



LINKSTATE ROUTING PROTOCOLS

MẠNG MÁY TÍNH NÂNG CAO

Inson@fit.hcmus.edu.vn

- Hiểu được giao thức định tuyến link-state
- Nền tảng và đặc điểm cơ bản của giao thức OSPF
- Cấu hình cơ bản OSPF
- Tính toán và tùy chỉnh Metric
- Quá trình bầu chọn Designated Router/Backup Designated Router (DR/BDR)
- Cấu hình nâng cao OSPF

Link-State Routing Protocols

- Là thuật toán ***shortest path first***
- Các giao thức này được xây dựng dựa trên Dijkstra's SPF

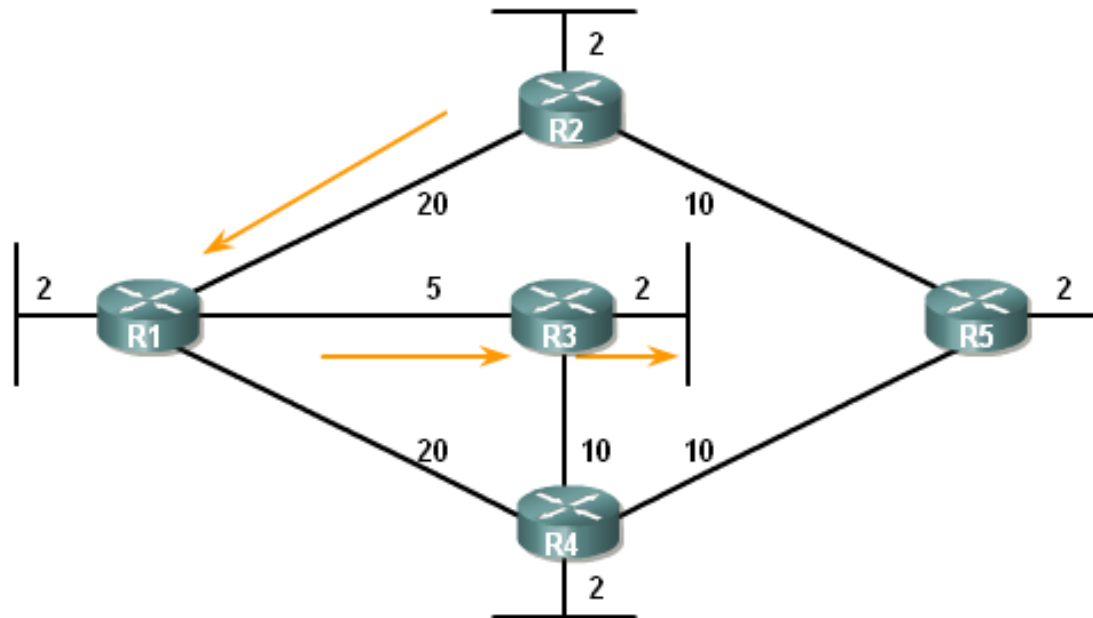
Classification of Routing Protocols

	Interior Gateway Protocols		Exterior Gateway Protocols
	Distance Vector Routing Protocols	Link State Routing Protocols	Path Vector
Classful	RIP IGRP		EGP
Classless	RIPv2 EIGRP	OSPFv2 IS-IS	BGPv4
IPv6	RIPng EIGRP for IPv6	OSPFv3 IS-IS for IPv6	BGPv4 for IPv6

Link-State Routing Protocols

- Thuật toán Dijkstra là thuật toán shortest path first (SPF).

Dijkstra's Shortest Path First Algorithm



Shortest Path for host on R2 LAN to reach host on R3 LAN:

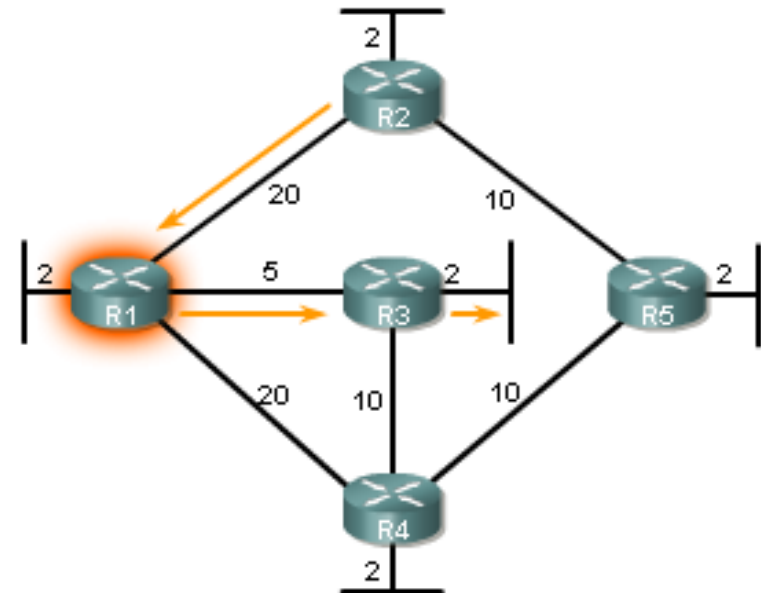
$$R2 \text{ to } R1 (20) + R1 \text{ to } R3 (5) + R3 \text{ to LAN } (2) = 27$$

Link-State Routing Protocols

- Đường đi ngắn nhất đến đích không nhất thiết là đường đi đi qua số hop ít nhất.

Introduction to the SPF Algorithm

SPF Tree for R1



Destination	Shortest Path	Cost
R2 LAN	R1 to R2	22
R3 LAN	R1 to R3	7
R4 LAN	R1 to R3 to R4	17
R5 LAN	R1 to R3 to R4 to R5	27

Link-State Routing Process

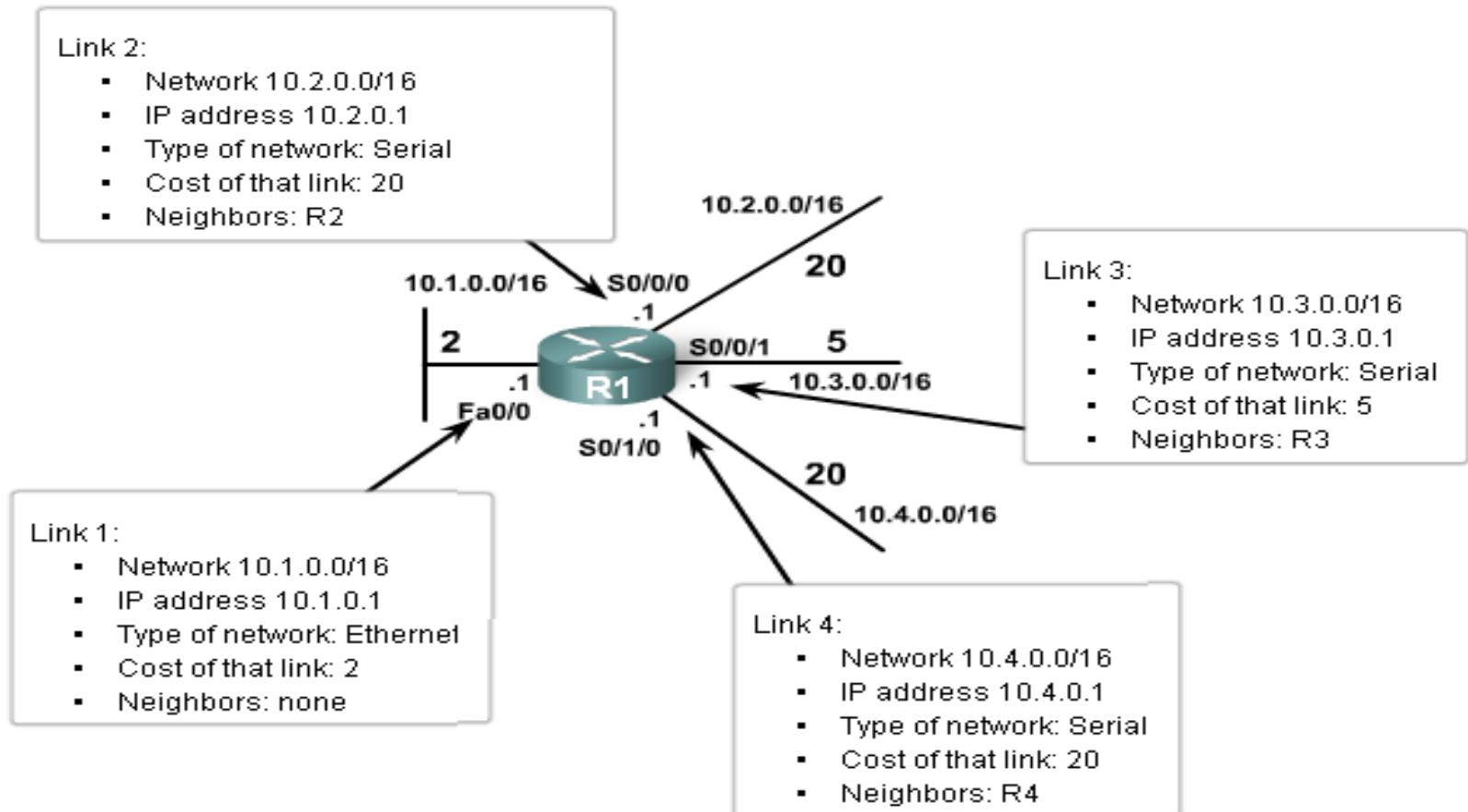


- Các router sử dụng giao thức định tuyến Link State hội tụ qua các bước sau:
 - Học các đường kết nối trực tiếp với nó.
 - Trao đổi gói hello để biết các đường trực tiếp khác.
 - Các Router kết nối với nhau.
 - Mỗi router tự xây dựng Link State Packet (LSP) chứa thông tin về hàng xóm gồm: ID, loại kết nối, băng thông.
 - Sau khi tạo LSP xong thì sẽ thông tin cho tất cả hàng xóm biết.
 - Một router sẽ nhận tất cả LSP của các router khác, tiếp theo sẽ xây dựng bản đồ cho toàn mạng để xác định đường đi tốt nhất.

Link-State Routing Process

1. Học các đường kết nối trực tiếp

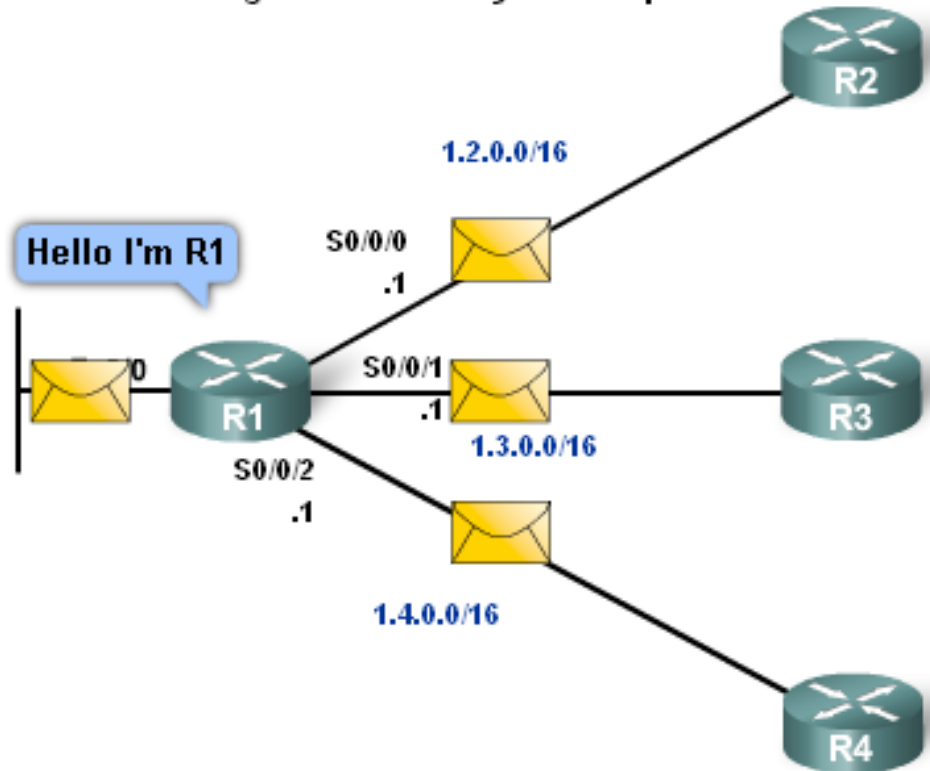
Link State Information for R1



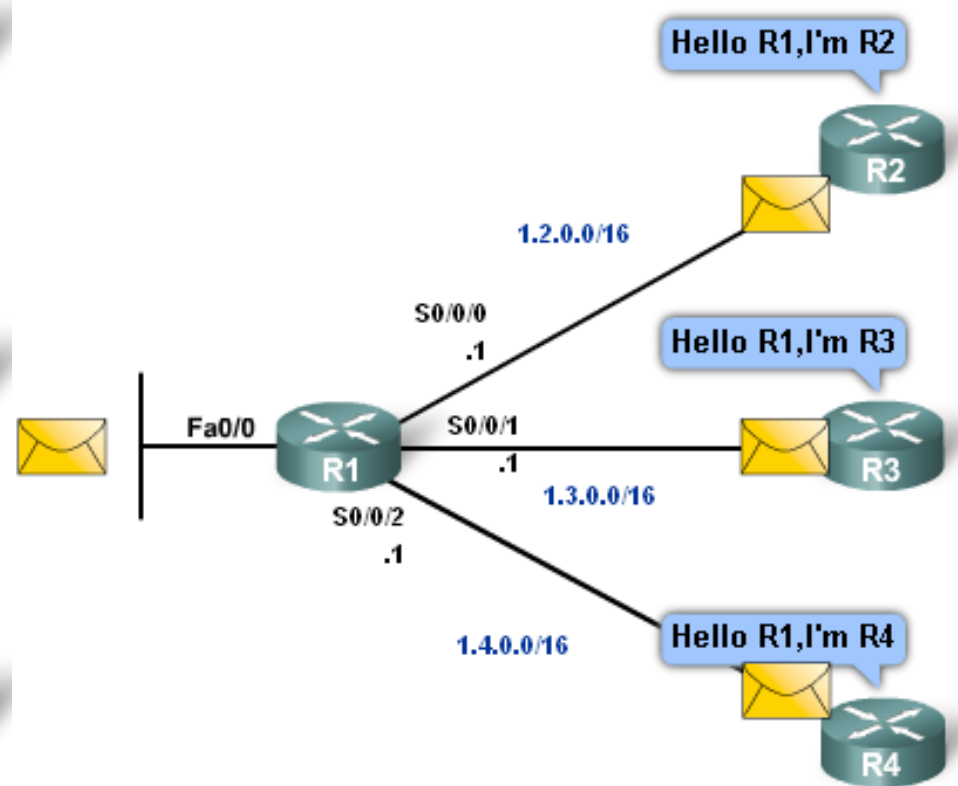
Link-State Routing Process

2. Gửi gói Hello đến hàng xóm

Neighbor Discovery—Hello packets



Neighbor Discovery—Hello packets



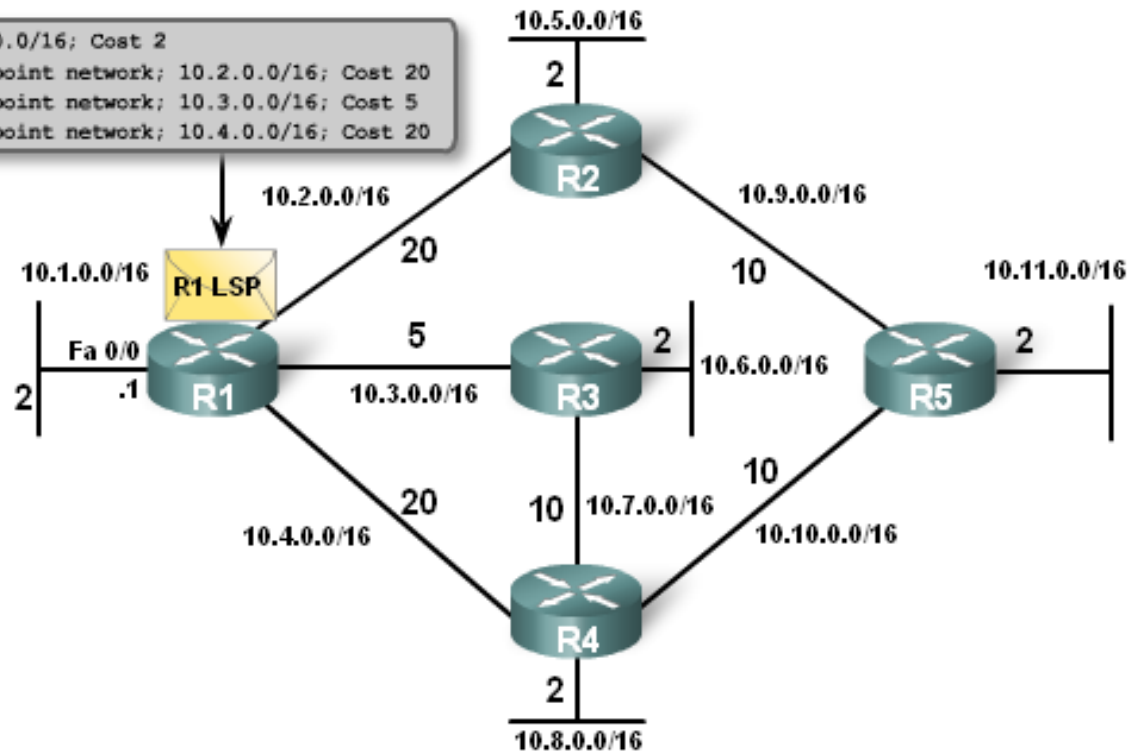
Link-State Routing Process

3. Xây dựng Link State Packet

- Trạng thái của đường kết nối trực tiếp.
- Chứa: ID, link type, và bandwidth

Link-State Routing Process

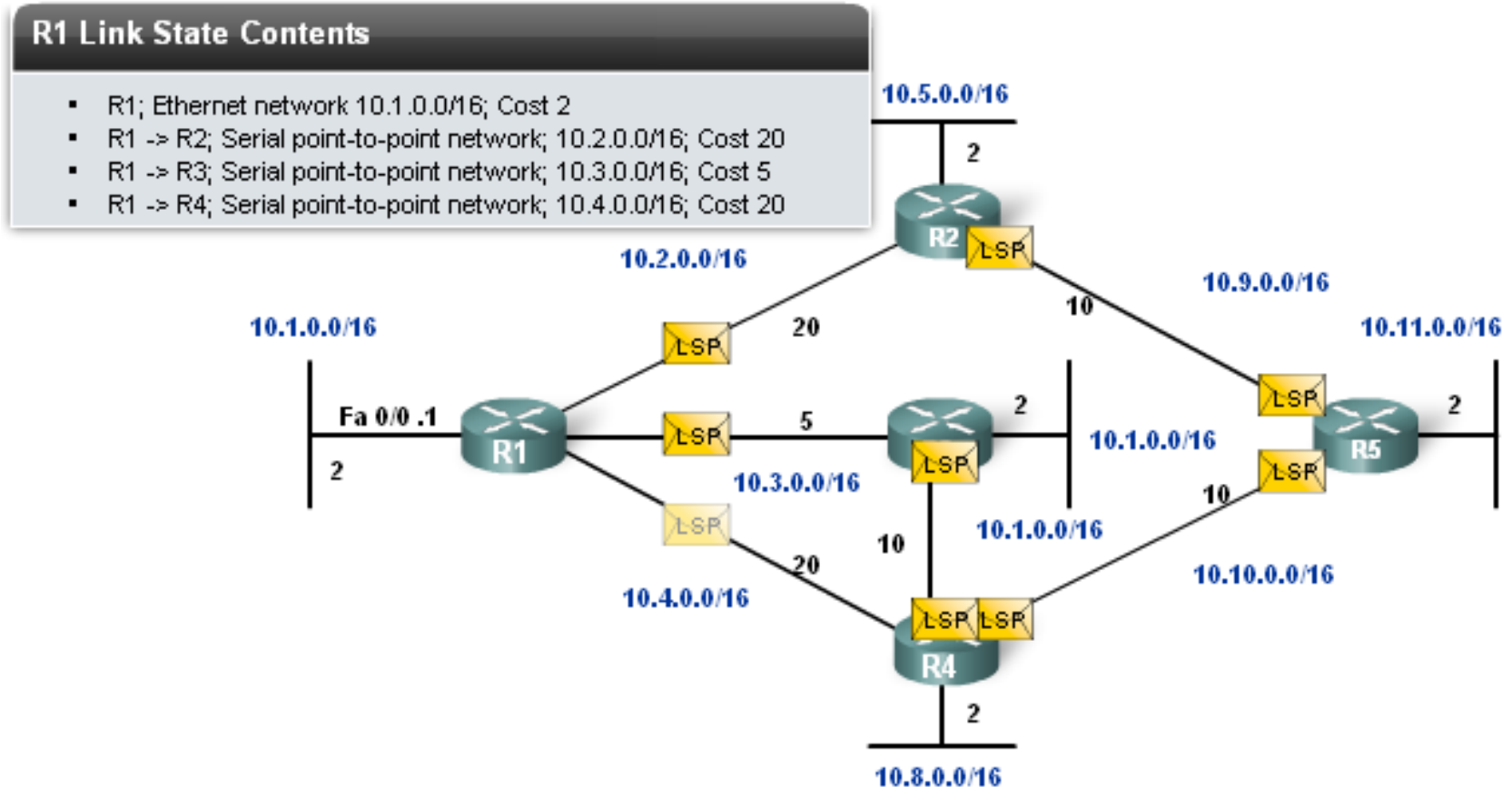
1. R1; Ethernet network 10.1.0.0/16; Cost 2
2. R1 -> R2; Serial point-to-point network; 10.2.0.0/16; Cost 20
3. R1 -> R3; Serial point-to-point network; 10.3.0.0/16; Cost 5
4. R1 -> R4; Serial point-to-point network; 10.4.0.0/16; Cost 20



Link-State Routing Process

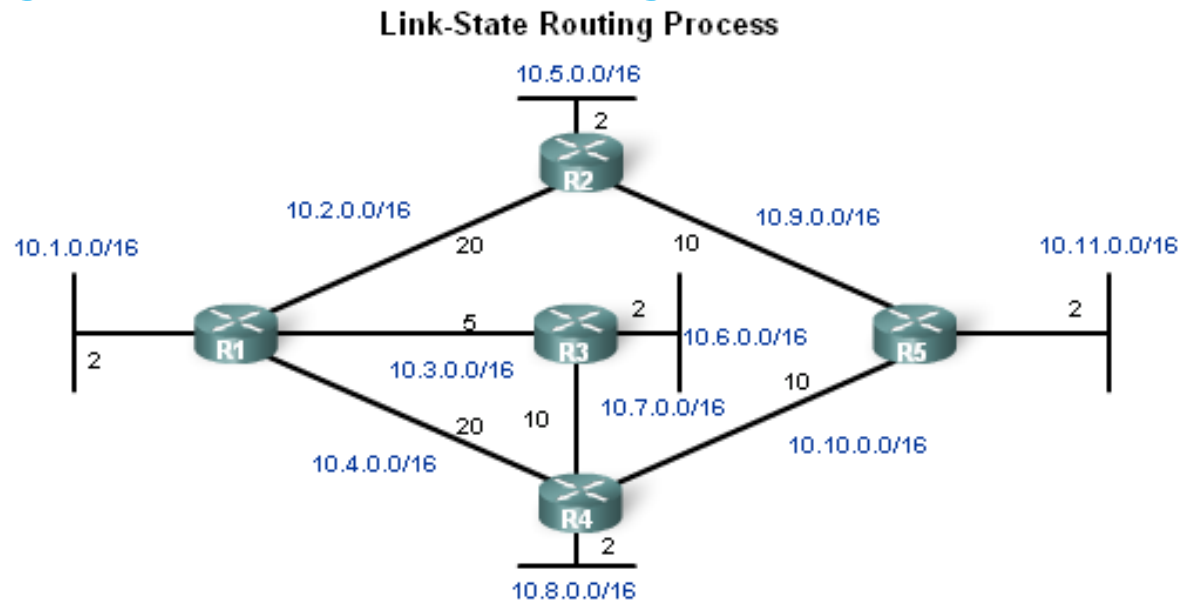
4. Gửi LSP đến tất cả hàng xóm

Flooding of the R1 LSP



Link-State Routing Process

5. Xây dựng bản đồ toàn mạng

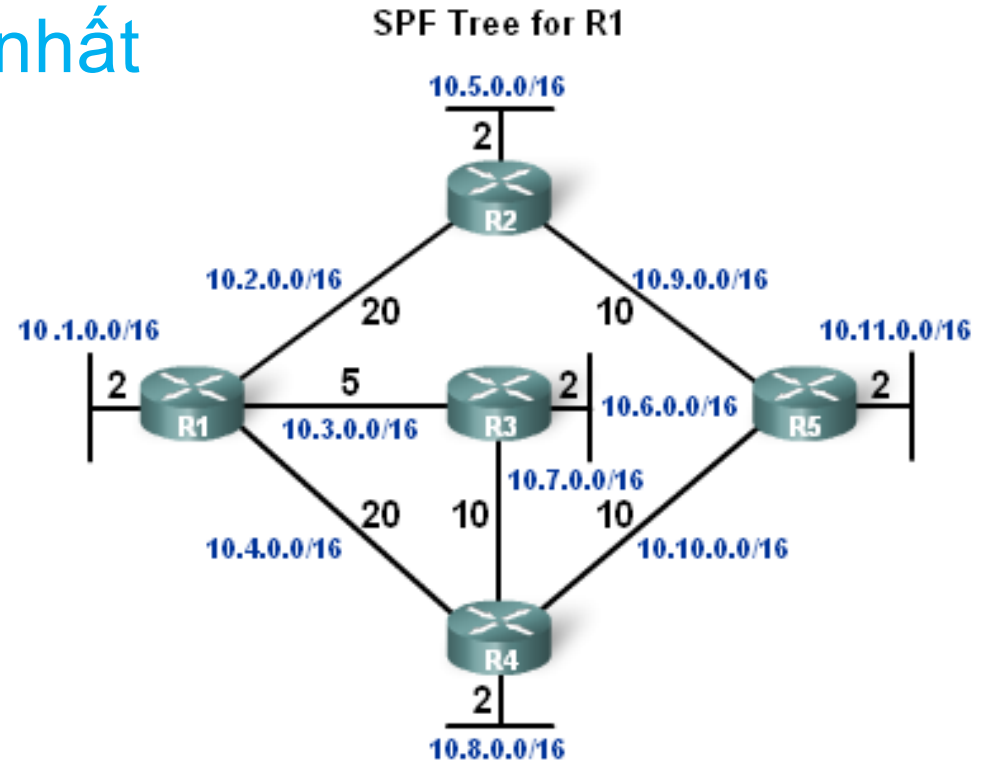


Link-State Routing Process

1. Each router learns about each of its own directly connected networks.
2. Each router is responsible for "saying hello" to its neighbors on directly connected networks.
3. Each router builds a Link-State Packet (LSP) containing the state of each directly connected link.
4. Each router floods the LSP to all neighbors, who then store all LSPs received in a database.
5. Each router uses the database to construct a complete map of the topology and computes the best path to each destination network.

Link-State Routing Process

6. Tìm đường đi ngắn nhất



Destination	Shortest Path	Cost
R2 LAN	R1 to R2	22
R3 LAN	R1 to R3	7
R4 LAN	R1 to R3 to R4	17
R5 LAN	R1 to R3 to R4 to R5	27

So sánh Link-State & Distance Vector

Routing protocol	Builds Topological map	Router can independently determine the shortest path to every network.	Convergence	A event driven routing updates	Use of LSP
Distance vector	No	No	Slow	Generally No	No
Link State	Yes	Yes	Fast	Generally Yes	Yes

Yêu cầu của Link-State



- Bộ nhớ lớn
- Tốc độ xử lý CPU cao
- Tốn hao băng thông khi router mới khởi động.

Giới thiệu OSPF



	Interior Gateway Protocols		Exterior Gateway Protocols	
	Distance Vector Routing Protocols	Link State Routing Protocols	Path Vector	
Classful	RIP	IGRP		EGP
Classless	RIPv2	EIGRP	OSPFv2	IS-IS
IPv6	RIPng	EIGRP for IPv6	OSPFv3	IS-IS for IPv6

In this chapter, you will learn to:

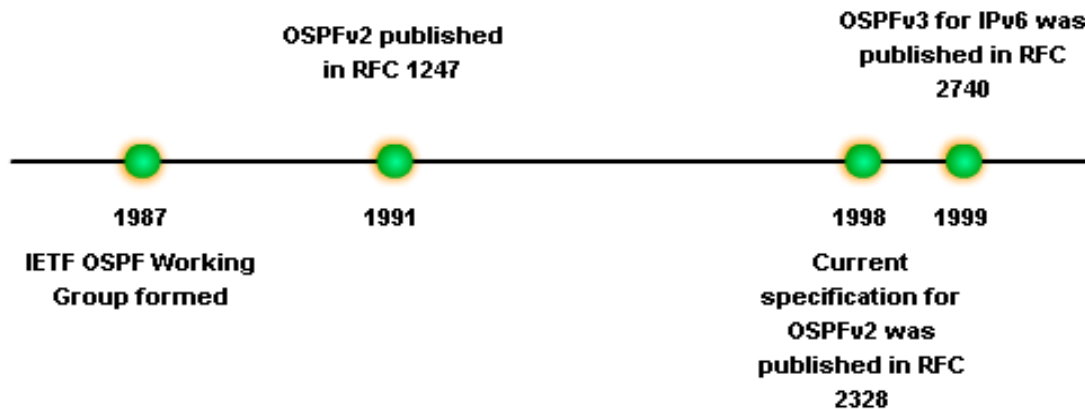
- Describe the background and basic features of OSPF.
- Identify and apply the basic OSPF configuration commands.
- Describe, modify and calculate the metric used by OSPF.
- Describe the Designated Router/Backup Designated Router (DR/BDR) election process in multiaccess networks.
- Employ the `default-information originate` command to configure and propagate a default route in OSPF.

Lịch sử phát triển



- Bắt đầu từ năm 1987
 - 1989: OSPFv1 released - RFC 1131
- Đây là phiên bản thử nghiệm và không được triển khai.
- 1991: OSPFv2 released - RFC 1247
 - 1998: OSPFv2 *updated* - RFC 2328
 - 1999: OSPFv3 published - RFC 2740

OSPF Development Timeline



Phân loại Packet



Type	Packet Name	Description
1	Hello	Discovers neighbors and builds adjacencies between them
2	Database Description (DBD)	Checks for database synchronization between routers
3	Link-State Request (LSR)	Requests specific link-state records from router to router
4	Link-State Update (LSU)	Sends specifically requested link-state records
5	Link-State Acknowledgement (LSAck)	Acknowledges the other packet types

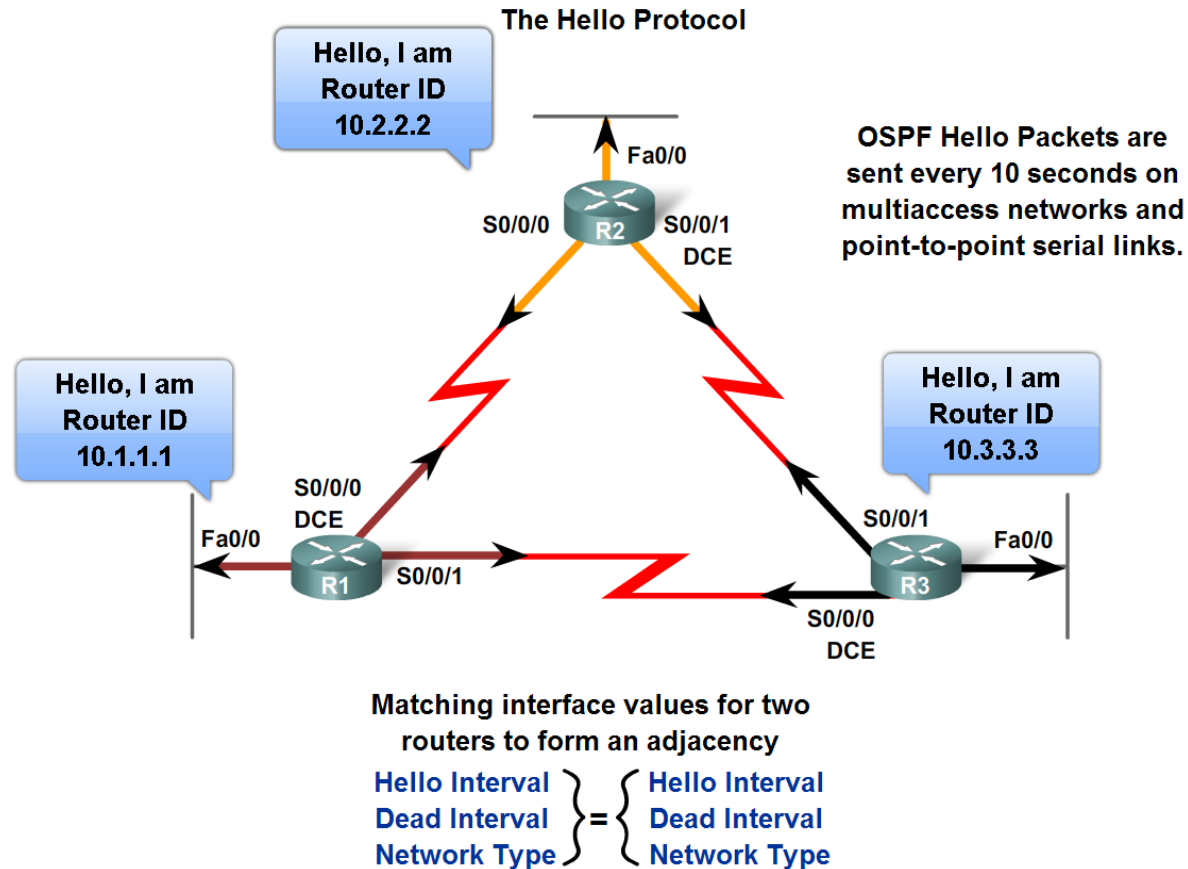
Hello packet



- Khám phá và thiết lập quan hệ với láng giềng.
- Quảng bá quy tắc cho hàng xóm.
- Bầu chọn **d**esignated **r**outer và **b**ackup **d**esignated **r**outer.

Hello packet

- Nội dung: Router ID
- OSPF Hello Intervals
 - Multicast (224.0.0.5)
 - 30s
- OSPF Dead Intervals
 - 120s (gấp 4 lần hello interval)



Hello packet



- Ngoài ra nó còn chứa thông tin để bầu chọn:
 - Designated Router (DR)
 - Backup Designated Router (BDR)

Link-state update packet

- Link State Update (LSU)
 - Dùng để chuyển gói link state advertisements
- Link State Advertisement (LSA)
 - Chứa thông tin về hàng xóm và chi phí đường đi

LSUs Contain Link-State Advertisements (LSAs)

Type	Packet Name	Description
1	Hello	Discovers neighbors and builds adjacencies between them
2	DBD	Checks for database synchronization between router
3	LSR	Requests specific link-state records from router to router
4	LSU	Sends specifically requested link-state records
5	LSAck	Acknowledges the other packet types

The acronyms LSA and LSU are often used interchangeably.

An LSU contains one or more LSAs.

LSAs contain route information for destination networks.

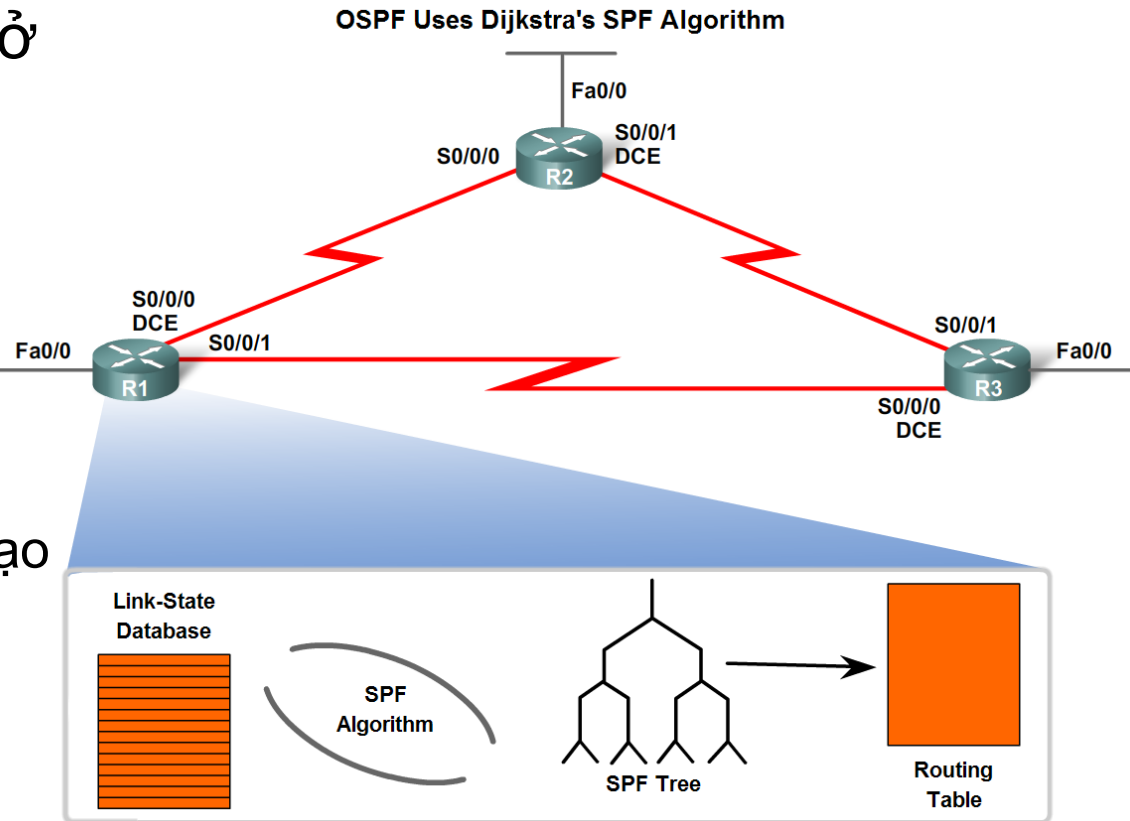
LSA specifics are discussed in CCNP.

LSA Type	Description
1	Router LSAs
2	Network LSAs
3 or 4	Summary LSAs
5	Autonomous System External LSAs
6	Multicast OSPF LSAs
7	Defined for Not-So-Stubby Areas
8	External Attributes LSA for Border Gateway Protocol(BGP)
9,10,11	Opaque LSAs

Thuật toán OSPF

- Xây dựng và duy trì cơ sở dữ liệu link-state với gói LSA nhận từ các Router khác.

- Thông tin được tìm trong CSDL bằng thuật toán Dijkstra SPF
- Dùng thuật toán SPF để tạo cây SPF
- Dựa vào cây SPF để xây dựng bảng định tuyến



Administrative Distance

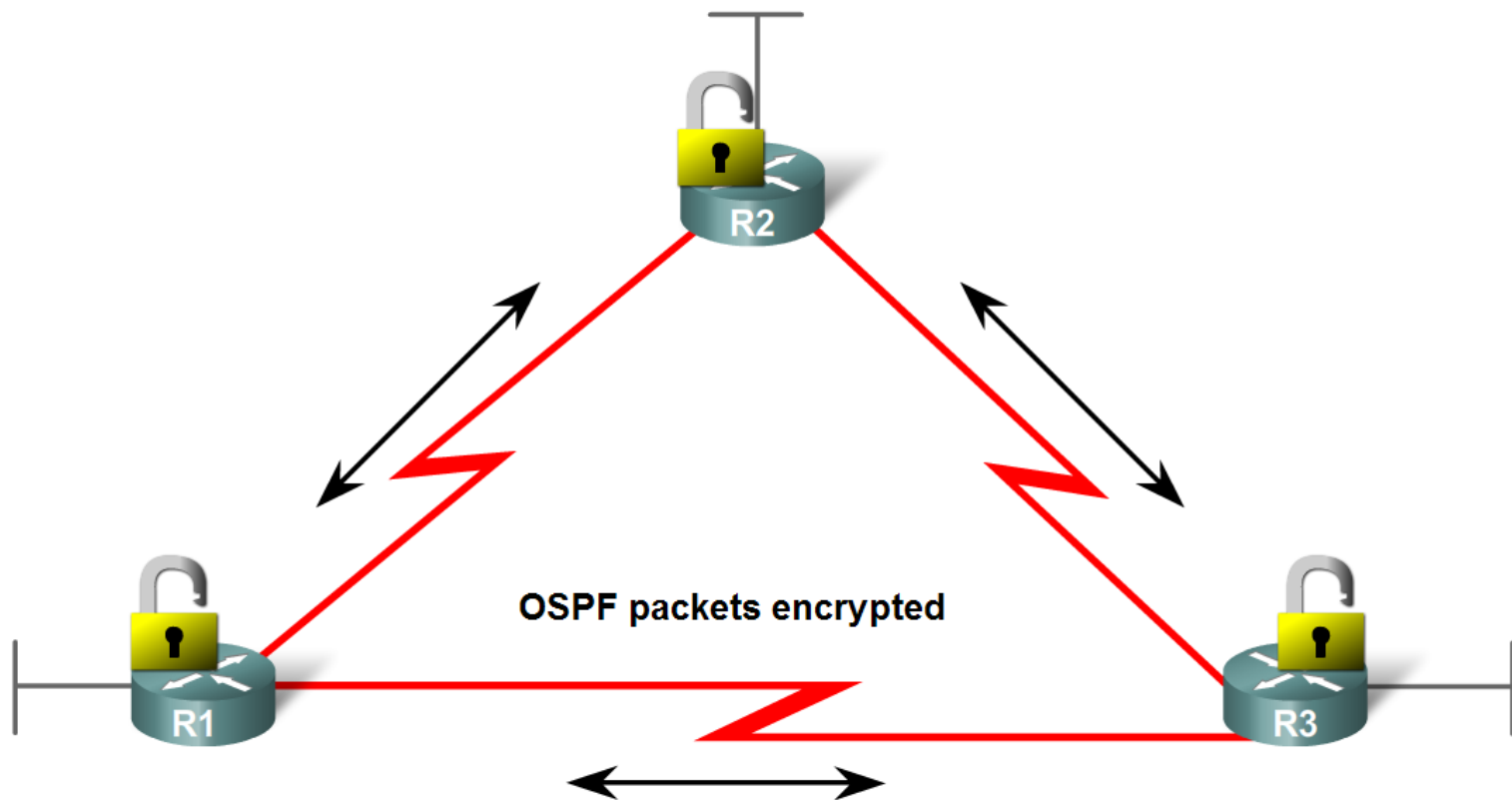


Default Administrative Distances

Route Source	Administrative Distance
Connected	0
Static	1
EIGRP summary route	5
External BGP	20
Internal EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
External EIGRP	170
Internal BGP	200

Mã hóa & Xác thực

Authentication



■ Router ID

- Đây là địa chỉ IP dùng để định danh Router.
- 3 nguyên tắc để xác định router ID
 - Địa chỉ IP được gán bởi lệnh: *router-id*
 - Nếu không dùng lệnh router-id thì lấy địa chỉ IP cao nhất trong số các cổng loopback.
 - Nếu không có cổng loopback thì lấy địa chỉ IP cao nhất của cổng vật lý.

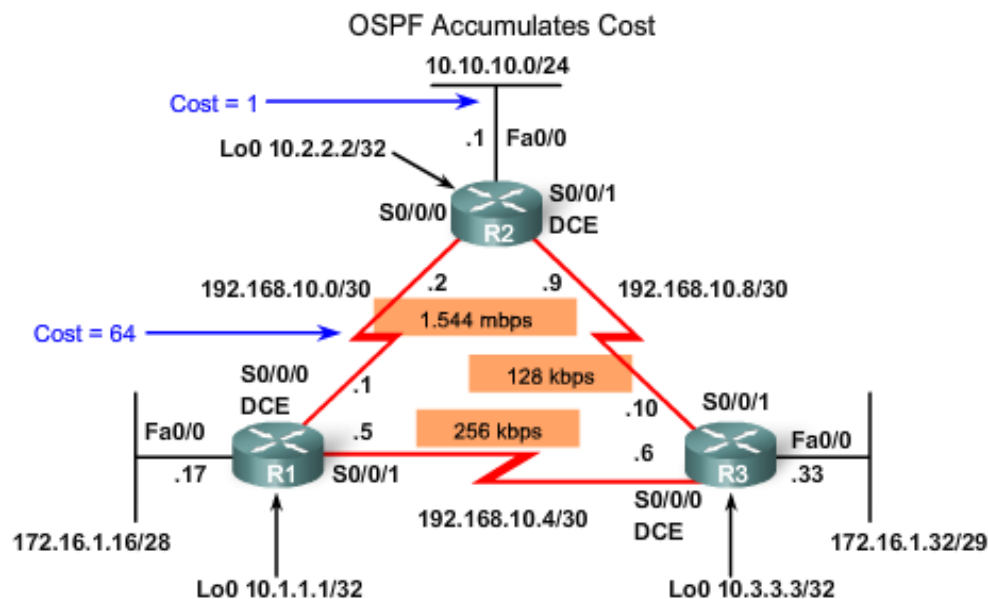
OSPF Metric

- **Cost = 10^8 / bandwidth**

Interface Type	10^8 /bps = Cost
Fast Ethernet and faster	$10^8/100,000,000$ bps = 1
Ethernet	$10^8/10,000,000$ bps = 10
E1	$10^8/2,048,000$ bps = 48
T1	$10^8/1,544,000$ bps = 64
128 kbps	$10^8/128,000$ bps = 781
64 kbps	$10^8/64,000$ bps = 1562
56 kbps	$10^8/56,000$ bps = 1785

OSPF Metric

- COST của một đường định tuyến OSPF bằng tổng các **cost** trên đường đi đến mạng đích



```
R1#show ip route
Codes: <some code output omitted>
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

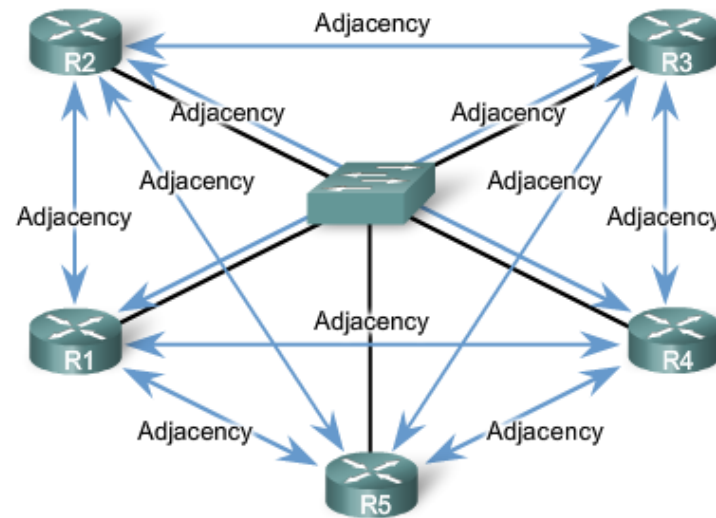
***output omitted***
O       10.10.10.0/24 [110/65] via 192.168.10.2, 14:27:57, Serial0/0/0
```

Accumulated Cost = 65

OSPF in Multiaccess Networks

- 2 thách thức trong multiaccess networks:
 - Multiple adjacencies
 - Extensive LSA flooding

Number of Adjacencies Grows Exponentially



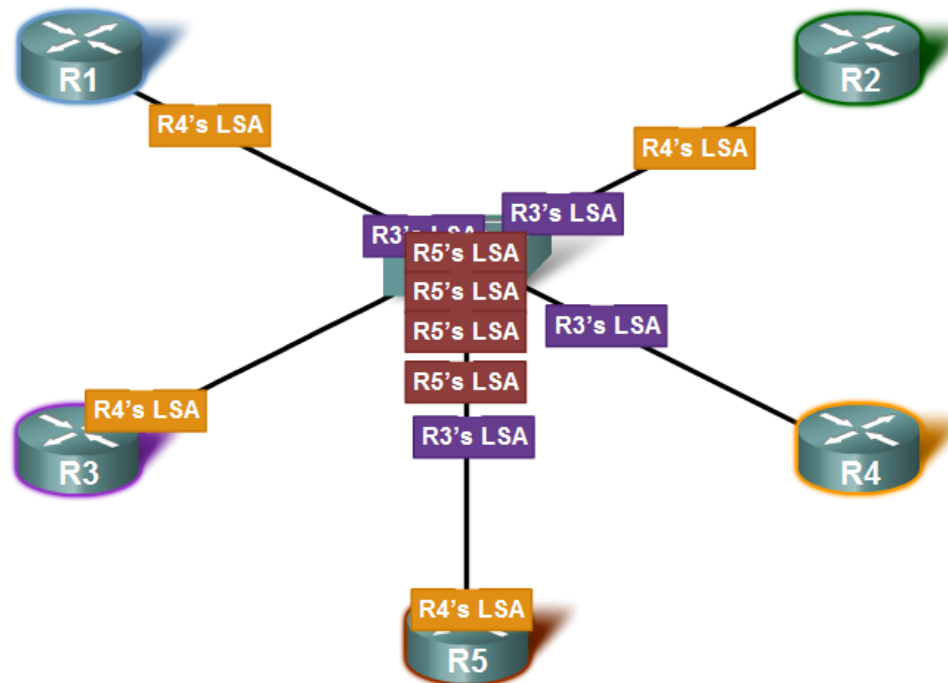
Routers	Adjacencies
n	$\frac{n(n-1)}{2}$
5	10
10	45
20	190
100	4,950

Number of Adjacencies = $\frac{n(n-1)}{2}$
 n = number of routers
Example: 5 routers $(5 - 1)/2 = 10$ adjacencies

OSPF in Multiaccess Networks

- Extensive flooding of LSAs

LSA Flooding Scenario



OSPF in Multiaccess Networks

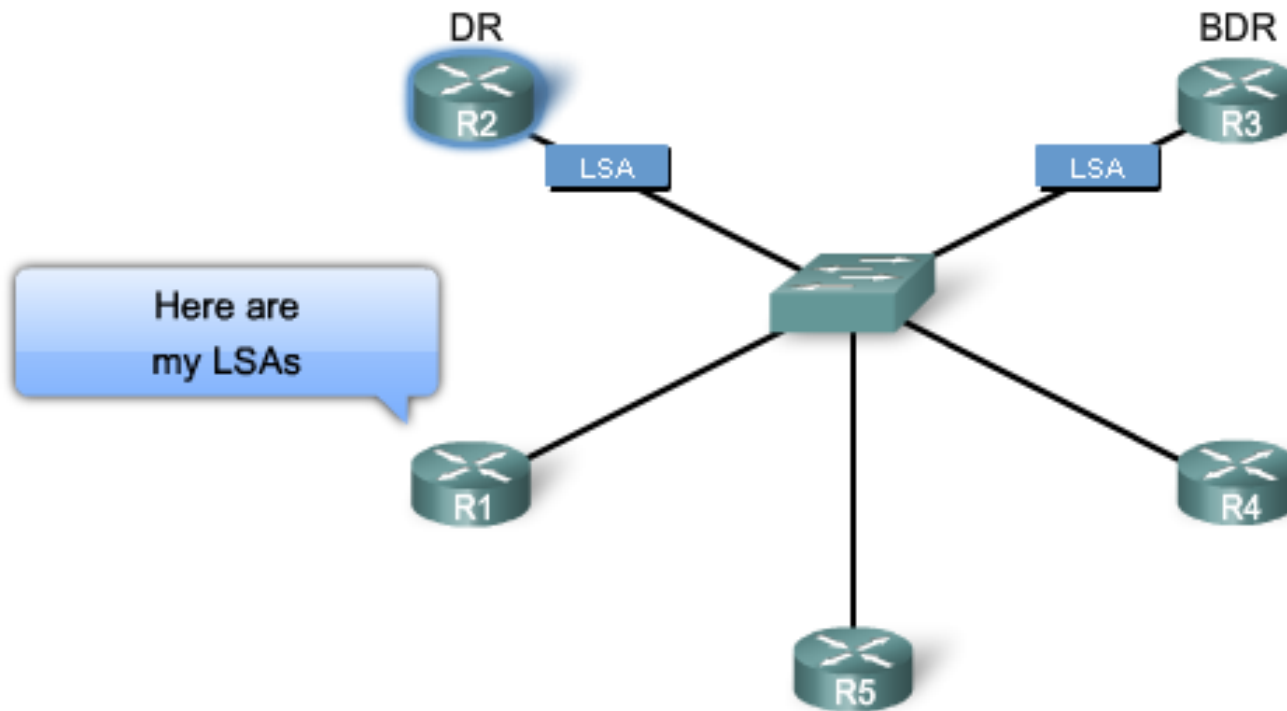


- Giải pháp:
 - Designated router (DR)
 - Backup designated router (BDR)

OSPF in Multiaccess Networks

- Các router khác gửi LSA dạng multicast (224.0.0.6) đến DR & BDR.

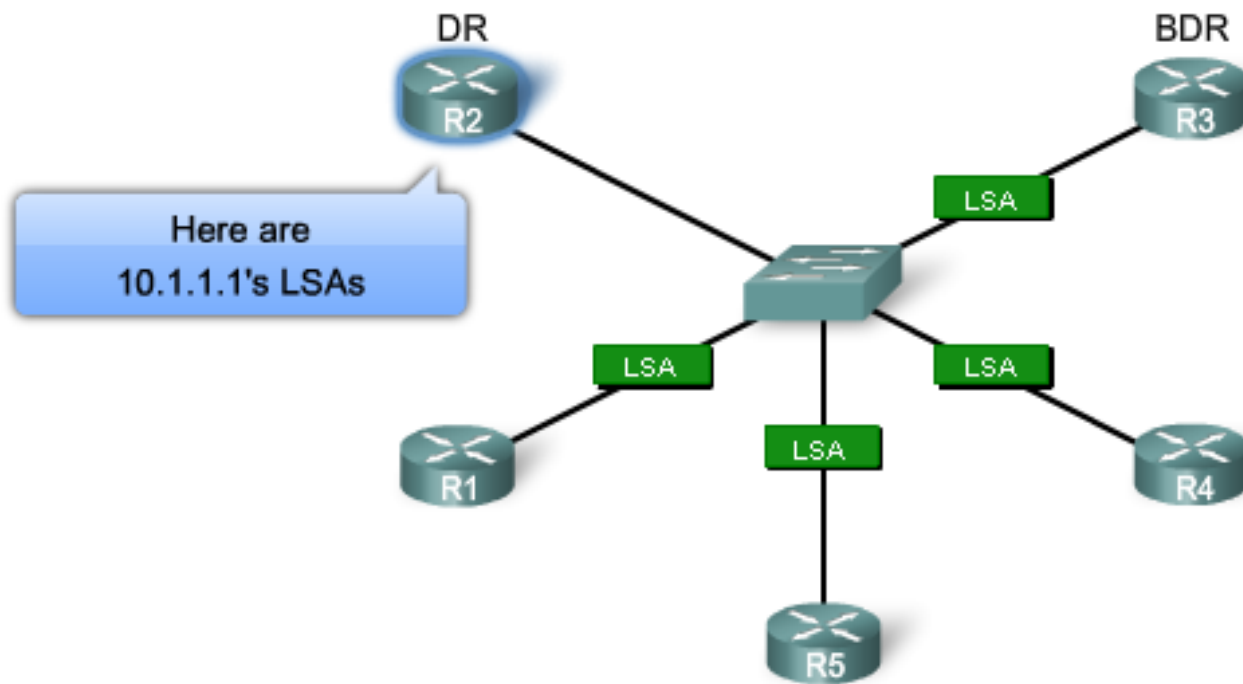
Adjacencies are formed with DR and BDR only.



OSPF in Multiaccess Networks

- DR chuyển tiếp LSA dạng multicast (224.0.0.5) đến tất cả router.

DR sends out any LSAs to all other routers.

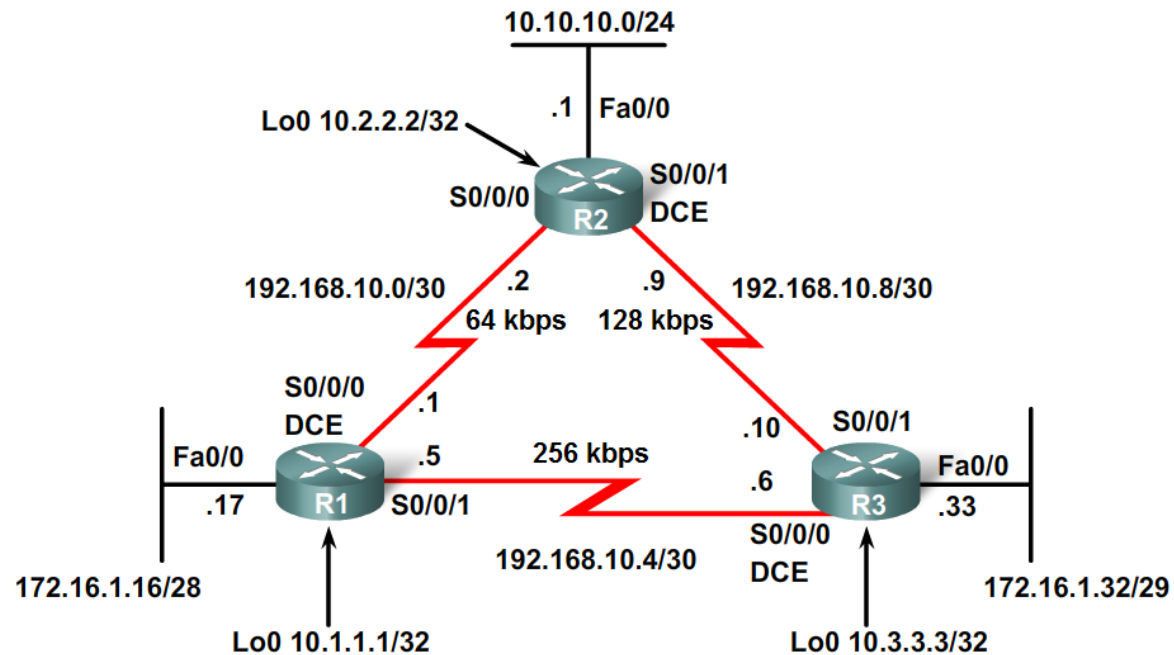


OSPF in Multiaccess Networks

▪ Bầu chọn DR/BDR

- Quá trình bầu chọn DR/BDR không diễn ra ở mạng point to point

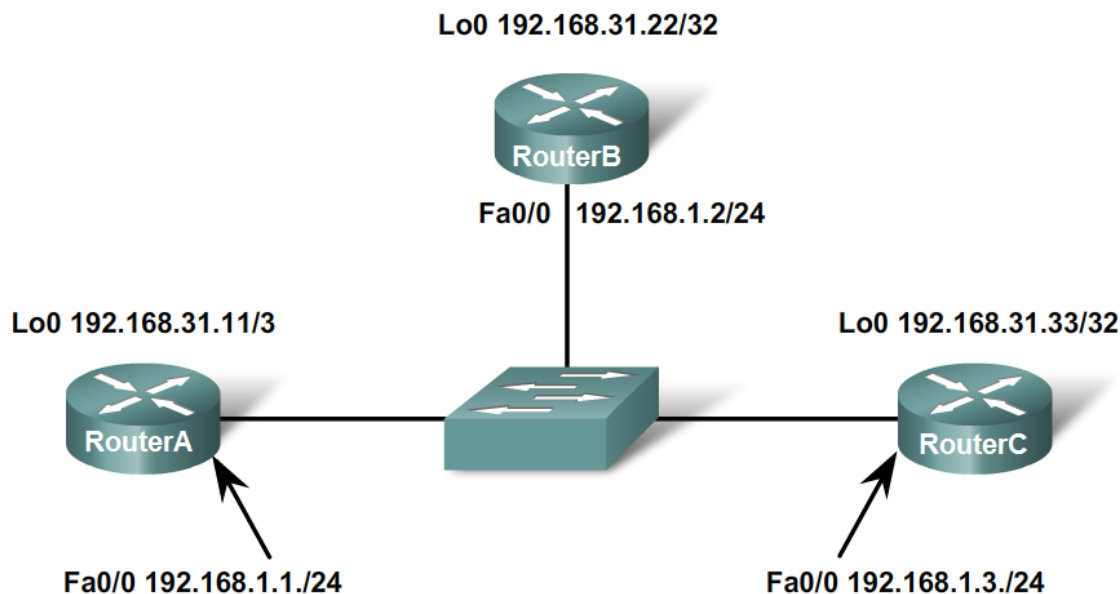
Point-to-Point Three Router Topology



OSPF in Multiaccess Networks

- Bầu chọn DR/BDR chỉ diễn ra ở **multiaccess networks**

Multiaccess Three Router Topology



Notice that routers are now communicating via LAN interfaces.

OSPF in Multiaccess Networks



■ Nguyên tắc bầu chọn:

1. **DR:** Router with the **highest** OSPF interface **priority**
2. **BDR:** Router with the **second highest** OSPF interface **priority**
3. **If** OSPF interface **priorities are equal**, the **highest router ID** is used to break the tie

```
RouterA#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
192.168.31.33	1	FULL/DR	00:00:39	192.168.1.3	FastEthernet0/0
192.168.31.22	1	FULL/BDR	00:00:36	192.168.1.2	FastEthernet0/0

```
RouterB#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
192.168.31.33	1	FULL/DR	00:00:34	192.168.1.3	FastEthernet0/0
192.168.31.11	1	FULL/DROTHER	00:00:38	192.168.1.1	FastEthernet0/0

```
RouterC#show ip ospf neighbor
```

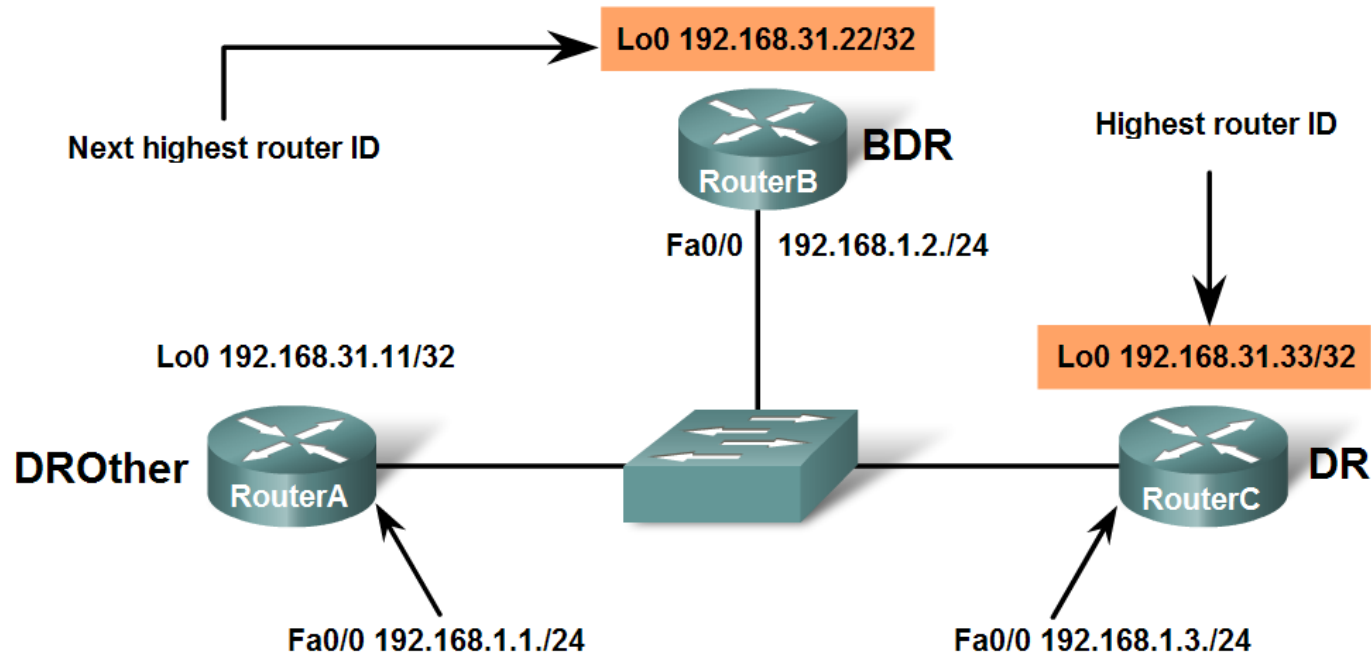
Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
192.168.31.22	1	FULL/BDR	00:00:35	192.168.1.2	FastEthernet0
192.168.31.11	1	FULL/DROTHER	00:00:32	192.168.1.1	FastEthernet0

Priority is equal at the default value of 1.

OSPF in Multiaccess Networks

■ Nguyên tắc bầu chọn:

1. **DR:** Router with the **highest** OSPF interface **priority**
2. **BDR:** Router with the **second highest** OSPF interface **priority**
3. **If** OSPF interface **priorities are equal**, the **highest router ID** is used to break the tie



OSPF in Multiaccess Networks



■ Nguyên tắc bầu chọn:

1. **DR:** Router with the **highest** OSPF interface **priority**
2. **BDR:** Router with the **second highest** OSPF interface **priority**
3. **If** OSPF interface **priorities are equal**, the **highest router ID** is used to break the tie

```
RouterA#show ip ospf interface fastethernet 0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Internet Address 192.168.1.1/24, Area 0
  Process ID 1, Router ID 192.168.31.11, Network Type BROADCAST, Cost: 1
  Transmit Delay is 1 sec, State DROTHER, Priority 1
  Designated Router (ID) 192.168.31.33, Interface address 192.168.1.3
  Backup Designated router (ID) 192.168.31.22, Interface address 192.168.1.2
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
    oob-resync timeout 40
    Hello due in 00:00:06
  Supports Link-local Signaling (LLS)
  Index 1/1, flood queue length 0
  Next 0x0(0)/0x0(0)
  Last flood scan length is 0, maximum is 1
  Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
  Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor count is 2
    Adjacent with neighbor 192.168.31.22 (Backup Designated Router)
    Adjacent with neighbor 192.168.31.33 (Designated Router)
  Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

