

Computer networks and communications

Chap 3: Lớp mạng

Lecture 3: An



Nội dung

4.1 Các vấn đề trong thiết kế của lớp mạng

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

4.3 Chất lượng dịch vụ và chất lượng ứng dụng

4.4 Kết nối mạng và Internet với phần mềm

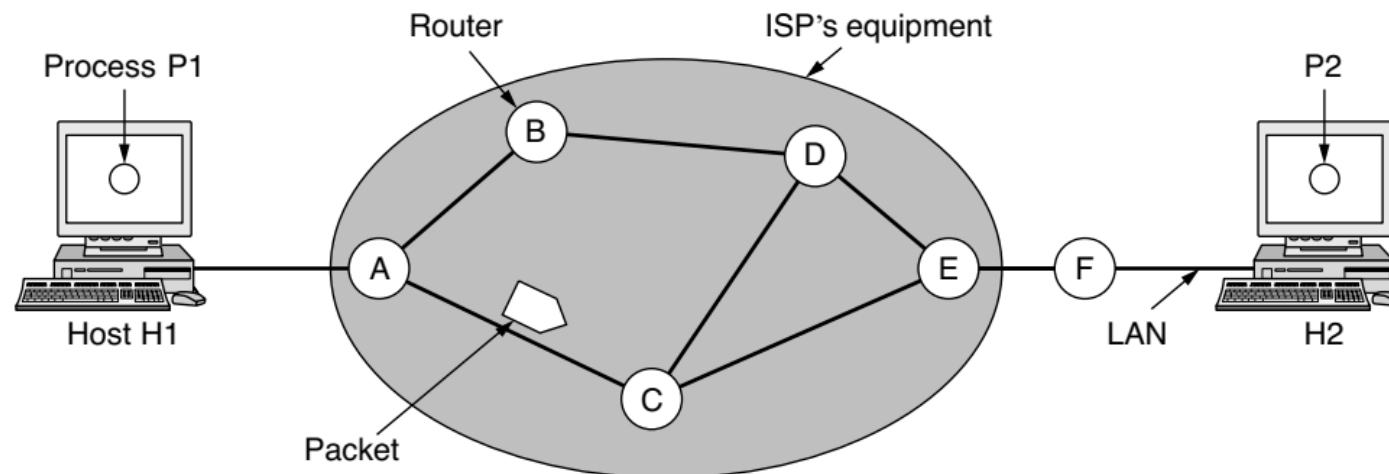
4.5 Lớp mạng trên Internet



4.1 Các vấn đề trong thiết kế của lớp mạng

a. Chuyển mạch gói lưu trữ và chuyển tiếp

Một máy trạm có gói dữ liệu cần gửi sẽ truyền nó đến router gần nhất, có thể là trong mạng LAN của host hoặc qua một liên kết điểm-điểm đến nhà cung cấp dịch vụ Internet (ISP). Dữ liệu được lưu trữ tại đó cho đến khi toàn bộ gói tin đến đầy đủ và liên kết đã hoàn tất việc xử lý bằng việc xác minh kiểm tra (checksum). Sau đó, gói dữ liệu được chuyển tiếp đến router tiếp theo trên đường đi cho đến khi nó đến máy trạm đích, nơi nó được chuyển giao. Cơ chế này gọi là chuyển mạch gói lưu trữ và chuyển tiếp.



4.1 Các vấn đề trong thiết kế của lớp mạng

b. Các dịch vụ cung cấp cho lớp vận chuyển

Tầng mạng cung cấp các dịch vụ cho tầng giao vận tại phần giao diện giữa chúng. Các dịch vụ này cần được thiết kế cho các mục tiêu sau đây:

1. Các dịch vụ độc lập với công nghệ router.
2. Tầng giao vận được bảo vệ khỏi số lượng, loại và cấu trúc liên kết của các router.
3. Các địa chỉ mạng có sẵn để tầng giao vận sử dụng theo một kế hoạch đánh số đồng nhất — ngay cả giữa các mạng LAN và WAN.

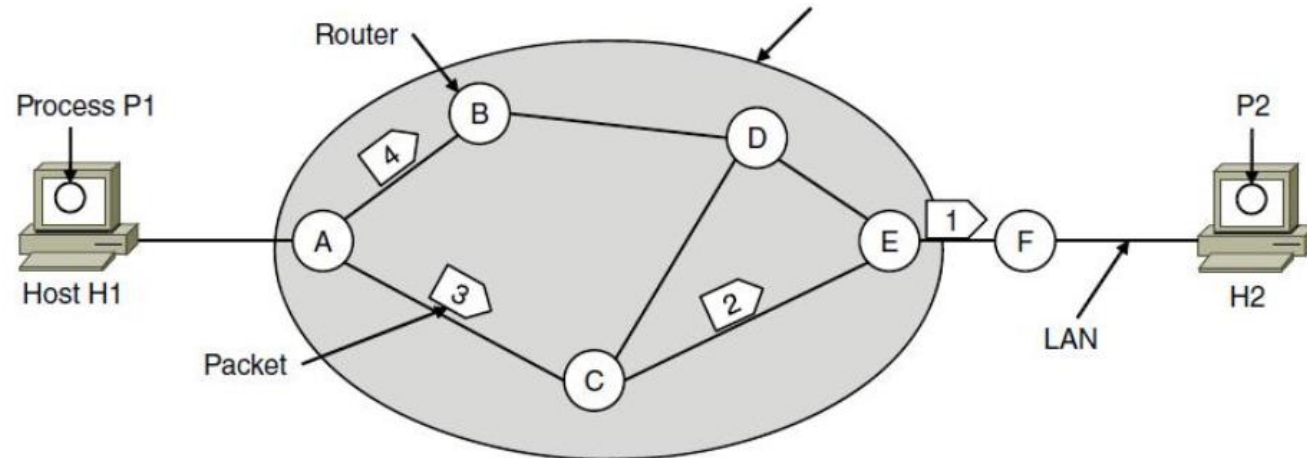
4.1 Các vấn đề trong thiết kế của lớp mạng

c. Triển khai dịch vụ không kết nối

Nếu dịch vụ không kết nối được cung cấp, các gói dữ liệu sẽ được đưa vào mạng riêng lẻ và được định tuyến độc lập với nhau. Không cần thiết lập trước. Trong trường hợp này, các gói dữ liệu thường được gọi là datagram (tương tự như telegram) và mạng được gọi là mạng datagram.

4.1 Các vấn đề trong thiết kế của lớp mạng

c. Triển khai dịch vụ không kết nối



A's table (initially)

A	⊠
B	B
C	C
D	B
E	C
F	C

Dest. Line

A's table (later)

A	⊠
B	B
C	C
D	B
E	D
F	D

C's Table

A	A
B	A
C	⊠
D	E
E	E
F	E

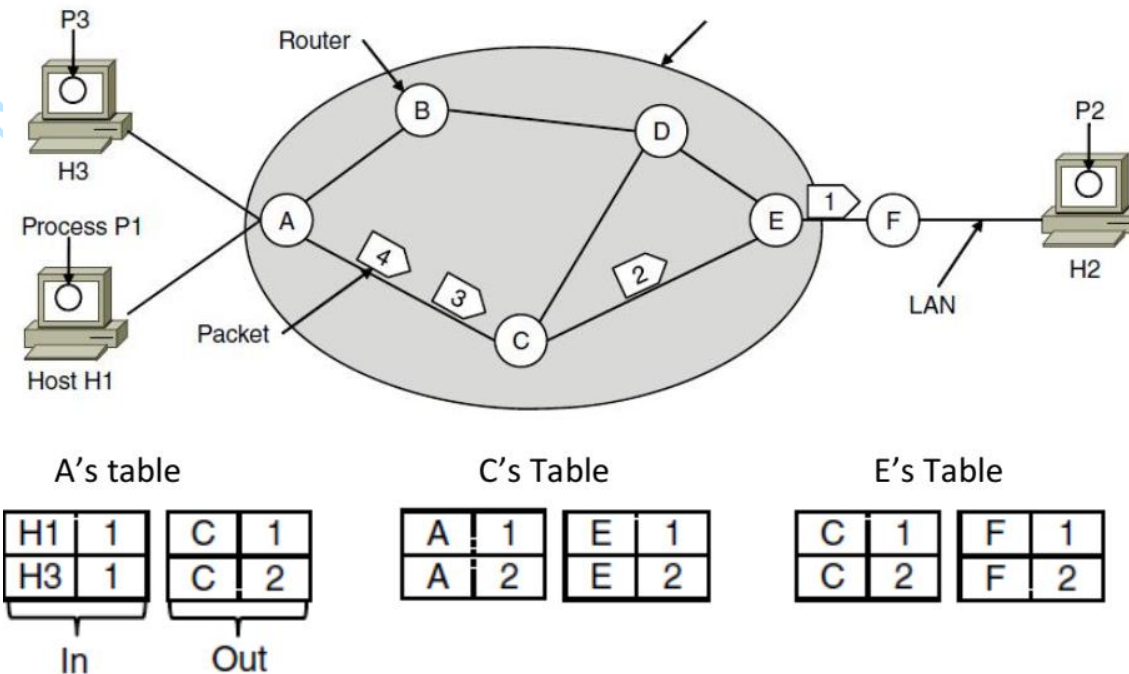
E's Table

A	C
B	D
C	C
D	D
E	⊠
F	F

4.1 Các vấn đề trong thiết kế của lớp mạng

d. Triển khai dịch vụ hướng kết nối

Nếu dịch vụ hướng kết nối được sử dụng, một đường dẫn từ router nguồn đến router đích phải được thiết lập trước khi bất kỳ gói dữ liệu nào có thể được gửi đi. Kết nối này được gọi là VC (Virtual Circuit), và mạng được gọi là mạng mạch ảo.



4.1 Các vấn đề trong thiết kế của lớp mạng

So sánh giữa mạng Virtual Circuit và Datagram

Issue	Datagram network	Virtual-circuit network
Circuit setup	Not needed	Required
Addressing	Each packet contains the full source and destination address	Each packet contains a short VC number
State information	Routers do not hold state information about connections	Each VC requires router table space per connection
Routing	Each packet is routed independently	Route chosen when VC is set up; all packets follow it
Effect of router failures	None, except for packets lost during the crash	All VCs that passed through the failed router are terminated
Quality of service	Difficult	Easy if enough resources can be allocated in advance for each VC
Congestion control	Difficult	Easy if enough resources can be allocated in advance for each VC

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Thuật toán định tuyến

Chức năng chính của tầng mạng (Network Layer - NL) là định tuyến các gói dữ liệu từ máy nguồn đến máy đích. Có hai quá trình bên trong router:

- a) Một là xử lý từng gói tin khi chúng đến router, tìm đường đi cho các gói tin trong bảng định tuyến. Quá trình này được gọi là chuyển tiếp (forwarding).
- b) Hai là đưa dữ liệu và cập nhật bảng định tuyến. Quá trình này được gọi là định tuyến (routing).

Các thuật toán định tuyến cần phải có các thuộc tính như: tính đúng đắn, đơn giản, độ bền, ổn định, công bằng và tối ưu.

Các thuật toán định tuyến có thể được chia thành hai loại chính: không thích ứng (Định tuyến tĩnh - Static Routing) và thích ứng (Định tuyến động - Dynamic Routing).

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Thuật toán định tuyến (Các thuật toán định tuyến khác nhau)

- Nguyên tắc tối ưu
- Thuật toán đường dẫn ngắn nhất
- Phương pháp Flooding
- Định tuyến vector khoảng cách
- Định tuyến trạng thái liên kết
- Định tuyến phân cấp

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

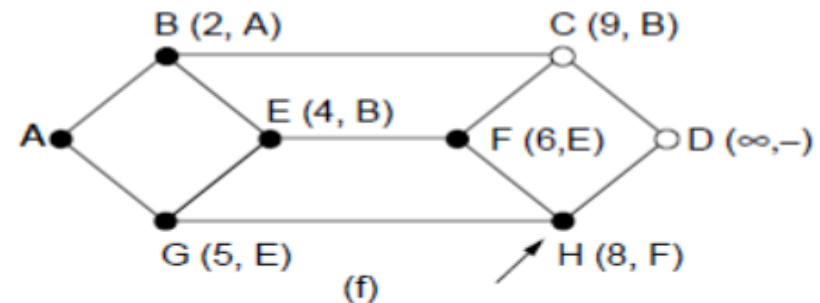
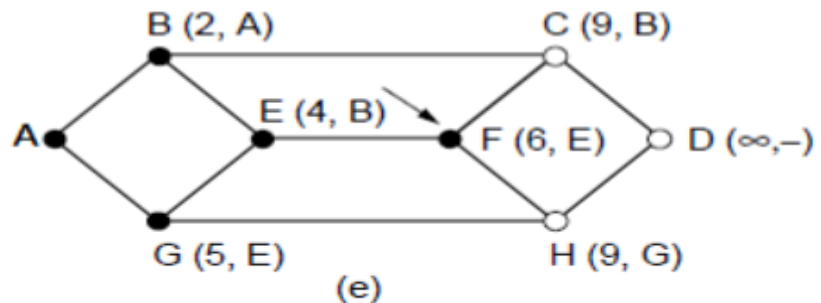
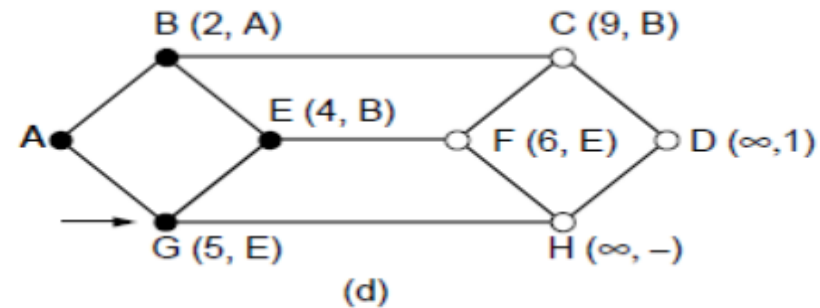
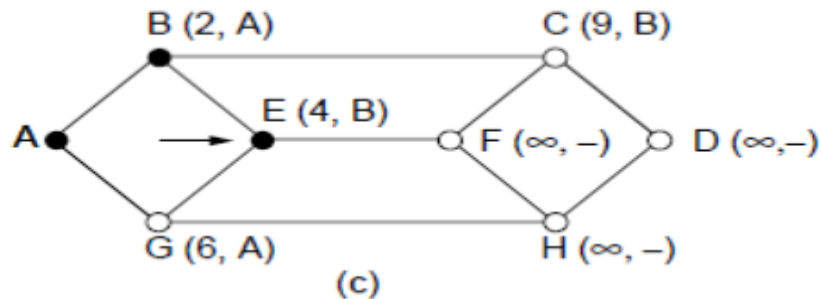
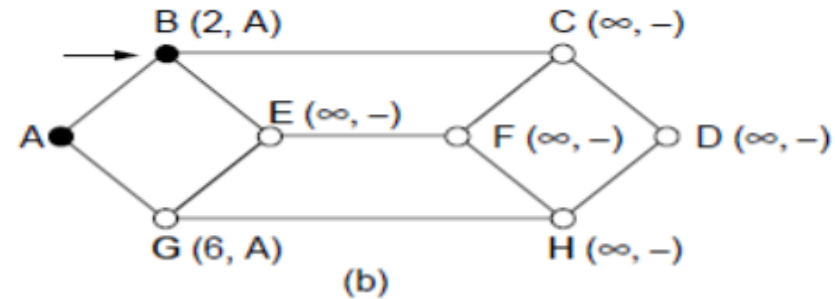
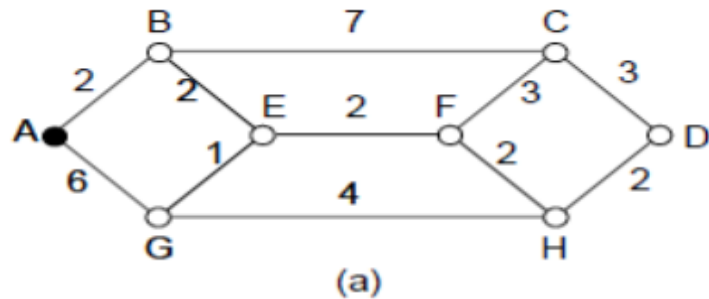
Định tuyến đường dẫn ngắn nhất (Dijkstra's)

Ý tưởng là xây dựng đồ thị cho mạng con (subnet), với mỗi nút của đồ thị đại diện cho một router và mỗi cung của đồ thị đại diện cho một đường truyền hoặc liên kết. Để chọn ra một tuyến giữa một cặp router nhất định, thuật toán sẽ tìm đường đi ngắn nhất giữa chúng trên đồ thị.

1. Bắt đầu với node cục bộ (router) làm gốc của cây đồ thị. Gán chi phí là 0 cho node này và làm cho nó trở thành node cố định đầu tiên.
2. Kiểm tra các node lân cận của node vừa trở thành node cố định cuối cùng.
3. Gán một chi phí tích lũy cho mỗi node và làm cho nó là tạm thời.
4. Trong danh sách các node tạm thời:
 - a. Tìm node có chi phí nhỏ nhất và làm cho nó cố định.
 - b. Nếu một node có thể được truy cập từ nhiều tuyến đường, hãy chọn tuyến đường có chi phí tích lũy ngắn nhất.
5. Lặp lại các bước 2 đến 4 cho đến khi mọi node trở thành cố định.

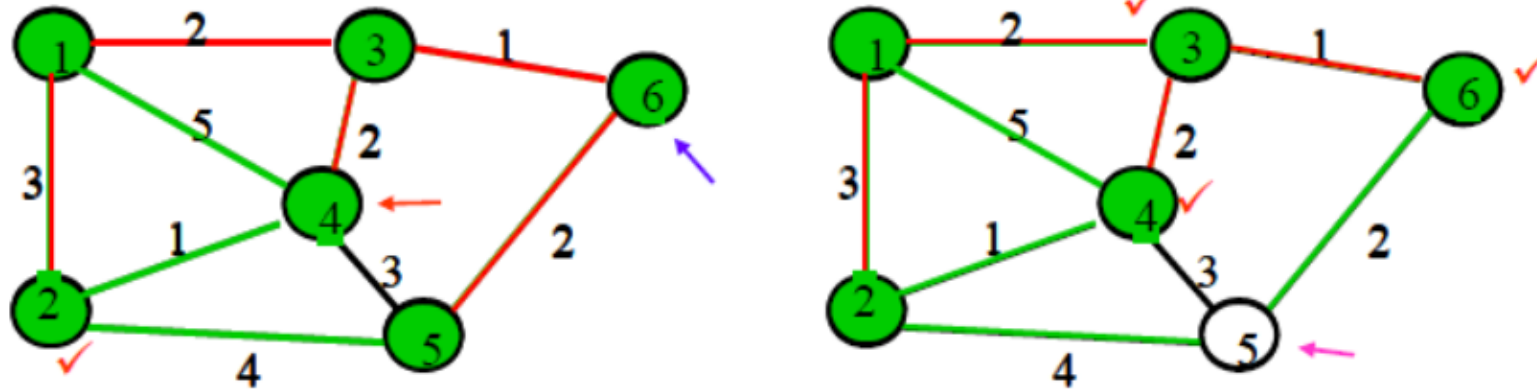
4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Định tuyến đường dẫn ngắn nhất(Dijkstra's)



4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Định tuyến đường dẫn ngắn nhất (Dijkstra's)



Iteration	Permanent	tentative	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6
Initial	{1}	{2,3,4}	3	2 ✓	5	∞	∞
1	{1,3}	{2,4,6}	3 ✓	2	4	∞	3
2	{1,2,3}	{4,6,5}	3	2	4	7	3 ✓
3	{1,2,3,6}	{4,5}	3	2	4 ✓	5	3
4	{1,2,3,4,6}	{5}	3	2	4	5 ✓	3
5	{1,2,3,4,5,6}	{}	3	2	4	5	3

For CMC

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Flooding

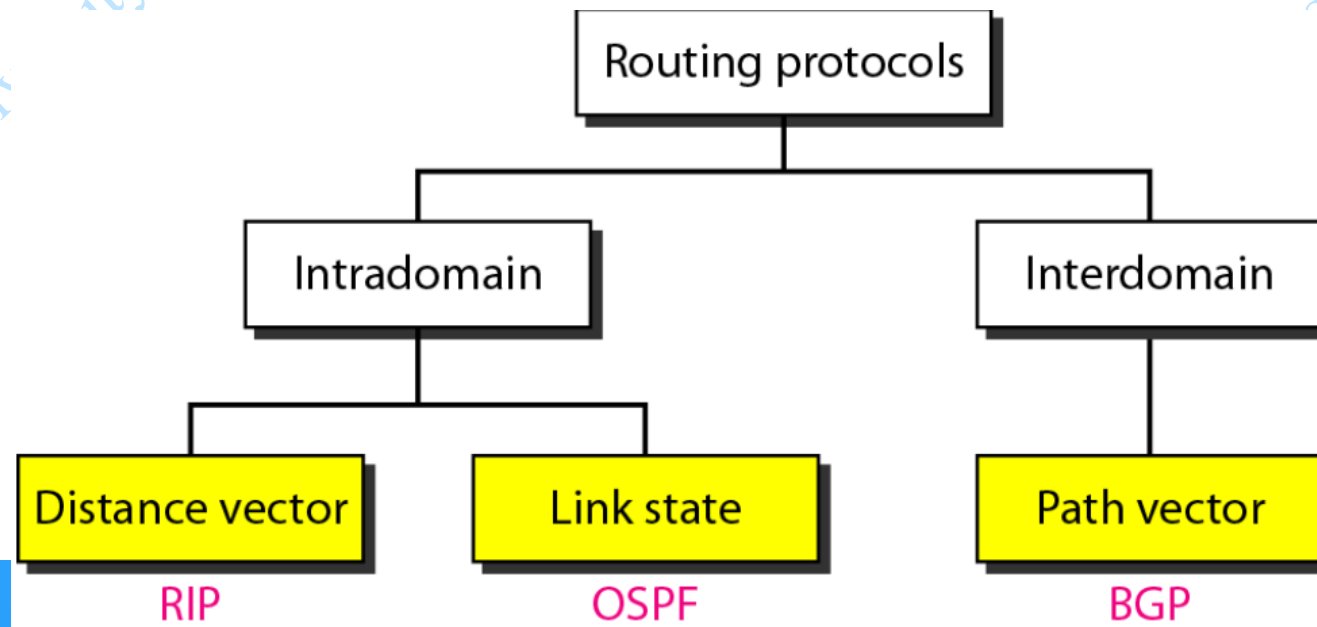
Một thuật toán tĩnh khác là flooding, trong đó mỗi gói dữ liệu đến sẽ được gửi ra trên tất cả các đường truyền đi, ngoại trừ đường truyền mà nó đã đến.

- Flooding rõ ràng sẽ tạo ra số lượng lớn các gói dữ liệu trùng lặp, thực tế là một số lượng vô hạn trừ khi có biện pháp nào đó để làm giảm quá trình này.
- Một biện pháp đó là có một bộ đếm số bước nhảy chứa trong phần header của mỗi gói tin, bộ đếm này sẽ giảm dần tại mỗi bước nhảy, và gói tin sẽ bị loại bỏ khi bộ đếm đạt đến 0. Lý tưởng nhất, bộ đếm số bước nhảy được khởi tạo bằng độ dài của đường đi từ nguồn đến đích.
- Một biến thể của flooding là selective flooding (flooding chọn lọc). Trong thuật toán này, các router không gửi mỗi gói dữ liệu đến trên tất cả các đường truyền, chỉ gửi trên những đường truyền đi theo hướng đúng.
- Flooding không thực tế trong hầu hết các ứng dụng.

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Định tuyến nội bộ và liên miền

Một hệ thống tự trị (Autonomous System - AS) là một nhóm các mạng và router hoạt động dưới sự quản lý của một hệ thống duy nhất. Định tuyến nội bộ cho một hệ thống tự trị được gọi là định tuyến trong miền (intra-domain routing). (VECTOR KHOẢNG CÁCH, TRẠNG THÁI LIÊN KẾT). Định tuyến giữa các hệ thống tự trị được gọi là định tuyến liên miền (inter-domain routing). (VECTOR ĐƯỜNG ĐI).



4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Định tuyến vector khoảng cách

Trong định tuyến vector khoảng cách, tuyến đường có chi phí thấp nhất giữa hai nút bất kỳ là tuyến đường có khoảng cách tối thiểu. Trong giao thức này, như tên gọi, mỗi node duy trì một vector (bảng) của các khoảng cách tối thiểu từ mỗi node khác. Chủ yếu có 3 yếu tố trong giao thức này:

Khởi tạo

Chia sẻ

Cập nhật

To	Cost	Next
A	0	—
B	5	—
C	2	—
D	3	—
E	∞	—

A's table

To	Cost	Next
A	3	—
B	∞	—
C	∞	—
D	0	—
E	∞	—

D's table

To	Cost	Next
A	2	—
B	4	—
C	0	—
D	∞	—
E	4	—

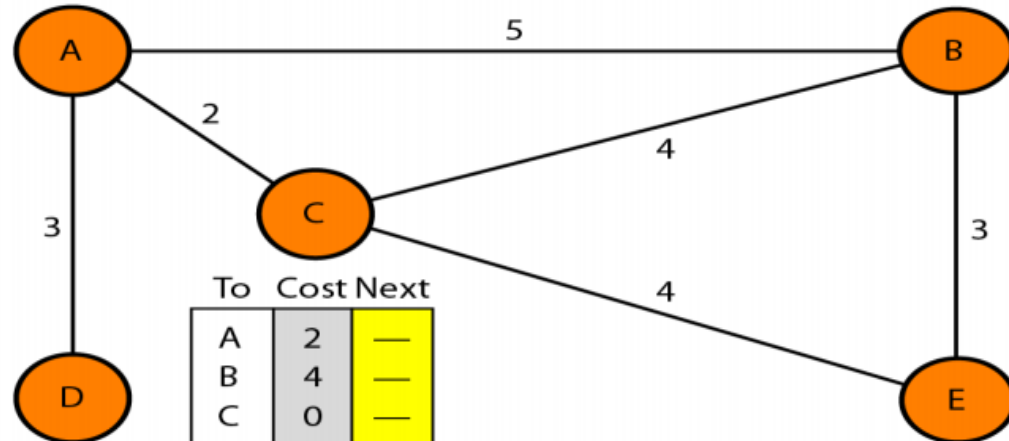
C's table

To	Cost	Next
A	5	—
B	0	—
C	4	—
D	∞	—
E	3	—

B's table

To	Cost	Next
A	∞	—
B	3	B
C	4	C
D	∞	—
E	0	D

E's table



4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Định tuyến vector khoảng cách

Ý tưởng chính của định tuyến vector khoảng cách là chia sẻ thông tin giữa các node lân cận. Dù node A không biết về node E, nhưng node C biết. Vì vậy, nếu node C chia sẻ bảng định tuyến của mình với A, node A cũng có thể biết cách để đến node E.

Khởi tạo

Chia sẻ

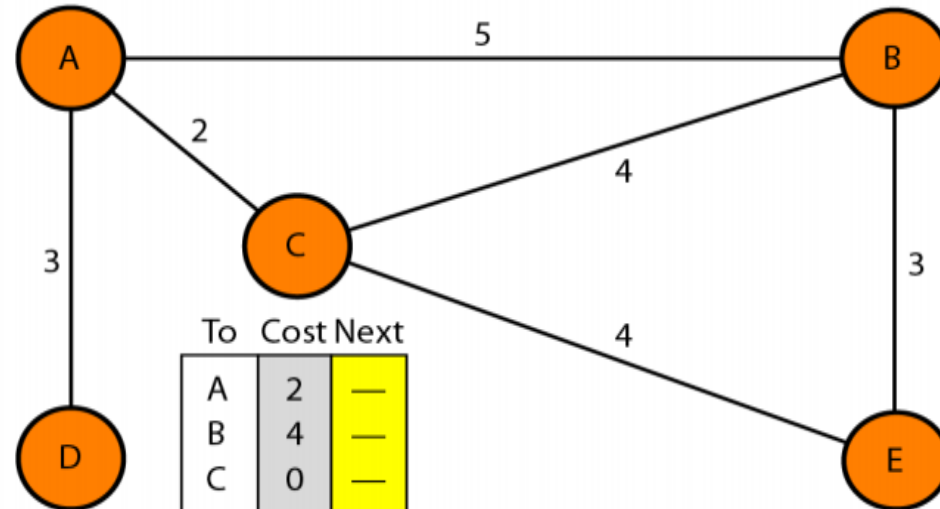
Cập nhật

To	Cost	Next
A	0	—
B	5	—
C	2	—
D	3	—
E	∞	—

A's table

To	Cost	Next
A	3	—
B	∞	—
C	∞	—
D	0	—
E	∞	—

D's table



To	Cost	Next
A	2	—
B	4	—
C	0	—
D	∞	—
E	4	—

C's table

To	Cost	Next
A	5	—
B	0	—
C	4	—
D	∞	—
E	3	—

B's table

To	Cost	Next
A	∞	—
B	3	B
C	4	C
D	∞	—
E	0	D

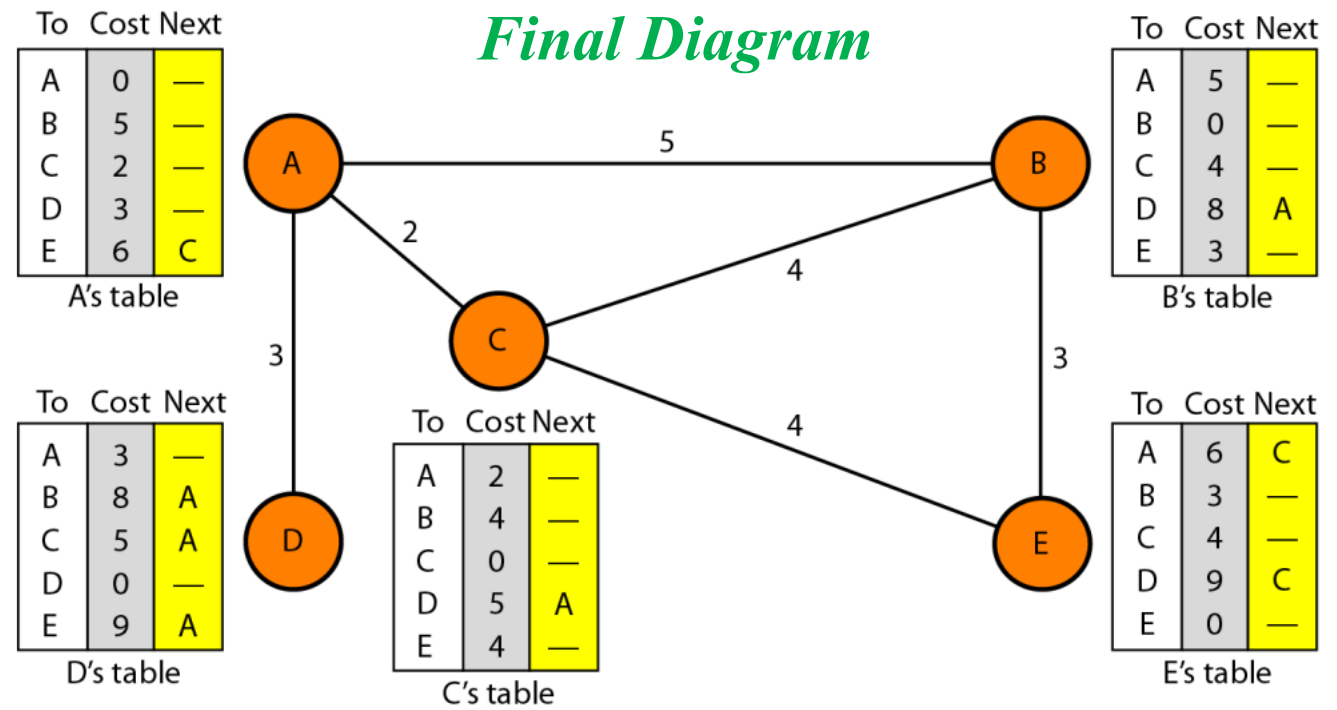
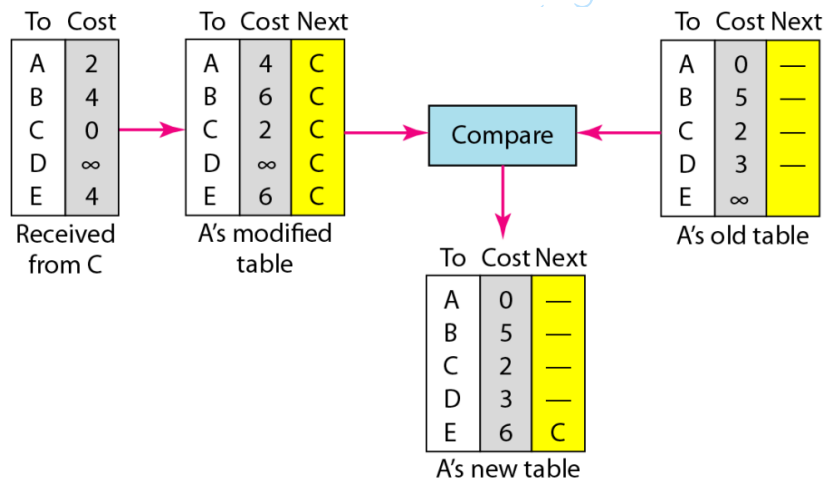
E's table

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Định tuyến vector khoảng cách

Khi một node nhận được bảng định tuyến từ node lân cận, node đó sẽ cập nhật lại bảng định tuyến.

Updating



Ex. Varied metrics

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Các vấn đề trong định tuyến vector khoảng cách

Cập nhật định kỳ Thường cứ sau 30 giây sẽ có bản cập nhật định kỳ, một node sẽ gửi bảng định tuyến của nó. Khoảng thời gian phụ thuộc vào giao thức đang sử dụng định tuyến vector khoảng cách.

Cập nhật được kích hoạt Một node sẽ gửi bảng định tuyến của nó đến các node lân cận bất cứ khi nào có sự thay đổi trong bảng định tuyến của nó. Đây được gọi là bản cập nhật được kích hoạt. Thay đổi có thể là kết quả của những điều sau đây.

1. Một node nhận được một bảng từ một node lân cận, dẫn đến những thay đổi trong bảng của chính nó sau khi cập nhật.
2. Một nút phát hiện một số lỗi trong các liên kết lân cận dẫn đến thay đổi khoảng cách đến vô cực.

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Định tuyến vector khoảng cách: Các giải pháp khắc phục nhược điểm

Định nghĩa Vô cực: Trong thực tế, hầu hết các thiết kế của giao thức vector khoảng cách định nghĩa khoảng cách giữa mỗi node là 1 và xác định 16 là vô cực. Tuy nhiên, điều này có nghĩa là định tuyến vector khoảng cách không thể sử dụng trong các hệ thống lớn. Kích thước của mạng, theo mỗi hướng, không thể vượt quá 15 bước nhảy.

Chia sẻ Horizon: Trong chiến lược này, thay vì flooding bảng thông qua mỗi giao diện, mỗi node chỉ gửi một phần bảng của mình qua mỗi giao diện.

Split Horizon and Poison Reverse: Sử dụng chiến lược chia sẻ Horizon có một hạn chế. Thông thường, giao thức vector khoảng cách sử dụng một bộ đếm thời gian và nếu không có thông tin mới về một tuyến đường, node sẽ xóa tuyến đường đó khỏi bảng định tuyến của nó. Chiến lược chia sẻ Horizon có thể được kết hợp với chiến lược (poison reverse).

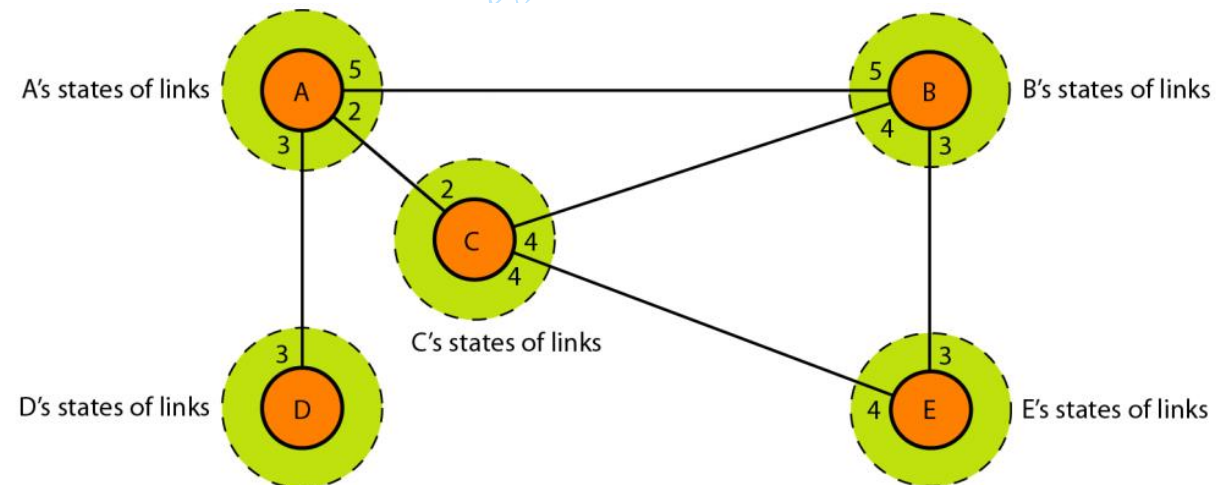
4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Định tuyến trạng thái liên kết

Định tuyến trạng thái liên kết (Link State Routing) là một phương pháp định tuyến trong mạng máy tính, dựa trên việc mỗi nút trong mạng biết và chia sẻ thông tin chi tiết về trạng thái của các liên kết mạng mà nó kết nối. Thay vì duy trì bảng định tuyến với thông tin về đường đi đến từng đích như trong định tuyến vector khoảng cách, mỗi nút trong định tuyến trạng thái liên kết duy trì một bản đồ toàn bộ mạng, ghi lại trạng thái và chi phí của các liên kết mạng

Building Routing Tables

1. Tạo các trạng thái của các liên kết bởi mỗi node, gọi là gói trạng thái liên kết (Link State Packet - LSP).
2. Lan truyền LSP đến mọi bộ định tuyến khác, gọi là flooding, một cách hiệu quả và đáng tin cậy.
3. Hình thành cây đường đi ngắn nhất cho mỗi node.
4. Tính toán bảng định tuyến dựa trên cây đường đi ngắn nhất.

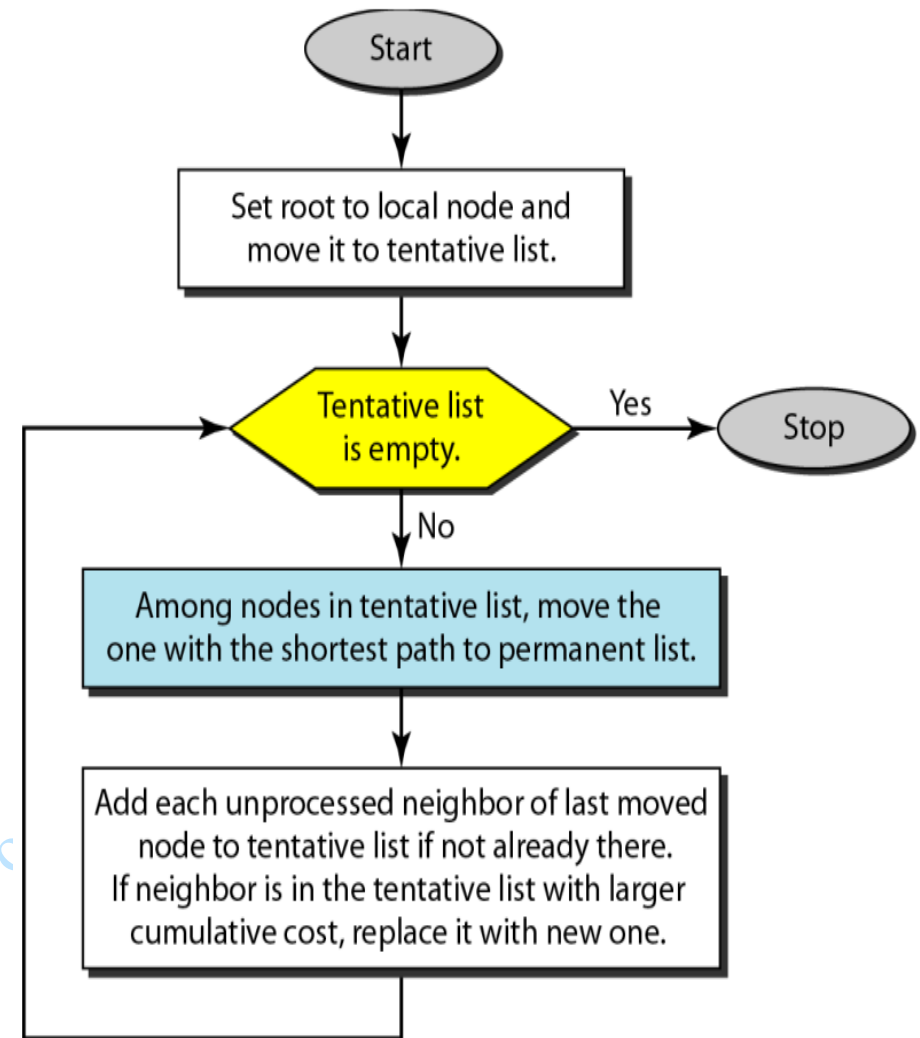


4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Định tuyến trạng thái liên kết

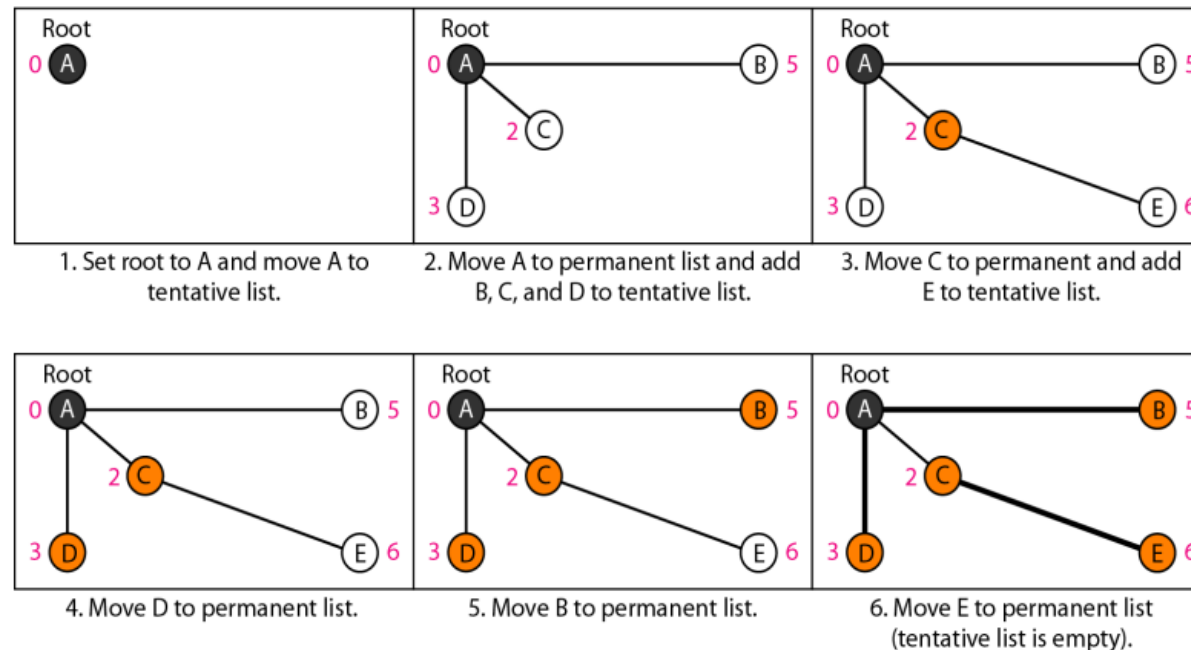
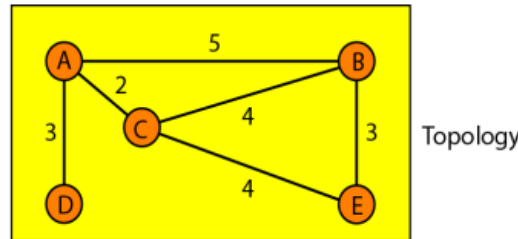
Hình thành cây đường dẫn ngắn nhất: Thuật toán Dijkstra

Cây đường đi ngắn nhất là một cây mà trong đó đường đi giữa gốc và mọi node khác là ngắn nhất. Thuật toán Dijkstra tạo cây đường đi ngắn nhất từ một đồ thị. Thuật toán chia các node thành hai tập hợp: tạm thời và cố định. Sau đó tìm các node lân cận của node hiện tại, xác định chúng là tạm thời, kiểm tra chúng, và nếu chúng đáp ứng các tiêu chí, xác định chúng là cố định.



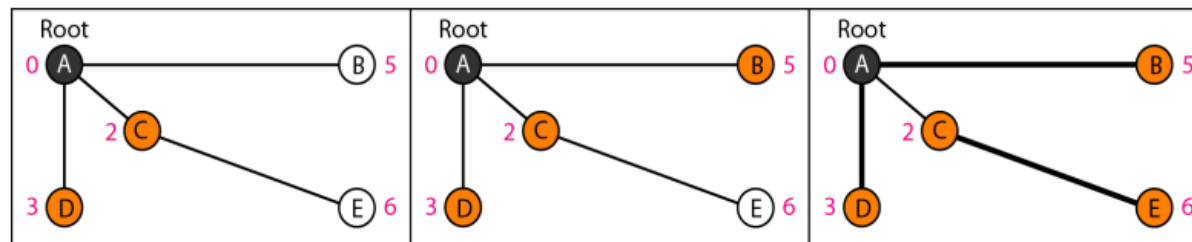
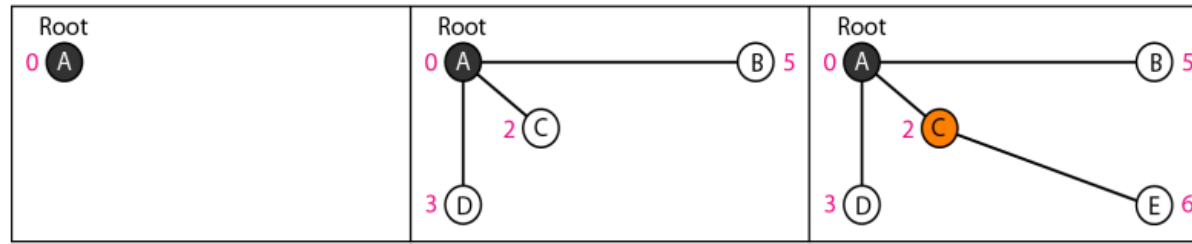
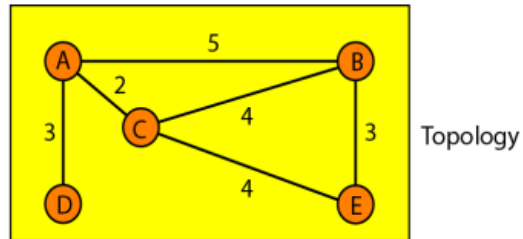
4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Định tuyến trạng thái liên kết: Hình thành cây đường dẫn ngắn nhất: Thuật toán Dijkstra



4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Định tuyến trạng thái liên kết: Hình thành cây đường dẫn ngắn nhất: Dijkstra



Node	Cost	Next Router
A	0	—
B	5	—
C	2	—
D	3	—
E	6	C

Tính toán bảng định tuyến
Bảng định tuyến cho node A

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

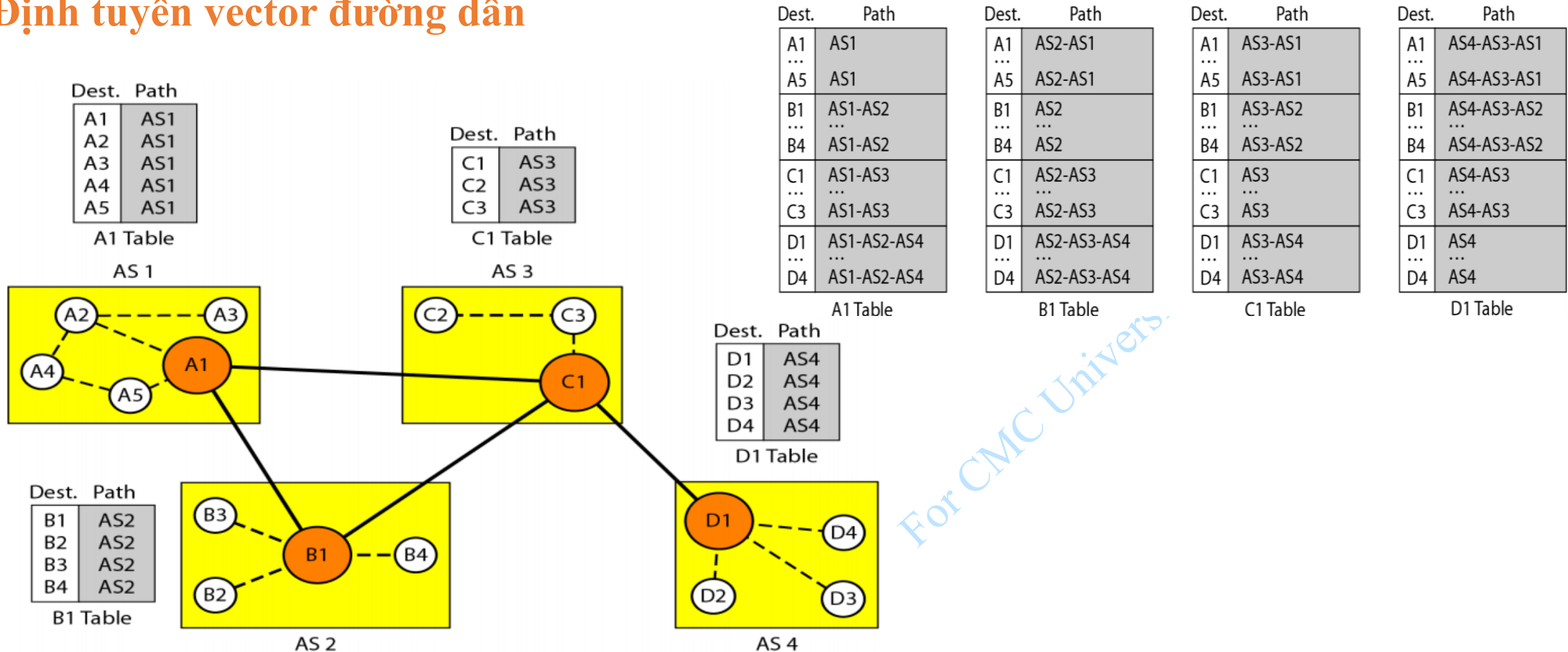
Định tuyến vector đường dẫn

Định tuyến vector khoảng cách không ổn định trong miền hoạt động. Định tuyến trạng thái liên kết cần một lượng tài nguyên lớn để tính toán các bảng định tuyến. Nó cũng tạo ra một lưu lượng gói tin lớn do quá trình Flooding. Chúng ta cần một giao thức định tuyến thứ ba, được gọi là định tuyến vector đường đi.

Nguyên tắc của định tuyến vector đường đi tương tự như định tuyến vector khoảng cách. Trong định tuyến vector đường đi, giả định một node (có thể có nhiều hơn, nhưng một là đủ cho thảo luận khái niệm của chúng ta) trong mỗi hệ thống tự trị (AS) đại diện cho toàn bộ AS. Chúng ta gọi nó là node diễn giả. Node diễn giả trong một AS tạo ra một bảng định tuyến và quảng bá nó đến các node diễn giả trong các AS lân cận. Ý tưởng giống như định tuyến vector khoảng cách, ngoại trừ việc chỉ có các node diễn giả trong mỗi AS có thể giao tiếp với nhau. Tuy nhiên, những gì được quảng bá thì khác nhau. Một node diễn giả quảng bá đường đi, không phải số đo của các node, trong hệ thống tự trị của nó hoặc các hệ thống tự trị khác.

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Định tuyến vector đường dẫn



4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Định tuyến phân cấp

Khi mạng máy tính ngày càng mở rộng, các bảng định tuyến của router cũng tăng theo tỷ lệ thuận. Không chỉ bộ nhớ của router bị tiêu thụ bởi các bảng ngày càng lớn, mà còn cần nhiều thời gian CPU hơn để xử lý và cần nhiều băng thông hơn để gửi báo cáo trạng thái về chúng.

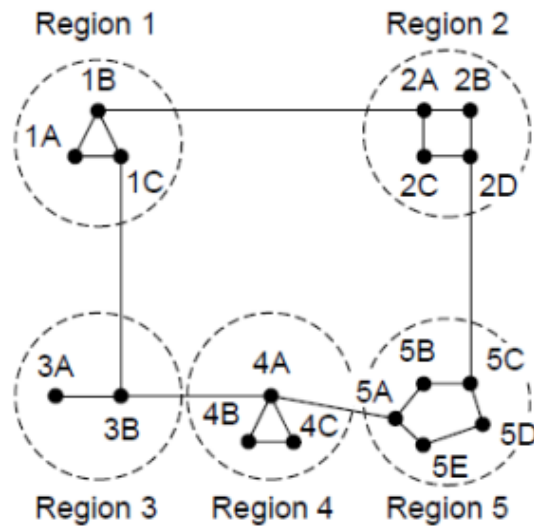
Tại một thời điểm nào đó, mạng có thể mở đến mức không còn khả thi để mỗi router có một mục để nhập cho mỗi router khác, do đó định tuyến sẽ phải được thực hiện theo cấu trúc phân cấp, giống như trong mạng điện thoại.

Khi sử dụng định tuyến phân cấp, các router được chia thành các vùng. Mỗi router biết tất cả các chi tiết về cách định tuyến các gói tin đến các đích trong vùng của nó nhưng không biết gì về cấu trúc nội bộ của các vùng khác.

Đối với các mạng lớn, một cấu trúc hai cấp có thể không đủ; có thể cần thiết phải nhóm các vùng thành các cụm, các cụm thành các khu vực, các khu vực thành các nhóm, và cứ tiếp tục như vậy cho đến khi chúng ta hết tên để đặt cho các nhóm.

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

Định tuyến phân cấp



(a)

Full table for 1A

Dest.	Line	Hops
1A	—	—
1B	1B	1
1C	1C	1
2A	1B	2
2B	1B	3
2C	1B	3
2D	1B	4
3A	1C	3
3B	1C	2
4A	1C	3
4B	1C	4
4C	1C	4
5A	1C	4
5B	1C	5
5C	1B	5
5D	1C	6
5E	1C	5

(b)

Hierarchical table for 1A

Dest.	Line	Hops
1A	—	—
1B	1B	1
1C	1C	1
2	1B	2
3	1C	2
4	1C	3
5	1C	4

(c)

Student only

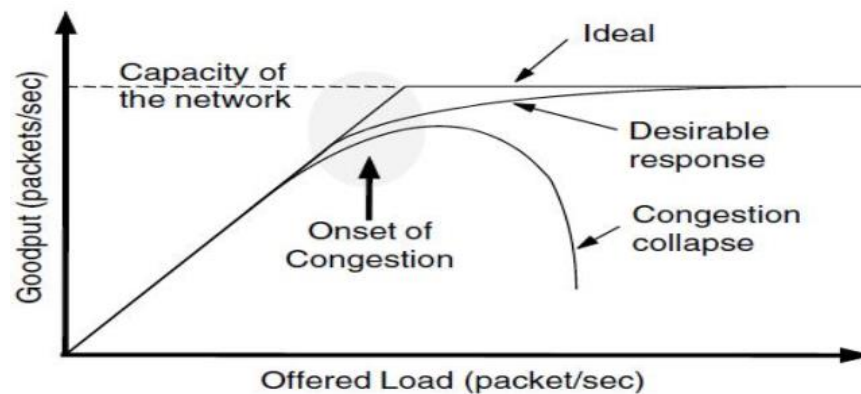
4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

THUẬT TOÁN KIỂM SOÁT TẮC NGHẼN

Khi có quá nhiều gói tin xuất hiện trong một khu vực nào đó của mạng gây ra tình trạng trì hoãn và mất gói tin, làm giảm hiệu suất. Tình trạng này được gọi là tắc nghẽn.

Các tầng mạng và vận chuyển sẽ cùng xử lý tắc nghẽn. Vì tắc nghẽn xảy ra trong mạng, nên tầng mạng là tầng trực tiếp trải nghiệm nó và phải quyết định cuối cùng về cách xử lý các gói tin dư thừa.

Tuy nhiên, cách hiệu quả nhất để kiểm soát tắc nghẽn là giảm tải mà tầng vận chuyển đang làm việc. Điều này đòi hỏi các tầng mạng và vận chuyển phải phối hợp với nhau.



4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

THUẬT TOÁN KIỂM SOÁT TẮC NGHẼN

Một số kỹ thuật có thể được sử dụng bao gồm:

1. Warning bit
2. Choke packets
3. Load shedding
4. Random early discard
5. Traffic shaping

3 kỹ thuật đầu tiên sử dụng để phát hiện và phục hồi tắc nghẽn. 2 kỹ thuật cuối sử dụng để phòng tránh tắc nghẽn.

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

THUẬT TOÁN KIỂM SOÁT TẮC NGHẼN

Bit cảnh báo (Warning bit)

1. Một bit đặc biệt trong phần header của gói tin được đặt bởi router để cảnh báo nguồn tin khi phát hiện tắc nghẽn.
2. Bit này được sao chép và gắn kèm (piggy-backed) vào gói tin ACK và gửi lại cho nguồn gửi.
3. Nguồn gửi theo dõi số lượng gói tin ACK nhận được với bit cảnh báo được đặt và điều chỉnh tốc độ truyền của nó cho phù hợp.

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

THUẬT TOÁN KIỂM SOÁT TẮC NGHẼN

Gói tin chặn (Choke packets)

1. Một cách trực tiếp hơn để thông báo cho nguồn giảm tốc độ gửi tin.
2. Gói tin chặn là một gói tin điều khiển được tạo ra tại một nút bị tắc nghẽn và truyền đi để hạn chế lưu lượng.
3. Khi nhận được gói tin chặn, nguồn tin phải giảm tốc độ truyền của nó theo một tỷ lệ phần trăm nhất định.
4. Một ví dụ về gói tin chặn là gói tin ICMP Source Quench.

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

THUẬT TOÁN KIỂM SOÁT TẮC NGHẼN

Giảm tải (Load shedding)

1. Khi bộ đệm của router bị tràn, các router sẽ loại bỏ các gói tin.
2. Gói tin nào được chọn để bị loại bỏ phụ thuộc vào ứng dụng và chiến lược xử lý lỗi được sử dụng trong tầng liên kết dữ liệu.
3. Ví dụ, đối với việc truyền file dữ liệu, không thể loại bỏ các gói tin cũ hơn vì điều này sẽ gây ra khoảng trống trong dữ liệu nhận được.
4. Đối với âm thanh hoặc video thời gian thực, việc loại bỏ dữ liệu cũ và giữ các gói tin mới được chấp nhận. Yêu cầu ứng dụng đánh dấu các gói tin với ưu tiên loại bỏ.

4.2 Thuật toán định tuyến mạng đơn

THUẬT TOÁN KIỂM SOÁT TẮC NGHẼN

Loại bỏ sớm ngẫu nhiên (Random Early Discard – RED)

1. Đây là một phương pháp tiếp cận chủ động trong đó router loại bỏ một hoặc nhiều gói tin trước khi bộ đệm bị tràn.
2. Mỗi lần một gói tin đến, thuật toán RED tính toán độ dài hàng đợi trung bình - avg.
3. Nếu avg thấp hơn một ngưỡng dưới nhất định, giả định rằng đây là mức tối thiểu để tránh tắc nghẽn và gói tin được xếp hàng.
4. Nếu avg lớn hơn một ngưỡng trên, được giả định rằng khi này sẽ xảy ra tắc nghẽn và gói tin bị loại bỏ.
5. Nếu avg nằm giữa hai ngưỡng này, điều này có thể chỉ ra sự khởi đầu của tắc nghẽn. Khi đó, xác suất tắc nghẽn được tính toán để có thể loại bỏ gói tin.