

Δίκτυα Επικοινωνιών II : Τεχνολογία MPLS

Δρ. Απόστολος Γκάμας

Διδάσκων 407/80

gkamas@uop.gr

Διαφάνεια 1

Δίκτυα Επικοινωνιών II

Εισαγωγή



- MPLS τεχνολογία
- MPLS switching
- MPLS Virtual Private Networks
- MPLS Traffic Engineering
- MPLS Advanced features

Διαφάνεια 2

Δίκτυα Επικοινωνιών II

MPLS Τεχνολογία

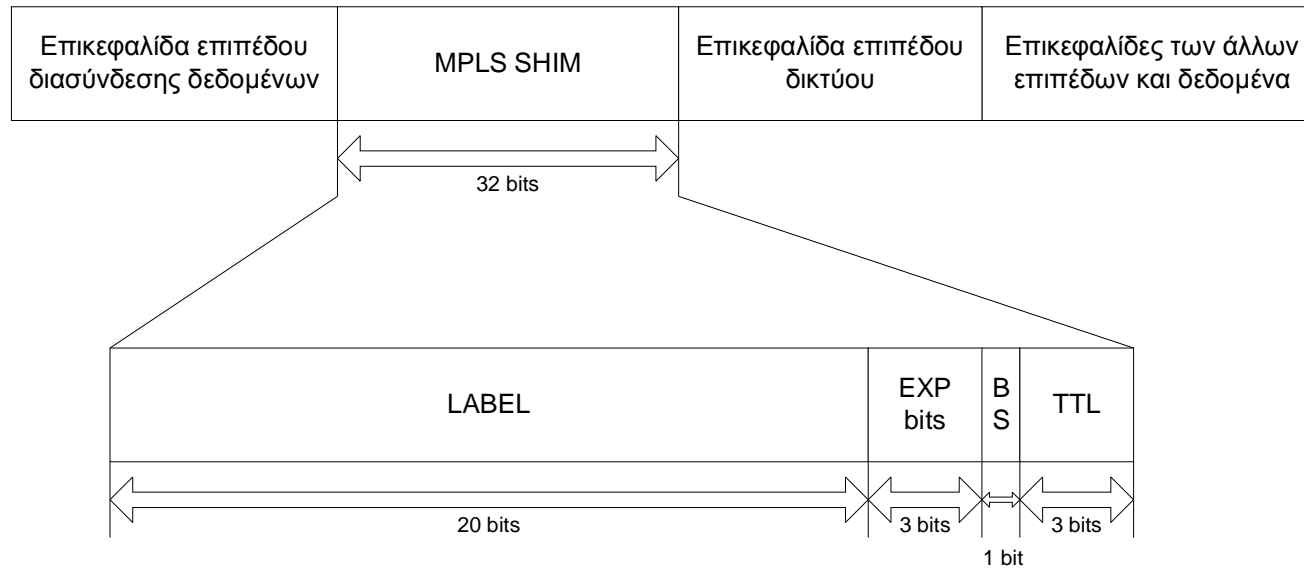


- Τι είναι το MPLS
- Ανήκει μόνο στους δρομολογητές
- Η σημασία του MPLS στα πεδία:
 - Λειτουργικότητα, Κλιμάκωση, Εξέλιξη, Ολοκλήρωση
- Πλεονεκτήματα:
 - Υποστήριξη πολλών πρωτοκόλλων
 - Ανεξαρτησία επιπέδου διασύνδεσης δεδομένων
 - Αυξημένη απόδοση
 - Traffic engineering
 - Υποστήριξη multicast, QoS

MPLS ετικέτες



— 20-bit ετικέτες



MPLS Ορολογία



- MPLS Label: Σταθερού μήκους επικεφαλίδα για την προώθηση των πακέτων. Αποτελείται από
 - Label: Η επικεφαλίδα
 - CoS: Μπορεί να επηρεάσει τους αλγόριθμους χρονοδρομολόγησης
 - Stack: Υποστήριξη ιεραρχικής στοίβας ετικετών
 - TTL: Όπως IP

Διαφάνεια 5

Δίκτυα Επικοινωνιών II

MPLS Ορολογία



- Label Switch Router, (LSR): Συσκευή η οποία κάνει μεταγωγή με ετικέτες
- Label Edge router, (LER): Η συσκευή η οποία βρίσκεται στα άκρα του δικτύου και αναθέτει τις ετικέτες
- Forwarding Equivalence Class, (FEC): Ένα σύνολο πακέτων που προωθούνται με τον ίδιο τρόπο / την ίδια μεταχείριση
- Label Switched Path, (LSP): Το μονοπάτι το οποίο καθορίζεται από τις ετικέτες οι οποίες ανατίθενται σε δύο τελικά σημεία

Διαφάνεια 6

Δίκτυα Επικοινωνιών II

Λειτουργία MPLS



- Κάθε πακέτο μόλις ταξινομηθεί σε μια FEC του ανατίθεται μια ετικέτα
- Αντιστοιχίζεται σε μια FEC με βάση κάποιο γεγονός ή πολιτική (μοντέλο δεδομένων ή ελέγχου)
- Κριτήρια προώθησης με βάση τα οποία γίνεται η απόφαση ανάθεσης
 - Unicast δρομολόγηση με βάση τον περιορισμό
 - Έλεγχος κυκλοφορίας
 - Multicast
 - QoS

Λειτουργία MPLS



- Η MPLS προώθηση μπορεί να γίνει και από switches που δεν μπορούν να αναλύσουν τις επικεφαλίδες δικτυακού επιπέδου
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιπλέον πληροφορίες σχετικά με το πακέτο (πχ από πιο port ή ρθε)
- Εύκολη απόφαση προώθησης από τον δρομολογητή (με βάση τις ετικέτες)
- Οι διαδικασίες ανάθεσης πακέτων σε μια FEC μπορούν να γίνουν πολύ πολύπλοκες χωρίς να επιβαρύνουν τους δρομολογητές
- Χρήση της ετικέτας για αναπαράσταση διαδρομής χωρίς επιπλέον πληροφορία μαζί με το πακέτο

Διαφάνεια 8

Δίκτυα Επικοινωνιών II

Λειτουργία MPLS



- Στοιχείο Προώθησης Μεταγωγής Ετικέτας. Το MPLS παρέχει τις ακόλουθες επιλογές προώθησης
 - Δρομολόγηση Βήμα-προς-Βήμα
 - Ρητή δρομολόγηση
- Στοιχείο Ελέγχου Μεταγωγής Ετικέτας (LSR):
 - Δημιουργεί τις αντιστοιχίες μεταξύ των ετικετών και FCEs
 - Διανέμει τις αντιστοιχίες αυτές στους άλλους LSRs
 - Κατασκευάζει το δικό του πίνακα προώθησης

Λειτουργία MPLS



- Διανομή Πληροφορίας Ετικετών. Καταχωρήσεις σε πίνακα προώθησης
 - Πληροφοριών σχετικά με εξερχόμενο interface
 - Καινούργια ετικέτα
 - Λοιπές πληροφορίες
 - Label Distribution Protocol (LDP)
 - Resource Reservation Protocol (RSVP)

Διαφάνεια 10

Δίκτυα Επικοινωνιών Π

Edge LSR



- κατηγοριοποίηση της κυκλοφορίας και τοποθέτηση των ετικετών
- Καθορίζει:
 - Αν η κυκλοφορία είναι μια ροή μεγάλης διάρκειας
 - Υλοποιεί πολιτικές διαχείρισης και ελέγχους πρόσβασης
 - Συναθροίζει την κυκλοφορία σε μεγαλύτερες ροές
- Δυνατότητες νέας γενιάς edge LSRs
 - Wire speed δυνατότητες κατηγοριοποίησης των IP ροών
 - Εκτεταμένες VPN δυνατότητες

Διαφάνεια 11

Δίκτυα Επικοινωνιών Π



Tunnels και Labels stacks

- Αδιαφανής Μεταφορά δεδομένων μεταξύ των LSR tunnel εισόδου και εξόδου
 - Ασφαλή απόκρυψη δεδομένων
 - Ο LSR εξόδου διανέμει τις ετικέτες για πολλαπλά FECs και εγκαθιστά πολλαπλά LSPs
- Η ανάθεση πολλαπλών ετικετών καλείται Label Stacking
 - Καλύτερη κατηγοριοποίηση κυκλοφορίας
 - Μεγαλύτερη ευελιξία για επαναδρομολόγηση



MPLS Data Structures

- LIB
 - Αποθηκεύει όλες τις ετικέτες που έχουν διαφημιστεί από άλλος LSRs στο MPLS δίκτυο
- LFIB (cache)
 - Χρησιμοποιείται από τη διεργασία προώθησης πακέτων
 - Ανάλογο του IP forwarding table
 - Περιέχει: incoming και outgoing label, FEC, next hop
- IP routing table
- LFIB = συνδυασμός LIB και IP routing table

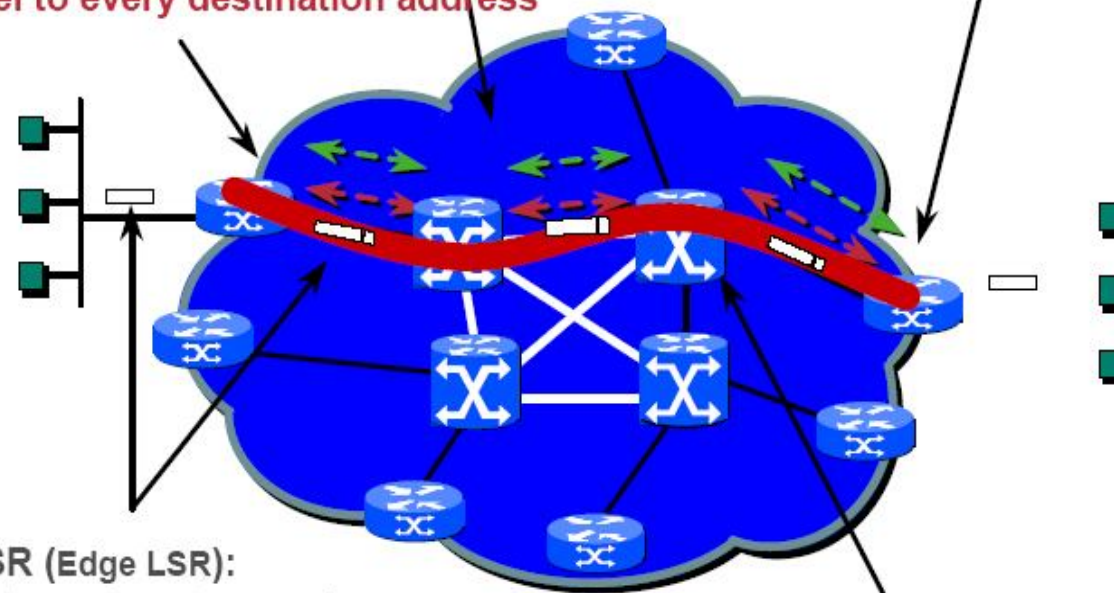
MPLS switching



1a. The Routed protocol (OSPF, IGRP,...) computes the shortest pass to destination within the core

1b. The LDP (Label Distribution Protocol) binds a label to every destination address

4. The last MPLS switch removes label



2. ELSR (Edge LSR):
The inbound router receive packets, runs usual L3 services and then adds labels

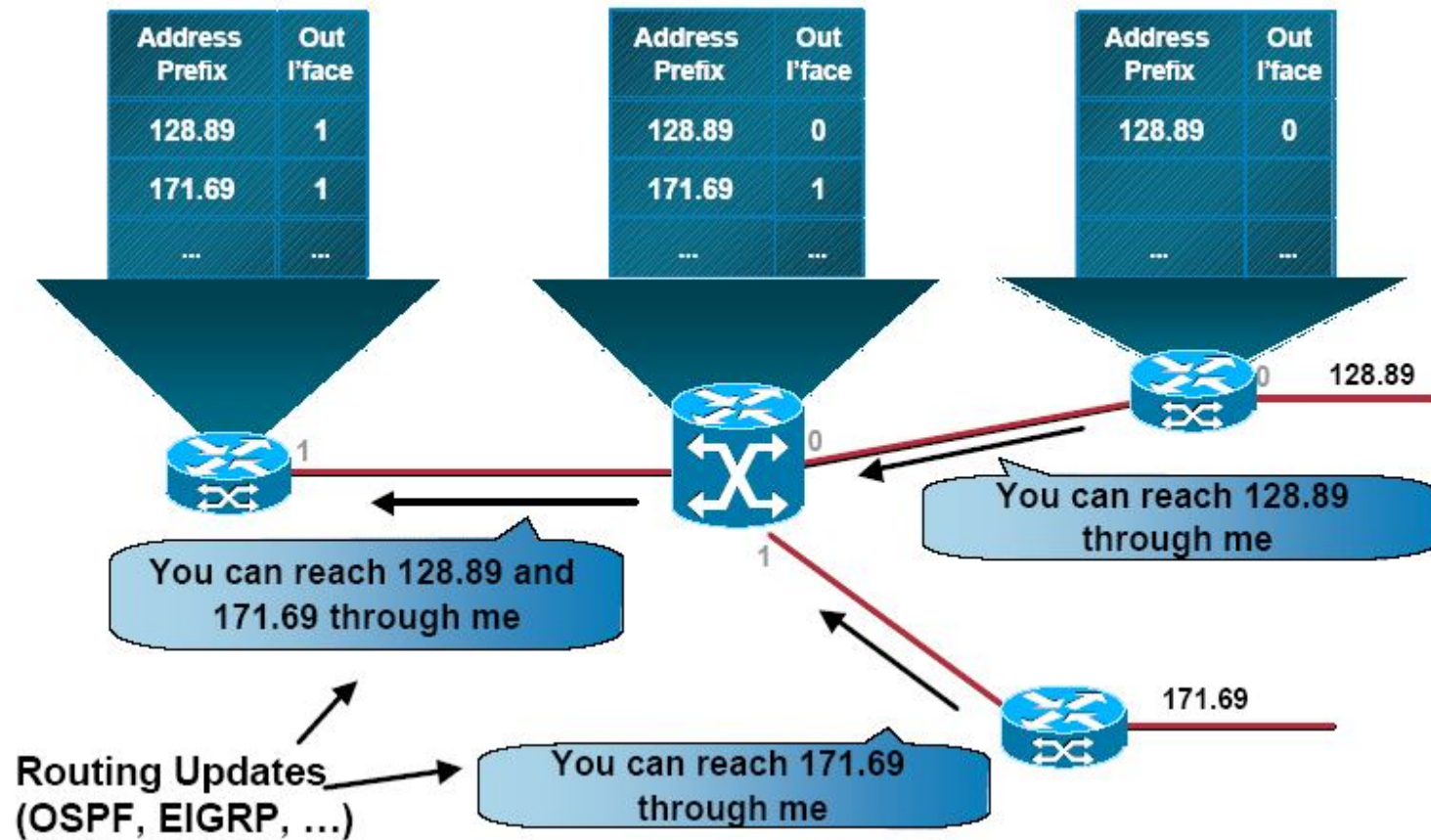
3. LSR: Label Switch Roteur switches packet based on label (with label swapping)

Διαφάνεια 14

Δίκτυα Επικοινωνιών II



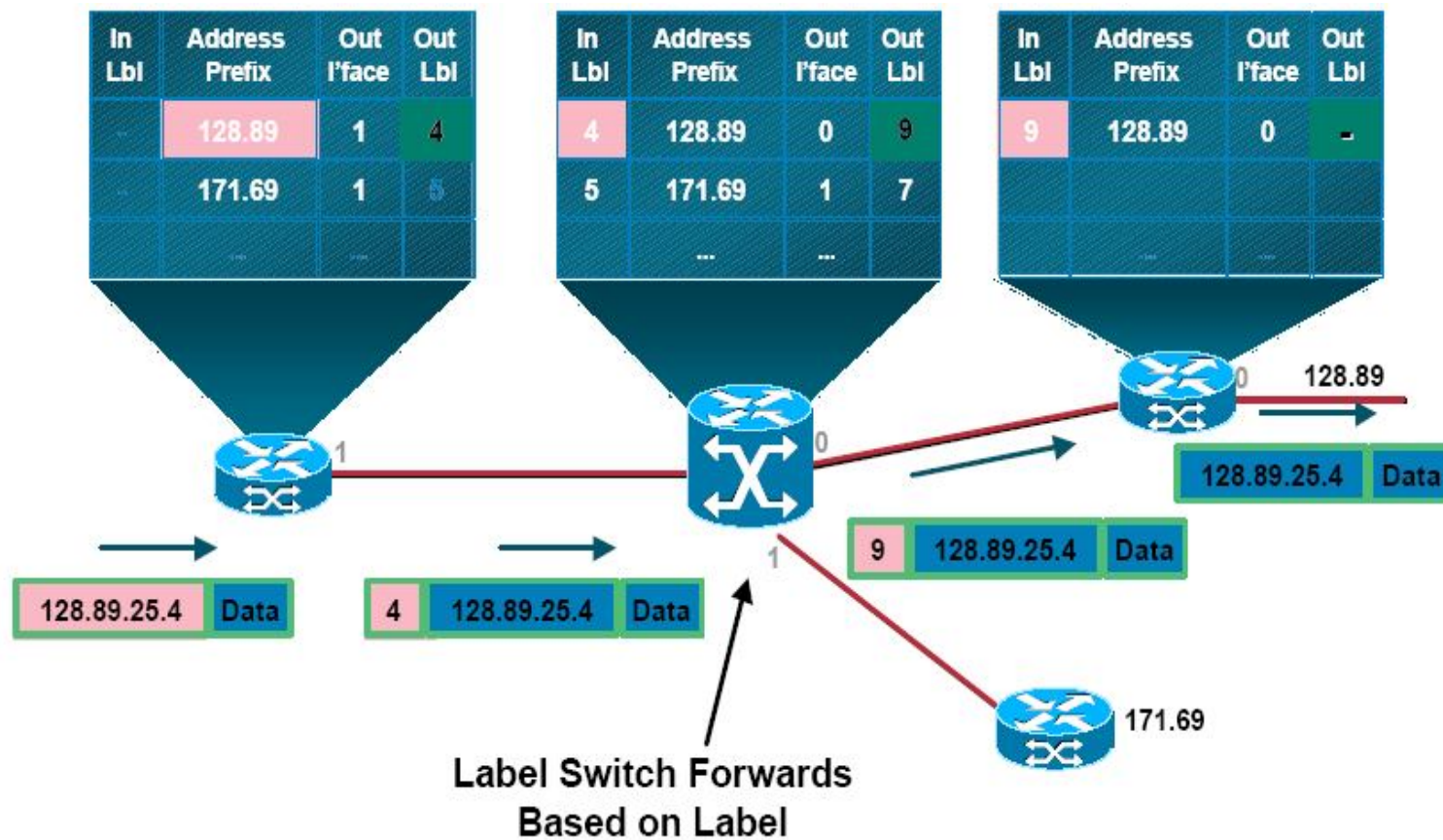
MPLS routing πληροφορία



Διαφάνεια 15

Δίκτυα Επικοινωνιών II

MPLS προώθηση



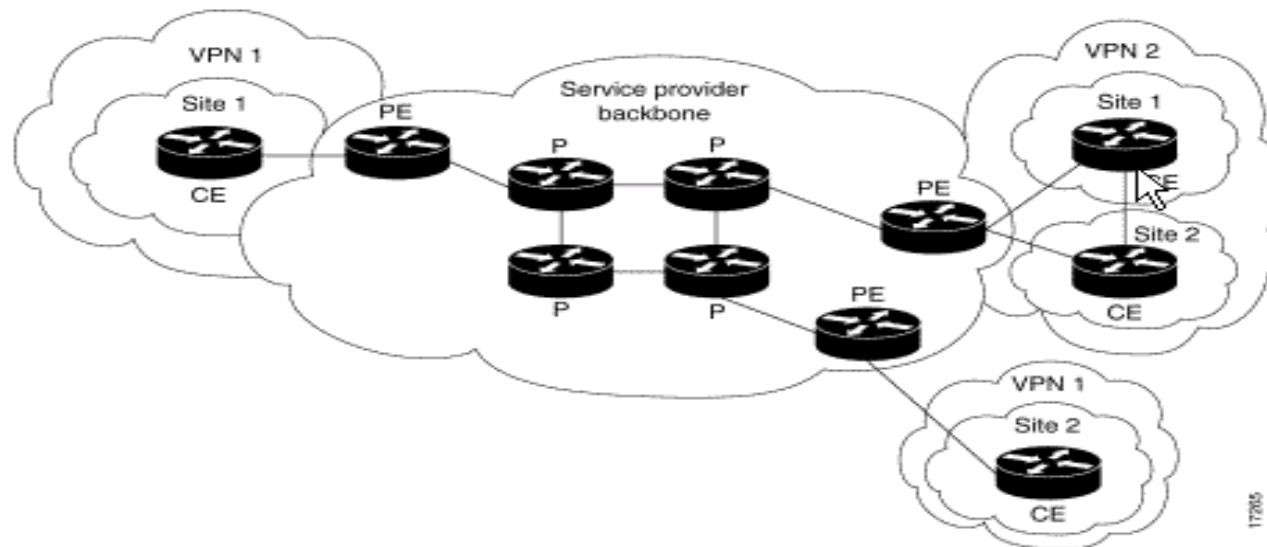
Διαφάνεια 16

Δίκτυα Επικοινωνιών II



Virtual Private Networks

- Ιδιωτικά Ιδεατά Δίκτυα
 - Επιπέδου 3 (IP)
 - Επιπέδου 2
- CE, PE, P routers



Διαφάνεια 17

Δίκτυα Επικοινωνιών II



Virtual Private Networks

- Βασιζεται στην χρήση LSPs
- Κάθε LSR διαχωρίζει τις VPN ροές
- Αναθέτει στα VPN δεδομένα ετικέτες όταν εισέρχονται σε ένα LSP
- Hub & spoke VS full- mesh
- Διαθέσιμοι μηχανισμοί με τους οποίους διανέμονται οι ετικέτες στους LSRs
 - CR-LDP
 - RSVP-TE

Ασφάλεια των Ιδεατών Ιδιωτικών Δικτύων



- Η ασφάλεια των δεδομένων επιτυγχάνεται με την ανάθεση στα δεδομένα μιας μοναδικής στοίβας ετικετών που είναι μοναδική για τον προσορισμό
- Χρησιμοποιούνται τεχνικές κρυπτογράφησης των δεδομένων

Διαφάνεια 19

Δίκτυα Επικοινωνιών Π

Πλεονεκτήματα



- Υπάρχει ευκολία στη δημιουργία τους - μόνο οι CE και PE δρομολογητές απαιτούν διαμόρφωση
- Η διαχείριση γίνεται σχετικά εύκολα αφού οι πάροχοι έχουν να διαχειριστούν μόνο ένα δίκτυο και όχι ένα δίκτυο για κάθε VPN
- Δεν υπάρχει κανένας περιορισμός στην διευθυνσιοδότηση που χρησιμοποιεί κάθε VPN πελάτης
- Προσφέρουν μειωμένο κόστος
- Οι πελάτες απαλλάσσονται από την διαχείριση του δικτύου

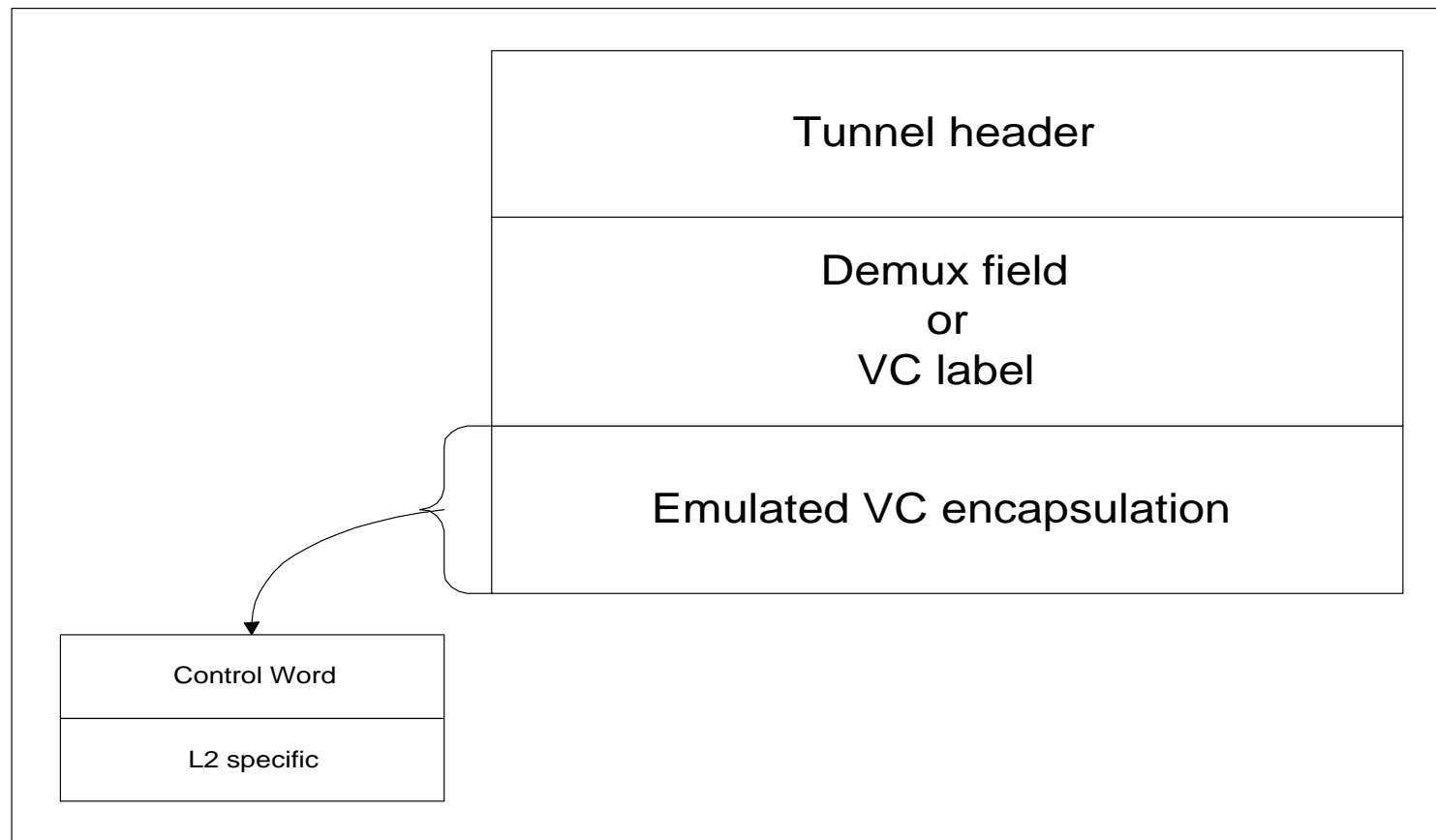
Διαφάνεια 20

Δίκτυα Επικοινωνιών II



L2 MPLS VPNs

- Ενθυλάκωση πλαισίων του επιπέδου 2



Διαφάνεια 21

Δίκτυα Επικοινωνιών II



Μετάδοση πλαισίων του επιπέδου 2

- Tunnel labels
 - Για την δρομολόγηση από τον ingress LSR στον egress LSR
 - διανομή του label μπορεί να γίνει με οποιαδήποτε αποδεκτή μέθοδο για διανομή MPLS labels.
- VC label
 - Το βλέπει μόνο ο egress LSR για να αποφασίσει τι θα κάνει με το PDU
 - Για τα VC labels μπορεί να χρησιμοποιηθεί στατική ανάθεση των labels, αλλά και διανομή μέσω από σηματοδοσία
- 2 προσεγγίσεις
 - Martini draft
 - Kompella draft

Πλεονεκτήματα



- Έμφυτη δυνατότητα κλιμάκωσης
- Διαχωρισμός διαχειριστικών αρμοδιοτήτων
- Μυστικότητα πληροφοριών δρομολόγησης
- Ευκολία ρύθμισης
- Ανεξαρτησία από το πρωτόκολλο του επιπέδου 3
- Μειωμένο overhead
- Ομοιογένεια στις διαφορετικές L2 τεχνολογίες
- Πραγματική end-to-end connectivity
- Ομαλή μετάβαση από τις παλιές σε νέες τεχνολογίες
- Δρομολόγηση encapsulated IPv6, IPX, SNA πάνω από IPv4 δίκτυα
- Στατιστική πολύπλεξη των Layer 2 κυκλωμάτων

Μειονεκτήματα



- Απαιτήση για κοινή τεχνολογία επιπέδου 2 σε κάθε VPN
- Πολυπλοκότητα δρομολόγησης για τους πελάτες
- Τα σχετικά προϊόντα δεν είναι ακόμα ώριμα
- Τα standards βρίσκονται σε εξέλιξη

Διαφάνεια 24

Δίκτυα Επικοινωνιών Π



Υποστήριξη από κατασκευαστές

- Επιπέδου 3 VPNs
 - Υποστηρίζονται ευρέως
- Επιπέδου 2 VPNs
 - Juniper
 - MPLS/CCC (MPLS Circuit Cross-Connect)
 - MPLS/TCC
 - Kompella drafts
 - Cisco
 - Ενδιαφέρον για την σχετική τεχνολογία (AToM)
 - Υλοποίηση για Ethernet over MPLS (EoMPLS)
 - Martini drafts

CCC τεχνολογία



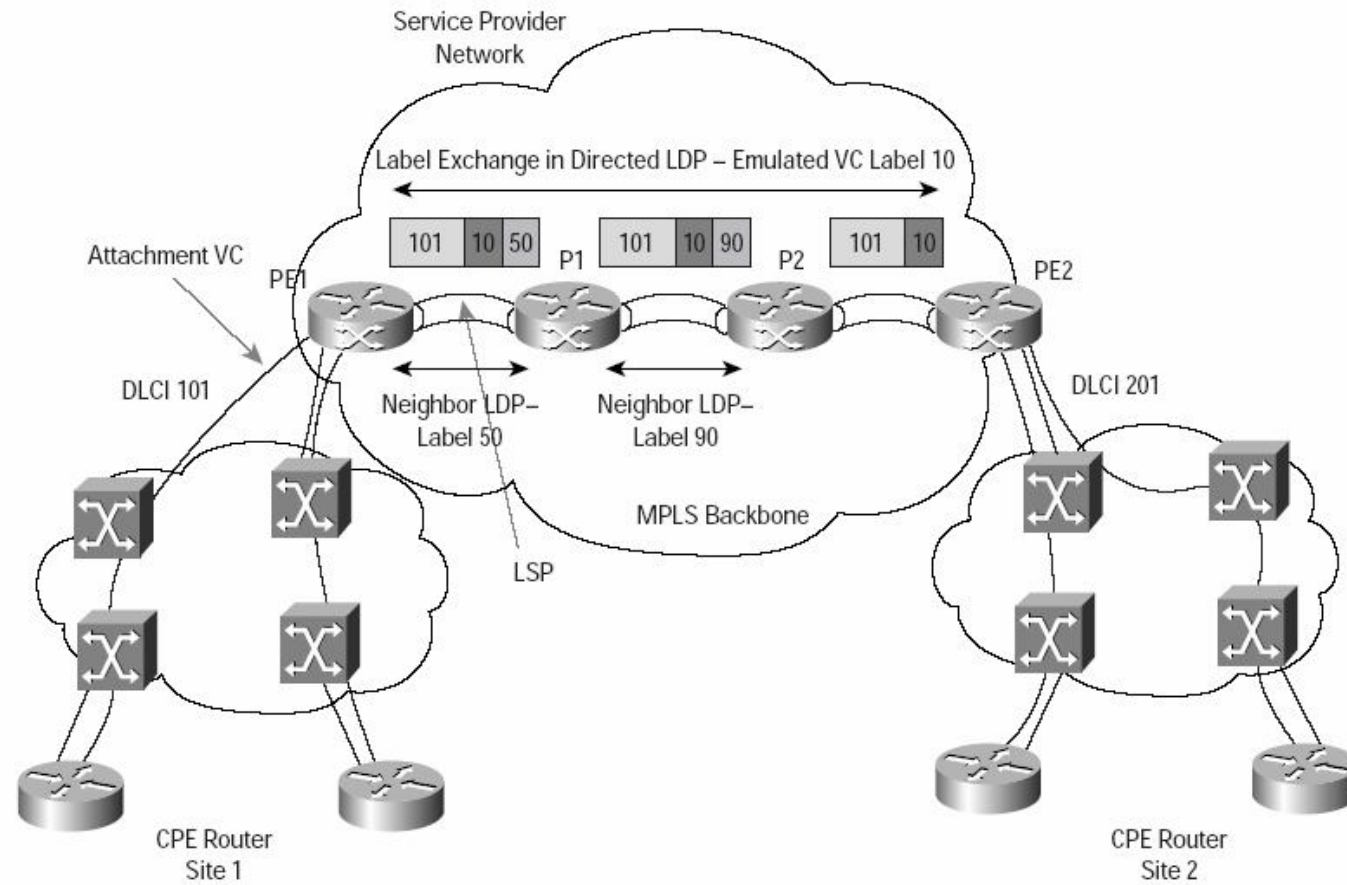
- Τα κυκλώματα CCC εμπίπτουν σε δύο κατηγορίες οι οποίες περιλαμβάνουν DLCIs, VCs, VLAN IDs, PPP και διεπαφές Cisco HDLC, και LSPs
- 3 τύπους cross-connect:
 - Layer 2 switching—Cross - connects μεταξύ των λογικών διεπαφών (παρέχει αυτό ουσιαστικά διασύνδεση στο επίπεδο 2. Οι διεπαφές που συνδέονται θα πρέπει να είναι του ίδιου τύπου)
 - MPLS tunneling—Cross – connects. Επιτρέπουν να συνδεθούν δύο κυκλώματα του ίδιου τύπου (LSPs)
 - LSP stitching—Cross - connects μεταξύ των LSPs. Συρραφή 2 label-switched paths
 - Layer 2 switching και MPLS tunneling, το cross-connect είναι αμφίδρομο. Για το LSP stitching, το cross - connect είναι μονής κατεύθυνσης.



AToM τεχνολογία

- Τα πρωτόκολλα που υποστηρίζονται από το AToM είναι: Ethernet, Dot1Q Vlans, PPP, ATM AAL5, Frame Relay, ATM Cell Relay και HDLC.
- το VC label διαφημίζεται μέσω μιας κατευθυνόμενης LDP συνόδου (directed LDP session), μεταξύ των PE
- Η προώθηση με την χρήση δύο επιπέδων ετικετών
 - Η εξωτερική ετικέτα (tunnel label) καθοδηγεί το πακέτο πάνω από το MPLS δίκτυο στο δρομολογητή εξόδου (egress router).
 - Η VC ετικέτα καθορίζει το interface εξόδου, και δεσμεύει τη L2 διεπαφή εξόδου στην tunnel label.
- εξέλιξη της τεχνικής AToM:
 - υποστήριξη L2 MPLS VPNs μεταξύ Interfaces τα οποία χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνολογίες. Το χαρακτηριστικό αυτό ονομάζεται interworking.
 - διασύνδεση πολλαπλών κυκλωμάτων. Η επέκταση αυτή είναι γνωστή με το όνομα Virtual Private Lan Service (VPLS).

ΑΤΟΜ τεχνολογία



Διαφάνεια 28

Δίκτυα Επικοινωνιών II



MPLS – Traffic Engineering

- Στόχοι
 - προσανατολίζονται στην κυκλοφορία
 - προσανατολίζονται στους πόρους
- Μέθοδοι
 - ρητών διαδρομών ή ρητής δρομολόγησης
 - έμμεση δρομολόγηση
- Το βασικό πρόβλημα του Traffic Engineering
- Επεκτάσεις σε υπάρχοντα πρωτόκολλα
 - RSVP-TE
 - CR-LDP

MPLS – Traffic Engineering



- Για τη δρομολόγηση των κυρίων μονοπατιών
- Για την παροχή ακριβούς ελέγχου
- Για την αποδοτικότερη χρησιμοποίηση του εύρους ζώνης
- Ελαχιστοποίηση της απώλειας πακέτων, των παρατεταμένων περιόδων συμφόρησης και μεγιστοποίηση του throughput
- Για την παροχή περισσότερων επιλογών, χαμηλότερου κόστους, και καλύτερης υπηρεσίας στους πελάτες

Διαφάνεια 30

Δίκτυα Επικοινωνιών Π

RSVP με Traffic Engineering Extensions



- Η RSVP σηματοδότηση λαμβάνει χώρα μεταξύ δρομολογητών (traffic trunk), ενώ το επεκταμένο RSVP εφαρμόζεται σε μια συλλογή ροών που μοιράζονται ένα κοινό μονοπάτι και ένα κοινό σύνολο δικτυακών πόρων
- Επιτυγχάνεται διανομή των MPLS ετικετών
- Μείωση του πλήθους των μηνυμάτων ανανέωσης και τις σχετικές απαιτήσεις για επεξεργασία
- Το μονοπάτι δεν περιορίζεται από την τυπική δρομολόγηση που βασίζεται στον προορισμό

Διαφάνεια 31

Δίκτυα Επικοινωνιών Π

RSVP με Traffic Engineering Extensions

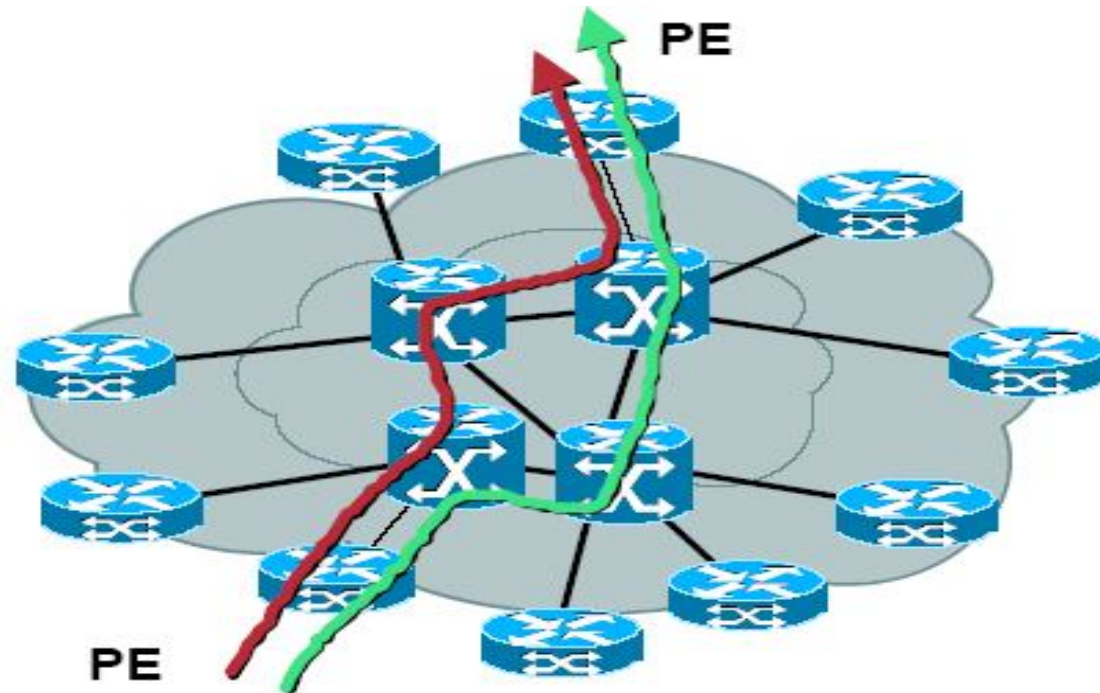


- Downstream-on-demand διανομή ετικέτας
- Αρχικοποίηση ρητών LSPs
- Κατανομή των δικτυακών πόρων (π.χ., εύρος ζώνης) στα ρητά LSPs
- Επανα-δρομολόγηση των εγκατεστημένων LSP tunnels
- Ανίχνευση της πραγματικής διαδρομής που ακολουθεί ένα LSP tunnel
- Έννοια των **abstract** κόμβων
- Επιλογές εκ των προτέρων εκχώρησης που ελέγχονται διαχειριστικά



MPLS – Traffic Engineering

- Link failure / fast reroute
- Εναλλακτικά μονοπάτια



Διαφάνεια 33

Δίκτυα Επικοινωνιών Π



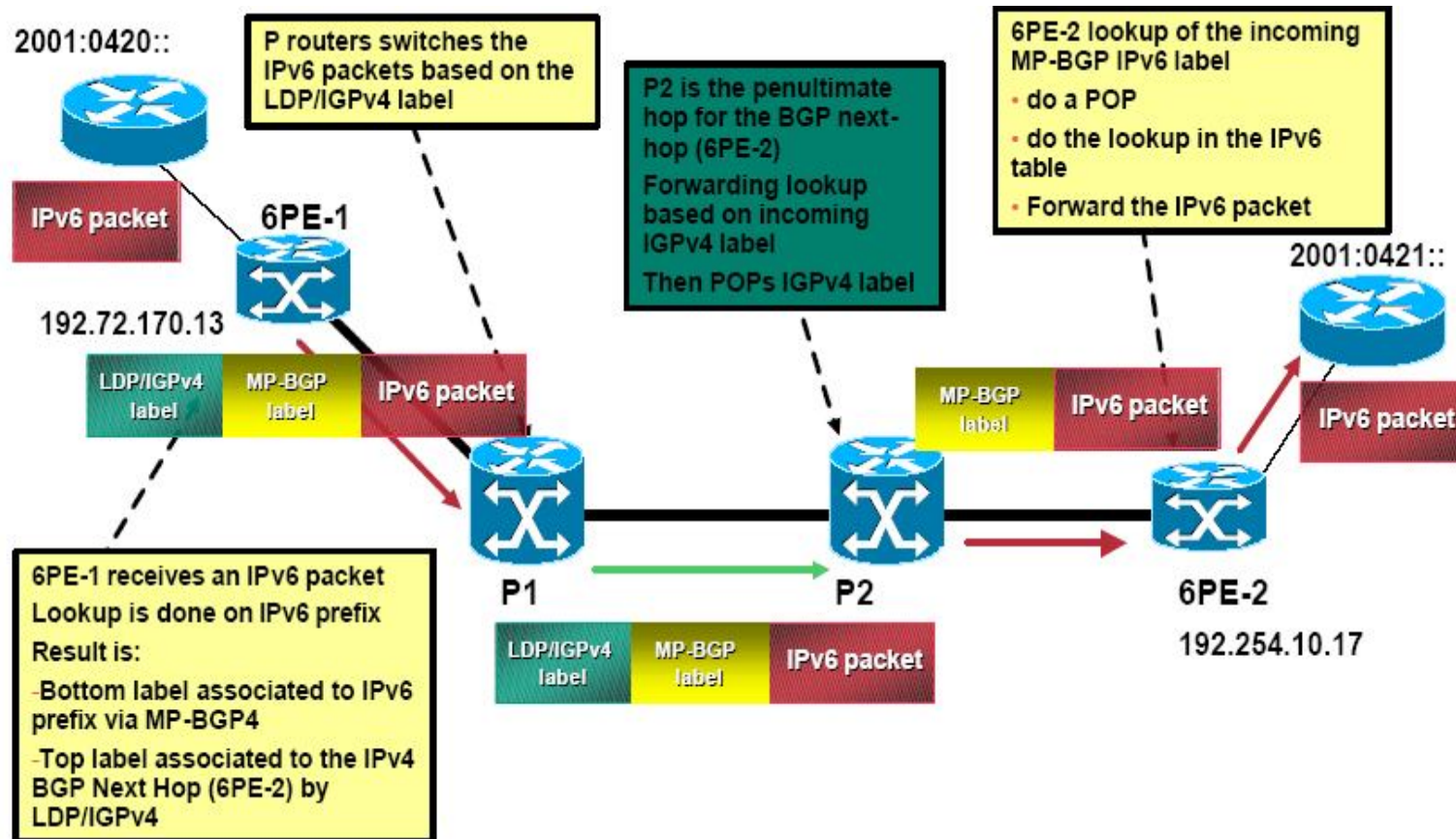
Advanced MPLS features

- Multicast λειτουργία στο MPLS
 - RFC 3353
 - Multicast tree
 - Υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί
- IPv6 over MPLS
 - Για την υποστήριξη IPv6 σε περιπτώσεις όπου δεν υποστηρίζεται από όλο το δίκτυο (6PE)

Διαφάνεια 34

Δίκτυα Επικοινωνιών II

6PE λειτουργία



Διαφάνεια 35

Δίκτυα Επικοινωνιών II

Σύνοψη

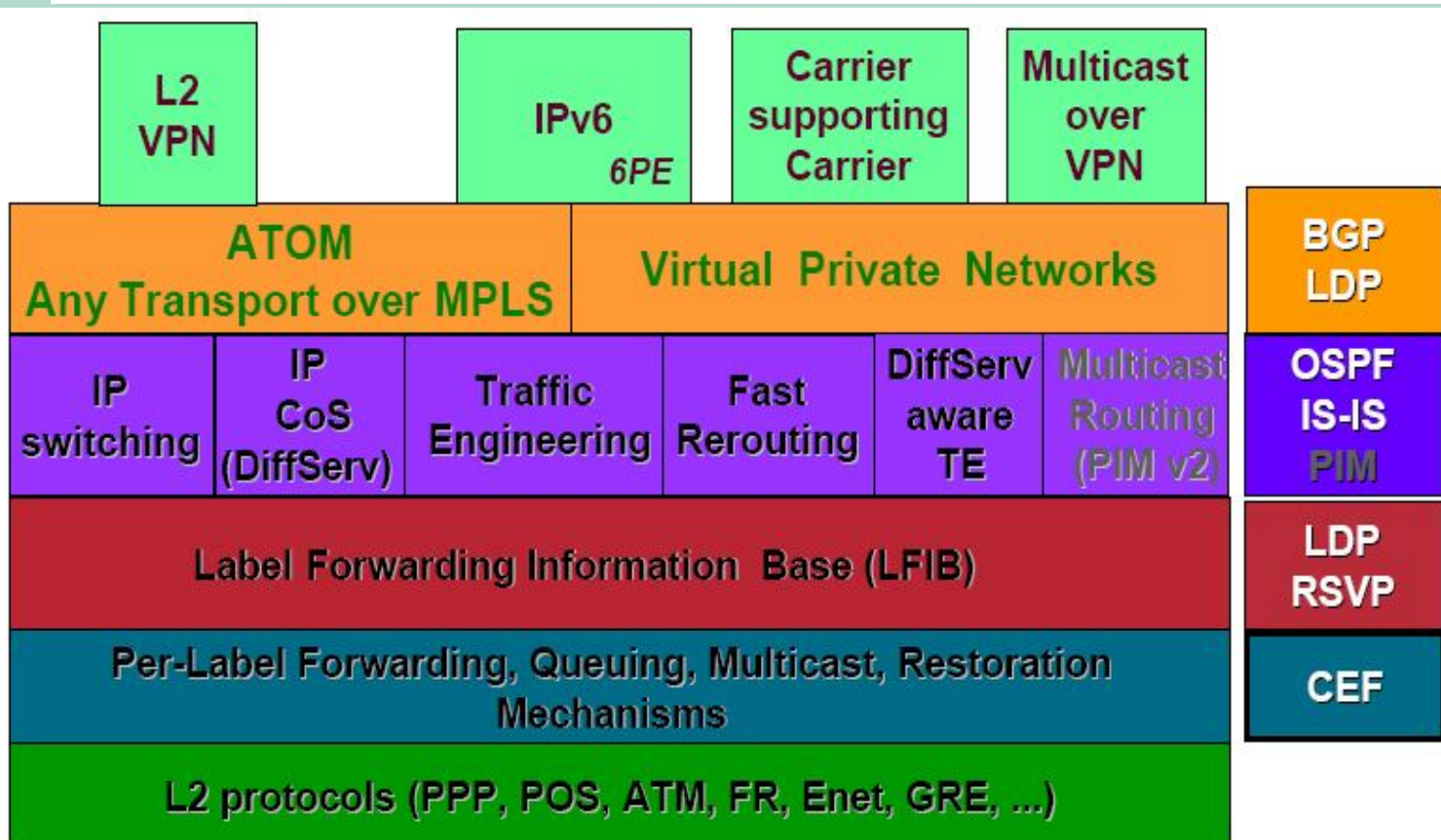


- Περιγραφή MPLS τεχνολογίας (δομή, πρωτόκολλα, λειτουργίες, Traffic Engineering)
- Virtual Private Networks
- MPLS Traffic engineering
- Advanced MPLS features

Διαφάνεια 36

Δίκτυα Επικοινωνιών II

MPLS Overview



Διαφάνεια 37

Δίκτυα Επικοινωνιών II