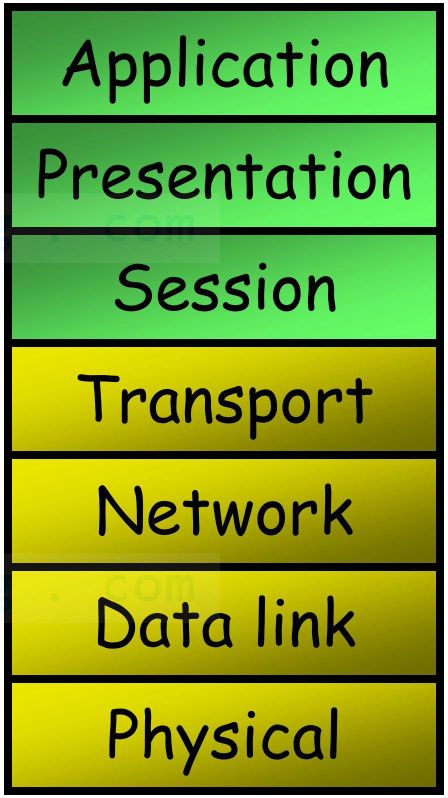
Bài 06
Tầng mạng

MẠNG MÁY TÍNH

Mục tiêu

- Thiết lập kết nối giữa 2 host để truyền dữ liệu từ host - host



Tầng mạng vs tầng vận chuyển

- *Tầng mạng:* cung cấp kết nối logic giữa các host
- *Tầng vận chuyển:* cung cấp kết nối logic giữa các tiến trình
  - Dựa trên, mở rộng dịch vụ của tầng mạng

Ví dụ:

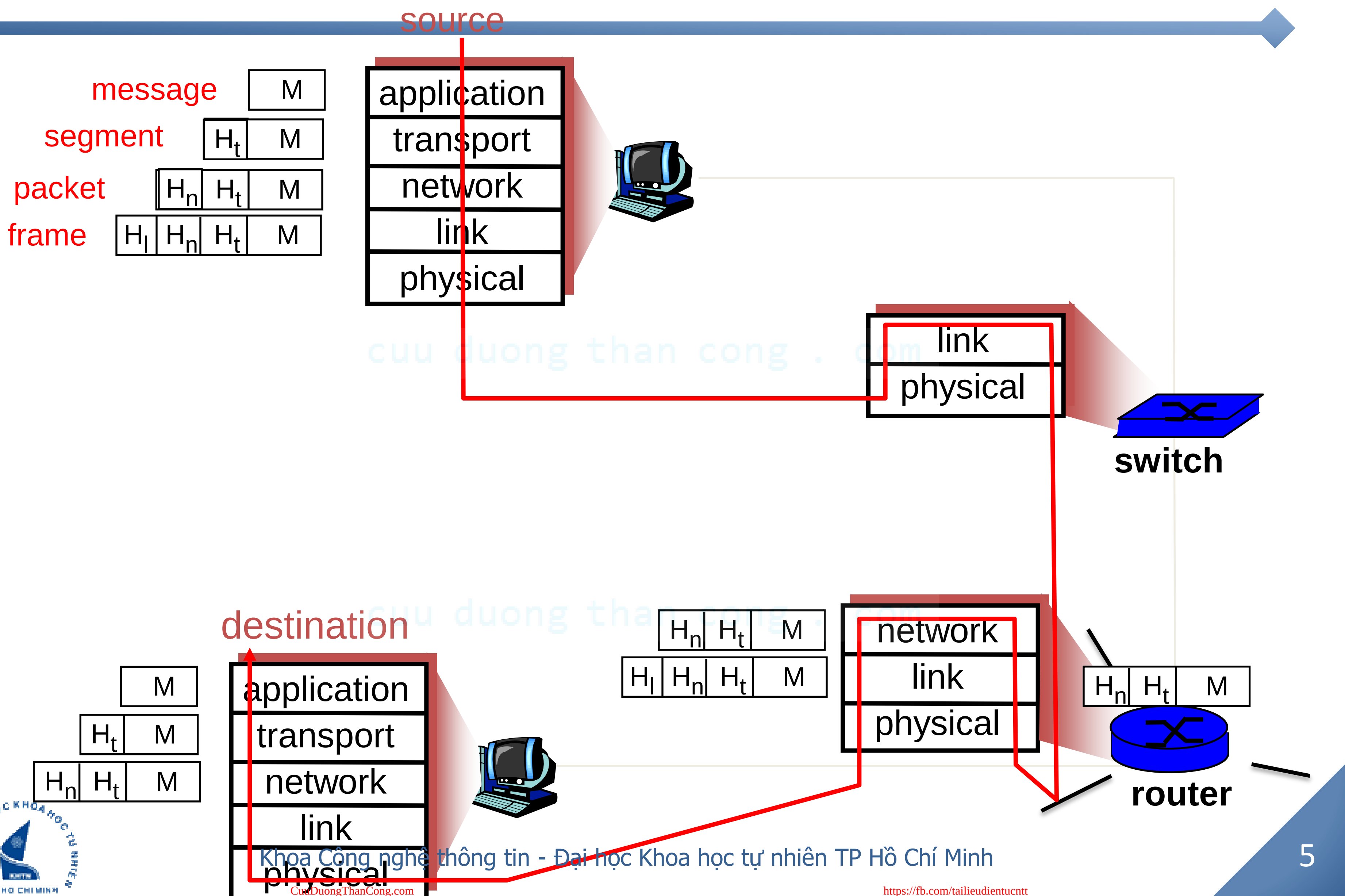
A gởi B 1 bức thư qua đường bưu điện

- processes = A, B
- app messages = bức thư
- hosts = nhà của A, nhà của B
- transport protocol ???
- network-layer protocol???

Nội dung

- ❑ Giới thiệu
- ❑ Định tuyến – chuyển tiếp
- ❑ Giao thức IP
- ❑ Giao thức ICMP
- ❑ Giao thức NAT

Nhắc lại


source
message
M
segment
Ht M
packet
Hn Ht M
frame
Hl Hn Ht M
application
transport
network
link
physical
link
physical
switch
destination
M
Ht M
Hn Ht M
application
transport
network
link
physical
Hn Ht M
Hl Hn Ht M
network
link
physical
Hn Ht M
router

giới thiệu - 1

- Thực hiện chuyển các segment từ host gởi đến host nhận
- Tại host gởi:
  - Nhận các segment từ transport layer
  - Đóng gói thành các packet
- Tại host nhận:
  - Nhận các packet từ data link layer
  - Chuyển các segment lên transport layer
- Tại các router:
  - Dựa vào ***thông tin đích đến*** để chuyển các packet đến host nhận
    - Định tuyến: quyết định gói tin đi đường nào
    - Chuyển tiếp: chuyển gói tin từ interface nhận ra interface gởi

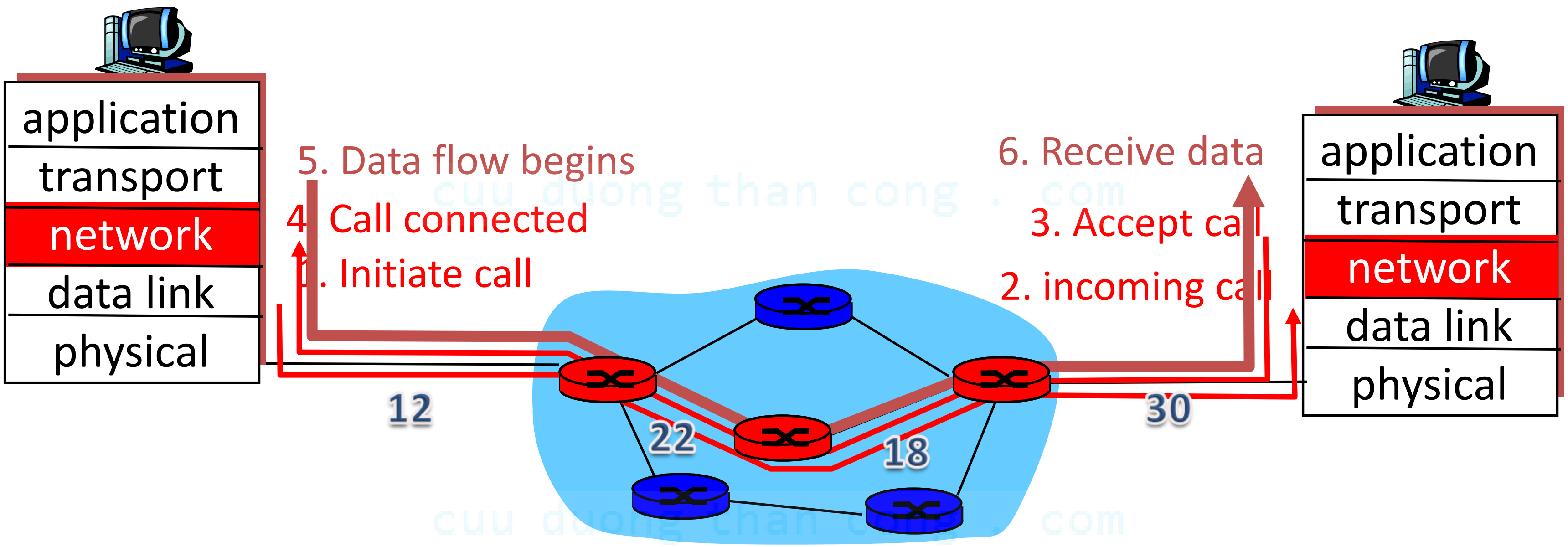
giới thiệu - 2

- Tầng mạng cung cấp 2 loại dịch vụ
  - Hướng kết nối (Connection)
    - Virtual Circuit
    - Trước khi truyền dữ liệu, 2 host phải thiết lập kết nối
  - Hướng không kết nối (Connectionless)
    - Datagram Network
    - Không cần thiết lập kết nối trước khi gởi
- Trong 1 kiến trúc mạng: chỉ hỗ trợ duy nhất 1 loại dịch vụ

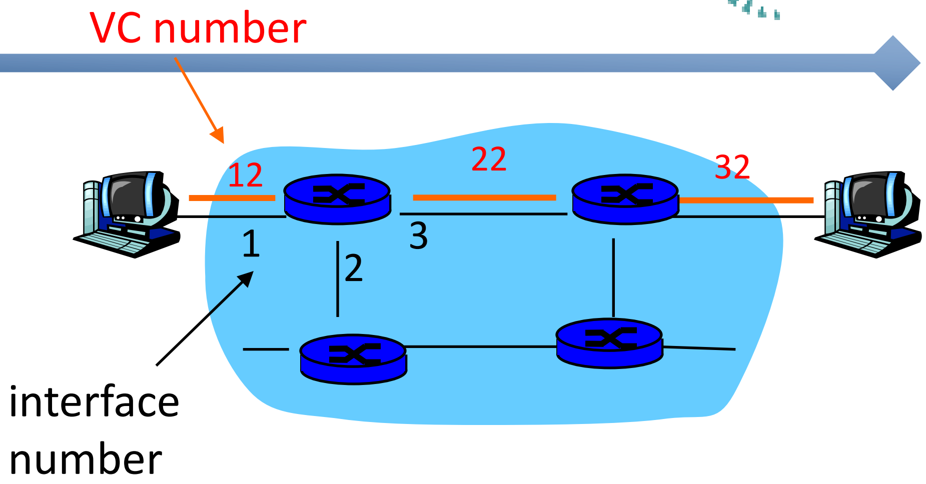
Virtual circuit (VC) network - 1

- Thiết lập, quản lý, duy trì mỗi kết nối khi truyền dữ liệu
  - 1 đường đi ảo khi truyền dữ liệu
    - Số hiệu VC (VC number)
      - Khác nhau trên mỗi link
  - Mỗi gói tin có một virtual circuit identifier (VC ID)
  - Các router duy trì trạng thái kết nối đi qua
    - bảng chuyển đổi VC ID
    - Thay thế thông tin VD ID của gói tin đi ngang qua router
- Thông tin định tuyến: Virtual Circuit number (VC ID)
- Dùng trong ATM, X.25, Frame-Relay,…

Virtual circuit (VC) network - 2



Virtual circuit network - 3



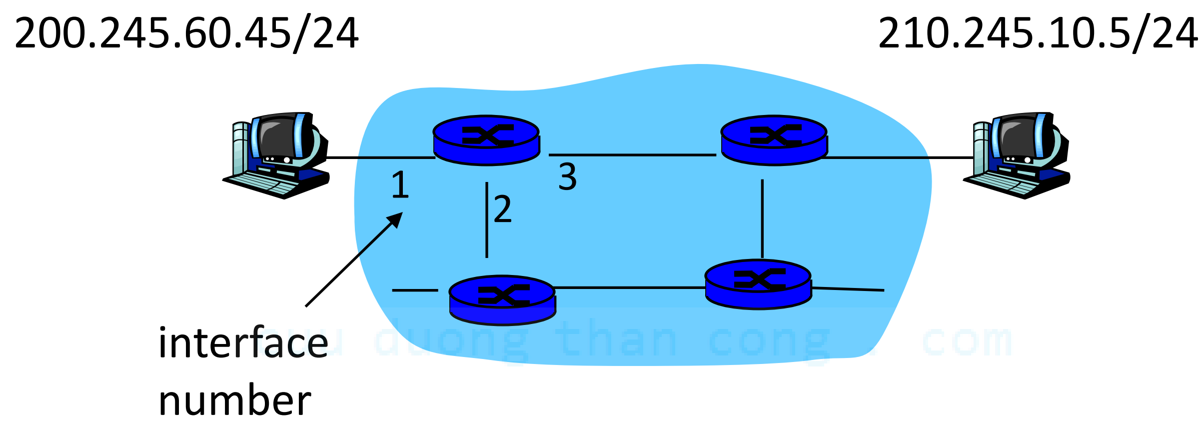
Cổng vào	VC# vào	Cổng ra	VC# ra
1	12	3	22
2	63	1	18
3	7	2	17
1	97	3	87
…	…	…	…

Routers duy trì thông tin về trạng thái kết nối!

Datagram network - 1

- Không thiết lập kết nối trước khi truyền dữ liệu
  - Router không cần quản lý trạng thái kết nối
- Thông tin định tuyến: địa chỉ đích đến
  - Mỗi router duy trì một bảng định tuyến
- Dùng trong Internet

Datagram network - 2



Destination Network	Subnetmask	Out Interface	Next hop
210.245.10.0	255.255.255.0	3	….
210.245.15.0	255.255.255.0	1	…..
210.245.15.192	255.255.255.192	2	…..
…	…	…	

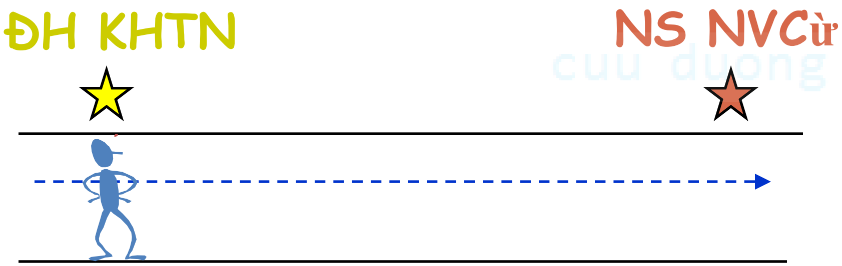
Nội dung

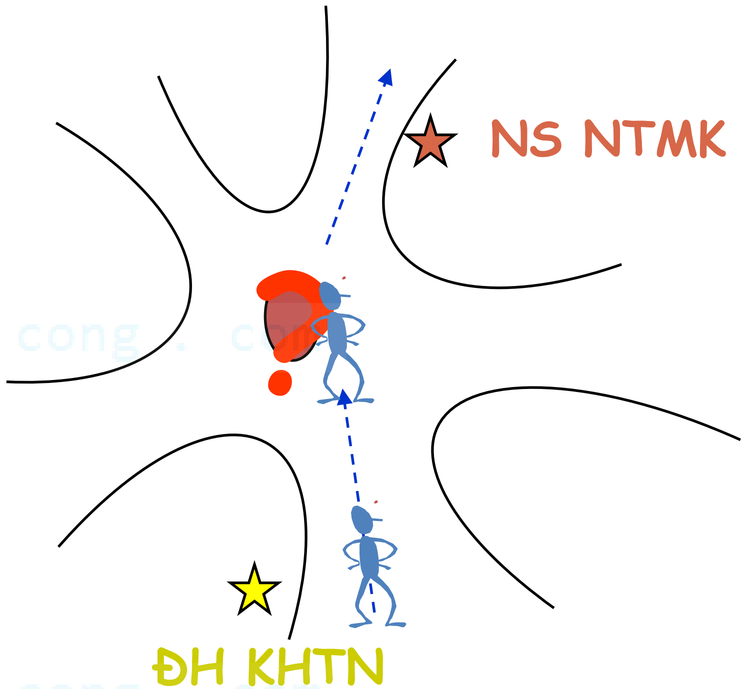
- ❑ Giới thiệu
- ❑ Định tuyến – chuyển tiếp
- ❑ Giao thức IP
- ❑ Giao thức ICMP
- ❑ Giao thức NAT

Định tuyến - Chuyển tiếp - 1

- Định tuyến:
  - Quyết định "lộ trình" mà gói tin di chuyển từ host nguồn đến host đích đến
  - Sử dụng thông tin toàn cục
- Chuyển tiếp:
  - Di chuyển gói tin từ cổng vào đến cổng ra
  - Sử dụng thông tin cục bộ

Định tuyến - Chuyển tiếp - 2



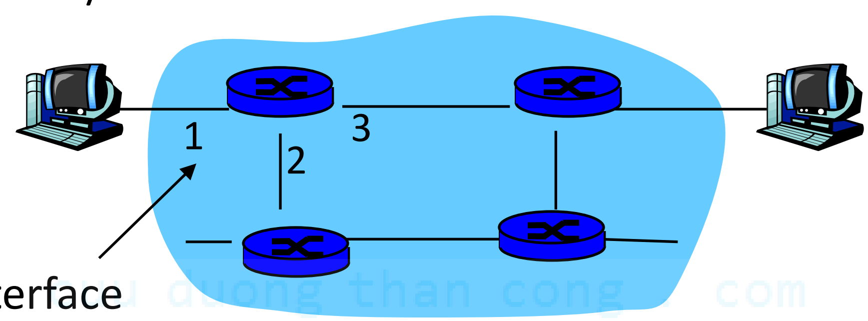


Vạch ra lộ trình đi: NVCừ → NTMKhai

Định tuyến - 1

- Được thực hiện bởi các bộ định tuyến.
  - VD: router
- Dùng bảng định tuyến (routing/forwarding table)
  - destination/subnetmask
  - Out interface
  - next hop
  - chi phí
    - Hop count
    - Delay
    - Bandwidth
    - …

Ví dụ - định tuyến



Destination Network	Subnet mask	Next hop	Out Interface
210.245.10.0	255.255.255.0	192.168.3.2	3
210.245.15.0	255.255.255.0	192.168.1.2	1
210.245.15.192	255.255.255.192	192.168.2.2	2
…	…		…

Định tuyến - 2

- Router định tuyến một gói tin như thế nào?
  - Dùng địa chỉ đích đến và bảng định tuyến
  - Thực hiện:
    - Tìm record thích hợp trong bảng định tuyến
      - Tính địa chỉ đường mạng giữa địa chỉ đích đến với subnetmask của từng record
      - So sánh destination network với địa chỉ đường mạng vừa tính
    - Gởi gói tin theo thông tin của record tìm được
- VD: R1 nhận gói tin có destination 210.245.10.5
  - 255.255.255.192
    - Net: 210.245.10.0 → không có record thoả
  - 255.255.255.0
    - Net: 210.245.10.0 → record số 1 thoả

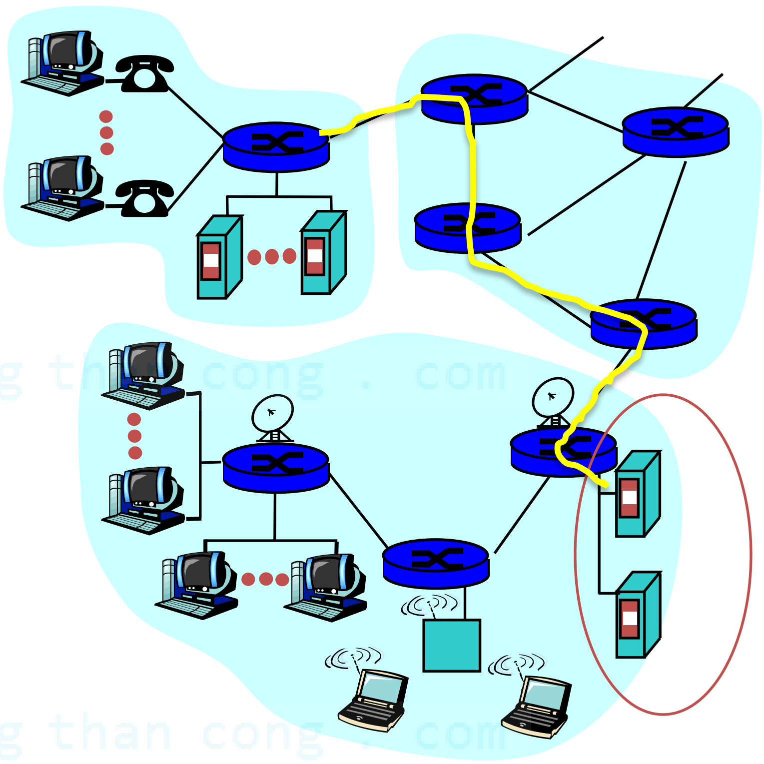
→ gói tin chuyển ra interface số 3 và nơi nhận gói tin tiếp theo là 192.168.3.2

Bảng định tuyến

- Xây dựng bảng định tuyến:
  - Tĩnh (static): con người tự thiết lập
  - Động (dynamic): học
    - Distance Vector:
      - Gởi theo định kỳ
      - Gởi toàn bộ bảng định tuyến
      - VD: RIP, IGRP, …
    - Link State:
      - Gởi khi có thay đổi
      - Gởi tình trạng kết nối
      - VD: OSPF, ISIS, …

Static route

- ❑ Biết: Sơ đồ mạng
- ❑ Xây dựng:
  - Vẽ "đường đi" *tối ưu*
- ❑ Khi có thay đổi:
  - Tự cập nhật bằng tay



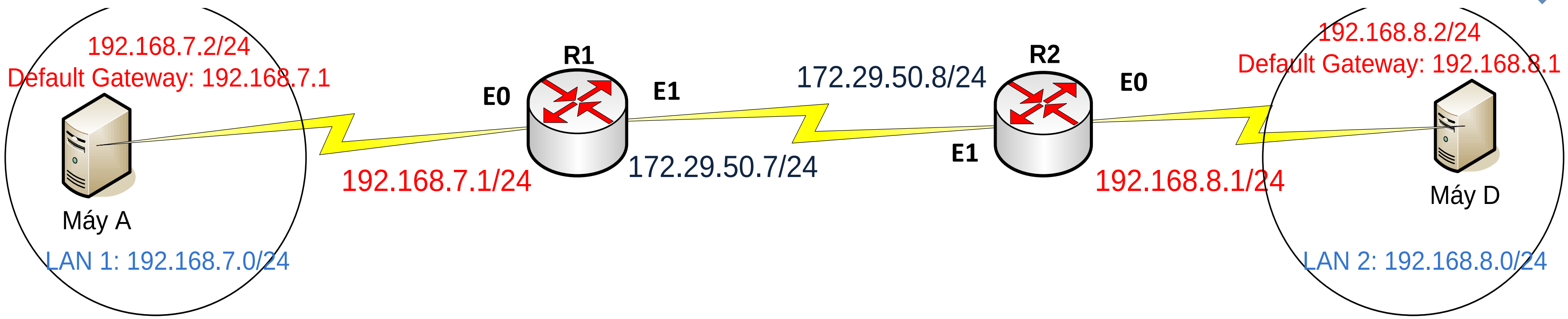
Dynamic route

❑ Biết: không

❑ Xây dựng:
  - Sử dụng các giao thức định tuyến
    - Thông qua các gói tin "thu thập" thông tin
    - Thành phần:
      - Gởi và nhận thông tin từ các router khác
      - Tính đường đi tối ưu
      - Phản ứng khi có thay đổi

❑ Khi thay đổi
  - Cập nhật tự động

Static route - Ví dụ - 1



Yêu cầu: cấu hình thông tin định tuyến cho R1 và R2 để các máy trong LAN1 có thể liên lạc với các máy trong LAN2

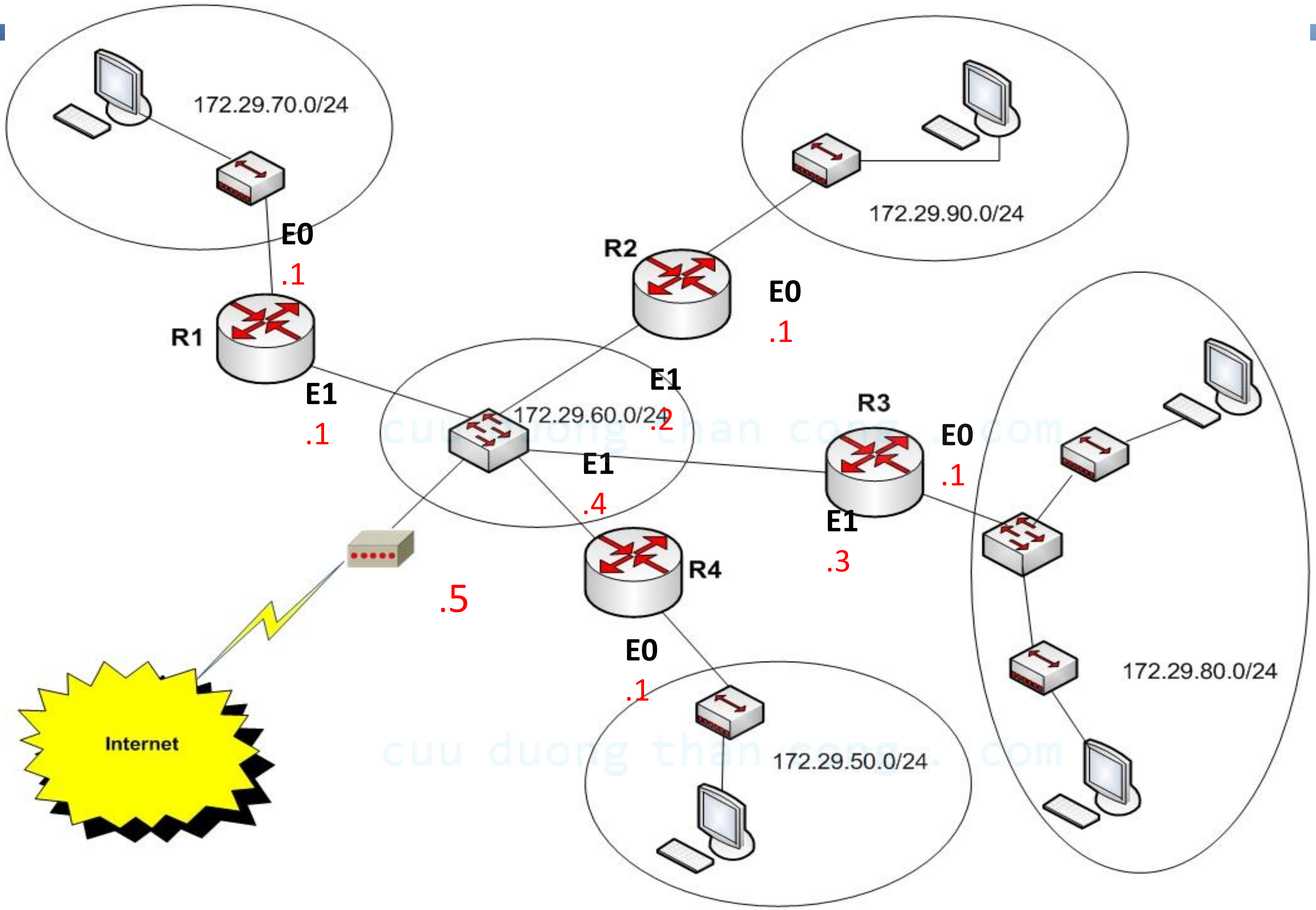
Tại router R1:

Destination network	Out interface	Next hop
192.168.8.0/24	E1	172.29.50.8

Tại router R2:

Destination network	Out interface	Next hop
192.168.7.0/24	E1	172.29.50.7

Static route – ví dụ 2



Yêu cầu: cấu hình thông tin định tuyến cho các router để tất cả các máy trong có thể liên lạc với nhau và có thể truy cập Internet

Static route – ví dụ 2

Tại router R1:

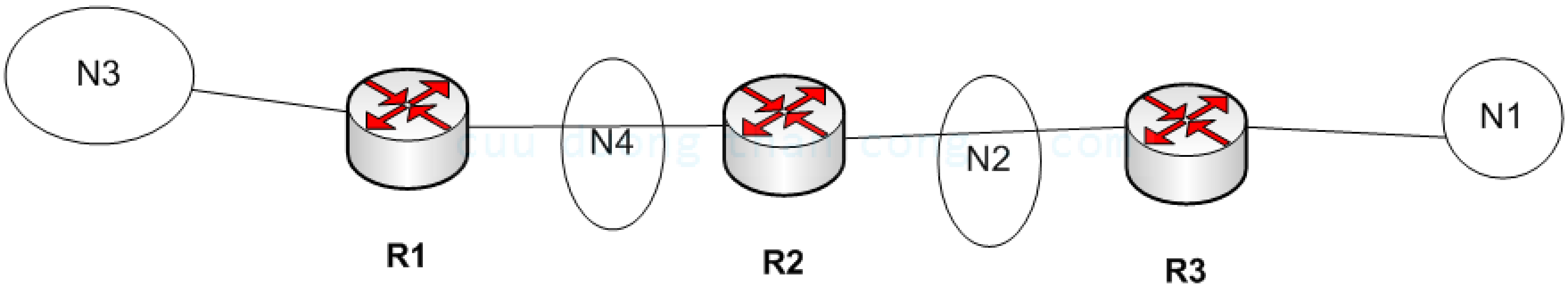
Destination network	Out interface	Next hop
172.29.90.0/24	E1	172.29.60.2
172.29.80.0/24	E1	172.29.60.3
172.29.50.0/24	E1	172.29.60.4
0.0.0.0/0	E1	172.29.60.5

Tại router R2:

Destination network	Out interface	Next hop
172.29.70.0/24	E1	172.29.60.1
172.29.80.0/24	E1	172.29.60.3
172.29.50.0/24	E1	172.29.60.4
0.0.0.0/0	E1	172.29.60.5

Dynamic route – ví dụ

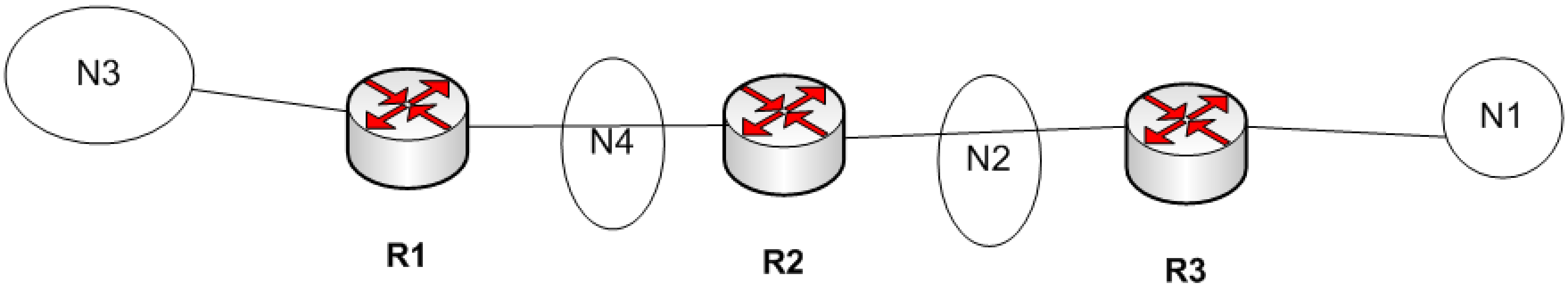
R2	
N2, N4	0 hop



R1	
N3, N4	0 hop

R3	
N1, N2	0 hop

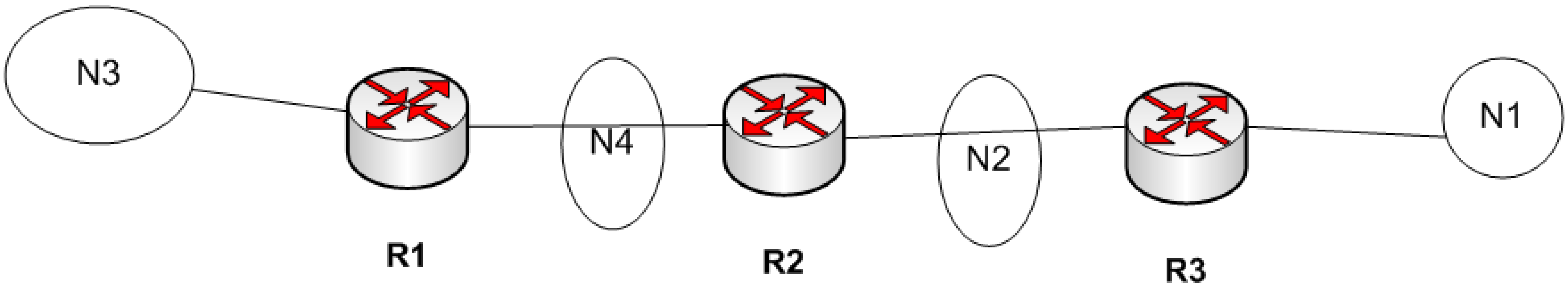
Dynamic route – ví dụ



R1: N3, **N4** – 0 hop

R2	
N2, N4	0 hop
N3	1 hop

Dynamic route – ví dụ

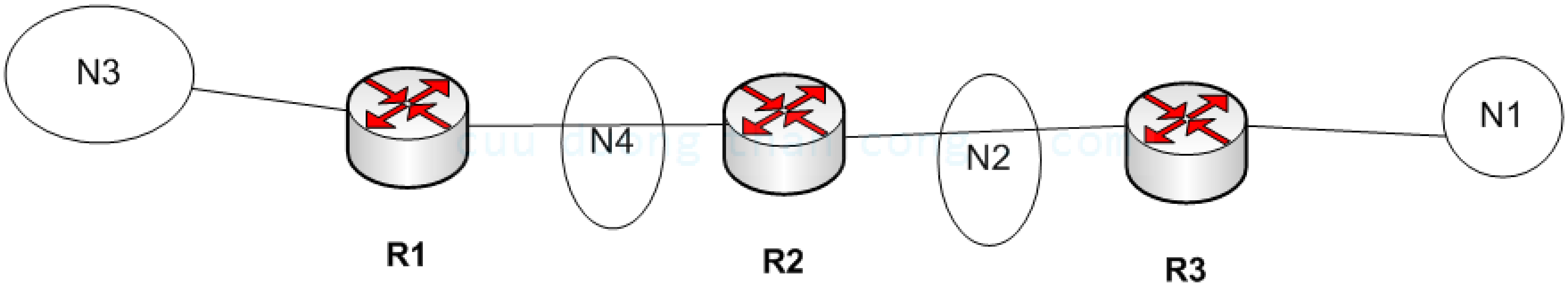


R2: N2, N4 – 0 hop
N3 – 1 hop

R3	
N1, N2	0 hop
N4	1 hop
N3	2 hops

Dynamic route – ví dụ

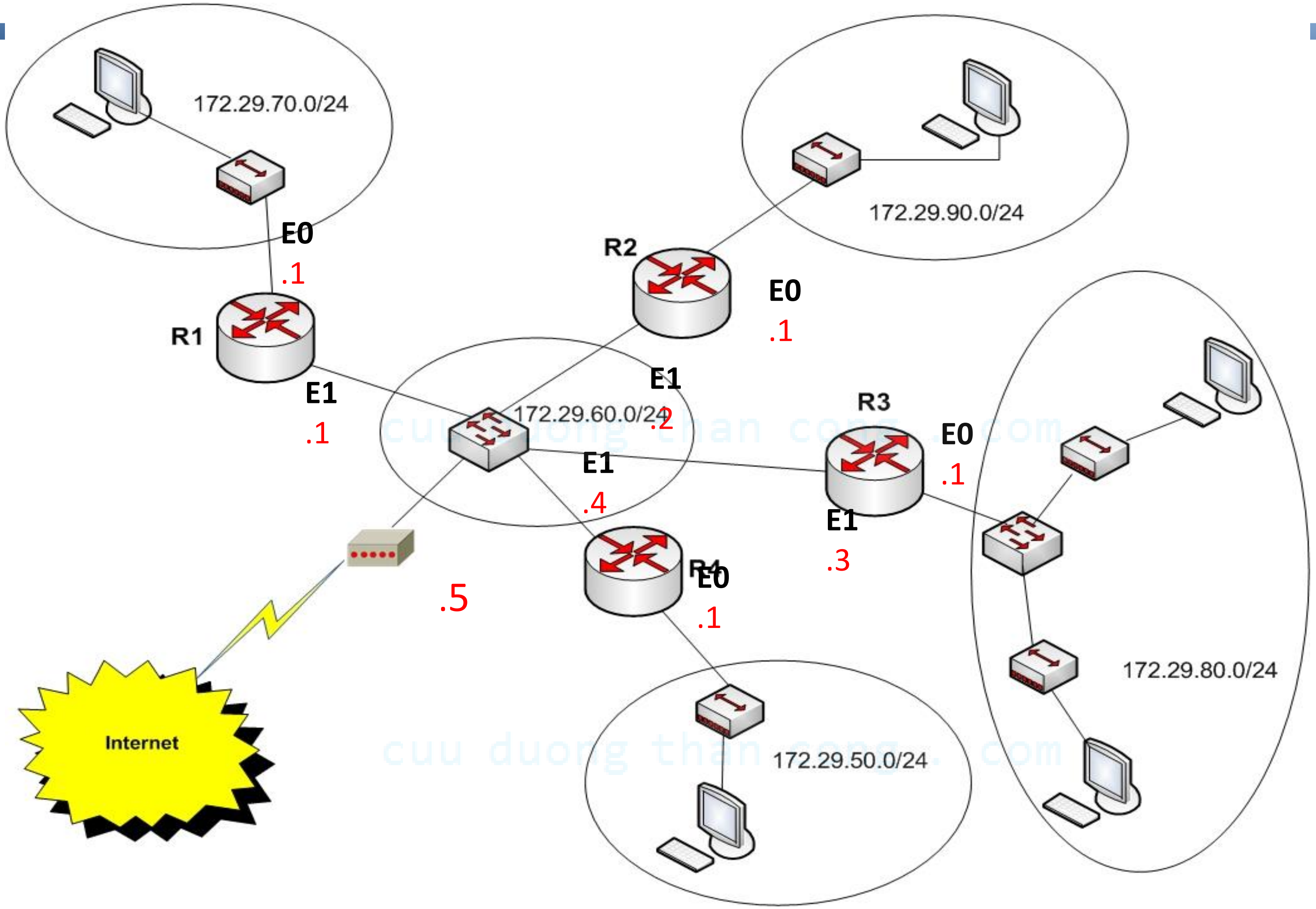
R2	
N2, N4	0 hop
N3, N1	1 hop



R1	
N3, N4	0 hop
N2	1 hop
N1	2 hops

R3	
N1, N2	0 hop
N4	1 hop
N3	2 hops

Dynamic route – ví dụ



Yêu cầu: cấu hình thông tin định tuyến cho các router để tất cả các máy trong có thể liên lạc với nhau và có thể truy cập Internet

Dynamic route – ví dụ

```
R1#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
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

     172.29.0.0/24 is subnetted, 5 subnets
O       172.29.50.0 [110/2] via 172.29.60.4, 00:00:15, FastEthernet0/0
C       172.29.60.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       172.29.70.0 is directly connected, FastEthernet0/1
O       172.29.80.0 [110/2] via 172.29.60.3, 00:00:15, FastEthernet0/0
O       172.29.90.0 [110/2] via 172.29.60.2, 00:00:46, FastEthernet0/0
```

Nội dung

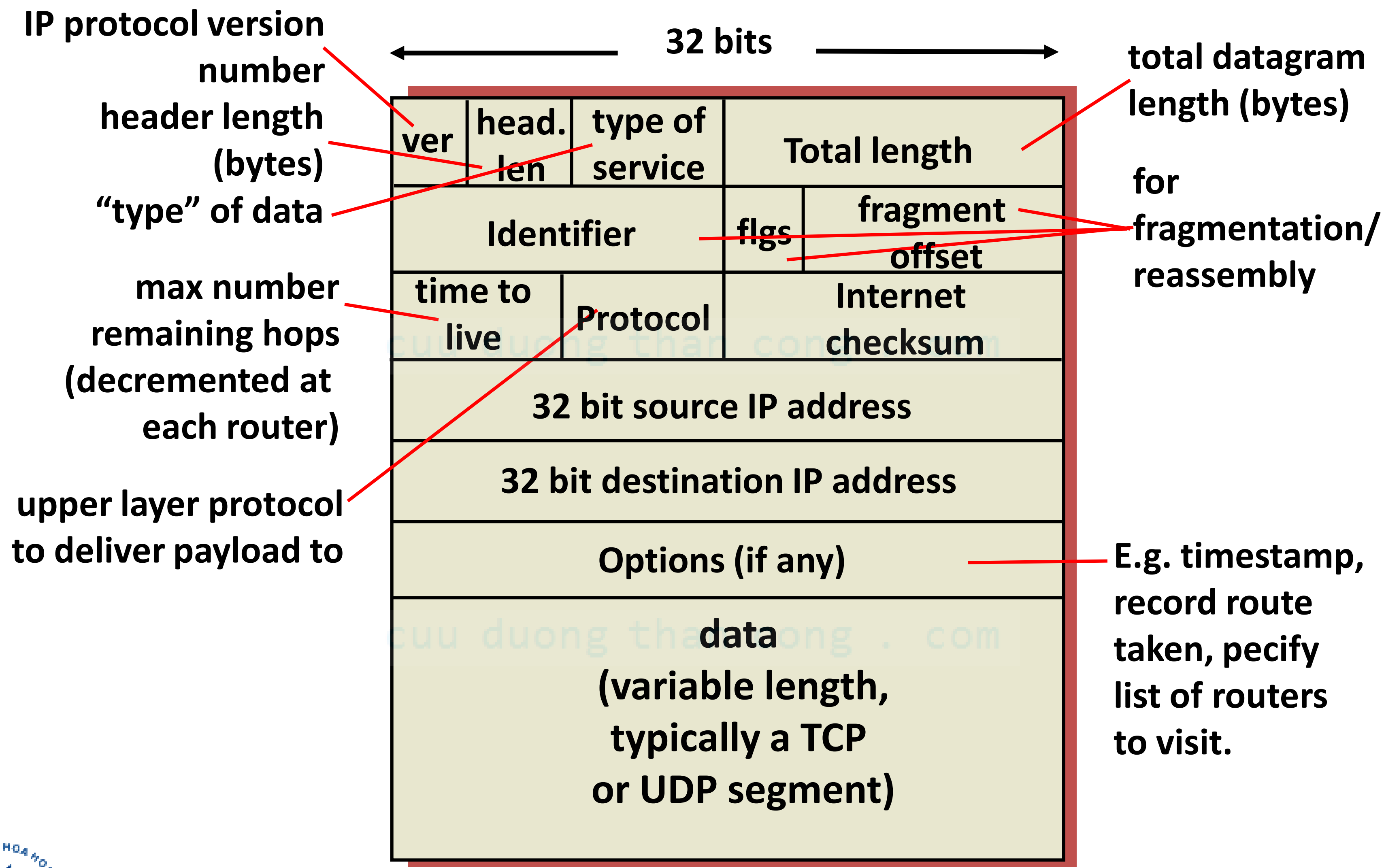
- ❑ Giới thiệu
- ❑ Định tuyến – chuyển tiếp
- ❑ Giao thức IP
- ❑ Giao thức ICMP
- ❑ Giao thức NAT

Routed protocol - 1

- Giao thức được định tuyến (routed protocol):
  - qui định cách thức đóng gói dữ liệu truyền trên đường truyền
  - VD: IP (IPv4, IPv6), IPSec,…

Routing protocol	Routed protocol
Tạo bảng định tuyến	Đóng gói gói tin tại tầng mạng

Routed protocol - 2



Routed protocol - 3

- Version (4)
  - version của IP
- Header Length (4):
  - Chiều dài IP header (byte)
- Type of service (8)
  - Chứa định thông tin ưu tiên
  - Ít sử dụng
- Total length (16)
  - Tổng chiều dài của datagram (tính cả header) (byte)
- Identifier (16):
  - Khi một gói tin IP bị chia nhỏ ra thành nhiều đoạn, thì mỗi đoạn được gán cùng số ID
  - Dùng khi tổng hợp

Routed protocol - 4

- Flag (3)

	DF	MF

  - DF
    - Don't fragment, không chia nhỏ
  - MF
    - More fragment, còn gói tin nhỏ tiếp
    - Khi 1 gói tin bị chia nhỏ, tất cả các gói nhỏ (trừ gói tin cuối cùng), bit này được bật lên
- Fragment offset (13)
  - Vị trí gói nhỏ trong gói tin ban đầu
- Time to live – TTL (8)
  - Thời gian sống của gói tin (hop count)
  - Giảm mỗi khi gói tin đến 1 router mới
    - Khi hop count =0 thì gói tin bị loại bỏ

Routed protocol - 5

- Protocol (8)
  - Chỉ ra nghi thức nào ở tầng transport mà gói tin đang sử dụng
  - VD: TCP = 6, UDP =17
- Internet (Header) checksum (16)
  - Kiểm tra tính đúng đắn nội dung của IP header
  - Không theo cách kiểm tra tuần tự
- Source and destination addr (32)
  - Địa chỉ IP của bên gửi và bên nhận
- Options (32)
  - Có thể dài đến 40 bytes
  - Dùng cho các tính năng mở rộng của IP
  - Vd: source routing, security, record route, …
- Data:
  - Dữ liệu ở tầng transport gởi xuống

Nội dung

- ❑ Giới thiệu
- ❑ Định tuyến – chuyển tiếp
- ❑ Giao thức IP
- ❑ Giao thức ICMP
- ❑ NAT

Giao thức ICMP

- ICMP (Internet Control Message Protocol)
- Được sử dụng bởi các host và router để trao đổi thông tin ở tầng mạng
  - Báo lỗi:
    - Mạng, host, protocol, port … không vươn đến được
  - Báo mạng bị tắt nghẽn
  - Báo timeout
  - Echo request/reply (ping)

Gói tin ICMP

- Thông điệp ICMP được đóng gói trong gói tin IP

Protocol = 1

IP header

Source, Destination Address, TTL, ...

ICMP MSG

Message type, Code, Checksum,
Data

Cấu trúc thông điệp icmp - 1

0	8	16	32

Type	Code	Checksum
Unused		
Data		

Cấu trúc thông điệp icmp - 2

ICMP Type	Code	Description
0	0	echo reply
3	0	destination network unreachable
3	1	destination host unreachable
3	2	destination protocol unreachable
3	3	destination port unreachable
3	6	destination network unknown
3	7	destination host unknown
4	0	source quench (congestion control)
8	0	echo request
9	0	router advertisement
10	0	router discovery
11	0	TTL expired
12	0	IP header bad

Cấu trúc thông điệp icmp - 3

- Không đến được đích:
  - Nguyên nhân: liên kết mạng bị đứt, đích đến không tìm thấy, ...
  - Type = 3
  - Code:
    - 0: unreachable network
    - 1: unreachable host
    - 2: unreachable protocol
    - 3: unreachable port
    - 4: không được phép fragment
    - 5:source route bị sai

Cấu trúc thông điệp icmp - 4

❑ Quá hạn:
- Nguyên nhân:
  - TTL = 0 trước khi đến đích
  - Quá hạn thời gian tái lắp ghép các fragment
- Type = 11
- Code:
  - 0: TTL
  - 1: hết thời gian tái lắp ghép

Giao thức ICMP

- Các trường hợp GỞI ICMP msg:
  - Datagram không đạt đến đích
  - Time out
  - Error xuất hiện trong header
  - Router/host bị tắt nghẽn
- Các trường hợp KHÔNG gởi ICMP msg:
  - Bản thân ICMP msg có lỗi
  - Broadcast, multicast (gói DL định tuyến)
  - Những fragment khác với fragment đầu tiên

Nội dung

- ❑ Giới thiệu
- ❑ Định tuyến – chuyển tiếp
- ❑ Giao thức IP
- ❑ Giao thức ICMP
- ❑ NAT

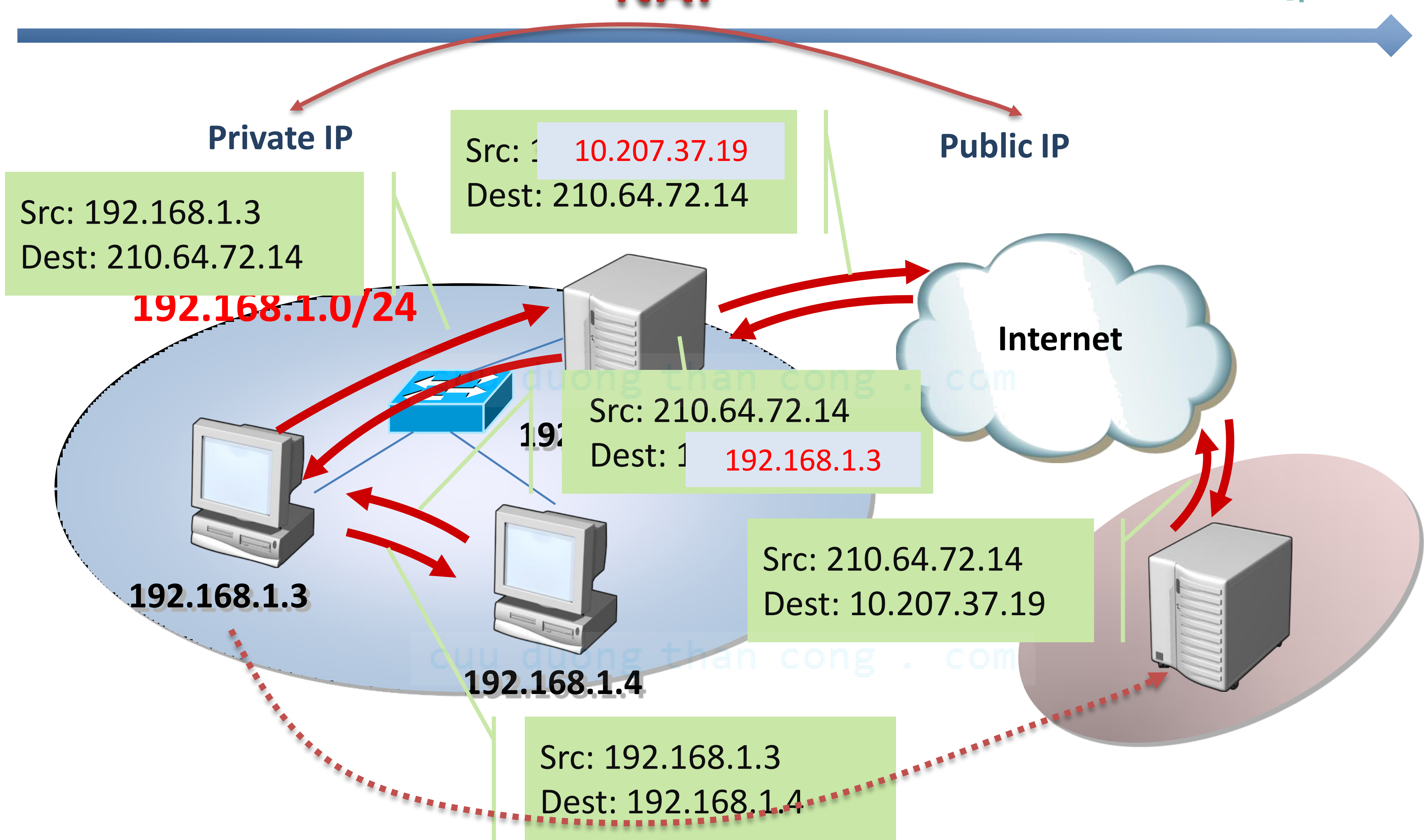
Nhắc lại

- Địa chỉ IP:
  - Kích thước: 32 bits ➔ không gian: 2^{32} địa chỉ
    - 0.x.x.x/8, 127.0.0.0/8, lớp D, lớp E; không dùng
    - Số lượng node trên Internet "khổng lồ"

    ➔ Giải quyết:
      - dùng địa chỉ private trong mạng LAN
      - Dùng địa chỉ public khi giao tiếp bên ngoài Internet

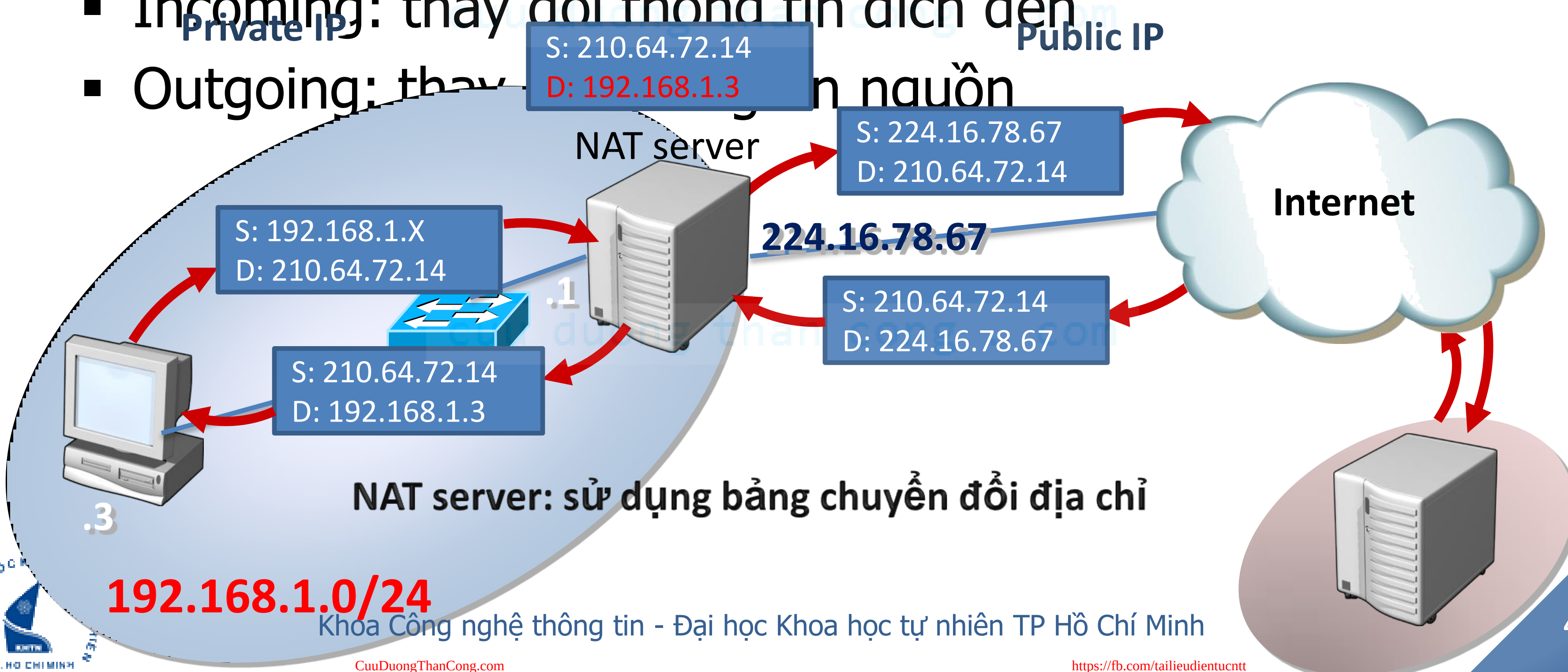
- Gởi dữ liệu giữa 2 host
  - Địa chỉ host gởi
  - Địa chỉ host nhận

Đặt vấn đề

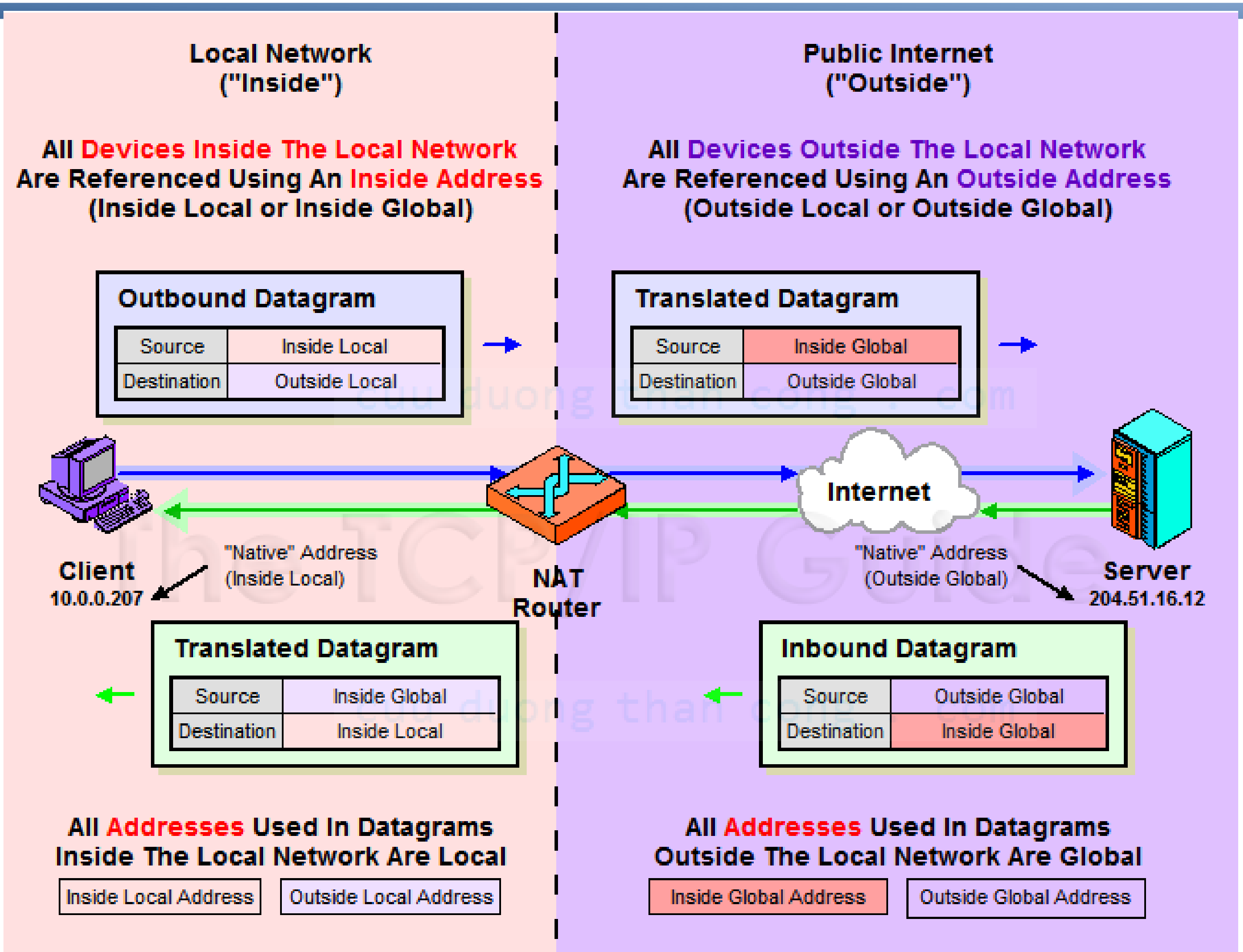

NAT
Private IP
Public IP
Src: 10.207.37.19
Dest: 210.64.72.14
Src: 192.168.1.3
Dest: 210.64.72.14
192.168.1.0/24
Internet
Src: 210.64.72.14
Dest: 192.168.1.3
192.168.1.3
192.168.1.4
Src: 210.64.72.14
Dest: 10.207.37.19
Src: 192.168.1.3
Dest: 192.168.1.4

NAT – giới thiệu

- NAT = Network Address Translation
- RFC 1631, 1918, 2663
- Chức năng: "thay đổi" địa chỉ
  - Incoming: thay đổi thông tin đích đến
  - Outgoing: thay … n nguồn



NAT – thuật ngữ



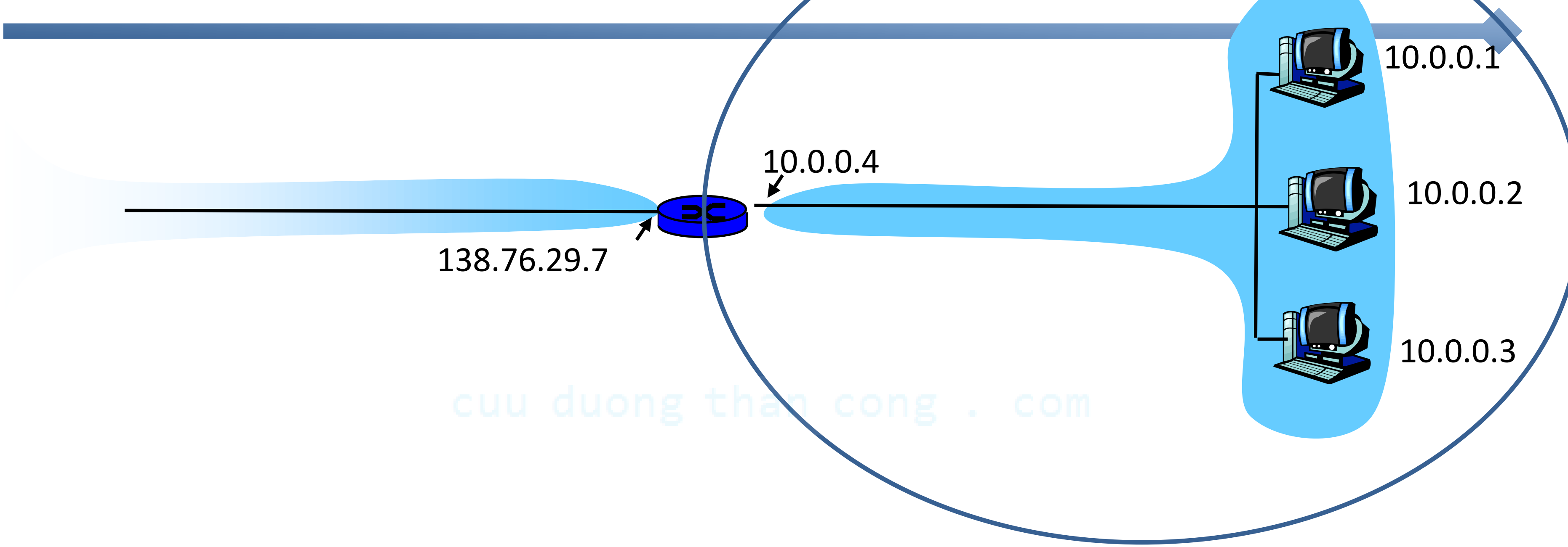
NAT – bảng chuyển đổi địa chỉ

- Dùng chuyển đổi global <-> local
  - Thông tin cục bộ bên trong (Inside local)
  - Thông tin toàn cục bên trong (Inside global)
- Thông tin trong bảng chuyển đổi
  - Static
  - dynamic

Nat – phân loại

- ❑ Static
  - Cố định: 1 local IP ⇔ 1 global IP
- ❑ Dynamic
  - n local IP ⇔ m global IP
  - NAT: chọn 1 global IP còn rảnh để NAT
- ❑ Overloading
  - n local IP ⇔ 1 global IP
  - NAT: <local IP, local port> ⇔ <global IP, global port>
- ❑ Overlapping
  - Cố định: <local IP, *port*> ⇔ <global IP, *port*>

NAT - Minh hoạ

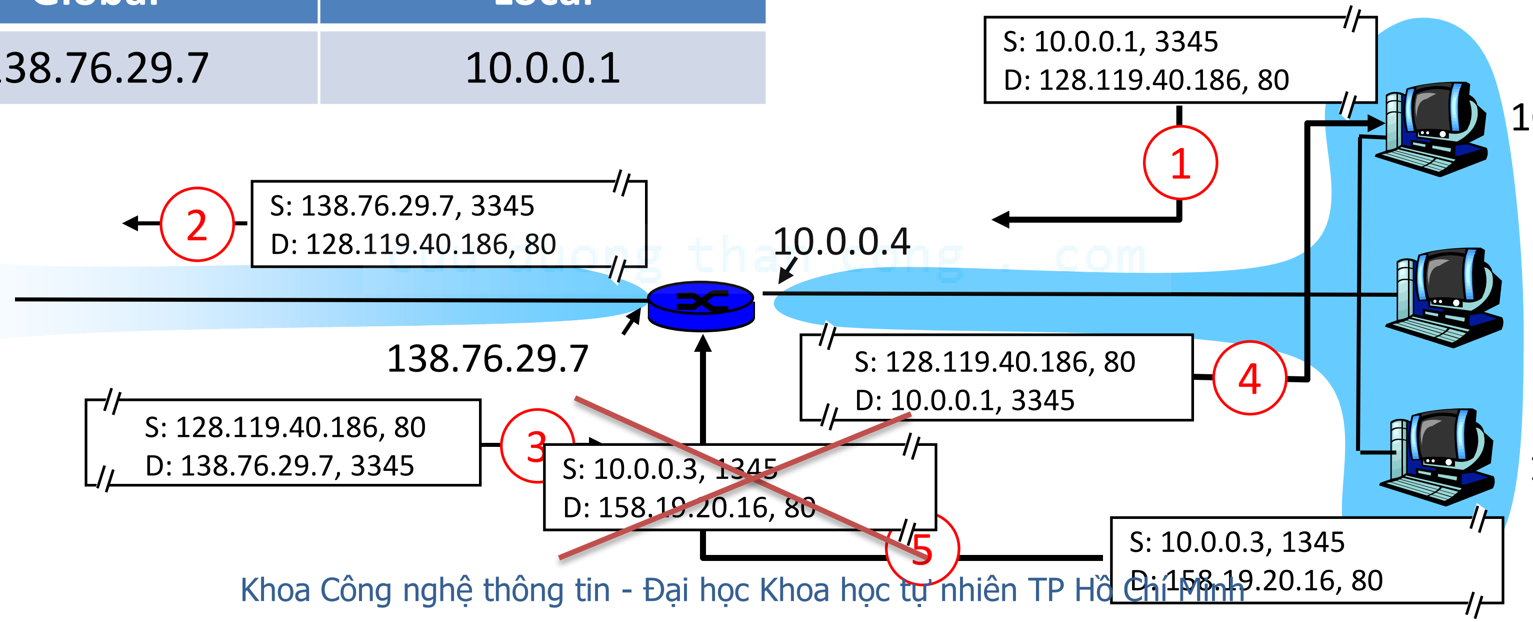


- Thứ tự gởi các gói tin như sau:
  - Máy 10.0.0.1 gởi 1 gói tin đến 128.119.40.186, 80 từ ứng dụng 3345
  - Ứng dụng <128.119.40.186, 80> gởi lại gói tin phản hồi
  - Máy 10.0.0.3 gởi 1 gói tin đến 158.19.20.16, 80 từ ứng dụng 1234
  - Ứng dụng <120.11.40.18, 3345> gởi gói tin truy cập dịch vụ web tại máy 10.0.0.1

Static NAT

❑ Cấu hình cố định: 1 local IP ⇔ 1 global IP
- Số máy kết nối ra ngoài bằng với số địa chỉ IP global
- Bên ngoài (outside) có thể chủ động tạo kết nối với bên trong (inside)

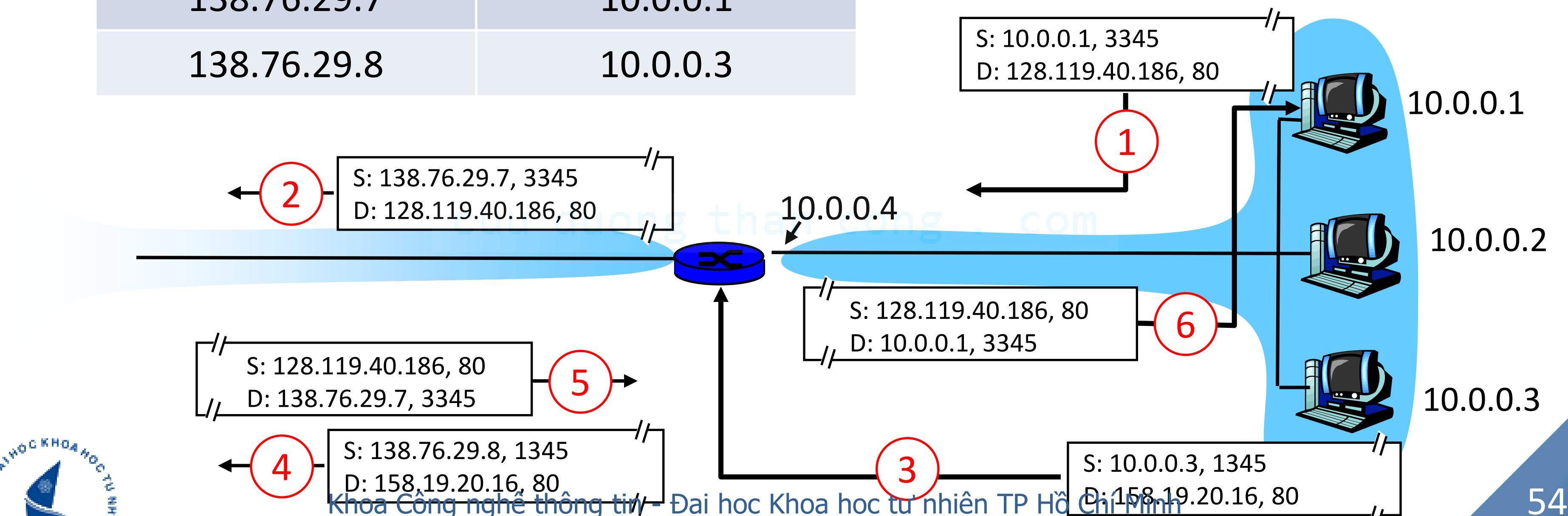
Global	Local
138.76.29.7	10.0.0.1



Dynamic NAT

- ❑ Cấu hình: n local IP ⬄ m global IP
  - Có m kết nối đồng thời
  - Bên ngoài (outside) không thể chủ động tạo kết nối với bên trong (inside)
- ❑ Ví dụ: 10.0.0.0/24 ⇨ 138.76.29.7 và 138.76.29.8

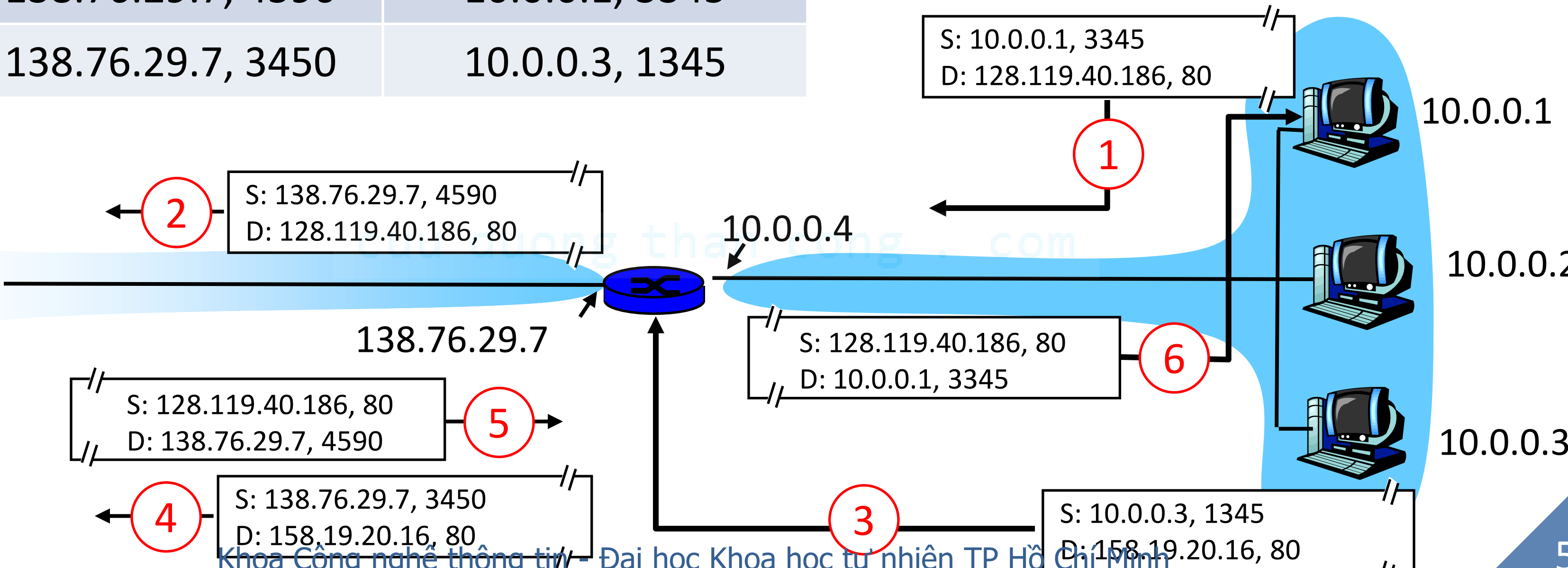
Global	Local
138.76.29.7	10.0.0.1
138.76.29.8	10.0.0.3



Overloading NAT

- Cấu hình: n local IP ⇔ 1 global IP
  - NAT: <local IP, local port> ⇔ <global IP, global port>
  - Có n kết nối đồng thời
  - Bên ngoài (outside) không thể chủ động tạo kết nối với bên trong (inside)

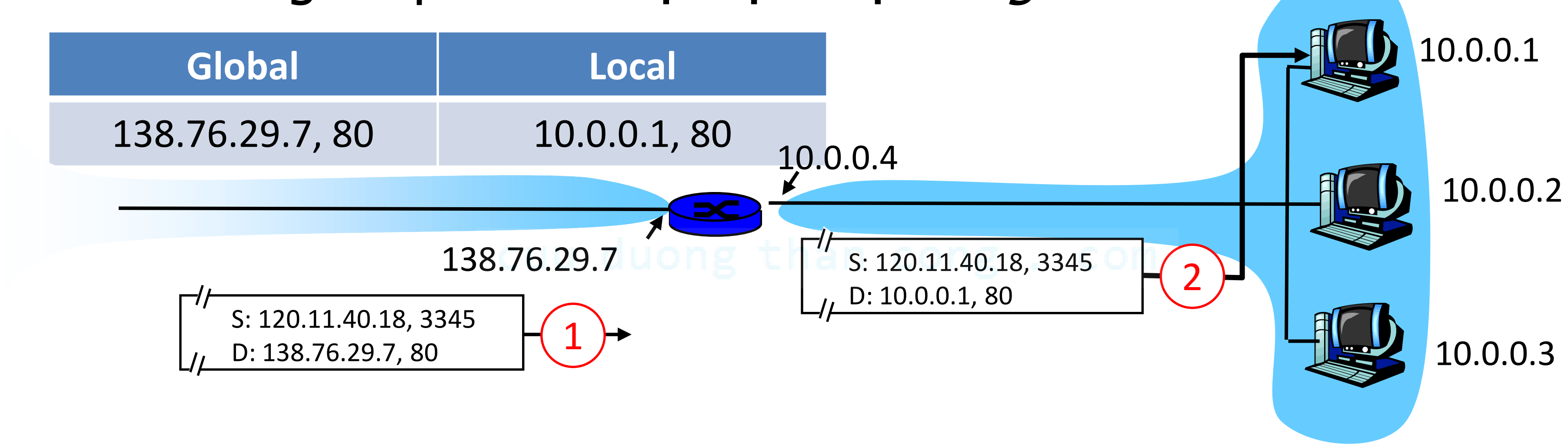
Global	Local
138.76.29.7, 4590	10.0.0.1, 3345
138.76.29.7, 3450	10.0.0.3, 1345



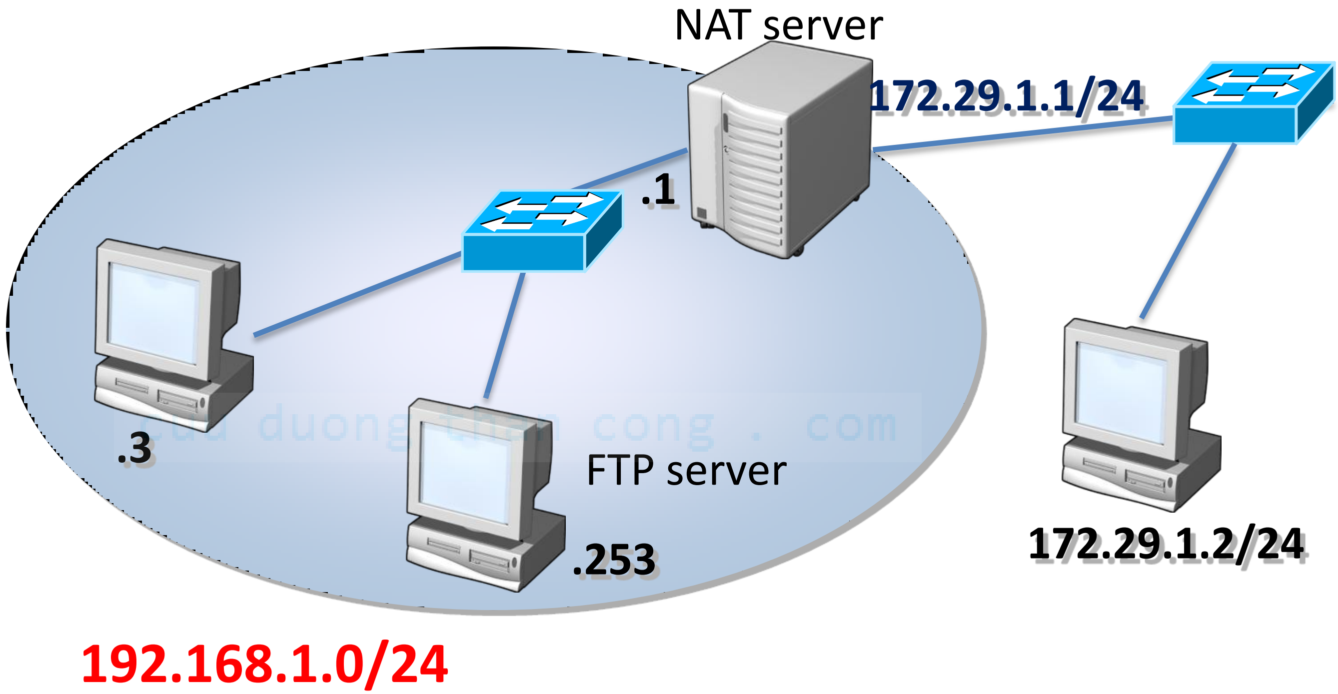
Overlaping NAT

- Cấu hình cố định: <local IP, port> ⇔ <global IP, port>
  - Bên ngoài (outside) có thể chủ động tạo kết nối với bên trong (inside)
  - Dùng để publish một dịch vụ ra *ngoài*

Global	Local
138.76.29.7, 80	10.0.0.1, 80



NAT – mô tả bài toán



- Yêu cầu:
  - Các máy tính trong LAN: 192.168.1.0/24 có thể truy cập ra ngoài bằng IP: 172.29.1.1
  - Bên ngoài có thể truy cập dịch vụ FTP trên máy 192.168.3.253

NAT – cấu hình trên wins 2k3

- Chọn card public và private
  - Private: 192.168.1.1
  - Public: 172.29.1.1
- Chọn dịch vụ để publish (nếu có): Web
  - Local IP: 192.168.1.253
  - Incoming port: 80
  - Outgoing port: 80

Tài liệu tham khảo

- Slide của J.F Kurose and K.W. Ross về Computer Networking: A Top Down Approach