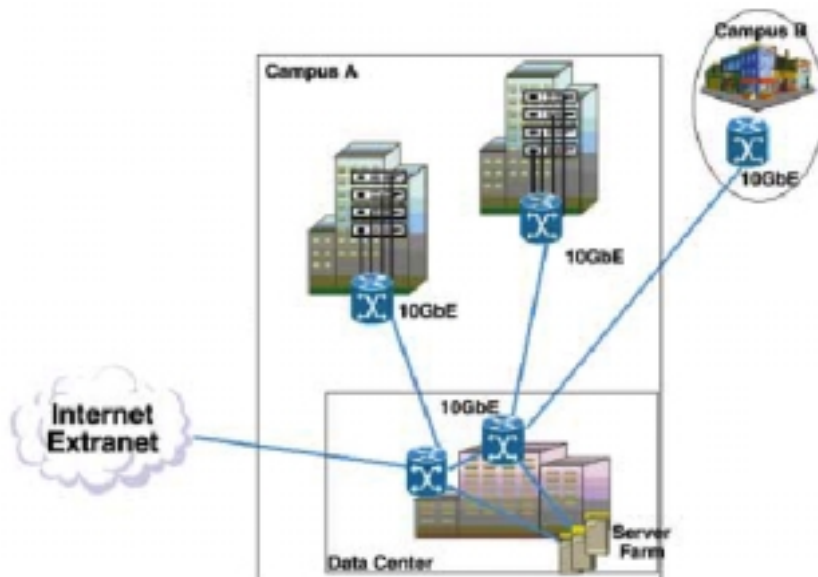


University of Macedonia
Master Information Systems
Networking Technologies

Professor: **A. A. Economides**

Subject:

**Case Studies of University Campus Network
Topology Design & Planning**



Kagani Katerina

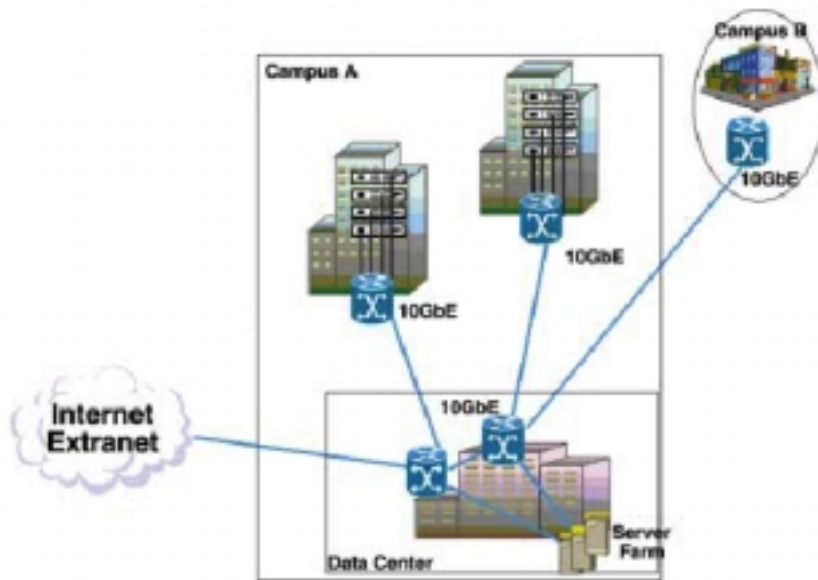
Thessaloniki, 11/01/2002

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα
Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων

Υπεύθυνος Καθηγητής: **A. A. Οικονομίδης**

Θέμα:

Case Studies of University Campus Network Topology Design & Planning



Καγκάνη Κατερίνα

Θεσσαλονίκη, 11/01/2002

Summary

The last decade the growth of networks exceeded each expectation. The requirements for new and better services in combination with the difficulty of designing and concretisation of network equipment had as a result the growth of models, protocols and models of architecture of network. A lot of different categories of networks were implemented depending on the communication requirements.

Particularly in the case of academic institutions, the careful designing and the open architecture of network equipment play a very important role. The reason for this is the fact that the services that should be supported from the network of a university have increased requirements in speed and bandwidth, such as specialised applications (real-time, transport video), remotely education, access in the Internet, teleconference. Also we should take into account the number of workstations that the network of university supports, as well as the geographic extent that it covers.

The study of network of 6 universities, which is found in Greece, Europe and America, is the subject of this paper.

More concretely various subjects are presented the type of network equipment that the network allocates, the technologies that it uses and the topology that is been selected. Based on the previous research, one can be led to the conclusion that the university' networks are usually constituted by two backbone networks. In most cases the first backbone network is network of optical fibres FDDI. In the frame of continuous upgrade and development of Network of universities, the import of Asynchronous Way of Transmission (Asynchronous Transfer Mode - ATM) was implemented. The continuously more pressing requirement for communication (transfer of not only voice but also picture, video) is covered by the import of ATM that functions in high speeds aiming at the more effective provision of integrated services. Many universities showed interest for the upgrade of their network using the technology Gigabit Ethernet.

In the next chapter and in the frame of research for the appearance of new technologies, 10 Gigabit Ethernet is presented, whose standardisation will be completed in the means 2002. This standard maintains the basic characteristics of simple Ethernet. The basic difference is that it will function only with optical fibre and will not need the use of Carrier-Sensing Multiple-Access with Collision Detection Protocol- CSMA/cd). Because of these characteristics, the new protocol can reach up to 10 gigabits per second.

In the last chapter a short presentation of various software that is used for the designing of networks is attempted. The main characteristics and their possibilities are described.

Περίληψη

Την τελευταία δεκαετία η ανάπτυξη των δικτύων ξεπέρασε κάθε προσδοκία. Οι απαιτήσεις για νέες και καλύτερες υπηρεσίες σε συνδυασμό με τη δυσκολία σχεδίασης και υλοποίησης δικτυακού εξοπλισμού οδήγησε το χώρο στην ανάπτυξη προτύπων, πρωτοκόλλων και μοντέλων αρχιτεκτονικής δικτύου. Πολλές διαφορετικές κατηγορίες δικτύων υλοποιήθηκαν ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες των επικοινωνιακών απαιτήσεων.

Ιδιαίτερα στην περίπτωση των πανεπιστημιακών ιδρυμάτων, η προσεκτική σχεδίαση και η ανοικτή αρχιτεκτονική του δικτυακού εξοπλισμού παίζει πολύ σημαντικό ρόλο. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι οι υπηρεσίες που πρέπει να υποστηρίζονται από το δίκτυο ενός πανεπιστημίου έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε ταχύτητα και εύρος ζώνης. Μερικές από αυτές είναι ειδικευμένες εφαρμογές (real-time, μεταφορά video), εξ αποστάσεως εκπαίδευση, πρόσβαση στο Internet, τηλεσυνδιάσκεψη κ.α. Επίσης πρέπει να λάβει κανείς υπόψη και το πλήθος των σταθμών εργασίας που εξυπηρετεί το δίκτυο του πανεπιστημίου, καθώς και τη γεωγραφική έκταση που καλύπτει.

Στο πλαίσιο της εργασίας αυτής πραγματοποιείται μελέτη του δικτύου 6 πανεπιστημίων που βρίσκονται στην Ελλάδα, Ευρώπη και Αμερική. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζεται το είδος του δικτυακού εξοπλισμού που διαθέτουν, οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούν και η τοπολογία που έχουν επιλέξει.

Από την προηγούμενη έρευνα μπορεί κανείς να οδηγηθεί στο συμπέρασμα ότι τα δίκτυα των πανεπιστημίων αποτελούνται συνήθως από δυο δίκτυα κορμού (backbone).

Στις περισσότερες περιπτώσεις το πρώτο δίκτυο κορμού είναι δίκτυο οπτικών ινών FDDI. Στο πλαίσιο της συνεχούς αναβάθμισης και εξέλιξης του Δικτύου Δεδομένων των πανεπιστημίων παρατηρήθηκε η εισαγωγή του Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης (Asynchronous Transfer Mode - ATM). Στα περισσότερα ακαδημαϊκά δίκτυα λειτουργεί ένα δίκτυο κορμού ATM παράλληλα με τον υπάρχοντα κορμό FDDI. Η ολοένα και πιο πιεστική απαίτηση για επικοινωνία (μεταφορά όχι μόνο φωνής αλλά και εικόνας, κινούμενης εικόνας) καλύπτεται από την εισαγωγή των ATM που λειτουργούν σε υψηλές ταχύτητες με στόχο την αποτελεσματικότερη προσφορά ολοκληρωμένων υπηρεσιών.

Αρκετά πανεπιστήμια έδειξαν ενδιαφέρον για την αναβάθμιση των δικτύων του και με χρήση της τεχνολογίας Gigabit Ethernet.

Στην επόμενη ενότητα της εργασίας και στο πλαίσιο της έρευνας για την εμφάνιση νέων τεχνολογιών, παρουσιάζεται το πρότυπο 10 Gigabit Ethernet, του οποίου η τυποποίηση θα ολοκληρωθεί στα μέσα του 2002. Το πρότυπο αυτό διατηρεί τα βασικά χαρακτηριστικά του απλού Ethernet. Βασική διαφορά του είναι το γεγονός ότι θα λειτουργεί μόνο με οπτική ίνα και δε θα προϋποθέτει τη χρήση Πρωτοκόλλου Πολλαπλής Προσπέλασης με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων (Carrier-Sensing Multiple-Access with Collision Detection - CSMA/CD). Λόγω των χαρακτηριστικών αυτών, το νέο πρωτόκολλο μπορεί να φτάσει μέχρι και 10 gigabits per second.

Στο τελευταίο κεφάλαιο επιχειρείται μία σύντομη παρουσίαση διαφόρων πακέτων λογισμικού που χρησιμοποιούνται για τη σχεδίαση δικτύων. Αναφέρονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά και δυνατότητες τους.

Περιεχόμενα - Contents

Summary	1
Περίληψη.....	4
Περιεχόμενα	5
1.1 Ανάπτυξη Δικτύων - The explosive growth of Networks.....	7
1.2 Τα πανεπιστημιακά δίκτυα & οι απαιτήσεις τους - University Campus Networks	7
1.3 Κριτήρια επιλογής δικτύων - Selecting the appropriate network	8
1.4 Προβλήματα - Problems [17]	9
1.5 Τμηματοποίηση – LAN Segmentation [17].....	9
2 Case Studies	10
2.1 Edinburgh University [12].....	10
2.1.1 EdLAN: Το δίκτυο δεδομένων του Πανεπιστημίου - The University's Data Network	10
2.1.2 EdLAN-2: Η εξέλιξη του EdLAN - The development of EdLAN	11
2.1.5 EaStMAN: Metropolitan Area Network	14
2.1.6 JANET: Σύνδεση με το Εθνικό Εκπαιδευτικό Δίκτυο της Αγγλίας – Attachment to JANET	14
2.2 University of Oxford	15
2.2.1 Τοπολογία Δικτύου - Network Topology [8].....	15
2.2.3 Departmental network [9]	15
2.3 University of Nottingham [10]	17
2.3.1 Δίκτυο Δεδομένων - Data Network [11]	17
2.4 University of Sheffield [13].....	18
2.5 Vienna University [14]	20
2.6 University of Massachusetts Amherst [7]	20
2.7 Carnegie Mellon University (CMU) [16].....	22
2.8 University of Columbia [15].....	23
2.8.1 CU Wide Area Network	26
2.8.2 CU ATM Research Network.....	27
2.9 Aristotle University of Thessaloniki – AUTH – AUTHnet [17].....	27
2.9.1 Εισαγωγή - Περιγραφή Introduction - Description.....	27
2.9.2 Στατιστικά στοιχεία - Statistical Data	29
2.9.3 Υποστηριζόμενα πρωτόκολλα δικτύου - Protocols Supported	30
2.9.4 Σύνδεση με το Internet - Connection to Internet.....	30
2.9.5 Πρόσβαση μέσω τηλεφωνικού δικτύου - Dial up connections.....	30
2.9.6 Εξωκείμενες Συνδέσεις του ΑΠΘ - External Connections	31
2.9.7 Ασύρματη σύνδεση Παιδαγωγικού τμήματος Elementary Education Buildings Wireless Links	32
2.9.8 Σύνδεση του Α.Π.Θ. με το Internet - Connection to GRnet.....	32
3 Συμπεράσματα - Conclusions	32
3.1 Δίκτυο οπτικών ινών FDDI - Fiber Optic Network (FDDI)	33
3.2 Δίκτυο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης - Asynchronous Transfer Mode Network.....	33
3.3 Gigabit Ethernet	34
4 Μελλοντική έρευνα - Research.....	34
4.1 10 Gigabit Ethernet [6].....	34

4.2	10 Gigabit Ethernet Project [6].....	35
4.3	Δικτυακές Τεχνολογίες Νοητών Ιδιωτικών Επιλεγόμενων Συνδέσεων - Virtual Private Dialup Network Technologies.....	36
4.4	Πρωτόκολλο L2F - Layer 2 Forwarding.....	36
4.5	Πρωτόκολλο PPTP - Point-to-Point Tunneling Protocol.....	36
4.6	Πρωτόκολλο L2TP - Layer 2 Tunneling Protocol.....	37
5	Λογισμικό - Software.....	37
5.1	Microsoft® Visio Professional 2002 [19].....	37
5.1.1	Πλεονεκτήματα - Advantages.....	37
5.2	FiberGrafix® Network Design Software for Windows Version 3.3 [20]	37
5.2.1	Πλεονεκτήματα - Advantages.....	38
5.3	Network Design and Analysis/2 - NetDA/2 [21].....	38
5.4	Visionael ServiceBase VLAN [22].....	39
5.5	Westplan - Voice Network Design [23].....	39
6	Βιβλιογραφία - Bibliography.....	41

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - Introduction

1.1 Ανάπτυξη Δικτύων - The explosive growth of Networks

Την τελευταία δεκαετία η ανάπτυξη των δικτύων ξεπέρασε κάθε προσδοκία. Οι απαιτήσεις για νέες και καλύτερες υπηρεσίες σε συνδυασμό με τη δυσκολία σχεδίασης και υλοποίησης δικτυακού εξοπλισμού οδήγησε το χώρο στην ανάπτυξη προτύπων, πρωτοκόλλων και μοντέλων αρχιτεκτονικής δικτύου.

Πολλές διαφορετικές κατηγορίες δικτύων υλοποιήθηκαν ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες των επικοινωνιακών απαιτήσεων (δίκτυα τοπικής κλίμακας, δίκτυα ευρείας κλίμακας, ασύρματα δίκτυα, δορυφορικά δίκτυα, δίκτυα μεταγωγής, δίκτυα μετάδοσης κλπ.).

Η προσεκτική σχεδίαση και η ανοικτή αρχιτεκτονική του δικτυακού εξοπλισμού βοήθησε στη διασύνδεση πολλών δικτύων σε ολόκληρο τον κόσμο σε μια οντότητα με το όνομα Internet, ένα κανάλι επικοινωνίας, χείμαρο πληροφόρησης αλλά και πολύτιμο βοθηό των χρηστών του μέσα από ένα μεγάλο σύνολο πληροφοριών που παρέχει.

Την ταχύτερη εξέλιξη των δικτύων ακολούθησε και η ανάπτυξη λογισμικού που εκμεταλλεύεται το δίκτυο. Εμφανίστηκαν μάλιστα εφαρμογές με μεγαλύτερες απαιτήσεις, όπως μεταφορά εικόνας υψηλής ευκρίνειας, φωνής, video, τηλεσυνδιάσκεψη κ.α. Κατά συνέπεια τα σημερινά δίκτυα σχεδιάζονται για να μεταδίδουν πληροφορία σε διάφορες μορφές, όπως φωνή, βίντεο, εικόνα.

Η ανάγκη λοιπόν για αύξηση της ταχύτητας είναι επιτακτική και έτσι νέα πρότυπα εμφανίζονται στο χώρο. Μερικά από τα πιο συνηθισμένα και συχνότερα υλοποιήσιμα πρότυπα τοπικών δικτύων υψηλής ταχύτητας είναι τα Ethernet Switching, Fast Ethernet, FDDI, Gigabit Ethernet (1000 Base-T). Αξίζει ακόμη να αναφέρουμε ότι, στο πλαίσιο της συνεχούς αναβάθμισης και εξέλιξης των δικτύων δεδομένων παρατηρήθηκε και η εισαγωγή του Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης (Asynchronous Transfer Mode - ATM).

1.2 Τα πανεπιστημιακά δίκτυα & οι απαιτήσεις τους - University Campus Networks

Η έννοια του δικτύου χρησιμοποιείται ευρύτατα στην καθημερινή μας ζωή. Αναφερόμαστε σε τηλεοπτικά, τηλεφωνικά, οδικά, σιδηροδρομικά δίκτυα κ.α. Τυπικά σύγχρονα δίκτυα απαρτίζονται από μερικές δεκάδες ή εκατοντάδες υπολογιστών. Σε ακαδημαϊκά ιδρύματα υπάρχουν δίκτυα μεγάλης κλίμακας που απαρτίζονται από μερικές χιλιάδες υπολογιστών.

Ο σχεδιασμός και η τοπολογία των δικτύων σε πανεπιστημιακά ιδρύματα αποτελούν αντικείμενο της εργασίας αυτής.

Το δίκτυο ενός πανεπιστημίου μπορεί να περιγραφεί ως ένα σύνολο από διασυνδεδεμένα LANs που βρίσκονται σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή και αποτελούν αντικείμενο διαχείρισης μιας ομάδας ανθρώπων.

Τα πανεπιστημιακά δίκτυα έχουν αποκτήσει ιδιαίτερα μεγάλη σημασία για τη ζωή μέσα στην πανεπιστημιούπολη, γιατί επιτρέπει τη σύνδεση και επικοινωνία μεταξύ φοιτητών, καθηγητών και διοικητικού προσωπικού για την πραγματοποίηση κοινωνικών, ακαδημαϊκών και επιχειρηματικών δραστηριοτήτων.

Οι λόγοι για τους οποίους είναι απαραίτητη η ύπαρξη δικτύου στον πανεπιστημιακό χώρο είναι προφανείς. Επιγραμματικά αναφέρονται οι παρακάτω: [4]

- Πρόσβαση στο Internet
- Διαμοιρασμός πόρων
Οι πιο συνηθισμένοι πόροι που μοιράζονται είναι αποθηκευτικός χώρος στο δίσκο, εκτυπωτές, λογισμικό, δεδομένα, υπολογιστική ισχύς και γενικότερα ακριβός εξοπλισμός.
- Παροχή πρόσβασης σε εξοπλισμό που βρίσκεται σε απόσταση.
- Διαμοιρασμός λογισμικού μεταξύ τμημάτων και σχολών
- Εξοικονόμηση χρημάτων

Υπηρεσίες που υποστηρίζονται από το δίκτυο ενός πανεπιστημίου: [4]

1. Εξ αποστάσεως εκπαίδευση
2. Έρευνα
Μέσω των δικτύων ευνοείται και διευκολύνεται η συνεργασία μεταξύ επιστημόνων και ερευνητών στο πλαίσιο ερευνητικών προγραμμάτων.
3. Άμεση πληροφόρηση στους φοιτητές (π.χ. Internet)
Τα δίκτυα αποτελούν πολύτιμες πηγές άντλησης πληροφοριών (π.χ. από τοπικές, εθνικές, διεθνείς βάσεις δεδομένων).
4. Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, τηλεφωνία, τηλεσυνδιάσκεψη. Οι υπηρεσίες αυτές καλύπτουν τις επικοινωνιακές ανάγκες των φοιτητών.
5. Χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού (Computer Assisted Learning).

1.3 Κριτήρια επιλογής δικτύων - *Selecting the appropriate network*

Σήμερα ο ενδιαφερόμενος μπορεί να επιλέξει από μια μεγάλη ποικιλία τοπικών δικτύων με διαφορετικές τοπολογίες, διαφορετικά μέσα μετάδοσης, το κατάλληλο τοπικό δίκτυο για να εξυπηρετήσει με τον καλύτερο τρόπο τις ανάγκες του.

Επίσης η εγκατάσταση ενός δικτύου ευρείας περιοχής απαιτεί προσεκτική μελέτη και ανάλυση των επικοινωνιακών απαιτήσεων, αφού τις περισσότερες φορές το κόστος υλοποίησης του δικτύου είναι σημαντικό. Όπως και στην επιλογή τοπικών δικτύων, θα πρέπει να ιεραρχήσουμε τις απαιτήσεις μας και μετά να επιλέξουμε την κατάλληλη λύση.

Πιο συγκεκριμένα, ένα πανεπιστήμιο, λόγω των παραπάνω υπηρεσιών που οφείλει να παρέχει, πρέπει να επιλέξει την καλύτερη εναλλακτική λύση, με βάση τα παρακάτω κριτήρια: [4]

- Αριθμός υποστηριζόμενων σταθμών εργασίας
- Διαθεσιμότητα εφαρμογών λογισμικού
- Τύπος των σταθμών εργασίας που υποστηρίζεται από την κάθε υλοποίηση δικτύου
- Απόσταση των τοπικών δικτύων και των συσκευών – συστημάτων που πρόκειται να δικτυωθούν
- Δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης
- Απαιτήσεις σε ταχύτητα επικοινωνίας
- Απαιτήσεις μέσου μεταφοράς (σε περίπτωση υπάρχουσας καλωδίωσης)
- Γεωγραφική έκταση που καλύπτει
- Αξιοπιστία δικτύου και ομαλή λειτουργία του σε περιπτώσεις προβλημάτων καλωδίωσης ή αποσύνδεσης σταθμών/κόμβων

- Απρόσκοπτη λειτουργία με άλλα δίκτυα που ήδη υπάρχουν ή προγραμματίζονται να εγκατασταθούν στο μέλλον.
- Αρχιτεκτονική βασισμένη σε διεθνή πρότυπα για μέγιστη εξασφάλιση της επένδυσης.
- Διαθεσιμότητα υλικού, αλλά και λογισμικού υποστήριξης του δικτύου και των περιφερειακών του συσκευών.
- Κόστος αγοράς, εγκατάστασης, συντήρησης, επέκτασης, αναβάθμισης κ.α.
- Ασφάλεια δικτύου
- Ανάγκη ύπαρξης κινούμενων χρηστών (mobile users).
- Ανάγκη υποστήριξης ειδικευμένων εφαρμογών (real-time, μεταφορά video).

1.4 Προβλήματα - Problems

[17]

Το πλήθος των χρηστών που εξυπηρετεί ένα πανεπιστημιακό δίκτυο είναι αρκετά μεγάλο. Κατά συνέπεια, στο σχεδιασμό του δικτύου πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα προβλήματα που δημιουργούνται όταν σε ένα τοπικό δίκτυο συνδέονται πολλοί χρήστες.

Παρακάτω περιγράφονται κάποια προβλήματα στην περίπτωση της τεχνολογίας Ethernet.

- *Κοινό μέσο μετάδοσης (Shared Medium)*

Σε τεχνολογίες Ethernet οι χρήστες μοιράζονται το μέσο και επομένως, όσο περισσότεροι χρήστες συνδέονται στο δίκτυο, τόσο μικρότερο bandwidth χρησιμοποιούν, γιατί το μοιράζονται με περισσότερα άτομα. Μερικές φορές το δίκτυο είναι γρήγορο, ενώ κάποιες άλλες πολύ αργό, ανάλογα με τη δουλειά που κάνουν οι χρήστες εκείνη τη στιγμή (π.χ. downloading ενός μεγάλου αρχείου από το Internet).

- *Συγκρούσεις (Collisions)*

Η συνεχής προσθήκη χρηστών στο δίκτυο μπορεί να προκαλέσει επιπλέον προβλήματα, όπως συγκρούσεις (Collisions), οι οποίες περιορίζουν το διαθέσιμο bandwidth. Στην περίπτωση αυτή δίκτυα Ethernet εμφανίζονται οι έννοιες Carrier Sense, Multiple Access, Collision Detection (CSMA/CD). Πολλοί σταθμοί εργασίας χρησιμοποιούν το ίδιο μέσο και κάθε χρονική στιγμή μόνο ένας σταθμός μπορεί να στείλει πληροφορία στο μέσο (Carrier Sense). Ο σταθμός που θέλει να στείλει πληροφορία, προτού το κάνει ελέγχει αν κάποιο πλαίσιο πληροφορίας διέρχεται από το κλώδιο. Collision δημιουργείται όταν δυο σταθμοί ταυτόχρονα ελέγχουν το μέσο, το βρίσκουν διαθέσιμο και στέλνουν την πληροφορία τους. Τότε είναι πιθανό να προκαλέσουν καθυστέρηση στους υπόλοιπους χρήστες ή ακόμη και να δημιουργήσουν πρόβλημα σε ολόκληρο το δίκτυο. Όσο περισσότεροι χρήστες συνδέονται στο δίκτυο τόσο αυξάνονται οι πιθανότητες να εμφανιστούν collisions.

- *Μετάδοση (Broadcasts)*

Τα πρωτόκολλα των περισσότερων λειτουργικών συστημάτων δικτύου, όπως Microsoft's Windows NT, Novell's NetWare, και Apple's AppleTalk, στέλνουν ένα frame για να μπορέσουν να εντοπίσουν ευκολότερα πόρους στο δίκτυο. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα επιπλέον μείωση του bandwidth που είναι διαθέσιμο στους χρήστες αλλά και αρνητική επίδραση στη λειτουργία των υπολογιστών.

1.5 Τμηματοποίηση – LAN Segmentation

[17]

Σημαντική έννοια που πρέπει να αποσαφηνιστεί προτού προχωρήσουμε στη μελέτη των δικτύων κάποιων πανεπιστημίων, είναι και αυτή της τμηματοποίησης (LAN Segmentation). Η ανάπτυξη client/server εφαρμογών με μεγάλες Βάσεις Δεδομένων,

video conferencing, Internet είχε ως αποτέλεσμα αύξηση της χρήσης του δικτύου και συμφόρηση σε αυτό, λόγω διακίνησης περισσότερων δεδομένων και εμφάνισης περισσότερων συγκρούσεων.

Η τμηματοποίηση είναι μια μέθοδος που βοηθά στην επίλυση τέτοιου είδους προβλημάτων, παρέχοντας μεγαλύτερο bandwidth για κάθε χρήστη. Πραγματοποιείται με χρήση τριών συσκευών, καθεμιά από τις οποίες επιλύει διαφορετικά προβλήματα:

- 1) Γέφυρες
- 2) Δρομολογητές και
- 3) Μεταγωγείς.

2 Case Studies

Ύστερα από έρευνα στο Παγκόσμιο Πληροφοριακό Ιστό, συγκεντρώθηκαν στοιχεία για τον τρόπο με τον οποίο έχουν υλοποιηθεί τα δίκτυα κάποιων πανεπιστημίων στην Ελλάδα, την Ευρώπη και την Αμερική. Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκε ο σχεδιασμός και η τοπολογία των δικτύων αυτών.

Πριν από την περιγραφή της τοπολογίας κάθε πανεπιστημίου κρίνεται σκόπιμη μια σύντομη παρουσίαση του πλήθους των υπολογιστών που συνδέονται και το μέγεθος της πληροφορίας που διακινείται στο συγκεκριμένο δίκτυο.

2.1 *Edinburgh University*

[12]

Όλες οι δικτυακές υπηρεσίες που προσφέρονται στο πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου στηρίζονται στα παρακάτω τρία δίκτυα:

- EdLAN, το καταμεμημένο δίκτυο του Πανεπιστημίου
- EaStMAN, το μητροπολιτικό δίκτυο που συνδέει τα πανεπιστήμια Edinburgh και Stirling
- JANET, το *Joint Academic Network*, ένα δίκτυο που συνδέει τα πανεπιστήμια όλης της χώρας.

Στη συνέχεια επιχειρείται η παρουσίαση τόσο του δικτύου του πανεπιστημίου, όσο και του τρόπου με τον οποίο συνδέεται αυτό με άλλα δίκτυα.

2.1.1 **EdLAN: Το δίκτυο δεδομένων του Πανεπιστημίου - The University's Data Network**

Το πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου έχει εδώ και καιρό συνειδητοποιήσει τη σημασία της δικτύωσης και την ανάγκη για υψηλό επίπεδο δικτυακών υπηρεσιών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το πανεπιστήμιο καλύπτει μια μεγάλη γεωγραφικά περιοχή και στο είδος των υπηρεσιών που πρέπει να παρέχει ως εκπαιδευτικό ίδρυμα.

Το πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου έχει αναπτύξει τη δικτυακή του υποδομή από το 1970, προχώρησε στη χρήση του πρωτοκόλλου X.25 κατά τη δεκαετία του 1980 και μέχρι τώρα κατάφερε να δημιουργήσει ένα τοπικό δίκτυο που ονομάζεται EdLAN .

Το δίκτυο κορμού αποτελείται από καλώδια οπτικών ινών και χρησιμοποιεί πρωτόκολλο FDDI (Fibre Distributed Data Interface). Σε τοπολογία δακτυλίου συνδέει έξι Cisco AGS+ routers. Οι υπολογιστές είναι συνδεδεμένοι σε τοπικά δίκτυα Ethernet υψηλής ταχύτητας.

Το EdLAN διαθέτει 10.600 πρίζες στις οποίες συνδέονται περίπου 7500 σταθμοί εργασίας.

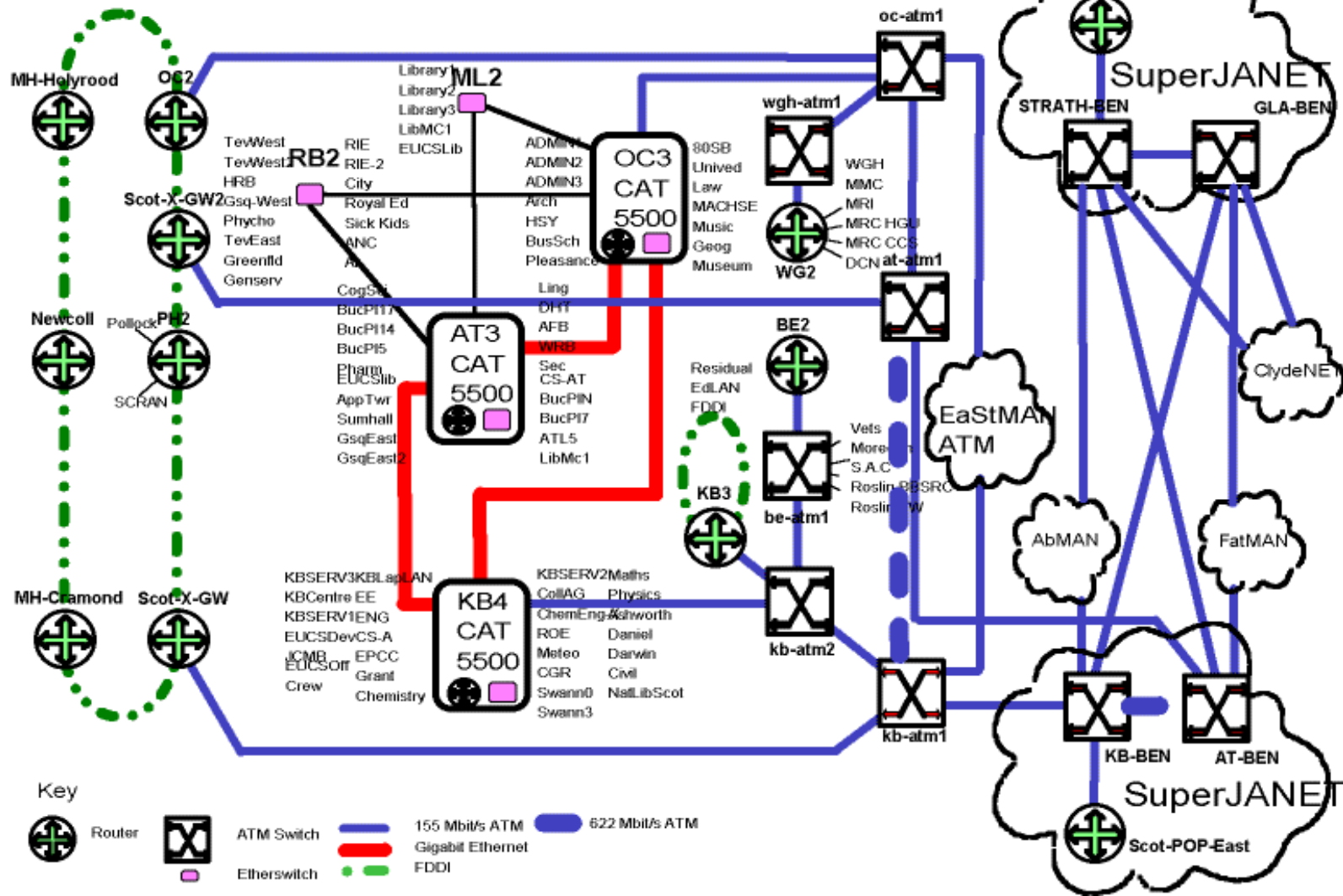
Κρίσιμο σημείο του δικτύου είναι η σύνδεση των δύο περιοχών King's Buildings Science Campus και Central Area (που περιλαμβάνει Main Library, Arts and Social Sciences, Management Information Services etc.), οι οποίες απέχουν 3.2km μεταξύ τους. Η σύνδεσή τους γίνεται με καλώδια οπτικών ινών.

Επίσης υπάρχει ένα μεταγενέστερο δίκτυο κορμού τεχνολογίας ATM (Asynchronous Transfer Mode), το οποίο δημιουργήθηκε για να υποστηριχθεί η υλοποίηση του δικτύου EaStMAN, αλλά και η παροχή υπηρεσιών που βασίζονται σε τεχνολογία ATM. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η υπηρεσία Videoconferencing με άλλα ιδρύματα της Σκωτίας (μέσω του δικτύου EaStMAN) και με άλλα ιδρύματα και οργανισμούς του κόσμου (μέσω του δικτύου JANET).

2.1.2 EdLAN-2: Η εξέλιξη του EdLAN - The development of EdLAN

Το καλοκαίρι του 1998 το δίκτυο κορμού EdLAN τροποποιήθηκε ώστε να μπορεί να προσφέρει Fast Ethernet (100 Mbit/s) μεταξύ των τμημάτων του πανεπιστημίου και Gigabit Ethernet (1000 Mbit/s). Το ATM δίκτυο κορμού διατηρήθηκε και ενοποιήθηκε με το νέο εξοπλισμό. Το νέο αυτό δίκτυο ονομάζεται EdLAN-2.

EdLAN2- January 2000



Σχήμα 2.1.4

2.1.5 EaStMAN: Metropolitan Area Network

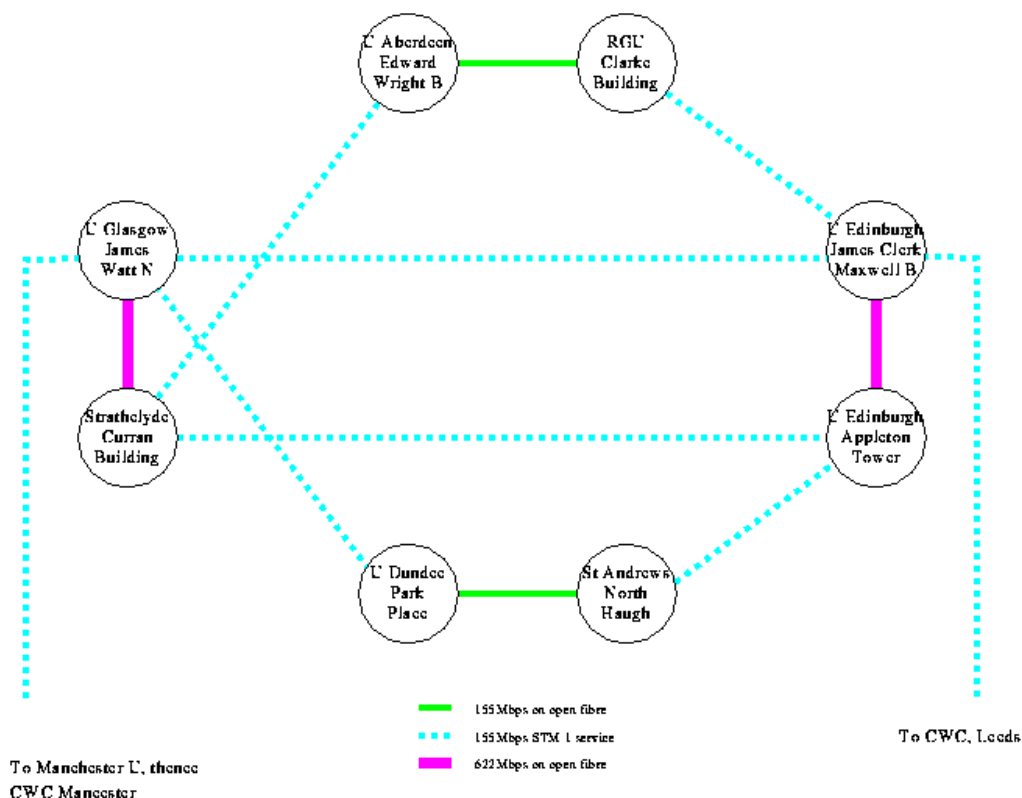
Πρόκειται για ένα μητροπολιτικό δίκτυο γνωστό ως **Edinburgh and Stirling MAN**, που υποστηρίζει υψηλές ταχύτητες 155 Mbps. Με τη βοήθεια του δικτύου αυτού έχει βελτιωθεί πολύ η επικοινωνιακή υποδομή μεταξύ των των ιδρυμάτων Edinburgh, Heriot-Watt, Napier και Stirling Universities, Edinburgh College of Art, Moray House Institute of Education και Queen Margaret University College. Το μητροπολιτικό αυτό δίκτυο είχε ως αποτέλεσμα καλύτερη επικοινωνία μεταξύ των πανεπιστημίων και μείωση κόστους.

2.1.6 JANET: Σύνδεση με το Εθνικό Εκπαιδευτικό Δίκτυο της Αγγλίας – Attachment to JANET

Το 1998, η υποδομή του δικτύου JANET ολοκληρώθηκε και το πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου ήταν ο μοναδικός κόμβος της Σκοτίας που συνδέθηκε (Scottish Backbone End Node – BEN), με ταχύτητα 155 Mbit/s.

- Τα δυο BENs στα πανεπιστήμια Edinburgh και Glasgow συνδέονται στο JANET μέσω Leeds και Manchester, αντίστοιχα
- Στο χώρο του πανεπιστημίου Edinburgh υπάρχουν δύο BENs που συνδέονται μεταξύ τους μέσω ATM δικτύου με ταχύτητες 622Mbps.
- Αυτά συνδέονται με τα αντίστοιχα BEN του πανεπ. Glasgow μέσω ATM δικτύου με ταχύτητες 155Mbps.

EaStMAN and Scottish MANs Interconnect at Phase III - Resilience Project



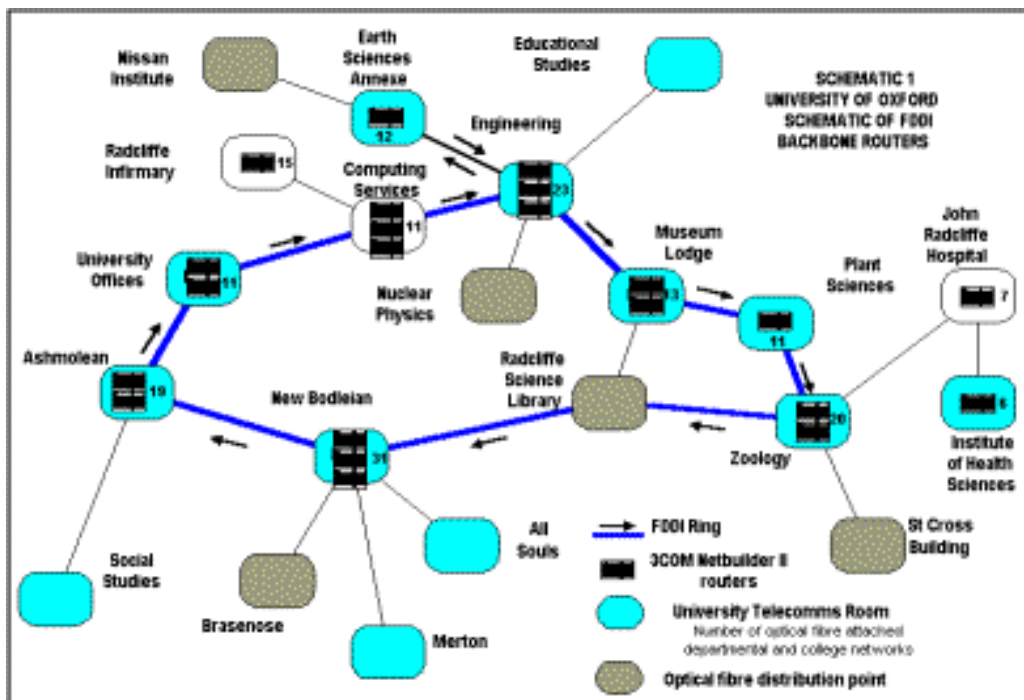
2.2 University of Oxford

2.2.1 Τοπολογία Δικτύου - Network Topology

[8]

Στο δίκτυο του University of OXFORD είναι συνδεδεμένοι 25,000 καταχωρημένοι υπολογιστές (IP διευθύνσεις).

Το δίκτυο κορμού του πανεπιστημίου συνδέει 22 δρομολογητές (Routers) με πρωτόκολλο FDDI σε τοπολογία δακτυλίου και με ταχύτητα 100Mbps (100Mbps FDDI Backbone Ring). Οι δρομολογητές αυτοί είναι τοποθετημένοι σε Τηλεπικοινωνιακούς Χώρους σε όλη την πόλη της Οξφόρδης.



Σχήμα 2.2.2

2.2.3 Departmental network

[9]

Ακολουθεί η παρουσίαση του εξοπλισμού και των διασυνδέσεων που πραγματοποιούνται στο εσωτερικό ενός κτιρίου του πανεπιστημίου.

Τα βασικά σημεία διανομής του δικτύου είναι τα DP1 και DP2. Το σημείο DP1 βρίσκεται στο ισόγειο στην αίθουσα A62 και εξυπηρετεί την ανατολική πλευρά του κτιρίου. Το σημείο DP2 βρίσκεται στον πρώτο όροφο στην αίθουσα B25 και εξυπηρετεί τη δυτική πλευρά του κτιρίου. Οι συσκευές δικτύωσης συνδέονται σε υποδοχές RJ45 που βρίσκονται σε διάφορα σημεία του κτιρίου. Από κάθε μία από αυτές τις υποδοχές ξεκινά καλωδίωση, η οποία είναι Unshielded Twisted Pair (UTP) κατηγορίας 5, και καταλήγει σε ένα από τα σημεία διανομής DP1 ή DP2.

Η επικοινωνία με το εξωτερικό περιβάλλον γίνεται με καλώδιο οπτικής ίνας (62.5/125 multi-mode) που καταλήγει στο σημείο DP1.

Η συγκεκριμένη καλωδιακή υποδομή προσφέρει μεγάλη ευελιξία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο εξοπλισμός και η τοπολογία του δικτύου καθορίζεται από τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται και τον τρόπο με τον οποίο γίνονται οι συνδέσεις σε κάθε σημείο DP1 και DP2. Μελλοντική λοιπόν αναβάθμιση ή αναδιοργάνωση μπορεί να υλοποιηθεί κάνοντας

αλλαγές στα σημεία διανομής DP1 και DP2, χωρίς να χρειάζεται να τροποποιείται η καλωδίωση όλου του κτιρίου.

Στο δίκτυο, όπως έχει διαμορφωθεί, χρησιμοποιούνται τέσσερις διαφορετικές τεχνολογίες δικτύωσης, οι οποίες είναι παράγωγα του Ethernet:

- 10baseT: 10Mbit/s Ethernet, καλώδιο UTP κατηγορίας 5.
- 10baseFL: 10Mbit/s Ethernet, καλώδιο οπτικής ίνας.
- 100baseTX: 100Mbit/s Ethernet, καλώδιο UTP κατηγορίας 5.
- 100baseFX: 100Mbit/s Ethernet, καλώδιο οπτικής ίνας.

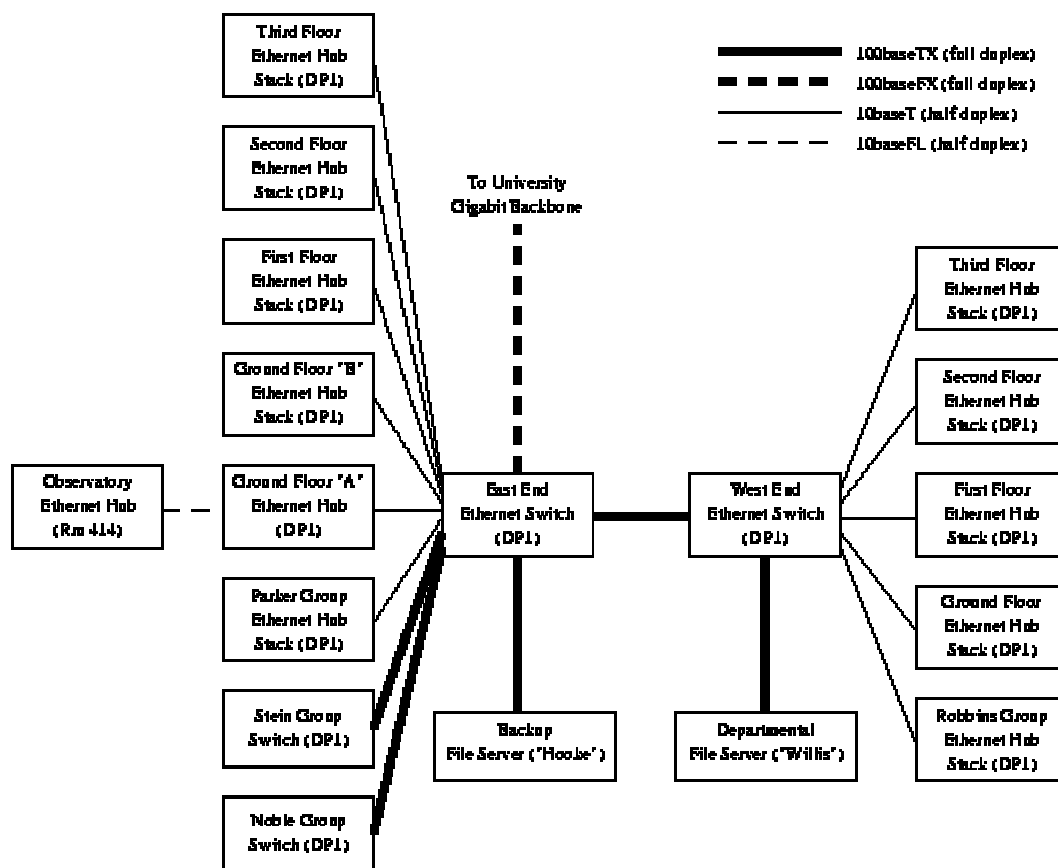
Σε κάθε σημείο διανομής υπάρχει ένα 3Com 3C16980 Ethernet switch. Τα switch αυτά συνδέονται με Ethernet hubs, τα οποία με τη σειρά τους είναι συνδεδεμένα σε ένα πλαίσιο ηλεκτρονικών συνδέσεων που οδηγούν στις πρίζες του κτιρίου. Τα hubs είναι οργανωμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργείται ένα ξεχωριστό τμήμα Ethernet δικτύου για κάθε όροφο του κτιρίου, αλλά για κάθε ερευνητική ομάδα που έχει πληρώσει για μια τέτοια παροχή.

Κάθε θύρα των switches μπορεί να παρέχει τόσο 10baseT, όσο και 100baseTX, καθώς επίσης και να ανιχνεύει την κατάλληλη ταχύτητα. Με τον τρόπο αυτό κάθε τμήμα του δικτύου που είναι συνδεδεμένο με το switch μπορεί να βρίσκεται στα 10Mbits/s ή στα 100Mbits/s. Η κίνηση δεδομένων μεταξύ του ανατολικού και του δυτικού τμήματος του κτιρίου γίνεται με τη βοήθεια ενός 100baseTX link που συνδέει τα δυο βασικά switches.

Οι δύο Ethernet τεχνολογίες που βασίζονται σε οπτική ίνα χρησιμοποιούνται για συνδέσεις με σημεία που βρίσκονται εκτός του κυρίως κτιρίου. Για τη σύνδεση του δικτύου στο κύριο κτίριο με το δίκτυο κορμού του πανεπιστημίου χρησιμοποιείται 100baseFX. Για τη σύνδεση του δικτύου στο κύριο κτίριο με το Ethernet hub στο κτίριο Old Observatory χρησιμοποιείται 10baseFL.

Τα switches αποτελούν μια γέφυρα ανάμεσα στα διαφορετικά interfaces, παρακολουθούν τα πακέτα που λαμβάνουν από όλα τα interfaces και βρίσκουν τις MAC (media access control) διευθύνσεις που σχετίζονται με τις διάφορες συσκευές σε κάθε τμήμα του δικτύου. Δεδομένα που απευθύνονται σε MAC διευθύνσεις προωθούνται στα αντίστοιχα τμήματα του δικτύου, ενώ σε περίπτωση άγνωστων MAC διευθύνσεων ή δικτύων μετάδοσης (broadcast) τα δεδομένα προωθούνται σε όλα τα τμήματα του δικτύου.

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τις βασικές μονάδες και διασυνδέσεις που συνιστούν το δίκτυο του τμήματος (Departmental Network).



Σχήμα 2.2.3

2.3 University of Nottingham

[10]

Το τοπικό δίκτυο του πανεπιστημίου συνδέει τις παρακάτω περιοχές:

- την πανεπιστημιούπολη Sutton Bonington,
- Queens Medical Centre,
- την πανεπιστημιούπολη Jubilee,
- City Hospital
- και εκπαιδευτικές μονάδες μέσα σε διάφορα νοσοκομεία που βρίσκονται στις περιοχές Nottinghamshire, Lincolnshire και Derbyshire.

Με λίγα λόγια το τοπικό δίκτυο του πανεπιστημίου του Nottingham καλύπτει μια μεγάλη γεωγραφικά περιοχή. Αξίζει ακόμη να σημειωθεί ότι συστήματα multi-user, καθώς και εκτυπωτές και άλλες συσκευές είναι συνδεδεμένα σε αυτό. Περίπου 7000 υπολογιστές είναι συνδεδεμένα στα Ethernet τοπικά δίκτυα του πανεπιστημίου.

Το δίκτυο του πανεπιστημίου συνδέεται στο μητροπολιτικό δίκτυο East Midlands (MAN), που περιλαμβάνει τα πανεπιστήμια Derby, Loughborough, De Montfort και Nottingham Trent. Το MAN αυτό αποτελεί μέρος του δικτύου Janet, το οποίο εκτείνεται σε ολόκληρη τη Μεγάλη Βρετανία, χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο IP και συνδέεται απευθείας στο Internet.

2.3.1 Δίκτυο Δεδομένων - Data Network

[11]

Το δίκτυο κορμού συνδέει τις εξής περιοχές της πανεπιστημιούπολης: University Park, Medical School και Jubilee Campus. Η επικοινωνία του δικτύου κορμού με City Hospital και Sutton Bonington campus γίνεται με τη βοήθεια μισθωμένων γραμμών.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται είναι Ethernet, Fast Ethernet, ATM και FDDI.

Κάθε κτίριο της πανεπιστημιούπολης διαθέτει ένα Ethernet δίκτυο με 10Mb/sec. Τα δίκτυα αυτά συνδέονται στο δίκτυο κορμού FDDI (100Mb/sec). Παράλληλα λειτουργεί ένα δίκτυο κορμού Fast ethernet. Τέλος το δίκτυο ATM χρησιμοποιείται για να εξασφαλίσει τη σύνδεση του πανεπιστημίου με το East Midlands MAN.

Το δίκτυο αυτό περιγράφεται ικανοποιητικά από το σχήμα 2.3.1.

2.4 University of Sheffield

[13]

Η πανεπιστημιούπολη εξυπηρετεί πάνω από 30000 χρήστες (προσωπικό και φοιτητές). Υπάρχουν 20 κεντρικά ελεγχόμενοι fileservers που χρησιμοποιούν Novell Netware (versions 4 & 5). Αυτοί υποστηρίζουν περίπου 9000 προσωπικούς υπολογιστές και 1000 Macintoshes. Ο αριθμός των υπολογιστών που συνδέονται στο δίκτυο συνεχώς αυξάνεται με ρυθμό περίπου 100 ανά μήνα. Επίσης συνδέονται στο δίκτυο του πανεπιστημίου πάνω από 300 μηχανήματα Unix. Η απομακρυσμένη πρόσβαση στο πανεπιστήμιο (Remote Access to Sheffield - RATS) γίνεται από περισσότερους από 10000 χρήστες. Περισσότερα από 1 εκατομμύριο μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail) διακινούνται εβδομαδιαίως.

Το δίκτυο κορμού αποτελείται από περίπου 60km καλώδιο με οπτική ίνα.

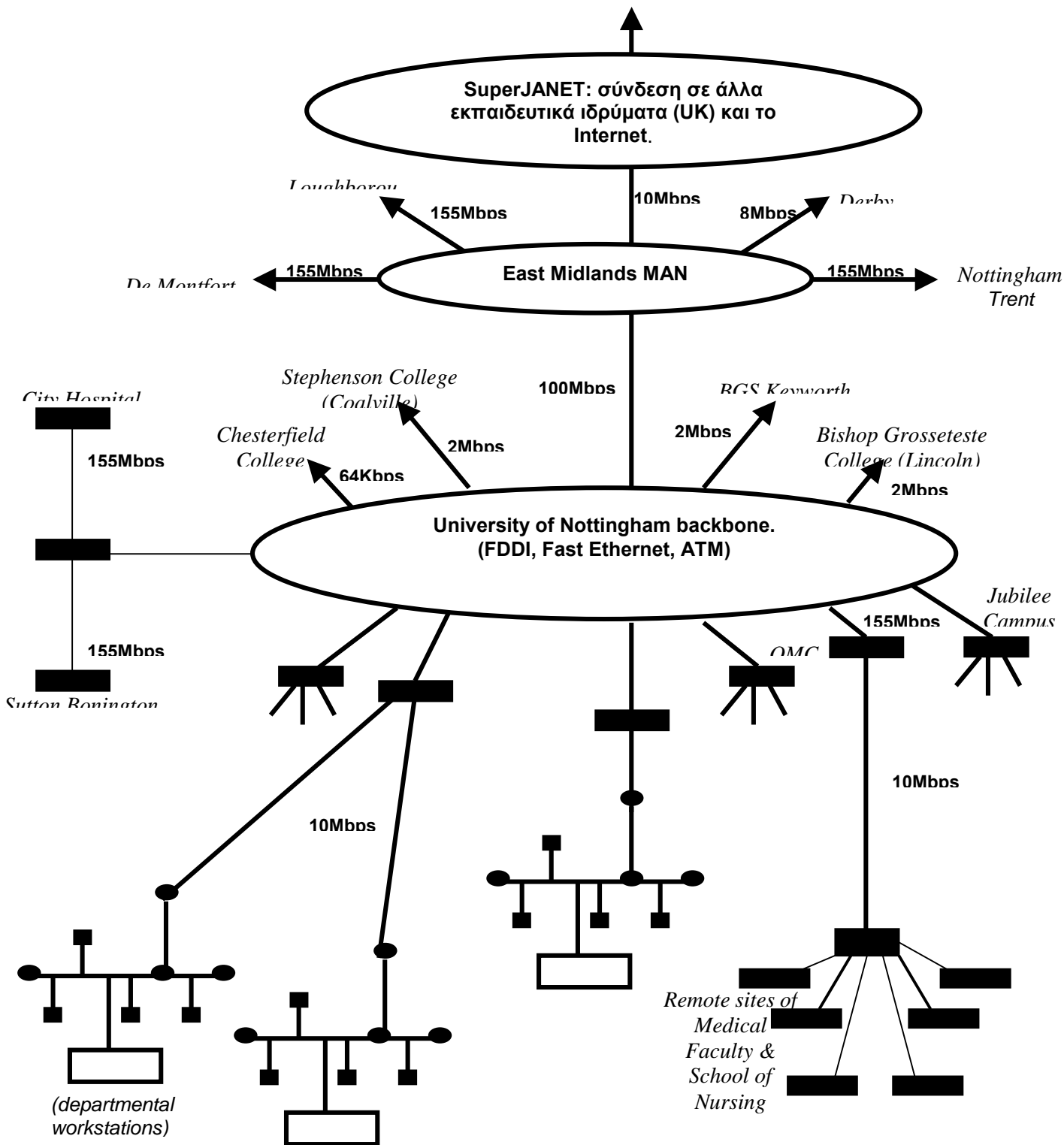
Τα πρωτόκολλα που υποστηρίζονται από το δίκτυο είναι IPX, IP και Appletalk.

Η καλωδιακή υποδομή είναι CAT5e STP to the desktop.

Το δίκτυο κάθε κτιρίου είναι τύπου switched Ethernet και προσφέρει ταχύτητα 10Mbit/sec. Συνδέεται με οπτική ίνα (100Mbit/sec) σε ένα switch το οποίο βρίσκεται σε Κέντρο Υπολογιστών και είναι ειδικό για κάθε κτίριο. Όλοι οι servers βρίσκονται στο Κέντρο Υπολογιστών και συνδέονται στο switch του κτιρίου που εξυπηρετούν. Τα switches του Κέντρου συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια ενός router που παρέχει ασφάλεια και περιορίζει την μετάδοση των λαθών.

Ένας συγκεκριμένος αριθμός IP διευθύνσεων και ένας συγκεκριμένος αριθμός δικτύου Novell αποδίδεται σε κάθε κτίριο της πανεπιστημιούπολης. Η δυναμική κατανομή IP διευθύνσεων σε απομακρυσμένους προσωπικούς υπολογιστές δίνει τη δυνατότητα να συνδεθούν υπολογιστές σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου.

Οι πιο μεγάλες απομακρυσμένες περιοχές, Dearne και Northen General Hospital, συνδέονται με το δίκτυο μέσω μισθωμένων γραμμών 9M (leased lines) που φτάνουν την απόδοση ενός ethernet δικτύου. Η απομακρυσμένη



Σχήμα 2.3.1:

Σχηματική παράσταση του δικτύου δεδομένων του πανεπιστημίου και των συνδέσεών του με άλλα δίκτυα

σύνδεση με τις περιοχές Barnsley, Rotherham, Doncaster, και Chesterfield hospitals γίνεται με μισθωμένο κύκλωμα με 2.048 Mbit/sec.

Υπάρχει η δυνατότητα απομακρυσμένης dial up σύνδεσης χρηστών με χρήση modem ή ISDN. Όλες σχεδόν οι υπηρεσίες παρέχονται στους χρήστες αυτούς.

Η σύνδεση στο JANET γίνεται μέσω του μητροπολιτικού δικτύου Yorkshire και Humberside (YHMAN). Το YHMAN συνδέεται στο δίκτυο κορμού JANET για να εξασφαλίσει σύνδεση τόσο στο Internet, όσο και με τα άλλα Πανεπιστήμια του

Ηνωμένου Βασιλείου. Πρόκειται για ένα ATM δίκτυο σε τοπολογία δακτυλίου με εύρος ζωνής 155Mbit/sec.

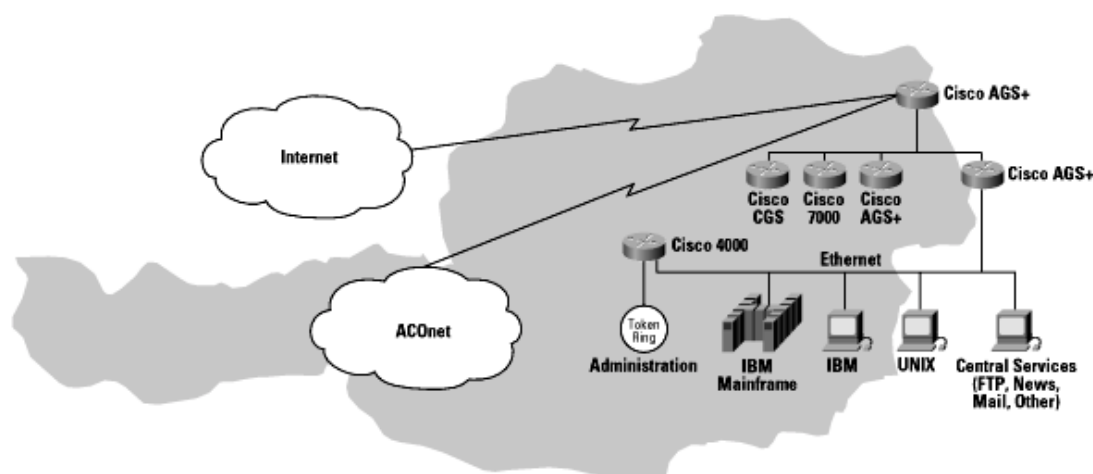
2.5 Vienna University

[14]

Το δίκτυο του πανεπιστημίου της Βιέννης στην Αυστρία είναι υπεύθυνο για τη σύνδεση των υπολογιστών και συσκευών της πανεπιστημιούπολης, αλλά και για τη σύνδεσή της με το εθνικό ερευνητικό δίκτυο της Αυστρίας ACOnet (Austrian Academic Network). Επίσης χρησιμοποιείται για ερευνητικούς σκοπούς. Για παράδειγμα το ερευνητικό προσωπικό χρησιμοποιεί τους δρομολογητές του δικτύου για να δοκιμάσει νέα πρωτόκολλα και νέες τοπολογίες.

Στο δίκτυο του πανεπιστημίου της Βιέννης συνδέονται περίπου 3500 υπολογιστές (IBM Enterprise System/9000 mainframe, UNIX workstations, PCs). Το δίκτυο κορμού του πανεπιστημίου αποτελείται από περισσότερους από 40 δρομολογητές (routers). Οι δρομολογητές αυτοί συνδέουν τα διάφορα τμήματα του πανεπιστημίου με το Κέντρο Υπολογιστών, από όπου τα δεδομένα διακινούνται προς άλλα πανεπιστήμια της Βιέννης και προς το ACOnet. Ένας δρομολογητής συνδέει το δίκτυο του πανεπιστημίου με το ACOnet, ενώ άλλοι δρομολογητές συνδέουν το ACOnet με τα πανεπιστήμια των πόλεων Linz και Graz.

Χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα είναι τα εξής: TCP/IP, SNA, DECnet, IPX, AppleTalk, Source Route Bridging, X.25.



Σχήμα 2.5

Vienna University Internetwork: Οι δρομολογητές συνιστούν το δίκτυο κορμού (*backbone*) του πανεπιστημίου και εξασφαλίζουν σύνδεση με το ACOnet και το Internet.

Network Interfaces:

- Ethernet
- Token Ring
- FDDI
- Serial Lines

2.6 University of Massachusetts Amherst

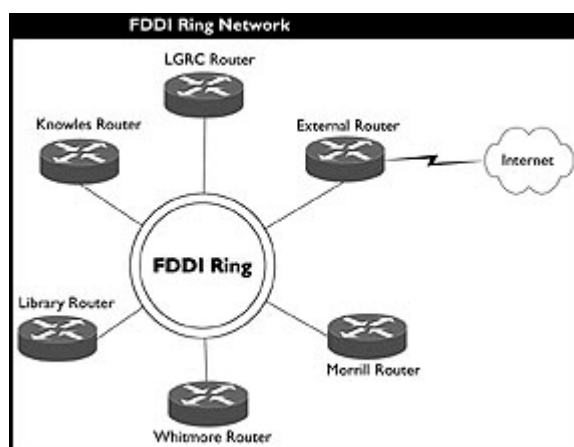
[7]

Όταν δημιουργήθηκε το πρώτο δίκτυο κορμού στο πανεπιστήμιο της Μασσαχουσέτης (1991), τα συστήματα που έπρεπε να συνδεθούν μέσω αυτού, ήταν λιγότερα από

1000. Σήμερα είναι 8000 και κάθε μήνα προστίθενται 200 επιπλέον. Στη συνέχεια θα περιγραφεί η αρχιτεκτονική του υπάρχοντος δικτύου και θα παρουσιαστεί πρόταση αναβάθμισής του προκειμένου να ικανοποιήσει ανάγκες του μέλλοντος.

Τα κτίρια της πανεπιστημιούπολης συνδέονται με καλώδια οπτικών ινών, σε ένα δίκτυο FDDI(Fiber Distributed Data Interface). Η επιλογή του τύπου δικτύου έγινε γιατί προσφέρει υψηλή αξιοπιστία και ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 100Mbps.

Οι περιοχές Lederle low-rise, Morrill, Whitmore, Du Bois Library, και Knowles Engineering επιλέχθηκαν ως κόμβοι του δικτύου κορμού. Σε κάθε κόμβο υπάρχει εγκατεστημένος ένας δρομολογητής. Σε κάθε κτίριο του πανεπιστημίου υπάρχει ένα 10Mbps Ethernet δίκτυο που συνδέεται στο δρομολογητή του πλησιέστερου κόμβου.



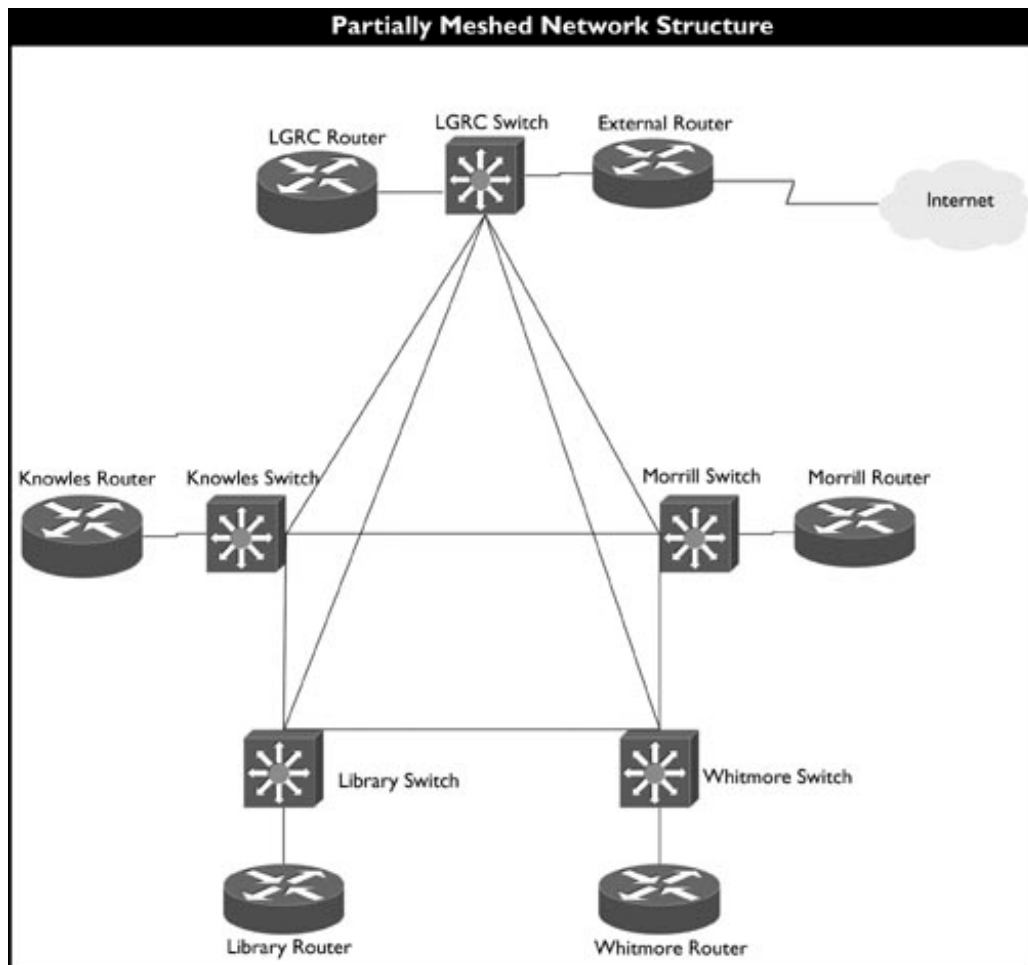
Σχήμα 2.6.1

Οι παραπάνω περιοχές επιλέχθηκαν ως κόμβοι επειδή η σύνδεσή τους δημιουργεί ένα δακτύλιο στο χώρο του πανεπιστημίου. Το γεγονός αυτό καθιστά εύκολη τη διασύνδεση των προϋπαρχόντων 10Mbps Ethernet δικτύων (σε κάθε κτίριο).

Το 1997 εγκαταστάθηκαν switches, λόγω της σύνδεσης νέων κτιρίων της Πανεπιστημιούπολης στο δίκτυο. Τα νέα αυτά κτίρια προστέθηκαν στο δίκτυο με 100Mb/s Fast-Ethernet συνδέσεις.

Πρόσφατα το πανεπιστήμιο αποφάσισε να αναβαθμίσει το δίκτυό του, με σκοπό να πετύχει υψηλότερους ρυθμούς μεταφοράς της πληροφορίας στο δίκτυο. Η πρόταση αναβάθμισης αφορά στην χρήση της τεχνολογίας Gigabit Ethernet, που πετυχαίνει ρυθμούς μετάδοσης 1000Mb/s (1 δισεκατομύριο bits το δευτερόλεπτο).

Βέβαια η υλοποίηση της πρότασης αυτής δεν είναι απλή. Οι δύο τύποι δικτύων έχουν διαφορετικές τοπολογίες (FDDI-δακτύλιος, Gigabit Ethernet-αρτηρία ή αστέρας), με αποτέλεσμα να προκύψει η παρακάτω λύση.



Σχήμα 2.6.2

2.7 Carnegie Mellon University (CMU)

[16]

Ένα από τα πιο σημαντικά πανεπιστήμια των Ηνωμένων Πολιτειών, το Carnegie Mellon, προσπάθησε να προετοιμάσει το δίκτυό του με τέτοιο τρόπο ώστε να εξυπηρετεί αυξημένες ανάγκες σε εύρος ζώνης, λόγω πολυμεσικών εφαρμογών και Internet ή intranet εφαρμογών. Καταφέρνει τους στόχους του χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο switched 10BaseT και shared 100BaseT Ethernet.



Αρχικά το πανεπιστήμιο υποστήριζε 500 χρήστες με τη βοήθεια ενός δικτύου 10 Mbps Ethernet. Κάθε κτίριο ήταν συνδεδεμένο μέσω καλωδίου οπτικής ίνας με ένα δρομολογητή που βρισκόταν στο Κέντρο Υπολογιστών. Η απόδοση του δικτύου ήταν ικανοποιητική. Από τη στιγμή όμως που υπηρεσίες, όπως πολυμέσα, βίντεο, τηλεδιάσκεψη, παρουσιάστηκαν οι ανάγκες για μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης αυξήθηκαν.

Δύο ήταν οι επιμέρους στόχοι:

- δημιουργία ενός δικτύου κορμού με πολύ υψηλές ταχύτητες,
- μείωση του αριθμού των χρηστών σε κάθε LAN.

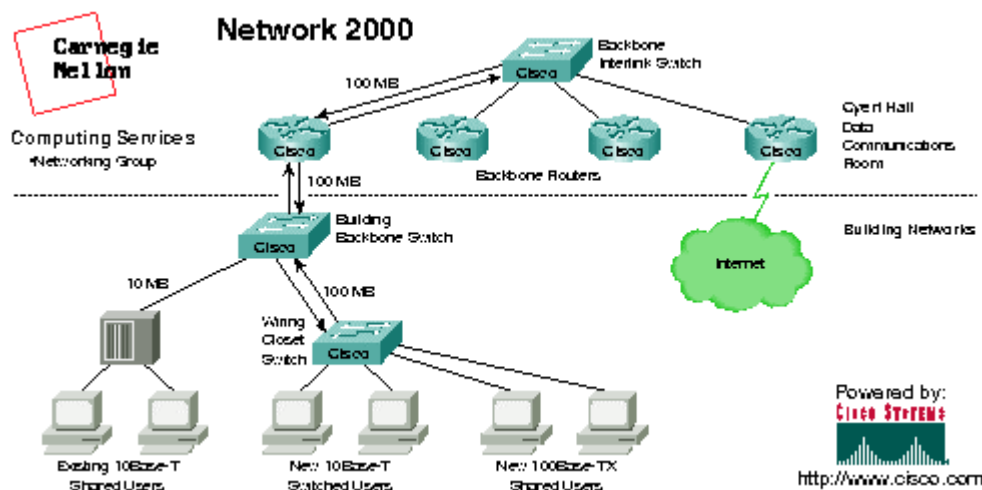
Το πανεπιστήμιο Carnegie Mellon τελικά υλοποίησε ένα δίκτυο κορμού με τεχνολογία Fast Ethernet, απορρίπτοντας τη λύση ενός ATM δικτύου για λόγους όπως υψηλό κόστος, δυσκολία υλοποίησης, αδυναμία διαλειτουργικότητας με την υπάρχουσα τεχνολογία του δικτύου. Αξίζει να σημειωθεί ότι σημαντικός λόγος για την επιλογή ήταν και η εξοικείωση που είχε το προσωπικό του πανεπιστημίου με Ethernet τεχνολογίες.

Για την υλοποίηση του δικτύου κορμού χρησιμοποιήθηκαν ένα switch και τρεις δρομολογητές (routers). Κάθε κτίριο συνδέεται με κάποιον από τους τρεις δρομολογητές με καλώδιο οπτικής ίνας 100 Mbps.

Στο εσωτερικό κάθε κτιρίου έχουν εγκατασταθεί switches, που υποστηρίζουν μετάδοση με ταχύτητα 10 Mbps ή 100 Mbps. Κάποιες θύρες συνδέονται με 10BaseT hubs που προσφέρουν μετάδοση 10 Mbps για φοιτητές και προσωπικό με χαμηλές απαιτήσεις σε bandwidth. Με τον τρόπο αυτό μειώθηκαν οι χρήστες κάθε LAN από 500 σε 20.

Κάποιες άλλες θύρες των switches προσφέρουν σύνδεση στα 100 Mbps. Με τον τρόπο αυτό εξυπηρετούνται και οι χρήστες που σχετίζονται με απαιτητικές εφαρμογές.

Στα 11 από τα 25 κτίρια του πανεπιστημίου υποστηρίζονται switched 10BaseT και shared 100BaseT Ethernet.



Σχήμα 2.7

Internetwork Topology	Protocols	Network Interfaces
Workstations PCs Macintoshes	TCP/IP AppleTalk IPX	Ethernet Fast Ethernet FDDI

2.8 University of Columbia

[15]

Υπάρχουν 65 κτίρια στο χώρο του πανεπιστημίου. Σε αυτά έχουν δημιουργηθεί 19 αίθουσες πολυμέσων που χρησιμοποιούνται από 28 τμήματα σε 92 μαθήματα. Σύμφωνα με στοιχεία του 1996, στο Columbia University υπάρχουν εγκατεστημένες 9000 πρίζες δικτύου, στις οποίες συνδέονται περισσότεροι από 20.000 καταχωρημένοι υπολογιστές. Επίσης διακινούνται εβδομαδιαίως πάνω από 442000 μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Το δίκτυο κορμού του πανεπιστημίου αποτελείται από δύο καλώδια οπτικών ινών. Χρησιμοποιεί πρωτόκολλο FDDI με ταχύτητα 100 Mbps και διαθέτει 6 κόμβους σε τοπολογία δακτυλίου (Σχήμα 1).

Το LAN σε κάθε κτίριο είναι τύπου Ethernet (FOIRL και 10BaseT).

Πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής: TCP/IP, Novell IPX, Appletalk, DECnet κ.α.

Τέσσερις από τους δρομολογητές που είναι συνδεδεμένοι στον FDDI δακτύλιο συνδέονται μεταξύ τους και μέσω του δικτύου κορμού τεχνολογίας ATM. Το δεύτερο αυτό μεταγενέστερο δίκτυο λειτουργεί σε ταχύτητα σε ταχύτητα 45 Mbps, όσον αφορά στη σύνδεση με τα τμήματα Lamont και Health Sciences, και 155 Mbps, όσον αφορά στις συνδέσεις με τα υπόλοιπα τμήματα του πανεπιστημίου.

Όπως φαίνεται στο ίδιο σχήμα, το ATM δίκτυο υλοποιείται με τέσσερις κόμβους (ATM switches).

Το ATM δίκτυο υποστηρίζει ένα project Εκπαίδευσης από απόσταση που εκπονείται από το τμήμα Biomedical Engineering.

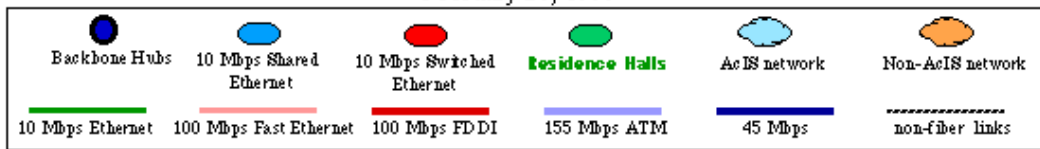
Η σύνδεση της πανεπιστημιούπολης στο Internet γίνεται με T3.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι το Columbia University διαθέτει και ασύρματο δίκτυο, στο οποίο μπορούν να συνδεθούν φοιτητές, ακαδημαϊκό και διοικητικό προσωπικό του πανεπιστημίου και να απολαμβάνουν σχεδόν όλες τις υπηρεσίες του ενσύρματου δικτύου.

Columbia University Network

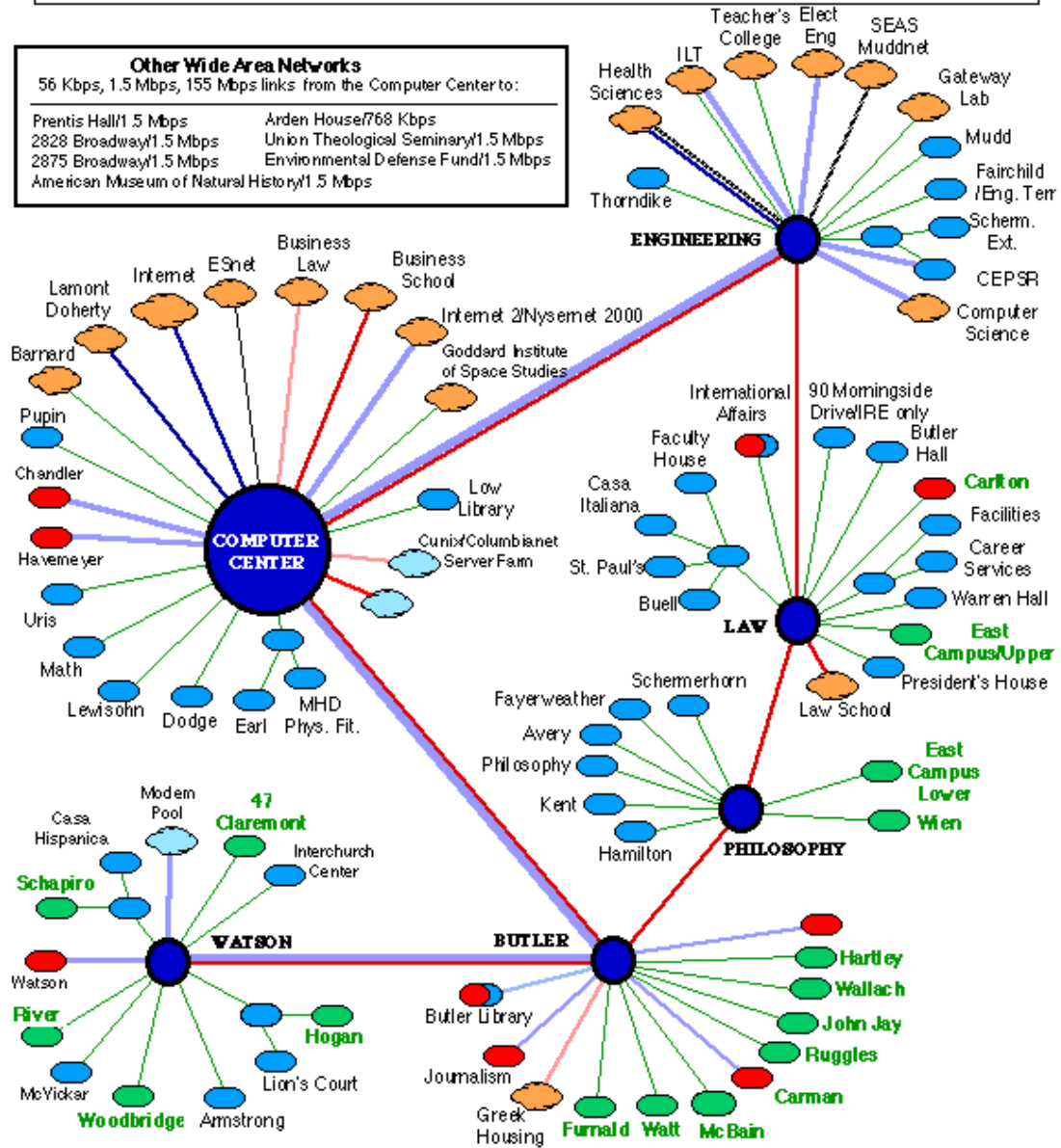
February 23, 1999

Academic Information Systems
Network Systems



Other Wide Area Networks
56 Kbps, 1.5 Mbps, 155 Mbps links from the Computer Center to:

Prentis Hall/1.5 Mbps	Arden House/768 Kbps
2828 Broadway/1.5 Mbps	Union Theological Seminary/1.5 Mbps
2875 Broadway/1.5 Mbps	Environmental Defense Fund/1.5 Mbps
American Museum of Natural History/1.5 Mbps	

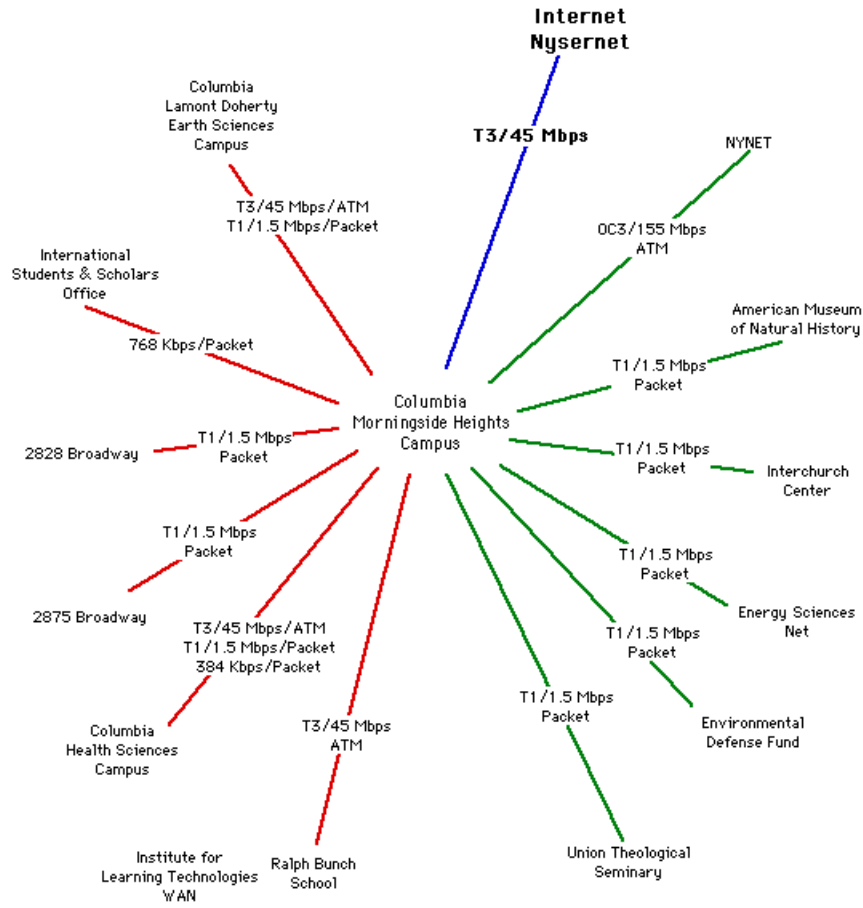


Σχήμα 2.8

2.8.1 CU Wide Area Network

Columbia University Wide Area Data Network

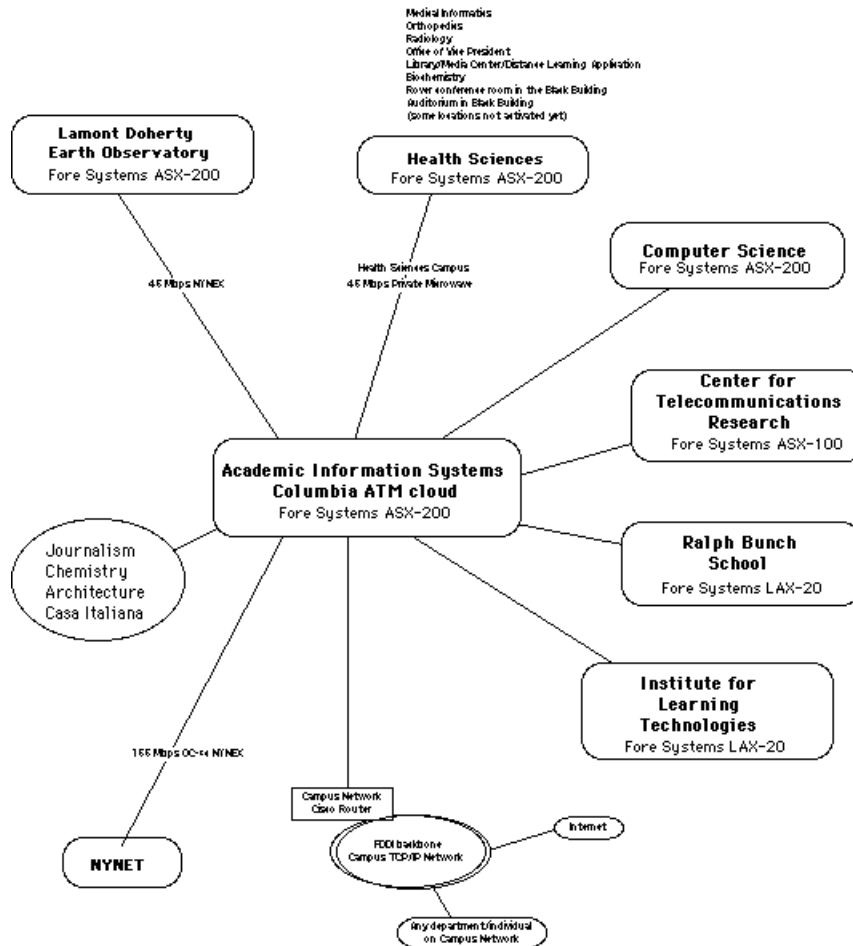
January 1997



2.8.2 CU ATM Research Network

AcIS Network Systems
2/97

Columbia University Campus Asynchronous Transfer Mode Network Phase II

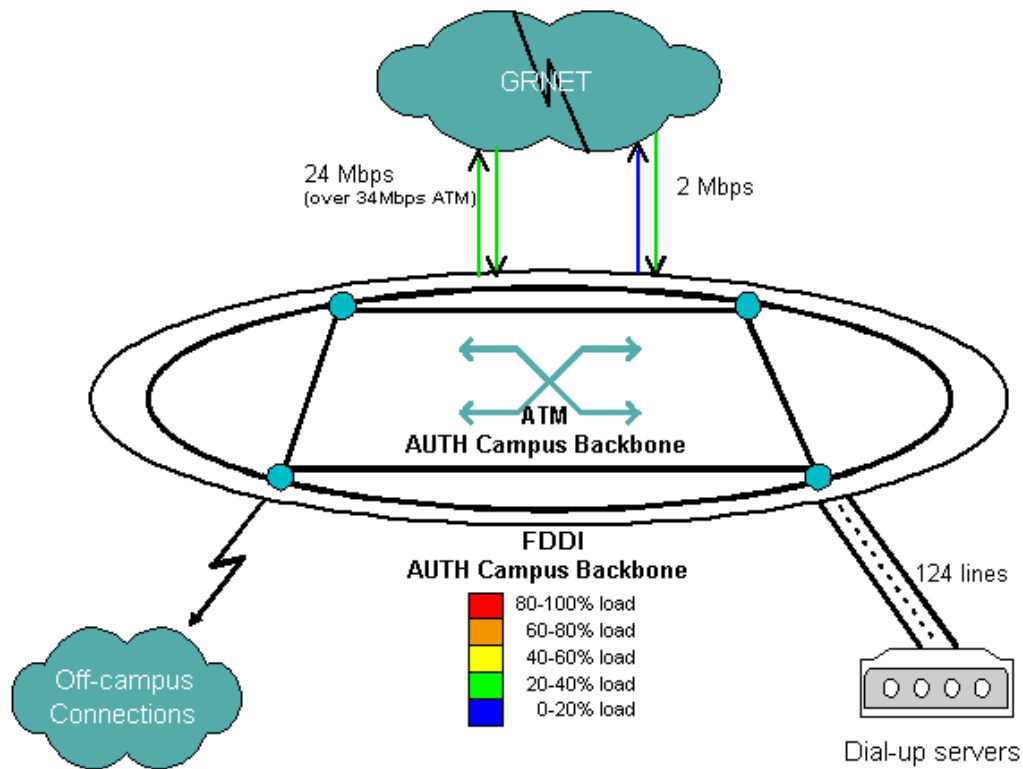


2.9 Aristotle University of Thessaloniki – AUTH – AUTHnet [17]

2.9.1 Εισαγωγή - Περιγραφή Introduction - Description

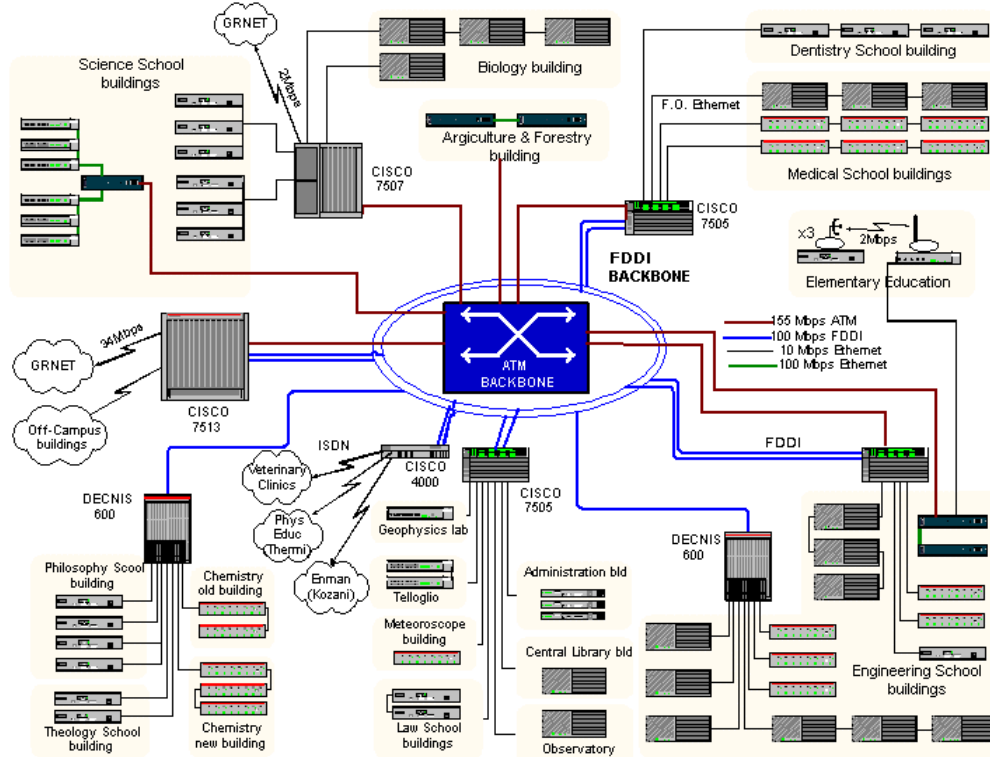
Στο Α.Π.Θ. έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί εδώ και αρκετά χρόνια ένα από τα μεγαλύτερα Δίκτυα Δεδομένων της κλάσης του στην Ευρώπη. Ως αποτέλεσμα το Α.Π.Θ. διαθέτει μια εκτεταμένη και προηγμένη δικτυακή υποδομή, η οποία καλύπτει την καλωδίωση σε επίπεδο Πανεπιστημιούπολης - κτιρίων - ορόφων (ενεργά στοιχεία - συγκεντρωτές, δρομολογητές, hubs, ATM switches, ISDN PBXs). Το Δίκτυο του Α.Π.Θ. άρχισε να κατασκευάζεται με τη σημερινή του μορφή το 1993. Σήμερα καλύπτει εσωτερικά τα 23 από τα 26 κτιριακά συγκροτήματα της Πανεπιστημιούπολης.

Ξεχωρίζουμε τα δίκτυα κορμού, τα οποία αποτελούνται από δύο καλώδια τεσσάρων οπτικών ινών το καθένα, που διατρέχουν κυκλικά την Πανεπιστημιούπολη και άλλα δύο καλώδια δώδεκα οπτικών ινών το καθένα, που διασυνδέουν τους κόμβους των Σχολών Θετικών Επιστημών, Επιστημών Υγείας και Πολυτεχνικής. Πάνω από αυτή την καλωδιακή υποδομή κορμού έχουν υλοποιηθεί δύο επάλληλοι δικτυακοί κορμοί. (Σχήμα 1).



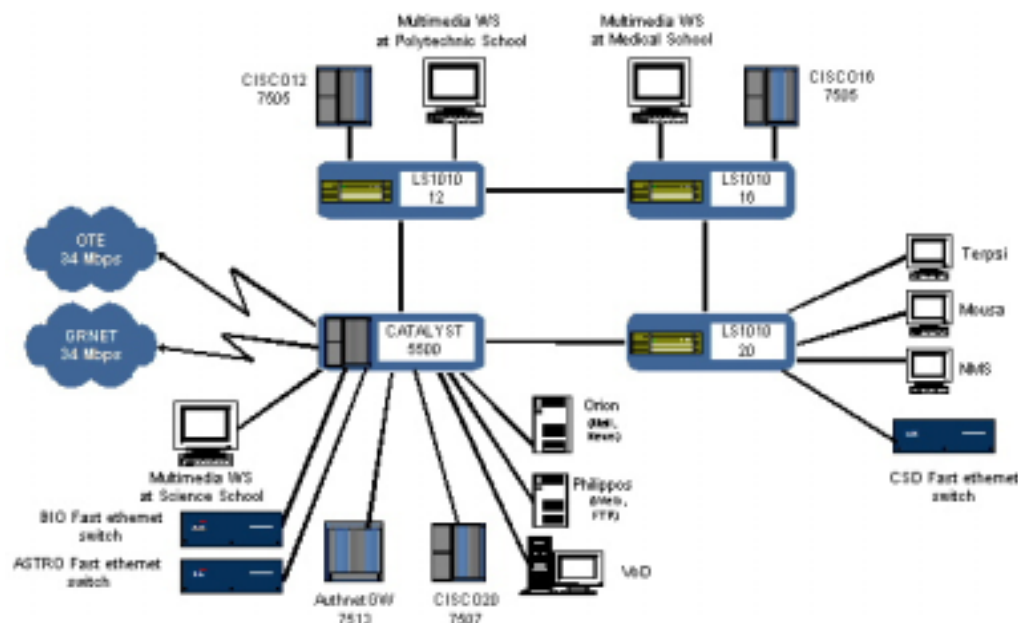
Σχήμα 2.9.1: Δίκτυο Α.Π.Θ.

Ο πρώτος κορμός δικτύου παραγωγής χρησιμοποιεί πρωτόκολλο FDDI με ταχύτητα 100 Mbps και διαθέτει επτά κόμβους σε τοπολογία δακτυλίου (Σχήμα 2).



Σχήμα 2.9.2: Κορμός FDDI Δικτύου Α.Π.Θ.

Τρεις από τους δρομολογητές που είναι συνδεδεμένοι στον FDDI δακτύλιο συνδέονται μεταξύ τους και μέσω του δικτύου κορμού τεχνολογίας ATM. Το δεύτερο αυτό μεταγενέστερο δίκτυο παραγωγής λειτουργεί σε ταχύτητα 155 Mbps και υλοποιείται με τέσσερις κόμβους (ATM switches) σε τοπολογία τετραγώνου (Σχήμα 3). Τόσο η τοπολογία τετραγώνου που φαίνεται στο σχήμα, όσο και η ύπαρξη τριών κόμβων που συνδέονται και στα δύο δίκτυα κορμού, παρέχουν υψηλή αξιοπιστία και ανοχή σε βλάβες είτε στην καλωδιακή υποδομή είτε στο υλικό των κόμβων.



Σχήμα 2.9.3: Δίκτυο κορμού ATM

Σε κάθε κόμβο των δικτύων κορμού συνδέονται ένα ή περισσότερα κτίρια. Κάθε ένα από τα παραπάνω 26 κτίρια ανήκει σε ένα συσσωμάτωμα ενός ή παραπάνω κτιρίων. Ο κόμβος συνδέεται με κάθε ένα από τα υπόλοιπα κτίρια του συσσωματώματος με καλώδιο οκτώ οπτικών ινών. Κάθε κόμβος αποτελείται είτε από ένα συγκεντρωτή FDDI και ένα δρομολογητή συνδεδεμένο με το συγκεντρωτή, είτε από ένα δρομολογητή και ένα ATM μεταγωγέα (switch). Ο δρομολογητής εκτός από την ATM ή/και την FDDI θύρα του, διαθέτει και θύρες ethernet μέσω των οποίων συνδέονται όλα τα κτίρια του συσσωματώματος. Από το δρομολογητή προς κάθε κτίριο ξεκινούν ένα ή δύο δίκτυα ethernet μέσω οπτικών ινών, τα οποία συνδέουν ένα έως τρία hubs και αποτελούν την κάθετη καλωδίωση του κτιρίου.

Η οριζόντια καλωδίωση είναι Unshielded Twisted Pair (UTP) κατηγορίας 5, σύμφωνα με το πρότυπο EIA/TIA 568-A και απολήγει σε επίτοιχες πρίζες.

2.9.2 Στατιστικά στοιχεία - Statistical Data

Σύμφωνα με στοιχεία του Ιουνίου 2001, στο Α.Π.Θ.

- υπάρχουν εγκατεστημένες 6200 πρίζες δικτύου,
- στις οποίες συνδέονται 5530 καταχωρημένοι υπολογιστές
- καταμεμημένοι σε 55 ζώνες (domains) και
- 106 λογικά υποδίκτυα (subnets).
- Οι υπολογιστές είναι συνδεδεμένοι σε 74 τοπικά δίκτυα ethernet.

2.9.3 Υποστηριζόμενα πρωτόκολλα δικτύου - Protocols Supported

Το Δίκτυο του Α.Π.Θ. διαθέτει κορμό με δρομολογητές πολλαπλών πρωτοκόλλων δικτύου, οι οποίοι λειτουργούν και ως γέφυρες. Ευρύτερα χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα είναι το IP, το NetBEUI και το Appletalk. Μέσα στην Πανεπιστημιούπολη ως πρωτόκολλο δρομολόγησης χρησιμοποιείται το RIP, ενώ για τη σύνδεση του Α.Π.Θ. με το υπόλοιπο Internet χρησιμοποιείται BGP καθώς το Α.Π.Θ. διαθέτει δικό του Autonomous System (AS 5470).

2.9.4 Σύνδεση με το Internet - Connection to Internet

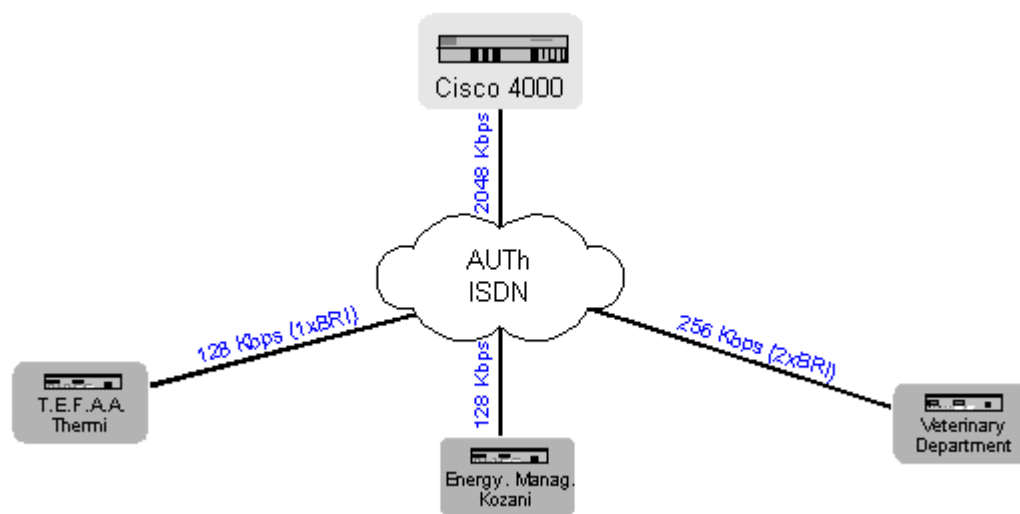
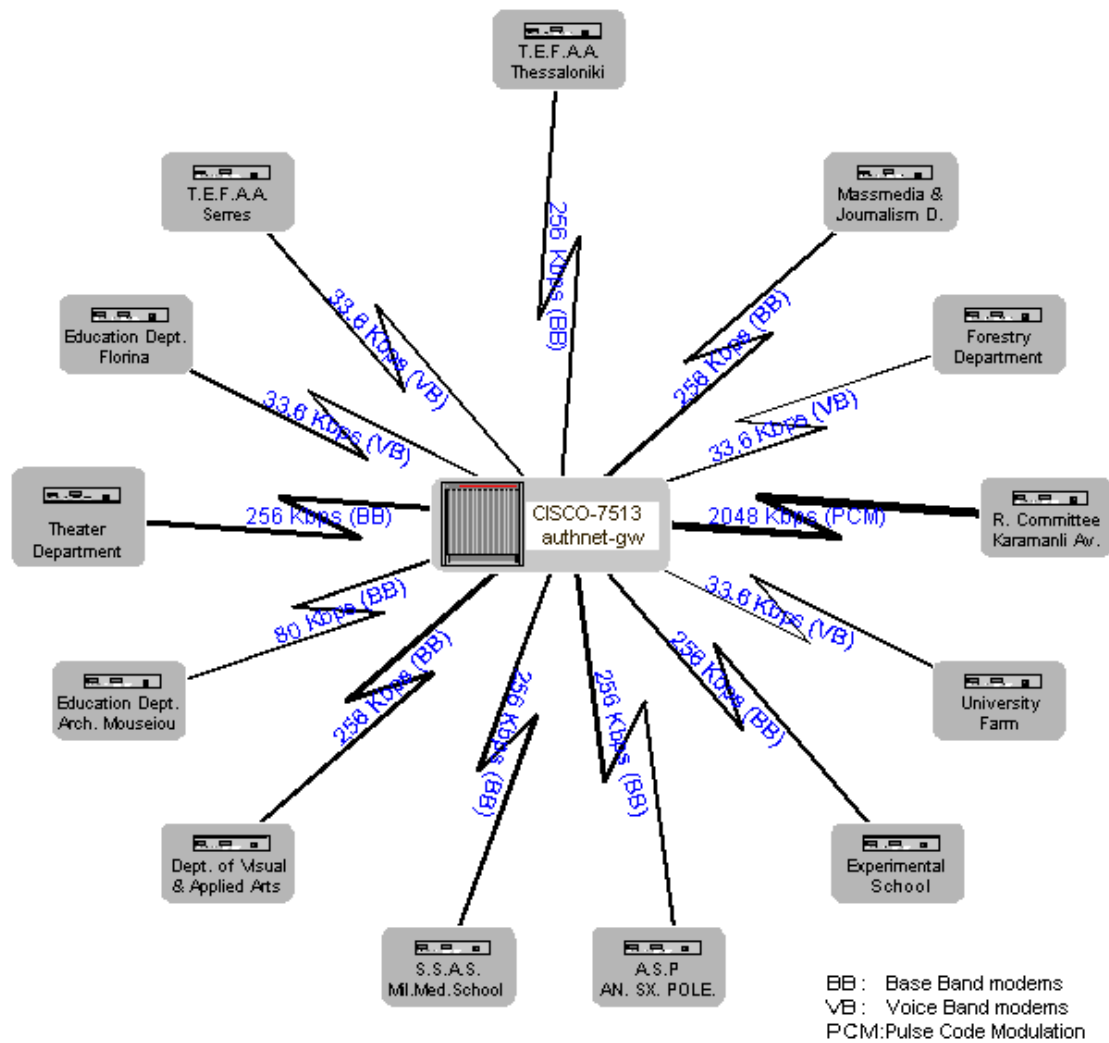
Το Α.Π.Θ. αυτή τη στιγμή συνδέεται με το υπόλοιπο INTERNET μέσω του Εθνικού Δικτύου Έρευνας και Τεχνολογίας (Ε.Δ.Ε.Τ. ή GRnet), το οποίο είναι το δίκτυο της Γεν. Γραμ. Έρευνας & Τεχνολογίας, με 2 γραμμές:

- κύρια ATM σύνδεση εύρους ζώνης 29,6 Mbps και
- εφεδρική (backup) εύρους ζώνης 2 Mbps, η οποία λειτουργεί μόνο σε περίπτωση βλάβης της ATM σύνδεσης.

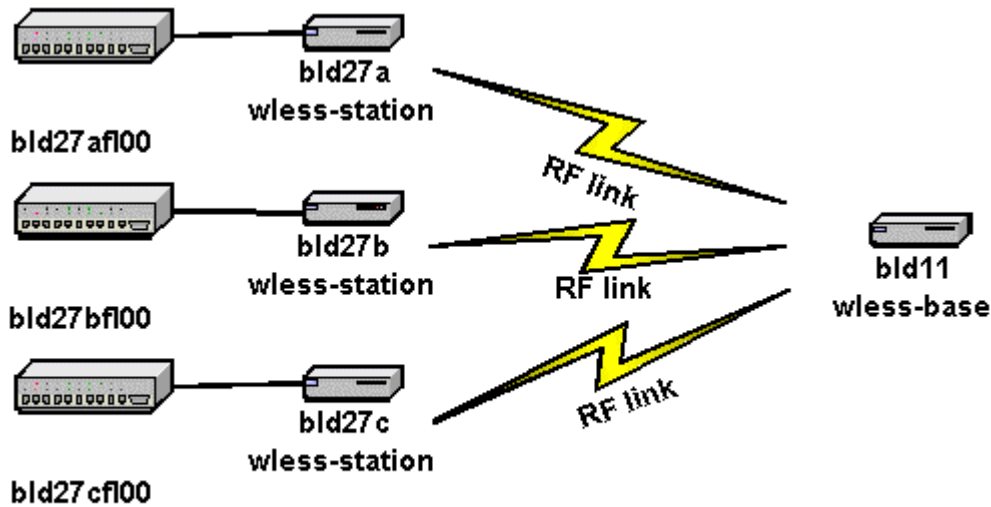
2.9.5 Πρόσβαση μέσω τηλεφωνικού δικτύου - Dial up connections

Εκτός από τις πρίζες δικτύου και το υπόλοιπο Internet, πρόσβαση στο Δίκτυο Δεδομένων του Α.Π.Θ. παρέχεται και μέσω του τηλεφωνικού δικτύου. Στο ΚΛΔΔ λειτουργούν 5 dial up servers με 124 modems συνολικά, με τα οποία επιτυγχάνονται συνδέσεις ταχύτητας ως και 64 kbps. 60 από τις 124 γραμμές εξυπηρετούν τον Περιοχικό Αριθμό Κλήσης του Α.Π.Θ. που προσφέρει σύνδεση στο Internet με χρέωση μικρότερη από την αστική.

2.9.6 Εξωκείμενες Συνδέσεις του ΑΠΘ - External Connections



2.9.7 Ασύρματη σύνδεση Παιδαγωγικού τμήματος Elementary Education Buildings Wireless Links



2.9.8 Σύνδεση του Α.Π.Θ. με το Internet - Connection to GRnet

Το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης είναι το πρώτο Πανεπιστημιακό Ίδρυμα που συνδέθηκε με το Εθνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας (ΕΔΕΤ, GRnet) με τεχνολογία Ασύγχρονου Τρόπου Μεταφοράς (Asynchronous Transfer Mode, ATM). Μετά από μια περίοδο πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν από το Κέντρο Διαχείρισης Δικτύων του ΕΔΕΤ και το Κέντρο Λειτουργίας και Διαχείρισης Δικτύου του ΑΠΘ, στις 22 Δεκεμβρίου 1998 η κύρια σύνδεση του Α.Π.Θ. με το Internet μετατράπηκε σε ATM με εύρος ζώνης (bandwidth) 6 Mbps (Megabits per second).

Με τον τρόπο αυτό αποσυμφορήθηκε η φανερά συμφορημένη γραμμή των 2 Mbps που λειτουργούσε ως εκείνη τη στιγμή ως κύρια σύνδεση του ΑΠΘ, και οι χρήστες του δικτύου του ΑΠΘ έχουν την ευκαιρία να απολαύσουν αισθητά ταχύτερη πρόσβαση στο Internet.

Μετά από μια σειρά διαδοχικών αναβαθμίσεων (12 Mbps στις 6/3/2000, 16 Mbps στις 27/12/2000) από τις 21/6/2001 η σύνδεση του ΑΠΘ με το ΕΔΕΤ είναι καθαρής IP χωρητικότητας 24 Mbps, ενώ η χωρητικότητα του κυκλώματος σε ATM επίπεδο είναι 29,6 Mbps.

Εφεδρική σύνδεση με το Internet

Εκτός από την κύρια ATM σύνδεση, το Α.Π.Θ. έχει μια εφεδρική (backup) σύνδεση με το ΕΔΕΤ, εύρους ζώνης 2 Mbps, η οποία λειτουργεί μόνο σε περίπτωση βλάβης της ATM σύνδεσης. Η σύνδεση αυτή που βρίσκεται σε άλλο δρομολογητή του Α.Π.Θ. προσφέρει σύνδεση με το δίκτυο (μικρότερης ταχύτητας βέβαια) σε περίπτωση προβλήματος στο "συνοριακό" εξοπλισμό του Α.Π.Θ. (δρομολογητή ή ATM μεταγωγέα) ή στον τερματικό εξοπλισμό του ΟΤΕ ή στο καλωδιακό σύστημα οπτικών ινών.

3 Συμπεράσματα - Conclusions

Σύμφωνα με τη προηγούμενη έρευνα, τα δίκτυα των πανεπιστημίων αποτελούνται συνήθως από δυο δίκτυα κορμού (backbone).

Στις περισσότερες περιπτώσεις το πρώτο δίκτυο κορμού είναι δίκτυο οπτικών ινών ή Fast Ethernet. Οι λόγοι για τους οποίους προτιμάται παρουσιάζονται στη συνέχεια.

3.1 Δίκτυο οπτικών ινών FDDI - Fiber Optic Network (FDDI)

Το δίκτυο οπτικών ινών FDDI (Fiber Distributed Data Interface) βασίζεται σε τεχνολογία διπλού δακτυλίου με ταχύτητες μετάδοσης 100Mbps. Η πολύτροπη οπτική ίνα που συνδέει τον ένα σταθμό με τον άλλο, μπορεί να εκτείνεται μέχρι και 100χλμ. Έως και 500 σταθμοί εργασίας λοιπόν μπορούν να φιλοξενηθούν από το δίκτυο. Η δυνατότητα αυτή σε συνδυασμό με το υψηλό ρυθμό μεταφοράς των δεδομένων ενισχύουν το γεγονός ότι μπορεί να αποτελέσει το δίκτυο κορμού των τοπικών δικτύων πολλών πανεπιστημίων. [4]

Επίσης σημαντικό πλεονέκτημα του FDDI, που έχει ιδιαίτερη σημασία για ένα πανεπιστήμιο είναι η δυνατότητα υποστήριξης ευρυζωνικών εφαρμογών. [2]

Αξίζει ακόμη να σημειωθεί ότι το δίκτυο FDDI διαθέτει μηχανισμό για την εξυπηρέτηση επικοινωνιακών αναγκών που απαιτούν τη μεταφορά ευαίσθητων δεδομένων, παρέχοντας εγγύηση σταθερού ρυθμού μεταφοράς. Κρίνεται λοιπόν κατάλληλο να καλύψει τις επικοινωνιακές ανάγκες μιας πανεπιστημιούπολης, όπως μεταφορά δεδομένων ήχου, εικόνας, βίντεο, real-time εφαρμογές κ.α. [4]

Τέλος, το δίκτυο αυτό αποτελεί μια φτηνή και αποτελεσματική λύση για ένα πανεπιστήμιο.

3.2 Δίκτυο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης - Asynchronous Transfer Mode Network

Στο πλαίσιο της συνεχούς αναβάθμισης και εξέλιξης του Δικτύου Δεδομένων των πανεπιστημίων παρατηρήθηκε η εισαγωγή του Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης (Asynchronous Transfer Mode - ATM). Στα περισσότερα ακαδημαϊκά δίκτυα λειτουργεί ένα δίκτυο κορμού ATM παράλληλα με τον υπάρχοντα κορμό FDDI (ή άλλη τεχνολογία).

Η ολοένα και πιο πιεστική απαίτηση για επικοινωνία (μεταφορά όχι μόνο φωνής αλλά και εικόνας, κινούμενης εικόνας) καλύπτεται από την εισαγωγή των ATM που λειτουργούν σε υψηλές ταχύτητες με στόχο την αποτελεσματικότερη προσφορά ολοκληρωμένων υπηρεσιών.

Πρόκειται για ένα δίκτυο, που χρησιμοποιεί τις αρχές της μεταγωγής και πολυπλεξίας. Υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών που είναι ιδιαίτερα σημαντικές για ένα πανεπιστήμιο, όπως: [2]

- Φωνή
- Πακέτα δεδομένων (SMDS, IP, FR)
- Βίντεο
- Εφαρμογές εικόνας
- Εξομίωση κυκλωμάτων

Συνοπτικά μπορούμε να πούμε ότι η ATM μετάδοση είναι η πλέον σύγχρονη λύση δικτύωσης σήμερα, αφού συνδυάζει ένα μεγάλο αριθμό από πλεονεκτήματα. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι: [4]

- Η απλότητα,
- Η ταχύτητα,
- Η δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων – φωνής – κινούμενης εικόνας,
- Η δυνατότητα μεταφοράς όλων των πρωτοκόλλων (TCP/IP, IPX, SNA, X.25, Frame Relay κ.λ.π),
- Η υποστήριξη εφαρμογών πολυμέσων,

- Η αποδοχή τους από τους μεγάλους τηλεπικοινωνιακούς φορείς σε ολόκληρο τον κόσμο.

Πολλές είναι οι εφαρμογές στις οποίες η τεχνολογία ATM μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Οι κυριότερες από αυτές είναι:

- Τηλεσυνδιάσκεψη (Video Conferencing)
- Συνδιάσκεψη από γραφείο σε γραφείο (Desktop Conferencing)
- Εικονοτηλέφωνο (Videophone)
- Εικόνα / Ηχος κατά παραγγελία (Audio/Video On Demand)
- Εικονικά τοπικά δίκτυα (VLAN: Virtual LANs)
- Επικοινωνίες ATM μεγάλης χωρητικότητας με κινητούς κόμβους (συνήθως με δορυφορικές ζεύξεις)

3.3 Gigabit Ethernet

Αρκετά πανεπιστήμια έδειξαν ενδιαφέρον για την αναβάθμιση των δικτύων του και χρήση της τεχνολογίας Gigabit Ethernet, λόγω της αυξημένης ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων που προσφέρει.

4 Μελλοντική έρευνα - Research

4.1 10 Gigabit Ethernet

[6]

Από τη στιγμή που εμφανίστηκε, το Ethernet εξελίσσεται συνεχώς για να μπορέσει να ικανοποιήσει τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες των δικτύων μεταγωγής πακέτων. Το χαμηλό κόστος, η αξιοπιστία, η ευκολία εγκατάστασης και συντήρησής του είναι μερικά από τα χαρακτηριστικά που το έκαναν ιδιαίτερα δημοφιλές.

Η ζήτηση όμως ολοένα και γρηγορότερων δικτύων οδήγησε στον καθορισμό ενός νέου προτύπου που ονομάστηκε One Gigabit Ethernet. Το πρότυπο αυτό ήδη έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετά δημόσια δίκτυα δεδομένων και κατάφερε να επεκτείνει τη χρήση του Ethernet από τα τοπικά δίκτυα σε μητροπολιτικά.

Στο μεταξύ, ένα νέο πρότυπο ολοκληρώνεται, το 10 Gigabit Ethernet. Στο πρότυπο αυτό οδηγηθήκαμε και πάλι λόγω της ολοένα αυξανόμενης χρήσης εφαρμογών που απαιτούν μεγάλο εύρος ζώνης (bandwidth), όπως το βίντεο. Η διαδικασία τυποποίησης του προτύπου αναμένεται να ολοκληρωθεί στα μέσα του 2002 και υπεύθυνη για αυτήν είναι μια ομάδα εταιρειών με το όνομα 10 Gigabit Ethernet Alliance.

Η χρήση του 10 Gigabit Ethernet δε συνεπάγεται την κατάργηση των προϋπάρχοντων δικτύων. Σημαντικές προσπάθειες γίνονται από την ομάδα τυποποίησης, ώστε το πρότυπο αυτό να είναι διαλειτουργικό με άλλες τεχνολογίες δικτύου, όπως η SONET.

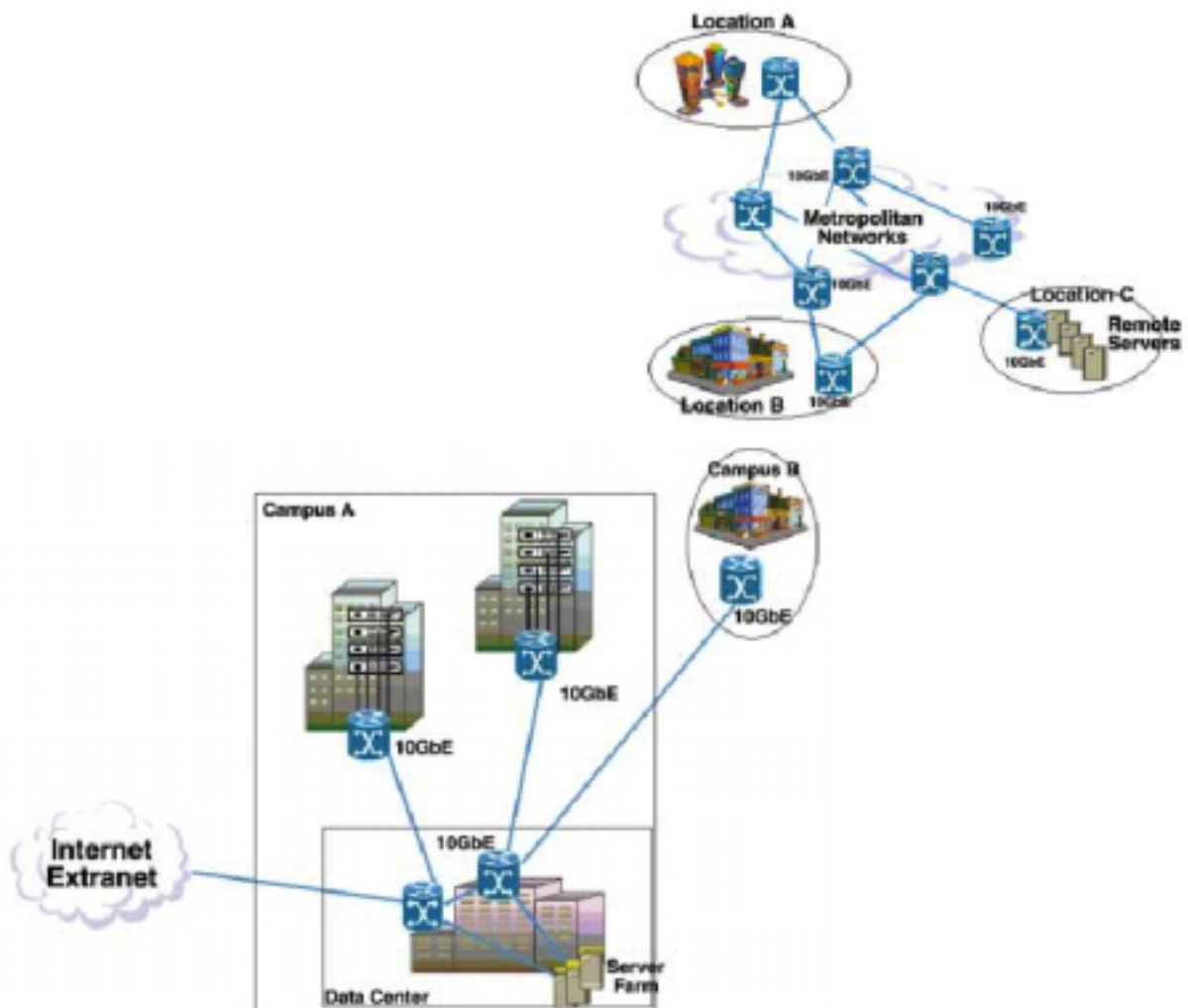
Το πρότυπο 10 Gigabit Ethernet διαφέρει σε κάποια σημεία από το απλό Ethernet. Βασική διαφορά είναι το γεγονός ότι θα λειτουργεί μόνο με οπτική ίνα και δε θα προϋποθέτει τη χρήση πρωτοκόλλων ανίχνευσης συγκρούσεων, Πρωτόκολλο Πολλαπλής Προσπέλασης με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων (Carrier-Sensing Multiple-Access with Collision Detection - CSMA/CD). Λόγω των χαρακτηριστικών αυτών, το νέο πρωτόκολλο μπορεί να φτάσει μέχρι και 10 gigabits per second. Βέβαια διατηρεί τα βασικά χαρακτηριστικά του Ethernet. Επίσης το 10 Gigabit Ethernet χρησιμοποιεί το IEEE 802.3 Πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης (Ethernet Media Access Control - MAC) και ακολουθεί την IEEE 802.3 Ethernet μορφή πλαισίου, καθώς και το μέγιστο και ελάχιστο μέγεθος IEEE 802.3 πλαισίου.

4.2 10 Gigabit Ethernet Project

[6]

Ο σκοπός του προγράμματος αυτού είναι να επεκτείνει τις δυνατότητες του πρωτοκόλλου 802.3, ώστε να φτάνει την ταχύτητα των 10 Gbps και να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί και στην περίπτωση δικτύων ευρείας περιοχής. Κατά συνέπεια, θα εξασφαλιστεί η αύξηση του εύρους ζώνης και η συμβατότητα με τα ήδη εγκατεστημένα 802.3 interfaces, τις προηγούμενες δηλαδή επενδύσεις που έχουν γίνει στην έρευνα και ανάπτυξη και τις αρχές λειτουργίας των υπάρχοντων δικτύων. Για να πραγματοποιηθεί η τυποποίηση η ομάδα 10 Gigabit Ethernet Alliance έχει ορίσει 5 κριτήρια τα οποία πρέπει να πληροί το νέο 10 Gigabit Ethernet:

1. Πρέπει να έχει ευρύτατη απήχηση στην αγορά, να υποστηρίζει σημαντικό πλήθος εφαρμογών και να ικανοποιεί τις απαιτήσεις πολλών κατηγοριών πελατών.
2. Πρέπει να είναι συμβατό με το πρότυπο 802.3, καθώς και με τις προδιαγραφές των OSI (Open Systems Interconnection) και SNMP (Simple Network Management Protocol).
3. Πρέπει να είναι διαφορετικό από το 802.3, ώστε να αποτελεί μια μοναδική νέα λύση και όχι μια εναλλακτική λύση.
4. Πρέπει να αποδειχθεί ότι είναι τεχνικά υλοποιήσιμο, πριν από την οριστική αποδοχή του.
5. Πρέπει η σχέση κόστους (εγκατάστασης, διαχείρισης, συντήρησης)-απόδοσης να είναι ευνοϊκή για τους πιθανούς μελλοντικούς πελάτες.



4.3 Δικτυακές Τεχνολογίες Νοητών Ιδιωτικών Επιλεγόμενων Συνδέσεων - Virtual Private Dialup Network Technologies

Τα δίκτυα VPDNs (Virtual Private Dialup Networks) δίνουν τη δυνατότητα σε επιχειρήσεις ή οργανισμούς να επεκτείνουν τα ιδιωτικά τους δίκτυα χρησιμοποιώντας επιλεγόμενες (dial-up) γραμμές. Προκειμένου λοιπόν οι αρμόδιοι φορείς να υποβάλλονται σε τεράστια έξοδα προκειμένου να επιτύχουν μεγαλύτερη ασφάλεια σε επιλεγόμενες συνδέσεις από οπουδήποτε στον κόσμο προς το δικτυακό τόπο μιας πανεπιστημιούπολης (campus) ή αντί να μειώνουν τον κίνδυνο χρησιμοποιώντας τοπικές συνδέσεις και παράλληλα το Internet ως μέσο για πρόσβαση στον κυρίως χώρο του Πανεπιστημίου, οι νέες τεχνολογίες δίνουν τη δυνατότητα σε απόμακρους δικτυακούς τόπους (sites) και χρήστες να συνδεθούν με ασφάλεια με την υποδομή του οργανισμού ή της επιχείρησης μέσω τοπικής επιλεγόμενης σύνδεσης στο Internet. Προς το παρόν τρία παρόμοια πρωτόκολλα υπάρχουν για να επιτύχουν τα παραπάνω: το πρωτόκολλο L2F (Layer 2 Forwarding), το πρωτόκολλο PPTP (Point-to-Point Tunneling Protocol) και το πρωτόκολλο L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol).

4.4 Πρωτόκολλο L2F - Layer 2 Forwarding

Το πρωτόκολλο αυτό δημιουργήθηκε από την Cisco Systems. Επιτρέπει την δίοδο από το επίπεδο σύνδεσης (δηλαδή πλαισίων HDLC – High Level Data Link Control, async HDLC, ή SLIP – Serial Line Internet Protocol) πρωτοκόλλων υψηλότερου επιπέδου. Με τη χρήση τέτοιων διόδων, είναι δυνατό να διαχωριστεί η τοποθεσία του αρχικού διακομιστή επιλεγόμενης σύνδεσης (initial dialup server), από την τοποθεσία στην οποία η σύνδεση επιλεγόμενου πρωτοκόλλου τερματίζεται και παρέχεται πρόσβαση στο δίκτυο.

Αυτές οι δίοδοι μπορούν εξάλλου να δώσουν τη δυνατότητα σε εφαρμογές που απαιτούν υποστήριξη, για ιδιωτικής διευθυνσιοδότησης IP, IPX και Apple Talk Dial-up μέσω SLIP/PPP με χρησιμοποίηση της υπάρχουσας υποδομής του Internet. Η υποστήριξη αυτών των εφαρμογών πολλαπλών πρωτοκόλλων νοητής επιλεγόμενης σύνδεσης, είναι πολύ μεγάλης σημασίας τόσο για τους τελικούς χρήστες όσο και για τους παροχείς Internet (ISPs) γιατί ευνοεί τον διαμοιρασμό πολύ μεγάλων επενδύσεων για πρόσβαση και υποδομή, ενώ επιτρέπει και τη χρήση τοπικών κλήσεων. Τέλος επιτρέπει υπάρχουσες επενδύσεις σε εφαρμογές που δεν ανήκουν στις IP, να υποστηρίζονται με ασφαλή τρόπο ενώ ταυτόχρονα υποβοηθά την πρόσβαση στην υποδομή του Internet.

4.5 Πρωτόκολλο PPTP - Point-to-Point Tunneling Protocol

Το πρωτόκολλο αυτό δημιουργήθηκε από την Microsoft. Δεν καθορίζει αλλαγές στο PPP αλλά μάλλον περιγράφει ένα νέο όχημα-φορέα για μεταφορά του PPP. Καθορίζεται μια αρχιτεκτονική client/server με σκοπό την αποσύνδεση λειτουργιών που υπάρχουν σε σύγχρονα NASs και υποστηρίζουν VPNs. Ο διακομιστής (server) ενός δικτύου PPTP προβλέπεται ότι θα λειτουργεί σε ένα γενικού σκοπού λειτουργικό σύστημα ενώ ο πελάτης (client) λειτουργεί σε μια πλατφόρμα επιλεγόμενης πρόσβασης. Το PPTP καθορίζει ένα πρωτόκολλο ελέγχου κλήσεων και διαχείρισης, που επιτρέπει στον διακομιστή να ελέγχει την πρόσβαση σε κλήσεις μεταγωγής

κυκλώματος που προέρχονται από δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο PSTN ή δίκτυο ISDN ή επίσης να εισάγει νέες συνδέσεις μεταγωγής κυκλώματος.

Το πρωτόκολλο PPTP χρησιμοποιεί ένα μηχανισμό δρομολόγησης ενθυλάκωσης, έτσι ώστε να παρέχει μια υπηρεσία ελέγχου ροής και συμφόρησης ενθυλακωμένου αυτοδύναμου πακέτου (datagram), για τη μεταφορά πακέτων PPP.

4.6 Πρωτόκολλο L2TP - Layer 2 Tunneling Protocol

Τόσο το L2F όσο και το PPTP παρέχουν παρόμοια λειτουργικότητα. Η Cisco και η Microsoft έχουν συμφωνήσει να εργαστούν από κοινού για τη δημιουργία ενός πρωτόκολλου που ονομάζεται L2TP. Και οι δύο εταιρείες θα συνεχίσουν βέβαια να υποστηρίζουν τις ήδη υπάρχουσες λύσεις νοητών ιδιωτικών επιλεγόμενων συνδέσεων, L2F και PPTP αντίστοιχα, και θα προσφέρουν ένα σκαλοπάτι σταδιακής μετακίνησης προς το πρωτόκολλο L2TP. Οι πελάτες τους μπορούν να είναι ήσυχοι ότι μπορούν να υλοποιήσουν τις παραπάνω λύσεις, με την διαβεβαίωση ότι οι επενδύσεις τους θα διαφυλαχθούν όταν το πρωτόκολλο L2TP γίνει κάποια στιγμή διαθέσιμο.

5 Λογισμικό - Software

5.1 Microsoft® Visio Professional 2002

[19]

Δίνει τη δυνατότητα σε επιχειρήσεις και τεχνικούς να παρουσιάσουν ένα ευρύ φάσμα ιδεών, πληροφοριών και συστημάτων. Με τη βοήθεια του προγράμματος αυτού μπορεί κανείς να σχεδιάσει διαγράμματα, τα οποία μπορούν να εμπλουτιστούν με σχόλια (κείμενο, αριθμούς) για να μπορεί κανείς να θυμάται τα βασικά σημεία του συστήματος.

5.1.1 Πλεονεκτήματα - Advantages

- Περιεκτικά τεχνικά διαγράμματα και σχέδια

Με τη βοήθεια εξειδικευμένων τύπων σχημάτων δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει το διάγραμμα ενός δικτύου, ενός Web site, μιας βάσης δεδομένων ή ενός λογισμικού. Επιπλέον με το Visio μπορεί κανείς να σχεδιάσει μηχανικά και διοικητικά διαγράμματα (engineering/ management diagrams).

- Ακριβή διαγράμματα και σχέδια

Τα διαγράμματα που σχεδιάζονται με το πρόγραμμα αυτό εκφράζουν δεδομένα με λεπτομέρεια και ακρίβεια. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να εξαχθούν σε διάφορες μορφές ώστε να εξασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα με άλλα προγράμματα.

- Εύκολο στη χρήση, φιλικό και ολοκληρωμένο περιβάλλον εργασίας

Το περιβάλλον εργασίας χαρακτηρίζεται από τη μορφή που έχουν όλα τα προγράμματα της Microsoft και κάποιες επιλογές για να κάνει κανείς ορισμένες λειτουργίες με γρήγορο και απλό τρόπο.

5.2 FiberGrafix® Network Design Software for Windows Version 3.3

[20]

Πρόκειται για ένα φιλικό προς το χρήστη λογισμικό με το οποίο μπορεί κανείς να σχεδιάσει σύνθετα δίκτυα



οπτικών ινών. Η έκδοση 3.3 του συγκεκριμένου λογισμικού διαθέτει σχεδιαστικά εργαλεία που περιορίζουν την πολυπλοκότητα που χαρακτηρίζει το σχεδιασμό δικτύων οπτικών ινών. Δίνεται λοιπόν η δυνατότητα στο χρήστη να δομήσει γραφικά ένα δίκτυο οπτικών ινών, με τη βοήθεια καλωδίων και όλων των απαραίτητων προϊόντων.

Είναι μια 32-bit εφαρμογή και υποστηρίζεται από Windows NT, Windows 98, Windows Me και Windows 2000 Professional. Η εκμάθηση του προγράμματος είναι ιδιαίτερα εύκολη, γιατί υποστηρίζεται από ένα πετυχημένο γραφικό περιβάλλον και ένα πλήρες on-line εγχειρίδιο βοήθειας. 4-5 ώρες είναι αρκετές για να ανακαλύψει κανείς τις δυνατότητες του προγράμματος.

5.2.1 Πλεονεκτήματα - Advantages

- Εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος, λόγω της εύκολης χρήσης του.
- Αύξηση της παραγωγικότητας και γρήγορη εκμάθηση της εφαρμογής, λόγω ομοιοτήτων του περιβάλλοντος εργασίας με αυτό των γνωστών προϊόντων της Microsoft.
- Ευκολία στη μεταφορά των δεδομένων για περαιτέρω ανάλυση σε υπολογιστικό φύλλο (Spreadsheet) ή κάποιον επεξεργαστή κειμένου, με τη βοήθεια του clipboard των Windows.
- Είναι συμβατό με τα λειτουργικά συστήματα Windows 95, Windows 98, Windows NT, Windows Me και Windows 2000 Professional.
- Συνοδεύεται από δωρεάν τεχνική υποστήριξη.



5.3 Network Design and Analysis/2 - NetDA/2

[21]

Πρόκειται για ένα εργαλείο το οποίο παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα σχεδιασμού της τοπολογίας του δικτύου, ανάλυσης και βελτιστοποίησης των δικτυακών τεχνολογιών της IBM.

Αξίζει να σημειωθεί ότι προτού προχωρήσει κανείς στο σχεδιασμό του δικτύου, θα πρέπει να έχει κατανοήσει πολύ καλά το δίκτυο που θέλει να φτάξει.

Πιο συγκεκριμένα μπορεί κανείς

- Να επανασχεδιάσει ένα υπάρχον δίκτυο ή να ολοκληρώσει ένα ημιτελές,
- Να παράγει διαφορετικές αρχιτεκτονικές για το ίδιο δίκτυο,
- Να δημιουργήσει PVCs (frame-relay permanent virtual circuits),
- Να βελτιστοποιήσει το δίκτυο με τη βοήθεια ανάλυσης και προσομοίωσης δικτύου.

Η συγκεκριμένη εφαρμογή διαθέτει τρεις συναρτήσεις σχεδιασμού:

1. Automated design

Ο χρήστης εισάγει το είδος της τοπολογίας και κάποιες παραμέτρους και το NetDA/2 σχεδιάζει το δίκτυο.

2. Route control

Το NetDA/2 επιτρέπει στο χρήστη να διαχειριστεί δεδομένα που αφορούν μια υποπεριοχή του δικτύου ορίζοντας διαδρομές και συνδέσεις μεταξύ κόμβων του δικτύου, βελτιστοποιώντας διαδρομές μεταξύ κόμβων κα.

3. Frame-relay control

Επιτρέπει την παραγωγή και εμφάνιση αναφορών σχετικά με frame-relay PVCs του δικτύου.

Το NetDA/2 υποστηρίζει τα παρακάτω:

- LAN bridge και router
- High-performance routing (HPR)
- Asynchronous transfer mode (ATM)
- TCP/IP.

5.4 Visionael ServiceBase VLAN

[22]

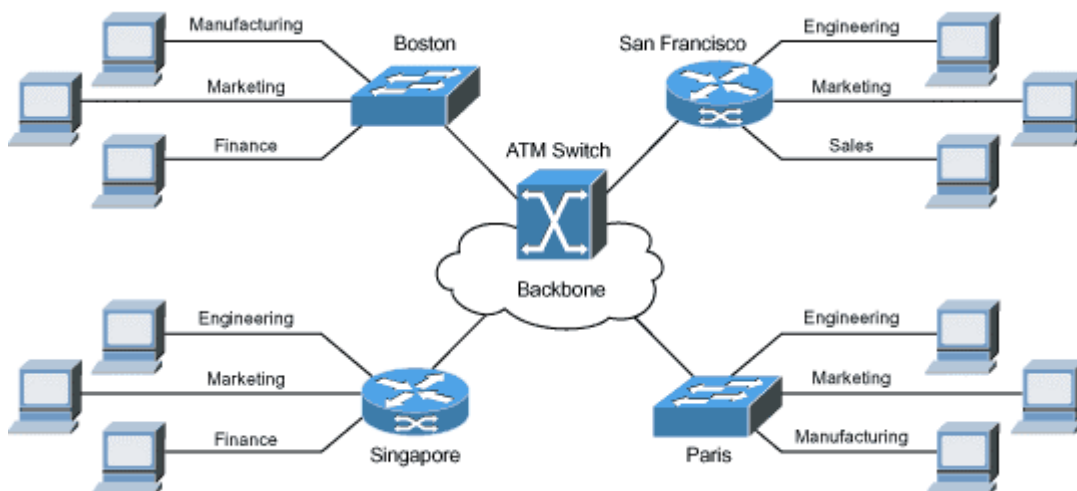
Πρόκειται για ένα περιβάλλον εργασίας που δημιουργήθηκε για το σχεδιασμό Νοητών Τοπικών Δικτύων. Το Visionael VLAN επιτρέπει στους μηχανικούς δικτύων να σχεδιάσουν και να ορίσουν τη διάταξη του δικτύου γρήγορα και εύκολα. Χρησιμοποιείται το 802.1q πρωτόκολλο και εξοπλισμός της Cisco.

Το σχέδιο ενός VLAN εξάγεται σε XML μορφή.

Το Visionael VLAN δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να:

- Επιλέγει τον απαραίτητο εξοπλισμό σε ένα εύκολο και web-based GUI
- Εξασφαλίσει υψηλό επίπεδο ακρίβειας και λεπτομέρειας στο σχεδιασμό
- Εξοικονομήσει χρόνο
- Βελτιώσει την απόδοση και να μειώσει το κόστος συντήρησης του δικτύου μέσω αυτοματοποιημένων διαδικασιών.

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η διαγραμματική παρουσίαση ενός VLAN με τη βοήθεια του συγκεκριμένου προϊόντος.



5.5 Westplan - Voice Network Design

[23]

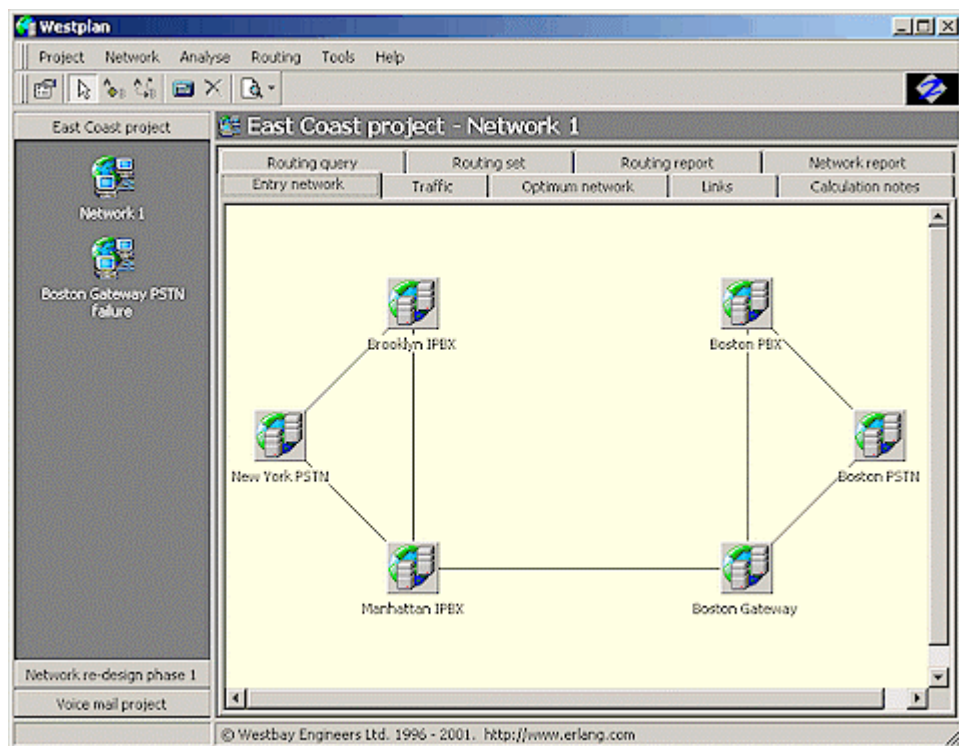
Πρόκειται για ένα εργαλείο με το οποίο μπορεί κανείς να σχεδιάσει δίκτυα Voice over IP και circuit switched voice δίκτυα. Ο σχεδιασμός βασίζεται σε ένα μοντέλο σύνδεσης κόμβων, το οποίο μπορεί να ορίσει ο χρήστης ή να το προσδιορίσει το Westplan.

Αποτελεί χρήσιμο εργαλείο ιδιαίτερα για όσους αρχίζουν να ασχολούνται με το σχεδιασμό των δικτύων.

Το Westplan δίνει τη δυνατότητα να σχεδιάσει κανείς ένα δίκτυο εφαρμόζοντας διαφορετικές τοπολογίες, αλλά και να ελέγξει την καταλληλότητα και ορθότητα του σχεδιασμού, με βάση το κόστος και τους διαθέσιμους πόρους.

Το Westplan παρέχει:

- Υπολογισμό του εύρους ζώνης (Voice over IP bandwidth)
- Δυνατότητα υποστήριξης του επιπέδου 2 των πρωτοκόλλων PPP, Frame Relay, Ethernet και ATM
- Αναλογική, T1 και E1 μετάδοση δεδομένων
- Εμφάνιση και εκτύπωση αναφορών για κάθε ανάλυση
- Κατάλληλο εγχειρίδιο χρήσης.



Ο σχεδιασμός στο πρόγραμμα αυτό είναι οργανωμένος σε projects τα οποία περιέχουν σύνολα από κόμβους, όπως τα ορίζει ο χρήστης. Κάθε project μπορεί να περιλαμβάνει απεριόριστο αριθμό από networks. Κάθε network ορίζει έναν τρόπο σύμφωνα με τον οποίο συνδέονται οι κόμβοι του δικτύου. Οι συνδέσεις μεταξύ κόμβων μπορούν να είναι αναλογικές, T1, E1 ή Voice over IP συνδέσεις που χρησιμοποιούν PPP, Ethernet, Frame Relay ή ATM. Οι συνδέσεις πραγματοποιούνται με την απλή τεχνική 'point and click'.

Τεχνικές προδιαγραφές

Transmission media	Analogue, T1, E1 (30 or 31 channels) και Voice over IP.
VoIP layer 2	None, PPP, Ethernet, Frame Relay and ATM.

VoIP protocols	RTP, cRTP (2 and 4 bytes), RTCP, compressed RTCP.
VoIP CODECs	G.711 (64kbps), G.723.1 (5.3 - 6.4kbps), G.726 (32kbps), G.728 (16kbps) and G.729B (8kbps).
Silence suppression	Supported as specified for G.723.1 and G.729B.
Maximum traffic	10,000 Erlangs BHT per inter-nodal combination.
Traffic model	Erlang B.

6 Βιβλιογραφία - Bibliography

1. Andrew S. Tanenbaum, *Δίκτυα Υπολογιστών*, Δεύτερη έκδοση, Prentice Hall International, 1992.
2. Ανδρέας Πομπόρτσας, *Εισαγωγή στις Νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών*, Εκδόσεις Α. Τζόλα Ε., Θεσσαλονίκη, 1997.
3. Μιχάλης Λ. Δερτούζος, *Τι μέλλει γενέσθαι: Πώς ο νέος κόσμος θα αλλάξει τη ζωή μας*, Νέα Σύνορα – Εκδοτικός Οργανισμός Λιβάνη, Αθήνα, 1998.
4. Θ. Γεωργίου, Ι. Κάππος, Α. Λαδιάς, Α. Μικρόπουλος, Α. Τζιμογιάννης, Κ. Χαλκιά, *Πολυμέσα – Δίκτυα*, Γ' Ενιαίου Λυκείου (Τεχνολογικής Κατεύθυνσης), ΥΠΕΠΘ – Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα, 1999.
5. Αλεξόπουλος Α., Λαγογιάννης Γ., *Τηλεπικοινωνίες και δίκτυα υπολογιστών*, Αθήνα, 1997.
6. 10 Gigabit Ethernet Alliance, *10 Gigabit Ethernet Technology Overview White Paper*, Σεπτέμβριος 2001.
www.10gea.org
<http://grouper.ieee.org/groups/802/3/ae/criteria.pdf>
7. Future Directions for the Campus Network Infrastructure
By Scott Conti (scott@nic.umass.edu)
Network Systems and Services
University of Massachusetts Amherst
http://www.oit.umass.edu/publications/at_oit/Archive/fall98/future-cwn.html
8. Gavin Litchfield, Oxford University Computing Services
http://users.ox.ac.uk/~itssg/conference/1999/backbone/v3_document.htm
9. <http://www.ox.ac.uk/>
<http://www.physiol.ox.ac.uk/Computing/plan/node24.html#fignetwork>
10. University of Nottingham Information Services Directorate, *Overview of networked computing facilities*, Αύγουστος 1999,
<http://www.nottingham.ac.uk/acs/training/pdfdocs/ISD101.pdf>
11. University of Nottingham
<http://www.nottingham.ac.uk/>
12. University of Edinburgh Networking Overview
<http://www.ed.ac.uk>
<http://www.ucs.ed.ac.uk/nsd/nsd-development.html>
<http://www.ucs.ed.ac.uk/nsd/netlink.html>
13. University of Sheffield
<http://www.shef.ac.uk/>

14. Vienna University
<http://www.cisco.com/warp/public/779/edu/build/profiles/vienna.html>
15. University of Columbia
<http://www.columbia.edu/acis/networks/>
16. Carnegie Mellon University (CMU)
<http://www.cisco.com/warp/public/779/edu/build/profiles/carnegie.html>
17. Κέντρο Λειτουργίας και Διαχείρισης Δικτύου ΑΠΘ
<http://noc.auth.gr/network>
18. The Campus Network
<http://www.examcram.com/samples/1576106349sc2.htm>
19. www.microsoft.com
Website της IBM
20. FiberGrafix, Network Design Software for Windows
<http://www.lucent.com/ofs/fibergrafix/>
21. <http://www-3.ibm.com/software/network/netda/>
Website της IBM
22. <http://www.visionael.com/>
Website της Visionael
23. <http://www.voip-calculator.com/westplan.html>