

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ΓΙΑ ΙΔΙΩΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ WAN

Διπλωματική εργασία του

Κουτσαυτίκη Ιωάννη

για την απόκτηση του πτυχίου Μηχανικού Ηλεκτρονικών
Υπολογιστών, Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:

Λέανδρος Τασιούλας
Σπυρίδων Αρσένης

Μάρτιος, 2006

Ευχαριστώ τη μητέρα μου και
τον αδερφό μου και συνάδελφο
Δημήτρη για την υλική και ηθική
τους συμπαράσταση σε όλη τη
διάρκεια των σπουδών μου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΔΟΜΗΣ	6
1.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑΣ	7
1.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ	9
1.3 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ	15
1.3.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΖΕΥΞΗΣ	15
ATM	15
FAME RELAY	20
ETHERNET	27
1.3.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΥΨΗΛΟΤΕΡΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ	31
SNA	32
IP	40
SNMP	51
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	54
2.1 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	54
2.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	58
2.2.1 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	59
2.2.2 ΠΑΘΗΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	60
2.3 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ	61
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	65
3.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΤΩΝ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ	66
3.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	68

4. ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΠΟΙΗΣΗ	72
4.1 ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ.....	72
4.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΠΟΙΗΣΗ	73
4.3 ΕΝΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	82
5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΟΠΤΕΥΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	88
5.1 ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	88
5.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	89
5.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΡΗΣΗΣ.....	97
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	101
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	103
ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	133

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μέτρηση και η εποπτεία της κίνησης, χρησιμεύει σαν βάση για ένα πλήθος λειτουργιών δικτύου, όπως διαχείριση, εντοπισμό και διόρθωση λαθών, συλλογή λογιστικών αλλά και πληροφοριών χρήσης, δρομολόγηση, εισαγωγή νέων υπηρεσιών, ισοκατανομή του φόρτου, σχεδιασμό κωρητικοτήτων, επέκταση του δικτύου και άλλες. Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι αποτελεί ένα πολύ σημαντικό εργαλείο τόσο για διαχειριστές, όσο και για μηχανικούς. Στο παρελθόν, πολύ λίγες εταιρίες συνέλεξαν και διατηρούσαν στοιχεία για την κίνηση στο δίκτυο τους. Τα τελευταία χρόνια ωστόσο πολλές είναι αυτές που έχουν αντιληφθεί τη χρησιμότητα τέτοιων λειτουργιών και πραγματοποιούν μελέτες δικτύωσης.

Μια μεγάλη εταιρία που κατέχει ένα από τα μεγαλύτερα ιδιωτικά δίκτυα στην Ελλάδα θέλει να βελτιώσει τη διαχείριση της κίνησης στο δίκτυο της. Κάποια πρωτογενή στοιχεία σχετικά με την κίνηση στο δίκτυο ήδη συλλέγονται με τη βοήθεια ειδικών προγραμμάτων. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να χρησιμοποιήσει αυτά τα στοιχεία για την εξαγωγή ορισμένων συμπερασμάτων που θα συντελέσουν στην κατανόηση του τρόπου λειτουργίας και τα οποία μπορεί να αποδειχθούν χρήσιμα σε ενδεχόμενες επεκτάσεις του δικτύου. Τελικό αποτέλεσμα είναι μία εφαρμογή που μπορεί να βοηθήσει στην γενική εποπτεία της κίνησης του συστήματος.

Η μελέτη διαρθρώνεται σε 5 κύρια Κεφάλαια τα οποία είναι τα ακόλουθα:

1. Ανάλυση Υπάρχουσας Δομής
2. Μέθοδοι Εκτίμησης Κίνησης
3. Περιγραφή Χρησιμοποιούμενης Μεθόδου
4. Πίνακες Κίνησης και Διαστασιοποίηση
5. Εφαρμογή Επόπτευσης Κίνησης

Το Κεφάλαιο 1 περιλαμβάνει την ανάλυση του συστήματος. Με τον όρο ανάλυση εννοούμε την αναγνώριση τόσο της τοπολογίας του δικτύου, όσο και των εφαρμογών, των υποστηριζόμενων υπηρεσιών και των χρησιμοποιούμενων πρωτοκόλλων. Έτσι λοιπόν σε αυτό το στάδιο προτείνεται μία μέθοδος καταγραφής του υπάρχοντος υλικού, εντοπίζονται και αναλύονται ως προς τη δομή και τη λειτουργία όλα τα επιμέρους συστατικά που αποτελούν το δίκτυο.

Το Κεφάλαιο 2 αποτελεί μια περιγραφή των τρόπων εκτίμησης της κίνησης. Σε αυτό παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της κάθε μεθόδου με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της και εξηγείται σε ποιες περιπτώσεις θα πρέπει εφαρμόζεται κάθε μια από αυτές.

Στο Κεφάλαιο 3 αναλύεται η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε, οι λόγοι που οδήγησαν στην εφαρμογή αυτής και όχι κάποιας άλλης μεθόδου και περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε σε αυτή τη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης.

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την έρευνα ταξινομημένα σε Πίνακες Κίνησης, οι οποίοι ακολούθως χρησιμοποιούνται για την διαστασιοποίηση των ζεύξεων του δικτύου.

Το Κεφάλαιο 5 περιγράφει τη χρήση, τη λειτουργία και της δυνατότητες της εφαρμογής που αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της εργασίας

Τέλος, ακολουθεί Παράρτημα στο οποίο αναρτώνται τα στατιστικά στοιχεία στα οποία βασίστηκε αυτή η μελέτη και αναλυτικότερες πληροφορίες για το πρωτόκολλο IP.

1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΔΟΜΗΣ

Πριν προχωρήσουμε σε οποιαδήποτε απόπειρα μέτρησης της κίνησης θα πρέπει να γίνει πρώτα ανάλυση της υπάρχουσας δομής του δικτύου. Αυτή αποτελεί μια αποτύπωση των απαιτήσεων και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του. Η ανάλυση της υπάρχουσας υποδομής αναφέρεται στην ποσοτική καταγραφή και την ποιοτική αξιολόγηση της υπάρχουσας υποδομής. Στόχος είναι η αποτελεσματική χρησιμοποίηση των υπάρχόντων στοιχείων στο σχεδιασμό του νέου δικτύου.

Κανονικά κάθε επιχείρηση έχει καταγραμμένους με λεπτομέρεια τους πόρους της (μηχανήματα, καλωδίωση, κτλ.). Δυστυχώς αυτή η καταγραφή σπάνια υπάρχει ολοκληρωμένη και ενημερωμένη. Συνήθως είναι ελλιπής και συχνά ανύπαρκτη. Στη χειρότερη περίπτωση – και αυτό συχνά ισχύει και για μεγάλα δίκτυα επιχειρήσεων – η καταγραφή των πόρων της επιχείρησης βρίσκεται μόνο στην κατοχή της εταιρίας που είναι υπεύθυνη για τη συντήρηση του δικτύου. Είναι προφανής η εξάρτηση που δημιουργείται. Σε αυτό το στάδιο καταγράφονται:

- Η φυσική τοπολογία των εγκαταστάσεων.
- Η υλική υποδομή και η γεωγραφική τοποθέτηση της υλικής υποδομής μέσα στην επιχείρηση.
- Οι διασυνδέσεις WAN και ο τύπος τους.
- Οι εφαρμογές.
- Τα πρωτόκολλα.
- Τα στατιστικά στοιχεία σχετικά με τη χρήση του δικτύου.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε αρχικά τη μεθοδολογία που ακολουθείται για την καταγραφή της υπάρχουσας υποδομής. Στη συνέχεια θα μελετήσουμε ποια από τα βήματα εξυπηρετούν τις ανάγκες που καλύπτουν τη δική μας μελέτη περίπτωσης και θα περιγράψουμε πώς αυτά εφαρμόζονται στο παράδειγμά μας.

1.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑΣ

Καταγραφή φυσικής τοπολογίας

Πρώτα από όλα καταγράφουμε τη φυσική τοπολογία των εγκαταστάσεων. Το πρώτο πράγμα που απαιτείται στο σχεδιασμό ενός νέου δικτύου είναι να γνωρίζουμε την ακριβή τοποθεσία των κόμβων του δικτύου. Δημιουργούμε πίνακες με τους κόμβους του δικτύου, την ακριβή γεωγραφική τους θέση, την εισερχόμενη και εξερχόμενη κίνηση.

Οι κόμβοι είναι είτε ένας απομονωμένος υπολογιστής, είτε ένα τοπικό δίκτυο που αποτελείται από πολλούς υπολογιστές. Ξεκινάμε από τον πίνακα που καταγράφει τους κόμβους WAN του δικτύου. Για κάθε κόμβο αυτού του δικτύου – όταν αυτός ο κόμβος είναι ένα τοπικό δίκτυο – χρησιμοποιούμε έναν δεύτερο πίνακα για να περιγράψουμε τους κόμβους του τοπικού δικτύου.

Σε ό,τι αφορά την κίνηση καταγράφουμε τα στοιχεία που γνωρίζουμε. Συνήθως τα στοιχεία που έχουμε σχετικά με την κίνηση είναι ελλιπή, αν όχι ανύπαρκτα και θα χρειαστεί να τα συλλέξουμε μόνοι μας. Αν ο στόχος μας είναι ένα νέο δίκτυο, ο υπολογισμός της εισερχόμενης και εξερχόμενης κίνησης θα γίνει κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού. Αν ο στόχος μας είναι η επέκταση ενός υπάρχοντος δικτύου πρέπει να γνωρίζουμε τι συμβαίνει στο υπάρχον δίκτυο πριν σχεδιάσουμε την επέκταση του.

Καταγραφή υλικής υποδομής

Καταγράφουμε:

- Τη μάρκα και το μοντέλο των μηχανημάτων.
- Τα ονόματα και τις διευθύνσεις των μηχανημάτων. Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε τα ονόματα και τις διευθύνσεις των διακομιστών και των μηχανημάτων διασύνδεσης. Η επίβλεψη και η επιδιόρθωση προβλημάτων γίνεται πιο εύκολα σε ένα δίκτυο του οποίου έχουμε την πλήρη περιγραφή.
- Για τους υπολογιστές και τους διακομιστές: την ταχύτητα επεξεργαστή, το μέγεθος RAM & σκληρού δίσκου, τις περιφερειακές συσκευές, τη

μάρκα, το μοντέλο και το μέγεθος οθόνης, την κάρτα οθόνης, τις ελεύθερες θέσεις για νέες κάρτες, ...

- Για τα μηχανήματα διασύνδεσης: την ταχύτητα των γραμμών, τα πρωτόκολλα που υποστηρίζονται, τις ελεύθερες θέσεις για νέες κάρτες, ... Για την επέκταση ενός δικτύου που απαιτεί ενημέρωση και αλλαγή στους πίνακες διευθύνσεων των μηχανημάτων είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τους κωδικούς πρόσβασης στα μηχανήματα. Επίσης, για τα μηχανήματα διασύνδεσης είναι χρήσιμα τα στοιχεία σχετικά με το ρυθμό επεξεργασίας των πακέτων (αριθμός πακέτων ανά δευτερόλεπτο για τους μεταγωγείς δεδομένων και αριθμός συνδέσεων ανά δευτερόλεπτο για τους μεταγωγείς φωνής) και τη δυνατότητα εξυπηρέτησης σε αριθμό ζεύξεων (μέγιστος αριθμός ζεύξεων, αριθμός ζεύξεων σε μια δεδομένη στιγμή)
- Τις καλωδιώσεις (τύπος καλωδίου και μήκος).
- Τις διαθέσιμες πρίζες (τηλεφώνου, δεδομένων και παροχής ρεύματος καθώς και τη θέση τους).
- Τη γεωγραφική τοποθέτηση της υλικής υποδομής μέσα στην επιχείρηση.

Καταγραφή μισθωμένων ζεύξεων

Καταγράφουμε τις διασυνδέσεις WAN και τον τύπο τους (ISDN, Frame Relay, ...), τον προμηθευτή και το κόστος τους.

Καταγραφή εφαρμογών

Καταγράφουμε τις εφαρμογές και τα αντίστοιχα λογισμικά που χρησιμοποιούνται στην επιχείρηση (όνομα προγράμματος, αριθμός έκδοσης προγράμματος, πληροφορίες σχετικές με τις άδειες χρήσης και την ύπαρξη των πρωτότυπων δισκετών ή CD).

Καταγραφή πρωτοκόλλων

Καταγράφουμε τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιεί η επιχείρηση για τις επικοινωνίες της. Αυτές οι πληροφορίες, μαζί με τις πληροφορίες για τις ζεύξεις WAN, θα επιτρέψουν τη σωστή ανάλυση του δικτύου (εντοπισμό προβλημάτων κίνησης, κακή διαστασιοποίηση γραμμών,...).

Καταγραφή στατιστικών στοιχείων χρήσης

Αναζητούμε στατιστικά στοιχεία σχετικά με:

- Τη χρήση του δικτύου (ώρες χρήσης).
- Τον κορεσμό του δικτύου.
- Τους χρήστες με τη μεγαλύτερη αποστολή και παραλαβή κίνησης.
- Τους τύπους λαθών και βλαβών.
- Την κίνηση ανά εφαρμογή.
- Ανάλυση του broadcast.
- Τον χρόνο απόκρισης του δικτύου.

1.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ

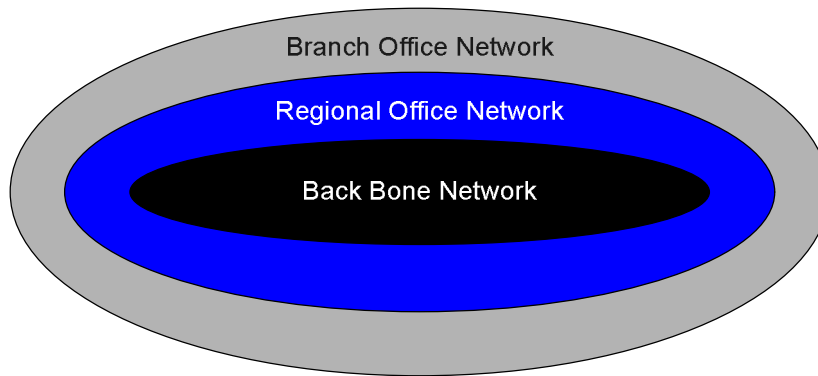
Καταγραφή φυσικής τοπολογίας

Το δίκτυο WAN της επιχείρησης παρουσιάζει την ακόλουθη δομή:

- Δίκτυο Κορμού (Back Bone Network)
- Δίκτυο Πρόσβασης

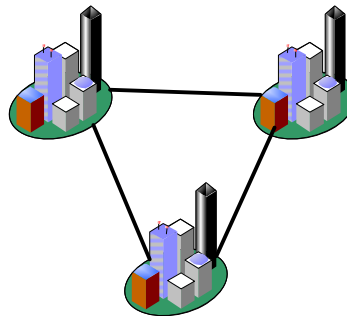
Το Δίκτυο Πρόσβασης με τη σειρά του διακρίνεται σε:

- Δίκτυο Περιοχής (Regional Office Network)
- Δίκτυο Καταστημάτων (Branch Office Network)



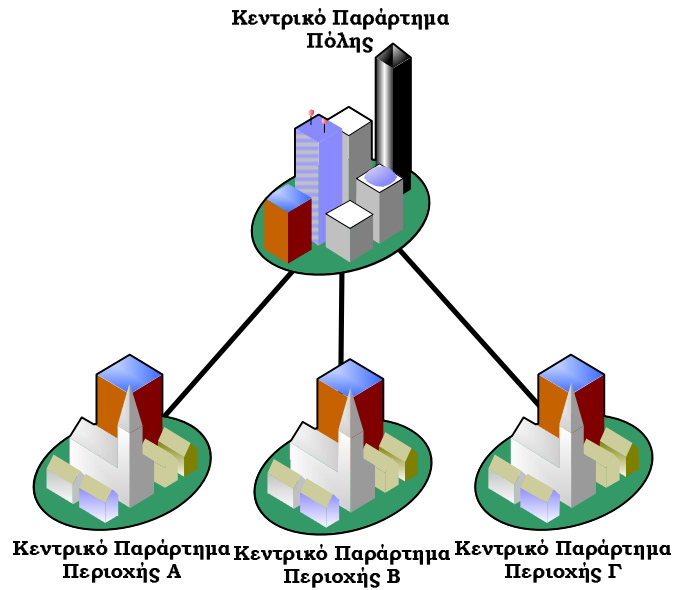
Σχήμα 1.1 Ιεραρχική δομή του δικτύου

Το Δίκτυο Κορμού αποτελείται από κόμβους σε μερικές από τις μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας. Υλοποιεί τοπολογία πλέγματος, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα εναλλακτικής διόδευσης σε περίπτωση που κάτι τέτοιο απαιτηθεί.



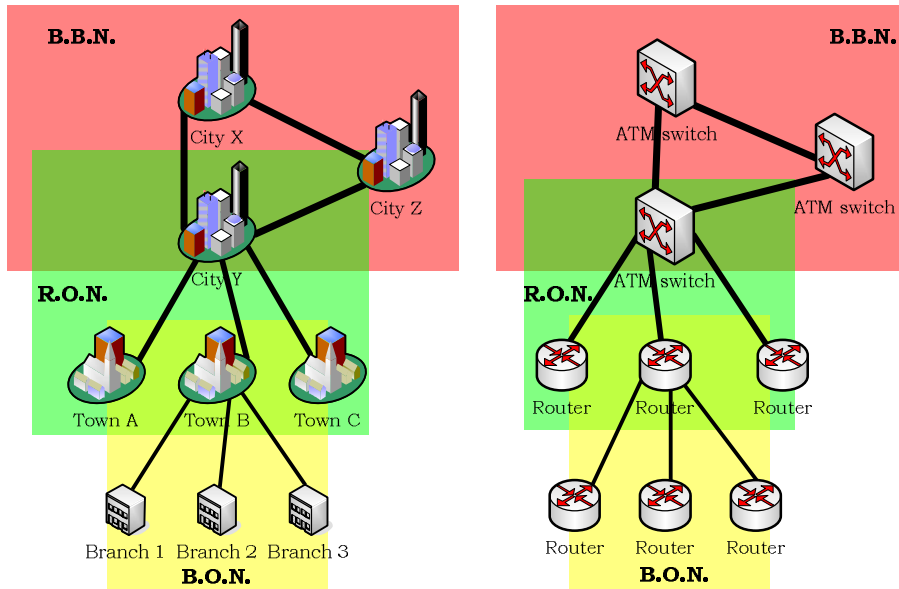
Σχήμα 1.2 Τοπολογία Πλέγματος

Το Δίκτυο Περιοχής συνδέει παραρτήματα (κόμβους) που ανήκουν σε γειτονικές γεωγραφικές περιοχές. Υπάρχουν κεντρικά παραρτήματα (γύρω στα 110 συνολικά) στις μεγάλες πόλεις (πρωτεύουσες νομών) με τα οποία συνδέονται σε τοπολογία αστέρα ορισμένα παραρτήματα τέτοιων γειτονικών περιοχών.



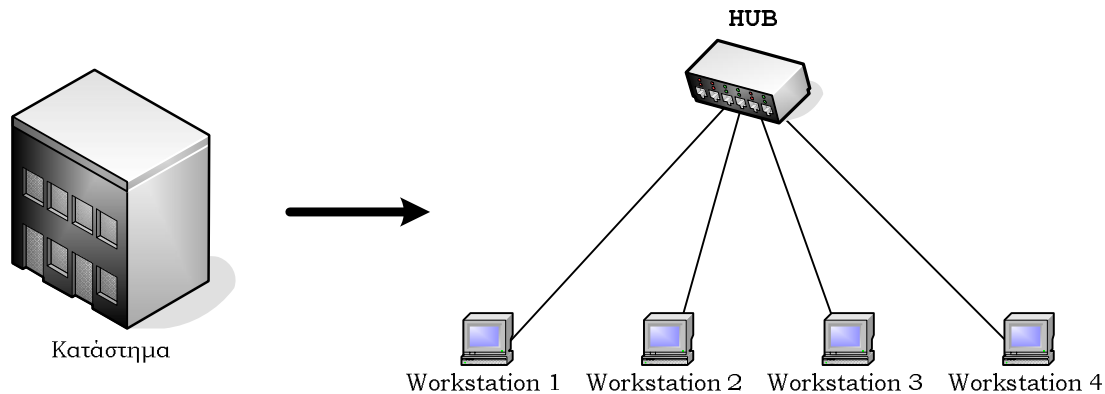
Σχήμα 1.3 Τοπολογία Αστέρα

Το Δίκτυο Καταστημάτων αποτελείται από μικρότερα επαρχιακά παραρτήματα (περίπου 480 στον αριθμό) τα οποία συνδέονται και πάλι σε τοπολογία αστέρα με κεντρικά πατήματα κάθε περιοχής.



Σχήμα 1.4 Δομή και Τοπολογία του δικτύου

Τέλος, κάθε παράρτημα έχει και το δικό του τοπικό δίκτυο LAN. Τα μηχανήματα στα παραρτήματα είναι συνδεδεμένα σε κάποιο hub υλοποιώντας τοπολογία αστέρα.



Σχήμα 1.5 Τοπικά Δίκτυα LAN

Καταγραφή Υλικής Υποδομής

Το Δίκτυο Κορμού περιλαμβάνει ενσύρματες αλλά και ασύρματες (μικροκυματικά) ζεύξεις χωρητικότητας 2 Mbps. Για τη διασύνδεση χρησιμοποιούνται 25 ATM switches Cisco IGX.

Στο Δίκτυο Περιοχής οι ταχύτητες πρόσβασης κυμαίνονται από 256 έως 512 Kbps, ενώ υπάρχουν και εναλλακτικές διοδεύσεις μέσω ISDN. Για τη δρομολόγηση των πακέτων χρησιμοποιούνται 44 routers Motorola 6560.

Οι ταχύτητες πρόσβασης στα Δίκτυα Καταστημάτων κυμαίνονται από 64 έως 512 Kbps και υπάρχουν εναλλακτικές διοδεύσεις ISDN. Όπως και στο Δίκτυο Περιοχής, έτσι και εδώ χρησιμοποιούνται routers 6560 και 6520 της Motorola.

Τέλος, υπολογίζεται ότι υπάρχουν γύρω στα 700 LAN, ενώ το μέσο στην πλειοψηφία των περιπτώσεων είναι συνεστραμμένο ζεύγος (Unshielded Twisted Pair) ή οπτική ίνα. Για τη διασύνδεση των μηχανημάτων χρησιμοποιούνται hubs της 3COM.

Στο δίκτυο υπάρχουν ακόμη δύο κεντρικά SNA mainframes αλλά και 113 mail servers, κατανεμημένοι σε διάφορα σημεία του δικτύου.

Καταγραφή εφαρμογών

Το λειτουργικό σύστημα των τερματικών στα καταστήματα είναι στη μεγαλύτερη πλειοψηφία τα Windows NT, ενώ σε ορισμένα βρίσκονται εγκατεστημένα και Windows XP. Υπάρχουν επίσης και λίγα Unix συστήματα.

Παρόλο που ορισμένες εφαρμογές είναι κοινές και υπάρχουν στους υπολογιστές όλων των υποκαταστημάτων, δεν υπάρχει κάποιο κεντρικό σύστημα ελέγχου και διαχείρισης της εγκατάστασης τους. Έτσι, σε κάθε υποκατάστημα είναι δυνατόν να υπάρχουν και διάφορες άλλες εφαρμογές εκτός από αυτές που θα αναφερθούν ακολούθως, οι οποίες είναι ωστόσο λιγότερο απαιτητικές σε πόρους. Άλλωστε γίνεται πολύ προσεκτική παρατήρηση τις κίνησης του δικτύου και σε περίπτωση που διαπιστωθούν παραβάσεις ή καταχρήσεις, ακολουθούν οι κατάλληλες επισημάνσεις

Οι σημαντικότερες από τις εφαρμογές που χρησιμοποιούνται είναι η SAP, η πλατφόρμα Exchange Server, οι Transaction Services, η SwiftNet, η Bloomberg, η NGB και η What's Up καθώς και Web Browsers.

- Η SAP αποτελεί μια εφαρμογή λογιστικής διαχείρισης που περιλαμβάνει διάφορες υπηρεσίες και είναι ιδιαίτερα απαιτητική σε process power.
- Η πλατφόρμα Exchange Server (version 5.5) [B.] της Microsoft χρησιμοποιείται για την υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η υπηρεσία e-mail δεν είναι διαθέσιμη σε όλους τους χρήστες. Αντιθέτως, υπολογίζεται ότι υπάρχουν περίπου 15.000 mail boxes με τους server να είναι κατανεμημένοι σε διάφορα σημεία του δικτύου όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Η πλατφόρμα αυτή αναμένεται στο μέλλον να αντικατασταθεί από τη νεότερη έκδοση της, την Exchange Server 2003.
- Οι Transaction Services αποτελούν το επίπεδο υπηρεσιών του τελικού χρήστη για το πρωτόκολλο SNA. Χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση συναλλαγών. Υπολογίζεται ότι λαμβάνουν χώρα 2.500.000 συναλλαγές ανά ημέρα.
- Η SwiftNet [C.] είναι μια εφαρμογή ανταλλαγής μηνυμάτων που δίνει τη δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ των υποκαταστημάτων.
- Η Bloomberg [D.] αποτελεί μια πλατφόρμα που χρησιμοποιείται για κάποια υπηρεσία ενημέρωσης (live feed, ειδήσεις, πληροφορίες κλπ.) από διάφορα χρηματιστήρια.

- Οι εφαρμογές Web Browsers χρησιμοποιούνται για περιήγηση στο Διαδίκτυο. Η υπηρεσία αυτή είναι διαθέσιμη σε έναν μικρό μόνο αριθμό χρηστών (περίπου 3.500).
- Η NGB είναι μια εφαρμογή διαχείρισης που παρέχει τη δυνατότητα λήψης στατιστικών στοιχείων για την κίνηση.
- Τέλος η What's Up αποτελεί επίσης μια εφαρμογή διαχείρισης μέσω της οποίας είναι δυνατή η επόπτευση της ορθής λειτουργίας των μηχανημάτων και η αναφορά σφαλμάτων σε περίπτωση βλαβών.

Καταγραφή πρωτοκόλλων

Σε αυτή την παράγραφο θα αναγνωριστούν και θα καταγραφούν τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία. Σε ακόλουθη παράγραφο, θα γίνει ιδιαίτερη αναφορά σε κάθε ένα από αυτά καθώς είναι πολύ σημαντικό να κατανοηθεί η λειτουργία τους ώστε να είναι ακολούθως εφικτή η ανάλυση κίνησης του δικτύου.

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας στο Δίκτυο Κορμού είναι το ATM (2ου επιπέδου - Data Link Layer). Αντιθέτως στα Δίκτυα Περιοχής και Καταστημάτων η ανταλλαγή δεδομένων γίνεται με τη βοήθεια του πρωτοκόλλου Frame Relay (επίσης επιπέδου σύνδεσης).

Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στα LAN είναι το Ethernet. Παλιότερα, ένα μικρό ποσοστό τους (περίπου 10%) χρησιμοποιούσαν τεχνολογία Token Ring, αλλά και αυτά αντικαταστάθηκαν με την εξέλιξη του Ethernet. Σχεδόν τα μισά δίκτυα χρησιμοποιούν 10BaseX Ethernet και τα υπόλοιπα 100BaseX. Το μέσο στην πλειοψηφία των περιπτώσεων είναι συνεστραμμένο ζεύγος (Unshielded Twisted Pair) ή οπτική ίνα.

Ο κανόνας λέει ότι χρησιμοποιείται 10BaseX Ethernet, σε όσα υποκαταστήματα έχουν κάτω από 10 θέσεις εργασίας. Ωστόσο σήμερα κάτι τέτοιο δεν εφαρμόζεται απόλυτα, καθώς με την προσθήκη νέων υπηρεσιών αυξάνονται και οι απαιτήσεις σε bandwidth. Έτσι, υπάρχει η πρόβλεψη να αντικατασταθούν στο μέλλον όσα LANs χρησιμοποιούν ακόμη 10BaseX από 100BaseX Ethernet δίκτυα.

Η εφαρμογή SAP χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο SNA για την ανταλλαγή δεδομένων. Το πρωτόκολλο αυτό χρησιμοποιείται επίσης από τις transaction

services. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στο δίκτυο υπάρχουν δύο κεντρικά SNA mainframes τα οποία πραγματοποιούν το σύνολο της επεξεργασίας των δεδομένων. Οι clients (πελάτες) των υποκαταστημάτων ανταλλάσσουν πληροφορίες με τα mainframes χρησιμοποιώντας το DLC επίπεδο του SNA. Οι συναλλαγές αυτές περιλαμβάνουν αιτήσεις (requests), επεξεργασία (processing) και απαντήσεις (replies) και επομένως χαρακτηρίζονται ως διαλογικές.

Οι εφαρμογές NGB και What's Up βασίζουν τη λειτουργία τους στο πρωτόκολλο SNMP που συχνά χρησιμοποιείται από την υπηρεσία διαχείρισης ενός δικτύου.

Τέλος, οι υπόλοιπες από τις εφαρμογές που αναφέρθηκαν χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο IP για την επικοινωνία. Θα πρέπει να σημειώσουμε πως έχει παρατηρηθεί ότι η κίνηση IP είναι γενικά μεγαλύτερη από την SNA κίνηση. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο πλήθος, αλλά και στις απαιτήσεις σε bandwidth των εφαρμογών που βασίζονται στο πρωτόκολλο IP.

1.3 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ

Τα χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα έχουν ήδη καταγραφεί προηγουμένως. Σε αυτό το κεφάλαιο θα ακολουθήσει μια αναλυτικότερη περιγραφή τους. Μπορούμε να κάνουμε μια βασική διάκριση των πρωτοκόλλων σε πρωτόκολλα επιπέδου ζεύξης και πρωτόκολλα υψηλότερου επιπέδου, η οποία θα μας βοηθήσει στη μελέτη μας.

1.3.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΖΕΥΞΗΣ

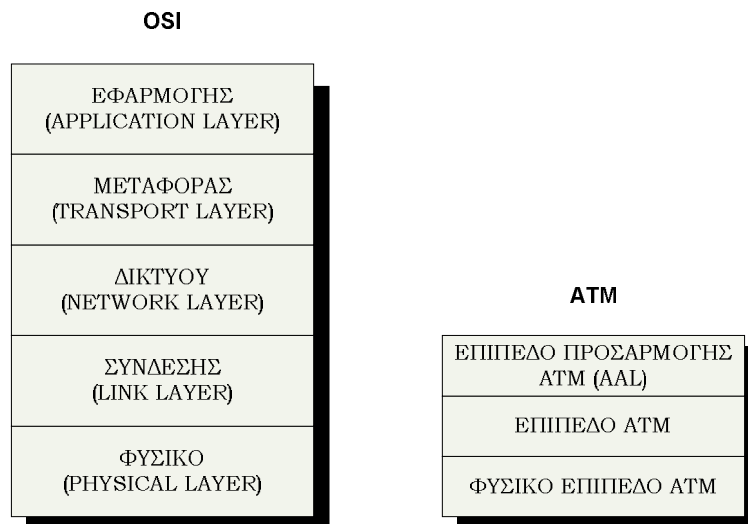
ATM

Χαρακτηριστικά Πρωτοκόλλου ATM (Asynchronous Transfer Mode) [4], [3]

Η στοίβα πρωτοκόλλων ATM αποτελείται από τρία επίπεδα: το φυσικό επίπεδο ATM, το επίπεδο ATM και το επίπεδο προσαρμογής ATM (ATM adaptation layer, AAL):

- Το φυσικό επίπεδο ATM ασχολείται με τάσεις, χρονισμούς bit και πλαισίωση επάνω στο φυσικό μέσο
- Το επίπεδο ATM είναι η ψυχή του προτύπου ATM. Ορίζει τη δομή του κελιού ATM.
- Το επίπεδο προσαρμογής ATM (AAL) είναι κάπως ανάλογο με το επίπεδο μεταφοράς στη στοίβα πρωτοκόλλων OSI. Το ATM περιλαμβάνει αρκετούς διαφορετικούς τύπους AAL για υποστήριξη διαφόρων τύπων υπηρεσιών.

Σήμερα, το ATM χρησιμοποιείται συνήθως σαν μια τεχνολογία επιπέδου σύνδεσης. Ένας ειδικός τύπος AAL, το AAL5, έχει αναπτυχθεί για να επιτρέπει στο TCP/IP να διασυνδέεται με το ATM. Στη διασύνδεση IP επάνω σε ATM, το AAL5 προετοιμάζει IP datagrams για μεταφορά ATM. Στη διασύνδεση ATM επάνω σε IP, το AAL5 ανασυνθέτει κελιά ATM σε IP datagrams.



Σχήμα 1.6 Τα επίπεδα (layers) OSI και ATM

Χρησιμοποιεί μεταγωγή πακέτου (cell-switching) με πακέτα σταθερού μήκους 53 bytes. Στην ορολογία του ATM, αυτά τα πακέτα καλούνται κελιά (cells). Ένα κελί έχει 5 bytes κεφαλίδας και 48 bytes "ωφέλιμο φορτίο". Τα κελιά σταθερού μήκους και οι απλές κεφαλίδες έχουν διευκολύνει τη μεταγωγή υψηλής ταχύτητας.

Τα δίκτυα ATM είναι connection oriented, καθώς πριν μεταδοθούν τα κελιά πληροφορίας, πρέπει πρώτα να αποκατασταθεί η σύνδεση ανάμεσα στους χρήστες. Πρέπει δηλαδή να δημιουργηθεί ένα εικονικό κανάλι (virtual channel) επικοινωνίας μεταξύ των δυο ακραίων σημείων του δικτύου. Η κεφαλίδα του ATM περιλαμβάνει ένα πεδίο για τον αριθμό εικονικού καναλιού, που καλείται ταυτότητα εικονικού καναλιού (virtual channel identifier, VCI) στην ορολογία του ATM. Οι μεταγωγείς πακέτων χρησιμοποιούν την VCI για να προωθούν κελιά προς τους προορισμούς τους.

Τύποι Υπηρεσιών ATM [4], [3]

Οι διάφορες υπηρεσίες που μπορούν να προσφέρουν τα δίκτυα ATM μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- Σταθερού ρυθμού (CBR – Constant Bit Rate)
- Διαθέσιμου ρυθμού (ABR – Available Bit Rate)
- Μεταβλητού ρυθμού (VBR – Variable Bit Rate)
- Απροσδιόριστου ρυθμού (UBR – Unspecified Bit Rate)

Σταθερού ρυθμού (CBR – Constant Bit Rate)

Ο στόχος της υπηρεσίας CBR είναι θεωρητικά απλός – να κάνει μια σύνδεση δικτύου να φαίνεται σαν μια αποκλειστική σύνδεση χαλκού ή ίνας ανάμεσα στον αποστολέα και στον δέκτη. Με την υπηρεσία CBR, κελιά ATM μεταφέρονται επάνω στο δίκτυο με τέτοιο τρόπο ώστε η από άκρο σε άκρο καθυστέρηση ενός κελιού, η διαφοροποίηση της καθυστέρησης από άκρο σε άκρο ενός κελιού (που συχνά αναφέρεται σαν "jitter") και το κλάσμα των κελιών που χάνονται ή παραδίδονται αργά έχουν όλα οπωσδήποτε τιμές μικρότερες από κάποιες καθορισμένες τιμές. Αυτές οι τιμές συμφωνούνται από

τον υπολογιστή υπηρεσίας αποστολής και από το δίκτυο ATM, όταν καθορίζεται αρχικά η σύνδεση CBR.

Οι εφαρμογές αυτού του τύπου, όπως τηλεφωνία, μετάδοση video κλπ., απαιτούν ισόχρονη μετάδοση πραγματικού χρόνου. Δεν ανέχονται καθυστερήσεις και στην ουσία απαιτούν από το δίκτυο την πλήρη δέσμευση του απαραίτητου bandwidth σε συνεχή βάση.

Το CBR ήταν το πρώτο μοντέλο υπηρεσίας ATM που προτυποποιήθηκε, δείχνοντας το πρώιμο ενδιαφέρον των τηλεφωνικών εταιριών στο ATM και την ικανότητα της υπηρεσίας να μεταφέρει κίνηση ήχου και βίντεο πραγματικού χρόνου και με σταθερό ρυθμό bit. Το δίκτυο ATM είναι υποχρεωμένο να εγγυάται την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας (QoS – Quality of Service) στα κελιά αυτής της κατηγορίας.

Διαθέσιμου ρυθμού (ABR – Available Bit Rate)

Εφόσον το Διαδίκτυο παρέχει την καλούμενη υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας, το ABR μπορεί να χαρακτηριστεί καλύτερα σαν μια υπηρεσία “λίγο καλύτερη από την υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας”. Όπως και με το μοντέλο της υπηρεσίας Διαδικτύου, κελιά μπορεί να χάνονται με την υπηρεσία ABR. Σε αντίθεση όμως με το Διαδίκτυο, τα κελιά δεν μπορούν να αναδιατάσσονται (αν και μπορούν να χάνονται) και υπάρχει ένας εγγυημένος ελάχιστος ρυθμός μετάδοσης κελιών (minimum cell transmission rate, MCR) σε μια σύνδεση που χρησιμοποιεί την υπηρεσία ABR. Αν το δίκτυο έχει αρκετούς ελεύθερους πόρους σε μια δεδομένη στιγμή, ένας αποστολέας μπορεί επίσης να είναι σε θέση να στείλει κίνηση επιτυχώς με έναν ρυθμό υψηλότερο από τον MCR. Επιπρόσθετα, η υπηρεσία ATM BR μπορεί να παρέχει ανάδραση στον αποστολέα (με ένα bit ειδοποίησης συμφόρησης, ή με ένα χαμηλότερο ρυθμό με τον οποίο πρέπει να εκπέμψει), η οποία ελέγχει το πώς ο αποστολέας ρυθμίζει τον ρυθμό μετάδοσης κελιών.

Το ABR εξυπηρετεί εφαρμογές που έχουν ανοχές σε καθυστερήσεις και δεν απαιτούν σταθερό και προκαθορισμένο bandwidth. Τέτοιες εφαρμογές είναι μετάδοση data για offline εφαρμογές, διασυνδέσεις δικτύων TCP/IP κλπ.

Αρχιτεκτονική Δικτύου	Μοντέλο υπηρεσίας	Εγγύηση εύρους ζώνης	Εγγύηση όχι απώλειας	Διάταξη	Χρονοσμός	Ένδειξη Συμφόρησης
Διαδίκτυο	Βέλτιστη προσπάθεια	Καμία	Καμία	Κάθε διάταξη είναι πιθανή	Δεν διατηρείται	Καμία
ATM	CBR	Εγγυημένος σταθερός ρυθμός	Ναι	Με τη σειρά	Διατηρείται	Δεν εμφανίζεται συμφόρηση
ATM	ABR	Εγγυημένο ελάχιστο	Καμία	Με τη σειρά	Δεν διατηρείται	Παρέχεται ένδειξη συμφόρησης

Πίνακας 1.1 Μοντέλα υπηρεσίας Internet, ATM CBR και ATM ABR

Μεταβλητού ρυθμού (VBR – Variable Bit Rate)

Πρόκειται για εφαρμογές πραγματικού χρόνου που όμως δεν απαιτούν ταυτόχρονα αυστηρή ισόχρονη μετάδοση. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι η μετάδοση συμπιεσμένου ήχου και video, όπως σε πολλές εφαρμογές videoconference, διασυνδέσεις τοπικών δικτύων LAN, καθώς και κάθε εφαρμογή με σαφώς προβλέψιμα χαρακτηριστικά κίνησης.

Απροσδιόριστου ρυθμού (UBR – Unspecified Bit Rate)

Εξυπηρετεί εφαρμογές με ελάχιστες απαιτήσεις εξυπηρέτησης όπως για παράδειγμα μεταφορές αρχείων που εκτελούνται στο παρασκήνιο (background) μιας άλλης εφαρμογής.

Το UBR δεν εγγυάται ποιότητα εξυπηρέτησης (QoS) και δεν απαιτεί πρότερη γνώση των χαρακτηριστικών κίνησης. Χρησιμοποιείται με την επίγνωση του χρήστη ότι δεν παρέχεται εγγύηση για την καθυστέρηση μετάδοσης (cell transfer delay, cell delay variation) ή ακόμα και για την απώλεια κελιών.

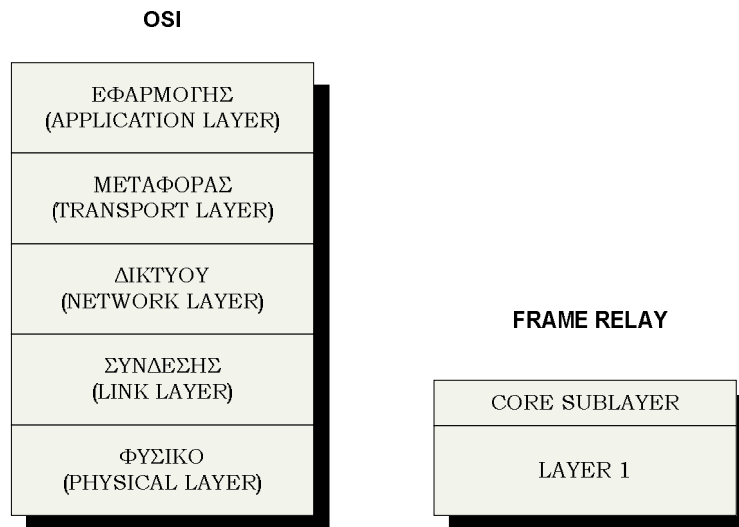
Frame Relay

Χαρακτηριστικά Πρωτοκόλλου Frame Relay [3]

Η τεχνική Frame Relay περιγράφει ένα πρωτόκολλο δευτέρου επιπέδου (link level) για αποδοτική μεταφορά δεδομένων σε υψηλές ταχύτητες και κυρίως έρχεται να καλύψει την ανάγκη διασύνδεσης τοπικών δικτύων (LAN) με δίκτυα WAN, ή LAN με LAN, όπου παρατηρείται καταιγιστική μετάδοση, δηλαδή σύντομες αλλά μεγάλου όγκου αιχμές στη μετάδοση δεδομένων. Το Frame Relay εξαπλώθηκε στην αρχή της δεκαετίας του '90 και είναι μια τεχνική μετάδοσης πακέτων για υψηλές ταχύτητες, με απλό τρόπο και ελάχιστη χρονική καθυστέρηση.

Η τεχνική Frame Relay είναι ελκυστική διότι προσφέρει μια απλής μορφής διασύνδεση μεταξύ συσκευών όπως routers, γέφυρες τοπικών δικτύων, packet switches, τηλεπικοινωνιακοί κόμβοι, controllers κλπ. Η υλοποίηση του Frame Relay στις συσκευές αυτές έγινε με εύκολο τρόπο καθώς αυτό ακολουθεί την λογική των bit oriented πρωτοκόλλων (πχ. HDLC, SDLC, X.25) και δεν απαιτεί ιδιαίτερη αναβάθμιση του hardware των συσκευών αυτών.

Το πρωτόκολλο καλύπτει μέρος μόνο του δευτέρου επιπέδου του OSI καθώς δεν υποστηρίζει λειτουργίες διόρθωσης σφαλμάτων και ελέγχου ροής όπως άλλα πρωτόκολλα του ίδιου επιπέδου, επειδή θεωρεί ότι κατά τεκμήριο υπάρχει ένα αξιόπιστο ψηφιακό μέσο μετάδοσης στο φυσικό επίπεδο. Οι λειτουργίες του ελέγχου ροής και της διόρθωσης σφαλμάτων μετατοπίζονται έτσι από το δίκτυο στους ακραίους χρήστες και υλοποιούνται σε υψηλότερα επίπεδα του μοντέλου OSI που διαθέτουν τέτοιες δυνατότητες (π.χ. TCP/IP). Επίσης οι λειτουργίες της πολύπλεξης πολλών καναλιών στην ίδια φυσική σύνδεση και η δρομολόγηση πακέτων γίνονται σε ένα υπόστρωμα του 2ου επιπέδου που ονομάζεται Data Link Core Sublayer.



Σχήμα 1.7 Τα επίπεδα (layers) OSI και Frame Relay

Η επιτυχία του πρωτοκόλλου στηρίζεται κυρίως στους παρακάτω δύο παράγοντες:

- Επειδή τα νοητά κυκλώματα (virtual circuits) δεσμεύουν χωρητικότητα (bandwidth) μόνο όταν μεταδίδουν πληροφορία, μπορούν να υπάρξουν ταυτόχρονα πολλά νοητά κυκλώματα σε μία γραμμή μετάδοσης. Επιπλέον, κάθε συσκευή μπορεί να δεσμεύσει περισσότερη χωρητικότητα όποτε κριθεί απαραίτητο και επομένως να μεταδίδει με μεγαλύτερες ταχύτητες.
- Η βελτιωμένη αξιοπιστία των τηλεπικοινωνιακών γραμμών σε συνδυασμό με την αντίληψη για αυξανόμενο φόρτο διαχείρισης λαθών στους τερματικούς σταθμούς, επιτρέπουν στο πρωτόκολλο Frame Relay να απορρίπτει πακέτα που περιέχουν λάθη και να εξαλείφει με τον τρόπο αυτό τις χρονοβόρες διαδικασίες διαχείρισης λαθών.

Αυτοί οι παράγοντες καθιστούν το Frame Relay μια πολύ καλή επιλογή για μετάδοση δεδομένων. Παρόλα αυτά απαιτούνται δοκιμές για να διαπιστωθεί ότι το δίκτυο λειτουργεί σωστά και δεν παρατηρείται απώλεια δεδομένων.

Λειτουργία Πρωτοκόλλου Frame Relay [3], [1]

Η τεχνολογία Frame Relay είναι connection oriented, παρέχει νοητά κυκλώματα (virtual circuits) και χρησιμοποιεί πλαίσια (frames) για την διακίνηση των δεδομένων. Στην connection oriented τεχνολογία διακρίνουμε τρεις φάσεις, την αποκατάσταση της σύνδεσης, την μεταφορά δεδομένων και την απόλυση της σύνδεσης. Τα νοητά κυκλώματα μπορεί να είναι μόνιμα (PVCs – Permanent Virtual Circuits) ή δυναμικά (SVCs – Switched Virtual Circuits).

Με το PVC αποκαθίσταται ένας σταθερός δρόμος δια μέσου του δικτύου για κάθε ζεύξη ακραίων τερματικών σημείων του δικτύου. Η αποκατάσταση αυτή γίνεται μια φορά κατά την αρχική σύνδεση του χρήστη, με κατάλληλο προγραμματισμό των ενδιαμέσων κόμβων από τον διαχειριστή του δικτύου. Μια και τα PVCs δημιουργούνται κατά τη φάση της συνδρομής στο δίκτυο, η σύνδεση είναι μόνιμη και δεν απαιτείται σήμανση για την αποκατάσταση και διακοπή της σύνδεσης. Ένα PVC επιτρέπει την υλοποίηση διασυνδέσεων από έναν προς πολλούς χρήστες – σε αντίθεση με τις κοινές μισθωμένες γραμμές όπου υπάρχουν τόσες γραμμές όσες και οι επικοινωνίες μεταξύ διαφορετικών χρηστών.

Με τα SVCs αντίθετα, το νοητό κύκλωμα αποκαθίσταται δυναμικά κατά τη διάρκεια επικοινωνίας. Η αποκατάσταση και ο τερματισμός ενός SVC απαιτούν την ύπαρξη κατάλληλης σήμανσης που ανταλλάσσεται μεταξύ συνδρομητή και δικτύου. Σε μια σύνδεση που υλοποιείται μέσω SVC κυκλωμάτων διακρίνονται 4 διαφορετικές καταστάσεις, η Call Setup για την αποκατάσταση κλήσης, η Data Transfer για την ανταλλαγή δεδομένων, η Idle για περιπτώσεις αδράνειας της σύνδεσης και η Call Termination για τον τερματισμό της σύνδεσης.

Τα χαρακτηριστικά μετάδοσης των δεδομένων από τον χρήστη προς το δίκτυο προσυμφωνούνται βάσει τριών παραμέτρων:

- Committed Information Rate (CIR). Ο μέσος ρυθμός μετάδοσης (σε bit/s) που το δίκτυο εγγυάται για την μεταφορά των δεδομένων.
- Committed Burst Size (BC). Το μέγεθος της προσυμφωνημένης ριπής δεδομένων που μπορούν να μεταδοθούν κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας του δικτύου – όχι σε περίοδο

συμφόρησης - και για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα $T = Bc/CIR$ (για $Bc = 128Kbps$ και $CIR = 64 Kbps$, το $T = 2 sec$).

- Excess Burst Size (BE). Ο μέγιστος αριθμός μη συμφωνημένων δεδομένων που το δίκτυο θα προσπαθήσει να μεταδώσει κατά τη διάρκεια της περιόδου T .

Μετά τη δημιουργία της σύνδεσης, το Frame Relay παρακολουθεί τη ροή των πληροφοριών ώστε αυτή να μην ξεπερνά τις προσυμφωνημένες τιμές. Σε περίπτωση υπέρβασης των συμφωνημένων τιμών, το δίκτυο απορρίπτει τα επιπλέον πακέτα.

Το Frame Relay προσφέρει έναν εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης CIR. Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας - απουσία συμφόρησης στο δίκτυο - το Frame Relay παρέχει τη δυνατότητα στιγμιαίας εξυπηρέτησης υψηλότερου ρυθμού μετάδοσης (overhead) από το συμφωνημένο με τον τηλεπικοινωνιακό φορέα. Για παράδειγμα, αν στην σύνδεση με την υπηρεσία Frame Relay έχει συμφωνηθεί ταχύτητα μετάδοσης 64 Kbps, τότε ο πάροχος εγγυάται τη μετάδοση σε αυτόν τον ρυθμό. Ωστόσο, ανάλογα με την συνολική κίνηση του δικτύου και τις δυνατότητες της γραμμής, είναι δυνατό να επιτραπούν μεταδόσεις ριπών διάρκειας 2 sec μεγαλύτερου ρυθμού μετάδοσης. Αν όμως το δίκτυο παρουσιάζει συμφόρηση, η δυνατότητα μετάδοσης είναι 64 Kbps.

Μια άλλη δυνατότητα που παρέχεται από το Frame Relay είναι ο ορισμός προτεραιοτήτων στη μετάδοση των δεδομένων. Η χρήση προτεραιοτήτων είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιπτώσεις συμφόρησης του δικτύου και χρησιμεύει στο να δηλωθεί ποια πακέτα θα απορριφθούν (συνήθως απορρίπτονται τα πακέτα που αντιστοιχούν σε κίνηση με χαμηλές απαιτήσεις καθυστέρησης). Επιτυγχάνεται με τη χρήση του πεδίου DE - Discard Eligible της επικεφαλίδας του πλαισίου. Σε περίπτωση συμφόρησης τα πλαίσια με $DE = 0$ που είναι αποτέλεσμα του CIR.

Η κάθε εταιρία τηλεπικοινωνιών έχει διαφορετική πολιτική χρήσης των παραμέτρων CIR, Bc και DE. Υπάρχουν εταιρίες που δεν επιτρέπουν υπέρβαση του CIR και σημαδεύουν όλα τα πλαίσια που υπερβαίνουν το CIR με $DE = 1$.

Τα πλαίσια των δεδομένων είναι μεταβλητού μήκους έως 4096 byte και έχουν μία μικρή κεφαλίδα (header) των 6 byte. Παραλαμβάνονται από κόμβο

σε κόμβο μέχρι τον τελικό αποδέκτη και μπορεί να αποτελούν εντολές ή

Router Name	Number SVC	Frame Window	Packet Window	Packet Size
-------------	------------	--------------	---------------	-------------

απαντήσεις.

Το μήκος των πλαισίων δηλώνει και τη φύση των υπηρεσιών του Frame Relay. Μεγάλα και μεταβλητά πλαίσια χρησιμεύουν στη μεταφορά δεδομένων και όχι στη μεταφορά φωνής ή video. Το πλαίσιο Frame Relay χρησιμοποιεί μόνο 48 bits (overhead) για τη μεταφορά των πληροφοριών διαχείρισης των πακέτων που αντιστοιχεί σε λιγότερο από το 1% του συνολικού πλαισίου. Το μεταβλητό μήκος των πλαισίων καλύπτει τις ανάγκες διαφορετικών τοπικών δικτύων (Token Ring, Ethernet) που χρησιμοποιούν διαφορετικά μήκη πλαισίων.

Διαμορφώσεις του πρωτοκόλλου στους δρομολογητές του δικτύου

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται κάποιες ενδεικτικές διαμορφώσεις (configuration) ορισμένων δρομολογητών του δικτύου που μελετάμε για το πρωτόκολλο Frame Relay, τα οποία λήφθηκαν με Telnet από τις διασυνδέσεις (ports) τους.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
 ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ
 Διαχείριση Κίνησης για Ιδιωτικό Δίκτυο WAN

Aiolou A	16	15	15	1024
Larisa A	60	15	15	1024
Volos A	16	7	2	128
Volos B	16	7	2	128
N. Ionia	16	7	2	128
Almyros	16	7	2	128
Kastoria	16	15	15	1024
AEEGA Kastorias	16	7	2	128
Ioannina	100	7	7	1024
Anexarti	16	7	2	128
Konitsa	16	7	2	128
Metsobo	16	7	2	128
Kaloutsiani	16	7	2	128
AEEGA Ioannina	16	7	2	128
Panepisthmio	16	7	2	128
KT Ioannina	16	7	2	128
Ioannina B	20	15	15	1024
Kerkyra	50	15	15	1024
KT Kerkyras	16	7	2	128
Sarokou	16	7	2	128
Leukimh	16	7	2	128
AEEGA Kerkyras	16	7	2	128
Igoumenitsa	16	15	15	1024
Igoumenitsa B	16	7	2	128
Paramythias	16	7	2	128
Filiates	16	7	2	128
Artas	50	15	15	1024
Alexandroupoli	60	15	15	1024
Komotini	32	15	15	1024

Πίνακας 1.2 Ενδεικτικές διαμορφώσεις του πρωτοκόλλου Frame Relay στους δρομολογητές του δικτύου

Επίσης, όλοι οι δρομολογητές έχουν

Όνομα Παραμέτρου	Τιμή
Number PVC	0
Starting PVC	1
Starting SVC	0
T4 Poll Timer	90

Πίνακας 1.3 Επιπλέον παράμετροι και οι τιμές τους

Ας δούμε όμως τι υποδηλώνουν αυτές οι παράμετροι.

- **Number PVC:** Καθορίζει το μέγιστο αριθμό νοητών κυκλωμάτων που χρησιμοποιούνται για τα μόνιμα νοητά κυκλώματα (PVCs). Ο συνολικός αριθμός των PVCs και SVCs μιας ζεύξης (link) θα πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν μικρότερος. Οι τιμές της παραμέτρου κυμαίνονται από 0 έως 128, ενώ η εξ ορισμού (default) τιμή είναι το 0.
- **Starting PVC:** Ο αριθμός του αρχικού (πρώτου) νοητού κυκλώματος για τα PVC της ζεύξης. Σε περίπτωση που $\text{Number PVC} = 0$, αυτή η παράμετρος αγνοείται. Έχει εξ ορισμού την τιμή 1, ενώ μπορεί να λάβει τιμές από 1 έως 4095.
- **Number SVC:** Καθορίζει τον αριθμό των νοητών κυκλωμάτων που χρησιμοποιούνται από τα δυναμικά κυκλώματα (SVCs). Μπορούν να καθοριστούν μέχρι 4096 SVCs για κάθε διεπαφή (port). Ωστόσο, όμως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ο συνολικός αριθμός των PVCs και SVCs μιας ζεύξης θα πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν μικρότερος και σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να ξεπερνά τα 4096. Η εξ ορισμού τιμή για αυτή την παράμετρο είναι το 16.
- **Starting SVC:** Ο αριθμός του αρχικού (πρώτου) νοητού κυκλώματος για τα SVC της ζεύξης. Σε περίπτωση που $\text{Number SVC} = 0$, αυτή η παράμετρος αγνοείται. Έχει εξ ορισμού την τιμή 1, ενώ μπορεί να λάβει τιμές από 1 έως 4095.
- **T4 Poll Timer:** Η παράμετρος καθορίζει το πόσο συχνά ελέγχεται αν μία αδρανής (idle) ζεύξη συνδέθηκε με κάποια απομακρυσμένη συσκευή. Η τιμή 0 απενεργοποιεί αυτό τον έλεγχο. Οι τιμές αντιστοιχούν σε δέκατα του δευτερολέπτου (κατά συνέπεια, η τιμή 90 αντιστοιχεί σε 9 sec). Η default τιμή της παραμέτρου είναι το 40, ενώ εκτός από το 0, μπορεί να λάβει τιμές από 10 έως 255.
- **K Frame Window:** Καθορίζει τον αριθμό των πλαισίων τα οποία μπορούν να αποσταλούν χωρίς να υπάρχει βεβαίωση λήψης (unacknowledged). Η τιμή της παραμέτρου θα πρέπει να είναι σχετικά υψηλή για ζεύξεις με

μεγάλες καθυστερήσεις. Επίσης, η παράμετρος θα πρέπει να έχει την ίδια τιμή και στα δύο άκρα της ζεύξης. Οι τιμές της κυμαίνονται από 1 έως 15 με την εξ ορισμού να είναι η 7.

- K Packet Window: Καθορίζει το μέγεθος παραθύρου επιπέδου πακέτου. Η παράμετρος θα πρέπει να έχει την ίδια τιμή και στα δύο άκρα της ζεύξης. Οι τιμές της κυμαίνονται από 1 έως 15 με την εξ ορισμού να είναι η 2.
- P Packet Size: Καθορίζει το μέγιστο μέγεθος πακέτου (σε byte) για επικοινωνία σε αυτή τη ζεύξη. Η παράμετρος θα πρέπει να έχει την ίδια τιμή και στα δύο άκρα της ζεύξης. Η default τιμή είναι η 128, ενώ άλλες τιμές που μπορεί να λάβει η παράμετρος είναι 256, 512, 1024.

Όπως παρατηρούμε σε όλους τους δρομολογητές οι τιμές των παραμέτρων Number PVC και Starting PVC είναι 0 και 1 αντίστοιχα. Κατά συνέπεια οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι δεν χρησιμοποιούνται PVCs. Αντιθέτως σε κάθε ζεύξη υπάρχει ένας αριθμός από SVCs. Η παράμετρος Number SVC στις περισσότερες ζεύξεις έχει την εξ ορισμού τιμή 16, όμως όπου κρίνεται ότι υπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις σε νοητά κυκλώματα, η τιμή αυτή μεγαλώνει. Η παράμετρος Poll Timer έχει παντού την τιμή 90. Τα Frame Window και Packet Window έχουν επίσης στις περισσότερες περιπτώσεις τις default τιμές 7 και 2 αντίστοιχα. Ωστόσο, σε ορισμένες ζεύξεις με μεγαλύτερες καθυστερήσεις, οι παράμετροι αυτοί λαμβάνουν την μέγιστη τιμή 15. Το Packet Size τέλος έχει συνήθως την τιμή 128, ενώ σε ζεύξεις με μεγαλύτερη κίνηση λαμβάνει την τιμή 1024.

Ethernet

Χαρακτηριστικά Πρωτοκόλλου Ethernet [1], [3], [4]

Το Ethernet έχει καταλάβει σχεδόν πλήρως την αγορά των LAN. Υπάρχουν πολλοί λόγοι για την επιτυχία του Ethernet. Ήταν το πρώτο ευρέως αναπτυχθέν LAN υψηλής ταχύτητας. Επειδή αναπτύχθηκε νωρίς, οι διαχειριστές δικτύων εξοικειώθηκαν με αυτό - με τα καλά του και τα κακά του - και ήταν απρόθυμοι να αλλάξουν σε άλλες τεχνολογίες LAN, όταν εμφανίστηκαν οι νέες τεχνολογίες. Δεύτερο, ο δακτύλιος σκυτάλης, το FFDI και το ATM ήταν πιο περίπλοκα και ακριβά από το Ethernet, κάτι που αποθάρρυνε περισσότερο τους διαχειριστές δικτύων από το να αλλάξουν. Τρίτο, ο σοβαρότερος λόγος για αλλαγή σε μια άλλη τεχνολογία LAN ήταν συνήθως ο ταχύτερος ρυθμός δεδομένων της νέας τεχνολογίας. Όμως το Ethernet αντεπιτέθηκε παράγοντας εκδόσεις που λειτουργούσαν με ίδιους ή υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων.

Το σημερινό Ethernet δίνεται σε πολλά σχήματα και μορφές. Ένα LAN Ethernet μπορεί να έχει μια τοπολογία διαύλου ή μια τοπολογία αστέρα. Μπορεί να λειτουργεί επάνω σε ομοαξονικό καλώδιο, σε χάλκινο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους ή επάνω σε οπτικές ίνες. Ακόμη, το Ethernet μπορεί να εκπέμπει δεδομένα σε διαφορετικούς ρυθμούς, συγκεκριμένα, σε ρυθμούς 10Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps ή ακόμη και 10 Gbps. Αλλά αν και παρέχεται σε διάφορες παραλλαγές, όλες οι τεχνολογίες έχουν μερικά κοινά σημαντικά χαρακτηριστικά.

Λειτουργία Πρωτοκόλλου Ethernet [1], [3], [4]

Τα δίκτυα Ethernet ορίζονται από τις προδιαγραφές του προτύπου IEEE 802.3. Είναι στη συντριπτική πλειοψηφία τους δίκτυα βασικού εύρους συχνοτήτων (BaseBand), κάτι που σημαίνει ότι όλα τα σήματα μεταδίδονται στην ίδια συχνότητα. Τα μηχανήματα ενός δικτύου Ethernet μοιράζονται όλα το ίδιο καλώδιο, σε μία τοπολογία διαύλου.

Το πρότυπο IEEE 802.3 ορίζει την τοπολογία διαύλου Πολλαπλής Πρόσβασης Ανίχνευσης Φέροντος Σήματος με Εντοπισμό Συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection - CSMA/CD). Όταν ένας κόμβος θέλει να μεταδώσει, ελέγχει το κανάλι μετάδοσης και αν αυτό είναι ελεύθερο - δεν υπάρχει φέρον σήμα - στέλνει τα δεδομένα. Αν δύο κόμβοι στείλουν ταυτόχρονα σήμα, τότε έχουμε σύγκρουση των σημάτων. Η σύγκρουση

ανιχνεύεται από τους κόμβους που σταματούν τη μετάδοση και επιχειρούν ξανά να μεταδώσουν μετά από ένα τυχαίο χρονικό διάστημα. Το χρονικό διάστημα που ένας κόμβος περιμένει πριν μεταδώσει ξανά είναι διαφορετικό για κάθε κόμβο.

Σε ένα δίκτυο Ethernet ο χρόνος που πρέπει ένας κόμβος να περιμένει για να μεταδώσει, είναι δύο φορές ο χρόνος ($2t$) μετάδοσης στο μέγιστο μήκος του καλωδίου. Για να υπολογίσουμε το χρόνο $2t$, παίρνουμε τη χειρότερη περίπτωση, θεωρούμε δηλαδή ότι ο κόμβος στη μία άκρη του καλωδίου μεταδίδει στον κόμβο που βρίσκεται στην άλλη άκρη του καλωδίου. Θεωρούμε ότι η καθυστέρηση μετάδοσης ενός bit από τον ένα κόμβο στον άλλο είναι t , όπως επίσης t είναι και ο μέγιστος χρόνος που χρειάζεται ο κόμβος που μεταδίδει για τον εντοπισμό μιας πιθανής σύγκρουσης του σήματος.

Το κύριο μειονέκτημα του Ethernet είναι ότι σε συνθήκες αυξημένου φόρτου – όταν δηλαδή πολλοί σταθμοί θέλουν να μεταδώσουν – οι συγκρούσεις αυξάνονται πολύ με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η καθυστέρηση μετάδοσης. Το Ethernet αρχίζει να έχει προβλήματα μετάδοσης όταν η κίνηση υπερβαίνει το 37% της χωρητικότητας του δικτύου.

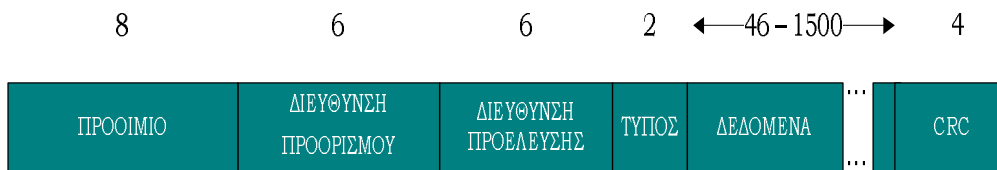
Μια παραλλαγή της παραπάνω μεθόδου πρόσβασης, η Πολλαπλή Πρόσβαση με Ανίχνευση Φέροντος Σήματος με Αποφυγή Συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance – CSMA/CA) χρησιμοποιεί ένα σήμα – που το στέλνει ο κόμβος που θέλει να μεταδώσει για να ειδοποιήσει τους υπόλοιπους κόμβους για την επικείμενη μετάδοση. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγονται οι συγκρούσεις.

Το πρότυπο IEEE ορίζει πολλές κατηγορίες δικτύων Ethernet. Τα ονόματα αυτών των δικτύων είναι τυποποιημένα σύμφωνα με τον κανόνα XBaseY, όπου:

- Το X δηλώνει την ταχύτητα του δικτύου, 10, 100 ή 1000 Mbps. Η ταχύτητα του δικτύου ορίζει και τρεις υποκατηγορίες δικτύων Ethernet. Τα δίκτυα των 10 Mbps, των 100 Mbps και των 1000 Mbps.
- Η λέξη Base δηλώνει ότι το δίκτυο είναι βασικού εύρους ζώνης. Αυτό σημαίνει ότι όλο το εύρος ζώνης του μέσου μετάδοσης χρησιμοποιείται για τη μετάδοση ενός και μόνο ψηφιακού σήματος. Σε ένα τέτοιο μέσο μόνο η πολύπλεξη χρόνου είναι δυνατή.

- Το Υ δηλώνει είτε το υλικό των καλωδίων, είτε το μήκος των καλωδίων.

Τα πλαίσια ή frames στο Ethernet έχουν μεταβλητό μήκος από 64 έως 1518 byte. Η κεφαλίδα (header) που προστίθεται έχει μήκος 18 byte, επομένως το πεδίο δεδομένων έχει μεταβλητό μήκος από 46 έως 1500 byte. Μεταξύ διαδοχικών πλαισίων πρέπει να υπάρχει αναγκαστικά ένα κενό διάρκειας τουλάχιστον 9,6 μsec ώστε ο δέκτης να μπορεί να ανιχνεύσει το πέρας της εκπομπής κάθε πλαισίου.

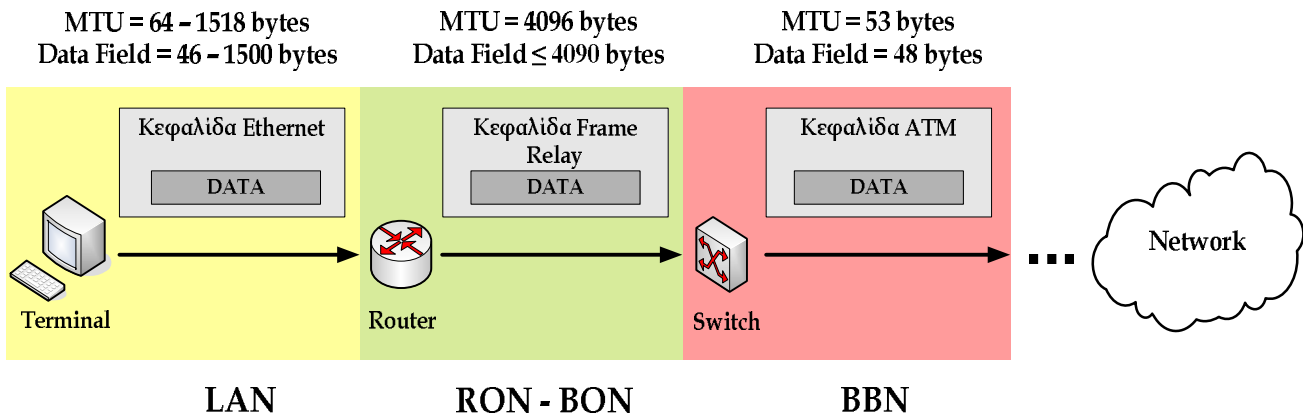


Σχήμα 1.8 Δομή πλαισίου Ethernet

Μετάδοση δεδομένων μέσω των διαφόρων πρωτοκόλλων

Όπως είδαμε παραπάνω και όπως θα αναμέναμε, χρησιμοποιούνται διαφορετικά πρωτόκολλα κατά μήκος τους δικτύου. Υπάρχει το πρωτόκολλο Ethernet το οποίο διασυνδέει τα τερματικά των καταστημάτων και χρησιμοποιείται για να μεταφέρει δεδομένα στα πλαίσια των LAN των καταστημάτων. Υπάρχει ακόμη το πρωτόκολλο Frame Relay το οποίο υλοποιεί την επικοινωνία μεταξύ router αλλά και μεταξύ router και switch στο Δίκτυο Πρόσβασης. Τέλος, χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο ATM για τη μετάδοση πληροφοριών στο Backbone δίκτυο μεταξύ switches.

Τι ακριβώς συμβαίνει όμως καθώς ένα πακέτο μεταφέρεται μεταξύ διαφορετικών τμημάτων του δικτύου; Το παρακάτω σχήμα περιγράφει αναλυτικά την διαδικασία.



Σχήμα 1.9 Μετάδοση δεδομένων μέσω των διαφόρων πρωτοκόλλων

Τα προς μετάδοση δεδομένα, παράγονται στα τερματικά και στη συνέχεια "πακετάρονται" σε πλαίσια Ethernet. Αν ο προορισμός τους βρίσκεται εντός του ίδιου LAN, δε φτάνουν ποτέ στα δίκτυα BON και RON. Σε διαφορετική περίπτωση, τα δεδομένα προωθούνται στον router. Εκείνος θα απομονώσει τα δεδομένα από τις κεφαλίδες, θα τα ενσωματώσει σε ένα νέο πλαίσιο, Frame Relay αυτή τη φορά, και θα τα αποστείλει στον επόμενο προορισμό που μπορεί να είναι κάποιος άλλος router ή κάποιο switch. Όταν το πακέτο φτάσει σε ένα switch, θα απομονωθούν και πάλι τα data από την κεφαλίδα Frame Relay, πιθανώς θα τεμαχιστούν ώστε να ικανοποιείται η MTU (Maximum Transfer Unit) του ATM, θα προστεθεί μια νέα κεφαλίδα ATM και το νέο κελί ATM θα προωθηθεί στο Backbone δίκτυο.

Για να φτάσει ένα πακέτο δεδομένων στον προορισμό του θα ακολουθηθεί η αντίστροφη ακριβώς διαδικασία. Μόλις δηλαδή φτάσει το πακέτο στο δίκτυο - στόχο, θα πρέπει να μετατραπεί διαδοχικά από κελί ATM σε πλαίσιο Frame Relay και στη συνέχεια σε πλαίσιο Ethernet πριν φτάσει στον τελικό προορισμό του.

1.3.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΥΨΗΛΟΤΕΡΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

SNA [3], [15]

Η SNA (System Network Architecture) πρωτοξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του 1970 και έκτοτε έχει αλλάξει αρκετά. Αποτελεί μια αρκετά διαδοσμένη αρχιτεκτονική της IBM για την οποία έχουν κατασκευαστεί προϊόντα software και hardware. Καλύπτει κυρίως κεντροποιημένα δίκτυα και στην πράξη προσδιορίζει τον τρόπο με τον οποίο τα δεδομένα ταξιδεύουν στο δίκτυο, τα απαιτούμενα εργαλεία λογισμικού και τα χαρακτηριστικά της επικοινωνίας.

Ο βασικός στόχος της SNA είναι να μπορεί οποιοσδήποτε με ένα τερματικό, να μπαίνει σε μια εφαρμογή χωρίς να είναι υποχρεωμένος να γνωρίζει τεχνικές λεπτομέρειες για τον τρόπο και τον δρόμο που πρέπει να πάρει η οποιαδήποτε πληροφορία (που ευρίσκεται στο πρόγραμμα κλπ.). Το μόνο που θα πρέπει να γνωρίζει κανείς είναι το πώς να χειρίζεται το τερματικό και πώς να εργάζεται μέσα στην εφαρμογή.

Η δικτύωση IBM σήμερα αποτελείται κυρίως από δύο αυτόνομες αρχιτεκτονικές, οι οποίες έχουν κοινή όμως προέλευση. Πριν την ανάπτυξη των σύγχρονων δικτύων, επικρατούσε η System Network Architecture (SNA) της IBM. Με την έλευση των προσωπικών υπολογιστών (personal computers - pcs), και του μοντέλου πελάτη - εξυπηρέτη (client-server), η ανάγκη για δικτύωση βασισμένη σε ομότιμα συστήματα (peer-based) οδήγησε την IBM στην δημιουργία της Advanced Peer-to-Peer Networking (APPN) και του Advanced Program-to-Program Computing (APPC).

Παρόλο που πολλές από πολλές από τις τεχνολογίες που συσχετιζόταν με την, βασισμένη σε mainframes, τεχνολογία SNA έχουν υιοθετηθεί και στα δίκτυα βασισμένα σε APPN, υπάρχουν ορισμένες ουσιαστικές διαφορές.

Παραδοσιακά Περιβάλλοντα SNA

Η SNA αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1970 με μία γενική δομή αντίστοιχη με το OSI μοντέλο αναφοράς. Στο SNA, ένα mainframe στο οποίο εκτελείται η Advanced Communication Facility/Virtual Telecommunication Access Method (ACF/VTAM) χρησιμεύει ως hub (κομβικό σημείο) σε ένα

δίκτυο SNA. Η ACF/VTAM είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία όλων των session και για την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των πόρων. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον, οι πηγές είναι αυστηρά προκαθορισμένες, εξαλείφοντας έτσι την απαίτηση για broadcast κίνηση και ελαχιστοποίηση του φόρτου κεφαλίδων (header overhead). Στη συνέχεια συνοψίζονται η θεμελιώδης αρχιτεκτονική και τα βασικά συστατικά της παραδοσιακής δικτύωσης SNA.

IBM SNA Architecture

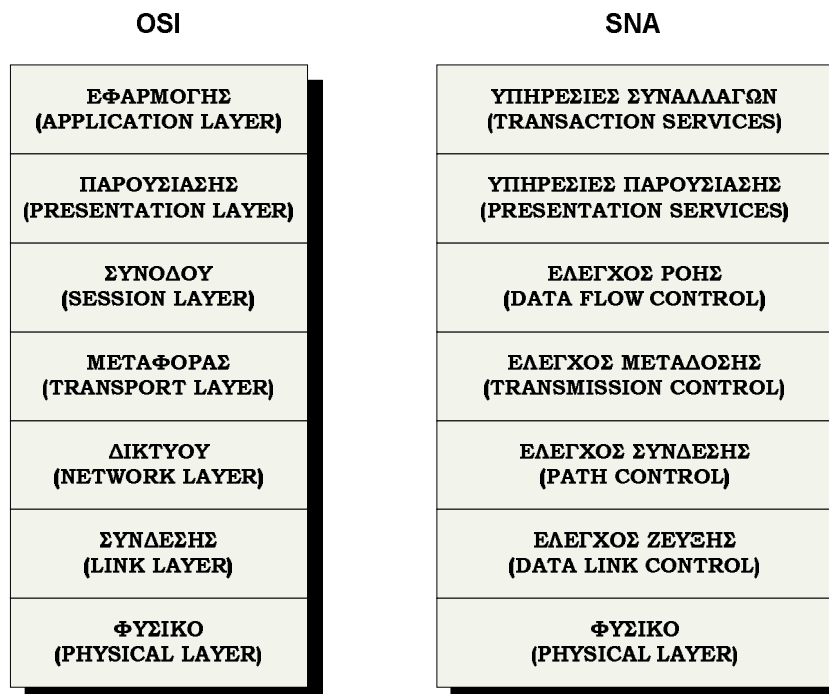
Τα συστατικά του μοντέλου SNA της IBM, θυμίζουν πολύ εκείνα του OSI μοντέλου. Η περιγραφή που ακολουθεί παρουσιάζει τον ρόλο του κάθε τέτοιου συστατικού SNA στην εξασφάλιση συνδεσιμότητας μεταξύ των μερών του SNA.

- Data-link control (DLC) – Ορίζει διάφορα πρωτόκολλα, μεταξύ των οποίων το Synchronous Data Link Control (SDLC) για ιεραρχική επικοινωνία και το πρωτόκολλο Token Ring για επικοινωνία ανάμεσα σε peers (ομότιμους υπολογιστές) ενός δικτύου LAN. Ο ρόλος των λειτουργιών του είναι η αναγνώριση και διόρθωση σφαλμάτων
- Path control – σκοπός του είναι να αποκαταστήσει το δρόμο μέσα στο δίκτυο μεταξύ των δύο ακραίων σημείων της επικοινωνίας, να ρυθμίσει τον έλεγχο ροής στο δίκτυο και να τακτοποιήσει τα μηνύματα στην λήψη. Πραγματοποιεί πολλές λειτουργίες, αντίστοιχες με εκείνες του επιπέδου Δικτύου (Network layer) στο OSI, περιλαμβανομένης της δρομολόγησης αλλά και της κατάτμησης και επανένωσης (SAR) των πακέτων (datagrams).
- Transmission control – Ελέγχει εν γένει το κατά πόσο ένα session έχει αποκατασταθεί σύμφωνα με τους επιθυμητούς κάθε φορά κανόνες, ενώ διαχειρίζεται παράλληλα τους buffer στην επικοινωνία μεταξύ των Logical Units (LU). Παρέχει μία αξιόπιστη από άκρο σε άκρο (end-to-end) υπηρεσία σύνδεσης, καθώς επίσης και υπηρεσίες κρυπτογράφησης και αποκρυπτογράφησης.
- Data flow control – Είναι επιφορτισμένο με την τήρηση ενός οργανωμένου και ταξινομημένου διαλόγου σε κάθε σύνδεση (session) προετοιμάζοντας τα μηνύματα για την εκπομπή τους. Διαχειρίζεται διαδικασίες αίτησης και απόκρισης, καθορίζει το ποιος έχει σειρά να

μεταδώσει, ομαδοποιεί τα μηνύματα και διακόπτει τη ροή δεδομένων όταν ζητηθεί.

- Presentation services – Εκτελεί υπηρεσίες διαχείρισης των δεδομένων είναι υπεύθυνο για την κατάλληλη ενεργοποίηση των μηνυμάτων για την εκπομπή τους. Από την άλλη μεριά το επίπεδο αυτό φροντίζει για την αποκωδικοποίηση των data και την κατάλληλη εμφάνισή τους στη συσκευή του χρήστη. Καθορίζει τους αλγορίθμους μετασχηματισμού οι οποίοι μετατρέπουν τα δεδομένα από μια μορφή σε μία άλλη, συντονίζει τη διανομή των πόρων και συγχρονίζει τις λειτουργίες συναλλαγής (transaction operations).
- Transaction services – Είναι το επίπεδο υπηρεσιών του τελικού χρήστη. Παρέχει υπηρεσίες εφαρμογών με τη μορφή προγραμμάτων που υλοποιούν κατανεμημένη επεξεργασία ή υπηρεσίες διαχείρισης.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η SNA δεν καθορίζει συγκεκριμένα πρωτόκολλα για το φυσικό επίπεδο. Το φυσικό επίπεδο θα πρέπει να υλοποιείται μέσα από άλλα standard.

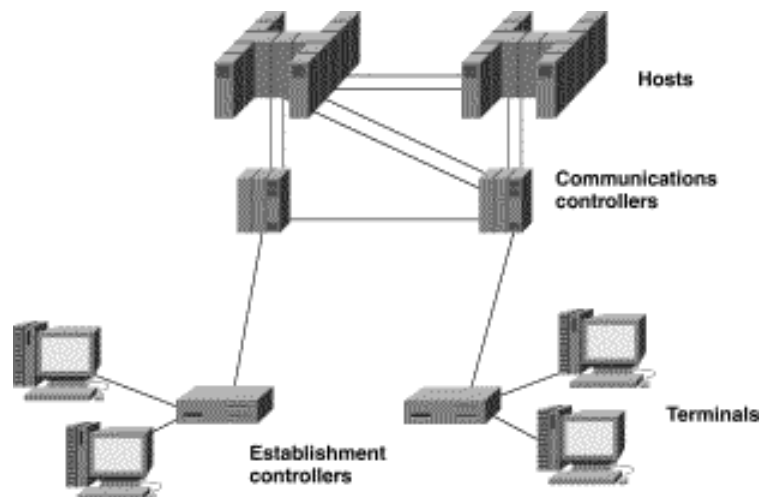


Σχήμα 1.10 Τα επίπεδα (layers) OSI και SNA

Μία βασική δομή στην αρχιτεκτονική SNA αποτελεί το path control network, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη μετακίνηση πληροφοριών και τη διευκόλυνση της επικοινωνίας ανάμεσα σε κόμβους διαφορετικών δικτύων. Το περιβάλλον του path control network χρησιμοποιεί λειτουργίες που παρέχονται από τα path control και data link control (DLC) επίπεδα. Το path control network είναι ένα υποσύνολο του δικτύου μεταφοράς της IBM (IBM transport network).

Φυσικές Οντότητες (Physical Entities) της SNA

Οι παραδοσιακές φυσικές οντότητες της SNA προβλέπουν μία από τις ακόλουθες τέσσερις μορφές hosts, communications controllers (ελεγκτές επικοινωνιών), establishment controllers, ή terminal (τερματικά). Οι host ελέγχουν όλο ή μέρος ενός δικτύου και τυπικά οι λειτουργίες τους περιλαμβάνουν υπολογισμούς, εκτελέσεις προγραμμάτων, προσβάσεις σε βάσεις δεδομένων και διαχείριση του δικτύου. (Ένα παράδειγμα ενός host συστήματος σε ένα παραδοσιακό περιβάλλον SNA αποτελεί ένα S/370 mainframe). Οι communications controllers διαχειρίζονται το φυσικό δίκτυο και ελέγχουν τα link. Πιο συγκεκριμένα, οι communications controllers – επίσης γνωστοί ως front-end processors (FEPs) – χρησιμοποιούνται για τη δρομολόγηση δεδομένων (Ένα παράδειγμα ενός communications controller είναι ο 3745). Οι establishment controllers συνήθως αποκαλούνται και cluster controllers. Αυτές οι συσκευές ελέγχουν λειτουργίες εισόδου – εξόδου προσαρτημένων συσκευών, όπως τα τερματικά (Παράδειγμα ενός establishment controllers αποτελεί ο 3174). Τα τερματικά, αποκαλούμενα και workstations (σταθμοί εργασίας), παρέχουν στο χρήστη τη διασύνδεση με το δίκτυο. (Ένα τυπικό παράδειγμα θα μπορούσε να αποτελεί ένα 3270)



Σχήμα 1.11 Φυσικές οντότητες SNA

IBM SNA Data-Link Control

Το επίπεδο data-link control (DLC) υποστηρίζει έναν αριθμό μέσων, κάθε ένα από τα οποία είναι σχεδιασμένο για να παρέχει πρόσβαση σε συσκευές και χρήστες με διαφορετικές απαιτήσεις. Οι τύποι μέσων που υποστηρίζονται περιλαμβάνουν κανάλια mainframe, SDLC, X.25 και Token Ring μεταξύ άλλων.

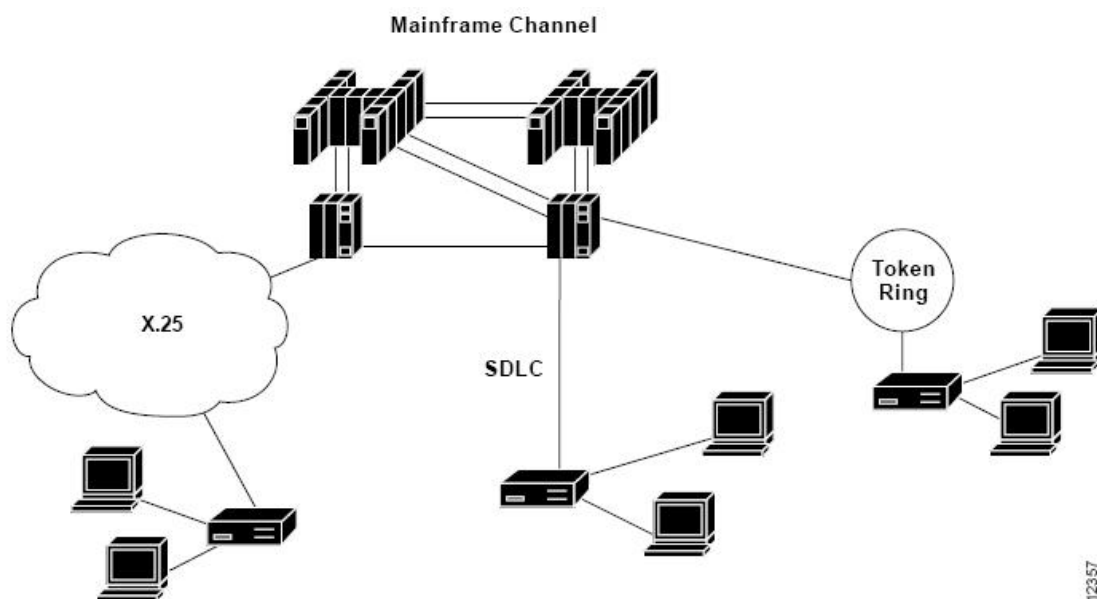
Ένα κανάλι mainframe παρέχει έναν διαυλο (parallel-data channel) που χρησιμοποιεί direct memory access (DMA) τεχνικές μετακίνησης δεδομένων. Συνδέει IBM hosts μεταξύ τους και με communications controllers μέσω πολλαπλών καλωδίων. Το μήκος αυτών των καλωδίων ανέρχεται συνήθως σε μερικά εκατοντάδες μέτρα. Ένα τέτοιο κανάλι μπορεί να μεταφέρει δεδομένα με ρυθμούς από 3 έως 4,5 Mbps. Το Enterprise Systems Connection (ESCON) mainframe περιβάλλον της IBM επιτρέπει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης και μπορεί να καλύψει μεγαλύτερες φυσικές αποστάσεις. Γενικά, ένα ESCON μεταφέρει πληροφορίες με ρυθμό 18 Mbps και υποστηρίζει μία σημείο-προς-σημείο (point-to-point) σύνδεση που φτάνει σε μήκος έως και μερικά χιλιόμετρα. Για να επιτρέψει υψηλότερους ρυθμούς και να καλύψει μεγαλύτερες αποστάσεις, το ESCON χρησιμοποιεί οπτική ίνα σαν μέσο μετάδοσης.

Το SDLC απαντάται πολύ συχνά σε δίκτυα SNA, για να συνδέσει μεταξύ τους communications και establishment controllers αλλά και για να μεταφέρει δεδομένα μέσω τηλεπικοινωνιακών διαύλων.

Το X.25 χρησιμοποιείται κυρίως για διασυνδέσεις WAN. Ένα δίκτυο X.25 εγκαθίσταται ανάμεσα σε δύο SNA κόμβους και χρησιμεύει ως ένα απλό link. Το SNA το χρησιμοποιεί σαν πρωτόκολλο πρόσβασης και οι κόμβοι του θεωρούνται γειτονικοί στα πλαίσια του X.25. Για τη διασύνδεση των κόμβων ενός X.25 WAN, το SNA απαιτεί δυνατότητες του DLC πρωτοκόλλου τις οποίες το X.25 δεν παρέχει. Για να καλυφθεί αυτή η "αδυναμία", έχουν υιοθετηθεί ορισμένα εξειδικευμένα πρωτόκολλα DLC, όπως η physical services header (κεφαλίδα φυσικών υπηρεσιών), το Qualified Logical Link Control (QLLC) και το Enhanced Logical Link Control (ELLC).

Τα Token Ring δίκτυα αποτελούν την κύρια μέθοδο του DLC για την παροχή πρόσβασης σε μέσα, συσκευών βασιζόμενων σε LAN (LAN-based devices). Το Token Ring που υποστηρίζεται από την IBM, είναι στην πραγματικότητα το ίδιο με το IEEE 802.5 πρωτόκολλο πρόσβασης.

Εκτός όμως από τα αναφερόμενα, η IBM παρέχει υποστήριξη και για μερικά άλλα ευρέως χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα, όπως το IEEE 802.3/Ethernet, το Fiber-Distributed Data Interface (FDDI) και το Frame Relay.



Σχήμα 1.12 Η SNA έχει εξελιχθεί για να υποστηρίξει ένα πλήθος μέσων

IBM Network Addressable Units (NAUs)

Η SNA ορίζει τρία κύρια Network Addressable Units (NAUs – Στοιχεία δικτύου που είναι δυνατό να φέρουν κάποια διεύθυνση) : logical units (λογικές μονάδες), physical units (φυσικές μονάδες), και control points (σημεία ελέγχου), τα οποία έχουν σημαντικό ρόλο στην δημιουργία συνδέσεων μεταξύ των συστημάτων ενός δικτύου.

Οι logical units (LUs) λειτουργούν σαν πόρτες που παρέχουν πρόσβαση (end-user access ports) σε ένα SNA δίκτυο. Επίσης, διαχειρίζονται την μετάδοση των πληροφοριών μεταξύ των χρηστών.

Οι physical units (PUs) χρησιμοποιούνται για την επίβλεψη και τον έλεγχο των ζεύξεων και των πόρων κάποιου συγκεκριμένου κόμβου. Υλοποιούνται στους hosts με μεθόδους πρόσβασης SNA, όπως η VTAM (Virtual Telecommunication Access Method – Εικονική Τηλεπικοινωνιακή Μέθοδος Πρόσβασης). Επίσης υλοποιούνται στους communications controllers από προγράμματα ελέγχου δικτύου (NCPs)

Τα control points (CPs) διαχειρίζονται τους κόμβους και τους πόρους τους. Διαφέρουν από τις PUs γιατί ενώ εκείνες εκτελούν ενέργειες, αυτά καθορίζουν ποιες ενέργειες θα πρέπει να γίνουν. Ένα παράδειγμα CP είναι το system services control point (SSCP – Σημείο Ελέγχου Υπηρεσιών Συστήματος). Τέτοια SSCPs μπορούν να βρεθούν σε έναν PU 5 κόμβο ή να υλοποιηθούν με τη βοήθεια μιας μεθόδου πρόσβασης όπως η VTAM.

IBM SNA Nodes

Οι κόμβοι του παραδοσιακού SNA μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες: κόμβοι υποπεριοχής (subarea nodes) και περιφερειακοί κόμβοι (peripheral nodes).

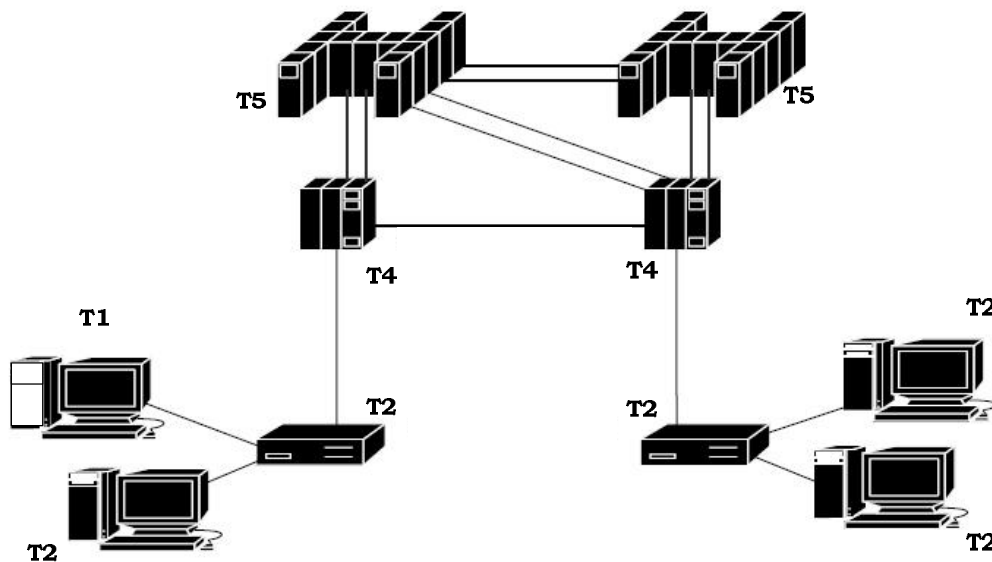
Οι κόμβοι υποπεριοχής παρέχουν όλες τις υπηρεσίες δικτύου, στις οποίες περιλαμβάνονται η δρομολόγηση και η αντιστοίχιση μεταξύ τοπικών και απομακρυσμένων διευθύνσεων. Το ενδιαφέρον εστιάζεται κυρίως σε δύο είδη κόμβων υποπεριοχής: τους κόμβους τύπου 4 και 5.

Σε ένα κόμβο τύπου 4 (T4) συνήθως βρίσκεται ένας communications controller, όπως ο 3745. Παράδειγμα ενός κόμβου T4 αποτελεί ένα NPC, το

οποίο δρομολογεί δεδομένα και ελέγχει τη ροή ανάμεσα σε έναν επεξεργαστή και άλλους δικτυακούς πόρους.

Σε έναν τύπου 5 κόμβο (T5) βρίσκεται συνήθως ένας host, όπως ένα S/370 mainframe. Ένα παράδειγμα T4 κόμβου, είναι μία VTAM που τρέχει σε ένα IBM mainframe. Η VTAM ελέγχει τη λογική ροή των δεδομένων σε ένα δίκτυο, παρέχει τη διασύνδεση ανάμεσα σε υποσυστήματα εφαρμογών (application subsystems) και τα προστατεύει από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.

Οι περιφερειακοί κόμβοι χρησιμοποιούν μόνο τοπική διευθυνσιοδότηση και επικοινωνούν με άλλους κόμβους μέσω κόμβων υποπεριοχής. Οι κόμβοι τύπου 2 (T2) είναι εκείνοι που ενδιαφέρουν περισσότερο, παρόλο που το SNA καθορίζει και έναν τύπου 1 (T1) περιφερειακό κόμβο. Οι T2 τυπικά περιλαμβάνουν ευφυή τερματικά (όπως το 3270) ή establishment controllers (όπως ο 3174). Οι T1 κόμβοι θεωρούνται πλέον απαρχαιωμένοι, αλλά όταν χρησιμοποιούνταν έδρευαν σε μη-ευφυή τερματικά. Το ακόλουθο σχήμα απεικονίζει τους διάφορους τύπους SNA κόμβων και τις μεταξύ τους σχέσεις.



Σχήμα 1.13 Οι περιφερειακοί κόμβοι επικοινωνούν με άλλους κόμβους μέσω των κόμβων υποπεριοχής

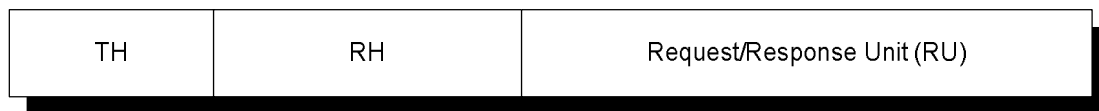
Η δομή της πληροφορίας στην SNA

Όπως είναι λογικό, τα δεδομένα σε μια επικοινωνία σε SNA περιβάλλον, είναι δομημένα με ένα τυποποιημένο τρόπο. Όπως σε όλες τις δομημένες αρχιτεκτονικές, έτσι και στην SNA τα διάφορα επίπεδα δηλώνουν την παρουσία τους στις κεφαλίδες (headers) των δεδομένων (data).

Request/Response Unit (RU). Η request unit είναι το μήνυμα (ή μέρος αυτού) που θα ταξιδέψει στο δίκτυο. Στην ουσία είναι τα ωφέλιμα data που εκπέμπονται συν τους control χαρακτήρες για οθόνες και εκτυπωτές. Η response unit είναι στην ουσία η απάντηση στο request και δεν περιέχει δεδομένα.

Request/Response Header (RH). Μήκους 3 bytes και χρησιμοποιείται από το επίπεδο transmission control ως κεφαλίδα στην RU.

Transmission Header (TH). Περιέχει πληροφορίες δρομολόγησης και χρησιμοποιείται από το επίπεδο path control ως header στα RH, RU.



Σχήμα 1.14 Η δομή της πληροφορίας στην SNA

IP [4], [16]

Το Internet Protocol (IP) έχει σχεδιαστεί για χρήση σε αλληλοσυνδεόμενα συστήματα δικτύων μεταγωγής πακέτου (packet-switched). Το πρωτόκολλο internet παρέχει μεταδιδόμενα μπλοκ δεδομένων που αποκαλούνται datagrams (δεδομενογράμματα) από την προέλευση στον προορισμό, όπου προελεύσεις και προορισμοί είναι hosts στους οποίους αποδίδονται σταθερού μήκους διευθύνσεις. Έχει επίσης τη δυνατότητα να κατακερματίσει και να επανενώσει μεγάλα datagram, όταν κριθεί απαραίτητο, για μετάδοση σε δίκτυα "μικρών πακέτων".

Το internet protocol είναι σαφώς περιορισμένο ώστε να παρέχει τις συναρτήσεις που είναι απαραίτητες για την παράδοση ενός πακέτου από bit

(ενός internet datagram) από μια προέλευση σε έναν προορισμό. Δεν υπάρχουν μηχανισμοί για την αύξηση των από άκρο σε άκρο (end-to-end) υπηρεσιών, όπως της αξιοπιστίας δεδομένων, του ελέγχου ροής και άλλων που συνήθως εξασφαλίζουν τα πρωτόκολλα host-to-host. Το πρωτόκολλο internet βασίζεται στις υπηρεσίες του δικτύου που το υποστηρίζει ώστε να προσφέρει διάφορα είδη και ποιότητες υπηρεσιών.

Διασυνδέσεις

Αυτό το πρωτόκολλο είναι απαραίτητο για τα host-to-host πρωτόκολλα ενός δικτύου. Επίσης βασίζεται σε πρωτόκολλα τοπικών δικτύων για να μεταφέρει το internet datagram στην επόμενη πύλη (gateway) ή στον host προορισμού.

Για παράδειγμα, ένα TCP module (διεργασία) θα πρέπει να χρησιμοποιήσει ένα internet module ώστε να μετατρέψει ένα segment (περιλαμβάνει την κεφαλίδα TCP και τα δεδομένα χρήση) σε ένα datagram. Το TCP module παρέχει σαν ορίσματα στο internet module, τις διευθύνσεις και άλλες παραμέτρους και εκείνη με τη σειρά της τις χρησιμοποιεί στην κεφαλίδα του datagram. Στη συνέχεια δημιουργεί το datagram και χρησιμοποιεί τη διασύνδεση του τοπικού δικτύου για την μετάδοσή του.

Λειτουργία

Το πρωτόκολλο internet υλοποιεί δύο βασικές λειτουργίες: διευθυνοδότηση και κατακερματισμό.

Τα internet modules χρησιμοποιούν τις διευθύνσεις τις κεφαλίδας για να μεταφέρουν τα datagrams στον προορισμό τους. Η επιλογή ενός μονοπατιού (path) για τη μετάδοση αποκαλείται δρομολόγηση. Επιπλέον, αυτά τα modules, χρησιμοποιούν άλλα πεδία της κεφαλίδας για να κατακερματίσουν και να επανενώσουν datagram, όποτε αυτό είναι αναγκαίο.

Το μοντέλο λειτουργίας προβλέπει ότι ένα internet module εδρεύει σε κάθε host που περιλαμβάνεται στο δίκτυο και σε κάθε πύλη που διασυνδέει δίκτυα. Αυτά τα modules χρησιμοποιούν κοινούς κανόνες για την ερμηνεία των

πεδίων διευθύνσεων και για τον κατακερματισμό και την επανένωση των datagrams. Επιπλέον, έχουν διαδικασίες (κυρίως στις πύλες) για τη λήψη αποφάσεων δρομολόγησης αλλά και άλλες λειτουργίες.

Τέλος το πρωτόκολλο internet μεταχειρίζεται κάθε datagram σαν ανεξάρτητη οντότητα, ασυσχέτιστη με άλλα datagrams. Δεν υπάρχουν συνδέσεις ή λογικά κυκλώματα (εικονικά ή άλλου τύπου).

Αναλυτικότερες πληροφορίες σχετικά με τη διευθυνσιοδότηση και τον κατακερματισμό IP υπάρχουν στο Παράρτημα.

Διευθυνσιοδότηση

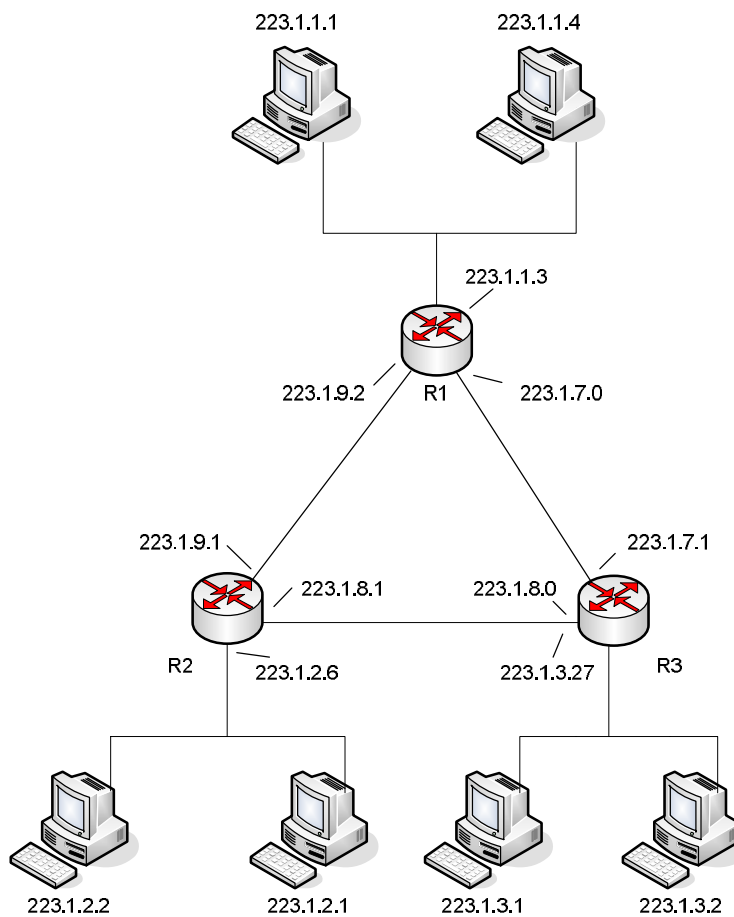
Αν και η διευθυνσιοδότηση μπορεί να φαίνεται ένα απλό και ίσως κοπιαστικό θέμα, ο συνδυασμός της διευθυνσιοδότησης και της δρομολόγησης επιπέδου δικτύου (network layer) είναι κρίσιμος και περίπλοκος.

Πριν συζητήσουμε όμως για τη διευθυνσιοδότηση IP, θα πρέπει να δούμε πως οι υπολογιστές υπηρεσίας και οι δρομολογητές συνδέονται μέσα στο δίκτυο. Ένας υπολογιστής υπηρεσίας συνήθως έχει μόνο μία ζεύξη μέσα στο δίκτυο. Όταν το IP στον υπολογιστή υπηρεσίας θέλει να στείλει ένα datagram, το κάνει επάνω σε αυτή τη ζεύξη. Το όριο ανάμεσα στον υπολογιστή υπηρεσίας και στη φυσική ζεύξη καλείται διασύνδεση (interface). Ένας δρομολογητής, από την άλλη, είναι ουσιαστικά διαφορετικός από έναν υπολογιστή υπηρεσίας. Επειδή η δουλειά ενός δρομολογητή είναι να δέχεται ένα datagram σε μια "εισερχόμενη" ζεύξη και να το προωθεί σε κάποια "εξερχόμενη", ένας δρομολογητής έχει απαραίτητα δύο ή περισσότερες ζεύξεις με τις οποίες είναι συνδεδεμένος. Το όριο ανάμεσα στον δρομολογητή και σε μια από τις ζεύξεις του ονομάζεται επίσης διασύνδεση. Ένας δρομολογητής λοιπόν έχει πολλαπλές συνδέσεις, μια για καθεμία από τις ζεύξεις του. Επειδή κάθε υπολογιστής υπηρεσίας είναι σε θέση να στέλνει και να λαμβάνει IP datagrams, το IP απαιτεί κάθε διασύνδεση υπολογιστή υπηρεσίας και δρομολογητή να έχει τη δική της διεύθυνση IP. Έτσι, μια διεύθυνση IP σχετίζεται τεχνικά με μια διασύνδεση και όχι με τον υπολογιστή υπηρεσίας ή τον δρομολογητή που περιέχει αυτή τη διασύνδεση.

Κάθε διασύνδεση σε κάθε υπολογιστή υπηρεσίας και δρομολογητή μέσα στο internet πρέπει να έχει μια διεύθυνση IP που να είναι παγκόσμια μοναδική. Αυτές οι διευθύνσεις δεν μπορούν όμως να επιλεγούν με έναν

αυθαίρετο τρόπο. Ένα τμήμα της διεύθυνσης IP μιας διασύνδεσης θα καθορισθεί από το "δίκτυο", στο οποίο συνδέεται. Σε αυτή την περίπτωση, ο όρος "δίκτυο" δεν αναφέρεται στη γενική υποδομή υπολογιστών υπηρεσίας, δρομολογητών και ζεύξεων που απαρτίζουν ένα δίκτυο. Αντί αυτού, ο όρος έχει μια πολύ ακριβή σημασία που συνδέεται στενά με τη διευθυνσιοδότηση IP.

Η παρακάτω εικόνα παρέχει ένα παράδειγμα διευθυνσιοδότησης IP και διασυνδέσεων.

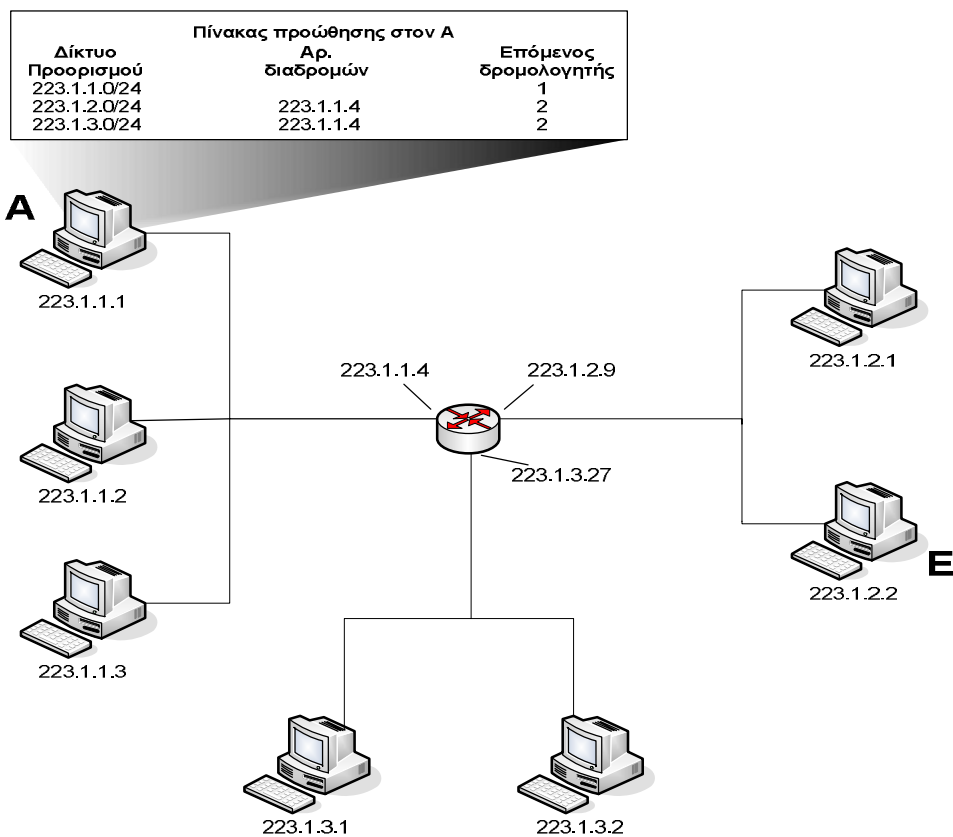


Σχήμα 1.15 Τρεις δρομολογητές που διασυνδέουν έξι υπολογιστές υπηρεσίας

Τώρα που ορίσαμε διασυνδέσεις και δίκτυα και έχουμε τις βασικές γνώσεις για τη διευθυνσιοδότηση IP, ας εξετάσουμε πώς οι υπολογιστές υπηρεσίας και οι δρομολογητές μεταφέρουν ένα IP datagram από την προέλευση στον προορισμό. Κάθε datagram έχει ένα πεδίο διεύθυνσης προέλευσης και ένα πεδίο διεύθυνσης προορισμού. Ο υπολογιστής υπηρεσίας προέλευσης συμπληρώνει ένα πεδίο διεύθυνσης προέλευσης με τη δική του διεύθυνση IP 32-bit. Συμπληρώνει επίσης το πεδίο διεύθυνσης προορισμού με

τη διεύθυνση IP 32-bit του υπολογιστή υπηρεσίας τελικού προορισμού, στον οποίο στέλνεται το datagram. Το πεδίο δεδομένων συνήθως συμπληρώνεται με ένα τμήμα TCP ή UDP. Θα αναφερθούμε στη συνέχεια αναλυτικότερα στα πεδία ενός IP datagram και θα εξηγήσουμε τη χρησιμότητα και τη λειτουργία του καθενός.

Ας δούμε τώρα πως, αφού δημιουργήσει ο υπολογιστής υπηρεσίας προέλευσης το datagram, το επίπεδο δικτύου το μεταφέρει από τον υπολογιστή υπηρεσίας προέλευσης στον υπολογιστή υπηρεσίας προορισμού. Η διαδικασία εξαρτάται από το αν η προέλευση και ο προορισμός βρίσκονται στο ίδιο δίκτυο ή όχι. Στο παρακάτω περιβάλλον δικτύων ας υποθέσουμε ότι ο υπολογιστής υπηρεσίας A θέλει να στείλει ένα IP datagram στον υπολογιστή υπηρεσίας B, ο οποίος βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο, 223.1.1.0/24, με τον A.



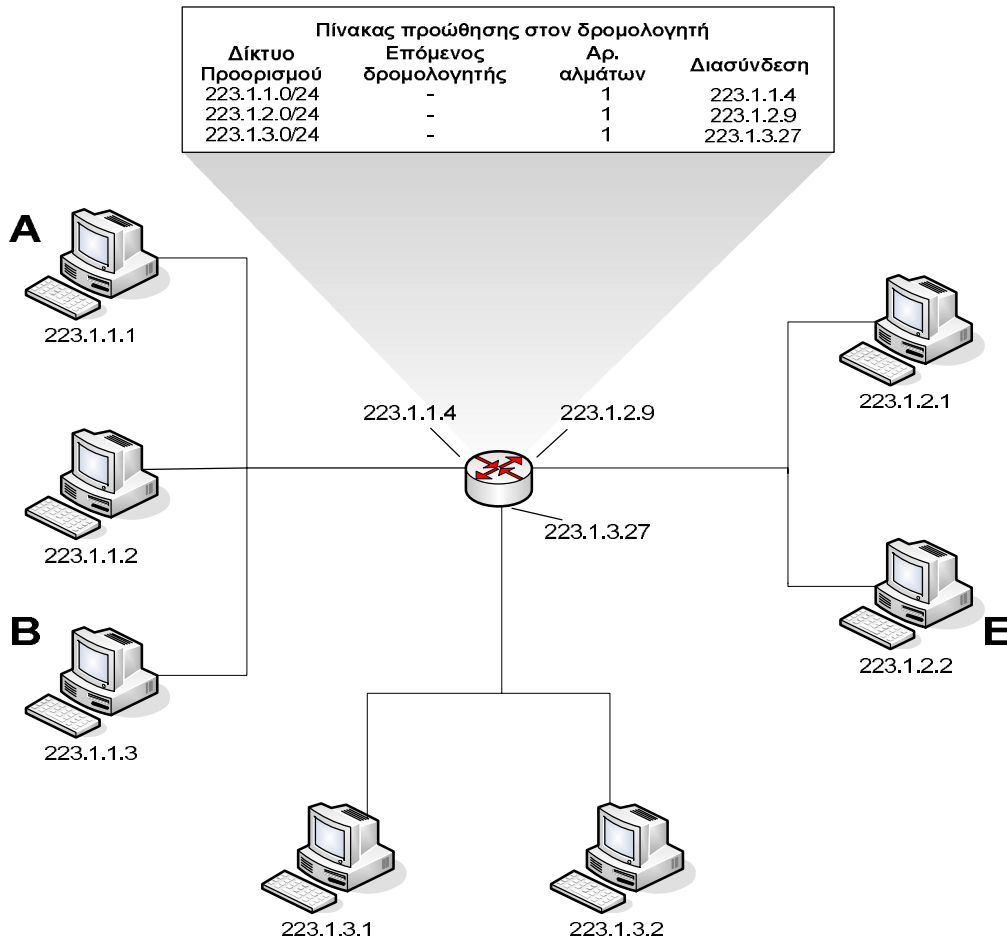
Σχήμα 1.16 Πίνακας προώθησης στον υπολογιστή υπηρεσίας A

Αυτό επιτυγχάνεται ως εξής. Το IP στον υπολογιστή υπηρεσίας A συμβουλευείται πρώτα τον εσωτερικό του πίνακα προώθησης IP, που φαίνεται στην εικόνα και βρίσκει μια καταχώριση, την 223.1.1.0/24, η διεύθυνση

δικτύου της οποίας ταιριάζει με τα αρχικά bit της διεύθυνσης IP του υπολογιστή υπηρεσίας B. Ο πίνακας προώθησης δείχνει ότι ο αριθμός διαδρομών προς το δίκτυο 223.1.1.0 είναι 1, δηλώνοντας ότι ο B βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο με τον A. Έτσι ο υπολογιστής υπηρεσίας A ξέρει ότι ο υπολογιστής υπηρεσίας προορισμού B μπορεί να προσεγγιστεί απευθείας μέσω της εξερχόμενης διασύνδεσης του A, χωρίς την ανάγκη να υπάρχουν ενδιάμεσοι δρομολογητές. Ο υπολογιστής υπηρεσίας A περνά κατόπιν το datagram στο πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης για τη διασύνδεση, το οποίο κατόπιν έχει την ευθύνη μεταφοράς του datagram στον υπολογιστή υπηρεσίας B.

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε την περίπτωση που ο υπολογιστής υπηρεσίας A θέλει να στείλει ένα datagram σε έναν άλλο υπολογιστή υπηρεσίας, πχ. τον E, που βρίσκεται σε ένα διαφορετικό δίκτυο. Ο υπολογιστής υπηρεσίας A συμβουλευεται πάλι τον πίνακα προώθησης IP και βρίσκει μια καταχώριση, 223.1.2.0/24, η διεύθυνση δικτύου της οποίας ταιριάζει με τα αρχικά bit της διεύθυνσης IP του υπολογιστή υπηρεσίας E. Επειδή ο αριθμός διαδρομών του προορισμού είναι 2, ο υπολογιστής υπηρεσίας A ξέρει ότι ο προορισμός βρίσκεται σε ένα άλλο δίκτυο και έτσι θα πρέπει να εμπλακεί ένας ενδιάμεσος δρομολογητής. Ο πίνακας προώθησης λέει επίσης στον υπολογιστή υπηρεσίας A ότι για να φτάσει το datagram στον υπολογιστή υπηρεσίας E, ο υπολογιστής υπηρεσίας A πρέπει πρώτα να στείλει το datagram στη διεύθυνση IP 223.1.1.4, στη διασύνδεση υπολογιστή υπηρεσίας, με την οποία είναι απευθείας συνδεδεμένη η διασύνδεση του A. Το IP στον υπολογιστή υπηρεσίας A περνά κατόπιν το datagram στο επίπεδο ζεύξης και δηλώνει ότι πρέπει να το στείλει στην IP διεύθυνση 223.1.1.4. Είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε ότι αν και το datagram στέλνεται (μέσω του επιπέδου ζεύξης) στη διασύνδεση του δρομολογητή, η διεύθυνση προορισμού του παραμένει ίδια με τον τελικό προορισμό (υπολογιστής υπηρεσίας E) και δεν είναι η διεύθυνση της διασύνδεσης του ενδιάμεσου δρομολογητή.

Το datagram είναι τώρα στον δρομολογητή και είναι δουλειά του να το μεταφέρει προς τον τελικό του προορισμό. Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, ο δρομολογητής συμβουλευεται τον δικό του πίνακα προώθησης και βρίσκει μια καταχώριση, 223.1.2.0/24, η διεύθυνση δικτύου της οποίας ταιριάζει με τα αρχικά bit της διεύθυνσης IP του υπολογιστή υπηρεσίας E.



Σχήμα 1.17 Πίνακας προώθησης στον δρομολογητή

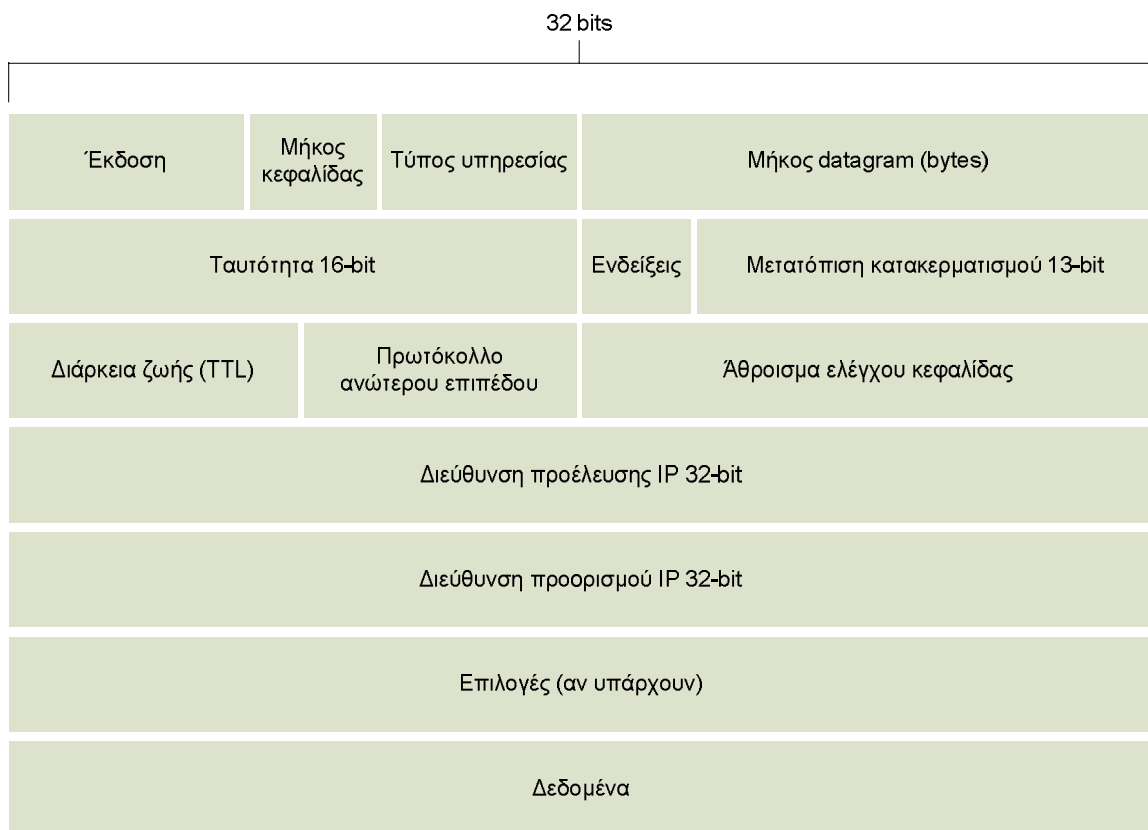
Ο πίνακας προώθησης δηλώνει ότι το datagram πρέπει να προωθηθεί στη διασύνδεση δρομολογητή 223.1.2.9. Εφόσον ο αριθμός διαδρομών προς τον προορισμό είναι 1, ο δρομολογητής γνωρίζει ότι ο υπολογιστής υπηρεσίας προορισμού E βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο με τη διασύνδεση του, 223.1.2.9. Ο δρομολογητής λοιπόν μεταφέρει το datagram σε αυτή τη διασύνδεση, η οποία κατόπιν το μεταδίδει στο υπολογιστή υπηρεσίας E.

Στην εικόνα παρατηρούμε ότι οι καταχωρίσεις στην στήλη “επόμενος δρομολογητής” είναι όλες κενές, επειδή όλα τα δίκτυα (223.1.1.0/24, 223.1.2.0/24 και 223.1.3.0/24) συνδέονται απευθείας στο δρομολογητή. Σε αυτή την περίπτωση, δεν υπάρχει ανάγκη να περάσει το datagram από έναν ενδιάμεσο δρομολογητή για να φτάσει στον υπολογιστή υπηρεσίας προορισμού. Αν όμως, οι υπολογιστές υπηρεσίας A και E χωριζόταν από δύο δρομολογητές, τότε μέσα στον πίνακα προώθησης του πρώτου δρομολογητή επάνω στη

διαδρομή από τον Α στον Β, η αντίστοιχη γραμμή θα έδειχνε δύο άλματα προς τον προορισμό και θα καθόριζε τη διεύθυνση IP του δεύτερου δρομολογητή επάνω στη διαδρομή. Ο πρώτος δρομολογητής θα προωθούσε στη συνέχεια το datagram στον δεύτερο, χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης που συνδέει τους δύο δρομολογητές. Ο δεύτερος δρομολογητής θα προωθούσε κατόπιν το datagram στον υπολογιστή υπηρεσίας προορισμού, χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης που συνδέει τον δεύτερο δρομολογητή με τον υπολογιστή υπηρεσίας προορισμού.

Μορφή datagram

Τα κυριότερα πεδία ενός IP datagram είναι τα ακόλουθα:



Σχήμα 1.18 Μορφή IPv4 datagram

- Αριθμός έκδοσης. Αυτά τα τέσσερα bit καθορίζουν την έκδοση πρωτοκόλλου IP του datagram.
- Μήκος κεφαλίδας. Επειδή ένα IP datagram μπορεί να περιέχει ένα μεταβλητό αριθμό επιλογών (που περιλαμβάνονται στην κεφαλίδα), αυτά τα τέσσερα bit χρειάζονται για να καθορίσουν πού ακριβώς μέσα στο datagram αρχίζουν τα δεδομένα. Τα περισσότερα datagram δεν περιέχουν επιλογές, οπότε το τυπικό IP datagram έχει κεφαλίδα 20 bytes.
- Μήκος datagram. Αυτό είναι το συνολικό μήκος του IP datagram (κεφαλίδα συν δεδομένα), μετρούμενο σε bytes. Εφόσον αυτό το πεδίο έχει μήκος 16 bits, το θεωρητικά μέγιστο μέγεθος του IP datagram είναι 65535 bytes. Όμως τα datagrams σπάνια είναι μεγαλύτερα από 1500 bytes και συχνά περιορίζονται σε μέγεθος 576 bytes.
- Ταυτότητα, ενδείξεις, μετατόπιση κατακερματισμού. Αυτά τα τρία πεδία έχουν σχέση με τον κατακερματισμό IP. Είναι ενδιαφέρον ότι η νέα έκδοση του IP, IPv6, δεν επιτρέπει κατακερματισμό στους δρομολογητές.
- Διευθύνσεις IP προέλευσης και προορισμού. Αυτά τα πεδία περιέχουν τις διευθύνσεις IP 32-bit της προέλευσης και του τελικού προορισμού για το συγκεκριμένο datagram.
- Δεδομένα (ωφέλιμο φορτίο). Στις περισσότερες περιπτώσεις, το πεδίο δεδομένων του IP datagram περιέχει το τμήμα επιπέδου μεταφοράς (TCP ή UDP) που θα παραδοθεί στον προορισμό. Όμως, το πεδίο δεδομένων μπορεί να μεταφέρει άλλους τύπους δεδομένων, όπως μηνύματα ICMP.

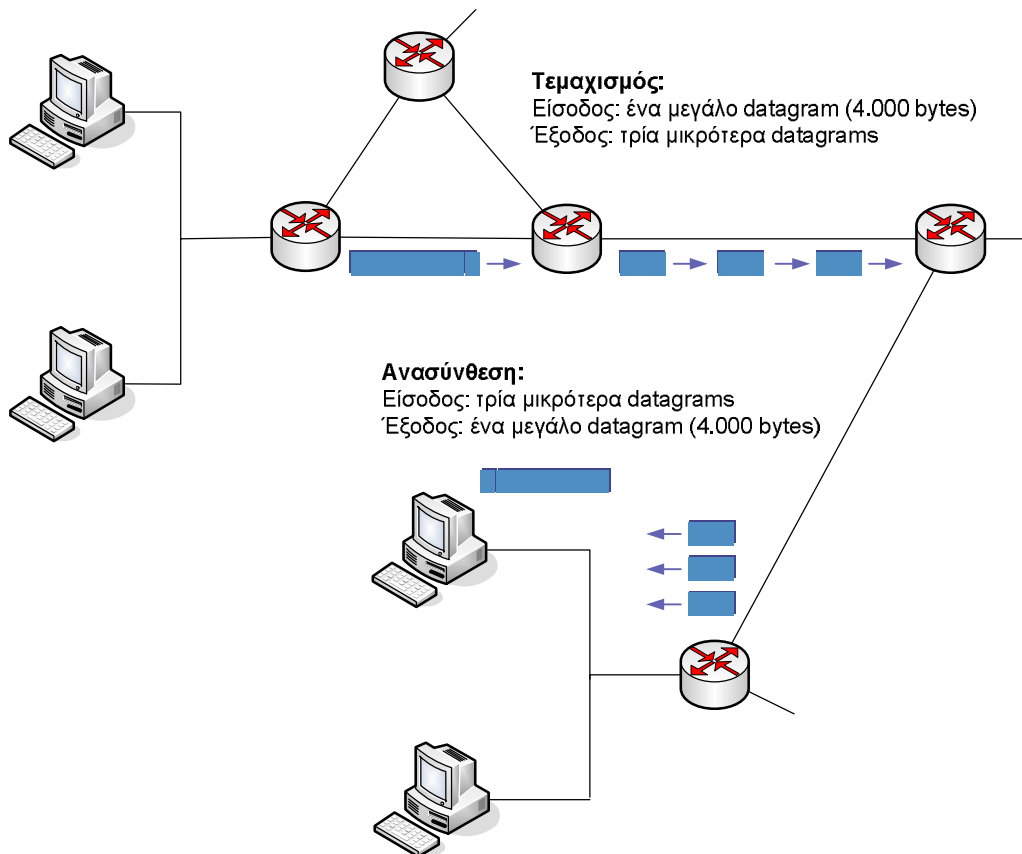
Κατακερματισμός IP Datagram

Είναι δεδομένο πως όλα τα πρωτόκολλα επιπέδου ζεύξης δεν μπορούν να μεταφέρουν πακέτα του ίδιου μεγέθους. Ορισμένα πρωτόκολλα μπορούν να μεταφέρουν "μεγάλα" πακέτα, ενώ άλλα πρωτόκολλα μπορούν να μεταφέρουν μόνο "μικρά" πακέτα. Για παράδειγμα, τα πακέτα Ethernet δεν μπορούν να μεταφέρουν περισσότερα από 1500 bytes δεδομένων, ενώ πακέτα για πολλές ζεύξεις ευρείας περιοχής δεν μπορούν να μεταφέρουν περισσότερα από 576 bytes. Η μέγιστη ποσότητα δεδομένων που μπορεί να μεταφέρει ένα πακέτο

επιπέδου ζεύξης καλείται μέγιστη μονάδα μεταφοράς (maximum transfer unit, MTU). Επειδή κάθε datagram ενθυλακώνεται μέσα στο πακέτο επιπέδου ζεύξης για μεταφορά από ένα δρομολογητή στον επόμενο, η MTU του πρωτοκόλλου στρώματος ζεύξης τοποθετεί ένα άνω όριο στο μήκος του datagram. Το γεγονός αυτό από μόνο του δεν αποτελεί πρόβλημα. Το πρόβλημα είναι ότι καθεμία από τις ζεύξεις του μονοπατιού ανάμεσα στον αποστολέα και στον προορισμό μπορεί να χρησιμοποιεί διαφορετικά πρωτόκολλα επιπέδου ζεύξης και καθένα από τα πρωτόκολλα μπορεί να έχει μια διαφορετική MTU.

Για να κατανοήσουμε το πρόβλημα, ας φανταστούμε ένα δρομολογητή που διασυνδέει αρκετές ζεύξεις, όπου η καθεμία εκτελεί διαφορετικά πρωτόκολλα επιπέδου ζεύξης με διαφορετικές MTU. Υποθέτουμε λοιπόν, ότι αυτός ο δρομολογητής δέχεται ένα IP datagram από μία ζεύξη, ελέγχει τον πίνακα προώθησης του για να καθορίσει την εξερχόμενη ζεύξη και αυτή η εξερχόμενη ζεύξη έχει μία MTU που είναι μικρότερη από το μήκος του datagram. Πώς θα χωρέσει το υπερμέγεθες πακέτο IP μέσα στο πεδίο ωφέλιμου φορτίου του πακέτου επιπέδου ζεύξης; Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να “κατακερματίσει” τα δεδομένα του datagram σε δύο ή περισσότερα μικρότερα datagrams και μετά να στείλει τα μικρότερα αυτά datagrams επάνω στην εξερχόμενη ζεύξη. Καθένα από αυτά τα μικρότερα datagrams αναφέρεται σαν ένα τεμάχιο (fragment).

Τα τμήματα πρέπει να ανασυντεθούν πριν να φτάσουν στο επίπεδο μεταφοράς, στον προορισμό. Πράγματι, τα TCP και UDP αναμένουν να λάβουν πλήρη, ακέραια τμήματα από το επίπεδο δικτύου. Οι σχεδιαστές του IPv4 θεώρησαν ότι η ανασύνθεση (και πιθανώς ο εκ νέου κατακερματισμός) datagrams μέσα στους δρομολογητές θα εισάγει σημαντικές επιπλοκές στο πρωτόκολλο και θα μειώσει την απόδοσή του. Ακολουθώντας την αρχή ότι το επίπεδο δικτύου πρέπει να είναι απλό, οι σχεδιαστές του IPv4 αποφάσισαν να αναθέσουν την εργασία της ανασύνθεσης datagram στα τερματικά συστήματα και όχι στους δρομολογητές του δικτύου.



Σχήμα 1.19 Τεμαχισμός και ανασύνθεση IP

Το παραπάνω Σχήμα δείχνει ένα παράδειγμα. Ένα datagram 4.000 bytes (20 bytes κεφαλίδα IP και 3.980 bytes ωφέλιμο φορτίο IP) φτάνει σε ένα δρομολογητή και πρέπει να προωθηθεί σε μια ζεύξη με MTU 1.500 bytes. Αυτό υπονοεί ότι τα 3.980 bytes του αρχικού datagram πρέπει να κατανεμηθούν σε τρία ξεχωριστά τεμάχια (το καθένα από τα οποία είναι επίσης ένα IP datagram).

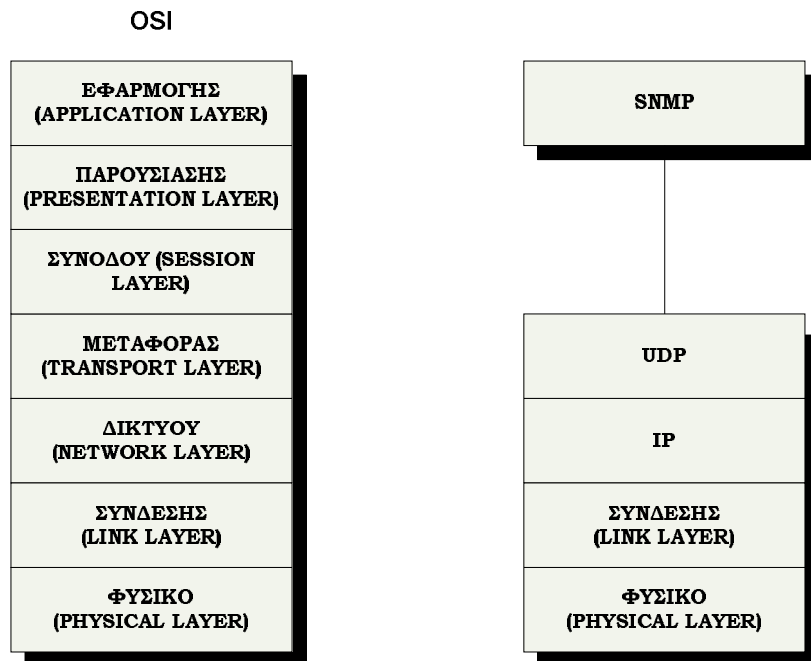
Το ωφέλιμο φορτίο του datagram περνά στο επίπεδο μεταφοράς του προορισμού μόνο αφού το επίπεδο IP έχει ανασυνθέσει πλήρως το αρχικό datagram. Αν ένα ή περισσότερα από τα τεμάχια δεν φτάσει στον προορισμό, το datagram απορρίπτεται και δεν περνά στο επίπεδο μεταφοράς. Όμως αν στο επίπεδο μεταφοράς χρησιμοποιείται το TCP, τότε αυτό θα επανορθώσει αυτή την απώλεια, κάνοντας την προέλευση να αναμεταδώσει τα δεδομένα του αρχικού datagram.

SNMP [3], [7]

Πριν παρουσιαστούν τα στατιστικά στοιχεία θα πρέπει να γίνει μια αναφορά στα χαρακτηριστικά και τη λειτουργία του πρωτοκόλλου SNMP, το οποίο, εκτός των άλλων υπηρεσιών που προσφέρει, παρέχει και τη δυνατότητα διεξαγωγής παθητικών μετρήσεων.

Χαρακτηριστικά Πρωτοκόλλου SNMP

Το SNMP (Simple Network Management Protocol) είναι το νεφράκτο σάνταρτ πρωτόκολλο για διαχείριση δικτύων από ένα κεντρικό σημείο. Είναι πρωτόκολλο έβδομου επιπέδου που πρωτοχρησιμοποιήθηκε για παρακολούθηση και διαχείριση IP υπολογιστών σε ένα δίκτυο IP, λειτουργεί δε πάνω από δίκτυα UDP/IP. Ένα σύστημα διαχείρισης περιλαμβάνει τον SNMP Manager, ενώ το κάθε διαχειριζόμενο από αυτό σύστημα διαθέτει ένα SNMP Agent. Πρόκειται για ένα πρωτόκολλο τύπου rolling κατά το οποίο ο Manager ρωτά και ο Agent απαντά.



Σχήμα 1.20 Τα επίπεδα (layers) OSI και SNMP

Αναπτύχθηκε κατ' αρχήν για περιβάλλον τοπικών δικτύων (LAN) και ειδικότερα για το δίκτυο Internet που αποτελείται από ετερογενή δίκτυα. Σήμερα, SNMP agents θα συναντήσει κανείς σε όλες σχεδόν τις συσκευές τοπικών δικτύων (routers, bridges, hubs κλπ.).

Το πλαίσιο SNMP

Το πλαίσιο του πρωτοκόλλου αποτελείται από τρία πεδία, από τον Version Identifier, τον SNMP Community name και το SNMP Protocol Data Unit (PDU) που είναι στην ουσία τα μηνύματα του SNMP.

Το περιεχόμενο του πεδίου Version Identifier επιβεβαιώνει ότι και τα δύο επικοινωνούντα μέρη χρησιμοποιούν την ίδια έκδοση πρωτοκόλλου. Σε περίπτωση που manager και agent διαφωνούν ως προς το version τότε ο manager ή ο agent απορρίπτει το εισερχόμενο PDU χωρίς περαιτέρω επεξεργασία.

Ένας σταθμός διαχείρισης δικτύου SNMP μαζί με τους διαχειριζόμενους agent σχηματίζει μια ενότητα που χαρακτηρίζεται ως κοινότητα (community). Το όνομα της Community περιλαμβάνεται στο επόμενο πεδίο του πλαισίου, κωδικοποιείται και χρησιμοποιείται για να διαβεβαιώσει manager και agent ότι ανήκουν στην ίδια κοινότητα.

Τα μηνύματα PDU έχουν πέντε διαφορετικούς τύπους που είναι οι:

- GetRequest
- GetNextRequest
- SetRequest
- GetResponse
- Trap

Με το GetRequest, ο Manager ζητάει τις πληροφορίες (τιμές παραμέτρων) που έχει αποθηκεύσει ο Agent στην κατάλληλη βάση διαχείρισης.

Το GetNextRequest, είναι παρόμοιο, απλώς επιτρέπει στον Manager να παίρνει πληροφορίες από πολλαπλές παραμέτρους, καθώς πολλές φορές ο Manager δεν γνωρίζει το ακριβές όνομά τους.

Το SetRequest χρησιμοποιείται για να αλλάξει την τιμή μιας παραμέτρου.

Το GetResponse είναι η απάντηση του Agent στο GetRequest, στο GetNextRequest ή στο SetRequest, περιέχει όμως και πληροφορίες καταστάσεων συσκευών δικτύου.

Τέλος το Trap είναι μήνυμα του Agent με το οποίο ενημερώνει τον Manager για γεγονότα ή καταστάσεις συναγερμού που έχουν συμβεί, χωρίς να ερωτηθεί από αυτόν.

Το μήνυμα του SNMP έχει δυο μορφές, μια για τα Request/Response και μια για το Trap.

Version	Community	GetRequest, GetNextRequest, SetRequest, GetResponse, Trap
---------	-----------	--

Σχήμα 1.21 Η μορφή του SNMP PDU

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

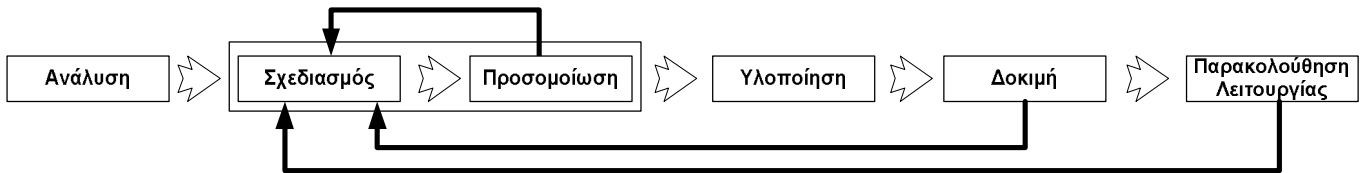
Η εκτίμηση κίνησης είναι μια εφαρμοζόμενη μεθοδολογία μελέτης δικτύωσης που στοχεύει στην κατανόηση της κίνησης πακέτων. Παρόλο που αρχικά ξεκίνησε για τη μέτρηση εφαρμογών και πρωτοκόλλων τοπικών κυρίως δικτύων, έχει εξελιχθεί σε χρήση και σημασία και έχει συνεισφέρει στη βαθύτερη κατανόηση των θεμελιωδών ιδιοτήτων της συμπεριφοράς του Ίντερνετ, των πρωτοκόλλων και των χρηστών του. Για παράδειγμα, η μέτρηση και η εποπτεία της κίνησης, χρησιμεύει σαν βάση για ένα πλήθος λειτουργιών δικτύου, όπως διαχείριση, εντοπισμό και διόρθωση λαθών, συλλογή λογιστικών αλλά και πληροφοριών χρήσης, δρομολόγηση, ισοκατανομή του φόρτου, σχεδιασμό κωρητικοτήτων και άλλες.

Υπάρχουν τρεις κύριες μεθοδολογίες, με πολύ διαφορετικές ιδιότητες, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε μελέτες δικτύωσης. Ονομαστικά, αυτές είναι η προσομοίωση (simulation), τα αναλυτικά μοντέλα (analytic models) και οι μετρήσεις (measurements). Για την επικύρωση των αποτελεσμάτων μιας μελέτης, είναι συνήθως ωφέλιμο να εφαρμόζονται διάφορες προσεγγίσεις ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, από την μέτρηση της κίνησης μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα αναλυτικά μοντέλα. Αυτά τα μοντέλα, πιθανώς περιγράφουν τη συμπεριφορά της κίνησης ή καθορίζουν τον τρόπο δημιουργίας κίνησης (traffic generation pattern) - περίπτωση κατά την οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν εισοδοί (inputs) για την προσομοίωση. Επιπλέον, οι στατιστικές ιδιότητες των αποτελεσμάτων προσομοίωσης, μπορούν να συγκριθούν με τις στατιστικές ιδιότητες της πραγματικής μετρούμενης κίνησης. Τέλος, σε μερικά συστήματα, οι εισοδοί της προσομοίωσης μπορούν να καθοριστούν από πραγματικά δείγματα (traces).

2.1 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ [A.], [1]

Η προσομοίωση είναι η πιο συχνή ποσοτική τεχνική μοντελοποίησης για την ανάλυση συστημάτων. Η επιλογή της στηρίζεται κυρίως στο ότι είναι λιγότερο περιοριστική από άλλες τεχνικές, εξαιτίας του γεγονότος ότι άλλες μεθοδολογίες συνήθως επιβάλλουν μαθηματικούς περιορισμούς και απαιτούν την διατύπωση πολλαπλών υποθέσεων, οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν το

αποτέλεσμα της ανάλυσης. Προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται συνήθως για να δοκιμαστεί η ικανότητα ανταπόκρισης του δικτύου σε διάφορα σενάρια κίνησης.



Σχήμα 2.1 Επιβεβαίωση σχεδιασμού μέσω της προσομοίωσης, της δοκιμής του δικτύου και της παρακολούθησης της λειτουργίας του.

Η προσομοίωση περιλαμβάνει τα ακόλουθα τέσσερα βήματα:

- Μοντελοποίηση του συστήματος σαν μια δυναμική στοχαστική (πχ. τυχαία) διεργασία
- Κατανόηση του τρόπου εφαρμογής αυτής της στοχαστικής διεργασίας
- Μέτρηση των δεδομένων προσομοίωσης
- Ανάλυση των εξαγόμενων (output) πληροφοριών

Γενικά, υπάρχουν δύο χρησιμοποιούμενες μέθοδοι προσομοίωσης, οι διακριτές και οι συνεχείς προσομοιώσεις. Οι διακριτές είναι επίσης γνωστές ως προσομοιώσεις διακριτών γεγονότων και είναι στοχαστικά συστήματα βασισμένα σε συμβάντα (event-driven). Με άλλα λόγια, το σύστημα περιλαμβάνει έναν αριθμό καταστάσεων και μοντελοποιείται χρησιμοποιώντας μεταβλητές. Η αλλαγή της τιμής μιας μεταβλητής αναπαριστά ένα συμβάν και εκφράζεται με την μεταβολή μιας κατάστασης του συστήματος. Καθώς το σύστημα είναι δυναμικό, μεταβάλλεται σταθερά και επειδή είναι επίσης και στοχαστικό, εμφανίζει στοιχεία τυχειότητας. Η αναπαράσταση των διακριτών προσομοιώσεων πραγματοποιείται με τη χρήση εξισώσεων κατάστασης που περιλαμβάνουν όλες τις μεταβλητές οι οποίες επηρεάζουν το σύστημα.

Οι συνεχείς προσομοιώσεις, επίσης περιλαμβάνουν μεταβλητές κατάστασης. Ωστόσο, αυτές αλλάζουν συνεχώς με το χρόνο. Οι συνεχείς προσομοιώσεις συνήθως μοντελοποιούνται με τη χρήση διαφορετικών εξισώσεων

οι οποίες παρακολουθούν την κατάσταση του συστήματος με αναφορά στο χρόνο.

Τα μοντέλα προσομοίωσης σχεδιάζονται με βάση ένα σύνολο δεδομένων (dataset - σει δεδομένων) που έχουν ληφθεί από κάποιο στοχαστικό σύστημα. Αυτά τα δεδομένα κρίνεται απαραίτητο να εξεταστούν ώστε να διαπιστωθεί αν είναι στατιστικώς ορθά, προσαρμόζοντας μία κατανομή και κατόπιν ελέγχοντας το νόημα αυτής της προσαρμογής. Επιπλέον, όπως με κάθε διαδικασία μοντελοποίησης, πρέπει να εξεταστεί και η ακρίβεια των δεδομένων και να απομακρυνθούν ενδεχόμενα ακραία δείγματα (outliers).

Όταν η προσομοίωση ολοκληρωθεί, τα δεδομένα πρέπει να αναλυθούν. Είναι σημαντικό να προσέξουμε ότι τα δεδομένα εξόδου αποτελούν προσεγγίσεις μόνο πραγματικών γεγονότων και ως τέτοια θα πρέπει να αντιμετωπίζονται. Για τη βελτίωση της ακριβειάς τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι όπως:

- Επαναλαμβανόμενες προσομοιώσεις και σύγκριση των αποτελεσμάτων τους.
- Διαμοιρασμός των συμβάντων σε παρτίδες (batches) και ξεχωριστή επεξεργασία τους.
- Ύπαρξη εγγυήσεων ότι τα αποτελέσματα προσομοιώσεων που διεξήχθησαν σε κοντινές χρονικές περιόδους "συνδέονται" ώστε να δημιουργήσουν μια λογικά συνεπή, ολική άποψη του συστήματος.

Καθώς τα περισσότερα συστήματα περιλαμβάνουν στοχαστικές διαδικασίες οι προσομοιώσεις συχνά χρησιμοποιούν γεννήτριες τυχαίων αριθμών για τη δημιουργία δεδομένων εισόδου τα οποία προσεγγίζουν την τυχαία φύση των συμβάντων του πραγματικού κόσμου. Οι τυχαίοι αριθμοί που παράγονται από υπολογιστή, δεν είναι τυχαίοι με την αυστηρή έννοια του όρου, καθώς υπολογίζονται βάσει κάποιων εξισώσεων. Τέτοιοι αριθμοί είναι γνωστοί ως ψευδοτυχαίοι (pseudo-random) αριθμοί. Όταν χρησιμοποιούνται ψευδοτυχαίοι αριθμοί, ο αναλυτής θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι η πραγματική τυχειότητα αυτών έχει ελεγχθεί. Αν διαπιστωθεί ότι οι αριθμοί δεν συμπεριφέρονται με έναν επαρκώς τυχαίο τρόπο, θα πρέπει να ανακαλυφθεί κάποια άλλη μέθοδος παραγωγής.

Πλεονεκτήματα

- Οι συνηθισμένες αναλυτικές τεχνικές χρησιμοποιούν εκτεταμένα μαθηματικά μοντέλα τα οποία απαιτούν υποθέσεις και θέτουν περιορισμούς. Το γεγονός αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μια αναπόφευκτη ανακρίβεια στους υπολογισμούς. Αντίθετα, με τις προσομοιώσεις αποφεύγεται η επιβολή περιορισμών στο σύστημα και επίσης λαμβάνονται υπ' όψη τυχαίες διαδικασίες. Στην πραγματικότητα, σε ορισμένες περιπτώσεις, η προσομοίωση αποτελεί την μόνη πρακτικά εφαρμόσιμη τεχνική.
- Οι αναλυτές μπορούν να μελετήσουν λεπτομερώς τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μερών ενός δικτύου και να προσομοιώσουν τις προβλεπόμενες συνέπειες πολλαπλών σχεδιαστικών επιλογών πριν προχωρήσουν στην υλοποίηση.
- Είναι δυνατή η απλή σύγκριση διαφόρων σχεδιασμών ώστε να επιλεγεί ο καλύτερος.
- Η διαδικασία σχεδιασμού της προσομοίωσης μπορεί να αποδειχτεί από μόνη της χρήσιμη σε ορισμένες περιπτώσεις για την βαθύτερη κατανόηση εσωτερικών θεμάτων του δικτύου, που μπορεί να ωφελήσει σε επόμενα στάδια.

Μειονεκτήματα

- Ο σχεδιασμός προσομοιώσεων ακριβείας, απαιτεί εκτεταμένους πόρους τόσο σε χρόνο όσο και σε υλικό (hardware).
- Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης είναι τόσο ακριβή όσο και το μοντέλο και σαν τέτοια αποτελούν μόνο εκτιμήσεις / προβλέψεις.
- Η βελτιστοποίηση μπορεί να γίνει μόνο περιλαμβάνοντας ορισμένες εναλλακτικές, καθώς το μοντέλο συνήθως αναπτύσσεται χρησιμοποιώντας μικρό αριθμό μεταβλητών.

2.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ [17], [13]

Οι τεχνολογίες μέτρησης της κίνησης είναι ζωτικής σημασίας, όχι μόνο για το σχεδιασμό και τη λειτουργία, αλλά και για την ανάπτυξη δικτύων, πρωτοκόλλων και εφαρμογών επόμενης γενιάς, όπως και βελτιωμένων υπηρεσιών από την πλευρά των παροχέων (Internet Service Providers). Έτσι, οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών της κίνησης αποτελούν ένα σημαντικό θέμα για όλους τους εμπλεκόμενους, όπως τους ISPs, τους χρήστες, τους κατασκευαστές υλικού και λογισμικού, αλλά και τους ερευνητές.

Η κίνηση των δικτύων αναλύεται από την εποχή της αρχικής ανάπτυξης του ARPANET. Μετρήσεις σε επιχειρησιακά δίκτυα παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για την απόδοση και τα χαρακτηριστικά της κίνησης τους. Τα συστήματα μέτρησης μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες, τα παθητικά και τα ενεργητικά συστήματα μέτρησης.

Οι μετρήσεις αυτές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο είδη:

- Ενεργητικές Μέθοδοι (Active Methods) - Περιλαμβάνουν την αποστολή ελεγχόμενης, διερευνητικής κίνησης κατά μήκος ενός ή περισσότερων μονοπατιών (routes) του δικτύου και την παρατήρησή της σε δέκτες.
- Παθητικές Μέθοδοι (Passive Methods) - Πραγματοποιούνται με τη συλλογή πραγματικής κίνησης ή στατιστικών σε ένα ή περισσότερα σημεία του δικτύου και την ανάλυση αυτών των δεδομένων.

Σε τυπικές (και απλές) περιπτώσεις, οι ενεργητικές μετρήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άμεση μέτρηση της ποιότητας των επικοινωνιών από άκρο σε άκρο (απόδοση - traffic quality), ενώ οι παθητικές για άμεση μέτρηση των εσωτερικών στατιστικών του δικτύου (φόρτος κίνησης - traffic load, πίνακες κίνησης - traffic matrices).

Η πλειοψηφία των μελετών στον τομέα των ενεργητικών και των παθητικών μετρήσεων συνήθως εστιάζεται στην αξιολόγηση της απόδοσης ενός δικτύου, ή στο χαρακτηρισμό (characterization) των ροών του. Με άλλα λόγια, επικεντρώνεται στην εκτίμηση και παρουσίαση συγκεκριμένων παραμέτρων απόδοσης, όπως η καθυστέρηση, οι απώλειες (loss) ή η ανάλυση της κίνησης σε ροές, εφαρμογές και πρωτόκολλα. Ωστόσο, η ανάλυση των μετρήσεων που

έχουν συλλεχθεί από το δίκτυο, είναι δυνατό να παρέχει αρκετά περισσότερες πληροφορίες από απλά στατιστικά απόδοσης. Η εκτενής ανάλυση των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί είτε με ενεργητικές ή με παθητικές μετρήσεις, μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του δικτύου, διευκολύνοντας έτσι το έργο διαχειριστών και μηχανικών. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο όμως, θα πρέπει να συνδυαστούν προσεκτικά αρκετοί τύποι δεδομένων μέτρησης που έχουν συλλεχθεί σε διάφορες περιοχές του δικτύου.

2.2.1 **Ενεργητικές Μετρήσεις**

Οι ενεργητικές μετρήσεις εισάγουν διερευνητική (probe) κίνηση σε ένα δίκτυο και βγάζουν συμπεράσματα για την απόδοση του δικτύου, βασιζόμενες στην μετρούμενη απόδοση της ερευνητικής κίνησης. Τέτοιες τεχνικές ενεργητικών μεθόδων συνήθως θεωρούνται παρεισφορητικές, με την έννοια ότι η διερευνητική κίνηση είναι πιθανό να επηρεάσει τη λειτουργία του δικτύου και κατ' επέκταση και τα αποτελέσματα της μέτρησης. Για παράδειγμα, αν μια εφαρμογή ενεργητικής μέτρησης στοχεύει στην μέτρηση της καθυστέρησης στην ουρά (queueing delay) που παρατηρείται σε ένα συγκεκριμένο link, τότε από μόνη της η ύπαρξη των διερευνητικών πακέτων μπορεί να μεταβάλλει την συμπεριφορά του παρατηρούμενου συστήματος. Επομένως, όπως γίνεται κατανοητό, τα εργαλεία ενεργητικών μετρήσεων θα πρέπει να σχεδιάζονται προσεκτικά, ώστε να παρέχουν σωστές πληροφορίες για τη μετρική που στοχεύουν να παρατηρήσουν.

Παραδείγματα απλών εργαλείων ενεργητικών μετρήσεων είναι το Ping, το Traceroute και το Pathchar. Το Ping μετρά το round trip time μεταξύ οποιαδήποτε προέλευσης και προορισμού στο Internet σε επίπεδο δικτύου. Το Trace Route αριθμεί τις διελεύσεις κόμβων (hops) και τα round trip times τους. Τέλος το Pathchar μετρά το εύρος ζώνης (bandwidth), την καθυστέρηση, το μέσο μήκος ουράς και τον ρυθμό απώλειας κάθε ενδιάμεσου κόμβου.

Ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα των συστημάτων ενεργητικών μετρήσεων αποτελεί το γεγονός ότι μόνο ένας περιορισμένος αριθμός στατιστικών μπορούν να παρακολουθηθούν κάθε φορά. Το σημαντικότερο όμως, είναι πως οι τεχνικές ενεργητικής μέτρησης δεν παρέχουν τη δυνατότητα για παρατήρηση μετρικών σε παρελθούσες χρονικές περιόδους. Με άλλα λόγια,

δεν υπάρχει η δυνατότητα να ελεγχθεί μια περίοδος στο παρελθόν και να διαπιστωθούν οι λόγοι για τους οποίους κάποιες μετρικές συμπεριφέρθηκαν με τον τρόπο που παρατηρήθηκε. Τέλος, η αδυναμία ελέγχου του IP μονοπατιού (IP path) που ακολουθούν τα διερευνητικά πακέτα, καθιστούν την ερμηνεία των συλλεγμένων μετρήσεων μια πολύ δύσκολη διαδικασία.

2.2.2 Παθητικές Μετρήσεις

Τα παθητικά συστήματα παρακολουθούν την κίνηση διαμέσου επιλεγμένων σημείων μέσα στο δίκτυο. Η ανάλυση αυτών των μετρήσεων οδηγεί στον χαρακτηρισμό του φόρτου (workload) παρέχοντας πληρέστερη εικόνα των χαρακτηριστικών του. Αυτή η μέθοδος είναι μη-παρεισφρητική (non-intrusive) από την άποψη ότι έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε οι διεξαγόμενες μετρήσεις να μην επηρεάζονται σημαντικά από την παρουσία του συστήματος μέτρησης.

Οι παθητικές μετρήσεις βασίζονται συνήθως στην ύπαρξη εξοπλισμού παρακολούθησης (monitoring equipment) σε συγκεκριμένα τμήματα ενός επιχειρησιακού δικτύου. Ωστόσο, παθητικές μετρήσεις μπορούν επίσης να συλλεχθούν από εσωτερικά στοιχεία του δικτύου με κατάλληλη λειτουργικότητα. Για παράδειγμα, το SNMP παρέχει παθητικές μετρήσεις με τη συλλογή δεδομένων στις διεπαφές ενός συγκεκριμένου router (σε αυτή την περίπτωση, οι μετρικές είναι συνήθως ο αριθμός σε byte, των δεδομένων που στάλθηκαν / ελήφθησαν, οι απορρίψεις πακέτων και τα λάθη).

Στο ίδιο πνεύμα, υπάρχουν ορισμένα προϊόντα που επεκτείνουν αυτή τη δυνατότητα, παρέχοντας λεπτομερέστερα στατιστικά. Το NetFlow είναι ένα εργαλείο παθητικών μετρήσεων, που έχει αναπτυχθεί από τη Cisco. Το NetFlow συλλέγει πληροφορίες για κάθε ροή TCP ή UDP σε έναν συγκεκριμένο router. Μία εγγραφή (record) ροής περιλαμβάνει τις διευθύνσεις προέλευσης και προορισμού, τους αριθμούς των port, τον αριθμό των byte και των πακέτων που μεταδίδονται καθώς και τη διάρκεια της ροής. Οι πληροφορίες ροής καταγράφονται από τον router και συλλέγονται περιοδικά από ένα εξωτερικό σύστημα.

Κινούμενη στο ίδιο πλαίσιο, η IETF έχει πραγματοποιήσει προσπάθειες για να τυποποιήσει τις μετρήσεις ροών. Η ομάδα εργασίας RTFM (Real-Time

Traffic) προτείνει έναν τυπικό ορισμό των ροών και περιγράφει τεχνικές για την συλλογή των δεδομένων μέτρησης. Πιο πρόσφατα, η ομάδα εργασίας IPFIX (IP Flow Information Export) όρισε ένα πρωτόκολλο για την αποστολή δεδομένων ροής από τη συσκευή μέτρησης, σε άλλα συστήματα που αρχειοθετούν και αναλύουν την πληροφορία. Το OC3MON είναι ένα σύστημα παθητικής παρακολούθησης για τα OC-3 link, το οποίο συλλέγει χρονοσφραγισμένα (timestamped) ίχνη πακέτων ή στατιστικά ροών. Τα ίχνη πακέτων μπορούν να συλλεχθούν για περιορισμένα χρονικά διαστήματα, ενώ τα στατιστικά ροών μπορούν να παρέχονται συνεχώς.

Τα συστήματα παθητικής μέτρησης προϋποθέτουν την ύπαρξη συγκεκριμένου υλικού για την συλλογή των δεδομένων του δικτύου. Στο OC3MON, η συλλογή δεδομένων βασίζεται στην παρακολούθηση της οπτικής ίνας με μία Network Interface Card (NIC). Ωστόσο, καθώς οι ταχύτητες των link διαρκώς αυξάνουν, η συλλογή πακέτων σε αντίστοιχους ρυθμούς αποτελεί μια συνεχή πρόκληση.

Τα παθητικά συστήματα όπως το OC3MON είναι χρήσιμα γιατί επιτρέπουν διεξοδική ανάλυση και αρχειοθέτηση των πληροφοριών που συλλέγονται. Ταυτόχρονα όμως, θέτουν προκλήσεις σχετικά με την ανάπτυξή τους. Η εγκατάσταση υλικού παρακολούθησης σε όλο το δίκτυο είναι απαγορευτική λόγω κόστους. Αυτός είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους οι καθολικές (global) παρατηρήσεις προσεγγίζονται συνήθως περισσότερο χρησιμοποιώντας τεχνικές εξαγωγής συμπερασμάτων (inference techniques), παρά διεξοδική (exhaustive) παρακολούθηση.

2.3 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ [1] [2] [18]

Παρόλο που τα δίκτυα ευρείας περιοχής (WANs) χρησιμοποιούνται από τις αρχές τις δεκαετίας του 1970, μέχρι πρόσφατα δεν γνωρίζαμε σχεδόν τίποτα για τα χαρακτηριστικά των μεμονωμένων συνδέσεων των διαφόρων πρωτοκόλλων. Το πρώτο βήμα έγινε τα τελευταία μόλις χρόνια, με τη δημοσίευση ορισμένων μελετών που παρουσιάζουν στατιστικά δεδομένα σχετικά με την κίνηση ανά πρωτόκολλο. Το δεύτερο βήμα για την κατανόηση της κίνησης στα δίκτυα ευρείας περιοχής είναι η ανάπτυξη μοντέλων που θα

επιτρέψουν την προσομοίωση, αλλά και την πρόβλεψη της κίνησης. Τα μοντέλα κίνησης διακρίνονται σε αναλυτικά και εμπειρικά.

Για να είναι εφικτή η πρόβλεψη, θα πρέπει να υπολογιστούν ορισμένες παράμετροι, όπως η διάρκεια κάθε σύνδεσης, το μέγεθος των δεδομένων που μεταφέρει, οι χρονικές στιγμές δημιουργίας νέων συνδέσεων κλπ, που χαρακτηρίζουν την κίνηση κάθε υπηρεσίας. Συνήθως σε κάθε μια από αυτές τις παραμέτρους αντιστοιχίζεται κάποια τυχαία μεταβλητή. Επομένως, το ζητούμενο είναι ο προσδιορισμός των κατανομών που ακολουθούν αυτές οι τυχαίες μεταβλητές.

Η μοντελοποίηση χρησιμοποιείται παραδοσιακά για διαστασιοποίηση των ζεύξεων στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού ενός δικτύου. Αποτελεί βασικό τμήμα της διαχείρισης απόδοσης (performance evaluation) η οποία παρέχει προληπτικό έλεγχο κατά την έναρξη του σχεδιασμού ενός δικτύου, όπως επίσης και όταν ο φόρτος του συστήματος αναμένεται να αυξηθεί ή όταν προγραμματίζεται μια σχεδιαστική αλλαγή. Καθώς η τεχνολογία προοδεύει και τα εταιρικά δίκτυα διαρκώς αναβαθμίζονται και επεκτείνονται, η ανάγκη για εκτίμηση της απόδοσης μελλοντικών συστημάτων για βέλτιστο σχεδιασμό έχει αυξηθεί δραματικά. Αυτή η εκτίμηση μπορεί στη συνέχεια να συνδυαστεί με πραγματικές τιμές που έχουν αποκτηθεί με παρακολούθηση της απόδοσης για να επιτελέσει συμπληρωματικές λειτουργίες (π.χ. για καλύτερη επιλογή των παραμέτρων εισόδου της κίνησης χρηστών ή υπηρεσιών).

Τα μοντέλα κίνησης χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις πολύπλοκων δικτύων με πολλές ζεύξεις και με απαιτητικές σε απόδοση υπηρεσίες – όπου υπάρχει ανάγκη ακριβούς διαστασιοποίησης – για την μοντελοποίηση του συστήματος. Τα δίκτυα αυτά αφορούν υπηρεσίες πραγματικού χρόνου: υπηρεσίες φωνής (VoIP), videoconference, κτλ. Τα μοντέλα κίνησης δίνουν τη σχέση μεταξύ καθυστέρησης και χρήσης του δικτύου και επιτρέπουν να καθοριστεί το μέγιστο επίπεδο χρήσης του δικτύου. Με αυτόν τον τρόπο διαπιστώνεται αν η διακύμανση στην κίνηση υπερβαίνει το ανώτερο όριο χρήσης του δικτύου.

Όπως γίνεται αντιληπτό, για τη μοντελοποίηση μιας υπηρεσίας απαιτούνται τα εξής:

- Πραγματοποίηση μετρήσεων και καταγραφή στατιστικών στοιχείων που χαρακτηρίζουν την κίνηση του κάθε πρωτοκόλλου (υπηρεσία).

- Χρήση αυτών των στατιστικών για την ανάπτυξη μοντέλων.
- Υπολογισμός των κατανομών ορισμένων τυχαίων μεταβλητών (παραμέτρων) με βάση το μοντέλο που έχει αναπτυχθεί για την κάθε υπηρεσία.

Ένα αναλυτικό μοντέλο ορίζεται ως η μαθηματική περιγραφή της κατανομής μιας τυχαίας μεταβλητής. Ιδανικά, το μοντέλο έχει μερικές μόνο δεσμευμένες παραμέτρους (bound parameters) και καθόλου ελεύθερες παραμέτρους (free parameters). Σε αυτή την περίπτωση, μπορεί να προβλέψει πλήρως την κατανομή παρόμοιων τυχαίων μεταβλητών προερχόμενων από διαφορετικές συλλογές δεδομένων (datasets) από αυτές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του μοντέλου. Τυπικά όμως, το μοντέλο ίσως περιλαμβάνει ελεύθερες μετατοπίσεις (free offsets) και κλιμακωτές παραμέτρους (scale parameters), οπότε προβλέπει τη γενική και όχι την ακριβή μορφή μελλοντικών κατανομών. Αν αυτές οι παράμετροι είναι γνωστές για ένα μελλοντικό dataset, τότε το μοντέλο μπορεί να προβλέψει πλήρως αυτό το dataset.

Αντιθέτως, ένα εμπειρικό μοντέλο, όπως το tcrlib [15], περιγράφει την κατανομή μιας τυχαίας μεταβλητής βασιζόμενο στην παρατήρηση των κατανομών ενός προηγούμενου δείγματος της μεταβλητής. Το εμπειρικό μοντέλο περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό δεσμευμένων παραμέτρων για τον χαρακτηρισμό της συνάρτησης κατανομής της τυχαίας μεταβλητής.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Υπάρχουν ορισμένα πλεονεκτήματα του αναλυτικού μοντέλου σε σύγκριση με ένα εμπειρικό μοντέλο, για την ίδια κατανομή:

- Τα αναλυτικά μοντέλα μπορούν να διατυπωθούν μαθηματικά, όντας έτσι ευκολότερα κατανοήσιμα.
- Τα αναλυτικά μοντέλα είναι σύντομα και σαφή και έτσι ευκολότερα μεταδιδόμενα.
- Με ένα αναλυτικό μοντέλο μπορούν να συγκριθούν εύκολα διαφορετικά dataset, συγκρίνοντας τις τιμές που έχουν αποδοθεί στις ελεύθερες παραμέτρους του μοντέλου.

Ένα βασικό ερώτημα, ωστόσο, είναι κατά πόσο ένα αναλυτικό μοντέλο μπορεί να συλλάβει πλήρως την έννοια της μετρούμενης ποσότητας με μια τυχαία μεταβλητή. Ένα εμπειρικό μοντέλο αντιπροσωπεύει τέλεια το dataset από το οποίο παράγεται. Δεν μπορεί να ειπωθεί το ίδιο όμως για ένα αναλυτικό μοντέλο. Αν το αναλυτικό μοντέλο απέχει πολύ από την πραγματικότητα, τότε, ενώ τα παραπάνω πλεονεκτήματα παραμένουν αληθή, το μοντέλο δεν ανταποκρίνεται στα φαινόμενα πρωτεύοντος ενδιαφέροντος και καθίσταται άχρηστο (ή παραπλανητικό αν κάποιος δεν γνωρίζει ότι το μοντέλο είναι ανακριβές).

Το κυριότερο θέμα αφορά το πώς μπορεί κάποιος να πει με βεβαιότητα ότι ένα αναλυτικό μοντέλο αντιπροσωπεύει τα πραγματικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζει ένα dataset. Μια προσέγγιση είναι να απαιτήσουμε ότι οι κατανομές της τυχαίας μεταβλητής που προβλέφθηκαν από το μοντέλο και αυτές που πραγματικά παρατηρούνται να είναι στατιστικά δυσδιάκριτες.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Στα πλαίσια της έρευνας πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στα γραφεία της επιχείρησης. Η διάρκεια αυτής της επίσκεψης ήταν εκ των προτέρων γνωστό πως θα είχε περιορισμένη διάρκεια. Επομένως, η επιλογή της μεθόδου μέτρησης της κίνησης που θα εφαρμόζαμε έπρεπε να γίνει με βάση αυτό το δεδομένο.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι προσομοιώσεις αποτελούν ιδιαίτερα χρονοβόρες πρακτικές. Τα μοντέλα κίνησης χρησιμοποιούνται κυρίως στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού ενός δικτύου ή σε περιπτώσεις επέκτασης και εισαγωγής νέων υπηρεσιών σε κάποιο υπάρχον ώστε να προβλεφθούν τα αποτελέσματα και οι επιπτώσεις αυτών των ενεργειών. Η επιλογή που ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες και τις απαιτήσεις μας είναι η μέθοδος των μετρήσεων. Ωστόσο το ερώτημα παραμένει, θα έπρεπε να καταλήξουμε σε ενεργητικές ή παθητικές μετρήσεις; Οι ενεργητικές μετρήσεις εισάγουν πρόσθετη κίνηση στο δίκτυο και απαιτούν αυξημένα δικαιώματα από τους διαχειριστές του δικτύου. Από την άλλη γνωρίζαμε ότι κάποια πρωτογενή στοιχεία σχετικά με την κίνηση στο δίκτυο ήδη συλλέγονταν με τη βοήθεια ειδικών προγραμμάτων. Επομένως η πιο βολική λύση, αν και ίσως λιγότερο ακριβής, είναι αυτή των παθητικών μετρήσεων, η οποία και τελικά προτιμήθηκε.

Παρόλο που η διάρκεια της επίσκεψης ήταν περιορισμένη, ήταν ωστόσο αρκετή για να ληφθούν ορισμένα στοιχεία από τα οποία μπορούν να εξαχθούν πολύ χρήσιμα συμπεράσματα. Αρχικά έλαβε χώρα ενημέρωση για τις υπηρεσίες του δικτύου, τις χρησιμοποιούμενες εφαρμογές, τα πρωτόκολλα καθώς και πληροφορίες σχετικά με τη δομή και τη λειτουργία των δικτύων WAN και LAN. Στη συνέχεια έγινε λήψη ορισμένων Frame Relay διαμορφώσεων (configuration) δρομολογητών με τη βοήθεια του Telnet. Τα στοιχεία αυτά καταγράφηκαν ήδη αναλυτικά στο Κεφάλαιο 1.

Κατόπιν χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα NGB η οποία βασίζει τη λειτουργία της στο πρωτόκολλο SNMP, καταγράφηκαν στατιστικά για την κίνηση σε μερικές ενδεικτικές διασυνδέσεις δρομολογητών. Η πλατφόρμα NGB παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για την μέση και μέγιστη εισερχόμενη ή

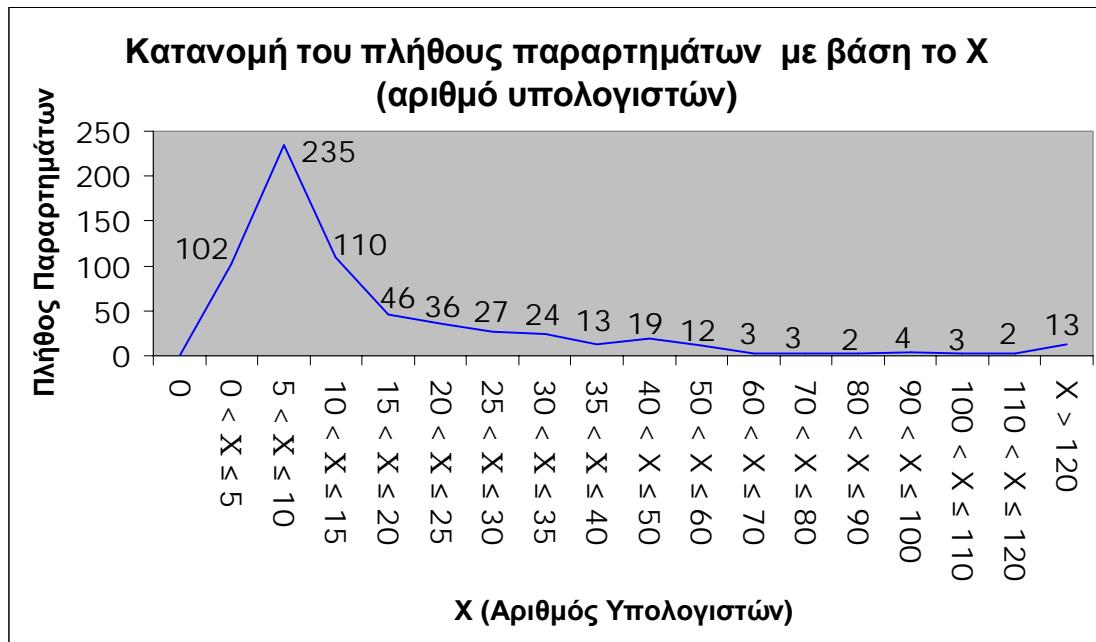
εξερχόμενη IP και SNA κίνηση κάθε κόμβου, σε διάφορες χρονικές βαθμίδες (ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία, ετήσια).

Τέλος, σημειώθηκαν δεδομένα σχετικά με τον αριθμό των τερματικών που βρίσκονται σε κάθε υποκατάστημα. Δεν υπάρχουν ωστόσο ονομαστικά στοιχεία, για παράδειγμα ότι το X υποκατάστημα έχει y σε πλήθος τερματικά. Αντίθετα είναι διαθέσιμη μια λίστα που περιλαμβάνει μόνο αριθμητικά στοιχεία με το πλήθος των τερματικών.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παραπάνω, θα επιχειρήσουμε να κατατάξουμε τα υποκαταστήματα με βάση το πλήθος των τερματικών τους. Στη συνέχεια, αφού πρώτα περιγράψουμε τι είναι οι Πίνακες Κίνησης, θα προσπαθήσουμε να δημιουργήσουμε κάποιους βασικούς τέτοιους πίνακες οι οποίοι ποσοτικοποιούν κατά κάποιο τρόπο την κίνηση που ανταλλάσσουν μεταξύ τους παραρτήματα ίδιων αλλά και διαφορετικών κατηγοριών και θα σχηματίσουμε μια εικόνα σχετικά με τις χωρητικότητες των ζεύξεων που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε κάθε περίπτωση.

3.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΤΩΝ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ

Σε αυτή την ενότητα θα επιχειρήσουμε να κατατάξουμε τα υποκαταστήματα σε κατηγορίες βάσει του αριθμού των τερματικών που υπάρχουν σε αυτά. Έτσι, παραρτήματα που έχουν μέχρι X υπολογιστές, θα τοποθετηθούν στην ίδια κατηγορία. Το ζητούμενο είναι λοιπόν να προσδιορίσουμε αυτό το X που θα καταστήσει δυνατή αυτή τη διάκριση. Στο ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζεται η κατανομή του πλήθους των παραρτημάτων με βάση το X.



Σχήμα 3.1 Διάγραμμα πλήθους παραρτημάτων – αριθμού υπολογιστών

Παρατηρώντας το διάγραμμα και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα Μικρά Καταστήματα είναι περίπου 480 σε αριθμό, όπως σημειώσαμε και στο Κεφάλαιο 1, μπορούμε να υποθέσουμε ότι τα αυτά έχουν συνήθως μέχρι 20 υπολογιστές. Όπως βλέπουμε στις δύο πρώτες κατηγορίες του άξονα x, 337 παραρτήματα έχουν μέχρι 10 τερματικά και άλλα 156 από 10 έως 20. Το άθροισμα αυτό ($337 + 156 = 493$) είναι κοντά στον αριθμό που περιγράψαμε παραπάνω, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως αυτά ανήκουν στην κατηγορία των Μικρών Καταστημάτων.

Βλέπουμε ακόμη ότι η κλίση της καμπύλης αλλάζει απότομα όταν το πλήθος των υπολογιστών ξεπερνά τους 20 και ομαλοποιείται έως ότου ο αριθμός αυτός φτάσει τους 60. Βασιζόμενοι και πάλι στην εκτίμηση ότι τα Μεσαία Καταστήματα είναι περίπου 120, είναι λογικό να υποθέσουμε ότι αυτά τα 131 υποκαταστήματα που βρίσκονται εντός των προαναφερθέντων ορίων ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

Τα τελευταία 30 παραρτήματα, στα οποία υπάρχουν πάνω από 60 τερματικά, τα κατατάσσουμε στα Μεγάλα Καταστήματα. Τα Μεγάλα Καταστήματα είναι κεντρικοί κόμβοι οι οποίοι ελέγχουν και διαχειρίζονται όλο το δίκτυο και όπως είναι αναμενόμενο, έχουν περισσότερους υπολογιστές από τα υπόλοιπα παραρτήματα.

Καταλήγοντας, προτείνουμε τρεις κατηγορίες κόμβων (καταστημάτων) με βάση τον αριθμό των τερματικών που υπάρχουν σε αυτούς, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

<u>Κατηγορία</u>	<u>Πλήθος Υπολογιστών</u>	<u>Πλήθος Καταστημάτων</u>
Μικρά Καταστήματα	έως 20	493
Μεσαία Καταστήματα	από 20 έως και 60	131
Μεγάλα Καταστήματα	από 60 και πάνω	30

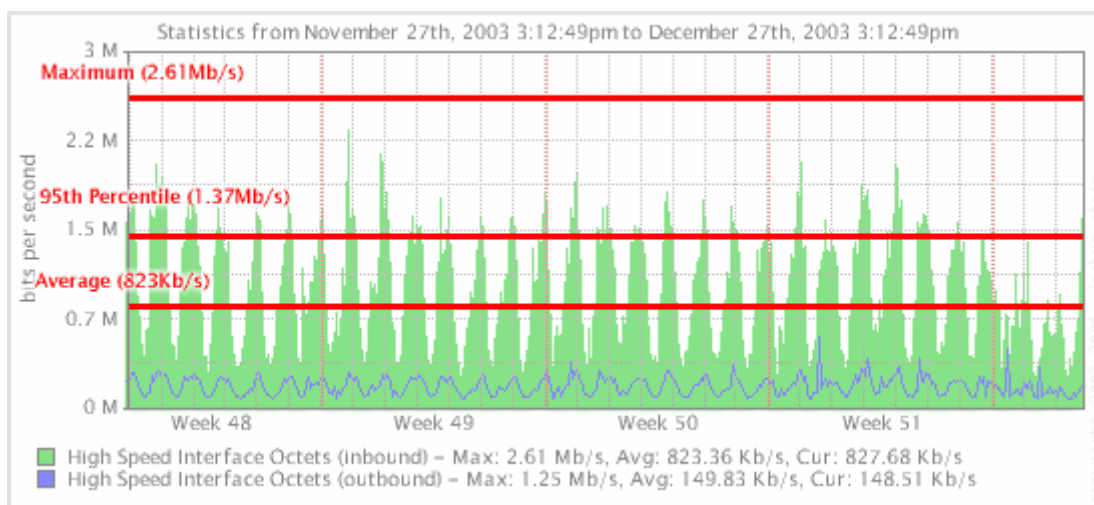
Πίνακας 3.1 Κατηγορίες κόμβων με βάση τον αριθμό των υπολογιστών τους

3.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Όπως επισημάνθηκε και προηγουμένως, η λήψη των στατιστικών στοιχείων έγινε με την πλατφόρμα NGB. Αυτή παρέχει τη δυνατότητα για επισκόπηση των διασυνδέσεων των routers του δικτύου και λήψη στατιστικών στοιχείων για την κίνηση μέσω του πρωτοκόλλου SNMP. Πιο συγκεκριμένα η πλατφόρμα παρουσιάζει διαγράμματα ξεχωριστά για την IP και την SNA κίνηση. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ πως αν και υπάρχει στο δίκτυο κίνηση SNMP, αυτή δεν λαμβάνεται υπ' όψιν στις μετρήσεις, καθώς είναι αμελητέα συγκρινόμενη με τις προαναφερθείσες. Η πλατφόρμα μπορεί επίσης να καταγράψει την μέγιστη, συνολική και μέση εισερχόμενη και εξερχόμενη κίνηση ενός κόμβου σε διαφορετικές χρονικές βαθμίδες. Οι χρονικές βαθμίδες παρουσίασης των στατιστικών μπορεί να είναι διαστήματα ημέρας, εβδομάδας, μήνα, έτους. Τέλος, μία πολύ σημαντική παράμετρο που μπορεί να υπολογίσει η NGB είναι η 95th Percentile με ιδιαίτερη σημασία, και στην οποία θα αναφερθούμε ιδιαίτερα.

Ας δούμε πρώτα τι εκφράζει η 95th Percentile [E.]. Είναι μια μαθηματική παράμετρος, ευρέως χρησιμοποιούμενη για την αποτίμηση της

συνηθισμένης χρήσης (utilization) μιας σύνδεσης. Ο λόγος που αυτή είναι τόσο χρήσιμη στη μέτρηση του φόρτου δεδομένων (data throughput) οφείλεται στο γεγονός ότι παρέχει μία πολύ λεπτομερή εικόνα του κόστους σε bandwidth. Αυτό που υποδηλώνει η 95th Percentile είναι πως για το 95% του χρόνου, η χρήση της σύνδεσης παραμένει κάτω από αυτό το ποσό. Κατ' αντιστοιχία, το υπόλοιπο 5% του χρόνου, η χρήση υπερβαίνει αυτό το ποσό. Η 95th percentile είναι ένα καλό μέτρο για να διαπιστωθεί πόσο bandwidth χρησιμοποιείται στην πραγματικότητα. Ας δούμε ένα παράδειγμα στο παρακάτω σχήμα [F.].



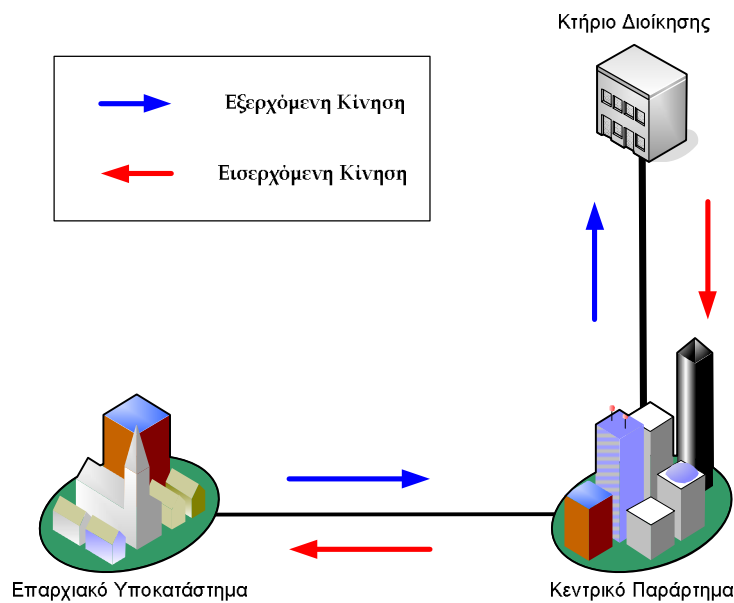
Σχήμα 3.2 Διάγραμμα κίνησης που επιδεικνύει τη χρήση της παραμέτρου 95th Percentile.

Το διάγραμμα παρουσιάζει όγκο κίνησης (traffic volume) κατά τη διάρκεια ενός μήνα. Παρατηρούμε ότι παρουσιάζονται καθημερινές διακυμάνσεις (κορυφές - peaks και κοιλάδες - valleys), με μέγιστο εισερχόμενο ρυθμό 2.6 Mbps. Η 95th Percentile απομακρύνει το μεγαλύτερο 5% αυτών των δειγμάτων, θέτοντας τον κανονικό ρυθμό μόλις στα 1.37 Mbps. Στην ουσία, η 95th Percentile πραγματοποιεί το "φιλτράρισμα" των αιχμών (spikes) ενός διαγράμματος.

Στηριζόμενοι στα παραπάνω, θα επιχειρήσουμε να διαπιστώσουμε αν υπάρχουν "ομοιότητες" στα στατιστικά κίνησης που παρατηρούνται, με βάση την κατηγοριοποίηση που έγινε προηγουμένως, σε Μικρά, Μεσαία και Μεγάλα Καταστήματα. Θέλουμε δηλαδή να δούμε, αν παρατηρούνται στατιστικά όμοιες κινήσεις σε συνδέσεις Μεσαίων Καταστημάτων μεταξύ τους, σε συνδέσεις μεταξύ

Μικρών και Μεσaiών Καταστημάτων, μεταξύ Μεσaiών και Μεγάλων Καταστημάτων κοκ.

Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να παρατηρηθεί ότι τα Μικρά Καταστήματα δεν συνδέονται απ' ευθείας μεταξύ τους, αλλά ούτε και με τα Μεγάλα Καταστήματα. Όλη τους η κίνηση διοχετεύεται στους συνδέσμους τους με τους κόμβους των Μεσaiών Παραρτημάτων. Επίσης, τα Μικρά Καταστήματα συνδέονται απ' ευθείας μόνο με ένα τοπικό Μεσaiό Κατάστημα.

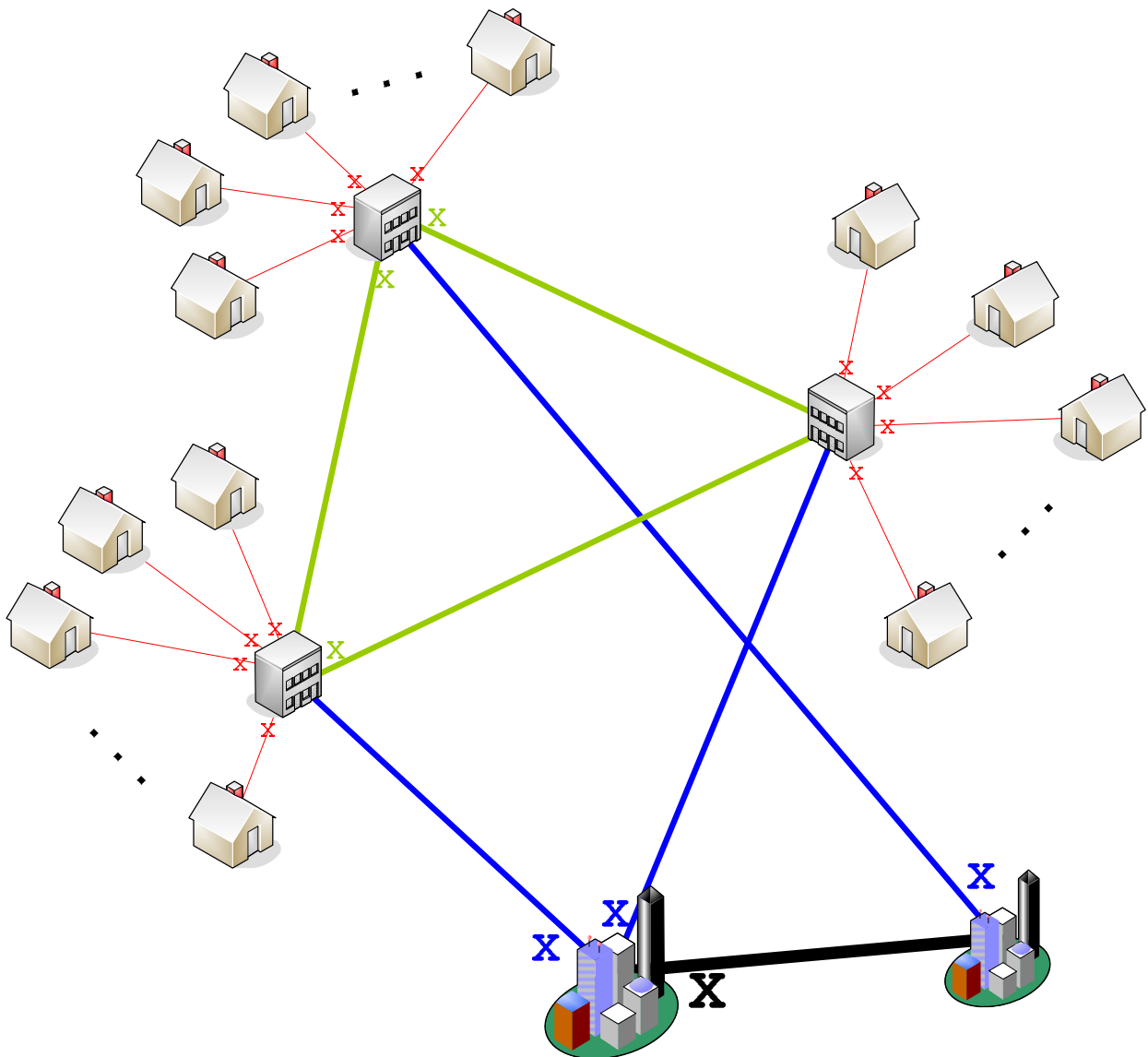
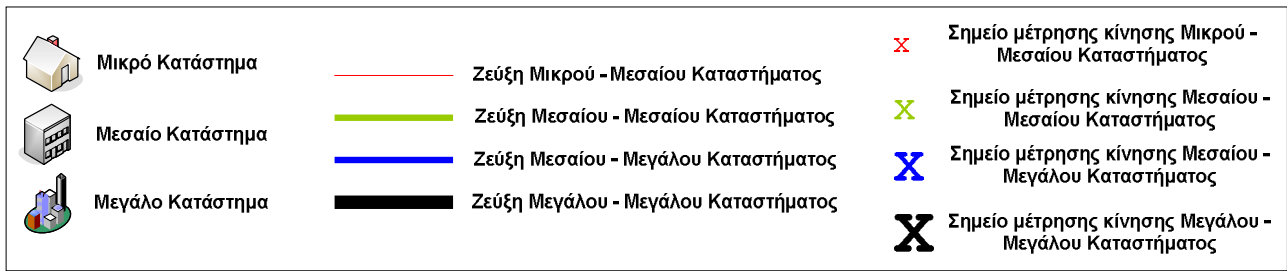


Σχήμα 3.3 Επικοινωνία Μικρού Καταστήματος – Μεγάλου Καταστήματος

Ωστόσο, όπως προαναφέραμε, δεν υπήρχε η δυνατότητα συλλογής συνολικών μετρήσεων, παρά μόνο κάποιων ενδεικτικών στατιστικών για συγκεκριμένους κόμβους και βασιζόμενοι σε αυτά θα επιχειρήσουμε να εξάγουμε κάποια χρήσιμα συμπεράσματα.

Τα στατιστικά παρουσιάζονται στο Παράρτημα. Εξετάζονται ξεχωριστά οι 4 δυνατές περιπτώσεις, δηλαδή:

- Κίνηση συνδέσμου Μικρού Καταστήματος – Μεσaiού Καταστήματος
- Κίνηση συνδέσμου Μεσaiού Καταστήματος – Μεσaiού Καταστήματος
- Κίνηση συνδέσμου Μεσaiού Καταστήματος – Μεγάλου Καταστήματος
- Κίνηση συνδέσμου Μεγάλου Καταστήματος – Μεγάλου Καταστήματος



Σχήμα 3.4 Τα διαφορετικά είδη ζεύξεων και τα σημεία μέτρησης της κίνησης

4. ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΠΟΙΗΣΗ

Παρατηρώντας τα διαγράμματα και τα στατιστικά, μπορούμε να εξάγουμε ορισμένα χρήσιμα γενικά συμπεράσματα. Πριν όμως προχωρήσουμε σε αυτά θα πρέπει να βρεθεί ένας βολικός τρόπος παρουσίασης τους. Τη λύση δίνουν οι Πίνακες Κίνησης.

4.1 ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ [1], [17], [13]

Οι Πίνακες Κίνησης (Traffic Matrices – TM) αποτελούν μία βολική απεικόνιση των απαιτήσεων σε κίνηση (traffic demands) ανάμεσα στα στοιχεία ενός δικτύου. Οι απαιτήσεις σε κίνηση ή throughput ανάμεσα σε κόμβους είναι ένα από τα χαρακτηριστικά ενός δικτύου που χρειάζονται οι διαχειριστές για να εκτελέσουν διάφορες εργασίες. Οι Πίνακες Κίνησης αναμένεται να διαδοθούν ευρέως και να υπάρχουν παντού, όπως ακριβώς και τα δεδομένα SNMP, ώστε να βελτιώσουν το σχεδιασμό και τη διαχείριση των δικτύων και των υπηρεσιών. Οι πληροφορίες για το μέγεθος και την τοποθεσία (locality) των ροών που περιέχονται σε ένα τέτοιο πίνακα, είναι πολύ σημαντικές τόσο για το σχεδιασμό της ανάπτυξης ενός δικτύου, όσο και για τη διάγνωση προβλημάτων.

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την πρόσβαση σε ακριβείς Πίνακες Κίνησης, είναι πολύ λίγες οι τεχνικές που έχουν προταθεί για τον υπολογισμό τους. Οι διαχειριστές δικτύων ζητούν όλο και συχνότερα, την ανάπτυξη σοβαρών και πρακτικών μεθόδων για τον καταρτισμό Πινάκων Κίνησης. Οι πίνακες αυτοί τους είναι χρήσιμοι σε πολλές εργασίες που σχετίζονται με τη διαχείριση ενός μεγάλου δικτύου. Η γνώση που αναπαριστά ένας Πίνακας Κίνησης είναι πολύτιμη σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, όπως:

- Εξισορρόπηση Φόρτου (load balancing)
- Διαμόρφωση των πρωτοκόλλων δρομολόγησης (routing protocols configuration)
- Διαστασιοποίηση ζεύξεων (dimensioning)
- Τιμολόγηση (pricing)
- Αποδοτική ανακατεύθυνση κίνησης από υπερφορτωμένους συνδέσμους (efficiently redirect traffic from overloaded links)

- Ασφάλεια δικτύων (network security) με την παρακολούθηση των μεταβολών στις εξερχόμενες και εισερχόμενες κινήσεις

4.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΠΟΙΗΣΗ

Τα δεδομένα που καταγράφονται στους Πίνακες Κίνησης αποτελούν προϊόν επεξεργασίας των στατιστικών στοιχείων που λήφθηκαν μέσω SNMP. Τα στοιχεία αυτά είναι ενδεικτικά της κίνησης που παρατηρείται στο δίκτυο και μπορούν να μας δώσουν μια γενική εικόνα για τον όγκο των πληροφοριών που ανταλλάσσονται μεταξύ των κόμβων, αλλά δεν είναι ακριβή. Έτσι, είναι πολύ πιθανό να παρατηρηθούν αποκλίσεις σε ορισμένες περιπτώσεις. Για το λόγο αυτό στρογγυλοποιούμε στα συμπεράσματά μας τα αποτελέσματα προς τα πάνω ώστε να υπάρχει κάποιο περιθώριο ασφαλείας. Στόχος λοιπόν αυτής της διαδικασίας είναι να περιγράψει τον τρόπο και την βασική λειτουργία την οποία μπορούν να σκιαγραφήσουν ακόμα και αυτά τα ελλιπή δεδομένα.

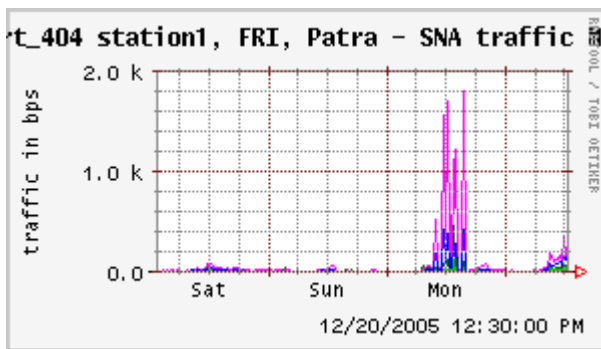
Στη συνέχεια παραθέτονται κάποιοι πίνακες που συνοψίζουν τα κυριότερα από αυτά. Σε όλες τις ακόλουθες περιπτώσεις αναφέρονται σαν Εισερχόμενη Κίνηση τα δεδομένα που μεταδίδονται με κατεύθυνση από κόμβο μικρότερης κατηγορίας (όπως αυτές περιγράφηκαν παραπάνω) προς κόμβο μεγαλύτερης κατηγορίας και σαν Εξερχόμενη Κίνηση τα δεδομένα που κινούνται με αντίθετη κατεύθυνση.

Κίνηση συνδέσμου Μικρού Καταστήματος- Μεσαίου Καταστήματος

	Προσεγγιστικές διακυμάνσεις των τιμών των παραμέτρων Κίνησης SNA		Προσεγγιστικές διακυμάνσεις των τιμών των παραμέτρων Κίνησης IP	
	Εισερχόμενη Κίνηση	Εξερχόμενη Κίνηση	Εισερχόμενη Κίνηση	Εξερχόμενη Κίνηση
Μέγιστη	464 bps ~ 1.25 Kbps	1 Kbps ~ 2.15 Kbps	15 Kbps ~ 30 Kbps	61 Kbps ~ 63 Kbps
Μέση	6 bps ~ 65 bps	23 bps ~ 95 bps	324 bps ~ 1.02 Kbps	2.35 Kbps ~ 3.87 Kbps
95th Percentile	38 bps ~ 542 bps	110 bps ~ 631 bps	1.69 Kbps ~ 3.44 Kbps	6.87 Kbps ~ 23.4 Kbps

Πίνακας 4.1 Πίνακας προσεγγιστικών διακυμάνσεων των τιμών των παραμέτρων κίνησης SNA και IP μεταξύ Μικρών Καταστημάτων και Μεσαίων Καταστημάτων

Σε κάθε πεδίο του πίνακα παρουσιάζονται η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή των παραμέτρων κίνησης των δειγμάτων που παρατίθενται στο Παράρτημα. Για παράδειγμα, στο πεδίο μέγιστη εισερχόμενη κίνηση SNA εξετάζονται όλες οι τιμές της παραμέτρου In: Max στα δείγματα SNA που αναφέρονται σε συνδέσμους Μικρού Καταστήματος - Μεσαίου Καταστήματος.



(): Port_404 station1, FRI, Patra - SNA traffic Mesologi

Last update: Tue Dec 20 12:30:10 2005

Maximum: 15.63 Kbps

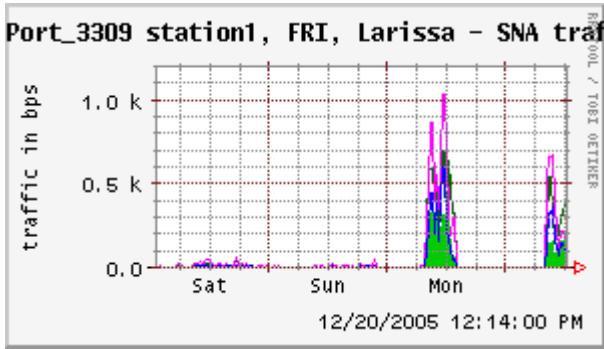
Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 463.77 bps, Avg 6.17 bps, Last 34.55 bps

Out: Max 1.80 kbps, Avg 22.43 bps, Last 129.30 bps

	In:	Out:
Working day average:	25.21 bps	107.48 bps
Total over last 7 days:	5.83 Mbits	14.31 Mbits
95th Percentile for last 7 days:	37.79 bps	110.98 bps

Σχήμα 4.1 Δείγμα στατιστικών κίνησης SNA συνδέσμου Μικρού Καταστήματος - Μεσαίου Καταστήματος. Τιμή παραμέτρου In: Max = 463.77 bps



(Agia): Port_3309 station1, FRI, Larissa - SNA traffic Agia

Last update: Tue Dec 20 12:14:03 2005

Maximum: 15.63 Kbps

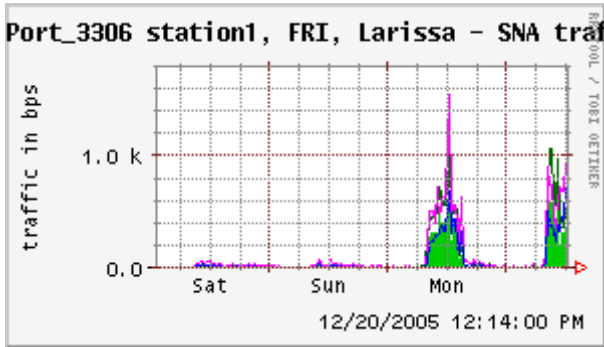
Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 711.64 bps, Avg 23.80 bps, Last 172.58 bps

Out: Max 1.04 kbps, Avg 29.03 bps, Last 99.97 bps

	In:	Out:
Working day average:	167.83 bps	198.83 bps
Total over last 7 days:	19.63 Mbits	25.33 Mbits
95th Percentile for last 7 days:	211.35 bps	285.30 bps

Σχήμα 4.2 Δείγμα στατιστικών κίνησης SNA συνδέσμου Μικρού Καταστήματος – Μεσαίου Καταστήματος. Τιμή παραμέτρου In: Max = 711.64 bps



(Farsala): Port_3306 station1, FRI, Larissa - SNA traffic Farsala

Last update: Tue Dec 20 12:14:03 2005

Maximum: 15.63 Kbps

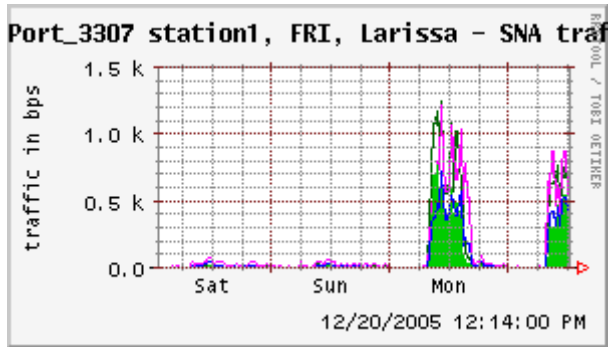
Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 1.05 kbps, Avg 48.14 bps, Last 376.60 bps

Out: Max 1.55 kbps, Avg 53.82 bps, Last 718.85 bps

	In:	Out:
Working day average:	334.31 bps	344.15 bps
Total over last 7 days:	38.60 Mbits	40.15 Mbits
95th Percentile for last 7 days:	406.70 bps	385.44 bps

Σχήμα 4.3 Δείγμα στατιστικών κίνησης SNA συνδέσμου Μικρού Καταστήματος – Μεσαίου Καταστήματος. Τιμή παραμέτρου In: Max = 1.05 Kbps



(Elassona): Port_3307 station1, FRI, Larissa - SNA traffic Elassona

Last update: Tue Dec 20 12:14:02 2005

Maximum: 15.63 Kbps

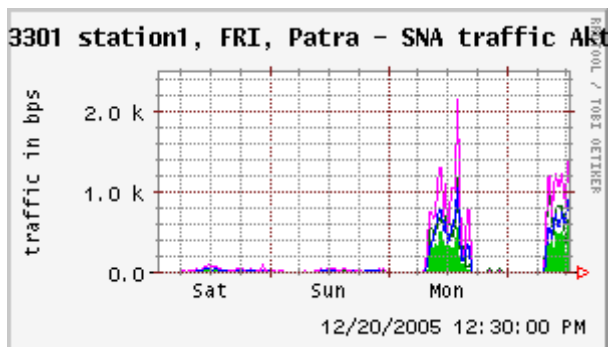
Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 1.25 kbps, Avg 64.51 bps, Last 525.78 bps

Out: Max 1.21 kbps, Avg 68.56 bps, Last 430.19 bps

	In:	Out:
Working day average:	448.21 bps	432.99 bps
Total over last 7 days:	50.13 Mbits	58.89 Mbits
95th Percentile for last 7 days:	541.20 bps	558.73 bps

Σχήμα 4.4 Δείγμα στατιστικών κίνησης SNA συνδέσμου Μικρού Καταστήματος - Μεσαίου Καταστήματος. Τιμή παραμέτρου In: Max = 1.25 Kbps



(): Port_3301 station1, FRI, Patra - SNA traffic Akth Dymaiwn

Last update: Tue Dec 20 12:30:14 2005

Maximum: 15.63 Kbps

Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 1.16 kbps, Avg 56.41 bps, Last 594.57 bps

Out: Max 2.15 kbps, Avg 95.84 bps, Last 924.90 bps

	In:	Out:
Working day average:	364.17 bps	576.14 bps
Total over last 7 days:	37.23 Mbits	62.38 Mbits
95th Percentile for last 7 days:	384.08 bps	630.61 bps

Σχήμα 4.5 Δείγμα στατιστικών κίνησης SNA συνδέσμου Μικρού Καταστήματος - Μεσαίου Καταστήματος. Τιμή παραμέτρου In: Max = 1.16 Kbps

Από αυτές τις τιμές σημειώνεται η μικρότερη ($463.77 \approx 464$ bps) και η μεγαλύτερη (1.25 Kbps). Θεωρούμε δηλαδή ότι οι τιμές για την μέγιστη εισερχόμενη κίνηση SNA κυμαίνονται ανάμεσα στην ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή της παραμέτρου In: Max που συναντήσαμε στα δείγματα. Με τον ίδιο τρόπο έχουν συμπληρωθεί και τα υπόλοιπα πεδία του Πίνακα 4.1, αλλά και των πινάκων που ακολουθούν.

Παρατηρούμε ότι η κίνηση SNA είναι πολύ μικρή σε σχέση με την κίνηση IP. Η παράμετρος 95th Percentile υποδηλώνει πως οι εισερχόμενες και εξερχόμενες κινήσεις SNA δεν ξεπερνούν συνήθως το 1 Kbps ενώ η μέγιστη και η μέση τιμή τους είναι μικρότερες από 5 Kbps και 1 Kbps αντίστοιχα. Ανάλογα συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν και για την κίνηση IP.

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του Πίνακα 4.1 μπορούμε να καταρτίσουμε ένα νέο πίνακα που παρουσιάζει την συνολική κίνηση μιας ζεύξης Μικρού Καταστήματος – Μεσαίου Καταστήματος. Κάθε πεδίο του νέου αυτού πίνακα προκύπτει ως το άθροισμα των τιμών των ομώνυμων παραμέτρων κίνησης SNA και IP.

	Προσεγγιστικές διακυμάνσεις των τιμών των παραμέτρων Συνολικής Κίνησης	
	Εισερχόμενη Κίνηση	Εξερχόμενη Κίνηση
Μέγιστη	15.5 Kbps ~ 31.25 Kbps	62 Kbps ~ 65.15 Kbps
Μέση	330 bps ~ 1.09 Kbps	2.37 Kbps ~ 3.97 Kbps
95th Percentile	1.75 bps ~ 3.9 Kbps	6.98 Kbps ~ 24 Kbps

Πίνακας 4.2 Πίνακας προσεγγιστικών διακυμάνσεων των τιμών των παραμέτρων συνολικής κίνησης μεταξύ Μικρών Καταστημάτων και Μεσαίων Καταστημάτων

Στον παραπάνω πίνακα συνολικής κίνησης μπορούμε να προσέξουμε ότι η εξερχόμενη κίνηση ξεπερνά αρκετά την εισερχόμενη. Το γεγονός αυτό πιθανώς σημαίνει ότι τα Μικρά Καταστήματα είναι εκείνα που πραγματοποιούν συνήθως αιτήσεις και τα Μεσαία Καταστήματα αυτά που αποκρίνονται με αποστολή δεδομένων.

Παρατηρώντας επίσης τις τιμές των μεγίστων συνολικών εισερχόμενων και εξερχόμενων κινήσεων, μπορούμε να βγάλουμε και κάποια συμπεράσματα όσον αφορά τη διαστασιοποίηση των ζευξέων. Έτσι, σε περίπτωση που θέλουμε

να ενώσουμε ένα Μικρό Κατάστημα με ένα Μεσαίο Κατάστημα, θα πρέπει να επιλέξουμε κάποια ζεύξη με χωρητικότητα της τάξεως των 128 Kbps (επειδή τα στατιστικά στοιχεία δεν είναι πλήρη, ίσως απαιτούνται και μεγαλύτερες χωρητικότητες της τάξης των 256 ή ακόμα και 512 Kbps).

Στη συνέχεια παρατίθενται και οι υπόλοιποι Πίνακες Κίνησης από τους οποίους μπορούμε να εξάγουμε ανάλογα συμπεράσματα.

Κίνηση συνδέσμου Μεσαίου Καταστήματος – Μεσαίου Καταστήματος

	Προσεγγιστικές διακυμάνσεις των τιμών των παραμέτρων Κίνησης SNA		Προσεγγιστικές διακυμάνσεις των τιμών των παραμέτρων Κίνησης IP	
	Εισερχόμενη Κίνηση	Εξερχόμενη Κίνηση	Εισερχόμενη Κίνηση	Εξερχόμενη Κίνηση
Μέγιστη	26.8 Kbps ~ 94.8 Kbps	110.5 Kbps ~ 124.8 Kbps	330.2 Kbps ~ 438.85 Kbps	657.3 Kbps ~ 1.4 Mbps
Μέση	2.51 Kbps ~ 8 Kbps	7.5 Kbps ~ 19.9 Kbps	16.9 Kbps ~ 22.7 Kbps	64.2 Kbps ~ 80.9 Kbps
95th Percentile	8 Kbps ~ 25.5 Kbps	32.25 Kbps ~ 73.65 Kbps	61 Kbps ~ 88.42 Kbps	222.3 Kbps ~ 246.6 Kbps

Πίνακας 4.3 Πίνακας προσεγγιστικών διακυμάνσεων των τιμών των παραμέτρων κίνησης SNA και IP μεταξύ Μεσαίων Καταστημάτων

	Προσεγγιστικές διακυμάνσεις των τιμών των παραμέτρων Συνολικής Κίνησης	
	Εισερχόμενη Κίνηση	Εξερχόμενη Κίνηση
Μέγιστη	357 Kbps ~ 533.65 Kbps	667.8 Kbps ~ 1.52 Mbps
Μέση	19.4 Kbps ~ 30.7 Kbps	71.7 Kbps ~ 101 Kbps
95th Percentile	69 Kbps ~ 114 Kbps	254.6 Kbps ~ 320.25 Kbps

Πίνακας 4.4 Πίνακας προσεγγιστικών διακυμάνσεων των τιμών των παραμέτρων συνολικής κίνησης μεταξύ Μεσαίων Καταστημάτων

Επειδή σε αυτή την περίπτωση η ζεύξη είναι μεταξύ κόμβων της ίδιας κατηγορίας (Μεσαίων Καταστημάτων), θα αναμέναμε η συνολικές (αλλά και οι επιμέρους) εισερχόμενες και εξερχόμενες κινήσεις να είναι περίπου ίσες. Η διαφορά που παρατηρείται σε αυτή την περίπτωση, οφείλεται στο γεγονός ότι επιλέξαμε σαν κόμβους αναφοράς, κόμβους στους οποίους υπάρχουν περισσότερα τερματικά. Όσον αφορά τη διαστασιοποίηση θα πρέπει να επιλεγούν ζεύξεις με χωρητικότητες της τάξης των 2 Mbps .

Κίνηση συνδέσμου Μεσαίου Καταστήματος – Μεγάλου Καταστήματος

	Προσεγγιστικές διακυμάνσεις των τιμών των παραμέτρων Κίνησης SNA		Προσεγγιστικές διακυμάνσεις των τιμών των παραμέτρων Κίνησης IP	
	Εισερχόμενη Κίνηση	Εξερχόμενη Κίνηση	Εισερχόμενη Κίνηση	Εξερχόμενη Κίνηση
Μέγιστη	1.43 Kbps ~ 43.84 Kbps	87.69 Kbps ~ 40.16 Kbps	347.62 Kbps ~ 633.46 Kbps	491.8 Kbps ~ 1.67 Mbps
Μέση	26.25 bps ~ 626.87 bps	206.26 bps ~ 494.5 bps	29.89 Kbps ~ 77.7 Kbps	91.8 Kbps ~ 237.3 Kbps
95th Percentile	167.56 bps ~ 6.5 Kbps	333.7 bps ~ 1.81 Kbps	146.9 Kbps ~ 150 Kbps	349.2 Kbps ~ 604 Kbps

Πίνακας 4.5 Πίνακας προσεγγιστικών διακυμάνσεων των τιμών των παραμέτρων κίνησης SNA και IP ανάμεσα σε Μεσαία Καταστήματα και Μεγάλα Καταστήματα

	Προσεγγιστικές διακυμάνσεις των τιμών των παραμέτρων Συνολικής Κίνησης	
	Εισερχόμενη Κίνηση	Εξερχόμενη Κίνηση
Μέγιστη	349 Kbps ~ 677.3 Kbps	579.5 Kbps ~ 1.71 Mbps
Μέση	29.9 Kbps ~ 78.3 Kbps	92 Kbps ~ 237.8 Kbps
95th Percentile	147 Kbps ~ 156.5 Kbps	350 Kbps ~ 605 Kbps

Πίνακας 4.6 Πίνακας προσεγγιστικών διακυμάνσεων των τιμών των παραμέτρων συνολικής κίνησης ανάμεσα σε Μεσαία Καταστήματα και Μεγάλα Καταστήματα

Η παρατήρηση σε αυτή την περίπτωση είναι πως οι συνολικές κινήσεις δεν διαφέρουν σημαντικά σε σχέση με την περίπτωση όπου είχαμε ζεύξη μεταξύ 2 Μεσαίων Καταστημάτων. Οι κωρητικότητες που θα πρέπει να επιλεγούν για τη διασύνδεση είναι και εδώ της τάξης των 2 Mbps.

Κίνηση συνδέσμου Μεγάλου Καταστήματος – Μεγάλου Καταστήματος

	Προσεγγιστικές διακυμάνσεις των τιμών των παραμέτρων Συνολικής Κίνησης	
	Εισερχόμενη Κίνηση	Εξερχόμενη Κίνηση
Μέγιστη	1.66Mbps ~ 7.06 Mbps	3.12 Mbps ~ 17.34 Mbps
Μέση	239 Kbps ~ 244 Kbps	595.8 Kbps ~ 525.5 Kbps
95th Percentile	514 Kbps ~ 614.3 Kbps	1.52 Mbps ~ 1.54 Mbps

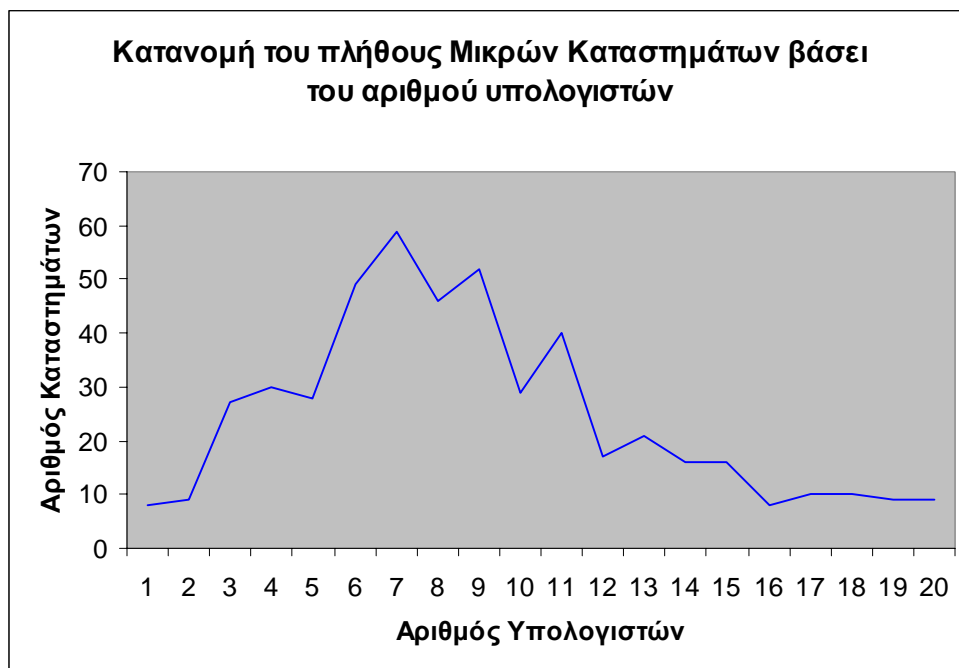
Πίνακας 4.7 Πίνακας προσεγγιστικών διακυμάνσεων των τιμών των παραμέτρων συνολικής κίνησης μεταξύ Μεγάλων Καταστημάτων

Θα πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι δεν υπάρχουν στατιστικά στοιχεία για την κίνηση SNA ανάμεσα σε Μεγάλα Καταστήματα. Το γεγονός αυτό μπορεί να σημαίνει είτε ότι δεν υπάρχουν τέτοια στοιχεία ανάμεσα στα δεδομένα που συλλέχθηκαν είτε ότι δεν υπάρχει κίνηση SNA μεταξύ Μεγάλων Καταστημάτων. Σε κάθε περίπτωση όμως, η “εμπειρία” μας από τις προηγούμενες περιπτώσεις μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η κίνηση SNA είναι μιας τάξης μεγέθους μικρότερη από την κίνηση IP. Δίχως βλάβη της γενικότητας λοιπόν μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η συνολική κίνηση είναι περίπου ίση με την κίνηση IP. Έτσι, όσον αφορά τη διαστασιοποίηση θα πρέπει να επιλέξουμε χωρητικότητες της τάξης τουλάχιστον των 20 Mbps (ίσως και μεγαλύτερες σε ορισμένες περιπτώσεις).

4.3 ΕΝΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

Χρησιμοποιώντας τον Πίνακα 4.2, μπορούμε να εξαγάγουμε ορισμένα συμπεράσματα για την μέση μέγιστη κίνηση που αντιστοιχεί σε κάθε υπολογιστή ενός Μικρού Καταστήματος. Η ανάλυση αυτή θα μας οδηγήσει σε έναν διαφορετικό τρόπο προσέγγισης της διαστασιοποίησης των ζεύξεων.

Τα Μικρά Καταστήματα αποτελούν τερματικούς κόμβους του δικτύου που διοχετεύουν όλη τους την κίνηση μέσω μιας μοναδικής ζεύξης με Μεσαία Καταστήματα. Επομένως μια τέτοια αντιστοιχία είναι δυνατή, καθώς η κίνηση αυτή δεν διαμοιράζεται. Κατηγοριοποιώντας τους κόμβους χρησιμοποιώντας ως κριτήριο τον αριθμό των τερματικών τους, υπολογίσαμε ότι ένα Μικρό Κατάστημα μπορεί να έχει μέχρι και 20 υπολογιστές. Το ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζει την κατανομή του πλήθους Μικρών Καταστημάτων βάσει του αριθμού υπολογιστών.



Σχήμα 4.6 Διάγραμμα κατανομής του πλήθους Μικρών Καταστημάτων βάσει του αριθμού υπολογιστών

Μπορούμε λοιπόν με αυτά τα δεδομένα να εκτιμήσουμε το μέσο όρο υπολογιστών που έχει ένα Μικρό Κατάστημα. Ο αριθμός αυτός είναι 8.95, δηλαδή 9 υπολογιστές για κάθε Μικρό Κατάστημα. Καθώς οι μετρήσεις

πραγματοποιήθηκαν στους δρομολογητές Μεσαίων Καταστημάτων, η εισερχόμενη σε αυτά κίνηση είναι εξερχόμενη για τα Μικρά Καταστήματα. Αντίστοιχα η εξερχόμενη κίνηση των Μεσαίων Καταστημάτων είναι εισερχόμενη για τα Μικρά Καταστήματα. Έτσι, από τα στοιχεία του παραπάνω Πίνακα Κίνησης μπορούμε να υπολογίσουμε ότι η μέση (από εδώ και στο εξής θα αναφέρεται ως μέση και θα εννοείται μέση μέγιστη) εξερχόμενη κίνηση ανά υπολογιστή είναι $31.25 \text{ Kbps} / 9 \text{ υπολογιστές} \approx 3.5 \text{ Kbps}$, ενώ η μέση εισερχόμενη κίνηση είναι $65.15 \text{ Kbps} / 9 \text{ υπολογιστές} \approx 7.3 \text{ Kbps}$.

Αριθμός Υπολογιστών	Μέση Κίνηση	
	Εισερχόμενη	Εξερχόμενη
1 Υπολογιστής	7.3 Kbps	3.5 Kbps
2 Υπολογιστές	14.6 Kbps	7 Kbps
3 Υπολογιστές	21.9 Kbps	10.5 Kbps
4 Υπολογιστές	29.2 Kbps	14 Kbps
5 Υπολογιστές	36.5 Kbps	17.5 Kbps
10 Υπολογιστές	73 Kbps	35 Kbps
15 Υπολογιστές	109.5 Kbps	52.5 Kbps
20 Υπολογιστές	146 Kbps	70 Kbps

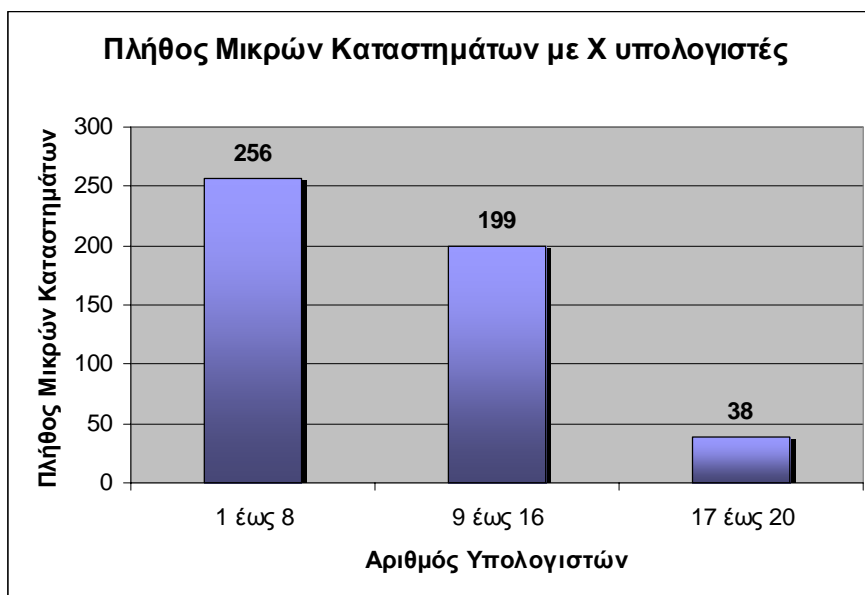
Πίνακας 4.8 Μέση κίνηση για συγκεκριμένο αριθμό υπολογιστών

Αφού πραγματοποιήσαμε την αντιστοίχιση μέσης κίνησης ανά υπολογιστή, μπορούμε να προτείνουμε έναν εναλλακτικό τρόπο εκτίμησης της χωρητικότητας μιας ζεύξης Μικρού Καταστήματος – Μεσαίου Καταστήματος με βάση τον αριθμό των τερματικών του Μικρού Καταστήματος. Αρχικά θα υπολογίσουμε τον αριθμό των υπολογιστών που μπορεί να υποστηρίξουν ζεύξεις χωρητικότητας 64 Kbps, 128 Kbps και 256 Kbps. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε μία διαφορετική μέθοδο κατηγοριοποίησης των Μικρών Καταστημάτων, χρησιμοποιώντας ως κριτήριο τη χωρητικότητα της ζεύξης που τους αντιστοιχήσαμε.

Χωρητικότητα Ζεύξης	Αριθμός υπολογιστών που μπορεί να υποστηρίξει	Μέση μέγιστη κίνηση υπολογιστών	
		Εισερχόμενη	Εξερχόμενη
64 Kbps	έως 8	58.4 Kbps	28 Kbps
128 Kbps	έως 16	116.8 Kbps	56 Kbps
256 Kbps	έως 20	146 Kbps	70 Kbps

Πίνακας 4.9 Χωρητικότητες ζεύξεων και αριθμός υπολογιστών που μπορούν να υποστηρίξουν

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και από τον παραπάνω πίνακα, μια ζεύξη χωρητικότητας 64 Kbps μπορεί να υποστηρίξει Μικρά Καταστήματα μέχρι και 8 υπολογιστών, μια 128 Kbps μέχρι και 16 υπολογιστών, ενώ μια 256 Kbps μέχρι και 20 υπολογιστών. Έχοντας πραγματοποιήσει αυτή την ανάλυση, μπορούμε πλέον να σημειώσουμε το πλήθος των ζεύξεων χωρητικότητας 64 Kbps, 128 Kbps και 256 Kbps που απαιτούνται για τη σύνδεση όλων των Μικρών Καταστημάτων. Κατατάσσουμε λοιπόν τα Μικρά Καταστήματα σε 3 κατηγορίες, σε αυτά που έχουν από 1 έως 8 υπολογιστές (Κατηγορία Α'), σε αυτά που έχουν από 9 έως 16 υπολογιστές (Κατηγορία Β') και σε αυτά που έχουν από 17 έως 20 υπολογιστές (Κατηγορία Γ'). Η Κατηγορία Α' χρησιμοποιεί συνδέσεις χωρητικότητας 64 Kbps, η Κατηγορία Β' συνδέσεις χωρητικότητας 128 Kbps και η Κατηγορία Γ' συνδέσεις χωρητικότητας 256 Kbps.



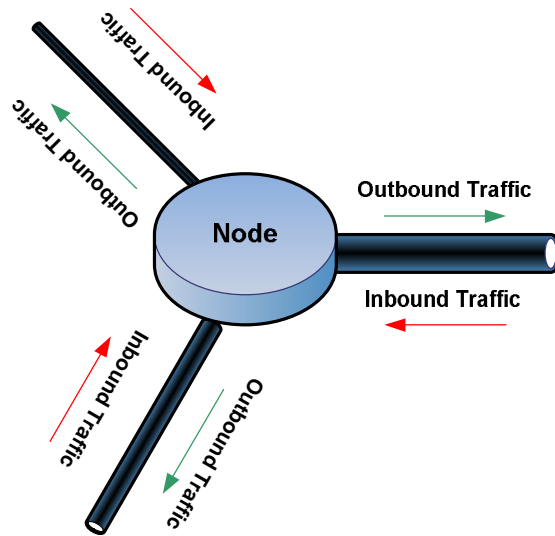
Σχήμα 4.7 Πλήθος Μικρών Καταστημάτων με X υπολογιστές

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα, υπάρχουν 256 Μικρά Καταστήματα με 1 έως 8 υπολογιστές, 199 με 9 έως 16 υπολογιστές και 38 με 17 έως 20 υπολογιστές. Κατ' αναλογία, ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει το πλήθος και τη χωρητικότητα των ζεύξεων που χρησιμοποιεί κάθε κατηγορία.

Ονομασία Κατηγορίας	Πλήθος Υπολογιστών	Χωρητικότητα Ζεύξης	Πλήθος
Κατηγορία Α'	1 έως 8	64 Kbps	256
Κατηγορία Β'	9 έως 16	128 Kbps	199
Κατηγορία Γ'	17 έως 20	256 Kbps	38

Πίνακας 4.10 Κατηγορίες Μικρών Καταστημάτων και πλήθος ζεύξεων

Η παρούσα παράγραφος είχε ως στόχο να προτείνει έναν διαφορετικό τρόπο κατηγοριοποίησης των καταστημάτων. Ανάλογη ανάλυση μπορεί να πραγματοποιηθεί και για τα Μεσαία και Μεγάλα Καταστήματα. Χρειαζόμαστε ωστόσο επιπρόσθετα στοιχεία καθώς οι κατηγορίες αυτές ανταλλάσσουν δεδομένα μέσω πολλαπλών συνδέσεων.



Σχήμα 4.8 Κόμβος πολλαπλών ζεύξεων

Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να υπολογίσουμε τη συνολική εισερχόμενη και εξερχόμενη κίνηση του κόμβου, που προκύπτει ως το άθροισμα των ομώνυμων κινήσεων όλων των ζεύξεων που ξεκινούν από τον κόμβο. Δηλαδή:

$$\begin{aligned} \text{Outbound Traffic} &= \text{Outbound}_{link1} + \text{Outbound}_{link2} + \dots + \text{Outbound}_{linkN} \\ &= \sum_{x=1}^N \text{Outbound}_{linkx} \end{aligned}$$

, όπου Outbound_{linkx} η εξερχόμενη κίνηση της ζεύξης x .

$$\begin{aligned} \text{Inbound Traffic} &= \text{Inbound}_{link1} + \text{Inbound}_{link2} + \dots + \text{Inbound}_{linkN} \\ &= \sum_{x=1}^N \text{Inbound}_{linkx} \end{aligned}$$

, όπου Inbound_{linkx} η εισερχόμενη κίνηση της ζεύξης x .

Προσοχή θα πρέπει να δοθεί σε αυτό το σημείο, ώστε να οριστεί σωστά ποια είναι η εισερχόμενη και η εξερχόμενη κίνηση στον κόμβο.

Θα πρέπει λοιπόν να υπάρχουν στοιχεία για την κίνηση καθεμίας από τις ζεύξεις του κόμβου. Έπειτα μπορούμε να υπολογίσουμε τη μέση κίνηση ανά υπολογιστή ακολουθώντας τον τρόπο που υποδείχθηκε προηγουμένως, υπολογίζοντας δηλαδή το μέσο αριθμό υπολογιστών που έχει ένα κατάσταση και στη συνέχεια διαιρώντας τη συνολική εξερχόμενη ή εισερχόμενη κίνηση με τον αριθμό αυτό.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΟΠΤΕΥΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Σαν αποτέλεσμα της παραπάνω εργασίας, αναπτύχθηκε μια εφαρμογή που μπορεί να βοηθήσει στη γενική εποπτεία της κίνησης αλλά και στη διαστασιοποίηση των ζεύξεων. Η εφαρμογή αυτή, παρόλο που αναπτύχθηκε για την παρουσίαση των συμπερασμάτων της παρούσας μελέτης, αποτελεί στην ουσία μία βάση δεδομένων με πληροφορίες για την κίνηση των ζεύξεων του δικτύου. Αρχικά θα παρουσιαστούν η λειτουργία και οι δυνατότητές της και στη συνέχεια θα δούμε πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανακεφαλαίωση των συμπερασμάτων της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης.

5.1 ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Ο χειρισμός του προγράμματος είναι αρκετά απλός και πραγματοποιείται με τη βοήθεια του ποντικιού (mouse) και του πληκτρολογίου (keyboard). Υπάρχουν τριών ειδών στοιχεία ελέγχου τα οποία καθιστούν δυνατή την επικοινωνία του χρήστη με την εφαρμογή:

- κουμπιά (buttons)
- πεδία κειμένου (text fields)
- μενού επιλογής (drop down menus)

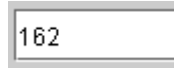
Τα κουμπιά αντιστοιχούν συνήθως σε εντολές. Για να δοθεί μια τέτοια εντολή, θα πρέπει να πατηθεί το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού τη στιγμή που ο δείκτης του (mouse pointer) βρίσκεται πάνω από το τμήμα του γραφικού περιβάλλοντος που οριοθετεί ένα κουμπί.



Σχήμα 5.1 Κουμπιά εντολών

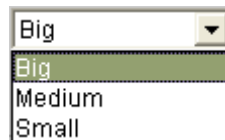
Τα πεδία κειμένου χρησιμεύουν τόσο για την εισαγωγή δεδομένων, όσο και για την παρουσίαση πληροφοριών. Έτσι, λειτουργούν σαν είσοδοι που επιτρέπουν στο χρήστη να μεταφέρει ονόματα και τιμές στο πρόγραμμα με τη

βοήθεια του πληκτρολογίου, αλλά και σαν έξοδοι του προγράμματος για την εμφάνιση αποτελεσμάτων στο χρήστη.



Σχήμα 5.2 Πεδίο κειμένου

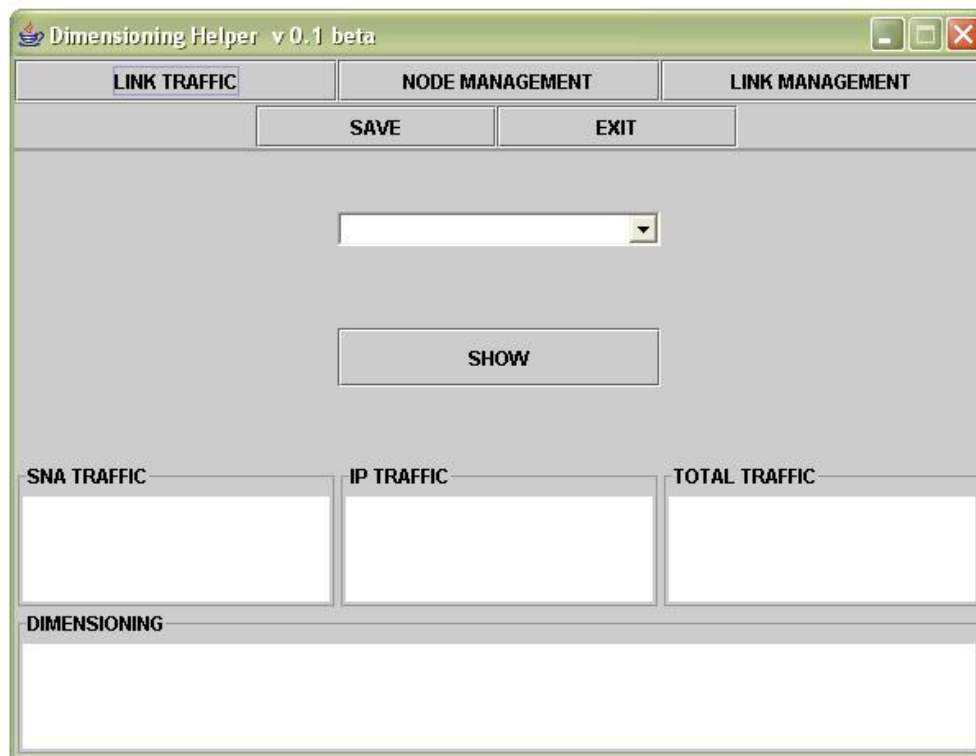
Τα μενού επιλογής τέλος χρησιμοποιούνται για την παρουσίαση των δυνατών επιλογών του χρήστη. Στο δεξί τους μέρος υπάρχει ένα βέλος το οποίο όταν πατηθεί με το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού αναπτύσσει προς τα κάτω όλες τις πιθανές επιλογές.



Σχήμα 5.3 Μενού Επιλογής

5.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής αποτελείται από το κεντρικό μενού και την καρτέλα (πλαίσιο) μέσω της οποίας δίνονται όλες οι εντολές και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα. Με την εκκίνηση του προγράμματος εμφανίζεται η ακόλουθη οθόνη.



Σχήμα 5.4 Αρχική οθόνη προγράμματος

Κεντρικό Μενού

Στο άνω τμήμα του παραθύρου εμφανίζεται το κεντρικό μενού. Αυτό περιλαμβάνει πέντε κουμπιά, ταξινομημένα σε δύο γραμμές.



Σχήμα 5.5 Κεντρικό μενού προγράμματος

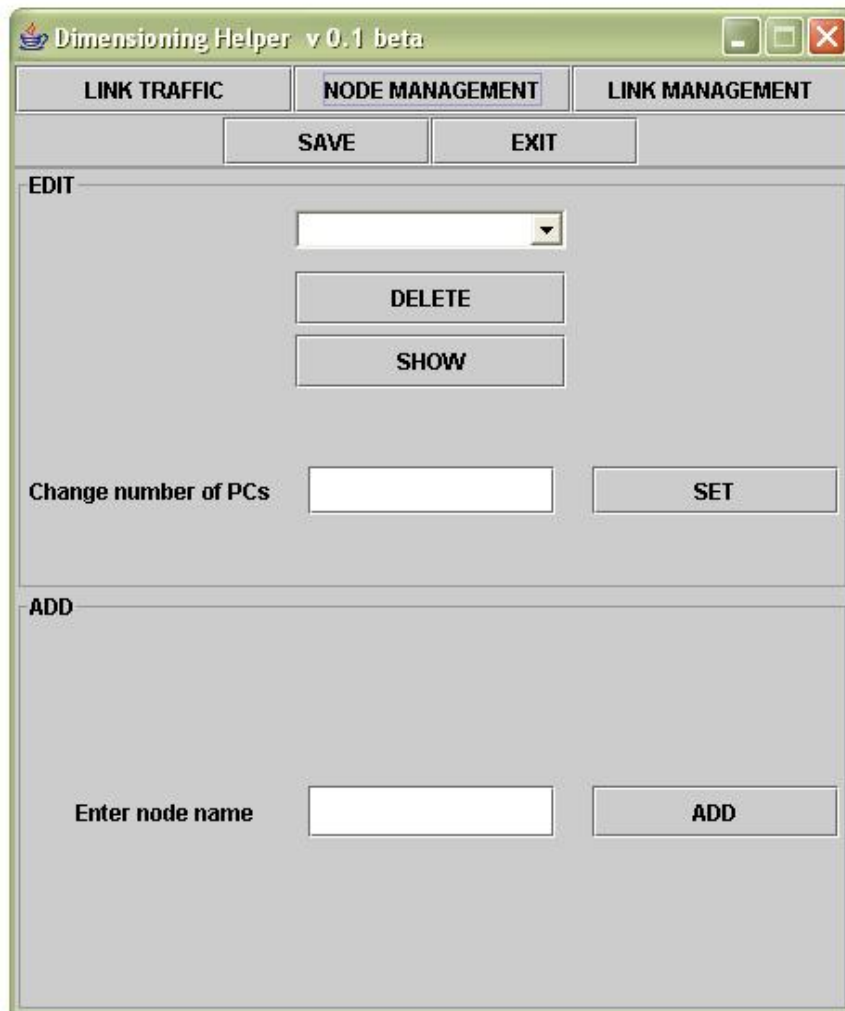
Στην πρώτη γραμμή του μενού υπάρχουν τρία κουμπιά, με τις ονομασίες "LINK TRAFFIC", "NODE MANAGEMENT" και "LINK MANAGEMENT" τα οποία όταν πατηθούν μας μεταφέρουν στις αντίστοιχες καρτέλες. Κάθε μία από αυτές τις καρτέλες θα παρουσιαστεί αναλυτικά στη συνέχεια.

Τα κουμπιά της δεύτερης γραμμής φέρουν τις ονομασίες "SAVE" και "EXIT". Το κουμπί "SAVE" χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να αποθηκεύσουμε

τις αλλαγές που έχουμε πραγματοποιήσει, ενώ το κουμπί "EXIT" τερματίζει τη λειτουργία του προγράμματος.

Καρτέλα "NODE MANAGEMENT"

Με το πάτημα του κουμπιού "NODE MANAGEMENT" εμφανίζεται η καρτέλα "NODE MANAGEMENT". Η καρτέλα αυτή χρησιμοποιείται για την διαχείριση των κόμβων του δικτύου. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, χωρίζεται σε δύο τμήματα, την περιοχή EDIT και την περιοχή ADD.



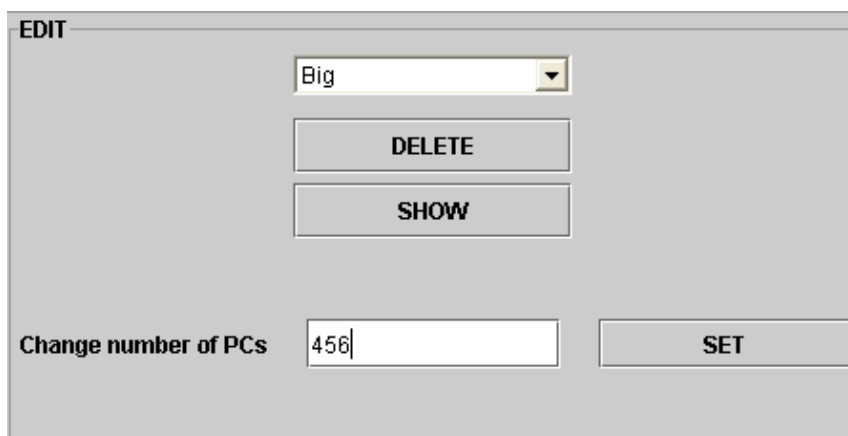
Σχήμα 5.6 Η καρτέλα "NODE MANAGEMENT"

Για να προσθέσουμε έναν νέο κόμβο δικτύου, συμπληρώνουμε το όνομα του στο πεδίο κειμένου "Enter node name" και πατάμε στο πλήκτρο ADD που βρίσκεται στα δεξιά του.



Σχήμα 5.7 Προσθήκη νέου κόμβου

Αφού προστεθεί ένας νέος κόμβος, έχουμε τη δυνατότητα να του αντιστοιχίσουμε ένα πλήθος υπολογιστών από την περιοχή EDIT της καρτέλας. Σε περίπτωση που δεν επιθυμούμε να κάνουμε τέτοιο, ο αριθμός αυτός θα τεθεί από το πρόγραμμα αυτόματα σε μηδέν. Ωστόσο μπορούμε οποιαδήποτε στιγμή το επιθυμούμε να επιστρέψουμε στην καρτέλα "NODE MANAGEMENT" και να τον αλλάξουμε. Για να συμβεί κάτι τέτοιο θα πρέπει πρώτα να επιλέξουμε τον επιθυμητό κόμβο από το μενού επιλογής. Στη συνέχεια, μπορούμε αν θέλουμε να πατήσουμε το κουμπί "SHOW" για να δούμε πόσους υπολογιστές έχει ο κόμβος που επιλέξαμε. Εισάγοντας μια νέα τιμή στο πεδίο κειμένου "Change number of PCs" και πατώντας το κουμπί "SET" στα δεξιά, θέτουμε μία νέα τιμή για τον αριθμό των τερματικών του επιλεγμένου κόμβου.

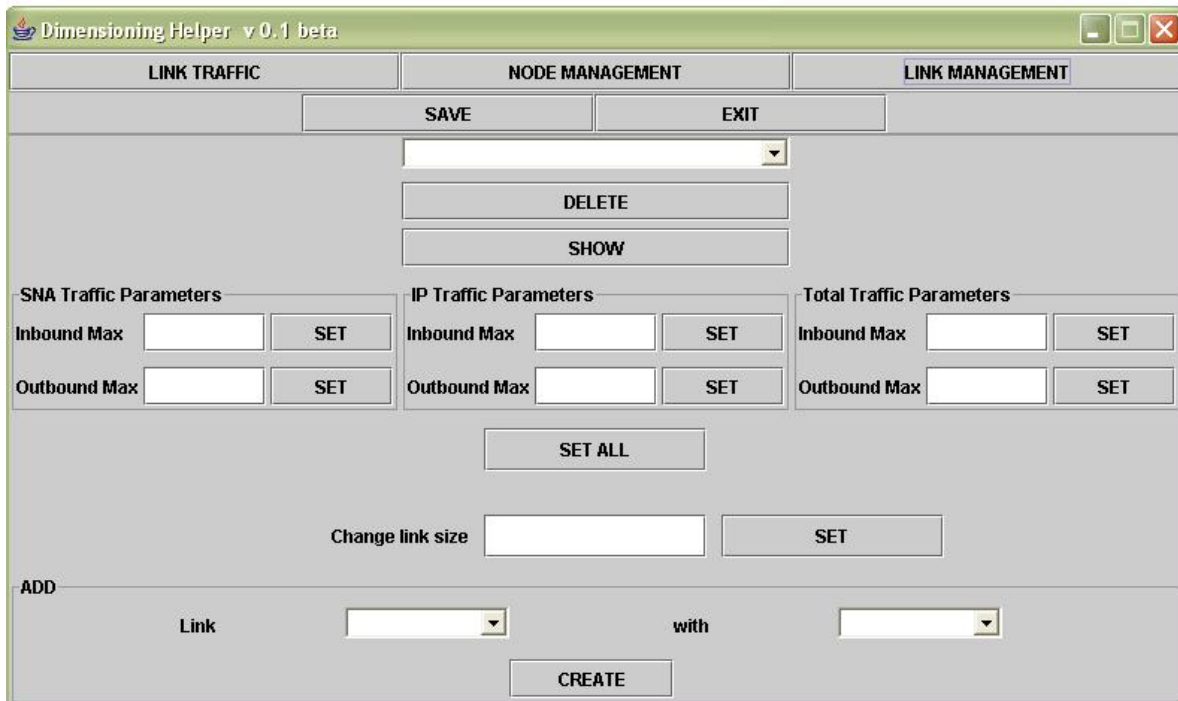


Σχήμα 5.8 Αντιστοίχιση αριθμού υπολογιστών σε κόμβο

Τέλος, για να διαγράψουμε κάποιον κόμβο, τον επιλέγουμε από το μενού επιλογής και πατάμε στο πλήκτρο "DELETE" [Θα πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο πως όταν διαγράψουμε έναν κόμβο, δεν διαγράφονται αυτόματα και οι ζεύξεις που τον περιλαμβάνουν.].

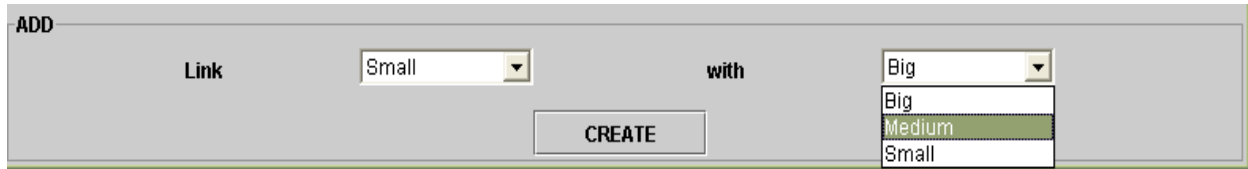
Καρτέλα "LINK MANAGEMENT"

Η καρτέλα "LINK MANAGEMENT" χρησιμοποιείται για την διαχείριση των ζεύξεων του δικτύου. Όπως και η καρτέλα "NODE MANAGEMENT", αποτελείται από δύο τμήματα, με την επάνω περιοχή να χρησιμεύει στην επεξεργασία των τιμών κίνησης μιας ζεύξης και την καμηλότερη περιοχή να χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μιας νέας ζεύξης από ήδη υπάρχοντες κόμβους.



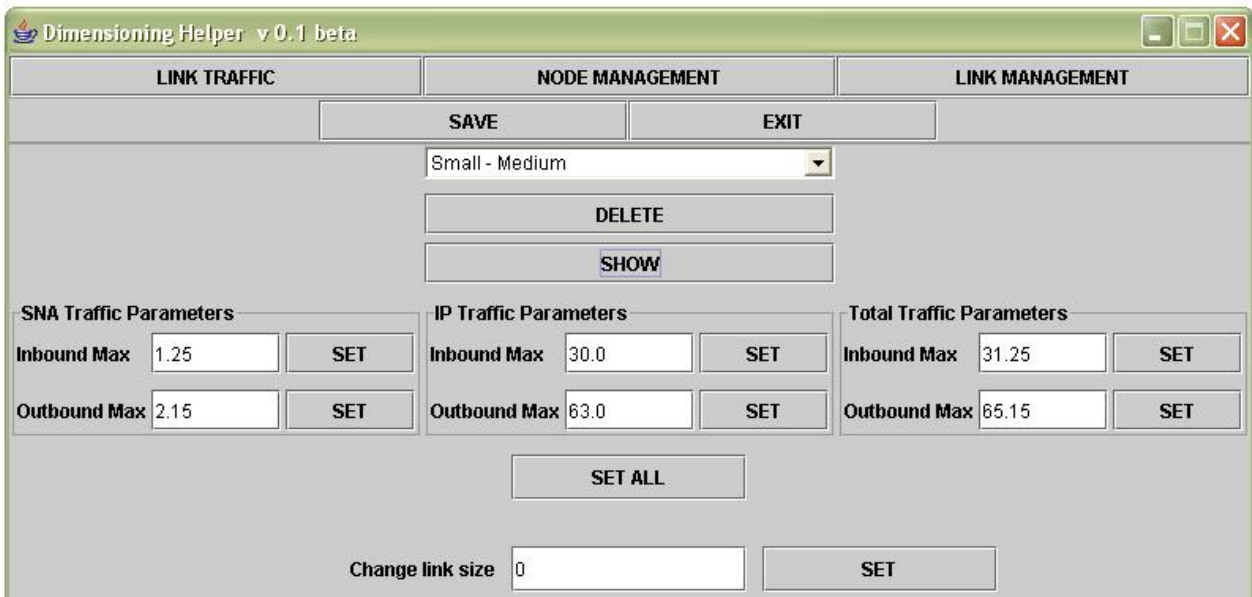
Σχήμα 5.9 Η καρτέλα "LINK MANAGEMENT"

Για να δημιουργήσουμε μία νέα ζεύξη μεταξύ δύο κόμβων δικτύου, χρησιμοποιούμε το συνδυασμό των μενού επιλογής της περιοχής ADD της καρτέλας για να επιλέξουμε τους κόμβους που επιθυμούμε να ενώσουμε και στη συνέχεια πατάμε το κουμπί "CREATE".



Σχήμα 5.10 Επιλογή κόμβων για δημιουργία νέας ζεύξης

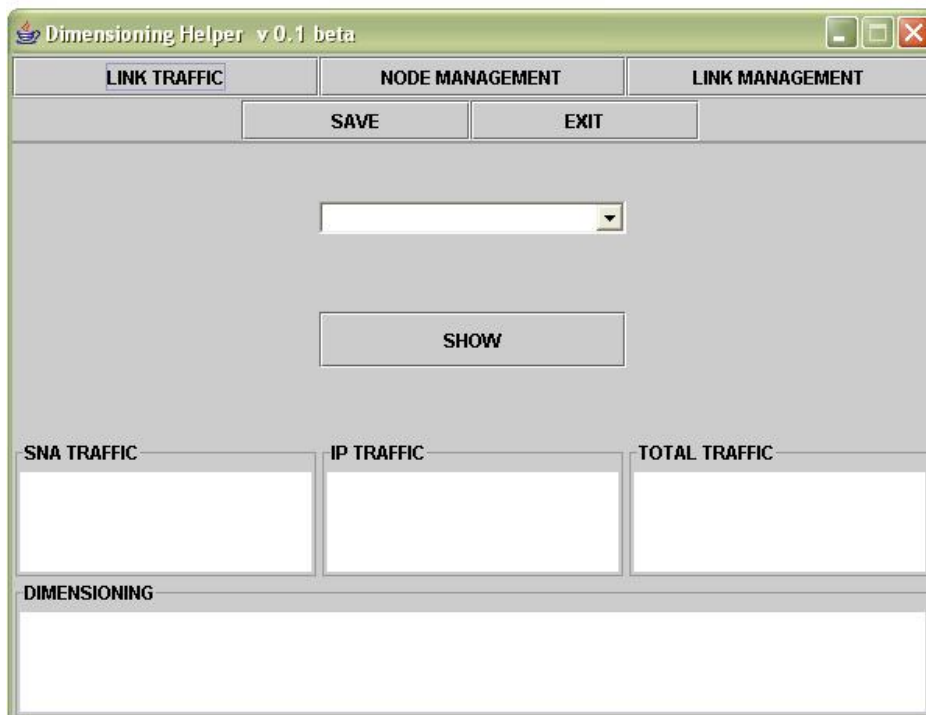
Μπορούμε να επεξεργαστούμε τις τιμές των παραμέτρων κίνησης μιας ζεύξης από το πάνω μέρος της καρτέλας. Για να γίνει κάτι τέτοιο, θα πρέπει πρώτα να επιλέξουμε κάποια ζεύξη από το μενού επιλογής. Στη συνέχεια, πατώντας το κουμπί "SHOW" μπορούμε να δούμε τις παρούσες τιμές που έχουν τεθεί στις παραμέτρους κίνησης. Όπως παρατηρούμε το πρόγραμμα μπορεί να χειριστεί παραμέτρους που αντιστοιχούν σε μέγιστες εισερχόμενες (Inbound Max) και εξερχόμενες (Outbound Max) τιμές κίνησης SNA, IP και συνολικής κίνησης (Total Traffic). Για να θέσουμε τη μέγιστη εισερχόμενη κίνηση SNA πληκτρολογούμε την τιμή (σε Kbps) στο πεδίο κειμένου "Inbound Max" και πατάμε το κουμπί "SET" που βρίσκεται στα δεξιά του. Ακολουθείται παρόμοια διαδικασία και για τις υπόλοιπες παραμέτρους. Πατώντας το κουμπί "SET ALL" μπορούμε να θέσουμε ταυτόχρονα όλες τις τιμές που υπάρχουν εκείνη τη στιγμή στα έξι πεδία κειμένου (αντί να θέτουμε κάθε μία ξεχωριστά πατώντας τα κουμπιά "SET"). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές της εισερχόμενης και εξερχόμενης συνολικής κίνησης υπολογίζονται ως το άθροισμα των τιμών των αντιστοιχων παραμέτρων SNA και IP. Σε περίπτωση όμως που αυτές οι τιμές των επιμέρους κινήσεων (SNA και IP) είναι άγνωστες, μπορούμε να θέσουμε με τη διαδικασία που περιγράφηκε προηγουμένως τις τιμές των παραμέτρων της συνολικής κίνησης, ώστε το πρόγραμμα να είναι σε θέση να μας προτείνει ακολούθως κάποια χωρητικότητα ζεύξης με βάση τις δοθείσες τιμές. Για να ορίσουμε κάποια επιθυμητό χωρητικότητα ζεύξης εισάγουμε την τιμή (σε Kbps) στο πεδίο "Change link size" και πατάμε το κουμπί "SET" που βρίσκεται δίπλα σ' αυτό. Τέλος για να διαγράψουμε κάποια ζεύξη, την επιλέγουμε από το μενού επιλογής και στη συνέχεια πατάμε το πλήκτρο "DELETE".



Σχήμα 5.11 Διαχείριση παραμέτρων ζεύξεων

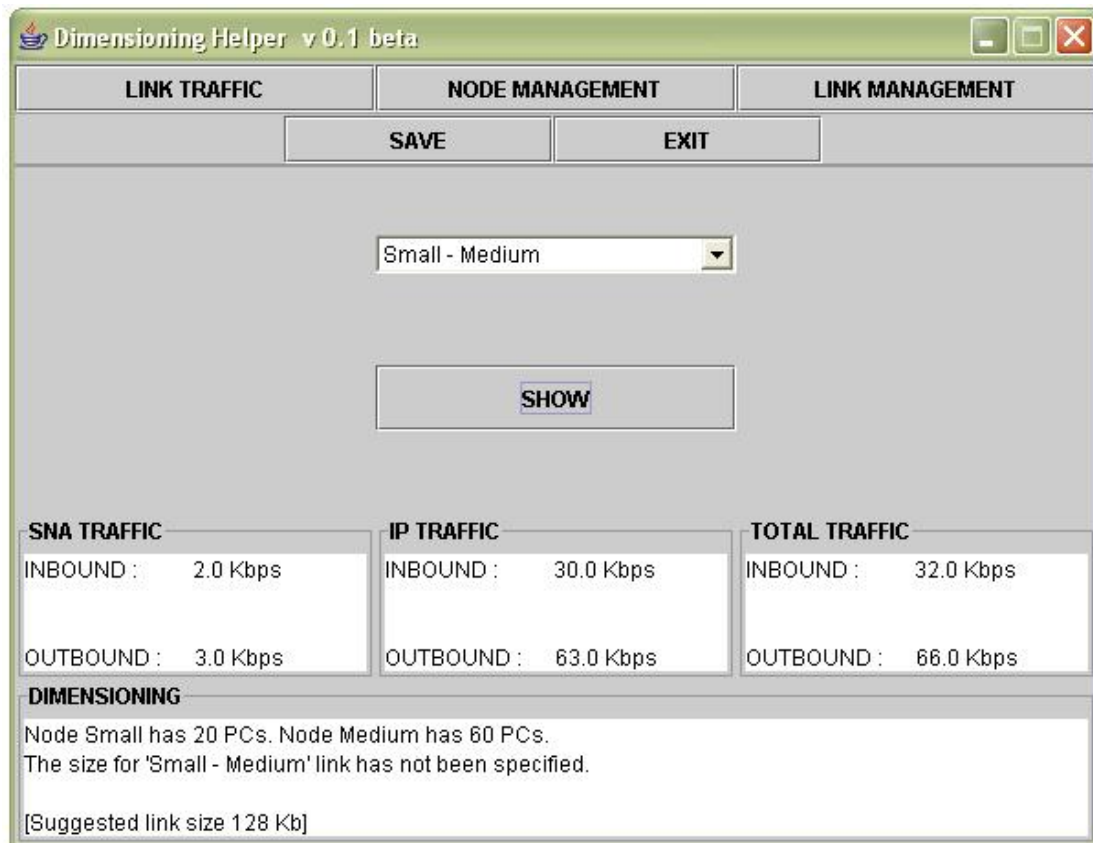
Καρτέλα “LINK TRAFFIC”

Η καρτέλα “LINK TRAFFIC” χρησιμοποιείται για την παρουσίαση των στοιχείων κίνησης μιας ζεύξης.



Σχήμα 5.12 Η καρτέλα “LINK TRAFFIC”

Για να δούμε τις πληροφορίες μιας ζεύξης, αρκεί να επιλέξουμε μία ζεύξη από το μενού επιλογής και στη συνέχεια να πατήσουμε στο κουμπί "SHOW". Στις περιοχές "SNA TRAFFIC", "IP TRAFFIC", "TOTAL TRAFFIC" εμφανίζονται οι τιμές της μέγιστης εισερχόμενης και εξερχόμενης SNA, IP και συνολικής κίνησης αντίστοιχα. Στην περιοχή "DIMENSIONING" παρουσιάζεται ο αριθμός των παραρτημάτων των δύο κόμβων που συμμετέχουν στη ζεύξη καθώς και τη χωρητικότητα της συγκεκριμένης ζεύξης. Σε περίπτωση που δεν έχει οριστεί η χωρητικότητα από την καρτέλα "LINK MANAGEMENT", το πρόγραμμα προτείνει μία τιμή με βάση τις τιμές των παραμέτρων κίνησης που έχουν αντιστοιχηθεί σε αυτή τη ζεύξη.



Σχήμα 5.13 Εμφάνιση πληροφοριών ζεύξης

Αποθήκευση αλλαγών

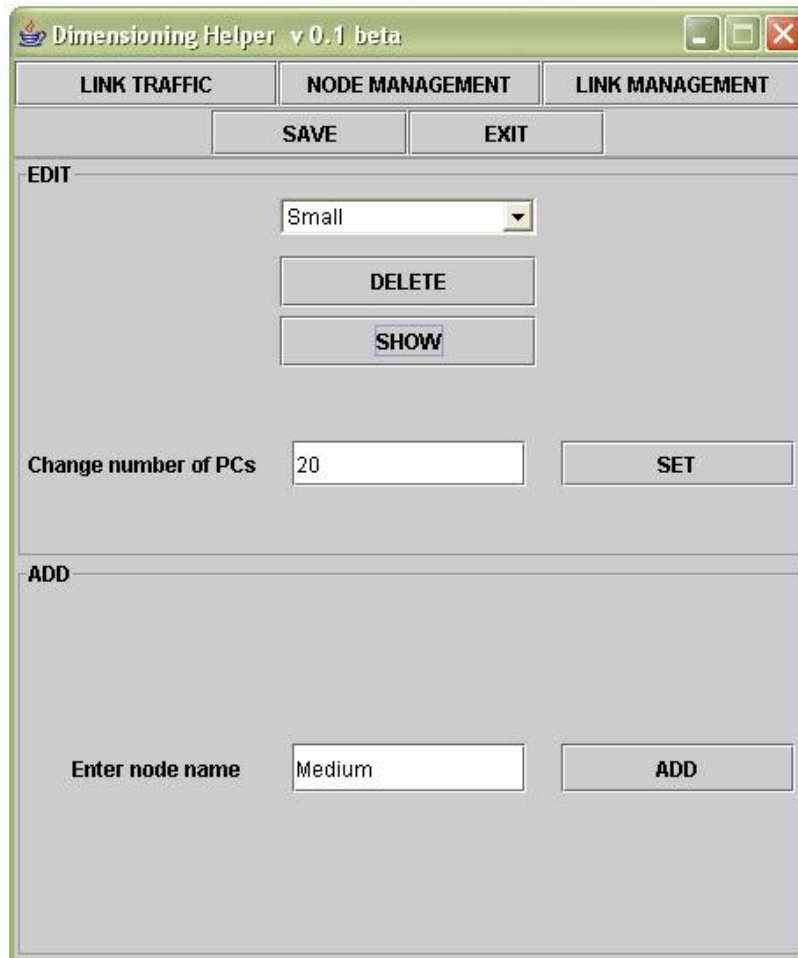
Με το πάτημα του πλήκτρου "SAVE" του κεντρικού μενού αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων της εφαρμογής οι αλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί στους κόμβους και τις ζεύξεις από την έναρξη του προγράμματος. Οι αλλαγές αυτές τηρούνται στα αρχεία nodes.dat και links.dat αντίστοιχα. Έτσι, σε περίπτωση που επιθυμούμε να διαγράψουμε τελείως τη βάση δεδομένων, αρκεί να διαγράψουμε τα δύο προαναφερθέντα αρχεία.

Έξοδος από την εφαρμογή

Η λειτουργία της εφαρμογής τερματίζει όταν πατηθεί το κουμπί "EXIT" του κεντρικού μενού.

5.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΡΗΣΗΣ

Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να αποθηκεύσουμε τα δεδομένα της μελέτης μας χρησιμοποιώντας την εφαρμογή. Αρχικά θα πρέπει να προσθέσουμε διαδοχικά τους κόμβους Small, Medium και Big που αντιστοιχούν στις κατηγορίες Μικρά, Μεσαία και Μεγάλα Καταστήματα.

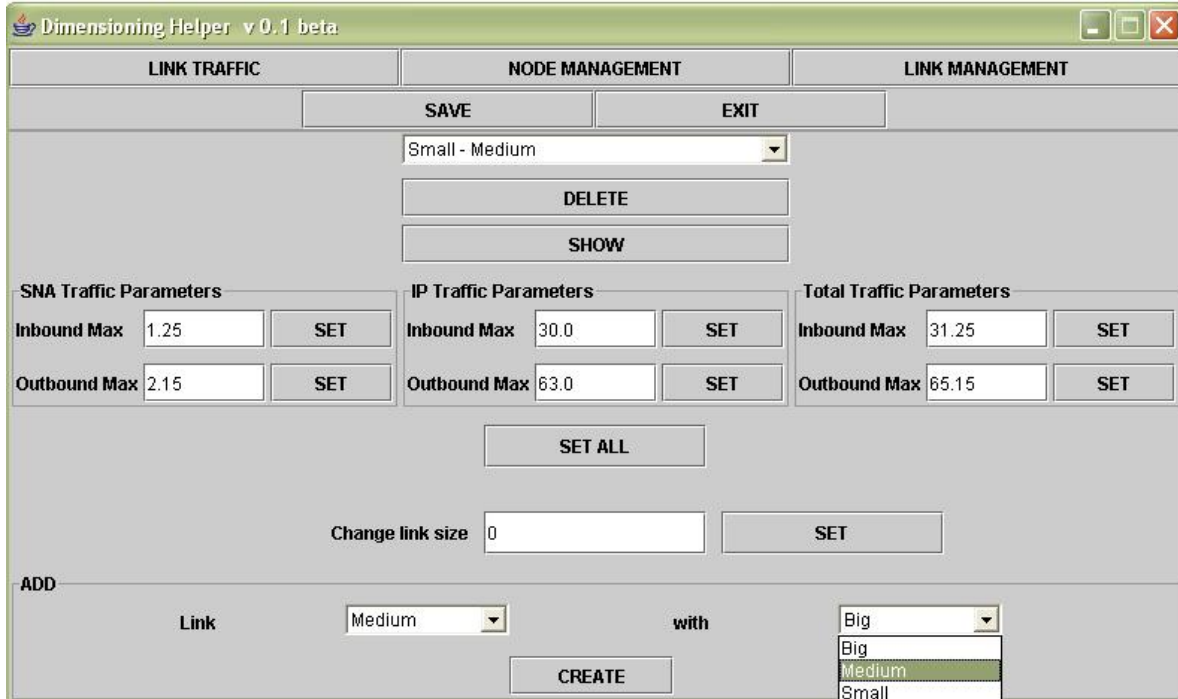


Σχήμα 5.14 Προσθήκη κόμβων Small, Medium, Large

Στη συνέχεια αναθέτουμε 20 υπολογιστές στον κόμβο Small, 60 στον κόμβο Medium και 456 (το κατάστημα της κατηγορίας Μεγάλα Καταστήματα με τους περισσότερους υπολογιστές) στον κόμβο Big.

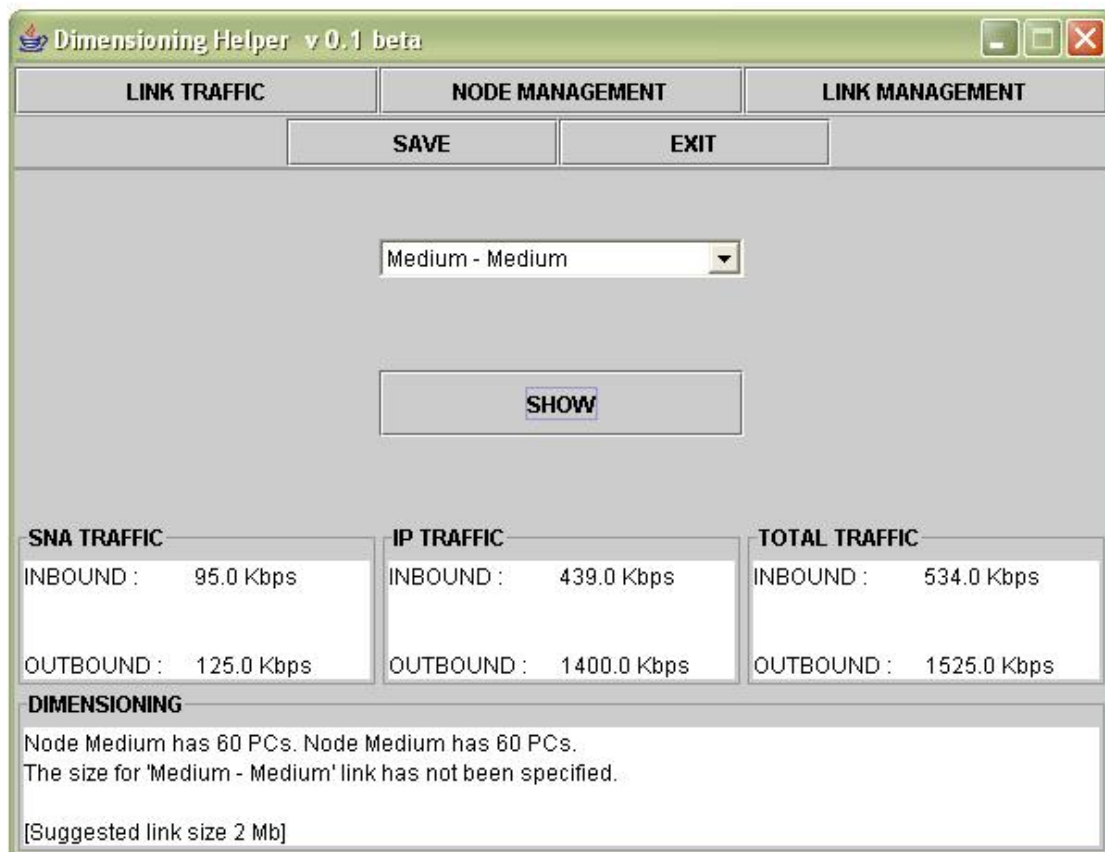
Έπειτα πατάμε στο κουμπί "LINK MANAGEMENT" ώστε να μεταφερθούμε στην ομώνυμη καρτέλα για να δημιουργήσουμε και να επεξεργαστούμε τις ζεύξεις. Δημιουργούμε διαδοχικά τις ζεύξεις "Small-Medium", "Medium-Medium", "Medium-Big" και "Big-Big" που αντιστοιχούν στις ζεύξεις Μικρού Καταστήματος - Μεσαίου Καταστήματος, Μεσαίου Καταστήματος - Μεσαίου Καταστήματος, Μεσαίου Καταστήματος - Μεγάλου Καταστήματος και Μεγάλου Καταστήματος - Μεγάλου Καταστήματος. Στη συνέχεια, για κάθε ζεύξη ορίζουμε τις τιμές των παραμέτρων κίνησης SNA και IP, όπως φαίνονται στους Πίνακες Κίνησης. Οι τιμές της συνολικής κίνησης υπολογίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα. Ειδικά για τη ζεύξη "Big-Big" για την οποία δεν γνωρίζουμε τις

τιμές των επιμέρους κινήσεων, εισάγουμε απ' ευθείας τις τιμές της συνολικής κίνησης.



Σχήμα 5.15 Δημιουργία και επεξεργασία ζεύξεων

Για να ελέγξουμε τις πληροφορίες μιας ζεύξης επανερχόμαστε στην καρτέλα "LINK TRAFFIC". Εκεί, μπορούμε να δούμε τις τιμές της SNA, IP και συνολικής κίνησης, το πλήθος των υπολογιστών κάθε κόμβου που συμμετέχει σε μια ζεύξη, καθώς και το προτεινόμενο από το πρόγραμμα χωρητικότητα ζεύξης. Όπως αναμενόταν, η εφαρμογή προτείνει χωρητικότητα 128 Kb για τη ζεύξη "Small-Medium", 2 Mb για τη ζεύξη "Medium-Medium", 2 Mb για τη ζεύξη "Medium-Big" και 18 Mb για τη ζεύξη "Big-Big".



Σχήμα 5.16 Παρουσίαση πληροφοριών ζεύξης

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στόχος αυτής της εργασίας ήταν να προτείνει μια προσέγγιση για τη μελέτη της κίνησης ενός μεγάλου δικτύου WAN. Πραγματοποιήθηκε αρχικά ανάλυση του συστήματος και της υπάρχουσας υποδομής, στη συνέχεια έγινε περιγραφή των μεθόδων μέτρησης της κίνησης και επιλέχθηκε αυτή που ταιριάζει καλύτερα στην περίπτωση που εξετάζαμε και τέλος παρουσιάστηκε ένας τρόπος ανάλυσης των στατιστικών και παρουσίασης των συμπερασμάτων που προέκυψαν από αυτή την ανάλυση.

Σκοπός της εργασίας ήταν η παρουσίαση μιας γενικής μεθοδολογίας μελέτης της κίνησης ενός μεγάλου δικτύου που θα συνδυάζει την απλότητα και την ευελιξία με την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Ωστόσο η διαδικασία που ακολουθήθηκε δεν είναι ούτε η ιδανική, αλλά ούτε και η πιο ακριβής. Το μέγεθος του προς μελέτη συστήματος, η ανυπαρξία συγκεντρωτικών στατιστικών στοιχείων από την πλευρά της επιχείρησης και η έλλειψη χρόνου για πλήρη συλλογή τέτοιων δεδομένων, αποτέλεσαν ανασταλτικούς παράγοντες στην προσπάθεια επίτευξης της ακρίβειας. Είναι βέβαιο λοιπόν ότι αυτή η μελέτη χρήζει βελτιώσεων και επεκτάσεων.

Η εμπειρία που έχουμε πλέον αποκομίζει, υποδεικνύει ότι για αποτελέσματα μεγαλύτερης ακρίβειας θα πρέπει να γίνει πολύ προσεκτική συλλογή στατιστικών δεδομένων. Η ακρίβεια δεν οφείλεται τόσο στον όγκο των στατιστικών δεδομένων, όσο στη μελετημένη και συνδυασμένη συλλογή τους.

Η μέθοδος αυτή μπορεί επίσης να επεκταθεί ώστε να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες εργασίες διαχείρισης όπως ο υπολογισμός των επιπτώσεων της εισαγωγής νέων παραρτημάτων και νέων εφαρμογών. Για να είναι δυνατή αυτή η πρόβλεψη θα πρέπει να προηγηθεί τοπολογική ανάλυση της κίνησης. Θα πρέπει δηλαδή να είναι γνωστό το σύνολο της κίνησης που εισρέει σε έναν κόμβο από τις ζεύξεις του με άλλους κόμβους, το ποσοστό της κίνησης αυτής που έχει ως προορισμό τον κόμβο αυτό, το ποσοστό της κίνησης που έχει ως προορισμό άλλους κόμβους του δικτύου (και επομένως αποτελεί εξερχόμενη κίνηση για τον υπό μελέτη κόμβο), καθώς και τους κόμβους προς τους οποίους εκρέει αυτή η κίνηση.

Στην περίπτωση της προσθήκης νέου παραρτήματος (κόμβου) είναι πολύ απλό στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας να υπολογιστούν οι αλλαγές που θα πρέπει να πραγματοποιηθούν στις

χωρητικότητες των ζεύξεων. Αρκεί να κατηγοριοποιηθεί ο νέος κόμβος, καθώς και αυτός στον οποίο πρόκειται να συνδεθεί σε μία από τις κατηγορίες που παρουσιάσαμε και να προστεθεί η κίνηση του στο σύνολο της κίνησης του υπάρχοντος κόμβου.

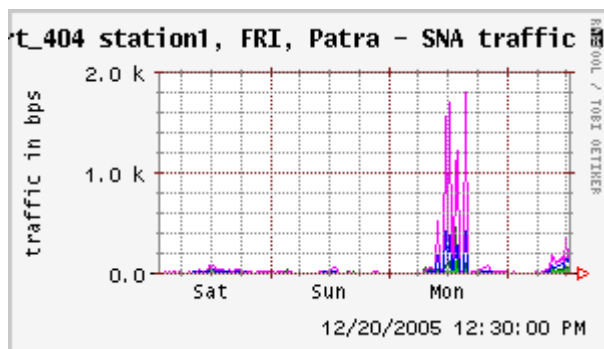
Αν πρόκειται για προσθήκη νέας υπηρεσίας, θα πρέπει αρχικά να υπολογιστεί (πιθανώς με μοντελοποίηση της υπηρεσίας, όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 3) η κίνηση που θα προστεθεί σε κάθε ζεύξη από την ενέργεια αυτή. Χρησιμοποιώντας ακολούθως τα αποτελέσματα της τοπολογικής ανάλυσης της κίνησης σε συνδυασμό με τα παραγόμενα της παρούσας εργασίας είναι δυνατό να εκτιμηθούν οι αλλαγές που θα πρέπει να πραγματοποιηθούν στις χωρητικότητες των ζεύξεων του δικτύου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παράρτημα στατιστικών που συλλέχθηκαν με παθητικές μετρήσεις. Θα πρέπει να σημειωθεί πως μερικά παρουσιάζουν την κίνηση σε διάστημα μιας εβδομάδας και άλλα σε διάστημα ενός μήνα.

A1. Στατιστικά κίνησης SNA συνδέσμου Μικρού Καταστήματος - Μεσαίου Καταστήματος

Παράδειγμα 1.



(): Port_404 station1, FRI, Patra - SNA traffic Mesologi

Last update: Tue Dec 20 12:30:10 2005

Maximum: 15.63 Kbps

Hard Maximum: 125 Kbps

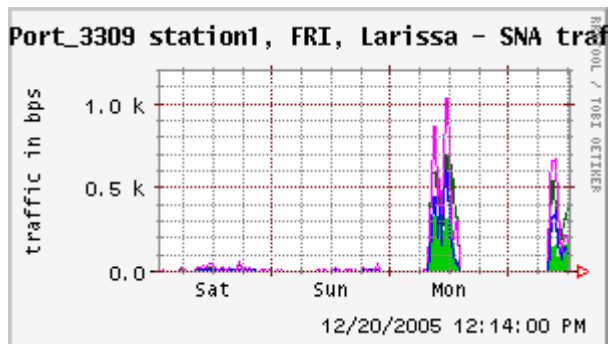
In: Max 463.77 bps, Avg 6.17 bps, Last 34.55 bps

Out: Max 1.80 kbps, Avg 22.43 bps, Last 129.30 bps

	In:	Out:
Working day average:	25.21 bps	107.48 bps
Total over last 7 days:	5.83 Mbits	14.31 Mbits
95th Percentile for last 7 days:	37.79 bps	110.98 bps

Στο διάγραμμα αριστερά παρουσιάζεται η κίνηση SNA για διάστημα μιας εβδομάδας. Ο πίνακας δεξιά τιτλοφορείται με τον αριθμό της διασύνδεσης (port) του δρομολογητή από τον οποίο λαμβάνονται οι μετρήσεις, ακολουθούμενο από το όνομα της ζεύξης (στη συγκεκριμένη περίπτωση Patra - Mesologi). Το πεδίο Last update, υποδηλώνει πότε έγινε η τελευταία ενημέρωση των δεδομένων. Οι πληροφορίες που παρουσιάζονται στη συνέχεια μας δίνουν τις τιμές για τη μέγιστη, την ελάχιστη και την τελευταία εξερχόμενη και εισερχόμενη κίνηση του δρομολογητή. Τέλος, το πεδίο Working day average δείχνει τη μέση κίνηση της παρούσας μέρας (της μέρας που έγινε η λήψη των δεδομένων), το πεδίο Total over last 7 day το σύνολο της κίνησης την τελευταίες εβδομάδα και το πεδίο 95th Percentile dor last 7 days την τιμή της παραμέτρου 95th Percentile για τις τελευταίες 7 ημέρες.

Παράδειγμα 2.



(Agia): Port_3309 station1, FRI, Larissa - SNA traffic Agia

Last update: Tue Dec 20 12:14:03 2005

Maximum: 15.63 Kbps

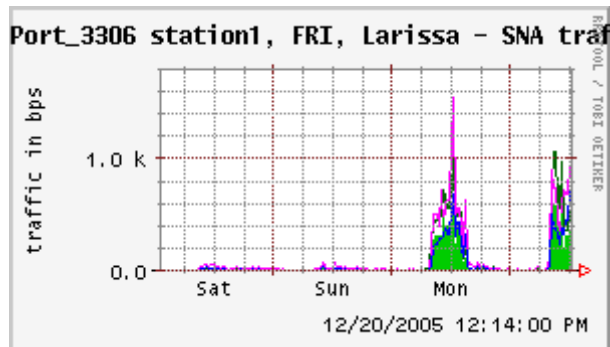
Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 711.64 bps, Avg 23.80 bps, Last 172.58 bps

Out: Max 1.04 kbps, Avg 29.03 bps, Last 99.97 bps

	In:	Out:
Working day average:	167.83 bps	198.83 bps
Total over last 7 days:	19.63 Mbits	25.33 Mbits
95th Percentile for last 7 days:	211.35 bps	285.30 bps

Παράδειγμα 3.



(Farsala): Port_3306 station1, FRI, Larissa - SNA traffic Farsala

Last update: Tue Dec 20 12:14:03 2005

Maximum: 15.63 Kbps

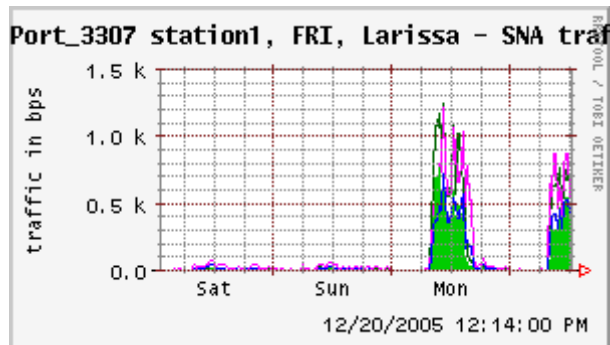
Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 1.05 kbps, Avg 48.14 bps, Last 376.60 bps

Out: Max 1.55 kbps, Avg 53.82 bps, Last 718.85 bps

	In:	Out:
Working day average:	334.31 bps	344.15 bps
Total over last 7 days:	38.60 Mbits	40.15 Mbits
95th Percentile for last 7 days:	406.70 bps	385.44 bps

Παράδειγμα 4.



(Elassona): Port_3307 station1, FRI, Larissa - SNA traffic Elassona

Last update: Tue Dec 20 12:14:02 2005

Maximum: 15.63 Kbps

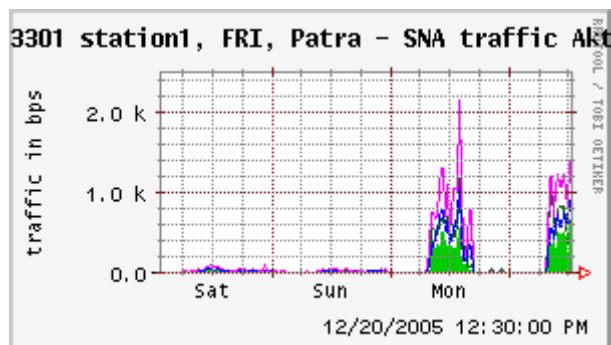
Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 1.25 kbps, Avg 64.51 bps, Last 525.78 bps

Out: Max 1.21 kbps, Avg 68.56 bps, Last 430.19 bps

	In:	Out:
Working day average:	448.21 bps	432.99 bps
Total over last 7 days:	50.13 Mbits	58.89 Mbits
95th Percentile for last 7 days:	541.20 bps	558.73 bps

Παράδειγμα 5.



(): Port_3301 station1, FRI, Patra - SNA traffic Akth Dymaiwn

Last update: Tue Dec 20 12:30:14 2005

Maximum: 15.63 Kbps

Hard Maximum: 125 Kbps

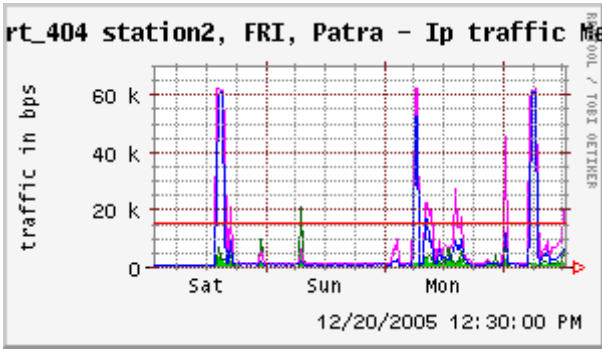
In: Max 1.16 kbps, Avg 56.41 bps, Last 594.57 bps

Out: Max 2.15 kbps, Avg 95.84 bps, Last 924.90 bps

	In:	Out:
Working day average:	364.17 bps	576.14 bps
Total over last 7 days:	37.23 Mbits	62.38 Mbits
95th Percentile for last 7 days:	384.08 bps	630.61 bps

A2. Στατιστικά κίνησης IP συνδέσμου Μικρού Καταστήματος - Μεσολογίου Καταστήματος

Παράδειγμα 1.



(): Port_404 station2, FRI, Patra - Ip traffic Mesologi

Last update: Tue Dec 20 12:30:10 2005

Maximum: 15.63 Kbps

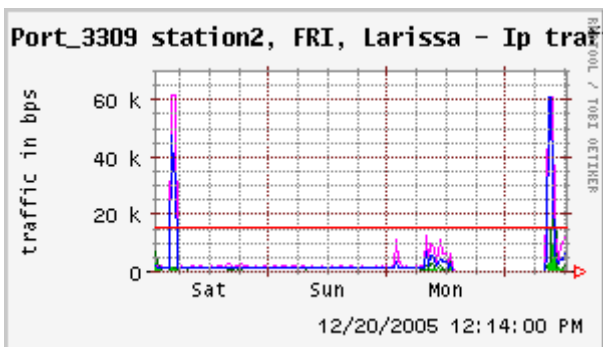
Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 21.05 kbps, Avg 458.95 bps, Last 1.57 kbps

Out: Max 62.26 kbps, Avg 3.87 kbps, Last 6.14 kbps

	In:	Out:
Working day average:	1.18 kbps	4.91 kbps
Total over last 7 days:	292.68 Mbits	2.68 Gbits
95th Percentile for last 7 days:	1.83 Kbps	16.65 Kbps

Παράδειγμα 2.



(Agia): Port_3309 station2, FRI, Larissa - Ip traffic Agia

Last update: Tue Dec 20 12:14:03 2005

Maximum: 15.63 Kbps

Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 28.84 kbps, Avg 324.10 bps, Last 1.37 kbps

Out: Max 61.27 kbps, Avg 2.35 kbps, Last 6.34 kbps

	In:	Out:
Working day average:	1.62 kbps	6.97 kbps
Total over last 7 days:	304.92 Mbits	1.85 Gbits
95th Percentile for last 7 days:	2.25 Kbps	6.87 Kbps

Παράδειγμα 3.

(Farsala): Port_3306 station2, FRI, Larissa - Ip traffic Farsala

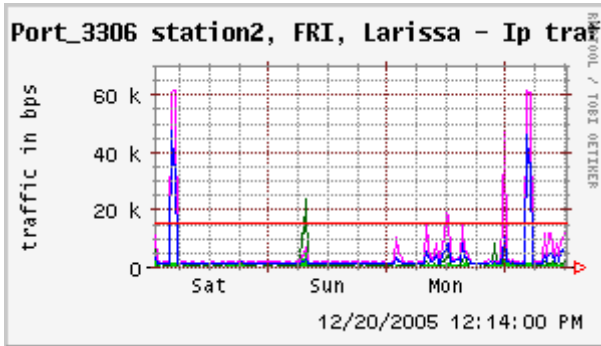
Last update: Tue Dec 20 12:14:03 2005

Maximum: 15.63 Kbps

Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 23.93 kbps, Avg 518.15 bps, Last 1.15 kbps

Out: Max 61.31 kbps, Avg 2.91 kbps, Last 7.26 kbps



	In:	Out:
Working day average:	700.92 bps	3.77 kbps
Total over last 7 days:	374.34 Mbits	2.32 Gbits
95th Percentile for last 7 days:	1.69 Kbps	15.47 Kbps

Παράδειγμα 4.

(Elassona): Port_3307 station2, FRI, Larissa - Ip traffic Elassona

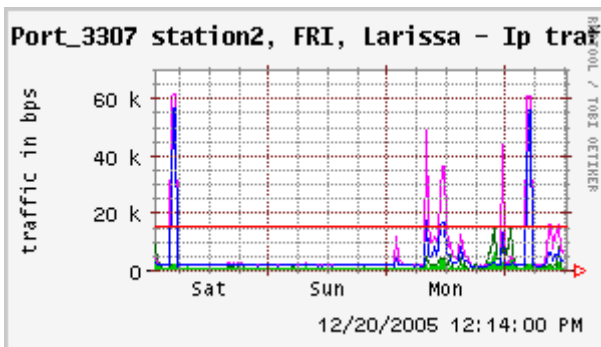
Last update: Tue Dec 20 12:14:02 2005

Maximum: 15.63 Kbps

Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 14.99 kbps, Avg 1.02 kbps, Last 774.48 bps

Out: Max 61.31 kbps, Avg 3.56 kbps, Last 4.17 kbps



	In:	Out:
Working day average:	1.28 kbps	6.32 kbps
Total over last 7 days:	692.71 Mbits	2.70 Gbits
95th Percentile for last 7 days:	3.44 Kbps	18.24 Kbps

Παράδειγμα 5.

(): Port_3301 station2, FRI, Patra - Ip traffic Akth Dymaiwn

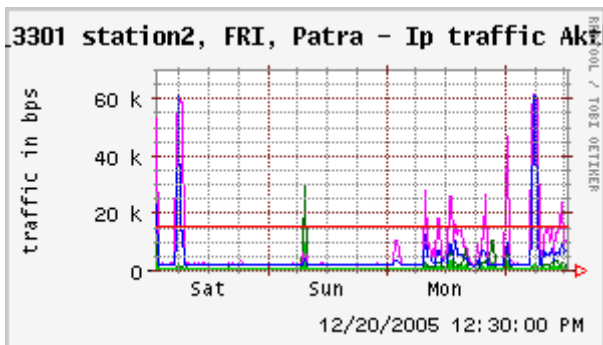
Last update: Tue Dec 20 12:30:14 2005

Maximum: 15.63 Kbps

Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 29.15 kbps, Avg 829.58 bps, Last 1001.28 bps

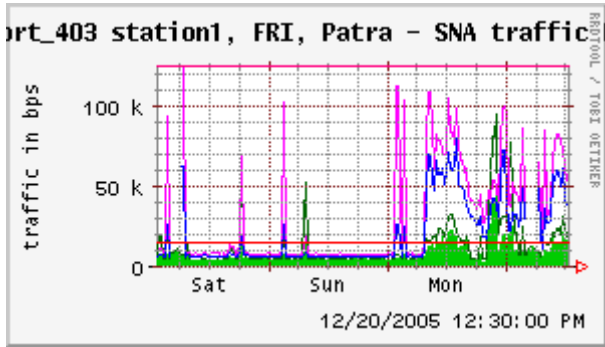
Out: Max 61.33 kbps, Avg 3.78 kbps, Last 6.80 kbps



	In:	Out:
Working day average:	1.21 kbps	5.71 kbps
Total over last 7 days:	563.26 Mbits	3.22 Gbits
95th Percentile for last 7 days:	2.25 Kbps	23.40 Kbps

**B1. Στατιστικά κίνησης SNA συνδέσμου Μεσαίου Καταστήματος -
 Μεσαίου Καταστήματος**

Παράδειγμα 1.



(): Port_403 station1, FRI, Patra - SNA traffic Pirgos

Last update: Tue Dec 20 12:30:07 2005

Maximum: 15.63 Kbps

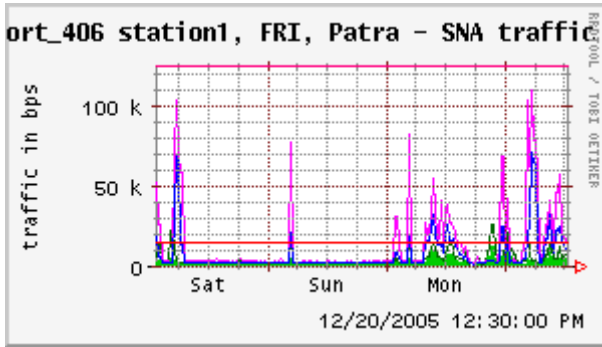
Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 94.74 kbps, Avg 8.02 kbps, Last 16.36 kbps

Out: Max 124.71 kbps, Avg 19.87 kbps, Last 39.00 kbps

	In:	Out:
Working day average:	15.21 kbps	53.90 kbps
Total over last 7 days:	5.82 Gbits	16.50 Gbits
95th Percentile for last 7 days:	25.47 Kbps	73.64 Kbps

Παράδειγμα 2.



(): Port_406 station1, FRI, Patra - SNA traffic Aigio

Last update: Tue Dec 20 12:30:10 2005

Maximum: 15.63 Kbps

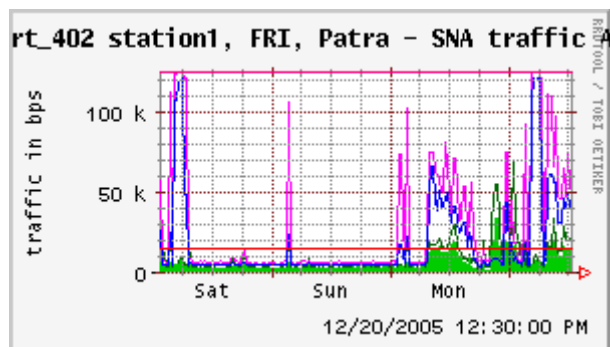
Hard Maximum: 125 Kbps

In: Max 26.79 kbps, Avg 2.51 kbps, Last 5.27 kbps

Out: Max 110.47 kbps, Avg 7.46 kbps, Last 10.77 kbps

	In:	Out:
Working day average:	5.49 kbps	17.28 kbps
Total over last 7 days:	1.64 Gbits	5.09 Gbits
95th Percentile for last 7 days:	7.99 Kbps	32.25 Kbps

Παράδειγμα 3.



(): Port_402 station1, FRI, Patra - SNA traffic Agrinio

Last update: Tue Dec 20 12:30:07 2005

Maximum: 15.63 Kbps

Hard Maximum: 125 Kbps

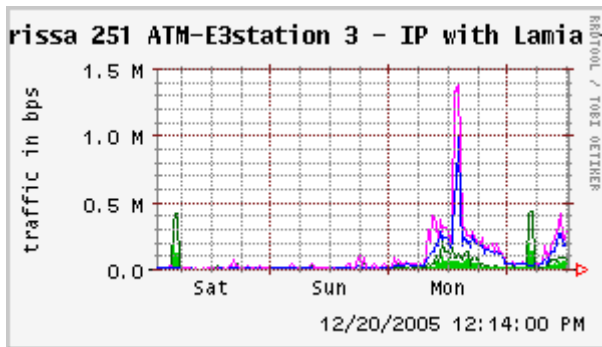
In: Max 70.11 kbps, Avg 5.80 kbps, Last 14.90 kbps

Out: Max 124.78 kbps, Avg 16.88 kbps, Last 41.39 kbps

	In:	Out:
Working day average:	13.92 kbps	43.75 kbps
Total over last 7 days:	4.13 Gbits	11.77 Gbits
95th Percentile for last 7 days:	18.28 Kbps	71.75 Kbps

B2. Στατιστικά κίνησης IP συνδέσμου Μεσαίου Καταστήματος – Μεσαίου Καταστήματος

Παράδειγμα 1.



Larissa 251 ATM-E3station 3 - IP with Lamia --

Last update: Tue Dec 20 12:14:03 2005

Maximum: 1.95 Mbps

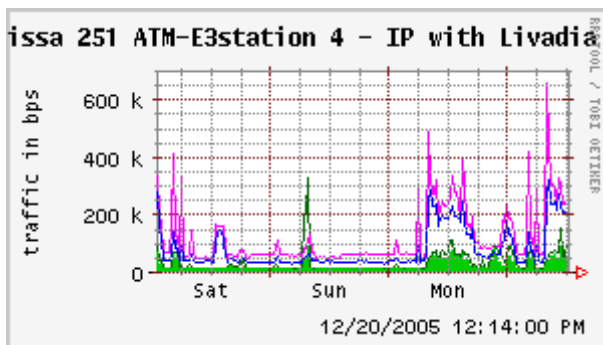
Hard Maximum: 33 Mbps

In: Max 438.85 kbps, Avg 16.87 kbps, Last 38.82 kbps

Out: Max 1.40 Mbps, Avg 64.17 kbps, Last 216.70 kbps

	In:	Out:
Working day average:	48.46 kbps	248.94 kbps
Total over last 7 days:	14.94 Gbits	51.78 Gbits
95th Percentile for last 7 days:	88.42 Kbps	222.34 Kbps

Παράδειγμα 2.



Larissa 251 ATM-E3station 4 - IP with Livadia --

Last update: Tue Dec 20 12:14:03 2005

Maximum: 2.93 Mbps

Hard Maximum: 33 Mbps

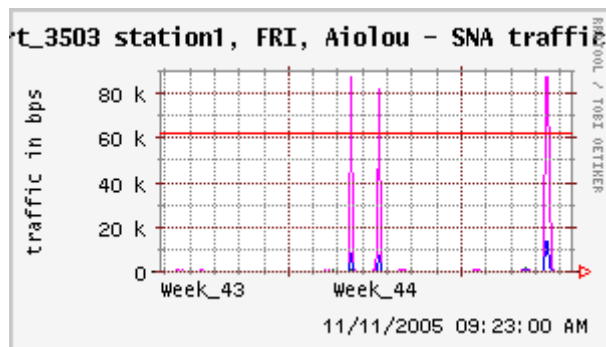
In: Max 330.18 kbps, Avg 22.74 kbps, Last 58.10 kbps

Out: Max 657.29 kbps, Avg 80.93 kbps, Last 198.12 kbps

	In:	Out:
Working day average:	53.11 kbps	223.35 kbps
Total over last 7 days:	16.14 Gbits	57.58 Gbits
95th Percentile for last 7 days:	60.97 Kbps	246.58 Kbps

C1. Στατιστικά κίνησης SNA συνδέσμου Μεσαίου Καταστήματος -
 Μεγάλου Καταστήματος

Παράδειγμα 1.



**(Mpenaki): Port_3503 station1, FRI, Aiolou - SNA traffic
 Mpenaki(6560)**

Last update: Fri Nov 11 09:23:10 2005

Maximum: 62.50 Kbps

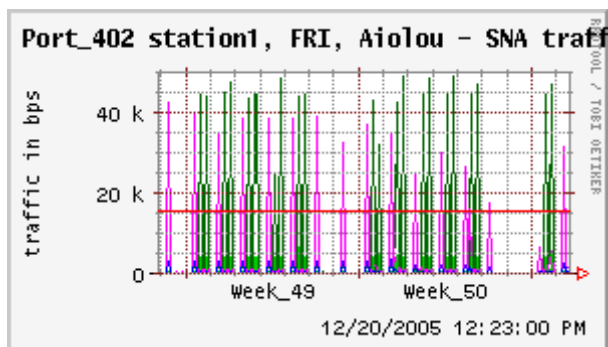
Hard Maximum: 500 Kbps

In: Max 1.43 kbps, Avg 26.25 bps, Last 7.35 bps

Out: Max 87.69 kbps, Avg 206.26 bps, Last 10.54 bps

	In:	Out:
Working day average:	79.34 bps	629.82 bps
Total over last calendar month:	79.10 Mbits	369.36 Mbits
95th Percentile for last calendar month:	167.56 bps	335.69 bps

Παράδειγμα 2.



**(Nicosia_Kypros): Port_402 station1, FRI, Aiolou - SNA
 traffic Nicosia_Kypros**

Last update: Fri Nov 11 09:18:09 2005

Maximum: 15.63 Kbps

Hard Maximum: 1000 Kbps

In: Max 43.84 kbps, Avg 626.87 bps, Last 109.63 bps

Out: Max 40.16 kbps, Avg 494.52 bps, Last 112.42 bps

	In:	Out:
Working day average:	183.28 bps	317.68 bps
Total over last 24 hours:	142.32 Mbits	53.59 Mbits
95th Percentile for last 24 hours:	6.50 Kbps	1.81 Kbps

C2. Στατιστικά κίνησης IP συνδέσμου Μεσαίου Καταστήματος - Μεγάλου Καταστήματος

Παράδειγμα 1.

Traffic Analysis for AILOU 251 ATM-E3station5 IP with LARISA --

Last update: Fri Nov 11 09:23:10 2005

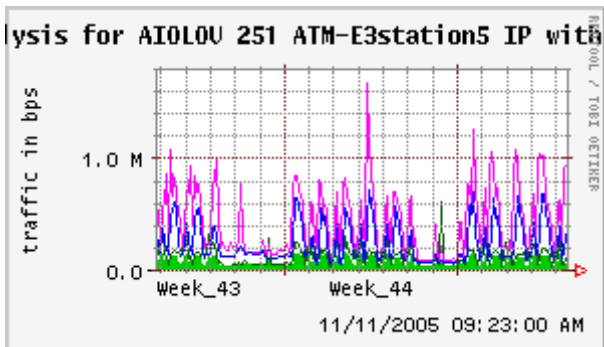
Maximum: 32.78 Mbps

Hard Maximum: 33 Mbps

In: Max 633.46 kbps, Avg 77.70 kbps, Last 58.25 kbps

Out: Max 1.67 Mbps, Avg 237.32 kbps, Last 330.24 kbps

	In:	Out:
Working day average:	107.28 kbps	460.38 kbps
Total over last calendar month:	204.20 Gbits	641.48 Gbits
95th Percentile for last calendar month:	150.03 Kbps	603.99 Kbps



Παράδειγμα 2.

(Mpenaki): Port_3503 station2, FRI, Aioulou - Ip traffic Mpenaki(6560)

Last update: Fri Nov 11 09:23:10 2005

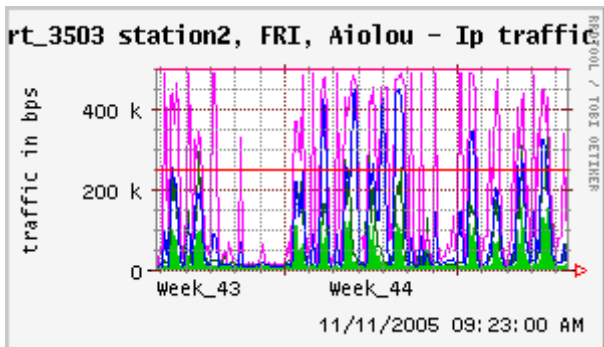
Maximum: 250 Kbps

Hard Maximum: 500 Kbps

In: Max 347.62 kbps, Avg 29.89 kbps, Last 14.28 kbps

Out: Max 491.80 kbps, Avg 91.81 kbps, Last 26.44 kbps

	In:	Out:
Working day average:	72.40 kbps	192.76 kbps
Total over last calendar month:	102.61 Gbits	253.56 Gbits
95th Percentile for last calendar month:	146.88 Kbps	394.19 Kbps

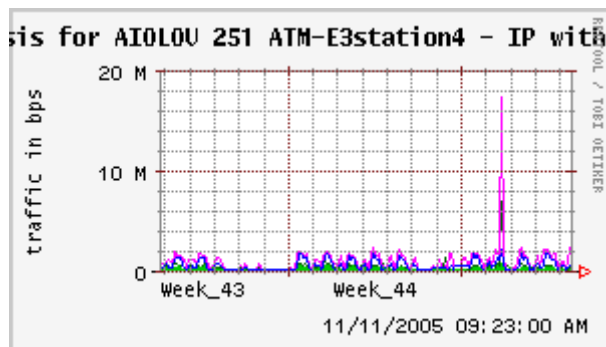


**D1. Στατιστικά κίνησης SNA συνδέσμου Μεγάλου Καταστήματος –
Μεγάλου Καταστήματος**

Δεν υπάρχουν στοιχεία που υποδηλώνουν ανταλλαγή κίνησης SNA μεταξύ κτηρίων Διοίκησης

D2. Στατιστικά κίνησης IP συνδέσμου Μεγάλου Καταστήματος -
 Μεγάλου Καταστήματος

Παράδειγμα 1



Traffic Analysis for AIOLOU 251 ATM-E3station4 - IP with Mesogion --

Last update: Fri Nov 11 09:23:10 2005

Maximum: 32.78 Mbps

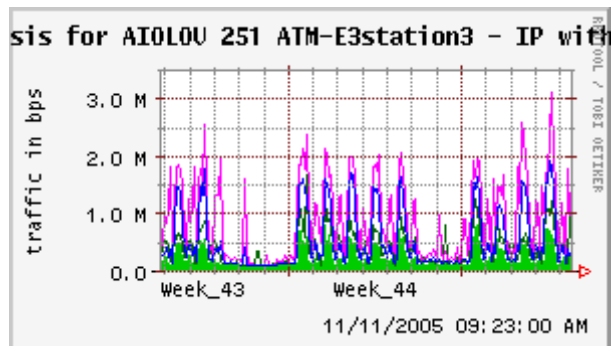
Hard Maximum: 33 Mbps

In: Max 7.06 Mbps, Avg 244.05 kbps, Last 144.79 kbps

Out: Max 17.34 Mbps, Avg 595.80 kbps, Last 602.72 kbps

	In:	Out:
Working day average:	395.35 kbps	1.17 Mbps
Total over last calendar month:	628.55 Gbits	1541.67 Gbits
95th Percentile for last calendar month:	513.90 Kbps	1.52 Mbps

Παράδειγμα 2



Traffic Analysis for AIOLOU 251 ATM-E3station3 - IP with Stadiou --

Last update: Fri Nov 11 09:23:10 2005

Maximum: 32.78 Mbps

Hard Maximum: 33 Mbps

In: Max 1.66 Mbps, Avg 238.98 kbps, Last 234.05 kbps

Out: Max 3.12 Mbps, Avg 525.53 kbps, Last 287.97 kbps

	In:	Out:
Working day average:	446.35 kbps	1.12 Mbps
Total over last calendar month:	650.25 Gbits	1412.53 Gbits
95th Percentile for last calendar month:	614.30 Kbps	1.54 Mbps

IP (Αναλυτικά)

Το Internet Protocol (IP) έχει σχεδιαστεί για χρήση σε αλληλοσυνδεόμενα συστήματα δικτύων μεταγωγής πακέτου (packet-switched). Το πρωτόκολλο internet παρέχει μεταδιδόμενα μπλοκ δεδομένων που αποκαλούνται datagrams (δεδομενογράμματα) από την προέλευση στον προορισμό, όπου προελεύσεις και προορισμοί είναι hosts στους οποίους αποδίδονται σταθερού μήκους διευθύνσεις. Έχει επίσης τη δυνατότητα να κατακερματίζει και να επανενώσει μεγάλα datagram, όταν κριθεί απαραίτητο, για μετάδοση σε δίκτυα "μικρών πακέτων".

Το internet protocol είναι σαφώς περιορισμένο ώστε να παρέχει τις συναρτήσεις που είναι απαραίτητες για την παράδοση ενός πακέτου από bit (ενός internet datagram) από μια προέλευση σε έναν προορισμό. Δεν υπάρχουν μηχανισμοί για την αύξηση των από άκρο σε άκρο (end-to-end) υπηρεσιών, όπως της αξιοπιστίας δεδομένων, του ελέγχου ροής και άλλων που συνήθως εξασφαλίζουν τα πρωτόκολλα host-to-host. Το πρωτόκολλο internet βασίζεται στις υπηρεσίες του δικτύου που το υποστηρίζει ώστε να προσφέρει διάφορα είδη και ποιότητες υπηρεσιών.

Διασυνδέσεις

Αυτό το πρωτόκολλο είναι απαραίτητο για τα host-to-host πρωτόκολλα ενός δικτύου. Επίσης βασίζεται σε πρωτόκολλα τοπικών δικτύων για να μεταφέρει το internet datagram στην επόμενη πύλη (gateway) ή στον host προορισμού.

Για παράδειγμα, ένα TCP module (διεργασία) θα πρέπει να χρησιμοποιήσει ένα internet module ώστε να μετατρέψει ένα segment (περιλαμβάνει την κεφαλίδα TCP και τα δεδομένα χρήστη) σε ένα datagram. Το TCP module παρέχει σαν ορίσματα στο internet module, τις διευθύνσεις και άλλες παραμέτρους και εκείνη με τη σειρά της τις χρησιμοποιεί στην κεφαλίδα του datagram. Στη συνέχεια δημιουργεί το datagram και χρησιμοποιεί τη διασύνδεση του τοπικού δικτύου για την μετάδοσή του.

Λειτουργία

Το πρωτόκολλο internet υλοποιεί δύο βασικές λειτουργίες: διευθυνσιοδότηση και κατακερματισμό.

Τα internet modules χρησιμοποιούν τις διευθύνσεις τις κεφαλίδας για να μεταφέρουν τα datagrams στον προορισμό τους. Η επιλογή ενός μονοπατιού (path) για τη μετάδοση αποκαλείται δρομολόγηση. Επιπλέον, αυτά τα modules, χρησιμοποιούν άλλα πεδία της κεφαλίδας για να κατακερματίσουν και να επανενώσουν datagram, όποτε αυτό είναι αναγκαίο.

Το μοντέλο λειτουργίας προβλέπει ότι ένα internet module εδρεύει σε κάθε host που περιλαμβάνεται στο δίκτυο και σε κάθε πύλη που διασυνδέει δίκτυα. Αυτά τα modules χρησιμοποιούν κοινούς κανόνες για την ερμηνεία των πεδίων διευθύνσεων και για τον κατακερματισμό και την επανένωση των datagrams. Επιπλέον, έχουν διαδικασίες (κυρίως στις πύλες) για τη λήψη αποφάσεων δρομολόγησης αλλά και άλλες λειτουργίες.

Τέλος το πρωτόκολλο internet μεταχειρίζεται κάθε datagram σαν ανεξάρτητη οντότητα, ασυσχέτιστη με άλλα datagrams. Δεν υπάρχουν συνδέσεις ή λογικά κυκλώματα (εικονικά ή άλλου τύπου).

Διευθυνσιοδότηση

Αν και η διευθυνσιοδότηση μπορεί να φαίνεται ένα απλό και ίσως κοπιαστικό θέμα, ο συνδυασμός της διευθυνσιοδότησης και της δρομολόγησης επιπέδου δικτύου (network layer) είναι κρίσιμος και περίπλοκος.

Πριν συζητήσουμε όμως για τη διευθυνσιοδότηση IP, θα πρέπει να δούμε πως οι υπολογιστές υπηρεσίας και οι δρομολογητές συνδέονται μέσα στο δίκτυο. Ένας υπολογιστής υπηρεσίας συνήθως έχει μόνο μία ζεύξη μέσα στο δίκτυο. Όταν το IP στον υπολογιστή υπηρεσίας θέλει να στείλει ένα datagram, το κάνει επάνω σε αυτή τη ζεύξη. Το όριο ανάμεσα στον υπολογιστή υπηρεσίας και στη φυσική ζεύξη καλείται διασύνδεση (interface). Ένας δρομολογητής, από την άλλη, είναι ουσιαδώς διαφορετικός από έναν υπολογιστή υπηρεσίας. Επειδή η δουλειά ενός δρομολογητή είναι να δέχεται ένα datagram σε μια "εισερχόμενη" ζεύξη και να το προωθεί σε κάποια "εξερχόμενη", ένας δρομολογητής έχει απαραίτητα δύο ή περισσότερες ζεύξεις με τις οποίες είναι συνδεδεμένος. Το όριο ανάμεσα στον δρομολογητή και σε μια από τις ζεύξεις του ονομάζεται επίσης διασύνδεση. Ένας δρομολογητής λοιπόν έχει πολλαπλές

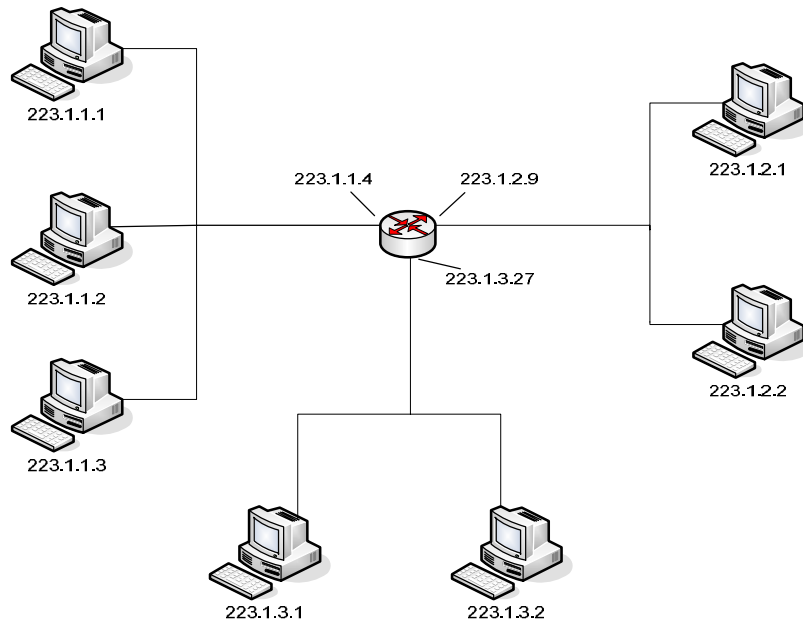
συνδέσεις, μια για καθεμία από τις ζεύξεις του. Επειδή κάθε υπολογιστής υπηρεσίας είναι σε θέση να στέλνει και να λαμβάνει IP datagrams, το IP απαιτεί κάθε διασύνδεση υπολογιστή υπηρεσίας και δρομολογητή να έχει τη δική της διεύθυνση IP. Έτσι, μια διεύθυνση IP σχετίζεται τεχνικά με μια διασύνδεση και όχι με τον υπολογιστή υπηρεσίας ή τον δρομολογητή που περιέχει αυτή τη διασύνδεση.

Κάθε διεύθυνση IP έχει μήκος 32 bits και έτσι υπάρχουν συνολικά 2^{32} πιθανές διευθύνσεις IP. Αυτές οι διευθύνσεις τυπικά γράφονται με τον καλούμενο δεκαδικό συμβολισμό με τελείες, κατά τον οποίο κάθε byte της διεύθυνσης γράφεται στη δεκαδική του μορφή και χωρίζεται με μια τελεία από τα άλλα bytes της διεύθυνσης. Για παράδειγμα, ας θεωρήσουμε τη διεύθυνση IP 193.32.216.9. Το 193 είναι το δεκαδικό ισοδύναμο των πρώτων οκτώ bit της διεύθυνσης. Το 32 είναι το δεκαδικό ισοδύναμο των δεύτερων οκτώ bit της διεύθυνσης κλπ. Έτσι, η διεύθυνση 193.32.216.9 σε δυαδικό συμβολισμό είναι

11000001 00100000 1101000 00001001

Κάθε διασύνδεση σε κάθε υπολογιστή υπηρεσίας και δρομολογητή μέσα στο internet πρέπει να έχει μια διεύθυνση IP που να είναι παγκόσμια μοναδική. Αυτές οι διευθύνσεις δεν μπορούν όμως να επιλεγούν με έναν αυθαίρετο τρόπο. Ένα τμήμα της διεύθυνσης IP μιας διασύνδεσης θα καθορισθεί από το "δίκτυο", στο οποίο συνδέεται. Σε αυτή την περίπτωση, ο όρος "δίκτυο" δεν αναφέρεται στη γενική υποδομή υπολογιστών υπηρεσίας, δρομολογητών και ζεύξεων που απαρτίζουν ένα δίκτυο. Αντί αυτού, ο όρος έχει μια πολύ ακριβή σημασία που συνδέεται στενά με τη διευθυνσιοδότηση IP.

Η παρακάτω εικόνα παρέχει ένα παράδειγμα διευθυνσιοδότησης IP και διασυνδέσεων.

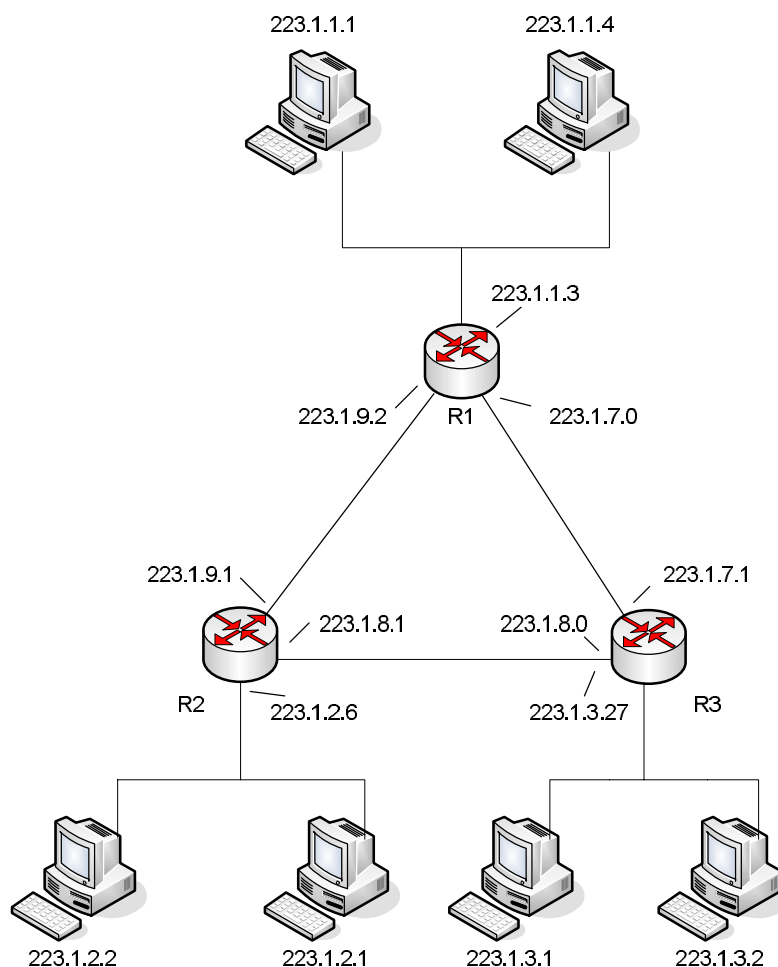


Σχήμα 6.1 Διευθύνσεις διασυνδέσεων

Σε αυτή, ένας δρομολογητής (με τρεις διασυνδέσεις) χρησιμοποιείται για να διασυνδέει επτά υπολογιστές υπηρεσίας. Αν εξετάσουμε καλύτερα τις διευθύνσεις IP που εκχωρούνται στις διασυνδέσεις υπολογιστή υπηρεσίας και δρομολογητή, υπάρχουν ορισμένα πράγματα που παρατηρούμε. Οι τρεις υπολογιστές υπηρεσίας στο επάνω αριστερό τμήμα και η διασύνδεση υπολογιστή υπηρεσίας με την οποία συνδέονται, έχουν όλοι μια διεύθυνση IP με τη μορφή 223.1.1.xxx. Αυτό σημαίνει ότι έχουν τα ίδια 24 αριστερά bit στις διευθύνσεις τους IP. Επίσης διασυνδέονται μεταξύ τους με μια φυσική ζεύξη (σε αυτή την περίπτωση, μια ζεύξη εκπομπής, όπως ένα καλώδιο Ethernet, στο οποίο είναι όλοι φυσικά συνδεδεμένοι) χωρίς ενδιάμεσους δρομολογητές. Στην ορολογία του IP, οι διασυνδέσεις σε αυτούς τους τρεις υπολογιστές υπηρεσίας και η επάνω αριστερή διασύνδεση στον δρομολογητή δημιουργούν ένα δίκτυο IP, ή απλούστερα ένα δίκτυο. Τα 24 bits της διεύθυνσης που έχουν κοινά αποτελούν το τμήμα του δικτύου της IP διεύθυνσης τους. Τα υπόλοιπα οκτώ bit είναι το τμήμα του υπολογιστή υπηρεσίας της διεύθυνσης IP. Το ίδιο το δίκτυο έχει επίσης μια διεύθυνση 223.1.1.0/24, όπου ο συμβολισμός "/24", μερικές φορές γνωστός ως μάσκα δικτύου, δηλώνει ότι τα αριστερά 24 bits της ποσότητας των 32-bit ορίζουν τη διεύθυνση δικτύου. Αυτά τα αριστερά bit συχνά αναφέρονται ως πρόθεμα δικτύου. Το δίκτυο 223.1.1.0/24 αποτελείται λοιπόν από τις τρεις διασυνδέσεις υπολογιστών υπηρεσίας (223.1.1.1,

223.1.1.2 και 223.1.1.3) και μια διασύνδεση δρομολογητή (223.1.1.4). Κάθε πρόσθετος υπολογιστής υπηρεσίας που συνδέεται στο δίκτυο 223.1.1.0/24 θα απαιτεί να έχει μια διεύθυνση με τη μορφή 223.1.1.xxx. Υπάρχουν επίσης δύο πρόσθετα δίκτυα: το δίκτυο 223.1.2.0/24 και το δίκτυο 223.1.3.0/24.

Ο ορισμός ενός δικτύου IP δεν περιορίζεται σε τμήματα Ethernet που συνδέουν πολλαπλούς υπολογιστές υπηρεσίας με μια διασύνδεση δρομολογητή. Για να γίνει πιο κατανοητό αυτό, ας θεωρήσουμε την παρακάτω εικόνα, η οποία δείχνει τρεις δρομολογητές που διασυνδέονται μεταξύ τους με ζεύξεις σημείου προς σημείο.



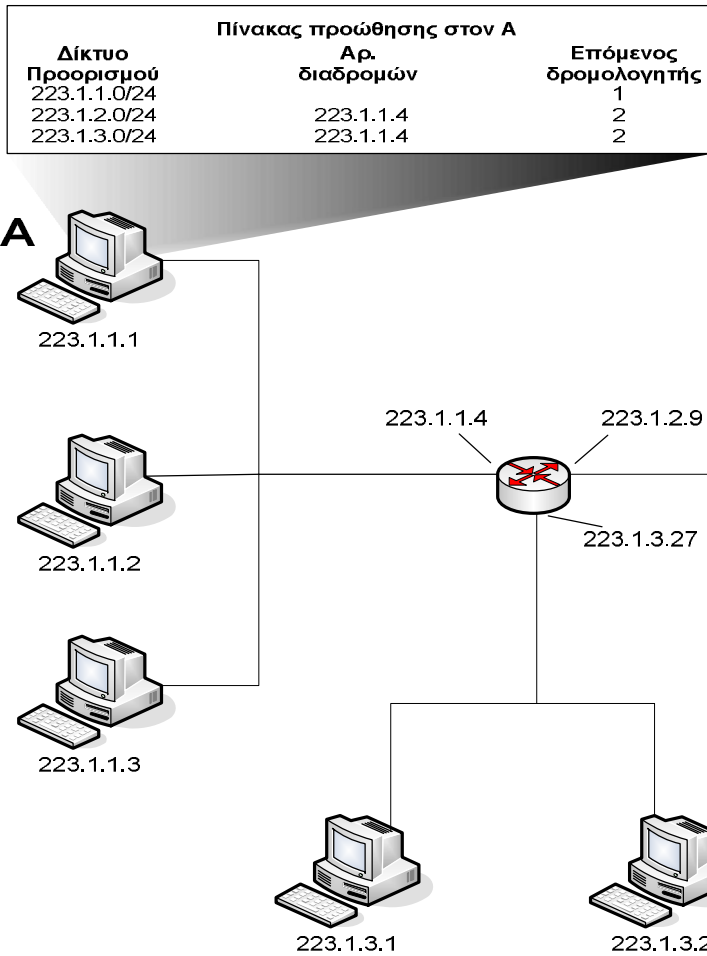
Σχήμα 6.2 Τρεις δρομολογητές που διασυνδέουν έξι υπολογιστές υπηρεσίας

Κάθε δρομολογητής έχει τρεις διασυνδέσεις, μια για κάθε ζεύξη σημείου προς σημείο και μια για τη ζεύξη εκπομπής που συνδέει απευθείας τον δρομολογητή με ένα ζεύγος υπολογιστών υπηρεσίας. Εδώ είναι παρόντα τρία

δίκτυα IP, το 223.1.1.0/24, το 223.1.2.0/24 και το 223.1.3.0/24, που είναι στην ουσία ίδια με τα δίκτυα που συναντήσαμε προηγουμένως. Παρατηρούμε όμως ότι σε αυτό το παράδειγμα υπάρχουν τρία πρόσθετα δίκτυα: ένα δίκτυο 223.1.9.0/24 για τις διασυνδέσεις που συνδέουν τους δρομολογητές R1 και R2. ένα άλλο δίκτυο, το 223.1.8.0/24, για τις διασυνδέσεις που συνδέουν τους δρομολογητές R2 και R3. και ένα τρίτο δίκτυο, 223.1.7.0/24, για τις διασυνδέσεις που συνδέουν τους δρομολογητές R3 και R1.

Τώρα που ορίσαμε διασυνδέσεις και δίκτυα και έχουμε τις βασικές γνώσεις για τη διευθυνσιοδότηση IP, ας εξετάσουμε πώς οι υπολογιστές υπηρεσίας και οι δρομολογητές μεταφέρουν ένα IP datagram από την προέλευση στον προορισμό. Κάθε datagram έχει ένα πεδίο διεύθυνσης προέλευσης και ένα πεδίο διεύθυνσης προορισμού. Ο υπολογιστής υπηρεσίας προέλευσης συμπληρώνει ένα πεδίο διεύθυνσης προέλευσης με τη δική του διεύθυνση IP 32-bit. Συμπληρώνει επίσης το πεδίο διεύθυνσης προορισμού με τη διεύθυνση IP 32-bit του υπολογιστή υπηρεσίας τελικού προορισμού, στον οποίο στέλνεται το datagram. Το πεδίο δεδομένων συνήθως συμπληρώνεται με ένα τμήμα TCP ή UDP. Θα αναφερθούμε στη συνέχεια αναλυτικότερα στα πεδία ενός IP datagram και θα εξηγήσουμε τη χρησιμότητα και τη λειτουργία του καθενός.

Ας δούμε τώρα πώς, αφού δημιουργήσει ο υπολογιστής υπηρεσίας προέλευσης το datagram, το επίπεδο δικτύου το μεταφέρει από τον υπολογιστή υπηρεσίας προέλευσης στον υπολογιστή υπηρεσίας προορισμού. Η διαδικασία εξαρτάται από το αν η προέλευση και ο προορισμός βρίσκονται στο ίδιο δίκτυο ή όχι. Στο παρακάτω περιβάλλον δικτύων ας υποθέσουμε ότι ο υπολογιστής υπηρεσίας A θέλει να στείλει ένα IP datagram στον υπολογιστή υπηρεσίας B, ο οποίος βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο, 223.1.1.0/24, με τον A.

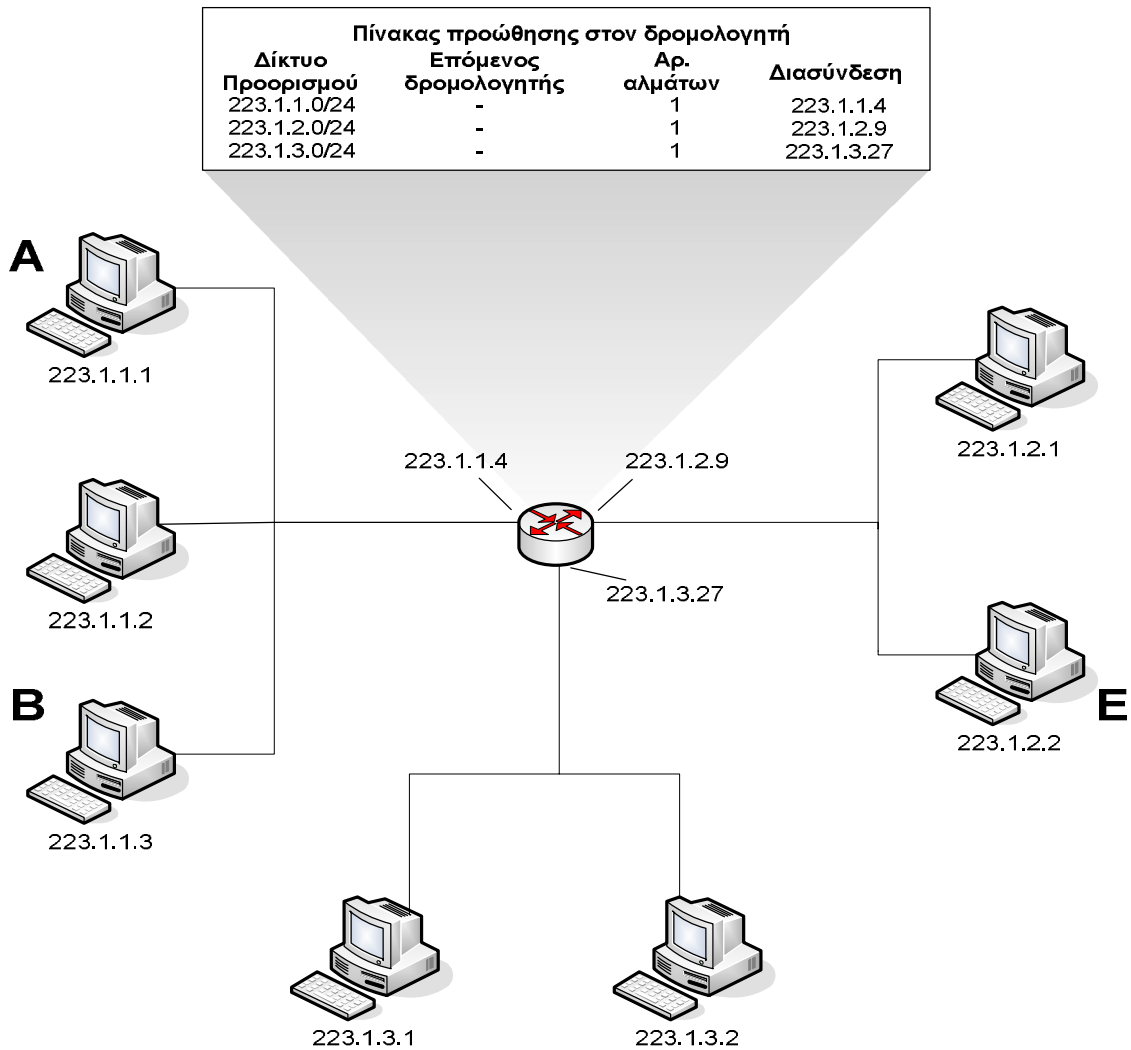


Σχήμα 6.3 Πίνακας προώθησης στον υπολογιστή υπηρεσίας A

Αυτό επιτυγχάνεται ως εξής. Το IP στον υπολογιστή υπηρεσίας A συμβουλευεται πρώτα τον εσωτερικό του πίνακα προώθησης IP, που φαίνεται στην εικόνα και βρίσκει μια καταχώριση, την 223.1.1.0/24, η διεύθυνση δικτύου της οποίας ταιριάζει με τα αρχικά bit της διεύθυνσης IP του υπολογιστή υπηρεσίας B. Ο πίνακας προώθησης δείχνει ότι ο αριθμός διαδρομών προς το δίκτυο 223.1.1.0 είναι 1, δηλώνοντας ότι ο B βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο με τον A. Έτσι ο υπολογιστής υπηρεσίας A ξέρει ότι ο υπολογιστής υπηρεσίας προορισμού B μπορεί να προσεγγιστεί απευθείας μέσω της εξερχόμενης διασύνδεσης του A, χωρίς την ανάγκη να υπάρχουν ενδιάμεσοι δρομολογητές. Ο υπολογιστής υπηρεσίας A περνά κατόπιν το datagram στο πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης για τη διασύνδεση, το οποίο κατόπιν έχει την ευθύνη μεταφοράς του datagram στον υπολογιστή υπηρεσίας B.

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε την περίπτωση που ο υπολογιστής υπηρεσίας A θέλει να στείλει ένα datagram σε έναν άλλο υπολογιστή υπηρεσίας, πχ. τον E, που βρίσκεται σε ένα διαφορετικό δίκτυο. Ο υπολογιστής υπηρεσίας A συμβουλευτείται πάλι τον πίνακα προώθησης IP και βρίσκει μια καταχώριση, 223.1.2.0/24, η διεύθυνση δικτύου της οποίας ταιριάζει με τα αρχικά bit της διεύθυνσης IP του υπολογιστή υπηρεσίας E. Επειδή ο αριθμός διαδρομών του προορισμού είναι 2, ο υπολογιστής υπηρεσίας A ξέρει ότι ο προορισμός βρίσκεται σε ένα άλλο δίκτυο και έτσι θα πρέπει να εμπλακεί ένας ενδιάμεσος δρομολογητής. Ο πίνακας προώθησης λέει επίσης στον υπολογιστή υπηρεσίας A ότι για να φτάσει το datagram στον υπολογιστή υπηρεσίας E, ο υπολογιστής υπηρεσίας A πρέπει πρώτα να στείλει το datagram στη διεύθυνση IP 223.1.1.4, στη διασύνδεση υπολογιστή υπηρεσίας, με την οποία είναι απευθείας συνδεδεμένη η διασύνδεση του A. Το IP στον υπολογιστή υπηρεσίας A περνά κατόπιν το datagram στο επίπεδο ζεύξης και δηλώνει ότι πρέπει να το στείλει στην IP διεύθυνση 223.1.1.4. Είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε ότι αν και το datagram στέλνεται (μέσω του επιπέδου ζεύξης) στη διασύνδεση του δρομολογητή, η διεύθυνση προορισμού του παραμένει ίδια με τον τελικό προορισμό (υπολογιστής υπηρεσίας E) και δεν είναι η διεύθυνση της διασύνδεσης του ενδιάμεσου δρομολογητή.

Το datagram είναι τώρα στον δρομολογητή και είναι δουλειά του να το μεταφέρει προς τον τελικό του προορισμό. Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, ο δρομολογητής συμβουλευτείται τον δικό του πίνακα προώθησης και βρίσκει μια καταχώριση, 223.1.2.0/24, η διεύθυνση δικτύου της οποίας ταιριάζει με τα αρχικά bit της διεύθυνσης IP του υπολογιστή υπηρεσίας E.



Σχήμα 6.4 Πίνακας προώθησης στον δρομολογητή

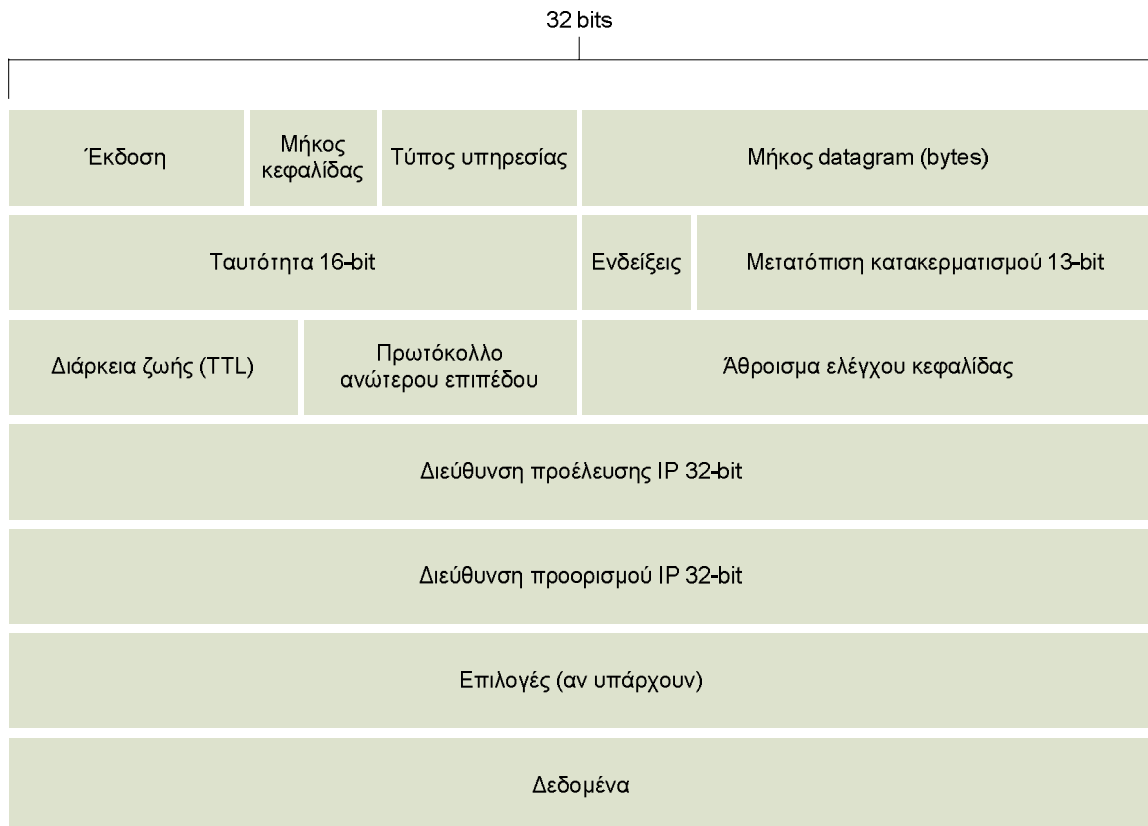
Ο πίνακας προώθησης δηλώνει ότι το datagram πρέπει να προωθηθεί στη διασύνδεση δρομολογητή 223.1.2.9. Εφόσον ο αριθμός διαδρομών προς τον προορισμό είναι 1, ο δρομολογητής γνωρίζει ότι ο υπολογιστής υπηρεσίας προορισμού E βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο με τη διασύνδεση του, 223.1.2.9. Ο δρομολογητής λοιπόν μεταφέρει το datagram σε αυτή τη διασύνδεση, η οποία κατόπιν το μεταδίδει στο υπολογιστή υπηρεσίας E.

Στην εικόνα παρατηρούμε ότι οι καταχωρίσεις στην στήλη “επόμενος δρομολογητής” είναι όλες κενές, επειδή όλα τα δίκτυα (223.1.1.0/24, 223.1.2.0/24 και 223.1.3.0/24) συνδέονται απευθείας στο δρομολογητή. Σε αυτή την περίπτωση, δεν υπάρχει ανάγκη να περάσει το datagram από έναν ενδιάμεσο δρομολογητή για να φτάσει στον υπολογιστή υπηρεσίας προορισμού.

Αν όμως, οι υπολογιστές υπηρεσίας A και E χωρίζονταν από δύο δρομολογητές, τότε μέσα στον πίνακα προώθησης του πρώτου δρομολογητή επάνω στη διαδρομή από τον A στον B, η αντίστοιχη γραμμή θα έδειχνε δύο άλματα προς τον προορισμό και θα καθόριζε τη διεύθυνση IP του δεύτερου δρομολογητή επάνω στη διαδρομή. Ο πρώτος δρομολογητής θα προωθούσε στη συνέχεια το datagram στον δεύτερο, χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης που συνδέει τους δύο δρομολογητές. Ο δεύτερος δρομολογητής θα προωθούσε κατόπιν το datagram στον υπολογιστή υπηρεσίας προορισμού, χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης που συνδέει τον δεύτερο δρομολογητή με τον υπολογιστή υπηρεσίας προορισμού.

Μορφή datagram

Τα κύρια πεδία ενός IP datagram είναι τα ακόλουθα:



Σχήμα 6.5 Μορφή IPv4 datagram

- Αριθμός έκδοσης. Αυτά τα τέσσερα bit καθορίζουν την έκδοση πρωτοκόλλου IP του datagram. Εξετάζοντας τον αριθμό έκδοσης, ο δρομολογητής μπορεί να καθορίσει πώς να ερμηνεύσει το υπόλοιπο IP datagram. Διαφορετικές εκδόσεις του IP χρησιμοποιούν διαφορετικές μορφές datagrams. Η μορφή για την τρέχουσα έκδοση του IP, IPv4, φαίνεται στην παραπάνω Εικόνα.
- Μήκος κεφαλίδας. Επειδή ένα IP datagram μπορεί να περιέχει ένα μεταβλητό αριθμό επιλογών (που περιλαμβάνονται στην κεφαλίδα), αυτά τα τέσσερα bit χρειάζονται για να καθορίσουν πού ακριβώς μέσα στο datagram αρχίζουν τα δεδομένα. Τα περισσότερα datagram δεν περιέχουν επιλογές, οπότε το τυπικό IP datagram έχει κεφαλίδα 20 bytes.
- Τύπος υπηρεσίας. Τα bit τύπου υπηρεσίας (type of service, TOS) περιελήφθησαν στην κεφαλίδα του IPv4 για να επιτρέψουν τη διάκριση των διαφόρων "τύπων" IP datagram (π.χ., datagrams που απαιτούν ειδικά μικρή καθυστέρηση, υψηλό bitrate, ή αξιοπιστία). Για παράδειγμα, μπορεί να είναι χρήσιμο να γίνεται διάκριση datagram πραγματικού χρόνου (που χρησιμοποιούνται, για παράδειγμα, από μια εφαρμογή τηλεφωνίας IP) από την κίνηση όχι πραγματικού χρόνου (π.χ., FTP).
- Μήκος datagram. Αυτό είναι το συνολικό μήκος του IP datagram (κεφαλίδα συν δεδομένα), μετρούμενο σε bytes. Εφόσον αυτό το πεδίο έχει μήκος 16 bits, το θεωρητικά μέγιστο μέγεθος του IP datagram είναι 65535 bytes. Όμως τα datagrams σπάνια είναι μεγαλύτερα από 1500 bytes και συχνά περιορίζονται σε μέγεθος 576 bytes.
- Ταυτότητα, ενδείξεις, μετατόπιση κατακερματισμού. Αυτά τα τρία πεδία έχουν σχέση με τον κατακερματισμό IP. Είναι ενδιαφέρον ότι η νέα έκδοση του IP, IPv6, δεν επιτρέπει κατακερματισμό στους δρομολογητές.
- Διάρκεια ζωής. Το πεδίο διάρκειας ζωής (time-to-live, TTL) περιλαμβάνεται για να σιγουρέψει ότι τα datagrams δεν κυκλοφορούν για πάντα (π.χ., λόγω ενός μακροχρόνιου βρόχου δρομολογητή) μέσα στο δίκτυο. Αυτό το πεδίο μειώνεται κατά ένα κάθε φορά που γίνεται

επεξεργασία του datagram από ένα δρομολογητή. Αν το πεδίο TTL φτάσει στο 0, τότε το datagram πρέπει να απορριφθεί.

- Πρωτόκολλο. Αυτό το πεδίο χρησιμοποιείται μόνο όταν ένα datagram φτάσει στον τελικό του προορισμό. Η τιμή αυτού του πεδίου δηλώνει το συγκεκριμένο πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς, στο οποίο το τμήμα δεδομένων του datagram πρέπει να περάσει. Για παράδειγμα, μια τιμή 6 δηλώνει ότι το τμήμα δεδομένων περνά σε TCP, μια τιμή 17 δηλώνει ότι τα δεδομένα περνούν σε UDP. Ο αριθμός πρωτοκόλλου ενός IP datagram έχει ένα ρόλο που είναι πλήρως ανάλογος με τον ρόλο του πεδίου αριθμού θύρας στο τμήμα του επιπέδου μεταφοράς. Είναι η "κόλλα" που συνδέει τα επίπεδα δικτύου και μεταφοράς, όπως ο αριθμός θύρας είναι η "κόλλα" που συνδέει τα επίπεδα μεταφοράς και εφαρμογής
- Άθροισμα ελέγχου κεφαλίδας. Το άθροισμα ελέγχου κεφαλίδας βοηθά ένα δρομολογητή να ανιχνεύσει σφάλματα bit σε ένα λαμβανόμενο datagram. Το άθροισμα ελέγχου κεφαλίδας υπολογίζεται λαμβάνοντας κάθε ζευγάρι bytes μέσα στην κεφαλίδα σαν ένα αριθμό και αθροίζοντας αυτούς τους δύο αριθμούς χρησιμοποιώντας το συμπλήρωμα του 1. Το συμπλήρωμα του 1 αυτού του αθροίσματος, που είναι γνωστό σαν άθροισμα ελέγχου Διαδικτύου, αποθηκεύεται στο πεδίο αθροίσματος ελέγχου. Ένας δρομολογητής υπολογίζει το άθροισμα ελέγχου κεφαλίδας για κάθε λαμβανόμενο datagram και ανιχνεύει μια συνθήκη σφάλματος αν το άθροισμα ελέγχου που μεταφέρθηκε μέσα στην κεφαλίδα δεν ισούται με το υπολογισμένο άθροισμα ελέγχου. Οι δρομολογητές τυπικά απορρίπτουν datagrams για τα οποία έχει ανιχνευτεί ένα σφάλμα. Το άθροισμα ελέγχου πρέπει να επαναυπολογιστεί και να αποθηκευθεί πάλι σε κάθε δρομολογητή, επειδή το πεδίο TTL και πιθανώς πεδία επιλογών μπορούν να αλλάξουν.
- Διευθύνσεις IP προέλευσης και προορισμού. Αυτά τα πεδία περιέχουν τις διευθύνσεις IP 32-bit της προέλευσης και του τελικού προορισμού για το συγκεκριμένο datagram. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι όταν ένας υπολογιστής υπηρεσίας εκπέμπει ένα datagram με διεύθυνση προορισμού 255.255.255.255, τότε το μήνυμα παραδίδεται σε όλους τους υπολογιστές υπηρεσίας στο ίδιο δίκτυο. Οι δρομολογητές

προαιρετικά προωθούν επίσης το μήνυμα στα γειτονικά δίκτυα IP (αν και συνήθως δεν το κάνουν).

- **Επιλογές.** Τα πεδία επιλογών επιτρέπουν σε μια κεφαλίδα IP να επεκταθεί. Οι επιλογές κεφαλίδας στόχευαν να χρησιμοποιούνται σπάνια – για να εξοικονομηθεί χρόνος και χώρος μη εισάγοντας τις πληροφορίες σε πεδία επιλογών σε κάθε κεφαλίδα. Όμως η απλή ύπαρξη κεφαλίδων περιπλέκει τα πράγματα - εφόσον οι κεφαλίδες μπορούν να έχουν μεταβλητό μήκος και δεν μπορεί κάποιος να καθορίσει εκ των προτέρων πού θα αρχίζει το πεδίο δεδομένων. Επίσης, εφόσον ορισμένα datagrams μπορούν να απαιτούν επεξεργασία και άλλα όχι, ο χρόνος που απαιτείται για επεξεργασία σε ένα δρομολογητή μπορεί να ποικίλλει. Αυτά τα θέματα έγιναν ιδιαίτερα σημαντικά για επεξεργασία IP σε δρομολογητές και υπολογιστές υπηρεσίας υψηλών αποδόσεων. Για αυτούς τους λόγους, αλλά και για άλλους, οι επιλογές IP απορρίφθηκαν στην κεφαλίδα IPv6.
- **Δεδομένα (ωφέλιμο φορτίο).** Στις περισσότερες περιπτώσεις, το πεδίο δεδομένων του IP datagram περιέχει το τμήμα επιπέδου μεταφοράς (TCP ή UDP) που θα παραδοθεί στον προορισμό. Όμως, το πεδίο δεδομένων μπορεί να μεταφέρει άλλους τύπους δεδομένων, όπως μηνύματα ICMP.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ένα IP datagram έχει κεφαλίδα συνολικά 20 bytes (υποθέτοντας ότι δεν υπάρχουν επιλογές). Αν το datagram μεταφέρει ένα τμήμα TCP, τότε κάθε (μη κατακερματισμένο) datagram μεταφέρει συνολικά 40 bytes κεφαλίδα (20 bytes κεφαλίδα IP και 20 bytes κεφαλίδα TCP) μαζί με το μήνυμα του επιπέδου εφαρμογής.

Κατακερματισμός IP Datagram

Είναι δεδομένο πως όλα τα πρωτόκολλα επιπέδου ζεύξης δεν μπορούν να μεταφέρουν πακέτα του ίδιου μεγέθους. Ορισμένα πρωτόκολλα μπορούν να μεταφέρουν “μεγάλα” πακέτα, ενώ άλλα πρωτόκολλα μπορούν να μεταφέρουν μόνο “μικρά” πακέτα. Για παράδειγμα, τα πακέτα Ethernet δεν μπορούν να

μεταφέρουν περισσότερα από 1500 bytes δεδομένων, ενώ πακέτα για πολλές ζεύξεις ευρείας περιοχής δεν μπορούν να μεταφέρουν περισσότερα από 576 bytes. Η μέγιστη ποσότητα δεδομένων που μπορεί να μεταφέρει ένα πακέτο επιπέδου ζεύξης καλείται μέγιστη μονάδα μεταφοράς (maximum transfer unit, MTU). Επειδή κάθε datagram ενθυλακώνεται μέσα στο πακέτο επιπέδου ζεύξης για μεταφορά από ένα δρομολογητή στον επόμενο, η MTU του πρωτοκόλλου στρώματος ζεύξης τοποθετεί ένα άνω όριο στο μήκος του datagram. Το γεγονός αυτό από μόνο του δεν αποτελεί πρόβλημα. Το πρόβλημα είναι ότι καθεμία από τις ζεύξεις του μονοπατιού ανάμεσα στον αποστολέα και στον προορισμό μπορεί να χρησιμοποιεί διαφορετικά πρωτόκολλα επιπέδου ζεύξης και καθένα από τα πρωτόκολλα μπορεί να έχει μια διαφορετική MTU.

Για να κατανοήσουμε το πρόβλημα, ας φανταστούμε ένα δρομολογητή που διασυνδέει αρκετές ζεύξεις, όπου η καθεμία εκτελεί διαφορετικά πρωτόκολλα επιπέδου ζεύξης με διαφορετικές MTU. Υποθέτουμε λοιπόν, ότι αυτός ο δρομολογητής δέχεται ένα IP datagram από μία ζεύξη, ελέγχει τον πίνακα προώθησης του για να καθορίσει την εξερχόμενη ζεύξη και αυτή η εξερχόμενη ζεύξη έχει μία MTU που είναι μικρότερη από το μήκος του datagram. Πώς θα χωρέσει το υπερμέγεθες πακέτο IP μέσα στο πεδίο ωφέλιμου φορτίου του πακέτου επιπέδου ζεύξης; Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να “κατακερματίσει” τα δεδομένα του datagram σε δύο ή περισσότερα μικρότερα datagrams και μετά να στείλει τα μικρότερα αυτά datagrams επάνω στην εξερχόμενη ζεύξη. Καθένα από αυτά τα μικρότερα datagrams αναφέρεται σαν ένα τεμάχιο (fragment).

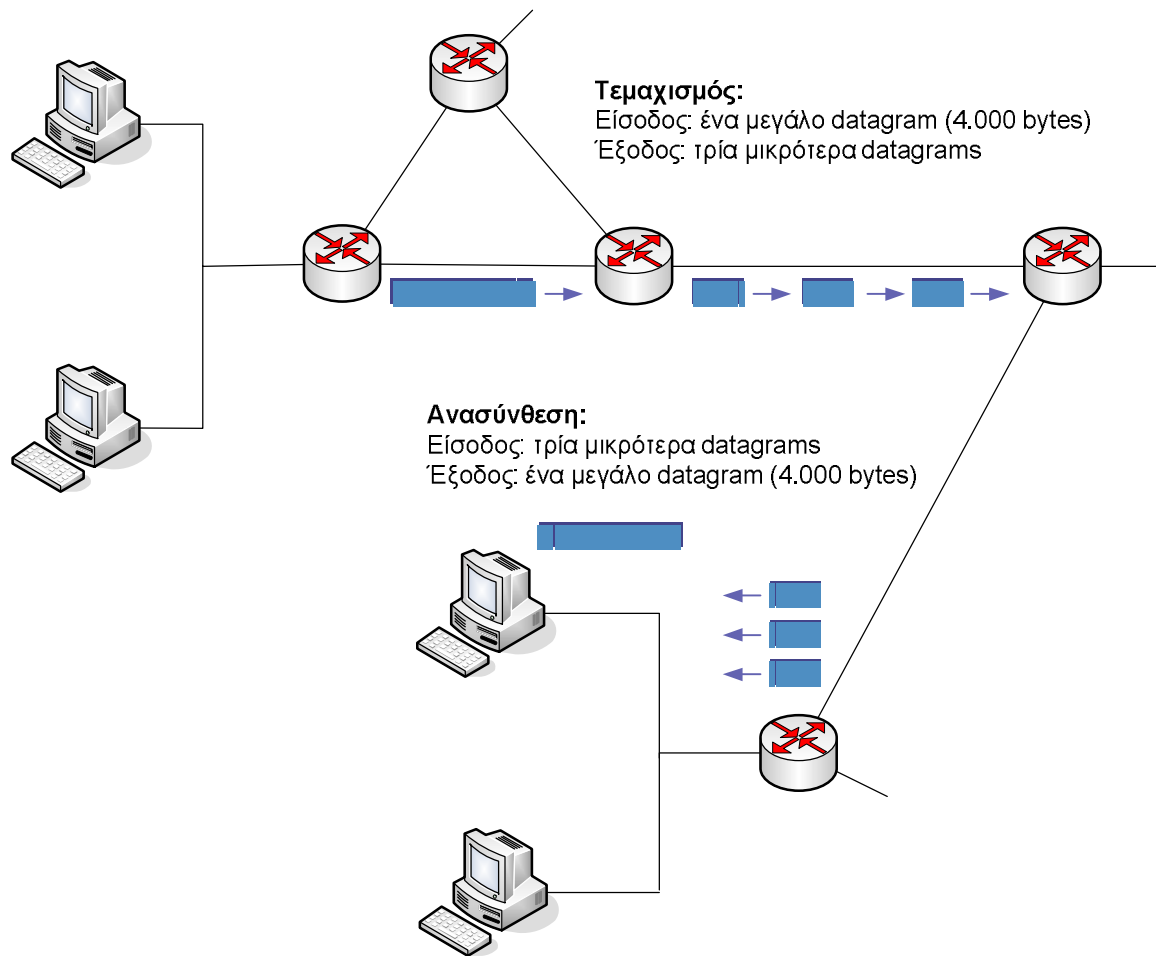
Τα τμήματα πρέπει να ανασυντεθούν πριν να φτάσουν στο επίπεδο μεταφοράς, στον προορισμό. Πράγματι, τα TCP και UDP αναμένουν να λάβουν πλήρη, ακέραια τμήματα από το επίπεδο δικτύου. Οι σχεδιαστές του IPv4 θεώρησαν ότι η ανασύνθεση (και πιθανώς ο εκ νέου κατακερματισμός) datagrams μέσα στους δρομολογητές θα εισάγει σημαντικές επιπλοκές στο πρωτόκολλο και θα μειώσει την απόδοσή του. Ακολουθώντας την αρχή ότι το επίπεδο δικτύου πρέπει να είναι απλό, οι σχεδιαστές του IPv4 αποφάσισαν να αναθέσουν την εργασία της ανασύνθεσης datagram στα τερματικά συστήματα και όχι στους δρομολογητές του δικτύου.

Όταν ένας υπολογιστής υπηρεσίας προορισμού δέχεται μια σειρά datagrams από την ίδια πηγή, πρέπει να καθορίσει αν κάποια από αυτά τα είναι τεμάχια ενός αρχικού μεγαλύτερου datagram. Αν καθορίσει ότι ορισμένα

από αυτά είναι τεμάχια, πρέπει να καθορίσει περαιτέρω πότε έχει δεχθεί το τελευταίο τεμάχιο και πώς τα τεμάχια που έχει δεχθεί πρέπει να ανασυντεθούν για να δημιουργήσουν το αρχικό datagram. Για να επιτρέπουν στον υπολογιστή υπηρεσίας προορισμού να κάνει αυτές τις εργασίες ανασύνθεσης, οι σχεδιαστές του IPv4 τοποθετούν πεδία ταυτότητας, ένδειξης και κατακερματισμού στο datagram. Όταν δημιουργείται ένα datagram, ο υπολογιστής υπηρεσίας αποστολής το σφραγίζει με έναν αριθμό ταυτότητας, όπως και με τις διευθύνσεις προέλευσης και προορισμού. Ο υπολογιστής υπηρεσίας αποστολής προσαυξάνει τον αριθμό ταυτότητας κατά ένα, για κάθε datagram που στέλνει.

Όταν ένας δρομολογητής πρέπει να κατακερματίσει ένα datagram, κάθε προκύπτον τεμάχιο σφραγίζεται με τη διεύθυνση προέλευσης, τη διεύθυνση προορισμού και τον αριθμό ταυτότητας του αρχικού datagram. Όταν ο προορισμός δεχθεί μια σειρά datagrams από τον ίδιο υπολογιστή υπηρεσίας αποστολής, μπορεί να εξετάσει τους αριθμούς ταυτότητας τους, για να καθορίσει ποια από αυτά είναι τεμάχια του ίδιου μεγαλύτερου datagram. Επειδή το IP είναι μια αναξιόπιστη υπηρεσία, ένα ή περισσότερα τεμάχια μπορεί να μην φτάσουν ποτέ στον προορισμό.

Για αυτό το λόγο, για να είναι ο υπολογιστής υπηρεσίας προορισμού απολύτως σίγουρος ότι έχει δεχθεί το τελευταίο τεμάχιο του αρχικού datagram, το τελευταίο τεμάχιο έχει ένα bit ένδειξης με τιμή 0, ενώ όλα τα άλλα τεμάχια έχουν σε αυτό το bit ένδειξης την τιμή 1. Επίσης, για να μπορεί να καθορίσει ο υπολογιστής υπηρεσίας προορισμού αν λείπει ένα τεμάχιο (και επίσης να μπορέσει να ανασυνθέσει τα τεμάχια με τη σωστή σειρά), το πεδίο μετατόπισης χρησιμοποιείται για να καθορίσει πού μπαίνει το τεμάχιο μέσα στο αρχικό datagram.



Σχήμα 6.6 Τεμαχισμός και ανασύνθεση IP

Το παραπάνω Σχήμα δείχνει ένα παράδειγμα. Ένα datagram 4.000 bytes (20 bytes κεφαλίδα IP και 3.980 bytes ωφέλιμο φορτίο IP) φτάνει σε ένα δρομολογητή και πρέπει να προωθηθεί σε μια ζεύξη με MTU 1.500 bytes. Αυτό υπονοεί ότι τα 3.980 bytes του αρχικού datagram πρέπει να κατανεμηθούν σε τρία ξεχωριστά τεμάχια (το καθένα από τα οποία είναι επίσης ένα IP datagram). Υποθέστε ότι το αρχικό datagram σφραγίζεται με έναν αριθμό ταυτότητας 777. Τα χαρακτηριστικά των τριών τεμαχίων φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Τεμάχιο	Bytes	Ταυτότητα	Μετατόπιση	Ένδειξη
1 ^ο τεμάχιο	1.480 bytes στο πεδίο δεδομένων του IP datagram	Ταυτότητα = 777	Μετατόπιση = 0 (που σημαίνει ότι τα δεδομένα πρέπει να εισαχθούν αρχίζοντας από το byte 0)	Ένδειξη = 1 (που σημαίνει ότι υπάρχουν περισσότερα)
2 ^ο τεμάχιο	Πεδίο πληροφοριών 1.480 bytes	Ταυτότητα = 777	Μετατόπιση = 1480 (που σημαίνει ότι τα δεδομένα πρέπει να εισαχθούν αρχίζοντας από το byte 1.480)	Ένδειξη = 1 (που σημαίνει ότι υπάρχουν περισσότερα)
3 ^ο τεμάχιο	Πεδίο πληροφοριών 1.020 bytes (= 3.980-1.480-1.480)	Ταυτότητα = 777	Μετατόπιση = 2.960 (που σημαίνει ότι τα δεδομένα πρέπει να εισαχθούν αρχίζοντας από το byte 2.960)	Ένδειξη = 0 (που σημαίνει ότι αυτό είναι το τελευταίο τεμάχιο)

Πίνακας 6.7 Τεμάχια IP

Το ωφέλιμο φορτίο του datagram περνά στο επίπεδο μεταφοράς του προορισμού μόνο αφού το επίπεδο IP έχει ανασυνθέσει πλήρως το αρχικό datagram. Αν ένα ή περισσότερα από τα τεμάχια δεν φτάσει στον προορισμό, το datagram απορρίπτεται και δεν περνά στο επίπεδο μεταφοράς. Όμως αν στο επίπεδο μεταφοράς χρησιμοποιείται το TCP, τότε αυτό θα επανορθώσει αυτή την απώλεια, κάνοντας την προέλευση να αναμεταδώσει τα δεδομένα του αρχικού datagram.

Ο κατακερματισμός και η ανασύνθεση θέτουν ένα ακόμη φορτίο στους δρομολογητές Διαδικτύου (την πρόσθετη προσπάθεια δημιουργίας τμημάτων από το datagram) και στους υπολογιστές υπηρεσίας προορισμού (την πρόσθετη προσπάθεια ανασύνθεσης τμημάτων). Για αυτό το λόγο είναι επιθυμητό να διατηρείται ο τεμαχισμός στο ελάχιστο. Αυτό γίνεται συνήθως περιορίζοντας τα τμήματα TCP και UDP σε ένα σχετικά μικρό μέγεθος, έτσι ώστε ο κατακερματισμός των αντίστοιχων datagrams να μην είναι πιθανός. Επειδή όλα τα πρωτόκολλα ζεύξης δεδομένων που υποστηρίζονται από το IP υποτίθεται ότι έχουν MTU τουλάχιστον 576 bytes, ο κατακερματισμός μπορεί να αποφευχθεί πλήρως αν χρησιμοποιείται MTU 536 bytes, 20 bytes κεφαλίδας τμήματος TCP και 20 bytes κεφαλίδα του IP datagram. Για αυτό τον λόγο τα περισσότερα τμήματα TCP για μαζική μεταφορά δεδομένων (όπως με το HTTP) έχουν μήκος 512-536 bytes. (Έχει παρατηρηθεί ότι κατά την περιήγηση στο Web, φτάνουν περίπου 500 bytes τη φορά.)

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Βιβλιογραφικές Πηγές

- [1] Σπύρος Δ. Αρσένης, "Σχεδιασμός και υλοποίηση δικτύων – Από μικρά δίκτυα γραφείου μέχρι μεγάλα δίκτυα επιχειρήσεων", 2005, ISBN 960-209-877-5
- [2] Leandros Tassioulas, D. Tsaih, G. Lapiotis and S. Panwar, "A Model-Based Performance Management Tool for ATM and Frame Relay Networks", December, 1996
- [3] Άρης Αλεξόπουλος και Γιώργος Λαγογιάννης, "Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών", 6^η έκδοση 2003
- [4] James F. Kurose and Keith W. Ross, "Computer Networking, A Top-Down Approach Featuring the Internet", ISBN 0-201-97-699-4 (Απόδοση στην Ελληνική Γλώσσα: Γιάννης Β. Σαμαράς, "Δικτύωση Υπολογιστών", ISBN 960-512-387-8)
- [5] J. Case, M. Fedor, M. Schoffstall, and J. Davin, "A Simple Network Management Protocol (SNMP)", (RFC 1157) May, 1990
- [6] Carlos R. Cunha, Azer Bestavros, and Mark E. Crovella. "Characteristics of WWW client-based traces." Technical Report BU-CS-95010, Computer Science Department, BostonUniversity, July 1995.
- [7] Lara D. Catledge and James E. Pitkow. "Characterizing browsing strategies in the World-Wide Web." In Proceedings of the Third International World Wide Web Conference, Darmstadt, Germany, April 1995.
- [8] Mark E. Crovella and Azer Bestavros. "Self-similarity in World Wide Web traffic: Evidence and possible causes." In Proceedings of the ACM SIGMETRICS Conference on Measurement & Modeling of Computer Systems, pages 160–169, Philadelphia, PA, May 1996.

- [9] Ramón Cáceres, Peter B. Danzig, Sugih Jamin, and Danny Mitzel. "Characteristics of wide-area TCP/IP conversations." In Proceedings of ACM SIGCOMM '91, Zurich, Switzerland, September 1991.
- [10] Vern Paxson. "Measurements of wide area TCP conversations." Masters report, University of California at Berkeley, May 1991.
- [11] W. Richard Stevens. "TCP/IP Illustrated, Volume 3." Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA, 1996.
- [12] Peter B. Danzig and Sugih Jamin. "tcplib: A library of TCP internetwork traffic characteristics." Technical Report USCCS-91-495, Computer Science Department, University of Southern California, Los Angeles, CA, 1991.
- [13] Ilka Miloucheva, Ali Nassri and Ulrich Hofmann. "Traffic Measurement and Monitoring Roadmap", October, 2002
- [14] Dario Rossi, "Traffic at the Network Edge: Sniff, Analyze, Act.", January, 2005
- [15] Merilee Ford, H. Kim Lew, Steve Spanier, and Tim Stevenson, "Internetworking Technology Overview", June, 1999
- [16] "Internet Protocol" (RFC 791), September, 1981
- [17] Konstantina Papagiannaki, "Provisioning IP Backbone Networks Based on Measurements", February, 2003
- [18] Vern Paxson, "Empirically-Derived Analytic Models of Wide-Area TCP Connections: Extended Report", June, 1993

Πηγές στο Διαδίκτυο

- [A.] http://en.wikipedia.org/wiki/Network_traffic_simulation
- [B.] <http://www.msexchange.org/>
- [C.] <http://www.swift.com>
- [D.] <http://www.bloomberg.com>
- [E.] <http://www.agathongroup.com/services/hosting-95th.php>
- [F.] <http://www.dls.net/support/kb/index.phtml?id=159>