

Chương 4: Nội dung

- 4.1 Giới thiệu
- 4.2 Kiến trúc của bộ định tuyến
- 4.3 Giao thức mạng Internet (IP): IPv4 và IPv6
 - 4.3.1. Cấu trúc gói tin IPv4
 - 4.3.2. Định địa chỉ IPv4
 - 4.3.3. NAT: dịch chuyển địa chỉ mạng
 - 4.3.4. IPv6
- 4.4 Các giải thuật định tuyến
 - 4.4.1. Link state
 - 4.4.2. Distance vector
- 4.5 Định tuyến trên mạng Internet:**
RIP, OSPF, BGP

Tầng mạng 4-92

Hierarchical routing (Định tuyến phân cấp)

Những vấn đề định tuyến được học cho đến lúc này là với môi trường lý tưởng hóa

- ❖ Tất cả các bộ định tuyến là đồng nhất
- ❖ Mạng “phẳng”
... không đúng trong thực tế!

Quy mô: với 600 triệu

đích:

- ❖ Không thể lưu tất cả các đích trong các bảng định tuyến!
- ❖ Việc trao đổi bảng định tuyến sẽ làm tràn các liên kết!

Tự quản

- ❖ Internet = mạng của các mạng
- ❖ Mỗi nhà quản trị mạng có thể muốn điều hành định tuyến riêng trong mạng của họ

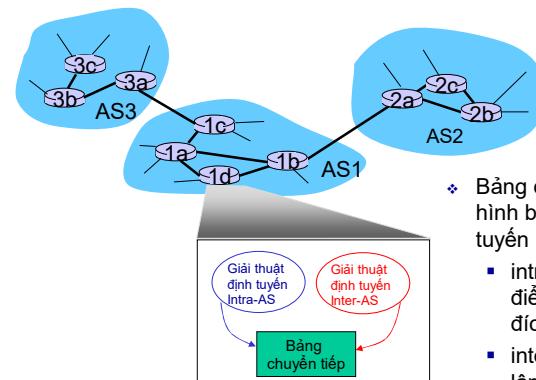
Tầng mạng 4-93

Hierarchical routing

- ❖ Các router được tập hợp lại thành các vùng, “hệ thống tự trị” (autonomous systems - AS)
 - ❖ Các router trong cùng AS sẽ chạy cùng giao thức định tuyến
 - Giao thức định tuyến “nội vùng-AS” (intra-AS)
 - Các router trong các AS khác nhau có thể chạy các giao thức định tuyến intra-AS khác nhau
- Gateway router:**
- ❖ Tại “cạnh” của AS riêng của nó
 - ❖ Có liên kết tới router trong AS khác

Tầng mạng 4-94

Kết nối các AS



- ❖ Bảng chuyển tiếp được cấu hình bởi cả giải thuật định tuyến intra- và inter-AS
 - intra-AS thiết lập các điểm đăng nhập cho các đích nội mạng
 - inter-AS & intra-AS thiết lập các điểm đăng nhập cho các đích ngoại mạng

Tầng mạng 4-95

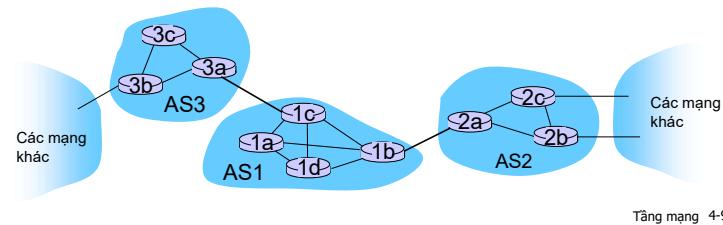
Nhiệm vụ của Inter-AS

- Giả sử router trong AS1 nhận datagram có đích ở bên ngoài AS1:
 - Router nên chuyển tiếp gói tin đến gateway router, nhưng mà là cái nào?

AS1 phải:

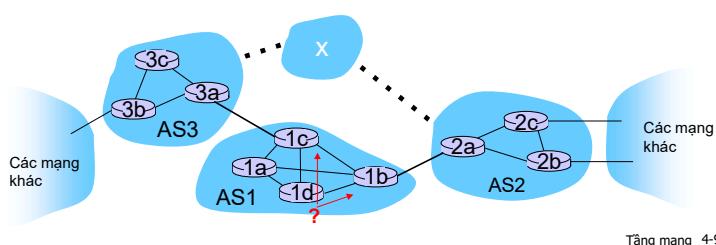
- Học xem có thể đến được đích nào qua AS2, và AS3
- Lan truyền thông tin này đến tất cả các router trong AS1

Đây là nhiệm vụ của định tuyến inter-AS!



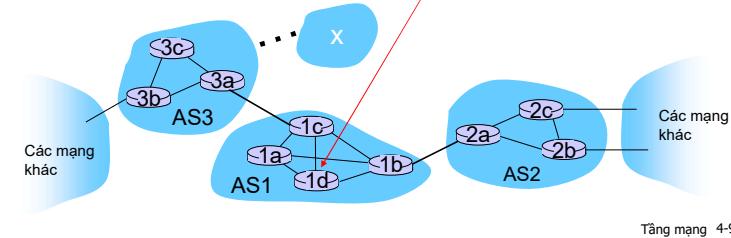
Ví dụ: lựa chọn giữa nhiều AS

- Bây giờ, giả sử AS1 học từ giao thức inter-AS là subnet **x** có thể đến được từ AS3 và từ AS2.
- Để cấu hình bảng chuyển tiếp, router 1d cần phải xác định gateway nào mà nó nên chuyển tiếp các gói tin đến để tới được đích **x**
 - Đây là nhiệm vụ của giao thức định tuyến inter-AS!



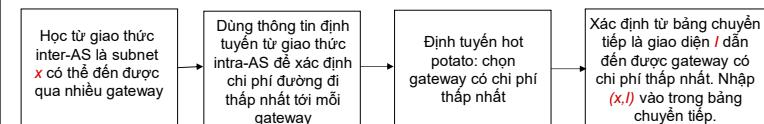
Ví dụ: thiết lập bảng chuyển tiếp trong router 1d

- Giả sử AS1 học (qua giao thức inter-AS) được là subnet **x** có thể đến được qua AS3 (gateway 1c), nhưng không qua AS2
 - Giao thức inter-AS lan truyền thông tin đi được cho tất cả các router nội mạng
- Router 1d biết được từ thông tin định tuyến intra-AS là giao diện **/** của nó thuộc đường đi có chi phí thấp nhất tới 1c
 - Đưa giá trị **(x, /)** vào bảng chuyển tiếp



Ví dụ: lựa chọn giữa nhiều AS

- Bây giờ, giả sử AS1 học từ giao thức inter-AS là subnet **x** có thể đến được từ AS3 và từ AS2.
- Để cấu hình bảng chuyển tiếp, router 1d cần phải xác định gateway nào mà nó nên chuyển tiếp các gói tin đến để tới được đích **x**
 - Đây là nhiệm vụ của giao thức định tuyến inter-AS!
- Định tuyến hot potato:** gửi gói tin đến router gần nhất trong hai router



Chương 4: Nội dung

- 4.1 Giới thiệu
- 4.2 Kiến trúc của bộ định tuyến
- 4.3 Giao thức mạng Internet (IP): IPv4 và IPv6
 - 4.3.1. Cấu trúc gói tin IPv4
 - 4.3.2. Định địa chỉ IPv4
 - 4.3.3. NAT: dịch chuyển địa chỉ mạng
 - 4.3.4. IPv6
- 4.4 Các giải thuật định tuyến
 - 4.4.1. Link state
 - 4.4.2. Distance vector
- 4.5 **Định tuyến trên mạng Internet:**
RIP, OSPF, BGP

Tầng mạng 4-100

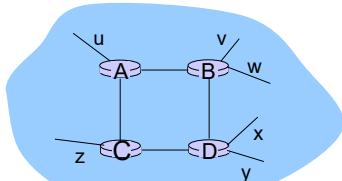
Định tuyến Intra-AS

- ❖ Còn được gọi là các giao thức cỗng nội mạng (*interior gateway protocols - IGP*)
- ❖ Các giao thức định tuyến intra-AS phổ biến nhất:
 - RIP: Routing Information Protocol
 - OSPF: Open Shortest Path First
 - IGRP: Interior Gateway Routing Protocol (Cisco độc quyền)

Tầng mạng 4-101

RIP (Routing Information Protocol)

- ❖ Được công bố trong BSD-UNIX distribution năm 1982
- ❖ Giải thuật distance vector
 - Độ đo khoảng cách: số hop (lớn nhất = 15 hop), mỗi liên kết có chi phí là 1
 - Các DV được trao đổi giữa các điểm lân cận sau mỗi 30s bằng một thông điệp đáp ứng (còn được gọi là **thông báo (advertisement)**)
 - Mỗi thông báo: danh sách lên đến 25 **subnet** đích

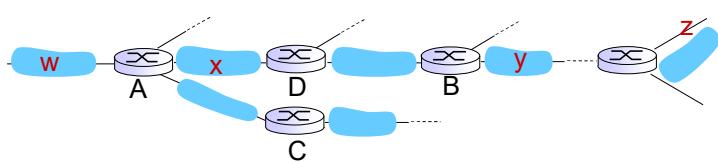


Từ router A đến các **subnet** đích:

| subnet | hop |
|--------|-----|
| u | 1 |
| v | 2 |
| w | 2 |
| x | 3 |
| y | 3 |
| z | 2 |

Tầng mạng 4-102

RIP: Ví dụ

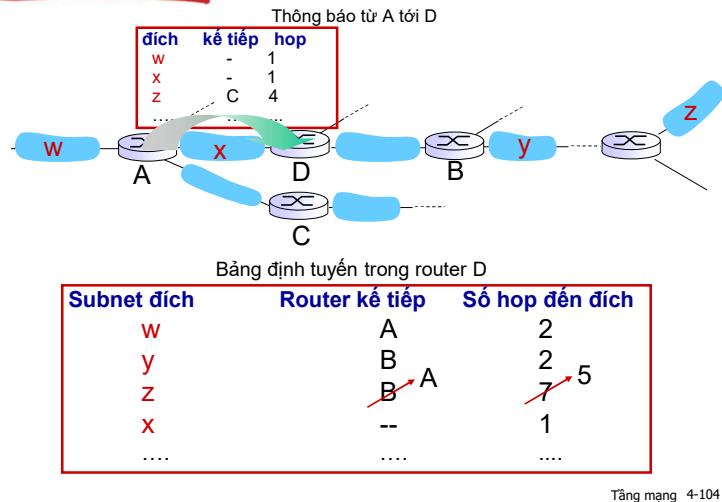


Bảng định tuyến trong router D

| Subnet đích | Router kế tiếp | Số hop đến đích |
|-------------|----------------|-----------------|
| w | A | 2 |
| y | B | 2 |
| z | B | 7 |
| x | -- | 1 |
| ... | ... | ... |

Tầng mạng 4-103

RIP: Ví dụ



RIP: Lỗi liên kết và khôi phục

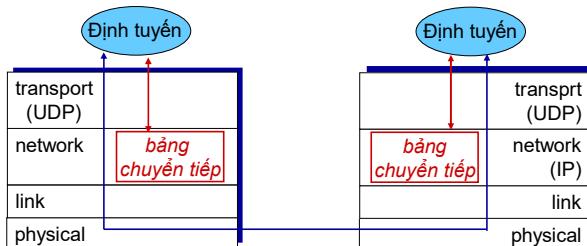
Nếu không thấy có thông báo sau khoảng 180s thì lân cận/liên kết được coi là “đã chết”.

- Các tuyến đường qua lân cận là không còn dùng được
- Các thông báo mới được gửi tới các lân cận
- Các lân cận tiếp tục gửi các thông báo mới (nếu các bảng bị thay đổi)
- Thông báo lỗi liên kết lan truyền nhanh chóng (?) trên toàn bộ mạng
- **Poison reverse** được dùng để ngăn chặn các vòng lặp ping-pong (khoảng cách vô hạn = 16 hop)

Tầng mạng 4-105

Xử lý bảng RIP

- ❖ Các bảng định tuyến RIP được quản lý bởi tiến trình **tầng ứng dụng** được gọi là **route-d** (daemon)
- ❖ Các thông báo được gửi trong các gói tin UDP, lặp lại định kỳ



OSPF (Open Shortest Path First)

- ❖ “Mở”: sẵn sàng công khai
- ❖ Dùng giải thuật link state
 - Phân phối gói LS
 - Bản đồ cấu trúc mạng tại mỗi nút
 - Tính toán đường đi dùng giải thuật Dijkstra
- ❖ Thông báo OSPF mang một điểm truy nhập vào mỗi lân cận
- ❖ Các thông báo được phân phối đến **toàn bộ AS** (qua cơ chế flooding)
 - Các thông điệp OSPF được mang trực tiếp trên IP (chứ không phải là TCP hay UDP)
- ❖ **Giao thức định tuyến IS-IS**: gần giống với OSPF

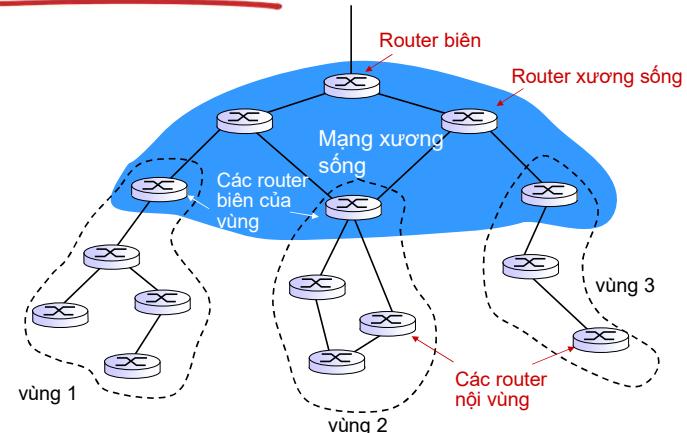
Tầng mạng 4-107

Các đặc tính “cải tiến” trong OSPF (không có trong RIP)

- ❖ **Bảo mật:** Tất cả các thông điệp OSPF đều được chứng thực (để ngăn chặn những xâm nhập xấu)
- ❖ Cho phép có **nhiều tuyến đường đi** với cùng chi phí (trong RIP chỉ có một)
- ❖ Với mỗi liên kết, có nhiều độ đo chi phí cho các **TOS** khác nhau. (Ví dụ: chi phí liên kết vệ tinh được thiết lập “thấp” để đạt hiệu quả tốt; “cao” cho thời gian thực).
- ❖ Hỗ trợ tích hợp uni- và **multicast**:
 - Multicast OSPF (MOSPF) dùng cơ sở dữ liệu cùng cấu trúc như OSPF
- ❖ OSPF **phân cấp** trong các miền lớn.

Tầng mạng 4-108

OSPF phân cấp



Tầng mạng 4-109

OSPF phân cấp

- ❖ **Phân cấp 2 mức:** vùng cục bộ, vùng xương sống.
 - Chỉ dùng thông báo link-state bên trong vùng
 - Mỗi nút có cấu trúc vùng chi tiết; chỉ biết hướng (đường đi ngắn nhất) đến các mạng trong các vùng khác.
- ❖ **Các router biên của vùng:** “tổng hợp” khoảng cách đến các mạng trong vùng của nó, thông báo tới các router biên của vùng khác.
- ❖ **Các router xương sống:** chạy định tuyến OSPF hạn chế đến mạng xương sống
- ❖ **Các router biên:** kết nối tới các router biên của các AS khác.

Tầng mạng 4-110

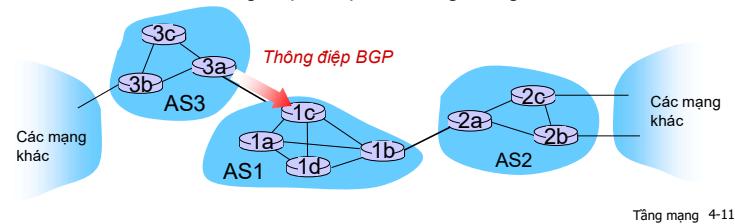
Định tuyến inter-AS trên Internet: BGP

- ❖ **BGP (Border Gateway Protocol):** Giao thức định tuyến liên miền thực tế
 - “gắn kết mọi người lại với nhau trên Internet”
- ❖ BGP cung cấp cho mỗi AS:
 - **eBGP:** lấy thông tin đi đến subnet từ các AS lân cận.
 - **iBGP:** lan truyền thông tin đến tất cả các router bên trong AS.
 - Xác định đường đi “tốt” tới các mạng khác dựa trên thông tin đường đi và chính sách
- ❖ Cho phép subnet thông báo sự tồn tại của nó đến phần còn lại của Internet.

Tầng mạng 4-111

Các cơ sở của BGP

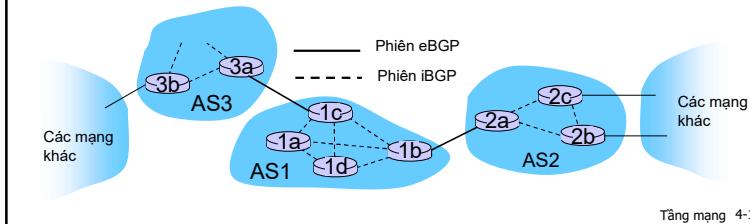
- ❖ **Phiên BGP:** Hai router BGP (“các peer”) trao đổi các thông điệp BGP:
 - Thông báo **đường đi** tới các tiền tố (prefix) mạng đích khác nhau (giao thức “path vector” (véc-tơ đường))
 - Được trao đổi qua các kết nối TCP bền bỉ
- ❖ Khi AS3 thông báo một prefix đến AS1:
 - AS3 **hứa hẹn** nó sẽ chuyển tiếp các datagram hướng tới prefix đó
 - AS3 có thể tổng hợp các prefix trong thông báo của mình



Tầng mạng 4-112

Các cơ sở của BGP: phân phối thông tin đường đi

- ❖ Dùng phiên eBGP giữa 3a và 1c, AS3 gửi thông tin đường đi (prefix) cho AS1.
 - Tiếp theo, 1c có thể dùng iBGP để phân phối thông tin prefix mới cho tất cả các router trong AS1
 - Sau đó, 1b có thể thông báo thông tin đường đi mới tới AS2 qua phiên eBGP từ 1b-đến-2a.
- ❖ Khi router học được prefix mới, nó sẽ tạo ra điểm truy nhập cho prefix trong bảng chuyển tiếp của nó.



Tầng mạng 4-113

Các thuộc tính đường và định tuyến BGP

- ❖ Prefix được thông báo chứa các thuộc tính BGP
 - Prefix + các thuộc tính = “định tuyến”
- ❖ Hai thuộc tính quan trọng:
 - **AS-PATH:** chứa các AS qua đó thông báo prefix nào được truyền. Ví dụ: AS 67, AS 17
 - **NEXT-HOP:** xác định router AS nội vùng nào là AS kế tiếp. (Có thể có nhiều liên kết từ AS hiện tại tới AS kế tiếp).
- ❖ Gateway router nhận thông báo định tuyến bằng cách dùng **import policy (chính sách nhập)** để chấp nhận/từ chối
 - Ví dụ: không bao giờ định tuyến qua AS x
 - Định tuyến **dựa trên chính sách**.

Tầng mạng 4-114

Chọn định tuyến BGP

- ❖ Router có thể học được nhiều đường đi đến AS đích, và việc chọn tuyến đường được dựa trên:
 1. Thuộc tính giá trị ưu tiên cụb bộ: quyết định chính sách
 2. AS-PATH ngắn nhất
 3. Router NEXT-HOP gần nhất: định tuyến hot potato
 4. Tiêu chuẩn bổ sung

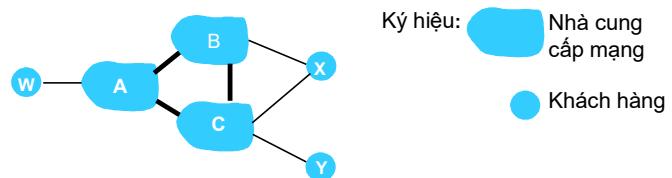
Tầng mạng 4-115

Các thông điệp BGP

- ❖ Các thông điệp BGP được trao đổi giữa các peer qua kết nối TCP
- ❖ Các thông điệp BGP:
 - **OPEN**: Mở kết nối TCP tới peer và xác thực bên gửi
 - **UPDATE**: thông báo đường đi mới (hoặc xóa bỏ đường cũ)
 - **KEEPALIVE**: giữ kết nối tồn tại khi UPDATES thiếu; cũng có thể yêu cầu ACKs OPEN
 - **NOTIFICATION**: báo cáo lỗi trong thông điệp trước; cũng được dùng để đóng kết nối.

Tầng mạng 4-116

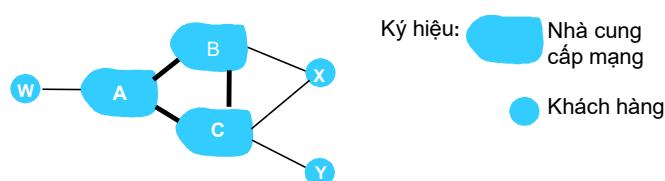
Chính sách định tuyến BGP



- ❖ A, B, C là **các nhà cung cấp mạng**
- ❖ X, W, Y là khách hàng (của nhà cung cấp mạng)
- ❖ X là **dual-homed**: được gán vào hai mạng
 - X không muốn định tuyến từ B đến C qua X
 - ...do vậy, X sẽ không thông báo tới B về đường đi đến C

Tầng mạng 4-117

Chính sách định tuyến BGP



- ❖ A thông báo đường đi AW đến B
- ❖ B thông báo đường đi BAW đến X
- ❖ B sẽ thông báo đường đi BAW đến C?
 - Không! B không nhận "thu thập" cho định tuyến CBAW vì W và C đều không phải là khách hàng của B
 - B muốn buộc C phải định tuyến tới W qua A
 - B **chỉ** muốn định tuyến từ/tới khách hàng của nó!

Tầng mạng 4-118

Tại sao định tuyến Intra-, Inter-AS khác nhau?

Chính sách:

- ❖ Inter-AS: nhà quản trị muốn điều hành định tuyến lưu lượng và ai định tuyến qua mạng của họ.
- ❖ Intra-AS: Quản trị riêng, vì vậy không cần các quyết định chính sách

Quy mô:

- ❖ Định tuyến phân cấp tiết kiệm kích thước bảng, giảm lưu lượng cập nhật

Hiệu năng:

- ❖ Intra-AS: có thể tập trung vào hiệu năng
- ❖ Inter-AS: chính sách quan trọng hơn hiệu năng

Tầng mạng 4-119

Chương 4: Hoàn thành!

- 4.1 Giới thiệu
- 4.2 Kiến trúc của bộ định tuyến
- 4.3 IP: Internet Protocol
 - Cấu trúc datagram, định địa chỉ IPv4, NAT, IPv6

- ❖ Hiểu được các nguyên lý bên trong các dịch vụ tầng mạng:
 - Các mô hình dịch vụ tầng mạng, tác động qua lại giữa định tuyến và chuyển tiếp, cách router hoạt động, định tuyến (chọn đường).
- ❖ Cài đặt, hiện thực trên mạng Internet

Tầng mạng 4-120

Tham khảo

- Jim Kurose, Keith Ross, “*Computer Networking: A Top-Down Approach*” 8th edition, Pearson, 2020.

Tầng mạng 1-121