



University of Macedonia
Master Information Systems

Networking Technologies

Professor: Dr. A.A. Economides

economid@uom.gr

Adaptive Distributed Routing & QoS in ATM Networks

George Antoniadis (A.M.: M5/02) Panagiotis Symeonidis (M7/02).
e-mail geoant@uom.gr , symeon@uom.gr

THESSALONIKI , JANUARY 2003



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ

Επιβλεπων Καθηγητης : Α.Α. Οικονομίδης
economid@uom.gr

Adaptive Distributed Routing & QoS in ATM Networks

Των μεταπτυχιακών φοιτητών
Αντωνιάδη Γεώργιου (Α.Μ.: Μ5/02) Συμεωνίδη Παναγιώτη (Μ7/02).
e-mail geoant@uom.gr , symeon@uom.gr

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2003

ABSTRACT

The Asynchronous Transfer Mode (ATM) technology is a switching and multiplexing technology in cell level. As in this period multimedia, entertainment, mobile networking, collaborative and distance working and VPN services expand,, the interest on Quality of Services (QoS) routing in computer networks increases. ATM is able to support a mix of connectionless and connection oriented services, with a great variety of throughput and quality of service requirements.

Routing must provide routes of guaranteed Quality of Services (QoS), based on the requests of quality of service as they were declared on the initial link setup request. Routing in Asynchronous Transfer Mode (ATM) networks is based on Virtual Path Connections (VPCs), a route is defined as a concatenation of VPCs.

The ITU-t in constitution I.356 determines the processes and the parameters that concern the adaptive distributed routing and the quality of services. An initial role of adaptive distributed routing in ATM Networks is to protect the Network. An additional role is to promote the efficient use of cells of network.

In the ATM Model is determined a total of six categories of services. For each one, is fixed a total of parameters in order to describe the traffic that is presented in the network, as well as the quality of service (QoS) that is supported for each one of them(service) from the ATM Network.. The adaptive distributed routing of ATM Networks is completely connected with the ability of providing the suitably differentiated quality of service (QoS).

The overall objective of a routing policy is to increase the network throughput in terms of call admissions, while guaranteeing the performance of the network within specified levels. The design of an efficient routing policy is of enormous complexity, since it depends on a number of variable and sometimes uncertain parameters. This complexity is increased by the diversity of bandwidth and performance requirements of differentconnection types in a multi-class network environment. Moreover routing policy should be adaptive in order to deal with changes in the network such as network topology or changing traffic plans. Given that the routing schemes change during time, the network efficiency may decrease when the VPCs allocated bandwidth, and in routes does not comply to the traffic load that they should accommodate. To deal with this, VPC topology, the routes and the VPC allocated bandwidth should be dynamically readjusted in order to handle the traffic requirements. The routing management system is part of the management plane, and it is itself a hierarchical system operating in parallel to the network and its embedded control functionality.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τεχνολογία του Ασύγχρονου Τρόπου Μεταφοράς (Asynchronous Transfer Mode ή ATM), είναι μία τεχνολογία μεταγωγής και πολυπλεξίας σε επίπεδο κυψελίδων. Καθώς τα πολυμέσα, η ψυχαγωγία, τα κινητά δίκτυα, η συνεργατική εργασία, η τηλε-εργασία και οι υπηρεσίες VPN επεκτείνονται αυτήν την περίοδο, για τον λόγο αυτό επεκτείνεται και το ενδιαφέρον στον τομέα της δρομολόγησης με βάση την ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) στα δίκτυα υπολογιστών. Το ATM έχει την δυνατότητα να υποστηρίξει μια ποικιλία από υπηρεσίες προσανατολισμένες ή μη στη σύνδεση με μία μεγάλη ποικιλία από απαιτήσεις φορτίου και ποιότητας υπηρεσίας..

Η δρομολόγηση θα πρέπει να παρέχει διαδρομές εγγυούμενης ποιότητας υπηρεσίας (QoS), βασισμένη στις απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας όπως αυτές ορίστηκαν στην αίτηση εγκατάστασης της σύνδεσης. Η δρομολόγηση στα Asynchronous Transfer Mode (ATM) δίκτυα βασίζεται στις συνδέσεις εικονικών μονοπατιών (Virtual Path Connections ή VPCs), με μια διαδρομή να ορίζεται ως μία αλληλουχία από VPCs.

Η ITU-t στη σύσταση I.356 καθορίζει τις διαδικασίες και τις παραμέτρους που αφορούν τη δυναμικά προσαρμοζόμενη δρομολόγηση και την ποιότητα των υπηρεσιών. Ένας αρχικός ρόλος της προσαρμοζόμενης δρομολόγησης είναι να προστατευθεί το Δίκτυο. Ένας πρόσθετος ρόλος είναι να προαχθεί η αποδοτική χρήση των στοιχείων του δικτύου.

Στο Πρότυπο ATM προσδιορίζεται ένα σύνολο έξι κατηγοριών υπηρεσιών. Για καθεμία από αυτές, ορίζεται ένα σύνολο παραμέτρων για να περιγράψει την κυκλοφορία που παρουσιάζεται στο δίκτυο, καθώς και η ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) που υποστηρίζεται για κάθε μία(υπηρεσία) από αυτό. Η δυναμικά προσαρμοζόμενη δρομολόγηση των Δικτύων ATM είναι πλήρως συσχετισμένη με τη δυνατότητα του δικτύου να παράσχει την κατάλληλα διαφοροποιημένη ποιότητα της υπηρεσίας (QoS).

Ο γενικός στόχος της πολιτικής δρομολόγησης είναι να αυξηθεί η απόδοση των δικτύων από την άποψη των αποδοχών κλήσης, ενώ ταυτόχρονα να παρέχεται εγγύηση για την απόδοση του δικτύου μέσα στα προσδιορισμένα επίπεδα. Η σχεδίαση μιας αποδοτικής πολιτικής δρομολόγησης είναι τεράστιας πολυπλοκότητας, δεδομένου ότι εξαρτάται από διάφορες και μερικές φορές αβέβαιες παραμέτρους. Αυτή η πολυπλοκότητα αυξάνεται από την ποικιλομορφία των απαιτήσεων εύρους ζώνης συχνοτήτων και απόδοσης των διαφορετικών τύπων σύνδεσης σε ένα multi-class περιβάλλον δικτύων. Επιπλέον, η πολιτική δρομολόγησης πρέπει να είναι προσαρμοστική για να αντιμετωπίζει τις αλλαγές στο δίκτυο: τοπολογικές αλλαγές ή τα μεταβαλλόμενα πρότυπα κυκλοφορίας. Δεδομένου ότι τα πρότυπα κυκλοφορίας αλλάζουν κατά τη διάρκεια του χρόνου, η απόδοση δικτύων μπορεί να μειωθεί όταν το εύρος ζώνης συχνοτήτων που δεσμεύεται σε VPCs, και επομένως στις διαδρομές, δεν είναι σύμφωνο με την ποσότητα κυκλοφορίας που πρέπει περάσει από αυτές. Για να

καταπολεμήσουν αυτό, η τοπολογία VPC, οι διαδρομές, και το εύρος ζώνης συχνοτήτων που δεσμεύεται σε VPCs πρέπει να μετατραπούν δυναμικά για να αντεπεξέλθουν στις απαιτήσεις της κυκλοφορίας. Το σύστημα διαχείρισης της δρομολόγησης αποτελεί μέρος της διαχείρισης επιπέδων και αποτελεί από μόνο του ένα ιεραρχικό σύστημα που λειτουργεί παράλληλα με το δίκτυο και εμπεδώνεται στην λειτουργικότητα έλεγχου.

CONTENTS

CHAPTER 1

1.1 Introduction – Quality Of Service	P. 7
1.2 General Controls in ATM Networks	P. 7
1.3 Offered Services by ATM Networks.	P. 8
1.4 Terminology of QoS for ATM networks	P. 9
1.5 Parameters that influence QoS on ATM networks.	P. 10
1.6 Other QoS parameters	P. 11
1.7 Comments QoS parameters.	P. 12
1.8 Relation between QoS and Traffic Descriptor	P. 13
1.9 Relation between QoS and Connection Admission Control	P. 14
1.10 Relation between QoS and Usage Parameter Control	P. 15

CHAPTER 2

2.1 Routing Control	P. 17
2.2 Dynamic Routing Algorithms	P. 18
2.2.1 Distance Vector Routing Algorithm	P. 19
2.2.2 Link State Routing Algorithm	P. 21
2.2.3 Hierarchical Routing	P. 23
2.3 Implementation of routing policies on ATM Networks	P. 26
2.3.1 Management of VPC Bandwidth	P. 31
2.3.2 Routing Management	P. 32
2.3.3 Route selection parameters' management	P. 33
2.4 Routing implementation on PNNI protocol of ATM	P. 34
2.4.1 Basic elements of PNNI hierarchy.	P. 35
2.4.2 How PNNI routes a call.	P. 37
Conclusions	P. 39
References	P. 40

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Εισαγωγικά – Quality Of Service	Σελ. 7
1.2 Γενικοί Έλεγχοι σε Δίκτυα ATM	Σελ. 7
1.3 Υπηρεσίες που Προσφέρονται από τα Δίκτυα ATM.	Σελ. 8
1.4 Ορολογία QoS για Δίκτυα ATM	Σελ. 9
1.5 Παράμετροι που Επηρεάζουν το QoS σε Δίκτυα ATM.	Σελ. 10
1.6 Άλλες Παράμετροι QoS	Σελ. 11
1.7 Σχολιασμός των Παραμέτρων QoS.	Σελ. 12
1.8 Σχέση του QoS και του Traffic Descriptor	Σελ. 13
1.9 Σχέση του QoS και Ελέγχου αποδοχής σύνδεσης (CAC):	Σελ. 14
1.10 Σχέση του QoS και Ελέγχου των παραμέτρων χρήσης (Usage Parameter Control)	Σελ. 15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Ο Έλεγχος Δρομολόγησης	Σελ. 17
2.2 Δυναμικοί Αλγόριθμοι δρομολόγησης	Σελ. 18
2.2.1 Αλγόριθμος δρομολόγησης διανύσματος αποστάσεων (Distance Vector Routing Algorithm)	Σελ. 19
2.2.2 Δρομολόγηση κατάστασης ζεύξεων	Σελ. 21
2.2.3 Ιεραρχική Δρομολόγηση	Σελ. 23
2. 3 Εφαρμογή πολιτικών δρομολόγησης στα ATM Δίκτυα	Σελ. 26
2.3.1 Διαχείριση VPC Bandwidth	Σελ. 31
2. 3.2 Η διαχείριση δρομολόγησης	Σελ. 32
2.3.3 Διαχείριση των παραμέτρων επιλογής διαδρομών	Σελ. 33
2.4 Εφαρμογή Δρομολόγησης στο PNNI πρωτόκολλο του ATM	Σελ. 34
2.4.1 Τα βασικά συστατικά της ιεραρχίας PNNI.	Σελ. 35
2.4.2 Πώς εργάζεται η καθοδήγηση μιας κλήσης.	Σελ 37
Συμπεράσματα	Σελ 39
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	Σελ 40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Εισαγωγικά – Quality Of Service

Η τεχνολογία του Δικτύου ATM είναι προορισμένη να υποστηρίξει ένα μεγάλο εύρος υπηρεσιών και εφαρμογών. Ο Έλεγχος της Κυκλοφορίας (Traffic Management) Δικτύων ATM είναι πλήρως συσχετισμένος με τη δυνατότητα του δικτύου να παράσχει την κατάλληλα διαφοροποιημένη ποιότητα της υπηρεσίας (QoS).

Η ITU-t στη σύσταση I.356 καθορίζει τις διαδικασίες και τις παραμέτρους που αφορούν τη διαχείριση κυκλοφορίας και την ποιότητα των υπηρεσιών. Ένας αρχικός ρόλος της Διαχείρισης Κυκλοφορίας είναι να προστατευθεί το Δίκτυο. Ένας πρόσθετος ρόλος είναι να προαχθεί η αποδοτική χρήση των στοιχείων του δικτύου.

Στο Πρότυπο ATM προσδιορίζεται ένα σύνολο έξι κατηγοριών υπηρεσιών. Για καθεμία από αυτές, ορίζεται ένα σύνολο παραμέτρων για να περιγράψει την κυκλοφορία που παρουσιάζεται στο δίκτυο, και την ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) που απαιτείται από το δίκτυο. Διάφοροι μηχανισμοί ελέγχου της κυκλοφορίας καθορίζονται, τους οποίους το δίκτυο πρέπει να προστατεύσει.¹

1.2 Γενικοί Έλεγχοι σε Δίκτυα ATM

Οι ακόλουθες λειτουργίες διαμορφώνουν ένα πλαίσιο για την έλεγχο της Κυκλοφορίας και της Συμμόρφωσης στα δίκτυα ATM.

- ❖ **Έλεγχος Αποδοχής Σύνδεσης (CAC)** όπου καθορίζεται το σύνολο των ενεργειών που λαμβάνονται από το δίκτυο κατά τη διάρκεια της φάσης εγκατάστασης μιας σύνδεσης, προκειμένου να καθοριστούν εάν ένα αίτημα σύνδεσης μπορεί να γίνει αποδεκτό ή πρέπει να απορριφθεί.
- ❖ **Έλεγχοι Ανατροφοδότησης (Feedback Controls)** όπου καθορίζεται το σύνολο των ενεργειών που λαμβάνονται από το δίκτυο για να ρυθμίσουν την κυκλοφορία του ATM σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του δικτύου.
- ❖ **Ο Έλεγχος Παραμέτρων Χρήσης (Usage Parameter Control- UPC)** καθορίζεται ως το σύνολο των ενεργειών που λαμβάνονται από το δίκτυο για να ελέγξουν την κυκλοφορία και να επιβάλουν το «**Συμβόλαιο Κυκλοφορίας**» στο επίπεδο του δικτύου των χρηστών.

Ο βασικός σκοπός του UPC είναι να προστατευθεί το δίκτυο από πιθανές συνδέσεις, οι οποίες μπορεί να έχουν επιπτώσεις στο QoS άλλων ήδη εγκαταστημένων συνδέσεων, με την ανίχνευση των παραβιάσεων των προαποφασισμένων παραμέτρων και τη λήψη των κατάλληλων ενεργειών.

¹ Πιο αναλυτικά βλ.: <http://www.atmforum.com>

- ❖ **Ο Έλεγχος της Προτεραιότητας Απολεσθέντων Κελιών - Cell Loss Priority Control –CLP).** Το δίκτυο μπορεί επιλεκτικά να απορρίψει τα κελιά που μαρκάρονται με μια χαμηλή προτεραιότητα για να προστατεύσει, όσο το δυνατόν περισσότερο, τους στόχους QoS του δικτύου.
- ❖ **Η Διαχείριση των Πόρων του Δικτύου (Network Resource Management)** επιτρέπει το λογικό χωρισμό των συνδέσεων σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά υπηρεσιών.

1.3 Υπηρεσίες που Προσφέρονται από τα Δίκτυα ATM.

Το Δίκτυο ATM αποτελείται από τις ακόλουθες έξι κατηγορίες υπηρεσιών:

- ❖ CBR - (Constant Bit Rate) Σταθερός Ρυθμός Μετάδοσης Δυαδικών ψηφίων
- ❖ rt - VBR (real time Variable Bit Rate) Μεταβλητός Ρυθμός Μετάδοσης Δυαδικών Ψηφίων σε πραγματικό χρόνο.
- ❖ nrt - VBR (non real time Variable Bit Rate) Μεταβλητός Ρυθμός Μετάδοσης Δυαδικών Ψηφίων σε μη πραγματικό χρόνο.
- ❖ UBR - (Unspecified Bit Rate) Μη Προσδιορισμένος Ρυθμός Μετάδοσης Δυαδικών Ψηφίων
- ❖ ABR - (Available Bit Rate) Διαθέσιμος Ρυθμός Μετάδοσης Δυαδικών ψηφίων
- ❖ GFR – (Guaranteed Frame Rate) – Εγγυημένος Ρυθμός Μετάδοσης Δυαδικών Ψηφίων.

Αυτές οι κατηγορίες Υπηρεσίας επηρεάζουν η κάθε μία τόσο τα χαρακτηριστικά της Κυκλοφορίας όσο και τις απαιτήσεις για QoS του δικτύου ATM.

Οι λειτουργίες όπως η **Δρομολόγηση** ή ο **Έλεγχος Αποδοχής Σύνδεσης CAC** κτλ. είναι διαφορετικές για κάθε μία από της κατηγορίες υπηρεσιών του Δικτύου ATM.

Οι κατηγορίες Υπηρεσίας διακρίνονται σε πραγματικού χρόνου και σε μη πραγματικού χρόνου.²

² Πιο αναλυτικά βλ.: **Technical Committee. Traffic Management Specification Version 4.1 AF-TM-0121.000 March 1999**

1.4 Ορολογία QoS για Δίκτυα ATM

Τα ακόλουθα δύο γεγονότα καθορίζονται από την ITU-t στη σύσταση I.356. Αυτά τα γεγονότα θα χρησιμοποιηθούν στον καθορισμό των παραμέτρων των Υπηρεσιών Ποιότητας.

❖ «Γεγονός Κελιού Εξόδου»

Αφορά την περίπτωση όπου το πρώτο δυαδικό ψηφίο ενός κελιού φτάνει στον προορισμό του.

❖ «Γεγονός Κελιού Εισόδου»

Αφορά την περίπτωση όπου το τελευταίο δυαδικό ψηφίο ενός κελιού φτάνει στον προορισμό του.

❖ **Επιτυχημένη Μετάδοση Ενός Κελιού:**

Το κελί έφτασε στον προκαθορισμένο χρόνο (T_{max}) και το μήνυμα που μετέφερε έχει φτάσει χωρίς καμία παραμόρφωση.

❖ **Λανθασμένη Μετάδοση Ενός Κελιού:**

Το κελί έφτασε στον προκαθορισμένο χρόνο (T_{max}) και το μήνυμα που μετέφερε έχει διαφοροποιηθεί.

❖ **Χαμένο- Εξαφανισμένο Κελί :**

Το κελί δεν έφτασε στο προκαθορισμένο χρόνο.

❖ **Άγνωστο Κελί.**

Ένα κελί παραλαμβάνεται για το οποίο δεν υπάρχει κανένα αντίστοιχο διαβιβασθέν κελί.

❖ **Σοβαρά- Εσφαλμένες ομάδες κελιών:**

Όταν παρατηρείται σε μια λαμβανόμενη ομάδα δεδομένων κελιών μιας σύνδεσης, πλήθος Χαμένων- Εξαφανισμένων Κελιών, Άγνωστων Κελιών ή παρουσιάζονται πολλές Εσφαλμένες Μεταδόσεις κελιών.

1.5 Παράμετροι που Επηρεάζουν το QoS σε Δίκτυα ATM.

Η Ποιότητα Υπηρεσιών για τα ATM Δίκτυα.

Η Ποιότητα Υπηρεσιών για τα ATM Δίκτυα (QoS) μετρείται από ένα σύνολο παραμέτρων, χαρακτηρίζοντας έτσι την απόδοση μιας σύνδεσης του δικτύου ATM. Αυτές οι παράμετροι (QoS) μετρούν την απόδοση δικτύων ATM. Η ITU-t στη σύσταση I.356, τις αναφέρει ως παραμέτρους Απόδοσης Δικτύων.

Η ποιότητα απόδοσης ενός Δικτύου ATM προσδιορίζεται από τρεις βασικές παραμέτρους (QoS) οι οποίες ορίζονται στη σύσταση I.356 και αντιστοιχούν σε έναν στόχο απόδοσης δικτύων. Παρακάτω αναφέρεται το σύνολο των κανόνων – παραμέτρων του QoS.

1. Max CTD - (Cell Time Delay) – Καθυστέρηση Μεταφοράς Κελιών

Είναι ο μέγιστος χρόνος που παρήλθε μεταξύ δύο κελιών(από την στιγμή της μεταφοράς του τελευταίου δυαδικού ψηφίου του κελιού της Πηγής μέχρι την στιγμή της λήξης του πρώτου δυαδικού ψηφίου του κελιού στον Προορισμό).

2. CDV - (Cell Delay Variation) – Διακύμανση Καθυστέρησης Κελιών

Είναι η επιτρεπόμενη απόκλιση καθυστέρησης ενός κελιού για να φθάσει στον προορισμό.

CDV = Μεγαλύτερη Χρονική Καθυστέρηση– Μικρότερη Χρονική Καθυστέρηση.

3. CLR: -(Cell Lost Rate) – Ποσοστό Χαμένων Κελιών

Καθορίζεται ως αναλογία των χαμένων στοιχείων στο συνολικό αριθμό των στοιχείων που διαβιβάζονται πέρα από μια σύνδεση.

$$CLR = \frac{\text{Χαμένα Κελιά}}{\text{Συνολικός Αριθμός Κελιών Που Μεταφέρθηκαν}}$$

Τα στοιχεία μπορούν να χαθούν λόγω της συμφόρησης ή της δυσλειτουργίας ενός κόμβου μεταγωγής.

Η πηγή λοιπόν πριν εκπέμψει κελιά πρέπει να προσαρμοστεί στην αξία CDV για να είναι επιλέξιμη για τις παραμέτρους QoS από το δίκτυο.

1.6 Άλλες Παράμετροι QoS

❖ Cell Error Ratio (Ποσοστό Εσφαλμένων Κελιών)

Λόγος εσφαλμένων κυψελίδων (CER). Εκφράζεται από τον λόγο: (εσφαλμένες κυψελίδες)/ (κυψελίδες που έχουν μεταφερθεί επιτυχώς + εσφαλμένες κυψελίδες)

$$CER = \frac{\text{Εσφαλμένα Κελιά}}{\text{Επιτυχημένα Κελιά} + \text{Εσφαλμένα Κελιά}}$$

❖ Severely-Errored Cell Block Ratio (Ποσοστό Σοβαρά- Εσφαλμένων ομάδων κελιών)

Λόγος μπλοκ κυψελίδων με σοβαρά σφάλματα (Severely Errored Cell Block Ratio). Όταν σε μια ή περισσότερες συνδέσεις μεταδίδεται μια ακολουθία κυψελίδων (μπλοκ) και στην ακολουθία αυτή διαπιστωθεί ότι ο αριθμός των εσφαλμένων, χαμένων ή λάθος εισαγομένων κυψελίδων ξεπερνάει κάποιο συγκεκριμένο αποδεκτό όριο, τότε η ακολουθία χαρακτηρίζεται συνολικά ως μπλοκ με σοβαρά σφάλματα. Ο λόγος αυτών των μπλοκ προς το συνολικό αριθμό των μπλοκ που μεταδίδονται, εκφράζει τον λόγο μπλοκ κυψελίδων με σοβαρά σφάλματα.

$$SECBR = \frac{\text{Σύνολο Εσφαλμένων Κελιών}}{\text{Σύνολο Μεταδιδόμενων Επιτυχών Κελιών}}$$

❖ Cell Misinsertion Rate (Ποσοστό Αγνώστων Κελιών)

Λόγος λανθασμένης εισαγωγής κυψελίδων (Cell Misinsertion Rate). Ορίζεται ως ο λόγος των κυψελίδων που έχουν λανθασμένα εισαχθεί ανά χρονικό διάστημα.³

$$CMR = \frac{\text{Άγνωστα Κελιά}}{\text{Χρόνος Που Πέρασε}}$$

³ Πιο αναλυτικά βλ.: <http://www.atmforum.com>

1.7 Σχολιασμός των Παραμέτρων QoS.

Ο υπολογισμός των ανωτέρω παραμέτρων γίνεται χρησιμοποιώντας τα πεδία των κυψελίδων μέτρησης απόδοσης. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η ποιότητα υπηρεσίας (QoS) αναφέρεται στην εικόνα που ο χρήστης αποκτά για τις υπηρεσίες που το δίκτυο του παρέχει. Προφανώς αποτελεί ευθύνη του δικτύου να παράσχει στο χρήστη την ποιότητα υπηρεσίας που επιθυμεί.

Θεμελιώδες χαρακτηριστικό ενός ευρυζωνικού ψηφιακού δικτύου ενοποιημένων υπηρεσιών (B-ISDN) αποτελεί η δυνατότητα υποστήριξης πολλών κλάσεων υπηρεσιών. Είναι επομένως λογικό να υπάρχει η απαίτηση από τα δίκτυα ATM, να υποστηρίζουν με τη σειρά τους έναν αριθμό καθορισμένων QoS κλάσεων.

Έτσι για κάθε μια από τις ακόλουθες κλάσεις υπηρεσιών:

1. Κλάση A: για προσομοίωση κυκλώματος και CBR υπηρεσίες
2. Κλάση B: για VBR video και φωνή
3. Κλάση C: για μεταφορά δεδομένων προσανατολισμένα στις συνδέσεις (connection - oriented)
4. Κλάση D: για μεταφορά δεδομένων χωρίς σύνδεση (connectionless), υπάρχουν και οι αντίστοιχες κλάσεις QoS (1, 2, 3 και 4).

Κάθε μια από τις παραπάνω κλάσεις QoS χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσιών με συγκεκριμένες τιμές για κάθε μια παράμετρο που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, η κλάση 1 απαιτεί συγκεκριμένη "οροφή" για τις καθυστερήσεις κυψελίδων και τις αποκλίσεις που αυτές παρουσιάζουν (αριθμητικά $CLR \leq 1.7 * 10^4$, $CTD = 150 \mu s$, $CDV = 250 \mu s$). Εκτός από τις κλάσεις αυτές, αναμένεται και η δημιουργία νέων στο άμεσο μέλλον. Συγκεκριμένα, έχει ήδη οριστεί μια νέα υπηρεσία "διαθέσιμου ρυθμού δεδομένων" (Available Bit Rate - ABR) με ένα χαμηλό (ή ίσο με μηδέν) ρυθμό απώλειας κυψελίδων και απεριόριστη απόκλιση καθυστέρησης κυψελίδων. Επίσης, ένα δίκτυο ATM μπορεί να υποστηρίξει μια μη καθορισμένη κλάση QoS (unspecified QoS class). Για την κλάση αυτή δεν υπάρχουν συγκεκριμένες και σταθερές τιμές παραμέτρων, αλλά ο παροχέας δικτυακών υπηρεσιών καθορίζει ένα εσωτερικό σύνολο επιθυμητών τιμών για τις παραμέτρους απόδοσης.

Η διάκριση της ποιότητας υπηρεσίας σε κλάσεις είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη συνολική λειτουργία του δικτύου. Προφανώς χωρίς την διάκριση σε κλάσεις, θα έπρεπε το

δίκτυο να υποστηρίζει τις πιο αυστηρές (ακραίες) απαιτήσεις για το σύνολο της κίνησης, με αποτέλεσμα να χάνεται η ευελιξία υποστήριξης των επιμέρους απαιτήσεων.

Από μια άλλη οπτική γωνία (αυτή του διαχειριστή δικτύου), η απόδοση του δικτύου περιλαμβάνει (και χαρακτηρίζεται) από ένα σύνολο παραμέτρων που ουσιαστικά μετρούν την ικανότητα του δικτύου να παρέχει τις υπηρεσίες του στους τελικούς χρήστες. Οι παράμετροι αυτές αναφέρονται στα διάφορα επίπεδα λειτουργίας του δικτύου (επίπεδο κλήσης, επίπεδο κυψελίδας) και σε διάφορα σημεία εντός του δικτύου. Για παράδειγμα, οι παράμετροι απόδοσης δικτύου μπορεί να περιλαμβάνουν στο επίπεδο κλήσης, τις καθυστερήσεις εγκατάστασης και απόλυσης σύνδεσης, πιθανότητα μπλοκαρίσματος κ.ά., ενώ στο επίπεδο κυψελίδας μπορεί να περιέχουν τον ρυθμό λανθασμένων κυψελίδων, το ρυθμό απώλειας κυψελίδων, εκτιμήσεις καθυστερήσεων κ.λ.π.

Ο συναγωνισμός για πόρους του δικτύου μπορεί να οδηγήσει σε καταστάσεις συμφόρησης. Η συμφόρηση μπορεί να εμφανισθεί σε δίκτυα που στηρίζονται τόσο στη μεταγωγή κυκλώματος όσο και στη μεταγωγή πακέτων. Γενικά δημιουργείται όταν η χωρητικότητα του δικτύου (συνολικά ή σε επιμέρους δομοστοιχεία του) αδυνατεί να υποστηρίξει τις απαιτήσεις της προσφερόμενης κίνησης. Όπως σε όλα τα δίκτυα έτσι και στο ATM, η εκτός ελέγχου συμφόρηση μπορεί να οδηγήσει το δίκτυο σε κατάρρευση. Σε ένα δίκτυο ATM μπορεί να εμφανισθεί συμφόρηση τόσο στις συνδέσεις όσο και στις κυψελίδες. Για παράδειγμα, στη βαθμίδα των συνδέσεων, οι επεξεργαστές υποστήριξης κλήσεων επιβαρύνονται από το φορτίο των αποτυχημένων κλήσεων, ενώ στη βαθμίδα των κυψελίδων οι γραμμές μετάδοσης εμφανίζουν συμπτώματα κορεσμού και οι ενδιάμεσοι (προσωρινοί) καταχωρητές φαινόμενα υπερχειλίσης. Ως αποτέλεσμα, μια μη ελεγχόμενη συμφόρηση θα εκδηλωθεί μέσα από μια δραματική πτώση των τιμών των παραμέτρων που περιγράφουν την απόδοση του δικτύου (αύξηση του αριθμού των κλήσεων που μπλοκάρονται ή χάνονται, αύξηση των καθυστερήσεων κ.λ.π.).

Ένα δίκτυο μπορεί να υποστηρίξει έναν ή περισσότερους στόχους απόδοσης για κάθε μια από τις παραμέτρους QoS. Για κάθε μια σύνδεση, πρέπει να τηρηθεί ένα συγκεκριμένο QoS. Το δίκτυο συμφωνεί να συναντήσει ή να υπερβεί το προκαθορισμένο QoS εφ' όσον αυτό συμμορφώνεται με το Συμβόλαιο Κυκλοφορίας.

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει κανένα όριο στη "διάρκεια" των συνδέσεων, και το δίκτυο παίρνει τις αποφάσεις βασισμένες στις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες στο χρόνο της εγκατάστασης μιας σύνδεσης, το πραγματικό QoS μπορεί να ποικίλει.

Στα παροδικά γεγονότα (συμπεριλαμβανομένων των ανεξέλεγκτων) οι βραχυπρόθεσμες παρατηρήσεις απόδοσης μπορεί να είναι χειρότερες από τη συμφωνηθείσα υποχρέωση QoS. Κατά συνέπεια, οι υποχρεώσεις QoS μπορούν μόνο να αξιολογηθούν μακροπρόθεσμα.

1.8 Σχέση του QoS και του Traffic Descriptor

Μια **ATM** σύνδεση πρέπει να πληροί τις παραμέτρους που προβλέπονται από τον **Traffic Descriptor** (Προσδιοριστή Παραμέτρων Κυκλοφοριακής Κίνησης Κελιών) και των προδιαγραφών που προβλέπονται από το **QoS** (Ποιότητα Υπηρεσιών), τα οποία ορίζονται με ένα «Συμβόλαιο Κυκλοφορίας», μια συμφωνία που υπογράφεται μεταξύ του χρήστη και του δικτύου σχετικά με πώς τα στοιχεία θα διαβιβαστούν μέσω του δικτύου.

Το φόρουμ του **ATM** έχει ορίσει τις λειτουργίες «Διαχείρισης της Κυκλοφορίας» του προτύπου **ATM** ως ένα σύνολο κανόνων που πρέπει να πληρούνται και να ελέγχονται, τόσο πριν την εγκατάσταση μιας σύνδεσης **ATM**, όσο και κατά την διάρκεια της ροής των μεταφερόμενων κελιών κυκλοφορίας.

Έτσι για κάθε σύνδεση δεσμεύεται το επιθυμητό εύρος ζώνης συχνότητων και ελέγχονται οι διαφορετικές παράμετροι, όπως η καθυστέρηση κελιών, η διακύμανση της καθυστέρησης κελιών όσο και η διαχείριση κυκλοφορίας απώλειας κελιών. Με αυτό τον τρόπο αποτρέπονται οι εκάστοτε συνδέσεις από την κατανάλωση εύρους ζώνης, περισσότερο από το μερίδιό που τους αναλογεί.

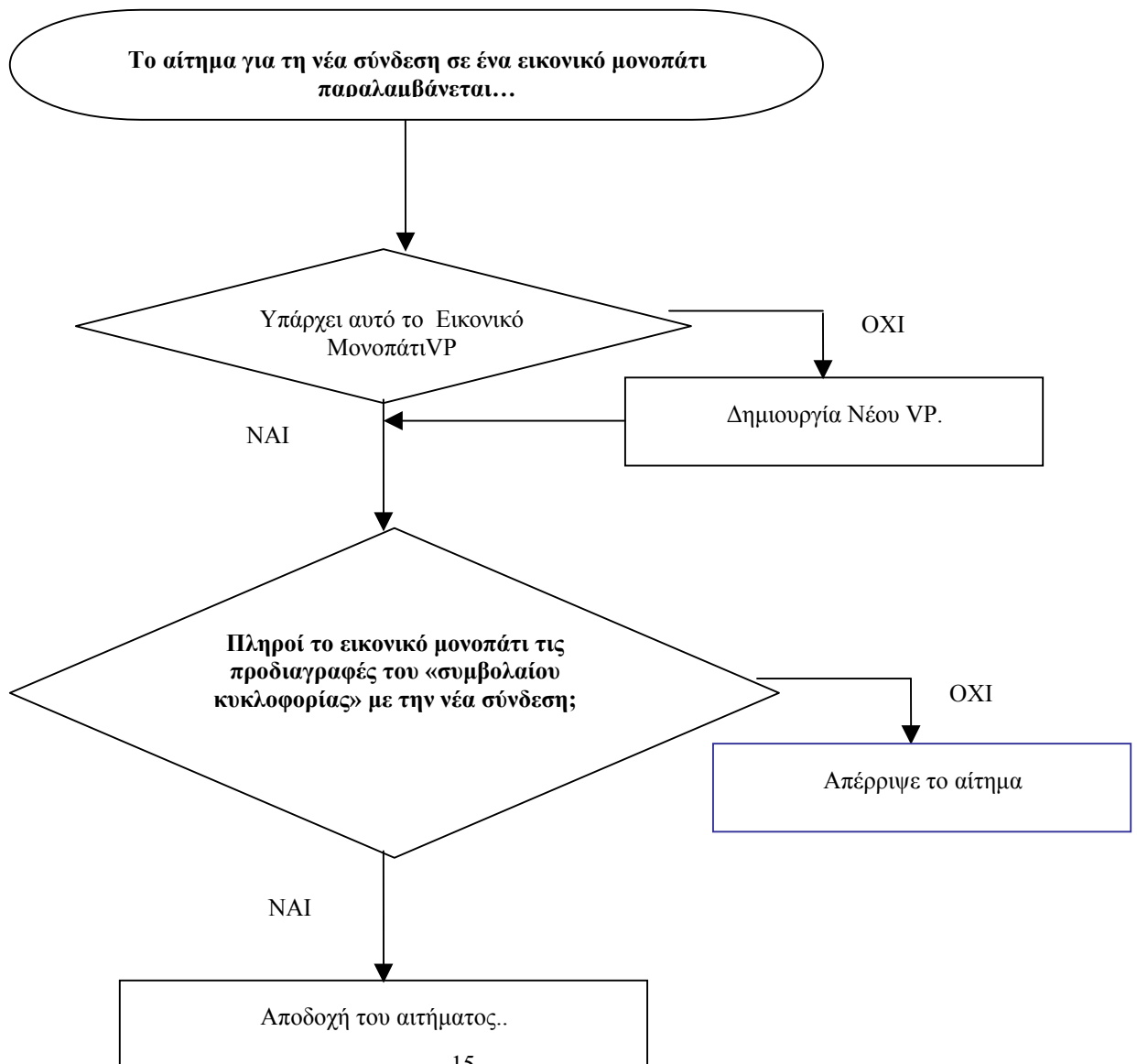
Για αυτόν το λόγο το φόρουμ του **ATM** έχει καθορίσει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- ❖ **CAD - Έλεγχος αποδοχής σύνδεσης (Connection Admission Control)**
- ❖ **UPC - Έλεγχος παραμέτρων χρήσης (Usage Parameter Control)**

1.9 Σχέση του QoS και Ελέγχου αποδοχής σύνδεσης (CAC):

Ο πιο βασικός στόχος της «διαχείρισης της κυκλοφορίας» στο δίκτυο του ATM είναι να προληφθεί η συμφόρηση. Έτσι προκειμένου να προληφθεί η συμφόρηση οποιαδήποτε σύνδεση για την οποία υπάρχει η πιθανότητα το «Συμβόλαιο Κυκλοφορίας» να καταστρατηγηθεί, αυτή δεν επιτρέπεται. Το σύνολο των ενεργειών που διενεργούνται για αυτόν το λόγο είναι γνωστό ως **Έλεγχος Αποδοχής Σύνδεσης**. Για μια νέα σύνδεση, λοιπόν, πρέπει να ελέγχονται και να ικανοποιούνται τα παρακάτω ερωτήματα:

1. Ποια είναι η Κατηγορία Υπηρεσιών που θα χρησιμοποιηθεί;
2. Ικανοποιούνται οι παράμετροι του **Traffic Descriptor** (Προσδιοριστή Παραμέτρων Κυκλοφοριακής Κίνησης Κελιών);
3. Ποιες προδιαγραφές που προβλέπονται από το **QoS** (Ποιότητα Υπηρεσιών) ικανοποιούνται;



1.10 Σχέση του QoS και Ελέγχου των παραμέτρων χρήσης (Usage Parameter Control)

Το δίκτυο επιβάλλει το «Συμβόλαιο Κυκλοφορίας» από έναν μηχανισμό αποκαλούμενο ως «έλεγχος της κυκλοφορίας των Παραμέτρων Χρήσης»(Usage Parameter Control) ή αλλιώς λεγόμενο ως «Πολιτική της Κυκλοφορίας» (Traffic Policy). Το UPC είναι ένα σύνολο αλγορίθμων που εκτελούνται στο μεταγωγέα ATM για να ελέγξουν εάν τα στοιχεία που παραλαμβάνονται για μια ιδιαίτερη σύνδεση προσαρμόζονται και εναρμονίζονται με τις επιταγές του «Συμβολαίου Κυκλοφορίας». Είναι ευθύνη του δικτύου να ελέγχει την κυκλοφορία. Σχετικοί αλγόριθμοι έχουν προσδιοριστεί από τον φόρουμ του ATM(π.χ **Leaky bucket Algorithm**).⁴

⁴ Πιο αναλυτικά βλ.: http://www.geocities.com/amit_sood9/atm_ser_cat.htm

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Ο Έλεγχος Δρομολόγησης

Η αποδοτική λειτουργία του δικτύου εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους του σχεδιασμού του, με μια από τις πλέον σημαντικές να είναι η δρομολόγηση, καθώς στα περισσότερα υποδίκτυα τα πακέτα χρειάζονται πολλά βήματα για τον προορισμό.

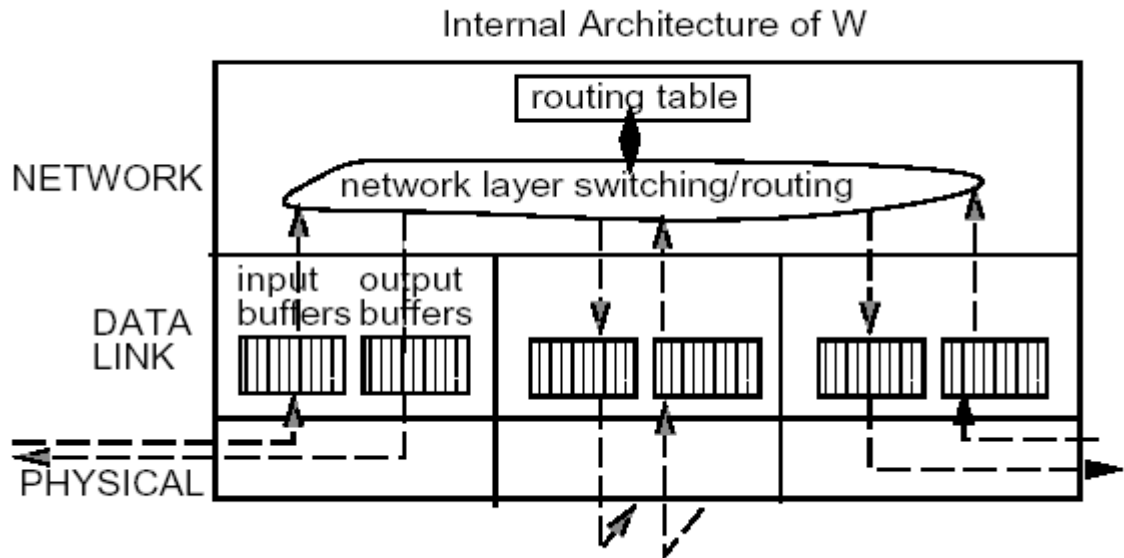
Ο όρος δρομολόγηση (Routing) σε αυτό το έγγραφο χρησιμοποιείται για να περιγράψει:

1. Τις διαδικασίες με τις οποίες ένας (πηγαίος ή μεσάζων) κόμβος, που χρησιμοποιεί τη διεύθυνση προορισμού οργάνωσης κλήσης (αποκαλούμενη αριθμός συμβαλλόμενων μερών), καθορίζει πως η οργάνωση κλήσης πρέπει να διαβιβαστεί στη συνέχεια. Στα δίκτυα ATM αυτή η διαδικασία καθορίζει όχι μόνο τον επόμενο κόμβο, αλλά όλους τους κόμβους από την πηγή στον προορισμό ή
2. Το πρωτόκολλο διανομής πληροφοριών δρομολόγησης που επιτρέπει σε έναν κόμβο να διαφημίσει τα προθέματα στα οποία έχει την άμεση προσβασιμότητα (reachability). Αυτή η διαδικασία επίσης αναγγέλλει δημόσια τη θέση (και την κατανομή των πόρων) όλων των άμεσα συνδεδεμένων συνδέσεων. Αυτές οι πληροφορίες διανέμονται σε όλους τους κόμβους στο δίκτυο. Η διανομή πληροφοριών δρομολόγησης επιτρέπει σε κάθε κόμβο να κατασκευάσει έναν πίνακα δρομολόγησης που χρησιμοποιείται για να καθορίσει το μονοπάτι από έναν κόμβο πηγής στον κόμβο εξόδου που εξυπηρετεί έναν δεδομένο προορισμό (όπως καθορίζεται από ένα πρόθεμα AESA). Τα προθέματα των ποικίλων μηκών, ανάλογα με πόσο είναι απαραίτητο να διακρίνεται μια κατάλληλη διαδρομή, τηρούνται στον πίνακα δρομολόγησης. Η διαδρομή από την πηγή στον προορισμό είναι βασισμένη στο αποκαλούμενο πρόθεμα 19 octet του αριθμού συμβαλλόμενων μερών από κοινού με τον πίνακα δρομολόγησης.

Η δρομολόγηση στο ATM είναι βασισμένη στις εικονικές συνδέσεις μονοπατιών (VPCs), με μια διαδρομή να καθορίζεται ως αλληλουχία από VPCs. Ευρέως έχει γίνει αποδεκτό ότι τα VPCs προσφέρουν τα πολύτιμα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που επιτρέπουν την κατασκευή οικονομικών και αποδοτικών δικτύων ATM, με το σημαντικότερο αυτών την διαχειριστική ευελιξία. Επειδή τα VPCs καθορίζονται από τις διαμορφώσιμες παραμέτρους του δικτύου, αυτές οι παράμετροι και στη συνέχεια οι διαδρομές που βασίζονται σε αυτές μπορούν να διαμορφωθούν και να επαναδιαμορφωθούν on-line από ένα σύστημα διαχείρισης ανάλογα με τις συνθήκες του δικτύου

Επειδή το ATM είναι προσανατολισμένο στη σύνδεση, απαιτούνται πίνακες δρομολόγησης στα τμήματα των μεταγωγέων. Οι εικονικές συνδέσεις μονοπατιών (VPCs)

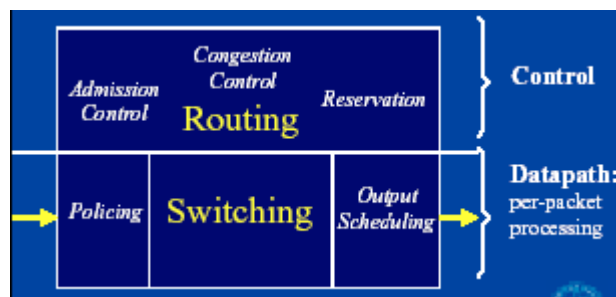
εγκαθίστανται με βάση τους πίνακες δρομολόγησης, όπως αυτοί έχουν διαμορφωθεί από το ξεχωριστό πρωτόκολλο δρομολόγησης. Βάσει των πινάκων αυτών δημιουργούνται και



αναπροσαρμόζονται οι πίνακες μετάφρασης στον κόμβο μεταγωγής.

Εικόνα Παράσταση δρομολόγησης

Καθώς χρησιμοποιεί νοητά κυκλώματα εσωτερικά, οι αποφάσεις δρομολόγησης λαμβάνονται μόνο όταν εγκαθίστανται νέα νοητά κυκλώματα, και, από τη στιγμή αυτή και μετά, τα πακέτα απλώς ακολουθούν την διαδρομή που εγκαταστάθηκε προηγουμένως.



Εικόνα Λογικοί παράγοντες στην Δρομολόγηση

Το πρότυπο ATM δεν προσδιορίζει κάποιο συγκεκριμένο αλγόριθμο δρομολόγησης, οπότε ο φορέας είναι ελεύθερος να διαλέξει αυτόν τον αλγόριθμο δρομολόγησης.

2.2 Δυναμικοί Αλγόριθμοι δρομολόγησης

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης ομαδοποιούνται σε δύο βασικές κατηγορίες τους μη προσαρμοστικούς (non adaptive) οι οποίοι δεν βασίζονται τις αποφάσεις δρομολόγησης ή

εκτιμήσεις της τρέχουσας κίνησης του δικτύου και τους προσαρμοστικούς (adaptive) οι οποίοι αλλάζουν τις αποφάσεις τους ανάλογα με την τοπολογία και την κίνηση του δικτύου.

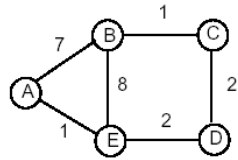
Οι προσαρμοστικοί αλγόριθμοι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την προέλευση των πληροφοριών τους, το πότε αλλάζουν τις διαδρομές καθώς και ως προς το κριτήριο που χρησιμοποιούν για τη βελτιστοποίηση. Στην συνέχεια θα αναλύσουμε κάποιους από τους σημαντικότερους δυναμικούς αλγόριθμους δρομολόγησης.

2.2.1 Αλγόριθμος δρομολόγησης διανύσματος αποστάσεων (Distance Vector Routing Algorithm)

Οι διανυσματικοί αλγόριθμοι απόστασης είναι βασισμένοι στην εργασία που R. E. Bellman, L. R. Ford, and D. R. Fulkerson και για αυτόν τον λόγο περιστασιακά αναφέρεται ως *Bellman-Ford* ή *Ford-Fulkerson*.

Στη δρομολόγηση διανύσματος αποστάσεων κάθε δρομολογητής διατηρεί έναν πίνακα δρομολόγησης ο οποίος περιέχει μία καταχώρηση για κάθε δρομολογητή του υποδικτύου. Αυτή η καταχώρηση περιέχει δύο τμήματα την προτεινόμενη εξερχόμενη γραμμή που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τον προορισμό αυτό και μία εκτίμηση του χρόνου ή της απόστασης για τον προορισμό και αποτελεί του διάνυσμα αποστάσεων.

Το διάνυσμα αποστάσεων παράγεται από το γεγονός ότι οι διαδρομές διαφημίζονται ως διανύσματα (απόσταση, κατεύθυνση), όπου η απόσταση καθορίζεται ως ένα μέτρο (συνήθως ο αριθμός βημάτων, η καθυστέρηση σε msec, ο συνολικός αριθμός πακέτων κατά μήκος της διαδρομής κ.α.) και μιας κατεύθυνσης που καθορίζεται ως ο επόμενος δρομολογητής . Παραδείγματος χάριν, "ο προορισμός A είναι μια απόσταση 5 βημάτων μακριά, στην κατεύθυνση του επόμενου δρομολογητή X." . Όπως αυτή η δήλωση υπονοεί, κάθε δρομολογητής μαθαίνει τις διαδρομές από τις προοπτικές των γειτονικών δρομολογητών του και διαφημίζει έπειτα τις διαδρομές από την δική του προοπτική. Επειδή κάθε δρομολογητής εξαρτάται από τους γείτονές του για τις πληροφορίες, τις οποίες οι γείτονες μπορεί να έχουν μάθει από τους γείτονές τους, η δρομολόγηση με βάση το διάνυσμα αποστάσεων μερικές φορές περιπαικτικά αναφέρεται όπως "δρομολόγηση από τη φήμη."



D ^E (\cdot)	cost to destination via		
	A	B	D
A	①	14	5
B	7	8	⑤
C	6	9	④
D	4	11	②

Εικόνα Παράδειγμα πίνακα δρομολόγησης

Οι δρομολογητές στέλνουν περιοδικά τις αναπροσαρμογές δρομολόγησης σε όλους τους γείτονες τους μέσω της εκπομπής των πινάκων δρομολόγησής τους

Η προηγούμενη δήλωση περιέχει πολλές πληροφορίες.

- Οι περιοδικές ενημερώσεις αναπροσαρμογών σημαίνουν ότι στο τέλος μιας ορισμένης χρονικής περιόδου, οι αναπροσαρμογές θα διαβιβαστούν. Το ζήτημα είναι ότι εάν οι αναπροσαρμογές στέλνονται επίσης συχνά, η συμφόρηση μπορεί να εμφανιστεί. Εάν οι αναπροσαρμογές στέλνονται επίσης σπάνια, ο χρόνος σύγκλισης μπορεί να είναι απαράδεκτα υψηλός.
- Στα πλαίσια των δρομολογητών, οι γείτονες σημαίνουν πάντα τους δρομολογητές που μοιράζονται μια κοινή σύνδεση. Ένα διανυσματικό πρωτόκολλο δρομολόγησης απόστασης στέλνει τις αναπροσαρμογές του σε κάθε γειτονικό δρομολογητή και εξαρτάται από αυτούς για να περάσει τις πληροφορίες αναπροσαρμογών εμπρός στους γείτονές τους. Για αυτόν τον λόγο, η διανυσματική δρομολόγηση απόστασης λέγεται για να χρησιμοποιήσει τις αναπροσαρμογές hop-by-hop.
- Ο πλήρης πίνακας δρομολόγησης ενημερώνει την μεγαλύτερη απόσταση. Στα περισσότερα διανυσματικά πρωτόκολλα δρομολόγησης η ενημέρωση όλων γειτόνων τους γίνεται με την εκπομπή ολόκληρου πίνακα διαδρομών τους, με μερικές εξαιρέσεις. Οι γείτονες που λαμβάνουν αυτές τις αναπροσαρμογές σταχυολογούν τις πληροφορίες που χρειάζονται και απορρίπτουν όλες τις άλλες.

Σύμφωνα με το αλγόριθμο διανύσματος απόστασης που έχει περιγραφεί μέχρι τώρα, σε κάθε περίοδο αναπροσαρμογών κάθε δρομολογητής εκπέμπει ολόκληρο τον πίνακα διαδρομών του σε κάθε γείτονα.

Ενώ όμως ο αλγόριθμος δουλεύει καλά στη θεωρία, στην πράξη παρατηρείται ότι τα καλά νέα προωθούνται γρήγορα, όχι όμως τα άσχημα, δηλαδή αργεί στη σύγκλιση. Τα καλά νέα μεταδίδονται με ρυθμό ένα πήδημα ανά ανταλλαγή μεταξύ των δρομολογητών. Σε

υποδίκτυο, όπου η μέγιστη διαδρομή είναι N βήματα μήκος, μετά από N ανταλλαγές ενημερώνονται όλοι για τις γραμμές και τους δρομολογητές που επανήλθαν σε λειτουργία. Κι αυτό, γιατί κανένας δρομολογητής δεν έχει ποτέ μια τιμή που να είναι μεγαλύτερη περισσότερο από ένα από την ελάχιστη τιμή όλων των υπολοίπων δρομολογητών. Ο απαιτούμενος αριθμός ανταλλαγών εξαρτάται από την τιμή που χρησιμοποιείται ως άπειρο. Το πρόβλημα είναι γνωστό ως μέτρηση προς το άπειρο (*count to infinity*), γιατί όλοι οι δρομολογητές σταδιακά τείνουν προς το άπειρο.

Για το πρόβλημα του μετρήματος προς το άπειρο χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος του χωρισμένου ορίζοντα (*split horizon*). Κάθε δίκτυο που είναι γνωστό από το δρομολογητή A με μια αρίθμηση βήματος υψηλότερη από 0, έχει μαθευτεί από τον δρομολογητή B . Μια διαδρομή που δείχνει πίσω στο δρομολογητή από τον οποίο τα πακέτα παραλήφθηκαν καλείται μια αντίστροφη διαδρομή. Ο διασπασμένος ορίζοντας είναι μια τεχνική για τις αντίστροφες διαδρομές μεταξύ δύο δρομολογητών. Εκτός από την μη σπατάλη των στοιχείων συμπεριφοράς, υπάρχει ένας σημαντικότερος λόγος για τις πληροφορίες reachability πίσω στο δρομολογητή από τον οποίο οι πληροφορίες μαθεύτηκαν. Η σημαντικότερη λειτουργία ενός δυναμικού πρωτοκόλλου δρομολόγησης είναι να ανιχνευθούν και να αντισταθμιστούν οι αλλαγές τοπολογίας - εάν η καλύτερη διαδρομή σε ένα δίκτυο γίνεται απρόσιτη, το πρωτόκολλο πρέπει να ψάξει μια άλλη καλύτερη διαδρομή.

Η εφαρμογή του διασπασμένου ορίζοντα αποτρέπει τη δυνατότητα ενός τέτοιου βρόχου δρομολόγησης. Υπάρχουν δύο κατηγορίες διασπασμένου ορίζοντα: απλός διασπασμένος ορίζοντας και διασπασμένος ορίζοντας με τη δηλητηριασμένη αντιστροφή.

2.2.2 Δρομολόγηση κατάστασης ζεύξεων

Στα πρωτόκολλα δρομολόγησης κατάστασης κάθε δρομολογητής έχει μια πλήρη εικόνα του δικτύου. Ο λόγος είναι ότι αντίθετα από την προσπέλαση "δρομολόγηση βάσει φήμης" του διανύσματος απόστασης, οι δρομολογητές κατάστασης ζεύξεων έχουν τις από πρώτο χέρι πληροφορίες από όλους τους ομότιμους δρομολογητές. Κάθε δρομολογητής δημιουργεί τις πληροφορίες για τον εαυτό του, τις άμεσα συνδεδεμένες συνδέσεις του, και την κατάσταση αυτών των συνδέσεων (ως εκ τούτου το όνομα). Αυτές οι πληροφορίες περνούν από δρομολογητή σε δρομολογητή, με κάθε δρομολογητή να κάνει ένα αντίγραφο του, αλλά ποτέ να μην το αλλάζει. Ο τελικός στόχος είναι ότι κάθε δρομολογητής έχει τις ίδιες πληροφορίες

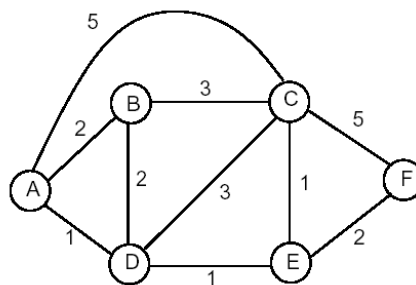
για το internetwork, και κάθε δρομολογητής θα υπολογίσει ανεξάρτητα μόνος του τις βέλτιστες διαδρομές.

Τα πρωτόκολλα κατάστασης ζεύξεων, αποκαλούμενα μερικές φορές called *shortest path first* ή *distributed database* , χτίζονται γύρω από τον γνωστό αλγόριθμο του Dijkstra'a.

Γνωστότερο παράδειγμα από αλγόριθμους δρομολόγησης κατάστασης ζεύξεων είναι ο Open Shortest Path First (OSPF) (OSPF).

Αν και τα πρωτόκολλα κατάστασης ζεύξεων θεωρούνται πιο σύνθετα από την πρωτόκολλα διανύσματος απόστασης, η βασική λειτουργία δεν είναι σύνθετη :

1. Κάθε δρομολογητής καθιερώνει μια σχέση - μια γειτνίαση - με κάθε έναν από τους γείτονές του. Αυτό επιτυγχάνεται με την αποστολή ειδικών πακέτων HELLO κατά την εκκίνηση του δρομολογητή σε όλες τις από σημείο σε σημείο γραμμές του. Ο δρομολογητής στο άλλο άκρο στέλνει μία απάντηση ποιός είναι.
2. Κάθε δρομολογητής υπολογίζει την καθυστέρηση ή το κόστος για τον καθένα από τους γείτονές του, συνήθως με την χρήση πακέτων ECHO.
3. Κάθε δρομολογητής στέλνει τις ανακοινώσεις κατάστασης συνδέσεων (LSAs) σε όλους τους υπόλοιπους δρομολογητές και τις καταχωρεί στην βάση δεδομένων του.
4. Κάθε δρομολογητής καταχωρεί ένα αντίγραφο όλου του LSAs που έχει δει σε μια βάση δεδομένων. Εάν ήταν όλες οι εργασίες έχουν γίνει καλά, οι βάσεις δεδομένων σε όλους τους δρομολογητές ίδιες.



step	N	D(C),p(C)	D(E),p(E)	D(F),p(F)
0	A	5,A	∞,-	∞,-
1	AD	4,D	2,D	∞,-
2	ADE	3,E	2,D	4,E
3	ADEB	3,E		4,E
4	ADEBC			4,E
5	ADEBCF			

Εικόνα Παράδειγμα υπολογισμού διαδρομής με τον αλγόριθμο Dijkstra

5. Η ολοκληρωμένη τοπολογική βάση δεδομένων, αποκαλούμενη επίσης βάση δεδομένων κατάστασης συνδέσεων, περιγράφει έναν γράφο του δικτύου. Χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Dijkstra, κάθε δρομολογητής υπολογίζει το κοντότερο μονοπάτι σε κάθε δίκτυο και εισάγει αυτές τις πληροφορίες στον πίνακα διαδρομών.

Ο τρόπος εργασίας του αλγόριθμου του Dijkstra μπορεί να περιγραφεί ως

Αρχικός κόμβος A και σκοπός μετά από k βήματα να γνωρίζω την συντομότερη διαδρομή για k γειτονικούς κόμβους

Initialization

$N = \{A\}$

for all nodes v

if v adjacent to A

then $D(v) = c(A, v)$

else $D(v) =$

repeat

find w not in N such that $D(w)$ is smallest

add w into N

update $D(v)$ for all v not in N :

$D(v) = \min(D(v), D(w) + c(w, v))$

until all nodes in N

2.2.3 Ιεραρχική Δρομολόγηση

Η συνάθροιση διευθύνσεων είναι ένας μηχανισμός που χρησιμοποιείται για να επιτρέψει τα δίκτυα να κλιμακώνονται. Εάν όλες οι διευθύνσεις που ανατίθενται σε μια τοποθεσία του δικτύου μοιράζονται ένα κοινό πρόθεμα, κατόπιν εκείνο το πρόθεμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε άλλα μέρη του δικτύου αντί της απαρίθμησης κάθε τοπικής διεύθυνσης. Ας σημειωθεί ότι σε αυτό το πλαίσιο η τοποθεσία όρου αναφέρεται στην τοπολογία δικτύων, όχι απαραίτητως γεωγραφία.

Μία συνάθροιση διευθύνσεων είναι ένα σύνολο διευθύνσεων που παράγονται από ένα κοινό πρόθεμα και μια κοινή τοποθεσία μέσα στο δίκτυο. Τα σύνολα διευθύνσεων χρησιμοποιούνται από τα πρωτόκολλα δρομολόγησης ως μια σύντμηση για τις διασυνδέσεις του συνδεδεμένου συνόλου προορισμού. Εάν οι διευθύνσεις που μοιράζονται ένα κοινό

πρόθεμα δεν έχουν μια κοινή τοποθεσία, το αποτέλεσμα της συνάθροισής τους δεν είναι συνήθως χρήσιμο για την δρομολόγηση.

Κατά συνέπεια ο ένας στόχος της σχεδίασης του τρόπου κατανομής διευθύνσεων είναι να ανατεθούν με συνέπεια οι διευθύνσεις σε μια τοποθεσία της τοπολογίας δικτύων έτσι ώστε μοιράζονται ένα κοινό πρόθεμα διευθύνσεων. Εάν μια διεύθυνση ή ένα μικρότερο σύνολο (μακρύτερο πρόθεμα) ανατίθεται έξω από την τοποθεσία του μεγαλύτερου συνόλου, κατόπιν καλείται μια εξαίρεση και απαιτεί μια χωριστή είσοδο στον πίνακα δρομολόγησης για να το προσδιορίσει σε όλο το δίκτυο. Επομένως το όφελος της συνάθροισης είναι αντιστρόφως ανάλογο προς τον αριθμό εξαιρέσεων που χρειάζονται να παρασχεθούν. Ένα αρχικό πρόβλημα είναι να μειωθεί ο αριθμός μη- συναθροισμένων προθεμάτων διευθύνσεων. Ενώ η υποστήριξη των πολλαπλών μορφών διευθύνσεων μπορεί να μειώσει το βαθμό στον οποίο οι διευθύνσεις μπορούν να συναθροιστούν, η χρήση των πολλαπλών μορφών δεν είναι η ίδια το πρόβλημα. Αυτό είναι ο βαθμός στον οποίο η δομή διευθύνσεων του δικτύου απεικονίζει την τοπολογία δικτύων και διευκολύνει έτσι τη συνάθροιση διευθύνσεων.

Η δρομολόγηση προθέματος μέσα στο διάστημα διευθύνσεων AESA είναι βασισμένη στο ταίριασμα του αποκαλούμενου αριθμού συμβαλλόμενων μερών ενάντια στις καταχωρήσεις (προθέματα) στον πίνακα δρομολόγησης. Μπορούν να υπάρξουν διάφορες είσοδοι που αρχίζουν με τα ίδια λίγα octets. Παραδείγματος χάριν, όλες οι DCC AESAs που ανήκουν στις ΗΠΑ αρχίζουν με τα ίδια 4 octets και όλα τα αμερικανικά DCC προθέματα AESA μέσα στην ίδια οργάνωση αρχίζουν με τα ίδια 7 octets (όπου ο 8ος octet να χρησιμοποιηθεί για να διακρίνει το ένα site από ένα άλλο). Κατά συνέπεια κάθε είσοδος στον πίνακα δρομολόγησης συνδέει ένα πρόθεμα και το μήκος της (στα δυαδικά ψηφία) με μια διαδρομή πηγής (εάν χρησιμοποιείται PNNI) ή έναν εξερχόμενο κορμό (ενδεχομένως περισσότεροι του ενός, με μια μετρική επιτρέποντας επιλογή του "καλύτερου").

Το πρόθεμα 19 octet της αποκαλούμενης διεύθυνσης συμβαλλόμενων μερών πιθανόν να ταιριάζει σε μερικό αριθμό δυαδικών ψηφίων στο μήκος, με πολλά από τα προθέματα στον πίνακα δρομολόγησης. Η μακρύτερη αντιστοιχία είναι το πρόθεμα στον πίνακα δρομολόγησης που ταιριάζει με το πρόθεμα 19 octet του αποκαλούμενου συμβαλλόμενου μέρους στο μεγαλύτερο αριθμό δυαδικών ψηφίων. Η διαδρομή πηγής ή ο εξερχόμενος κορμός της μακρύτερης αντιστοιχίας καθορίζει χαρακτηριστικά που η κλήση πρέπει να καθοδηγηθεί.

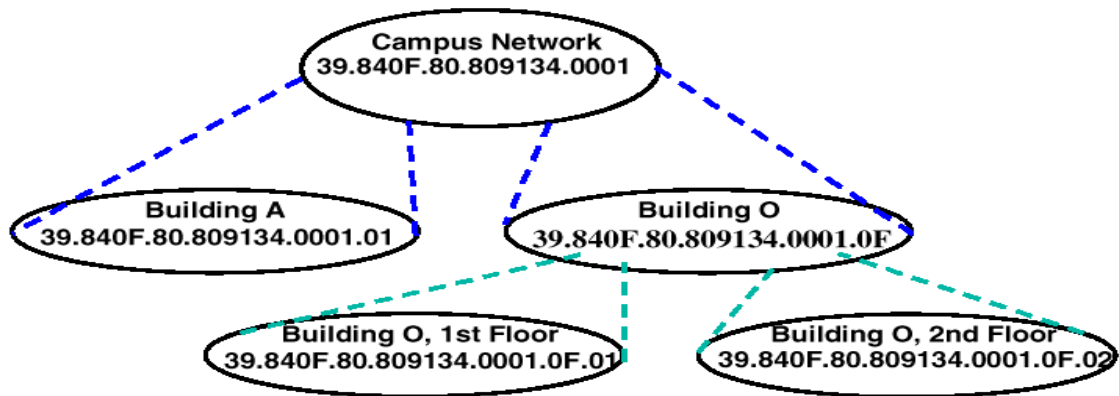
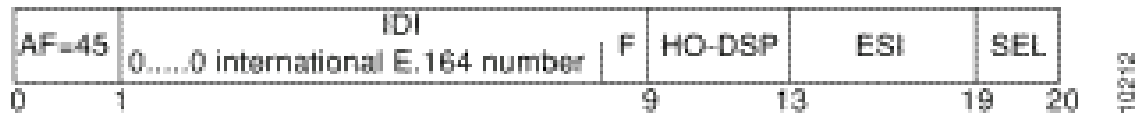


Figure 3 Campus Network with Address Aggregation

Wide Area Enterprise Network Using Customer-Owned Addresses

Εικόνα Μορφή διευθύνσεων AESA

Το μακρύτερο ταίριασμα προθέματος επιτρέπει την συνάθροιση διευθύνσεων. Επειδή ένα ASP πρόθεμα είναι συνήθως δομημένο γεωγραφικά στα μέρη του που έχουν μεγαλύτερη σειρά (από τη χώρα, την περιοχή μέσα στη χώρα, κ.λπ.), οι πίνακες δρομολόγησης για τους κόμβους σε μία τοποθεσία δεν χρειάζεται να ξέρουν όλα τα προθέματα διευθύνσεων των κόμβων σε μία άλλη. Χρειάζονται να ξέρουν μόνο ότι εκείνοι οι κόμβοι μπορούν να προσπελαστούν διαμέσου μίας ή περισσότερων συνδέσεων που είναι απευθείας συνδεδεμένες. Κατά συνέπεια όλα τα 13 προθέματα octet (104 bits) των UNIs και των κόμβων στην δεύτερη τοποθεσία μπορούν να αντιπροσωπευθούν ως ενιαίο, κοντύτερο, πρόθεμα (πχ μήκους 72 bit). Αυτό σημαίνει ότι οι πίνακες δρομολόγησης μπορούν να είναι αρκετά μικροί και ότι οι ιδιότητες κλιμάκωσης είναι καλές. Πρέπει να σημειωθεί ότι τυπικά η συνάθροιση των διευθύνσεων δεν είναι αυτόματη, αλλά γίνεται από την διοίκηση κατά τη διάρκεια της φάσης προγραμματισμού των δικτύων.

Όταν τα δίκτυα πελατών συνδέονται, εντούτοις, υπάρχουν προβλήματα. Τέτοιοι πελάτες μπορούν να χρησιμοποιήσουν διευθύνσεις που ανήκουν σε πελάτες. Αυτές οι διευθύνσεις δεν

διανέμονται απαραίτητως διαμέσου του ASP δίκτυο με οποιοδήποτε τρόπο που να επιτρέπει τη συνάθροιση προθέματος διευθύνσεων . Εντούτοις, κάθε σημείο στο οποίο ο πελάτης συνδέεται με το ASP δίκτυο, τυπικά καταλήγει σε μια ή περισσότερες διαδρομές εξαιρέσης.

Τα προθέματα διευθύνσεων μπορούν να διανεμηθούν χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης, π.χ. το PNNI, το οποίο επιτρέπει σε έναν κόμβο για να περάσει σε κάθε ένα από τους γείτονές του πληροφορίες για τι συνδέεται άμεσα με αυτόν και τι έχει μάθει από τους άλλους γείτονές του. Αυτό καλείται "flooding". Σε ένα συνδεδεμένο δίκτυο, όλοι οι κόμβοι είναι προσβάσιμοι μέσω αλυσιδωτής σύνδεσης γειτονικών κόμβων από όλους άλλους. Αυτές τις πληροφορίες περνούν από τον έναν κόμβο βηματικά , σε όλους τους άλλους. Η συνάθροιση εμφανίζεται κατά μήκος της διαδρομής, έτσι δεν περνούν οι πληροφορίες. Δεδομένου ότι οι πληροφορίες συναθροίζονται, η λεπτομέρεια χάνεται, αλλά όχι όμως και η προσβασιμότητα

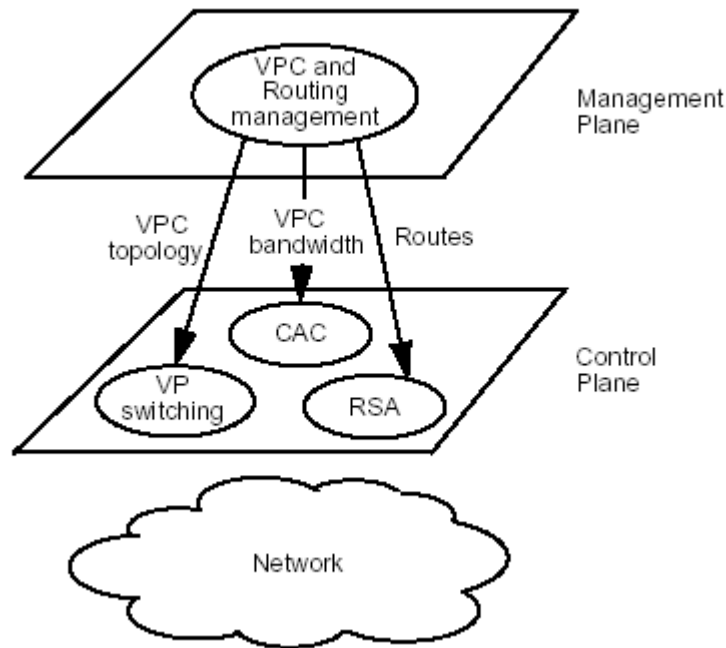
2. 3 Εφαρμογή πολιτικών δρομολόγησης στα ATM Δίκτυα

Ο γενικός στόχος μιας πολιτικής δρομολόγησης είναι να αυξηθεί η απόδοση των δικτύων από την άποψη των αποδοχών κλήσης, ενώ ταυτόχρονα παρέχεται εγγύηση για την απόδοση του δικτύου μέσα στα προσδιορισμένα επίπεδα. Η σχεδίαση μιας αποδοτικής πολιτικής δρομολόγησης είναι τεράστιας πολυπλοκότητας, δεδομένου ότι εξαρτάται από διάφορες και μερικές φορές αβέβαιες παραμέτρους. Αυτή η πολυπλοκότητα αυξάνεται από την ποικιλομορφία των απαιτήσεων εύρους ζώνης συχνοτήτων και απόδοσης των διαφορετικών τύπων σύνδεσης σε ένα multi-class περιβάλλον δικτύων. Επιπλέον, η πολιτική δρομολόγησης πρέπει να είναι προσαρμοστική για να αντιμετωπίζει τις αλλαγές στο δίκτυο: τοπολογικές αλλαγές που οφείλονται σε βλάβες ή τον εξοπλισμό που προστίθεται ή αφαιρείται , ή τα μεταβαλλόμενα πρότυπα κυκλοφορίας.

Δεδομένου ότι τα πρότυπα κυκλοφορίας αλλάζουν κατά τη διάρκεια του χρόνου, η απόδοση δικτύων να μειωθεί όταν το εύρος ζώνης συχνοτήτων που δεσμεύεται σε VPCs, και επομένως στις διαδρομές, δεν είναι σύμφωνο με την ποσότητα κυκλοφορίας που πρέπει περάσει από αυτές. Για να καταπολεμήσουν αυτό, η τοπολογία VPC, οι διαδρομές, και το εύρος ζώνης συχνοτήτων που δεσμεύεται σε VPCs πρέπει να μετατραπούν δυναμικά για να αντεπεξέλθουν στις απαιτήσεις της κυκλοφορίας.

Υποθέτουμε ότι οι υπηρεσίες δικτύων είναι αποτελούμενες από έναν αριθμό αμφίδρομων συνδέσεων. Κάθε σύνδεση είναι ενός ιδιαίτερου τύπου ή κλάσης σύνδεσης . Η χρήση του

όρου κλάση υπηρεσίας (CoS) χρησιμοποιείται για να δείξει έναν ιδιαίτερο τύπο σύνδεσης. Τα CoSs είναι οι υπηρεσίες φορέων που παρέχονται από το δίκτυο. Μια μεγάλη σειρά CoSs μπορεί να καθοριστεί από το χειριστή δικτύων σύμφωνα με την επιχειρησιακή πολιτική και τις αντιληπτές απαιτήσεις των χρηστών. Οι χρήστες (ή οι εφαρμογές που αυτοί χρησιμοποιούν) κάνουν τα αιτήματα για τις συνδέσεις ενός συγκεκριμένου CoS. Ο καθορισμός CoS χαρακτηρίζει τον τύπο σύνδεσης από την άποψη των απαιτήσεων εύρους ζώνης συχνοτήτων και απόδοσης. Υποτίθεται ότι οι απαιτήσεις εύρους ζώνης συχνοτήτων μπορούν να χαρακτηριστούν από τις μέσες και από τις μέγιστες παραμέτρους. Αυτό συμβαίνει επειδή οι αλγόριθμοι CAC που επεκτείνονται στους δρομολογητές είναι βασισμένοι σε αυτές τις παραμέτρους. Οι εναλλακτικές παράμετροι εύρους ζώνης συχνοτήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σύμφωνα με τους συγκεκριμένους αλγόριθμους CAC που επεκτείνονται στα στοιχεία δικτύων.



Εικόνα Επίδραση της υπηρεσίας διαχείρισης VPC και δρομολόγησης στο δίκτυο

Πριν την εγκατάσταση των συνδέσεων, τα VPC θα πρέπει να έχουν ήδη εκ των προτέρων εγκατασταθεί. Ο ορισμός και η δημιουργία των VPC είναι αρμοδιότητα του επίπεδου διαχείρισης. Κατά την φάση εγκατάστασης σε κάθε σημείο μεταγωγής, ο αλγόριθμος επιλογής διαδρομής (Route Selection Algorithm ή RSA) πρέπει να διαλέξει ένα εξερχόμενο VPC πάνω στο οποίο θα δρομολογηθεί η νέα σύνδεση και ο CAC αλγόριθμος πρέπει να αποφασίσει εάν η σύνδεση μπορεί να διευθετηθεί στο επιλεγμένο VPC. Η επιλογή του VPC

γίνεται από ένα υποσύνολο όλων των εξερχόμενων VPC . Η εύρεση ποια από τα VPC είναι κατάλληλα για συγκεκριμένη CoS είναι εργασία του επιπέδου διαχείρισης.

Η υπηρεσία διαχείρισης πετυχαίνει τους σκοπούς της με την διαχείριση των VPC και των πινάκων δρομολόγησης έτσι ώστε να μπορούν να περιλάβουν αλλαγές στην συμπεριφορά των χρηστών και των μορφών της κίνησης. Ειδικότερα επηρεάζει:

- Τις διαδρομές των VPC διαμέσου του δικτύου μέσω της διαμόρφωσης των Virtual Path πινάκων δρομολόγησης στους κόμβους μεταγωγής νοητών καναλιών.
- Το εύρος ζώνης που διατίθεται στα VPC μέσω αλλαγών στον CAC στους κόμβους μεταγωγής νοητών καναλιών. Αυτό είτε γίνεται μακροπρόθεσμα μέσω προβλεπόμενων επιπέδων κίνησης είτε βραχυπρόθεσμα με διαρκείς αναπροσαρμογές σε κάθε αλλαγή του εύρους ζώνης που είναι δεσμευμένο σε VPC.
- Τους πίνακες επιλογής διαδρομών στο Call Control μέρος των VC switches ώστε να αλλάξουν την επιλογή των VPC την οποία κάνει ο Call Control κατά την διαδικασία εγκατάστασης συνδέσεων. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τον έλεγχο συμφόρησης, για τον διαμοιρασμό φορτίου και την επαναδρομολόγηση σε περίπτωση αστοχιών σε στοιχεία του δικτύου.

Σκοπός της υπηρεσίας διαχείρισης δρομολόγησης και VPC είναι να σχεδιάσουν ένα δίκτυο από VPC και ένα πλάνο δρομολόγησης που να ανταποκρίνεται στην αναμενόμενη ζήτηση καθώς και να τα διαχειρίζεται δυναμικά ώστε να ανταποκρίνονται στις μεταβολές της χρήσης.

Οι ακόλουθες όψεις του δικτύου είναι χρήσιμες για τα διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης ώστε να βοηθήσουν τη εργασία της διαμόρφωσης του πρόβληματος που αντιμετωπίζεται από την υπηρεσία διαχείρισης VPC και Δρομολόγησης.

- Το φυσικό δίκτυο που αποτελείται από τους κόμβους δικτύων και τις συνδέσεις μεταφορών.
- Το VPC δίκτυο που αποτελείται από τους VC διακόπτες που διασυνδέονται από VPCs.
- Το Class Route networks. Για κάθε CoS, το δίκτυο ClassRoute είναι το υπόδίκτυο που αποτελείται μόνο από τα VPCs που ανήκουν στις διαδρομές εκείνες που ικανοποιούν συγκεκριμένο CoS..
- Το SDClassRoute networks. Για κάθε CoS και ένα δεδομένο ζευγάρι πηγή-προορισμού (S-D), το δίκτυο SDClassRoute είναι το υπόδίκτυο του δικτύου ClassRoute, που αποτελείται μόνο από τα VPCs που ανήκουν στις διαδρομές που διασυνδέουν το δεδομένο ζευγάρι (SD)

Στην περίπτωση της εναλλακτικής δρομολόγησης, περισσότερα από ένα μονοπάτια εμφανίζονται σε ένα δίκτυο SDClassRoute. Τα διαφορετικά δίκτυα ClassRoute μπορούν να έχουν τις κοινές συνδέσεις δεδομένου ότι ένα VPC μπορεί να φέρει περισσότερο από ένα CoS. Επίσης διαφορετικά δίκτυα SDClassRoute μπορούν επίσης να έχουν κάποιες κοινές συνδέσεις δεδομένου ότι τα μονοπάτια μεταξύ δύο ζευγαριών SD (για το ίδιο ή διαφορετικό CoSs) μπορούν να έχουν τα κοινά μέρη.

Η εισαγωγή του ανωτέρω δικτύου εμφανίζει το στόχο της υπηρεσίας διαχείρισης VPC και Δρομολόγησης, ο οποίος μπορεί να διατυπωθεί ως εξής :

Δεδομένου του φυσικού δικτύου και των προβλέψεων κυκλοφορίας ανά SD και CoS, ο καθορισμός των δικτύων VPC και SDClassRoute είναι έτσι ώστε οι απαιτήσεις κίνησης να ικανοποιούνται και τα επίπεδα απόδοσης που προσδιορίζονται ανά CoS να είναι εγγυημένα..

Το VPC και τα δίκτυα ClassRoute κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας, ως είσοδο, τις εκτιμήσεις της κυκλοφορίας δικτύων ανά ζευγάρι SD και CoS. Όποτε οι προβλέψεις κυκλοφορίας αλλάζουν, τα δίκτυα VPC και ClassRoute χρειάζονται να αναδημιουργηθούν. Το επίπεδο αναδημιουργίας εξαρτάται από τη σημασία των αλλαγών. Κατά συνέπεια, οι νέες τιμές για το εύρος ζώνης συχνοτήτων των VPC μπορούν να δοθούν, ή η τοπολογία του δικτύου VPC μπορεί να αλλάξει (με τη δημιουργία και τη διαγραφή VPCs) ή η τοπολογία των δικτύων ClassRoute μπορεί να αλλάξει (με τη δημιουργία και τη διαγραφή των διαδρομών).

Αυτή η ανάλυση δείχνει την ανάγκη για τρία συστατικά διαχείρισης:

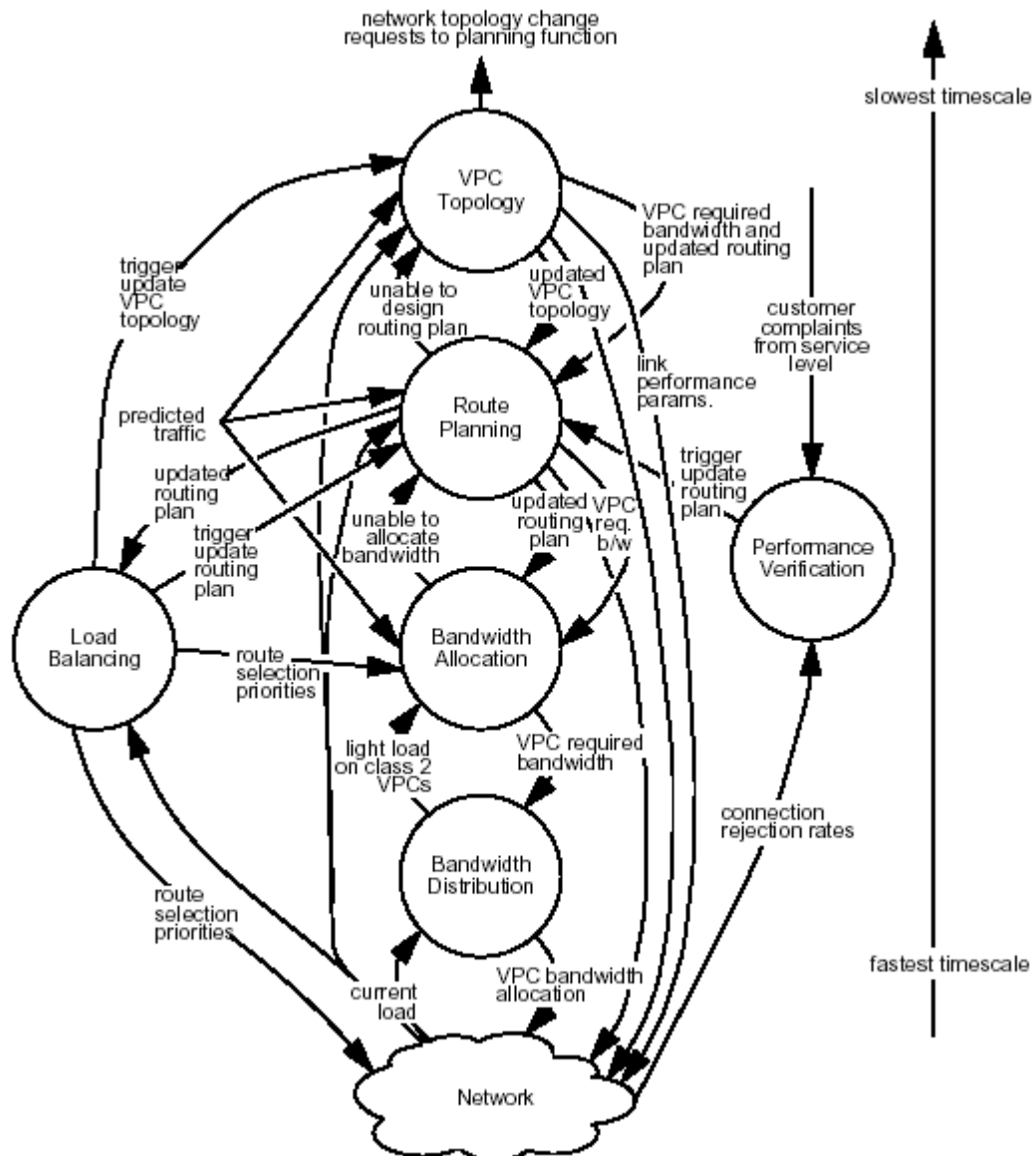
Κατανομή εύρους ζώνης συχνοτήτων (για το εύρος ζώνης συχνοτήτων VPC ενημερώνει τα δεδομένα δίκτυα SDClassRoute), Προγραμματισμός διαδρομών (για τις αναπροσαρμογές διαδρομών δεδομένου του δικτύου VPC) και τοπολογία VPC (για τον καθορισμό των τοπολογιών VPC δεδομένης της φυσικής τοπολογίας δικτύων).

Οι λειτουργίες των συναρτήσεων σχεδίασης διαδρομών είναι να προσδιοριστεί ένα δίκτυο ofVPCs και ένα σχέδιο δρομολόγησης που ικανοποιεί τις προβλεφθείσες απαιτήσεις χρήσης δεδομένων των και περιορισμών που επιβάλλονται από το μοντέλο δικτύων και από τους στόχους απόδοσης των CoSs. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τον καθορισμό των παραμέτρων απόδοσης συνδέσεων, της τοπολογίας του δικτύου VPC, του σχεδίου δρομολόγησης και του εύρους ζώνης συχνοτήτων που διατηρούνται σε κάθε VPC.

- Το σχέδιο δρομολόγησης, δηλ. ο καθορισμός των πινάκων επιλογής διαδρομών και των προτεραιοτήτων επιλογής, δημιουργείται και τελικά η αρχική κατανομή εύρους ζώνης συχνοτήτων VPC αποφασίζεται.
- Όλες αυτές οι εργασίες είναι μέρος μιας επαναληπτικής διαδικασίας που αντιστοιχεί στα σύνθετα προβλήματα βελτιστοποίησης, στοχεύοντας στην παροχή των οικονομικώς αποδοτικών σχεδιαστικών λύσεων.
- Το μέρος αυτής της διαδικασίας θα είναι να προσδιοριστούν όλες οι πιθανές διαδρομές μεταξύ των πηγών και των προορισμών και να επιλεγεί ένα ορισμένο υποσύνολο. Το υποσύνολο που επιλέγεται θα εξαρτηθεί από πολλούς παράγοντες.
- Η μέγιστη καθυστέρηση και οι στόχοι καθυστέρησης jitter για κάθε CoS. Μερικές διαδρομές μπορούν να είναι ακατάλληλες για κάποιο CoS επειδή δρομολογούνται μέσω πάρα πολλών διακοπών και προσωρινών χώρων ζεύξεων.
- Οι απαιτήσεις πιθανότητας απώλειας στοιχείων για κάθε CoS. Αν υπάρχουν ικανοποιητικοί αριθμοί συνδέσεων με τις διαφορετικές απαιτήσεις στην πιθανότητα απώλειας στοιχείων, μπορεί να είναι πιθανό να καθοδηγηθούν διαφορετικά. Οι συνδέσεις, και τα VPCs που περνούν από αυτές, θα μπορούσαν να ονομαστούν ως υψηλού ποσοστού απώλειας ή χαμηλού ποσοστού απώλειας παραδείγματος χάριν. Οι στόχοι πιθανότητας απώλειας στοιχείων πρέπει να καθοριστούν για κάθε σύνδεση και να διαβιβαστούν στις λειτουργίες CAC αρμόδιες για αυτό.
- Οι πιθανότητες αποδοχής σύνδεσης που συνδέονται με κάθε CoS. Ένα υποσύνολο VPCs μπορεί να σχεδιαστεί για CoSs απαιτώντας μια υψηλή πιθανότητα αποδοχής (προτεραιότητα) και πρόσθετο εύρος ζώνης συχνοτήτων μπορεί να ανατεθεί σε αυτά τα VPCs εις βάρος των VPCs που υποστηρίζουν CoSs που απαιτούν μια χαμηλότερη πιθανότητα αποδοχής.
- Ποιο CoSs μπορεί να πολυπλεκτηί μαζί στα ίδια VPCs ή τις συνδέσεις που βασίζονται στη συμβατότητα των παραμέτρων απόδοσής τους όπως περιγράφεται ανωτέρω.
- Ο αριθμός λογικά και φυσικά διαφορετικών διαδρομών που απαιτούνται για να εξασφαλίσουν το διαθεσιμότητα του δικτύου σε περιπτώσεις βλαβών και ζημίας.
- Οι εκτιμήσεις όπως η διάδοση φορτίων πρέπει να ληφθούν υπόψη. Αυτή η έννοια περιλαμβάνει την εξασφάλιση ότι η κυκλοφορία διαδίδεται όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφα μέσα από το δίκτυο.

Τα χαρακτηριστικά εύρους ζώνης συχνοτήτων και απόδοσης κάθε τύπου σύνδεσης καταχωρούνται σε ένα μοντέλο τύπων σύνδεσης. Η διαδικασία σχεδιασμού διαδρομών θα παραγάγει τις αρχικές διαμορφώσεις:

- το σύνολο πινάκων δρομολόγησης VP που φορτώνονται στους κόμβους μεταγωγής νοητού μονοπατιού
- το σύνολο πινάκων επιλογής διαδρομών που φορτώνονται στη στα VC switches
- το εύρος ζώνης συχνοτήτων που δεσμεύεται σε κάθε VPC,
- οι παράμετροι απόδοσης συνδέσεων που φορτώνονται στις λειτουργίες CAC στα VC switches.



Εικόνα Διάγραμμα Εφαρμογής δυναμικών πολιτικών δρομολόγησης στα ATM Δίκτυα

Υπάρχουν τρεις διαστάσεις στο δυναμικό μέρος, που διακρίνεται από τη λειτουργία αλλά και από το χρονοδιάγραμμα πέρα από το οποίο λειτουργούν:

2.3.1 Διαχείριση VPC Bandwidth

Αυτό αποσυντίθεται περαιτέρω σε δύο επίπεδα, που διακρίνονται πάλι από τη λειτουργία και από το χρονοδιάγραμμα:

Το συστατικό δέσμευσης εύρους ζώνης συχνοτήτων καλείται όποτε οι αλλαγές κυκλοφορίας είναι σημαντικές. Οι προβλέψεις πηγής-προορισμού χαρτογραφούνται σε VPCs σύμφωνα με το σχέδιο δρομολόγησης, και προσδιορίζεται το ελάχιστο εύρος ζώνης συχνοτήτων που απαιτείται από κάθε VPC προκειμένου να συναντηθεί η προβλεφθείσα ζήτηση. Εάν είναι αδύνατο να δεσμευθεί το ικανοποιητικό εύρος ζώνης συχνοτήτων για την κίνηση στους περιορισμούς του σχεδίου δρομολόγησης διαδρομών και της χωρητικότητας των συνδέσεων, το συστατικό προγραμματισμού διαδρομών δηλώνεται, βλέπε κατωτέρω.

Το τμήμα διανομής εύρους ζώνης συχνοτήτων, εφαρμόζει την κατανομή του εύρους ζώνης συχνοτήτων σε VPCs όπως ζητείται. Το τρέχον φορτίο πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν για να αποφεκτούν καταστάσεις όπου το προβλεφθέν απαιτούμενο εύρος ζώνης συχνοτήτων (από την κατανομή εύρους ζώνης συχνοτήτων) είναι χαμηλότερο από το μετρημένο τρέχον φορτίο και την εφαρμογή. Πρόσθετα, το αχρησιμοποίητο εύρος ζώνης συχνοτήτων (δεσμευμένο εύρος ζώνης συχνοτήτων μείον το φορτίο ρευμάτων) σε κάθε VPC ανακατανέμεται μεταξύ του VPCs που μοιράζονται τις ίδιες διαδρομές για την αποφυγή των καταστάσεων όπου μερικά VPCs χρησιμοποιούνται βαριά (και συνεπώς υπάρχει λίγο εύρος ζώνης συχνοτήτων διαθέσιμο για τις νέες συνδέσεις) ενώ άλλα VPCs στις ίδιες συνδέσεις χρησιμοποιούνται ελαφριά. Το αχρησιμοποίητο εύρος ζώνης συχνοτήτων διανέμεται όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφα μέσα σε ορισμένους περιορισμούς.

2. 3.2 Η διαχείριση δρομολόγησης

Αυτό αποσυντίθεται περαιτέρω σε δύο επίπεδα, που διακρίνονται πάλι από τη λειτουργία και από το χρονοδιάγραμμα:

Επανασχηματισμός του σχεδίου δρομολόγησης.

Στην παραλαβή μιας ένδειξης από το τμήμα κατανομής εύρους ζώνης συχνοτήτων ότι είναι ανίκανο να ανταπεξέλθει στις ζητήσεις της προβλεφθείσας κυκλοφορίας, το τμήμα προγραμματισμού διαδρομών προσπαθεί καταρχήν να ξανασχεδιάσει το σχέδιο δρομολόγησης για το υπάρχον δίκτυο VPC. Προσπαθεί να αυξήσει τον αριθμό εναλλακτικών διαδρομών, χρησιμοποιώντας την τρέχουσα τοπολογία ρευμάτων VPC. Αυτή η διαδικασία προσδιορίζει επίσης τις νέες απαιτήσεις εύρους ζώνης συχνοτήτων στα VPCs - αλλά πρέπει να λάβει υπόψη το τρέχον φορτίο (οι υπάρχουσες συνδέσεις δεν πρέπει να μεταβληθούν).

Προκειμένου να ενισχυθεί η εναλλακτική δρομολόγηση και για να αντισταθμίσει τις ανακρίβειες στις εκτιμήσεις δρομολόγησης, ο προγραμματισμός διαδρομών μπορεί να αναθέσει ένα σύνολο "αναπληρωματικών" διαδρομών σε κάθε CoS εκτός από το αρχικό σύνολο διαδρομών.

Για ένα δεδομένο CoS, το σύνολο "αναπληρωματικών" διαδρομών μπορεί μόνο να επιλεγεί από το σύνολο διαδρομών που δεσμεύονται στην υψηλότερη ποιότητα CoSs.

Η έξοδος θα είναι το ενημερωμένο σχέδιο δρομολόγησης και το νέο απαιτημένο εύρος ζώνης συχνοτήτων για κάθε VPC. Οι καθορισμένες διαδρομές ανά CoS δίνονται στο συστατικό εξισορρόπησης φορτίων για να προσδιορίσουν τις προτεραιότητες διαδρομών σύμφωνα με τα τρέχοντα πρότυπα κυκλοφορίας. Τις απαιτήσεις εύρους ζώνης συχνοτήτων περνούν κάτω στο συστατικό κατανομής εύρους ζώνης συχνοτήτων που τις περνά απλά στην διανομή εύρους ζώνης συχνοτήτων χωρίς οποιαδήποτε πρόσθετη επεξεργασία.

2.3.3 Διαχείριση των παραμέτρων επιλογής διαδρομών

Οι διαδρομές σε έναν κόμβο ορίζονται σύμφωνα με ορισμένα κριτήρια. Δεδομένου ότι τα ATM δίκτυα είναι προσανατολισμένα προς τη σύνδεση, τα κριτήρια επιλογής είναι σχετικά με τη διαθεσιμότητα της διαδρομής για να αναλάβουν τις νέες συνδέσεις. Με αυτόν τον τρόπο ρυθμίζεται η κατανομή φορτίου του δικτύου. Επιπλέον, το συστατικό ισοκατανομής φορτίων, που βασίζεται στα πραγματικά αρχεία χρήσης, ποσοτικοποιεί τη διαθεσιμότητα δικτύων για την αποδοχή των νέων συνδέσεων όχι μόνο στην πρόσβαση, αλλά και στους κόμβους διέλευσης.

Επανασχηματισμός της τοπολογίας του δικτύου

Το συστατικό τοπολογίας VPC ξανασχεδιάζει την τοπολογία δικτύων VPC για να ανταποκριθεί στις νέες απαιτήσεις. Αυτό πρέπει να λάβει υπόψη την τρέχουσα τοπολογία και το γεγονός ότι οι υπάρχουσες συνδέσεις δεν πρέπει να ενοχληθούν. Νέα VPCs μπορεί να

δημιουργηθούν για να συνυπάρξουν με τα τρέχοντα και θα καθοριστεί ένα νέο σχέδιο δρομολόγησης έτσι ώστε η νέα τοπολογία VPC να μπορεί να εισαχθεί σταδιακά για τις νέες συνδέσεις (με τη χρησιμοποίηση του πεδίου προτεραιότητας στους πίνακες επιλογής διαδρομών).

Τις απαιτήσεις εύρους ζώνης συχνοτήτων για τα VPCs στην τελική τοπολογία VPC προσδιορίζονται και περνούν κάτω στα χαμηλότερα τμήματα επιπέδων που δεν κάνουν καμία περαιτέρω επεξεργασία έως ότου φθάνουν στο τμήμα διανομής εύρους ζώνης συχνοτήτων. Σε αυτήν την τελευταία λειτουργία, το εύρος ζώνης συχνοτήτων που δεσμεύεται στα παλαιά VPCs μειώνεται όταν απολύονται οι παλαιές συνδέσεις και το εύρος ζώνης συχνοτήτων που δεσμεύεται στα νέα VPCs αυξάνεται καθώς το εύρος ζώνης συχνοτήτων συνδέσεων γίνεται διαθέσιμο.

2.4 Εφαρμογή Δρομολόγησης στο PNNI πρωτόκολλο του ATM

Για την εγκαθίδρυση συνδέσεων μεταξύ ATM συστημάτων, η σηματοδοσία αρχικά ανατρέχει στο IISP, ένα στατικό πρωτόκολλο δρομολόγησης, ή στο PNNI, που αποτελεί ένα δυναμικό πρωτόκολλο δρομολόγησης, το οποίο παρέχει διαδρομές εγγυώμενης ποιότητας υπηρεσίας (QoS), βασιζόμενο στις απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας όπως αυτές ορίστηκαν στην αίτηση εγκατάστασης της σύνδεσης

Το PNNI (Private Network Node Interface) είναι ένα δυναμικό πρωτόκολλο δρομολόγησης για τα ATM δίκτυα, καθώς μαθαίνει την τοπολογία του δικτύου και τις πληροφορίες προσβασιμότητας με την ελάχιστη δυνατή αρχική ρύθμιση. Το PNNI αυτόματα προσαρμόζεται στις αλλαγές του δικτύου με την ανταλλαγή πληροφοριών για την κατάσταση της τοπολογίας του δικτύου.

Σε ένα τομέα δρομολόγησης με PNNI, το ATM switch της πηγής υπολογίζει ιεραρχικά πλήρεις διαδρομές για την εγκατάσταση συνδέσεων και οι πληροφορίες της διαδρομής περιλαμβάνονται στο μήνυμα εγκατάστασης σύνδεσης. Αντιθέτως το IISP χρησιμοποιεί βηματική δρομολόγηση, όπου κάθε κόμβος που παραλαμβάνει το μήνυμα εγκατάστασης σύνδεσης διαλέγει αυτός που θα το προωθήσει. Οι επιλογές των διαδρομών γίνονται βάσει της καταγραφής σε πίνακες δρομολόγησης των δυνατών εξερχόμενων συνδέσεων.

Το PNNI παρέχει τις διαδρομές που ικανοποιούν την ποιότητα σύνδεσης υπηρεσιών (QoS) των αιτημάτων Το PNNI επιλέγει τις διαδρομές μέσω του δικτύου που βασίζεται στο διοικητικό βάρος (AW) και άλλες παραμέτρους QoS, όπως :

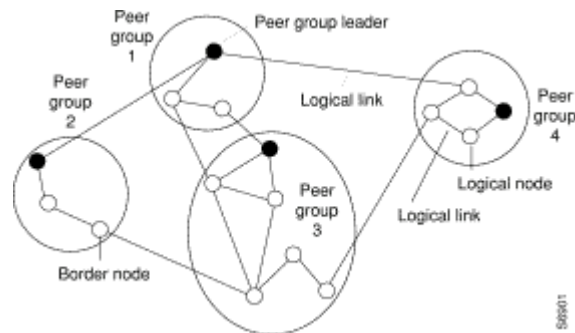
- Διαθέσιμος ρυθμός κυψελίδων (AvCR)
- Μέγιστη καθυστέρηση μεταφοράς κυψελίδων (maxCTD)
- Μέγιστη-Ελάχιστη διακύμανση καθυστέρησης κυψελίδων (CDV)
- Αναλογία απώλειας στοιχείων (CLR)

Το κύριο μέτρο που χρησιμοποιείται από PNNI είναι ο AW. Εάν μια σύνδεση ζητά είτε maxCTD είτε CDV είτε και τα δύο, το PNNI μπορεί να μην είναι σε θέση να υπολογίσει μια βέλτιστη διαδρομή μέσω του δικτύου. Εντούτοις, το PNNI εγγυάται μια διαδρομή που να ικανοποιεί ή να υπερβαίνει τα κριτήρια όλων των προσδιορισμένων παραμέτρων QoS.

Ο αρχικός στόχος της ιεραρχίας του PNNI είναι η επίτευξη κλιμακούμενης δομής του. Εντούτοις η ιεραρχία του PNNI μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για άλλες ανάγκες, όπως η δημιουργία ενός διοικητικού ορίου. Παραδείγματος χάριν, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την ιεραρχία PNNI για να κρύψετε τις εσωτερικές λεπτομέρειες μιας όμοιας ομάδας από τους δρομολογητές έξω από την ομάδα.

2.4.1 Τα βασικά συστατικά της ιεραρχίας PNNI.

1. Κόμβος του χαμηλότερου επιπέδου - ένας λογικός κόμβος στο χαμηλότερο επίπεδο της ιεραρχίας PNNI.
2. Ομότιμη ομάδα - μια ομάδα λογικών κόμβων. Κάθε κόμβος ανταλλάσσει τις πληροφορίες με άλλα μέλη της ομάδας, και όλα τα μέλη διατηρούν μια ίδια όψη της ομάδας.
3. Όμοιος ηγέτης ομάδας (PGL) - ένας λογικός κόμβος μέσα σε μια όμοια ομάδα που συνοψίζει την όμοια ομάδα και την αντιπροσωπεύει ως ενιαίο λογικό κόμβο στο επόμενο επίπεδο της ιεραρχίας PNNI.
4. Λογικός κόμβος ομάδας (LGN) - ένας λογικός κόμβος που αντιπροσωπεύει τη χαμηλότερη όμοια ομάδα επιπέδων του στην επόμενη υψηλότερη όμοια ομάδα επιπέδων. Κατά την δημιουργία ενός PGL, το PGL δημιουργεί έναν γονέα LGN για να αντιπροσωπεύσει την όμοια ομάδα ως ενιαίο λογικό κόμβο στο επόμενο επίπεδο. Το PGL είναι ένας λογικός κόμβος μέσα στην όμοια ομάδα, και το συνδεδεμένο LGN είναι ένας λογικός κόμβος στην επόμενη υψηλότερη όμοια ομάδα επιπέδων.



Εικόνα Ιεραρχική δομή στο PNNI

Το PNNI χρησιμοποιεί διάφορους μηχανισμούς για να υποστηρίξουν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματά σηματοδότησης και δρομολόγησης

- Το HELLO πρωτόκολλο που στο PNNI είναι ένας μηχανισμός που διαμορφώνεται σύμφωνα με το HELLO πρωτόκολλο OSPF. Χρησιμοποιώντας το HELLO πρωτόκολλο PNNI, οι κόμβοι ανταλλάσσουν τα πακέτα που επιτρέπουν σε τους για να καθορίσουν τη λειτουργική θέση των γειτόνων τους. Αυτά τα πακέτα μεταβιβάζουν επίσης τις πληροφορίες που απαιτούνται για να καθορίσουν τα όμοια όρια ομάδας, τα οποία χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν την ιεραρχία.
- Ο συγχρονισμός βάσεων δεδομένων. Όταν δηλώσει το HELLO πρωτόκολλο μια σύνδεση για να είναι λειτουργική, οι παρακείμενοι διακόπτες ανταλλάσσουν μια περίληψη του περιεχομένου βάσεων δεδομένων τους. Ο στόχος αυτής της διαδικασίας είναι να συγκριθεί η μια όψη του κόμβου της τοπολογίας με την όψη ενός γειτονικού κόμβου. Από την ανταλλαγή των διαφορών, μπορούν να συγχρονίσουν τις βάσεις δεδομένων τους και οι δύο θα έχουν τις ίδιες τοπολογικές πληροφορίες.
- Ανταλλαγές PTSP. Μμόλις εμφανιστεί ο συγχρονισμός βάσεων δεδομένων, οι περαιτέρω αλλαγές τοπολογίας πρέπει να διανεμηθούν σε όλο το δίκτυο. Το PNNI το κάνει αυτό με την ανταλλαγή των πακέτων κατάστασης τοπολογίας PNNI (PTSPs), τα οποία περιέχουν ένα ή περισσότερα στοιχεία κατάστασης τοπολογίας PNNI (PTSEs). Τα PTSPs διαδίδονται χρησιμοποιώντας έναν πλημμυρίζοντας μηχανισμό και εξασφαλίζουν ότι το δίκτυο ενημερώνεται όταν εμφανίζονται οι σημαντικές αλλαγές.
- Οι πληροφορίες Reachability. Το PNNI μπορεί να συνοψίσει τις πληροφορίες προσβασιμότητας διευθύνσεων από τη συνάθροιση των πολλαπλάσιων διευθύνσεων του ATM σε ένα ενιαίο πρόθεμα. Οι πληροφορίες προσβασιμότητας είναι το πρώτο βήμα στη δρομολόγηση ενός αιτήματος PNNI για μια σύνδεση. Η σύνδεση κατευθύνεται σε έναν κόμβο που διαφημίζει ένα πρόθεμα που ταιριάζει με την οδηγώντας μερίδα της διεύθυνσης προορισμού.

- Η μέτρα και ιδιότητες για τις συνδέσεις και τους κόμβους. Για να υποστηρίξουν τη δρομολόγηση QoS, τη θέση των συνδέσεων και των κόμβων διαφημίζονται χρησιμοποιώντας τα μέτρα και τις ιδιότητες. Τα μέτρα συνδυάζονται κατά μήκος ενός μονοπατιού. Παραδείγματος χάριν, το διοικητικό βάρος ενός μονοπατιού είναι το ποσό των βαρών όλων των συνδέσεων και των κόμβων κατά μήκος του μονοπατιού. Οι ιδιότητες αντιμετωπίζονται διαφορετικά. Εάν η μια αξία ιδιοτήτων παραβιάζει τον περιορισμό QoS του αιτήματος κλήσης, εκείνο το τοπολογικό στοιχείο (κόμβος ή σύνδεση) αποβάλλεται από την επιλογή μονοπατιών. Οι μετρικές που διαφημίζονται και χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό μονοπατιών είναι οι ακόλουθες:

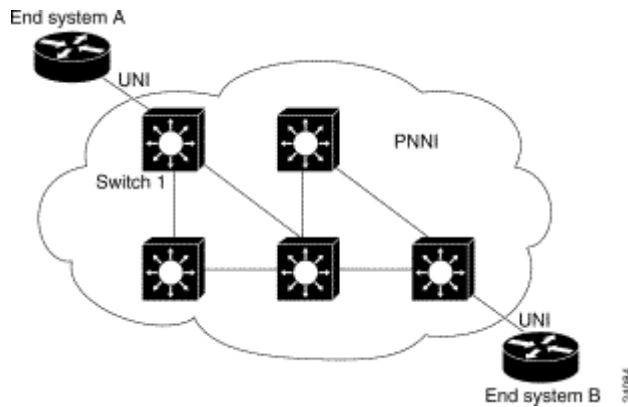
1. Διοικητικό βάρος (AW) το μετρικό που χρησιμοποιείται αρχικά από το PNNI για να υπολογίσει τα μονοπάτια.
2. Μέγιστη καθυστέρηση μεταφοράς στοιχείων (MCTD). Η MCTD είναι μια απαιτούμενη μετρική τοπολογίας για τις κατηγορίες της υπηρεσίας CBR και VBR-RT
3. Διακύμανση καθυστέρησης στοιχείων (CDV) που είναι η μέγιστη, κορυφής-σε-κορυφή παραλλαγή καθυστέρησης στοιχείων διαμέσου μιας σύνδεσης ή κόμβου για μια συγκεκριμένη κατηγορία υπηρεσίας. Αυτό το μετρικό αντιπροσωπεύει τη χειρότερη περίπτωση για ένα μονοπάτι.

Οι ιδιότητες που διαφημίζονται για τις συνδέσεις και τους κόμβους είναι οι ακόλουθες:

1. Διαθέσιμο ποσοστό στοιχείων (AvCR) -- το ποσό ισοδύναμου εύρους ζώνης συχνοτήτων διαθέσιμο σήμερα στη σύνδεση. Το AvCR είναι μια δυναμική ιδιότητα που ποικίλλει σύμφωνα με τις κλήσεις διαπερνώντας τη σύνδεση και το προκύπτον υπόλοιπο δυναμικό μονάδας συνδέσεων διαθέσιμες για τις πρόσθετες κλήσεις.
2. Αναλογία απώλειας στοιχείων (CLR) -- αναλογία του αριθμού χαμένων στοιχείων στο συνολικό αριθμό στοιχείων που διαβιβάζονται σε μια σύνδεση ή έναν κόμβο.
3. Μέγιστο ποσοστό στοιχείων (MaxCR) -- το ποσό εύρους ζώνης συχνοτήτων που ανατίθεται σε μια συγκεκριμένη κλάση κυκλοφορίας σε μια σύνδεση.

2.4.2 Πώς εργάζεται η καθοδήγηση μιας κλήσης.

Μόλις η απαίτηση μιας ενοποιημένης όψης της τοπολογίας των δικτύων και της κατάστασής της ικανοποιηθεί, το PNNI μπορεί να καθοδηγήσει μια κλήση μέσω του δικτύου, που ικανοποιεί το αίτημα της κλήσης για τις συγκεκριμένες παραμέτρους QoS.



Εικόνα παράδειγμα δρομολόγησης με PNNI

1. Ένα αίτημα σύνδεσης φθάνει στο διακόπτη 1 από το τελικό σύστημα A. Μια μακρύτερη σύγκριση αντιστοιχιών γίνεται για τη διεύθυνση προορισμού για να καθορίσει ποιος διακόπτης προορισμού συνδέει με τη διεύθυνση.
2. Χρησιμοποιώντας το τοπικό αντίγραφο της βάσης δεδομένων τοπολογίας δικτύων, ένας υπολογισμός κοντύτερου μονοπατιών γίνεται για να υπολογίσει το ελάχιστο μονοπάτι διοικητικού βάρους ως το switch προορισμού. Οποιοσδήποτε συνδέσεις που δεν ικανοποιούν το GCAC ή άλλες απαιτήσεις QoS απέχουν από την εκτίμηση. Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει επίσης απαιτήσεις CDV και MCTD για το μονοπάτι, PNNI βρίσκει ένα αποδεκτό μονοπάτι που συναντά όλες τις απαιτήσεις, ακόμα κι αν να μην είναι πιθανό να βελτιστοποιηθούν όλες οι μετρικές ταυτόχρονα.
3. Μόλις βρεθεί ένα τέτοιο μονοπάτι, ο κόμβος κατασκευάζει έναν οριζόμενο κατάλογο διέλευσης (DTL) που περιγράφει την πλήρη διαδρομή στον προορισμό και τον εισάγει στο σήμα αίτημα. Όταν είναι δυνατό, ο δρομολογητής διακοπών του ATM χρησιμοποιεί ένα μονοπάτι που ήταν στο υπόβαθρο. Εάν δεν μπορεί να βρεθεί ένα μονοπάτι που να ικανοποιεί τις απαιτήσεις QoS, ο δρομολογητής διακοπών του ATM εκτελεί έναν υπολογισμό μονοπατιών στη ζήτηση.
4. Το αίτημα οργάνωσης διαβιβάζεται κατά μήκος του μονοπατιού που προσδιορίζεται από το DTL. Σε κάθε κόμβο η σηματοδότηση ζητά από PNNI για ένα αποδεκτό σύνολο συνδέσεων για να φθάσει στον επόμενο κόμβο κατά μήκος του μονοπατιού. Ο κατάλογος οργανώνεται βασισμένος στις διαμορφωμένες προαιρετικές δυνατότητες επιλογής συνδέσεων και δίνεται στη ρουτίνα CAC που καθορίζει την πρώτη αποδεκτή σύνδεση.
5. Εάν το αίτημα ικανοποιεί τον CAC για κάθε οριζόμενο βήμα, εάν μήνυμα σηματοδότησης της σύνδεσης επιστρέφεται κατά μήκος του ίδιου μονοπατιού και, αφότου φθάνει στον κόμβο πηγής, η μεταφορά στοιχείων αρχίζει.

Συμπεράσματα – Επίλογος

Μέχρι σήμερα, η πλειοψηφία της ερευνητικής εργασίας στον τομέα της δρομολόγησης έχει διεξαχθεί περισσότερο σε σχέση με τους αλγορίθμους δρομολόγησης μόνον, παρά την εξέταση και των απαιτήσεων και των δυνατοτήτων των δικτύων και της αλληλεπίδρασης με τις άλλες διαχειριστικές λειτουργίες. Αλλά ο προσεκτικός σχεδιασμός και η διαχείριση των δικτύων πρέπει να αναπτυχθούν ώστε να εξασφαλίσουν ότι οι πολλές διαφορετικές υπηρεσίες μπορούν να υπάρξουν στην ίδια υποδομή αποτελεσματικά με τον μικρότερο πιθανό συμβιβασμό των πολύ διαφορετικών απαιτήσεών τους απόδοσης και εύρους ζώνης συχνοτήτων.

Κίνητρο για περαιτέρω έρευνα αποτελεί το γεγονός ότι η υποστήριξη QoS στα υπάρχοντα ATM πρωτοκόλλα δρομολόγησης δεν είναι ισχυρή, καθώς περιορίζεται στις παραμέτρους της σύνδεσης και τις απαιτήσεις των τελικών χρηστών και δεν υποστηρίζεται η επαναδιαπραγμάτευση της ποιότητας υπηρεσίας QoS. Από την άλλη η δρομολόγηση που βασίζεται στη δρομολόγηση της QoS παρουσιάζεται ευέλικτη και ισχυρή αφού επιτρέπει στην ετερογενή και υψηλής αφαιρετικότητας έννοια της ποιότητας υπηρεσίας (QoS) να συγκεκριμενοποιηθεί και να υποστηριχθεί.

Στόχοι περαιτέρω έρευνας αποτελούν η επινόηση νέων, πολλαπλής διανομής, τεχνικών προσπέλασης στο ATM που να παρέχουν ισχυρή υποστήριξη QoS, καθώς και η ανάπτυξη αξιόπιστων και επεκτάσιμων πρωτοκόλλων δρομολόγησης ομάδας για ATM δίκτυα που να υποστηρίζουν πολλαπλή προσπέλαση και να βασίζονται στην QoS και να μπορούν να αντιμετωπίζουν τα ακόλουθα ζητήματα: Τις ετερογενείς απαιτήσεις QoS των μελών της ομάδος, τις απαιτήσεις QoS και τις δεσμεύσεις των πόρων δικτύου με την από άκρο σε άκρο εγγύηση QoS, την δυναμική προσχώρηση και αποχώρηση των μελών της ομάδος, την από πολλά σημεία προς πολλά σημεία σύνδεση διαμέσου ενός δένδρου πολλαπλής διανομής, την δυναμική επαναδιαπραγμάτευση των απαιτήσεων QoS και την επεκτασιμότητα και αντοχή στις αστοχίες του δικτύου

Η πρόκληση που αντιμετωπίζεται είναι ότι η λύση πρέπει να αποτελεί μια ισορροπημένη εξισορρόπηση μεταξύ των ακόλουθων κριτηρίων: Απόδοση, εξελιξιμότητα, ευρωστία, διαλειτουργικότητα, ευκολία εφαρμογής και η επινόηση ενός ευρετικού (heuristic) πολλαπλής διανομής αλγόριθμου δρομολόγησης που να βασίζεται σε πολλαπλά μετρικά της QoS.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1]. Technical Committee. Traffic Management Specification
Version 4.1 AF-TM-0121.000 March 1999

Πρόκειται για την επίσημη έκδοση του Atm Forum που αναλύει λεπτομερώς τις παραμέτρους QoS.

[2] Πομπόρτσος Α., «Εισαγωγή στις νέες τεχνολογίες επικοινωνιών», (Α. Τζιόλα 1997)

[3] Δίκτυα Υπολογιστών – ANDREW S. TANENBAUM

[4] McDysan, David E. and Spohn, Darren L., ATM Theory and Application, McGraw Hill

[5] David Griffin, INTEGRATED COMMUNICATIONS MANAGEMENT OF BROADBAND NETWORKS, *Crete University Press, 1996*

[6] Addressing: Reference Guide AF-RA-0106.000, ATM Forum February, 1999

[7] Addressing: User Guide version 1.0 AF-RA-0105.000, ATM Forum, January, 1999

[8] QoS-based Routing in Networks with Inaccurate Information: Theory and Algorithms
Roch Guerin, Ariel Orda

[9] An Evaluation of Routing and Admission Control Algorithms for Multimedia Traffic in Packet_Switched Networks Sanjeev Rampal_Douglas S_Reeves and Dharma P_Agrawal

[10] D. P. Griffin, P. Georgatsos, A general framework for routing management in multi-service ATM networks

[11] The ATM Forum Technical Committee, Domain-based rerouting for active point-to-point calls version 1.0 af-cs-0173.000, August 2001

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

[1]. http://www.geocities.com/amit_sood9/atm_ser_cat.htm

Στη διεύθυνση αυτή, υπάρχει άρθρο του A.Sood, από το Ινστιτούτο Thapar στην Ινδία Introduction to ATM traffic management. Ένα άρθρο σχετικά με τη διαχείριση της κυκλοφορίας στα ATM.

[2]. <http://conta.uom.gr>

Η διεύθυνση του Computer Networks & Telematics Applications Lab, του Πανεπιστημίου Μακεδονίας, όπου υπάρχει υλικό για τα ATM δίκτυα και εργασίες Μεταπτυχιακών φοιτητών και των υποψήφιων διδασκόντων.

[3]. <http://www.atmforum.com>

Η διεύθυνση αυτή παραπέμπει στο πιο ενημερωμένο site πάνω στα ATM δίκτυα, γιατί είναι του ATM Forum. Περιέχει πληθώρα άρθρων καθώς και όλες τις προδιαγραφές που περιγράφουν και ορίζουν τις προδιαγραφές και το κανονιστικό πλαίσιο του ATM.

[4] <http://www.cisco.com/>

Πρόκειται για το δικτυακό τόπο μεγάλης εταιρίας κατασκευής δικτυακού εξοπλισμού. Περιέχει εκτός από περιγραφή και οδηγίες χρήσης του εξοπλισμού της εν λόγω εταιρίας και εισαγωγικά και ιδιαίτερος κατανοητά εισαγωγικά εδάφια για τις τεχνολογίες και τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται και ειδικά και για το ATM και την δρομολόγηση αυτού,

[6] <http://www.informit.com>

Πρόκειται για το δικτυακό όπου φιλοξενείται μεγάλος αριθμός από άρθρα επιπέδων που αφορούν θέματα υπολογιστών, δικτύωσης και επικοινωνιών. Τα άρθρα αυτά ποικίλουν σημαντικά ως προς το βάθος της ανάλυσης και ως προς την ευκολία κατανόησης Επίσης παρέχει και ενημέρωση και παρουσίαση βιβλίων που αφορούν τα ανωτέρω θέματα.

[7] <http://citeseer.nj.nec.com/>

Πρόκειται για ηλεκτρονική on-line βιβλιοθήκη με την υποστηρίξη της NEC που περιέχει πληθώρα άρθρων, δημοσιεύσεων και αποσπασμάτων βιβλίων πάνω σε διάφορα επιστημονικά θέματα και ειδικότερα σε θέματα υπολογιστών , δικτύων και επικοινωνιών.

[8] <http://computer.org/>

Αποτελεί το επίσημο δικτυακό τόπο της IEEE Computer Society (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.). Μέσα στον δικτυακό αυτό τόπο υπάρχει πλούσιο υλικό που αφορά άρθρα και δημοσιεύσεις για θέματα επάνω στους υπολογιστές και τα δίκτυα υπολογιστών

[9] <http://www.doc.ic.ac.uk/>

Αποτελεί το επίσημο δικτυακό τόπο του Department of Computing του Imperial College of Science, Technology and Medicine University of London όπου και περιέχει Εικονική βιβλιοθήκη καθώς επίσης και αναδημοσιεύσεις άρθρων που έχουν δημοσιευθεί σε διάφορα επιστημονικά περιοδικά και στο διαδίκτυο.

[10] <http://www.lib.ic.ac.uk/computing/ccabout.htm>

Αποτελεί το επίσημο δικτυακό τόπο του Department of Computing του Imperial College of Science, Technology and Medicine University of London όπου και περιέχει ερευνητικό υλικό και εργασίες μεταπτυχιακών φοιτητών, και υλικό μελέτης για τα διδασκόμενα στο πανεπιστήμιο αυτό μαθήματα που αφορούν υπολογιστές,

[11] <http://portal.acm.org/info/about.cfm>

Αποτελεί είσοδο για την ηλεκτρονική βιβλιοθήκη της ACM που περιέχει άρθρα και δημοσιεύσεις για πρωτοποριακές σκέψεις και βασική έρευνα σε τεχνολογικούς τομείς όπως και οι υπολογιστές και τα δίκτυα αυτών.

[12] www.sciencedirect.com

Η διεύθυνση περιέχει πληροφορίες για διαφόρους επιστημονικούς και ερευνητικούς τομείς. Η συγκεκριμένη διεύθυνση, ανήκει στον τομέα Computer Networks και περιέχει περίληψη και σχήματα από την εργασία των M.Abdelaziz & I.Stavarakakis με τίτλο ‘Adaptive Rate Control in high-speed Networks/Performance Issues’.

[13]. <http://www.networkmagazine.com>

Το περιοδικό Networkmagazine στον κυβερνοχώρο. Στην διεύθυνση αυτή μπορεί κανείς να βρεί πληθώρα από δημοσιεύσεις άρθρων και δίδεται και δυνατότητα υποβολής ερωτήσεων. Η διεύθυνση παραπέμπει σε πολλές διευθύνσεις σχετικά με τα ATM δίκτυα.

[14]. <http://wcl.ee.upatras.gr/>

Το τμήμα των ηλεκτρολόγων μηχανικών και τεχνολογίας Η/Υ του Πανεπιστημίου Πάτρας. Περιέχει δημοσιεύσεις των διδασκόντων πάνω στα Πληροφοριακά Συστήματα, επεξεργασίας φωνής και λόγου, διαχείριση δικτύων κ.α. καθώς και εργασίες μεταπτυχιακών φοιτητών πάνω στα ίδια θέματα.