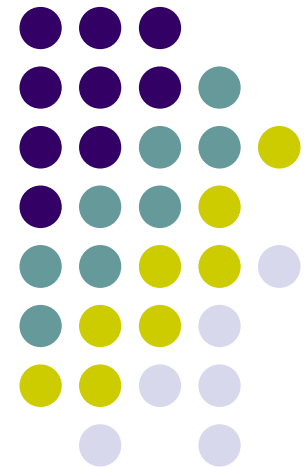


Chương 4: Chọn đường - Routing

cuu duong than cong . com Dự án HEDSPI
Khoa CNTT- ĐHBK Hà Nội

Giảng viên: Ngô Hồng Sơn
Bộ môn Truyền thông và Mạng máy tính

cuu duong than cong . com





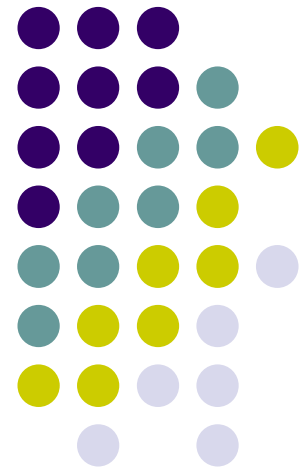
Tổng quan

- Tuần trước
 - Giao thức IP
 - Địa chỉ IP và cấu trúc gói tin IP
 - Giao thức ICMP
- Tuần này: Tiếp tục về tầng mạng
 - Thế nào là chọn đường?
 - Chọn đường tĩnh và chọn đường động
 - Giải thuật và giao thức chọn đường

Chọn đường là gì?

Các nguyên lý chọn đường
Cơ chế chuyển tiếp gói tin
Quy tắc “Longest matching”

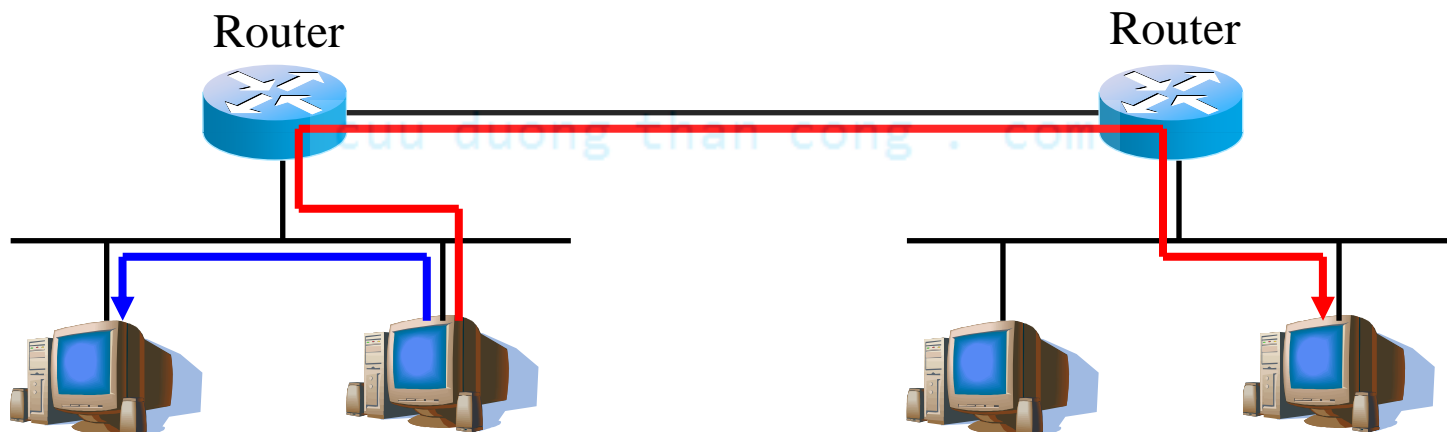
cuu duong than cong . com





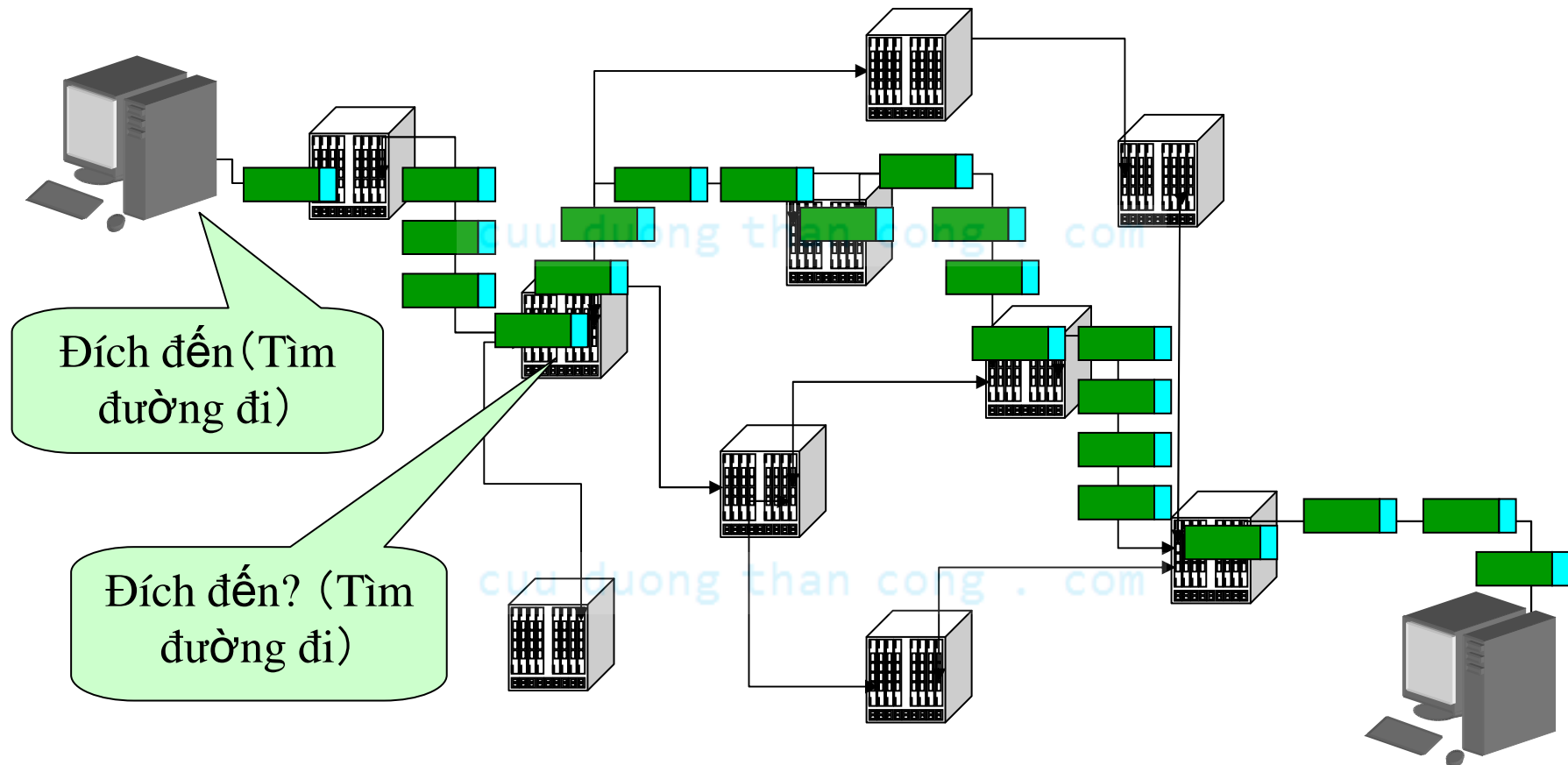
Cơ bản về chọn đường (1)

- Khi một máy trạm gửi một gói tin IP tới một máy khác
 - Nếu địa chỉ đích nằm trên cùng một đường truyền vật lý: Chuyển trực tiếp
 - Nếu địa chỉ đích nằm trên một mạng khác: Chuyển gián tiếp qua bộ định tuyến (chọn đường)





Cơ bản về chọn đường (2)





Chọn đường là gì?

- Cơ chế để máy trạm hay bộ định tuyến chuyển tiếp gói tin từ nguồn đến đích
- Các thành phần của chọn đường
 - Bảng chọn đường
 - Thông tin chọn đường
 - Giải thuật, giao thức chọn đường

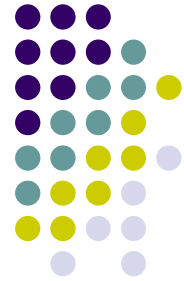
cuu duong than cong . com



Bộ định tuyến?

- Thiết bị chuyển tiếp các gói tin giữa các mạng
 - Là một máy tính, với các phần cứng chuyên dụng
 - Kết nối nhiều mạng với nhau
 - Chuyển tiếp gói tin dựa trên bảng chọn đường
- Có nhiều giao diện
- Phù hợp với nhiều dạng lưu lượng và phạm vi của mạng

Một số ví dụ...



BUFFALO
BHR-4RV



PLANEX
GW-AP54SAG



YAMAHA
RTX-1500



Cisco 2600

cuu duong than cong . com

Router ngoại vi



Cisco CRS-1

Router mạng trực



Hitachi
GR2000-1B



Juniper M10



Foundry Networks
NetIron 800

<http://www.cisco.com.vn>

<http://www.juniper.net/>

<http://www.buffalotech.com>

8



Cisco 3700

Router cỡ trung



Bảng chọn đường

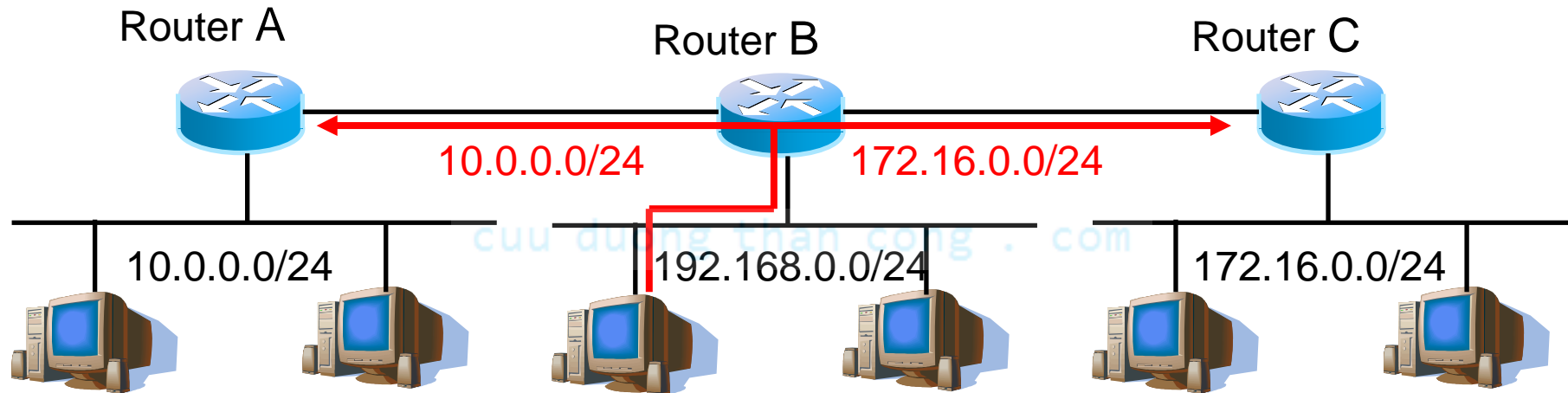
- Chỉ ra danh sách các đường đi có thể, được lưu trong bộ nhớ của router
- Các thành phần chính của bảng chọn đường
 - Địa chỉ đích/mặt nạ mạng
 - Router kế tiếp

cuu duong than cong . com

Bảng chọn đường và cơ chế chuyển tiếp (1)

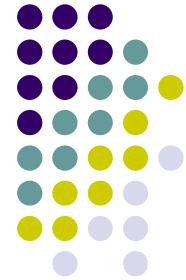


| Network | Next-hop |
|---------------|----------|
| 10.0.0.0/24 | A |
| 172.16.0.0/24 | C |



Lưu ý quy tắc: **No routes, no reachability!**

Quy tắc “Longest matching”(1)



- Giả sử một địa chỉ mạng đích lại có nhiều hơn một mục trong bảng chọn đường
- Địa chỉ đích : 11.1.2.5
- Router kế tiếp nào sẽ được sử dụng?

| Network | Next hop |
|-------------|----------|
| 11.0.0.0/8 | A |
| 11.1.0.0/16 | B |
| 11.1.2.0/24 | C |

Quy tắc “Longest matching”(2)



Địa chỉ đích:

11.1.2.5 = 00001011.00000001.00000010.00000101

Đường đi 1:

11.1.2.0/24 = 00001011.00000001.00000010.00000000

Đường đi 2:

11.1.0.0/16 = 00001011.00000001.00000000.00000000

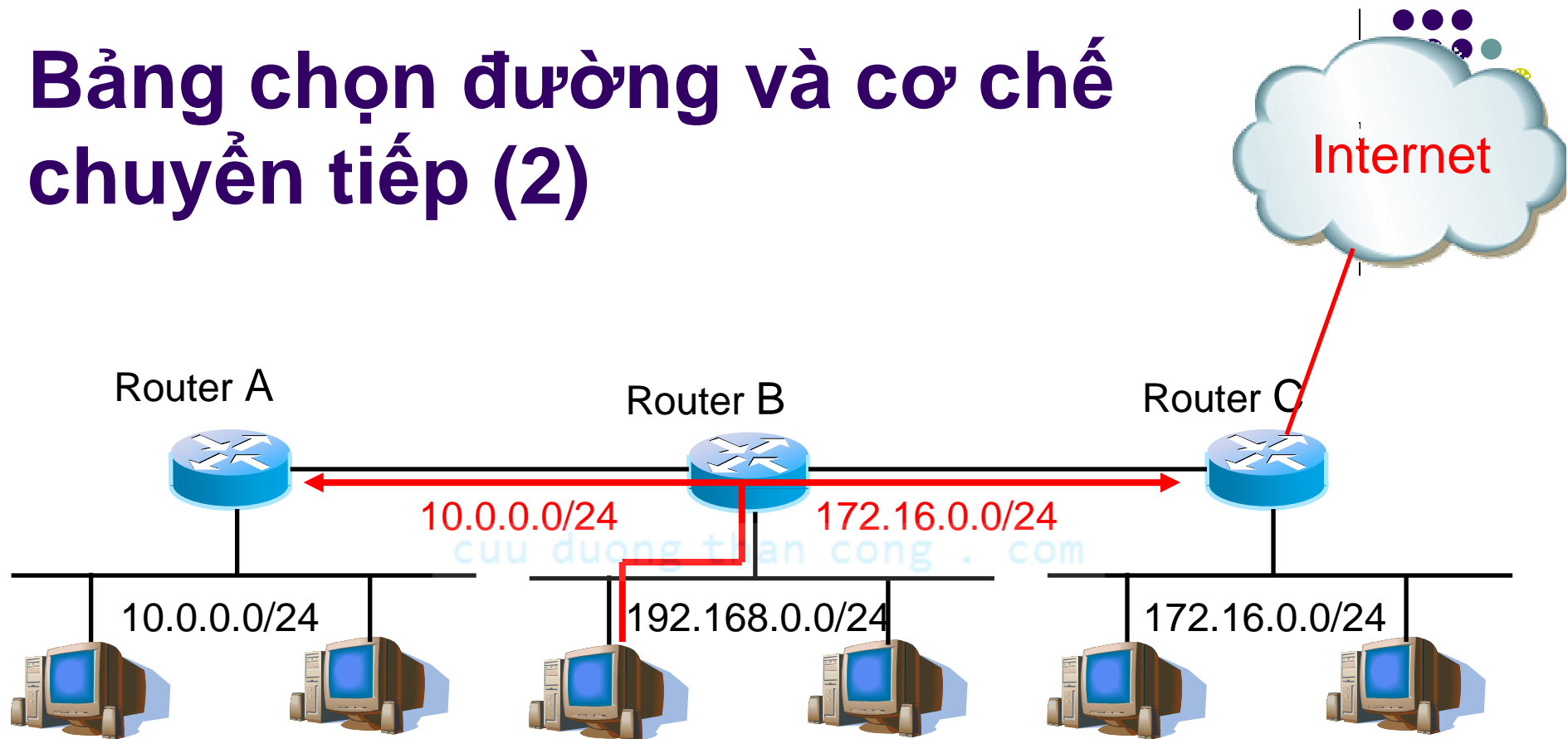
Đường đi 3:

11.0.0.0/8 = 00001011.00000000.00000000.00000000

“Longest matching” là gì?

Tại sao phải cần quy tắc này?

Bảng chọn đường và cơ chế chuyển tiếp (2)



| Network | Next-hop |
|----------------|----------|
| 10.0.0.0/24 | A |
| 172.16.0.0/24 | C |
| 192.168.0.0/24 | Direct |

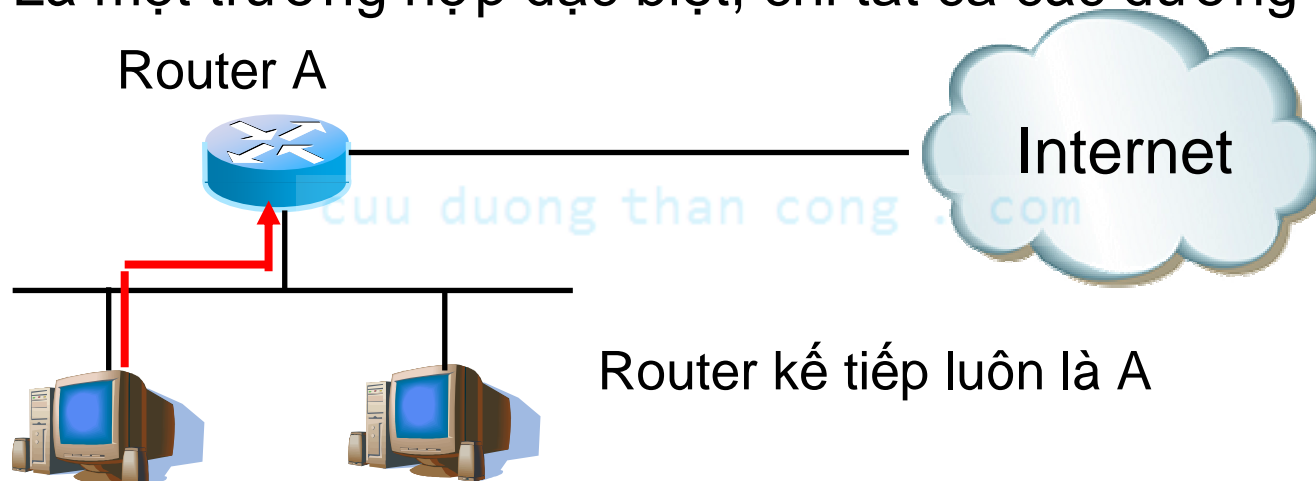
Q. Mô tả bảng chọn đường trên C

Nếu C nối vào Internet?



Đường đi mặc định

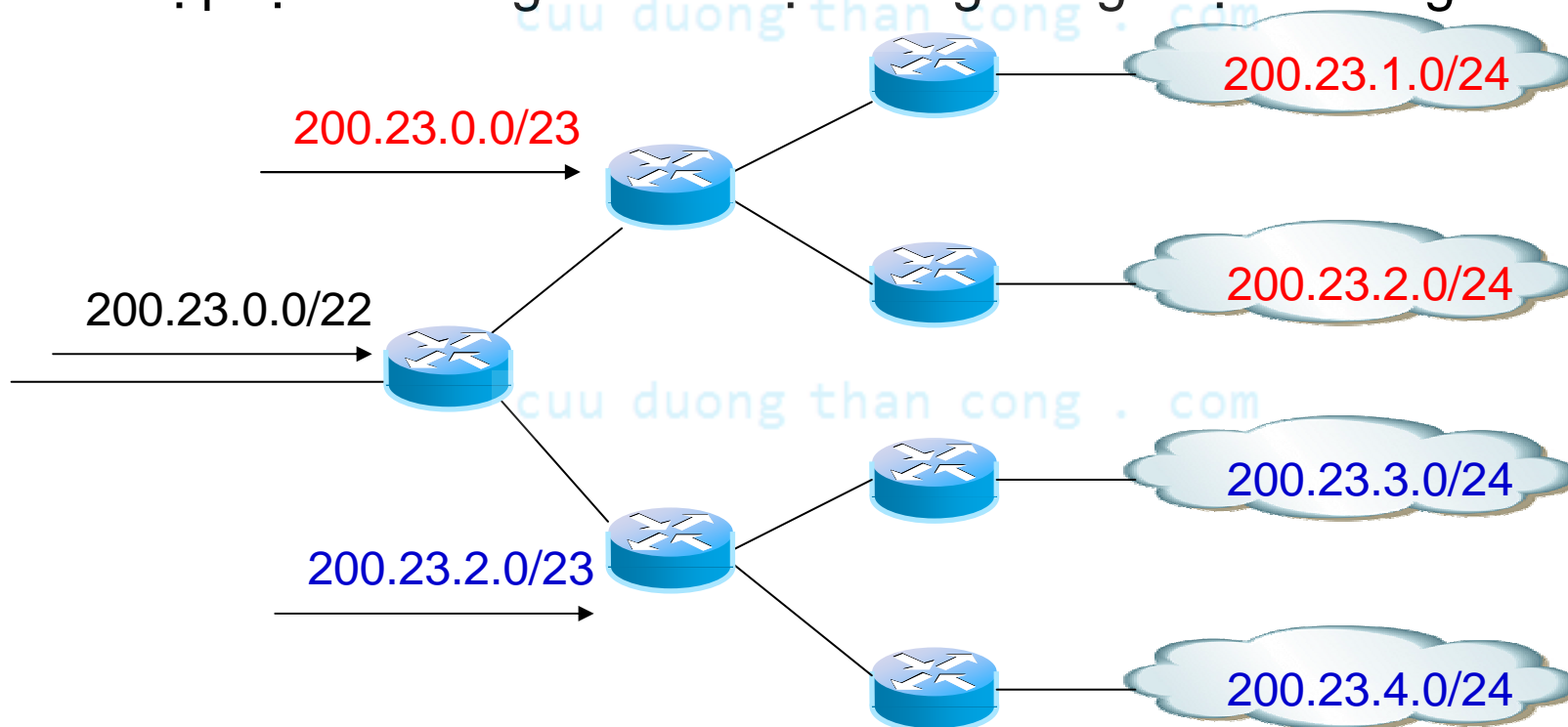
- Nếu đường đi không tìm thấy trong bảng chọn đường
 - Đường đi mặc định trở đến một router kết tiếp
 - Trong nhiều trường hợp, đây là đường đi duy nhất
- 0.0.0.0/0
 - Là một trường hợp đặc biệt, chỉ tất cả các đường đi



Kết hợp đường đi (Routing aggregation)



- Có bao nhiêu mạng con trên mạng Internet?
- Sẽ có rất nhiều mục trong bảng chọn đường?
- Các mạng con kế tiếp với cùng địa chỉ đích có thể được tổng hợp lại để làm giảm số mục trong bảng chọn đường.





Kết hợp đường đi (2)

- Ví dụ về Viettel
 - Không gian địa chỉ IP: khá lớn
 - 203.113.128.0-203.113.191.255
 - Để kết nối đến một mạng con của Viettel (khách hàng): Chỉ cần chỉ ra đường đi đến mạng Viettel
- Đường đi mặc định chính là một dạng của việc kết hợp đường
 - 0.0.0.0/0

Ví dụ về bảng chọn đường – máy trạm



```
C:\Documents and Settings\hongson>netstat -rn
```

Route Table

Interface List

0x1MS TCP Loopback interface

0x2 ...08 00 1f b2 a1 a3 Realtek RTL8139 Family PCI Fast Ethernet NIC -

Active Routes:

| Network | Netmask | Gateway | Interface | Metric |
|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------|
| 0.0.0.0 | 0.0.0.0 | 192.168.1.1 | 192.168.1.34 | 20 |
| 127.0.0.0 | 255.0.0.0 | 127.0.0.1 | 127.0.0.1 | 1 |
| 192.168.1.0 | 255.255.255.0 | 192.168.1.34 | 192.168.1.34 | 20 |
| 192.168.1.34 | 255.255.255.255 | 127.0.0.1 | 127.0.0.1 | 20 |
| 192.168.1.255 | 255.255.255.255 | 192.168.1.34 | 192.168.1.34 | 20 |
| 224.0.0.0 | 240.0.0.0 | 192.168.1.34 | 192.168.1.34 | 20 |
| 255.255.255.255 | 255.255.255.255 | 192.168.1.34 | 192.168.1.34 | 1 |

Default Gateway: 192.168.1.1

Ví dụ về bảng chọn đường – Router (trích)

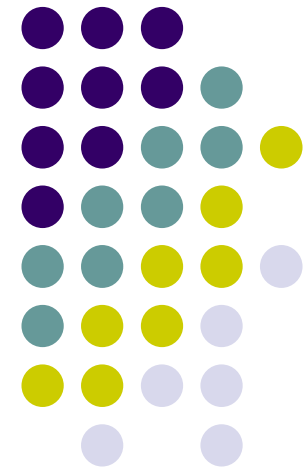


```
#show ip route
```

| Prefix | Next Hop |
|-------------------|--------------------|
| 203.238.37.0/24 | via 203.178.136.14 |
| 203.238.37.96/27 | via 203.178.136.26 |
| 203.238.37.128/27 | via 203.178.136.26 |
| 203.170.97.0/24 | via 203.178.136.14 |
| 192.68.132.0/24 | via 203.178.136.29 |
| 203.254.52.0/24 | via 203.178.136.14 |
| 202.171.96.0/24 | via 203.178.136.14 |

Chọn đường tĩnh và chọn đường động

Chọn đường tĩnh
Chọn đường động
Ưu điểm – nhược điểm



Vấn đề cập nhật bảng chọn đường

- Sự thay đổi cấu trúc mạng: thêm mạng mới, một nút mạng bị mất điện
- Sự cần thiết phải cập nhật bảng chọn đường
 - Cho tất cả các nút mạng (về lý thuyết)
 - Thực tế, chỉ một số nút mạng phải cập nhật

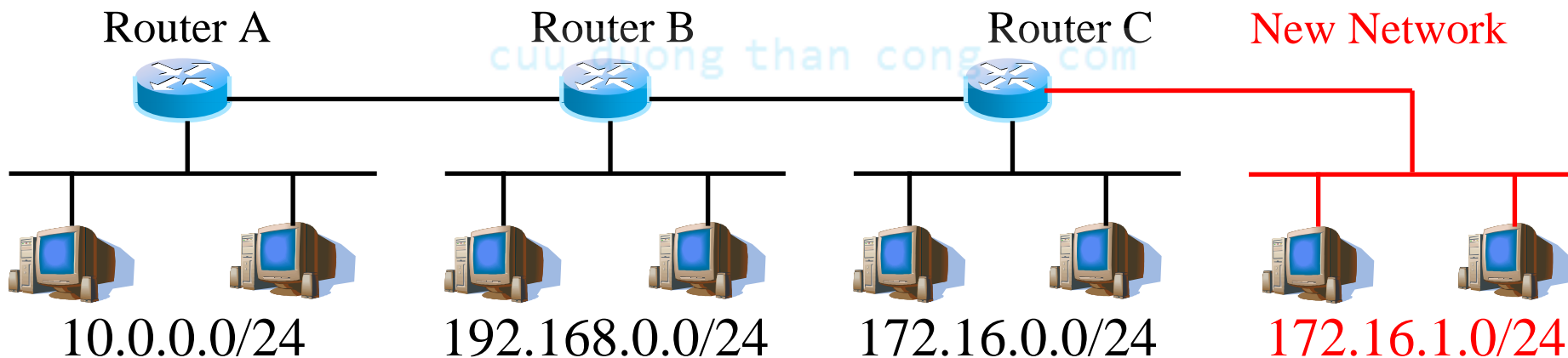
| Network | Next-hop |
|----------------|----------|
| 192.168.0.0/24 | B |
| 172.16.0.0/24 | B |

172.16.1.0/24 B

| Network | Next-hop |
|---------------|----------|
| 10.0.0.0/24 | A |
| 172.16.0.0/24 | C |

172.16.1.0/24 C

| Network | Next-hop |
|----------------|----------|
| 10.0.0.0/24 | B |
| 192.168.0.0/24 | B |





Làm thế nào để cập nhật?

- Chọn đường tĩnh
 - Các mục trong bảng chọn đường được sửa đổi thủ công bởi người quản trị

[cuu duong than cong . com](http://cuuduongthancong.com)

- Chọn đường động
 - Tự động cập nhật bảng chọn đường
 - Bảng các giao thức chọn đường

[cuu duong than cong . com](http://cuuduongthancong.com)

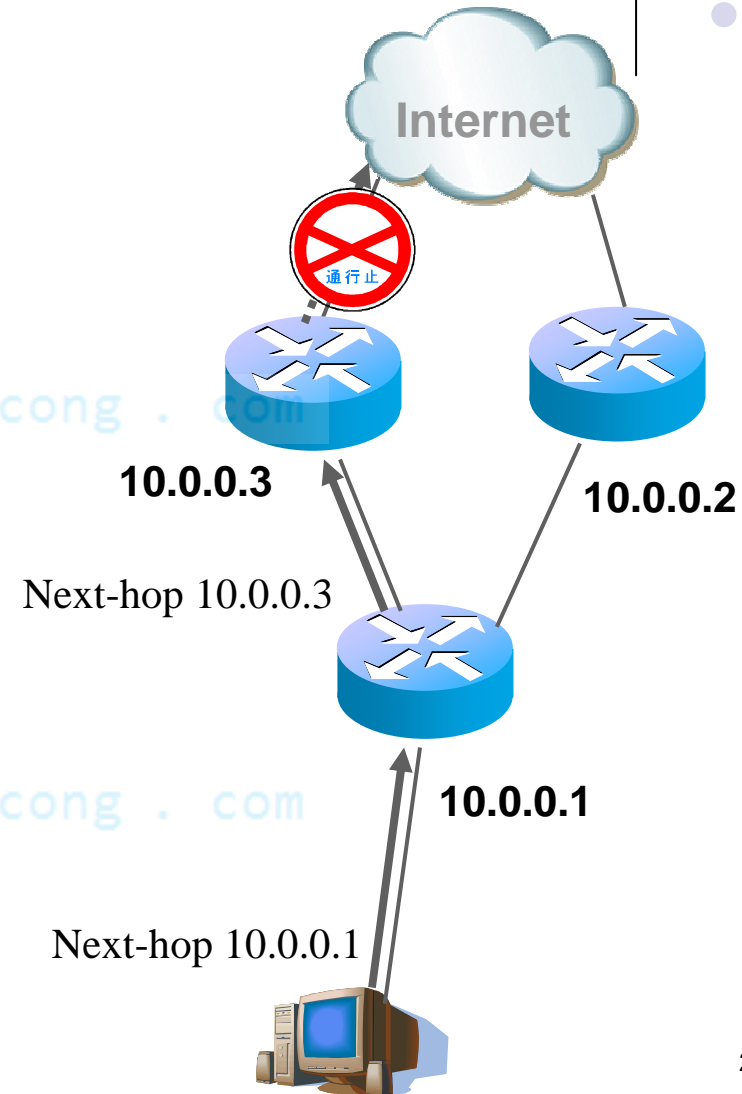
Chọn đường tĩnh

- Khi có sự cố:
 - Không thể nối vào Internet kể cả khi có tồn tại đường đi dự phòng
 - Người quản trị mạng cần thay đổi

Bảng chọn đường của 10.0.0.1 (1 phần)

| Prefix | Next-hop |
|------------------|-----------------|
| 0.0.0.0/0 | 10.0.0.3 |

Kết nối bị lỗi



Chọn đường động

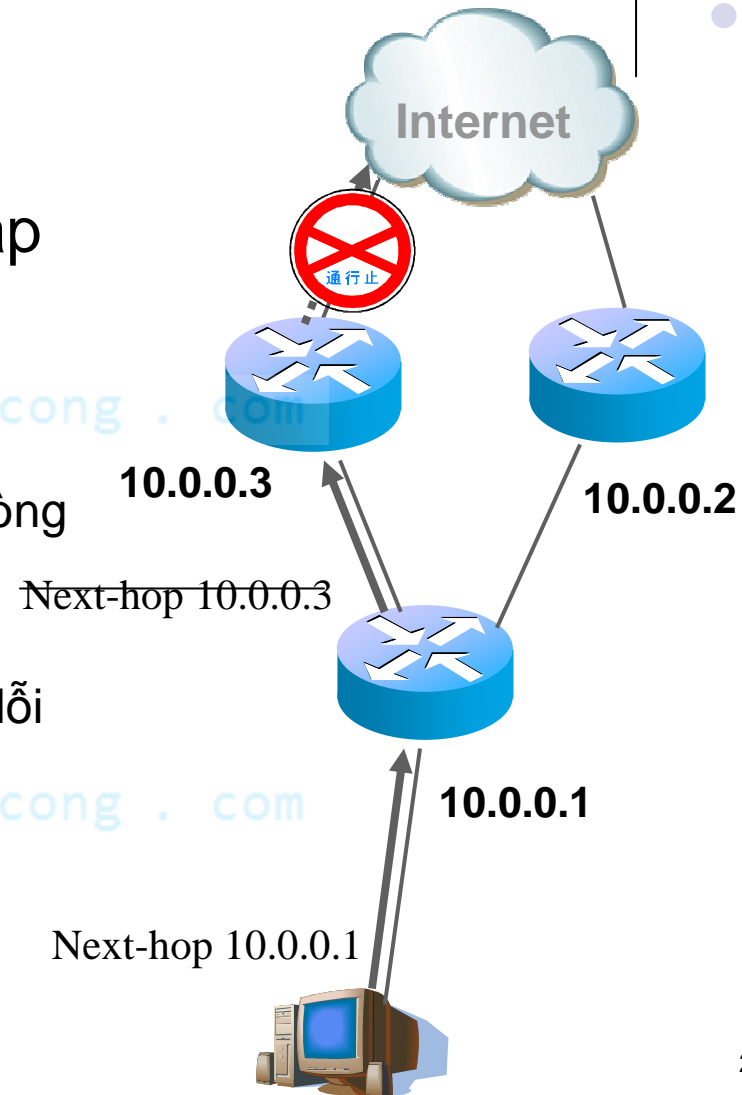
- Khi có sự cố:
 - Đường đi thay thế được cập nhật một cách tự động

Bảng chọn đường của 10.0.0.1 (1 phần)

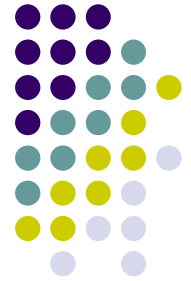
| Prefix | Next-hop |
|----------------------|---------------------|
| 0.0.0.0/0 | 10.0.0.2 |
| 0.0.0.0/0 | 10.0.0.3 |

Kết nối dự phòng

Kết nối bị lỗi



Đặc điểm của chọn đường tĩnh



- Ưu
 - Ổn định
 - An toàn
 - Không bị ảnh hưởng bởi các yếu tố tác động
- Nhược
 - Cứng nhắc
 - Không thể sử dụng tự động kết nối dự phòng
 - Khó quản lý



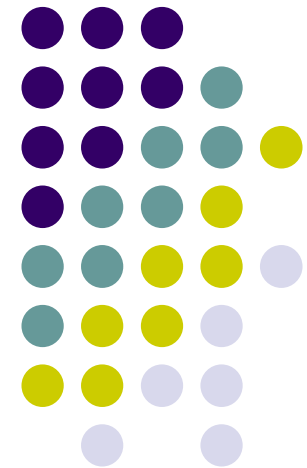
Chọn đường động

- Ưu
 - Dễ quản lý
 - Tự động sử dụng kết nối dự phòng
- Nhược
 - Tính an toàn
 - Các giao thức chọn đường phức tạp và khó hiểu
 - Khó quản lý

Các giải thuật và giao thức chọn đường

Giải thuật Dijkstra và Bellman-Ford
Giao thức dạng link-state và dạng distance-vector

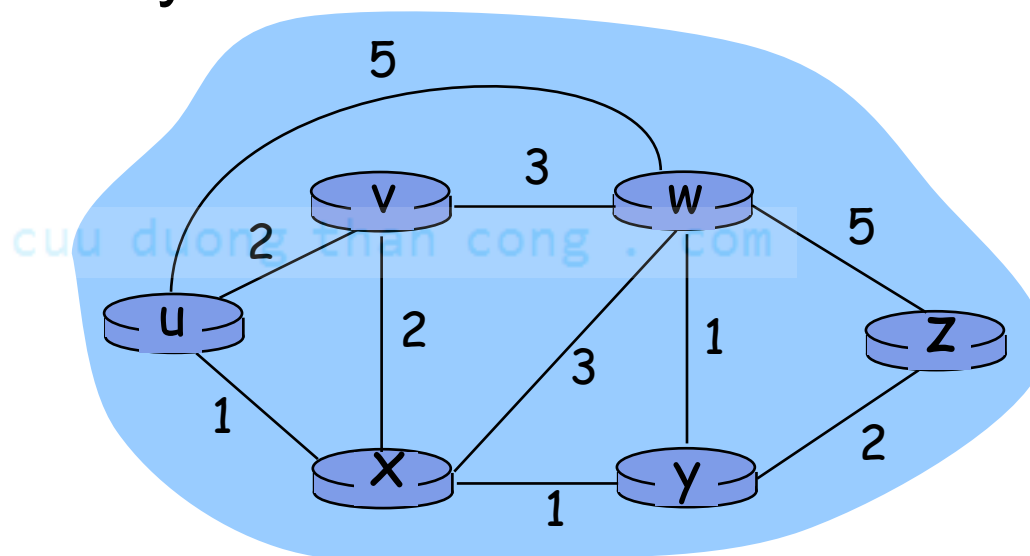
cuu duong than cong . com



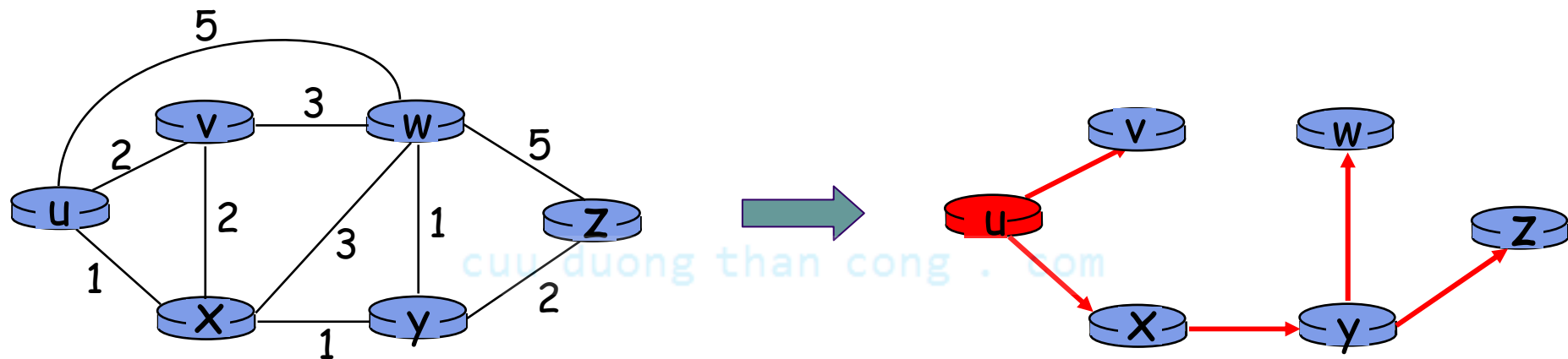


Biểu diễn mạng bởi đồ thị

- Đồ thị với các nút (bộ định tuyến) và các cạnh (liên kết)
- Chi phí cho việc sử dụng mỗi liên kết $c(x,y)$
 - Băng thông, độ trễ, chi phí, mức độ tắc nghẽn...
- Giải thuật chọn đường: Xác định đường đi ngắn nhất giữa hai nút bất kỳ



Cây đường đi ngắn nhất - SPT



- SPT – Shortest Path Tree
- Các cạnh xuất phát từ nút gốc và tới các lá
- Đường đi duy nhất từ nút gốc tới nút v, là đường đi ngắn nhất giữa nút gốc và nút v
- Mỗi nút sẽ có một SPT của riêng nút đó



Tập trung hay phân tán

- Tập trung
 - Thu thập thông tin vào một nút mạng
 - Sử dụng các **giải thuật tìm đường đi trên đồ thị**
 - Phân bổ bảng chọn đường từ nút trung tâm tới các nút
- Phân tán
 - Mỗi nút tự xây dựng bảng chọn đường riêng
 - **Giao thức chọn đường**: Link-state hoặc distance-vector
 - Được sử dụng phổ biến trong thực tế



Tập trung hay phân tán

- Thông tin chọn đường là cần thiết để xây dựng bảng chọn đường
- Tập trung hay phân tán?
 - Tập trung: [cuu duong than cong . com](http://cuuduongthancong.com)
 - Mỗi router có thông tin đầy đủ về trạng thái của mạng
 - Giải thuật dạng “link state”
 - Phân tán:
 - Các nút chỉ biết được trạng thái của liên kết vật lý tới nút kế bên [cuu duong than cong . com](http://cuuduongthancong.com)
 - Liên tục lặp lại việc tính toán và trao đổi thông tin với nút kế bên
 - Giải thuật dạng “distance vector”
 - “Bạn của bạn cũng là bạn”



Giải thuật dạng link-state

Giải thuật Dijkstra's

- Mỗi nút đều có sơ đồ và chi phí mỗi link
 - Quảng bá “Link-state”
 - Mỗi nút có cùng thông tin
- Tìm đường đi chi phí nhỏ nhất từ một nút (‘nguồn’) tới tất cả các nút khác
 - dùng để xây dựng bảng chọn đường



Ký hiệu

- $G = (V, E)$: Đồ thị với tập đỉnh V và tập cạnh E
- $c(x, y)$: chi phí của liên kết x tới y ; $= \infty$ nếu không phải 2 nút kề nhau
- $d(v)$: chi phí hiện thời của đường đi từ nút nguồn tới nút đích. v
- $p(v)$: nút ngay trước nút v trên đường đi từ nguồn tới đích
- T : Tập các nút mà đường đi ngắn nhất đã được xác định



Các thủ tục

- **Init():**

Với mỗi nút v , $d[v] = \infty$, $p[v] = \text{NIL}$

$d[s] = 0$

- **Improve(u, v)**, trong đó (u, v) u, v là một cạnh nào đó của G

if $d[v] > d[u] + c(u, v)$ then

$d[v] = d[u] + c(u, v)$

$p[v] = u$

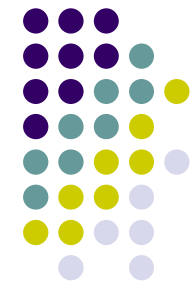


Dijkstra's Algorithm

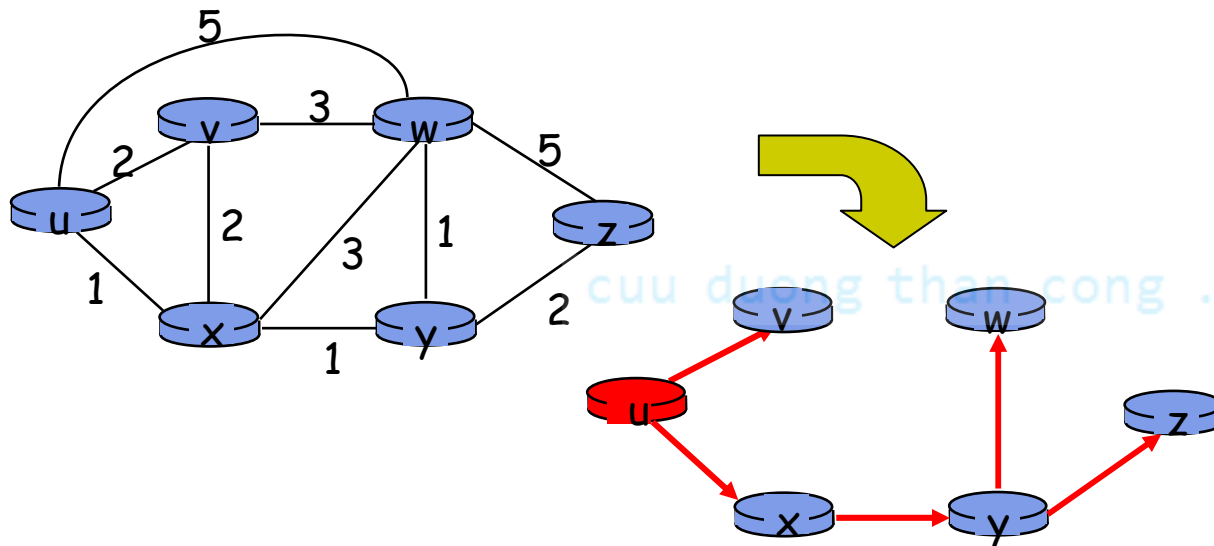
1. **Init()** ;
2. $T = \Phi$;
3. **Repeat**
4. $u: u \in T \mid d(u) \text{ là bé nhất ;}$
5. $T = T \cup \{u\}$;
6. for all $v \in \text{neighbor}(u)$ và $v \notin T$
7. $\text{update}(u, v)$;
8. **Until** $T = V$

cuu duong than cong . com

Dijkstra's algorithm: Ví dụ



| Step | T | $d(v), p(v)$ | $d(w), p(w)$ | $d(x), p(x)$ | $d(y), p(y)$ | $d(z), p(z)$ |
|------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0 | u | 2, u | 5, u | 1, u | ∞ | ∞ |
| 1 | ux | 2, u | 4, x | | 2, x | ∞ |
| 2 | uxy | 2, u | 3, y | | | 4, y |
| 3 | uxyv | | 3, y | | | 4, y |
| 4 | uxyvw | | | | | 4, y |
| 5 | uxyvwz | | | | | |



Bảng chọn đường của u:

| destination | link |
|-------------|--------|
| v | (u, v) |
| x | (u, x) |
| y | (u, x) |
| w | (u, x) |
| z | (u, x) |

SPT của u:

Giải thuật dạng distance-vector (1)



Phương trình Bellman-Ford (quy hoạch động)

Định nghĩa

$d_x(y) :=$ chi phí của đường đi ngắn nhất
từ x tới y

Ta có

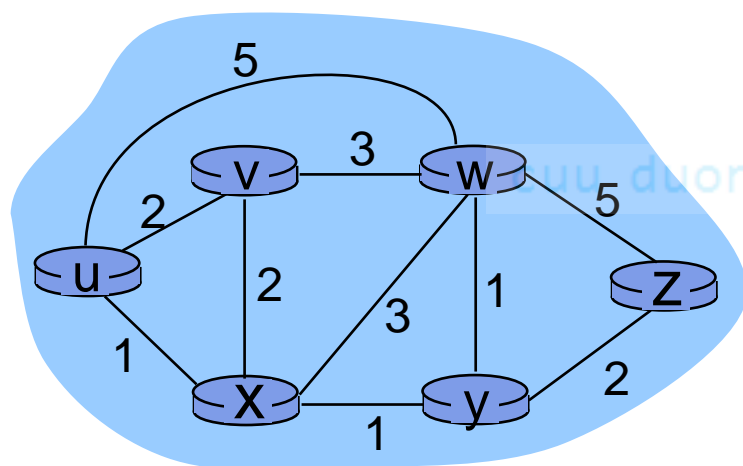
$$d_x(y) = \min_v \{c(x,v) + d_v(y)\}$$

cho tất cả các v là hàng xóm của x



Minh họa Bellman-Ford Eq.

Dễ thấy, $d_v(z) = 5$, $d_x(z) = 3$, $d_w(z) = 3$



B-F eq. cho ta biết:

$$\begin{aligned} d_u(z) &= \min \{ c(u,v) + d_v(z), \\ &\quad c(u,x) + d_x(z), \\ &\quad c(u,w) + d_w(z) \} \\ &= \min \{ 2 + 5, \\ &\quad 1 + 3, \\ &\quad 5 + 3 \} = 4 \end{aligned}$$

Nút nào làm giá trị trên nhỏ nhất → Lựa chọn là nút kế tiếp trong bảng chọn đường

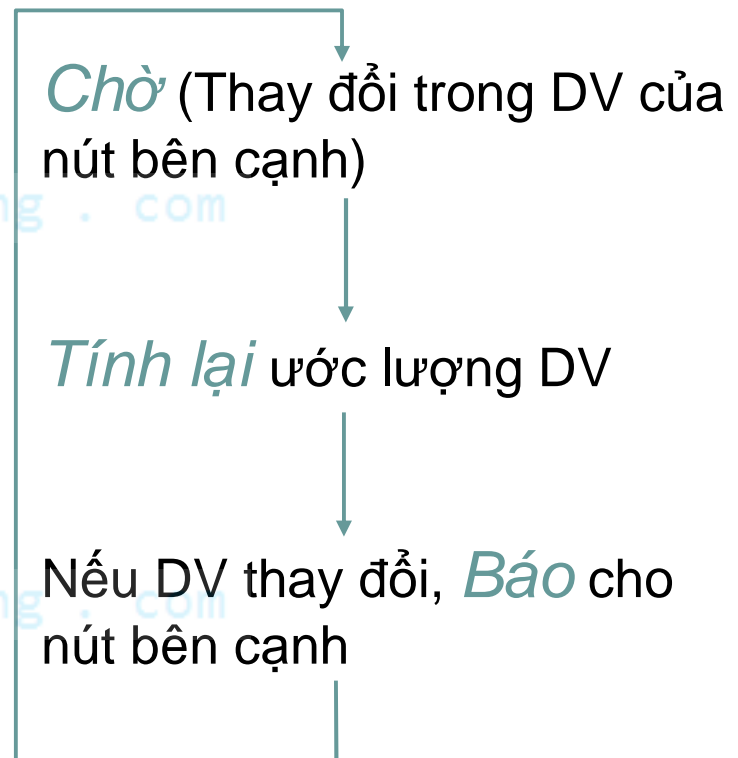
Giải thuật dạng distance-vector (2)



ý tưởng cơ bản:

- DV: Vector khoảng cách, tạm coi là đường đi ngắn nhất của từ một nút tới những nút khác
- Mỗi nút định kỳ gửi DV của nó tới các nút bên cạnh
- Khi nút x nhận được 1 DV, nó sẽ cập nhật DV của nó qua pt Bellman-ford
- Với một số điều kiện, ước lượng $D_x(y)$ sẽ hội tụ dần đến giá trị nhỏ nhất $d_x(y)$

Mỗi nút:





$$D_x(y) = \min\{c(x,y) + D_y(y), c(x,z) + D_z(y)\}$$

$$= \min\{2+0, 7+1\} = 2$$

nút x

chi phí tới

| | x | y | z |
|---|----------|----------|----------|
| x | 0 | 2 | 7 |
| y | ∞ | ∞ | ∞ |
| z | ∞ | ∞ | ∞ |

chi phí tới

| | x | y | z |
|---|---|---|---|
| x | 0 | 2 | 3 |
| y | 2 | 0 | 1 |
| z | 7 | 1 | 0 |

$$D_x(z) = \min\{c(x,y) + D_y(z), c(x,z) + D_z(z)\}$$

$$= \min\{2+1, 7+0\} = 3$$

nút y

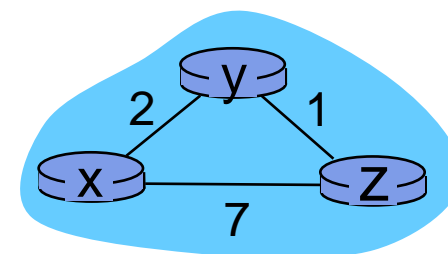
chi phí tới

| | x | y | z |
|---|----------|----------|----------|
| x | ∞ | ∞ | ∞ |
| y | 2 | 0 | 1 |
| z | ∞ | ∞ | ∞ |

nút z

chi phí tới

| | x | y | z |
|---|----------|----------|----------|
| x | ∞ | ∞ | ∞ |
| y | ∞ | ∞ | ∞ |
| z | 7 | 1 | 0 |



► thời gian



$$D_x(y) = \min\{c(x,y) + D_y(y), c(x,z) + D_z(y)\} \\ = \min\{2+0, 7+1\} = 2$$

$$D_x(z) = \min\{c(x,y) + D_y(z), c(x,z) + D_z(z)\} \\ = \min\{2+1, 7+0\} = 3$$

nút x

chi phí tới

| | x | y | z |
|---|---|---|---|
| x | 0 | 2 | 7 |
| y | ∞ | ∞ | ∞ |
| z | ∞ | ∞ | ∞ |

chi phí tới

| | x | y | z |
|---|---|---|---|
| x | 0 | 2 | 3 |
| y | 2 | 0 | 1 |
| z | 7 | 1 | 0 |

chi phí tới

| | x | y | z |
|---|---|---|---|
| x | 0 | 2 | 3 |
| y | 2 | 0 | 1 |
| z | 3 | 1 | 0 |

nút y

chi phí tới

| | x | y | z |
|---|---|---|---|
| x | ∞ | ∞ | ∞ |
| y | 2 | 0 | 1 |
| z | ∞ | ∞ | ∞ |

chi phí tới

| | x | y | z |
|---|---|---|---|
| x | 0 | 2 | 7 |
| y | 2 | 0 | 1 |
| z | 7 | 1 | 0 |

chi phí tới

| | x | y | z |
|---|---|---|---|
| x | 0 | 2 | 3 |
| y | 2 | 0 | 1 |
| z | 3 | 1 | 0 |

nút z

chi phí tới

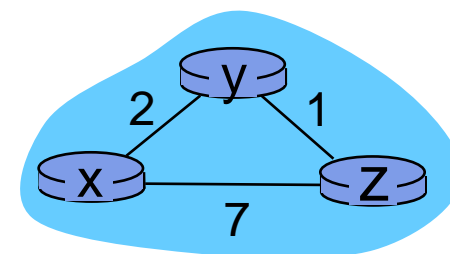
| | x | y | z |
|---|---|---|---|
| x | ∞ | ∞ | ∞ |
| y | ∞ | ∞ | ∞ |
| z | 7 | 1 | 0 |

chi phí tới

| | x | y | z |
|---|---|---|---|
| x | 0 | 2 | 7 |
| y | 2 | 0 | 1 |
| z | 3 | 1 | 0 |

chi phí tới

| | x | y | z |
|---|---|---|---|
| x | 0 | 2 | 3 |
| y | 2 | 0 | 1 |
| z | 3 | 1 | 0 |



thời gian

So sánh các giải thuật LS và DV



Thông điệp trao đổi

- LS: n nút, E cạnh, $O(nE)$ thông điệp
- DV: Chỉ trao đổi giữa các hàng xóm
 - Thời gian hội tụ thay đổi

Tốc độ hội tụ

- LS: Thuật toán: $O(n^2)$ cần $O(nE)$ thông điệp
- DV: Thay đổi

Sự chắc chắn: Giải sử một router hoạt động sai

LS:

- nút gửi các chi phí sai
- Mỗi nút tính riêng bảng chọn đường -> có vẻ chắc chắn hơn

DV:

- DV có thể bị gửi sai
- Mỗi nút tính toán dựa trên các nút khác
 - Lỗi bị lan truyền trong mạng



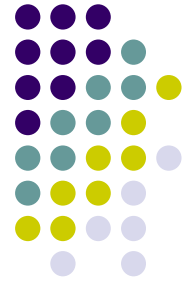
Tóm tắt

- Nguyên lý của bài toán chọn đường
- Tĩnh vs. động, tập trung vs. phân tán
- Link-state vs. distance-vector

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com

Tuần tới: Các giao thức chọn đường trên Internet



- Chọn đường phân cấp
- RIP
- OSPF
- BGP

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com