



University of Macedonia
Economic and Social Studies
Master in Information Systems

Networking Technologies

Algorithms for Billing, Pricing and Charging in
Broadband Networks

Dimitris Papadimitriou

Professor: A.A. Economides

Thessaloniki 2002



**Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα στα Πληροφορικά
Συστήματα**

Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων
Αλγόριθμοι Τιμολόγησης και Χρέωσης Δικτύων
Ευρείας Ζώνης

Δημήτριος Παπαδημητρίου

Υπεύθυνος Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης

Θεσσαλονίκη 2002

Περίληψη

Στα επόμενα χρόνια τα δίκτυα ευρείας ζώνης αναμένεται να αποτελέσουν τον διάδοχο των σημερινών δικτύων, τόσο σε επίπεδο δικτύων Η/Υ όσο και σε επίπεδο άλλων υπηρεσιών που απαιτούν μετάδοση δεδομένων σε μεγάλες ή μικρότερες ταχύτητες. Η εφαρμογή τους, παρόλα αυτά, συναντά αρκετές δυσκολίες που ξεκινούν από την υλοποίησή τους σε επίπεδο καλωδίωσης και εξοπλισμού, ενώ σημαντικό θέμα αποτελεί και ο τρόπος τιμολόγησης και χρέωσής τους.

Τα δίκτυα ευρείας ζώνης έρχονται για να καλύψουν ανάγκες, οι οποίες απαιτούν διάφορα επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών (QoS). Εφαρμογές τηλεφωνίας, τηλεδιασκέψεων, internet και πολλές άλλες, πρέπει να συμπεριληφθούν κάτω από ένα ενιαίο δίκτυο, συνεπώς κάτω από συνδεδεμένα σχήματα χρέωσης. Χαρακτηρίζονται όμως από μεγάλες διαφορές σε όγκο μεταδιδόμενων πληροφοριών, ρυθμό μετάδοσης, ανεκτές καθυστερήσεις κλπ.

Στην παραπάνω πολυπλοκότητα προστίθεται και η ανάγκη για απλά και κατανοητά σχήματα χρέωσης, τα οποία θα δώσουν στο χρήστη την έμμεση ευκαιρία να συμβάλει στην καλύτερη αξιοποίηση του δικτύου.

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζονται αναλυτικά τα παραπάνω θέματα και παρατίθενται προτάσεις για τη δημιουργία αλγορίθμων χρέωσης. Παρουσιάζονται οι κατηγορίες των χρηστών των δικτύων ευρείας ζώνης, οι εναλλακτικές αρχές στις οποίες μπορεί να βασιστεί ένα σχήμα χρέωσης, καθώς και αναλυτικά βήματα για τον σχηματισμό του.

Summary

In the following years broadband networks are expected to become the successor of today's networks, not only as far as computer networks are concerned, but also other applications that demand data transmission in high or low rates. However, their implementation is hurdled by several difficulties that begin with hardware replacement issues, while another important matter is the way they should be priced and charged.

Broadband networks are likely to satisfy numerous needs, which demand several levels of quality of services (QoS). Applications such as telephony, teleconferencing, Internet and many others, must be embodied into a single network, thus under unified charging schemes. Needless to say, that these applications are characterized by significant differences in data volume, transmission rate, tolerable delays etc.

In this complicity, the need of simple and tangible charging schemes should be added. This way, the network user will have the opportunity to take active role in the optimal usage of the network.

This assignment is focused on introducing theses issues and providing some proposals for the construction of charging algorithms. There are being introduced categories of broadband network users, principles on which a charging scheme may adhere to, along with steps required to be taken for it's formation.

1 Περιεχόμενα

1 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	4
2 ΠΕΡΙ ΔΙΚΤΥΩΝ ΕΥΡΕΙΑΣ ΖΩΝΗΣ, Β-ISDN.....	6
3 ΈΝΝΟΙΕΣ ΧΡΕΩΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΕΥΡΕΙΑΣ ΖΩΝΗΣ	8
3.1 Ενιαία Αντιμετώπιση Υπηρεσιών.....	8
3.2 Σχήματα Χρέωσης και Αλληλεπίδραση Χρήστη-Δικτύου	10
4 ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ.....	12
4.1.1 Ενθάρρυνση χρήσης του Δικτύου.....	12
4.1.2 Κατηγορίες Συμβολαίων Χρήσης / Χρέωσης	12
4.1.3 Πλαίσιο Δημιουργία Συμβολαίων	13
4.1.4 Στοιχεία που Απαρτίζουν τα Σχήματα Χρέωσης.....	15
4.2 Κατηγορίες Χρέωσης	15
4.2.1 Στατική ή Δυναμική Χρέωση	15
4.2.2 Χρέωση βάσει αξίας ή πόρων (value-based / resource based).....	16
4.2.3 Χρέωση χρήσης ή σύμβασης.....	16
4.2.4 Προσανατολισμός στην τεχνολογία ή στην αγορά.....	16
5 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΚΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ.....	18
5.1 Αναλυτικά βήματα Δημιουργίας Αλγορίθμου.....	18
5.2 Χρεώσεις γραμμικές ως προς Χρόνο και Φόρτο.....	19
5.3 Χρέωση ATM σε παροχές υπηρεσιών	21
6 ΤΑ PROJECTS CAN-CAN ΚΑΙ CAS\$MAN.....	23
6.1 CAN-CAN Project	23
6.1.1 Βασικοί Στόχοι.....	23

6.1.2	Τεχνική Προσέγγιση.....	24
6.1.3	Συμπεράσματα	24
6.2	CAS\$hMAN Project.....	25
6.2.1	Βασικοί Στόχοι.....	25
6.2.2	Τεχνική Προσέγγιση.....	25
6.2.3	Συμπεράσματα	26
7	ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	27
8	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	28
8.1	Πηγές Internet	29

2 Περι Δικτύων Ευρείας Ζώνης, B-ISDN

Η τεχνολογία N-ISDN (narrowband ISDN) αποτελεί μέχρι σήμερα την πιο κοινή γέφυρα επικοινωνίας, τόσο για την τηλεφωνία, όσο και απλές εφαρμογές δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών, προσφέροντας ικανοποιητικές ταχύτητες (έως 144 kbps) με αρκετά χαμηλό κόστος. Φαίνεται να αποτελεί λύση η οποία θα ικανοποιεί τις ανάγκες μας για τα επόμενα χρόνια, αν και μετά από κάποιο βαθμό περιορίζει τις απαιτήσεις σύγχρονων εφαρμογών όπως τηλεδιασκέψεων, μετάδοσης τηλεοπτικού σήματος καθώς και άλλων εφαρμογών με υψηλές απαιτήσεις σε εύρος ζώνης (bandwidth).

Για αυτές ακριβώς τις εφαρμογές, αλλά και για την ενιαία αντιμετώπιση όλων των εφαρμογών μετάδοσης δεδομένων μέσα από ένα καθολικό δίκτυο, δημιουργήθηκε η τεχνολογία B-ISDN (broadband ISDN). Τα δίκτυα B-ISDN (ISDN ευρείας ζώνης), τα οποία στηρίζονται στην τεχνολογία ATM (asynchronous transfer mode), μπορούν να προσφέρουν ταχύτητες έως 155Mbps και αποτελούν τη νέα πρόκληση στο χώρο των τηλεπικοινωνιών.

Τα θέματα που προκύπτουν από την προσπάθεια εφαρμογής των δικτύων Ευρείας Ζώνης είναι πολλά και σημαντικά. Γι αυτό και η εφαρμογή τους γίνεται με μικρά βήματα, περισσότερο σε επίπεδο παροχής υπηρεσιών προς εταιρείες τηλεπικοινωνιών, ενώ η εφαρμογή τους σε επίπεδο χρηστών αναμένεται να καθυστερήσει αρκετά.

Τα δίκτυα B-ISDN φέρουν την τεχνολογία μεταγωγής πακέτου (packet-switching), ανατρέποντας την μετάλλαξη κυκλώματος (circuit switching) στην οποία στηριζόταν το παγκόσμιο τηλεφωνικό δίκτυο του περασμένου αιώνα. Το μεγαλύτερο λοιπόν μέρος της εμπειρίας που συσσωρεύτηκε εδώ και 100 χρόνια περνά στην ιστορία, μια που δεν μπορεί να προσφέρει σημαντική βοήθεια.

Ταυτόχρονα, η μετάδοση B-ISDN δεν μπορεί να υλοποιηθεί μέσω της υπάρχουσας καλωδίωσης, αλλά ούτε και μέσω των υπάρχοντων κέντρων μεταγωγής που φέρουν την τεχνολογία time division. Αυτό σημαίνει ότι όλη η

υπάρχουσα καλωδίωση πρέπει να αντικατασταθεί από οπτικές ίνες, ενώ τα κέντρα θα πρέπει να φέρουν την τεχνολογία packet division¹.

¹ A.Tanembaum - Computer Networks, 1996

3 Έννοιες Χρέωσης Δικτύων Ευρείας Ζώνης

3.1 Ενιαία Αντιμετώπιση Υπηρεσιών

Μαζί με την ανατροπή των τεχνολογιών που αναφέρθηκαν παραπάνω, σημαντικές αλλαγές θα σημειωθούν και στον τομέα της χρέωσης των υπηρεσιών.

Το σημερινό τοπίο των δικτύων N-ISDN καθώς και των άλλων αναλογικών γραμμών, όσον αφορά στους τρόπους χρέωσής τους, είναι ξεκάθαρο, καθώς στηρίζεται σε συγκεκριμένα επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών (quality of service). Κάθε πακέτο έχει την ίδια πιθανότητα να καθυστερήσει ή να χαθεί σε περιπτώσεις συμφόρησης. Ως αποτέλεσμα, η τιμολογιακή πολιτική των εταιρειών παροχής τηλεφωνίας και υπηρεσιών Internet αντιμετωπίζει με τον ίδιο τρόπο όλους τους χρήστες, προσφέροντάς τους, σε γενικές γραμμές, παρόμοιες υπηρεσίες οπότε και παρόμοιες χρεώσεις. Στο χώρο των χρηστών με μεγαλύτερες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης, υπάρχουν διάφορες υπηρεσίες, οι οποίες καλύπτουν τις ανάγκες τους. Μια σειρά από τεχνολογίες, τόσο σε φυσικό όσο και σε επίπεδο δικτύου, προσφέρουν αρχιτεκτονικές που καλύπτουν σε γενικές γραμμές τις υπάρχουσες ανάγκες, σε Internet και Intranet. Και σε αυτό το χώρο, το επιχειρηματικό κόστος είναι σταθερό και προβλέψιμο.

Στο χώρο των δικτύων B-ISDN διαφορετικές υπηρεσίες καλύπτονται κάτω από ένα κοινό δίκτυο, σε αντίθεση με την υπάρχουσα κατάσταση, όπου μια σειρά από δίκτυα καλύπτουν μοναδικές υπηρεσίες. Υπάρχει η προσδοκία ότι στις επόμενες δεκαετίες, τα περισσότερα από τα σημερινά δίκτυα παροχής μιας και μόνο υπηρεσίας, θα αντικατασταθούν από ένα μοναδικό δίκτυο που θα στηρίζεται στην τεχνολογία της μεταγωγής πακέτου (packet-switched). Έτσι, τηλεφωνικά δίκτυα για την μετάδοση φωνής, τηλεοπτικά δίκτυα για την μετάδοση εικόνας καθώς και το Internet για την μεταφορά δεδομένων, θα συμπεριληφθούν σε ένα ενιαίο δίκτυο τεχνολογίας ATM. Σε ένα δίκτυο ATM,

οποιαδήποτε μορφή πληροφορίας μετατρέπεται σε μια σειρά από πακέτα συγκεκριμένου μήκους που μεταφέρονται στο φυσικό επίπεδο.

Στον τομέα της χρέωσης του δικτύου, το πρακτικό πρόβλημα που προκύπτει, είναι το πώς είναι δυνατό να ακολουθηθεί μια ενιαία πολιτική χρέωσης, για όλες αυτές τις διαφορετικές υπηρεσίες. Η διαφοροποίηση μπορεί να παρατηρείται στα παρακάτω χαρακτηριστικά :

- Όγκο δεδομένων (σε αριθμό πακέτων)
- Βαθμός καθυστέρησης
- Ρυθμός μετάδοσης
- Εγγυημένη λήψη πακέτων (acknowledgement)

Για παράδειγμα, στη μετάδοση τηλεοπτικού σήματος (HDTV) εκατοντάδες χιλιάδες κελιά μεταδίδονται το δευτερόλεπτο, την ώρα που οι χρήστες που εκτελούν τηλεφωνικές κλήσεις χρειάζονται μόλις μερικές εκατοντάδες κελιά το δευτερόλεπτο. Οι χρήστες telnet μπορούν να δεχθούν μερικά μόνο δευτερόλεπτα καθυστέρησης, ενώ η αποστολή e-mail μπορεί να ανεχθεί αρκετά μεγαλύτερη. Σε επίπεδο ρυθμού μετάδοσης, η χρήση του WWW δημιουργεί ξεσπάσματα μετάδοσης κελιών, ενώ η μεταφορά αρχείων (FTP) γίνεται με σταθερό ρυθμό μετάδοσης. Τέλος, ενώ στη μετάδοση φωνής, υπό συγκεκριμένη κωδικοποίηση, μια συνομιλία μπορεί να πραγματοποιηθεί με κάποιο βαθμό απώλειας κελιών, στην μετάδοση εικόνας, οι απώλειες πρέπει να είναι πολύ μικρότερες².

Σημαντικό ερώτημα παραμένει το κατά πόσο η απόσταση μετάδοσης πρέπει να αποτελεί και αυτή παράμετρο σε ένα μοντέλο χρέωσης, ανάλογα με το είδος της υπηρεσίας που παρέχεται.

² Qiong Wang, Jon M. Peha, and Marvin A. Sirbu - The Design of an Optimal Pricing Scheme for ATM Integrated-Services Networks, 1995

3.2 Σχήματα Χρέωσης και Αλληλεπίδραση Χρήστη-Δικτύου

Στην προηγούμενη παράγραφο παρουσιάστηκαν τα θέματα που προκύπτουν από την ποικιλία των υπηρεσιών, τις οποίες μπορούν να προσφέρουν τα δίκτυα ευρείας ζώνης. Ένα πρώτο συμπέρασμα που θα μπορούσε να εξαχθεί από αυτές τις παρατηρήσεις, είναι ότι ένα σχήμα χρέωσης (charging scheme) το οποίο καλύπτει όλες τις παραπάνω ανάγκες, ενώ ταυτόχρονα είναι και δίκαιο τόσο για τους χρήστες όσο και για τους παροχείς υπηρεσιών δικτύων, θα πρέπει να είναι αρκετά πολύπλοκο.

Παρόλα αυτά, μια ακόμα παράμετρος που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σχηματισμό ενός αλγορίθμου χρέωσης, είναι το ότι πρέπει να είναι κατανοητός από τον χρήστη. Με αυτό τον τρόπο, το σχήμα χρέωσης θα αποτελεί και εργαλείο ελέγχου του δικτύου. Ο χρήστης πρέπει να μπορεί να κάνει κατάλληλη χρήση του δικτύου, έτσι ώστε να μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες του με το μικρότερο γι αυτόν κόστος. Θα γίνεται έτσι σωστότερη εκμετάλλευση και οικονομία στους πόρους του δικτύου. Αυτή είναι η βασική ιδέα της δημιουργίας κινήτρων (incentive compatibility) για τους χρήστες του δικτύου, έτσι ώστε αυτοί να συμβάλλουν στον έλεγχο και την ομαλή λειτουργία του.³

Για την επίτευξη αυτού του σκοπού, κατά την επιλογή ενός νέου σχήματος χρέωσης, τα βήματα που θα πρέπει να ακολουθήσει ο διαχειριστής του δικτύου (network operator) έχουν ως εξής : αρχικά, μια σειρά από εναλλακτικές επιλογές χρέωσης που συνδέονται με συγκεκριμένα επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών (quality of service) επιλέγονται βάσει της υφιστάμενης λειτουργίας του δικτύου. Αυτές οι επιλογές χρέωσης παρέχουν κίνητρα στους χρήστες να αλλάξουν τα συμβόλαιά τους με σκοπό να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Από την άλλη πλευρά, ο διαχειριστής του δικτύου πρέπει να προσαρμόσει τη λειτουργία του, σύμφωνα

³ Costas Courcoubetis, Frank P. Kelly, Vasilios A. Siris and Richard Weber - A study of simple usage-based charging schemes for broadband networks, 2000

με τα νέα αυτά συμβόλαια, έτσι ώστε να εγγυηθεί την παροχή των υποσχόμενων υπηρεσιών. Μπορεί λοιπόν να αναπροσαρμόσει τις επιλογές χρέωσης και πάλι, προσπαθώντας να πετύχει την κατάλληλη ισορροπία μεταξύ των πόρων του δικτύου, των αναγκών των χρηστών αλλά και της σωστής χρέωσης.

Αυτή η αλληλεπίδραση μεταξύ του δικτύου και των χρηστών, επιφέρει έμμεσα την βέλτιστη οικονομικά αξιοποίηση του δικτύου, με τον ίδιο τρόπο που θα το έκανε και ο διαχειριστής του δικτύου, αν γνώριζε με ακρίβεια το βαθμό χρήσης του δικτύου από κάθε χρήστη ξεχωριστά.

4 Συστάσεις

Παρακάτω παρουσιάζονται μια σειρά από προτάσεις επιχειρηματικών κανόνων που σχετίζονται με την εφαρμογή των δικτύων ευρείας ζώνης (B-ISDN, ATM) κυρίως από την πλευρά της πολιτικής χρέωσής τους⁴.

4.1.1 Ενθάρρυνση χρήσης του Δικτύου

Κρίνοντας από την μέχρι τώρα πολιτική χρέωσης των δικτύων N-ISDN, αλλά και των υπηρεσιών Internet, VPN κλπ σε συνδυασμό με το επίπεδο υπηρεσιών, αλλά και το επίπεδο και τον αριθμό των υπηρεσιών που μπορεί να προσφέρουν τα δίκτυα ευρείας ζώνης, υπάρχει η ανησυχία ότι θα δημιουργηθούν τιμές αρκετά υψηλές (ενώ ένα ακόμα πρόσθετο κόστος για τους χρήστες φαίνεται να είναι η αντικατάσταση του εξοπλισμού σύνδεσης). Το δυνατότερο, λοιπόν, σημείο των δικτύων ATM, δηλαδή το μεγάλο εύρος ζώνης (broad bandwidth) εκλαμβάνεται και ως κίνδυνος.

Τα διάφορα σχήματα χρέωσης που θα υιοθετηθούν, θα πρέπει να ενθαρρύνουν τον χρήστη να εκμεταλλεύεται το δίκτυο στο βαθμό που του είναι αναγκαίο και όχι να τον «τιμωρεί».

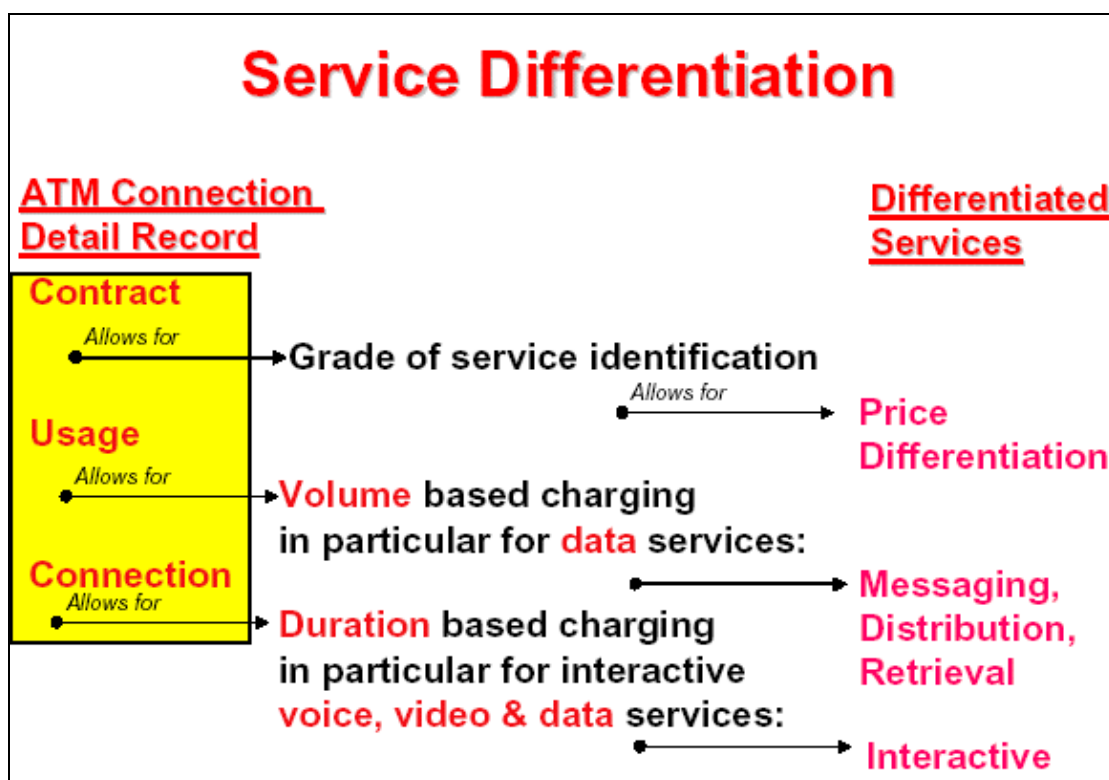
4.1.2 Κατηγορίες Συμβολαίων Χρήσης / Χρέωσης

Είναι προφανές ότι ανάλογα με την ποιότητα των υπηρεσιών που απαιτούν οι εφαρμογές του κάθε χρήστη (βλέπε 3.1 παραπάνω), θα πρέπει να δημιουργηθούν αντίστοιχα συμβόλαια χρήσης-χρέωσης-παροχής υπηρεσιών του δικτύου. Για παράδειγμα, μια απλή κατηγοριοποίηση θα ήταν η κατάταξη των χρηστών-πελατών σε οικιακούς χρήστες, μικρομεσαίες επιχειρήσεις (SME's) και μεγαλύτερες επιχειρήσεις ή επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών. Ενδεχομένως να πρέπει να δημιουργηθούν και άλλες υποκατηγορίες

⁴ CANCAN consortium - CANCAN Final Report, 1998

συμβολαίων, που να περιορίζονται σε συγκεκριμένα είδη και επίπεδα υπηρεσιών.

Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να μπορεί ο χρήστης να αναγνωρίζει τις κατηγορίες συμβολαίων, ανάμεσα στις οποίες θα πρέπει αν επιλέξει την καταλληλότερη γι αυτόν, ενώ ταυτόχρονα αυτές οι κατηγορίες να περιγράφουν αναλυτικά ποιες είναι οι παράμετροι οι οποίες καθορίζουν την χρέωση.



Εικόνα 1 - Διαφοροποίηση Υπηρεσιών ATM⁵

4.1.3 Πλαίσιο Δημιουργία Συμβολαίων

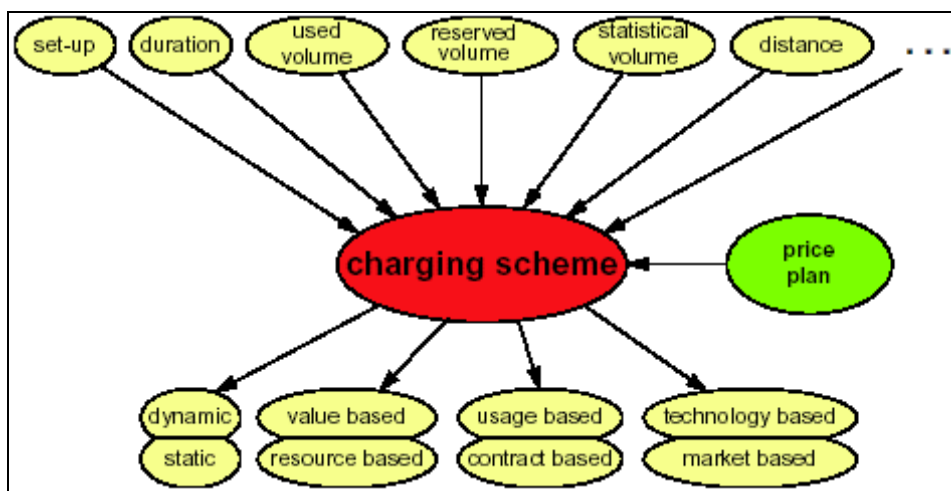
Για τη δημιουργία ενός γενικού πλαισίου δημιουργία συμβολαίων είναι απαραίτητο να ξεκαθαριστούν τα στοιχεία που απαρτίζουν την πλειονότητα των συμβολαίων :

- Συμβαλλόμενες πλευρές

⁵ CANCAN consortium - CANCAN Final Report, 1998

- Ειδικά χαρακτηριστικά
- Ποιότητα υπηρεσιών (quality of service)
- Περιορισμοί
- Έλεγχος και προστασία συμβαλλομένων
- Πληρωμές
- Συμφωνία δασμών (tariffing)
- Διαδικασίες χρέωσης
- Ποινές και Εκπτώσεις
- Εγκαταστάσεις παρακολούθησης χρέωσης

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την πλήρη κατανόηση των παραπάνω εννοιών βλ. CAN-CAN Final Report, 1998.



Εικόνα 2 – Σύνοψη Σχήματος Χρέωσης βάσει ποσοτικών μεγεθών (επάνω μέρος) και άλλων ποιοτικών αρχών χρέωσης (κάτω μέρος)⁶

⁶ CANCAN consortium - CANCAN Final Report, 1998

4.1.4 Στοιχεία που Απαρτίζουν τα Σχήματα Χρέωσης

Για την καλύτερη κατανόηση και ανάλυση των σχημάτων χρέωσης, είναι απαραίτητο να δημιουργήσουμε ένα μοντέλο στο οποίο να περιέχονται όλα τα γενικά στοιχεία που τα απαρτίζουν (βλ. Εικόνα 2).

Ένα σχήμα χρέωσης μπορεί για παράδειγμα να απαρτίζεται από τα παρακάτω τέσσερα στοιχεία :

1. παράμετροι χρέωσης που περιγράφουν αριθμητικά την «ποσότητα» των χρησιμοποιούμενων υπηρεσιών
2. παραμέτρους δασμών (tariff parameters) που περιγράφουν τους προηγούμενους αριθμούς σε χρηματικές μονάδες
3. ιδιότητες που προσθέτουν επιπλέον παραμέτρους που σχετίζονται με διάφορες υπηρεσίες και περιβάλλοντα χρήσης
4. μια συνάρτηση-αλγόριθμο χρέωσης, η οποία να μετατρέπει τις παραμέτρους και ιδιότητες σε ποσά χρέωσης για τη χρήση των υπηρεσιών.

4.2 Κατηγορίες Χρέωσης

Για μια αρχική κατηγοριοποίηση των σχημάτων χρέωσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω αρχές χρέωσης⁷. Είναι χρήσιμο να σημειωθεί ότι αυτές οι αρχές δεν αποκλείουν η μια την άλλη. Ένα σχήμα χρέωσης μπορεί να είναι ταυτόχρονα στατικό και δυναμικό (βλ. παρακάτω), ενώ μπορεί να συνδυάζει χαρακτηριστικά και από άλλους τρόπους χρέωσης.

4.2.1 Στατική ή Δυναμική Χρέωση

Στην στατική χρέωσης οι τιμές είναι προκαθορισμένες, εξαρτώμενες από τις απαιτούμενες υπηρεσίες, και η συνολική χρέωση μπορεί να υπολογιστεί

⁷ CANCAN consortium - CANCAN Final Report, 1998

εξαρχής προσεγγιστικά. Αντίθετα, στη δυναμική χρέωση, οι τιμές μεταβάλλονται είτε με αργούς είτε με γρήγορους ρυθμούς. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μη αναμενόμενες χρεώσεις, εκτός και αν οι τιμές της κάθε υπηρεσίας είναι με κάποιο τρόπο προκαθορισμένες.

4.2.2 Χρέωση βάσει αξίας ή πόρων (value-based / resource based)

Όταν η χρέωση γίνεται βάσει των πόρων που χρησιμοποιούνται, το σχήμα χρέωσης αντανακλά το κόστος αυτών των πόρων, όπως το bandwidth και ο χρόνος σύνδεσης. Συνήθως τα σχήματα αυτού του είδους είναι πολυπλοκότερα σε σχέση με αυτά που βασίζονται στην αξία των υπηρεσιών (value-based). Στα τελευταία, δίνεται βαρύτητα είτε στην αξία των υπηρεσιών όπως αυτή γίνεται αντιληπτή από τον πελάτη, είτε στην αξία η οποία υπαγορεύεται από τον παροχέα των υπηρεσιών. Αυτή η αξία μπορεί να καθορίζεται ακόμα και από μονοπώλια, ανταγωνισμό και άλλους κανόνες marketing.

4.2.3 Χρέωση χρήσης ή σύμβασης

Ένα παράδειγμα χρέωσης βάσει χρήσης (usage-based) είναι η χρέωση του μεταφερόμενου όγκου δεδομένων, ενώ η χρέωση στη σύμβαση συνήθως συνοδεύεται από ένα προκαθορισμένο όριο συχνότητας κελιών (cell rate peak). Στο στάδιο της εφαρμογής ενός σχήματος χρέωσης βάσει της χρήσης, εισάγεται πολυπλοκότητα λόγω της ανάγκης για εκτενείς υπολογισμούς. Αντίθετα, στο δεύτερη περίπτωση, η χρέωση μετατρέπεται κυρίως σε θέμα διαχείρισης (βλ. παράγραφο 3.2 παραπάνω).

4.2.4 Προσανατολισμός στην τεχνολογία ή στην αγορά

Μια ακόμα αρχή βάσει της οποίας μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τα σχήματα χρέωσης είναι ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζονται στον χρήστη. Η παρουσίαση ενός σχήματος που βασίζεται, για παράδειγμα, στο εύρος ζώνης, ίσως είναι δυσνόητη για τον χρήστη.

Επίσης, ένα σχήμα χρέωσης με προσανατολισμό στην αγορά, ίσως λαμβάνει περισσότερο υπόψη τον ανταγωνισμό παρά την υπάρχουσα τεχνολογία, και

συνήθως περιλαμβάνει λεπτομέρειες όπως μονάδες, πίνακες τιμών (αντί συναρτήσεις) κλπ.

5 Αλγόριθμοι και Εξισώσεις

5.1 Αναλυτικά βήματα Δημιουργίας Αλγορίθμου⁸

Έστω ότι ο χρόνος διαιρείται σε διαδοχικά διαστήματα τιμολόγησης μήκους T . Η τιμή ανά μονάδα του εύρους ζώνης στο εικονικό μονοπάτι V_q (virtual path), π_q , αναγγέλλεται από το δίκτυο στην έναρξη κάθε διαστήματος τιμολόγησης και παραμένει σταθερό κατά τη "διάρκεια" του διαστήματος. Ως εκ τούτου κάθε χρήστης λύνει ένα πρόβλημα μεγιστοποίησης για να αποφασίσει το βέλτιστο μέσο εύρος ζώνης τους b_{rq} , και διαβιβάζει ακριβώς $b_{rq} \cdot T$ τα κελιά (cells) κατά τη διάρκεια του διαστήματος. Σε κάθε κόμβο του δικτύου, μετριέται η κατάληψη του διαθέσιμου buffer, επιτρέποντας στο διαχειριστή του δικτύου να υπολογίσει την πρόσθετη δαπάνη κάθε buffer όσον αφορά το συνολικό ποσοστό εισόδου.

Εάν αυτές οι πρόσθετες δαπάνες είναι ίσες με τις τιμές που αναγγέθηκαν, τότε οι βέλτιστες συνθήκες του συστήματος ικανοποιούνται. Αν όχι, οι τιμές πρέπει να ενημερωθούν για να διορθωθούν οι διαφορές. Μια περίληψη αυτής της διαπραγμάτευσης μεταξύ του δικτύου και των χρηστών δίνεται από τον ακόλουθο αλγόριθμο κατανομής εύρους ζώνης:

- Βήμα 0 : ο διαχειριστής του δικτύου επιλέγει τις αρχικές τιμές
- Βήμα 1 : ο διαχειριστής του δικτύου αναγγέλλει τις τιμές στους χρήστες στην αρχή του τρέχοντος διαστήματος χρέωσης
- Βήμα 2 : οι χρήστες ανταποκρίνονται επιλέγοντας το δικό τους προκαθορισμένο buffer
- Βήμα 3 : ο διαχειριστής του δικτύου υπολογίζει το οριακό κόστος του buffer σε σχέση με το bandwidth

⁸ John Murphy, Resource Allocation in ATM Networks, 1996

- ο Βήμα 4. ο διαχειριστής του δικτύου προσαρμόζει τις τιμές για να μειώσει τη διαφορά μεταξύ των αρχικών αναγγελιών και της χρήσης που πραγματοποιείται.

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται και πάλι από το Βήμα 1.

5.2 Χρεώσεις γραμμικές ως προς Χρόνο και Φόρτο⁹

Ανάλογα με το ποιες από τις αρχές χρέωσης θα επιλέξουμε (βλ. παράγραφο 4.2) για τη δημιουργία ενός σχήματος και για κάθε υπηρεσία που θα προσφέρει το δίκτυο, μπορούμε να δημιουργήσουμε τις εξισώσεις-αλγορίθμους χρέωσης ανά υπηρεσία. Για παράδειγμα, για την μεταφορά ενός αρχείου (π.χ. υπηρεσία Internet FTP) μέσω του δικτύου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω εξίσωση¹⁰ :

$$UsageCharge = FixedCharge + E * Time + F * Volume$$

Παρατηρούμε ότι η χρέωση (*UsageCharge*), δημιουργείται από τους τρεις παρακάτω όρους :

- ένα σταθερό όρο (*FixedCharge* – Πάγια Χρέωση)
- ένα όρο που εξαρτάται από τον χρόνο ($E * Time$), όπου ο συντελεστής *E* είναι η χρέωση στη μονάδα του χρόνου και ο Διάρκεια (*Time*) είναι η διάρκεια της σύνδεσης κατά την οποία μεταφέρεται το αρχείο
- και ένα όρο που εξαρτάται από τον όγκο ($F * Volume$) του αρχείου σε κελιά (*cells*), όπου ο συντελεστής *F* είναι η χρέωση ανά κελί.

⁹ Costas Courcoubetis, Frank P. Kelly, Vasilios A. Siris and Richard Weber - A study of simple usage-based charging schemes for broadband networks, 2000

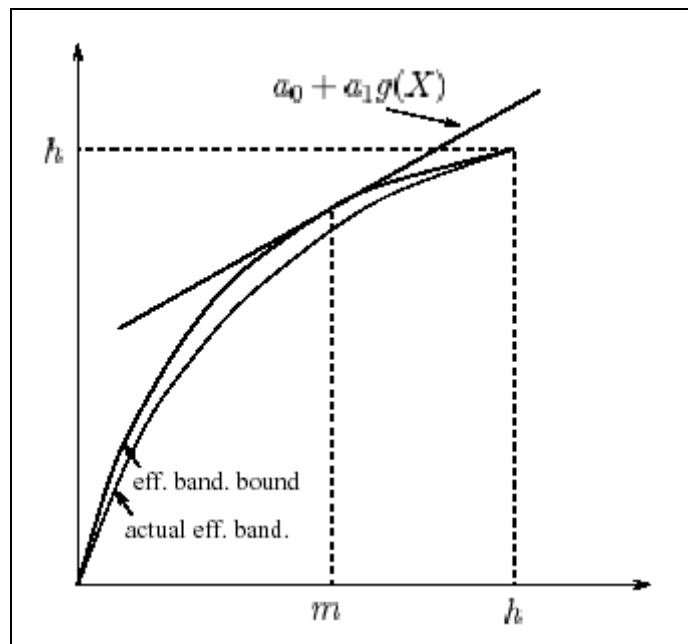
¹⁰ D.Botvich, Y.Chen, T.Curran, B.Kerswell, J.McGibney, D.Morris - On Charging for Internet Services provided over an ATM network

Ανάλογα με τις τιμές που θα δώσουμε στις παραμέτρους E, F και FixedCharge, δημιουργούμε εξισώσεις που ακολουθούν συγκεκριμένες αρχές. Είναι προφανές ότι αν μηδενίσουμε τους συντελεστές E και F θα έχουμε σταθερή χρέωση (π.χ. χρέωση σύμβασης – βλ. 4.2.3 παραπάνω).

Υποθέστε ότι μια σύνδεση διαρκεί για χρόνο από 1 έως T και παράγει το φορτίο από X_1 έως X_T σε αυτούς τους χρόνους. Φανταστείτε ότι θέλουμε να εφαρμόσουμε χρέωση ανά μονάδα χρόνου για μια σύνδεση τύπου j που μπορεί να εκφραστεί με την γραμμική σχέση της μορφής :

$$f(X) = a_0 + a_1g(X) \quad (4)$$

όπου το $g(X)$ είναι ο μετρημένος μέσος ρυθμός $(1/T) \sum_{i=1}^T X_i$. Με άλλα λόγια, η συνολική δαπάνη είναι απλά μια συνάρτηση του συνολικού αριθμού κελιών που μεταφέρονται και, μέσω της παραμέτρου a_0 , της διάρκειας της σύνδεσης. Αυτή είναι ουσιαστικά η απλούστερη μέτρηση που θα μπορούσαμε να πάρουμε και οδηγεί σε σχήματα χρέωσης που εξαρτώνται μόνο από τον χρόνο και τον όγκο δεδομένων. Στη συνέχεια θα δούμε πως, χρησιμοποιώντας εξισώσεις της μορφής 4, να κατασκευάσουμε χρεώσεις που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα bandwidths.



Εικόνα 3 – Ο χρήστης χρεώνεται σύμφωνα με την εφαπτομένη του εφαρμοζόμενου εύρους ζώνης

Έστω ότι $\bar{a}(m, h)$ είναι το ανώτερο όριο από ένα πιθανό εύρος ζώνης, το οποίο υπόκειται σ ένα συμβόλαιο h , ενώ ο μέρος ρυθμός μετάδοσης είναι m . Το τιμολόγιο που δημιουργούμε καθορίζεται από τη συνάρτηση f , παραμετροποιημένη κατά m και h . Μαθηματικά, αυτό εκφράζεται από την εφαπτομένη του $\bar{a}(m, h)$ στο m (βλ. Εικόνα 3) :

$$f(m, h, X) := \bar{a}(m, h) + \lambda_m(g(X) - m) \quad (5)$$

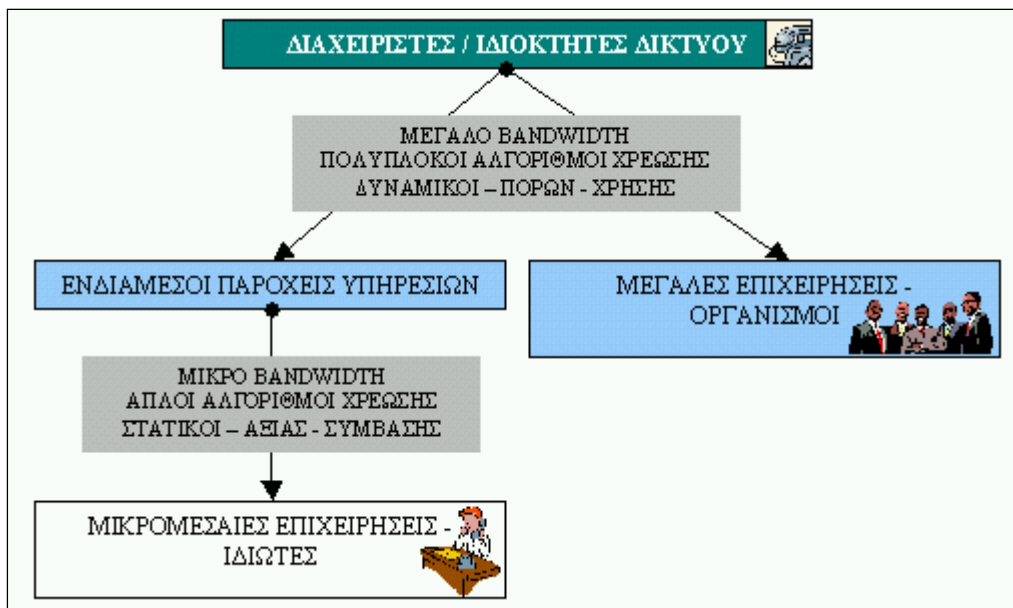
που είναι της μορφής $a_0 + a_1g(X)$, όπου $a_0[m, h] = \bar{a}(m, h) - \lambda_m m$, $a_1[m, h] = \lambda_m = \frac{\partial}{\partial m} \bar{a}(m, h)$.

Το σχέδιο χρέωσής μας λειτουργεί ως εξής. Στη δημιουργία της σύνδεσης και λαμβάνοντας υπόψη σύμβαση φόρτου h (που επιλέγεται από το χρήστη), ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ τιμολογήσεων της μορφής (a_0, a_1) . Αυτά τα ζεύγη αντιστοιχούν στις εφαπτομένες του εφαρμοζόμενου εύρους ζώνης που περιορίζεται από το $\bar{a}(m, h)$ για διάφορες μέσες τιμές.

5.3 Χρέωση ATM σε παροχές υπηρεσιών

Τα δίκτυα ευρείας ζώνης που στηρίζονται στην τεχνολογία ATM χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα κυρίως από παροχής υπηρεσιών (service providers) ως τεχνολογία backbone, για την παροχή υπηρεσιών, όπως frame relay, προς τους τελικούς χρήστες. Για το σκοπό αυτό έχουν δημιουργηθεί κατηγορίες υπηρεσιών οι οποίες απευθύνονται σε αγοραστές όπως μεγάλες επιχειρήσεις, πανεπιστήμια κλπ. Οι μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις (SMEs) ενδιαφέρονται σίγουρα και αυτές για τις παραπάνω υπηρεσίες, όπως βέβαια και ο οικιακός χρήστης, είναι όμως απίθανο να μπορούν να δαπανήσουν τους πόρους που χρειάζεται – ανθρώπινο δυναμικό, χρηματικό κεφάλαιο - για να τις εκμεταλλευτούν σε αυτό το επίπεδο. Αυτός είναι ένας πολύ σημαντικός ρόλος για την προσθήκη ενός επιπέδου υπηρεσιών μεταξύ αυτών των χρηστών και των ιδιοκτητών / διαχειριστών του δικτύου (βλ. Εικόνα 4).

Οι εμπορικές υπηρεσίες ATM στηρίζονται σε μόνιμα εικονικά κυκλώματα (virtual circuits) και τιμολογούνται κυρίως βάσει του μοντέλου μισθωμένων γραμμών με συμβόλαια μακράς διάρκειας. Διάφορα projects όπως το CAN-CAN και το CAS\$MAN (βλ. κεφάλαιο 6 παρακάτω) ερευνούν την πιθανότητα να ακολουθηθεί χρέωση βάσει της χρήσης (βλ. 4.2.3 παραπάνω). Το ερώτημα



Εικόνα 4 - Επίπεδα Χρήσεις Δικτύων Ευρείας Ζώνης και Τάσεις Χρέωσης

που προκύπτει είναι το ποια ενδείκνυται να είναι η βασική μονάδα χρέωσης στην περίπτωση που οι υπηρεσίες ATM πωλούνται μαζικά.

Ως μονάδα χρέωσης θα μπορούσαμε να επιλέξουμε μεταξύ διάφορων λύσεων ανάλογα με τις παρεχόμενες υπηρεσίες, όπως :

- Αριθμό ηλεκτρονίων/ φωτονίων
- Αριθμό απεσταλμένων e-mail
- Αριθμός κελιών (cells)
- Όριο ρυθμού εκπομπής κελιών (peak cell rate) κλπ.

6 Τα projects CAN-CAN και CAS\$MAN

Παρακάτω γίνεται μια σύντομη παρουσίαση δυο σημαντικών μελετών σχετικά με την χρέωση δικτύων ευρείας ζώνης. Παρουσιάζονται οι στόχοι τους, οι τεχνικές προσεγγίσεις που ακολουθήθηκαν καθώς και τα συμπεράσματα τα οποία έχουν εξαχθεί μέχρι σήμερα.

6.1 CAN-CAN Project

6.1.1 Βασικοί Στόχοι¹¹

Το πρόγραμμα στοχεύει στο να παρέχει την Τεχνολογική Έρευνα και Ανάπτυξη στον τομέα της χρέωσης των δικτύων ATM και των συμβάσεων υπηρεσιών ευρείας ζώνης. Ο βασικός στόχος αυτού του προγράμματος είναι να ερευνηθεί η φύση τέτοιων συμβάσεων τόσο στις μακροπρόθεσμες πτυχές τους (που αφορά τις συμφωνίες επιπέδων υπηρεσιών) όσο και στις βραχυπρόθεσμες πτυχές τους (όπως το πώς οι πτυχές της σύμβασης μπορούν να συζητηθούν κατά τη διάρκεια της καθιέρωσης σύνδεσης).

Στο πρόγραμμα CAN-CAN συμμετέχουν οι παρακάτω εταιρείες και οργανισμοί:

Teltec

Telefonica I&D

Nederlandse Philips

Queen Mary and Westfield College

Nortel plc

Telia AB

Lund Institute of Technology

¹¹ CANCAN consortium - CANCAN Final Report, 1998

6.1.2 Τεχνική Προσέγγιση

Η απόδοση των διάφορων σχεδίων χρέωσης αξιολογείται με προσομοίωση. Τα μοντέλα που αναπτύσσονται για χαρακτηριστικές πηγές κυκλοφορίας, έτσι ώστε οι προβλέψεις απόδοσης θα βασιστούν στα ρεαλιστικά στοιχεία. Οι απαιτήσεις QoS για τους διάφορους τύπους κυκλοφορίας θα είναι τέτοιες, έτσι ώστε να αξιολογηθεί η πληροφορία που επιστρέφεται από τους χρήστες στις αλλαγές της ισορροπίας μεταξύ QoS και της τιμής. Αυτό οδηγεί λογικά σε μια έρευνα για τη σχέση μεταξύ της χρέωσης και του ελέγχου ροής. Οι αυξήσεις στην τιμολόγηση των υπηρεσιών του ATM θα αναγκάσουν προφανώς την προσφερθείσα κυκλοφορία να μειωθεί, το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως τμήμα μιας στρατηγικής ελέγχου συμφόρησης. Αναπτύσσεται μια αρχιτεκτονική για να υποστηρίξει τις διαδικασίες λογιστικής που απαιτούνται για να μετασχηματίσουν τα ακατέργαστα στοιχεία από τους μηχανισμούς χρέωσης, σε μια μορφή κατάλληλη για τον πελάτη, στα πλαίσια ενός περιβάλλοντος προστασίας των πελατών. Αυτή η αρχιτεκτονική θα εφαρμοστεί, χρησιμοποιώντας τους switches που υποστηρίζουν τα σχέδια χρέωσης που επιλέγονται.

6.1.3 Συμπεράσματα

Το πρόγραμμα προβλέπει την οργάνωση ενός φόρουμ χρηστών για να παρέχει μια προσανατολισμένη προοπτική στην αγορά. Τα διάφορα συστήματα θα αξιολογηθούν για τη συνέπειά τους, μέσω των υπαίθριων δοκιμών που περιλαμβάνουν περίπου 20 χρήστες. Οι χρήστες θα επιλεγούν προσεκτικά για να εξασφαλιστεί ένα αποτελεσματικό μίγμα των αντιπροσώπων από όλους τους τομείς της ευρυζωνικής αγοράς. Αυτό θα εξασφαλίσει ότι όλες οι απαραίτητες απόψεις προσαρμόζονται στο πρόγραμμα.

6.2 CAS\$hMAN Project

6.2.1 Βασικοί Στόχοι¹²

Στόχος του έργου CA\$hMAN είναι η μελέτη, ανάπτυξη, εφαρμογή, ο έλεγχος και η σύγκριση σχημάτων χρέωσης για δίκτυα ATM/ATM. Αυτό θα επιτευχθεί με την ανάπτυξη των κατάλληλων μοντέλων τιμολόγησης, την αποδοτική εφαρμογή τους στο υλικό και το λογισμικό και την εκτενή χρήση των εθνικών εγκαταστάσεων για την επικύρωση και την απόκτηση σημαντικής πληροφορίας από τους χρήστες (feedback). Στο έργο συμμετέχουν οι εταιρείες και οργανισμοί που φαίνονται παρακάτω.

GR	Intrasoft SA	NL	Royal PTT Nederland NV
F	Ascom Monetel	N	Telenor Research
N	Ericsson AS	CH	Telcom AG
GR	ICS-FORTH	USA	University of California at Berkeley
USA	Lucent Technologies	UK	University of Cambridge
UK	Lyndewode Research		

6.2.2 Τεχνική Προσέγγιση

Τα σχέδια χρέωσης έχουν αναπτυχθεί για τις εγγυημένα επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών καθώς επίσης και για τις υπηρεσίες ABR που απεικονίζουν τη χρήση δικτύων με ακρίβεια και μεγιστοποιούν το όφελος και του χρήστη και του διαχειριστή δικτύων. Αναζητείται ένα ενοποιημένο πλαίσιο που να καλύπτει αυτά τα σχέδια και να επιτρέπει τον έξυπνο υπολογισμό παρά την ειδική επιλογή των σχετικών παραμέτρων φόρτου. Αυτά τα μοντέλα εφαρμόζονται επικερδώς όταν γίνεται σωστή εκμετάλλευση της διαμορφωμένης

¹² CA\$hMAN - Charging and Accounting Schemes in Multi-Service ATM Networks

κυκλοφορίας και τεχνολογιών ελέγχου. Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που παρέχονται από τις υπάρχουσες τεχνολογίες για την παρακολούθηση τη διαμόρφωση της κυκλοφορίας δικτύων έχουν εμπλουτιστεί προκειμένου να υποστηριχθούν οι νέοι περίπλοκοι μηχανισμοί τιμολόγησης και να αναλυθούν οι απαιτήσεις τέτοιων μηχανισμών στη διοικητική αρχιτεκτονική δικτύων. Αυτή η αρχιτεκτονική θα εστιάσει στη λειτουργία διοικητικού στρώματος υπηρεσιών και θα τονίσει τα ζητήματα της διαφάνειας και της διανομής και στις δικτυακές γειτονιές δικτύων και χρηστών. Οι δοκιμές εκτελούνται σε τρεις εθνικές εγκαταστάσεις για την επικύρωση των μοντέλων.

6.2.3 Συμπεράσματα

Στο πρόγραμμα CA\$hMAN έχει πραγματοποιηθεί ένα αρχικό σύνολο δοκιμών που επικύρωσε, με την πραγματική κυκλοφορία, τα διάφορα σχέδια τιμολόγησης που αναπτύχθηκαν μέχρι τώρα, ενώ επίσης παρουσίασε αποδείξεις για την αξιοπιστία της πλατφόρμα της CA\$hMAN. Οι δοκιμές έχουν συμπεριλάβει τους πεπειραμένους χρήστες των ATM μέχρι σήμερα και θα περιλάβουν ένα ευρύτερο φάσμα των χρηστών στο μέλλον. Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι αυτών των δοκιμών είναι:

- να γίνει φανερή η τεχνική δυνατότητα πραγματοποίησης των προηγμένων σχημάτων χρέωσης, που περιλαμβάνουν τον εκτενή έλεγχο των συνδεδεμένων χρηστών.
- να καταδείξει τη συνδυασμένη λειτουργία του ελέγχου της κυκλοφορίας, απόδοσης, ελέγχου και χρέωσης
- να αξιολογηθεί και να καταδειχθεί η σχέση μεταξύ της τιμολόγησης των μοντέλων και της χρήσης των στοιχείων συμπεριφοράς των δικτύων
- να παρατηρηθεί η συμπεριφορά χρηστών ως απάντηση στα διαφορετικά σχέδια χρέωσης για τις διαφορετικές υπηρεσίες.

Υπάρχουν τρεις πειραματικές εγκαταστάσεις όπου οι δοκιμές πραγματοποιούνται: στην Ολλανδία, στην Ελβετία και στη Νορβηγία.

7 Επίλογος – Συμπεράσματα

Τα δίκτυα ευρείας ζώνης αποτελούν τον αντικαταστάτη των σημερινών δικτύων. Τα δίκτυα που επικράτησαν τον προηγούμενο αιώνα παρείχαν και συνεχίζουν και σήμερα, ίσως και για τα αμέσως επόμενα χρόνια, να παρέχουν ικανοποιητικές υπηρεσίες σε επίπεδο τηλεφωνίας και δικτύων πληροφοριών. Το μοντέλο τιμολόγησης που ακολουθούν χαρακτηρίζεται από σταθερές και κατανοητές χρεώσεις που γίνονται δεκτές από τους χρήστες σε μεγάλο βαθμό, σε συνδυασμό με τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Είναι προφανές ότι το καθεστώς χρέωσης που θα υιοθετηθεί στην περίπτωση των δικτύων ευρείας ζώνης, θα πρέπει να ενθαρρύνει τη χρήση του δικτύου.

Η απαίτηση για υπηρεσίες Internet/Intranet, τηλεδιασκέψεων κ.α. που καλούνται να λύσουν τα δίκτυα ευρείας ζώνης, αναμένεται να αυξηθούν τόσο σε αριθμό συνδέσεων όσο και σε όγκο μεταδιδόμενων δεδομένων. Είναι ανάγκη λοιπόν, να δημιουργηθούν σχήματα χρέωσης που δεν αποθαρρύνουν τη χρήση του δικτύου, αλλά ταυτόχρονα δίνουν κίνητρα στους χρήστες να συμβάλουν και αυτοί στην έλεγχο και την καλύτερη εκμετάλλευση του εύρους ζώνης. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, θα πρέπει να δημιουργηθούν κατανοητοί αλγόριθμοι – σχήματα.

Κατηγοριοποιώντας τους χρήστες σε διάφορα επίπεδα, όπως οικιακοί χρήστες, μικρομεσαίες επιχειρήσεις κλπ., επιλέγουμε κάθε φορά τις κατάλληλες αρχές που θα βασίζεται μια πολιτική τιμολόγησης.

8 Βιβλιογραφία

- [1] **A.Tanembaum** - *Computer Networks*, 1996
- [2] **Q.Wang, J.M.Peha, and M.A.Sirbu** - *The Design of an Optimal Pricing Scheme for ATM Integrated-Services Networks*, 1995
- [3] **C.Courcoubetis, F.P.Kelly, V.A.Siris, R.Weber** - *A study of simple usage-based charging schemes for broadband networks*, 2000
- [4] **CANCAN consortium** - *CANCAN Final Report*, 1998
- [5] **J.Murphy** - *Resource Allocation in ATM Networks*, 1996
- [6] **D.Botvich, Y.Chen, T.Curran, B.Kerswell, J.McGibney, D.Morris** - *On Charging for Internet Services provided over an ATM network*
- [7] **CA\$hMAN** - *Charging and Accounting Schemes in Multi-Service ATM Networks*
- [8] **F.P.Kelly** - *Charging and Accounting for Bursty Connections*, 1995
- [9] **J.Misic, S.T.Chanson** - *Charging Schemes for ATM Networks Based on Virtual Effective Bandwidths*, 1997
- [10] **N.Economides** - *The Economics of Networks*, 1995
- [11] **L.A.DaSilva** - *Pricing for QoS-Enabled Networks: A Survey*, Virginia Polytechnic Institute and State University
- [12] **C.Courcoubetis, F.Kelly, R.Weber** - *Measurement-based usage charges in communications networks*
- [13] **D.S.Elsevier** - *Charging Communication Networks: From Theory to Practice*, Amsterdam 1999

8.1 Πηγές Internet

[1] <http://www.ics.forth.gr/netgroup/>

Η σελίδα του Εργαστηρίου Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων του Ινστιτούτου Πληροφορικής (ICS-FORTH). Ασχολείται με την έρευνα σε θέματα απόδοσης δικτύων, ποιότητας υπηρεσιών, χρέωσης κλπ.

[2] <http://www.nwfusion.com/edge/research/billing.html>

Το Network World Fusion είναι on-line περιοδικό με πολλά θέματα σχετικά με δίκτυα. Η παραπάνω διεύθυνση σχετίζεται με θέματα χρέωσης δικτύων.

[3] <http://mgmt.iisc.ernet.in/~netecon/use.html>

Ιστοσελίδα ερευνητικής ομάδας που ασχολείται με την έρευνα σε θέματα οικονομίας δικτύων, στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Ινδίας

[4] http://www.cordis.lu/en/src/g_011_en.htm

Cordis : Δικτυακή τοποθεσία με πολυάριθμα ερευνητικά άρθρα

[5] <http://www.moremagic.com/>

Εταιρεία που ασχολείται με θέματα χρέωσης δικτύων, όπως χρέωση σε μονάδες όγκου, αλλά και έρευνα για ευέλικτα και ασφαλή μοντέλα χρέωσης.

[6] <http://www.stern.nyu.edu/networks/site.html>

Ιστοχώρος που δημιουργήθηκε από τον Νικόλα Οικονομίδη. Υπάρχουν πληροφορίες για θέματα οικονομίας των δικτύων, όπως δίκτυα τηλεφωνίας, internet, virtual networks κλπ.