

Tầng mạng (Network Layer)

Trình bày: TS Ngô Bá Hùng

Mục đích

- Chương này nhằm giới thiệu cho người đọc những nội dung sau:
 - Vai trò của router trong việc xây dựng các liên mạng có phạm vi rộng và không đồng nhất về chuẩn của các mạng cục bộ thành phần
 - Các dịch vụ mà tầng mạng phải cung cấp cho tầng vận chuyển
 - Cơ chế hoạt động của router
 - Các vấn đề liên quan đến giải thuật chọn đường cho các router
 - Giới thiệu về bộ giao thức liên mạng IP

Yêu cầu

- Sau khi học xong chương này, người học phải có được những khả năng sau:
 - Mô tả được sơ đồ tổng quát của một liên mạng ở tầng 3 và vai trò của router trong liên mạng này
 - Trình bày được các dịch vụ mà tầng mạng phải cung cấp cho tầng vận chuyển
 - Giải thích cơ chế truyền tải thông tin theo kỹ thuật truyền tải lưu và chuyển tiếp của các router
 - Giải thích được ý nghĩa của bảng chọn đường trong router
 - Phân biệt được các loại giải thuật chọn đường khác nhau
 - Cài đặt được các giải thuật chọn đường Dijkstra, Ford-Fulkerson, Distance Vector, Link state

Yêu cầu

- Sau khi học xong chương này, người đọc phải có được những khả năng sau:
 - Nêu lên được các phương pháp để chống tắc nghẽn trên mạng diện rộng
 - Biết cách thiết lập sơ đồ đánh địa chỉ IP cho mạng
 - Thực hiện được việc phân mạng con theo những yêu cầu khác nhau theo cả hai phương pháp : Phân lớp hoàn toàn và Vạch đường liên miền không phân lớp
 - Xây dựng được bảng chọn đường thủ công cho các router trong mạng IP
 - Nêu lên được ý nghĩa của các giao thức ARP, RARP và ICMP trong bộ giao thức IP

Một số hạn chế của tầng liên kết dữ liệu

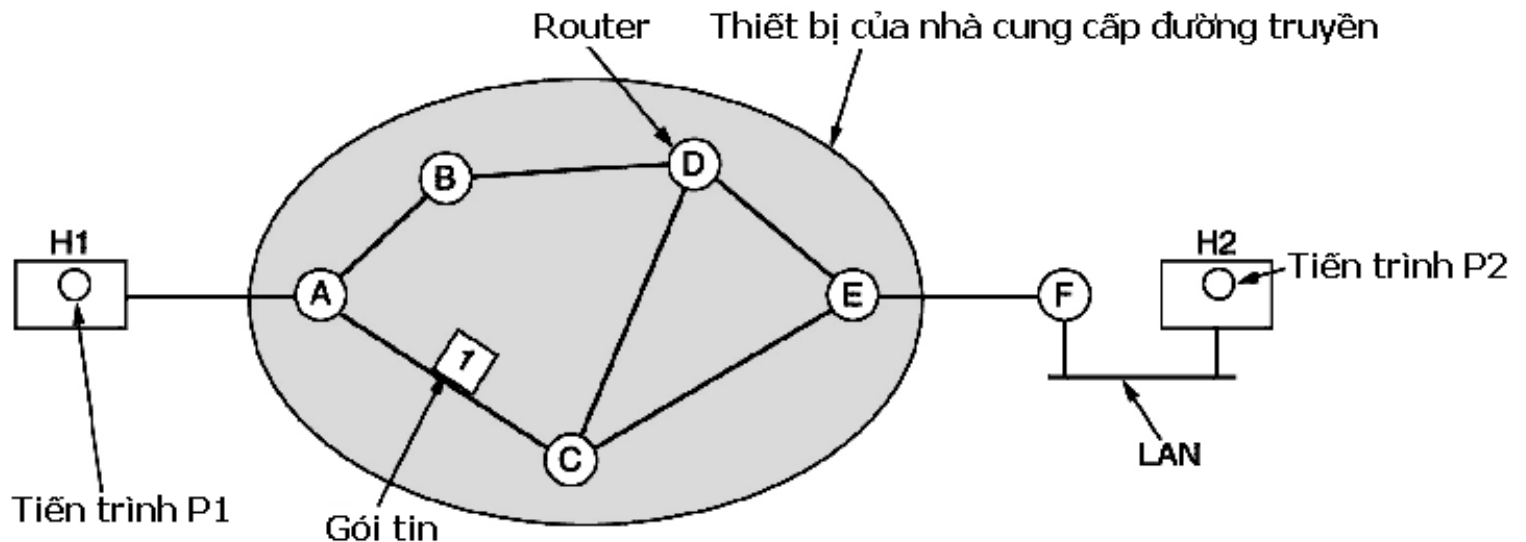
- Chỉ đảm bảo truyền tải thông tin giữa các máy tính có đường truyền trực tiếp
- Bị giới hạn về số lượng máy tính và kích mạng
- Khó khăn trong việc nối kết các mạng sử dụng kỹ thuật chia sẻ đường truyền khác nhau – mạng không đồng nhất

Vai trò của tầng mạng

- Cung cấp cho người dùng một dịch vụ nối kết host-host trên một hệ thống mạng diện rộng, không đồng nhất một cách dễ dàng
- Đưa các gói tin từ máy gửi qua các chặn đường để đến được máy nhận
- Chọn đường đi cho gói tin để tránh được tình trạng tắc nghẽn

Các vấn đề liên quan đến việc thiết kế tầng mạng

- Kỹ thuật hoán chuyển lưu và chuyển tiếp (Store-and-Forward Switching)



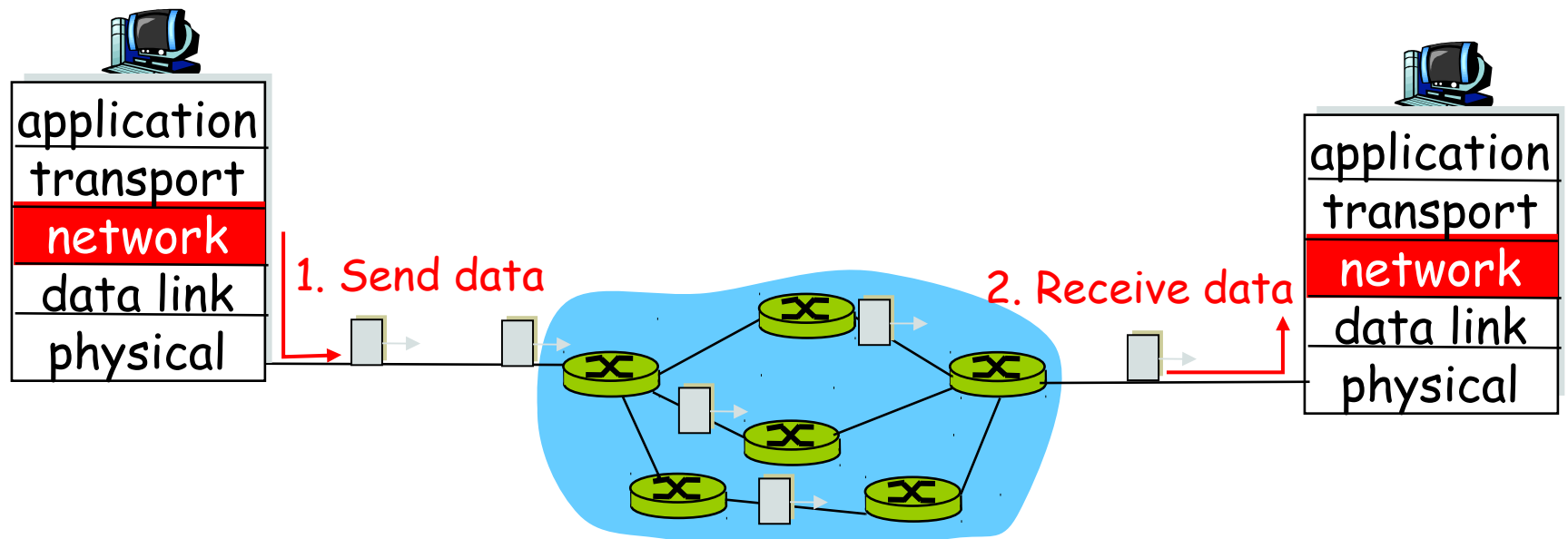
Các vấn đề liên quan đến việc thiết kế tầng mạng

- Các dịch vụ cung cấp cho tầng vận chuyển
 - Mục tiêu thiết kế: Các dịch vụ cần độc lập với kỹ thuật của các router.
 - Tầng vận chuyển cần được độc lập với số lượng, kiểu và hình trạng của các router hiện hành.
 - Địa chỉ mạng cung cấp cho tầng vận chuyển phải có sơ đồ đánh số nhất quán cho dù chúng là LAN hay WAN
 - Hai dịch vụ cơ bản:
 - Dịch vụ không nối kết (Connectionless Service)
 - Dịch vụ định hướng nối kết (Connection – Oriented Service)

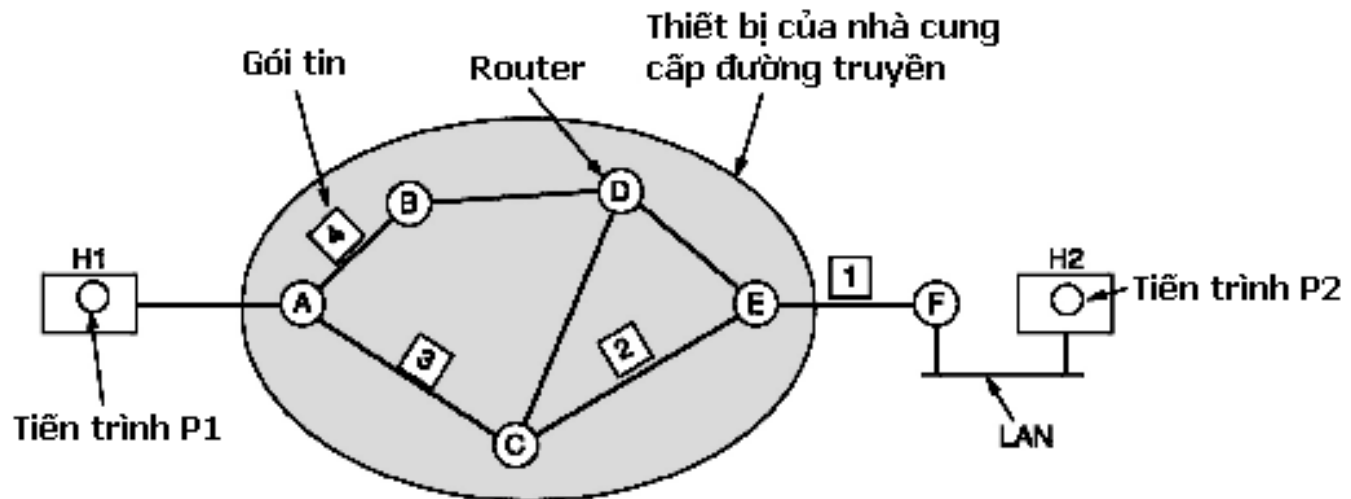
Dịch vụ không nối kết

- Các gói tin được đưa vào subnet một cách riêng lẻ và được vạch đường một cách độc lập nhau.
- Không cần thiết phải thiết lập nối kết trước khi truyền tin.
- Các gói tin được gọi là thư tín (Datagram) và subnet được gọi là Datagram Subnet.

Dịch vụ không nối kết



Cài đặt dịch vụ không nối kết (Implementation of Connectionless Service)



Bảng vạch đường của nút A
lúc đầu lúc sau

A	-	A	-
B	B	B	B
C	C	C	C
D	B	D	B
E	C	E	B
F	C	F	B

Nút C	
A	A
B	A
C	-
D	D
E	E
F	E

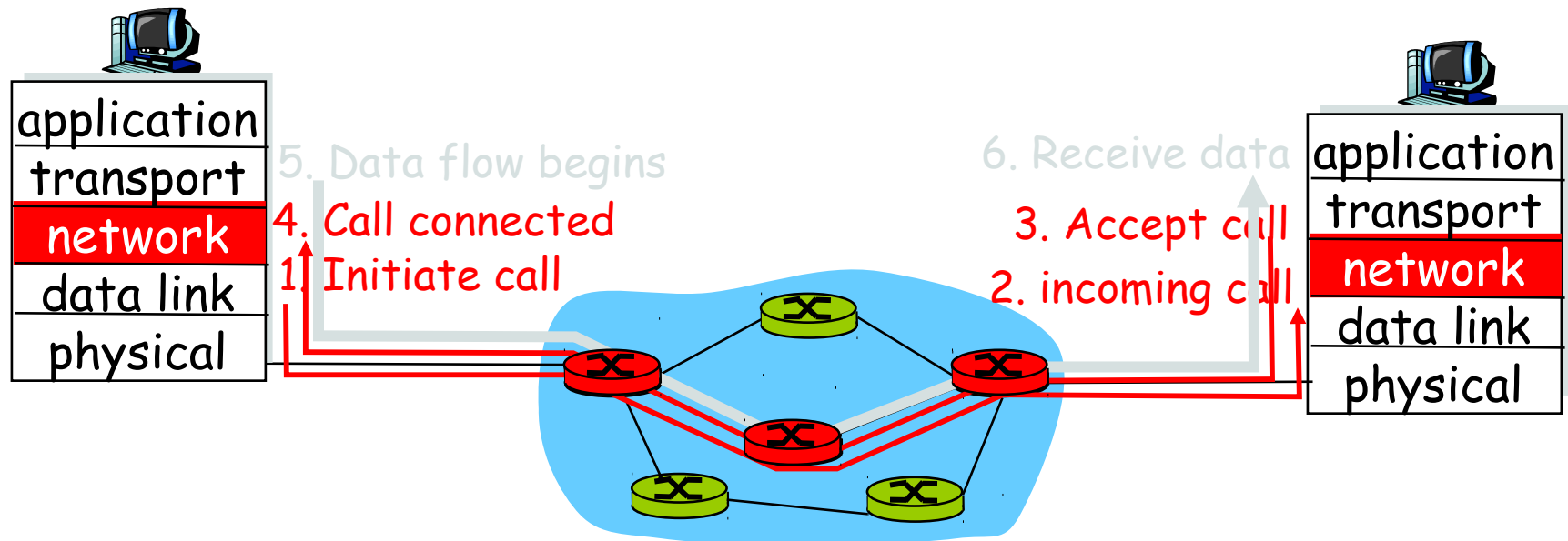
Nút E	
A	C
B	D
C	C
D	D
E	-
F	F

Giải thuật chịu trách nhiệm quản lý thông tin trong bảng chọn đường cũng như thực hiện các quyết định về chọn đường được gọi là **Giải thuật chọn đường** (Routing algorithm).

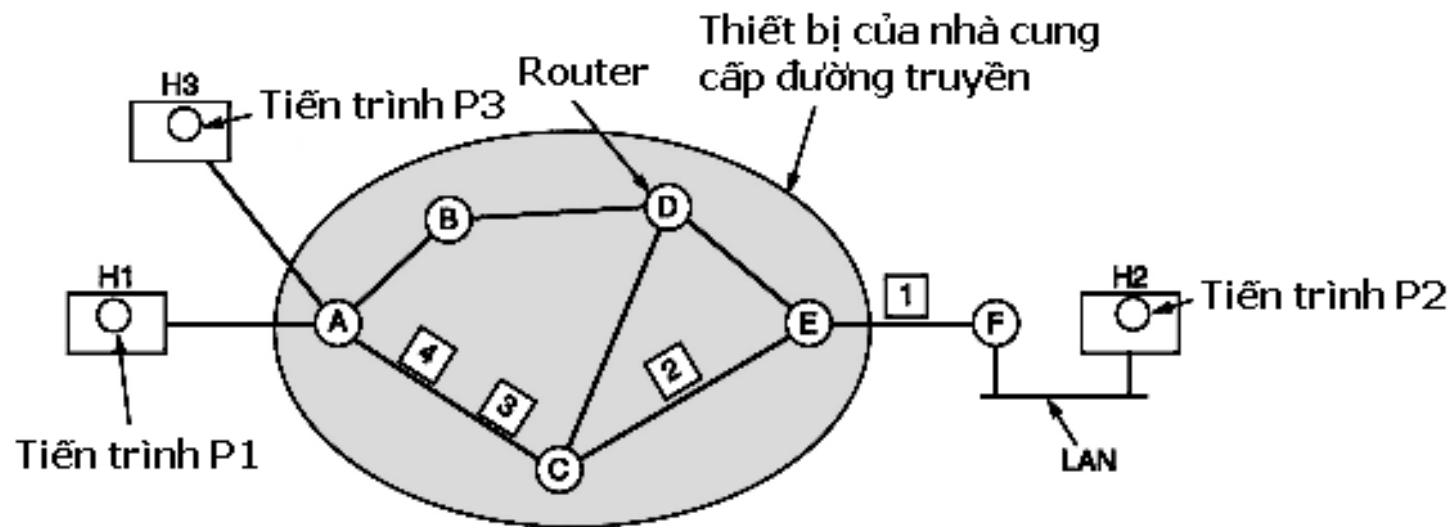
Dịch vụ định hướng nối kết

- Một đường nối kết giữa bên gửi và bên nhận phải được thiết lập trước khi các gói tin có thể được gửi đi.
- Nối kết này được gọi là mạch ảo (Virtual Circuit) tương tự như mạch vật lý được nối kết trong hệ thống điện thoại và subnet trong trường hợp này được gọi là virtual circuit subnet.

Dịch vụ định hướng nối kết



Cài đặt dịch vụ có nối kết (Implementation of Connectionless Service)



Bảng vạch đường của A

H1	1	C	1
H3	1	C	2
Vào		Ra	

Bảng vạch đường của C

A	1	E	1
A	2	E	2

Bảng vạch đường của E

C	1	F	1
C	2	F	2

Mỗi gói tin có mang một số định dạng để xác định mạch ảo mà nó thuộc về

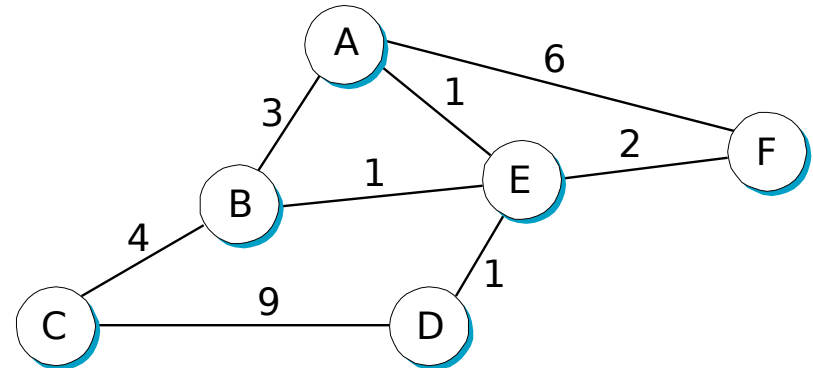
So sánh giữa Datagram subnet và Virtual-Circuit subnet

Vấn đề	Datagram Subnet	Circuit Subnet
Thiết lập nối kết	Không cần	Cần thiết
Đánh địa chỉ	Mỗi gói tin chứa đầy đủ địa chỉ gửi và nhận	Mỗi gói tin chỉ chứa số nhận dạng nối kết có kích thước nhỏ.
Thông tin trạng thái	Router không cần phải lưu giữ thông tin trạng thái của các nối kết	Mỗi nối kết phải được lưu lại trong bảng chọn đường của router.
Chọn đường	Mỗi gói tin có đường đi khác nhau	Đường đi được chọn khi mạch ảo được thiết lập, sau đó tất cả các gói tin đều đi trên đường này.
Ảnh hưởng khi router bị hỏng	Không bị ảnh hưởng, ngoại trừ gói tin đang trên đường truyền bị hỏng	Tất cả các mạch ảo đi qua router bị hỏng đều bị kết thúc
Chất lượng dịch vụ	Khó đảm bảo	Có thể thực hiện dễ dàng nếu có đủ tài nguyên gán trước cho từng nối kết
Điều khiển tắc nghẽn	Khó điều khiển	Có thể thực hiện dễ dàng nếu có đủ tài nguyên gán trước cho từng nối kết

Giải thuật chọn đường

Chọn đường (Routing)

- Mục tiêu: là xác định một đường đi tốt (chuỗi các router) xuyên trên mạng từ máy gửi đến máy nhận thông tin
- Cần đồ thị hóa hệ thống mạng cho các giải thuật chọn đường:
 - Nút là các host, switch, router hoặc là các mạng con.
 - Cạnh của đồ thị tương ứng với các đường nối kết mạng.
 - Mỗi cạnh có một chi phí đính kèm, là thông số chỉ ra cái giá phải trả khi lưu thông trên nối kết mạng đó



- Chọn đường là tìm ra đường đi có chi phí thấp nhất giữa hai nút bất kỳ
- Chi phí của đường đi là tổng chi phí khi đi qua tất cả các cạnh làm thành đường đi đó.
- Nếu không có một đường đi giữa hai nút; chi phí là vô cùng.

Mục tiêu của giải thuật chọn đường

- Xác định đường đi nhanh chóng, chính xác.
- Khả năng thích nghi được với những thay đổi về hình trạng mạng.
- Khả năng thích nghi được với những thay đổi về tải đường truyền.
- Khả năng tránh được các nút kết bị tắc nghẽn tạm thời
- Chi phí tính toán để tìm ra được đường đi phải thấp

Phân loại giải thuật chọn đường

- Chọn đường tập trung (Centralized routing): Trong mạng có một Trung tâm điều khiển mạng (Network Control Center) chịu trách nhiệm tính toán và cập nhật thông tin về đường đi đến tất cả các điểm khác nhau trên toàn mạng cho tất cả các router.
- Chọn đường phân tán (Distributed routing): Mỗi router phải tự tính toán tìm kiếm thông tin về các đường đi đến những điểm khác nhau trên mạng. Để làm được điều này, các router cần phải trao đổi thông tin quan lại với nhau.
- Chọn đường tĩnh (Static routing): Các router không thể tự cập nhật thông tin về đường đi khi hình trạng mạng thay đổi. Thông thường nhà quản mạng sẽ là người cập nhật thông tin về đường đi cho router.
- Chọn đường động (Dynamic routing): Các router sẽ tự động cập nhật lại thông tin về đường đi khi hình trạng mạng bị thay đổi.

Giải thuật tìm đường đi ngắn nhất Dijkstra

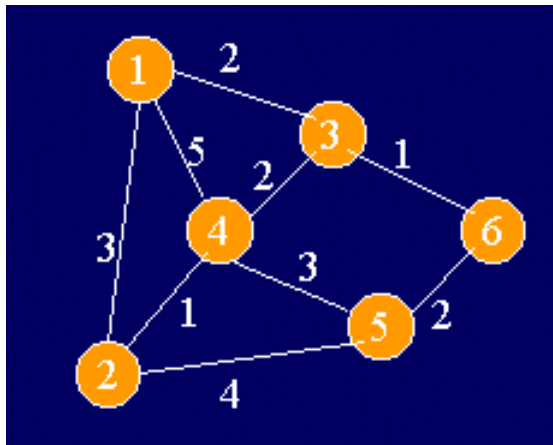
- Mục đích là để tìm đường đi ngắn nhất từ một nút cho trước trên đồ thị đến các nút còn lại trên mạng
- Thuộc loại giải thuật tìm đường đi tối ưu tập trung
- Gọi
 - S: là nút nguồn cho trước
 - N: là tập hợp tất cả các nút đã xác định được đường đi ngắn nhất từ S.
 - D_i : là độ dài đường đi ngắn nhất từ nút nguồn S đến nút i.
 - l_{ij} : là giá của cạnh nối trực tiếp nút i với nút j, sẽ là ∞ nếu không có cạnh nối trực tiếp giữa i và j.
 - P_i : là nút cha của của nút i.

Giải thuật tìm đường đi ngắn nhất Dijkstra

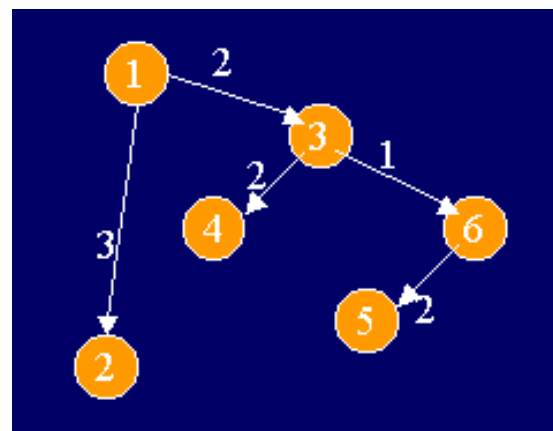
- Bước 1: Khởi tạo
 - $N=\{S\}$; $D_s=0$;
 - Với $\forall i \neq S$: $D_i = l_{si}$, $P_i = S$
- Bước 2: Tìm nút gần nhất kế tiếp
 - Tìm nút $i \notin N$ thoả $D_i = \min (D_j)$ với $j \notin N$
 - Thêm nút i vào N .
 - Nếu N chứa tất cả các nút của đồ thị thì dừng. Ngược lại sang Bước 3
 - Bước 3: Tính lại giá đường đi nhỏ nhất
 - Với mỗi nút $j \notin N$: Tính lại $D_j = \min\{ D_j, D_i + l_{ij} \}$; $P_j = i$;
 - Trở lại Bước 2

Giải thuật tìm đường đi ngắn nhất

Dijkstra – ví dụ

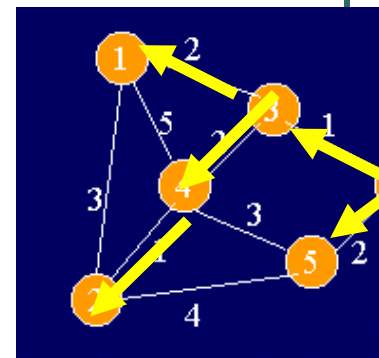


Lần lặp	N	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆
Khởi tạo	{1}	3	2	5	∞	∞	1	1	1	1	1
1	{1,3}	3	<u>2</u>	4	∞	3	1	1	3	1	3
2	{1,3,2}	<u>3</u>		4	7	3	1		3	2	3
3	{1,3,2,6}			4	5	<u>3</u>			3	6	3
4	{1,3,2,6,4}			<u>4</u>	5				3	6	
5	{1,3,2,6,4,5}				<u>5</u>					6	



Giải thuật tìm đường đi ngắn nhất

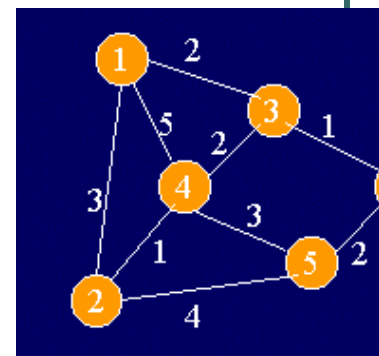
Dijkstra – ví dụ

[illegible]

Giải thuật tìm đường đi ngắn nhất

Dijkstra – ví dụ

	1	2	3	4	5	6
1	0	3	2	5	6553 5	6553 5
2	3	0	6553 5	1	4	6553 5
3						
4						
5						
6						



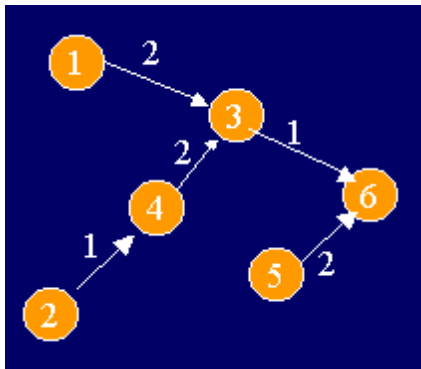
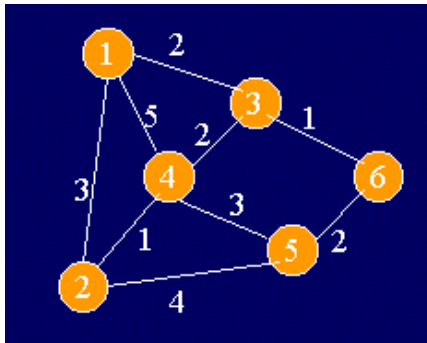
Giải thuật chọn đường tối ưu Ford-Fulkerson

- Mục đích của giải thuật này là để tìm đường đi ngắn nhất từ tất cả các nút đến một nút đích cho trước trên mạng
- Thuộc loại giải thuật tìm đường đi tối ưu – phân tán
- Gọi
 - d là nút đích cho trước
 - D_i là chiều dài đường đi ngắn nhất từ nút i đến nút d .
 - C_i là nút con của nút i

Giải thuật chọn đường tối ưu Ford-Fulkerson

- Bước 1: Khởi tạo:
 - Gán $D_d = 0$;
 - Với $\forall i \neq d$: gán $D_i = \infty$; $C_i = -1$;
- Bước 2: Cập nhật giá đường đi ngắn nhất từ nút i đến nút d
 - $D_i = \min\{l_{ij} + D_j\}$ với $\forall j \neq i \Rightarrow C_i = j$;
 - Lặp lại cho đến khi không còn D_i nào bị thay đổi giá trị

Giải thuật chọn đường tối ưu Ford-Fulkerson – ví dụ

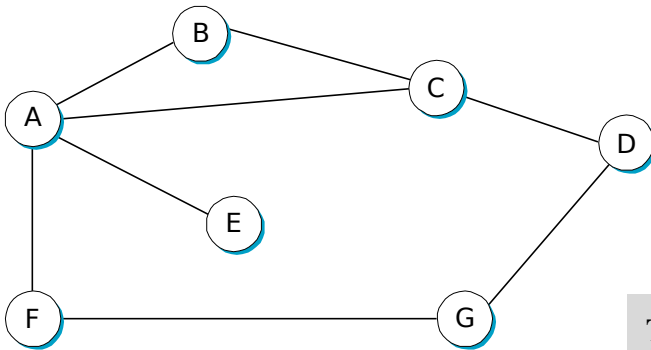


Lần lặp	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Khởi tạo	∞	∞	∞	∞	∞	-1	-1	-1	-1	-1
1	∞	∞	1	3	2	-1	-1	6	3	6
2	3	4	1	3	2	3	4	6	3	6
3	3	4	1	3	2	3	4	6	3	6

Giải pháp vạch đường Vector Khoảng cách (Distance Vector)

- Mỗi nút thiết lập một mảng một chiều (vector) chứa khoảng cách (chi phí) từ nó đến tất cả các nút còn lại và sau đó phát vector này đến tất cả các nút láng giềng của nó.
- Giả thiết
 - Mỗi nút phải biết được chi phí của các đường nối từ nó đến tất cả các nút láng giềng
 - Một nối kết bị đứt (down) sẽ được gán cho chi phí có giá trị vô cùng.

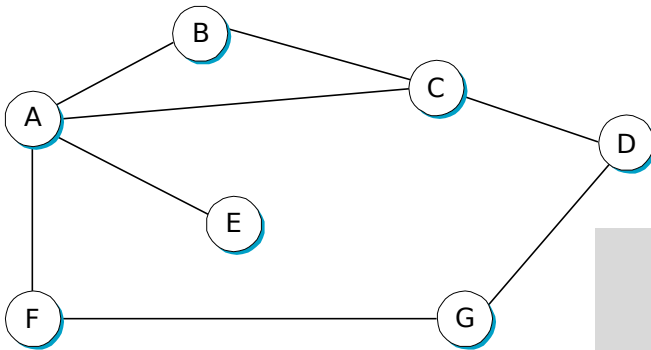
Giải pháp vạch đường Vector Khoảng cách (Distance Vector)



Khởi đầu, mỗi nút đặt giá trị 1 cho đường nối kết đến các nút láng giềng kề nó, ∞ cho các đường nối đến tất cả các nút còn lại

Thông tin được lưu tại các nút	Khoảng cách đến nút						
	A	B	C	D	E	F	G
A	0	1	1	∞	1	1	∞
B	1	0	1	∞	∞	∞	∞
C	1	1	0	1	∞	∞	∞
D	∞	∞	1	0	∞	∞	1
E	1	∞	∞	∞	0	∞	∞
F	1	∞	∞	∞	∞	0	1
G	∞	∞	∞	1	∞	1	0

Giải pháp vạch đường Vector Khoảng cách (Distance Vector)



Bảng vạch đường khởi đầu tại nút A

Đích (Destination)	Chi phí (Cost)	Nút kế tiếp (Next Hop)
B	1	B
C	1	C
D	∞	-
E	1	E
F	1	F
G	∞	-

Giải pháp vạch đường Vector Khoảng cách (Distance Vector)

Thông tin được lưu tại các nút	Khoảng cách đến nút						
	A	B	C	D	E	F	G
A	0	1	1	∞	1	1	∞
B	1	0	1	∞	∞	∞	∞
C	1	1	0	1	∞	∞	∞
D	∞	∞	1	0	∞	∞	1
E	1	∞	∞	∞	0	∞	∞
F	1	∞	∞	∞	∞	0	1
G	∞	∞	∞	1	∞	1	0

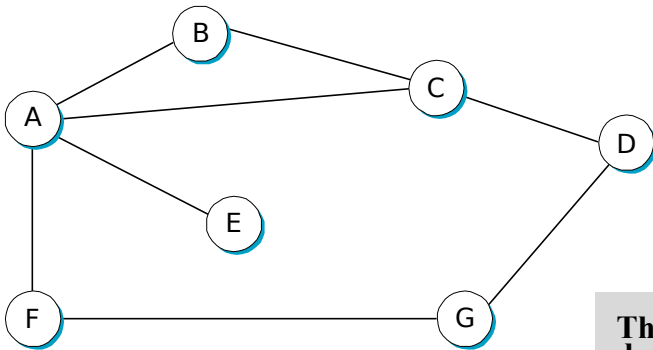
Mỗi nút sẽ gửi một thông điệp đến các láng giềng liền kề nó, chứa danh sách các khoảng cách mà cá nhân nút tính được

Đích	Chi phí	Nút kế tiếp
B	1	B
C	1	C
D	∞	-
E	1	E
F	1	F
G	∞	-

Đích	Chi phí	Nút kế tiếp
B	1	B
C	1	C
D	2	C
E	1	E
F	1	F
G	2	F

Bảng vạch đường tại nút A

Giải pháp vạch đường Vector Khoảng cách (Distance Vector)



Các khoảng cách cuối cùng được lưu tại mỗi nút

Thông tin được lưu tại các nút

Khoảng cách đến nút

	A	B	C	D	E	F	G
A	0	1	1	2	1	1	2
B	1	0	1	2	2	2	3
C	1	1	0	1	2	2	2
D	2	2	1	0	3	2	1
E	1	2	2	3	0	2	3
F	1	2	2	2	2	0	1
G	2	3	2	1	3	1	0

Giải pháp vạch đường Vector Khoảng cách (Distance Vector)

- Một số vấn đề:
 - Thời điểm gửi thông tin vạch đường của mình cho các nút láng giềng:
 - Cập nhật theo chu kỳ
 - Cập nhật do bị kích hoạt khi có sự thay đổi thông tin trong bảng vạch đường của nút
 - Kiểm tra sự hiện diện của láng giềng
 - Gửi thông điệp hỏi thăm sức khỏe định kỳ
 - Không thấy bảng chọn đường của láng giềng gửi sang
 - Khi phát hiện đường truyền bị sự cố:
 - Router sẽ cập nhật đường đi tương ứng với giá vô cùng và gửi bảng chọn đường mới sang láng giềng
 - Vấn đề vòng quần

Giải pháp chọn đường “Trạng thái nối kết” (Link State)

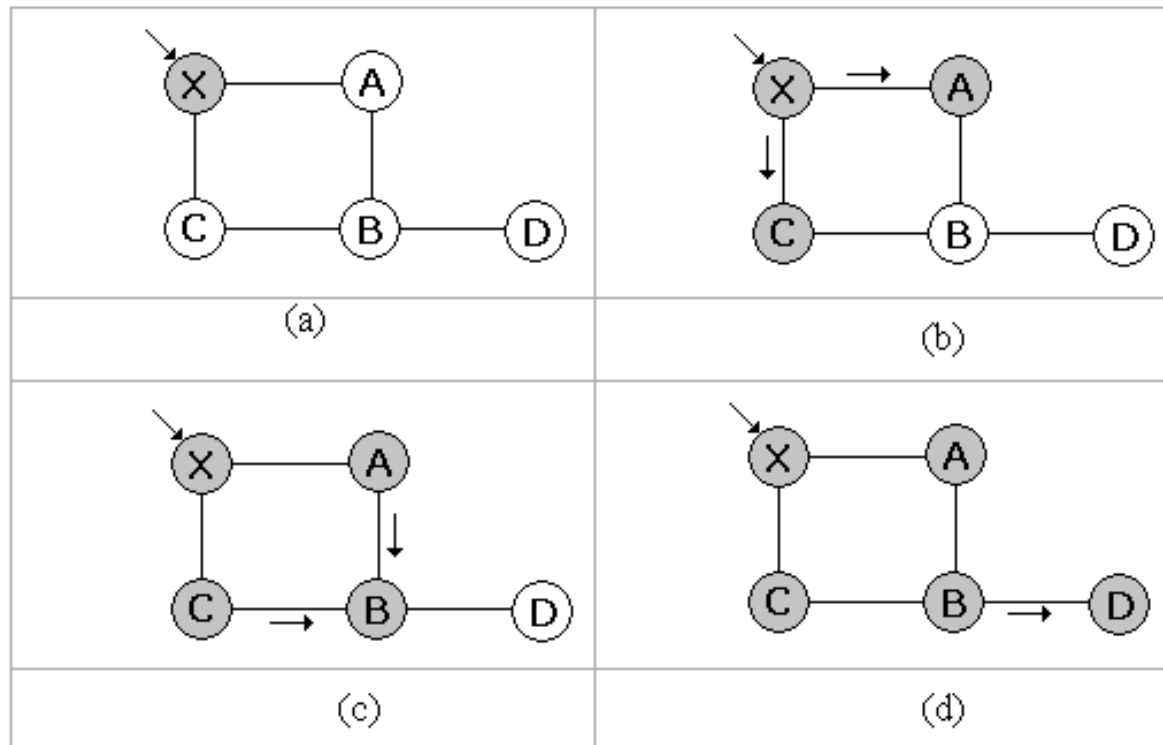
- Mỗi nút được giả định có khả năng tìm ra trạng thái của đường nối nó đến các nút láng giềng và chi phí trên mỗi đường nối đó
- Mọi nút đều biết đường đi đến các nút láng giềng kề bên chúng và nếu chúng ta đảm bảo rằng tổng các kiến thức này được phân phối cho mọi nút thì mỗi nút sẽ có đủ hiểu biết về mạng để dựng lên một bản đồ hoàn chỉnh của mạng
- Mỗi nút sẽ chạy các giải thuật tìm đường đi trên hình trạng của toàn mạng để tìm đường đi

Giải pháp chọn đường “Trạng thái nổi kết” (Link State)

- Làm ngập một cách tin cậy (Reliable Flooding)
 - Đảm bảo tất cả các nút tham gia vào giao thức vạch đường đều nhận được thông tin về trạng thái nổi kết từ tất cả các nút khác
 - Một nút phát thông tin về trạng thái nổi kết của nó với mọi nút láng giềng liền kề, đến lượt mỗi nút nhận được thông tin trên lại chuyển phát thông tin đó ra các nút láng giềng của nó. Tiến trình này cứ tiếp diễn cho đến khi thông tin đến được mọi nút trong mạng
 - Mỗi nút tạo ra gói tin cập nhật, còn được gọi là gói tin trạng thái nổi kết (link-state packet – LSP), chứa :
 - ID của nút đã tạo ra LSP
 - Một danh sách các nút láng giềng có đường nối trực tiếp tới nút đó, cùng với chi phí của đường nối đến mỗi nút.
 - Một số thứ tự
 - Thời gian sống (time to live) của gói tin này

Giải pháp chọn đường “Trạng thái nối kết” (Link State)

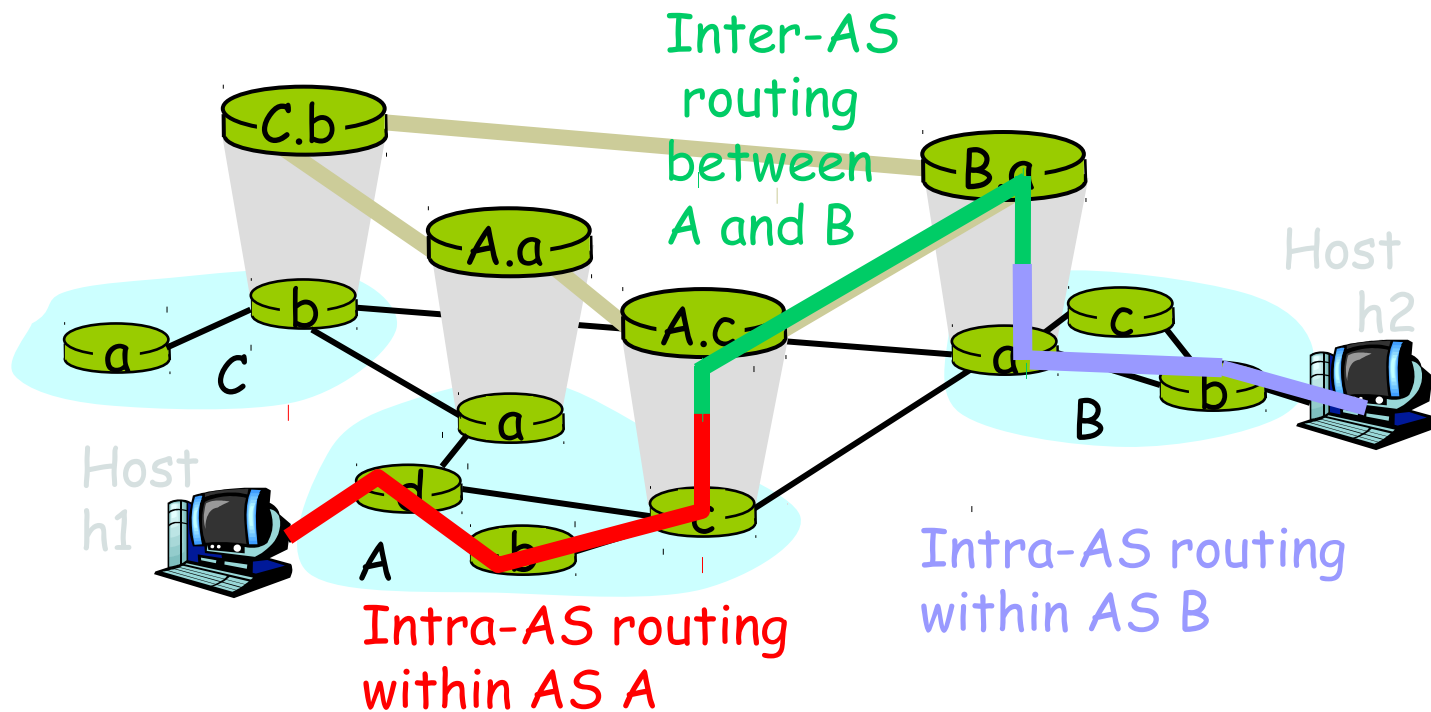
- Làm ngập một cách tin cậy (Reliable Flooding)



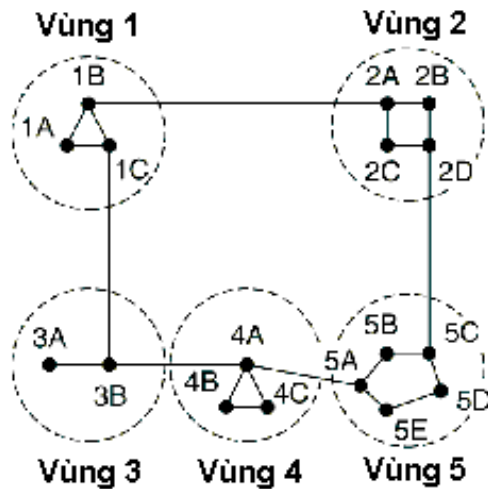
Vạch đường phân cấp (Hierarchical Routing)

- Khi mạng tăng kích thước:
 - Tăng kích thước bảng vạch đường của các router
 - Tăng kích thước bộ nhớ
 - Tăng thời gian tìm kiếm đường đi
 - Cần thực hiện vạch đường phân cấp
- Trong vạch đường phân cấp:
 - Các router được chia thành những vùng (domain).
 - Router biết cách vạch đường bên trong vùng, nhưng không biết gì về cấu trúc bên trong của các vùng khác.

Vạch đường phân cấp (Hierarchical Routing)



Vạch đường phân cấp (Hierarchical Routing)



(a)

Bảng vạch đường
đầy đủ của nút 1A

Đích Lỗi ra Chi phí

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)

Bảng vạch đường
phân cấp của host 1A

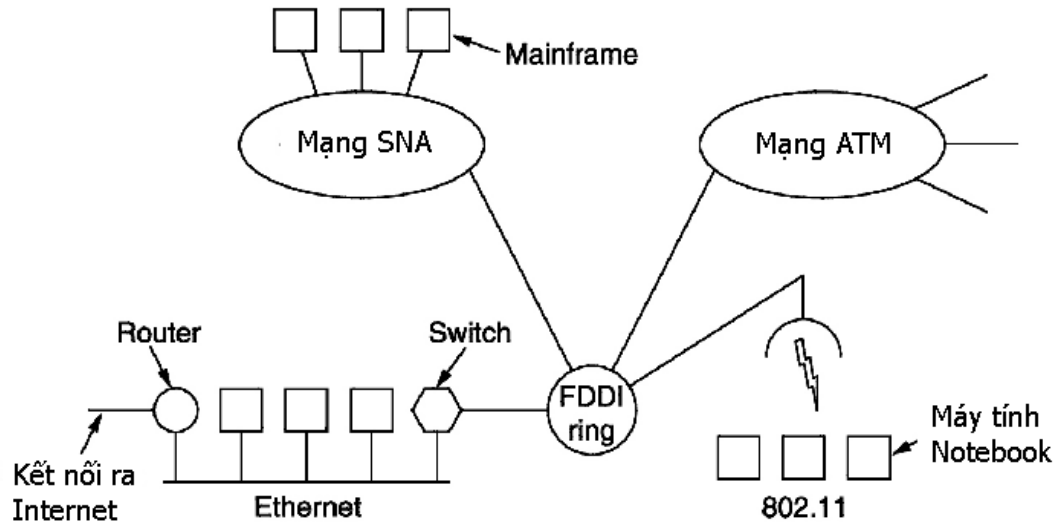
Đích Lỗi ra Chi phí

1A	—	—
1B	1B	1
1C	1C	1
2	1B	2
3	1C	2
4	1C	3
5	1C	4

(c)

Liên mạng và bộ giao thức IP

Liên mạng (Internetwork)



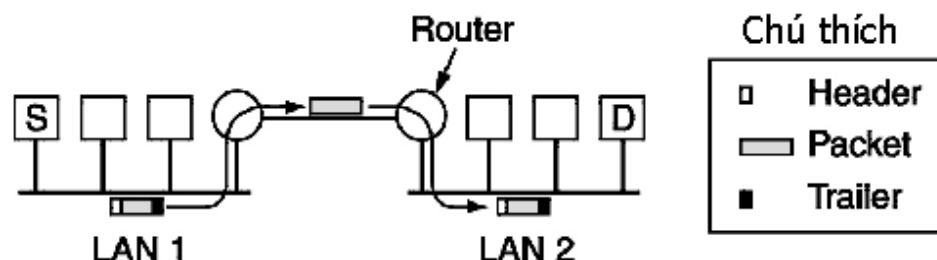
- Liên mạng: Mạng được hình thành từ việc liên nối kết nhiều mạng lại với nhau

- Các mạng thành phần là không đồng nhất (homogeneous): khác nhau về phần cứng, phần mềm, giao thức
- Mục tiêu của việc xây dựng liên mạng là cho phép người dùng trên một mạng con có thể liên lạc được với người dùng trên các mạng con khác

Các hình thức xây dựng liên mạng

- Ở tầng vật lý: Các mạng có thể được nối kết bằng các repeater hoặc hub, những thiết bị chỉ đơn thuần làm nhiệm vụ di chuyển các bit từ mạng này sang mạng kia.
- Ở tầng LKDL: Người ta dùng các cầu nối (bridges) hoặc switches. Chúng có thể nhận các khung, phân tích địa chỉ MAC và cuối cùng chuyển khung sang mạng khác trong khi song song đó, chúng vừa làm nhiệm vụ giám sát quá trình chuyển đổi giao thức, ví dụ như từ Ethernet sang FDDI hoặc 802.11.
- Ở tầng mạng: Người ta dùng các router để nối kết các mạng với nhau. Nếu hai mạng có tầng mạng khác nhau, router có thể chuyển đổi khuôn dạng gói tin, quản lý nhiều giao thức khác nhau trên các mạng khác nhau.
- Ở tầng vận chuyển: Người ta dùng các gateway vận chuyển, thiết bị có thể làm giao diện giữa hai đầu nối kết mức vận chuyển. Ví dụ gateway có thể làm giao diện trao đổi giữa hai nối kết TCP và NSA.
- Ở tầng ứng dụng: Các gateway ứng dụng sẽ làm nhiệm vụ chuyển đổi ngữ cảnh của các thông điệp. Ví dụ như gateway giữa hệ thống email Internet và X.400 sẽ làm nhiệm vụ chuyển đổi nhiều trường trong header của email

Liên mạng ở tầng mạng



- Hai router được nối với nhau bằng đường nối điểm-điểm,
- Máy S muốn gửi cho máy D một gói tin,
- S đóng gói gói tin này thành một khung và gửi lên đường truyền.
- Khung đến được router của LAN1,
 - router này liền bóc vỏ khung, lấy gói tin ra, tìm ra địa chỉ mạng (IP) của máy đích, địa chỉ này sẽ được tham khảo trong bảng vạch đường của router LAN1 để tìm đường đi đến LAN 2
 - router LAN1 quyết định chuyển gói sang router LAN2 bằng cách đóng thành khung gửi cho router LAN2.

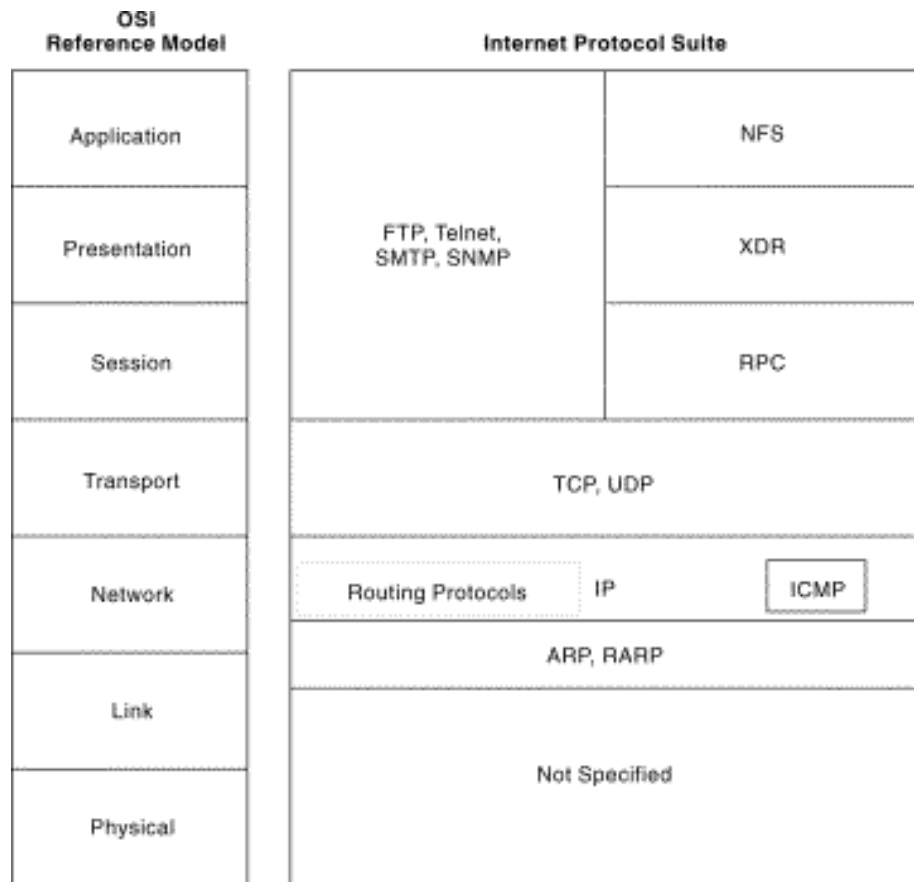
Bộ giao thức liên mạng (IPs - Internet Protocols)

- Bộ giao thức liên mạng lần đầu tiên được phát triển vào giữa những năm của thập niên 70 bởi một dự án của Văn phòng các dự án nghiên cứu chuyên sâu của bộ quốc phòng Mỹ (DARPA-Defense Advanced Research Projects Agency)
- Mục đích: xây dựng một mạng chuyển mạch gói (packet-switched network) cho phép việc trao đổi thông tin giữa các hệ thống máy tính khác nhau của các viện nghiên cứu trở nên dễ dàng hơn.

Bộ giao thức liên mạng (IPs - Internet Protocols)

- Là bộ giao thức liên mạng cho các hệ thống mở nổi tiếng nhất trên thế giới
- Được sử dụng để giao tiếp qua bất kỳ các liên mạng nào cũng như thích hợp cho các giao tiếp trong mạng LAN và mạng WAN.
- Bao gồm một bộ các giao thức truyền thông:
 - Tầng 4 :
 - TCP (Transmission Control Protocol)
 - UDP (User Datagram Protocol)
 - Tầng 3: IP (Internet Protocol)
 - Tầng ứng dụng: SMTP, FTP, TELNET, HTTP, ...
 - Và các giao thức khác: ARP, RARP, ICMP, ...

Bộ giao thức liên mạng (IPs - Internet Protocols)

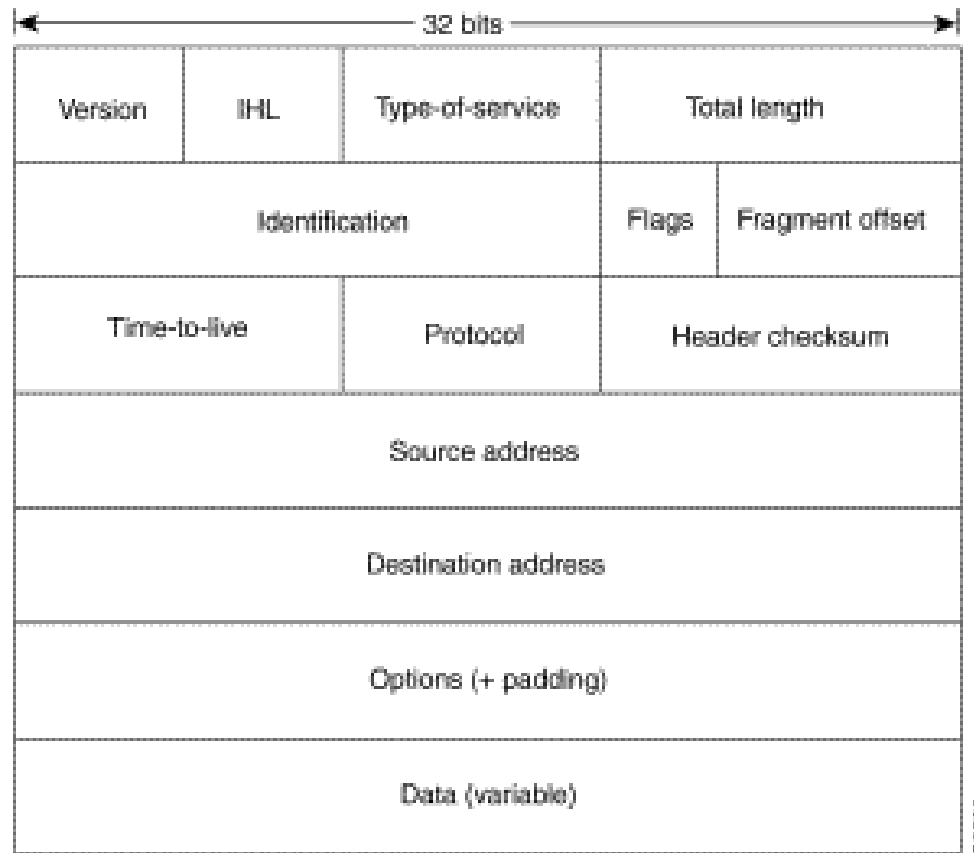


- TCP/IP được tích hợp vào hệ điều hành UNIX phiên bản BSD (Berkeley Software Distribution)
- Trở thành nền tảng cho mạng Internet và dịch vụ WWW (World Wide Web)

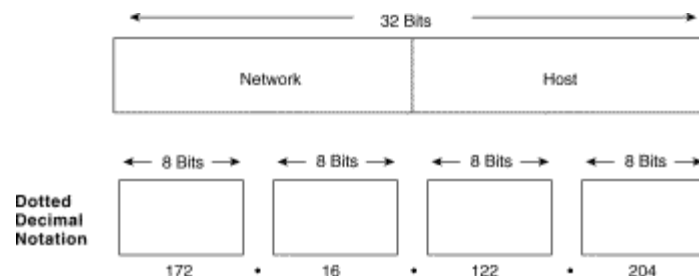
Giao thức IP (Internet protocol)

- Hoạt động ở tầng 3 của mô hình OSI
- Qui định cách thức định địa chỉ các máy tính và cách thức chuyển tải các gói tin qua một liên mạng.
- Được đặc tả trong RFC 791
- Cùng với giao thức TCP, IP trở thành trái tim của Bộ giao thức Internet.
- Hai chức năng chính
 - Cung cấp dịch vụ truyền tải dạng không nối kết để chuyển tải các gói tin qua một liên mạng
 - Phân mảnh cũng như tập hợp lại các gói tin để hỗ trợ cho tầng liên kết dữ liệu với kích thước đơn vị truyền dữ liệu là khác nhau.

Cấu trúc gói tin của giao thức IP – V4



Cấu trúc địa chỉ IP



<div>←-----32 Bits-----→</div>			
Class	<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></</div></div>		

Lớp	Dạng	Mục đích	Các bits cao nhất	Khoản địa chỉ	Số bit phân nhận dạng mạng / Số bit phân nhận dạng máy tính	Tổng số máy tính trong một mạng
A	N.H.H.H	Cho một số ít các tổ chức lớn	0	1.0.0.0 đến 126.0.0.0	7/24	16.777.214 ($2^7 - 2$)
B	N.N.H.H	Cho các tổ chức có kích thước trung bình	10	128.1.0.0 đến 191.254.0.0	14/16	65.543 ($2^{14} - 2$)
C	N.N.N.H	Cho các tổ chức có kích thước nhỏ	110	192.0.1.0 đến 223.255.254.0	21/8	254 ($2^{21} - 2$)
D		Truyền nhóm	1110	224.0.0.0 đến 239.255.255.255		
E		Dành cho thí nghiệm	1111	240.0.0.0 đến 254.255.255.255		

Chi tiết về các lớp của địa chỉ IP

Một số địa chỉ IP đặc biệt

- Địa chỉ mạng (Network Address): là địa chỉ IP mà giá trị của tất cả các bits ở phần nhận dạng máy tính đều là 0, được sử dụng để xác định một mạng.
 - Ví dụ : 10.0.0.0; 172.18.0.0 ; 192.1.1.0
- Địa chỉ quảng bá (Broadcast Address) : Là địa chỉ IP mà giá trị của tất cả các bits ở phần nhận dạng máy tính đều là 1, được sử dụng để chỉ tất cả các máy tính trong mạng.
 - Ví dụ : 10.255.255.255, 172.18.255.255, 192.1.1.255
 - Không được dùng để đặt địa chỉ cho các máy tính
- Mặt nạ mạng chuẩn (Netmask) : Là địa chỉ IP mà giá trị của các bits ở phần nhận dạng mạng đều là 1, các bits ở phần nhận dạng máy tính đều là 0. Như vậy ta có 3 mặt nạ mạng tương ứng cho 3 lớp mạng A, B và C là :
 - Mặt nạ mạng lớp A : 255.0.0.0
 - Mặt nạ mạng lớp B : 255.255.0.0
 - Mặt nạ mạng lớp C : 255.255.255.0
 - Ta gọi chúng là các mặt nạ mạng mặc định (Default Netmask)

Một số địa chỉ IP đặc biệt

- Địa chỉ mạng 127.0.0.0 là địa chỉ được dành riêng để đặt cho từng máy tính. Nó chỉ có giá trị cục bộ (trong phạm vi một máy tính). Thông thường khi cài đặt giao thức IP thì máy tính sẽ được gán địa chỉ 127.0.0.1. Địa chỉ này thông thường để kiểm tra xem giao thức IP trên máy hiện tại có hoạt động không.
- Địa chỉ dành riêng cho mạng cục bộ không nối kết trực tiếp Internet :
 - Lớp A : 10.0.0.0
 - Lớp B : 172.16.0.0 đến 172.32.0.0
 - Lớp C : 192.168.0.0 - 192.168.254.0

Ý nghĩa của Netmask

- Network Address = IP Address & Netmask

	Biểu diễn thập phân	Biểu diễn nhị phân
IP Address	198.53.147.45	11000110 00110101 10010011 00101101
Netmask	255.255.255.0	11111111 11111111 11111111 00000000
Network Address	198.53.147.0	11000110 00110101 10010011 00000000

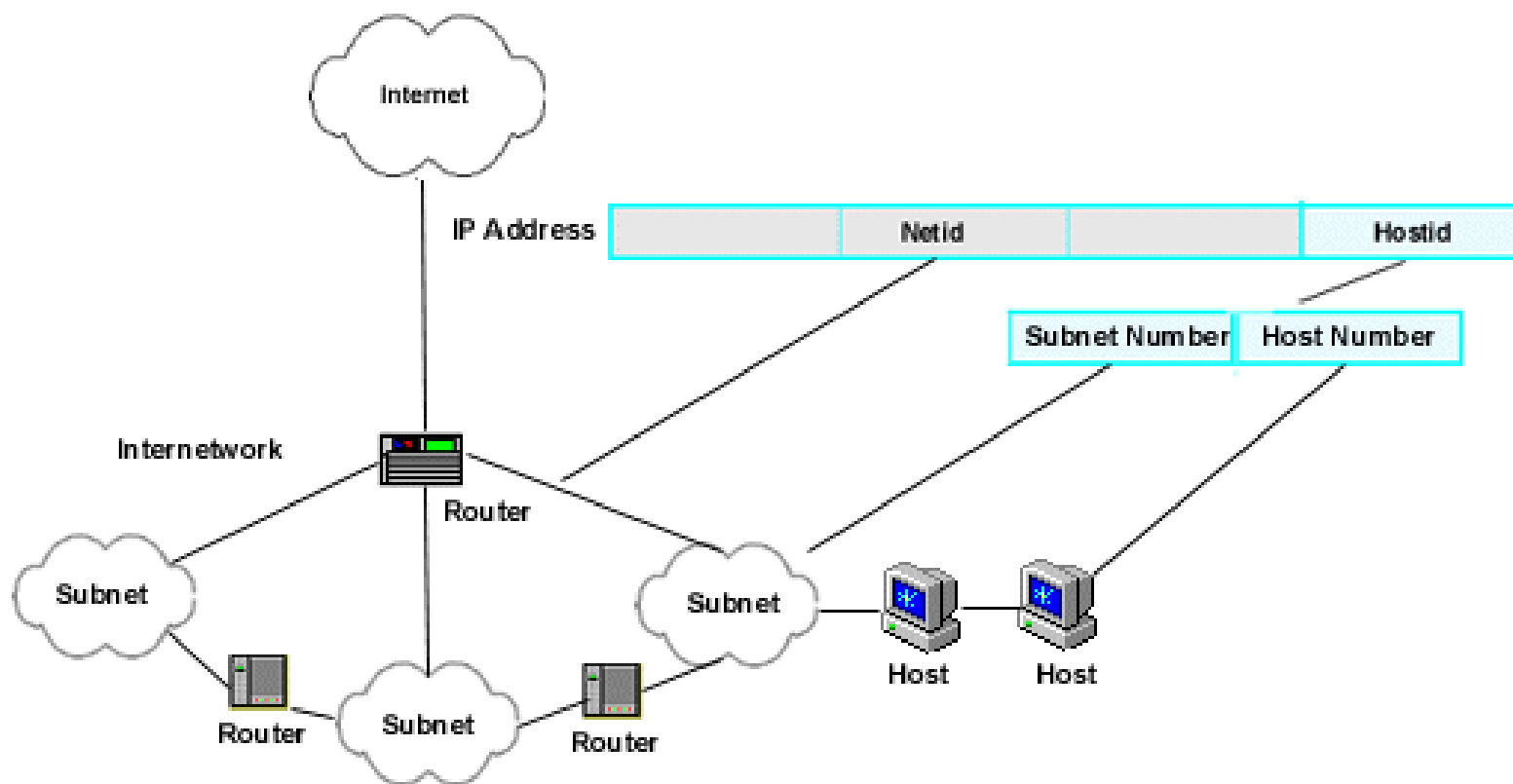
Phân mạng con (Subnetting)

Phân mạng con là gì ?

- Phân mạng con là một kỹ thuật cho phép nhà quản trị mạng chia một mạng thành những mạng con nhỏ, nhờ đó có được các tiện lợi sau :
 - Đơn giản hóa việc quản trị : Với sự trợ giúp của các router, các mạng có thể được chia ra thành nhiều mạng con (subnet) mà chúng có thể được quản lý như những mạng độc lập và hiệu quả hơn.
 - Có thể thay đổi cấu trúc bên trong của mạng mà không làm ảnh hưởng đến các mạng bên ngoài. Một tổ chức có thể tiếp tục sử dụng các địa chỉ IP đã được cấp mà không cần phải lấy thêm khối địa chỉ mới.
 - Tăng cường tính bảo mật của hệ thống : Phân mạng con sẽ cho phép một tổ chức phân tách mạng bên trong của họ thành một liên mạng nhưng các mạng bên ngoài vẫn thấy đó là một mạng duy nhất.
 - Cô lập các luồng giao thông trên mạng : Với sự trợ giúp của các router, giao thông trên mạng có thể được giữ ở mức thấp nhất có thể.

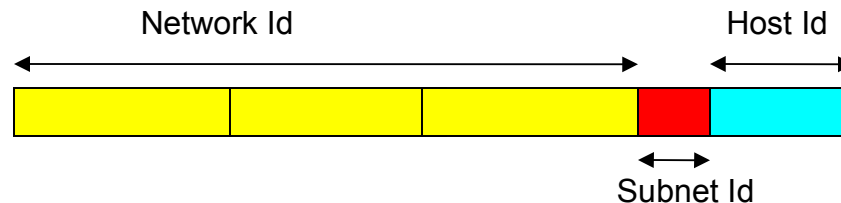
Phân mạng con là gì ?

Subnetted IP Appearance on the Internetwork



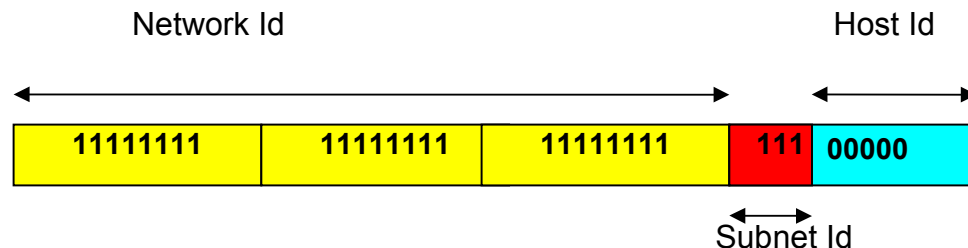
Phương pháp phân mạng con

- Nguyên tắc chung:
 - Phần nhận dạng mạng (Network Id) của địa chỉ mạng ban đầu được giữ nguyên.
 - Phần nhận dạng máy tính của địa chỉ mạng ban đầu được chia thành 2 phần :
 - Phần nhận dạng mạng con (Subnet Id)
 - Phần nhận dạng máy tính trong mạng con (Host Id).



Phương pháp phân mạng con

- Để phân mạng con, người ta phải xác định mặt nạ mạng con (subnetmask).
- Mặt nạ mạng con là một địa chỉ IP mà giá trị các bit ở Phần nhận dạng mạng (Network Id) và Phần nhận dạng mạng con (Subnet Id) đều là 1 trong khi giá trị của các bits ở Phần nhận dạng máy tính (Host Id) đều là 0.
- Subnetwork Address = IP & Subnetmask



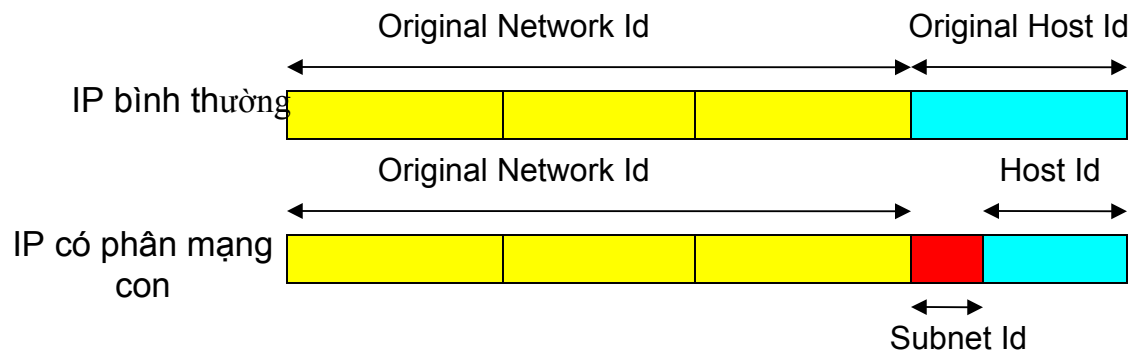
Mặt nạ mạng con khi phân mạng con lớp C

Phương pháp phân mạng con

- Có hai chuẩn để thực hiện phân mạng con là :
 - Chuẩn phân lớp hoàn toàn (Classfull standard)
 - Chuẩn Vạch đường liên miền không phân lớp CIDR (Classless Inter-Domain Routing).
- CIDR chỉ mới được đa số các nhà sản xuất thiết bị và hệ điều hành mạng hỗ trợ nhưng vẫn chưa hoàn toàn chuẩn hóa.

Phương pháp phân lớp hoàn toàn (Classfull Standard)

- Địa chỉ IP khi phân mạng con sẽ gồm 3 phần :
 - Phần nhận dạng mạng của địa chỉ ban đầu (Network Id):
 - Phần nhận dạng mạng con (Subnet Id) : Được hình thành từ một số bits có trọng số cao trong phần nhận dạng máy tính (Host Id) của địa chỉ ban đầu
 - Phần nhận dạng máy tính trong mạng con (Host Id) bao gồm các bit còn lại



Phương pháp phân lớp hoàn toàn (Classfull Standard)

- Số lượng bits thuộc phần nhận dạng mạng con xác định số lượng mạng con.
 - 4 bits, ta có $2^4=16$ mạng con.
 - Phần nhận dạng mạng con gồm toàn bit 0 hoặc bit 1 không được dùng để đánh địa chỉ cho mạng con vì nó trùng với địa chỉ mạng và địa chỉ quảng bá của mạng ban đầu.

Phương pháp phân lớp hoàn toàn (Classfull Standard)

- Ví dụ :
 - Cho địa chỉ mạng lớp C : 192.168.1.0 / 255.255.255.0.
 - Sử dụng 2 bits để làm phần nhận dạng mạng con.
 - Mặt nạ mạng con trong trường hợp này là 255.255.255.192.
 - Khi đó ta có các địa chỉ mạng con như sau :

Địa chỉ IP	Biểu diễn dạng thập phân	Biểu diễn dạng nhị phân			
Mạng ban đầu	192.168.1.0	1100 0000	1010 1000	0000 0001	0000 0000
Subnetmask	255.255.255.192	1111 1111	1111 1111	1111 1111	1100 0000
Mạng con 1	192.168.1.0	1100 0000	1010 1000	0000 0001	<u>0000 0000</u>
Mạng con 2	192.168.1.64	1100 0000	1010 1000	0010 0001	0100 0000
Mạng con 3	192.168.1.128	1100 0000	1010 1000	0000 0001	1000 0000
Mạng con 4	192.168.1.192	1100 0000	1010 1000	0000 0001	<u>1100 0000</u>

Phương pháp phân lớp hoàn toàn (Classfull Standard)

- Qui trình phân mạng con có thể được tóm tắt như sau :
 - Xác định số lượng mạng con cần phân, giả sử là N .
 - Biểu diễn $(N+1)$ thành số nhị phân. số lượng bit cần thiết để biểu diễn $(N+1)$ chính là số lượng bits cần dành cho phần nhận dạng mạng con. Ví dụ $N=6$, khi đó biểu diễn của $(6+1)$ dưới dạng nhị phân là 111. Như vậy cần dùng 3 bits để làm phần nhận dạng mạng con
 - Tạo mặt nạ mạng con
 - Liệt kê tất cả các địa chỉ mạng con có thể, trừ hai địa chỉ mà ở đó phần nhận dạng mạng con toàn các bits 0 và các bit 1.
 - Chọn ra N địa chỉ mạng con từ danh sách các mạng con đã liệt kê

Phương pháp Vạch đường liên miền không phân lớp CIDR (Classless Inter-Domain Routing)

- CIDR là một sơ đồ đánh địa chỉ mới cho mạng Internet hiệu quả hơn nhiều so với sơ đồ đánh địa chỉ cũ theo kiểu phân lớp A, B và C.
- CIDR ra đời để giải quyết hai vấn đề bức xúc đối với mạng Internet là :
 - Thiếu địa chỉ IP
 - Vượt quá khả năng chứa đựng của các bảng chọn đường.
- Cấu trúc địa chỉ CIDR:
 - Không sử dụng cơ chế phân lớp A,B,C,E,D
 - Phần nhận dạng mạng: từ 13 đến 27 bits
 - Một địa chỉ theo cấu trúc CIDR:
 - Bao gồm 32 bits của địa chỉ IP chuẩn cùng với một thông tin
 - bổ sung về số lượng các bit được sử dụng cho phần nhận dạng mạng
 - Ví dụ : 206.13.01.48/25

Phương pháp Vạch đường liên miền không phân lớp CIDR (Classless Inter-Domain Routing)

Số bits nhận dạng mạng trong địa chỉ CIDR	Lớp tương ứng trong chuẩn phân lớp hoàn toàn	Số lượng máy tính trong mạng
/27	1/8 lớp C	32
/26	1/4 lớp C	64
/25	1/2 lớp C	128
/24	1 lớp C	256
/23	2 lớp C	512
/22	4 lớp C	1.024
/21	8 lớp C	2.048
/20	16 lớp C	4.096
/19	32 lớp C	8.192
/18	64 lớp C	16.384
/17	128 lớp C	32.768
/16	256 lớp C (= 1 lớp B)	65.536
/15	512 lớp C	131.072
/14	1,024 lớp C	262.144
/13	2,048 lớp C	524.288

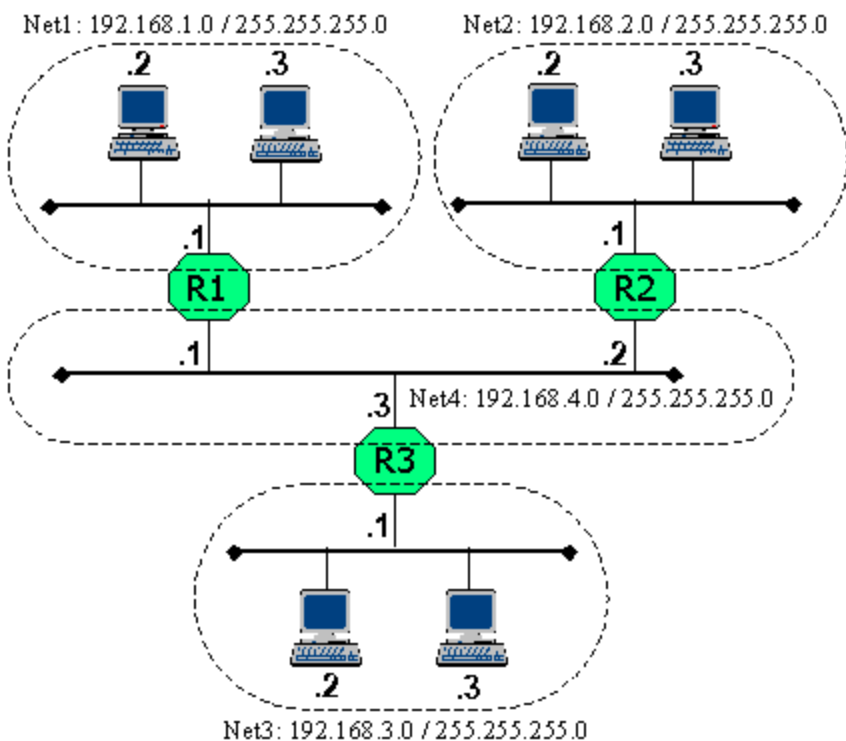
Kết hợp việc chọn đường có cấu trúc để giảm tối đa số lượng các mục từ trong bảng chọn đường

- CIDR cho phép kết hợp các đường đi
 - Mục từ trong bảng chọn đường ở mức cao có thể đại diện cho nhiều router ở mức thấp hơn trong các bảng chọn đường tổng thể.
- Tương tự kiến trúc phân cấp của mạng điện thoại
 - Một router ở mức cao (quốc gia), chỉ quan tâm đến mã quốc gia trong số điện thoại, sau đó nó sẽ vạch đường cho cuộc gọi đến router đường trục phụ trách mạng quốc gia tương ứng với mã quốc gia đó.
 - Router nhận được cuộc gọi nhìn vào phần đầu của số điện thoại, mã tỉnh, để vạch đường cho cuộc gọi đến một mạng con tương ứng với mã tỉnh đó, và cứ như thế.
 - Trong sơ đồ này, các router đường trục chỉ lưu giữ thông tin về mã quốc gia cho mỗi mục từ trong bảng chọn đường của mình, mỗi mục từ như thế đại diện cho một số khổng lồ các số điện thoại riêng lẻ chứ không phải là một số điện thoại cụ thể.

Kết hợp việc chọn đường có cấu trúc để giảm tối đa số lượng các mục từ trong bảng chọn đường

- Thông thường, các khối địa chỉ lớn được cấp cho các nhà cung cấp dịch vụ Internet (IP- Internet Service Providers) lớn, sau đó họ lại cấp lại các phần trong khối địa chỉ của họ cho các khách hàng của mình.
- Hiện tại, mạng Internet sử dụng cả hai sơ đồ cấp phát địa chỉ Classfull standard và CIDR. Hầu hết các router mới đều hỗ trợ CIDR và những nhà quản lý Internet thì khuyến khích người dùng cài đặt sơ đồ đánh địa chỉ CIDR.
- Tham khảo thêm về CIDR ở địa chỉ <http://www.rfc-editor.org/rfcsearch.html> với các RFC liên quan sau:
 - RFC 1517: Applicability Statement for the Implementation of CIDR
 - RFC 1518: An Architecture for IP Address Allocation with CIDR
 - RFC 1519: CIDR: An Address Assignment and Aggregation Strategy
 - RFC 1520: Exchanging Routing Information Across Provider Boundaries in the CIDR Environment

Vạch đường trong giao thức IP



192.168.3.3 - Routing table

Network/Netmask	NextHop	Interface
192.168.3.0/255.255.255.0	local	local
default	192.168.3.1	local

R1-Routing table

Network/Netmask	NextHop	Interface
192.168.1.0/255.255.255.0	local	local
192.168.2.0/255.255.255.0	192.168.4.2	192.168.4.1
192.168.3.0/255.255.255.0	192.168.4.3	192.168.4.1
192.168.4.0/255.255.255.0	local	local

R2-Routing table

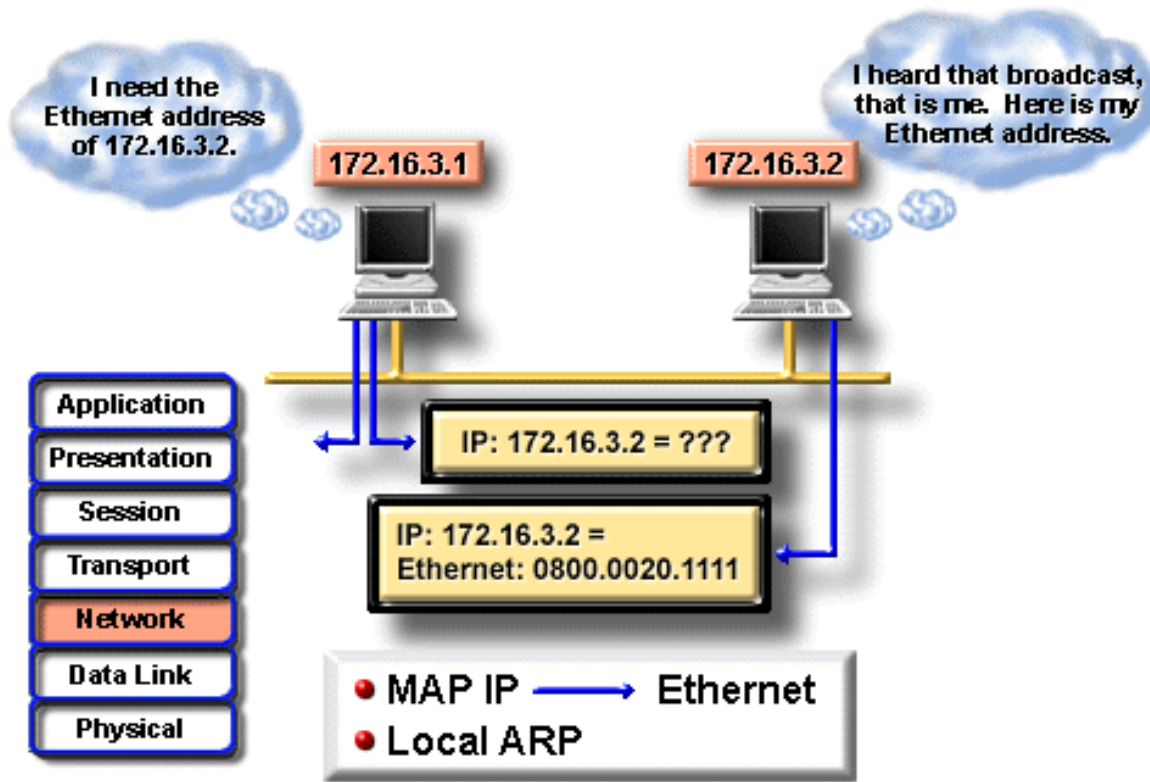
Network/Netmask	NextHop	Interface
192.168.1.0/255.255.255.0	192.168.4.1	192.168.4.2
192.168.2.0/255.255.255.0	local	local
192.168.3.0/255.255.255.0	192.168.4.3	192.168.4.2
192.168.4.0/255.255.255.0	local	local

R3-Routing table

Network/Netmask	NextHop	Interface
192.168.1.0/255.255.255.0	192.168.4.1	192.168.4.3
192.168.2.0/255.255.255.0	192.168.4.2	192.168.4.3
192.168.3.0/255.255.255.0	local	local
192.168.4.0/255.255.255.0	local	local

Giao thức phân giải địa chỉ (ARP - Address Resolution Protocol)

Address Resolution Protocol (ARP)



Giao thức phân giải địa chỉ (ARP - Address Resolution Protocol)

Tổng quát	Các trường	Kích thức (byte)	Các giá trị
Ethernet Header	Ethernet Destination Address	6	Địa chỉ máy nhận, trong trường hợp này là một địa chỉ quảng bá
	Ethernet Source Address	6	Địa chỉ của máy gửi thông điệp
	Frame Type	2	Kiểu khung, có giá trị là 0x0806 khi ARP yêu cầu và 0x08035 khi ARP trả lời
ARP request/ reply	Hardware Type	2	Giá trị là 1 cho mạng Ethernet
	Protocol Type	2	Có giá trị là 0x0800 cho địa chỉ IP
	Hardware Address Size in bytes	1	Chiều dài của địa chỉ vật lý, có giá trị là 6 cho mạng Ethernet
	Protocol Address Size in bytes	1	Chiều dài địa chỉ của giao thức, có giá trị là 4 cho giao thức IP
	Operation	2	Là 1 nếu là khung yêu cầu, là 2 nếu là khung trả lời
	Sender Ethernet Address	6	-
	Sender IP Address	4	-
	Destination Ethernet Address	6	Tầng mạng, Ngõ Bả Hùng Không sử dụng đến trong yêu cầu của ARP

Giao thức phân giải địa chỉ ngược RARP (RARP - Reverse Address Resolution Protocol)

- Giao thức RARP được dùng để ánh xạ địa chỉ một địa chỉ MAC về một địa chỉ IP
- Dùng tron các hệ thống trạm làm việc không đĩa cứng (Diskless workstation)
- Các máy trạm cần có một địa chỉ IP để giao tiếp với server.
- Trên server duy trì một bảng mô tả mối tương quan giữa địa chỉ vật lý và địa chỉ IP của các máy trạm.
- Khi nhận được yêu cầu RARP, server tìm trong bảng địa chỉ và trả về địa chỉ IP tương ứng cho máy trạm đã gửi yêu cầu

Giao thức thông điệp điều khiển Internet

ICMP (Internet Control Message Protocol)

- Các thông điệp của giao thức được gửi đi trong các gói tin IP và được dùng để gửi đi các báo lỗi hay các thông tin điều khiển
- ICMP tạo ra nhiều loại thông điệp hữu ích như :
 - Đích đến không tới được (Destination Unreachable),
 - Thăm hỏi và trả lời (Echo Request and Reply),
 - Chuyển hướng (Redirect),
 - Vượt quá thời gian (Time Exceeded),
 - Quảng bá bộ chọn đường (Router Advertisement)
 - Cô lập bộ chọn đường (Router Solicitation)
 -