

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ - NETWORK MANAGEMENT

Δρομολόγηση στα Επίπεδα Πρωτοκόλλων 2&3 του Internet - Routing in Internet Protocol Layers 2&3

Επίπεδο 3 (IP) - Layer 3:

Host Routing, Interior Gateway Protocols (IGP, OSPF), Border Gateway Protocols (BGP)

Επίπεδο 2 (Medium Access Control, MAC) - Layer 2:

Ethernet Switches, Virtual Local Area Networks (VLANs), Spanning Tree Protocol (STP)

B. Μάγκλαρης
maglaris@netmode.ntua.gr
www.netmode.ntua.gr

Νέα Κτίρια ΣΗΜΜΥ - Αίθουσα 013

13/11/2023

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ: ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΟΥ Ε.Μ.Π. (επανάληψη)

ntua.gr (147.102.0.0/16, ASN 3323)

ΠΡΟΣΟΧΗ

Οι πίνακες δρομολόγησης στο Internet για λόγους ομοιομορφίας είναι της μορφής:

- **Prefix Δικτύου/Υποδικτύου Τελικού Προορισμού :: Interface Εξόδου προς Επόμενο Κόμβο**

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

Ο δρομολογητής του Ε.Μ.Π. **147.102.224.33** βρίσκει τον δρομολογητή του ΕΚΠΑ **147.102.224.34** σαν μέλος του υποδικτύου:

- **147.102.224.32/30** (παροχή διευθύνσεων από Ε.Μ.Π.)

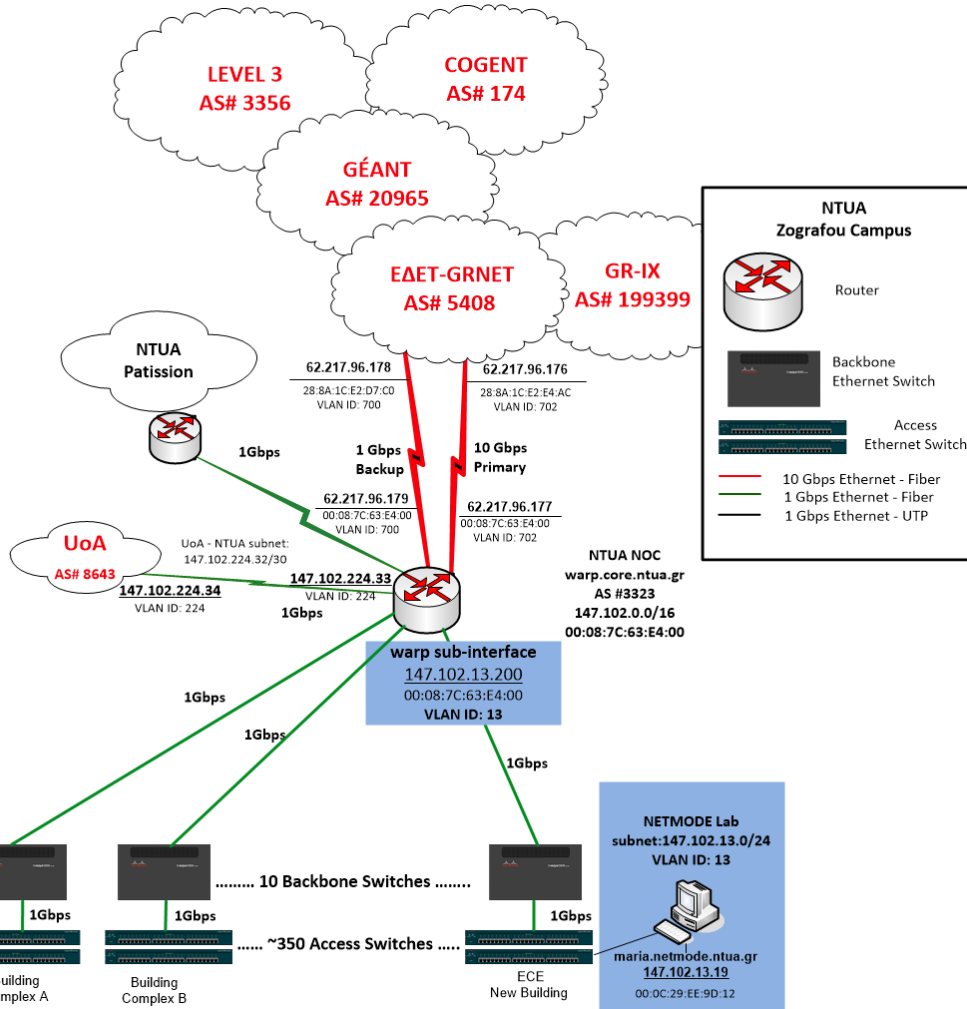
Η γραμμή Ε.Μ.Π. – ΕΚΠΑ (όπως όλες οι γραμμές σε Δίκτυα Internet) ορίζεται σαν υποδίκτυο (prefix) με 4 τουλάχιστον διευθύνσεις IP:

- Υποδίκτυο: **147.102.224.32**
- Άκρο Ε.Μ.Π.: **147.102.224.33**
- Άκρο ΕΚΠΑ: **147.102.224.34**
- Broadcast: **147.102.224.35**

ΑΝΤΙ-ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

Ο δρομολογητής του Ε.Μ.Π. **62.217.96.177** βρίσκει τον δρομολογητή του GRNET **62.217.96.176** σαν μέλος του υποδικτύου:

- **62.217.96.176/31** (παροχή διευθύνσεων από GRNET)



ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Intra-AS Routing, Links between Routers (επανάληψη)

- Για ομοιομορφία της δρομολόγησης, κάθε γραμμή ορίζεται (συνήθως) σαν δίκτυο με 4 τουλάχιστον διευθύνσεις (/30)
- Παράδειγμα: Μεταξύ ΕΜΠ **147.102.0.0/16** & Παν. Αθηνών **195.134.64.0/18** ορίζεται το «δίκτυο» **147.102.224.32/30**
 - Υποδίκτυο: **147.102.224.32/30**
 - Άκρο ΕΜΠ: **147.102.224.33/30**
 - Άκρο Παν. Αθηνών: **147.102.224.34/30**
 - Broadcast: **147.102.224.35/30**

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΥΡΕΣΗΣ ΔΡΟΜΩΝ - ΕΠΙΠΕΔΟ 3 (IP)

(επανάληψη)

- **DV: Distance Vector** (αλγόριθμος **Bellman-Ford**)
 - Interior Gateway Protocol - IGP: **RIP** (Routing Information Protocol) - *δεν εφαρμόζεται πλέον*
 - Exterior Gateway Protocol - EGP: **BGP** (Border Gateway Protocol)
- **LS: Link State** (αλγόριθμος **Dijkstra**)
 - IGP: **OSPF** (Open Shortest Path First): Link State Data Base + αλγόριθμος Dijkstra στον κορμό Αυτόνομου Δικτύου (Core of an Autonomous System - AS)
 - Κόστος γραμμών δικτύου: Ανάλογα με την ταχύτητα ή οριζόμενα από τον Διαχειριστή
 - Ανανέωση κόστους γραμμών μέσω **LSA** (Link State Advertisement) κάθε 30 min (default) ή λόγω μεταβολής κατάστασης. Μετά από 60 min (time out) χωρίς LSA η γραμμή διαγράφεται
 - Σε περιφερειακά υποδίκτυα (stub areas): Default G/W
 - Για δίκτυα εκτός AS: Ανακοινώσεις εντός AS μέσω i-BGP

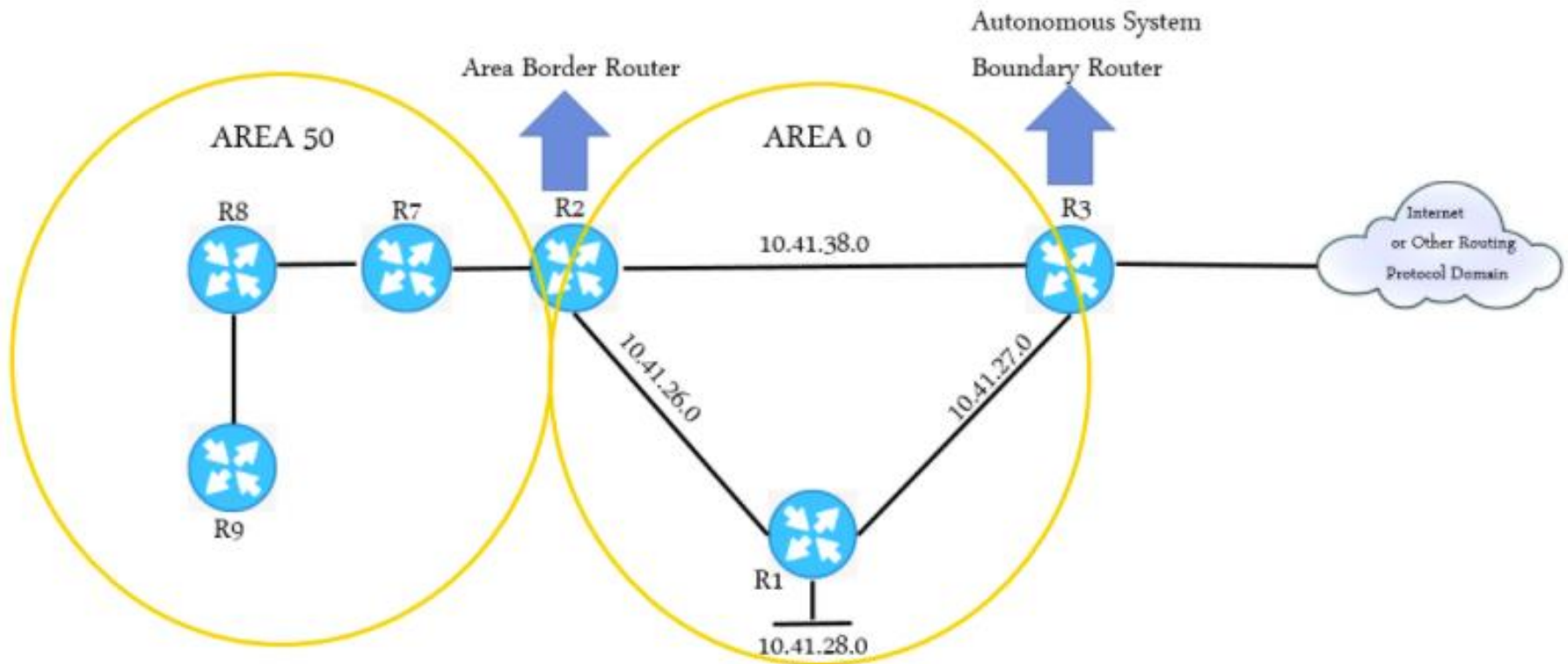
IGP – OSPF (Open Shortest Path First)

LS (Link State): Αλγόριθμος Dijkstra (επανάληψη)

- **Link State Data Base** + αλγόριθμος **Dijkstra** στον κορμό Αυτόνομου Δικτύου (Core of an Autonomous System, OSPF Area 0):
- Τρέχει σε όλους τους δρομολογητές κορμού που πρέπει να έχουν πλήρη & ενιαία εικόνα της κατάστασης - τοπολογίας του δικτύου για **συμβατότητα υπολογισμού πινάκων δρομολόγησης**
- **Κόστος γραμμών** ανάλογο με την ταχύτητα ή οριζόμενα από τον Διαχειριστή
- Ανακοινώσεις κατάστασης δρομολογητών κορμού (OSPF Area 0) και συνδέσεων: μέσω **LSA** (Link State Advertisements) **v2** για IPv4 ή **v3** για IPv6 (**IP signals** χωρίς TCP/UDP transport layer)
- **Ανανέωση LSA**: Ανά 30 min ή με αλλαγή κατάστασης ή αν εξαντληθούν 60 min
- Στα περιφερειακά υποδίκτυα, **OSPF Stub Areas**: Στατική επιλογή **Default Gateway**

OSPF AREAS

<https://networkel.com/ospf-protocol-ospf-basics-overview/>



- ABR:** Area Border Router
- ASBR:** Autonomous System Boundary Router
- LSA:** Link State Advertisement
- AREA 0:** Backbone Area
- AREA 50:** Stub Area 50

EGP - BGP (Border Gateway Protocol)

DV (Distance Vector): Αλγόριθμος Bellman - Ford (επανάληψη)

- Η πληροφορία για τα δίκτυα (prefixes) που «βλέπει» ένας border router από τις επιλογές εξόδου του, τηρείται σε πίνακα **NLRI** (Network Layer Reachability Information) που ανανεώνεται με σηματοδοσία BGP (εντολές **OPEN, UPDATE, KEEPALIVE, NOTIFICATION**)
- Υπολογισμός **reachability & AS paths** ανά **prefix** σε **Border Gateways**: Με βάση **advertisements (TCP signals)** από γειτονικά AS's και αλγόριθμο δρομολόγησης **Bellman-Ford**
- Για προορισμούς ενθυλακωμένους σε πολλαπλά prefixes: Προτίμηση βάσει **longest prefix match**
- Επιλογή μεταξύ εναλλακτικών δρόμων για προώθηση πακέτων στον forwarding table των Border Gateways με βάση διαχειριστικές πολιτικές (**weight, preferences...**)
- **e-BGP**: External BGP → Πίνακες **RIB** (Routing Information Base). Τηρούνται στην ηλεκτρονική μνήμη των **border gateways** με εκτιμήσεις ενδιαμέσων public AS's (έως 78.000) προς 900.000 **prefixes** (public δίκτυα – προορισμοί στο Internet)
- **i-BGP**: Internal BGP (μεταξύ δρομολογητών κορμού ενός AS)

ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 2 - MAC/LINK LAYER

ETHERNET & ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ VLAN (IEEE 802.1Q)

IP ROUTER
warp.core.ntua.gr



00:08:7c:63:e4:00

DG (Default Gateway): 147.102.13.200

DG:147.102.3.200

VLAN "Red" (VID 00d)
Switch Ports 1 & 9
Subnet 147.102.13.0/24
Default Gateway 147.102.13.200

VLAN "Blue" (VID 003)
Switch Ports 4 & 12
IP Subnet 147.102.3.0/24
Default Gateway 147.102.3.200

ETHERNET SWITCH



Trunk Switch Port 5

ΦΥΣΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ:

ΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ:

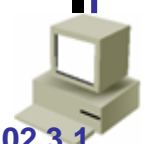


DNS
ARP

- matrix.netmode.ntua.gr
- 147.102.13.60
- 00:13:a9:34:dd:aa
- DG: 147.102.13.200
- 00:08:7c:63:e4:00



147.102.3.1
00:13:72:f6:5f:83
DG: 147.102.3.200
00:08:7c:63:e4:00



147.102.13.38
00:50:da:51:95:10
DG: 147.102.13.200
00:08:7c:63:e4:00



147.102.3.90
00:16:17:72:72:76
DG: 10.2.0.200
00:08:7c:63:e4:00



802.1Q Framing Add-On's

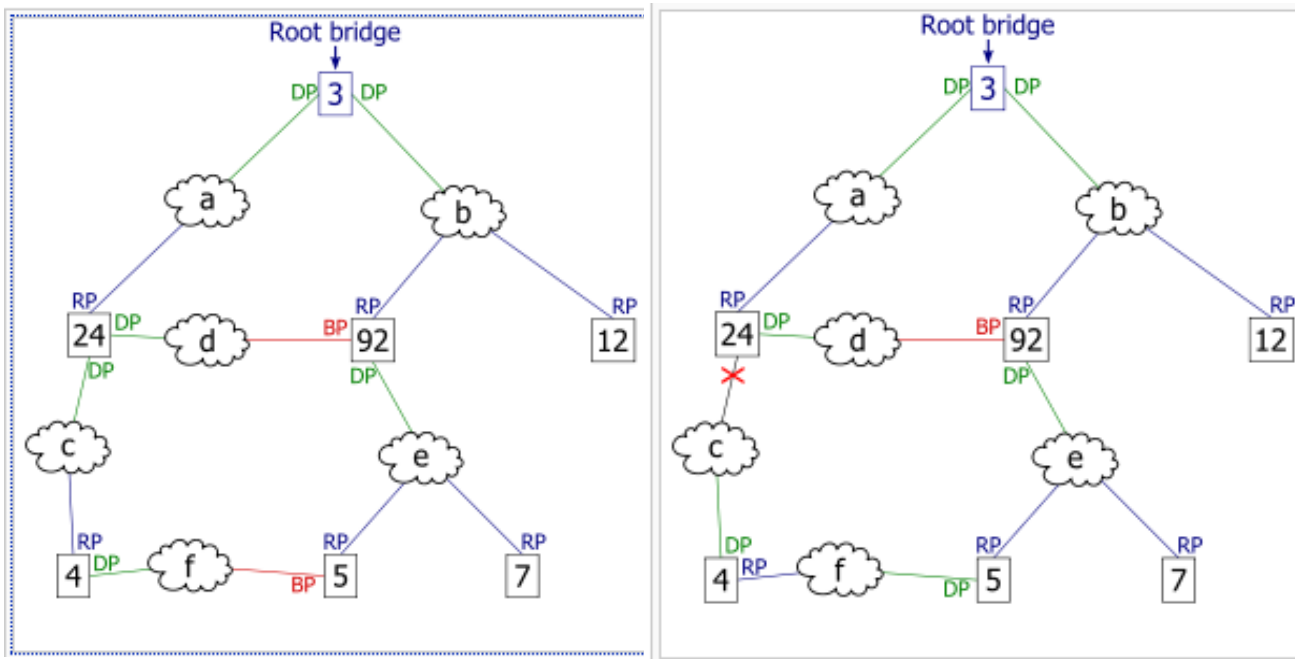
- TPID: Tag Protocol ID
- PCP: Priority Code Point
- CFI: Canonical Format Identifier
- VID: VLAN ID (< 4096)

MAC Address ETHERNET II	TPID	PCP	CFI	VID	IP, TCP/UDP, Data
	16 bits	3 bits	1 bit	12 bits	

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΔΕΝΔΡΙΚΗΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑΣ ΜΕΤΑΓΩΓΕΩΝ ΕΤΗΕΡΝΕΤ (1/2)

Spanning Tree Protocol - STP, IEEE 802.1D

- Εξέλιξη των Αλγορίθμων Διάρθρωσης Διαφανών Γεφυρών **Spanning Tree Protocol (STP) for Transparent Ethernet Bridges** → **STP Ethernet Switches**
- **Radia Perlman**, DEC & MIT 1985 <http://www1.cs.columbia.edu/~ji/F02/ir02/p44-perlman.pdf>
- Αναδιαμόρφωση Spanning Tree http://en.wikipedia.org/wiki/Spanning_tree_protocol
- Χρόνος Αντίδρασης σε Βλάβη: ~ **60 sec**



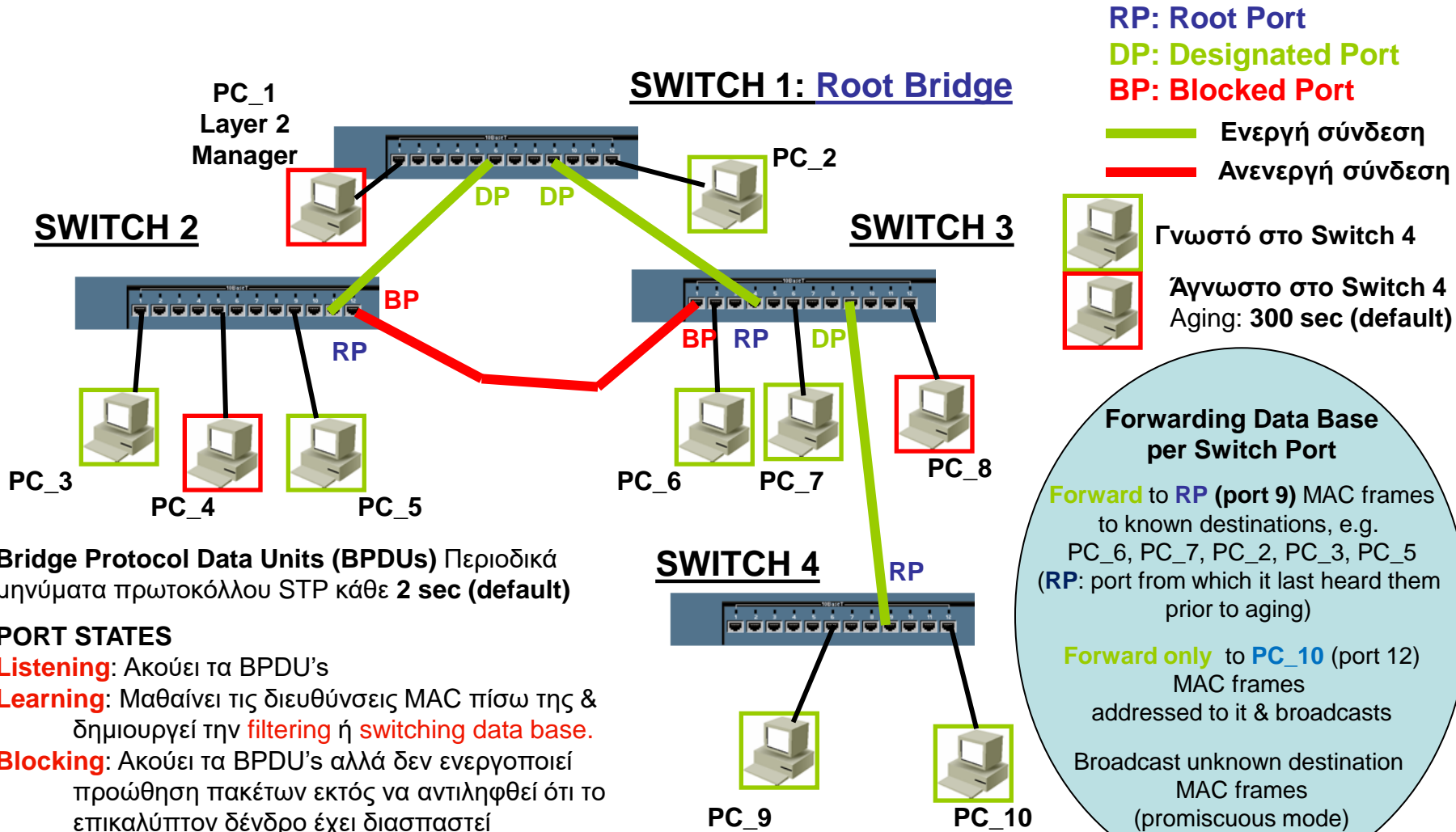
Γέφυρες (Bridges, Switches):
3 (**Root**), 24, 92, 4, 5, 7, 12

Τοπικά δίκτυα Ethernet:
a, b, c, d, e, f

RP: Root Port
DP: Designated Port
BP: Blocking Port

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΔΕΝΔΡΙΚΗΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑΣ ΜΕΤΑΓΩΓΕΩΝ ΕΤHERNET (2/2)

Spanning Tree Protocol - STP, IEEE 802.1D



Bridge Protocol Data Units (BPDUs) Περιοδικά μηνύματα πρωτοκόλλου STP κάθε 2 sec (default)

PORT STATES

Listening: Ακούει τα BPDUs

Learning: Μαθαίνει τις διευθύνσεις MAC πίσω της & δημιουργεί την filtering ή switching data base.

Blocking: Ακούει τα BPDUs αλλά δεν ενεργοποιεί προώθηση πακέτων εκτός να αντιληφθεί ότι το επικαλύπτον δένδρο έχει διασπαστεί

Forwarding: Ακούει τα BPDUs και προωθεί κανονικά τα πακέτα

Disabled: Μη ενεργή