

Τεχνολογίες και Λειτουργία της Τηλεπικοινωνιακής Αγοράς

Τεχνολογίες επιπέδων 2-3 και
αρχιτεκτονικές ποιότητας
υπηρεσίας

Περιεχόμενα

- Ασύγχρονος Τρόπος Μεταγωγής (ATM)
- Το Διαδίκτυο & τα πρωτόκολλα TCP/IP
- Η τεχνολογία Ethernet πέραν των τοπικών δικτύων
- Η τεχνολογία MPLS
- Αρχιτεκτονικές Ποιότητας Υπηρεσίας
 - Int-Serv
 - DiffServ

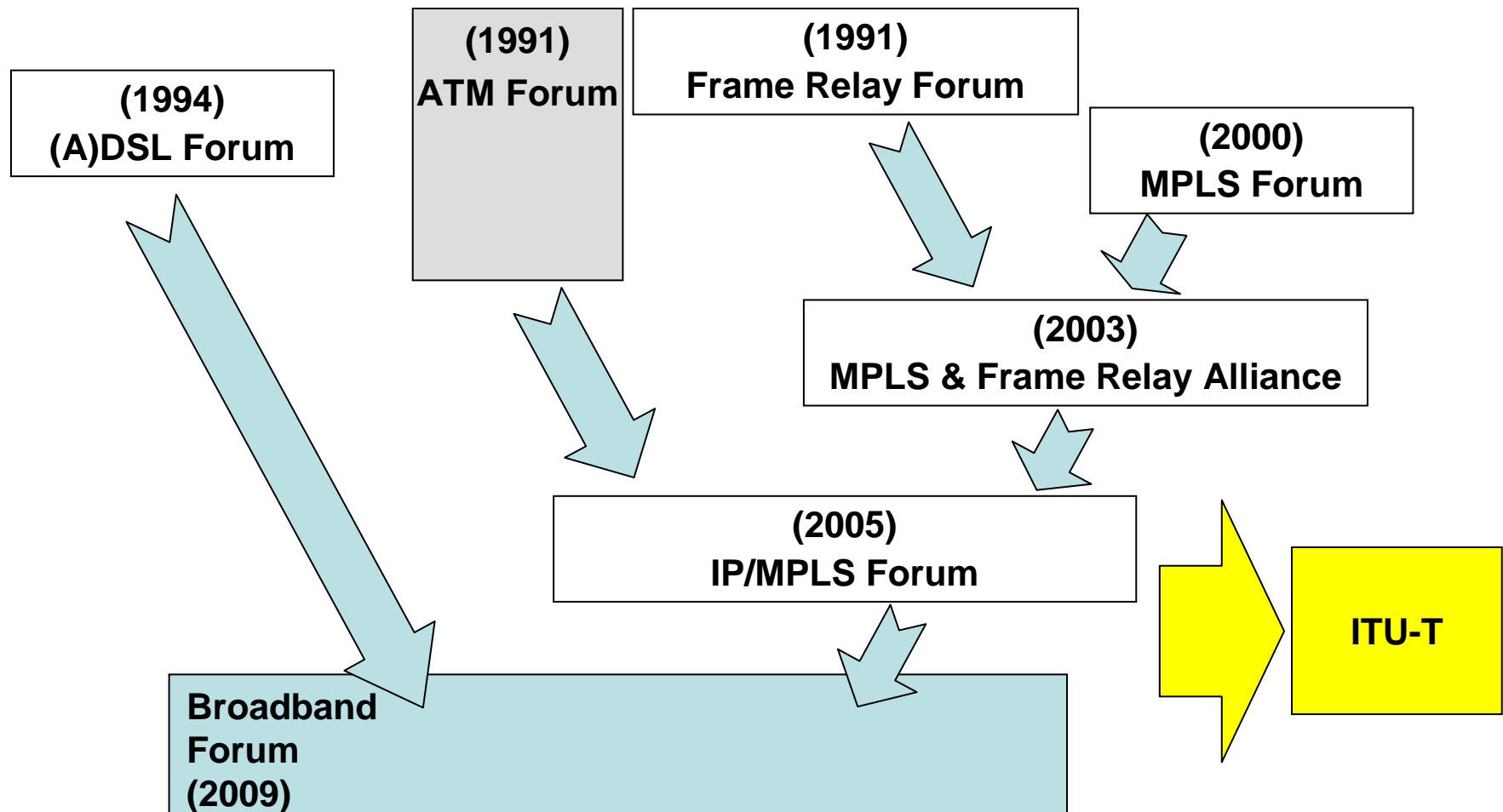
Περιεχόμενα

- Ασύγχρονος Τρόπος Μεταγωγής (ATM)
- Το Διαδίκτυο & τα πρωτόκολλα TCP/IP
- Η τεχνολογία Ethernet πέραν των τοπικών δικτύων
- Η τεχνολογία MPLS
- Αρχιτεκτονικές Ποιότητας Υπηρεσίας
 - Int-Serv
 - DiffServ

Δημιουργία ATM

- Asynchronous Transfer Mode
- Το 1988 η ITU-T (πρώην CCITT) εισήγαγε την ATM τεχνολογία ως το μηχανισμό μεταφοράς για το Broadband ISDN
 - **CCITT Recommendation I.150**
- Αναφέρεται και ως “cell relay”
 - χρησιμοποιεί μικρά πακέτα σταθερού μεγέθους (cells των 53bytes)
- ATM Forum: 80 μέλη το 2004

Εμπλεκόμενοι Φορείς & Ιστορική Εξέλιξη



Στόχοι ATM

- Υποστήριξη υπηρεσιών όπως:
 - Φωνή
 - Πακέτα δεδομένων (SMDS, IP, FR)
 - Video
 - Εφαρμογές εικόνας (imaging)
 - Εξομοίωση κυκλωμάτων (circuit emulation)

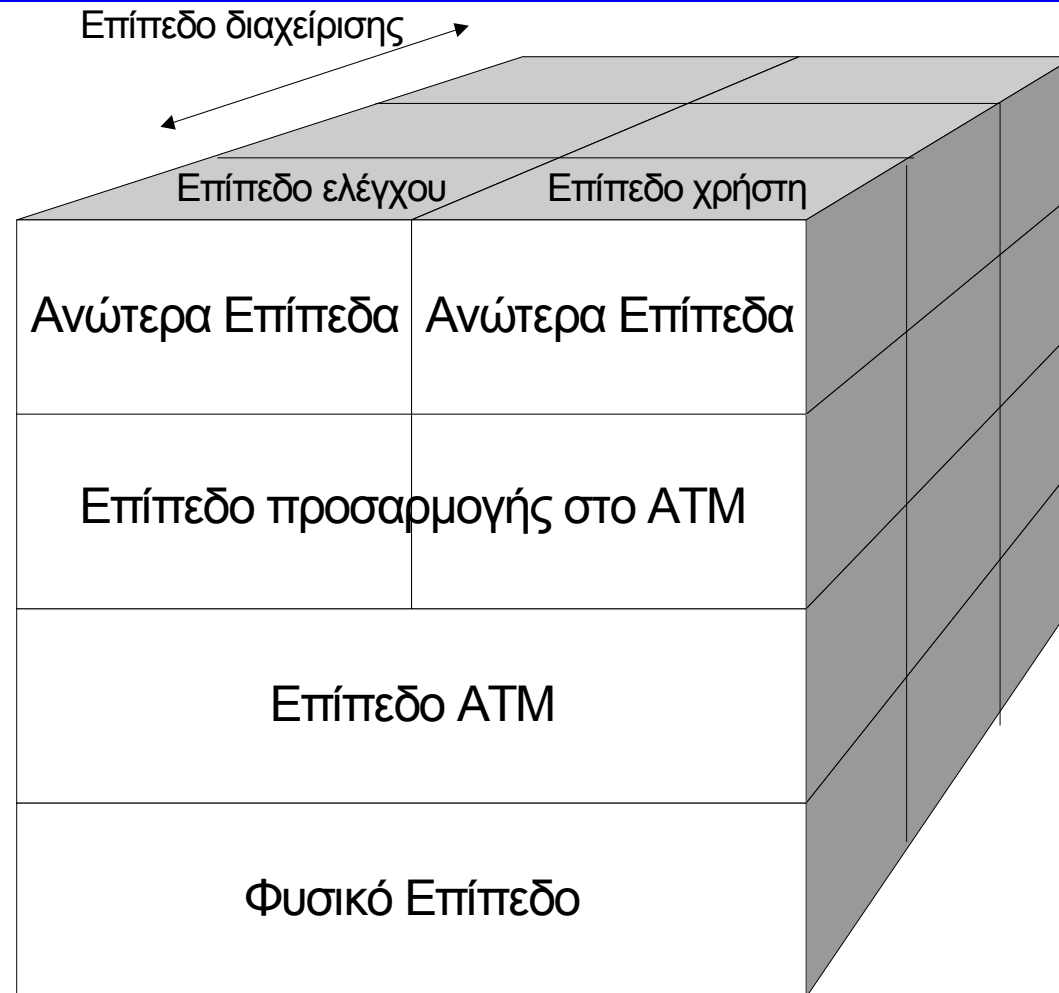
Χαρακτηριστικά ATM

- Συνδυάζει πλεονεκτήματα:
 - μεταγωγής πακέτου
 - πολύπλεξη διάφορων ροών κίνησης από διάφορες πηγές πάνω από συγκεκριμένες φυσικές γραμμές
 - μεταγωγής κυκλώματος
 - γρήγορη επεξεργασία των πακέτων – κυψελίδων (cells), αποδίδοντας τον ρόλο του ελέγχου και διόρθωσης σφαλμάτων στα δύο άκρα επικοινωνίας

Ασύγχρονη – σύγχρονη μετάδοση

- Σύγχρονη μετάδοση: το ψηφιακό σήμα είναι στενά συνδεδεμένο με κάποιου είδους ρολόι
- Τα ασύγχρονα σήματα δεν χρησιμοποιούν ρολόι, αλλά έχουν συνήθως ένα bit έναρξης και λήξης ή κάποια σειρά από bits που καθορίζει μοναδικά πότε αρχίζει και πότε σταματάει ένας χαρακτήρας ή ένα πακέτο
- Ασύγχρονη: πιο αποδοτική δεδομένης μιας σταθερής ροής δεδομένων
 - οι περισσότερες σειριακές επικοινωνίες και όλες πρακτικά οι δικτυακές επικοινωνίες σε ένα LAN
- Σύγχρονη: πιο ευέλικτη και πιο ανθεκτική
 - οι μεταφορές δεδομένων από και προς τον επεξεργαστή καθώς και στις παράλληλες θύρες

Αρχιτεκτονική ATM



Κατακόρυφο Επίπεδο Χρήστη

- Παρέχεται για τη μεταφορά της εφαρμογής του τελικού χρήστη
- Περιλαμβάνει μηχανισμούς που χρειάζονται για την υποστήριξη του χρήστη
 - έλεγχο συμφόρησης
 - επαναφορά από λάθη

Κατακόρυφο Επίπεδο Ελέγχου

- Φροντίζει για την ανταλλαγή πληροφορίας σηματοδοσίας μεταξύ ATM τελικών σημείων ώστε να πραγματοποιηθούν οι ρυθμίσεις για την σύνδεση
- Παρέχει βασικές λειτουργίες για τις υπηρεσίες μεταγωγής
- Μετέχει στις διαδικασίες σηματοδοσίας και δρομολόγησης
- Μοιράζεται με το επίπεδο χρήστη τις διευκολύνσεις που παρέχουν το ATM Επίπεδο και το Φυσικό Επίπεδο

Κατακόρυφο Επίπεδο Διαχείρισης

- Παρέχει τη δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των επιπέδων χρήστη και ελέγχου
- Αποτελείται από δύο επιμέρους τμήματα:
 - Η διαχείριση στρωμάτων περιλαμβάνει πληροφορίες και μηχανισμούς ελέγχου για τα πρωτόκολλα που υπάρχουν σε κάθε ξεχωριστό στρώμα (οριζόντιο επίπεδο)
 - Η διαχείριση των κατακόρυφων επιπέδων περιλαμβάνει διαδικασίες διαχείρισης και συντονισμού που σχετίζονται με τη συνολική λειτουργία του συστήματος

Οριζόντιο Φυσικό Επίπεδο

- Παρέχει πρόσβαση στο φυσικό μέσο με σκοπό τη μεταφορά των ATM κυψελίδων. Αποτελείται από δύο υποεπίπεδα:
 - Υποεπίπεδο Σύγκλησης Μεταφοράς (Transport Convergence – TC)
 - Υποεπίπεδο Φυσικού Μέσου (Physical medium – PM)

Υποεπίπεδο Σύγκλησης Μεταφοράς

- Περιλαμβάνει μηχανισμούς:
 - για την εισαγωγή και την εξαγωγή άχρηστων κυψελίδων
 - για την ανίχνευση λαθών με τη δημιουργία και τον έλεγχο του Header Error Control (HEC)
 - για την ανίχνευση ορίων των κυψελίδων
 - για την προσαρμογή της ροής των κυψελίδων ανάλογα με το είδος του πλαισίου που χρησιμοποιείται στο φυσικό επίπεδο (π.χ. SDH)
 - για την παραγωγή πλαισίων φυσικού επιπέδου στον αποστολέα και εξαγωγής των ATM κυψελίδων από τα πλαίσια φυσικού επιπέδου στον παραλήπτη

Υποεπίπεδο Φυσικού Μέσου

- Αναλαμβάνει:
 - την εισαγωγή και την εξαγωγή της πληροφορίας χρονισμού των bit
 - τη δημιουργία και την λήψη των κυματομορφών
- Αν απαιτείται πραγματοποιεί και τη μετατροπή από ηλεκτρικό σε οπτικό σήμα
 - για ρυθμούς μικρότερους των 155 Mbps αυτό δεν είναι απαραίτητο καθώς το φυσικό μέσο δεν είναι κατ' ανάγκη οπτικό

Οριζόντιο Επίπεδο ATM (1)

- Εκτελεί τις εξής λειτουργίες:
 - Μεταβιβάζει τις εξερχόμενες ATM κυψελίδες από το AAL στο φυσικό επίπεδο ώστε να μεταφερθούν μέσω του δικτύου στο τελικό ATM σημείο προορισμού
 - Μεταβιβάζει τις εισερχόμενες ATM κυψελίδες από το φυσικό επίπεδο στο AAL κάθε φορά που λαμβάνονται κυψελίδες από ένα τελικό ATM σημείο «πηγή»

Οριζόντιο Επίπεδο ΑΤΜ (2)

- Παρέχει λειτουργίες διαχείρισης στη κυκλοφορία των κυψελίδων
- Έχει μηχανισμούς για επαρκή buffering και αντιμετώπισης των κυκλοφοριακών συμφορήσεων

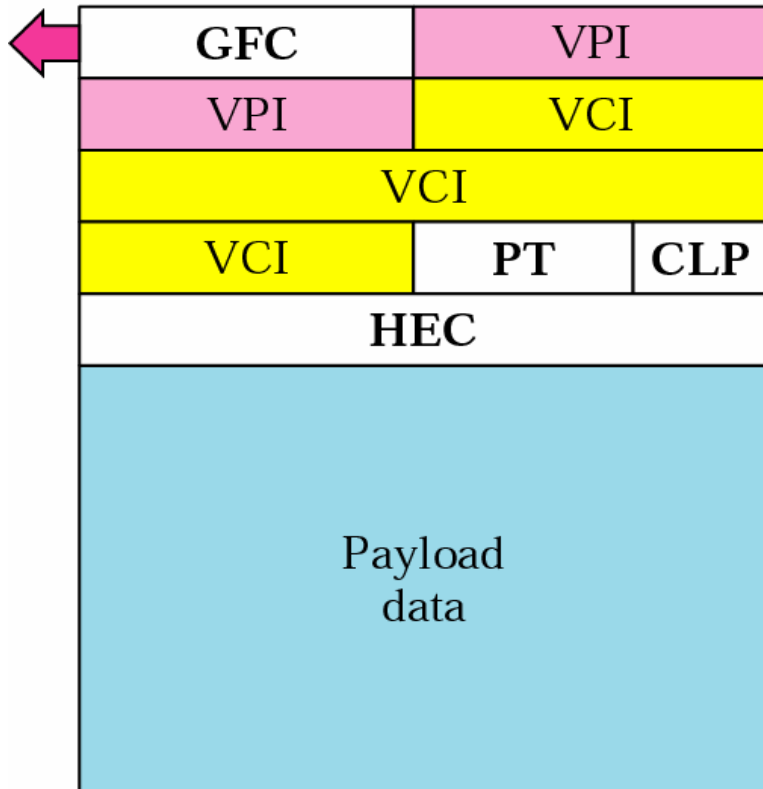
Δομή ATM κυψελίδων (cells)

- Η ATM κυψελίδα αποτελεί το σημαντικότερο δομικό στοιχείο του ATM πρωτοκόλλου, καθώς είναι η βασική μονάδα μεταφοράς πληροφορίας
- Αποτελείται από 53 bytes
 - 48 χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά πληροφορίας του χρήστη
 - 5 bytes αποτελούν την επικεφαλίδα

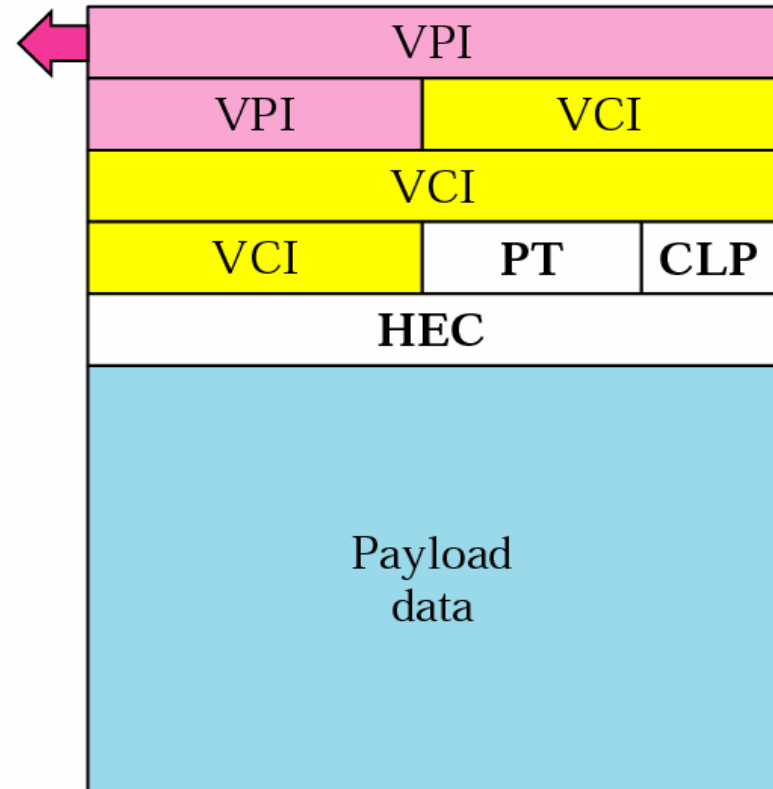
ΑΤΜ Επικεφαλίδα (UNI & NNI περίπτωση)

GFC: Generic flow control
VPI: Virtual path identifier
VCI: Virtual channel identifier

PT: Payload type
CLP: Cell loss priority
HEC: Header error control



UNI Cell



NNI Cell

Πεδία Επικεφαλίδας (II)

- Generic flow control (GFC)
 - Μόνο στη διεπαφή UNI (user-to-network interface)
 - Χρήσιμο μόνο για έλεγχο ροής σε αυτό το τμήμα της σύνδεσης (π.χ. υποστήριξη QoS)
- Virtual path identifier (VPI)
 - αναγνωριστικό δρομολόγησης στο δίκτυο κορμού
- Virtual channel identifier (VCI)
 - αναγνωριστικό δρομολόγησης στο δίκτυο πρόσβασης (προς/από τον χρήστη)
- Payload type (PT)
 - Τύπος δεδομένων που περιέχονται (π.χ. Δεδομένα χρήστη ή για διαχείριση δικτύου -OAM)

Πεδία Επικεφαλίδας (III)

- Cell loss priority (CLP)
 - Διάκριση προτεραιοτήτων ως προς την πιθανότητα απόρριψης (discard policy) για τη διαχείριση των ενταμιευτών των κόμβων (Active Queue Management)
 - 0 → υψηλή προτεραιότητα, να μην απορριφθεί
 - 1 → μπορεί να απορριφθεί, εάν απαιτείται
- Header error control (HEC)
 - error control
 - synchronization

Ρυθμοί Μετάδοσης ATM

- 622.08Mbps
- 155.52Mbps
- 51.84Mbps
- 25.6Mbps

- Δύο μέθοδοι μετάδοσης (φυσικό στρώμα):
 - Raw Cell Transport
 - SDH based physical layer

Raw Cell Transport

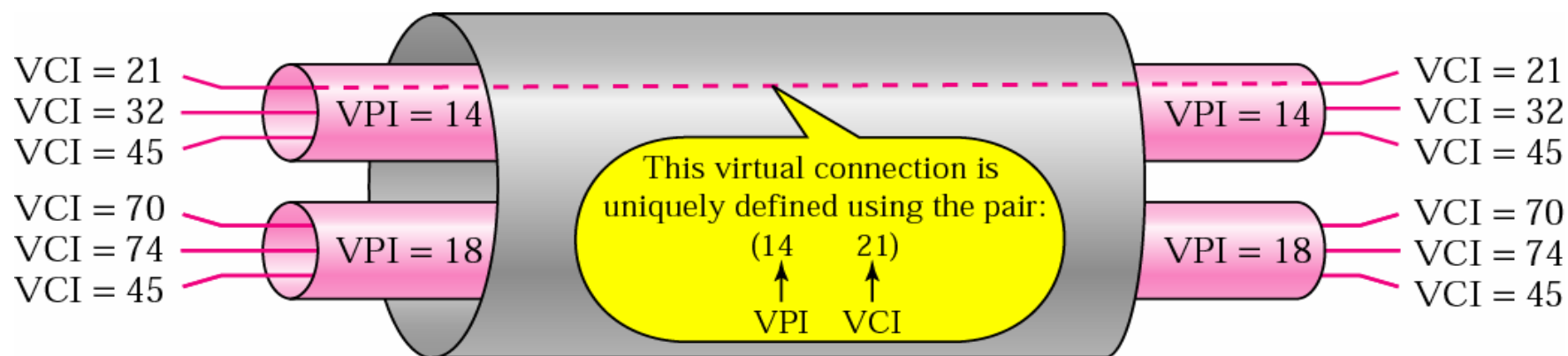
- Δεν εφαρμόζεται άλλου είδους πλαισίωση
- Συνεχής ροή 53 octet cells
- Ευθυγράμμιση πλαισίων (Cell delineation) με χρήση του πεδίου HEC (header error control)

ATM Μεταγωγή

- Οι ATM τεχνικές μεταγωγής βασίζονται στα δύο πεδία που περιέχει η επικεφαλίδα της ATM κυψελίδας
 - VPI (Virtual Path Identifier)
 - VCI (Virtual Channel Identifier)
- Αυτά τα πεδία παρέχουν την απαραίτητη πληροφορία για τη δημιουργία της σύνδεσης και για τη δρομολόγηση δεδομένων έτσι ώστε οι ATM κυψελίδες να μεταφέρονται διαμέσου των κόμβων του δικτύου στο τελικό προορισμό

Τύποι Συνδέσεων

- Κάθε VP χαρακτηρίζεται από την ετικέτα VPI (Virtual Path Identifier)
- Κάθε VC χαρακτηρίζεται από την ετικέτα VCI (Virtual Channel Identifier)
- Ο συνδυασμός VPI/VCI καθορίζει μοναδικά τη διαδρομή μετάδοσης που θα ακολουθήσει η πληροφορία στο δίκτυο



Virtual Channels (VCs) (1)

- Ένα λογικό κύκλωμα που εξασφαλίζει αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ δύο σημείων σε ένα ATM δίκτυο
- Για τον προσδιορισμό του απαιτείται τόσο το VPI όσο και το VCI πεδίο της εισερχόμενης κυψελίδας
 - επειδή οι τιμές του VCI, που χρησιμοποιούνται σε ένα νοητό μονοπάτι, χρησιμοποιούνται και σε άλλα μονοπάτια

Virtual Channels (VCs) (2)

- Κάθε φορά που ένα νοητό κανάλι μετάγεται, αποδίδεται μια συγκεκριμένη τιμή του αναγνωριστικού νοητού καναλιού
 - οι τιμές VPI και VCI στην επικεφαλίδα μιας εισερχόμενης κυψελίδας αλλάζουν σύμφωνα με τον πίνακα μετάφρασης του κόμβου μεταγωγής
- Ένας τέτοιος κόμβος μεταγωγής που λαμβάνει υπόψη του την τιμή του VCI ονομάζεται κόμβος μεταγωγής νοητών καναλιών ή χειριστής νοητών καναλιών (VC handler)

Virtual Paths (VPs)

- Είναι μία δέσμη από νοητά κανάλια η οποία κατευθύνεται σε ένα ATM τελικό σημείο
- Το VP προσδιορίζεται μόνο από το VPI πεδίο της κεφαλής της ATM κυψελίδας
 - το VCI πεδίο αγνοείται
- Νοητά κανάλια που μοιράζονται το ίδιο νοητό μονοπάτι έχουν την ίδια τιμή VPI

Πλεονεκτήματα των VPs

- Ο δικτυακός χρήστης μπορεί να διαχειριστεί κάποιες ATM κυψελίδες με έναν αποκλειστικό τρόπο ανεξάρτητα του παροχέα υπηρεσιών
- Στη περίπτωση που ο χρήστης μεταδίδει πληροφορία προς τον ίδιο προορισμό με την χρήση πολλών VCs, ο φόρτος του δικτύου μπορεί να μειωθεί εάν μεταφέρουμε αυτή την πληροφορία σε μία λογική μετάδοση παρά σε πολλές
 - το VP εξαλείφει το βάρος της μεταγωγής των πολλών VCs
- Δυνατότητα συσσώρευσης των κυψελίδων πολλών χρηστών για μεταφορά στο δίκτυο μέσα από μία φυσική σύνδεση με υψηλό ρυθμό
- Χρήσιμα για μετάδοση πληροφορίας που απαιτεί σταθερή ποιότητα υπηρεσίας καθ' όλη την διάρκεια - απόσταση

Virtual Path Connections (VPCs)

- Δημιουργούνται από τη συνένωση νοητών μονοπατιών (VPs)
- Έχουν άκρα τους:
 - τα σημεία εκείνα που αποτελούν άκρα των VCLs
 - τα σημεία όπου τα νοητά κανάλια (VCs) του μονοπατιού οδηγούνται σε διαφορετικά νοητά μονοπάτια λόγω ύπαρξης μεταγωγέα νοητών καναλιών

Οριζόντιο Επίπεδο Προσαρμογής στο ATM (AAL)

- Είναι υπεύθυνο για την μετατροπή της πληροφορίας που προέρχεται από τον χρήστη σε μια μορφή που είναι αποδεκτή από το ATM επίπεδο
 - μετατροπή της πληροφορίας που έρχεται από τον χρήστη σε 48άδες από bytes που στην συνέχεια θα σχηματίσουν τις ATM κυψελίδες
- Ανίχνευση και την διόρθωση των λαθών μετάδοσης
- Επεξεργασία των κυψελίδων χαμένων, λανθασμένων και με λάθη στην επικεφαλίδα
- Αποστολή και την αξιοποίηση πληροφορίας συγχρονισμού
- Έλεγχος ροής πληροφορίας για την εξασφάλιση της απαιτούμενης ποιότητας υπηρεσίας (QoS)

Κατηγορίες υπηρεσιών ATM

- ✓ Υπηρεσία πραγματικού χρόνου
 - Σταθερός ρυθμός bit (constant bit rate - CBR)
 - Μεταβλητός ρυθμός bit πραγματικού χρόνου [real time variable bit rate (rt-VBR)]
- ✓ Non-real time
 - Μεταβλητός ρυθμός bit μη πραγματικού χρόνου [non real time variable bit rate (nrt-VBR)]
 - Διαθέσιμος ρυθμός bit (available bit rate - ABR)
 - Ακαθόριστος ρυθμός bit (unspecified bit rate - UBR)

Υπηρεσίες πραγματικού χρόνου

- ✓ Η πιο σημαντική διαφορά ανάμεσα στις εφαρμογές αφορά
 - μέγεθος της καθυστέρησης
 - διακύμανση της καθυστέρησης (jitter)

Σταθερός ρυθμός δεδομένων (CBR)

- ✓ Χρησιμοποιείται από εφαρμογές που απαιτούν
 - ένα σταθερό ρυθμό για μετάδοση δεδομένων κατά τη διάρκεια μιας σύνδεσης
 - ένα σχετικά αυστηρό άνω όριο καθυστέρησης μεταφοράς της πληροφορίας
- ✓ Η CBR χρησιμοποιείται συνήθως για ασυμπίεστη πληροφορία βίντεο και ήχου
 - Τηλεσυνδιάσκεψη
 - Διαλογικός ήχος (π.χ. τηλεφωνία)
 - Διανομή ήχου/εικόνας (π.χ. τηλεόραση, εξ αποστάσεως εκπαίδευση, pay-per-view)
 - Ανάκτηση ήχου/εικόνας (π.χ. βίντεο κατά απαίτηση, βιβλιοθήκη ακουστικών αρχείων)

Μεταβλητός ρυθμός δεδομένων rt-VBR

- ✓ Για εφαρμογές ευαίσθητες στο χρόνο
 - Απαιτούν αυστηρά περιορισμένη καθυστέρηση και διακύμανση καθυστέρησης
- ✓ Οι εφαρμογές rt-VBR μεταδίδουν σε ρυθμό που μεταβάλλεται με το χρόνο
- ✓ e.g. Συμπίεση βίντεο σήματος
 - Έχει ως αποτέλεσμα μία ακολουθία από πλαίσια εικόνων διαφορετικών μεγεθών
 - Αρχικά (uncompressed) τα πλαίσια έχουν σταθερό ρυθμό
 - Μετά από συμπίεση ο ρυθμός μετάδοσης ποικίλει
- ✓ Η υπηρεσία rt-VBR δίνει στο δίκτυο μεγαλύτερη ευκαμψία από το CBR
 - Το δίκτυο είναι ικανό να πολυπλέκει στατιστικά έναν αριθμό από συνδέσεις στη ίδια αφιερωμένη χωρητικότητα και ταυτόχρονα να παρέχει την απαιτούμενη υπηρεσία σε κάθε σύνδεση

nrt-VBR

- ✓ Σε κάποιες εφαρμογές μη πραγματικού χρόνου είναι πιθανό να χαρακτηριστεί η αναμενόμενη ροή κίνησης
- ✓ Έτσι το δίκτυο να μπορεί να παρέχει βελτιωμένη ποιότητα υπηρεσίας (QoS) σε περιοχές που παρουσιάζουν απώλειες και καθυστερήσεις
- ✓ Το τερματικό σύστημα καθορίζει:
 - ένα μέγιστο ρυθμό κελιών
 - έναν ανεκτό ή μέσο ρυθμό κελιών
 - ένα κριτήριο κατά πόσο τα κελιά μπορούν να έχουν καταγιγιστικό ρυθμό ή να συσσωρεύονται μαζί
- ✓ π.χ. κρατήσεις αεροπορικών εταιριών, τραπεζικές συναλλαγές

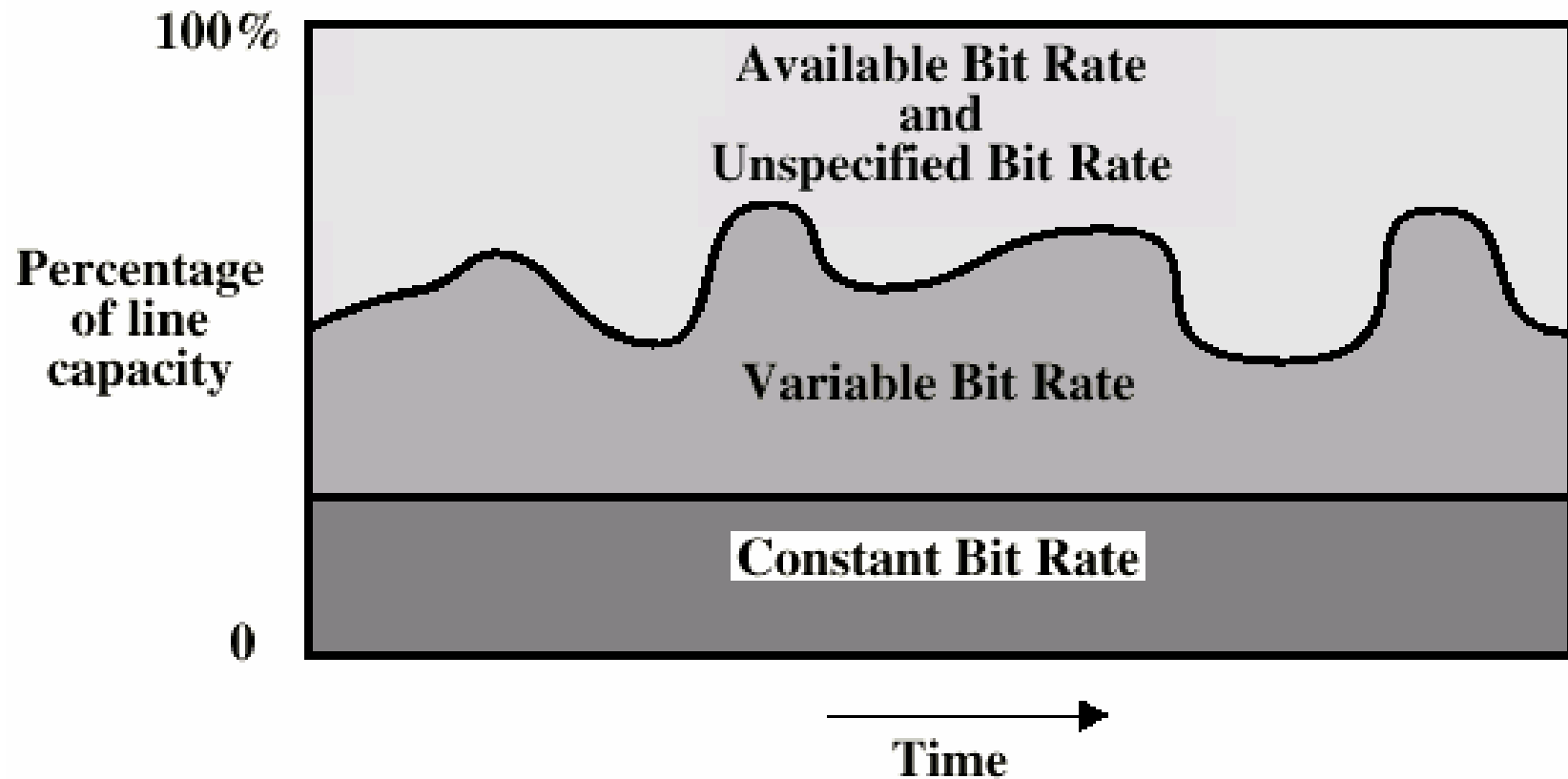
UBR

- ✓ Μία συγκεκριμένη χωρητικότητα ενός ATM δικτύου δίνεται για κίνηση CBR και κίνηση των δύο τύπων VBR.
- ✓ Μπορεί να υπάρχει επιπλέον διαθέσιμη χωρητικότητα είτε για CBR είτε για VBR
 - Δεν έχουν δεσμευθεί όλοι οι πόροι
 - Εξαιτίας της VBR κίνησης, κάποιες στιγμές χρησιμοποιείται λιγότερη από τη δεσμευμένη χωρητικότητα
- ✓ UBR ταιριάζει σε εφαρμογές που μπορούν να ανεχτούν μεταβλητές καθυστερήσεις και κάποιες απώλειες κελιών
 - Π.χ. για κίνηση TCP
- ✓ Τα κελιά προωθούνται με τεχνική FIFO
- ✓ Δεν γίνεται αρχικά κάποια δέσμευση με μία πηγή UBR και δεν παρέχεται καμία ανάδραση η οποία να αφορά στη συμμόρφωση (**Υπηρεσία καλύτερης προσπάθειας - Best effort service**)
- ✓ Παραδείγματα εφαρμογών UBR:
 - Μεταφορά κειμένου/δεδομένων/εικόνας, μηνύματα, διανομή, ανάκτηση
 - Χειρισμός απομακρυσμένου τερματικού (π.χ. telecommuting)

ABR

- ✓ Μία εφαρμογή που χρησιμοποιεί ABR καθορίζει ένα μέγιστο ρυθμό κελιού (PCR) και έναν απαιτούμενο ελάχιστο ρυθμό κελιού (MCR)
- ✓ Το δίκτυο δίνει πόρους έτσι ώστε οι εφαρμογές ABR να λαμβάνουν τουλάχιστον τη χωρητικότητα MCR
- ✓ Κάθε αξιοποιήσιμη χωρητικότητα μοιράζεται με δίκαιο και ελεγχόμενο τρόπο ανάμεσα σε όλες τις πηγές ABR
- ✓ π.χ. Διασύνδεση LAN

ATM Bit Rate Services



Περιεχόμενα

- Ασύγχρονος Τρόπος Μεταγωγής (ATM)
- Το Διαδίκτυο & τα πρωτόκολλα TCP/IP
- Η τεχνολογία Ethernet πέραν των τοπικών δικτύων
- Η τεχνολογία MPLS
- Αρχιτεκτονικές Ποιότητας Υπηρεσίας
 - Int-Serv
 - DiffServ

Όροι διαδικτύωσης (1)

- ✓ Δίκτυο Επικοινωνιών
 - Μία εγκατάσταση που παρέχει υπηρεσία μεταφοράς δεδομένων μεταξύ συνδεδεμένων στο δίκτυο συσκευών
- ✓ Ένα διαδίκτυο (An internet)
 - Μία συλλογή από δίκτυα επικοινωνιών διασυνδεδεμένων με γέφυρες και/ή δρομολογητές
- ✓ Το Διαδίκτυο (The Internet) - note upper case I
 - Η παγκόσμια συλλογή από χιλιάδες ανεξάρτητα δίκτυα και υπολογιστές
- ✓ Ενδοδίκτυο
 - Λειτουργεί εντός ενός οργανισμού για εσωτερικούς σκοπούς και μπορεί να υπάρχει ως ένα απομονωμένο, ανεξάρτητο διαδίκτυο ή μπορεί να συνδέεται με το Διαδίκτυο
 - Ένα ενδοδίκτυο παρέχει τις βασικές εφαρμογές διαδικτύου, ειδικά τον παγκόσμιο ιστό (WWW)

Όροι διαδικτύωσης (2)

- ✓ Τερματικό Σύστημα (End System - ES)
 - Συσκευή συνδεδεμένη σε ένα από τα δίκτυα ενός διαδικτύου
 - Υποστηρίζει εφαρμογές ή υπηρεσίες τερματικού χρήστη
- ✓ Ενδιάμεσο Σύστημα (Intermediate System -IS)
 - Συσκευή που χρησιμοποιείται για να συνδέει δύο δίκτυα
 - Επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ τερματικών συστημάτων συνδεδεμένων σε διαφορετικά δίκτυα

Όροι διαδικτύωσης(3)

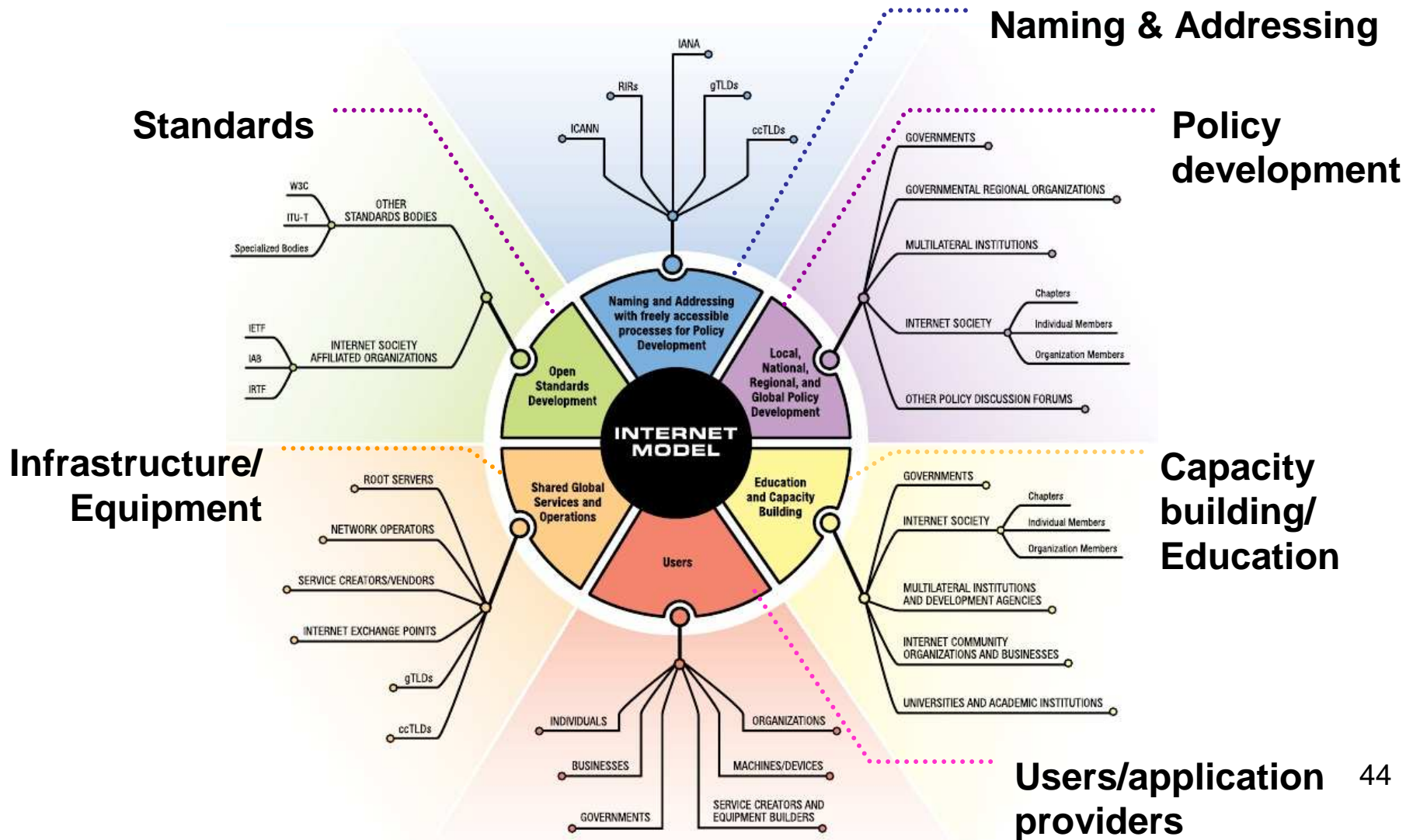
✓ Γέφυρα

- Χρησιμοποιείται για να συνδέει δύο τοπικά δίκτυα που χρησιμοποιούν όμοια πρωτόκολλα LAN
- Ενεργεί ως ένα φίλτρο διευθύνσεων, συλλέγει και περνά τα πακέτα ενός τοπικού δικτύου σε ένα άλλο τοπικό δίκτυο
- Δεν τροποποιεί τα περιεχόμενα των πακέτων και δεν προσθέτει οτιδήποτε στο πακέτο
- Λειτουργεί στο επίπεδο 2 του μοντέλου OSI

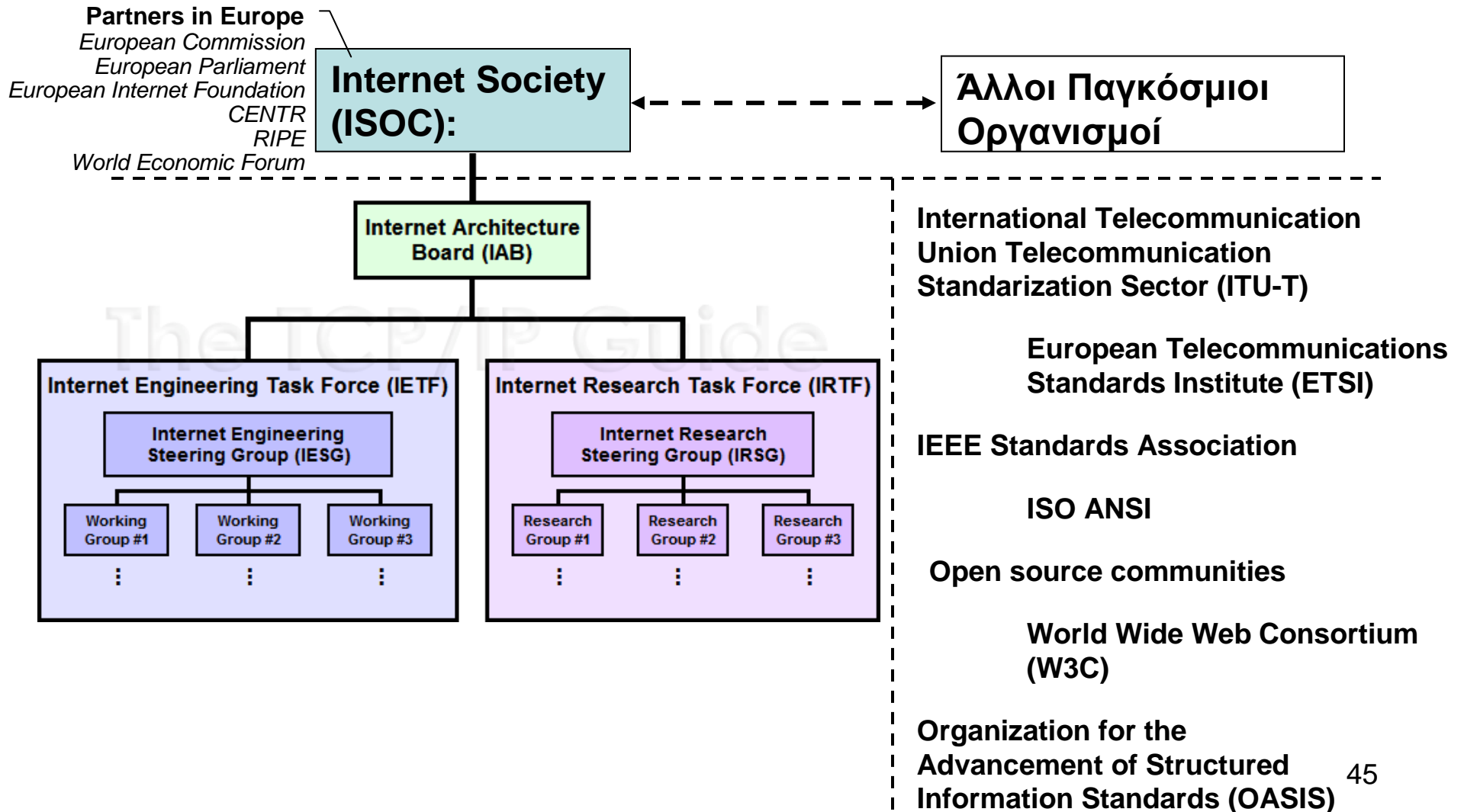
✓ Δρομολογητής

- Χρησιμοποιείται για να συνδέσει δύο τοπικά δίκτυα που μπορεί να είναι ή να μην είναι όμοια
- Χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο διαδικτύου που είναι παρόν σε κάθε δρομολογητή και σε κάθε τερματικό σύστημα του δικτύου
- Λειτουργεί στο επίπεδο 3 του μοντέλου OSI

Το Οικοσύστημα του Διαδικτύου



Οργανισμοί ανάπτυξης προτύπων



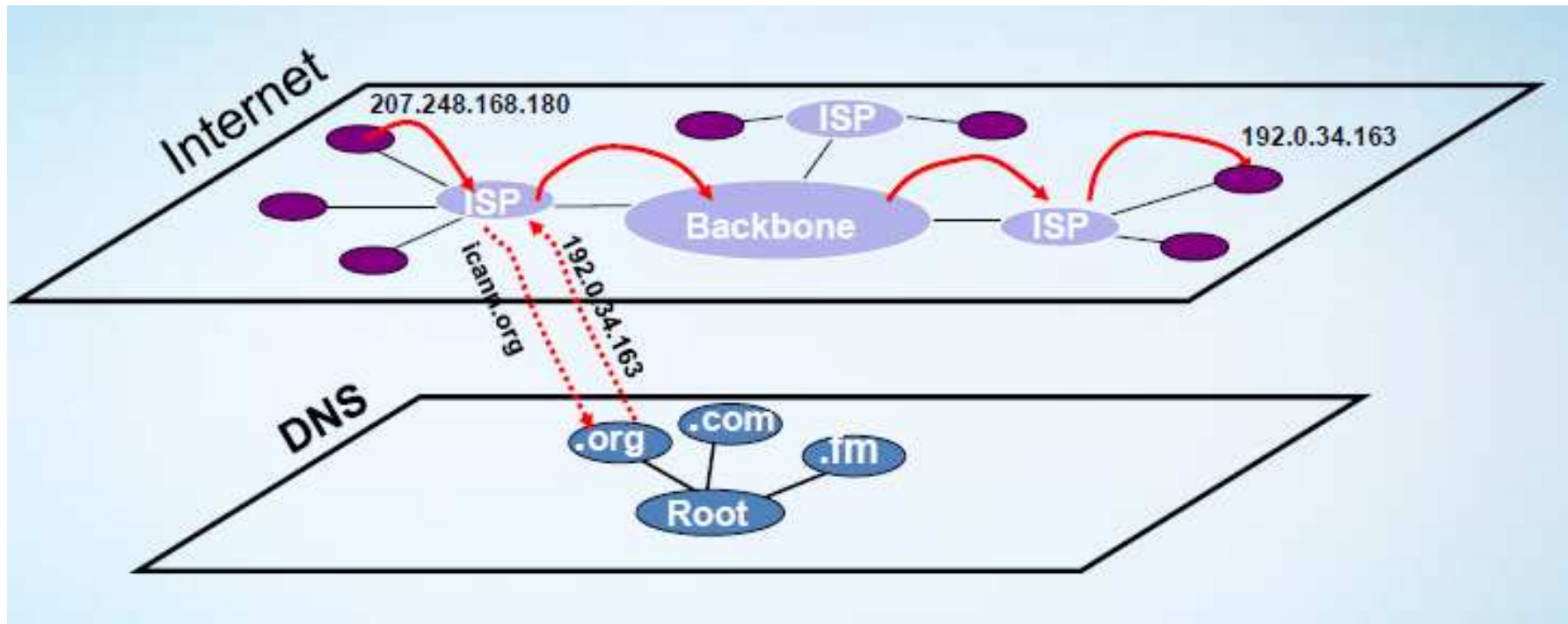
Οργανισμοί ανάπτυξης προτύπων

- **Internet Society (ISOC):** A professional society responsible for general, high-level activities related to the management, development and promotion of the Internet. ISOC has thousands of individual and organizational members that engage in activities such as research, education, public policy development and standardization. It is responsible for providing financial and administrative support to the other organizations listed below. From the standpoint of standards development, ISOC's key role is its responsibility for oversight of the IAB.
- **Internet Architecture Board (IAB):** Formerly the Internet Activities Board, the IAB is charged with overall management of the development of Internet standards. It makes “big picture” policy decisions related to how Internet technologies and structures should work, to ensure that various standardization efforts are coordinated and consistent with overall development of the Internet. It is responsible for publishing [Internet standards \(RFCs\)](#). It advises the ISOC, and oversees the IETF and IRTF; it also acts as an appeals body for complaints about the standardization activities performed by the IETF. The charter of the IAB is described in **RFC 2850**.

Οργανισμοί ανάπτυξης προτύπων

- **Internet Engineering Task Force (IETF):** The IETF focuses on issues related to the development of current Internet and TCP/IP technologies. It is divided into a number of *working groups (WGs)*, each of which is responsible for developing standards and technologies in a particular area, such routing or security. Each area is managed by an *area director (AD)*, who serves on the IESG. The IETF is overseen directly by the IESG and in turn by the IAB; it is described in **RFC 3160**.
 - **Internet Engineering Steering Group (IESG):** The IESG is directly responsible for managing the IETF and the Internet standards development process. It consists of each of the area directors of the IETF, who make final decisions about the approval of proposed standards, and works to resolve any issues that may arise in the standardization process. The IESG is technically considered part of the IETF and is also described in **RFC 3160**.
- **Internet Research Task Force (IRTF):** Where the IETF is focused primarily on short-term development issues, the IRTF is responsible for longer-term research related to the Internet and TCP/IP technologies. It is a much smaller organization than the IETF, consisting of a set of *research groups (RGs)*, which are analogous to the IETF's working groups. The IRTF is overseen by the IRSG and IAB. It is described in **RFC 2014**.
 - **Internet Research Steering Group (IRSG):** The IRSG manages the IRTF in a similar way to how the IESG manages the IETF. It consists of the chairs of each of the IRTF research groups and works with the chair of the whole IRTF to make appropriate decisions on research activities. It is also discussed in **RFC 2014**.

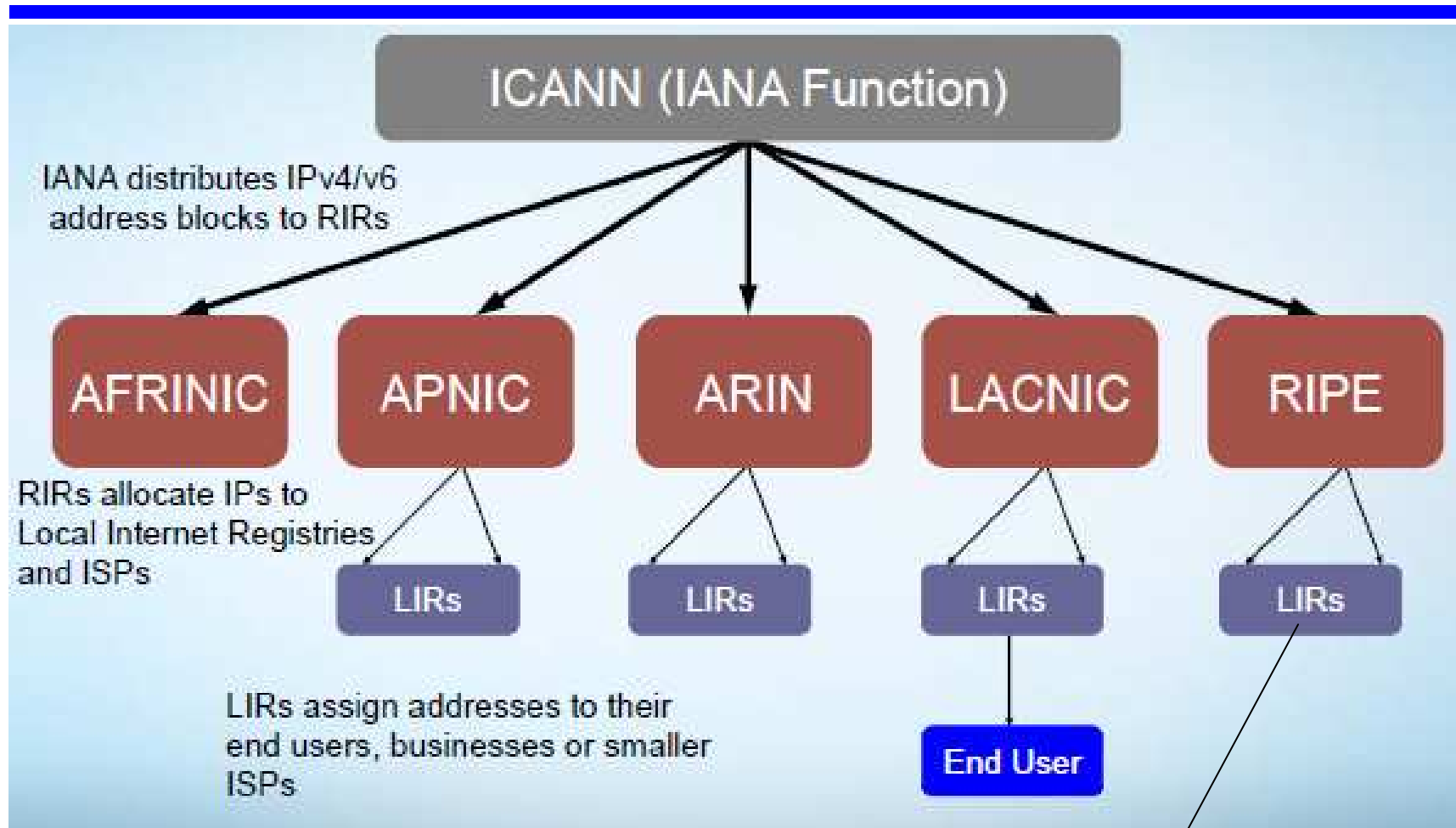
Όνόματα & Διευθύνσεις



Διευθυνσιοδότηση/Αριθμοδότηση

- **County-Code Top-Level Domains (ccTLDs)**
 - operated according to local policies that are normally adapted to the country or territory involved. <http://www.iana.org/domains/root/db>
- **Generic Top-Level Domains (gTLDs)**
 - operate sponsored and unsponsored generic Top-Level Domains according to ICANN policies. <http://www.iana.org/domains/root/db/#>
- **Regional Internet Registries (RIRs)**
 - oversee the allocation and registration of Internet number resources within a particular region of the world. Each RIR is a member of the Number Resource Organization (NRO). RIRs include AfriNIC, the Asia Pacific Network Information Centre (AP-NIC), the American Registry for Internet Numbers (ARIN), the Latin American and Caribbean Internet Addresses Registry (LACNIC) and the RIPE Network Coordination Centre.
<http://www.nro.net>

Διευθυνσιοδότηση/Αριθμοδότηση



Για LIR δραστηριοποιούμενους στην Ελλάδα:
<http://www.ripe.net/membership/indices/GR.html>

Infrastructures/equipment

- **Network Operators/ISPs** Network Operators include companies that provide access to the Internet. Regional Network Operator Groups (NOGs) provide collaboration and consultative opportunities for local operators and among NOGs globally. (e. g. www.eurispa.org)
- **Internet Exchange Points (IXP)** Regional and national IXPs provide physical infrastructure that allows network operators to exchange Internet traffic between their networks by means of mutual peering agreements (e. g. in Europe, <http://www.euro-ix.net/>)
- **Root Servers Operators** DNS root name servers reliably publish the contents of one small file called a root zone file to the Internet. This file is at the apex of a hierarchical distributed database called the Domain Name System (DNS), which is used by almost all Internet applications to translate worldwide unique names like www.isoc.org into other identifiers; the web, e-mail, and other services use the DNS. <http://www.root-servers.org/>
- **Equipment Manufacturers** provide the physical devices necessary to operate/access the Internet, e. g. routers, switches, servers, cables, fibres etc..

Users/applications providers

- **Service Creators/Vendors** Service Creators and Vendors provide software applications and interfaces that utilise the Internet
- **Users** People and organizations that use the Internet or provide services to others via the Internet

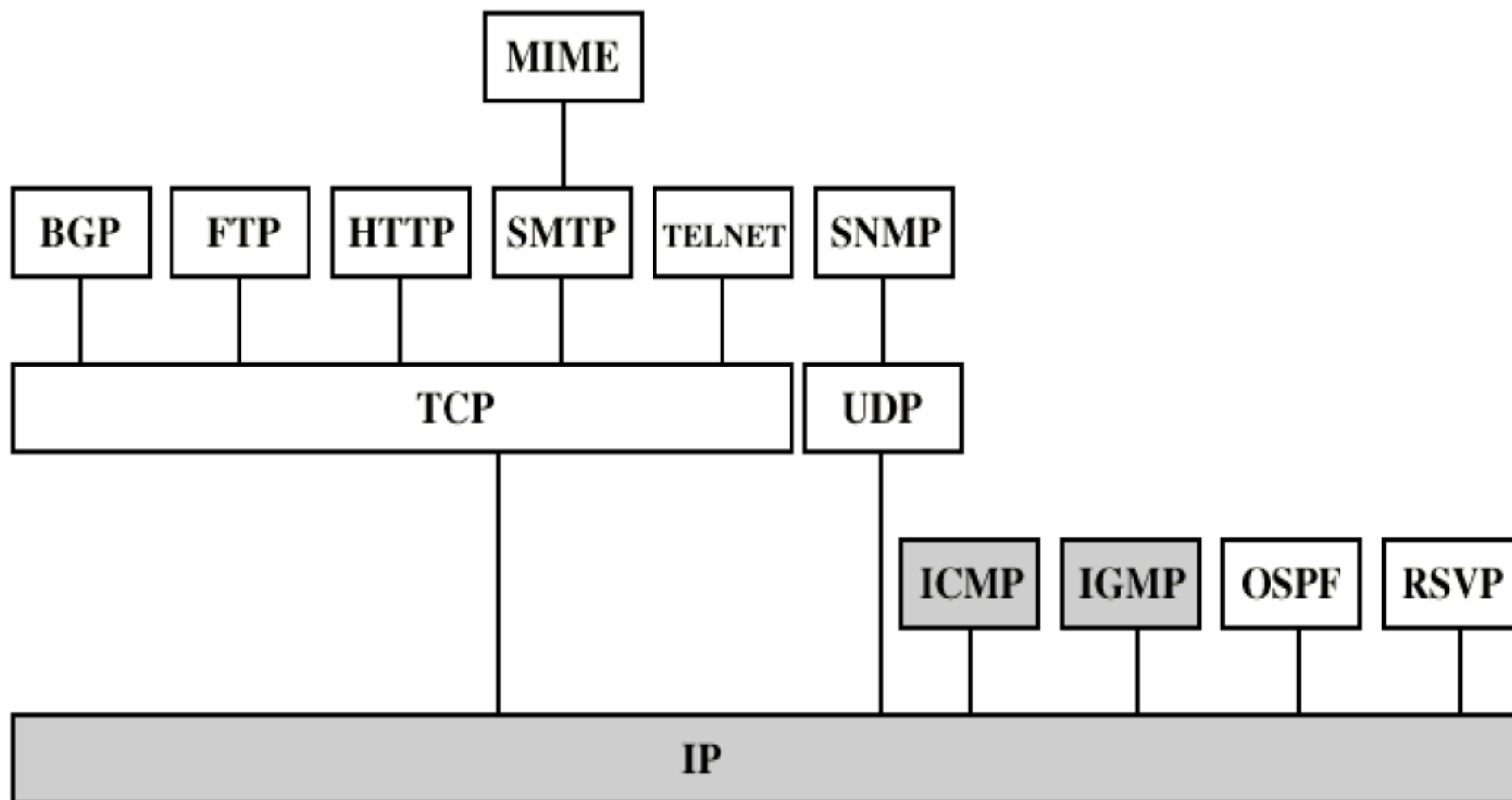
Capacity building/education

- **Universities and Academic Institutions** have critical role in educating students and business people as well as prototyping and demonstrating H/W and S/W solutions that benefit the Internet
- **Multilateral Institutions and Development Agencies** e.g. International Telecommunication Union Development Sector (ITU-D), the United Nations" UNESCO, and the World Intellectual Property Organization (WIPO)
- **Internet Society (ISOC)**
- **Internet Community Organizations and Businesses.** Many Internet organizations and businesses encourage, train, and invest in Internet education and capacity building. Organizations include, but are not limited to, the RIRs, regional and national network operators, and the Network Startup Resource Centre (NSRC), as well as vendors such as Alcatel-Lucent, Cisco, IBM, and Microsoft.

Policy development

- **Governments:** federal, state and local governments and their regulators have roles in setting policies on issues from Internet deployment to Internet usage.
- **Governmental Regional Organizations:** include, but are not limited to, the African Union, the Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC), the Caribbean Telecommunication Union (CTU), the Commonwealth of Nations, the European Union (EU), and the Inter-American Telecommunication Commission (CITEL).
- **Multilateral Institutions and Development Agencies:** include organizations that have multiple countries working in concert on Internet issues for policy development, education and capacity building. Organizations include, but are not limited to, the International Telecommunication Union Development Sector (ITU-D), the UN's UNESCO, and the World Intellectual Property Organization (WIPO)
- **IG Policy Discussion Forums** like the Internet Governance Forum (IGF) and the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Organisations include also national consultative forums, industry associations, and civil society organizations.
- **ICANN/IANA/RIRs**
- **Internet Society (ISOC)**

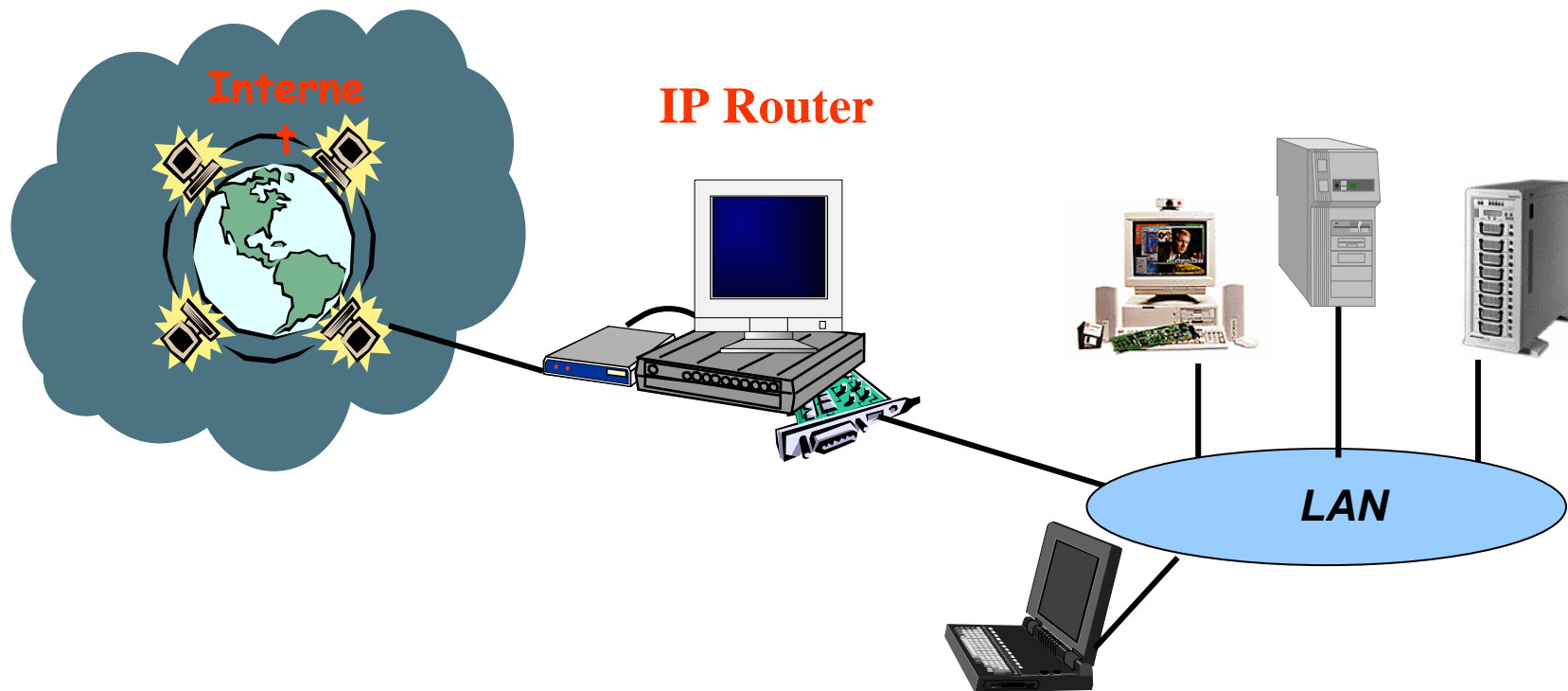
Πρωτόκολλα διαδικτύωσης



Συνδέοντας έναν υπολογιστή στο διαδύκτιο

- Τί χρειάζεται:
 - Ένα φυσικό κανάλι και αντίστοιχοι προσαρμογείς δικτύου (Physical layer-PHY, Data Link layer-DLL)
 - Μία μηχανή υλοποίησης της στοίβας πρωτοκόλλων του IP (συνήθως υλοποιούνται από το λειτουργικό σύστημα για μεγαλύτερη απόδοση)
 - Οι εφαρμογές

Σύνδεση μέσω τοπικού δικτύου (LAN)



PC: Ποιον «αριθμό» πρέπει να καλέσω;

- Σύνδεση μέσω τηλεφωνικού δικτύου: τον αριθμό τηλεφωνικής κλήσης στον οποίο απαντάει το modem του παροχέα υπηρεσιών
- Τοπικό δίκτυο: τη MAC διεύθυνση του τερματικού/αποδέκτη (πρωτόκολλο ARP).
- Ψηφιακά δίκτυα μεταγωγής πακέτου/κυκλώματος: τον αριθμό σύνδεσης που ανατίθεται στο νοητό κύκλωμα (ανατίθεται είτε με μη αυτοματοποιημένες διαδικασίες ρυθμίσεων, είτε δυναμικά μέσω πρωτοκόλλων σηματοδότησης)

Απαιτήσεις διαδικτύωσης (συνολικά)

- ✓ Παροχή μίας ζεύξης μεταξύ δικτύων
 - Κατ' ελάχιστον, απαιτείται μία φυσική σύνδεση και μία σύνδεση ελέγχου ζεύξης
- ✓ Εξασφάλιση δρομολόγησης και παράδοσης δεδομένων μεταξύ διαδικασιών/εφαρμογών διαφορετικών δικτύων
- ✓ Παροχή μίας λογιστικής υπηρεσίας που παρακολουθεί τη χρήση των διαφόρων δικτύων και δρομολογητών και διατηρεί πληροφορίες κατάστασης
- ✓ Παροχή υπηρεσιών κατά τέτοιο τρόπο που να μην απαιτούνται τροποποιήσεις στην αρχιτεκτονική δικτύωσης σε οποιαδήποτε από τα συνιστούντα δίκτυα

Τα ζητήματα που πρέπει να επιλύσει η διαδικτύωση

- ✓ Διαφορετικά σχήματα διευθυνσιοδότησης
- ✓ Διαφορετικό μέγιστο μέγεθος πακέτου
- ✓ Διαφορετικοί μηχανισμοί πρόσβασης δικτύου
- ✓ Διαφορετικοί χρόνοι λήξης
- ✓ Ανάκτηση σφαλμάτων
- ✓ Αναφορά κατάστασης
- ✓ Τεχνικές δρομολόγησης
- ✓ Έλεγχος πρόσβασης χρήστη
- ✓ Με σύνδεση, χωρίς σύνδεση

Υπηρεσία χωρίς σύνδεση (I)

- ✓ Αντιστοιχεί στο μηχανισμό αυτόνομων πακέτων (datagrams) ενός δικτύου μεταγωγής πακέτου
- ✓ Κάθε μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου δικτύου (NPDU) επεξεργάζεται ανεξάρτητα
- ✓ Όλες οι τερματικές συσκευές δεδομένων και όλοι οι δρομολογητές μοιράζονται ένα κοινό πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου
 - Γνωστό ως πρωτόκολλο διαδικτύου
- ✓ Πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP)
 - Αναπτύχθηκε αρχικά για το ARPANET
 - Δημοσιεύτηκε ως RFC 791 και έχει γίνει το πρότυπο Διαδικτύου
- ✓ Κάτω από το πρωτόκολλο διαδικτύου απαιτείται ένα άλλο πρωτόκολλο για πρόσβαση σε ένα συγκεκριμένο δίκτυο

Υπηρεσία χωρίς σύνδεση (II)

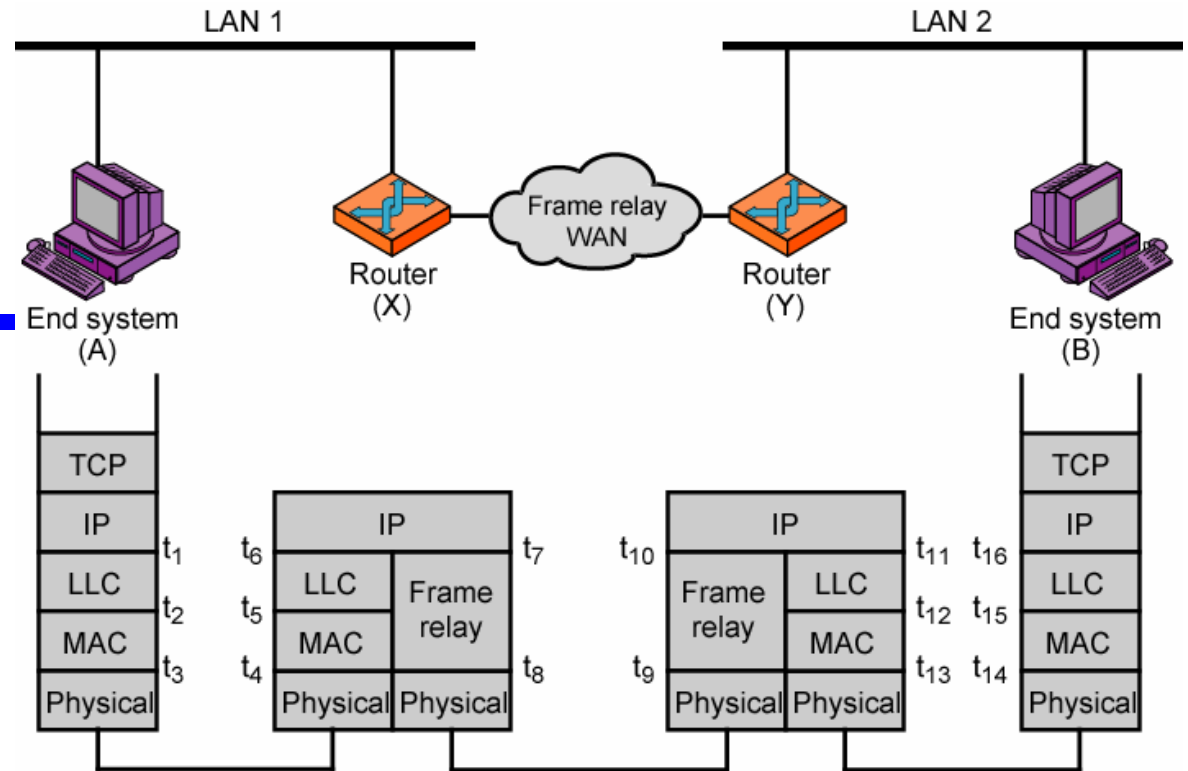
✓ Πλεονεκτήματα

- Ευελιξία
- Ευρωστία
- Δεν επιβάλλει περιττή επιβάρυνση (overhead)

✓ Μη αξιόπιστη

- Δεν εγγυάται παράδοση των δεδομένων
- Δεν εγγυάται παράδοση των δεδομένων στη σωστή σειρά
 - Τα πακέτα μπορεί να ακολουθήσουν διαφορετικούς δρόμους
- Η αξιοπιστία (για ανάρρωση από οποιαδήποτε σφάλματα που συμβαίνουν) είναι ευθύνη του επόμενου ανώτερου στρώματος (π.χ., TCP)

Η λειτουργία του IP



$t_1, t_6, t_7, t_{10}, t_{11}, t_{16}$



t_2, t_5



t_3, t_4



t_8, t_9



t_{12}, t_{15}



t_{13}, t_{14}



TCP-H = TCP header
 IP-H = IP header
 LLCi-H = LLC header
 MACi-H = MAC header

MACi-T = MAC trailer
 FR-H = Frame relay header
 FR-T = Frame relay trailer

Ζητήματα σχεδίασης

- ✓ Δρομολόγηση
- ✓ Διάρκεια ζωής αυτόνομου πακέτου
- ✓ Τεμαχισμός και επανασυναρμολόγηση
- ✓ Έλεγχος σφαλμάτων
- ✓ Έλεγχος ροής

Δρομολόγηση

- ✓ Κάθε τερματικό σύστημα και δρομολογητής διατηρεί έναν πίνακα δρομολόγησης
 - Καταγράφει τον επόμενο δρομολογητή στον οποίο πρέπει να αποσταλεί το αυτόνομο πακέτο διαδικτύου
 - Στατικός
 - Μπορεί να περιέχει εναλλακτικές διαδρομές
 - Δυναμικός
 - Ευέλικτος σε απόκριση τόσο σε συνθήκες σφαλμάτων όσο και συμφόρησης
- ✓ Δρομολόγηση πηγής
 - Η πηγή καθορίζει τη διαδρομή περιλαμβάνοντας ένα διαδοχικό κατάλογο δρομολογητών μέσα στο αυτόνομο πακέτο
 - Ασφαλεία
 - Προτεραιότητα
- ✓ Καταγραφή διαδρομής
 - Αυτό το χαρακτηριστικό είναι χρήσιμο για σκοπούς δοκιμών και έρευνας σφαλμάτων

Διάρκεια ζωής αυτόνομου πακέτου

- ✓ Ένα αυτόνομο πακέτο μπορεί να κινείται κυκλικά επ' αόριστον μέσα στο διαδίκτυο
 - Καταναλώνει πόρους
 - Ένα πρωτόκολλο μεταφοράς (κεφ. 17) μπορεί να εξαρτάται από την ύπαρξη ενός ανώτερου ορίου διάρκειας ζωής του αυτόνομου πακέτου
- ✓ Κάθε αυτόνομο πακέτο μαρκάρεται με μία διάρκεια ζωής
 - Time To Live (TTL) πεδίο του IP
 - Μόλις λήξει η διάρκεια ζωής, το αυτόνομο πακέτο απορρίπτεται
 - Μετρητής αλμάτων
 - Κάθε φορά που ένα αυτόνομο πακέτο διέρχεται από ένα δρομολογητή, ο μετρητής μειώνεται
 - Πραγματική μέτρηση του χρόνου
 - Οι δρομολογητές πρέπει να ξέρουν πόση ώρα έχει περάσει από τότε που το αυτόνομο πακέτο διήλθε τελευταία από το δρομολογητή

Έλεγχος λαθών

- ✓ Η εγκατάσταση διαδικτύωσης δεν εγγυάται την επιτυχή παράδοση του κάθε αυτόνομου πακέτου
- ✓ ο δρομολογητής θα πρέπει να ενημερώσει την πηγή εάν ένα αυτόνομο πακέτο απορριφθεί
 - π.χ. Όταν το TTL λήξει
- ✓ Η πηγή μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτήν την πληροφορία για να τροποποιήσει τη στρατηγική μετάδοσής
- ✓ Μπορεί να ενημερώσει ανώτερα στρώματα
- ✓ Για να αναφερθεί πως ένα συγκεκριμένο αυτόνομο πακέτο έχει απορριφθεί, απαιτούνται κάποια μέσα αναγνώρισης αυτόνομου πακέτου

Έλεγχος ροής

- ✓ Επιτρέπει στους δρομολογητές και/ή στους σταθμούς λήψης να περιορίσουν το ρυθμό στον οποίο λαμβάνουν δεδομένα
- ✓ Για τη χωρίς σύνδεση υπηρεσία οι μηχανισμοί ελέγχου ροής είναι περιορισμένοι
- ✓ Στέλνονται πακέτα ελέγχου ροής
 - Ζητούν μείωση της ροής δεδομένων
- ✓ π.χ. ICMP

Υπηρεσίες IP

✓ Πρωτογενείς

- Καθορίζουν τις λειτουργίες που θα εκτελεστούν
- Η ακριβής μορφή μίας πρωτογενούς λειτουργίας εξαρτάται από την υλοποίηση
 - π.χ. υπορουτίνα κλήσης
- Η πρωτογενής λειτουργία Αποστολή
 - Χρησιμοποιείται για να αιτηθεί τη μετάδοση μίας μονάδας δεδομένων
- Η πρωτογενής λειτουργία Παράδοση
 - χρησιμοποιείται από το IP για να ενημερώσει ένα χρήστη για την άφιξη μίας μονάδας δεδομένων

✓ Παράμετροι

- Σχετίζονται με τις δύο πρωτογενείς λειτουργίες
- Χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά πληροφορίας χρήστη και πληροφορίας ελέγχου

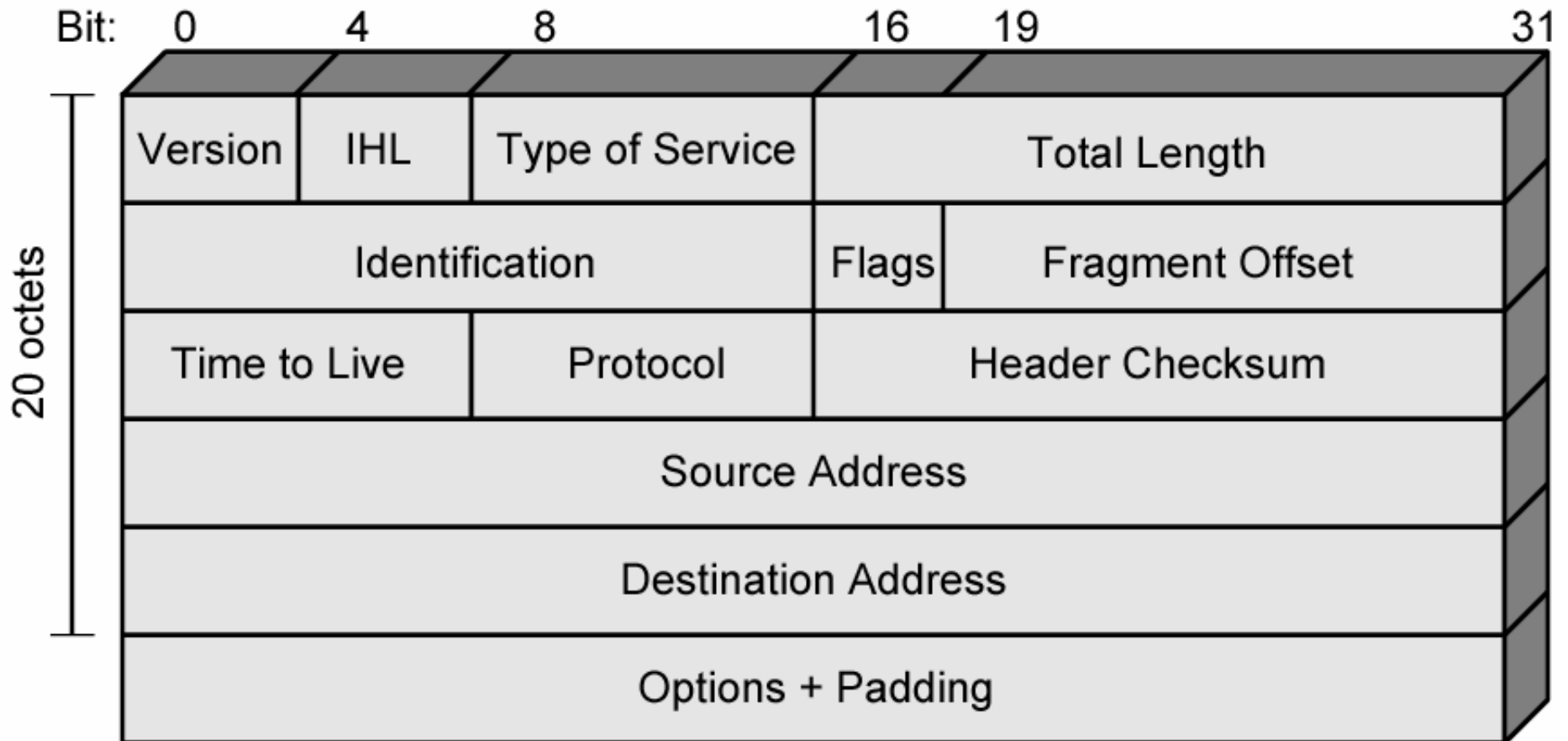
Παράμετροι (1)

- ✓ Διεύθυνση πηγής
- ✓ Διεύθυνση προορισμού
- ✓ Πρωτόκολλο
 - Παραλήπτη π.χ. TCP
- ✓ Δείκτες τύπου υπηρεσίας
 - Καθορίζουν το χειρισμό της μονάδας δεδομένων στη μετάδοσή της διαμέσου του δικτύου
- ✓ Ταυτότητα
 - Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τις διευθύνσεις πηγής και προορισμού και το πρωτόκολλο χρήστη
 - Προσδιορίζει τη μονάδα δεδομένων ως μοναδική
 - Χρειάζεται για την επανασυναρμολόγηση και την αναφορά σφαλμάτων

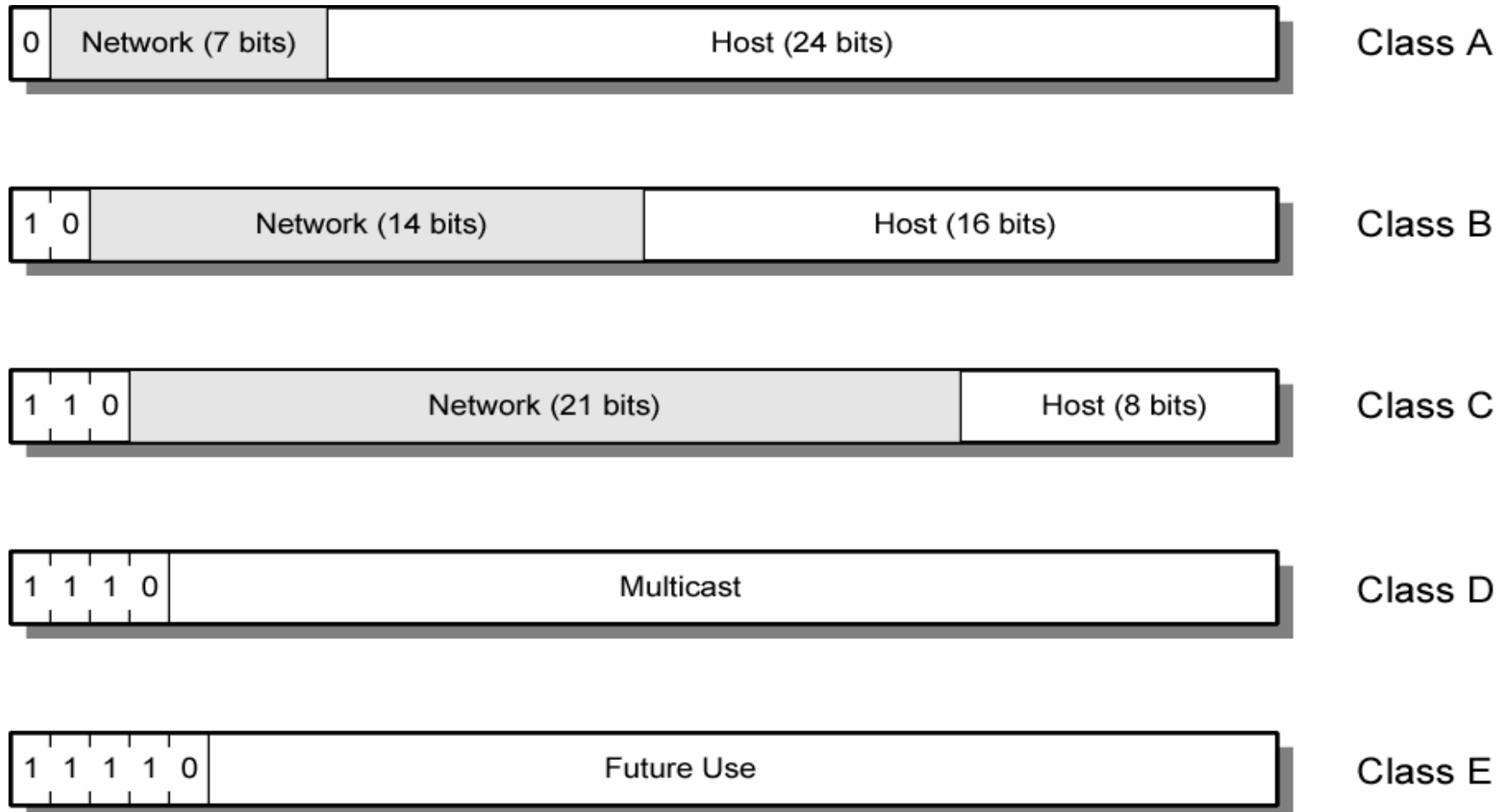
Παράμετροι (2)

- ✓ Δείκτης μη τεμαχισμού
 - Δηλώνει εάν το IP μπορεί να τεμαχίσει τα δεδομένα
 - Αν όχι, τότε η παράδοση ίσως να μην εφικτή
- ✓ Χρόνος ζωής
- ✓ Μήκος δεδομένων
- ✓ Δεδομένα επιλογής
- ✓ Δεδομένα χρήστη

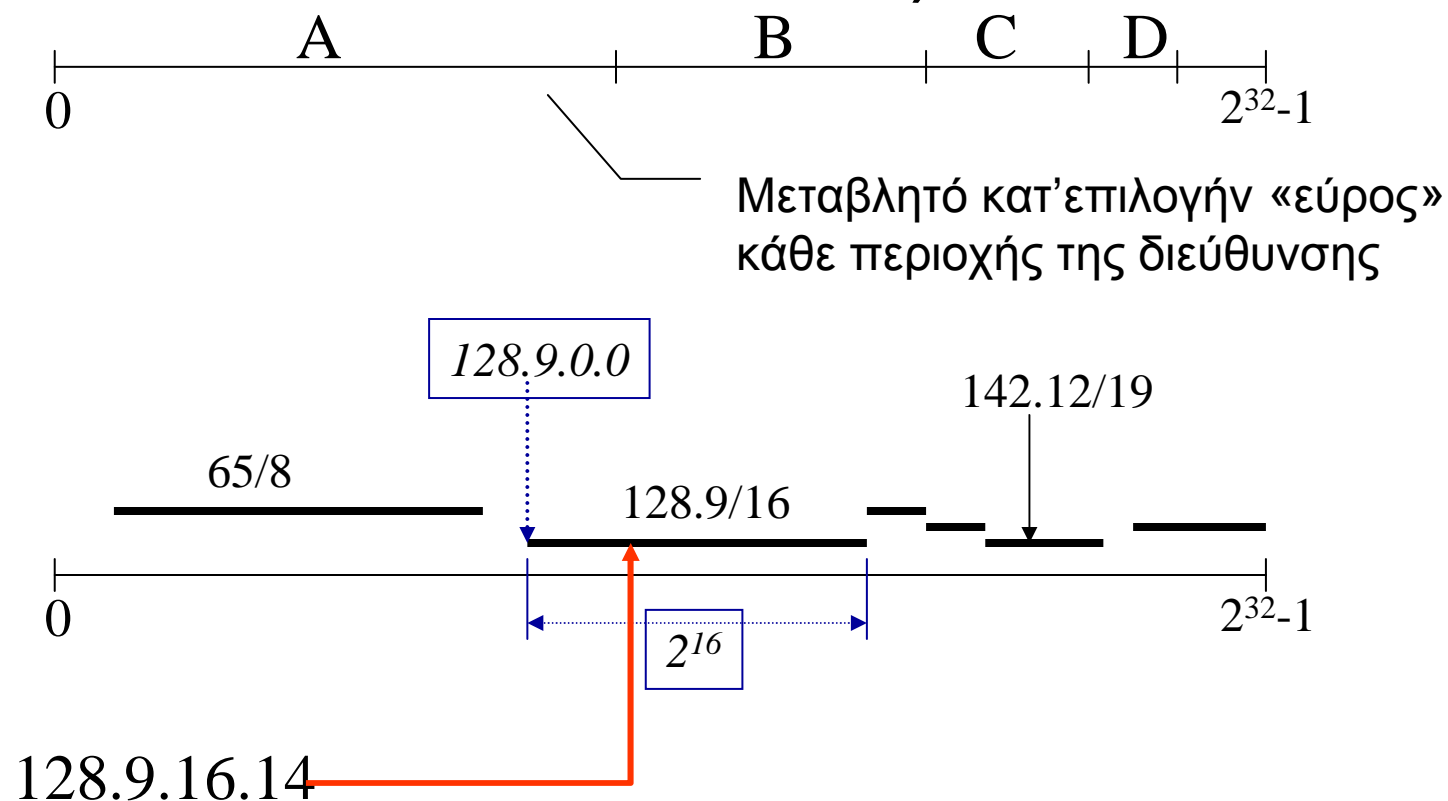
Η επικεφαλίδα στο IPv4



Οι μορφές των διευθύνσεων στο IPv4 (με ιεραρχία 5 επιπέδων)



Μορφές των διευθύνσεων χωρίς ιεραρχία (Classless Interdomain Routing – CIDR)



ICMP

- ✓ Πρωτόκολλο Μηνυμάτων Ελέγχου του Διαδικτύου
- ✓ Σύσταση RFC 792
- ✓ Παρέχει ένα μέσο για τη μεταφορά μηνυμάτων (έλεγχου) από δρομολογητές και άλλους υπολογιστές προς έναν υπολογιστή
- ✓ Παρέχει ανάδραση για προβλήματα επικοινωνίας
 - π.χ. λήξη TTL
- ✓ Τα μηνύματα ICMP ενθυλακώνονται και μεταδίδονται σε αυτόνομα πακέτα IP
 - Αναξιόπιστη παράδοση

IP v6 – Γιατί να αλλάξουμε έκδοση?

- ✓ Ανάγκη για αυξημένο χώρο διευθύνσεων
 - Η δομή των δύο επιπέδων της διεύθυνσης IP (αριθμός δικτύου, αριθμός υπολογιστή) είναι βολική αλλά σπάταλη του χώρου διεύθυνσης
 - Οι διεύθυνσης είναι κατειλημμένες ακόμα και όταν δεν υπάρχει σύνδεση με το Internet
 - Τα δίκτυα και το Internet μεγαλώνουν ταχύτατα
 - Η ανάπτυξη της χρήσης TCP/IP σε νέες περιοχές θα έχει ως επακόλουθο τη γρήγορη ζήτηση για περισσότερες διευθύνσεις IP
 - Τυπικά, εκχωρείται μία μοναδική διεύθυνση IP σε κάθε υπολογιστή
- ✓ Απαιτήσεις για νέους τύπους υπηρεσιών

IPv6 RFCs

- ✓ 1752 - Σύσταση για το Πρωτόκολλο IP Επόμενης Γενιάς
- ✓ 2460 - Γενική προδιαγραφή του IPv6
- ✓ 2373 - Δομή διευθυνσιοδότησης του IPv6
- ✓ Πολλές άλλες..... (μπορείτε να τις βρείτε στο Internet)

Μηχανισμοί πρωτοκόλλων μεταφοράς βασισμένων σε συνδέσεις

- Λογική σύνδεση
 - Εγκατάσταση σύνδεσης
 - Συντήρηση και κατάργηση σύνδεσης
 - Αξιοπιστία
-
- Παράδειγμα τέτοιου πρωτοκόλλου για το διαδίκτυο είναι το TCP

Ζητήματα ενός απλού πρωτοκόλλου μεταφοράς

- Διευθυνσιοδότηση
- Πολύπλεξη
- Έλεγχος ροής
- Εγκατάσταση και κατάργηση κλήσης

Διευθυνσιοδότηση – πολυπλεξία

- Η διεύθυνση χρήστη καθορίζεται ως (υπολογιστής, θύρα)
- Πολλαπλοί χρήστες χρησιμοποιούν το ίδιο πρωτόκολλο μεταφοράς
- Έτσι, διαφορετικές εφαρμογές χρησιμοποιούν διαφορετικές θύρες του ιδίου υπολογιστή με αποτέλεσμα να είναι δυνατό να είναι ενεργές πολλαπλές «συνδέσεις» μεταξύ δύο μηχανημάτων ταυτόχρονα

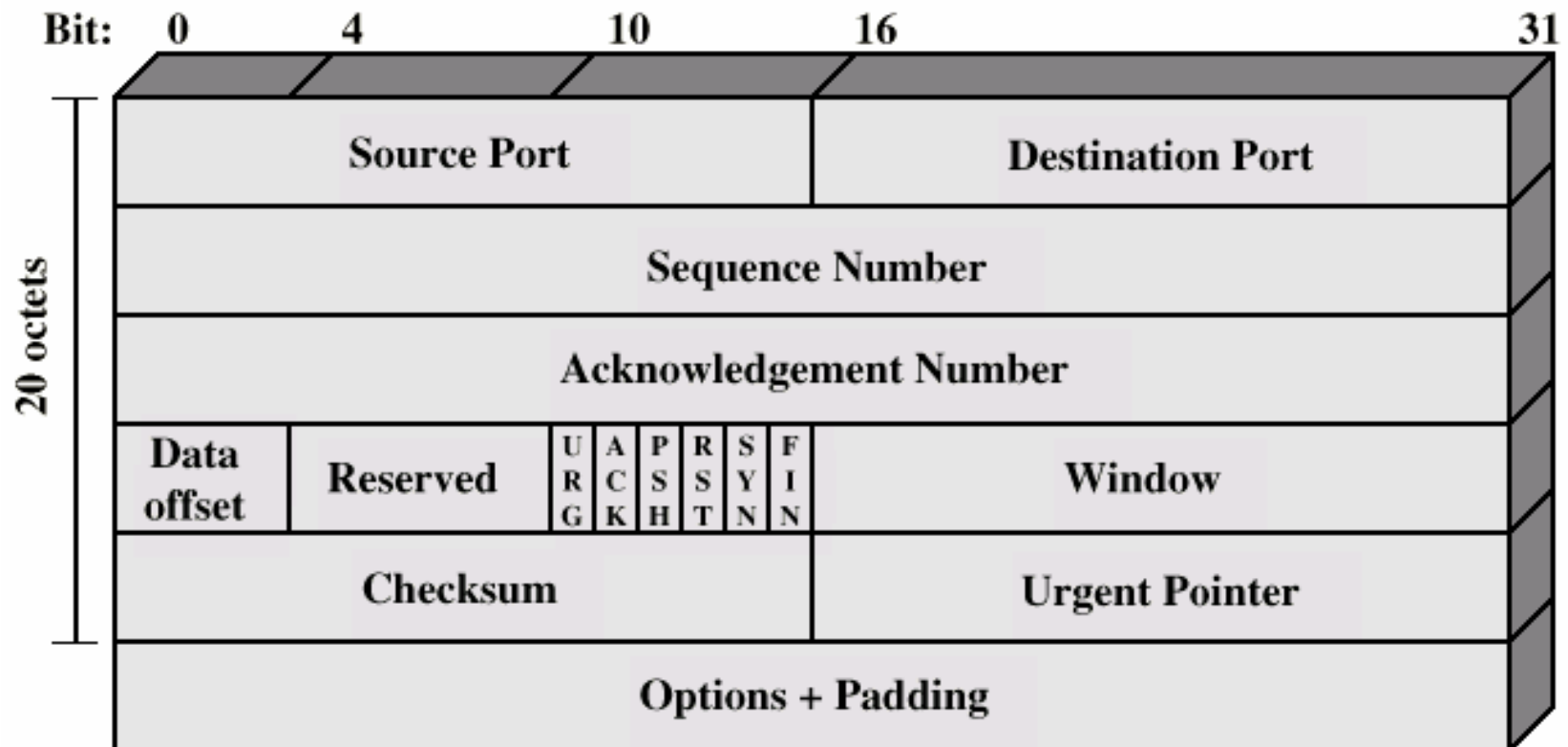
Έλεγχος ροής

- Η καθυστέρηση μετάδοσης μεταξύ δύο οντοτήτων μεταφοράς είναι συνήθως μεγαλύτερη από τον πραγματικό χρόνο μετάδοσης
 - Είτε γιατί ο δέκτης δεν μπορεί να συμβαδίσει με τη ροή των τεμαχίων
 - Είτε γιατί στο δίκτυο επικρατεί συμφόρηση και καθυστερεί η παράδοση των πακέτων
- Η μεταβλητότητα της καθυστέρησης εισάγει δυσκολίες στο σχεδιασμό ενός μηχανισμού στηριγμένου σε εκπνοές χρονιστών

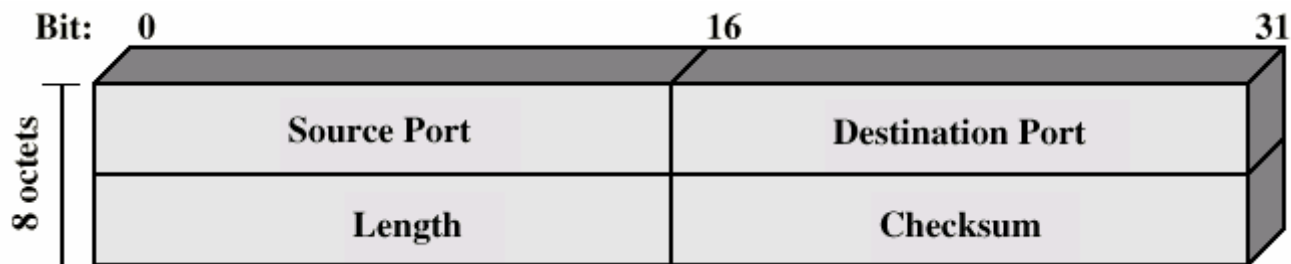
Σχήμα πίστωσης – μεταβλητό παράθυρο

- Πιο αποτελεσματικό σε μη αξιόπιστα δίκτυα
- Κάθε τεμάχιο φέρει στην επικεφαλίδα
 - Αριθμός ακολουθίας (seq number),
 - Αριθμός επιβεβαίωσης (ack number) και
 - Μέγεθος παραθύρου (window size)

Η επικεφαλίδα στο TCP



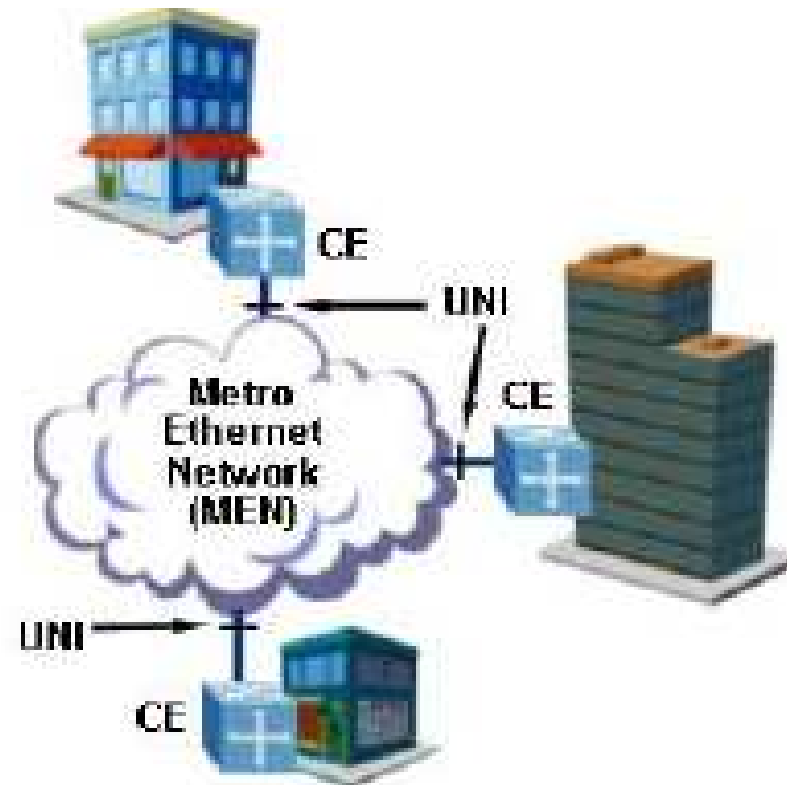
Η επικεφαλίδα του UDP



Περιεχόμενα

- Ασύγχρονος Τρόπος Μεταγωγής (ATM)
- Το Διαδίκτυο & τα πρωτόκολλα TCP/IP
- Η τεχνολογία Ethernet πέραν των τοπικών δικτύων
- Η τεχνολογία MPLS
- Αρχιτεκτονικές Ποιότητας Υπηρεσίας
 - Int-Serv
 - DiffServ

Η βασική αρχιτεκτονική του metro Ethernet



Οργανισμοί που καθορίζουν την εξέλιξη της τεχνολογίας

- Metro Ethernet Forum (MEF)
 - The MEF, as the defining body for Carrier Ethernet is a global industry alliance comprising more than 150 organizations including telecommunications service providers, cable MSOs, network equipment/software manufacturers, semiconductor vendors and testing organizations. The MEF's mission is to accelerate the worldwide adoption of Carrier-class Ethernet networks and services. The MEF develops Carrier Ethernet technical specifications and implementation agreements to promote interoperability and deployment of Carrier Ethernet worldwide.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
 - 802.3ah Ethernet in the First Mile (EFM)
- Carrier Ethernet Forum
 - Group created to discuss the business and technical issues with the development and deployment of ethernet technologies within common carrier space.

Βασικά πλεονεκτήματα εφαρμογής της τεχνολογίας Ethernet στο MAN

- Ελαχιστοποίηση κόστους
- Τεχνική απλότητα
- Μεταγωγή πακέτου
- Κατά απαίτηση παροχή συνδέσεων
- Ευκολία διασύνδεσης

Περιορισμοί από την εισαγωγή Ethernet στο MAN

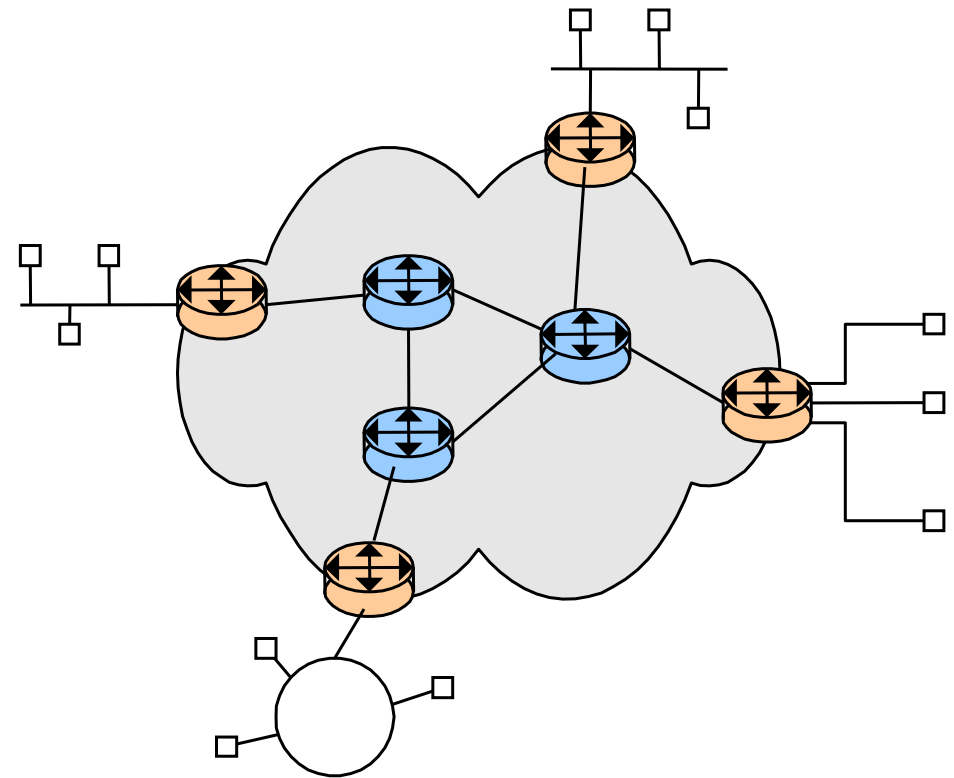
- Εγγυήσεις για End-to-end QoS
 - Αποδοχή (admission) για αιτήματα νέων συνδέσεων
 - Χρονοπρογραμματισμός πακέτων για τη διατήρηση δίκαιης πρόσβασης
 - Εγγύηση δρομολόγησης βέλτιστου μονοπατιού μέσα από το δίκτυο
 - «Χρωματισμός» πακέτων
- Κλιμάκωση και χρησιμοποίηση των πόρων του Δικτύου
- Μηχανισμοί Προστασίας
- Αργή αποκατάσταση σε βλάβη
- Έλλειψη δυνατοτήτων απομόνωσης λαθών

Περιεχόμενα

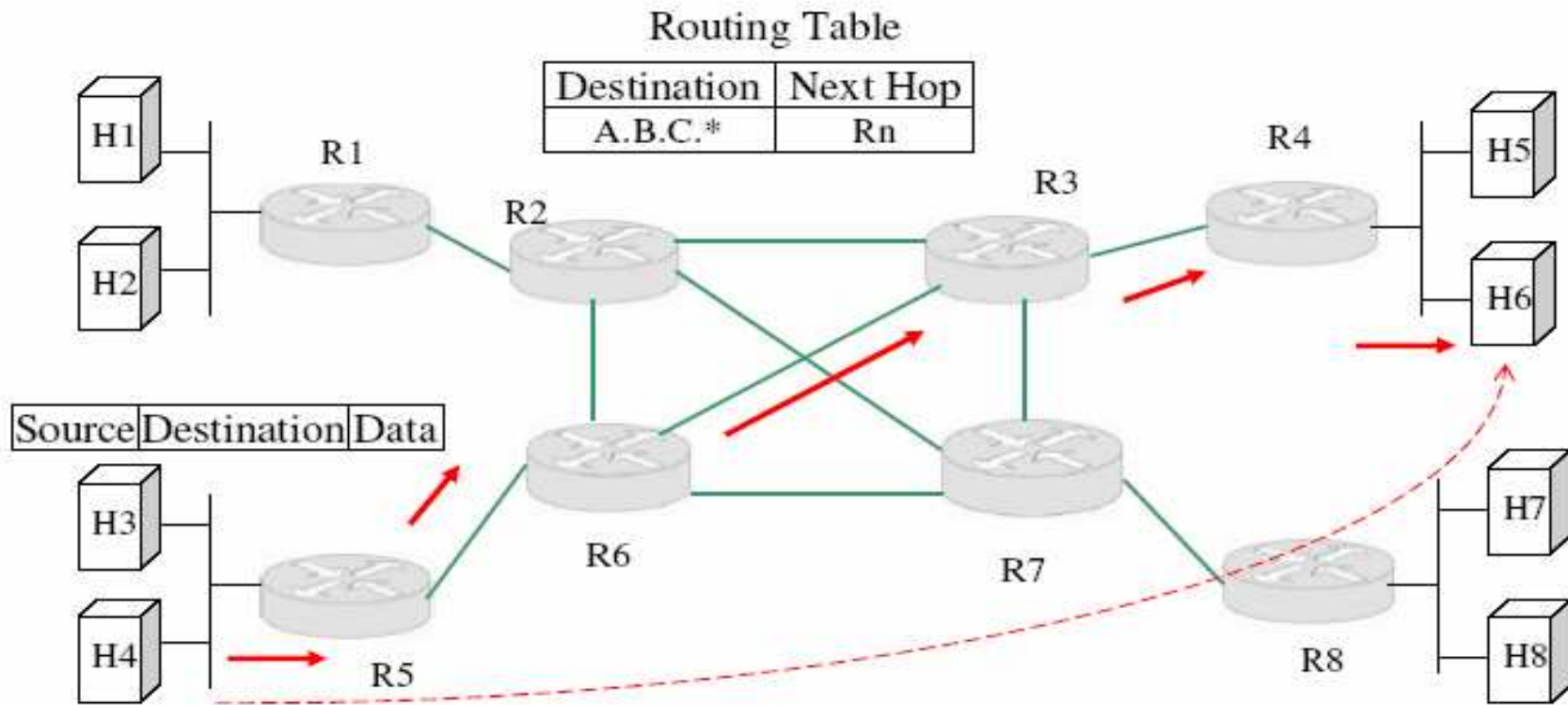
- Ασύγχρονος Τρόπος Μεταγωγής (ATM)
- Το Διαδίκτυο & τα πρωτόκολλα TCP/IP
- Η τεχνολογία Ethernet πέραν των τοπικών δικτύων
- **Η τεχνολογία MPLS**
- Αρχιτεκτονικές Ποιότητας Υπηρεσίας
 - Int-Serv
 - DiffServ

Συμβατικά Δίκτυα IP

- Δρομολογητές
 - Ακραίοι (Απόληξης)
 - Ενδιάμεσοι (Πυρήνα)
- Δρομολόγηση
 - Hop-by-hop
 - Εξετάζει επικεφαλίδα επιπέδου 3 (IP)
- Υπηρεσία χωρίς σύνδεση
- Σύγκριση με μοντέλο ATM



Δρομολόγηση σε δίκτυο IP



Δρομολογητής IP

Ένας δρομολογητής IP αποτελείται από τα εξής δομικά στοιχεία:

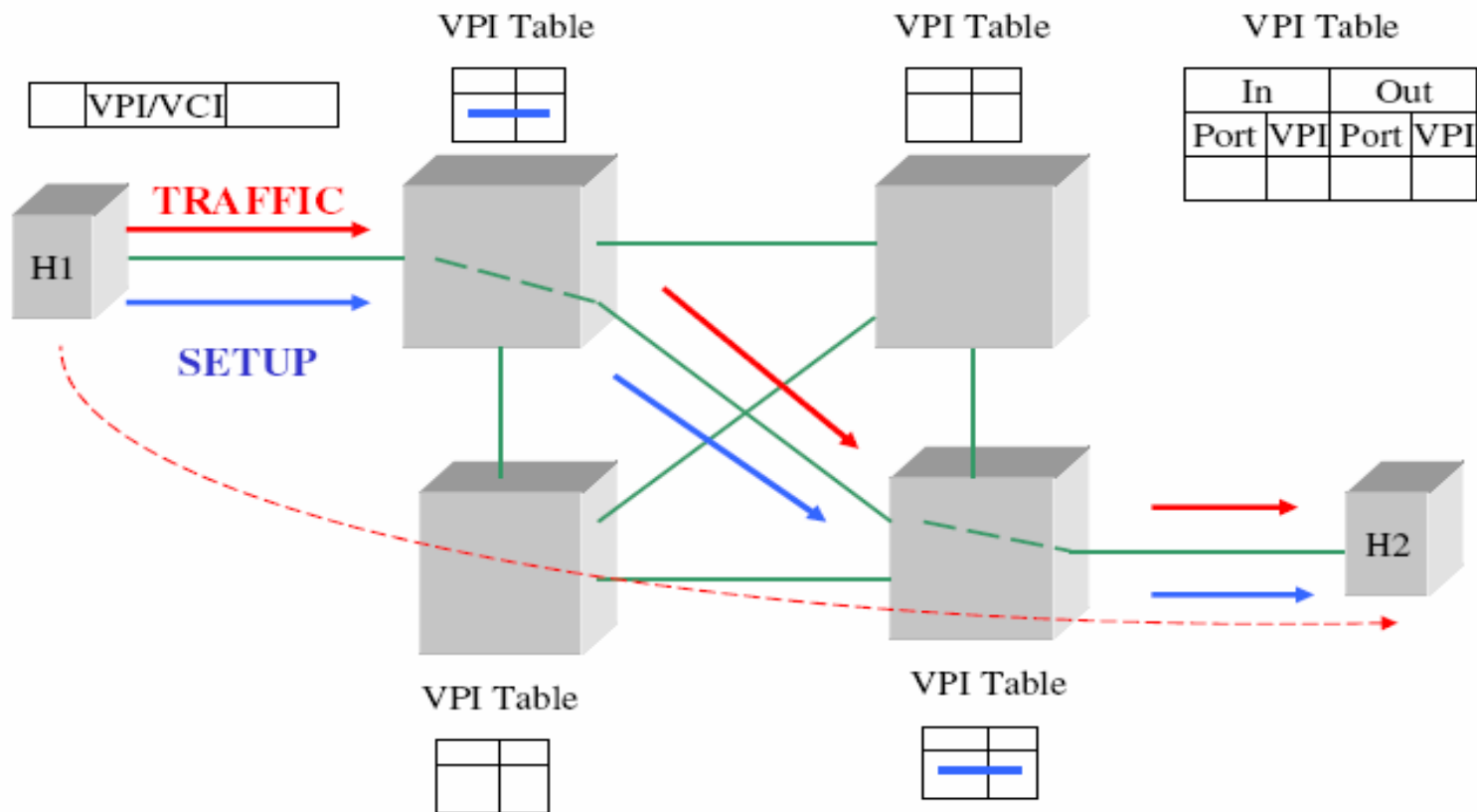
– **στοιχείο ελέγχου (control component)**

- Χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα δρομολόγησης όπως *OSPF, BGP*, συλλέγονται πληροφορίες για διαδρομές και δρομολόγηση μεταξύ των κόμβων
- Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία του πίνακα δρομολόγησης (forwarding information base)

– **στοιχείο προώθησης (*forwarding component*)**

- Υλοποιεί τη λειτουργία της προώθησης πακέτων
- Με βάση τη διεύθυνση προορισμού IP αναζητά στην *FIB*, (χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο *longest match*) τη διεπαφή εξόδου και τον επόμενο κόμβο

ATM



Multi-Protocol Label Switching

Μεταγωγή Ετικέτας Πολλαπλών Πρωτόκολλων

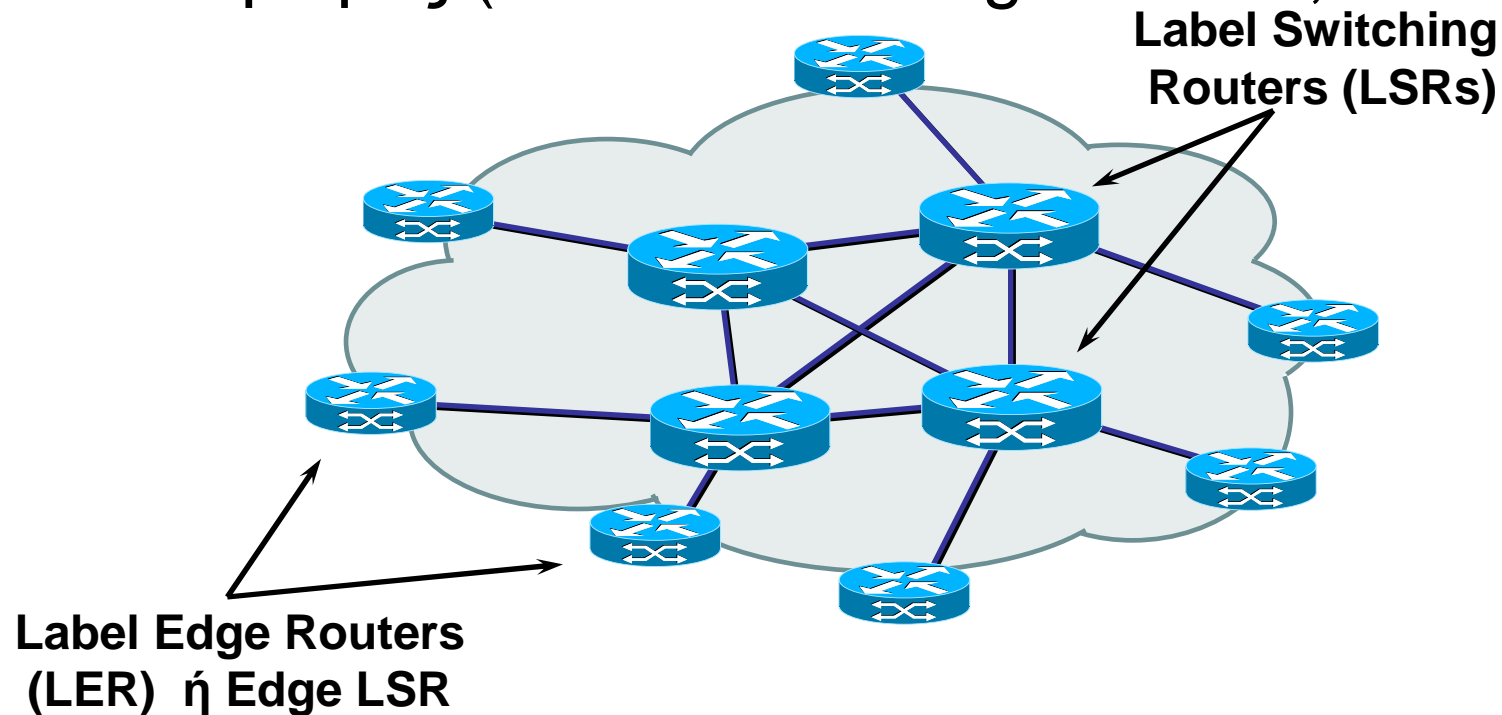
- **Μεταγωγή** αντί για δρομολόγηση
 - Υποδομή δικτύου προσανατολισμένου στη σύνδεση
- Κάνει χρήση **Ετικέτας** για την προώθηση των πακέτων
 - Είναι τεχνολογία προώθησης πακέτων που κάνει χρήση ετικετών (labels) για να αποφασίσει που θα προωθήσει τα εισερχόμενα πακέτα
- **Πολλαπλών Πρωτόκολλων**
 - Εφαρμόζεται μεταξύ επιπέδων 2 & 3 (data link & network)
 - Είναι ανεξάρτητη από πρωτόκολλα του επιπέδου 2 ή 3

Βασική Ιδέα Προώθησης Πακέτων

- Λειτουργία προώθησης πακέτων στο IP
 - γίνεται ανά πακέτο
 - απαιτητική ως προς υπολογιστική ισχύ
 - Για το λόγο αυτό η τεχνολογία MPLS απλουστεύει την προώθηση πακέτων
- Βασική ιδέα:
 - Οι δρομολογητές απόληξης εκτελούν κανονικά λειτουργία δρομολόγησης
 - Οι δρομολογητές πυρήνα εκτελούν λειτουργία μεταγωγής, η οποία ως λειτουργία επιπέδου 2 είναι πιο γρήγορη

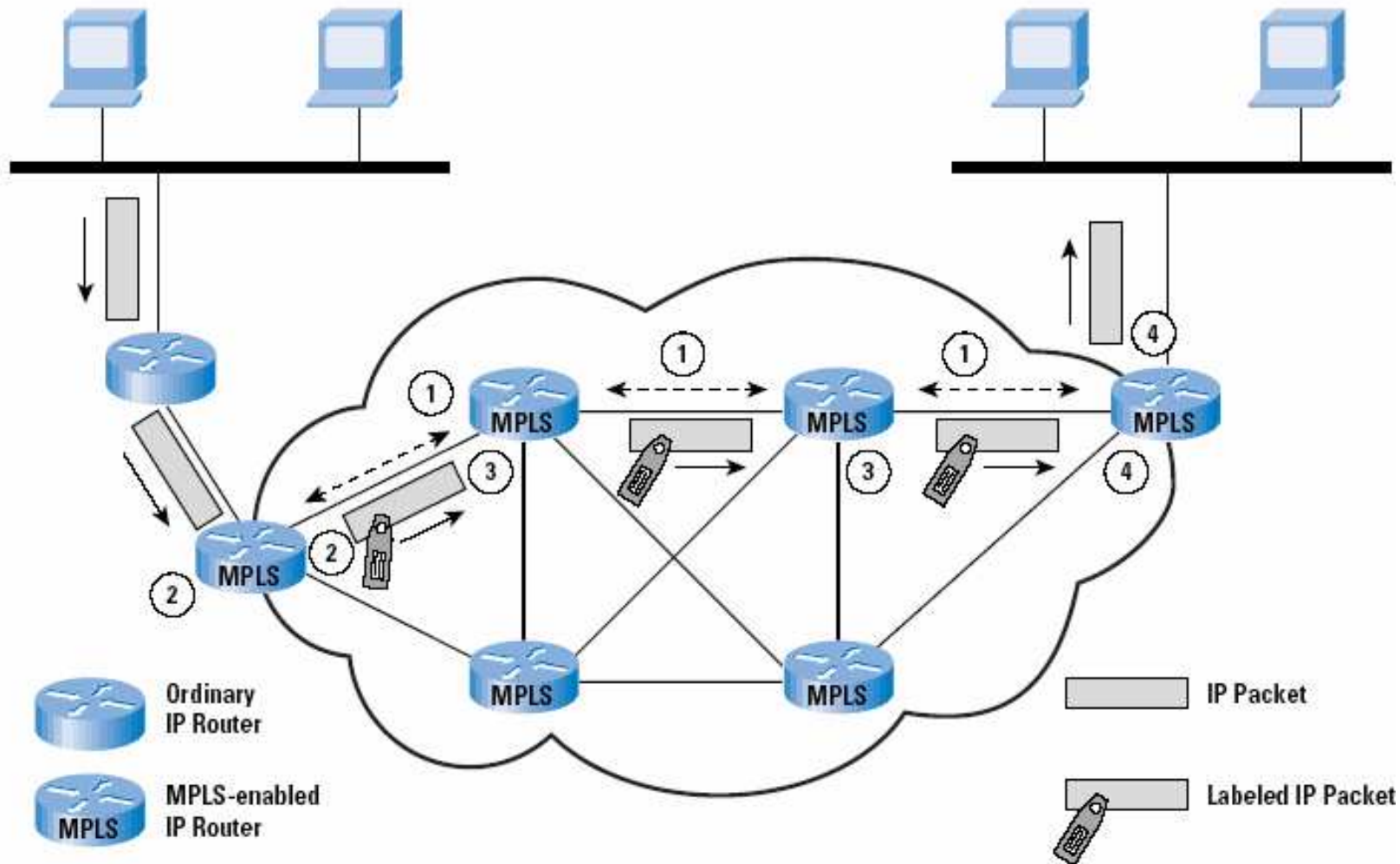
Label Switching Routers

- Οι δρομολογητές του δικτύου πυρήνα αναβαθμίζονται και γίνονται Δρομολογητές-Μεταγωγείς (Label-Switching Routers, LSRs).



Αρχιτεκτονική δικτύου μεταγωγής με ετικέτα

Παράδειγμα Προώθησης Πακέτων

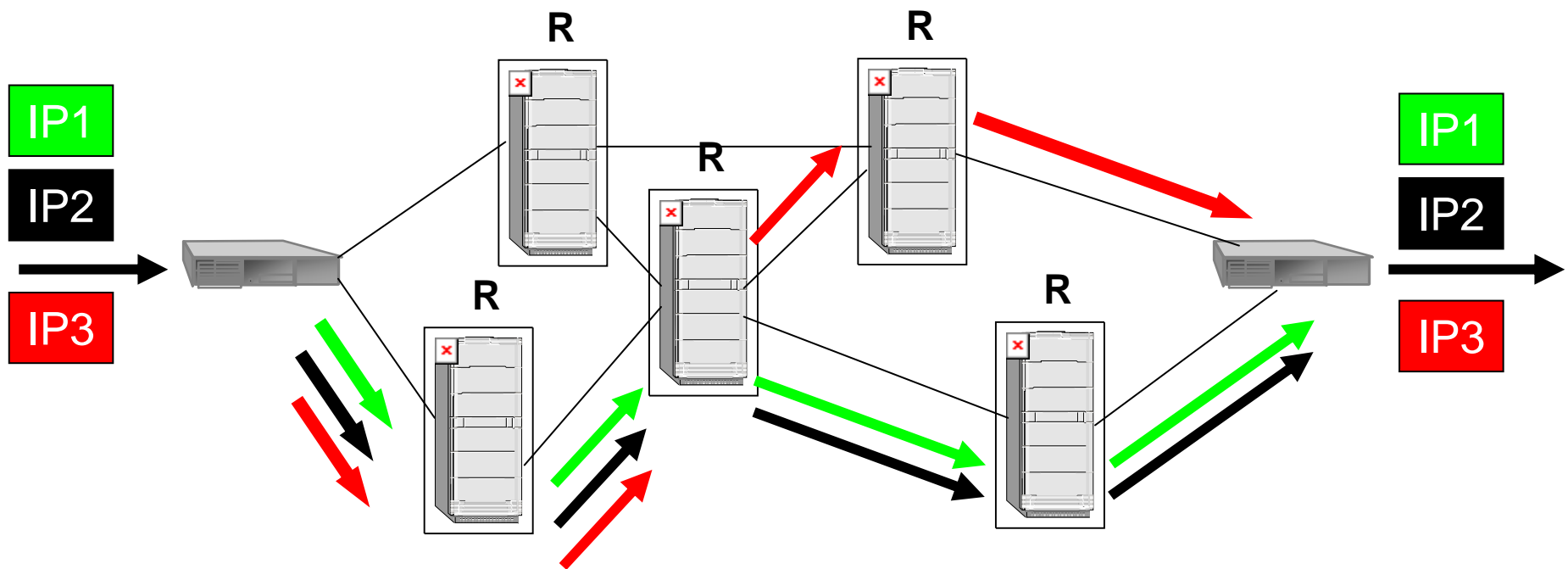


Βασικές Έννοιες MPLS

- Label: ετικέτα
- Label Switching Router: Δρομολογητής μεταγωγής ετικέτας
- Label Switched Path
 - Η νοητή σύνδεση (μονοπάτι) που ορίζεται από την μεταβολή στις τιμές της ετικέτας
 - Το μονοπάτι καθορίζεται από την αρχική τιμή της ετικέτας
- Forwarding Equivalence Class (FEC): Κλάση προώθησης
 - Ροή πακέτων που προωθούνται με τον ίδιο τρόπο
- Label Swap Operation
 - Η διαδικασία αλλαγής της ετικέτας στους ενδιάμεσους LSRs
- Label Information Base (LIB)
 - Πίνακας προώθησης πακέτων με βάση την ετικέτα σε κάθε LSR
- Label Distribution Protocol (LDP)
 - Πρωτόκολλο Κατανομής Ετικέτας (ενημέρωση των LIB)

Forwarding Equivalence Class (FEC)

- Το σύνολο των IP πακέτων που προωθούνται με τον ίδιο τρόπο (π.χ. Από το ίδιο μονοπάτι, με την ίδια αντιμετώπιση)



Γενικά, η κλάση συσχετίζεται με συγκεκριμένη συμπεριφορά του δικτύου. Στο παραπάνω παράδειγμα, λαμβάνοντας υπόψιν **μόνο** το μονοπάτι, τα πακέτα 1 και 2 ανήκουν στην ίδια κλάση, ενώ το 3 όχι.

Τι μπορεί να ταυτοποιεί μια ΕΤΙΚΕΤΑ ;

Attributes used to determine the label granularity	
<i>Unicast IP traffic</i>	IP source/destination address prefix, TTL, IP protocol and TCP/UDP source/destination ports
	IP source/destination address prefix, TTL, IP protocol, TCP/UDP source/destination ports and TOS field
	IP source and destination address (fixed length of 32-bits)
	IP source and destination address prefixes (variable length)
	IP destination network address prefix
	Egress router ID (e.g. OSPF)
	Next-hop AS number (BGP)
	Destination AS number (BGP)
<i>Multicast IP traffic</i>	Source address and multicast group
	Multicast group address

Label – ετικέτα

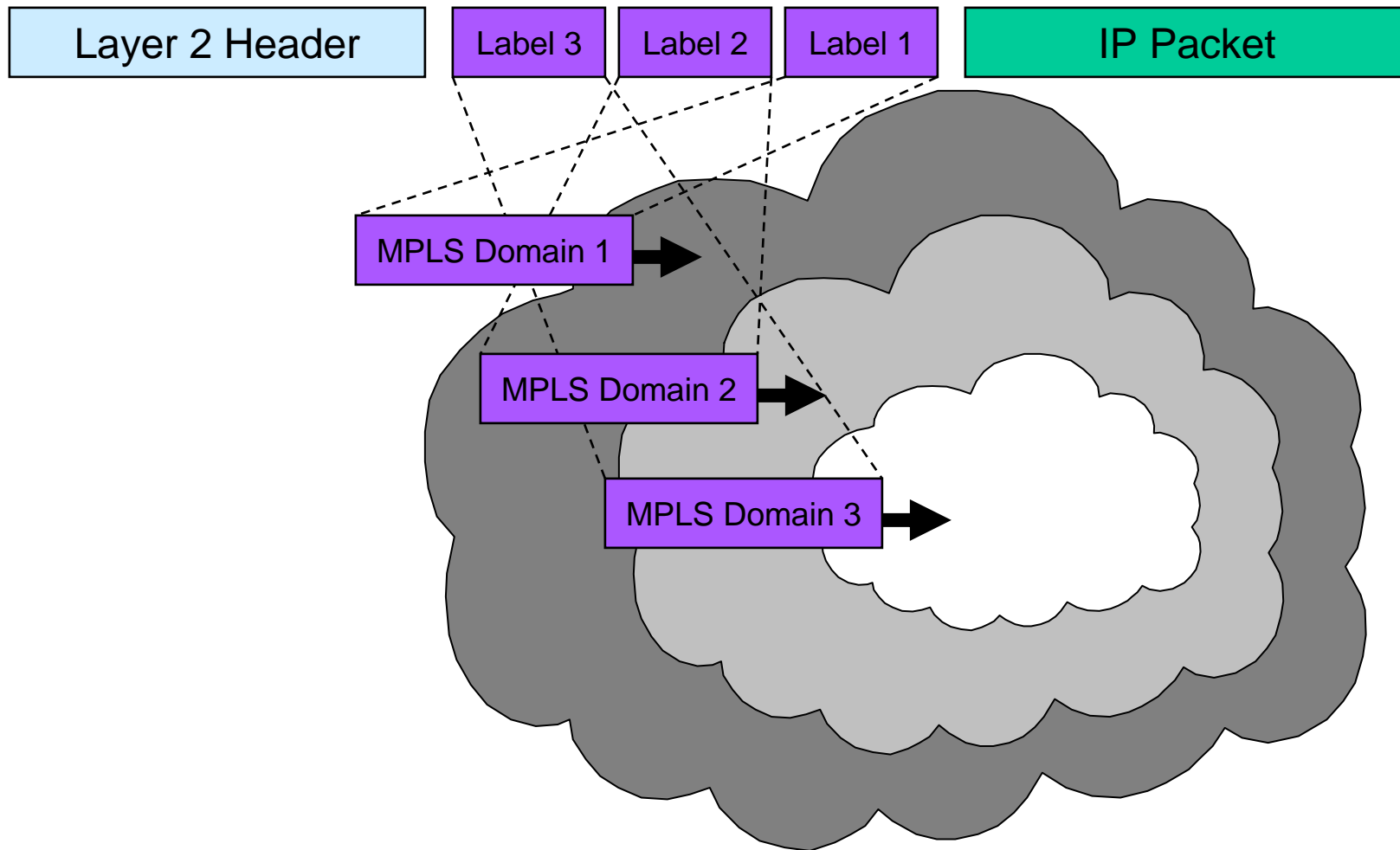
- Αναγνωριστικό – ταυτότητα μικρού και σταθερού μεγέθους που χρησιμοποιείται για να ταυτοποιήσει μια FEC
- Συχνά τοπικής σημασίας



Exp = experimental

S = bottom of stack bit

Label Stack – στοίβα ετικετών



Ανακεφαλαίωση Πλεονεκτημάτων MPLS

- Αλλάζει το μοντέλο δρομολόγησης στο IP από connectionless σε connection-oriented
- Βελτιώνει την απόδοση προώθησης πακέτων στο δίκτυο
 - Χρησιμοποιεί τεχνικές μεταγωγής επιπέδου 2
 - Είναι απλό και εύκολα υλοποιήσιμο
 - Είναι πιο γρήγορο
- Υποστηρίζει ποιότητα υπηρεσίας
 - Χρησιμοποιεί τεχνικές εγκατάστασης LSP με βάση την ποιότητα υπηρεσίας
- Είναι κλιμακώσιμο (scalable)
- Συμβάλλει στη διαλειτουργικότητα δικτύων
 - Αποτελεί γέφυρα μεταξύ IP και ATM
 - Διευκολύνει την συνεργασία IP-over-SONET για την κατασκευή δικτύων οπτικής μεταγωγής
- Διευκολύνει τη δημιουργία VPNs

Βιβλιογραφία – Παραπομπές (I)

- Go to IETF MPLS WG for RFCs and Ids:
<http://www.ietf.org/html.charters/mpls-charter.html>
 - RFCs
 - RFC2702 Requirements for Traffic Engineering Over MPLS
 - RFC3031 MPLS Architecture
 - RFC3032 MPLS Label Stack Encoding
 - RFC3036 LDP Specification
 - Internet-Drafts (IDs)
 - draft-ietf-mpls-generalized-signaling-02.txt (GMPLS)
- MPLS resources
 - MPLS Resources Center *<http://www.mplsrc.com/>*
 - MPLS Forum *<http://www.mplsforum.com/>*
- The Internet Protocol Journal, Cisco, Volume 4, Number 3, September 2001
 - *<http://www.cisco.com/ipj>*

Βιβλιογραφία – Παραπομπές (II)

- [1] Eric C. Rosen, Arun Viswanathan and Ross Callon, “Multiprotocol Label Switching Architecture”, (draft-ietf-mpls-arch-06.txt), August 1999.
- [2] Arun Viswanathan, Nancy Feldman, Zheng Wang and Ross Callon, “Evolution of Multiprotocol Label Switching”, IEEE Communication Magazine, May 1998.
- [3] J. Moy, “OSPF version 2”, RFC 1583, March 1994.
- [4] Y. Rekhter and T. Li, “A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)”, RFC 1771, March 1995.
- [5] R. Callon, P. Doolan, N. Feldman, A. Fredette, G. Swallow, A. Viswanathan, “A Framework for Multiprotocol Label Switching”, draft-ietf-mpls-framework-05.txt, work in progress, September 1999.
- [6] Xipeng Xiao, Alan Hannan, Brook Bailey and Lionel M. Ni, “Traffic Engineering with MPLS in the Internet”, IEEE Network, March/April 2000.
- [7] Yakov Rekhter, Daniel Tappan, Dino Farinacci, Guy Fedorkow, Tony Li and Alex Conta, “MPLS Label Stack Encoding”, (draft-ietf-mpls-label-encaps-07.txt), September 1999.
- [8] Loa Andersson, Paul Doolan, Nancy Feldman, Andre Fredette and Bob Thomas, “LDP Specification”, draft-ietf-mpls-ldp-06.txt, work in progress, October 1999.

Περιεχόμενα

- Ασύγχρονος Τρόπος Μεταγωγής (ATM)
- Το Διαδίκτυο & τα πρωτόκολλα TCP/IP
- Η τεχνολογία Ethernet πέραν των τοπικών δικτύων
- Η τεχνολογία MPLS
- **Αρχιτεκτονικές Ποιότητας Υπηρεσίας**
 - Int-Serv
 - DiffServ

Το μοντέλο των ολοκληρωμένων υπηρεσιών «Integrated Services» στο διαδίκτυο

- Το διαδίκτυο αποτελείται από ανομοιογενή δίκτυα βασισμένα στο πρωτόκολλο IP
- Το πρωτόκολλο IP προσφέρει αναξιόπιστη και χωρίς σύνδεση υπηρεσία επιπέδου δικτύου
 - Απώλεια πακέτων
 - Αναδιάταξη
 - Επαναλήψεις πακέτων
- Το IP απλά προσπαθεί να παραδώσει τα πακέτα όσο γρηγορότερα γίνεται
- Best-Effort Service (BES)

Το μοντέλο των ολοκληρωμένων υπηρεσιών «Integrated Services» στο διαδίκτυο (I)

Αλλά

- Οι πολυμεσικές δικτυακές εφαρμογές
 - Υπηρεσίες φωνής
 - Υπηρεσίες video
 - Browsing και download
- Διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας
 - Εύρος ζώνης (bandwidth)
 - Καθυστέρηση (delay)
 - Μεταβολή καθυστέρησης (jitter)

Το μοντέλο των ολοκληρωμένων υπηρεσιών «Integrated Services» στο διαδίκτυο (II)

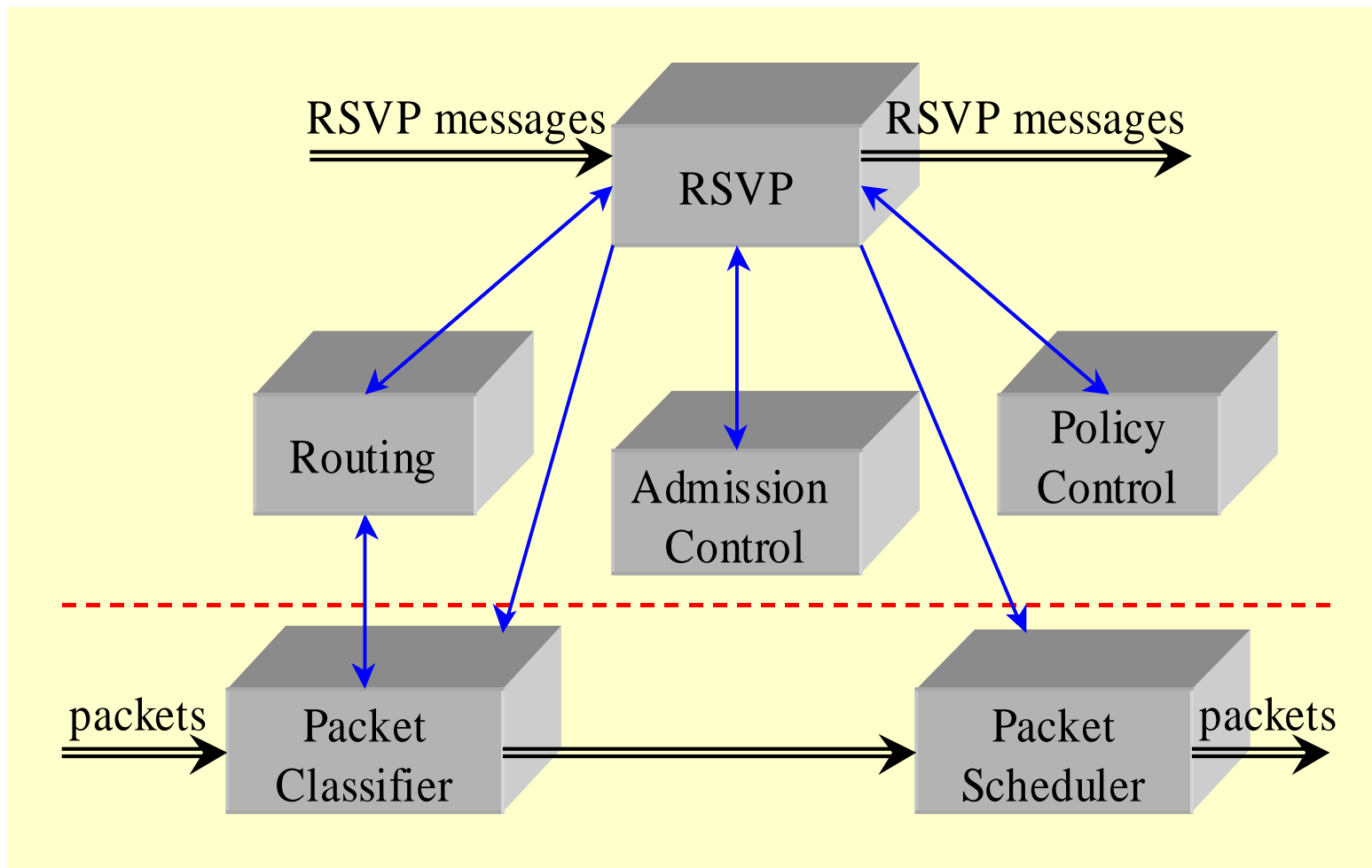
Η λύση: Integrated Services

- Επεκτείνει την παραδοσιακή υπηρεσία Best-Effort ορίζοντας **ένα σύνολο δεσμεύσεων** υπηρεσίας οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από εφαρμογές με τέτοιες απαιτήσεις
- Έτσι, εφαρμογές που απαιτούν συνεχή ροή δεδομένων μπορούν να διακριθούν από τις υπόλοιπες και να ελεγχθεί η ποιότητα που τους αποδίδεται σε κάθε κόμβο

Αρχιτεκτονική Ενοποιημένων Υπηρεσιών (I)

- Η αρχιτεκτονική ενοποιημένων υπηρεσιών (Integrated Services – IntServ) βασίζεται σε μηχανισμούς σηματοδότησης (signaling) για την κατάλληλη διαχείριση συγκεκριμένων ροών πληροφορίας (συνδέσεων/flows)
- Παρόμοια με τους μηχανισμούς ελέγχου κίνησης του ATM εξασφαλίζει ότι οι ροές θα γίνουν αποδεκτές μόνο εάν διατείνονται οι αναγκαίοι πόροι για να προσφερθεί συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσίας και εφαρμόζονται μηχανισμοί οι οποίοι θα εξασφαλίσουν τις επιθυμητές παραμέτρους ποιότητας
- Για τη δυναμική «διαπραγμάτευση» των παραπάνω ως πρωτόκολλο σηματοδότησης χρησιμοποιεί το RSVP (Resource Reservation Protocol)

Το μοντέλο σχηματικά



Reservation Set-up Protocol (RSVP)

Πρωτόκολλο εγκατάστασης δεσμεύσεων

Reservation Set-up Protocol (RSVP)

- Περιγράφει πως μια εφαρμογή διαπραγματεύεται το επίπεδο υπηρεσίας
- Το απλούστερο μοντέλο είναι η εφαρμογή να ανακοινώσει τις απαιτήσεις πόρων στο δίκτυο μέσω ενός πρωτοκόλλου σηματοδοσίας
- Η αίτηση υπόκειται επεξεργασία και αν υπάρχουν πόροι, δεσμεύονται για την συγκεκριμένη ροή
- Το πρωτόκολλο σηματοδοσίας είναι το Resource Reservation Protocol (RSVP).

Αρχιτεκτονική Ενοποιημένων Υπηρεσιών (II)

- Το πρωτόκολλο RSVP ελέγχει τους παρακάτω μηχανισμούς:
 - Αναγνώρισης ροών (flow/packet ` πεδίων επικεφαλίδας των πρωτοκόλλων στρώματος δικτύου και μεταφοράς (ή και ανωτέρων)
 - Ελέγχου αποδοχής ροών (Admission control)
 - Εξασφαλίζει ότι διατίθενται οι αναγκαίοι πόροι για να προσφερθεί συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσίας
 - Δρομολόγησης (Routing)
 - Μπορεί να επιλέξει διαδρομές με κριτήριο την καθυστέρηση
 - Ελέγχου κίνησης (Policy control)
 - Εξασφαλίζει ότι οι εισερχόμενες ροές συμμορφώνονται με συμφωνημένα στατιστικά χαρακτηριστικά (αστυνόμηση)
 - Χρονοπρογραμματισμού πακέτων (Scheduling)
 - Εξασφαλίζει προώθηση των πακέτων ανάλογα με τις επιθυμητές παραμέτρους ποιότητας υπηρεσίας)

Τα δομικά στοιχεία του μοντέλου (I)

- *Έλεγχος αποδοχής (Admission Control)*
 - Κάθε φορά που ενεργοποιείται μια ροή, ζητάει συγκεκριμένες παραμέτρους ποιότητας υπηρεσίας
 - Ο ελεγκτής αποδοχής ροών **κάθε κόμβου** ελέγχει εάν υπάρχουν οι απαραίτητοι πόροι για την υποστήριξη της ροής χωρίς να επηρεάζεται η ποιότητα υπηρεσίας των ήδη εγκατεστημένων ροών
- *Έλεγχος αστυνόμευσης (Policy Control)*
 - Είναι λειτουργία που εφαρμόζεται σε κάθε πακέτο στην είσοδο (edge) του δικτύου ώστε οι ροές να μην παραβιάζουν τα προσυμφωνημένα χαρακτηριστικά κίνησης

Τα δομικά στοιχεία του μοντέλου (II)

- *Ταξινόμηση πακέτων (Packet Classifier)*
 - Συσχέτιση των εισερχόμενων πακέτων με τη ροή (και τη σχετική κλάση υπηρεσίας) στην οποία ανήκουν
 - Ο χρονοπρογραμματιστής των πακέτων αντιμετωπίζει με τον ίδιο τρόπο τα πακέτα που ανήκουν στην ίδια κλάση
 - Η συσχέτιση /ταξινόμηση γίνεται με βάση τα πεδία της επικεφαλίδας του IP και TCP/UDP (source and destination IP addresses, protocol type, source and destination TCP/UDP port numbers).

Τα δομικά στοιχεία του μοντέλου (III)

- *Χρονοπρογραμματιστής πακέτων (scheduler)*
 - Είναι υπεύθυνος να προσδιορίσει ποιο από τα αποθηκευμένα πακέτα κάθε χρονική στιγμή πρέπει να προωθηθούν στην έξοδο του κόμβου
 - Χειρίζεται διαφορετικές ουρές τις οποίες εξυπηρετεί με βάση βάρη ή χρονιστές
- *Δρομολόγηση*
 - Προσδιορίζει το επόμενο hop, διεπαφή εξόδου

Τα βήματα στο μοντέλο IntServ

- Αίτηση δέσμευσης πόρων
- Επιβεβαιώνεται η δέσμευση πόρων
- Αρχίζει η ροή πακέτων προς τους δρομολογητές
 - Ο ταξινομητής συσχετίζει πακέτα-ροές
 - Το πακέτο αποθηκεύεται σε συγκεκριμένη ουρά ανάλογα με τη ροή και την κλάση στην οποία ανήκει
 - Ο χρονοπρογραμματιστής πακέτων προγραμματίζει τη σειρά εξόδου με βάση τις απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας

Οι υπηρεσίες στο μοντέλο IntServ

- Υπηρεσία ελεγχόμενου φορτίου (Controlled load service)
- Εγγυημένη υπηρεσία (*Guaranteed Service*)
- Best-Effort Service

Υπηρεσία Ελεγχόμενου φορτίου - Controlled-load (I)

- Δεν παρέχει αυστηρές ποσοτικές εγγυήσεις
- Προσομοιάζει τη συμπεριφορά της υπηρεσίας Best-Effort υπό συνθήκες χαμηλού φορτίου
- Η διαφορά της από την Best-Effort είναι ότι δεν χειροτερεύει καθώς το φορτίο αυξάνει
- Κατάλληλη για χρήση από εφαρμογές που απαιτούν αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων

Υπηρεσία Ελεγχόμενου φορτίου - Controlled-load (II)

Επιδόσεις

- Χαμηλός ρυθμός απώλειας πακέτων κοντά στο βασικό ρυθμό λαθών του φυσικού μέσου
- Η καθυστέρηση στους κόμβους δεν πρέπει να ξεπερνά την ελάχιστη καθυστέρηση μετάδοσης ενός πακέτου που έχει μεταδοθεί επιτυχώς

Εγγυημένη υπηρεσία - Guaranteed Service (I)

- Παρέχει εγγυημένο επίπεδο εύρους ζώνης
 - Στατιστικά όρια καθυστέρησης
 - Χωρίς απώλειες πακέτων για κίνηση που υπακούει στα προσημωμένα όρια
- Δεν επιχειρείται η ελαχιστοποίηση της μεταβολής καθυστέρησης (jitter)
- Είναι κατάλληλη για υπηρεσίες που απαιτούν σταθερά όρια καθυστέρησης
- Προσεγγίζει το μοντέλο ρευστού “fluid model” με παράμετρο R σύμφωνα με το οποίο η υπηρεσία είναι όμοια με αυτή που θα επιτυγχανόταν από ένα καλώδιο με εύρος ζώνης R .
- Η καθυστέρηση για μια ροή που υπακούει στο token bucket (r, b) και εξυπηρετείται με ρυθμό R είναι μικρότερη από b/R , όσο το R δεν είναι μικρότερο από r .

Εγγυημένη υπηρεσία - Guaranteed Service (II)

Για την εγγυημένη υπηρεσία προσδιορίζονται

1. οι παράμετροι κίνησης (TSpec) και
2. η επιθυμητή υπηρεσία - δέσμευση πόρων - **Reservation Specification (RSpec)**

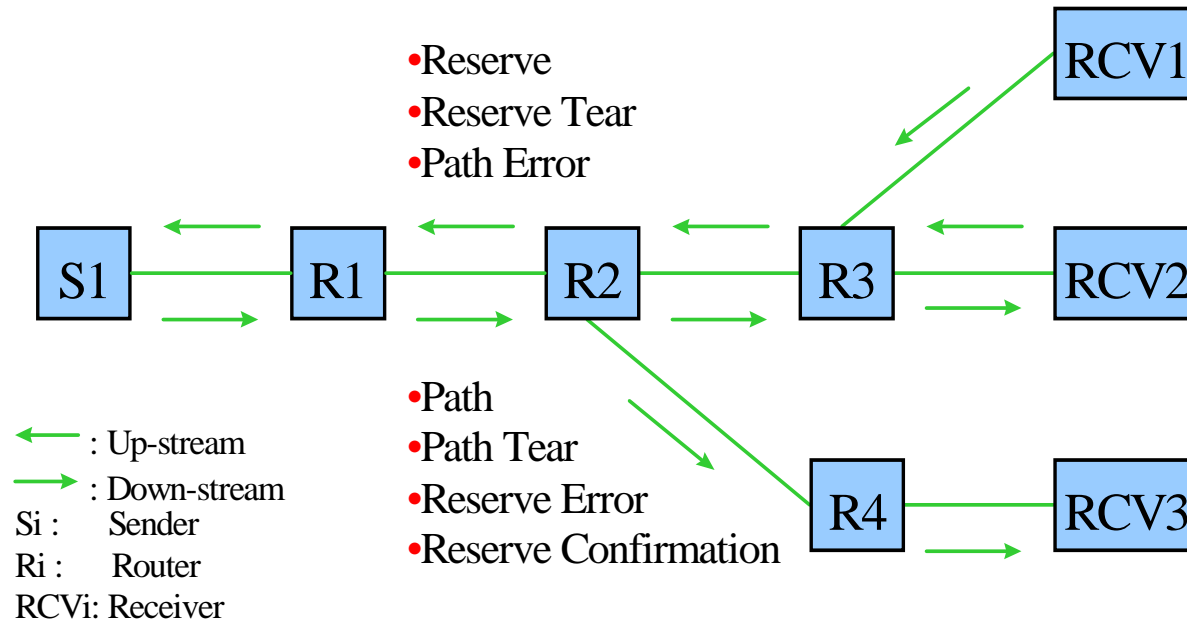
Οι παράμετροι κίνησης (TSpec), ίδιες με την ελεγχόμενη υπηρεσία

- Έχει τη μορφή token bucket (r,b)
- Μέγιστος ρυθμός (peak rate - ρ)
- Ελάχιστη μονάδα αστυνόμευσης (minimum-policed unit -m) και
- Μέγιστο μέγεθος πακέτου (maximum packet size - M).

Resource Reservation Protocol – RSVP

- Το πρωτόκολλο δέσμευσης πόρων RSVP σχεδιάστηκε για να επιτρέπει τόσο σε τερματικά όσο και δρομολογητές που συμμετέχουν σε ένα «κανάλι» επικοινωνίας να δεσμεύουν πόρους του δικτύου
- Υποστηρίζει και δεσμεύσεις που αιτείται ο δέκτης (και όχι ο πομπός) επιλέγοντας και το επίπεδο ποιότητας
 - Οι δεσμευμένοι πόροι αποδεσμεύονται μετά την έλευση ενός προκαθορισμένου χρονικού διαστήματος
 - Για τη διατήρηση της δέσμευσης των πόρων, αποστέλλονται περιοδικά μηνύματα ανανέωσης
 - Μηχανισμός “Soft-State”

Παράδειγμα: RSVP Messages



1. Ο πομπός γεννά **Path messages**
2. Σε κάθε κόμβο, εγκαθίσταται η Path State
3. Κάθε δέκτης απαντά στο Path message με Resv message
4. Κάθε κόμβος ελέγχει αν μπορεί να δεσμεύσει τους πόρους που περιγράφονται στο Resv message
5. Αν δεν υπάρχουν, γεννιέται μήνυμα σφάλματος

Αξιολόγηση και προβλήματα του μοντέλου IntServ (I)

- Ακατάλληλο για δίκτυα κορμού
 - Η πληροφορία κατάστασης που τηρείται από τους κόμβους αυξάνεται ανάλογα με τον αριθμό των ροών
 - Προβλήματα επεξεργασίας και μνήμης
 - Πρόβλημα κλιμάκωσης – επεκτασιμότητας
- Υψηλές απαιτήσεις λειτουργίας των δρομολογητών
 - Απαιτήσεις επεξεργασίας μηνυμάτων RSVP
 - Έλεγχος αποδοχής ροής
 - Ταξινόμηση με βάση πολλαπλά πεδία
 - Πολύπλοκος χρονοπρογραμματισμός πακέτων
 - Ποσοτικοποίηση των απαιτήσεων για ταχύτητες 10Gbps?

Αξιολόγηση και προβλήματα του μοντέλου IntServ (II)

- Η επεξεργασία των μηνυμάτων RSVP είναι διπλάσια ενός απλού πακέτου που προωθείται (σχεδόν διπλάσια)
- Από τη στιγμή που δεσμεύονται πόροι, απαιτείται χρονοπρογραμματισμός πακέτων ώστε να αποδοθεί η συμφωνημένη ποιότητα υπηρεσίας
 - Αυτό απαιτεί ταξινόμηση των πακέτων ανά ροή (οπότε τα δεδομένα αποθηκεύονται σε διαφορετική ουρά ανά ροή)
 - Τα πακέτα μαρκάρονται χρονικά (time-stamping)
 - Ταξινομούνται με βάση τη σφραγίδα χρόνου
- Η πολυπλοκότητα αυξάνει με τον αριθμό των υποστηριζόμενων ροών

Συμπέρασμα

Λόγω των προβλημάτων κλιμάκωσης,
το μοντέλο IntServ/RSVP ενδείκνυται να
χρησιμοποιηθεί κοντά στο χρήστη, μεταξύ
χρήστη και δικτύου πρόσβασης

Βιβλιογραφία

- [1] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, “*Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1, Functional Specification*” RFC 2205, September 1997.
- [2] R. Braden, L. Zhang, “*Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1, Message Processing Rules*”, RFC 2209, September 1997.
- [3] J. Wroclawski, “*The Use of RSVP with IETF Integrated Services*”, RFC 2210, September 1997.
- [4] J. Wroclawski, “*Specification of the Controlled-Load Network Element Service*”, RFC 2211, September 1997.
- [5] S. Shenker, C. Partridge, “*Specification of Guaranteed Quality of Service*”, RFC 2212, September 1997.
- [6] R. Braden, D. Clark, S. Shenker, “*Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview*”, RFC 1633, June 1994.
- [7] Paul P. White, “*RSVP and Integrated Services in the Internet: A Tutorial*”, IEEE Communications Magazine, May 1997.
- [8] L. Zhang, S. Deering, D. Estrin, S. Shenker, D. Zappala, “*RSVP: A New Resource ReSerVation Protocol*”, Accepted in IEEE Network Magazine.
- [9] R. Braden, D. Estrin, S. Berson, S. Herzog, D. Zappala, “*The Design of the RSVP Protocol*”, RSVP Project Final Report, June 1995.
- [10] Anindya Neogi and Tzicker Chiueh, “*Performance Analysis of an RSVP-Capable Router*”, IEEE Network, September/October 1999.

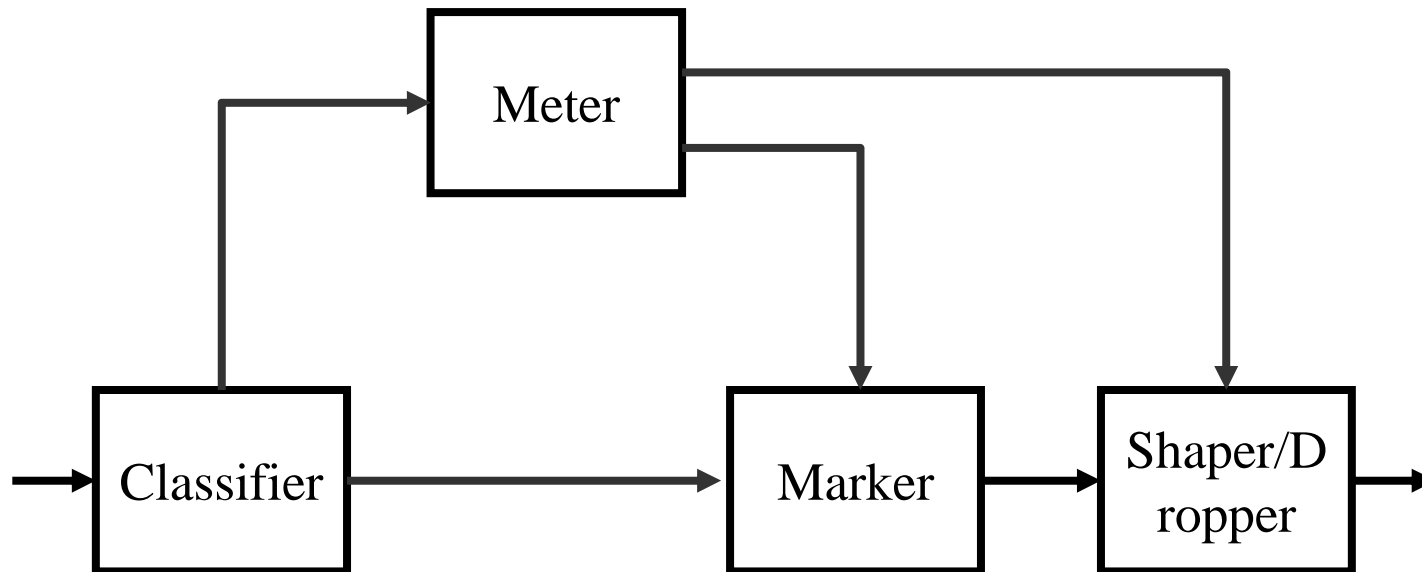
Περιεχόμενα

- Ασύγχρονος Τρόπος Μεταγωγής (ATM)
- Διαδικτυακά πρωτόκολλα (TCP/IP)
- Η τεχνολογία MPLS
- Η τεχνολογία Ethernet πέραν των τοπικών δικτύων
- Αρχιτεκτονικές Ποιότητας Υπηρεσίας
 - Int-Serv
 - DiffServ

Διαφοροποιημένες υπηρεσίες « Differentiated Services »

- Το μοντέλο Differentiated Services (DiffServ) γεννήθηκε για να αντιμετωπίσει τα προβλήματα του IntServ
 - Κλιμάκωση-επεκτασιμότητα
 - Πολυπλοκότητα – ανά ροή διαπραγμάτευση
- Το μοντέλο DiffServ παρέχει ένα πλαίσιο εργασίας καθώς και δομικά στοιχεία που επιτρέπουν τη διάκριση υπηρεσιών στο διαδίκτυο.
- Η διαπραγμάτευση των παραμέτρων ποιότητας υπηρεσίας για συγκεκριμένες ροές δεν γίνεται δυναμικά με χρήση πρωτοκόλλου σηματοδότησης (το οποίο ήταν και το πιο πολύπλοκο σκέλος της εφαρμογής του IntServ) αλλά βασίζεται στη σύναψη *σύμβασης* (*Service Level Agreement – SLA*) μεταξύ του πελάτη/χρήστη της υπηρεσίας δικτύου και του παρόχου/διαχειριστή της υπηρεσίας

Μοντέλο Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών



Αρχιτεκτονική Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών

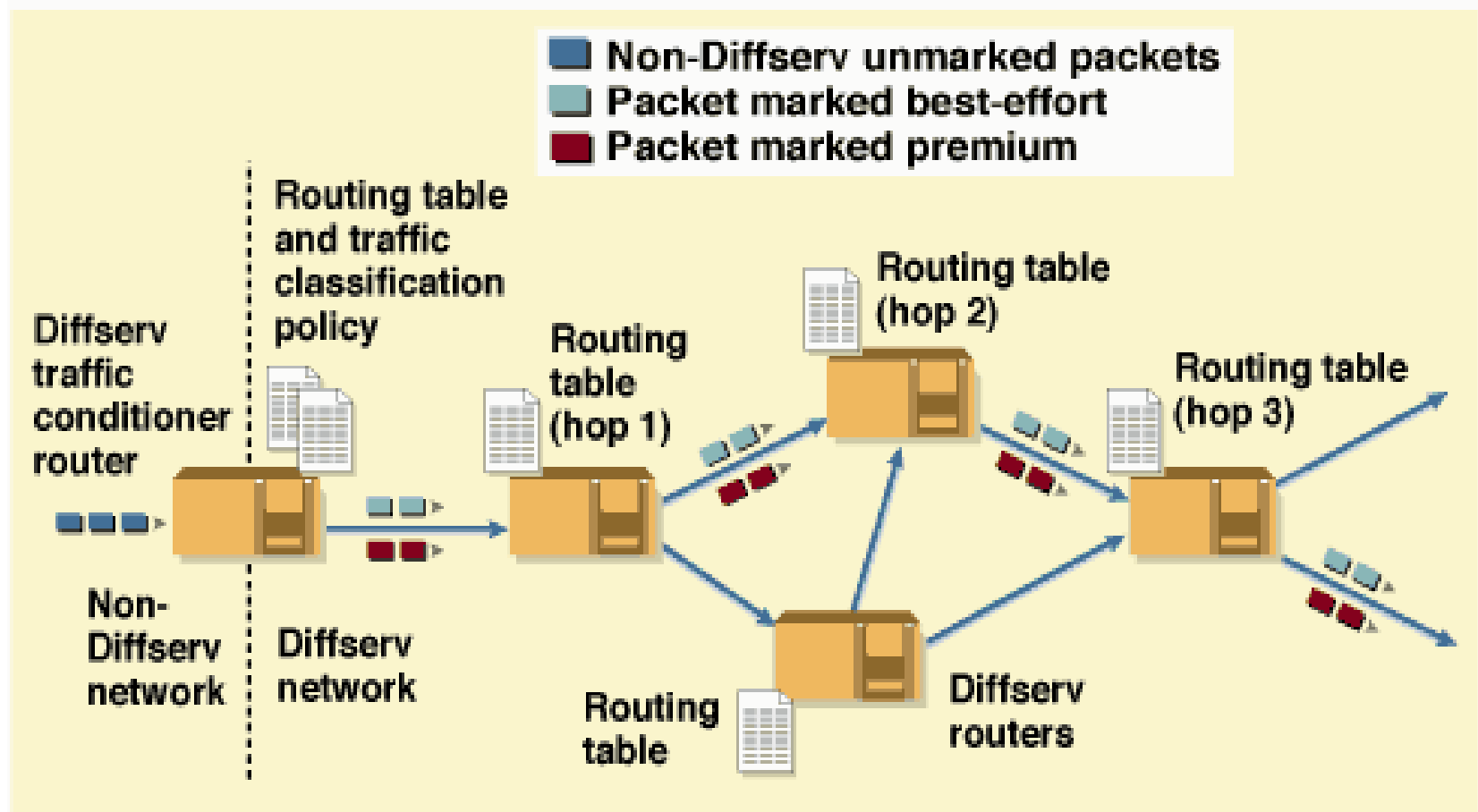
- Η σύμβαση (SLA) καθορίζει τους μηχανισμούς διαχείρισης κίνησης (Traffic Conditioning Agreement - TCA) :
 - Αναγνώρισης ροών (flow/packet classification)
 - Βασίζεται στην αναγνώριση της τιμής ενός μόνο πεδίου της επικεφαλίδας του πρωτοκόλλου IP (ToS/DSCP)
 - Μέτρησης κίνησης (Meter)
 - Εκτιμά τα στατιστικά χαρακτηριστικά των εισερχόμενων ροών
 - Χαρακτηρισμού κίνησης (Marker)
 - Χαρακτηρίζει τα πακέτα ανάλογα με το αν συμμορφώνονται με συμφωνημένα χαρακτηριστικά προς κατάλληλη διαχείριση από τα επόμενα στάδια επεξεργασίας και προώθησης
 - Μορφοποίησης ροών (Shaping/Dropping)
 - Εξασφαλίζει προώθηση των πακέτων ανάλογα με τα συμφωνημένα στατιστικά χαρακτηριστικά του ρυθμού μετάδοσης

Το μοντέλο των διαφοροποιημένων υπηρεσιών «Differentiated Services» στο διαδίκτυο

Τα βασικά στοιχεία του μοντέλου DiffServ είναι:

- Δεν απαιτεί την προδέσμευση των πόρων όπως το IntServ, οπότε δεν έχει μηχανισμούς για Admission Control
- Χρήση SLA - **Service Level Agreement** (συμφωνία επιπέδου υπηρεσίας)
 - Χρήση τόσο μεταξύ παρόχων όσο και μεταξύ χρήστη-παρόχου
- **Στηρίζεται στις κλάσεις υπηρεσιών (και όχι ροές), όπου κάθε κλάση έχει διαφορετική προτεραιότητα.**
- **Συμπεριφορά του μονοπατιού**
 - Στρατηγική προσδιορισμού των παραμέτρων που επηρεάζουν τη συμπεριφορά του μονοπατιού
 - διαφορετική αντιμετώπιση των πακέτων αλλά και υλοποίηση στρατηγικών χρονοπρογραμματισμού και διαχείρισης πακέτων
 - Per Hop Behaviour

Παράδειγμα τομέα διαφοροποιημένων υπηρεσιών «Differentiated Services»



Συμφωνία επιπέδου υπηρεσίας - Service Level Agreements (SLA)

Το SLA είναι ένα συμβόλαιο υπηρεσίας μεταξύ παρόχου και χρήστη-πελάτη που ορίζει τη συμπεριφορά κατά την προώθηση των πακέτων

Το SLA περιλαμβάνει κανόνες συμβατότητας κίνησης Traffic Conditioning Agreement (TCA), το οποίο προσδιορίζει

- το προφίλ της κίνησης
- Κανόνες κατηγοριοποίησης - ταξινόμησης
- Μαρκάρισμα
- Μέτρηση
- Πολιτικές απόρριψης ή μορφοποίησης κίνησης

Οι βασικές αρχές

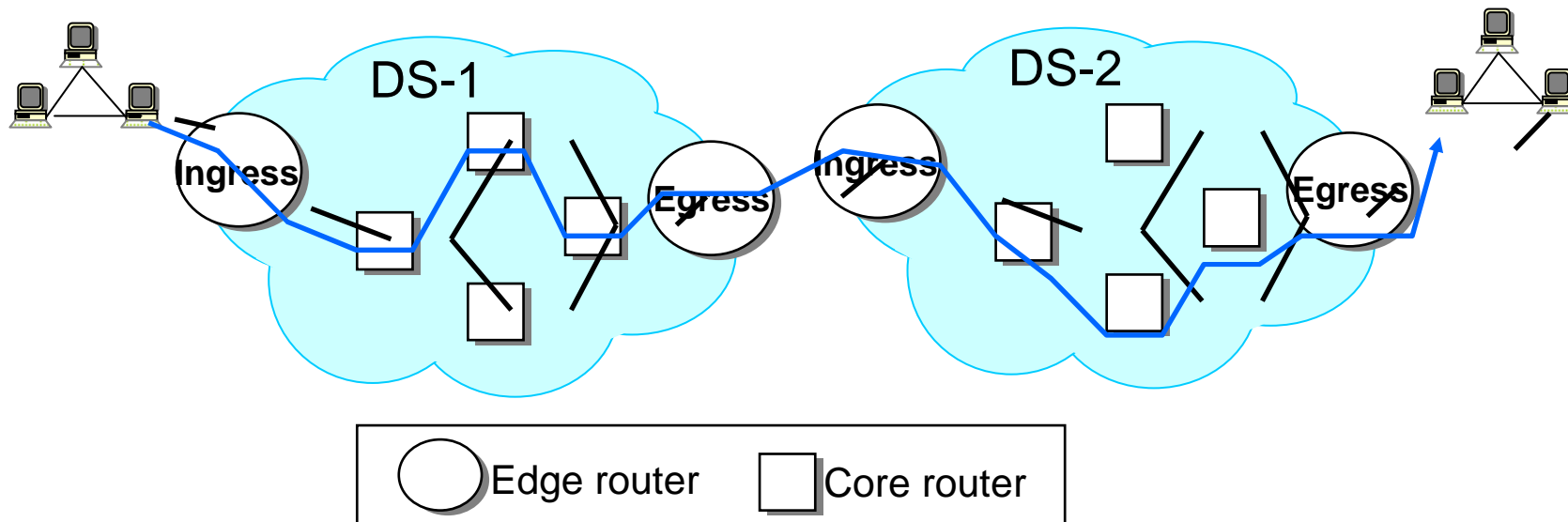
- Διακρίνεται ένας πεπερασμένος αριθμός κλάσεων απλά με μαρκάρισμα του πεδίου DS του πακέτου
- Ροές με ομοειδείς απαιτήσεις ποιότητας ομαδοποιούνται στην ίδια «κλάση»
- Η αρχιτεκτονική προδιαγράφει ένα σχήμα σχετικών προτεραιοτήτων
- Το μοντέλο DiffServ ομαδοποιεί ροές στην «άκρη» του δικτύου και χειρίζεται τις ομάδες στους ενδιάμεσους κόμβους

Τομέας διαφοροποιημένων υπηρεσιών - DS Domain

- Ένα DS Domain είναι ένα συνεχόμενο σύνολο από DS κόμβους που λειτουργούν με μία κοινή πολιτική παροχής υπηρεσιών και ένα σύνολο PHB υλοποιημένα σε κάθε κόμβο.
- Ένα DS domain αποτελείται από τους DS boundary (ακραίους) κόμβους και από τους DS interior (εσωτερικούς) κόμβους.
- Το DS Domain έχει ένα καλά καθορισμένο όριο που αποτελείται από DS Boundary κόμβους που κατηγοριοποιούν (classify) και πιθανώς εφαρμόζουν conditioning στην εισερχόμενη κίνηση για να διασφαλίσουν ότι τα πακέτα που διασχίζουν το domain είναι κατάλληλα μαρκαρισμένα για να επιλέξουν ένα PHB από τα PHB groups που υποστηρίζονται από το domain.

Περιοχή διαφοροποιημένων υπηρεσιών - DS region

- Μία περιοχή διαφοροποιημένων υπηρεσιών (DS Region) είναι ένα σύνολο από συνεχόμενα DS domains.
- Τα DS domains μέσα σε ένα DS region μπορεί να υποστηρίξουν διαφορετικά PHB groups εσωτερικά και διαφορετικές αντιστοιχίες coderopts – PHB.
- Για να επιτραπούν υπηρεσίες που διασχίζουν τα domains, τα DS domains πρέπει να εγκαταστήσουν μια peering SLA



Ακραίοι κόμβοι

- Οι ingress ή edge routers θα συναθροίσουν τις πολλές και ανεξάρτητες ροές (flows) σε aggregate flows (συναθροισμένες ροές με το ίδιο DSCP), κάνοντας έτσι ευκολότερη την δρομολόγηση τους, αφού δεν θα υπάρχει το πρόβλημα των ανεξάρτητων ροών.
- Έτσι η πολυπλοκότητα των ροών μετακινείται προς τα άκρα (όπου είναι και λιγότερες οι ροές) ενώ στο κέντρο έχουμε Behavior Aggregates
- Οι συσκευές που βρίσκονται στην είσοδο του τομέα DS πρέπει να υλοποιούν τις εξής λειτουργίες
 - Ταξινόμηση πακέτων
 - Αστυνόμευση (metering, shaping και dropping),
 - Τήρηση πληροφορίας σχετικά με τα SLAs και τα προφίλ κίνησης
 - Θέτουν - μεταβάλλουν το πεδίο DS και
 - Αποδίδουν συγκεκριμένα codewords σε ροές που προέρχονται από εφαρμογές που δεν χρησιμοποιούν το μοντέλο DiffServ.

Ενδιάμεσοι κόμβοι

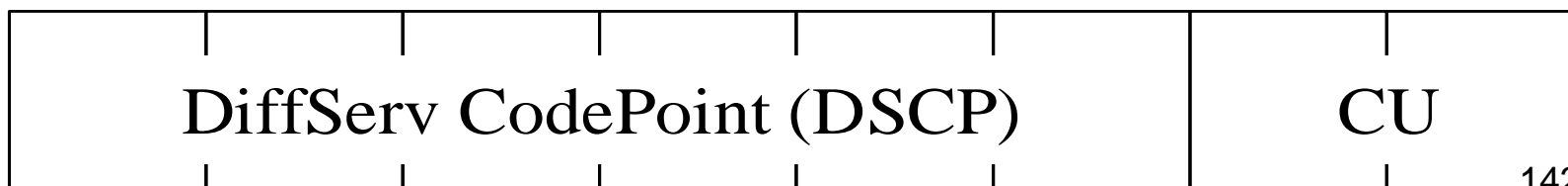
Ένας ενδιάμεσος κόμβος

- Ταξινομεί τα πακέτα με βάση το πεδίο DS μόνο
- Εξυπηρετεί τα πακέτα κατά προτεραιότητα

Το πεδίο ToS γίνεται DiffServ CodePoint (DSCP)

Η αρχιτεκτονική DiffServ είναι μηχανισμός διαχείρισης κίνησης με βάση συγκεκριμένο πεδίο της επικεφαλίδας του πακέτου IP

- Στο IPv4, από το πεδίο ToS, 6 bit αφιερώνονται στην κωδικοποίηση των Συμπεριφορών ανά βήμα (Per Hop Behaviour) και 2 μένουν αχρησιμοποίητα
 - *DSCP=101100* ενδεικνύει *EF (Expedited Forwarding)*
 - *DSCP=000000* ενδεικνύει *DF (Default - Best Effort)*
- Στο IPv6, χρησιμοποιούνται 7 bit.
 - 3 δείχνουν το drop precedence και
 - 4 δείχνουν ανάγκες
 - Χαμηλής καθυστέρησης
 - Υψηλού εύρους ζώνης
 - Μειωμένων απωλειών



Per Hop Behaviours

- Η συμπεριφορά προώθησης είναι μία γενική έννοια σε αυτό το περιβάλλον.
- Οι συμπεριφορές per-hop είναι μια περιγραφή των εξωτερικά παρατηρούμενων συμπεριφορών προώθησης (forwarding behavior) ενός DS κόμβου που εφαρμόζεται σε συγκεκριμένο DS behavior aggregate.
- Οι per-hop behaviors έχουν οριστεί για να παρέχουν δέσμευση χώρου στους buffers και εύρους ζώνης σε κάθε κόμβο, μεταξύ των ανταγωνιζομένων ροών δεδομένων.
- Η κατάσταση προώθησης σχετικά με τις ενεργές ροές των εφαρμογών και των πελατών δεν χρειάζεται να αποθηκεύεται μέσα στο δίκτυο.
- Το PHB είναι το μέσο με το οποίο ένας κόμβος εκχωρεί πόρους σε behavior aggregates.
- Το απλούστερο παράδειγμα ενός PHB είναι ένα το οποίο εγγυάται μία ελάχιστη εκχώρηση εύρους ζώνης $X\%$ σε μία ζεύξη (σε κάποιο λογικό χρονικό διάστημα) σε ένα behavior aggregate.

Οι υπηρεσίες στο μοντέλο DiffServ

- Συνδυάζοντας την ταξινόμηση, τη μέτρηση, τη μορφοποίηση και τον χρονοπρογραμματισμό μπορούν να προκύψουν διάφορα επίπεδα υπηρεσίας.
- Η IETF έχει προδιαγράψει πιο συγκεκριμένα 3 (επιτρέποντας τον επιμέρους διαχωρισμό αυτών σε διαφορετικής προτεραιότητας κλάσεις)
- Οι 3 PHB είναι:
 - Επείγουσας προώθησης - Expedited Forwarding (EF)
 - Επιβεβαιωμένης προώθησης - Assured Forwarding (AF)
 - Best-Effort.

Επείγουσα υπηρεσία - Expedited Forwarding – EF (I)

Η υπηρεσία EF προσδιορίζει μια PHB η οποία επιτρέπει τη δημιουργία υπηρεσίας

- Χαμηλών απωλειών
- Επιβεβαιωμένου εύρους ζώνης
- Χαμηλής καθυστέρησης
- Χαμηλής διακύμανσης της καθυστέρησης

απ' άκρο σε άκρο

Η παρατηρούμενη ποιότητα στα άκρα προσομοιάζει την virtual leased line.

Για να επιτευχθεί αυτή η ποιότητα ο μέγιστος συνολικός ρυθμός εισόδου πρέπει να είναι μικρότερος από τον ελάχιστο ρυθμό εξόδου σε κάθε κόμβο

Επείγουσα υπηρεσία - Expedited Forwarding – EF (II)

- Κάποιο ελάχιστο εύρος ζώνης πρέπει να διατεθεί στην υπηρεσία EF το οποίο να είναι ανεξάρτητο της στιγμιαίας κατάστασης φόρτου του κόμβου
- Για να επιτευχθεί η ποιότητα αυτή απαιτείται αστυνόμευση της κίνησης εισόδου ώστε ο ρυθμός άφιξης πακέτων αυτής της υπηρεσίας να είναι μικρότερος του εγγυημένου ρυθμού εξυπηρέτησης της
- Εκτός από το ελάχιστο BW εξυπηρέτησης της EF, μπορεί να προδιαγραφεί και ένα μέγιστο προκειμένου να εξυπηρετηθούν επαρκώς και οι υπόλοιπες κλάσεις

Υπηρεσία - Assured Forwarding – AF (I)

- Η υπηρεσία επιβεβαιωμένης προώθησης προορίζεται κυρίως για χρήστες που επιθυμούν αξιόπιστη υπηρεσία ακόμα και όταν το δίκτυο βρίσκεται σε συμφόρηση
- Η πιθανότητα παράδοσης του πακέτου είναι ιδιαίτερα υψηλή όταν η εισερχόμενη κίνηση είναι εντός «ορίων»
- Τέσσερα διαφορετικά επίπεδα επιβεβαιωμένης προώθησης υποστηρίζονται:
 - Τέσσερις κλάσεις AF προσδιορίζονται και διαφορετικό ποσό πόρων ανατίθεται σε καθεμιά από αυτές.
 - Σε καθεμιά από τις κλάσεις, ένα πακέτο μπορεί να συσχετισθεί με τρία διαφορετικά επίπεδα απωλειών
 - Σε περίπτωση συμφόρησης, ο κόμβος απορρίπτει πακέτα από την κλάση με υψηλότερη προτεραιότητα απόρριψης

Υπηρεσία - Assured Forwarding – AF (II)

Σε κάθε DiffServ κόμβο, το επίπεδο επιβεβαίωσης προώθησης εξαρτάται από:

- Τους πόρους που έχουν ανατεθεί στην κλάση AF στην οποία ανήκει το πακέτο
- Το στιγμιαίο φορτίο της κλάσης AF και
- Σε περίπτωση συμφόρησης μέσα στην κλάση
 - Στην προτεραιότητα απόρριψης (drop precedence) του πακέτου

Διαχείριση πόρων (I)

- Η υλοποίηση, ρύθμιση, λειτουργία και διαχείριση των υποστηριζόμενων PHB groups στους κόμβους ενός DS domain πρέπει ουσιαστικά να διαχωρίζει τους πόρους αυτών των κόμβων και των μεταξύ των ζεύξεων ανάμεσα στα behavior aggregates, σε συμφωνία με την πολιτική service provisioning του domain.
- Για τη δέσμευση πόρων σε DiffServ δίκτυα υπάρχουν δύο στρατηγικές:
 - Στατική δέσμευση πόρων
 - Δυναμική δέσμευση πόρων

Διαχείριση πόρων (II)

Κατά την πρώτη μέθοδο, η δέσμευση των πόρων γίνεται μέσω λειτουργιών διαχείρισης, δηλαδή στατικά.

- Εάν αποφασιστεί ότι υπάρχει ανάγκη υποστήριξης μιας υπηρεσίας σε ένα μονοπάτι ενός DiffServ δικτύου, οι διαχειριστές των domain τα οποία επηρεάζονται αποφασίζουν
 - αν μπορεί να γίνει αποδεκτή,
 - συνάπτουν τις TCA και
 - ρυθμίζουν τους ingress και egress DS routers ώστε να γίνεται το σωστό Classification και Conditioning.

Αυτή η μέθοδος μπορεί να είναι χρήσιμη στην περίπτωση που οι ανάγκες για πόρους μιας ροής είναι εκ των προτέρων γνωστές, και δεν μεταβάλλονται γρήγορα.

Διαχείριση πόρων – bandwidth broker (III)

Δεύτερη μέθοδος- δυναμικά : η διαχείριση των πόρων του κάθε domain γίνεται από μία οντότητα που ονομάζεται “Bandwidth Broker”

- Ο bandwidth broker του κάθε domain πρέπει να γνωρίζει σε κάθε χρονική
 - την τοπολογία του δικτύου,
 - τους συνολικούς πόρους του κάθε κόμβου και της κάθε ζεύξης του δικτύου,
 - καθώς και όλες τις TCA που έχουν συναφθεί μεταξύ αυτού του domain και των γειτονικών του.
- Με βάση αυτά τα στοιχεία ο bandwidth broker αποφασίζει κατά πόσον μία καινούργια αίτηση μπορεί να γίνει αποδεκτή στο σύστημα και με ποιες παραμέτρους ποιότητας υπηρεσίας.
- Ο bandwidth broker πρέπει να επικοινωνεί με τα γειτονικά domain ώστε να παρέχεται ποιότητα υπηρεσίας από άκρο σε άκρο.

Σύγκριση μεταξύ *IntServ* και *DiffServ (I)*

- Το IntServ/RSVP προϋποθέτει σηματοδοσία
- Το IntServ/RSVP προβλέπει τήρηση πληροφορίας καταστάσεων
 - ανά ροή και
 - σε κάθε κόμβο
- Το DiffServ χειρίζεται ροές μόνο στην είσοδο του δικτύου ενώ στο υπόλοιπο χειρίζεται δέσμες ροών (flow aggregates)
- Επίσης υποστηρίζει μόνο ένα περιορισμένο αριθμό προτεραιοτήτων
- Κατάσταση ανά κλάση και όχι ανά ροή

Άρα το DiffServ

- Μειώνει την απαιτούμενη πολυπλοκότητα στους κόμβους
- Είναι επεκτάσιμο

Βιβλιογραφία - αναφορές

- [1] Constantinos Dovrolis and Parameswaran Ramanathan, “*A Case for Relative Differentiated Services and the Proportional Differentiation model*”, IEEE Network, September/October 1999.
- [2] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang and W. Weiss, “*An Architecture for Differentiated Services*”, RFC 2475, December 1998.
- [3] Xipeng Xiao and Lionel M. Ni, “*Internet QoS: A Big Picture*”, IEEE Network, March/April 1999.
- [4] J. Postel, “*Service mappings*”, RFC 795, September 1981.
- [5] K. Nichols, S. Blake, F. Baker and D. Black, “*Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers*”, RFC 2474, December 1998.
- [6] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss and J. Wroclawski, “*Assured Forwarding PHB*”, RFC 2597, June 1999.
- [7] V. Jacobson, K. Nichols and K. Poduri, “*An Expedited Forwarding PHB*”, RFC 2598, June 1999.
- [8] Yoram Bernet, “*The Complementary Roles of RSVP and Differentiated Services in the Full-Service QoS Network*”, IEEE Communications Magazine, February 2000.

Βιβλιογραφία - Συγγράμματα

- Α. Tanenbaum, Δίκτυα Υπολογιστών, Κλειδάριθμος 2003
- J. Walrand, Δίκτυα Επικοινωνιών, Παπασωτηρίου, 1997.
- Δίκτυα Ευρύας Ζώνης, Συγγραφέας: Ι., Βενιέρης Εκδότης: ΤΖΙΟΛΑΣ (κεφάλαιο ATM)