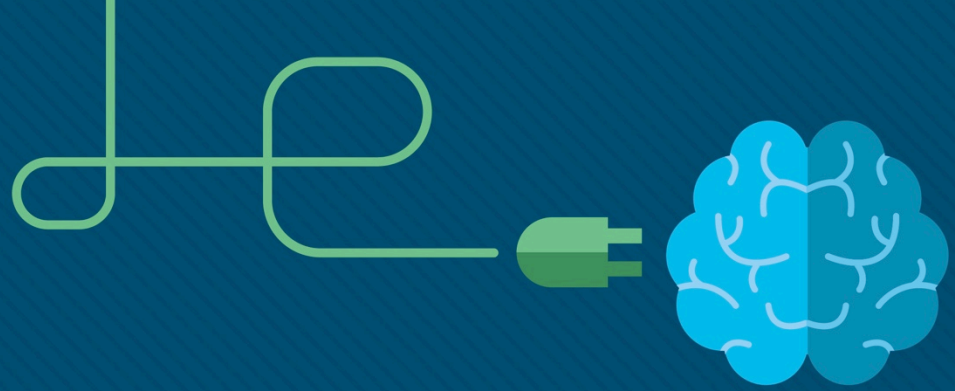




8: Single-Area OSPF



8 - Sections & Objectives

- 8.1 OSPF Operation (OSPF 동작)
 - Explain how single-area OSPF operates. (단일 영역 OSPF 작동방식)
 - Explain the features and characteristics of the OSPF routing protocol. (OSPF 라우팅 프로토콜의 특성과 특징)
 - Describe the types of packets used to establish and maintain an OSPF neighbor relationship. (OSPF 이웃관계 설정과 유지에 사용되는 패킷 유형)
 - Explain how OSPF achieves convergence. (OSPF의 수렴 달성 방법)
- 8.2 Varieties of Spanning Tree Protocols (스패닝 트리 프로토콜의 종류)
 - Implement single-area OSPFv2. (단일 영역 OSPFv2 구현)
 - Configure an OSPF router ID. (OSPF 라우터 ID 구성)
 - Configure single-area OSPFv2. (단일 영역 OSPFv2 구성)
 - Explain how OSPF uses cost to determine best path. (OSPF가 최적의 경로를 결정하기 위한 비용 사용 방법)
 - Verify single-area OSPFv2. (단일 영역 OSPFv2 확인)

8 - Sections & Objectives (Cont.)

- 8.3 Implement single-area OSPFv3 (단일 영역 OSPFv3 구현)
 - Compare the characteristics and operations of OSPFv2 to OSPFv3. (OSPFv2와 OSPFv3의 특성 및 작동 비교)
 - Configure single-area OSPFv3. (단일 영역 OSPFv3 구성)
 - Verify single-area OSPFv3. (단일 영역 OSPFv3 확인)

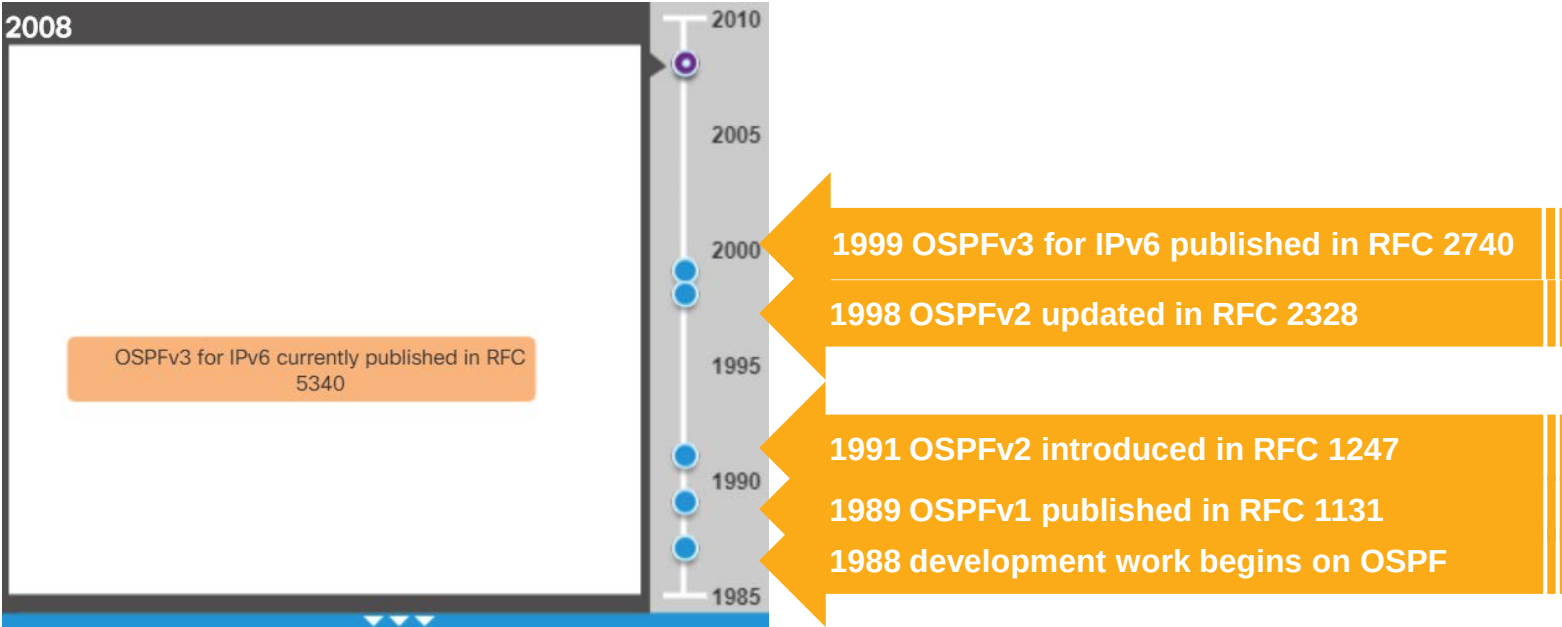
8.1 OSPF Characteristics

Open Shortest Path First

Evolution of OSPF

- OSPF is a link-state routing protocol (OSPF는 링크 상태 라우팅 프로토콜 입니다.)

	Interior Gateway Protocols				Exterior Gateway Protocols
	Distance Vector		Link-State		Path Vector
IPv4	RIPv2	EIGRP	OSPFv2	IS-IS	BGP-4
IPv6	RIPng	EIGRP for IPv6	OSPFv3	IS-IS for IPv6	BGP-MP



Open Shortest Path First

Features of OSPF

v2 supports MD5 and SHA authentication
(v2는 MD5 및 SHA 인증을 지원합니다)
v3 uses IPsec for authentication
(v3은 IPsec을 사용하여 인증)

Supports a hierarchical design system
through the use of areas
(영역 사용을 통한 계층적 설계 시스템 지원)



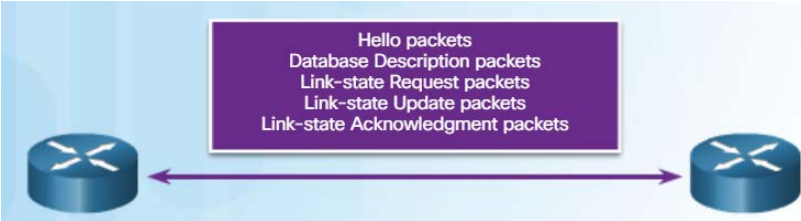
Routing changes trigger routing updates
(라우팅 변경으로 라우팅 업데이트가
트리거됩니다.)

- OSPF uses the Dijkstra shortest path first (SPF) algorithm to choose the best path. (OSPF는 Dijkstra 최단 경로 우선 (SPF) 알고리즘을 사용하여 최상의 경로를 선택합니다.)
- Administrative distance is used in determining what route gets installed in the routing table when the route is learned from multiple sources. (관리 거리는 여러 소스에서 경로를 학습될 때 라우팅 테이블에 설치될 경로를 결정하는데 사용됩니다.)
- The lowest administrative distance is the one added to the routing table. (가장 낮은 관리 거리는 라우팅 테이블에 추가된 거리입니다.)

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

Open Shortest Path First

Components of OSPF



Database	Table	Description
Adjacency	Neighbor	- Lists all neighbor routers to which a router has established bidirectional communication (라우터가 양방향 통신을 설정한 모든 인접 라우터를 나열합니다.) - Unique for each router (각 라우터마다 고유합니다.) - View using the show ip ospf neighbor command (show ip ospf neighbor 명령을 사용하여 확인할 수 있습니다.)
Link-state (LSDB)	Topology	- Lists information about all other routers (다른 모든 라우터에 대한 정보를 나열합니다.) - Represents the network topology (네트워크 토폴로지를 나타냅니다) - Contains the same LSDB as all other routers in the same area (같은 지역에 있는 다른 모든 라우터와 동일한 LSDB를 포함합니다.) - View using the show ip ospf database command (show ip ospf database 명령을 사용하여 확인할 수 있습니다.)
Forwarding	Routing	- Lists routes generated when the SPF algorithm is run on the link-state database. (SPF 알고리즘이 연결 상태 데이터베이스에서 실행될 때 생성된 경로를 나열합니다.) - Unique to each router and contains information on how and where to send packets destined for remote networks (각 라우터마다 고유하며 원격 네트워크로 향하는 패킷을 보내는 방법 및 위치에 대한 정보가 포함되어 있습니다.) - View using the show ip route command (show ip route 명령을 사용하여 확인할 수 있습니다.)

- OSPF packet types: hello, database description, link-state request, link-state update, link-state acknowledgment (OSPF 패킷 유형 : hello, 데이터베이스 설명, 연결 상태 요청, 연결 상태 업데이트, 연결 상태 확인)

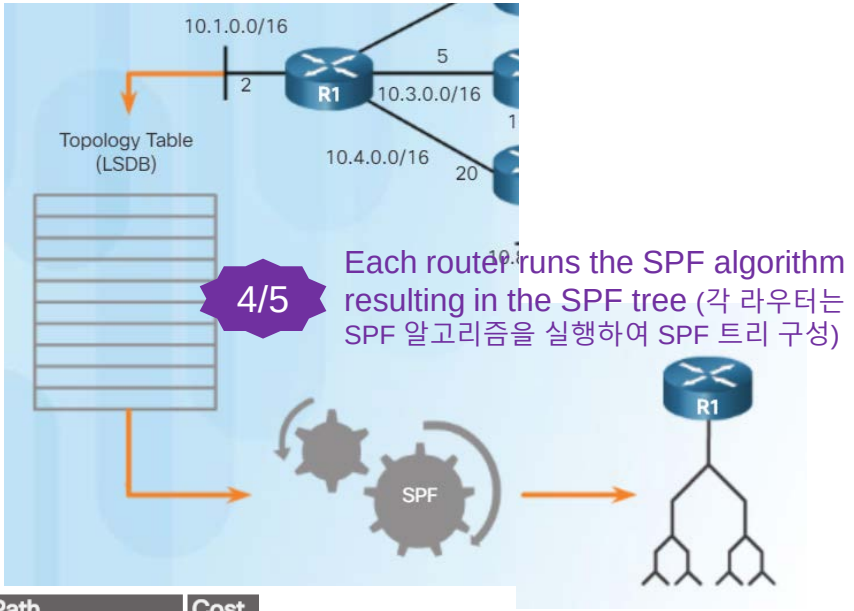
Open Shortest Path First

Link-State Operation

1 Use hello packets to establish neighbor adjacencies
(hello패킷을 사용하여 이웃 인접성 수립)

2 Use LSAs to flood the area with cost and state of links
(비용과 링크상태가 포함된 LSA를 지역으로 흘러보냄)

3 Each router builds a topology table
(각 라우터는 토폴로지 테이블 구성)



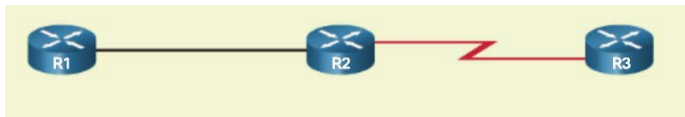
4/5 Each router runs the SPF algorithm resulting in the SPF tree
(각 라우터는 SPF 알고리즘을 실행하여 SPF 트리 구성)

6 Each router builds a routing table that includes the path to get to the distant network and the cost to get there.
(각 라우터는 먼 네트워크로 가는 경로와 비용을 포함하는 라우팅 테이블 구축)

Destination	Shortest Path	Cost
10.5.0.0/16	R1→R2	22
10.6.0.0/16	R1→R3	7
10.7.0.0/16	R1→R3	15
10.8.0.0/16	R1→R3→R4	17
10.9.0.0/16	R1→R2	30
10.10.0.0/16	R1→R3→R4	25
10.11.0.0/16	R1→R3→R4→R5	27
10.5.0.0/16	R1→R2	22

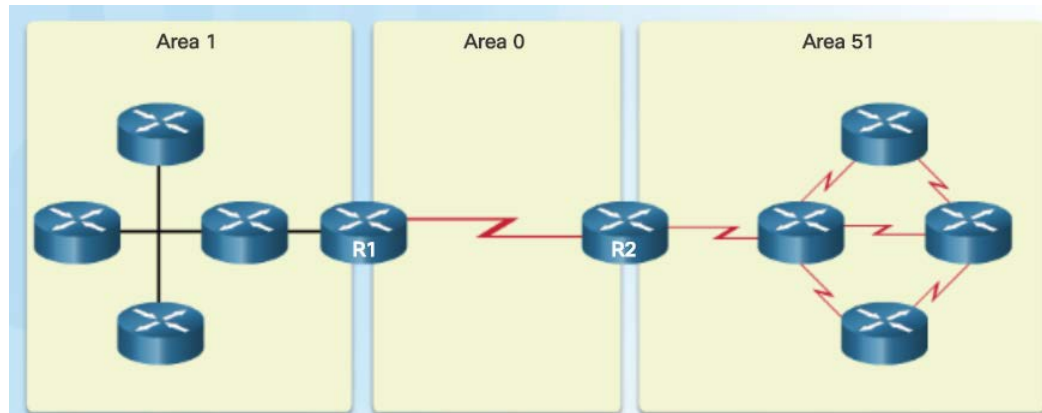
Single-Area and Multiarea OSPF

Single-Area OSPF



- All routers contained in one area (모든 라우터들은 하나의 지역에 포함됨)
- Called the backbone area (백본 지역이라 불림)
- Known as Area 0 (Area 0으로 알려짐)
- Used in smaller networks with few routers (적은 수의 라우터로 구성된 작은 규모의 네트워크에서 사용됨)

Multiarea OSPF



- Designed using a hierarchical scheme (계층적 체계를 사용하여 디자인 됨)
- All areas connect to area 0 (area 0에 연결 모든 영역이 연결됨)
- More commonly seen with numerous areas around area 0 (like a daisy or aster) (영역 0 주변의 많은 영역에서 더 일반적으로 볼 수 있습니다. (데이지 또는 애스터와 같이))
- Routers that connect area 0 to another area is known as an Area Border Router (ABR) (영역 0을 다른 영역에 연결하는 라우터를 ABR (Area Border Router)이라고 합니다.)
- Used in large networks (대규모 네트워크에서 사용)
- Multiple areas reduces processing and memory overhead (멀티 영역은 프로세싱 및 메모리 오버 헤드 감소시킴)
- A failure in one area does not affect other areas (한 영역의 고장은 다른 영역에 영향을 미치지 않습니다)



Encapsulating OSPF Messages

- OSPF adds its own Layer 3 header after the IP Layer 3 header. (OSPF는 IP Layer 3 헤더 뒤에 OSPF만의 Layer 3 헤더를 추가합니다.)
 - The IP header contains the OSPF multicast address of either 224.0.0.5 or 224.0.0.6 and the protocol field of 89 which indicates it is an OSPF packet. (IP 헤더에는 224.0.0.5 또는 224.0.0.6의 OSPF 멀티 캐스트 주소와 OSPF 패킷임을 나타내는 89의 프로토콜 필드가 있습니다.)
- OSPF Packet Header identifies the type of OSPF packet, the router ID, and the area ID (OSPF 패킷 헤더는 OSPF 패킷의 유형, 라우터 ID 및 영역 ID를 식별합니다.)
- OSPF Packet Type contains the specific OSPF packet type information (OSPF 패킷 유형에는 특정 OSPF 패킷 유형 정보가 포함됩니다.)

OSPF Packet Header
Type code for OSPF packet type
Router ID and Area ID



Data Link Frame (Ethernet Fields shown here)

MAC Destination Address = Multicast: 01-00-5E-00-00-05 or 01-00-5E-00-00-06
MAC Source Address = Address of sending interface

IP Packet

IP Source Address = Address of sending interface
IP Destination Address = Multicast: 224.0.0.5 or 224.0.0.6
Protocol Field = 89 for OSPF

OSPF Packet Types

0x01 Hello
0x02 Database Description (DD)
0x03 Link State Request
0x04 Link State Update
0x05 Link State Acknowledgment

OSPF Messages

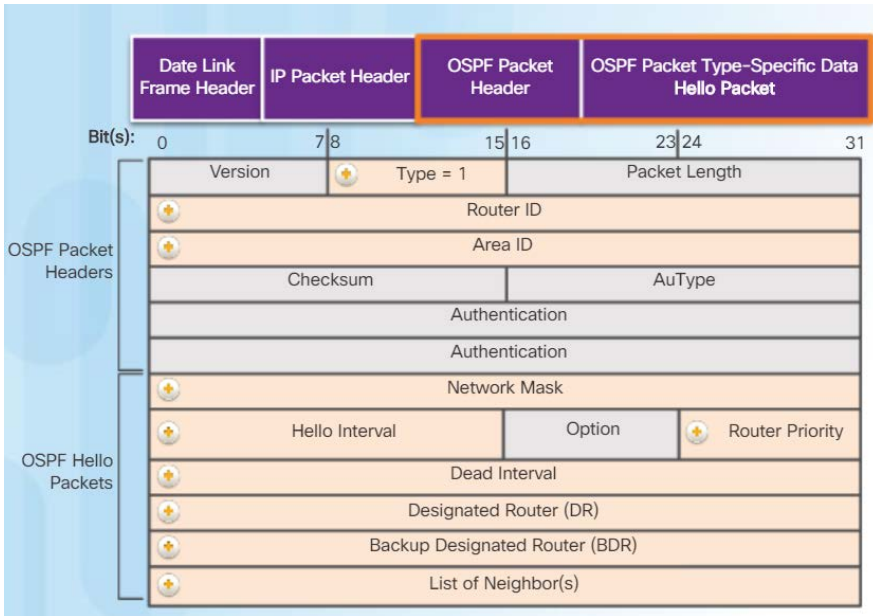
Encapsulating OSPF Messages (Cont.)

OSPF Packet Type	Packet Name	Description	
1	Hello	Discovers neighbors and builds adjacencies between them	이웃을 발견하고 이웃 간에 인접성을 구축
2	Database Description (DBD)	Checks for database synchronization between routers	라우터 간 데이터베이스 동기화 확인
3	Link-State Request (LSR)	Requests specific link-state records from router to router	라우터에서 라우터로 특정 링크 상태 레코드 요청
4	Link-State Update (LSU)	Sends specifically requested link-state records	특별히 요청된 링크 상태 레코드 송신
5	Link-State Acknowledgment (LSAck)	Acknowledges the other packet types	다른 패킷의 수신 확인

- OSPFv3 has similar packet types. (OSPFv3도 유사한 패킷 유형을 가집니다.)

OSPF Messages

Hello Packet

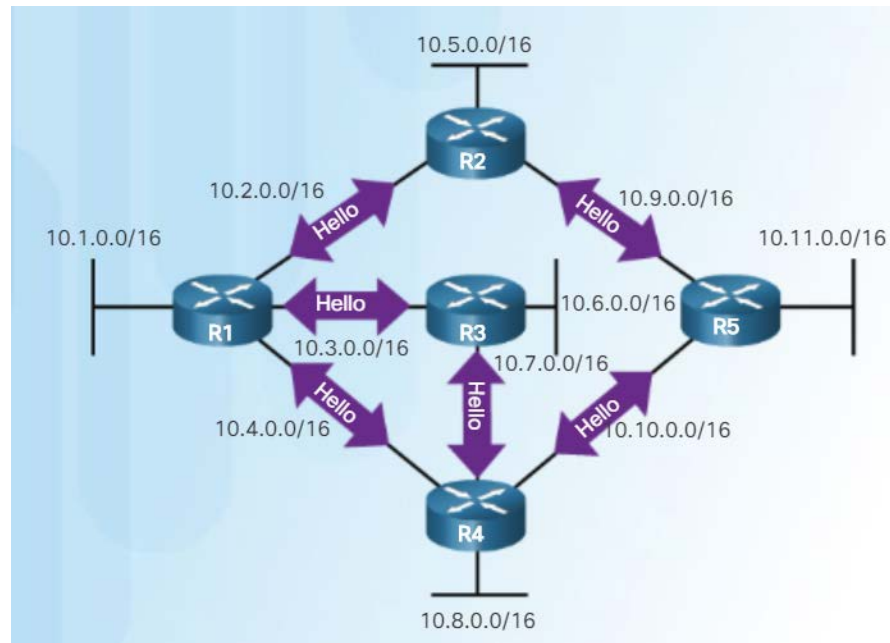


- Hello packets are used to discover neighbors, establish neighbor adjacencies, advertise parameters both routers must agree upon in order to become neighbors, and elect the Designated Router (DR) and Backup Designated Router (BDR) on multi-access networks like Ethernet and Frame Relay (not serial point-to-point links). (Hello 패킷은 이웃을 발견하고, 이웃 인접성을 설정하며, 두 라우터가 이웃이 되기 위해 동의해야 하는 매개 변수를 알리고, (serial point-to-point 링크가 아닌) 이더넷 및 프레임 릴레이와 같은 다중 액세스 네트워크에서 DR (지정 라우터) 및 BDR (백업 지정 라우터)를 선택하는데 사용됩니다.)

- Type field – 1 = hello; 2 = DBD; 3 = LSR; 4 = LSU; 5 - LSAck
- Hello interval – how often a router sends hello packets (라우터가 hello 패킷을 보내는 빈도)
- Router priority (default is 1; 0-255 with the higher number influencing the DR/BDR election process) (라우터 우선 순위 (기본값은 1, DR / BDR 선택에 사용되는 0-255의 숫자. 숫자가 높을수록 라우터가 링크에서 DR이 될 가능성이 높음))
- Dead interval – how long a router waits to hear from a neighbor router before declaring the router out of service (라우터가 서비스를 중단한다고 선언하기 전에 인접 라우터로부터 수신 대기하는 시간)
- DR and BDR fields contain the router ID for the DR and BDR (DR 및 BDR 필드에는 DR 및 BDR의 라우터 ID가 포함됩니다.)
- List of neighbors is the router ID for all adjacent neighbor routers (이웃 목록은 모든 인접 이웃 라우터의 라우터 ID입니다.)

Hello Packet Intervals

- Hello and dead intervals must be the same interval setting on neighboring routers on the same link (Hello 및 Dead 간격은 동일한 링크의 인접 라우터에서 동일한 간격으로 설정해야 합니다.)
- Transmitted to multicast address 224.0.0.5 in IPv4 (IPv4에서 멀티 캐스트 주소 224.0.0.5로 전송)
- Transmitted to multicast address FF02::5 in IPv6 (IPv6에서 멀티 캐스트 주소 FF02 :: 5로 전송)
- Sent every 10 seconds by default on multi-access networks like Ethernet and point-to-point links (이더넷 및 point-to-point 링크와 같은 다중 액세스 네트워크에서 기본적으로 10 초마다 전송)
- Sent every 30 seconds by default on non-broadcast multiple access networks (NBMA) like Frame Relay (프레임 릴레이와 같은 비 브로드 캐스트 다중 액세스 네트워크 (NBMA)에서 기본적으로 30 초마다 전송)
- Dead intervals by default are 4 times the hello interval (기본적으로 데드 간격은 hello 간격의 4 배입니다.)
 - If the dead interval expires before the router receives a hello packet, OSPF removes that neighbor from its link state data base (LSDB). The router then floods the LSDB with info about the down neighbor. (라우터가 hello 패킷을 수신하기 전에 데드 간격이 만료되면 OSPF는 해당 이웃을 LSDB (Link State Database)에서 제거합니다. 그런 다음 라우터는 다운 이웃에 대한 정보로 LSDB를 플러딩합니다.)



OSPF Messages

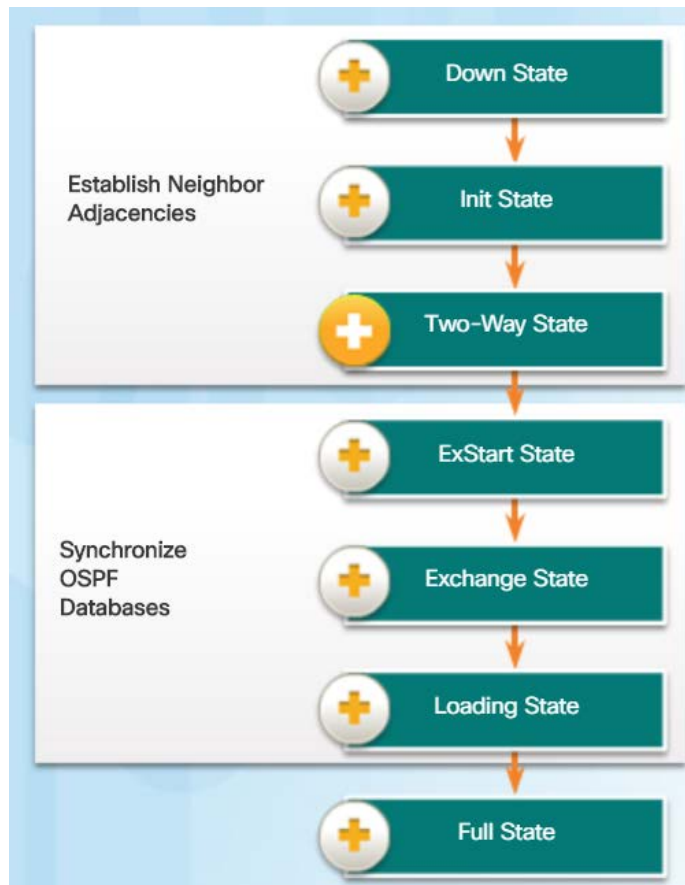
Link-State Updates

- A Link State Update (LSU) contains one or more LSAs; LSAs contain route information for destination networks (LSU (Link State Update)에는 하나 이상의 LSA가 포함되어 있습니다. LSA에는 대상 네트워크에 대한 경로 정보가 포함되어 있습니다)
- Routers initially send Type 2 DBD packets – an abbreviated list of the sending routers LSDB (라우터는 처음에 Type 2 DBD 패킷– 전송 라우터 LSDB의 약식 목록-을 보냅니다)
 - Receiving routers check against their own LSDB (수신 라우터는 자신의 LSDB에 대해 확인)
- Type 3 LSR is used by the receiving router to request more information about an entry in the Database Description (DBD) (type 3 LSR은 수신 라우터에서 데이터베이스 설명 (DBD)의 항목에 대한 추가 정보를 요청하는데 사용됩니다.)
- Type 4 Link-state Update (LSU) is used to reply to an LSR packet (LSR 패킷에 응답하는 데 type 4 링크 상태 업데이트 (LSU)가 사용됩니다.)

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

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

OSPF Operational States



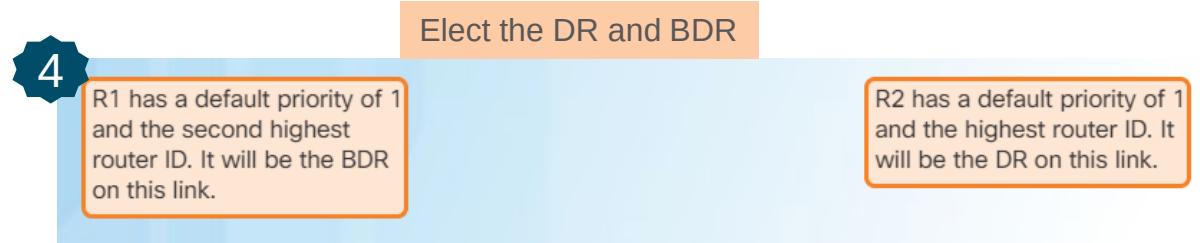
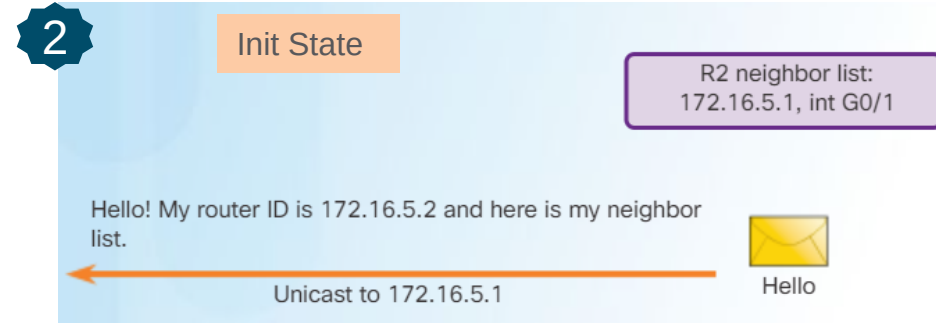
- OSPF progresses through several states while attempting to reach convergence: (OSPF는 수렴에 도달하는 동안 여러 상태를 진행합니다.)
 - Down – No Hello packets received; router sends Hello packets (다운 – Hello 패킷이 수신되지 않았습니다. 라우터는 Hello 패킷을 보냅니다)
 - Init – Hello packets are received that contain the sending router's Router ID (init – 발신 라우터의 라우터 ID가 포함된 Hello 패킷이 수신됩니다.)
 - Two-Way – Used to elect a DR and BDR on an Ethernet link (양방향 – 이더넷 링크에서 DR 및 BDR을 선택하는 데 사용)
 - ExStart – Negotiate master/slave relationship and DBD packet sequence number; the master initiates the DBD packet exchange (ExStart – 마스터 / 슬레이브 관계 및 DBD 패킷 시퀀스 번호 협상, 마스터가 DBD 패킷 교환을 시작합니다)
 - Exchange – Routers exchange DBD packets; if additional router information is required, then transition to the Loading State, otherwise, transition to the Full State (교환 – 라우터가 DBD 패킷을 교환합니다. 추가 라우터 정보가 필요한 경우 Loading 상태로 전환하고 그렇지 않으면 Full 상태로 전환)
 - Loading – LSRs and LSUs are used to gain additional route information; routes are processed using the shortest path first (SPF) algorithm; transition to the Full State (로드 – LSR 및 LSU는 추가 경로 정보를 얻는 데 사용됩니다. 경로는 최단 경로 우선 (SPF) 알고리즘을 사용하여 처리됩니다. 전체 상태로 전환)
 - Full – Routers have converged databases (전체 – 라우터에 데이터베이스가 수렴되었습니다.)

OSPF Operation

Establish Neighbor Adjacencies



- Without a pre-configured router ID (RID) or loopback addresses, R1 has a RID of 172.16.5.1 and R2 has a RID of 172.16.5.2 (미리 구성된 라우터 ID (RID) 또는 루프백 주소가 없으면 R1의 RID는 172.16.5.1이고 R2의 RID는 172.16.5.2입니다.)

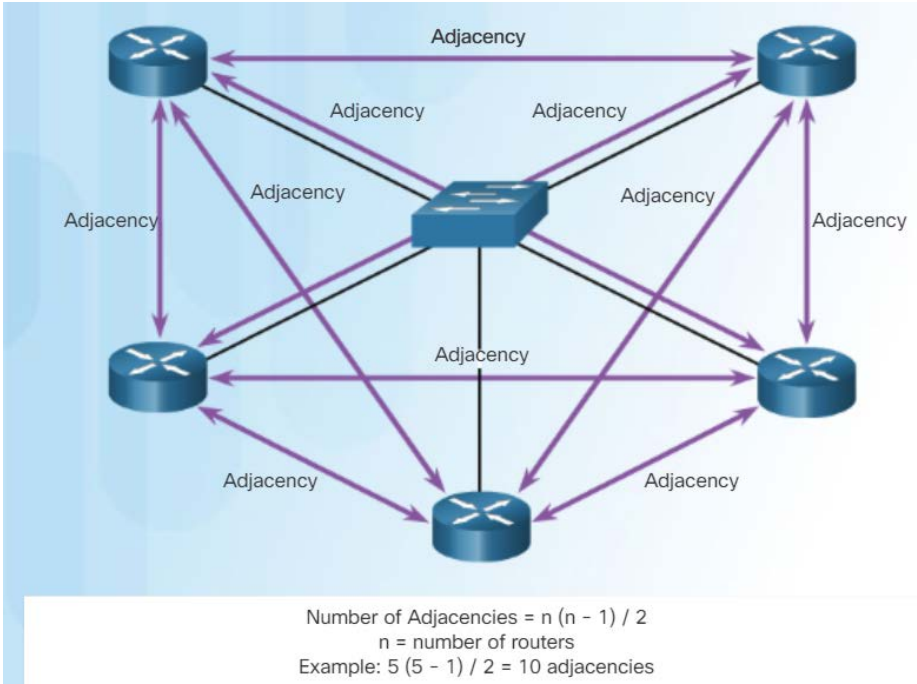


OSPF Operation

OSPF DR and BDR

- Why have a DR/BDR election? (왜 DR / BDR를 선출하는가?)
- Reduce the number of LSAs sent – **The DR is the only router used to send LSAs for the shared network** (전송된 LSA 수 감소 – DR은 공유 네트워크에 대해 LSA를 전송하는데 사용되는 유일한 라우터입니다.)
- Reduce the number of adjacencies over a multi-access network like Ethernet (이더넷과 같은 다중 액세스 네트워크를 통한 인접 수 감소)

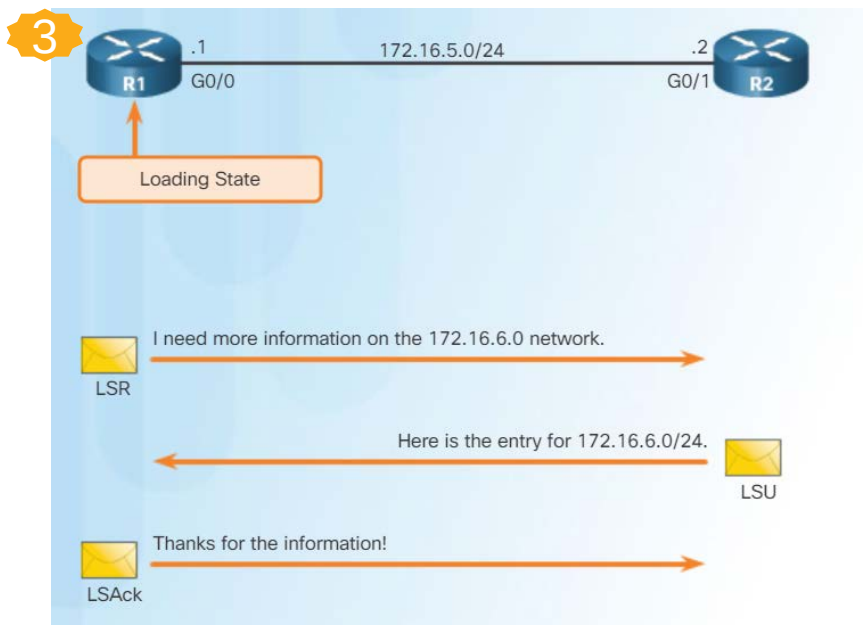
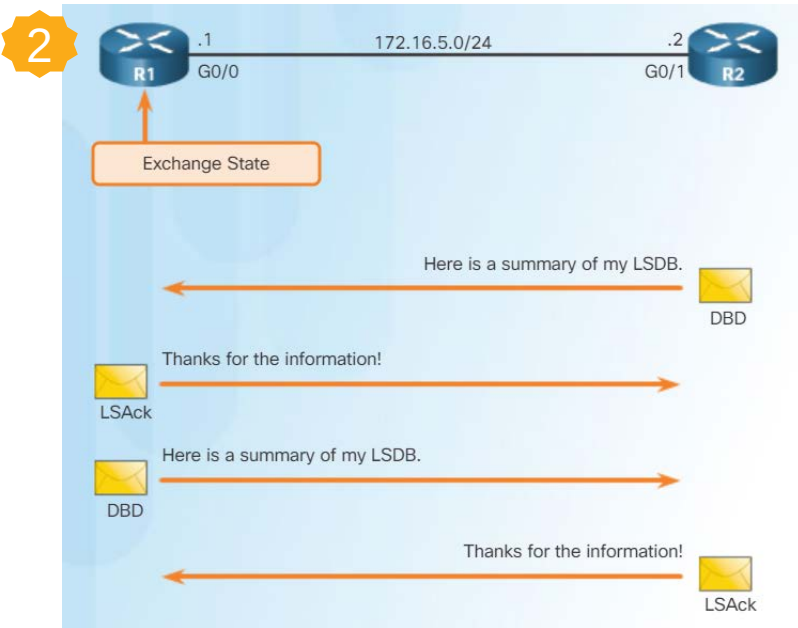
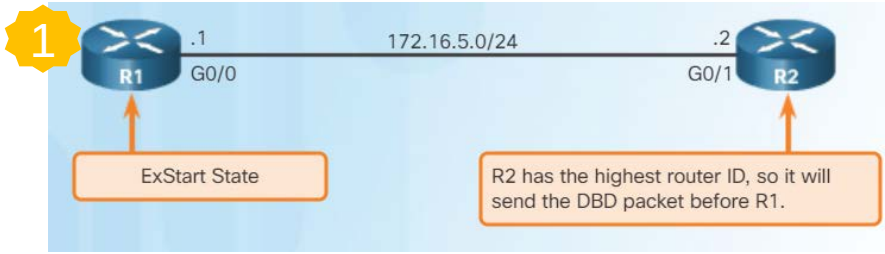
Routers	Adjacencies
n	$\frac{n(n-1)}{2}$
5	10
10	45
20	190
100	4,950



OSPF Operation

Synchronizing OSPF Databases

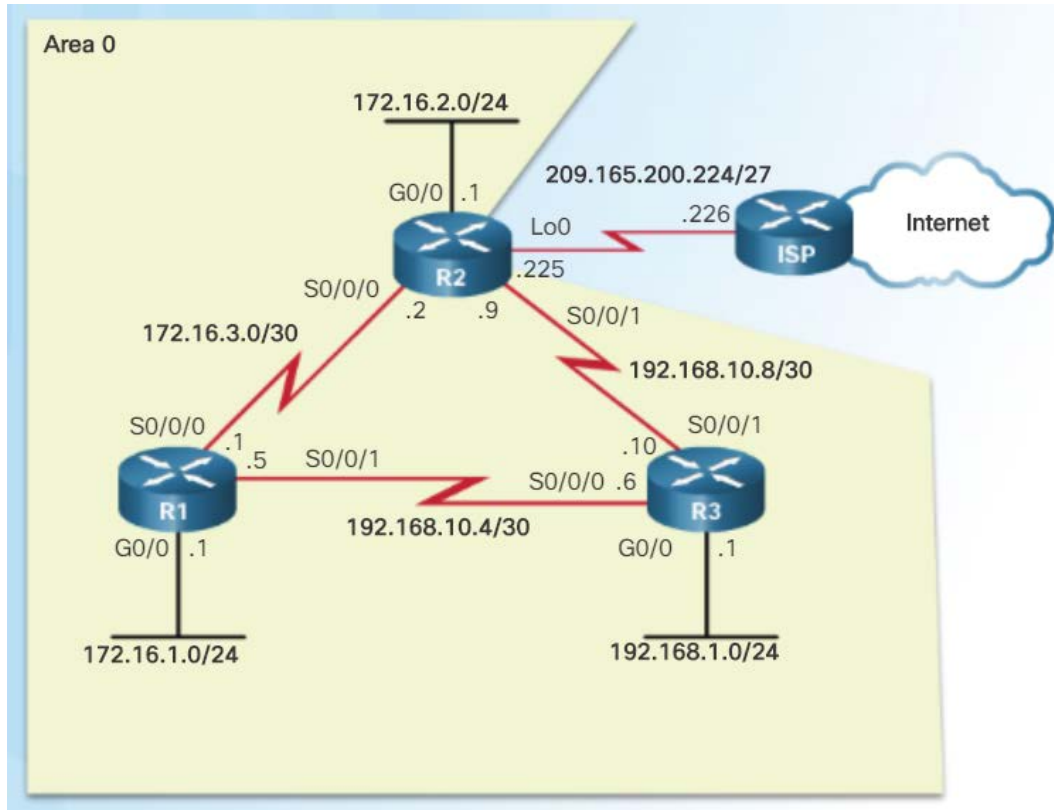
- After the Two-Way state, routers need to synchronize their databases and use the other four types of OSPF packets to exchange information. (양방향 상태 후에 라우터는 데이터베이스를 동기화하고 다른 4 가지 유형의 OSPF 패킷을 사용하여 정보를 교환해야 합니다.)



8.2 Single-Area OSPFv2

OSPF Network Topology

- Topology used to describe OSPF configuration (OSPF 구성을 설명하는 데 사용되는 토폴로지)



Router OSPF Configuration Mode

- OSPFv2 configuration uses the router ospf configuration mode (OSPFv2 구성은 router ospf 환경설정 모드를 사용합니다)
- From global configuration mode, type **router ospf process-id** to enter commands (글로벌 구성 모드에서 router ospf process-id를 입력하여 명령을 입력하십시오.)

```
R1(config)# router ospf 10
R1(config-router)# ?
Router configuration commands:

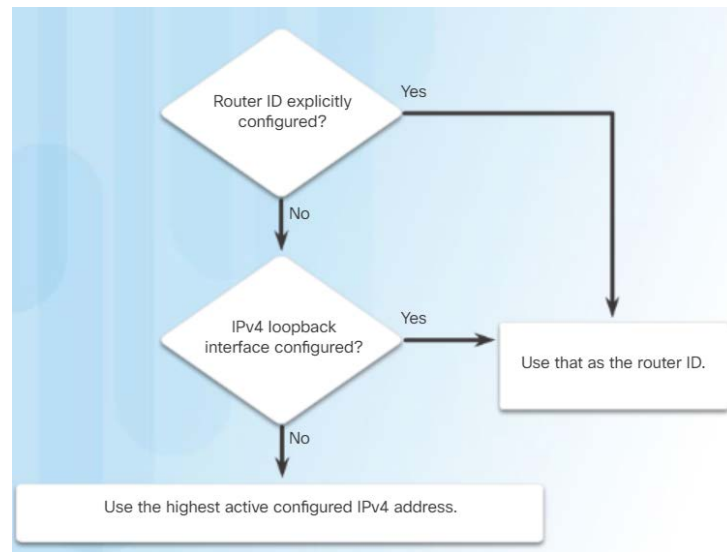
auto-cost          Calculate OSPF interface cost according to
                   bandwidth
network            Enable routing on an IP network
no                 Negate a command or set its defaults
passive-interface  Suppress routing updates on an interface
priority           OSPF topology priority
router-id          router-id for this OSPF process
```

Note there are other commands used in this mode. (이 장에서 사용되는 명령어만 표시되어 있습니다.)

OSPF Router ID

Router IDs

- Router IDs are used to uniquely identify an OSPF router (라우터 ID는 OSPF 라우터를 고유하게 식별하는 데 사용됩니다)
- Router IDs are 32 bits long in both OSPFv2 (IPv4) and OSPFv3 (IPv6) (OSPFv2 (IPv4) 및 OSPFv3 (IPv6) 모두에서 라우터 ID의 길이는 32 비트입니다.)
- Used in the election of the DR if a priority number is not configured (우선 순위 번호가 구성되지 않은 경우 DR의 선택에 사용)
- Ways a router gets a router ID (라우터가 라우터 ID를 얻는 방법)
 1. Configured using the **router-id rid** OSPF router configuration mode command (router-id rid OSPF router 구성 모드 명령을 사용하여 구성)
 2. If a router ID is not configured, the highest configured loopback interface is used (라우터 ID가 구성되지 않은 경우 가장 높게 구성된 루프백 인터페이스가 사용됩니다.)
 3. If there are no configured loopback interfaces, then the highest active IPv4 address is used (not recommended because if the interface with the highest IPv4 address goes down, the router ID selection process starts over) (구성된 루프백 인터페이스가 없으면 가장 높은 활성 IPv4 주소가 사용됩니다 (가장 높은 IPv4 주소를 가진 인터페이스가 다운되면 라우터 ID 선택 프로세스가 다시 시작되므로 권장되지 않음))



Configuring an OSPF Router ID

- Use the **router-id** x.x.x.x command to configure a router ID. (**router-id** x.x.x.x 명령을 이용하여 라우터 ID를 설정할 수 있습니다.)
- Use the **show ip protocols** command to verify the router ID. (**show ip protocols** 명령을 이용하여 라우터 ID를 확인할 수 있습니다.)



```
R1(config)# router ospf 10
R1(config-router)# router-id 1.1.1.1
R1(config-router)# end
R1#
*Mar 25 19:50:36.595: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R1#
R1# show ip protocols
*** IP Routing is NSF aware ***

Routing Protocol is "ospf 10"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 1.1.1.1
  Number of areas in this router is 0. 0 normal 0 stub 0 nssa
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
  Routing Information Sources:
  Gateway          Distance      Last Update
  Distance: (default is 110)
```



Modifying a Router ID

- Use the **clear ip ospf process** command after changing the router ID to make the change effective. (라우터 ID를 변경 한 후 clear ip ospf process 명령을 사용하여 변경 사항을 적용하십시오.)

Don't forget this command to make the router ID change effective.

```
R1# show ip protocols
*** IP Routing is NSF aware ***
```

```
Routing Protocol is "ospf 10"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 192.168.10.5
```

Original RID

```
R1(config)# router ospf 10
R1(config-router)# router-id 1.1.1.1
% OSPF: Reload or use "clear ip ospf process" command, for this to take effect
```

Change RID

Applied RID Change

```
R1# clear ip ospf process
Reset ALL OSPF processes? [no]: y
R1#
*Mar 25 19:46:22.423: %OSPF-5-ADJCHG: Process 10, Nbr
3.3.3.3 on Serial0/0/1 from FULL to DOWN, Neighbor Down:
Interface down or detached
*Mar 25 19:46:22.423: %OSPF-5-ADJCHG: Process 10, Nbr
2.2.2.2 on Serial0/0/0 from FULL to DOWN, Neighbor Down:
Interface down or detached
*Mar 25 19:46:22.475: %OSPF-5-ADJCHG: Process 10, Nbr
3.3.3.3 on Serial0/0/1 from LOADING to FULL, Loading Done
*Mar 25 19:46:22.475: %OSPF-5-ADJCHG: Process 10, Nbr
2.2.2.2 on Serial0/0/0 from LOADING to FULL, Loading Done
R1#
R1# show ip protocols | section Router ID
  Router ID 1.1.1.1
```


Using a Loopback Interface as the Router ID

- Older IOS version did not have the **router-id** OSPF configuration command. (이전 IOS 버전에는 router-id OSPF 구성 명령이 없습니다.)
- Loopback interfaces were used to provide a stable router ID. (안정적인 라우터 ID를 제공하기 위해 루프백 인터페이스가 사용되었습니다.)

Do NOT advertise this network! It is a common mistake made in OSPF configurations. (이 네트워크를 광고하지 마십시오! OSPF 구성에서 흔히 발생하는 실수입니다.)

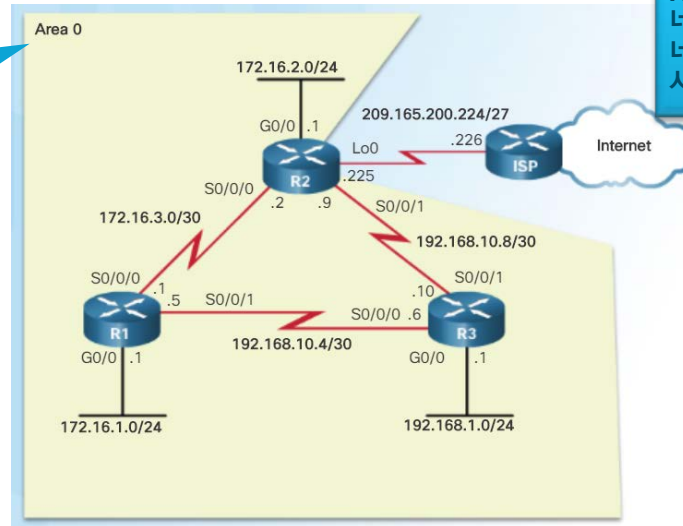
```
R1(config)# interface loopback 0
R1(config-if)# ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
R1(config-if)# end
R1#
```

Configuring Single-Area OSPFv2

Enabling OSPF on Interfaces

- Use the **network** command to specify which interface(s) participate in the OSPFv2 area. (network 명령을 사용하여 OSPFv2 영역에 참여하는 인터페이스를 지정하십시오.)
 - (config)# **router ospf** x
 - (config-router)# **network** x.x.x.x *wildcard_mask* **area** area-id

If a single-area topology is used, it is best to use Area 0 (단일 영역 토폴로지를 사용하는 경우 Area 0을 사용하는 것이 가장 좋습니다)



Common misconception!

R2 has 3 interfaces in Area 0 so three network statements are used (not 6 network statements for all 6 networks in the entire area) (일반적인 오해!

R2는 Area 0에 3 개의 인터페이스가 있으므로 3 개의 네트워크 명령문이 사용됩니다 (전체 영역의 6 개 네트워크 모두에 대해 6 개의 네트워크 명령문을 사용하는 것이 아닙니다.))

Configuring Single-Area OSPFv2

Wildcard Mask

- To determine the wildcard mask, subtract the normal mask from 255.255.255.255 (와일드 카드 마스크를 확인하려면 255.255.255.255에서 서브넷 마스크를 뺍니다.)
- A wildcard mask bit of 0 – 와일드카드 마스크의 0비트는 네트워크 주소와 일치하는 비트
- A wildcard mask bit of 1 – 와일드카드 마스크의 1비트는 네트워크 주소와 일치하지 않는 비트
- A wildcard mask is a series of 0s with the rest 1s (와일드카드 마스크는 0이 계속 이어지다가 나머지가 1로 채워지는 형태입니다.)



/24 mask

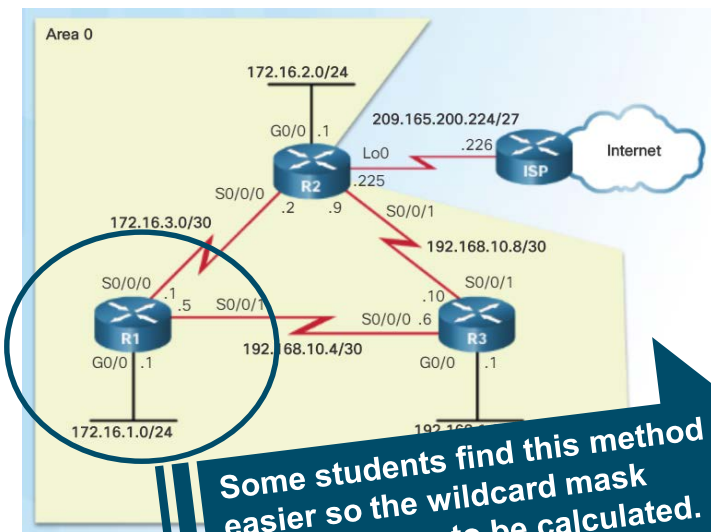


/26 mask

Configuring Single-Area OSPFv2

The **network** Command

- Two ways to use the **network** command (network 명령을 사용하는 두 가지 방법)
 - Advertise the particular network, calculating the wildcard mask (와일드 카드 마스크를 계산하여 특정 네트워크를 광고)
 - Advertise the IP address on the router interface with a 0.0.0.0 wildcard mask (0.0.0.0 와일드 카드 마스크를 사용하여 라우터 인터페이스의 IP 주소를 광고)



Method 1 Traditional Method Network Number and Wildcard Mask (네트워크 주소와 와일드카드 마스크)

```
R1(config)# router ospf 10
R1(config-router)# network 172.16.1.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)# network 172.16.3.0 0.0.0.3 area 0
R1(config-router)# network 192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
```

Method 2 Interface IP Address and 0.0.0.0 (인터페이스 IP 주소와 0.0.0.0)

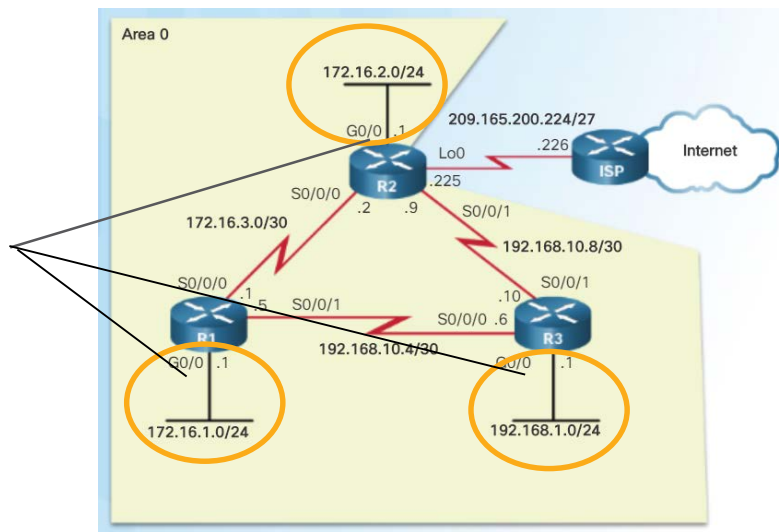
```
R1(config)# router ospf 10
R1(config-router)# network 172.16.1.1 0.0.0.0 area 0
R1(config-router)# network 172.16.3.1 0.0.0.0 area 0
R1(config-router)# network 192.168.10.5 0.0.0.0 area 0
```

Configuring Single-Area OSPFv2

Passive Interface

- An interface configured as a passive interface does not **SEND** OSPF messages. (passive 인터페이스로 구성된 인터페이스는 OSPF 메시지를 보내지 않습니다.)
- Best practice for interfaces that have users attached (security) (사용자가 연결된 인터페이스에 대한 모범 사례 (보안))
- Doesn't waste bandwidth sending messages out OSPF-enabled interfaces that don't have another router attached. (다른 라우터가 연결되어 있지 않은 OSPF 지원 인터페이스로 메시지를 보내는 대역폭을 낭비하지 않습니다.)

Interfaces to
configure as a
passive interface



Configuring Single-Area OSPFv2

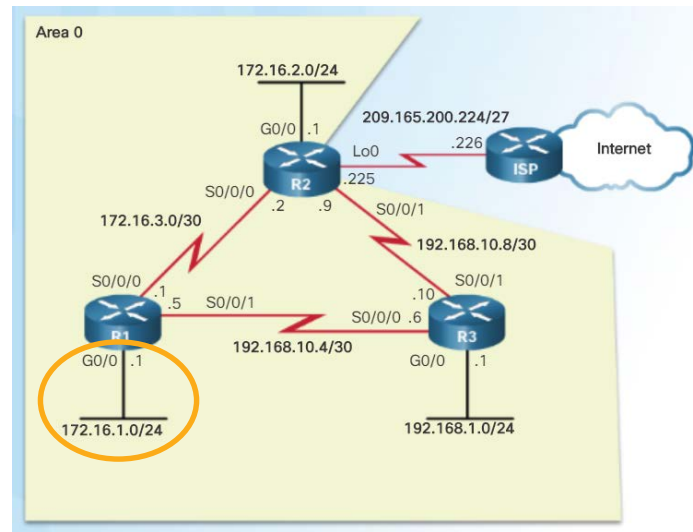
Configuring Passive Interfaces

- Use the **passive-interface** command to configure (passive-interface 명령을 사용하여 구성)
- Use the **show ip protocols** to verify (show ip protocols을 사용해 확인)

```
R1(config)# router ospf 10
R1(config-router)# passive-interface GigabitEthernet 0/0
```

```
R1# show ip protocols
*** IP Routing is NSF aware ***

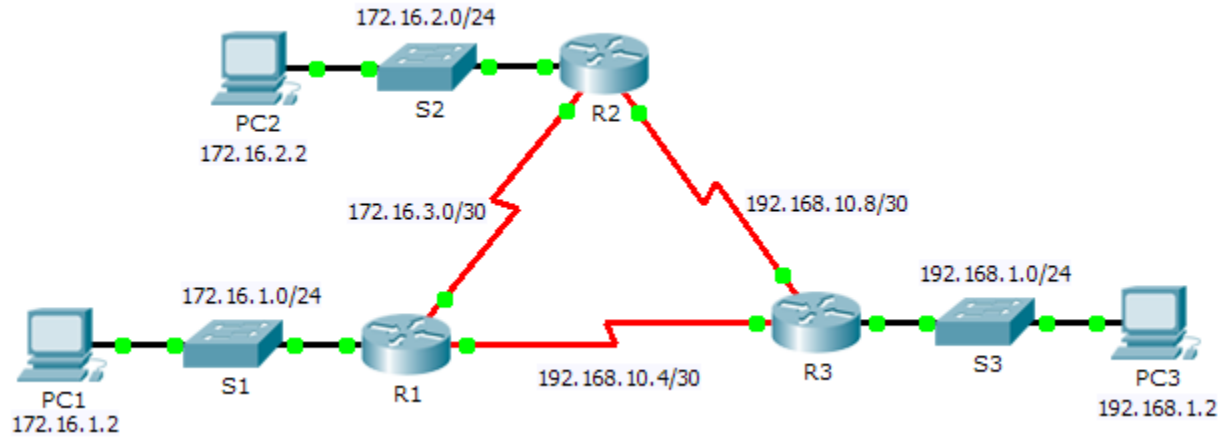
Routing Protocol is "ospf 10"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 1.1.1.1
  Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    172.16.1.1 0.0.0.0 area 0
    172.16.3.1 0.0.0.0 area 0
    192.168.10.5 0.0.0.0 area 0
  Passive Interface(s):
    GigabitEthernet0/0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    3.3.3.3          110          00:08:35
    2.2.2.2          110          00:08:35
  Distance: (default is 110)
```



Configuring Single-Area OSPFv2

Packet Tracer 1 – Configuring OSPFv2 in a Single-Area

- [실습 목표]
- OSPFv2 구성
 - 구성 확인



Device	Interface	IP Address	Subnet Mask	Default Gateway
R1	G0/0	172.16.1.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	172.16.3.1	255.255.255.252	N/A
	S0/0/1	192.168.10.5	255.255.255.252	N/A
R2	G0/0	172.16.2.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	172.16.3.2	255.255.255.252	N/A
	S0/0/1	192.168.10.9	255.255.255.252	N/A
R3	G0/0	192.168.1.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	192.168.10.6	255.255.255.252	N/A
	S0/0/1	192.168.10.10	255.255.255.252	N/A
PC1	NIC	172.16.1.2	255.255.255.0	172.16.1.1
PC2	NIC	172.16.2.2	255.255.255.0	172.16.2.1
PC3	NIC	192.168.1.2	255.255.255.0	192.168.1.1

Packet Tracer 1 – Configuring OSPFv2 in a Single-Area

1. OSPFv2 구성

- 1 단계 : R1, R2 및 R3에서 OSPF를 구성하십시오.
 - 다음 요구 사항을 사용하여 세 라우터 모두에서 OSPF 라우팅을 구성하십시오.
 - 프로세스 ID 10
 - 각 라우터의 라우터 ID : R1 = 1.1.1.1; R2 = 2.2.2.2; R3 = 3.3.3.3
 - 각 인터페이스의 네트워크 주소
 - LAN 인터페이스를 passive로 설정
 - [예] R1 설정
 - router ospf 10
 - router-id 1.1.1.1
 - network 172.16.1.0 0.0.0.255 area 0
 - network 172.16.3.0 0.0.0.3 area 0
 - network 192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
 - passive-interface GigabitEthernet0/0
- 2 단계 : OSPF 라우팅이 작동하는지 확인합니다.
 - 각 라우터에서 라우팅 테이블은 이제 토폴로지의 모든 네트워크에 대한 경로를 가져야합니다.

2. 구성 확인

- 각 PC는 다른 두 PC를 ping 할 수 있어야합니다. 그렇지 않은 경우 구성을 확인하십시오.

OSPF Cost

OSPF Metric = Cost

- OSPF uses the metric of cost to determine the best path used to reach a destination network (Cost = reference bandwidth / interface bandwidth) (OSPF는 비용 메트릭을 사용하여 대상 네트워크에 도달하는 데 사용되는 최상의 경로를 결정합니다 (비용 = 기준 대역폭 / 인터페이스 대역폭))
- Lowest cost is a better path (비용이 제일 낮으면 최적의 경로입니다.)
- The interface bandwidth influences the cost assigned (인터페이스 대역폭은 코스트 할당에 영향을 미칩니다.)
 - A lower bandwidth interface has a higher cost (대역폭이 낮을수록 비용은 높습니다.)

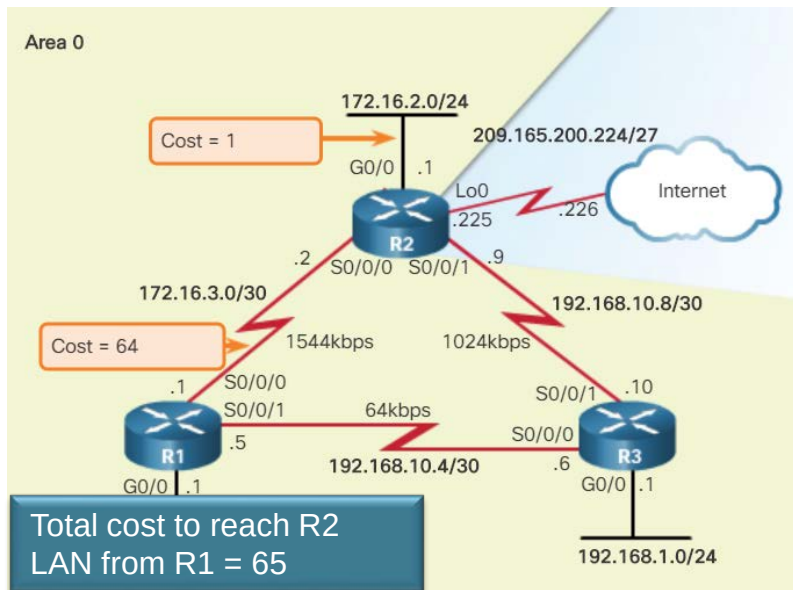
Interface Type	Reference Bandwidth in bps		Default Bandwidth in bps	Cost
10 Gbps Ethernet	100,000,000	÷	10,000,000,000	1
1 Gbps Ethernet	100,000,000	÷	1,000,000,000	1
100 Mbps Ethernet	100,000,000	÷	100,000,000	1
10 Mbps Ethernet	100,000,000	÷	10,000,000	10
1.544 Mbps Serial	100,000,000	÷	1,544,000	64
128 kbps Serial	100,000,000	÷	128,000	781
64 kbps Serial	100,000,000	÷	64,000	1562



This is an issue because it is the same cost due to the default reference bandwidth. Needs to be adjusted! (기본 참조 대역폭으로 인해 비용이 동일하기 때문에 문제가 됩니다. 조정이 필요합니다!)

OSPF Accumulates Costs

- The “cost” for a destination network is an accumulation of all cost values from source to destination.
(대상 네트워크의 "비용"은 소스에서 대상까지 모든 비용 값의 누적입니다.)
- The cost metric can be seen in the routing table as the second number within the brackets. (비용 metric은 라우팅 테이블에서 괄호 안의 두 번째 숫자로 볼 수 있습니다.)



```
R1# show ip route | include 172.16.2.0
0    172.16.2.0/24 [110/65] via 172.16.3.2, 03:39:07,
    Serial0/0/0

R1#
R1# show ip route 172.16.2.0
Routing entry for 172.16.2.0/24
  Known via "ospf 10", distance 110, metric 65, type intra
  area
  Last update from 172.16.3.2 on Serial0/0/0, 03:39:15 ago
  Routing Descriptor Blocks:
    * 172.16.3.2, from 2.2.2.2, 03:39:15 ago, via Serial0/0/0
      Route metric is 65, traffic share count is 1
```

Cost metric to
destination network
172.16.2.0 from R1

Adjusting the Reference Bandwidth

- Changing the OSPF reference bandwidth affects only the OSPF calculation used to determine the metric, not the bandwidth of the interface. (OSPF 참조 대역폭을 변경하면 인터페이스의 대역폭이 아니라 메트릭을 결정하는데 사용된 OSPF 계산에만 영향을 줍니다.)
- Use the **auto-cost reference-bandwidth** command to change the OSPF reference bandwidth. (OSPF 참조 대역폭을 변경하려면 auto-cost reference-bandwidth 명령(Mb/s 단위)을 사용하십시오.)
- Default reference bandwidth is 100 Mbps. (기본 기준 대역폭은 100Mbps입니다.)

Interface Type	Reference Bandwidth in bps		Default Bandwidth in bps	Cost
10 Gbps Ethernet	100,000,000	÷	10,000,000,000	1
1 Gbps Ethernet	100,000,000	÷	1,000,000,000	1
100 Mbps Ethernet	100,000,000	÷	100,000,000	1
10 Mbps Ethernet	100,000,000	÷	10,000,000	10
1.544 Mbps Serial	100,000,000	÷	1,544,000	64
128 kbps Serial	100,000,000	÷	128,000	781
64 kbps Serial	100,000,000	÷	64,000	1562

With the default reference bandwidth applied makes 100Mbps Ethernet, 1 Gbps Ethernet, and 10 Gbps Ethernet appear to be the same bandwidth within the best path calculations.
(기본 참조 대역폭이 적용되면 100Mbps 이더넷, 1Gbps 이더넷 및 10Gbps 이더넷이 최상의 경로 계산에서 동일한 대역폭으로 나타납니다.)

Adjusting the Reference Bandwidth (Cont.)

- To adjust to distinguish between 100 Mbps Ethernet and Gigabit Ethernet, use the **auto-cost reference-bandwidth 1000** command. (100Mbps 이더넷과 기가비트 이더넷을 구별하도록 조정하려면 auto-cost reference-bandwidth 1000 명령을 사용하십시오.)
- To adjust to distinguish between 100 Mbps Ethernet and Gigabit Ethernet, use the **auto-cost reference-bandwidth 10000** command. (100Mbps 이더넷과 기가비트 이더넷을 구별하도록 조정하려면 auto-cost reference-bandwidth 10000 명령을 사용하십시오.)

Interface Type	Reference Bandwidth in bps	Default Bandwidth in bps	Cost
10 Gbps Ethernet	1,000,000,000	÷ 10,000,000,000	1
1 Gbps Ethernet	1,000,000,000	÷ 1,000,000,000	1
100 Mbps Ethernet	1,000,000,000	÷ 100,000,000	10
10 Mbps Ethernet	1,000,000,000	÷ 10,000,000	100
1.544 Mbps Serial	1,000,000,000	÷ 1,544,000	647
128 kbps Serial	1,000,000,000	÷ 128,000	7812
64 kbps Serial	1,000,000,000	÷ 64,000	15625

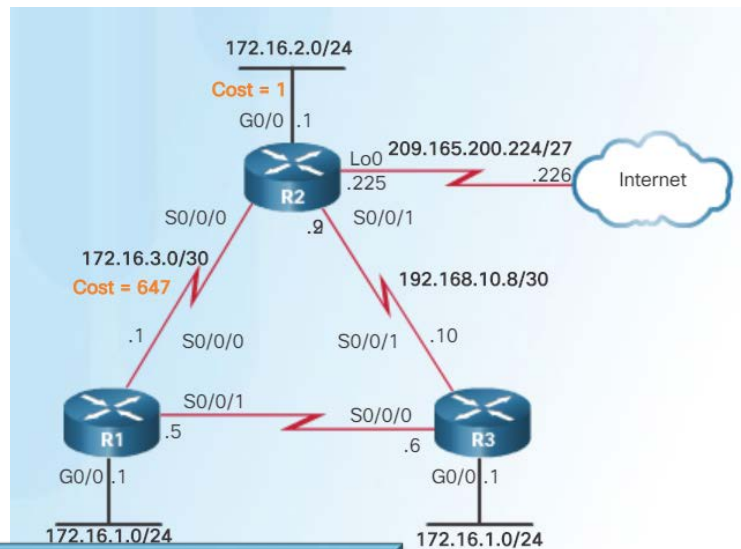
auto-cost reference-bandwidth 1000 command applied

Interface Type	Reference Bandwidth in bps	Default Bandwidth in bps	Cost
10 Gbps Ethernet	10,000,000,000	÷ 10,000,000,000	1
1 Gbps Ethernet	10,000,000,000	÷ 1,000,000,000	10
100 Mbps Ethernet	10,000,000,000	÷ 100,000,000	100
10 Mbps Ethernet	10,000,000,000	÷ 10,000,000	1000
1.544 Mbps Serial	110,000,000,000	÷ 1,544,000	6477
128 kbps Serial	10,000,000,000	÷ 128,000	78126
64 kbps Serial	10,000,000,000	÷ 64,000	156250

auto-cost reference-bandwidth 10000 command applied

Adjusting the Reference Bandwidth (Cont.)

- If the routers in the topology are adjusted to accommodate Gigabit links, the cost of the serial link is now 647 instead of 64. The total cost from R1 to the R2 LAN is now 648 instead of 65. (토폴로지의 라우터가 기가 비트 링크를 수용하도록 조정되면 직렬 링크 비용은 64 대신 647이 됩니다. R1에서 R2 LAN까지의 총 비용은 65가 아니라 648입니다.)
- If there were FastEthernet links in the topology, OSPF would make better choices. (토폴로지에 FastEthernet 링크가 있으면 OSPF가 더 나은 선택을 합니다.)



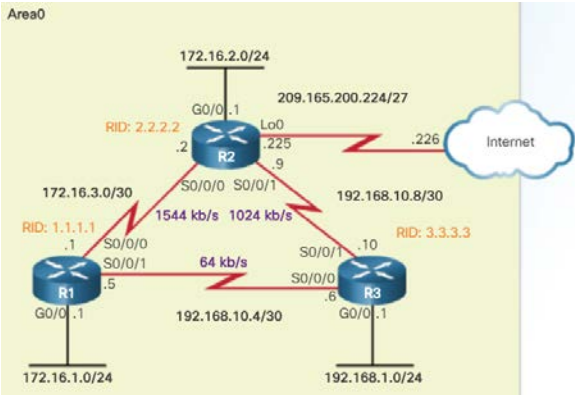
Total cost to reach R2 LAN from R1 = 648

```
R1# show ip ospf interface serial 0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
Internet Address 172.16.3.1/30,Area 0,Attached via Network Statement
Process ID 10,Router ID 1.1.1.1,Network Type POINT_TO_POINT, Cost:647
Topology-MTID      Cost      Disabled      Shutdown      Topology Name
0                  647          no             no             Base
```

```
R1# show ip route | include 172.16.2.0
0      172.16.2.0/24 [110/648] via 172.16.3.2, 00:06:03, Serial0/0/0
R1#
R1# show ip route 172.16.2.0
Routing entry for 172.16.2.0/24
Known via "ospf 10", distance 110, metric 648, type intra area
Last update from 172.16.3.2 on Serial0/0/0, 00:06:17 ago
Routing Descriptor Blocks:
* 172.16.3.2, from 2.2.2.2, 00:06:17 ago, via Serial0/0/0
Route metric is 648, traffic share count is 1
```

Default Interface Bandwidth

- Bandwidth values defined on an interface do not change the capacity of the interface. (인터페이스에 정의된 대역폭 값은 인터페이스 용량을 변경하지 않습니다.)
- Bandwidth values defined on an interface are used by the EIGRP and OSPF routing protocols to compute the metric. (인터페이스에 정의된 대역폭 값은 EIGRP 및 OSPF 라우팅 프로토콜에서 메트릭을 계산하는데 사용됩니다.)
- Serial links default to 1.544 Mbps and that might not be an accurate bandwidth for the transmission rate. (직렬 링크는 기본적으로 1.544Mbps이며 전송 속도에 대한 정확한 대역폭이 아닐 수 있습니다.)
- Use the **show interfaces** command to see the interface bandwidth. (인터페이스 대역폭을 보려면 show interfaces 명령을 사용하십시오.)



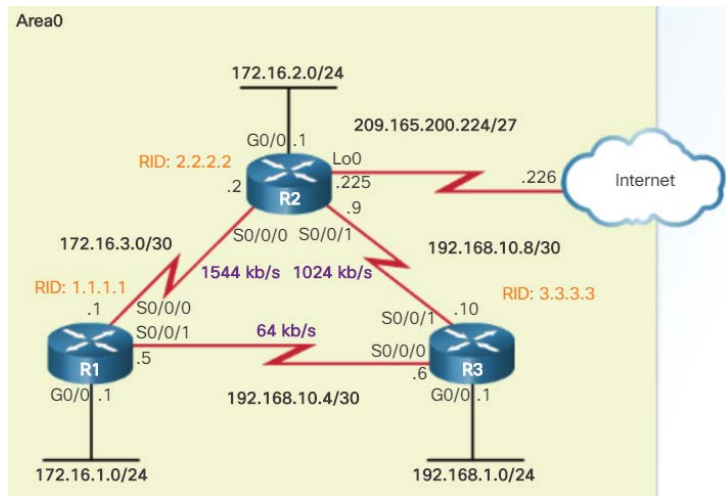
```
R1# show interfaces serial 0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
Hardware is WIC MBRD Serial
Description: Link to R2
Internet address is 172.16.3.1/30
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
```

```
R1# show ip ospf interface serial 0/0/1
Serial0/0/1 is up, line protocol is up
Internet Address 192.168.10.5/30, Area 0, Attached via
Network Statement
Process ID 10, Router ID 1.1.1.1, Network Type
POINT_TO_POINT, Cost: 647
Topology-MTID      Cost      Disabled      Shutdown      Topology Name
0                  647         no             no             Base
```

```
R1# show interfaces serial 0/0/1 | include BW
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
```

```
R1# show ip ospf interface serial 0/0/1 | include Cost:
Process ID 10, Router ID 1.1.1.1, Network Type
POINT_TO_POINT, Cost: 647
```

Adjusting the Interface Bandwidth



```
R1(config)# int s0/0/1
R1(config-if)# bandwidth 64
R1(config-if)# end
R1#
*Mar 27 10:10:07.735: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by c
R1#
R1# show interfaces serial 0/0/1 | include BW
MTU 1500 bytes, BW 64 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
R1#
R1# show ip ospf interface serial 0/0/1 | include Cost:
Process ID 10, Router ID 1.1.1.1, Network Type
POINT_TO_POINT, Cost: 15625
R1#
```

- The bandwidth must be adjusted at each end of the serial links, therefore: (직렬 링크의 각 끝에서 대역폭을 조정해야 하므로 다음을 수행하십시오.)
 - R2 requires its S0/0/1 interface to be adjusted to 1,024 kb/s. (R2에서는 S0 / 0 / 1 인터페이스를 1,024kb / s로 조정해야 합니다.)
 - R3 requires its serial 0/0/0 to be adjusted to 64 kb/s and its serial 0/0/1 to be adjusted to 1,024 kb/s. (R3에서는 직렬 0/0/0을 64kb / s로 조정하고 직렬 0/0/1을 1,024kb / s로 조정해야 합니다.)
- Note: Command only modifies OSPF bandwidth metric. Does not modify the actual link bandwidth. (참고 : 명령은 OSPF 대역폭 메트릭만 수정합니다. 실제 링크 대역폭을 수정하지 않습니다.)

Manually Setting the OSPF Cost

- Instead of manually setting the interface bandwidth, the OSPF cost can be manually configured using the **ip ospf cost value** interface configuration mode command. (인터페이스 대역폭을 수동으로 설정하는 대신 ip ospf cost value 인터페이스 구성 모드 명령을 사용하여 OSPF 비용을 수동으로 구성할 수 있습니다.)

The **no bandwidth 64** is used to remove the command that was previously applied and reset the bandwidth back to the default. (no bandwidth 64 명령은 이전에 적용된 명령을 제거하고 대역폭을 기본값으로 다시 설정하는 데 사용됩니다.)

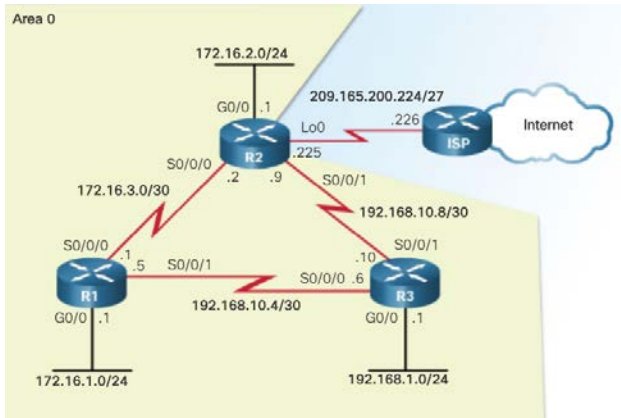
```
R1(config)# int s0/0/1
R1(config-if)# no bandwidth 64
R1(config-if)# ip ospf cost 15625
R1(config-if)# end
R1#
R1# show interface serial 0/0/1 | include BW
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
R1#
R1# show ip ospf interface serial 0/0/1 | include Cost:
Cost: 15625
```

Adjusting the Interface Bandwidth	= Manually Setting the OSPF Cost
R1(config)# interface S0/0/1 R1(config-if)# bandwidth 64	= R1(config)# interface S0/0/1 R1(config-if)# ip ospf cost 15625
R2(config)# interface S0/0/1 R2(config-if)# bandwidth 1024	= R2(config)# interface S0/0/1 R2(config-if)# ip ospf cost 976
R3(config)# interface S0/0/0 R3(config-if)# bandwidth 64	= R3(config)# interface S0/0/0 R3(config-if)# ip ospf cost 15625
R3(config)# interface S0/0/1 R3(config-if)# bandwidth 1024	= R3(config)# interface S0/0/1 R3(config-if)# ip ospf cost 976

Verify OSPF

Verify OSPF Neighbors

- Use the **show ip ospf neighbor** to verify the router has formed an adjacency with a directly-connected router. (show ip ospf neighbor를 사용하여 라우터가 직접 연결된 라우터와 인접 해 있는지 확인하십시오.)



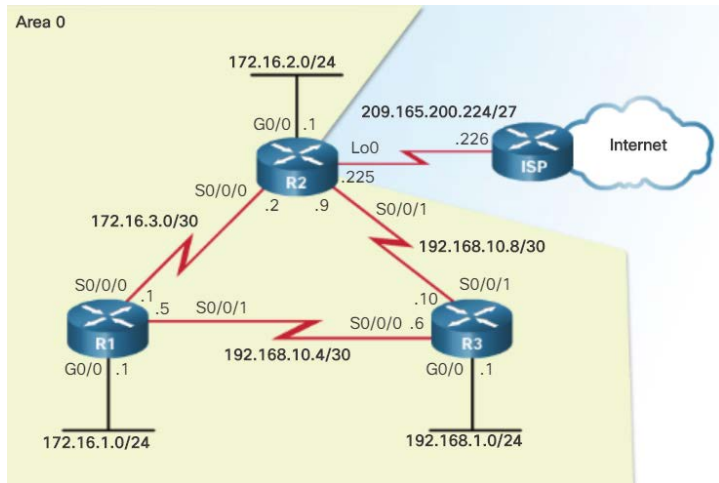
```
R1# show ip ospf neighbor
```

Neighbor	ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
3.3.3.3		0	FULL/-	00:00:37	192.168.10.6	Serial0/0/1
2.2.2.2		0	FULL/-	00:00:30	172.16.3.2	Serial0/0/0

Output	Description
Neighbor ID	The router ID of the neighbor router
Pri	The OSPFv2 priority of the interface used in the DR/BDR election process
State	The OSPFv2 state – Full means that the link-state database has had the algorithm executed and the neighbor router and R1 have identical LSDBs. Ethernet multi-access interfaces may show as 2WAY. The dash indicates that no DR/BDR is required.
Dead time	Amount of time remaining before expecting to receive a hello packet from the neighbor before declaring the neighbor down. This value is reset when a hello packet is received.
Address	The address of the neighbor's directly-connected interface
Interface	The interface on R1 used to form an adjacency with the neighbor router

Verify OSPF Protocol Settings

- The **show ip protocols** command is used to verify the OSPFv2 process ID, router ID, networks being advertised by the router, neighbors that are sending OSPF updates, and the administrative distance (110 by default). (show ip protocols 명령은 OSPFv2 프로세스 ID, 라우터 ID, 라우터에 의해 보급되는 네트워크, OSPF 업데이트를 전송하는 이웃 및 관리 거리 (기본적으로 110)를 확인하는 데 사용됩니다.)



```
R1# show ip protocols
```

```
*** IP Routing is NSF aware ***
```

```
Routing Protocol is "ospf 10"
```

```
Outgoing update filter list for all interfaces is not set
```

```
Incoming update filter list for all interfaces is not set
```

```
Router ID 1.1.1.1
```

```
Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
```

```
Maximum path: 4
```

```
Routing for Networks:
```

```
172.16.1.0 0.0.0.255 area 0
```

```
172.16.3.0 0.0.0.3 area 0
```

```
192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
```

```
Routing Information Sources:
```

Gateway	Distance	Last Update
2.2.2.2	110	00:17:18
3.3.3.3	110	00:14:49

```
Distance: (default is 110)
```

Verify OSPF Process Information

- The **show ip ospf** command is another way to see the OSPFv2 process ID and router ID. (show ip ospf 명령은 OSPFv2 프로세스 ID 및 라우터 ID를 보는 또 다른 방법입니다.)

```

R1# show ip ospf
Routing Process "ospf 10" with ID 1.1.1.1
Start time: 01:37:15.156, Time elapsed: 01:32:57.776
Supports only single TOS(TOS0) routes
Supports opaque LSA
Supports Link-local Signaling (LLS)
Supports area transit capability
Supports NSSA (compatible with RFC 3101)
Event-log enabled, Maximum number of events: 1000, Mode:
cyclic
Router is not originating router-LSAs with maximum metric
Initial SPF schedule delay 5000 msec
Minimum hold time between two consecutive SPF's 10000 msec
Maximum wait time between two consecutive SPF's 10000 msec
Incremental-SPF disabled
Minimum LSA interval 5 secs
Minimum LSA arrival 1000 msec
LSA group pacing timer 240 secs
Interface flood pacing timer 33 msec
Retransmission pacing timer 66 msec
Number of external LSA 0. Checksum Sum 0x000000
Number of opaque AS LSA 0. Checksum Sum 0x000000
Number of DCbitless external and opaque AS LSA 0
Number of DoNotAge external and opaque AS LSA 0
Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0
nssa
```

```

Number of areas transit capable is 0
External flood list length 0
IETF NSF helper support enabled
Cisco NSF helper support enabled
Reference bandwidth unit is 1000 mbps
Area BACKBONE(0)
Number of interfaces in this area is 3
Area has no authentication
SPF algorithm last executed 01:30:45.364 ago
SPF algorithm executed 3 times
Area ranges are
Number of LSA 3. Checksum Sum 0x02033A
Number of opaque link LSA 0. Checksum Sum 0x000000
Number of DCbitless LSA 0
Number of indication LSA 0
Number of DoNotAge LSA 0
Flood list length 0
```

Verify OSPF Interface Settings

- Use the **show ip ospf interface** command to see details for every OSPFv2-enabled interface especially to see if the network statements were correctly composed. (show ip ospf interface 명령을 사용하여 모든 OSPFv2 가능 인터페이스에 대한 세부 사항을 보고 특히 network 명령문이 올바르게 구성되었는지 확인하십시오.)
- Use the **show ip ospf interface brief** command to see key information about OSPFv2-enabled interfaces on a particular router. (show ip ospf interface brief 명령을 사용하여 특정 라우터의 OSPFv2 가능 인터페이스에 대한 주요 정보를 봅니다.)

```
R1# show ip ospf interface brief
```

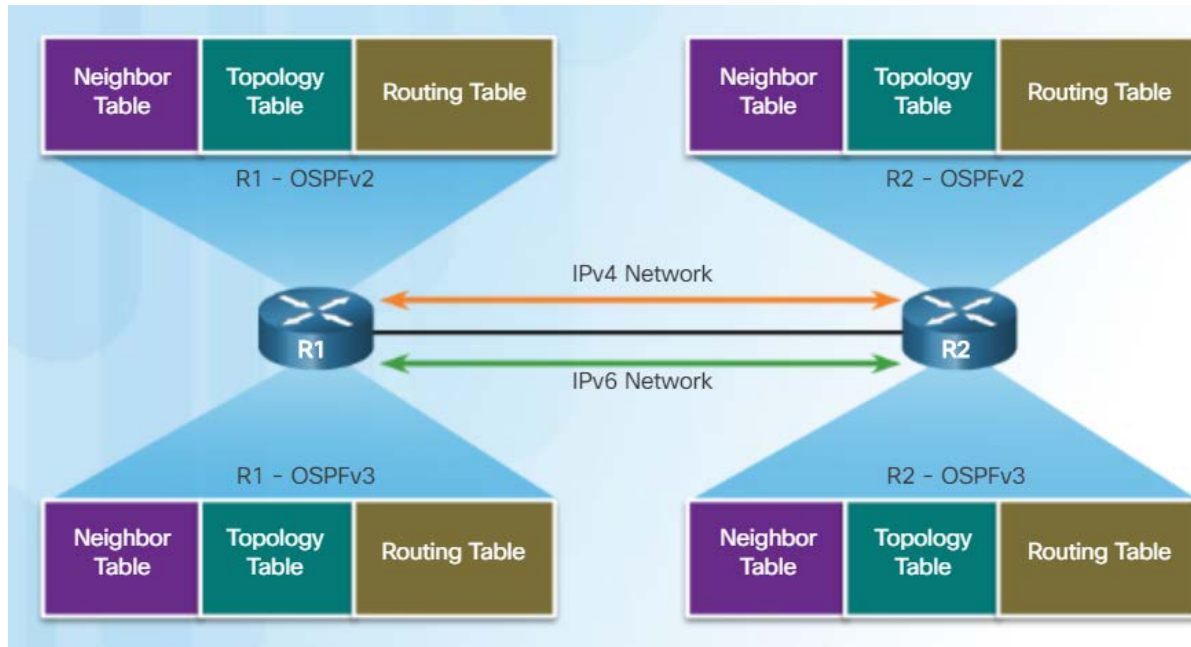
Interface	PID	Area	IP Address/Mask	Cost	State	Nbrs	F/C
Se0/0/1	10	0	192.168.10.5/30	15625	P2P	1/1	
Se0/0/0	10	0	172.16.3.1/30	647	P2P	1/1	
Gi0/0	10	0	172.16.1.1/24	1	DR	0/0	

8.3 Single-Area OSPFv3

OSPFv2 vs. OSPFv3

OSPFv3

- OSPFv3 is used to exchange IPv6 prefixes and build an IPv6 routing table. (OSPFv3은 IPv6 prefix를 교환하고 IPv6 라우팅 테이블을 작성하는 데 사용됩니다.)
- OSPFv3 builds three OSPF tables – neighbor table, topology table, and routing table. (OSPFv3은 세 개의 OSPF 테이블 (인접 테이블, 토폴로지 테이블 및 라우팅 테이블)을 구축합니다.)



Similarities Between OSPFv2 and OSPFv3

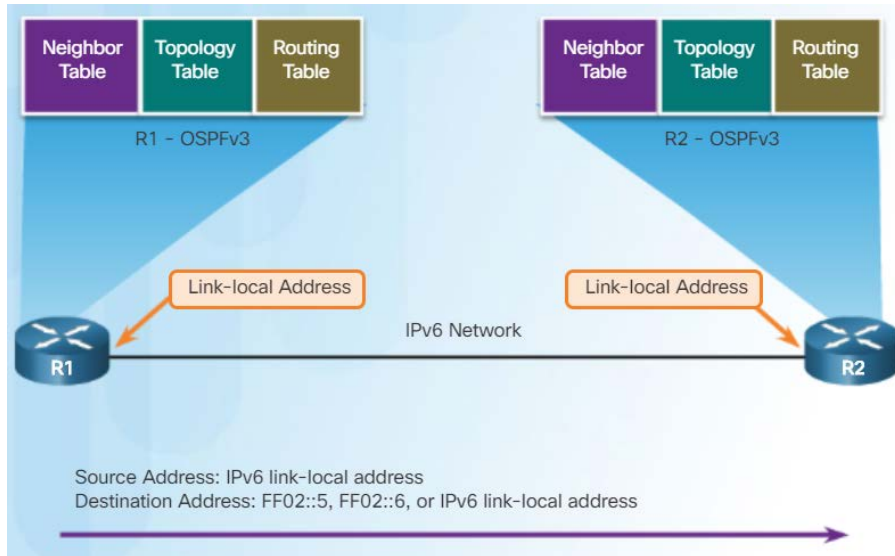
Feature	Comments
Link-State	Both are this type of routing protocol
Routing algorithm	Shortest Path First (SPF)
Metric	Cost
Areas	Both use and support a two-level hierarchy with areas connecting to Area 0
Packet types	Both use the same Hello, DBD, LSR, LSU, and LSAck packets
Neighbor discovery	Transitions through the same states using Hello packets
DR/BDR	Function and election process is the same
Router ID	Both use a 32-bit router ID; determined by the same process

Differences Between OSPFv2 and OSPFv3

Feature	OSPFv2	OSPFv3
Advertisements	IPv4 networks	IPv6 prefixes
Source address	IPv4 source address	IPv6 link-local address
Destination address	Choice of: • Neighbor IPv4 unicast address • 224.0.0.5 all-OSPF-routers multicast address • 224.0.0.6 DR/BDR multicast address	Choice of: • Neighbor IPv6 link-local address • FF02::5 all-OSPF-routers multicast address • FF02::6 DR/BDR multicast address
Advertise networks	Configured using the network router configuration command	Configured using the ipv6 ospf process-id area area-id interface configuration command
IP unicast routing	IPv4 unicast routing is enabled by default	IPv6 unicast forwarding is not enabled by default. Use the ipv6 unicast-routing global configuration command to enable.
Authentication	Plain text and MD5	IPv6 authentication (IPsec)

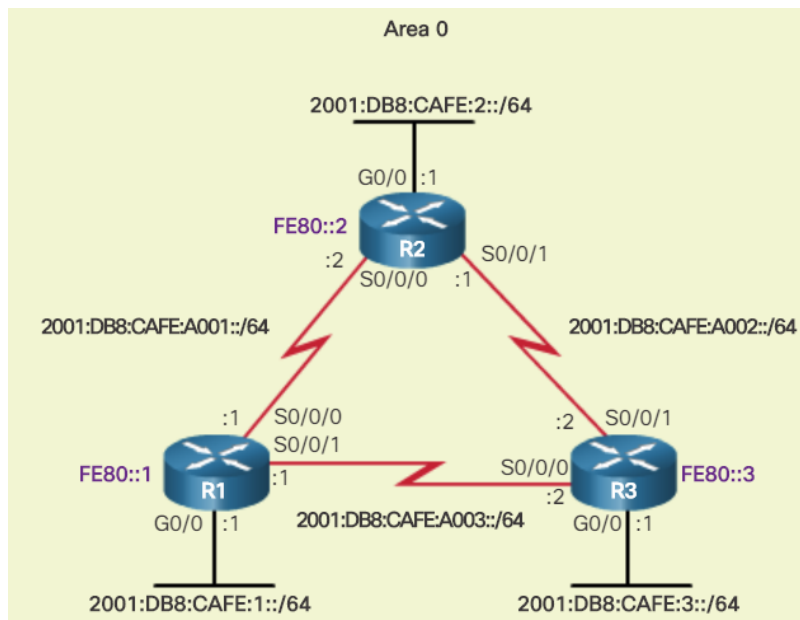
Link-Local Addresses

- An IPv6-link-local address enables a device to communicate with other IPv6-enabled devices on the same link and only on that link (subnet). (IPv6 링크 로컬 주소를 사용하면 장치는 동일한 링크에서 해당 링크 (서브넷)에서만 다른 IPv6 지원 장치와 통신할 수 있습니다.)
 - Packets with a source or destination link-local address cannot be routed beyond the link from where the packet originated. (소스 또는 대상 링크 로컬 주소가 있는 패킷은 패킷이 시작된 링크를 지나서 라우팅 될 수 없습니다.)
- IPv6 link-local address are used to exchange OSPFv3 messages (IPv6 링크 로컬 주소는 OSPFv3 메시지를 교환하는 데 사용됩니다)



OSPFv3 Network Topology

- Be sure to turn on IPv6 routing and assign IPv6 addresses to interfaces before enabling OSPFv3.
(OSPFv3을 활성화하기 전에 IPv6 라우팅을 켜고 인터페이스에 IPv6 주소를 할당하십시오.)



The FE80 address on each router represents the link-local address assigned to each router.

```
R1(config)# ipv6 unicast-routing
R1(config)#
R1(config)# interface GigabitEthernet 0/0
R1(config-if)# description R1 LAN
R1(config-if)# ipv6 address 2001:DB8:CAFE:1::1/64
R1(config-if)# no shut
R1(config-if)#
R1(config-if)# interface Serial0/0/0
R1(config-if)# description Link to R2
R1(config-if)# ipv6 address 2001:DB8:CAFE:A001::1/64
R1(config-if)# clock rate 128000
R1(config-if)# no shut
R1(config-if)#
R1(config-if)# interface Serial0/0/1
R1(config-if)# description Link to R3
R1(config-if)# ipv6 address 2001:DB8:CAFE:A003::1/64
R1(config-if)# no shut
```

OSPFv3 Network Topology (Cont.)

Steps to Configure OSPFv3 (OSPFv3을 구성하는 단계)

1. Enable IPv6 unicast routing in global configuration mode – **ipv6 unicast-routing** (글로벌 구성 모드에서 IPv6 유니 캐스트 라우팅 사용 `ipv6 unicast-routing`)
2. (Optional) Configure link-local addresses. ((선택 사항) 링크 로컬 주소를 구성하십시오.)
3. Configure a 32-bit router ID in OSPFv3 router configuration mode – **router-id rid** (OSPFv3 라우터 구성 모드에서 32 비트 라우터 ID 구성 – `router-id rid`)
4. Configure optional routing specifics such as adjusting the reference bandwidth. (참조 대역폭 조정과 같은 선택적 라우팅 세부 사항을 구성하십시오.)
5. (Optional, but optimum) Configure OSPFv3 interface specific settings such as setting the interface bandwidth on serial links. ((선택적이지만 최적) 직렬 링크의 인터페이스 대역폭 설정과 같은 OSPFv3 인터페이스 특정 설정을 구성하십시오.)
6. Enable OSPFv3 routing in interface configuration mode – **ipv6 ospf area** (인터페이스 구성 모드에서 OSPFv3 라우팅 활성화 – `ipv6 ospf area`)

Configuring OSPFv3

Link-Local Addresses

- Verify IPv6 addresses on interfaces. (인터페이스에서 IPv6 주소를 확인하십시오.)
- Remember that link-local addresses are automatically created when an IPv6 global unicast address is assigned to an interface. However, IPv6 global unicast addresses are not required. Link-local addresses are required for OSPFv3. (링크 로컬 주소는 IPv6 글로벌 유니 캐스트 주소가 인터페이스에 할당 될 때 자동으로 생성됩니다. 그러나 IPv6 글로벌 유니 캐스트 주소는 필요하지 않습니다. OSPFv3에는 링크 로컬 주소가 필요합니다.)
- Unless configured manually, Cisco routers create a link-local address using FE80::/10 prefix and the EUI-64 process by manipulating the 48-bit Ethernet MAC address. (수동으로 구성하지 않는 한 Cisco 라우터는 FE80 :: / 10 prefix와 EUI-64 프로세스를 사용하여 48 비트 이더넷 MAC 주소를 조작하여 링크 로컬 주소를 만듭니다.)

```
R1# show ipv6 interface brief
Em0/0                                [administratively down/down]
    unassigned
GigabitEthernet0/0                   [up/up]
    FE80::32F7:DFF:FEA3:DA0
    2001:DB8:CAFE:1::1
GigabitEthernet0/1                   [administratively down/down]
    unassigned
Serial0/0/0                          [up/up]
    FE80::32F7:DFF:FEA3:DA0
    2001:DB8:CAFE:A001::1
Serial0/0/1                          [up/up]
    FE80::32F7:DFF:FEA3:DA0
    2001:DB8:CAFE:A003::1
```

Assigning Link-Local Addresses

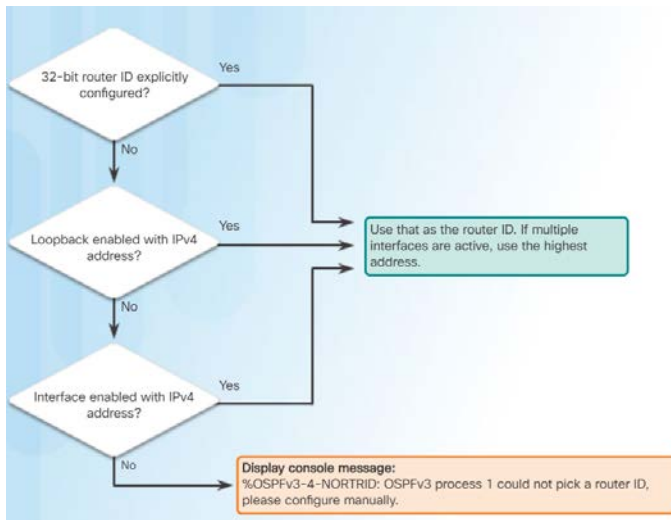
- Manually configuring link-local addresses make it easier to manage and verify OSPFv3 configurations. (링크 로컬 주소를 수동으로 구성하면 OSPFv3 구성을 보다 쉽게 관리하고 확인할 수 있습니다.)
 - Use the **ipv6 address link-local** interface command to apply. (ipv6 address link-local interface 명령을 사용하여 적용하십시오.)
 - Use the **show ipv6 interface brief** command to verify. (show ipv6 interface brief 명령을 사용하여 확인하십시오.)

```
R1(config)# interface GigabitEthernet 0/0
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface Serial0/0/0
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface Serial0/0/1
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1 link-local
```

```
R1# show ipv6 interface brief
Em0/0                                [administratively down/down]
    unassigned
GigabitEthernet0/0                   [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:CAFE:1::1
GigabitEthernet0/1                   [administratively down/down]
    unassigned
Serial0/0/0                           [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:CAFE:A001::1
Serial0/0/1                           [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:CAFE:A003::1
```

Configuring the OSPFv3 Router ID

- Use the **ipv6 router ospf process-id** global configuration command to enter router configuration mode. (ipv6 router ospf process-id 글로벌 구성 명령을 사용하여 라우터 구성 모드를 시작하십시오.)
- Use the **router-id rid** command in router configuration mode to assign a router ID and use the **show ipv6 protocols** command to verify. (라우터 구성 모드에서 router-id rid 명령을 사용하여 라우터 ID를 지정하고 sh ipv6 protocols 명령을 사용하여 확인하십시오.)



Same process as OSPFv2

```
R1(config)# ipv6 router ospf 10
R1(config-rtr)#
*Mar 29 11:21:53.739: %OSPFv3-4-NORTRID: Process OSPFv3-1-
IPv6 could not pick a router-id, please configure manually
R1(config-rtr)#
R1(config-rtr)# router-id 1.1.1.1
R1(config-rtr)#
R1(config-rtr)# auto-cost reference-bandwidth 1000
% OSPFv3-1-IPv6: Reference bandwidth is changed. Please
ensure reference bandwidth is consistent across all routers.
R1(config-rtr)#
R1(config-rtr)# end
R1#
R1# show ipv6 protocols
IPv6 Routing Protocol is "connected"
IPv6 Routing Protocol is "ND"
IPv6 Routing Protocol is "ospf 10"
  Router ID 1.1.1.1
  Number of areas: 0 normal, 0 stub, 0 nssa
  Redistribution:
    None
```

Notice the message

Modifying an OSPFv3 Router ID

- Use the **clear ipv6 ospf process** privileged EXEC mode command after changing the router ID to complete the router ID change and force a router to renegotiate neighbor adjacencies using the new router ID. (라우터 ID를 변경 한 후 clear ipv6 ospf process privileged EXEC mode 명령을 사용하여 라우터 ID 변경을 완료하고 라우터가 새 라우터 ID를 사용하여 인접 인접성을 재협상하도록 하십시오.)



Commonly
forgotten
step

```
R1# show ipv6 protocols
IPv6 Routing Protocol is "connected"
IPv6 Routing Protocol is "ND"
IPv6 Routing Protocol is "ospf 10"
  Router ID 10.1.1.1
  Number of areas: 0 normal, 0 stub, 0 nssa
  Redistribution:
    None
```

Original router ID

```
R1(config)# ipv6 router ospf 10
R1(config-rtr)# router-id 1.1.1.1
R1(config-rtr)# end
R1#
```

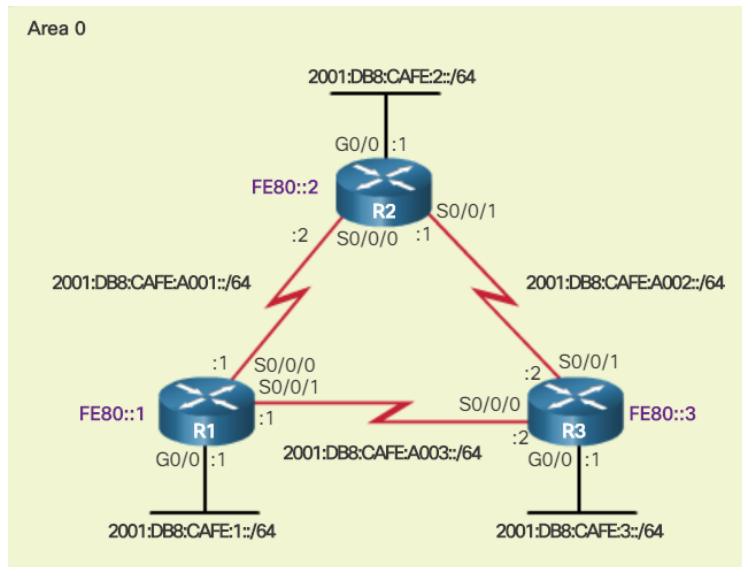
Change the router ID.

```
R1# clear ipv6 ospf process
Reset selected OSPFv3 processes? [no]: y
R1#
R1# show ipv6 protocols
IPv6 Routing Protocol is "connected"
IPv6 Routing Protocol is "ND"
IPv6 Routing Protocol is "ospf 10"
  Router ID 1.1.1.1
  Number of areas: 0 normal, 0 stub, 0 nssa
  Redistribution:
    None
```

Complete the router ID change.

Enabling OSPFv3 on Interfaces

- Use the **ipv6 ospf area** interface configuration mode command to enable OSPFv3 on a specific interface. Ensure the interface is within an OSPF area. (ipv6 ospf area 인터페이스 구성 모드 명령을 사용하여 특정 인터페이스에서 OSPFv3을 활성화하십시오. 인터페이스가 OSPF 영역 내에 있는지 확인하십시오.)
- Use the **show ipv6 ospf interfaces brief** command to verify. (show ipv6 ospf interfaces brief 명령을 사용하여 확인하십시오.)



```
R1(config)# interface GigabitEthernet 0/0
R1(config-if)# ipv6 ospf 10 area 0
R1(config-if)#
R1(config-if)# interface Serial0/0/0
R1(config-if)# ipv6 ospf 10 area 0
R1(config-if)#
R1(config-if)# interface Serial0/0/1
R1(config-if)# ipv6 ospf 10 area 0
R1(config-if)#
R1(config-if)# end
R1#
R1# show ipv6 ospf interfaces brief
```

Interface	PID	Area	Intf ID	Cost	State	Nbrs	F/C
Se0/0/1	10	0	7	15625	P2P	0/0	
Se0/0/0	10	0	6	647	P2P	0/0	
Gi0/0	10	0	3	1	WAIT	0/0	

```
R1#
```


Verify OSPFv3

Verifying OSPFv3 Neighbors

- Use the **show ipv6 ospf neighbor** command to verify neighbor connectivity with directly-connected routers. (show ipv6 ospf neighbor 명령을 사용하여 직접 연결된 라우터와의 인접 연결을 확인하십시오.)

```
R1# show ipv6 ospf neighbor

OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 10)

Neighbor ID    Pri   State   Dead Time   Interface ID  Interface
3.3.3.3        0     FULL/  -   00:00:39    6             Serial0/0/1
2.2.2.2        0     FULL/  -   00:00:36    6             Serial0/0/0
```

Output	Description
Neighbor ID	The router ID of the neighbor router
Pri	The OSPFv3 priority of the interface used in the DR/BDR election process
State	The OSPFv3 state – Full means that the link-state database has had the algorithm executed and the neighbor router and R1 have identical LSDBs. Ethernet multi-access interfaces may show as 2WAY. The dash indicates that no DR/BDR is required.
Dead time	Amount of time remaining before expecting to receive an OSPFv3 Hello packet from the neighbor before declaring the neighbor down. This value is reset when a hello packet is received.
Address	The address of the neighbor's directly-connected interface
Interface	The interface on R1 used to form an adjacency with the neighbor router

Verifying OSPFv3 Protocol Settings

- Use the **show ipv6 protocols** command to verify vital OSPFv3 configuration information. (show ipv6 protocols 명령을 사용하여 중요한 OSPFv3 구성 정보를 확인하십시오.)

```
R1# show ipv6 protocols
IPv6 Routing Protocol is "connected"
IPv6 Routing Protocol is "ND"
IPv6 Routing Protocol is "ospf 10"
Router ID 1.1.1.1
Number of areas: 1 normal, 0 stub, 0 nssa
Interfaces (Area 0):
  Serial0/0/1
  Serial0/0/0
  GigabitEthernet0/0
```

Verify OSPFv3 Interfaces

- Use the **show ipv6 ospf interface** command to display a detailed list for every OSPFv3-enabled interface. (show ipv6 ospf interface 명령을 사용하여 모든 OSPFv3 가능 인터페이스에 대한 자세한 목록을 표시하십시오.)
- The **show ipv6 ospf interface brief** command is an easier output to verify which interfaces are being used with OSPFv3. (show ipv6 ospf interface brief 명령은 OSPFv3에 사용중인 인터페이스를 확인하기 위한 보다 쉬운 출력입니다.)

```
R1# show ipv6 ospf interface brief
```

Interface	PID	Area	Intf ID	Cost	State	Nbrs	F/C
Se0/0/1	10	0	7	15625	P2P	1/1	
Se0/0/0	10	0	6	647	P2P	1/1	
Gi0/0	10	0	3	1	DR	0/0	

Verify The IPv6 Routing Table

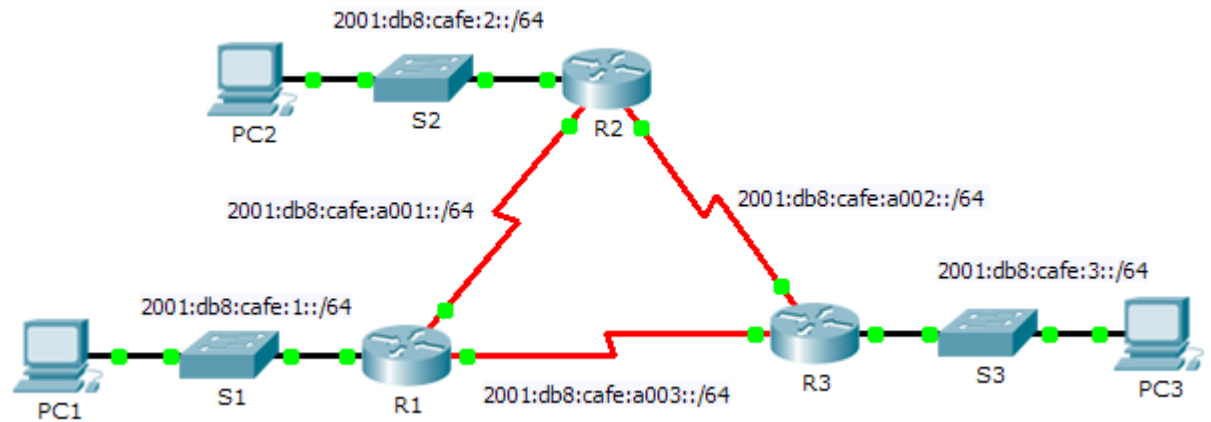
- Use the **show ipv6 route** command to see an IPv6 routing table. (show ipv6 route 명령을 사용하여 IPv6 라우팅 테이블을 보십시오.)
- Use the **show ipv6 route ospf** command to see just the OSPFv3 routes. (show ipv6 route ospf 명령을 사용하여 OSPFv3 경로만 보십시오.)

```
R1# show ipv6 route ospf
IPv6 Routing Table - default - 10 entries
Codes:C - Connected, L - Local, S - Static, U - Per-user Static route
      B - BGP, R - RIP, H - NHRP, I1 - ISIS L1
      I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary, D - EIGRP
      EX - EIGRP external, ND - ND Default, NDp - ND Prefix, DCE - Destination
      NDr - Redirect, O - OSPF Intra, OI - OSPF Inter, OE1 - OSPF ext 1
      OE2 - OSPF ext 2, ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
O    2001:DB8:CAFE:2::/64 [110/657]
    via FE80::2, Serial0/0/0
O    2001:DB8:CAFE:3::/64 [110/1304]
    via FE80::2, Serial0/0/0
O    2001:DB8:CAFE:A002::/64 [110/1294]
    via FE80::2, Serial0/0/0
```

Verify OSPFv3

Packet Tracer 2 - Configuring Basic OSPFv3

- [실습 목표]
- OSPFv3 구성
 - 연결 확인



Device	Interface	IPv6 Address/Prefix	Default Gateway
R1	G0/0	2001:db8:cafe:1::1/64	N/A
	S0/0/0	2001:db8:cafe:a001::1/64	N/A
	S0/0/1	2001:db8:cafe:a003::1/64	N/A
R2	G0/0	2001:db8:cafe:2::1/64	N/A
	S0/0/0	2001:db8:cafe:a001::2/64	N/A
	S0/0/1	2001:db8:cafe:a002::1/64	N/A
R3	G0/0	2001:db8:cafe:3::1/64	N/A
	S0/0/0	2001:db8:cafe:a003::264	N/A
	S0/0/1	2001:db8:cafe:a002::2/64	N/A
PC1	NIC	2001:db8:cafe:1::10/64	fe80::1
PC2	NIC	2001:db8:cafe:2::10/64	fe80::2
PC3	NIC	2001:db8:cafe:3::10/64	fe80::3

Packet Tracer 2 - Configuring Basic OSPFv3

1. OSPFv3 구성

- 1 단계 : R1, R2 및 R3에서 OSPFv3를 구성하십시오.
 - 다음 요구 사항을 사용하여 세 라우터 모두에서 OSPF 라우팅을 구성하십시오.
 - IPv6 라우팅 사용
 - 프로세스 ID 10
 - 각 라우터의 라우터 ID : R1 = 1.1.1.1; R2 = 2.2.2.2; R3 = 3.3.3.3
 - 각 인터페이스에서 OSPFv3 활성화
 - 자동 비용 참조 대역폭 명령을 사용하여 기가 비트 링크를 지원하도록 기본 참조 대역폭을 조정하십시오.
 - LAN 인터페이스가 OSPF 라우팅 메시지를 보내지 않도록 합니다.
 - [예] R1 설정
 - ipv6 unicast-routing
 - ipv6 router ospf 10
 - router-id 1.1.1.1
 - auto-cost reference-bandwidth 1000
 - passive-interface GigabitEthernet 0/0
 - clear ipv6 ospf process

Packet Tracer 2 - Configuring Basic OSPFv3

- interface GigabitEthernet 0/0
 ipv6 ospf 10 area 0
 - interface Serial0/0/0
 ipv6 ospf 10 area 0
 - interface Serial0/0/1
 ipv6 ospf 10 area 0
-
- 2 단계 : OSPF 라우팅이 작동하는지 확인합니다.
 - 각 라우터가 다른 두 라우터와 인접 해 있는지 확인하십시오. 라우팅 테이블에 토폴로지의 모든 네트워크에 대한 라우팅이 있는지 확인하십시오.

2. 연결 확인

- 각 PC는 다른 두 PC를 ping 할 수 있어야합니다. 그렇지 않은 경우 구성을 확인하십시오.

8.4 Chapter Summary

8: Single-Area OSPF

- Explain how single-area OSPF operates. (single-area OSPF가 동작하는 방법)
- Implement single-area OSPFv2. (single-area OSPFv2 구현)
- Implement single-area OSPFv3. (single-area OSPFv2 구현)

The background is a solid dark blue. Overlaid on this are several light green lines of varying thickness. These lines form abstract, geometric shapes, including rounded rectangles, L-shapes, and other angular forms, some of which are partially cut off by the edges of the frame. The lines are distributed across the background, creating a modern, minimalist aesthetic.

Thank You
