



Δίκτυα Επικοινωνιών II: Δρομολόγηση στο Διαδίκτυο, RIP, OSPF

Δρ. Απόστολος Γιάμας

Διδάσκων 407/80

gkamas@uop.gr



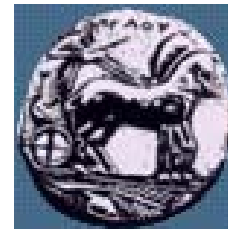
RIP: Routing Information Protocol

- 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

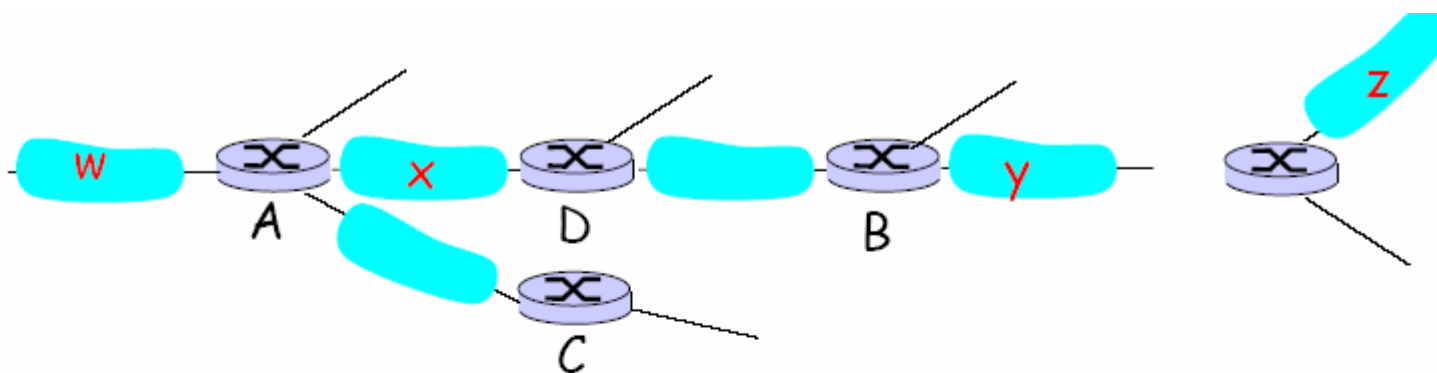


RIP: Routing Information Protocol

- 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

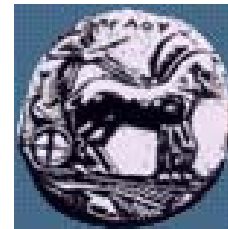


Παράδειγμα RIP



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

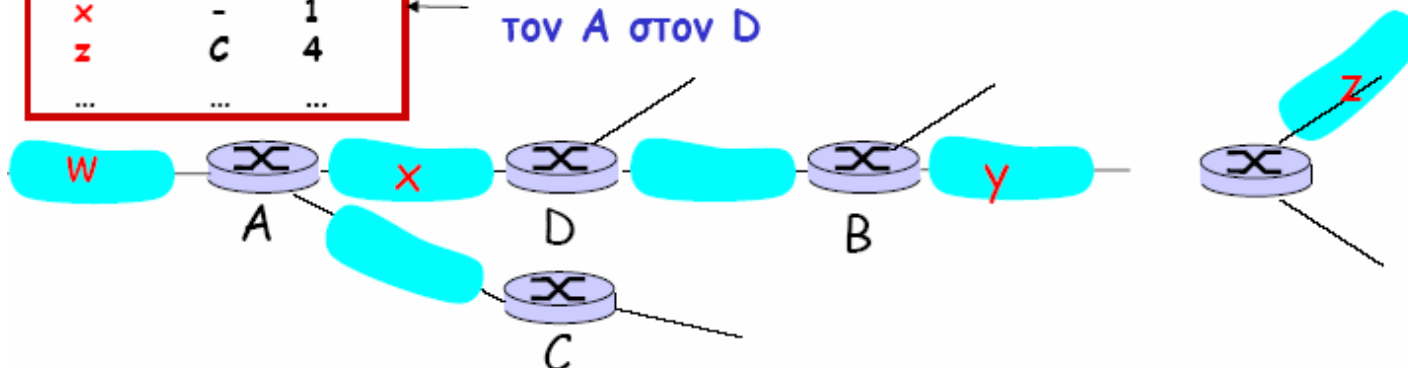
Πίνακας δρομολόγησης στον D



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



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

RIPv2

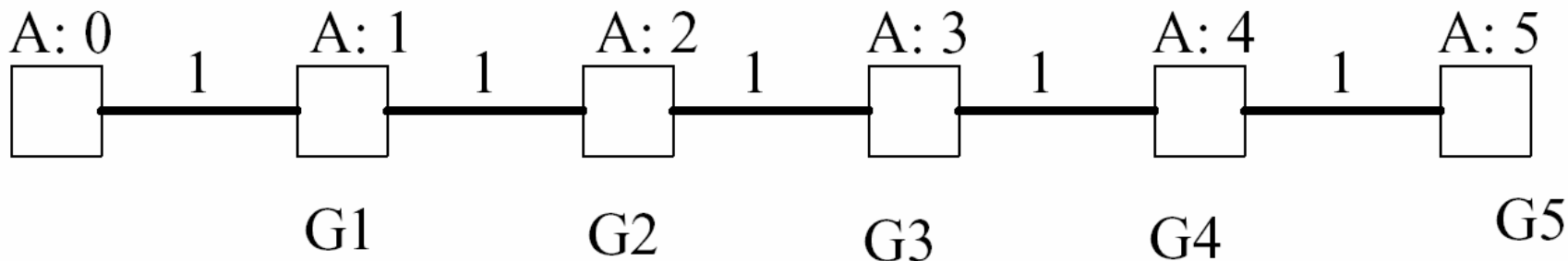


- Αφορά κάποιες βελτιώσεις στο RIPv1, όπως το VLSM, Variable Length Subnetting Mask, η αυθεντικοποίηση, η ενημέρωση με multicast μηνύματα
- Γενικά δεν θεωρείται ιδιαίτερη βελτίωση σε σχέση με την πρώτη έκδοση, διότι διατηρεί τους περιορισμούς του RIP πρωτοκόλλου



Σύγκλιση αλγόριθμου

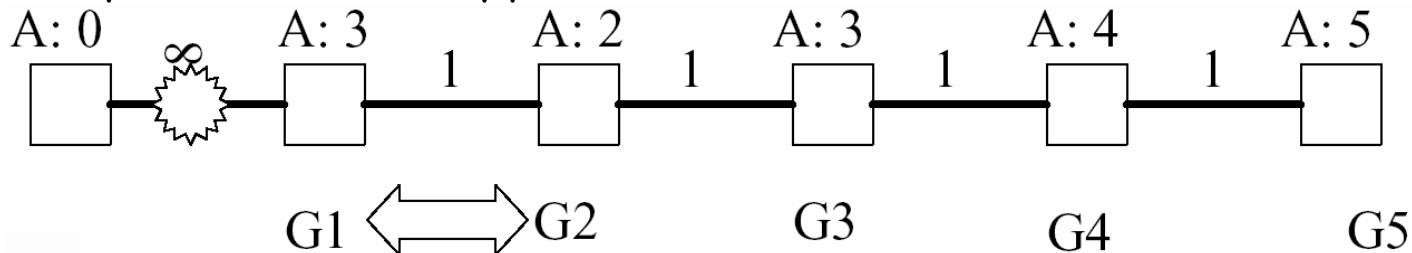
- Οι καινούργιες διαδρομές ενημερώνονται γρήγορα
- Ο G1 διαφημίζει τη διαδρομή προς το A υποδίκτυο με απόσταση 1
- Οι G2-G5 μαθαίνουν γρήγορα την καινούργια διαδρομή και ενημερώνουν τους πίνακες τους





Σύγκλιση αλγόριθμου

- Η σύνδεση του G1 με το A χάνεται
- Ο G1 μαθαίνει για μία καλύτερη διαδρομή μέσω του G2
- Τα πακέτα που φτάνουν στον G2 και έχουν προορισμό το A θα πηγαινοέρχονται 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

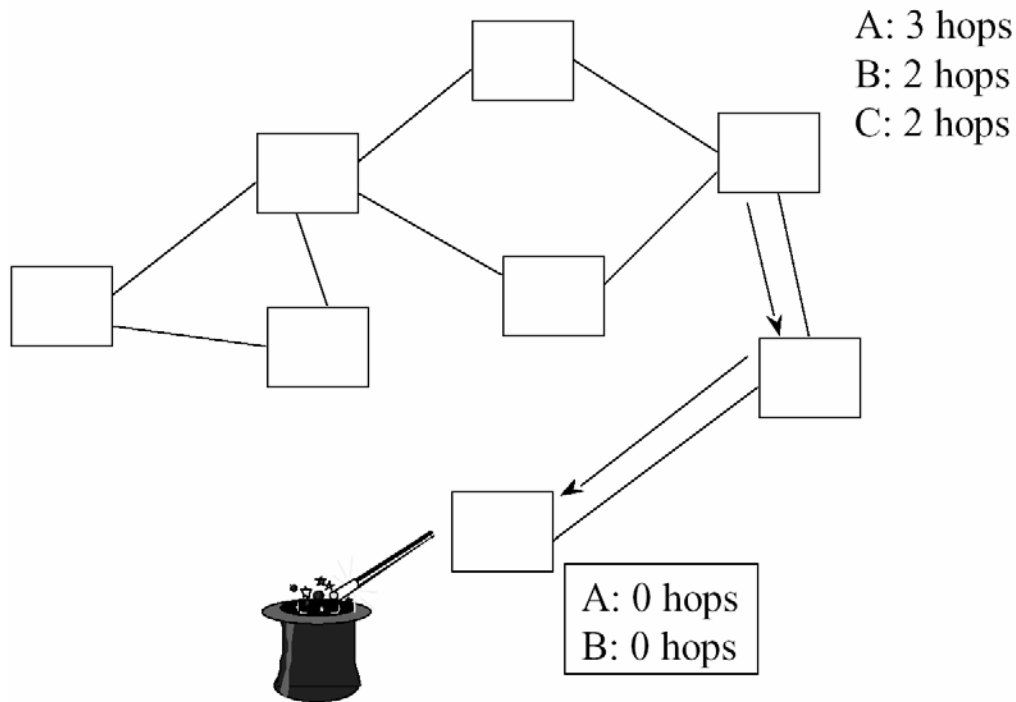




Ασφάλεια – μαύρες τρύπες

- 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





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



OSPF (Open Shortest Path First)

- “Open”: δημόσια διαθέσιμο
- Χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο κατάστασης ζευξέων (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 ΑΣ (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



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



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



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



OSPF: Πως λειτουργεί

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



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:

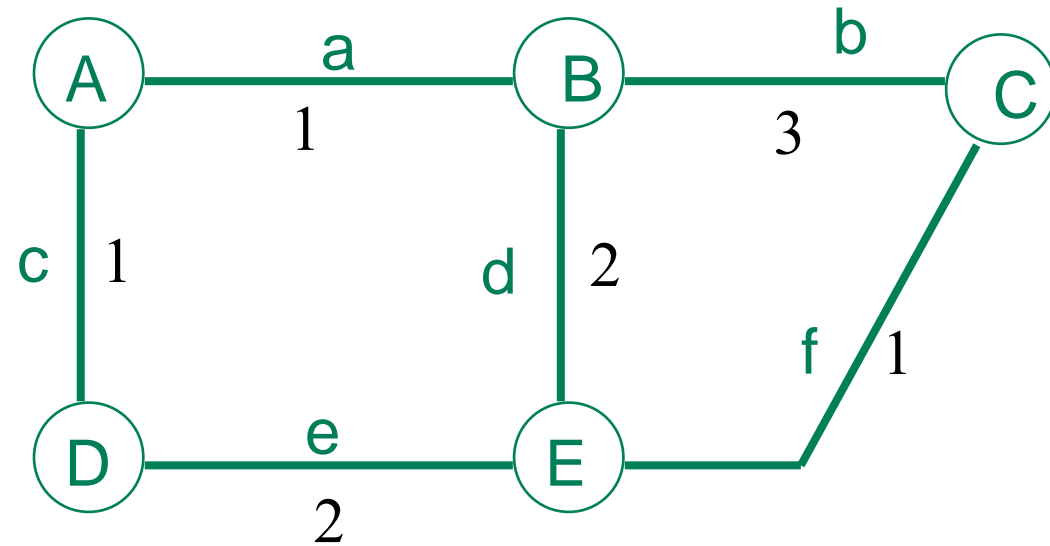
- Ερώτηση για δεδομένα τα οποία ο δρομολογητής έχει ανακαλύψει ότι λείπουν από την topology databases ή για αντικατάσταση δεδομένων out of date



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

Απλοποιημένο παράδειγμα της Link State Database



Link State Announcement (LSA)

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

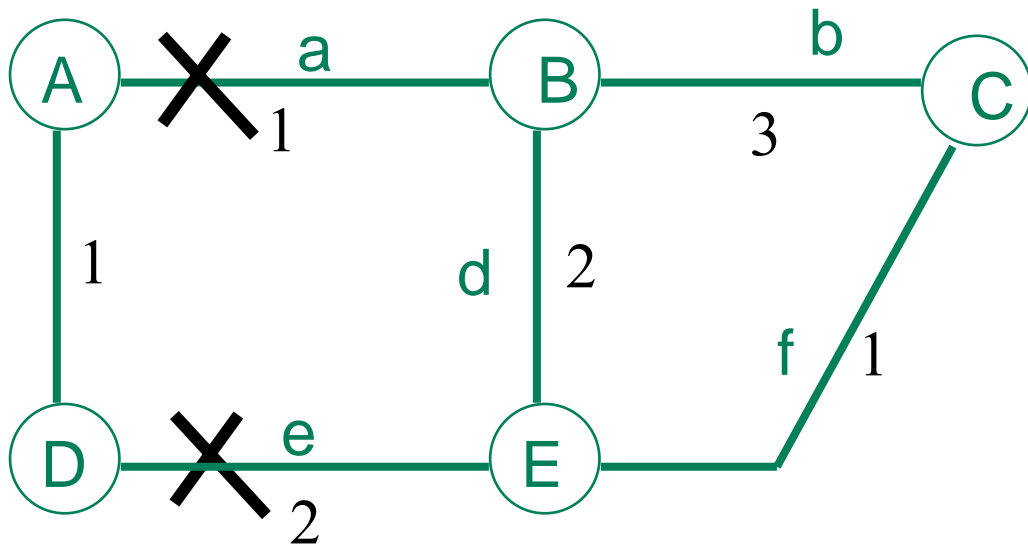
From	To	Link	Cost
A	B	a	1
A	D	c	1
B	A	a	1
B	C	b	3
B	E	e	2
C	B	b	3
C	E	f	1
D	A	c	1
D	E	e	2
E	B	d	2
E	C	d	2
E	D	e	2

Διαφάνεια 22

Δίκτυα Επικοινωνιών II



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

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



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



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



Ο αλγόριθμος Shortest Path

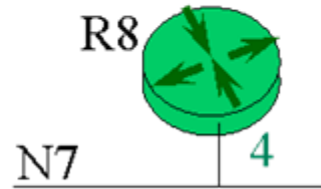
- Τοποθετεί τον δρομολογητή στην κορυφή του δέντρου
- Σε κάθε επανάληψη προσθέτει το δρομολογητή ο οποίος είναι πιο κοντά του (μικρότερη αθροιστικά μετρική στο μονοπάτι)
- Ολοκληρώνεται όταν όλοι οι δρομολογητές έχουν τοποθετηθεί και το shortest path tree έχει δημιουργηθεί

Αναπαράσταση δρομολογητών και δικτύων σε πίνακες



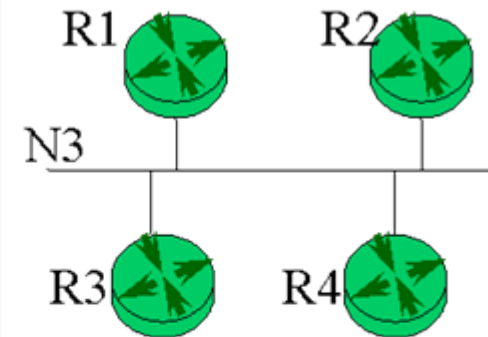
		From	
		R3	R6
To	R3		6
	R6	8	

Point-to-point network



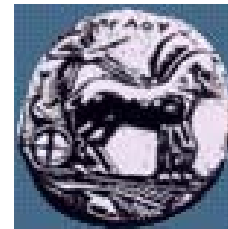
		From
		R8
To	R8	
	N7	4

Stub network

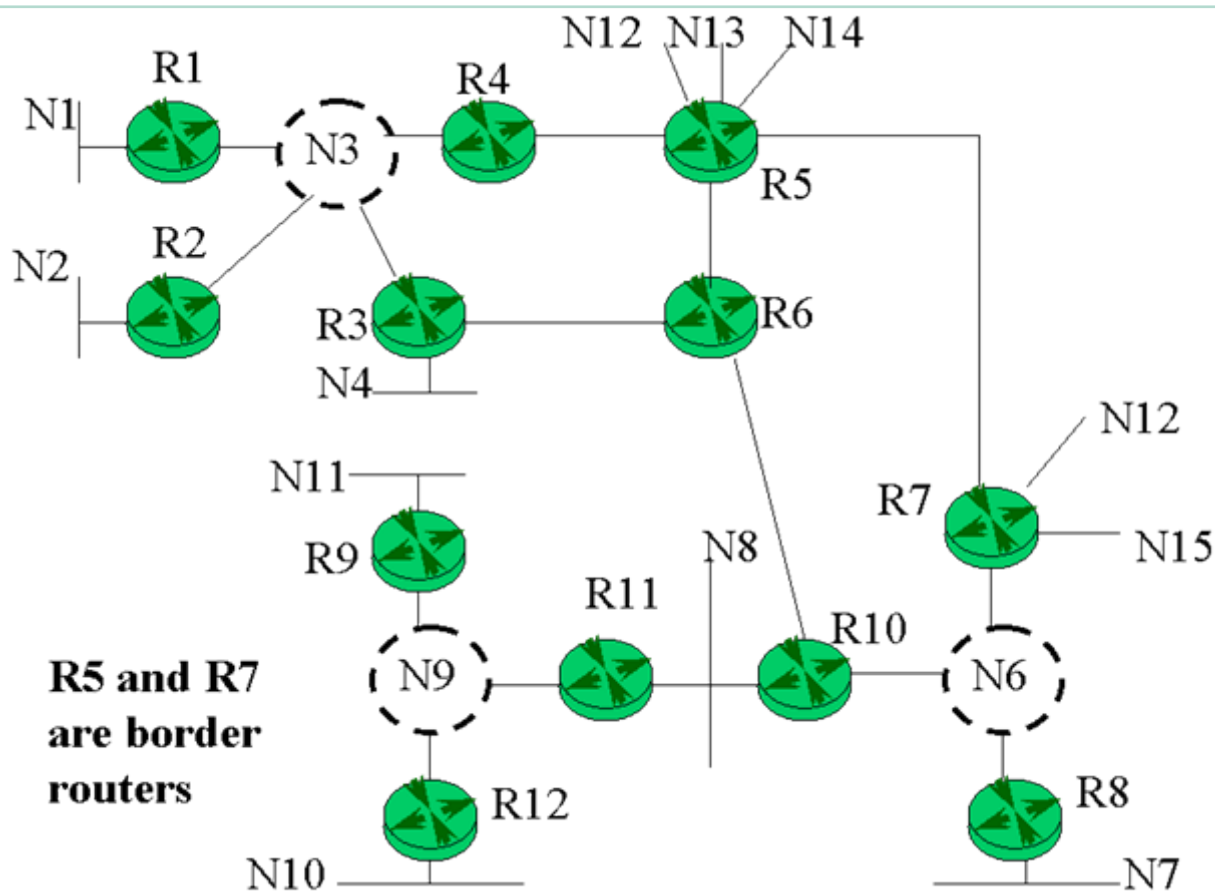


		From				
		R1	R2	R3	R4	N3
To	R1					0
	R2					0
	R3					0
	R4					0
	N3	1	1	1	1	

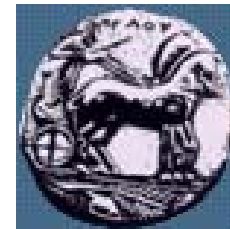
Broadcast network



Παράδειγμα ΑΣ



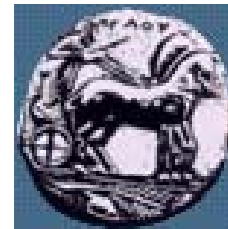
**R5 and R7
are border
routers**



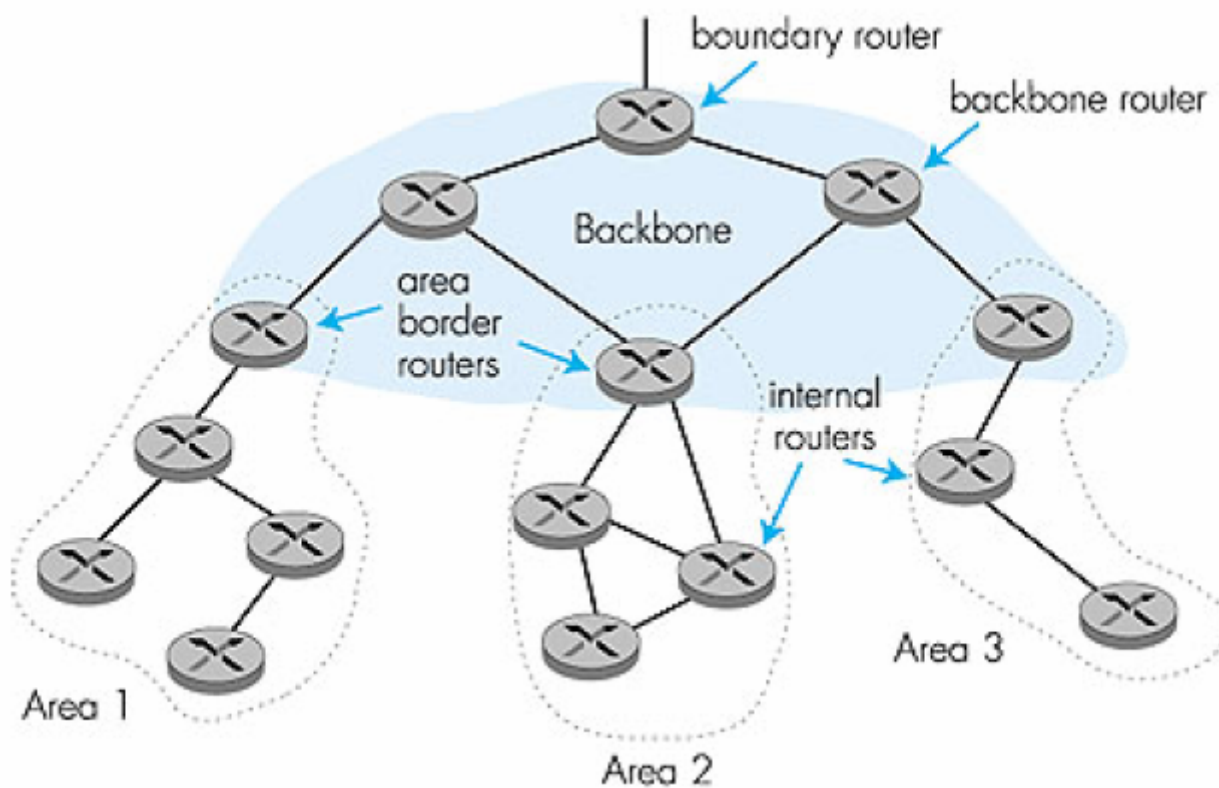
Ο πίνακας ο οποίο προκύπτει

	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.



Ιεραρχικό OSPF





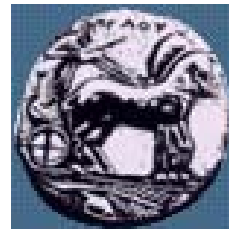
Ιεραρχία OSPF

- 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



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



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