

**ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ ΜΕ
ΕΜΦΑΣΗ ΣΕ ΤΕΧΝΙΚΕΣ DIFFERENTIATED
SERVICES ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΚΑΤΣΑΝΤΩΝΗΣ Α. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (1322)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

Δρ. ΧΕΙΛΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Υπεύθυνη Δήλωση: Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην πτυχιακή εργασία. Επίσης, έχω αναφέρει τις πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από μένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Πληροφορικής και Επικοινωνιών του Τ.Ε.Ι. Σερρών

ΠΕΡΙΟΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	5
Όροι-Έννοιες.....	6
Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
Κεφάλαιο 2: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ QoS.....	10
2.1 Control Plane (Επίπεδο Ελέγχου).....	11
2.2 Data Plane (Επίπεδο Δεδομένων).....	12
2.3 Management Plane (Επίπεδο Διαχείρισης).....	13
Κεφάλαιο 3: ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ (Diffserv)	14
3.1 Η αρχιτεκτονική	15
3.2 Υλοποίηση Diffserv.....	16
3.3 Differentiated Services Code Point.....	18
3.4 Per Hop Behaviour	19
Κεφάλαιο 4: INTSERV (ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ).....	21
4.1 Αρχιτεκτονική.....	22
4.2 RSVP.....	23
4.3 Υπηρεσίες RSVP.....	24
4.4 Ειδικά μηνύματα δέσμευσης πόρων	25
Κεφάλαιο 5:INTSERV VS DIFFSERV.....	27
Κεφάλαιο 6: ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	29
6.1 Η σημασία της χρονοδρομολόγησης.....	30
6.2 FIFO (First In First Out).....	31
6.2 PQ (Priority Queuing).....	32
6.3 WFQ (Weighted Fair Queueing).....	33
Κεφάλαιο 7: OPNET – ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ.....	34
7.1 Εισαγωγή στο πρόγραμμα προσομοίωσης δικτύων OPNET.....	35
7.2 Εγχειρίδιο ρυθμίσεων Diffserv.....	36

7.3 Αποτελέσματα προσομοίωσης για κίνηση VoIP	41
7.4 Αποτελέσματα προσομοίωσης για κίνηση FTP.....	46
7.5 Αποτελέσματα προσομοίωσης για κίνηση Video.....	48
7.6 Ip Traffic Dropped (Απορριφθείσα κίνηση).....	53
7.7 Point To Point Throughput.....	54
7.8 Αποτελέσματα απόδοσης αλγόριθμων ανά είδος κίνησης.....	55
7.9 Εγχειρίδιο ρυθμίσεων RSVP.....	56
7.10 Αποτελέσματα RSVP.....	65
Κεφάλαιο 8: ΕΠΙΛΟΓΟΣ - ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	67
Βιβλιογραφία.....	69

Πρόλογος

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η προσομοίωση δικτυακών πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται για την παροχή ποιότητας υπηρεσίας(QoS), σε δίκτυα IP με έμφαση στις διαφοροποιημένες υπηρεσίες (Diffserv). Θα αναλυθεί η ανάγκη για την ύπαρξη ποιότητας υπηρεσίας, τα προβλήματα που λύνει καθώς και η λειτουργία της. Στη συνέχεια θα γίνει παρουσίαση του λογισμικού πακέτου προσομοίωσης δικτύων Opnet και στα εργαλεία που μας παρέχει προς επίτευξη του σκοπού μας. Τέλος θα προσομοιωθούν τα επιλεχθέντα πρωτόκολλα και θα διεξαχθούν αναλύσεις των αποτελεσμάτων.

Όροι-Έννοιες

QoS: Quality of Service: Ποιότητα Υπηρεσίας.

Best Effort: Η βασική αρχιτεκτονική από δημιουργίας των δικτύων ip όπου απουσιάζουν οι εγγυήσεις ποιότητας και το δίκτυο προσφέρει υπηρεσίες ανάλογα με την κίνηση που υπάρχει ανά δεδομένη χρονική στιγμή.

Ip: Internet Protocol : Το βασικό πρωτόκολλο επικοινωνίας datagrams στο διαδίκτυο.

WFQ: Wait Fair Queuing.

FIFO: First In First Out: Αλγόριθμος “πρώτο – μέσα – πρώτο – έξω”.

PQ: Priority Queuing: Διαχείριση ουρών με προτεραιότητες.

Real Time Application: Εφαρμογές πραγματικού χρόνου.

Bandwidth(BW):ΕύροςΖώνης: Μέγεθος που χαρακτηρίζει φάσματα συχνοτήτων ηλεκτρικών σημάτων.

Packets: Πακέτα δεδομένων.

Roud Robin: Αλγόριθμος κυκλικής εξυπηρέτησης.

Throughput: Το πλήθος των δεδομένων που διέρχεται από το δίκτυο ανά μονάδα χρόνου.

Utilization:Χρησιμοποίηση-Αξιοποίηση: Είναι ο όρος εκείνος ο οποίος εκφράζει το ποσοστό που χρησιμοποιείται ένας πόρος δικτύου.

Delay: Χρονική καθυστέρηση.

End to End Delay: Η χρονική καθυστέρηση ενός πακέτου ανάμεσα σε εκπομπή και λήψη.

Packet Delay Variation: Η διακύμανση της καθυστέρησης ανά μονάδα χρόνου χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν τυχόν χαμένα πακέτα.

Ip Traffic Dropped: Απορριφθείσα κίνηση δεδομένων.

Traffic Received: Ληφθείσα κίνηση δεδομένων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάγκη ύπαρξης δικτύων με ποιοτικά χαρακτηριστικά δεν είναι κάτι καινούριο, το πρόβλημα γεννήθηκε λίγα χρόνια μετά τις πρώτες υλοποιήσεις δικτύων και αυξήθηκε δραματικά τα τελευταία χρόνια όπου οι υπηρεσίες γρήγορης διασύνδεσης (xDSL υπηρεσίες) έγιναν πολύ φθηνές αλλά και ευρεία διαθέσιμες. Η αυξανόμενη ανάγκη χρήσης υπηρεσιών streaming καθώς και η συμπίεση και μετάδοση ροών βίντεο και ήχου μέσω του internet έγινε αναπόσπαστο κομμάτι της συμπεριφοράς του μεγαλύτερου ποσοστού των απλών οικιακών χρηστών καθώς και των επιχειρήσεων.

Το διαδίκτυο εν τη γένεση του κτίστηκε θα μπορούσαμε να πούμε γύρω από την φιλοσοφία-αρχιτεκτονική «βέλτιστης προσπάθειας» (best-effort) κατά την οποία η αντιμετώπιση των πακέτων από τους δρομολογητές είναι εξίσου ίση και απολύτως ανάλογη των διαθέσιμων πόρων.

Το πρόβλημα άργησε κάποια χρόνια να φανεί καθώς οι απαιτήσεις των τότε εφαρμογών δεν απαιτούσαν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ως προς το χρόνο, τη ταχύτητα και τον τρόπο διαμεταγωγής και μετάδοσης αλλά περιοριζόταν στην ανταλλαγή κειμένου και γενικά υλικού πολύ μικρού μεγέθους μη διαδραστικού τύπου.

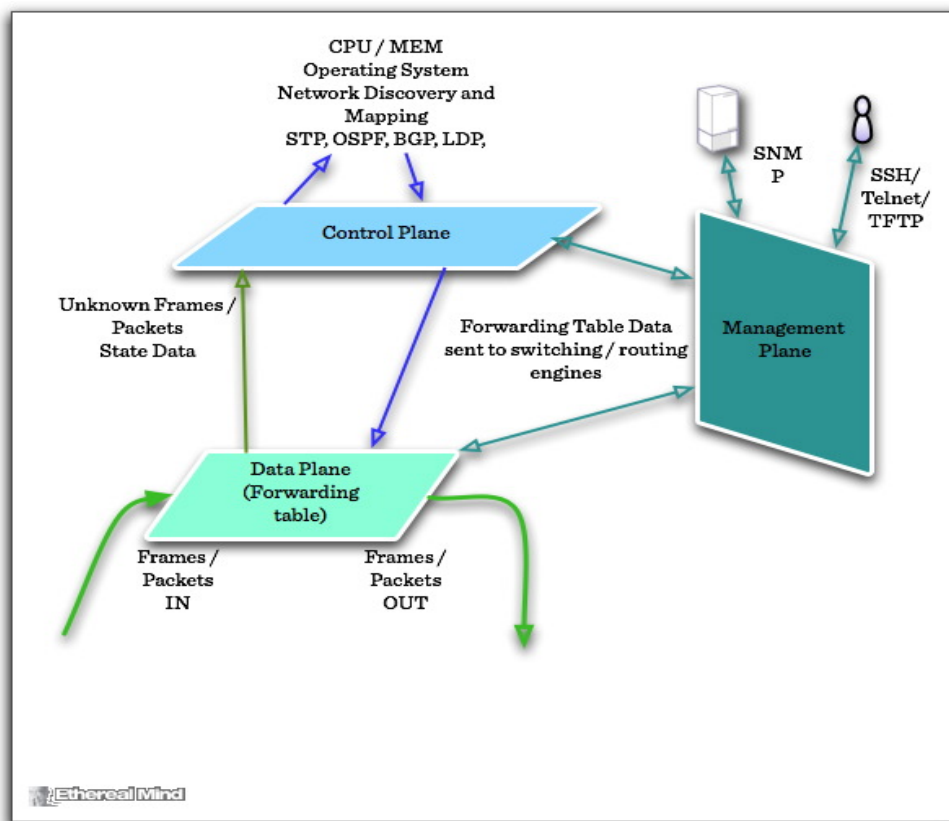
Έτσι σε οποιαδήποτε περίπτωση υπερφόρτωσης της ουράς ενός δρομολογητή, η απόρριψη πακέτων θα γίνει χωρίς να ληφθεί υπόψιν η εκάστοτε προτεραιότητα των πακέτων προς απόρριψη και επομένως δεν υπάρχει καμία εγγύηση στον χρήστη αν τα πακέτα δεδομένων του θα μεταφερθούν, με τι ταχύτητα θα γίνει αυτό και με ποιές εγγυήσεις. Κατά τις περιόδους αιχμής σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων IP, υπερφορτώνονται οι καταχωρητές και έτσι δεν υπάρχει διαθέσιμος χώρος για τα νέα εισερχόμενα πακέτα με αποτέλεσμα πολλά πακέτα να απορρίπτονται, οι ρυθμοί μεταφοράς να μειώνονται δραματικά και η συνολική απόδοση του δικτύου να δημιουργεί προβλήματα στους χρήστες. Το δίκτυο και τα χαρακτηριστικά διαθεσιμότητας και ταχύτητας είναι άμεσα εξαρτώμενα από την κίνηση την συγκεκριμένη στιγμή στο δίκτυο.

Έτσι γεννήθηκε η ανάγκη ύπαρξης εγγυήσεων και μηχανισμών παροχής QoS στα δίκτυα οι οποίες και υλοποιούνται με την ύπαρξη πρωτοκόλλων τα οποία προσφέρουν εγγυημένες και ποιοτικές υπηρεσίες στους χρήστες ανά πάσα στιγμή ακόμα και τις ώρες αιχμής, όπου το δίκτυο καλείται να εξυπηρετήσει μεγάλο φόρτο δεδομένων.

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ QoS

2.ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ QoS

Η παροχή ποιότητας υπηρεσίας στα δίκτυα χωρίζεται σε τρία βασικά επίπεδα όπως φαίνεται στην εικόνα 1. Το επίπεδο έλεγχου, δεδομένων και διαχείρισης τα οποία με την σειρά τους αποτελούνται από διάφορα υπό επίπεδα-μηχανισμούς τα οποία θα προσπαθήσουμε να εξηγήσουμε περιληπτικά καθώς κάθε επίπεδο αποτελεί από μόνο του ένα τεράστιο κεφάλαιο σε αυτό που ονομάζουμε ποιότητα υπηρεσίας στο διαδίκτυο.



Εικόνα 1. Σχηματική αναπαράσταση της βασικής δομής ενός συστήματος που παρέχει ποιότητα υπηρεσίας. [Πηγή:Etheralmind.com]

2.1 Control Plane (Επίπεδο Ελέγχου)

Το επίπεδο ελέγχου είναι ένα σύνολο από μηχανισμούς υπευθύνους για τους ελέγχους πρόσβασης και μέτρησης των δεδομένων. Αποτελείται από τους επιμέρους μηχανισμούς:

Admission control (Ελεγχος Πρόσβασης): Εδώ γίνεται ο έλεγχος πρόσβασης της κίνησης έτσι ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε υπερφόρτωση ή απόκλιση στις ήδη παρεχόμενες εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσίας στο δίκτυο. Υλοποιείται με 2 τρόπους τον Parameter Based και τον Measurement Based.

- **Parameter Based:** Η υλοποίηση αυτή βασίζεται στις χειρότερες αποδεκτές εκτιμήσεις που ενδεχομένως να λάβουν διάφορες παράμετροι όπως η καθυστέρηση και το ποσοστό απωλειών και έτσι εισέρχεται κίνηση στο δίκτυο σύμφωνα πάντα με αυτές τις παραμέτρους.
- **Measurement Based:** Αυτή η προσέγγιση διενεργεί μετρήσεις στο δίκτυο την συγκεκριμένη χρονική στιγμή και ανάλογα τον δικτυακό φόρτο επιτρέπεται ή όχι η εισαγωγή νέας κίνησης προς εξυπηρέτηση. Όπως είναι λογικό οι πόροι χρησιμοποιούνται σε αρκετά μεγαλύτερο βαθμό αλλά η εξασφάλιση αυστηρών εγγυήσεων κινείται σε αντιστρόφως ανάλογο πλαίσιο.

Routing (Δρομολόγηση): Εδώ γίνεται η επιλογή της διαδρομής που πρέπει να ακολουθήσει ένα πακέτο ώστε να φτάσει στον προορισμό του. Η επιλογή της διαδρομής αποτελεί το προϊόν πολλών υπολογισμών και συνήθως δεν είναι η συντομότερη αλλά εκείνη η οποία έχει τις περισσότερες πιθανότητες να εξυπηρετήσει τις ανάγκες για ποιότητα που έχουν τεθεί. Έτσι παράμετροι όπως η καθυστέρηση και το εύρος ζώνης λαμβάνονται υπόψιν για την τελική επιλογή της καλύτερης διαδρομής.

Resource Reservation (Δέσμευση Πόρων): Ο μηχανισμός είναι πολύ απλής λογικής, δεσμεύει τους πόρους ενός δικτύου ώστε να εξυπηρετήσει με πολύ αυστηρές προδιαγραφές την κίνηση. Οι πόροι δεν χρησιμοποιούνται αποδοτικά και η λύση αυτή είναι προανατολισμένη κυρίως σε μικρά δίκτυα παροχής πολύ αυστηρών προδιαγραφών ποιότητας υπηρεσίας. Συνήθης τακτική είναι η χρήση του πρωτοκόλλου RSVP το οποίο αποτελεί ένα ειδικό πρωτόκολλο σηματοδότησης για την δέσμευση πόρων σε ένα δίκτυο και το οποίο θα αναλύσουμε παρακάτω.

2.2 Data Plane (Επίπεδο Δεδομένων)

Το επίπεδο δεδομένων αποτελείται κυρίως από τους επιμέρους μηχανισμούς:

- **Metering (Μετρητής):** Ο μετρητής εξετάζει το προφίλ της κίνησης για κάθε κατηγορία πακέτων και το συγκρίνει με κάποια προσυμφωνηθέντα χαρακτηριστικά έτσι ώστε να δώσει την σωστή πληροφορία στον μηχανισμό μαρκαρίσματος ή μορφοποίησης.
- **Marking (Μαρκάρισμα):** Μηχανισμός υπεύθυνος για το μαρκάρισμα και διαχωρισμό των πακέτων είτε βάσει κριτηρίων τα οποία μπορεί να προκύπτουν από τα αποτελέσματα του μηχανισμού Μέτρησης, που στην περίπτωση αυτή προηγείται του μαρκαρίσματος, είτε από την κλάση στην οποία ανήκουν μετά τον μηχανισμό της Ταξινόμησης.
- **Classification (Ταξινόμηση):** Μηχανισμός διαχωρισμού των πακέτων σε μεμονωμένες ροές ή συναθροίσεις ροών.
- **Shaping-Dropping (Μορφοποίηση-Απόρριψη):** Πρόκειται για μηχανισμούς που τροποποιούν τα χαρακτηριστικά κίνησης μιας ροής ή κλάσης πακέτων όπως αυτή προέκυψε από την ταξινόμηση ή απορρίπτουν πακέτα, με στόχο την συμμόρφωση με το εκάστου προφίλ κίνησης που έχει τεθεί υπό ισχύ.
- **Scheduling (Χρονοδρομολόγηση):** Στον μηχανισμό αυτό γίνεται η επιλογή των πακέτων προς εξυπηρέτηση και η τοποθέτηση τους στις κατάλληλες ουρές, κάνοντας χρήση των πληροφοριών από την διαδικασία της ταξινόμησης. Εδώ παίρνουν μέρος και διαδικασίες ελέγχου και διαχείρισης της πληρότητας των ουρών αναμονής.

2.3 Management Plane (Επίπεδο Διαχείρισης)

Σε αυτό το επίπεδο διενεργούνται οι τελικοί έλεγχοι του προφίλ της κίνησης και συγκρίνονται με το ισχύον συμβόλαιο υπηρεσιών (SLA). Το επίπεδο Διαχείρισης αποτελείται από τα δυο παρακάτω στοιχεία:

- **SLA (Service Level Agreement):** Αποτελεί το συμβόλαιο για τις απαιτήσεις και τις υποχρεώσεις μεταξύ παρόχου υπηρεσίας και αποδέκτη αυτής, καθώς και πλήθος συγκεκριμένων προδιαγραφών κίνησης στο δίκτυο που πρέπει να τηρηθούν αυστηρά όπως χωρητικότητα, καθυστέρηση, διακύμανση καθυστέρησης και απώλεια πακέτων. Η συμφωνία υλοποιείται με απαίτηση συγκεκριμένων ορίων στις παραπάνω μετρικές.
- **Traffic Restoration (Αποκατάσταση κίνησης):** Ο μηχανισμός αυτός είτε λειτουργεί ανεξάρτητα είτε εμπεριέχεται στους όρους του SLA. Περιλαμβάνει τις εναλλακτικές δρομολογήσεις σε περίπτωση που κάποιο φυσικό interface αποτύχει. Μπορεί να κάνει χρήση και άλλων μηχανισμών από άλλα επίπεδα ώστε να είναι ενημερωμένος για τους εναλλακτικούς πόρους που μπορεί να χρησιμοποιηθούν ακόμα και σε περίπτωση ολικής αδυναμίας ενός κόμβου.

ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ (Diffserv)

3.1 Η αρχιτεκτονική

Η αρχιτεκτονική των διαφοροποιημένων υπηρεσιών είναι και η ποιό διαδεδομένα εφαρμόσιμη αρχιτεκτονική παροχής ποιότητας υπηρεσίας στα δίκτυα IP. Είναι δυναμικής φύσης και θέτει κύριο κανόνα την προνομιακή ή όχι δρομολόγηση των ροών των πακέτων. Τις ροές των πακέτων τις διαχειρίζονται ειδικοί μηχανισμοί οι οποίοι εφαρμόζονται κατά κανόνα στα άκρα του δικτύου. Οι ίδιοι μηχανισμοί επιλέγουν και αναμειγνύουν τις ροές εκείνες που έχουν ίδιες απαιτήσεις QoS σε ανάλογες κλάσεις προτεραιότητας. Οι προϋποθέσεις που τίθενται αφορούν την εκπλήρωση συγκεκριμένων απαιτήσεων όπως για παράδειγμα η ταχύτητα, η καθυστέρηση και το εύρος ζώνης για κάθε μια από τις ροές.

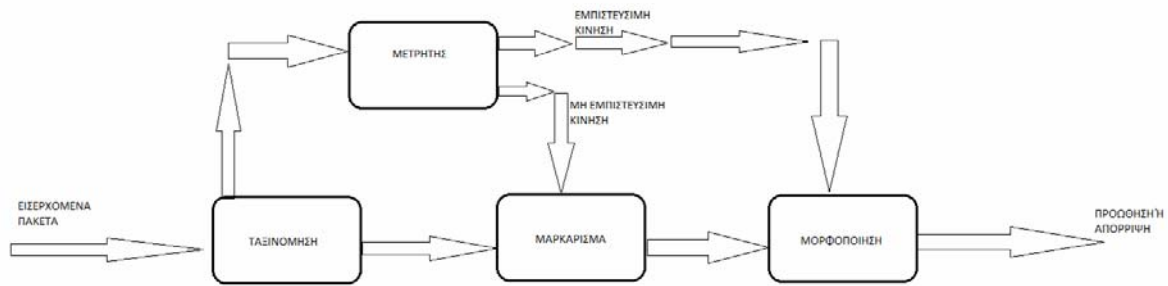
Όταν γίνει μια αίτηση παροχής ποιότητας υπηρεσίας σε μια ροή δεδομένων από τον χρήστη, τα πακέτα της συγκεκριμένης ροής μαρκάρονται κατάλληλα με βάση τις συγκεκριμένες απαιτήσεις της εφαρμογής δίνοντας συγκεκριμένη κωδική τιμή στο πεδίο DSCP (Differentiated Services Code Point), το οποίο βρίσκεται εντός του IP header όπως θα αναλύσουμε μετέπειτα, έτσι το δίκτυο συνολικά θα επιλέξει την διαδρομή εκείνη η οποία τηρεί τις προδιαγραφές που έθεσε η εφαρμογή για ποιότητα υπηρεσίας.

Ένα άλλο σημαντικό σημείο στην αρχιτεκτονική διαφοροποιημένων υπηρεσιών είναι και η συμπεριφορά του δικτύου. Ο μηχανισμός αυτός που θα ορίσει πως θα συμπεριφερθεί το δίκτυο στην ροή δεδομένων ονομάζεται Per Hop Behaviour (PHB). Ο μηχανισμός αυτός περιγράφει την εκάστοτε πολιτική του δικτύου που εφαρμόζεται από την εισαγωγή της ροής στο δίκτυο μέχρι την έξοδο της από αυτό. Για να εφαρμοστεί συγκεκριμένη πολιτική πρέπει να υπάρχει συμφωνία η οποία να ορίζει τις προδιαγραφές καθώς και το κόστος αυτών, εδώ εισέρχεται ο όρος Service Level Agreement (SLA), δηλαδή η σύμβαση εξασφάλισης συγκεκριμένων χαρακτηριστικών υπηρεσίας ανάμεσα στον χρήστη και στον πάροχο της υπηρεσίας. Στο SLA εμπεριέχεται και το SLS (Service Level Specs) το οποίο ορίζει τις τεχνικές λεπτομέρειες για την επίτευξη των προδιαγραφών.

3.2 Υλοποίηση Diffserv

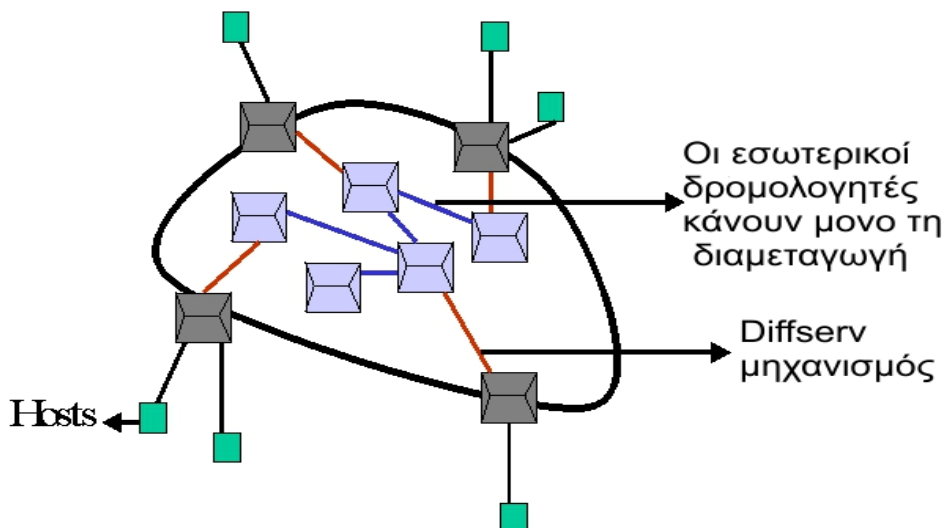
Η λειτουργία της υπηρεσίας διαφοροποιημένων υπηρεσιών στηρίζεται στους τέσσερις παρακάτω κύριους μηχανισμούς:

- **Packet classification (Ταξινόμηση):** Εδώ υλοποιείται η σωστή ταξινόμηση πακέτων που εισέρχονται σε έναν δρομολογητή σαν ροές ή συνενώσεις ροών σε κλάσεις. Έτσι το δίκτυο πλέον θα έχει να κάνει με κλάσεις οι οποίες μπορεί να περιέχουν πολλές ροές.
- **Marking (Μαρκάρισμα):** Το μαρκάρισμα των πακέτων γίνεται ανάλογα με την κλάση που κατηγοριοποιήθηκαν. Εδώ αλλάζει η κωδική τιμή του dscp στην επικεφαλίδα των πακέτων και άρα η συμπεριφορά που θα έχει το δίκτυο σε αυτά. Επίσης ο μηχανισμός αυτός είναι υπεύθυνος για την αυτόματη αντικατάσταση μιας τιμής dscp από τιμή tos ή το αντίστροφο ανάλογα με το τι απαιτείται και που εφαρμόζεται ο μηχανισμός.
- **Metering (Μετρητής):** Εδώ γίνεται η μέτρηση και επαλήθευση με τις προδιαγραφές της εκάστοτε σύμβασης sla που ισχύει στο δίκτυο έτσι ώστε τα πακέτα να λαμβάνουν τις υπηρεσίες που δικαιούνται και είναι υποχρεωμένο το δίκτυο να προσφέρει. Τα αποτελέσματα της μέτρησης της κίνησης παρέχουν τους κανόνες στο μηχανισμό μαρκαρίσματος αλλά και στο τελικό στάδιο της μορφοποίησης ή απόρριψης της κίνησης.
- **Shaping or Dropping (Μορφοποίηση):** Μορφοποίηση της κίνησης ώστε να τηρούνται οι προδιαγραφές της σύμβασης SLA. Εδώ να αναφέρουμε ότι ο μηχανισμός προκειμένου να κάνει τις απαραίτητες διορθώσεις μπορεί είτε να καθυστερήσει κάποια κίνηση είτε να την απορρίψει εντελώς ώστε οι προδιαγραφές να εμπίπτουν στη σύμβαση.



Εικόνα 2. Traffic Conditioning (Μαρκάρισμα, Μέτρηση, Μορφοποίηση/Απόρριψη κίνησης).

Όλοι αυτοί οι μηχανισμοί ρύθμισης κίνησης ενεργοποιούνται στα άκρα του δικτύου, δηλαδή στους ακραίους δρομολογητές πρόσβασης εκεί που εισέρχεται το πακέτο στο δίκτυο. Αυτό γίνεται διότι όλοι αυτοί οι μηχανισμοί απαιτούν μεγάλα ποσά επεξεργαστικής ισχύς από τους δρομολογητές καθώς και αρκετή προσωρινή μνήμη που οι δρομολογητές σε αυτή την θέση έχουν τους πόρους αλλά και την ισχύ για να προσφέρουν, επιτρέποντας στους εσωτερικούς δρομολογητές να είναι απασχολημένοι μόνο με την γρήγορη διαμεταγωγή των ήδη ομαδοποιημένων ροών. Στην εσωτερική διαδρομή τα πακέτα δρομολογούνται σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μηχανισμών που πρόέκυψαν όταν εισήλθαν στο δίκτυο και αποθηκευτήκαν στις κεφαλίδες τους.



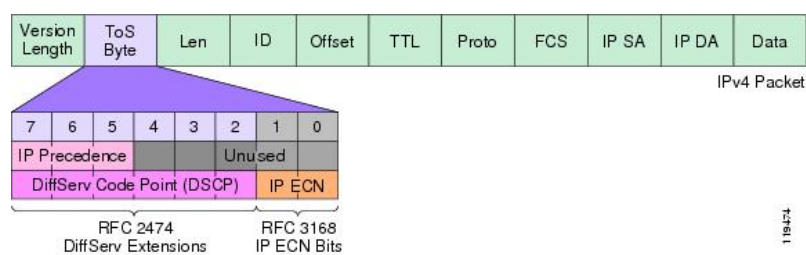
Εικόνα 3. Οι εσωτερικοί δρομολογητές εκτελούν μόνο τις διαμεταγωγές ενώ οι ακραίοι επωμίζονται το δύσκολο έργο της διαφοροποίησης της υπηρεσίας.

3.3 Differentiated Services Code Point

Στην IP v4 υπάρχει στην επικεφαλίδα ένα εύρος 8bit το οποίο ονομάζεται TOS octet ή TOS byte. Στην πρώτη υλοποίηση του τα πρώτα 3 bits του tos όριζαν την προτεραιότητα και

$$2^3$$

τις βαθμίδες αυτής. Έτσι είχαμε δυνατές επιλογές προτεραιότητας σύνολο δηλαδή 8. Τα επόμενα bits δηλώνουν το είδος της δρομολόγησης-διαμεταγωγής βάση χρονικής καθυστέρησης, ρυθμού μετάδοσης, αξιοπιστίας, κόστος και κανονική εξυπηρέτηση.



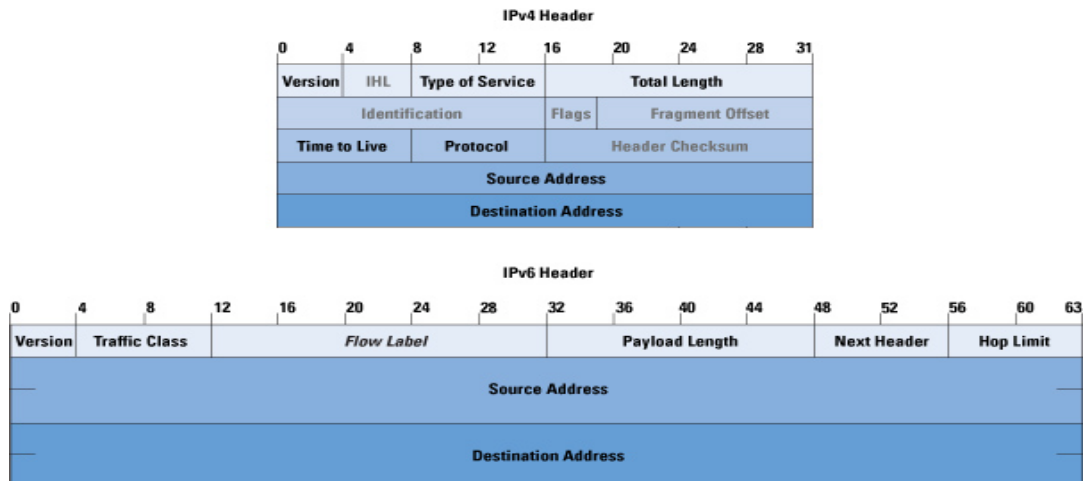
Εικόνα 4. Η διαμόρφωση του ToS byte στην IP V4. [ΠΗΓΗ <http://mccltd.net>].

Αργότερα παρουσιάστηκε βελτιωμένο το tos octet και έτσι ορίστηκε τα πρώτα 6bits να

$$2$$

αναπαριστούν το dscp το οποίο δημιουργεί δηλαδή 64 πιθανές βαθμίδες ταξινόμησης. Έτσι η διαχείριση των ip πακέτων σε περιβάλλον με απαίτηση ποιότητα υπηρεσίας έγινε ποιοστόχευόμενα και με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι από το tos byte χρησιμοποιούνται μόνο 6 bits, τα υπόλοιπα 2 είναι αχρησιμοποίητα έως

στιγμής. Στην βελτιωμένη έκδοση του πρωτοκόλλου ip την version 6 υπάρχει αντίστοιχο πεδίο για την διαχείριση της προτεραιότητας. Το πεδίο ονομάζεται Traffic clas και έχει μήκος 8 bits. Εκεί εμπεριέχεται και το Diffserv code point όπου ανάλογα την τιμή ορίζεται και η προτεραιότητα κάθε πακέτου. Επιπλέον στο ipv6 έχει οριστεί επιπρόσθετα ένα νέο πεδίο μήκους 20 bit το οποίο ονομάζεται Flow Label το οποίο φέρει πληροφορίες για το ποιά πακέτα ανήκουν σε μια μεμονωμένη ροή διευκολύνοντας έτσι το φιλτράρισμα ροών σε έναν κόμβο εισερχομένης κίνησης.



Εικόνα 4. Το πεδίο ToS και Flow Label [Πηγή <http://mccltd.net/>].

3.4 Per Hop Behaviour

Το PHB όπως αναφέραμε υποδεικνύει την συμπεριφορά του δικτύου απέναντι σε κάθε διαφορετική κλάση υπηρεσίας και ορίζει την διαχείριση και τον χρονοπρογραμματισμό των ουρών αναμονής που προκύπτουν. Το PHB υλοποιείται σε 4 καταστάσεις όσο αφορά τις διαφοροποιημένες υπηρεσίες, την EF, AF, Default και CS.

EF (expedited forwarding): Η EF ή και κλάση επισπεύδουσας προώθησης είναι η συμπεριφορά κατά την οποία εφόσον τα πακέτα δεν παραβιάζουν τα συμφωνηθέντα χαρακτηριστικά κίνησης SLA τότε τους παρέχονται υπηρεσίες με εξαιρετικά χαμηλές απώλειες και καθυστερήσεις. Επίσης χαρακτηρίζεται ως κατάσταση ύψιστης ποιότητας υπηρεσίας. Οι πόροι που δεσμεύονται από την υπηρεσία αυτή δεν χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό και για αυτό το λόγο χαρακτηρίζεται και “σπάταλη” υπηρεσία. Παράλληλα όταν απαιτούνται εγγυήσεις όπως για χρήση VoIP ή εμπορικές συναλλαγές μέσω διαδικτύου η χρήση της είναι επιβεβλημένη. Η υπηρεσία αυτή επίσης χαρακτηρίζεται και πολύ αυστηρή για όσα πακέτα δεν τηρούν τα συμφωνηθέντα χαρακτηριστικά κίνησης τα οποία απορρίπτονται αμέσως χωρίς να γίνει καμία διάκριση της ροής που ανήκουν. Η τιμή που πρέπει να λάβει το dscp είναι “101110” και υπάρχει εγγύηση μηδενικής απώλειας πακέτων.

Af (Assured Forwarding): Η AF είναι η κλάση Εγγυημένης Προώθησης και εφαρμόζεται σε παροχή υπηρεσιών διαφορετικής προτεραιότητας. Αυτού του είδους η συμπεριφορά είναι ικανή να εκμεταλλευτεί τους αχρησιμοποίητους πόρους από τις κλάσεις

όταν αυτοί είναι διαθέσιμοι. Σε περίπτωση που κάποια πακέτα δεν συμφωνούν με τα συμφωνηθέντα χαρακτηριστικά κίνησης θα προωθηθούν με χαμηλότερη προτεραιότητα εάν υπάρχουν διαθέσιμοι πόροι αλλιώς μόνο και μόνο τότε απορρίπτονται. Το μοντέλο αυτό δίνει την δυνατότητα της εξυπηρέτησης ενός ποσοστού της κίνησης που δημιουργείται με συγκεκριμένες εγγυήσεις αλλά εάν υπάρχουν διαθέσιμοι πόροι το ποσοστό αυτό αυξάνεται μαζί και η καθυστέρηση. Κάθε κλάση εξυπηρετείτε ανεξάρτητα και οι κομβίοι στο δίκτυο πρέπει να μπορούν να εξυπηρετήσουν όλες τις κλάσεις AF.

Για κάθε κλάση ο κάθε κόμβος θα πρέπει να έχει ήδη δεσμευμένο εύρος ζώνης και πόρους, να μπορεί να αναγνωρίσει σε τι είδους προτεραιότητα πρέπει να λειτουργήσει (low-medium-high). Μπορεί όμως να προκύψουν καταστάσεις όπου οι ροές εξυπηρετούνται με μεγαλύτερες απαιτήσεις από το Traffic profile που έχει προκύψει επειδή έτυχε εκείνη τη χρονική στιγμή να υπήρχαν αχρησιμοποίητοι πόροι στον κόμβο και η υπηρεσία AF τους χρησιμοποιεί, και έτσι να υπάρχει υπέρβαση στο όριο του δεσμευμένου εύρους ζώνης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται ουρές και καθυστερήσεις λόγω της αυξημένης εισροής πακέτων. Στην κατάσταση αυτή αν η αύξηση συνεχιστεί τότε θα υπάρξουν αναγκαστικά απώλειες γιατί τα πακέτα τα οποία είναι συμφώνα με τα χαρακτηριστικά κίνησης και φέρουν dscp χαμηλότερης προτεραιότητας θα απορριφτούν διότι όταν εισήρθαν υπήρχαν ελεύθεροι πόροι, αυτά τελικά απορρίπτονται προς αποσυμφόρηση του κόμβου ως ύστατη λύση.

Default PHB: Δεν είναι τίποτα άλλο παρά υπηρεσία best-effort. Γίνεται χρήση αυτής

για τις ροές που δεν απαιτούν ποιότητα υπηρεσίας. Η προτεινόμενη DSCP τιμή είναι η 000000.

Class-Selector PHB: Αποτελεί μια λύση συμβατότητας ανάμεσα σε ip προτεραιότητα και αντιστοιχία χρήσης DSCP. Οι τιμές έχουν την μορφή xxx000, όπου τα τρία πρώτα ψηφία αντιστοιχούν στον πίνακα της ip Precedence κλίμακας προτεραιότητας όπως βλέπουμε στον παρακάτω πίνακα

IP Precedence Values

Value	Description
000 (0)	Routine or Best Effort
001 (1)	Priority
010 (2)	Immediate
011 (3)	Flash (mainly used for voice signaling or for video)
100 (4)	Flash Override
101 (5)	Critical (mainly used for voice RTP)
110 (6)	Internet
111 (7)	Network

Service Class Name	DSCP Name	DSCP Value	DEC	MT TOS?	Application Examples
Network Control	CS6	110000	48	192	Network routing
Telephony Signaling	EF	101110	46	184	IP Telephony bearer
	CS5	101000			IP Telephony signaling
Multimedia Conferencing	AF41, AF42, AF43	100010, 100100, 100110	34	136	H.323/V2 video conferencing (adaptive)
Real-Time Interactive	CS4	100000	32	128	video conferencing and Interactive gaming
Multimedia Streaming	AF31, AF32, AF33	011010, 011100, 011110	26	104	Streaming video and audio on demand
Broadcast Video	CS3	011000	24	96	Broadcast TV & live events
Low-Latency Data	AF21, AF22, AF23	010010, 010100, 010110	18	72	Client/server transactions, web-based ordering
OAM	CS2	010000	16	64	OAM&P
High-Throughput Data	AF11, AF12, AF13	001010, 001100, 001110	10	40	Store and forward applications
Standard	DF (CS0)	000000	0	0	Undifferentiated applications
Low-Priority Data	CS1	001000	8	32	Any flow that has no BW assurance

Εικόνα 2 Τιμές ip precedence και οι προτεινόμενες τιμές tos, dscp, phb ανάλογα το είδος της κίνησης.

INTSERV (ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ)

4.1 Αρχιτεκτονική

Η αρχιτεκτονική Intserv αποτελεί μια υπηρεσία απόλυτων εγγυήσεων ποιότητας. Μπορεί να προσφέρει μηδενική απώλεια πακέτων, καθορισμό στα ανώτατα όρια καθυστερήσεων ενώ η υπηρεσία εφαρμόζεται αυστηρά σε κάθε μοναδική ροή δεδομένων.

Η φιλοσοφία πίσω από το μοντέλο αυτό είναι η δέσμευση πόρων του δικτύου και η καταγραφή αυτής της πληροφορίας σε κάθε δρομολογητή που εμπεριέχεται σε ένα δίκτυο παροχής ενοποιημένων υπηρεσιών αλλά και ο δυναμικός έλεγχος της δέσμευσης ή αποδέσμευσης των πόρων αυτών. Έτσι έχοντας όλες αυτές τις πληροφορίες δημιουργείτε ένα

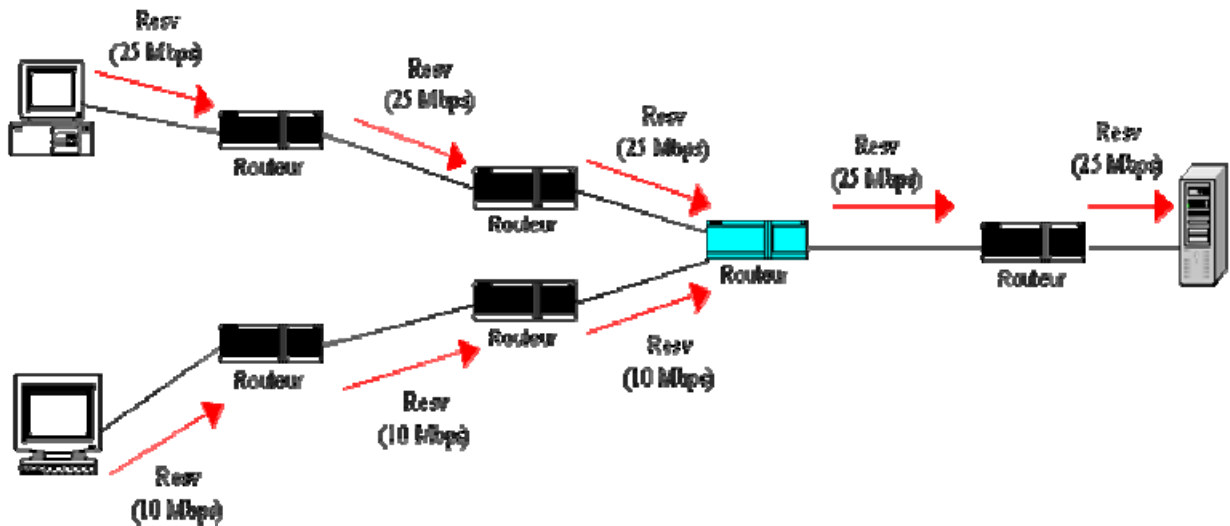
εικονικό μονοπάτι το οποίο δρομολογεί την κίνηση μέσα από δρομολογητές και δίκτυα τα όποια μπορούν να προσφέρουν τις προδιαγραφές εκείνες τις οποίες απαιτεί η εφαρμογή. Για να μπορέσει ένα δίκτυο να παρέχει ενοποιημένες υπηρεσίες απαιτούνται μια σειρά από μηχανισμοί όπου γενικά είναι εξαιρετικά πολύπλοκοι σε σχέση με το μοντέλο των Diffserv.

Το δίκτυο μέσα από πολύπλοκους μηχανισμούς στην ουσία “αποφασίζει” αν θα μπορέσει η εφαρμογή να έχει τις υπηρεσίες που θέλει. Δημιουργείται μια αίτηση προς το δίκτυο με απαίτηση σε εύρος ζώνης και καθυστέρηση, αυτόματα το δίκτυο συμβουλευεται την καταγραφή της πληροφορίας για την δέσμευση πόρων σε κάθε δρομολογητή και ανάλογα απαντά στην αίτηση.

Η αρχιτεκτονική Intserv διακρίνεται από 4 βασικές απαιτήσεις:

- Πρωτόκολλο σηματοδότησης το οποίο και είναι υπεύθυνο για την δέσμευση των πόρων στους δρομολογητές.
- Μηχανισμός έλεγχου αποδοχής κλήσεων παροχής QoS.
- Μηχανισμός ταξινόμησης της κίνησης σε κάθε ροή που εξυπηρετείται.
- Μηχανισμός χρονοδρομολόγησης της κίνησης.

4.2 RSVP



Όσο αφορά το πρωτόκολλο σηματοδοσίας το οποίο πρέπει να ελέγχει να διαχειρίζεται και να δεσμεύει τους διαθέσιμους πόρους στην αρχιτεκτονική Intserv θα πρέπει να το χαρακτηρίζει η δυναμικότητα και η αυστηρότητα ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει στις προδιαγραφές απολυτής εγγύησης υπηρεσίας που πρέπει να χαρακτηρίζει την αρχιτεκτονική αυτή.

Τα πιο γνωστά πρωτοκόλλα σηματοδοσίας και διαχείρισης πόρων σε πραγματικό χρόνο στα δίκτυα είναι τα εξής: Το Resource ReServation Protocol (RSVP), το Real-time Transport Protocol (RTP), το RealTime Control Protocol (RTCP) και το Real-Time Streaming Protocol (RTSP)².

Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο για την επίτευξη των παραπάνω είναι το πρωτόκολλο RSVP το οποίο είναι ένα ειδικό πρωτόκολλο βασισμένο σε αρκετά πολύπλοκους μηχανισμούς δέσμευσης πόρων ειδικά βελτιστοποιημένο για την αρχιτεκτονική Intserv. Η υλοποίηση της υπηρεσίας πρέπει να γίνεται σε όλους τους ενδιάμεσους δρομολογητές και είναι μονόδρομη, το RSVP διαχωρίζει την κίνηση των αποστολέων από την κίνηση των αποδεκτών και τις αντιμετωπίζει σαν 2 διαφορετικές ροές ή sessions κατά την ορολογία.

4.3 Υπηρεσίες RSVP

Το RSVP προσφέρει τις υπηρεσίες του σε τρεις διαφορετικές υλοποιήσεις. Εγγυημένης Υπηρεσίας , Ελεγχόμενου Φορτίου και Best Effort

Εγγυημένης Υπηρεσίας: Η εγγυημένη υπηρεσία προσφέρει αυστηρές εγγυήσεις στις εφαρμογές που τις απαιτούν. Ο χρόνος καθυστέρησης καθώς και το εύρος ζώνης είναι απόλυτα καθορισμένα. Τα πακέτα δεδομένων απολαμβάνουν προνομιακή μεταχείριση ώστε να επιτευχθούν οι ορισμένοι χρόνοι μετάδοσης αλλά και η ταχύτητα μεταγωγής στο δίκτυο. Δεν επιτρέπονται ουρές αναμονής, κατακερματισμός πακέτων, και συγκεκριμένα ποσά ενδιάμεσης μνήμης είναι δεσμευμένα στους δρομολογητές ώστε να τα χρησιμοποιήσει μόνο η ροή που θα απαιτήσει αυτήν την υπηρεσία απολυτής εγγύησης υπηρεσιών.

Η υπηρεσία ελέγχεται από κάποια ειδικά μηνύματα ελέγχου, ο μηχανισμός στην συνέχεια αναλαμβάνει να κάνει προμέτρηση καθυστέρησης και άλλων στοιχείων ποιότητας με ειδικά μηνύματα στο δίκτυο τα αποτελέσματα της οποίας και κοινοποιεί στην εφαρμογή που έκανε την αίτηση και εκκινεί η διαδικασία αποστολής και λήψης δεδομένων. Η υπηρεσία εγγυημένης απόδοσης όπως είναι επόμενο αποτελεί μια ιδιαίτερα κοστοβόρα υπηρεσία καθώς απαιτεί σημαντική δέσμευση εύρους ζώνης αλλά και προσωρινής μνήμης στους δρομολογητές. Όσο μεγαλύτερες είναι οι απαιτήσεις για δέσμευση πόρων τόσο ποιο δύσκολο είναι να υλοποιηθεί ο μηχανισμός της εγγυημένης υπηρεσίας του RSVP.

Ελεγχόμενου Φορτίου: Η υπηρεσία ελεγχόμενου φορτίου είναι μια υπηρεσία η οποία έχει δυναμικό χαρακτήρα και δεσμεύει, αποδεσμεύει πόρους σε πραγματικό χρόνο ανάλογα τις απαιτήσεις των εφαρμογών που χρειάζονται τέτοια προφίλ υπηρεσίας. Η υπηρεσία θα λέγαμε ότι προσφέρει υπηρεσίες επίπεδου best-effort με αρκετά καλή απόδοση σε δίκτυα τα οποία τα χαρακτηρίζει όχι κάποια ιδιαίτερη συμμόρφωση η οποία αν αυξηθεί σημαντικά, η απόδοση πέφτει ανάλογα.

Οι πόροι του δικτύου χρησιμοποιούνται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο ώστε να εξυπηρετηθεί όλη η κίνηση όσο το δυνατόν καλύτερα. Επίσης και σε αυτήν την υπηρεσία του RSVP δεν γίνεται κατακερματισμός των πακέτων εφόσον αυτά τηρούν τους κανόνες μεγίστης τιμής mtu που επιβάλλει το προφίλ. Απουσιάζουν οι εγγυήσεις εύρους ζώνης και καθυστέρησης και η χρήση της συνίσταται στις εφαρμογές εκείνες που απαιτούν λίγο καλύτερες προδιαγραφές ποιότητας υπηρεσίας από την κοινή υλοποίηση της best effort αρχιτεκτονικής και είναι απολύτως απαραίτητο οι δρομολογητές που θα επιλεγούν να μην είναι πιθανοί αποδέκτες μεγάλης κίνησης. Ένα πάρα πολύ μεγάλο ποσοστό των πακέτων θα πρέπει να φτάνουν στον τελικό αποδεκτή και το ποσοστό της απώλειας των πακέτων θα πρέπει να κυμαίνεται στα όρια του ποσοστού απωλειών των γραμμών χωρίς να υπάρχουν απώλειες λόγω buffer overflow. Επίσης οι τιμές της καθυστέρησης θα πρέπει να είναι ανάλογες της μικρότερης τιμής end to end delay και να μην υπάρχουν μεγάλες αυξομειώσεις.

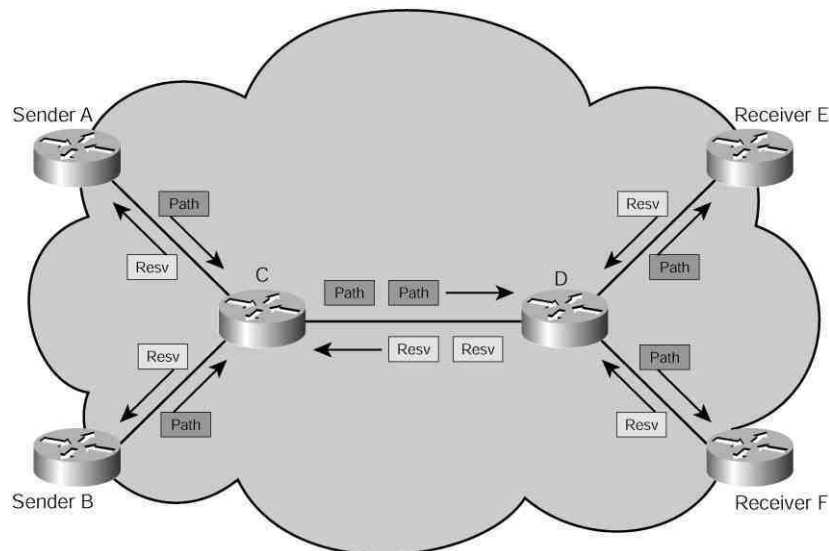
Best Effort

Εδώ υλοποιείται μετάδοση δεδομένων χωρίς καμία απολύτως εγγύηση, στην ουσία το πρωτόκολλο μπαίνει σε bypass mode μη παρέχοντας εγγυητικούς μηχανισμούς μετάδοσης.

4.4 Ειδικά μηνύματα δέσμευσης πόρων

Η ειδική σηματοδότηση την οποία κάνει το RSVP αποτελείται από ειδικά μηνύματα χαρτογράφησης της ποιότητας υπηρεσιών που μπορούν να υποστηρίξουν οι ενδιαμέσοι κόμβοι και δρομολογητές μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη. Έτσι ο αποστολέας στέλνει ένα μήνυμα που ονομάζεται Path το οποίο διέρχεται από το μονοπάτι μεταξύ τους και αποθηκεύει πληροφορίες για το κομμάτι του δικτύου που εισέρχεται όπως το sender template (ip address + port number), sender Tspec (προδιαγραφές της κίνησης που παράγει ο αποστολέας ώστε να ενημερωθούν οι ενδιαμέσοι κομβοί για το τι είδους κίνηση θα εξυπηρετήσουν) και AdSpec (Εδώ υπάρχουν οι πληροφορίες της δέσμευσης πόρων από τους ενδιαμέσου δρομολογητές οι οποίες διαβάζονται από τον αποστολέα και μπορεί είτε να τις αλλάξει είτε να ξεκινήσει μια νέα δέσμευση πόρων).

Όταν αυτό το μήνυμα φτάσει στον τελικό παραλήπτη ο παραλήπτης απαντάει με ένα μήνυμα που ονομάζεται Resv ακολουθώντας την αντίστροφη πορεία στο μονοπάτι. Το Resv μήνυμα εμπεριέχει πεδία όπως το FlowSpec το οποίο καθορίζει τις τιμές του εύρους ζώνης και του end-to-end-delay δίνοντας τις απαραίτητες πληροφορίες στους ενδιαμέσους κόμβους για την απαραίτητη δέσμευση πόρων. Το FilterSpec είναι ένα πεδίο το οποίο κάνει γνωστό στους δρομολογητές βάση ποιων στοιχείων θα κάνουν την παροχή ποιότητας υπηρεσίας και συνήθως είναι η Ip διεύθυνση μαζί με το udp/tcp port.



Εικόνα 6 Τα μηνύματα Path και Resv στο εσωτερικό ενός δικτύου Intserv υλοποιούμενο με RsvpΠΗΓΗ[<http://codeidol.com/>]

INTSERV VS DIFFSERV

5. INTSERV VS DIFFSERV

Intserv και Diffserv είναι 2 διαφορετικοί τρόποι προσέγγισης του προβλήματος της παροχής ποιοτικών υπηρεσιών στα δίκτυα ip. Οι σημαντικότερες διάφορες των δύο αυτών αρχιτεκτονικών έγκειται στο ότι η Diffserv είναι ένα μοντέλο για την παροχή QoS στο διαδίκτυο το οποίο βασίζεται στην διαφοροποίηση της κυκλοφορίας, ενώ η IntServ αρχιτεκτονική είναι ένα μοντέλο για την παροχή QoS σε μικρά δίκτυα με τη δημιουργία ενός εικονικού κυκλώματος χρησιμοποιώντας εγγυημένες διαδρομές που έχουν ιχνηλατηθεί μέσω κάποιου πρωτοκόλλου σηματοδότησης το οποίο κάνει και τη δέσμευση πόρων αποκλειστικά και μόνο για μία ροή.

Η IntServ αρχιτεκτονική αποτελεί μια πολύ διαφορετική προσέγγιση για τα IP δίκτυα η οποία είναι σημαντικά διαφοροποιημένη από το μοντέλο του best-effort καθώς και οι υπηρεσίες που παρέχει κάνοντας χρήση της δέσμευσης πόρων όπως αναφέραμε. Ποιο συγκεκριμένα η αρχιτεκτονική Intserv κρίνεται ως εξαρτημένη από την κατάσταση των δρομολογητών ώστε να προσφέρει στο μέγιστο δυνατό βαθμό εγγύηση στις προδιαγραφές που έχουν τεθεί για την παροχή ποιότητας υπηρεσίας.

Οι μηχανισμοί που προσφέρουν τις πληροφορίες για την σωστή διαχείριση της κατάστασης κάθε σύνδεσης στους δρομολογητές απαιτούν μεγάλα ποσά υπολογιστικής ισχύος από τους δρομολογητές καθώς και αρκετή μνήμη, μεγέθη τα όποια αυξάνονται όσο αυξάνονται και οι ροές που απαιτούν ποιότητα υπηρεσίας με την αρχιτεκτονική Intserv. Επίσης ο περιορισμένος αριθμός ροών (flows) δημιουργεί από μόνος του πολύ σοβαρά προβλήματα καθώς το σύνθηδες φαινόμενο στο σημερινό Internet είναι να υπάρχει μεγάλο πλήθος ροών που περνούν από ένα κόμβο με αποτέλεσμα οι ανάγκες σε αποθηκευτικό χώρο να εκτοξεύονται στα ύψη και έτσι οι δρομολογητές να μένουν εύκολα χωρίς πόρους για να διαθέσουν.

Ένας άλλος περιοριστικός παράγοντας είναι το packet classification που στηρίζεται αμιγώς στους headers των πακέτων και στην υλοποίηση αυτή δεν αποτελεί αποδοτικό μηχανισμό διότι οι νέες τεχνολογικά εφαρμογές κατά κανόνα δεν επιτρέπουν μεγάλες καθυστερήσεις στην παράδοση των πακέτων και αν σκεφτούμε ότι πρέπει σε κάθε κόμβο να γίνεται επεξεργασία των header των πακέτων και τον μεγάλο αριθμό από κόμβους που θα περάσει ένα πακέτο από το internet με αποτέλεσμα ο μηχανισμός αυτός να καταστεί χρονοβόρος εν τέλη σε μεγάλη κλίμακωση. Η χρήση της Intserv θα ήταν αδύνατη στα δίκτυα ευρείας κλίμακας του παγκοσμίου δικτύου λόγω της απαίτησης σε πόρους οπότε η χρήση της προορίζεται για μικρότερα εταιρικά κυρίως δίκτυα τύπου intranet.

Αντιθέτως η αρχιτεκτονική DiffServ δεν απαιτεί οι κόμβοι του δικτύου να κρατήσουν στην προσωρινή τους μνήμη οποιαδήποτε πληροφορία για την κατάσταση σχετικά με τη ροή ενώ βρίσκει ευρεία εφαρμογή στο Internet ειδικά στους acces routers των isp.

Η αρχιτεκτονική Diffserv είναι πλήρως ανεξαρτητοποιημένη από την κατάσταση των δρομολογητών και δεν απαιτείται κάποιο πρωτόκολλο για να φέρει σε συνεννόηση το δίκτυο

και την εφαρμογή για την παροχή QoS. Στην περίπτωση που το δίκτυο δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις προδιαγραφές της αίτησης της εφαρμογής δεν γίνεται κάποια ειδική ενημέρωση και το βάρος πέφτει στους μηχανισμούς της τελευταίας για την διαπίστωση αυτή.

Αυτό το χαρακτηριστικό καθιστά την Diffserv την κρατούσα αρχιτεκτονική παροχής QoS στο internet διότι δεν αυξάνει την απαίτηση σε υπολογιστική ισχύς και μνήμη ανάλογα με την κίνηση που πρέπει να εξυπηρετήσει. Αυτό θέτει βεβαία κάποιους συμβιβασμούς στην παροχή QoS η οποία μπορεί να μην είναι εκατό της εκατό αυτή που ζήτησε η εφαρμογή αλλά ελάχιστα υποδεέστερη.

	INTSERV	DIFFSERV
Πρωτόκολλο σηματοδότησης	Απαιτείται	Δεν απαιτείται
Εγγυήσεις προδιαγραφών	Απόλυτες ανά ροή	Μη απόλυτες για ομάδα ροών
Κλιμάκωση	Πολύ μικρή	Μεγάλη κλιμάκωση
Χρήση πόρων	Μεγάλη αυξανόμενη ανάλογα με την κίνηση	Μικρή ανεξάρτητα από την κίνηση
Πολυπλοκότητα	Μεγάλη και σε κάθε δρομολογητή	Μεγάλη σχετικά αλλά μόνο στους access routers και όχι στους ενδιάμεσους.
Κόστος	Μεγάλο (Τεραστία χρήση πόρων ανά ροή για την εξασφάλιση απόλυτης ποιότητας).	Μικρό (Οι πόροι διανέμονται σε όλες τις ροές ανάλογα την προτεραιότητα).

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

6.1 Η σημασία της χρονοδρομολόγησης

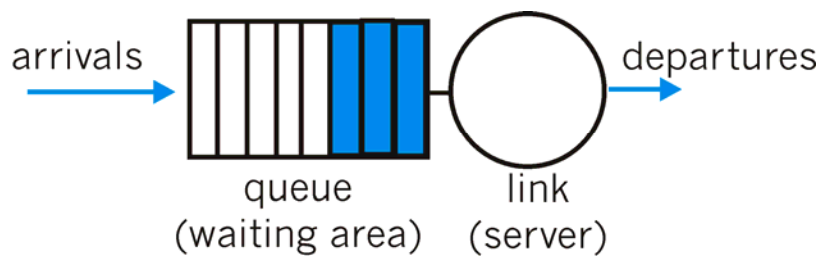
Η χρονοδρομολόγηση αποτελεί έναν απαραίτητο μηχανισμό σε κάθε υλοποίηση QoS. Είναι ο μηχανισμός εκείνος ο οποίος είναι υπεύθυνος για την σωστή επιλογή και μετάδοση ενός πακέτου σε σωστό τόπο (ουρά αναμονής) και χρόνο.

Τα πακέτα δρομολογούνται σε προσωρινές μνήμες, τις ουρές αναμονής, οι οποίες έχουν προκαθορισμένο μέγεθος και συμπεριφορά προς τα πακέτα ανάλογα των ρυθμίσεων που επιβάλλουν οι μηχανισμοί υλοποίησης. Η ουρά αναμονής μπορεί να είναι μια ή και πολλές ταυτόχρονα ανάλογα με το είδος της κίνησης. Κάθε αλγόριθμος χρονοδρομολόγησης έχει μηχανισμούς που ρυθμίζουν την χωρητικότητα της ουράς αναμονής, το εύρος ζώνης, το ρυθμό μετάδοσης, την στιγμιαία διακύμανση καθυστέρησης των πακέτων, τα όρια χωρητικότητας της, την δικαιοσύνη στην χρήση των πόρων και πάρα πολλών άλλων παραμέτρων ώστε η καθυστέρηση στις ουρές αναμονής να είναι όσο το δυνατόν η μικρότερη.

Σε κάθε φυσική διεπαφή υπάρχουν δυο κατευθύνσεις για να κινηθεί η ροή των πακέτων. Η εισαγωγή και η εξαγωγή από την διεπαφή. Στην εισαγωγή (input) υπάρχει μόνο ένα είδος ουράς αναμονής και αυτή βρίσκεται στο επίπεδο του υλικού (hardware Queue) η οποία τρέχει πάντα τον αλγόριθμο FIFO. Αντιθέτως στην εξαγωγή της διεπαφής υπάρχει εκτός από την υλοποίηση στο επίπεδο του υλικού, όπου και πάλι εκτελεί τον αλγόριθμο FIFO, και υλοποίηση σε επίπεδο λογισμικού. Στο επίπεδο λογισμικού είναι που εκτελείται η οποιαδήποτε διαφοροποιημένη υλοποίηση από τον αλγόριθμο FIFO όπως η WFQ και η PQ και μόνο στην εξοδο, ώστε να αποτραπεί η συμφόρηση.

Η απόδοση μιας αρχιτεκτονικής QoS σαφώς και επηρεάζεται από το είδος του αλγορίθμου χρονοδρομολόγησης και την πολυπλοκότητα αυτού. Η θεωρία πίσω από τις ουρές αναμονής και την χρονοδρομολόγηση αποτελεί από μόνη της ένα τεράστιο κεφάλαιο και κρίνεται αναγκαία μόνο η περιληπτική αναφορά σε αυτές και στους μηχανισμούς που παίρνουν μέρος στις προσομοιώσεις που έγιναν για αυτήν εδώ την εργασία.

6.2 FIFO



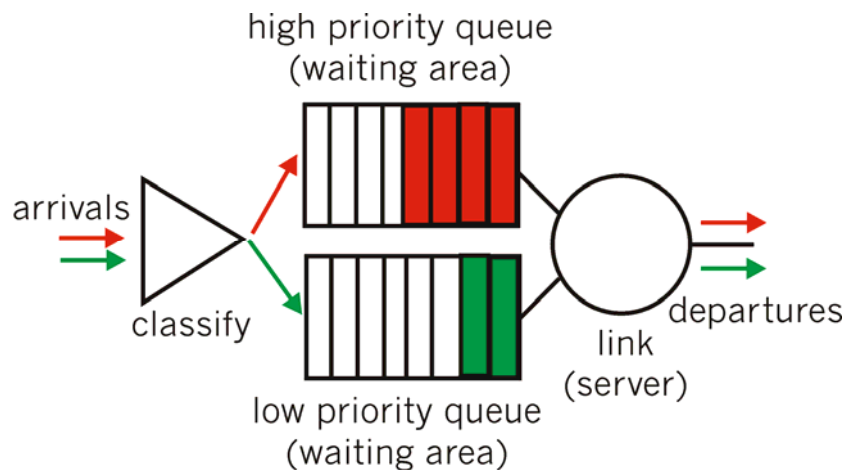
Εικόνα 7. Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας του αλγορίθμου FIFO [ΠΗΓΗ: algoritmo.com]

Αποτελεί τον ποιο απλό αλλά και γνωστό αλγόριθμο χρονοδρομολόγησης. Είναι ο ποιο απλός αλγόριθμος που μπορεί να εφαρμοστεί για την διαχείριση μιας ουράς σε ένα network interface. Η λειτουργία του είναι εξαιρετικά απλή, υπάρχει μια ουρά αναμονής η οποία μπορεί να λάβει συγκεκριμένο μέγεθος είτε σε bytes είτε σε packets. Όσο το μέγεθος της ουράς είναι μικρότερο από την μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει, κάθε νέο πακέτο που καταφθάνει τοποθετείται στο τέλος της και περιμένει να εξυπηρετηθεί όταν έλθει η σειρά του. Σε περίπτωση που η ουρά γεμίσει όσα πακέτα καταφθάσουν μετά αυτόματα απορρίπτονται και η συμπεριφορά αυτή του αλγορίθμου ονομάζεται και Drop Tail.

Όπως είναι φυσικό λόγω της απλής λειτουργίας του μηχανισμού FIFO δεν υπάρχει ουδεμία εγγύηση υπηρεσίας στα πακέτα, και συνήθως δημιουργούνται μεγάλες καθυστερήσεις εάν το μέγεθος της ουράς είναι μεγάλο. Συνήθης τακτική είναι να μειώνουμε αρκετά το μέγεθος της ουράς αλλά έτσι αυξάνουμε κατά πολύ την πιθανότητα ένα πακέτο να απορριφτεί εντελώς.

Η χρήση της χρονοδρομολόγησης με την τεχνική FIFO είναι αποτελεσματική σε network interface τα όποια δεν λαμβάνουν μεγάλη κίνηση. Βρίσκει μεγάλη ανταπόκριση σε δικτυακούς κόμβους οι όποιοι διακινούν πληροφορία σύμφωνα με το πρότυπο best effort.

6.2 Priority Queuing



Εικόνα 8. Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας του αλγορίθμου PQ [ΠΗΓΗ: algoritmo.com]

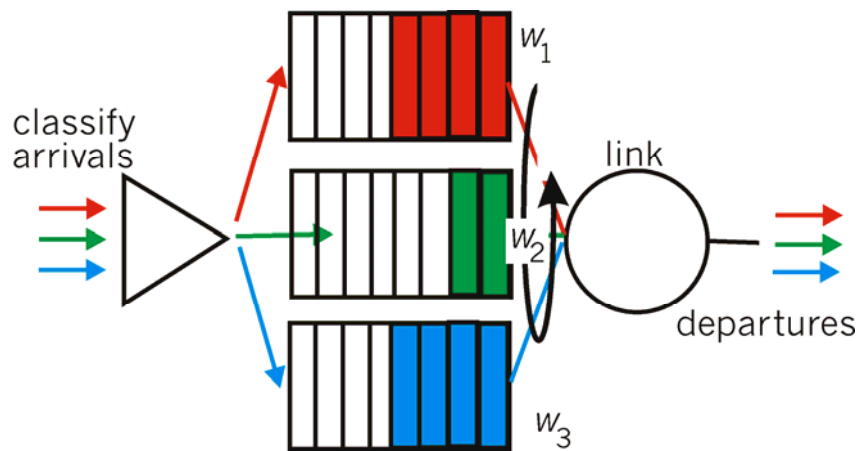
Μια παραλλαγή του αλγορίθμου FIFO είναι ο αλγόριθμος PQ ή αλγόριθμος ουρών αναμονής με προτεραιότητες.

Η φιλοσοφία βασίζεται στο ότι κάθε πακέτο ταξινομείται σύμφωνα με την προτεραιότητα που έχει λάβει και αυτή αποθηκεύεται στα Bit τους της επικεφαλίδας του πακέτου. Ο δρομολογητής για κάθε επίπεδο προτεραιότητας έχει ξεχωριστή ουρά αναμονής όπου η εξυπηρέτηση γίνεται σύμφωνα με τον αλγόριθμο FIFO. Έτσι τα πακέτα τα οποία έχουν υψηλότερη προτεραιότητα αποστέλλονται με μικρότερη καθυστέρηση σε σχέση με αυτά που έχουν χαμηλή. Τα επίπεδα προτεραιότητας είναι 4 στον αριθμό και είναι τα εξής: Low, Normal, Medium, High. Το μέγεθος των ουρών αναμονής είναι μεγαλύτερο στις χαμηλές προτεραιότητες και μικρότερο στις υψηλές.

Ο μηχανισμός κάνει έλεγχο πρώτα στις υψηλότερες προτεραιότητες και αν υπάρχουν πακέτα εξυπηρετεί πρώτα αυτές και συνεχίζει προς τις χαμηλές. Αν και η λειτουργία του αλγορίθμου προσφέρει εν μέρη ένα είδος διαφοροποιημένων υπηρεσιών δεν εγγυάται ποιότητα παρά μόνο στην υψηλότερη προτεραιότητα.

Στην περίπτωση που μια ροή η οποία είναι υψηλής προτεραιότητας και είναι μεγάλη σε μέγεθος οι ροές χαμηλής προτεραιότητας είναι καταδικασμένες σε μεγάλη καθυστέρηση και αν χρονικά παραταθεί αυτό το φαινόμενο τότε η απόρριψη πακέτων στις χαμηλές ροές είναι δεδομένη και καθολική.

6.3 WFQ (Weighted Fair Queuing)



Εικόνα 9. Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας του αλγορίθμου WFQ [ΠΗΓΗ: algoritito.com]

Ο αλγόριθμος WFQ διαμοιράζει δίκαια την εξυπηρέτηση ανάμεσα στις ροές κάνοντας διάκριση “βαρών”. Απονέμει το εκάστοτε βάρος σύμφωνα με την ανάγκη της ροής για εύρος ζώνης, αποθηκεύοντας τη πληροφορία αυτή στα bit του πεδίου Tos. Είναι ανεξάρτητος από την αρχιτεκτονική που υλοποιείται το δίκτυο και ο μονός παράγοντας που λαμβάνει υπόψιν είναι το “βάρος”.

Ο μηχανισμός εξυπηρέτησης βασίζεται στον αλγόριθμο round robin ο οποίος με λίγα λόγια προσφέρει εξυπηρέτηση κάνοντας μια μετάδοση από κάθε ουρά εξυπηρετώντας τις όλες κυκλικά παραλείποντας τυχόν εκείνες οι οποίες είναι εκείνη τη χρονική στιγμή άδειες.

Οι δρομολογητές θα πρέπει να διατηρούν μια ουρά αναμονής για κάθε ροή έτσι η κίνηση εξυπηρετείται κυκλικά για κάθε πακέτο κάθε ροής. Συγκεκριμένα γίνεται κυκλική εξυπηρέτηση bit-by-bit ώστε να απονέμεται απολυτή δικαιοσύνη χρήσης του εύρους ζώνης σε όλες τις ροές. Η σειρά εκπομπής των πακέτων γίνεται με βάση το χρόνο εκπομπής του bit από τον προηγούμενο κύκλο εξυπηρέτησης. Επίσης ο αλγόριθμος WFQ μπορεί να εγγυηθεί ανώτατο όριο στην τιμή του End-to-End Delay για κάθε μια ροή το οποίο είναι σε άμεση εξάρτηση από το βάρος που αυτή λαμβάνει.

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΑΚΕΤΟ ΟΡΝΕΤ

7. OPNET



7.1 Εισαγωγή στο πρόγραμμα προσομοίωσης δικτύων OPNET

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιούμε για τους σκοπούς της πτυχιακής εργασίας ονομάζεται Opnet και χρησιμοποιούμε την έκδοση academic.

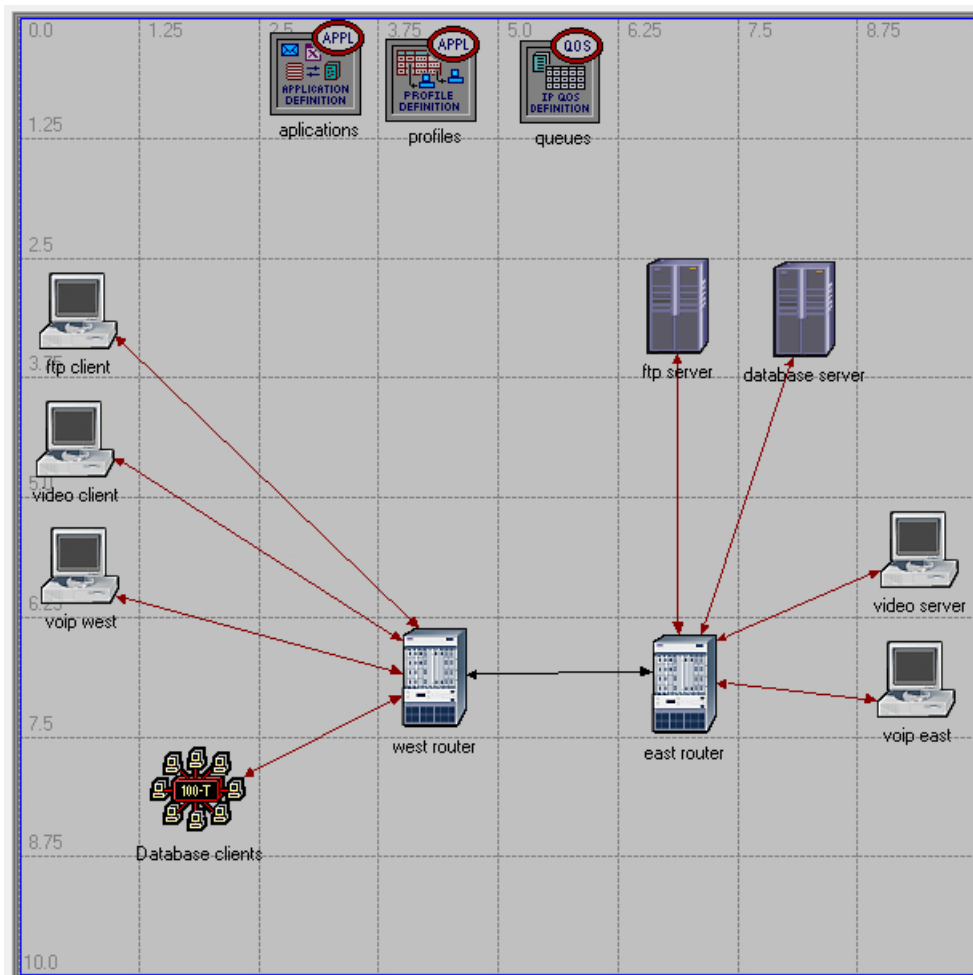
Το πρόγραμμα παρέχει ένα εικονικό περιβάλλον όπου μπορούν να προσομοιωθούν πλήρως σενάρια με δικτυακές υλοποιήσεις της αρεσκείας μας είτε για ακαδημαϊκούς είτε για βιομηχανικούς σκοπούς. Στο εικονικό περιβάλλον του Opnet μπορούμε να μελετήσουμε την απόδοση δικτύων τα όποια είναι υλοποιημένα με συγκεκριμένες δικτυακές συσκευές πολλές από τις οποίες θα μπορούσαμε να τις συναντήσουμε σε πραγματικές υλοποιήσεις.

Έτσι είναι δυνατόν να προβλέψουμε καταστάσεις αλλά και να μελετήσουμε την αρχιτεκτονική και τα πρωτόκολλα τα όποια θα υλοποιήσουν την διαμεταγωγή των πακέτων έτσι ώστε να επιλέξουμε τα ποιο αποδοτικά για τον σκοπό μας. Το πρόγραμμα προσφέρει ευρεία γκάμα εργαλείων αλλά και στατιστικών που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

7.2 Εγχειρίδιο ρυθμίσεων Diffserv

Το σενάριο που θα κατασκευάσουμε θα μας επιτρέψει να συγκρίνουμε τα πρωτόκολλα χρονοδρομολόγησης αλλά και τις αρχιτεκτονικές παροχής QoS στα δίκτυα Ιp. Η σωστή ρύθμιση και παραμετροποίηση των παρακάτω σεναρίων απαιτεί τις βασικές αλλά και κάποιες προχωρημένες γνώσεις διαχείρισης και κατασκευής project στο Ornet όπως αυτές διδάχτηκαν στο εργαστήριο “Δίκτυα ΙΙΙ”.

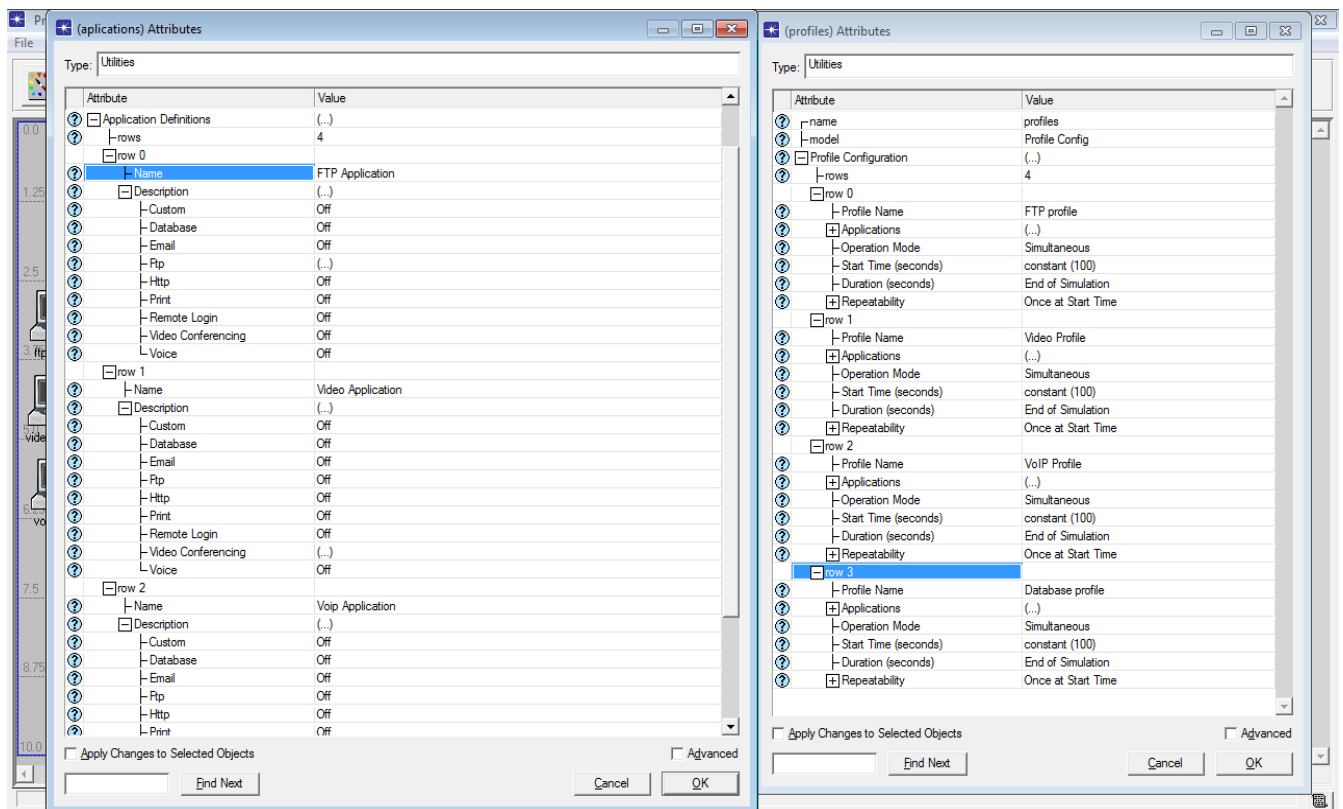
Το project που θα κατασκευάσουμε έχει την παρακάτω μορφή:



Κατασκευάσαμε δύο δίκτυα και τις δικτυακές τους συσκευές τα οποία τερματίζουν πάνω στους δύο δρομολογητές (west και east router) κάνοντας χρήση καλωδίων ταχύτητας 100mbps. Για την επικοινωνία μεταξύ των δρομολογητών θα χρησιμοποιηθεί μια γραμμή τύπου ds1 (1.54 megabits per second up/down) πάνω από την οποία θα διέρχεται οποιασδήποτε κίνηση ανάμεσα τους.

Το Ornet μπορεί να αντιστοιχήσει εφαρμογές (applications) σε κάθε δικτυακή συσκευή όπου η κάθε εφαρμογή μπορεί να έχει μια συγκεκριμένη “συμπεριφορά” την οποία μπορούμε να ορίσουμε και να ελέγξουμε λεπτομερώς κατασκευάζοντας το ανάλογο profile της.

Μπορούμε για παράδειγμα να ορίσουμε την συμπεριφορά ενός υπολογιστή σαν χρηστή υπηρεσιών internet (http) και ταυτόχρονα να εκτελείται video conferencing ή να ορίσουμε μια λειτουργία βάσης δεδομένων όπως θα δούμε στις εικόνες οι οποίες δείχνουν την κατασκευή του project μας με τα profile της επιλογής μας.



Όπως φαίνεται από την εικόνα αριστερά έχουμε τα applications τα οποία μπορούμε να ονομάσουμε όπως εμείς θέλουμε και να τους ορίσουμε τι είδους εφαρμογές θα εκτελούν μέσα από ένα πλήθος επιλογών (Database, Email, Ftp, Http, Pprint, Remote login, Video Conferencing, VoIP κτλ) αλλά ακόμα και να κατασκευάσουμε την δική μας εφαρμογή

πλήρως παραμετροποιημένη (custom). Δεξιά είναι το αντικείμενο profiles το οποίο ορίζει την λεπτομερή συμπεριφορά κάθε εφαρμογής.

Η λεπτομερή ρύθμιση της συμπεριφοράς περιλαμβάνει βασικές ρυθμίσεις για κάθε προσμετρούμενη υπηρεσία. Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε τις ρυθμίσεις για την υπηρεσία ftp, VoIP, video και database αντίστοιχα όπου θα είναι οι υπηρεσίες που θα υλοποιούνται στο δίκτυο μας.

	FTP	Video Conf.																																				
Application Configuration	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Attribute</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Command Mix (Get/Total)</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>Inter-Request Time (seconds)</td> <td>constant (10)</td> </tr> <tr> <td>File Size (bytes)</td> <td>constant (100000)</td> </tr> <tr> <td>Symbolic Server Name</td> <td>FTP Server</td> </tr> <tr> <td>Type of Service</td> <td>Best Effort (0)</td> </tr> <tr> <td>RSVP Parameters</td> <td>None</td> </tr> <tr> <td>Back-End Custom Application</td> <td>Not Used</td> </tr> </tbody> </table>	Attribute	Value	Command Mix (Get/Total)	50%	Inter-Request Time (seconds)	constant (10)	File Size (bytes)	constant (100000)	Symbolic Server Name	FTP Server	Type of Service	Best Effort (0)	RSVP Parameters	None	Back-End Custom Application	Not Used	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Attribute</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Frame Interarrival Time Information</td> <td>10 frames/sec</td> </tr> <tr> <td>Frame Size Information</td> <td>128X120 pixels</td> </tr> <tr> <td>Symbolic Destination Name</td> <td>Video Destination</td> </tr> <tr> <td>Type of Service</td> <td>Interactive Multimedia</td> </tr> <tr> <td>RSVP Parameters</td> <td>None</td> </tr> <tr> <td>Traffic Mix (%)</td> <td>All Discrete</td> </tr> </tbody> </table>	Attribute	Value	Frame Interarrival Time Information	10 frames/sec	Frame Size Information	128X120 pixels	Symbolic Destination Name	Video Destination	Type of Service	Interactive Multimedia	RSVP Parameters	None	Traffic Mix (%)	All Discrete						
Attribute	Value																																					
Command Mix (Get/Total)	50%																																					
Inter-Request Time (seconds)	constant (10)																																					
File Size (bytes)	constant (100000)																																					
Symbolic Server Name	FTP Server																																					
Type of Service	Best Effort (0)																																					
RSVP Parameters	None																																					
Back-End Custom Application	Not Used																																					
Attribute	Value																																					
Frame Interarrival Time Information	10 frames/sec																																					
Frame Size Information	128X120 pixels																																					
Symbolic Destination Name	Video Destination																																					
Type of Service	Interactive Multimedia																																					
RSVP Parameters	None																																					
Traffic Mix (%)	All Discrete																																					
Profile Configuration	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>[-] Name</td> <td>FTP Application</td> </tr> <tr> <td>[-] Start Time Offset (seconds)</td> <td>constant (5)</td> </tr> <tr> <td>[-] Duration (seconds)</td> <td>End of Profile</td> </tr> <tr> <td>[+] Repeatability</td> <td>Once at Start Time</td> </tr> <tr> <td>[-] Operation Mode</td> <td>Simultaneous</td> </tr> <tr> <td>[-] Start Time (seconds)</td> <td>constant (100)</td> </tr> <tr> <td>[-] Duration (seconds)</td> <td>End of Simulation</td> </tr> <tr> <td>[+] Repeatability</td> <td>Once at Start Time</td> </tr> </tbody> </table>	[-] Name	FTP Application	[-] Start Time Offset (seconds)	constant (5)	[-] Duration (seconds)	End of Profile	[+] Repeatability	Once at Start Time	[-] Operation Mode	Simultaneous	[-] Start Time (seconds)	constant (100)	[-] Duration (seconds)	End of Simulation	[+] Repeatability	Once at Start Time	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>[-] Name</td> <td>Video Application</td> </tr> <tr> <td>[-] Start Time Offset (seconds)</td> <td>constant (100)</td> </tr> <tr> <td>[-] Duration (seconds)</td> <td>End of Profile</td> </tr> <tr> <td>[+] Repeatability</td> <td>Once at Start Time</td> </tr> <tr> <td>[-] Operation Mode</td> <td>Simultaneous</td> </tr> <tr> <td>[-] Start Time (seconds)</td> <td>constant (100)</td> </tr> <tr> <td>[-] Duration (seconds)</td> <td>End of Simulation</td> </tr> </tbody> </table>	[-] Name	Video Application	[-] Start Time Offset (seconds)	constant (100)	[-] Duration (seconds)	End of Profile	[+] Repeatability	Once at Start Time	[-] Operation Mode	Simultaneous	[-] Start Time (seconds)	constant (100)	[-] Duration (seconds)	End of Simulation						
[-] Name	FTP Application																																					
[-] Start Time Offset (seconds)	constant (5)																																					
[-] Duration (seconds)	End of Profile																																					
[+] Repeatability	Once at Start Time																																					
[-] Operation Mode	Simultaneous																																					
[-] Start Time (seconds)	constant (100)																																					
[-] Duration (seconds)	End of Simulation																																					
[+] Repeatability	Once at Start Time																																					
[-] Name	Video Application																																					
[-] Start Time Offset (seconds)	constant (100)																																					
[-] Duration (seconds)	End of Profile																																					
[+] Repeatability	Once at Start Time																																					
[-] Operation Mode	Simultaneous																																					
[-] Start Time (seconds)	constant (100)																																					
[-] Duration (seconds)	End of Simulation																																					
	VoIP	Database																																				
Application Configuration	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Attribute</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Silence Length (seconds)</td> <td>default</td> </tr> <tr> <td>Talk Spurt Length (seconds)</td> <td>default</td> </tr> <tr> <td>Symbolic Destination Name</td> <td>Voice Destination</td> </tr> <tr> <td>Encoder Scheme</td> <td>G.711</td> </tr> <tr> <td>Voice Frames per Packet</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Type of Service</td> <td>Interactive Voice (6)</td> </tr> <tr> <td>RSVP Parameters</td> <td>None</td> </tr> <tr> <td>Traffic Mix (%)</td> <td>All Discrete</td> </tr> <tr> <td>Signaling</td> <td>None</td> </tr> </tbody> </table>	Attribute	Value	Silence Length (seconds)	default	Talk Spurt Length (seconds)	default	Symbolic Destination Name	Voice Destination	Encoder Scheme	G.711	Voice Frames per Packet	1	Type of Service	Interactive Voice (6)	RSVP Parameters	None	Traffic Mix (%)	All Discrete	Signaling	None	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Attribute</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Transaction Mix (Queries/Total Transactions)</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>Transaction Interarrival Time</td> <td>constant (10)</td> </tr> <tr> <td>Transaction Size (bytes)</td> <td>constant (512)</td> </tr> <tr> <td>Symbolic Server Name</td> <td>Database Server</td> </tr> <tr> <td>Type of Service</td> <td>Best Effort (0)</td> </tr> <tr> <td>RSVP Parameters</td> <td>None</td> </tr> <tr> <td>Back-End Custom Application</td> <td>Not Used</td> </tr> </tbody> </table>	Attribute	Value	Transaction Mix (Queries/Total Transactions)	100%	Transaction Interarrival Time	constant (10)	Transaction Size (bytes)	constant (512)	Symbolic Server Name	Database Server	Type of Service	Best Effort (0)	RSVP Parameters	None	Back-End Custom Application	Not Used
Attribute	Value																																					
Silence Length (seconds)	default																																					
Talk Spurt Length (seconds)	default																																					
Symbolic Destination Name	Voice Destination																																					
Encoder Scheme	G.711																																					
Voice Frames per Packet	1																																					
Type of Service	Interactive Voice (6)																																					
RSVP Parameters	None																																					
Traffic Mix (%)	All Discrete																																					
Signaling	None																																					
Attribute	Value																																					
Transaction Mix (Queries/Total Transactions)	100%																																					
Transaction Interarrival Time	constant (10)																																					
Transaction Size (bytes)	constant (512)																																					
Symbolic Server Name	Database Server																																					
Type of Service	Best Effort (0)																																					
RSVP Parameters	None																																					
Back-End Custom Application	Not Used																																					
Profile Configuration	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>[-] Name</td> <td>Voip Application</td> </tr> <tr> <td>[-] Start Time Offset (seconds)</td> <td>constant (100)</td> </tr> <tr> <td>[-] Duration (seconds)</td> <td>End of Profile</td> </tr> <tr> <td>[+] Repeatability</td> <td>Once at Start Time</td> </tr> <tr> <td>[-] Operation Mode</td> <td>Simultaneous</td> </tr> <tr> <td>[-] Start Time (seconds)</td> <td>constant (100)</td> </tr> <tr> <td>[-] Duration (seconds)</td> <td>End of Simulation</td> </tr> <tr> <td>[+] Repeatability</td> <td>Once at Start Time</td> </tr> </tbody> </table>	[-] Name	Voip Application	[-] Start Time Offset (seconds)	constant (100)	[-] Duration (seconds)	End of Profile	[+] Repeatability	Once at Start Time	[-] Operation Mode	Simultaneous	[-] Start Time (seconds)	constant (100)	[-] Duration (seconds)	End of Simulation	[+] Repeatability	Once at Start Time	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>[-] Name</td> <td>Database Application</td> </tr> <tr> <td>[-] Start Time Offset (seconds)</td> <td>constant (100)</td> </tr> <tr> <td>[-] Duration (seconds)</td> <td>End of Profile</td> </tr> <tr> <td>[+] Repeatability</td> <td>Once at Start Time</td> </tr> <tr> <td>[-] Operation Mode</td> <td>Simultaneous</td> </tr> <tr> <td>[-] Start Time (seconds)</td> <td>constant (100)</td> </tr> <tr> <td>[-] Duration (seconds)</td> <td>End of Simulation</td> </tr> <tr> <td>[+] Repeatability</td> <td>Once at Start Time</td> </tr> </tbody> </table>	[-] Name	Database Application	[-] Start Time Offset (seconds)	constant (100)	[-] Duration (seconds)	End of Profile	[+] Repeatability	Once at Start Time	[-] Operation Mode	Simultaneous	[-] Start Time (seconds)	constant (100)	[-] Duration (seconds)	End of Simulation	[+] Repeatability	Once at Start Time				
[-] Name	Voip Application																																					
[-] Start Time Offset (seconds)	constant (100)																																					
[-] Duration (seconds)	End of Profile																																					
[+] Repeatability	Once at Start Time																																					
[-] Operation Mode	Simultaneous																																					
[-] Start Time (seconds)	constant (100)																																					
[-] Duration (seconds)	End of Simulation																																					
[+] Repeatability	Once at Start Time																																					
[-] Name	Database Application																																					
[-] Start Time Offset (seconds)	constant (100)																																					
[-] Duration (seconds)	End of Profile																																					
[+] Repeatability	Once at Start Time																																					
[-] Operation Mode	Simultaneous																																					
[-] Start Time (seconds)	constant (100)																																					
[-] Duration (seconds)	End of Simulation																																					
[+] Repeatability	Once at Start Time																																					

Η ρύθμιση για τις ουρές αναμονής αφέθηκε εκείνη εξαρχής που έχει το ornet για τον κάθε αλγόριθμο.

Ρυθμίσεις και χωρητικότητα FIFO:

The screenshot shows the configuration window for (queues) Attributes. The 'Type' is set to 'Utilities'. The 'Attribute' table is expanded to show the 'Details' of the 'FIFO Profile'.

Attribute	Value
└name	queues
└model	QoS Attribute Config
+ CAR Profiles	Default
+ Custom Queuing Profiles	Standard Schemes
[-] FIFO Profiles	(...)
└rows	1
[-] row 0	
└Profile Name	FIFO Profile
[-] Details	(...)
└Maximum Queue Size (pkts)	500
+ RED Parameters	Disabled
+ MWRR / MDRR / DWRR Profiles	Standard Schemes
+ Priority Queuing Profiles	Standard Schemes
+ RSVP Flow Specification	Default
+ RSVP Profiles	Default
+ WFQ Profiles	Standard Schemes

Όπως βλέπουμε το μέγεθος της χωρητικότητας για τον αλγόριθμο FIFO είναι 500 πακέτα στην μοναδική ουρά αναμονής που εξυπηρετεί ο αλγόριθμος.

Ρυθμίσεις και χωρητικότητα PQ:

The screenshot shows the configuration window for (queues) Attributes. The 'Type' is set to 'Utilities'. The 'Attribute' table is expanded to show the 'Details' of the 'Priority Queuing Profiles'.

Attribute	Value
└name	queues
└model	QoS Attribute Config
+ CAR Profiles	Default
+ Custom Queuing Profiles	Standard Schemes
+ FIFO Profiles	(...)
+ MWRR / MDRR / DWRR Profiles	Standard Schemes
[-] Priority Queuing Profiles	(...)
└rows	5
[-] row 0	
└Profile Name	ToS Based
[-] Details	(...)
└rows	4
+ row 0	0 (Low),80,(...),Disabled,Default Queue
+ row 1	1 (Normal),60,(...),Disabled,None
+ row 2	2 (Medium),40,(...),Disabled,None
+ row 3	3 (High),20,(...),Disabled,None

Για τον αλγόριθμο PQ οι ουρές αναμονής είναι μικρές σε χωρητικότητα και ξεχωριστές για κάθε βαθμίδα προτεραιότητας(low, normal, medium, high).

Ρυθμίσεις και χωρητικότητα WFQ:

Attribute	Value
name	queues
model	QoS Attribute Config
CAR Profiles	Default
Custom Queuing Profiles	Standard Schemes
FIFO Profiles	(...)
MWRR / MDRR / DWRR Profiles	Standard Schemes
Priority Queuing Profiles	(...)
RSVP Flow Specification	Default
RSVP Profiles	Default
WFQ Profiles	(...)
rows	5
row 0	
Profile Name	ToS Based
Queues Configuration	(...)
rows	8
row 0	1.0,500,(...),Disabled,Default Queue
row 1	10,500,(...),Disabled,None
row 2	20,500,(...),Disabled,None
row 3	30,500,(...),Disabled,None
row 4	40,500,(...),Disabled,None
row 5	50,500,(...),Disabled,None
row 6	60,500,(...),Disabled,None
row 7	70,500,(...),Disabled,None

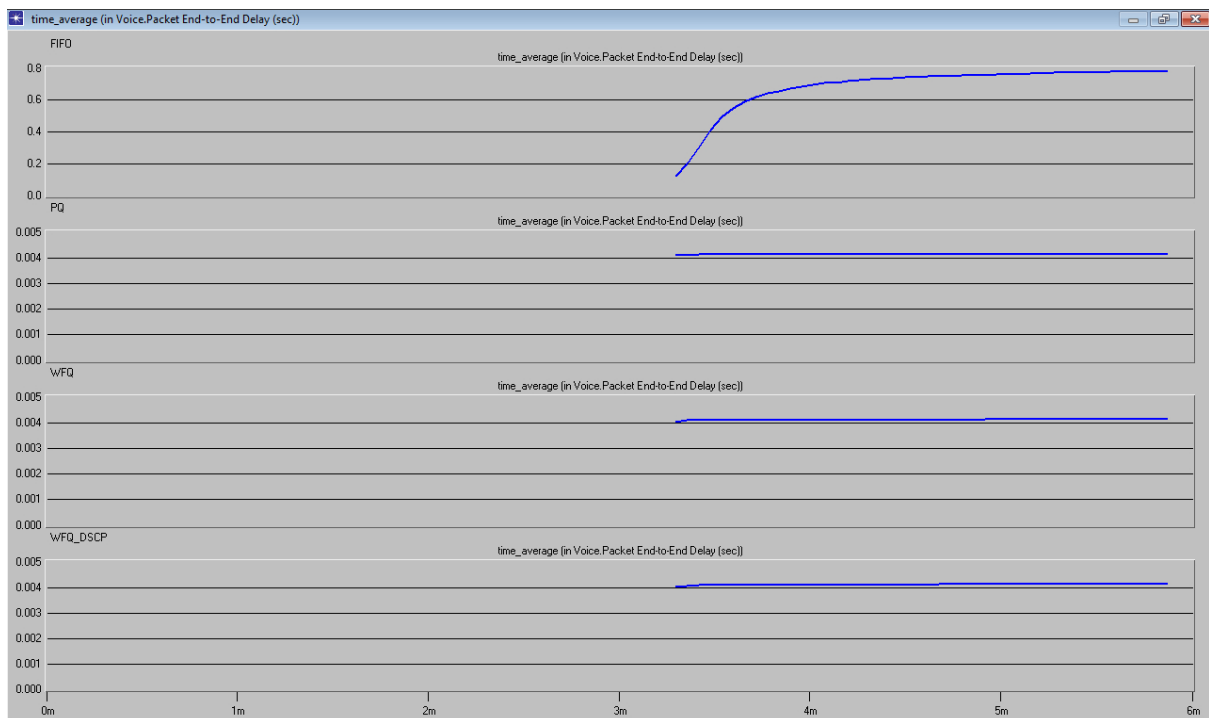
Ο αλγόριθμος WFQ για κάθε βαθμίδα βάρους έχει και μια ουρά αναμονής , χωρητικότητας 500 πακέτων.

Αφού κάνουμε όλες τις απαραίτητες ρυθμίσεις θα πρέπει να επιλέξουμε τα στατιστικά τα όποια θέλουμε το Ornet να συλλέξει, ώστε να εξάγουμε τα συμπεράσματα για τα πρωτόκολλα και τις αρχιτεκτονικές QoS που έχουμε επιλέξει να προσομοιώσουμε. Θα καταγράψουμε τα στατιστικά αυτά για κάθε είδος κίνησης με διαφορετική προτεραιότητα (best effort έως EF). Τα στατιστικά που μας ενδιαφέρουν είναι τα εξής:

- IP TRAFFIC DROPPED (packets/secs): Η απώλεια των πακέτων στο δίκτυο.
- TRAFFIC RECEIVED (bytes/sec): Λαμβανόμενη κίνηση.
- END TO END DELAY (sec): Η καθυστέρηση που υπάρχει ώστε ένα πακέτο να φτάσει από άκρη σε άκρη.
- PACKET DELAY VARIATION/JITTER: Είναι η διαφορά που καταγράφεται στην τιμή της καθυστέρησης των πακέτων μιας ροής δεδομένων χωρίς να λαμβάνεται ειπόν τυχόν χαμένα πακέτα

7.3 Αποτελέσματα προσομοίωσης για κίνηση VoIP

VoIP End to End Delay



Γράφημα 1. VOIP End to End Delay

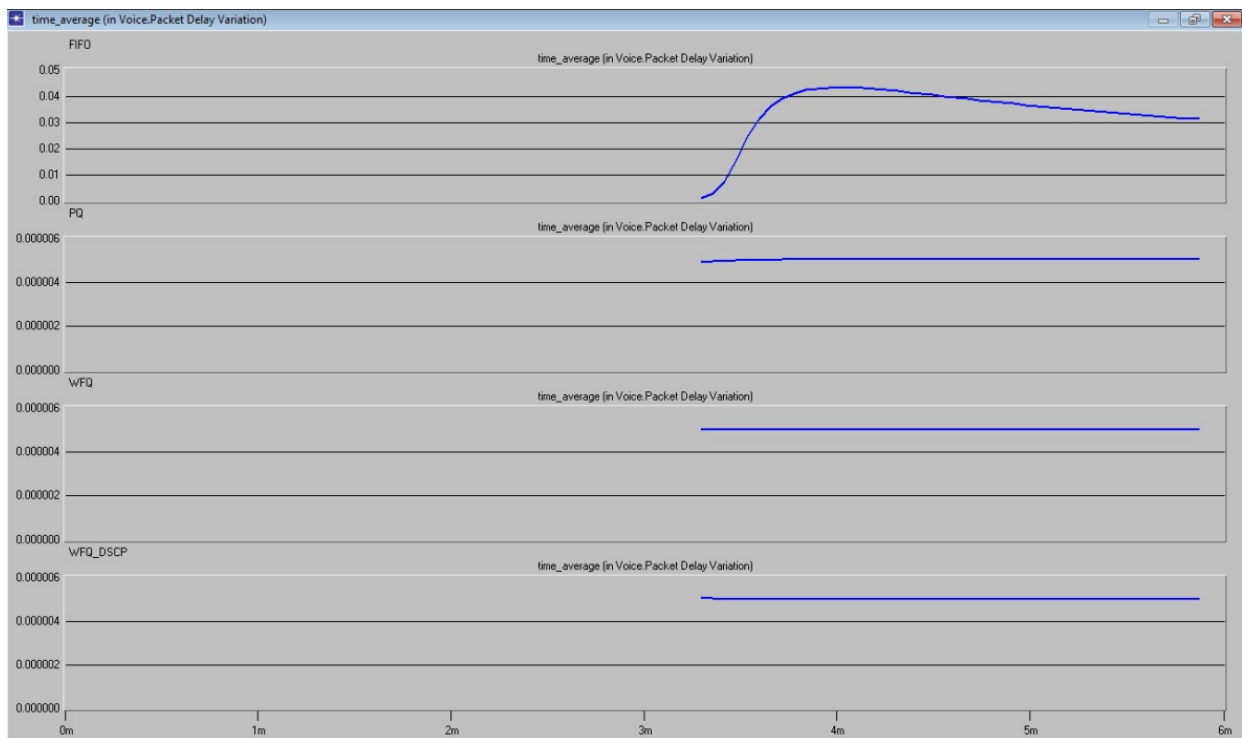
Τα δεδομένα του γραφήματος για το End-To-End Delay για τον συγκεκριμένο χρόνο προσημείωσης μαρτυρούν πως το σενάριο που υλοποιείται με τεχνική FIFO υστερεί έναντι των τεχνικών PQ και WFQ.

Οι τιμές της καθυστέρησης στο σενάριο FIFO κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα της τάξης των 600ms με αυξητική τάση και όσο το σενάριο εξελίσσεται χρονικά ξεπερνούν τα 800ms. Αντίθετα οι τεχνικές PQ και WFQ δίνουν εξαιρετικά χαμηλές τιμές καθυστέρησης χωρίς αξιόλογη αυξομείωση όπως θα δούμε και στο γράφημα του Packet Delay Variation. Οι τιμές της καθυστέρησης είναι της τάξης των 4-4.2ms κάνοντας ιδανικές τις συνθήκες για την

χρήση των τεχνικών αυτών σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου όπου χρειαζόμαστε όσο το δυνατόν χαμηλότερες καθυστερήσεις.

Η μεγάλη διάφορα στις τιμές της καθυστέρησης οφείλεται στην χρήση μαρκαρίσματος και βαθμίδων προτεραιότητας στις τεχνικές PQ και WFQ, είτε με την χρήση ToS είτε με την χρήση DSCP, έτσι η κίνηση η οποία είναι υψηλής προτεραιότητας απολαμβάνει άμεσες μεταγωγές στο δίκτυο χωρίς καθυστερήσεις εις βάρος βέβαια των πακέτων χαμηλής προτεραιότητας όπως θα διαπιστώσουμε στη συνέχεια των συμπερασμάτων.

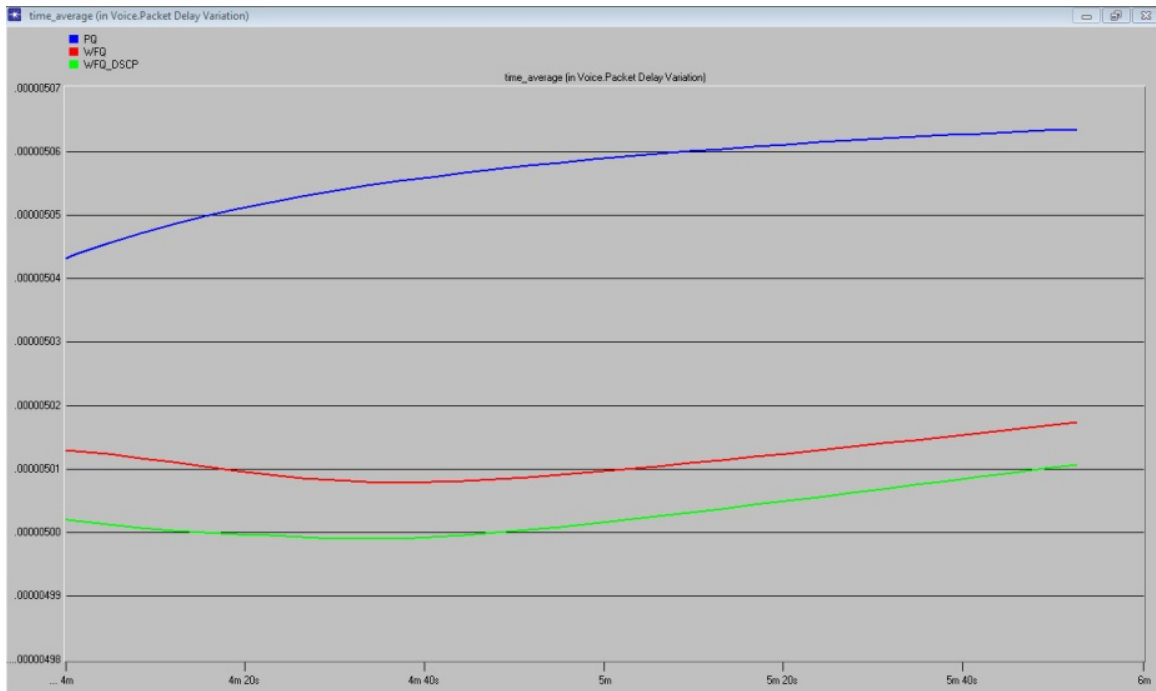
VoIP Packet Delay Variation (Jitter)



Γράφημα 2. VoIP Packet Delay Variation (Jitter)

Το στατιστικό Packet Delay Variation μας δείχνει το εύρος των τιμών που παίρνει η καθυστέρηση και είναι γνωστό επίσης σαν jitter, το ζητούμενο για κίνηση όπως το VoIP είναι εκτός του ότι οι τιμές της καθυστέρησης πρέπει να είναι ιδιαίτερα χαμηλές πρέπει ταυτόχρονα να υπάρχει και όσο το δυνατόν μικρότερη αυξομείωση στις τιμές αυτές.

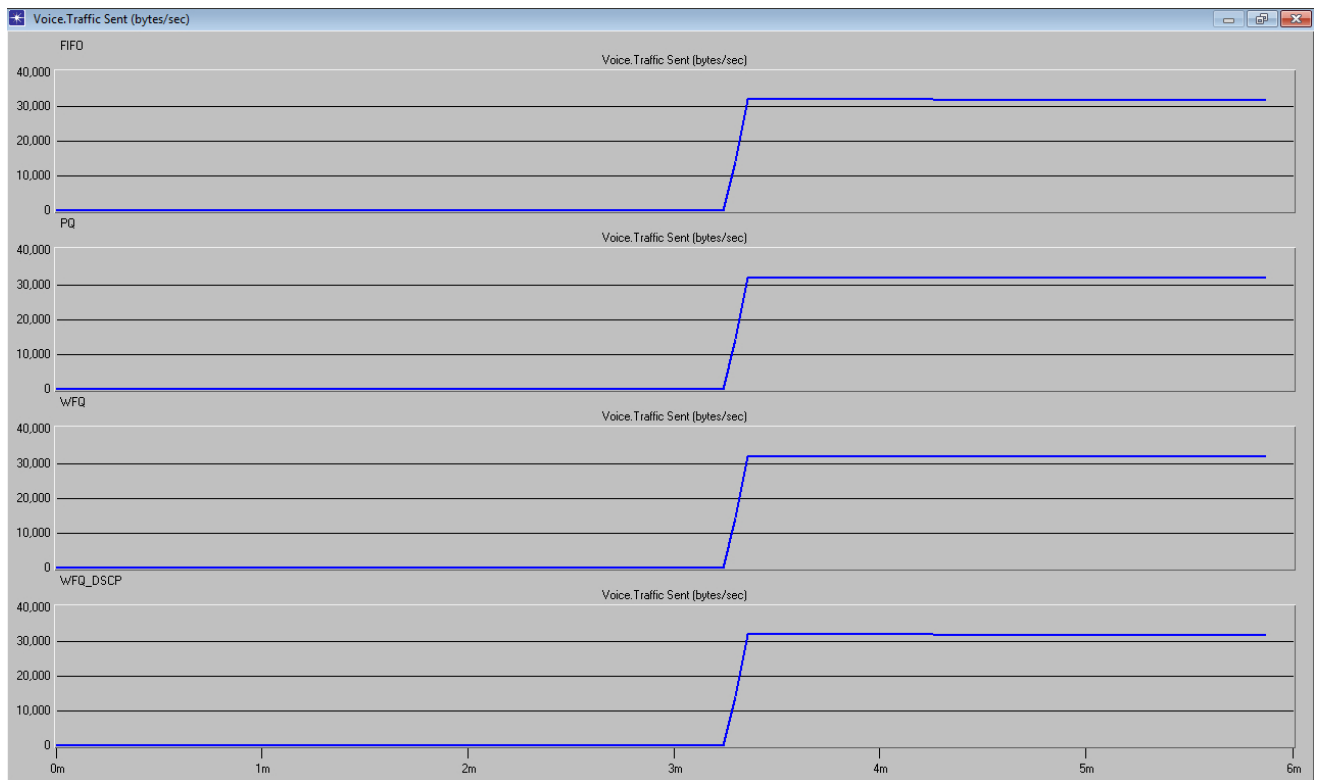
Στο γράφημα παρατηρούμε ότι η το σενάριο FIFO προκαλεί τις υψηλότερες διακυμάνσεις στην τιμή της καθυστέρησης λόγω ότι στερείται μηχανισμού διαφοροποίησης της κίνησης πριν την αποστολή της, ενώ στα σενάρια PQ & WFQ η διακύμανση λαμβάνει εξαιρετικά χαμηλές τιμές ιδανικές για την ομαλή διεξαγωγή μιας κλήσης VoIP.



Γράφημα 3 VoIP Packet Delay Variation (Jitter)

Στο υπό μεγένθυση γράφημα βλέπουμε ότι οι τεχνικές WFQ και PQ λαμβάνουν τιμές εξαιρετικά χαμηλές της τάξης των 0.000010 και 0.000005 αντίστοιχα. Η εξαιρετική αυτή απόδοση οφείλεται στους μηχανισμούς διαχωρισμού της κίνησης πριν από την αποστολή της στους αποδέκτες. Η κίνηση που έχει χαρακτηριστεί άμεσης προτεραιότητας λαμβάνει γρήγορη εξυπηρέτηση στις ουρές αναμονής.

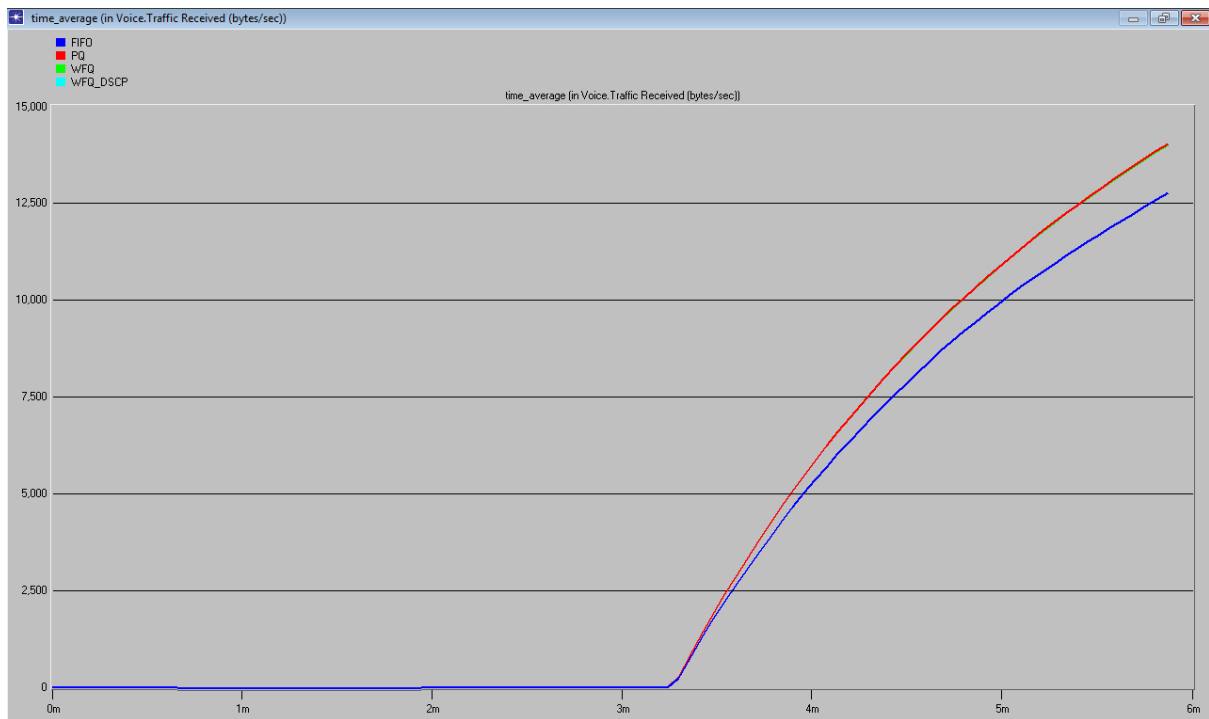
VoIP Traffic Sent



Γράφημα 4. VoIP Traffic Sent

Η εφαρμογή VoIP έστειλε την ίδια κίνηση ακριβώς σε κάθε σενάριο.

VoIP Traffic Received

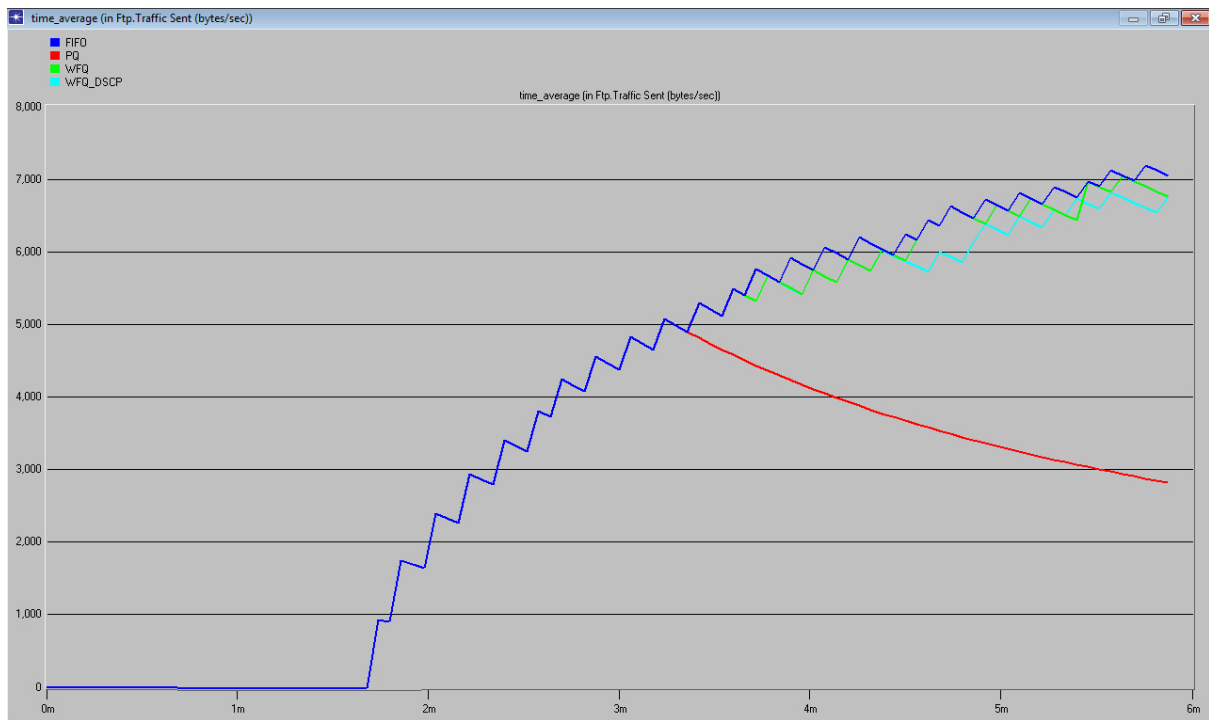


Γράφημα 5 VoIP Traffic Received

Το στατιστικό της λαμβανομένης κίνησης μας δείχνει ξεκάθαρα ότι το σενάριο FIFO καταφέρνει να στείλει την μικρότερη κίνηση στις αιτήσεις της υπηρεσίας VoIP καθώς ένα ποσοστό της κίνησης υπέστη απόρριψη λόγω υπερφόρτωσης στις ουρές αναμονής. Τα σενάρια PQ&WFQ καταφέρνουν να επιτύχουν τις υψηλότερες τιμές λαμβανομένης κίνησης κάνοντας έτσι απρόσκοπτη την εμπειρία χρήσης VoIP.

7.4 Αποτελέσματα προσομοίωσης για κίνηση FTP

FTP Traffic Sent

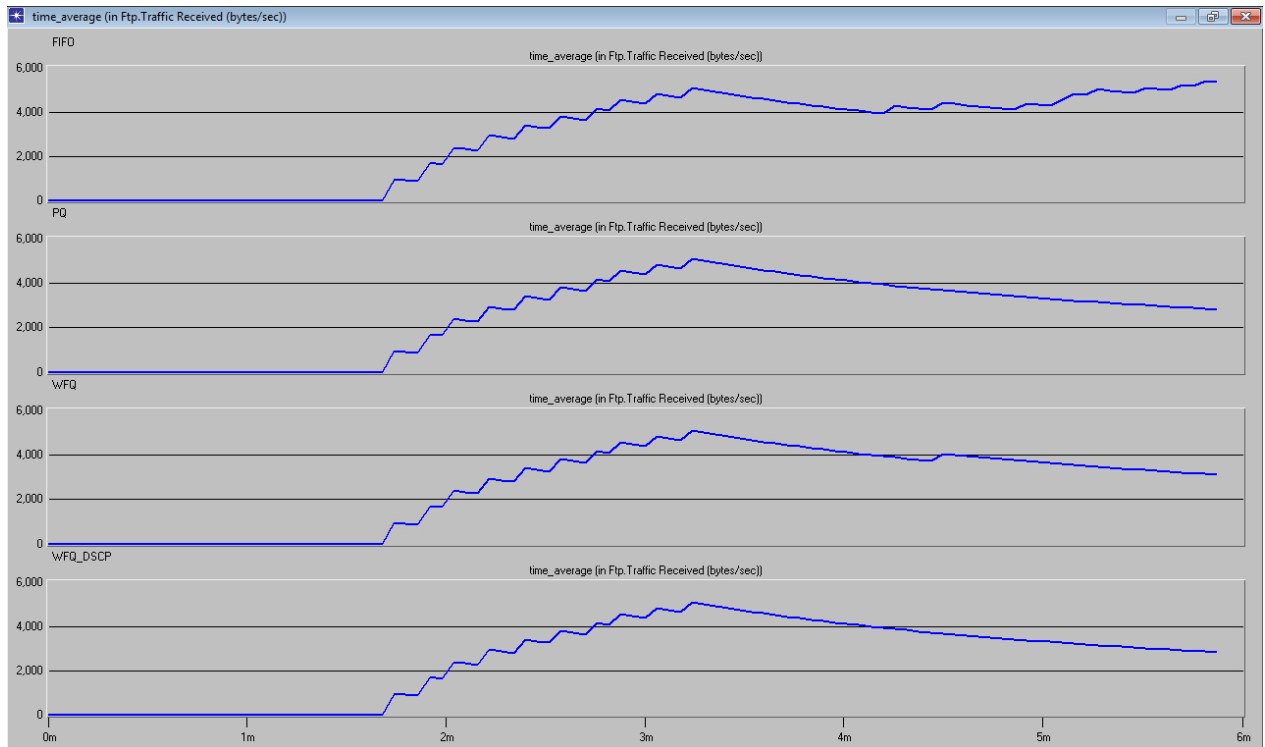


Γράφημα 6 FTP Traffic Sent

Το στατιστικό Traffic Sent μας δείχνει την κίνηση που αποστέλλει η εφαρμογή FTP. Το σενάριο FIFO φαίνεται να εξυπηρετεί οριακά καλύτερα από όλα το είδος αυτής της κίνησης η οποία στα PQ&WFQ σενάρια είναι χαρακτηρισμένη ως κίνηση κοινής προτεραιότητας Best Effort και έτσι δεν λαμβάνει ιδιαίτερες υπηρεσίες ποιότητας. Πάραυτα το σενάριο με την χειρότερη απόδοση είναι αυτό της τεχνικής PQ όπου με την εξέλιξη του σεναρίου χρονικά δίνει όλο και χαμηλότερες τιμές στην κίνηση που στέλνει η εφαρμογή FTP στο δίκτυο και αυτό διότι η τεχνική PQ δίνει προτεραιότητα στις ουρές αναμονής που έχουν υψηλότερη προτεραιότητα από το best effort profile του FTP όπως η κίνηση video και voice που είναι πολύ υψηλότερης προτεραιότητας λόγω της real time φύσης τους και έτσι η κίνηση του FTP εξυπηρετείται τελευταία.

Στο σενάριο που κάνει χρήση του αλγορίθμου WFQ λόγω της αυξημένης δικαιοσύνης η κίνηση Ftp εξυπηρετείται εξίσου ικανοποιητικά με το FIFO αν και με την χρονική εξέλιξη της προσομοίωσης να δείχνει μείωση του ρυθμού χωρίς όμως αυτή να είναι ανησυχητική.

FTP Traffic Received

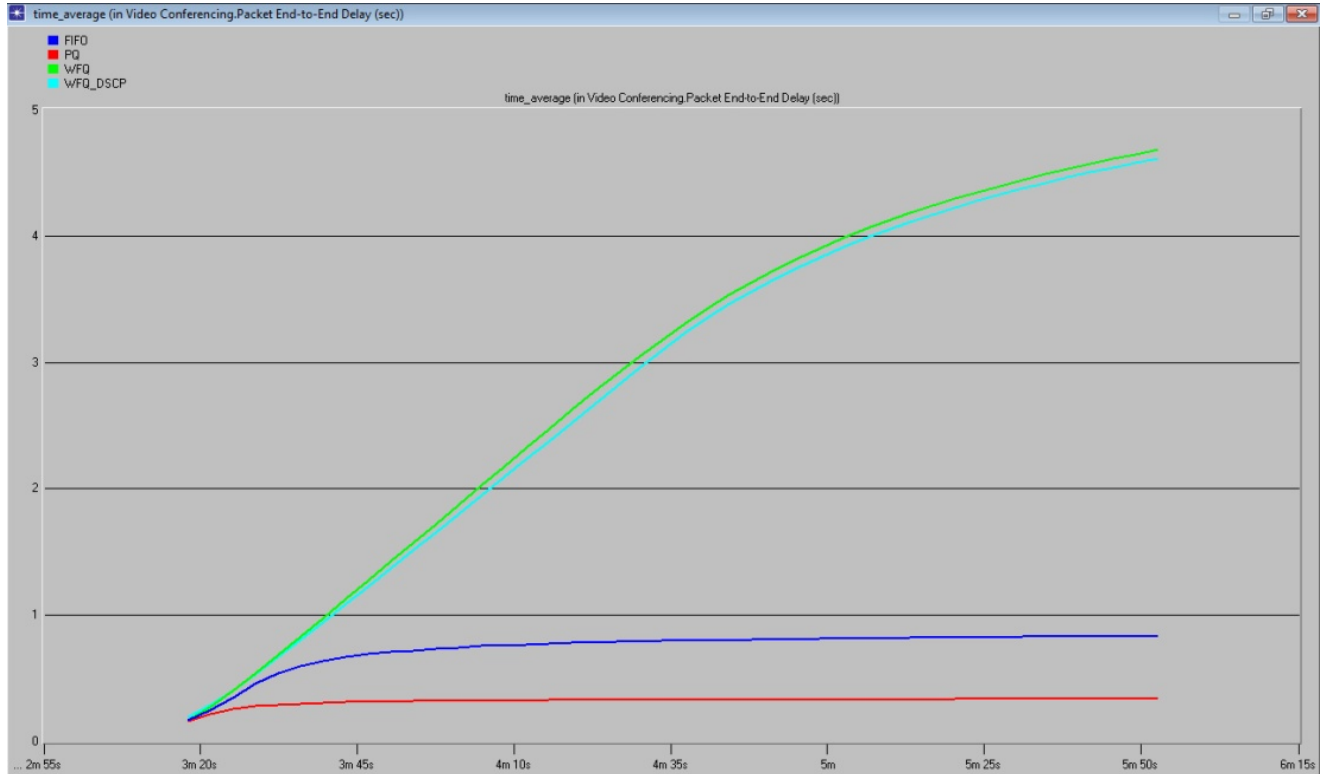


Γράφημα 7. FTP Traffic Received

Το στατιστικό Traffic Received περιγράφει την λαμβανομένη κίνηση από την εφαρμογή FTP με την κίνηση ελάχιστα αυξημένη στο σενάριο FIFO.

7.5 Αποτελέσματα προσομοίωσης για κίνηση Video

Video Conferencing Packet End to End Delay

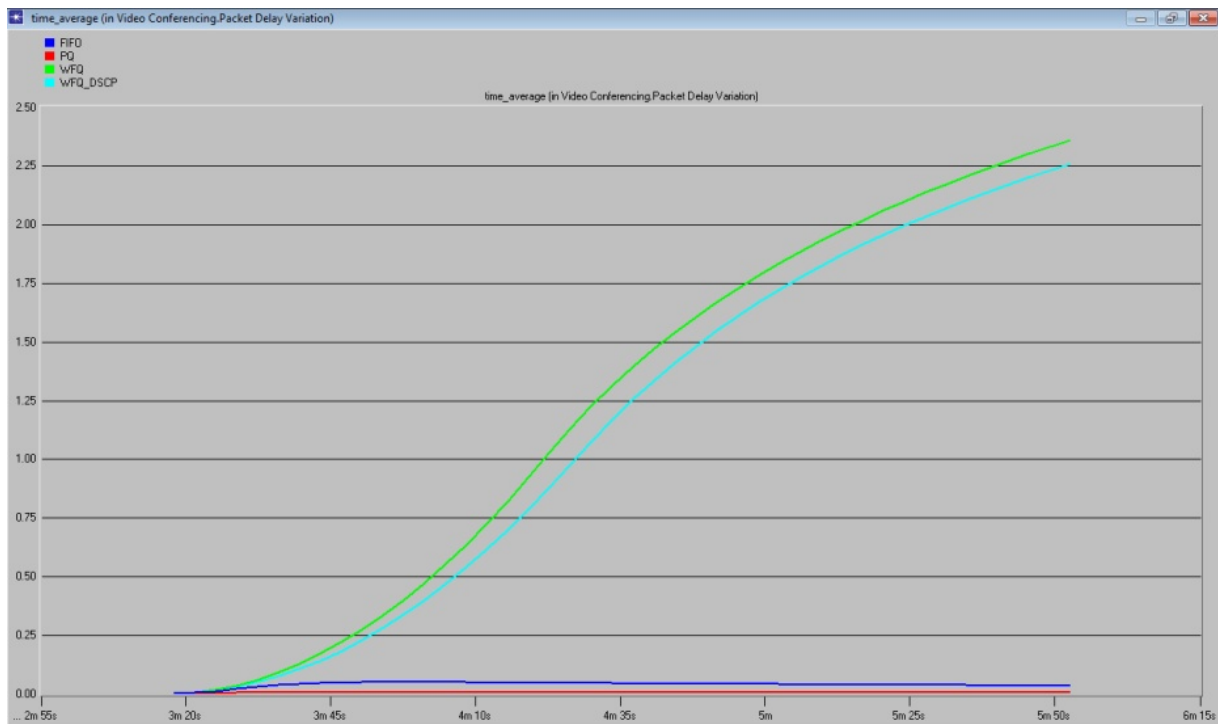


Γράφημα 8. Video Conferencing Packet End to End Delay.

Το στατιστικό Packet End To End Delay για την κίνηση τύπου Video Conference είναι υψηλό στα σενάρια της τεχνικής WFQ συνολικά (ακόμα και με την χρήση dscp) και αυτό γιατί ο αλγόριθμος προσπαθεί να εφαρμόσει δίκαιη κατανομή των πόρων του δικτύου και να αποφύγει τυχόν συμφόρηση κάνοντας κυκλική εξυπηρέτηση bit by bit με αποτέλεσμα η κίνηση βίντεο που πρόσθετα έχει και χαμηλότερο βάρος από την κίνηση VoIP να εξυπηρετείται με μικρότερο εύρος ζώνης, αυξάνοντας την καθυστέρηση.

Σε αντίθεση με την WFQ τα σενάρια με τεχνικές FIFO και PQ πετυχαίνουν εξαιρετικούς χρόνους μετάδοσης στο δίκτυο μας και ιδιαίτερα η τεχνική PQ η οποία εξυπηρετεί πρώτα τις ουρές αναμονής με κίνηση χαρακτηρισμένη με υψηλή προτεραιότητα χωρίς να προσφέρει συνολική δικαιοσύνη στα διαφορετικά είδη κίνησης που αναλαμβάνει να εξυπηρετήσει. Όμως στη συνέχεια θα δούμε ότι οι τιμές αυτές προέρχονται από κίνηση η οποία είναι ελάχιστη και πιθανά μη-αποδεκτή!

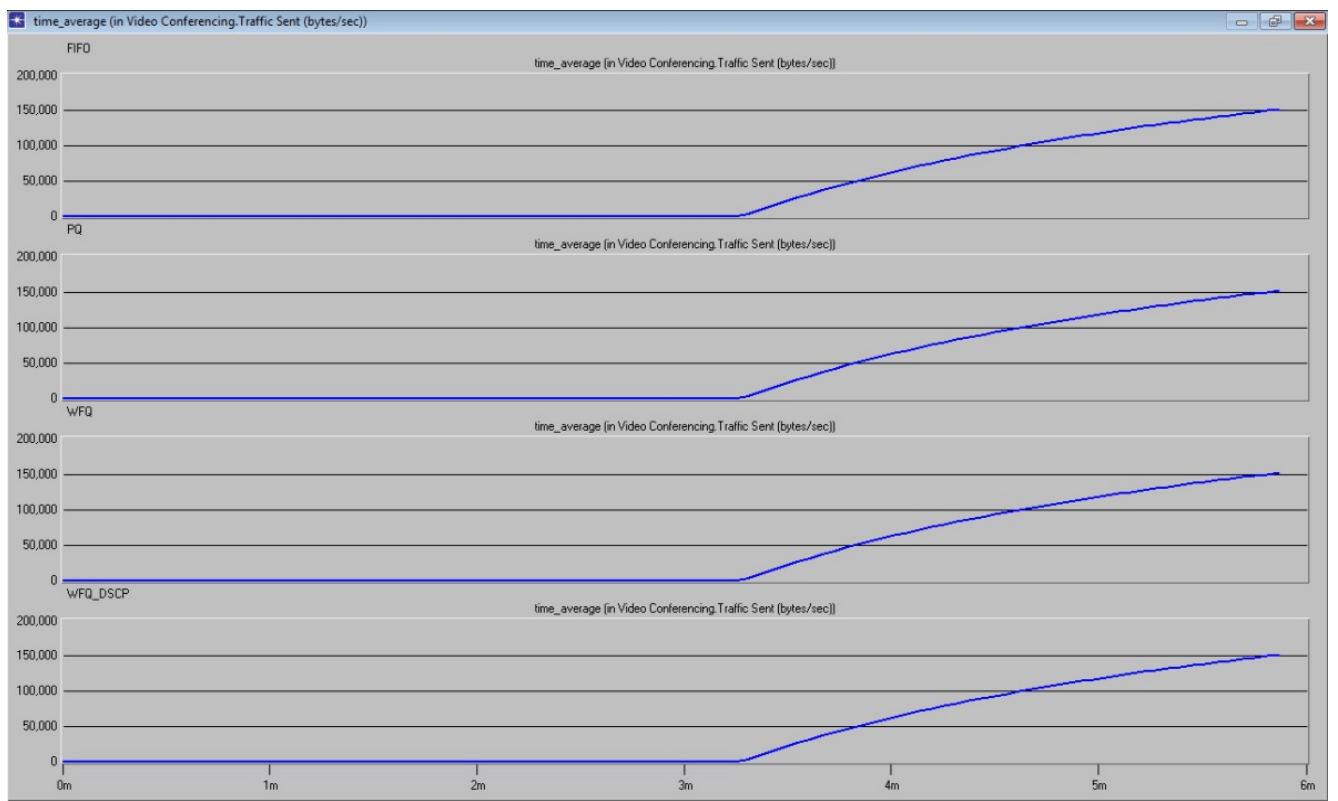
Video Conferencing Packet Delay Variation (jitter)



Γράφημα 9. Video Conferencing Packet Delay Variation

Το στατιστικό του Packet Delay Variation κατέδειξε την τεχνική WFQ ως την πιο επιρρεπή στην μεταβολή του χρόνου μεταγωγής των πακέτων, το γράφημα έρχεται να επαλήθευση τις τιμές End To End Delay που χαρακτηρίζουν την τεχνική WFQ.

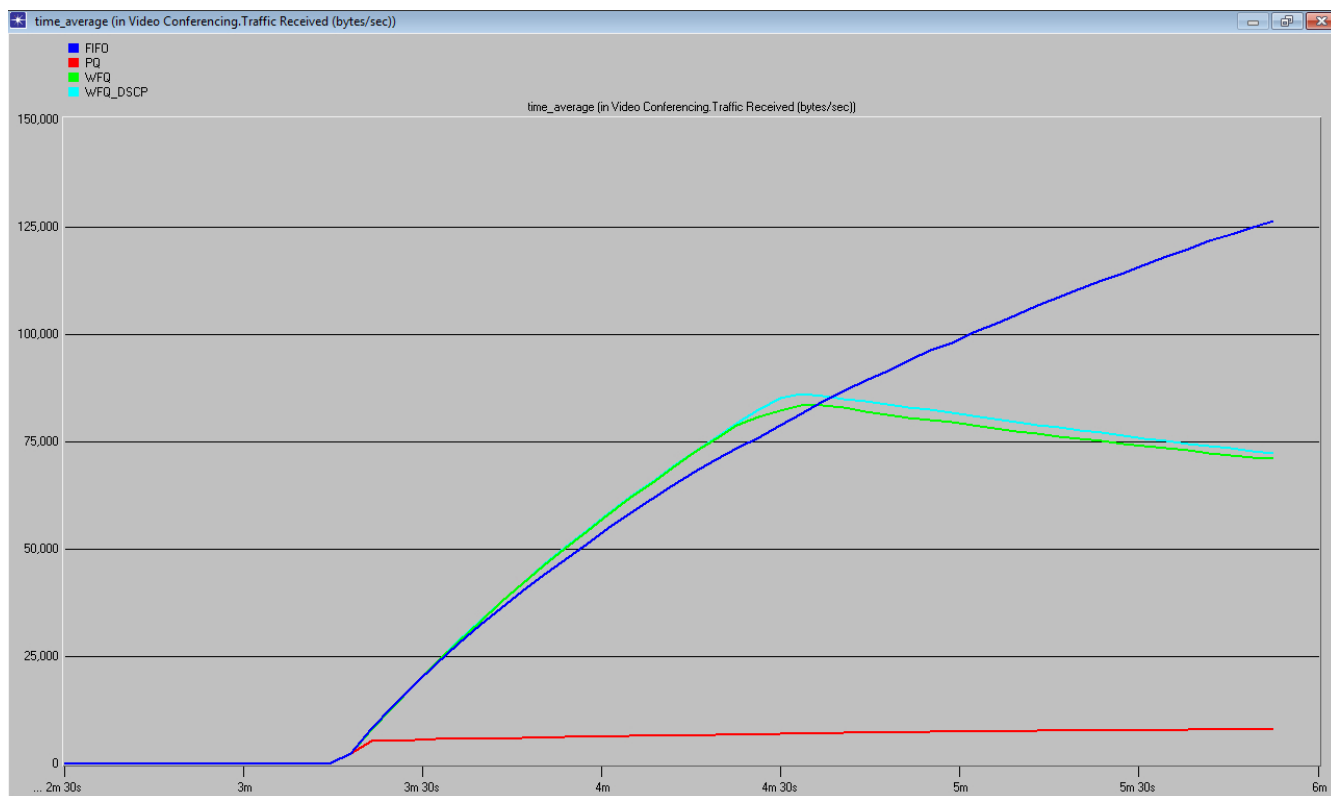
Video Conferencing Traffic Sent



Γράφημα 10. Video Conferencing Traffic Sent

Η εφαρμογή Video έστειλε την ίδια κίνηση ακριβώς σε κάθε σενάριο.

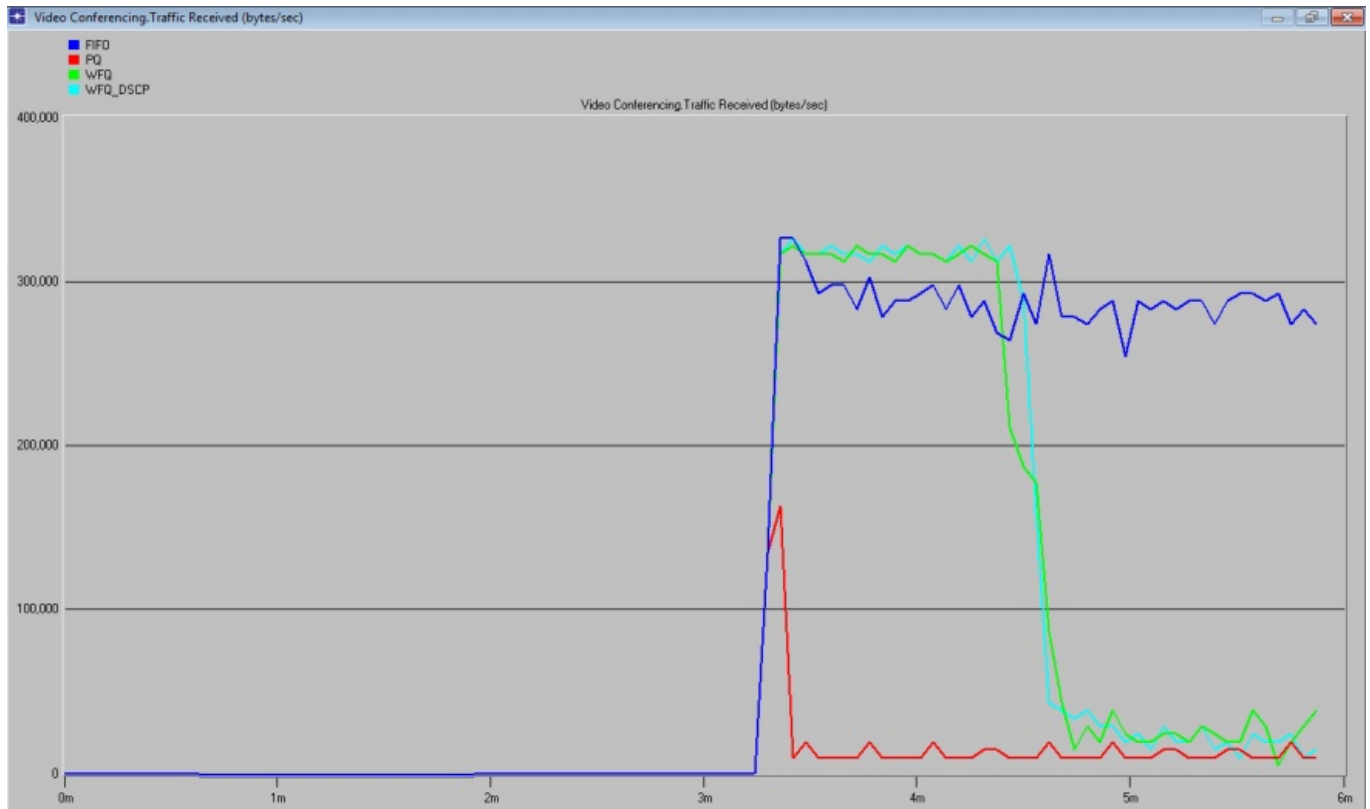
Video Conferencing Traffic Received



Γράφημα 11. Video Conferencing Traffic Received

Το στατιστικό Traffic Received μας δείχνει την κίνηση που δέχθηκε η εφαρμογή video. Άξιο αναφοράς είναι ότι κατά την χρονική εξέλιξη η επιδόσεις των σεναρίων PQ&WFQ φθίνουν συνεχώς. Το δε σενάριο PQ έχει την χειρότερη επίδοση από όλα στο συγκεκριμένο είδος κίνησης καθώς τα πακέτα που τελικά φτάνουν είναι πολύ λίγα. Εδώ πρέπει να αναφέρουμε ότι το Ornet ορίζει στο PQ μικρότερο μέγεθος ουρών, έτσι η κίνηση Video η οποία ανήκει στο μεσαίο επίπεδο προτεραιότητας καθυστερεί να εξυπηρετηθεί και οι ουρές αναμονής που το μέγεθος τους είναι σημαντικά μικρότερο από των άλλων αλγορίθμων γεμίζουν και έτσι ξεκινά η απόρριψη πακέτων με αποτέλεσμα να μην εξυπηρετείται σωστά το είδος της κίνησης αυτής. Στο ίδιο γράφημα αλλά με την δειγματοληψία στατιστικών όπως ακριβώς εκτυλίχθησαν τα γεγονότα κατά την διάρκεια της προσομοίωσης και όχι κατά μέσο ορό όπως εμφανίζονται παραπάνω μπορούμε να δούμε το φαινόμενο ποιο καθαρά στο διάγραμμα 12 που ακολουθεί.

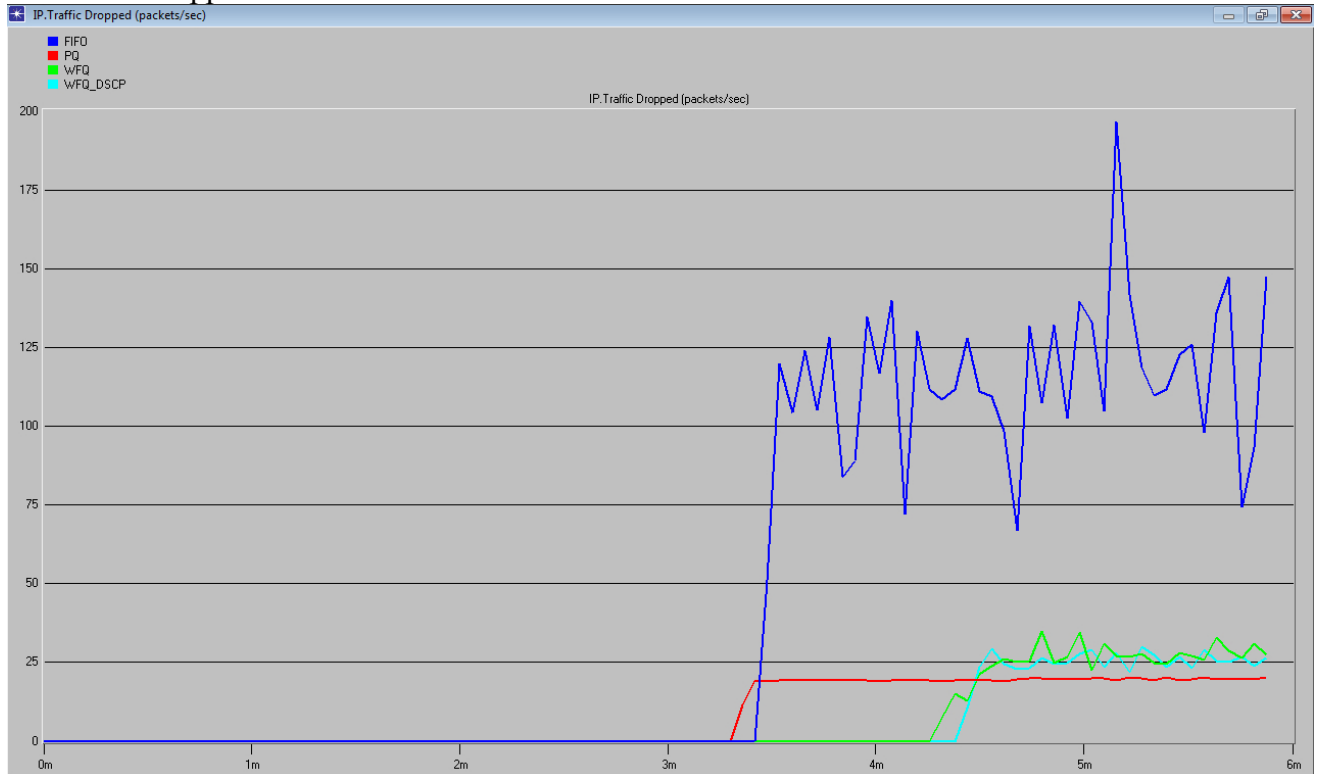
Video Conferencing Traffic Received



Γράφημα 12. Video Conferencing Traffic Received

7.6 Ip Traffic Dropped (Απορριφθείσα κίνηση)

IP Traffic Dropped



Γράφημα 13. Ip Traffic Dropped

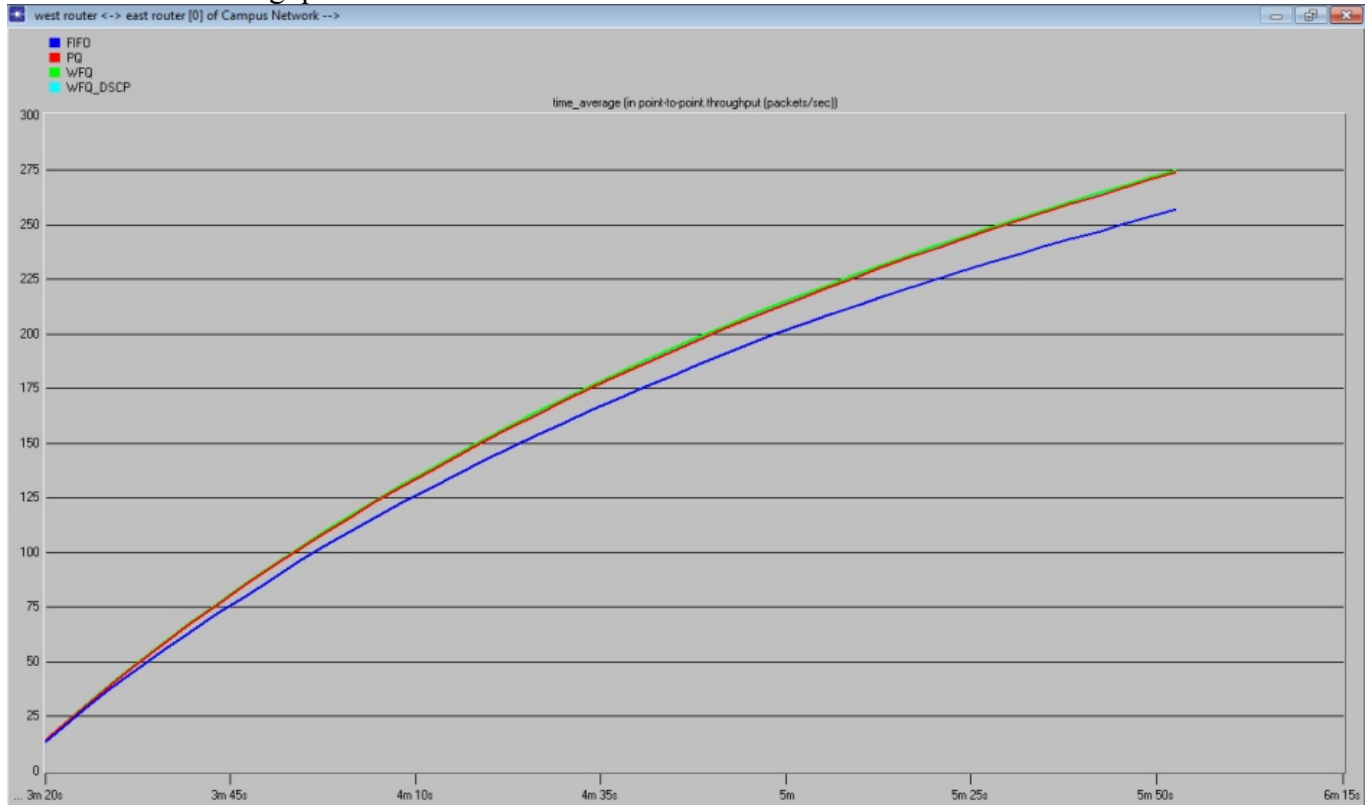
Η απόρριψη πακέτων ανά δευτερόλεπτο όπως βλέπουμε είναι 5 φορές μεγαλύτερη στο σενάριο FIFO. Αυτό συμβαίνει διότι όπως αναφέραμε στην ανάλυση του μηχανισμού της χρονοδρομολογησης FIFO χρησιμοποιείται μια και μόνο ουρά για όλη την κίνηση, στο σενάριο μας η ουρά αυτή έχει την προκαθορισμένη χωρητικότητα που ορίζει το Ornet και είναι 500 pkts και έτσι όλος ο όγκος των πακέτων κατευθύνεται σε μια ουρά αναμονής με επόμενο αποτέλεσμα την αδυναμία εξυπηρέτησης πολλών πακέτων και την ενεργοποίηση της συμπεριφοράς drop trail.

Ακολουθεί ο αλγόριθμος PQ όπου η απώλεια πακέτων είναι σημαντικά μικρότερη λόγω του ότι για κάθε επίπεδο προτεραιότητας υπάρχει ξεχωριστή ουρά αναμονής οι οποίες θυμίζουμε ότι εξυπηρετούνται βάση του αλγορίθμου FIFO με την μονή διάφορα ότι ο μηχανισμός κάνει έλεγχο πρώτα στις υψηλότερες προτεραιότητες και αν υπάρχουν εξυπηρετεί πρώτα αυτές και συνεχίζει προς τις χαμηλές με αποτέλεσμα οι χαμηλές προτεραιότητες να υποφέρουν συχνά από υπερφόρτωση προκαλώντας έτσι απώλεια πακέτων.

Ο αλγόριθμος WFQ όπως ήταν αναμενόμενο δεν προκάλεσε μεγάλη απώλεια πακέτων λόγω της φύσης του μηχανισμού εξυπηρέτησης που προσφέρει βασιζόμενος στην κυκλική εξυπηρέτηση Bit-by-Bit αλλά και του χρόνου εκπομπής κάθε Bit από κάθε κύκλο μετάδοσης. Όλες οι ουρές αναμονής χρησιμοποιούν δίκαια τους πόρους του συστήματος με αποτέλεσμα καμία ουρά να μην φτάνει εύκολα στο σημείο να υπερχειλίζει με αποτέλεσμα την απόρριψη πακέτων.

7.7 Point to Point Throughput

Point to Point Throughput



Γράφημα 14. Point to Point Throughput

Το στατιστικό Point to Point Throughput μας επιβεβαιώνει το ποιά σενάρια έχουν τις περισσότερες επιτυχημένες μεταγωγές μεταξύ αποστολέα και λήπτη. Συνδέεται και συμπληρώνει τα συμπεράσματα για το στατιστικό Ip traffic dropped.

7.8 Αποτελέσματα απόδοσης αλγόριθμων ανά είδος κίνησης

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα συνολικά της προσημείωσης δημιουργήθηκε ο πίνακας με την προτίμηση αλγόριθμου ανάλογα τον τύπο της κίνησης. Είναι σωστό σε μια υλοποίηση δικτύου να λαμβάνεται υπόψιν η πλήρης διαφοροποίηση της κίνησης στα interface έτσι ώστε ανάλογα τον τύπο και την προτεραιότητα να υπάρχει και η ιδανική εξυπηρέτηση.

Για την κίνηση Voip ο καλύτερος αλγόριθμος ήταν ο PQ καθώς έδινε απόλυτη προτεραιότητα στα πακέτα του voip τηρώντας τις δεσμεύσεις της εφαρμογής. Για την κίνηση FTP το καλύτερο σενάριο λαμβάνοντας όλες τις παραμέτρους υπόψιν (ip dropped, Throughput) είναι το WFQ γιατί παρά την ελάχιστη χαμηλότερη κίνηση υπερέχει στην απόρριψη πακέτων και στις επιτυχημένες διαμεταγωγές.

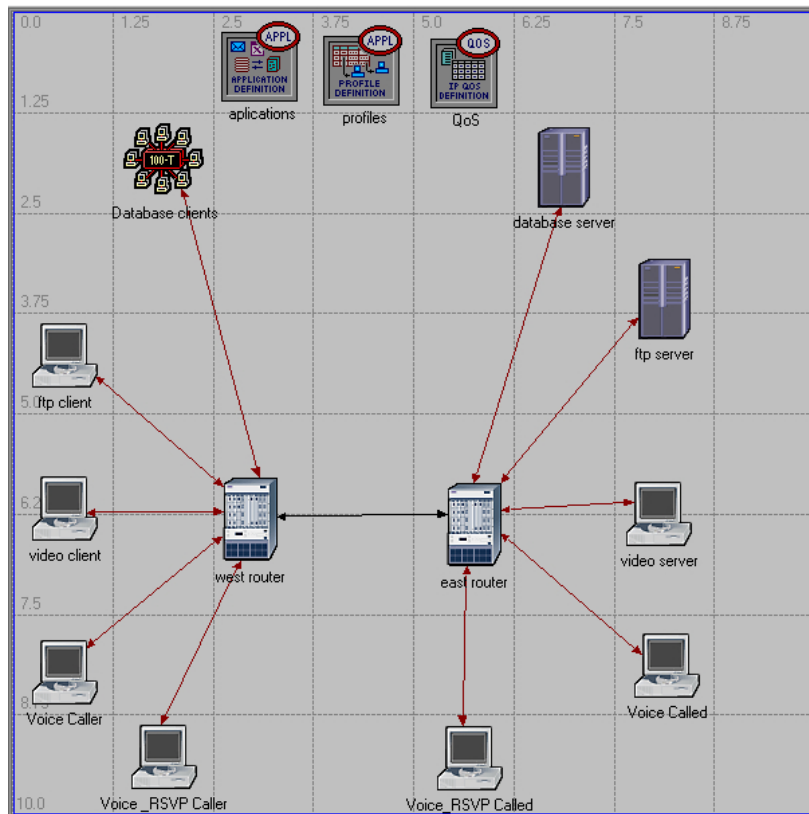
Συνολικά τις καλύτερες επιδόσεις τις είχε ο αλγόριθμος WFQ. Πραγματοποίησε τις λιγότερες απορρίψεις πακέτων, είχε τις περισσότερες επιτυχημένες μεταγωγές και κατά κανόνα είχε καλή απόδοση σχεδόν παντού εκτός από το video όπου η κίνηση voip έπαιξε καθοριστικό ρόλο καθώς λόγω της φύσης της κίνησης δεν έδινε ευκαιρία στην εξυπηρέτηση της κίνησης video σωστά αν και θα περιμέναμε αυξημένη δικαιοσύνη.

Είδος Εφαρμογής	VoIP	Video	FTP
Προτείνεται	PQ	WFQ	WFQ
Δεν προτείνεται	FIFO	PQ	PQ

7.9 Εγχειρίδιο ρυθμίσεων RSVP

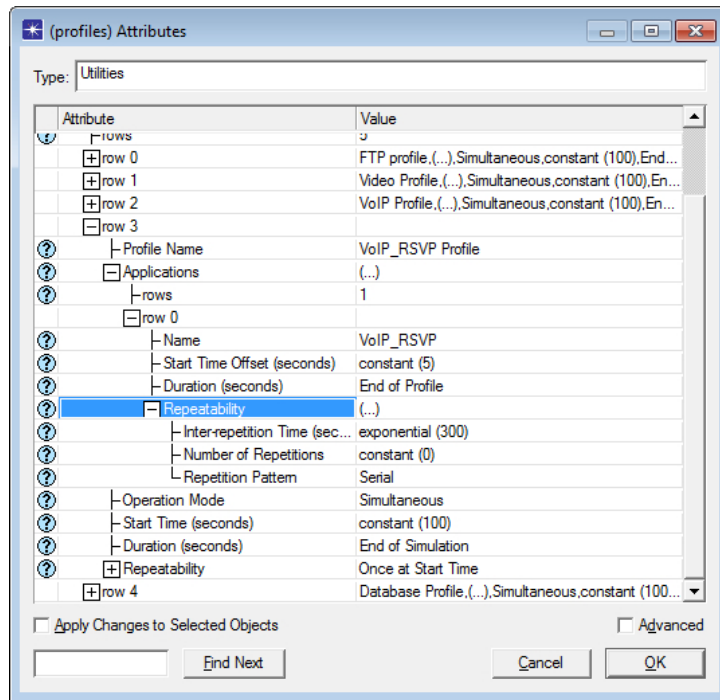
Θεωρήθηκε απαραίτητο να παρουσιάσουμε και μια απλή υλοποίηση με την χρήση RSVP ώστε να δούμε και ένα σενάριο υλοποιημένο με Intserv αρχιτεκτονική με χρήση πρωτοκόλλου σηματοδότησης και δέσμευσης πόρων του δικτύου για την εξυπηρέτηση της κίνησης.

Το project έχει την εξής τοπολογία:

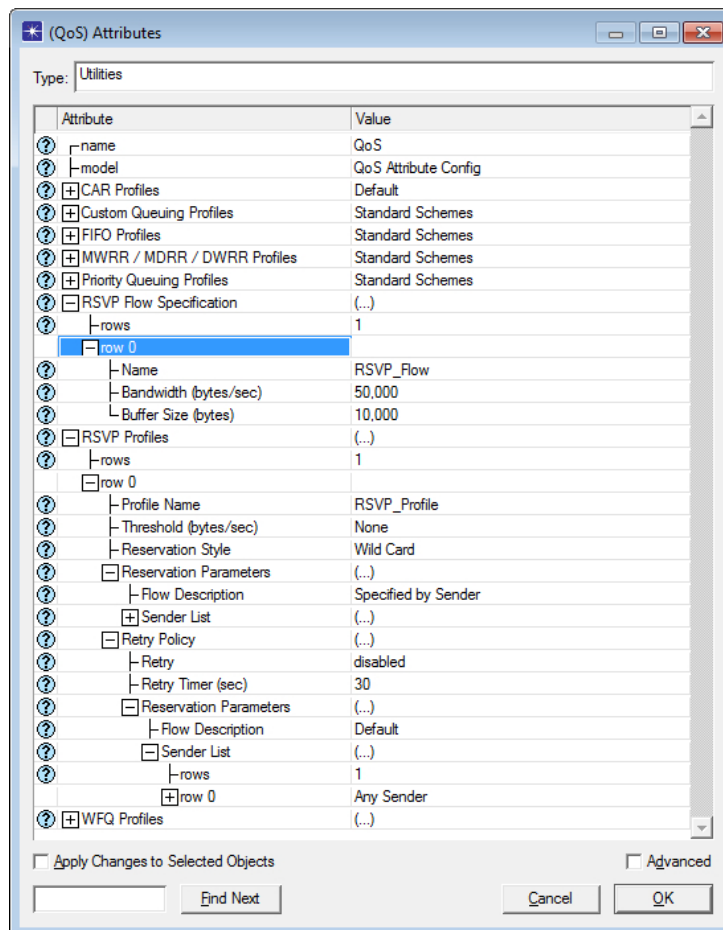


Το σενάριο περιγράφει μια υλοποίηση VoIP η οποία σε ένα σκέλος της απολαμβάνει υπηρεσίες rsvp ενώ στο άλλο μισό σκέλος της λειτουργεί υπό WFQ τεχνική βασιζόμενη σε ToS (6) προτεραιότητα. Το νέο σενάριο είναι μια εξέλιξη του σεναρίου WFQ της προηγούμενης προσομοίωσης με τις διάφορες τεχνικές Diffserv. Για να ενεργοποιήσουμε τις υπηρεσίες RSVP είναι απαραίτητο να κάνουμε κάποιες προσθήκες συσκευών και κάποιες ρυθμίσεις στο σενάριο.

Προσθέτουμε τα αντικείμενα Voice_RSVP Caller και Voice_RSVP Called τα όποια είναι τύπου Ethernet_wkstn_adv. Δημιουργούμε ένα νέο προσθετό profile στο αντικείμενο Profiles με τις εξής πρόσθετες ρυθμίσεις από αυτές που δημιουργεί το Ornet byDefault.



Ρυθμίζουμε το RSVP flow στο αντικείμενο QoS προσθέτοντας μια νέα ροή με BW(50Kbytes/sec) και το buffer size(10Kbytes).



Κάνουμε τις εξής ρυθμίσεις στο αντικείμενο Applications, όπου στην ουσία ενεργοποιούμε το πρωτόκολλο RSVP (status Enabled) αλλά και τις ροές που θα χρησιμοποιήσει των οποίων τα στοιχεία λειτουργίας δηλώσαμε προηγουμένως.

The screenshot displays three configuration windows from a network management interface:

- (RSVP Parameters) Table:** A table with two columns: Attribute and Value.

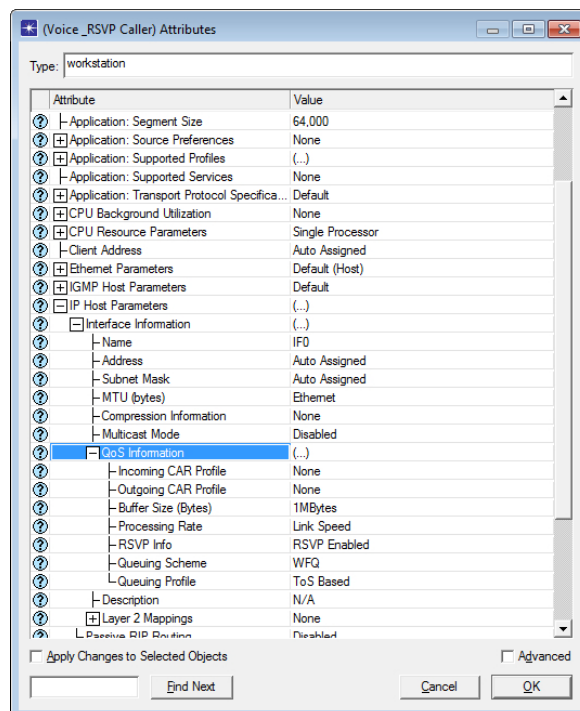
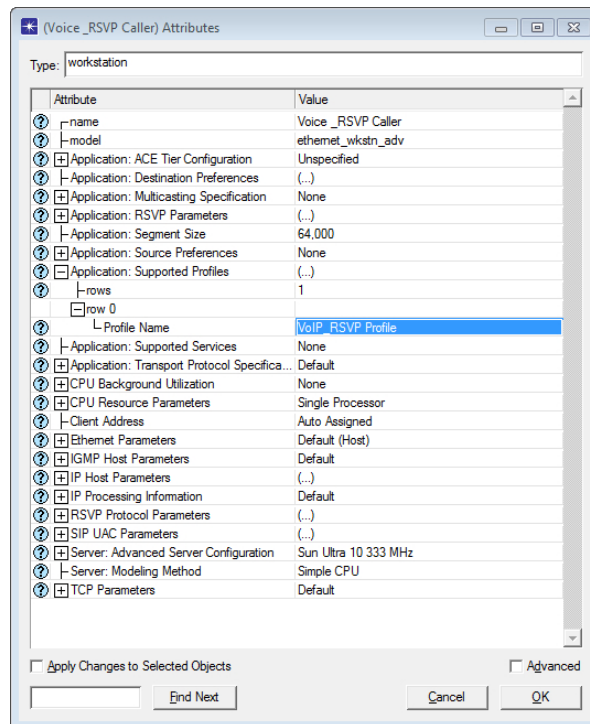
Attribute	Value
RSVP Status	Enabled
Outbound Flow	RSVP_Flow
Inbound Flow	RSVP_Flow
- (Voice) Table:** A table with two columns: Attribute and Value.

Attribute	Value
Symbolic Destination Name	Voice Destination
Encoder Scheme	G.711
Voice Frames per Packet	1
Type of Service	Interactive Voice (6)
RSVP Parameters	(...)
Traffic Mix (%)	All Discrete
Signaling	None
- (applications) Attributes:** A tree view showing various application settings. The 'Voice' attribute is expanded and selected.

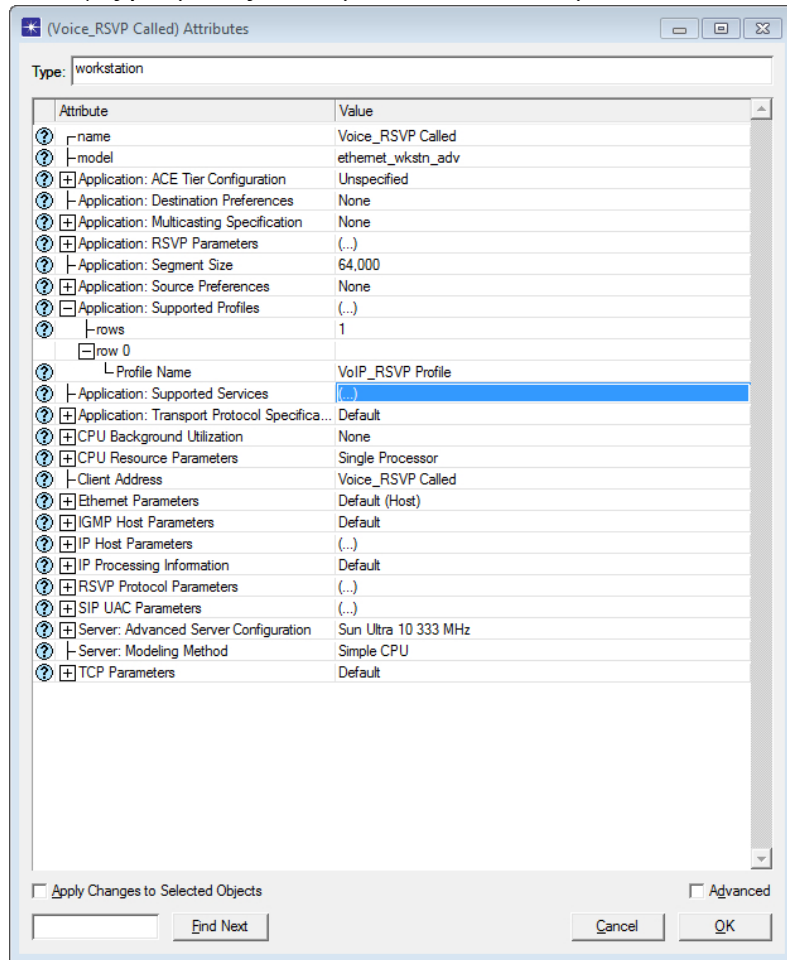
Attribute	Value
Type	Utilities
-model	Application Config
[-] ACE Tier Information	None
[-] Application Definitions	(...)
-rows	5
+row 0	FTP Application,(...)
+row 1	Video Application,(...)
+row 2	Voip Application,(...)
[-]row 3	
-Name	VoIP_RSVP
[-] Description	(...)
-Custom	Off
-Database	Off
-Email	Off
-Rtp	Off
-Http	Off
-Print	Off
-Remote Login	Off
-Video Conferencing	Off
-Voice	(...)
+row 4	Database Application,(...)
[-] Voice Encoder Schemes	All Schemes

Έπειτα ρυθμίζουμε κατάλληλα το αντικείμενο RSVP caller με τις εξής ρυθμίσεις:

Προσθέτουμε τις εξής υπηρεσίες που θα προσφέρει :



Ανάλογες ρυθμίσεις κάνουμε και στο αντικείμενο RSVP



called.

(Voice_RSVP Called) Attributes

Type: workstation

Attribute	Value
[-] Ftp	None
[+] Http	None
[+] Remote Login	None
[+] Video Conferencing	None
[+] Voice	(...)
[-] Application: Segment Size	64,000
[+] Application: Source Preferences	None
[+] Application: Supported Profiles	(...)
[-] Application: Supported Services	(...)
[+] Application: Transport Protocol Specifica...	Default
[+] CPU Background Utilization	None
[+] CPU Resource Parameters	Single Processor
[-] Client Address	Voice_RSVP Called
[+] Ethernet Parameters	Default (Host)
[+] IGMP Host Parameters	Default
[+] IP Host Parameters	(...)
[+] IP Processing Information	Default
[+] RSVP Protocol Parameters	(...)
[-] Waiting Time (seconds)	1.0
[-] Refresh Interval (seconds)	30
[-] Lifetime Multiplier	3
[-] Blockade Multiplier	1.0
[-] Preemption	Disabled
[+] Interface Information	(...)
[-] rows	1
[-] row 0	
[-] Name	
[-] RSVP Status	Enabled
[-] Maximum Reservable BW	75%
[-] Maximum Bandwidth Per Flow	75%
[+] Subinterface Information	None
[+] SIP UAC Parameters	(...)
[+] Server: Advanced Server Configuration	Sun Ultra 10 333 MHz
[-] Server: Modeling Method	Simple CPU
[+] TCP Parameters	Default

Apply Changes to Selected Objects Advanced

End Next Cancel OK

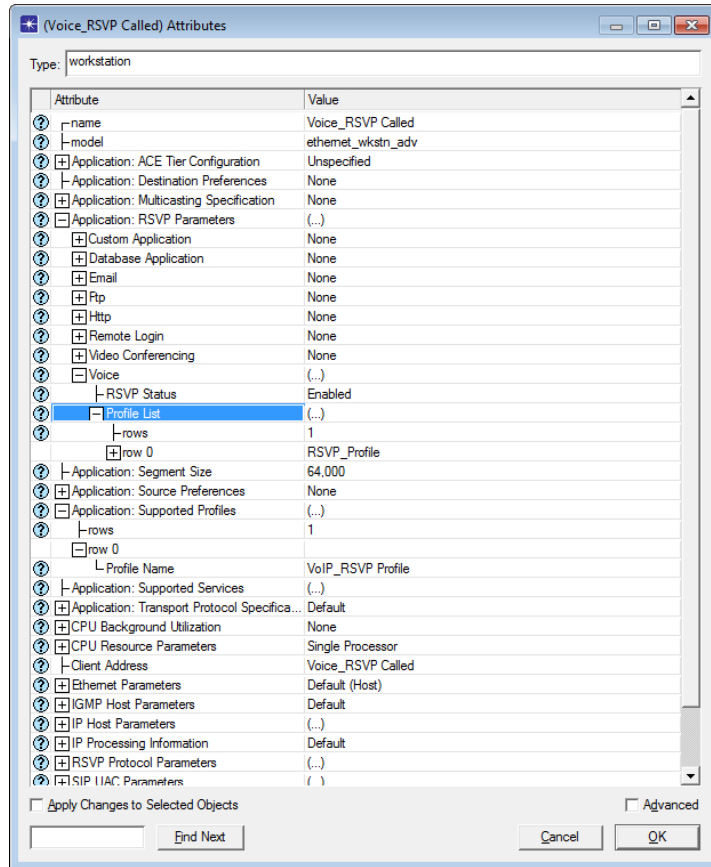
(Voice_RSVP Called) Attributes

Type: workstation

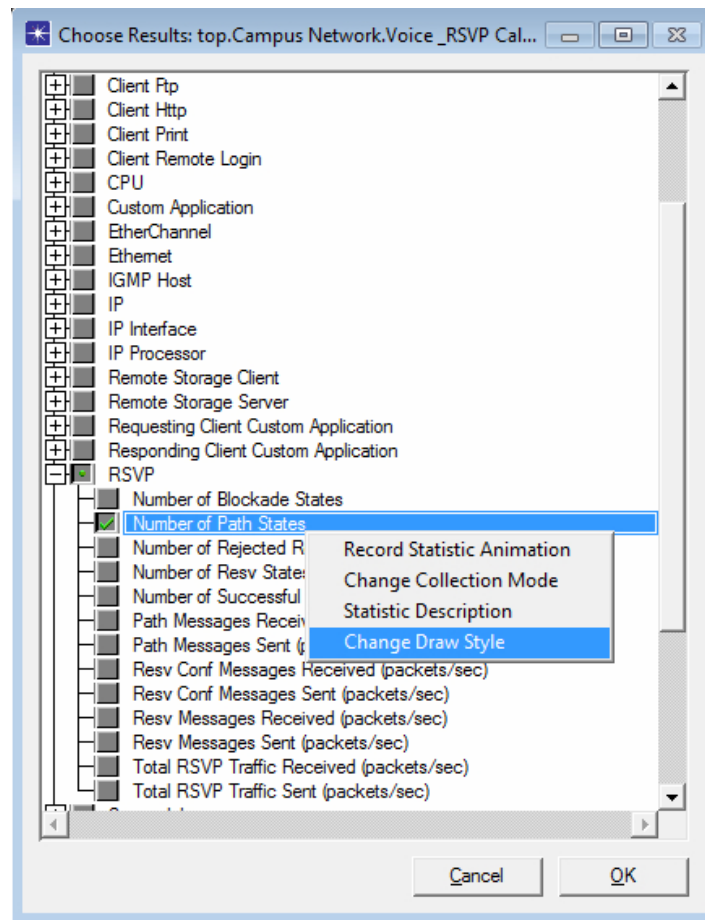
Attribute	Value
[+] Database Application	None
[+] Email	None
[+] Ftp	None
[+] Http	None
[+] Remote Login	None
[+] Video Conferencing	None
[+] Voice	(...)
[-] Application: Segment Size	64,000
[+] Application: Source Preferences	None
[+] Application: Supported Profiles	(...)
[-] Application: Supported Services	(...)
[+] Application: Transport Protocol Specifica...	Default
[+] CPU Background Utilization	None
[+] CPU Resource Parameters	Single Processor
[-] Client Address	Voice_RSVP Called
[+] Ethernet Parameters	Default (Host)
[+] IGMP Host Parameters	Default
[+] IP Host Parameters	(...)
[+] Interface Information	(...)
[-] Name	IF0
[-] Address	Auto Assigned
[-] Subnet Mask	Auto Assigned
[-] MTU (bytes)	Ethernet
[-] Compression Information	None
[-] Multicast Mode	Disabled
[+] QoS Information	(...)
[-] Incoming CAR Profile	None
[-] Outgoing CAR Profile	None
[-] Buffer Size (Bytes)	1MBytes
[-] Processing Rate	Link Speed
[-] RSVP Info	RSVP Enabled
[-] Queuing Scheme	WFQ
[-] Queuing Profile	ToS Based
[-] Description	N/A
[+] Server 2 Mannings	None

Apply Changes to Selected Objects Advanced

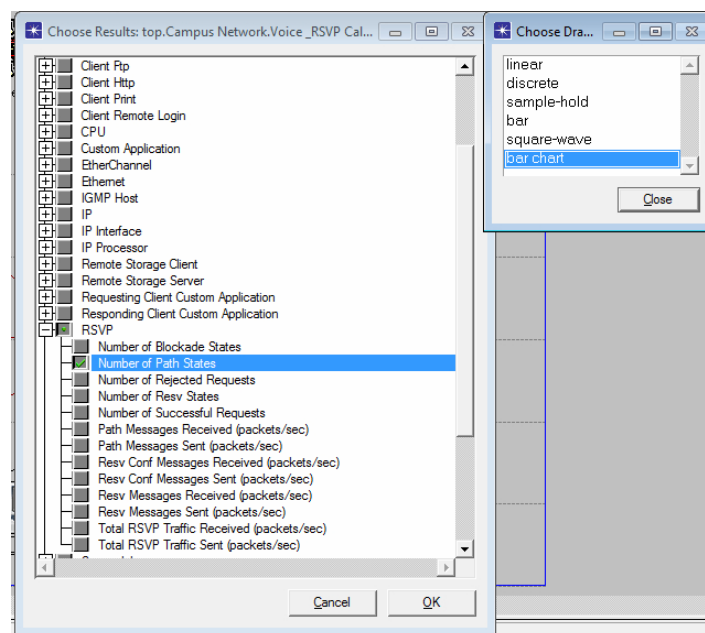
End Next Cancel OK



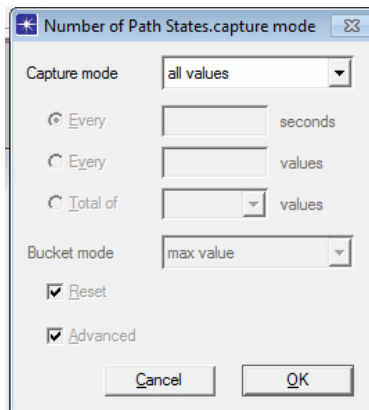
Επιλέγουμε τα εξής ειδικά στατιστικά για το αντικείμενο RSVP Caller.



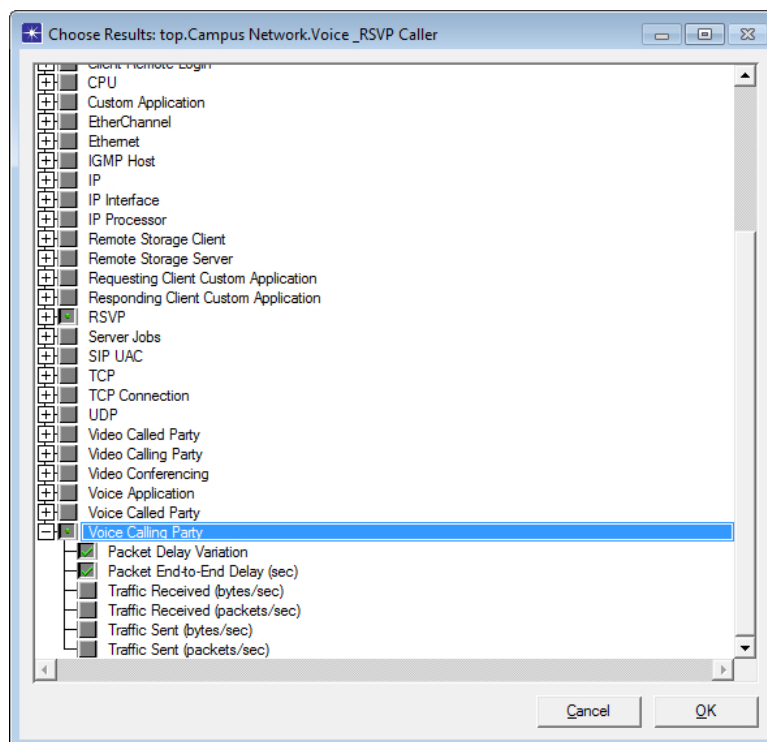
Επιλέγουμε για το Draw style την επιλογή Bar chart.



Επίσης ρυθμίζουμε τον τρόπο συλλογής των στοιχείων επιλεγώντας αυτή τη φορά το change collection mode και δίνοντας τις εξής παραμέτρους:



Το επόμενο στατιστικό που επιλεγούμε είναι το Packet Delay Variation Και Packet End to End Delay από το στοιχείο Voice Calling Party.

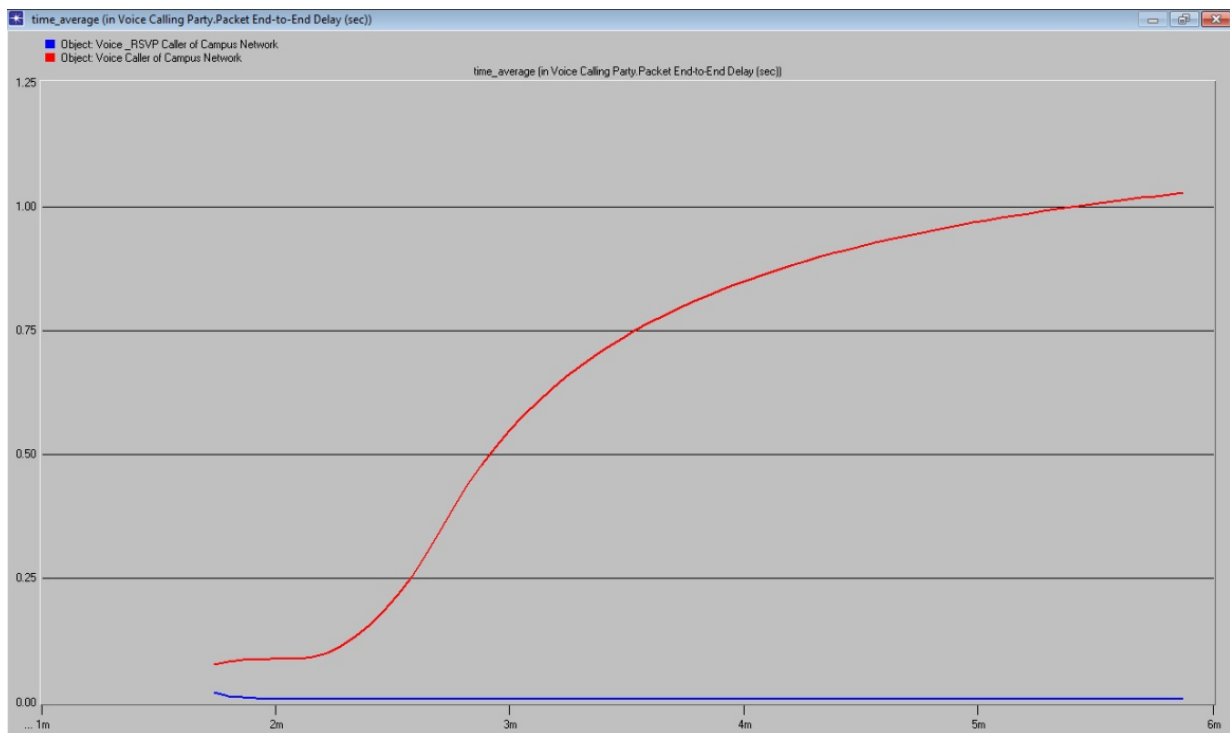


Το ίδιο κάνουμε και στο αντικείμενο RSVP Called με την διάφορα ότι το στατιστικό που θα επιλέξουμε στο RSVP θα είναι το Number of Resv States κάνοντας τις ίδιες ακριβώς ρυθμίσεις για το Draw style αλλά και το Collection mode. Το επόμενο στατιστικό που θα επιλέξουμε για συλλογή αφορά τον κόμβο Voice Caller και είναι το Packet Delay Variation και το Packet End to End Delay.

Ρυθμίζουμε την καρτέλα της προσομείωσης ενεργοποιώντας στην επιλογή Global Attributes το RSVP sim Efficiency (enable mode) σε περίπτωση που ο υπολογιστής που τρέχει η προσομοίωση δεν είναι σχετικά δυνατός αυτή η επιλογή θα καταναλώσει λιγότερους πόρους.

7.10 Αποτελέσματα RSVP Voice

VoIP End To End Delay

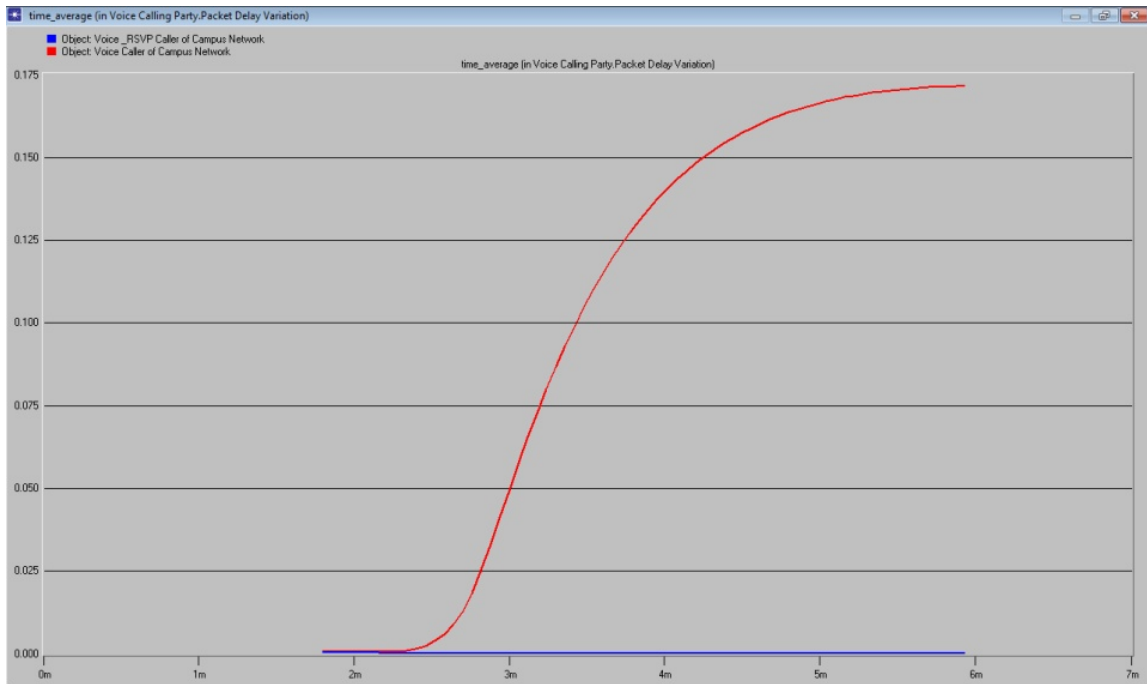


Γράφημα 15 VoIP End To End Delay

Όπως βλέπουμε και στο γράφημα η καθυστέρηση στο δίκτυο που είναι ενεργοποιημένο το RSVP είναι ελάχιστη και σταθερή καθόλη την διάρκεια της προσημείωσης καθώς το σενάριο εκτελείται χρονικά. Ότι και αν γίνει στο δίκτυο το RSVP έχει δεσμεύσει συγκεκριμένο εύρος ζώνης το οποίο το προσφέρει αποκλειστικά στην υπηρεσία VoIP και έτσι η καθυστέρηση κυμαίνεται σε ιδανικά επίπεδα. Αντίθετα η υπηρεσία VoIP η οποία δεν στηρίζεται σε δέσμευση πόρων και σε αυστηρή πολιτική ποιότητας υποφέρει από σημαντική καθυστέρηση όσο γεμίζουν οι ουρές αναμονής των δρομολογητών.

Παρολαυτά όμως το RSVP έχει δεσμεύσει το 75% των πόρων για κάθε ροή ώστε να επιτύχει αυτές τις επιδόσεις. Πιθανών μεγάλο ποσοστό να παραμένει αναξιοποίητο και αυτό να συμβάλει στο υψηλό κόστος αυτής της υπηρεσίας καθώς και στην έλλειψη δικαιοσύνης προς τα άλλα είδη κίνησης. Αποτελεί όμως ιδανική αρχιτεκτονική για τις κρίσιμες εφαρμογές σε δίκτυα με υψηλές απαιτήσεις.

Voip Packet Delay Variation (Jitter)



Γράφημα 16. Voip Packet Delay Variation (Jitter)

Το ίδιο συμπέρασμα έχουμε για την αυξομείωση των τιμών της καθυστέρησης. Το RSVP προσφέρει σταθερές τιμές μιας και η υπηρεσία απολαμβάνει αποκλειστικούς πόρους για την μεταγωγή των πακέτων της και μόνο. Η κίνηση εκτός εικονικού κυκλώματος RSVP δεν λαμβάνει κάποια υπηρεσία πέρα από την best effort από τους υπόλοιπους πόρους του δικτύου.

Η υλοποίηση RSVP κρίνεται αρκετά πολύπλοκη σε όλο το κομμάτι δικτύου που περιλαμβάνει η διαμεταγωγή των πακέτων. Είναι όμως εξαιρετική επιλογή για δίκτυα intranet όπου κρίσιμες εφαρμογές χρειάζονται εγγυημένες υπηρεσίες για να λειτουργήσουν είτε πρόκειται για κίνηση voip και video είτε συναλλαγές τραπεζών ακόμα και δίκτυο δεδομένων προερχόμενα από αισθητήρες ελέγχου στη βιομηχανία.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8. ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάγκη για ποιοτικές υπηρεσίες στο διαδίκτυο είναι μεγαλύτερη από ποτέ πλέον. Η επιβεβαίωση αλλά και η αξιοπιστία ότι τα δεδομένα θα μεταδοθούν σε συγκεκριμένο χρόνο και τόπο απαιτούν την συνεργασία μηχανισμών σε όλα τα επίπεδα των δικτύων, σε όλες τις διεπαφές αλλά και από άκρη σε άκρη του δικτύου.

Αυτούς τους στόχους προσπαθούν να επιτύχουν οι δυο διαφορετικές αρχιτεκτονικές που μελετήσαμε και κυρίως η αρχιτεκτονική διαφοροποιημένων υπηρεσιών η οποία, με την φιλοσοφία ότι κατηγοριοποιεί και ομαδοποιεί υπηρεσίες προσφέρει ανάλογες με την κατηγορία υπηρεσίες ποιότητας με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, καταφέρνει να είναι η κυρία μέθοδος παροχής ποιότητας στα σημερινά δίκτυα. Το χαμηλό της κόστος αλλά και η εύκολη και ευρεία εφαρμογή της ακόμα και σε δίκτυα βασισμένα σε παλιό εξοπλισμό της δίνει μεγάλο πλεονέκτημα έναντι των εξειδικευμένων αρχιτεκτονικών δέσμευσης πόρων με ειδικά πρωτοκολλά σηματοδοσίας.

Επίσης μεγάλη σημασία έχει πριν την υλοποίηση ενός δικτύου να γνωρίζουμε τι είδους υπηρεσίες θα προσφέρει έτσι ώστε να γίνει η επιλογή της αρχιτεκτονικής εκείνης η οποία θα μας προσφέρει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Για παράδειγμα άλλες υπηρεσίες θα προσφέρει ένα δίκτυο μιας εταιρίας με 100 θέσεις εργασίας όπου οι εργαζόμενοι ανταλλάσσουν mail/ftp και κάνουν χρήση browsing http και άλλο ένα δίκτυο το οποίο θα διασύνδεει 100 VoIP clients σε ένα intranet (μια τράπεζα πχ) . Ανάλογα τις ανάγκες του δικτύου θα γίνει και η επιλογή του εξοπλισμού. Οι RSVP hardware based routers είναι σίγουρα αρκετά πιο ακριβοί στην αγορά τους και ιδιαίτερα πολύπλοκοι στην ρύθμιση τους. Όμως εγγυώνται απρόσκοπτη λειτουργία εφαρμογών οι οποίες έχουν ανάγκη για εγγυημένες υπηρεσίες ανεξάρτητα από το φόρτο του δικτύου αν και ιδιαίτερα υψηλό κόστος.

Από την άλλη πλευρά ένας isp θα “κτίσει” το δίκτυο του με αρχιτεκτονική διαφοροποιημένων υπηρεσιών έτσι ώστε να μπορεί να διαχειριστεί την μεγάλη κλιμάκωση αλλά και την αποδοτική χρήση πόρων του δικτύου.

Τα δίκτυα του αύριο θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από μεγάλη κλιμάκωση αλλά και μεγάλο εύρος παροχής υπηρεσιών ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής που θα τα χρησιμοποιεί. Έτσι η Diffserv αρχιτεκτονική αρχίζει να υιοθετείται όλο και περισσότερο ειδικά από τους ISP's όπου στόχο έχουν καθορισμένες υπηρεσίες ανά χρηστή έτσι ώστε κάποια στιγμή το διαδίκτυο να γίνει ένα πραγματικά κατά παραγγελία (on demand) προϊόν για τους οικιακούς χρηστές όπου θα επιλέγουν πως θα διαχειρίζονται το παρεχόμενο εύρος ζώνης ανάλογα με τις υπηρεσίες που θέλουν να ενεργοποιούν (full hd iptv, 4k-iptv, high response cloud gaming κτλ.)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ

Ηλεκτρονικά Βιβλία:

End-to-End QoS Network Design: Quality of Service in LANs, WANs, and VPNs (Networking Technology) by Szigeti, Tim and Hattingh, Christina (Nov 9, 2004)

QOS-Enabled Networks: Tools and Foundations (Wiley Series on Communications Networking & Distributed Systems) by Barreiros, Miguel and Lundqvist, Peter (Jun 9, 2011)

ρδRobert Barton and Kenneth Briley Jr. (Nov 2013)

IP Quality of Service By: Srinivas Vegesna

Σύνδεσμοι στο διαδίκτυο:

http://www.opnet.com/university_program/teaching_with_opnet/textbooks_and_materials/materials/ITGAE_Tool_Ntwrk_Ed.pdf

http://www.opnet.com/university_program/teaching_with_opnet/textbooks_and_materials/

http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk543/tk766/technologies_white_paper09186a00800a3e2f.html

http://www.cisco.com/en/US/products/ps6610/products_data_sheet09186a00800a3e30.html

http://www.cisco.com/en/US/tech/tk543/tk757/technologies_tech_note09186a00800949f2.shtml

http://en.wikipedia.org/wiki/Differentiated_services

<http://www.voip-info.org/wiki/view/DiffServ>

<http://vtctalk.com/forum/showthread.php?t=27545>

http://www.cisco.com/en/US/products/ps6611/products_ios_protocol_group_home.html

http://www.cisco.com/en/US/products/ps6611/products_ios_protocol_group_home.html

http://www.cisco.com/en/US/products/ps6611/products_white_paper09186a00800ade1a.shtml

<http://itdualism.wordpress.com/2010/04/18/ont-intserv-diffserv/>

<http://www.faqs.org/rfcs/rfc1633.html>

<http://www.ietf.org/rfc/rfc2475.txt>

http://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_services

<http://www.activexperts.com/admin/mib/Cisco/CISCO-INT-SERV-CAPABILITY/>

<http://speed.cis.nctu.edu.tw/~ydlin/course/cn/part2/InternetQoS.pdf>

<http://qos.ittc.ku.edu/>

<http://www.youtube.com/watch?v=BG7KAz3nk6s>