροής.

Έχει αποδειχθεί λοιπόν ότι το γενικό πρόβλημα ενσωμάτωσης είναι υπολογιστικά μη επιλύσιμο σε πολυωνυμικό χρόνο αφού ανήκει στην κλάση των NP- δύσκολων προβλημάτων. Για την εύρεση «καλών» λύσεων (κοντά στην βέλτιστη) έχουν προταθεί κλασσικοί ευριστικοί αλγόριθμοι που είτε εκμεταλλεύονται την ισχύ των σημερινών υπολογιστικών συστημάτων (επιθέσεις ωμής δύναμης, εξομοιούμενη ανόπτηση κτλ.) είτε στηρίζονται σε περισσότερο εκλεπτυσμένες μεθόδους αντιμετώπισης όπως οι αλγόριθμοι MCF σε συνδυασμό με αρχές του γραμμικού προγραμματισμού διαιρώντας την ανάθεση σε δύο φάσεις: ανάθεση κόμβων και κατόπιν ανάθεση ακμών). Ορισμένες στοχεύουν σε συντονισμό των δύο φάσεων για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα), όμως καταφεύγουν στη δημιουργία επαυξημένων φυσικών γράφων για την επίλυση με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη χρονική επιβάρυνση που εισάγεται κατά το τρέξιμο των αλγορίθμων.

- *Έλεγχος αποδεκτότητας*

Οι πόροι του φυσικού δικτύου είναι πεπερασμένοι, άρα αναγκαστικά κάποιες αιτήσεις ενσωμάτωσης VN θα απορριφθούν ή θα αναβληθούν, ώστε να μην παραβιάσουν τις ελάχιστες απαιτήσεις των υπαρχόντων VNs. Αυτό είναι βασική παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη, καθώς η θεμελιώδης αρχή της εικονικοποίησης είναι ότι η εισαγωγή νέων VN στην κοινή φυσική τοπολογία δεν διαταράσσει τη λειτουργία των ήδη απεικονισθέντων VN. Αποδεκτές πρέπει να γίνονται μόνο οι αιτήσεις που μπορούν να υποστηριχθούν από το υποκείμενο φυσικό δίκτυο. Από τη στιγμή όμως που κάποιο VN εγκαθιδρύεται-ενσωματώνεται, το φυσικό δίκτυο του παραχωρεί τους αντίστοιχους πόρους (κόμβων και ακμών) οι οποίοι μπορούν να θεωρηθούν πλέον ιδιωτικοί όσον αφορά την πλευρά του κόσμου «έξω» από το εικονικό δίκτυο. Το πώς οι διάφοροι φυσικοί πόροι θα διαμοιραστούν

δίκαια και αποτελεσματικά ανάμεσα στα VNs, χωρίς η λειτουργία του ενός να επιδρά δυσμενώς στη λειτουργία του άλλου είναι ζήτημα διαχείρισης του φυσικού δικτύου (τεχνικές χρονοπρογραμματισμού κτλ.).

- *Αιτήσεις online*

Οι VN αιτήσεις δεν είναι γνωστές εκ των προτέρων. Μπορούν να φθάνουν δυναμικά, και εφόσον γίνουν αποδεκτές, να παραμένουν για άγνωστο χρονικό διάστημα στο δίκτυο μέχρι την αναχώρησή τους. Αυτή η ιδιότητα των VN είναι απόρροια της αντιμετώπισης «Το Διαδίκτυο ως υπηρεσία» (“Internet as a service”), δηλ. τα VNs αιτούνται πόρους για την λειτουργία δικτυακών υπηρεσιών οι οποίες μπορούν να δημιουργηθούν κατ’ απαίτηση και να διαρκέσουν μη προβλέψιμο χρονικό διάστημα. Το πρόβλημα λοιπόν γίνεται πολύ δύσκολο καθώς η ορατότητα του αλγορίθμου προς τα εμπρός είναι πολύ μικρή λόγω της απρόβλεπτης εξέλιξης των αιτήσεων.

- *Ποικίλες τοπολογίες*

Οι τοπολογίες των VN δικτύων μπορούν να έχουν οποιαδήποτε μορφή, πέραν των κλασικών hub and spoke (διαμοιραστής - τερματικά) και tree (δεντρική δομή, π.χ. για multicasting). Ο αλγόριθμος πρέπει να μπορεί να διαχειρίζεται αιτήσεις κάθε δυνατής τοπολογίας όσο πιο αποδοτικά γίνεται, και να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός στην διαχείριση συγκεκριμένων κοινών τοπολογιών όπως αυτές που προαναφέρθηκαν.

1.5 Συνολική πρόκληση ενσωμάτωσης εικονικών δικτύων

Βάσει των παραπάνω διαπιστώσεων προκύπτει συμπερασματικά η συνολική πρόκληση που συνεπάγεται η παγκόσμια εφαρμογή της τεχνολογίας της εικονικοποίησης δικτύων.

Η δημιουργία ενός συγκεντρωτικού ή κατακεντρωμένου, ιεραρχικού συστήματος VN ενσωμάτωσης το οποίο επιτελεί τις εξής λειτουργίες:

- Online υποδοχή και εξυπηρέτηση δυναμικά αφικνούμενων αιτήσεων ενσωμάτωσης ετερογενών εικονικών δικτύων, διαφορετικών τοπολογιών και ποικίλων απαιτήσεων ποιότητας υπηρεσίας από διαφορετικούς παρόχους υπηρεσίας.
- Αποτελεσματική διαχείριση των αιτήσεων σύμφωνα με συγκεκριμένες πελατειακές πολιτικές ελέγχου αποδεκτότητας και προτεραιοτήτων.
- Ενσωμάτωση όσο το δυνατόν περισσότερων εικονικών δικτύων με όσο το δυνατόν αποδοτικότερη χρησιμοποίηση της διαθέσιμης χωρητικότητας του υποστρώματος (αποδοτική χρήση ολόκληρου του υποστρώματος χωρίς τον περιορισμό των domains).
- Όλα τα παραπάνω πρέπει να γίνονται λαμβάνοντας υπόψη τη μεγιστοποίηση τους κέρδους ανταγωνιστικών πλευρών: των παρόχων υπηρεσίας και των παρόχων υποδομής.

1.6 Σχεδιαστικές απαιτήσεις εικονικοποίησης δικτύων

Οι παραπάνω εφαρμογές και δυνατότητες είναι πραγματικά εντυπωσιακές.

Όμως η εικονικοποίηση δικτύων απαιτεί σχεδιαστικά τα ακόλουθα βασικά στοιχεία ώστε να μπορεί να υλοποιήσει τα όσα υπόσχεται ως τεχνολογία:

- *Ευελιξία-προσαρμοστικότητα*

Κάθε εικονικό δίκτυο πρέπει να έχει τη δυνατότητα ευέλικτης και προσαρμόσιμης απεικόνισης πάνω στο υπόστρωμα. Ο πάροχος υπηρεσίας δεν πρέπει να περιορίζεται ούτε ως προς την τοπολογία τους εικονικού δικτύου που θέλει να ενσωματωθεί, ούτε ως προς τις λειτουργίες δρομολόγησης, ελέγχου και διαχείρισης που επιθυμεί να χαρακτηρίζουν το δίκτυο αυτό. Επίσης πολύ σημαντικό είναι ο πάροχος της φυσικής υποδομής να μπορεί να αντιμετωπίσει γρήγορα τυχόν αστοχίες του υποστρώματος ώστε να μην διαταραχθεί η λειτουργία των ήδη απεικονισθέντων εικονικών δικτύων. Η ανάκαμψη από αστοχία προϋποθέτει την εύκολη και διαφανή για τον πάροχο και τον χρήστη αλλαγή της απεικόνισης

του εικονικού δικτύου σε διαφορετικά λειτουργικά τμήματα του υποστρώματος μέχρι να επιδιορθωθεί η βλάβη.

Ανάλογες απαιτήσεις εγείρονται κατά την ενσωμάτωση πολλαπλών εικονικών δικτύων με στόχο την βέλτιστη αξιοποίηση της χωρητικότητας, καθώς κάθε καινούρια απεικόνιση δεν πρέπει να διαταράσσει τις ήδη υπάρχουσες, αλλά πρέπει να υπάρχει μέριμνα για την πραγματοποίηση διαφανών μεταβολών (διαχωρισμός μονοπατιού, μετανάστευση μονοπατιού) που δεν τοποθετούν εκτός λειτουργίας κάποιο δίκτυο.

- *Διαχειρισιμότητα*

Είναι επιθυμητός ο end-to-end έλεγχος και διαχείριση του δικτύου χωρίς η μετάβαση ανάμεσα στα φυσικά όρια των διαχειριστικών περιοχών (AS domains) να επηρεάζει τη λειτουργία των εικονικών δικτύων. Για την επίτευξη αυτού του στόχου απαιτείται διαχωρισμός των λειτουργιών διαχείρισης των παρόχων φυσικής υποδομής και των παρόχων υπηρεσιών (πάνω από εικονικές δικτυακές δομές). Δηλ. είναι απαραίτητη η υποστήριξη αυτής της διαχειριστικής διαφοροποίησης ώστε ο πάροχος υπηρεσίας να δίνει την δυνατότητα στον τελικό χρήστη της υπηρεσίας του να αντιμετωπίζει διαφανώς την φυσική υποδομή που φιλοξενεί το εικονικό δίκτυο πρόσβασης.

- *Scalability*

Η δυνατότητα κλιμάκωσης είναι πολύ σημαντική γιατί αποτελεί άμεση απαίτηση της ταυτόχρονης και παράλληλης λειτουργίας πολλαπλών και ετερογενών (π.χ. ως προς το μέγεθος) εικονικών δικτύων, όταν αυτά συνυπάρχουν πάνω από μία κοινή υποδομή. Κάθε πάροχος υποδομής οφείλει να μπορεί να κλιμακώνει την προσφορά πόρων (μέχρι κάποιο όριο συμφόρησης φυσικά) και να φροντίζει ώστε αυτοί να κατανέμονται κατάλληλα και αποδοτικά για την κάλυψη των αιτήσεων των παρόχων υπηρεσίας. Σημαντικό είναι η (ανα)κατανομή των πόρων που αποσκοπεί στη βέλτιστη χρησιμοποίηση να μην επιδρά δυσμενώς στην λειτουργία και την ποιότητα υπηρεσίας των υπαρχόντων εικονικών δικτύων.

- *Ασφάλεια*

Φυσικά, σημαντική παράμετρος για την λειτουργία των εικονικών δικτύων είναι η κάλυψη των βασικών απαιτήσεων ασφάλειας (αυθεντικοποίηση, εμπιστευτικότητα, ακεραιότητα, μη αποποίηση ευθύνης), ώστε τα δεδομένα που διακινούνται εντός των δικτύων αυτών να είναι πραγματικά μη προσπελάσιμα από κάποιον κακόβουλο χρήστη. Επίσης πρέπει να υπάρχει σαφής απομόνωση μεταξύ των δικτύων αφού οι πόροι που κατανέμονται σε αυτά

οφείλουν να είναι «ιδιωτικοί» ακόμα και αν βρίσκονται στις ίδιες φυσικές θέσεις. Δηλ. πρέπει να υπάρχει σαφής απομόνωση λογικών και φυσικών πόρων. Απαιτείται λοιπόν ανοχή σε σφάλματα και επιθέσεις για κάθε εικονικό δίκτυο. Σε περίπτωση που μία βλάβη (ηθελημένη ή μη) παρουσιαστεί σε κάποιο από αυτά πρέπει τα υπόλοιπα να μπορούν να συνεχίζουν την λειτουργία τους απρόσκοπτα. Για την εξασφάλιση των δικτύων μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ήδη υπάρχοντα πρωτόκολλα ασφάλειας ανώτερων επιπέδων με κατάλληλες τροποποιήσεις, είτε να εισαχθεί η έννοια της ασφάλειας ως λειτουργίας εγγυημένης λόγω της απομόνωσης και του διαχωρισμού που λαμβάνει χώρα σε κατώτερα επίπεδα της δικτυακής στοίβας πρωτοκόλλων (π.χ. επίπεδο 2). Αυτό είναι ένα ανοιχτό θέμα προς έρευνα.

- *Ετερογένεια*

Τα εικονικά δίκτυα διαφέρουν σε πολλαπλά χαρακτηριστικά: το μέγεθος, στις απαιτήσεις υπηρεσίας, τους αλγορίθμους δρομολόγησης, προώθησης, διαχείρισης και έλεγχου που τα διέπουν κτλ. Διαφοροποίηση παρατηρείται και στην υποκείμενη δικτυακή υποδομή: οι ζεύξεις μπορεί να υλοποιούνται με χάλκινα καλώδια, οπτικές ίνες ή ασύρματους διαύλους, οι φυσικοί δικτυακοί κόμβοι μπορεί να είναι κατασκευασμένοι από διαφορετικούς κατασκευαστές και να εφαρμόζουν εικονικοποίηση με διαφορετικούς τρόπους. Ένας πάροχος υπηρεσίας πρέπει να έχει τη δυνατότητα να σχηματίσει ένα εικονικό δίκτυο χωρίς να επηρεάζεται από την τομεοποίηση, τα πρωτόκολλα λειτουργίας και τα ζητήματα συμβατότητας που χαρακτηρίζουν το φυσικό δίκτυο. Γι' αυτό το λόγο, πρέπει το φυσικό υπόστρωμα να έχει τη δυνατότητα γεφύρωσης όλων των δυνατών χασμάτων ετερογένειας που ίσως παρατηρηθούν και να υποστηρίζει πολλαπλές τεχνολογίες και πρωτόκολλα.

- *Παραμετροποιησιμότητα μέσω προγραμματισμού*

Απαιτείται δυνατότητα λογικού προγραμματισμού των στοιχείων ενός εικονικού δικτύου ώστε να παρέχεται ευελιξία και δυνατότητα προσαρμογής σε μεταβαλλόμενες συνθήκες. Για παράδειγμα, πρέπει να υπάρχει δυνατότητα δυναμικής εναλλαγής μεταξύ διαφορετικών δικτυακών πρωτοκόλλων και επιλογής της ανά περίπτωση κατάλληλης προγραμματιστικής λύσης για την υλοποίηση μίας υπηρεσίας. Αυτή είναι και απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή ευέλικτων δικτυακών πειραμάτων με ενσωματωμένες δυνατότητες παραμετροποίησης.

- *Κληροδότηση χαρακτηριστικών*

Η εικονικοποίηση προωθεί τη μεταβολή της φύσης του Internet, αλλά όχι φυσικά την καταστροφή του. Μία τέτοια τεχνολογία πρέπει να ενσωματωθεί ομαλά στο υπάρχον

Διαδίκτυο, χωρίς να αλλαχθούν ή καταργηθούν υπάρχουσες τεχνολογίες, υπηρεσίες και εφαρμογές. Τα χαρακτηριστικά τους πρέπει να είναι κληροδοτήσιμα στα νέα εικονικά δίκτυα, δηλ. η νέα τεχνική δικτύωσης οφείλει να κληρονομήσει βασικά στοιχεία του Διαδικτύου. Αυτή η κληροδότηση είναι δυνατή εάν το Διαδίκτυο αντιμετωπιστεί ως ένα γιγάντιο εικονικό δίκτυο το οποίο συνυπάρχει με τις νέες εικονικές δικτυακές δομές.

2. Αρχές Σχεδίασης – Διαχείρισης Τοπικών δικτύων

Η σχεδίαση των δικτύων δεδομένων (data network design) αποτελεί έναν ευρύ τομέα έρευνας και μελέτης, ο οποίος περιλαμβάνει και συνεπιδρά σχεδόν με όλους τους τομείς μιας επιχείρησης. Ως «δεδομένα» ορίζουμε το σύνολο πληροφοριών μέσα από το οποίο μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα. Οι βασικές μονάδες κατηγοριοποίησης και αντιπροσώπευσης των δεδομένων στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές είναι τα bits και τα bytes, τα οποία σε πολλαπλές ποσότητες ονομάζονται “data streams” ή “ροές δεδομένων”. Αποστέλλοντας ροές δεδομένων από ένα σημείο Α σε ένα σημείο Β ή ένα σημείο Γ, η διαδικασία αυτή ονομάζεται “μεταφορά δεδομένων” (data transport) και το μέσο με το οποίο γίνεται η μεταφορά αυτή ονομάζεται “δίκτυο επικοινωνιών” (network).

Η λειτουργία της μεταφοράς δεδομένων αποτελεί το βασικότερο ρόλο ενός επικοινωνιακού δικτύου. Η επιστήμη της σχεδίασης δικτύων όμως, δεν επικεντρώνεται μόνο στη λειτουργία αυτή. Είναι ένας ευρύτερος τομέας μελέτης, ο οποίος περιλαμβάνει τη δημιουργία μιας επικοινωνιακής δομής, που περικλείει, μεταξύ άλλων, εφαρμογές χρηστών, αρχιτεκτονικές δικτύων και τοπολογίες τους, προδιαγραφές και στάνταρ, υπηρεσίες και επικοινωνιακά πρωτόκολλα, την ανάλυση, το σχεδιασμό και την υλοποίηση τεχνικών μεταφοράς δεδομένων κ.α.

Το δικτυακό τμήμα της σχεδίασης μιας δικτυακής δομής ασχολείται με τη διασύνδεση πολλαπλών εφαρμογών, συσκευών και πρωτοκόλλων σε μία ή σε περισσότερες δικτυακές υποδομές. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά μιας επιτυχημένης δικτυακής σχεδίασης είναι η δυνατότητά της να μπορεί να ανταποκριθεί τόσο σε τρέχουσες όσο και σε μελλοντικές απαιτήσεις. Όσο μεγαλύτερη είναι η προσαρμοστική δυνατότητα μιας δικτυακής δομής στην εμφάνιση νέων απαιτήσεων και εφαρμογών, τόσο αποτελεσματικότερη και σταθερότερη είναι η λειτουργία της.

2.1 Σχεδίαση Τοπικών Δικτύων

Για την κατασκευή ενός οποιουδήποτε μεγάλου έργου (όπως είναι για παράδειγμα ένα μεγάλο εταιρικό δίκτυο υπολογιστών) ίσως ο πιο σημαντικός παράγοντας είναι η σωστή αρχική του σχεδίαση. Με την σχεδίαση θα αποφασίσουμε την μορφή που θα έχει το δίκτυο, τις δυνατότητες του τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν και γενικά όλους τους παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν θετικά ή αρνητικά την λειτουργία του δικτύου.

Για να σχεδιάσουμε και να υλοποιήσουμε ένα δίκτυο πρέπει πρώτα να απαντήσουμε μερικά σημαντικά ερωτήματα:

- Ποια θα είναι η χρήση του δικτύου; Δεν έχουμε τις ίδιες ανάγκες και απαιτήσεις από ένα μικρό δίκτυο πέντε υπολογιστών ενός μικρού γραφείου και ένα δίκτυο εκατοντάδων υπολογιστών μιας μεγάλης επιχείρησης.
- Ποιες είναι οι απαιτήσεις των χρηστών και τι είδους εφαρμογές θα εκτελούνται;
- Πόσο πιθανό είναι να χρειαστεί μελλοντική επέκταση του δικτύου και κατά πόσο μεγάλη θα είναι αυτή;
- Ποιο θα είναι το κόστος του αρχικού σχεδιασμού και υλοποίησης, και ποιο το κόστος λειτουργίας του δικτύου; Συμφέρει την εταιρία ή όχι;
- Ποια θα είναι τα δικτυακά εξαρτήματα και η τοπολογία που θα χρησιμοποιήσουμε;

Αυτά και πολλά ακόμα ερωτήματα καλούμαστε να απαντήσουμε στην διάρκεια του σχεδιασμού ενός δικτύου. Το ποια από αυτά είναι σημαντικά εξαρτάται από το δίκτυο που σχεδιάζουμε. Σε πολλές περιπτώσεις ο παράγοντας κόστος είναι ιδιαίτερα σημαντικός αφού συχνά αναγκάζομαστε να βρούμε την λύση που συμβιβάζει το όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος με την καλύτερη απόδοση.

Σχεδιασμό έχουμε όχι μόνο στην περίπτωση που δημιουργούμε από την αρχή ένα νέο δίκτυο, αλλά και όταν καλούμαστε να τροποποιήσουμε (να βελτιώσουμε ή συχνά να επεκτείνουμε) ένα υπάρχον δίκτυο. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν πρόσθετες δυσκολίες που οφείλονται στους περιορισμούς που ήδη υπάρχουν από το παρόν δίκτυο (π.χ. το είδος της εγκατεστημένης καλωδίωσης, προβλήματα χώρου, μηχανήματα τα οποία συνεργάζονται μόνο με συγκεκριμένα άλλα και τα οποία πρέπει να συνεχίσουν να λειτουργούν και στο νέο δίκτυο κ.α.)

Συνοψίζοντας, οι βασικότεροι παράγοντες που λαμβάνουμε υπόψη μας είναι:

- Σχεδιάζουμε το δίκτυο σύμφωνα με τις υπάρχουσες ανάγκες αλλά λαμβάνοντας υπόψη μας και την πιθανή μελλοντική επέκταση της χρήσης του (μελλοντικός φόρτος). Στην σχεδίαση μας δεν πρέπει να είμαστε κοντόφθαλμοι. Αν σχεδιάζουμε ένα δίκτυο για μια εταιρεία που επεκτείνεται, είναι σχεδόν σίγουρο ότι αργότερα θα κληθούμε να προσθέσουμε σε αυτό νέα μηχανήματα και ενδεχομένως διασυνδέσεις και με άλλα τοπικά δίκτυα. Πρέπει αυτό να το έχουμε προβλέψει στην αρχική μας σχεδίαση ώστε οι επεκτάσεις να είναι ευκολότερες.
- Πρέπει να φροντίσουμε για την θέση και την κατανομή των στοιχείων του δικτύου. Που θα είναι δηλ. τοποθετημένοι οι σταθμοί εργασίας και το δικτυακό υλικό. Πρέπει να προβλέψουμε για παράδειγμα να εγκαταστήσουμε δομημένη καλωδίωση και σε μέρη που ενδέχεται αργότερα να χρειαστούμε να συνδέσουμε κάποιο υπολογιστή.
- Πρέπει να κάνουμε μελέτη σκοπιμότητας ή βιωσιμότητας του δικτύου. Η μελέτη αυτή εξετάζει το δίκτυο που σχεδιάζουμε από άποψη κόστους εγκατάστασης αλλά και λειτουργίας ή συντήρησης. Έτσι βλέπουμε αν συμφέρει την εταιρεία η λύση που προτείνουμε ή αν τα έξοδα συντήρησης είναι υπερβολικά για τις υπηρεσίες που μας παρέχει το δίκτυο. Για παράδειγμα, μια μικρομεσαία επιχείρηση πιθανώς δεν μπορεί να αντέξει το κόστος χρήσης μιας μισθωμένης γραμμής που να συνδέει δύο τοπικά δίκτυα στα μαγαζιά της μέσα σε μια πόλη. Πρέπει σε αυτή την περίπτωση να βρούμε εναλλακτικές λύσεις.
- Πρέπει να μελετήσουμε την ασφάλεια του δικτύου τόσο από εσωτερικές όσο και από εξωτερικές παρεμβάσεις. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε εταιρικά δίκτυα και ακόμα πιο σημαντικό αν υπάρχουν διασυνδέσεις μεταξύ δικτύων όπου χρησιμοποιούνται εξωτερικές (μη ιδιόκτητες) γραμμές. Ακόμα πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψη μας και την πιθανότητα επιθέσεων μέσω Internet που είναι στις μέρες μας αυξημένη.
- Πρέπει να μελετήσουμε και να καθορίσουμε ποιοι άλλοι περιοριστικοί παράγοντες υπάρχουν ώστε να τους συμπεριλάβουμε στην μελέτη μας. Για παράδειγμα, περιοριστικός παράγοντας είναι συνήθως το κόστος. Μπορεί όμως να υπάρχουν και περιορισμοί που οφείλονται στην τοποθεσία, τη γεωγραφική κάλυψη καθώς και με το είδος των δεδομένων που κινούνται στο δίκτυο.

Με βάση την μελέτη που θα πραγματοποιήσουμε, θα μπορούμε να πάρουμε αποφάσεις σχετικά με την αρχιτεκτονική και την τοπολογία που θα έχει το δίκτυο που θα υλοποιήσουμε. Τα θέματα που μας αφορούν είναι συνήθως:

- Οι τεχνικές μετάδοσης που θα χρησιμοποιηθούν (ο τρόπος που το σήμα μεταδίδεται στο κανάλι).
- Ο τύπος του καναλιού (φυσικού μέσου) που θα χρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει το δίκτυο.
- Την τοπολογία του δικτύου (τον τρόπο σύνδεσης των κόμβων μεταξύ τους).
- Την τεχνική πρόσβασης στο μέσο του δικτύου, πως δηλ. μοιράζονται οι υπολογιστές την πρόσβαση στο κοινό μέσο μετάδοσης, ώστε να έχουν όλοι κατά το δυνατόν τα ίδια δικαιώματα και δυνατότητες πρόσβασης (ισομοιρία).
- Τα μηχανήματα που θα χρησιμοποιηθούν για τις διασυνδέσεις (π.χ. διανομείς, γέφυρες, επαναλήπτες, δρομολογητές). Αυτά καθορίζονται ανάλογα με τις ανάγκες αλλά και το μέγεθος του δικτύου.

Στο ερώτημα της επιλογής όλων των παραπάνω, είναι προφανές ότι δεν υπάρχει μια και μοναδική σωστή απάντηση. Μπορεί συχνά να καταλήξουμε σε μια ομάδα από πιθανές λύσεις και για κάθε μια από αυτές θα έχει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η τελική λύση εξαρτάται από παράγοντες που μπορεί να είναι και υποκειμενικοί (π.χ. έχουμε μεγαλύτερη εμπειρία στην σχεδίαση ενός είδους δικτύου και έτσι το χρησιμοποιούμε συχνότερα από άλλα).

2.2 Σχεδίαση δικτυακής δομής

Το τμήμα της σχεδίασης μιας δικτυακής δομής ασχολείται με τη διασύνδεση πολλαπλών εφαρμογών, συσκευών και πρωτοκόλλων σε μία ή σε περισσότερες δικτυακές υποδομές. Από τα κυριότερα χαρακτηριστικά μιας επιτυχημένης δικτυακής σχεδίασης είναι η δυνατότητα της να μπορεί να ανταποκριθεί τόσο σε τρέχουσες όσο και σε μελλοντικές απαιτήσεις. Όσο καλύτερα προσαρμόζετε μια δικτυακή δομή στην εμφάνιση νέων απαιτήσεων τόσο καλύτερη και σταθερότερη είναι η λειτουργία της. Για να ξεκινήσει όλο αυτό και να υλοποιηθεί σωστά θα πρέπει πρώτα από όλα να γνωρίζουμε τους στόχους που θα εξυπηρετεί το δίκτυο όταν θα υλοποιηθεί. Αυτοί οι στόχοι θα πρέπει να σχετίζονται με την

στρατηγική που θα ακόλουθη η επιχείρηση και επίσης βοηθούν στο να καθοριστεί ο τύπος του δικτύου που θα υλοποιηθεί και το επίπεδο δαπάνης και υποστήριξης του. Άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η ανάλυση των απαιτήσεων που έχουμε για το δίκτυο και η ανάλυση των απαιτήσεων των χρηστών.

Αρχικά θα μιλήσουμε για τις απαιτήσεις που έχει το δίκτυο. Αυτό το στάδιο είναι αρκετά σημαντικό, γιατί εδώ συλλέγονται πληροφορίες σχετικά με τις διάφορες απαιτήσεις γύρω από το σχεδιασμό του δικτύου. Σε αυτές συμπεριλαμβάνονται οι απαιτήσεις των χρηστών, οι απαιτήσεις των δικτυακών κόμβων, οι απαιτήσεις των υποστηριζόμενων από το δίκτυο εφαρμογών και οι οικονομικές απαιτήσεις, οι οποίες είναι εγγενείς στη σχεδίαση ενός δικτύου..

Το στάδιο της ανάλυσης των απαιτήσεων περιλαμβάνει συνεντεύξεις με το προσωπικό και τους τελικούς χρήστες του δικτύου. Είναι πολύ συνηθισμένο οι N συνεντεύξεις να καταλήγουν σε N+1 διαφορετικά σύνολα απαιτήσεων. Το δικτυακό προσωπικό θα πρέπει να βρίσκεται σε στενή επαφή με τους τελικούς χρήστες συνεχώς κατά την πορεία της σχεδίασης, έτσι ώστε η τελική υλοποίηση να ανταποκρίνεται στις πραγματικές ανάγκες τους. Κάτι που γίνεται συνήθως, είναι το προσωπικό της δικτύωσης να μην έχει ξεκάθαρη ιδέα για το ποιες είναι οι ανάγκες των χρηστών, είτε γιατί οι συνεντεύξεις είναι ελλιπείς, είτε γιατί δε γίνονται καθόλου. Στην περίπτωση αυτή, η υλοποίηση καταλήγει να έχει βασιστεί σε παράγοντες τελειώς διαφορετικούς από αυτό που χρειάζονται πραγματικά οι χρήστες. Το πρόβλημα με αυτού του τύπου τους σχεδιασμούς είναι ότι δεν είναι αντικειμενικοί και συχνά η επιλογή οικείων τεχνολογιών, πρωτοκόλλων και προμηθευτών μπορεί να αποτελούν φτωχές επιλογές για ένα συγκεκριμένο περιβάλλον.

Γενικά, η συλλογή όλων των απαιτούμενων πληροφοριών για τη σύνταξη μιας ολοκληρωμένης και πλήρους ανάλυσης των δικτυακών απαιτήσεων θεωρείται χρονοβόρα και πολύπλοκη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός του ότι τις περισσότερες φορές οι πληροφορίες αυτές είτε είναι ανύπαρκτες, είτε υπάρχουν αλλά δεν είναι σε μορφή κατάλληλη για ανάλυση.

Όσο για τις απαιτήσεις των χρηστών, ας υποθέσουμε ότι έχουμε το παρακάτω γενικό δικτυακό σύστημα, το οποίο αποτελείται από τέσσερα επίπεδα: το επίπεδο των χρηστών, το επίπεδο των εφαρμογών, το επίπεδο του δικτυακού κόμβου και το επίπεδο δικτύου. Θα ξεκινήσουμε την ανάλυσή μας περιγράφοντας τις απαιτήσεις του πρώτου επιπέδου, οι οποίες θα οδηγήσουν στην ανάπτυξη πιο συγκεκριμένων απαιτήσεων καθώς θα προχωράμε στα παρακάτω επίπεδα.

Γενικά, το τελικό σύστημα θα πρέπει να προσαρμοστεί στο περιβάλλον των χρηστών, να παρέχει γρήγορη και αξιόπιστη πρόσβαση και μεταφορά δεδομένων και να παρέχει καλή ποιότητα υπηρεσιών. Αυτό υποδεικνύει τις παρακάτω γενικές απαιτήσεις:

- **Ικανοποιητικό χρονικό όριο διεκπεραίωσης εργασιών**
- **Διαπεραστικότητα**
- **Αξιοπιστία**
- **Ποιότητα**
- **Προσαρμοστικότητα**
- **Ασφάλεια**
- **Οικονομική δυνατότητα υλοποίησης**

Ικανοποιητικό χρονικό όριο διεκπεραίωσης εργασιών: Αυτή η απαίτηση, αφορά τη δυνατότητα να μπορεί ο χρήστης να έχει πρόσβαση, να μεταφέρει και να τροποποιεί δεδομένα μέσα σε ένα ικανοποιητικό χρονικό πλαίσιο. Το πως ορίζεται το «ικανοποιητικό», βέβαια, εξαρτάται από την αντίληψη που έχει ο χρήστης για την καθυστέρηση στο σύστημα. Για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να έχει την απαίτηση να μεταφέρει τα αρχεία του από έναν εξυπηρετητή (server) και να ολοκληρώνει τη μεταφορά τους το πολύ μέσα σε 10 λεπτά, ή ακόμη, μπορεί να θέλει να λαμβάνει εικόνες video κάθε 30 ms. Ο κάθε ένας από αυτούς τους χρόνους προσδιορίζει και ένα όριο χρονικής καθυστέρησης, το οποίο θα πρέπει να τηρείται από το δίκτυο. Μετρήσεις της καθυστέρησης από κόμβο - σε - κόμβο (end - to - end delay) και της καθυστέρησης από άκρο σε άκρο και πάλι πίσω (round trip delay) βοηθούν πολύ στην ποσοτικοποίηση της απαίτησης αυτής.

Διαπεραστικότητα: Η απαίτηση αυτή είναι παρόμοια με την προηγούμενη, αλλά επικεντρώνεται στο χρόνο που χρειάζεται για να απαντήσει το σύστημα (και το δίκτυο) πίσω στο χρήστη και όχι σε κάποια εφαρμογή. Ας θεωρήσουμε την προηγούμενη περίπτωση, όπου ένας χρήστης θέλει να έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει αρχεία από έναν απομακρυσμένο server μέσα σε 10 λεπτά. Ο χρόνος αυτός αποτελεί το χρόνο ολοκλήρωσης της μεταφοράς των αρχείων και άρα το χρόνο απόκρισης του απομακρυσμένου υπολογιστή στην εφαρμογή του χρήστη. Για την τελευταία, είναι λογικό να περιμένει έως και 10 λεπτά για να

ολοκληρωθεί η απάντηση από το απομακρυσμένο σύστημα, για το χρήστη, όμως, που αλληλεπιδρά με αυτήν, όχι. Στον τελευταίο, δηλαδή, υπάρχει η απαίτηση της ικανοποιητικής διαπεραστικότητας, της απόκρισης δηλαδή από το σύστημα σε χρόνους με βάση τον ανθρώπινο παράγοντα και όχι τον παράγοντα του λογισμικού. Για την ποσοτικοποίηση της θα πρέπει να ληφθούν μετρήσεις σχετικά με την καθυστέρηση από άκρο σε άκρο και πάλι πίσω (roundtrip delay).

Τέλος από τα σημαντικότερα που πρέπει να υπάρχουν είναι η αξιοπιστία η προσαρμοστικότητα και η ασφάλεια. Η αξιοπιστία, αποτελεί απαίτηση για σταθερή και συνεπή διαθεσιμότητα του δικτύου. Δηλαδή, ο χρήστης όχι μόνο θα πρέπει να μπορεί να έχει πρόσβαση στους πόρους τους συστήματος για ένα μεγάλο ποσοστό του χρόνου, αλλά και το επίπεδο της λαμβανόμενης υπηρεσίας (σε όρους απόδοσης του δικτύου και / ή του συστήματος), θα πρέπει να είναι συνεπές. Η απαίτηση αυτή συνδέεται στενά με την απόδοση του συστήματος σε αξιοπιστία, σε καθυστέρηση και σε χωρητικότητα.

Η ποιότητα είναι μια απαίτηση που έχει σχέση με την ποιότητα παρουσίασης της πληροφορίας. Αυτή εξαρτάται από τη διαίσθηση που έχει ο χρήστης ως προς την αναπαράσταση του ήχου, της εικόνας και των δεδομένων. Ως παράδειγμα μπορούμε να θεωρήσουμε τις δυνατότητες που υπάρχουν μέσω του Internet για video conferencing, για video feeds και για τηλεφωνία. Παρόλο που υπάρχει ο μηχανισμός για την παροχή των υπηρεσιών αυτών μέσα από το διαδίκτυο, υπάρχουν και άλλοι μηχανισμοί, οι οποίοι μπορούν να προσφέρουν πολύ καλύτερη ποιότητα παρουσίασης. Πολλές φορές, δεν είναι αρκετό απλά το να παρέχεται μια δυνατότητα μέσω δικτύου, αλλά θα πρέπει η δυνατότητα αυτή να έχει τουλάχιστον την ίδια ή καλύτερη ποιότητα παρουσίασης από άλλους μηχανισμούς, γιατί σε αντίθετη περίπτωση ο χρήστης είναι πιθανό να απογοητευτεί. Μετρήσεις για την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών περιλαμβάνουν μετρήσεις γύρω από την απόδοση του συστήματος σε όλους τους τομείς.

Προσαρμοστικότητα: Η απαίτηση της προσαρμοστικότητας είναι η ικανότητα που έχει το σύστημα να προσαρμόζεται στις συνεχώς μεταβαλλόμενες ανάγκες των χρηστών. Ένα παράδειγμα αποτελεί η ανάγκη των χρηστών για κινητικότητα (mobility). Η κινητικότητα αναφέρεται στην περίπτωση όπου ο χρήστης μπορεί να προσπελάσει υπηρεσίες και πόρους του δικτύου (π.χ. τον εκτυπωτή) από οπουδήποτε χρησιμοποιώντας φορητούς υπολογιστές και τηλεφωνική πρόσβαση στο δίκτυο.

Η ασφάλεια σχετίζεται με τη δυνατότητα του συστήματος να μπορεί εγγυηθεί για την ακεραιότητα (ακρίβεια και αυθεντικότητα) των δεδομένων και των φυσικών πόρων του χρήστη, καθώς επίσης και για την ασφαλή πρόσβαση στο σύστημα. Η απαίτηση αυτή ίσως να σχετίζεται περισσότερο με την αξιοπιστία του συστήματος, αλλά επηρεάζει επίσης την καθυστέρηση και τη χωρητικότητα.

Η οικονομική δυνατότητα υλοποίησης είναι η απαίτηση που αποτελεί και την τελευταία στο επίπεδο των χρηστών. Παρόλο που δεν είναι τεχνικής φύσεως, επηρεάζει το σχεδιασμό του δικτύου από οικονομικής πλευράς. Είναι πολύ βασικό η δικτυακή σχεδίαση να βρίσκεται εντός των οικονομικών δυνατοτήτων της επιχείρησης, έτσι ώστε η τελευταία να είναι σε θέση να πραγματοποιήσει τις ανάλογες επενδύσεις για την υλοποίησή του. Επιπρόσθετα, είναι αναγκαίο να γίνει μια εκτίμηση του αριθμού των χρηστών που θα χρησιμοποιούν το δίκτυο καθώς επίσης και των τοποθεσιών τους. Επίσης θα πρέπει, εάν και εφόσον αυτό είναι δυνατό, να εκτιμηθεί ο ρυθμός μεταβολής των χρηστών στα επόμενα ένα έως τρία χρόνια μετά την υλοποίηση του συστήματος, καθώς επίσης και ο κύκλος ζωής του δικτύου.

3. Μελέτη χώρου και διαχωρισμός υποδικτύων με κάποιες δικτυακές συσκευές.

Οι βασικές συσκευές που θα παρουσιάσουμε παρακάτω, χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση τοπικών δικτύων. Θα δούμε τις βασικές λειτουργίες τους, τις βασικές διαφορές μεταξύ τους και τις δυνατότητες τους. Η γνώση των παραπάνω θεωρείται απαραίτητη προκειμένου να μπορούμε να επιλέξουμε κάθε φορά που σχεδιάζουμε ένα νέο δίκτυο τις κατάλληλες συσκευές. Θα εξετάσουμε:

- Τον επαναλήπτη (repeater)
- Την γέφυρα (bridge)
- Το δρομολογητή (router)

Εκτός από τις παραπάνω συσκευές, στα τοπικά δίκτυα χρησιμοποιούνται και:

- Οι Συγκεντρωτές (concentrators): οι συγκεντρωτές επιτρέπουν σε πολλές συσκευές να μοιράζονται δυναμικά ένα μικρό αριθμό από επικοινωνιακά κανάλια. Οι συγκεντρωτές αποκαλούνται συνήθως και MAUs (από το Multiple Access Units).

- Οι Πύλες (gateways): οι πύλες χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση συσκευών που χρησιμοποιούν διαφορετικά επικοινωνιακά πρωτόκολλα, χρησιμοποιώντας τεχνικές μετατροπής πρωτοκόλλων.
- Οι διανομείς (Hubs): οι συσκευές αυτές είναι πολύ απλές στη λειτουργία του και χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση σταθμών εργασίας και διάφορων άλλων συσκευών.
- Τα Modems - Χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση ψηφιακών συσκευών σε αναλογικά κυκλώματα (είναι η αντίθετη περίπτωση από τα DSUs και τα CSUs).
- Οι Πολυπλέκτες: (γνωστοί και ως MUXs από το MUltipleXers): οι πολυπλέκτες επιτρέπουν σε πολλές συσκευές να χρησιμοποιούν το κανάλι ταυτόχρονα, μειώνοντας έτσι την ανάγκη ύπαρξης πολλών γραμμών και άρα το κόστος. Γενικά, οι πολυπλέκτες δεν απαιτούν οι συνδεδεμένες συσκευές να υποστηρίζουν τα ίδια πρωτόκολλα επικοινωνίας.
- Οι Μεταγωγείς (switches): Αυτές οι συσκευές μπορούν να δρομολογήσουν την κυκλοφορία σε συγκεκριμένους προορισμούς. Οι δύο πιο συνηθισμένοι τύποι είναι οι μεταγωγείς κυκλώματος (circuit switches) και οι μεταγωγείς πακέτου (packet switches).
-

3.1 Επαναλήπτες

Γενικά και για τοπικά δίκτυα, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ένα σήμα που έχει διαδοθεί σε καλώδιο μήκους μεγαλύτερου από 300 μέτρα έχει εξασθενήσει αρκετά και ίσως δημιουργηθεί πρόβλημα κατά την λήψη του.

Αν θέλουμε ωστόσο να στείλουμε το σήμα του τοπικού δικτύου σε απόσταση μεγαλύτερη των 300 μέτρων – και σε περιβάλλον τοπικού δικτύου αυτό μπορεί να είναι πιθανό σε μια μεγάλη κτιριακή εγκατάσταση - ή αν θέλουμε να συνδέσουμε δύο τοπικά δίκτυα μεταξύ τους – πρέπει με κάποιο τρόπο να αναδημιουργήσουμε και ενισχύσουμε το σήμα. Ο επαναλήπτης είναι η διάταξη που αναλαμβάνει αυτή τη διαδικασία.



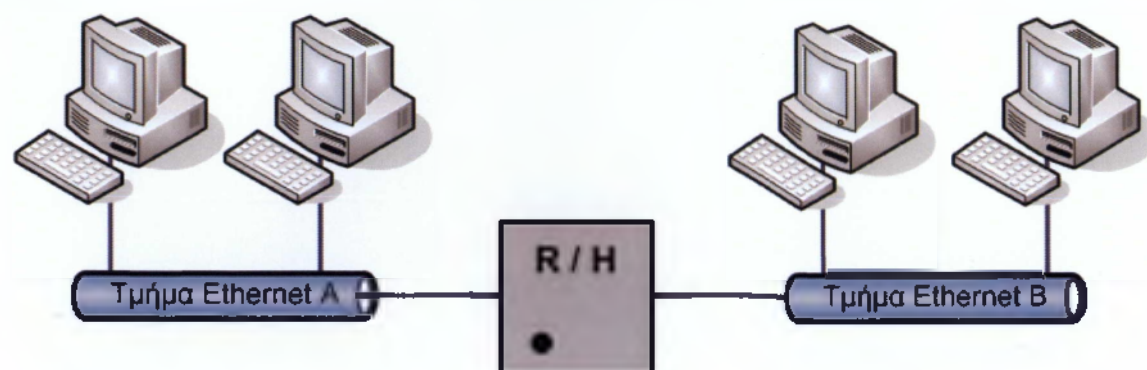
Ο επαναλήπτης διαθέτει μια είσοδο η οποία λαμβάνει το εξασθενημένο σήμα του δικτύου. Εσωτερικά, ο επαναλήπτης διαβάζει τα δεδομένα που περιέχονται στο σήμα και το αναδημιουργεί στην αρχική του μορφή (αυτό είναι μια διαδικασία διαφορετική από την ενίσχυση). Το σήμα αυτό που πλέον έχει απαλλαγεί από τον θόρυβο και έχει ενισχυθεί στο αρχικό του πλάτος παραδίδεται στην έξοδο του επαναλήπτη. Η χρήση επαναλήπτη οδηγεί στην αύξηση του φυσικού εύρους του δικτύου.

Συχνά ο επαναλήπτης χρησιμοποιείται για την επέκταση ενός τμήματος του τοπικού δικτύου, ώστε να προστεθούν σε αυτό νέοι χρήστες. Επίσης μπορεί να ενώνει δύο τμήματα ενός τοπικού δικτύου τα οποία βρίσκονται σε κάποια απόσταση μεταξύ τους.

Τύποι επαναληπτών

- Επαναλήπτες μιας θύρας (single port repeaters): Διαθέτουν μια θύρα εισόδου και μια θύρα εξόδου. Το σήμα που λαμβάνουν στην θύρα εισόδου, το αναδημιουργούν όπως εξηγήσαμε παραπάνω και το οδηγούν στην θύρα εξόδου. Χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση δύο απομακρυσμένων τμημάτων ενός τοπικού δικτύου, όπως φαίνεται στο σχήμα παρακάτω.
- Επαναλήπτες πολλών θυρών (multipor trepeaters): Έχουν μια είσοδο και περισσότερες από μια εξόδους και χρησιμοποιούνται πολλές φορές στην διασύνδεση τοπικών δικτύων τα οποία χρησιμοποιούν διαφορετικούς τύπους καλωδίωσης.
- Επαναλήπτες οπτικής μετάδοσης (optical repeaters): Έχουν φτιαχτεί ειδικά για την ενίσχυση σημάτων δικτύων που χρησιμοποιούν οπτικές ίνες (στις οποίες προφανώς αντί για ηλεκτρικά σήματα, μεταδίδεται φως).

- Επαναλήπτες τοπικής μετάδοσης (local repeaters): Χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση δύο ίδιου τύπου τοπικών δικτύων που βρίσκονται μεταξύ τους σε μικρή απόσταση (όχι μεγαλύτερη των 2 χιλιομέτρων).
- Επαναλήπτες απομακρυσμένης διασύνδεσης (remote repeaters): Χρησιμοποιούνται στην διασύνδεση δύο τοπικών δικτύων που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των δύο χιλιομέτρων μεταξύ τους. Τυπικά, καθένα από τα δίκτυα συνδέεται σε ένα επαναλήπτη και οι δυο επαναλήπτες συνδέονται μεταξύ τους με κάποια σύνδεση υψηλής ταχύτητα (συνήθως οπτική, με χρήση οπτικής ίνας).
- Επαναλήπτες – καταχωρητές (buffered repeaters): Αυτό το είδος επαναλήπτη έχει την δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης των δεδομένων (πλαισίων) που λαμβάνει και που πρέπει να μεταφερθούν από το ένα δίκτυο στο άλλο. Η αποθήκευση αυτή είναι χρήσιμη όταν τα δεδομένα μεταφέρονται σε μεγάλη απόσταση, και έτσι οι επαναλήπτες αυτοί χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση ιδιαίτερα απομακρυσμένων δικτύων. Σε περίπτωση μεγάλου φόρτου του δικτύου – και εφόσον η γραμμή μετάδοσης δεν έχει δυνατότητα να μεταδώσει άμεσα τα δεδομένα που καταφθάνουν στον επαναλήπτη – τα δεδομένα παραμένουν αποθηκευμένα στην προσωρινή μνήμη του επαναλήπτη μέχρι να γίνει δυνατή η αποστολή τους.
- Επαναλήπτες – διανομείς (repeater hubs): Πρόκειται για το πλέον συνηθισμένο και χρησιμοποιούμενο είδος επαναλήπτη, το οποίο συνδυάζει την λειτουργία του επαναλήπτη με αυτή του διανομέα που είδαμε στο προηγούμενο μάθημα. Διαθέτει πολλαπλές θύρες και μπορεί να διασυνδέσει δίκτυα τα οποία βασίζονται σε διάφορους καλωδιακούς τύπους όπως UTP, STP, οπτική ίνα κλπ. Παρέχουν μεγάλη ευελιξία ειδικά όταν πρέπει να ανασχεδιαστεί ένα δίκτυο και να γίνει ανακατανομή των κόμβων του, ώστε να υποστηριχθούν τοπικά δίκτυα με διαφορετικές καλωδιώσεις από την εγκατεστημένη δομημένη καλωδίωση.
- Έξυπνοι επαναλήπτες (smart repeaters): Πρόκειται για συσκευές που έχουν περισσότερο χαρακτηριστικά γεφυρών παρά επαναληπτών



3.2 Γέφυρες

Η δημιουργία των γεφυρών υπήρξε αποτέλεσμα της εξέλιξης των επαναληπτών, αλλά και των περιορισμών που δημιούργησε η χρήση τους. Η ανάγκη για διασύνδεση τοπικών δικτύων μεταξύ τους γίνεται στις μέρες μας ολοένα και μεγαλύτερη, και στις περισσότερες περιπτώσεις η χρήση επαναληπτών και διανομέων δεν κρίνεται επαρκής.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τόσο οι επαναλήπτες (όχι οι έξυπνοι επαναλήπτες) όσο και οι διανομείς λειτουργούν στο φυσικό επίπεδο της αρχιτεκτονικής OSI. Τα μειονεκτήματα που δημιουργούνται από την χρήση του απλού επαναλήπτη, παρακάμπτονται αν χρησιμοποιήσουμε την γέφυρα (bridge).



Η γέφυρα, όπως και ο δρομολογητής (router), λειτουργεί όχι μόνο στο φυσικό επίπεδο αλλά και σε αυτό της γραμμής δεδομένων του μοντέλου OSI. Η λειτουργία της γέφυρας είναι παρόμοια με αυτή του επαναλήπτη, αλλά ακριβώς επειδή λειτουργεί στο επίπεδο γραμμής δεδομένων μπορεί να διαχειριστεί και να πάρει αποφάσεις για τα πλαίσια που περνάνε μέσα από αυτή.

Στα πλεονεκτήματα των γεφυρών πρέπει να συμπεριλάβουμε την δυνατότητα τους για εύκολη συντήρηση, προσαρμογή σε δίκτυα τα οποία μεταβάλλονται (π.χ. όταν εμείς προσθέτουμε ή αφαιρούμε μηχανήματα) καθώς και η δυνατότητα τους να συνδέουν δίκτυα διαφορετικών ρυθμών μετάδοσης.

Μέσω της γέφυρας, το επίπεδο γραμμής δεδομένων είναι σε θέση να χειριστεί τη ροή των δεδομένων με τρόπο αποτελεσματικό. Για παράδειγμα, μια γέφυρα που ενώνει δύο τμήματα τοπικών δικτύων μπορεί να καταλάβει αν κάποιο πλαίσιο από το πρώτο τμήμα προορίζεται για το δεύτερο. Στην περίπτωση αυτή το προωθεί στο δεύτερο. Αν όμως αντιληφθεί ότι ένα πλαίσιο από το πρώτο τμήμα απευθύνεται σε ένα υπολογιστή ξανά του

πρώτου τμήματος δεν το προωθεί στο δεύτερο τμήμα. Έτσι κερδίζουμε χρόνο αλλά και εύρος ζώνης στο μέσο μετάδοσης αφού δεν μεταδίδονται άχρηστα δεδομένα. Γενικά υπάρχει κάποιος αλγόριθμος που καθορίζεται από τον κατασκευαστή της γέφυρας, και ο οποίος ακολουθείται για να αποφασίσει η γέφυρα ποια πλαίσια θα περάσουν και με ποιο τρόπο από το ένα δίκτυο στο άλλο. Ακόμα μέσα από τη γέφυρα, το επίπεδο γραμμής δεδομένων είναι σε θέση να ελέγξει τα λάθη της μετάδοσης και τον έλεγχο πρόσβασης στο μέσο.

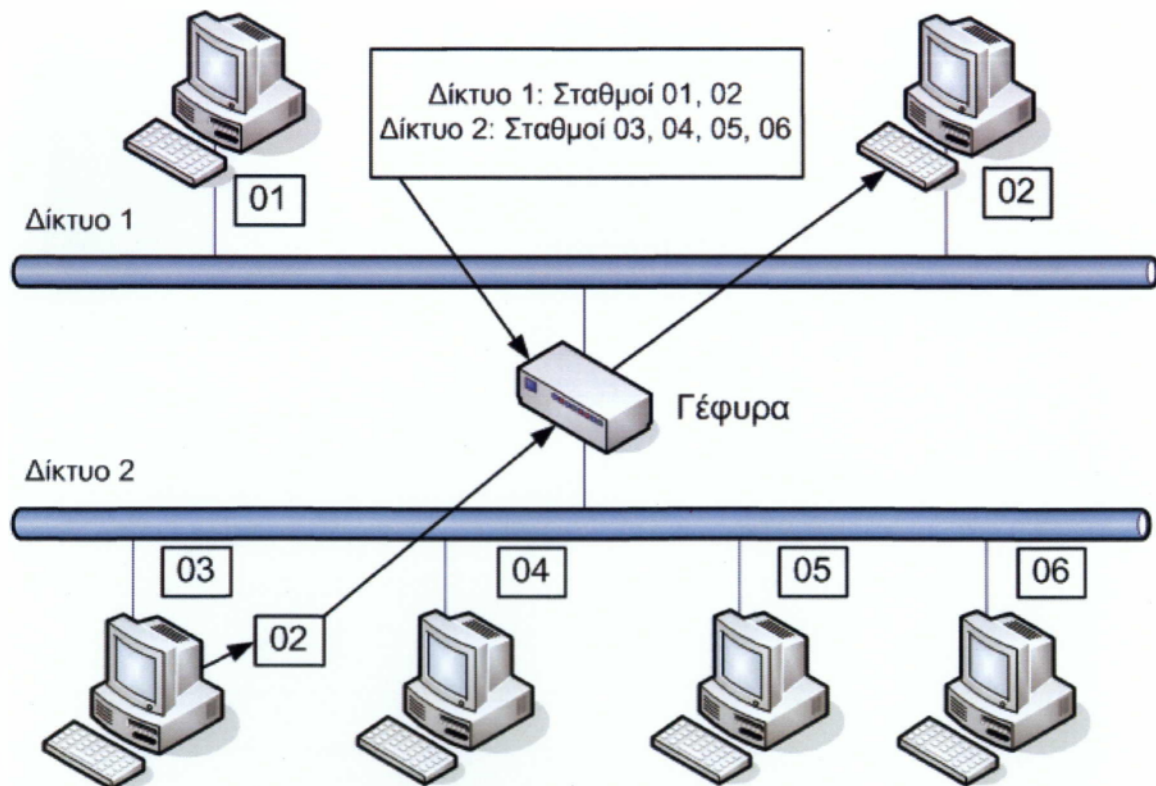
Βασικές λειτουργίες γεφυρών

Οι βασικές λειτουργίες των γεφυρών είναι οι ακόλουθες:

- Προώθηση (forwarding): Είναι το πέρασμα ενός πλαισίου στον τελικό του προορισμό.

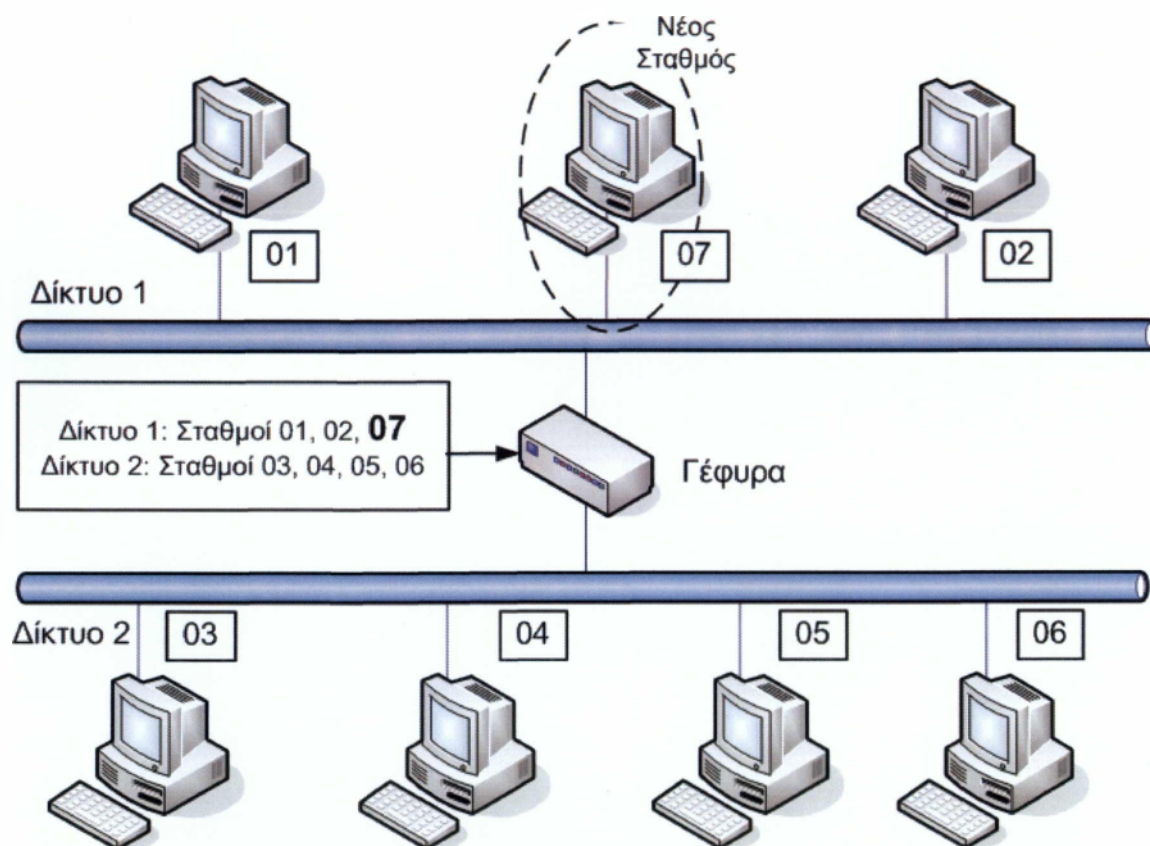
Οι γέφυρες γενικά είναι συσκευές έξυπνες (διαθέτουν επεξεργαστή και μνήμη και μπορούν να διαχειριστούν δεδομένα). Γνωρίζουν την δομή του δικτύου στο οποίο έχουν συνδεθεί.

Παράδειγμα στο σχήμα:



- Φιλτράρισμα (filtering): Η γέφυρα έχει την δυνατότητα να διαχωρίζει τα δεδομένα (πλαίσια) με βάση κάποια κριτήρια

Η λειτουργία αυτή ονομάζεται φιλτράρισμα, ενώ το πρόγραμμα που εκτελεί η γέφυρα και περιέχει τις οδηγίες με βάση τις οποίες γίνεται ο διαχωρισμός ονομάζεται φίλτρο. Μέσω του φιλτραρίσματος, η γέφυρα μεταδίδει τα πλαίσια από το ένα δίκτυο στο άλλο μόνο αν πραγματικά ο προορισμός τους βρίσκεται στο άλλο δίκτυο. Πλαίσια που δημιουργούνται από ένα υπολογιστή ενός τμήματος του δικτύου και απευθύνονται σε ένα άλλο υπολογιστή του ίδιου τμήματος, απορρίπτονται (φιλτράρονται) από τη γέφυρα και δεν μεταδίδονται (άσκοπα) στο άλλο τμήμα. Έτσι κερδίζουμε εύρος ζώνης στο δίκτυο (αφού το φυσικό μέσο δεν μεταφέρει άχρηστα δεδομένα). Η λειτουργία του φιλτραρίσματος είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς οι γέφυρες έχουν την ικανότητα να προσαρμόζονται σε επεκτάσεις των τοπικών δικτύων διευκολύνοντας έτσι τη διαχείριση ολόκληρου του τοπικού δικτύου.



Τύποι γεφυρών

- Γέφυρα με έλεγχο πρόσβασης στο μέσο (Media Access Control (MAC) Bridge):

Χρησιμοποιείται για την διασύνδεση δύο ίδιου τύπου τοπικών δικτύων. (π.χ. Ethernet με Ethernet ή token ring με token ring) και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συνδέσει διαφορετικού τύπου τοπικά δίκτυα.

- Μεικτή ή μεταφραστική γέφυρα (mixed bridge ή link bridge ή translation bridge):

Χρησιμοποιείται για την διασύνδεση διαφορετικών μεταξύ τους τύπων παραδοσιακών τοπικών δικτύων (όπως Ethernet, token ring, token bus καθώς και άλλων δικτύων υψηλών επιδόσεων όπως το Fast Ethernet και το FDDI). Στην περίπτωση αυτή μας ενδιαφέρει και πρέπει να γνωρίζουμε την συνολική απόδοση της γέφυρας καθώς και την απόδοση κάθε μιας από τις διαφορετικές πόρτες που διαθέτει.

- Διάφανη γέφυρα ή γέφυρα μάθησης (transparent bridge ή learning bridge):

Είναι η γέφυρα που έχει την δυνατότητα (όπως αναφέραμε και προηγουμένως) να ανακαλύπτει την δομή ενός δικτύου ανιχνεύοντας την διεύθυνση και την τοποθεσία κάθε σταθμού εργασίας (ακόμα και αν προσθέσουμε σε ένα υπάρχον δίκτυο νέους σταθμούς). Η γέφυρα έτσι ανακαλύπτει την συνολική τοπολογία του δικτύου. Η λειτουργία αυτή είναι σημαντική και την παρέχουν οι περισσότερες γέφυρες. Μπορούμε να συνδέσουμε μεταξύ τους τέτοιες γέφυρες και σε αυτή την περίπτωση είναι δυνατόν να συνεργαστούν για να βρουν το καλύτερο δρόμο για την προώθηση των δεδομένων στον προορισμό τους. Η διάφανη γέφυρα υλοποιεί την διαδικασία της μάθησης που αναφέραμε προηγουμένως. Χρησιμοποιείται τόσο στο Ethernet όσο και στο Token Ring έχει όμως μεγαλύτερη εφαρμογή στο Ethernet.

- Γέφυρα δρομολόγησης από την πηγή (Source Routing Bridge):

Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες ίδιου τύπου στα δίκτυα Token Ring. Η τεχνική δρομολόγησης από την πηγή προέρχεται από την εταιρία IBM και σχεδιάστηκε ειδικά για χρήση σε δίκτυα token ring ώστε να είναι δυνατή η μεταξύ τους διασύνδεση. Οι γέφυρες αυτού του τύπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε δίκτυα Ethernet και ειδικά αν αυτά έχουν τοποθετηθεί σε διάταξη βρόχου (το τι εννοεί εδώ το βιβλίο θα παραμείνει ένα

μυστήριο). Αν και η λειτουργία των γεφυρών αυτών μοιάζει με την λειτουργία των δρομολογητών που θα δούμε στο επόμενο μάθημα, ωστόσο δεν είναι ακριβώς η ίδια.

- Διάφανη γέφυρα δρομολόγησης από την πηγή (transparent source routing bridge):

Συνδυάζει τις δύο παραπάνω λειτουργίες. Υποστηρίζει δρομολόγηση από την πηγή για τα πρωτόκολλα που τη χρησιμοποιούν και αντίστοιχα λειτουργίες διαφάνειας για τα υπόλοιπα.

- Γέφυρα τοπικής διασύνδεσης (local bridge):

Χρησιμοποιείται για την διασύνδεση δύο ίδιου τύπου τοπικών δικτύων που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους.

- Γέφυρα απομακρυσμένης διασύνδεσης (remote bridge):

Χρησιμοποιείται για την διασύνδεση δύο τοπικών δικτύων που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση μεταξύ τους (η οποία μπορεί να φτάνει και να ξεπερνάει τα 300 χιλιόμετρα).

- Γέφυρα πολλών θυρών (multi port bridge):

Χρησιμοποιείται για την διασύνδεση τριών ή περισσότερων τοπικών δικτύων με διαφορετικούς τύπους διεπαφών (βυσμάτων) π.χ. 10Base-2, 10Base-5 και Token Ring.

- Γέφυρα μεταγωγής (switching bridge):

Έχει την ικανότητα να δρομολογεί πολύ γρήγορα τα πακέτα στον προορισμό τους χωρίς να χρειάζεται να τα αποθηκεύει. Συνδυάζει τα χαρακτηριστικά των γεφυρών τοπικής διασύνδεσης (local bridge) και γεφυρών πολλών θυρών (multiport bridge).

3.3 Δρομολογητές

Οι δρομολογητές (routers) είναι σύνθετες διατάξεις που εφευρέθηκαν στην δεκαετία του 1970 για την διασύνδεση των τοπικών δικτύων μεταξύ τους. Το χαρακτηριστικό τους είναι ότι μπορούν να υποστηρίξουν την ταυτόχρονη σύνδεση πολλών διαφορετικών τύπων δικτύων τα οποία μπορεί να βασίζονται και σε διαφορετικά μέσα μετάδοσης (π.χ. ομοαξονικό

καλώδιο, UTP, γραμμές ISDN κλπ). Οι δρομολογητές έχουν πολλά κοινά σημεία με τις γέφυρες, επεκτείνουν όμως σημαντικά τις λειτουργίες τους. Μεταξύ άλλων οι δρομολογητές:

- Εκτελούν έλεγχο στα εισερχόμενα πακέτα.
- Αυξάνουν την αξιοπιστία της σύνδεσης.
- Επιτρέπουν την σύνδεση διαφορετικών μεταξύ τους υποδικτύων π.χ. το δίκτυο ενός γραφείου με το Internet.

Λειτουργίες Δρομολογητών

Δρομολόγηση γενικά μπορεί να ονομαστεί η διαδικασία μεταφοράς δεδομένων από ένα σημείο σε ένα άλλο. Η διαδικασία αυτή μπορεί να περιλαμβάνει σαν ένα βήμα και την εύρεση της καλύτερης δυνατής διαδρομής για την μεταφορά (εφόσον υπάρχουν περισσότεροι από ένας διαθέσιμοι δρόμοι που να συνδέουν την αφετηρία με τον προορισμό).



Εικόνα : Δρομολογητές της Εταιρίας CISCO

Η βασική διαφορά με τις γέφυρες, είναι ότι οι δρομολογητές υποστηρίζουν αρκετά πιο πολύπλοκες διατάξεις (τοπολογίες) δικτύων στις οποίες είναι πιθανόν δύο σημεία του δικτύου να ενώνονται με περισσότερες από μία διαδρομές. Για παράδειγμα, στο Internet μεταξύ δύο κόμβων υπάρχουν πολλές διαδρομές τις οποίες μπορούν να ακολουθήσουν τα πακέτα κατά την μεταφορά τους.

Οι δρομολογητές έχουν γενικά την δυνατότητα να εξισορροπήσουν το φορτίο της κίνησης όλων των διαφορετικών διαδρομών παίρνοντας ανά πάσα στιγμή αποφάσεις για το ποια διαδρομή θα ακολουθήσουν τα πακέτα (με την προϋπόθεση βέβαια ότι υπάρχουν διαθέσιμες περισσότερες από μια διαδρομές και χρησιμοποιείται κάποια τεχνική δρομολόγησης). Γενικά οι δρομολογητές που βρίσκονται σε μια διαδρομή συνεργάζονται μεταξύ τους και ανταλλάσσουν στοιχεία σχετικά με την κίνηση του δικτύου, τις καθυστερήσεις κάθε διαδρομής – τις οποίες μετράνε – και άλλα στοιχεία τα οποία δίνουν την απόδοση του δικτύου στο οποίο βρίσκονται (για παράδειγμα οι δρομολογητές μπορούν να ανιχνεύσουν και αν κάποια διαδρομή έχει διακοπεί εντελώς). Ο τρόπος που συνεννοούνται μεταξύ τους οι δρομολογητές καθορίζεται από κάποιους κοινά αποδεκτούς κανόνες και συμφωνίες, γνωστούς ως *πρωτόκολλα δρομολόγησης (routing protocols)*.

Οι δρομολογητές μπορούν να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με την δρομολόγηση βασιζόμενοι τόσο στις διευθύνσεις που παίρνουν από το επίπεδο δικτύου, όσο και στον τύπο του πακέτου δεδομένων που μεταφέρεται. Στην πρώτη περίπτωση, η λειτουργία του δρομολογητή είναι αναπόφευκτα συνδεδεμένη με το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στην μετάδοση.

Υπάρχουν διάφοροι κατασκευαστές δρομολογητών και καθένας έχει τα δικά του μοντέλα τα οποία μπορεί να κυμαίνονται από απλούς δρομολογητές για σύνδεση ενός τοπικού δικτύου με το Διαδίκτυο (όπως αυτός που έχουμε στο εργαστήριο) μέχρι τα μεγαθήρια που χρησιμοποιούνται στους δικτυακούς κορμούς του Internet – και έχουν υπολογιστική ισχύ της τάξης των υπερυπολογιστών αφού διακινούν και δρομολογούν εκατομμύρια πακέτα κάθε δευτερόλεπτο.

Κυρίαρχος κυριολεκτικά στον τομέα των δρομολογητών θεωρείται η εταιρία Cisco η οποία και ουσιαστικά καθορίζει τα πρότυπα που χρησιμοποιούν και οι δρομολογητές άλλων εταιριών. Να σημειώσουμε εδώ ότι οι δρομολογητές, αν και είναι συσκευές που μοιάζουν πολλές φορές εξωτερικά με διανομείς ή γέφυρες είναι εσωτερικά κανονικοί υπολογιστές με δικό τους λειτουργικό σύστημα και πλήθος ρυθμίσεων στο οποίο εμείς μπορούμε να

παρέμβουμε. Περιέχουν μεταξύ άλλων και πίνακες δρομολόγησης (όπως οι γέφυρες περιέχουν πίνακες διευθύνσεων).

Το ρόλο του δρομολογητή σε κάποιο δίκτυο μπορεί επίσης να τον έχει και ένας κανονικός υπολογιστής με την βοήθεια κατάλληλων προγραμμάτων. (Για παράδειγμα το λειτουργικό σύστημα Windows 2000 Server διαθέτει μια υπηρεσία που ονομάζεται Routing & Remote Access)

Συνοψίζοντας, οι δρομολογητές εκτελούν τις παρακάτω λειτουργίες:

- Φιλτράρουν και δρομολογούν τα πακέτα ανάλογα με τον τύπο τους.
- Υποστηρίζουν πολλές διαφορετικές συνδέσεις μεταξύ των δικτύων (διαφορετικές διαδρομές) αυξάνοντας έτσι την αξιοπιστία των συνδέσεων (αφού σε περίπτωση διακοπής μιας διαδρομής χρησιμοποιείται αυτόματα μια εναλλακτική).
- Η δρομολόγηση των πακέτων γίνεται κάθε φορά δυναμικά, λαμβάνοντας υπόψη την κατάσταση του δικτύου (συνθήκες κίνησης, καθυστέρηση κλπ).

Γενικά οι δρομολογητές – επειδή στην ουσία είναι εξειδικευμένοι υπολογιστές – είναι αρκετά ακριβότεροι από τις γέφυρες αλλά προσφέρουν πολύ περισσότερα πλεονεκτήματα. Μπορούν να διασυνδέσουν μεταξύ τους διαφορετικά είδη δικτύων – τόσο τα παραδοσιακά όσο και υψηλών επιδόσεων – και ακόμα χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την διασύνδεση τοπικών δικτύων με δίκτυα ευρείας περιοχής. Ευτυχώς, η ολοένα αυξανόμενη ισχύς των μικροεπεξεργαστών, η πτώση τιμών και η ραγδαία αύξηση της τεχνολογίας κάνουν ολοένα και πιο οικονομική την χρήση των δρομολογητών οι οποίοι θα είναι απαραίτητοι και στο μέλλον για την ανάπτυξη του Internet υψηλής ταχύτητας. Οι δρομολογητές που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά έχουν πολλές δυνατότητες όπως η υποστήριξη πολλαπλών πρωτοκόλλων του επιπέδου δικτύου ενώ πολλοί έχουν και ενσωματωμένα χαρακτηριστικά γέφυρας (multi protocol bridge – router).

Η επιλογή ενός συγκεκριμένου τύπου συσκευής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Σ' αυτούς περιλαμβάνονται το κόστος των δικτυακών κόμβων και οι απαιτήσεις που έχουν καθοριστεί για τη συμβατότητα σε πρωτόκολλα επικοινωνίας και για τη λειτουργικότητα του δικτύου. Η επιλογή των τύπων των δικτυακών κόμβων, επηρεάζει ελάχιστα την τοπολογία του δικτύου. Ωστόσο, οι θέσεις στις οποίες θα τοποθετηθούν οι κόμβοι μέσα στο δίκτυο

επηρεάζει την τοπολογία του κατά πολύ. Συνήθως, οι κόμβοι τοποθετούνται κοντά σε μεγάλες πηγές και προορισμούς της δικτυακής κυκλοφορίας. Όμως, αυτό δεν ισχύει πάντοτε, καθώς μερικές φορές η διαδικασία της τοποθέτησης των δικτυακών κόμβων βασίζεται σε επιχειρησιακές και σε λειτουργικές απαιτήσεις, οι οποίες δεν είναι απαραίτητο ότι σχετίζονται με τη ροή της κυκλοφορίας. Αν οι θέσεις των δικτυακών κόμβων μέσα στο δίκτυο θεωρούνται ως δεδομένες και αμετάβλητες, τότε οι αποφάσεις για την τοποθέτηση των δικτυακών κόμβων είναι σχετικά εύκολες. Από την άλλη πλευρά, σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να απαιτηθεί από το σχεδιαστή του δικτύου να προτείνει τη βέλτιστη τοποθέτηση των δικτυακών κόμβων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διάφοροι αλγόριθμοι τοποθέτησης. Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου αλγορίθμου είναι ο *αλγόριθμος του κέντρου μάζας (Center Of Mass algorithm - COM)*, ο οποίος προτείνει υποψήφιες θέσεις κόμβων, βασιζόμενος σε ζητήματα κόστους και κυκλοφοριακής ροής. Ένα από τα μειονεκτήματα του αλγορίθμου αυτού είναι ότι μπορεί να προτείνει θέσεις σε περιοχές που είναι ανέφικτες, ή που δεν είναι πρακτικές. Άραξ και προσδιοριστούν οι θέσεις των κόμβων και η τοπολογία του δικτύου, μπορεί να εκτιμηθεί και το μέγεθος της δικτυακής κυκλοφορίας που θα διαπερνά τον κόμβο. Αυτή η εκτίμηση χρειάζεται για τον καθορισμό των δυνατοτήτων του δικτυακού κόμβου, το οποίο ονομάζεται *node sizing*. Η μέτρηση της χωρητικότητας ενός κόμβου είναι συνήθως δυσκολότερη από τη μέτρηση της χωρητικότητας μιας ζεύξης. Ανάλογα με τον τύπο της συσκευής, η χωρητικότητά της εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από την ταχύτητα της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας, από την ποσότητα της κύριας μνήμης, από τα χρησιμοποιούμενα επικοινωνιακά πρωτόκολλα και από την απόδοση που παρουσιάζει το λογισμικό που λειτουργεί επάνω στον κόμβο. Ακόμη, η χωρητικότητα ενός κόμβου μπορεί να αντανακλά και περιορισμούς στον τύπο, στην ποσότητα και στη μίξη της κυκλοφορίας, η οποία μπορεί να υποστεί επεξεργασία από τη συσκευή. Όλοι αυτοί οι παράγοντες θα πρέπει να εκτιμηθούν διεξοδικά κατά την εκτίμηση της χωρητικότητας των δικτυακών συσκευών. Η δικτυακή τοπολογία προσδιορίζει τη λογική και την φυσική διάταξη των τμημάτων του δικτύου. Οι βασικοί τύποι δικτυακών τοπολογιών έχουν αναφερθεί πιο πάνω.

4. Ανάγκη για Υποδίκτυα

Όπως προκύπτει αθροιστικά από τις τρεις κλάσεις IP δικτύων, μπορούν να καλυφθούν θεωρητικά 3,5 δισεκατομμύρια περίπου υπολογιστές. Η Εξάπλωση του δικτύου Internet που

βασίζεται στην διευθυνσιοδότηση αυτή είναι τόσο ραγδαία που δημιουργείται πρόβλημα επάρκειας των IP διευθύνσεων, παρά το μεγάλο πλήθος τους. Η σπατάλη είναι ιδιαίτερα μεγάλη αφού λόγω της χρήσης κλάσεων ένας οργανισμός στον οποίο ανατίθεται ένα δίκτυο κλάσης B δεσμεύει 65.536 διευθύνσεις ακόμη και αν έχει πολύ λιγότερους υπολογιστές. Ακόμη, δε, και αν του ανατεθούν πολλά δίκτυα κλάσης C, αντί για ένα B, δεσμεύει πολλαπλάσιες του 256 διευθύνσεις -μία για κάθε δίκτυο κλάσης C- άσχετα του πλήθους που πραγματικά αξιοποιεί. Για αυτό το λόγο, καθώς και για το γεγονός ότι το σύστημα διευθυνσιοδότησης που ήταν βασισμένο στις κλάσεις των IP διευθύνσεων παρουσίαζε προβλήματα κλιμάκωσης, υιοθετήθηκε (1994-5) ένα διαφορετικό πρότυπο βασισμένο στη δρομολόγηση χωρίς κλάσεις (Classless Inter - Domain Routing, CIDR) και τη χρήση μασκών υποδικτύου.

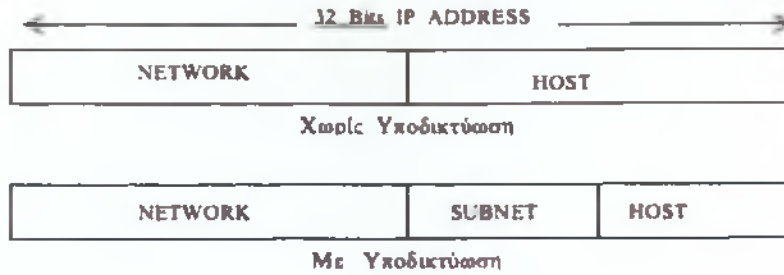
ΤΟ CIDR υποστηρίζει δύο σημαντικά χαρακτηριστικά:

- Εξαλείφονται οι έννοιες των κλάσεων A, B, C στις δικτυακές διευθύνσεις.
- Υποστηρίζεται συνάθροιση δρομολόγησης, όπου μία μοναδική εγγραφή σε πίνακα δρομολόγησης μπορεί να αναπαριστάει το χώρο διευθύνσεων χιλιάδων δρομολογήσεων.

Η τεχνολογία CIDR εξαλείφει την παραδοσιακή έννοια των δικτυακών διευθύνσεων κλάσης A, κλάσης B και κλάσης C, και την αντικαθιστά με τη γενικευμένη έννοια του δικτυακού προθέματος. Οι δρομολογητές χρησιμοποιούν το δικτυακό πρόθεμα, αντί για τα πρώτα 3 bits της IP διεύθυνσης, προκειμένου να καθορίσουν το σημείο διαίρεσης μεταξύ του αριθμού δικτύου και του αριθμού κόμβου. Ως αποτέλεσμα αυτής της διαφοροποίησης, η τεχνολογία CIDR υποστηρίζει την ανάπτυξη δικτύων αυθαίρετου μεγέθους, αντί για τους παραδοσιακούς αριθμούς δικτύου 8-bit, 16-bit, 24-bit που αντιστοιχούν στις κλάσεις A, B, C.

4.1 Τεχνική υποδικτύωσης

Η τεχνική αυτή βασίζεται στη λογική της χρήσης ενός τμήματος της διεύθυνσης IP για την δημιουργία υποδικτύων (subnet). Το τμήμα αυτό το παίρνουμε από το πεδίο host address που είναι αφιερωμένο για την διεύθυνση των υπολογιστών όπως φαίνεται παρακάτω:



Η μάσκα επιτρέπει σε ένα υπολογιστή ή ένα router να διακρίνει σε μια διεύθυνση IP ποιο τμήμα της αφορά την διεύθυνση δικτύου και ποιο αφορά την διεύθυνση υπολογιστή. Σαν μάσκα εννοούμε μια σειρά από 32 bit όπου τα bit της διεύθυνσης δικτύου έχουν τιμή 1 και τα bit της διεύθυνσης υπολογιστή τιμή 0. Η τιμή της μάσκας παριστάνεται στη συνέχεια σε δεκαδική μορφή με τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιείται στις IP διεύθυνσεις. Στο σχήμα παρακάτω φαίνονται οι εξ' ορισμού (default) μάσκες για τις κλάσεις διευθύνσεων A, B και C:

ΚΛΑΣΗ	Βασική Μάσκα (Δυαδικό)	Βασική Μάσκα (Δεκαδικό)
A	11111111.00000000.00000000.00000000	255.0.0.0
B	11111111.11111111.00000000.00000000	255.255.0.0
C	11111111.11111111.11111111.00000000	255.255.255.0

Συχνά συναντάμε μια εναλλακτική γραφή της IP διεύθυνσης που συνδυάζει και την μάσκα. Για παράδειγμα η 192.3.4.16/30 υποδηλώνει ότι στην διεύθυνση 192.3.4.16 έχει εφαρμοσθεί μάσκα υποδικτύου των 30 bit: 11111111.11111111.11111111.11111100 δηλαδή τα 30 πρώτα bit προσδιορίζουν το δίκτυο και τα δύο τελευταία τον υπολογιστή. Η μάσκα αυτή ισοδύναμα γράφεται 255.255.255.252.

Στο παρακάτω πίνακα δίνονται μερικές συνηθισμένες μάσκες υποδικτύωσης. Κάθε στήλη του πίνακα δείχνει πόσα υποδίκτυα μπορούν να δημιουργηθούν καθώς και πόσους χρήστες μπορεί να έχει καθένα:

Bits	Δεκαδική τιμή Μάσκας	Δίκτυα (subnets)	Χρήστες (hosts)
24	255.255.255.0	1	254
25	255.255.255.128	2	126
26	255.255.255.192	4	62
27	255.255.255.224	8	30
28	255.255.255.240	16	14
29	255.255.255.248	32	6
30	255.255.255.252	64	2

Κατά την απόδοση network και hostID, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι κανόνες:

- Το network ID δεν μπορεί να είναι 127. Αυτή η τιμή είναι δεσμευμένη για λειτουργίες βρόγχου ανακύκλωσης (loopback functions).
- Το network ID και το host ID δεν πρέπει να είναι 255. Δηλαδή τα bits τους δεν πρέπει να είναι όλα 1. Το 255 είναι διεύθυνση εκπομπής (broadcast address).
- Το network ID και το host ID δεν πρέπει να είναι 0. Δηλαδή τα bits τους δεν πρέπει να είναι όλα 0. Το 0 σημαίνει «μόνο το συγκεκριμένο δίκτυο».
- Το host ID πρέπει να είναι μοναδικό μέσα στο τοπικό network ID.

4.2 Μελέτη Υποδικτύωσης (Subnetting)

Για να κάνουμε την λεγόμενη υποδικτύωση πρέπει να χωρίσουμε τις IP μας σε κλάσεις.

Οι Network Classes είναι οι εξής:

- ClassA: Από 0 έως 127 - Από 00000000 έως 01111111.
- ClassB: Από 128 έως 191 - Από 10000000 έως 10111111.
- ClassC: Από 192 έως 223 - Από 11000000 έως 11011111.

- ClassD: Από 224 έως 239 - Από 11100000 έως 11101111.
- ClassE: Από 240 έως 255 - Από 11110000 έως 11110111.

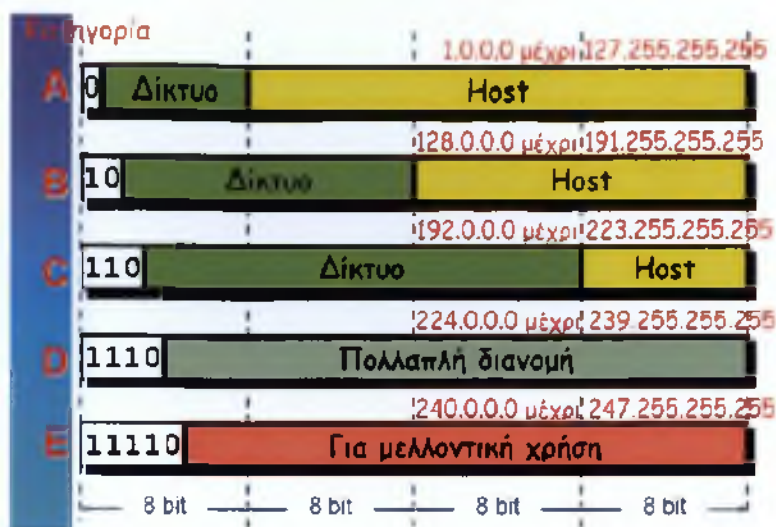
Με βάση τα παραπάνω, οι διαθέσιμες IP σε κάθε Class είναι:

- ClassA: Από 0.0.0.0 έως 127.255.255.255.
- ClassB: Από 128.0.0.0 έως 191.255.255.255.
- ClassC: Από 192.0.0.0 έως 223.255.255.255.
- ClassD: Από 224.0.0.0 έως 239.255.255.255.
- ClassE: Από 240.0.0.0 έως 255.255.255.255.

Οι Classes που μας αφορούν είναι οι A, B και C, διότι μόνο αυτές χρησιμοποιούνται για εμπορική χρήση. Γνωρίζοντας πλέον ότι η ClassA έχει 8 bit Network ID, η ClassB έχει 16 bit Network ID και η ClassC έχει 24 bit Network ID μπορούμε να κατανοήσουμε για ποίο λόγο οι default subnet masks κάθε κλάσης είναι οι ακόλουθες

Default Subnet mask

Class A	255.0.0.0 ή αλλιώς /8
Class B	255.255.0.0 ή αλλιώς /16
Class C	255.255.255.0 ή αλλιώς /24



Ο λόγος που οι μάσκες υποδικτύου (subnet masks) αναφέρονται και ως /8, /16 και /24 είναι διότι σε κάθε περίπτωση έχουν τα ανάλογα bit ενεργοποιημένα με το ψηφίο 1 όταν είναι στη δυαδική τους μορφή. Η μάσκα υποδικτύου δηλώνει τον αριθμό των υποδικτύων και των host στο δίκτυο μας. Τα bits που απομένουν σε μία μάσκα και είναι μηδενικά, είναι ο αριθμός των διαθέσιμων host στο δίκτυο μας. Για παράδειγμα σε μία Class C IP με μάσκα 255.255.255.0 ή /24 ή 11111111.1111 1111.11111111.00000000, ο αριθμός των διαθέσιμων host που μπορούμε να έχουμε είναι $2^8 - 2 = 254$. Ο λόγος που αφαιρούμε 2 host είναι προφανής γιατί σε κάθε δίκτυο έχουμε ένα NetworkID (τη διεύθυνση δηλαδή του δικτύου) και μία BroadcastIP (ευρείας εκπομπής). Επομένως δεν μπορούμε να αναθέσουμε αυτές τις δύο διευθύνσεις σε hosts. Για παράδειγμα αν μας δώσουν μία IP 192.168.0.10 με μάσκα 255.255.255.0 ή /24, το NetworkID της είναι το 192.168.0.0 και το BroadcastIP είναι το 192.168.0.255. Όλες οι άλλες IP από το 192.168.0.1 έως 192.168.0.254 δίνονται σε host.

Κεφάλαιο 3

1. Υλοποίηση Δικτύου

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε το εργαστηριακό κομμάτι της πτυχιακής εργασίας, το οποίο υλοποιήθηκε στο πρόγραμμα της Cisco όπου ονομάζεται Cisco packet tracer. Για να γίνει αυτό το κομμάτι της πτυχιακής εργασίας χρησιμοποιήσα το δίκτυο του δήμου Γαζίου στο Ηράκλειο Κρήτης όπου και έκανα την πρακτική μου άσκηση. Σε αυτή την ενότητα λοιπόν θα αναλύσουμε το δίκτυο του Δήμου Μαλεβιζίου με το Cisco packet tracer όπου και θα δοθεί το configuration που χρησιμοποιήθηκε και μια τελική εικόνα του δικτύου.

Ο σχεδιασμός της υποδομής είναι μία πολύ σημαντική εργασία, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.. Με βάση αυτόν θα γίνουν οι εργασίες υλοποίησης και θα “οικοδομηθούν” όλες οι απαραίτητες υπηρεσίες και μελλοντικές επεκτάσεις του δικτύου της επιχείρησης. Μία σωστή σχεδίαση από εξειδικευμένο μηχανικό μπορεί να εξοικονομήσει πολλά χρήματα και να εξασφαλίσει την εύρυθμη και αποδοτική λειτουργία των συστημάτων. Πράγματι, συχνά οι επιχειρήσεις επενδύουν σε εξοπλισμό ο οποίος σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα αποδεικνύεται ανεπαρκής ή ακατάλληλος, με αποτέλεσμα την αχρηστία του και επαναγορά του σωστού εξοπλισμού εκ των υστέρων. Επιπλέον, πολλά πρότυπα ή προδιαγραφές δεν εξασφαλίζονται, με αποτέλεσμα ο εξοπλισμός που αγοράζεται στη συνέχεια να μη μπορεί να λειτουργήσει έτσι όπως ορίζει ο κατασκευαστής.

Η φάση της υλοποίησης έπεται αμέσως μετά από τη σχεδίαση και είναι εξίσου σημαντική. Κατά την υλοποίηση συχνά αναδεικνύονται προβλήματα ή εμπόδια που δεν ήταν δυνατό να προβλεφθούν κατά το σχεδιασμό. Επίσης, η υλοποίηση απαιτεί χειρισμούς που δεν περιγράφονται αναλυτικά στο σχεδιασμό. Συνεπώς, και σε αυτή τη φάση απαιτείται η ανάθεση σε εξειδικευμένο συνεργάτη που θα αναλάβει συνολικά το έργο και θα παραδώσει το ολοκληρωμένο σύστημα σε πλήρη λειτουργία έτσι όπως είχε συμφωνηθεί και σχεδιαστεί αρχικά.

2. Cisco Packet Tracer

Το Cisco Packet Tracer είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης δικτύων που επιτρέπει στους χρήστες να πειραματιστούν με τη συμπεριφορά δικτύων και να ρωτήσουν «what if».

Σαν αναπόσπαστο τμήμα της περιεκτικής εμπειρίας εκμάθησης, ο ανιχνευτής πακέτων παρέχει την προσομοίωση, την απεικόνιση, τη δημιουργία, την αξιολόγηση, και τις ικανότητες συνεργασίας και διευκολύνει να διδάξει και την εκμάθηση των σύνθετων εννοιών τεχνολογίας.

3. Η Υλοποίηση

Αρχικά χρησιμοποίησα τα σχέδια του κτιρίου του δήμου για να καταλάβω ακριβώς πως είναι το κτήριο και που βρίσκεται η κάθε θέση εργασίας. Στη συνέχεια με την βοήθεια του υπεύθυνου πληροφορικής του Δήμου Μαλεβιζίου κατάλαβα ακριβώς που βρίσκεται η κάθε θέση εργασίας, σε ποιο όροφο του κτηρίου βρίσκεται και σε ποιο υποδίκτυο βρίσκεται ο καθένας ανάλογα με την θέση εργασίας του και το βαθμό που έχει. Αφού έγιναν αυτά πρώτα ο υπεύθυνος πληροφορικής μου υπέδειξε ποιο αναλυτικά τον εξοπλισμό (router, switch, servers, κλπ.) που χρησιμοποιείτε για το δίκτυο του δήμου. Στη συνέχεια χρειάστηκε να δημιουργήσω στο Cisco packet tracer αυτά που είχα μάθει και από την πρακτική μου στο Δήμο Μαλεβιζίου. Αρχικά έφτιαξα την αρχιτεκτονική του δικτύου στο Cisco packet tracer, τους ορόφους που έχει το κτήριο και στη συνέχεια ξεκίνησα να βάζω στο χώρο τις θέσεις εργασίας (pc) που υπάρχουν, τα routers και τα switch που έχει ο κάθε όροφος. Αφού τα σύνδεσα μεταξύ τους ξεκίνησα να κάνω το configuration, αρχικά στο κεντρικό switch. Παρακάτω θα ακολουθήσουν οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για να δημιουργηθούν τα vlan στο κεντρικό switch :

```
Switch>enable
```

```
Switch#configure terminal
```

```
Switch(config)#vlan 10
```

```
Switch(config-vlan)#name vlan10
```

```
Switch(config)#vlan 20
```

```
Switch(config-vlan)#name vlan20
```

```
Switch(config)#vlan 30
```

```
Switch(config-vlan)#name vlan30
```

```
Switch(config)#vlan 40
```

```
Switch(config-vlan)#name vlan40  
Switch(config)#vlan 50  
Switch(config-vlan)#name vlan50  
Switch(config)#vlan 99  
Switch(config-vlan)#name vlan99  
Switch(config-vlan)#exit  
Switch(config)#end  
Switch#  
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

Το ιδεατό τοπικό δίκτυο (virtual LAN – VLAN) έρχεται να καλύψει την ανάγκη δημιουργίας πολλαπλών και ανεξάρτητων περιοχών καθολικής εκπομπής μεταξύ υπολογιστών, ανεξάρτητα από τη φυσική τους τοποθέτηση. Δηλαδή, πάνω στο ίδιο μέσο πολλαπλής πρόσβασης μπορούν να δημιουργηθούν πολλά VLANs ή ένα VLAN μπορεί να υπάρξει μεταξύ υπολογιστών που διασυνδέονται σε ανεξάρτητα και απομακρυσμένα φυσικά μέσα. Με τη δημιουργία VLANs επιτυγχάνουμε την ομαδοποίηση των χρηστών σε ομοειδή λειτουργικά σύνολα, ανεξάρτητα από το που βρίσκονται οι υπολογιστές τους. Το σημαντικό όφελος από αυτό το διαχωρισμό είναι η αυξημένη προστασία από κακόβουλη ή εσφαλμένη χρήση του δικτύου. Η σύσταση ενός VLAN πραγματοποιείται διαμέσου του λογισμικού των δικτυακών συσκευών. Έτσι, είναι πολύ εύκολη η ανασύστασή του σε περιπτώσεις όπου π.χ. αλλάζει γραφείο ένας υπάλληλος ή προστίθεται ένα νέο μέλος σε μία ομάδα.

Αφού δημιουργήσουμε τα vlan δημιουργούμε το setup για το vtp αρχικά στο κεντρικό switch και μετά σε όλα τα αλλά με το ακόλουθο configuration :

Κεντρικό switch

```
Switch>enable  
Switch#configure terminal  
Switch(config)#vtp domain test
```


Changing VTP domain name from NULL to test

```
Switch(config)#vtp mode server
```

Device mode already VTP SERVER.

```
Switch(config)#exit
```

Το VTP είναι ένα πρωτόκολλο μηνυμάτων Layer 2 που χρησιμοποιείται για τη διανομή και το συγχρονισμό πληροφοριών αναγνώρισης VLAN τα οποία είναι διευθετημένα σε ένα δίκτυο μεταγωγής. Οι ρυθμίσεις που γίνονται σε ένα SWITCH σε κατάσταση VTP Server διαδίδονται μέσω αυτού σε όλους τους συνδεδεμένους μεταγωγείς του δικτύου περιορίζοντας την ανάγκη διευθέτησης των δικτύων με το χέρι.

Πλεονεκτήματα VTP

Πάνω απ' όλα, το Cisco VTP επιτρέπει σε μεγάλα τοπικά δίκτυα να χωριστούν σε μικρότερα δίκτυα, με αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας και της ασφάλειας. Το πρωτόκολλο επιτρέπει επίσης στους διαχειριστές του συστήματος την αυτοματοποίηση πολλών καθημερινών εργασιών. Οι διαχειριστές συστήματος μπορούν να δουν μία εικονική αναπαράσταση της κάθε προτεινόμενης αναδιαμόρφωσης του δικτύου πριν να γίνουν οι πραγματικές αλλαγές. Το λογισμικό επιτρέπει σε όλα τα VLANs να ρυθμιστούν ακριβώς με τον ίδιο τρόπο. Τα VLANs μπορούν να προστίθενται, να διαγράφονται και να αλλάζουν αμέσως. Είναι πιθανό ότι κατά τη χρήση της Cisco VTP, με το Spanning Tree Protocol (STP) να συμβεί αστάθεια. Για να λειτουργεί άριστα ένα δίκτυο, πρέπει να υπάρχει μόνο μία ενεργή σύνδεση (path) μεταξύ δύο δικτυωμένων σταθμών. Πολλαπλές διαδρομές δημιουργούν looping. Τα Looping μπορεί να είναι ελαφρώς ενοχλητικά, δημιουργώντας διπλά μηνύματα, ή μπορεί να είναι καταστροφικά, συντρίβοντας ένα δίκτυο. Οι διαχειριστές συστήματος θα πρέπει να παρακολουθούν και να αφαιρούν τους βρόχους. Η χρήση πολλαπλών VLANs σε ένα δίκτυο μπορεί να βοηθήσει και να μειώσει την πιθανότητα της επανάληψης.

Επειδή το Cisco VTP είναι ιδιόκτητο, το πρωτόκολλο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί νομίμως. Το πρωτόκολλο περιλαμβάνεται με την αγορά της Cisco switches και routers. Το Cisco VTP καλύπτει τις ανάγκες των μεγάλων τοπικών δικτύων. Οι λύσεις Cisco που

διατίθενται για τέτοιες μεγάλες επιχειρήσεις μπορεί ενδεχομένως να κοστίζει χιλιάδες ευρώ για να αγοραστή. Πρόσθετες δαπάνες κατάρτισης μπορούν να προκύψουν , εάν ο διαχειριστής του συστήματος LAN δεν έχει πιστοποίηση από την Cisco ή δεν είναι εξοικειωμένος με τα συστήματα της.

Δευτερεύοντα switch

```
Switch>enable
```

```
Switch#configure terminal
```

```
Switch(config)#vtp domain test
```

```
Changing VTP domain name from NULL to test
```

```
Switch(config)#vtp mode client
```

```
Setting device to VTP CLIENT mode.
```

```
Switch(config)#exit
```

Αφού τελειώσουμε με το vtp δημιουργούμε trunk για κάθε θήρα με client switch. Κάνουμε το configuration στο κεντρικό switch και περνάει και στα επόμενα αυτόματα παρόλο που έχουμε βάλει τα vlan μας μόνο στο κεντρικό switch αυτά περνάνε αυτόματα και στα υπόλοιπα switch.

Το configuration για το trunk είναι το ακόλουθο :

```
Switch>enable
```

```
Switch#configure terminal
```

```
Switch(config)#interface fastEthernet 0/1
```

```
Switch(config-if)#switchport mode trunk
```

```
Switch(config-if)#switchport trunk allowed vlan 1-99
```

```
Switch(config-if)#exit
```

```
Switch(config)#exit
```

Switch#

Στη συνέχεια πρέπει να ορίσουμε σε κάθε πόρτα του switch ποιο vlan θα βλέπει. Αυτό το κάνουμε με τις ακόλουθες εντολές :

```
Switch>enable
```

```
Switch#configureterminal
```

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

```
Switch(config)#interface fastEthernet 0/1
```

```
Switch(config-if)#switchport mode access
```

```
Switch(config-if)#switchport access vlan 10
```

```
Switch(config-if)#end
```

```
Switch#
```

```
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

Αφού τελειώσει το configuration στα switch θα ξεκινήσουμε το configuration στο router .

Στην αρχή δηλώνουμε μια IP και ενεργοποιούμε την πόρτα του router

```
Switch>enable
```

```
Switch#configure terminal
```

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

```
Switch(config)#interface fastEthernet 0/0
```

```
Router(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

```
Router(config-if)#no shutdown
```

```
Router(config-if)#
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
```

Τέλος θα δημιουργήσουμε στο router μας τα subinterfaces όπου και θα τα βάλουμε ανάλογα με το vlan που θα αφορά το καθένα ξεχωριστά.

```
Switch>enable
```

```
Switch#configure terminal
```

```
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
```

```
Router(config)#interface fastEthernet 0/0.10
```

```
Router(config-subif)#
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0.10, changed state to up
```

```
Router(config-subif)#ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
```

```
% Configuring IP routing on a LAN subinterface is only allowed if that  
subinterface is already configured as part of an IEEE 802.10, IEEE 802.1Q,  
or ISL vLAN.
```

Ανάλογα το subnetting που έγινε η ip που έδινα στα subinterfaces άλλαζε, θα δώσω ένα παράδειγμα ακόμα:

```
Switch>enable
```

```
Switch#configure terminal
```

```
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
```

```
Router(config)#interface fastEthernet 0/0.20
```

```
Router(config-subif)#
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0.20, changed state to up
```

```
Router(config-subif)#ip address 192.168.12.1 255.255.255.0
```

% Configuring IP routing on a LAN subinterface is only allowed if that subinterface is already configured as part of an IEEE 802.10, IEEE 802.1Q, or ISL vLAN.

```
Router(config-subif)#encapsulation dot1Q 20
```

```
Router(config-subif)#end
```

```
Router#
```

```
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

Εδώ είναι το subnetting που έχει γίνει στα sub interfaces και περνάει αυτόματα σε όλο το δίκτυο:

Sub Interfaces:

192.168.1.1

192.168.10.1/28

192.168.20.1/27

192.168.30.1/29

192.168.40.1/29

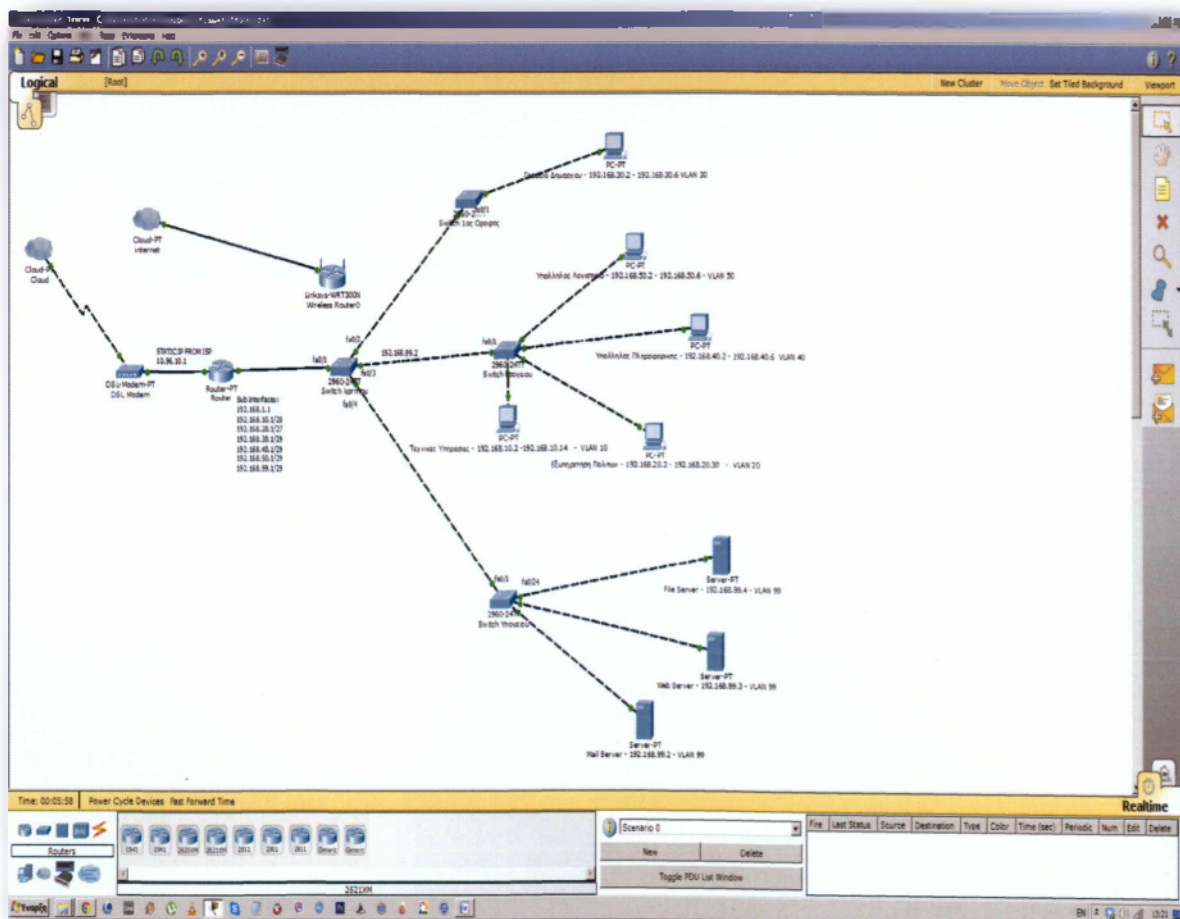
192.168.50.1/29

192.168.99.1/29

Πιο αναλυτικά αναφέρετε στον επόμενο πίνακα η ανάλυση όλου το δικτύου :

Netid	Όνομα Τμήματος	Όνομα vlan	Ευρος ip	Subnet Mask	Broadcast Ip
192.168.10.1/28	Τεχνικές Υπηρεσίες	Vlan10	192.168.10.2- 192.168.10.14	255.255.255.240	192.168.10.15
192.168.20.1/27	Εξυπηρέτηση Πολιτών	Vlan20	192.168.20.2- 192.168.20.30	255.255.255.224	192.168.20.31
192.168.30.1/29	Γραφείο Δημάρχου	Vlan30	192.168.30.2- 192.168.30.6	255.255.255.248	192.168.30.7
192.168.40.1/29	Υπάλληλος Πληροφορικής	Vlan40	192.168.40.2- 192.168.40.6	255.255.255.248	192.168.40.7
192.168.50.1/29	Υπάλληλος Λογιστηρίου	Vlan50	192.168.50.2- 192.168.50.6	255.255.255.248	192.168.50.7
192.168.99.1/29	Servers	Vlan99	192.168.99.2- 192.168.99.6	255.255.255.248	192.168.99.7

Τέλος, μια τελική εικόνα του δικτύου εμφανίζεται παρακάτω:



Συμπεράσματα - Προτάσεις

Το πρότυπο 802.3 ήταν από τα πρώτα πρότυπα που αναπτύχθηκαν για τις ανάγκες των τοπικών ενσύρματων δικτύων. Ήταν το βασικότερο πρότυπο στο οποίο βασίστηκαν στη συνέχεια η νέες γενιές προτύπων. Στην αρχή η διάφορες τοπολογίες που δημιουργήθηκαν βοήθησαν στους χώρους εργασίας αφού είχαμε τον διαμοιρασμό υλικού, λογισμικού, πληροφοριών και του διαδικτύου. Δυστυχώς όμως στη συνέχεια δημιουργήθηκαν πολλά προβλήματα ασφάλειας και μεταφοράς των δεδομένων. Επίσης είδαμε ότι με τις διάφορες τυποποιήσεις που δημιουργήθηκαν η ταχύτητες των ενσύρματων δικτύων αυξήθηκαν αλλά και πάλι δεν ήταν ικανοποιητικές. Επίσης είχαμε την ανάπτυξη διαφόρων καλωδίων που χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα όπως το συνεστραμμένο ζεύγος, το ομοαξονικό καλώδιο και η οπτική ίνα η οποία μέχρι και σήμερα παίζει τον κυριότερο ρόλο στα δίκτυα.

Όσο αφορά την μελέτη του χώρου στον οποίο θα εγκατασταθεί ένα τοπικό δίκτυο, καλό είναι πριν από όλα να εφαρμόζεται μια μελέτη στον χώρο και στο πως θα εγκατασταθούν οι διάφορες δικτυακές συσκευές, για την καλύτερη απόδοση του δικτύου. Είναι καλό εάν σκοπεύουμε να δημιουργήσουμε ένα μεγάλο τοπικό δίκτυο, για παράδειγμα, σε ένα κτήριο μιας επιχείρησης το οποίο θα έχει πολλούς ορόφους να χρησιμοποιήσουμε κάποιες δικτυακές συσκευές που θα μας βοηθήσουν στο να μην έχουμε κενά και προβλήματα στο δίκτυο μας. Κάποιες από αυτές τις συσκευές μπορεί να είναι επαναλήπτες, γέφυρες, δρομολογητές. Επίσης είναι πολύ καλό και ασφαλές να γίνει και η κατάλληλη μελέτη και υλοποίηση μια υποδικτύωσης, όπως και αναλύω στο δίκτυο του δήμου Μαλεβιζίου.

Η υλοποίηση του δικτύου του δήμου στο cisco packet tracer, μας έδειξε ότι με το να κάνουμε το κατάλληλο subnetting και να δημιουργήσουμε τα απαραίτητα vlans και subinterfaces, πετυχαίνουμε να έχουμε ένα δίκτυο που έχει μια σχεδόν αδιαπέραστη ασφάλεια από εξωτερικές απειλές. Επίσης δημιουργείται ασφάλεια μέσα στο δήμο γιατί ο κάθε υπάλληλος μπορεί να επικοινωνήσει με ολόκληρο το δήμο ακόμα και αν το vlan του είναι διαφορετικό από κάποιου άλλου υπαλλήλου. Ο κάθε υπάλληλος λοιπόν έχει ξεχωριστά δικαιώματα από τον άλλο.

Βιβλιογραφία

- Μελέτες, εφαρμογές και υλοποίηση δικτύων Η/Υ Γ. Μπάρδης, Εκδόσεις Β. Γκιούρδα 2006
- Μετάδοση Δεδομένων και Δίκτυα Υπολογιστών I&II Τσιλιγκίδης Γεώργιος Έκδοση Η. 2006 Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων Αθήνα
- Δίκτυα Υπολογιστών , Ι. Μαρκασιώτης, Εκδόσεις Β. Γκιούρδα 2005
- Σχεδιασμός και υλοποίηση δικτύων, Σ. Αρσένης, Εκδόσεις Κλειδάριθμος 2009
- Θεωρία και ψηφιακή προσομοίωση ασυρμάτων τοπικών δικτύων υψηλής ταχύτητας: τα πρότυπα IEEE 802.11 και ETSI Hiperlan 2. Πανοπούλου Β. Ελένη (Διπλωματική Εργασία)
- http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.3
- <http://www.ieee802.org/3/>
- <https://dsepwiki.wikispaces.com/Ενσύρματα+δίκτυα>
- <http://www.ekoletsou.gr/pdfFiles/NETWORKS3.pdf>
- http://www.math.uoc.gr:1080/proptyxiakes/ptyxiakes/Alafouzou_PE.pdf
- <http://eap.edu.gr/dat/3A4098F2/file.pdf>
- <http://dga.gr/web/publications/notes/networks.pdf>
- <http://blogs.sch.gr/riggas/files/2014/04/nw-subnets.pdf>
- <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C104/423/2835,10773/>
- <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C127/577/3749,16441/>
- <http://thebook.homeunix.com/thebook.html>
- http://el.wingwit.com/Networking/internet-networking/67335.html#.U_YoCvI_s8o
- http://el.wingwit.com/Networking/local-networks/73826.html#.U_YoDPI_s8o
- http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metapyxiaka/technologies_diktywn/teaching_m/NetDesign-Web/chapter123.html
- [https://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP_Basics_\(Part_II\)](https://foss.ntua.gr/wiki/index.php/TCP/IP_Basics_(Part_II))
- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165607492904002#>
- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790690900217#>
- <http://el.wingwit.com/Networking/local-networks/73826.html>
- http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/4581/3/kotronisv_embedding.pdf
- <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/routing-information-protocol-rip/13788-3.html>