Πανεπιστήμιο Κρήτης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών

Αρχιτεκτονική και Σχεδίαση Συστημάτων Χρέωσης για Δίκτυα Πολλαπλών Υπηρεσιών

Παναγιώτης Ι. Αντωνιάδης

Μεταπτυχιακή Εργασία

Ηράκλειο, Οκτώβριος 1999

© Copyright 1999 by Panayotis I. Antoniadis
All Rights Reserved

Πανεπιστήμιο Κρήτης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών

Αρχιτεκτονική και Σχεδίαση Συστημάτων Χρέωσης για Δίκτυα Πολλαπλών Υπηρεσιών

Εργασία που υποβλήθηκε από τον
Αντωνιάδη Ι. Παναγιώτη
ως μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για την απόκτηση
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Συγγραφέας:

Παναγιώτης Ι. Αντωνιάδης
Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών
Πανεπιστήμιο Κρήτης

Εισηγητική Επιτροπή:

Κώστας Κουρκουμπέτης,
Καθηγητής, Επόπτης

Γεώργιος Δ. Σταμούλης,
Επίκουρος Καθηγητής, Μέλος

Απόστολος Τραγανίτης,
Αναπληρωτής Καθηγητής, Μέλος

Δεκτή:

Πάνος Κωνσταντόπουλος
Πρόεδρος Επιτροπής Μεταπτυχιακών Σπουδών

Οκτώβριος 1999

σε αυτούς που αγαπάνε
χωρίς αντάλλαγμα

Αρχιτεκτονική και Σχεδίαση Συστημάτων Χρέωσης για Δίκτυα Πολλαπλών Υπηρεσιών

Παναγιώτης Ι. Αντωνιάδης

Μεταπτυχιακή Εργασία

Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών
Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Η ραγδαία εξάπλωση του Internet και παράλληλα η πρόοδος της τεχνολογίας στο χώρο των τηλεπικοινωνιών, έχουν καταστήσει δυνατή σήμερα την ανάπτυξη ενός παγκοσμίου δικτύου πολλαπλών υπηρεσιών, το οποίο θα έχει τη δυνατότητα να παρέχει εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσίας στις εξελιγμένες υπηρεσίες που θα υποστηρίζονται. Η κυρίαρχη, μέχρι σήμερα, αντιμετώπιση σε επίπεδο δικτύου των νέων δεδομένων που προκύπτουν, είναι ο Ασύγχρονος Τρόπος Μετάδοσης (Asynchronous Transfer Mode - ATM) ο οποίος έχει επιλεγεί από την ITU-T, ως ο κατάλληλος τρόπος μετάδοσης για τα Ευρυζώνια Ψηφιακά Δίκτυα Ενοποιημένων Υπηρεσιών (B-ISDNs). Παράλληλα, καταβάλλεται σημαντική προσπάθεια για την αναβάθμιση της σημερινής αρχιτεκτονικής του Internet ώστε να ανταποκριθεί στις νέες απαιτήσεις.

Για τη βιωσιμότητα και την ομαλή λειτουργία ενός τέτοιου δικτύου, εμφανίζεται επιτακτική η ανάγκη εφαρμογής σύγχρονων πολιτικών χρέωσης οι οποίες να βασίζονται στην κατανάλωση των πόρων του δικτύου. Η διαχείριση χρέωσης και καταμέτρησης της χρήσης (accounting management) περιλαμβάνει τις εξής διαδικασίες: μέτρηση χρήσης (usage metering), υπολογισμό χρέωσης (charging), γνωστοποίηση χρέωσης (billing).

Η συμβολή της παρούσας εργασίας αφορά κατ' αρχήν στη σχεδίαση και υλοποίηση ενός μηχανισμού μέτρησης της χρήσης, ο οποίος βασίζεται στις σύγχρονες τάσεις για κατανεμημένη επεξεργασία και ιεραρχική διαχείριση αλλά και στο βασικό μοντέλο καταμέτρησης που έχει διαμορφωθεί σήμερα μέσω των προδιαγραφών των οργανισμών και των υλοποιήσεων των εταιριών. Ο μηχανισμός αυτός, παρέχει μια ανοικτή διεπαφή παροχής της πληροφορίας χρήσης αποκρύπτοντας τις ιδιαιτερότητες της τεχνολογίας δικτύου και της υλοποίησης των συσκευών και ελαχιστοποιώντας τον όγκο της πληροφορίας που διακινείται στο δίκτυο.

Επιπλέον, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας υλοποιήθηκε ένα πρωτότυπο, ολοκληρωμένο σύστημα παροχής και χρέωσης σύνθετων υπηρεσιών δικτύων ATM, το οποίο ακολουθεί τις βασικές αρχές της αρχιτεκτονικής παροχής υπηρεσιών της TINA, και υλοποιεί εξελιγμένα μοντέλα χρέωσης που προτάθηκαν από το έργο CA$HMAN.

Για την αξιολόγηση και επίδειξη των επιμέρους διαδικασιών του συστήματος αυτού υλοποιήθηκε μια συγκεκριμένη εφαρμογή χρήστη μέσω της οποίας παρέχεται η υπηρεσία Video On Demand (VoD). Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στη σχεδίαση της διεπαφής χρήστη, ώστε να δίνεται η δυνατότητα λεπτομερούς μελέτης όλων των επιπέδων παροχής και χρέωσης της υπηρεσίας, καθώς και η πραγματοποίηση πειραμάτων για την αξιολόγηση των μοντέλων χρέωσης από εξειδικευμένους και μη χρήστες.

Επόπτης: Κωνσταντίνος Κουρκουμπέτης
Καθηγητής Επιστήμης Υπολογιστών
Πανεπιστήμιο Κρήτης

Architecture and Design of Charging Systems for Multiservice Networks

Panayotis I. Antoniadis

Master of Science Thesis

Computer Science Department
University of Crete

Abstract

The rapid expansion of the Internet combined with the progress of technology in the area of Telecommunications, have enabled the development of an universal multi-service network which will have the ability to provide quality of service guarantees for the advanced services to be supported. The dominant, up to now, way of coping with the new situation that arise, is the ATM (Asynchronous Transfer Mode) which has been proposed from ITU-T as the appropriate transport protocol for the Broadband Integrated Services Digital Networks (B-ISDNs). Moreover, a great effort is being put to upgrade the current Internet architecture in order to successfully meet the new challenges.

For the prosperity, let alone survival of such a demanding network, the application of modern charging policies -based on the consumption of the network's resources- becomes a vital necessity. Accounting management service includes the following procedures: usage metering, charging, and billing.

The contribution of this study, initially involves the design and implementation of a usage metering mechanism based on the modern trends for distributed processing and hierarchical management as well as on the basic metering model currently formed from the specifications of the organizations and the companies' implementations.

This mechanism provides an open and common interface for the collection of usage information, by obscuring the peculiarities of the network technology and the implementation of the network elements as well as minimizing the volume of information that "runs" through the network.

Moreover, within the context of this study, a prototype integrated system for accounting and charging multiple ATM network services has been implemented. The proposed system follows the basic principles of the TINA service architecture as well as it implements advanced charging models that have been proposed from the CA$HMAN program.

For the evaluation and demonstration of the various procedures of the system, a specific user application has been implemented through which the VoD service is provided.

Significant weight is given in the design of the user interface, in order to enable a detailed study on all the levels of providing and charging ATM services, as well as the conduct of experiments for the evaluation of the charging models from advanced or not users.

Supervisor: Costas Courcoubetis
Professor of Computer Science
University of Crete

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την μεταπτυχιακή μου εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που συνέβαλαν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο στην πραγματοποίηση της.

Κατ' αρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κώστα Κουρκουμπέτη, καθώς και τον επιστημονικό μου σύμβουλο κ. Στέλιο Σαρτζετάκη, για την πολύτιμη και ουσιαστική καθοδήγηση τους κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Επίσης ευχαριστώ τους καθηγητές κ. Γεώργιο Δ. Σταμούλη και κ. Απόστολο Τραγανίτη για τη συμμετοχή τους στην επιτροπή εξέτασης, αλλά και για τις πολύτιμες διορθώσεις και συστάσεις τους για το κείμενο της αναφοράς.

Επίσης, σημαντική βοήθεια κατά την διάρκεια της υλοποίησης της εργασίας αυτής, είχα από τον Γιώργο Μαργέτη και Φώτη Κίτσο τους οποίους ευχαριστώ πραγματικά.

Ευχαριστώ επίσης την ομάδα Δικτύων και Τηλεπικοινωνιών του Ινστιτούτου Πληροφορικής καθώς και το Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας στο σύνολό του, για την υλικοτεχνική και οικονομική υποστήριξη που μου παρείχε κατά τη διάρκεια των σπουδών μου καθώς επίσης και το Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Κρήτης για το υψηλό επίπεδο σπουδών που μου προσέφερε.

Τέλος, καθοριστικής σημασίας σε οτιδήποτε κάνουμε, είναι η συμπαράσταση των αγαπημένων μας ανθρώπων. Ευχαριστώ λοιπόν και εγώ τους δικούς μου και εύχομαι ποτέ να μην "ξεχάσω" πόσο τους αγαπώ.

Αντωνιάδης Παναγιώτης

Περιεχόμενα

Περίληψη **i**

Abstract **iii**

Ευχαριστίες **v**

Περιεχόμενα **vii**

Εισαγωγή **1**

1 Υπηρεσίες Δικτύου και Χρέωση Υπηρεσιών **7**

1.1 Σύγχρονες δικτυακές υπηρεσίες 7

1.2 Μέθοδοι και απαιτήσεις χρέωσης υπηρεσιών 10

1.2.1 Η δυσκολία της χρέωσης 10

1.2.2 Απαιτήσεις μοντέλων χρέωσης 11

1.2.3 Η σημασία της τεχνολογίας δικτύου 12

1.2.3.1 IP (Internet) 12

1.2.3.2 ATM 13

1.2.3.3 Σύγχρονες τάσεις 14

1.3 Πρωτόκολλα επικοινωνίας συστημάτων χρέωσης 15

1.4 Διαχείριση καταμέτρησης χρήσης και χρέωσης 16

1.5 Οι δομές πληροφορίας χρήσης 18

1.6 Η Μέτρηση της Χρήσης 20

1.6.1 Οι δομές πληροφορίας χρήσης 21

1.6.2 Η συλλογή των δεδομένων και έλεγχος αυτής 22

1.6.2.1 Προδιαγραφές συστημάτων καταμέτρησης 23

1.6.2.2 Υλοποιήσεις συστημάτων μέτρησης 24

1.6.2.3 Ολοκληρωμένα εργαλεία 26

1.6.3 Μεταφορά και Αποθήκευση των Δεδομένων 26

1.7 Υπολογισμός Χρέωσης 27

1.8 Γνωστοποίηση Χρέωσης 30

2 Αρχιτεκτονική Παροχής Υπηρεσιών **33**
2.1 Εισαγωγή . . . 33
2.2 Τεχνολογία υποστήριξης κατανεμημένων μονάδων λογισμικού - CORBA . 35
2.2.1 Object Management Architecture (OMA) . . . 35
2.2.2 Common Object Request Broker Architrecture (CORBA) . . . 37
2.2.3 Η CORBA ως πλατφόρμα για τη διαχείριση δικτύων . . . 37
2.3 Αρχιτεκτονικές παροχής υπηρεσιών . . . 38
2.3.1 Ευφυή Δίκτυα (Intelligent Netoworks - IN) . . . 38
2.3.2 Telecommunications Management Network (TMN) . . . 39
2.3.3 Αρχιτεκτονική εφαρμογών Internet . . . 39
2.3.4 Αρχιτεκτονική TINA (Telecommunications Information Networking Architecture) . . . 39
2.4 Τα γενικά χαρακτηριστικά των υπηρεσιών . . . 40
2.4.1 Η λογική της υπηρεσίας . . . 40
2.4.2 Οι φάσεις της υπηρεσίας . . . 40
2.5 Οι βασικές αρχές της αρχιτεκτονικής TINA . . . 41
2.5.1 Η μοντελοποίηση ρόλων και επιχειρήσεων . . . 42
2.5.2 Οπτικές γωνίες (Viewpoints) . . . 43
2.5.3 Η χρήση του DPE . . . 43
2.5.4 Το μοντέλο της συνόδου (session) . . . 43
2.5.5 Η στρωματοποίηση (layering) . . . 44
2.5.6 Διεπαφές και ροή της πληροφορίας . . . 46
2.6 Η εκτεταμένη αρχιτεκτονική διαχείρισης δικτύου του CA$HMAN . . . 47
2.6.1 Σημεία αναφοράς διακίνησης πληροφορίας χρήσης . . . 47
2.6.2 Το μοντέλο πληροφορίας . . . 48
2.6.3 Το υπολογιστικό μοντέλο . . . 50

3 Ο Προτεινόμενος Μηχανισμός Καταμέτρησης της Χρήσης **53**
3.1 Κίνητρο - Στόχος . . . 53
3.2 Απαιτήσεις για ευελιξία του συστήματος καταμέτρησης . . . 55
3.2.1 Το είδος των μετρήσεων . . . 55
3.2.2 Επιλογή των κόμβων στους οποίους πραγματοποιούνται οι μετρήσεις 56
3.2.3 Το χρονικό διάστημα μεταξύ των μετρήσεων . . . 57
3.3 Πηγές πληροφορίας χρήσης . . . 57
3.4 Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική καταμέτρησης χρήσης . . . 59
3.5 Παραδείγματα υλοποίησης του μετρητή κόμβου . . . 64
3.5.1 Η υλοποίηση εξειδικευμένων συλλεκτών . . . 65
3.6 Η πλατφόρμα επικοινωνίας . . . 66
3.7 Η προσαρμογή στην εκτεταμένη αρχιτεκτονική του CA$HMAN . . . 67
3.7.1 Το μοντέλο πληροφορίας . . . 67

3.7.2 Το υπολογιστικό μοντέλο 68
3.7.3 Η συνολική αρχιτεκτονική 71

4 Η Υλοποίηση Πρωτότυπου Συστήματος Χρέωσης **73**
4.1 Γενική περιγραφή 73
4.2 Απαιτήσεις 75
4.3 Εργαλεία 77
4.3.1 Γλώσσα υλοποίησης 77
4.3.2 Επικοινωνία 78
4.3.3 Διαχείριση του δικτύου 78
4.3.3.1 Συνδέσεις ATM 79
4.3.3.2 Μέτρηση της χρήσης 79
4.3.4 Video On Demand 79
4.4 Η Υλοποίηση της πλατφόρμας παροχής και χρέωσης υπηρεσιών 79
4.4.1 Σύνοδος Πρόσβασης 80
4.4.2 Σύνοδος Υπηρεσίας 80
4.4.3 Σύνοδος Επικοινωνίας 82
4.4.4 Μέτρηση της χρήσης 83
4.4.5 Επιλογή παραμέτρων χρέωσης - Υπολογισμός Χρέωσης 84
4.5 Η υλοποίηση του εργαλείου επίδειξης 86
4.5.1 Η υλοποίηση της εφαρμογής του χρήστη 86
4.5.1.1 Επιλογή υπηρεσίας και πολιτική χρέωσης 86
4.5.1.2 Επιλογή παραμέτρων για χρέωση γραμμική ως προς το χρόνο και τον όγκο 87
4.5.1.3 Παροχή της υπηρεσίας - επαναδιαπραγμάτευση 88
4.5.1.4 Γνωστοποίηση Χρέωσης 89
4.5.2 Η διεπαφή του εξυπηρετητή ταινιών 90
4.5.3 Διαχείριση χρηστών ABR 90
4.5.4 Συνοπτική περιγραφή του εργαλείου επίδειξης 91
4.6 Η πλατφόρμα επίδειξης 92

5 Συμπεράσματα - Μελλοντικά Θέματα **95**

Βιβλιογραφία **97**

Ευρετήρια **102**

A Συντομογραφίες **103**

B Ευρετήριο Όρων **107**

Εισαγωγή

Η ανάπτυξη τηλεπικοινωνιακών δικτύων υψηλών ταχυτήτων (βασισμένων σε οπτικές ίνες) δίνει σήμερα τη δυνατότητα για εξυπηρέτηση ενός ευρούς πεδίου εφαρμογών όπως φωνή, video, δεδομένα, με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την ραγδαία ανάπτυξη του Internet, διαμορφώνουν τα τελευταία χρόνια ένα νέο τύπο παγκόσμιου δικτύου πολλαπλών υπηρεσιών στον οποίο εμφανίζεται επιτακτική η ανάγκη για αποδοτική χρέωση των σύγχρονων υπηρεσιών που αυτό θα προσφέρει.

Διαμορφώνεται έτσι, ένα παγκόσμιο δίκτυο πολλαπλών υπηρεσιών που θα παρέχει υπηρεσίες κατανεμημένου λογισμικού και αλληλεπιδραστικές υπηρεσίες πολυμέσων, με χαρακτηριστικά την εκρηκτική κίνηση και κίνηση σταθερού ψηφιακού ρυθμού, τις υπηρεσίες με συνεχή σύνδεση και χωρίς σύνδεση, τις συνδέσεις από σημείο-σε-σημείο, από σημείο-σε-πολλαπλά σημεία και πολλαπλής αποστολής καθώς και παραδοσιακές υπηρεσίες φωνής και δεδομένων.

Στις σύγχρονες υπηρεσίες αποκτάει μεγάλη αξία και το περιεχόμενο των δεδομένων που μεταφέρονται, ενώ παράλληλα παραπάνω από μία συνδέσεις μπορεί να χρειάζονται για την παροχή μιας υπηρεσίας (π.χ μιας video-συνδιάσκεψης). Οι υπηρεσίες λοιπόν γίνονται πιο σύνθετες, και δεν ισχύει πια η μονοδιάστατη σχέση υπηρεσίας και σύνδεσης αλλά έχει εισαχθεί η έννοια της συνόδου (session) υπηρεσίας.

Επιπλέον, για τις ανάγκες των διάφορων εφαρμογών-υπηρεσιών παρέχονται εγγυήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας (Quality of Service - QoS) για κάθε τελικό χρήστη. Το γεγονός αυτό καθιστά πιο απαιτητική και περίπλοκη τη διαχείριση των πόρων του δικτύου και επίσης απαραίτητη την εφαρμογή αποδοτικών πολιτικών χρέωσης βασισμένες στην κατανάλωση πόρων ώστε να λειτουργούν αποτρεπτικά στη συμφόρηση και να ενθαρρύνουν παράλληλα την αποδοτική χρήση.

Μοντέρνες τεχνολογίες δικτύου

Η κυρίαρχη, μέχρι σήμερα, αντιμετώπιση (σε επίπεδο δικτύου - network layer) των νέων δεδομένων που προκύπτουν με τη σύγχρονη τεχνολογία είναι ο Ασύγχρονος Τρόπος Μετάδοσης (Asynchronous Transfer Mode - ATM) ο οποίος έχει επιλεγεί από την ITU-T (πρώην CCITT), ως ο κατάλληλος τρόπος μετάδοσης για τα Ευρυζώνια

Ψηφιακά Δίκτυα Ενοποιημένων Υπηρεσιών (B-ISDNs). Η "παγκοσμιοποίηση" των προιόντων ATM, έχει επισπευσθεί τα τελευταία χρόνια κυρίως λόγω των προσπαθειών του ATM-Forum, ενός μη κερδοσκοπικού οργανισμού τυποποίησης που αποτελείται από μερικές εκατοντάδες κατασκευαστών, τηλεπικοινωνιακών φορέων, εμπορικών εταιριών και άλλων οργανισμών.

Από την άλλη μεριά, καταβάλλεται σημαντική προσπάθεια για την αναβάθμιση της σημερινής αρχιτεκτονικής του Internet ώστε να ανταποκριθεί στις νέες απαιτήσεις. Το κυρίως μέρος αυτής της προσπάθειας καταβάλλεται από τον οργανισμό IETF (Internet Engineering Task Force) παράλληλα με την εξέλιξη του πρωτοκόλλου IP.

Οι πρόσφατες προσπάθειες του IETF αφορούν τον εμπλουτισμό του μοντέλου υπηρεσιών του Internet, το οποίο αποτελείται μέχρι σήμερα μόνο από ελαστικές (best-effort) υπηρεσίες, ώστε να υποστηρίζει και υπηρεσίες με εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσίας, οι λεγόμενες ενοποιημένες υπηρεσίες (integrated services) [1] καθώς και διαφοροποιημένες υπηρεσίες (differentiated services) [2].

Μέθοδοι χρέωσης υπηρεσιών

Όσον αφορά τη χρέωση των σύγχρονων υπηρεσιών υπάρχει έντονη ερευνητική δραστηριότητα η οποία υποστηρίζεται κυρίως από τις μεγάλες κατασκευαστικές εταιρείες στο χώρο και από τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς. Η έρευνα αυτή πραγματοποιείται είτε εσωτερικά, είτε στα πλαίσια ερευνητικών έργων σε συνεργασία και με οργανισμούς τυποποιήσεων.

Η ακριβής χρέωση είναι καθοριστικής σημασίας κατ' αρχήν για την επιβίωση των οργανισμών και των εταιριών που αναμιγνύονται σε όλα τα επίπεδα παροχής των υπηρεσιών αυτών (κατασκευαστές, προμηθευτές υπηρεσιών, τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί, κ.λ.π) μια και οι επενδύσεις που χρειάζεται ο να γίνουν είναι τεράστιες και ανάλογο και το κόστος συντήρησης ενός τόσο απαιτητικού δικτύου.

Παράλληλα, η χρέωση μπορεί να είναι ένα μέσο δίκαιης κατανομής των πόρων του δικτύου καθώς και ένας τρόπος επίτευξης της λεγόμενης συμβατότητας κινήτρων [], η οποία οδηγεί αφενός στην ικανοποίηση των χρηστών και αφετέρου στην ομαλή και αποδοτική λειτουργία του δικτύου.

Οι δύο ακραίες μέθοδοι χρέωσης υπηρεσιών είναι η επίπεδη χρέωση (flat rate) και η χρέωση με βάση τη χρήση (usage based). Όσο περισσότερο εξαρτάται η χρέωση από τους πόρους που καταναλώνει μια υπηρεσία (χρήση) τόσο περισσότερο θετική επίδραση έχει στη λειτουργία του δικτύου και στα έσοδα του διαχειριστή, αλλά τόσο πιο περίπλοκη και απαιτητική είναι η εφαρμογή της. Δύο από τα πιο σημαντικά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπίσει ένας μηχανισμός χρέωσης με βάση τη χρήση είναι η μέτρηση των πόρων του δικτύου που καταναλώνονται και ο υπολογισμός των μονάδων χρέωσης που αντιστοιχούν στη συγκεκριμένη κατανάλωση.

Αρχιτεκτονική παροχής υπηρεσιών

Η δυνατότητα που δίνει σήμερα η τεχνολογία για την παροχή εξελιγμένων και σύγχρονων υπηρεσιών και η αναγκαιότητα για αποδοτική χρέωση τους, δημιουργεί αυξημένες απαιτήσεις διαχείρισης του νέου τύπου δικτύου.

Από τη μία μεριά, η πολυπλοκότητα των νέων υπηρεσιών και των απαιτούμενων πολιτικών χρέωσης εισάγει την ανάγκη για διαχωρισμό της διαχείρισης παροχής της υπηρεσίας από τη διαχείριση των πόρων του δικτύου στα πλαίσια μιας κατανεμήμενης, ιεραρχικής, και ευέλικτης αρχιτεκτονικής παροχής υπηρεσιών.

Παράλληλα, εξαιτίας της έλλειψης τυποποιήσεων (standards) για μεγάλα κομμάτια των διαχειρίσιμων πηγών σε ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, οι περισσότεροι τύποι εξοπλισμού, αναπτύσσονται στην αγορά με μη τυποποιημένες διεπαφές (proprietary interfaces) διαμορφώνοντας σήμερα ένα ανομοιογενές περιβάλλον διαχείρισης δικτύων. Μερικοί οργανισμοί προσπαθούν να αντιμετωπίσουν την ανισορροπία που δημιουργείται από την ταχύτητα των αλλαγών στη βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών και την σχετικά αργή πρόοδο της διεθνούς τυποποίησης, εστιάζοντας στην ανάπτυξη ντεφάκτο τυποποιήσεων (τυποποιήσεις που γίνονται αποδεκτές σαν αποτέλεσμα της ευρείας αποδοχής τους). Όλες οι σύγχρονες προσπάθειες στο χώρο της διαχείρισης δικτύων και υπηρεσιών σε κατανεμημένα περιβάλλοντα (ITU-T, TINA, ODMA) βασίζονται στο Μοντέλο Αναφοράς για Ανοιχτή Κατανεμημένη Επεξεργασία (Reference Model for Open Distributed Processing - RM-ODP) [3] της ITU-T το οποίο περιγράφει συστήματα που υποστηρίζουν ανομοιογενή κατανεμημένη επεξεργασία μέσω της χρήσης ενός κοινού αλληλεπιδραστικού μοντέλου.

Ο οργανισμός TINA-C κάνει μια σημαντική προσπάθεια σχεδίασης μιας γενικής αρχιτεκτονικής παροχής υπηρεσιών, η οποία θα παρέχει αφενός ευελιξία και αποδοτικότητα, και αφετέρου θα επιτρέπει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαφορετικών οντοτήτων της αρχιτεκτονικής.

Ανεξάρτητα από τη συγκεκριμένη αρχιτεκτονική που προτείνεται, οι βασικές αρχές της TINA αποτελούν τη σύγχρονη τάση στη διαχείριση δικτύων σήμερα και σε αυτές βασίστηκαν τα συστήματα χρέωσης του προγράμματος CA$HMAN που θα περιγράψουμε στη συνέχεια, και επίσης το σύστημα που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία.

Το έργο CA$HMAN

Το ερευνητικό έργο του ACTS (Advanced Communication Technologies and Services), CA$HMAN λειτούργησε στο πεδίο της έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης και επίδειξης στο διάστημα 1994-1998. Σκοπός του ήταν να υποστηρίξει την έρευνα και την ανάπτυξη στις προχωρημένες επικοινωνίες ώστε να διευκολύνει την οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική συνοχή στην Ευρώπη. Ανεξάρτητες εταιρίες, οργανισμοί, ινστιτούτα ερευνών και πανεπιστήμια συνεργάστηκαν με σκοπό τη μελέτη και ανάπτυξη,

την υλοποίηση, τις δοκιμές και τη σύγκριση σχημάτων χρέωσης και καταμέτρησης [4].

Το έργο CA$HMAN ανέπτυξε απλά αλλά εξελιγμένα και συγχρόνως αποδοτικά μοντέλα χρέωσης με βάση τη χρήση για εγγυημένες και ελαστικές υπηρεσίες (για την παρουσίαση των μοντέλων αυτών χρησιμοποιήθηκαν οι υπηρεσίες ATM). Παράλληλα, σχεδίασε μία αρχιτεκτονική παροχής και χρέωσης υπηρεσιών η οποία βασίστηκε στην αρχιτεκτονική υπηρεσιών της TINA. Σκοπός ήταν η μελέτη και αξιολόγηση των προτεινόμενων μοντέλων χρέωσης σε ένα "σύγχρονο" περιβάλλον παροχής υπηρεσιών.

Η παρούσα εργασία

Η παρούσα εργασία βασίστηκε σε ένα βαθμό στα πρώτα αποτελέσματα του προγράμματος CA$HMAN και είχε δύο κατευθύνσεις:

Από τη μία μεριά - στο θεωρητικό κομμάτι της - σκοπός ήταν η σε βάθος μελέτη των υπάρχοντων συστημάτων μέτρησης της χρήσης των πόρων του δικτύου που καταναλώνει μια υπηρεσία (από τις προδιαγραφές οργανισμών μέχρι τις υλοποιήσεις των μεγάλων εταιριών στο χώρο) και ο σχεδιασμός και υλοποίηση ενός μηχανισμού καταμέτρησης χρήσης βασισμένου στις σύγχρονες τάσεις και τις βασικές αρχές της TINA ώστε να εντάσσεται στην "πειραματική" αρχιτεκτονική υπηρεσιών του προγράμματος CA$HMAN.

Σχεδιάστηκε ένα γενικό μοντέλο, το οποίο ανεξάρτητα από την τεχνολογία δικτύου και την πολιτική χρέωσης που εφαρμόζεται, παρέχει μέσω μιας κοινής διεπαφής τα απαιτούμενα δεδομένα χρήσης στους μηχανισμούς χρέωσης με το ελάχιστο δυνατό υπολογιστικό και επικοινωνιακό κόστος.

Η ανάγκη για το σχεδιασμό ενός τέτοιου μηχανισμού καταμέτρησης προέκυψε από τη διαπίστωση ότι η μέτρηση της χρήσης αποτελεί ιδιαίτερα καθοριστικό παράγοντα στη διαδικασία της χρέωσης μιας υπηρεσίας και ως προς την πληροφορία που είναι δυνατόν να παρέχει στις οντότητες υπολογισμού της χρέωσης αλλά και ως προς την υπολογιστική και δικτυακή δαπάνη που αυτή απαιτεί και επηρεάζει ανάλογα την αποδοτικότητα του μηχανισμού χρέωσης αλλά και της παροχής της υπηρεσίας γενικότερα.

Δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στην προσαρμοστικότητα των αντικειμένων της αρχιτεκτονικής στις διάφορες συνθήκες του δικτύου, στην επεκτασιμότητα τους αλλά και στην ευελιξία τους σε σχέση με την τεχνολογία δικτύου, το είδος των υπηρεσιών γενικότερα και τη συγκεκριμένη πολιτική χρέωσης που εφαρμόζεται.

Η δεύτερη κατεύθυνση της παρούσας εργασίας αφορά την υλοποίηση ενός εργαλείου μελέτης και επίδειξης μοντέλων χρέωσης σύγχρονων δικτυακών υπηρεσιών.

Κατ' αρχήν, υλοποιήθηκε μια βασική πλατφόρμα παροχής και χρέωσης υπηρεσιών ATM, βασισμένη στις αρχές της TINA, στην οποία ενσωματώθηκε ο προτεινόμενος μηχανισμός μέτρησης και υλοποιήθηκαν τα μοντέλα χρέωσης που πρότεινε το έργο CA$HMAN για εγγυημένες και ελαστικές υπηρεσίες ATM. Τα υπολογιστικά αντικείμενα των επιμέρους μηχανισμών της διαδικασίας σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν με τέτοιο

τρόπο ώστε να λειτουργούν ανεξάρτητα και συνεπώς ανεξάρτητα να μπορούν να μελετηθούν και να αξιολογηθούν.

Επιπλέον, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε μια εφαρμογή χρήστη (Video On Demand) με φιλικό περιβάλλον χρήσης η οποία αποτελεί ουσιαστικά τη διεπαφή του εργαλείου επίδειξης. Με τη βοήθεια του εργαλείου αυτού, είναι δυνατός ο πειραματισμός και η άμεση αξιολόγηση των πολιτικών χρέωσης που εφαρμόζονται, αλλά και η επίδειξη των αποτελεσμάτων των διάφορων επιλογών του χρήστη όσον αφορά την ποιότητα της υπηρεσίας που παρέχεται και της αντίστοιχης χρέωσης. Επίσης σημαντική είναι η δυνατότητα που δίνει ένα τέτοιο εργαλείο για τη μελέτη της αντίδρασης των απλών χρηστών στα διάφορα μοντέλα χρέωσης. Τα συμπεράσματα μιας τέτοιου είδους έρευνας μπορεί να είναι πολύ χρήσιμα ειδικά όταν τα μοντέλα χρέωσης που μελετούνται έχουν αρκετή πολυπλοκότητα η οποία θα πρέπει να "κρύβεται" από τον τελικό χρήστη.

Η υπηρεσία που επιλέχθηκε ήταν το Video On Demand (VoD) ώστε να είναι πιο φανερή η σχέση των επιλεγμένων παραμέτρων κυκλοφορίας και χρέωσης με την τελική ποιότητα της υπηρεσίας που παρέχεται στον χρήστη.

Η δομή της εργασίας

Η δομή της παρούσας αναφοράς έχει ως εξής:

Στο Κεφάλαιο 1, γίνεται μια εισαγωγή σε θέματα χρέωσης και παρουσιάζεται αναλυτικά η σημερινή κατάσταση στα διάφορα επίπεδα της διαδικασίας. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη μέτρηση της χρήσης η οποία αποτελεί και το κύριο ενδιαφέρον της παρούσας εργασίας καθώς και στις πολιτικές χρέωσης που αναπτύχθηκαν στο έργο CA$HMAN, οι οποίες υλοποιήθηκαν.

Στο Κεφάλαιο 2, παρουσιάζονται οι σύγχρονες τάσεις όσον αφορά την αρχιτεκτονική υπηρεσιών. Περιγράφεται συνοπτικά η αρχιτεκτονική CORBA ως κατανεμημένο περιβάλλον επεξεργασίας και αφού παρουσιαστούν οι βασικές αρχιτεκτονικές υπηρεσιών σήμερα, γίνεται αναλυτική περιγραφή της αρχιτεκτονικής TINA της οποίας οι βασικές αρχές έχουν υιοθετηθεί στην παρούσα εργασία. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η εκτεταμένη αρχιτεκτονική του έργου CA$HMAN για τη χρέωση υπηρεσιών. Δίνεται βαρύτητα στα μέρη στα οποία βασίστηκε ο μηχανισμός καταμέτρησης που περιγράφεται στην παρούσα εργασία.

Στο Κεφάλαιο 3, παρουσιάζεται η σχεδίαση ενός συστήματος καταμέτρησης της χρήσης και χρέωσης η οποία βασίζεται στις τρέχουσες τάσεις για κατανεμημένη και ιεραρχική επεξεργασία και η συνολική αρχιτεκτονική παροχής και χρέωσης υπηρεσιών που προκύπτει από την ένταξη του προτεινόμενου μηχανισμού καταμέτρησης στην αρχιτεκτονική του έργου CA$HMAN.

Στο Κεφάλαιο 4, περιγράφονται τα δύο μέρη της υλοποίησης που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία. Στο ένα μέρος υλοποιήθηκε η σχεδίαση της συνολικής αρχιτεκτονικής υπηρεσιών που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 3 και στο δεύτερο μέρος

υλοποιήθηκε ένα εργαλείο επίδειξης των πολιτικών χρέωσης που προτείνονται από το έργο CA$HMAN, εφαρμοσμένες σε συγκεκριμένες υπηρεσίες (Video On Demand - VoD).

Τέλος, στο Κεφάλαιο 5, παρατίθενται τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας καθώς και συγκεκριμένα μελλοντικά θέματα που σχετίζονται με αυτή.

Κεφάλαιο 1

Υπηρεσίες Δικτύου και Χρέωση Υπηρεσιών

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας στις τηλεπικοινωνίες τα τελευταία χρόνια καθιστά δυνατή τη δημιουργία ενός παγκόσμιου δικτύου πολλαπλών υπηρεσιών, όπου παραδοσιακές υπηρεσίες φωνής και δεδομένων θα συνυπάρχουν με σύγχρονες εξελιγμένες και σύνθετες υπηρεσίες. Η εκθετική αύξηση των χρηστών που συνδέονται στο δίκτυο και οι ανάλογα αυξανόμενες απαιτήσεις των νέων υπηρεσιών σε εύρος ζώνης αλλά και σε εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσίας, καθιστούν ιδιαίτερα πολύπλοκη τη διαχείριση του δικτύου, και τη χρέωση των νέων υπηρεσιών καθοριστικής σημασίας για την απόδοση των επενδύσεων και για τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας του δικτύου.

Στο κεφάλαιο αυτό, αρχικά περιγράφουμε τις σύγχρονες τάσεις στις τηλεπικοινωνίες και κάνουμε μία εισαγωγή σε θέματα χρέωσης. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τη σημερινή κατάσταση στις επιμέρους διαδικασίες της χρέωσης υπηρεσιών εστιάζοντας στη μέτρηση της χρήσης, η οποία αποτελεί και το βασικό ενδιαφέρον της παρούσας εργασίας. Παρουσιάζονται οι προδιαγραφές των οργανισμών τυποποίησης, οι υλοποιήσεις των εταιριών, και συνοψίζονται οι βασικές αρχές των συστημάτων καταμέτρησης της χρήσης σήμερα.

1.1 Σύγχρονες δικτυακές υπηρεσίες

Η σημερινή κατάσταση στο χώρο των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών σε παγκόσμιο επίπεδο συνοψίζεται στη συμβίωση δύο διαφορετικών κόσμων οι οποίοι τείνουν να ενωθούν: το παραδοσιακό τηλεφωνικό δίκτυο και το Internet. Το Internet, εκθετικά εξελισσόμενο τα τελευταία χρόνια, αποτελεί γενικά ένα παγκόσμιο δίκτυο υπολογιστών το οποίο προσφέρει υπηρεσίες δεδομένων. Το τηλεφωνικό δίκτυο από την άλλη μεριά προσφέρει τη γνωστή μας υπηρεσία φωνής. Τα δύο αυτά δίκτυα έχουν κατασκευαστεί και αναπτυχθεί με διαφορετική φιλοσοφία, γεγονός που αντανακλάται σήμερα και στον

τρόπο με τον οποίο χρεώνονται οι αντίστοιχες υπηρεσίες.

Το κλασικό τηλεφωνικό δίκτυο, κατασκευασμένο κυρίως από τους μεγάλους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς των διαφόρων κρατών, προσφέρει υπηρεσίες φωνής εγγυημένης ποιότητας οι οποίες χρεώνονται - με ελάχιστες εξαιρέσεις - με βάση τη χρήση των πόρων του δικτύου.

Από τεχνικής άποψης, η επικοινωνία μεταξύ δύο συνομιλητών εξασφαλίζεται μέσω της δημιουργίας μίας σταθερής σύνδεσης μεταξύ τους, με συγκεκριμένη χωρητικότητα. Επειδή η ποιότητα της σύνδεσης είναι σταθερή και εγγυημένη, η χρήση των πόρων του δικτύου που καταναλώνει μία συνομιλία εκφράζεται αρκετά ικανοποιητικά από το χρόνο διάρκειας της. Επίσης, είναι ξεκάθαρη στο χρήστη η σχέση της υπηρεσίας που απολαμβάνει και η αντίστοιχη χρέωση, ιδιότητα πολύ σημαντική για την αποδοχή οποιασδήποτε υπηρεσίας από το ευρύ κοινό.

Από την άλλη μεριά, το Internet, ανεπτυγμένο αρχικά σε πανεπιστημιακούς κύκλους δεν έχει συγκεκριμένο κέντρο που να το ελέγχει και να το εκμεταλλεύεται. Βασισμένο στο ήδη υπάρχον τηλεφωνικό δίκτυο για τη μεταφορά των δεδομένων, ήταν ένα δίκτυο ελεύθερης διακίνησης ιδεών και γενικότερα πληροφοριών. Η μεταφορά των δεδομένων βασίζεται στο πρωτόκολλο TCP/IP [5] το οποίο δεν δημιουργεί συνδέσεις μεταξύ των επικοινωνούντων μερών (επικοινωνία χωρίς μόνιμη σύνδεση - connectionless) και δεν δίνει καμία εγγύηση για τα χαρακτηριστικά ποιότητας αυτής της σύνδεσης εκτός από τη διασφάλιση της ορθότητας της πληροφορίας που μεταδίδεται.

Η ευρύτατη και αυξανόμενη διάδοση του Internet τα τελευταία μόλις χρόνια στους απλούς χρήστες έχει προκαλέσει την εξάπλωση των λεγόμενων Προμηθευτών Υπηρεσιών Internet (Internet Service Providers - ISPs), οι οποίοι παρέχουν στους πελάτες τους πρόσβαση στο Internet μέσω μισθωμένων γραμμών. Οι πελάτες συνδέονται με τον προμηθευτή τους κυρίως μέσω του παραδοσιακού τηλεφωνικού δικτύου και εν συνεχεία μέσω των δρομολογητών του προμηθευτή με το υπόλοιπο δίκτυο. Το γεγονός ότι οι προμηθευτές - λόγω της φύσης του IP πρωτοκόλλου - δεν μπορούν να εξασφαλίσουν τα χαρακτηριστικά των συνδέσεων που παρέχουν στους πελάτες τους, αλλά και επειδή στο Internet οι έννοιες της υπηρεσίας και της χρήσης δεν είναι σαφώς καθορισμένες, η χρέωση μέχρι σήμερα γίνεται μέσω ενός σταθερού - πάγιου - τέλους (επίπεδη χρέωση) ή με βάση τη χωρητικότητα της σύνδεσης πρόσβασης του χρήστη στον προμηθευτή.

Η σύγκριση της επίπεδης, με τη χρέωση με βάση τη χρήση αντιστοιχεί στη σύγκριση της απλότητας σε σχέση με την αποδοτικότητα. Η επίπεδη χρέωση είναι ιδιαίτερα απλή και κατανοητή, όμως ενθαρρύνει την αλόγιστη χρήση ενώ η χρέωση με βάση τη χρήση είναι πιο πολύπλοκη στην εφαρμογή της γενικότερα, αλλά επιτυγχάνει πολύ πιο αποδοτική χρήση των πόρων του δικτύου [4].

Γι' αυτό ακριβώς το λόγο το Internet σήμερα αντιμετωπίζει πρόβλημα απόδοσης, αφού ο τρόπος που χρεώνονται οι υπηρεσίες που παρέχει δημιουργεί λάθος κίνητρα στους χρήστες του, οι οποίοι μένουν περισσότερο χρόνο συνδεδεμένοι από όσο ίσως πραγματικά χρειάζονται (μια και έχουν πληρώσει γι' αυτό) και έτσι δημιουρ-

γείται συμφόρηση η οποία προκαλεί μείωση της ποιότητας της υπηρεσίας που γενικά προσφέρεται.

Η σύγχρονη τεχνολογία επιτρέπει την παροχή σύγχρονων υπηρεσιών - μεταφορά φωνής, εικόνας και δεδομένων, αλληλεπιδραστικές εφαρμογές πολυμέσων, Ιδεατά Ιδιωτικά Δίκτυα (Virtual Private Networks), κ.λ.π - με τη δυνατότητα εγγύησης συγκεκριμένης ποιότητας εξυπηρέτησης.

Τα σύγχρονα δίκτυα πολλαπλών υπηρεσιών προσφέρουν, γενικά, δύο κατηγορίες υπηρεσιών οι οποίες διαφέρουν ως προς τις εγγυήσεις απόδοσης που παρέχονται: οι *εγγυημένες υπηρεσίες* και οι *ελαστικές υπηρεσίες*. Στις εγγυημένες υπηρεσίες, η ποιότητα υπηρεσίας που παρέχεται αφορά την πιθανότητα απώλειας πακέτου και την καθυστέρηση. Ένα σημαντικό μέρος αυτών των υπηρεσιών αποτελεί το συμβόλαιο κυκλοφορίας (Service Level Agreement - SLA) που πραγματοποιείται μεταξύ του δικτύου και του χρήστη και ορίζει την ποιότητα υπηρεσίας που το δίκτυο είναι υποχρεωμένο να εξασφαλίσει στο χρήστη και αντίστοιχα τους περιορισμούς της κυκλοφορίας που αυτός μπορεί να εισάγει στο δίκτυο.

Οι εγγυημένες υπηρεσίες συμπεριλαμβάνουν την έννοια του ελέγχου αποδοχής σύνδεσης (Connection Admission Control - CAC) όπου ο χρήστης θέτει την αίτηση του για την επιθυμητή ποιότητα υπηρεσίας και την αντίστοιχη περιγραφή της κυκλοφορίας του, και το δίκτυο ελέγχει αν έχει αρκετούς πόρους για να ικανοποιήσει την αίτηση - και το αντίστοιχο συμβόλαιο. Από τη στιγμή που η αίτηση γίνει δεκτή, το δίκτυο δεσμεύει τους αντίστοιχους πόρους ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του συμβολαίου. Παραδείγματα τέτοιων υπηρεσιών είναι οι CBR και VBR υπηρεσίες που έχουν οριστεί από το ATM Forum [6].

Οι ελαστικές υπηρεσίες (elastic services [7]) αντίθετα, δεν παρέχουν συγκεκριμένες εγγυήσεις απόδοσης και συνεπώς η απόδοση τους σε περιόδους υψηλού φόρτου είναι πολύ χαμηλή. Τέτοιες υπηρεσίες προορίζονται για υπηρεσίες που μπορούν να προσαρμόζουν το ρυθμό αποστολής τους ανάλογα με τις συνθήκες του δικτύου. Για να γίνει αυτό, οι ελαστικές υπηρεσίες εφαρμόζουν έλεγχο συμφόρησης κλειστού βρόχου (closed loop congestion control), ο οποίος παρέχει σήματα ανάδρασης (feedback signals) στο χρήστη καθ' όλη τη διάρκεια της σύνδεσης. Αυτά τα σήματα υποδεικνύουν τη συμφόρηση στο εσωτερικό του δικτύου. Σε περίπτωση συμφόρησης ο ρυθμός κυκλοφορίας του χρήστη θα πρέπει να ελαττωθεί, ενώ στην αντίθετη περίπτωση υπάρχει η δυνατότητα αύξησης. Παραδείγματα ελαστικών υπηρεσιών είναι το παραδοσιακό TCP [5] και το ABR στα ATM δίκτυα [8].

Οι νέες δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία για τη μεταφορά των δεδομένων και κατ' επέκταση για την προσφορά μοντέρνων υπηρεσιών με υψηλές απαιτήσεις παρέχονται με το ανάλογο κόστος στη διαχείριση και έλεγχο του δικτύου καθώς και στην χρέωση των αντίστοιχων υπηρεσιών.

1.2 Μέθοδοι και απαιτήσεις χρέωσης υπηρεσιών

Η χρέωση υπηρεσιών αποτελεί θέμα υψηλής προτεραιότητας στην ερευνητική κοινότητα αλλά και στη βιομηχανία, και οπωσδήποτε προϋπόθεση για τη βιωσιμότητα ενός παγκόσμιου δικτύου πολλαπλών υπηρεσιών. Οι δύο βασικοί στόχοι της χρέωσης είναι η ομαλή και δίκαιη λειτουργία του δικτύου και η απόδοση των επενδύσεων.

Η χρέωση με βάση τη χρήση προσεγγίζει και τους δύο παραπάνω στόχους πολύ καλύτερα από την επίπεδη χρέωση.

Όταν εφαρμόζεται χρέωση με βάση τη χρήση, οι χρήστες χρεώνονται ανάλογα με την κατανάλωση και έτσι οι πόροι του συστήματος κατανέμονται με βάση τους κανόνες της αγοράς, ανάλογα δηλαδή με το ποσό που διαθέτει ο κάθε χρήστης για την παροχή μιας υπηρεσίας. Με αυτό τον τρόπο, δίνεται το κίνητρο στους χρήστες να περιορίζουν τις απαιτήσεις τους ανάλογα με τις πραγματικές τους ανάγκες εξασφαλίζοντας έτσι την ομαλή λειτουργία του δικτύου ειδικά σε συνθήκες συμφόρησης.

Παράλληλα, τα έσοδα των προμηθευτών είναι ανάλογα του κόστους λειτουργίας τους, επιτρέποντας τους να είναι ανταγωνιστικοί και δίνοντας τους το κίνητρο να επενδύουν στην ανάπτυξη της τεχνολογίας που θα τους επιτρέψει να μειώσουν το κόστος τους.

Στόχος είναι η βελτιστοποίηση της κοινωνικής ευημερίας (social welfare), η οποία επιτυγχάνεται όταν οι προμηθευτές αλλά και οι χρήστες των δικτυακών υπηρεσίων ικανοποιούν με το βέλτιστο δυνατό τρόπο τις ανάγκες τους. Ισχύει δηλαδή η λεγόμενη συμβατότητα κινήτρων.

Επιπλέον, μέσω της χρέωσης με βάση τη χρήση, ο προμηθευτής των δικτυακών υπηρεσιών έχει τη δυνατότητα να καταλαβαίνει το ”χαρακτήρα” των πελατών του και να διαφοροποιεί την πολιτική χρέωσης άλλοτε καθοδηγώντας τους σε πιο αποδοτική συμπεριφορά για την ομαλή λειτουργία του δικτύου, και άλλοτε προσαρμοζόμενος στις ανάγκες τους.

Αντίθετα, η επίπεδη χρέωση δημιουργεί λάθος κίνητρα στους χρήστες μειώνοντας έτσι κατά πολύ τα κέρδη των προμηθευτών οι οποίοι συχνά αναγκάζονται να αυξήσουν το πάγιο ποσό που αντιστοιχεί στην υπηρεσία που προσφέρουν, με αποτέλεσμα να αδικούνται οι ”μικροί” χρήστες και όλοι τείνουν να χρησιμοποιούν το δίκτυο όσο περισσότερο μπορούν μειώνοντας έτσι την ποιότητα της υπηρεσίας που τελικά όλοι απολαμβάνουν (ανάλογο παράδειγμα αποτελούν τα all-you-can-eat εστιατόρια).

1.2.1 Η δυσκολία της χρέωσης

Τα πλεονεκτήματα της χρέωσης με βάση τη χρήση δεν υπάρχουν χωρίς το ανάλογο κόστος. Η εφαρμογή της ειδικά στην περίπτωση των σύγχρονων δικτυακών υπηρεσιών παρουσιάζει πολλές δυσκολίες.

Στο τηλεφωνικό δίκτυο, ο χρήστης από τη στιγμή που αρχικοποιεί μία σύνδεση, οι

πόροι που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη σύνδεση παραμένουν δεσμευμένες καθ' όλη τη διάρκεια της συνομιλίας και μάλιστα είναι οι ίδιοι για όλες τις συνδέσεις. Έτσι, η καταμέτρηση της χρήσης στο τηλεφωνικό δίκτυο είναι σχετικά απλή και μονοσήμαντη.

Αντίθετα, στα ευρυζώνια δίκτυα πολλαπλών υπηρεσιών οι υπηρεσίες έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και απαιτήσεις σε εγγύηση ποιότητας υπηρεσίας. Επίσης, δεν είναι απαραίτητο να δεσμεύεται ολόκληρο το απαιτούμενο εύρος ζώνης καθ' όλη τη διάρκεια της σύνδεσης αφού πολλές υπηρεσίες δημιουργούν εκρηκτική κίνηση και υπάρχουν πολύ σημαντικά οφέλη από τη στατιστική πολυπλεξία τέτοιων συνδέσεων ώστε να διαμοιράζονται πόρους του δικτύου όπως εύρος ζώνης και χώρο στους ενταμιευτές.

Η τελική χρέωση όμως πρέπει να εκφράζει το μέγεθος των πόρων που έχουν δεσμευτεί για τη συγκεκριμένη υπηρεσία, το οποίο όμως δεν είναι σαφώς καθορισμένο και το χειρότερο δεν είναι σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια της υπηρεσίας, αφού εξαρτάται άμεσα από τη στατιστική συμπεριφορά της.

Είναι ρεαλιστική η υπόθεση ότι οι χρήστες γενικά δεν είναι σε θέση να γνωρίζουν τη στατιστική συμπεριφορά της κίνησης που εισάγουν στο δίκτυο με αποτέλεσμα να είναι αναπόφευκτος κάποιος συμβιβασμός στην έκταση της πολύπλεξης που μπορεί να επιτευχθεί. Θα ήταν για αυτό το λόγο ιδιαίτερα θεμιτό η πολιτική χρέωσης να ενθαρρύνει τους χρήστες να επιλέγουν συμβόλαια (περιγράφοντας έτσι τα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας που επιθυμούν) τα οποία να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στις απαιτήσεις τους, ώστε να αξιοποιούνται αποδοτικά οι πόροι του δικτύου και οι χρήστες να ελαχιστοποιούν το κόστος τους.

Η ποικιλία συνεπώς των χαρακτηριστικών των νέου τύπου υπηρεσιών δημιουργεί νέα προβλήματα και πολυπλοκότητα στις πολιτικές χρέωσης που θα πρέπει να εφαρμοστούν προκειμένου να αποκομιστούν τα αντίστοιχα οφέλη.

Επιπλέον, ο τεράστιος όγκος πληροφορίας που θα κινείται στο δίκτυο αλλά και οι αυξημένες απαιτήσεις των πολιτικών χρέωσης με βάση τη χρήση, επιβαρύνουν τους μηχανισμούς μέτρησης της χρήσης όσον αφορά την κατανάλωση υπολογιστικών και επικοινωνιακών πόρων του δικτύου.

Είναι πολύ σημαντικό η καταμέτρηση της χρήσης να γίνεται με αποδοτικό τρόπο παρέχοντας όλη την απαραίτητη πληροφορία στους μηχανισμούς χρέωσης χωρίς να επηρεάζει την λειτουργία του δικτύου και σε αυτό το πρόβλημα θα εστιάσουμε στην παρούσα εργασία.

1.2.2 Απαιτήσεις μοντέλων χρέωσης

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι απαιτήσεις που πρέπει να πληρεί ένα μοντέλο χρέωσης δικτυακών υπηρεσιών.

Απαιτήσεις του Πελάτη

Οι τιμές πρέπει να είναι εύκολα προβλέψιμες ανάλογα με την υπηρεσία και πρέπει να βασίζονται σε κριτήρια που οι χρήστες μπορούν να κατανοήσουν και να ελέγξουν.

Είναι πολύ σημαντικό να δίνεται στους πελάτες - μέσω μίας φιλικής διεπαφής - όσο το δυνατόν πιο απλή πληροφορία με βάση την οποία να είναι ικανοί να κάνουν σωστές επιλογές συμβολαίων και τιμολογιακών κατηγοριών.

Τέλος, οι οντότητες πληροφορίας χρέωσης πρέπει να είναι ξεκάθαρες και κατανοητές στους πελάτες.

Απαιτήσεις του Διαχειριστή του Δικτύου

Η χρέωση θα πρέπει να αποφέρει στον διαχειριστή του δικτύου τα απαιτούμενα έσοδα και για αυτό το λόγο είναι σημαντικό η σχεδίαση του συστήματος χρέωσης να γίνει προσεκτικά ώστε να παρέχεται ακρίβεια αλλά και να διασφαλιστεί η ελαχιστοποίηση του κόστους καταμέτρησης και επικοινωνίας.

Το σχήμα χρέωσης θα πρέπει να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις όλων των τύπων πελατών ώστε να συνεργάζεται αποδοτικά με τις εφαρμογές των χρηστών και θα πρέπει να δημιουργεί τα κατάλληλα κίνητρα στους χρήστες ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του δικτύου.

Τέλος, παρ' όλο που διαφορετικοί διαχειριστές δικτύου χρησιμοποιούν διαφορετικά σχήματα χρέωσης, οι παράμετροι χρήσης στις οποίες βασίζεται η χρέωση, θα πρέπει να τυποποιηθούν ώστε να διευκολυνθεί η χρέωση υπηρεσιών στις οποίες υπεισέρχονται περισσότεροι του ενός διαχειριστές δικτύου.

Απαιτήσεις του συστήματος

Οι γενικές απαιτήσεις ενός συστήματος χρέωσης και καταμέτρησης περιλαμβάνουν: ακρίβεια της πληροφορίας χρήσης και χρέωσης, έγκαιρη μεταφορά της στους χρήστες, ελαστικότητα στην υποστήριξη διαφορετικών πολιτικών χρέωσης, ασφαλή μεταφορά της πληροφορίας χρέωσης, αποδοτικότητα και επεκτασιμότητα, και τέλος δυνατότητα παρακολούθησης των διεργασιών που πραγματοποιούνται ώστε ο διαχειριστής να ελέγχει το σύστημα και ο χρήστης να επιβεβαιώνει τη χρέωση που του επιβάλλεται.

1.2.3 Η σημασία της τεχνολογίας δικτύου

Το είδος της πληροφορίας χρήσης και η πολιτική χρεώσης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την τεχνολογία δικτύου και από τον τύπο υπηρεσιών που αυτή προσφέρει.

1.2.3.1 IP (Internet)

Η επιτυχία του Internet μπορεί να αποδοθεί στην αποτελεσματικότητα του στατιστικού διαμοιρασμού των πόρων του δικτύου (π.χ γραμμές επικοινωνίας, δρομολογητές), το

γεγονός ότι επιτρέπει την επικοινωνία μεγάλου αριθμού χρηστών, στην ελεύθερη πρόσβαση στην υλοποίηση των πρωτοκόλλων επικοινωνίας (TCP, UDP/IP), καθώς και στη διαλειτουργικότητα των διαφορετικών υλοποιήσεων τους.

Πιο συγκεκριμένα, το TCP επεμβαίνει στα άκρα του δικτύου (π.χ τμηματοποίηση και επανασυναρμολόγηση των μηνυμάτων, έλεγχος ροής, επαναμεταδόσεις) ενώ το IP είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση των πακέτων στους προορισμούς τους. Κάθε πακέτο περιέχει όλη την απαραίτητη πληροφορία για τη δρομολόγηση (διεύθυνση πηγής και προορισμού), και δρομολογείται ανεξάρτητα. Αυτό το χαρακτηριστικό του IP, το οποίο αποτελεί το θεμέλιο της επιτυχίας του Internet, είναι που καθιστά δύσκολη τη διαχείριση καταμέτρησης της χρήσης: το γεγονός ότι όλα τα πακέτα είναι ανεξάρτητα στο επίπεδο του IP, καθιστά πολύ δύσκολο τον προσδιορισμό των πόρων του δικτύου που χρησιμοποιεί μια πηγή και κατ' επέκταση της χρέωση της.

Τέλος, η απουσία εγγύησης της ποιότητας υπηρεσίας στο Internet, καθιστά σχεδόν αδύνατη τη χρέωση των υπηρεσιών που παρέχονται με βάση τη χρήση.

1.2.3.2 ATM

Το ATM έχει αναπτυχθεί εδώ και 10 περίπου χρόνια ως η τεχνολογία που θα υποστηρίξει το B-ISDN (Broadband Integrated Services Data Network). Το ATM έχει σχεδιαστεί για να προσφέρει κοινή χωρητικότητα για πολλαπλές κατηγορίες κυκλοφορίας με διαφορετικά χαρακτηριστικά και απαιτήσεις σε ποιότητα υπηρεσίας.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του ATM, είναι η δημιουργία ιδεατών μονοπατιών (virtual paths) και ιδεατών συνδέσεων (virtual connections) μέσα σε αυτά, μέσω διαχείρισης (PVCs - Permanent Virtual Connections) ή μέσω σηματοδοσίας (SVCs - Switched Virtual Connections) με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και εγγυήσεις ποιότητας εξυπηρέτησης, η αποστολή πακέτων-κελιών (cells) μικρού μεγέθους (53 bytes), και η γρήγορη μεταγωγή τους στο Data Link Layer, με βάση την ταυτότητα της ιδεατής σύνδεσης (Virtual Connection Identifier - VCI) και του ιδεατού μονοπατιού (Virtual Path Identifier - VPI), τα οποία έχουν τοπική εμβέλεια.

Τα δίκτυα ATM υποστηρίζουν συνδέσεις με εγγυήσεις σε ποιότητα εξυπηρέτησης, αλλά και συνδέσεις χωρίς τέτοιες εγγυήσεις. Οι υπηρεσίες εγγυημένης ποιότητας που έχουν ορισθεί από το ATM Forum είναι οι εξής [6]:

1. CBR (Constant Bit Rate): σταθερού ρυθμού
2. rt-VBR (Real-Time Variable Bit Rate): μεταβλητού ρυθμού - πραγματικού χρόνου
3. nrt-VBR (Non-Real-Time Variable Bit Rate): μεταβλητού ρυθμού - μη πραγματικού χρόνου

Για συνδέσεις τύπου CBR η μέγιστη ποσότητα κυκλοφορίας ορίζεται από τον μέγιστο ρυθμό κυκλοφορίας (Peak Cell Rate - PCR) που ο χρήστης μπορεί να εισάγει

στο δίκτυο. Για συνδέσεις τύπου rt-VBR και nrt-VBR, η μέγιστη κυκλοφορία ορίζεται από τον μέγιστο ρυθμό κυκλοφορίας (Peak Cell Rate - PCR), τον μέγιστο μέσο ρυθμό κυκλοφορίας (Sustainable Cell Rate), και το μέγιστο μέγεθος έκρηξης (Maximum Burst Size - MBS). Η τελευταία παράμετρος ορίζει τον μέγιστο χρόνο που ο χρήστης μπορεί να στέλνει κυκλοφορία με τον μέγιστο ρυθμό. Οι υπηρεσίες ATM χωρίς εγγυήσεις σε ποιότητα εξυπηρέτησης είναι οι εξής:

1. ABR (Available Bit Rate): διαθέσιμου ρυθμού

2. UBR (Unspecified Bit Rate): απροσδιόριστου ρυθμού

Η υπηρεσία διαθέσιμου ρυθμού (Available Bit Rate - ABR) δεν παρέχει συγκεκριμένες εγγυήσεις σε ποιότητα εξυπηρέτησης, εκτός ενός ελάχιστου ρυθμού (Minimum Cell Rate - MCR) με τον οποίο ο χρήστης επιτρέπεται πάντα να εισάγει κυκλοφορία στο δίκτυο (βέβαια, μπορεί ο χρήστης να επιλέξει MCR=0). Η υπηρεσία ABR υποστηρίζει έλεγχο συμφόρησης κλειστού βρόχου (closed-loop congestion control) σε αντίθεση με τις υπηρεσίες εγγυημένης ποιότητας όπου ο έλεγχος είναι ανοιχτού βρόχου (open-loop congestion control). Τέλος, για την υπηρεσία απροσδιόριστου ρυθμού (UBR) δεν υπάρχουν εγγυήσεις, ούτε υποστηρίζεται έλεγχος συμφόρησης. [1]

Η πλούσια περιγραφή των χαρακτηριστικών κυκλοφορίας μιας υπηρεσίας διευκολύνουν τον χαρακτηρισμό της χρήσης των πόρων του δικτύου και κατ' επέκταση την εφαρμογή αποδοτικών πολιτικών χρέωσης. Επιπλέον, η επικοινωνία με σύνδεση διευκολύνει τη μέτρηση των πόρων που καταναλώνει μια σύνδεση, πληροφορία που είναι επίσης απαραίτητη, αφού το συμβόλαιο περιγράφει τη χειρότερη δυνατή συμπεριφορά που μπορεί να έχει μια πηγή, και θα ήταν επιθυμητό να δίνονται κίνητρα συνετής χρησιμοποίησης του δικτύου ακόμα και στα πλαίσια ενός συγκεκριμένου συμβολαίου.

1.2.3.3 Σύγχρονες τάσεις

Η IETF, κάνει μια πολύ σημαντική προσπάθεια ώστε να μπορέσει το IP και κατ' επέκταση το Internet να αντεπεξέλθει στις νέες απαιτήσεις για παροχή εγγυήσεων εξυπηρέτησης και διαφοροποίησης των υπηρεσιών.

Η πλατφόρμα ενοποιημένων υπηρεσίων (integrated services) [9] του Internet παρέχει τη δυνατότητα στις εφαρμογές να επιλέγουν ανάμεσα σε διαφορετικά και ελεγχόμενα επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας για τα δεδομένα τους. Προτείνονται δύο τύποι υπηρεσιών: η Εγγυημένη (Guaranteed) [10] και η Ελεγχόμενου Φόρτου (Controlled-Load) [11] οι οποίες θα πρέπει να υποστηρίζονται από τον εξοπλισμό του δικτύου.

[1] Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) έχει ορίσει υπηρεσίες (ATM Layer Transfer Capabilities - ATCs) [8], οι οποίες είναι παρόμοιες με τις κατηγορίες υπηρεσιών που έχουν ορισθεί από το ATM Forum. Συγκεκριμένα, έχουν ορισθεί η υπηρεσία ντετερμινιστικού ρυθμού (Deterministic Bit Rate - DBR) που είναι παρόμοια με την υπηρεσία CBR, η υπηρεσία στατιστικού ρυθμού (Statistical Bit Rate - SBR) που είναι παρόμοια με την υπηρεσία VBR, και η υπηρεσία διαθέσιμου ρυθμού (Available Bit Rate) που είναι παρόμοια με την ομώνυμη υπηρεσία του ATM Forum.

Το πρωτόκολλο δέσμευσης πόρων (Resource Reservation Setup Protocol) [12], το οποίο επιτρέπει την εξασφάλιση ενός συγκεκριμένου εύρους ζώνης για μία IP ροή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία των εφαρμογών με τον εξοπλισμό του δικτύου για την έκφραση των απαιτήσεων τους σε ποιότητα υπηρεσίας [13].

Στο RFC 2475 για τις διαφοροποιημένες υπηρεσίες [2], περιγράφεται η δυνατότητα καθορισμού μιας συγκεκριμένης προτεραιότητας για μία ροή IP - μέσω του ToS (Type of Service) πεδίου (ή DS πεδίο - Differentiated Services field) της επικεφαλίδας των πακέτων IP - και η ανάλογη αντιμετώπιση της στους δρομολογητές/μεταγωγείς του αντίστοιχου μονοπατιού (path). Δίνεται έτσι η δυνατότητα για παροχή διαφοροποιημένων υπηρεσιών στις συνδέσεις IP και κατ' επέκταση η χρέωση ανάλογα με το επίπεδο της προτεραιότητας που δίνεται στην κάθε σύνδεση.

Τέλος, το MPLS [14] είναι ένα πρωτόκολλο που επιτρέπει τον χαρακτηρισμό ροών στο επίπεδο του IP, στις οποίες αντιστοιχίζεται μία ετικέτα (label), και εν συνεχεία τη μεταγωγή των πακέτων της κάθε ροής στο επίπεδο 2 (Data Link Layer) - με βάση την ετικέτα αυτή - αποφεύγοντας έτσι την αργή δρομολόγηση στο επίπεδο δικτύου.

Τα θέματα χρέωσης για αυτές τις τεχνολογίες είναι ακόμα ανοικτά, αλλά οι ομοιότητες τους με το ATM επιτρέπουν την πιθανή χρησιμοποίηση των βασικών αρχών των μοντέλων χρέωσης που έχουν αναπτυχθεί για το ATM, τις οποίες θα αναλύσουμε στη συνέχεια.

Όσον αφορά την αποδοχή και εξάπλωση των τεχνολογιών αυτών, το IP φαίνεται να κυριαρχεί στο επίπεδο δικτύου, ενώ το ATM είναι ευρέως διαδεδομένο στα δίκτυα κορμού και ήδη επεκτείνεται και στα δίκτυα πρόσβασης.

Είναι σχεδόν αναπόφευκτη τελικά η συνύπαρξη όλων αυτών των τεχνολογίων αφού τεράστιες επενδύσεις έχουν γίνει προς όλες τις κατευθύνσεις και απ' ότι φαίνεται ήδη ένα υβριδικό μοντέλο τεχνολογιών δικτύου έχει αρχίσει να επικρατεί.

1.3 Πρωτόκολλα επικοινωνίας συστημάτων χρέωσης

Η επικοινωνία και ο συντονισμός των διαφορετικών μερών ενός συστήματος χρέωσης μπορεί να βασιστεί είτε σε τυποποιημένες είτε σε ειδικές κατ' ανάγκη λύσεις, ανάλογα με τις γενικές απαιτήσεις του συστήματος. Οι συστάσεις της ITU-T για τη διαχείριση δικτύων βασίζονται στο Κοινό Πρωτόκολλο Διαχείρισης Πληροφορίας (Common Management Information Protocol - CMIP) [15]. Αυτό το πρωτόκολλο υιοθετείται συνήθως από τηλεπικοινωνιακούς διαχειριστές γιατί παρέχει ισχυρό έλεγχο των συσκευών του δικτύου και διασφαλίζει την αξιοπιστία και την επεκτασιμότητα του συστήματος διαχείρισης. Παρ' όλα αυτά, εξαιτίας της πολύ-επίπεδης, τύπου OSI, δομής της στοίβας πρωτοκόλλων, το πρωτόκολλο αυτό είναι ακριβό στην υλοποίηση και προκαλεί υψηλό επικοινωνιακό κόστος. Ένα πιο ελαφρύ πρωτόκολλο και πιο ευρέως αποδεκτή λύση για τη διαχείριση των IP δικτύων, είναι το Απλό Πρωτόκολλο Διαχείρισης Δικτύων (Simple Network Management Protocol - SNMP) [16]. Αν και το πρωτόκολλο αυτό έχει

λιγότερες δυνατότητες από το CMIP, είναι εύκολο στην υλοποίηση και υποστηρίζεται από τους περισσότερους πωλητές τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού. Η επικοινωνία στο SNMP πραγματοποιείται μέσω της ενημέρωσης και ανάγνωσης των διαχειρίσιμων οντοτήτων μιας βάσης διαχείρισης πληροφορίας (Management Information Base - MIB), η οποία δομείται ιεραρχικά σχηματίζοντας ένα ιδεατό δέντρο του οποίου κάθε κόμβος αντιστοιχεί σε μία διαχειρίσιμη οντότητα ενώ η σχέση των διαχειρίσιμων οντοτήτων υποδηλώνεται από τη σχετική θέση τους στο δέντρο.

Παρ' όλο που η βασική αιτία της τυποποίησης των πρωτόκολλων διαχείρισης είναι η διαλειτουργικότητα, υπάρχουν περιπτώσεις που μη τυποποιημένα πρωτόκολλα χρησιμοποιούνται, ειδικά στα χαμηλότερα επίπεδα διαχείρισης. Για παράδειγμα, όταν συλλέγεται πληροφορία χρήσης από ένα κόμβο του δικτύου, και πρέπει να μεταφερθεί γρήγορα στο σύστημα διαχείρισης για επεξεργασία, μία γρήγορη μη τυποποιημένη λύση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να εξασφαλιστεί η έγκαιρη παράδοση της πληροφορίας.

Μια άλλη δυνατότητα για την υλοποίηση των συστημάτων διαχείρισης γενικά, είναι η υιοθέτηση του μοντέλου κατανεμημένης επεξεργασίας, όπου οι λειτουργίες διαχείρισης κατανέμονται μεταξύ ανεξάρτητων υπολογιστικών οντοτήτων (αντικειμένων). Αυτά τα αντικείμενα αρχικοποιούνται σε ένα περιβάλλον που υποστηρίζει την επικοινωνία μεταξύ τους μέσω προκαθορισμένων διεπαφών, παρέχοντας διαφάνεια τοποθεσίας και υλοποίησης. Αυτό το περιβάλλον υλοποιείται σε σχέση με μία αρχιτεκτονική κατανομής όπως η CORBA [17], η οποία περιγράφεται από το OMG και η DCOM, η οποία έχει οριστεί από τη Microsoft [18].

Ένας πολύ σημαντικός μηχανισμός στη διαχείριση δικτύων είναι η παραγωγή ειδοποιήσεων-γεγονότων, τα οποία επιτρέπουν την ασύγχρονη αποστολή πληροφορίας στα στοιχεία της αρχιτεκτονικής διαχείρισης όταν αυτά έχουν δηλώσει "ενδιαφέρον" για τα συγκεκριμένα γεγονότα, αποφεύγοντας με αυτό τον τρόπο ανεπιθύμητες κατάστασεις μπλοκαρίσματος μεταξύ διεργασιών του συστήματος.

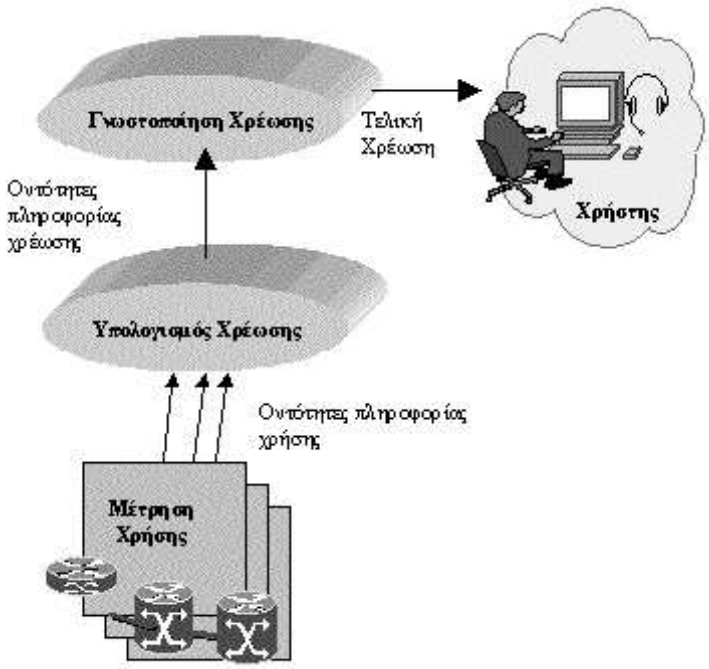
Για παράδειγμα, η αρχιτεκτονική CORBA περιλαμβάνει την Υπηρεσία Γεγονότων (Event Service) [19] η οποία είναι υπεύθυνη για την αποστολή και συγχρονισμό των γεγονότων μεταξύ των διαφορετικών διεργασιών.

1.4 Διαχείριση καταμέτρησης χρήσης και χρέωσης

Η υπηρεσία Διαχείρισης Χρέωσης και Καταμέτρησης Χρήσης (Accounting Management Service) είναι μία από τις πέντε λειτουργικές ομάδες που έχουν περιγραφεί στα πλαίσια του TMN που κατηγοριοποιεί όλες τις λειτουργίες διαχείρισης.

Οι επιμέρους διαδικασίες της καταμέτρησης χρήσης και χρέωσης όπως ορίζονται από την ITU-T [20], είναι οι εξής (βλ. Σχήμα 1.1):

- **Μέτρηση Χρήσης (Usage Metering)**



Σχήμα 1.1: Η διαδικασία καταμέτρησης χρήσης και χρέωσης (ITU-T)

Σε αυτή τη διαδικασία, πραγματοποιείται η καταμέτρηση των πόρων του δικτύου που καταναλώνει μία υπηρεσία και εν συνέχεια η δημιουργία, αποθήκευση και μετάδοση των αντίστοιχων οντοτήτων πληροφορίας χρήσης, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για τον υπολογισμό της χρέωσης.

- **Χρέωση (Charging)**

  Η διαδικασία αυτή είναι υπεύθυνη για τη συλλογή και επεξεργασία των οντοτήτων πληροφορίας χρήσης. Κατά την επεξεργασία αυτή συσχετίζονται τα δεδομένα χρήσης με συγκεκριμένες λειτουργίες επιπέδου υπηρεσίας, υπολογίζεται το κόστος για τις λειτουργίες αυτές (λαμβάνοντας υπ' όψη και πληροφορία σχετική με την πρόσβαση του πελάτη στην υπηρεσία) και παράγονται οι αντίστοιχες οντότητες πληροφορίας λειτουργιών υπηρεσίας (Service Transaction Records - STR).

- **Γνωστοποίηση Χρέωσης (Billing)**

  Η διαδικασία αυτή αφορά τη συλλογή των STRs, την οργάνωση της πληροφορίας χρέωσης του κάθε χρήστη ξεχωριστά και τη διανομή των οντοτήτων γνωστοποίησης χρέωσης (billing records) στους ενδιαφερομένους.

Ο καθορισμός του τελικού ποσού που καλείται να πληρώσει ένας χρήστης για τη χρήση μιας υπηρεσίας βασίζεται σε συγκεκριμένα τιμολόγια. Η **Διαχείριση Τιμολογίων** αφορά τον καθορισμό των συγκεκριμένων τιμών ανά μονάδα χρέωσης που θα εφαρμοστούν στις διάφορες υπηρεσίες αλλά και στα επιμέρους μέρη τους σε σχέση

με την πολιτική του προμηθευτή, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε πελάτη και τις συγκεκριμένες συνθήκες παροχής της υπηρεσίας (ώρα της ημέρας, τοποθεσία των συνομιλητών, κ.λ.π).

Χρησιμοποιώντας το παράδειγμα της τηλεφωνίας, η *Μέτρηση Χρήσης* αφορά τη μέτρηση του χρόνου που διαρκεί μία συνομιλία, η *Διαχείριση Τιμολογίων* αφορά τον καθορισμό της τιμής της μονάδας για τη συγκεκριμένη συνομιλία, η *Χρέωση* αφορά τον υπολογισμό των μονάδων που ξοδεύουμε σε κάθε λεπτό ομιλίας και η *Γνωστοποίηση Χρέωσης* αφορά τη δημιουργία και αποστολή των οντοτήτων πληροφορίας χρέωσης που λαμβάνουν οι χρήστες με τη μορφή λογαριασμού.

1.5 Οι δομές πληροφορίας χρήσης

Οι δομές πληροφορίας χρήσης αποτελούν την πληροφορία που χρειάζεται ο μηχανισμός χρέωσης για τον υπολογισμό του κόστους παροχής μιας υπηρεσίας. Ουσιαστικά περιγράφουν τα χαρακτηριστικά του πελάτη, της υπηρεσίας, των αντίστοιχων συνδέσεων και την κατανάλωση των πόρων του δικτύου κατά την παροχή της υπηρεσίας.

Τα χαρακτηριστικά του πελάτη διαμορφώνονται κατά την εγγραφή του στον προμηθευτή και εξαιτίας της στατικής φύσης τους αλλά και της εξάρτησης τους από την εκάστοτε πολιτική του προμηθευτή, δεν θα μας απασχολήσουν στην παρούσα εργασία.

Η πληροφορία χρήσης μιας συγκεκριμένης υπηρεσίας μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες:

- Η **πληροφορία διαχείρισης** αφορά την πληροφορία που προκύπτει από ενέργειες διαχείρισης του δικτύου κατά την αρχικοποίηση της υπηρεσίας, τη λήξη της, ή εξαιτίας ασύγχρονων γεγονότων (βλάβες, επαναδιαπραγμάτευση). Περιγράφει τα γενικά χαρακτηριστικά μιας υπηρεσίας, τα οποία κατά κανόνα παραμένουν σταθερά καθ' όλη τη διάρκεια παροχής της. Οι διευθύνσεις των χρηστών, η ταυτότητα των συνδέσεων, ο τύπος της υπηρεσίας, οι παράμετροι κυκλοφορίας, η ποιότητα υπηρεσίας, και η χρονική στιγμή έναρξης είναι μερικές χαρακτηριστικές πληροφορίες διαχείρισης.

- Η **πληροφορία πραγματικής χρήσης** περιγράφει την κατανάλωση πόρων που προκύπτει από την παροχή μιας υπηρεσίας, η οποία εκφράζεται γενικά από τη διάρκεια της, και τον όγκο των δεδομένων που μεταδίδονται. Ανάλογα με την πολιτική χρέωσης και το είδος της υπηρεσίας, επίσης χρήσιμη πληροφορία μπορεί να είναι η καθυστέρηση, η απώλεια πακέτων, κ.α.

Στην παραδοσιακή τηλεφωνία, η βασική δομή πληροφορίας χρήσης αποτελείται από την ταυτότητα των συσκευών μεταξύ των οποίων πραγματοποιείται η συνομιλία, και τη διάρκεια αυτής. Για την εξοικείωση με την ορολογία αναφέρουμε ότι η ταυτότητα των συνομιλητών (μέσω των συσκευών τους) αποτελεί πληροφορία διαχείρισης (αποκτάται

μέσω της εγκαθίδρυσης της σύνδεσης) ενώ η διάρκεια της συνομιλίας αποτελεί την πραγματική πληροφορία χρήσης.

Η φύση των δεδομένων χρήσης στα δίκτυα δεδομένων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τεχνολογία δικτύου. Για παράδειγμα η δομή και το είδος τους διαφοροποιείται μεταξύ των ATM, Frame Relay, και Internet δικτύων.

Πιο συγκεκριμένα, στο IP, όπως ήδη έχει αναφερθεί, δεν υπάρχει καμία "διαπραγμάτευση" πριν από την εγκαθίδρυση της σύνδεσης η οποία επιπλέον δεν εξασφαλίζει καμία ποιότητα υπηρεσίας (δεν υπάρχει δηλαδή η έννοια του "συμβολαίου") και συνεπώς η μόνη πληροφορία για την παροχή μιας υπηρεσίας που μπορεί να αποκτηθεί, είναι αυτή που περιέχεται στις επικεφαλίδες των πακέτων IP (Διεύθυνση Αποστολέα, Διεύθυνση Παραλήπτη, κ.λ.π).

Αντίθετα το ATM, παρέχει πολύ πλούσια πληροφορία διαχείρισης αλλά και σαφή περιγραφή των συνδέσεων και κατ' επέκταση των ροών πληροφορίας που αντιστοιχούν σε αυτές.

Παραλείποντας τις λεπτομέρειες που σχετίζονται με το είδος των συνδέσεων, η πληροφορία χρήσης που παρέχει το ATM σε γενικές γραμμές είναι:

- Πληροφορία αναγνώρισης της σύνδεσης (VPI/VCI)
- Πληροφορία αναγνώρισης των άκρων της σύνδεσης (διευθύνσεις ATM)
- Οι διαπραγματευόμενες παράμετροι κατά την εγκαθίδρυση της σύνδεσης:
  - ▷ Κατηγορία Υπηρεσίας
  - ▷ Παράμετροι Εγγύησης Ποιότητας Υπηρεσίας: Διακύμανση καθυστέρησης κελιών (Peak-to-Peak Cell Delay Variation - Peak-to-Peak CDV), Μέγιστη Καθυστέρηση Μεταφοράς Κελιού (Maximum Cell Transfer Delay - maxCDV), Ρυθμός Απώλειας Κελιών (Cell Loss Ratio - CLR).
  - ▷ Παράμετροι ρυθμού ATM κελιών (ATM Cell Rate Parameters): Μέγιστος Ρυθμός Κυκλοφορίας (Peak Cell Rate - PCR), Μέγιστος Μέσος Ρυθμός Κυκλοφορίας (Sustainable Cell Rate - SCR), Μέγιστο Μέγεθος Έκρηξης (Maximum Burst Size - MBS).
- Πραγματική πληροφορία χρήσης της σύνδεσης: Χρόνος έναρξης (Interval Start Time/Date), Διάρκεια (Interval Elapsed Time), Αριθμός εισερχόμενων κελιών (Ingress cell counts), Αριθμός εξερχόμενων κελιών (Egress cell counts).
- Πληροφορία της διακοπής της σύνδεσης (Αιτία διακοπής)

Το ATM Forum, στη B-ICI (B-ISDN Inter Carrier Interface) Προδιαγραφή [21], περιγράφει τα στοιχεία δεδομένων χρήσης που εφαρμόζονται συγκεκριμένα στις υπηρεσίες μεταξύ προμηθευτών (inter-provider services). Η IETF, στο draft Accounting

Information for ATM Networks [22] ορίζει τα αντικείμενα μέτρησης χρήσης που χρειάζεται να συλλέγονται ως αντικείμενα μιας MIB. Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τη μορφή των οντοτήτων πληροφορίας χρήσης και των παραμέτρων που σχετίζονται με τις διάφορες τεχνολογίες δικτύων μπορούν να βρεθούν στα [23], [24], και [20].

1.6 Η Μέτρηση της Χρήσης

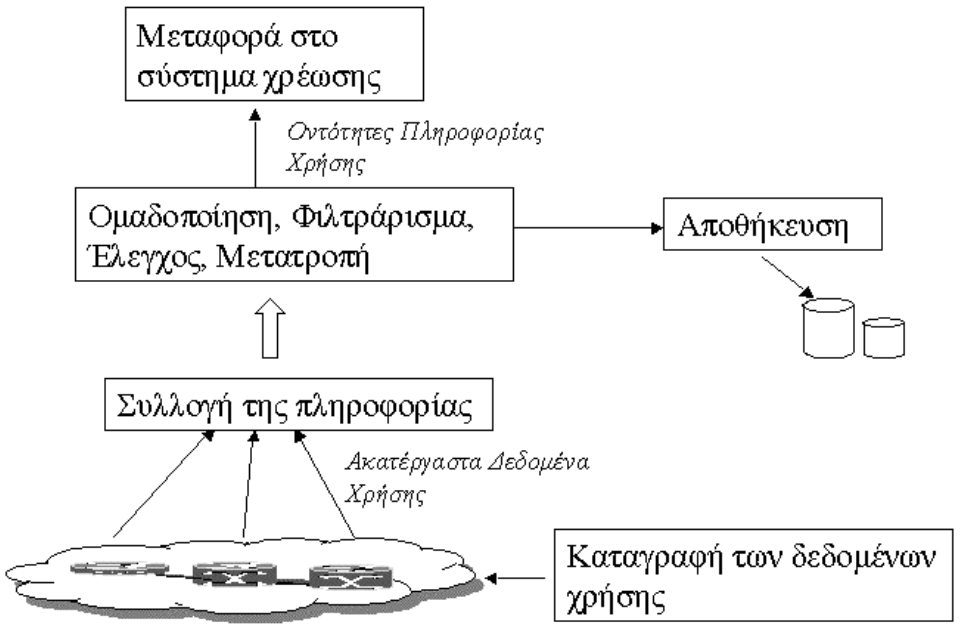
Η διαδικασία μέτρησης της χρήσης (βλ. Σχήμα 1.2) περιλαμβάνει τη συλλογή των δεδομένων χρήσης, την αποθήκευση τους σε μόνιμες δομές αποθήκευσης και την επεξεργασία και μετατροπή τους σε δομές πληροφορίας οι οποίες αποστέλλονται στις οντότητες που είναι υπεύθυνες για τον υπολογισμό της χρέωσης.

Πιο αναλυτικά η διαδικασία της μέτρησης περιλαμβάνει τις εξής λειτουργίες:

- Συλλογή των δεδομένων χρήσης.
- Ομαδοποίηση (aggregation): χρησιμοποιείται για τη μείωση του όγκου της μεταδιδόμενης πληροφορίας. Συνδυάζει πολλές οντότητες πληροφορίας χρήσης σε μία με ομαδοποιημένη πληροφορία.
- Συσχέτιση (correlation): συνδυάζει τις οντότητες πληροφορίας χρήσης, συνήθως από διαφορετικές τοποθεσίες σε μία η οποία περιέχει σαφή πληροφορία χρήσης.
- Φιλτράρισμα (filtering): χρησιμοποιείται για να καταργούνται λανθασμένες, επαναλαμβανόμενες ή ανεπιθύμητες οντότητες πληροφορίας χρήσης.
- Κατανομή (distribution): είναι το φιλτράρισμα και η προώθηση των οντοτήτων πληροφορίας χρήσης σε διαφορετικές εφαρμογές ή αρχεία.
- Επικύρωση (validation): ελέγχει την αξιοπιστία των δεδομένων ψάχνοντας για χαμένες, διπλασιασμένες ή εκτός σειράς οντότητες πληροφορίας χρήσης.
- Επίβλεψη (surveillance): παρακολουθεί τις οντότητες πληροφορίας χρήσης ελέγχοντας για αποκλίσεις από τις υιοθετημένες αρχές.
- Μετατροπή (conversion): μετατρέπει τα ακατέργαστα δεδομένα χρήσης σε ένα κοινό τρόπο αναπαράστασης (π.χ Bellcore AMA Format [25]) ή τα δεδομένα ενός συγκεκριμένου τρόπου αναπαράστασης σε κάποιον άλλο.

Για το σχεδιασμό και υλοποίηση ενός μηχανισμού μέτρησης της χρήσης πρέπει να προσδιοριστούν τα 4 παρακάτω τμήματα της διαδικασίας :

- Οι δομές πληροφορίας χρήσης που πρέπει να συλλέγονται
- Η συλλογή των επιλεγμένων δεδομένων και έλεγχος αυτής



Σχήμα 1.2: Η διαδικασία μέτρησης της χρήσης

- Μεταφορά και Αποθήκευση των δεδομένων και έλεγχος αυτής

Αυτή τη στιγμή, οι βασικοί οργανισμοί τυποποίησης που προσπαθούν να ορίσουν τις απαιτήσεις για τη μέτρηση της χρήσης είναι: η ITU-T, το ATM Forum και η IETF.

Το ATM Forum έχει ασχοληθεί μέχρι στιγμής με την πρώτη απαίτηση (τον ορισμό των στοιχείων των δεδομένων χρήσης), ενώ η IETF έχει προσπαθήσει να ορίσει ολόκληρη τη διαδικασία της μέτρησης χρήσης μέσω RFCs (Request For Comments).

Επιπλέον πολλές εταιρείες κατασκευάζουν δικά τους συστήματα χρέωσης, άλλες φορές ακολουθώντας τις τυποποιήσεις και άλλες όχι. Εν συνεχεία θα μελετήσουμε τις πιο σημαντικές προδιαγραφές του ATM Forum και της IETF καθώς και τις λύσεις των πιο δραστήριων εταιριών στο χώρο (Cisco, Fore, NewBridge, κ.λ.π). Παράλληλα θα παρουσιάζονται οι αντίστοιχες προδιαγραφές του παραδοσιακού τηλεφωνικού δικτύου το οποίο μέχρι στιγμής είναι το μόνο δίκτυο τηλεπικοινωνιών το οποίο εφαρμόζει αποτελεσματικά πολιτική χρέωσης με βάση τη χρήση, και αποτελεί σημαντικό σημείο αναφοράς παρ' όλο που το σύγχρονο δίκτυο πολλαπλών υπηρεσιών αντιμετωπίζει πολύ πιο σύνθετα και πολύπλοκα προβλήματα.

1.6.1 Οι δομές πληροφορίας χρήσης

Από τα είδη πληροφορίας χρήσης που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, η μόνη πληροφορία χρήσης που υπόκειται σε "μέτρηση" είναι η πληροφορία πραγματικής χρήσης.

Η βασική δομή πληροφορίας χρήσης την οποία πρέπει να ενημερώνει ο μηχανισμός μέτρησης αποτελείται από την περιγραφή των συνδέσεων που σχετίζονται με την παροχή μιας υπηρεσίας και τα αντίστοιχα δεδομένα πραγματικής χρήσης (διάρκεια και όγκος δεδομένων).

1.6.2 Η συλλογή των δεδομένων και έλεγχος αυτής

Η συλλογή των δεδομένων είναι ίσως το πιο κρίσιμο κομμάτι για την απόδοση ενός συστήματος μέτρησης της χρήσης. Είναι πολύ σημαντικό η συλλογή των δεδομένων να μην επιβαρύνει τη λειτουργία του δικτύου και να παρέχει έγκαιρα και αξιόπιστα την πληροφορία χρήσης.

Στην τηλεφωνία, η κατανάλωση (πραγματική χρήση) μιας υπηρεσίας εκφράζεται από τη διάρκεια της συνομιλίας, για τη μέτρηση της οποίας χρειάζεται μόνο η αποθήκευση του χρόνου έναρξης και λήξης της συνομιλίας στο πλησιέστερο PBX (Private Branch Exchange) στη συσκευή που αρχικοποίησε την κλήση.

Στην περίπτωση των δικτύων δεδομένων, κυρίως όταν εφαρμόζεται πολιτική χρέωσης με βάση τη χρήση, η διαδικασία είναι πολύ πιο απαιτητική λόγω του όγκου των δεδομένων που διακινείται και της πολυμορφίας των συνδέσεων.

Πολύ σημαντικά θέματα που αφορούν αυτή τη διαδικασία είναι τα εξής:

- Ο βαθμός ακρίβειας των δεδομένων που μπορεί να υποστηριχθεί από τις συσκευές καταγραφής. Διαφορετικές υπηρεσίες και στρατηγικές χρέωσης είναι πιθανό να έχουν διαφορετικό τρόπο αντιμετώπισης των δεδομένων χρήσης. Για παράδειγμα στην περίπτωση χρέωσης διασύνδεσης υπό-δικτύων, η μέτρηση του όγκου της μεταφερόμενης πληροφορίας δεν χρειάζεται να έχει την ακρίβεια που απαιτείται για χρέωση υπηρεσιών τελικού χρήστη.

- Η δυνατότητα διαφοροποίησης του εξοπλισμού ανάλογα με τα πρωτόκολλα επικοινωνίας και την ιεραρχική οργάνωση δικτύων διαστρωμάτωσης (Layer Networks). Έτσι, τα δεδομένα χρήσης μπορεί να αναφέρονται σε διαφορετικό επίπεδο διαστρωμάτωσης δικτύου, ανάλογα με την υπηρεσία προς χρέωση. Για παράδειγμα, αν ο εξοπλισμός μεταγωγής πακέτων παρέχει μέτρηση κίνησης μόνο σε Virtual Path επίπεδο, και όχι σε Virtual Channel, τότε το σύστημα υπόκειται σε σοβαρούς περιορισμούς χρέωσης συνδέσεων που αναπαρίστανται με Virtual Channels.

- Η απαιτούμενη συχνότητα αναφοράς δεδομένων χρήσης στα υψηλότερα στρώματα, και γενικότερα η επίδοση των συσκευών καταμέτρησης σε αυτό τον τομέα, είναι πολύ μεγάλης σημασίας. Έτσι, είναι δυνατό σε κάποια σχήματα χρέωσης να απαιτείται η μετάδοση σε πραγματικό χρόνο αυτής της πληροφορίας, όπως συμβαίνει στην περίπτωση που επιτρέπεται στο χρήστη δυναμική επανα-διαπραγμάτευση των συμβολαίων κίνησης και ποιότητας υπηρεσίας, ανάλογα με τον τρόπο χρέωσης

του. Έτσι, τα διαστήματα μετάδοσης πρέπει να είναι διαμορφώσιμα ανάλογα με τις ανάγκες χρηστών και εφαρμογών.

Ο εξοπλισμός της συλλογής της πληροφορίας χρήσης θα πρέπει να χειρίζεται ξεχωριστά κάθε ροή δεδομένων όσον αφορά τους μετρητές, τα στατιστικά και την προσωρινή αποθήκευση. Για να αποφεύγονται συνεπώς κρίσιμα σημεία απόδοσης, η λειτουργικότητα της μέτρησης της χρήσης θα πρέπει να τοποθετείται στα άκρα του δικτύου, όπου ο αριθμός των ροών και ο όγκος της πληροφορίας είναι σχετικά χαμηλός.

Ένας επίσης σημαντικός παράγοντας απόδοσης είναι η δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης των συστημάτων συλλογής η οποία όσο μικρότερη είναι τόσο πιο συχνά θα πρέπει να αποστέλλονται τα δεδομένα χρήσης με αποτέλεσμα να δαπανώνται υπολογιστικοί και επικοινωνιακοί πόροι.

Τέλος, ίσως το πιο απαιτητικό κομμάτι της διαδικασίας είναι η καταγραφή των δεδομένων χρήσης. Η καταγραφή των δεδομένων χρήσης στον εξοπλισμό του δικτύου πρέπει να μην επιβαρύνει τη λειτουργία τους αλλά και να παρέχει έγκαιρα τα δεδομένα στα ενδιαφερόμενα αντικείμενα.

Η πληροφορία χρήσης των πόρων του δικτύου μπορεί να ανακτηθεί είτε από εξειδικευμένο εξοπλισμό που καταγράφει τα στατιστικά της κίνησης στις συνδέσεις, ή απευθείας από τα συστήματα μεταγωγής πακέτων.

Το γεγονός ότι ο όγκος της πληροφορίας που διαχειρίζονται τα συστήματα μεταγωγής είναι τεράστιος αλλά και οι ταχύτητες στις οποίες λειτουργούν είναι επίσης εξαιρετικά μεγάλες, έχει καταστήσει σχεδόν μη εφαρμόσιμες λύσεις συνεχούς δειγματοληψίας μέσω πρωτοκόλλων διαχείρισης (π.χ SNMP) για τους μηχανισμούς μέτρησης, αφού δεν είναι καθόλου επεκτάσιμες λόγω του μεγάλου επικοινωνιακού κόστους που επιφέρουν.

1.6.2.1 Προδιαγραφές συστημάτων καταμέτρησης

Η γενική ιδέα της σχεδίασης μηχανισμών μέτρησης - ανεξαρτήτως τεχνολογίας δικτύου - είναι ότι εξειδικευμένος εξοπλισμός παρακολουθεί με μη τυποποιημένα μέσα την κυκλοφορία που περνάει από τους κόμβους του δικτύου και ανά καθορισμένα χρονικά διαστήματα η ομαδοποιημένη πληροφορία χρήσης συλλέγεται από αντικείμενα υπεύθυνα για την επεξεργασία της - τα οποία μπορεί να αντιστοιχούν σε έναν ή παραπάνω κόμβους - και μετατροπή της στις κατάλληλες οντότητες πληροφορίας χρήσης.

Σε επίπεδο προδιαγραφών της IETF, αυτή η ιδέα πρωτοπαρουσιάστηκε στο [26], το οποίο περιγράφει την RMON MIB, η οποία αποτελεί τη διεπαφή του συστήματος διαχείρισης με έναν αντιπρόσωπο ο οποίος αναλαμβάνει να πραγματοποιεί μετρήσεις στον κόμβο στον οποίο αντιστοιχεί, εξάγοντας ομαδοποιημένη πληροφορία χρήσης του κόμβου με προκαθορισμένο τρόπο. Υπάρχει το αντίστοιχο RFC και για τα δίκτυα ATM [27], το οποίο μάλιστα έχει υλοποιήσει η εταιρία Cisco στους μεταγωγείς της [28]. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται όμως κυρίως για σχεδιασμό του δικτύου και παρακολούθηση της λειτουργίας του, καθώς και για την παραγωγή στατιστικών, παρά

για την εξαγωγή των δεδομένων χρήσης των ξεχωριστών συνδέσεων, διαδικασία που ανάλογα με την τεχνολογία δικτύου, παρουσιάζει αρκετές ιδιαιτερότητες και δυσκολίες.

Το θεμελιώδες χαρακτηριστικό του IP, η μεμονωμένη δηλαδή διαχείριση του κάθε πακέτου και η αδυναμία συνεπώς αντιστοίχισης του σε μία συγκεκριμένη ροή πληροφορίας (flow), αποτελεί το πιο σημαντικό πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπίσει ένας μηχανισμός μέτρησης της χρήσης των πόρων του δικτύου από μια συγκεκριμένη υπηρεσία. Αυτό το πρόβλημα προσπαθεί να αντιμετωπίσει η ομάδα Real Time Flow Measurement (RTFM) της IETF προτείνοντας μια γενική μέθοδο χαρακτηρισμού ροών [29] - ανεξάρτητα από την τεχνολογία δικτύου -. Έχουν επίσης υλοποιηθεί και μη τυποποιημένες μέθοδοι χαρακτηρισμού ροών για το IP, όπως για παράδειγμα το NetFlow [30].

Σε γενικές γραμμές, οι ροές χαρακτηρίζονται από τις διευθύνσεις και τις θύρες επικοινωνίας (ports) πηγής και προορισμού των πακέτων που μεταδίδονται. Αν ο χαρακτηρισμός των ροών όμως περιοριστεί σε αυτό μόνο το κριτήριο, υπάρχει ο κίνδυνος ομαδοποίησης πολλών διαφορετικών ροών σε μία και για αυτό το λόγο οι διάφορες μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί χρησιμοποιούν επιπλέον κριτήρια για να εντοπίσουν το τέλος μιας ροής, όπως την οριοθέτηση του ελάχιστου χρόνου που μια ροή μπορεί να είναι ανενεργή, την αναγνώριση του πεδίου τέλους ροής (FIN) ή μηδενισμού (Reset - RST) σε επίπεδο TCP, την οριοθέτηση ενός μέγιστου χρόνου που μια ροή μπορεί να θεωρηθεί ενεργή, κ.α.

Στο [29], η IETF περιγράφει τη γενική αρχιτεκτονική του συστήματος μέτρησης το οποίο αποτελείται από ένα μετρητή (meter) - ο οποίος εκτός από την καταγραφή των δεδομένων χρήσης, είναι υπεύθυνος και για το χαρακτηρισμό των ροών - και ένα συλλέκτη μετρήσεων (meter reader) οι οποίοι συντονίζονται μέσω ενός διαχειριστή μετρήσεων (meter manager). Η επικοινωνία του μετρητή και του συλλέκτη γίνεται μέσω μίας MIB της οποίας τα αντικείμενα ορίζονται στο [31].

Για την τεχνολογία ATM, η ομάδα AToM MIB της IETF, έχει προτείνει το [32] στο οποίο ορίζονται - πάλι μέσω μιας MIB - οι μηχανισμοί ελέγχου και καθορισμού των δομών πληροφορίας χρήσης που θα ενημερώνονται, των αρχείων στα οποία θα πρέπει να αποθηκεύονται τα δεδομένα χρήσης, καθώς και της συχνότητας δειγματοληψίας.

1.6.2.2 Υλοποιήσεις συστημάτων μέτρησης

Σύμφωνα λοιπόν με τις προδιαγραφές της IETF και γενικά τις σύγχρονες τάσεις για τη μέτρηση της χρήσης, η συλλογή της πληροφορίας χρήσης μπορεί να χωριστεί σε δύο βασικές υπο-λειτουργίες: την καταγραφή και τη συλλογή των δεδομένων χρήσης. Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζουμε τις σύγχρονες υλοποιήσεις μηχανισμών μέτρησης της χρήσης με άξονα τις δύο αυτές υπολειτουργίες της διαδικασίας, μια και σε αυτό το διαχωρισμό βασίζεται εν μέρη η προσέγγιση της παρούσας εργασίας που παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 3.

Η καταγραφή των δεδομένων χρήσης

Η καταγραφή των δεδομένων χρήσης είναι το πιο ευαίσθητο μέρος της διαδικασίας όσον αφορά την απόδοση του μηχανισμού μέτρησης.

Η εταιρία Cisco είναι από τις λίγες εταιρίες που προσφέρουν τη δυνατότητα παροχής της ακατέργαστης πληροφορίας χρήσης από τα συστήματα μεταγωγής της, διαχωρίζοντας έτσι τις δύο υπολειτουργίες. Για το IP, η Cisco έχει ενσωματώσει στα συστήματα μεταγωγής της την τεχνολογία NetFlow [33], η οποία περιλαμβάνει "ευφυείς" αλγόριθμους χαρακτηρισμού των ροών IP (Netflow Cache Management) και ένα μη τυποποιημένο τρόπο μεταφοράς των εγγραφών ροής (Flow Records) στους αντίστοιχους συλλέκτες - οι εγγραφές αποστέλλονται σε ένα συγκεκριμένο UDP port από το οποίο μπορεί να τις συλλέγει ο υπεύθυνος συλλέκτης για τον συγκεκριμένο μεταγωγέα.

Αντίστοιχα, η IETF στο [34] περιγράφει την υλοποίηση του μετρητή όπως αυτός περιγράφεται στο [29] με το εργαλείο Netramet, το οποίο αποτελεί ένα διερευνητή δικτύου ο οποίος παρακολουθεί την κίνηση που περνάει από κάποιο κόμβο του δικτύου και ανάλογα με τους κανόνες που έχουν οριστεί (οι οποίοι καθορίζουν τις απαιτούμενες ροές για τις οποίες θα πραγματοποιούνται οι μετρήσεις) ενημερώνει τα αντικείμενα της αντίστοιχης MIB [31] (Meter MIB), μέσω των οποίων παραλαμβάνει τα δεδομένα χρήσης ο αντίστοιχος συλλέκτης.

Για το ATM, η εταιρία Cisco παρέχει μια MIB, παρόμοια με αυτή που ορίζεται στο [32] της IETF για τη διαχείριση της μέτρησης της χρήσης στα δίκτυα ATM. Τα δεδομένα χρήσης αποθηκεύονται σε προσωρινά αρχεία τα οποία το σύστημα μέτρησης λαμβάνει μέσω TFTP. Η διαχείριση των μετρήσεων γίνεται μέσω SNMP όπως καθορίζεται από τις οντότητες της MIB.

Η συλλογή της πληροφορίας

Από τη στιγμή που είναι διαθέσιμη η ακατέργαστη πληροφορία χρήσης των διάφορων κόμβων, εξειδικευμένα αντικείμενα, ανάλογα με τον τρόπο που περιγράφεται και μεταφέρεται η πληροφορία χρήσης, θα πρέπει να την επεξεργάζονται και να δημιουργούν τις οντότητες πληροφορίας χρήσης της κάθε υπηρεσίας, ανάλογα με τις απαιτήσεις του μηχανισμού χρέωσης. Οι συλλέκτες αυτοί αποτελούν ουσιαστικά τη διεπαφή του συστήματος χρέωσης με τους μηχανισμούς μέτρησης.

Στην περίπτωση του NetFlow τα αντικείμενα αυτά είναι οι Flow Collectors, οι οποίοι καταναλώνουν τις ροές εγγραφής από πολλαπλές συσκευές με τη δυνατότητα NetFlow, μειώνουν την έκταση της πληροφορίας χρήσης φιλτράροντας και ομαδοποιώντας τη, και αποθηκεύουν την τελική πληροφορία χρήσης σε αρχεία για την περαιτέρω επεξεργασία της.

Ο συλλέκτης που έχει υλοποιηθεί για την ανάγνωση της Meter MIB που ενημερώνει το Netramet, είναι ο NeMaC [35], ο οποίος προς το παρόν αποτελεί ένα απλό

πρόγραμμα γραμμένο σε Unix, το οποίο ελέγχει τη λειτουργία του Netramet με σκοπό την αξιοποίηση και επίδειξη της χρησιμότητας του. Ορίζει τους κανόνες με βάση τους οποίους το Netramet θα πραγματοποιεί τις μετρήσεις, και συλλέγει τα δεδομένα χρήσης για την κάθε ροή με SNMP από την Meter MIB.

1.6.2.3 Ολοκληρωμένα εργαλεία

Εκτός από τη Cisco, υπάρχουν και άλλες εταιρίες που έχουν αρχίσει να έχουν δυναμική παρουσία στο χώρο. Οι εταιρίες αυτές έχουν παρουσιάσει ολοκληρωμένα εργαλεία παροχής των οντοτήτων πληροφορίας χρήσης, χωρίς να επιτρέπουν το διαχωρισμό των δύο υπο-λειτουργιών μέτρησης - τη συλλογή δηλαδή των ακατέργαστων δεδομένων χρήσης που παράγονται από τον εξοπλισμό τους από άλλες εφαρμογές.

Η NewBridge, στο εργαλείο διαχείρισης MainStreeXpress 46020 [36] εφαρμόζει ανάλογο τρόπο συλλογής των δεδομένων χρήσης με αυτόν του NetFlow, στην υλοποίηση ενός πολύ ισχυρού συστήματος καταμέτρησης της χρήσης για δίκτυα ATM και Frame Relay. Ο συλλέκτης ονομάζεται Data Collector, ο οποίος παρέχει την επεξεργασμένη πληροφορία χρήσης σε μορφή BAF [25]. Η μορφή BAF (Bellcore Automatic Message Accounting Format), χρησιμοποιείται διεθνώς για την περιγραφή του τρόπου με τον οποίο η πληροφορία χρήσης των πελατών πρέπει να είναι δομημένη σε μια οντότητα πληροφορίας χρήσης και να μεταφέρεται από το δίκτυο στο σύστημα χρέωσης.

Η ίδια λογική εφαρμόζεται και στο αντίστοιχο εργαλείο της FORE (ForeView Accountant) [37], το οποίο αποτελείται από ένα εξυπηρετητή (ForeView Accountant Server) ο οποίος συλλέγει τα δεδομένα χρήσης από τους μεταγωγείς της FORE μέσω FTP, ομαδοποιεί την πληροφορία αυτή σε πληροφορία χρήσης ανά σύνδεση και την αποθηκεύει υπό τη μορφή BAF σε αρχεία καθώς και σε μία βάση δεδομένων (Oracle).

1.6.3 Μεταφορά και Αποθήκευση των Δεδομένων

Οι λειτουργίες αυτές συνδέονται με τη μεταφορά των δεδομένων χρήσης στις οντότητες υπολογισμού και γνωστοποίησης της χρέωσης. Οι υπολειτουργίες που συμπεριλαμβάνονται σε αυτή την διαδικασία, έχουν σχέση με τον επιλεκτικό διαχωρισμό, αλλά και το συσχετισμό των δεδομένων χρήσης, σε ανεξάρτητες, αντιπροσωπευτικές οντότητες πληροφορίας χρήσης.

Η εξαγωγή χρήσιμης και αντιπροσωπευτικής πληροφορίας για την χρήση των πόρων του δικτύου, στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην αποδοτικότητα των λειτουργιών που διαχωρίζουν επιλεκτικά και συσχετίζουν την ροή τεράστιων ποσοτήτων "ακατέργαστης" πληροφορίας χρήσης που λαμβάνεται. Με δεδομένο μάλιστα ότι η ροή της πληροφορίας χρήσης αναπαριστά γεγονότα από διαφορετικά σημεία του δικτύου και διαφορετικά επίπεδα ιεραρχίας διαχείρισης, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μηχανισμών που να μπορούν να φιλτράρουν και να κατηγοριοποιήσουν την πληροφορία αυτή, εξάγοντας τελικά τη χρήσιμη πληροφορία για τους μηχανισμούς χρέωσης. Το αποτέλεσμα αυτών των

μηχανισμών είναι η γέννεση οντοτήτων πληροφορίας χρήσης υψηλότερου επιπέδου, στις οποίες τα δεδομένα χρήσης εμφανίζονται ανεξάρτητα από την τεχνολογία μεταγωγής ή τις κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες του συστήματος ή των συστημάτων που σχετίζονται με τα δεδομένα.

Με αυτό τον τρόπο ο κάθε προμηθευτής υπηρεσίας μπορεί να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα χωρίς να είναι απαραίτητο να γνωρίζει λεπτομέρειες του δικτύου, το οποίο ενδεχομένως να ελέγχεται από κάποιον άλλο προμηθευτή. Η πληροφορία στη συνέχεια αποθηκεύεται και ασφαλίζεται σε ανάλογες μονάδες αποθήκευσης, αφού πρώτα γίνει έλεγχος εγκυρότητας των δεδομένων.

Η αποθήκευση και η μεταφορά των δεδομένων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την αρχιτεκτονική και τις προδιαγραφές του συστήματος. Αποτελεί σημαντικό παράγοντα απόδοσης ενός συστήματος καταμέτρησης χρήσης οι επιλογές ως προς την πλατφόρμα που θα χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία των διαφορετικών οντοτήτων του συστήματος, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, η κατανομή της λειτουργικότητας μεταξύ τους, καθώς και η τοποθέτηση τους στο σύστημα.

Η τοποθέτηση των οντοτήτων, ειδικά για την περίπτωση της χρέωσης με βάση τη χρήση, πρέπει να εξασφαλίζει την ελαχιστοποίηση του κόστους επικοινωνίας κατά τη μεταφορά των δεδομένων χρήσης από τις οντότητες που πραγματοποιούν τις μετρήσεις προς τις οντότητες υπολογισμού και γνωστοποίησης της χρέωσης. Τοποθετώντας ”κοντά” τις οντότητες αυτές, επιτυγχάνεται ο γρήγορος υπολογισμός της χρέωσης με βάση την κατανάλωση των πόρων σε πραγματικό χρόνο.

Η πληροφορία χρέωσης μπορεί να μεταφερθεί εν συνεχεία σε κεντρικά σημεία διαχείρισης και αποθήκευσης, όταν το κόστος της επικοινωνίας αυτής δεν θα επηρεάζει την απόδοση του συστήματος. Βέβαια, με αυτή την προσέγγιση είναι αναπόφευκτη η αύξηση του κόστους που προκύπτει από τη διαχείριση και έλεγχο των μηχανισμών μέτρησης και χρέωσης, το οποίο όμως είναι σχετικά μικρό με αυτό της συνεχής αποστολής πληροφορίας χρήσης.

1.7 Υπολογισμός Χρέωσης

Οι μηχανισμοί χρέωσης είναι υπεύθυνοι για το συσχετισμό της χρήσης της υπηρεσίας καθώς και της πληροφορίας εγγραφής του πελάτη, με τον υπολογισμό της χρέωσης.

Τυπικοί μηχανισμοί χρέωσης περιλαμβάνουν συνδυασμούς των παρακάτω τύπων χρέωσης: επίπεδη, με βάση τη διάρκεια, την απόσταση, τη χρονική στιγμή, τον όγκο, την εγκαθίδρυση της σύνδεσης, την ποιότητα υπηρεσίας, το περιεχόμενο.

Γενικά, ο υπολογισμός της χρέωσης βασίζεται σε συγκεκριμένες τιμολογιακές κατηγορίες μέσω των οποίων καθορίζεται η σχέση της χρήσης της υπηρεσίας και της τελικής χρέωσης.

Μέσω των τιμολογιακών κατηγοριών, ο προμηθευτής μπορεί να εφαρμόσει μία πολιτική τιμολόγησης που συνήθως ποικίλει ανάλογα με την σχετική αγορά και τη θέση

της υπηρεσίας στο γενικότερο επιχειρησιακό και τεχνικό περιβάλλον.

Ειδικές εκπτώσεις μπορεί να εφαρμοστούν ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε πελάτη, την ώρα της ημέρας, τη μέρα του χρόνου, ή άλλες παράμετρους σχετικές με την πολιτική χρέωσης του προμηθευτή. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιεί πληροφορίες από τους μηχανισμούς ελέγχου και διαχείρισης του δικτύου για να πιστοποιεί ότι η προσφερόμενη ποιότητα υπηρεσίας ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του συμβολαίου και να γίνονται οι απαραίτητες ενέργειες σε περίπτωση που ο προμηθευτής αποτυγχάνει να προσφέρει τη συμφωνηθίσα ποιότητα (έκπτωση ή μηδενική χρέωση).

Τηλεφωνία

Στην τηλεφωνία ο υπολογισμός της χρέωσης είναι εξαιρετικά απλός. Σε κάθε λεπτό ομιλίας αντιστοιχίζεται ένας συγκεκριμένος αριθμός μονάδων χρέωσης (ανάλογα με την ώρα της ημέρας και την απόσταση). Η χρέωση προκύπτει από τον συνολικό αριθμό των μονάδων που κατανάλωσε μία συνομιλία επί την τιμή της μονάδας η οποία καθορίζεται από το τηλεπικοινωνιακό οργανισμό. Ουσιαστικά δηλαδή προκύπτει μία συγκεκριμένη τιμή ανά μονάδα χρόνου η οποία ισούται με το γινόμενο της τιμής της μονάδας επί τον αριθμό των μονάδων που αντιστοιχεί στην μονάδα χρόνου.

Δηλαδή:

$$\text{Χρέωση} = a \times T$$

όπου a η τιμή ανά μονάδα χρόνου και T η διάρκεια της συνομιλίας

Internet

Οι περισσότερες προτάσεις για τη χρέωση υπηρεσιών στο Internet συμβαδίζουν με προσπάθειες αντιμετώπισης της αδυναμίας του IP για παροχή εγγυήσεων ποιότητας υπηρεσίες σε επίπεδο δικτύου, και κατ' επέκταση διαφοροποίησης των υπηρεσιών που παρέχονται.

Στα [38] [39] [40] προτείνονται μέθοδοι στατικής διαφοροποίησης των υπηρεσιών στο Internet, είτε χωρίζοντας το δίκτυο σε διαφορετικά ανεξάρτητα λογικά δίκτυα εξυπηρέτησης [38], είτε τον καθορισμό δύο [40] ή περισσοτέρων [39] κατηγοριών υπηρεσιών οι οποίες θα εξυπηρετούνται με την ανάλογη προτεραιότητα στους δρομολογητές. Πρόσφατα η IETF ερευνά τα θέματα αρχιτεκτονικής και πολιτικής για την υποστήριξη διαφοροποιημένων υπηρεσιών, με βάση την εξυπηρέτηση των πακέτων με διαφορετική προτεραιότητα ή με διαφορετική πιθανότητα απόρριψης.

Στα [41] [42] [43] παρουσιάζονται μέθοδοι απόκτησης (ή τουλάχιστον προσέγγισης) βέλτιστων τιμών μέσω αλληλεπίδρασης του χρήστη με το δίκτυο (για παράδειγμα στο [43] οι χρήστες δηλώνουν το ποσό που επιθυμούν να πληρώσουν και το δίκτυο παρέχει στον καθένα ποιότητα υπηρεσίας ανάλογη με τους πόρους που του αναλογούν βάσει του διαθέσιμου ποσού), οι οποίες προϋποθέτουν τη δυνατότητα του δίκτυου να

εξυπηρετεί καλύτερα τις πιο "ακριβές" κατηγορίες υπηρεσιών.

'Αλλες προσεγγίσεις [44] [45] [39], διαφοροποιούν την ποιότητα μιας υπηρεσίας με βάση την αντιμετώπιση που θα έχει αυτή σε περίπτωση συμφόρησης και η οποία ανάλογα θα χρεώνεται.

ATM

Οι πολιτικές χρέωσης στα δίκτυα ATM θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την κατηγορία υπηρεσίας καθώς και τις παραμέτρους του συμβολαίου κυκλοφορίας.

Το μέρος της χρέωσης που εξαρτάται από τη χρήση, είναι η χρέωση για τις εικονικές συνδέσεις (virtual connections), το οποίο μπορεί να εξαρτάται από διάρκεια και τον όγκο της μεταφερόμενης κυκλοφορίας από την σύνδεση.

Ο Frank Kelly περιέγραψε μια ενοποιήμενη πολιτική χρέωσης [46], γραμμική ως προς τον χρόνο (T) και όγκο (V) την οποία υιοθέτησε το έργο CA$HMAN:

$$\text{Χρέωση} = a(x)T + b(x)V + c(x)$$

όπου x ο συνδυασμός του τύπου υπηρεσίας και του συμβόλαιο κυκλοφορίας της σύνδεσης, $a(x)$ η χρέωση ανά μονάδα χρόνου (σχετίζεται με την ποσότητα πόρων που χρειάζεται να δεσμευτούν στην αρχή της σύνδεσης για να εξασφαλιστεί η ζητούμενη ποιότητα εξυπηρέτησης), $b(x)$ η χρέωση ανά μονάδα όγκου κίνησης (σχετίζεται με την πραγματική χρήση πόρων), και $c(x)$ η χρέωση δημιουργίας της σύνδεσης (σχετίζεται με την δαπάνη πόρων για την δημιουργία της σύνδεσης και την αποθήκευση πληροφορίας απαραίτητη για την μεταγωγής της, και ίσως και από το περιεχόμενο της).

- Για τις υπηρεσίες **CBR** η χρέωση είναι:

  $$\text{Χρέωση} = a(x)T + c(x)$$

  όπου το συμβόλαιο x περιέχει μόνο τον μέγιστο ρυθμό PCR.

- Για τις υπηρεσίες **VBR** η χρέωση είναι:

  $$\text{Χρέωση} = a(x)T + b(x)V + c(x)$$

  όπου το συμβόλαιο x αποτελείται από τον μέγιστο ρυθμό PCR, τον μέγιστο μέσο ρυθμό SCR, και την μέγιστη διάρκεια έκρηξης MBS.

  Σύμφωνα με την πολιτική, ο χρήστης με κάποιο συμβόλαιο x επιλέγει μία τριάδα παραμέτρων χρέωσης $a(x)$, $b(x)$ και $c(x)$ από έναν πίνακα τιμών. Οι τιμές των παραμέτρων αυτών εξαρτώνται, εκτός από το συμβόλαιο κυκλοφορίας x, και από παραμέτρους του δικτύου (πόρους των συνδέσμων και χαρακτηριστικά του μείγματος κυκλοφορίας), και μπορεί να οριστούν με τέτοιο τρόπο ώστε

οι χρήστες, οι οποίοι επιλέγουν τις παραμέτρους με στόχο την ελαχιστοποίηση της χρέωσης τους, να δώσουν (εμμέσως) στο δίκτυο μια εκτίμηση του μέσου ρυθμού κυκλοφορίας τους και να χρεωθούν ανάλογα με την ποσότητα πόρων που χρησιμοποιούν [47] [48].

- Για τις υπηρεσίες **ABR** η χρέωση είναι:

$$\text{Χρέωση} = a * MCR * T + b * V + c$$

όπου το b είναι γενικά ένας πολύ μικρός αριθμός (ή και $b = 0$), ανεξάρτητος του MCR.

Υπάρχουν πολιτικές χρέωσης για την υπηρεσία ABR των οποίων η υλοποίηση εκμεταλλεύεται τον έλεγχο ροής που υπάρχει για της υπηρεσίες ABR [6] και βασίζεται στην πρόθεση χρέωσης (willingness to pay) των χρηστών [49]. Οι διαθέσιμοι πόροι του δικτύου για την υπηρεσία ABR, διαμοιράζονται δίκαια ανάλογα με την πρόθεση χρέωση των χρηστών και ο ρυθμός αποστολής που αναλογεί στον κάθε χρήστη του αποστέλλεται μέσω των σημάτων ανάδρασης της υπηρεσίας ABR (RM cells) και έτσι η τιμή ανά μονάδα εύρους ζώνης προκύπτει από την πρόθεση χρέωση του κάθε χρήστη προς τον επιτρεπόμενο ρυθμό αποστολής που του αναλογεί.

- Για τις υπηρεσίες **UBR** η χρέωση είναι:

$$\text{Χρέωση} = b * V + c$$

Ο λόγος της απουσίας χρονικής χρέωσης είναι η μη δέσμευση πόρων για υπηρεσίες αυτού του τύπου.

1.8 Γνωστοποίηση Χρέωσης

Οι μηχανισμοί γνωστοποίησης χρέωσης σχετίζονται με τη διαδικασία αποστολής της πληροφορίας χρέωσης στους πελάτες. Οι μηχανισμοί γνωστοποίησης μπορεί να διαφέρουν ως προς το είδος της πληροφορίας (π.χ ποσοστό λεπτομέρειας, τρόπος παρουσίασης) και ως προς τον τρόπο αποστολής.

Η αποστολή λοιπόν των οντοτήτων πληροφορίας μπορεί να είναι:

- Περιοδική: Η πληροφορία χρέωσης αποστέλλεται στον πελάτη σε τακτά χρονικά διαστήματα.

- Κατ' Απαίτηση: Η πληροφορία χρέωσης αποστέλλεται στον πελάτη μετά από αίτηση του.

- Ανά Κλήση: Η πληροφορία χρέωσης μεταδίδεται αμέσως μετά την ολοκλήρωση της κλήσης ή της υπηρεσίας γενικότερα. Αυτή η μέθοδος έχει χαρακτηριστικά πραγματικού χρόνου αφού η χρέωση πρέπει να υπολογιστεί το συντομότερο δυνατό μετά την ολοκλήρωση της υπηρεσίας.

- Ένδειξη ή Γνωστοποίηση χρέωσης πραγματικού χρόνου: Η χρέωση υπολογίζεται κατά τη διάρκεια της παροχής της υπηρεσίας και αποστέλλεται στο χρήστη ώστε να παρέχεται μία ένδειξη της τελικής χρέωσης. Αυτή είναι η πιο απαιτητική μέθοδος σε υπολογιστικούς και επικοινωνιακούς πόρους αφού ο υπολογισμός της χρέωσης πρέπει να πραγματοποιείται σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα.

- Προ-εξοφλούμενη: Αυτός ο μηχανισμός επιτρέπει τη χρήση μιας υπηρεσίας για ένα συγκεκριμένο προπληρωμένο αριθμό μονάδων χρέωσης. Με αυτή τη μέθοδο, παρ' όλο που ο χρήστης δεν ενημερώνεται δυναμικά για το λογαριασμό του, ο υπολογισμός πρέπει να πραγματοποιείται συνεχώς ώστε να ελέγχεται το ποσοστό του προπληρωμένου συνόλου μονάδων χρέωσης που έχει καταναλωθεί.

Ως προς την πληροφορία που περιέχεται, μια γενική απαίτηση για τις οντότητες πληροφορίας χρέωσης (billing records) είναι ότι πρέπει να είναι αρκετά αναλυτικές ώστε να παρέχουν στο χρήστη μία καθαρή απεικόνιση για το πόσο που αντιστοιχεί στη χρήση μιας συγκεκριμένης υπηρεσίας για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Συνοπτικά αναφέρονται μερικά βασικά πεδία πληροφορίας σε επίπεδο υπηρεσίας που μπορεί να είναι μέρος μιας οντότητας πληροφορίας χρέωσης: Η ταυτότητα του χρήστη, η περιγραφή της υπηρεσίας, πληροφορία χρόνου (χρόνος έναρξης της υπηρεσίας και διάρκεια), η χρέωση που αντιστοιχεί στη διάρκεια παροχής της υπηρεσίας, οι εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσίας, η συνοπτική πληροφορία χρήσης, και ένδειξη πιθανών εκπτώσεων σε περίπτωση αδυναμίας παροχής της δεδομένης ποιότητας υπηρεσίας.

Επιπλέον πληροφορία σε επίπεδο δικτύου που μπορεί να περιέχεται στην οντότητα πληροφορίας χρέωσης για μια συγκεκριμένη υπηρεσία: Το αναγνωριστικό της σύνδεσης, πληροφορία χρόνου, η αντίστοιχη χρέωση για τη συγκεκριμένη σύνδεση, οι συμφωνηθέντες παράμετροι ποιότητας σε επίπεδο δικτύου, η ποιότητα που τελικά προσφέρθηκε, πληροφορία χρήσης, ένδειξη εκπτώσεων.

Ο καθορισμός των χαρακτηριστικών των λειτουργιών της γνωστοποίησης χρέωσης εξαρτάται από τη συγκεκριμένη πολιτική τιμολόγησης που έχει υιοθετήσει ο προμηθευτής, από τύπους γνωστοποίησης που υποστηρίζονται, από τη φύση της υπηρεσίας και προαιρετικά από τα χαρακτηριστικά του πελάτη.

Κεφάλαιο 2

Αρχιτεκτονική Παροχής Υπηρεσιών

Η δυνατότητα που δίνει σήμερα η τεχνολογία για εξελιγμένες και σύγχρονες υπηρεσίες, και η αναγκαιότητα για αποδοτική χρέωση τους, δημιουργεί αυξημένες απαιτήσεις στους μηχανισμούς διαχείρισης και στην αρχιτεκτονική παροχής υπηρεσιών του παγκόσμιου δικτύου πολλαπλών υπηρεσιών που διαμορφώνεται. Παράλληλα, η ανομοιογένεια μεταξύ των διάφορων τεχνολογιών δικτύου (μερικές από τις οποίες είναι ευρέως αποδεκτές), αλλά και μεταξύ του εξοπλισμού των διάφορων κατασκευαστών έχουν καταστήσει την ανάγκη για κατανεμημένες, ιεραρχικές και ανοικτές αρχιτεκτονικές παροχής υπηρεσιών επιτακτική.

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφουμε τις υπάρχουσες αρχιτεκτονικές παροχής υπηρεσιών (TMN, IN, Internet, TINA) εστιάζοντας στην αρχιτεκτονική TINA, η οποία προσεγγίζει καλύτερα τις σύγχρονες τάσεις και απαιτήσεις για διαλειτουργικότητα, ελαστικότητα, και κατανεμημένο και ιεραρχικό περιβάλλον διαχείρισης. Γίνεται μία σύντομη περιγραφή της αρχιτεκτονικής CORBA η οποία αποτελεί μία σύγχρονη τεχνολογία υποστήριξης κατανεμημένων μονάδων λογισμικού, η οποία έχει υιοθετηθεί στις προδιαγραφές της αρχιτεκτονικής TINA. Παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της αρχιτεκτονικής TINA και δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στην αρχιτεκτονική υπηρεσιών και στις προδιαγραφές για τη διαχείριση καταμέτρησης χρήσης. Τέλος, παρουσιάζονται οι επεκτάσεις που πρότεινε το έργο CA$HMAN για την προσαρμογή της λειτουργικότητας της χρέωσης υπηρεσιών στο βασικό μοντέλο της TINA.

2.1 Εισαγωγή

Πολιτικές χρέωσης επίπεδου ρυθμού ή με βάση τη χωρητικότητα έχουν ευρέως χρησιμοποιηθεί από διάφορους προμηθευτές υπηρεσιών. Αυτές οι πολιτικές μπορούν εύκολα να υποστηριχθούν από μηχανισμούς χρέωσης που δεν συσχετίζουν την υπηρεσία με τους πόρους που χρησιμοποιούνται. Όμως η εφαρμογή πολιτικών χρέωσης με βάση τη χρήση σε ευρυζώνια δίκτυα όπως αυτή περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο

σχετίζεται με όλα τα επίπεδα της παροχής υπηρεσιών και συνεπώς απαιτεί πιο περίπλοκους και απαιτητικούς μηχανισμούς διαχείρισης της χρέωσης. Από το επίπεδο του δικτύου, όπου μετράται η χρήση των πόρων μέχρι το επίπεδο της υπηρεσίας όπου παράγεται η ανα-χρήστη ολοκληρωμένη πληροφορία χρέωσης, οι μηχανισμοί χρέωσης πρέπει να σχεδιαστούν με αποδοτικό τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιούν το κόστος της υποδομής διαχείρισης αλλά και να αποφεύγονται κρίσιμα σημεία απόδοσης (performance bottle-necks).

Οι υπάρχουσες αρχιτεκτονικές παροχής υπηρεσιών παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό διαφοροποίησης όσον αφορά τη σχέση της υπηρεσίας με τους απαιτούμενους πόρους του δικτύου. Η κάθε αρχιτεκτονική εστιάζει σε συγκεκριμένες εφαρμογές και υπηρεσίες που ταιριάζουν καλύτερα στα χαρακτηριστικά του δικτύου και εκμεταλλεύονται αποδοτικότερα τις προσφερόμενους πόρους. Για παράδειγμα, η αρχιτεκτονική του Internet τοποθετεί τη λογική της υπηρεσίας στα άκρα του δικτύου, ενώ το δίκτυο χρησιμοποιείται μόνο ως μέσο μεταφοράς. Αντίθετα στην αρχιτεκτονική των Ευφυών Δικτύων (Intelligent Networks - IN) ο έλεγχος της υπηρεσίας τοποθετείται στο εσωτερικό του δικτύου.

Η αρχιτεκτονική χρέωσης μπορεί να θεωρηθεί ως το μέρος της αρχιτεκτονικής παροχής υπηρεσιών που σχετίζεται με τη συλλογή και την επεξεργασία των δεδομένων χρήσης και χρέωσης με βάση μία συγκεκριμένη πολιτική τιμολόγησης. Η σχεδίαση της αρχιτεκτονικής χρέωσης συνήθως εξαρτάται από τη φύση των υποστηριζόμενων εφαρμογών όσον αφορά τις απαιτήσεις τους και τις λειτουργίες ελέγχου των υπηρεσιών.

Η λειτουργικότητα μίας αρχιτεκτονικής χρέωσης ξεφεύγει από το χώρο ενός προμηθευτή υπηρεσιών ή ενός διαχειριστή δικτύου. Συνήθως πολλά μέρη εμπλέκονται στη διαδικασία ως τελικοί χρήστες, πελάτες, προμηθευτές υπηρεσιών, προμηθευτές περιεχομένου, μεσίτες, και διαχειριστές δικτύου.

Η πολυπλοκότητα αυξάνεται από την κατανεμημένη φύση των σημείων μέτρησης, την ποικιλία και έκταση της πληροφορίας χρήσης και τον αριθμό των εφαρμογών που χρησιμοποιούν αυτή την πληροφορία. Για παράδειγμα, οι μηχανισμοί χρέωσης πρέπει να συνεργάζονται με μηχανισμούς διαχείρισης όπως τη διαχείριση της ποιότητας της υπηρεσίας και της απόδοσης ώστε να είναι ενήμεροι για πιθανές παραβιάσεις των συμβολαίων.

Στο σημερινό ανταγωνιστικό επιχειρησιακό περιβάλλον, η γρήγορη διαθεσιμότητα και η ποιοτική πληροφορία χρέωσης είναι εξαιρετικής σημασίας. Οι νέου τύπου υπηρεσίες - με υψηλές απαιτήσεις στη διαχείριση του δικτύου - απαιτούν αντίστοιχα νέες προσεγγίσεις στο σχεδιασμό και την υλοποίηση των συστημάτων διαχείρισης χρέωσης και καταμέτρησης της χρήσης. Αυτές οι προσεγγίσεις πρέπει να λάβουν υπ' όψη τους τις σημαντικές αλλαγές που συμβαίνουν στην αγορά και την απαίτηση για γρήγορη ανάπτυξη, αλλαγή ή κατάργηση υπηρεσιών και πολιτικών χρέωσης.

Η ευελιξία και η αποδοτικότητα ενός συστήματος χρέωσης και καταμέτρησης της χρήσης μπορεί να εξασφαλιστεί μόνο από ένα αποκεντρικοποιημένο κατανεμημένο

μοντέλο, του οποίου οι υπολογιστικές οντότητες μπορούν να επικοινωνούν και να ενεργούν ανεξάρτητα. Στην περίπτωση της χρέωσης η παραπάνω πρόταση ενισχύεται από τους εξής λόγους:

- Ο όγκος της επεξεργαζόμενης πληροφορίας στα συστήματα χρέωσης με βάση τη χρήση μπορεί να είναι πολύ υψηλή, και συνεπώς μπορεί να υπάρχει η ανάγκη για κατανομή της λειτουργικότητας ανάμεσα στο δίκτυο και στους πόρους.
- Ο έλεγχος και η διαχείριση του συστήματος μπορεί να είναι σχετικά πολύπλοκη και συνεπώς είναι χρήσιμο συγκεκριμένα αντικείμενα να παρουσιάζουν μία απλοποιημένη μορφή πολύπλοκων διαδικασιών στα υπόλοιπα μέρη του συστήματος.
- Η συνεχής ανάπτυξη νέων υπηρεσιών θα πρέπει να εντάσσεται εύκολα στο υπάρχον σύστημα το οποίο θα πρέπει να αποτελείται από αντικείμενα με καθορισμένη λειτουργικότητα και να είναι δυνατή η ανανέωση τους χωρίς να επηρεάζεται το υπόλοιπο σύστημα.

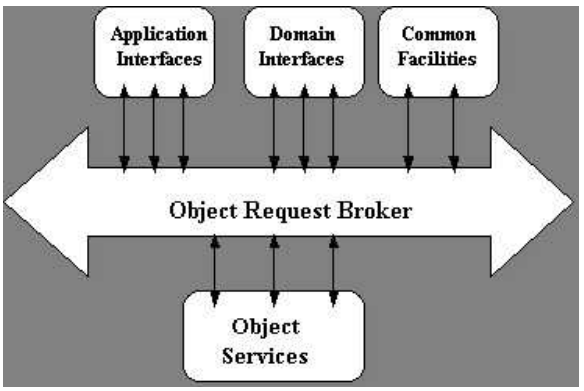
Η διαφανής επικοινωνία των διάφορων αντικειμένων αυτής της κατανεμημένης αρχιτεκτονικής μπορεί να εξασφαλισθεί μέσω τεχνολογιών υποστήριξης κατανεμημένων μονάδων λογισμικού, όπως για παράδειγμα η CORBA που περιγράφεται στη συνέχεια.

2.2 Τεχνολογία υποστήριξης κατανεμημένων μονάδων λογισμικού - CORBA

Το 1989 σχηματίστηκε η ομάδα OMG (Object Management Group) με σκοπό την ανάπτυξη, υιοθέτηση και προώθηση τυποποιήσεων (standards) για την ανάπτυξη και αξιοποίηση εφαρμογών σε κατανεμημένα και ανομοιογενή περιβάλλοντα. Από τότε το OMG έχει γίνει το μεγαλύτερο consortium (φορέας) λογισμικού στον κόσμο με πάνω από 750 μέλη που συνεισφέρουν τεχνολογικά και ερευνητικά σε απάντηση στις αιτήσεις για προτάσεις (Requests For Proposals - RFPs) που εισηγείται το OMG. Μέσω των απαντήσεων σε αυτά τα RFPs, το OMG υιοθετεί προδιαγραφές (specifications) βασισμένες σε εμπορικά διαθέσιμη τεχνολογία.

2.2.1 Object Management Architecture (OMA)

Η Αρχιτεκτονική Διαχείρισης Αντικειμένων αποτελείται από ένα Μοντέλο Αντικειμένου (Object Model) και ένα Μοντέλο Αναφοράς (Reference Model). Το Μοντέλο Αντικειμένου ορίζει πως μπορούν να περιγραφούν αντικείμενα κατανεμημένα σε ένα ανομοιογενές περιβάλλον, ενώ το Μοντέλο Αναφοράς χαρακτηρίζει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Στο Μοντέλου Αντικειμένου, ένα αντικείμενο είναι μία οντότητα με ευδιάκριτη και αμετάβλητη ταυτότητα της οποίας οι υπηρεσίες μπορούν να προσεγγιστούν μόνο μέσω καλά ορισμένων διεπαφών (interfaces). Πελάτες (clients), θέτουν αιτήσεις στα



Σχήμα 2.1: Η Αρχιτεκτονική Διαχείρισης Αντικειμένων (Object Management Architecture - OMA)

αντικείμενα για να εκτελέσουν υπηρεσίες εκ μέρους τους. Η υλοποίηση και τοποθεσία κάθε αντικειμένου είναι κρυμμένη από τον αιτούμενο πελάτη. Στο Σχήμα 2.1 φαίνονται τα διαφορετικά μέρη του Μοντέλου Αναφοράς της OMA. Η βασική ιδέα είναι η χρησιμοποίηση ενός κοινού διαύλου λογισμικού (software bus) ο οποίος ονομάζεται Object Request Broker (ORB) για τη διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ πελατών και αντικειμένων και χρησιμοποιείται από τέσσερις κατηγορίες διεπαφών αντικειμένων:

- Υπηρεσίες αντικειμένου (Object Services)
- Κοινές διευκολύνσεις (Common Facilities)
- Διεπαφές χώρου αρμοδιοτήτων (Domain Interfaces)
- Διεπαφές Εφαρμογών (Application Interfaces)

Τα χαρακτηριστικά που αποκρύπτονται στην επικοινωνία αυτή, είναι η τοποθεσία του αντικειμένου (Object location), η υλοποίηση του αντικειμένου (Object implementation), η κατάσταση εκτέλεσης του αντικειμένου (Object execution state) και οι μηχανισμοί επικοινωνίας του αντικειμένου (Object communication mechanisms). Από τις παραπάνω κατηγορίες διεπαφών αντικειμένων, αυτές που είναι ανεξάρτητες εφαρμογής και παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι οι Υπηρεσίες CORBA (CORBA Services). Πολλές από αυτές έχουν ήδη οριστεί από το OMG και άλλες είναι υπό επεξεργασία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα CORBA υπηρεσιών, οι οποίες μάλιστα έχουν ήδη υλοποιηθεί είναι οι:

- Υπηρεσία Ονομάτων (Naming Service): η οποία επιτρέπει στους πελάτες να αναζητούν αντικείμενα μέσω του ονόματος τους.
- Υπηρεσία Εμπορίου (Trading Service): η οποία επιτρέπει στους πελάτες να εντοπίζουν αντικείμενα βάση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών τους.

Επίσης υπάρχουν οι προδιαγραφές για υπηρεσίες ασφάλειας, διαχείρισης αντικειμένων, ειδοποιήσεων (notification), συναλλαγής (transaction) και πολλές άλλες.

2.2.2 Common Object Request Broker Architrecture (CORBA)

Η αρχιτεκτονική CORBA (Common Object Request Broker Architecture) [17] περιγράφει με λεπτομέρεια τις διεπαφές και τα χαρακτηριστικά του ORB. Για να κάνει μια αίτηση ένας πελάτης, προσδιορίζει το αντικείμενο-στόχο χρησιμοποιώντας μία αναφορά αντικειμένου (object reference), η οποία δημιουργείται για κάθε νέο αντικείμενο. Οι clients και οι servers μοιράζονται ένα μοναδικό ορισμό της διεπαφής τους, το οποίο είναι προσδιορισμένο σε μία συγκεκριμένη γλώσσα (την Interface Definition Language - IDL). Η διεπαφή ενός αντικειμένου, προσδιορίζει τις λειτουργίες και τους τύπους που αυτό υποστηρίζει και έτσι ορίζει τις αιτήσεις που είναι δυνατό να γίνουν σε αυτό το αντικείμενο. Οι αντιστοιχίσεις γλωσσών προγραμματισμού (language mappings), καθορίζουν πως τα χαρακτηριστικά της IDL θα αντιστοιχισθούν σε μία δεδομένη γλώσσα προγραμματισμού. Μέχρι στιγμής έχουν υλοποιηθεί αντιστοιχίσεις για C, C++, SmallTalk, Ada 95 και Java. Η αντιστοίχιση αυτή αφορά τη δημιουργία αντικειμένων στην πλευρά του πελάτη (stubs) και στην πλευρά του εξυπηρετητή (skeletons), τα οποία υλοποιούν την επικοινωνία που αντιστοιχεί στη λειτουργικότητα της διεπαφής στην αντίστοιχη γλώσσα προγραμματισμού.

Η εκτέλεση μέσω stubs και skeletons ονομάζεται στατική κλήση (static invocation) γιατί τα stubs και skeletons "κτίζονται" απ' ευθείας στην εφαρμογή του πελάτη (client) και την υλοποίηση του αντικειμένου, και συνεπώς πρέπει να έχουν από πριν γνώση για τις διεπαφές των αντικειμένων.

Εκτός από τη στατική κλήση η CORBA υποστηρίζει δύο διεπαφές για δυναμική κλήση (dynamic invocation): Το Dynamic Invocation Interface (DII) το οποίο υποστηρίζει δυναμική δημιουργία αιτήσεων από τους πελάτες και το Dynamic Skeleton Interface (DSI) το οποίο παρέχει δυναμική παροχή υπηρεσιών στα αντικείμενα.

Μέσω αυτών των διεπαφών, παρέχεται η δυνατότητα για την κλήση λειτουργιών οι οποίες γνωστοποιούνται κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των εφαρμογών (και δεν είναι γνωστές την ώρα της μετάφρασης) με αποτέλεσμα να τις καθιστά ιδιαίτερα εύκαμπτες και επαναχρησιμοποιούμενες.

Τέλος, η ORB-to-ORB διαλειτουργικότητα εξασφαλίζεται μέσω του GIOP (General Inter-ORB Protocol), το οποίο προσδιορίζει το συντακτικό της μεταφοράς και τη δομή των μηνυμάτων για τη διαλειτουργικότητα των ORB μέσω οποιουδήποτε connection-oriented μέσου. Το GIOP είναι ένα ελαφρύ και ευέλικτο πρωτόκολλο το οποίο υποστηρίζει συγκεκριμένες υλοποιήσεις ανάλογα με την τεχνολογία δικτύου. Το IIOP (Internet Inter-ORB Protocol) για παράδειγμα προσδιορίζει πώς το GIOP "χτίζεται" πάνω από το TCP/IP.

2.2.3 Η CORBA ως πλατφόρμα για τη διαχείριση δικτύων

Όσο η OMG CORBA γίνεται όλο και πιο δημοφιλής Distributed Object Computing τεχνολογία υπάρχει όλο και αυξανόμενο ενδιαφέρον για την κατασκευή εφαρμογών

διαχείρισης δικτύων βασισμένες στην υποδομή κανεμημένων αντικειμένων (Distributed Object Infrastructure) CORBA αντί στα συστήματα OSI και σε τεχνολογίες διαχείρισης δικτύου. Αυτό το ενδιαφέρον βασίζεται στο γεγονός ότι είναι πολύ πιο εύκολη η κατασκευή και ενοποίηση συστημάτων διαχείρισης χρησιμοποιώντας τεχνολογίες διαλειτουργικότητας (Interoperability technologies) στο επίπεδο διεπαφής εφαρμογών (π.χ CORBA) παρά στο επίπεδο πρωτοκόλλου (π.χ CMIP). Επιπλέον, τα CORBA συστήματα διαχείρισης έχουν επιπλέον πλεονεκτήματα όπως: ικανότητα για ενοποίηση εφαρμογών και εξαρτημάτων (components) διαφορετικής προέλευσης, μεγαλύτερη ευελιξία και δυνατότητα κλιμάκωσης και ελάττωση του κόστους και του χρόνου ανάπτυξης. Επίσης, ο έλεγχος της ενεργοποίησης των διεργασιών είναι πιο ευέλικτος στην CORBA από αντίστοιχες TMN πλατφόρμες, ενώ η δυνατότητα της δυναμικής κλήσης (dynamic invocation) προσφέρει πολύ μεγάλη ευελιξία και δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του λογισμικού (software reusability).

2.3 Αρχιτεκτονικές παροχής υπηρεσιών

Η τοποθέτηση μηχανισμών χρέωσης και καταμέτρησης σε ένα σύστημα παροχής υπηρεσιών, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό στα βασικά χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής παροχής υπηρεσιών, τις κατηγορίες εφαρμογών που υποστηρίζονται, και την τεχνολογία δικτύου.

Η αρχιτεκτονική παροχής υπηρεσιών αναφέρεται στη μοντελοποίηση των λειτουργιών και των θεμελιωδών στοιχείων που αποτελούν τη διαχείριση και τον έλεγχο των υπηρεσιών.

Αυτή η μοντελοποίηση περιλαμβάνει:

- Καθορισμό των επιχειρησιακών ρόλων και των σχέσεων συνεργασίας τους.
- Ορισμό της οριζόντιας στρωματοποίησης που εκφράζει διαφορετικές οπτικές γωνίες της υπηρεσίας για τους πελάτες και τους προμηθευτές.
- Καθορισμό των γενικών λειτουργικών οντοτήτων που αποτελούν τον πυρήνα της λογικής της υπηρεσίας.
- Προσδιορισμό της κατανομής των δομικών μονάδων στο φυσικό δίκτυο.

Μερικές από τις πιο γνωστές και αναγνωρισμένες αρχιτεκτονικές περιγράφονται περιληπτικά στη συνέχεια.

2.3.1 Ευφυή Δίκτυα (Intelligent Netoworks - IN)

Η εισαγωγή της αρχιτεκτονικής IN, ως επέκταση της κλασικής τηλεφωνικής υπηρεσίας, είχε σκοπό τη μεταφορά του ελέγχου της υπηρεσίας από τους τοπικούς κόμβους (local

node) σε ένα κεντρικό σημείο ελέγχου της υπηρεσίας (Service Control Point - SCP). Παρ' όλο που η κύρια λειτουργία του SCP στα πρώτα έξυπνα δίκτυα ήταν η εγκαθίδρυση απλών τηλεφωνικών υπηρεσιών στο δίκτυο, αυτός ο διαχωρισμός του ελέγχου της υπηρεσίας από την επεξεργασία της κλήσης, διευκόλυνε την ανάπτυξη πιο πολύπλοκων υπηρεσιών στην υπάρχουσα υποδομή δικτύου.

2.3.2 Telecommunications Management Network (TMN)

Η αρχιτεκτονική TMN, προσανατολίζεται στη διαχείριση των πόρων του δικτύου μέσω καθορισμένων διεπαφών. Η Λογική Στρωματοποιημένη Αρχιτεκτονική του TMN (Logical Layered Architecture) χρησιμοποιεί μια ιεραρχική προσέγγιση στην μοντελοποίηση της τοποθέτησης των πόρων και των οντοτήτων διαχείρισης στο σύστημα. Το [50] καθορίζει το διαχωρισμό των λειτουργιών του TMN σε διαφορετικά στρώματα διαχείρισης: Διαχείριση Εξοπλισμού, Διαχείριση Δικτύου, Διαχείριση Υπηρεσιών, Διαχείριση σε επιχειρησιακό επίπεδο.

2.3.3 Αρχιτεκτονική εφαρμογών Internet

Οι εφαρμογές και οι υπηρεσίες του Internet βασίζονται σε μία ευρέως αποδεκτή δικτυακή υποδομή, η ανάπτυξη της οποίας έχει καθοριστεί περισσότερο από τις τεχνικές και εμπορικές απαιτήσεις των χρηστών του παρά από τις οδηγίες κάποιου μοντέλου αναφοράς υπηρεσιών. Οι υπηρεσίες του Internet υποθέτουν ότι η εξυπνάδα ή η λογική της υπηρεσίας υλοποιείται στα άκρα του δικτύου. Το δίκτυο χρησιμοποιείται μόνο για τη δυνατότητα μεταφοράς των δεδομένων, χωρίς καμία ανάμειξη κάποιας πρόνοιας υπηρεσιών. Έχουμε βέβαια ήδη αναφέρει τον καθοριστικό ρόλο που παίζει η IETF στη βελτίωση των υπάρχοντων πρωτοκόλλων μέσω των γνωστών RFCs.

2.3.4 Αρχιτεκτονική TINA (Telecommunications Information Networking Architecture)

Η αρχιτεκτονική TINA καθορίζει τα χαρακτηριστικά ενός παγκόσμιου κατανεμημένου περιβάλλοντος επεξεργασίας για τον ενοποιημένο έλεγχο και διαχείριση των υπηρεσιών. Η TINA επεκτείνει τις πλατφόρμες των TMN και IN, με σκοπό την υποστήριξη ενός ευρούς φάσματος υπηρεσιών και εφαρμογών, ανεξάρτητα από το δίκτυο μεταφοράς που θα τις υποστηρίζει. Στη συνέχεια θα αναλύσουμε αναλυτικά τις βασικές αρχές της αρχιτεκτονικής TINA, οι οποίες υιοθετήθηκαν στην παρούσα εργασία.

2.4 Τα γενικά χαρακτηριστικά των υπηρεσιών

2.4.1 Η λογική της υπηρεσίας

Το κοινό χαρακτηριστικό όλων των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών είναι η ανάγκη τους για συνδέσεις δικτύου και για αυτό το λόγο για πολλές αρχιτεκτονικές, υπηρεσίες και εφαρμογές, ο έλεγχος των δικτυακών συνδέσεων αποτελεί το κύριο μέρος της λειτουργικότητας τους. 'Αλλες υπηρεσίες, όπως για παράδειγμα η καλωδιακή τηλεόραση, είναι προσανατολισμένες στο περιεχόμενο της παρεχόμενης πληροφορίας και όχι στα χαρακτηριστικά της μεταφοράς της. Παρ' όλα αυτά, οι νέες αλληλεπιδραστικές εφαρμογές πολυμέσων έχουν πρόσθετες απαιτήσεις σχετικά με τον έλεγχο της υπηρεσίας και ως προς το περιεχόμενο της πληροφορίας αλλά και ως προς τις δυνατότητες μεταφοράς. Έτσι, η αξία μιας υπηρεσίας εξαρτάται σήμερα όχι μόνο από τη φύση της πληροφορίας που μεταδίδεται αλλά και από την ευελιξία που παρέχεται για τη διαχείριση, προσαρμογή και έλεγχο της. Για παράδειγμα σε μια εφαρμογή video-συνδιάσκεψης, προσκλήσεις σε άλλους χρήστες να συμμετέχουν σε μία σύνοδο, παράλληλη παρακολούθηση video και συλλογική επεξεργασία κειμένου είναι χαρακτηριστικά που αποτελούν πολύπλοκη λειτουργικότητα για τον έλεγχο της υπηρεσίας.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, όσο πιο απαιτητικές γίνονται οι υπηρεσίες, τόσο μεγαλώνει η ανάγκη για διαχωρισμό της υπηρεσίας από την διαχείριση της αντίστοιχης πληροφορίας και των πόρων του δικτύου. Αυτός ο διαχωρισμός είναι πιο ξεκάθαρος στην TINA αρχιτεκτονική σε σύγκριση με τις IN και TMN αρχιτεκτονικές, όπως θα περιγράψουμε στη συνέχεια.

2.4.2 Οι φάσεις της υπηρεσίας

Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ χρηστών και προμηθευτών για την πρόσβαση και χρήση των υπηρεσιών μπορεί να χωριστεί σε τρεις φάσεις: τη φάση αρχικοποίησης (set-up phase), τη φάση παροχής της υπηρεσίας (service execution phase), και τη φάση ολοκλήρωσης (wrap-up phase).

Η φάση αρχικοποίησης, περιλαμβάνει την διαπραγμάτευση μεταξύ του προμηθευτή και του χρήστη για την τελική συμφωνία όσον αφορά τη σχέση ποιότητας υπηρεσίας-κόστους που θα προσφερθεί στον πελάτη, καθώς και τον καθορισμό του τρόπου γνωστοποίησης της πληροφορίας χρέωσης.

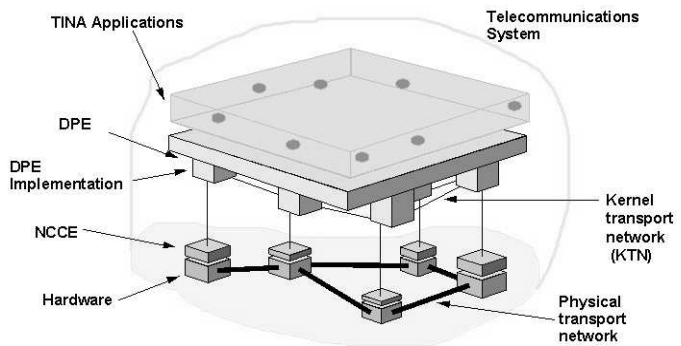
Η φάση παροχής της υπηρεσίας, περιλαμβάνει την ενεργοποίηση της επιλεγμένης υπηρεσίας και τον έλεγχο της από τον χρήστη, παράλληλα με την - προαιρετική - παροχή της πληροφορίας χρέωσης, η οποία μπορεί να συνοδεύεται από τη δυνατότητα επαναδιαπραγμάτευσης των χαρακτηριστικών της υπηρεσίας και κατ' επέκταση δυναμικό έλεγχο της σχέσης ποιότητας-κόστους από τον χρήστη.

Στη φάση ολοκλήρωσης, τερματίζονται οι λειτουργίες των συνόδων που πήραν μέρος στην παροχή της υπηρεσίας και αφού γίνει η επαλήθευση της αξιοπιστίας, ακρίβειας,

και εγγυρότητας των δεδομένων χρέωσης αποστέλλεται στους χρήστες το συνολικό κόστος της υπηρεσίας.

2.5 Οι βασικές αρχές της αρχιτεκτονικής TINA

Το TINA-C (Telecommunication Information Networking Architecture Consortium) είναι ένας φορέας που σκοπό έχει τον ορισμό και την επικύρωση μίας ανοιχτής αρχιτεκτονικής για κατανεμημένες τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές λογισμικού. Η λίστα των μελών του περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό από διαχειριστές δικτύων (network operators), πωλητές υπολογιστικών συστημάτων και κατασκευαστές. Η TINA εφαρμόζει τις αρχές του ODP [3] και τις προδιαγραφές του OMG [17] για τις ανάγκες της βιομηχανίας των τηλεπικοινωνιών. Υιοθετεί συνεπώς τις βασικές αρχές ενός αντικειμενοστρεφούς σχεδιασμού, μοντελοποιώντας τις οντότητες παροχής της υπηρεσίας, υπολογισμού και πληροφορίας σε ανεξάρτητα δομικά μέρη οποία επικοινωνούν μέσω ενός Κατανεμημένου Περιβάλλοντος Επεξεργασίας (Distributed Processing Environment - DPE).



Σχήμα 2.2: Η αρχιτεκτονική TINA

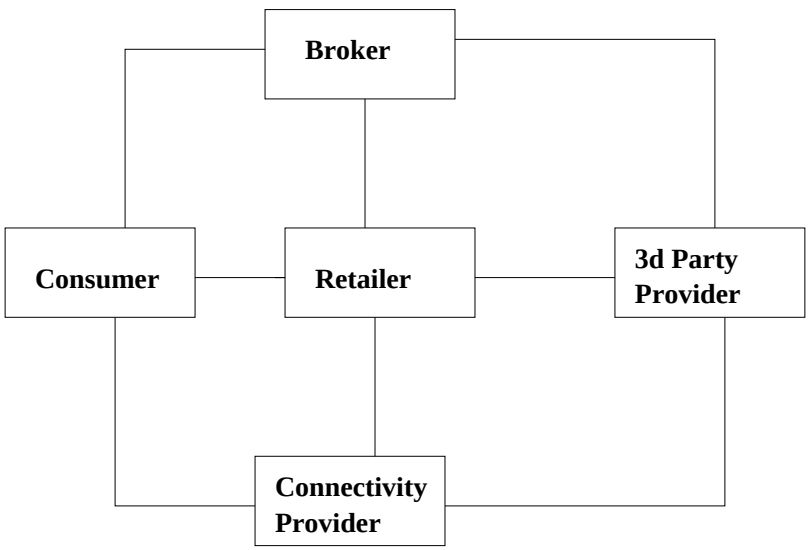
Στη συνέχεια περιγράφονται οι βασικές αρχές της TINA, όπως αυτές έχουν διαμορφωθεί μέχρι σήμερα.

2.5.1 Η μοντελοποίηση ρόλων και επιχειρήσεων

Το επιχειρησιακό μοντέλο περιγράφει τους διαφορετικούς ρόλους που αναμιγνύονται στην παροχή υπηρεσιών και της σχέσης μεταξύ τους με ένα γενικό και κοινά αποδεκτό τρόπο. Ο όρος "ρόλος" σχετίζεται με ένα σύνολο ενεργειών-ευθυνών μιας επιχείρησης, η οποία δρα αυτόνομα και για προσωπικό της όφελος, παρέχοντας συγκεκριμένη λειτουργικότητα και πόρους. Η παροχή των υπηρεσιών στον τελικό χρήστη συνήθως απαιτεί τη συνεργασία περισσοτέρων από ενός επιχειρησιακών ρόλων, ανάλογα με την υπηρεσία και την αρχιτεκτονική δικτύου του συστήματος, και τις συγκεκριμένες απαιτήσεις της υπηρεσίας.

Η TINA υποστηρίζει ένα περιβάλλον πολλαπλών πωλητών, προμηθευτών. Το μοντέλο επιχειρήσεων παρέχει το πλαίσιο για την αλληλεπίδραση των "ρόλων" οι οποίοι είναι οι παρακάτω, ενώ υπάρχει και η δυνατότητα για τον ορισμό νέων ρόλων και αλληλεπιδράσεων.

- Καταναλωτής (Consumer): Καταναλώνει υπηρεσίες.
- Έμπορος (Retailer): Προσφέρει διάφορα είδη υπηρεσιών στους καναλωτές.
- Μεσίτης (Broker): Προσφέρει πληροφορίες για την εντόπιση υπηρεσιών.
- Τρίτος Προμηθευτής (3rd-party provider): Προσφέρει υπηρεσίες σε πελάτες εκτός των καταναλωτών.
- Προμηθευτής σύνδεσης (Connectivity provider): Προσφέρει υπηρεσίες σύνδεσης.



Σχήμα 2.3: Το επιχειρησιακό μοντέλο της TINA

2.5.2 Οπτικές γωνίες (Viewpoints)

Η TINA αντιμετωπίζει κάθε σύστημα μέσα από τέσσερις οπτικές γωνίες:

- Επιχειρησιακή (Enterprise), η οποία παρουσιάζει τους σκοπούς, το εύρος και την πολιτική του συστήματος.
- Υπολογιστική (Computational), η οποία περιγράφει το σύστημα μέσω ενός συνόλου αλληλεπιδράσεων μεταξύ αντικειμένων - δυνάμει κατανεμημένων.
- Μηχανική (Engineering), η οποία εστιάζει στην υποδομή που χρειάζεται για να υποστηριχθεί η κατανομή.
- Πληροφοριακή (Information), η οποία ορίζει τη σημασιολογία της πληροφορίας και τις ενέργειες επεξεργασίας της πληροφορίας στο σύστημα.

2.5.3 Η χρήση του DPE

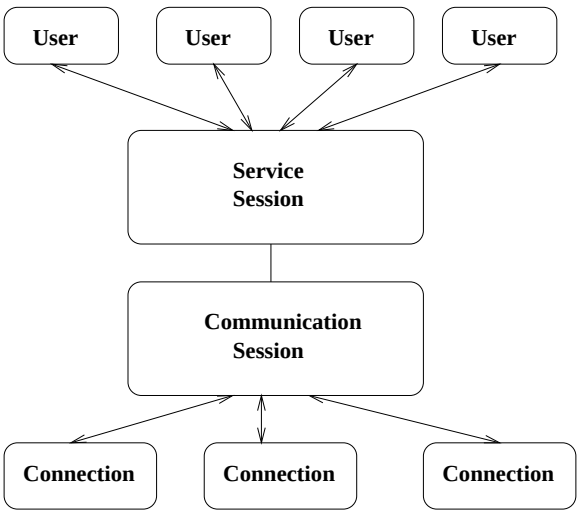
Το Κατανεμημένο Περιβάλλον Επεξεργασίας (Distributed Processing Environment - DPE), παρέχει ένα κοινό μέσο επικοινωνίας για τις διάφορες εφαρμογές της TINA αρχιτεκτονικής, εξασφαλίζοντας τη διαλειτουργικότητα και τη δυνατότητα κατανεμημένης επεξεργασίας. Ουσιαστικά, παίζει το ρόλο που παίζει το ORB στην αρχιτεκτονική CORBA, και μάλιστα μέσω της ενσωμάτωσης των αρχών του OMG στην TINA αρχιτεκτονική, το DPE θα υποστηρίζει ένα υπερσύνολο των λειτουργιών του ORB.

2.5.4 Το μοντέλο της συνόδου (session)

Το μοντέλο της συνόδου παίζει καθοριστικό ρόλο στη μοντελοποίηση της αρχιτεκτονικής TINA, μια και επιτρέπει την ομαδοποίηση των ενεργειών και των δομών πληροφορίας και την αντιστοίχιση τους στους αντίστοιχους ρόλους που συμμετέχουν στην υπηρεσία (βλ. Σχήμα 2.4).

Οι διαφορετικοί τύποι συνόδου ορίζονται ως εξής:

- Η *Σύνοδος Πρόσβασης (Access Session)* επιτρέπει σε ένα χρήστη να επικοινωνήσει με ένα προμηθευτή υπηρεσιών και να ζητήσει μια υπηρεσία.
- Η *Σύνοδος Χρήστη (User Session)* διαχειρίζεται την αλληλεπίδραση ενός - μόνο - χρήστη με τη σύνοδο υπηρεσίας.
- Η *Σύνοδος Υπηρεσίας (Service Session)* υλοποιεί τη βασική λειτουργικότητα μιας συγκεκριμένης υπηρεσίας και διατηρεί μια συνολική εικόνα της χρήσης της υπηρεσίας, για παράδειγμα τους πόρους που καταναλώνονται από όλους τους συμμετέχοντες σε μια υπηρεσία.



Σχήμα 2.4: Το μοντέλο της συνόδου

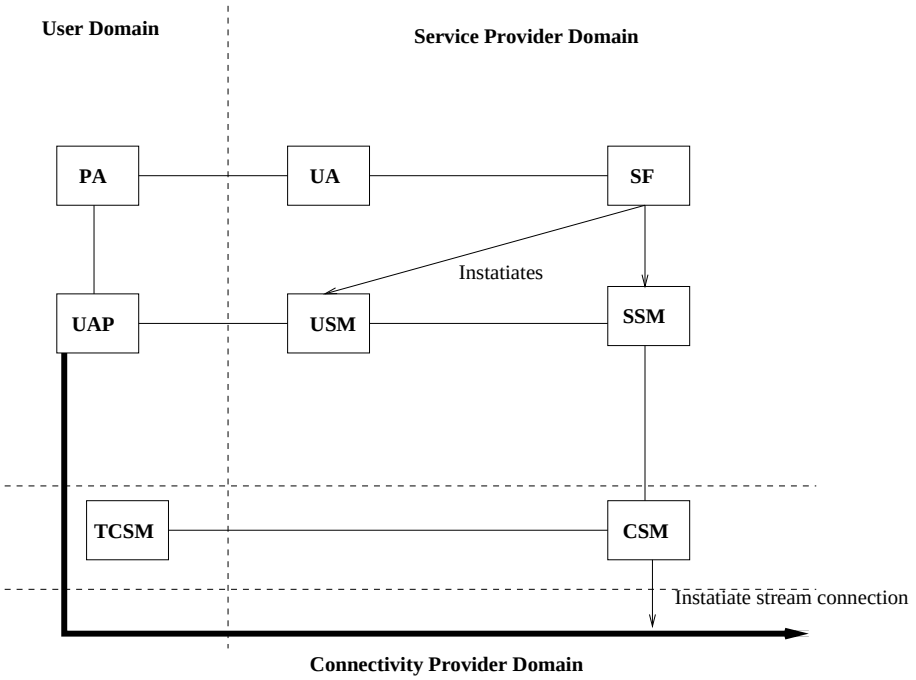
- Η *Σύνοδος Επικοινωνίας (Communication Session)* παρέχει την εικόνα των πόρων επικοινωνίας στις οντότητες σε επίπεδο υπηρεσίας και στις εφαρμογές του χρήστη. Είναι κοινή για όλες τις υπηρεσίας και ανεξάρτητη από την τεχνολογία δικτύου.
- Η *Σύνοδος Διασυνδεσιμότητας (Connectivity Session)* παρέχει στη σύνοδο επικοινωνίας τις κατάλληλες διεπαφές για τον έλεγχο των δικτυακών συνδέσεων που χρησιμοποιεί μια συγκεκριμένη σύνοδος υπηρεσίας.

2.5.5 Η στρωματοποίηση (layering)

Η TINA έχει υιοθετήσει τη λειτουργική στρωματοποίηση του TMN με τη διαφορά ότι η Διαχείριση Δικτύου και η Διαχείριση Εξοπολισμού έχουν ομαδοποιηθεί σε ένα επίπεδο - τη διαχείριση των πόρων του δικτύου. Για καθένα λοιπόν από τα επίπεδα διαχείρισης υπηρεσιών και διαχείρισης πόρων έχει οριστεί το αντίστοιχο σύνολο από ιδέες, αρχές, κανόνες και οδηγίες οι οποίες θα πρέπει να εφαρμόζονται κατά τη σχεδίαση και την ανάπτυξη συστημάτων. Η TINA λοιπόν διαχωρίζει τη διαχείριση του δικτύου σε δύο βασικά μέρη:

- Αρχιτεκτονική υπηρεσιών (service architecture) [51]: περιγράφει μία παγκόσμια πλατφόρμα για ένα ευρύ πεδίο υπηρεσιών.
- Αρχιτεκτονική των πόρων του δικτύου (network resource architecture) [24]: περιγράφει τον έλεγχο και τη διαχείριση των πόρων του δικτύου.

Στο Σχήμα 2.5 φαίνεται το υπολογιστικό μοντέλο της αρχιτεκτονικής παροχής υπηρεσιών όπως αυτή περιγράφεται στο [51]. Η παροχή μιας υπηρεσίας χωρίζεται σε στρώματα και σε συνόδους για τις οποίες υπάρχουν υπεύθυνοι διαχειριστές-αντικείμενα.



Σχήμα 2.5: Η αρχιτεκτονική TINA

Τα υπολογιστικά αντικείμενα ορίζονται ως προγραμματιστικές μονάδες η επικοινωνία μεταξύ των οποίων γίνεται μέσω των αντίστοιχων διεπαφών. Γενικά υπάρχουν δύο είδη διεπαφών:

- Οι διεπαφές ροής που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά πληροφορίας όπως ροές video ή φωνής.
- Οι λειτουργικές διεπαφές οι οποίες αντιπροσωπεύουν ένα σύνολο καθορισμένων λειτουργιών.

Ο Αντιπρόσωπος Προμηθευτή (Provider Agent - PA) είναι ένα υπολογιστικό αντικείμενο TINA, το οποίο βρίσκεται στην περιοχή του χρήστη (user domain). Χρησιμοποιείται για να εγκαθιστά μία σχέση εμπιστοσύνης μεταξύ του χρήστη και του προμηθευτή. Ένα αντίστοιχο κομμάτι της εφαρμογής του χρήστη, σχετικό με την πρόσβαση της υπηρεσίας χρησιμοποιεί τον PA ώστε να συνδεθεί με έναν προμηθευτή και να ζητήσει μία υπηρεσία. Στην περιοχή του προμηθευτή (provider domain) υπάρχει ο αντιπρόσωπος του χρήστη (User Agent - UA) και ο αντιπρόσωπος αρχικοποίησης (Initial Agent - IA) ο οποίος είναι υπεύθυνος για την εξακρίβωση των στοιχείων του χρήστη. Τα αντικείμενα αυτά ανήκουν στη σύνοδο πρόσβασης.

Τα στοιχεία (components) της συνόδου υπηρεσίας αρχικοποιούνται από το Εργοστάσιο Υπηρεσίας (Service Factory - SF). Αυτά τα στοιχεία είναι ο Διαχειριστής Συνόδου Χρήστη (User Session Manager - USM) ο οποίος διατηρεί μία όψη της υπηρεσίας από την πλευρά του χρήστη, και ο Διαχειριστής Συνόδου Υπηρεσίας (Service Session

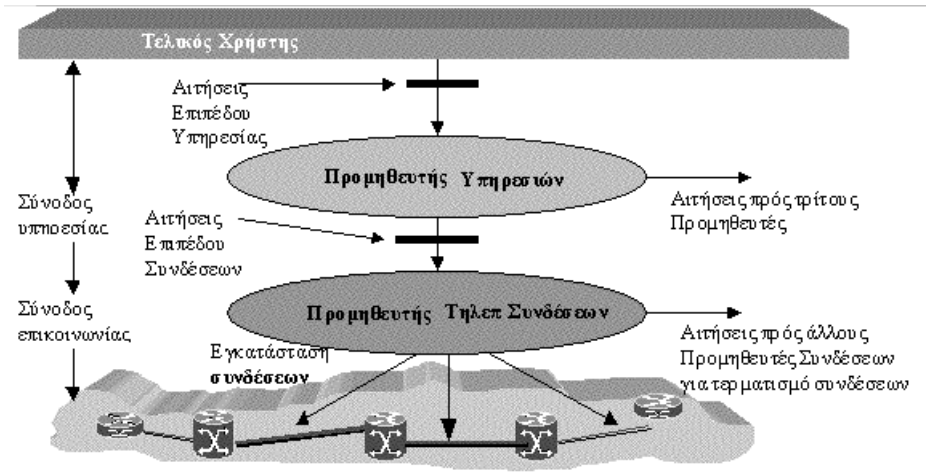
Manager - SSM) ο οποίος παρέχει μία όψη από την πλευρά της υπηρεσίας.

Ο διαχειριστής της συνόδου επικοινωνίας (Communication Session Manager - CSM) είναι το υπεύθυνο αντικείμενο για την αρχικοποίηση των συνδέσεων που απαιτεί η κάθε σύνοδος.

2.5.6 Διεπαφές και ροή της πληροφορίας

Οι ενέργειες διαχείρισης σε ένα σύστημα TINA μοντελοποιούνται με την κλασική OSI αλληλεπίδραση μεταξύ διαχειριστή και διαχειριζομένων αντικειμένων. Είναι αξιοσημείωτο ότι στο μοντέλο δεν αναφέρεται ο όρος του αντιπροσώπου αφού τα αντικείμενα είναι αυτόνομα, γεγονός που επιτρέπει μικρότερη τεμαχικοποίηση της υλοποίησης και συνεπώς και της κατανομής. Η επικοινωνία μεταξύ των διαχειριστών και των διαχειριζόμενων αντικειμένων αναλαμβάνει το TINA DPE. Το TINA-C έχει αφομοιώσει τις περισσότερες από τις αρχές του OMG στην αρχιτεκτονική του. Για παράδειγμα, η γλώσσα περιγραφής ODL της TINA είναι εξ' ορισμού μία επέκταση της IDL. Επιπλέον, αν και η TINA δεν ορίζει το μέσο επικοινωνίας μεταξύ των οντοτήτων λογισμικού, οι υπάρχουσες υλοποιήσεις του DPE, όλες βασίζονται σε CORBA ORBs διάφορων μορφών.

Ο έλεγχος παροχής της υπηρεσίας και η ανταλλαγή της απαιτούμενης πληροφορίας πραγματοποιείται μέσω των αντίστοιχων διεπαφών μεταξύ των πελατών, των προμηθευτών και των διαχειριστών δικτύου (βλ. Σχήμα 2.6). Το μοντέλο σχεδίασης για την αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφορετικών επιχειρησιακών ρόλων και η πληροφορία που ανταλλάσσεται καθορίζει την απόδοση του συστήματος και την ικανότητα του να προσαρμόζεται σε διαφορετικές συνθήκες (για παράδειγμα διαφορετικές πολιτικές χρέωσης, διαφορετικού τύπου υπηρεσίες, κ.λ.π)



Σχήμα 2.6: Διεπαφές μεταξύ προμηθευτών υπηρεσίας και δικτύου

2.6 Η εκτεταμένη αρχιτεκτονική διαχείρισης δικτύου του CA$HMAN

Το έργο CA$HMAN [4] υιοθέτησε τις βασικές αρχές της αρχιτεκτονικής TINA προκειμένου να σχεδιάσει μία εκτεταμένη αρχιτεκτονική παροχής υπηρεσιών η οποία να περιλαμβάνει τη δυνατότητα εφαρμογής πολύπλοκων πολιτικών χρέωσης σε όλα τα επίπεδα (υπηρεσίας και δικτύου) δίνοντας μεγάλη έμφαση στον τρόπο με τον οποίο η πληροφορία χρήσης και χρέωσης παρουσιάζεται στο χρήστη, και πως επηρεάζεται η ποιότητα της υπηρεσίας που αυτός λαμβάνει σε συνάρτηση με τη χρέωση. Τελικός σκοπός είναι η μελέτη και αξιολόγηση σχημάτων χρέωσης με βάση τη χρήση και από την πλευρά του χρήστη (με κατάλληλα πειράματα συμπεριφοράς του χρήστη) αλλά και από την πλευρά του δικτύου (με τη μελέτη της ποιότητας υπηρεσίας που παρέχεται στους χρήστες ανάλογα με τη χρέωση τους και η επίδραση που έχει αυτή η σχέση στην ομαλή λειτουργία του δικτύου αλλά και στην τελική ικανοποίηση των χρηστών).

Προσδιορίστηκαν όλες οι λειτουργικές οντότητες που περιλαμβάνονται σε ένα σύστημα χρέωσης και οι οποίες είναι:

- Η μέτρηση της χρήσης
- Ο υπολογισμός της χρέωσης
- Η γνωστοποίηση χρέωσης
- Ο έλεγχος σχέσης ποιότητας υπηρεσίας κόστους

Στη συνέχεια, στα πλαίσια του μοντέλου παροχής και χρέωσης υπηρεσιών που περιγράφηκε, διατυπώθηκαν τα γενικά σημεία αναφοράς και ανταλλαγής δεδομένων χρήσης και χρέωσης καθώς και η ροή της πληροφορίας αυτής στο όλο σύστημα.

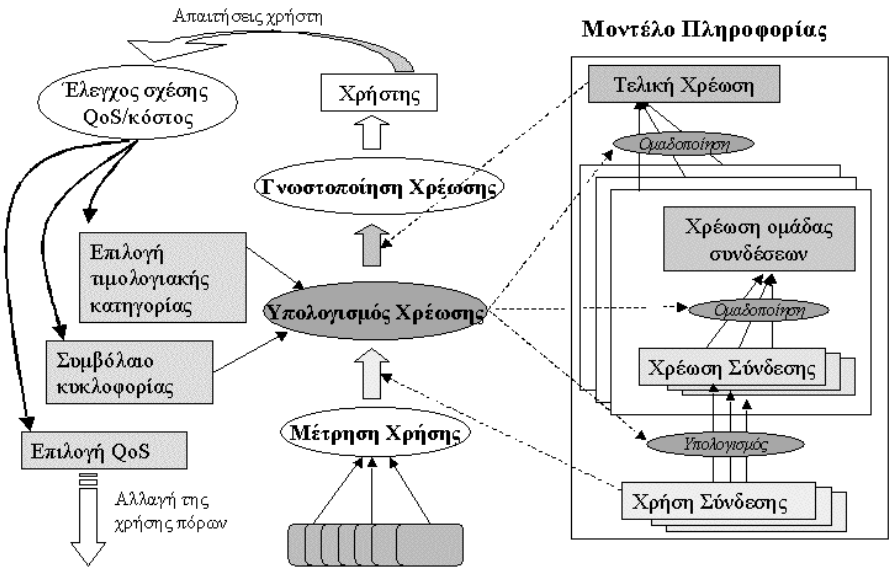
Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε τις βασικές προδιαγραφές του μοντέλου αυτού πάνω στις οποίες βασίστηκε και η προτεινόμενη αρχιτεκτονική καταμέτρησης της χρήσης που παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο.

2.6.1 Σημεία αναφοράς διακίνησης πληροφορίας χρήσης

Η διατύπωση γενικών σημείων αναφοράς και ανταλλαγής δεδομένων χρήσης μεταξύ των ρόλων που εμπλέκονται στην παροχή των υπηρεσιών, είναι μία πολύ σημαντική διαδικασία (βλ. Σχήμα 2.7). Η σημασία αυτή έγγυται στα εξής σημεία:

- στην διευκόλυνση πραγματοποίησης συμφωνιών συνεργασίας μεταξύ προμηθευτών.
- στην ομαλή προσαρμογή πολιτικών χρέωσης που βασίζονται σε διαφορετικά κριτήρια κόστους.
- στην από τεχνικής απόψεως αποδοτικότητα και επεκτασιμότητα των μηχανισμών συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων χρήσης.

Από την άλλη μεριά, ο τρόπος δόμησης της πληροφορίας χρήσης και χρέωσης είναι καθοριστικός για την επίδοση των μηχανισμών επεξεργασίας αυτών, αλλά και για την επεκτασιμότητα και προσαρμοστικότητα του συστήματος σε νέα δεδομένα και ανάγκες.



Σχήμα 2.7: Το μοντέλο αναφοράς και πληροφορίας του συστήματος χρέωσης

2.6.2 Το μοντέλο πληροφορίας

Η ανεξάρτητη τεχνολογίας δικτύου εικόνα των επικοινωνιακών πόρων που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια μιας συνόδου, παρέχει ένα κατάλληλο πλαίσιο για τη μοντελοποίηση των δομών πληροφορίας χρέωσης και καταμέτρησης της χρήσης. Επιπρόσθετα, η ενοποίηση με τις λειτουργίες ελέγχου της υπηρεσίας διευκολείνεται, γεγονός πολύ σημαντικό για την αντιστοίχιση της χρέωσης με την ποιότητα υπηρεσίας. Μέσω της συνόδου επικοινωνίας πραγματοποιείται, η εγκαθίδρυση, διαπραγμάτευση, και απελευθέρωση πολλαπλών συνδέσεων. Η σύνοδος υπηρεσίας ελέγχει τις ομάδες συνδέσεων (Stream Flow Connections - SFCs) μέσω της συνόδου επικοινωνίας ενώ η αντιστοίχιση τους σε συνδέσεις σε επίπεδο δικτύου (Network Flow Connections - NFCs) γίνεται μέσω της συνόδου διασυνδεσιμότητας.

Χρησιμοποιώντας απλές δομές τιμολογιακών κατηγοριών, οι οντότητες χρέωσης επεξεργάζονται τα δεδομένα χρήσης για κάθε NFC και παράγουν την αντίστοιχη χρέωση.

Παρ' όλο που ο σκοπός του συστήματος είναι η παροχή ενός ανοικτού περιβάλλοντος χρέωσης και καταμέτρησης της χρήσης, ικανό να αντιμετωπίσει όλα τα διαφορετικά είδη πολιτικών χρέωσης και παρεχόμενων υπηρεσιών, το έργο CA$HMAN έδωσε ιδιαίτερη βαρύτητα στη χρέωση με βάση τη χρήση των συνδέσεων του δικτύου. Για τη χρέωση των συνδέσεων του δικτύου, χρησιμοποιήθηκε η ενοποιημένη πολιτική χρέω-

σης που παρουσιάστηκε στην Ενότητα 1.7. Θυμίζουμε ότι οι τιμολογιακές κατηγορίες εκφράζονται μέσω των παραμέτρων $a(x), b(x), c(x)$, όπου x περιγράφει το συμβόλαιο κυκλοφορίας του χρήστη με το δίκτυο και η τελική χρέωση προκύπτει από τη σχέση

$$\text{Χρέωση} = a(x) * T + b(x) * V + c(x)$$

Οι δομές πληροφορίας που διαχειρίζεται η παραπάνω πολιτική χρέωσης για συνδέσεις ATM είναι:

- Η κατηγορία κυκλοφορίας
- Οι παράμετροι του συμβολαίου
- Οι παράμετροι της ποιότητας υπηρεσίας
- Η συνολική διάρκεια της σύνδεσης
- Οι οντότητες πληροφορίας χρήσης
- Η δομή της τιμολογιακής πολιτικής που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της χρέωσης
- Η συνολική χρέωση (και για τις δύο κατευθύνσεις της ροής) που υπολογίσθηκε

Στα υψηλότερα επίπεδα, όπου η πληροφορία χρέωσης παραπάνω από μίας συνδέσεων ομαδοποιείται και αντιστοιχίζεται με ένα κόστος σε επίπεδο υπηρεσίας, επιπρόσθετες δομές πληροφορίας χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της πολιτικής χρέωσης που έχει υιοθετήσει ο προμηθευτής. Αυτή η αντιστοίχιση εξαρτάται από το βάρος που έχει δοθεί στο κόστος των συνδέσεων, σε σύγκριση με άλλες σχετικές με την υπηρεσία παραμέτρους χρήσης.

Η ομαδοποίηση των σχετικών με τις συνδέσεις δικτύου δεδομένων χρέωσης, παράγει τη χρέωση διασυνδεσιμότητας σε επίπεδο εφαρμογής. Η γνωστοποίηση αυτής της χρέωσης δεν περιλαμβάνει μόνο την ομαδοποιημένη πληροφορία αλλά και την επιμέρους χρέωση για την κάθε ξεχωριστή σύνδεση (NFC) και την κάθε ξεχωριστή ομάδα συνδέσεων (SFC), καθώς και την τιμολογιακή πολιτική που χρησιμοποιήθηκε για την ομαδοποίηση (βλ. Σχήμα 2.7).

Η οντότητα πληροφορίας χρήσης διαμορφώνεται ως εξής:

- Η ταυτότητα της συνόδου η οποία περιγράφει μια μεμονωμένη υπηρεσία
- Η απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας
- Η συνολική διάρκεια και η αντίστοιχη χρέωση
- Οι οντότητες πληροφορίας χρήσης και χρέωσης για τα SFCs και NFCs

- Η τιμολογιακή πολιτική για τους επιμέρους υπολογισμούς της χρέωσης

Παρ' όλο που η μοντελοποίηση της πληροφορίας χρέωσης με βάση την υπηρεσία παρέχει μία λεπτομερή εικόνα του κόστους μιας υπηρεσίας, η πληροφορία που είναι σημαντική για το χρήστη πρέπει επιλέγεται με βάση τις δικές του ανάγκες. Η διαδικασία παραγωγής των οντοτήτων χρέωσης εξαρτάται από την πολιτική που έχει υιοθετηθεί για την κατανομή της χρέωσης μιας υπηρεσίας ανάμεσα στους συμμετέχοντες χρήστες.

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο λόγος ένταξης της πληροφορίας χρήσης των συνδέσεων του δικτύου στις οντότητες πληροφορίας χρέωσης που γνωστοποιούνται στους χρήστες είναι η παροχή της μέγιστης ευελιξίας στον προμηθευτή να υποστηρίξει οποιοδήποτε σχήμα χρέωσης. Αυτή η αρχή είναι σημαντική όχι μόνο για τον υπολογισμό της χρέωσης που αντιστοιχεί στις συνδέσεις του δικτύου αλλά και για την ομαδοποίηση της χρέωσης στα υψηλότερα επίπεδα διαχείρισης. Παρ' όλα αυτά, σε πραγματικές συνθήκες παροχής υπηρεσίων, όπου η απόδοση παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο, αυτή η πληροφορία μπορεί να παραληφθεί αν δεν απαιτείται από το σχήμα χρέωσης.

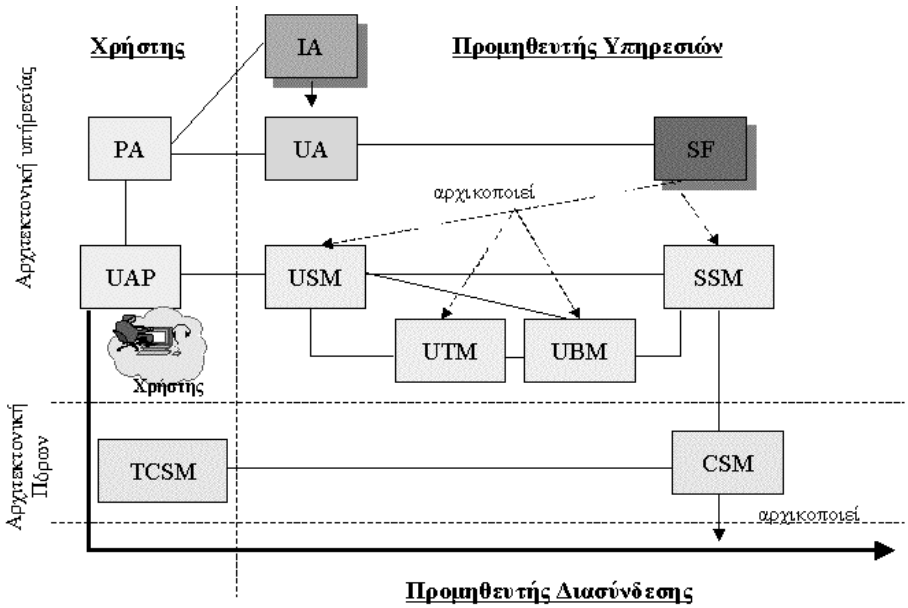
2.6.3 Το υπολογιστικό μοντέλο

Το έργο CA$HMAN πρόσθεσε στο υπολογιστικό μοντέλο της αρχιτεκτονικής TINA (βλ. Σχήμα 2.5), δύο αντικείμενα στη σύνοδο υπηρεσίας για τον υπολογισμό και γνωστοποίηση της χρέωσης του κάθε χρήστη της συνόδου. Ο Διαχειριστής Λογαριασμού Χρήστη (User Billing Manager - UBM) και ο Διαχειριστής Χρέωσης Χρήστη (User Tariffing Manager - UTM) είναι υπεύθυνοι για τις λειτουργίες έκδοσης του λογαριασμού και τον υπολογισμό της χρέωσης ανάλογα με την επιλεγμένη τιμολογιακή κατηγορία (βλ. Σχήμα 2.8).

User Tariffing Manager

Οι βασικές λειτουργίες του UTM είναι:

- Η διαχείριση των παραμέτρων του συμβολαίου κυκλοφορίας και εγγραφής από τον USM.
- Η διαχείριση των διαθέσιμων τιμολογιακών κατηγοριών.
- Η διαπραγμάτευση - μέσω του USM - της επιλεγμένης από τον χρήστη τιμολογιακής κατηγορίας.
- Η συλλογή της πληροφορίας χρήσης από τον διαχειριστή των μετρήσεων.
- Ο υπολογισμός της χρέωσης για τους πόρους που έχουν καταναλωθεί για τη συγκεκριμένη σύνοδο υπηρεσίας του χρήστη.



Σχήμα 2.8: Το υπολογιστικό μοντέλο της εκτεταμένης αρχιτεκτονικής του CA$MAN

User Billing Manager

Ο UBM είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση και τη μόνιμη αποθήκευση της πληροφορίας χρέωσης για την υποστήριξη της λειτουργικότητας της γνωστοποίησης χρέωσης.

Ο ορισμός της πληροφορίας του UBM γίνεται μέσω του συμβολαίου εγγραφής στην υπηρεσία μεταξύ του χρήστη και του προμηθευτή της υπηρεσίας, και από τις ειδικές προτιμήσεις του χρήστη.

Ο UBM συλλέγει την πληροφορία χρέωσης από τον UTM, την φιλτράρει ανάλογα με τις επιλογές για τη μέθοδο γνωστοποίησης χρέωσης, την αποθηκεύει σε μια βάση δεδομένων και την προωθεί στον χρήστη ή σε άλλα στοιχεία που ενδιαφέρονται για τη συγκεκριμένη πληροφορία (π.χ μηχανισμούς marketing).

Κεφάλαιο 3

Ο Προτεινόμενος Μηχανισμός Καταμέτρησης της Χρήσης

Εμφανίζεται επιτακτική σήμερα η ανάγκη για την εφαρμογή αποδοτικών και πολύπλοκων μοντέλων χρέωσης στα δίκτυα πολλαπλών υπηρεσιών, μοντέλων δηλαδή που βασίζονται στη χρήση των πόρων του δικτύου. Ο μεγάλος όγκος των δεδομένων που μεταδίδονται, η πολυπλοκότητα των σύγχρονων υπηρεσιών και η ανομοιογένεια μεταξύ των διάφορων τεχνολογιών δικτύου αλλά και μεταξύ του εξοπλισμού διαφορετικών εταιριών, καθιστούν ιδιαίτερα σημαντικό το σχεδιασμό ενός αποδοτικού μηχανισμού μέτρησης της χρήσης των πόρων του δικτύου, ο οποίος να μπορεί να παρέχει έγκαιρα, αξιόπιστα και με διαφάνεια ως προς την ανομοιογένεια του εξοπλισμού του δικτύου, την πληροφορία χρήσης στους μηχανισμούς χρέωσης χωρίς να επηρεάζει την ομαλή λειτουργία του δικτύου.

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τη σχεδίαση ενός μηχανισμού καταμέτρησης της χρήσης που προτείνεται για την υποστήριξη της χρέωσης δικτυακών υπηρεσιών με βάση τη χρήση. Η αρχιτεκτονική παροχής και χρέωσης υπηρεσιών που ακολουθείται βασίζεται σε ένα αντικειμενοστρεφές, ανοικτό και κατανεμημένο περιβάλλον επεξεργασίας. Ο βασικός σκοπός είναι η δημιουργία και δοκιμαστική λειτουργία ενός ελαστικού, αποδοτικού, και επεκτάσιμου μηχανισμού παροχής της πληροφορίας χρήσης των πόρων του δικτύου.

3.1 Κίνητρο - Στόχος

Από την περιγραφή της σημερινής κατάστασης στο χώρο της διαχείρισης και χρέωσης των σύγχρονων δικτυακών υπηρεσιών, που έγινε στα προηγούμενα κεφάλαια, προκύπτουν τα δεδομένα στα οποία βασίστηκε η σχεδίαση της αρχιτεκτονικής που θα παρουσιαστεί σε αυτό το κεφάλαιο.

Κατ' αρχήν, είναι φανερή η ανάγκη για μηχανισμούς χρέωσης οι οποίοι θα βασίζονται στην πραγματική χρήση των πηγών του δικτύου (χρέωση με βάση τη χρήση). Αυτή

η ανάγκη, και παράλληλα τα δύσκολα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν, είναι η αιτία για τη μεγάλη ερευνητική αλλά και εμπορική δραστηριότητα που υπάρχει στον ευρύτερο χώρο της χρέωσης υπηρεσιών σήμερα.

Η πληροφορία χρήσης μιας υπηρεσίας μπορεί να διαχωριστεί ανάλογα με τον τρόπο συλλογής της (βλ. Ενότητα 1.5). Η πιο απαιτητική κατηγορία πληροφορίας χρήσης είναι αυτή που αφορά τη δυναμική κατανάλωση των πόρων του δικτύου (ουσιαστικά δηλαδή η διάρκεια και - κυρίως - ο όγκος των δεδομένων μιας σύνδεσης) και αυτή ακριβώς την πληροφορία έχει σκοπό να παρέχει ο μηχανισμός μέτρησης που παρουσιάζεται.

Η μέτρηση της κατανάλωσης έχει υψηλές απαιτήσεις κυρίως σε υπολογιστική δύναμη για την καταγραφή των δεδομένων χρήσης στους κόμβους του δικτύου, αλλά και επικοινωνιακό κόστος κατά τη μεταφορά των δεδομένων χρήσης προς τις οντότητες υπολογισμού της χρέωσης, ειδικά όταν υποστηρίζονται απαιτητικές υπηρεσίες γνωστοποίησης της χρέωσης όπως η πραγματικού χρόνου, ή η προ-εξοφλούμενη.

Για αυτό το λόγο είναι καθοριστικής σημασίας η μέτρηση της χρήσης να γίνεται με το βέλτιστο δυνατό τρόπο ώστε να μην επιβαρύνει τη λειτουργία του δικτύου αλλά και να παρέχει αξιόπιστα και έγκαιρα, την απαιτούμενη από τους μηχανισμούς χρέωσης, πληροφορία χρήσης.

Όπως είδαμε στην Ενότητα 1.6, οι μεγάλες απαιτήσεις του μηχανισμού μέτρησης, έχουν καταστήσει σχεδόν αναπόφευκτη την τοποθέτηση μη τυποποιημένων μηχανισμών μέτρησης - *μετρητές* - στους κόμβους του δικτύου για την καταγραφή των ακατέργαστων δεδομένων χρήσης.

Για τη συλλογή των δεδομένων χρήσης, χρησιμοποιούνται εξειδικευμένα αντικείμενα - *συλλέκτες* - τα οποία συλλέγουν με κάποιο προκαθορισμένο τρόπο (FTP, UDP, SNMP, κ.λ.π) τα ακατέργαστα και ομαδοποιημένα ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα δεδομένα χρήσης, που παράγουν οι μετρητές, και κατασκευάζουν τις οντότητες πληροφορίας χρήσης που απαιτεί ο αντίστοιχος μηχανισμός χρέωσης.

Παρ' όλο που έχουν οριστεί προδιαγραφές υπό μορφή RFCs, για την διαδικασία της συλλογής των συνοπτικών δεδομένων χρήσης από τους κόμβους του δικτύου [29] [22], οι περισσότεροι κατασκευαστές ακολουθούν μη τυποποιημένους τρόπους αποστολής των δεδομένων χρήσης [33] [37] [36] για λόγους βελτιστοποίησης.

Παράλληλα, η ανάγκη για υπηρεσίες με εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας και αυξημένες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης έχει φέρει στο προσκήνιο καινούργιες τεχνολογίες δικτύου και πρωτόκολλα με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Στα νέα δίκτυα που εγκαθίστανται, συνυπάρχουν το IP, το ATM, ενώ προβλέπεται να ενσωματωθούν σύντομα και οι νέες τεχνολογίες που έρχονται ήδη στο προσκήνιο.

Παρουσιάζει συνεπώς ιδιαίτερο ενδιαφέρον η δημιουργία γενικών αντικειμένων (generic objects), τα οποία θα κρύβουν τις ιδιαιτερότητες διαχείρισης των διαφορετικού τύπου κόμβων αλλά και των πρωτοκόλλων επικοινωνίας προκειμένου να προσφέρουν μια κοινή διεπαφή παροχής της πληροφορίας χρήσης στα συστήματα χρέωσης. Έχουν ήδη σχεδιαστεί και υλοποιηθεί αρχιτεκτονικές καταμέτρησης της χρήσης οι

οποίες βασίζονται σε τέτοια αντικείμενα για δίκτυα IP, όπως αυτή της εταιρίας Xacct Technologies [52].

Η παρούσα εργασία έχει επιπλέον σκοπό την περιγραφή μίας αρχιτεκτονικής καταμέτρησης, της οποίας η διαφάνεια να περιλαμβάνει επιπρόσθετα διαφορετικές τεχνολογίες δικτύου αλλά και είδη υπηρεσιών και παράλληλα να παρέχει μια ανοικτή διεπαφή παροχής της πληροφορίας χρήσης των πόρων του δικτύου, πληρώντας τις απαιτήσεις των σύγχρονων κατανεμημένων, ανοικτών και αντικειμενοστρεφών αρχιτεκτονικών παροχής υπηρεσιών.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα περιγράψουμε πως ο μηχανισμός καταμέτρησης που προτείνεται εντάχθηκε σε μια πειραματική πλατφόρμα παροχής και χρέωσης σύγχρονων δικτυακών υπηρεσιών που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της εργασίας αυτής.

Ιδιαίτερη βαρύτητα έχει δοθεί στην επεκτασιμότητα και αποδοτικότητα του μηχανισμού μέτρησης της χρήσης, ώστε να μπορεί να ανταποκρίνεται και στους πιο απαιτητικούς μηχανισμούς χρέωσης (ένδειξη χρέωσης, επαναδιαπραγμάτευση), χωρίς να προκαλεί περιττό φόρτο στο δίκτυο και να μην αποτελεί κρίσιμο σημείο απόδοσης στα μελλοντικά, ιδιαίτερα απαιτητικά, δίκτυα πολλαπλών υπηρεσιών.

Τέλος, ο προτεινόμενος μηχανισμός μέτρησης παρέχει μία πλούσια και διαμορφώσιμη διεπαφή παροχής της πληροφορίας χρήσης των πόρων του δικτύου, ώστε να προσαρμόζεται εύκολα στις διάφορες συνθήκες του δικτύου και στις απαιτήσεις των διαφορετικών υπηρεσιών και πολιτικών χρέωσης.

3.2 Απαιτήσεις για ευελιξία του συστήματος καταμέτρησης

Με δεδομένη την πολυμορφία των υπηρεσιών σήμερα, την ανομοιογένεια σε επίπεδο διαχείρισης δικτύου, και την ποικιλία των πολιτικών χρέωσης που μπορεί να εφαρμοστούν, οι απαιτήσεις από ένα μηχανισμό μέτρησης της χρήσης ποικίλουν. Ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις, μπορεί να διαφοροποιείται η έκταση και το είδος της πληροφορίας χρήσης που θα παρέχεται, η συχνότητα αποστολής των δεδομένων χρήσης, οι κόμβοι στους οποίους θα γίνονται οι μετρήσεις για την κάθε σύνοδο.

Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά τα βασικά σημεία ως προς τα οποία πρέπει να είναι ευέλικτα και συνεπώς διαμορφώσιμα τα αντικείμενα μιας αρχιτεκτονικής καταμέτρησης.

3.2.1 Το είδος των μετρήσεων

Ανάλογα με το είδος της υπηρεσίας

Η διαχείριση χρέωσης και καταμέτρησης ενός δικτύου και πιο συγκεκριμένα η μέτρηση της χρήσης έχουν άμεση σχέση με το είδος της υπηρεσίας που πρόκειται να

χρεωθεί. Η ακριβής λοιπόν πληροφορία που χρειάζεται ένα σύστημα χρέωσης εξαρτάται από τις υπηρεσίες που προσφέρονται στους χρήστες.

Σε υπηρεσίες για παράδειγμα με εγγυημένο εύρος ζώνης καθ' όλη τη διάρκεια της σύνδεσης (π.χ CBR), το μόνο στοιχείο που χρειάζεται να μετράται είναι ο χρόνος της σύνδεσης, γιατί οι πόροι του δικτύου έχουν δεσμευτεί ανεξάρτητα από τον όγκο δεδομένων που μεταδίδεται, ο οποίος δεν επηρεάζει τελικά το κόστος του δικτύου.

Αντίθετα στις ελαστικές υπηρεσίες (π.χ ABR, UBR), ο όγκος των δεδομένων που μεταδίδονται εκφράζει την κατανάλωση των πόρων του δικτύου, και συνεπώς η πληροφορία αυτή απαιτείται από μια πολιτική χρέωσης με βάση τη χρήση.

Ανάλογα με την τεχνολογία δικτύου

Η εξάρτηση των δεδομένων χρήσης από την τεχνολογία δικτύου αφορά τη διαφοροποίηση του είδους των υπηρεσιών που προσφέρονται ανάλογα με την τεχνολογία. Για παράδειγμα, στο IP, όλες οι υπηρεσίες είναι ελαστικές και συνεπώς είναι απαραίτητη η πληροφορία του όγκου των δεδομένων που μεταδόθηκαν κατά τη διάρκεια μιας σύνδεσης. Αντίθετα στο ATM, υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση ανάμεσα στους τύπους υπηρεσιών που παρέχονται όπως περιγράψαμε παραπάνω.

Επιπλέον, η τεχνολογία δικτύου επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το σύστημα μετρήσεων ως προς την πληροφορία διαχείρισης (χαρακτηρισμό των ροών, διευθύνσεις των χρηστών, κ.λ.π).

Ανάλογα με τον εξοπλισμού

Ο εξοπλισμός δικτύου μπορεί να επηρεάσει το είδος των μετρήσεων σε πιο πρακτικά ζητήματα. Για παράδειγμα, μπορεί να υπάρχουν περιορισμοί στη συχνότητα με την οποία μπορεί να γίνεται η δειγματοληψία των δεδομένων χρήσης για μία συγκεκριμένη σύνδεση ή και στην έκταση της πληροφορίας χρήσης που είναι διαθέσιμη από κάποιους κόμβους όπως για παράδειγμα η λεπτομέρεια με την οποία πραγματοποιούνται οι μετρήσεις.

Είναι πολύ σημαντικό, ο μηχανισμός μέτρησης να γνωρίζει τους διάφορους περιορισμούς που υπάρχουν και να προσαρμόζεται ανάλογα στο βαθμό βέβαια που είναι δυνατόν.

3.2.2 Επιλογή των κόμβων στους οποίους πραγματοποιούνται οι μετρήσεις

Ήδη έχουμε αναφέρει τη σημασία της επιλογής των κόμβων στους οποίους θα πραγματοποιούνται οι μετρήσεις όσον αφορά την αποδοτικότητα του συστήματος. Η μέτρηση της χρήσης πραγματοποιείται συνήθως στα άκρα του δικτύου όπου ο αριθμός των ροών και ο όγκος της πληροφορίας είναι σχετικά χαμηλός.

Επίσης, το είδος της υπηρεσίας μπορεί να επηρεάζει την επιλογή αυτή. Για παράδειγμα, σε μια υπηρεσία τύπου VoD (στην οποία χρεώνεται ο παραλήπτης), η μέτρηση της χρήσης θα ήταν καλό να γίνεται στο αντίστοιχο άκρο του δικτύου, ενώ σε μια υπηρεσία τύπου FTP, Mail, κ.λ.π, οι μετρήσεις θα έπρεπε να γίνονται στο άκρο του αποστολέα.

Είναι σημαντικό ο μηχανισμός χρέωσης να μπορεί να επιλέγει κάθε φορά τα σημεία του δικτύου από τα οποία θα αντλεί την πληροφορία χρήσης, έχοντας στη διάθεση του την πληροφορία διαχείρισης που περιγράφει τα άκρα που συμμετέχουν σε μια υπηρεσία (τις διευθύνσεις των χρηστών, την ταυτότητα της σύνδεσης κ.λ.π.).

Θα ήταν επίσης ιδιαίτερα θεμιτό η επιλογή αυτή να γίνεται πριν την έναρξη της υπηρεσίας, ώστε να ελαχιστοποιούνται με αυτό τον τρόπο οι απαιτήσεις για μετρήσεις στους διάφορους κόμβους του δικτύου.

3.2.3 Το χρονικό διάστημα μεταξύ των μετρήσεων

Το χρονικό διάστημα μεταξύ των ειδοποιήσεων, αν και είναι γενικά εύκολα ρυθμίσιμο παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην απόδοση του συστήματος. Πολύ μικρά διαστήματα μπορεί να δημιουργήσουν μεγάλο υπολογιστικό και επικοινωνιακό κόστος, ενώ μεγάλα διαστήματα μπορεί να είναι περιοριστικά ως προς τις μεθόδους επίδειξης της χρέωσης αλλά και γενικότερα της πολιτικής χρέωσης. Για παράδειγμα, η γνωστοποίηση χρέωσης πραγματικού χρόνου απαιτεί συνεχείς υπολογισμούς της τρέχουσας χρέωσης του πελάτη οι οποίοι χρειάζονται τακτικά την πληροφορία χρήσης από τους μηχανισμούς μέτρησης.

Επίσης, η μέτρηση της χρήσης σε μικρά χρονικά διαστήματα παρέχει λεπτομερή και ακριβή περιγραφή της χρήσης των πόρων του δικτύου, επιτρέποντας την εφαρμογή αντίστοιχων πολιτικών χρέωσης. Για παράδειγμα, μια πιθανή πολιτική χρέωσης που θα προσπαθούσε να δώσει κίνητρα στους πελάτες να μην δημιουργούν εκρηκτική κίνηση στο δίκτυο, θα απαιτούσε τη μέτρηση του όγκου σε μικρά χρονικά διαστήματα ώστε να μην ”χάνεται” η εκρηκτική κίνηση των χρηστών.

3.3 Πηγές πληροφορίας χρήσης

Ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν στα πλαίσια μιας ανοικτής αρχιτεκτονικής καταμέτρησης είναι η ανομοιογένεια μεταξύ των διάφορων τεχνολογιών δικτύου αλλά και μεταξύ του εξοπλισμού διαφορετικών εταιριών, όσον αφορά τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, το είδος των υπηρεσιών που παρέχονται, τη μορφή των δεδομένων χρήσης, και γενικά τη διαχείριση του δικτύου.

Για αυτό το λόγο, είναι απαραίτητα αντικείμενα-μετρητές, τα οποία θα παρέχουν κοινή διεπαφή για την συλλογή των δεδομένων χρήσης από τον εξοπλισμό του δικτύου και για συγκεκριμένους τύπους υπηρεσιών. Τα αντικείμενα αυτά θα πρέπει να είναι εξειδικευμένα στους διάφορους τυποποιημένους και μη, τρόπους παροχής της

πληροφορίας χρήσης από τον εξοπλισμό του δικτύου και στην αντίστοιχη τεχνολογία δικτύου.

Συνοψίζουμε μερικά παραδείγματα πηγών πληροφορίας χρήσης οι οποίες παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 1.6, από τις οποίες μπορεί να συλλέγονται τα ζητούμενα δεδομένα χρήσης, υπενθυμίζοντας σύντομα τον τρόπο επικοινωνίας και τη δυνατότητα διαμόρφωσης της κάθε πηγής πληροφορίας.

- Cisco NetFlow

  Η εταιρία Cisco έχει ενσωματώσει στους δρομολογητές της, τη δυνατότητα NetFlow (NetFlow capability) όπως ονομάζεται. Αυτή η δυνατότητα περιλαμβάνει ένα μηχανισμό χαρακτηρισμού των ροών, ομαδοποίηση των δεδομένων χρήσης ανά ροή και η αποστολή τους σε ένα καθορισμένο UDP port ενός κεντρικού υπολογιστή υπό τη μορφή εγγραφών ροής (flow records) μέσα σε ένα datagram. Ο διαχειριστής του δικτύου μπορεί να καθορίσει το χρονικό διάστημα μεταξύ της αποστολής των ροών εγγραφής καθώς και τον κεντρικό υπολογιστή (και το UDP port) που αυτές θα αποστέλλονται.

- Cisco ATM Accounting

  Για το ATM, η εταιρία Cisco παρέχει μια MIB, παρόμοια με αυτή που ορίζεται στο [32] της IETF για τη διαχείριση της μέτρησης της χρήσης στο ATM. Τα δεδομένα χρήσης αποθηκεύονται σε προσωρινά αρχεία τα οποία το σύστημα μέτρησης λαμβάνει μέσω TFTP. Η διαχείριση των μετρήσεων γίνεται μέσω SNMP όπως καθορίζεται από τα οντότητες της MIB.

- Netramet

  Το Netramet αποτελεί την υλοποίηση ενός Meter όπως αυτός ορίζεται στο [29] της IETF και παρέχει την πληροφορία χρήσης ανά ροή πληροφορίας μέσω SNMP και πιο συγκεκριμένα μέσω της Meter MIB [31].

- Cisco ATM Accounting MIB

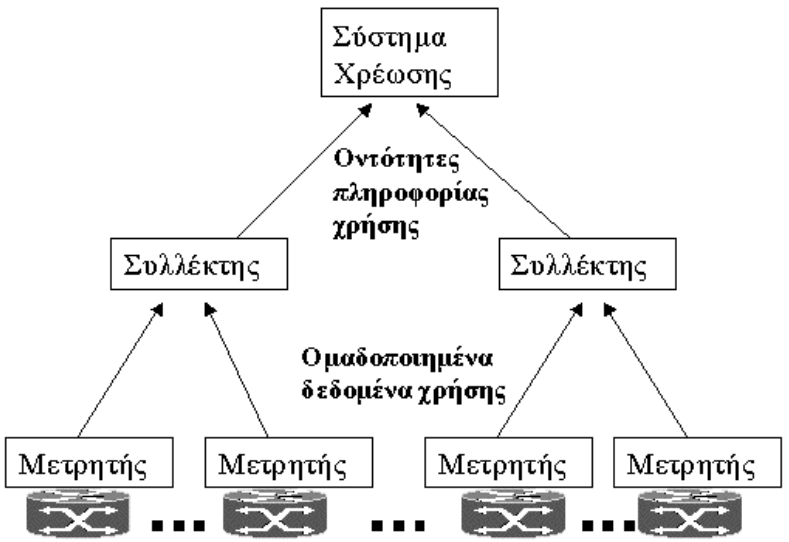
  Η εταιρία Cisco επίσης παρέχει σε κάποια μοντέλα μεταγωγέων ATM μια ATM Accounting MIB μέσω της οποίας μπορεί κάποια εφαρμογή να έχει άμεση πρόσβαση στα δεδομένα χρήσης μέσω SNMP, αλλά αυτή η λύση όπως έχουμε ήδη αναφέρει παρουσιάζει προβλήματα επεκτασιμότητας και αποδοτικότητας.

Οι υπόλοιπες πληροφορίες χρήσης που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του χρήστη, την επιλεγμένη υπηρεσία και τα χαρακτηριστικά των αντίστοιχων συνδέσεων, παρέχονται στο σύστημα χρέωσης από τις συνόδους πρόσβασης και υπηρεσίας όπως καθορίζεται από την εκτεταμένη αρχιτεκτονική παροχής υπηρεσιών του έργου CA$HMAN.

3.4 Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική καταμέτρησης χρήσης

Έχει διαμορφωθεί σήμερα ένα βασικό αρχιτεκτονικό μοντέλο καταμέτρησης της χρήσης μέσω των προδιαγραφών διάφορων οργανισμών αλλά και μέσω εμπορικών εφαρμογών, το οποίο είναι ευρέως αποδεκτό. Το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει ένα κατανεμημένο περιβάλλον στο οποίο τοποθετούνται ιεραρχικά οι υπολογιστικές οντότητες της διαδικασίας της μέτρησης της χρήσης ως εξής:

- Η **καταγραφή** των δεδομένων χρήσης γίνεται "κοντά" στους κόμβους όπου παράγονται. Τα δεδομένα χρήσης είτε τα παρέχει ο ίδιος ο κόμβος (NetFlow Data Export [53]), είτε τοποθετούνται υπεύθυνοι μετρητές (Netramet [35]), οι οποίοι παρακολουθούν την κίνηση και υπολογίζουν τα δεδομένα χρήσης της κάθε ροής. Τα ακατέργαστα δεδομένα χρήσης είτε αποστέλλονται σε ένα συγκεκριμένο κεντρικό υπολογιστή (host), είτε αποθηκεύονται σε προσωρινά αρχεία, είτε διατίθενται μέσω κάποιου πρωτόκολλου διαχείρισης για την περαιτέρω επεξεργασία τους.
- Η **συλλογή** των δεδομένων χρήσης γίνεται από υπεύθυνους συλλέκτες, οι οποίοι έχουν υπό τον έλεγχο τους έναν ή περισσότερους κόμβους. Οι συλλέκτες λαμβάνουν τα δεδομένα χρήσης ανάλογα με τη μέθοδο μεταφοράς τους από τους αντίστοιχους μετρητές, τα επεξεργάζονται, και τα μετατρέπουν ώστε να μεταφερθούν στα κεντρικά σημεία διαχείρισης και υπολογισμού της χρέωσης.



Σχήμα 3.1: Το γενικό μοντέλο μέτρησης της χρήσης

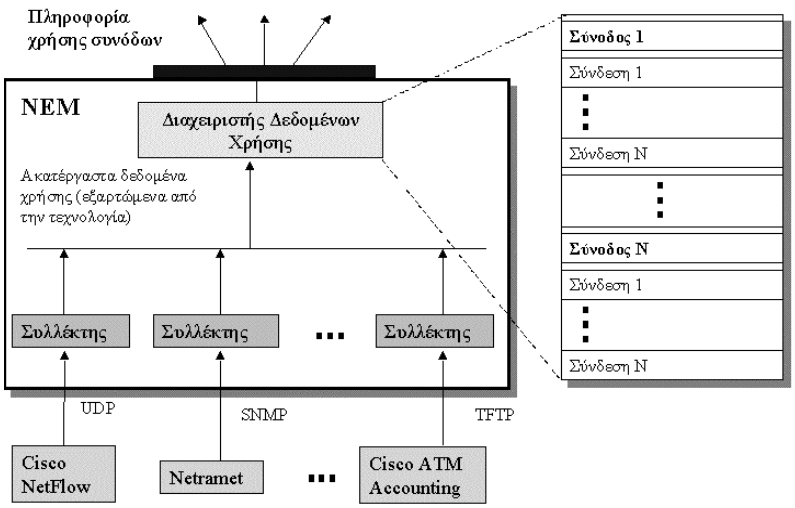
Η αρχιτεκτονική καταμέτρησης της χρήσης που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο αυτό, ουσιαστικά αποτελεί την προσαρμογή του παραπάνω μοντέλου στην εκτεταμένη αρχιτεκτονική παροχής υπηρεσιών και χρέωσης που πρότεινε το έργο CA$HMAN [4]. Η

προσαρμογή αυτή συνίσταται κυρίως στην επεξεργασία της πληροφορίας χρήσης ανά σύνοδο χρήστη σε όλα τα επίπεδα της διαδικασίας μέτρησης: από τη μέτρηση των δεδομένων χρήσης στον εξοπλισμό του δικτύου, μέχρι τον υπολογισμό της τελικής χρέωσης. Η επεξεργασία ανά σύνοδο αφορά την ομαδοποίηση και επεξεργασία των δεδομένων χρήσης, όχι σε επίπεδο σύνδεσης, αλλά σε επίπεδο ομάδας συνδέσεων της κάθε συνόδου παρέχοντας έτσι την απαιτούμενη πληροφορία στις οντότητες χρέωσης της συνόδου χρήστη του CA$HMAN (βλ. Σχήμα 2.7). Κάθε ξεχωριστή σύνδεση μιας ομάδας συνδέσεων μπορεί να χαρακτηρίζεται από διαφορετικό συμβόλαιο κυκλοφορίας και συνεπώς η δομή πληροφορίας χρήσης για την κάθε ομάδα συνδέσεων είναι μία σύνθετη δομή η οποία περιλαμβάνει τα απαιτούμενα δεδομένα χρήσης για την κάθε ξεχωριστή σύνδεση.

Στη συνέχεια αναλύουμε τις λεπτομέρειες και τα πλεονεκτήματα της προσαρμογής αυτής, περιγράφοντας θέματα σχεδίασης που αφορούν τα δύο μέρη της διαδικασίας μέτρησης: την καταγραφή και τη συλλογή.

Η καταγραφή των δεδομένων χρήσης

Στην αρχιτεκτονική καταμέτρησης της χρήσης που προτείνεται, το ρόλο των μετρητών παίζουν αντικείμενα, εξειδικευμένα στις πηγές πληροφορίες που περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Η λειτουργικότητα των αντικειμένων αυτών μπορεί να χωριστεί σε δύο υπολειτουργίες (βλ. Σχήμα 3.2). Τη συλλογή των δεδομένων χρήσης που παράγει ο μηχανισμός μέτρησης για τον οποίο είναι εξειδικευμένα (Netflow, Netramet, κ.λ.π). Τη διαχείριση της πληροφορίας αυτής με σκοπό την παροχή μιας κοινής διεπαφής μετρητή στους συλλέκτες του μηχανισμού μέτρησης που θα περιγράψουμε στη συνέχεια.



Σχήμα 3.2: Ο μετρητής κόμβου

Η διαφοροποίηση αυτών των αντικειμένων από παρόμοια που έχουν τοποθετηθεί σε αντίστοιχες αρχιτεκτονικές καταμέτρησης για δίκτυα IP [52] είναι ότι συλλέγουν, ομαδοποιούν και διαθέτουν την πληροφορία χρήσης ανά σύνοδο χρήστη (η οποία μπορεί να αποτελείται από παραπάνω από μια συνδέσεις) και όχι ανά ροή-σύνδεση. Πιο συγκεκριμένα, κάθε μετρητής έχει υπό την ευθύνη του ένα συγκεκριμένο αριθμό συνόδων, των οποίων οι ανάγκες για μέτρηση εκφράζονται με μια λίστα από συνδέσεις και τα αντίστοιχα δεδομένα που απαιτούνται (ανάλογα με αντίστοιχο συμβόλαιο κυκλοφορίας). Οι μετρητές επεξεργάζονται τα δεδομένα χρήσης που λαμβάνουν από τον κόμβο αναζητώντας τα δεδομένα των συνδέσεων που έχουν εγγραφεί, ομαδοποιώντας τα ανά σύνοδο, και τα αποστέλουν στο συλλέκτη της κάθε συνόδου ξεχωριστά (βλ. Σχήμα 3.2). Στην Ενότητα 3.5, παρουσιάζεται λεπτομερώς η παραπάνω διαδικασία με τη βοήθεια της περιγραφής δύο παραδειγμάτων τέτοιων μετρητών.

Το γεγονός ότι η μεταφορά της πληροφορίας αυτής γίνεται μέσω μιας σαφώς καθορισμένης και κοινής για όλα τα είδη πηγών πληροφορίας διεπαφής, καθιστά τους μετρητές αυτούς τα μοναδικά αντικείμενα της αρχιτεκτονικής, τα οποία εξαρτώνται άμεσα από την τεχνολογία δικτύου και την υλοποίηση του εξοπλισμού. Σκοπός είναι ακριβώς η διαφανής παροχή της πληροφορίας χρήσης στα υψηλότερα επίπεδα της αρχιτεκτονικής.

Προτείνεται οι μετρητές να τοποθετούνται σε κάθε κόμβο ώστε η συλλογή των δεδομένων χρήσης να γίνεται κοντά στο σημείο που παράγονται και έτσι να αποφεύγεται η κεντρική επεξεργασία μεγάλου πλήθους δεδομένων και για αυτό το λόγο έχουν ονομαστεί Μετρητές Κόμβου (Network Element Meters).

Ο αριθμός των αντικειμένων αυτών ανά κόμβο μπορεί να είναι μεταβλητός ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος, και καθορίζεται από ένα διαχειριστή ανά κόμβο, ο οποίος δημιουργεί και αρχικοποιεί τους μετρητές ανάλογα με τον αριθμό των συνόδων που μπορεί ο καθένας να εξυπηρετεί αποδοτικά, το γενικό φόρτο στον κόμβο, και τις δυνατότητες που δίνει ο μηχανισμός μέτρησης για τμηματική επεξεργασία των δεδομένων χρήσης που παράγει (για παράδειγμα ανά interface του μεταγωγέα). Για παράδειγμα, ο μηχανισμός Cisco ATM Accounting [28], παράγει μόνο ένα αρχείο με τα δεδομένα χρήσης ανά μεταγωγέα και συνεπώς μόνο ένα NEM, εξειδικευμένο σε αυτό τον τρόπο μέτρησης, μπορεί να τοποθετηθεί στους αντίστοιχους μεταγωγείς. Ο διαχειριστής αυτός (ο οποίος ονομάζεται Εργοστάσιο Μέτρησης - Metering Factory - MF) θα αρχικοποιεί επίσης και τους μηχανισμούς μέτρησης του εκάστοτε εξοπλισμού δικτύου ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος γενικότερα.

Το MF θα δέχεται αιτήσεις για μέτρηση της χρήσης στον συγκεκριμένο κόμβο και θα τις αναθέτει στο κατάλληλο NEM χωρίς να επεμβαίνει από εκείνο το σημείο στην αποστολή των δεδομένων χρήσης.

Η συλλογή των δεδομένων χρήσης

Όπως είπαμε η κύρια διαφοροποίηση της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής με το ήδη υπάρχον βασικό μοντέλο καταμέτρησης, είναι η διαχείριση της πληροφορίας χρήσης ανά σύνοδο. Για το σκοπό αυτό, παράλληλα με τα αντικείμενα χρέωσης που τοποθέτησε το CA$HMAN (UBM, UTM) για τον υπολογισμό της χρέωσης της συνόδου του κάθε χρήστη (βλ. Σχήμα 2.8), προτείνεται η τοποθέτηση ενός επιπλέον αντικειμένου, υπεύθυνου για τη συλλογή της πληροφορίας χρήσης της αντίστοιχης συνόδου το οποίο θα ονομάσουμε Διαχειριστή Μετρήσεων Χρήστη (User Metering Manager - UMM).

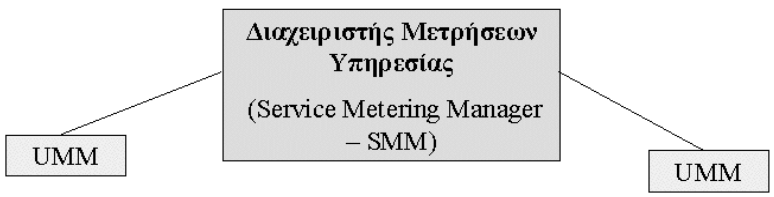
Ο συλλέκτης της κάθε συνόδου (βλ. Σχήμα 3.5) ενημερώνεται για τον κόμβο που έχει επιλεγεί για την πραγματοποίηση των μετρήσεων (συνήθως κάποιο από τα δύο άκρα της σύνδεσης), επικοινωνεί με το αντίστοιχο Εργοστάσιο Μετρήσεων το οποίο με τη σειρά του επιλέγει το κατάλληλο NEM και επιστρέφει το σημείο αναφοράς του για την περαιτέρω επικοινωνία. Στη συνέχεια το UMM εγγράφεται στο επιλεγμένο NEM και καθορίζει τις συγκεκριμένες απαιτήσεις της συνόδου για μέτρηση (τα χαρακτηριστικά των συνδέσεων της συνόδου, το χρονικό διάστημα μεταξύ των ειδοποιήσεων, και το είδος της πληροφορίας χρήσης που απαιτείται).

Μετά την αρχικοποίηση των αντικειμένων του μηχανισμού καταμέτρησης, τα απαιτούμενα δεδομένα χρήσης των συνδέσεων της κάθε συνόδου, αποστέλλονται στα καθορισμένα χρονικά διαστήματα στο αντίστοιχο UMM, και εν συνεχεία χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της χρέωσης της κάθε συνόδου από τα UBM, UTM.

Η διαχείριση των μετρήσεων

Μέχρι στιγμής έχουμε περιγράψει ένα προσωπικό μοντέλο συλλογής και επεξεργασίας της πληροφορίας χρήσης βασισμένο στην κλασική αρχιτεκτονική καταμέτρησης του Σχήματος 3.1. Κάθε χρήστης έχει τον "δικό" του μετρητή και συλλέκτη των δεδομένων χρήσης των πόρων του δικτύου από την υπηρεσία που του παρέχεται.

'Ομως επειδή σε μία σύνοδο υπηρεσίας μπορεί να συμμετέχουν γενικά παραπάνω από ένας χρήστες, είναι απαραίτητη η κεντρική διαχείριση των μετρήσεων των χρηστών μιας συνόδου (βλ. Σχήμα 3.3).



Σχήμα 3.3: Η διαχείριση των μετρήσεων

Σκοπός αυτού του κεντρικού διαχειριστή των μετρήσεων μιας υπηρεσίας είναι κατ' αρχήν να συντονίζει τις μετρήσεις των διαχειριστών μετρήσεων του κάθε χρήστη,

επιβεβαιώνοντας την εγγυρότητα τους και καθορίζοντας κάθε φορά τον ελάχιστο αριθμό μετρήσεων που απαιτούνται για μία σύνοδο. Η επιλογή αυτή εξαρτάται γενικά από το είδος της υπηρεσίας και από τις απαιτήσεις των συγκεκριμένων χρηστών.

Επίσης, είναι υπεύθυνος για την συλλογή των συνολικών δεδομένων χρήσης του κάθε χρήστη και την μεταφορά τους στα κεντρικά σημεία επεξεργασίας του δικτύου για την περαιτέρω μελέτη και ανάλυση τους.

Επιπλέον, από την κεντρική επεξεργασία των χαρακτηριστικών των διάφορων χρηστών μιας συνόδου μπορεί να εξαχθεί επιπλέον χρήσιμη πληροφορία χρήσης για τους μηχανισμούς χρέωσης όπως για παράδειγμα η απόσταση, η οποία στην παραδοσιακή τηλεφωνία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη χρέωση μιας συνομιλίας.

Η λειτουργικότητα αυτού του αντικειμένου θα μπορούσε να ενσωματωθεί στη γενική λειτουργικότητα του διαχειριστή της συνόδου υπηρεσίας αλλά για λόγους κατανόησης της όλης διαδικασίας μέτρησης στη συνέχεια θα τον θεωρούμε ξεχωριστό αντικείμενο.

Πλεονεκτήματα της προσέγγισης ανά σύνοδο

Η επεξεργασία της πληροφορίας χρήσης ανά σύνοδο, εκτός από το όφελος της προσαρμογής του αντίστοιχου μηχανισμού καταμέτρησης σε μια κατανεμημένη αρχιτεκτονική παροχής υπηρεσιών και χρέωσης, βασισμένη στις αρχές της TINA, παρέχει αρκετά επιπλέον πλεονεκτήματα.

Κατ' αρχήν, ελαχιστοποιούνται οι απαιτήσεις για καταγραφή των δεδομένων χρήσης στον εξοπλισμό του δικτύου. Αυτή η δυνατότητα δίνεται γιατί με την ανα-σύνοδο επεξεργασία είναι εκ των προτέρων γνωστές οι απαιτήσεις της κάθε υπηρεσίας για τη μέτρηση των πόρων που αυτή καταναλώνει. Η "γνώση" αυτή αφορά την πληροφορία του συμβολαίου κυκλοφορίας των ξεχωριστών συνδέσεων που αντιστοιχούν στην κάθε σύνοδο χρήστη και συνεπώς τις αντίστοιχες απαιτήσεις για μέτρηση, καθώς και τα χαρακτηριστικά όλων των συνδέσεων για τις οποίες είναι απαραίτητο να πραγματοποιούνται μετρήσεις σε ένα συγκεκριμένο κόμβο (είναι αυτές για τις οποίες οι διαχειριστές μετρήσεων των αντίστοιχων συνόδων χρηστών (UMMs) έχουν κάνει αίτηση στο εργοστάσιο μετρήσεων (MF) του συγκεκριμένου κόμβου).

Έτσι, για συνδέσεις τύπου CBR (για τις οποίες δεν είναι απαραίτητη η μέτρηση του όγκου των δεδομένων που μεταδίδονται) καθώς και για συνδέσεις οι οποίες δεν υπόκεινται σε χρέωση με βάση τη χρήση, δεν είναι απαραίτητο να πραγματοποιούνται μετρήσεις.

Επίσης, είναι δυνατή η εκ των προτέρων επιλογή των κόμβων στους οποίους θα μετρηθεί η κατανάλωση της κάθε συνόδου μειώνοντας έτσι ακόμα περισσότερο τις "περιττές" μετρήσεις αφού η κατανάλωση δε θα μετράται και στα δύο άκρα μιας σύνδεσης, όπως συμβαίνει με τους υπάρχοντες μηχανισμούς καταμέτρησης.

Βέβαια αυτή η δυνατότητα, για επιλεκτική μέτρηση των δεδομένων χρήσης, δεν είναι πάντα εφικτό να εφαρμοστεί εξαιτίας περιορισμών που τίθενται από τον τρόπο που

υλοποιούνται οι μετρήσεις στους μεταγωγείς και εξαρτάται από τη λεπτομέρεια με την οποία μπορεί να καθοριστούν οι απαιτούμενες μετρήσεις (σε επίπεδο interface, είδος συνδέσεων, συγκεκριμένη σύνδεση). Κατά πόσο δηλαδή μπορεί να περιοριστεί η καταγραφή των δεδομένων στον κόμβο, δυνατότητα που εξαρτάται από την ευελιξία του αντίστοιχου μηχανισμού μέτρησης.

Ανεξάρτητα από το όφελος που μπορεί να έχει το σύστημα όσον αφορά το φόρτο των κόμβων από την ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων μετρήσεων, το γεγονός αυτό παρέχει οπωσδήποτε μεγάλο όφελος σε επικοινωνιακό κόστος, αφού ελαχιστοποιείται ο όγκος των δεδομένων χρήσης που εξάγονται από τους κόμβους καθώς και σε υπολογιστικό, αφού οι κεντρικές οντότητες της αρχιτεκτονικής επεξεργάζονται μικρότερο όγκο δεδομένων.

Επιπλέον, η μόνη πληροφορία που μεταδίδεται από τους μετρητές στους συλλέκτες είναι ακριβώς η πληροφορία χρήσης, δηλαδή η διάρκεια της σύνδεσης και ο αντίστοιχος όγκος. Οι υπόλοιπες πληροφορίες που αφορούν τα χαρακτηριστικά των συνδέσεων, την ταυτότητα τους, κ.λ.π. έχουν ανταλλαχθεί κατά την "εγγραφή" της κάθε συνόδου στον αντίστοιχο μετρητή, και δε χρειάζεται η συνεχής αποστολή τους, αφού τα αντικείμενα που τη συλλέγουν αντιστοιχούν ακριβώς στις συγκεκριμένες συνδέσεις. Έτσι, μειώνεται ακόμα περισσότερο ο όγκος της πληροφορίας που ανταλλάσσεται μεταξύ του μηχανισμού καταγραφής και συλλογής των δεδομένων χρήσης και ανάλογα η υπολογιστική ισχύ που απαιτείται για την επεξεργασία τους.

Αυτό το χαρακτηριστικό επιτρέπει επιπλέον τη γρήγορη ενημέρωση του χρήστη για τη χρέωση του (αφού είναι εφικτή η άμεση πρόσβαση στα προσωπικά του δεδομένα χρήσης) και κατ' επέκταση καθιστά εφαρμόσιμες πολιτικές γνωστοποίησης χρέωσης πραγματικού χρόνου καθώς και τη δυνατότητα επαναδιαπραγμάατευσης των χαρακτηριστικών μιας υπηρεσίας.

Αντίθετα, στις υπάρχουσες εφαρμογές, τα δεδομένα χρήσης (μαζί με τα χαρακτηριστικά των αντίστοιχων συνδέσεων) από όλους τους κόμβους του δικτύου, μεταφέρονται ομαδοποιημένα σε κεντρικά σημεία τα οποία αναλαμβάνουν το φιλτράρισμα, τη συσχέτιση, και τον τελικό υπολογισμό της κατανάλωσης πόρων της κάθε ροής-υπηρεσίας. Έτσι, μεταδίδεται σημαντικά περισσότερος όγκος δεδομένων στα σημεία επεξεργασίας και απαιτείται ανάλογα περισσότερη υπολογιστική ισχύ για την επεξεργασία τους.

3.5 Παραδείγματα υλοποίησης του μετρητή κόμβου

Το πιο καθοριστικό αντικείμενο της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής όσον αφορά τη διαφάνεια που αυτή παρέχει ως προς την τεχνολογία δικτύου και την υλοποίηση του εξοπλισμού είναι ο Μετρητής Κόμβου (NEM). Ενώ η ύπαρξη του είναι σχεδόν αυτονόητη για την επίτευξη της διαφάνειας αυτής, ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνει τον σκοπό του δεν είναι προφανής. Θα παρουσιάσουμε ορισμένα παραδείγματα τύπων NEM και τις βασικές τους λειτουργίες.

Θα περιγράψουμε λοιπόν πως τα δεδομένα χρήσης που παράγουν δύο εργαλεία μέτρησης της εταιρίας Cisco τα οποία παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 1.6 (το ένα για υπηρεσίες IP και το άλλο για ATM) μετατρέπονται σε στοιχεία της κοινής διεπαφής παροχής δεδομένων χρήσης του NEM όπως αυτή περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

Όπως αναφέραμε ήδη η λειτουργικότητα του NEM χωρίζεται σε δύο υπο-λειτουργίες (βλ. Σχήμα 3.2): τη συλλογή των δεδομένων χρήσης, και τη διαχείριση της πληροφορίας αυτής και μετατροπής της σε ένα κοινό τρόπο αναπαράστασης και ομαδοποίησης της ανά σύνοδο.

3.5.1 Η υλοποίηση εξειδικευμένων συλλεκτών

Cisco ATM Accounting

Ο έλεγχος της καταμέτρησης της χρήσης στους ATM μεταγωγείς της Cisco γίνεται μέσω SNMP. Τα δεδομένα χρήσης αποθηκεύονται σε αρχεία τα οποία συλλέγονται από το σύστημα διαχείρισης μέσω TFTP.

Όσον αφορά τη διαχείριση των μετρήσεων, είναι διαμορφώσιμη η έκταση της πληροφορίας χρήσης που καταγράφεται (μπορεί να καθοριστούν τα interfaces του μεταγωγέα στα οποία θα πραγματοποιούνται οι μετρήσεις, το είδος των συνδέσεων (svc-in, svc-out, pvc-in, pvc-out, κ.λ.π) καθώς και το είδος της πληροφορίας χρήσης που θα περιλαμβάνονται στις μετρήσεις. Τέλος, μεταβλητό και διαμορφώσιμο είναι το χρονικό διάστημα μεταξύ των ενημερώσεων του αρχείου.

Το MF είναι το υπεύθυνο αντικείμενο για τη ρύθμιση αυτών των χαρακτηριστικών της μέτρησης των δεδομένων χρήσης. Το διάστημα μεταξύ των διαδοχικών συλλογών δεδομένων μπορεί να είναι από 60 εώς 86400 δευτερόλεπτα και συνεπώς τα 60 δευτερόλεπτα είναι ο ελάχιστος χρόνος για την γνωστοποίηση χρέωσης πραγματικού χρόνου αν αυτή υποστηρίζεται. Η έκταση των μετρήσεων εξαρτάται από τις αιτήσεις που έχει δεχθεί το MF από τις διάφορες συνόδους για τον συγκεκριμένο κόμβο.

Μέχρι στιγμής μόνο ένα αρχείο μπορεί να οριστεί για την αποθήκευση των δεδομένων χρήσης και συνεπώς μόνο ένα NEM μπορεί να υπάρχει ανά κόμβο δικτύου το οποίο διαχειρίζεται όλες τις μετρήσεις όλων των συνόδων για τον συγκεκριμένο κόμβο. Αν υπήρχε η δυνατότητα για πολλαπλά αρχεία αποθήκευσης (για παράδειγμα ένα ανά interface), Θα μπορούσε να υπάρχει επίσης ένα NEM για κάθε interface. Το είδος των μετρήσεων και η έκταση της απαιτούμενης πληροφορίας χρήσης καθορίζεται ανάλογα με τις απαιτήσεις των UMM.

Η διαδικασία λοιπόν έχει ως εξής:

Κάθε φορά που ενημερώνεται το αρχείο με τα δεδομένα χρήσης, το NEM το συλλέγει με TFTP και εξάγει από αυτό την απαιτούμενη πληροφορία χρήσης (η οποία

έχει καθοριστεί - υπό τη μορφή ζευγαριών VPI/VCI - από τα UMM που έχουν εγγραφεί στο NEM).

Εν συνεχεία κατασκευάζονται οι οντότητες πληροφορίας χρήσης για την κάθε σύνοδο χρήστη και αποστέλλονται στα αντίστοιχα UMM στα καθορισμένα χρονικά διαστήματα.

Τέλος, το αρχείο αντιγράφεται σε κάποια μόνιμη μνήμη για περαιτέρω επεξεργασία.

Cisco NetFlow

Η αντίστοιχη διαδικασία για την περίπτωση IP συνδέσεων και πιο συγκεκριμένα για μεταγωγείς που παρέχουν τη δυνατότητα του NetFlow, έχει ως εξής:

Το MF αρχικοποιεί την διαδικασία εξαγωγής των δεδομένων χρήσης στο αντίστοιχο μεταγωγέα (ορίζει το UDP Port στο οποίο θα μεταδίδονται οι εγγραφές ροής, κ.λ.π).

Το NEM συλλέγει τις εγγραφές ροής από το UDP Port που έχει καθοριστεί από το MF και επεξεργάζεται αυτές για τις οποίες του έχει ζητηθεί να κάνει μετρήσεις. Επιλέγει δηλαδή τις εγγραφές ροής για τις οποίες τα ζευγάρια διεύθυνση πηγή/προορισμού και τα αντίστοιχα ports έχουν επιλεγεί για τις μετρήσεις κάποιας από τις εγγεγραμμένες συνόδους. Εν συνεχεία, μπορεί να προωθεί όλες τις εγγραφές σε ένα νέο UDP port στο οποίο κάποιος Flow Collector ή άλλος συλλέκτης θα μπορούσε να παρακολουθεί την πληροφορία χρήσης για περαιτέρω κεντρική επεξεργασία.

Τέλος, με ανάλογη διαδικασία, όπως για το ATM, κατασκευάζει τις οντότητες πληροφορίας χρήσης για το κάθε εγγεγραμμένο UMM και στα καθορισμένα χρονικά διαστήματα τις αποστέλει ώστε να τις επεξεργαστεί ο μηχανισμός χρέωσης.

Για τις συνδέσεις IP να σημειώσουμε ότι η διαδικασία αυτή έχει νόημα σε περίπτωση που μπορεί να αντιστοιχισθεί μια συγκεκριμένη IP υπηρεσία σε μία σύνοδο κατά την αρχικοποίηση της, πράγμα που προς στιγμήν δεν υποστηρίζεται από τις εφαρμογές IP.

3.6 Η πλατφόρμα επικοινωνίας

Η κοινή διεπαφή που προσφέρουν τα εξειδικευμένα αντικείμενα παροχής των δεδομένων χρήσης πρέπει να περιγράφεται σε μία γλώσσα περιγραφής διεπαφών ενός κατανεμημένου περιβάλλοντος επεξεργασίας ώστε να είναι δυνατή η ένταξη τους σε ευρύτερες ανοικτές και κατανεμημένες αρχιτεκτονικές παροχής υπηρεσιών.

Το κατανεμημένο περιβάλλον επεξεργασίας που θα είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία των μετρητών με το υπόλοιπο σύστημα, είναι αυτό που παρέχει η αρχιτεκτονική CORBA γιατί εκτός του ότι αποτελεί το κατανεμημένο περιβάλλον επεξεργασίας της TINA, παρέχει σημαντικά πλεονεκτήματα ως μέσο διαχείρισης (βλ. Παράγραφο 2.2.3).

Η λειτουργικότητα συνεπώς των αντικειμένων αυτών θα περιγράφεται στη γλώσσα περιγραφής διεπαφών της αρχιτεκτονικής CORBA (IDL) και η αποστολή των δεδομένων χρήσης θα πραγματοποιείται είτε μέσω της διεπαφής αυτής είτε μέσω της παραγωγής γεγονότων τα οποία θα διαχειρίζεται η Υπηρεσία Γεγονότων της CORBA και στην

οποία θα εγγράφονται τα ενδιαφερόμενα αντικείμενα συλλογής των δεδομένων χρήσης (UMMs).

3.7 Η προσαρμογή στην εκτεταμένη αρχιτεκτονική του CA$HMAN

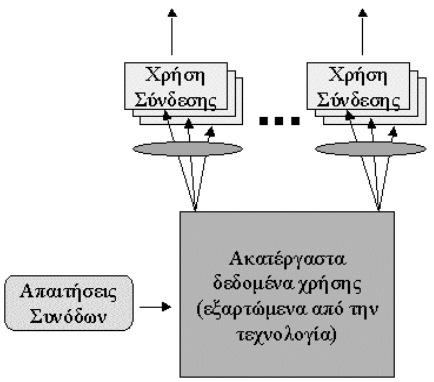
3.7.1 Το μοντέλο πληροφορίας

Στην Παράγραφο 2.6.2 παρουσιάσαμε το μοντέλο πληροφορίας όπως αυτό προκύπτει από την αρχιτεκτονική χρέωσης του έργου CA$HMAN. Στο χαμηλότερο επίπεδο του μοντέλου αυτού λαμβάνεται η πληροφορία χρήσης για την κάθε σύνδεση μιας συνόδου (βλ. Σχήμα 2.7).

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάσαμε ένα σύστημα καταμέτρησης της χρήσης το οποίο στο υψηλότερο επίπεδο παρέχει αυτή ακριβώς την πληροφορία που απαιτεί το σύστημα χρέωσης που προτάθηκε από το CA$HMAN για τον υπολογισμό της χρέωσης που αντιστοιχεί στην κάθε σύνοδο χρήστη (βλ. Σχήμα 3.4).

Σε αυτή την παράγραφο θα εστιάσουμε στη ροή πληροφορίας από την καταγραφή της πληροφορίας χρήσης στους κόμβους του δικτύου μέχρι την αντιστοίχιση της στις επιμέρους συνδέσεις δικτύου των συνόδων.

Η διαδικασία αυτή ουσιαστικά περιλαμβάνει το φιλτράρισμα των ακατέργαστων δεδομένων χρήσης που εξάγονται από τους κόμβους του δικτύου, η επιλογή της απαιτούμενης πληροφορίας χρήσης και η κατηγοριοποίηση και αποστολή τους στους διαχειριστές των μετρήσεων των αντίστοιχων συνόδων. Εν συνεχεία, η επιμέρους πληροφορία χρήσης μεταφέρεται στα αντικείμενα υπολογισμού της χρέωσης της αντίστοιχης συνόδου και η διαδικασία συνεχίζεται όπως περιγράφεται στην Παράγραφο 2.6.2.



Σχήμα 3.4: Το Μοντέλο Πληροφορίας

Οι δομές πληροφορίας που χρειάζονται οι μετρητές στους κόμβους του δικτύου κατά την αρχικοποίηση της διαδικασίας είναι:

- Η ταυτότητα της συνόδου χρήστη.

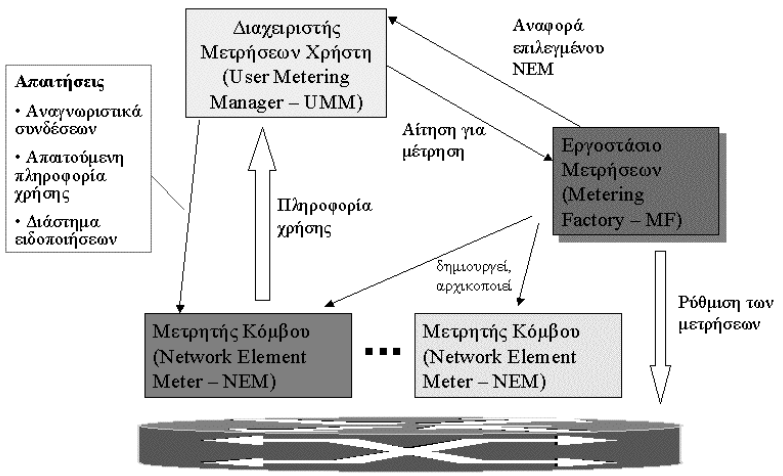
- Τα χαρακτηριστικά των συνδέσεων που αντιστοιχούν στη συγκεκριμένη σύνοδο τα οποία εξαρτώνται από την τεχνολογία δικτύου (για το ATM αρκούν τα VPI/VCI, ενώ για το IP χρειάζονται οι διευθύνσεις της πηγής και του προορισμού καθώς και τα συγκεκριμένα ports).
- Το είδος των μετρήσεων που απαιτείται για την κάθε σύνδεση (χρόνος, όγκος).
- Το χρονικό διάστημα μεταξύ των ειδοποιήσεων.

Κατά τη διάρκεια και λήξη της υπηρεσίας (ανάλογα με τη μέθοδο γνωστοποίησης) η μόνη πληροφορία που μεταφέρεται απο τους μετρητές προς τους συλλέκτες διάφορων συνόδων είναι οι οντότητες πληροφορίας χρήσης για όλες τις συνδέσεις της κάθε συνόδου οι οποίες περιλαμβάνουν μόνο τον όγκο και την διάρκεια της κάθε σύνδεσης.

Από τις παραπάνω πληροφορίες, το είδος των μετρήσεων και το χρονικό διάστημα μεταξύ των ειδοποιήσεων καθορίζεται από το μηχανισμό χρέωσης, ενώ τα χαρακτηριστικά των συνδέσεων παρέχονται από τη σύνοδο επικοινωνίας.

3.7.2 Το υπολογιστικό μοντέλο

Τα νέα αντικείμενα που εισάγονται στην εκτεταμένη αρχιτεκτονική του έργου CA$HMAN, η οποία περιγράφηκε στην Παράγραφο 2.6.3, είναι ο Διαχειριστής Μετρήσεων Χρήστη (User Metering Manager - UMM), ο Μετρητής Εξοπλισμού (Network Element Meter - NEM), ο Διαχειριστής Μετρήσεων Υπηρεσίας (Service Metering Manager - SMM), και το Εργοστάσιο Μετρητών (Meter Factory - MF) όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.5.



Σχήμα 3.5: Το υπολογιστικό μοντέλο της αρχιτεκτονικής καταμέτρησης της χρήσης

Το UMM είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση της πληροφορίας χρήσης της κάθε συνόδου χρήστη, το NEM είναι υπεύθυνο για τη συλλογή της πληροφορίας χρήσης από

τον εξοπλισμό του δικτύου και μεταφορά της στα αντίστοιχα UMM, το MF αντιστοιχεί σε ένα κόμβο και είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση (δημιουργία, καταστροφή, και αρχικοποίηση) των NEM στον συγκεκριμένο κόμβο δικτύου, και το SMM είναι υπεύθυνο για το συντονισμό των UMM αλλά και τον υπολογισμό παραμέτρων της χρέωσης που προκύπτουν από τον συνδυασμό της πληροφορίας χρήσης από τα UMM.

Οι λειτουργίες του κάθε αντικειμένου περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια και δίνονται οι αντίστοιχες διεπαφές σε IDL μορφή για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργικότητας του κάθε αντικειμένου αλλά και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους.

UMM (User Metering Manager)

Το UMM αποτελεί το υπεύθυνο αντικείμενο για τη διαχείριση της πληροφορίας χρήσης μιας συγκεκριμένης συνόδου χρήστη. Συνεργάζεται με τα UBM και UCM αντικείμενα που έχει ορίσει το έργο CA$HMAN ως υπεύθυνα για τον υπολογισμό και γνωστοποίηση της χρέωσης μιας συγκεκριμένης συνόδου χρήστη, παρέχοντας την απαραίτητη πληροφορία χρήσης για τον υπολογισμό της χρέωσης ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις.

Κατά την αρχικοποίηση του, το UMM ενημερώνεται για το MF με το οποίο θα πρέπει να επικοινωνήσει (το οποίο αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο κόμβο) για τα χαρακτηριστικά των συνδέσεων οι οποίες πρέπει να μετρηθούν, και το χρονικό διάστημα μεταξύ των ειδοποιήσεων.

Τα χαρακτηριστικά των συνδέσεων περιλαμβάνουν την ταυτότητα των συνδέσεων (η οποία εξαρτάται από την τεχνολογία δικτύου), καθώς και τις συγκεκριμένες απαιτήσεις για μέτρηση της κάθε σύνδεσης. Για τις ανάγκες της περιγραφής της λειτουργικότητας των αντικειμένων με τη βοήθεια της γλώσσας ορισμού διεπαφών (IDL), η πληροφορία αυτή θα περιγράφεται από την δομή *t_ConnectionDescription*, η οποία ουσιαστικά αποτελεί μια σύνθετη δομή η οποία ορίζει το είδος των συνδέσεων (IP, ATM ή άλλο) και ανάλογα με το είδος τα χαρακτηριστικά που τη χαρακτηρίζουν (για το IP οι διευθύνσεις πηγής και προορισμού και τα αντίστοιχα ports, ενώ για το ATM το συγκεκριμένο VPI/VCI που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο μεταγωγέα). Επίσης, για την κάθε σύνδεση συμπεριλαμβάνεται η πληροφορία του είδους των μετρήσεων που απαιτούνται (χρόνος, όγκος ή και τα δύο).

```
void initialise (   in t_InterfaceReference MFRef,
                    in t_ConnectionDescription[] connectionDescription,
                    in t_Time notification_interval)
```

Εν συνεχεία, το UMM επικοινωνεί με το MF που αντιστοιχεί στον επιλεγμένο κόμβο, και αυτό του επιστρέφει μια αναφορά για την επικοινωνία με το NEM που είναι υπεύθυνο για τη συγκεκριμένη σύνοδο χρήστη και εν συνεχεία το αρχικοποιεί για τις απαιτήσεις που έχουν οριστεί από τα αντικείμενα χρέωσης.

Αφού αρχικοποιηθούν όλα τα αντικείμενα, τα αντικείμενα χρέωσης μπορούν να ξεκινήσουν, σταματήσουν ή διακόψουν τις μετρήσεις καθώς και να αλλάξουν τα χαρακτηριστικά των συνδέσεων (σε περίπτωση επαναδιαπραγμάτευσης) ανάλογα με την εξέλιξη της υπηρεσίας και τις ενέργειες του χρήστη.

void start_metering()
void pause_metering (out t_UsageData[] usageData)
void stop_metering (out t_UsageData[] usageData)
void reset_metering (in t_ConnectionDescription[] connectionDescription)
void set_notification_interval (in t_Time notification_interval)

Το NEM, ανά τακτά χρονικά διαστήματα (notification_interval) ενημερώνει το UMM για την πληροφορία χρήσης μέχρι εκείνη τη στιγμή, είτε παράγοντας την αντίστοιχη ειδοποίηση-γεγονός, είτε μέσω της διεπαφής του UEM

void sendUsageData(in t_UsageData[] data)

Αυτό με τη σειρά του προωθεί τα δεδομένα χρήσης στα αντικείμενα υπολογισμού και γνωστοποίησης της χρέωσης.

NEM (Network Element Meter)

Το NEM είναι υπεύθυνο για τη συλλογή της πληροφορίας χρήσης από ένα συγκεκριμένο εξοπλισμό δικτύου, για τον οποίο είναι εξειδικευμένο, και την αποστολή των οντοτήτων πληροφορίας χρήσης στα UMM των συνόδων χρήστη που έχουν εγγραφεί σε αυτό.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει παίζει το ρόλο του συλλέκτη και παρουσιάζει μια κοινή διεπαφή μετρητή η οποία σε γλώσσα IDL έχει την εξής μορφή:

void initialise (in t_UserId userId,
in t_ConnectionDescription[] connectionDescription,
in t_Time interval,
in t_InterfaceReference UMMRef)
void getCurrentUsageData (in t_UserId userId,
out t_UsageData[] usageData)
void reset_metering (in t_UserId userId,
in t_ConnectionDescription[] connectionDescription)
void set_notification_interval (in t_UserId userId,
in t_Time interval)
void stop_metering (in t_UserId userId,
out t_UsageData[] usageData)
void start_metering (in t_UserId userId)

Ανά τακτά χρονικά διαστήματα συλλέγει την πληροφορία χρήσης από τον εξοπλισμό δικτύου, την επεξεργάζεται και την φιλτράρει με κριτήριο τις συνδέσεις για τις οποίες απαιτούνται τα δεδομένα χρήσης. Στη συνέχεια τις ομαδοποιεί ανά σύνοδο χρήστη και αποστέλει τις οντότητες πληροφορίας χρήσης στα ανάλογα UMM (μέσω ειδοποιήσεων ή μέσω της διεπαφής του αντίστοιχου UEM).

MF (Metering Factory)

Το MF είναι ο διαχειριστής των μετρήσεων σε ένα κόμβο και τρέχει μόνιμα σε αυτό τον κόμβο.

Το MF είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία και αρχικοποίηση των NEM ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις και συνθήκες του δικτύου.

Δέχεται αιτήσεις από τα UMM, και αποφασίζει σε ποιο NEM θα τα εγγράψει και τους επιστρέφει την αναφορά του NEM για την περαιτέρω επικοινωνία μεταξύ τους.

void initialise()
void join_meter (in t_UserId userId,
in t_InterfaceReference UMMRef,
out t_InterfaceReference NEMRef)
void quit_meter (in t_UserId userId)

SMM (Service Metering Manager)

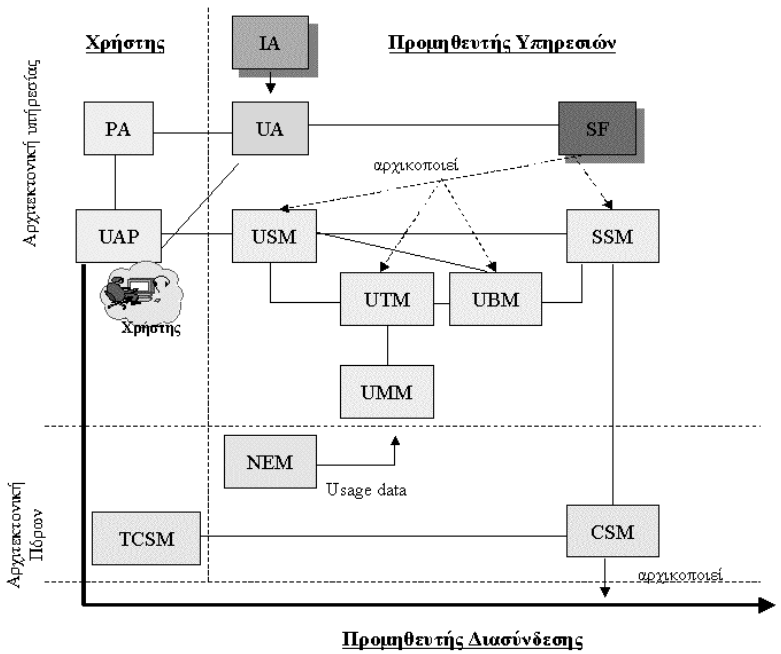
Το SMM είναι το κεντρικό αντικείμενο μιας συνόδου υπηρεσίας, υπεύθυνο για το συντονισμό των UMM Είναι επίσης υπεύθυνο για την ομαδοποίηση της πληροφορίας χρήσης μετά το τέλος της συνόδου και μεταφορά της στα κεντρικά σημεία διαχείρισης του δικτύου για περαιτέρω επεξεργασία.

void setUserInfo (in t_UserId userId,
in t_ConnectionDescription[] connectionDescription,
in t_UserAddress useAddress)
void collectUsageData (in t_userId userId,
in t_UsageData[] usageData)

3.7.3 Η συνολική αρχιτεκτονική

Η συνολική αρχιτεκτονική παροχής και χρέωσης υπηρεσιών που προκύπτει από την ένταξη του παραπάνω μηχανισμού καταμέτρησης της χρήσης στο μοντέλο χρέωσης του έργου CA$HMAN φαίνεται στο Σχήμα 3.6.

Οι οντότητες μέτρησης της χρήσης λειτουργούν εντελώς ανεξάρτητα από το μηχανισμό χρέωσης και είναι αρκετά διαμορφώσιμες ώστε να μπορεί να υλοποιηθεί



Σχήμα 3.6: Η Συνολική Αρχιτεκτονική Παροχής Υπηρεσιών

οποιαδήποτε πολιτική χρέωσης στα αντίστοιχα αντικείμενα υπολογισμού της χρέωσης.

Σκοπός της αρχιτεκτονικής καταμέτρησης της χρήσης που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο αυτό ήταν η προσαρμογή του βασικού μοντέλου καταμέτρησης της χρήσης όπως αυτό έχει διαμορφωθεί τα τελευταία χρόνια μέσω των προδιαγραφών των οργανισμών και των υλοποιήσεων των εταιριών στις σύγχρονες αρχιτεκτονικές υπηρεσιών που στην παρούσα περιγραφή αντιπροσωπεύονται από την αρχιτεκτονική TINA.

Δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στην ελαχιστοποίηση της πληροφορίας χρήσης που μεταδίδεται μεταξύ των αντικειμένων του συστήματος καθώς και στη διασφάλιση της διαφάνειας των επιμέρους λειτουργιών καθώς και στην ανεξαρτησία μεταξύ των διάφορων αντικειμένων ώστε να επιτρέπεται ο πειραματισμός σε όλα τα επίπεδα της διαδικασίας.

Η προτεινόμενη συνολική αρχιτεκτονική μπορεί να αποτελέσει μια ιδιαίτερα ευέλικτη πλατφόρμα υλοποίησης και εφαρμογής διαφορετικών πολιτικών χρέωσης σε διαφορετικά είδη υπηρεσιών. Στο επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε την υλοποίηση της πολιτικής χρέωσης για υπηρεσίες ATM που προτάθηκε από το έργο CA$HMAN (βλ. Ενότητα 1.7) στα πλαίσια της υλοποίησης της συνολικής αρχιτεκτονικής παροχής υπηρεσιών και χρέωσης που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο αυτό.

Κεφάλαιο 4

Η Υλοποίηση Πρωτότυπου Συστήματος Χρέωσης

Είναι σημαντικό οι εξελιγμένες πολιτικές χρέωσης που βασίζονται στην κατανάλωση, να μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα πραγματικό περιβάλλον παροχής υπηρεσιών για να είναι εφικτή η αποτελεσματική μελέτη και αξιολόγηση τους.

Το γεγονός ότι μόλις πρόσφατα αναπτύσσονται περιβάλλοντα παροχής εξελιγμένων υπηρεσιών, με εγγυήσεις σε ποιότητα εξυπηρέτησης, καθιστούν ιδιαίτερα χρήσιμη μια πειραματική πλατφόρμα παροχής και χρέωσης τέτοιων υπηρεσιών με σκοπό τη μελέτη, αξιολόγηση, επίδειξη αλλά και σύγκριση διαφορετικών πολιτικών χρέωσης.

Στην εργασία αυτή, υλοποιήθηκε ένα ολοκληρωμένο σύστημα παροχής και χρέωσης υπηρεσιών, το οποίο μπορεί να χωριστεί σε δύο ανεξάρτητα μέρη. Το ένα μέρος αποτελεί την βασική πλατφόρμα παροχής και χρέωσης υπηρεσιών από την πλευρά του δικτύου. Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει την υλοποίηση ενός παροχέα υπηρεσιών ATM (και πιο συγκεκριμένα της υπηρεσίας Video On Demand) και μία εφαρμογή χρήστη, η οποία ουσιαστικά αποτελεί το εργαλείο επίδειξης του συστήματος χρέωσης, μέσω του οποίου μπορεί να πραγματοποιηθούν η μελέτη και αξιολόγηση των μηχανισμών χρέωσης καθώς και πειράματα αντίδρασης των χρηστών.

Στο κεφάλαιο αυτό, αρχικά παρουσιάζουμε τις γενικές αρχές που υιοθετήθηκαν κατά την υλοποίηση του συστήματος, και στη συνέχεια περιγράφουμε αναλυτικά τη λειτουργικότητα των δύο διαφορετικών τμημάτων της.

4.1 Γενική περιγραφή

Οι σύγχρονες πολιτικές χρέωσης με βάση τη χρήση βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε ένα μοντέλο παροχής υπηρεσιών το οποίο μπορεί να εγγυηθεί κάποια ποιότητα υπηρεσίας για τις συνδέσεις που παρέχονται σε επίπεδο δικτύου, ώστε ανάλογα να μπορούν να χρεωθούν οι εγγυημένες και μη υπηρεσίες που προσφέρονται. Πρωτόκολλα τα οποία

υποστηρίζουν τέτοιου είδους υπηρεσίες, παρ' όλο που έχουν σχεδιαστεί (ATM, RSVP, κ.λ.π), δεν έχουν ακόμα εφαρμοστεί σε ευρεία κλίμακα αφού η απλότητα του TCP/IP, προς το παρόν, το έχει καταστήσει κυρίαρχο πρωτόκολλο σήμερα στο Internet.

Για αυτό το λόγο, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η ανάπτυξη μιας πειραματικής πλατφόρμας παροχής και χρέωσης σύγχρονων δικτυακών υπηρεσιών, ώστε να είναι δυνατή η μελέτη, αξιολόγηση και επίδειξη των διάφορων σχημάτων χρέωσης που αναπτύσσονται, σε ένα σύγχρονο περιβάλλον παροχής υπηρεσιών. Αυτή η πλατφόρμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιπλέον για τη μελέτη των αντιδράσεων απλών χρηστών στα διάφορα μοντέλα χρέωσης. Η αποδοχή ενός μοντέλου χρέωσης από τους χρήστες, είναι καθοριστικής σημασίας για την τελική εφαρμογή του και συνεπώς τέτοιου είδους πειράματα είναι απαραίτητα για την ουσιαστική αξιολόγηση μιας πολιτικής χρέωσης. Αυτή η ανάγκη ενισχύεται από το γεγονός ότι τα μοντέλα χρέωσης με βάση τη χρήση που μελετούνται έχουν αρκετή πολυπλοκότητα η οποία θα πρέπει να "κρύβεται" από τον τελικό χρήστη.

Στην παρούσα εργασία υλοποιήθηκε ένα πρωτότυπο σύστημα χρέωσης το οποίο αποτελείται από μια πειραματική πλατφόρμα παροχής και χρέωσης υπηρεσιών ATM, καθώς και ένα εργαλείο επίδειξης της λειτουργικότητας της πλατφόρμας αυτής.

Η πλατφόρμα παροχής υπηρεσιών που υλοποιήθηκε, ουσιαστικά περιλαμβάνει ένα υποσύνολο της λειτουργικότητας της αρχιτεκτονικής που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο (αρκετό για τις απαιτήσεις μελέτης και επίδειξης των μηχανισμών χρέωσης που εφαρμόζονται).

Στη συγκεκριμένη πλατφόρμα, εφαρμόστηκαν οι μηχανισμοί χρέωσης που αναπτύχθηκαν στο έργο CA$HMAN και οι μέθοδοι μέτρησης της χρήσης που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Οι υπηρεσίες που υποστηρίζονται είναι υπηρεσίες ATM, μια και οι διάφορες κατηγορίες υπηρεσιών του ATM ήδη υποστηρίζονται στους μεταγωγείς και περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα εγγυημένων και ελαστικών δικτυακών υπηρεσιών με σαφώς καθορισμένα χαρακτηριστικά.

Αν και έχουν γίνει συγκεκριμένες επιλογές για τη λειτουργικότητα της πλατφόρμας αυτής, δίνεται επιπλέον η δυνατότητα εφαρμογής ποικίλων πολιτικών χρέωσης, μηχανισμών μέτρησης της χρήσης καθώς και παροχής διαφορετικού τύπου υπηρεσιών, μια και οι υπολογιστικές οντότητες της αρχιτεκτονικής λειτουργούν ανεξάρτητα και επικοινωνούν μέσω καθορισμένων διεπαφών. Είναι συνεπώς σχετικά απλή η προσαρμογή της σε νέες απαιτήσεις για τη μελέτη και επίδειξη όλων των επιμέρους διαδικασιών παροχής και χρέωσης υπηρεσιών.

Παράλληλα, αναπτύχθηκε ένα εργαλείο επίδειξης, το οποίο παρέχει τη διεπαφή μίας συγκεκριμένης εφαρμογής ATM, με ενσωματωμένα τα εργαλεία επιλογής των παραμέτρων του συμβολαίου κυκλοφορίας και της πολιτικής χρέωσης ώστε να επιδεικνύονται η επίδραση των διάφορων επιλογών στην ποιότητα υπηρεσίας που παρέχεται και στην αντίστοιχη χρέωση. Η συγκεκριμένη εφαρμογή που επιλέχθηκε είναι το Video On Demand, υπηρεσία η οποία παρέχεται από έναν Εξυπηρετητή Ταινιών (Video Server), ο

οποίος αποστέλει στον κάθε χρήστη, την επιλεγμένη ταινία (κωδικοποιημένη σε MPEG-1 μορφή [1]), παρέχοντας στους μηχανισμούς χρέωσης τις κατάλληλες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας της, με σκοπό τον υπολογισμό των παραμέτρων χρέωσης που της αναλογούν. Η επιλογή αυτή έγινε ώστε να είναι εμφανής η επίδραση των επιλογών του χρήστη, όσον αφορά τις παραμέτρους χρέωσης και κυκλοφορίας, στην τελική ποιότητα υπηρεσίας που λαμβάνει.

Το εργαλείο επίδειξης παρέχει επιπλέον τη δυνατότητα γνωστοποίησης χρέωσης πραγματικού χρόνου καθώς και τη λεπτομερή παρακολούθηση της όλης διαδικασίας, με σκοπό την αποδοτική μελέτη και αξιολόγηση των πολιτικών χρέωσης που εφαρμόζονται.

Στη συνέχεια αφού αναλύσουμε τις απαιτήσεις του συστήματος και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του, θα περιγράψουμε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τη λειτουργικότητα των επιμέρους τμημάτων του.

4.2 Απαιτήσεις

Ανακεφαλαιώνοντας, οι βασικοί στόχοι του συστήματος χρέωσης που αναπτύχθηκε στην εργασία αυτή αφορούν δύο κυρίως κατευθύνσεις. Από τη μια μεριά, το σύστημα σκοπό έχει την ανάπτυξη ενός σύγχρονου περιβάλλοντος παροχής υπηρεσιών, το οποίο θα παρέχει την ευελιξία εφαρμογής εξελιγμένων πολιτικών χρέωσης με βάση τη χρήση και αντίστοιχων μηχανισμών καταμέτρησης, και τη δυνατότητα παροχής διαφορετικού τύπου υπηρεσιών.

Εξίσου σημαντική είναι η ανάγκη παροχής μιας φιλικής διεπαφής χρήστη, η οποία θα επιτρέπει τη μελέτη και επίδειξη των μηχανισμών χρέωσης και καταμέτρησης που εφαρμόζονται στην πλατφόρμα που υλοποιήθηκε, αλλά και θα αποτελεί ένα εργαλείο πειραματισμού για την επίδραση που έχει η εφαρμογή της χρέωσης με βάση τη χρήση, στη λειτουργία του δικτύου και στις υπηρεσίες που λαμβάνουν οι τελικοί χρήστες, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζονται τέτοιου είδους πολιτικές χρέωσης (αν είναι κατανοητή η όλη διαδικασία, αν είναι ικανοποιητική η σχέση ποιότητας κόστους, κ.λ.π). Οι βασικές απαιτήσεις της υλοποίησης διαμορφώνονται συνεπώς ως εξής:

Ευελιξία

Η ευελιξία του συστήματος όσον αφορά την εφαρμογή διαφορετικών πολιτικών χρέωσης και μηχανισμών καταμέτρησης σε διαφορετικού τύπου υπηρεσίες, εκφράζεται κυρίως μέσω της "αυτονομίας" των διεργασιών που υλοποιούν τα επιμέρους τμήματα της διαδικασίας παροχής, χρέωσης, και μέτρησης της χρήσης των υπηρεσιών που προσφέρονται μέσω του συστήματος.

[1]Το MPEG-1 είναι μία μέθοδος συμπίεσης video και του συνοδευόμενου ήχου που έχει τυποποιηθεί από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization dor Standardization - ISO). Τα αρχικά MPEG προέρχονται από το Motion PIctures Expert Group η οποία είναι η ομάδα που ανέπτυξε τη μέθοδο

Οι υπολογιστικές οντότητες του συστήματος πρέπει συνεπώς να λειτουργούν ανεξάρτητα ώστε να μπορούν εύκολα να αντικαθίστανται χωρίς να επηρεάζουν τη λειτουργία του υπόλοιπου συστήματος. Είναι σημαντικό οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους, να περιορίζονται στη λειτουργικότητα που παρέχουν οι διεπαφές των αντικειμένου, οι οποίες πρέπει να είναι σαφώς καθορισμένες και να μην επιτρέπουν αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των υλοποιήσεων διαφορετικών αντικειμένων.

Έτσι, δίνεται η δυνατότητα πειραματισμού σε όλα τα επίπεδα παροχής και χρέωσης των υπηρεσιών ώστε να μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα από την εφαρμογή ποικίλων συνδυασμών διαφορετικών προσεγγίσεων στα επιμέρους τμήματα του συστήματος.

Επιπλέον, για την πιο αποτελεσματική μελέτη και επίδειξη, είναι σημαντικό να μπορούν να διαφοροποιούνται δυναμικά οι συνθήκες πάνω από τις οποίες παρέχονται οι υπηρεσίες στους χρήστες. Πιο συγκεκριμένα, για τις ελαστικές υπηρεσίες, θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο για τις ανάγκες των διάφορων πειραμάτων να μπορεί να "καθοριστεί" δυναμικά ο φόρτος του δικτύου ώστε να μελετηθούν τα αποτελέσματα της εφαρμογής των αντίστοιχων πολιτικών χρέωσης σε διαφορετικές συνθήκες και ειδικά σε συνθήκες συμφόρησης οι οποίες παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Επίσης, παρουσιάζει ενδιαφέρον ο καθορισμός διαφορετικών συνθηκών δικτύου κατά τον υπολογισμό των παραμέτρων χρέωσης για την εκάστοτε πολιτική χρέωσης που εφαρμόζεται.

Τέλος, επίσης καθοριστικός παράγοντας ευελιξίας αποτελεί η ποικιλία των παραμέτρων που παρέχουν οι υπολογιστικές οντότητες του συστήματος των οποίων η ρύθμιση διαμορφώνει ανάλογα με τις απαιτήσεις τη λειτουργικότητα τους.

Φιλική διεπαφή χρήστη

Η διεπαφή χρήστη είναι το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του εργαλείου για την επίδειξη της λειτουργικότητας της πλατφόρμας παροχής και χρέωσης υπηρεσιών αλλά και για την πραγματοποίηση πειραμάτων για την αντίδραση των χρηστών.

Η κατανόηση και αποδοχή από τον χρήστη των διάφορων σχημάτων χρέωσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο με τον οποίο έχει κατασκευαστεί η διεπαφή χρήστη.

Οι βασικές λειτουργίες που πρέπει να υποστηρίζονται είναι:

- Η επιλογή μιας ομάδας από παραμέτρους για το συμβόλαιο τιμολογίου για μία συγκεκριμένη σύνδεση ATM.
- Η αναμενόμενη χρέωση.
- Η τακτική ενημέρωση του χρήστη για το τρέχον κόστος.
- Η τελική ενημέρωση του χρήστη για το συνολικό κόστος στο τέλος της κλήσης.

Επιπλέον, για τον ανειδίκευτο χρήστη πρέπει να υποστηρίζονται βοηθητικές λειτουργίες για τη σωστή επιλογή των παραμέτρων χρέωσης και κυκλοφορίας αλλά και την

κατανόηση της όλης διαδικασίας.

Από τη μεριά του ελέγχου της σύνδεσης υποστηρίζονται λειτουργίες επιλογής παραμέτρων για το συμβόλαιο της κυκλοφορίας για την σύνδεση ATM και αρχικοποίησης της σύνδεσης. Είναι σημαντικό, ο χρήστης να συνειδητοποιεί την αντιστοιχία των επιλεγμένων παραμέτρων κυκλοφορίας με την τελική ποιότητα υπηρεσίας που του παρέχεται.

Τέλος, για τους εξειδικευμένους χρήστες, θα πρέπει να παρέχονται διεπαφές οι οποίες να επιτρέπουν την παρακολούθηση της όλης διαδικασίας αλλά και την δυναμική αλλαγή των συνθηκών, ώστε να είναι εφικτή η αποτελεσματική μελέτη και αξιολόγηση των μηχανισμών που εξετάζονται.

Αποδοτικότητα

Ο σκοπός του εργαλείου επίδειξης που υλοποιήθηκε στην εργασία αυτή δεν είναι η υιοθέτηση του σε πραγματικά περιβάλλοντα παροχής υπηρεσιών, τα οποία έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε αποδοτικότητα δεδομένου του τεράστιου όγκου των συνδέσεων και των χρηστών που αυτά εξυπηρετούν. Συνεπώς, η απαίτηση για αποδοτικότητα δεν είναι ιδιαίτερα αυστηρή, όμως θα πρέπει να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του εργαλείου υπό κανονικές συνθήκες, χωρίς να δημιουργούνται περιττές καθυστερήσεις κατά την επίδειξη ή τα πειράματα με απλούς χρήστες, οι οποίες είναι αρκετά ενοχλητικές και μερικές φορές μπορεί να επηρεάσουν τη συνολική εικόνα αλλά και τις αντιδράσεις των χρηστών.

Στη συγκεκριμένη υλοποίηση δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στην ελαχιστοποίηση της επικοινωνίας μεταξύ των αντικειμένων αλλά και του όγκου της πληροφορίας που ανταλλάσσεται μεταξύ τους. Για αυτό το λόγο σχεδιάστηκαν πολύ προσεκτικά οι δομές δεδομένων που ανταλλάσσονται ώστε να μην περιέχουν περιττές πληροφορίες. Επίσης, ελαχιστοποιήθηκαν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αντικειμένων της αρχιτεκτονικής στα πλαίσια βέβαια της ιεραρχικής αρχιτεκτονικής που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

4.3 Εργαλεία

4.3.1 Γλώσσα υλοποίησης

Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του συστήματος χρέωσης που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο αυτό, είναι η γλώσσα Java [54].

Η επιλογή αυτή βασίστηκε στο γεγονός, ότι η Java είναι μια σύγχρονη, έντονα αντικειμενοστρεφής γλώσσα προγραμματισμού, η οποία παρέχει τη δυνατότητα ανάπτυξης λογισμικού ανεξάρτητου του περιβάλλοντος εκτέλεσης (run-time environment). Το χαρακτηριστικό αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την ανάπτυξη κατανεμημένων

εφαρμογών (με δεδομένη την ανομοιογένεια μεταξύ των διαφορετικών υλοποιήσεων του εξοπλισμού δικτύου).

Παράλληλα, επιτρέπει το σχεδιασμό και υλοποίηση ιδιαίτερα φιλικών διεπαφών χρήστη οι οποίες επιτρέπουν την αποδοτική μελέτη των αντιδράσεων των χρηστών στα διάφορα συστήματα χρέωσης που εφαρμόζονται αλλά και καθ' αυτών των πολιτικών χρέωσης από εξειδικευμένους χρήστες. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα παρουσίασης του συστήματος χρέωσης στους τελικούς χρήστες, μέσω δημοφιλών Web Browsers (Netscape, Internet Explorer), μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο σημαντικά τις απαιτήσεις του συστήματος από τα τερματικά των χρηστών και καθιστώντας το έτσι εύκολα προσιτό.

Τέλος, η γλώσσα Java παρέχει απόλυτη διαλειτουργικότητα και ευελιξία στην ενσωμάτωση διαφορετικών κομματιών λογισμικού παρέχοντας στον προγραμματιστή ένα ευρύ φάσμα βιβλιοθηκών (libraries) λογισμικού που μπορεί να χρησιμοποιήσει, ενώ παράλληλα καθιστά εύκολα επαναχρησιμοποιήσιμο το λογισμικό που αναπτύσσεται.

Τα χαρακτηριστικά αυτά της γλώσσας Java, υπερκαλύπτουν το σχετικό της μειονέκτημα σε θέματα απόδοσης σε σύγκριση με άλλες αντικειμενοστρεφείς γλώσσες προγραμματισμού (π.χ C++) για τη συγκεκριμένη υλοποίηση, και για αυτό το λόγο αποτέλεσε την επιλογή για το σύστημα χρέωσης που αναπτύχθηκε.

4.3.2 Επικοινωνία

Για την επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστικών οντοτήτων του συστήματος χρέωσης (το κατανεμημένο περιβάλλον επεξεργασίας με την ορολογία της TINA), επιλέχθηκε η υλοποίηση της CORBA αρχιτεκτονικής από την εταιρία Iona, με το όνομα OrbixWeb [55].

Η επιλογή αυτή έγινε, επειδή η Iona είναι από τις πρώτες εταιρείες που παρουσίασε υλοποιήση της αρχιτεκτονικής CORBA, και το λογισμικό της κρίθηκε πιο σταθερό και με περισσότερες δυνατότητες από αντίστοιχες υλοποιήσεις (Java 1.2, Visibroker, κ.α).

Ο εντοπισμός των κατάλληλων αντικειμένων γίνεται μέσω της Υπηρεσίας Ονομάτων (Naming Service), η οποία έχει υλοποιηθεί και ενσωματωθεί στο OrbixWeb και η οποία παρέχει απόλυτη ευελιξία ως προς την τοποθεσία των αντικειμένων και επιτρέπει τον εύκολο "εντοπισμό" τους, χαρακτηριστικό ιδιαίτερα χρήσιμο στην παρούσα υλοποίηση όπως θα δούμε στη συνέχεια.

4.3.3 Διαχείριση του δικτύου

Οι επιλογές όσον αφορά τη διαχείριση του δικτύου σχετίζονται με δύο βασικές λειτουργίες διαχείρισης: τη δημιουργία των συνδέσεων ATM και την μέτρηση της χρήσης στους κόμβους του δικτύου.

4.3.3.1 Συνδέσεις ATM

Οι συνδέσεις ATM που υποστηρίζονται από την πλατφόρμα που υλοποιήθηκε είναι οι σταθερές συνδέσεις (Permanent Virtual Channel - PVC) και οι δυναμικές συνδέσεις (Switched Virtual Channel - SVC).

Οι σταθερές συνδέσεις (PVCs) δημιουργούνται μέσω διαχείρισης και παραμένουν ”ενεργές” συνεχώς, ανεξάρτητα αν χρησιμοποιούνται ή όχι. Στη συγκεκριμένη υλοποίηση υπάρχει η δυνατότητα ”δυναμικής” δημιουργίας τους (κατά τη διαδικασία πρόσβασης ενός χρήστη στην υπηρεσίας) μέσω διαχείρισης και πιο συγκεκριμένα μέσω SNMP.

Οι δυναμικές συνδέσεις (SVCs) δημιουργούνται μέσω σηματοδοσίας και έτσι είναι δυνατή η δημιουργία και καταστροφή τους τη στιγμή έναρξης και λήξης της αποστολής των δεδομένων (στη συγκεκριμένη υλοποίηση της επιλεγμένης ταινίας).

Για την αρχικοποίηση και αποστολή των δεδομένων στις συνδέσεις ATM χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Winsock 2 [56], το οποίο παρέχει ένα κοινό API (Application Program Interface) για τη διαχείριση των συνδέσεων ATM, ανεξάρτητα τεχνολογίας. Στο σχετικό με την τεχνολογία κομμάτι δημιουργίας των συνδέσεων ATM χρησιμοποιήθηκαν οι κάρτες ATM PCA200E της εταιρίας FORE και η αντίστοιχη υλοποίηση της Διεπαφής Παροχής Υπηρεσιών του Winsock (Winsock SPI).

4.3.3.2 Μέτρηση της χρήσης

Από τις πηγές πληροφορίας χρήσης που παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 3.3, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ATM Accounting που έχει υλοποιηθεί στους μεταγωγείς της εταιρίας Cisco (LS1010) οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την επίδειξη του συστήματος στο δίκτυο ATM του Ινστιτούτου Τεχνολογίας και Έρευνας (ITE - ICS-FORTH).

4.3.4 Video On Demand

Για την αποστολή και προβολή των ταινιών, χρησιμοποιήθηκε ένα έτοιμο εργαλείο, που αναπτύχθηκε στο ITE, το οποίο χρησιμοποιεί την κωδικοποίηση MPEG-1 [57] για την αποστολή των ταινιών και το Java Media Framework (JMF) [58] για την αποκωδικοποίηση και προβολή της ταινίας στην εφαρμογή του χρήστη.

4.4 Η Υλοποίηση της πλατφόρμας παροχής και χρέωσης υπηρεσιών

Η πλατφόρμα παροχής και χρέωσης υπηρεσιών που υλοποιήθηκε στην εργασία αυτή, ουσιαστικά αποτελεί την υλοποίηση ενός υποσυνόλου της αρχιτεκτονικής που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο (βλ. Σχήμα 3.6).

Ο βασικός σκοπός της υλοποίησης αυτής είναι η παροχή ενός πειραματικού περιβάλλοντος παροχής σύγχρονων υπηρεσιών και εφαρμογής εξελιγμένων πολιτικών χρέωσης με βάση τη χρήση. Πιο συγκεκριμένα, υλοποιήθηκαν οι μηχανισμοί χρέωσης που

πρότεινε το έργο CA$HMAN και οι οποίοι παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 1.7. Οι υπηρεσίες στις οποίες εφαρμόζονται αυτοί οι μηχανισμοί χρέωσης, είναι υπηρεσίες ATM όλων των κατηγοριών (ABR, CBR, VBR, και UBR). Για τη μέτρηση της χρήσης, υλοποιήθηκε ο μηχανισμός καταμέτρησης που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, του οποίου οι εξαρτημένες από την τεχνολογία οντότητες είναι εξειδικευμένες στην τεχνολογία ATM και πιο συγκεκριμένα στους μηχανισμούς καταμέτρησης που παρέχουν οι μεταγωγείς της εταιρίας Cisco.

Το γεγονός ότι η χρησιμότητα της πλατφόρμας αυτής αφορά τη μελέτη των πολιτικών χρέωσης που εφαρμόζονται και την πραγματοποίηση πειραμάτων, και όχι την εφαρμογή της σε ρεαλιστικά περιβάλλοντα παροχής υπηρεσιών, επέτρεψε την απλοποίηση ορισμένων διαδικασιών οι οποίες δεν επηρεάζουν τους σκοπούς της εργασίας αυτής.

Στη συνέχεια περιγράφουμε αναλυτικά την υλοποίηση των επιμέρους τμημάτων της αρχιτεκτονικής, και πιο συγκεκριμένα τις διαφορετικές συνόδους, δίνοντας έμφαση στη λειτουργικότητα των εκάστοτε αντικειμένων. Επίσης, παρουσιάζουμε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τις αλληλεπιδράσεις και την πληροφορία που ανταλλάσσεται για τη χρέωση της εκάστοτε υπηρεσίας που παρέχεται.

4.4.1 Σύνοδος Πρόσβασης

Οι μηχανισμοί χρέωσης του έργου CA$HMAN εστιάζουν στην κατανάλωση των πόρων του δικτύου (των απαιτούμενων συνδέσεων δηλαδή) που χρησιμοποιεί μια υπηρεσία και η αντίστοιχη χρέωση δεν εξαρτάται από πληροφορία που σχετίζεται με την πρόσβαση του πελάτη στην υπηρεσία.

Για αυτό το λόγο, η πιο σημαντική απλοποίηση που έγινε στην υλοποίηση της πλατφόρμας αφορά τη σύνοδο πρόσβασης, η οποία περιλαμβάνει απλώς την εισαγωγή του χρήστη στο δίκτυο με μια συγκεκριμένη ταυτότητα και τη διεύθυνση ATM του υπολογιστή στον οποίο εκτελείται η εφαρμογή (ή αντίστοιχα τη διεύθυνση IP αν υποστηρίζονται υπηρεσίες IP).

4.4.2 Σύνοδος Υπηρεσίας

Όσον αφορά τη σύνοδο υπηρεσίας, έχει υλοποιηθεί η βασική λειτουργικότητα παροχής μιας προεπιλεγμένης υπηρεσίας (Video On Demand - VoD).

Έχει παραληφθεί το κομμάτι επιλογής προμηθευτή και υπηρεσίας μια και οι λειτουργίες αυτές αφορούν ρεαλιστικά περιβάλλοντα παροχής υπηρεσιών και αρκεί η υλοποίηση μιας συγκεκριμένης υπηρεσίας για τις απαιτήσεις του συστήματος.

Επίσης, δεν έχει υλοποιηθεί ο UBM, αφού οι λειτουργίες του εξαρτώνται αποκλειστικά από τον Προμηθευτή της υπηρεσίας και στο συγκεκριμένο σύστημα η μέθοδος γνωστοποίησης χρέωσης που εφαρμόζεται είναι πάντα η γνωστοποίηση χρέωσης πραγματικού χρόνου.

Ο UTM ο οποίος υπεύθυνος για την εφαρμογή της εκάστοτε πολιτικής χρέωσης και συνεπώς υλοποιήθηκε πλήρως, είναι υπεύθυνος για την αποστολή της τρέχουσας χρέωσης (η οποία εξαρτάται μόνο από τη κατανάλωση των πόρων του δικτύου).

Στη συνέχεια περιγράφουμε αναλυτικά τη λειτουργικότητα όλων των αντικειμένων της συνόδου υπηρεσίας που υλοποιήθηκαν.

- **Εφαρμογή του Χρήστη (UAP - User Application)**

  Το UAP είναι η εφαρμογή του χρήστη μέσω της οποίας του παρέχεται η επιλεγμένη υπηρεσία (VoD). Το αντικείμενο αυτό ουσιαστικά αποτελεί τη διεπαφή του εργαλείου επίδειξης και θα το παρουσιάσουμε αναλυτικά στη συνέχεια.

- **Εργοστάσιο Υπηρεσίας (Service Factory - SF)**

  Η πρόσβαση του χρήστη γίνεται μέσω του SF (παρακάμπτεται η σύνοδος πρόσβασης). Το UAP, αφού ενημερώσει το δίκτυο για την ταυτότητα του χρήστη, δίνει την αίτηση για έναρξη/καταστροφή της υπηρεσίας (VoD) και το SF είναι υπεύθυνο για την δημιουργία, αρχικοποίηση και καταστροφή των κατάλληλων (για τη συγκεκριμένη υπηρεσία) USM, SSM, UTM και επιστροφή στο UAP της αναφοράς (reference) του USM μέσω του οποίου θα έχει πρόσβαση στον έλεγχο της υπηρεσίας.

- **Διαχειριστής Συνόδου Χρήστη (User Session Manager - USM)**

  Το USM αποτελεί μέρος της συνόδου υπηρεσίας και είναι το αντικείμενο στο χώρο του δικτύου (Network Domain) υπεύθυνο, για τον κάθε χρήστη. Μεταφέρει στα υπεύθυνα αντικείμενα της συνόδου υπηρεσίας τις επιλογές του χρήστη για ότι έχει σχέση με την παροχή της επιλεγμένης υπηρεσίας (την κατηγορία υπηρεσίας, την ποιότητα υπηρεσίας, τις παραμέτρους χρέωσης, τα σήματα ελέγχου προς τον εξυπηρετητή της υπηρεσίας - έναρξη, διακοπή, κ.λ.π). Επίσης, μεταφέρει στην εφαρμογή του χρήστη την πληροφορία γνωστοποίησης χρέωσης, την αναμενόμενη χρέωση για την επιλεγμένη υπηρεσία και γενικά πληροφορίες που αφορούν την παρακολούθηση της διαδικασίας. Αποτελεί δηλαδή το συνδετικό κρίκο των χρηστών με τα υπόλοιπα αντικείμενα της υπηρεσίας συνόδου (SSM, UTM) και κατ' επέκταση και με τον εξυπηρετητή της υπηρεσίας (μέσω του SSM).

- **UTM (User Tariffing Manager)**

  Το UTM είναι υπεύθυνο για τον υπολογισμό της χρέωσης του χρήστη για τον οποίο είναι υπεύθυνο. Διαχειρίζεται το Συμβόλαιο Κυκλοφορίας (Traffic Contract) της σύνδεσης του χρήστη, τις επιλεγμένες παραμέτρους χρέωσης και τα δεδομένα χρήσης (που λαμβάνει από το UMM) για να υπολογίσει τη χρέωση του χρήστη. Υλοποιεί την ενοποιημένη πολιτική χρέωσης που περιγράφηκε στην Ενότητα 1.7 καθώς και την επίπεδη πολιτική χρέωσης ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των δύο διαφορετικών προσεγγίσεων. Οι παράμετροι χρέωσης (οι τριάδες a,

b, c) παρέχονται από ένα εξειδικευμένο αντικείμενο (Tariff Module - TM), στο οποίο ενσωματώνεται η πολιτική χρέωσης του προμηθευτή, και η εκτίμηση των συγκεκριμένων συνθηκών του δικτύου τη στιγμή παροχής της υπηρεσίας από τις οποίες εξαρτάται η ακριβής τιμή των παραμέτρων χρέωσης. Στη συνέχεια θα περιγράψουμε αναλυτικότερα αυτή τη διαδικασία. Το UTM είναι επίσης υπεύθυνο για την αποστολή της αναμενόμενης χρέωσης μιας επιλεγμένης υπηρεσίας πριν την τελική επιλογή της, καθώς και για την γνωστοποίηση πραγματικού χρόνου που υποστηρίζεται.

- **Ο Εξυπηρετητής Ταινιών - VideoServer**

  Ο VideoServer είναι ο εξυπηρετητής της υπηρεσίας. Στέλνει στον χρήστη τις διαθέσιμες ταινίες και είναι υπεύθυνος για την αποστολή της επιλεχθείσας ταινίας μέσω της σύνδεσης που έχει δημιουργήσει ο CSM ή μέσω σηματοδσίας (signaling). Επίσης παρέχει στο UTM, τα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας της επιλεγμένης ταινίας τα οποία χρησιμοποιούνται για την επιλογή των παραμέτρων χρέωσης. Εν συνεχεία είναι υπεύθυνος για την επιλογή των βέλτιστων παραμέτρων χρέωσης για την επιλεγμένη ταινία όπως θα περιγράψουμε αναλυτικότερα στη συνέχεια.

  Τέλος, για τις ανάγκες των πειραμάτων για τη χρέωση των υπηρεσίες ABR με βάση την πρόθεση χρέωση των χρηστών (willingness to pay), ο VS προσομοιώνει το διαμοιρασμό του εύρους ζώνης μεταξύ των χρηστών ABR, ανάλογα με την πρόθεση χρέωσης τους.

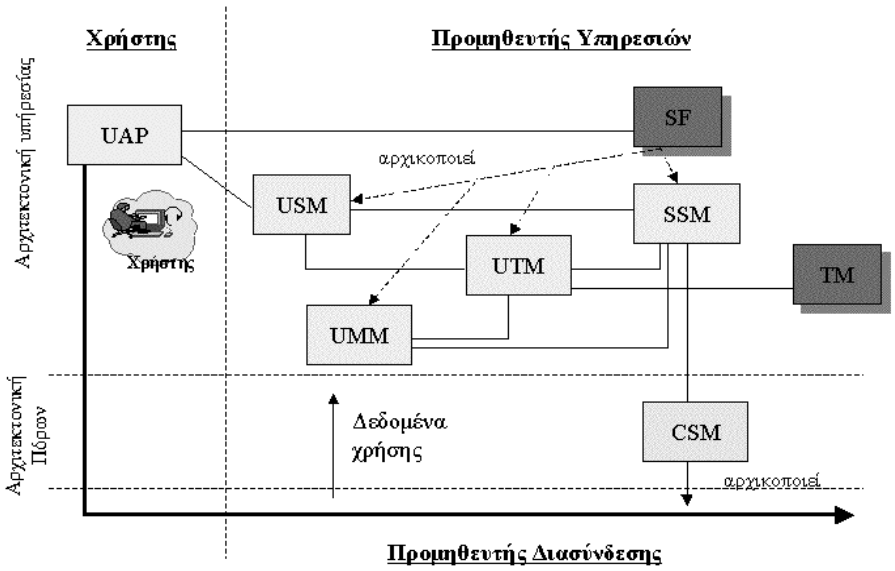
- **SSM (Service Session Manager)**

  Το SSM διαχειρίζεται γενικά την παροχή της υπηρεσίας στους χρήστες και υπάρχει ένα ανά σύνοδο. Μεταφέρει τις αιτήσεις και τις επιλογές των χρηστών (που τις λαμβάνει μέσω των USM, UTM) στον εξυπηρετητή της υπηρεσίας και επιστρέφει τις απαντήσεις του ή διαγνωστικά επιτυχίας/αποτυχίας. Επίσης, είναι υπεύθυνο για την δημιουργία τις αιτήσεις δημιουργίας των αναγκαίων συνδέσεων (όταν υποστηρίζεται η δημιουργία PVCs) στο CSM.

4.4.3 Σύνοδος Επικοινωνίας

Η σύνοδος επικοινωνίας έχει απλοποιηθεί ώστε να υποστηρίζει απλώς την δημιουργία PVCs όταν αυτό απαιτείται. Οι δυναμικές συνδέσεις (SVCs) αρχικοποιούνται μέσω της διεπαφής του Winsock από τα δύο άκρα των συνδέσεων (τον εξυπηρετητή και την εφαρμογή του χρήστη).

Τα υπεύθυνα αντικείμενα για την υλοποίηση της λειτουργικότητας αυτής είναι το Εργοστάσιο Επικοινωνίας (Communication Factory - CF) το οποίο είναι υπεύθυνο για την δημιουργία και καταστροφή των (Διαχειριστών της Συνόδου Επικοινωνίας (Communication Session Manager - CSM) τα οποία με τη σειρά τους είναι υπεύθυνα



Σχήμα 4.1: Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας που υλοποιήθηκε

για την δημιουργία των συνδέσεων - μέσω της ATM MIB - στην περίπτωση που έχει επιλεγεί η δυνατότητα υποστήριξης PVC για την παροχή της υπηρεσίας.

Η αιτήσεις για τη δημιουργία των συνδέσεων λαμβάνονται από το SSM, στο οποίο επιστρέφεται η ταυτότητα της σύνδεσης, η οποία παρέχεται στα αντικείμενα μέτρησης για την πραγματοποίηση της καταμέτρησης της χρήσης.

Στην περίπτωση δυναμικών συνδέσεων, η πληροφορία αυτή παρέχεται από την εφαρμογή του χρήστη ή από τον εξυπηρετητή, ανάλογα με το επιλεγμένο άκρο στο οποίο θα πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις.

4.4.4 Μέτρηση της χρήσης

Ο μηχανισμός μέτρησης της χρήσης που υλοποιήθηκε ακολουθεί το υπολογιστικό μοντέλο που παρουσιάστηκε στην Παράγραφο 3.7.2. Τα αντικείμενα όμως που εξαρτώνται από την τεχνολογία δικτύου και την υλοποίηση των συσκευών, υλοποιήθηκαν για τη συγκεκριμένη δικτυακή πλατφόρμα (το δίκτυο ATM του ICS-FORTH) που χρησιμοποιήθηκε για τα πειράματα.

Πιο συγκεκριμένα, υλοποιήθηκε ένας τύπος των αντικειμένων MF και NEM, εξειδικευμένος στην τεχνολογία δικτύου ATM, και πιο συγκεκριμένα στη μέθοδο μέτρησης που παρέχουν οι μεταγωγείς της εταιρίας Cisco (Cisco ATM Accounting). Η υλοποίηση του αντίστοιχου NEM περιγράφηκε στην Ενότητα 3.5, και αυτή ακριβώς η λειτουργικότητα υλοποιήθηκε στα πλαίσια της ανάπτυξης της παρούσας πλατφόρμας παροχής και χρέωσης υπηρεσιών.

Ο εντοπισμός των κατάλληλων κόμβων, οι οποίοι έχουν επιλεγεί για τις εκάστοτε μετρήσεις γίνεται αυτόματα μέσω της υπηρεσίας ονομάτων. Πιο συγκεκριμένα, το ”όνομα”

του κάθε MF περιλαμβάνει το πρόθεμα (prefix) των διευθύνσεων ATM του μεταγωγέα για τον οποίο είναι υπεύθυνο (για παράδειγμα "MF_47000580ffe1000000f2010102"). Έτσι, έχοντας το σύστημα χρέωσης στη διάθεση του τη διεύθυνση ATM του υπολογιστή στον οποίο εκτελείται η εφαρμογή του χρήστη, μπορεί αυτόματα να επικοινωνήσει με το MF που είναι υπεύθυνο για το αντίστοιχο "άκρο" της σύνδεσης.

4.4.5 Επιλογή παραμέτρων χρέωσης - Υπολογισμός Χρέωσης

Το **Tariff module (TM)** είναι ένα αντικείμενο που παρέχει τις παραμέτρους a,b,c για όλες τις πολιτικές χρέωσης και κατηγορίες υπηρεσιών ανάλογα με το σημείο λειτουργίας του δικτύου, τις παραμέτρους κυκλοφορίας της υπηρεσίας, και την πολιτική του προμηθευτή.

Σε συγκεκριμένες κατηγορίες υπηρεσίας των οποίων η χρήση των πόρων εξαρτάται έντονα από τα στατιστικά χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας που μεταδίδεται (SCR, MBS, PCR, κ.λ.π), όπως για παράδειγμα στην υπηρεσία VBR, παρέχονται παραπάνω από μια τριάδες παραμέτρων χρέωσης από τις οποίες πρέπει να επιλεγεί η βέλτιστη για τη συγκεκριμένη υπηρεσία που έχει επιλεγεί (ανάλογα με τη συνολική της διάρκεια και το συνολικό όγκο των δεδομένων).

Έτσι, το TM παρέχει στα UTM τις παραμέτρους χρέωσης βάσει των επιλογών του χρήστη για τον τύπο χρέωσης και τις παραμέτρους κυκλοφορίας. Η επιλογή της βέλτιστης τριάδας γίνεται είτε από τον εξυπηρετητή (ο οποίος γνωρίζει τα χαρακτηριστικά της επιλεγμένης υπηρεσίας), είτε από έναν εξειδικευμένο χρήστη για λόγους επίδειξης της επίδρασης που έχει η κάθε επιλογή σε σχέση με την συγκεκριμένη υπηρεσία που έχει επιλεγεί.

Παρακάτω περιγράφεται συνοπτικά η επικοινωνία που λαμβάνει χώρα για κάθε τύπο υπηρεσίας και χρέωσης προκειμένου να υπολογιστεί η χρέωση (charge) του χρήστη. Για κάθε στάδιο επικοινωνίας αναφέρονται τα αντικείμενα που επικοινωνούν και η ροή της πληροφορίας (μέσω των συμβόλων $>, <$), καθώς και το είδος της πληροφορίας που μεταδίδεται (παράμετροι κυκλοφορίας, πρόθεση χρέωσης, παράμετροι χρέωσης, κ.α).

Στις αλληλεπιδράσεις που περιγράφονται, οι τριάδες a, b, c παρέχονται στο UTM από το TM, ενώ η μέθοδος επιλογής που εφαρμόζεται είναι από τον εξυπηρετητή της υπηρεσίας (VS).

Επίσης, η επικοινωνία του UTM με τον Video Server (VS) γίνεται μέσω του SSM και η επικοινωνία του UAP με το UTM μέσω του USM.

Το T είναι ο χρόνος που η σύνδεση είναι ενεργή και το V είναι ο όγκος της πληροφορίας που μεταφέρθηκε κατά τη διάρκεια της υπηρεσίας. Τα δύο αυτά στοιχεία (όταν απαιτούνται) παρέχονται από το UMM.

CBR:

Παράμετροι κυκλοφορίας: PCR (Peak Cell Rate)

Τύπος χρέωσης 1:

Χρέωση =	$a * T + c$	
Επικοινωνία:	UTM $<$ VS	PCR
	UAP $<$ UTM	αναμενόμενη χρέωση (=$a * T + c$)

VBR:

Παράμετροι κυκλοφορίας: PCR, SCR, MBS

Τύπος χρέωσης 1:

Χρέωση =	$a * T + b * V + c$	
Επικοινωνία:	UTM $<$ VS	PCR, SCR, MBS
	UTM $>$ VS	πίνακας παραμέτρων $[a, b]$
	UTM $<$ VS	ζευγάρι παραμέτρων (a, b), m (mean rate)
	UAP $<$ UTM	αναμενόμενη χρέωση (=$a * T + b * m * T + c$)

Τύπος χρέωσης 2:

Χρέωση =	$aT + c$	
Επικοινωνία:	UTM $<$ VS	PCR,SCR,MBS
	UAP $<$ UTM	αναμενόμενη χρέωση = $a * T + c$

ABR:

Παράμετροι κυκλοφορίας: MCR (μόνο για τον Τύπο χρέωσης 2)

Τύπος χρέωσης 1:

Χρέωση =	$(\Sigma w_i * T_i) + c$	
Επικοινωνία:	UAP $>$ UTM $>$ VS	willingness to pay (w_i)
	δεν δίνεται αναμενόμενη χρέωση	

Τύπος χρέωσης 2:

Χρέωση =	$a * MCR * T + b * V + c$	
Επικοινωνία:	UTM $<$ VS	MCR
	δεν δίνεται αναμενόμενη χρέωση	

UBR:

Παράμετροι κυκλοφορίας: κανένας

Τύπος χρέωσης 1:

Χρέωση =	$b * V + c$	
Επικοινωνία:	UTM $<$ VS	m (mean rate)
	UAP $<$ UTM	αναμενόμενη χρέωση (=$b * m * T + c$)

4.5 Η υλοποίηση του εργαλείου επίδειξης

Με βάση την πλατφόρμα παροχής και χρέωσης υπηρεσιών που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, υλοποιήθηκε μία συγκεκριμένη εφαρμογή χρήστη, η οποία ουσιαστικά αποτελεί τη διεπαφή του εργαλείου επίδειξης αλλά και τη διεπαφή χρήσης για τα πειράματα συμπεριφοράς του χρήστη.

Στο σύστημα εφαρμογής και επίδειξης χρέωσης, η υπηρεσία που προσφέρεται είναι Video On Demand (VoD), όπου ο χρήστης επιλέγει την ταινία που επιθυμεί να παρακολουθήσει μέσα από μία λίστα διαθέσιμων ταινιών. Επιπλέον, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα επιλογής της κατηγορίας της σύνδεσης ATM που θα χρησιμοποιηθεί για την αποστολή της ταινίας καθώς και της πολιτικής χρέωσης με βάση την οποία θα χρεωθεί. Το δίκτυο, ανάλογα με τις επιλογές του χρήστη για ποιότητα υπηρεσίας κάνει τις κατάλληλες μετρήσεις κατά τη διάρκεια παροχής της υπηρεσίας και υπολογίζει την τελική χρέωση του χρήστη πάλι ανάλογα με την επιλεχθείσα ποιότητα υπηρεσίας αλλά και με την πολιτική χρέωσης.

4.5.1 Η υλοποίηση της εφαρμογής του χρήστη

Οι λειτουργίες που υποστηρίζονται από τη διεπαφή του χρήστη είναι οι εξής:

- Επιλογή υπηρεσίας και πολιτικής χρέωσης
- Επιλογή παραμέτρων για χρέωση γραμμική ως προς το χρόνο και τον όγκο
- Παροχή υπηρεσίας - επαναδιαπραγμάτευση
- Γνωστοποίηση χρέωσης

4.5.1.1 Επιλογή υπηρεσίας και πολιτική χρέωσης

Ο χρήστης πριν αρχικοποιήσει την υπηρεσία, καλείται να κάνει συγκεκριμένες επιλογές όσον αφορά τη συγκεκριμένη ταινία που θα παρακολουθήσει, το συμβόλαιο κυκλοφορίας με το δίκτυο και την πολιτική χρέωσης βάσει της οποίας θα χρεωθεί. Οι παραπάνω επιλογές γίνονται ως εξής:

- Επιλογή ταινίας

  Ο χρήστης έχει στη διάθεση του έναν συγκεκριμένο αριθμό ταινιών, από τις οποίες καλείται να επιλέξει αυτή που θέλει να παρακολουθήσει, με βάση το όνομα, την περιγραφή, και τη διάρκεια της.

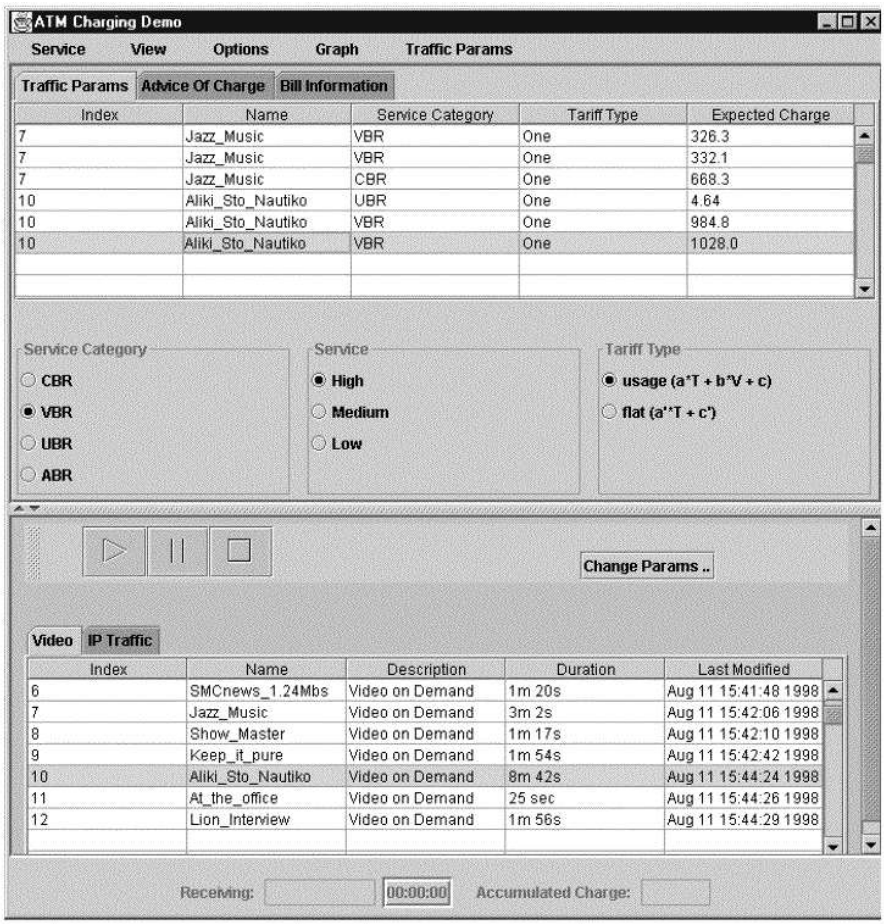
- Συμβόλαιο Κυκλοφορίας

  Για κάθε επιλεγμένη ταινία, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την κατηγορία υπηρεσίας (VBR, CBR, UBR, και ABR) και την ανάλογη ποιότητα (High, Medium, Low) υπηρεσίας η οποία τελικά θα του προσφερθεί.

- Πολιτική Χρέωσης

  Τέλος, ανάλογα με την κατηγορία υπηρεσίας ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την πολιτική χρέωσης που θα εφαρμοστεί για την παρεχόμενη υπηρεσία (χρέωση με βάση τη χρήση, επίπεδη χρέωση, χρέωση με βάση την πρόθεση χρέωσης - για τις υπηρεσίες ABR).

Για κάθε διαφορετική επιλογή του χρήστη, εμφανίζεται στο πάνω μέρος του κεντρικού παραθύρου η αναμενόμενη χρέωση για τη συγκεκριμένη επιλογή. Αφού ο χρήστης, έχει επιλέξει όλους τους πιθανούς συνδυασμούς, μπορεί να κάνει την τελική επιλογή του και να αρχικοποίησει την παροχή της επιλεγμένης υπηρεσίας (βλ. Σχήμα 4.2).



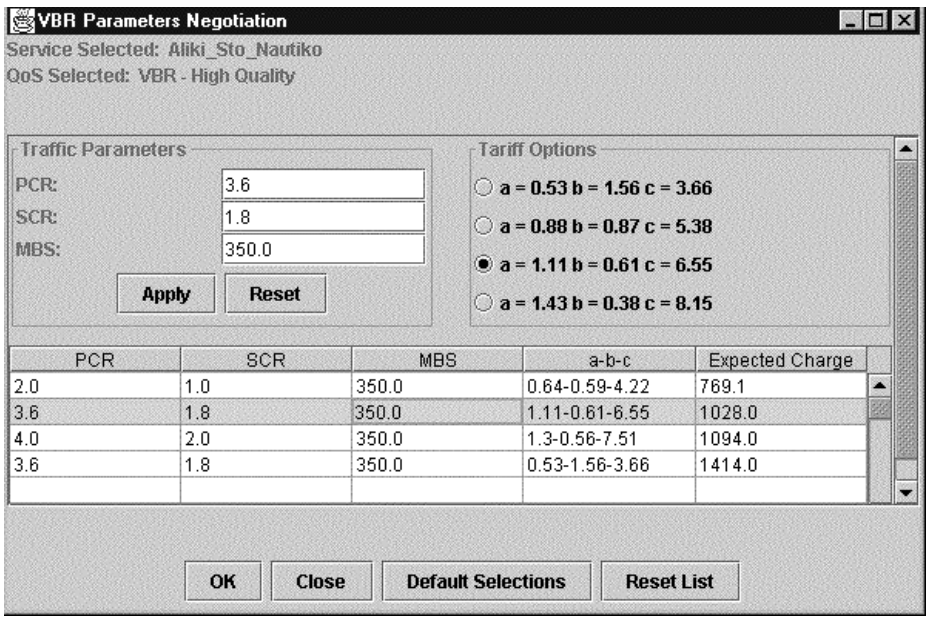
Σχήμα 4.2: Κεντρικό παράθυρο του εργαλείου επίδειξης

4.5.1.2 Επιλογή παραμέτρων για χρέωση γραμμική ως προς το χρόνο και τον όγκο

Στην κατηγορία VBR για κάθε συμβόλαιο κυκλοφορίας μπορούν να υπολογιστούν πολλές τριάδες a, b, c από το TM. Η επιλογή της βέλτιστης τριάδας εξαρτάται από τα πραγματικά χαρακτηριστικά κυκλοφορίας της επιλεγμένης υπηρεσίας και γίνεται

από τον εξυπηρετητή της ταινίας ο οποίος γνωρίζει τα στατιστικά χαρακτηριστικά της επιλεγμένης ταινίας.

Για να γίνεται κατανοητή η όλη διαδικασία στα πλαίσια μίας επίδειξης υλοποιήθηκε επιπλέον μία διεπαφή διαπραγμάτευσης των χαρακτηριστικών κυκλοφορίας της υπηρεσίας και των αντίστοιχων τριάδων παραμέτρων χρέωσης (βλ. Σχήμα 4.3) στην εφαρμογή του χρήστη.



Σχήμα 4.3: Παράθυρο διαπραγμάτευσης παραμέτρων χρέωσης

Ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τα στατιστικά χαρακτηριστικά της επιλεγμένης ταινίας (PCR, MBS, SCR). Ανάλογα με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που έχουν επιλεγεί, στο δεξιό μέρος του παραθύρου εμφανίζονται οι αντίστοιχες παράμετροι χρέωσης (με προεπιλεγμένη τη βέλτιστη).

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει όποια τριάδα θέλει και όλες οι επιλογές του αποθηκεύονται σε μία λίστα μαζί με την αναμενόμενη χρέωση για την κάθε επιλογή. Η τελική επιλογή του χρήστη θα καθορίσει με βάση ποιες παραμέτρους χρέωσης θα υπολογίζεται το κόστος της υπηρεσίας που του παρέχεται. Κατά την παροχή της υπηρεσίας, στο παράθυρο γνωστοποίησης της χρέωσης, εκτός από την τρέχουσα χρέωση φαίνεται και η τρέχουσα χρέωση σε περίπτωση που είχε επιλεγεί η βέλτιστη τριάδα παραμέτρων χρέωσης.

4.5.1.3 Παροχή της υπηρεσίας - επαναδιαπραγμάτευση

Όταν ο χρήστης έχει κάνει όλες τις επιλογές που αφορούν την παροχή και χρέωση της υπηρεσίας, μπορεί να ξεκινήσει την προβολή της ταινίας πατώντας το χαρακτηριστικό κουμπί (*play*), ή μέσω της επιλογής *Υπηρεσία− >Έναρξη (Service− >Start)* από το

αντίστοιχο μενού.

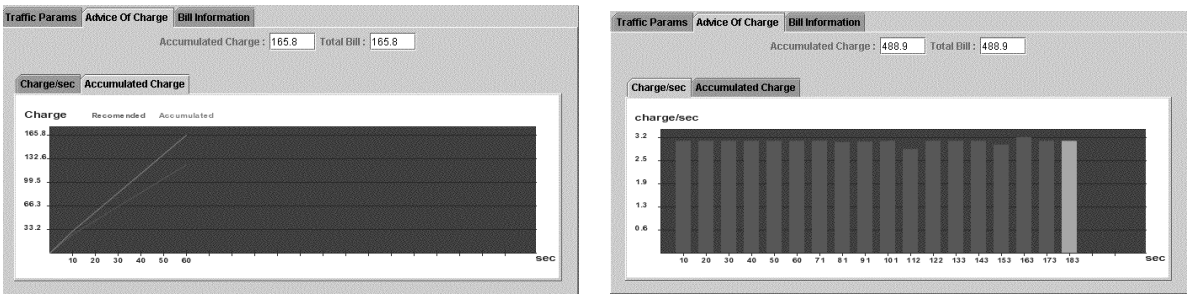
Τότε, αρχίζει η προβολή της ταινίας, και παράλληλα ο χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει την εξέλιξη της χρέωσης του για τη συγκεκριμένη υπηρεσία και σε περίπτωση που δεν είναι ικανοποιημένος από τη σχέση ποιότητας/χρέωσης να αλλάξει συγκεκριμένες παραμέτρους, όπως για παράδειγμα την πολιτική χρέωσης, την επιλεγμένη ποιότητα, ή την πρόθεση χρέωσης όταν έχει επιλεγεί η κατηγορία ABR.

Οποιαδήποτε στιγμή, ο χρήστης μπορεί να σταματήσει ή να διακόψει την προβολή και ταυτόχρονα σταματά η διαδικασία μέτρησης της χρήσης, υπολογισμού και γνωστοποίησης της χρέωσης.

Σχήμα 4.4: Ένδειξη Κατάστασης

Καθ' όλη τη διάρκεια προβολής της ταινίας, εκτός από τα ειδικά παράθυρα γνωστοποίησης χρέωσης που θα περιγράψουμε αναλυτικά στη συνέχεια, ο χρήστης μπορεί στο κάτω μέρος του κεντρικού παραθύρου να παρακολουθεί το ρυθμό των δεδομένων που λαμβάνει (πληροφορία που αποτελεί ένα αριθμητικό κριτήριο της ποιότητας εξυπηρέτησης), το χρόνο που έχει περάσει, και την τρέχουσα χρέωση (βλ. Σχήμα 4.4).

4.5.1.4 Γνωστοποίηση Χρέωσης



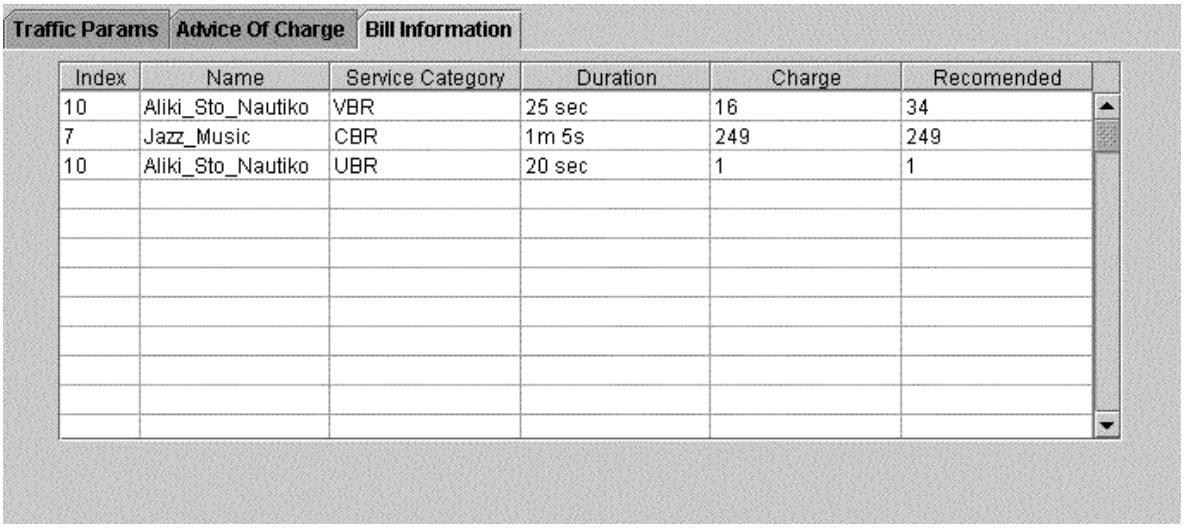
(α) (β)

Σχήμα 4.5: Γνωστοποίηση χρέωσης πραγματικού χρόνου

Η γνωστοποίηση χρέωσης περιλαμβάνει:

- Τρέχουσα συνολική χρέωση, σε αντιπαράθεση με αυτή αν είχε επιλεγεί η βέλτιστη τριάδα παραμέτρων (βλ. Σχήμα 4.5α).
- Τρέχουσα χρέωση ανά 10 δευτερόλεπτα, διάστημα που μπορεί να ρυθμιστεί από το χρήστη (βλ. Σχήμα 4.5β).
- Τρέχον συνολικός λογαριασμός (το άθροισμα όλων των επιμέρους συνολικών χρεώσεων των ολοκληρωμένων ταινιών).

Ο τελικός λογαριασμός για την κάθε υπηρεσία είναι η αντίστοιχη χρέωση όπως αυτή υπολογίστηκε από τα αντικείμενα χρέωσης. Παρέχεται μία λίστα με όλες τις συνόδους υπηρεσίας που αρχικοποίησε ο χρήστης και τις συγκεκριμένες επιλογές του ως προς το είδος της υπηρεσίας, το συμβόλαιο κυκλοφορίας και την πολιτική χρέωσης με την αντίστοιχη συνολική χρέωση καθώς βέβαια και ένα πεδίο με το συνολικό λογαριασμό (βλ. Σχήμα 4.6).



Σχήμα 4.6: Παράθυρο Λογαριασμού

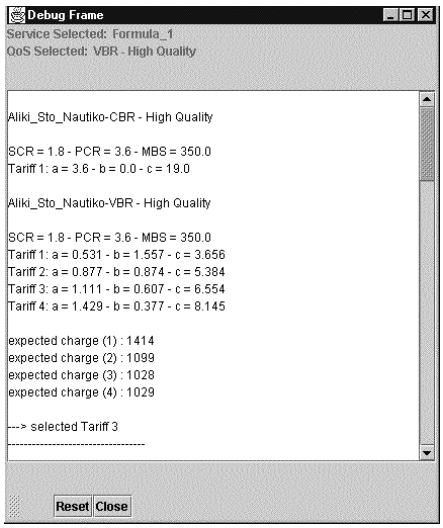
4.5.2 Η διεπαφή του εξυπηρετητή ταινιών

Στο τερματικό όπου έχει αρχικοποιηθεί ο εξυπηρετητής ταινιών, είναι διαθέσιμο ένα παράθυρο στο οποίο εκτυπώνονται οι εκάστοτε επιλογές παραμέτρων χρέωσης (ανάλογα με τις επιλογές του χρήστη) και η επιλογή της βέλτιστης τριάδας που κάνει ο εξυπηρετητής (βλ. Σχήμα 4.7).

4.5.3 Διαχείριση χρηστών ABR

Για την προσομοίωση ρεαλιστικών συνθηκών κατά την παροχή υπηρεσιών ABR (οι οποίες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το φόρτο του δικτύου αλλά και από τη σχέση των προθέσεων χρέωσης των διαφόρων χρηστών) έχει υλοποιηθεί ένας διαχειριστής χρηστών ABR, ο οποίος δίνει τη δυνατότητα στον εξειδικευμένο χρήστη να αλλάζει δυναμικά τις συνθήκες του δικτύου αλλά και την πρόθεση χρέωση ιδεατών χρηστών ABR που μπορεί να εισαχθούν σε αυτό, ώστε να γίνεται αποδοτική η μελέτη και αξιολόγηση της εφαρμογής της συγκεκριμένης πολιτικής χρέωσης (με βάση την πρόθεση χρέωσης).

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.8, ο διαχειριστής έχει πλήρη εποπτεία του συστήματος και των χρηστών που υπάρχουν σε αυτό. Μπορεί να αλλάζει την χωρητικότητα που



Σχήμα 4.7: Παράθυρο παρακολούθησης της επιλογής παραμέτρων

είναι διαθέσιμη για τις υπηρεσίες ABR, είτε θέτοντας μια νέα τιμή, είτε αρχίζοντας την διαδικασία προσομοίωσης άφιξης/αναχώρησης συνδέσεων CBR, θέτοντας τις ανάλογες παραμέτρους. Επίσης, έχει την δυνατότητα να ενεργοποιεί/απενεργοποιεί εικονικές συνδέσεις ABR, είτε ορίζοντας ο ίδιος την τιμή, είτε αρχίζοντας μια τυχαία διαδικασία εισόδου/εξόδου εικονικών συνδέσεων ABR.

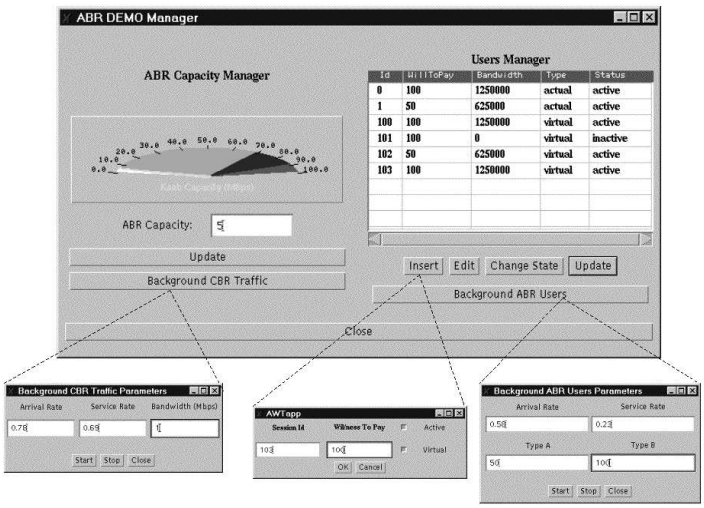
Το Σχήμα 4.8 έχει προκύψει από ένα πραγματικό πείραμα. Υπάρχουν 2 πραγματικές συνδέσεις ABR, και 4 εικονικές, από τις οποίες μία είναι απενεργοποιημένη, η διαθέσιμη χωρητικότητα για τις συνδέσεις ABR έχει τεθεί 5 Mbps, αλλά μεταβάλλεται περί την τιμή αυτή λόγω της διαδικασίας άφιξης αναχώρησης εικονικών συνδέσεων της κλάσης CBR. Ο διαχειριστής έχει επιλέξει να έχουν εύρος ζώνης 1 Mbps και με ρυθμό άφιξης και αναχώρησης 0.78 και 0.69, αντίστοιχα. Επίσης έχει αρχίσει μια διαδικασία ενεργοποίησης/απενεργοποίησης εικονικών συνδέσεων ABR, με παράμετρο χρέωσης (willingness-to-pay) 50 και 100. Ο ρυθμός ενεργοποίησης είναι 0.58 και ο ρυθμός απενεργοποίησης 0.23.

4.5.4 Συνοπτική περιγραφή του εργαλείου επίδειξης

Στην ενότητα αυτή συνοψίζουμε τη βασική χρήση του εργαλείου επίδειξης από έναν αμύητο χρήστη και οι αντίστοιχες λειτουργίες της πλατφόρμας παροχής και χρέωσης υπηρεσιών:

1. Ο χρήστης τρέχει την εφαρμογή του χρήστη (UAP) αρχικοποιώντας έτσι τη σύνοδο.

2. Αυτόματα το UAP επικοινωνεί με το SF με παράμετρο την ταυτότητα του χρήστη. Το SF δημιουργεί τα USM, UTM, SSM για τη συγκεκριμένη υπηρεσία. Το SSM εν συνεχεία δημιουργεί το CSM αν χρειάζεται.



Σχήμα 4.8: Ο Διαχειριστής Χρηστών ABR

3. Το UAP ενημερώνεται (επίσης αυτόματα) για τις ταινίες που διατίθονται στο Video Server, τις κατηγορίες συνδέσεων και τις πολιτικές χρέωσης.

4. Ο χρήστης κάνει τις επιλογές του.

5. Για κάθε επιλογή του, ο χρήστης ενημερώνεται για το αναμενόμενο κόστος της συγκεκριμένης επιλογής.

6. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα, αλλαγής των χαρακτηριστικών κυκλοφορίας της επιλεγμένης ταινίας και της αντίστοιχης επιλογής των παραμέτρων χρέωσης.

7. Ο χρήστης εκτελεί μία επιλογή του ξεκινώντας την υπηρεσία.

8. Δημιουργείται η σύνδεση (μέσω CSM αν έχει επιλεγεί PVC ή μέσω VS αν έχει επιλεγεί SVC).

9. Στέλνεται η ταινία από τον VS προς την εφαρμογή του χρήστη (UAP).

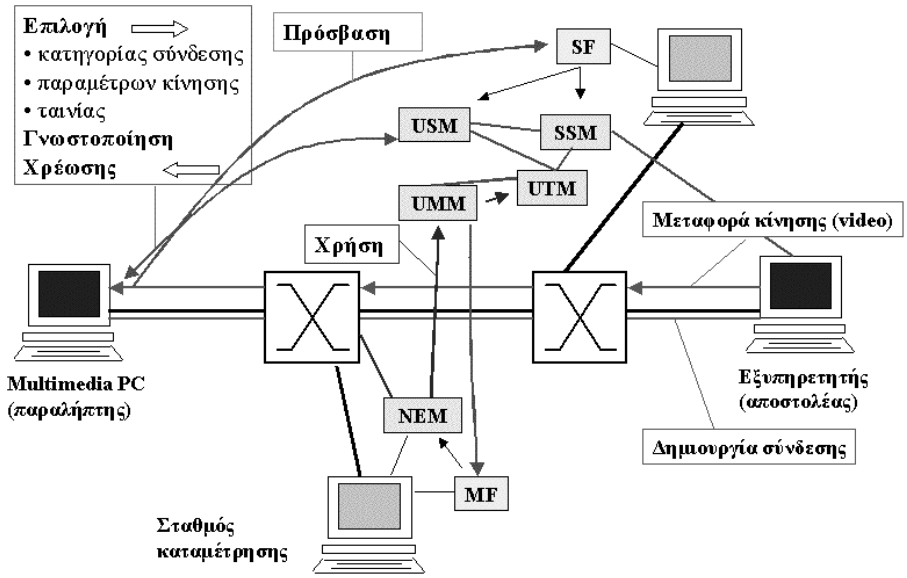
10. Κατά τακτά χρονικά διαστήματα ο χρήστης ενημερώνεται για την χρέωση του. Έχει τη δυνατότητα να διακόψει και να επιλέξει άλλη ταινία, τύπο σύνδεσης ή πολιτική χρέωσης. Επίσης, έχει τη δυνατότητα να αλλάξει δυναμικά την πολιτική χρέωσης ή την πρόθεση χρέωσης του όταν έχει επιλεγεί η υπηρεσία ABR.

11. Ο χρήστης κλείνει τη σύνοδο και ενημερώνεται για τη συνολική χρέωση του.

4.6 Η πλατφόρμα επίδειξης

Το συγκεκριμένο εργαλείο επίδειξης χρησιμοποιήθηκε στο δίκτυο ATM του Ινστιτούτου Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΤΕ). Στο Σχήμα 4.9, φαίνεται το περιβάλλον στο οποίο

πραγματοποιήθηκαν τα διάφορα πειράματα χρήσης του εργαλείου που υλοποιήθηκε καθώς και οι βασικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αντικειμένων της αρχιτεκτονικής (βλ. Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.9: Η πλατφόρμα επίδειξης

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα - Μελλοντικά Θέματα

Στην εργασία αυτή, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένας σύγχρονος μηχανισμός καταμέτρησης της χρήσης, ο οποίος βασίζεται στις αρχές της κατανεμημένης και αντικειμενοστρεφούς επεξεργασίας και στο βασικό μοντέλο καταμέτρησης που έχει διαμορφωθεί σήμερα μέσω των προδιαγραφών των οργανισμών και των υλοποιήσεων των εταιριών. Ο μηχανισμός αυτός, παρέχει μια ανοικτή διεπαφή παροχής της πληροφορίας χρήσης αποκρύπτοντας τις ιδιαιτερότητες της τεχνολογίας δικτύου και της υλοποίησης των συσκευών και ελαχιστοποιώντας τον όγκο της πληροφορίας που διακινείται στο δίκτυο.

Επιπλέον, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας υλοποιήθηκε ένα πρωτότυπο, ολοκληρωμένο σύστημα παροχής και χρέωσης σύνθετων υπηρεσιών δικτύων ATM, το οποίο ακολουθεί τις προδιαγραφές της TINA για τη σχεδίαση αρχιτεκτονικών παροχής υπηρεσιών, και υλοποιεί εξελιγμένα μοντέλα χρέωσης που προτάθηκαν από το έργο CA$HMAN.

Για την αξιολόγηση και επίδειξη των επιμέρους διαδικασιών του συστήματος αυτού υλοποιήθηκε μια συγκεκριμένη εφαρμογή χρήστη μέσω της οποίας παρέχεται η υπηρεσία Video On Demand (VoD). Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στη σχεδίαση της διεπαφής χρήστη, ώστε να δίνεται η δυνατότητα λεπτομερούς μελέτης όλων των επιπέδων παροχής και χρέωσης της υπηρεσίας, καθώς και η πραγματοποίηση πειραμάτων για την αξιολόγηση των μοντέλων χρέωσης από εξειδικευμένους και μη χρήστες.

Μελλοντικά θέματα

Οι μελλοντικές κατευθύνσεις της εργασίας αυτής αφορούν κατ' αρχήν την προσαρμογή της σε ρεαλιστικά περιβάλλοντα παροχής σύγχρονων υπηρεσιών, όπου ο χρήστης έχει στη διάθεση του ένα ευρύ φάσμα επιλογών όσον αφορά τον προμηθευτή από τον οποίο θα αγοράσει την επιθυμητή υπηρεσία αλλά και το είδος της υπηρεσίας που τελικά θα επιλέξει.

Η επιλογή αυτή μπορεί να σχετίζεται με την ιδιαίτερη προτίμηση κάποιου χρήστη

για κάποιον προμηθευτή (η οποία μπορεί να εξαρτάται από την πολιτική marketing του προμηθευτή, την "εξάρτηση" του χρήστη από τον συγκεκριμένο προμηθευτή, κ.α), τη συνάρτηση χρησιμότητας (utility function) του χρήστη (η οποία εκφράζει τις προσωπικές του απαιτήσεις για τη σχέση ποιότητας/κόστους των υπηρεσιών που του παρέχονται) και άλλους παράγοντες.

Σε τέτοια περιβάλλοντα παροχής υπηρεσιών για τον υπολογισμό της τελικής χρέωσης χρησιμοποιείται γενικά και η πληροφορία πρόσβασης του χρήστη η οποία περιλαμβάνει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του (την ταυτότητα του, τις προτιμήσεις του, κ.α) καθώς και συγκεκριμένες συμφωνίες με τον προμηθευτή (εκπτώσεις, το είδος των υπηρεσιών στις οποίες έχει το δικαίωμα πρόσβασης, κ.α).

Η πληροφορία αυτή, εκτός από τις ανάγκες της χρέωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ευφυών αντιπροσώπων, οι οποίοι βάσει ενός αρχείου προτιμήσεων του κάθε χρήστη (user profile) θα αναλαμβάνουν να διευκολύνουν τον χρήστη σε ότι αφορά στις παραμέτρους χρέωσης που πρέπει να επιλέξει [59] ή στην επιλογή του καλύτερου προμηθευτή και είδους υπηρεσίας (ανάλογα με την επιθυμητή σχέση ποιότητας/κόστους υπηρεσίας) [60].

Σχετικά με το σύστημα χρέωσης που υλοποιήθηκε, παρουσιάζει επίσης ιδιαίτερο ενδιαφέρον η υλοποίηση διαφορετικών μηχανισμών χρέωσης καθώς και η δυνατότητα παροχής διαφορετικού τύπου υπηρεσιών, ώστε η πλατφόρμα επίδειξης να αποτελέσει ένα πολύ δυνατό εργαλείο πειραματισμού και μελέτης των διαφορετικών μηχανισμών χρέωσης σε σχέση με τις υπηρεσίες που παρέχονται. Ιδιαίτερη σημαντική θα ήταν η μελέτη εφαρμογής μηχανισμών χρέωσης με βάση τη χρήση σε ενοποιημένες ή διαφοροποιημένες υπηρεσίες όπως αυτές έχουν οριστεί από την IETF.

Μια μελλοντική κατεύθυνση όσον αφορά τα πειράματα χρέωσης, θα μπορούσε να είναι η δημιουργία ενός ρεαλιστικού περιβάλλοντος παροχής υπηρεσιών ATM (όπως το πείραμα Index του Berkeley [61]), στο οποίο θα εφαρμόζονται διαφορετικές πολιτικές χρεώσης σε πραγματικές υπηρεσίες ATM (για τις οποίες οι χρήστες θα πληρώνουν με κάποιο τρόπο). Ένα τέτοιο πείραμα θα έδινε πολύ αξιόπιστα συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα και την αποδοχή διαφορετικών πολιτικών χρέωσης αλλά και την αποδοτικότητα των αντίστοιχων μηχανισμών μέτρησης της χρήσης που εφαρμόζονται.

Βιβλιογραφία

[1] S. Shenker and J. Wroclawski. General Characterization Parameters for Integrated Service Network Elements. RFC 2215. Network Working Group. IETF, September 1997.

[2] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E.Davies, Z. Wang, and W. Weiss. An Architecture for Differentiated Services. RFC 2475. Network Working Group. IETF, December 1998.

[3] Reference model of open distributed processing. Technical Report X.901, ISO/IEC, April 1995.

[4] D. J. Songhurst. *Charging Communications Networks: From Theory to Practice.* Elsevier Science B.V., 1999.

[5] V. Jacobson. Congestion avoidance and control. In *ACM SIGCOMM 88 Proceedings*, pages 314--329, 1988.

[6] The ATM Forum. Traffic management specification version 4.0. AF-TM-0056.000, April 1996.

[7] S. Shenker. Fundamental design issues for the future internet. *IEEE J. Selected Areas in Comm.*, 13:1176--1188, 1995.

[8] Recommendation I371: Traffic control and congestion control in B-ISDN, 1996.

[9] R. Braden, D. Clark, and S. Shenker. Integrated services in the Internet architecture: an overview. RFC 1633. ISI, MIT, and Xerox PARC, June 1994.

[10] R. Guerin S. Shenker, C. Partridge. Specification of Guaranteed Quality of Service. RFC 2212. Network Working Group. IETF, September 1997.

[11] J. Wroclawski. Specification of the Controlled-Load Network Element Service. RFC 2211. Network Working Group. IETF, September 1997.

[12] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, and S. Jamin. Resource Reservation Protocol (RSVP). RFC 2005. Network Working Group. IETF, September 1997.

[13] J. Wroclawski. The Use of RSVP with IETF Integrated Services. RFC 2210. Network Working Group. IETF, September 1997.

[14] Arun Viswanathan and Ross Callon. Multiprotocol Label Switching. Internet Draft. Network Working Group. IETF, April 1999.

[15] Recommendation X.711: Information technology - Open Systems Interconnection - Common Management information Protocol: Specification, October 1997.

[16] J. Case, M. Fedor, M. Schoffstall, and C. Davin. A Simple Network Management Protocol(SNMP). RFC 1098. Network Working Group. IETF, April 1989.

[17] The Common Object Request Broker : Architecture and Specification v2.0. Technical Report OMG Document, Object Management Group, July 1995.

[18] R. Sessions. *COM and DCOM; Microsoft's Vision for Distributed Objects.* John Wiley & Sons, 1997.

[19] CORBA services: Common Object Services Specification, 1997.

[20] Usage metering function for accounting purposes. Technical Report X.742, ITU-T, April 1995.

[21] B-ISDN Inter Carrier Interface Specification. In *Usage Measurement Chapter of the B-ICI Specification version 2.0*, pages af--bici--0013.003. December 1995.

[22] K. McCloghrie, J. Heinanen, W. Greene, and A. Prasad. Accounting Information for ATM Networks. RFC 2512. IETF, February 1999.

[23] TMN; Functional Specification of the usage Metering Information Management on the Operation System to Network Element Interface. Technical Report I-ETS draft, December 1996.

[24] Network resource architecture. Technical Report TINA-C Deliverable, Version 3.0, February 1997.

[25] Bellcore. Bellcore Automatic Message Accounting Format (BAF). April 1997.

[26] S. Waldbusser. Remote Network Monitoring Management Information base. RFC 1757. Network Working Group. IETF, February 1995.

[27] S. Waldbusser. Remote Network Monitoring Management Information Base. RFC 1757. Network Working Group. IETF, February 1995.

[28] Cisco Systems. Configuring ATM Accounting and RMON. http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/atm/wa3/11_2_5/sw_cfg/act_rmon.htm.

[29] N. BrownLee, C. Mills, and G. Ruth. Traffic Flow Measurement: Architecture. RFC 2063. IETF, January 1997.

[30] Cisco Systems. NetFlow Services and Applications. Διαθέσιμο στο: <http://www.cisco.com/warp/public/732/netflow/>.

[31] N. BrownLee. Traffic Flow Measurement: Meter MIB. RFC 2064. IETF, January 1997.

[32] K. McCloghrie, J. Heinanen, W. Greene, and A. Prasad. Managed Objects for Controlling the Collection and Storage of Accounting Information for Connection-Oriented Networks. RFC 2513. IETF, February 1999.

[33] Cisco Systems. NetFlow Services and Applications: White Paper. Διαθέσιμο στο: <http://www.cisco.com/warp/public/cc/cisco/mkt/ios/netflow/tech/napps_wp.htm>.

[34] N. BrownLee. Traffic Flow Measurement: Experiences with NeTraMet. RFC 2123. IETF, March 1997.

[35] N. BrownLee. Netramet and NeMaC: Reference Manual. Διαθέσιμο στο: <http://www.aukland.ac.nz/net/Accounting/ntmref.pdf>, June 1999.

[36] New Bridge. MainStreetXpress 46020 Network Manager Release 3.0, 3.2. Διαθέσιμο στο: <http://prodweb.newbridge.com:80/products/datasheets/msx46020.jhtml>.

[37] Fore Systems. ForeView Accountant. Διαθέσιμο στο: <http://www.fore.com/products/fvacct/fvacct_po.html>.

[38] A. Odlyzko. A modest proposal for preventing Internet congestion. Preprint, September 1997. AT&T Labs - Research. Διαθέσιμο στο <http://www.research.att.com/ amo>.

[39] R. Bohn, H.-W. Braun, K. C. Claffy, and S. Wolff. Mitigating the coming Internet crunch: multiple service levels via Precedence. March 1994.

[40] K. Nichols, V. Jacobson, and L. Zang. A two-bit differentiated service architecture for the internet. Draft RFC:draft-nichols-diff-svc-arch-00.txt., November 1997.

[41] A. Gupta, D. O. Stahl, and A. B. Whinston. Pricing of Services on the Internet. 1995.

[42] J.K. MacKie-Mason and H.R. Varian. Pricing the internet. In B. Kahin and J. Keller, editors, *Public Access to the Internet*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1994.

[43] F.P. Kelly, A. Maulloo, and D. Tan. Rate control for communication networks: shadow prices, proportional fairness and stability. Submitted for publication, 1997.

[44] D. D. Clark. A model for cost allocation and pricing in the Internet. In L. W. McKnight and J. P. Bailey, editors, *Internet Economics*. MIT Press, Cambridge, MA, 1996.

[45] D. D. Clark. Adding service discrimination to the Internet. *Telecommunications Policy*, 20:169--181, 1996.

[46] C. Courcoubetis, F. P. Kelly, V. A. Siris, and R. Weber. A Study of Simple Usage-based Charging Schemes for Broadband Networks. In *Proceedings of IFIP International Conference on Broadband Communications (BC'98)*, Stuttgart, Germany, April 1-3, 1998.

[47] F.P. Kelly. On tariffs, policing and admission control for multiservice networks. *Oper. Res.*, 15:1--9, 1994.

[48] C. Courcoubetis, F. P. Kelly, and R. Weber. Measurement-based Usage Charges in Communication Networks. In *To appear in Operations Reseaarch*, 1999. Διαθέσιμο στο <http://www.statslab.cam.ac.uk/Reports/1997/1997-19.html>.

[49] C. Courcoubetis, V.A. Siris, and G.D. Stamoulis. Integration of pricing and flow control for available bit rate services in atm networks. In *IEEE Globecom 96 Proceedings*, 1996.

[50] Recommendation M.3010: Principles for a Telecommunication Management Network.

[51] Service architecture. Technical Report TINA-C Deliverable, Version 5.0, June 1997.

[52] XACCT Technologies. Mediation for IP: Provisioning and Billing for IP-Based Services. Διαθέσιμο στο: <http://www.xacct.com/technical%20support/XacctPro.htm>.

[53] Cisco Systems. Configuring NetFlow Data Export. Διαθέσιμο στο: <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/lan/cat5000/rel_4_5/config/nde.htm>.

[54] Ivor Horton. *Beginning Java 2*. March 1999.

[55] Iona Technologies. Orbix/OrbixWeb. Διαθέσιμο στο: <http://www.iona.com/products/orbixchoice.html>.

[56] Stardust Technologies. Winsock 2.0 and ATM. Διαθέσιμο στο: <http://www.stardust.com/>.

[57] D. Le Gall. MPEG: A Video compression standard for multimedia applications. *Communications of the ACM*, 34(4):46--58, April 1991.

[58] Linden deCarmo. *Core Java Media Framework*. June 1999.

[59] C. Courcoubetis, G. D. Stamoulis, C. Manolakis, and F. P. Kelly. An Intelligent Agent for Optimizing QoS-for-Money in Priced ABR Connections. TR-218, ICS-FORTH, May 1998. Submitted to Telecom. Systems.

[60] George D. Stamoulis, Dimitrios Kalopsikakis, Anna Kirikoglou, and C. Courcoubetis. Agent-based negotiation for optimal selection of telecommunications services. Report of Work-in-Progress. First IAC Workshop on Internet-Based Negotiation Technologies. Yorktown Heights, NY, USA - March 18-19, 1999. Διαθέσιμο στο: <http://www.ics.forth.gr/netgroup/publications/>.

[61] University of California, Berkeley. The Internet Demand Experiment (INDEX). Διαθέσιμο στο: <http://www.INDEX.Berkeley.EDU>.

Ευρετήριο Α

Συντομογραφίες

ABR	Available Bit Rate
AMA	Automatic Message Accounting
API	Application Program Interface
ASN.1	Abstract Syntax Notation 1
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BAF	Bellcore AMA Format
CAC	Call Admission Control
CASHMAN	Charging and Accounting Schemes in Multiservice ATM Networks
CBR	Constant Bit Rate
CMIP	Common Management Information Protocol
CMIS	Common Management Information Service
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
CSM	Communication Session Manager
DPE	Distributed Processing Environment
FTP	File Transfer Protocol
GDMO	Guidelines for the Definition of Managed Object
GIOP	General Inter-ORB Protocol
IA	Initial Agent
IDL	Interface Definition Language
IETF	Internet Engineering Task Force
IIOP	Internet Inter-ORB Protocol
IN	Intelligent Network
IP	Internet Protocol
ISP	Internet Service Provider
MBS	Maximum Burst Size
MCR	Mean Cell Rate

MF	Metering Factory
MIB	Management Information Base
MPEG	Moving Pictures Experts Group
MPLS	MultiProtocol Label Switching
NEM	Network Element Meter
NFC	Network Flow Connection
ODP	Object Distributed Processing
OMG	Object Management Group
OMA	Object Management Architecture
ORB	Object Request Broker
OSIMIS	Open Systems Interconnection Management Informatice
OSI	Open Systems Interconnection
PA	Provider Agent
PCR	Peak Cell Rate
PVC	Permanent Virtual Connection
RFC	Request For Comments
SCR	Sustainable Cell Rate
SF	Service Factory
SFC	Stream Flow Connection
SLA	Service Level Agreement
SMM	Service Metering Manager
SNMP	Simple Network Management Protocol
SPI	Service Program Interface
SSM	Service Session Manager
STR	Service Transaction Record
SVC	Switched Virtual Connection
TCP	Transmission Control Protocol
TINA	Telecom Information Networking Architecture
TINA-C	Telecom Information Networking Architecture - Consortium
TM	Tariff Module
TMN	Telecom Management Network
UA	User Agent
UAP	User Application
UDP	User Datagram Protocol
UBM	User Billing Manager
UBR	Unspecified Bit Rate
UMM	User Metering Manager

USM	User Session Manager
UTM	User Tariffing Manager
USMM	User Session Metering Manager
VBR	Variable Bit Rate
VPI	Virtual Path Identifier
VCI	Virtual Connection Identifier

Ευρετήριο Β

Ευρετήριο Όρων

Α

Ακατέργαστα Δεδομένα Χρήσης	Raw Usage Data
Αλληλεπιδραστικές υπηρεσίες πολυμέσων	Interactive Multimedia Services
Αναφορά	Reference
Αντικείμενο	Object
Αντικειμενοστρεφής	Object-oriented
Αντιπρόσωπος	Agent
Αντιστοίχιση	Mapping
Αποθήκευση	Storage
Αρχείο Προτιμήσεων Χρήστη	User Profile
Αρχιτεκτονική Παροχής Υπηρεσιών	Service Architecture
Αστυνόμευση	Policing

Β

Βάση Δεδομένων	Database
Βάση Διαχείρισης Πληροφορίας	Management Information Base (MIB)
Βέλτιστη Τιμή	Optimal Price

Γ

Γνωστοποίηση Χρέωσης	Billing
Γνωστοποίηση Χρέωσης Πραγματικού Χρόνου	Advice Of Charge

Δ

Δεδομένα Χρήσης	Usage Data
Δειγματοληψία	Polling
Δρομολογητής	Router
Διαλειτουργικότητα	Interoperability
Διαφάνεια	Transparency
Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες	Differentiated Services
Διαχείριση Δικτύων	Network Management
Διεπαφή	Interface
Διαμόρφωση	Configuration
Διασυνδεσιμότητα	Connectivity

Ε

Εγγυημένες Υπηρεσίες	Guaranteed Services
Ειδοποίηση	Notification
Ελαστικές Υπηρεσίες	Elastic Services
Ενοποιημένες Υπηρεσίες	Integrated Services
Έλεγχος Αποδοχής Κλήσης	Connection Admission Control
Επαναδιαπραγμάτευση	Renegotiation
Επεκτασιμότητα	Scalability
Επίπεδη Χρέωση	Flat Rate Pricing
Έργο	Project
Εύρος Ζώνης	Bandwidth
Εφαρμογή	Application

Θ

Θύρα Επικοινωνίας	Port

Ι

Ιδεατό μονοπάτι	Virtual Path
Ιδεατή Σύνδεση	Virtual Connection

Κ

Καθυστέρηση	Delay
Κατανεμημένο Περιβάλλον Επεξεργασίας	Distributed Processing Environment
Κελί	Cell
Κεντρικός Υπολογιστής	Host
Κοινωνική Ευημερία	Social Welfare
Κόμβος	Network Element

Λ

Λογαριασμός	Bill

Μ

Μισθωμένη Γραμμή	Leased Line
Μέγιστο Μέγεθος Έκρηξης	Maximum Burst Size
Μέγιστος Μέσος Ρυθμός Κυκλοφορίας	Sustainable Cell Rate
Μέγιστος Ρυθμός Κυκλοφορίας	Peak Cell Rate
Μεταγωγέας	Switch
Μετατροπή	Conversion
Μέτρηση Χρήσης	Usage Metering
Μονοπάτι	Path

Ο

Όγκος	Volume
Ομάδα Συνδέσεων	Stream Flow Connection
Ομαδοποίηση	Aggregation
Οντότητα Πληροφορίας Χρήσης	Usage Record
Οντότητα Πληροφορίας Χρέωσης	Billing Record
Οπτική Γωνία	Viewpoint

Π

Παροχέας Internet Υπηρεσιών	Internet Service Provider
Πηγή	Source
Πληροφορία Χρήσης	Usage Information
Ποιότητα Υπηρεσίας	Quality Of Service
Πόροι	Resources
Πραγματικού Χρόνου	Real Time
Προδιαγραφή	Specification
Προμηθευτής	Provider
Πρότυπο	Pattern
Προώθηση	Forwarding
Πρωτόκολλο Επικοινωνίας	Communication Protocol

Ρ

Ροή	Flow
Ρυθμίσιμος	Configurable

Σ

Σήματα Ανάδρασης	Feedback Signals
Στρωματοποίηση	Layering
Συλλογή	Collection
Συμβατότητα Κινήτρων	Incentive Compatibility
Συμβόλαιο Κυκλοφορίας	Traffic Contract
Σύνδεση	Connection
Σύνοδος	Session
Σύνοδος Πρόσβασης	Access Session
Συσχέτιση	Correlation

Τ

Ταυτότητα	Identifier
Τιμολόγηση	Pricing
Τιμολογιακή Κατηγορία	Tariff
Τυποποίηση	Standard

Υ

Υπηρεσία	Service
Υπολογισμός Χρέωσης	Charging

Φ

Φιλτράρισμα	Filtering

Χ

Χρέωση με βάση τη χρήση	Usage Based Pricing
Χρήστης	User