

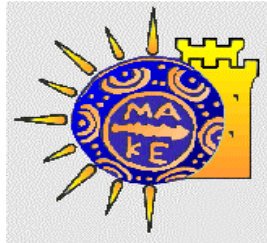
**University of Macedonia**  
**Master Information Systems**  
**Networking Technologies**  
**Professor: A.A. Economides**  
[economid@uom.gr](mailto:economid@uom.gr)

Subject:

**Standards for Quality of Service (QoS) in  
Broadband Networks**

**Vranis Dimitrios**  
[dvranis@uom.gr](mailto:dvranis@uom.gr)

Thessaloniki 2002



**Πανεπιστήμιο Μακεδονίας**  
**ΠΜΣ Πληροφορικά Συστήματα**  
**Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων**  
**Υπεύθυνος Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης**  
[economid@uom.gr](mailto:economid@uom.gr)

**Θέμα:**

**Πρότυπα**  
**για την Ποιότητα Εξυπηρέτησης (QoS)**  
**σε Ευρυζωνικά Δίκτυα**

**Βράνης Δημήτριος**  
[dvranis@uom.gr](mailto:dvranis@uom.gr)

Θεσσαλονίκη 2002

## **Abstract**

Quality of Service (QoS) has become a critical success factor in the transition to multiservice enterprise networks. Although the high quality of voice over the telephone network has been taken for granted for many years, the integration of voice and video traffic with an array of complex data applications, each with different service requirements, makes network engineering much more difficult. In fact, the problems of managing QoS have assumed a paramount importance. The common misconception is that bandwidth is (or will be) so plentiful that QoS is irrelevant, but this is wrong. Voice and video quality is so fragile that even small erratic delays in the voice signal are magnified tremendously to the listener. Dependable and manageable QoS needs to be available at all levels of the enterprise network including the LAN, campus networks, metro-politan networks and WANs. QoS mechanisms have been used for a long time at the core of the WAN, but this has not been the case for local and campus networks. In addition, the growing use of IP-based intranets, extranets and, more recently, VPNs has made QoS control on an end-to-end basis a necessity. Low jitter and high bandwidth are the primary QoS characteristics needed to assure high quality, predictable performance and low delay.

Consistent QoS rules across all devices are needed to control the manner in which each traffic type is processed. Wire speed operation is also needed so that the QoS “solution” does not introduce more problems than it solves. Managing QoS functionality should be as simple and as user friendly as possible.

This paper tries to address the need for QoS in the Enterprise, and at the same time, it describes the standards that have been proposed in order to make it happen.

## Περίληψη

Η ποιότητα εξυπηρέτησης-Quality of Service (QoS) έχει μετατραπεί σε ένα βασικό παράγοντα επιτυχίας κατά τη μετάβαση στα παγκόσμια δίκτυα πολλαπλής εξυπηρέτησης (multiservice enterprise networks). Παρότι η υψηλή ποιότητα μεταφοράς της φωνής μέσω του τηλεφωνικού δικτύου θεωρούνταν δεδομένη εδώ και χρόνια, η ενσωμάτωση κυκλοφορίας φωνής και ζωντανής εικόνας σε ένα σύνολο από σύνθετες εφαρμογές δεδομένων, η κάθε μία με διαφορετικές απαιτήσεις εξυπηρέτησης, κατέστησε τη διαχείριση των δικτύων πολύ δύσκολη. Στην πραγματικότητα, το πρόβλημα της διαχείρισης του QoS έχει αποκτήσει ύψιστη σημασία. Το συνηθισμένο λάθος που γινόταν ήταν πως το εύρος ζώνης ήταν (ή θα γινόταν) τόσο μεγάλο που το QoS θα ήταν ασήμαντο. Όμως αυτό το σκεπτικό είναι λανθασμένο. Η ποιότητα της φωνής και της εικόνας είναι τόσο ευαίσθητη, που ακόμα και μία μικρή καθυστέρηση στο σήμα της δημιουργεί την αίσθηση του τρεμουλιάσματος στον ακροατή. Το εξαρτώμενο και διαχειρίσιμο QoS θα πρέπει να είναι διαθέσιμο σε όλα τα επίπεδα, σε ολόκληρο το δίκτυο, συμπεριλαμβανομένων των τοπικών, των πανεπιστημιακών, των μητροπολιτικών και των WAN δικτύων. Οι μηχανισμοί QoS χρησιμοποιούνται εδώ και πολύ καιρό στον πυρήνα των WAN, όμως δε συμβαίνει το ίδιο και στα τοπικά και πανεπιστημιακά δίκτυα. Επιπροσθέτως, η διαρκώς αυξανόμενη χρήση των intranets, των extranets και πιο πρόσφατα των VoIP έχει καταστήσει τον έλεγχο του QoS, σε μία από άκρο σε άκρο θεώρηση, αναγκαιότητα a necessity. Το χαμηλό τρέμουλο (jitter) και το υψηλό εύρος ζώνης αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά του QoS που απαιτούνται προκειμένου να εξασφαλιστεί η υψηλή ποιότητα, η προβλέψιμη απόδοση και η χαμηλή καθυστέρηση.

Χρειάζονται σταθεροί κανόνες για το QoS κατά μήκος όλων των συσκευών που συναποτελούν το δίκτυο, προκειμένου να ελεγχθεί ο τρόπος με τον οποίο θα προσεγγιστεί ο κάθε τύπος κυκλοφορίας. Η διαχείριση της λειτουργικότητας του QoS θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο απλή και φιλική.

Σε αυτή την εργασία γίνεται προσπάθεια να καταδειχτεί η ανάγκη για την ύπαρξη QoS σε κάθε δίκτυο, ενώ ταυτόχρονα περιγράφονται τα σύγχρονα πρότυπα που έχουν τεθεί προκειμένου να γίνει αυτό δυνατό.

<b>Chapter</b>	<b>Title</b>	<b>Page</b>
1.	<b>Introduction</b>	1
2.	<b>Benefits from QoS</b>	1
2.1	Meaning of QoS	1
2.2	Why QoS is needed	2
2.3	QoS in IP networks	3
2.4	Examples	4
2.5	<b>What are the business benefits from QoS</b>	5
2.5.1	Benefits to applications	5
2.5.2	Benefits to enterprises	6
2.5.3	Benefits to service providers	6
3.	<b>Basic parameters of QoS</b>	7
3.1	Latency	7
3.2	Jitter	7
3.3	Bandwidth	7
3.4	Packet loss	7
3.5	Availability	7
4.	<b>Service Level Agreement (SLA)</b>	8
4.1	SLA parameters	8
4.2	Service Level Specifications	8
4.3	Traffic conditioning Specifications	8
4.4	Examples	9
5.	<b>QoS Policies</b>	10
5.1	Policies	10
5.2	Mechanisms	10
5.3	Data Store(DEN, DTMF)	12
5.4	Policy Decision Points (PDP)	12
5.5	Policy Enforcement(PEP)	12
5.6	Policy Protocols (COPS)	12
5.7	Bandwidth Brokers 15	13
6.	<b>QoS Technologies</b>	14
6.1	<b>Traffic Handling Mechanisms</b>	14
6.1.1	<b>Differentiated Services (Diffserv)</b>	14
6.1.1.1	How Diff-Serv works	16
6.1.1.2	ToS	17
6.1.1.3	Per Hop Behavior (PHB) Policies (Forwarding)	17
6.1.1.4	Traffic classification	18
6.1.1.5	Traffic conditioning	19
6.1.2	LAN-based Prioritization—IEEE802.1p/Q	20
6.1.3	Integrated Services Architecture (IntServ)	22
6.1.4	IP Priority	23
6.1.5	ATM, ISSLOW and others	23
6.2	<b>Provisioning and configuration Mechanisms</b>	24
6.2.1	Top-down Provisioning	24

<b>6.2.1.1</b>	<b>Challenges in top-down provisioning</b>	<b>24</b>
<b>6.2.2</b>	<b>RSVP Signaling as a Configuration Mechanism</b>	<b>25</b>
<b>6.2.2.1</b>	<b>Resource Reservation Setup Protocol (RSVP)</b>	<b>26</b>
<b>6.2.2.2</b>	<b>How RSVP works</b>	<b>27</b>
<b>6.3</b>	<b>Interoperability</b>	<b>29</b>
<b>7.</b>	<b>The key QoS Mechanisms</b>	<b>30</b>
<b>7.1</b>	<b>Admission control</b>	<b>30</b>
<b>7.2</b>	<b>Traddic shaping/conditioning</b>	<b>30</b>
<b>7.3</b>	<b>Packet classification</b>	<b>30</b>
<b>7.4</b>	<b>Packet marking</b>	<b>30</b>
<b>7.5</b>	<b>Priority and scheduling mechanisms</b>	<b>30</b>
<b>7.6</b>	<b>Signaling Protocols</b>	<b>31</b>
<b>7.7</b>	<b>Queuing (WFQ, CFQ, SFQ)</b>	<b>31</b>
<b>7.8</b>	<b>Congestion Control</b>	<b>31</b>
<b>8.</b>	<b>What is MPLS</b>	<b>33</b>
<b>9.</b>	<b>How does routing support QoS</b>	<b>34</b>
<b>10.</b>	<b>Qualities of guarantees and the quality/efficiency product</b>	<b>35</b>
<b>10.1</b>	<b>Simultaneous use of signaling ant top-down provisioning</b>	<b>37</b>
<b>11.</b>	<b>Conclusions</b>	<b>38</b>
<b>12.</b>	<b>Bibliography</b>	<b>39</b>

Κεφάλαιο	Τίτλος	Σελίδα
1.	<b>Εισαγωγή</b>	1
2.	<b>Τα οφέλη του QoS</b>	1
2.1	Προσδιορισμός της έννοιας QoS	1
2.2	Γιατί απαιτείται η ύπαρξη του QoS	2
2.3	Το QoS στα IP δίκτυα	3
2.4	Συγκεκριμένα παραδείγματα	4
2.5	Ποια είναι τα επιχειρησιακά οφέλη από το QoS	5
2.5.1	Τα οφέλη για τις επιχειρήσεις	5
2.5.2	Τα οφέλη για τις εφαρμογές	6
2.5.3	Τα οφέλη στους φορείς παροχής υπηρεσιών	6
3.	<b>Οι βασικές παράμετροι του QoS</b>	7
3.1	Καθυστέρηση (latency)	7
3.2	Jitter («τρεμούλιασμα»)	7
3.3	Εύρος ζώνης	7
3.4	Απώλεια πακέτων	7
3.5	Διαθεσιμότητα	7
4.	<b>Συμφωνίες επιπέδων υπηρεσιών-Service Level Agreement (SLA)</b>	8
4.1	Παράμετροι SLA	8
4.2	Προδιαγραφές επιπέδων υπηρεσιών	8
4.3	Προδιαγραφές βελτίωσης κυκλοφορίας	8
4.4	Παραδείγματα	9
5.	<b>Πολιτικές QoS</b>	10
5.1	Πολιτικές	10
5.2	Μηχανισμοί	10
5.3	Αποθήκευση δεδομένων(DEN, DTMF)	12
5.4	Σημεία πολιτικής απόφασης- Policy Decision Points (PDP)	12
5.5	Πολιτική επιβολή Policy Enforcement(PEP)	12
5.6	Πρωτόκολλα πολιτικής- Policy Protocols (COPS)	12
5.7	Διασπαστές εύρους ζώνης-Bandwidth Brokers	15
6.	<b>Τεχνολογίες QoS</b>	14
6.1	Οι μηχανισμοί χειρισμού κυκλοφορίας	14
6.1.1	Οι διαφοροποιημένες υπηρεσίες (Diffserv)	14
6.1.1.1	Πώς λειτουργεί το Diff-Serv	16
6.1.1.2	ToS	17
6.1.1.3	Πολιτικές συμπεριφορών (προώθησης) ανά άλμα [Per Hop Behavior (PHB) Policies (Forwarding)]	17
6.1.1.4	Ταξινόμηση κυκλοφορίας	18
6.1.1.5	ρύθμιση της κυκλοφορίας	19
6.1.2	LAN-based Prioritization—IEEE802.1p/Q	20
6.1.3	Οι ενσωματωμένες υπηρεσίες - Integrated Services Architecture (IntServ)	22

6.1.4	Προτεραιότητα IP	23
6.1.5	Το ATM, ISSLOW και άλλα	23
6.2	Οι μηχανισμοί παροχής και διαμόρφωσης	24
6.2.1	Η από επάνω προς τα κάτω παροχή	24
6.2.1.1	οι προκλήσεις στην από πάνω προς τα κάτω παροχή	24
6.2.2	Η σηματοδότηση RSVP ως μηχανισμός διαμόρφωσης	25
6.2.2.1	Τι είναι το πρωτόκολλο κράτησης πόρων(Resource Reservation Setup Protocol (RSVP))	26
6.2.2.2	Πώς λειτουργεί το RSVP	27
6.3	Διαλειτουργικότητα	29
7.	<b>Οι βασικοί μηχανισμοί του QoS</b>	30
7.1	Αποδοχή ελέγχου - Admission control	30
7.2	Σχηματοποίηση/παραμετροποίηση της κυκλοφορίας	30
7.3	Κατηγοριοποίηση των πακέτων – Packet classification	30
7.4	Χαρακτηρισμός των πακέτων (Packet marking)	30
7.5	Μηχανισμοί προτεραιοτήτων και σχεδιασμού	30
7.6	Πρωτόκολλα σηματοδότησης	31
7.7	Queuing (WFQ, CFQ, SFQ)	31
7.8	Έλεγχος συμφορήσεων (RED, ECN)	31
8.	<b>Τί είναι το MPLS</b>	33
9.	<b>Πώς η δρομολόγηση υποστηρίζει το QoS</b>	34
10.	<b>Οι ιδιότητες των εγγυήσεων και η ποιότητα/αποδοτικότητα του προϊόντος</b>	35
10.1	Ταυτόχρονη χρήση της σηματοδότησης και της από πάνω προς τα κάτω παροχής	37
11.	<b>Συμπεράσματα</b>	38
12.	<b>Βιβλιογραφία</b>	39



## 1. Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων ετών, πολυάριθμοι μηχανισμοί έχουν εμφανιστεί για την παροχή ποιότητας εξυπηρέτησης (QoS). Ο στόχος αυτών των μηχανισμών είναι να παρασχεθεί βελτιωμένη εξυπηρέτηση στις εφαρμογές στα άκρα του δικτύου. Στη συνέχεια αναλύονται εν συντομία τα οφέλη του QoS, οι διαθέσιμοι μηχανισμοί QoS και πώς αυτοί επικοινωνούν.

## 2. Τα οφέλη του QoS

Τα τελευταία χρόνια είμαστε μάρτυρες μιας ταχύτατης αύξησης στην κυκλοφορία της πληροφορίας μέσω των δικτύων υπολογιστών. Οι Network administrators αγωνίζονται για να συμβαδίσουν με τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση με το να προσθέτουν χωρητικότητα στα δίκτυά τους. Παρόλα αυτά, οι πελάτες των δικτύων είναι συχνά δυσαρεστημένοι με την απόδοση του δικτύου. Η αύξηση χρήσης των «πεινασμένων για πόρους» (resource hungry) εφαρμογών πολυμέσων φαίνεται να επιδεινώνει την κατάσταση. Οι μηχανισμοί QoS παρέχουν ένα σύνολο εργαλείων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το Network administrator για να διαχειριστεί τη χρήση των πόρων των δικτύων με έναν ελεγχόμενο και αποδοτικό τρόπο.

### 2.1 Προσδιορισμός της έννοιας QoS

Ο όρος QoS αναφέρεται στην ικανότητα ενός δικτύου να παρέχει τη δυνατότητα για καλύτερη και εγγυημένη εξυπηρέτηση επί του κυκλοφοριακού φόρτου του φορτίου χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνολογίες (Frame Relay, Asynchronous Transfer Mode (ATM), Ethernet και 802.1 δίκτυα, SONET, και IP-routed δίκτυα).

Με απλούστερα λόγια, Quality of Service (QoS) σημαίνει την παροχή σταθερού, προβλέψιμου ρυθμού μεταφοράς δεδομένων. Ή αλλιώς η ικανοποίηση των απαιτήσεων των εφαρμογών του πελάτη.

Ο βασικός στόχος του QoS είναι να μπορεί να διαθέσει συγκεκριμένο εύρος, ελεγχόμενο jitter και καθυστέρηση, καθώς επίσης και βελτιωμένα χαρακτηριστικά απωλειών.

Ο στόχος του QoS είναι:

- *έλεγχος επί των πορων*—(bandwidth, εξοπλισμός, wide-area facilities, και ου το καθεξής)
- *αποδοτικότερη χρήση των πορων του δικτύου* —με τη χρήση των εργαλείων του QoS γίνεται δυνατή η παρακολούθηση χρήσης του δικτύου και η καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση της κρίσιμης κυκλοφορίας

- η δημιουργία κατηγοριών υπηρεσιών—κατηγοριοποίηση των προσφερόμενων προς τους πελάτες υπηρεσιών, για την καλύτερη εξυπηρέτησή τους.
- συνύπαρξη κρίσιμων εφαρμογών—οι μηχανισμοί QoS εξασφαλίζουν την ικανοποιητικότερη δυνατή χρήση του δικτύου από τις κρίσιμες εφαρμογές, ότι θα τηρηθούν οι περιορισμοί σε εύρος και καθυστέρηση που επιβάλλονται από «απαιτητικές» εφαρμογές όπως οι εφαρμογές πολυμέσων και φωνής, αλλά και ότι οι υπόλοιπες εφαρμογές θα εξυπηρετηθούν χωρίς να αναμιχθούν με τις κρίσιμες εφαρμογές.

(πηγή [www.cisco.com](http://www.cisco.com) Quality of Service (QoS) Networking)

Η ικανοποίηση αυτών των στόχων θα έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση των προσφερόμενων υπηρεσιών, ενώ ταυτόχρονα θα καλυφθεί η απαιτούμενη ζήτηση σε χωρητικότητα. Με άλλα λόγια, το QoS μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση των υπηρεσιών που προσφέρονται στους χρήστες δικτύων, μειώνοντας ταυτόχρονα τις δαπάνες για αυτές τις υπηρεσίες.

Η επίτευξη του QoS απαιτεί τη συνεργασία όλων των επιπέδων του δικτύου, από πάνω προς τα κάτω, καθώς και κάθε στοιχείου του δικτύου, από άκρο σε άκρο.

Σαν αποτέλεσμα το επιτευκτό QoS είναι μόνο τόσο καλό όσο η πιο αδύνατη σύνδεση στη "αλυσίδα" μεταξύ του πομπού και του δέκτη.

Το QoS δεν παράγει εύρος ζώνης (bandwidth). Δεν είναι δυνατόν το δίκτυο να αποδώσει κάτι που δεν έχει. Έτσι, το υπάρχον εύρος αποτελεί έναν περιοριστικό παράγοντα. Το QoS απλά διαχειρίζεται το bandwidth σύμφωνα με τις απαιτήσεις των εφαρμογών και τις ρυθμίσεις διαχείρισης του δικτύου. Επομένως, QoS με εγγυημένο επίπεδο υπηρεσίας απαιτεί κατανομή πόρων σε κάθε ανεξάρτητη ροή δεδομένων. Βασικό στοιχείο της προσπάθειας των σχεδιαστών του QoS ήταν να βεβαιωθούν ότι η κυκλοφορία καλύτερης προσπάθειας (best effort traffic) θα μπορεί να εξυπηρετείται, αφού γίνουν όλες οι δεσμεύσεις. Οι εφαρμογές υψηλής προτεραιότητας δε θα πρέπει να καταστήσουν ανέφικτη τη χρήση εφαρμογών χαμηλής προτεραιότητας.

## 2.2 Γιατί απαιτείται η ύπαρξη του QoS

Οι εφαρμογές παράγουν κυκλοφορία σε διάφορους ρυθμούς και γενικά απαιτούν ότι τα δίκτυα θα είναι σε θέση να μεταφέρουν τον όγκο της πληροφορίας τον οποίο αυτές παράγουν. Επιπλέον, οι εφαρμογές μπορεί να είναι ανεκτικές ή όχι στις κυκλοφοριακές καθυστερήσεις του δικτύου και στις μεταβολές της. Ορισμένες εφαρμογές μπορούν να ανεχτούν κάποιο βαθμό απώλειας κυκλοφορίας, ενώ άλλες δεν μπορούν. Εάν υπήρχαν άπειροι πόροι δικτύων διαθέσιμοι, όλη η πληροφορία που θα παρήγαγε η κάθε εφαρμογή θα μπορούσε να μεταφερθεί με τον απαιτούμενο από την εφαρμογή ρυθμό, με μηδενική καθυστέρηση και χωρίς απώλεια πακέτων. Εντούτοις, οι πόροι των δικτύων δεν είναι άπειροι. Κατά συνέπεια, υπάρχουν μέρη του δικτύου στα οποία οι πόροι των δικτύων δεν είναι αρκετοί για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις.

Τα δίκτυα χτίζονται με τη σύνδεση των συσκευών δικτύων όπως οι διακόπτες και οι δρομολογητές. Αυτοί διαβιβάζουν την κυκλοφορία μεταξύ τους χρησιμοποιώντας τις διεπιφάνειες (interfaces). Εάν ο ρυθμός με τον οποίο η κυκλοφορία φθάνει σε μια διεπιφάνεια υπερβαίνει τον ρυθμό με τον οποίο μπορεί αυτή να την προωθήσει στην επόμενη συσκευή εμφανίζεται συμφόρηση. Κατά συνέπεια, η ικανότητα μιας διεπιφάνειας να προωθήσει την κυκλοφορία είναι ένα θεμελιώδες στοιχείο της συμπεριφοράς του κάθε δικτύου. Οι QoS μηχανισμοί λειτουργούν με το να διανείμουν αυτούς τους πόρους κατά προτίμηση σε συγκεκριμένη κυκλοφορία.

Προκειμένου να γίνει αυτό, είναι πρώτα απαραίτητο να προσδιοριστεί η διαφορετική κυκλοφορία. Η κυκλοφορία που φθάνει στις συσκευές των δικτύων είναι χωρισμένη στις ευδιάκριτες ροές μέσω της διαδικασίας της ταξινόμησης πακέτων. Η κυκλοφορία από κάθε ροή κατευθύνεται έπειτα σε μια αντίστοιχη ουρά αναμονής στη διεπαφή διαβίβασης. Οι ουρές αναμονής σε κάθε διεπαφή εξυπηρετούνται σύμφωνα με κάποιο αλγόριθμο. Ο αλγόριθμος αναμονής-εξυπηρέτησης ουράς καθορίζει το ρυθμό με τον οποίο η κυκλοφορία από κάθε ουρά αναμονής προωθείται, και έτσι καθορίζει τους πόρους που θα διατίθενται σε κάθε ουρά και στις αντίστοιχες ροές. Κατά συνέπεια, προκειμένου να παρασχεθεί QoS στο δίκτυο, είναι απαραίτητο να προσδιορισθούν οι :

1. Πληροφορίες ταξινόμησης με βάση τις οποίες οι συσκευές θα χωρίζουν το συνολικό όγκο της πληροφορίας σε ροές.
2. Αλγόριθμοι ουρών αναμονής και εξυπηρέτησης αυτών που θα χειρίζονται την κυκλοφορία από τις χωριστές ροές.

Θα αναφερθούμε σε αυτά συνολικά ως μηχανισμούς χειρισμού κυκλοφορίας. Μεμονωμένα, οι μηχανισμοί χειρισμού κυκλοφορίας δεν είναι χρήσιμοι. Πρέπει να ορίζονται ή να διαμορφώνονται με έναν συντονισμένο τρόπο που να παρέχει χρήσιμες από άκρη σε άκρη (end-to-end) υπηρεσίες μέσω ενός δικτύου.

Για να φανεί λεπτομερέστερα η ανάγκη για QoS ας δούμε την περίπτωση των IP δικτύων.

### **2.3 Το QoS στα IP δίκτυα**

Το πρωτόκολλο (IP) του Διαδικτύου, και η ίδια η αρχιτεκτονική του, είναι βασισμένα στο απλό σκεπτικό ότι τα datagrams (πακέτα-διαγράμματα δεδομένων) με τις διευθύνσεις πηγής και προορισμού μπορούν να διαπεράσουν ένα δίκτυο δρομολογητών (IP) ανεξάρτητα, χωρίς τις οδηγίες του πομπό ή του δέκτη τους. Το Διαδίκτυο στηρίχτηκε ιστορικά στην έννοια ενός «χαζού» δικτύου, με τα «έξυπνα» κομμάτια του σε κάθε άκρο του (στον πομπό και το δέκτη).

Υπάρχει, εντούτοις, ένα κόστος για αυτήν την απλότητα. Ο λόγος που το IP είναι τόσο απλό είναι επειδή δεν παρέχει πολλές υπηρεσίες. Το IP παρέχει τη διευθυνσιοδότηση και αυτή επιτρέπει την ανεξαρτησία του κάθε datagram. Το IP

μπορεί να τεμαχίσει τα datagrams (στους δρομολογητές) και να τα συναρμολογήσει εκ νέου (στο δέκτη), και αυτό τους επιτρέπει να κινούνται μέσω των διαφορετικών δικτύων. Αλλά το IP δεν παρέχει την αξιόπιστη παράδοση δεδομένων. Οι δρομολογητές επιτρέπεται να απορρίψουν IP datagrams καθ'οδόν, χωρίς να ενημερώσουν τον πομπό ή το δέκτη. Το IP στηρίζεται σε υψηλότερου επιπέδου «μεταφορικά μέσα» (π.χ. TCP) για την παρακολούθηση των datagrams και την απόφαση να αναμεταδοθούν κάποια από αυτά, ανάλογα με τις ανάγκες. Και αυτοί οι μηχανισμοί "αξιοπιστίας" μπορούν μόνο να βεβαιώσουν την παράδοση δεδομένων; ούτε το IP ούτε τα υψηλού επιπέδου πρωτόκολλα της δεν μπορούν να εξασφαλίσουν έγκαιρη παράδοση ή να παρέχουν οποιεσδήποτε εγγυήσεις για τη ρυθμαπόδοση δεδομένων. Το IP παρέχει αυτό που καλείται υπηρεσία "καλύτερης προσπάθειας". Δεν μπορεί να δώσει καμία εγγύηση για το πότε περίπου θα φθάσουν τα δεδομένα ή πόσα μπορεί να παραδώσει.

Αυτός ο περιορισμός δεν είναι πρόβλημα για τις παραδοσιακές εφαρμογές Διαδικτύου όπως το WEB, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η μεταφορά αρχείων και άλλες όμοιες. Αλλά η νέα «φυλή» εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της ηχητικής και τηλεοπτικής ροής, απαιτεί υψηλή ικανότητα ρυθμαπόδοσης δεδομένων (εύρος ζώνης) και έχει απαιτήσεις χαμηλής καθυστέρησης όταν χρησιμοποιούνται διπλής κατεύθυνσης επικοινωνίες (δηλ. σύσκεψη και τηλεφωνία). Τα δημόσια και ιδιωτικά δίκτυα IP χρησιμοποιούνται επίσης όλο και περισσότερο για την παράδοση κρίσιμων πληροφοριών που δεν μπορούν να ανεχτούν απρόβλεπτες απώλειες.

Αντίθετα από τις τεχνολογίες "καθαρών εικονικών κυκλωμάτων" όπως τα ATM και τα Frame Relay, τα οποία άλλωστε εμπεριέχουν την έννοια του QoS, το IP δεν κάνει αυστηρές κατανομές των πόρων. Αυτό παρέχει αποδοτικότερη χρήση του διαθέσιμου εύρους ζώνης και το καθιστά πιο εύκαμπτο. Η χαρακτηριστική κυκλοφορία IP δικτύων είναι bursty (με εξάρσεις) παρά συνεχής. Το IP βασίζεται στα datagrams ώστε να χρησιμοποιεί το διαθέσιμο εύρος ζώνης όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερα, με τη διανομή αυτού που είναι διαθέσιμου όπως απαιτείται. Αυτό επιτρέπει επίσης στο IP να προσαρμόζεται πιο εύκολα στις εφαρμογές με ποικίλες ανάγκες. Εντούτοις, οδηγεί επίσης σε κάποια μη προβλεψιμότητα στην παρεχόμενη υπηρεσία.

## 2.4 Συγκεκριμένα παραδείγματα

Οι ακόλουθες παράγραφοι περιγράφουν διάφορα συγκεκριμένα παραδείγματα των οφελών που μπορούν να αναμένονται ως αποτέλεσμα της επέκτασης του QoS

- Βελτιωμένη απόδοση των κρίσιμων εφαρμογών αποστολής επί **WAN** δικτύων

Εφαρμογές συνδέσεων όπως το SAP και PeopleSoft που χρησιμοποιούνται συχνά για να παρέχουν τις κρίσιμες υπηρεσίες πέρα από την ευρείας περιοχής intranets. Αυτές οι συνδέσεις είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στη συμφόρηση, η οποία οδηγεί σε αργούς χρόνους απόκρισης ή και σε διακοπές επικοινωνίας, οι οποίοι μπορούν να είναι δαπανηροί. Το QoS επιτρέπει στον network administrator για να δώσει προτεραιότητα στην «κρίσιμη» κυκλοφορία, έτσι ώστε να είναι απρόσβλητη από τη συμφόρηση στις **WAN** συνδέσεις. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με ελάχιστο κόστος στις λιγότερο σημαντικές, ανταγωνιστικές εφαρμογές. Η λύση του QoS είναι ανάλογη με την παροχή εναλλακτικών γραμμών, παράλληλα με τις απασχολημένες «λεωφόρους» μεταφοράς των πληροφοριών. Η κρίσιμη κυκλοφορία κατευθύνεται από αυτές τις “lanes.”

- Έλεγχος του αντικτύπου της πολυμεσικής κυκλοφορίας στο δίκτυο

Πολυμεσικές εφαρμογές όπως τα Windows Media™ Technologies, NetMeeting® λογισμικό σύσκεψης, RealAudio, και οι εφαρμογές βασισμένες σε TAPI 3,0 κερδίζουν συνεχώς δημοτικότητα μεταξύ των χρηστών δικτύων. Αυτές παράγουν μεγάλο όγκο UDP κυκλοφορίας. Αυτή η κυκλοφορία δεν είναι «φιλική» προς το δίκτυο υπό την έννοια ότι δεν “υποχωρεί” παρά τη συμφόρηση. Λόγω του πιθανού αντικτύπου αυτού του τύπου κυκλοφορίας στους πόρους του δικτύου, οι network administrators προσπαθούν να περιορίσουν την επέκταση των εφαρμογών πολυμέσων στα δίκτυά τους. Οι μηχανισμοί QoS επιτρέπουν στον network administrator να ελέγξουν τον αντίκτυπο αυτών των εφαρμογών στο δίκτυο.

- Επιτρέποντας τα πολυμέσα

Στο προηγούμενο παράδειγμα, αναλύθηκε η χρήση QoS για να ελεγχθεί το αντίκτυπο των εφαρμογών αυξημένης ροής πληροφορίας στους πόρους των δικτύων χωρίς να ανησυχούμε για τις υπηρεσίες που παρέχονται πραγματικά στις εφαρμογές πολυμέσων. Το QoS μπορεί να εφαρμοσθεί για να εγγυηθεί συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσιών σε κάθε εφαρμογή πολυμέσων. Το QoS επιτρέπει σε αυτήν την περίπτωση την αληθινή σύγκλιση των δικτύων πολυμέσων και δεδομένων. Τα οφέλη μιας τέτοιας σύγκλισης περιλαμβάνουν (μεταξύ άλλων) τη χρησιμοποίηση IP τηλεφωνίας με ισόμετρη μείωση του κόστους.

## **2.5 Ποια είναι τα επιχειρησιακά οφέλη από το QoS**

### **2.5.1 Τα οφέλη για τις επιχειρήσεις**

Τα δίκτυα χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο ως επιχειρηματικά μέσα και οι προσδοκίες για τη διασφάλιση της ποιότητας είναι υψηλές. Το Διαδίκτυο

χρησιμοποιείται για να ενδυναμώσει τα intranets μέσα στην επιχείρηση και τα extranets που επιτρέπουν το ηλεκτρονικό εμπόριο με τους επιχειρησιακούς συνεργάτες. Καθώς η επιχείρηση χρησιμοποιεί όλο και περισσότερο τα δίκτυα (και ιδίως τον Ιστό), γίνεται όλο και σημαντικότερο να διασφαλιστεί ότι αυτά τα δίκτυα προσδίδουν τα κατάλληλα επίπεδα ποιότητας. Η ποιότητα των τεχνολογιών υπηρεσιών (QoS) παρέχει τα εργαλεία για τους IT διευθυντές να το εξασφαλίσουν αυτό.

### **2.5.2 Τα οφέλη για τις εφαρμογές**

Οι εφαρμογές παράγουν απαιτήσεις. Οι κρίσιμες εφαρμογές που εκτείνονται επί των διαφόρων δικτύων απαιτούν όλο και περισσότερο την ποιότητα, την αξιοπιστία, και τις διαβεβαιώσεις ελαχιστοποίησης του απαιτούμενου χρόνου. Ειδικότερα, οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν φωνή, video ή πολυμέσα πρέπει να διαχειρισθούν προσεκτικά μέσα σε κάθε δίκτυο για να συντηρήσουν την ακεραιότητά τους.

Η διαχείριση QoS γίνεται όλο και πιο δύσκολη επειδή πολλές εφαρμογές εμφανίζουν απρόβλεπτες εκρήξεις κυκλοφορίας. Παραδείγματος χάριν, η συμπεριφορά του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και των εφαρμογών μεταφοράς αρχείων είναι ουσιαστικά αδύνατη να προβλεφθεί, όμως οι διευθυντές δικτύων πρέπει να είναι σε θέση να υποστηρίξουν τις κρίσιμες εφαρμογές ακόμη και κατά τη διάρκεια των περιόδων αιχμής.

Οι QoS τεχνολογίες επιτρέπουν στους διευθυντές IT και τους διευθυντές δικτύων:

- Να διαχειριστούν τις ευαίσθητες στο jitter εφαρμογές, όπως ηχητικά και το βίντεο playbacks
- Να διαχειριστούν την ευαίσθητη στην καθυστέρηση κυκλοφορία, όπως η φωνή πραγματικού χρόνου
- Να ελέγξουν την απώλεια σε περιόδους της αναπόφευκτης συμφόρησης

### **2.5.3 Τα οφέλη στους φορείς παροχής υπηρεσιών**

Οι φορείς παροχής υπηρεσιών που μπορούν να προσφέρουν τις διασφαλίσεις ποιότητας για την από άκρη σε άκρη επιχειρησιακή κυκλοφορία θα κερδίσουν περισσότερους πελάτες. οι τεχνολογίες QoS θα επιτρέψουν στους φορείς παροχής υπηρεσιών να προσφέρουν περισσότερες υπηρεσίες, όπως η σε πραγματικό χρόνο υποστήριξη κυκλοφορίας ή οι συγκεκριμένες κατανομές εύρους ζώνης, για να χτίσουν ένα χαρτοφυλάκιο SLA. Αυτό δημιουργεί νέα εισοδήματα για τους φορείς παροχής υπηρεσιών, προσφέροντας περισσότερες υπηρεσίες στις επιχειρήσεις.

### **3. Οι βασικές παράμετροι του QoS**

#### **3.1 Καθυστέρηση (latency)**

Ο χρόνος μεταξύ της αποστολής μηνύματος από ένα κόμβο και της παραλαβής του μηνύματος από έναν άλλο κόμβο. Αυτό καλύπτει την καθυστέρηση σε ένα μονοπάτι μετάδοσης ή σε μια συσκευή μέσα σε ένα μονοπάτι μετάδοσης. Σε έναν δρομολογητή, η καθυστέρηση είναι το χρονικό διάστημα μεταξύ της λήψης ενός πακέτου δεδομένων και της αναμετάδοσης του. Επίσης αναφέρεται και ως καθυστέρηση διάδοσης (propagation delay).

#### **3.2 Jitter («τρεμούλιασμα»)**

Μια παρέκκλιση που εμφανίζεται όταν διαβιβάζεται το βίντεο ή η φωνή μέσω ενός δικτύου και κάποια πακέτα δεν φθάνουν στον προορισμό τους με τη σωστή κατάταξη ή εγκαίρως, δηλ. ποικίλλουν οι καθυστερήσεις. Η διαστρέβλωση ενός σήματος όπως προωθήθηκε μέσω του δικτύου, όπου το σήμα διαφέρει από τον αρχικό συγχρονισμό αναφοράς του. Στα packet-switched δίκτυα, το jitter είναι μια διαστρέβλωση των χρόνων μεταξύ των αφίξεων των πακέτων έναντι των χρόνων που μεσολαβούσαν μεταξύ των πακέτων κατά την αρχική μετάδοση. Αυτή η διαστρέβλωση είναι ιδιαίτερα επιζήμια στην κυκλοφορία πολυμεσικών εφαρμογών. Παραδεισγματος χάριν, η ακρόαση των ηχητικών ή τηλεοπτικών δεδομένων μπορεί να έχει μια ταραγμένη ή τρεμάμενη ποιότητα.

#### **3.3 Εύρος ζώνης**

Ένα μέτρο της ικανότητας μετάδοσης δεδομένων, που εκφράζεται συνήθως σε kilobits ανά δευτερόλεπτο (Kbps) ή megabits ανά δευτερόλεπτο (Mbps). Το εύρος ζώνης δείχνει τη θεωρητική μέγιστη ικανότητα μιας σύνδεσης, αλλά καθώς το θεωρητικό εύρος ζώνης προσεγγίζεται, οι αρνητικοί παράγοντες όπως η καθυστέρηση μετάδοσης μπορούν να προκαλέσουν επιδείνωση στην ποιότητα. Εάν αυξάνεται το εύρος ζώνης, μπορούν να μεταφερθούν περισσότερα δεδομένα. Το εύρος ζώνης δικτύων μπορεί να απεικονιστεί ως σωλήνας που μεταφέρει τα δεδομένα: Όσο μεγαλύτερος ο σωλήνας, τόσο περισσότερα δεδομένα μπορούν να σταλούν μέσω αυτού.

#### **3.4 Απώλεια πακέτων**

Παράδειγμα: 1% ή λιγότεροι μηνιαία μέση απώλεια πακέτων σε ολόκληρο το δίκτυο.

#### **3.5 Διαθεσιμότητα**

Παράδειγμα: 99,9% προϋπόθεση για να «απορρίψει»(POP).

## **4. Συμφωνίες επιπέδων υπηρεσιών-Service Level Agreement (SLA)**

### **4.1 παράμετροι SLA**

Μια συμφωνία επιπέδων υπηρεσιών-Service Level Agreement (SLA) είναι μια σύμβαση υπηρεσιών μεταξύ του φορέα παροχής υπηρεσιών και του πελάτη του που καθορίζει τις ευθύνες του προμηθευτή από την άποψη των επιπέδων δικτύων (ρυθμοαπόδοση, ποσοστό απώλειας, καθυστερήσεις και jitter) και των χρόνων της διαθεσιμότητας, μέθοδος μέτρησης, συνέπειες εάν τα επίπεδα υπηρεσιών δεν συναντώνται ή τα καθορισμένα επίπεδα κυκλοφορίας ξεπερνιούνται από τον πελάτη και όλες τις σχετικές δαπάνες. Προσδιορίζει την υπηρεσία διαβίβασης που θα πρέπει να απολάβει ο κάθε πελάτης. Ένα SLA μπορεί να περιλάβει τους ρυθμιστικούς κανόνες κυκλοφορίας.

### **4.2 προδιαγραφές επιπέδων υπηρεσιών**

Οι λεπτομέρειες των λειτουργικών χαρακτηριστικών για ένα SLA καθορίζονται περαιτέρω με τους όρους των προδιαγραφών επιπέδων υπηρεσιών-Service Level Specifications (SLS) ή/και των στόχων τους-Service Level Objectives (SLOs). Ένα SLS μπορεί να αποτελείται από την αναμενόμενη ρυθμοαπόδοση, την πιθανότητα απελευθέρωσης-απόρριψης, την καθυστέρηση, τους περιορισμούς όσον αφορά τα σημεία από τα οποία θα υπάρχει δικαίωμα εισόδου και εξόδου σε αυτούς που παρέχεται η υπηρεσία, προσδιορίζοντας το «στόχο» της υπηρεσίας, σχεδιαγράμματα κυκλοφορίας που πρέπει να υιοθετηθούν για την παροχή της απαιτούμενης υπηρεσίας και οι παρεχόμενες υπηρεσίες χαρακτηρισμού και διαμόρφωσης.

Ένα SLO χωρίζει ένα SLA σε μεμονωμένους στόχους που μπορούν να χαρτογραφηθούν στις πολιτικές που πρόκειται να εκτελεσθούν. Τα SLOs καθορίζουν τα μετρικά προκειμένου να επιβάλουν, αστυνομεύσουν ή/και να ελέγξουν το SLA. Μερικά συνήθως χρησιμοποιημένα μετρικά για να καθορίσουν εάν ένα SLA εκπληρώνεται ή όχι περιλαμβάνουν τη διαθεσιμότητα συστατικών συστημάτων (π.χ. up-time και MTBF), την απόδοση (π.χ. χρόνος απόκρισης) και τη χρησιμότητα (π.χ. MTTR).

### **4.3 προδιαγραφές βελτίωσης κυκλοφορίας**

προδιαγραφές λειτουργιών ελέγχου κυκλοφορίας που μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα σύνολο συμπεριφοράς, ροή εφαρμογής ή άλλο λειτουργικά χρήσιμο υποσύνολο της κυκλοφορίας π.χ. αναπροσαρμογές δρομολόγησης. Αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν τη μέτρηση, την αστυνόμηση, τη διαμόρφωση και το χαρακτηρισμό των πακέτων. Οι προδιαγραφές στην κυκλοφορία χρησιμοποιούνται προκειμένου να επιβληθούν οι συμφωνίες μεταξύ των δικτυακών «γειτονιών» (domain) DiffServ, για παράδειγμα.



Μια συμφωνία προδιαγραφών κυκλοφορίας-Traffic Conditioning Agreement (TCA) είναι μια συμφωνία που προσδιορίζει τους κανόνες ταξινομητών και οποιαδήποτε αντίστοιχα σχεδιαγράμματα κυκλοφορίας που μετρά, που χαρακτηρίζει, που απορρίπτει ή/και που διαμορφώνει τους κανόνες που πρέπει να ισχύσουν για τα ρεύματα κυκλοφορίας που επιλέγονται από τον ταξινομητή. Μία TCA καλύπτει όλους τους ρυθμιστικούς κανόνες της κυκλοφορίας που προσδιορίζονται ρητά μέσα σε ένα SLA μαζί με όλους τους κανόνες που υπονοούνται από τις σχετικές απαιτήσεις υπηρεσιών.

#### 4.4 παραδείγματα

<b>Μεγέθη υπηρεσιών IP</b>	<b>Επίπεδο υπηρεσιών</b>
Διαθεσιμότητα δικτύων	99,9% προϋπόθεση για να «απορρίψει»(POP).
Καθυστέρηση	80ms ή λιγότερο μηνιαία μέση καθυστέρηση σε ολόκληρο το δίκτυο
Καθυστέρηση	Η κυκλοφορία που προσφέρεται σε Α επίπεδο υπηρεσιών θα παραδοθεί με χαμηλή καθυστέρηση
Απώλεια πακέτων	1% ή λιγότερο μηνιαία μέση απώλεια πακέτων σε όλο το εύρος του δικτύου
Απώλεια πακέτων	Η κυκλοφορία που προσφέρεται σε Β επίπεδο υπηρεσιών θα παραδοθεί με χαμηλή απώλεια
Ρυθμαπόδοση	μέσος όρος ποσοστού παράδοσης δεδομένων 99,99% ανά ημερολογιακό μήνα σε ολόκληρο το εύρος του δικτύου

## 5. Πολιτικές QoS

### 5.1 Πολιτικές

Σε ένα ανοικτό και δημόσιο Διαδίκτυο (καθώς επίσης και στα μεγάλα intranets), η αποδοχή των αιτημάτων QoS οδηγεί στην καλύτερη υπηρεσία δικτύων σε μερικές ροές, ενδεχομένως εις βάρος της εξυπηρέτησης στις παραδοσιακές ροές καλύτερης-προσπάθειας. Ο σκοπός μιας τέτοιας ταξινόμησης μπορεί να περιλάβει την προνομιακή αναμονή ή απόρριψη, την αποδοχή ή απόρριψη πρόσβασης, την κρυπτογράφηση του ωφέλιμου φορτίου του πακέτου κ.λ.π. Πρωτόκολλα που υποστηρίζουν ρητά μερικές ή όλες αυτές τις λειτουργίες είναι τα COPS, RADIUS, RSVP, IntServ, DiffServ, ISSLL, DSSLL, και IPSEC. Η επιτυχής, ευρείας κλίμακας επέκταση αυτών ή και άλλων πρωτοκόλλων εξαρτάται από τη δυνατότητα του administrator μιας δικτυακής «γειτονιάς» να διαχειριστί και να διανείμει συνεπείς πληροφορίες, όσον αφορά τις πολιτικές που θα ακολουθηθούν, στις συσκευές του δικτύου που εκτελούν την ταξινόμηση και τη βελτίωση ή την επεξεργασία των πακέτων. Πρωτόκολλα που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για αυτό τον σκοπό είναι: LDAP, COPS, το SNMP και TELNET/ CLI. Οι πολλοί τύποι συσκευών που πρέπει να συνεργαστούν σε ένα δίκτυο ευρύτερο από μια ενιαία δικτυακή «γειτονιά» για να επιτύχουν την επιθυμητή πολιτική μπορούν να περιλάβουν τους hosts (clients και servers), δρομολογητές, διακόπτες, firewalls, brokers εύρους ζώνης, διαχειριστές εύρους ζώνης υποδικτύου, κεντρικοί υπολογιστές πρόσβασης στο δίκτυο, και κεντρικοί υπολογιστές υλοποίησης πολιτικών, για να ονομάσουμε μόνο μερικές.

Η ομάδα εργασίας της IETF επί θεμάτων πολιτικής εργάζεται στο πώς να αναπαραστήσει, να διαχειριστεί και να μοιράσει πολιτικές και πληροφορίες σχετικά με τις πολιτικές που θα πρέπει κάθε φορά να ακολουθούνται από τη διαχείριση της κυκλοφορίας μέσω του QoS, κατά τρόπο ανεξάρτητο από τον προμηθευτή, διαλειτουργικό και εξελικτικό. Περισσότερα στοιχεία για την ομάδα αυτή μπορεί να βρει κανείς στο site [σε http://www.ietf.org/html.charters/policy-charter.html](http://www.ietf.org/html.charters/policy-charter.html).

Παραδείγματα internet drafts από αυτήν την ομάδα εργασίας είναι [Policy Action Classes for Differentiated Services and Integrated Services](#), [Terminology for describing network policy and services](#), [Policy Framework Core Information Model](#) και [Policy Framework Definition Language](#).

### 5.2 μηχανισμοί

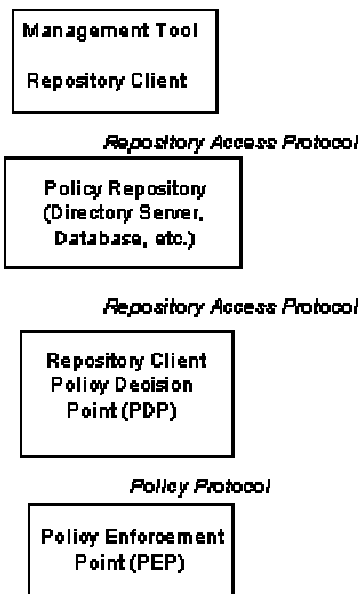
Η πολιτική αποτελείται από τις ακόλουθες τρεις λειτουργίες:

- Λήψη αποφάσεων. Συγκρίνει την παρούσα κατάσταση του δικτύου με μια επιθυμητή κατάσταση που περιγράφεται από μια οριζόμενη από τη

συγκεκριμένη εφαρμογή πολιτική και αποφασίζει πώς να επιτύχει την επιθυμητή κατάσταση.

- **Επιβολή.** Εφαρμόζει μία επιθυμητή πολιτική μέσω ενός συνόλου διοικητικών εντολών. Όταν εφαρμόζονται στα στοιχεία του δικτύου, αυτές οι διοικητικές εντολές αλλάζουν τη διαμόρφωση της συσκευής χρησιμοποιώντας έναν ή περισσότερους μηχανισμούς. Αυτοί οι μηχανισμοί μπορεί να εξαρτώνται από τον εκάστοτε προμηθευτή.
- **Αστυνόμευση.** Αυτή είναι μια τρέχουσα ενεργητική ή παθητική εξέταση του δικτύου και των συσκευών που το συναποτελούν, ελέγχουν την κατάσταση του δικτύου, το κατά πόσο οι πολιτικές ικανοποιούνται και εάν οι χρήστες καταχρώνται τις υπηρεσίες του δικτύου. Η λήψη αποφάσεων χρησιμοποιεί στατικά ή/και δυναμικά στοιχεία για να καθορίσει εάν ένας τύπος πολιτικής ικανοποιείται και, εάν όχι, τι χρειάζεται να γίνει για αυτό. Η επιβολή αναφέρεται στην ερμηνεία και την εκτέλεση των πολιτικών από τους καταναλωτές που υποτίθεται ότι είναι αξιόπιστοι. Η αστυνόμευση είναι ο έλεγχος ασφάλειας της πολιτικής συμμόρφωσης των καταναλωτών, με τη σωστή εφαρμογή των πολιτικών.

Μια αρχιτεκτονική γενικής πολιτικής εμφανίζεται στη συνέχεια.



Παράδειγμα: Παρέχεται η τηλεοπτική υπηρεσία JitterFreeMPEG2 για τους εξουσιοδοτημένους χρήστες μεταξύ των εξουσιοδοτημένων σημείων, αλλά μόνο στους συμφωνημένους χρόνους. Ο πολιτικός όρος θα μπορούσε να μεταφραστεί αόριστα ως: ΕΑΝ ο χρήστης είναι μέλος μιας εγκεκριμένης ομάδας (ApprovedUsers) που εξουσιοδοτείται να έχει αυτήν την υπηρεσία) ΚΑΙ η υπηρεσία που ζητηθεί είναι μία από τις υποστηριζόμενες (VideoServicesgroup) ΚΑΙ η πηγή του αιτήματος εγκρίνεται (στην ομάδα VideoSources ή έχει επικυρωθεί) ΚΑΙ ο προορισμός εγκρίνεται (στην ομάδα VideoDestinations ή έχει επικυρωθεί) ΚΑΙ ο χρόνος που ζητήθηκε είναι ΕΝΤΑΞΕΙ (ApprovedTimePeriods).

### **5.3 Αποθήκευση δεδομένων(DEN, DTMF)**

Αυτή η αποθήκευση μπορεί να γίνει, αλλά αυτό δεν είναι περιοριστικό, σε έναν κατάλογο αρχείων που μπορεί να προσεγγιστεί με τη χρήση του πρωτοκόλλου LDAP. Η πρωτοβουλία για τη δημιουργία δικτύων που να υποστηρίζουν καταλόγους αρχείων-Directory Enabled Networks (DEN) και η σχετική προσπάθεια δημιουργίας προδιαγραφών είναι μια προσπάθεια να χτιστούν έξυπνα δίκτυα και οι δικτυακές εφαρμογές που μπορούν να συνδέσουν τους χρήστες και τις εφαρμογές σε υπηρεσίες που είναι διαθέσιμες μέσω του δικτύου σύμφωνα με ένα σταθερό και λογικό σύνολο πολιτικών. Το DEN καθορίζει έναν κατάλογο αρχείων ως κεντρική «αποθήκη» που συντονίζει την αποθήκευση πληροφοριών και την ανάκτησή τους, επιτρέποντας και σε άλλα δεδομένα και οριζόμενες από εφαρμογές «αποθήκες» να ενοποιηθούν. Τελικά, οι «έξυπνες» δικτυακές εφαρμογές προσφέρουν τις κατάλληλες πληροφορίες σχετικά με το δίκτυο και τις υπηρεσίες που αυτό προσφέρει για λογαριασμό των χρηστών του και του ιδιαίτερου πλαισίου του που χρησιμοποιεί η τρέχουσα εφαρμογή, με απόλυτη διαφάνεια προς το χρήστη. Περισσότερες πληροφορίες για το DEN μπορεί να βρεί κανείς στο site [www.dmtf.org](http://www.dmtf.org).

### **5.4 Σημεία πολιτικής απόφασης- Policy Decision Points (PDP)**

Το σημείο όπου λαμβάνονται οι πολιτικές αποφάσεις.

### **5.5 Πολιτική επιβολή Policy Enforcement(PEP)**

Το σημείο όπου οι πολιτικές αποφάσεις επιβάλλονται πραγματικά. Υποτίθεται ότι οι πολιτικές αποφάσεις θα ληφθούν πάντα στο PDP και θα εφαρμοστούν στο PEP. Συγκεκριμένα, το PEP δεν είναι ικανό να λάβει τις αποφάσεις από μόνο του. Αυτό απλοποιεί τον καθορισμό και τη διαμόρφωση της πολιτικής.

### **5.6 Πρωτόκολλα πολιτικής- Policy Protocols (COPS)**

Το κοινό ανοικτό πρωτόκολλο πολιτικών υπηρεσιών –Common Open Policy protocol (COPS) προκύπτει ως μία βιώσιμη λύση για τη διανεμημένη πολιτική διαχείριση. Αρχικά, τα COPS θα χρησιμοποιηθούν μέσα σε ένα domain, προκειμένου τα σημεία πολιτικής επιβολής των δρομολογητών (PEPs) να ανακτήσουν την πολιτική από τα σημεία διανομής της πολιτικής (PDPs). Τα COPS μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν μεταξύ των διασπαστών εύρους ζώνης-Bandwidth Brokers (BBs)-τα οποία ενεργούν ουσιαστικά όπως PDPs-για τη δυναμική ανταλλαγή πολιτικών στο εσωτερικό των domains. Οι διασπαστές εύρους ζώνης θα μπορούσαν να είναι τα τρίτα μέρη που θα διαχειρίζονται τα SLAs για διάφορες ISPs και τις επιχειρήσεις. Οι ανταλλαγές των δεδομένων μεταξύ των domains μπορούν να ελεγχθούν, να διαμορφωθούν και να ρυθμιστούν σύμφωνα με τα SLAs που κωδικοποιούνται με βάση μια γενική «γραμματική» πολιτικών.

Λεπτομέρειες δίνονται στο site <http://www.ietf.org/html.charters/rap-charter.html> της ομάδας εργασίας της IETF [RAP](#) .

## 5.7 Διασπαστές εύρους ζώνης-Bandwidth Brokers

Οι **Διασπαστές εύρους ζώνης** για το χειρισμό των πολιτικών QoS καθορίζονται σε συνδυασμό με το DiffServ. Η παρακάτω ερμηνεία τους είναι από το site <http://ietf.org/internet-drafts/draft-nichols-diff-svc-arch-01.txt>

Οι **Διασπαστές εύρους ζώνης** (BB) έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να διαμορφώνονται με βάση τις οργανωτικές πολιτικές, να παρακολουθούν την παρούσα κατανομή της χαρακτηρισμένης κυκλοφορίας και να ερμηνεύουν τα νέα αιτήματα για χαρακτηρισμένη κυκλοφορία, λαμβάνοντας υπόψη τις πολιτικές και την παρούσα κατανομή. Προορίζονται να χρησιμοποιηθούν για να δεσμεύουν το εύρος ζώνης για τις συνδέσεις από άκρο σε άκρο με τις λιγότερες «κρατήσεις» και τις απλούστερες σχέσεις «εμπιστοσύνης» προκειμένου να μην παρέχουν εγγυήσεις ανά ροή ή ανά φίλτρο σε όλα τα στοιχεία του δικτύου κατά μήκος ενός από άκρη σε άκρη μονοπατιού. Οργανωτικά, η αρχιτεκτονική του BB παρακινείται από την παρατήρηση ότι οι πολύπλευρες συμφωνίες σπάνια λειτουργούν και αυτή η αρχιτεκτονική επιτρέπει στις από άκρο σε άκρο υπηρεσίες να κατασκευάζονται από καθαρώς διμερείς συμφωνίες. Οι BBs χρειάζονται μόνο τη δημιουργία σχέσεων περιορισμένης εμπιστοσύνης με τους ομότιμους τους στα παρακείμενα DiffServ domains, αντίθετα από τα σχέδια που απαιτούν τον προσδιορισμό τιμή των παραμέτρων των προδιαγραφών ροής στους δρομολογητές σε όλο το μονοπάτι, από άκρο σε άκρο. Τα BBs έχουν δύο ευθύνες. Η βασική τους ευθύνη είναι να διαμοιράσουν τις χαρακτηρισμένες κατανομές κυκλοφορίας της περιοχής τους και να εγκαθιδρύσουν τους δρομολογητές μέσα στην τοπική δικτυακή γειτονιά. Η δεύτερη είναι να διαχειριστούν τα μηνύματα που στέλνονται από τους BBs των παρακείμενων περιοχών. Ένας BB συνδέεται με μια συγκεκριμένη περιοχή εμπιστοσύνης, μία ανά δικτυακή γειτονιά. Ένας BB έχει μια βάση δεδομένων πολιτικών, όπου κρατά τις πληροφορίες για το ποιος μπορεί να κάνει τι και τότε και μια μέθοδο για να επιβεβαιώνει την αυθεντικότητα των αιτούντων. Μόνο ένας BB μπορεί να διαμορφώσει τους δρομολογητές για να αποδώσουν μια συγκεκριμένη υπηρεσία ροών, πράγμα που είναι σημαντικό για την ανάπτυξη ενός ασφαλούς συστήματος. Ένα αρχικό αίτημα μπορεί να προκαλέσει επικοινωνία μεταξύ των BBs σε διάφορες δικτυακές γειτονιές κατά μήκος ενός μονοπατιού, αλλά κάθε επικοινωνία είναι μόνο μεταξύ δύο παρακείμενων BBs. Αρχικά, αυτές οι συμφωνίες θα είναι προδιαπραγματεύσιμες και αρκετά στατικές. Μερικές μπορεί να γίνουν δυναμικότερες καθώς η υπηρεσία εξελίσσεται.

## 6. Τεχνολογίες QoS

Στη συνέχεια θα συνοψίσουμε τους σημαντικότερους μηχανισμούς χειρισμού κυκλοφορίας, παροχής και διαμόρφωσης QoS

### 6.1 οι μηχανισμοί χειρισμού κυκλοφορίας

Πολλοί μηχανισμοί χειρισμού κυκλοφορίας είναι διαθέσιμοι. Σε αυτό το τμήμα, εστιάζουμε σε διάφορους βασικούς μηχανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των διαφοροποιημένων υπηρεσιών (diffserv), 802.1p, ενσωματωμένων υπηρεσιών (intserv), ATM, και ISSLOW. Οι μηχανισμοί χειρισμού κυκλοφορίας μπορούν να ταξινομηθούν ως ανά-συνομιλία μηχανισμοί ή συνολικοί μηχανισμοί. Οι μηχανισμοί ανά-συνομιλία μεταχειρίζονται την κυκλοφοριακή ροή της κάθε συνομιλίας μεμονωμένα. Οι συνολικοί μηχανισμοί ομαδοποιούν πολλές κυκλοφοριακές ροές σε μια ενιαία συνολική κλάση.

#### 6.1.1 Οι διαφοροποιημένες υπηρεσίες (Diffserv)

Οι διαφοροποιημένες υπηρεσίες (DiffServ) είναι ένας προσδιορισμένος από την IETF μηχανισμός QoS που χειρίζεται τις κυκλοφοριακές ροές σε ένα ή περισσότερα δίκτυα. Το DiffServ παρέχει ένα πολύ εξατομικεύσιμο QoS, ανάλογα με τις ανάγκες του τύπου κυκλοφορίας. Το DiffServ χρησιμοποιείται στις σημαντικές περιπτώσεις και λειτουργεί στις άκρες του δικτύου, ενώ θα αναμενόταν η προώθηση να γίνεται από τον πυρήνα του δικτύου. Στο πλαίσιο DiffServ, τα πακέτα φέρουν την κατάστασή τους με μερικά δυαδικά ψηφία της επικεφαλίδας IP (το DS CodePoint), που οδηγεί επίσης στην εξελισιμότητα αυτού του μηχανισμού QoS, καθιστώντας τον κατάλληλο για από άκρο σε άκρο QoS. Οι πολιτικές αποφάσεις και οι εφαρμογές αφήνονται στις τοπικές δικτυακές γειτονιές "εμπιστοσύνης". Η IETF εργάζεται για να τυποποιήσει τις συμπεριφορές DiffServ.

Το DiffServ προτάθηκε για να παρέχει διαφοροποίηση υπηρεσιών με τη δημιουργία των κλάσεων υπηρεσιών διαφορετικής προτεραιότητας, χρησιμοποιώντας είτε το πεδίο τύπος υπηρεσιών-Type of Service(ToS)- του IPv4 είτε τα δυαδικά ψηφία προτεραιότητας των επικεφαλίδων IPv6. Αυτό το σχέδιο προτεραιότητας μεταφράζει σε υψηλότερη ρυθμαπόδοση τις κλάσεις με υψηλότερες προτεραιότητες. Ο στόχος για τις διαφοροποιημένες υπηρεσίες είναι να καθορίσουν μια εξελικτική διάκριση υπηρεσιών χωρίς την ανάγκη για έλεγχο της κατάστασης ανά-ροή και της σηματοδότησης σε κάθε hop.

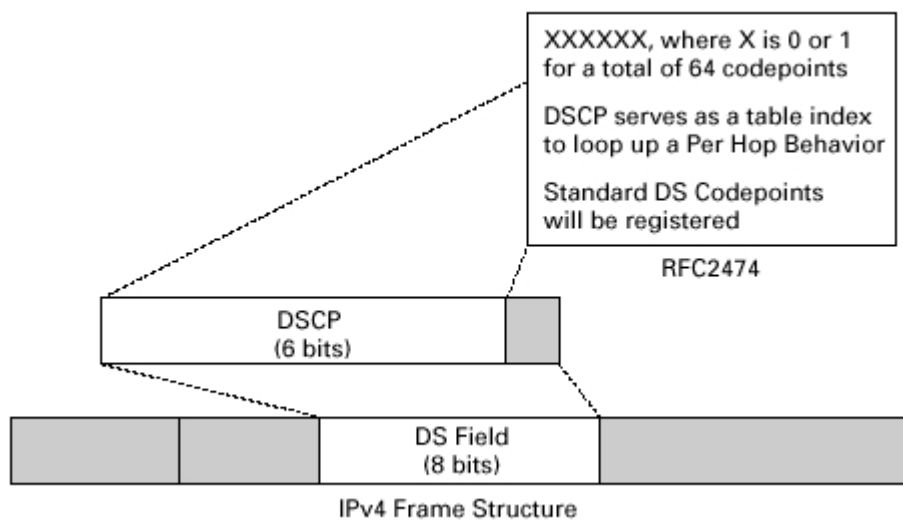
Οι εφαρμογές δικτύων έχουν κάποιες προσδοκίες απόδοσης και σταθερότητας. Μεταχείριση όλης της κυκλοφορίας με την ίδια προτεραιότητα, μπορεί να δημιουργήσει σημαντικές δυσκολίες όταν περιορίζεται το εύρος ζώνης. Προκειμένου να δημιουργηθεί ένα ενιαίο για πολλές χρήσεις δίκτυο που να ταιριάζει στις διάφορες εφαρμογές, με τα διαφορετικά χαρακτηριστικά και προτεραιότητες, πρέπει να βρεθούν μέθοδοι που να εξασφαλίζουν ότι η απόδοση των δικτύων θα είναι αποδεκτή για κάθε εφαρμογή. Κρίσιμη σε όλες

αυτές τις βελτιώσεις είναι η μετακίνηση από μια βαθμίδα προτεραιότητας στη δημιουργία διαφοροποιημένων υπηρεσιών για τις διαφορετικές κυκλοφοριακές ροές.

Το DiffServ, που καθορίζεται από τα RFC 2475 και 2474, καθορίζει μια εξελικτική πολιτική διάκρισης υπηρεσιών χωρίς τη διατήρηση της κατάστασης κάθε ροής και σηματοδότηση σε κάθε hop. Ο αρχικός στόχος των διαφοροποιημένων υπηρεσιών είναι να επιτρέψουν στις διαφορετικές κλάσεις της υπηρεσίας να παρασχεθούν για τα διάφορα ρεύματα κυκλοφορίας σε μια κοινή υποδομή δικτύων. Η διαφοροποιημένη υπηρεσία αθροίζει πολλαπλές ροές QoS σε ένα μικρό αριθμό συνόλων. Σε αυτές τις αθροισμένες ροές δίνεται διαφορετική αντιμετώπιση μέσα στο δίκτυο. Η προσέγγιση diffserv προσπαθεί να απομακρύνει την πολυπλοκότητα ανά-ροή μακριά από τον πυρήνα προς την άκρη του δικτύου όπου και οι ταχύτητες διαβίβασης και ο αριθμός των ροών που βρίσκονται στο δίκτυο είναι μικρότερες. Κάθε ροή diffserv ελέγχεται και χαρακτηρίζεται σύμφωνα με το διάγραμμα υπηρεσιών στην άκρη του δικτύου και εξυπηρετεί μόνο ένα μικρό αριθμό ροών σε σχέση με τον πυρήνα.

Τα DiffServ θα παράσχουν μια ελεγχόμενη και αρκετά προβλέψιμη κλάση IP υπηρεσιών. Για να υποστηρίξουν τις διαφορετικές κλάσεις της IP εξυπηρέτησης για το Διαδίκτυο, η διαφοροποιημένη IP αρχιτεκτονική υπηρεσιών καθορίζει τρεις βασικές δομικές μονάδες: ταξινομητές πακέτων, προώθηση/ανά hop συμπεριφορά και πολιτικές ρύθμισης της κυκλοφορίας. Το διαφοροποιημένο μοντέλο υπηρεσιών χρησιμοποιεί τη στατική διαμόρφωση της ταξινόμησης και της διαβίβασης των πολιτικών σε κάθε κόμβο κατά μήκος ενός μονοπατιού του δικτύου.

Σχήμα : Differentiated Services Bits Το σχήμα επεξηγεί το DSCP μέσα στο πλαίσιο της επικεφαλίδας πρωτοκόλλου IP.



### 6.1.1.1 Πώς λειτουργεί το Diff-Serv

Κάθε πακέτο λαμβάνει διαφορετική μεταχείριση προώθησης, ανάλογα με τον χαρακτηρισμό στο πεδίο ToS του (που αποκαλείται DS CodePoint). Το πακέτο μπορεί να χαρακτηριστεί οπουδήποτε στο δίκτυο, αλλά πιθανότερα στα όρια της δικτυακής γειτονιάς του. Το πακέτο αντιμετωπίζεται με τον ίδιο τρόπο που θα αντιμετωπιστεί και κάθε άλλο με τον ίδιο χαρακτηρισμό. Δεν απαιτείται η κατάσταση ανά ροή μέσα στο δίκτυο. Οι συσκευές του πυρήνα αναγνωρίζουν μόνο τα σημάδια, όχι τις ροές. Η κατάσταση ανά-ροή κρατιέται στην άκρη του δικτύου, δηλαδή οι ροές αθροίζονται με βάση την επιθυμητή συμπεριφορά.

Οι υπηρεσίες χτίζονται με την εφαρμογή των κανόνων: Κανόνες για το πώς τα πακέτα είναι χαρακτηρισμένα αρχικά, κανόνες για το πώς τα χαρακτηρισμένα πακέτα αντιμετωπίζονται στα όρια των domains. Στα όρια των δικτυακών γειτονιών, η μόνη απαίτηση είναι να υπάρξει διμερής συμφωνία μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών για κάθε πλευρά του ορίου (δηλ., καμία πολύπλευρη συμφωνία δεν απαιτείται). Τρία στοιχεία δουλεύουν μαζί για να μας αποδώσουν μια υπηρεσία DiffServ:

- Συμπεριφορές ανά-hop (PHBs) – εκτελούν ειδική επεξεργασία στα πακέτα, όσων αφορά το χρόνο διαβίβασης
- Συντονιστές κυκλοφορίας - αλλάζουν τα σύνολα των πακέτων επιβάλλοντας τους κανόνες για τις υπηρεσίες
- Διασπάστες εύρους ζώνης (διαχειριστές πολιτικών) - εφαρμόζουν και ενημερώνουν για την πολιτική που ακολουθείται.

Η ομάδα IETF DiffServ έχει καθορίσει δύο κλάσεις υπηρεσιών για την υποστήριξη των εφαρμογών. Το πρωτεύον μοντέλο υπηρεσιών εξομοιώνει την παραδοσιακή υπηρεσία μισθωμένων γραμμών που υπόσχεται να παραδώσει την κυκλοφορία των πελατών με χαμηλή πιθανότητα απώλειας (για δεδομένο ρυθμό αιχμής) και μια αυστηρός προσδιοριζόμενη με βάση τις προτεραιότητες συμπεριφορά ανά-hop για την εξασφάλιση χαμηλής καθυστέρησης. Αυτή η υπηρεσία είναι αρμόδια για τις εφαρμογές που έχουν το ακριβώς καθορισμένο εύρος ζώνης, και απαιτήσεις σε καθυστέρηση και jitter. Για να δημιουργήσουν μια υπηρεσία με μικρές απώλειες και χαμηλή καθυστέρηση, οι κόμβοι πρέπει να διαμορφωθούν έτσι ώστε το σύνολο έχει ένα καθορισμένο με σαφήνεια ελάχιστο ποσοστό αναχώρησης, ανεξάρτητο από άλλη κυκλοφορία. Το δεύτερο μοντέλο υπηρεσιών εξομοιώνει ένα ελαφριά φορτωμένο δίκτυο ακόμη και παρουσία συμφόρησης. Αυτή η υπηρεσία υπόσχεται να παραδώσει την κυκλοφορία με υψηλό βαθμό αξιοπιστίας και μέσα στα ορισμένα όρια καθυστέρησης. Η ομάδα Assured Forwarding PHB παρέχει μεταφορά των πακέτων IP με τέσσερις ανεξάρτητες κλάσεις διαβίβασης, με τρεις-ποσοστιαίες τιμές απόρριψης για κάθε κλάση.



### 6.1.1.2 ToS

Το πεδίο ToS, αποκαλούμενο τώρα DiffServ codepoint (DSCP), είναι ένα οκτάμπιτο πεδίο. τα τελευταία 2 μπιτ είναι κατειλημμένα με το 6-μπιτο DSCP (υπάρχουν 64 πιθανά codepoints 48 στο σφαιρικό διάστημα, 16 για τους τοπικούς προμηθευτές hosts που μπορεί να θέλουν να είναι σε θέση να θέσουν DSCP και μπορεί επίσης να θελήσουν να ελέγξουν και να επαναρυθμίσουν ενδεχομένως τα DSCP στα όρια δικτυακών γειτονιών).

### 6.1.1.3 Πολιτικές συμπεριφορών (προώθησης) ανά άλμα [Per Hop Behavior (PHB) Policies (Forwarding)]

PHBs είναι οι τρόποι διαβίβασης των πακέτων που θα πρέπει να έχουν “διαφοροποιημένη εξυπηρέτηση” στους κόμβους εξόδου του δικτύου. Πρόσφατα, η IETF διέκρινε τις εξής κατηγορίες PHBs: διευκολυόμενη προώθηση -Expedited Forwarding (EF)-, επιβεβαιωμένη προώθηση -Assured Forwarding (AF)- και τυχαία -Default (DE).

Η Expedited Forwarding απαιτεί ότι (κάθε κόμβος) ο ρυθμός εξόδου είναι μεγαλύτερος από τον ρυθμό εισόδου για ένα ικανό σύνολο. Μοιάζει αυτή η πολιτική με μία «εικονική μισθωμένη γραμμή». Η EF ελέγχει και απορρίπτει στην είσοδο του δικτύου και σχηματοποιεί στην έξοδο, προκειμένου να διατηρήσει το συμβόλαιο εξυπηρέτησης με τον επόμενο παροχέα (provider). Χρειάζεται απλή αποθήκευση (χωρίς εξάρσεις) και απαιτείται η δημιουργία κάποιας μορφής ουράς προτεραιότητας. Αυτή η πολιτική θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο σε μικρό τμήμα του συνολικού κυκλοφοριακού δικτύου. Η Assured Forwarding προσδιορίζει 4 επίπεδα προτεραιοτήτων λήψης κυκλοφορίας με διαφορετικά επίπεδα εύρους ζώνης.

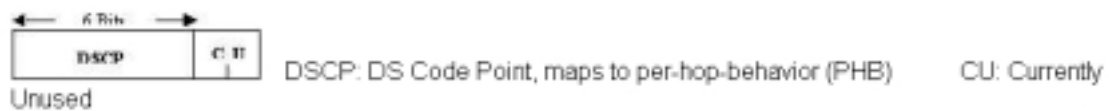
Υπάρχουν τρεις επιλογές απόρριψης (παρόμοια με το Frame Relay από αυτή την άποψη). Όσο χειρότερη η επιλογή για απόρριψη, τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα να απορριφθεί κατά τη διάρκεια της συμφόρησης. Η δημιουργία ουρών χρησιμοποιεί το RED ή παρόμοιο μηχανισμό για να διακρίνει την επιλογή απόρριψης, να ελέγξει τη συμφόρηση και το σχεδιασμό ελέγχου που βασίζονται στο εύρος ζώνης της προτεραιότητας.

Το DS byte αναδομεί το πεδίο TOS στην επικεφαλίδα του IPv4 για να επιτρέψει τη χρήση των παραμέτρων που σχετίζονται με τα συγκεκριμένα επίπεδα υπηρεσίας και τους ελέγχους συμπεριφοράς κυκλοφορίας. Από τα 8 μπιτ του πεδίου, τα 6 μπιτ καθορίζουν τη συμπεριφορά ανά-άλμα (PHB) που θα λάβει το πακέτο όσον αφορά τις πολιτικές που καθιερώνονται στο όριο μεταξύ των δικτύων και τα υπόλοιπα 2 δυαδικών ψηφία παραμένουν για την ώρα αχρησιμοποίητα (CU). Το ακόλουθο σχήμα εμφανίζει το IPv4 datagram συμπεριλαμβανομένου και του πεδίου τύπων DS. Στην άκρη του δικτύου ή στο διοικητικό όριο, ο ταξινομητής καθορίζει την τιμή του πεδίου DS για κάθε εισερχόμενη ροή.

Βασισμένες στο πεδίο DS, αυτές οι εισερχόμενες ροές αθροίζονται επί μίας εξερχόμενης ροής. Οι εφαρμογές δρομολογητών στους ενδιάμεσους κόμβους χρησιμοποιούν αυτό το PHB πεδίο 6-δυαδικών ψηφίων για να τις ταξινομήσουν μέσα σε ένα πίνακα ώστε να επιλέξουν ένα συγκεκριμένο μηχανισμό χειρισμού πακέτων. Αυτή η πολιτική διαβίβασης καθορίζει πώς οι δρομολογητές θα χειριστούν τα πακέτα από την άποψη της παροχής μιας κλάσης υπηρεσίας με το συνδυασμό των διοικητικών λειτουργιών κυκλοφορίας, όπως τη δημιουργία ουρών πακέτων, το σχεδιασμό και τη φύλαξη προσωρινών χώρων αποθήκευσης σε κάθε κόμβο.

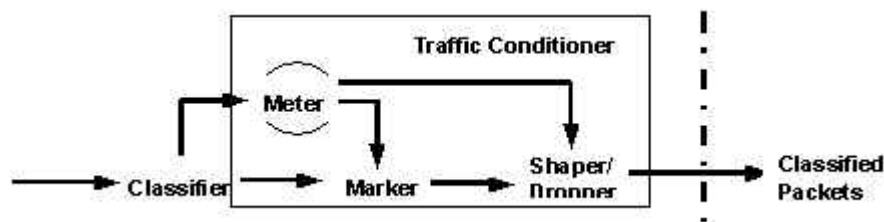
Το Diffserv αναμένει προηγμένη παροχή και κράτηση πόρων σε κάθε ένα από τους ενδιάμεσους κόμβους κατά μήκος του μονοπατιού του δικτύου. Εάν ένα μονοπάτι δικτύου διασχίζει πολλαπλές περιοχές DS ή πολλαπλά ISPs, τα ISPs πρέπει να υποστηρίζουν τα ίδια PHBs για να παρέχουν μια συνεπή εξυπηρέτηση από άκρο σε άκρο.

#### 6.1.1.4 Ταξινόμηση κυκλοφορίας



Ο ταξινομητής επιλέγει τα πακέτα βασιζόμενος σε ένα συνδυασμό ενός ή περισσότερων προκαθορισμένων συνόλων πεδίων επικεφαλίδων. Η χαρτογράφηση της δικτυακής κυκλοφορίας στις συγκεκριμένες συμπεριφορές που οδηγούν στις διαφορετικές κλάσεις υπηρεσιών υποδεικνύεται από το πεδίο διαφοροποιημένων υπηρεσιών (DS) που εμφανίζεται στη συνέχεια. Κάθε πεδίο DS προσδιορίζει μοναδικά τη συμπεριφορά ανά άλμα (per-hop behavior) ή την επεξεργασία που θα γίνει στην κυκλοφορία σε κάθε άλμα κατά μήκος του μονοπατιού. Η αρχιτεκτονική diffserv υποστηρίζει ένα μέγιστο 64 κλάσεων υπηρεσιών. Κάθε δρομολογητής ταξινομεί τα πακέτα στις σειρές αναμονής βασιζόμενος στο πεδίο DS. Οι ουρές αναμονής μπορεί να έχουν διαφορετική επεξεργασία βασισμένη στην προτεραιότητά τους, το μερίδιο του εύρους ζώνης και τις πολιτικές απόρριψης.

#### 6.1.1.5 ρύθμιση της κυκλοφορίας



Οι ρυθμιστές της κυκλοφορίας επιβάλλουν τους κανόνες κάθε εξυπηρέτησης στον κόμβο εισόδου του δικτύου.

Στη συνέχεια αναφέρονται τα βασικά στοιχεία που ρυθμίζουν την κυκλοφορία.

Ταξινομητές: το DSCP (η οκτάδα ToS για το IPv4) και η γενική επικεφαλίδα πακέτου (“deep classification”).

Policers: “token bucket” με διάφορες ενέργειες  
διαμορφωτές: επιτρέπουν στον «πελάτη» να κάνει προσαρμογή των συνολικών ροών.

Markers: θέτουν το DS byte βασιζόμενοι στην ταξινόμηση.

Η διαφοροποιημένη αρχιτεκτονική υπηρεσιών προσφέρει ένα πλαίσιο μέσα στο οποίο οι προμηθευτές υπηρεσιών μπορούν να προσφέρουν σε κάθε πελάτη μια σειρά υπηρεσιών δικτύων που διαφοροποιούνται βάσει της απόδοσης και επιπροσθέτως της τιμολόγησης των σειρών που έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν. Αυτές οι υπηρεσίες ελέγχονται για τη δικαιοσύνη και όσον αφορά την εκπλήρωση των συμφωνημένων υπηρεσιών. Προκειμένου να παραδοθούν οι συμφωνηθέντες υπηρεσίες, κάθε DiffServ επιτρέπει τις εφαρμογές δρομολογητών άκρων. Η λειτουργία της ρύθμισης της κυκλοφορίας που εκτελεί τις μετρήσεις, τη διαμόρφωση, την αστυνόμευση και το χαρακτηρισμό των πακέτων για να εξασφαλίσει ότι η κυκλοφορία που εισάγεται ένα δίκτυο διαφοροποιημένων υπηρεσιών προσαρμόζεται στη συμφωνία ρύθμισης της κυκλοφορίας (TCA). Αυτή η συμφωνία καλύπτει όλους τους ρυθμιστικούς κανόνες κυκλοφορίας που προσδιορίζονται μέσα σε μια SLA

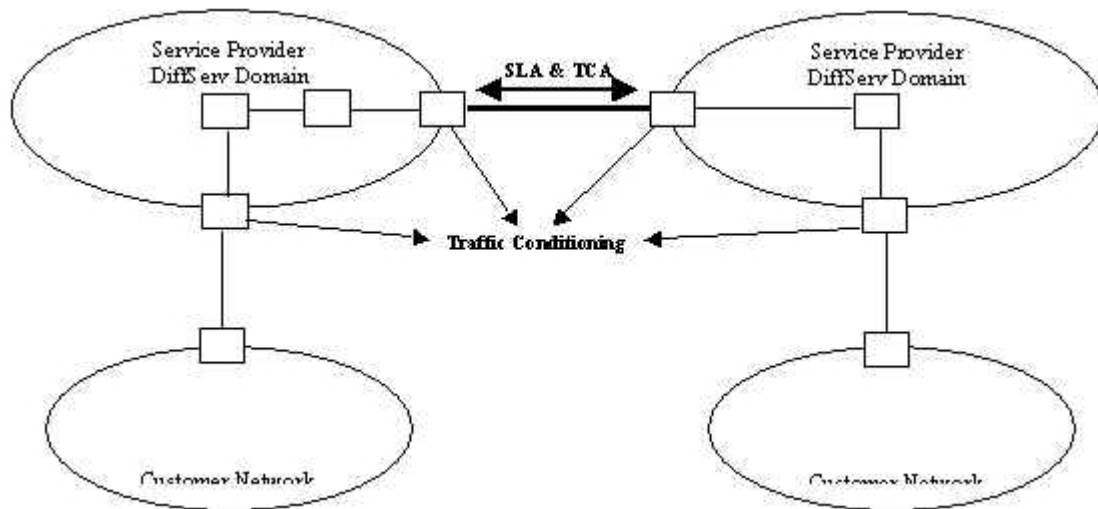
Μέτρηση : καταγράφει το πρότυπο κυκλοφορίας κάθε ροής έναντι του διαγράμματος κυκλοφορίας. Για την κυκλοφορία εκτός σχεδιαγράμματος η λειτουργία μέτρησης αλληλεπιδρά με άλλα στοιχεία ώστε είτε να επαναχαρακτηρίσει είτε να απορρίψει την κυκλοφορία για αυτή την ροή.

Χαρακτηρισμός: οι πελάτες ζητούν ένα συγκεκριμένο επίπεδο απόδοσης σε κάθε πακέτο, με το χαρακτηρισμό του DS πεδίου κάθε πακέτου με μια συγκεκριμένη τιμή. Αυτή η τιμή προσδιορίζει τη συμπεριφορά per hop (PHB) του πακέτου μέσα στο δίκτυο του provider. Οι δρομολογητές ακρών ταξινομούν τα πακέτα για να προσδιορίσουν το PHB και ένα κωδικό σημείο DS για αυτό το πακέτο

Policing: στους δρομολογητές ακρών εισόδου, η εισερχόμενη κυκλοφορία είναι ταξινομημένη στα σύνολα. Αυτά τα σύνολα ελέγχονται σύμφωνα με το TCA. Η κυκλοφορία εκτός σχεδιαγράμματος είτε απορρίπτεται είτε χαρακτηρίζεται με μια διαφορετική PHB.

Διαμόρφωση: οι δρομολογητές ελέγχουν το ποσοστό διαβίβασης πακέτων έτσι ώστε η ροή να μην υπερβαίνει το ποσοστό κυκλοφορίας που προσδιορίζεται από το σχεδιάγραμμά της. Οι διαμορφωτές εξασφαλίζουν δικαιοσύνη μεταξύ των ροών που χαρακτηρίζονται με την ίδια κλάση εξυπηρέτησης και των ελέγχουν τη ροή κυκλοφορίας για να αποφύγουν τη συμφόρηση.

Το ακόλουθο σχήμα εμφανίζει το παράδειγμα ενός δικτύου που χρησιμοποιεί το DiffServ



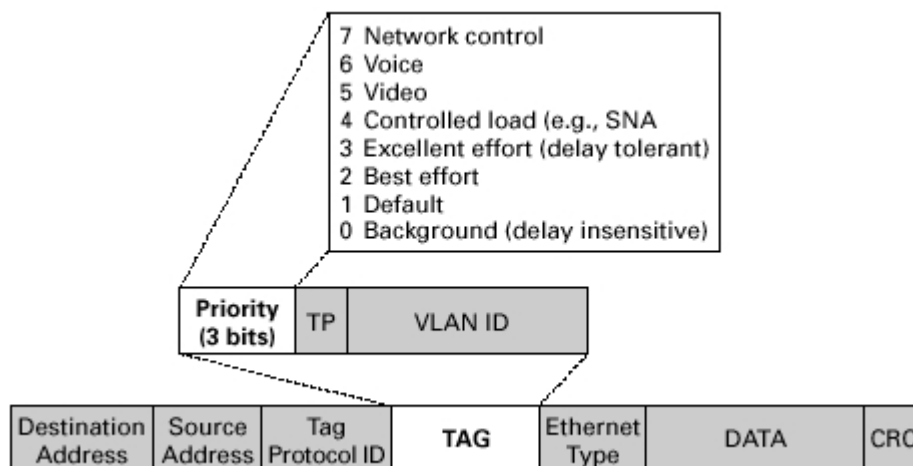
Κάποια από τα IETF RFC's που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα :  
[Definition of the Differentiated Services Field \(DS Field\) in the IPv4 and IPv6 Headers \(RFC 2474\)](#) και [An Architecture for Differentiated Services \(RFC 2475\)](#).

Η ιστοσελίδα του IETF Diffserv working group είναι η <http://www.ietf.org/html.charters/diffserv-charter.html> .

## 6.1.2 LAN-based Prioritization—IEEE802.1p/Q

Παρά τις υψηλές ταχύτητες που είναι διαθέσιμες στα σημερινά LANs, συνεχίζει να υπάρχει ζήτημα QoS. Τα κοινά μέσα, παραδείγματος χάριν, μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα εάν εμφανίζονται συγκρούσεις (δεδομένου ότι τουλάχιστον ένας χρήστης θα πρέπει να καθυστερηθεί). Ο καθορισμός προτεραιοτήτων της κυκλοφορίας στο τοπικό LAN επιτρέπει στις απαιτήσεις QoS να σταλούν στους διακόπτες και τους δρομολογητές του τοπικού LAN.

Η IEEE επικύρωσε πρότυπα για τον καθορισμό προτεραιοτήτων QoS σε IEEE 802 LANs το 1999. Η προδιαγραφή IEEE802.1p καθορίζει τρία μπιτ μέσα στο πεδίο IEEE 802.1Q στην επικεφαλίδα της MAC (που είναι ένα μέρος του στρώματος της OSI 2). Το πεδίο IEEE802.1Q σχεδιάστηκε αρχικά για να υποστηρίξει τη διαλειτουργικότητα VLAN αλλά έχει επεκταθεί για να υποστηρίξει τις προτεραιότητες κυκλοφορίας. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως "σήμα" σε οποιαδήποτε συσκευή που μπορεί να αποκωδικοποιήσει τα δυαδικά ψηφία.



### Σχήμα : IEEE802.1p/Q Prioritization Bits

Τα τρία μπιτ επιτρέπουν μέχρι 8 τιμές των παραμέτρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις κλάσεις της κυκλοφορίας και των προτεραιοτήτων. Χαρακτηριστικά, μια κάρτα NIC σε ένα LAN σύστημα θέτει τα δυαδικά ψηφία σύμφωνα με τις ανάγκες της, και αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα Layer 2 switches για να κατευθύνουν τις διαδικασίες διαβίβασης. Εάν πολλαπλά ευδιάκριτα LANs διασυνδέονται μέσω των δρομολογητών (δηλ., στρώμα 3 διακόπτες), τότε τα μπιτ του 2 στρώματος πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να οδηγήσουν τους μηχανισμούς QoS του στρώματος 3. Παρότι ο μηχανισμός IEEE802.1p/Q δεν μπορεί να λειτουργήσει σε από άκρο σε άκρο βάση σε ένα internet network, παρέχει μια σχετικά απλή μέθοδο προσδιορισμού και σηματοδότησης των απαιτήσεων ενός συστήματος μέσα σε ένα περιβάλλον τοπικού LAN.

### 6.1.3 Οι ενσωματωμένες υπηρεσίες - Integrated Services Architecture (IntServ)

Γίνονται προσπάθειες από την IETF να επεκταθεί το μοντέλο υπηρεσιών του Internet προκειμένου τα πρωτόκολλα μεταγωγής πακέτων του να μπορούν να υποστηρίξουν τις ολοκληρωμένες υπηρεσίες –Integrated Services (IntServ) --- τη μεταφορά ήχου, βίντεο, δεδομένων πραγματικού χρόνου και την κλασική κυκλοφορία δεδομένων – διαμέσου μιας και μόνο υποδομής. Το πλαίσιο του IntServ παρέχει τη δυνατότητα στις εφαρμογές να διαλέξουν ανάμεσα σε πολλαπλά, ελεγχόμενα επίπεδα υπηρεσιών μεταφοράς για τα πακέτα δεδομένων τους. Για να υποστηριχθεί αυτή η δυνατότητα χρειάζονται δύο πράγματα:

(1) ανεξάρτητα στοιχεία δικτύου (υποδίκτυα και IP δρομολογητές) κατά μήκος του μονοπατιού που θα ακολουθηθεί από ένα τέτοιο πακέτο, που θα πρέπει να υποστηρίζουν μηχανισμούς ελέγχου της ποιότητας της υπηρεσίας που μεταφέρεται σε αυτά τα πακέτα.

(2) έναν τρόπο για να ενημερώνονται τα στοιχεία του δικτύου κατά μήκος του μονοπατιού για τις απαιτήσεις της εφαρμογής και το αντίστροφο, δηλαδή τη μεταφορά των πληροφοριών που προκύπτουν από τη διαχείριση του QoS από τα στοιχεία του δικτύου προς την εφαρμογή. Στα πλαίσια της ολοκληρωμένης υπηρεσίας η πρώτη λειτουργία παρέχεται από υπηρεσίες ελέγχου του QoS όπως το Ελεγχόμενο Φορτίο = Controlled-Load- [RFC 2211] και το εγγυημένο QoS [RFC 2212]. Η δεύτερη λειτουργία μπορεί να παρέχεται με διάφορους τρόπους, αλλά συχνά υλοποιείται με τη βοήθεια ενός resource reservation setup protocol όπως το RSVP [RFC 2205].

Το IntServ working group προσδιορίζει τις διεπιφάνειες που εκφράζουν τις απαιτήσεις της εφαρμογής από άκρο σε άκρο, τις διεπιφάνειες σχεδίασης του δρομολογητή που προσδιορίζουν το ποιες πληροφορίες θα είναι διαθέσιμες στους διάφορους δρομολογητές του δικτύου και γενικότερα διεπιφάνειες των υποδικτύων

Οι υπηρεσίες IntServ συνδυάζονται συνήθως, αλλά όχι απαραίτητα, με το πρωτόκολλο RSVP.

Ορισμένα από τα IntServ RFC's είναι τα παρακάτω

[The Use of RSVP with IETF Integrated Services \(RFC 2210\)](#),

[Integrated Services Management Information Base using SMIv2 \(RFC 2213\)](#),

[Integrated Services Management Information Base Guaranteed Service Extensions using SMIv2 \(RFC 2214\)](#),

[General Characterization Parameters for Integrated Service Network Elements \(RFC 2215\)](#),

[Network Element Service Specification Template \(RFC 2216\)](#),

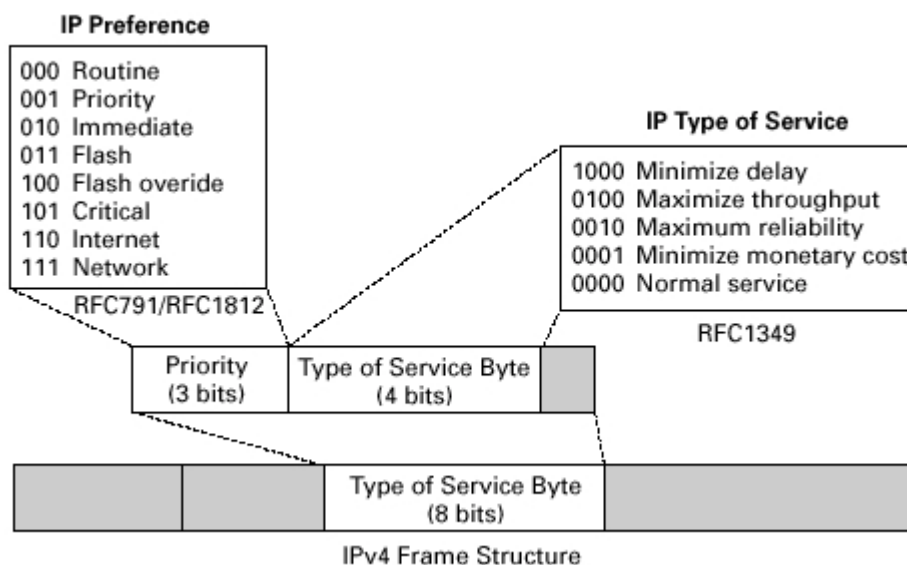
[Specification of the Controlled-Load Network Element Service \(RFC 2211\)](#),

[Specification of Guaranteed Quality of Service \(RFC 2212\)](#).

Περισσότερες πληροφορίες στο site της IETF IntServ  
<http://www.ietf.org/html.charters/intserv-charter.html>.

### 6.1.4 Προτεραιότητα IP

Οι μηχανισμοί QoS του στρώματος 3 παρέχουν έλεγχο από άκρη σε άκρη του δικτύου των τιμών των παραμέτρων QoS. Το πρωτόκολλο IPv4 περιλάμβανε πάντα ένα οκτάμπιτο πεδίο, αποκαλούμενο «πεδίο τύπου υπηρεσιών» (ToS), το οποίο προοριζόταν για χρήση στον καθορισμό προτεραιοτήτων πακέτων. Η πρώτη προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί αυτό το πεδίο καθορίστηκε με το IETF RFC1349. Η πιο πρόσφατη έκδοση καλείται προτεραιότητα IP και καθορίζεται με την RFC1812. Δεσμεύει τρία από τα δυαδικά ψηφία ToS για να δημιουργήσει μέχρι 8 επίπεδα προτεραιότητας και τρία πρόσθετα μπιτ για να σηματοδοτήσει την ευαισθησία στην καθυστέρηση, τη ρυθμαπόδοση και την απώλεια πακέτων. Αυτό παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα



**Figure 3: IP Precedence Bits**

Η λειτουργία προτεραιότητας IP δεν απαιτήθηκε πραγματικά εφ' όσον κρίθηκε όλη η κυκλοφορία για να ίσης σπουδαιότητας και η μεταφορά “best efforts” ήταν ο κανόνας. Μερικές συσκευές χρησιμοποιούν τα δυαδικά ψηφία προτεραιότητας IP, εφόσον υπάρχουν, για να βοηθήσουν με τη διαχείριση της ουράς αναμονής.

### 6.1.5 το ATM, ISSLOW και άλλα

Το ATM είναι μια τεχνολογία στρώματος συνδέσεων που προσφέρει υψηλής ποιότητας χειρισμό κυκλοφορίας. Το ATM τεμαχίζει τα πακέτα στα «κύτταρα» των στρωμάτων συνδέσεων, τα οποία στη συνέχεια τοποθετούνται σε ουρά και εξυπηρετούνται με τη χρησιμοποίηση κατάλληλου αλγορίθμου σειράς αναμονής-συντήρησης για κάθε μία από τις διάφορες υπηρεσίες του ATM.

Η ISSLOW είναι μια τεχνική για τον τεμαχισμό των πακέτων IP όπως αυτά διαβιβάζονται μέσω σχετικά αργών συνδέσεων όπως τα dial-up modems. Όταν ο ήχος και τα δεδομένα αναμιγνύονται διαμέσου αυτών των συνδέσεων, οι καθυστερήσεις στον ήχο μπορούν να είναι σημαντικές, επηρεάζοντας τη δυνατότητα χρησιμοποίησης της εφαρμογής. Η ISSLOW μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μειώσει τις καθυστερήσεις στον ήχο σε αυτές τις εφαρμογές.

Διάφοροι άλλοι μηχανισμοί χειρισμού κυκλοφορίας έχουν καθοριστεί για τα διάφορα μέσα, συμπεριλαμβανομένων των cable modems, τις υβριδικές εγκαταστάσεις ομοαξονικών ινών (hybrid fiber coax (HFC) plants), P1394, και τα λοιπά. Αυτοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν χαμηλού επιπέδου, ειδικούς για τη σύνδεση επιπέδων, μηχανισμούς σηματοδότησης ATM, για παράδειγμα, τη σηματοδότηση UNI).

## **6.2 οι μηχανισμοί παροχής και διαμόρφωσης**

Οι μηχανισμοί παροχής και διαμόρφωσης μπορούν να ταξινομηθούν ως από επάνω προς τα κάτω (*top-down*) ή σηματοδοτούμενοι (*signalled*).

### **6.2.1 Η από επάνω προς τα κάτω παροχή.**

Στην από επάνω προς τα κάτω παροχή ένα σύστημα διαχείρισης δικτύων χρησιμοποιείται προκειμένου να περάσουν ("push") τη διαμόρφωση του χειρισμού της κυκλοφορίας σε ένα σύνολο συσκευών δικτύων. Οι μηχανισμοί ουρών αναμονής διαμορφώνονται στις διεπιφάνειες των συσκευών. Κατόπιν, διαμορφώνονται τα κριτήρια ταξινόμησης για να καθορίσουν ποια πακέτα κατευθύνονται στις διαφορετικές σειρές αναμονής στη συσκευή. Τα κριτήρια ταξινόμησης μπορούν να ταξινομήσουν τα πακέτα με βάση τα 5 στοιχεία του IP (IP 5-tuple)(διευθύνσεις IP και ports των πηγών και των προορισμών, καθώς και το πρωτόκολλο IP). Άλλα κριτήρια ταξινόμησης των πακέτων μπορούν να είναι το DSCP και το 802.1p με το "σημάδι" που τοποθετούν στις επικεφαλίδες των πακέτων. Τα κριτήρια ταξινόμησης μπορούν να προσδιορίσουν μόνο ένα υποσύνολο του (IP 5-tuple), όπως "όλα τα πακέτα που έχουν μια διεύθυνση πηγής IP 2.2.2.X," όπου "X" μπορεί να είναι οποιαδήποτε αξία. Εάν το DSCP ή το 802.1p προσδιορίζεται ως το κριτήριο ταξινόμησης, τα σημάδια DSCP ή 802.1p στα πακέτα θα πρέπει να σημειώνονται πριν από τις συσκευές ταξινόμησης. Αυτό μπορεί να γίνει από συσκευές δικτύων κοντά στην άκρη του δικτύου.

#### **6.2.1.1 οι προκλήσεις στην από πάνω προς τα κάτω παροχή**

Ο προσδιορισμός των κατάλληλων κριτηρίων ταξινόμησης που πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε κάθε περίπτωση μπορεί να αποτελεί μία αρκετά σημαντική πρόκληση. Οι Network administrators θα επιθυμούσαν να χρησιμοποιούν το QoS για να αναθέτουν τους πόρους του δικτύου στην



υπηρεσία της κυκλοφορίας που οφείλεται σε ορισμένες εφαρμογές ή χρήστες, παρά σε πεδία μέσα σε επικεφαλίδες πακέτων όπως οι IP διευθύνσεις και IP ports. Τα από επάνω προς τα κάτω συστήματα παροχής προσπαθούν να βοηθήσουν το Network administrator με τη δημιουργία συσχετισμών μεταξύ των εφαρμογών και των IP ports καθώς επίσης και μεταξύ των χρηστών και των διευθύνσεων IP. Δυστυχώς, αυτές οι σχέσεις δεν είναι και τόσο αξιόπιστες. Οι εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιήσουν παροδικά κάποια ports ή μπορεί διαφορετικές πηγές ροής κυκλοφορίας (που απαιτούν διαφορετικό QoS) να χρησιμοποιούν το ίδιο port. Οι διευθύνσεις IP των χρηστών μπορούν να αλλάξουν ως αποτέλεσμα του DHCP. Μηχανήματα πολλών χρηστών χρησιμοποιούν την ίδια διεύθυνση IP για όλους τους χρήστες. Η κρυπτογράφηση IPSec μπορεί να αποκρύπτει τα IP ports, καθιστώντας τα άχρηστα ως κριτήρια ταξινόμησης.

Μια πρόσθετη πρόκληση στην από επάνω προς τα κάτω παροχή είναι η πρόβλεψη του όγκου της κυκλοφορίας στους διάφορους κόμβους στο δίκτυο. Παραδείγματος χάριν, ένα σύστημα διαχείρισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διαμορφώσει μια ουρά αναμονής μικρής καθυστέρησης σε κάθε συσκευή του δικτύου, με την ικανότητα να αντιμετωπίσει δέκα ταυτόχρονες περιόδους IP τηλεφωνίας με κάποιο προσδιορισμένο εύρος καθυστέρησης. Τα κριτήρια ταξινόμησης διαμορφώνονται έπειτα σε κάθε συσκευή προκειμένου να κατευθύνουν την κυκλοφορία προς τη διαδρομή με τη μικρότερη καθυστέρηση. Αυτό το σύστημα λειτουργεί σωστά όσο ο όγκος της κυκλοφορίας που φθάνει σε κάθε συσκευή περιορίζεται κάτω από δέκα περιόδους επικοινωνίας. Εντούτοις, εάν δημιουργηθεί μια ενδέκατη κλήση που θα διαπεράσει μια από τις διαμορφωμένες συσκευές, θα δημιουργήσει κυκλοφοριακή συμφόρηση στην ουρά, αυξάνοντας την καθυστέρηση πάνω από προσδιορισμένα όρια. Σαν αποτέλεσμα, η υπηρεσία θα βάλει σε κίνδυνο όχι μόνο την ενδέκατη περίοδο επικοινωνίας αλλά και τις δέκα υπάρχουσες περιόδους επικοινωνίας. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στη σχετικά στατική φύση της από επάνω προς τα κάτω παροχής και του γεγονότος ότι το σύστημα διαχείρισης δεν γνωρίζει άμεσα την παρούσα μορφή κυκλοφορίας.

### **6.2.2 Η σηματοδότηση RSVP ως μηχανισμός διαμόρφωσης**

Η σηματοδότηση RSVP μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συμπληρώσει τους από επάνω προς τα κάτω μηχανισμούς παροχής. Σε αυτή την περίπτωση, οι hosts παράγουν μηνύματα σηματοδότησης που περιγράφουν την κυκλοφορία δεδομένων που συνδέεται με μια συγκεκριμένη συνομιλία. Αυτά τα μηνύματα ρέουν κατά μήκος του ίδιου μονοπατιού που θα ακολουθούσαν και τα δεδομένα μέσω του δικτύου. Τα μηνύματα RSVP προσφέρουν τις ακόλουθες πληροφορίες στο δίκτυο:

- τι είμαι — η εφαρμογή από την οποία δημιουργήθηκα και η υποομάδα ροής (όπως η ροή προς εκτύπωση, η ροή μίας κρίσιμης συναλλαγής κ.λ.π.)
- ποιος είμαι — επικύρωση ταυτότητας χρήστη
- τι θέλω — ο τύπος υπηρεσίας QoS που απαιτείται

- πόσο θέλω — ορισμένες εφαρμογές ποσολογούν με ακρίβεια τις απαιτήσεις τους σε πόρους
- πώς μπορώ να αναγνωριστώ — τα κριτήρια ταξινόμησης IP 5-tuple από τα οποία η κυκλοφορία δεδομένων μπορεί να αναγνωρισθεί
- ποιες συσκευές του δικτύου θα επηρεαστούν από τη σχετική κυκλοφορία δεδομένων..

Μια τέτοιου είδους σηματοδότηση αποφέρει σημαντικά οφέλη στα συστήματα διαχείρισης QoS. Ένα σαφές όφελός της είναι ότι παρέχει ισχυρούς συσχετισμούς μεταξύ των πληροφοριών ταξινόμησης, των χρηστών και των εφαρμογών. Πέρα από αυτό, η σηματοδότηση βασισμένη στο host επιφέρει δυναμικό έλεγχο αποδοχής της εκάστοτε τοπολογίας (*topology aware dynamic admission control*). Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα είναι βασικό στην επίλυση του προβλήματος της ύπαρξης κυκλοφορίας πέραν της αναμενόμενης (μεγαλύτερης από την ουρά αναμονής που έχει προβλεφθεί), που αναφέρθηκε προηγουμένως. Η σηματοδότηση RSVP παραδίδει ένα μήνυμα σχετικά με τους απαραίτητους πόρους στις συσκευές κατά μήκος του μονοπατιού δεδομένων (data path). Επομένως, οι RSVP-ενήμερες συσκευές είναι πλέον σε θέση να αξιολογήσουν δυναμικά την επίδραση που θα ασκούσε η σχετική κυκλοφορία δεδομένων στους πόρους και να δηλώσουν στις προς τα πάνω συσκευές πότε δεν έχουν τους απαραίτητους πόρους προκειμένου να χειριστούν τις πρόσθετες κυκλοφοριακές ροές. Στην περίπτωση της πλεονάζουσας περιόδου επικοινωνίας IP τηλεφωνίας που αναλύθηκε προηγουμένως, οι συσκευές του δικτύου θα απέρριπταν την αποδοχή της ενδέκατης κυκλοφοριακής ροής στην ουρά αναμονής χαμηλής καθυστέρησης, προστατεύοντας κατά συνέπεια τις δέκα υπάρχουσες περιόδους επικοινωνίας. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η βασισμένη στον host σηματοδότηση δεν υπερνικά τον έλεγχο του network administrator επί των πόρων των δικτύων. Προσφέρει τις στο δίκτυο πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καλύτερη διαχείριση των πόρων τους. Στη συνέχεια θα αναλυθεί περαιτέρω το RSVP, καθώς είναι ένα ιδιαίτερα βασικό εργαλείο στην προσπάθεια να εξασφαλίσουμε το QoS.

### **6.2.2.1 Τι είναι το πρωτόκολλο κράτησης πόρων(Resource Reservation Setup Protocol (RSVP))**

Για ικανοποιήσει ένα διαφορετικό σύνολο εφαρμογών και για να εμπλουτίσει το μοντέλο υπηρεσιών καλύτερης προσπάθειας- best-effort service model-, η Internet Engineering Task Force (IETF) μελετά έναν αριθμό επεκτάσεων που θα επιτρέψει τον καταμερισμό σε διάφορα επίπεδα υπηρεσίας, ανάλογα με τον πελάτη. Ένα από τα αποτελέσματα αυτής της προσπάθειας είναι το Resource ReSerVation Protocol (RSVP), ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης για δέσμευση πόρων. Το RSVP μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να επιτευχθεί διάκριση υπηρεσιών για ευαίσθητες στην καθυστέρηση εφαρμογές, με τον απόλυτο καταμερισμό των πόρων των δικτύων. Τα βασικά του χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν:

- (1) τη χρήση "μαλακής κατάστασης" για τους δρομολογητές,

- (2) ελεγχόμενες από τον αποδέκτη αιτήσεις κρατήσεων,
- (3) ευέλικτο έλεγχο επί της διαμοίρασης των κρατήσεων και της προώθησης των υποροών και
- (4) τη χρήση πολλαπλής αποστολής IP για τη διανομή των δεδομένων.

### 6.2.2.2 Πώς λειτουργεί το RSVP

Το RSVP είναι ένα πρωτόκολλο ρύθμισης και ελέγχου κρατήσεων που παρέχει ένα τύπο εξομοίωσης κυκλωμάτων στα IP δίκτυα. Το RSVP είναι η πιο πολύπλοκη τεχνολογία QoS, τόσο για τις εφαρμογές (hosts) όσο και για τα στοιχεία του δικτύου. Σαν αποτέλεσμα, παρουσιάζει επίσης και μεγαλύτερο χρόνο αναχώρισης πακέτων από το δοκιμασμένο "best-effort" IP δίκτυο.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται απλοποιημένα το πώς δουλεύει αυτό το πρωτόκολλο:

Ο αποστολέας χαρακτηρίζει την κυκλοφορία που φεύγει με βάση τα ανώτερα και τα κατώτερα όρια για το εύρος ζώνης, τη καθυστέρηση και το jitter. Το RSVP στέλνει μηνύματα PATH, από τον αποστολέα, που περιέχουν αυτά τα στοιχεία κυκλοφορίας (Traffic Specification-TSpec) στους απλούς ή πολλαπλούς παραλήπτες. Κάθε δρομολογητής που μπορεί να χρησιμοποιήσει το RSVP κατά μήκος της διαδρομής χρησιμοποιεί μία καταχώρηση κατάστασης μονοπατιού που περιλαμβάνει τη διεύθυνση της πηγής του μηνύματος PATH

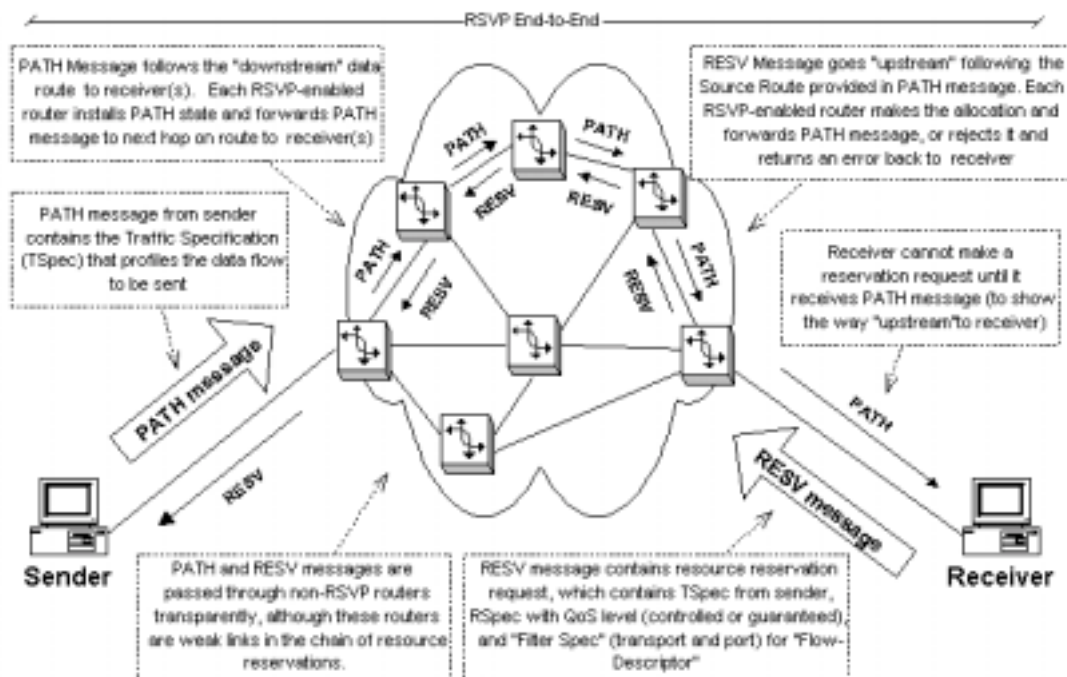
Για να γίνει η κράτηση ενός πόρου, οι παραλήπτες στέλνουν ένα μήνυμα RESV (αίτηση κράτησης-reservation request) προς «τα πάνω» στην τοπική πηγή του μηνύματος PATH. Πέραν του TSpec, το RESV περιλαμβάνει το επίπεδο του QoS που απαιτείται γραμμένο σε ένα Rspec, και ένα στοιχείο που χαρακτηρίζει τα πακέτα για τα οποία γίνεται η κράτηση (για παράδειγμα το πρωτόκολλο μεταφοράς και ο αριθμός του port και ονομάζεται "filter spec." Μαζί, το RSpec και το filter-spec αποτελούν τον «περιγραφέα ροής» ( "flow-descriptor" ) που οι δρομολογητές χρησιμοποιούν για να προσδιορίσουν τις κρατήσεις.

Όταν ένας RSVP δρομολογητής πάρει ένα μήνυμα RESV, χρησιμοποιεί τη διαδικασία ελέγχου αδείας προκειμένου να ελέγξει την αυθεντικότητα της αίτησης και κατανέμει τους αναγκαίους πόρους. Εάν η αίτηση δεν μπορεί να ικανοποιηθεί (λόγω έλλειψης πόρων ή απόρριψη εξουσιοδότησης), ο δρομολογητής επιστρέφει την ύπαρξη σφάλματος στον παραλήπτη. Εάν γίνει αποδεκτό, ο δρομολογητής στέλνει το RESV προς τα πάνω στον επόμενο δρομολογητή.

Όταν παραλάβει ο τελευταίος δρομολογητής το RESV και αποδεχτεί την αίτηση, στέλνει ένα μήνυμα επιβεβαίωσης πίσω στον παραλήπτη.(σημείωση: ο «τελευταίος δρομολογητής» είναι είτε πλησιέστερα προς τον αποστολέα είτε στο σημείο συγκέντρωσης των κρατήσεων για ροές πολλαπλής εκπομπής).

Υπάρχει μία συγκεκριμένη διαδικασία καταστροφής για μία κράτηση όταν ο αποστολέας ή ο παραλήπτης τερματίζει μία περίοδο RSVP.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα μηνύματα RSVP "PATH" και "RESV" να χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μιας κράτησης μεταξύ ενός αποστολέα και ενός αποδέκτη.



Στη συνέχεια ακολουθούν μερικά εντυπωσιακά γνωρίσματα της υποστήριξης του RSVP:

Οι κρατήσεις σε κάθε δρομολογητή είναι «μαλακές», που σημαίνει ότι θα πρέπει να ανανεώνονται περιοδικά από τον αποδέκτη.

Το RSVP δεν είναι πρωτόκολλο μεταφοράς, αλλά (ελέγχου) δικτύου. Έτσι, δε μεταφέρει δεδομένα, αλλά δουλεύει παράλληλα με TCP ή UDP ροές δεδομένων

Οι εφαρμογές απαιτούν APIs για να προσδιορίσουν τις απαιτήσεις ροών, να αρχικοποιήσουν τις αιτήσεις κρατήσεων και να λάβουν ενημερώσεις επιτυχιών ή αποτυχιών κρατήσεων αφού γίνει η αρχική αίτηση και περάσει κάποια περίοδος. Για να είναι χρήσιμα, αυτά τα APIs χρειάζεται να περιλαμβάνουν πληροφορίες λαθών RSVP για να περιγράψουν καλύτερα τη βλάβη.

Οι κρατήσεις πολλαπλών εκπομπών συγκεντρώνονται σε σημεία αντιγραφής της κυκλοφορίας στο δρόμο τους προς τους επάνω κόμβους.

Παρότι η κυκλοφορία RSVP μπορεί να διαπεράσει μη συμβατούς με το RSVP δρομολογητές, αυτό δημιουργεί έναν "αδύναμο κρίκο" στην αλυσίδα του QoS όπου η εξυπηρέτηση πέφτει σε επίπεδα κατώτερα της "best effort".

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του RSVP περιγράφονται στα [Resource ReSerVation Protocol \(RSVP\) -- Functional Specification \(RFC 2205\)](#). Σχετικά RFC's είναι τα [RSVP Management Information Base using SMIv2 \(RFC 2206\)](#), [RSVP Extensions for IPSEC Data Flows \(RFC 2207\)](#), [Resource ReSerVation Protocol \(RSVP\) Applicability Statement Some Guidelines on Deployment \(RFC 2208\)](#) και [Resource ReSerVation Protocol \(RSVP\) -- Version 1 Message Processing Rules \(RFC 2209\)](#).  
IETF RSVP μπορεί να βρει κανελis στο site <http://www.ietf.org/html.charters/rsvp-charter.html> .

### 6.3 Διαλειτουργικότητα

Πολλές από τις τεχνολογίες QoS μπορούν να συνεργαστούν μεταξύ τους για να παρέχουν από «άκρο σε άκρο QoS». Αυτό αποτελεί και το μοντέλο που αναπτύσσεται από την IETF.

Το RSVP προμηθεύει πόρους για την κυκλοφορία του δικτύου, ενώ το DiffServ απλά χαρακτηρίζει και δίνει προτεραιότητες στην κυκλοφορία. Το RSVP είναι πιο πολύπλοκο και απαιτητικό από το DiffServ όσον αφορά τις απαιτήσεις στους δρομολογητές, και έτσι μπορεί να επιρρεάσει αρνητικά τους backbone δρομολογητές. Για αυτό το λόγο είναι κοινή πρακτική ο περιορισμός της χρήσης του RSVP στον κορμό του δικτύου μόνο.

Το DiffServ λειτουργεί άψογα συμπληρωματικά του RSVP, καθώς ο συνδυασμός καθιστά δυνατή την υλοποίηση από άκρο σε άκρο ποιότητας υπηρεσίας (QoS). Οι τελικοί hosts μπορούν να έχουν γενικής μορφής απαιτήσεις RSVP. Οι «συνοριακοί» δρομολογητές στα σημεία εισόδου του backbone μπορούν στη συνέχεια να αποδώσουν αυτές τις «κρατήσεις» RSVP σε μία κατηγορία εξυπηρέτησης που προσδιορίζεται από ένα DS-byte (ή και ο πηγαίος host μπορεί να ορίσει το DS-byte). Στο σημείο εξόδου του backbone, η παροχή RSVP μπορεί επανεκτιμηθεί, προς τον τελικό προορισμό. Τα σημεία εισόδου είναι αυτά που θέτουν τις προϋποθέσεις κυκλοφορίας με κέντρο τον πελάτη, προκειμένου να εξασφαλίσουν ότι ικανοποιούνται οι συμφωνίες επιπέδου εξυπηρέτησης (SLAs).

Η αρχιτεκτονική που θέλει το RSVP στα "άκρα" του δικτύου και το DiffServ στον "πυρήνα" είναι η πλέον δυναμικά αναπτυσσόμενη .

## **7. Οι βασικοί μηχανισμοί του QoS**

### **7.1 Αποδοχή ελέγχου - Admission control**

το Admission Control προσδιορίζει το κατά πόσο η αιτούμενη «σύνδεση» επιτρέπεται να υλοποιηθεί από το δίκτυο. Τα βασικά κριτήρια για αυτή την απόφαση είναι το παρόν κυκλοφοριακό φορτίο, το παρόν QoS, το προφίλ της αιτούμενης κυκλοφορίας, το αιτούμενο QoS, η τιμολόγηση και διάφορα άλλα θέματα πολιτικής. Για τα IP δίκτυα που επιτρέπουν την ύπαρξη QoS, το Admission Control, για παράδειγμα, θα μπορούσε να υλοποιείται στη ρύθμιση των RSVP ροών ή στα MPLS paths.

### **7.2 Σχηματοποίηση/παραμετροποίηση της κυκλοφορίας**

Στα δίκτυα που επιτρέπουν την ύπαρξη QoS είναι αναγκαίο να προσδιοριστεί το προφίλ της κυκλοφορίας προκειμένου να αποφασιστεί πως θα κατανεμηθούν οι πόροι του δικτύου για την υλοποίηση μιας σύνδεσης. Η Σχηματοποίηση/ παραμετροποίηση της κυκλοφορίας εξασφαλίζει ότι η κυκλοφορία που εισέρχεται σε κάποιον κόμβο του δικτύου θα αντιστοιχεί στο προφίλ που προσδιορίστηκε.

Τυπικά, αυτός ο μηχανισμός χρησιμοποιείται για να μειώσει την «εκρηκτικότητα» μιας κυκλοφοριακής ροής. Αυτό περιλαμβάνει μια ισορροπία μεταξύ των πλεονεκτημάτων της σχηματοποίησης και της καθυστέρησης που αυτή εισαγάγει

### **7.3 Κατηγοριοποίηση των πακέτων - Packet classification**

Προκειμένου να παρασχεθεί η αιτούμενη QoS, είναι κρίσιμο να προσδιοριστούν τα πακέτα στα οποία θα δοθεί διαφορετική αντιμετώπιση όσο αφορά το QoS. Αυτό μπορεί να γίνει βάση των διαφόρων πεδίων στους IP headers (για παράδειγμα στις διευθύνσεις πηγής/προορισμού και στον τύπο του πρωτοκόλλου) και στους headers πρωτοκόλλων υψηλότερου επιπέδου.(για παράδειγμα αριθμούς ports πηγής/προορισμού για TCP ή UDP).

### **7.4 Χαρακτηρισμός των πακέτων (Packet marking)**

Είτε ως αποτέλεσμα του μηχανισμού παρακολούθησης της κυκλοφορίας είτε από αρχική διάκριση που έχει γίνει, ένα πακέτο μπορεί να «χαρακτηριστεί» με ένα συγκεκριμένο επίπεδο QoS σε ένα δίκτυο (για παράδειγμα υψηλή/χαμηλή προτεραιότητα απώλειας/καθυστέρησης). Η **σημειοδότηση των IP πακέτων** προτείνεται να γίνεται με τη χρήση του IP header, με το «Type of Service» (TOS) byte για το IPv4 και το Traffic Class byte για το IPv6.

### **7.5 μηχανισμοί προτεραιοτήτων και σχεδιασμού**

Για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες σε QoS των διαφόρων συνδέσεων, οι κόμβοι θα πρέπει να διαθέτουν μηχανισμούς προτεραιοτήτων και σχεδιασμού. Ως

προτεραιότητα αναφέρεται η δυνατότητα παροχής διαφορετικής εξυπηρέτησης όσον αφορά την καθυστέρηση, για παράδειγμα τα πακέτα με υψηλότερη προτεραιότητα εξυπηρετούνται πάντα πριν από αυτά με χαμηλότερη προτεραιότητα. Επίσης, οι κόμβοι επιφυλάσσουν διαφορετική εξυπηρέτηση όσον αφορά τις απώλειες για παράδειγμα τα πακέτα με υψηλότερη προτεραιότητα απωλείων χάνονται σπανιότερα από αυτά με χαμηλή προτεραιότητα απωλειών

οι κόμβοι επίσης θα πρέπει να διαθέτουν μηχανισμούς σχεδιασμού (Scheduling Mechanisms) για να εξασφαλίζουν ότι στις διάφορες συνδέσεις θα δίνονται οι πόροι που τους έχουν ταχθεί (για παράδειγμα το εύρος ζώνης σύνδεσης και επεξεργασίας). Αυτός ο μηχανισμός εξασφαλίζει επίσης ότι η χωρητικότητα περισσεύει θα διανεμηθεί με δίκαιο τρόπο. Μερικά παραδείγματα τέτοιων μηχανισμών είναι τα : Generalized Processor Sharing (GPS), Weighted Round Robin (WRR), Weighted Fair Queueing (WFQ), και Class Based Queueing (CBQ).

## **7.6 Πρωτόκολλα σηματοδosis**

για να πετύχουμε το επιθυμητό QoS από ένα δίκτυο, τα τελικά συστήματα (end-systems) θα πρέπει να κάνουν γνωστό στο δίκτυο το επιθυμητό QoS καθώς και το προσφερόμενο προφίλ της κυκλοφορίας. Αυτό αποτελεί βασικό κομμάτι διαφόρων δικτύων με κεντρικό προσανατολισμό τη σύνδεση (για παράδειγμα τα ATM). Όμως, για ασύνδετα δίκτυα, όπως το IP, είναι κάτι σχετικά καινούριο. Σχετικά παραδείγματα είναι η σηματοδosis που σχετίζεται με το Resource ReSerVation Protocol (RSVP) και το Label Distribution Protocol (LDP).

## **7.7 Queueing (WFQ, CFQ, SFQ)**

Μερικά στοιχεία του δικτύου επιτρέπουν τη λειτουργία αλγορίθμων «δίκαιων ουρών» ("fair queueing" algorithms) ώστε μια εφαρμογή που συνεχίζει να στέλνει σε στιγμές συμφόρησης να μην επωφελείται σε βάρος των υπολοίπων εφαρμογών ή φροντίζουν ώστε ο μέσος όρος των πακέτων που απορρίπτονται να είναι ομαλά κατανομημένος κατά μήκος των ροών. Βασικά, προσδιορίζουν πως θα γίνεται η απόρριψη των πακέτων όταν δημιουργείται συμφόρηση σε ένα δρομολογητή (όταν για παράδειγμα γεμίσει μια ουρά). CFQ (Class-based Fair Queueing), WFQ (Weighted Fair Queueing), SFQ (Stochastic Fair Queueing) είναι παραδείγματα τέτοιων αλγορίθμων.

## **7.8 Έλεγχος συμφορήσεων (RED, ECN)**

Τα QoS δίκτυα, για να λειτουργούν με ένα σταθερό και ικανοποιητικό τρόπο περιβάλλον, είναι κρίσιμο να έχουν εφαρμόσιμες και αυτοδύναμες δυνατότητες Ελέγχου Συμφόρησης. Αυτές οι δυνατότητες αναφέρονται στον έλεγχο της ροής και την απόρριψη της πλεονάζουσας κυκλοφορίας σε περιόδους συμφόρησης.

Η Random Early Detection (RED) και η Explicit Congestion Notification (ECN) είναι δύο από τις προτεινόμενες δυνατότητες. Η RED υποδεικνύει την πιθανότητα να απορριφθούν πακέτα βασισμένη στη μέτρηση του μέσου μήκους ουράς. Η RED (Random Early Detection) προσπαθεί να αποφύγει την

ενδεχόμενη συμφόρηση (και έτσι να αποφύγει τα προβλήματα συγχρονισμού TCP που μπορεί να προκύψουν όταν οι hosts θα μειώνουν και θα αυξάνουν την TCP κυκλοφορία μετά τη δημιουργία συμφόρησης). Σπάνια απορρίπτει πακέτα πριν γεμίσουν οι ουρές, προκειμένου να μην υπερχειλίσουν. Ο ECN είναι ένας μηχανισμός που προτάθηκε πρόσφατα, προκειμένου οι δρομολογητές να ενημερώνουν τα τελικά συστήματα που θα έχουν τη δυνατότητα ECN για τη ύπαρξη συμφόρησης.



## 8. Τί είναι το MPLS

Η ομάδα MPLS της IETF τυποποιεί την τεχνολογία για τη χρήση ενός label-based προτύπου προώθησης σε συνδυασμό με τη δρομολόγηση 3<sup>ου</sup> επιπέδου. Η τεχνολογία MPLS μπορεί να λειτουργήσει επί διαφόρων τεχνολογιών διασύνδεσης επιπέδων, όπως packet-over-Sonet, frame relay, ATM, Ethernet και token ring. Η MPLS συνδυάζει την τεχνολογία μεταγωγών με τις υπηρεσίες του 3<sup>ου</sup> επιπέδου δικτύου, ενώ μειώνει τη συνθετότητα και τα λειτουργικά κόστη.

Απλοποιημένη προώθηση: συμβατικοί δρομολογητές, χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα ασύνδετων δικτύων, προωθούν πακέτα από τον ένα δρομολογητή στον άλλο, μέχρι που το πακέτο να φτάσει στον τελικό του προορισμό. Ο κάθε δρομολογητής κατά μήκος του μονοπατιού αποφασίζει ανεξάρτητα για την προώθηση του πακέτου, αναλύοντας την επικεφαλίδα (header) του. Η επιλογή του επόμενου άλματος για ένα πακέτο βασίζεται σε ανάλυση του header και προκύπτει ως αποτέλεσμα ενός αλγόριθμου δρομολόγησης. Αυτή η προσέγγιση αποδεικνύεται ανεπαρκής να υποστηρίξει τις απαιτήσεις των δικτύων σήμερα, καθώς οι δρομολογητές μετατρέπονται σε στένωση του δικτύου.

Το MPLS προσδιορίζει μια επιθυμητή λύση, κάνοντας μια διαφορετική προσέγγιση προκειμένου να βελτιώσει και να απλοποιήσει τη λειτουργία της προώθησης των πακέτων και να παρέχει ικανές δικτυακές εγγυήσεις ότι θα υποστηρίξει την επιθυμητή ποιότητα υπηρεσιών. Για να πετύχει αυτό τον σκοπό, Το MPLS προσθέτει μηχανισμούς προσανατολισμένους στη σύνδεση σε πρωτόκολλα ασύνδετων δικτύων. Το MPLS προσθέτει επίσης νέα εργαλεία σε πρωτόκολλα ασύνδετων δικτύων για τη διαχείριση της κυκλοφορίας. Οι προσανατολισμένοι στη σύνδεση μηχανισμοί προσδιορίζουν προκαθορισμένα μονοπάτια διάμεσο του δικτύου ανάμεσα σε οποιαδήποτε δύο τελικά σημεία. Κάθε μονοπάτι χαρακτηρίζεται με μία ετικέτα γνωστή ως Label Switched Path (LSP).

Σε κάθε σημείο εισόδου του δικτύου, ένας ακραίος δρομολογητής του, γνωστός ως Label Edge Router (LER) εξετάζει τον IP header για να προσδιορίσει την LSP. Ο LER στη συνέχεια τοποθετεί στο πακέτο έναν MPLS header που περιέχει την πληροφορία της ετικέτας και στη συνέχεια το πακέτο προωθείται στο επόμενο άλμα. Όλοι οι ακόλουθοι δρομολογητές, γνωστοί ως Label Switch Routers (LSR) χρησιμοποιούν την πληροφορία της ετικέτας του header για να προσδιορίσουν τη σύνδεση που θα δημιουργηθεί και τη νέα ετικέτα για αυτή τη σύνδεση. Ο δρομολογητής, στη συνέχεια, ανταλλάσσει την ετικέτα στον MPLS header με τη νέα ετικέτα και προωθεί το πακέτο.

Κατανομή ετικετών (Label Distribution) μεταξύ δρομολογητών: τα Label-switched paths ελέγχονται με καταναμημένο τρόπο. Κάθε δρομολογητής διαπραγματεύεται μια ετικέτα για κάθε ισοδύναμη τάξη προώθησης-forwarding equivalence class (FEC)- με τους γειτονικούς του κατά μήκος του μονοπατιού. Η FEC εξάγεται με τη χρήση του εισερχόμενου IP packet.

Πληροφορίες για την τοπολογία του δικτύου δίνονται από ένα ή περισσότερα πρωτόκολλα όπως τα OSPF, RIP και BGP. Για κάθε διαδρομή ή σύνολο διαδρομών, ένας γείτονας τοποθετεί μια ετικέτα. Αυτή η πληροφορία κατανέμεται στους γειτονικούς δρομολογητές με τη χρήση του Label Distribution Protocol (LDP). Για κάθε FEC, ο MPLS router διατηρεί ένα «χάρτη» ανάμεσα στην εισερχόμενη ετικέτα και διεπιφάνεια και την εξερχόμενη ετικέτα και διεπιφάνεια. Αυτές οι συσχετίσεις αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων που καλείται Label Information Base (LIB).

Προώθηση στο εσωτερικό μιας περιοχής και σε περισσότερες περιοχές με MPLS: το IP routing αντιλαμβάνεται το δίκτυο ως ένα σύνολο από διοικητικές περιοχές. Η αρχιτεκτονική MPLS προσδιορίζει ένα μηχανισμό που επιτρέπει στα μονοπάτια που ελέγχονται από τις ετικέτες να περάσουν μέσα από μία ή και περισσότερες περιοχές.

Η αρχιτεκτονική MPLS συνδυάζεται τόσο με το **Diff-Serv**, όσο και με το **RSVP**

Πληροφορίες γενικότερα για το MPLS μπορεί να βρει κανείς στο site <http://www.ietf.org/html.charters/MPLS-charter.html>.

Τα Internet Drafts περιλαμβάνουν τα :

[A Framework for Multiprotocol Label Switching](#),  
[Use of Label Switching With RSVP](#),  
[Multiprotocol Label Switching Architecture](#).

## 9. Πώς η δρομολόγηση υποστηρίζει το QoS

Η δρομολόγηση στο Internet. Η δρομολόγηση QoS επιτρέπει στο δίκτυο να προσδιορίσει ένα μονοπάτι που θα υποστηρίξει τις ανάγκες του QoS σε μία ή και περισσότερες ροές του δικτύου.

Το μονοπάτι που επιλέγεται μπορεί να μην είναι το "παραδοσιακά συντομότερο μονοπάτι" που υπολογίζεται με βάση τις αντίστοιχες θεωρίες.

Για παράδειγμα, οι δρομολογητές που έχουν τη δυνατότητα να εφαρμόζουν QoS μπορούν να υποστηρίξουν τη δυνατότητα των προηγμένων εφαρμογών να σημειώνουν τα πακέτα τους έτσι ώστε να έχουν την κατάλληλη αντιμετώπιση όσο αφορά την προτεραιότητα.

Τα πακέτα αυτά στέλνονται πάντα πρώτα και δεν απορρίπτονται ποτέ κατά τη διάρκεια συμφορήσεων, καθώς για αυτά διατηρείται ξεχωριστή ουρά προτεραιότητας.

Περισσότερες σχετικές πληροφορίες στο <http://www.ietf.org/html.charters/qosr-charter.html> και στο RFC [A Framework for QoS-based Routing in the Internet \(RFC 2386\)](#).

## 10. Οι ιδιότητες των εγγυήσεων και η ποιότητα/αποδοτικότητα του προϊόντος

Η κυκλοφορία των δεδομένων κάποιων εφαρμογών χαρακτηρίζεται από την ανάγκη για εγγυήσεις υψηλής ποιότητας. Τις περισσότερες φορές έχει ποσοτικά προσδιορίσιμες απαιτήσεις και η αξία της εξαρτάται από το κατά πόσον αυτές οι απαιτήσεις καλύπτονται επακριβώς (αυστηρά). Οι εγγυήσεις υψηλής ποιότητας απαιτούνται για παράδειγμα, από τις εφαρμογές πολυμέσων. Σε κάποιες άλλες εφαρμογές δεν είναι δυνατός ο επακριβής προσδιορισμός των απαιτήσεων. Παραδείγματος χάριν, στις συναλλαγές βάσεων δεδομένων χρηστών/κεντρικών υπολογιστών δεν μπορεί να γίνει ακριβής εκτίμηση των αναγκαίων πόρων και έτσι δεν μπορούμε να αναμένουμε ποσοτικά προσδιορίσιμες εγγυήσεις. Αυτές οι εφαρμογές μπορούν να ωφεληθούν από χαμηλότερες εγγυήσεις ποιότητας που υπόσχονται να μειώσουν την καθυστέρηση αλλά μπορεί να μην προσφέρουν ένα ακριβές όριο καθυστέρησης.

Ένας τρόπος να παρασχεθούν εγγυήσεις υψηλής ποιότητας είναι η κατασκευή δικτύων με σημαντικά περισσότερους πόρους από τις υπολογισμένες ανάγκες. Εντούτοις, δημιουργεί έναν πλεονασμό και μια πιθανώς ανεπαρκή χρήση των πόρων του δικτύου. Γενικά, πρέπει να υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ της δυνατότητας ενός δικτύου να προσφερθούν εγγυήσεις υψηλής ποιότητας και της αποδοτικότητας με την οποία οι πόροι θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Λέμε ότι ένα δίκτυο μπορεί να χαρακτηριστεί από ένα σταθερό λόγο ποιότητας/αποτελεσματικότητας (προϊόν QE). Η προσφορά υψηλότερων ποιοτικών εγγυήσεων απαιτεί έναν συμβιβασμό στην αποδοτικότητα και αντίστροφα.

Ένας εναλλακτικός μηχανισμός για να παρέχει εγγυήσεις υψηλής ποιότητας είναι να υιοθετηθεί η σηματοδότηση RSVP, όπως περιγράφεται προηγουμένως. Με τη χρησιμοποίηση της σηματοδότησης RSVP, οι συσκευές δικτύων που θα διατεθούν μπορούν να είναι για το μέσο αναμενόμενο φορτίο. Στη σπάνια περίπτωση που το φορτίο θα υπερβαίνει τις προσδοκίες, οι πρόσθετες περίοδοι επικοινωνίας θα απορριφθούν, αλλά η ακεραιότητα των προσφερόμενων εγγυήσεων στις υπάρχουσες περιόδους επικοινωνίας θα διατηρηθεί. Στην πραγματικότητα, με την υιοθέτηση της σηματοδότησης RSVP, είμαστε σε θέση να αυξήσουμε το προϊόν QE του δικτύου, με την ταυτόχρονη προσφορά υψηλότερων εγγυήσεων ποιότητας και αποτελεσματικής χρήσης των πόρων του δικτύου. Γενικά, όσο πιο περίπλοκος είναι ένας μηχανισμός QoS, τόσο περισσότερο αυξάνεται το προϊόν QE ενός δεδομένου δικτύου. Θα φαινόταν λογικό όλες οι συσκευές δικτύων να πρέπει να εφαρμόσουν τους περιπλοκότερους μηχανισμούς QoS που είναι διαθέσιμοι. Εντούτοις, οι μηχανισμοί QoS δημιουργούν μια επιπλέον επιβάρυνση, που αυξάνεται συνεχώς με την αύξηση της πολυπλοκότητάς, και συνδέεται με την υποστήριξη του ίδιου του QoS μηχανισμού. Στην περίπτωση της σηματοδότησης, αυτή η γενική επιβάρυνση λαμβάνει τη μορφή της απαίτησης επιπλέον πόρων επεξεργασίας στις συσκευές των δικτύων. Αυτό μας οδηγεί σε μία πολύ σημαντική παρατήρηση — οποιοσδήποτε μηχανισμός QoS πρέπει να αξιολογηθεί από την άποψη του οφέλους που φέρνει με βάση την αύξηση του προϊόντος QE έναντι της επιπλέον επιβάρυνσης που επιφέρει.

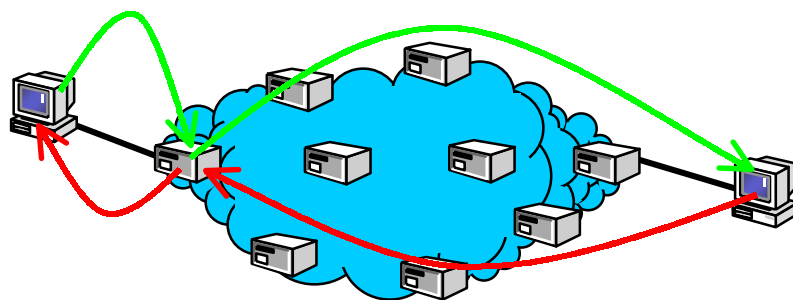
Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τη σχέση του λόγου QE με την επιβάρυνση που επιφέρει σε διάφορους μηχανισμούς QoS:

	<b>Top-down provisioning</b>	<b>Aggregate signalling</b>	<b>Per-conversation signaling</b>	improved QE product ↓
<b>No traffic handling</b>	FIFO queuing	aggregate admission control	per-conversation admission control	
<b>Aggregate traffic handling</b>	top-down provisioned diffserv/802.1p	Aggregate RSVP/diffserv aggregate RSVP/802.1p	RSVP/diffserv RSVP/802.1p	
<b>Per-conversation traffic handling</b>			RSVP/Intserv	

→ improved QE product (increased overhead)

Οι γραμμές του πίνακα αντιστοιχούν στα αυξανόμενα επίπεδα εκτέλεσης των μηχανισμών χειρισμού της κυκλοφορίας. Οι στήλες του πίνακα αντιστοιχούν στα αυξανόμενα επίπεδα εκτέλεσης στους μηχανισμούς παροχής και διαμόρφωσης. Σημειώστε το κορυφαίο αριστερό κελί δεν αντιπροσωπεύει κανένα μηχανισμό QoS και προσφέρει ένα πολύ φτωχό προϊόν QE. Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου δικτύου είναι ένα τοπικό LAN με πλεονασμό πόρων. Στο άλλο άκρο, το χαμηλότερο δεξί κελί, αντιπροσωπεύει ένα δίκτυο στο οποίο κάθε στοιχείο του δικτύου επεξεργάζεται την ανά-συνομιλία σηματοδότηση RSVP και εφαρμόζει το χειρισμό κυκλοφορίας ανά-συνομιλία intserv. Τα ενδιάμεσα κελιά αντιπροσωπεύουν τους συμβιβασμούς μεταξύ του αυξανόμενου προϊόντος QE και του επιπέδου επιβάρυνσης που επιφέρει ο κάθε μηχανισμός QoS. Το κελί που αντιπροσωπεύει τον συνδυασμό ελέγχου αποδοχής ανά-συνομιλία με το συνολικό χειρισμό κυκλοφορίας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Αυτός ο συνδυασμός παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Αυτό το διάγραμμα παρουσιάζει έναν host που αποστέλλει δεδομένα σε ένα μεγάλο καθοδηγημένο δίκτυο, προς έναν λαμβάνοντα host. Διάφοροι δρομολογητές διαπερνιούνται στο καθοδηγημένο δίκτυο. Αυτοί παρέχουν μια συνολική μορφή χειρισμού κυκλοφορίας (όπως το diffserv). Ο δρομολογητής εισόδου στο καθοδηγημένο δίκτυο ορίζεται ως πράκτορας ελέγχου αποδοχής. Επεξεργάζεται τα μηνύματα σηματοδότησης RSVP ανά-συνομιλία από τον αποστέλλον host και αποφασίζει εάν πρέπει ή όχι να γίνει αποδεκτή η επισημασμένη κυκλοφορία της συνομιλίας του host στην ουρά αναμονής χειρισμού κυκλοφορίας υψηλής προτεραιότητας μέσα στο δίκτυο.

Να σημειωθεί ότι παρότι τα μηνύματα σηματοδότησης διαπερνούν το δίκτυο από άκρο σε άκρο, υποβάλλονται σε επεξεργασία μόνο στους hosts και στο δρομολογητή που ορίζεται ως πράκτορας ελέγχου αποδοχής για το καθοδηγημένο δίκτυο, όπως παρουσιάζεται με τα βέλη. Οι δρομολογητές στον πυρήνα του καθοδηγημένου δικτύου εφαρμόζουν το συνολικό χειρισμό της κυκλοφορίας και δεν επεξεργάζονται τα μηνύματα σηματοδότησης. Αυτό το μοντέλο της ανά-συνομιλία σηματοδότησης στο άκρο του δικτύου και ο συνολικός χειρισμός της κυκλοφορίας στον πυρήνα, παράγει μια καλή αναλογία μεταξύ του προϊόντος QE και της επιβάρυνσης που οφείλεται στο μηχανισμό του QoS. Το μοντέλο είναι επεκτάσιμο ανεξάρτητα από τη συνθετότητα της τοπολογίας του δικτύου. Γενικά, δίνοντας τη δυνατότητα για μεγαλύτερη πυκνότητας πρακτόρων ελέγχου αποδοχής σε ένα δίκτυο, το προϊόν QE μπορεί να αυξηθεί με κόστος επιπλέον επιβάρυνσης. Αναμένουμε μια παρόμοια προσέγγιση να χρησιμοποιείται από τα ISPs για να προσφέρουν υπηρεσίες QoS βασισμένες στο VPN.

### **10.1 Ταυτόχρονη χρήση της σηματοδότησης και της από πάνω προς τα κάτω παροχής**

Τα πραγματικά δίκτυα απαιτείται να υποστηρίζουν έναν συνδυασμό κυκλοφοριακού φόρτου από διάφορες εφαρμογές που απαιτεί μια σειρά ποικίλων ποιοτικών εγγυήσεων. Προκειμένου να είναι χρήσιμες στους τελικούς πελάτες αυτές οι εγγυήσεις πρέπει να ισχύσουν από το ένα άκρο του δικτύου στο άλλο. Κάποια μέρη του δικτύου θα εμφανίζονται ως «στενώσεις» του δικτύου, και θα πρέπει να προσεχθούν περισσότερο για την αποτελεσματικότερη υλοποίηση του δικτύου. Άλλα μέρη μπορεί να παρουσιάζουν υπερεπάρκεια. Προκειμένου να υποστηριχθούν βέλτιστα οι υψηλές και μέτριας ποιότητας εγγυήσεις, τα μηνύματα σηματοδότησης πρέπει να είναι διαθέσιμα στα διάφορα μέρη του δικτύου. Για αυτόν τον λόγο, οι hosts θα παραγάγουν τη σηματοδότηση για μια σειρά εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων εφαρμογών πολυμέσων. Οι Network administrators μπορούν έπειτα να διορίσουν τους πράκτορες ελέγχου αποδοχής στα κατάλληλα σημεία του δικτύου τους, βασιζόμενοι στις ανταλλαγές που συζητήθηκαν προηγουμένως.

Θα υπάρξουν εφαρμογές για τις οποίες η σηματοδότηση είναι λιγότερο χρήσιμη. Ειδικότερα, δεν είναι χρήσιμο να χρησιμοποιηθεί η σηματοδότηση σε εφαρμογές που δεν είναι προσανατολισμένες προς τις περιόδους επικοινωνίας και δεν παράγουν συνεχείς κυκλοφοριακές ροές. Οι πόροι για αυτές τις εφαρμογές θα πρέπει να παράγονται κατά τρόπο από επάνω προς τα κάτω. Κατά συνέπεια, καθώς οι μηχανισμοί QoS επεκτείνονται, θα δούμε έναν συνδυασμό από παροχές βασισμένες στη σηματοδότηση και την από επάνω προς τα κάτω παροχή. Δεδομένου ότι και οι δύο μηχανισμοί δεσμεύουν τους πόρους από το ίδιο δίκτυο, πρέπει να συντονιστούν με κάποιον τρόπο. Αυτό το σημείο συντονισμού είναι ο κεντρικός υπολογιστής, ο υπεύθυνος για την πολιτική της διαχείρισης της κυκλοφορίας του δικτύου.

## **11. Συμπεράσματα**

Οι μηχανισμοί QoS παρέχουν ένα σύνολο εργαλείων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το Network administrator για να διαχειριστεί τη χρήση των πόρων των δικτύων με έναν ελεγχόμενο και αποδοτικό τρόπο.

Αυτοί οι μηχανισμοί περιλαμβάνουν τους μηχανισμούς χειρισμού κυκλοφορίας, τους μηχανισμούς παροχής και διαμόρφωσης. Οι μηχανισμοί χειρισμού κυκλοφορίας περιλαμβάνουν αλγόριθμους αναμονής και ταξινόμησης πακέτων. Αυτοί μπορούν να εφαρμοστούν στο σύνολο της κυκλοφορίας ή στις κυκλοφοριακές ροές ανά-συνομιλία. Οι μηχανισμοί παροχής και διαμόρφωσης μπορούν να είναι από επάνω προς τα κάτω ή μπορεί να σηματοδοτούνται από τον host.

Πολλά πρότυπα έχουν προταθεί και υλοποιούνται προκειμένου να επιτευχθεί η βελτιστοποίηση της ποιότητας εξυπηρέτησης που παρέχεται μέσω των δικτύων. Όμως οι ρυθμοί αύξησης των απαιτήσεων των πελατών για καλύτερες και περισσότερες υπηρεσίες είναι ακόμα μεγαλύτεροι και δεν είναι εύκολο να καλυφθούν. Επίσης θα πρέπει να προσεχθεί, παρά τις όσες προσπάθειες γίνονται, πως οι διαδικασίες προτυποποίησης των διαφόρων τεχνολογιών είναι αρκετά αργές για έναν κλάδο που εξελίσσεται τόσο γρήγορα και έτσι συνήθως τα πρότυπα όταν διατυπωθούν πλήρως έχουν ήδη ξεπεραστεί από τις τρέχουσες εφαρμογές.

## 12. Βιβλιογραφία

### Βιβλία

- Quality of Service in ATM networks  
Natalie Giroux, Sudhakar Ganti
- Qos & traffic Management in IP & ATM Networks  
David McDysan
- QOS IN WIDE AREA NETWORKS  
Uyless Black
- Quality of Service : Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks  
Paul Ferguson, Geoff Huston

### Ιστοσελίδες

- <http://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 IP.
- <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 δίκτυα .
- <http://www.stardust.com/qos/whitepapers/need.htm>  
Introduction to QoS Policies  
Στην διεύθυνση αυτή παρουσιάζονται οι διάφορες πολιτικές QoS με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.
- <http://www.cnl.di.uoa.gr/~agk/course3/QoS%20support.pdf>  
Supporting Packet-Data QoS in Next-Generation Cellular Networks  
*Rajeev Koodli and Mikko Puuskari, Nokia Research Center*
- [http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito\\_doc/qos.htm](http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/qos.htm)  
Site της Cisco που περιέχει πληροφορίες γενικά για το QoS, εργαλεία του QoS και πως αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν
- <http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/wr2k/goppmn/index.shtml>  
Site της Cisco που περιέχει πληροφορίες σχετικά με τη διαχείριση πολιτικών του QoS
- <http://www.techguide.com>  
Σελίδα που περιέχει πολλούς τεχνικούς οδηγούς για διάφορα IT θέματα. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν το εγχειρίδιο QoS in the Enterprise
- <http://www.comsoc.org>  
Διεύθυνση της IEEE Communication Society. Χρησιμοποιήθηκαν πρότυπα της IEEE που αναφέρονται αναλυτικότερα στο κείμενο της εργασίας

- <http://www.qosforum.com>

Από τη διεύθυνση αυτή χρησιμοποιήθηκαν διάφορα papers αλλά και το <http://www.qosforum.com/docs/faq> που περιείχε πληροφορίες για θέματα που προβληματίζουν συχνά σε σχέση με το QoS

- <http://www.zdnet.com/sr/stories/issue/0,4537,387503,00.html>

Το άρθρο "Ready when you are: Measuring Quality of Service" που αναφέρει τι και πώς το μετράμε για να προσδιορίσουμε το QoS

- <http://www.stardust.com/policy/whitepapers/qospol.htm>

Σελίδα που περιγράφει τις πολιτικές και τους αλγορίθμους που αναπτύσσονται για την παροχή QoS σε δίκτυα βασισένα στο IP.

- [www.stardust.com/qos](http://www.stardust.com/qos)

Όλες οι πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα του QoS

- [www.ietf.org](http://www.ietf.org)

Διάφορα RFCs,DRAFTs των ομάδων

QoS Working Group Activities: DIFFSERV, RSVP, ISSLL (Integrated Services over Specific Link Layers), INTSERV (Integrated Services), MPLS

Policy Working Group Activities: POLICY, IPSP (IP Security Policy), RAP (RSVP Admission Policy)

Accounting Working Group Activities AAA (Authentication, Authorization & Accounting)

Telephony Working Group Activities: IPTEL (IP Telephony), MEGACO (Media Gateway Control) SIGTRAN (Signaling Transport),

PIN (PSTN/Internet Notification), PINT (PSTN and Internet Internetworking), AVT Audio/Video Transport, MMUSIC (Multiparty

Multimedia Session Control)

Αναλυτικότερα αναφέρονται μέσα στο κείμενο.