

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΤΑ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2^η ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ:
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ
(Διδάσκ. Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης)

ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ:
ΟΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ
ΤΗΝ ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ
ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ

Εισηγητής:
ΑΝΔΡΕΑΣ ΤΑΒΕΛΟΥΔΗΣ
ΑΜ: Μ28/99

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2000

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Abstract	2
Περίληψη	4
1. Εισαγωγή	6
2. Εισαγωγή στην τιμολόγηση τηλεπικοινωνιών	7
2.1 Γενικές Παραδοχές Οικονομικής Θεωρίας Τιμολόγησης Τηλεπικοινωνιών	8
2.2 Κυριότεροι Τύποι Τιμολόγησης	8
2.2.1 Γραμμικές Τιμολογήσεις (Linear Tariffs)	8
2.2.2 Μη γραμμική τιμολόγηση (Nonlinear Tariffs)	10
2.2.3 Τιμολόγηση βασισμένη στο κόστος (Cost-based Tariffs)	11
3. Το Internet ως Ενιαίο Δίκτυο	12
3.1 Το τρέχον μοντέλο τιμολόγησης του διαδικτύου	13
3.2 Προβλήματα σημερινού σχήματος πληρωμής	13
3.3 Τιμολόγηση	14
4. Τιμολόγηση Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών	16
4.1 Ολοκλήρωση Υπηρεσιών – ATM Δίκτυα	18
4.2 Καταλληλότερη Τιμολόγηση	19
4.3 Τιμολόγηση ATM Δικτύων	20
4.3.1 Τιμολόγηση ATM Πρόσβασης και Χρήσης	21
5. Τιμολόγηση Συμφόρησης	22
5.1 Εισαγωγή στην Τιμολόγηση Συμφόρησης Δικτύου	22
5.2 Βέλτιστη Τιμολόγηση με Βάση την Χρήση του Δικτύου	22
5.2.1 Το σταθερό κόστος παροχής υποδομής δικτύου	24
5.2.2 Το προσαυξημένο κόστος σύνδεσης στο δίκτυο	24
5.2.3 Το κόστος επέκτασης της δυναμικότητας του δικτύου	25
5.2.4 Περίληψη Τιμολόγησης	26
5.3 Εφαρμόζοντας Τιμολόγηση Συμφόρησης ‘Εξυπνου Πακέτου’	26
5.4 Ακραία Τιμολόγηση	27
5.4.1 Διαδικασία Προσέγγισης κόστους συμφόρησης	27
5.4.2 Διαδικασία Τιμολόγησης	29
5.5 Κριτική της βέλτιστης Τιμολόγησης	30
5.5.1 Σχετικότητα του οριακού κόστους συμφόρησης	30
5.5.2 Προσεγγισιμότητα κόστους συμφόρησης	32
5.6 Κριτική Σχήματος τιμολόγησης ‘Εξυπνου Πακέτου’	32
6. Ο ρόλος του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα	34
6.1 Τρέχουσα κατάσταση ISDN υπηρεσιών στον ΟΤΕ	35
7. Συμπεράσματα	37
Βιβλιογραφία – Αρθρογραφία	39

Abstract

The composition of the pricing scheme that exists today (Regional Payment Scheme) enforce all users to be adoptive to the same balance of values. It does not provide a way to recognize those individual users that would be disposed to pay more in order to be served better.

There are many important issues related to pricing in computer networks. In the following years, the internet will pass through significant technological changes that will lead to the integration of services to the networks, providing the ability for individual users to choose the class of service most adequate to their needs. The optimal pricing scheme for every class of services is determined by the elasticity of demand for the particular service, as well as the opportunity cost for the service provision. The opportunity cost is determined from the required performance and the type of the traffic for every class service. The demand for network services varies according to the time of the day. For that reason various policy schemes have been developed. The quality of services depends from the distribution of the delay time of the packets of the specific connection.

The ATM networks provide a buffer platform on which different classes of services may be offered. ATM pricing is consist of two primary elements: access and use. The access element contains a constant monthly price and the usage prices varies according to the classes of the quality of services that the specific connection offer. ATM classes correlate the demand for quality and the traffic features that are suitable for a given aggregate of applications.

The delay of packets cause a social cost when the network is congested. The cost of sending one packet when the network is congested is positive. That is, if my packet intercept or delay another user's packet, I will be charged the cost that I impose to the other user. The packet that is more important will be sent causing delay to all other packets. This cost must be charged to the user that his or her packet was sent with no delay.

There are generally two classes of congestion pricing models in the literature. The first class of congestion pricing model is based on static algorithms and the second class involve dynamic or adjustable algorithms.

A dynamic pricing model is the Smart Market (Packet) model. In this model every packet has a field 'bid' in the heading in order to indicate how much the sender is

willing to pay to send a packet. In another dynamic pricing model for the estimation of the congestion cost, the ability for estimation of the loss of the utility of one user because of the usage of another user, is needed. This model of optimal pricing request knowledge not only for the usage of the network but also for the current congestion condition along the entire path.

Using an efficient pricing scheme of integrated services must be combined with pricing scheme sensible to the quality of services and usage – based.

Περίληψη

Το σημερινό ‘τοπικό’ μοντέλο τιμολόγησης στο διαδίκτυο αφήνει πολλά περιθώρια τροποποίησης του. Η σύνθεση της τιμολογιακής πολιτικής που ακολουθείται σήμερα αναγκάζει τους χρήστες να προσαρμοστούν στο ίδιο ισοζύγιο αξιών, δηλαδή δεν παρέχει κάποιο τρόπο να αναγνωριστούν οι χρήστες αυτοί που θα πλήρωναν παραπάνω για να έχουν καλύτερη υπηρεσία και να εξυπηρετηθούν κατάλληλα.

Στα επόμενα χρόνια το διαδίκτυο θα περάσει από σημαντικές τεχνολογικές αλλαγές οι οποίες θα οδηγήσουν σε ολοκλήρωση των υπηρεσιών στα δίκτυα παρέχοντας την δυνατότητα της επιλογής των υπηρεσιών από τον χρήστη. Η καταλληλότερη τιμολόγηση για κάθε υπηρεσία καθορίζεται από την ελαστικότητα της ζήτησης για την συγκεκριμένη υπηρεσία, όσο και από το κόστος ευκαιρίας για την προμήθεια της υπηρεσίας. Το κόστος ευκαιρίας καθορίζεται από τους απαιτούμενους στόχους απόδοσης και τον τύπο της κυκλοφορίας για κάθε υπηρεσία. Εφόσον η ζήτηση για υπηρεσίες δικτύου αλλάζει ανάλογα με την ώρα της μέρας, αναπτύχθηκαν σχήματα τιμολόγησης ποικίλου χρόνου. Συγκεκριμένα μοντέλα μέτρησης της ποιότητας των υπηρεσιών έχουν αναπτυχθεί. Η ποιότητα των υπηρεσιών μετρείται από την κατανομή του χρόνου καθυστέρησης των πακέτων που μεταδίδονται στην συγκεκριμένη σύνδεση.

Τα ATM δίκτυα παρέχουν μια ουδέτερη πλατφόρμα πάνω στην οποία διαφορετικές υπηρεσίες μπορούν να προσφερθούν. Η τιμολόγηση του ATM δικτύου στηρίζεται σε δυο πρωταρχικά στοιχεία: πρόσβασης και χρήσης. Το στοιχείο της πρόσβασης περιλαμβάνει μια σταθερή μηνιαία τιμή ενώ οι τιμές χρήσης ποικίλουν ανάλογα με τις τάξεις της ποιότητας των υπηρεσιών που παρέχονται από την σύνδεση. Οι ATM τάξεις συσχετίζουν τις απαιτήσεις σε ποιότητα και τα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας που είναι κατάλληλα για ένα συγκεκριμένο σύνολο εφαρμογών.

Η καθυστέρηση πακέτων στο δίκτυο προκαλεί κάποιο κοινωνικό κόστος όταν το δίκτυο είναι υπερφορτωμένο. Το κόστος αποστολής ενός πακέτου όταν το δίκτυο είναι υπερφορτωμένο είναι θετικό. Δηλαδή αν το δικό μου πακέτο εμποδίζει ή καθυστερεί το πακέτο κάποιου άλλου χρήστη, τότε θα πρέπει να πληρώσω το κόστος που υποβάλλω στον άλλο χρήστη. Το πακέτο που είναι πιο σημαντικό θα σταλεί

προκαλώντας όμως καθυστέρηση σε άλλα πακέτα το κόστος της οποίας πρέπει να αναλάβει αυτός που το πακέτο του στάλθηκε χωρίς καθυστέρηση.

Στην κατηγοριοποίηση των μοντέλων τιμολόγησης συμφόρησης επικρατούν δυο τάξεις. Η πρώτη τάξη αφορά στα μοντέλα τιμολόγησης συμφόρησης που στηρίζονται σε στατικούς αλγόριθμους ενώ η δεύτερη τάξη περιλαμβάνει τα μοντέλα εκείνα τα οποία χρησιμοποιούν δυναμικούς ή προσαρμοστικούς αλγόριθμους υπολογισμού.

Ένα μοντέλο δυναμικής τιμολόγησης είναι το μοντέλο 'Έξυπνου Πακέτου'. Στο μοντέλο αυτό το κάθε πακέτο θα έχει ένα πεδίο 'bid' στην επικεφαλίδα για να δείχνει πόσο ο αποστολέας είναι διατεθειμένος να πληρώσει για να το στείλει. Με βάση το μοντέλο αυτό μπορεί να καθοριστεί μια τιμή ισορροπίας. Η τιμή ισορροπίας σε οποιοδήποτε σημείο είναι το 'bid' του οριακού χρήστη που χρησιμοποιεί το δίκτυο.

Στο μοντέλο δυναμικής ακραίας τιμολόγησης για τον υπολογισμό του πραγματικού κόστους συμφόρησης απαιτείται να υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού της απώλειας ωφέλειας ενός χρήστη λόγω της χρησιμοποίησης του δικτύου από κάποιο άλλο χρήστη. Αυτό απαιτεί γνώση όχι μόνο της χρήσης που γίνεται αλλά επιπλέον γνώση της τρέχουσας κατάστασης συμφόρησης κατά μήκος ολόκληρου του μονοπατιού.

Ένα αποτελεσματικό δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών θα πρέπει να συνδυάζεται με ένα τιμολογιακό σχήμα ευαίσθητο στην ποιότητα των υπηρεσιών και βασισμένο στην χρήση.

1. Εισαγωγή

Στα τελευταία χρόνια γίνεται όλο και περισσότερο συνηθισμένη η χρήση πολυμεσικών εφαρμογών τηλεσυνεδρίασης, και διάφορες άλλες μορφές πολυμεσικής επικοινωνίας. Η παροχή ολοκληρωμένων υπηρεσιών σε ένα δίκτυο, αποτελεί την ουσιαστική εκείνη ικανότητα να μεταφέρονται ταυτόχρονα φωνή, βίντεο και δεδομένα. Αυτή η ολοκλήρωση δεν είναι μόνο θέμα αύξησης της ταχύτητας αλλά θα απαιτήσει ουσιαστικές αλλαγές στην αρχιτεκτονική των δικτύων. Η τεχνολογία ATM δικτύων αναμένεται να επικρατήσει στα επόμενα χρόνια.

Η απόδοση του δικτύου δεν εξαρτάται μόνο από την τεχνολογική εξέλιξη και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του δικτύου αλλά επίσης και από το προσφερόμενο βάρος δηλαδή τις καταστάσεις εκείνες που θα προκαλέσουν συμφόρηση στο δίκτυο. Ο κάθε επιπλέον χρήστης του δικτύου προκαλεί στο δίκτυο κάποια υπερφόρτωση, ανάλογα με τις χρησιμοποιούμενες υπηρεσίες που λαμβάνει, η οποία προκαλεί κάποιες αρνητικές επιπτώσεις στην συνολική απόδοση του δικτύου.

Περά όμως από τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά αναμένεται η εφαρμογή ολοκληρωμένων υπηρεσιών να έχει άμεση σχέση με τις τιμολογιακές πολιτικές που μέχρι τώρα ακολουθούσαν οι τηλεπικοινωνιακές εταιρείες και γενικότερα οι προμηθευτές υπηρεσιών. Η ολοκλήρωση πολλαπλών υπηρεσιών σε ένα μόνο δίκτυο, δημιουργεί οικονομίες κλίμακας αλλά παράλληλα η ετερογένεια των υπηρεσιών περιπλέκει τις αποφάσεις τιμολόγησης.

Σε αυτή την εργασία επιχειρείται μια ανάλυση των επιπτώσεων των αλλαγών στα τεχνολογικά χαρακτηριστικά του δικτύου, που θα οδηγήσουν σε δίκτυα πολλαπλών τάξεων υπηρεσίας, στις τιμολογιακές πολιτικές που ακολουθούνται για την κοστολόγηση των υπηρεσιών.

Στο τμήμα 2 γίνεται μια εισαγωγή στις θεωρίες τιμολόγησης των τηλεπικοινωνιών οι οποίες αποτελούν την βάση εξαγωγής διαφόρων μοντέλων τιμολόγησης της παροχής υπηρεσιών δικτύου. Στο τμήμα 3 παρουσιάζεται η σημερινή υποδομή του διαδικτύου ως ένα ενιαίο δίκτυο και οι πολιτικές τιμολόγησης που ακολουθούνται. Στα τμήματα 4 και 5 παρουσιάζονται αντίστοιχα η τιμολόγηση πολλαπλών υπηρεσιών μέσα από την τεχνολογία ATM και οι επιπτώσεις της συμφόρησης στην εξέλιξη τιμολογιακών πολιτικών.

2. Εισαγωγή στην τιμολόγηση τηλεπικοινωνιών

Στα τελευταία είκοσι χρόνια έχουν γίνει επαναστατικές τεχνολογικές και θεσμικές αλλαγές στις τηλεπικοινωνίες. Αυτές οι αλλαγές – περιλαμβάνουν καλώδια οπτικών ινών και ψηφιακών μεταγωγών, ανταγωνισμό υπηρεσιών μακρινών αποστάσεων – έχουν προφανείς επιπτώσεις στην θεωρία και πρακτική της τηλεπικοινωνιακής τιμολόγησης.

Η οικονομική θεωρία της τιμολόγησης έχει επεκταθεί ουσιωδώς. Νέες και τροποποιημένες μέθοδοι τιμολόγησης των φυσικά-μονοπωλιακών υπηρεσιών έχουν αναπτυχθεί, σχεδιασμένες να πετύχουν υψηλή οικονομική απόδοση και αποδεκτά καταναμημένα αποτελέσματα. Επιπλέον, θεωρητικά αποτελέσματα έχουν επεκταθεί για να περικλείσουν την εισαγωγή και την ανταγωνιστική προμήθεια σε αγορές πολλαπλών προϊόντων.

Μπορούμε να θεωρήσουμε τις τηλεπικοινωνίες την δύο κατευθύνσεων ανταλλαγή πληροφοριών στην μορφή φωνής ή ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ δυο χρηστών σε ξεχωριστές γεωγραφικές τοποθεσίες. Συχνά είναι χρήσιμο να θεωρήσουμε τους χρήστες ως τερματικούς κόμβους σε ένα δίκτυο, και τις βασικές τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες σαν απλές τηλεφωνικές ‘κλήσεις’ μεταξύ των κόμβων. (Πολλά στοιχεία του φωνητικού τηλεπικοινωνιακού δικτύου χρησιμοποιούνται επίσης για την προμήθεια δεδομένων και υπηρεσιών βίντεο). Μια μέθοδος για την προμήθεια τηλεπικοινωνιών είναι η προμήθεια άμεσης, αφοσιωμένης σύνδεσης μεταξύ κάθε ζευγαριού κόμβων. Με αυτή την τεχνολογία το οριακό κόστος μιας σύνδεσης αυξάνεται αμέσως με το μέγεθος του δικτύου, και για περισσότερο από ένα μικρό αριθμό κόμβων γίνεται αναγκαία η εξεύρεση τρόπων για την οικονομία των συνδέσεων.

Τα δίκτυα μεταγωγής εκτελούν αυτήν τη λειτουργία. Για να πετύχουν πλεονεκτήματα οικονομιών κλίμακας, τα σημεία μεταγωγής συγκεντρώνουν τις κυψελίδες που κατευθύνονται στον ίδιο τελικό κόμβο και τις πακετάρουν μαζί για μεγαλύτερη μετάδοση σε περιορισμένο αριθμό υψηλής δυναμικότητας συνδέσεων. Συχνά, οι κλήσεις περνούν μέσω ενδιάμεσων σημείων μεταγωγής και επιπρόσθετες συνδέσεις πριν να φθάσουν σε ένα τερματικό μεταγωγέα, όπου οι κλήσεις διαχωρίζονται για την τελική παράδοση. Σήμερα τα τηλεφωνικά δίκτυα χρησιμοποιούν κυκλώματα μεταγωγής για την κράτηση ενός μονοπατιού για κάθε

κλήση και αφιερώνοντας την αποκλειστικά γι' αυτή τη κλήση. Αυτή η τεχνολογία έρχεται σε αντίθεση με τα δίκτυα μεταγωγής πακέτων που χρησιμοποιούνται για την αλληλοσύνδεση υπολογιστών.

2.1 Γενικές Παραδοχές Οικονομικής Θεωρίας Τιμολόγησης Τηλεπικοινωνιών

Δίνοντας έμφαση στην τιμολόγηση του τηλεπικοινωνιακού τομέα διαχωρίζονται όλες οι επιπτώσεις που οι τηλεπικοινωνιακές δραστηριότητες μπορεί να έχουν σε άλλους τομείς της οικονομίας. Αυτή η προσέγγιση μερικής ισορροπίας, αντί για γενική ισορροπία, είναι δικαιολογήσιμη μόνο εάν οι επιπτώσεις αυτές της τιμολόγησης των τηλεπικοινωνιών στην υπόλοιπη οικονομία είναι όντως μικρές, μη συγκεντρωμένες και μη αναγνωρίσιμες. Εφόσον οι τηλεπικοινωνίες ασχολούνται με την αλληλεπίδραση των ανθρώπων, η μερικής ισορροπίας υπόθεση είναι αρκετά δυνατή. Για παράδειγμα, στην έκταση που η τηλεφωνική τιμολόγηση επηρεάζει την εισαγωγή νέων τεχνολογιών τηλεπικοινωνίας, θα επηρεάσει επίσης και άλλες οικονομικές δραστηριότητες. Αυτές οι άλλες επιδράσεις θα καλυφθούν όλες από αλλαγές της ευημερίας των καταναλωτών και των παραγωγών η οποία διαδοχικά θα οδηγήσει σε άλλες δραστηριότητες.

2.2 Κυριότεροι Τύποι Τιμολόγησης

2.2.1 Γραμμικές Τιμολογήσεις (Linear Tariffs)

Οριακού κόστους Τιμές:

Κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες οι οριακού κόστους τιμές μεγιστοποιούν την ευημερία. Είναι σταθερά βασισμένες στο κόστος, και είναι εύκολα κατανοητές. Ωστόσο η φαινομενική απλότητα των οριακού κόστους τιμών κρύβει προβλήματα μέτρησης, ενδεχόμενες αναποτελεσματικότητες και κύριες θεμελιώδεις δυσκολίες.

Προβλήματα Μέτρησης: Οι επιχειρήσεις δεν παρατηρούν απευθείας τις αλλαγές κόστους που αποδίδονται στις οριακές αλλαγές στην εκροή. Αντί αυτού, οι επιχειρήσεις παρατηρούν τις αλλαγές στο κόστος στην διάρκεια του χρόνου. Τα δεδομένα που κρατούνται στα βιβλία δεν είναι σχεδιασμένα να συσχετίζουν τα κόστη των αλλαγών στις αλλαγές της εκροής. Οικονομετρικές τεχνικές έχουν σχεδιαστεί για

να το κάνουν αυτό. Παρόλα αυτά λόγω των περιορισμών στον αριθμό των παρατηρήσεων και των αλλαγών στην συνάρτηση του κόστους στον χρόνο, τα οικονομετρικά αποτελέσματα είναι ανακριβής και υστερούν των τεχνολογικών και οικονομικών εξελίξεων. Οι μετρήσεις κόστους σε ένα μηχανικό επίπεδο ξεπερνούν κάποια από αυτά τα προβλήματα αλλά είναι δαπανηρά και χρονοβόρα.

Αναποτελεσματικότητες: Η τιμή οριακού κόστους σπάνια καλύπτει το συνολικό κόστος της υπηρεσίας λόγω των οικονομιών κλίμακας. Οι απώλειες που προέρχονται από την οριακού κόστους τιμολόγηση πρέπει να καλυφθούν από κάποιες άλλες πηγές. Αν γίνει αυτό εσωτερικά από την επιχείρηση απαιτείται κάποια άλλης πηγής χρηματοδότηση, πιθανώς, μέσω κάποιας απόκλισης από την οριακή κόστους τιμολόγηση κάποιας άλλης υπηρεσίας. Η εξωτερική επιχορήγηση θα ήταν μια εναλλακτική λύση που όμως θα προκαλούσε διαστροφές και γι' αυτό αποφεύγεται.

Θεμελιώδεις Δυσκολίες: Οι τιμές οριακού κόστους θα πρέπει να καθορίζονται σε σχέση με το πλαίσιο χρόνου της παραγόμενης επέκτασης. Το πρόβλημα εδώ έγκειται στο πως πρέπει να γίνεται αντιληπτό το οριακό κόστος σε σχέση με την επέκταση της διαθέσιμης χρησιμοποιούμενης δυναμικότητας.

Τιμολόγηση προσανατολισμένη στην ζήτηση:

Η γραμμικές τιμολογήσεις είναι αυτές στις οποίες η συνολική δαπάνη του καταναλωτή είναι αναλογική με την ποσότητα που αγοράζει. Οι βέλτιστες γραμμικές τιμές μπορεί να παρουσιάσουν κάποιου τύπου διάκριση τιμής ως προς τις υπηρεσίες και / ή ως προς τους καταναλωτές.

Δυναμική Τιμολόγηση:

Στο στατικό πρόβλημα τιμολόγησης με εξωτερικές οικονομίες κλίμακας, γίνεται η υπόθεση ότι το δίκτυο βρίσκεται σε ισορροπία όλη την ώρα. Οι καταναλωτές ανταποκρίνονται ακαριαία στις αλλαγές της τιμής προσχωρώντας ή αφήνοντας το δίκτυο. Σε οποιοδήποτε σημείο της ώρας, ο κάθε καταναλωτής όταν παίρνει την απόφαση συνδρομής του, υποτίθεται ότι γνωρίζει την τιμή της συνδρομής και τον αριθμό των υπολοίπων που έχουν κάνει συνδρομή. Στην πραγματικότητα όμως δεν υπάρχει κάποιος μηχανισμός ακαριαίας συνεργασίας που θα επέτρεπε μια τέτοια ισορροπία στις συνδρομές για να εμφανίζεται ακαριαία.

Αυτά τα προβλήματα οδηγούν στην δυναμική τιμολόγηση εξωτερικών οικονομιών κλίμακας που λαμβάνουν υπόψη προσαρμογές στην διάρκεια του χρόνου για να εξισορροπηθούν τα επίπεδα αυτών που έχουν συνδρομή. Τα δυναμικά μοντέλα τιμολόγησης αναπτύσσονται παρακάτω.

2.2.2 Μη γραμμική τιμολόγηση (Nonlinear Tariffs)

Η μη γραμμική τιμολόγηση περιλαμβάνει διάκριση υπό την λογική ότι διαφορετικές μονάδες ομογενών εκροών πωλούνται σε διαφορετικές τιμές. Η ανά μονάδα τιμή εξαρτάται από την ποσότητα που αγοράζεται. Ένας λόγος για την διαφορετική τιμολόγηση κάθε μονάδας προϊόντος, είναι όταν η τιμή ελαστικότητας της ζήτησης κυμαίνεται. Είναι εύκολα κατανοητό θέτοντας την σχετική αύξηση στην τιμή του προϊόντος πάνω από το οριακό κόστος αντιστρόφως ανάλογα στην τιμή ελαστικότητας της ζήτησης, η οποία είναι οικονομικά αποδοτική. Εφόσον οι τιμές διαφέρουν από το οριακό κόστος, σημαίνει ότι προωθείται κάποια μονοπωλιακή δύναμη. Όσο σύντομα η ετερογένεια μεταξύ των καταναλωτών γίνει σημαντική, οι ελαστικότητες της τιμής διαφέρουν για κάθε μονάδα ποσότητας. Τότε οι τιμολογήσεις που αλλάζουν συνεχώς με την ποσότητα που αγοράζεται είναι βέλτιστες. Όταν η κατανομή των τύπων των καταναλωτών είναι άγνωστη ή όταν είναι αθέμιτο να προσφέρονται διαφορετικά σχήματα τιμολόγησης στα διαφορετικά κομμάτια μιας αγοράς, η λύση είναι να προταθεί ένας πίνακας επιλογών επιτρέποντας στον πελάτη να επιλέξει ο ίδιος την καλύτερη προσφορά. Αυτή είναι η βάση της δεύτερης τάξης διάκρισης τιμής¹.

Οι υπολογισμοί για την ζήτηση τηλεπικοινωνιών δείχνουν ότι η ανεξήγητη διακύμανση είναι πολύ μεγάλη και μπορεί να μειωθεί μόνο με καλύτερη τυποποίηση της ετερογένειας. Στην πράξη, η μη γραμμική τιμολόγηση παίρνει την φόρμα πολλαπλών τιμολογήσεων ή ενός μενού με επιλογή τιμολόγησης δυο μερών (two-part tariffs), η οποία προσεγγίζει μια ομαλή συσχέτιση συνδέοντας το σύνολο χρέωσης από τον πελάτη με την ποσότητα που αγόρασε.

Οι μη γραμμικές τιμολογήσεις μπορούν να αναλυθούν μόνο αν είναι γνωστές οι ατομικές καμπύλες ζήτησης. Ο λόγος που απαιτείται αυτό είναι διότι η τιμή εξαρτάται από την ποσότητα που αγοράστηκε από τον συγκεκριμένο καταναλωτή. Εφόσον είναι εξ ολοκλήρου μη πραγματικό για κάποιον προμηθευτή να γνωρίζει τις ατομικές καμπύλες ζήτησης όλων των πελατών και εφόσον οι υπολογισμοί για μια βέλτιστη μη γραμμική τιμή γίνονται εξαιρετικά πολύπλοκοι ακόμα και με αυτή τη

¹ A. Bousquet, M. Ivaldi, "Optimal pricing of telephone usage: An econometric implementation", Information Economics and Policy, Vol. 9 1997

γνώση, πρέπει να γίνουν κάποιες υποθέσεις και νέοι τύποι αθροιστικών διαδικασιών πρέπει να επινοηθούν.

2.2.3 Τιμολόγηση βασισμένη στο κόστος (Cost-based Tariffs)

Οι τιμολογήσεις που αναφέρθηκαν μέχρι τώρα είναι αποτέλεσμα της μεγιστοποίησης περισεύματος. Τα κόστη εισάγονται στην διαδικασία μεγιστοποίησης σαν κύριο επιχείρημα, μαζί με την προθυμία των καταναλωτών να πληρώσουν. Σε αντίθεση οι τιμολογήσεις που βασίζονται στο κόστος παράγονται με διαφορετικό τρόπο. Εδώ οι τιμολογήσεις καλύπτουν κάποιες ποικίλες ομάδες καταναλωτών, ή εξυπηρετούν ποικίλους τύπους κατανάλωσης. Μοντέλα τιμολόγησης αυτής της κατηγορίας είναι η αξιωματική κόστους τιμολόγηση, πλήρως κατανεμημένου κόστους τιμολόγηση.

3. Το Internet ως Ενιαίο Δίκτυο

Το δυαδίκτυο είναι ένα δίκτυο υπολογιστών παγκόσμιας κάλυψης, που χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που ονομάζεται Πρωτόκολλο Ελέγχου Επικοινωνίας – Πρωτόκολλο Διαδικτύου (TCP/IP – Transmission Control Protocol / Internet Protocol). Το πρωτόκολλο αυτό παρέχει μια κοινή γλώσσα επικοινωνίας που επιτρέπει την αλληλοσύνδεση μεταξύ υπολογιστικών δικτύων, και επιτρέπει την χρησιμοποίηση της τεχνολογίας μεταγωγής πακέτων, ο κύριος σκοπός της οποίας είναι να διευκολύνει την μεταφορά πληροφοριών.

Οι περισσότερες από τις υπηρεσίες διαδικτύου προμηθεύονται μέσω δικτύων που διεξάγουν την κυκλοφορία μέσω μισθωμένων τηλεφωνικών γραμμών. Ωστόσο υπάρχει διάκριση στο πώς οι γραμμές αυτές χρησιμοποιούνται από το διαδίκτυο και τις τηλεφωνικές εταιρείες. Το διαδίκτυο παρέχει χωρίς σύνδεση υπηρεσία μεταγωγής πακέτων, ενώ η τηλεφωνική υπηρεσία παρέχει όπως αναφέρθηκε παραπάνω τεχνολογία μεταγωγής κυκλώματος.

Το διαδίκτυο χρησιμοποιεί την τεχνολογία ‘μεταγωγής πακέτου’. Ο όρος πακέτο (ή πλαίσιο ή κυψελίδες) αναφέρεται στο γεγονός ότι ροές δεδομένων από ένα υπολογιστή διασπώνται σε πακέτα των 53 ψηφιολέξεων (Bytes), τα οποία στην συνέχεια στέλνονται στο δίκτυο. Αυτή η τεχνολογία είναι χωρίς σύνδεση, δηλαδή, δεν υπάρχει από άκρο σε άκρο εγκατάσταση για την μεταφορά. Κάθε πακέτο δρομολογείται ανεξάρτητα στον προορισμό του. Το κύριο πλεονέκτημα της μεταγωγής πακέτων είναι ότι επιτρέπει στατιστική πολυπλεξία στις επικοινωνιακές γραμμές. Δηλαδή τα πακέτα από διαφορετικές πηγές μπορούν να μοιραστούν μια γραμμή, επιτρέποντας την πλέον αποδοτική χρησιμοποίηση της σταθερής δυναμικότητας. Με την τρέχουσα τεχνολογία τα πακέτα γενικά γίνονται αποδεκτά στο δίκτυο με ένα αλγόριθμο FCFS (First Come First Served). Αν το δίκτυο υπερφορτωθεί, τα πακέτα καθυστερούν ή αποβάλλονται.

Παρόλο που το διαδίκτυο έχει πετύχει τεράστια κατορθώματα, σαν ένας αποτελεσματικός τρόπος μεταφοράς πληροφοριών, ωστόσο, μερικές φορές υπερφορτώνεται, και υπάρχει σε μεγάλο βαθμό κυκλοφορία για τους δρομολογητές (υπολογιστές που κατευθύνουν τα πακέτα πληροφοριών) και τις γραμμές για να την χειριστούν. Ο μόνος τρόπος που το διαδίκτυο μπορεί να αντιμετωπίσει την συμφόρηση αυτή, προς το παρόν, είναι να αποβάλλει πακέτα, έτσι κάποιες

πληροφορίες πρέπει να ξανασταλθούν από την εφαρμογή, ή να καθυστερήσει την κυκλοφορία. Αυτές οι λύσεις επιβάλλουν εξωτερικό κοινωνικό κόστος.

3.1 Το τρέχον μοντέλο τιμολόγησης του διαδικτύου

Το σημερινό μοντέλο τιμολόγησης του διαδικτύου μπορεί να ονομαστεί Τοπικό σχήμα πληρωμής. Οι χρήστες που είναι συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο πληρώνουν στους προμηθευτές πρόσβασης τους, οι οποίοι στην συνέχεια πληρώνουν στους τοπικούς ή ευρείας ζώνης προμηθευτές που τους εξυπηρετούν, και αυτό το υπόδειγμα έχει το αποτέλεσμα ότι ο κάθε χρήστης συμβάλλει στις πληρωμές για το μέρος του διαδικτύου που είναι κοντά του. Στο κέντρο του δικτύου, οι διάφοροι προμηθευτές υπηρεσίας ευρείας ζώνης, αλληλοσυνδέονται σε ουδέτερα σημεία εισόδων, στα οποία δεν διακινούνται χρήματα από οποιαδήποτε κατεύθυνση. Η υπόθεση είναι ότι αυτά τα σημεία αναπαριστούν μια φόρμα ισορροπίας στην οποία οι προμηθευτές στην κάθε πλευρά έχουν επαρκώς ισοδύναμα αντισταθμιστεί από την ροή χρημάτων σ' αυτούς από τα άκρα, και γι' αυτό δεν υπάρχει κανένα υπόλοιπο ανισορροπίας σε αυτά τα σημεία στο 'μέσο' του δικτύου.

Αυτό το σχήμα φαίνεται να δουλεύει σήμερα, στην έκταση του και έχει επιτρέψει μια υγιή ανταγωνιστική αγορά για τους προμηθευτές υπηρεσιών διαδικτύου, και φαίνεται να παρέχει ικανοποιητικά μέσα για την κατανομή των πληρωμών από τους χρήστες στους κατάλληλους προμηθευτές.

3.2 Προβλήματα σημερινού σχήματος πληρωμής

Το βασικό θέμα με το σχήμα τοπικής πληρωμής με στατικά σημεία εισόδων, είναι ότι δεν παρέχει κάποιο σαφή τρόπο για να μετριέται ή να καθορίζεται από την συμπεριφορά των χρηστών ποια αξία ο κάθε πελάτης πραγματικά συνδέει με τους διάφορους τρόπους χρησιμοποίησης του δικτύου, και ποια είναι η προθυμία τους να πληρώσουν για την υπηρεσία. Υποθέτει ότι η συνολική δόμηση αξίας των χρηστών μπορεί να εξαχθεί αφαιρετικά αφήνοντας τους χρήστες να επιλέξουν και έπειτα να συνδέσουν μεταξύ τους, διάφορες υπηρεσίες που προσφέρονται σε ένα ανταγωνιστικό κόσμο.

Υπάρχουν τρία συγκεκριμένα προβλήματα με το στατικό τοπικό σχήμα πληρωμής που χρησιμοποιείται σήμερα. Πρώτον, δεν υπάρχει τρόπος να αποδειχθεί ότι τα ουδέτερα σύνορα εισόδων, είναι πραγματικά στον σωστό τόπο στο διαδίκτυο. Δεύτερο, δεν υπάρχει κάποιος αποτελεσματικός τρόπος να αιτιολογηθεί λογικά η πληρωμή για ακριβά στοιχεία στο ‘μέσο’ του δικτύου. Στην απουσία κάποιου σαφούς τρόπου να καθοριστεί η αξία μιας σύνδεσης σε οποιαδήποτε πλευρά, οι προμηθευτές αναγκάζονται να ξανακάνουν μια διαπραγματευτική υπόθεση. Τρίτο, αναγκάζει όλους τους χρήστες να ταιριάζουν στο ίδιο υποθετικό ισοζύγιο αξιών. Δεν υπάρχει κανένας τρόπος για να αναγνωριστούν οι χρήστες αυτοί που θα πλήρωναν παραπάνω για να έχουν καλύτερη υπηρεσία και να εξυπηρετηθούν κατάλληλα.

3.3 Τιμολόγηση

Με τον εκτεταμένο ανταγωνισμό μεταξύ των προμηθευτών δικτυακών υπηρεσιών τα τιμολογιακά σχήματα θα οδηγήσουν σε ένα υψηλό βαθμό απόδοσης διότι οι προμηθευτές θα πρέπει να προστατευθούν απέναντι στους νέους ανταγωνιστές με πιο αποτελεσματικά σχήματα. Γι’ αυτό τον λόγο η αποδοτικότητα του δικτύου είναι ένας σημαντικός τιμολογιακός στόχος.

Υπάρχει ένα ευρύ πεδίο τιμολογιακών πολιτικών. Η σύνθεση της τιμολογιακής πολιτικής μπορεί να διαφέρει από το ‘τι τιμολογείται’ – πρόσβαση, σύνδεση, πακέτα κ.α. – και από το ‘πώς αναγνωρίζονται οι χρεώσεις’ – ίδρυμα, χρήστης, εφαρμογή, κ.α. Αυτή δεν είναι ερώτηση ποιος πληρώνει αλλά πόσο λεπτομερής θα πρέπει να είναι ο λογαριασμός.

Υπάρχει μια τεράστια πίεση στο να προσφερθεί τιμολόγηση βασισμένη στην πρόσβαση, Δηλαδή να χρεώνεται μόνο το μέγεθος της σύνδεσης πρόσβασης. Αυτό έχει δυο σημαντικά πλεονεκτήματα: είναι τεχνολογικά εύκολο και είναι προβλέψιμο. Αυτή όμως η τεχνική αποτυγχάνει στην περίπτωση του μοντέλου υπηρεσιών όπου το τιμολογιακό σχήμα θα πρέπει να παρέχει κίνητρα στους χρήστες να καθορίζουν την κατάλληλη τάξη υπηρεσίας. Για να παρέχονται κίνητρα για κατάλληλη απαίτηση υπηρεσιών, το δίκτυο πρέπει να προσαρτήσει τα κόστη στους ιδιαίτερους πελάτες που επιλέγουν με βάση την ποιότητα των υπηρεσιών, και πρέπει επίσης να τιμολογηθούν οι ποικίλες υπηρεσίες διαφορετικά. Επιπλέον η τιμολογιακή πολιτική θα πρέπει να είναι βασισμένη στην χρήση. Δηλαδή, το κόστος δεν πρέπει να βασίζεται μόνο στο

μέγεθος του εύρους σύνδεσης, στην ποιότητα των υπηρεσιών και στους παραμέτρους σύνδεσης, αλλά επίσης στην πραγματική χρησιμοποίηση². Και αυτό διότι η συμφόρηση στο δίκτυο είναι μια παράμετρος που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και για την οποία γίνεται εκτενής ανάλυση παρακάτω. Για το είδος της ευαίσθητης στην ποιότητα των υπηρεσιών και την βάση-χρήσης τιμολόγηση, το δίκτυο χρειάζεται μια λογιστική υποδομή η οποία να μπορεί να καταγράφει τα ατομικά πακέτα και να αναθέτει το κόστος τους στους κατάλληλους πελάτες.

Στα επόμενα χρόνια το διαδίκτυο θα περάσει από σημαντικές τεχνολογικές αλλαγές. Αυτές οι αλλαγές θα περιλαμβάνουν δραματικές αυξήσεις στο εύρος ζώνης του κύριου κορμού μετάδοσης συνδέσεων, καλύτερη φυσική πρόσβαση από τα σπίτια και τις επιχειρήσεις, και μια πιο εξεζητημένη αρχιτεκτονική δικτύου. Η ικανότητα να μεταφέρεται στο ίδιο δίκτυο βίντεο, φωνή και δεδομένα αποτελεί το ολοκληρωμένο υπηρεσιών δίκτυο πακέτων. Αυτή η ολοκλήρωση δεν αποτελεί μόνο θέμα μεγαλύτερης ταχύτητας αλλά παράλληλα αλλαγής στην βασική αρχιτεκτονική δικτύου. Αυτές οι αλλαγές θα έχουν άμεσες επιπτώσεις στις τιμολογιακές πολιτικές.

² S. Shenker, "Service Models and Pricing Policies for an Integrated Services Internet", Palo Alto Research Center Xerox Corporation, California

4. Τιμολόγηση Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών

Το Ψηφιακό Δίκτυο Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών (ISDN), θεωρήθηκε ότι ήταν η πανάκεια όταν εισήχθηκε πριν από είκοσι περίπου χρόνια καθώς είναι ικανό να ολοκληρώσει πολλές υπηρεσίες μαζί, παρέχοντας ψηφιακή διασύνδεση, υψηλή ποιότητα και αποτελεσματική χρησιμοποίηση εύρους ζώνης. Παρόλα αυτά, το σχετικό υψηλό κόστος εξοπλισμού (τόσο σε υλικό όσο και σε λογισμικό), οι ψηφιακές εναλλακτικές από μισθωμένες γραμμές και υψηλής ταχύτητας modems μέχρι τα Frame Relay και τα ATM, μαζί με τον υψηλό βαθμό συνεργασίας και προτυποποίησης που χρειαζόταν, ελάττωσαν την ανάπτυξη του.

Ποιος όμως ο ρόλος των πολιτικών τιμολόγησης σε δίκτυα πολλαπλών υπηρεσιών και πώς τιμολογείται ένα απλό δίκτυο το οποίο παρέχει πολλαπλές υπηρεσίες σε διαφορετικά επίπεδα απόδοσης.

Πρόσφατες μελέτες στα δίκτυα υπολογιστών ασχολήθηκαν σχεδόν αποκλειστικά με τα υλικά του υπολογιστή, το λογισμικό και τα πρότυπα πρωτοκόλλων που χρειάζονται για να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση δικτύου. Τα σημερινά δίκτυα υπολογιστών συνδέουν χιλιάδες οργανισμούς και έχουν γίνει απολύτως απαραίτητα για την ακαδημαϊκή και βιομηχανική υποδομή επικοινωνίας. Αυτά τα δίκτυα υποστηρίζουν μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, περιλαμβανομένων τερματικών συνδέσεων, μεταφοράς αρχείων, ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, συνδέσεις εξυπηρετητών, φωνής και βίντεο.

Παρόλα αυτά μια τέτοια τεχνολογική πρόοδος δεν είναι το μόνο σημαντικό ζήτημα που επηρεάζει την απόδοση δικτύου. Η απόδοση των δικτύων, τουλάχιστον από την πλευρά των χρηστών (εφαρμογών), δεν είναι ολοκληρωτικά καθορισμένη από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δικτύου. Η απόδοση του δικτύου είναι επίσης μια συνάρτηση του προσφερόμενου φόρτου³. Αυτό είναι ανάλογο με το γεγονός ότι ο χρόνος οδήγησης δεν είναι μόνο συνάρτηση της μέγιστης ταχύτητας του οχήματος ή του ορίου ταχύτητας του δρόμου, άλλα επίσης εξαρτάται από το επίπεδο της κυκλοφορίας στον δρόμο. Το ολικό άθροισμα τα φόρτου σε ένα δίκτυο είναι αποτέλεσμα των μεμονωμένων αποφάσεων πολλών χρηστών για το εάν και πώς θα χρησιμοποιήσουν το δίκτυο, και αυτές οι αποφάσεις επηρεάζονται από τα κίνητρα

³ R. Cochi, S. Shenker, D. Estrin, L. Zhang, "Pricing in computer networks: Motivation, Formulation, and Example"

που αυτοί οι χρήστες αντιμετωπίζουν όταν χρησιμοποιούν το δίκτυο. Γι' αυτό το λόγο επιπρόσθετα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δικτύου, το ζήτημα των κινήτρων των χρηστών πρέπει να ληφθεί υπόψη όταν συζητείται η απόδοση του δικτύου από την πλευρά των τελικών χρηστών. Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτά τα κίνητρα των χρηστών μπορούν να πάρουν πολλές μορφές όπως: κίνητρα απόδοσης, χρηματικά κίνητρα, διοικητικά κίνητρα ή κοινωνικά κίνητρα.

Για οποιαδήποτε κλάδο υπηρεσιών πολλαπλών τάξεων η επιθυμητή μεγιστοποίηση απόδοσης του δικτύου απαιτεί κάποια διατύπωση τιμολόγησης ευαίσθητη στην τάξη υπηρεσίας. Με αυτή την διατύπωση επιτρέπει την καλύτερη περιγραφή της αλληλεπίδρασης μεταξύ του κλάδου της υπηρεσίας και των πολιτικών τιμολόγησης. Αποτελεσματικοί κλάδοι πολλαπλών τάξεων υπηρεσίας, επιτρέπουν στο δίκτυο να επικεντρώσει τους πόρους στις εφαρμογές ευαίσθητης απόδοσης, ενώ οι αποτελεσματικές πολιτικές τιμολόγησης επιτρέπουν τον διαμοιρασμό των ωφελημάτων των πολλαπλών τάξεων υπηρεσίας σε όλους τους χρήστες, αντί να μένουν αυτά τα οφέλη αποκλειστικά με τις εφαρμογές των χρηστών που είναι ευαίσθητες στην απόδοση. Είναι πιθανό οι τιμές να οριστούν έτσι που οι χρήστες κάθε τύπου εφαρμογής να είναι πιο ικανοποιημένοι με το συνδυασμένο κόστος και απόδοση του δικτύου με τιμές ευαίσθητες στις τάξεις υπηρεσιών. Για κάποιους τύπους εφαρμογών η ποινή της απόδοσης που εισπράττεται όταν απαιτείται μικρότερη από καλύτερη υπηρεσία αντισταθμίζεται από την μειωμένη τιμή της υπηρεσίας. Για άλλους τύπους εφαρμογών, η χρηματική ποινή που παρουσιάζεται από την χρησιμοποίηση της πιο ακριβής, υψηλής ποιότητας τάξη υπηρεσίας αντισταθμίζεται από την καλύτερη απόδοση που λαμβάνουν.

Προσφέροντας πολλαπλές τάξεις υπηρεσιών και χρεώνοντας διαφορετικά για αυτές, αναμένεται ότι η συμπεριφορά του χρήστη θα μετατρέψει το δίκτυο ισάξια σε ένα απλό δίκτυο τάξεων υπηρεσιών. Σ' αυτή την περίπτωση δυο καταλήξεις είναι πιθανές. Μια πιθανότητα είναι ότι η ποιότητα των υπηρεσιών θα είναι κάπως χαμηλή, και ως εκ τούτου θα περιορίσει την ικανότητα του δικτύου να υποστηρίξει εξεζητημένες εφαρμογές όπως το πραγματικού χρόνου βίντεο (real-time video) ή φωνή. Σ' αυτή την περίπτωση οι μόνες βιώσιμες εφαρμογές θα είναι όπως αυτές του σημερινού διαδικτύου. Η άλλη πιθανότητα είναι ότι υπέρ-μηχανοποιώντας το δίκτυο, η ποιότητα των υπηρεσιών θα είναι σχετικά υψηλή, αλλά παράλληλα θα αυξηθεί και το κόστος, και μόνο οι χρήστες ενδιαφερόμενοι στην ποιότητα θα θεωρήσουν ότι το κόστος αξίζει τον κόπο. Και στις δύο περιπτώσεις, η τεχνική επιτυχία της

ολοκλήρωσης των εφαρμογών με διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας στην κάθε υπηρεσία σε ένα δίκτυο, μπορεί να είναι απραγματοποίητη από τις οικονομικές δυνάμεις που τεμαχίζουν την αγορά.

4.1 Ολοκλήρωση Υπηρεσιών - ATM Δίκτυα

Τα ATM δίκτυα ολοκληρωμένων υπηρεσιών αναμένεται να επικρατήσουν στην μεταφορά πληροφοριών στα επόμενα χρόνια. Πέρα από τα μηχανικά προβλήματα της σχεδίασης των δικτύων ATM, σχετικά οικονομικά προβλήματα, όπως το πώς θα τιμολογηθούν οι υπηρεσίες που προσφέρονται από αυτού του τύπου δικτύων, παρουσιάζονται.

Ως αποτέλεσμα της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας μεταγωγής κυψελίδων, καθίσταται πολύ αποδοτικό να προμηθεύονται διαφορετικές υπηρεσίες τηλεπικοινωνιών μέσω ενός δικτύου ολοκληρωμένων υπηρεσιών αντί για πολλαπλά δίκτυα απλών υπηρεσιών. Τα σημερινά δίκτυα όπως αυτά του τηλεπικοινωνιακού δικτύου επικοινωνίας φωνής, του ενσύρματου δικτύου για εκπομπή σήματος σύνθετης εικόνας (video), και του διαδικτύου αναμένεται στο εγγύς μέλλον να αντικατασταθούν από τον Ασύγχρονο Τρόπο Μεταφοράς (ATM) ολοκληρωμένων υπηρεσιών. Σε ένα ATM δίκτυο, οποιοδήποτε κομμάτι πληροφορίας ανεξαρτήτως αν πρόκειται για φωνή, εικόνα ή κείμενο, οργανώνεται σε μια ροή σταθερού μήκους πακέτων και μεταφέρεται μέσω του δικτύου. Ελέγχοντας τον ρυθμό μετάδοσης κυψελίδων και την καθυστέρηση διανομής κυψελίδων για κάθε ροή, το δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιήσει μια απλή τεχνολογία ATM μετάδοσης κυψελίδων για να προμηθεύσει μια ποικιλία υπηρεσιών μετάδοσης, όπως τηλεφώνου, βίντεο και μεταφοράς αρχείων.

Ενώ η ολοκλήρωση των πολλαπλών υπηρεσιών σε ένα μόνο δίκτυο δημιουργεί οικονομίες κλίμακας, η ετερογένεια των υπηρεσιών περιπλέκει τις αποφάσεις τιμολόγησης. Για παράδειγμα οι χρήστες που παρακολουθούν τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HDTV) μέσω του δικτύου απαιτούν πάνω από εκατοντάδες χιλιάδες κυψελίδων να μεταδίδονται ανά δευτερόλεπτο, ενώ οι χρήστες που πραγματοποιούν τηλεφωνικές κλήσεις στέλνουν /παραλαμβάνουν μόνο μερικές εκατοντάδες κυψελίδων ανά δευτερόλεπτο. Οι χρήστες του telnet απαιτούν ο μέσος χρόνος καθυστέρησης της μετάδοσης κυψελίδων να κρατείται κάτω από μερικές δεκάδες

χιλιοστών του δευτερολέπτου ενώ οι αποστολές ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail) θα ανεχόντουσαν μεγαλύτερες καθυστερήσεις. Για την μεταφορά φωνητικών συνομιλιών με κάποια αξιοπρεπή ποιότητα, κάτω από συγκεκριμένα σχήματα κωδικοποίησης, ο βαθμός απώλειας κυψελίδων, π.χ. το ποσοστό των κυψελίδων που επιτρέπεται να ξεφεύγουν το μέγιστο όριο καθυστέρησης (συνήθως 30-50 χιλ. δευτ. για φωνητικές συνομιλίες) δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 5%, ενώ για την μεταφορά υπηρεσίας βίντεο, ο βαθμός απώλειας κυψελίδων πρέπει να κρατείται πολύ χαμηλότερα. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των υπηρεσιών που προσφέρονται από το δίκτυο. Για αυτό το λόγο κάποιος μπορεί να ρωτήσει κατά πόσο οι τιμές αυτών των υπηρεσιών θα πρέπει επίσης να διαφέρουν και αν ναι πώς.

4.2 Καταλληλότερη Τιμολόγηση

Η καταλληλότερη τιμολόγηση για κάθε υπηρεσία καθορίζεται από την ελαστικότητα της ζήτησης για την συγκεκριμένη υπηρεσία, όσο και από το κόστος ευκαιρίας για την προμήθεια της υπηρεσίας. Το κόστος ευκαιρίας καθορίζεται από τους απαιτούμενους στόχους απόδοσης και τον τύπο της κυκλοφορίας για κάθε υπηρεσία. Εφόσον η ζήτηση για υπηρεσίες δικτύου αλλάζει ανάλογα με την ώρα της μέρας, αναπτύχθηκαν σχήματα τιμολόγησης ποικίλου χρόνου (π.χ. τιμή ως συνάρτηση της χρονικής στιγμής) αντί για μία απλή τιμή για κάθε υπηρεσία.

Το δίκτυο χρησιμοποιείται για την προμήθεια πολλαπλών υπηρεσιών. Η ποιότητα των υπηρεσιών μετριέται από την κατανομή του χρόνου καθυστέρησης των κυψελίδων, όπου οι κυψελίδες που χάνονται θεωρούνται ότι καθυστερούν με άπειρο χρόνο καθυστέρησης. Μια υπηρεσία θεωρείται εγγυημένη όταν κατά την διάρκεια της περιόδου της, το δίκτυο υπόσχεται να πραγματοποιήσει μόνο κάποιο προκαθορισμένο χρόνο καθυστέρησης. Αυτές οι εγγυήσεις δηλώνονται σε στοχαστικούς και όχι απόλυτους όρους, π.χ. όχι πάνω από 5% κυψελίδων θα καθυστερήσουν για πάνω από 30 χιλ. δευτερ. ή ο μέσος χρόνος καθυστέρησης δεν θα είναι μεγαλύτερος από 200 χιλ. δευτ. Αν δεν γίνουν τέτοιες εγγυήσεις τότε η υπηρεσία θεωρείται σαν υπηρεσία καλύτερης προσπάθειας. Οι τηλεφωνικές κλήσεις, η HDTV, και τα παιχνίδια διεπαφής τυπικά απαιτούν κάποιου τύπου εγγυημένες υπηρεσίες, ενώ το e-mail συνήθως θεωρείται ως υπηρεσία καλύτερης προσπάθειας. Για τον προσδιορισμό των τιμών με βάση τις εγγυημένες υπηρεσίες και τις υπηρεσίες

καλής προσπάθειας έχουν αναπτυχθεί μοντέλα από τους Wang-Peha-Sirbu τα οποία αναλύουν τον τρόπο υπολογισμού των τιμών για αυτές τις δυο κατηγορίες. Διαμορφώνοντας την απόφαση τιμολόγησης σαν ένα πρόβλημα περιορισμένου ελέγχου και αναπτύσσοντας μια διαδικασία τριών σταδίων για την επίλυση αυτού του μοντέλου, έχει βρεθεί ότι υπάρχει μεγάλη ομοιότητα μεταξύ της πολιτικής καλύτερης τιμολόγησης για τις υπηρεσίες δικτύου και της πολιτικής καλύτερης τιμολόγησης για συμβατικά προϊόντα. Ο προμηθευτής υπηρεσιών πρέπει να θεωρεί το κόστος ευκαιρίας καλυμμένο εξυπηρετώντας ένα πελάτη. Αυτό το κόστος ευκαιρίας πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό της τιμής της υπηρεσίας του δικτύου κατά τον ίδιο τρόπο όπως το οριακό κόστος παραγωγής χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της τιμής ενός συμβατικού προϊόντος. Συγκεκριμένες μαθηματικές εκφράσεις έχουν παραχθεί, οι οποίες υπολογίζουν το κόστος ευκαιρίας για διαφορετικές υπηρεσίες οι οποίες προσφέρονται από ένα απλό δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών και οι οποίες χρησιμοποιούνται για την μεγιστοποίηση του κέρδους του προμηθευτή των υπηρεσιών αυτών όπως και την μεγιστοποίηση άλλων στόχων όπως της κοινωνικής ευημερίας.

4.3 Τιμολόγηση ATM Δικτύων

Τα ATM δίκτυα μπορούν να θεωρηθούν σαν μια ουδέτερη πλατφόρμα πάνω στην οποία διαφορετικές υπηρεσίες μπορούν να προσφερθούν. Η συναρμολογισμότητα του συστήματος επιτρέπει στους χρήστες και στους προμηθευτές υπηρεσιών να αναπτύξουν τη δική τους πρωτοποριακή εικονική λύση δικτύου χωρίς τους παραδοσιακούς περιορισμούς της διαθεσιμότητας των χαρακτηριστικών του δικτύου.

Αυτή η ATM πλατφόρμα ή επίπεδα αποτελείται από ένα φυσικό μέσο, έλεγχο σύνδεσης, εικονικά μονοπάτια και φόρμες μετάδοσης βασισμένες σε κυψελίδες. Ο ρόλος των προμηθευτών μπορεί να θεωρηθεί σαν προμηθευτής συνδέσεων υπηρεσιών στις διάφορες κατηγορίες χρηστών, π.χ. άμεσους πελάτες, προμηθευτών υπηρεσιών επιπρόσθετης αξίας, προμηθευτές υπηρεσιών διαδικτύου, αναλυτές εφαρμογών και άλλων.

4.3.1 Τιμολόγηση ATM Πρόσβασης και Χρήσης.

Η τιμολόγηση έχει δυο πρωταρχικά στοιχεία: Πρόσβαση και χρήση⁴. Το στοιχείο της πρόσβασης είναι μια μηνιαία ενιαία τιμή αναλογική στην πρόσβαση ή στην ταχύτητα της θύρας (τυπικά στο διάστημα 2-266 Mbps) Το στοιχείο της χρήσης είναι αναλογικό στον όγκο της κυκλοφορίας που μεταφέρει (μετριέται σε Megabits ή Gigacells) και βασίζεται στην ποιότητα της υπηρεσίας της σύνδεσης. Η δομή είναι εξαρτώμενη από την χρήση άλλα ανεξάρτητη από την απόσταση και την διάρκεια κλήσης. Οι τιμές της χρήσης ποικίλουν ανάλογα με τις τάξεις της ποιότητας των υπηρεσιών που παρέχονται από την σύνδεση. Οι τάξεις αυτές είναι: (α) Σταθερού ρυθμού ψηφίου (CBR). Η τάξη αυτή εγγυείται ουσιωδώς καμία απώλεια κυψελίδας και μηδαμινή καθυστέρηση, παρέχοντας την ροή των κυψελίδων να φθάνουν σε σταθερό ρυθμό. (β) Μεταβλητού ρυθμού ψηφίου (VBR). Οι ίδιες εγγυήσεις παρέχοντας όμως ροή κυψελίδων να φθάνει σε όχι μεγαλύτερο από ένα συμφωνημένο ρυθμό. (γ) Διαθέσιμου ρυθμού ψηφίου (ABR). Εγγυάται καμία απώλεια κυψελίδων παρέχοντας ρυθμό κυψελίδων προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις του δικτύου. (δ) Ακαθόριστου ρυθμού ψηφίου (UBR). Καμία Εγγύηση.

Στην παραπάνω δομή ATM τιμολόγησης όλα τα ψηφία δεν είναι ίσα, κάποια ψηφία είναι πιο σημαντικά από κάποια άλλα ψηφία. Για τους ειδικούς τηλεπικοινωνιών ή τους θεωρητικούς πληροφορικής, τα ψηφία είναι όλα πανομοιότυπα. Με την ψηφιοποίηση δεν παίζει ρόλο εάν ένα ψηφίο αναπαριστά φωνή, δεδομένα ή βίντεο, είναι όλα ίδια. Για τους προμηθευτές περιεχομένου και τους χρήστες τα ψηφία δεν έχουν όλα την ίδια σημασία. Αν ένα ψηφίο εικόνας τηλεόρασης δεν μεταδοθεί σε 3 χιλ. δευτ. τότε η εικόνα θα αρχίσει να διασπάται. Το ψηφίο του e-mail δεν βιάζεται τόσο στο να μεταδοθεί.

Οι ATM τάξεις συσχετίζουν τις απαιτήσεις σε ποιότητα και τα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας που είναι κατάλληλα για ένα συγκεκριμένο σύνολο εφαρμογών. Τυπικά μια υπηρεσία CBR που χαρακτηρίζεται από εγγυήσεις ποιότητας των υπηρεσιών μπορεί να επιλεγεί για βιντεοσυνέδρια (videoconferencing), ενώ μια UBR σύνδεση, χωρίς καμία εγγύηση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μη κρίσιμη κυκλοφορία.

⁴ Q. Wang, J.M. Peha, M.A. Sirbou, "The design of an Optional Pricing Sheme for ATM Integrated-Services Networks"

5. Τιμολόγηση Συμφόρησης

5.1 Εισαγωγή στην Τιμολόγηση Συμφόρησης Δικτύου

Γενικά επικρατούν δύο τάξεις μοντέλων τιμολόγησης υπερφόρτωσης: ένα βασισμένο σε μια στατική ανάλυση και το άλλο βασισμένο σε δυναμική ανάλυση. Η πρώτη τάξη τιμολόγησης συμφόρησης είναι στατική στο ότι ένα απλό μποτιλιάρισμα ή ένα γενικό δίκτυο κυκλοφορίας, υποτίθεται ότι βρίσκεται σε σταθερή κατάσταση σε όλες τις στιγμές, και γι' αυτό οι απαιτήσεις μετάδοσης και κόστους δεν διαφοροποιούνται ανάλογα με την χρονική στιγμή.

Η δεύτερη τάξη μοντέλων τιμολόγησης συμφόρησης είναι δυναμική ως προς το ότι οι απαιτήσεις μετάδοσης και τα κόστη διαφέρουν ως προς την χρονική στιγμή και γι' αυτό οι τιμές συμφόρησης πρέπει να διαφέρουν.

Με αφορμή τα μοντέλα που προαναφέρθηκαν έχει αναπτυχθεί μια αρκετά μεγάλη βιβλιογραφία στην οποία αναφέρονται διάφορα μοντέλα με διάφορους παραμέτρους, είτε αυτές αφορούν συγκεκριμένα το μποτιλιάρισμα ή απλού προορισμού δίκτυο.

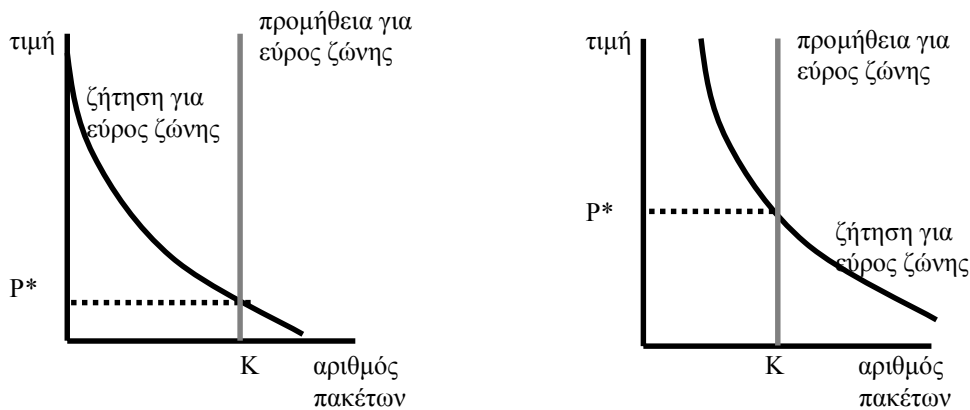
5.2 Βέλτιστη Τιμολόγηση με Βάση την Χρήση του Δικτύου

Σαν γενικός κανόνας, οι χρήστες θα πρέπει να αντιμετωπίσουν τις τιμές που αντανακλούν τα κόστη των πόρων τα οποία αυτοί δημιουργούν, έτσι ώστε να μπορούν να παίρνουν ενημερωμένες αποφάσεις για την εκμετάλλευση των πόρων. Πώς όμως οι χρήστες θα πρέπει να πληρώνουν για κάθε πόρο; Πρώτα γίνεται μελέτη για το πώς ιδανικές τιμές θα αντανακλούν τα κόστη⁵.

Το προσαυξητικό κόστος της αποστολής επιπλέον πακέτων. Η τιμή για την αποστολή ενός πακέτου σε ένα μη υπερφορτωμένο δίκτυο θα πρέπει να είναι κοντά στο μηδέν. Μια υψηλότερη τιμή είναι κοινωνικά μη αποτελεσματική εφόσον δεν αναπαριστά το πραγματικό προσαυξητικό κόστος. Αν το προσαυξητικό κόστος είναι αρκετά ψηλό για να δικαιολογήσει το κόστος παρακολούθησης και τιμολόγησης, θα πρέπει να χρεωθεί σαν ένα κόστος ανά πακέτο.

⁵ J. K. MacKie-Mason, H. R. Varian, "Pricing The Internet"

Το κοινωνικό κόστος της καθυστέρησης πακέτων άλλων χρηστών όταν το δίκτυο είναι υπερφορτωμένο. Το κόστος αποστολής ενός πακέτου όταν το δίκτυο είναι υπερφορτωμένο θα πρέπει να είναι θετικό: εάν το δικό μου πακέτο εμποδίζει ή καθυστερεί το πακέτο κάποιου άλλου χρήστη, τότε θα πρέπει να πληρώσω το κόστος που υποβάλλω στον άλλο χρήστη. Αν το πακέτο μου είναι πιο πολύτιμο από το άλλο, τότε θα πρέπει να σταλεί. Αν το πακέτο του άλλου χρήστη είναι πιο πολύτιμο από το δικό μου τότε αυτό θα πρέπει να σταλεί. Υποθέτουμε ότι η τιμή του πακέτου είναι αρκετά ψηλή: μόνο μερικοί χρήστες θα θέλουν να στείλουν πακέτα. Καθώς η τιμή των πακέτων μειώνεται, περισσότεροι χρήστες θα είναι πρόθυμοι να στείλουν πακέτα. Αυτή η συσχέτιση παρουσιάζεται στο Σχήμα 1. Αν η δυναμικότητα του δικτύου είναι σταθερή στο K , τότε η βέλτιστη τιμή για εισαγωγή των πακέτων είναι στο σημείο όπου η καμπύλη ζήτησης διασταυρώνει την προσφορά δυναμικότητας. Αν η ζήτηση είναι χαμηλή σχετικά με την δυναμικότητα, τότε η αποτελεσματική τιμή είναι μηδέν – όλα τα πακέτα εισάγονται. Αν η ζήτηση είναι υψηλή, οι χρήστες που είναι πρόθυμοι να πληρώσουν τουλάχιστο την τιμή εισόδου στο δίκτυο, θα εισαχθούν, ενώ οι άλλοι όχι.

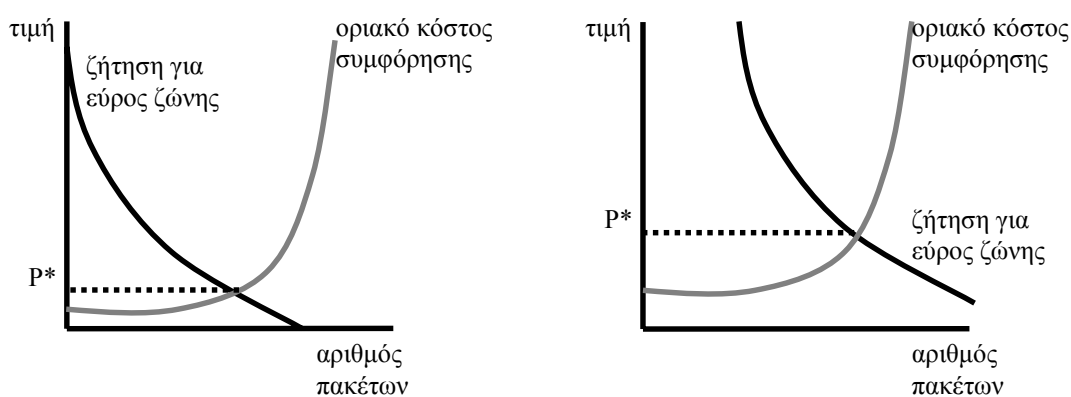


Σχήμα 1: Ζήτηση για πρόσβαση στο δίκτυο με σταθερή δυναμικότητα. Όταν η ζήτηση είναι χαμηλή, η τιμή του πακέτου είναι χαμηλή. Όταν η ζήτηση είναι υψηλή, η τιμή είναι υψηλή.

Αυτή η ανάλυση εφαρμόζεται στην ακραία περίπτωση όπου η δυναμικότητα είναι σταθερή. Αν μια αύξηση στα πακέτα από κάποιους χρήστες επιβάλλει καθυστέρηση σε άλλους χρήστες, αλλά όχι πλήρη απαγόρευση, η ανάλυση είναι λίγο διαφορετική. Υποθέτουμε ότι γνωρίζουμε πως κυμαίνεται η καθυστέρηση με τον αριθμό των πακέτων, και ότι έχουμε μια ιδέα του κόστους που επιβάλλεται στους χρήστες για ένα καθορισμένο μέγεθος καθυστέρησης. Τότε μπορούμε να υπολογίσουμε μια σχέση

μεταξύ των αριθμών των πακέτων που αποστέλλονται και του κόστους καθυστέρησης. Η σχετική ποσότητα για τον καθορισμό του βέλτιστου αριθμού χρηστών είναι το οριακό κόστος καθυστέρησης, το κόστος δηλαδή που προστίθεται από το επόμενο απλό πακέτο (σχήμα 2).

Η αποτελεσματική τιμή είναι εκεί όπου η προθυμία των χρηστών να πληρώσουν για ένα επιπρόσθετο πακέτο ισοδυναμεί την οριακή αύξηση στο κόστος καθυστέρησης από το πακέτο αυτό. Αν ένας δυνητικός χρήστης αντιμετωπίσει αυτήν τη τιμή, θα έχει την δυνατότητα να συγκρίνει το δικό του όφελος από την αποστολή ενός πακέτου στο οριακό κόστος καθυστέρησης που υποβάλει στους άλλους χρήστες.



Σχήμα 2: Ζήτηση για πρόσβαση στο δίκτυο με οριακό κόστος καθυστέρησης. Όταν η ζήτηση είναι χαμηλή, η τιμή του πακέτου είναι χαμηλή. Όταν η τιμή είναι υψηλή, και η συμφόρηση είναι υψηλή, η τιμή του πακέτου είναι πολύ υψηλή.

5.2.1 Το σταθερό κόστος παροχής υποδομής δικτύου.

Στην περίπτωση ενός δικτύου υπολογιστών είναι φυσικό η τιμολόγηση της υποδομής του δικτύου να είναι με ενιαία αμοιβή πρόσβασης. Κάθε μέρος που συνδέεται στο δίκτυο πληρώνει μια ενιαία τιμή για πρόσβαση στο δίκτυο, ξεχωριστή από την τιμή βασισμένη στην χρήση που περιγράφηκε προηγουμένως. Γενικά αυτές οι τιμές συνδέσεων θα κυμαίνονται, εφόσον διαφορετικοί άνθρωποι και ιδρύματα αποτιμούν την σύνδεση στο δίκτυο διαφορετικά.

5.2.2 Το προσαυξημένο κόστος σύνδεσης στο δίκτυο.

Κάθε νέα σύνδεση στο διαδίκτυο περιλαμβάνει κόστος για γραμμές πρόσβασης και υλικά μεταγωγής. Ο κάθε χρήστης θα πρέπει να χρεώνεται το κόστος της εγκατάστασης μιας σύνδεσης σαν ένα απλό, μιας φορές κόστος σύνδεσης. Όταν υπάρχουν εξωτερικές οικονομίες δικτύου (network externalities) θα ήταν

αποτελεσματικό να υπάρχει κάποια επιχορήγηση για κάθε σύνδεση που συνδέεται με το δημόσιο κέρδος από μια επιπρόσθετη σύνδεση στο δίκτυο. Θεωρητικά, ένα ακόμα πιο αποτελεσματικό σχήμα θα είχε σαν στόχο αυτούς τους χρήστες που είναι περισσότερο δυνατό να απέχουν χωρίς επιχορήγηση. Οι επιχορηγήσεις στόχος όμως είναι δύσκολο να εφαρμοστούν.

5.2.3 Το κόστος επέκτασης της δυναμικότητας του δικτύου.

Οι τιμές χρήσης που είναι βασισμένες στην συμφόρηση, παρέχουν καθοδήγηση για το πότε να επεκταθεί η δυναμικότητα. Θεωρείται το μοντέλο της σταθερής δυναμικότητας: Οι τιμές των πακέτων μετρούν την οριακή αξία του τελευταίου πακέτου που εισάγεται. Αν το κόστος επέκτασης δυναμικότητας για την εξυπηρέτηση ενός επιπλέον πακέτου είναι μικρότερο από την οριακή τιμή αυτού του πακέτου, τότε είναι οικονομικά αποδεκτό να επεκταθεί η δυναμικότητα. Αν η επέκταση κοστίζει περισσότερα δεν αξίζει τον κόπο οικονομικά.

Ως εκ τούτου η βέλτιστη τιμολόγηση παίζει δυο ρόλους – διανέμει εξίσου πρόσβαση στο δίκτυο σε ώρες συμφόρησης, και στέλνει τα σωστά σήματα σχετικά με την επέκταση της δυναμικότητας. Σ' αυτό το πλαίσιο εργασίας, όλα τα έσοδα που παράγονται από τις τιμές συμφόρησης πρέπει να χρησιμοποιούνται για την επέκταση της δυναμικότητας.

Ένα πλεονέκτημα αυτού του σχήματος είναι ότι οι χρήστες που είναι πρόθυμοι να περιμένουν δεν πληρώνουν τίποτε σε σχέση με την επέκταση του δικτύου. Αυτό είναι πολιτικά σωστό. Το μεγαλύτερο μέρος αυτών που χρησιμοποιούν το διαδίκτυο είναι οι χρήστες του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Μια πρόταση για χρέωση ψηλών τιμών για το ηλ-ταχυδρομείο είναι μάλλον πολιτικά μη πρακτικό. Οι χρήστες του ηλ-ταχυδρομείου μπορούν να ανεχτούν κάποιες λογικές καθυστερήσεις.

Η κατάσταση είναι μόνο λίγο διαφορετική στην περίπτωση του κόστους καθυστέρησης. Εδώ η τιμή μετράει το οριακό όφελος ενός επιπλέον πακέτου, το οποίο είναι ίσο με το οριακό κόστος της καθυστέρησης. Αν επιπλέον επενδύσεις θα μείωναν το οριακό κόστος της καθυστέρησης περισσότερο από το ποσό που οι χρήστες είναι πρόθυμοι να πληρώσουν για μειωμένη καθυστέρηση, τότε θα πρέπει να αναληφθούν, και διαφορετικά όχι. Αν η τιμή του πακέτου επακριβώς αντανακλά την καθυστέρηση και το κόστος συμφόρησης, τότε είναι ο κατάλληλος καθοδηγητής για το κατά πόσο η δυνατότητα πρέπει να επεκταθεί.

5.2.4 Περίληψη Τιμολόγησης

Ένας αποτελεσματικός μηχανισμός τιμολόγησης θα πρέπει να έχει την εξής δομή: (1) ένα πακέτο να χρεώνεται κοντά στο μηδέν όταν το δίκτυο δεν βρίσκεται σε κατάσταση υπερφόρτωσης, (2) θετική χρέωση πακέτου όταν το δίκτυο βρίσκεται σε κατάσταση υπερφόρτωσης, (3) ένα σταθερό κόστος σύνδεσης το οποίο να διαφέρει από οργανισμό σε οργανισμό. Οι τρέχουσες τιμές είναι σχεδόν πάντα περιορισμένες σε μία σταθερή χρέωση σύνδεσης. Η κύρια διαφορά σ' αυτό που προτείνεται εδώ, είναι η πρόσθεση μιας χρέωσης ευαίσθητης στην χρήση όταν το δίκτυο είναι σε κατάσταση υπερφόρτωσης.

5.3 Εφαρμόζοντας Τιμολόγηση Συμφόρησης 'Έξυπνου Πακέτου'

Σε ότι αφορά στην χρέωση για πακέτα που αποστέλλονται κατά την διάρκεια που το δίκτυο δεν είναι σε κατάσταση συμφόρησης είναι εύκολο να διευθετηθεί – κατάσταση η οποία επικρατεί σήμερα. Το νέο μέρος του μηχανισμού είναι η ανά πακέτο χρέωση όταν το δίκτυο είναι υπερφορτωμένο⁶.

Αν η συμφόρηση έχει ένα κανονικό πρότυπο σε σχέση με την ώρα της ημέρας, η μέρα της βδομάδας, τότε οι τιμές μπορεί να ποικίλουν κατά προβλεπόμενο τρόπο στον χρόνο. Αυτό δεν είναι σχετικά εύκαμπτο. Θα ήταν ίσως καλύτερα να χρησιμοποιηθεί μια 'έξυπνη αγορά': η τιμή για την αποστολή ενός πακέτου θα κυμαινόταν λεπτό προς λεπτό έτσι ώστε να αντανakλά τον τρέχον βαθμό της συμφόρησης στο δίκτυο.

Μια έξυπνη αγορά δεν θα ήταν τρομερά δύσκολο να εφαρμοστεί. Το κάθε πακέτο θα έχει ένα πεδίο 'bid' στην επικεφαλίδα για να δείχνει πόσο ο αποστολέας είναι διατεθειμένος να πληρώσει για να το στείλει. Οι χρήστες τυπικά θα βάζουν προκαθορισμένες τιμές για διάφορες εφαρμογές και θα επανεγγράφουν τις προκαθορισμένες σε ειδικές περιπτώσεις. Για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να αποδώσει ένα χαμηλό bid στα πακέτα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Σε πραγματικού χρόνου, ήχος ή οπτικά δεδομένα μπορεί να αποδίδονται ψηλές bid τιμές. Το δίκτυο θα εισήγαγε όλα τα πακέτα με bid τιμές που ξεπερνούν το τρέχον μέγεθος αποκοπής, το οποίο καθορίζεται από το οριακό κόστος συμφόρησης που υποβάλλεται από το επόμενο επιπρόσθετο πακέτο.

⁶ J. K. MacKie-Mason, H. R. Varian, "Pricing Congestible Network Resources"

Αυτός ο μηχανισμός εγγυάται μόνο σχετική προτεραιότητα, και δεν είναι μια απόλυτη υπόσχεση υπηρεσίας. Ένα πακέτο με ψηλό bid κερδίζει πρόσβαση συντομότερα από αυτό με χαμηλότερο bid, αλλά ο χρόνος παράδοσης δεν είναι εγγυημένος. Πακέτα τα οποία έχουν απορριφθεί μπορεί να αποπεμφθούν πίσω στους χρήστες, ή να δρομολογηθούν σε ένα πιο αργό δίκτυο, πιθανώς αφού έχουν αποθηκευτεί για κάποια περίοδο σε μια ενδιάμεση μνήμη (buffer) για την περίπτωση που η συμφόρηση που επικρατεί εκείνη την στιγμή στο δίκτυο πέσει ικανοποιητικά ύστερα από λίγη ώρα.

Ένα νέο γνώρισμα μιας τέτοιας έξυπνης αγοράς, είναι ότι οι χρήστες δεν πληρώνουν την τιμή που πραγματικά καταχώρησαν στο bid. Αντί αυτού, πληρώνουν την τιμή αποσαφήνισης της αγοράς, η οποία είναι πάντα χαμηλότερη από τα bids όλων των πακέτων που έγιναν εισαγωγή στο δίκτυο.

Η έξυπνη αγορά έχει κι άλλα επιθυμητά γνωρίσματα. Το αποτέλεσμα της είναι το κλασσικό οικονομικό μοντέλο κατά το οποίο η προσφορά ισούται με την ζήτηση στο επίπεδο υπηρεσίας. Η τιμή ισορροπίας, σε οποιοδήποτε σημείο, είναι το bid του οριακού χρήστη. Ο κάθε παρακάτω οριακός χρήστης χρεώνεται αυτήν την τιμή, έτσι ο κάθε παρακάτω οριακός χρήστης παίρνει ένα περίσσευμα κατανάλωσης από την αγορά. Επιπλέον, τα εισοδήματα συμφόρησης ισοδυναμούν με την βέλτιστη επένδυση σε επέκταση δυναμικότητας.

5.4 Ακραία Τιμολόγηση

5.4.1 Διαδικασία Προσέγγισης κόστους συμφόρησης

Για τον υπολογισμό του πραγματικού κόστους συμφόρησης απαιτείται όπως υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού της απώλειας ωφέλειας ενός χρήστη λόγω της χρήσης ενός άλλου χρήστη. Αυτό απαιτεί γνώση όχι μόνο της χρησιμότητας των χρηστών αλλά επιπλέον γνώση της τρέχουσας κατάστασης συμφόρησης κατά μήκος ολόκληρου του μονοπατιού. Οι υπολογισμοί για απώλεια χρήσης είναι εξαιρετικά δύσκολοι υπολογισμοί. Όσο αφορά την γνώση για την τρέχουσα κατάσταση συμφόρησης εξετάζονται δύο διαδικασίες⁷.

⁷ S. Shenker, D. Clark, D. Estrin, S. Herzog, "Pricing in computer networks: reshaping the research agenda"

Η πρώτη διαδικασία αφορά στην αντικατάσταση της τρέχουσας κατάστασης συμφόρησης από την αναμενόμενη κατάσταση συμφόρησης. Αυτή είναι βασικά ευαίσθητη στην ποιότητα υπηρεσιών τιμολόγηση όσο και τιμολόγηση με βάση την ώρα της μέρας. Η ώρα-της-μέρας εξάρτηση δημιουργεί προσδοκίες για την τρέχουσα κατάσταση συμφόρησης. Η εξάρτηση ποιότητας υπηρεσίας, αντανακλά το γεγονός ότι οι συνέπειες που έχει μια ροή πακέτων σε μια άλλη ροή πακέτων, εξαρτάται από την αντίστοιχη τάξη υπηρεσιών αυτής της ροής. Πακέτα τάξης πιο υψηλής ποιότητας υπηρεσιών, επιβάλουν περισσότερη καθυστέρηση σε άλλα πακέτα, από ότι τα πακέτα σε χαμηλότερης ποιότητας τάξη. Αυτή η διαδικασία της ευαισθησίας στην ποιότητα υπηρεσιών, τιμολόγηση με βάση την ώρα της μέρας, έχει το πρόβλημα ότι δεν αντανακλά στιγμιαίες διακυμάνσεις στα επίπεδα κυκλοφορίας. Πακέτα που αποστέλλονται κατά την διάρκεια ηρεμίας στο δίκτυο θα συνεχίσουν να χρεώνονται πλήρης τιμής ακόμα κι αν το πραγματικό κόστος συμφόρησης είναι σχετικά μικρό.

Μια τέτοια αναισθησία σε στιγμιαίες καταστάσεις, θα δίνει την εντύπωση της μετακίνησης οποιουδήποτε κινήτρου για να αναδιανέμουν δυναμικά οι χρήστες το φόρτο τους. Όπως στο τηλεφωνικό δίκτυο η τιμολόγηση με βάση την ώρα της μέρας, ενθαρρύνει τους χρήστες να μετακινήσουν τις κλήσεις τους σε άλλη χρονική στιγμή (αργότερα ή νωρίτερα) όταν τα τέλη είναι χαμηλότερα, αλλά δεν τους ενθαρρύνει να προσαρμοστούν στις αναίσθητες καταστάσεις. (Φυσικά στο τρέχον τηλεφωνικό δίκτυο δεν υπάρχει περίπτωση οι χρήστες να εντοπίσουν τον τρέχοντα φόρτο).

Η ανικανότητα για μειωμένη χρέωση κατά την διάρκεια περιόδων χαμηλότερης συμφόρησης, δεν είναι ένα σοβαρό πρόβλημα διότι σε πολλές περιπτώσεις, μπορεί να αντικατασταθεί η ευαισθησία σε συμφόρηση της υπηρεσίας, με την ευαισθησία σε συμφόρηση της τιμής. Κατά την διάρκεια ηρεμίας στο δίκτυο, οι τάξεις χαμηλότερης ποιότητας δίνουν εξίσου καλές υπηρεσίες με τις υψηλής ποιότητας τάξεις σε περιόδους συμφόρησης. Οι χρήστες που παρακολουθούν την υπηρεσία που παίρνουν από το δίκτυο και προσαρμόζουν τις αιτήσεις υπηρεσίας ανάλογα, μπορούν να λάβουν πλεονεκτήματα από αυτήν την διακύμανση. Ο τρόπος με τον οποίο τα κόστη του χρήστη είναι χαμηλότερα κατά την διάρκεια ωρών χαμηλότερου φόρτου του δικτύου δεν είναι ως προς το ότι το δίκτυο χαμηλώνει τις τιμές των τάξεων εξυπηρέτησης, αλλά ο χρήστης αιτείται χαμηλότερης τάξης υπηρεσίες και χρεώνονται την χαμηλότερη τιμή αυτής της τάξης.

Οι προσαρμογές αυτές θα είναι ψηλά αυτοματοποιημένες, θα βρίσκονται μέσα στις εφαρμογές ή στο λειτουργικό σύστημα του τελικού χρήστη. Η ευφυΐα και

υπευθυνότητα για την προσαρμογή στις τρέχουσες συνθήκες θα πρέπει να βρίσκεται έξω από το δίκτυο, έτσι ώστε η βασική υποδομή στο εσωτερικό του δικτύου να παραμείνει αρκετά απλή διατηρώντας την φιλοσοφία σχεδίασης του δικτύου.

Η δεύτερη προσέγγιση, αφορά στην αντικατάσταση του κόστους του πραγματικού μονοπατιού με το κόστος του αναμενόμενου μονοπατιού, όπου οι χρεώσεις εξαρτώνται μόνο από την πηγή και τους προορισμούς της ροής, και όχι στην ιδιαίτερη διαδρομή που έχει πάρει η ροή. Από την άποψη του χρήστη, έχει ζητήση υπηρεσία από ένα σημείο σε ένα άλλο. Το πραγματικό μονοπάτι που παίρνουν τα δεδομένα, τυπικά καθορίζεται από τους αλγόριθμους ρουτίνας του δικτύου (εκτός στην περίπτωση της πηγαίας δρομολόγησης). Έχοντας την τιμή της υπηρεσίας να εξαρτάτε στις αποφάσεις του δικτύου για την δρομολόγηση, φαίνεται σαν ένα αχρειαστο πρότυπο διακύμανσης της τιμής, που κάνει δυσκολότερο για τον χρήστη να κάνει πληροφορημένα σχέδια για την χρήση του δικτύου. Ακόμα περισσότερο, όταν το δίκτυο παίρνει εναλλακτικά μονοπάτια λόγω συμφόρησης, το επιπλέον κόστος που οφείλεται στην συμφόρηση δεν πρέπει απαραίτητα να εμπίπτει μόνο σε αυτές τις ροές που έχουν ανακατευθυνθεί. Αναμφίβολα στο τηλεφωνικό δίκτυο, η τιμή ενός μιας τηλεφωνικής κλήσης δεν εξαρτάται από την επιλογή του δικτύου για την δρομολόγηση.

5.4.2 Διαδικασία Τιμολόγησης

Όταν συνδυαστούν αυτές οι δύο προσεγγίσεις, η τιμή βασίζεται στην αναμενόμενη συμφόρηση κατά μήκος του αναμενόμενου μονοπατιού που είναι κατάλληλο για την αρχή και τον προορισμό του πακέτου. Ως εκ τούτου, οι τιμές που προκύπτουν μπορούν να καθοριστούν και οι χρεώσεις να αποτιμώνται τοπικά στο σημείο πρόσβασης (π.χ. η άκρη του δικτύου του προμηθευτή όπου το πακέτο του χρήστη εισέρχεται), αντί να υπολογίζεται με ένα κατανεμημένο τρόπο κατά μήκος ολόκληρου του μονοπατιού. Αυτό το τοπικό σχήμα είναι το τοπικό σχήμα ακραίας τιμολόγησης.

Το πλεονέκτημα αυτής της δομής είναι ότι οι δομές τιμολόγησης είναι εξολοκλήρου τοπικές. Η ακριβή φύση του σχήματος τιμολόγησης είναι απλά ένα θέμα μεταξύ του χρήστη και του προμηθευτή υπηρεσίας. Λόγω του ότι οι αποφάσεις βασίζονται σε τοπικά δεδομένα, οι προμηθευτές υπηρεσίας μπορούν να επινοήσουν ακόμα πιο ελκυστικά (και περίπλοκα) σχήματα τιμολόγησης και μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των χρηστών με ένα εξ ολοκλήρου εύκαμπτο τρόπο. Δεν χρειάζονται να αναπτυχθούν ομοιόμορφα πρότυπα τιμολόγησης, εφόσον η

αλληλοσυνδέσεις, περικλείουν μόνο αμφίπλευρες συμφωνίες που επιτρέπουν στον κάθε προμηθευτή να χρησιμοποιεί τη δική του τιμολογιακή πολιτική. Η τοπικότητα επιτρέπει στους προμηθευτές να πειραματιστούν με νέες τιμολογιακές τεχνικές και να τις εφαρμόσουν σε κάποιο χρόνο. Οι τεχνικές τιμολόγησης θα είναι ένα από τα σημαντικά ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα που θα είναι διαθέσιμα στους προμηθευτές όταν θα ανταγωνίζονται μεταξύ τους. Για παράδειγμα η τοπικότητα επιτρέπει στους προμηθευτές να παρέχουν ειδικές συμφωνίες τιμολόγησης όπως οργανωμένες εκπτώσεις.

5.5 Κριτική της βέλτιστης Τιμολόγησης.

Το παράδειγμα βελτιστοποίησης μπορεί να έχει ιδιαίτερη εφαρμογή σε μεμονωμένα περιβάλλοντα στα οποία ο στόχος του προμηθευτή δικτύου είναι να μεγιστοποιήσει την ευημερία, όπως σε μη κερδοσκοπικά δίκτυα ερευνών ή σε εσωτερικά δίκτυα επιχειρήσεων. Ποιος όμως ο ρόλος της τιμολόγησης σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον. Η τρέχουσα αγορά προμήθειας υπηρεσιών διαδικτύου, έχει πολλούς ανεξάρτητους προμηθευτές υπηρεσιών (ISPs), και ο ανταγωνισμός εμφανίζεται να είναι γρήγορα αυξανόμενος. Το παράδειγμα βέλτιστης τιμολόγησης ίσως να μην είναι αρκετά καλό θεμέλιο για τιμολόγηση σε ένα τέτοιο ανταγωνιστικό περιβάλλον.

Το παράδειγμα βελτιστοποίησης τοποθετεί ιδιαίτερη προσοχή στο οριακό κόστος συμφόρησης. Είναι όμως το οριακό κόστος συμφόρησης σχετικό; Είναι τα οριακά κόστη συμφόρησης προσεγγίσιμα; Είναι η βελτιστοποίηση ο μοναδικός στόχος; Αυτές είναι τρεις ερωτήσεις που πρέπει να απαντηθούν.

5.5.1 Σχετικότητα του οριακού κόστους συμφόρησης

Είναι τυπικό αποτέλεσμα ότι η ευημερία του συνόλου (το άθροισμα του κέρδους του προμηθευτή και το περίσσειμα του καταναλωτή) είναι μέγιστο όταν οι τιμές είναι ίσες στο οριακό κόστος, όπου αυτό το οριακό κόστος λαμβάνει υπόψη όλες τις εξωτερικές οικονομίες (externalities). Στα δίκτυα υπολογιστών, αυτές οι εξωτερικές οικονομίες περικλείουν τόσο τις επιπτώσεις της συμφόρησης, όπου η χρήση ενός χρήστη υποβάλει μια ποινή απόδοσης στους άλλους χρήστες, όσο και επιπτώσεις σύνδεσης, όπου τα οφέλη ενός χρήστη από τους άλλους χρήστες που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο.

Ο ανταγωνισμός μεταξύ των προμηθευτών υπηρεσιών δικτύου τυπικά θα οδηγήσει τις τιμές σε αυτό το οριακό κόστος. Είναι όμως αμφίβολο το κατά πόσο αυτές οι τιμές με βάση το οριακό κόστος θα καλύψουν πλήρως το κόστος υποδομής των δικτύων. Αν το κόστος υποδομής είναι γραμμική συνάρτηση της δυναμικότητας τότε το κόστος υποδομής δεν θα καλυφθεί πλήρως από την τιμολόγηση οριακού κόστους. Μια υπόθεση που γίνεται είναι ότι ενώ τα οριακά κόστη συμφόρησης μπορεί να είναι μη τετριμμένα, θα είναι πολύ λιγότερα από το συνολικό κόστος υποδομής της προμήθειας υπηρεσιών δικτύου.

Σε τέτοια περίπτωση δεν υπάρχει σταθερή ανταγωνιστική ισορροπία. Οποιαδήποτε σταθερή κατάσταση πρέπει να έχει μερικές τιμές που να υπερβαίνουν το σχετικό οριακό κόστος. Η δομή τιμολόγησης όπως αναφέρθηκε και παραπάνω μπορεί να σπάσει σε δυο κομμάτια. Το ένα στοιχείο της χρέωσης του δικτύου είναι η αμοιβή για πρόσβαση στο δίκτυο και το δεύτερο στοιχείο η αμοιβή χρήσης του δικτύου.

Η υπόθεση των ομοιόμορφα μεγάλων ωφελημάτων από την πρόσβαση στο δίκτυο δεν παρουσιάζεται να έχει εφαρμογή στο τρέχον δίκτυο υπολογιστών. Αναμένεται ότι και οι τιμές πρόσβασης και οι τιμές χρήσεις θα επηρεάσουν την ευημερία, και θα υπάρχει ένα μοναδικό σημείο τιμής, που θα παράγει ένα βέλτιστα θετικό βαθμό ευημερίας.

Επιπρόσθετα το σχήμα αυτό μπορεί να είναι διαφορετικό για διαφορετικές υποκατηγορίες χρηστών. Για παράδειγμα, οι χρήστες χαμηλού όγκου που αποκομίζουν μικρό όφελος από το να είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο, μάλλον θα απορροφήσουν μια αύξηση στην χρήση χωρίς να αποσυνδεθούν από το δίκτυο. Μερικοί εμπορικοί προμηθευτές δικτύου χρεώνουν βασισμένοι στον όγκο έτσι ώστε να προσελκύσουν χαμηλού όγκου οριακού οφέλους χρήστες που ίσως διαφορετικά να μην αγόραζαν την πρόσβαση. Αντίθετα, οι περισσότεροι μεγάλοι οργανισμοί, οι οποίοι τυπικά αποκομίζουν μεγάλη αξία από τις συνδέσεις στο δίκτυο, πληρώνουν σημαντικά ποσά για την σύνδεση. Η παραδοσιακή και δορυφορική αγορά τηλεφωνίας, επίσης εμφανίζουν εκτεταμένη διαχώριση δευτέρου βαθμού (π.χ. μη γραμμικά σχήματα τιμολόγησης όπου η ανά μονάδα τιμή εξαρτάται από την ποσότητα που αγοράζεται). Υπάρχουν πολλά διαφορετικά σχέδια τιμολόγησης, μερικά με χαμηλότερη χρέωση πρόσβασης και ψηλότερη χρέωση για την χρήση, και άλλα με αντίστροφη δομή.

Το εύρος ζώνης του δικτύου είναι επίσης σημαντικός παράγοντας για τον καθορισμό τιμολόγησης. Αυτό το κριτήριο απαιτεί όπως οι χρήστες που κανονικά καταναλώνουν (ή σχεδιάζουν να καταναλώσουν) σημαντικά μικρότερο εύρος ζώνης να χρεώνονται λιγότερα, με την διαφορά να αντανακλά το ποσοστό του κόστους που οφείλεται στο εύρος ζώνης. Φυσικά αν το εύρος ζώνης είναι σχετικά φθηνό, τότε αυτό το κριτήριο έχει μικρή ανταπόκριση.

5.5.2 Προσεγγισιμότητα κόστους συμφόρησης

Τα σχήματα τιμολόγησης που επιζητούν να πετύχουν βέλτιστη απόδοση πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις διαφορετικές ευαισθησίες καθυστέρησης και πτώσης που παρουσιάζονται στο δίκτυο. Ενώ στα απλά θεωρητικά μοντέλα είναι βολικό να χρησιμοποιείται η αφαίρεση ότι η χρήση ενός χρήστη είναι συνάρτηση του για παράδειγμα μέσου όρου εύρου ζώνης και καθυστέρησης, ο πραγματικός κόσμος είναι πολύ πιο πολύπλοκος.

Είναι εξαιρετικά δύσκολο, αν όχι αδύνατο, για το δίκτυο να συμπεραίνει τις συνέπειες στον χρόνο μετάδοσης που δημιουργείται από καθυστέρηση σε οποιοδήποτε μεμονωμένο πακέτο, ειδικά εφόσον ο χρόνος μετάδοσης είναι επίσης μια συνάρτηση του αλγόριθμου ελέγχου συμφόρησης του χρήστη. Η κατανόηση αυτής της σχέσης μεταξύ του χειρισμού μεμονωμένων πακέτων και της συνολικής χρησιμότητας, είναι μάλλον πρωταρχική, και η σχέση αυτή αλλάζει ραγδαία με την τεχνολογία (π.χ. πρόοδος στον έλεγχο συμφόρησης μπορεί να μειώσει κατά μεγάλο βαθμό την ευαισθησία για την τυχαία πτώση πακέτων).

5.6 Κριτική Σχήματος τιμολόγησης ‘Εξυπνου Πακέτου’

Το πιο ουσιαστικό πρόβλημα με την τεχνική αυτή είναι παραδίδοντας ένα χαμένο bid τυπικά θα οδηγήσει σε κάποιο αγνώστου βαθμού καθυστέρηση (εφόσον το πακέτο θα ξανασταλθεί σε μελλοντικό χρόνο), έτσι το bid θα πρέπει να αντανακλά πόση απώλεια χρήσης αυτή η καθυστέρηση θα παράγει αντί για την αποτίμηση της ίδιας της υπηρεσίας. Γι’ αυτό ακριβή bids δεν μπορούν να παραδοθούν χωρίς να γίνεται γνωστή η ακριβής καθυστέρηση που συσχετίζεται με το κάθε επίπεδο bid και ούτε το δίκτυο ούτε ο χρήστης γνωρίζουν αυτή την καθυστέρηση.

Δεύτερο πρόβλημα που παρουσιάζεται στην τεχνική αυτή είναι οι περιπλοκές όταν το πακέτο διέρχεται από διαφορετικά τμήματα (hops) κατά την διαδρομή του στον τελικό προορισμό. Η αξιολόγηση είναι μια από άκρο-σε-άκρο ποσότητα (ο

χρήστης ενδιαφέρεται μόνο για τα πακέτα να φθάνουν στον τελικό προορισμό τους και δεν τον ενδιαφέρει η ενδιάμεση διαδικασία), αλλά η αξιολόγηση σε ένα τμήμα-προς-τμήμα τρόπο για να καθορίζεται η πρόσβαση στο κάθε τμήμα. Ο μηχανισμός απόδοσης bid θα πρέπει να επεκταθεί για την αποτίμηση όλου του μονοπατιού απευθείας.

Τρίτο, το bid είναι σε μια ανά πακέτο βάση, ενώ αρκετές εφαρμογές περικλείουν μια ακολουθία πακέτων. Είναι αδύνατο να αποτιμηθεί το κάθε πακέτο ανεξάρτητα σε μια μετάδοση πακέτου, όταν η πραγματική αποτίμηση αφορά ακολουθίες πακέτων.

Η αποτυχία των μηχανισμών τιμολόγησης χρήσης είναι απόδειξη ότι ο στόχος είναι πέρα από τον σκοπό κάθε πρακτικού αλγόριθμου. Αυτό όμως δεν υπονοεί ότι τα σχήματα τιμολόγησης είναι μικρής χρησιμότητας. Συγκρίνοντας με κατάσταση χωρίς περιοριστικές χρεώσεις χρήσης, οι χρεώσεις χρήσης αυξάνουν σημαντικά την απόδοση του δικτύου. Προσομοιώσεις και υπολογισμοί έχουν δείξει καθαρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα που έχει η τιμολόγηση χρήσης έναντι της ελεύθερης εισόδου. Τέτοια σχήματα τιμολόγησης δεν επιτυγχάνουν πραγματική βελτιστοποίηση, και τα σημαντικά αποδοτικά κέρδη από αυτές θα μπορούσαν να επιτευχθούν με σχήματα μερικώς βέλτιστα.

6. Ο ρόλος του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα

Τα τεχνικά προβλήματα που συσχετίζονται με το σχήμα τιμολόγησης με βάση την χρήση, περιλαμβανομένου της προτεινόμενης έξυπνης αγοράς, είναι τεράστια. Το τρέχον διαδίκτυο έχει αναπτυχθεί μέσω συνεργασίας μεταξύ του ιδιωτικού τομέα και της κυβέρνησης. Η ανάπτυξη του μελλοντικού ευρυζωνικού δικτύου, με μηχανισμούς για λογιστική παρακολούθηση και τιμολόγηση ευαίσθητη στην χρήση, θα απαιτήσει και αυτό κυβερνητική παρέμβαση.

Ο ιδιωτικός τομέας είναι πιθανώς πιο ευέλικτος και αποκριτικός από την κυβερνητική γραφειοκρατία. Παρόλα αυτά ανταγωνιστικά πρότυπα δικτύων θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ένα ηλεκτρονικό Πύργο της Βαβέλ. Ένα δημόσια επιβαλλόμενο πρότυπο είναι σημαντικό. Για παράδειγμα, η ζήτηση των πελατών για χαμηλής καθυστέρησης, μη υπερφορτισμένα δίκτυα θα δώσει στους προμηθευτές το κίνητρο να εφαρμόσουν κάποια μορφή τιμολόγησης ελέγχου της συμφόρησης, αλλά οι προμηθευτές ιδιαιτέρων δικτύων πιθανώς δεν θα επιλέξουν να εφαρμόσουν τέτοιες μεθόδους εκτός αν υπάρξει συνεργασία στα πρότυπα και πλατιά υιοθέτηση του μηχανισμού. Υπάρχει ένας σημαντικός ρόλος για τα δημόσια και τα ημικρατικά σώματα στην σχεδίαση συνεργάσιμων πολιτικών και πρωτοκόλλων για τον έλεγχο της συμφόρησης, λογιστική παρακολούθηση και τιμολόγηση ευαίσθητη στην χρήση.

Ένας ρόλος της κυβέρνησης είναι να διασφαλίσει αλληλοσύνδεση μεταξύ ανταγωνιστών προμηθευτών δικτύου. Μπορεί επίσης να είναι σημαντικό για την κυβέρνηση να παρέχει το ρυθμιστικό πλαίσιο για λογιστική παρακολούθηση και τιμολόγηση. Κατά πόσο τα πρωτόκολλα για πραγματική εφαρμογή λογιστικής και τιμολόγησης θα πρέπει να καθοριστούν από ένα δημόσιο σώμα ή μια συνεργασία βιομηχανιών δεν είναι άμεσα φανερό.

Ένα πρότυπο τιμολόγησης πρέπει να περιέχει αρκετή πληροφόρηση για να ενθαρρύνει τη αποτελεσματική χρήση του εύρους ζώνης του δικτύου, και να περιλαμβάνει πληροφορίες για λογιστική παρακολούθηση και τιμολόγηση. Ένα ιδιωτικό δίκτυο δεν είναι βιώσιμο χωρίς τέτοια πρότυπα.

Ο άλλος σημαντικός στόχος για την κυβέρνηση είναι να υπολογίσει το δημόσιο συμφέρον από την πρόσβαση και χρησιμοποίηση από χρήστες που μπορεί να μην είναι διαθέσιμοι να πληρώσουν το δικό τους κόστος, αλλά να σχεδιάσει επιχορηγήσεις για να ενθαρρύνει αυτούς τους χρήστες. Η ανάπτυξη και η αύξηση του διαδικτύου θα υπηρετεί καλύτερα αν οι υπηρεσίες δικτύου τιμολογούνται σύμφωνα

με το κόστος (περιλαμβανομένου του κόστους συμφόρησης), και οι επιχορηγήσεις θα πρέπει να διανέμονται έτσι ώστε οι χρήστες να μπορούν να πληρώνουν αυτές τις πληρωμές. Χρησιμοποιώντας ένα αποτελεσματικό σχήμα τιμολόγησης θα ενθαρρύνει την ανάπτυξη της χρησιμοποίησης του δικτύου και της δυναμικότητας του, και θα οδήγησε τους πόρους στην χρησιμοποίηση που θα αποδώσει την μεγαλύτερη δυνατή αξία.

6.1 Τρέχουσα κατάσταση ISDN υπηρεσιών στον ΟΤΕ

Ο ΟΤΕ εισήγαγε τις ISDN υπηρεσίες σε δοκιμαστική βάση τον Μάιο του 1995 καλύπτοντας τις εννέα μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας, χρησιμοποιώντας 13 ψηφιακά κέντρα μεταγωγής. Στις αρχές του 1997 υπήρχαν 330 πελάτες εκτός από τα κυβερνητικά υπουργεία.

Η αργή ανάπτυξη του ISDN από τον ΟΤΕ οφείλεται κύρια στην αργή διαδικασία ψηφιοποίησης του δικτύου όσο και από την έλλειψη αποτελεσματικού μάρκετινγκ από τον ΟΤΕ. Ένα μεγάλο ποσοστό των ISDN πελατών δεν έχουν ακόμα χρησιμοποιήσει τις υπηρεσίες του δικτύου είτε λόγω του ότι δεν πληροφορήθηκαν σωστά για την χρήση της σύνδεσης τους, είτε λόγω της σοβαρής έλλειψης εξοπλισμού ISDN. Ένα επίσης σοβαρό μειονέκτημα ήταν η ελλιπής υποστήριξη από τον ΟΤΕ των πελατών του.

Ως προς την τιμολόγηση των ISDN υπηρεσιών η πλειοψηφία των πελατών θεωρούν τις χρεώσεις σύνδεσης τιμολογιακά λογικές αλλά οι περισσότεροι από αυτούς βρίσκουν τις μηνιαίες χρεώσεις ενοικίου πολύ ψηλές. Αυτό είναι αρκετά αληθινό όσο αφορά την βασική πρόσβαση η χρέωση σύνδεσης είναι 25% υψηλότερη από την αντίστοιχη για μια απλή τηλεφωνική σύνδεση, όπου διεθνώς είναι 2.5 φορές ψηλότερη στον μέσο όρο.

Η τιμολογιακή πολιτική που ακολουθεί ο ΟΤΕ στην τιμολόγηση καθορίζεται από την συνεκτίμηση τριών βασικών παραγόντων: του κόστους, της ποιότητας των παρεχόμενων προϊόντων και υπηρεσιών και των δεδομένων της εσωτερικής και διεθνείς αγοράς. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι τιμές της dial-up σύνδεσης του ΟΤΕ και όλων των ελληνικών προμηθευτών υπηρεσίας.

Πίνακας 1: Προμηθευτές υπηρεσιών σύνδεσης στην ελληνική αγορά.

Μήνες	1/7/1998 13:55 ISP	Σύνδεση	Kbps	Εγγραφή Δρχ.	Ποσό Δρχ.	Κόστος Κυκλοφ.	Μηνιαίο Κόστος
6	OTEnet	ISDN	64	5.000	90.000	0,3	15.000
3	OTEnet	ISDN	64	5.000	45.000	0,3	15.000
12	HellasNet	ISDN	64	0	260.000	0	21.667
3	HellasNet	ISDN	64	0	75.000	0	25.000
6	HellasNet	ISDN	64	0	150.000	0	25.000
6	OTEnet	ISDN	64	5.000	150.000	0	25.000
3	OTEnet	ISDN	64	5.000	75.000	0	25.000
1	OTEnet	ISDN	64	5.000	25.000	0	25.000
12	HellasNet	ISDN	128	0	550.000	0	45.833
3	HellasNet	ISDN	128	0	150.000	0	50.000
6	HellasNet	ISDN	128	0	300.000	0	50.000
6	EEXI	PSTN	33,6	12.000	22.034	0	3.672
12	EEXI	PSTN	33,6	12.000	44.068	0	3.672
12	FORTHnet -20%	PSTN	33,6	0	47.458	0	3.955
12	GroovyNet	PSTN	33,6	0	50.000	0	4.167
12	AIASnet	PSTN	33,6	0	50.000	0	4.167
2	EEXI	PSTN	33,6	12.000	8.475	0	4.237
6	FORTHnet -20%	PSTN	33,6	0	27.119	0	4.520
12	HOL -20%	PSTN	33,6	0	54.237	0	4.520
12	HellasNet	PSTN	33,6	0	55.000	0	4.583
6	GroovyNet	PSTN	33,6	0	27.966	0	4.661
12	CompuLink	PSTN	33,6	8.000	56.780	0	4.732
12	FORTHnet	PSTN	33,6	0	59.322	0	4.944
6	Matrix	PSTN	33,6	0	30.000	0	5.000
12	Acropolis	PSTN	33,6	5.000	60.000	0	5.000
6	HOL -20%	PSTN	33,6	0	30.508	0	5.085
3	AIASnet	PSTN	33,6	0	16.000	0	5.333
3	GroovyNet	PSTN	33,6	0	16.102	0	5.367
6	CompuLink	PSTN	33,6	8.000	32.203	0	5.367
6	HellasNet	PSTN	33,6	0	33.000	0	5.500
6	FORTHnet	PSTN	33,6	0	33.898	0	5.650
12	HOL	PSTN	33,6	0	67.797	0	5.650
5	AIASnet	PSTN	33,6	0	29.000	0	5.800
12	OTEnet	PSTN	33,6	0	70.200	0	5.850
3	CompuLink	PSTN	33,6	8.000	17.797	0	5.932
1	IBM	PSTN	33,6	0	6.125	0	6.125
6	HOL	PSTN	33,6	0	38.136	0	6.356
3	OTEnet	PSTN	33,6	0	19.500	0	6.500
6	OTEnet	PSTN	33,6	0	39.000	0	6.500
3	HellasNet	PSTN	33,6	0	20.000	0	6.667
6	Acropolis	PSTN	33,6	5.000	40.000	0	6.667
3	HOL -20%	PSTN	33,6	0	20.339	0	6.780
3	Acropolis	PSTN	33,6	5.000	25.000	0	8.333
3	HOL	PSTN	33,6	0	25.424	0	8.475

7. Συμπεράσματα

Ένα αποτελεσματικό διαδίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών, πρέπει να προσφέρει ένα πλούσιο μοντέλο υπηρεσιών που θα συνδυάζει πραγματικού χρόνου υπηρεσία, καλύτερης προσπάθειας υπηρεσία, και μία προσαρμοσμένη υπηρεσία μισθωμένης γραμμής. Επιπλέον, ένα τέτοιο μοντέλο υπηρεσίας θα χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά μόνο εάν συνδυαστεί με ένα τιμολογιακό σχήμα ευαίσθητο στην ποιότητα των υπηρεσιών, και βασισμένο στην χρήση. Ωστόσο, το σημερινό διαδίκτυο δεν έχει ούτε ένα πλούσιο μοντέλο υπηρεσιών, ούτε λογιστική υποδομή ικανή να υποστηρίζει εξελιγμένα και πολύπλοκα σχήματα τιμολόγησης.

Για να επιτευχθεί βελτιστοποίηση υποχρεωτικά περικλείει την εφαρμογή ενός απλού σχήματος τιμολόγησης δια μέσου του δικτύου. Η βελτιστοποίηση περικλείει τον καθορισμό των τιμών ακριβώς στο οριακό κόστος συμφόρησης, έτσι που το λογιστικό σχήμα να αποβεί ένας κατανεμημένος υπολογισμός αυτού του κόστους συμφόρησης. Γι' αυτό το παράδειγμα βελτιστοποίησης είναι βασικά αντιφατικό με την ανάγκη τοπικότητας στην τιμολόγηση. Με δεδομένο ότι κανένα σχήμα τιμολόγησης δεν υποστηρίζει ότι είναι πραγματικά βέλτιστο, η ανάγκη για τοπικό έλεγχο θα πρέπει να πάρει προτεραιότητα σε σχέση με την επιθυμία για απόλυτη βελτιστοποίηση.

Ενώ η πραγματική βελτιστοποίηση δεν είναι ένας κατάλληλος στόχος, η τιμολόγηση θα πρέπει να συνεχίσει να χρησιμοποιείται για την επιτυχία λογικών επιπέδων απόδοσης. Είναι σημαντικό όπως η λογιστική υποδομή επιτρέψει στις τιμές να βασιστούν σε μια διαδικασία προσέγγισης του κόστους συμφόρησης, αλλά είναι σημαντικό να μην εξασκηθούν δυνάμεις σ' αυτές για να ισορροπηθούν σε αυτό το κόστος συμφόρησης.

Πρέπει να προσδιοριστούν ποιες είναι οι απολύτως ελάχιστες απαιτήσεις για την προμήθεια κάποιου υπολογισμού του κόστους συμφόρησης. Μια ελάχιστη απαίτηση είναι ότι οι τιμές πρέπει να ενθαρρύνουν την κατάλληλη χρησιμοποίηση της ποιότητας της υπηρεσίας στα σήματα (με αυτό εννοείται τα σήματα που στέλνονται από την εφαρμογή στο δίκτυο να απαιτούν μια ιδιαίτερη ποιότητα υπηρεσιών). Αυτό είναι κρίσιμο για την ανάπτυξη νέων σχεδίων δικτύου με ποιότητα υπηρεσιών και θα τα ενδυνάμωνε να πετύχουν σημαντικές αυξήσεις στην αποτελεσματικότητα του δικτύου. Μια επιπλέον απαίτηση είναι ότι η τιμολόγηση θα πρέπει να απονθαρρύνει

την χρήση του δικτύου κατά την διάρκεια της ώρας που το δίκτυο βρίσκεται σε συμφόρηση, αλλά να μην την αποθαρρύνει κατά την διάρκεια σχετικά μη υπερφορτωμένων ωρών.

Εφόσον το κόστος χρήσης θα είναι σημαντικό, τα λειτουργικά συστήματα και η επιφάνεια αλληλεπίδρασης του χρήστη πρέπει να τροποποιηθούν έτσι ώστε οι χρήστες να είναι περισσότερο ενήμεροι για την χρήση που κάνουν στο δίκτυο και το αντίστοιχο κόστος. Οι διάφοροι οργανισμοί θα είναι σε καλύτερη θέση με τιμολόγηση βασισμένη στην χρήση μόνο όταν οι χρήστες θα είναι εξοικειωμένοι με τα κόστη του δικτύου και θα μπορούν να παίρνουν αποφάσεις αφού πρώτα πάρουν την κατάλληλη πληροφόρηση. Οι περισσότεροι οργανισμοί μπορούν να χειρίζονται τα τηλεφωνικά τέλη που βασίζονται στην χρήση διότι οι χρήστες αντιλαμβάνονται την τιμολογιακή δομή και είναι ικανοί να ελέγχουν τα δικά τους κόστη αποτελεσματικά. Μια παρόμοια κατάσταση χρειάζεται να δημιουργηθεί και στα δίκτυα.

Βιβλιογραφία – Αρθρογραφία

- Anania, L. and R. J. Solomon, “Flat: The Minimalist B-ISDN Rate”, Internet Economics, MIT Workshop, 1995.
- Bousquet, A. and M. Ivaldi, “Optimal pricing of telephone usage: An econometric implementation”, Information Economics and Policy, Vol. 9 1997.
- Clark, D. D., “Combining Sender and Receiver Payments in the Internet”, MIT Laboratory for Computer Science, Version 3.1.2, <http://differserv.lcs.mit.edu>
- Cochi, R., S. Shenker and D. Estrin, L. Zhang, “Pricing in computer networks: Motivation, Formulation, and Example”, IEEE/ACM Transactions on Networking; Vol. 1, no. 6, pp. 614-27, 1996. <ftp://parcftp.xerox.com/pub/net-research/>
- Constantinou, P. and Lagoudakis A. “The Greek Telecommunications Policies and the E.U. Directives”, Telecommunications Policy Vol. 20, No. 4, pp. 261-271, 1996.
- Crawford, D. W., “Pricing Network Usage: A Market for Bandwidth or Market for Communication?”, Internet Economics, MIT Workshop, 1995.
- Economides, N., “The Economics of Networks”, International Journal of Industrial Organizations, Vol. 14, No. 2, 1996.
- Gaglia, H. and D. Yannelis, “ISDN Services in Greece”, Telecommunication Policy, Vol. 20, No. 7, pp. 609-615, 1998.
- J. K. MacKie-Mason and H. R. Varian, “Pricing Congestible Network Resources” <http://www.spp.umich.edu/papers/>
- J. K. MacKie-Mason and H. R. Varian, “Pricing The Internet” <http://www.spp.umich.edu/papers/>
- Maher, M. E., “Access costs and Entry in the local telecommunications network: A case of de-averaged rates”, International Journal of Industrial Organizations 17, pp. 593-609, 1999.
- McKnight, W. and J. P. Bailey, “An Introduction to Internet Economics”, Internet Economics, MIT Workshop, 1995.
- Mitchell, B. M. and I. Yogelsang, “Telecommunications pricing: Theory and Practice”, RAND, Great Britain University Press, Cambridge, 1991.
- Pospischil, R., “Fast Internet-An Analysis about Capacities, Price structure and Government intervention”, Telecommunications Policy, Vol. 22, No. 9, pp. 745-755, 1998.
- Shenker, S., D. Clark, D. Estrin and S. Herzog, “Pricing in computer networks: reshaping the research agenda”, Telecommunication Policy, Vol. 20 No 3 pp. 183-201, 1996.
- Shenker, S., “Service Models and Pricing Policies for an Integrated Services Internet”, Palo Alto Research Center Xerox Corporation, California <ftp://parcftp.xerox.com/pub/net-research/>
- Walker, D., F. Kelly and J. Solomon, “Tariffing in the new IP/ATM environment” Telecommunication Policy Vol. 21 No. 4 pp. 283-295, 1997.
- Wang, Q., J. M. Peha and M.A. Sirbou, “The design of an Optional Pricing Scheme for ATM Integrated-Services Networks” Internet Economics, March 1995.
- Wie, B. W. and R. L. Tobin, “Dynamic Congestible Pricing Models for General Traffic Networks”, Transpn Res.-B, Vol. 32, No. 5, pp. 313-327, 1998.
- Wrobel, L. A. and E. M. Pope, “Understanding Emerging Network Services, Pricing, and Regulation”, Artech House Boston, London, 1995.
- Yannelis, D., “Pricing policy and regulation in the Greek telecommunications market”, Telecommunications Policy, Vol. 22, No. 10, pp. 875-881, 1998.

Περιγραφή Ηλεκτρονικών Διευθύνσεων

1) <http://www.lcs.mit.edu/research/publications/>

Εργαστήριο επιστήμης υπολογιστών MIT πανεπιστημίου: Το εργαστήριο αυτό επικεντρώνει την έρευνα του στην αρχιτεκτονική της σύγχρονης υποδομής της πληροφορικής. Υπάρχουν 22 ερευνητικές ομάδες στο εργαστήριο, που ερευνούν όλα τα θέματα της επιστήμης των υπολογιστών. Σε αυτήν την ιστοσελίδα μπορεί κανείς να βρει διάφορα άρθρα και εργασίες σχετικές με την επιστήμη των υπολογιστών.

2) <http://www.spp.umich.edu/papers/>

Σχολή Δημόσιας Πολιτικής του πανεπιστημίου του Michigan: Στην διεύθυνση αυτή υπάρχουν πολλές παραπομπές σε διάφορα ερευνητικά άρθρα τελευταίων χρόνων από καθηγητές και φοιτητές της σχολής.

3) <http://www.stern.nyu.edu/networks/site.html>

Ιστοσελίδα που περιλαμβάνει θέματα σχετικά με τα οικονομικά των δικτύων. Έχει δημιουργηθεί από τον Νικόλα Οικονομίδη. Μπορεί κάποιος να βρει εδώ μια συλλογή σε θέματα οικονομικών των δικτύων, όπως επικοινωνιακά δίκτυα τηλεφώνου και φαξ, το διαδίκτυο, χρηματοοικονομικές συναλλαγές και δίκτυα πιστωτικών καρτών, όπως και για 'εικονικά δίκτυα'. Κατατάχθηκε ανάμεσα στις 5 καλύτερες οικονομικές ιστοσελίδες παγκοσμίως από το περιοδικό 'The Economist'.

4) <http://www.eeng.dcu.ie/eenghome/>

Σχολή ηλεκτρολόγων μηχανικών πανεπιστημίου 'Dublin City'. Πολλά άρθρα και εργασίες μπορεί κάποιος να βρει εδώ σχετικά με τα δίκτυα. Η σχολή λειτουργεί επίσης ένα αριθμό τοπικών συνεδρίων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (Mailing Lists) στις οποίες υπάρχει πρόσβαση αυτόματα.

5) <http://www.firstmonday.dk/>

Σε αυτήν την διεύθυνση περιέχεται ένα από τα καλύτερα περιοδικά στο διαδίκτυο που αφορά το διαδίκτυο, το 'First Monday'. Δημοσιεύονται πρωτότυπα άρθρα σχετικά με το διαδίκτυο και την παγκόσμια υποδομή πληροφόρησης. Περιλαμβάνει ανάλυση της χρήσης του διαδικτύου, οικονομικών, τεχνικών και κοινωνικών παραγόντων σε σχέση με το διαδίκτυο, ανασκόπηση των εξελίξεων σε λογισμικό και υλικό, γίνεται αναφορά σε πρότυπα και συζήτηση για το περιεχόμενο του διαδικτύου.

6) <http://networks.ecse.rpi.edu/>

Εργαστήριο δικτύων στο 'Rensselaer'. Στην ιστοσελίδα αυτή μπορεί κάποιος να βρει θέματα σχετικά με πολυμεσικά δίκτυα, ασύρματα δίκτυα, διαχείριση δικτύων, διαχείριση κυκλοφορίας δικτύων, ειδικά στα ATM δίκτυα και διαδίκτυα υψηλών ταχυτήτων, υψηλής απόδοσης LANs και MANs και τιμολόγηση στο διαδίκτυο.

7) <http://www.wisc.edu/>

Πανεπιστήμιο 'Wisconsin'. Στην διεύθυνση αυτή και ειδικά στην <http://www.wisc.edu/architest/issues/millcent.html> μπορεί κάποιος να βρει άρθρα σχετικά με την τιμολόγηση για υπηρεσίες πληροφοριών βασισμένες στο δίκτυο, λειτουργική περιγραφή, πώς τιμολογούνται και πληρώνονται οι υπηρεσίες και άλλα σχετικά θέματα.

8) <http://www.otenet.gr>

Ηλεκτρονική διεύθυνση του OTENET στην οποία υπάρχει περιγραφή της οργάνωσης και διοίκησης της εταιρείας, τα προϊόντα και τις υπηρεσίες που παρέχει και την τιμολογιακή πολιτική που εφαρμόζει.

9) <http://www.goldengate.net/>

Προμηθευτής υπηρεσιών διαδικτύου 'Golden Gate Internet Services'. Θέματα σχετικά με την τιμολογιακή πολιτική και το διαδίκτυο.

10) <http://www.press.umich.edu:80/jep>

Το περιοδικό ηλεκτρονικής δημοσίευσης 'JEP'. Εκδίδεται από το πανεπιστήμιο του 'Michigan'. Περιλαμβάνει άρθρα εργασίες και κείμενα σχετικά με τα δίκτυα (όπως και άλλους τομείς) στα οποία υπάρχει δυνατότητα πρόσβασης.

11) <http://sciencedirect.com/>

Στην διεύθυνση αυτή μπορεί κάποιος δημιουργώντας προσωπικό λογαριασμό να έχει πρόσβαση σε μεγάλο αριθμό άρθρων από διάφορα περιοδικά είτε σε ότι αφορά ολόκληρο το άρθρο είτε σε περίληψη άρθρου.