

QUALITY OF SERVICE GUARANTEES IN NETWORKS

ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ
2^ο Εξάμηνο MIS
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
email vogiatz@uom.gr

Περίληψη

Η συνεχώς αυξανόμενη χρήση του διαδικτύου τα τελευταία χρόνια, οδήγησε στην ανάπτυξη νέων εφαρμογών. Οι εφαρμογές αυτές, όπως οι τηλεσυνδιασκέψεις, η τηλεφωνία μέσω IP, το video on demand κ.α., έχουν νέες παραμέτρους εξυπηρέτησης και σαν αποτέλεσμα το διαδίκτυο πρέπει να ακολουθήσει τις αλλαγές, παρέχοντας επαρκή ποιότητα υπηρεσιών (Quality of service – QoS). Η σημερινή αρχιτεκτονική του διαδικτύου θα πρέπει να διαμορφωθεί κατάλληλα. Το υπόβαθρο υπάρχει. Η τεχνολογία ATM περικλείει στην φιλοσοφία της την έννοια της ποιότητας υπηρεσιών, παρέχοντας εγγυήσεις για την μετάδοση των δεδομένων.

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα πρωτόκολλα και τις αρχιτεκτονικές που έχουν προταθεί για την παροχή QoS στα υπάρχοντα δίκτυα. Εμπορικές εφαρμογές αναφέρονται και κρίσεις γίνονται γύρω από την τρέχουσα έρευνα σε αυτό το πεδίο. Τέλος παρουσιάζονται οι τάσεις και οι προοπτικές για τα μελλοντικά δίκτυα υπηρεσιών.

QUALITY OF SERVICE GUARANTEES IN NETWORKS

VOGIATZIS SOTIRIOS
2nd Semester MIS
UNIVERSITY OF MACEDONIA
email vogiatz@uom.gr

Abstract

The continual growth of the Internet use the last years, lead to the development of new applications. These applications, like teleconferencing, voice-over-IP, video-on-demand etc., have new serving parameters and as a result the Internet must follow the changes providing adequate Quality of Service (QoS). Today's Internet architecture must be appropriated formed. The background exists. The ATM technology contains in its philosophy the quality of service concept, providing guarantees for data delivery.

This paper presents the protocols and the architectures proposed for the provision of QoS in existing networks. Commercial applications are mentioned and judgments are made about the surveys in this field. Finally the tendencies and the perspectives are presented about the future service networks.

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στις εγγυήσεις για ποιότητα υπηρεσιών (Quality of Service – QoS guarantees) και οργανώνεται ως εξής. Αρχικά γίνεται αναφορά στους λόγους που κάνουν απαραίτητη την ύπαρξη QoS στα σημερινά δίκτυα. Στην συνέχεια παρουσιάζεται η τεχνολογία ATM και οι εγγυήσεις στην μεταφορά δεδομένων που αυτή παρέχει. Η επόμενη ενότητα αναφέρεται στα πρωτόκολλα και τις αρχιτεκτονικές QoS, που υλοποιούνται σε δίκτυα που υποστηρίζουν το Internet Protocol (IP). Ακολούθως γίνεται αναφορά σε τρέχουσες εργασίες και εξελίξεις και η εργασία ολοκληρώνεται με τις απαιτήσεις QoS που θα έχουν τα δίκτυα της επόμενης δεκαετίας.

Η ανάγκη για εγγυήσεις QoS

Το Internet Protocol (IP) έχει την δυνατότητα να τρέχει ιδεατά πάνω από οποιοδήποτε μέσο μεταφοράς και από οποιαδήποτε πλατφόρμα. Με την τεράστια αύξηση του διαδικτύου (Internet) τα τελευταία χρόνια, νέες εφαρμογές εμφανίστηκαν με συνέπεια την τεράστια αύξηση της κίνησης του δικτύου, τόσο σε όγκο όσο και σε χαρακτήρα. Οι νέες εφαρμογές έχουν νέες παραμέτρους εξυπηρέτησης και σαν αποτέλεσμα το διαδίκτυο πρέπει να παρακολουθήσει τις αλλαγές. Η αύξηση του διαθέσιμου bandwidth για την αποφυγή συμφόρησης στους συνδέσμους είναι η προφανής λύση. Όμως το πρόβλημα είναι κάτι παραπάνω από ένα θέμα χωρητικότητας[UR13].

Κάποιες από τις νέες εφαρμογές του διαδικτύου είναι πολυμεσικές και απαιτούν μεγάλο bandwidth. Άλλες έχουν αυστηρές χρονικές απαιτήσεις. Όλες αυτές απαιτούν υπηρεσίες δικτύου πέρα από την απλή “καλύτερης προσπάθειας” (best effort), που παρέχει το IP. Απαιτούν τα σημερινά δίκτυα να αποκτήσουν “εξυπνάδα”.

Για τα τηλεοπτικά και ραδιοφωνικά δίκτυα η πραγμάτωση τους μέσω IP έχει ξεκινήσει μεν, αλλά έχει να διανύσει πολύ δρόμο ακόμη. Επειδή για λόγους bandwidth η μετάδοση unicast από τις εταιρίες στους πελάτες είναι απαγορευτική, η εφαρμογή multicast μετάδοσης πρέπει να αναπτυχθεί. Οι προστιθέμενη αξία που τα IP δίκτυα μπορούν να παρέχουν σε αυτές τις πολυμεσικές εφαρμογές είναι τεράστια.

Επιτρέπουν νέες διαστάσεις στο περιεχόμενο των πολυμέσων. Όμως πριν αυτές οι τρομερές δυνατότητες εκπληρωθούν, είναι κάποιες απαιτήσεις υπηρεσιών δικτύου να εκπληρωθούν πέρα από τη multicast μετάδοση.

Σήμερα η πιο περιζήτητη εφαρμογή είναι η τηλεφωνία πάνω από IP (voice over IP). Παρότι δεν έχει υψηλές απαιτήσεις σε bandwidth, γύρω στα 8kbps, έχει απαιτήσεις καθυστέρησης. Οι καθυστερήσεις και πτώσεις κλήσης είναι παρατηρήσιμες από τα άτομα και ενοχλητικές, ενώ καθυστερήσεις στη μετάδοση της πληροφορίας πάνω από 0.5 δευτερόλεπτα, μπορούν να τις καταστήσουν αχρησιμοποίητες. Ταυτόχρονα η ίδια η φύση των IP δικτύων με τις εκρήξεις (burst) κίνησης καταλήγει σε απόρριψη πακέτων και απρόβλεπτους χρόνους μετάδοσης, με συνέπεια τον περιορισμό της ευχρηστίας της τηλεφωνικής υπηρεσίας μέσω IP.

Εφόσον η πλειονότητα των συστημάτων υιοθετούν το IP πρωτόκολλο η διαλειτουργικότητα (interoperability) μεταξύ του IP και των υψηλών-ταχυτήτων τεχνολογιών επικοινωνίας—ATM, Gigabit Ethernet, Frame Relay, SONET, WDM, SMDS και xDSL-- και πρωτοκόλλων είναι απαραίτητη. Παρότι το IP είναι ανεξάρτητο μέσου, κάποια από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των παραπάνω μέσων δεν αντιστοιχούν καλά με τους μηχανισμούς του IP.

Σημαντικής σπουδαιότητας είναι το ATM, που παίζει σημαντικό ρόλο στα τηλεφωνικά δίκτυα υποστήριξης (backbones), και το σημαντικό χαρακτηριστικό του οποίου είναι η υποστήριξη QoS. Με την κατανομή πόρων σε ένα virtual circuit κατά την αρχικοποίηση της σύνδεσης, που παραμένει αφιερωμένο (dedicated) κατά τη διάρκεια της σύνδεσης, το ATM μπορεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις πραγματικού χρόνου για την δύο κατευθύνσεων τηλεφωνική συνομιλία. Παρότι υπάρχουν προβλήματα συμβατότητας η δουλειά που έχει γίνει, έχει εξασφαλίσει ότι το IP μπορεί να λειτουργήσει σε δίκτυα ATM.

Η ποιότητα υπηρεσίας (Quality of Service--QoS) είναι η ικανότητα ενός τμήματος του δικτύου να έχει κάποιο επίπεδο διαβεβαίωσης ότι η κίνηση και οι απαιτήσεις υπηρεσιών του θα ικανοποιηθούν. Για την επίτευξη QoS απαιτείται η συνεργασία κάθε στοιχείου του δικτύου από άκρη σε άκρη (end-to-end). Κάθε διαβεβαίωση QoS είναι τόσο καλή όσο ο ασθενέστερος σύνδεσμος στην αλυσίδα μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη. Η ποιότητα υπηρεσίας μόνο διαχειρίζεται το bandwidth με βάση τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Επομένως QoS με εγγυημένο (guaranteed) επίπεδο υπηρεσιών απαιτεί την κατανομή πόρων σε ανεξάρτητους συρμούς (streams) δεδομένων.

Το bandwidth που δεσμεύεται σε μια εφαρμογή που απαιτεί QoS δεν είναι πλέον διαθέσιμο για χρήση από άλλες εφαρμογές. Θεωρώντας ότι το bandwidth είναι περιορισμένο, πρέπει να εξασφαλιστεί ότι οι εφαρμογές μικρής προτεραιότητας δεν θα απενεργοποιούνται από αυτές που απαιτούν εγγυημένο QoS. Στην χειρότερη περίπτωση θα πρέπει απλώς να έχουν χειρότερη εξυπηρέτηση.

Γενικά υπάρχουν δύο τύποι QoS διαθέσιμοι:

- Κράτηση πόρων (Resource reservation): οι πόροι του δικτύου ανατίθενται με βάση την απαίτηση μιας εφαρμογής για QoS και με βάση την πολιτική διαχείρισης του bandwidth. Το πρωτόκολλο RSVP παρέχει τέτοιους μηχανισμούς[UR12].
- Προτεραιότητες (Prioritization): Η κίνηση του δικτύου κατηγοριοποιείται και οι πόροι του δικτύου ανατίθενται με κριτήρια πολιτικής διαχείρισης του bandwidth. Έτσι εφαρμογές με υψηλότερες προτεραιότητες τυγχάνουν ευνοϊκότερης μεταχείρισης.

Οι κατηγορίες αυτές QoS δεν είναι ανταγωνιστικές, αλλά αντίθετα είναι συμπληρωματικές.

Για την επιτυχία της ποιότητας υπηρεσιών είναι σημαντικές τρεις συμπληρωματικές υπηρεσίες—Η Πολιτική Διαχείρισης (Policy Management), η Πιστοποίηση Αυθεντικότητας (Authentication) και η Χρέωση (Accounting/Billing) [UR15]. Επιπλέον μια θεώρηση που πρέπει να εφαρμόζεται και στις τρεις αυτές υπηρεσίες είναι η διαχείριση των διακανονισμών μεταξύ των διαφόρων Internet Service Providers (ISPs), που θα καθορίζουν τις ευθύνες τους για την επίτευξη τελικώς του επιθυμητού QoS.

Η τεχνολογία ATM και οι εγγυήσεις που αυτή παρέχει

Στα δίκτυα ATM γίνεται πρώτη φορά αναφορά σε ποιότητα υπηρεσιών QoS. Ο όρος, που αναφέρεται στην εικόνα που παρουσιάζει το δίκτυο στον τελικό χρήστη, χρησιμοποιείται στα δίκτυα ATM για τις κυψελίδες που βρίσκονται στο στάδιο της μεταφοράς τους και περιλαμβάνει ένα σύνολο από παραμέτρους όπως:

- Λόγος εσφαλμένων κυψελίδων (Cell Error Ratio): Εκφράζεται από τον λόγο των εσφαλμένων προς τις συνολικές κυψελίδες που εστάλησαν.

- Λόγος απώλειας κυψελίδων: Εκφράζεται από τον λόγο των χαμένων προς τις μεταδιδόμενες κυψελίδες.
- Λόγος λανθασμένης εισαγωγής κυψελίδων: Ορίζεται ως ο λόγος των κυψελίδων που έχουν λανθασμένα εισαχθεί ανά χρονικό διάστημα.
- Καθυστέρηση μεταφοράς κυψελίδας: Ορίζεται ως ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στην είσοδο και την έξοδο μιας κυψελίδας από δύο σημεία μέτρησης.
- Μέση καθυστέρηση μεταφοράς κυψελίδων(Mean Cell Transfer Delay). Δίνει το μέσο όρο ενός συγκεκριμένου αριθμού μετρήσεων καθυστερήσεων για μια ή περισσότερες συνδέσεις.
- Μεταβολή καθυστερήσεων(Cell Delay Variation). Εκφράζει τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας μιας ομάδας μετρήσεων καθυστέρησης.

Τα δίκτυα ATM μπορούν να υποστηρίξουν καθορισμένες κλάσεις QoS. Έτσι για κάθε μια από τις ακόλουθες κλάσεις υπηρεσιών:

- Κλάση A: για προσομοίωση κυκλώματος και Constant Bit Rate (CBR) υπηρεσίες
 - Κλάση B: για Virtual Bit Rate (VRB) video και φωνή
 - Κλάση C: για μεταφορά δεδομένων προσανατολισμένα στις συνδέσεις
 - Κλάση D: για μεταφορά δεδομένων χωρίς σύνδεση
- υπάρχουν και οι αντίστοιχες κλάσεις QoS(1,2,3 και 4).

Κάθε μια από τις παραπάνω κλάσεις χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες τιμές για κάθε παράμετρο που χρησιμοποιείται. Οι τιμές αυτές έχουν σαν στόχο να εγγυηθούν QoS.

Για τη διατήρηση QoS πολλές φορές τα δίκτυα ATM, που από τη φύση τους λειτουργούν με βάση της αρχή της στατιστικής πολυπλεξίας, περιλαμβάνουν διαδικασίες που απομονώνουν τα ρεύματα κίνησης. Η πιο ενδιαφέρουσα, από αυτές τις διαδικασίες, είναι η εισαγωγή προτεραιοτήτων, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προγραμματισμό μετάδοσης κυψελίδων που βρίσκονται σε αναμονή.

Για κάθε ανταλλαγή δεδομένων μέσω δικτύου ATM, πρέπει να γίνει μια συμφωνία μεταξύ χρήστη και δικτύου, όπου θα καθοριστούν οι αριθμητικοί παράμετροι της ροής των κυψελίδων, καθώς και η ζητούμενη ποιότητα υπηρεσιών. Την ευθύνη για την παραπάνω διαδικασία αναλαμβάνει ειδικό λογισμικό, που βρίσκεται πάνω σε ένα μεταγωγό ATM. Ο μηχανισμός ελέγχου απόδοσης σύνδεσης (connection admission control) αποδέχεται μια αίτηση, μόνον εάν μπορεί να

εξασφαλίσει στη σύνδεση την αιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας και μόνον εάν η αποδοχή της συγκεκριμένης κλήσης δεν επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα υπηρεσίας, όλων των υφιστάμενων συνδέσεων (για τις οποίες υπάρχει εξασφαλισμένη ποιότητα υπηρεσίας). Παράλληλα για την ομαλή λειτουργία του δικτύου υπάρχουν εποπτικές διαδικασίες που διασφαλίζουν ότι το δίκτυο δεν θα αντιμετωπίσει προβλήματα συμφόρησης.

Παρότι οι μηχανισμοί για την παροχή QoS εγγυήσεων υπάρχουν στο πλαίσιο ανάπτυξης της τεχνολογίας ATM, στοιχεία ερευνών έχουν δείξει ότι οι απαιτήσεις των χρηστών δεν ικανοποιούνται πάντοτε αποτελεσματικά. Στην πιο αντιπροσωπευτική από αυτές, πειράματα έγιναν στα δίκτυα της NASA και πραγματοποιήθηκαν για να εξετάσουν αν το QoS που υπόσχονται τα ATM δίκτυα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των χρηστών αποτελεσματικά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι προσδοκίες και η πραγματικότητα δεν συμβαδίζουν.

Συγκεκριμένα τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν:

1. Με τον καθορισμό προτεραιοτήτων με βάση συμβόλαια QoS, το διαθέσιμο bandwidth περιορίζεται. Συγκεκριμένα οι πηγές δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν όλο το διαθέσιμο bandwidth όταν το δίκτυο δεν υπόκειται συμφόρηση.
2. Τα συμβόλαια για CBR και VBR επιβάλλονται αυστηρά, με αποτέλεσμα τη μη πλήρη χρήση της χωρητικότητας των συνδέσεων.
3. Τα συμβόλαια QoS πρέπει να υλοποιούνται από άκρο σε άκρο, με συνέπεια η πηγή και ο προορισμός να περιορίζονται στις τιμές του συμβολαίου.
4. Από οικονομικής απόψεως, η στατιστική πολυπλεξία με χρήση ATM, μπορεί να αποβεί αρκετά ακριβή αν σημαντική πληροφορία κίνησης χαθεί.

Η παροχή λοιπόν QoS σε ATM έρχεται με ένα τίμημα. Η έρευνα αποκάλυψε ότι για την παροχή εγγυήσεων από άκρο σε άκρο, όλα τα εμπλεκόμενα μέρη πρέπει να συνεργαστούν. Αυτό μεταφράζεται σε διαμόρφωση της κίνησης και μείωση της δυνατότητας για “εκρηκτική κίνηση”. Επιπλέον για την επίτευξη VBR κίνησης σε σύστημα TCP είναι απαραίτητη η υλοποίηση ελέγχου rate στις πηγές της κίνησης, δημιουργώντας έτσι ένα αυστηρό πλαίσιο δικτύου για μεταφορά δεδομένων[UR4].

Τα παραπάνω προβλήματα προσπαθούν να υπερκεράσουν νεότερες έρευνες. Μάλιστα οι προτάσεις των ερευνών αυτών καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι υπάρχει η ανάγκη, πρώτον για την ύπαρξη ευφυέστερων εποπτικών μέσων για την μέτρηση QoS και δεύτερον για τη δημιουργία νέων αλγορίθμων QoS δρομολόγησης.

Παράλληλα ανεξάρτητες έρευνες ασχολούνται με την τεχνική πλευρά του ζητήματος, προσπαθώντας να αυξήσουν την χωρητικότητα των δικτύων, οδηγούμενοι από συγκεκριμένες ανάγκες.

Στην επίλυση της πρώτης ανάγκης κινείται η εργασία [AR11]. Οι ερευνητές διαπιστώνουν ότι η εφαρμογή στατιστικών μοντέλων κίνησης για την παροχή μετρήσεων QoS είναι δύσκολη, λόγω του μεγάλου πλήθους των κατηγοριών κίνησης που θα υπάρχουν στο μέλλον. Προτείνουν λοιπόν η πληροφορία που μπαίνει στο δίκτυο, να περιγράφεται από τους περιγραφείς σύνδεσης κίνησης (connection traffic descriptors), όπως έχουν καθοριστεί από το ATM forum. Στην συνέχεια με την χρήση αποτελεσματικών μοντέλων προσομοίωσης Monte Carlo και δειγματοληψίας που αυξάνει την αποτελεσματικότητα της προσομοίωσης, θα μπορούν να αναπτυχθούν και να ελέγχονται κατάλληλοι μεταγωγείς για ATM δίκτυα.

Όσον αφορά την κάλυψη της δεύτερης ανάγκης, την δημιουργία δηλαδή νέων αλγορίθμων QoS δρομολόγησης, εκτενείς αναλύσεις παρέχονται στην εργασία [UR2]. Η δρομολόγηση QoS αναφέρεται σε αλγόριθμους που υπολογίζουν μονοπάτια που ικανοποιούν ένα σύνολο από άκρο σε άκρο QoS απαιτήσεων.

Στα δίκτυα ATM, μια κλήση γίνεται σε ένα μονοπάτι αν ο QoS χαρακτηρισμός του μονοπατιού ικανοποιεί τις QoS απαιτήσεις του χρήστη. Για την σχεδίαση αποτελεσματικών αλγορίθμων, η ποσότητα του χρόνου για την εύρεση του μονοπατιού πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Αν το μονοπάτι δεν βρεθεί μέσα σε κάποια χρονικά όρια η κλήση απορρίπτεται. Οι αλγόριθμοι QoS δρομολόγησης βασίζονται στην κατάσταση των συνδέσμων, όπου κάθε κόμβος διατηρεί πληροφορία κατάστασης για την τοπολογία του.

Σήμερα τα πλαίσια που έχουν τεθεί από τα ATM forum επιτρέπουν τη χρήση δύο αλγορίθμων για τη δρομολόγηση κλήσεων. Ο πρώτος αφορά προϋπολογισμένα μονοπάτια. Ο δεύτερος χρησιμοποιείται για την δυναμική εύρεση μονοπατιού, σε περίπτωση που κανένα από τα προκαθορισμένα μονοπάτια, δεν ικανοποιεί τις QoS απαιτήσεις της κλήσης.

Οι συγγραφείς πιστεύουν ότι οι δύο αλγόριθμοι θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα. Ο πρώτος αλγόριθμος μπορεί να κρατά χαμηλό τον χρόνο εγκαθίδρυσης της κλήσης, αφού η πλειονότητα των κλήσεων θα δρομολογείται από προκαθορισμένα μονοπάτια. Ο δεύτερος αλγόριθμος θα κρατά τις συχνότητες απόρριψης μιας κλήσεως σε μικρά επίπεδα, αφού θα ανακατευθύνει τις κλήσεις που οι απαιτήσεις τους δεν καλύπτονται από τα προκαθορισμένα μονοπάτια. Το στοιχείο

αυτό είναι σημαντικό σε δυναμικά δίκτυα, αφού τα προκαθορισμένα μονοπάτια εύκολα γίνονται εκπρόθεσμα..

Η προσέγγιση που προτείνεται είναι η κατανομή των στατιστικών που παρέχουν τα ATM δίκτυα, στους αλγόριθμους. Έτσι η επιλογή των προκαθορισμένων μονοπατιών γίνεται με βάση την καθυστέρηση και το bandwidth. Ο δυναμικός αλγόριθμος από την άλλη στηρίζεται αρχικά σε απαιτήσεις απώλειας και bandwidth αποκλείοντας τα μη ικανοποιητικά μονοπάτια και στη συνέχεια υπολογίζει μονοπάτια που ικανοποιούν περιορισμούς καθυστέρησης.

Ο καθορισμός των προκαθορισμένων μονοπατιών είναι ένα σημαντικό θέμα σχεδίασης για την QoS δρομολόγηση. Είναι απαραίτητη η ύπαρξη εναλλακτικών μονοπατιών, που διαμοιράζονται όσο το δυνατό λιγότερους κοινούς συνδέσμους. Ταυτόχρονα οι ερευνητές προτείνουν οι διαφορετικές κατηγορίες μονοπατιών να μην έχουν διαφορετικά προκαθορισμένα μονοπάτια, για να μην αυξηθεί ο αποθηκευτικός χώρος. Η πρόταση αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι οι διάφορες κατηγορίες υπηρεσιών έχουν αρκετές κοινές παραμέτρους, έτσι ώστε οι παράμετροι μιας υπηρεσίας να εγγυούνται και τις κινήσεις μιας άλλης.

Βέβαια είναι και συγκεκριμένες ανάγκες που οδηγούν τις εξελίξεις. Προβληματισμένοι από τα προβλήματα δέσμευσης bandwidth και ελέγχου αποδοχής που εμφάνιζαν οι κωδικοποιημένοι συρμοί video, σαν αποτέλεσμα των VBR χαρακτηριστικών τους, οι ερευνητές της εργασίας [AR1], οδηγήθηκαν στην ανάπτυξη ενός σχήματος που εγγυάται QoS. Το σχήμα για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, περιλαμβάνει μια διαδικασία δύο βημάτων πριν την αποστολή VBR, για την παραγωγή ενός σήματος με σχεδόν σταθερό bandwidth. Έτσι είναι δυνατή η δέσμευση σταθερού bandwidth για κάθε συρμό, που καταλήγει στην μεγαλύτερη χρήση της χωρητικότητας των καναλιών, εγγυάται ντετερμινιστικό QoS και δεν παρουσιάζει απώλειες κυψελίδων. Τα πειράματα έχουν δείξει ότι με το προτεινόμενο σχήμα η χρήση του bandwidth ξεπερνά το 90%, γεγονός που επιτρέπει των αριθμό των πελατών που εξυπηρετούνται ταυτόχρονα να είναι μεγάλος.

Πρωτόκολλα και Αρχιτεκτονικές QoS σε IP Δίκτυα

Για την παροχή επαρκών υπηρεσιών σε πολυμεσικές εφαρμογές- δηλαδή κάποιο επίπεδο ποσοτικού και ποιοτικού ντετερμινισμού, οι υπηρεσίες του IP πρέπει να συμπληρωθούν. Αυτό θα γίνει με κάποιες άλλες έξυπνες υπηρεσίες που θα ξεχωρίζουν την κίνηση με χρονικές απαιτήσεις, απ' αυτήν που ανέχεται την καθυστέρηση και τις απώλειες. Για το λόγο αυτό σχεδιάστηκαν τα πρωτόκολλα QoS. Σκοπός του QoS είναι να παρέχει κάποιο βαθμό προβλεψιμότητας και ελέγχου πάνω στην υπάρχουσα IP υπηρεσία "best effort"

Τα QoS πρωτόκολλα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα δύο γενικού τύπου QoS είναι διαθέσιμοι[UR13]. Οι εφαρμογές, η τοπολογία του δικτύου και η πολιτική δεικνύουν ποιος τύπος QoS είναι πιο κατάλληλος για απλές ροές(απλός κατευθυνόμενος συρμός δεδομένων) και για aggregates(δύο οι περισσότερες ροές με κάποιο κοινό στοιχείο). Η ανάγκη για την ικανοποίηση αυτών των διαφορετικών τύπων QoS οδήγησε στην δημιουργία διαφορετικών QoS πρωτοκόλλων και αλγορίθμων[UR12]:

- Reservation Protocol(RSVP): Παρέχει σηματοδότηση για να επιτρέψει την κράτηση πόρων δικτύου. Χρησιμοποιείται για την κράτηση πόρων τόσο απλών ροών όσο και aggregates.
- Differentiated Services (DiffServ): Παρέχει ένα απλό τρόπο για την κατηγοριοποίηση και την ανάθεση προτεραιοτήτων στην κίνηση δικτύου.
- Multi Protocol Labeling Switching (MPLS): Παρέχει διαχείριση bandwidth για aggregates μέσω ελέγχου δρομολόγησης με βάση ετικέτες επικεφαλίδων πακέτων.
- Subnet Bandwidth Management (SBM): Επιτρέπει κατηγοριοποίηση και ανάθεση προτεραιοτήτων στο δεύτερο επίπεδο(το επίπεδο δεδομένων στο μοντέλο OSI) σε διαμοιραζόμενα και δίκτυα μεταγωγής IEEE 802.

QoS	Net	App	Description
<i>most</i>	X		Provisioned resources end-to-end (e.g. private, low-traffic network)
	X	X	RSVP (Resource reSerVation Protocol) [<u>IntServ Guaranteed</u>] Service (provides feedback to application)
	X	X	RSVP [<u>IntServ Controlled</u>] Load Service (provides feedback to application)
	X		Multi-Protocol Label Switching [<u>MPLS</u>]
	X	X	Differentiated Services [<u>DiffServ</u>] applied at network core ingress appropriate to RSVP reservation service level for that flow. Prioritization using Subnet Bandwidth Manager [<u>SBM</u>] applied on the LAN would also fit this category.
	X	X	Diffserv or SBM applied on per-flow basis by source application
	X		Diffserv applied at network core ingress
	X		Fair queuing applied by network elements (e.g. CFQ, WFQ, RED)
<i>least</i>			Best effort service

Εικόνα Error! Unknown switch argument.: Δείχνει τους διαφορετικούς αλγόριθμους και πρωτόκολλα διαχείρισης bandwidth, τα σχετικά τους επίπεδα QoS και αν ενεργοποιούνται από στοιχεία του δικτύου(Net) ή/και εφαρμογές(App)

Η εικόνα 1 συγκρίνει τα QoS πρωτόκολλα σε όρους επιπέδου QoS που παρέχουν και που η υπηρεσία και ο έλεγχος υλοποιούνται.

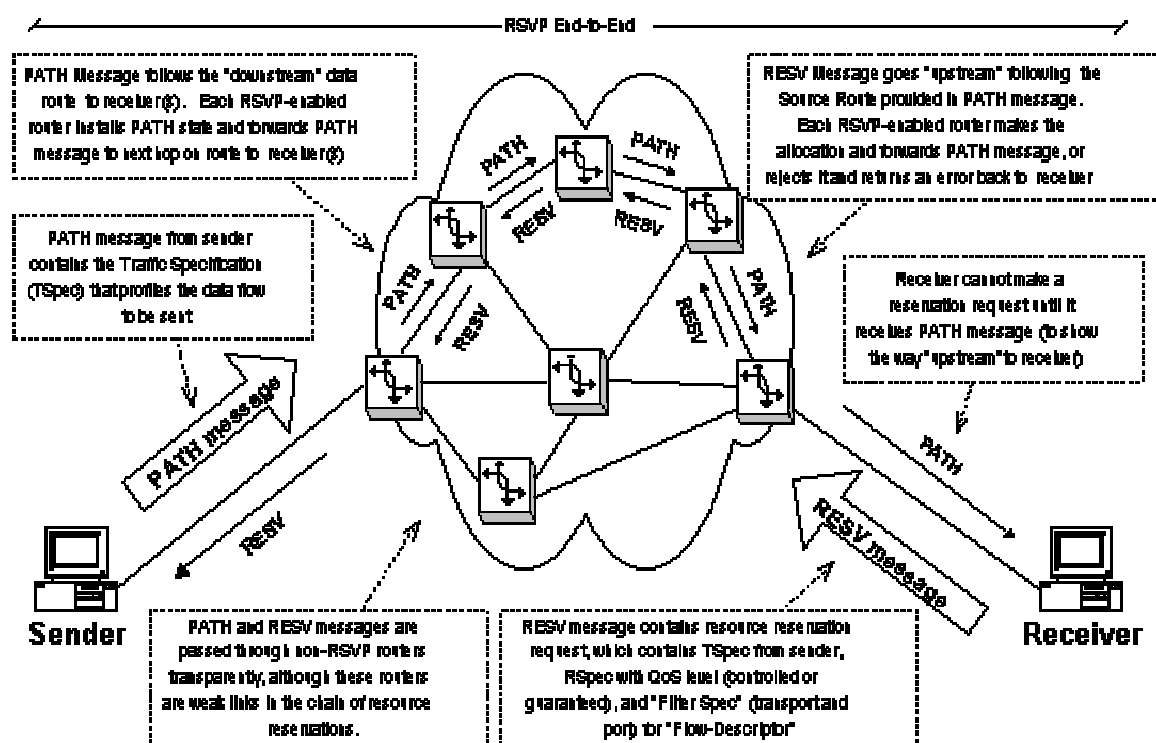
RSVP - Resource reservation

Το RSVP είναι ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης, που παρέχει αρχικοποίηση και έλεγχο κράτησης πόρων για την υλοποίηση ολοκληρωμένων υπηρεσιών, που σκοπό έχουν την παροχή προσομοίωσης μεταγωγής σε IP δίκτυα. Παρέχει το υψηλότερο επίπεδο QoS ,σε όρους εγγύησης υπηρεσιών και γραμμικότητας στην κράτηση πόρων από όλες τις υπάρχουσες τεχνολογίες.

Το πρωτόκολλο λειτουργεί ως εξής(Εικόνα 2):

- Οι αποστολές χαρακτηρίζουν την εξερχόμενη κίνηση με όρους ορίων bandwidth και καθυστέρησης. Το RSVP στέλνει ένα PATH μήνυμα από τον αποστολέα που περιέχει την πληροφορία για την κίνηση και τον προορισμό. Το μήνυμα αυτό μεταδίδεται στον παραλήπτη.
- Για να κάνει κράτηση πόρων ο παραλήπτης στέλνει ένα μήνυμα RESV (reservation request) προς την κατεύθυνση του αποστολέα, με τον τύπο της υπηρεσίας που θέλει είτε Εγγυημένης είτε Controlled Load

- Αν έστω και ένας δρομολογητής, στην διαδρομή προς τον αποστολέα, δεν μπορεί να εξασφαλίσει τους ζητούμενους πόρους στέλνει μήνυμα λάθους στον παραλήπτη. Ειδικά το μήνυμα προωθείται στον επόμενο δρομολογητή.
- Όταν ο πιο κοντινός στον αποστολέα δρομολογητής μπορεί να εξασφαλίσει τους πόρους στέλνει ένα μήνυμα επιβεβαίωσης στον αποστολέα. Κατόπιν αρχίζει η μετάδοση.



Εικόνα Error! Unknown switch argument.: Τα μηνύματα του RSVP PATH και SEND χρησιμοποιούνται για την εγκαθίδρυση κράτησης πόρων μεταξύ παραλήπτη και αποστολέα.

Το RSVP επιτρέπει ολοκληρωμένες υπηρεσίες δύο τύπων:

- Εγγυημένες: Προσπαθούν να μιμηθούν ένα dedicated virtual circuit. Το RSVP παρέχει μαθηματικά αποδεδειγμένα όρια για τις καθυστερήσεις από άκρη σε άκρη, συνδυάζοντας τις παραμέτρους από τα διάφορα στοιχεία του δικτύου σε ένα μονοπάτι., εξασφαλίζοντας επιπλέον τη διαθεσιμότητα bandwidth με βάση τις πληροφορίες του αποστολέα.
- Controlled Load: Είναι ισοδύναμη με την "καλύτερη δυνατή υπηρεσία σε συνθήκες μη συμφόρησης". Δεν παρέχει όμως εγγυημένα όρια.

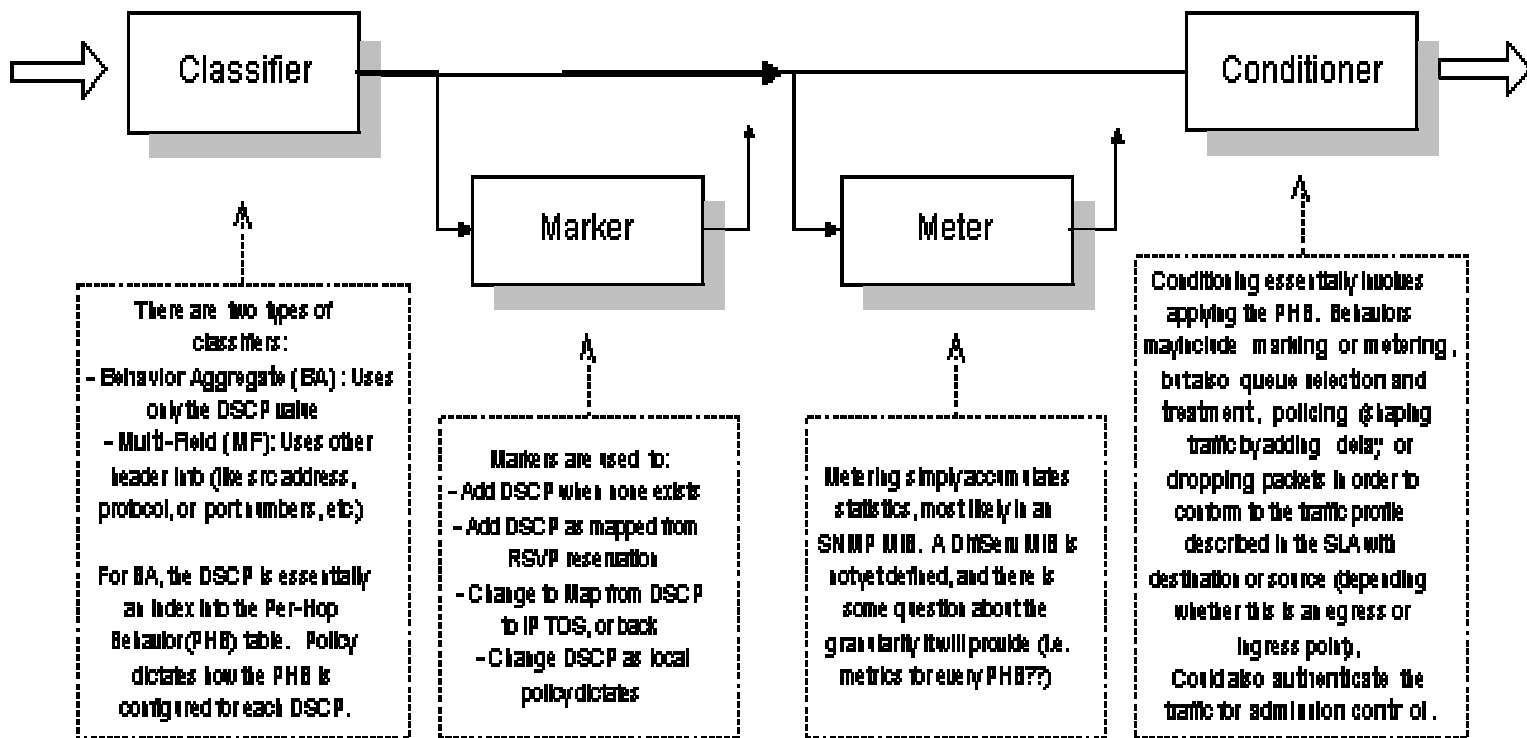
DiffServ – Prioritization

Το πρωτόκολλο αυτό παρέχει μια απλή μέθοδο για την κατηγοριοποίηση των υπηρεσιών διαφόρων εφαρμογών. Υπάρχουν αυτή τη στιγμή δύο συμπεριφορές καθορισμένες που αναπαριστούν δύο επίπεδα υπηρεσιών(κατηγορίες κίνησης):

- Expedited Forwarding(EF):Παίρνει μια τιμή(codewords). Η EF ελαχιστοποιεί την καθυστέρηση και παρέχει το μεγαλύτερο επίπεδο QoS σε aggregate κινήσεις. Κάθε κίνηση που ξεπερνά κάποιο όριο, που καθορίζεται από την πολιτική, απορρίπτεται
- Assured Forwarding (AF): Έχει τέσσερις κατηγορίες και τρεις προτεραιότητες σε κάθε κατηγορία. Συνολικά 12 τιμές. Αν μια κίνηση ξεπερνά κάποιο όριο, δεν απορρίπτεται αλλά απλώς υποβιβάζεται.

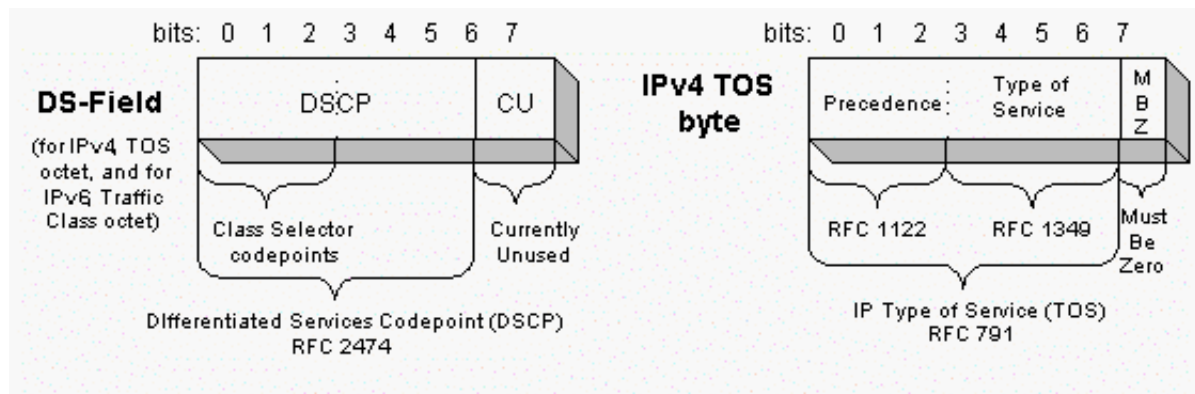
Ο στόχος των DiffServ είναι η παροχή μέσων για την προσφορά φάσματος υπηρεσιών στο διαδίκτυο χωρίς την ανάγκη για-κάθε-κίνηση κατάστασης σηματοδότησης, σε κάθε δρομολογητή. Με την προσεκτική ομαδοποίηση των κινήσεων σε ένα μικρό αριθμό aggregates που τυγχάνουν διαφορετικής μεταχείρισης μέσα στο δίκτυο, το πρωτόκολλο DiffServ εξαφανίζει την ανάγκη για αναγνώριση και αποθήκευση πληροφορίας για κάθε κίνηση στους δρομολογητές πυρήνα. Κάθε κίνηση DiffServ μαρκάρεται και της ανατίθεται πολιτική (polished) στον πρώτο δρομολογητή του δικτύου με βάση ένα προφίλ υπηρεσίας. Στη συνέχεια σχηματίζει με παρόμοιες κινήσεις DiffServ ένα aggregate. Κατόπιν όλες οι επόμενες κινήσεις προώθησης και policing πραγματοποιείται πάνω σε aggregates[UR10].

Οι συμπεριφορές “per-hop behaviours” (PHBs)όπως αναφέρθηκε παραπάνω εφαρμόζονται από τον conditioner της κίνησης σε ένα σημείο ορίου του δικτύου σύμφωνα με προσυμφωνημένα κριτήρια πολιτικής. Η κίνηση μαρκάρεται (χαρακτηρίζεται) σε αυτό το σημείο και δρομολογείται με βάση αυτόν τον χαρακτηρισμό. Τελικά αποχαρακτηρίζεται στην έξοδο του δικτύου, όπως φαίνεται και παρακάτω[UR10].



Το DiffServ προϋποθέτει την ύπαρξη συμφωνία επιπέδου υπηρεσίας (service level agreement – SLA), μεταξύ των δικτύων που μοιράζονται το όριο. Η SLA ορίζει τα κριτήρια πολιτικής και καθορίζει το προφίλ της κίνησης. Αναμένεται ότι η κίνηση θα λαμβάνει την πολιτική στα σημεία εξόδου σύμφωνα με την SLA και κάθε κίνηση εκτός προφίλ, δηλαδή πάνω από τα ανώτατα όρια χρήσης bandwidth όπως αυτά ορίζονται από την SLA, σε ένα σημείο εισόδου δεν έχει εγγυήσεις. Το ίδιο το περιεχόμενο της κίνησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εφαρμογή πολιτικής.

Οι τρέχουσες προτάσεις για το μαρκάρισμα των πακέτων καθορίζουν τις PHB που τα πακέτα είναι να πάρουν, με την ανάθεση μερικών bit στο DS-byte, είτε στην επικεφαλίδα IPv4 στην οκτάδα Type-of-service (TOS), είτε στην επικεφαλίδα IPv6 στην οκτάδα Traffic Class, όπως φαίνεται και παρακάτω



Οι PHBs αναμένεται να είναι απλές. Παραδείγματα περιλαμβάνουν “drop me last” ή “forward me first”. Κρατώντας τον αριθμό των PHBs μικρό και τις συμπεριφορές απλές θα επιτρέψει στους σχεδιαστές δρομολογητών να σχεδιάσουν προωθητές DiffServ πακέτων, που θα λειτουργούν σε πάρα πολύ υψηλές ταχύτητες μετάδοσης.

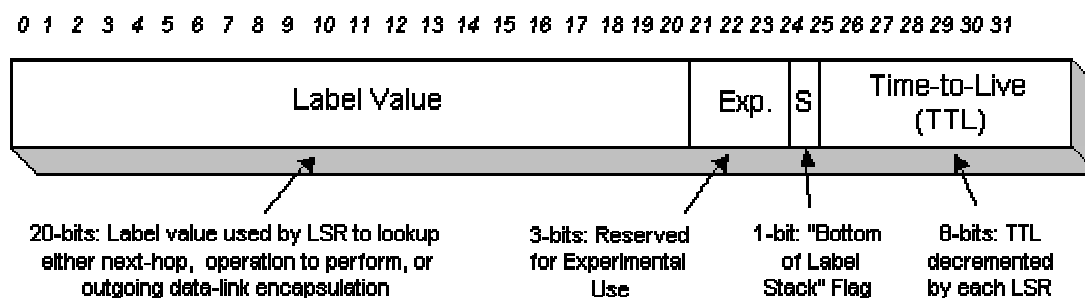
Με την χρήση aggregates θα απλοποιηθεί η κατασκευή από άκρο σε άκρο υπηρεσιών, αφού τα ξεχωριστά τμήματα δικτύων θα συνεργάζονται μεταξύ τους για την παροχή διαφοροποιημένων υπηρεσιών σε aggregates κίνησης και όχι ξεχωριστές ροές.

Η απλότητα του DiffServ, να αναθέτει προτεραιότητες στην κίνηση, αποτελεί και την μεγάλη του δύναμη. Όταν το DiffServ κάνει χρήση παραμέτρων του RSVP ή συγκεκριμένων τύπων εφαρμογών για την αναγνώριση και κατηγοριοποίηση CBR κίνησης, θα είναι δυνατή η υλοποίηση καλώς ορισμένων aggregate κινήσεων, που θα μπορούν να κατευθύνονται σε σωλήνες σταθερού bandwidth. Το αποτέλεσμα θα είναι ο αποτελεσματικός διαμοιρασμός των πόρων με ταυτόχρονη παροχή εγγυημένων υπηρεσιών.

MPLS - Label Switching

Το Multi-Protocol Label Switching (MPLS) είναι παρόμοιο με το DiffServ αφού χαρακτηρίζει και αποχαρακτηρίζει την πληροφορία στα όρια ενός δικτύου. Ταυτόχρονα όμως διαφέρει από αυτό, διότι ο χαρακτηρισμός της πληροφορίας έχει σαν στόχο την εύρεση του επόμενου hop δρομολογητή. Το MPLS βρίσκεται στους δρομολογητές, στοιχείο που το κάνει ανεξάρτητο από εφαρμογές και πρωτόκολλα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί δηλαδή και με άλλα πρωτόκολλα πέρα του IP.

Η δρομολόγηση του MPLS χρησιμοποιείται για την επίτευξη συνδέσεων σταθερού bandwidth ανάλογες με τα virtual circuit του ATM. Τα πακέτα του MPLS διαθέτουν μια ετικέτα, την οποία διαβάζουν οι δρομολογητές και επιλέγουν τον επόμενο δρομολογητή με κριτήρια προορισμού και πολιτικής, τροποποιώντας παράλληλα και την ετικέτα. Στην παρακάτω εικόνα εμφανίζεται η δομή της ετικέτας



Εικόνα Error! Unknown switch argument.: Η ετικέτα που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο MPLS.

SBM - Subnet Bandwidth Management

Οι διαβεβαιώσεις για QoS πρέπει να υπάρχουν όχι μόνο στη διαδρομή από τον αποστολέα στον χρήστη αλλά και στην αλυσίδα από πάνω-προς-κάτω (των επιπέδων OSI). Συγκεκριμένα οι τελικοί host πρέπει να εξασφαλίσουν ότι κάθε επίπεδο OSI από την εφαρμογή και κάτω υποστηρίζει QoS.

Οι QoS αρχιτεκτονικές

Το μοντέλο από άκρο σε άκρο των πρωτοκόλλων RSVP και DiffServ

Το μοντέλο που αναπτύσσεται αυτή την στιγμή από την κοινότητα IETF συνδυάζει τα πρωτόκολλα RSVP και DiffServ. Το RSVP παρέχει τους πόρους για την κίνηση δικτύου, ενώ το DiffServ απλώς μαρκάρει και δίνει προτεραιότητες στην πληροφορία. Επειδή το RSVP είναι πιο πολύπλοκο και έχει απαιτήσεις επιδρά αρνητικά στην λειτουργία των backbone δρομολογητών. Για το λόγο αυτό σε αυτούς τους δρομολογητές χρησιμοποιείται το DiffServ.

Οι τελικοί host μπορούν να χρησιμοποιούν αιτήσεις RSVP. Στα όρια εισόδου σε δίκτυα backbone, αυτές οι αιτήσεις κράτησης πόρων θα αντιστοιχούνται σε κατηγορίες υπηρεσιών του DiffServ. Στην έξοδο θα μετατρέπονται και πάλι σε αιτήσεις RSVP. Τα πρώτα αποτελέσματα της αρχιτεκτονικής αυτής έχουν δείξει αρκετά καλά αποτελέσματα.

Στην [AR5] προτείνεται μια αντικειμενοστραφής αρχιτεκτονική μεταφοράς που επιτρέπει την δυναμική σύνδεση διαφορετικών πρωτοκόλλων κατά τη διάρκεια κάθε κίνησης. Με την σύνδεση των διαφορετικών πρωτοκόλλων οι ειδικές ανάγκες

μιας εφαρμογής μπορούν να ικανοποιηθούν χωρίς την ανάγκη επανεγγραφής του κώδικα. Η αρχιτεκτονική αυτή διαφέρει σημαντικά από την παραδοσιακή αρχιτεκτονική μεταφοράς που προϋποθέτει ότι ο κώδικας του πρωτοκόλλου μεταφοράς δεν μπορεί να μετατραπεί. Η αρχιτεκτονική αυτή έχει ήδη εφαρμοστεί για την υλοποίηση του τμήματος μεταφοράς του ISO MPEG-4 4 Delivery Multimedia Integration Framework.

Τρέχουσες εργασίες για την παροχή εγγυήσεων QoS

Σκοπός της ενότητας αυτής είναι να παρουσιάσει κάποιες έρευνες, γύρω από την παροχή εγγυήσεων QoS, οι οποίες δεν έχουν κοινά στοιχεία μαζί τους.

Στην εργασία [AR10] ο συγγραφέας ασχολείται με το πρόβλημα του QoS σε πολυμεσικά δίκτυα υψηλών ταχυτήτων. Η ποσοτικοποίηση του QoS γίνεται με την πιθανότητα excessive delays και την πιθανότητα απώλειας. Επιθυμητό είναι να μείνουν αυτές σε πολύ μικρά επίπεδα, π.χ. σε επίπεδα 10^{-6} . Για την εύρεση αυτών των πιθανοτήτων γίνεται χρήση της θεωρίας large deviations.

Γίνεται εισαγωγή του μοντέλου ενός κόμβου πολλών κατηγοριών, όπου οι χρήστες που ανήκουν σε πολλαπλές κατηγορίες υπηρεσιών ζητούν να συνδεθούν. Μια κατηγορία υπηρεσίας χαρακτηρίζεται από τις στατιστικές ιδιότητες της εισερχόμενης κίνησης (μια κατανομή περιγράφει και μοντελοποιεί την κίνηση) και τις απαιτήσεις QoS. Διαφορετικοί τύποι κίνησης (φωνή, βίντεο, δεδομένα) έχουν διαφορετικές στατιστικές ιδιότητες και άρα διακριτές QoS απαιτήσεις, ανήκοντας σε διαφορετικές κατηγορίες υπηρεσιών. Αφού βρεθεί η κατάλληλη κατανομή για κάθε κατηγορία κίνησης, μια διαδικασία call admission υλοποιείται η οποία παρέχει για κάθε κατηγορία συγκεκριμένες εγγυήσεις QoS. Ο ελεγκτής εισόδου (admission controller) προσπαθεί να χρησιμοποιήσει όλο το bandwidth εξετάζοντας εναλλακτικές πολιτικές κατανομής του, ανάμεσα στις κατηγορίες και αρνείται την είσοδο μόνο όταν δεν είναι δυνατή κατανομή που εγγυάται QoS σε όλες τις συνδέσεις.

Στην εργασία [AR9] οι συγγραφείς προσπαθούν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της ορθής μετάδοσης μηνυμάτων εφαρμογών πραγματικού χρόνου. Πιστεύουν ότι αποτελεί κρίσιμο παράγοντα να υποστηριχτεί το σύνολο αυτών των

διαδικασιών με σημαντικό επίπεδο υπηρεσιών QoS, συμπεριλαμβανομένου και της ταξινομημένης παράδοσης των μηνυμάτων. Στην εργασία ορίζεται μια νέα causality η Δ^* -causality μεταξύ των μηνυμάτων, που θα τα χαρακτηρίζει στο παγκόσμιο περιβάλλον. Γίνεται λόγος για την μετάδοση μηνυμάτων στις διαδικασίες προορισμού υποστηρίζοντας την Δ^* -causality. Η Δ^* -causality αποτελεί το μέγιστο χρόνο καθυστέρησης μεταξύ των διαδικασιών που απαιτούνται από την εφαρμογή. Για την εύρεση της απαιτούνται στοιχεία για κανάλια επικοινωνίας που μεσολαβούν ανάμεσα στα δύο άκρα της εφαρμογής, όπως ο χρόνος καθυστέρησης και η συχνότητα απώλειας μηνυμάτων. Στη συνέχεια εισάγεται ένα νέο πρωτόκολλο που υποστηρίζει την Δ^* -causality και μειώνει τον χρόνο καθυστέρησης στην παράδοση των μηνυμάτων και τον αριθμό αυτών που μεταδίδονται ξανά.

Στην εργασία [AR7] προτείνεται και αναλύεται ένας αποτελεσματικός αλγόριθμος προγραμματισμού, που επιτρέπει σε switches υψηλών ταχυτήτων να κάνουν δίκαια διαίρεση του bandwidth συνδέσμων, ανάμεσα σε ανταγωνιστικές συνδέσεις. Ο αλγόριθμος αυτός μαζί με τον έλεγχο αποδοχής σύνδεσμος μπορεί να εγγυηθεί QoS για τις συνδέσεις. Ο αλγόριθμος που προτείνεται ονομάζεται Virtual-Time-based Round Robin (VTTR). Αντιστοιχεί τις προτεραιότητες των πακέτων σε κατηγορίες και παρέχει υπηρεσία στην πρώτη μη άδεια κατηγορία. Για να βρει την πρώτη μη άδεια κατηγορία ο VTTR υιοθετεί ένα σύστημα ουράς, χρησιμοποιώντας ένα bitvector που ελαττώνει τον αριθμό των ενεργειών που απαιτούνται να γίνουν κατά το χρόνο μετάδοσης ενός πακέτου. Αυτές οι πολιτικές επιτρέπουν την υλοποίηση του VTTR σε λογισμικό δύνοντας την δυνατότητα για μετέπειτα μετεξέλιξη του αλγορίθμου. Η ανάλυση των ερευνητών έδειξε ότι ο VTTR παρέχει πολύ καλές αποδόσεις και επειδή είναι απλός αλγόριθμος είναι κατάλληλος για B-ISDN δίκτυα.

Στην εργασία [AR6] καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι δύο απαιτήσεις για να μπορούν τα πρωτόκολλα να παρέχουν QoS εγγυήσεις είναι, πρώτον ο αποτελεσματικός προγραμματισμός του επεξεργαστή που χειρίζεται το πρωτόκολλο και δεύτερον αποτελεσματικοί μηχανισμοί για τη μεταφορά δεδομένων. Ο προγραμματισμός απαιτείται για να εξασφαλιστεί ότι τα καθήκοντα του πρωτοκόλλου που σχετίζονται με την επεξεργασία κάθε κίνησης εκτελούνται σε αμελητέο χρόνο και με τρόπο δίκαιο. Ένας μηχανισμός λειτουργικού συστήματος

που καλείται real-time upcall (RTU), έχει σχεδιαστεί για την παροχή τέτοιων εγγυήσεων στις εφαρμογές. Για την αποτελεσματική μετακίνηση δεδομένων έχουν σχεδιαστεί τεχνικές όπως η ομαδοποίηση λειτουργιών εισόδου εξόδου για τον περιορισμό των context switces, απευθείας μετάδοση των δεδομένων μεταξύ της εφαρμογής και του adaptor. Τα πρωτόκολλα με βάση το RTU που έχουν αναπτυχθεί παρέχουν εγγυήσεις bandwidth για συνδέσεις bulk δεδομένων. Η σποραδική κίνηση και τα μικρά μηνύματα υποστηρίζονται επίσης από την υλοποίηση κατά τρόπο που προγραμματίζονται με πολύ μικρή καθυστέρηση.

Οι δύο τελευταίες εργασίες αυτής της ενότητας σχετίζονται με ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών.

Στην [AR4] γίνεται λόγος για την παροχή QoS με την μορφή συμβολαίων κίνησης μέσω δορυφόρων. Οι ερευνητές προσπαθούν να υλοποιήσουν μια υψηλής ποιότητας κύρια υπηρεσία (guaranteed handover – GH) που θα εγγυάται την επιτυχία της διαδικασίας handover, καθώς και μια χαμηλότερου κόστους υπηρεσία όπου οι αποτυχίες handover δεν θα ξεπερνούν μια συγκεκριμένη τιμή. Προτείνεται μια στρατηγική που εξαλείφει τους τερματισμούς κλήσεων λόγω handover, επιτρέποντας έτσι την υπηρεσία GH. Η διαδικασία εφαρμόζεται σε σχηματισμούς δορυφόρων χαμηλής τροχιάς και απαιτεί την αύξηση της υπάρχουσας χωρητικότητας των δορυφόρων για την πλήρη εφαρμογή της.

Τέλος στην [AR3] γίνεται προσπάθεια να διαμορφωθεί το “σχήμα” CSMA, με τους κατάλληλους μηχανισμούς ώστε να παρέχει QoS εγγυήσεις, σε ασύρματα δίκτυα. Προτείνεται το σχήμα black-burst (BB), με το οποίο οι κόμβοι “φιλονικούν” για πρόσβαση στο κανάλι με παλμούς ενέργειας τους BBs η διάρκεια των οποίων είναι μεταβλητή. Αποδεικνύεται ότι τα πακέτα που ανήκουν σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου δεν υπόκεινται σε συγκρούσεις και έχουν προτεραιότητα πρόσβασης από τα απλά πακέτα δεδομένων στο κανάλι. Σε ασύρματα δίκτυα το σχήμα BB εγγυάται και μέγιστα όρια στην καθυστέρηση. Η ανάλυση του σχήματος παρέχει διάφορες καταστάσεις και προτάσεις ώστε το σύστημα να παραμένει σταθερό. Τα αποτελέσματα συμπληρώνονται και με προσομοιώσεις λειτουργίας ασύρματου δικτύου με δεδομένα διαφόρων μορφών.

Εμπορικές Εφαρμογές QoS

Οι ηγετικές εταιρίες τηλεπικοινωνιών έχουν παρουσιάσει και κυκλοφορήσει στο εμπόριο προϊόντα για την παροχή QoS σε δίκτυα. Τα προϊόντα, που περιλαμβάνουν υλισμικό και λογισμικό, υπόσχονται την καλύτερη δυνατή διαχείριση του δικτύου των πελατών τους.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα προϊόντων αποτελεί το λογισμικό IOS 7200/7500 της εταιρίας Cisco[UR14]. Τα εργαλεία που έχει αναπτύξει κατηγοριοποιούνται με βάση τους παρακάτω μηχανισμούς.

- Κατηγοριοποίηση(Classification)
- Διαχείριση συμφόρησης(Queuing and Scheduling)
- Αποφυγή συμφόρησης(Congestion avoidance)
- Σηματοδοσία(Signaling)
- Μηχανισμούς αποτελεσματικών συνδέσμων(Link Efficiency Mechanisms)
- Policing and Shaping

Κατηγοριοποίηση

Πριν η πληροφορία δικτύου λάβει διαφορετική μεταχείριση, είναι σημαντικό να κατηγοριοποιηθεί η πληροφορία. Η Cisco το καταφέρνει αυτό με την χρήση τα 3 bits της IP precedence πληροφορίας στην επικεφαλίδα ενός IP datagram. Έτσι ο διαχειριστής του δικτύου μπορεί να ορίσει έξι διαφορετικές κατηγορίες υπηρεσιών, καθιστώντας κατόπιν δυνατή την χρήση άλλων QoS χαρακτηριστικών για άσκηση πολιτικών διαχείρισης κίνησης, περιλαμβανομένων της διαχείρισης συμφόρησης, κατανομή bandwidth, και όρια καθυστέρησης(delay bounds) για κάθε κατηγορία κίνησης.

Διαχείριση Συμφόρησης (Queuing and Scheduling)

Οι παραλλαγές του queuing που υπάρχουν στους δρομολογητές (routers) 7200 και 7500 της Cisco περιλαμβάνουν:

- Priority Queuing: Δίνεται η δυνατότητα στον διαχειριστή του δικτύου να ορίσει τέσσερις προτεραιότητες κίνησης. Όταν η κίνηση φτάνει στον router της ανατίθεται μια από τις παραπάνω προτεραιότητες. Τα πακέτα της ουράς με την μεγαλύτερη προτεραιότητα μεταδίδονται πρώτα. Με τον μηχανισμό αυτό εξασφαλίζεται ότι σε περιόδους συμφόρησης τα δεδομένα με υψηλή προτεραιότητα δεν θα καθυστερούν.

- Custom Queuing: Για τη παροχή εξασφαλισμένου επιπέδου QoS για όλη την κίνηση.
- Weighted Fair Queuing(WFQ) : Με την μεθοδολογία αυτή γίνεται προσπάθεια να εξασφαλιστεί ότι οι δεσμευμένες ροές πληροφορίας θα λάβουν αρκετό bandwidth και τα κατάλληλα όρια καθυστέρησης ώστε να εξασφαλίσουν τις ελάχιστες απαιτήσεις τους σε περίπτωση συμφόρησης. Τα πακέτα μπαίνουν στην ουρά με βάση την ροή τους, δηλαδή την πηγή και τον προορισμό τους.

Αποφυγή συμφόρησης

Για να αποφευχθεί η συμφόρηση του δικτύου όταν είναι δυνατό γίνεται χρήση του αλγορίθμου Random Early Detection(RED), ο οποίος επιλύει το πρόβλημα με την απόρριψη πακέτων επιλεκτικά από συγκεκριμένες TCP ροές. Οι αποστολείς των ροών που απορρίφθηκαν αποστέλλουν μετά από κάποιο διάστημα και πάλι τις ροές τους.

Ο χειριστής του δικτύου καθορίζει τα ελάχιστα και κατώτατα όρια στους buffers, πέρα από τα οποία πρέπει να γίνει απόρριψη και ο δρομολογητής κατόπιν παρακολουθεί αυτά τα όρια όταν λαμβάνει αποφάσεις προώθησης πακέτων.

Policing and Shaping

Policing: Η Cisco διαθέτει ένα εργαλείο το Committed Access Rate(CAR), το οποίο περιορίζει την ταχύτητα μετάδοσης(rate). Σκοπός ενός τέτοιου εργαλείου είναι η απόρριψη κίνησης που ξεπερνάει το καθορισμένο rate.

Shaping: Η Cisco διαθέτει ένα εργαλείο με το οποίο διαμορφώνει την εξερχόμενη κίνηση σε κάποιο συγκεκριμένο ρυθμό μετάδοσης bit , και με τρόπο που κανένα πακέτο δεν απορρίπτεται(χρήση ουρών). Η εφαρμογή της διαμόρφωσης γίνεται πάνω σε διαφορετικά interfaces.

Σηματοδοσία

Οι δρομολογητές της Cisco υποστηρίζουν το πρωτόκολλο RSVP με το οποίο ζητείται από το δίκτυο ένα επιθυμητό επίπεδο QoS. Το λογισμικό της Cisco διαθέτει και εργαλεία που υλοποιούν το RSVP και σε δίκτυα που δεν το υποστηρίζουν.

Μηχανισμοί Αποτελεσματικών Συνδέσμων(Link Efficiency Mechanisms)

Τα πρωτόκολλα για τη μετάδοση φωνής έχουν συχνά μεγάλη πληροφορία επικεφαλίδας κάνοντας τα αναποτελεσματικά σε γραμμές μικρών ταχυτήτων. Τεχνικές συμπίεσης της επικεφαλίδας όπως η CRTP(Compressed RTP) υλοποιούνται από το λογισμικό της Cisco.

Πριν λίγο καιρό ανακοινώθηκε μια νέα εμπορική λύση για υποστήριξη QoS σε επιχειρηματικές κινήσεις. Η λύση αυτή συνδυάζει το λειτουργικό σύστημα Windows 2000 Server με τους Catalyst switches της εταιρείας Cisco[UR7]. Με την λύση αυτή οι πελάτες θα μπορούν εύκολα και αποτελεσματικά να ορίζουν προτεραιότητες στην κίνηση των δικτύων τους και να εγγυόνται απόδοση στις κρίσιμες εφαρμογές της επιχείρησής τους. Αυτή η νέα τεχνολογία QoS επιτρέπει στις εφαρμογές να επικοινωνούν με διαφορετικούς τύπους συναλλαγών(transaction) στο δίκτυο. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση τυποποιημένων πρωτοκόλλων όπως το RSVP[UR1].

Αποτίμηση του QoS που προσφέρουν τα IP δίκτυα

Αρκετές εργασίες ερευνητών, έχουν προσπαθήσει να συνοψίσουν τα αποτελέσματα και να αξιολογήσουν τις υπάρχουσες εφαρμογές QoS σε IP δίκτυα.

Στην [UR9] οι ερευνητές προσπαθούν να αποδείξουν ότι η δρομολόγηση QoS, όχι μόνο προσφέρει καλά αποτελέσματα απόδοσης, αλλά είναι και σχετικά φτηνή. Στο συμπέρασμα καταλήγουν με βάση ενδείξεις που συνέλλεξαν γύρω από το κόστος επεξεργασίας γύρω από την δρομολόγηση QoS. Τα στοιχεία συνελλέγησαν από λεπτομερείς προσομοιώσεις και την υλοποίηση δρομολόγησης QoS, με βάση τα υπάρχοντα και προαναφερθέντα πρωτόκολλα, που επιτρέπει την επιλογή κόμβων με βάση παραμέτρους QoS bandwidth.

Εξακολουθούν όμως να εκφράζουν αβεβαιότητα γύρω από την αξία και την πραγματοποίηση QoS πρωτοκόλλων δρομολόγησης σε δίκτυα IP. Ο λόγος είναι το επιπλέον κόστος, που περιλαμβάνει δύο στοιχεία. Το υπολογιστικό κόστος και το κόστος του πρωτοκόλλου. Το πρώτο οφείλεται στους πιο σοφιστικέ και συχνούς υπολογισμούς για την επιλογή του μονοπατιού, ενώ το δεύτερο στην ανάγκη να διατηρούμε στοιχεία για την κατάσταση των πόρων δικτύου. Τέτοιες ενημερώσεις μεταφράζονται σε επιπρόσθετη κίνηση στο δίκτυο και επεξεργασία, ιδίως στην

περίπτωση των πρωτοκόλλων που στηρίζονται στην πληροφορία των συνδέσμων και τα οποία αποτελούν την μεγάλη πλειοψηφία.

Στην [AR8] ο συγγραφέας εξετάζει τις ανάγκες των επιχειρήσεων για QoS. Οι παροχείς υπηρεσιών(providers) μοιράζονται το ίδιο επιχειρηματικό μοντέλο για τις νέες κατηγορίες υπηρεσιών(classes of service – COS). Η κίνηση που είναι πιο πολύτιμη στη δουλειά του πελάτη ή ευαίσθητη στην καθυστέρηση πρέπει να χαρακτηρίζεται με την υψηλότερη προτεραιότητα. Από την άλλη πλευρά πακέτα χωρίς αυστηρές απαιτήσεις δικτύου, όπως το email θα πρέπει να ικανοποιούνται από κατηγορίες υπηρεσιών « καλύτερης προσπάθειας ».

Για μερικές επιχειρήσεις αυτές οι υπηρεσίες έχουν μεγάλη αξία και είναι διατεθειμένες να αυξήσουν να πληρώσουν επιπλέον χρήματα για αυξημένη ποιότητα υπηρεσιών (QoS). Για παράδειγμα σε επιχειρήσεις που παρέχουν οικονομικές υπηρεσίες και συναλλαγές κάθε χιλιοστό του δευτερολέπτου μετρά.

Από την πλευρά του πελάτη οι μηχανισμοί QoS είναι απαραίτητοι για να γεφυρώσουν την διαφορά χωρητικότητας μεταξύ LAN και WAN συνδέσμων. Για παράδειγμα ένα gigabit LAN λειτουργεί σε μερικές τάξεις μεγέθους από ένα WAN δίκτυο T1. Σε αυτή την περίπτωση η διάκριση της κίνησης είναι σημαντική για να παρέχει ικανοποιητική απόδοση σε εφαρμογές ευαίσθητες στην καθυστέρηση.

Ένας ακόμα λόγος είναι συνεχώς αυξανόμενη ροή πληροφορίας μέσω των WAN δικτύων, λόγω του διαδικτύου αλλά και της τάσης των οργανισμών και επιχειρήσεων να γίνονται πιο κατακευθωμένοι.

Τέλος η αυξανόμενη προτίμηση στα πρωτόκολλα του IP και για IP VPNs οδηγεί την έρευνα για QoS. Ενώ η παροχή VPNs έχει γίνει επιτυχημένα στο Επίπεδο 2 σε δίκτυα frame relay και ATM, οι μηχανισμοί QoS Επιπέδου 2 δεν καταλαβαίνουν την πληροφορία προτεραιότητας από τα IP (επιπέδου 3) δίκτυα. Αυτή τη στιγμή λοιπόν αναπτύσσονται αυτές οι δυνατότητες, που καλούνται αντιστοίχιση IP-σε-ATM [AR12][AR13], σε εξοπλισμό μετάδοσης μεγάλων εταιρειών όπως η 3Com, Ascend communications (www.ascend.com), Cisco systems (www.cisco.com), Juniper Networks (www.juniper.com) και άλλες.

Μελλοντικές Κατευθύνσεις και QoS

Τη στιγμή αυτή είναι σε εξέλιξη δυο μεγάλες προσπάθειες, για τη δημιουργία μιας νέας αρχιτεκτονικής δικτύων που θα καλύπτει τις ανάγκες των εφαρμογών, τις

επόμενες δεκαετίες. Οι δύο αυτές προσπάθειες είναι η δημιουργία του Internet2 και του Next Generation Internet (NGI). Οι νέες αυτές πλατφόρμες δικτύων θα είναι εφοδιασμένες με εγγυήσεις QoS. Σκοπός της ενότητας αυτής είναι να παρουσιάσει το τρέχον πλαίσιο δουλειάς.

Internet2 και QoS

Το Internet2 είναι μια συλλογική προσπάθεια τουλάχιστον 120 αμερικανικών πανεπιστημίων σε συνεργασία με την βιομηχανία και την κυβέρνηση, για την ανάπτυξη και υλοποίηση εξελιγμένων εφαρμογών δικτύου, που τα πανεπιστήμια χρειάζονται για την εκπλήρωση των ερευνητικών και εκπαιδευτικών σκοπών τους την επόμενη δεκαετία[UR3].

Το Internet2 πρέπει να επιτρέπει πολλές κατηγορίες εφαρμογών. Τέτοιες εφαρμογές θα πρέπει να είναι δυνατό να απαιτούν και να λαμβάνουν διαβεβαιώσεις απ' το δίκτυο για παραμέτρους μετάδοσης από άκρο σε άκρο, όπως bandwidth, καθυστέρηση, συχνότητα απώλειας πακέτων και άλλες.

Το Internet2 θα πρέπει να λάβει υπόψη τις παρακάτω αρχές. Όλοι οι μηχανισμοί QoS θα πρέπει να λειτουργούν κατα μήκος όλων των domain και μεταξύ διαφορετικού λογισμικού και υλισμικού(hardware). Οι μηχανισμοί QoS δεν θα πρέπει να επηρεάζουν την ροή των κινήσεων “καλύτερης προσπάθειας”. Θα πρέπει να εξελιχτούν σε ροές multicast. Νέοι μηχανισμοί διαχείρισης θα πρέπει να αναπτυχθούν για την επεξεργασία των αιτήσεων δέσμευσης πόρων, για ελέγχους εισόδου και για τη μέτρηση και χρέωση των κινήσεων[UR11].

Τα άτομα που εργάζονται στην ομάδα QoS του Internet2 πιστεύουν ότι το εξελισσόμενο πλαίσιο γύρω από τις “differentiated services – DiffServ”, που είναι μια προσέγγιση του QoS, αποτελεί την πιο ελπιδοφόρα προσέγγιση για την κάλυψη των QoS απαιτήσεων του Internet2 [UR10]. Πιο συγκεκριμένα, οι πιο απαιτητικές εφαρμογές θα ωφεληθούν σημαντικά από την οικογένεια των DiffServ που παρέχουν πολύ καλά ορισμένες εγγυήσεις μετάδοσης με βάση προφίλ υπηρεσιών. Η ομάδα προτείνει το Internet2 να αναπτύξει εμπορικές εφαρμογές των DiffServ.

Μάλιστα οι πρώτες προτάσεις για τη χρήση των υπηρεσιών του DiffServ έχουν καταγραφεί. Στην [UR6] παρουσιάζεται μια εκτενής ανάλυση για το πως μια υπηρεσία από άκρο σε άκρο, του πρωτοκόλλου DiffServ, γνωστή ως "Premium

Service", μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει τις ανάγκες για QoS του Internet2. Η υπηρεσία αυτή έχει απλή και καλά ορισμένη υλοποίηση, με τα ήδη υπάρχοντα στοιχεία του δικτύου και το QoS που προσφέρει στα άκρα του δικτύου, μπορεί εύκολα να μετρηθεί.

Με την Premium service οι δεσμεύσεις είναι σε όρους peak rate όπως μετρούνται από ένα token bucket με βάθος ενός ή δύο πακέτων. Η μικρότερη μονάδα δέσμευσης είναι μια απλή κίνηση πακέτων. Τα πακέτα της κίνησης χαρακτηρίζονται ως πακέτα Premium service στις επικεφαλίδες των πακέτων και διαμορφώνονται για να ικανοποιήσουν τις rate απαιτήσεις στα άκρα του δικτύου, από ένα κόμβο στα όρια του δικτύου. Ο συνδυασμός αυστηρών προτεραιοτήτων, η αποφυγή εκρήξεων κίνησης στην peak rate και μια απαίτηση ότι η υπηρεσία δεν αλλάζει μορφή κατά μήκος των κόμβων, εξασφαλίζει ότι τα πακέτα θα αντιμετωπίσουν καθυστέρηση κοντά στην μικρότερη δυνατή

Επειδή η δέσμευση των πόρων γίνεται με ένα μόνο νούμερο, peak rate, αρχιτεκτονικές στατικής και δυναμικής δέσμευσης μπορούν να υλοποιηθούν. Για παράδειγμα δυναμικό QoS μπορεί να χρησιμοποιείται σε ένα campus με τη χρήση RSVP. Όταν όμως το campus έχει κίνηση που περνάει τα όρια προς το backbone Internet2 δίκτυο, αυτή θα χρησιμοποιεί τον χαρακτηρισμό της Premium Service υλοποιώντας έτσι μια στατική δέσμευση πόρων.

Τα πλεονεκτήματα της Premium service για τη χρήση της στο Internet 2 είναι σημαντικά αφού μπορεί να καλύψει όλες τις απαιτήσεις QoS που έχουν τεθεί. Πρώτον είναι κατάλληλη για "έξυπνες" εφαρμογές γιατί προσφέρει καθυστερήσεις που είναι κοντά στις ελάχιστες του δικτύου, κρατώντας ταυτόχρονα τις ουρές προτεραιοτήτων σε μικρά μεγέθη, ελαχιστοποιώντας έτσι τις απώλειες πακέτων. Δεύτερον μπορεί να εφαρμοστεί κατά μήκος του δικτύου, αφού όλοι οι κατασκευαστές κόμβων προσφέρουν ουρές προτεραιοτήτων που αποτελεί και το κύριο χαρακτηριστικό της Premium service. Τρίτον επιτρέπει την κατηγοριοποίηση της κίνησης, χαρακτηριστικό άλλωστε του ίδιου του πρωτοκόλλου DiffServ. Τέταρτον είναι διαχειρίσιμη, αφού έχει απλή στρατηγική δέσμευσης πόρων. Πέμπτον προσφέρει μετρήσιμο QoS στοιχείο απαραίτητο για τη λειτουργία του Internet2. Τέλος πρόκειται για τεχνολογία που ήδη έχει υλοποιηθεί σε πειραματικό στάδιο και που τα απαραίτητα στοιχεία της ήδη υπάρχουν στο δίκτυο, δεν αποτελεί δηλαδή μια θεωρητική υπόθεση και μόνο.

Next Generation Internet και QoS

Από την στιγμή της σύλληψης του, ο πρωταρχικός σκοπός του NGI ήταν η παροχή αξιόπιστης μεταφοράς δεδομένων με QoS εγγυήσεις, για την ανάπτυξη πρωτοποριακών εφαρμογών[AR2]. Οι περισσότερες έρευνες οδηγούνται στο συμπέρασμα ότι το NGI θα αποτελείται από μια κατανεμημένη αρχιτεκτονική.

Συγκεκριμένα στην [UR5] προτείνεται ότι το NGI θα πρέπει να συμπεριφέρεται, όχι σαν ένα δίκτυο υποδικτύων, αλλά σαν ένα σύστημα κατανεμημένων συστημάτων.

θα πρέπει να συμπεριφέρεται, όχι σαν ένα δίκτυο υποδικτύων, αλλά σαν ένα σύστημα κατανεμημένων συστημάτων. Για το λόγο αυτό απαιτείται πέρα από το TCP/IP πρωτόκολλο, ένα νέο ενδιάμεσο επίπεδο που θα συνδέει τα κατανεμημένα συστήματα.

Μια ομάδα επιστημόνων στην SRI International υλοποιεί ένα τέτοιο ενδιάμεσο επίπεδο. Το επίπεδο αυτό συντονίζει τις ενέργειες των εφαρμογών και των πόρων υλοποιώντας υπηρεσίες διαχείρισης όπως δέσμευση, προγραμματισμό και προσαρμογή σε QoS των εφαρμογών.

Ένας από τους στόχους σχεδίασης είναι το ενδιάμεσο επίπεδο να λειτουργεί πάνω από ετερογενείς πόρους και να υποστηρίζει ετερογενείς εφαρμογές. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται μια προσέγγιση που βασίζεται σε μοντέλα. Το μοντέλο της εφαρμογής καταγράφει την δομή της εφαρμογής, διαιρώντας στην σε κατανεμημένα τμήματα. Το μοντέλο συλλαμβάνει τις απαιτήσεις σε υπολογιστικούς, αποθηκευτικούς και επικοινωνιακούς πόρους κάθε τμήματος καθώς και τις απαιτήσεις QoS από άκρο σε άκρο της εφαρμογής.

Για την κάλυψη των απαιτήσεων QoS έχουν αναπτυχθεί μια πληθώρα αλγορίθμων. Αυτοί οι αλγόριθμοι μεταφράζουν τις απαιτήσεις υψηλού επιπέδου QoS των εφαρμογών και κατανέμουν και δεσμεύουν τους πόρους για μια εφαρμογή. Επιπλέον προγραμματισμός πόρων για ολόκληρο το σύστημα πρέπει να γίνεται τακτικά για εξασφάλιση QoS. Τέλος οι αλγόριθμοι εξασφαλίζουν και την προσαρμογή QoS σε περιπτώσεις απώλειας πόρων ή επιθέσεις ασφάλειας.

Αλλά και στην [AR2] η κατανεμημένη προσέγγιση είναι παρούσα, για την αντιμετώπιση των προβλημάτων, της επεκτασιμότητας, του κόστους και της εφαρμογής, από άκρο σε άκρο QoS.

Οι συγγραφείς αυτής της εργασίας, επικεντρώνουν το ενδιαφέρον τους σε μια προσέγγιση παροχής QoS, που επιτρέπει στις εφαρμογές NGI να διαχειρίζονται δυναμικά μακρινούς πόρους αποθήκευσης, για να αποθηκεύουν εκεί δεδομένα για μελλοντική χρήση. Η ιδέα της στρατηγικής αυτής (γνωστής και ως logistical QoS) είναι η γενίκευση του μοντέλου κράτησης QoS από άκρο σε άκρο, που θα επιτρέπει πιο ευέλικτη χρήση της αποθήκευσης των μηνυμάτων, που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη QoS. Όταν τα δεδομένα είναι διαθέσιμα προς παράδοση, πριν χρειαστεί να παραληφθούν, θα φιλοξενοούνται σε τοποθεσίες κοντινότερες προς τον παράληπτη για κατοπινή παράδοση. Η διαδικασία αυτή θα γίνεται μόνο για τα δεδομένα που μπορούν να αποθηκευτούν και αποτελούν πληροφορία που ήδη προϋπάρχει. Το αποτέλεσμα είναι αφενός ο καταμερισμός και η χρήση των πόρων του δικτύου και αφετέρου η επίτευξη QoS απαιτήσεων, που στη περίπτωση της από άκρο σε άκρο επικοινωνίας δεν θα ήταν δυνατό να επιτευχθούν

Ο σκοπός της έρευνας είναι η ανάπτυξη logistical QoS, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι του NGI. Το πρώτο κομμάτι της έρευνας ασχολείται με την εύρεση της λειτουργικότητας του δικτύου που απαιτείται για την υποστήριξη logistical QoS. Το δεύτερο ερευνά την προοπτική ολοκλήρωσης του logistical QoS στην τρέχουσα τεχνολογία των δικτύων με τη χρήση του NetSolve. Το NetSolve είναι ένα προγραμματιστικό περιβάλλον, σχεδιασμένο να μετασχηματίζει διακριτά και ετερογενή στοιχεία δικτύου, λογισμικά και υλιστικά, σε μια ενοποιημένη και προσβάσιμη υπηρεσία.

Στην [UR8] οι ερευνητές προτείνουν ένα μοντέλο που θα εξυπηρετεί τις μελλοντικές ανάγκες των κατανεμημένων υπολογιστικών συστημάτων. Το μοντέλο χρησιμεύει για τη δέσμευση bandwidth σε ευρύ επίπεδο, αλλά την ίδια στιγμή παραμένει μέσα στα όρια του μοντέλου των DiffServ. Η βασική ιδέα είναι να υπάρχουν αμοιβαίες συμφωνίες τελικών κόμβων που δεσμεύουν bandwidth, με βάση κάποια κατηγορία υπηρεσίας. Τα όρια και οι απαιτήσεις της κατηγορίας υπηρεσίας καθορίζονται με συμφωνίες ανάμεσα στα site και τους ISP (Internet Service Providers). Η απαραίτητη τεχνολογία δικτύου, για την επίτευξη των παραπάνω παράγεται από τις διαδικασίες του πρωτοκόλλου DiffServ.

Συμπεράσματα

Μέχρι τώρα τα δίκτυα IP στηρίχτηκαν στην απλή υπηρεσία “καλύτερης προσπάθειας” με την οποία οι πόροι του δικτύου ισοκατανέμονταν. Η προσθήκη QoS στο διαδίκτυο, όμως, επιτρέπει διαφοροποιημένες υπηρεσίες που ξεφεύγουν από την απλές και θεμελιώδης σχεδιαστικές αρχές του διαδικτύου. Έτσι οι ανάγκες για την σχεδίαση QoS πρωτοκόλλων και υπηρεσιών είναι μεγάλες. Τα διάφορα πρωτόκολλα και μηχανισμοί, που έχουν δημιουργηθεί μέχρι στιγμής, είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν μαζί.

Η εκτεταμένη έρευνα που διενεργείται, κάνει τον στόχο της από άκρο σε άκρο QoS επικοινωνίας, πιο εφικτό κάθε μέρα που περνά. Οι τυποποιήσεις δεν έχουν αναπτυχθεί πλήρως και υπάρχουν ακόμα πολλά θέματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως η υποστήριξη multicast μετάδοσης, αλλά η εφαρμογή των αποτελεσμάτων της έρευνας έχει δώσει τα πρώτα πρακτικά αποτελέσματα. Επιπλέον ο μεγάλος στόχος της μετεξέλιξης του διαδικτύου, έχει ενώσει τις δυνάμεις των ερευνητών που οδηγούνται στην ανάπτυξη μιας ενιαίας αρχιτεκτονικής που θα παρέχει εγγυήσεις QoS για τις μελλοντικές εφαρμογές.

Βιβλιογραφία

Ανδρέας Πομπόρτσης, Εισαγωγή στις νέες τεχνολογίες επικοινωνιών, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 1997

J. Walrand, Communication Networks: A first course, 1994

Αναφορές σε άρθρα επιστημονικών περιοδικών

[AR1]K. Sooyong, and Y Heon, Transmission of video streams with constant bandwidth allocation, Computer Communications, Volume 22, Issue 2, 25 January 1999, Pages 173-180

Στην εργασία αυτή προτείνεται η ανάπτυξη ενός σχήματος για τη μεταφορά video που θα εγγυάται QoS, δεν θα έχει απώλειες κυψελίδων και θα επιτυγχάνει υψηλό βαθμό αξιοποίησης του bandwidth ταυτόχρονα. Το σχήμα αυτό περιλαμβάνει μια διαδικασία δύο βημάτων πριν την αποστολή virtual bit rate VBR, για την παραγωγή ενός σήματος με σχεδόν σταθερό bandwidth.

[AR2]M. Beck, H. Casanova, J. Dongarra, T. Moore, J. Plank, F. Berman, and R. Wolski, Logistical quality of service in NetSolve, Computer Communications, Volume 22, Issue11, 15 July 1999, Pages 1034-1044

Οι συγγραφείς αυτής της εργασίας, επικεντρώνουν το ενδιαφέρον τους σε μια προσέγγιση παροχής QoS, γνωστή και ως logistical QoS, που επιτρέπει στις εφαρμογές NGI να διαχειρίζονται δυναμικά μακρινούς πόρους αποθήκευσης, για να αποθηκεύουν εκεί δεδομένα για μελλοντική χρήση.

[AR3]J. Sobrinho, S. Krishnakumar, Quality-of-service in ad hoc carrier sense multiple access wireless networks, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Volume 17, Issue 8, 1999, Pages 1353-1368

Στην εργασία αυτή γίνεται προσπάθεια να διαμορφωθεί το “σχήμα” CSMA, με τους κατάλληλους μηχανισμούς ώστε να παρέχει QoS εγγυήσεις, σε ασύρματα δίκτυα. Προτείνεται το σχήμα black-burst (BB), με το οποίο οι κόμβοι “φιλονικούν”

για πρόσβαση στο κανάλι με παλμούς ενέργειες τους BBs η διάρκεια των οποίων είναι μεταβλητή.

[AR4]G.Maral, J. Restrepo, E. Del Re, R. Fantacci, G. Giambene, Performance analysis for a guaranteed handover service in an LEO constellation with a `satellite-fixed cell' system, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Volume 47, Issue 4, November 1998, Pages 1200-1214

Στην εργασία αυτή γίνεται λόγος για την παροχή QoS με την μορφή συμβολαίων κίνησης μέσω δορυφόρων. Οι ερευνητές προσπαθούν να υλοποιήσουν μια υψηλής ποιότητας κύρια υπηρεσία (guaranteed handover – GH) που θα εγγυάται την επιτυχία της διαδικασίας handover, καθώς και μια χαμηλότερου κόστους υπηρεσία όπου οι αποτυχίες handover δεν θα ξεπερνούν μια συγκεκριμένη τιμή.

[AR5]J.-F.Huard, A.A. Lazar, Programmable transport architecture with QoS guarantees, IEEE Communications, Magazine, Volume 36, Issue 10, October 1998, Pages 54-62

Στην εργασία παρουσιάζεται μια αντικειμενοστραφής αρχιτεκτονική μεταφοράς που επιτρέπει την δυναμική σύνδεση διαφορετικών πρωτοκόλλων κατά τη διάρκεια κάθε κίνησης. Με την σύνδεση των διαφορετικών πρωτοκόλλων οι ειδικές ανάγκες μιας εφαρμογής μπορούν να ικανοποιηθούν χωρίς την ανάγκη επανεγγραφής του κώδικα.

[AR6]R.Gopalakrishnan, Parulkar, M. Gurudatta, Efficient user-space protocol implementations with QoS guarantees using real-time upcalls ,IEEE/ACM Transactions on Networking, Volume 6, Issue 4, August 1998, Pages 374-388

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια προσέγγιση στην σχεδίαση των στοιχείων του δικτύου που επιτρέπει στα πρωτόκολλα να εκτελούνται παρέχοντας QoS εγγυήσεις. Ένας μηχανισμός λειτουργικού συστήματος που καλείται real-time upcall (RTU), έχει σχεδιαστεί για την παροχή τέτοιων εγγυήσεων στις εφαρμογές.

[AR7]K. H. Cho, and H. Yoon, Design and analysis of the virtual-time-based round robin fair scheduling algorithm for QoS guarantees, Computer Communications Volume 22, Issue 12, 25 July 1999, Pages 1150-1159

Στην εργασία αυτή προτείνεται ένας αποτελεσματικός αλγόριθμος προγραμματισμού που επιτρέπει σε switches υψηλών ταχυτήτων, να κάνουν δίκαια διαίρεση του bandwidth συνδέσμων, ανάμεσα σε ανταγωνιστικές συνδέσεις. Ο αλγόριθμος αυτός μαζί με τον έλεγχο αποδοχής σύνδεσμων μπορεί να εγγυηθεί QoS για τις συνδέσεις.

[AR8]J. Wexler, QOS: What Can Service Providers Deliver?, BCR Magazine Volume 29, Number 4, April 1999, pp. 25-30

Στο άρθρο αυτό ο συγγραφέας αρχικά εξετάζει τις ανάγκες των επιχειρήσεων για QoS. Κατόπιν κάνει μια περιγραφή των υπάρχουσων τεχνικών και μεθοδολογιών για την υποστήριξη QoS πάνω από δίκτυα IP. Αναφέρεται στην προσπάθεια των ηγετικών εταιρειών του χώρου πάνω στον συγκεκριμένο πρόβλημα.

[AR9]T. Tachikawa, H. Higaki and M. Takizawa, Δ -Causality and ϵ -delivery for wide-area group communications, Computer Communications, Volume 23, Issue 1, 1 January 2000, Pages 13-21

Σε κατανεμημένες εφαρμογές, όπως είναι οι τηλεσυνδιασκέψεις, ένα σύνολο πολλαπλών διαδικασιών συνεργάζονται ανταλλάσσοντας μηνύματα. Είναι κρίσιμος παράγοντας να υποστηριχτεί το σύνολο αυτών των διαδικασιών με σημαντικό επίπεδο υπηρεσιών QoS, συμπεριλαμβανομένου και της ταξινομημένης παράδοσης των μηνυμάτων. Στην εργασία ορίζεται μια νέα causality, η Δ^* -causality μεταξύ των μηνυμάτων, που θα τα χαρακτηρίζει στο παγκόσμιο περιβάλλον.

[AR10]Ioannis Ch. Paschalidis, Class-specific quality of service guarantees in multimedia communication networks, Automatica, Volume 35, Issue 12, December 1999, Pages 1951-1968

Η εργασία αυτή ασχολείται με το πρόβλημα του QoS σε πολυμεσικά δίκτυα υψηλών ταχυτήτων. Το QoS κατατάσσεται με βάση τις πιθανότητες *απώλειας* και *excessive delay* ενός τυχαίου πακέτου και εισάγεται το μοντέλο του κόμβου πολλών κατηγοριών (multiclass node), που παρέχει πρόσβαση δικτύου σε χρήστες που μπορεί να ανήκουν σε πολλαπλές κατηγορίες υπηρεσιών (service classes).

[AR11]A.Akyaman, A. Freebersyser, K. Townsend, Efficient Simulation of QoS in ATM switches using connection traffic descriptors, Volume 38, Issue 2, October 1999 Pages 105-132

Επειδή η εφαρμογή στατιστικών μοντέλων κίνησης για την παροχή μετρήσεων QoS είναι δύσκολη άλλες μέθοδοι απαιτούνται. Στην παρούσα εργασία σαν λύση στο πρόβλημα είναι η πληροφορία που μπαίνει στο δίκτυο, να περιγράφεται από τους περιγραφείς σύνδεσης κίνησης (connection traffic descriptors), όπως έχουν καθοριστεί από το ATM forum.

[AR12]S. Fahmy, R. Jain, S. Rabie, R. Goyal, and B. Vandalore Quality of service for Internet traffic over ATM service categories, Computer Communications, Volume 22, Issue 14, 15 September 1999, Pages 1307 - 1320

Στην εργασία αυτή οι συγγραφείς συγκρίνουν τις ATM κατηγορίες υπηρεσιών σε όρους κόστους, απαιτήσεων αποθήκευσης και απόδοσης με κινήσεις Internet. Διαπιστώνουν ότι η υπηρεσία available bit rate (ABR) μπορεί να υλοποιηθεί από τις νέες τεχνολογίες του διαδικτύου για την υποστήριξη από άκρο σε άκρο QoS. Η σύνδεση των δικτύων των επιχειρήσεων με ABR συνδέσεις ιδεατών μονοπατιών

μπορεί να εγγυηθεί QoS και να ελαχιστοποιήσει τις καθυστερήσεις στις ουρές και τις απώλειες στα backbone δίκτυα.

[AR13]G. Lai and R. Chang, Support QoS in IP over ATM, Computer Communications, Volume 22, Issue 5, 15 April 1999, Pages 411-418

Η εργασία αυτή περιγράφει ένα σχήμα προτεραιοτήτων για την παροχή ολοκληρωμένης IP υπηρεσίας με QoS πάνω από ATM switched virtual circuits, για την επίτευξη καλύτερης απόδοσης στην μεταφορά πακέτων. Το σχήμα προτεραιοτήτων ορίζεται σαν ένα πεδίο τριών bit στην IP datagram επικεφαλίδα, με συνέπεια την ύπαρξη 8 κατηγοριών υπηρεσίας.

Αναφορές στο διαδίκτυο

[UR1]http://www.cisco.com/warp/public/767/dspages/infoblast/infoblast/729/c8500/qosio_wp.htm

Η σελίδα αυτή παρουσιάζει περιληπτικά όλες τις λύσεις για παροχή QoS από την εταιρεία Cisco.

[UR2]<http://www.nren.nasa.gov/CFP/taft-plotkin.html>

Nina Taft-Plotkin and Bhargav Bellur, QoS-Routing in ATM Networks, SRI International, August 1998

Η δρομολόγηση QoS αναφέρεται σε αλγόριθμους που υπολογίζουν μονοπάτια που ικανοποιούν ένα σύνολο από άκρο σε άκρο QoS απαιτήσεων. Στην εργασία αυτή γίνεται αναφορά σε θέματα σχεδίασης για την υποστήριξη QoS δρομολόγησης σε τεχνολογία ATM και περιγράφονται οι προσεγγίσεις που υιοθετούν οι συγγραφείς.

[UR3]<http://www.nren.nasa.gov/CFP/teitelbaum.html>

Ben Teitelbaum, Internet2 QoS

Στην εργασία αυτή αναφέρονται οι απαιτήσεις σε QoS του Internet2 και προτείνεται σαν λύση η διεξαγωγή ερευνών της προσέγγισης QoS του DiffServ

[UR4]<http://www.nren.nasa.gov/CFP/shah.html>

M. Mascari, T. Sciuto, D. Shah, Wide Area QoS Testing Experiences.Expectations vs. Realities

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μιας έρευνας για QoS σε ATM. Τα πειράματα έγιναν στα δίκτυα της NASA και πραγματοποιήθηκαν για να εξετάσουν αν το QoS που υπόσχονται τα ATM δίκτυα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των χρηστών αποτελεσματικά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι προσδοκίες και η πραγματικότητα δεν συμβαδίζουν

[UR5]<http://www.nren.nasa.gov/CFP/sydir.html>

J. Sydir, B. Sabata, S. Chatterjee, QoS Middleware for the Next-Generation Internet

Στην εργασία αυτή προτείνεται ότι το διαδίκτυο της νέας γενιάς (Next Generation Internet – NGI) θα πρέπει να συμπεριφέρεται, όχι σαν ένα δίκτυο υποδικτύων, αλλά σαν ένα σύστημα κατανεμημένων συστημάτων. Για το λόγο αυτό απαιτείται πέρα από το TCP/IP πρωτόκολλο, ένα νέο ενδιάμεσο επίπεδο που θα συνδέει τα κατανεμημένα συστήματα.

[UR6]<http://www.internet2.edu/qos/may98Workshop/html/premserv.html>

K. M. Nichols, Using Premium Service to Provide Internet2 QoS

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια εκτενής ανάλυση για το πως μια υπηρεσία από άκρο σε άκρο του πρωτοκόλλου DiffServ, γνωστή ως "Premium Service", μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει τις ανάγκες για QoS του Internet2. Η υπηρεσία αυτή έχει απλή και καλά ορισμένη υλοποίηση με τα ήδη υπάρχοντα στοιχεία του δικτύου και το QoS που προσφέρει στα άκρα του δικτύου, μπορεί εύκολα να μετρηθεί.

[UR7]<http://www.microsoft.com/PressPass/press/1999/sept99/NICiscoPR.htm>

Cisco and Microsoft Deliver Platform to Prioritize Business Traffic

Στην σελίδα αυτή παρουσιάζεται μια νέα εμπορική λύση για υποστήριξη QoS σε επιχειρηματικές κινήσεις. Η λύση αυτή συνδυάζει το λειτουργικό σύστημα Windows 2000 Server με τους Catalyst switches της εταιρείας Cisco.

[UR8]www.tg.lbl.gov/~johnston/papers

W. E. Johnston, G. Hoo, Bandwidth Reservation: QoS as Middleware

Για πολλά επιστημονικά συστήματα που βρίσκονται καταναμημένα ανά τον κόσμο είναι απαραίτητη η μαζική ανταλλαγή πληροφοριών. Οι συγγραφείς αυτής της εργασίας ωθούμενοι από την παραπάνω ανάγκη, προτείνουν ένα μοντέλο για την δέσμευση bandwidth, το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε ευρύ επίπεδο, αλλά την ίδια στιγμή παραμένει μέσα στα όρια του μοντέλου των DiffServ.

[UR9]http://www.nren.nasa.gov/CFP/guerin_pres/index.htm

G. Apostolopoulos, R. Guerin, S. Kamat, S. K. Tripathi, QoS Routing in IP Networks: Myths and Realities

Στην εργασία αυτή οι ερευνητές προσπαθούν να αποδείξουν ότι η δρομολόγηση QoS, όχι μόνο προσφέρει αποτελέσματα απόδοσης, αλλά είναι και σχετικά φτηνή. Στο συμπέρασμα καταλήγουν με βάση ενδείξεις που συνέλλεξαν γύρω από το κόστος επεξεργασίας γύρω από την δρομολόγηση

[UR10]<http://www.internet2.edu/qos/may98Workshop/html/diffserv.html>

John Sikora and Ben Teitelbaum, Differentiated Services for Internet2

Τα άτομα που εργάζονται στην ομάδα QoS του Internet2 πιστεύουν ότι το εξελισσόμενο πλαίσιο γύρω από τις “differentiated services – DiffServ”, που είναι μια προσέγγιση του QoS, αποτελεί την πιο ελπιδοφόρα προσέγγιση για την κάλυψη των QoS απαιτήσεων του Internet2.

[UR11] <http://www.internet2.edu/qos/wg/papers/charter.html>

QoS Working Group Charter Statement

Στην διεύθυνση αυτή παρατίθενται οι αρχές και οι απαιτήσεις σε QoS που πρέπει να έχει το Internet2.

[UR12] www.stardust.com/qos/whitepapers/protocols.htm

QoS protocols & architectures

Στην διεύθυνση αυτή παρουσιάζονται τα πρωτόκολλα και αρχιτεκτονικές που αναπτύσσονται για την παροχή QoS σε δίκτυα βασισμένα στο Internet Protocol.

[UR13] <http://www.stardust.com/qos/whitepapers/need.htm>

The Need for QoS

Στην διεύθυνση αυτή παρουσιάζονται οι λόγοι για τους οποίους είναι επιτακτική η ανάγκη για την παροχή QoS από τα μελλοντικά δίκτυα.

[UR14] http://www.cisco.com/warp/public/cc/cisco/mkt/ios/qos/tech/qos72_wp.htm

Η σελίδα αυτή παρουσιάζει αναλυτικά το λογισμικό IOS 7200/7500 για παροχή QoS από την εταιρεία Cisco.

[UR15] <http://www.stardust.com/policy/whitepapers/qospol.htm>

Στην διεύθυνση αυτή παρουσιάζονται οι πολιτικές και οι αλγόριθμοι που αναπτύσσονται για την παροχή QoS σε δίκτυα βασισμένα στο Internet Protocol.

Πληθώρα ερευνητικών προσπαθειών βρίσκονται στην διεύθυνση www.sciencedirect.com , ενώ οι τελευταίες εξελίξεις στο χώρο των εμπορικών εφαρμογών στην διεύθυνση www.stardust.com/qos .