



www.uom.gr

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



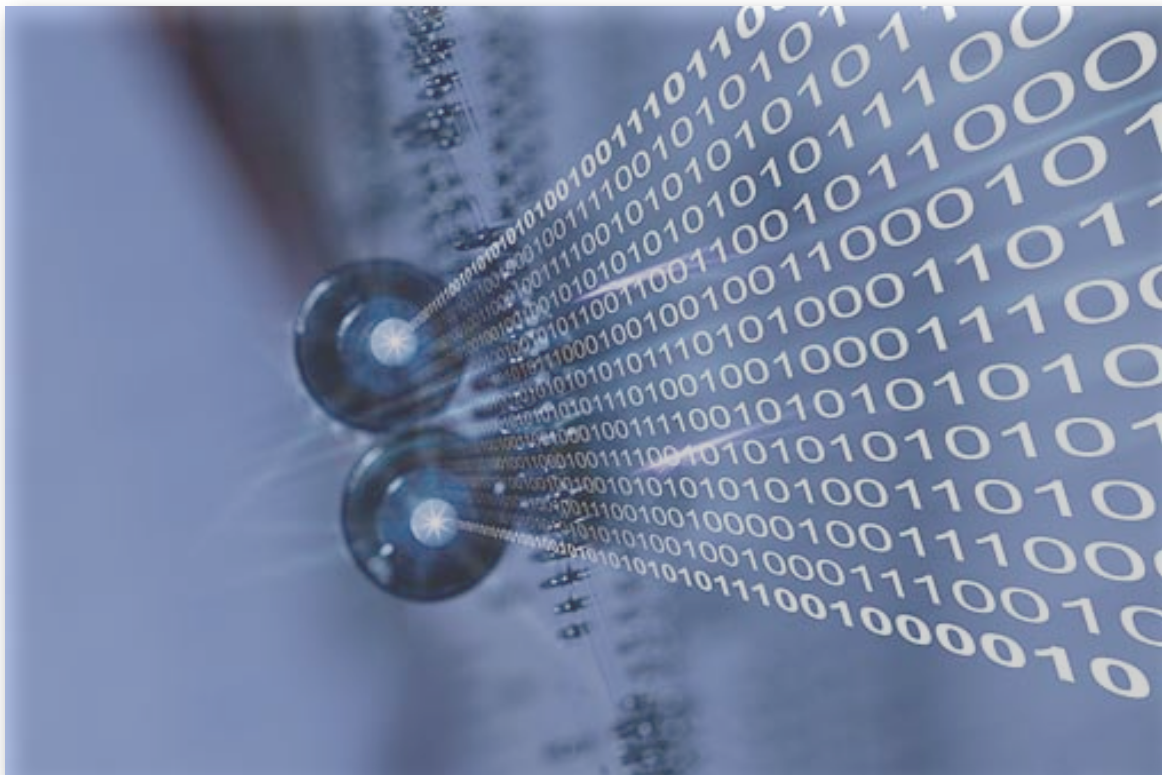
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα
Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων
Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης
Φοιτητής : Κυρτσόγλου Αλκιβιάδης
Α. Μ. : 24/07

University of Macedonia
Master Information Systems
Networking Technologies
Professor : A.A. Economides
Student : Kirtsoglou Alkiviadis
Student Code: 24/07

Μελέτη σκοπιμότητας και βιωσιμότητας για δικτύωση Πανεπιστημίου

Feasibility study on University campus network design



Θεσσαλονίκη 2008

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια μελέτη σκοπιμότητας - βιωσιμότητας, που εξετάζει το θέμα της δικτύωσης - δικτυακής υποδομής ενός πανεπιστημιακού ιδρύματος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το θέμα εξετάζεται περισσότερο από την δικτυακή του, και όχι τόσο από την οικονομική του πλευρά. Αρχικά, αφού οριοθετηθεί και ορισθεί το πρόβλημα της δικτύωσης σε Πανεπιστήμιο, αναλύονται κάποιες γενικές αρχές για τον σχεδιασμό ενός δικτύου υπολογιστών. Στη συνέχεια αναφέρονται οι διαθέσιμες τεχνολογίες με τις οποίες υλοποιούνται οι δικτυακές υποδομές. Στο επόμενο βήμα ορίζονται και αναλύονται οι απαιτήσεις του πανεπιστημιακού δικτύου αλλά και των χρηστών του έτσι ώστε το πρώτο (το δίκτυο) να είναι λειτουργικό και ανταποκρίνεται στις ανάγκες που έχει ένα Πανεπιστήμιο. Στη συνέχεια δίνεται η ανάλυση κόστους για την υλοποίηση της υποδομής και προτείνεται ένα μοντέλο υλοποίησης. Τέλος αναφέρονται οι κύριες υπηρεσίες που προσφέρει ένα πανεπιστημιακό δίκτυο στους χρήστες του.

Abstract

This paper is a feasibility study that examines the issue of networking – network infrastructure of an academic institution. It should be noted that the issue is being considered primarily from its technical rather than its economic aspect. After the issue of campus networking is delineated and defined, several general principles in relation to computer networks are outlined and analysed. Reference is then made to the available technology with which the network infrastructures are created. On the next step the demands of the campus network and its users are analysed so that the former is functional and fully adequate for the needs of a University. An analysis of costs is afterwards presented regarding the creation of the infrastructure and a model is proposed. Finally the core services offered by an academic institution to its users are mentioned.

Περιεχόμενα	Σελ
Περιεχόμενα	3
Table of Contents	4
1. Παρουσίαση θέματος / προβλήματος	5
2. Βασικές αρχές σχεδιασμού του πανεπιστημιακού δικτύου	6
3. Τεχνολογίες δικτύων	8
4. Απαιτήσεις του πανεπιστημιακού δικτύου	10
5. Κόστος επένδυσης	12
6. Μοντέλο υλοποίησης	14
7. Υπηρεσίες δικτύου	17
8. Συμπεράσματα	18
Βιβλιογραφία	19

Table of Contents	Page
Table of Contents	3
Table of Contents	4
1. Presentation of the problem	5
2. Principles for designing a campus network	6
3. Network technologies	8
4. Requirements of a campus network	10
5. Investment cost	12
6. Realization model	14
7. Network services	17
8. Conclusion	18
Bibliography	19

1. Παρουσίαση θέματος / προβλήματος

Η διαδικτυακή υποδομή όπως και η πληροφορική τεχνολογία είναι πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και πιο συγκεκριμένα των Πανεπιστημιακών ιδρυμάτων. Η υποδομή αυτή παρέχει τη δυνατότητα άμεσης πρόσβασης σε μεγάλο όγκο πληροφοριών που είναι αποθηκευμένες σε βιβλιοθήκες και βάσεις δεδομένων, διευκολύνει την έρευνα και πλέον επιτρέπει την εφαρμογή καινοτόμων μεθόδων διδασκαλίας όπως την εξ' αποστάσεως εκπαίδευση (distance learning). Εργαστήρια ηλεκτρονικών υπολογιστών, βιβλιοθήκες, σημεία πρόσβασης στο διαδίκτυο (ενσύρματα και ασύρματα) καθώς και αίθουσες τηλεκπαίδευσης πρέπει να είναι μέρος της δικτυακής υποδομής του Πανεπιστημίου έτσι ώστε να μπορούν οι φοιτητές και το διδακτικό επιστημονικό προσωπικό να έχουν πρόσβαση στην πληροφορία που τους ενδιαφέρει.

Είναι προφανές το πόσο σημαντική είναι η διαδικτυακή υποδομή και πληροφορική τεχνολογία για την παροχή υψηλής ποιότητας εκπαίδευσης και έρευνας. Ως αποτέλεσμα το Πανεπιστήμιο πρέπει να διαχειρίζεται τις τεχνολογίες αυτές με τον καλύτερο δυνατό τρόπο καθώς και να παρακολουθεί από κοντά τις εξελίξεις στον τεχνολογικό τομέα για να είναι έτοιμο να ανταποκριθεί στις προκλήσεις που κρύβει το αβέβαιο μέλλον. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει ο σχεδιασμός του δικτύου να γίνει με πολύ μεγάλη προσοχή έτσι ώστε να καλύπτονται οι τωρινές αλλά και μελλοντικές ανάγκες του Πανεπιστημίου με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος.

Από μια άλλη οπτική γωνία, η εκπαίδευση και οι υπηρεσίες που προσφέρει το Πανεπιστήμιο δεν θα πρέπει να περιορίζονται μόνο στο γεωγραφικό χώρο των κτηρίων του αλλά να μπορούν να προσφερθούν και εκτός αυτού (π.χ. τηλεκπαίδευση). Κάτι τέτοιο απαιτεί τη χρήση της πληροφορικής τεχνολογίας και τη διαδίκτυωση των κτιρίων και αιθουσών του Πανεπιστημίου. Επίσης θα πρέπει να παρέχεται στους φοιτητές ευρυζωνική πρόσβαση στο Ίντερνετ όπως για παράδειγμα υπηρεσίες xDSL - και κυρίως σε αυτούς που κατοικούν μακριά από το Πανεπιστήμιο - έτσι ώστε να μπορούν να παρακολουθούν διαλέξεις, σεμινάρια, να συμμετέχουν σε βιντεοδιασκέψεις (videoconferences) κλπ. όταν βρίσκονται εκτός του Πανεπιστημίου Τα μαθήματα λοιπόν θα γίνονται είτε σε τάξεις εξοπλισμένες με ηλεκτρονικούς υπολογιστές (η/υ) είτε σε εργαστήρια υπολογιστών, όπου πολλοί η/υ θα είναι συνδεδεμένοι σε τοπικό δίκτυο (LAN) είτε απομακρυσμένα με τη μορφή βιντεοδιάσκεψης. Έχοντας την επιλογή της τηλεκπαίδευσης πετυχαίνουμε την αύξηση του αριθμού των φοιτητών που είναι εγγεγραμμένοι στο Πανεπιστήμιο διότι δίνεται η ευκαιρία και σε άλλους ενδιαφερόμενους που βρίσκονται μακριά από το Πανεπιστήμιο να εμπλουτίσουν τις γνώσεις και ικανότητές τους πάνω στο αντικείμενο με το οποίο ασχολούνται.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η σχεδίαση της δικτυακής υποδομής του Πανεπιστημιακού ιδρύματος δεν είναι εύκολη και απαιτείται προσεκτική μελέτη και μεθοδολογία για την υλοποίηση της. Βασικό σημείο για τον επιτυχή σχεδιασμό του πανεπιστημιακού δικτύου, που πρέπει να έχουμε υπ' όψη μας, είναι η συνεχής εξέλιξη των τεχνολογιών έτσι ώστε το δίκτυο να μπορεί να αναβαθμίζεται συχνά, και εύκολα ώστε να μεγιστοποιεί την αξία του και να ανταποκρίνεται στις εξελισσόμενες ανάγκες του Πανεπιστημίου.

2. Βασικές αρχές σχεδιασμού του πανεπιστημιακού δικτύου

Ο σχεδιασμός της δικτυακής υποδομής του Πανεπιστημίου είναι μια συνεχής διαδικασία που βρίσκεται ανά πάσα στιγμή σε εξέλιξη και δεν τελειώνει με την υλοποίηση του έργου. Αυτό είναι λογικό αφού η φύση των τεχνολογιών δικτύωσης και υπολογιστών είναι συνεχώς εξελίξιμη. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα το πανεπιστημιακό δίκτυο πρέπει να αναβαθμίζεται για να μπορεί να υποστηρίξει τις εκάστοτε ανάγκες των χρηστών του. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την επιλογή υλικού εξοπλισμού (hardware) και λογισμικού (software) που είναι συμβατά με εκδόσεις και πρότυπα που προβλέπεται να υπάρχουν / επικρατήσουν μελλοντικά. Για παράδειγμα η εταιρία Cisco έχει πετύχει την ενοποίηση - συμβατότητα - όλων των προϊόντων της - όσο διαφορετικά κι αν είναι αυτά μεταξύ τους - φτιάχνοντας λογισμικό το Cisco Internetworking Operation System (CiscoIOS) το οποίο εξασφαλίζει την ενοποίηση προϊόντων της που είναι πολύ διαφορετικά μεταξύ τους και χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα σε ένα δίκτυο αξιόπιστο και επεκτάσιμο. Έτσι επιτυγχάνεται η επεκτασιμότητα με χαμηλό κόστος αφού δεν θα χρειαστεί να γίνουν αντικαταστάσεις υλικού σε μεγάλη κλίμακά και ο καινούριος εξοπλισμός θα προστίθεται στον ήδη υπάρχον με μικρές μονό τροποποιήσεις.

Όσον αφορά το κόστος της επένδυσης πρέπει να ληφθεί υπ' όψη ο χρόνος ζωής και η δυναμικότητα του έργου σε συνδυασμό με το ύψος της αρχικής εκροής κεφαλαίου για την επένδυση αυτή.

Επίσης για την κατασκευή του δικτύου πρέπει να επιλεγούν ανοιχτά πρότυπα (open standards ή nonproprietary) ενώ θα πρέπει να αποφευχθεί η χρήση κλειστών προτύπων των οποίων η άδεια χρήσης αγοράζεται από κάποια εταιρία λογισμικού. Το πλεονέκτημα της χρήσης ανοικτών προτύπων είναι ότι αυτά τα πρότυπα αναπτύσσονται με ταχυτάτους ρυθμούς σε πολύ χαμηλότερο κόστος, έναντι των κλειστών προτύπων που αναπτύσσει μια εταιρία, και χωρίς να στερούνται καινοτομίας. Η επιλογή των προτύπων είναι πολύ σημαντική γιατί επηρεάζει την υλοποίηση και την μελλοντική εξέλιξη και αναβάθμιση του δικτύου.

Το πανεπιστημιακό δίκτυο πρέπει επίσης να σχεδιαστεί έτσι ώστε να έχει προβλεφθεί μια κατάσταση δυσλειτουργίας κατά την οποία κάποιοι κόμβοι, σταθμοί εργασίας ή γραμμές καλωδίων του δικτύου δεν λειτουργούν, ώστε να μπορεί να εξυπηρετεί τους χρήστες του δικτύου απρόσκοπτα.

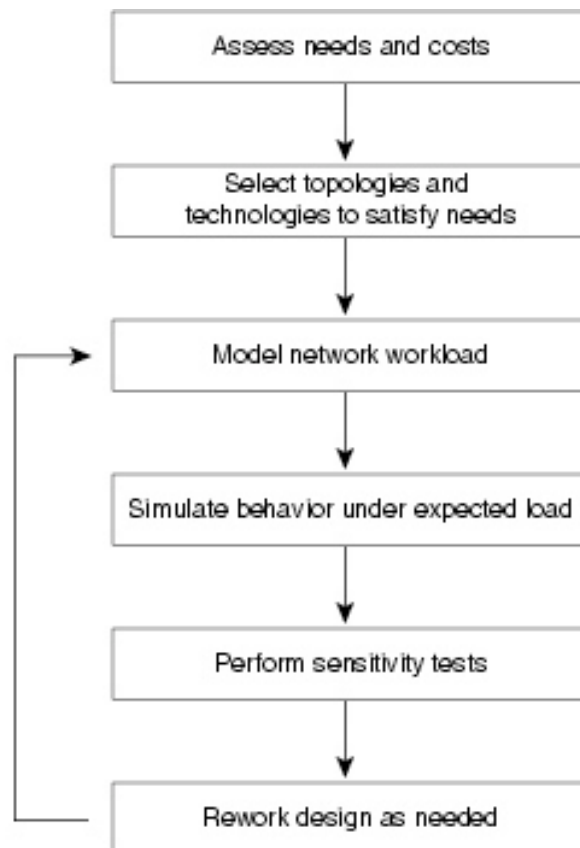
Μια επιλογή του πανεπιστημιακού φορέα είναι να αναθέσει κάποια ζητήματα σε τρίτους (outsourcing), γεγονός που πρέπει να αντιμετωπίζεται πολύ προσεκτικά για να εξασφαλίζεται ότι οι τροποποιήσεις στην δικτυακή υποδομή έχουν ως γνώμονα τις ανάγκες του πανεπιστημίου και όχι κάτι άλλο. Όμως με το outsourcing μειώνεται ο έλεγχος που έχει το Πανεπιστήμιο στο όλο έργο, δηλαδή στην υλοποίηση της δικτυακής υποδομής με αποτέλεσμα το έργο να αποτελεί ένα "μαύρο κουτί" πράγμα που προκαλεί δυσκολία στην διαχείρισή του και παράλληλα εξάρτηση από την κατασκευάστρια εταιρία (Διακονικολάου).

Τέλος καίρια σημασία έχει η σωστή διαχείριση του δικτύου. Οι διαχειριστές του δικτύου (network administrators) πρέπει συνεχώς να επιβλέπουν τη λειτουργία του δικτύου έτσι ώστε να εντοπίζονται τυχόν προβλήματα ή βλάβες και να επιδιορθώνονται έγκαιρα.

Τα προβλήματα που πρέπει να λυθούν κατά την υλοποίηση της δικτύωσης του Πανεπιστημίου είναι αυτά που έχουν να κάνουν με το περιβάλλον και την τοποθεσία του δικτύου, δηλαδή με το που βρίσκονται οι σταθμοί εργασίας, τα τερματικά, οι διακομιστές κλπ., κίνηση στα καλώδια και το κόστος των διαφόρων υπηρεσιών σε διάφορα επίπεδα. Οι περιορισμοί στην απόδοση του δικτύου όπως η διεκπεραιωτική ικανότητα (throughput), οι ταχύτητες των υπολογιστών και η αξιοπιστία του δικτύου και τέλος παράγοντες όπως η τοπολογία των δικτύων, το εύρος ζώνης των καλωδίων και τα πρωτόκολλα. Για τα εν λόγω θέματα υπάρχουν εργαλεία λογισμικού που κάνουν προσομοίωση του δικτύου έτσι ώστε να μπορούμε να μελετήσουμε πως αυτό θα λειτουργούσε σε πραγματικές συνθήκες πριν πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε εκροή. Ένα εργαλείο προσομοίωσης δικτύων το οποίο είναι μάλιστα και ανοικτού κώδικα είναι το The Network Simulator - ns-2 (<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>).

Στόχος για την επιτυχή σχεδίαση του δικτύου - από οικονομική και όχι μόνο - άποψη είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους των παραπάνω παραγόντων. Για παράδειγμα όσο αυξάνεται η απόδοση των διακομιστών ή η αξιοπιστία και ασφάλεια του δικτύου, τόσο αυξάνεται και το κόστος υλοποίησής του. Οπότε θα πρέπει να επιλεγεί ο συνδυασμός κόστους και χαρακτηριστικών έτσι ώστε να ικανοποιούνται όλες οι απαιτήσεις του δικτύου χωρίς όμως να πραγματοποιείται δαπάνη μεγαλύτερη από την αξία χρήσης του δικτύου.

Ο σχεδιασμός του δικτύου πρέπει να περάσει από πολλά επαναλαμβανόμενα στάδια όπως φαίνεται στο σχήμα 1:

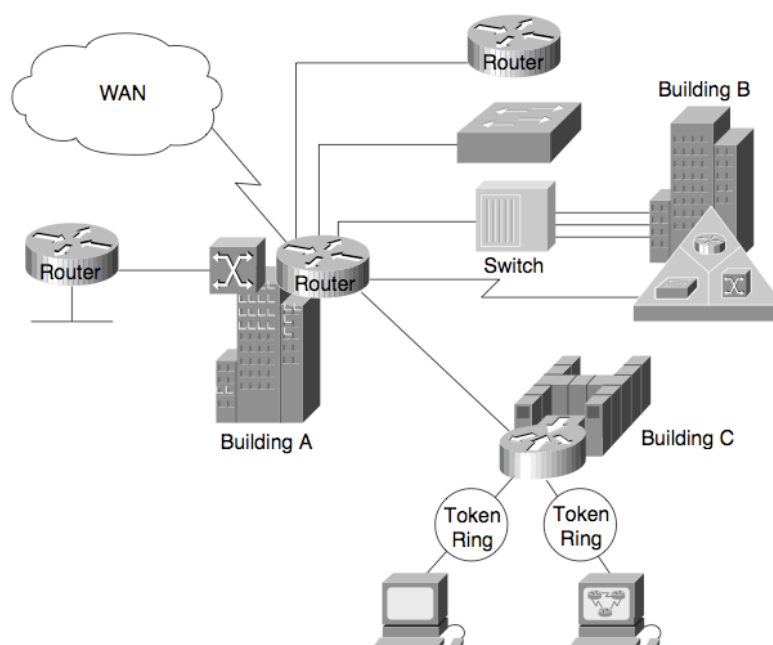


Σχήμα 1

Πηγή:<http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/idg4/nd2001.htm>

3. Τεχνολογίες

Ένα Πανεπιστήμιο μπορεί να αποτελείται από ένα ή περισσότερα κτήρια. Κάθε κτήριο περιέχει πολλούς ηλ. υπολογιστές σε γραφεία καθηγητών, γραμματείες, εργαστήρια μαθημάτων, βιβλιοθήκες κλπ., οι ηλ. υπολογιστές αυτοί είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους σε τοπικά δίκτυα (Local Area Networks LANs). Τα τοπικά δίκτυα συνδέονται και αυτά μεταξύ τους και αποτελούν το πανεπιστημιακό δίκτυο. Η τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση αυτών των δικτύων είναι αυτές του Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Token Ring, οπτικής ίνας Fiber Distributed Data Interface, (FDDI), και ασύγχρονου τρόπου μεταφοράς (Asynchronous Transfer Mode ATM). Εκεί που απαιτείται μεγάλο εύρος ζώνης όπως είναι το δίκτυο κορμού του Πανεπιστήμιου (backbone network) θα προτιμηθούν τεχνολογίες που προσφέρουν μεγάλη ταχύτητα / εύρος ζώνης όπως αυτή της οπτικής ίνας ή gigabit ethernet, ενώ όταν οι απαιτήσεις είναι μικρότερες θα χρησιμοποιηθεί layer 2 switching. Ένα υποθετικό δίκτυο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 2:



Σχήμα 2

Πηγή: <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/idg4/nd2001.htm>

Για τη διασύνδεση των κτηρίων χρησιμοποιείται τεχνολογία των δικτύων ευρείας ζώνης (Wide Area Network, WAN) όσον αφορά τη καλωδίωση και τις στοίβες πρωτοκόλλων.

Οι τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίησή του δικτύου συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα 1:

LAN Technology	Typical Uses
Routing technologies	Routing is a key technology for connecting LANs in a campus network. It can be either Layer 3 switching or more traditional routing with Layer 3 switching and additional router features.
Gigabit Ethernet	Gigabit Ethernet builds on top of the Ethernet protocol, but increases speed ten-fold over Fast Ethernet to 1000 Mbps, or 1 Gbps. Gigabit Ethernet provides high bandwidth capacity for backbone designs while providing backward compatibility for installed media.
LAN switching technologies <ul style="list-style-type: none"> • Ethernet switching • Token Ring switching 	<p>Ethernet switching provides Layer 2 switching, and offers dedicated Ethernet segments for each connection. This is the base fabric of the network.</p> <p>Token Ring switching offers the same functionality as Ethernet switching, but uses Token Ring technology. You can use a Token Ring switch as either a transparent bridge or as a source-route bridge.</p>
ATM switching technologies	ATM switching offers high-speed switching technology for voice, video, and data. Its operation is similar to LAN switching technologies for data operations. ATM, however, offers high bandwidth capacity.

Πίνακας 1

Πηγή: <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/idg4/nd2001.htm>

4. Απαιτήσεις του πανεπιστημιακού δικτύου

Οι απαιτήσεις του δικτύου μπορούν να ταξινομηθούν με βάση το επίπεδο της υλοποίησής στο οποίο αναφέρονται. Οπότε μπορούμε να πούμε ότι έχουμε απαιτήσεις του φυσικού επιπέδου - οι οποίες αναφέρονται στα φυσικά μέσα του δικτύου που περιλαμβάνουν γενικά όλη την καλωδίωση, και όλα τα κυκλώματα - απαιτήσεις επιπέδου δικτύου - που αναφέρονται στα πρωτόκολλα που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και στις ηλεκτρονικές συσκευές που μετατρέπουν τα ηλεκτρονικά σήματα σε μηνύματα που έχουν νόημα για το δίκτυο. Επίσης έχουμε τις απαιτήσεις σε επίπεδο εφαρμογών, οι εφαρμογές μετατρέπουν τα μηνύματα σε υπηρεσίες που έχουν νόημα για τους χρήστες του δικτύου. Τέλος έχουμε και μια ακόμη κατηγορία απαιτήσεων οι οποίες διαφέρουν ως προς τη φύση τους, σε σχέση με τις προαναφερθείσες, αυτές είναι οι απαιτήσεις κόστους οι οποίες αναλύονται στην επόμενη ενότητα.

Σε αντίθεση με τα άλλα μέρη του δικτύου, η εγκατάσταση των καναλιών των καλωδιώσεων (pathway) δεν μπορεί να αναβαθμιστεί εύκολα και η αναβάθμιση αυτή έχει μεγάλο κόστος (το κόστος του pathway είναι κεφαλαιακό κόστος και όχι λειτουργικό όπως είναι το κόστος λειτουργίας και αναβάθμισης των υπολοίπων μερών του δικτύου). Η σχεδίαση του pathway πρέπει να γίνει με πολύ προσοχή και έχοντας υπ' όψη τις μελλοντικές ανάγκες των χρηστών του πανεπιστημιακού δικτύου. Συνεπώς στα κτίρια του Πανεπιστημίου θα πρέπει να υπάρχει (εν δυνάμει) η υποδομή για την υλοποίηση νέων ενσύρματων δικτύων μελλοντικά.

Τα καλώδια θα επιλεγούν με βάση την χρήση τους και ανάλογα με την απαίτηση του δικτύου. Για παράδειγμα στο δίκτυο κορμού του Πανεπιστημίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί gigabit ethernet ή οπτική ίνα, ενώ στην καλωδίωση ενός εργαστηρίου υπολογιστών θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο ethernet.

Οι τεχνολογίες των ηλεκτρονικών συσκευών του δικτύου, όπως τα hubs, switches, routers κλπ εξελίσσονται γρήγορα και για το λόγο αυτό οι συσκευές αυτές αναβαθμίζονται εύκολα βελτιώνοντας τις ταχύτητες του δικτύου και καλύπτοντας άλλες μελλοντικές ανάγκες δεδομένου ότι τα πρωτόκολλα που έχουν επιλεγεί δεν θα αλλάξουν.

Η στοίβα πρωτοκόλλων που θα επιλεγεί είναι αυτή του TCP/IP αφού αυτά είναι που έχουν επικρατήσει και θα επικρατήσουν για ένα ικανό χρονικό διάστημα στο μέλλον. Η επιλογή αυτή έρχεται σε πλήρη συμφωνία με τη αρχή της χρήσης ανοικτών προτύπων. Στην παρούσα φάση η έκδοση του IP πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται είναι η IPv4 οι ανανέωση/αναβάθμιση των πρωτοκόλλων αυτών είναι εύκολη αφού η μετάβαση στην επόμενη έκδοση, IPv6, ήδη σχεδιάζεται και θα είναι επακόλουθο μιας επόμενης αναβάθμισης του δικτύου.

Όσον αφορά τις εφαρμογές δικτύου που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν είναι δύσκολο να γίνουν προβλέψεις για τις απαιτήσεις σε υποδομή που πρόκειται να έχουν, παρ' όλη αυτή τη δυσκολία αν τα προηγούμενα επίπεδα είναι σχεδιασμένα προσεκτικά και οι αναβαθμίσεις τους γίνονται εύκολα και χωρίς τη σπατάλη χρηματικών πόρων, η υποστήριξη νέων εφαρμογών δεν θα αποτελεί δύσκολο και δαπανηρό έργο αλλά θα είναι υπόθεση ρουτίνας στην αναβάθμιση του εύρους ζώνης του πανεπιστημιακού δικτύου. Απαίτηση του πανεπιστημιακού δικτύου αποτελεί και η διαθεσιμότητα των εφαρμογών.

Διαθεσιμότητα εφαρμογών σημαίνει ότι θα πρέπει να υπάρχουν εφαρμογές στη διάθεση των χρηστών του δικτύου (δηλαδή στους φοιτητές, τους καθηγητές και άλλους που το χρησιμοποιούν) ώστε οι χρήστες να μπορούν να διεκπεραιώσουν την οποία απαίτηση έχουν από το δίκτυο. Αντίθετα αν δεν είναι διαθέσιμες οι εφαρμογές στους χρήστες, το δίκτυο δεν πετυχαίνει το σκοπό για τον οποίο έγινε. Η διαθεσιμότητα εφαρμογών χαρακτηρίζεται από το χρόνο απόκρισης της εφαρμογής (χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που ο χρήστης δίνει μια εντολή μέχρι αυτή να εκτελεστεί), τη διεκπεραιωτική ικανότητα (throughput)(εφαρμογές που απαιτούν μεγάλο εύρος ζώνης) και την αξιοπιστία.

Στον πίνακα 2 συνοψίζονται οι απαιτήσεις - στόχοι του πανεπιστημιακού δικτύου:

Primary Goal	Descriptor	Percentage
Provide reliable performance and services at the lowest possible cost	Cost minimizer	19.8%
Provide appropriate levels of performance and services to different users on the basis of their needs	Demand driven	28.4%
Provide high-speed networking to the entire institution	High speed for all	25.9%
Provide leading-edge network performance and services to the institution	Leading edge	25.9%

Πίνακας 2

Πηγή: Pirani A. Judith and Salaway Gail, "Information Technology Networking in Higher Education: Campus Commodity and Competitive Differentiator"

5. Κόστος επένδυσης

Προκείμενου να υλοποιηθεί η όλη διαδικτύωση το Πανεπιστήμιο θα χρηματοδοτηθεί από το Υπουργείο Παιδείας καθώς και από δωρεές. Είναι πιθανό επίσης να καταβάλουν και οι φοιτητές κάποια αμοιβή η οποία όμως θα είναι πολύ χαμηλότερη σε σχέση με την όλη επένδυση που πρόκειται να πραγματοποιηθεί (εξαρτάται από το αν το ίδρυμα είναι ιδιωτικό η κρατικό). Στον προϋπολογισμό θα συμπεριληφθούν και οι αμοιβές του συνεργείου που θα κατασκευάσει το δίκτυο.

Η κοστολόγηση του έργου, δηλαδή του πανεπιστημιακού δικτύου, δεν είναι μια απλή πρόσθεση του κόστους κτήσης των επιμέρους συστατικών του στοιχείων, το όλο έργο θεωρείται ως μια ολοκληρωμένη επένδυση που έχει κύκλο ζωής και πρέπει να φέρει αξία στους χρήστες του μεγαλύτερη από το κόστος κτίσης των επιμέρους στοιχείων του. Τα στοιχεία κόστους που θα ληφθούν υπ' όψη είναι τα εξής:

Το κόστος του εξοπλισμού σε υλικό και λογισμικό (software και hardware). Αυτό περιλαμβάνει την αρχική αγορά του εξοπλισμού καθώς και την εγκατάστασή του, τη συντήρηση και τις μελλοντικές του αναβαθμίσεις. Όσο πιο καλοσχεδιασμένο είναι το δίκτυο τόσο το κόστος αυτό μπορεί να μείνει σε χαμηλά επίπεδα. Η καλωδίωση για παράδειγμα που έχει μεγάλο κόστος υλοποίησης θα γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να αναβαθμιστεί εύκολα αλλά και να γίνονται εύκολα επιδιορθώσεις σε περίπτωση βλαβών, διαφορετικά μια απλή βλάβη θα μπορούσε να έχει μεγάλη οικονομική επιβάρυνση για την επιδιόρθωσή της.

Το κόστος επέκτασης είναι βασικό, λόγω του ότι δεν γίνεται αντιληπτό από την αρχή της υλοποίησης του δικτύου. Η επιλογή του εξοπλισμού γίνεται με προοπτική όσον αφορά την επεκτασιμότητα σε μελλοντική χρονική στιγμή (να είναι δηλαδή future proof). Για παράδειγμα αν δεν είναι επεκτάσιμος ο εξοπλισμός θα χρειαστεί να γίνουν ριζικές αλλαγές στο μέλλον, πράγμα που θα αυξήσει μακροπρόθεσμα το κόστος του έργου.

Η όλη δικτυακή υποδομή του Πανεπιστημίου πρέπει να είναι όσο το δυνατό πιο απλή, έτσι ώστε το κόστος υποστήριξης να κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα. Όσο πιο πολύπλοκο γίνεται το δίκτυο, τόσο πιο εξειδικευμένο προσωπικό χρειάζεται για την υποστήριξη, συντήρηση, ακόμα και διαχείρισή του.

Το κόστος της μη λειτουργίας μέρους του δικτύου (για παράδειγμα, ενός κόμβου ή μιας γραμμής στο δίκτυο) για κάποιο χρονικό διάστημα είναι και αυτό σημαντικό γιατί χρήστες του δικτύου δεν θα μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις υπηρεσίες που χρειάζονται κατά το διάστημα αυτό.

Ένα επίσης πολύ σημαντικός παράγοντας κόστους που πρέπει να ληφθεί υπ' όψη στην επιλογή του εξοπλισμού είναι αυτός του κόστους ευκαιρίας. Λόγω των πολλών και διαφορετικών επιλογών που έχουμε στη διάθεσή μας για την υλοποίηση του δικτύου είμαστε αναγκασμένοι να επιλέξουμε κάποια προϊόντα αφήνοντας - μη επιλέγοντας - κάποια άλλα. Για παράδειγμα εταιρίες όπως Cisco και 3com προσφέρουν δικτυακά προϊόντα όπως routers, switches κλπ με διαφορετικά χαρακτηριστικά και ίσως μη συμβατά μεταξύ τους, οπότε θα επιλέξουμε κάποιο προϊόν η ακόμη και εταιρία αποκλείοντας κάποιο/α άλλο/η. Το γεγονός αυτό υπαγορεύει την σχολαστική εξέταση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων της κάθε επιλογής. Τα πλεονεκτήματα μιας επιλογής μπορεί να

αποτελούν τα μειονεκτήματα μιας άλλης και αντίστροφα. Όσο πιο προσεκτική γίνει η μελέτη του κόστους ευκαιρίας τόσο σωστότερη θα είναι και η τελική επιλογή του εξοπλισμού και γενικότερα του όλου έργου.

Η μη ανακτήσιμη δαπάνη (sunken cost) αποτελείται από το κόστος των επιμέρους στοιχείων του εξοπλισμού (καλώδια, δρομολογητές, switches κλπ) που είναι πλέον παρωχημένος και δεν μπορεί να ανακτηθεί λόγω απαξίωσης. Όσο υψηλότερο υπολογίζεται ότι θα είναι το κόστος αυτό τόσο πιο αποδοτικά πρέπει να γίνεται η χρήση του εξοπλισμού που θα αγοραστεί.

6. Μοντέλο υλοποίησης

Κάθε αίθουσα διδασκαλίας θα έχει τουλάχιστον μια πρίζα δικτύου ethernet για να συνδέεται στο δίκτυο του Πανεπιστημίου και στο Ίντερνετ. Κάποιες τάξεις θα είναι ειδικά διαμορφωμένες για τηλεδιασκέψεις, δηλαδή θα διαθέτουν κάμερες, μικρόφωνα και ηχεία συνδεδεμένα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή της αίθουσας έτσι ώστε να μεταδίδονται μέσω του δικτύου οι διαλέξεις στους απομακρυσμένους φοιτητές.

Κάθε εργαστήριο υπολογιστών θα αποτελεί και να τοπικό δίκτυο LAN. Κάθε υπολογιστής θα είναι συνδεδεμένος με το μεταγωγέα (switch) του εργαστηρίου μέσω καλωδίου ethernet 100 Mb/s. Επίσης ένας από τους υπολογιστές θα έχει το ρόλο του διακομιστή στο δίκτυο και θα ελέγχει όλες τις διαδικασίες του δικτύου. Ο διακομιστής αυτός θα είναι υπεύθυνος και για τη χρήση κοινών πόρων όπως για παράδειγμα χρήση κοινών αρχείων (file sharing) αλλά και χρήση του δικτυακού εκτυπωτή και σαρωτή (scanner) που θα έχει το κάθε εργαστήριο (μοντέλο πελάτη διακομιστή). Το Πανεπιστήμιο θα διαθέτει και κάποια εργαστήρια που θα αποτελούνται μόνο από διακομιστές (τα λεγόμενα φάρμες διακομιστών) οι οποίοι θα διαθέτουν λειτουργικό σύστημα UNIX και θα είναι συνδεδεμένοι σε μεταγωγείς με καλώδιο Gigabit Ethernet 1000 Mb/s προκειμένου να "τρέχουν" εφαρμογές με πολύ υψηλές απαιτήσεις σε επεξεργαστική ισχύ και παράλληλη επεξεργασία - distributed processing, ενδεικτικά αναφέρονται οι εταιρίες Apple (www.apple.com) και Sun microsystems (www.sun.com) που διαθέτουν προϊόντα software και hardware για καταναμημένα συστήματα παράλληλης επεξεργασίας. Οι φάρμες διακομιστών είναι απαραίτητες σε Πανεπιστημιακά ιδρύματα - ερευνητικά κέντρα διότι οι εφαρμογές στον ερευνητικό τομέα έχουν απαιτήσεις που δεν μπορούν να ικανοποιηθούν από επιτραπέζιους υπολογιστές (desktops) ή μεμονωμένους διακομιστές (servers).

Η βιβλιοθήκη του Πανεπιστημίου θα διαθέτει επίσης υπολογιστές σε τοπικό δίκτυο οι οποίοι θα έχουν πρόσβαση στη βάση δεδομένων της βιβλιοθήκης όπου θα είναι καταχωρημένα τα συγγράμματά που διαθέτει. Οι χρήστες θα έχουν πρόσβασή στη βάση αυτή μέσω του τοπικού δικτύου. Έτσι θα εξυπηρετούνται αποτελεσματικότερα και οικονομικότερα οι χρήστες της.

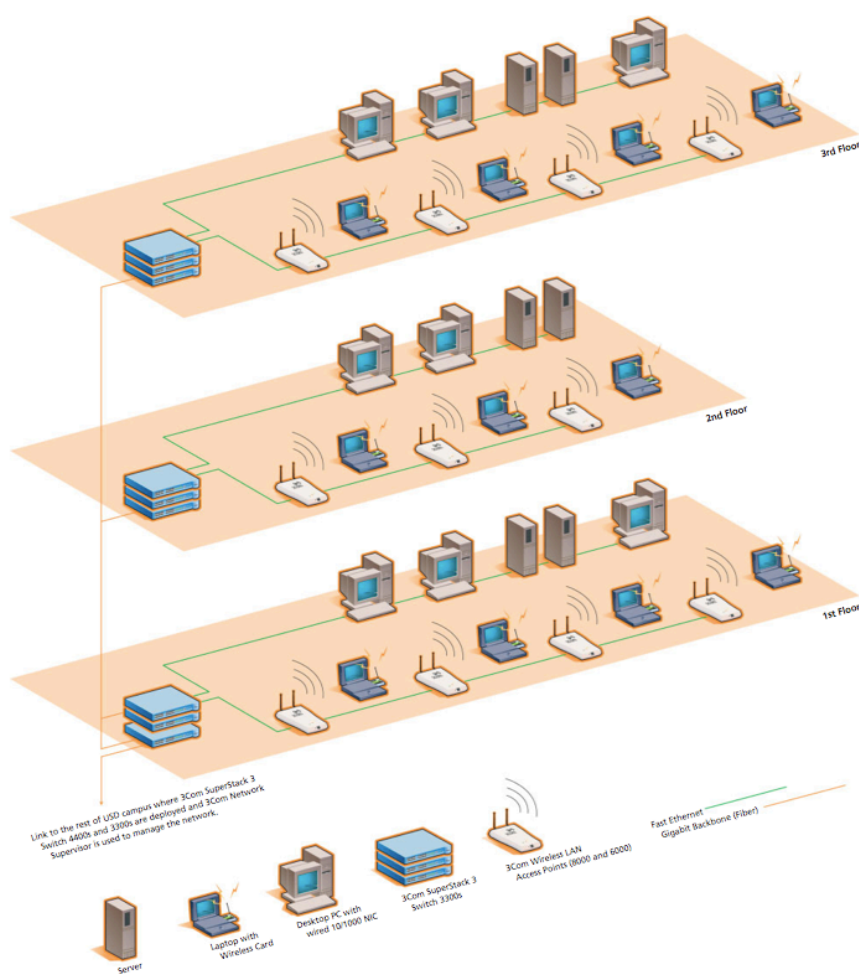
Από τη δικτυακή υποδομή του Πανεπιστημίου δεν θα μπορούσε να λείπει και η ασύρματη δικτύωση μιας και όλο και περισσότερο μιλάμε για κινητικότητα (mobility). Επίσης οι φορητοί υπολογιστές αλλά και συσκευές όπως personal digital assistants (pda) χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο από τους φοιτητές, οπότε υπάρχει ανάγκη για πρόσβασή στο δίκτυο όχι μόνο από τις αίθουσες που διαθέτουν πρίζες ethernet αλλά και από άλλα σημεία εντός και εκτός του Πανεπιστημίου όπως είναι π.χ. το κυλικείο. Οπότε επιβάλλεται να υλοποιηθεί μια ασύρματη λύση για να έχουν όλο και περισσότεροι φοιτητές πρόσβαση στο δίκτυο. Σημειώνεται ότι σημεία πρόσβασης στο ασύρματο δίκτυο θα υπάρχουν και μέσα στις αίθουσες διδασκαλίας και στα εργαστήρια η/υ έτσι ώστε να αυξάνεται η κάλυψη και η χωρητικότητα του δικτύου (Διακονικολάου, 269).

Η εγκατάσταση του ασύρματου τοπικού δικτύου επεκτείνει την πρόσβαση των φοιτητών και καθηγητών στο ενσύρματο δίκτυο με κόστος χαμηλότερο από αυτό της επέκτασης του ενσύρματου LAN διότι αποφεύγουμε την

εγκατάσταση καλωδιώσεων σε χώρους όπως το κυλικείο ή υπαίθριους χώρους του Πανεπιστημίου που η εγκατάσταση καλωδίων είναι δύσκολη ή αδύνατη και οικονομικά δε συμφέρει. Ένα ασύρματο σημείο πρόσβασης (access point) προσφέρει ταυτόχρονη πρόσβαση στο δίκτυο σε πολλά άτομα εύκολα, σε οποιοδήποτε σημείο του Πανεπιστημίου και αν αυτά βρίσκονται και μάλιστα με πολύ ικανοποιητικές ταχύτητες (έως και 54 Mb/s, 802.11b/g).

Επίσης με το ασύρματο LAN "αλλάζει" και ο τρόπος διδασκαλίας αφού ο καθηγητής μπορεί να έχει πρόσβαση άμεσα στην βιβλιοθήκη και να στέλνει απευθείας υλικό για το μάθημα στους φοιτητές. Παράλληλα οι χρήστες που βρίσκονται στο κυλικείο ή στους εξωτερικούς χώρους του Πανεπιστημίου μπορούν να έχουν πρόσβαση σε μεγάλο όγκο πληροφοριών της βιβλιοθήκης αλλά και στον Παγκόσμιο Ιστό.

Μια υποθετική εικόνα των αιθουσών των εργαστηρίων είναι η παρακάτω εικόνα 1:



Εικόνα 1

Πηγή:

Στην εικόνα αυτή οι η/υ (clients και servers) μίας αίθουσας συνδέονται μεταξύ τους με fast ethernet μέσω των switches ενώ μέσα στην αίθουσα υπάρχουν και access points συνδεδεμένα στο τοπικό δίκτυο έτσι ώστε να παρέχεται πρόσβαση στο και από ασύρματες συσκευές. Τα τοπικά δίκτυα των αιθουσών αυτών συνδέονται μεταξύ τους μέσω οπτικής ίνας επειδή απαιτείται εύρος ζώνης.

Ο παρακάτω πίνακας 3 δείχνει τα βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται το πανεπιστημιακό δίκτυο και τις αντίστοιχες ταχύτητες που ικανοποιούν τις απαιτήσεις των χρηστών του δικτύου:

	Most Common
Backbone transmission medium	Multimode fiber optic cable
Backbone bandwidth	1 to 4.99 gigabits per second
Backbone transmission standard	Gigabit Ethernet
Backbone-to-end-device transmission medium	Category 5 and 5e twisted pair
Backbone-to-end-device wired transmission standard	Fast Ethernet
Backbone-to-end-device wireless transmission standard	802.11b
Commodity Internet bandwidth	4.6 to 89 megabits per second

Πίνακας 3

Πηγή: Pirani A. Judith and Salaway Gail, "Information Technology Networking in Higher Education: Campus Commodity and Competitive Differentiator"

7. Υπηρεσίες δικτύου

Οι βασικές υπηρεσίες που θα παρέχει το πανεπιστημιακό δίκτυο στους χρήστες του είναι οι εξής:

- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail). Οι χρήστες θα έχουν έναν λογαριασμό e-mail μέσω του οποίου θα στέλνουν/παραλαμβάνουν μηνύματα κειμένου και γενικότερα δεδομένων όπως εικόνες κλπ. Η υπηρεσία αυτή βασίζεται στο μοντέλο αποθήκευσης και προώθησης. Ο αποστολέας στέλνει το μήνυμα και αυτό αποθηκεύεται σε διακομιστή του Πανεπιστημίου (mail server) μέχρι ο παραλήπτης να ελέγξει τον λογαριασμό του για εισερχόμενα μηνύματα όπου και παραλαμβάνει το μήνυμα (Διακονικόλου 409).
- Μεταφορά αρχείων (File transfer). Με την υπηρεσία αυτή οι χρήστες του δικτύου μπορούν να μεταφέρουν αρχεία δεδομένων από έναν υπολογιστή σε έναν άλλο. Έτσι στο πανεπιστημιακό δίκτυο θα εγκατασταθούν διακομιστές (ftp servers) που θα είναι υπεύθυνοι για την υπηρεσία αυτή και θα μπορούν να εξυπηρετούν ταυτόχρονα πολλούς χρήστες.
- Απομακρυσμένη πρόσβαση (remote access). Με την υπηρεσία αυτή οι φοιτητές έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται από μακριά μέσω Ίντερνετ σε διακομιστές του δικτύου (terminal servers) ώστε να εκτελούν κάποια προγράμματα που δεν μπορούν να εκτελέσουν τοπικά.
- Υπηρεσία νέων (newsgroup). Οι φοιτητές μπορούν να ενημερώνονται με θέματα που τους αφορούν μέσω αυτής της υπηρεσίας αφού αυτή αποτελεί έναν πίνακα ανακοινώσεων όπου κάποιος χρήστης "αναρτά" την πληροφορία η οποία γνωστοποιείται στους υπόλοιπους.
- Τηλεδιάσκεψη. Η υπηρεσία αυτή δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες της να επικοινωνούν σε πραγματικό χρόνο (real time) -ενώ αυτοί βρίσκονται σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές- μέσω η/υ, μεταφέροντας δεδομένα εικόνας και ήχου. Η υπηρεσία αυτή είναι απαραίτητη για την υλοποίηση των προγραμμάτων τηλεκπαίδευσης του πανεπιστημίου.

Επίσης μια ομάδα υπηρεσιών που είναι απαραίτητες για το δίκτυο του πανεπιστημίου είναι οι υπηρεσίες ασφάλειας, έτσι ώστε το σύστημα να συμπεριφέρεται σύμφωνα με τις προσδοκίες του διαχειριστή του (Διακονικόλου 346). Πρόσβαση στο δίκτυο πρέπει να έχουν μόνο οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες και κανείς άλλος. Οπότε πρέπει να υλοποιηθούν συστήματα ταυτοποίησης των χρηστών π.χ σύστημα kerberos (<http://web.mit.edu/Kerberos/>). Επίσης πρέπει να εγκατασταθεί φράγμα ασφαλείας (firewall) ώστε να προστατεύεται το δίκτυο από διάφορες επιθέσεις. Το θέμα της ασφάλειας των υπολογιστικών συστημάτων και δικτύων είναι πολύ βασικό και δεν μπορεί να εξαντληθεί στην παρούσα εργασία.

8. Συμπεράσματα

Από την ανάλυση που προηγήθηκε συνάγουμε το συμπέρασμα ότι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση του πανεπιστημιακού δικτύου είναι δύσκολη και πολύπλοκη διαδικασία. Επίσης δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη μεθοδολογία που να εφαρμόζεται πάντα και να δίνει τα ίδια επιθυμητά αποτελέσματα. Αυτό συμβαίνει επειδή ο τομέας των τηλεπικοινωνιών και των δικτύων είναι ευμετάβλητος και συνεχώς εξελισσόμενος οπότε οι σχεδιαστές δικτύων πρέπει να ενημερώνονται συνεχώς για τα καινούρια προϊόντα και πρότυπα που χρησιμοποιούνται έτσι ώστε το δίκτυο να αναβαθμίζεται και να είναι πάντα σε θέση να καλύπτει τις ανάγκες των χρηστών του. Συνεπώς είναι απαραίτητη η ακολούθηση μιας μεθοδικής προσέγγισης για την σχεδίαση και υλοποίηση του έργου αλλά και ο σχολαστικός ορισμός των απαιτήσεων του δικτύου. Έτσι για να κάνουμε την σωστότερη επιλογή έχουμε μια σειρά από παράγοντες τους οποίους αξιολογούμε και φτάνουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα που είναι μια λύση που καλύπτει τις απαιτούμενες ανάγκες - απαιτήσεις, με το χαμηλότερο όμως δυνατό κόστος. Βέβαια, όσο πιο μεγάλες είναι οι απαιτήσεις του δικτύου σε εύρος ζώνης, αξιοπιστία, διεκπεραιωτική ικανότητα και ασφάλεια, τόσο περισσότερο αυξάνεται και το κόστος υλοποίησής του.

Βιβλιογραφία

- Διακονικολάου Γεώργιος και Αθανασία Αγιακάτσικα, Ηλίας Μπουράς, “ ”, Β΄ Έκδοση, Κλειδάριθμος 2007.
- Long E. Philip, “Guiding Principles for Designing & Growing a Campus Network for the Future”, Educause quarterly, No 1 2000.
- Pirani A. Judith and Salaway Gail, “Information Technology Networking in Higher Education: Campus Commodity and Competitive Differentiator”, Educause Center For Applied Research, February 2005.
- Tanenbaum S. Andrew, “Computer Networks”, 4th Edition, Prentice Hall, 2003.
- http://cisco.com/offer/usc/educause2007/docs/ASU_Final_Case.pdf
- http://cisco.com/web/strategy/docs/higher_VirtualClassroom_at-a-glance.pdf
- <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/idg4/nd2001.htm>
- http://www.3com.com/solutions/en_US/casestudy.jsp?caseid=209786
- http://www.3com.com/solutions/en_US/casestudy.jsp?caseid=148517
- <http://oregonstate.edu/instruct/ecampus/otc/docs/PDF/tribal.pdf>