

# Πτυχιακή Εργασία

## Το δίκτυο του τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής & Πολυμέσων

Τραντά Σοφία  
Ψυχαράκης Γεώργιος

Εισηγητής: Πάλλης Ευάγγελος

# Εισαγωγή

---

## Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι:

1. Η ανάλυση του δικτύου δεδομένων του τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων.
2. Η μέτρηση των πραγματικών επιδόσεων του δικτύου και η εξαγωγή συμπερασμάτων για τον πιθανό επανασχεδιασμό του.
3. Η «μοντελοποίηση» του δικτύου σε κάποιο λογισμικό εξομοίωσης όπως το Comnet με τρόπο που θα επιτρέπει δοκιμαστικές αλλαγές σε παραμέτρους του δικτύου πριν αυτές εφαρμοστούν στο πραγματικό δίκτυο.

---

## Γενικά στοιχεία

Στο τμήμα Ε.Π.Π. υπάρχουν τρεις ομάδες χρηστών που χρησιμοποιούν τους υπολογιστές του:

- Οι σπουδαστές (περίπου 1500)
- Οι καθηγητές – ερευνητές (περίπου 150)
- Οι διοικητικοί υπάλληλοι

Όλοι οι υπολογιστές που συνδέονται στο δίκτυο του τμήματος, είναι **κοινόχρηστοι**. Αυτό σημαίνει ότι σε οποιονδήποτε υπολογιστή του δικτύου, μπορεί οποιοσδήποτε από οποιαδήποτε από τις παραπάνω ομάδες, να εργαστεί, έχοντας στη διάθεσή του τόσο τα βασικά λογισμικά πακέτα του τμήματος (Office, Acrobat Reader, WinRar κλπ) όσο και τα προσωπικά του αρχεία (ασκήσεις, έγγραφα κλπ).

# Το Δίκτυο

## Οι υπηρεσίες

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι υπολογιστές του τμήματος χρησιμοποιούνται από πολλαπλούς χρήστες. Για να γίνει αυτό δυνατόν, όλοι οι υπολογιστές του τμήματος εντάσσονται στην ομάδα (domain) `erp.teicrete.gr` και όλοι οι χρήστες εγγράφονται στο ίδιο domain και αποκτούν μοναδικό όνομα χρήστη (username) και κωδικό πρόσβασης (password). Κάθε εγγεγραμμένος χρήστης έχει δικαίωμα να χρησιμοποιεί μια σειρά από υπηρεσίες που αναλύονται παρακάτω.

### 1. Ταυτοποίηση χρηστών – Active Directory

Κάθε χρήστης, για να μπορεί να εργαστεί και να χρησιμοποιήσει τα συστήματα του τμήματος, αποκτά ένα username (erp1323) και password (π.χ. 13#!=23), που καταχωρούνται στη βάση δεδομένων του δικτύου. Η βάση αυτή υπάρχει σε κάποιους server που είναι υπεύθυνοι για την αναγνώριση και ταυτοποίηση των χρηστών και ονομάζονται **domain controllers**. Η βάση δεδομένων αποτελεί τμήμα του **active directory**. Η χρησιμότητα του Active Directory είναι μεγάλη, γιατί δίνει τη δυνατότητα της εφαρμογής ειδικών πολιτικών σε ολόκληρες ομάδες χρηστών. (πχ περιορισμών δικαιωμάτων σε όλους τους χρήστες που γράφηκαν στο εξάμηνο 2000b, δημιουργία μιας e-mail list για όλους όσους ανήκουν στο group staff κλπ) Επίσης το Active Directory δίνει δυνατότητες αναζήτησης με βάση κριτήρια. Αν κάποιος χρήστης αναζητά το e-mail του Σπυριδάκη Γιάννη, μπορεί να το αναζητήσει με βάση το όνομα, ή το group στο οποίο ανήκει (staff).

### 2. Περιοχή ή Home Directory

Μαζί με την εγγραφή του στο Active Directory, κάθε χρήστης αποκτά χώρο στο δίσκο κάποιου file server. Υπάρχουν 2 πανομοιότυποι file server στο δίκτυο του ΕΠΠ: Ο ARIS και ο HERCULES. Προς το παρόν, όλοι οι σπουδαστές χρησιμοποιούν τον HERCULES ενώ ο ARIS χρησιμοποιείται σαν backup.

Ο χώρος του κάθε χρήστη στο server ονομάζεται **περιοχή ή home directory** και ο χρήστης τον βλέπει σαν ιδεατό δίσκο Z: σε οποιοδήποτε υπολογιστή του domain κι αν εργάζεται. Αυτό το γεγονός επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στα αρχεία τους από οποιονδήποτε υπολογιστή κι αν επιλέξουν για να εργαστούν.

*Να σημειωθεί εδώ ότι σύμφωνα με τις δυνατότητες του Microsoft Windows 2003 server που χρησιμοποιείται στο δίκτυό μας, οι περιοχές θα μπορούσαν να ήταν προσβάσιμες και μέσω internet, από οποιοδήποτε δηλαδή*

διαδικτυωμένο υπολογιστή στον κόσμο. Αυτή η δυνατότητα όμως δεν έχει ενεργοποιηθεί για λόγους ασφαλείας.

### 3. e-mail

Ο κάθε νέος χρήστης αποκτά αυτόματα με την εγγραφή του e-mail της μορφής erp1323@erp.teicrete.gr, δηλαδή ένα mailbox στον mail server. Το mailbox αυτό είναι προσβάσιμο τόσο μέσα από το τοπικό δίκτυο, όσο και μέσω internet.

Υπάρχουν 3 mail server στο δίκτυο του Ε.Π.Π, ο ERMIS, ο MAILER και η APHRODITE. Θα μπορούσαν να έχουν μοιραστεί τα mailbox στους διάφορους server ανάλογα με την ιδιότητα του χρήστη (σπουδαστής, καθηγητής, διοικητικό προσωπικό). Κάτι τέτοιο δεν έχει γίνει ακόμη, επειδή ο ERMIS είναι το πλέον αξιόπιστο από τα 3 μηχανήματα. Από μετρήσεις που έχουν γίνει, δεν παρατηρείται ιδιαίτερη υπερφόρτωση του ERMIS.

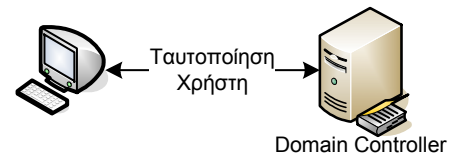
### 4. Προσωπικές Ρυθμίσεις - profile

Οι χρήστες του Ε.Π.Π, έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόσουν τα χαρακτηριστικά των windows του υπολογιστή τους (ταπετσαρία, χρώματα, αγαπημένες διευθύνσεις, ρυθμίσεις παραθύρων κλπ). Οι πληροφορίες αυτές καταγράφονται στο profile τους και εφαρμόζονται στον υπολογιστή στον οποίο εργάζονται, κάθε φορά που συνδέονται στο δίκτυο (κάνουν log-on).

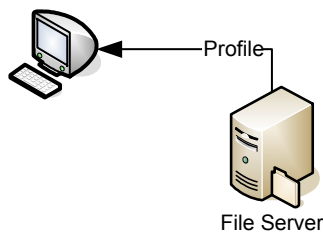
### 5. Χρήση του τοπικού δικτύου (LAN)

Τα παραπάνω σημαίνουν ότι, από τη στιγμή που ένας χρήστης ξεκινήσει να εργάζεται σε κάποιον υπολογιστή, δημιουργούνται οι παρακάτω απαιτήσεις χρήσης του δικτύου:

1. Ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του PC και του Domain Controller για το όνομα χρήστη και τον κωδικό. Οι πληροφορίες αυτές είναι πολύ μικρές και δεν δημιουργούν ιδιαίτερο φόρτο ούτε στο server αλλά ούτε και στο δίκτυο.

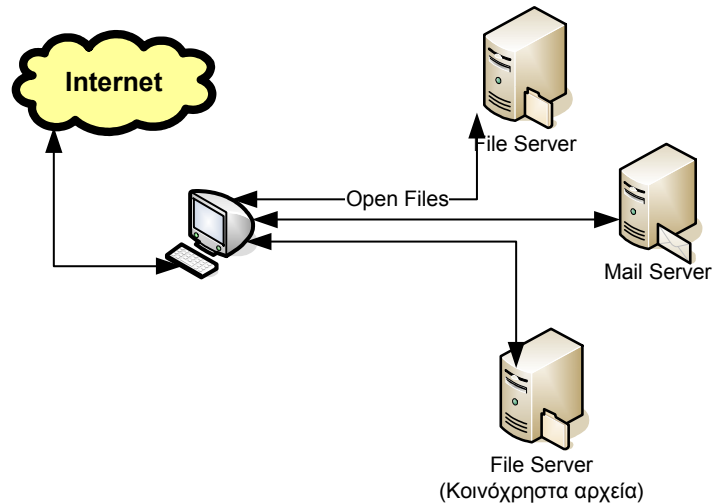


2. Φόρτωμα του profile, δηλαδή αντιγραφή από τον File Server (Hercules για τους σπουδαστές) προς τον τοπικό δίσκο του υπολογιστή, του συνόλου των ρυθμίσεων του χρήστη και ότι άλλο υπάρχει μέσα στο profile (εδώ υπάρχει κι ένα σοβαρό πρόβλημα των Windows που θα αναλυθεί όμως παρακάτω. Το τυπικό μέγεθος του profile ενός χρήστη είναι, για το δίκτυο του ΕΠΠ, περίπου 1 Mbyte. Αυτό δείχνει με μια πρώτη ματιά, ότι όταν όλοι οι σπουδαστές ενός εργαστηρίου (περίπου 12-



15 ανά εργαστήριο), ξεκινούν ταυτόχρονα (ή σχεδόν ταυτόχρονα) τη διαδικασία του log-on, επιβαρύνουν το server και το τοπικό δίκτυο με 12-15 requests για ανταλλαγή μηνυμάτων συνολικού μεγέθους 10 - 15 Mbytes.

Γ. Στη συνέχεια, κάθε αρχείο που ανοίγουν ή αποθηκεύουν στην περιοχή τους, δημιουργεί αντίστοιχη επιβάρυνση στο σκληρό δίσκο του server αλλά και στο τοπικό δίκτυο. Το μέγεθος των αρχείων που δημιουργούνται από ένα χρήστη του Ε.Π.Π. ποικίλει πολύ και μπορεί να είναι από μερικά Kbytes, αν πρόκειται για κώδικα προγραμματισμού, έως μερικά Gbytes, όταν το αρχείο είναι ένα video προς επεξεργασία. Η αποθήκευση των αρχείων στο server για όλους τους χρήστες είναι πλεονέκτημα καθώς υπάρχει κεντρικός έλεγχος, κεντρική συντήρηση και ασφάλεια των δεδομένων. Όμως υπάρχει και ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα. Η επεξεργασία του αρχείου γίνεται επίσης στο server και οποιαδήποτε υπερφόρτωση του server δημιουργεί time out και προκαλεί ζημιά, τόσο στην εφαρμογή που «κρεμάει», όσο και στο ίδιο το αρχείο πολλές φορές.



## 6. Χρήση του Internet

Μεγάλο ποσοστό του χρόνου του περνά ένας τυπικός χρήστης χρησιμοποιώντας το διαδίκτυο. Δυστυχώς όμως, όσο περισσότερο απαραίτητο εργαλείο για όλους γίνεται το Internet, τόσο περισσότερο δύσκολη είναι η πρόσβαση σ' αυτό μέσα από την υπάρχουσα σύνδεση του ΤΕΙ Κρήτης με το ΕΔΕΤ (Ελληνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας).

**Διαθέτοντας μόνο 2 γραμμές των 2 Mbps για το σύνολο των χρηστών του, έχει οδηγήσει τους διαχειριστές του δικτύου σε θέσπιση σημαντικών περιοριστικών κανόνων σε μια προσπάθεια ισοκατανομής των πόρων σε όλες τις σχολές.** Για το λόγο αυτό, ολόκληρη η Σ.Τ.Ε.Φ. μοιράζεται περίπου 500 Kbps, αφήνοντας λιγότερα από 200 Kbps για ολόκληρο το τμήμα Ε.Π.Π.

Ε. Επίσης μεγάλο ποσοστό χρηστών χρησιμοποιεί κοινόχρηστα αρχεία όπως mp3, ταινίες, e-books κλπ, που βρίσκονται σε άλλο File Server (Κρονos). ΣΤ. Τέλος, ένας τυπικός χρήστης χρησιμοποιεί ιδιαίτερα το e-mail του, τόσο για την απλή επικοινωνία όσο και για την τηλεσυνεργασία. Σε όλους τους χρήστες συνίσταται η χρήση του e-mail που παρέχεται από το τμήμα, με το mailbox να βρίσκεται σε κάποιο τοπικό server, ώστε να υπάρχει γρήγορη πρόσβαση σ' αυτόν για την ανάγνωση – αποστολή των e-mails, όταν οι χρήστες βρίσκονται μέσα στους χώρους του τμήματος.

## 7. Υπηρεσίες DHCP και DNS

Στο Virtual LAN του ΕΠΠ, υπάρχει ένας DHCP server που μοιράζει αυτόματα IP διευθύνσεις στους clients. Κάθε Η/Υ όταν ανοίξει, αιτείται μια IP διεύθυνση από το τοπικό δίκτυο. Με τη χρήση της τεχνολογίας Virtual LAN, έγινε δυνατόν να υπάρχει ένας μόνο DHCP server σε ολόκληρο το τοπικό δίκτυο.

## Το παρελθόν

Το δίκτυο αυτό κατασκευάστηκε το 2003, με χρηματοδότηση από το ΠΕΠ Κρήτης. Πριν από την κατασκευή αυτού του νέου δικτύου, υπήρχαν τα παρακάτω πολύ σημαντικά προβλήματα:

1. Οι υπολογιστές που βρίσκονταν σε «απομακρυσμένα» από το server σημεία, συνδέονταν στο γενικό δίκτυο του ΤΕΙ, πάνω σε τυχαία switches και «επικοινωνούσαν» με το server μέσα από virtual tunnels που είχε δημιουργήσει η ομάδα δικτύων. Παρόλα αυτά, δεν ήταν δυνατόν να αποφευχθούν τα άσκοπα broadcasts από τα τοπικά δίκτυα που παρεμβάλλονταν ανάμεσα στους «απομακρυσμένους» clients και το server. Τα time out ακόμη και σε απλές, καθημερινές εφαρμογές όπως το Word, ήταν συνεχή και το πρόβλημα αυξανόταν παράλληλα με την αύξηση του αριθμού των θέσεων εργασίας του τμήματος.
2. Δεν υπήρχε τρόπος περιορισμού του broadcast από το σύνολο των windows συστημάτων που είναι εγκατεστημένα στα εργαστήρια. Η προμήθεια layer 3 switch, όπως εξηγείται στη θεωρία παρακάτω, δίνει τη δυνατότητα να χωριστεί το δίκτυο σε μικρότερα υποδίκτυα και τα switch θα εκτελούν το απαραίτητο routing ανάμεσα στα υποδίκτυα αυτά.
3. Μια σοβαρή έλλειψη του παρελθόντος ήταν η παρακολούθηση του δικτύου. Κανένα στατιστικό στοιχείο για τη συνολική κίνηση του δικτύου των Η/Υ του τμήματος, και φυσικά ούτε λόγος για αναλυτικά στατιστικά στοιχεία. Όποιος ήθελε μέσα από τους χώρους του ΕΠΠ, ή και απ' έξω, με hacking, έστηνε ένα ftp server με παράνομο περιεχόμενο σε κάποιον από τους server του τμήματος και κανείς δεν γνώριζε τίποτε.
4. Κι αν κάποιος υπολογιστής δημιουργούσε υπερβολική κίνηση λόγω κάποιου ιού; Όλα είχαν αφεθεί στην τύχη και υπήρχε μόνο ο κεντρικός έλεγχος από την Ομάδα Δικτύων του ΤΕΙ. Αν από την ομάδα αυτή διαπίστωναν «περίεργη κίνηση» από κάποιο υπολογιστή μέσα στο τοπικό δίκτυο του ΕΠΠ, ανέφεραν την «ύποπτη» διεύθυνση στους administrators κι αυτοί έπρεπε να εντοπίσουν το προβληματικό PC. Πως όμως θα γινόταν αυτό, όταν οι διευθύνσεις δίνονταν αυτόματα στους υπολογιστές και δεν υπήρχε στα switch ποιο IP βρίσκεται σε ποια πόρτα; Υπήρχε επομένως μια μεγάλη αδυναμία troubleshooting σε περιπτώσεις ιών που δημιουργούσαν μεγάλη κίνηση.
5. Υπήρχε μόνο ένας κεντρικός file server για ΟΛΟΚΛΗΡΟ το τοπικό δίκτυο, ο KRONOS. Εξυπηρετούσε δηλαδή τόσο τους σπουδαστές, όσο και τους διοικητικούς.  
Στον ίδιο δίσκο αποθήκευαν οι σπουδαστές τις ασκήσεις τους και τα «ενδιαφέροντα» multimedia αρχεία που κατέβαζαν από το δίκτυο (γεμάτα με ιούς και trojans) και στον ίδιο server αποθηκεύονταν τα Τεχνικά Δελτία, οι προτάσεις και όλα τα έγγραφα των διοικητικών. Έτσι, πολύ σύντομα, τα εμπιστευτικά Τεχνικά Δελτία με σημαντικές προτάσεις, βρίσκονταν στα χέρια αναρχικών ομάδων που τα εκμεταλλεύονταν με το χειρότερο τρόπο.  
Το μόνο μέγεθος που γνώριζαν οι administrators του τμήματος ήταν ο ελεύθερος χώρος του δίσκου στον κεντρικό server. Ακόμη κι αυτό όμως, δεν ήταν μέγεθος υπό παρακολούθηση, αν και θα μπορούσε,

*Τα προβλήματα του παρελθόντος:*

- Συχνά time-out
- Απουσία monitoring
- Απουσία management
- Αδυναμία για troubleshooting
- Ύπαρξη ΕΝΟΣ ΜΟΝΟ file server για ολόκληρο το τοπικό δίκτυο και για ΟΛΟΥΣ τους χρήστες.

αφού υποστηρίζεται από το πρωτόκολλο SNMP (Simple Network Management Protocol).

Ήταν φανερό λοιπόν ότι υπήρχε η απαίτηση για άμεση δράση στο θέμα της παρακολούθησης του δικτύου και κάποιων από τις παραμέτρους των server.

---

## Αναβάθμιση του δικτύου

Η αναβάθμιση του δικτύου ξεκίνησε με τη χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση, μέσα από το πρόγραμμα επενδύσεων της Περιφέρεια Κρήτης, που έδωσε τη δυνατότητα της αναβάθμισης των ενεργών στοιχείων του δικτύου αλλά και του λοιπού εξοπλισμού (server, Η/Υ κλπ). Αναλυτικότερα:

1. Έγινε προμήθεια μεγάλων modular level 3 switch και τοποθετήθηκε ένα σε κάθε καταμεμητή στον οποίο κατέληγαν οι υπολογιστές του τμήματος. (βλ. και παρακάτω, στο κεφάλαιο Φυσική Κατανομή του Δικτύου).

2. Όλοι οι χώροι του τμήματος που βρίσκονταν διάσπαρτοι μέσα στο αχανές ΤΕΙ, ενώθηκαν με οπτικές ίνες και πρωτόκολλο Gigabit Ethernet. Εγκαταστάθηκε το λογισμικό Cisco Works αλλά ακόμη δεν χρησιμοποιείται ευρέως, καθώς δεν έχει ολοκληρωθεί η εκπαίδευση των administrators στη χρήση του.

3. Αγοράστηκαν αρκετοί ακόμη server (2 από τους οποίους είναι File Server, ο Hercules και ο Aris) Οι server αυτοί διαθέτουν μεγάλο αποθηκευτικό χώρο αλλά και δύο κάρτες δικτύου, ώστε να μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο με διπλή καταμεμημένη σύνδεση (balancing). Η λειτουργία και οι δυνατότητες αυτών των server αναλύεται παρακάτω.

**3. Στα πλαίσια της εργασίας αυτής, εγκαταστάθηκε το MRTG, λογισμικό network monitoring** που κάνοντας χρήση του πρωτοκόλλου SNMP δείχνει την δικτυακή κίνηση που παρουσιάζουν οι βασικοί server του τμήματος ενώ πολύ εύκολα μπορεί να απεικονίζει και άλλες παραμέτρους, όπως τον ελεύθερο χώρο στο σκληρό δίσκο κλπ.

Τα δεδομένα αυτά είναι προσβάσιμα από το internet, στη διεύθυνση <http://firewall.epp.teiher.gr/mrtg>.

- Οι δράσεις αναβάθμισης:*

  - *Αναβάθμιση των δικτυακών συσκευών*
  - *Προμήθεια νέων server*
  - *Εγκατάσταση network monitoring software*

---

## Η Φυσική Κατανομή

Οι υπολογιστές του τμήματος μπορούν χωροταξικά να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

### Υπολογιστές διοίκησης

Πρόκειται κυρίως για τους υπολογιστές των γραφείων της διοίκησης (Νέα ΣΤΕΦ). Όλοι οι υπολογιστές αυτοί συνδέονται σε ένα Cisco layer 3 Gigabit switch που βρίσκεται στον καταμεμητή του κτιρίου (στο σχήμα αναφέρεται ως K1)

## Υπολογιστές στα εργαστήρια

Το τμήμα διαθέτει τα παρακάτω εργαστήρια μέσα στα οποία υπάρχουν group υπολογιστών:

1. Εργαστήριο 12. Μαζί με τα επόμενα δύο εργαστήρια βρίσκεται στην Παλαιά ΣΤΕΦ με ανεξάρτητο κατανεμητή (Κ2).
2. Εργαστήριο 11 που συνδέεται στον κατανεμητή (Κ2).
3. Εργαστήριο 10 που συνδέεται στον κατανεμητή (Κ2).
4. Εργαστήριο Τηλεϊατρικής στην Παλαιά ΣΤΕΦ με δικό του κατανεμητή (Κ3). Φιλοξενεί και το server room, μέσα στο οποίο οι server συνδέονται με Gigabit 1000TX απευθείας πάνω σε ένα Cisco Modular switch.
5. Εργαστήριο ΠΚ1. Μαζί με τα επόμενα δύο εργαστήρια βρίσκεται στο Παλαιό Κτίριο με ανεξάρτητο κατανεμητή (Κ4).
6. Εργαστήριο ΠΚ2 που συνδέεται στον κατανεμητή (Κ4).
7. Εργαστήριο ΠΚ3 που συνδέεται στον κατανεμητή (Κ4).

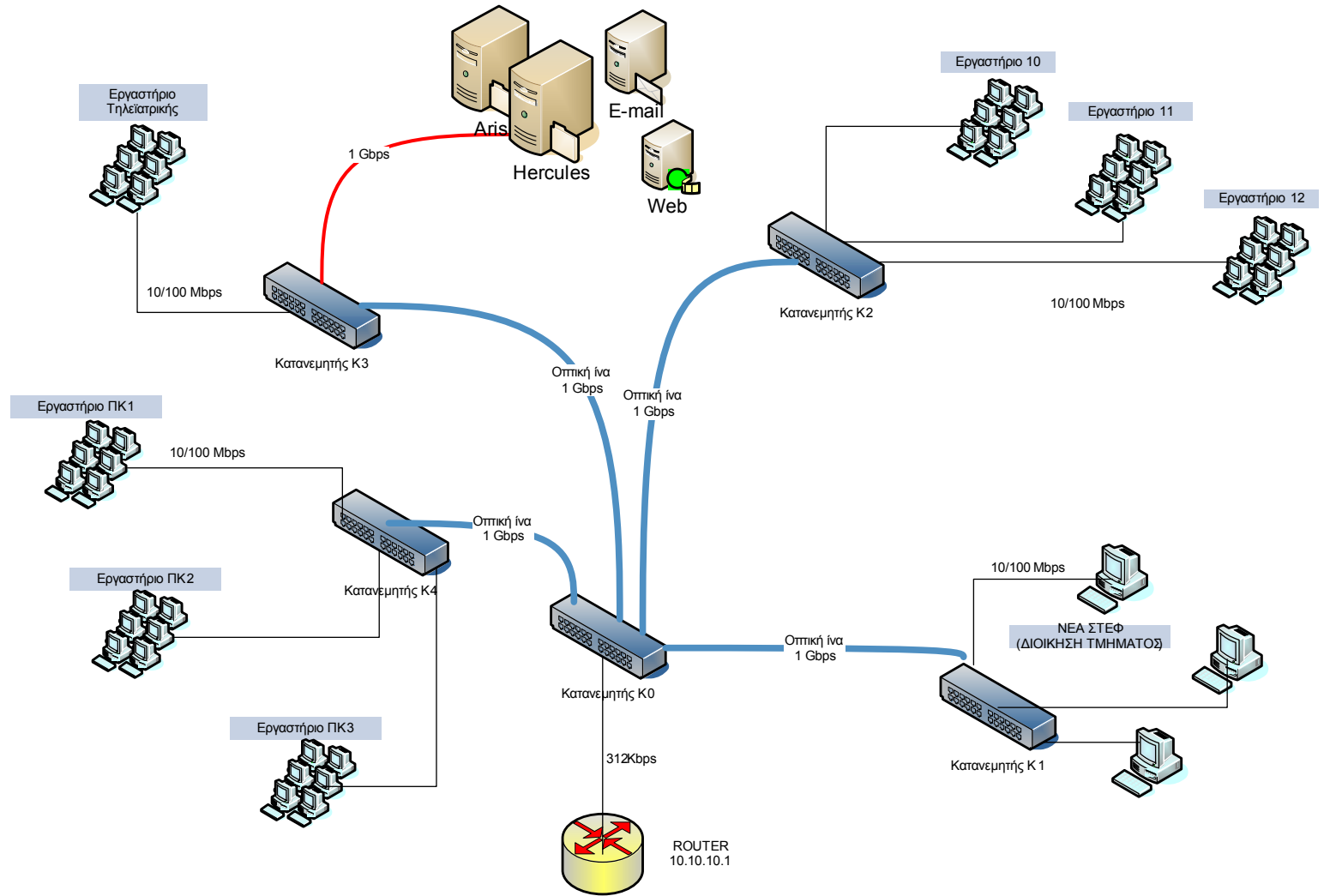
Όπως φαίνεται και από το σχήμα στην επόμενη σελίδα, στους 4 κατανεμητές έχουν τοποθετηθεί 4 μεγάλα modular, layer 3, Cisco switches, με ισχυρό επεξεργαστή, υψηλό backplane και αρκετές πόρτες ώστε να εξυπηρετούνται όλοι οι σταθμοί εργασίας των εργαστηρίων που συνδέονται σε κάθε κατανεμητή. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται η σύνδεση switch με switch μόνο ανάμεσα σε κατανεμητές.

Κάθε server συνδέεται με Gigabit απ' ευθείας στο switch του κατανεμητή Κ3, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή διαθεσιμότητα των δεδομένων. Μάλιστα, κάθε μεγάλος server έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί και με 2<sup>η</sup> κάρτα δικτύου Gigabit 1000TX πάνω στο switch και να εξυπηρετεί ισορροπημένα και από τις δύο κάρτες (αυτή τη δυνατότητα την υποστηρίζουν τα Windows 2003 server).

Κάθε ένα από τα PCs συνδέεται σε πόρτα 10/100TX.

Όλα τα παραπάνω switches συνδέονται με οπτική ίνα σε ένα «κεντρικό» switch, με πόρτες 1000SX (CSMA/CD 802.3z Gigabit Ethernet), δημιουργώντας έτσι το backbone του εσωτερικού δικτύου (intranet) του ΕΠΠ.





## Ο server Hercules

Ο κεντρικός file server του τμήματος, εκεί όπου είναι αποθηκευμένα όλα τα αρχεία των σπουδαστών, διαθέτει ένα Array φτιαγμένο σε μορφή RAID 5, αποτελούμενο από 5 σκληρούς δίσκους ULTRA SCSI 160, 100 GB, 10.000RPM. Οι δίσκοι αυτοί συνδέονται και διαχειρίζονται από ειδικό controller με δύο κανάλια, που υποστηρίζει RAID 5. Η τελική χωρητικότητα, αν δεν χρησιμοποιηθεί κανένας δίσκος σαν spare, αφού μετά τη διαδικασία καταχώρησης των parity checks του RAID 5 ο χώρος που μένει είναι τα 2/3 του συνολικού, έχουμε: Χώρος=2/3\*5\*100GB =333 GBytes.

Θεωρητικά στοιχεία για το RAID υπάρχουν στο Παράρτημα.

## Μετρήσεις

Οι βασικότερες μετρήσεις έγιναν κυρίως με βάση το πρόγραμμα MRTG που εγκαταστάθηκε στο ΕΠΠ για την καταγραφή της δικτυακής κίνησης στις κάρτες δικτύου των βασικών server του τμήματος:

Οι μετρήσεις αυτές είναι διαθέσιμες από τη διεύθυνση

<http://firewall.epp.teiher.gr/mrtg>.

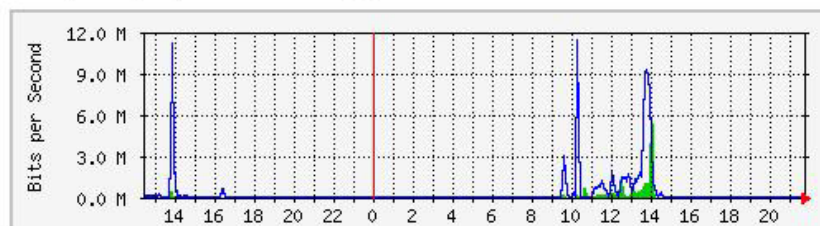
Μια εικόνα από το πρόγραμμα φαίνεται παρακάτω:

## Traffic Analysis for 10.0.2.16 -- HERCULES

System: HERCULES in  
 Maintainer:  
 Description: Intel(R)-PRO/1000-XT-Server-Adapter  
 ifType: ethernetCsmacd (6)  
 ifName:  
 Max Speed: 1000.0 Mbits/s  
 Ip: 10.0.2.16 (hercules.epp.teiher.gr)

The statistics were last updated **Thursday, 24 February 2005 at 21:45**,  
 at which time 'HERCULES' had been up for **10 days, 5:37:55**.

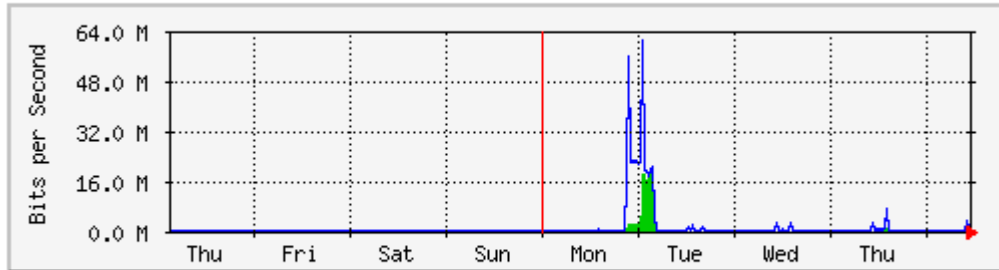
### 'Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In:5414.5 kb/s (0.5%) Average In:76.0 kb/s (0.0%) Current In:2480.0 b/s (0.0%)  
 Max Out:11.4 Mb/s (1.1%) Average Out:310.1 kb/s (0.0%) Current Out:2400.0 b/s (0.0%)

Με μπλε γραμμή απεικονίζεται η εξερχόμενη κίνηση. Τα στατιστικά είναι 5λεπτα, επομένως υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης υψηλότερων στιγμιαίων τιμών που όμως εξομαλύνονται λόγω του μέσου όρου ανά 5λεπτο. Το πρόγραμμα κρατάει σε αρχείο την ημερήσια κίνηση ανά 5λεπτο, την εβδομαδιαία ανά ημίωρο, τη μηνιαία ανά δίωρο και τέλος την ετήσια ανά ημέρα, όπως φαίνεται παρακάτω:

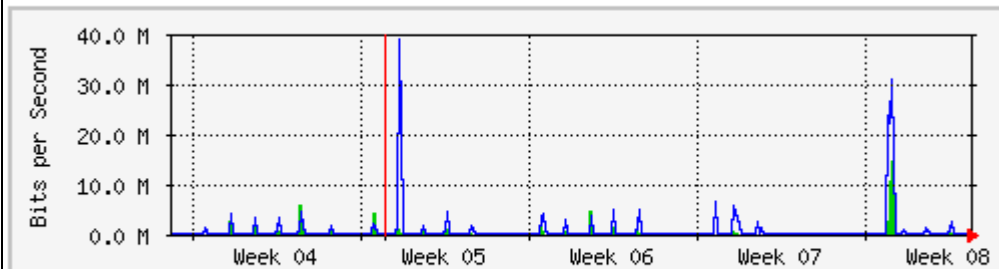
**'Weekly' Graph (30 Minute Average)**



Max In:18.9 Mb/s (1.9%) Average In:328.1 kb/s (0.0%) Current In:325.6 kb/s (0.0%)  
 Max Out:61.1 Mb/s (6.1%) Average Out:1044.6 kb/s (0.1%) Current Out:1323.3 kb/s (0.1%)

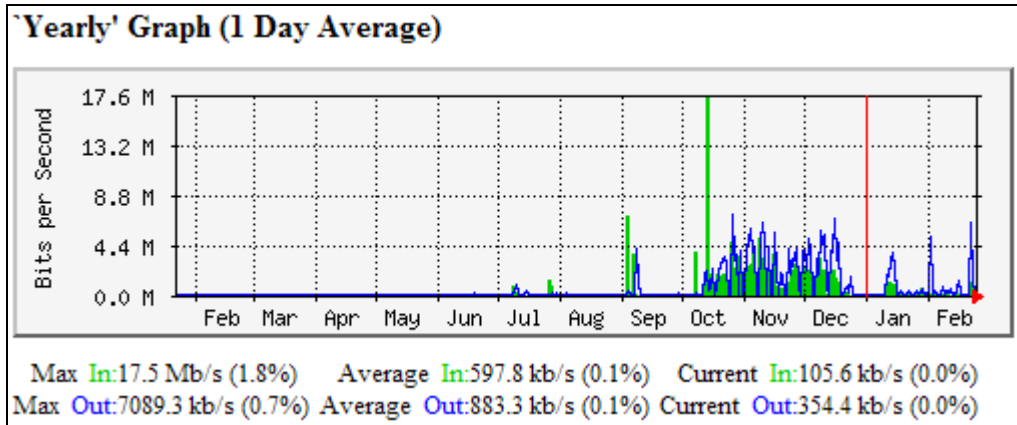
Στο σχήμα της συγκεκριμένης εβδομάδας, φαίνεται πως η κίνηση, χωρίς μαθήματα ανάμεσα στα δύο εξάμηνα ήταν σχεδόν μηδενική, με εξαίρεση την Δευτέρα το βράδυ. Εκείνη την ημέρα, πραγματοποιήθηκαν μεταφορές αρχείων από τον ένα server στον άλλο, μέσω του switch. Βλέπουμε ότι το μέγιστο άγγιξε τα 61 Mbit/sec νούμερο αρκετά μεγάλο, αλλά καθόλου κοντά στο Gigabit (utilization μόλις 6,1%). Είναι λοιπόν φανερό ότι κάποιος άλλος παράγοντας επηρεάζει σημαντικά την απόδοση του file server, πέρα από το δίκτυο. Πιθανότερη αιτία φαίνεται πως είναι το Input/Output του συστήματος σκληρού δίσκου του server.

**'Monthly' Graph (2 Hour Average)**



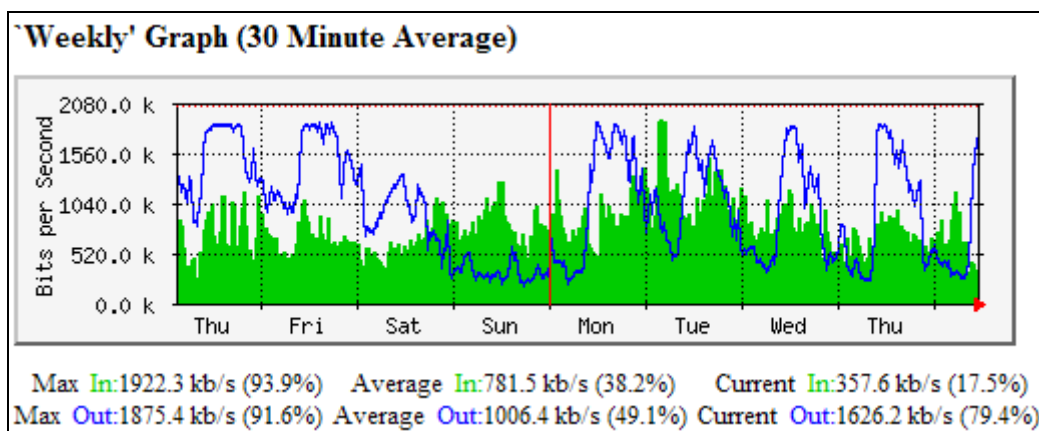
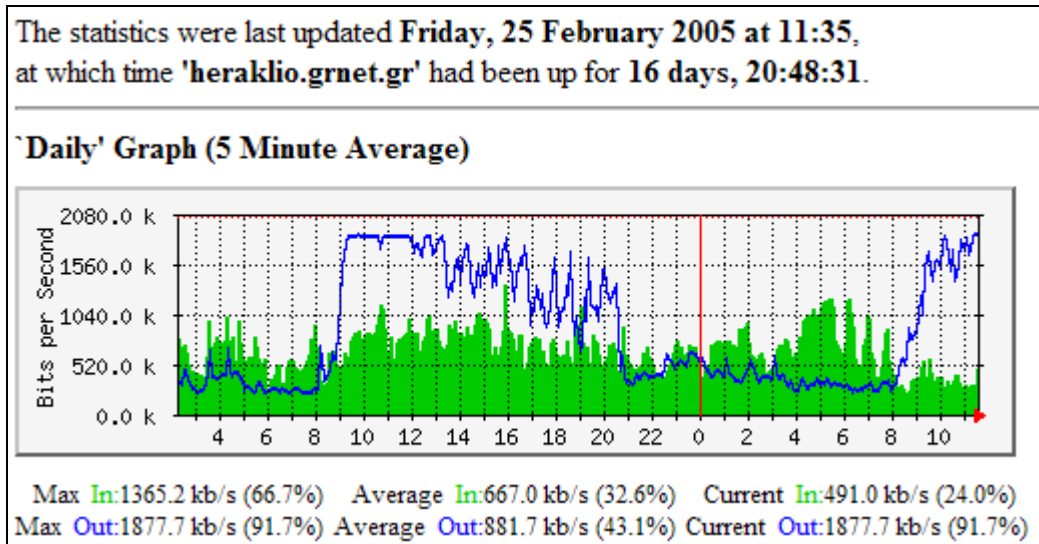
Max In:14.9 Mb/s (1.5%) Average In:208.4 kb/s (0.0%) Current In:61.2 kb/s (0.0%)  
 Max Out:39.0 Mb/s (3.9%) Average Out:671.2 kb/s (0.1%) Current Out:936.9 kb/s (0.1%)

Παρατηρώντας το μηνιαίο γράφημα, βλέπουμε μικρές κορυφές ανά ημέρα (η περίοδος είναι πριν την έναρξη του εαρινού εξαμήνου, χωρίς φοιτητές), ενώ στο ετήσιο γράφημα φαίνεται καθαρά η περίοδος των μαθημάτων, Οκτώβριος - Δεκέμβριος:



Το ίδιο πρόγραμμα χρησιμοποιείται και από τους διαχειριστές μεγάλων δικτύων όπως το ΕΔΕΤ αλλά και τα κατά τόπους κέντρα διαχείρισης δικτύων (NOC).

Παρακάτω φαίνεται το αντίστοιχο γράφημα για τη γραμμή που συνδέει το ΤΕΙ με το δίκτυο του ΕΔΕΤ:



Είναι εμφανείς οι «εργάσιμες ώρες» με την κίνηση σχεδόν καθημερινά να φτάνει το μέγιστο γύρω στις 9:00 το πρωί, να μειώνεται μετά τις δύο και να πέφτει σε χαμηλά επίπεδα μόνο μετά τις 9:00 το βράδυ. Δυστυχώς τα αναλυτικά δεδομένα ανά 5λεπτο, για λόγους χωρητικότητας δίσκου, σβήνονται αυτόματα στο τέλος της ημέρας. Έτσι δεν υπάρχουν

πολύ αναλυτικά στοιχεία από το παρελθόν, μόνο η εικόνα του ημερήσιου μέσου όρου (εξίσου σημαντική βέβαια).

Για τους σκοπούς της εργασίας, έπρεπε να χρησιμοποιηθούν μετρήσεις από μια «εργάσιμη» για το τμήμα ημέρα. Έτσι, αποθηκεύτηκαν τα δεδομένα της 25<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 2004.

Τα δεδομένα είναι ένας πίνακας της παρακάτω μορφής (φαίνονται τα δεδομένα από 07:00 μέχρι 14:00). Υπάρχουν η ώρα σε μορφή UnixStamp, η κίνηση εισερχομένων και εξερχομένων σε μέσο όρο για το 5λεπτο, καθώς και τα μέγιστα ανά 5λεπτο. Τέλος έχουμε μετατρέψει την ώρα σε κανονική μορφή, χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο στο Excel:

$= (x+y) / 86400 + \text{DATE} (1970, 1, 1)$

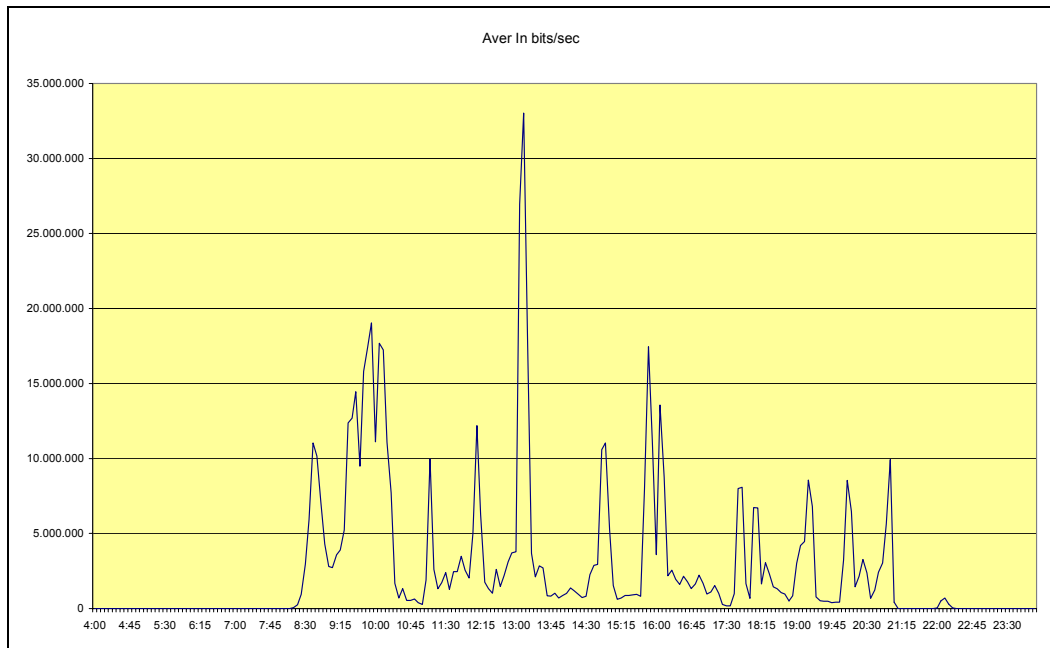
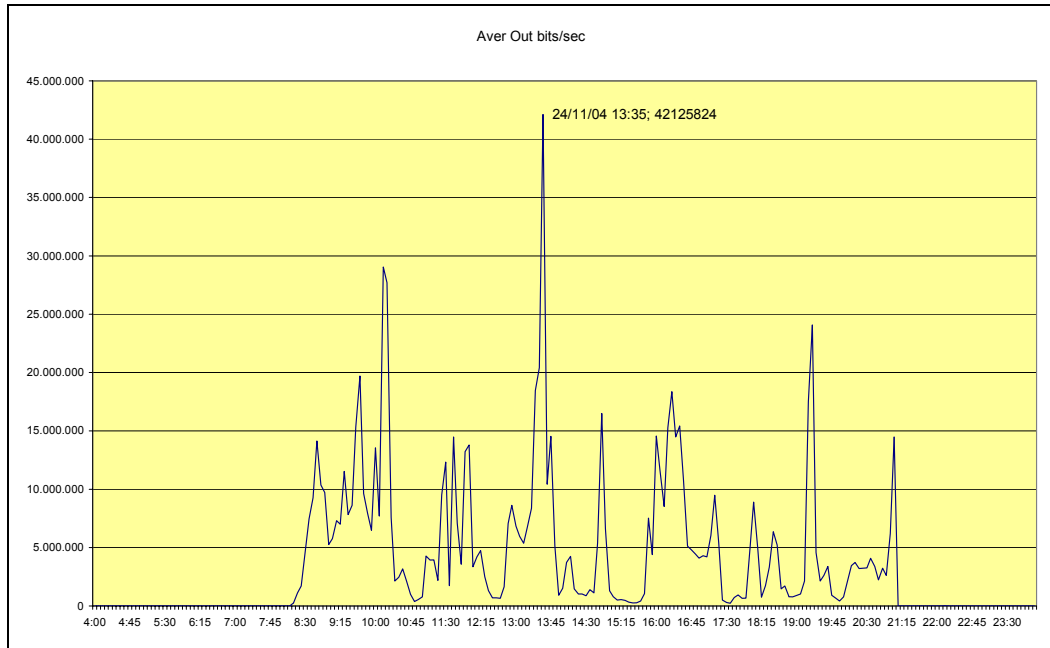
όπου x είναι το UnixTimeStamp και y είναι η διαφορά από ώρα UTC, σε δευτερόλεπτα (για την Ελλάδα UTC + 2).

TimeUnixStamp	Aver In bits/sec	Aver Out bits/sec	Max in bits/sec	Max out bits/sec	Converted Time
1101276600	5856	8088	19504	38368	24/11/04 8:10
1101276900	52344	257920	181040	1118160	24/11/04 8:15
1101277200	256280	1118160	563648	1118160	24/11/04 8:20
1101277500	945600	1708656	2539296	4172488	24/11/04 8:25
1101277800	2962520	4760696	4806592	7323624	24/11/04 8:30
1101278100	5939656	7460944	11101416	8086536	24/11/04 8:35
1101278400	11033152	9273112	11101416	14932168	24/11/04 8:40
1101278700	10169392	14149792	10707608	14932168	24/11/04 8:45
1101279000	7057360	10367248	7541656	10558264	24/11/04 8:50
1101279300	4305672	9724064	4576592	10558264	24/11/04 8:55
1101279600	2806824	5272344	2847320	5486336	24/11/04 9:00

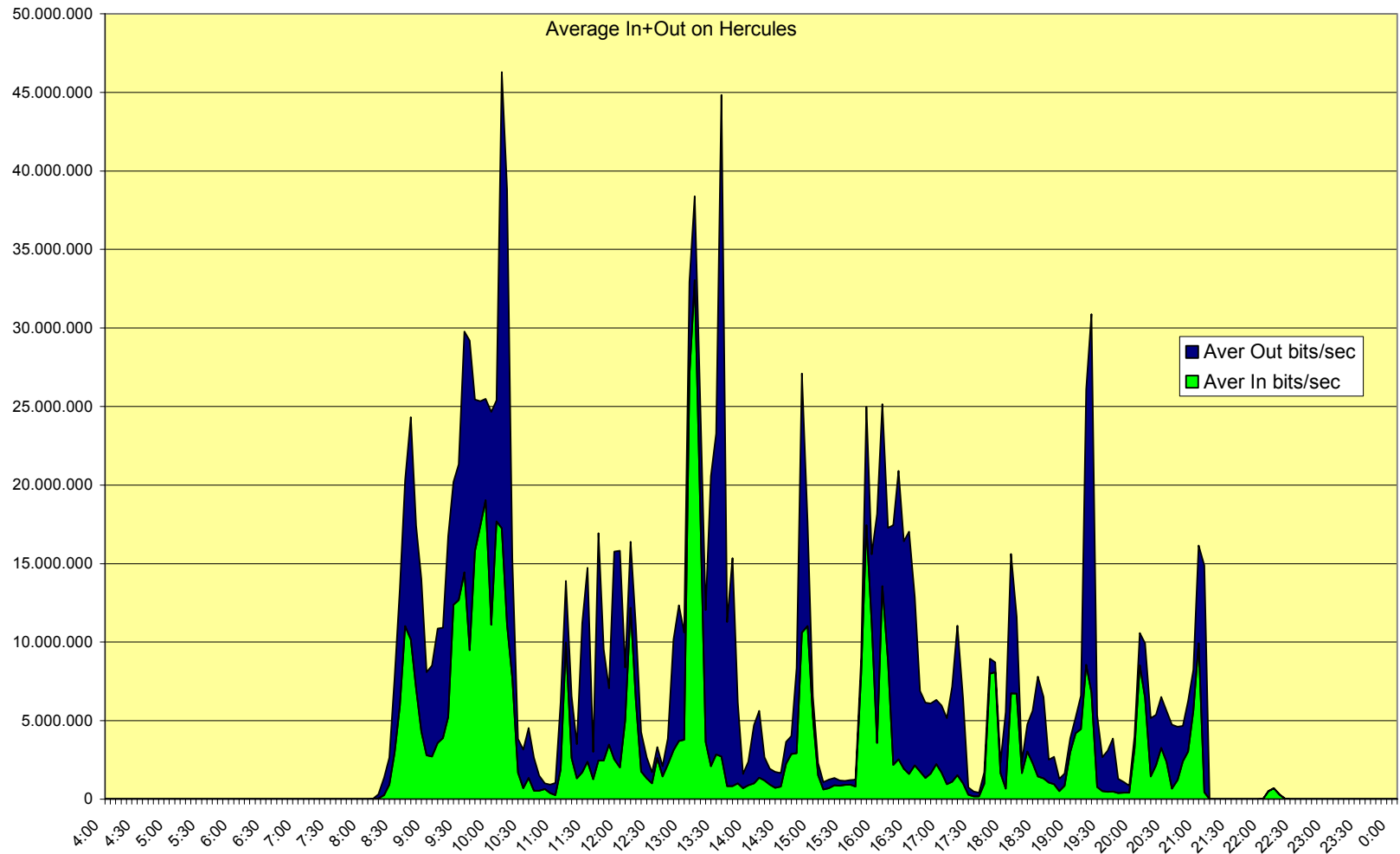
Όπως είναι εμφανές, υπάρχει μηδενική σχεδόν κίνηση κατά τη διάρκεια της νύχτας, αρχίζει να εμφανίζεται κίνηση την 1<sup>η</sup> ώρα, (8:00), η οποία μειώνεται (χωρίς να μηδενίζεται) στα διαλλείματα, φτάνει σε μέγιστη τιμή και μετά σχεδόν μηδενίζεται κατά τη διάρκεια του μεσημεριανού διαλλείματος για φαγητό.

Το ίδιο μοτίβο επαναλαμβάνεται κατά τις απογευματινές ώρες, για να μηδενιστεί η κίνηση μετά τις 9:00 το βράδυ, όταν κλείνουν τα εργαστήρια. Η κατανομή ανά ημέρα είναι σε γενικές γραμμές αναμενόμενη, με τα διαλλείματα και τα μέγιστα σε προβλέψιμους χρόνους. Δεν είναι όμως μοντελοποιήσιμη.

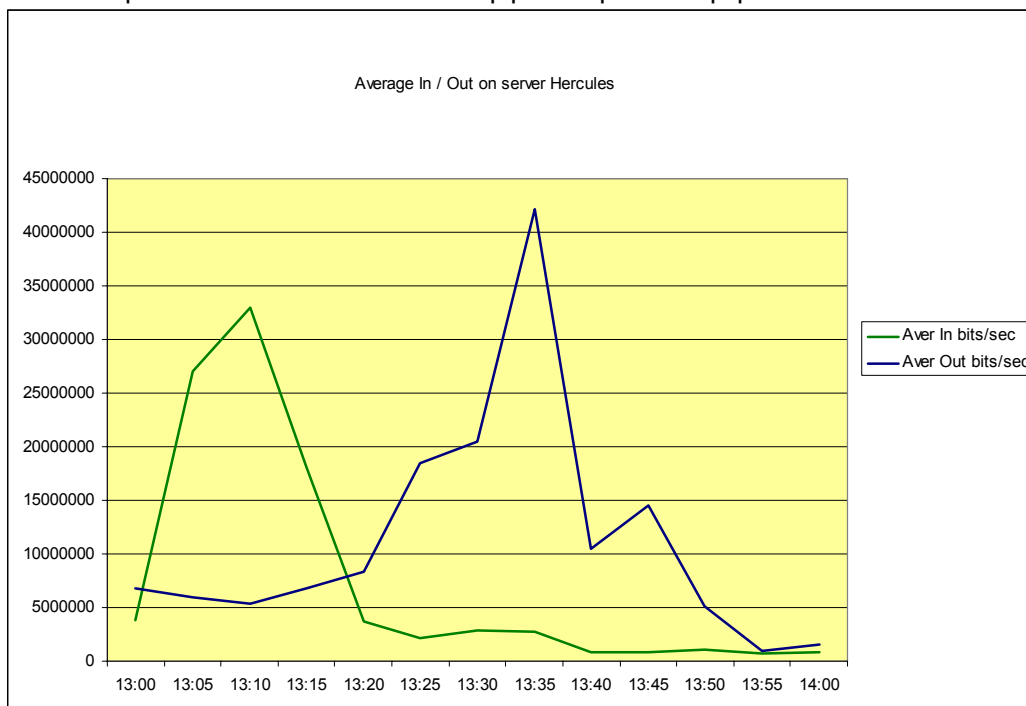
Παρακάτω φαίνονται σε γραφήματα, η εξερχόμενη και εισερχόμενη κίνηση στο file server Hercules, για όλη την ημέρα **και στη συνέχεια ένα γράφημα στο οποίο εμφανίζονται τα δύο αυτά μεγέθη αθροιστικά, δείχνοντας έτσι ουσιαστικά το συνολικό throughput του server.**



>



Αν εστιάσουμε ιδιαίτερα σε κάποια διδακτική ώρα, γίνεται εμφανές πως το αποτέλεσμα είναι πολύ πιο κοντά στη γνωστή κατανομή Poisson



Για τη μελέτη που θα γίνει σ' αυτή την εργασία, λάβαμε υπόψη τη διδακτική ώρα με τη μεγαλύτερη κίνηση, αυτή πριν το μεσημεριανό φαγητό. (13:15 – 14:00).

Σκοπός είναι να εντοπίσουμε την ώρα που χρησιμοποιείται ο μέγιστος αριθμός υπολογιστών στα εργαστήρια και δημιουργείται η μέγιστη ζήτηση αρχείων από το server. Έτσι, θα μπορέσουμε να προσομοιώσουμε το σύστημα με το Comnet, **εξετάζοντας το σύστημα στα μέγιστα όριά του.**

Όπως φαίνεται από το σχήμα, στην αρχή υπάρχει μεγαλύτερη κίνηση στο in του server, καθώς συνήθως οι σπουδαστές ξεκινούν να δημιουργούν και να αποθηκεύουν αρχεία (write). Στη συνέχεια, υπάρχουν περισσότερα reads (out).

Για τον υπολογισμό του throughput στο server, αναλύσαμε τα δεδομένα (Average in και out) μέσω της στατιστικής ανάλυσης που παρέχει το Excel (Πρόσθετα, Πακέτο εργαλείων ανάλυσης).

Τα αποτελέσματα, για την ώρα 13:00-14:00 της 24<sup>ης</sup> Νοεμβρίου, φαίνονται παρακάτω:

<i>Aver In bits/sec</i>	
Μέσος	7.499.028,31
Τυπικό σφάλμα	3.066.664,70
Διάμεσος	2.711.592,00
Κύρτωση	1,54
Ασυμμετρία	1,70
Εύρος	32.333.728
Ελάχιστο	693.728
Μέγιστο	33.027.456
Πλήθος	13

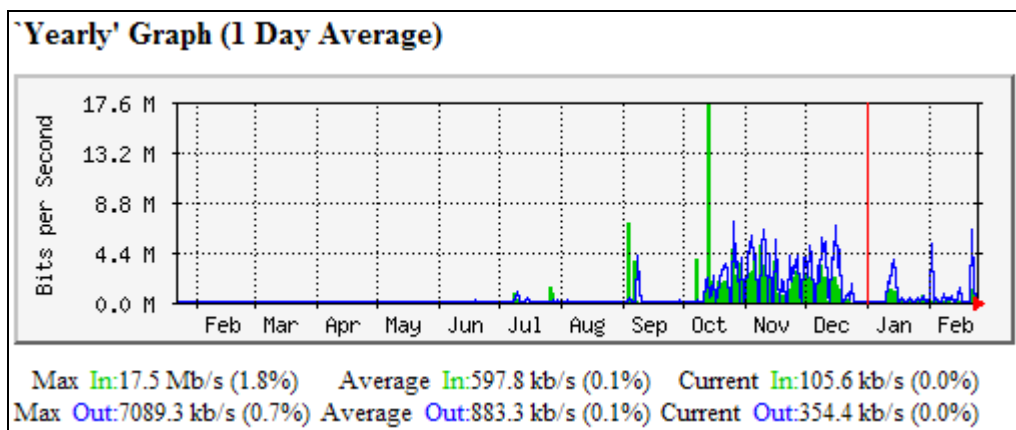
*Η μελέτη του συστήματος θα γίνει για μία διδακτική ώρα, τη στιγμή που φαίνεται να εμφανίζονται οι μέγιστες ημερήσιες τιμές. Σκοπός είναι η μελέτη κρίσιμων μεγεθών όταν το σύστημα εργάζεται οριακά.*



Aver Out bits/sec	
Μέσος	11.300.312,00
Τυπικό σφάλμα	3.049.188,42
Διάμεσος	6.829.672,00
Κύρτωση	4,92
Ασυμμετρία	2,05
Εύρος	41.214.480
Ελάχιστο	911.344
Μέγιστο	42.125.824
Πλήθος	13

## Συμπεράσματα από τις μετρήσεις

Η ημέρα που επιλέχθηκε ήταν τυχαία. Αντίστοιχες εικόνες εμφανίζουν και οι μετρήσεις για άλλες ημέρες, κάτι που φαίνεται και από το ετήσιο γράφημα του MRTG. Στις αρχές Οκτωβρίου τα αρχεία των χρηστών μεταφέρθηκαν από τον παλιό server προς τον Hercules (γι' αυτό υπάρχει εμφάνιση υψηλών τιμών στα εισερχόμενα, καθώς υπήρχε μεταφορά πάνω από 200 GBytes μέσω Gigabit switch στο οποίο είχαν συνδεθεί και οι δύο server). Μετά τη μεταφορά αυτή, είναι φανερό ότι το μοτίβο ανά ημέρα είναι επαναλαμβανόμενο.



Παρόλο όμως που ο Hercules είναι συνδεδεμένος σε ένα switch που υποστηρίζει Gigabit, οι μέγιστες τιμές στο throughput δεν ξεπερνούν τα 50Mbps.

Ακόμη κι όταν υπάρχει έντονη μεταφορά αρχείων μέσω του Gigabit switch, σε ώρες μη εργάσιμες, χωρίς άλλη ιδιαίτερη δικτυακή κίνηση, το σύστημα δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 50 Mbps.

Είναι λοιπόν προφανές, ότι στο server υπάρχει κάποιο υποσύστημα που δεν επιτρέπει την ταχύτερη μεταφορά δεδομένων και δημιουργεί το φαινόμενο **bottleneck**.

Δεν είναι δύσκολο να καταλάβει κανείς ότι το bottleneck οφείλεται στο υποσύστημα του storage.

Όσο υψηλός είναι ο βαθμός ασφάλειας των δεδομένων με το σύστημα RAID 5 που χρησιμοποιεί ο Hercules, τόσο χαμηλό είναι το transfer rate του συστήματος I/O.

Ο Hercules διαθέτει 5 σκληρούς δίσκους, ULTRA SCSI 160, 100GB, 10.000RPM. Κάθε δίσκος λοιπόν έχει maximum transfer rate (burst) 160 Mbps.

Στην πράξη, ο κάθε δίσκος έχει μέσο transfer rate της τάξης των 80 Mbps.

Όταν προσθέσουμε και το parity που γράφεται στους δίσκους για τη διαφύλαξη των δεδομένων με το σύστημα RAID 5,

τα πράγματα γίνονται ακόμη χειρότερα. Για κάθε byte που πρέπει να γραφεί, ο RAID controller κάνει τους απαραίτητους υπολογισμούς και οι κεφαλές των δίσκων γράφουν τα parity check αντί για τα δεδομένα. Ταυτόχρονα πρέπει να λάβουμε υπόψη

*Το σύστημα RAID 5 με σκληρούς δίσκους SCSI Ultra 160 φαίνεται να δημιουργεί σημαντικές καθυστερήσεις στη λειτουργία του server*

ότι ο αριθμός των αρχείων που μεταβάλλονται καθημερινά είναι πάρα πολύ μεγάλος, τα αρχεία είναι πάρα πολύ διάσπαρτα μέσα σε κάθε δίσκο και οι πραγματική ταχύτητα ανάγνωσης ή εγγραφής είναι ακόμη περισσότερο χαμηλότερες.

Μια λύση που φαίνεται λοιπόν να γεννιέται μέσα από αυτή τη μελέτη, ίσως δοθεί με τη χρησιμοποίηση και άλλων file server και η ισοκατανομή των χρηστών σ' αυτούς.

Ας δούμε όμως αν μπορούμε να καταλήξουμε στο ίδιο συμπέρασμα και με χρήση εξομοίωσης στο Comnet.

# Το μοντέλο στο comnet

## Η ιδέα

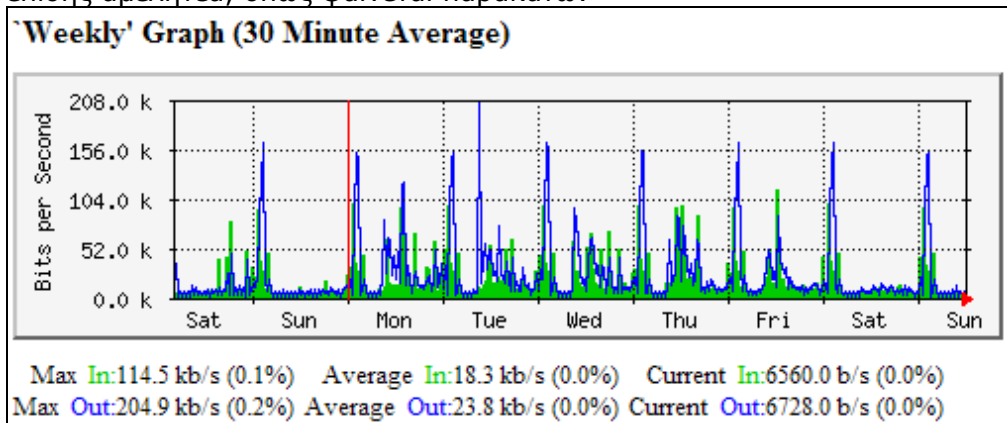
Θα χρησιμοποιηθεί το πακέτο εξομοίωσης δικτύων Comnet και θα γίνει μια προσπάθεια μοντελοποίησης του δικτύου του ΕΠΠ. Από το μοντέλο αυτό, θα μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα σε δύο άξονες:

1. Θα γίνει προσπάθεια να επιβεβαιωθούν τα πειραματικά δεδομένα, κυρίως σε ότι αφορά το bottleneck του δικτύου
2. Θα μπορούν να γίνουν διάφορες τροποποιήσεις του δικτύου πάνω στο μοντέλο και να δοκιμαστούν με εξομοίωση, πριν εφαρμοστούν στην πράξη. Τέτοιες δοκιμές θα μπορούσαν να αφορούν τη διαίρεση των χρηστών σε περισσότερους servers, ή τη διαίρεση του Vlan που αποτελεί το ΕΠΠ, σε μικρότερα vlans, ίσως ένα ανά κτίριο ή και ανά αίθουσα, περιορίζοντας έτσι σημαντικά τα broadcasts. Τα αποτελέσματα του Comnet και το ποσοστό βελτίωσης που θα προκύψει, σε συνδυασμό με το απαιτούμενο κόστος για την υλοποίηση της τροποποίησης, μπορεί να οδηγήσει σε επιτυχημένες οικονομοτεχνικές μελέτες.

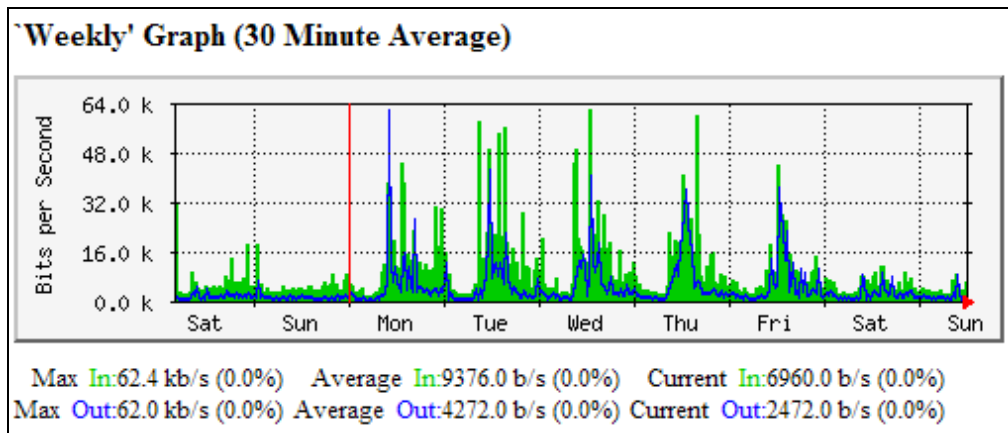
*Η μοντελοποίηση του δικτύου μπορεί να δώσει σημαντική βοήθεια στην εκπόνηση οικονομοτεχνικών μελετών για τροποποιήσεις - αναβαθμίσεις του δικτύου.*

Για το σκοπό της εργασίας αυτής θα αγνοηθεί η δικτυακή κίνηση προς το Internet, αφού το συνολικό bandwidth που διαθέτει ολόκληρο το τμήμα, δεν ξεπερνάει τα 500Kbps, επομένως, μέσα σ' ένα Gigabit δίκτυο, η κίνηση αυτή μπορεί να αγνοηθεί.

Επίσης θα αγνοηθεί η κίνηση προς τους mail servers - web servers του τμήματος, καθώς όπως δείχνουν τα γραφήματα του MRTG, αυτή είναι επίσης αμελητέα, όπως φαίνεται παρακάτω:



**Εβδομαδιαίο traffic στο mail server**



Εβδομαδιαίο traffic στο web server

## Ο σχεδιασμός

Το μοντέλο που χρησιμοποιήσαμε είναι σχετικά απλό.

Κάθε «κτίριο» με κατανομητή διαθέτει ένα μεγάλο layer 3 Cisco switch με αρκετές πόρτες 10/100/1000TX. Άρα, στο comnet βάλαμε τα 4 βασικά switch και ένα Computer Group να συνδέεται πάνω στο καθένα:

**STEF\_SW** για τη ΣΤΕΦ, με τα εργαστήρια 10, 11, 12 και DVB και συνολικό αριθμό H/Y στο Group 50.

**PK\_SW** για το ΠΚ με τα εργαστήρια ΠΚ1, ΠΚ2 και ΠΚ3 και συνολικό αριθμό H/Y στο group 40.

**NSTEF\_SW** για το κτίριο της γραμματείας, με συνολικό αριθμό υπολογιστών στο group 10.

**Techmed\_SW** για τους υπολογιστές που υπάρχουν στο εργαστήριο Τηλεϊατρικής. Στο χώρο αυτό, υπάρχει και ο file server Hercules.

Αυτά τα switch ενώνονται με ένα κεντρικό πάνω στο οποίο υλοποιείται το backbone.

Οι ρυθμίσεις είναι πανομοιότυπες για όλα τα Computer Group με μόνη εξαίρεση τον αριθμό υπολογιστών που υπάρχουν στο καθένα.

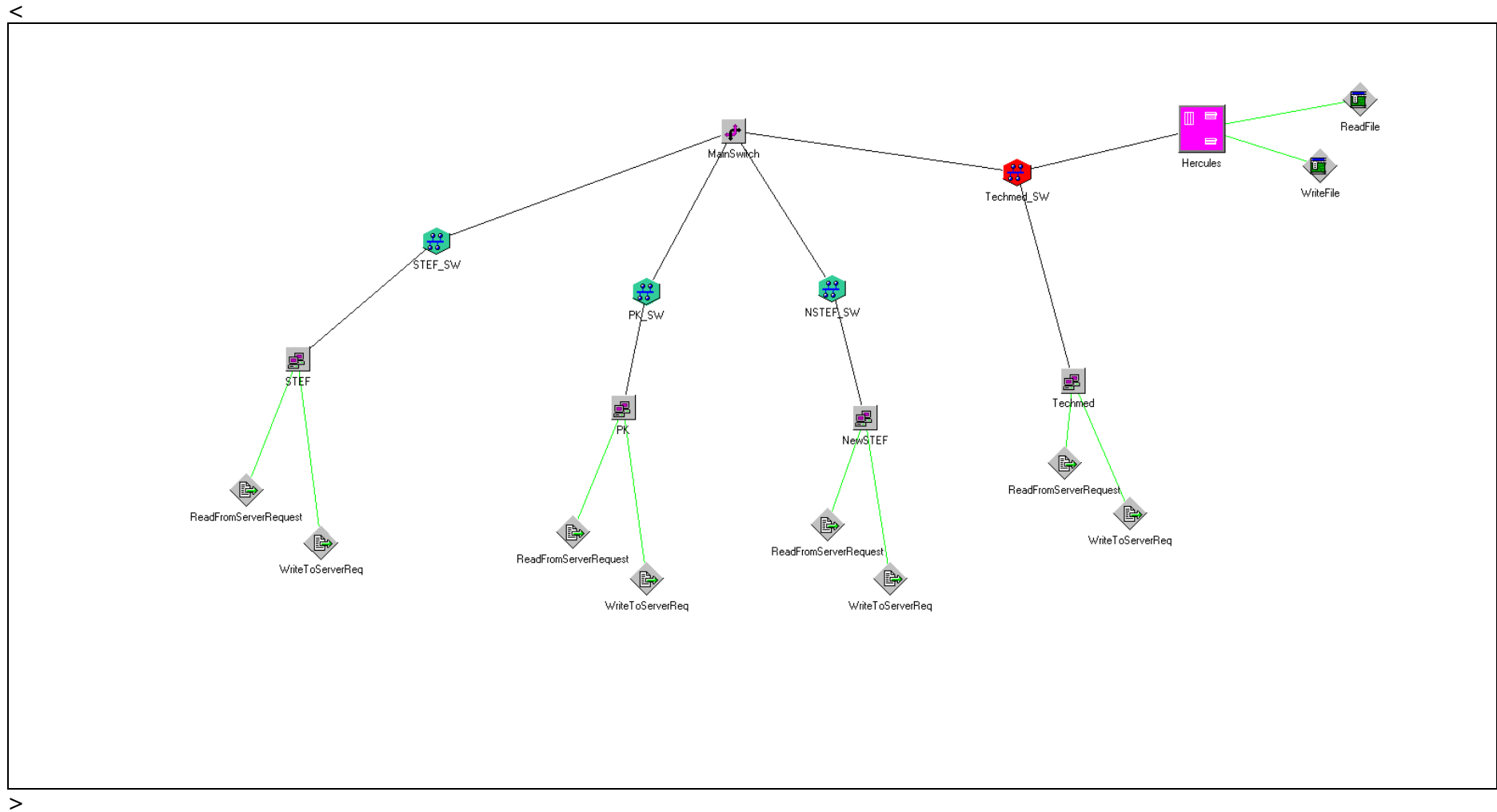
Ο τύπος δικτύου που συνδέει τους υπολογιστές των workgroups των εργαστηρίων με το switch του κάθε κτιρίου είναι 802.3 CSMA/CD 100BaseT.

Στην πραγματικότητα τα switches αυτά, ενώνονται σε ένα κεντρικό switch με οπτικές ίνες και FDM, όμως το comnet δεν επιτρέπει τη σύνδεση switch με switch. Έτσι, αντί γι' αυτό, τοποθετήθηκε ένας network device με default settings. Default είναι επίσης όλες οι παράμετροι του δικτύου. Κάθε μέλος του group επικοινωνεί με το server για να γράψει και να διαβάσει αρχεία.

Δημιουργήθηκαν λοιπόν δύο είδη request:

### 1. ReadFromServerRequest

Το μέγεθος του πακέτου για το request θεωρήσαμε ότι είναι περίπου 1000 bytes με εκθετική κατανομή -  $\text{Exp}(1000.0)$ . Στο destination ορίστηκε ο Hercules. Το interarrival ορίστηκε  $\text{Poi}(360.0)$  επειδή θεωρούμε ότι κατά τη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας (3600 sec), ένας μέσος χρήστης θα χρειαστεί να διαβάσει περίπου 10 αρχεία ή ένα αρχείο ανά 360 sec.



## 2. WriteToServerRequest

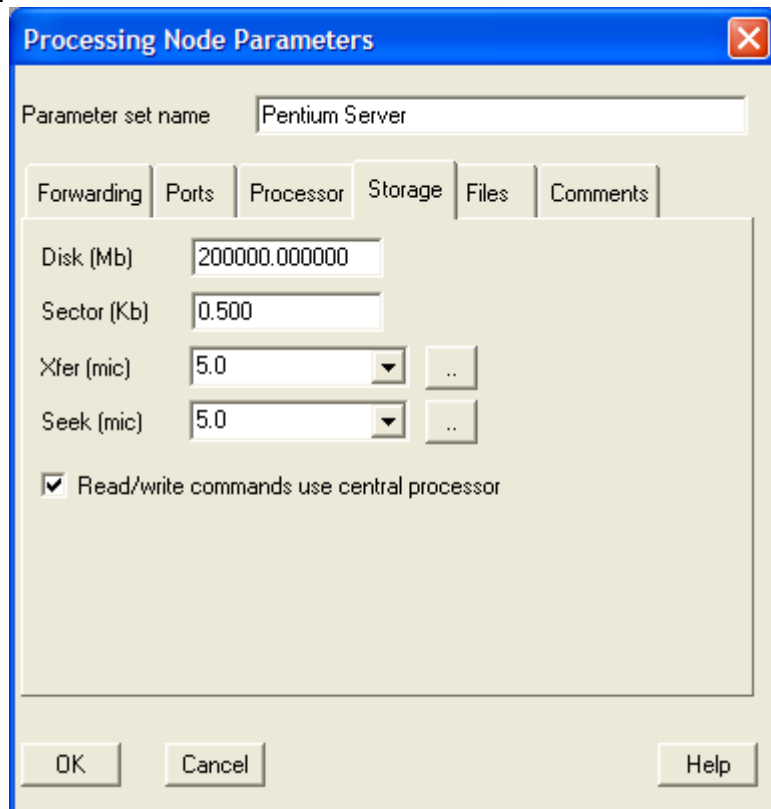
Ένα msg source με μεγάλο, κυμαινόμενο μέγεθος Poi(150000.0), κατευθύνεται στο server με interarrival Poi(360.0), με την ίδια λογική που αναφέρθηκε παραπάνω στο ReadFromServerRequest.

Οι υπόλοιπες παράμετροι δεν πειράχτηκαν.

Για να φτάσουμε στο server περνάμε από ένα switch 802.3z Gigabit ethernet (LAN) (παριστάνεται με κόκκινο χρώμα).

### Παράμετροι του server:

Ονομάστηκε Pentium Server με 2 processors ικανούς για 3.000 Processing/cycle. Σημαντικό ρόλο όμως έπαιξαν οι παράμετροι στο Storage:

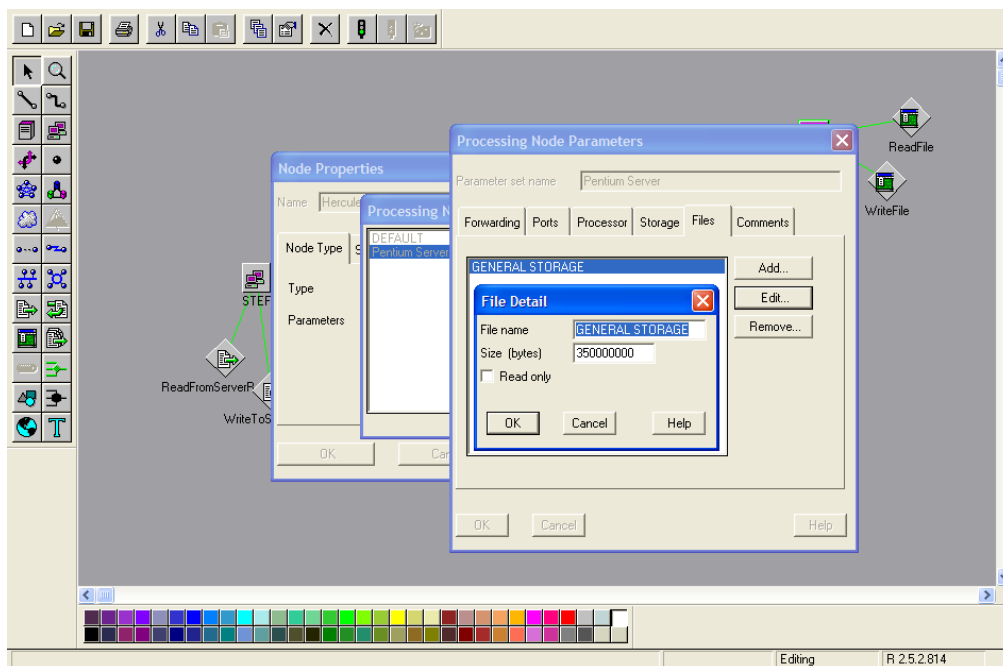


Αυτοί υπολογίστηκαν ως εξής:

Σύμφωνα με τον τρόπο που ορίστηκαν οι παράμετροι του RAID, ορίστηκε σαν sector size=512 bytes. Άρα 0,5 Kb.

Επίσης, θεωρητικά ένας σκληρός δίσκος SCSI εμφανίζει ελάχιστο seek time και latency της τάξης του 1 ms. Αυτή όμως είναι η μέγιστη τιμή, που δίνει ο κατασκευαστής. Η πραγματική μέση τιμή όμως είναι πολύ μεγαλύτερη. Για τον υπολογισμό της τιμής Xfer (latency) και Seek ακολουθήσαμε την εξής μέθοδο. Μετρήσαμε με μετροπρογράμματα το transfer rate της συστοιχίας δίσκων του Server (HD Speed κ.ά.), σε ώρες ηρεμίας, χωρίς χρήστες να χρησιμοποιούν το σύστημα. Το αποτέλεσμα (περίπου 33MB/sec) και η λογική που διέπει τον υπολογισμό του transfer rate, μας οδήγησαν στη χρήση των τιμών αυτών.

Τέλος, για το server ορίστηκε το GENERAL STORAGE σαν ένα μεγάλο αρχείο, που ουσιαστικά απεικονίζει το δίσκο του server.



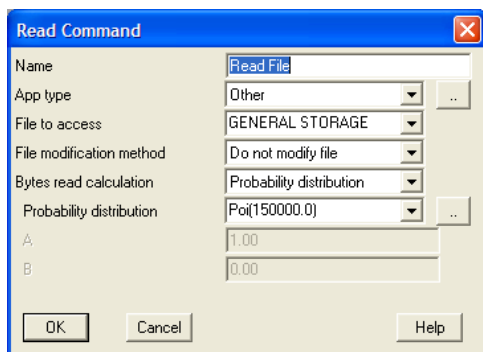
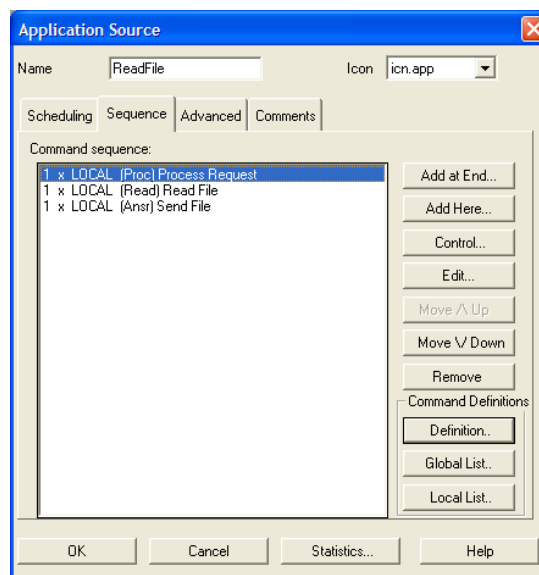
Στο server τοποθετήθηκαν δύο Application sources, για την ανάγνωση και την εγγραφή αρχείου:

### 1. ReadFile

Ακολουθώντας το μοντέλο Melco που έχει το Comnet στα παραδείγματα, δημιουργήσαμε Application Source και όχι ένα Msg-Response, με σκοπό να χρησιμοποιήσει το μοντέλο μας τους περιορισμούς που θέτει το σύστημα του Storage στο server. Κάθε msg-request από κάθε client ενεργοποιεί αυτή την εφαρμογή που εκτελείται σε 3 στάδια:

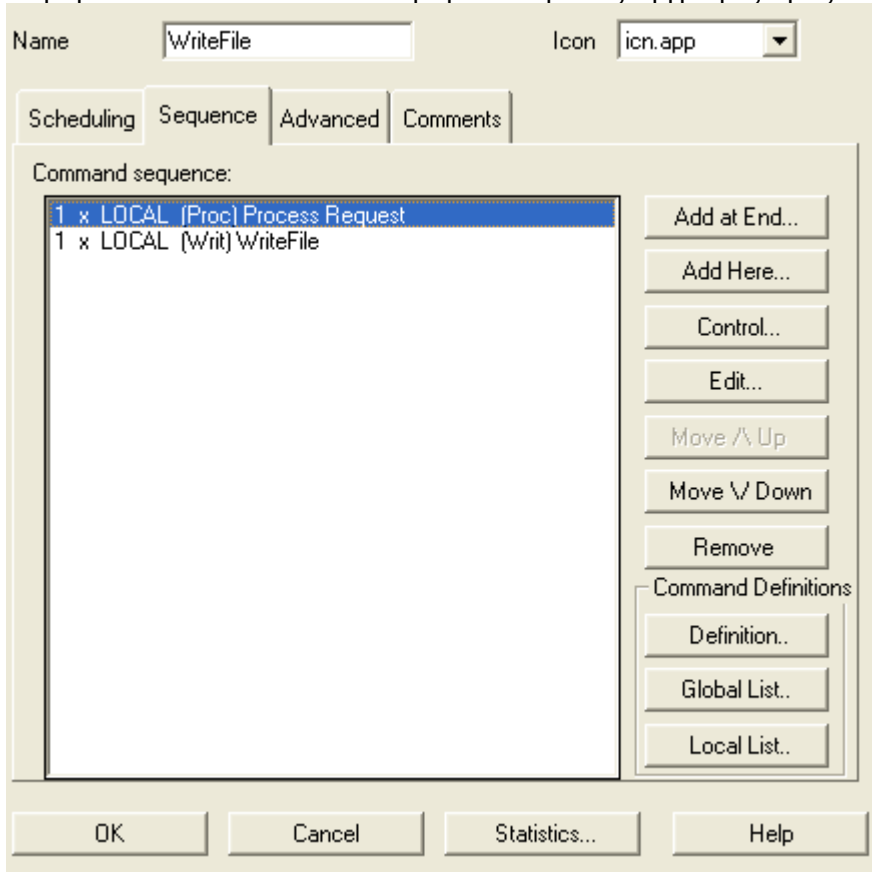
1. Γίνεται επεξεργασία του αιτήματος, που απαιτεί 2 κύκλους επεξεργαστή.
2. Γίνεται ανάγνωση αρχείου με μέγεθος καθοριζόμενο από  $Poi(150000.00)$  bytes.
3. Γίνεται αποστολή του αρχείου προς τον client.

Στις ιδιότητες του ReadFile ορίστηκε ότι το αρχείο που θα διαβάζεται θα έχει μέγεθος 150.000 bytes, με κατανομή.

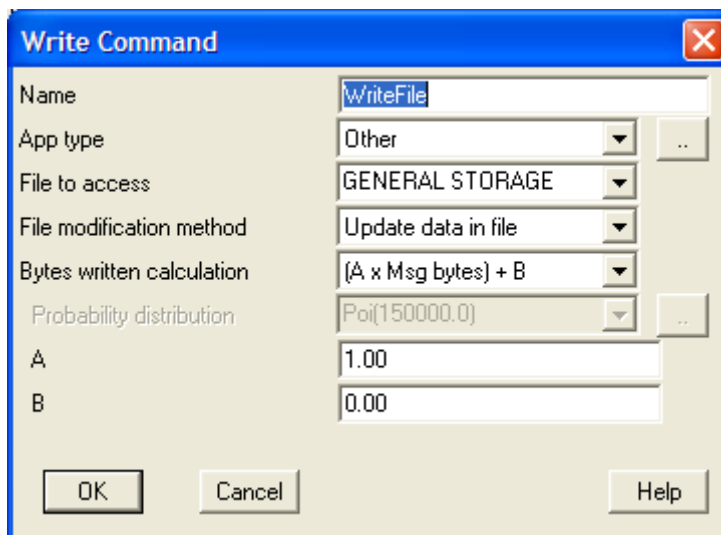


Αυτό προέκυψε επειδή στο δίσκο του server, υπάρχουν 1.720.248 αρχεία, που καταλαμβάνουν 257.899.840.806 bytes. Άρα, το μέσο μέγεθος κάθε αρχείου πλησιάζει τα 150.000 bytes. Στο send file ορίζεται ως μέγεθος αποστολής  $=A \times \text{FileSize} + B$ , με  $A=1$  και  $B=0$ . **Επίσης, στο destination ορίστηκε ενεργό ECHO.**

Παρόμοια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τις εγγραφές προς το δίσκο.



Μόλις φτάσει το μήνυμα από τον client, γίνεται επεξεργασία και στη συνέχεια εγγραφή του αρχείου που έχει μέγεθος όσο το msg που στέλνεται από τον client.



Η εξομοίωση ορίστηκε να τρέχει για 3600 sec = 1 ώρα.  
Τμήματα της αναφοράς φαίνονται παρακάτω:



Stat1.rpt - Notepad

File Edit Format View Help

Compuware COMNET III Release 2.5.2.814 Sun Feb 27 23:58:21 2005 PAGE 1

EPP\_normalReadFile

NODES: PROCESSOR + DISK UTILIZATION

REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 3600.0 SECONDS

NODE	DISK REQSTS GRNTD	DISK USAGE (KILOBYTES)			PROCESSOR % UTIL
		AVERAGE	MAXIMUM	STD DEV	
Hercules	2398	341796.875	341796.875	0.000	0.2976
STEF	0	0.000	0.000	0.000	0.0000
PK	0	0.000	0.000	0.000	0.0000
Techmed	0	0.000	0.000	0.000	0.0000
NewSTEF	0	0.000	0.000	0.000	0.0000
Mainswitch	0	0.000	0.000	0.000	0.2565

Compuware COMNET III Release 2.5.2.814 Sun Feb 27 23:58:21 2005 PAGE 2

LINKS: CHANNEL UTILIZATION

REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 3600.0 SECONDS

LINK	FRAMES		TRANSMISSION DELAY (MS)			% UTIL
	DELIVERED	RST/ERR	AVERAGE	STD DEV	MAXIMUM	
STEF_SW	310902	0	0.080	0.105	17.717	0.3842
PK_SW	247298	0	0.080	0.089	13.123	0.3056
Techmed_SW	720886	0	0.009	0.010	3.680	0.1387
NSTEF_SW	61999	0	0.080	0.082	0.926	0.0766

Compuware COMNET III Release 2.5.2.814 Sun Feb 27 23:58:21 2005 PAGE 7

EPP\_normalReadFile

LINKS: COLLISION STATS

REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 3600.0 SECONDS

LINK NAME	STEF_SW	PK_SW	Techmed_SW	NSTEF_SW
ACCESS PROTOCOL	CSMA/CD	CSMA/CD	CSMA/CD	CSMA/CD
COLLISION EPISODES	183541	146153	68585	36706
COLLIDED FRAMES	367189	292335	137256	73412
NBR OF TRIES TO RESOLVE				
AVERAGE	1.68	1.68	1.65	1.68
STANDARD DEVIATION	1.00	0.99	0.89	0.99

KQI:

EPP_normalReadFile				
MESSAGE + RESPONSE SOURCES: MESSAGE DELIVERED				
REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 3600.0 SECONDS				
ORIGIN / MSG SRC NAME: DESTINATION LIST	MESSAGES ASSEMBLED	AVERAGE	MESSAGE DELAY STD DEV	MAXIMUM
STEF / src ReadFromServerRequest: Hercules	501	0.147 MS	0.278 MS	6.000 MS
STEF / src WriteToServerReq: Hercules	502	16.217 MS	0.598 MS	24.676 MS
PK / src ReadFromServerRequest: Hercules	399	0.137 MS	0.103 MS	0.684 MS
PK / src WriteToServerReq: Hercules	399	16.151 MS	0.285 MS	18.518 MS
Techmed / src ReadFromServerRequest: Hercules	200	0.012 MS	0.013 MS	0.091 MS
Techmed / src WriteToServerReq: Hercules	197	2.965 MS	0.169 MS	3.486 MS
NewSTEF / src ReadFromServerRequest: Hercules	100	0.121 MS	0.091 MS	0.508 MS
NewSTEF / src WriteToServerReq: Hercules	100	16.174 MS	0.253 MS	16.853 MS
□				
Compuware COMNET III Release 2.5.2.814 Sun Feb 27 23:58:21 2005 PAGE 11				
EPP_normalReadFile				
TRANSPORT + ANSWER COMMANDS: MESSAGE DELIVERED				
REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 3600.0 SECONDS				
ORIGIN / COMMAND NAME: DESTINATION LIST	MESSAGES ASSEMBLED	AVERAGE	MESSAGE DELAY STD DEV	MAXIMUM
Hercules / cmd send File: ECHO	1200	25.155 MS	16.320 MS	550.557 MS

## Συμπεράσματα από το Comnet

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα στην αναφορά, γίνεται φανερό ότι το δίκτυο έχει πάρα πολλά περιθώρια ακόμη (**utilization μόλις 0,4%**).

Γενικά καταφέρνει να ανταποκριθεί στα request των χρηστών, όταν γίνονται με το ρυθμό που υπολογίσαμε.

Αν, για να υπολογίσουμε το throughput, χρησιμοποιήσουμε το μέσο Message Delay από το ECHO του server, παίρνουμε το παρακάτω αποτέλεσμα:

$$150.000 \text{ bytes} / 25,155\text{ms} = (150.000 * 8 / (1024 * 1024) / 1000) / (25,155 / 1000) \text{ Mbits/sec}$$

**Comnet server throughput=45,50 Mbits/sec.**

Η τιμή αυτή είναι πάρα πολύ κοντά στο μέγιστο throughput που μετράμε με το **MRTG: 42,13 Mbits/sec**, κάτι πολύ λογικό, αν σκεφτούμε τις στατιστικές κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για το μέγεθος του αρχείου.

## Δοκιμαστικές τροποποιήσεις

Μετά τα παραπάνω αποτελέσματα κάναμε τροποποιήσεις στο μοντέλο και το τρέξαμε ξανά:

A) Μειώνοντας ακόμη περισσότερο τα request που γίνονται προς το server αυξάνοντας το interarrival ώστε να δούμε πως συμπεριφέρεται ο server όταν μειώνουμε σημαντικά τα requests:

```

EPP_fewReadFile
LINKS: CHANNEL UTILIZATION
REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 3600.0 SECONDS
LINK              FRAMES DELIVERED  RST/ERR  TRANSMISSION DELAY (MS)  %
                  AVERAGE    STD DEV  MAXIMUM  UTIL
-----
STEF_SW           62268      0        0.080    0.099    13.947  0.0769
PK_SW             48988      0        0.080    0.081    0.763  0.0605
Techmed_SW       143999     0        0.009    0.009    0.215  0.0277
NSTEF_SW         12405      0        0.080    0.082    0.566  0.0153
    
```

```

EPP_fewReadFile
MESSAGE + RESPONSE SOURCES: MESSAGE DELIVERED
REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 3600.0 SECONDS
ORIGIN / MSG SRC NAME:  MESSAGES MESSAGE DELAY
DESTINATION LIST        ASSEMBLED  AVERAGE  STD DEV  MAXIMUM
-----
STEF / src ReadFromServerRequest:
Hercules                 100        0.121 MS  0.095 MS  0.704 MS
STEF / src WriteToServerReq:
Hercules                 101       16.143 MS  0.319 MS  18.245 MS
PK / src ReadFromServerRequest:
Hercules                  79        0.140 MS  0.092 MS  0.490 MS
PK / src WriteToServerReq:
Hercules                  79       16.176 MS  0.275 MS  16.985 MS
Techmed / src ReadFromServerRequest:
Hercules                  40        0.015 MS  0.019 MS  0.094 MS
Techmed / src WriteToServerReq:
Hercules                  40        2.940 MS  0.139 MS  3.261 MS
NewSTEF / src ReadFromServerRequest:
Hercules                  20        0.096 MS  0.061 MS  0.275 MS
NewSTEF / src WriteToServerReq:
Hercules                  20       16.155 MS  0.241 MS  16.575 MS
Compuware COMNET III Release 2.5.2.814 Mon Feb 28 01:20:22 2005 PAGE 11
EPP_fewReadFile
TRANSPORT + ANSWER COMMANDS: MESSAGE DELIVERED
REPLICATION 1 FROM 0.0 TO 3600.0 SECONDS
ORIGIN / COMMAND NAME:  MESSAGES MESSAGE DELAY
DESTINATION LIST        ASSEMBLED  AVERAGE  STD DEV  MAXIMUM
-----
Hercules / cmd Send File:
ECHO                     239       24.565 MS  5.770 MS  42.501 MS
    
```

Παρατηρούμε πολύ χαμηλό utilization (λογικό αφού το δίκτυο χρησιμοποιείται ελάχιστα στη συγκεκριμένη περίπτωση). Όμως, δεν παρατηρούμε ιδιαίτερη μεταβολή στο **throughput: 46,59Mbps**. Αν τώρα τροποποιήσουμε τις παραμέτρους του server σε ότι αφορά το δίσκο:

Parameter set name

Forwarding	Ports	Processor	Storage	Files	Comments
			Disk (Mb) <input type="text" value="200000.000000"/>		
			Sector (Kb) <input type="text" value="0.500"/>		
			Xfer (mic) <input type="text" value="0.1"/> ▼ ..		
			Seek (mic) <input type="text" value="0.1"/> ▼ ..		
<input checked="" type="checkbox"/> Read/write commands use central processor					

Παίρνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

**Throughput: 52,73 Mbps**

*Θεωρούμε ότι τα παραπάνω αποτελέσματα, επιβεβαιώνουν την αρχική υπόθεση, ότι το bottleneck του εσωτερικού δικτύου, είναι το υποσύστημα των δίσκων του server. Όσα Gigabit κι αν υποστηρίζει το δίκτυό μας, όταν η όλη λειτουργία στηρίζεται σε ένα server μόνο, οι δυνατότητες θα είναι πάντα περιορισμένες.*

Η τελευταία δοκιμή αφορά τη χρήση ενός 2<sup>ου</sup> server, του ARIS που θα μοιράζεται το βάρος μαζί με τον Hercules.

Τα αποτελέσματα ήταν τα αναμενόμενα. Εξυπηρετήθηκε ίδιος αριθμός αιτήσεων, μόνο που μοιράστηκαν ανάμεσα σε 2 servers.

Το throughput για κάθε server κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα (45 Mbps), όμως το utilization είναι διπλάσιο και οι clients εξυπηρετήθηκαν καλύτερα.

Πιστεύουμε πως η μοντελοποίηση που κάναμε μπορεί πραγματικά να οδηγήσει σε χρήσιμα συμπεράσματα τους administrators ενός τόσο σημαντικού δικτύου. Μπροστά μάλιστα στην πιθανότητα να αναβαθμιστεί σύντομα και η σύνδεση του ΤΕΙ με το Internet, όταν θα υπάρχει η δυνατότητα να γίνει bandwidth management το επόμενο βήμα είναι φανερό. Network management όσο καλύτερα γίνεται και οικονομοτεχνικές μελέτες πριν την πραγματοποίηση μεγάλων αλλαγών.

# Παράρτημα: Στοιχεία Θεωρίας

---

## SNMP

Το SNMP είναι μια οικογένεια πρωτοκόλλων τα οποία παρέχουν έναν τρόπο συλλογής πληροφοριών διαχείρισης δικτύων από συσκευές που είναι συνδεδεμένες σε δίκτυο. Τα γράμματα είναι τα αρχικά των λέξεων Simple Network Management Protocol (Απλό Πρωτόκολλο Διαχείρισης Δικτύου). Οι κατασκευαστές ενσωματώνουν σε ορισμένες συσκευές (σταθμοί εργασίας, εξυπηρετές, κάρτες δικτύου, δρομολογητές (routers), γέφυρες δικτύωσης, δικτυακοί κόμβοι (hubs) και UPS) δυνατότητες διαχείρισης του δικτύου ώστε να μπορείτε εσείς να ελέγχετε εξ' αποστάσεως την κατάσταση λειτουργίας τους και να μπορούν οι ίδιες να στέλνουν σε εσάς μηνύματα ειδοποίησης όταν προκύπτουν συγκεκριμένα συμβάντα. Οι συσκευές αυτές αποκαλούνται συνήθως "έξυπνες" συσκευές. Η διαχείριση δικτύων συνίσταται συνήθως σε τέσσερα επιμέρους στοιχεία:

- Διαχειριζόμενοι Κόμβοι (ή συσκευές). Συσκευές που θέλετε να παρακολουθείτε.
- Μεσολαβητές (Agents). Ειδικό λογισμικό (software ή firmware) το οποίο περιλαμβάνει πληροφορίες για μια συγκεκριμένη συσκευή και/ή το περιβάλλον της.
- Σταθμός Διαχείρισης Δικτύου. Μια κεντρική συσκευή η οποία επικοινωνεί και απεικονίζει την κατάσταση λειτουργίας των μεσολαβητών (agents) στους διάφορους διαχειριζόμενους κόμβους.
- Πρωτόκολλο Διαχείρισης Δικτύου. Χρησιμοποιείται από τον σταθμό διαχείρισης δικτύου για την επικοινωνία με τους μεσολαβητές (agents) στις διαχειριζόμενες συσκευές. Η επικοινωνία μπορεί να περιλαμβάνει μηνύματα αιτήσεων από τον σταθμό διαχείρισης, μηνύματα ανταπόκρισης από τους μεσολαβητές (agents) ή μηνύματα σφάλματος (παγίδευσης) από τους μεσολαβητές προς τον σταθμό διαχείρισης.

---

## RAID

RAID (Redundant Array of Independent Disk) σημαίνει Πλεονάζουσα Παράταξη Ανεξάρτητων Δίσκων και αναφέρεται στον τρόπο οργάνωσης και σύνδεσης μιας ομάδας δίσκων με σκοπό την αύξηση της ταχύτητας προσπέλασης και εγγραφής αλλά και την προστασία των δεδομένων ενός συστήματος.

### Τρόποι κατασκευής

Υπάρχουν δύο τρόποι κατασκευής συστοιχιών RAID.

Με την χρήση υλικού ή λογισμικού.

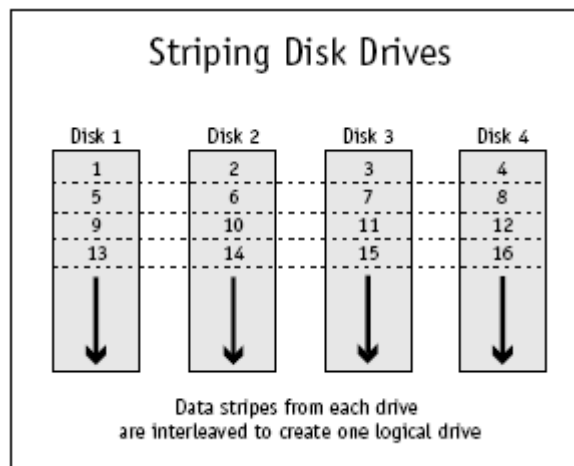
Οι δύο τρόποι έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ο ένας απέναντι στον άλλο.

Η χρήση υλικού είναι πολύ πιο ακριβή, αλλά έχει το πλεονέκτημα της σταθερότητας και της προσθαφαίρεσης των δίσκων την ώρα λειτουργίας του συστήματος. Όπως γίνεται φανερό η hardware λύση δεν απευθύνεται στον απλό χρήστη. Αντίθετα η χρήση λογισμικού αν και δεν υποστηρίζει την παραπάνω «προχωρημένη» λειτουργία δίνει στον χρήστη το δικαίωμα να κατασκευάσει μια συστοιχία με IDE & SCSI δίσκους, κάτι που δεν γίνεται μέσω hardware.

### Τρόποι χρήσης και σύνδεσης

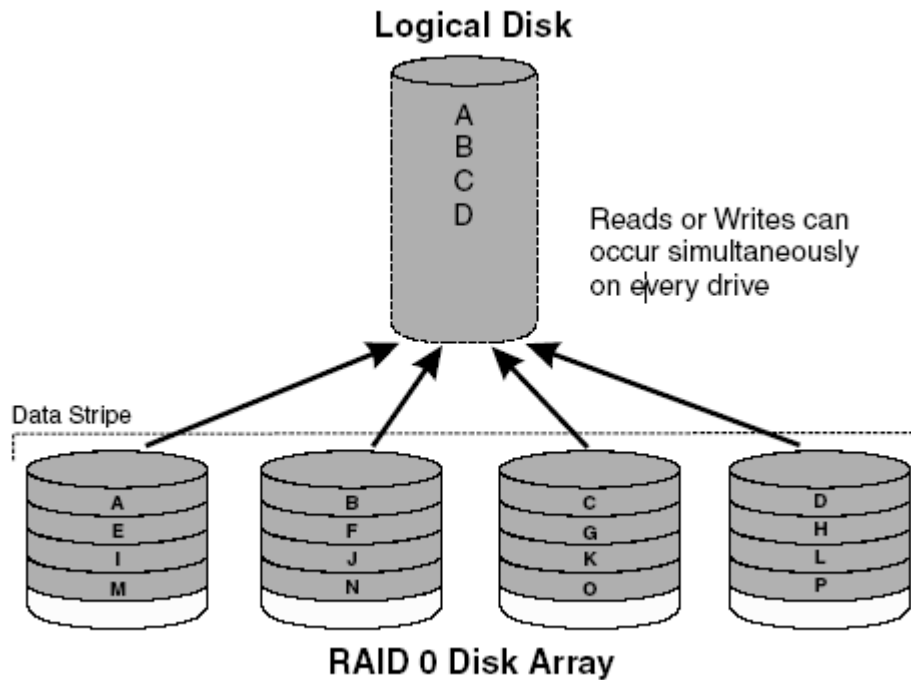
Υπάρχουν διάφοροι τρόποι χρήσης και σύνδεσης των συστοιχιών RAID, οι οποίοι καλούνται επίπεδα.

#### RAID 0



Σε αυτό η διαμεταγωγή των δεδομένων στους δίσκους της συστοιχίας γίνεται παράλληλα. Έτσι υπάρχει αύξηση της ταχύτητας εγγραφής και προσπέλασης των δεδομένων.

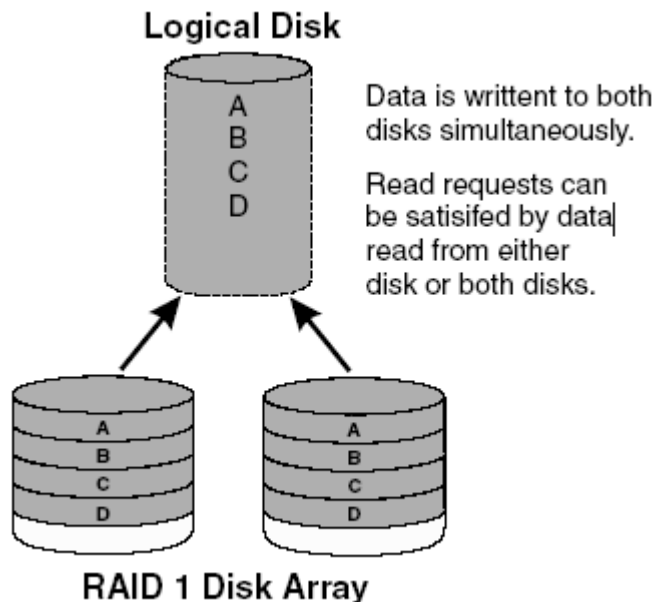
Για να γίνει καλύτερα αντιληπτό: αν πρέπει να εγγραφεί ένα αρχείο μεγέθους 100 MB και υπάρχουν 4 δίσκοι θα εγγραφούν 25 MB στο καθένα. Το πρόβλημα με αυτού του είδους τις συστοιχίες είναι ότι αν πάθει κάτι ένας από τους δίσκους καταστρέφεται όλη η συστοιχία με αποτέλεσμα την απώλεια των δεδομένων μας.



Το RAID 0 προσφέρει τη μέγιστη ταχύτητα, αλλά μηδενική ασφάλεια δεδομένων και γι' αυτό ονομάστηκε RAID 0.

**RAID 1**

Εδώ υλοποιείται αυτό που ονομάζεται (disk mirroring). Δηλαδή δημιουργείται κατά την λειτουργία του συστήματος ακριβές αντίγραφο ενός δίσκου σε κάποιον (ή κάποιους) άλλους.



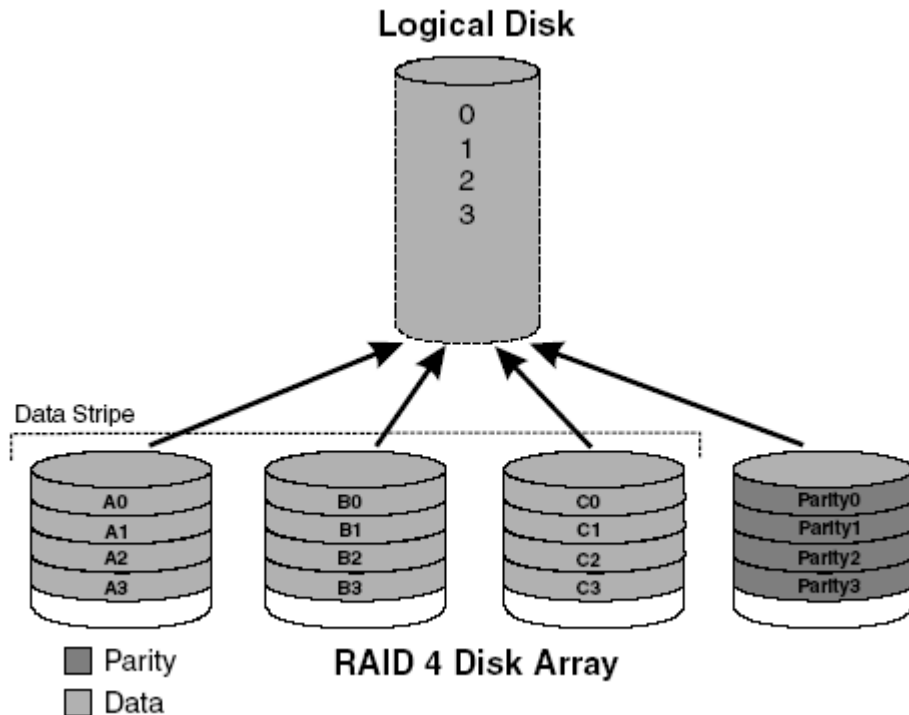
Όπως γίνεται φανερό αυτό το επίπεδο παρέχει υψηλή ασφάλεια των δεδομένων μας με αντίτιμο την ελάττωση της ταχύτητας και του χώρου του συστήματος.

**RAID 4**

Για την υλοποίηση αυτού του τύπου χρειάζονται 3 και πλέον δίσκοι. Ο ένας από τους δίσκους χρησιμοποιείται για να κρατούνται σ' αυτόν, όχι ακριβή αντίγραφα των άλλων, αλλά πληροφορίες για την δομή τους.

(Parity: Σε κάθε byte προστίθεται ένα επιπλέον bit που αναφέρει αν το byte έχει μονό ή ζυγό αριθμό από «1» (even και odd parity). Σε περίπτωση σφάλματος, το σύστημα ανακατασκευάζει τα δεδομένα με βάση τα bits που σώθηκαν και το parity).

Στους υπόλοιπους δίσκους τα δεδομένα διαμοιράζονται όπως ακριβώς στο RAID 0.

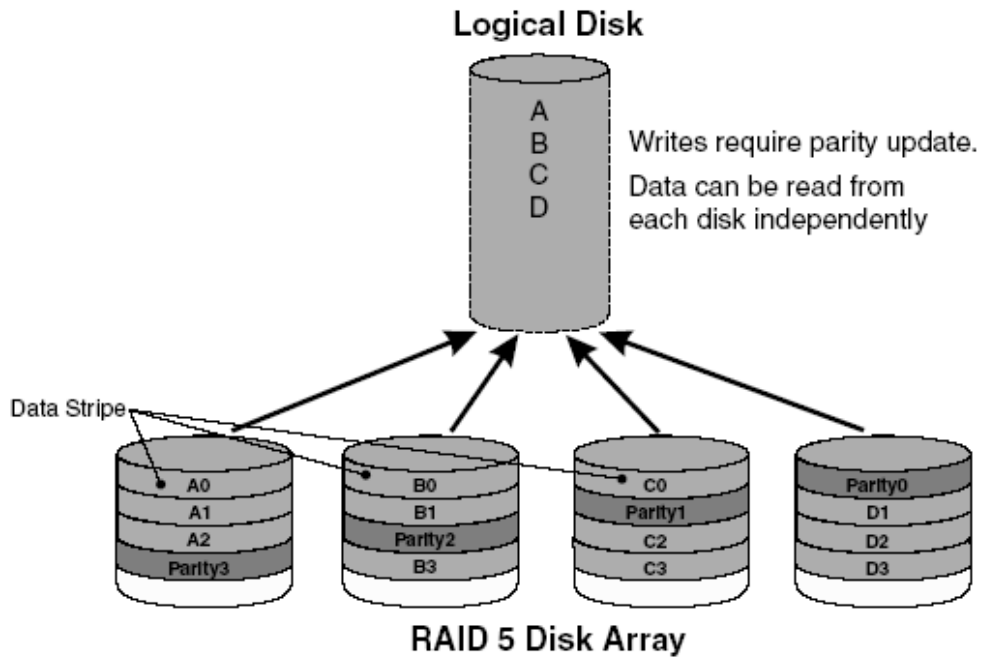


Το πρόβλημα εδώ είναι ότι η προστασία των δεδομένων λειτουργεί όταν «χτυπήσει» ένας από τους δίσκους, αν όμως υποστούν βλάβη παραπάνω η συστοιχία καταρρέει. Επίσης εδώ υπάρχει μειωμένη απόδοση σε σχέση με το RAID 0 διότι όποτε γίνεται εγγραφή στους δίσκους πρέπει να κρατούνται καινούριες πληροφορίες της δομής τους από αυτόν που έχει αναλάβει αυτόν τον ρόλο.

### **RAID 5**

Μοιάζει πολύ με το RAID 4 με τη διαφορά ότι τώρα οι πληροφορίες της δομής των δίσκων διαμοιράζονται σε όλους τους δίσκους έτσι υπάρχει αυξημένη ασφάλεια, όχι όμως όπως του επιπέδου RAID 1.





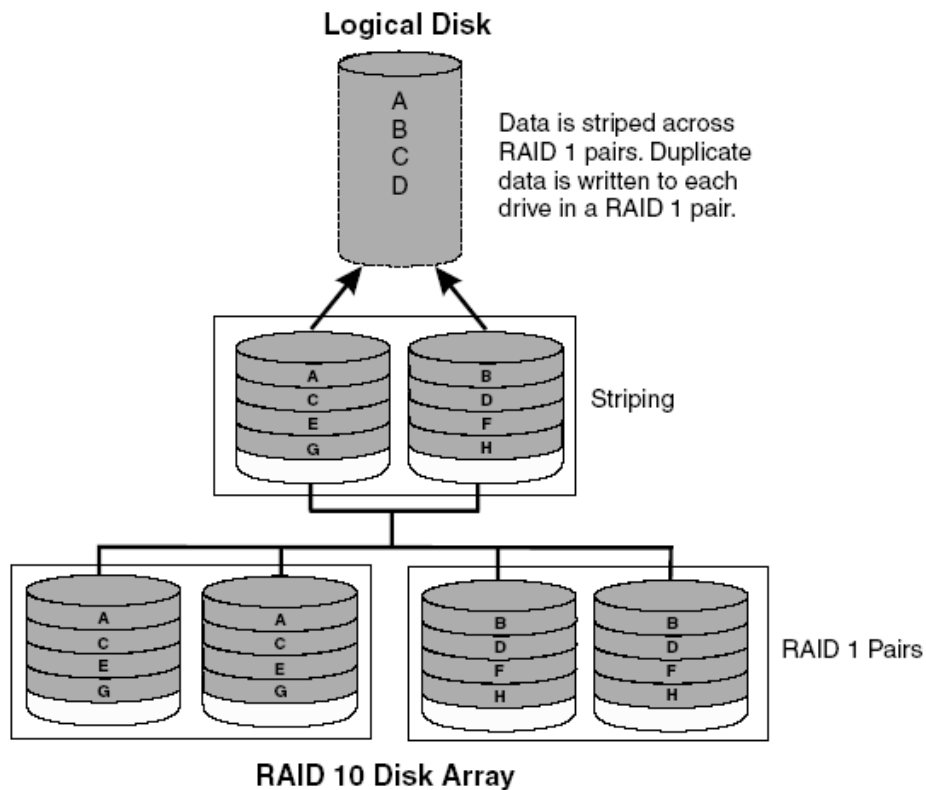
Επίσης, η εμπειρία μας από το εργαστήριο έχει δείξει ότι αν το σύστημα χάσει ένα δίσκο, η ανακατασκευή χρειάζεται αρκετό χρόνο, πάνω από 24 ώρες για 100GBytes. Είναι όμως καλύτερο από το να κινδυνεύουν καθημερινά τα δεδομένα.

Εξάλλου, οι λύσεις backup που υπήρχαν μέχρι σήμερα, ήταν εξίσου αργές. Χρειάζονταν πάνω από 5 ώρες για να γίνουν backup τα 100 GB και πάνω από 10 για να γίνουν restore.

### **RAID 1,0**

Αυτό το επίπεδο αποτελεί ουσιαστικά το συνδυασμό των RAID 0 & RAID 1 με αποτέλεσμα να έχουμε την αυξημένη ασφάλεια του RAID 1 σε συνδυασμό με τις μεγάλες ταχύτητες διαμεταγωγή του RAID 0. Το μόνο μειονέκτημα του είναι το υψηλά κόστος του αφού για το στήσιμό του απαιτείται ο διπλάσιος αριθμός δίσκων από το επίπεδο RAID 0.

Strip set of mirrored arrays



Γίνεται έτσι φανερό ότι η λύση αυτή αν και ουσιαστική τόσο από πλευράς ταχύτητας όσο και από πλευράς ασφάλειας λόγω του κόστους της ενδείκνυται για επιχειρηματικούς σκοπούς.

**Ποιο επίπεδο είναι το καλύτερο;**

Όπως καταλαβαίνει κανείς από τα παραπάνω, δεν μπορούμε να πούμε ότι το ένα επίπεδο είναι καλύτερο από το άλλο αλλά το κάθε ένα εξυπηρετεί διαφορετικούς σκοπούς.

Πάντως στους servers του ΕΠΠ υλοποιείται RAID 5 με συστοιχία 5 δίσκων.

**Τοπικό δίκτυο**

Η τεχνολογία προχωρεί με γοργούς ρυθμούς και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη καινούριων εφαρμογών και την καλύτερη εκμετάλλευση τους σε διάφορους τομείς. Έτσι τα μεγάλα, θορυβώδη και δύσκολα στην εγκατάσταση τους δίκτυα δεν θα μπορούσαν ποτέ να χρησιμοποιηθούν σε μία οικία. Αυτό που θα χρειαζόταν στην προκειμένη περίπτωση θα ήταν κάτι μικρό, αθόρυβο και low-cost δίκτυο που θα κάλυπτε πλήρως τις ανάγκες του τελικού χρήστη μέσα στο ίδιο του το σπίτι.

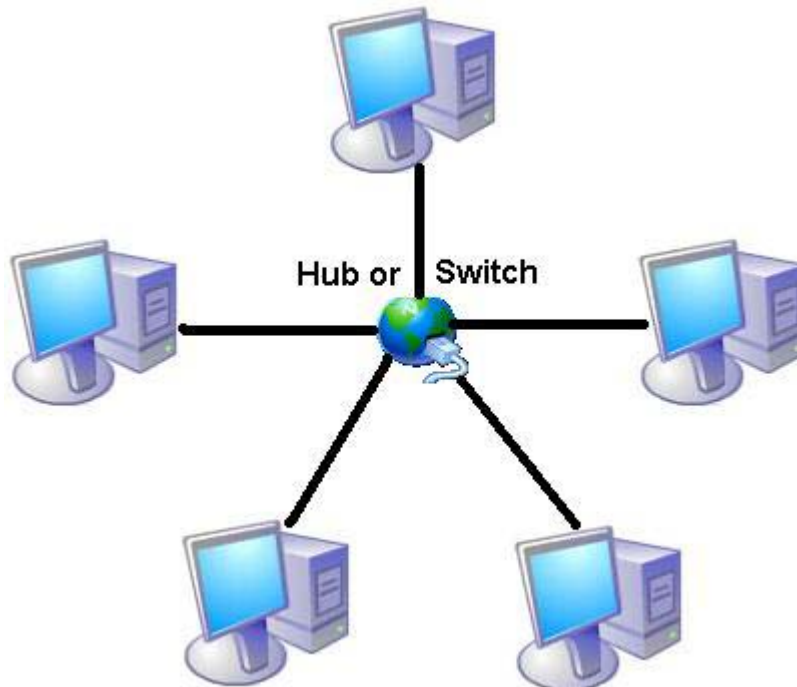
**Τι είναι λοιπόν το δίκτυο και ποια τα πλεονεκτήματά του?**

Δίκτυο ονομάζουμε δύο ή περισσότερους υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι για την ανταλλαγή δεδομένων ή για να μοιράζονται περιφερειακές συσκευές (εκτυπωτές κ.λπ.). Υπάρχουν πολλοί τύποι δικτύων, αλλά τα πιο διαδεδομένα είναι τα τοπικά LAN (Local Area Network) και τα WAN (Wide Area Network). Σε ένα LAN οι υπολογιστές είναι συνδεδεμένοι σε έναν μικρό γεωγραφικά χώρο (π.χ. ένα κτίριο), ενώ

παράδειγμα ενός WAN αποτελεί εν μέρει το Internet, αφού οι υπολογιστές είναι απομακρυσμένοι και ενώνονται μέσω μικρών LAN με την βοήθεια τηλεφωνικών γραμμών, ραδιοκυμάτων (Wi-Fi κ.λπ.) ή με τη βοήθεια άλλων τεχνολογιών.

Τα δίκτυα διαθέτουν τρία κύρια χαρακτηριστικά : τη μέθοδο με την οποία είναι δομημένα στο χώρο και ονομάζουμε τοπολογία, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας και την αρχιτεκτονική τους. Η τοπολογία βοηθάει να αντληθούμε καλύτερα την ύπαρξη του δικτύου μέσα στο χώρο. Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι είναι τρεις: Αστέρας, Διαύλου και Δακτυλίου. Ανάλογα με την περίπτωση επιλέγουμε αυτή που μας προσφέρει τις περισσότερες ευκολίες.

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας, όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό, είναι αυτό που θέτει τους όρους για τη σωστή επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι είναι το Ethernet και το IBM Token Ring. Αφού το Ethernet Switcher χρησιμοποιείται για δίκτυο με παραπάνω από δύο υπολογιστές το επιλέγουμε ως πρωτόκολλο και διαλέγουμε ως αρχιτεκτονική τον Αστέρα.



---

## Τι είναι το Ethernet Switcher και πώς λειτουργεί?

Το πρότυπο IEEE 802.3 είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο στα τοπικά δίκτυα. Ειδικότερα, η τυποποίηση 10 Base T με τη βοήθεια ενός κατακεντρωμένου καλωδίου (HUB) με τοπολογία αστέρα είναι η πιο συχνή και ευρύτερα αποδεκτή λύση υλοποίησης του προτύπου IEEE 802.3 σήμερα.

Στην πράξη, το HUB οτιδήποτε δέχεται στις γραμμές εισόδου των θυρών του το αναπαράγει στις γραμμές εξόδου. Σύγκρουση δημιουργείται όταν δύο

σταθμοί αποστέλλουν ταυτόχρονα ένα πλαίσιο, το οποίο το HUB πρέπει να αναπαράγει στις γραμμές εξόδου. Αν καταστήσουμε το HUB πιο "έξυπνο" και απαιτήσουμε να αναπαράγει το πλαίσιο μόνο στη θύρα στην οποία βρίσκεται η συσκευή προορισμού του πλαισίου, τότε μπορούν να αποστέλλονται ταυτόχρονα περισσότερα του ενός πλαισίου που δεν έχουν τον ίδιο παραλήπτη. Την τεχνική αυτή εκμεταλλεύεται και χρησιμοποιεί το δίκτυο Ethernet Switcher. Ο κεντρικός κόμβος δεν είναι πλέον το HUB αλλά το Switch.

Με αυτόν τον τρόπο δεν αυξάνουμε την ταχύτητα των 10Mbps, αλλά μπορούμε να την υποστηρίξουμε σε περισσότερες από μία συνδέσεις ταυτόχρονα. Βέβαια, ένα μοντέλο Server Based δικτύου δεν θα κέρδιζε τα μέγιστα από την τεχνολογία Ethernet Switcher, μια και μεγάλος αριθμός πλαισίων απευθύνεται προς τον Server.

---

## Switching up the layers

Αν και γνωστές σ' αυτό που κάνουν, η πλειονότητα των switches είναι πολύ χαζές συσκευές, ειδικότερα οι φθηνότερες της αγοράς. Πράγματι, τα περισσότερα είναι σχεδιασμένα απλά για να κάνουν τη δουλειά του switching χωρίς τα μέσα για να αλλάζουν τον τρόπο που δουλεύουν ή για να απεικονίζουν τι κάνουν.

Και αυτό επειδή τα περισσότερα switches λειτουργούν στο **επίπεδο 2** (layer 2), το επίπεδο ζεύξης δεδομένων των 7 επιπέδων του μοντέλου αναφοράς OSI. Εδώ η μόνη πληροφορία στην οποία αποφάσεις αλλαγής (switching) μπορούν να γίνουν, είναι οι MAC διευθύνσεις του σταθμού αποστολής και ο προτιθέμενος προορισμός. Δεν χρειάζονται διαμόρφωση καθώς δεν υπάρχει καμία αξία για να αλλαχθεί, και αξίζει να γίνει μια μικρή απεικόνιση.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα σ' αυτή τη προσέγγιση είναι ότι δεν έχει σημασία τι πρωτόκολλα δικτύου χρησιμοποιούνται όπως π.χ. το IP, το IPX, το APPLEALK, και έτσι ώστε δεν καθορίζονται μέχρι το επίπεδο 3. Ένα switch επιπέδου 2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε τύπο δικτύου ο οποίος είναι βασισμένος σε Windows, Novell Netware, Unix/Linux, ή κάποιο άλλο σύστημα.

Από την άλλη πλευρά δεν είναι πιθανόν να περιέχει, να βάζει σε προτεραιότητα ή να διαχειρίζεται κίνηση η οποία βασίζεται σε διευθύνσεις δικτύου ή όποια άλλη πληροφορία που είναι διαθέσιμη ψηλότερα στην πυραμίδα. Αυτό δεν είναι πρόβλημα σε ένα μικρό δίκτυο, όπου βασική συνδεσιμότητα είναι το κύριο αντικείμενο αλλά είναι πρόβλημα σε ένα μεγάλο δίκτυο.

Πράγματι, ακόμη και σ' ένα ήσυχο, ταπεινό δίκτυο (LAN), το γεγονός ότι όλοι είναι συνδεδεμένοι σε ένα switch επιπέδου 2 είναι στο ίδιο λογικό υποδίκτυο το οποίο μπορεί να προκαλέσει κύρια αιτία πονοκεφάλων ειδικότερα όπου η αναμετάδοση κίνησης και ασφάλειας είναι το κύριο μέλημα.

Ένας τρόπος για να αντιμετωπίσει κάποιος το πρόβλημα είναι να χωρίσει το δίκτυο σε υποδίκτυα στο επίπεδο πρωτοκόλλου και να χρησιμοποιήσει Routers (Δρομολογητές) για να συνδέσει τα υποδίκτυα από πίσω ξανά μαζί. Οι Routers είναι επιπέδου 3 συσκευές, είναι σε θέση να οδηγήσουν πακέτα που στηρίζονται σε πληροφορίες πρωτοκόλλου. Παρόλα αυτά, επειδή είχαν σχεδιαστεί αρχικά για να συνδέσουν δίκτυα πάνω από σχετικά αργά ευρείας

περιοχής συνδέσεις, οι περισσότεροι Routers έχουν περιορισμένες δυνατότητες επεξεργασίας.

Με ποσοστά throughput μετρημένα σε εκατοντάδες χιλιάδων πακέτα το δευτερόλεπτο, οι Routers μπορούν να προκαλέσουν πραγματικό μπουτιλιάρισμα στα σημερινά υψηλής ταχύτητας τοπικά δίκτυα Ethernet, γι' αυτό η εξέλιξη των switches επιπέδου 3 τα οποία είναι ικανά να προωθήσουν εκατομμύρια πακέτων το δευτερόλεπτο μπορούν ακόμη να λάβουν αποφάσεις έξυπνης δρομολόγησης.

Η ακριβής λειτουργικότητα ενός επιπέδου 3 switch εξαρτάται κατά πολύ από τον πωλητή και της εταιρίας παραγωγής. Γενικότερα αν και κάνουν τα ίδια όπως τα αντίστοιχα επιπέδου 2, απλά γεφυρώνουν θύρες με σκοπό να προωθήσουν πακέτα στο ίδιο υποδίκτυο.

### **Routing & tooting**

Επιπρόσθετα αν και, σέβονται τα επίπεδα δικτύου των υποδικτύων και μπορούν να δράσουν ως πολύ γρήγοροι δρομολογητές για να συνδέσουν αυτά τα υποδίκτυα μαζί. Οι αποφάσεις δρομολόγησης που παίρνονται στο καλώδιο επισπεύδονται από τα εθιμικά ASICs (Εφαρμογή συγκεκριμένων ολοκληρωμένων κυκλωμάτων), κατά προτίμηση από τους επεξεργαστές γενικού σκοπού που χρησιμοποιούνται στους περισσότερους εξειδικευμένους δρομολογητές (Routers).

Αντίστοιχα πρωτόκολλα χρησιμοποιούνται από δρομολογητές που απασχολούνται εδώ, όπως το RIP (Πρωτόκολλο πληροφοριών δρομολόγησης) και το IGRP (Πρωτόκολλο δρομολόγησης εσωτερικού Gateway), ενεργοποιώντας τα switches επιπέδου 3 για να διαφημίσουν όμοια και να μάθουν διαδρομές και να προσθέσουν αυτόματα αλλαγές δυναμικού δικτύου, όπως η ζεύξη και η αποτυχίες συσκευής.

Τα περισσότερα μπορούν επίσης να διαμορφωθούν για να εξισορροπήσουν τα φορτία δικτύου και να εξασφαλίσουν πλεονασμό διαδρομής χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα όπως το Spanning tree και Ospf (Open shortest path first).

Δεν σταματά εκεί, με κάποιους πωλητές δημιουργούνται switches τα οποία μπορούν να πάνε πιο πέρα από το επίπεδο 3, για να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες ακόμη πιο ψηλά απ' ότι η πυραμίδα του δικτύου. Με διάφορους τρόπους αποκαλούνται τα switches επιπέδου 4, switches εφαρμογής ή εξισορροπητές φορτίου, αυτά μπορούν επιπλέον να φιλτράρουν κίνηση και να διαχειριστούν εύρος ζώνης βασισμένο στον τύπο εφαρμογών και χρηστών που εμπεριέχονται.

Μπορούν παρόλα αυτά, να είναι ακριβή και η ακριβής λειτουργικότητα τους να ποικίλει ανάλογα. Αυτές οι συσκευές αγοράστηκαν αρχικά για να συμπληρώσουν μια συγκεκριμένη ανάγκη διαχείρισης κίνησης, με κανονικά switches επιπέδου 2 χρησιμοποιήθηκαν για να προβάλουν τη δομή του πυρήνα ενός δικτύου.

### **Intelligent extras**

Η ποιότητα των υπηρεσιών είναι ένα χαρακτηριστικό το οποίο ενώνει τη διαχωριστική γραμμή μεταξύ προϊόντων επιπέδου 2 και 3. Εδώ ειδικές ετικέτες είναι εφαρμοσμένες στα διαβιβασμένα πακέτα για να ενεργοποιήσουν τα switches, για να θέσουν σε προτεραιότητα τη κίνηση και να καταναείμουν το εύρος ζώνης (bandwidth), εξαρτώμενο από τον τύπο των δεδομένων και σε κάποιες περιπτώσεις, στέλνοντας και λαμβάνοντας σταθμούς και χρήστες που αναμιγνύονται.

Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε συγκλίνοντα δίκτυα φωνής και δεδομένων, όπου η κίνηση της φωνής χρειάζεται να λάβει προτεραιότητα πάνω από τα δεδομένα για να είμαστε σίγουροι ότι δεν αλλοιώνεται. Παρομοίως μπορεί να θέλετε να θέσετε προτεραιότητα σε κίνηση ροών βασισμένη στο διαμέρισμα που αποτελούνται ή στη περίπτωση του CEO, ακόμη διαφέρει.

Ένας άλλος τρόπος εγγύησης ποιότητας υπηρεσιών είναι να υποχωρήσουν το δίκτυο χρησιμοποιώντας τεχνολογία **Virtual LAN**, αποδοτικά δημιουργώντας πολλά ανεξάρτητα τοπικά δίκτυα (LANS) σε μια κοινή δομή. Αυτά τα μερίδια ρίχνουν μη αναγκαία κίνηση στο δίκτυο σαν σύνολο, με κάθε Virtual LAN να συμπεριφέρεται όπως ένα ανεξάρτητο πεδίο εκπομπής.

Επίσης τα Virtual LANS επιτρέπουν σε διαφορετικά πρωτόκολλα να διαχωριστούν και προάγουν ασφάλεια ως συσκευές σε ένα Virtual LAN το οποίο μπορεί να αποτραπεί από το να βλέπει ή να επικοινωνεί με αυτά σε ένα άλλο. Άρα υπάρχει ένας χρήσιμος τρόπος διασφάλισης ευαίσθητων διαμερισματοποιημένων δικτύων, όπως αυτά που είναι για κατάσταση μισθοδοσίας και προσωπικού μέσα σε μια μεγαλύτερη δομή.

Επιπλέον τεχνολογίες Virtual LAN κάνουν τα πράγματα πιο εύκολα για ένα λογικό δίκτυο με σταθμούς εργασίας το οποίο δημιουργείται αν και τα μέλη του μπορούν να είναι γεωγραφικά διασκορπισμένα.

Αυστηρά μιλώντας για switches επιπέδου 3 δεν είναι απαραίτητα για Virtual LANS. Πολλές συσκευές επιπέδου 2, για παράδειγμα, τώρα επιτρέπουν σε βασισμένες αιτίες Virtual LANS να δημιουργηθούν οι οποίες μπορούν να γεφυρώσουν πολλαπλά switches.

Αλλά αν χρειάζεστε περισσότερο ευέλικτα και εκλεπτυσμένα βασισμένα σε πρωτόκολλο Virtual LANS τα Switches που αναμιγνύονται θα χρειαστεί να είναι ικανά να κοιτάξουν πληροφορίες ψηλότερα στο σωρό και αυτό τυπικά σημαίνει ένα βαθμό λειτουργικότητας επιπέδου 3. Ικανότητα δρομολόγησης χρειάζεται επίσης για να επιτρέψει σε Virtual LANS να επικοινωνήσουν το ένα με το άλλο.

---

## **ΔΙΚΤΥΑ: ΠΑΡΕΛΘΟΝ, ΠΑΡΟΝ, ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝ**

Στο σημερινό κόσμο, τα δίκτυα είναι σχεδόν το ίδιο απαραίτητα με τους υπολογιστές. Χωρίς τα δίκτυα, οι υπολογιστές κάθονται στη μοναξιά τους, αναμασώντας ήσυχα τα δεδομένα τους, μπορώντας να μοιραστούν αυτά που κάνουν μόνο εμφανίζοντας τα αποτελέσματα στην οθόνη τους, αποθηκεύοντας τα σε κάποιο δίσκο, ή στέλνοντας τα σε ένα εκτυπωτή. Φανταστείτε για παράδειγμα τον υπολογιστή Α και τον υπολογιστή Β. Χωρίς δικτύωση, ο ένας υπολογιστής αγνοεί πλήρως την ύπαρξη του άλλου, αδυνατούν να συνεργαστούν εκτός αν οι άνθρωποι που τους χρησιμοποιούν βρίσκονται ήδη σε επαφή, και είναι πρόθυμοι να ανταλλάσσουν πληροφορίες χρησιμοποιώντας δισκέτες, τηλέφωνο, ή ακόμη και κλασικό ταχυδρομείο.

Όμως, αν υπάρχει δίκτυο, οι δύο υπολογιστές μπορούν αμέσως να έχουν πρόσβαση στην ίδια βάση δεδομένων πληροφοριών, να προσθέτουν στη βάση αυτή τα δικά τους αποτελέσματα, και να προσπελάζει ο ένας τα αποτελέσματα του άλλου. Οι δύο υπολογιστές, σε συνδυασμό, ας πούμε, και με τους υπολογιστές Γ, Δ και Ε, μπορούν να ενώσουν τις δυνάμεις τους και να μοιράσουν τη δουλειά, αντί να δουλεύει ο καθένας μόνος του. Χάρη

στα δίκτυα, οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν υπολογιστές μπορούν να μοιράζονται ιδέες, δουλειά, και πληροφορίες ανεξάρτητα από την απόσταση που τους χωρίζει.

Φυσικά, τα δίκτυα δεν αφορούν μόνο του ανθρώπους και τους υπολογιστές που ασχολούνται με μυστικά ή ανόητα έργα. Τα δίκτυα είναι για τον καθέναν και χρησιμοποιούνται σε εργασίες που ποικίλλουν, όπως εκδόσεις, πωλήσεις, τιμολόγια, ηλεκτρονικό εμπόριο, μισθοδοσία, ηλεκτρονική αλληλογραφία, χρονοδιαγράμματα, διασκέψεις, και κοινή χρήση αρχείων και άλλων πόρων. Σκεφτείτε μερικούς από τους τρόπους που άνθρωποι από όλον τον κόσμο βασίζονται στους υπολογιστές :

Ένας πωλητής που έχει μαζί του ένα φορητό υπολογιστή και ταξιδεύει χρησιμοποιεί μόντεμ και δίκτυο μέσω τηλεφώνου (dial-up networking) για να συνδεθεί με τον κύριο υπολογιστή της εταιρίας του που βρίσκεται στα κεντρικά γραφεία, και να στείλει ηλεκτρονική αλληλογραφία ή να προσπελάσει τη βάση δεδομένων των προϊόντων.

Ένας σύμβουλος που εργάζεται στο σπίτι του συνδέει μερικούς επιτραπέζιους υπολογιστές μεταξύ τους δημιουργώντας έτσι ένα ομότιμο δίκτυο (peer-to-peer network) για να χρησιμοποιούν οι υπολογιστές αυτοί κοινά αρχεία και κοινό εκτυπωτή.

Μια μικρή επιχείρηση χρησιμοποιεί έναν υψηλής τεχνολογίας υπολογιστή ως ομφαλό (hub) δικτύου πελάτη / διακομιστή (client / server network) μέσω του οποίου, λιγότερο ισχυροί (και ακριβοί) επιτραπέζιοι σταθμοί εργασίας χρησιμοποιούν κοινά αρχεία, ενημερώσεις λογισμικού, υπηρεσίες ηλεκτρονικής αλληλογραφίας, εκτυπωτές, και χώρο αποθήκευσης.

Μια πολυεθνική εταιρία με γραφεία σε πολλές και διάφορες χώρες συνδέει ένα συνονθύλευμα υπολογιστών Macintosh, Unix και Windows, σταθμών εργασίας υψηλών προδιαγραφών, τερματικών, και μεγάλων υπολογιστών (mainframes), δημιουργώντας έτσι ένα κατακεκολλημένο σύστημα (distributed system), που αποτελεί τη ραχοκοκαλιά του συστήματος πληροφοριών και εφαρμογών του οργανισμού.

Τα δίκτυα είναι παντού, και είναι απαραίτητα. Είτε μικρά είτε μεγάλα, είτε συνδέουν δύο, είτε είκοσι χιλιάδες, είτε ακόμη περισσότερους υπολογιστές, τα δίκτυα κάνουν εφικτές τις επικοινωνίες.

---

## Η ιδέα του δικτύου

Στη βάση τους, τα δίκτυα δεν είναι τίποτε παραπάνω από ένας συνδυασμός υπολογιστών με την προσθήκη ειδικού υλικού και λογισμικού, που δίνουν τη δυνατότητα του είδους της επικοινωνίας που βλέπετε στην παρακάτω απλούστατη εικόνα: Αλλά φυσικά, τα δίκτυα είναι λίγο πιο πολύπλοκα από αυτό. Μην ξεχνάτε ότι οι πληροφορίες ρέουν δε ένα δίκτυο με τη μορφή bit και byte – αόρατων ηλεκτρονικών σημάτων. Αλλά αν και αόρατα, τα σήματα αυτά, τα οποία μεταφέρονται με τη μορφή μικρών πακέτων πληροφοριών, κινούνται με καταπληκτικά μεγάλες ταχύτητες και μερικές φορές ταξιδεύουν από μια ήπειρο σε μια άλλη, ή μεταφέρονται από το ένα δίκτυο στο άλλο για να φτάσουν στον προορισμό τους – χωρίς λάθη επειδή, αν τα αρχεία και τα μηνύματα παθαίνουν ζημιά ή φτάνουν κατά λάθος σε άλλο προορισμό πολλές φορές, ανατρέπεται ο κεντρικός στόχος του δικτύου.

Αλλά, πως έφτασε ο κόσμος στο σημείο αυτό, στην κατάσταση που η τεχνολογία αυτή πρωταγωνιστεί σε τηλεοπτικές διαφημίσεις και σε καταχωρίσεις στις εφημερίδες; Στο σημείο που, χάρη στα δίκτυα οποιοσδήποτε έχει μια ηλεκτρονική διεύθυνση; Στο σημείο που οι επιχειρήσεις, από οικογενειακά καταστήματα μέχρι πολυεθνικοί κολοσσοί,

εμπιστεύονται τα οικονομικά τους και τα πιο ευαίσθητα δεδομένα τους σε υπολογιστές; Και στο σημείο που οργανισμοί πολύ διαφορετικοί μεταξύ τους, όπως κατασκευαστές φούρνων, κυβερνήσεις κρατών, έμποροι αυτοκινήτων, και εκπαιδευτές σκύλων, θέλουν να διαφημίσουν τη δουλειά τους στο παγκόσμιο δίκτυο, στο Internet;

Για να δούμε πως τα δίκτυα έφτασαν στο σημείο να αποτελούν τέτοιο παράγοντα στον κλάδο των υπολογιστών, θα ξεκινήσουμε με μια γρήγορη ματιά στο παρελθόν και στο πως εξελίχθηκαν με το χρόνο. Αυτή η ματιά δεν είναι απλώς ενδιαφέρουσα από μόνη της αλλά, μέσα από τον καθρέφτη του παρελθόντος, μας επιτρέπει με διάφορους τρόπους να δούμε και το μέλλον επειδή κάποιες από τις τεχνολογίες που αναπτύσσονται τώρα, όπως οι δικτυακοί υπολογιστές (network computers), η γλώσσα προγραμματισμού Java, και τα τερματικά Windows (Windows terminals), χρησιμοποιούν παλαιότερες αρχές των δικτύων. Επιστρέφουν σε τρόπους εργασίας που μας θυμίζουν τις παλιές εποχές της συγκεντρωτικής αποθήκευσης, διαχείρισης, και ακόμη και επεξεργασίας πληροφοριών.

---

## Το παρελθόν

Πίσω από τα δίκτυα βρίσκεται ο συνδυασμός δύο τεχνολογιών, της τεχνολογίας των υπολογιστών και της τεχνολογίας των επικοινωνιών. Αρκεί να πάτε πίσω περίπου 35 χρόνια, στην εποχή που είναι γνωστή ως η λίθινη εποχή των υπολογιστών ή, για τους πιο ακριβολόγους από σας, την εποχή του σιδήρου ( μια και για την κατασκευή της μνήμης των μεγάλων υπολογιστών – mainframes – που όριζαν τον κλάδο της πληροφορικής της εποχής χρησιμοποιούνταν σιδερίτης)

---

## Η δεκαετία του 1960

Στη δεκαετία του 1960, οι υπολογιστές τύπου mainframe κυριαρχούσαν στο χώρο των υπολογιστών. Ήταν θαύματα της τεχνολογίας – γρήγοροι σαν αστραπή, πολύπλοκοι, και πανάκριβοι. Επίσης ήταν και πολύ μεγάλοι. Αν και οι σημερινοί υψηλού επιπέδου σταθμοί εργασίας έχουν περισσότερη υπολογιστική δύναμη, αυτοί οι παλιοί mainframe τους ξεπερνούσαν πάρα πολύ σε μέγεθος. Στην πράξη, ήταν τεράστια κατασκευάσματα σε μέγεθος δωματίου, και αποτελούνταν από πολλά κομμάτια και διάφορες περιφερειακές συσκευές.

Οι υπολογιστές αυτοί, που τώρα είναι γνωστοί ως “δεινόσαυροι”, πήραν το όνομα mainframe από το γεγονός ότι ο επεξεργαστής, και πολλές φορές και η μνήμη τους, βρίσκονταν σε μια μονάδα που ήταν γνωστή με το όνομα “main frame” (κύριο πλαίσιο). Όπως άρμοζε στη τιμή και τη θέση τους ως ταχύτατων και ισχυρότατων μηχανών υπολογισμών, οι υπολογιστές αυτοί ζούσαν σε κλιματιζόμενο περιβάλλον χωρίς σκόνη, και τους χειρίζονταν άτομα που άνηκαν στην ελίτ της τεχνολογίας.

Στην αρχή οι υπολογιστές mainframe ήταν μηχανές “ομαδικής επεξεργασίας” ( batch processing). Δηλαδή, δεν λειτουργούσαν αλληλεπιδραστικά όπως λειτουργεί ένα PC, επειδή χειρίζονταν τις εργασίες σε ομάδες που κάθε μία εκτελούνταν σε προκαθορισμένο χρόνο. Επειδή οι δουλειές αυτές δεν απαιτούσαν – και μάλιστα δεν επέτρεπαν –



αλληλεπίδραση ανθρώπου / μηχανής, οι υπολογιστές έπαιρναν τα δεδομένα τους με διάτρητες κάρτες μεγέθους φακέλου. Εν πάση περιπτώσει, η ομαδική επεξεργασία βελτίωσε πολύ την ταχύτητα χειρισμού των δεδομένων σε σύγκριση με τη χειρωνακτική επεξεργασία τους. Επειδή όμως οι μηχανές αυτές ήταν τόσο ακριβές, ο προγραμματισμός των εργασιών ήταν αντιοικονομικός επειδή ο υπολογιστής κατέληγε κάποιες φορές να κάθεται άπρακτος μεταξύ εργασιών. Η εφεύρεση των μαγνητικών ταινιών και, αργότερα, της αποθήκευσης σε δίσκους βελτίωσε πολύ την κατάσταση μειώνοντας τους χρόνους εισόδου / εξόδου αλλά, ακόμη και τότε, ο επεξεργαστής του υπολογιστή παρέμενε άπρακτος για όσο χρόνο τα δεδομένα μεταφέρονταν από και προς τη μνήμη.

---

## Η επανάσταση των PC

Μια άλλη εφεύρεση έπαιρνε σάρκα και οστά : ένα μικρό, έξυπνο μηχάνημα, που ονομάστηκε προσωπικός υπολογιστής ( personal computer) και που μέχρι τη δεκαετία του 1990, έμελλε να φέρει επανάσταση στην επεξεργασία πληροφοριών σε όλο τον κόσμο. Ο πρώτος τέτοιος μικροϋπολογιστής (microcomputer) ήταν ένα ερασιτεχνικό μηχάνημα που εμφανίστηκε το 1975. Γνωστός με το όνομα MITS Altair, ήταν ένα σχετικά μικρό, ορθογώνιο κουτί με μνήμη 256 byte ( σχεδόν 256 χαρακτήρες ), που είχε λαμπάκια και διακόπτες στο μπροστινό μέρος. Τα λαμπάκια ήταν η έξοδος, και οι διακόπτες που έπρεπε να ανοίγουν και να κλείνουν με το χέρι ώστε να εκπροσωπούν οδηγίες που καταχωρίζονταν ως αλφαριθμητικά δυαδικών αριθμών, ήταν ο μόνος τρόπος εισόδου. Δεν υπήρχε ούτε οθόνη ούτε πληκτρολόγιο. Ούτε κανένα τυποποιημένο λογισμικό, μέχρι που ο Bill Gates και ο Paul Allen, ιδρυτές της Microsoft δημιούργησαν μια γλώσσα προγραμματισμού BASIC Altair

Από την στιγμή που παρουσιάστηκε αυτός ο υπολογιστής, το δεύτερο μισό της δεκαετίας του 1970 και οι αρχές της δεκαετίας του 1980 αποτέλεσαν μια εποχή ραγδαίων εξελίξεων της ανθούσας βιομηχανίας των υπολογιστών. Μέσα σε δύο χρόνια, ο Altair – ένα μηχάνημα που περιορίζονταν στα ενδιαφέροντα και τις ικανότητες ερασιτεχνών ηλεκτρονικών – είχε στην πράξη εξαφανιστεί, έχοντας ξεπεραστεί από έναν αριθμό πιο εξελιγμένων υπολογιστών. Ανάμεσά τους, ξεχώριζε ένα νέο μηχάνημα που αργότερα θα γινόταν διάσημο και που κατασκευάζονταν και πωλούνταν από μια καινούργια εταιρεία υπολογιστών η οποία είχε το όνομα Apple Computer. Το μηχάνημα αυτό, που παρουσιάστηκε στην Έκθεση Υπολογιστών της Δυτικής Ακτής (West Cost Computer Fair) του 1977 ο ήταν Apple II. Ο Apple II πλήρως εξοπλισμένος με οθόνη και πληκτρολόγιο, και αργότερα και με μονάδα δισκέτας, έπαιξε μεγάλο ρόλο στη μεταφορά της ιδέας του οικιακού υπολογιστή από τα υπόγεια των ερασιτεχνών στα σπίτια όλου του κόσμου.

Λίγο αργότερα, το 1981, έγινε η έκρηξη του IBM PC. Ο IBM PC, ενισχυμένος από το μεγάλο κύρος της IBM στην κοινότητα της πληροφορικής, και υποβοηθούμενος από επαγγελματικές εφαρμογές όπως το πρόγραμμα λογιστικών φύλλων VisiCalc και η σχεσιακή βάση δεδομένων dBase, ήταν ο πρώτος μιας σειράς υπολογιστών (στην οποία περιλαμβάνονται οι λεγόμενοι συμβατοί με IBM υπολογιστές ) που έκαναν δημοφιλή – και ίσως ακριβέστερα νομιμοποίησαν – την εισβολή των μικροϋπολογιστών στον κόσμο των επιχειρήσεων. Η Επανάσταση της Πληροφορικής, όπως τελικά ονομάστηκε, είχε αρχίσει επίσημα.

---

## Τα τοπικά δίκτυα

Τα τοπικά δίκτυα ( LAN ) που εξελίχθηκαν τη δεκαετία του 1980 αλλά απέκτησαν μεγάλη σημασία στο χώρο της πληροφορικής στη διάρκεια της δεκαετίας του 1980 και του 1990, συνδέουν μεταξύ τους υπολογιστές που βρίσκονται τοπικά κοντά ο ένας στον άλλον – στο ίδιο γραφείο, στον ίδιο όροφο ενός κτιρίου, ή σε ένα σχετικά μικρό συγκρότημα γραφείων. Οι υπολογιστές είναι γνωστοί ως κόμβοι (nodes) του δικτύου, και συνδέονται με καλώδια και υλικό δικτύωσης που ονομάζονται κάρτες διασύνδεσης με το δίκτυο (network interface cards, NIC ). Σκοπός ενός LAN είναι να επιτρέπει στους υπολογιστές του δικτύου να επικοινωνούν και να κάνουν κοινή χρήση όχι μόνο πληροφοριών (αρχείων ), αλλά και πόρων όπως για παράδειγμα οι εκτυπωτές.

Τα πρώτα LAN αποτελούνταν από μερικές δεκάδες υπολογιστών και είχαν όριο περίπου τα 180 μέτρα καλωδιώσεων. Ωστόσο, καθώς η τεχνολογία προχώρησε, αυξήθηκε το μέγεθος και η εμβέλεια των δικτύων. Σήμερα, τα LAN μπορούν να εκτείνονται σε πολλές εκατοντάδες μέτρα και να υποστηρίξουν εκατοντάδες , και όχι δεκάδες κόμβους. Επιπλέον, μπορούν να περιλαμβάνουν διάφορα είδη υπολογιστών, από PC μέχρι υπολογιστές μίνι ή και μεγάλα συστήματα (mainframes), και έχουν εξελιχθεί τόσο που προσφέρουν πληθώρα επιλογών ταχύτητας, διάρθρωσης, και τρόπων μεταφοράς πληροφοριών. Στην ουσία όμως, τα LAN παραμένουν δίκτυα για σχετικά μικρές περιοχές.

---

## Δίκτυα ευρείας περιοχής και διαδίκτυα

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας υπολογιστών, επικοινωνιών, και δικτύων, έγινε δυνατή η σύνδεση υπολογιστών που βρίσκονται μακριά ο ένας από τον άλλο, σε δίκτυα ευρείας περιοχής (wide area network – WAN). Μέσω ενός WAN, τα μηνύματα μπορούν να ταξιδεύουν από τη μια άκρη της χώρας στην άλλη, ή και σε παγκόσμιο επίπεδο, με τη βοήθεια επικοινωνιών υψηλών ταχυτήτων – ένα τεράστιο όφελος, ειδικά τη δεκαετία που ζούμε, όταν και τα άτομα και οι επιχειρήσεις εξαρτώνται τόσο πολύ από τους προσωπικούς και δικτυωμένους υπολογιστές.

Ένα WAN μπορεί να αποτελείται από έναν υπολογιστή τύπου mainframe στον οποίο συνδέονται απομακρυσμένα τερματικά μέσω της τηλεφωνικής γραμμής, ή (πράγμα πιο συνηθισμένο) μπορεί να αποτελείται από ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων LAN. Αν και το όριο δεν είναι ξεκάθαρο – ούτε και οι ειδικοί έχουν συμφωνήσει – μερικές φορές, θα δείτε τον όρο διαδίκτυο (internetwork) να αναφέρεται σε WAN που αποτελούνται από τέτοια διασυνδεδεμένα δίκτυα. Αυτό συμβαίνει κυρίως στην περίπτωση που κάποιο WAN αποτελείται από LAN που έχουν τελείως διαφορετική αρχιτεκτονική, δηλαδή βασίζονται σε τελείως διαφορετικές τεχνολογίες και ακολουθούν, ουσιαστικά, διαφορετικούς κανόνες δικτυακής συμπεριφοράς. (Τα ζητήματα αυτά θα τα καλύψουμε.

---

## Το Internet

Αν ένα τμήμα της πληροφορικής έχει σαρώσει τον κόσμο τα τελευταία δύο τρία χρόνια, αυτό είναι το Internet. Το Internet γίνεται όλο κα

σημαντικότερο όχι μόνον ως μια παγκόσμια πηγή που προσφέρει ηλεκτρονική αλληλογραφία, έρευνα, συζητήσεις, ομάδες ειδικών ενδιαφερόντων, πίνακες ανακοινώσεων, αλλά και έχει γίνει ένα μέσο αγορών, πωλήσεων, διαφήμισης, εκπαίδευσης, ακόμη και εκπομπών. Επιπλέον, το Internet – ή μάλλον το τμήμα του που είναι γνωστό ως Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web) – έχει αλλάξει σημαντικά τον τρόπο που οι άνθρωποι βλέπουν, δημιουργούν, και χρησιμοποιούν πληροφορίες. Όπως είπαμε και προηγουμένως, το Internet ξεκίνησε ως έργο του Υπουργείου Άμυνας των Η.Π.Α., για να εξελιχθεί σε στρατιωτικό / ερευνητικό / πανεπιστημιακό δίκτυο, που ονομάστηκε APRANET. Το APRANET ήταν υπεύθυνο για την εξέλιξη διάφορων τεχνολογιών, όπως η μεταγωγή πακέτων (pack switching), στις οποίες βασίζονται τα σημερινά δίκτυα. Ωστόσο, από τις σημαντικότερες συνεισφορές του APRANET, ειδικά όσο αφορά το Internet, ήταν η εξέλιξη ενός συνόλου πρωτοκόλλων (protocols), τα οποία σε έναν ορισμό είναι σύνολα κανόνων τους οποίους πρέπει να τηρούν οι υπολογιστές που επικοινωνούν. Τα πρωτόκολλα αυτά είναι γνωστά ως TCP / IP – αρχικά των δύο αρχικών πρωτοκόλλων που δημιουργήθηκαν, του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Μετάδοσης (Transmission Control Protocol), και του Πρωτοκόλλου Διαδικτύου (Internet protocol). Τα πρωτόκολλα TCP / IP καθορίζουν τη συσκευασία (TCP) και τη δρομολόγηση (IP) των πληροφοριών μέσα σε ένα δίκτυο. Πόσο σημαντικό είναι το TCP / IP; Καθορίζει τις επικοινωνίες μέσα στο Internet. Με αυτή την έννοια, το TCP / IP. Με αυτή την έννοια, το TCP / IP είναι το TCP / IP.

---

## Το μέλλον

Και τι θα γίνει στο μέλλον; Που βασίζουν τα δίκτυα, από τα LAN μέχρι το Internet; Προφανώς, κανείς δε γνωρίζει με σιγουριά αλλά κάποιες από τις κύριες κατευθυντήριες γραμμές είναι οι παρακάτω:

Στον πλανήτη Γη (ναι, υπάρχουν και σχέδια για δίκτυα στο διάστημα), οι εξελίξεις βαδίζουν κάπως προς την ιδέα των δικτυακών υπολογιστών ή, τουλάχιστον, προς εφαρμογές βασισμένες σε διακομιστές, καθώς και προς την κατανομημένη λειτουργία των υπολογιστών (distributed computing) τα ενδοδίκτυα (intanets), και τα εξτραδίκτυα (extranets). Επιπλέον, η κυβέρνηση των Η.Π.Α., σε συνεργασία με ερευνητικά ιδρύματα και πανεπιστήμια, δουλεύει για το Internet της επόμενης γενιάς, το οποίο πρόκειται να είναι γρηγορότερο και να διαθέτει το εύρος ζώνης (bandwidth) που χρειάζονται – μάλλον απαιτούν – οι χρήστες οι οποίοι έχουν εκνευριστεί πολύ με τους χρόνους σύνδεσης και μεταφοράς αρχείων της “Παγκόσμιας Αναμονής” (World Wide Wait).

Όσο αφορά τις πιο άμεσες εξελίξεις, οι δικτυακοί υπολογιστές, όπως μάλλον ξέρετε, πρόκειται να είναι φθηνοί επιτραπέζιοι σταθμοί χωρίς μεγάλη ανάγκη συντήρησης, οι οποίοι, σε εφαρμογές και αποθηκευτικό χώρο, θα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από υπολογιστές – διακομιστές που θα βρίσκονται μέσα στον οργανισμό. Αν και θα διαθέτουν δικές τους υπολογιστικές ικανότητες, τα μηχανήματα αυτά πρόκειται να έχουν μικρές δυνατότητες επέκτασης και προσαρμογής και, επομένως, περιορισμένη ανάγκη ακριβής και χρονοβόρας υποστήριξης. Είναι σχετικά καινούργιο είδος και αντιμετωπίζουν εμπόδια κυρίως από δύο κατευθύνσεις : (1) ανταγωνισμό από τα κανονικά επιτραπέζια συστήματα των οποίων οι τιμές πέφτουν ραγδαία, και τα οποία διαθέτουν δυνατότητες επέκτασης και τοπικό χώρο αποθήκευσης, και (2) απροθυμία των χρηστών να εγκαταλείψουν τη δυνατότητα να αποθηκεύουν οτιδήποτε επιθυμούν, όπως ευαίσθητα έγγραφα, στα δικά τους μηχανήματα. Σε συγκεκριμένες

περιπτώσεις –για παράδειγμα, σε γραφεία όπου απαιτούνται λίγες εφαρμογές και κοινή χρήση πολλών αρχείων – οι δικτυακοί υπολογιστές φαίνεται να αποτελούν βιώσιμη λύση. Είναι, κατά κάποιο τρόπο, εξυπνότερες εκδόσεις των κουτών τερματικών της παλιάς εποχής. Σε άλλες περιπτώσεις, ας πούμε για ανθρώπους που δουλεύουν μεμονωμένα ή δημιουργικά σε ένα μεγάλο αριθμό έργων όπου απαιτούνται πολλές εφαρμογές, η αξία των δικτυακών υπολογιστών είναι αμφίβολη. Με ποιο τρόπο και σε ποιο βαθμό θα αντικαταστήσουν τους επιτραπέζιους υπολογιστές είναι κάτι που θα φανεί στο μέλλον.

---

## Καταρχήν η επικοινωνία

Πριν ασχοληθούμε με τα ίδια τα δίκτυα, θα ρίξουμε μια ματιά στη διεργασία της επικοινωνίας και στο πως και πότε συμβαίνει. Μερικές φορές, για παράδειγμα, συνάδελφοι μαζεύονται γύρω από την καφετιέρα του γραφείου, φίλοι λένε ιστορίες ο ένας στον άλλο γύρω από τη φωτιά της κατασκήνωσης, ή συζητούν στο καφενείο. Αν και κάθε περίπτωση διαφέρει από τις άλλες, τα άτομα που συμμετέχουν, πέρα από τη διασκέδαση, μοιράζονται πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο (real time). Αυτό σημαίνει ότι εκπέμπουν και δέχονται, αν μου επιτρέψετε την έκφραση, στο ίδιο χρονικό πλαίσιο και με συγχρονισμένο τρόπο, ο οποίος εξαρτάται από τη σειρά που (συνήθως ευγενικά) αποφασίζουν να μιλήσουν οι συμμετέχοντες.

Οι άνθρωποι όμως δεν επικοινωνούν πάντοτε έτσι. Μερικές φορές κάθονται και γράφουν επιστολές. Ή, συγγράφουν, εκδίδουν, και διανέμουν ενημερωτικά φυλλάδια. Ή, μπαίνουν στο αυτοκίνητό τους με χαρτί και маркаδόρο, και πηγαίνουν στον μπακάλη για να κολλήσουν ένα ενοικιαστήριο. Στις περιπτώσεις αυτές, οι άνθρωποι και πάλι επικοινωνούν και μοιράζονται πληροφορίες αλλά οι αλληλεπιδράσεις τους γίνονται με καθυστέρηση, δηλαδή είναι ασύγχρονες (asynchronous) Η "εκπομπή" σίγουρα γίνεται, αλλά η ανταπόκριση μπορεί να έλθει ώρες ή και ημέρες αργότερα...ή, μπορεί να μην έλθει ποτέ. Οι επικοινωνίες αυτού του είδους δεν βασίζονται, ούτε και απαιτούν συγχρονισμό της αποστολής και της λήψης. Όσο αφορά το χρονισμό, οι δύο αυτές ενέργειες είναι εντελώς ανεξάρτητες η μια από την άλλη.

Αλλά αν και ο συγχρονισμός διαφέρει σημαντικά μεταξύ της επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο και της ασύγχρονης επικοινωνίας, και τα δύο είδη αλληλεπίδρασης είναι εξίσου σημαντικά στο ότι επιτρέπουν στους ανθρώπους να μοιράζονται πληροφορίες. Τα δίκτυα, τα οποία υπάρχουν για να υποστηρίξουν όλα τα είδη επικοινωνίας και διανομής πληροφοριών, υποστηρίζουν φυσικά και τα δύο είδη.

---

## Δικτύωση σε πραγματικό χρόνο

Η επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μέσω ενός δικτύου γίνεται με διάφορους τρόπους. Σκεφθείτε, για παράδειγμα, τις αίθουσες συζήτησης (chat rooms) στο Internet. Αντιπροσωπεύουν μια πρόσφατη και τρομερά δημοφιλή καινοτομία, μια καινοτομία που δίνει τη δυνατότητα σε ανθρώπους από όλο πραγματικά τον κόσμο να σχολιάζουν και να συζητούν πάνω σε θέματα όλων των ειδών, σαν να κάθονταν όλοι μαζί στην ίδια

αίθουσα. Ανεξάρτητα από το πόσο μακριά είναι ο ένας από τον άλλο γεωγραφικά, το μόνο που πρέπει να κάνουν είναι να συνδεθούν ταυτόχρονα μέσω τηλεφώνου σε μια εικονική αίθουσα συζητήσεων του Internet και να συζητήσουν σε πραγματικό χρόνο.

Τα επιχειρηματικά δίκτυα υποστηρίζουν επίσης τέτοιου είδους επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο. Για παράδειγμα, όταν εργαζόμενοι από διαφορετικά γραφεία συνεργάζονται για να φτιάξουν μια αναφορά με τη βοήθεια λογισμικού εικονοδιασκέψεων, βασίζονται στο δίκτυο για να τους βοηθήσει να συνομιλήσουν σε πραγματικό χρόνο. Στην περίπτωση λογισμικού όπως είναι το NetMeeting της Microsoft, το δίκτυο επιτρέπει επίσης στα μέλη της ομάδας να κάνουν κοινή χρήση μιας εφαρμογής που είναι εγκατεστημένη στον υπολογιστή ενός μέλους. Με τον ίδιο τρόπο, όταν ο πρόεδρος της εταιρείας κάνει μια ομιλία το μεσημέρι, την οποία η εταιρεία εκπέμπει στους σταθμούς εργασίας σε όλο τον οργανισμό, χρησιμοποιεί το δίκτυο για να επικοινωνήσει σε πραγματικό χρόνο. Όταν ο συνάδελφος σας κάνει αλληλεπιδραστικά μαθήματα μέσω του εταιρικού δικτύου, χρησιμοποιεί το εκπαιδευτικό υλικό σε πραγματικό χρόνο. Και ακόμη και ο υπάλληλος που προσπελάζει το εταιρικό ενδοδίκτυο για να καταχωρήσει τις ημερομηνίες της άδειάς του σε μια βάση δεδομένων κάπου στο δίκτυο επικοινωνεί σε πραγματικό χρόνο, αν και η "επικοινωνία" γίνεται μεταξύ ενός ζωντανού ανθρώπινου όντας και ενός συνόλου εγγραφών σε ένα σκληρό δίσκο. Γιατί αυτό; Επειδή το πιθανότερο είναι ότι η βάση δεδομένων των αδειών των υπαλλήλων ανανεώνεται αμέσως, ή το δυνατόν συντομότερο – η ενημέρωση μπορεί να καθυστερήσει, για παράδειγμα, αν η εγγραφή χρησιμοποιείται ήδη ή επειδή πολλές ταυτόχρονες συνδέσεις καθυστερούν λιγάκι το σύστημα.

---

## Ασύγχρονη δικτύωση

Αν και η δικτύωση σε πραγματικό χρόνο, ειδικά σε σχέση με το Internet και τα ενδοδίκτυα, τα οποία βασίζονται στο Internet, κερδίζουν δημοτικότητα, αυτή τη στιγμή πολύ περισσότερες ενέργειες γίνονται μέσω ασύγχρονης επικοινωνίας.

Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail). Στέλνετε ένα μήνυμα σε ένα συνάδελφο και συνεχίζετε να δουλεύετε μέχρι να σας απαντήσει. Μπορεί να ελπίζετε σε μια άμεση απάντηση αλλά, ακόμη και αν δεν την πάρετε, οι συνέπειες – και η επίδρασή τους στη διάθεση σας – θα είναι λιγότερο σημαντικές από ό,τι με τις προηγούμενες εναλλακτικές λύσεις. Επιπλέον, ο συνάδελφος σας τώρα έχει την πολυτέλεια να έχει το χρόνο για τυχόν αναγκαία συλλογή πληροφοριών, μελέτη ενός ζητήματος που απαιτεί σκέψη, ή αναβολή χειρισμού μιας κατάστασης για καταλληλότερο χρόνο.

---

## Τα δίκτυα συνολικά

Με την πρώτη ματιά, τα δίκτυα μοιάζουν με ένα μπερδεμένο συνονθύλευμα υλικού, λογισμικού, πρωτοκόλλων, δραστηριοτήτων, ταχυτήτων μετάδοσης, εύρους ζώνης, και άλλων καλωδίων, που διαπλέκονται σε τέτοιο σημείο που μπορεί και να αναρωτιέστε που θα βρείτε το κομμάτι που θα σας βοηθήσει να αρχίσετε να ξεχωρίζετε τις διάφορες τεχνολογίες για να δείτε τον τρόπο που σας συνδυάζονται.

Στην πράξη όμως, δεν είναι τόσο δύσκολο όσο φαίνεται να βρεθεί ένα σημείο εκκίνησης. Είναι γνωστό ότι, όταν κανείς βρίσκεται μπροστά σε μια μάζα που αποτελείται από διάφορα πράγματα, που το καθένα προσπαθεί να τραβήξει την προσοχή του, συνήθως βοηθάει να κάνει ένα βήμα πίσω για να αλλάξει την προοπτική του – να δει το δάσος και όχι το δέντρο. Στην περίπτωση αυτή, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την ίδια μέθοδο. Αντί να βλέπετε το δίκτυο ως ένα σύνολο από ανόμοια, αν και ολοκληρωμένα κομμάτια υψηλής τεχνολογίας, κάντε ένα βήμα πίσω και δείτε το ως μια ολοκληρωμένη ενότητα. Ξεκινήστε βλέποντας τον τρόπο λειτουργίας του – το *modus operandi* του αν θέλετε.

---

## Είδη δικτύων

Τα διάφορα δίκτυα μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τη λειτουργία τους σε τρεις μεγάλες κατηγορίες : συγκεντρωτικά δίκτυα (*centralized networks*), ομότιμα δίκτυα (*peer – to- peer networks*), και δίκτυα πελάτη / διακομιστή (*client / server networks*).

Τα συγκεντρωτικά δίκτυα αποτελούνται από τερματικά και κεντρικούς υπολογιστές τύπου μεγάλου συστήματος (*mainframe*). Βασίζονται σε απευθείας σύνδεση των τερματικών στο *mainframe*, ενώ η επεξεργασία γίνεται στον κύριο, δηλαδή τον κεντρικό, υπολογιστή. Προφανώς, βρίσκονται σε ευρεία χρήση σήμερα και παραμένουν ένα πολύτιμο και πολύ αξιόπιστο μέσο δημιουργίας μιας κοινότητας χρηστών μέσα σε έναν οργανισμό.

Τα συγκεντρωτικά δίκτυα είναι δαπανηρά και δεν είναι τόσο ευέλικτα όσο τα δίκτυα πελάτη / διακομιστή που χρησιμοποιούνται σήμερα σε πολλές μεγάλες και μικρές επιχειρήσεις, πράγμα που σημαίνει ότι η επέκταση του δικτύου μπορεί να περιλαμβάνει αντικατάσταση ακριβού υλικού. Ωστόσο, τα δίκτυα που βασίζονται σε *mainframe*, μπορούν να λειτουργήσουν σε συνδυασμό με δίκτυα πελάτη / διακομιστή, χάρη σε διαμεσολαβητικά προγράμματα όπως το *SNA Server* της *Microsoft*.

Προχωρώντας με στόχο τη λειτουργικότητα των δικτύων, αλλά λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τη μεγαλύτερη ευελιξία και επεκτασιμότητα και το οικονομικό θέμα, τη δεκαετία του 1980 και του 1990 δόθηκε περισσότερη έμφαση στα μοντέλα δικτύων που βασίζονται στην τεχνολογία των μικροϋπολογιστών . Τα μοντέλα αυτά, τα οποία θεωρούν δεδομένη την ικανότητα επεξεργασίας των σταθμών εργασίας αλλά και την πρόσβαση στους πόρους του δικτύου, περιλαμβάνουν το σχεδιασμό ομότιμου δικτύου και το σχεδιασμό πελάτη / διακομιστή, που αποτελούν τη βάση των τοπικών δικτύων, αλλά και των δικτύων ευρείας περιοχής. Αυτά τα είδη δικτύων δεν αποτελούν μόνο το στήριγμα των επιχειρήσεων , των κρατικών οργανισμών, και των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων. Στην πράξη σήμερα, σε αυτά τα δίκτυα γίνεται όλο το "παιχνίδι" της εξέλιξης των μικροϋπολογιστών και του λογισμικού. Σε τι λοιπόν διαφέρουν μεταξύ τους;

---

## Ομότιμα δίκτυα

Τα ομότιμα δίκτυα (*peer – to – peer*), όπως ορίζονται στο βιβλίο αυτό, είναι μια πολύ δημοκρατική μορφή δικτύου που βασίζεται σε

μικροϋπολογιστές. Δημοκρατική, με την έννοια ότι όλοι οι υπολογιστές στο δίκτυο είναι ομότιμοι, ίσοι μεταξύ τους, είναι "φιλαράκια". Οποιοσδήποτε από αυτούς μπορεί να παίξει το ρόλο του πόρου του δικτύου, προσφέροντας αρχεία, εκτυπωτές, ακόμη και αποθηκευτικό χώρο στους υπόλοιπους. Την ίδια στιγμή, όλοι μπορούν να λειτουργήσουν και μεμονωμένα, επειδή διαθέτουν ό,τι χρειάζεται - δίσκους για αποθήκευση, αρκετή μνήμη, και υπολογιστική ισχύ - για να δουλέψουν ως ανεξάρτητοι υπολογιστές.

Τα ομότιμα δίκτυα συνιστώνται για μικρές ομάδες πέντε έως δέκα σταθμών εργασίας που βρίσκονται στην ίδια περιοχή, όπως για παράδειγμα ένα μικρό γραφείο. Αν και δεν είναι τόσο εξελιγμένα όσο τα μεγαλύτερα δίκτυα σε θέματα ασφάλειας, συγκεντρωτικής διαχείρισης, και επεκτασιμότητας, τα ομότιμα δίκτυα αντιπαραθέτουν στους περιορισμούς αυτούς την ευκολία εγκατάστασης, το σχετικά χαμηλό κόστος, και την ευκολία διαχείρισης (η οποία, παρεμπιπτόντως, περιορίζεται στο να ορίσει κάθε χρήστης πώς, τότε, κα σε ποιον από τα άλλα μέλη της ομάδας θα επιτρέπεται η κοινή χρήση των πόρων του υπολογιστή του.

Σε ένα ομότιμο δίκτυο, δεν υπάρχει κάποιος κεντρικός υπεύθυνος, κάποιος διαχειριστής δικτύου, ο οποίος να ασχολείται με την ασφάλεια, τους λογαριασμούς των χρηστών, τους κωδικούς πρόσβασης, τη διαχείριση, κλπ., αν και μπορεί να υπάρχει κάποιο άτομο που να γνωρίζει περισσότερα για τα δίκτυα των υπολογιστών και να αναλάβει τη θέση του "δάσκαλου", είτε κατόπιν σχεδιασμού, είτε επειδή δεν υπάρχει άλλος. Ανεξάρτητα από αυτό, σε αυτό το βασίλειο όπου όλοι είναι ίσοι, όλα τα μέλη δίνουν και παίρνουν, και όλα είναι υπεύθυνα για τη συντήρηση των πόρων τους και την ασφάλεια (που βασίζεται σε κωδικούς πρόσβασης). Τα μελή (δηλαδή οι άνθρωποι) ελέγχουν την πρόσβαση στους πόρους τους είτε ανά χρήστη, είτε ανά κοινόχρηστο πόρο. Με βάση τους χρήστες, σε κάθε άτομο εκχωρούνται δικαιώματα πρόσβασης για ανάγνωση, εγγραφή, ή άλλου ελεγχόμενου είδους πρόσβαση. Με βάση τους κοινόχρηστους πόρους, ένας δίσκος (κακή ιδέα αν είναι ο κύριος ή ο μόνος δίσκος του υπολογιστή), ένας φάκελος, ένας υποφάκελος, ή μια συσκευή ορίζεται ως κοινόχρηστη για να τη χρησιμοποιούν όσοι τη χρειάζονται.

Ορίστε λοιπόν, σε περίληψη, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ομότιμων δικτύων. Το κύριο πλεονέκτημα είναι ότι τα ομότιμα δίκτυα δεν είναι μόνον οικονομικά αλλά και εύκολα στην υλοποίηση. Κάθε υπολογιστής του δικτύου πρέπει απλώς να διαθέτει μια κάρτα δικτύου η οποία του επιτρέπει να επικοινωνεί με τους άλλους, ένα ομοαξονικό καλώδιο (σαν της κεραίας της τηλεόρασης), ή ένα καλώδιο σύστροφου ζεύγους (τηλεφωνικού τύπου) για τη σύνδεση του, τα ομότιμα δίκτυα, σαν τα Windows 98 ή τα Windows NT Workstation.

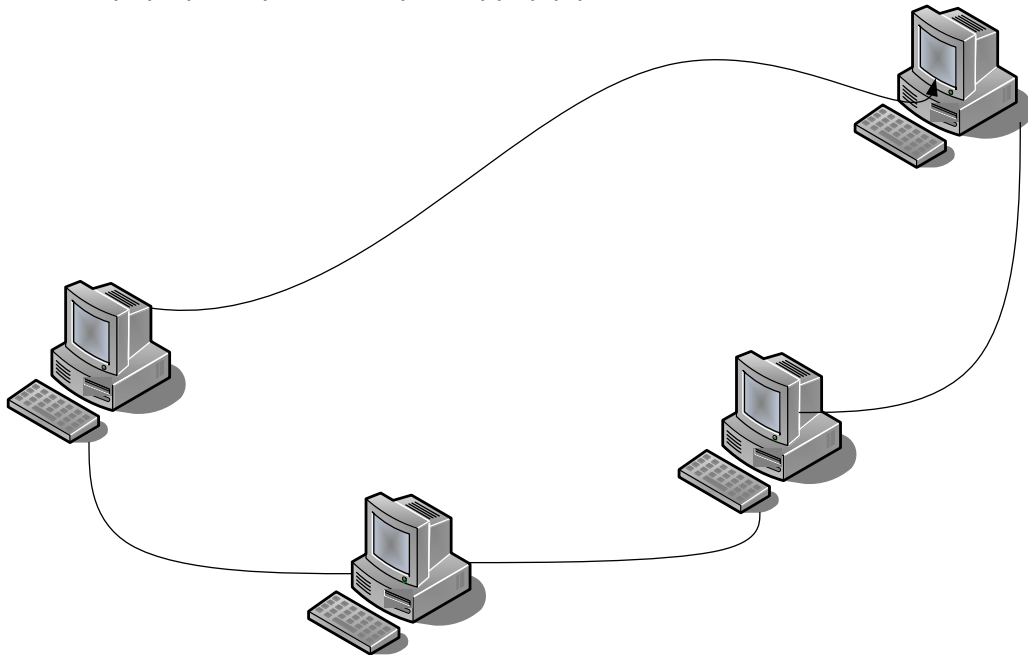
Τα μειονεκτήματα; Τα ομότιμα δίκτυα είναι περιορισμένα σε μέγεθος και εμβέλεια και δεν έχουν σχεδιαστεί με γνώμονα την ασφάλεια. Ο κάθε χρήστης πρέπει να αναλάβει την ευθύνη της ασφάλειας και της διαχείρισης του μηχανήματος του.

---

## ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ

Το σχήμα ή ,για να χρησιμοποιήσουμε τον τεχνικό όρο, η τοπολογία (topology) ενός δικτύου αφορά τον τρόπο που συνδέονται μεταξύ τους οι υπολογιστές. Υπάρχουν τρεις βασικοί σχεδιασμοί που ακολουθούν τα δίκτυα, και είναι γνωστοί ως δίαυλος(bus)-στην πράξη μια ευθεία γραμμή-δακτύλιος(ring), και αστέρας(star). Αν και το πραγματικό σχήμα του

δικτύου μπορεί να έχει μικρή ή και καθόλου σχέση με γραμμή ,δακτύλιο, ή αστέρα , αν θα μπορούσε να το δει κανείς από ψηλά, οι πραγματικές συνδέσεις ανταποκρίνονται στα σχήματα αυτά λογικά, αν όχι φυσικά. Αυτό σημαίνει ότι, η κίνηση του δικτύου πράγματι γίνεται σε ευθεία γραμμή , σε κύκλο, ή προς τα έξω σε αστεροειδή μορφή.



Για να σας βοηθήσει να δείτε πως δουλεύει το σύστημα, η επόμενη εικόνα απεικονίζει ένα δίκτυο που βασίζεται σε τοπολογία δακτυλίου, σύμφωνα με την οποία οι υπολογιστές συνδέονται ο ένας με τον άλλο σε ένα κλειστό κύκλο. Αν φανταστείτε αυτούς τους υπολογιστές να βρίσκονται σε διαφορετικά γραφεία, ή ακόμη και σε διαφορετικούς ορόφους ενός κτιρίου , θα καταλάβετε πως, ενώ το δίκτυο μπορεί να μοιάζει με δακτύλιο , οι λογικές συνδέσεις του πράγματι σχηματίζουν ένα κλειστό κύκλο.

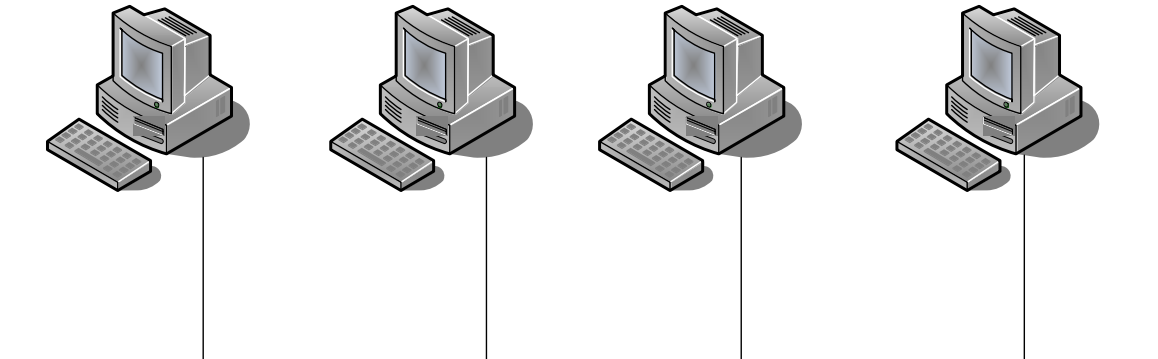
## ΔΙΑΥΛΟΣ

Η απλούστερη και ευκολότερη στην υλοποίηση τοπολογία, το δίκτυο διαύλου (γνωστό και ως δίκτυο γραμμικού διαύλου-linear bus), αποτελείται από ένα και μόνο καλώδιο με το οποίο συνδέονται οι υπολογιστές , πελάτες και διακομιστές. Σε ένα δίκτυο διαύλου οι κόμβοι συμμετέχουν παθητικά, "παρακολουθώντας" τη γραμμή , περιμένοντας μηνύματα προορισμένα γι'αυτούς. Δεν συμμετέχουν ενεργά στη διαβίβαση μηνυμάτων από κόμβο σε κόμβο μέσω του δικτύου, όπως συμβαίνει με τους κόμβους των δικτύων δακτυλίου.

Όσο αφορά τις ίδιες τις μεταδόσεις οποιοσδήποτε κόμβος ενός δικτύου διαύλου μπορεί να μεταδώσει σε οποιονδήποτε άλλο κόμβο, οπότε θέλει. Το κάθε μήνυμα εκπέμπεται σε όλη την κοινότητα, συνδεδεμένο από την μοναδική διεύθυνση δικτύου του παραλήπτη, αλλά ο μόνος κόμβος που μπορεί να το παραλάβει και να το διαβάσει είναι αυτός στον οποίο απευθύνεται. Οι μεταδόσεις μπορούν να γίνονται από ένα υπολογιστή τη



φορά και, έτσι, σε οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή ένας υπολογιστής κυριαρχεί στο δίκτυο, ενώ όποιος άλλος θέλει να μεταδώσει πρέπει να περιμένει να ελευθερωθεί η γραμμή.



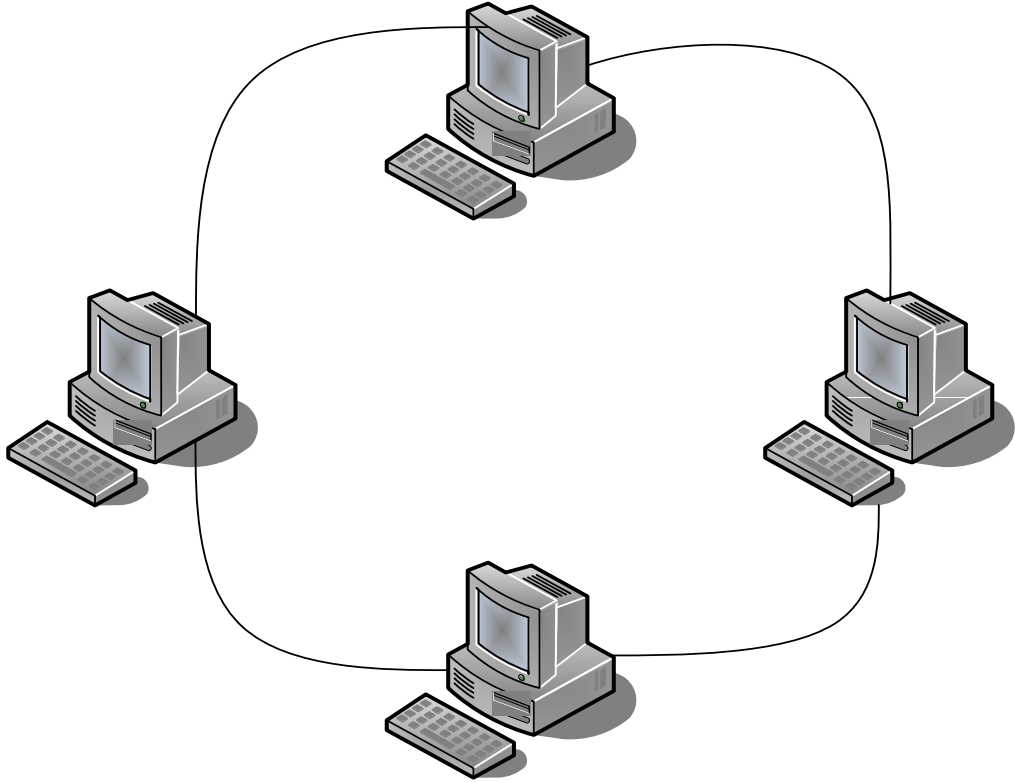
Για να αποφευχθεί ο ανταγωνισμός (collision)-όταν πολλοί κόμβοι προσπαθούν να μεταδώσουν την ίδια στιγμή-το δίκτυο βασίζεται σε κάποιου είδους δεισιπαιξία. Το πρότυπο Ethernet (το πιο γνωστό είδος δικτύου διαύλου) χειρίζεται τον ανταγωνισμό με μια τεχνική γνωστή ως Πολλαπλή Προσπέλαση με Ανίχνευση Φέροντος Σήματος και Ανίχνευση Συγκρούσεων (Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection, CSMA/CD), η οποία ορίζει ότι κάθε κόμβος πρέπει να περιμένει να ελευθερωθεί η γραμμή πριν προσπαθήσει να μεταδώσει. Αν, όπως συμβαίνει μερικές φορές, δυο κόμβοι μεταδώσουν ταυτόχρονα, πρέπει να ανακαλέσουν και οι δυο και να περιμένουν ένα τυχαίο χρονικό διάστημα μέχρι να προσπαθήσουν ξανά. Τα μηνύματα σε ένα δίκτυο διαύλου ταξιδεύουν και στις δυο κατευθύνσεις (από "αριστερά" στα "δεξιά", ή από "δεξιά" προς στα "αριστερά"). Επειδή το δίκτυο βασίζεται σε ένα και μόνο καλώδιο, γνωστό και ως κορμό (trunk) ή σπονδυλική στήλη (backbone), οι δυο άκρες του καλωδίου πρέπει να είναι εφοδιασμένες με μια συσκευή που λέγεται αντίσταση τερματισμού (terminator), η οποία απορροφά τα σήματα και εμποδίζει την ανάκλαση τους πίσω κατά μήκος του καλωδίου, όπου θα μπορούσαν να προξενήσουν χάος παρεμβαλλόμενα στα άλλα σήματα.

Τα δίκτυα διαύλου είναι εύκολα στην υλοποίηση και απαιτούν λιγότερα καλώδια από τις άλλες τοπολογίες. Επιπλέον, η προσθήκη και η κατάργηση κόμβων είναι αρκετά απλή. Από την άλλη πλευρά όμως, στα δίκτυα αυτά είναι δύσκολος ο εντοπισμός σφαλμάτων, ενώ μια ζημιά στο κεντρικό καλώδιο σημαίνει ότι παύει να λειτουργεί ολόκληρο το δίκτυο. Επίσης ο αριθμός κόμβων που υποστηρίζει ο δίαυλος επηρεάζει τις επιδόσεις του δικτύου. Αν υπάρχουν πάρα πολλοί κόμβοι, το δίκτυο καθυστερεί επειδή κάθε κόμβος πρέπει να περιμένει περισσότερο για να ελευθερωθεί η γραμμή ώστε να μπορέσει να μεταδώσει.

## ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ

Ένα δίκτυο δακτυλίου, όπως μπορείτε να φανταστείτε, έχει την μορφή κύκλου, τουλάχιστον όσο αφορά τους κόμβους. Οι μεταδόσεις του δικτύου ταξιδεύουν από κόμβο σε κόμβο, σε μια κατεύθυνση, σε κλειστό κύκλο.

Όταν ένα μήνυμα ολοκληρώσει τον κύκλο σημαίνει ότι ταξίδεψε από τον κόμβο που ξεκίνησε τη μετάδοση στον υπολογιστή που είναι συνδεδεμένος στον επόμενο κόμβο, και ούτως καθεξής, μέχρι να κάνει έτσι όλο τον κύκλο και να επιστρέψει στον αρχικό κόμβο. Η παρακάτω εικόνα δείχνει τη συνηθισμένη σχεδίαση της τοπολογίας δακτυλίου.

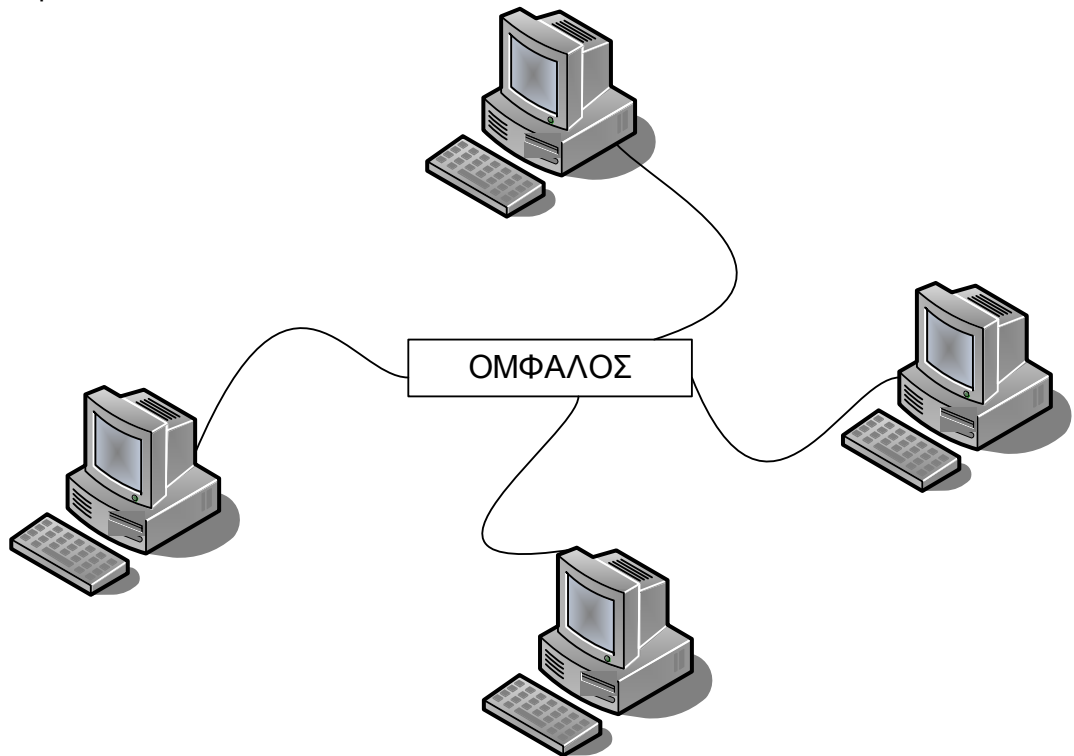


Προσέξτε ότι κάθε κόμβος επικοινωνεί απευθείας μόνο με άλλους δυο: τον κόμβο στον οποίο μεταδίδει και τον κόμβο από τον οποίο δέχεται μηνύματα. Επίσης, αντίθετα από τους κόμβους ενός δικτύου διαύλου, οι κόμβοι ενός δικτύου δακτυλίου συμμετέχουν ενεργά όχι μόνο στην αποστολή και την λήψη μηνυμάτων, αλλά και στην αποστολή του σήματος στο δακτύλιο και, σε μερικές περιπτώσεις, ακόμη και στην ενίσχυση (boosting) του σήματος πριν την αναμετάδοση του στον επόμενο κόμβο. Τα δίκτυα δακτυλίου δεν απαιτούν τεράστιο μήκος καλωδιώσεων και ακριβά υλικά για να υλοποιηθούν, και ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματά τους είναι ότι κάθε κόμβος έχει ίσες ευκαιρίες μετάδοσης. Ωστόσο, όπως και στα δίκτυα διαύλου, ο εντοπισμός των προβλημάτων είναι δύσκολος και μια ζημιά στο καλώδιο προξενεί την κατάρρευση ολόκληρου του δικτύου.

## ΑΣΤΕΡΑΣ

Τα αστεροειδή δίκτυα, απλώνονται σε διάφορες κατευθύνσεις από μία κεντρική θέση. Στην κεντρική αυτή θέση, υπάρχει μία φυσική συσκευή

γνωστή ως ομφαλός (hub), για προφανείς λόγους, όπως βλέπετε στην παρακάτω εικόνα.



Ο ίδιος ο ομφαλός μπορεί να συμμετέχει ενεργά στο δίκτυο ενισχύοντας το διερχόμενο σήμα, ή μπορεί να είναι ένας παθητικός πίνακας καλωδίων ο οποίος απλώς αναμεταδίδει τα σήματα μέσω του δικτύου. Ανεξάρτητα από το προηγούμενο ζήτημα, ο ομφαλός (ή, σε μεγαλύτερα δίκτυα, οι ομφαλοί) αποτελούν το βασικό χαρακτηριστικό, την ειδοποιό διαφορά, των αστεροειδών δικτύων.

Ως παράδειγμα, η μορφή δικτύου που είναι γνωστή ως δίκτυο χαμηλής αντίστασης ACRnet – δημοφιλής μορφή μικρών δικτύων – βασίζεται σε μία αστεροειδή τοπολογία που μπορεί να περιλαμβάνει παράλληλα ενεργούς και παθητικούς ομφαλούς. Οι παθητικοί ομφαλοί, που συνδέονται με τους ενεργούς, εξυπηρετούν ως “σημεία σύνδεσης” για ομάδες κόμβων, οι ενεργεί ομφαλοί παίζουν το ρόλο κέντρων συγκέντρωσης των παθητικών ομφαλών, των κόμβων και των διακομιστών. Παρεμπιπτόντως, αυτή η μορφή του ACRnet, για την διατήρηση της τάξης βασίζεται στη μεταβίβαση σκυτάλης. Στην περίπτωση αυτή, επειδή οι κόμβοι δεν αποτελούν λογικό δακτύλιο, η σκυτάλη μεταβιβάζεται από τον ένα κόμβο στον άλλο με βάση μια προκαθορισμένη – από τον κόμβο 1 στον κόμβο 2, μετά στον κόμβο 3, και ούτω καθεξής.

Τα αστεροειδή δίκτυα χρησιμοποιούνται συχνά σε συνδυασμό με άλλες τοπολογίες. Μια άλλη μορφή ACRnet (το ACRnet υψηλής αντίστασης, για παράδειγμα) βασίζεται σε ενεργούς ομφαλούς και τοπολογία διαύλου. Ωστόσο, τα ACRnet υψηλής αντίστασης ACRnet χαμηλής αντίστασης μπορούν να συνδυαστούν στο ίδιο, διαμορφώνοντας ένα συνδυασμό τοπολογίας αστέρα και τοπολογίας διαύλου.

Ένα πλεονέκτημα των αστεροειδών δικτύων είναι ότι η ευκολία με την οποία μπορούν να προστεθούν περισσότεροι κόμβοι τα κάνει εύκολα επεκτάσιμα. Ορισμένοι τύποι ομφαλών, που λέγονται υβριδικό ομφαλό (hybrid hubs), μπορούν να υποστηρίξουν επίσης χρήση περισσοτέρων

από ένα είδος καλωδίου στο δίκτυο. Επίσης, επειδή η καλωδίωση ενός αστεροειδούς δικτύου εκτείνεται από ομφαλό σε κόμβο, τα προβλήματα απομονώνονται ευκολότερα και μια ζημιά σε καλώδιο έχει αποτέλεσμα την κατάρρευση μόνο του κόμβου που συνδέεται με αυτό το καλώδιο. ( Αν όμως το δίκτυο βασίζεται σε έναν και μόνον ομφαλό, μια ζημιά του ομφαλού επηρεάζει, φυσικά, ολόκληρο το δίκτυο). Τα hubs έχουν τελευταία αντικατασταθεί από τα switches.

---

## **ΚΙΝΗΣΗ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ-ΠΑΚΕΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

### **ΠΩΣ ΓΙΝΕΤΑΙ Η ΚΙΝΗΣΗ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ**

Τώρα που έχετε μια γενική ιδέα πώς μοιάζει συνολικά ένα δίκτυο, το επόμενο βήμα είναι να μελετήσουμε τον τρόπο που μετακινούνται τα μηνύματα που χειρίζεται το δίκτυο από και προς τους διάφορους κόμβους του και, σε μερικές περιπτώσεις, από ένα δίκτυο σε ένα άλλο.

### **ΠΑΚΕΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Τα δίκτυα είναι γρήγορα. Πολύ γρήγορα. Σε σύγκριση με την ταχύτητα λειτουργίας τους, οι άνθρωποι είμαστε κάπου μεταξύ αργής κίνησης και ακινησίας. Αλλά τα δίκτυα, όπως και οι λεωφόροι με τις οποίες μοιάζουν ως έννοιες, έχουν ένα άνω όριο στην κίνηση που μπορούν να αντέξουν. Δεν έχουν άπειρο εύρος ζώνης (δυνατότητα μεταφοράς πληροφοριών για την οποία όλοι μιλούν και όλοι εύχονται να είχαν περισσότερη). Δεδομένου ότι οι νόμοι της φυσικής – και οι απαιτήσεις των χρηστών – βάζουν περιορισμούς στα δίκτυα, πώς μπορούν (α) να επιτρέπουν την ταχύτερη δυνατή κίνηση και (β) να επιτρέπουν δίκαια, αν όχι ίση πρόσβαση σε όλους τους χρήστες; Η απάντηση είναι κατατεμαχίζοντας το φόρτο της κίνησης σε μικρά κομμάτια γνωστά ως πακέτα (packets).

Αν φανταστούμε για παράδειγμα μια κατάσταση στην οποία ένας υπολογιστής να στείλει ένα αρχείο πολλών megabyte – ας πούμε ένα έγγραφο κειμένου με ενσωματωμένες εικόνες – σε κάποιον άλλον. Αν μπορούσε ο υπολογιστής αυτός να καταλάβει το καλώδιο του δικτύου όση ώρα θα χρειαζόταν για τη μεταφορά του αρχείου, οι άλλοι υπολογιστές με τα δικά τους μηνύματα θα έπρεπε να περιμένουν να τελειώσει η μετάδοση. Φανταστείτε, ακόμη, ότι ένα προσωρινό πρόβλημα προξενεί ένα σφάλμα στη μετάδοση. Πρέπει να μεταδοθεί ξανά ολόκληρο αυτό το μεγάλο αρχείο.

Για να αποφεύγονται και οι δύο αυτές καταστάσεις, τα δίκτυα κατακερματίζουν τις μεταδόσεις τους σε πακέτα. Με τον τρόπο αυτόν, το μεγάλο αρχείο γίνεται ένας μεγάλος αριθμός μικρών πακέτων τα οποία, αντί να εμποδίζουν την πρόσβαση, μπορούν να συγχωνεύονται στη ροή της κίνησης παράλληλα με πακέτα από άλλους υπολογιστές. Επιπλέον, επειδή το μεγάλο αρχείο έχει μοιραστεί σε κομμάτια, το σφάλμα που μπορεί να προξενηθεί στο δίκτυο επηρεάζει μόνον ένα μικρό μέρος του αρχείου, και μόνον αυτό το μέρος πρέπει να μεταδοθεί ξανά. Χάρη στα πακέτα όλοι κερδίζουν.

### **A. ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΕΝΟΣ ΠΑΚΕΤΟΥ**

Τα πακέτα είναι όντως κομμάτια δεδομένων, αλλά όχι μόνο κομμάτια δεδομένων. Πρέπει να περιέχουν πληροφορίες για την προέλευσή τους, τον προορισμό τους, τον τρόπο που πρέπει να ελέγχονται για σφάλματα, και τον τρόπο επανασυναρμολόγησής τους ώστε να διαμορφώσουν το αρχικό αρχείο ή μήνυμα. Για να συμπεριλάβει όλες αυτές τις πληροφορίες,

ένα πακέτο αποτελείται από 3 μέρη : μια **κεφαλίδα** (header), τα ίδια τα δεδομένα, και ένα **επίμετρο** (trailer).

Η κεφαλίδα, όπως δηλώνει και το όνομά της, προηγείται των δεδομένων στο πακέτο, και περιλαμβάνει την προέλευση και τις διευθύνσεις προορισμού (του δικτύου), καθώς και πληροφορίες ελέγχου και χρονισμού ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή μεταβίβαση του πακέτου.

Το τμήμα των δεδομένων περιέχει το πραγματικό κομμάτι δεδομένων που μεταβιβάζεται. Ανάλογα με το δίκτυο, αυτό το τμήμα του πακέτου έχει συνήθως μέγεθος μεταξύ 512 byte και 4 kilobyte.

Το επίμετρο είναι πάνω – κάτω το τμήμα που κάνει το τελικό ξεκαθάρισμα της μεταβίβασης του πακέτου και περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τις πληροφορίες ελέγχου σφαλμάτων οι οποίες επιτρέπουν στον υπολογιστή – παραλήπτη να επαληθεύει ότι τα δεδομένα έφτασαν άθικτα.

## **B. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ**

Για να επαληθεύουν την ακρίβεια μιας μεταβίβασης, τα δίκτυα συνήθως βασίζονται σε μια μέθοδο ελέγχου σφαλμάτων γνωστή ως *κυκλικός έλεγχος πλεονασμού* (cyclical redundancy test, CRC), σύμφωνα με την οποία ο υπολογιστής – αποστολέας υπολογίζει μία τιμή με βάση τις πληροφορίες που περιέχονται στο πακέτο, και την περιλαμβάνει σε αυτό. Στη συνέχεια, ο υπολογιστής – παραλήπτης ξαναυπολογίζει την τιμή αυτή. Αν τα αποτελέσματα είναι ίσα, υποθέτει ότι δεν έγινε λάθος στη μεταβίβαση.

## **Γ. ΤΑ ΠΑΚΕΤΑ ΚΑΙ Η ΚΑΡΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ**

Με όλες αυτές τις πληροφορίες να πηγαινοέρχονται μέσα σε ένα δίκτυο, ίσως αναρωτιέστε πώς τα καταφέρνει αυτό να χειρίζεται τον κατακερματισμό, τον ορισμό των διευθύνσεων προορισμού, και την παράδοση, ακόμη και με τη διεύθυνση προορισμού να περιλαμβάνεται σε κάθε πακέτο. Πολλές από τις δουλειές αυτές τις κάνει η κάρτα δικτύου που υπάρχει σε κάθε υπολογιστή ο οποίος είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο. Ας ξεκινήσουμε από τα πολύ βασικά. Μέσα στον υπολογιστή, οι πληροφορίες ταξιδεύουν μεταξύ των συσκευών και του επεξεργαστή μέσα από διαδρόμους που είναι γνωστοί ως *δίαυλοι*. (busses). Όπως και οι λεωφόροι, οι δίαυλοι αυτοί διαθέτουν πολλές “λωρίδες κυκλοφορίας” (στην πράξη, καλώδια) τη μια δίπλα στην άλλη. Και όπως και με την κίνηση στις λεωφόρους, οι πληροφορίες κινούνται η μια δίπλα στην άλλη – στους σημερινούς μικροϋπολογιστές, συνήθως κινούνται σε ομάδες των 16 ή των 32 σχετικών μεταξύ τις bit (και στο άμεσο μέλλον σε 65 bit), αντιπροσωπεύοντας, ας πούμε, ένα χαρακτήρα κειμένου ή μία διεύθυνση μνήμης. Αυτή η τακτική προέλαση δεδομένων μέσα στον υπολογιστή είναι γνωστή ως *παράλληλη μετάδοση* (parallel transmission), επειδή τα bit μετακινούνται σε ομάδες. Και όπως ίσως ήδη γνωρίζετε, όσο μεγαλύτερος είναι αριθμός των bit σε μία ομάδα, τόσο περισσότερες πληροφορίες μπορεί να κινήσει κάθε φορά ο υπολογιστής και, άρα, τόσο γρηγορότερα ταξιδεύουν οι πληροφορίες αυτές από σημείο σε σημείο μέσα στον υπολογιστή.

Όταν όμως οι πληροφορίες βγουν έξω από τον υπολογιστή σε κάποιο καλώδιο δικτύου, το σήμα πρέπει να τροποποιηθεί. Αν και τα bit που μεταδίδονται συνεχίζουν να εκπροσωπούν τα ίδια δεδομένα, οι ομάδες των bit δεν μπορούν πλέον να ταξιδεύουν παράλληλα. Αντίθετα με τους υπολογιστές, τα καλώδια δικτύου επιτρέπουν στις πληροφορίες να ταξιδεύουν ανά bit, ως *σειριακές* (serial) μεταδόσεις. Στην πράξη, η κίνηση πρέπει να μπει από μια λεωφόρο με πολλές λωρίδες κυκλοφορίας σε ένα δρόμο με μία λωρίδα κυκλοφορίας – με υψηλό όριο ταχύτητας, βέβαια, αλλά, παρόλα αυτά, έναν πιο στενό δίαυλο.

Τα bit, όμως, μια που δεν έχουν μυαλό, δεν μπορούν να αποφασίσουν μόνα τους να μπου “στη σειρά”. Ούτε μπορούν να αποφασίσουν να

εγκαταλείψουν το δίαυλο του υπολογιστή και να επιβιβαστούν σε ένα πακέτο με προορισμό το δίκτυο. Χρειάζονται βοήθεια, και τη βοήθεια αυτή την προσφέρει η κάρτα δικτύου. Η κάρτα είναι αυτή που αλλάζει την παράλληλη μετάδοση του υπολογιστή σε σειριακή μορφή. Η κάρτα είναι αυτή που ζητάει τα δεδομένα από τον υπολογιστή. Η κάρτα συσκευάζει τα πακέτα και τους δίνει τη διεύθυνση προορισμού. Η κάρτα προωθεί το πακέτο στο δίκτυο και συντονίζει το μέγεθος, την ταχύτητα, και το χρονισμό της μετάδοσης, ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή μετάδοση των δεδομένων.

Και στην πλευρά του παραλήπτη, η κάρτα δικτύου κάνει τους αντίθετους χειρισμούς. Παρακολουθεί το δίκτυο και παραλαμβάνει τα πακέτα τα οποία είτε απευθύνονται στη δική της διεύθυνση είτε εκπέμπονται συνολικά στο δίκτυο. Αφαιρεί τη διεύθυνση παραλήπτη και τις άλλες πληροφορίες μετάδοσης από το πακέτο. Μετατρέπει τη μορφή δεδομένων από σειριακή σε παράλληλη, και τέλος, μεταβιβάζει τα δεδομένα στον υπολογιστή για να χρησιμοποιηθούν από την εφαρμογή που τα ζήτησε ή είναι η κατάλληλη για να τα χρησιμοποιήσει.

---

## ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

### ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ OSI

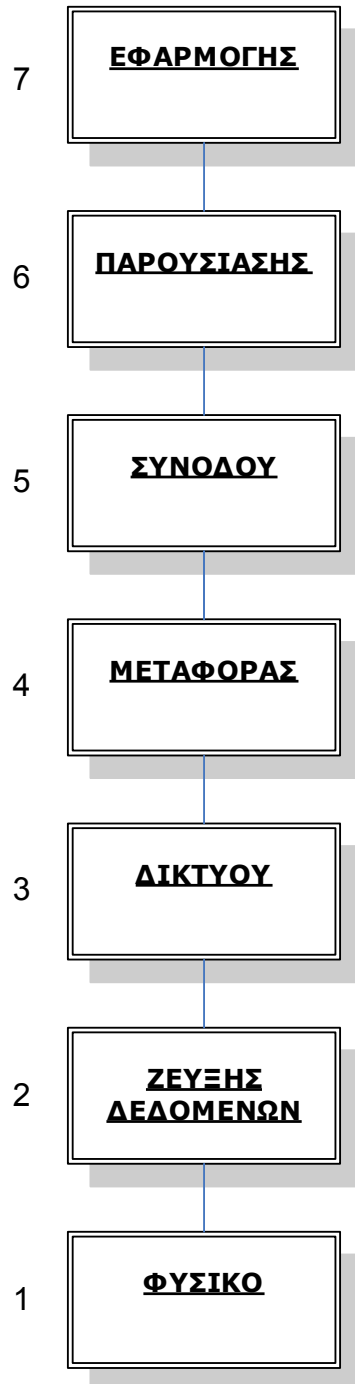
Το μοντέλο OSI βασίζεται σε μια πρόταση που ανέπτυξε ο οργανισμός διεθνών προτύπων ISO(International standards organization), ως ένα πρώτο βήμα προς την κατεύθυνση της διεθνούς προτυποποίησης των πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στρώματα. Το μοντέλο αποκαλείται μοντέλο αναφοράς OSI (Open systems interconnection) του ISO , επειδή αφορά ανοιχτά συστήματα, δηλαδή συστήματα ανοιχτά στην επικοινωνία μ άλλα συστήματα.

Το μοντέλο OSI έχει επτά στρώματα. Οι αρχές που εφαρμόστηκαν για να προκύψουν τα επτά αυτά στρώματα είναι οι ακόλουθες.

1. Ένα στρώμα πρέπει να δημιουργηθεί οπουδήποτε χρειάζεται ένα διαφορετικό επίπεδο αφαίρεσης.
2. Κάθε στρώμα πρέπει να εκτελεί μια καλά προσδιορισμένη λειτουργία.
3. Η λειτουργία του καθενός στρώματος πρέπει να επιλέγεται με προοπτική τον καθορισμό διεθνώς προτυποποιημένων πρωτοκόλλων.
4. Τα όρια των στρωμάτων πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η ροή της πληροφορίας μέσω των διεπαφών.
5. Ο αριθμός των στρωμάτων πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος ώστε να μην στριμώχνονται, κατ'ανάγκη, διακεκριμένες λειτουργίες στο ίδιο στρώμα και αρκετά μικρός ώστε να μη γίνεται η αρχιτεκτονική δύσχρηστη.

Στη συνέχεια θα συζητήσουμε κάθε στρώμα του μοντέλου με την σειρά του, αρχίζοντας από το κατώτατο. Σημειώστε ότι το μοντέλο OSI δεν αποτελεί μια αρχιτεκτονική δικτύου από μόνο του, διότι δεν προδιαγράφει επακριβώς τις υπηρεσίες και τα πρωτόκολλα που πρέπει να

χρησιμοποιηθούν σε κάθε στρώμα. Ωστόσο ο ISO έχει εκδώσει πρότυπα για όλα τα στρώματα, αν και αυτά δεν είναι τμήμα του ίδιου του μοντέλου αναφοράς. Το καθένα τους έχει εκδοθεί ως ένα ξεχωριστό διεθνές πρότυπο.



Μοντέλο αναφοράς OSI-Στρώματα

## 1. Το φυσικό στρώμα

Το φυσικό στρώμα (physical layer) αφορά στη μετάδοση ακατέργαστων bit μέσω ενός επικοινωνιακού καναλιού. Τα θέματα της σχεδίασης σχετίζονται με τη διασφάλιση ότι, όταν η μια πλευρά στέλνει το bit 1, αυτό στην άλλη πλευρά λαμβάνεται ως bit 1 και όχι ως bit 0. Τα τυπικά ερωτήματα εδώ είναι το πόσα volt απαιτούνται για να αναπαρασταθεί το bit 1 και πόσα για το bit 0, πόσα μικροδευτερόλεπτα διαρκεί ένα bit, κατά πόσο μπορεί να διεξαχθεί η μετάδοση και προς τις δυο κατευθύνσεις ταυτόχρονα, πως εγκαθίσταται η αρχική σύνδεση και πως απολύεται όταν τελειώσουν και οι δυο πλευρές, πόσες ακίδες θα έχει ο ακροδέκτης (connector) του δικτύου και ποιος είναι ο ρόλος της καθεμιάς. Τα προβλήματα της σχεδίασης εδώ αφορούν ως επί το πλείστον τα μηχανικά, ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και τις διαδικασίες στις διεπαφές, καθώς και το φυσικό μέσο μετάδοσης, που τοποθετείται κάτω από το φυσικό στρώμα.

## 2. Το στρώμα ζεύξης δεδομένων

Το κύριο καθήκον του στρώματος ζεύξης δεδομένων (data link layer) είναι να μετατρέπει το αναξιόπιστο μέσο μετάδοσης σε μια γραμμή που εμφανίζεται στο υπερκείμενο στρώμα δικτύου σαν ελεύθερη από σφάλματα μετάδοση. Εκπληρώνει το καθήκον του βάζοντας τον πομπό να τεμαχίζει τα δεδομένα εισόδου σε πλαίσια δεδομένων (data frames), συνήθως, λίγες εκατοντάδες ή λίγες χιλιάδες byte, να μεταδίδει τα πλαίσια στη σειρά και να επεξεργάζεται τα πλαίσια επαλήθευσης (acknowledgement frames) που στέλνει πίσω ο δέκτης. Αφού το φυσικό στρώμα απλά στέλνει και λαμβάνει ένα συρμό bit, χωρίς να το απασχολεί η σημασία τους ή η δομή τους, είναι δουλειά του στρώματος ζεύξης δεδομένων να δημιουργεί και να αναγνωρίζει τα όρια των πλαισίων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί, επισυνάπτοντας ειδικές ακολουθίες bit στην αρχή και στο τέλος του πλαισίου. Εάν κατά σύμπτωση αυτές οι ακολουθίες bit παρουσιάζονται στα δεδομένα πρέπει να λαμβάνεται ειδική μέριμνα ώστε να μην ερμηνεύονται, κατά λάθος, σαν όρια πλαισίων.

Ένας καταιγισμός θορύβου στη γραμμή μπορεί να καταστρέψει κάποιο πλαίσιο εντελώς. Στην περίπτωση αυτή, το λογισμικό του στρώματος ζεύξης δεδομένων του πομπού μπορεί να αναμεταδώσει το πλαίσιο.

Ωστόσο, πολλαπλές μεταδόσεις του ιδίου πλαισίου εισάγουν την πιθανότητα διπλής λήψης του. Διπλή λήψη πλαισίου θα μπορούσε να συμβεί εάν χαθεί το πλαίσιο επαλήθευσης που στέλνει ο δέκτης πίσω στον πομπό. Είναι έργο του στρώματος αυτού η επίλυση των προβλημάτων που δημιουργούνται από κατεστραμμένα, χαμένα και διπλά πλαίσια. Το στρώμα ζεύξης δεδομένων μπορεί να προσφέρει αρκετές διαφορετικές κατηγορίες υπηρεσίας στο στρώμα δικτύου, την καθεμιά με διαφορετική ποιότητα και διαφορετική χρέωση.

Ένα άλλο πρόβλημα που προκύπτει στο στρώμα ζεύξης δεδομένων (και στα περισσότερα ανώτερα στρώματα, επίσης) είναι το πώς να συγκρατηθεί ένας γρήγορος πομπός από το να πλημμυρίσει με δεδομένα έναν αργό δέκτη. Θα πρέπει να εφαρμοστεί κάποιος μηχανισμός ρύθμισης της κίνησης, ώστε να επιτρέπει στον πομπό να γνωρίζει κάθε στιγμή πόσον ελεύθερο χώρο προσωρινής αποθήκευσης (buffer) διαθέτει ο δέκτης. Συχνά, αυτός ο έλεγχος ροής και η αντιμετώπιση των λαθών είναι ενοποιημένα. Εάν η γραμμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αμφίδρομη μετάδοση δεδομένων, δημιουργείται μια νέα επιπλοκή, που θα πρέπει να λύσει το λογισμικό του στρώματος ζεύξης δεδομένων. Το πρόβλημα συνίσταται στο ότι τα πλαίσια επαλήθευσης για την κίνηση από τον Α προς τον Β



συναγωνίζονται, ως προς τη χρήση της γραμμής, με την κίνηση των πλαισίων δεδομένων από τον Β προς τον Α.

Τα δίκτυα εκπομπής έχουν ένα πρόσθετο πρόβλημα στο στρώμα ζεύξης δεδομένων, ήτοι τον έλεγχο της πρόσβασης στον κοινό δίαυλο. Ένα ειδικό υπόστρωμα του στρώματος ζεύξης δεδομένων, το υπό-στρώμα προσπέλασης στο μέσο μετάδοσης, ασχολείται με το πρόβλημα αυτό.

### 3. Το στρώμα δικτύου

Το στρώμα δικτύου (Network layer) ασχολείται με τον έλεγχο της λειτουργίας του υποδικτύου. Ένα σημαντικό ζήτημα της σχεδίασης εδώ είναι ο προσδιορισμός του πως δρομολογούνται τα πακέτα από την αφητηρία στον προορισμό. Οι διαδρομές μπορεί να βασίζονται σε στατιστικούς πίνακες, οι οποίοι "ενσωματώνονται" στο δίκτυο και οι οποίοι αλλάζουν σπανίως. Μπορεί επίσης να καθορίζονται στην αρχή κάθε συνδιάλεξης π.χ. για τη σύνοδο μεταξύ τερματικών. Μπορεί, τέλος, οι διαδρομές να είναι εντελώς δυναμικές και να καθορίζονται εκ νέου για κάθε πακέτο, ώστε να ανταποκρίνονται στο τρέχον φορτίο του δικτύου.

Αν κυκλοφορούν ταυτόχρονα στο υποδίκτυο παρά πολλά πακέτα, θα εμπλακεί το ένα στο δρόμο του άλλου σχηματίζοντας έτσι σημεία συνωστισμού (bottlenecks). Ο έλεγχος συμφόρησης αυτού του τύπου ανήκει επίσης στο στρώμα δικτύου.

Αφού οι παροχείς του δικτύου καλώς προσδοκούν έσοδα για τις υπηρεσίες τους, συχνά υπάρχει ενσωματωμένη στο στρώμα δικτύου κάποια λειτουργία χρέωσης. Το λογισμικό πρέπει, κατ' ελάχιστο, να μετρά το πόσα πακέτα ή χαρακτήρες ή bit στέλνονται από κάθε πελάτη ώστε να παράγει πληροφορία για την έκδοση λογαριασμών (billing). Όταν ένα πακέτο διασχίζει εθνικά σύνορα, με διαφορετικά τιμολόγια σε κάθε πλευρά, η χρέωση (accounting) μπορεί να γίνει πολύπλοκη.

Πολλά προβλήματα μπορεί να ανακύψουν, όταν ένα πακέτο πρέπει να ταξιδέψει από ένα δίκτυο σε άλλο για να φτάσει στον προορισμό του. Η διευθυνσιοδότηση (addressing) που χρησιμοποιείται από το δεύτερο δίκτυο μπορεί να είναι διαφορετική από εκείνη του πρώτου. Τα ο δεύτερο δίκτυο μπορεί να μη δέχεται το πακέτο καθόλου, επειδή είναι πολύ μεγάλο.

Μπορεί να διαφέρουν τα πρωτόκολλα, κ.ο.κ. Η επίλυση αυτών των προβλημάτων, ώστε να επιτραπεί η διασύνδεση ετερογενών δικτύων, είναι έργο του στρώματος δικτύου.

Στα δίκτυα εκπομπής, το πρόβλημα δρομολόγησης είναι απλό, με συνέπεια το στρώμα δικτύου να είναι συχνά ισχνό ή ακόμη και ανύπαρκτο.

### 4. Το στρώμα μεταφοράς

Η βασική λειτουργία του στρώματος μεταφοράς (transport layer) είναι να δέχεται δεδομένα από το στρώμα συνόδου, να τα τεμαχίζει σε μικρότερες μονάδες αν είναι απαραίτητο, να τα περνά στο στρώμα δικτύου και να εξασφαλίζει ότι όλα τα τμήματα φθάνουν σωστά στο άλλο άκρο. Επιπλέον, όλα αυτά πρέπει να γίνονται αποδοτικά και με τέτοιο τρόπο, ώστε να απομονώνονται τα ανώτερα στρώματα από τις αναπόφευκτες αλλαγές στην τεχνολογία του υλικού.

Υπό κανονικές συνθήκες, το στρώμα μεταφοράς δημιουργεί μια ξεχωριστή σύνδεση δικτύου για κάθε σύνδεση μεταφοράς που απαιτείται από το στρώμα συνόδου. Ωστόσο, αν η σύνδεση μεταφοράς απαιτεί υψηλή διέλευση (throughput), το στρώμα μεταφοράς μπορεί να δημιουργήσει

πολλαπλές συνδέσεις δικτύου, κατανέμοντας τα δεδομένα σ' αυτές ώστε να βελτιώσει τη διέλευση. Αν από την άλλη πλευρά, η εγκατάσταση ή η διατήρηση μιας σύνδεσης δικτύου είναι δαπανηρή, το στρώμα μπορεί να πολυπλέξει πολλές συνδέσεις μεταφοράς μέσα στην ίδια σύνδεση δικτύου ώστε να μειώσει το κόστος. Σ' όλες τις περιπτώσεις, το στρώμα μεταφοράς οφείλει να κάνει την πολυπλεξία αόρατη στο στρώμα συνόδου.

Το στρώμα μεταφοράς επίσης καθορίζει το ποιον τύπο υπηρεσίας θα προσφέρει στο στρώμα συνόδου και, τελικά, στους χρήστες του δικτύου. Ο δημοφιλέστερος τύπος σύνδεσης μεταφοράς είναι ένας δίαυλος σημείου προς σημείο, χωρίς σφάλματα, που παραδίδει μηνύματα ή byte με τη σειρά με την οποία έχουν σταλεί. Άλλοι πιθανοί τύποι υπηρεσίας μεταφοράς είναι η μεταφορά μεμονωμένων μηνυμάτων χωρίς εγγύηση ως προς τη σειρά λήψης και η εκπομπή μηνυμάτων προς πολλαπλούς προορισμούς. Ο τύπος της υπηρεσίας καθορίζεται όταν εγκαθίσταται η σύνδεση.

Το στρώμα μεταφοράς είναι ένα γνήσιο στρώμα από άκρο σε άκρο (end-to-end), από την αφητηρία στον προορισμό. Μ' άλλα λόγια, ένα πρόγραμμα στον πομπό διεξάγει μια συζήτηση μ' ένα παρόμοιο πρόγραμμα στον δέκτη μέσω των επικεφαλίδων των μηνυμάτων και των μηνυμάτων ελέγχου. Στα κατώτερα στρώματα, τα πρωτόκολλα διέπουν την επικοινωνία μεταξύ κάθε μηχανής και των αμέσως γειτονικών της και όχι την επικοινωνία μεταξύ των ακραίων μηχανών αφητηρίας και προορισμού.

Πολλοί από τους host είναι πολύ-προγραμματιζόμενοι, το οποίο συνεπάγεται ότι στον καθένα απ' αυτούς εισέρχονται και εξέρχονται πολλές συνδέσεις. Χρειάζεται κάποια μέθοδος, ώστε να διακρίνεται το ποιο μήνυμα ανήκει σε ποια σύνδεση. Η επικεφαλίδα του στρώματος μεταφοράς είναι ένα μέρος όπου θα μπορούσε να τοποθετηθεί αυτή η πληροφορία.

Πέραν της πολυπλεξίας πολλών συρμών μηνυμάτων σ' ένα κανάλι, το στρώμα μεταφοράς πρέπει να φροντίζει για την εγκατάσταση και την απόλυση συνδέσεων στο δίκτυο, Αυτό απαιτεί κάποιο μηχανισμό ονοματοδότησης (naming), ώστε μια διαδικασία σε μια μηχανή να μπορεί να περιγράψει αυτήν με την οποία επιθυμεί να συνομιλήσει. Πρέπει, επίσης, να υπάρχει ένας μηχανισμός ρύθμισης της ροής πληροφορίας, ώστε ένας γρήγορος host να μην μπορεί να πλημμυρίσει έναν αργό host. Ένας τέτοιος μηχανισμός ονομάζεται έλεγχος ροής (flow control) και παίζει κρίσιμο ρόλο στο στρώμα μεταφοράς. Ο έλεγχος ροής μεταξύ των host είναι διαφορετικός από τον έλεγχο ροής μεταξύ δρομολογητών (routers), αν και θα δούμε ότι παρόμοιες αρχές εφαρμόζονται και στις δυο περιπτώσεις.

## 5. Το στρώμα συνόδου

Το στρώμα συνόδου (session layer) επιτρέπει σε χρήστες που χρησιμοποιούν διαφορετικές μηχανές να αποκαταστήσουν συνόδους (sessions) μεταξύ τους. Μια σύνοδος επιτρέπει τη συνηθισμένη μεταφορά δεδομένων, όπως δηλαδή και το στρώμα μεταφοράς, αλλά παρέχει επίσης επιπρόσθετες υπηρεσίες, χρήσιμες σε μερικές εφαρμογές. Μια σύνοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτρέψει την είσοδο (login) ενός χρήστη σ' ένα απομακρυσμένο σύστημα καταμερισμού χρόνου ή τη μεταφορά ενός αρχείου μεταξύ δυο μηχανών.

Μια από τις υπηρεσίες του στρώματος συνόδου είναι η διαχείριση του ελέγχου του διαλόγου. Οι σύνοδοι μπορούν να επιτρέπουν στην κίνηση να κατευθύνεται και προς τις δυο κατευθύνσεις ταυτόχρονα ή μόνο προς τη μια κατεύθυνση κάθε φορά. Αν η κίνηση μπορεί να κατευθύνεται προς τη μια μόνο κατεύθυνση κάθε φορά το στρώμα συνόδου μπορεί να βοηθά την τήρηση της σειράς.

Μια σχετική υπηρεσία συνόδου είναι η **διαχείριση σκυτάλης (token management)**. Για κάποια πρωτόκολλα είναι ουσιώδες το να μην αποπειρώνται και οι δυο πλευρές την ίδια λειτουργία κατά την ίδια στιγμή. Για να διαχειρίζεται αυτές τις δραστηριότητες, το στρώμα συνόδου παρέχει σκυτάλες που μπορούν να ανταλλάσσονται. Μόνο η πλευρά που κατέχει τη σκυτάλη μπορεί να εκτελέσει την κρίσιμη λειτουργία.

Μια άλλη υπηρεσία συνόδου είναι ο συγχρονισμός (synchronization). Πολλά προβλήματα θα μπορούσαν να προκύψουν στην περίπτωση που προσπαθεί κάποιος να κάνει μια δίωρη μεταφορά αρχείου μεταξύ δυο μηχανών, όταν ο μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών είναι μια ώρα. Μετά κάθε πρόωρη διακοπή της μεταφοράς, όλη η μεταφορά θα πρέπει να γίνει πάλι από την αρχή και μπορεί κάλλιστα να αποτύχει ξανά. Για να απαλειφθεί αυτό το πρόβλημα, το στρώμα συνόδου παρέχει ένα τρόπο εισαγωγής σημείων ελέγχου στον συρμό δεδομένων, ώστε μετά από μια διακοπή να επαναλαμβάνεται μόνο η μετάδοση των δεδομένων μετά το τελευταίο σημείο ελέγχου.

## 6. Το Στρώμα Παρουσίασης

Το **στρώμα παρουσίασης (presentation layer)** εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες που ζητούνται αρκετά συχνά, ώστε να αξίζει να βρεθεί γενική λύση για αυτές αντί να αφήνεται σε κάθε χρήστη η λύση του προβλήματος. Πιο συγκεκριμένα, σε αντίθεση μ' όλα τα κατώτερα στρώματα, που απλώς ενδιαφέρονται να μεταφέρουν bit αξιόπιστα από το ένα σημείο στο άλλο, το στρώμα παρουσίασης ασχολείται με τη σύνταξη και τη σημασία της μεταδιδόμενης πληροφορίας.

Ένα τυπικό παράδειγμα υπηρεσίας παρουσίασης είναι η κωδικοποίηση δεδομένων με έναν συμφωνημένο τρόπο. Τα περισσότερα προγράμματα χρηστών δεν ανταλλάσσουν τυχαίους συρμούς bit. Ανταλλάσσουν στοιχεία, όπως ονόματα ανθρώπων, ημερομηνίες, χρηματικά ποσά και τιμολόγια. Τα στοιχεία αυτά αναπαρίστανται ως ακολουθίες χαρακτήρων, ακέραιοι αριθμοί, δεκαδικοί αριθμοί κινητής υποδιαστολής και δομές δεδομένων που αποτελούνται από πολλά απλούστερα στοιχεία. Διαφορετικοί υπολογιστές έχουν διαφορετικούς κώδικες για να αναπαριστούν τις ακολουθίες χαρακτήρων (π.χ. ASCII ή UNICODE), τους ακεραίους αριθμούς (π.χ. συμπλήρωμα ως προς ένα και συμπλήρωμα ως προς δύο) κ.ο.κ. Για να καταστεί εφικτή η επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών με διαφορετικές αναπαραστάσεις, οι προς ανταλλαγή δομές δεδομένων μπορούν να ορισθούν με γενικό τρόπο μαζί με μια προτυποποιημένη κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται «στη γραμμή». Το στρώμα παρουσίασης διαχειρίζεται αυτές τις γενικές δομές δεδομένων μετατρέποντας την αναπαράσταση που χρησιμοποιείται εντός του υπολογιστή στην προτυποποιημένη αναπαράσταση του δικτύου και αντίστροφα.

## 7. Το Στρώμα Εφαρμογής

Το **στρώμα εφαρμογής (application layer)** και περιλαμβάνει μια ποικιλία πρωτοκόλλων που απαιτούνται συχνά. Για παράδειγμα, υπάρχουν εκατοντάδες ασύμβατων τύπων τερματικών σ' όλο τον κόσμο. Σκεφτείτε το αδιέξοδο που προκύπτει, όταν ένας συντάκτης κειμένου πλήρους οθόνης (full screen editor) πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σ' ένα δίκτυο με πολλούς διαφορετικούς τύπους τερματικών, ο καθένας από τους οποίους χρησιμοποιεί διαφορετική διάταξη οθόνης, διαφορετικές ακολουθίες διαφυγής (escape sequences) για την εισαγωγή ή της διαγραφής κειμένου, την κίνηση του δρομέα (cursor), κ.λ.π.

Ένας τρόπος επίλυσης του προβλήματος αυτού είναι ο καθορισμός ενός γενικού **δικτυακού νοητού τερματικού (network virtual terminal)** για τη συνεργασία με το οποίο μπορούν να γραφούν συντάκτες κειμένου και άλλα προγράμματα. Για τον χειρισμό κάθε συγκεκριμένου τύπου τερματικού, πρέπει να γραφεί ένα τμήμα λογισμικού, που θα αντιστοιχίζει τις λειτουργίες του δικτυακού νοητού τερματικού με τις λειτουργίες του πραγματικού τερματικού. Για παράδειγμα, όταν ο συντάκτης κειμένου μετακινεί τον δρομέα του νοητού τερματικού στην αριστερή άνω γωνία της οθόνης, το λογισμικό αυτό πρέπει να δίνει την κατάλληλη ακολουθία εντολών στο πραγματικό τερματικό, ώστε το τελευταίο να μετακινεί επίσης τον δρομέα του στο ίδιο σημείο. Όλο το λογισμικό του νοητού τερματικού βρίσκεται στο στρώμα εφαρμογής.

Μία άλλη λειτουργία του στρώματος εφαρμογής είναι η μεταφορά αρχείων. Διαφορετικά συστήματα αρχείων χρησιμοποιούν διαφορετικές συμβάσεις ονοματοδότησης, διαφορετικούς τρόπους αναπαράστασης των γραμμών του κειμένου κ.ο.κ. Η μεταφορά ενός αρχείου μεταξύ δύο διαφορετικών συστημάτων απαιτεί την επίλυση αυτών και άλλων ασυμβατοτήτων. Η δουλειά αυτή ανήκει στο στρώμα εφαρμογής, όπως επίσης στο ίδιο στρώμα ανήκουν και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η εκτέλεση προγραμμάτων από απόσταση, η αναζήτηση σε καταλόγους και διάφορες άλλες διευκολύνσεις, γενικού ή ειδικού σκοπού.

#### ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ TCP/IP

Το μοντέλο αναφοράς χρησιμοποιείται από τον πρόγονο όλων των δικτυακών υπολογιστών, το ARPANET, και τον διάδοχο του, το παγκόσμιο Internet. Αν και θα παραθέσουμε μια μικρή ιστορική αναδρομή του ARPANET αργότερα, θα ήταν χρήσιμο να αναφέρουμε μερικές σημαντικές πλευρές του τώρα. Το ARPANET ήταν ένα ερευνητικό δίκτυο που χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ. Τελικά συνέδεε εκατοντάδες πανεπιστήμια και κυβερνητικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιώντας μισθωμένες γραμμές. Όταν αργότερα προστέθηκαν δορυφορικά και ασύρματα δίκτυα, τα τότε υπάρχοντα πρωτόκολλα είχαν προβλήματα δυσλειτουργίας με αυτά και έτσι χρειάστηκε μια καινούργια αρχιτεκτονική αναφοράς. Κατά συνέπεια, η δυνατότητα να συνδέονται μαζί πολλαπλά δίκτυα με διαφανή τρόπο ήταν κύριος στόχος από την αρχή. Η αρχιτεκτονική αυτή έγινε αργότερα γνώστη ως **μοντέλο αναφοράς TCP/IP** από τα ονόματα των δύο κυρίων πρωτοκόλλων της. Πρώτη φορά καθορίστηκε στο Cerf and Kahn 1974. Μια μεταγενέστερη άποψη δόθηκε στο Leiner et al, 1985. Η φιλοσοφία της σχεδίασης του μοντέλου εξετάζεται στο Clark 1988.

Επειδή το Υπουργείο Άμυνας ανησυχούσε μήπως κάποιοι από τους πολύτιμους host ή τους δρομολογητές ή τις πύλες των διαδικτύων καταστραφούν μέσα σε μια στιγμή, ένας άλλος κύριος στόχος ήταν να μπορεί το δίκτυο να επιζεί σε περίπτωση βλαβών υλικού του υποδικτύου, χωρίς να διακόπτονται οι υπό εξέλιξη επικοινωνίες. Με άλλα λόγια, το Υπουργείο Άμυνας ήθελε οι συνδέσεις να διατηρούνται ανέπαφες όσο διάστημα ο πομπός και ο δέκτης βρίσκονταν σε λειτουργία, ακόμη και αν κάποιες από τις μηχανές ή τις γραμμές μετάδοσης ανάμεσα τους βρίσκονταν ξαφνικά εκτός λειτουργίας. Επιπλέον απαιτούνταν μια ευέλικτη αρχιτεκτονική που προβλέπονταν εφαρμογές με διιστάμενες απαιτήσεις, που κυμαίνονταν από τη μεταφορά αρχείων έως τη μετάδοση ομιλίας σε πραγματικό χρόνο.

#### 1. Το Στρώμα Διαδικτύου

Όλες αυτές οι απαιτήσεις οδήγησαν στην επιλογή ενός δικτύου μεταγωγής πακέτου, βασισμένου σ' ένα στρώμα διαδικτύου που παρέχει υπηρεσίες χωρίς σύνδεση. Αυτό το στρώμα, που αποκαλείται **στρώμα διαδικτύου(internet layer)** είναι ο ακρογωνιαίος λίθος που συγκρατεί όλη την αρχιτεκτονική. Η δουλειά του είναι να επιτρέπει στους host να εισάγουν πακέτα οποιοδήποτε δίκτυο και να δρομολογεί τα πακέτα ανεξάρτητα στον προορισμό τους (που πιθανώς βρίσκεται σε διαφορετικό δίκτυο). Μπορεί να φτάσουν με διαφορετική σειρά από αυτήν με την οποία στάλθηκαν, οπότε είναι δουλειά των ανώτερων στρωμάτων να τα αναδιατάξουν, εφόσον είναι επιθυμητή η παραλαβή με την ορθή σειρά. Σημειώστε ότι εδώ η λέξη διαδίκτυο χρησιμοποιείται με τη γενικότερη της έννοια, παρότι το στρώμα αυτό είναι παρόν στο Διαδίκτυο..

Ο παραλληλισμός εδώ είναι με το (αργό) ταχυδρομικό σύστημα. Κάποιος μπορεί να ρίξει μια σειρά επιστολών εξωτερικού σε ταχυδρομικό κουτί μίας χώρας και αν είναι λίγο τυχερός οι περισσότερες από αυτές θα παραδοθούν στη σωστή διεύθυνση της χώρας προορισμού. Οι επιστολές πιθανώς στην πορεία τους θα περάσουν από ένα ή περισσότερα διεθνή ταχυδρομικά κέντρα διαλογής, αλλά αυτό είναι διαφανές προς στους αποστολείς. Επιπλέον, το ότι κάθε χώρα (δηλαδή κάθε δίκτυο) έχει τα δικά της γραμματόσημα, δικά της προτιμώμενα μεγέθη φακέλων και εφαρμόζει δικούς της κανόνες παράδοσης, υποκρύπτεται στους αποστολείς.

Το στρώμα διαδικτύου καθορίζει μια επίσημη μορφή πακέτου και πρωτοκόλλου που ονομάζεται **πρωτόκολλο διαδικτύου IP (Internet Protocol)**. Η δουλειά του στρώματος διαδικτύου είναι να παραδίδει τα πακέτα IP στον προορισμό τους. Το κύριο θέμα εδώ είναι η δρομολόγηση πακέτων καθώς επίσης και η αποφυγή συμφόρησης. Για τους λόγους αυτούς είναι εύλογο να ειπωθεί ότι η λειτουργικότητα του στρώματος διαδικτύου του TCP/IP είναι παρόμοια μ' εκείνη του στρώματος δικτύου του OSI.



Μοντέλο αναφοράς TCP/IP-Στρώματα

## 2. Το Στρώμα Μεταφοράς

Το στρώμα μεταφοράς που βρίσκεται πάνω από το στρώμα διαδικτύου στο μοντέλο TCP/IP αποκαλείται συνήθως **στρώμα μεταφοράς (transport layer)**. Έχει σχεδιασθεί ώστε να παρέχει σε ομότιμες οντότητες, που βρίσκονται στους host της πηγής και του προορισμού, τη δυνατότητα να διεξάγουν μια συζήτηση, όπως ακριβώς γίνεται στο στρώμα μεταφοράς του μοντέλου OSI. Δύο πρωτόκολλα από άκρο σε άκρο έχουν καθορισθεί εδώ. Το πρώτο, το **πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης TCP (Transmission Control Protocol)**, είναι ένα αξιόπιστο, με σύνδεση, πρωτόκολλο που επιτρέπει σε μια ακολουθία byte που ξεκινά από μια μηχανή να παραδίδεται χωρίς λάθη σε οποιαδήποτε άλλη μηχανή στο διαδίκτυο. Το πρωτόκολλο τεμαχίζει τη εισερχόμενη ακολουθία byte σε διακριτά μηνύματα και περνά το καθένα τους στο στρώμα διαδικτύου. Στον προορισμό, η διεργασία λήψης TCP συναρμολογεί την ακολουθία εξόδου από τα λαμβανόμενα μηνύματα. Το TCP χειρίζεται τον έλεγχο ροής ώστε να εμποδίσει έναν γρήγορο πομπό από το να πλημμυρίσει έναν αργό δέκτη με περισσότερα μηνύματα απ' όσα μπορεί να δεχθεί.

Το δεύτερο πρωτόκολλο στο στρώμα αυτό, το **πρωτόκολλο δεδομενογραφημάτων χρήστη UDP (User Datagram Protocol)** είναι ένα μη αξιόπιστο, χωρίς σύνδεση, πρωτόκολλο για εφαρμογές που δεν θέλουν τον έλεγχο της ακολουθίας ή της ροής του TCP και επιθυμούν να

χρησιμοποιούν δικό τους. Επίσης χρησιμοποιείται ευρέως σε γρήγορες εφαρμογές και ερωταποκρίσεις, τύπου πελάτη-εξυπηρετητή, όπου η άμεση παράδοση, όπως π.χ. είναι η μετάδοση φωνής ή βίντεο. Από τότε που αναπτύχθηκε το μοντέλο αυτό, το IP έχει υλοποιηθεί και σε πολλά άλλα δίκτυα.

### 3. Το Στρώμα Εφαρμογής

Το μοντέλο TCP/IP δεν διαθέτει στρώμα συνόδου ή στρώμα παρουσίασης. Δεν συμπεριλήφθηκαν, διότι δεν προβλεπόταν καμία ανάγκη γι αυτά. Η εμπειρία του μοντέλου OSI απέδειξε ότι η άποψη αυτή ήταν σωστή, διότι στις περισσότερες εφαρμογές έχουν μικρή χρήση.

Στην κορυφή του στρώματος μεταφοράς βρίσκεται το **στρώμα εφαρμογής (application layer)**. Περιλαμβάνει όλα τα πρωτόκολλα ανώτερων στρωμάτων. Τα πρώτα που περιελήφθησαν είναι το νοητό τερματικό (TELNET), η μεταφορά αρχείων (FTP) και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (SMTP). Το πρωτόκολλο νοητού τερματικού επιτρέπει στον χρήστη μιας μηχανής να εισέλθει σε μια μακρινή μηχανή και να δουλέψει εκεί. Το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων παρέχει έναν τρόπο αποδοτικής μετακίνησης δεδομένων από μια μηχανή σε μια άλλη. Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ήταν αρχικά ένα είδος μεταφοράς αρχείων αλλά αργότερα αναπτύχθηκε ένα εξειδικευμένο πρωτόκολλο γι αυτό. Σε αυτά προστέθηκαν με τα χρόνια και πολλά άλλα πρωτόκολλα, όπως το DNS για την αντιστοίχιση των ονομάτων host με τις διευθύνσεις τους στο δίκτυο, το NNTP, το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για τη διασπορά νέων, το HTTP, το πρωτόκολλο που προσκομίζει σελίδες στο WWW, και πολλά άλλα.

### 4. Το Στρώμα Host προς Δίκτυο

Κάτω από το στρώμα διαδικτύου υπάρχει ένα μεγάλο κενό. Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP δεν αναφέρει πολλά ως προς το τι συμβαίνει εκεί, εκτός από την υπόδειξη ότι ο host πρέπει να συνδεθεί με το δίκτυο χρησιμοποιώντας κάποιο πρωτόκολλο, ώστε να μπορεί να στέλνει πακέτα IP σε αυτό. Το πρωτόκολλο αυτό δεν είναι καθορισμένο και ποικίλει από host σε host και από δίκτυο σε δίκτυο. Ακόμη και τα βιβλία και οι δημοσιεύσεις γύρω από το TCP/IP σπανίως το αναφέρουν.

## Σύγκριση των Μοντέλων Αναφοράς OSI και TCP

Τα μοντέλα αναφοράς OSI και TCP/IP έχουν αρκετές ομοιότητες. Και τα δύο βασίζονται στην ιδέα μιας στοιβάδας από ανεξάρτητα πρωτόκολλα. Ακόμη και η λειτουργικότητα των στρωμάτων είναι λίγο πολύ η ίδια. Για παράδειγμα σε αμφότερα τα μοντέλα, τα στρώματα μέχρι και το στρώμα μεταφοράς έχουν σκοπό τους να παρέχουν μια, από άκρο σε άκρο και ανεξάρτητη από το δίκτυο, υπηρεσία μεταφοράς στις διεργασίες που επιθυμούν να επικοινωνήσουν. Τα στρώματα αυτά απαρτίζουν τον παροχέα μεταφοράς. Σε αμφότερα τα μοντέλα επίσης, τα στρώματα πάνω από το στρώμα μεταφοράς αποτελούν χρήστες της υπηρεσίας μεταφοράς που εξυπηρετούν συγκεκριμένες εφαρμογές.

Παρά αυτές τις βασικές ομοιότητες, τα δύο μοντέλα παρουσιάζουν επίσης πολλές διαφορές. Στην ενότητα αυτή, θα συγκεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μοντέλων

αναφοράς. Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι εδώ συγκρίνουμε τα μοντέλα αναφοράς και όχι τις αντίστοιχες στοίβες πρωτοκόλλων.

Τρεις είναι οι βασικές έννοιες του μοντέλου OSI:

1. Υπηρεσίες
2. Διεπαφές
3. Πρωτόκολλα

Η μεγαλύτερη πιθανώς συνεισφορά του μοντέλου OSI είναι ότι κάνει τη διάκριση ανάμεσα στις τρεις αυτές έννοιες ξεκάθαρη. Κάθε στρώμα εκτελεί κάποιες υπηρεσίες για το ανώτερο του στρώμα. Ο ορισμός της υπηρεσίας καθορίζει το τι κάνει το στρώμα, όχι το πώς έχουν πρόσβαση σε αυτό οι υπερκείμενες οντότητες ή το πώς δουλεύει το στρώμα.

Η διεπαφή ενός στρώματος καθορίζει στις υπερκείμενες διεργασίες το πώς θα έχουν πρόσβαση σε αυτό. Καθορίζει τις παραμέτρους και τα αποτελέσματα που πρέπει να αναμένει κανείς. Ούτε και αυτό αναφέρει τίποτε για το πώς δουλεύει εσωτερικά το στρώμα.

Τέλος τα ομότιμα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται σε ένα στρώμα είναι αποκλειστική υπόθεση του στρώματος. Το στρώμα έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε πρωτόκολλο επιθυμεί, εφόσον αυτό κάνει την δουλειά του (δηλαδή παρέχει τις προσφερόμενες από το στρώμα υπηρεσίες). Μπορεί επίσης, να τα αλλάξει κατά βούληση χωρίς να επηρεάζει το λογισμικό των υπερκείμενων στρωμάτων.

Οι ιδέες αυτές εναρμονίζονται πολύ κομψά με τις σύγχρονες ιδέες γύρω από τον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό. Ένα αντικείμενο όπως είναι ένα στρώμα, διαθέτει ένα σύνολο μεθόδων (λειτουργιών), τις οποίες μπορούν να επικαλεστούν οι διεργασίες που βρίσκονται έξω από το αντικείμενο. Η σημασία των μεθόδων αυτών είναι το σύνολο των υπηρεσιών που προσφέρει το αντικείμενο. Οι παράμετροι των μεθόδων και τα αποτελέσματα τους αποτελούν τη διεπαφή του αντικειμένου. Ο εσωτερικός κώδικας του αντικειμένου είναι το πρωτόκολλο του και δεν είναι ορατό, ούτε ενδιαφέρει κανέναν έξω από το αντικείμενο.

Αρχικά το μοντέλο TCP/IP δεν ξεκαθάριζε τις διαφορές ανάμεσα στην υπηρεσία, τη διεπαφή και το πρωτόκολλο, αν και εκ των υστέρων μερικοί προσπάθησαν να το διασκευάσουν ώστε να μοιάσει περισσότερο στο OSI. Για παράδειγμα, οι μόνες πραγματικές υπηρεσίες που παρέχονται από το στρώμα διαδικτύου είναι οι SEND IP PACKET και RECEIVE IP PACKET.

Κατά συνέπεια, τα πρωτόκολλα στο μοντέλο OSI είναι καλύτερα κρυμμένα απ' ό,τι στο μοντέλο TCP/IP και μπορούν να αντικατασταθούν σχετικά εύκολα καθώς η τεχνολογία αλλάζει. Η δυνατότητα να πραγματοποιούνται εύκολα τέτοιες αλλαγές είναι ένας από τους κύριους στόχους της διαστρωμάτωσης των πρωτοκόλλων.

Το μοντέλο αναφοράς OSI δημιουργήθηκε προτού εφευρευθούν τα πρωτόκολλα. Αυτή η χρονική ακολουθία σημαίνει ότι το μοντέλο δεν είχε προσανατολισθεί προς ένα συγκεκριμένο σύνολο πρωτοκόλλων, πράγμα που το έκανε αρκετά γενικό. Το αρνητικό αποτέλεσμα αυτής της ακολουθίας είναι ότι οι σχεδιαστές δεν είχαν αρκετή εμπειρία σχετικά με το αντικείμενο και δεν είχαν ξεκαθαρίσει με ποια λειτουργικότητα θα εφοδίαζαν κάθε στρώμα.

Για παράδειγμα, το στρώμα ζεύξης δεδομένων αρχικά αφορούσε μόνο δίκτυα σημείου προς σημείο. Όταν εμφανίστηκαν τα δίκτυα εκπομπής, ένα νέο υπόστρωμα έπρεπε να εισαχθεί στο μοντέλο. Όταν άρχισαν να κτίζονται πραγματικά δίκτυα χρησιμοποιώντας το μοντέλο OSI και τα υπάρχοντα πρωτόκολλα, ανακαλύφθηκε ότι αυτά δεν ταίριαζαν με τις απαιτούμενες προδιαγραφές των υπηρεσιών και έτσι έπρεπε να

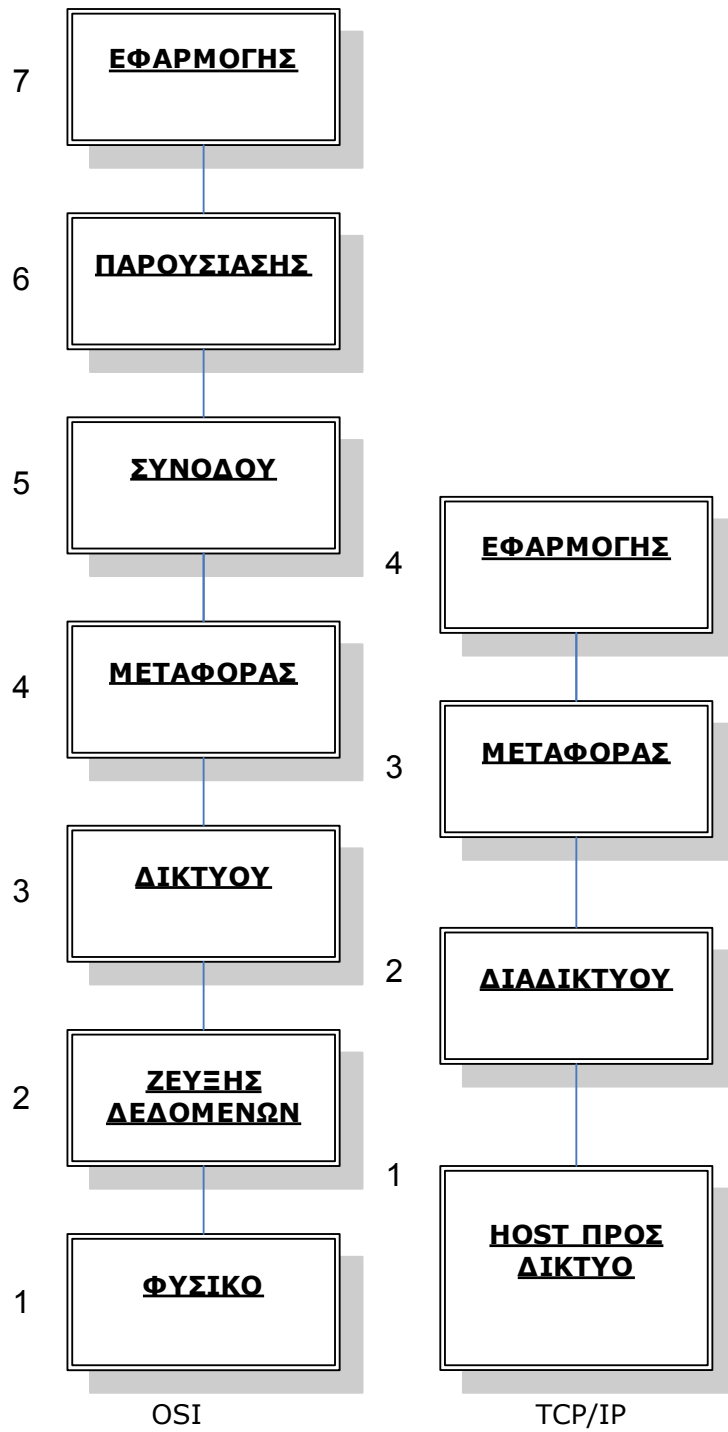


εμφυτευτούν υποστρώματα σύγκλισης, ώστε να υπάρξει χώρος για να καλυφθούν οι διαφορές. Τέλος η επιτροπή (προτυποποίησης του ISO) περίμενε αρχικά ότι κάθε χώρα θα διέθετε ένα κρατικό δίκτυο βασισμένο στα πρωτόκολλα OSI και συνεπώς δεν είχε γίνει καμία σκέψη για διαδικτύωση.

Για το TCP/IP αληθεύουν τα αντίθετα. Πρώτα ήρθαν τα πρωτόκολλα και το μοντέλο ήταν απλά μια περιγραφή των υπαρχόντων πρωτοκόλλων. Δεν υπήρχε κανένα πρόβλημα στο να ταιριάξουν τα πρωτόκολλα με το μοντέλο. Ταιριάζουν τέλεια. Το μόνο πρόβλημα ήταν ότι το μοντέλο δεν ταίριαζε με καμία άλλη στοιβή πρωτοκόλλων. Κατά συνέπεια, δεν ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο στην περιγραφή άλλων δικτύων εκτός από το TCP/IP.

Επανερχόμενοι από φιλοσοφικά θέματα σε άλλα πιο συγκεκριμένα, μια προφανής διαφορά μεταξύ των δύο μοντέλων είναι ο αριθμός των στρωμάτων. Το μοντέλο OSI έχει επτά στρώματα, ενώ το TCP/IP έχει τέσσερα στρώματα. Αμφότερα διαθέτουν στρώματα (δια)δικτύου, μεταφοράς και εφαρμογής, αλλά τα άλλα στρώματα είναι διαφορετικά.

Μια άλλη διαφορά αφορά στην επικοινωνία με σύνδεση και χωρίς σύνδεση. Το μοντέλο OSI υποστηρίζει αμφότερες τις μεθόδους στο στρώμα δικτύου, αλλά μόνο υπηρεσία με σύνδεση στο στρώμα μεταφοράς, όπου και έχει σημασία (επειδή η υπηρεσία μεταφοράς είναι ορατή στους χρήστες). Το μοντέλο TCP/IP διαθέτει μόνο μία υπηρεσία στο στρώμα δικτύου (χωρίς σύνδεση), αλλά υποστηρίζει αμφότερες στο στρώμα μεταφοράς, προσφέροντας στους χρήστες τη δυνατότητα επιλογής. Η επιλογή αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τα απλά πρωτόκολλα αίτησης-απόκρισης.



## Βιβλιογραφία

Η σπουδαιότερη πηγή γνώσης για την εργασία αυτή ήταν το διαδίκτυο. Αναζητήσαμε στο internet πληροφορίες σχετικά με το πρωτόκολλο SNMP, λογισμικά που το χρησιμοποιούν, και τρόπος χρήσης τους. Επίσης στο internet βρήκαμε σημαντικές πληροφορίες για το RAID και τον τρόπο λειτουργίας των layer 2 και layer 3 switch. Επιπλέον, χρησιμοποιήσαμε υλικό από τα παρακάτω βιβλία:

- Δίκτυα υπολογιστών του Andrew S. Tanenbaum των εκδόσεων Παπασωτηρίου.
- Εισαγωγή στα δίκτυα υπολογιστών της Joanne Woodcock των εκδόσεων Κλειδάριθμος.
- Σημειώσεις εργαστηρίου Ασύρματα δίκτυα του Ευάγγελου Πάλλη.

# Περιεχόμενα

Πτυχιακή Εργασία .....	1
Το δίκτυο του τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής & Πολυμέσων.....	1
Τραντά Σοφία Ψυχαράκης Γεώργιος .....	1
Εισηγητής: Πάλλης Ευάγγελος .....	1
Εισαγωγή.....	2
Σκοπός της εργασίας.....	2
Γενικά στοιχεία .....	2
Το Δίκτυο .....	3
Οι υπηρεσίες .....	3
1. Ταυτοποίηση χρηστών - Active Directory.....	3
2. Περιοχή ή Home Directory .....	3
3. e-mail.....	4
4. Προσωπικές Ρυθμίσεις - profile.....	4
5. Χρήση του τοπικού δικτύου (LAN) .....	4
6. Χρήση του Internet.....	5
7. Υπηρεσίες DHCP και DNS .....	5
Το παρελθόν .....	6
Αναβάθμιση του δικτύου.....	7
Η Φυσική Κατανομή.....	7
Υπολογιστές διοίκησης.....	7
Υπολογιστές στα εργαστήρια .....	8
Ο server Hercules .....	10
Μετρήσεις .....	10
Συμπεράσματα από τις μετρήσεις .....	17
Το μοντέλο στο comnet .....	19
Η ιδέα .....	19
Ο σχεδιασμός .....	20
Συμπεράσματα από το Comnet .....	26
Δοκιμαστικές τροποποιήσεις .....	27
Παράρτημα: Στοιχεία Θεωρίας.....	29
SNMP .....	29
RAID .....	29
Τοπικό δίκτυο .....	34
Τί είναι το Ethernet Switcher και πώς λειτουργεί? .....	35
Switching up the layers.....	36
ΔΙΚΤΥΑ: ΠΑΡΕΛΘΟΝ, ΠΑΡΟΝ, ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝ .....	38
Η ιδέα του δικτύου .....	39
Το παρελθόν .....	40
Η δεκαετία του 1960.....	40
Η επανάσταση των PC.....	41
Τα τοπικά δίκτυα .....	42
Δίκτυα ευρείας περιοχής και διαδίκτυα .....	42
Το Internet .....	42
Το μέλλον .....	43
Καταρχήν η επικοινωνία .....	44
Δικτύωση σε πραγματικό χρόνο .....	44

Ασύγχρονη δικτύωση .....	45
Τα δίκτυα συνολικά .....	45
Είδη δικτύων .....	46
Ομότιμα δίκτυα .....	46
ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ .....	47
ΔΙΑΥΛΟΣ .....	48
ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ .....	49
ΑΣΤΕΡΑΣ .....	50
ΚΙΝΗΣΗ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ-ΠΑΚΕΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	52
ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ .....	54
ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ OSI .....	54
Βιβλιογραφία .....	67
Περιεχόμενα .....	68