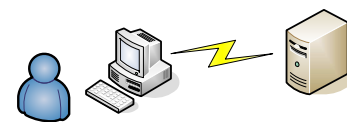


Ενότητα 4

Στρώμα Δικτύου: Αρχές Λειτουργίας & Πρωτόκολλα



Στόχοι Ενότητας

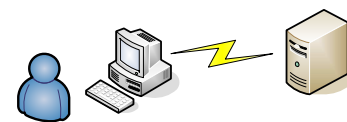
□ Εισαγωγή στις βασικές έννοιες που διέπουν το Στρώμα Δικτύου στα δίκτυα ΗΥ

■ Internet Protocol (IP)

- ↪ Βασικές Λειτουργίες
- ↪ Δομή Πακέτου (IPv4)
- ↪ IP Διευθυνσιοδότηση
- ↪ IP Υποδίκτυα (Subnets)
- ↪ Σύγκριση IPv4 & IPv6

■ Πρωτόκολλα Δρομολόγησης

- ↪ Interior Gateway Protocols (IGPs)
 - Open Shortest Path First (OSPF)
 - Routing Information Protocol (RIP)
- ↪ Exterior Gateway Protocols (EGPs)
 - Border Gateway Protocol (BGP)



Βασικές Λειτουργίες Πρωτοκόλλου IP

- ❑ Το IP πρωτόκολλο αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα πρωτοκόλλου, το οποίο λειτουργεί στο επίπεδο του Στρώματος Δικτύου
- ❑ Οι βασικές λειτουργίες-χαρακτηριστικά του IP συνοψίζονται στα εξής:
 - Διαχειρίζεται ζητήματα διευθυνσιοδότησης
 - Διαχειρίζεται τον κατακερματισμό και την ανασυγκρότηση των πακέτων
 - ↳ Μέγιστο Μήκος 64 Kbyte
 - Λειτουργεί στις τερματικές συσκευές και στους ενδιάμεσους δρομολογητές (routers)
 - Δεν απαιτεί την αποκατάσταση σύνδεσης μεταξύ δύο σημείων προκειμένου να αποσταλούν τα δεδομένα (connectionless)
 - Δεν εκτελεί έλεγχο για την αξιόπιστη παράδοση των δεδομένων από άκρο σε άκρο
 - ↳ ο έλεγχος εκτελείται σε ανώτερα στρώματα (π.χ. TCP στο στρώμα μεταφοράς)



Δομή IP Πακέτου (IPv4)

- Το IP πακέτο αποτελείται από
 - την Επικεφαλίδα (Header) με μήκος τουλάχιστον 20 byte
 - τα δεδομένα με μεταβλητό μήκος

0	4	8	16	19	24	31	
VERS		HLEN		Service Type		Total Length	
Identification				Flags		Fragment Offset	
Time to Live			Protocol		Header Checksum		
Source IP Address							
Destination IP Address							
IP Options (if any)					Padding		
Data							

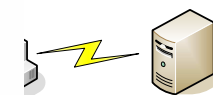
- Τα επιμέρους πεδία της Επικεφαλίδας έχουν ως εξής:
 - **VERS (Version):** 4 bit που υποδεικνύουν το format της επικεφαλίδας (τιμή 4 και 6 για ένα IPv4 και για ένα IPv6 πακέτο, αντίστοιχα).
 - **HLEN (Header Length):** η 4 bit λέξη υποδεικνύει το μήκος της επικεφαλίδας (σε λέξεις των 32 bit)
 - **Service Type:** 8 bits τα οποία προσδιορίζουν την προτεραιότητα του πακέτου όπως ορίζεται από τα ανώτερα στρώματα
 - **Total Length:** 16 bits τα οποία υποδεικνύουν το συνολικό μήκος του πακέτου



Δομή IP Πακέτου (IPv4)

- Τα επιμέρους πεδία της Επικεφαλίδας έχουν ως εξής:
 - **Identification:** 16 bits τα οποία αναγνωρίζουν το αρχικά ενιαίο πακέτο στο οποίο ανήκει ένα κατακερματισμένο πακέτο.
 - **Flags:** ένα 3-bit πεδίο στο οποίο τα δύο τελευταία bits (17^ο & 18^ο) ελέγχει τη διαδικασία του κατακερματισμού. Το 17^ο bit λαμβάνει την τιμή 1 (0) για να υποδηλώσει τη (μη) δυνατότητα κατακερματισμού, ενώ το 18^ο bit λαμβάνει την τιμή 1 (0) για να υποδείξει ότι (δεν) ακολουθούν άλλα τμήματα του ίδιου κατακερματισμένου πακέτου.
 - **Fragment Offset:** 13 bits τα οποία υποδηλώνουν τη θέση του παρόντος πακέτου ως τμήμα του ίδιου κατακερματισμένου πακέτου. Η θέση του παρόντος πακέτου-τμήματος μετράται σε bytes από την αρχή του ενιαίου πακέτου.

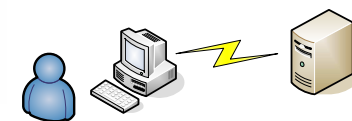
0	4	8	16	19	24	31
VERS		HLEN		Service Type		Total Length
Identification				Flags		Fragment Offset
Time to Live			Protocol		Header Checksum	
Source IP Address						
Destination IP Address						
IP Options (if any)					Padding	
Data						



Δομή IP Πακέτου (IPv4)

- Τα επιμέρους πεδία της Επικεφαλίδας έχουν ως εξής:
 - **Time to Live (TTL):** αυτό το πεδίο προσδιορίζει το μέγιστο αριθμό hops, που επιτρέπεται να εκτελέσει ένα πακέτο στη διαδρομή προς τον προορισμό του. Κάθε φορά που το πακέτο περνά από ένα router, ο αριθμός αυτός μειώνεται και όταν φθάσει την τιμή 0 το πακέτο απορρίπτεται. Ουσιαστικά, το πεδίο αυτό προστατεύει το πακέτο από κυκλικές διαδρομές (Loops).
 - **Protocol:** - 8 bits τα οποία υποδεικνύουν το πρωτόκολλο στο οποίο το IP προσφέρει υπηρεσίες π.χ. TCP=6 ή UDP=17.
 - **Header checksum:** - 16 bits τα οποία επιτρέπουν την ανίχνευση λαθών στην επικεφαλίδα του πακέτου και την απόρριψη των παραπονημένων πακέτων.

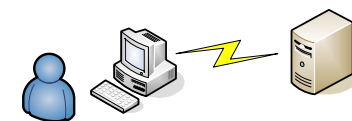
0	4	8	16	19	24	31
VERS		HLEN		Service Type		Total Length
Identification				Flags		Fragment Offset
Time to Live		Protocol		Header Checksum		
Source IP Address						
Destination IP Address						
IP Options (if any)					Padding	
Data						



Δομή IP Πακέτου (IPv4)

- Τα επιμέρους πεδία της Επικεφαλίδας έχουν ως εξής:
 - **Source address:** 32 bits τα οποία προσδιορίζουν την IP διεύθυνση του κόμβου, ο οποίος έχει αποστείλει το πακέτο.
 - **Destination address:** 32 bits τα οποία προσδιορίζουν την IP διεύθυνση στην οποία αποστέλλονται τα πακέτα δεδομένων.
 - **Options:** - αυτό το προαιρετικό πεδίο έχει μεταβλητό μήκος και επιτρέπει στο IP να υποστηρίζει διαφορετικές διαδικασίες, όπως για παράδειγμα είναι αυτές της ασφάλειας.
 - **Padding:** - αυτό το πεδίο αυτό αποτελείται από μηδενικά τα οποία προστίθενται προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι η επικεφαλίδα αποτελείται από ακέραιο αριθμό λέξεων με μήκος 32 bits.
 - **Data:** αυτό το πεδίο περιέχει τα δεδομένα που προέρχονται από τα ανώτερα στρώματα.

0	4	8	16	19	24	31
VERS		HLEN		Service Type		Total Length
Identification				Flags		Fragment Offset
Time to Live			Protocol		Header Checksum	
Source IP Address						
Destination IP Address						
IP Options (if any)					Padding	
Data						

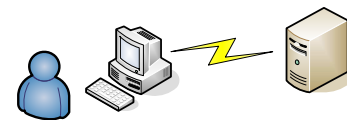


IP Διευθύνσεις

- Η IP διεύθυνση αποτελείται από 32 bits (4 bytes), τα οποία για λόγους ευκολίας αναπαρίστανται με τη χρήση δεκαδικών αριθμών
 - **Δεκαδική Αναπαράσταση Διευθύνσεων IP:** Η δεκαδική εκδοχή των IP διευθύνσεων προκύπτει από την μετατροπή της δυαδικής λέξης, που αντιστοιχεί σε κάθε ένα από τα 4 bytes της διεύθυνσης, στην αντίστοιχη δεκαδική τιμή της

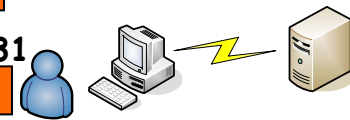
Binary : 11000000.10101000.00000001.00001000 and 11000000.10101000.00000001.00001001
Decimal : 192.168.1.8 and 192.168.1.9

- Η IP διεύθυνση δεν αναπαριστά τον κάθε τηλεπικοινωνιακό κόμβο στο σύνολο του αλλά μία μεμονωμένη θύρα σύνδεσης με το δίκτυο
 - Το **ARP** πρωτόκολλο επιτρέπει τη συσχέτιση της IP διεύθυνσης μιας θύρας σύνδεσης με το δίκτυο, με την αντίστοιχη MAC διεύθυνσή της



Διεύθυνση Δικτύου-Διεύθυνση Υπολογιστή

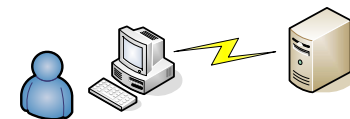
- Οι IP διευθύνσεις αποτελούνται από 2 τμήματα με την ακόλουθη σημασία:
 - **Διεύθυνση Δικτύου:** αυτό το τμήμα της IP διεύθυνσης υποδεικνύει το δίκτυο στο οποίο ανήκει η IP διεύθυνση
 - **Διεύθυνση ΗΥ (Host ID):** αυτό το τμήμα της IP διεύθυνσης υποδεικνύει τον ΗΥ, ο οποίος ανήκει στο δίκτυο που υποδεικνύει το τμήμα της διεύθυνσης που αναφέρεται στο δίκτυο
- Ανάλογα με το μήκος της διεύθυνσης δικτύου οι IP διευθύνσεις διακρίνονται σε τρεις κλάσεις ή τύπους
 - Κλάση Α: 8 bit διεύθυνση δικτύου/24 bit διεύθυνση ΗΥ
 - Κλάση Β: 16 bit διεύθυνση δικτύου/16 bit διεύθυνση ΗΥ
 - Κλάση C: 24 bit διεύθυνση δικτύου/8 bit διεύθυνση ΗΥ



Πλήθος Δικτύων & Τερματικών Συσκευών

- ❑ Το πλήθος των bit που αντιστοιχούν στο τμήμα της διεύθυνσης του δικτύου και του ΗΥ καθορίζει:
 - το μέγιστο πλήθος των δικτύων
 - το μέγιστο πλήθος των ΗΥ
- ❑ Δεδομένου α) ότι σε κάθε κλάση τα πρώτα bit (πλέον σημαντικά, most significant) λαμβάνουν συγκεκριμένες τιμές και β) ότι διευθύνσεις με όλα τα bit "0" ή "1" έχουν ειδική χρήση προκύπτει:
 - Κλάση A: πλήθος δικτύων= $2^7-2=126$, πλήθος ΗΥ= $2^{24}-2=16.777.214$
 - Κλάση B: πλήθος δικτύων= $2^{14}-2=16.384$, πλήθος ΗΥ= $2^{16}-2=65.534$
 - Κλάση C: πλήθος δικτύων= $2^{21}-2=2.097.152$, πλήθος ΗΥ= $2^8-2=254$

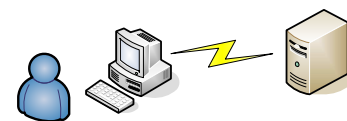
Address Class	Number of Networks	Number of Host per Network
A	126 *	16,777,216
B	16,384	65,535
C	2,097,152	254
D (Multicast)	N/A	N/A



Κλάσεις Δικτύων και Δεκαδικές τιμές

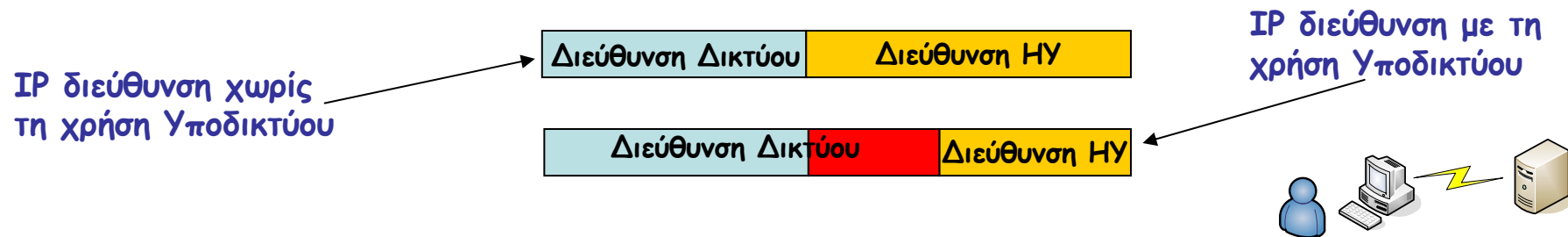
- Το πλήθος των bit α) που χρησιμοποιούνται για τη σήμανση του δικτύου καθώς και β) η δέσμευση των πρώτων bit (most significant), ώστε να λαμβάνουν συγκεκριμένες τιμές οδηγεί στην ακόλουθη αντιστοιχία μεταξύ των κλάσεων και της δεκαδικής τιμής του 1^{ου} byte:

Κλάση	Δεκαδική Τιμή 1 ^{ου} Byte	Τύπος Διεύθυνσης Δικτύου
Κλάση A	0...127	Network.Host.Host.Host
Κλάση B	128...191	Network.Network.Host.Host
Κλάση C	192...223	Network.Network. Network.Host
Κλάση D	224...239	Multicast
Κλάση E	240...254	Μελλοντική Χρήση



Υποδίκτυα IP (Subnet)

- ❑ Οι χρήση των κλάσεων δικτύου οδηγεί σε κατασπατάληση των IP διευθύνσεων :
 - όταν ο αριθμός των ΗΥ είναι κατά πολύ μικρότερος από τον αριθμό των διευθύνσεων που προσφέρει η εκάστοτε κλάση
- ❑ Μία από τις λύσεις που εξασφαλίζουν την πλέον αποδοτική αξιοποίηση των υπάρχουσών αλλά πεπερασμένου αριθμού IP διευθύνσεων είναι η χρήση των Υποδικτύων (Subnets)
- ❑ Τα Υποδίκτυα (Subnets) δημιουργούνται εφόσον επιλεχθεί
 - να μειωθεί κατά ένα αριθμό bit το τμήμα διεύθυνσης του ΗΥ (συγκριτικά με την τυποποίηση της εκάστοτε κλάσης)
 - να επεκταθεί κατά τον αντίστοιχο αριθμό από bits το τμήμα διεύθυνσης του δικτύου



Μάσκα Δικτύου

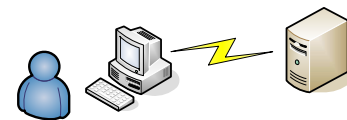
- ❑ Η ορθή χρήση-κατανόηση μιας IP διεύθυνσης, ιδιαίτερα όταν υπάρχει η δυνατότητα χρήσης των Υποδικτύων, επιβάλλει την εισαγωγή της έννοιας της **Μάσκας Δικτύου**
- ❑ Η **Μάσκα Δικτύου** αποτελείται από 32 bits (4 bytes), τα οποία αντιστοιχούν 1 προς 1 στα αντίστοιχα bit μιας IP διεύθυνσης
- ❑ Τα bit της **Μάσκας Δικτύου** τα οποία λαμβάνουν
 - την τιμή "1" υποδηλώνουν το τμήμα της IP διεύθυνσης που υποδηλώνει τη διεύθυνση του δικτύου
 - την τιμή "0" υποδηλώνουν το τμήμα της IP διεύθυνσης που αντιστοιχεί στη διεύθυνση του host

Κλάση	Βασική Μάσκα Δικτύου (Δυαδική)	Βασική Μάσκα Δικτύου (Δεκαδική)
Κλάση A	11111111.00000000.00000000.00000000	255.0.0.0
Κλάση B	11111111. 11111111.00000000.00000000	255.255.0.0
Κλάση C	11111111. 11111111. 11111111.00000000	255.255.255.0

Μάσκα Δικτύου

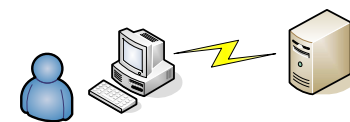
- ❑ Η εισαγωγή της έννοιας της **Μάσκας Δικτύου** διευκολύνει τη δημιουργία Υποδικτύων
- ❑ Με τη χρήση **Μασκών Δικτύου**, που αποδίδουν κάποια bit από τη διεύθυνση του host των βασικών κλάσεων στη διεύθυνση του δικτύου, δημιουργούνται με εύκολο τρόπο υποδίκτυα
- ❑ Για παράδειγμα με τη χρήση των Μασκών δικτύου του Πίνακα δημιουργούνται Υποδίκτυα εντός της κλάσης C
 - Ένας εναλλακτικός τρόπος να δηλώνονται οι μάσκες δικτύου και παράλληλα οι IP διευθύνσεις είναι ο ακόλουθος: π.χ. 192.3.4.16/30

Πλήθος Bit Διεύθυνσης Δικτύου	Μάσκα Δικτύου (Δεκαδική)	Πλήθος Bit Διεύθυνσης Δικτύου	Μάσκα Δικτύου (Δεκαδική)
25	255.255.255.128	28	255.255.255.240
26	255.255.255.192	29	255.255.255.248
27	255.255.255.224	30	255.255.255.252



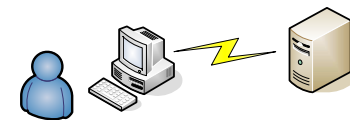
IPv6

- ❑ Η κάλυψη των αναγκών που παρουσιάζουν οι σύγχρονες τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές οδήγησε στην εξέλιξη του IP πρωτόκολλου στη IPv6 εκδοχή του
- ❑ Το IPv6 διαθέτει τα εξής νέα χαρακτηριστικά:
 - Πεδία διευθύνσεων από 4 έως 16 byte
 - Διαφοροποιεί με πιο αποδοτικό τρόπο το είδος των δεδομένων (video, φωνή)
 - Υποστηρίζει την κινητικότητα των χρηστών (mobile IP)
 - Υποστηρίζει πιο αποδοτικά διαδικασίες ασφάλειας
 - Υποστηρίζει πιο αποδοτικά το multicasting



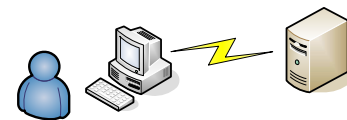
Πρωτόκολλα Δρομολόγησης

- ❑ Τυπικά ένας υπολογιστής υπηρεσίας (προέλευσης ή προορισμού δεδομένων) συνδέεται σε ένα προεπιλεγμένο δρομολογητή (προέλευσης ή προορισμού δεδομένων)
- ❑ Συνεπώς, η δρομολόγηση ενός πακέτου από ένα υπολογιστή υπηρεσίας (προέλευσης) σε ένα άλλο υπολογιστή υπηρεσίας (προορισμού)...
 - ...ουσιαστικά αποτελεί ένα πρόβλημα δρομολόγησης από το δρομολογητή προέλευσης στο δρομολογητή προορισμού
- ❑ Η επιλογή του "καλύτερου" δρόμου δρομολόγησης (με το "μικρότερο κόστος") αποτελεί τον πυρήνα της λειτουργίας των πρωτόκολλων δρομολόγησης και των αλγόριθμων οι οποίοι υλοποιούν αυτές τις επιλογές



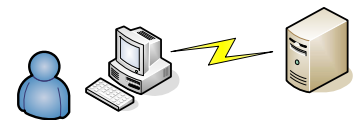
Κατηγορίες Πρωτόκολλων Δρομολόγησης

- ❑ Τα Πρωτόκολλα δρομολόγησης ή με μεγαλύτερη ακρίβεια οι αλγόριθμοι τους μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:
 - Καθολικοί Αλγόριθμοι Δρομολόγησης
 - π.χ. Αλγόριθμοι Κατάστασης Ζεύξης (Link State)
 - Αποκεντρωμένοι Αλγόριθμοι Δρομολόγησης
 - π.χ. Αλγόριθμοι Απόστασης Διανύσματος (Distance Vector)



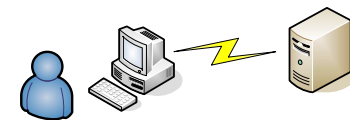
Αλγόριθμος Δρομολόγησης Κατάστασης Ζεύξης

- ❑ Οι Αλγόριθμοι Δρομολόγησης Κατάστασης Ζεύξης βασίζονται στη γνώση της τοπολογίας του δικτύου και του κόστους των ζεύξεων
- ❑ Η γνώση των προαναφερόμενων πληροφοριών διαχέεται από κάθε δρομολογητή (broadcasted) προς τους υπόλοιπους δρομολογητές
- ❑ Κάθε δρομολογητής μεταδίδει (broadcasts) την ταυτότητα και το κόστος των ζεύξεων οι οποίες είναι άμεσα συνδεδεμένες σε αυτόν



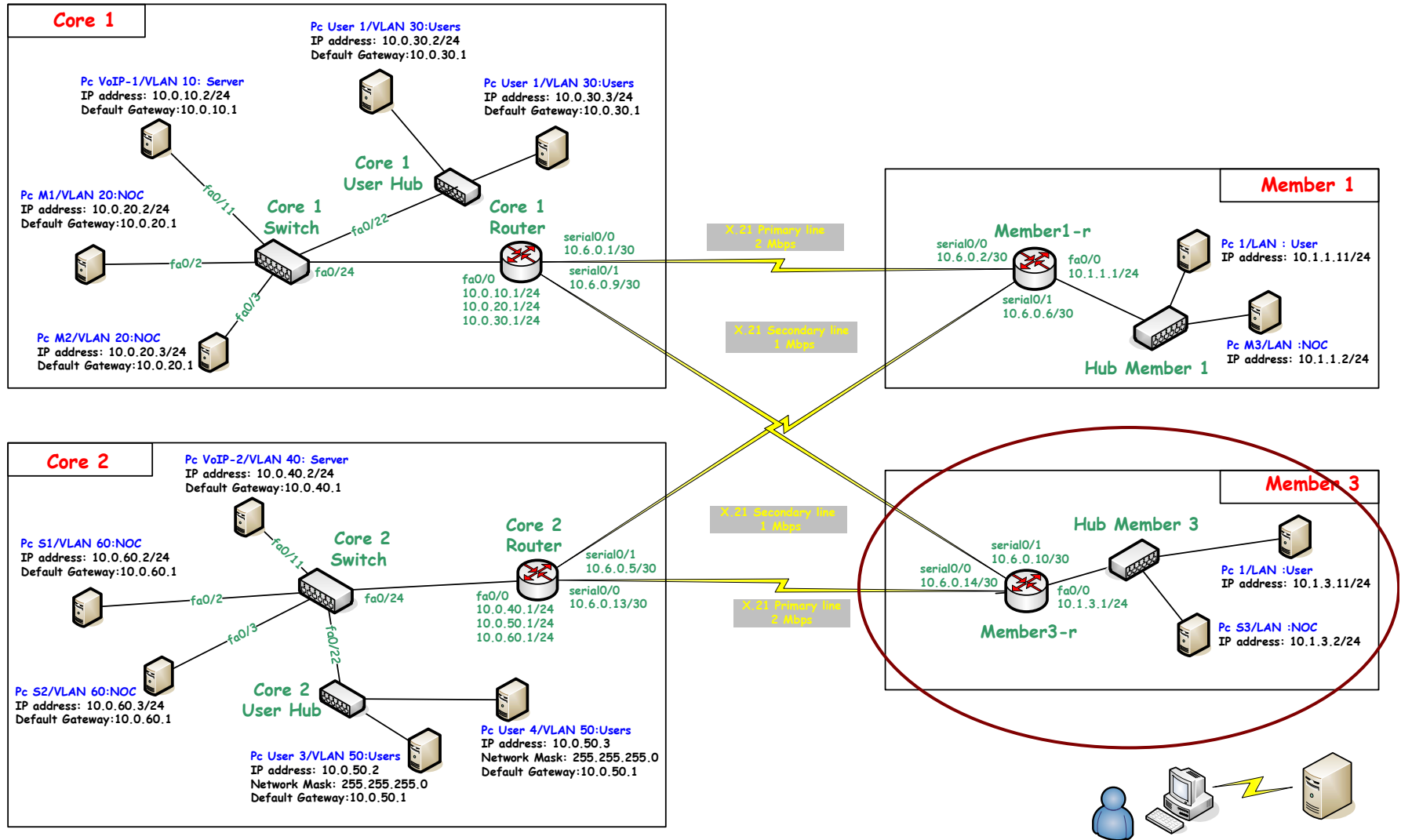
Αλγόριθμος Δρομολόγησης Απόστασης Διανύσματος

- ❑ Οι Αλγόριθμοι Δρομολόγησης Απόστασης Διανύσματος είναι:
 - **Κατανεμημένοι** διότι κάθε δρομολογητής
 - δέχεται πληροφορίες από έναν ή περισσότερους από τους απευθείας συνδεδεμένους γείτονες του
 - κάνει υπολογισμούς οι οποίοι επιστρέφονται πίσω στους γείτονες του
 - **Επαναληπτικοί** διότι η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να μην υπάρχουν άλλες πληροφορίες να ανταλλαχθούν ανάμεσα στους γειτονικούς δρομολογητές
 - Ασύγχρονοι διότι δεν απαιτείται η συγχρονισμένη λειτουργία ανάμεσα στους δρομολογητές



ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΜΣ «Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας για την Εκπαίδευση»

Παράδειγμα: OSPF Υπολογισμός Κόστους & Πίνακας Δρομολόγησης



Παράδειγμα: OSPF Υπολογισμός Κόστους & Πίνακας Δρομολόγησης

Member3-r#show ip route

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area

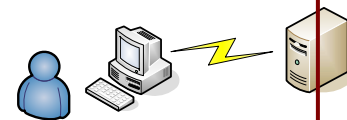
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR

P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 11 subnets, 2 masks

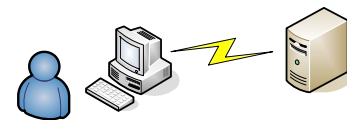
- O 10.0.10.0/24 [110/65] via 10.6.0.9, 1d00h, Serial0/1
- C 10.6.0.12/30 is directly connected, Serial0/0
- C 10.6.0.8/30 is directly connected, Serial0/1
- O 10.6.0.4/30 [110/128] via 10.6.0.13, 1d00h, Serial0/0
- O 10.1.1.0/24 [110/138] via 10.6.0.9, 1d00h, Serial0/1
[110/138] via 10.6.0.13, 1d00h, Serial0/0
- O 10.6.0.0/30 [110/128] via 10.6.0.9, 1d00h, Serial0/1
- O 10.0.30.0/24 [110/65] via 10.6.0.9, 1d00h, Serial0/1
- O 10.0.20.0/24 [110/65] via 10.6.0.9, 1d00h, Serial0/1
- O 10.0.40.0/24 [110/65] via 10.6.0.13, 1d00h, Serial0/0
- O 10.0.60.0/24 [110/65] via 10.6.0.13, 1d00h, Serial0/0
- O 10.0.50.0/24 [110/65] via 10.6.0.13, 1d00h, Serial0/0



Παράδειγμα: OSPF Υπολογισμός Κόστους & Πίνακας Δρομολόγησης

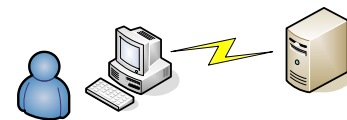
Σύμφωνα με τον προαναφερόμενο πίνακα δρομολόγησης ο router με το συμβολικό όνομα Member3-r είναι άμεσα συνδεδεμένος με τα εξής δίκτυα:

- ❑ Δίκτυο 10.6.0.12/30 μέσω της σειριακής θύρας Serial 0/0: Σύμφωνα με την τοπολογία του Σχήματος το δίκτυο αυτό το εκπροσωπεί σε επίπεδο φυσικής διασύνδεσης ο router με το συμβολικό όνομα Core2-r μέσω της σειριακής θύρας Serial 0/0 με IP διεύθυνση 10.6.0.13/30.
- ❑ Δίκτυο 10.6.0.8/30 μέσω της σειριακής θύρας Serial 0/1: Σύμφωνα με την τοπολογία του Σχήματος το δίκτυο αυτό το εκπροσωπεί σε επίπεδο φυσικής διασύνδεσης ο router με το συμβολικό όνομα Core1-r μέσω της σειριακής θύρας Serial 0/1 με IP διεύθυνση 10.6.0.9/30.



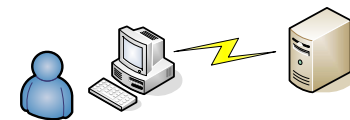
Παράδειγμα: OSPF Υπολογισμός Κόστους & Πίνακας Δρομολόγησης

- ❑ Τα OSPF δεδομένα δρομολόγησης υποδεικνύουν τη βέλτιστη διαδρομή από την άποψη κόστους προς ένα συγκεκριμένο δίκτυο.
- ❑ Το κόστος της διαδρομής (για την υλοποίηση του OSPF στο εργαστήριο) δίνεται με τη μορφή δύο αριθμών οι οποίοι περιέχονται σε αγκύλες π.χ. [110/65].
 - Ο αριθμός 110 αποτελεί το κόστος του ίδιου του πρωτόκολλου δρομολόγησης (AD, Administrative Distance) για την επιλογή ανάμεσα σε δύο διαφορετικά πρωτόκολλα που πιθανόν λειτουργούν ταυτόχρονα σε ένα router.
 - Ο αριθμός 65 αναπαριστά το κόστος της δρομολόγησης σύμφωνα με τον υπολογισμό του OSPF πρωτοκόλλου δρομολόγησης.



Παράδειγμα: OSPF Υπολογισμός Κόστους & Πίνακας Δρομολόγησης

- Σύμφωνα με τις πληροφορίες που έχουν ανακτηθεί από το OSPF πρωτόκολλο προκύπτουν τα εξής δεδομένα δρομολόγησης:
 - **10.0.10.0/24 [110/65] via 10.6.0.9, 1d00h, Serial0/1:** η πρόσβαση στο δίκτυο 10.0.10.0/24 (δηλ στο Server VLAN του Core1) είναι εφικτή με τη δρομολόγηση προς την IP διεύθυνση 10.6.0.9 (δηλ. μέσω της σειριακής θύρας serial 0/1 του router Core1-r).
 - ↳ Το συνολικό κόστος της διασύνδεσης προκύπτει εφόσον ληφθεί υπόψη ότι ανάμεσα στο προορισμό και την αφετηρία της δρομολόγησης μεσολαβούν μια σειριακή (BW=1.544 Kbps, Κόστος=64) και μία Ethernet (BW=100 Mbps, Κόστος=1) ζεύξη.
 - **10.6.0.4/30 [110/128] via 10.6.0.13, 1d00h, Serial0/0:** η πρόσβαση στο δίκτυο 10.6.0.4/30 (δηλ στο Member1) είναι εφικτή με τη δρομολόγηση προς την IP διεύθυνση 10.6.0.13 (δηλ. μέσω της σειριακής θύρας serial 0/0 του router Core2-r).
 - ↳ Το συνολικό κόστος της διασύνδεσης προκύπτει εφόσον ληφθεί υπόψη ότι ανάμεσα στο προορισμό και την αφετηρία της δρομολόγησης μεσολαβούν δύο σειριακές ζεύξεις (BW=1.544 Kbps, Κόστος=64).



Παράδειγμα: OSPF Υπολογισμός Κόστους & Πίνακας Δρομολόγησης

□ Σύμφωνα με τις πληροφορίες που έχουν ανακτηθεί από το OSPF πρωτόκολλο προκύπτουν τα εξής δεδομένα δρομολόγησης:

■ **10.1.1.0/24 [110/138] via 10.6.0.9, 1d00h, Serial0/1 & [110/138] via 10.6.0.13, 1d00h, Serial0/0:** η πρόσβαση στο δίκτυο 10.1.1.0/24 (δηλ στο LAN του Member1) είναι εφικτή τόσο με τη δρομολόγηση προς την IP διεύθυνση 10.6.0.9 (δηλ. μέσω της σειριακής θύρας serial 0/1 του router Core1-r), όσο και με τη δρομολόγηση προς την IP διεύθυνση 10.6.0.13 (δηλ. μέσω της σειριακής θύρας serial 0/0 του router Core2-r).

⇒ Το συνολικό κόστος των δύο αυτών εναλλακτικών διασυνδέσεων είναι ισοδύναμο και προκύπτει εφόσον ληφθεί υπόψη ότι ανάμεσα στο προορισμό και την αφετηρία της δρομολόγησης μεσολαβούν 2 σειριακές ζεύξεις (BW=1.544 Kbps, Κόστος=64) και μία Ethernet 10 Mbps (BW=10 Mbps, Κόστος=10) ζεύξη.

■ **10.6.0.0/30 [110/128] via 10.6.0.9, 1d00h, Serial0/1:** η πρόσβαση στο δίκτυο 10.6.0.0/30 (δηλ στο Member1) είναι εφικτή με τη δρομολόγηση προς την IP διεύθυνση 10.6.0.9 (δηλ. μέσω της σειριακής θύρας serial 0/1 του router Core1-r).

⇒ Το συνολικό κόστος της διασύνδεσης προκύπτει εφόσον ληφθεί υπόψη ότι ανάμεσα στο προορισμό και την αφετηρία της δρομολόγησης μεσολαβούν δύο σειριακές ζεύξεις (BW=1.544 Kbps, Κόστος=64).



Παράδειγμα: OSPF Υπολογισμός Κόστους & Πίνακας Δρομολόγησης

- Σύμφωνα με τις πληροφορίες που έχουν ανακτηθεί από το OSPF πρωτόκολλο προκύπτουν τα εξής δεδομένα δρομολόγησης:
 - **10.0.30.0/24 [110/65] via 10.6.0.9, 1d00h, Serial0/1 & 10.0.20.0/24 [110/65] via 10.6.0.9, 1d00h, Serial0/1:** η πρόσβαση στο δίκτυο 10.0.30.0/24 (δηλ στο User VLAN του Core1) και στο δίκτυο 10.0.20.0/24 (δηλ. στο NOC VLAN του Core1) είναι εφικτή με τη δρομολόγηση προς την IP διεύθυνση 10.6.0.9 (δηλ. μέσω της σειριακής θύρας serial 0/1 του router Core1-r).
 - ↪ Το συνολικό κόστος της διασύνδεσης προκύπτει εφόσον ληφθεί υπόψη ότι ανάμεσα στο προορισμό και την αφετηρία της δρομολόγησης μεσολαβούν μια σειριακή (BW=1.544 Kbps, Κόστος=64) και μία Ethernet (BW=100 Mbps, Κόστος=1) ζεύξη.
 - **10.0.40.0/24 [110/65] via 10.6.0.13, 1d00h, Serial0/0 & 10.0.60.0/24 [110/65] via 10.6.0.13, 1d00h, Serial0/0 & 10.0.50.0/24 [110/65] via 10.6.0.13, 1d00h, Serial0/0:** η πρόσβαση στο δίκτυο 10.0.40.0/24 (δηλ στο Server VLAN του Core2), στο δίκτυο 10.0.60.0/24 (δηλ. στο NOC VLAN του Core2) και στο δίκτυο 10.0.50.0/24 (δηλ. στο User VLAN του Core2) είναι εφικτή με τη δρομολόγηση προς την IP διεύθυνση 10.6.0.13 (δηλ. μέσω της σειριακής θύρας serial 0/0 του router Core2-r).
 - ↪ Το συνολικό κόστος της διασύνδεσης προκύπτει εφόσον ληφθεί υπόψη ότι ανάμεσα στο προορισμό και την αφετηρία της δρομολόγησης μεσολαβούν μια σειριακή (BW=1.544 Kbps, Κόστος=64) και μία Ethernet (BW=100 Mbps, Κόστος=1) ζεύξη.

