



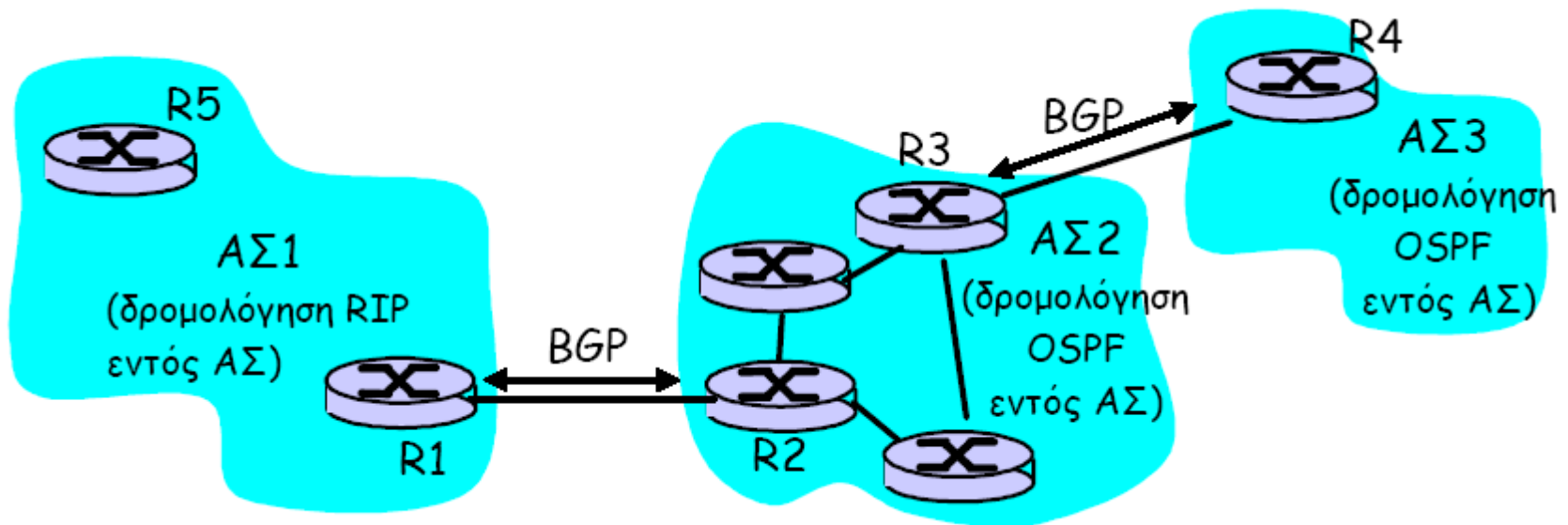
Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών: Δρομολόγηση στο Διαδίκτυο - BGP

Δρ. Απόστολος Γκάμας

Διδάσκων 407/80

gkamas@uop.gr

Δρομολόγηση μεταξύ ΑΣ στο Διαδίκτυο



Διαφάνεια 2

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Δρομολόγηση μεταξύ ΑΣ στο Διαδίκτυο: BGP



- BGP (Border Gateway Protocol – Πρωτόκολλο Συνοριακών Πυλών): Η χρήση του έχει καθιερωθεί για δρομολόγηση μεταξύ ΑΣ στο Διαδίκτυο
- Το BGP παρέχει σε κάθε ΑΣ τα μέσα ώστε:
 - Να αποικτά πληροφορία προσεγγισιμότητας υποδικτύων από γειτονικά ΑΣ
 - Να διαδίδει την πληροφορία προσεγγισιμότητας σε όλους τους εσωτερικούς δρομολογητές του ΑΣ
 - Να προσδιορίζει «καλές» διαδρομές προς τα υποδίκτυα με βάση την πληροφορία προσεγγισιμότητας και την πολιτική δρομολόγησης
- Επιτρέπει σε ένα υποδίκτυο να αναγγείλει την ύπαρξή του στο υπόλοιπο Διαδίκτυο

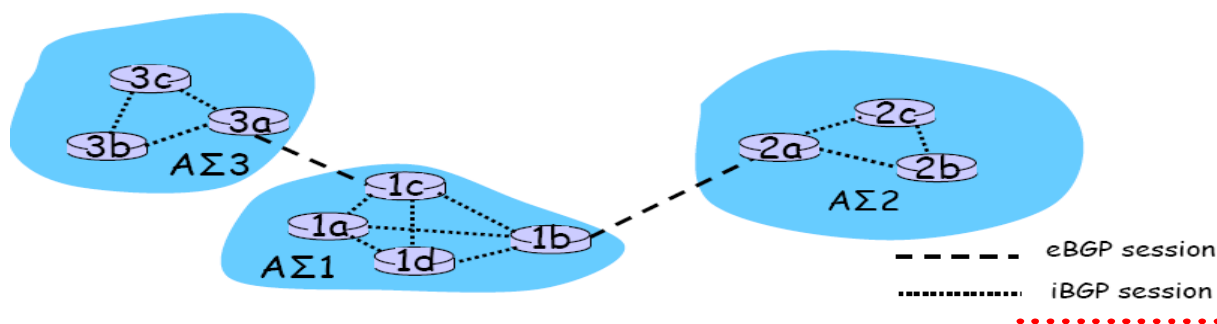
Διαφάνεια 3

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



BGP: Βασικά χαρακτηριστικά

- Ζεύγη δρομολογητών (BGP peers) ανταλλάσσουν πληροφορία δρομολόγησης μέσω ημι-μόνιμων συνδέσεων TCP: BGP sessions
 - Τα BGP sessions δεν αντιστοιχούν σε φυσικές ζεύξεις
- Όταν το ΑΣ2 αναγγέλλει ένα πρόθεμα στο ΑΣ1, το ΑΣ2 υπόσχεται ότι θα προωθήσει οποιοδήποτε πακέτο με προορισμό αυτό το πρόθεμα προς το πρόθεμα
 - Το ΑΣ2 μπορεί να συναθροίσει τα προθέματα στην αγγελία του πχ συνάθροιση των προθεμάτων 138.16.64/24, 138.16.65/24, 138.16.66/24, 138.16.67/24 σε ένα μόνο πρόθεμα 138.16.64/22



Μηνύματα BGP



- Για την ανταλλαγή μηνυμάτων BGP χρησιμοποιείται το TCP (αριθμός θύρας 179)
- Είδη μηνυμάτων BGP:
 - OPEN: ανοίγει μια σύνδεση TCP με τον γείτονα (peer) και πιστοποιεί την ταυτότητα του αποστολέα
 - UPDATE: αναγγέλλει νέα διαδρομή (ή αποσύρει παλαιά διαδρομή που δεν ισχύει πλέον)
 - KEEPALIVE: διατηρεί τη σύνδεση ενεργή όσο δεν ανταλλάσσονται μηνύματα UPDATE. Χρησιμοποιείται επίσης ως επιβεβαίωση σε μια αίτηση OPEN
 - NOTIFICATION: αναφέρει σφάλματα στο προηγούμενο μήνυμα. Χρησιμοποιείται επίσης για τον τερματισμό της σύνδεσης

Διαφάνεια 5

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

eBGP και iBGP



- eBGP
 - BGP το οποίο εκτελείται σε δύο διαφορετικά ΑΣ
- iBGP
 - BGP το οποίο εκτελείται στο ίδιο ΑΣ
 - Διανομή πληροφοριών δρομολόγησης ανάμεσα σε BGP δρομολογητές
 - Μικρές αλλά σημαντικές διαφορές με το eBGP

Διαφάνεια 6

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Γιατί χρειαζόμαστε το iBGP?

- Μερικά IGP πρωτόκολλα intra-domain δρομολόγηση: RIP, OSPF
 - Δεν υποστηρίζουν το concept του AS
 - Ανταλλάσσουν πληροφορία μόνο για intra-domain routes
- Οι BGP δρομολογητές στο ίδιο AS πρέπει να έχουν την δυνατότητα να αλλάξουν routes τα οποία έχουν μάθει από BGP δρομολογητές γειτονικών AS
 - Το iBGP απαιτείται
 - Το iBGP πρέπει να είναι full-mesh: κάθε ζευγάρι BGP δρομολογητές έχουν ένα iBGP session

Διαφάνεια 7

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

BGP Πίνακας δρομολόγησης



Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal, S Stale

Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
* 3.0.0.0	12.123.1.234			0 7018 80	i
*	12.123.45.252			0 7018 80	i
*	12.123.199.239			0 7018 80	i
*	12.123.145.124			0 7018 80	i
*>	12.123.1.236			0 7018 80	i
*	12.123.133.124			0 7018 80	i
* 4.0.0.0	12.123.45.252			0 7018 1	i
*	12.123.9.241			0 7018 1	i
*	12.123.13.241			0 7018 1	i
*>	12.123.5.240			0 7018 1	i
*	12.123.142.124			0 7018 1	i

Διαφάνεια 8

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

BGP attributes



- AS-path attribute
- Origin attribute
- BGP Nexthop attribute
- Weight Attribute
- Local preference attribute
- Metric attribute
- Community attribute

Διαφάνεια 9

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



AS-Path Attribute

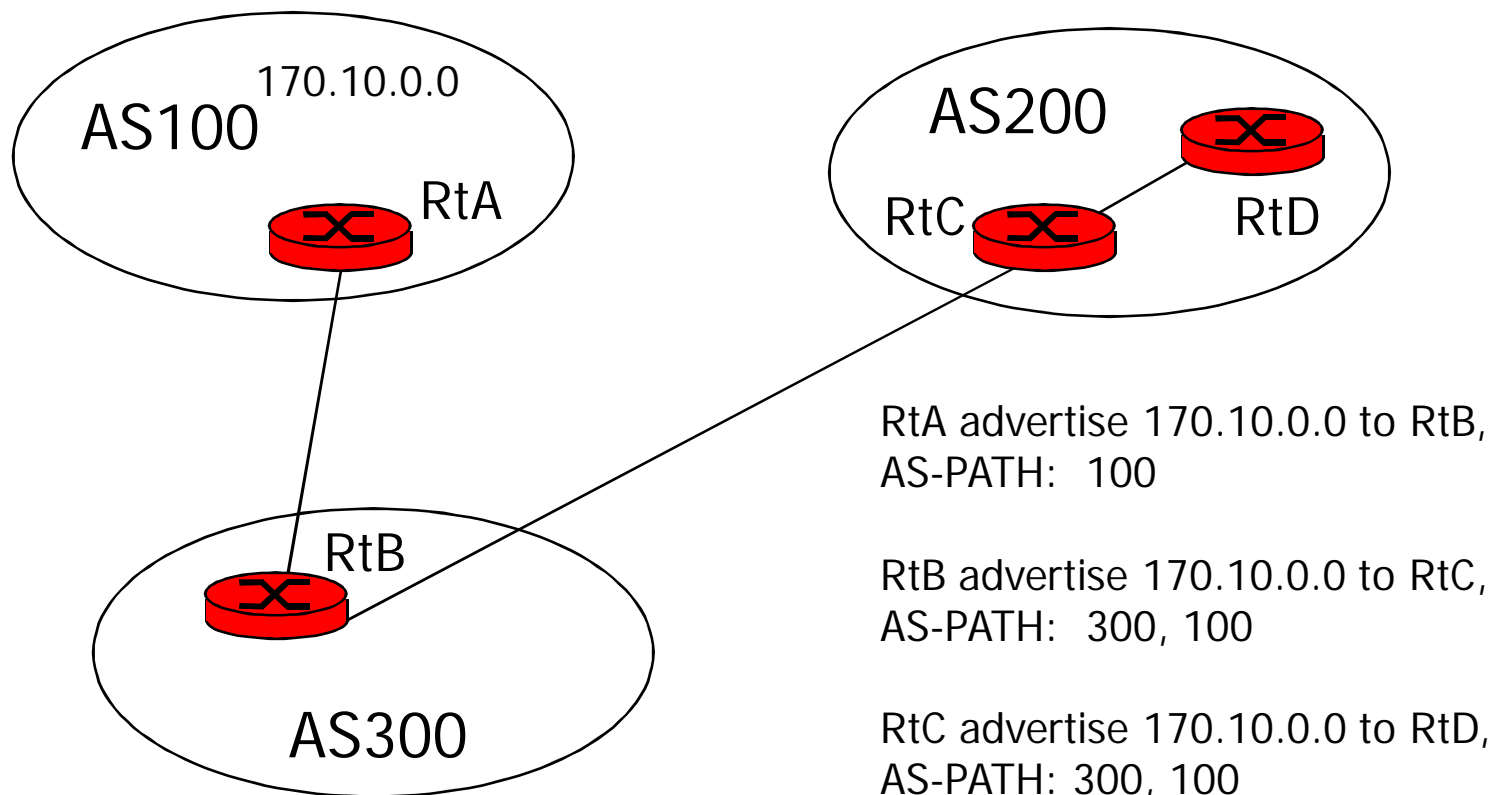
- Μια λίστα από **AS numbers** τα οποία ένα **route** έχει διανύσει για να φτάσει στον προορισμό του
- Όταν ένα **route update** διέρχεται από ένα νέο **AS**, ο **AS number** προστίθεται
- Εάν ο **AS number** ήδη υπάρχει στο **route update**, το **route** απορρίπτεται

Διαφάνεια 10

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Παράδειγμα AS-PATH Attribute



Διαφάνεια 11

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Origin Attribute



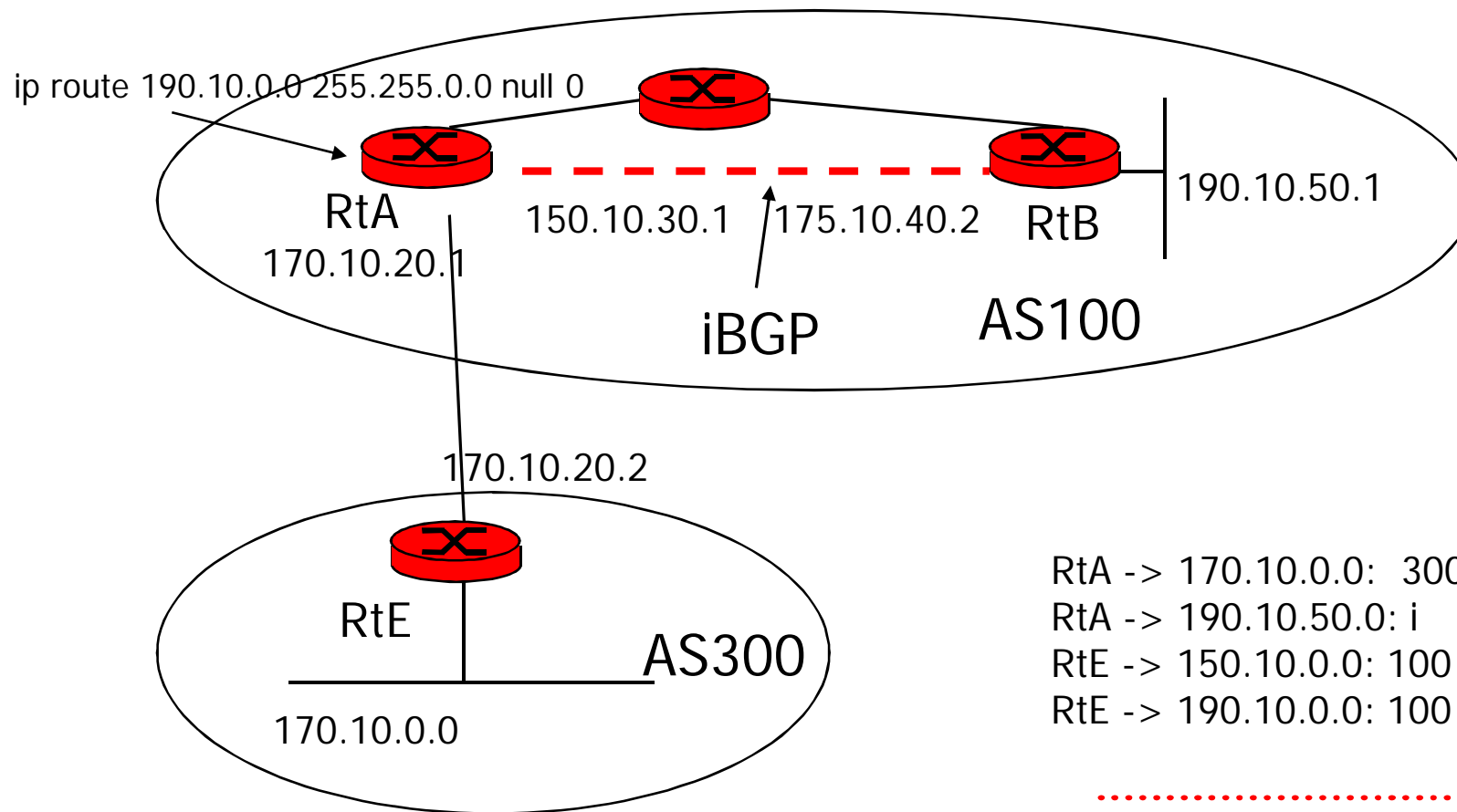
- Υποχρεωτικό attribute
- Καθορίζει την προέλευση των πληροφοριών μονοπατιού
- Τρεις τυπικές τιμές
 - "i": IGP, εσωτερικό στο ΑΣ
 - "e": EGP, έχει κοινοποιηθεί από ένα exterior gateway protocol
 - "?": μη συμπληρωμένο, άγνωστο

Διαφάνεια 12

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Παράδειγμα Origin Attribute



Διαφάνεια 13

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Nexthop Attribute



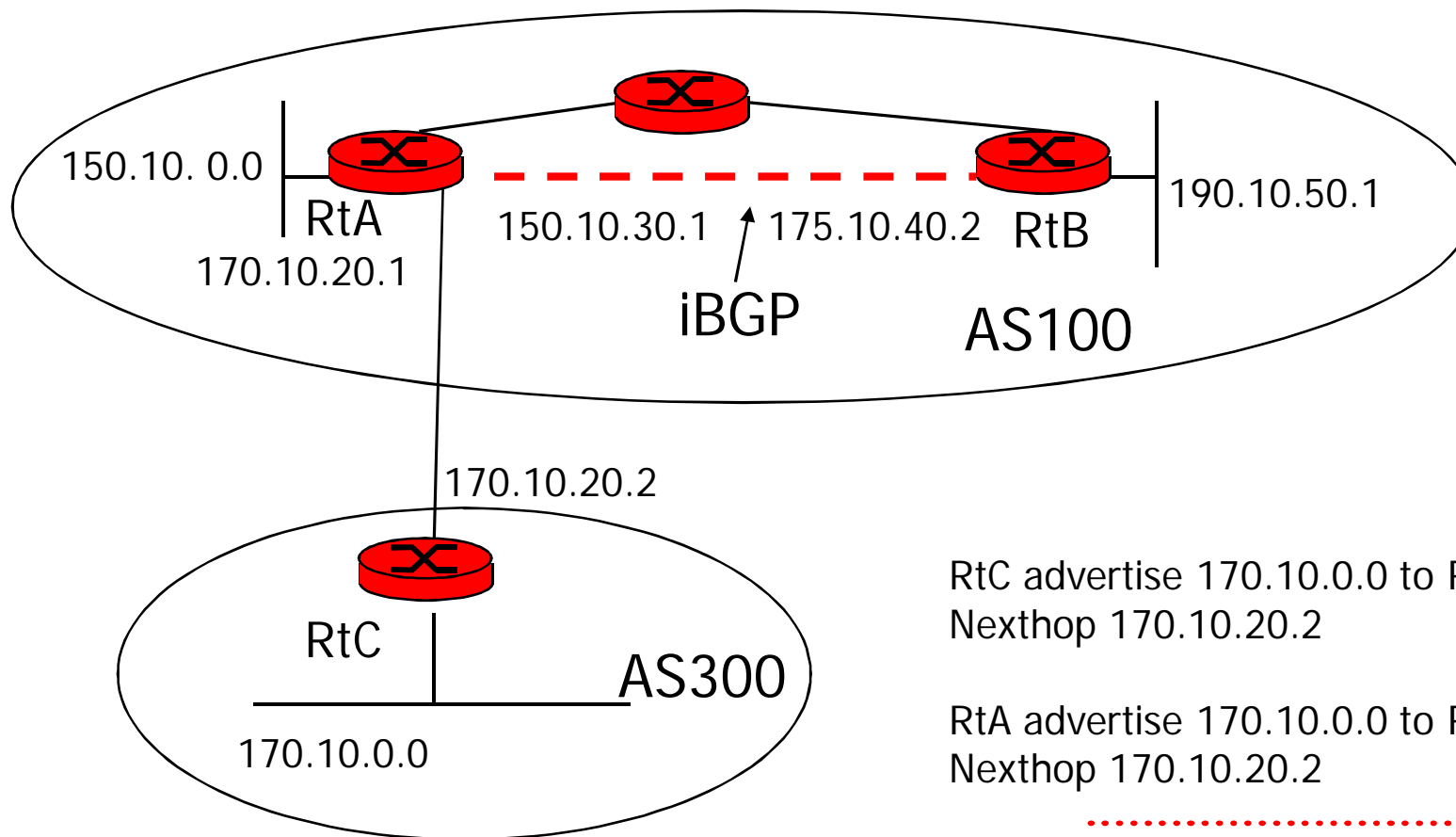
- Η IP διεύθυνση του επόμενου hop ώστε να φτάσουμε στον προορισμό
- Για το eBGP, πάντα είναι το απευθείας συνδεδεμένο interface στον γειτονικό δρομολογητή
- Για το iBGP, το πεδίο nexthop το οποίο διαφημίστηκε από eBGP πρέπει να μεταφερθεί από το iBGP

Διαφάνεια 14

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Παράδειγμα Nexthop Attribute



Διαφάνεια 15

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Weight Attribute



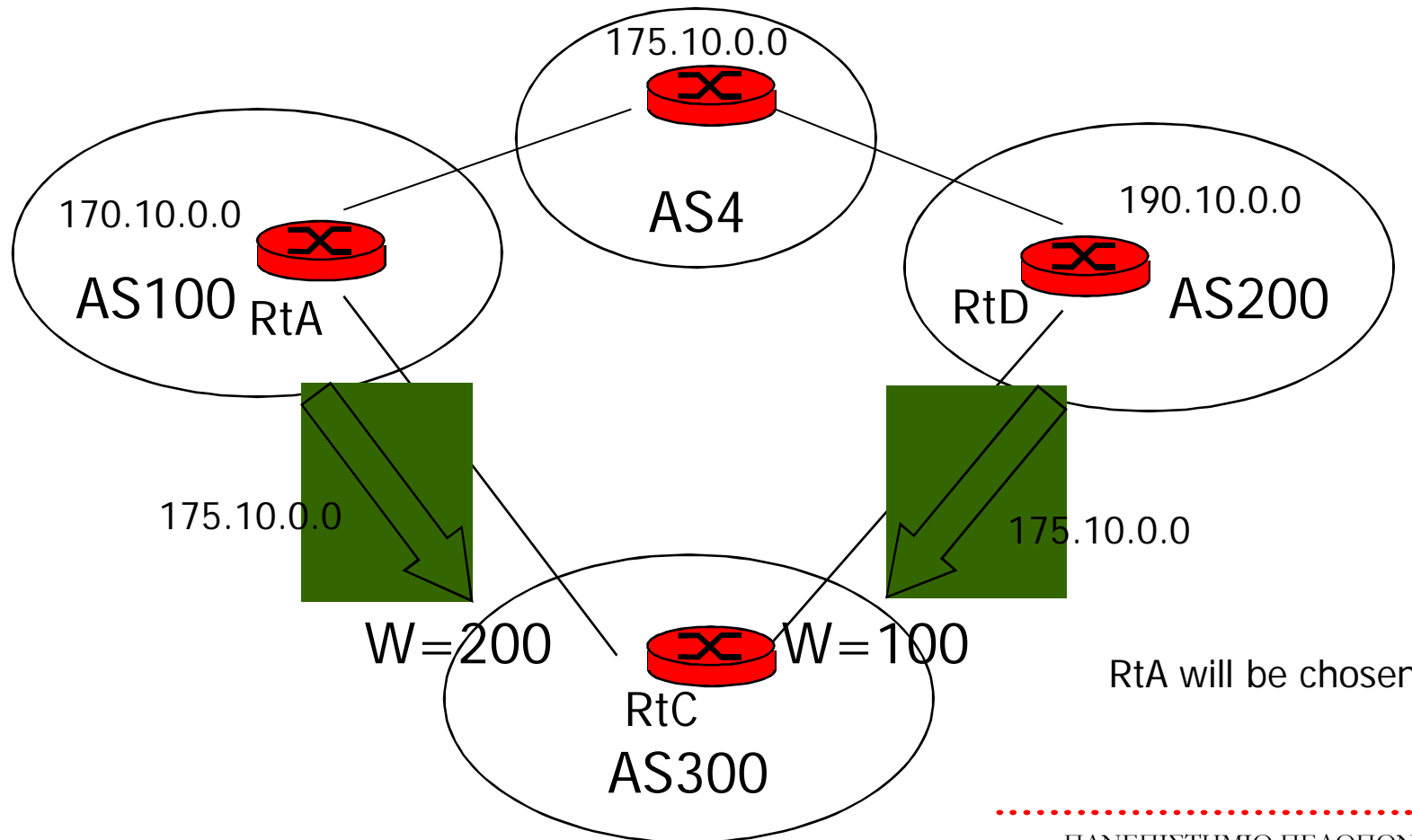
- Αποτελεί υλοποίηση της Cisco
- Ανατίθεται τοπικά στο δρομολογητή και βοηθά στον καθορισμό του καλύτερου μονοπατιού
- Δεν διαδίδεται μέσα από τα router updates
- Μεγαλύτερα weight είναι επιθυμητά
- Προκαθορισμένη τιμή είναι το 0

Διαφάνεια 16

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Παράδειγμα Weight Attribute



Διαφάνεια 17

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Local Preference Attribute

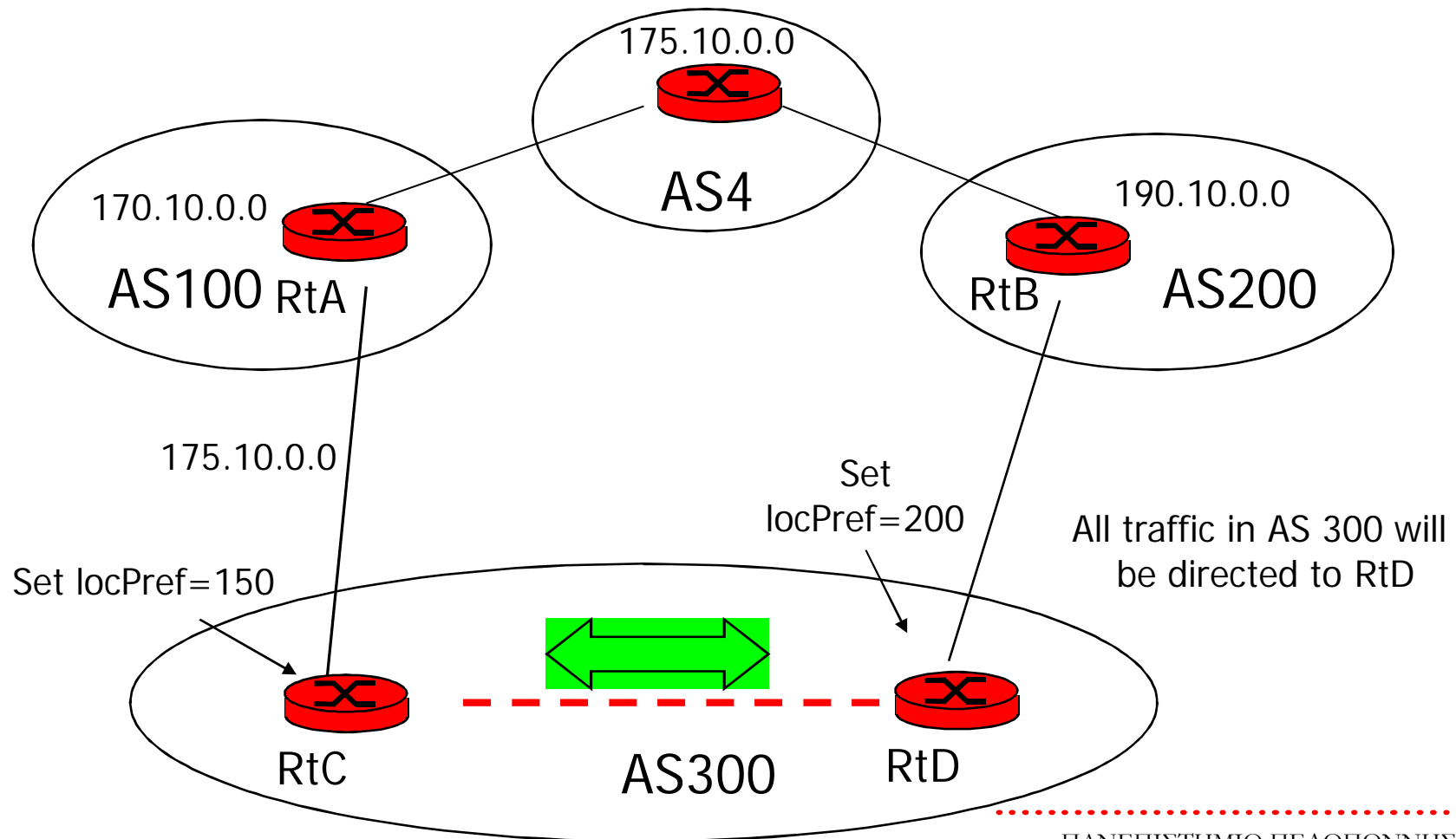
- Καθορίζει πια route είναι επιθυμητά
- Ανταλλάσσεται ανάμεσα στους δρομολογητές στο ίδιο AS μέσα από updates
- Μεγαλύτερες τιμές είναι επιθυμητές
- Προκαθορισμένη τιμή είναι το 100

Διαφάνεια 18

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Local Preference Example



Metric Attribute



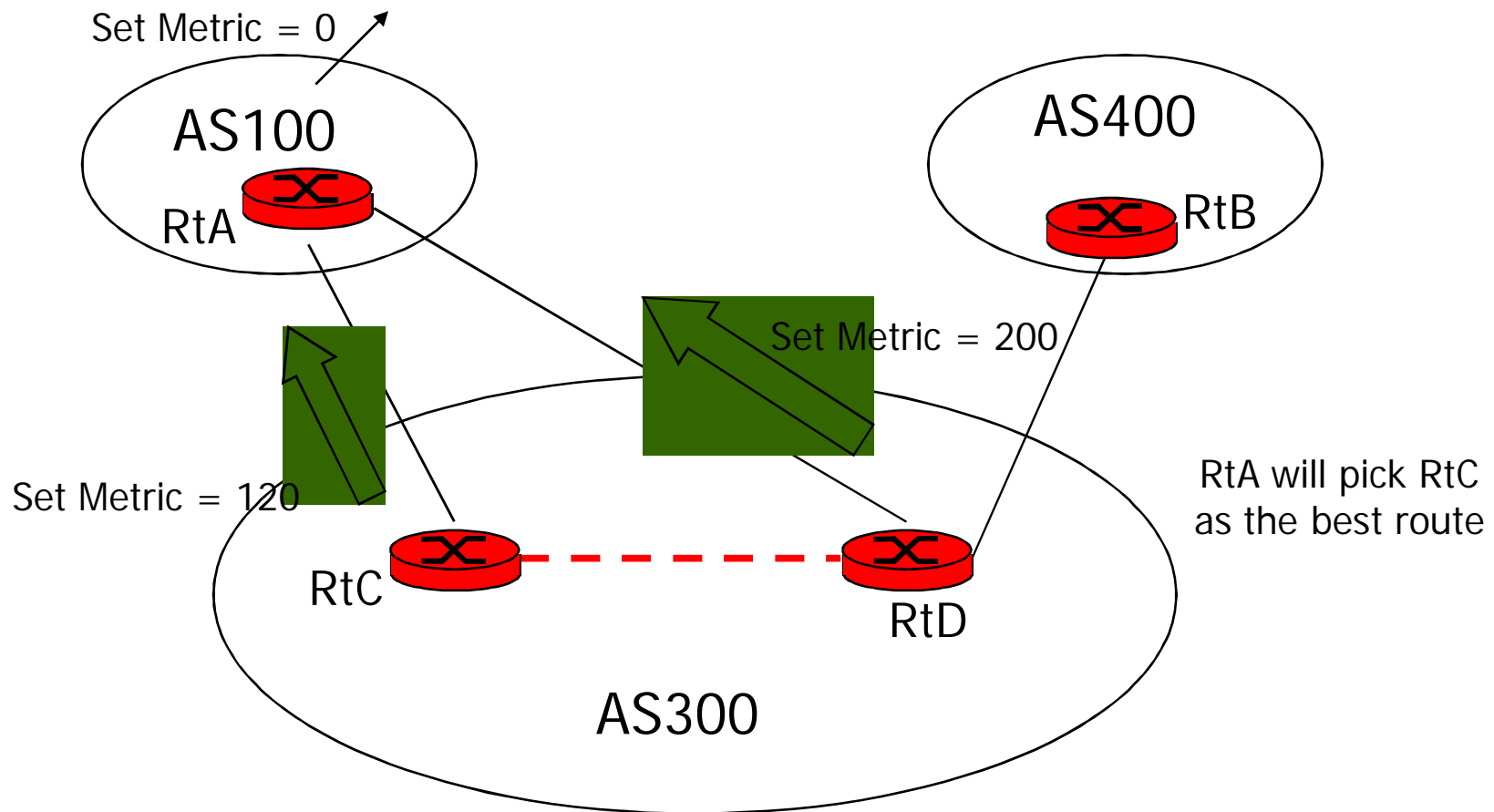
- Καλείται επίσης `Multi_exit_discriminator`
- Ανταλλάσσεται ανάμεσα σε $\Lambda\Sigma$, αλλά δεν μπορεί να μεταφερθεί μέσα από αυτά
- Μικρότερη τιμή του `metric` είναι επιθυμητή
- Προκαθορισμένη τιμή είναι το 0
- Εκτός αν ορίζεται διαφορετικά, οι δρομολογητές συγκρίνουν μόνο `metrics` για μονοπάτια από το ίδιο γειτονικό $\Lambda\Sigma$

Διαφάνεια 20

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Metric Attribute Example



Διαφάνεια 21

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Community Attribute



- Προαιρετικό attribute
- Μεταδίδεται ανάμεσα σε ΑΣ
- Αποτελείται από μια ετικέτα/κείμενο το οποίο προσθ εται στα **prefixes**
- Ομαδοποιεί τα **prefixes** σε ομάδες
- Χρησιμοποιείται για να ληφθούν αποφάσεις δρομολόγησης

Διαφάνεια 22

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Community Attribute



- Η ιδέα πίσω από τη χρήση BGP communities για την έκφραση πολιτικής δρομολόγησης είναι πως κάθε πληροφορία δρομολόγησης μπορεί να συνοδεύεται από όσα BGP communities απαιτούνται για να εκφραστεί πλήρως η επιθυμητή πολιτική δρομολόγησης των upstream δικτύων προς το δίκτυο από το οποίο προέρχεται η συγκεκριμένη πληροφορία δρομολόγησης.
- Κάθε πληροφορία δρομολόγησης μπορεί να περιλαμβάνει 0, 1 ή περισσότερα BGP communities, τα οποία είναι 32 bit ακέραιοι, με γενική μορφή <AS προορισμού>:<Ενέργεια> (δύο 16 bit τιμές), που σημαίνει: “όταν το <AS προορισμού> λάβει αυτές τις πληροφορίες δρομολόγησης, που φέρουν το BGP community <AS προορισμού>:<Ενέργεια>, πρέπει να κάνει για αυτές τις πληροφορίες δρομολόγησης ότι υπαγορεύει η <Ενέργεια>”.

Διαφάνεια 23

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Community Attribute



- Κάθε BGP community αντιστοιχεί στις τέσσερις κύριες συνιστώσες της πολιτικής δρομολόγησης:
- Το AS στο οποίο αναφέρεται η πολιτική, το οποίο είναι απλά το AS από το οποίο προέρχεται η πληροφορία δρομολόγησης και το BGP community. Είναι πρακτικά το AS στο τέλος του BGP AS-path.
- Το AS το οποίο πρέπει να εφαρμόσει την πολιτική, το οποίο περιέχεται στο 1ο μέρος του BGP community.
- Την ενέργεια, δηλ. την ίδια την πολιτική που πρέπει να εφαρμοσθεί, η οποία περιέχεται στο 2ο μέρος του BGP community.
- Την ίδια την πληροφορία δρομολόγησης, που είναι το μονοπάτι για κάποιον IP υποδίκτυο, και στην οποία αναφέρεται η πολιτική δρομολόγησης.

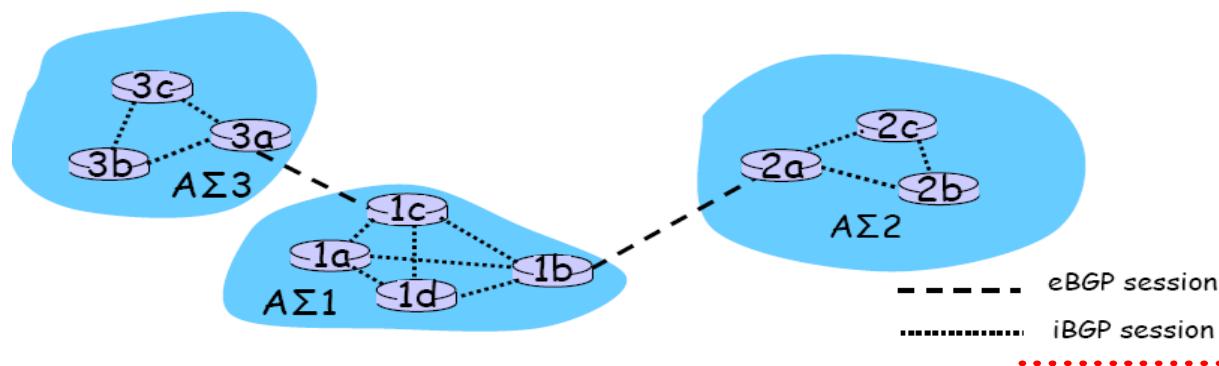
Διαφάνεια 24

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών

Διανομή πληροφορίας προσεγγισιμότητας



- Το ΑΣ3 στέλνει πληροφορία προσεγγισιμότητας προθέματος στο ΑΣ1 με το eBGP session μεταξύ των πυλών 3α και 1C
- Στην συνέχεια η πύλη 1C μπορεί τότε να χρησιμοποιήσει το iBGP για να διανείμει αυτήν την νέα πληροφορία προσεγγισιμότητας προθέματος σε όλους τους δρομολογητές στο ΑΣ1
- Μετά, η πύλη 1b μπορεί να αναγγείλει τη νέα πληροφορία προσεγγισιμότητας στο ΑΣ2 μέσω του eBGP session από την πύλη 1b στην πύλη 2a
- Όταν ένας δρομολογητής μάθει σχετικά με ένα νέο πρόθεμα, δημιουργεί μια καταχώρηση για το πρόθεμα αυτό στο πίνακα προώθησης του



Ιδιότητες διαδρομής (Path attributes) & Διαδρομές BGP (BGP routes)

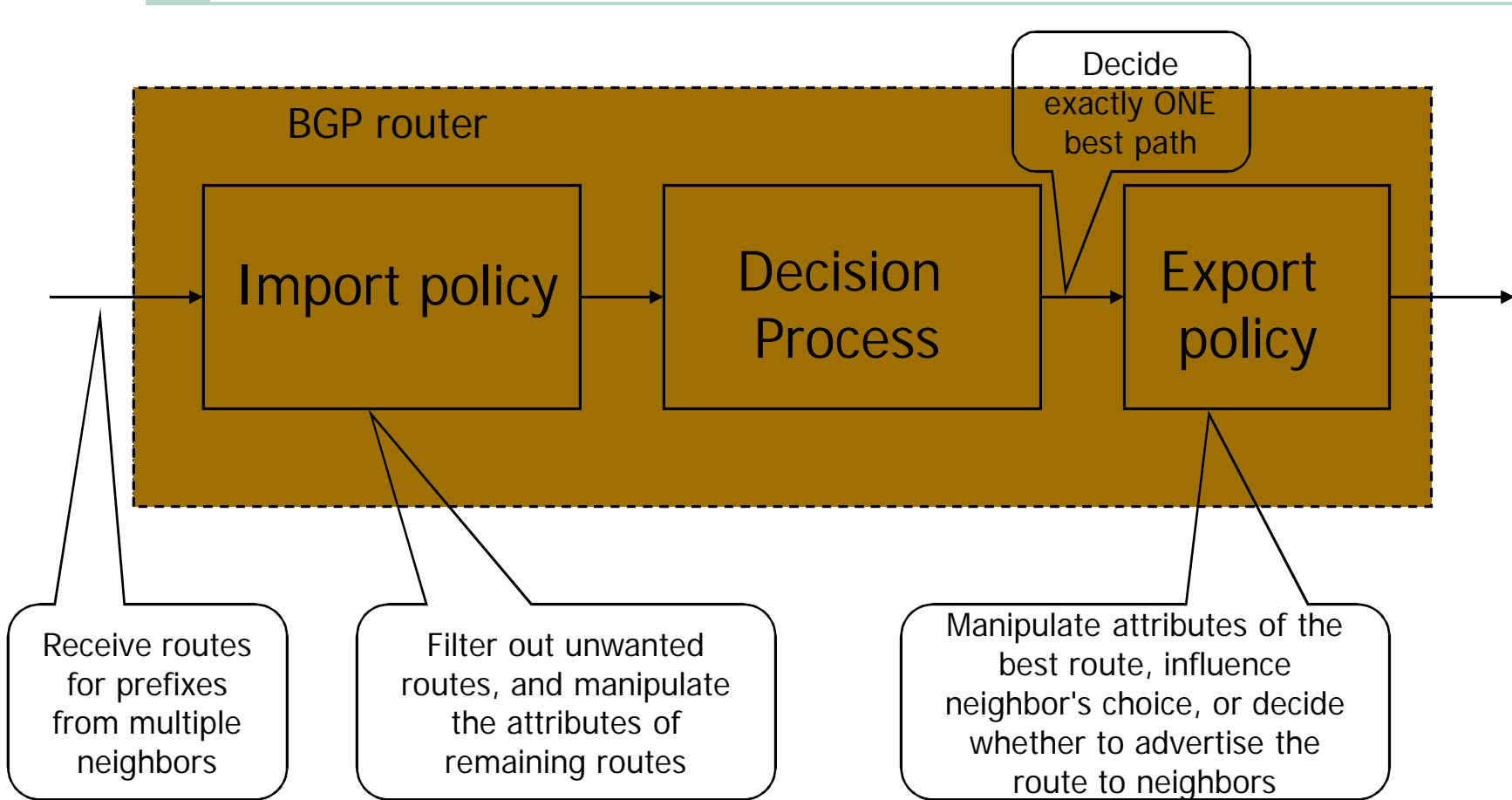


- Η αγγελία ενός προθέματος περιλαμβάνει τις ιδιότητες (attributes) της διαδρομής
 - Πρόθεμα + ιδιότητα = «διαδρομή»
- Δύο σημαντικές ιδιότητες:
 - **AS-PATH**: περιέχει τα ΑΣ από τα οποία έχει διέλθει η αγγελία για το πρόθεμα: ΑΣ67 ΑΣ 17
 - **NEXT-HOP**: υποδεικνύει στον συγκεκριμένο δρομολογητή (στο εσωτερικό ΑΣ) προς το επόμενο ΑΣ (Ενδέχεται να υπάρχουν πολλαπλών ζεύξεις από ένα ΑΣ στο επόμενο)
- Όταν ο δρομολογητής πύλης λάβει την αγγελία μιας διαδρομής, χρησιμοποιεί την πολιτική εισαγωγής (import policy) για την κάνει αποδεκτή ή για να την απορρίψει
 - π.χ. η πολιτική μπορεί να απορρίψει μια διαδρομή επειδή διέρχεται μέσα από ένα ανεπιθύμητο ΑΣ, για λόγους κόστους, προς αποφυγή βρόχων κλπ

BGP Πολιτικές



Διαφάνεια 27



Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



Επιλογή διαδρομής στο BGP

- Ένας δρομολογητής ενδέχεται να πληροφορηθεί περισσότερες από μία διαδρομές προς κάποιο πρόθεμα και ο δρομολογητής να πρέπει να επιλέξει μία από αυτές
- Κανόνες επιλογής διαδρομής (ή αποκλεισμού διαδρομών):
 - Μέγιστη τιμή ιδιότητα τοπικής προτίμησης (LOCAL_PREF): απόφαση πολιτικής
 - Συντομότερο AS-PATH
 - Πλησιέστερος δρομολογητής NEXT-HOP: δρομολόγηση hot potato
 - Πρόσθετα κριτήρια
 - Το eBGP υπερισχύει του iBGP
 - Χαμηλότερη IGP metric

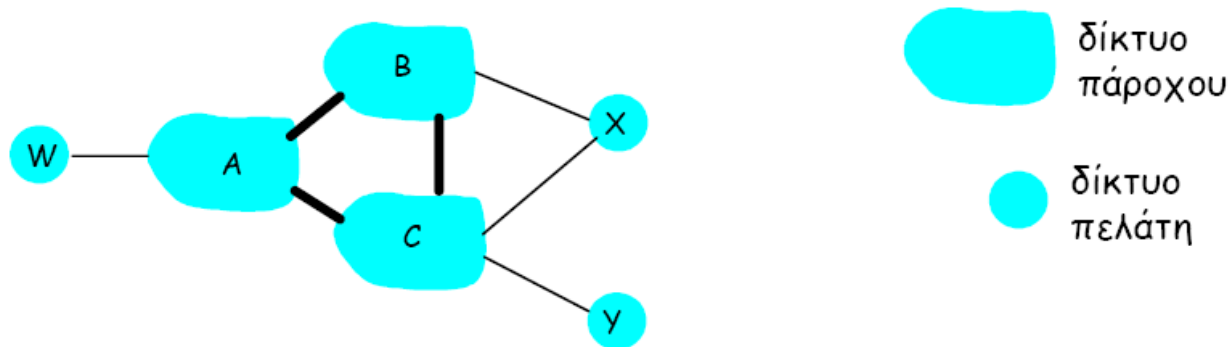
Διαφάνεια 28

Υλοποίηση Δικτυακών Υποδομών και Υπηρεσιών



BGP: Πολιτική Δρομολόγησης

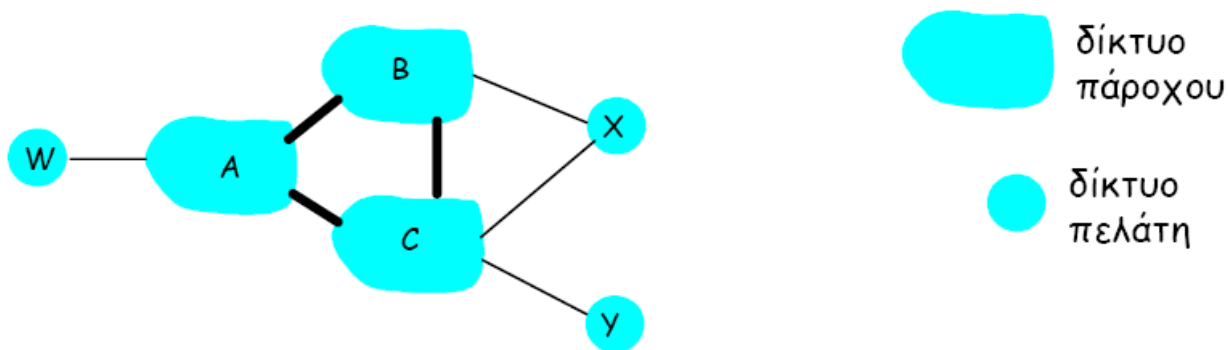
- A,B,C: δίκτυα παρόχων
- X,W,Y: δίκτυα πελατών (των παρόχων)
- Το δίκτυο X καλείται **dual-homed**: είναι συνδεδεμένο σε δύο δίκτυα
 - Το X δεν θέλει να δρομολογήσει κίνηση από το B στο C μέσω X
 - Οπότε το X δεν αναγγέλλει στο B τη διαδρομή προς το C



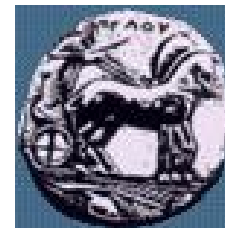


BGP: Πολιτική Δρομολόγησης

- Το δίκτυο A αναγγέλλει στο B τη διαδρομή AW
- Το δίκτυο B αναγγέλλει στο X τη διαδρομή BAW
- Το δίκτυο B δεν αναγγέλλει τη διαδρομή BAW στο C
 - B δεν έχει κέρδος από τη δρομολόγηση CBAW αφού ούτε το W ούτε το C είναι πελάτες του B
 - Το B θέλει να εξαναγκάσει το C να δρομολογεί στο W μέσω του A
 - Το B θέλει να δρομολογεί μόνο προς/από του πελάτες του



Γιατί διαφορετικά πρωτόκολλα δρομολόγησης εντός ΑΣ και μεταξύ ΑΣ?



— Πολιτική

- Μεταξύ ΑΣ: ο διαχειριστής επιθυμεί έλεγχο του τρόπου με τον οποίο δρομολογείται η δική του κίνηση καθώς και της κίνησης που διέρχεται από το δίκτυο του
- Εντός ΑΣ: δεν εφαρμόζονται αποφάσεις πολιτικής (ένας διαχειριστής)

— Κλίμακα

- Με την ιεραρχική δρομολόγηση μικραίνει το μέγεθος των πινάκων, μειώνεται η κίνηση λόγω πληροφoρίας δρομολόγησης

— Απόδοση

- Εντός ΑΣ: εστίαση στην απόδοση
- Μεταξύ ΑΣ: η πολιτική μπορεί να κυριαρχεί έναντι της απόδοσης