

**ΧΡΗΣΤΟΣ ΣΑΒΒΙΔΗΣ**  
**CHRIS SAVVIDIS**

*εργασία*

**«Ποιότητα υπηρεσίας σε δίκτυα  
ευρείας ζώνης»**

**“Quality of Service in broadband  
networks”**

**Πανεπιστήμιο Μακεδονίας**  
**ΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα**  
**Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων**  
**Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης**

**University of Macedonia**  
**Master Information Systems**  
**Networking Technologies**  
**Professor: A.A. Economides**

# Quality of Service (QoS) in Broadband Networks

Ποιότητα υπηρεσίας σε Δίκτυα  
Ευρείας Ζώνης

# Τι είναι QoS;

Ο όρος QoS αναφέρεται:

- στην πιθανότητα ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο να ανταποκριθεί σε μια σύμβαση κυκλοφορίας (traffic contract)
- στους μηχανισμούς ελέγχου εξασφάλισης πόρων

# Τι είναι QoS;(2)

Το QoS μπορεί να:

- παρέχει διαφορετική προτεραιότητα σε διαφορετικούς χρήστες ή ροές δεδομένων
- εγγυηθεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο απόδοσης για μια ροή δεδομένων σύμφωνα με τις αιτήσεις του προγράμματος εφαρμογής ή την πολιτική του παροχέα υπηρεσιών διαδικτύου

# Τι είναι QoS;(3)

Το QoS περιλαμβάνει όλες τις πτυχές μιας σύνδεσης:

- Ποιότητα
- Αξιοπιστία
- Απώλεια(δεδομένων)

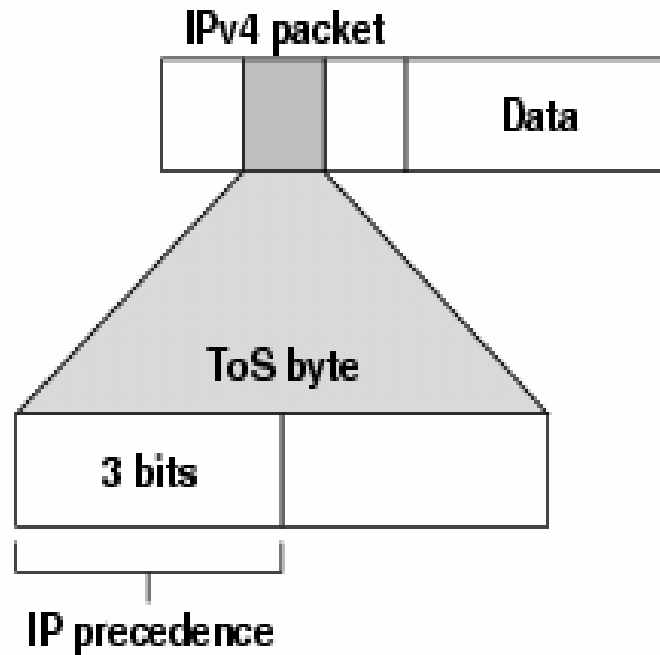
# Εγγυήσεις QoS

Οι εγγυήσεις QoS είναι απαραίτητες όταν οι χωρητικότητες του δικτύου είναι περιορισμένες, ειδικά για πολυμεσικές εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπως η τηλεφωνία μέσω διαδικτύου (VoIP), όπου απαιτείται σταθερός ρυθμός bit και είναι ευαίσθητες στην καθυστέρηση

# Σκοπός ύπαρξης του QoS

- Στα πρώτα στάδια δημιουργίας του Διαδικτύου(Internet), δεν υπήρχε ανάγκη για παροχή QoS. Για αυτό όλο το Internet λειτουργούσε ως ένα δίκτυο βέλτιστης προσπάθειας(best effort)
- Υπήρχαν 4 bits για επιλογή τύπου υπηρεσίας και 3 bits προτεραιότητας στην επικεφαλίδα κάθε πακέτου, αλλά ελάχιστα χρησιμοποιούνταν

# Το πεδίο προτεραιότητας στον IPv4 header





# Σκοπός ύπαρξης του QoS(2)

Πολλά μπορούν να συμβούν στα πακέτα που ταξιδεύουν σε ένα δίκτυο με αποτέλεσμα να προκύπτουν τα εξής προβλήματα

- Απορρίψεις πακέτων
- Καθυστέρηση
- Τρέμουλο (Jitter)
- Παράδοση εκτός σειράς
- Λάθη

# Σκοπός ύπαρξης του QoS(3)

- Οι σύγχρονες εξελίξεις στις εφαρμογές πολυμέσων απαιτούν εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσίας για τις μεταφορές δεδομένων σε πραγματικό χρόνο(real-time)
- Παρατηρείται ότι η διαδικτυακή κίνηση γίνεται όλο και περισσότερο ανομοιογενής. Υπηρεσίες όπως η απλή μεταφορά αρχείων και η τηλεδιάσκεψη έχουν εντελώς διαφορετικές απαιτήσεις σε QoS.

# Σκοπός ύπαρξης του QoS(4)

- Για το λόγο αυτό, δηλαδή των διαφορετικών απαιτήσεων κάθε εφαρμογής έχει ενταθεί η ανάπτυξη αλγορίθμων έξυπνης διαχείρισης πόρων, ώστε να επιτευχθεί αποδοτική αξιοποίηση των διαθέσιμων διαδικτυακών πόρων.

# Εφαρμογές που απαιτούν QoS

- Μια σύμβαση κυκλοφορίας(SLA, Service Level Agreement) προσδιορίζει τις εγγυήσεις για την ικανότητα ενός δικτύου να παρέχει συγκεκριμένα όρια απόδοσης/καθυστέρησης σύμφωνα με από κοινού συμφωνημένο κριτήριο
- Η συμφωνία πραγματοποιείται μεταξύ του τηλεπικοινωνιακού φορέα και του πελάτη, δηλαδή τον χρήστη του δικτύου

# Εφαρμογές που απαιτούν QoS(2)

Παραδείγματα προτεραιότητας υπηρεσίας(QoS)  
για διαφορετικούς τύπους διαδικτυακής κίνησης:

- Η ροή(streaming) πολυμέσων απαιτεί αυξημένο throughput
- Η τηλεφωνία απαιτεί αυστηρά όρια καθυστέρησης και jitter

# Τύποι Κίνησης

- Κίνηση ελέγχου του δικτύου(network control traffic)
- Κίνηση φωνής(voice traffic)
- Κίνηση βίντεο(video traffic)
- Κίνηση ελεγχόμενου φορτίου(controlled load traffic)
- Κίνηση τέλειας προσπάθειας(excellent effort traffic)
- Κίνηση καλύτερης προσπάθειας(best effort traffic)
- Κίνηση υπόβαθρου(background traffic)

# Κλάσεις Κίνησης

- Οι επτά(7) τύποι διαδικτυακής κίνησης αντιστοιχούν σε κλάσεις κίνησης που αλλιώς ονομάζονται και ουρές
- Το πως γίνεται η αντιστοίχιση εξαρτάται από τον αριθμό των διαθέσιμων κλάσεων

# Προτεραιότητα

- Η ταξινόμηση της διακινούμενης πληροφορίας στο δίκτυο μπορεί να γίνει με βάση την προτεραιότητα
- Το πρότυπο 802.1p ορίζει τον τρόπο με τον οποίο καθορίζονται τα bits της προτεραιότητας
- Το ίδιο πρότυπο καθορίζει και τον τρόπο με τον οποίο γίνεται και η αντιστοίχιση των ρυθμίσεων προτεραιότητας με τις κλάσεις κίνησης



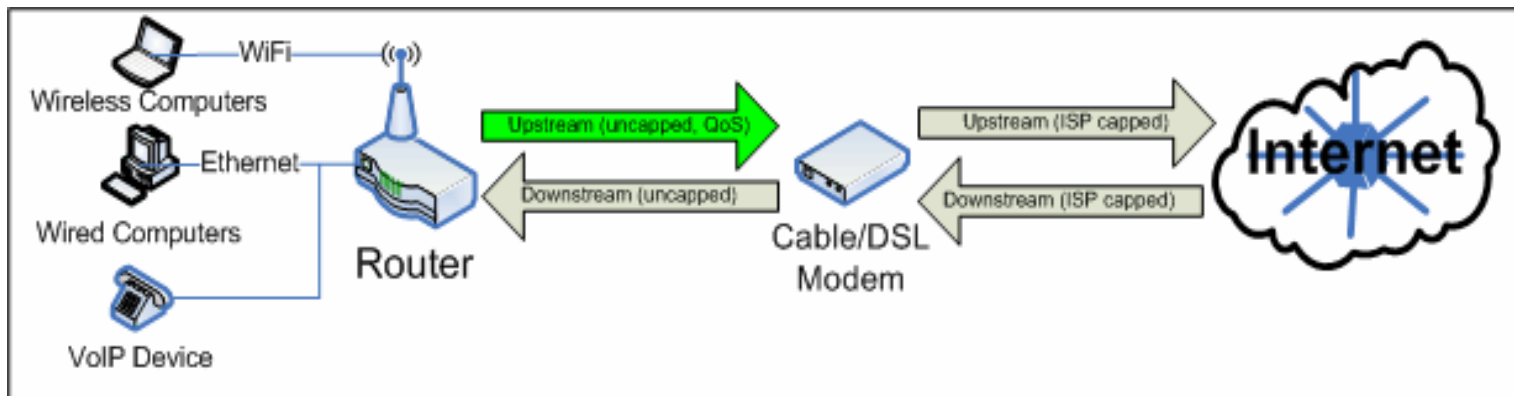
# Παροχή QoS

Υπάρχουν δυο(2) τρόποι παροχής εγγυήσεων για QoS σε δίκτυα Ευρείας ζώνης:

- Παρέχοντας πλήθος πόρων(resources), αρκετών ώστε να ανταποκριθούν στο μέγιστο της απαίτησης, λαμβάνοντας υπόψιν και ένα περιθώριο ασφαλείας
- Απαιτώντας από τους χρήστες να κάνουν κρατήσεις(reservations), τις οποίες θα κάνουν αποδεκτές, μόνο εφόσον οι δρομολογητές είναι σε θέση να τις εξυπηρετήσουν αξιόπιστα

# Που θα πρέπει να υλοποιείται το QoS;

- Θα πρέπει να υλοποιείται από άκρο-σε-άκρο(end-to-end), από την συσκευή πηγής έως την συσκευή προορισμού



# QoS δρομολόγηση

- Αφορά την επιλογή της διαδρομής των πακέτων, η οποία θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις σε QoS μιας σύνδεσης
- Η διαδικασία επιλογής διαδρομής περιλαμβάνει την γνώση των απαιτήσεων της σύνδεσης για QoS και πληροφορίες σχετικά με την διαθεσιμότητα εύρους ζώνης (bandwidth)

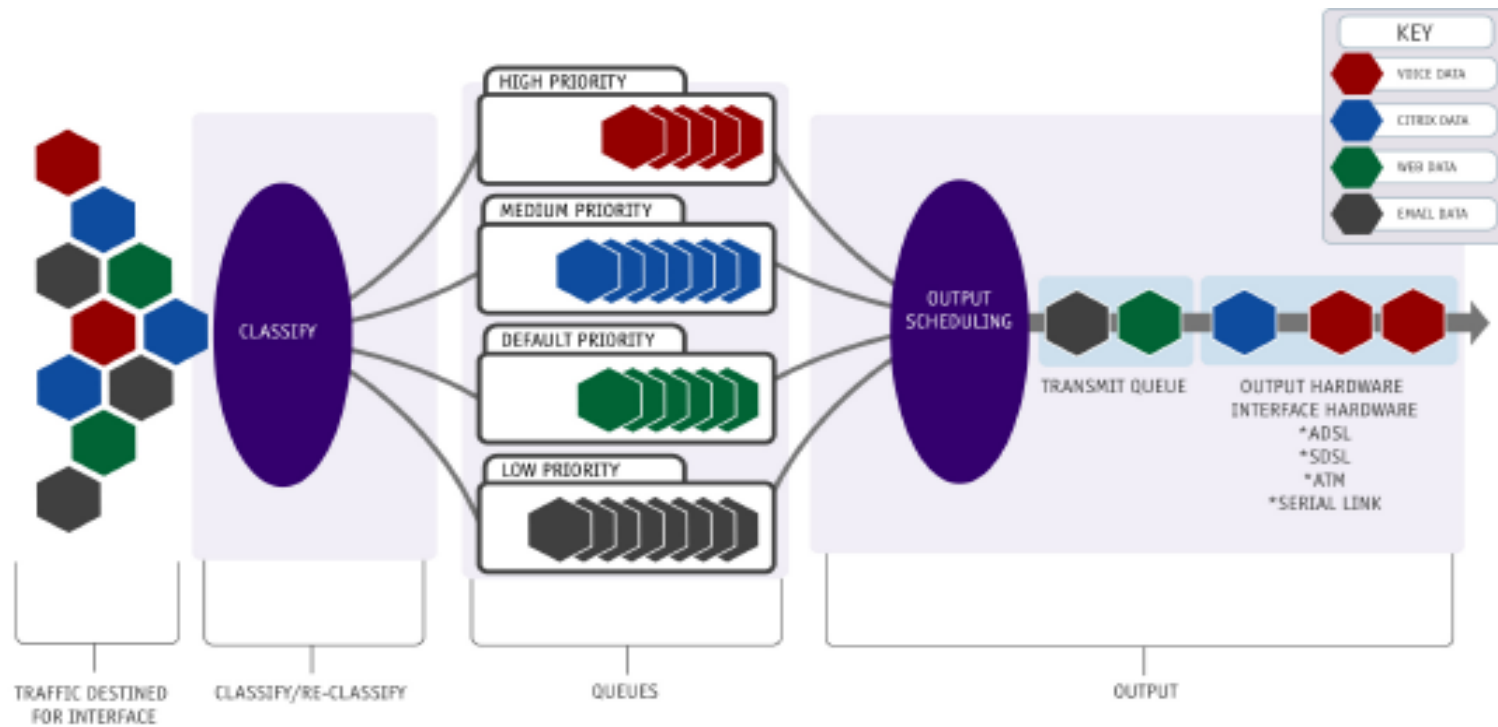
# QoS δρομολόγηση(2)

- Η QoS δρομολόγηση θέτει μεγάλες προκλήσεις όσον αφορά τον σχεδιασμό των αλγορίθμων
- Από την μια, η επιλογή διαδρομής είναι μια σύνθετη εργασία, και από την άλλη, οι αιτήσεις συνδέσεων πρέπει να διαχειριστούν γρήγορα κατά την άφιξή τους

# Κριτήρια για την επιτυχή εφαρμογή QoS

- Προσδιορισμός και κατηγοριοποίηση των εφαρμογών
- Καθορισμός των πολιτικών QoS
- Έλεγχος των πολιτικών QoS
- Υλοποίηση των πολιτικών QoS
- Διαχείριση, καταγραφή και προσαρμογή

# Παράδειγμα παροχής QoS



# Διαχείριση QoS

- Η υποστήριξη QoS σε δίκτυα μεταγωγής πακέτου απαιτεί συνεργασία πολλών συστατικών:
- Έλεγχος εισόδου: περιορίζει τον αριθμό των ροών που εισάγονται στο δίκτυο, ώστε κάθε ανεξάρτητη ροή να λαμβάνει την επιθυμητή QoS
- Χρονοπρογραμματισμός(Scheduling): το ποιο πακέτο μεταδίδεται πρώτο στην ζεύξη εξόδου επηρεάζει σημαντικά τις εγγυήσεις QoS για τις διάφορες ουρές

# Διαχείριση QoS(2)

- Διαχείριση ενδιάμεσης μνήμης(buffer): έλεγχος του μεγέθους της ενδιάμεσης μνήμης και λήψη απόφασης ποια πακέτα θα απορριφθούν
- Έλεγχος συμφόρησης: πρόληψη, διαχείριση και ανάκτηση από σενάρια διαδικτυακής συμφόρησης
- Διαχείριση ουράς



# Διαχείριση Ουράς

- Οι ουρές δεν είναι απείρου μεγέθους, οπότε μπορούν να υπερχειλίσουν
- Τα επιπρόσθετα πακέτα απορρίπτονται, και αυτό ονομάζεται απόρριψη ουράς (tail drop)
- Η απόρριψη αυτή δεν μπορεί να αποφευχθεί ακόμα και αν το πακέτο είναι υψηλής προτεραιότητας

# Διαχείριση Ουράς(2)

- Υπάρχει η ανάγκη ενός μηχανισμού που θα:
- Προσπαθεί να αποτρέψει το γέμισμα της ουράς
- Επιτρέπει κάποια κριτήρια απόρριψης πακέτων χαμηλής προτεραιότητας πριν την απόρριψη πακέτων υψηλής προτεραιότητας
- Ο μηχανισμός *Weighted Random Early Detect*(WRED) τα λαμβάνει και τα δυο(2) παραπάνω υπόψη

# Μηχανισμοί QoS

- Η ποιότητα υπηρεσίας μπορεί να προσφερθεί εξασφαλίζοντας ότι οι εσωτερικές ζεύξεις είναι αρκετά γρηγορότερες από τις ζεύξεις πρόσβασης
- Η προσέγγιση αυτή, είναι απλή και, ίσως, οικονομικά εφικτή για τα δίκτυα ευρείας ζώνης με αναμενόμενα και μικρά κυκλωφοριακά φορτία
- Η απόδοση είναι λογική για πολλές εφαρμογές, κυρίως για αυτές που παρουσιάζουν ανοχές στο υψηλό jitter, όπως οι deeply-buffered λήψεις βίντεο

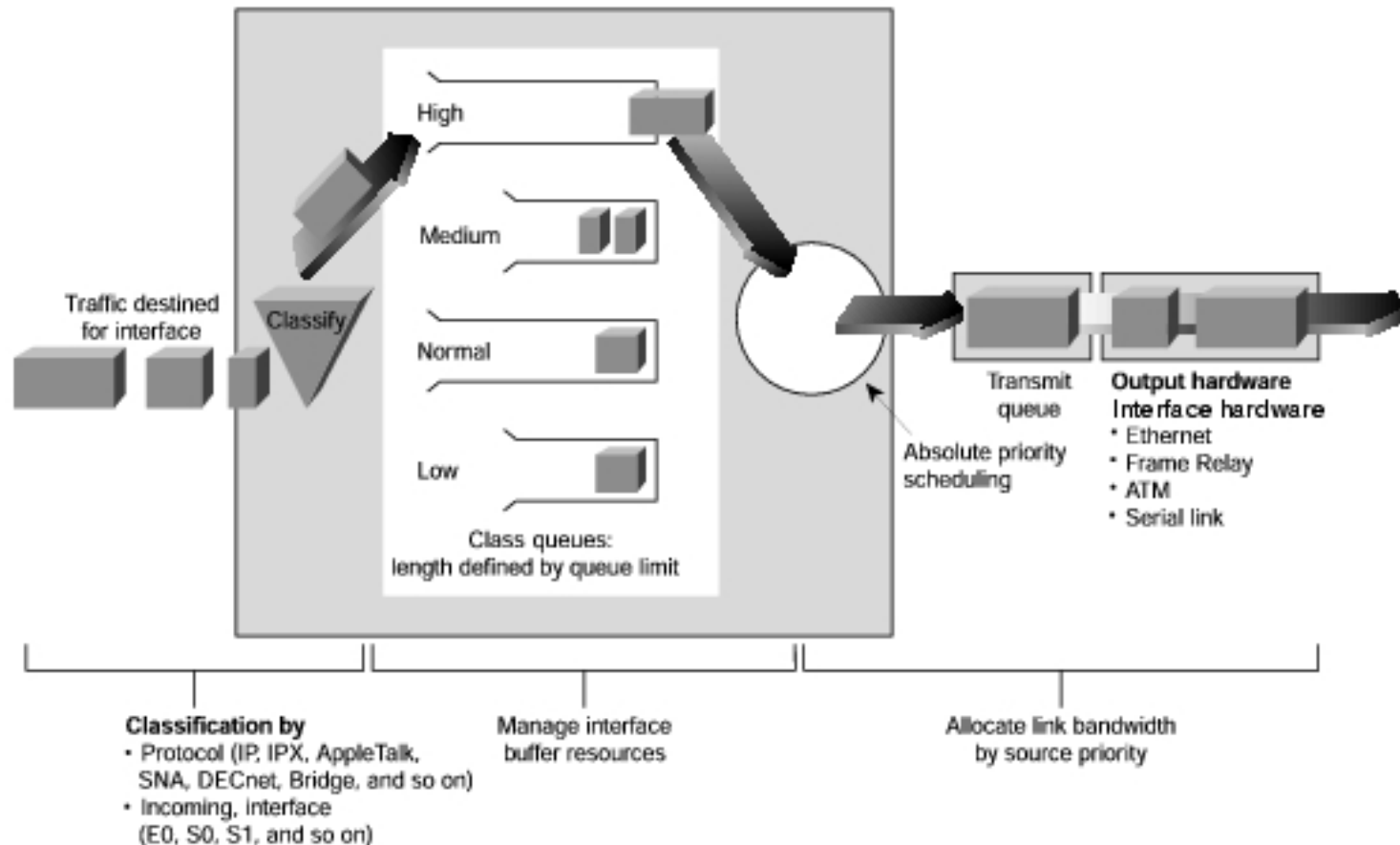
# Αρχιτεκτονικές QoS της IETF

- Προτεραιότητα IP:
  - Πεδίο της επικεφαλίδας του πακέτου που δηλώνει την προτεραιότητα που θα πρέπει να λαμβάνει το πακέτο
- IntServ:
  - Δέσμευση πόρων ανά ροή με την χρήση του RSVP
  - Παρόμοιο με τις εικονικές συνδέσεις του ATM
  - Προβλήματα επεκτασιμότητας(scalability).
- DiffServ:
  - Συγκέντρωση ροών σε ομάδες συμπεριφοράς ανά βήμα(per hop behavior)
  - Επισπευμένη προώθηση(Expedited forwarding) και Εξασφαλισμένη προώθηση(Assured forwarding)

# Αρχιτεκτονικές QoS

- Μια αρχιτεκτονική QoS παρέχει εργαλεία για διαφορετική μεταχείριση των πακέτων
- Έτσι, μια ροή λαμβάνει καλύτερη απόδοση σε βάρος των υπολοίπων

# Προτεραιότητα πακέτων



# Ολοκληρωμένες Υπηρεσίες

- Οι εφαρμογές χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο RSVP (Resource Reservation Protocol) για να αιτηθούν και να δεσμεύσουν πόρους του δικτύου
- Παρόλο που το μοντέλο αυτό λειτουργεί, θεωρήθηκε ότι δεν θα μπορέσει να επεκταθεί με τον ρυθμό ανάπτυξης του Διαδικτύου

# Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες

- Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται επί του παρόντος
- Τα πακέτα σημαδεύονται σύμφωνα με τον τύπο υπηρεσίας που απαιτούν
- Οι δρομολογητές και οι μεταγωγείς με βάση τα «σημάδια» αυτά, αναλαμβάνουν να κατανήσουν τους πόρους σύμφωνα με τις ανάγκες



# Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες(2)

- Οι δρομολογητές που υποστηρίζουν το DiffServ χρησιμοποιούν πολλαπλές ουρές για τα πακέτα που αναμένουν μετάδοση από διεπαφές περιορισμένου εύρους ζώνης
- Στην πράξη, όταν ένα πακέτο πρέπει να προωθηθεί από μια διεπαφή μέσω ουράς, τότε στα πακέτα που απαιτούν μικρό jitter δίνεται προτεραιότητα

# Επιπρόσθετοι μηχανισμοί QoS

- Διαμόρφωση κυκλοφορίας(Traffic shaping)
- Αλγόριθμοι χρονοπρογραμματισμού(Scheduling algorithms)
- Αποφυγή συμφόρησης(Congestion avoidance)

# Διαμόρφωση κυκλωφορίας

- Αλλιώς ονομάζεται, μορφοποίηση κίνησης[1]
- Ρυθμίζει τον μέσο ρυθμό και την καταγιιστικότητα της μετάδοσης δεδομένων [1]
- Μειώνει την συμφόρηση και βοηθά τον τηλεπικοινωνιακό φορέα να κρατήσει την υπόσχεση(SLA) του προς τον πελάτη[1]

# Διαμόρφωση κυκλωφορίας(2)

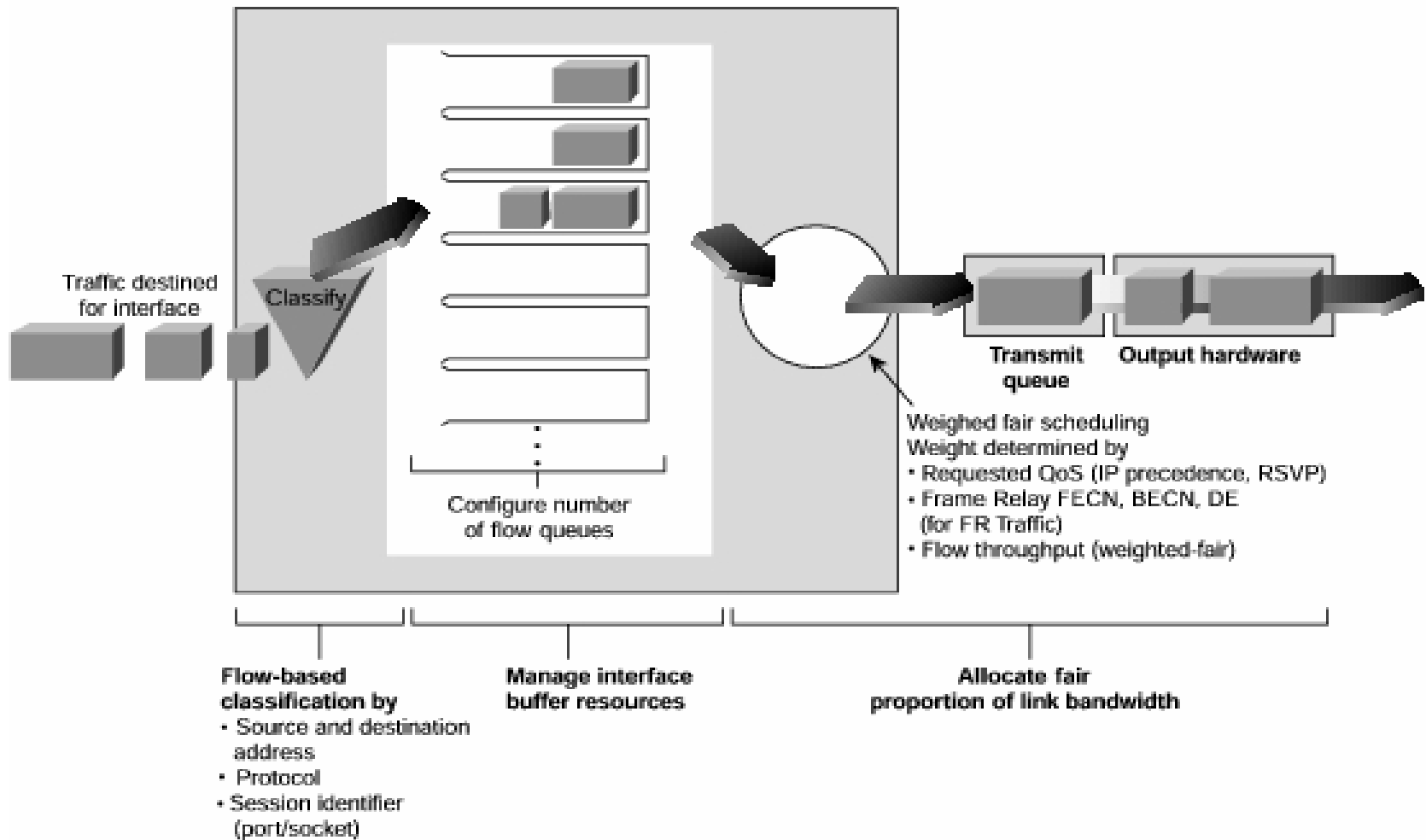
Έχουμε τους εξής αλγόριθμους:

- Κάδου με Σκυτάλη (Token bucket)
- Διαρρέοντος Κάδου (Leaky bucket)
- TCP έλεγχος ρυθμού, όπου τεχνητά προσαρμόζουμε το μέγεθος του TCP παράθυρου και ελέγχουμε τον ρυθμό των επιβεβαιώσεων(ACK) που στέλνονται πίσω στον αποστολέα

# Αλγόριθμοι χρονοπρογραμματισμού

- Weighted fair queuing (WFQ)
- WFQ με βάση τις κλάσεις
- Weighted Round Robin (WRR)
- Deficit Weighted Round Robin

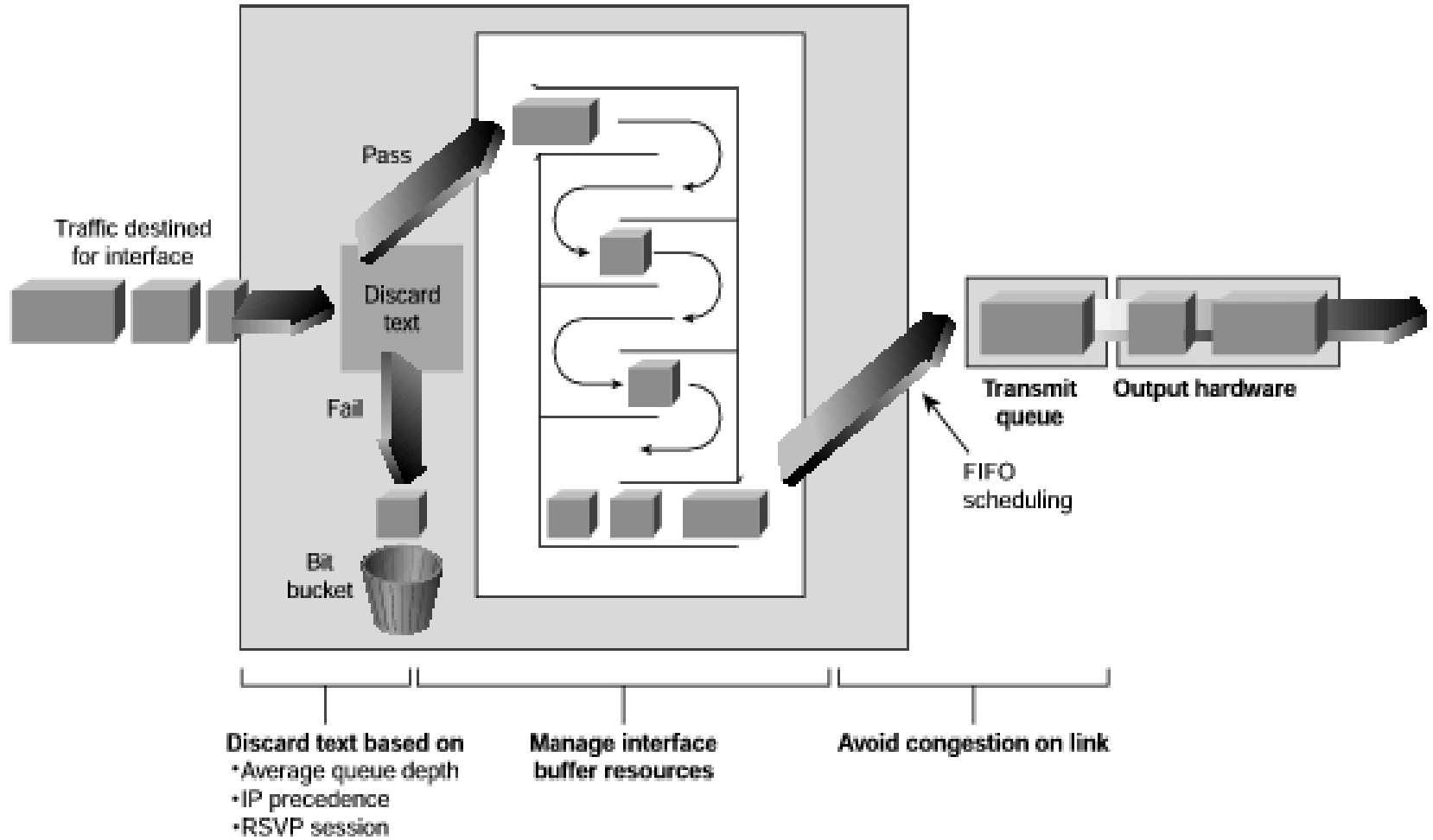
# Παράδειγμα του αλγόριθμου WFQ



# Congestion avoidance

- RED (Random Early Drop), μικραίνει την πιθανότητα απορρίψεων πακέτων από το τέλος της ουράς του buffer της θύρας
- Policing, μαρκάρισμα ή απόρριψη των πακέτων λόγω του υπερβολικού ρυθμού της κυκλοφορίας και του burst size
- Σαφής ειδοποίηση συμφόρησης (Explicit congestion notification)
- Ρύθμιση του buffer (buffer tuning)

# Παράδειγμα του αλγόριθμου RED





# Προβλήματα του QoS

- Internet2

Η ομάδα εργασίας του QoS κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η αύξηση του εύρους ζώνης είναι πιθανόν πιο πρακτική από την υλοποίηση του QoS

# Ασύρματα Δίκτυα(Το μέλλον του QoS)

- Το διαδίκτυο επεκτείνεται στον κόσμο της ασύρματης πραγματικότητας με δίκτυα όπως:
  - WLANs, που βασίζονται στο πρωτόκολλο 802.11 ή αλλιώς Wi-Fi
  - BWAs(Broadband Wireless Access networks), που βασίζονται στο πρωτόκολλο 802.16 ή αλλιώς WiMAX
- Υπάρχει ανάγκη επέκτασης του QoS στην ασύρματη πλευρά

# Βιβλιογραφία

- [1] Tanenbaum, Andrew S.: computer Networks, 3<sup>rd</sup> Edition, Prentice-Hall, Inc.
- [2] Evans, John: Deploying IP and MPLS QoS for Multiservice Networks: Theory and Practice, Clarence Filis (Morgan Kaufmann, 2007, ISBN 0-12-370549-5).
- [3] Franken, Leonard: Quality of Service Management: A Model-Based Approach. PhD thesis, Centre for Telematics and Information Technology, 1996.
- [www.cisco.com](http://www.cisco.com)