



BỘ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG  
TRUNG TÂM INTERNET VIỆT NAM

# GIỚI THIỆU KIẾN TRÚC CỦA SWITCH, ROUTER & CÁC CÔNG NGHỆ MẠNG PHỔ BIẾN

VNNIC Academy

# Nội dung

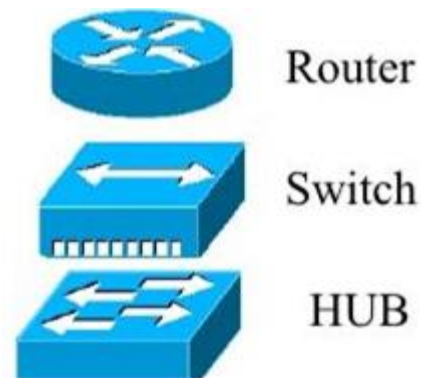


- 1 Kỹ thuật Switching
- 2 Kiến trúc của Switch
- 3 Router & IP address
- 4 Kỹ thuật Routing
- 5 Kiến trúc Router
- 6 Giới thiệu các công nghệ

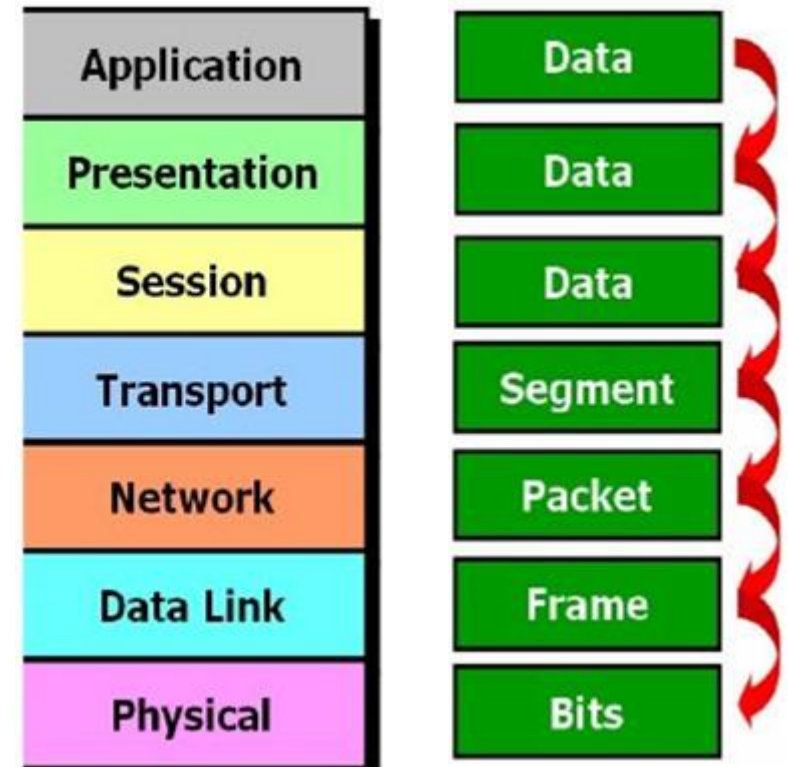
# Giới thiệu

- Hai thiết bị quan trọng & phổ biến nhất trong các hệ thống mạng là **Switch** và **Router**
- Tốc độ của Switch & Router tăng lên không ngừng và là nền tảng để phát triển công nghệ và các dịch vụ mạng
- Nhiều giao thức & công nghệ được phát triển và áp dụng đối với Router như: OSPF, BGP, LDP, RSVP, MPLS, SDN, Segment Routing ...

Nội dung bài giới thiệu này trình bày chi tiết về kiến trúc phần cứng của Switch và Router. Chính kiến trúc này đã giúp nâng cao năng lực xử lý và cũng là tiền đề để ra đời của các công nghệ tiên tiến nhất hiện nay



## Mô hình OSI

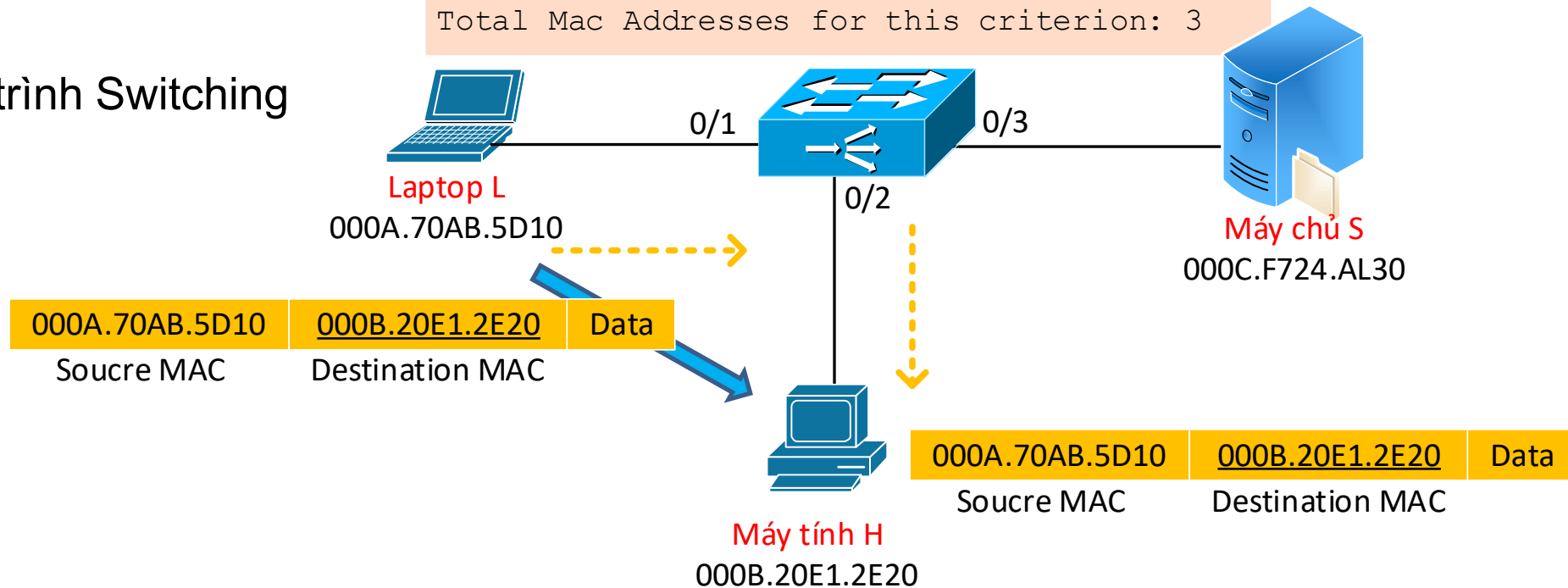


# 1. Kỹ thuật Switching (1)

- Nhiệm vụ cơ bản nhất của Switch là chuyển mạch cho các khung tin (frame)
- Một thành phần không thể thiếu để giúp chuyển mạch đó là **MAC address table**

Đây là trình tự của quá trình Switching một khung tin

```
2960-1#show mac address-table
Mac Address Table
-----
Vlan    Mac Address      Type        Ports
----    -
1       000A.70AB.5D10   DYNAMIC     Fa0/1
1       000B.20E1.2E20   DYNAMIC     Fa0/2
1       000C.F724.AL30   DYNAMIC     Fa0/3
Total Mac Addresses for this criterion: 3
```



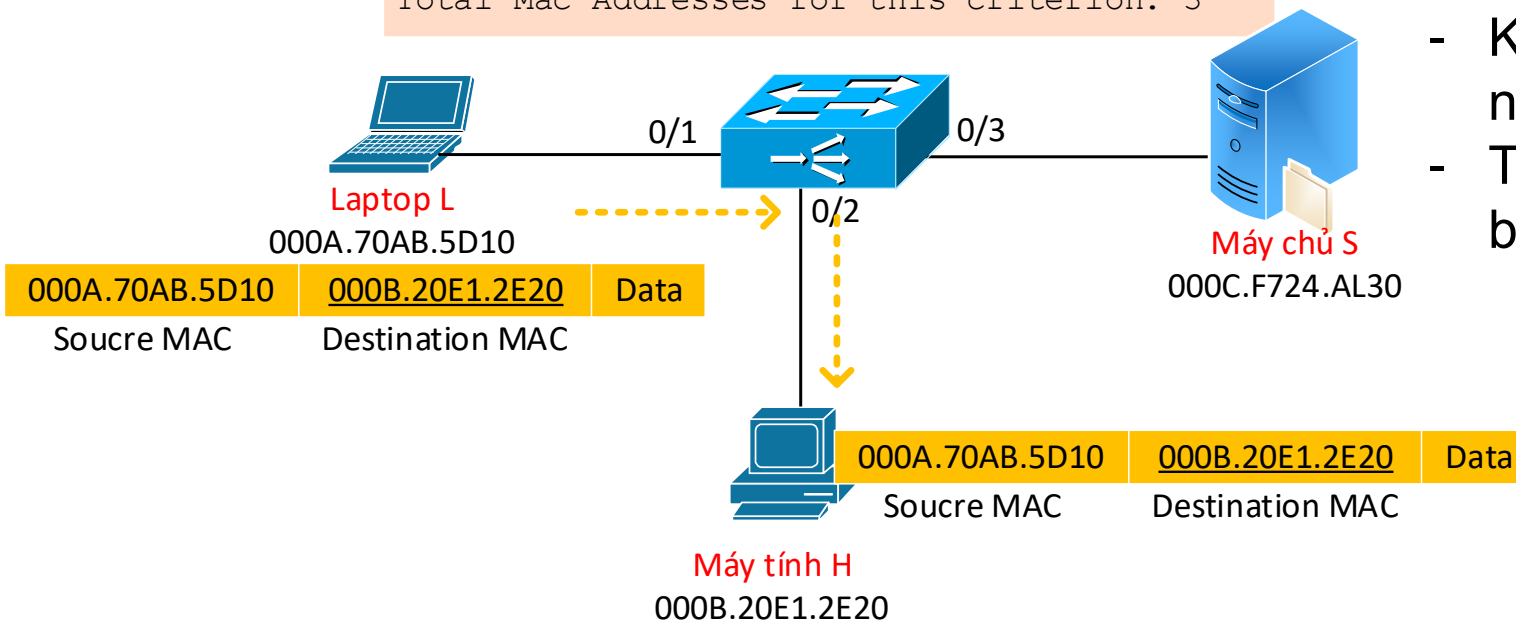


# 1. Kỹ thuật Switching (2)

```
2960-1#show mac address-table
```

Mac Address Table

Vlan	Mac Address	Type	Ports
1	000A.70AB.5D10	DYNAMIC	Fa0/1
1	<b>000B.20E1.2E20</b>	DYNAMIC	<b>Fa0/2</b>
1	000C.F724.AL30	DYNAMIC	Fa0/3
Total Mac Addresses for this criterion: 3			



## Đặc điểm của kỹ thuật Switching:

- Xử lý khung tin ở lớp 2
- Chỉ kiểm tra địa chỉ Destination MAC
- Không thay đổi cấu trúc khung tin (giữ nguyên MAC nguồn và đích)
- Tra cứu thông tin cổng ra (egress) trên bảng MAC table

# 1. Kỹ thuật Switching (3)

Những câu hỏi đặt ra:

- Việc xử lý switching này thực hiện bằng phần cứng hay phần mềm ?
- Bảng MAC table được lưu ở đâu ?
- Việc tra cứu bảng MAC-table được thực hiện như thế nào ?
- Kiến trúc phần cứng của Switch có hỗ trợ gì cho việc Switching hay không ?

## 2. Kiến trúc phần cứng của Switch (1)

### Tính năng đặc biệt của Switch

High port density	Có thể cung cấp 24, 48, 52, 96, 192 port
Port speed	1Gbps, 10Gbps, 25Gbps, 40Gbps, 100Gbps, 400Gbps
Fast internal switching	Tốc độ chuyển mạch nhanh, cho phép tốc độ hoạt động tối đa của mỗi port đạt đúng tốc độ vật lý của port đó (line-rate)
Large frame buffers	Lượng bộ nhớ đệm (buffer) lớn, cho phép nhận được nhiều khung tin, hạn chế việc drop và xung đột xảy ra.
Low per-port cost	Giá thành tính trên đơn vị port rất thấp

## 2. Kiến trúc phần cứng của Switch (2)

Việc xử lý switching nếu thực hiện theo giải pháp phần mềm thì xảy ra vấn đề:

- CPU tham gia xử lý dữ liệu liên tục → hạn chế xử lý các tác vụ khác (multi task)
- Phần mềm xử lý theo thuật toán (algorithm) → không thực hiện song song & có độ trễ lớn
- Nếu tốc độ port vật lý cao & số lượng port lớn → năng lực của CPU không thể đáp ứng

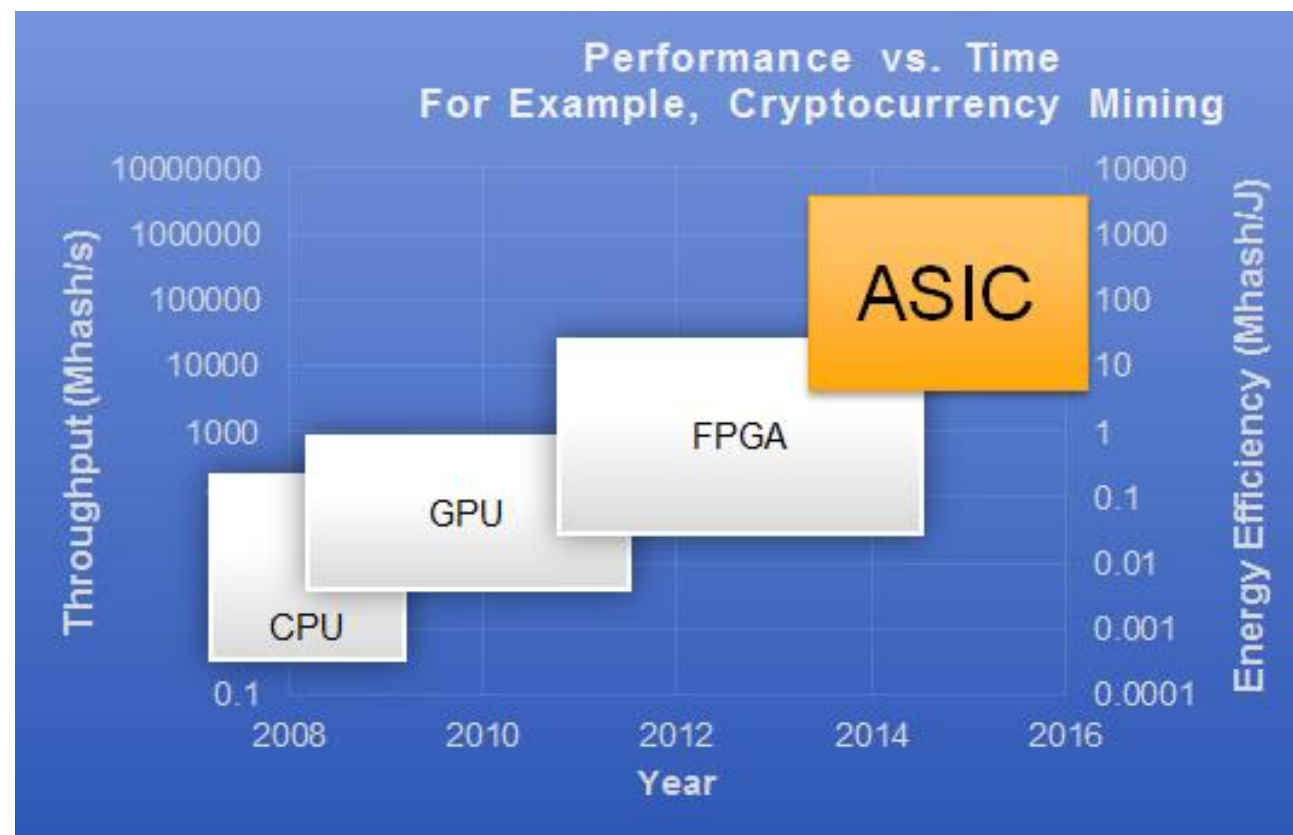
→ Dùng module phần cứng để xử lý thay cho phần mềm

Module này có tên là ASIC

**ASIC** = Application-Specific Integrated Circuit

ASIC = một vi mạch IC

**ASIC** = thiết kế thay thế một ứng dụng cụ thể



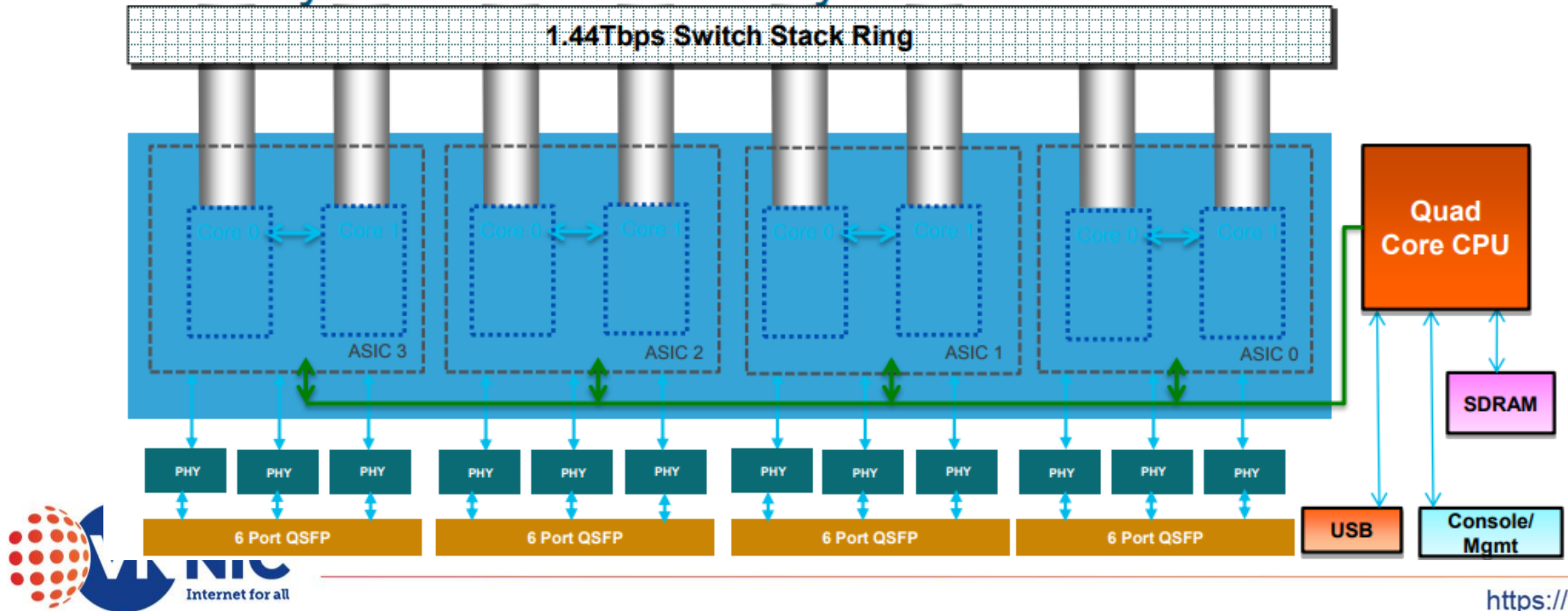


## 2. Kiến trúc phần cứng của Switch (3)

Trong Switch, các port vật lý được chia theo nhóm, mỗi nhóm nối trực tiếp vào 2 mạch ASIC để dự phòng

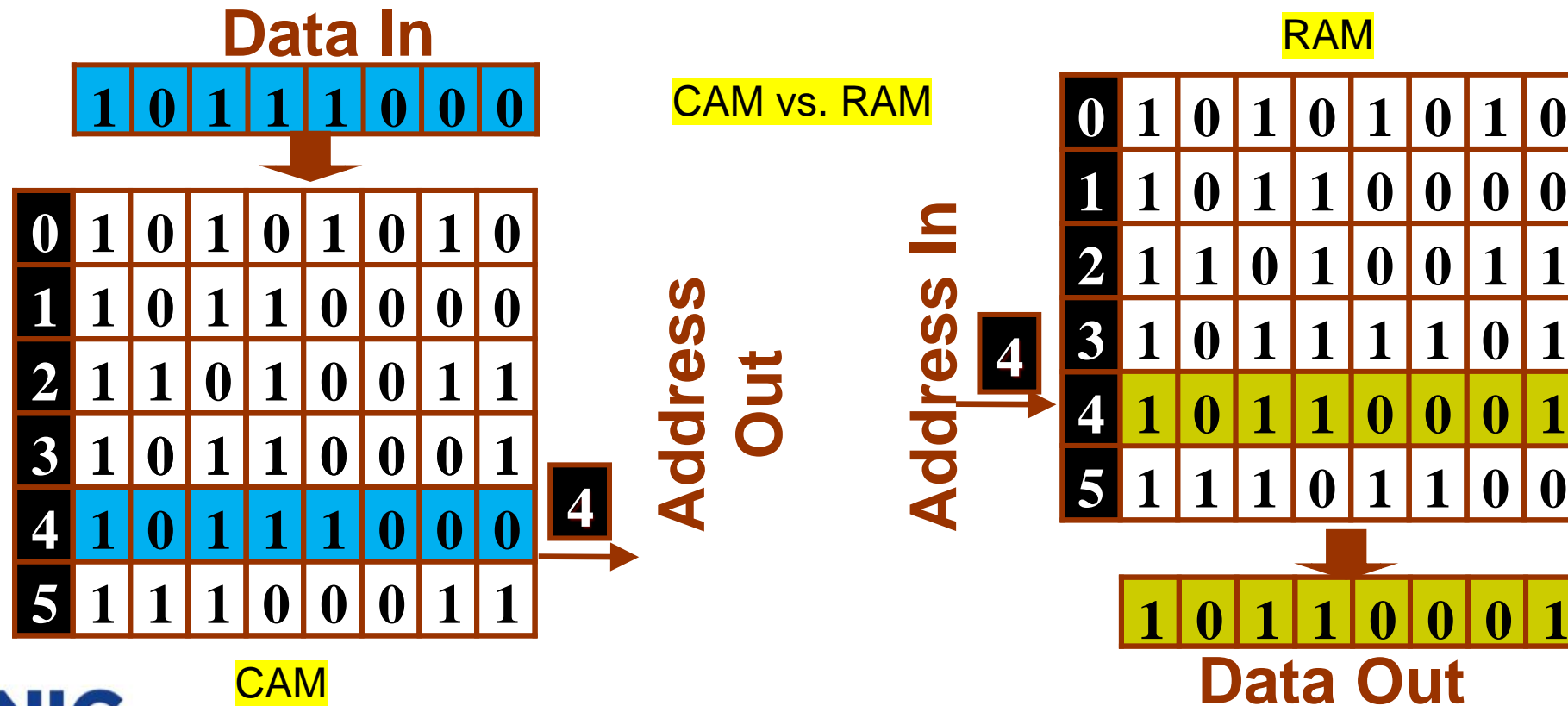
Các mạch ASIC này được nối trực tiếp với nhau thông qua BUS riêng

### Catalyst 9500 24x40G Layout



## 2. Kiến trúc phần cứng của Switch (4)

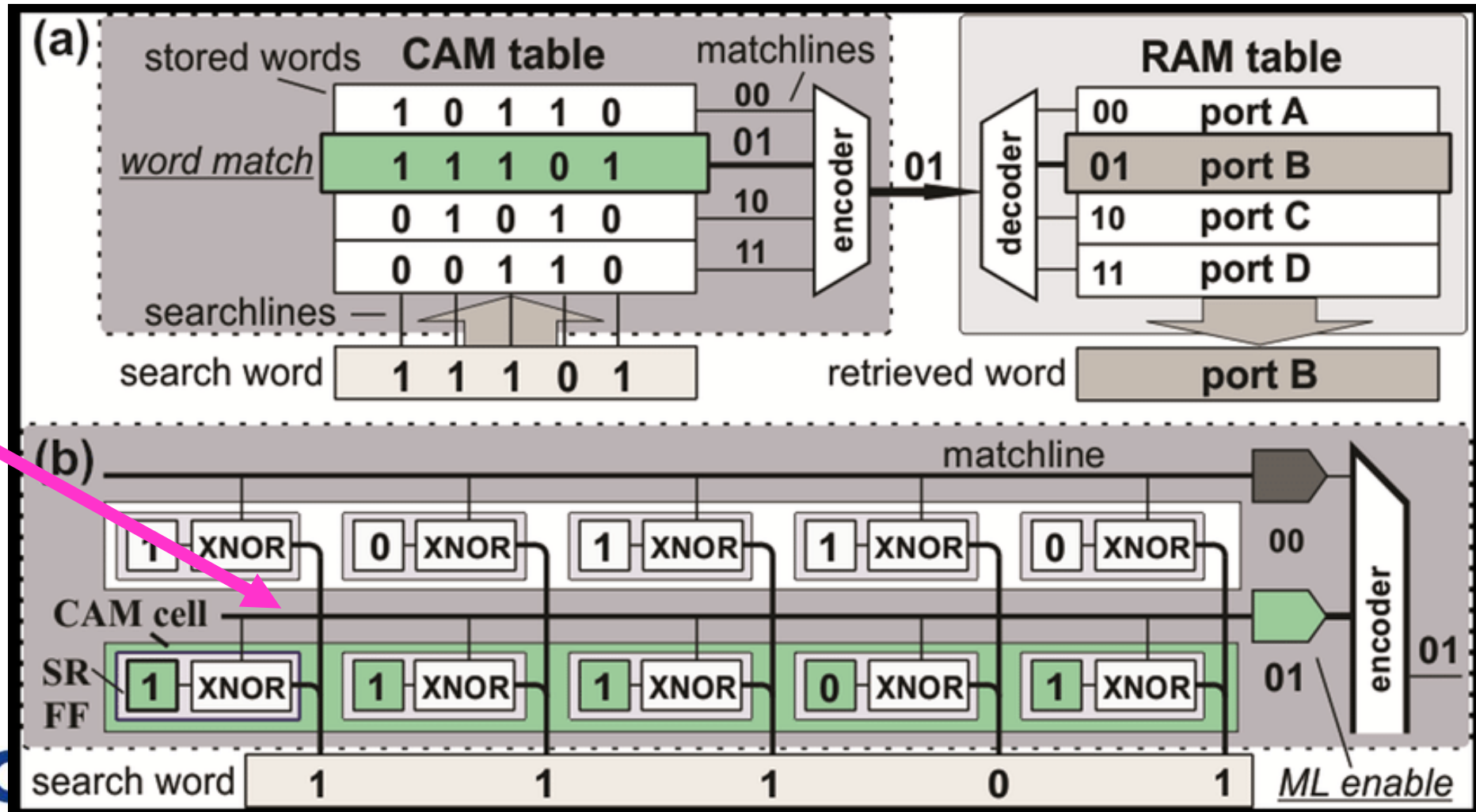
- MAC table được chứa trong CAM table (Content Addressable Memory), là một loại bộ nhớ đặc biệt nằm trên board mạch ASICs
- Cách thức hoạt động của CAM khác hoàn toàn so với bộ nhớ RAM



## 2. Kiến trúc phần cứng của Switch (5)

Cách thức hoạt động của CAM + RAM: CAM chứa địa chỉ MAC và RAM chứa tên port tương ứng với địa chỉ MAC

Việc dò tìm trên bảng CAM được thực hiện song song → giúp tăng tốc độ Switching → đáp ứng tốc độ port cao & số lượng port nhiều

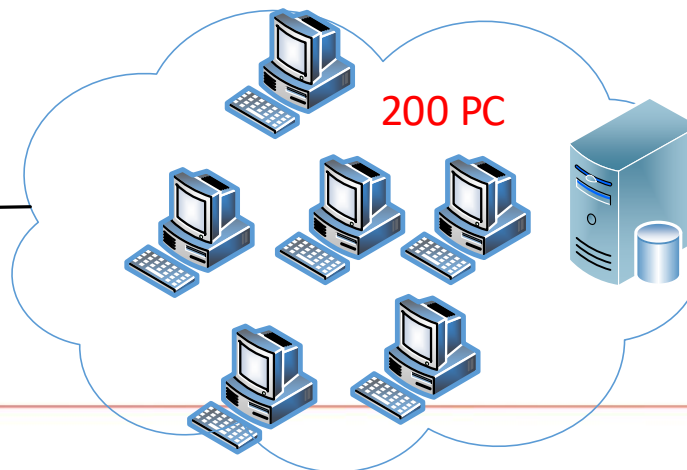
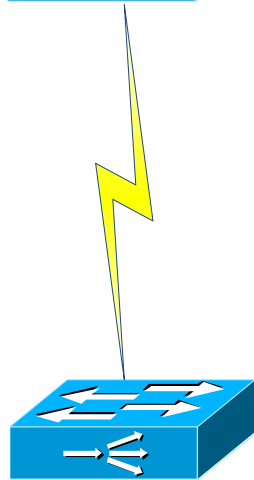
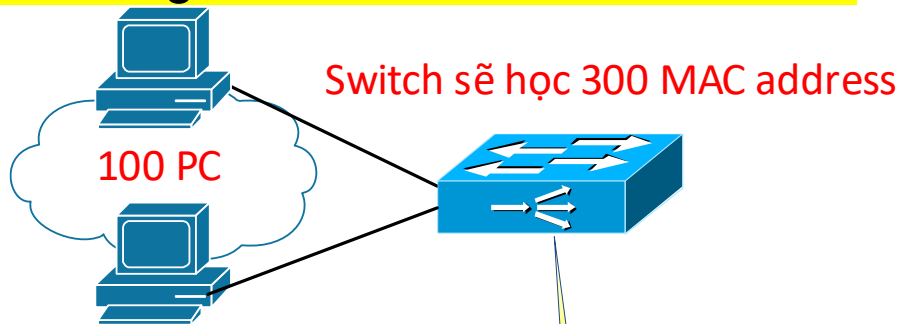


### 3. Router & địa chỉ IP (1)

Nếu chỉ sử dụng Switch để kết nối mạng thì sẽ xảy ra vấn đề:

- Mỗi Switch sẽ học toàn bộ địa chỉ MAC khi kết nối nhiều hệ thống mạng với nhau → **lãng phí CPU, RAM**

- Không thể phân chia ra các mạng con vì địa chỉ MAC không có cấu trúc → **Ảnh hưởng bảo mật và không có cơ chế kiểm soát kết nối**



←-6 byte = 12 số hexa->



←---OUI---> ←---NIC--->

Organizational Unique Identifier Network Interface Controller

00000ABB28FC  
e4-c7-22-84-50-e3  
ac9b-0af4-2e94  
00:0d:83:b1:c0:8e  
E8FC.AFB9.BEA2

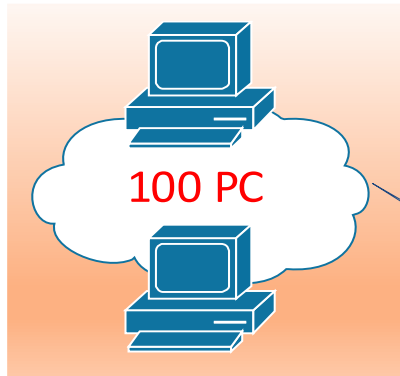
Địa chỉ MAC không có cấu trúc



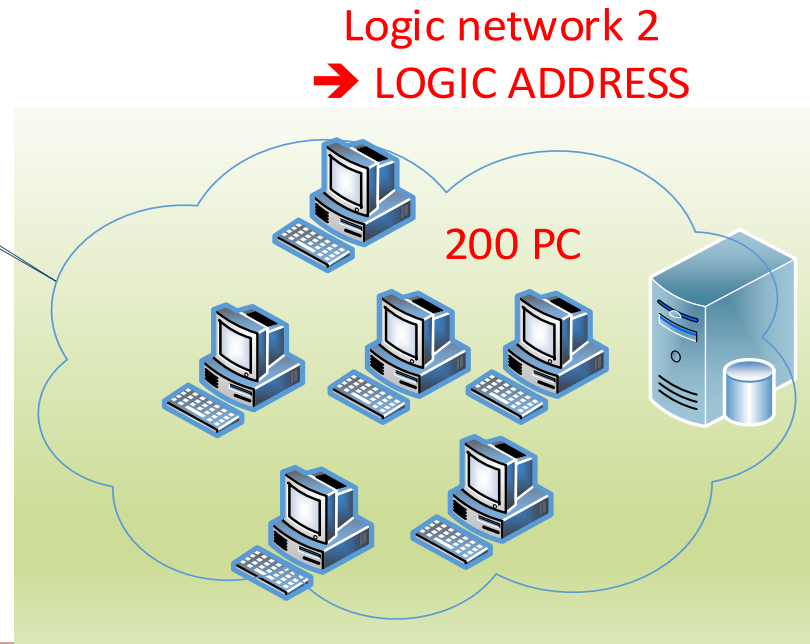
### 3. Router & địa chỉ IP (2)

Cần có 1 loại địa chỉ mới khác với địa chỉ MAC để định danh từng hệ thống mạng riêng lẻ

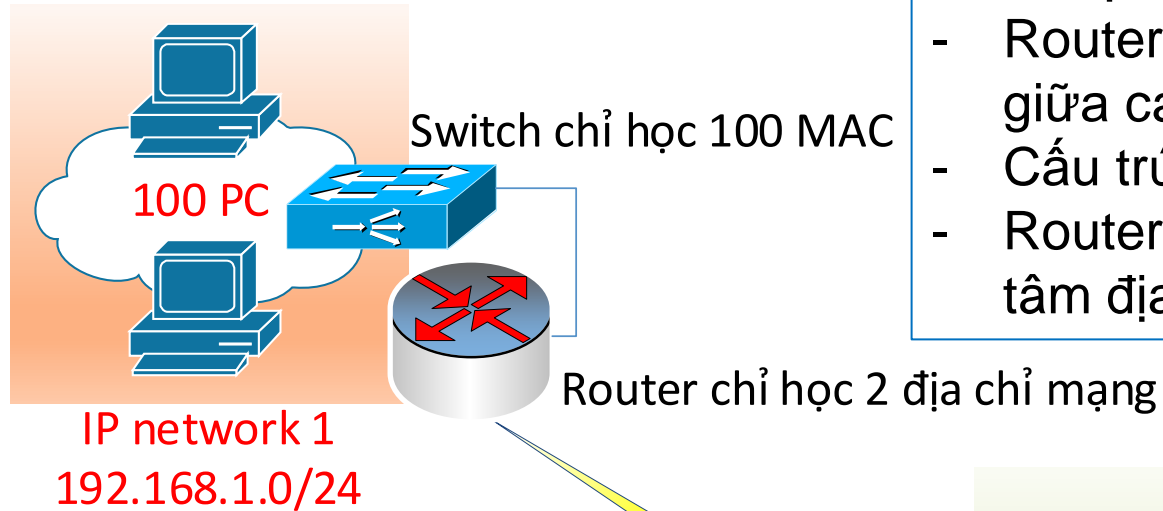
Vì MAC là địa chỉ vật lý nên địa chỉ mới sẽ là địa chỉ LOGIC và có cấu trúc



Logic network 1  
→ LOGIC ADDRESS



### 3. Router & địa chỉ IP (3)



- Giao thức **TCP/IP** hỗ trợ địa chỉ logic có tên là **IP address** và địa chỉ này được xử lý bởi **ROUTER**
- Router có nhiệm vụ **xác định hướng và chuyển** gói tin đi giữa các mạng logic. Mỗi gói tin đều có **IP nguồn & đích**
- Cấu trúc địa chỉ IP gồm 2 phần **Network-ID & Host-ID**
- Router chỉ quan tâm địa chỉ mạng (Network-ID), không quan tâm địa chỉ Host

IP network 2  
172.16.2.0/16

Router chỉ học 2 địa chỉ mạng

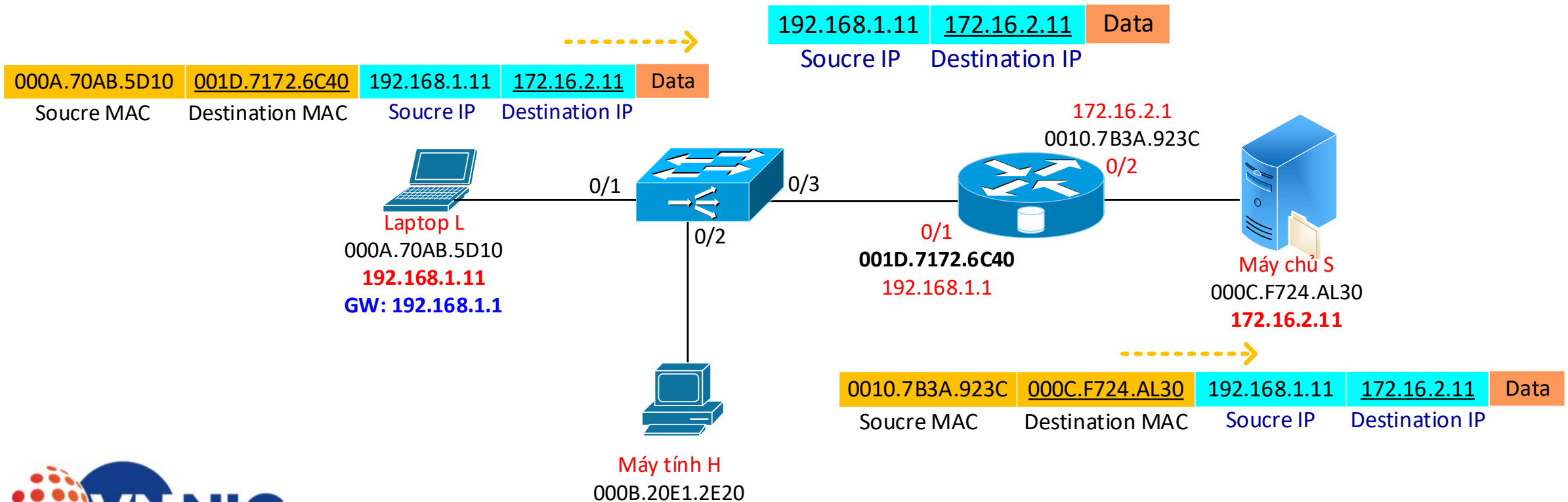
Switch chỉ học 200 MAC

## 4. Kỹ thuật Routing (1)

Quá trình Router xử lý gói tin phụ thuộc vào bảng định tuyến (**Routing table**)

```
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area ...
Gateway of last resort is not set

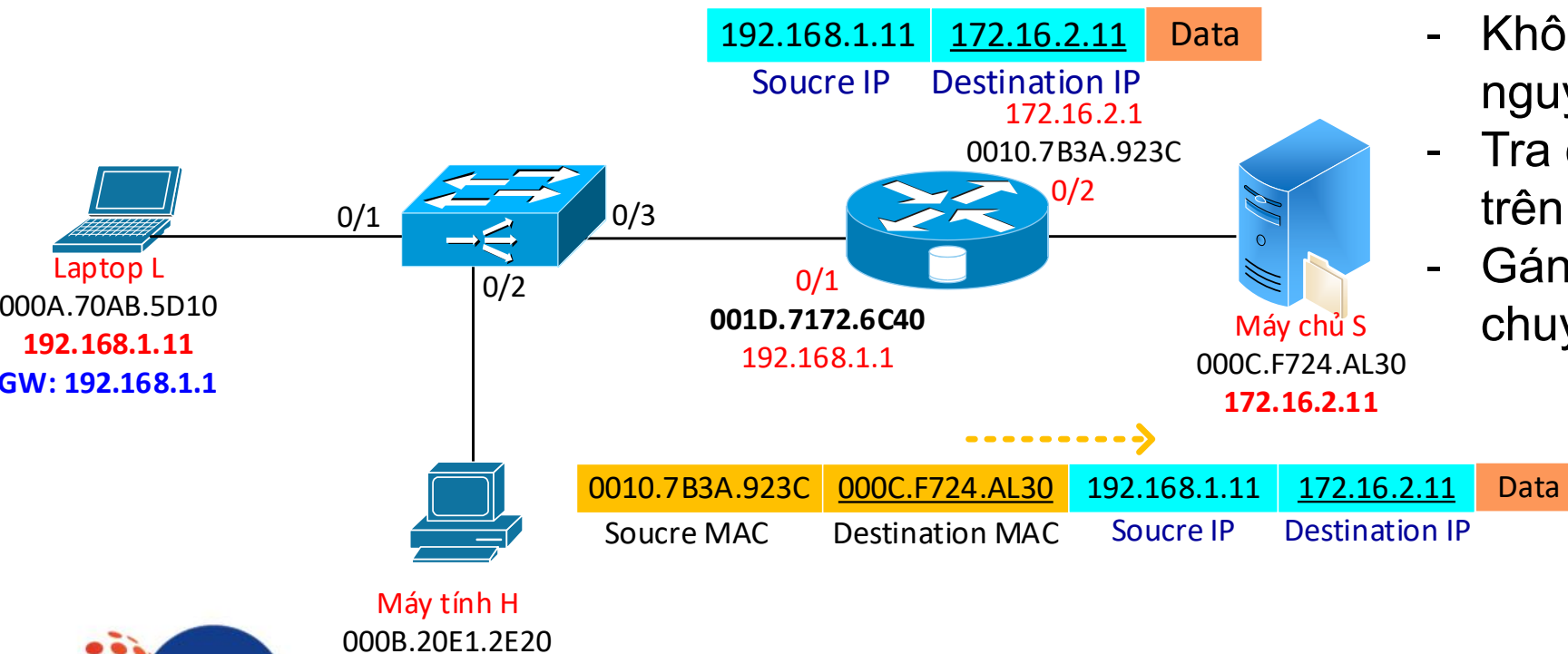
C    172.16.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/2
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```



## 4. Kỹ thuật Routing (2)

```
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area ...
Gateway of last resort is not set
```

```
C 172.16.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/1
C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```



### Đặc điểm của kỹ thuật Routing:

- Gỡ thông tin Layer 2 của frame
- Kiểm tra địa chỉ **Destination IP**
- Không thay đổi địa chỉ gói tin (giữ nguyên IP nguồn và đích)
- Tra cứu thông tin cổng ra (egress) trên bảng **Routing-table**
- Gán thông tin Layer 2 mới và chuyển dữ liệu đi



## 4. Kỹ thuật Routing (3)

Routing là quá trình Router **thông qua bảng Routing-table** chuyển gói tin đi đến **next-hop** tương ứng **IP đích** trong gói tin.

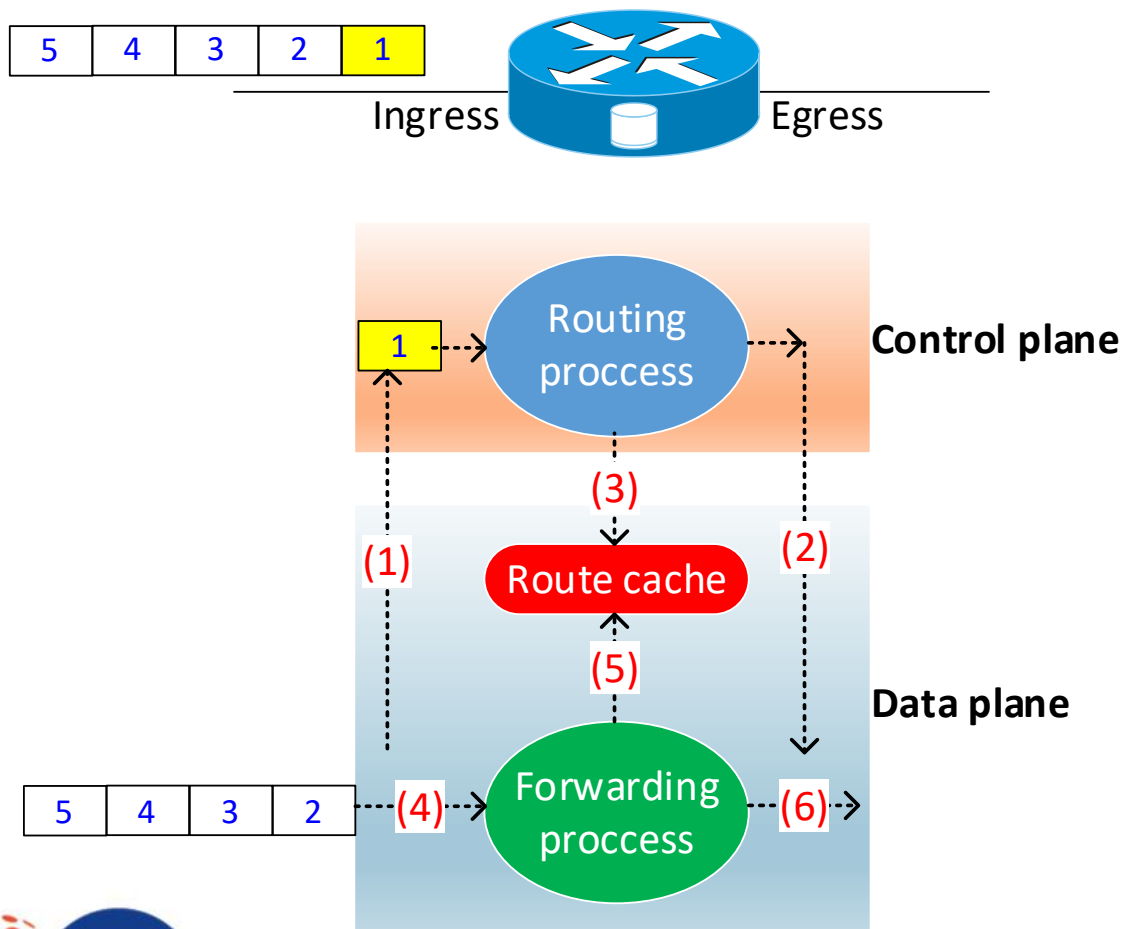
**Việc xử lý gói tin của Router gồm các quá trình:**

- **Tra cứu Routing-table** để tìm next-hop cho gói tin đi (dùng CPU)
- **Tìm kiếm cổng ra** (egress) cho gói tin
- Tìm và gán **thông tin Layer 2 mới** cho gói tin (sử dụng giao thức ARP + CPU)

Để tăng tốc độ xử lý gói tin → cần phải hạn chế sự tham gia của CPU  
Khi đó Router sẽ hỗ trợ được port vật lý có tốc độ cao & số port nhiều hơn

## 4. Kỹ thuật Routing (4)

**Cách tối ưu thứ nhất:** Route-cache (hoặc flow-based forwarding hoặc fast forwarding)



- Gói tin thứ nhất được Routing như bình thường dựa vào IP đích (bước 1 & 2)
- Thông tin Layer 2 tương ứng với IP đích được CACHE lại (bước 3)
- Các gói tin khác có cùng IP đích sẽ được gán thông tin Layer 2 đã được Cache trước đó và forward ra cổng Egress tương ứng (bước 4, 5, 6) mà không cần qua CPU xử lý

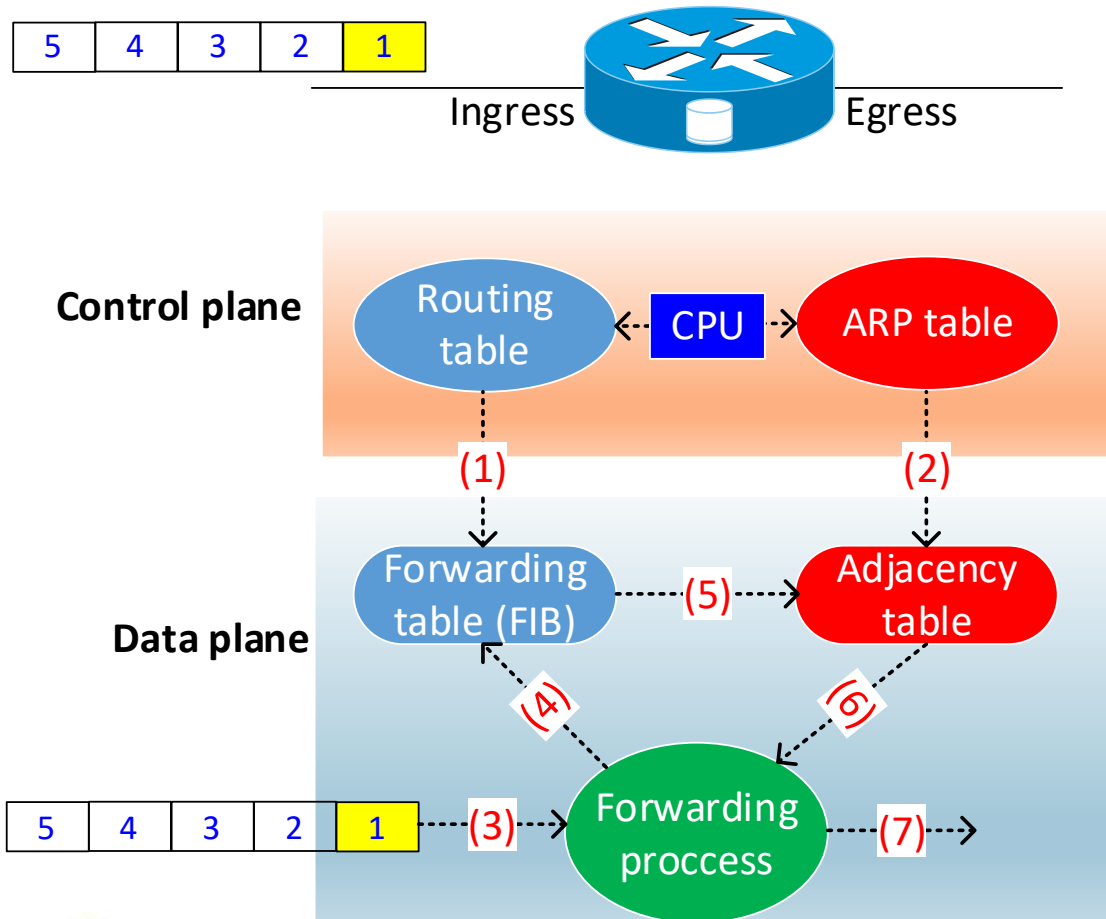
→ Router chia thành 2 cụm chức năng: **CONTROL PLANE** & **DATA PLANE**

**Vấn đề tồn tại:**

- Việc Cache dựa vào IP đích → CPU vẫn xử lý nhiều gói tin có các đích khác nhau & bộ nhớ cache mau đầy
- Khi Routing-table thay đổi → Cache k0 cập nhật

## 4. Kỹ thuật Routing (5)

### Cách tối ưu thứ hai: Express forwarding



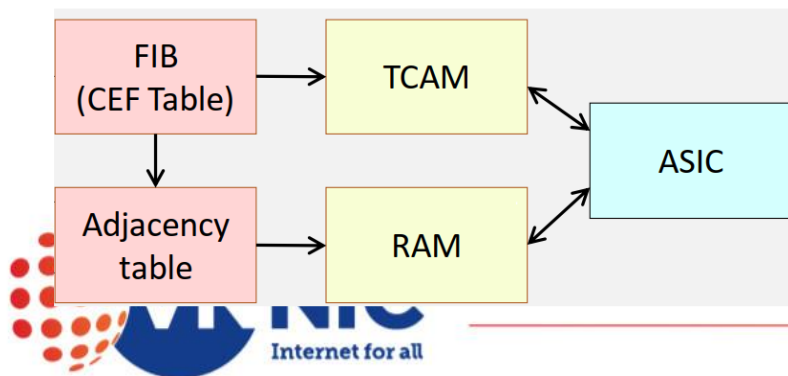
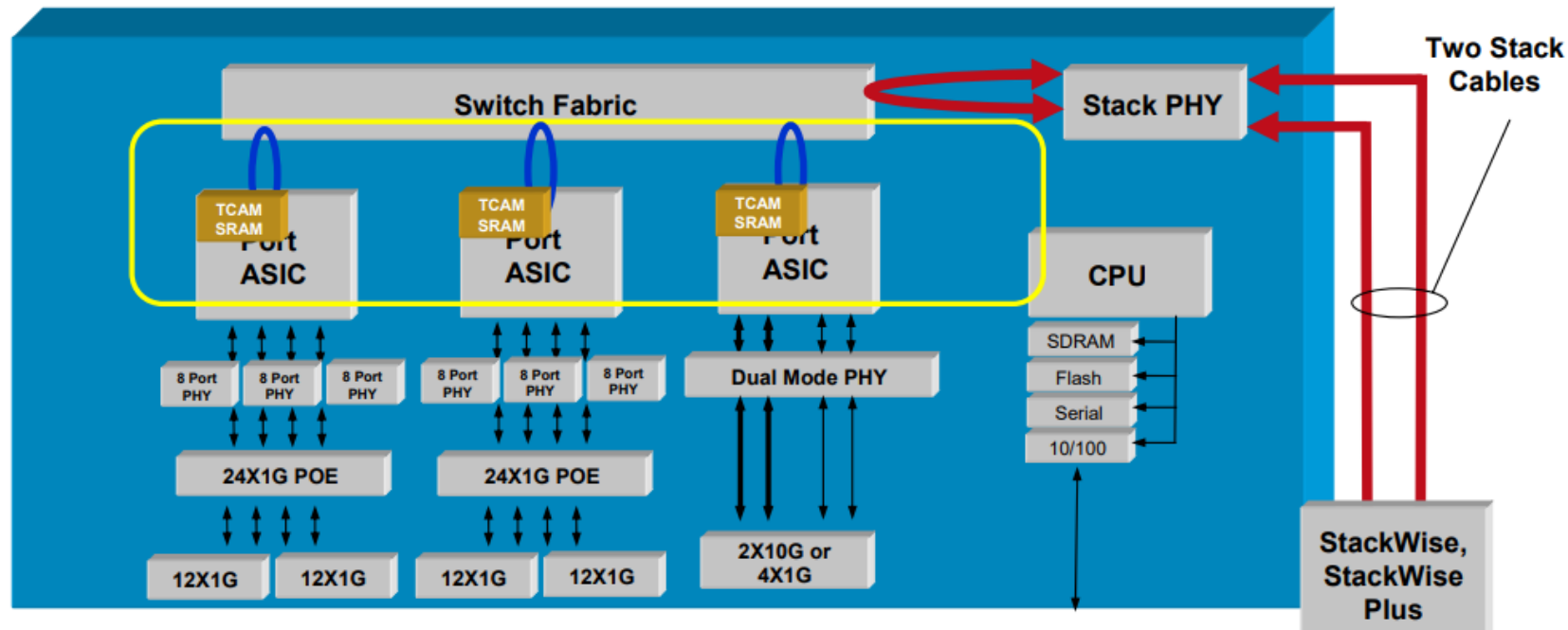
- Khi Routing-table được tạo thì đồng thời tạo **bảng FIB (bước 1)**. FIB chứa **NETWORK PREFIX** và **NEXT-HOP IP address**.
- Bảng **Adjacency table** được tạo ra từ ARP table (**bước 2**). Bảng này chứa **thông tin Layer 2** của các **Next-Hop có trong bảng FIB**.
- Khi các gói tin đến (**bước 3**), địa chỉ **IP đích** được so với **PREFIX** trong bảng FIB (**bước 4**) để tìm **Next-Hop** tương ứng.
- Tiếp theo tìm **thông tin Layer 2 của Next-Hop** trong Adjacency table (**bước 5**) và trả về cho Forwarding process (**bước 6**).
- Gói tin được gán Layer 2 và chuyển đi (**bước 7**)
- Không có gói tin nào được xử lý bởi CPU

### Câu hỏi đặt ra:

- Bảng FIB & Adjacency nằm ở đâu & hoạt động như thế nào ?

## 5. Kiến trúc phần cứng của Router (1)

Trong Router vẫn có vi mạch ASIC hỗ trợ xử lý gói tin như trong Switch nhưng không có bộ nhớ CAM mà thay vào đó là **bộ nhớ TCAM** (Ternary Content Addressable Memory)

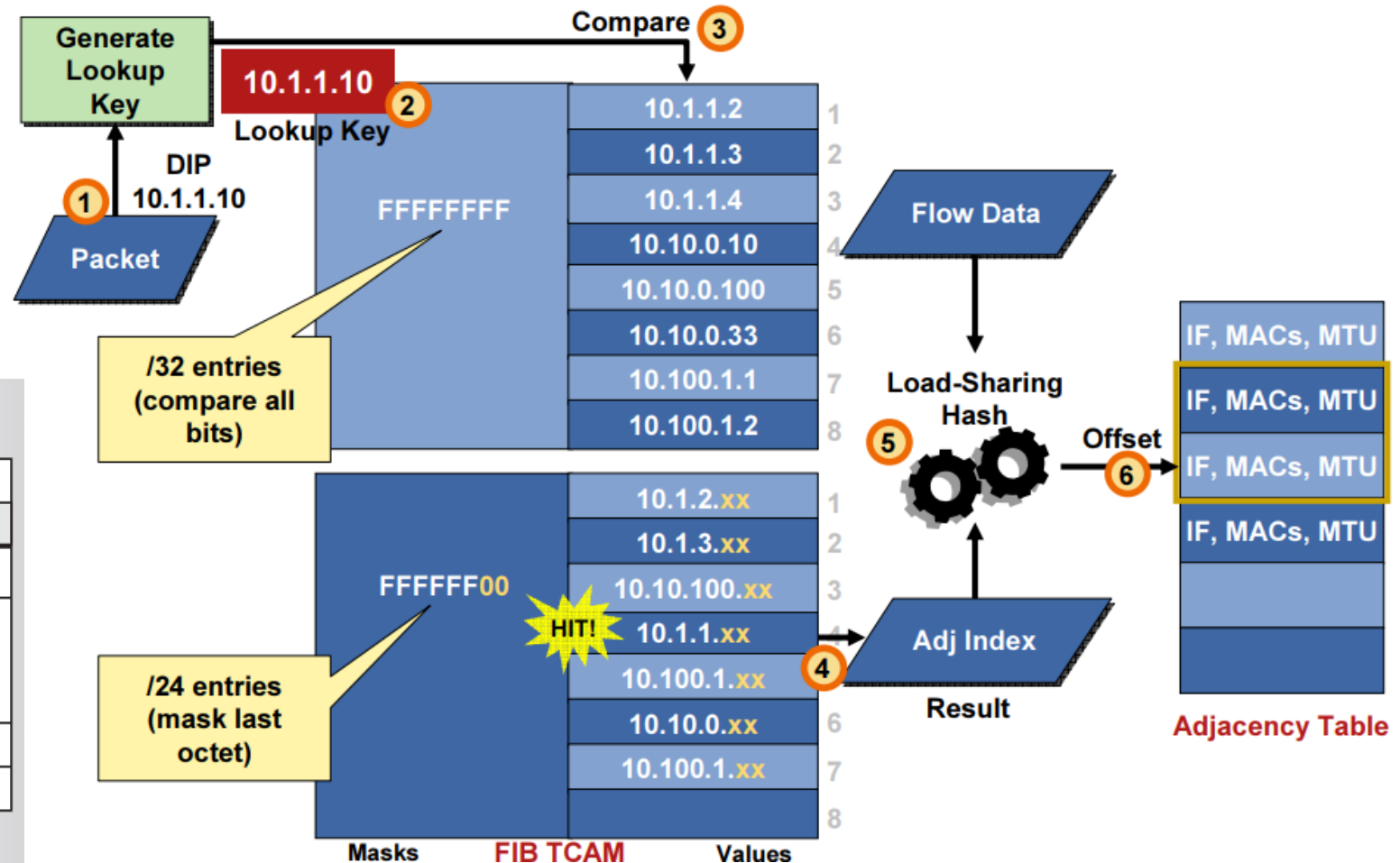
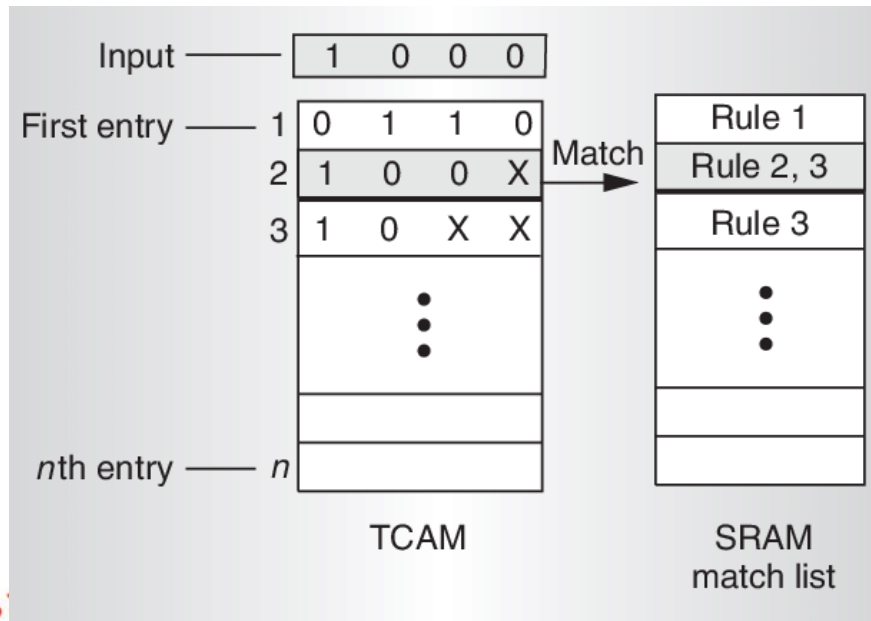


- Vì Router tìm Network prefix trong bảng FIB nên bảng này được chứa trong bộ nhớ TCAM
- Sau khi tìm được Prefix trên TCAM, thông tin Layer 2 của next-hop sẽ được map đến 1 địa chỉ trên RAM nên Adjacent table sẽ được chứa trên RAM



## 5. Kiến trúc phần cứng của Router (2)

- **CAM** (còn gọi là Binary CAM) chỉ chứa **2 giá trị: 0 & 1**
- **TCAM** (Ternary CAM) chứa **3 giá trị: 0, 1 và X** (là giá trị không cần quan tâm hoặc so sánh khi tìm kiếm)
- Giá trị X phục vụ cho **Subnet mask** hoặc **Wildcast mask** trong ACL



Cách Router tìm Prefix phù hợp nhất với địa chỉ destination IP  
Cách tìm này cũng được thực hiện song song như bảng CAM

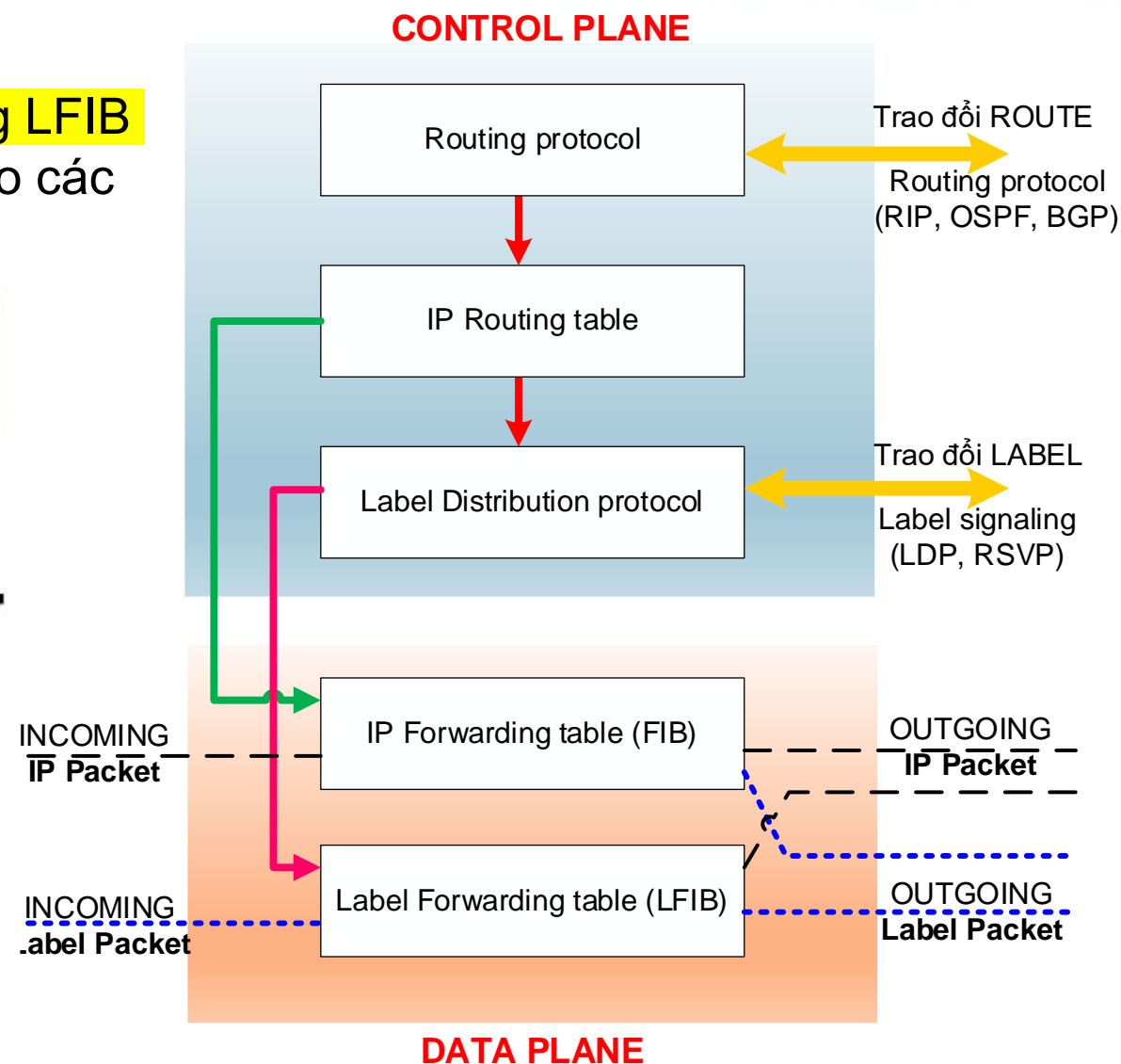
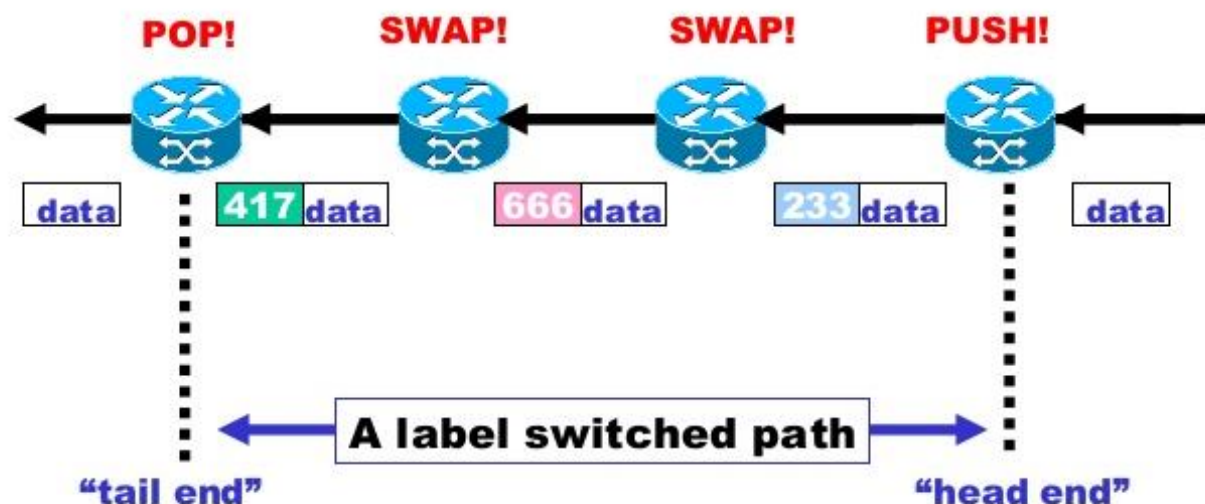
## 5. Kiến trúc phần cứng của Router (3)

- Kỹ thuật Express forwarding kết hợp với phần cứng ASIC, TCAM đã giúp cho việc xử lý gói tin của Router nhanh hơn.
- Việc này cũng giúp Router hỗ trợ được nhiều port hơn và tốc độ cao hơn
- Ngoài ra việc phân chia kiến trúc của Router thành 2 phần Control-plane và Data-plane cũng là tiền đề cho ra đời các công nghệ tiên tiến khác

## 6. Giới thiệu một số công nghệ phổ biến (1): MPLS (Multiprotocol Label Switching)

Công nghệ **MPLS** bổ sung thêm giao thức **Label Distribution Protocol** vào phần Control-plane và **bảng LFIB** vào Data-plane giúp Router Switching gói tin dựa vào các **LABEL**

### A Label Switched Path (LSP)

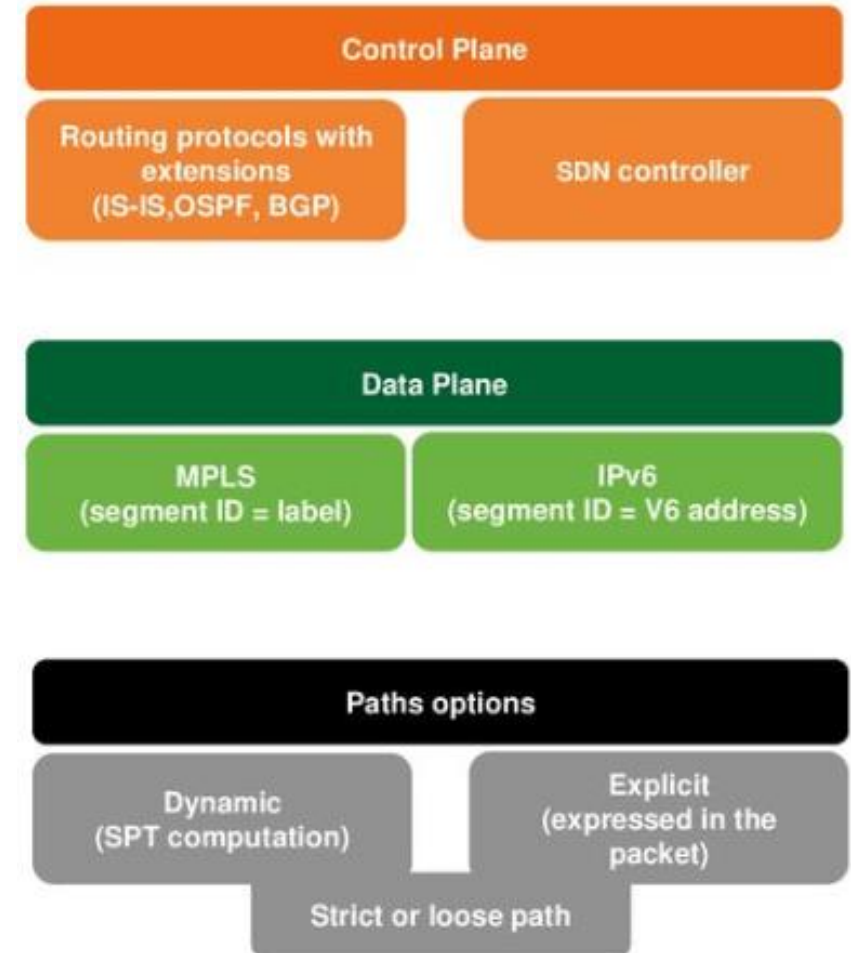
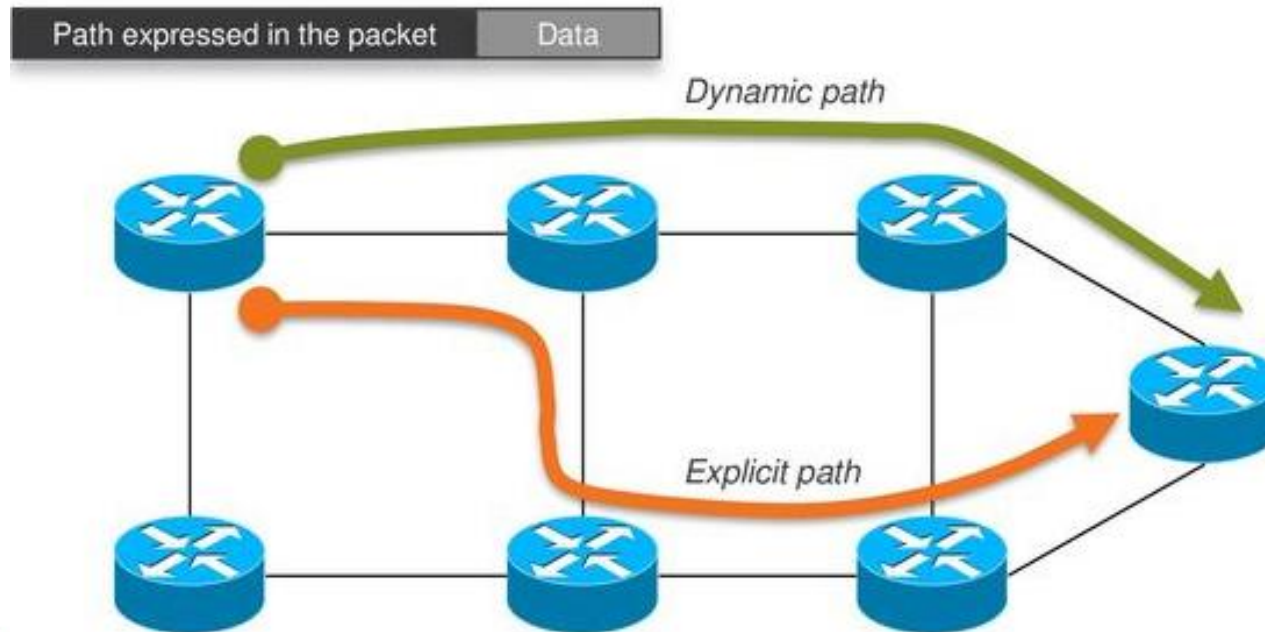


## 6. Giới thiệu một số công nghệ phổ biến (2): Segment Routing

Công nghệ **Segment Routing** được áp dụng trong hệ thống mạng MPLS và IPv6

Các Routing protocol được bổ sung các **extension** cho phép chứa các **segment** mà gói tin cần phải đi qua

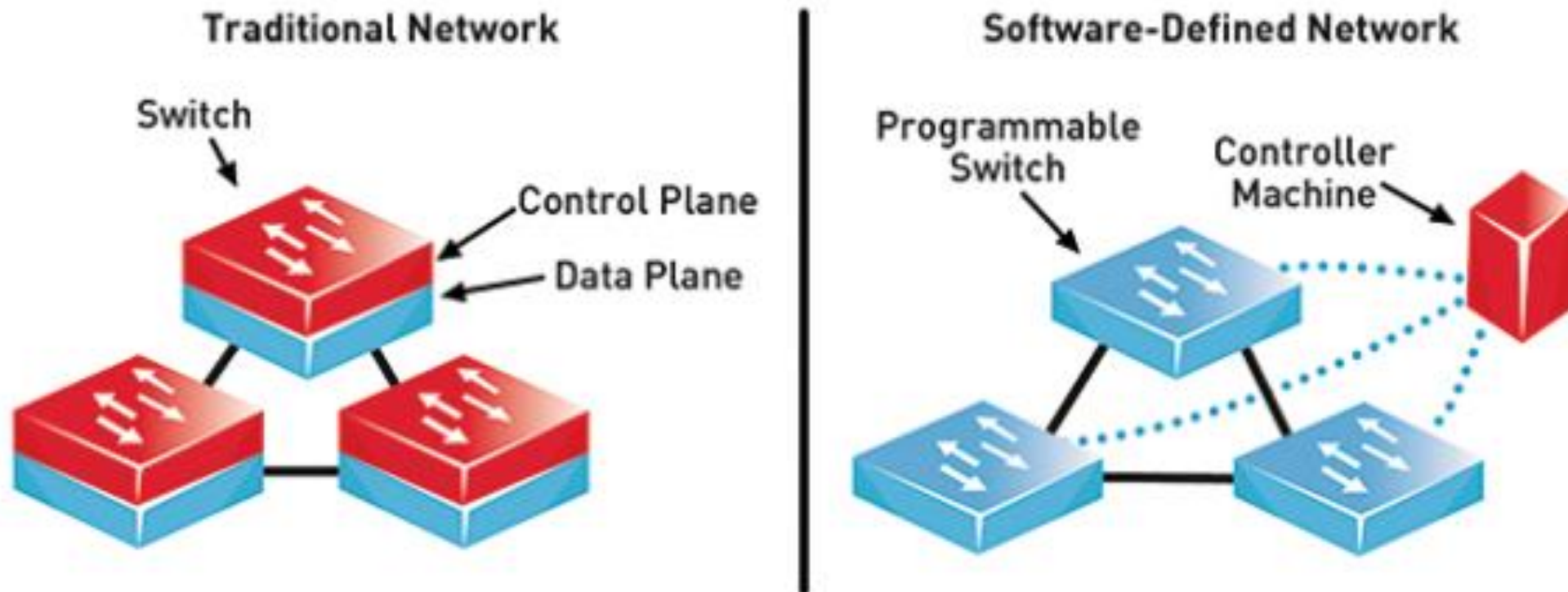
→ Router source (hoặc SDN controller) có thể **chỉ định đường đi** của gói tin mà không theo **Dynamic Path** của Routing-table





## 6. Giới thiệu một số công nghệ phổ biến (3): SDN (Software Defined Network)

Thay vì để các Control-plane nằm phân tán tại từng thiết bị, công nghệ **SDN** đã tập trung toàn bộ các Control-plane này về tại một server gọi là SDN Controller nhằm giải phóng tài nguyên cho mỗi thiết bị và có thể quản lý tối ưu hơn



- Năng lực của Switch & Router đã nâng lên rất nhiều nhờ các kỹ thuật & công nghệ phần cứng như: **CAM, TCAM, ASICs**
- Sự phân chia hoạt động của Router thành 2 cụm chức năng: **Control plane & Data plane** đã giúp tăng tốc độ xử lý dữ liệu và mang đến những công nghệ mới như: **MPLS, SDN, Segment routing** ...



NÂNG TẦM THƯƠNG HIỆU VIỆT



Xin trân trọng  
cảm ơn !

## BỘ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG - TRUNG TÂM INTERNET VIỆT NAM

TP. Hà Nội: Tầng 24, Toà nhà VNTA, Dương Đình Nghệ, Yên Hoà, Cầu Giấy, Hà Nội

TP. Đà Nẵng: Lô 21, Đường số 7, KCN An Đồng, Hải Châu, Đà Nẵng

TP. Hồ Chí Minh: Đường số 20, Khu chế xuất Tân Thuận, Quận 7, TP. Hồ Chí Minh

+84 24 3556 4944

facebook.com/myVNNIC/

webmaster@vnnic.vn

https://vnnic.vn/