



Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών: Δρομολόγηση στο Διαδίκτυο, RIP, OSPF

Δρ. Απόστολος Γιάμας

Διδάσκων 407/80

gkamas@uop.gr



RIP: Routing Information Protocol

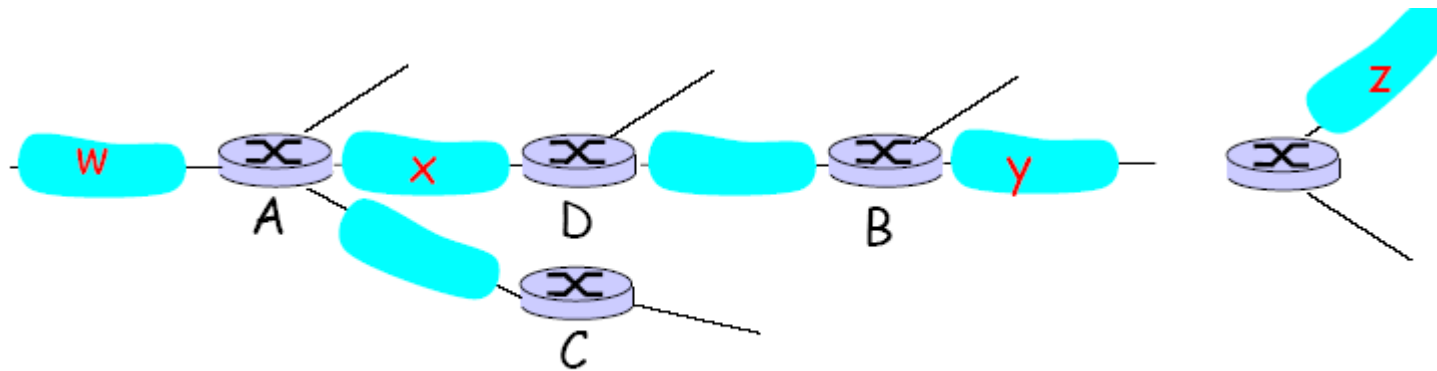
- Συμπεριλήφθηκε στην έκδοση BSD του Unix το 1982
- Χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο διανύσματος αποστάσεων (distance vector)
- Μετρική απόστασης: αριθμός αλμάτων (μέγιστο = 15 άλματα)
- Τα διανύσματα αποστάσεων ανταλλάσσονται μεταξύ γειτόνων κάθε 30 sec μέσω μηνυμάτων απόκρισης RIP (RIP response messages) ή αλλιώς, αγγελίες RIP (RIP advertisements)
 - Κάθε αγγελία RIP μπορεί να περιέχει μια λίστα με καταχωρήσεις για έως 25 δίκτυα προορισμού μέσα στο AS



RIP: Routing Information Protocol

- Αρχικοποίηση
 - Ο δρομολογητής στέλνει request σε κάθε διεπαφή
 - Οι γείτονες απαντούν με όλη την πληροφορία δρομολόγησης που έχουν
- Ενημέρωση
 - Περιοδικά, περίπου ανά 30', ή όποτε γίνει κάποια αλλαγή γίνεται αναγγελία των πινάκων δρομολόγησης προς τους γείτονες
 - Για να αποφευχθεί κατάσταση ταλάντωσης, οι υπάρχουσες διαδρομές κρατούνται μέχρι μία καινούργια να ανακαλυφθεί με μικρότερο κόστος
- Split horizon : Δεν γίνεται διαφήμιση μιας διαδρομής προς την κατεύθυνση από την οποία έγινε η εκμάθησή της, ώστε να αποφευχθούν βρόχοι

Παράδειγμα RIP



Δίκτυο Προορισμού	Επόμενος Δρομολογητής	Αριθμός αλμάτων ως τον προορισμό
W	A	2
Y	B	2
Z	B	7
X	-	1
...

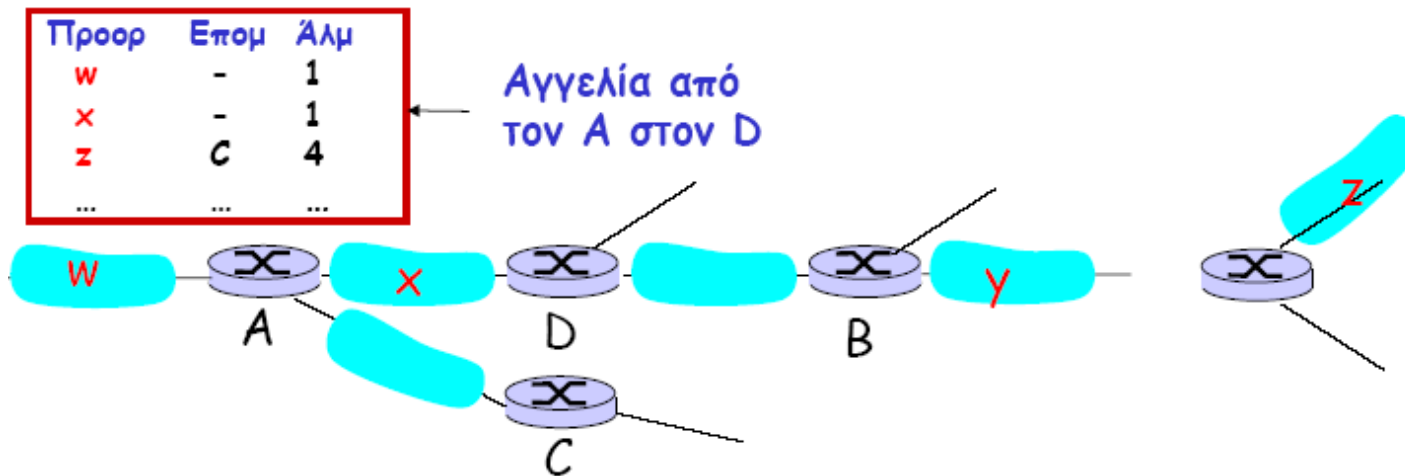
Πίνακας δρομολόγησης στον D

Διαφάνεια 4

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Παράδειγμα RIP



Προορ	Επομ	Άλμ
w	-	1
x	-	1
z	C	4
...

Αγγελία από τον A στον D

Δίκτυο Προορισμού	Επόμενος Δρομολογητής	Αριθμός αλμάτων ως τον προορισμό
w	A	2
y	B	2
z	B A	7 5
x	-	1
...

Πίνακας δρομολόγησης στον D

Διαφάνεια 5

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

RIP: Αστοχία ζεύξεων και ανάκαμψη



- Εάν ένας δρομολογητής δεν λάβει αγγελία RIP από ένα γείτονα μέσα σε 180 sec, θεωρεί ότι ο γείτονας δεν είναι πλέον προσεγγίσιμος
 - Ακυρώνει τις διαδρομές που διέρχονται από το γείτονα
 - Στέλνει νέες αγγελίες στους γείτονες
 - Οι γείτονες με την σειρά τους στέλνουν νέες αγγελίες (εφόσον μεταβληθούν οι πίνακες δρομολόγησης τους)
 - Η πληροφορία σχετικά με την αστοχία διαδίδεται σε ολόκληρο το δίκτυο

Διαφάνεια 6

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

RIPv2



- Αφορά κάποιες βελτιώσεις στο RIPv1, όπως το VLSM, Variable Length Subnetting Mask, η αυθεντικοποίηση, η ενημέρωση με multicast μηνύματα
- Γενικά δεν θεωρείται ιδιαίτερη βελτίωση σε σχέση με την πρώτη έκδοση, διότι διατηρεί τους περιορισμούς του RIPv1 πρωτοκόλλου

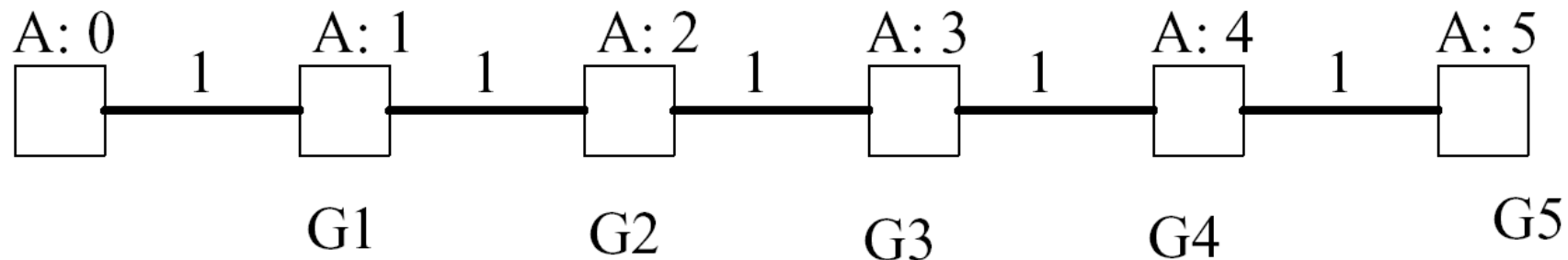
Διαφάνεια 7

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Σύγκλιση αλγόριθμου

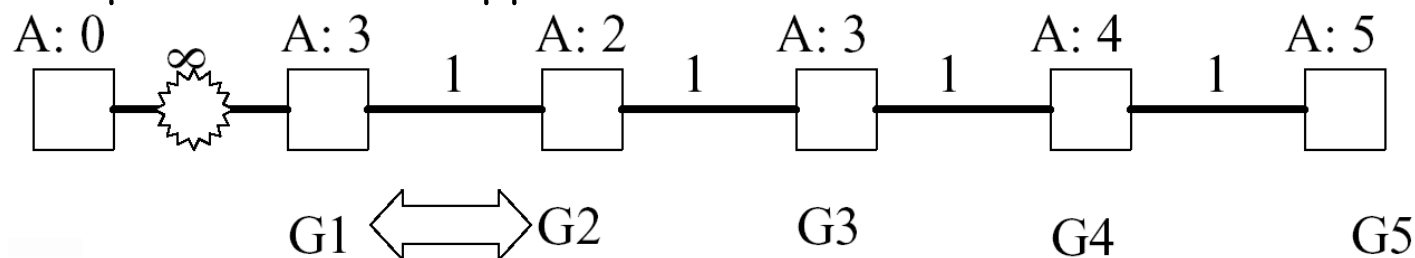
- Οι καινούργιες διαδρομές ενημερώνονται γρήγορα
- Ο G1 διαφημίζει τη διαδρομή προς το A υποδίκτυο με απόσταση 1
- Οι G2-G5 μαθαίνουν γρήγορα την καινούργια διαδρομή και ενημερώνουν τους πίνακες τους





Σύγκλιση αλγόριθμου / Split Horizon

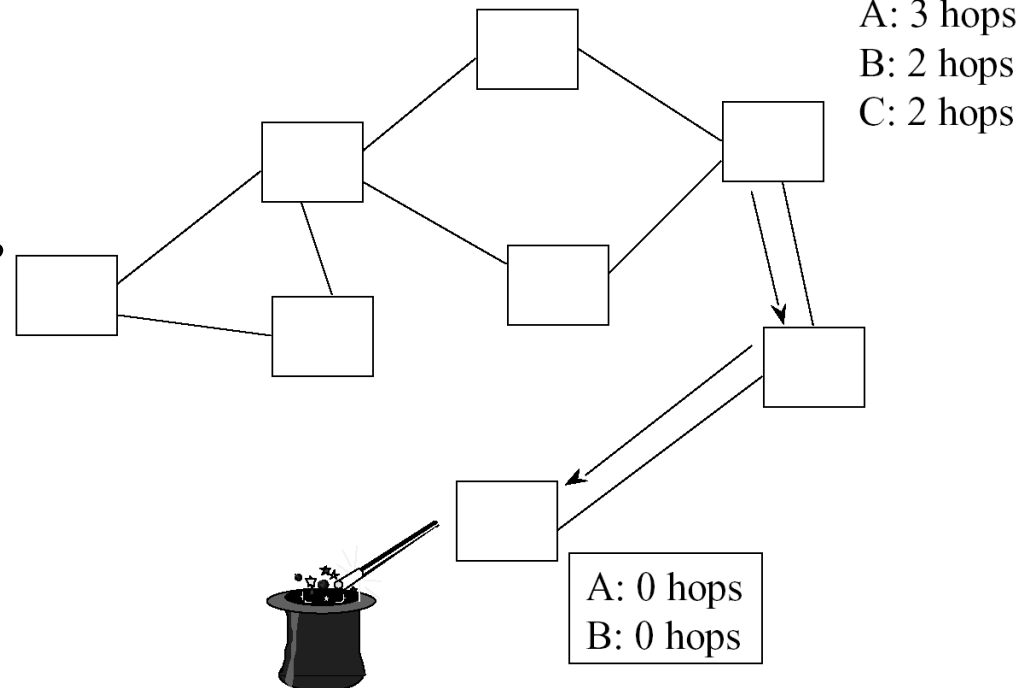
- Η σύνδεση του G1 με το A χάνεται
- Ο G1 μαθαίνει για μια καλύτερη διαδρομή μέσω του G2
- Τα πακέτα που φτάνουν στον G2 και έχουν προορισμό το A θα πηγαينوέρχονται μεταξύ G1 και G2
- Οι G1 και G2 θα βρουν ότι το κόστος των διαδρομών που έχουν προς το A, αργά αυξάνεται προς το άπειρο
- Χρησιμοποιούμε ένα πεπερασμένο αριθμό, πχ το 16, ώστε να εξομοιώσουμε το άπειρο
- Η λειτουργία split horizon αποτρέπει τη δημιουργία βρόχων, μόνο όταν εμπλέκονται δύο κόμβοι





Ασφάλεια – μαύρες τρύπες

- Ο C μπορεί να πει ψέματα για τα δίκτυα A και B, ότι για παράδειγμα συνδέεται κατευθείαν με τα A, B δίκτυα
- Οι δύο κόμβοι που φαίνονται στο σχήμα, στέλνουν τα πακέτα προς A ή B προς τον C



Διαφάνεια 10

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Ασφάλεια – μαύρες τρύπες

- Το πρωτόκολλο υποθέτει ότι κάθε δρομολογητής είναι εμπιστέψιμος και το ίδιο συμβαίνει με την πληροφορία δρομολόγησης
- Κάθε δρομολογητής επιτρέπεται να διαδώσει σε άλλους λανθασμένες οδηγίες δρομολόγησης
- Δεν είναι δυνατό να αποτραπεί επίθεση λόγω των συγκεκριμένων αδυναμιών (black holes)
- Για να ανιχνευθούν οι υπεύθυνοι δρομολογητές για την εισαγωγή της λανθασμένης πληροφορίας, πρέπει να ακολουθηθεί η διαδρομή προς τα πίσω, διαδικασία επίπονη και όχι αποτελεσματική

Διαφάνεια 11

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



OSPF (Open Shortest Path First)

- “Open”: δημόσια διαθέσιμο
- Χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο κατάστασης ζεύξεων (Link State)
 - Διανομή πακέτων LS
 - Χάρτης τοπολογίας σε κάθε κόμβο
 - Υπολογισμός διαδρομών με τον αλγόριθμο του Dijkstra
 - Μετρική κόστους επιλέγεται από τον διαχειριστή
- Κάθε αγγελία OSPF μεταφέρει μια καταχώρηση για κάθε γείτονα δρομολογητή
 - Μηνύματα OSPF HELLO
- Οι αγγελίες διαδίδονται σε ολόκληρο το AS (μέθοδος πλημμύρας)
 - Μεταφέρονται μέσα σε μηνύματα OSPF απευθείας πάνω από IP (χωρίς μεσολάβηση TCP ή UDP)

Χαρακτηριστικά του OSPF (που δεν υπάρχουν στο RIP)



- Ασφάλεια: πιστοποίηση ταυτότητας για όλα τα μηνύματα OSPF
- Επιτρέπει πολλαπλές διαδρομές ιδίου κόστους (μόνο μία διαδρομή στο RIP)
- Επιτρέπει πολλαπλές μετρικές κόστους σε κάθε ζεύξη για κάθε είδος υπηρεσίας TOS (π.χ. το κόστος δορυφορικής ζεύξης «μικρό» για υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας, υψηλό για υπηρεσία πραγματικού χρόνου)
- Ενοποιημένη υποστήριξη unicast και multicast:
 - Το multicast OSPF (MOSPF) χρησιμοποιεί την ίδια βάση δεδομένων για την τοπολογία με το OSPF
- Ιεραρχικό OSPF σε μεγάλα αυτόνομα συστήματα

OSPF: Πως λειτουργεί



- "Hello" πακέτα μεταδίδονται περιοδικά σε όλα τα OSPF-enabled interfaces
 - Για να γίνουν "neighbors"
 - Όστε να εδραιωθεί ένα link για μεταφορά δεδομένων
 - Χρησιμοποιούνται για να διαπιστωθεί αν οι neighbor είναι ενεργοί
- Για την δημιουργία «Adjacencies» (εικονικά point-to-point links) ανάμεσα σε neighbors

Διαφάνεια 14

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

OSPF: Πως λειτουργεί



- Όταν ένα **adjacency** δημιουργηθεί ανταλλαγή δεδομένων πραγματοποιείται ανάμεσα στους **neighbor**
- Πληροφορίες σχετικά με την τοπολογία μεταδίδονται σε ένα "link state announcement"
- Τα **Announcements** μεταδίδονται μόνο μια φορά, και ενημερώνονται μόνο όταν υπάρχουν αλλαγές ή κάθε 30 λεπτά

Διαφάνεια 15

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



OSPF: Πως λειτουργεί

- Κάθε δρομολογητής στέλνει ένα Link State Announcements (LSAs) σε όλα τα adjacencies
 - Το LSAs περιγράφει τα links, interfaces και την κατάσταση του δρομολογητή
- Κάθε δρομολογητής όταν λάβει το LSAs, προσθέτει τις πληροφορίες στην βάση δεδομένων του και προωθεί την πληροφορία στους γείτονες του

Διαφάνεια 16

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

OSPF: Πως λειτουργεί



- Κάθε δρομολογητής δημιουργεί μια **link-state database**
- Εκτελεί τον **SPF** αλγόριθμο στην βάση δεδομένων και δημιουργεί το **SPF tree**
- Με βάση το **SPF tree** δημιουργεί ο πίνακας δρομολόγησης

Διαφάνεια 17

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



OSPF: Πως λειτουργεί

- Όταν πραγματοποιείται μια αλλαγή
 - Γίνεται Broadcast της αλλαγής
 - Όλοι οι δρομολογητές εκτελούν το SPF αλγόριθμο
 - Εαναδημιουργούν το πίνακα δρομολόγησης

Διαφάνεια 18

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



OSPF – Τύποι μηνυμάτων

- HELLO:
 - Αναγνωρίζει γείτονες
 - Επιλέγει ένα route σε ένα multi-access δίκτυο
 - “I am alive” σήμα
- Link State Update:
 - Χρησιμοποιείται ως απόκριση σε ένα μήνυμα link state request και για την δυναμική αναφορά αλλαγών στην τοπολογία τους δικτύου
- Link State ACK:
 - Χρησιμοποιείται για την επιβεβαίωση λήψης ενός μηνύματος link state update



OSPF – Τύποι μηνυμάτων

— Database Description:

- Ανταλλαγή πληροφοριών κατά την αρχικοποίηση, έτσι ώστε ο δρομολογητής να μπορεί να βρει τα δεδομένα τα οποία λείπουν από την topology database

— Link State Request:

- Ερώτηση για δεδομένα τα οποία ο δρομολογητής έχει ανακαλύψει ότι λείπουν από την topology databases ή για αντικατάσταση δεδομένων out of date

Διαφάνεια 20

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



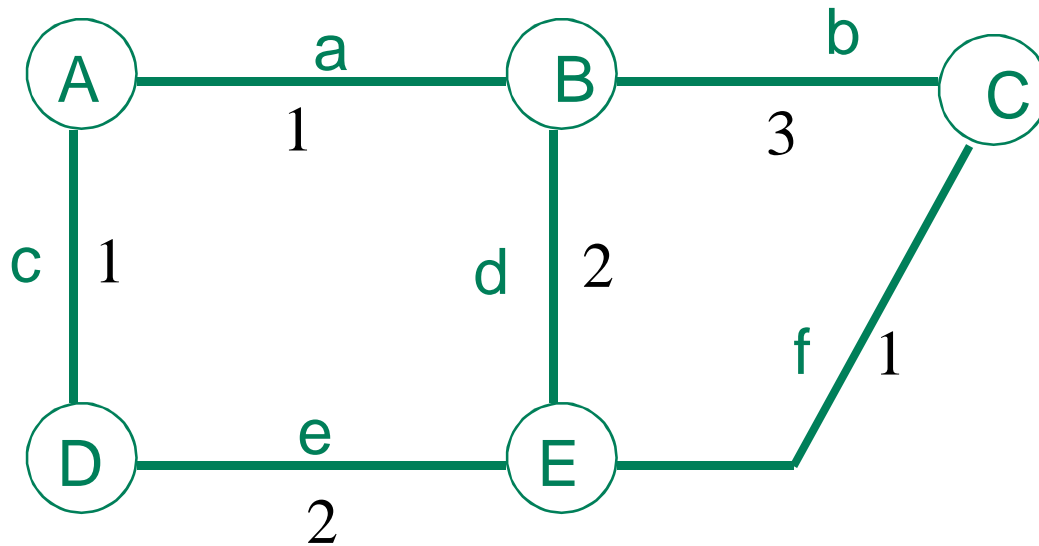
OSPF – Πρωτόκολλο Link State

- Link
 - Ένα interface στο δρομολογητή
- Link state
 - Περιγραφή ενός interface και των γειτονικών δρομολογητών
- Link state database
 - Συλλογή από link state advertisement για όλους τους δρομολογητές και δίκτυα

Διαφάνεια 21

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Απλοποιημένο παράδειγμα της Link State Database



From	To	Link	Cost
A	B	a	1
A	D	c	1
B	A	a	1
B	C	b	3
B	E	d	2
C	B	b	3
C	E	f	1
D	A	c	1
D	E	e	2
E	B	d	2
E	C	f	1
E	D	e	2

Διαφάνεια 22

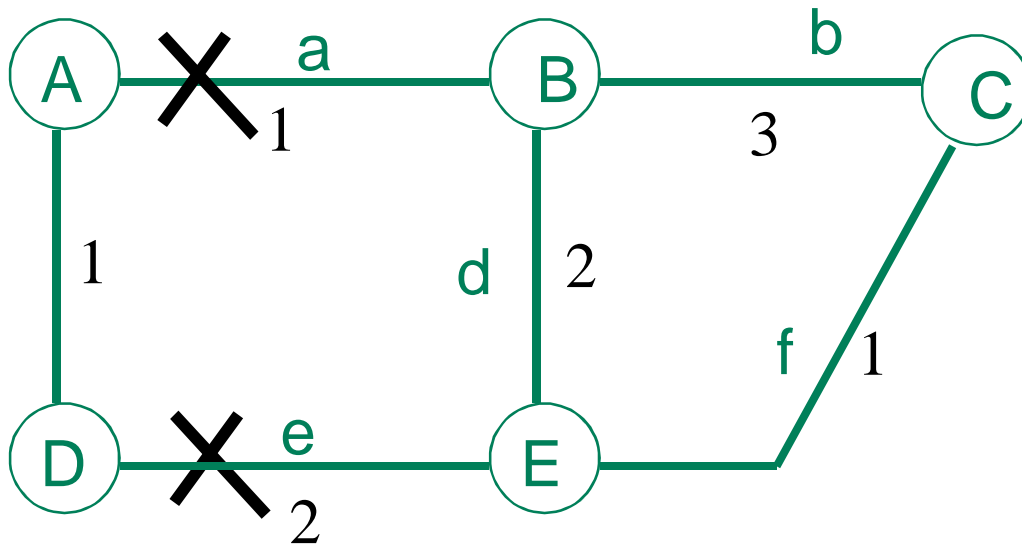
Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Link State Announcement (LSA)

From A to B, Link a, Cost = 1, Ls seq. Num. = 2



Σε περίπτωση αποτυχία Link



- Οι A και B στέλνουν πληροφορίες σε όλους τους κόμβους σχετικά με την αποτυχία του link a και ενημερώνονται κατάλληλα οι link state database
- Σε περίπτωση αποκοπής του δικτύου οι link state databases είναι διαφορετικές στα δύο τμήματα

Το Flooding πρωτόκολλο



- Χρησιμοποιείται για την μετάδοση των LSAs
 - Κάθε κόμβος στέλνει το LSA σε κάθε link (εκτός από αυτό το οποίο το έλαβε)
 - Είναι πολύ γρήγορο και αξιόπιστο αλλά σπαταλά bandwidth
 - Τα μήνυμα στέλνονται μόνο όταν υπάρχει αλλαγή ή κάθε 30 λεπτά
 - Κάθε κόμβος συγκρίνει τον LSA το οποίο έλαβε με την βάση δεδομένων του και εάν είναι απαραίτητο την ενημερώνει

Διαφάνεια 24

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Μεγάλος αριθμός δρομολογητών σε ένα δίκτυο



- Εάν υπάρχουν N δρομολογητές στο ίδιο δίκτυο
 - $N(N-1)$ LSA θα χρειαστούν για να μεταδώσουν πληροφορία για το ίδιο δίκτυο
 - Το παραπάνω προσθέτει μεγάλο overhead

Διαφάνεια 25

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Designated Router (DR)

- Ο DR δρομολογητής επιλέγεται ανάμεσα στους δρομολογητές του δικτύου
 - Επιλογή βασίζεται στις προτεραιότητες του διαχειριστή
 - Για λόγους ασφάλειας επιλέγεται και ένας backup designated router (BDR)
- Όλοι οι δρομολογητές στο δίκτυο αποκτούν adjacent στο DR και ανταλλάσσουν πληροφορίες με τον DR
- Ο DR ενημερώνει τους γείτονες

Διαφάνεια 26

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



The Metrics in OSPF

— formula: $\text{cost} = 10^8 / \text{bandwidth in bps}$	
— 56 Kbps serial link	1758
— 64 Kbps serial link	1562
— T1 (1.544 Mbps serial link)	65
— E1 (2.048 Mbps serial link)	48
— 4 Mbps token ring	25
— Ethernet	10
— 16 Mbps token ring	6
— FDDI	1

Διαφάνεια 27

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Ο αλγόριθμος Shortest Path

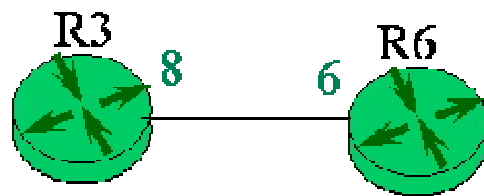


- Τοποθετεί τον δρομολογητή στην κορυφή του δέντρου
- Σε κάθε επανάληψη προσθέτει το δρομολογητή ο οποίος είναι πιο κοντά του (μικρότερη αθροιστικά μετρική στο μονοπάτι)
- Ολοκληρώνεται όταν όλοι οι δρομολογητές έχουν τοποθετηθεί και το **shortest path tree** έχει δημιουργηθεί

Διαφάνεια 28

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Αναπαράσταση δρομολογητών και δικτύων σε πίνακες



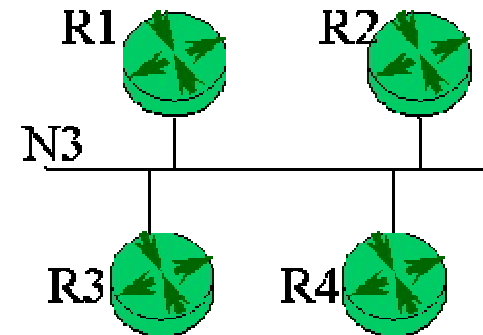
		From	
		R3	R6
To	R3		6
	R6	8	

Point-to-point network



		From
		R8
To	R8	
	N7	4

Stub network



		From				
		R1	R2	R3	R4	N3
To	R1					0
	R2					0
	R3					0
	R4					0
	N3	1	1	1	1	

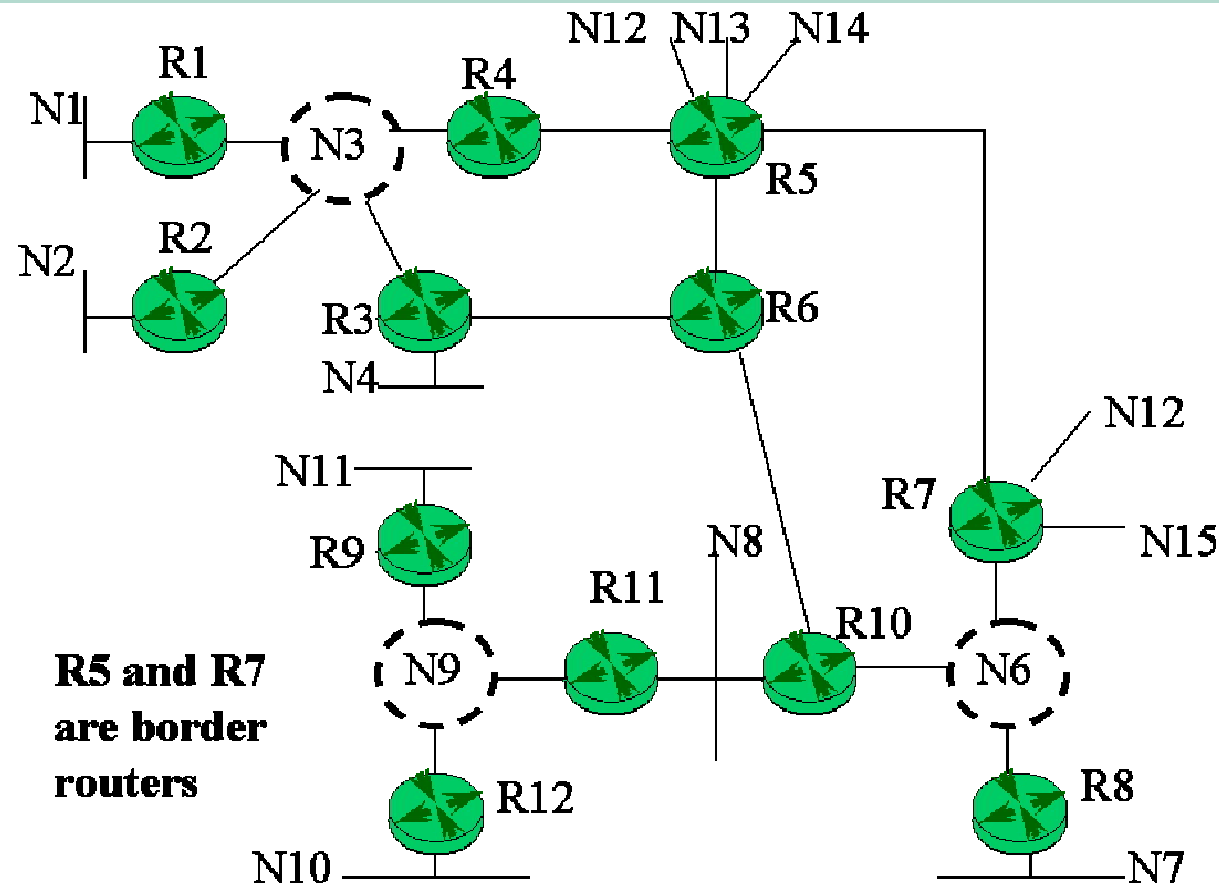
Broadcast network

Διαφάνεια 29

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Παράδειγμα ΑΣ



Διαφάνεια 30

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Ο πίνακας ο οποίος προκύπτει

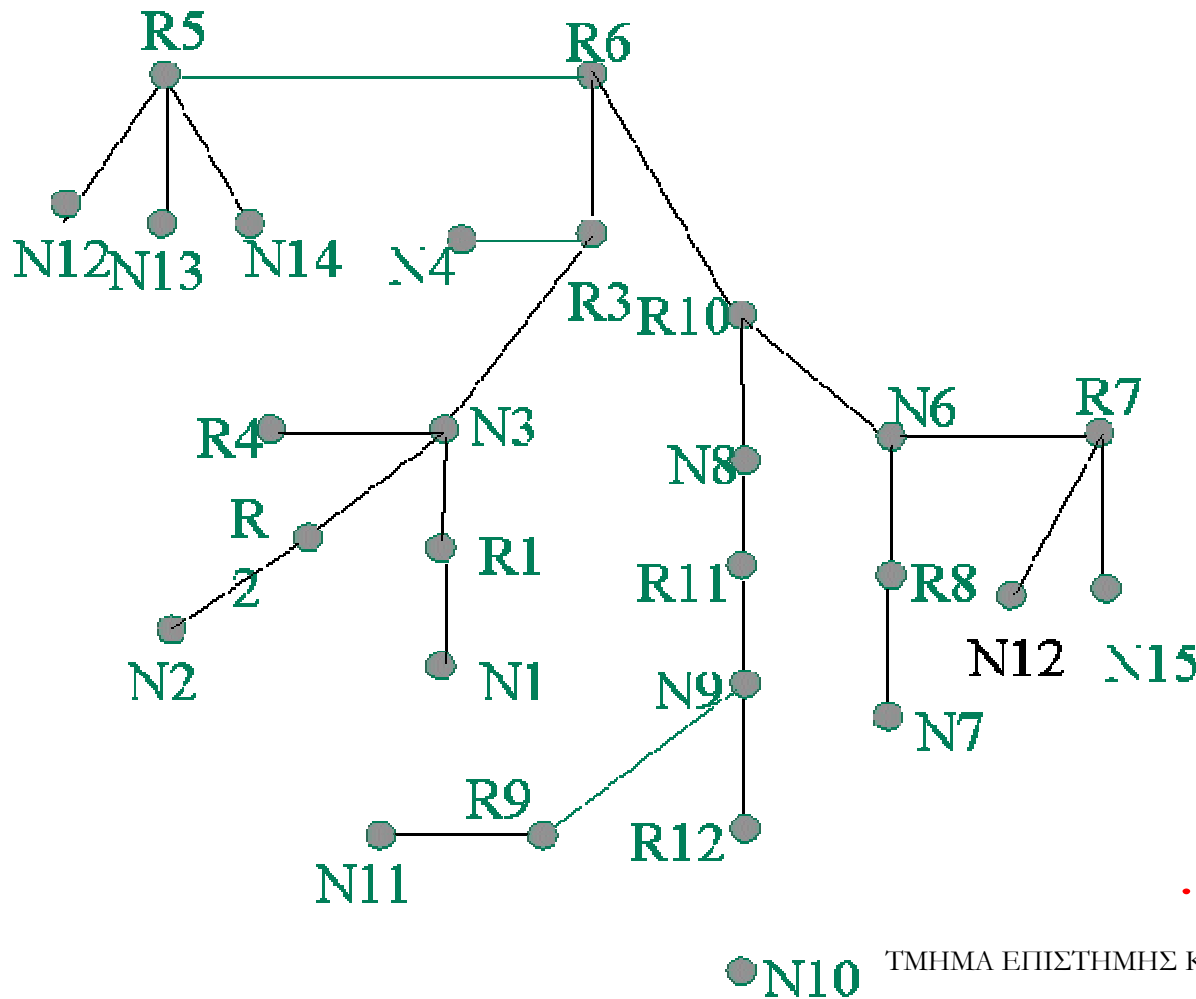
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	N3	N6	N8	N9
R1													0			
R2													0			
R3						6							0			
R4					8								0			
R5				8		6	6									
R6			8		7					5						
R7					6								0			
R8													0			
R9																0
R10						7							0	0		
R11														0	0	
R12																0
N1	3															
N2		3														
N3	1	1	1	1												
N4			2													
N6							1	1		1						
N7								4								
N8										3	2					
N9									1		1	1				
N10												2				
N11										3						
N12					8		2									
N13					8											
N14					8											
N15							9									

- Τα δίκτυα και οι δρομολογητές αναπαριστώνται από διανύσματα
- Μια ακμή κόστους X συνδέει το διάνυσμα A με το διάνυσμα B εάν στη τομή της στήλης A με την γραμμή B υπάρχει κάποιο κόστος για το interface.

Διαφάνεια 31

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Shortest Path Tree και πίνακας δρομολόγησης για τον R6

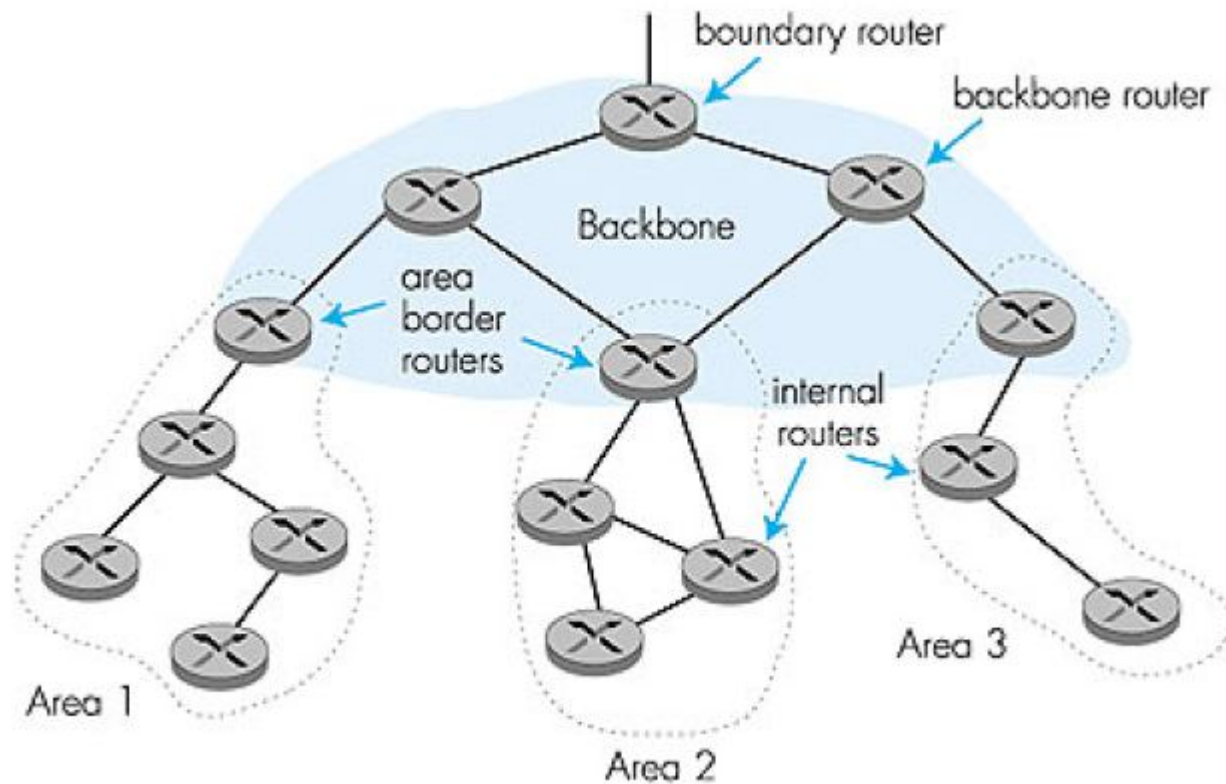


Dest.	Next Hop	Cost
N1	R3	10
N2	R3	10
N3	R3	7
N4	R3	8
N6	R10	8
N7	R10	12
N8	R10	10
N9	R10	11
N10	R10	13
N11	R10	14
RT5	RT5	6
RT7	RT10	8

Διαφάνεια 32

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Ιεραρχικό OSPF



Διαφάνεια 33

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Ιεραρχία OSPF



- Ιεραρχία δύο επιπέδων: τοπική περιοχή, backbone
- Είδη δρομολογητών:
 - Εσωτερικοί (Internal)
 - Αγγελίες LS στην τοπική περιοχή μόνο
 - Κάθε κόμβος έχει λεπτομερή τοπολογία της περιοχής – γνωρίζει μόνο κατεύθυνση (συντομότερη διαδρομή) προς δίκτυα σε άλλες περιοχές
 - Ορίου περιοχή (Area border): «Συνοψίζουν» τις αποστάσεις προς δίκτυα στη δική τους περιοχή, αναγγέλλουν σε άλλους δρομολογητές ορίου περιοχής
 - Κορμού (backbone): Εκτελούν δρομολόγηση OSPF στο backbone
 - Συνοριακοί (Boundary): συνδέονται με άλλα ΑΣ

Διαφάνεια 34

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Ιεραρχία OSPF



- Χρησιμοποιείται σε μεγάλα δίκτυα (>150 δρομολογητές)
- Κάνει **aggregate routes** ανάμεσα στις περιοχές
- Με κατάλληλη χρήση μπορεί να μειωθεί η χρήση του **bandwidth** και το **CPU utilisation**
- Το **Backbone** είναι πάντα το **Area 0**

Διαφάνεια 35

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Πλεονεκτήματα OSPF

- Δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των hops
- Routing updates στέλνονται μόνο όταν υπάρχει αλλαγή η σπάνια
- Γρήγορη σύγκλιση
- Καλύτερο load balancing
- Λογικός διαχωρισμός σε περιοχές
- Authentication

Διαφάνεια 36

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών