

## ■ OSPF 기본설정

```
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#router-id 1.1.1.1
R1(config-router)#network 1.1.1.1 0.0.0.0 area 0
R1(config-router)#network 1.1.123.1 0.0.0.0 area 0
```

'router-id' : Link-state Protocol(OSPF)은 라우팅 정보 전송시 목적지 네트워크, 메트릭 값과 더불어 해당 라우팅 정보를 만든 라우터와 해당 라우팅 정보를 전송하는 라우터가 어느 것인지도 알려준다. 이 때 사용하는 것이 Router-ID이다.

(따라서, OSPF에서는 변동되지 않는 IP주소를 Router ID로 사용하는 것이 중요하다)

루프백 인터페이스에 IP주소가 설정되어 있으면 그 중에서 가장 높은 것이 Router ID가 된다.

루프백 인터페이스가 없으면, 동작중인 물리적인 인터페이스중 가장 높은 IP주소가 Router ID가 된다.

```
R4(config)#router ospf 1
R4(config-router)#neighbor 1.1.34.3
```

Non-Broadcast Network를 통하여 연결되는 라우터에서 OSPF Neighbor를 지정해주어야 한다.

(Non-broadcast Network : 서브 인터페이스를 사용하지 않거나, 멀티포인트 서브 인터페이스를 사용한 프레임 릴레이 인터페이스가 동작하는 네트워크)

## ■ OSPF 동작확인

```
R1(config)#do sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    1.0.0.0/8 is variably subnetted, 7 subnets, 2 masks
O       1.1.4.4/32 [110/75] via 1.1.123.3, 00:03:55, FastEthernet0/0
O       1.1.3.3/32 [110/11] via 1.1.123.3, 00:03:55, FastEthernet0/0
O       1.1.2.2/32 [110/11] via 1.1.123.2, 00:03:55, FastEthernet0/0
C       1.1.1.0/24 is directly connected, Loopback0
O       1.1.34.0/24 [110/74] via 1.1.123.3, 00:03:55, FastEthernet0/0
O       1.1.43.0/24 [110/74] via 1.1.123.3, 00:03:55, FastEthernet0/0
C       1.1.123.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

## ■ OSPF Packet

Packet Type	Packet	역할
1	Hello	네이버 구성 및 유지
2	Database Description	데이터베이스 내용 요약
3	Link State Request	데이터베이스 상세내용 요청
4	Link State Update	데이터베이스 업데이트
5	Link State Ack	Ack 전송

### - Hello Packet

OSPF Neighbor를 형성하고 유지하는데 사용되는 패킷이다. OSPF가 설정된 인터페이스를 통하여 Hello Packet을 송/수신하여 인접 라우터와 네이버 관계를 형성한다.

또, Neighbor 라우터에게서 일정 기간동안(Dead-Interval) Hello 패킷을 수신하지 못하면 해당 네이버가 다운된 것으로 간주하여 네이버 관계를 해제한다.

Hello Packet의 내용

<b>Router ID</b>	OSPF 도메인내에서 유일한 값을 가지며, OSPF 라우터를 구분하는데 사용한다.
<b>Area ID</b>	OSPF가 설정된 인터페이스가 소속된 OSPF Area ID를 표시한다.
<b>암호</b>	OSPF 라우팅 정보를 송/수신하면서 Authentication을 하는 경우에 사용되는 암호이다.
<b>Subnet Mask</b>	인터페이스의 서브넷 마스크를 표시한다.
<b>Hello Interval</b>	Hello Packet을 송신하는 주기를 표시한다.
<b>Dead Interval</b>	이 시간동안 Hello Packet을 수신하지 못하면 해당 네이버가 다운된 것으로 간주한다. (Default는 Hello Interval의 4배이다)
<b>Stub Area Flag(flag)</b>	Stub Area임을 표시하는 필드이다.
<b>Router Priority</b>	Multi Access Network에서 DR,BDR 선출 시 사용되는 우선순위를 표시하는 필드이다.
<b>DR</b>	Multi Access Network에서 OSPF 라우팅 정보 송/수신의 중심 라우터인 DR의 라우터 ID가 표시된다.
<b>BDR</b>	DR 다운 시, DR역할을 이어받을 BDR의 라우터 ID이다.
<b>Neighbor List</b>	Hello Packet을 송신한 라우터가 네이버라고 여기는 라우터의 Router ID들이 표시된다.

### - DDP(Database Description Packet)

OSPF의 라우터의 링크 상태 데이터베이스에 있는 LSA들을 요약한 정보를 알려주는 패킷이다.

OSPF 네이버 라우터간에 LSA들을 교환하기 전에 자신의 링크 상태 데이터베이스에 있는 LSA 목록을 상태 라우터에게 알려주기 위해서 사용한다.

(DBD Packet이라고도 한다)

### - LSR(Link-State Request)

상태 라우터가 보낸 DDP를 보고, 자신에게 없는 네트워크 정보(LSA)가 있으면, 상세한 내용(LSA)을 요청할 때 사용하는 패킷이다.

### - LSU(Link-State Update)

상대 라우터에게서 LSR을 받거나 네트워크 상태가 변했을 경우 해당 라우팅 정보를 전송할 때 사용하는 패킷이다.

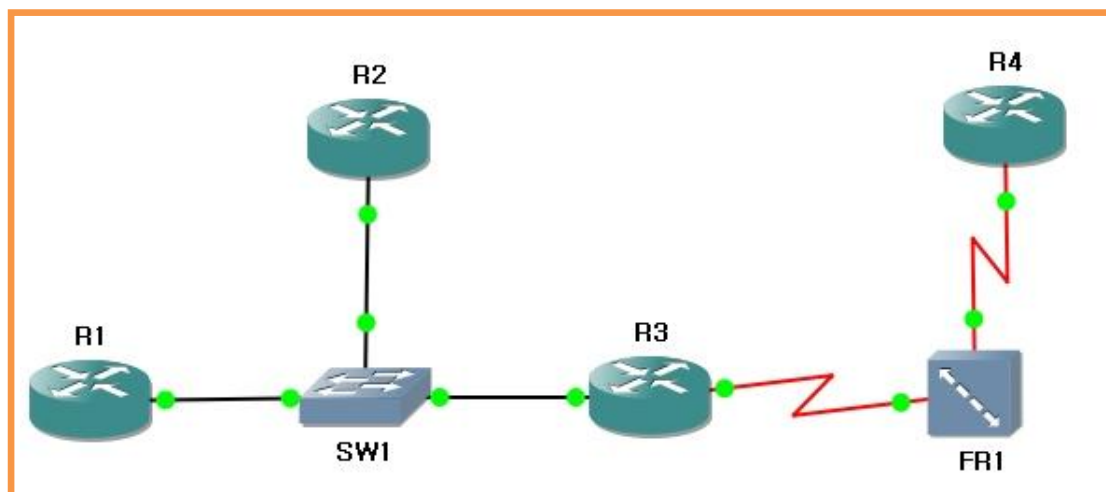
(LSU는 LSA를 실어나를 때 사용하는 패킷이다)

### - LS Ack(Link-State Acknowledgment)

OSPF Packet을 정상적으로 수신했음을 알려줄 때 사용한다. OSPF는 DDP, LSR 및 LSU 패킷을 수신하면 반드시 LS Ack 패킷을 사용하여 상대방에게 정상적으로 수신했음을 알려야 한다.

## ■ OSPF Neighbor확인

\* 토폴로지



```
R1(config)#do sh ip ospf nei
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
1.1.2.2	1	FULL/BDR	00:00:37	1.1.123.2	FastEthernet0/0
1.1.3.3	1	FULL/DR	00:00:39	1.1.123.3	FastEthernet0/0

: R1 의 Neighbor List(R2(1.1.2.2), R3(1.1.3.3)와 네이버 관계에 있다)

```
R3(config)#do sh ip ospf nei
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
1.1.1.1	1	FULL/DROTHER	00:00:30	1.1.123.1	FastEthernet0/0
1.1.2.2	1	FULL/BDR	00:00:33	1.1.123.2	FastEthernet0/0
1.1.4.4	0	FULL/ -	00:00:35	1.1.43.4	Serial1/0.43
1.1.4.4	1	FULL/DR	00:01:54	1.1.34.4	Serial1/0.34

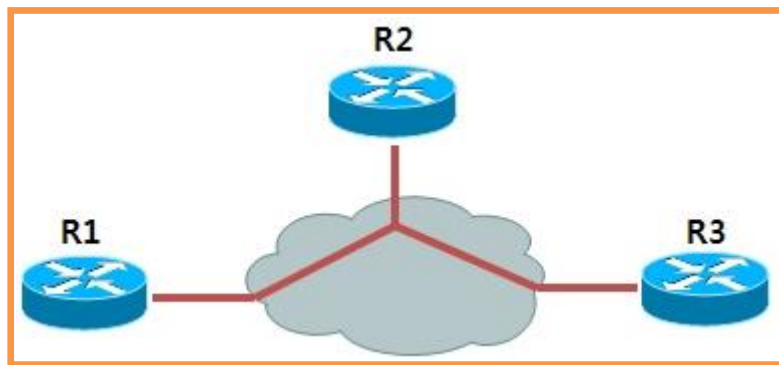
: R3 의 Neighbor List(R1, R2 와 네이버를 구성하고, Se1/0.34, Se1/0.43 인터페이스를 통하여 R4 와 네이버 관계를 구성한다)

OSPF Hello Packet 을 전송할 때 사용하는 목적지 주소는 네트워크 종류에 따라 다르다.

Ethernet 과 같은 Broadcast 가 지원되는 Multi Access Network 와 Point to Point Network 에서는

Multicast Address 인 '224.0.0.5'를 Hello Packet 의 목적지 주소로 사용한다.

Non-Broadcast Network 에서는 상대방의 IP 주소인 Unicast 주소를 사용한다.



: 위와 같은 Partial Mesh(부분 메시)로 구성된 네트워크에서 R2 는 직접 연결된 R1, R3 와 네이버가 되지만, R1 와 R3 는 상호 네이버가 되지 못한다.

Broadcast Network 라면 모든 라우터와 직접 연결된 라우터(R2)가 DR 로 동작할 수 있도록만 하면 되며, 네이버는 자동으로 설정된다.

Non-Broadcast Network 라면 모든 라우터와 직접 연결된 R2 가 반드시 DR 이 되게 설정해주어야 하며, 네이버를 직접 지정해주어야 한다.

## ■ DR(Designated Router)과 BDR(Backup DR)

Ethernet, NBMA 등의 Multi Access Network 에 접속된 모든 OSPF 라우터끼리 N:N 으로 LSA 를 교환하면 동일한 네트워크에 중복된 LSA 및 ACK 가 많이 발생하게 된다. 이를 방지하기 위하여 LSA 를 하나의 대표 라우터에게만 보내고, 이 라우터가 나머지 라우터에게 중계하면 훨씬 효과적이다.

이와 같이 LSA 중계 역할을 하는 라우터를 DR(Designated Router)이라고 하며, DR 에 장애가 발생하면 대신 DR 역할을 하는 라우터를 BDR(Backup DR)이라고 한다.

DR/BDR 은 Broadcast Network, Non-Broadcast Network 에서만 사용되며 Point to Point Network 에서는 사용하지 않는다.

### - DR/BDR 의 선출과정 및 기준

1. 인터페이스의 OSPF Priority 가 가장 높은 라우터가 DR 이 된다. 그리고 다음 순위의 라우터가 BDR 이 된다.

(OSPF Priority 가 0 이면 DR/BDR 이 될 수 없다)

```
R3(config)#in sel/0
R3(config-if)#ip ospf priority ?
<0-255> Priority
```

\* OSPF Priority 값 변경 및 값의 범위

2. OSPF Priority 가 모두 동일하면, Router ID 가 가장 높은 것이 DR 그 다음 순위가 BDR 이 된다.

(OSPF Priority 의 Default 값은 1 이다)

3. DR/BDR 이 선출되면 더 높은 우선순위의 라우터가 추가되어도 라우터를 재부팅하거나 'clear ip ospf process' 명령어를 사용하기 전에는 DR/BDR 을 다시 선출하지 않는다.

4. DR 이 다운되면 BDR 이 DR 이 되고, BDR 을 새로 선출한다. BDR 이 다운되면 BDR 을 새로 선출한다. DR/BDR 이 아닌 라우터를 DROTHER 라우터라고 부른다.

DR 은 Multi Access Network 당 하나씩 선출된다.

DR 은 동일한 서브넷으로 연결된 다른 라우터들과 물리적으로 직접 연결되어 있어야 한다.

DR/BDR 이 선출되면 라우터들은 DR/BDR 라우터와 라우팅 정보를 교환한다. 또, DR 과 BDR 도 서로 라우팅 정보를 교환한다. 그러나, DROTHER 라우터끼리는 라우팅 정보를 교환하지 않는다.

**DROTHER 라우터가 전송하는 업데이트 패킷의 목적지주소는 224.0.0.6 이다.**

**수신한 DR 은 목적지 주소가 224.0.0.5 로 설정된 업데이트 패킷을 이용하여 다른 라우터에게 해당 정보를 중계한다(DR/BDR 은 자신의 라우팅 정보를 전송할 때에도 224.0.0.5 를 목적지 주소로 한다) DROTHER 라우터들은 목적지가 224.0.0.5 인 패킷만 수신하고, DR/BDR 은 224.0.0.5/6 인 것을 모두 수신한다.**

## ■ OSPF Adjacency

OSPF 라우팅 정보를 주고 받는 네이버를 Adjacent Neighbor(어드제이션트 네이버)라고 한다.  
어드제이션트 네이버가 되는 경우는 아래와 같다.

- \* DR 과 다른 라우터들
- \* BDR 과 다른 라우터들
- \* Point to Point Network 로 연결된 두 라우터
- \* point to Multipoint Network 로 연결된 두 라우터
- \* Virtual Link 로 연결된 두 라우터

-> DROTHER 라우터간에는 어드제이션트 네이버 관계를 구성하지 못한다.

-> 네이버가 아니면 어드제이션트 네이버도 되지 못한다.

## ■ OSPF Neighbor 상태의 변화

\* Down : OSPF 가 설정되고, Hello Packet 을 전송하지만 아직 다른 라우터에게서는 Hello Packet 을 받지 못한 상태이다. 또한, Full 상태에서 Dead Interval 동안 OSPF 패킷을 받지 못해도 Down 상태가 된다. 이외에도 비정상적인 상황이 발생하면 어떤 상태에서라도 다운 상태로 바뀔 수 있다.

\* Attempt : Non-Broadcast Network 에서만 적용되는 상태이다. OSPF 설정모드에서 'neighbor' 명령어를 사용하여 지정한 네이버에게서 Hello Packet 을 수신하지 못한 상태를 의미한다. 또, 해당 네이버와의 연결이 끊긴 경우에도 어tempt 상태가 된다.

\* Init : Neighbor 에게서 Hello Packet 을 받았으나 상대 라우터는 아직 나의 Hello Packet 을 수신하지 못한 상태이다. 이 경우 상대방이 보낸 Hello Packet 의 Neighbor List 에 나의 라우터 ID 가 없다.

\* 2WAY(two-way) : Neighbor 와 양방향 통신이 이루어진 상태이다. 즉, 상대 라우터가 보낸 Hello Packet 내의 네이버 리스트에 나의 라우터 ID 가 포함되어 있는 경우를 말한다.

Multi Access Network(Broadcast/Non-broadcast)라면 이 단계에서 DR/BDR 을 선출한다.

DROTHER 라우터끼리는 라우팅 정보를 교환하지 않으므로(어드제이션시를 맺지 않으므로) 네이버 상태가 2WAY 상태로 남아있게 된다.

(그러나, DR/BDR 라우터들과는 다음 단계로 진행하며 Point to Point 네트워크에서도 다음 상태로 진행한다)

2WAY 상태에서 DR/BDR 을 선출하지 않고 모든 네이버에게 공정하게 DR/BDR 로 선출되는 기회를 부여하기 위하여 'wait' 시간만큼 기다린다(wait 시간은 Dead Interval 과 동일하다).

\* Exstart : 어드제이션트 네이버가 되는 첫 단계이다. Master Router 와 Slave Router 를 선출한다.  
(Router ID 가 높은 것이 마스터가 된다)

다음 단계에서 DDP 패킷 교환 시 사용하는 DDP Sequence Number 를 결정한다.

\* Exchange : 각 라우터 자신의 Link-State Database 에 저장된 LSA 의 헤더만을 DDP 또는 DBD 라고 부르는 패킷에 담아 상대방에게 전송한다.

DDP 패킷을 수신한 라우터는 자신의 Link-State Database 의 내용과 비교해 보고, 자신에게 없거나 자신의 정보가 더 오래된 것이면 상대방에게 정보를 요청하기 위해 Link-State Request List 에 기록해 둔다. DDP 수신이 끝난 후 Link-State Request List 에 기록한 것이 없으면 바로 Full 상태로 넘어간다.

\* Loading : 상대방부터 DDP 수신이 끝난 후, Link-State Request List 에 기록해 둔 것이 있으면, LSR 을 보내어 특정 LSA 의 상세 정보를 보내줄 것을 요청한다.

\* Full : 어드제이션트 라우터들간에 라우팅 정보교환이 끝난 상태이다.  
(이제 어드제이션트 라우터들의 Link-State Database 내용이 모두 일치한다)

## ■ OSPF Metric

OSPF 의 Metric 을 Cost 라고 부르며, Source -> Dest 까지의 각 인터페이스에서 기준 대역폭(Reference Bandwidth)을 실제 대역폭으로 나눈 값의 합계이다.

Cost 계산 시 소수점 이하의 수를 버린다. 그러나 전체 Cost 값이 1 미만이면 1 로 계산한다.

(Cisco IOS 의 OSPF 기준 대역폭은  $10^8$  이다)

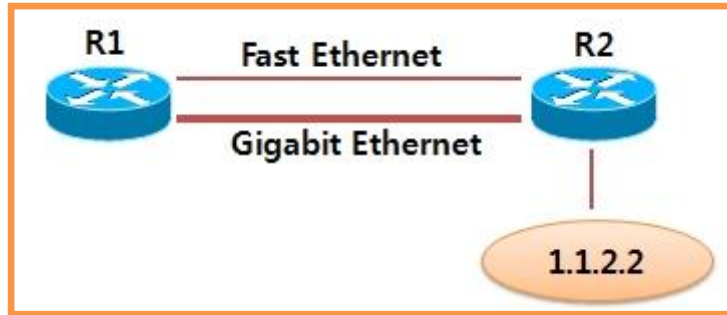
**Metric(Cost) = 기준대역폭/실제대역폭**

- 기준 대역폭 변경

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#auto-cost reference-bandwidth ?
<1-4294967> The reference bandwidth in terms of Mbits per second
```

\* 설정단위는 Mbit





한가지 예를 들어 살펴보면, 위와 같은 토폴로지에서 OSPF Cost 계산 시 기준 대역폭을 기본 값인  $10^8$  으로 하면 Cost 가 모두 1 이 되어, GigabitEthernet 의 경로가 더 좋음에도 불구하고 R3 -> R4 의 1.1.4.4 의 네트워크로 가는 경로가 부하 분산되며 비 효율적인 라우팅이 일어난다.

R1 ---> R2 Cost : (FastEthernet)  $10^8 / 100,000,000 = 1$

R1 ---> R2 Cost : (GigabitEthernet)  $10^8 / 1,000,000,000 = 0.1$

이럴 경우, 기준 대역폭 값을  $10^9$  로 설정하면 FastEthernet 의 Cost 는 10, GigabitEthernet 의 Cost 는 1 이 되어 구분이 가능하다. OSPF 기준 대역폭 변경 시 필요한 라우터에서만 설정하면 된다.

#### - Interface Cost 변경

```
R3(config)#in se1/0
R3(config-if)#ip ospf cost ?
<1-65535> Cost
```

Interface 에서 위와 같은 명령어를 사용하여 직접 OSPF Cost 를 변경할 수 있으며, 이 명령어는 Cisco Router 와 Cost 계산방식이 다른 회사의 장비와 접속할 때 유용하다.



## ■ OSPF Area

OSPF 는 복수개의 Area 로 나누어 설정한다. 규모가 작은 네트워크에서는 하나의 area 만 사용해도 된다. area 가 하나일 때에는 area 번호를 아무것이나 사용해도 되지만 두 개 이상의 area 로 구성할 때에는 그 중 하나는 반드시 Area 번호를 0 으로 설정해야 한다.

그리고 다른 에어리어들은 항상 백본 에어리어(Backbone Area)라고 부르는 'Area 0'과 물리적으로 연결되어야 한다.

OSPF Area 는 인터페이스별로 설정된다.

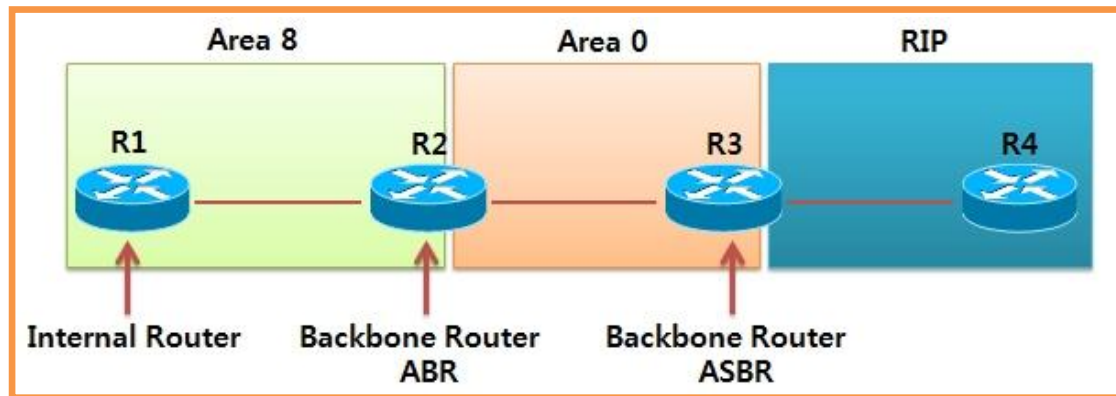
\* OSPF 의 라우팅 정보를 LSA(Link-State Advertisement)라고 하며, 여러 종류가 있다.

이 중 LSA Type1 과 Type2 는 동일 에어리어 내부로만 전달된다. 즉, 에어리어가 다르면 이 두 가지의 LSA 는 전달되지 않는다. 결과적으로 토폴로지의 변화가 심한 불안정한 네트워크라도 그 영향을 하나의 에어리어 내부에만 국한시킬 수 있다.

\* 임의의 라우터에서 축약이 가능한 RIP, EIGPR 와 달리 OSPF 는 에어리어별로 축약을 설정한다. 따라서, 특정 에어리어에 소속된 네트워크를 축약함으로써 특정 에어리어의 네트워크의 정보를 전송하는 LSA Type3 의 전송을 최소화할 수 있다. 결과적으로 특정 에어리어에서 발생하는 토폴로지 변화가 다른 에어리어에 미치는 영향을 최소화시킬 수 있다.

\* Stub Area 란 OSPF 외부 네트워크(재분배된 네트워크)또는 다른 에어리어의 라우팅 정보가 모두 차단되어 라우팅 테이블이 획기적으로 줄어든 에어리어를 말한다. 이처럼 다른 라우팅 프로토콜에 없는 아주 강력한 네트워크 안정화 기능인 Stub Area 구성도 에어리어별로 설정된다.

## ■ OSPF Router 의 종류



\* Internal Router(내부 라우터) : 하나의 에어리어에만 소속된 라우터를 말한다.

\* Backbone Router(백본 라우터) : 백본 에어리어에 소속된 라우터를 말한다.

\* ABR(Area Border Router) : 두 개 이상의 에어리어에 소속된 에어리어 경계 라우터를 말한다.

\* ASBR(AS Boundary Router) : OSPF Network 와 다른 라우팅 프로토콜이 설정된 네트워크를 연결하는 AS 경계 라우터를 말한다(즉, ASRB 이란 다른 라우팅 프로토콜을 OSPF 로 재분배시키는 라우터를 말한다).

## ■ Network Type 별 OSPF 설정

OSPF 는 네트워크 타입별 설정 및 동작형태가 다르다.

Network Type	Neighbor	DR	Hello/Dead Interval	Basic Interface
Broadcast	자동	선출	10/40	Ethernet, Token Ring, FDDI
Non-Broadcast	지정	선출	30/120	Multipoint Sub Interface, Frame-Relay, ATM, X.25
Point-to-Point	자동	없음	10/40	Point-to-Point Sub Interface
Point-to-Multipoint	자동	없음	30/120	없음

인터페이스의 종류에 따라 자동으로 OSPF 네트워크 타입이 결정된다.

그러나, 인터페이스 설정모드에서 'ip ospf network' 명령어를 사용하면 기본적인 네트워크 종류와 상관없이 OSPF 네트워크 타입을 다른 것으로 변경시킬 수 있다.

```

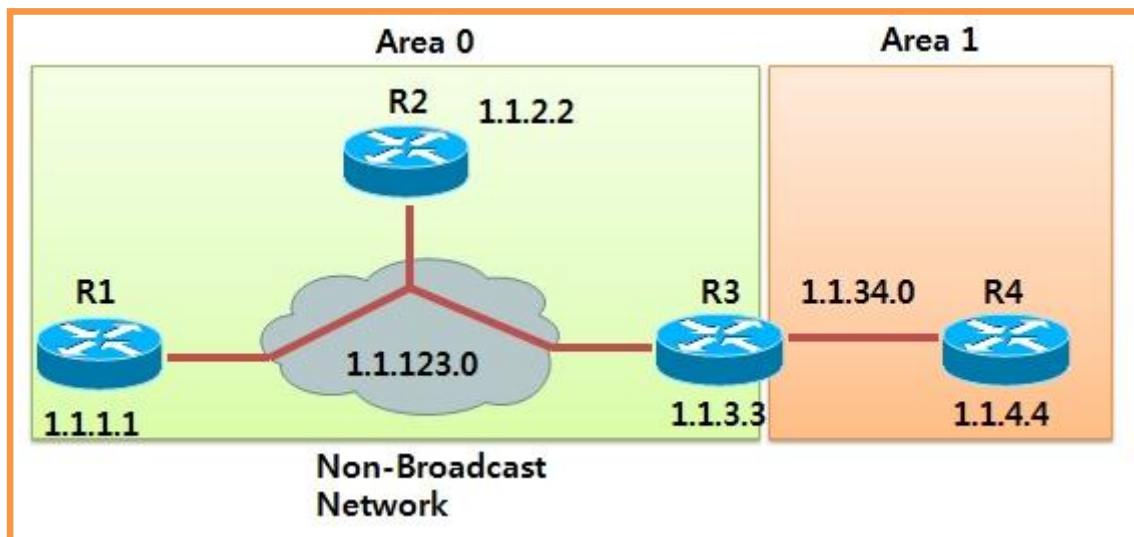
R3(config)#in se1/0
R3(config-if)#ip ospf network ?
broadcast          Specify OSPF broadcast multi-access network
non-broadcast      Specify OSPF NBMA network
point-to-multipoint Specify OSPF point-to-multipoint network
point-to-point     Specify OSPF point-to-point network

```

아래와 같은 원칙이 지켜져야만 OSPF 어드제이션트 네이버가 구성되고, 라우팅 정보가 교환된다.

1. OSPF 네트워크 타입이 달라도 네이버끼리 Hello/Dead Interval 이 같아야 한다.
  2. 네이버간의 네트워크 타입이 모두 DR 을 선출해야 하거나 모두 DR 을 선출하지 않아야 한다.  
(예를 들어, R1/Broadcast Network ---- R2/Point to Point Network 간의 연결은 OSPF 라우팅 정보를 교환할 수 없다)
  3. 위의 조건들을 만족시키면 네트워크 타입이 서로 달라도 OSPF 가 동작한다.
- 그러나, 바람직한 것은 서브 인터페이스 타입을 조정하거나, 'ip ospf network' 명령어를 통하여 OSPF 네트워크 타입을 일치시키는 것이다.

#### - 1. Non-Broadcast Network 에서 OSPF 설정



Non-Broadcast Network 에서 OSPF 설정할 때는 **Neighbor** 를 지정해주어야 하며, 모든 라우터와 연결된 라우터가 DR 로 동작할 수 있도록 해야 한다(위 토폴로지에서는 R2 가 DR 이 되어야 한다).

별도로 지정하지 않으면, 라우터 ID 가 가장 높은 R3 이 DR 로 선출될 가능성이 높다.

이렇게 될 경우에는 DR 과 직접 연결되어 있지 않은 R1 에 대한 라우팅 정보 교환이 제대로 이루어지지 않게 된다.

따라서 모두 직접 연결되어 있는 R2 를 DR 로 지정해야 한다. 이를 위해서 R1 과 R3 이 DR 로 동작하지 않도록 Interface Priority 값을 0 으로 설정한다.

이와 같은 Partial Mesh(부분 메시) Network 에서는 DR 인 R2 가 다운되면 R1,R3 간의 링크도 다운되므로 BDR 을 지정할 필요가 없다.

R1, R3 의 Priority 값을 0 으로 설정하는 대신에 R2 의 Priority 값을 기본 값인 1 보다 높게 지정해도 되지만, 이럴 경우 R2 가 다운되었다가 다시 살아났을 때 DR 로 동작하지 않으므로 라우팅이 제대로 이루어지지 않는다.

```
R1(config)#in se1/0
R1(config-if)#ip ospf priority 0
```

\* R1 의 Priority 값 설정

```
R3(config)#in se1/0.123
R3(config-subif)#ip ospf priority
```

\* R3 의 Priority 값 설정

```
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#neighbor 1.1.123.1
R2(config-router)#neighbor 1.1.123.3
```

\* R2 의 Neighbor 설정

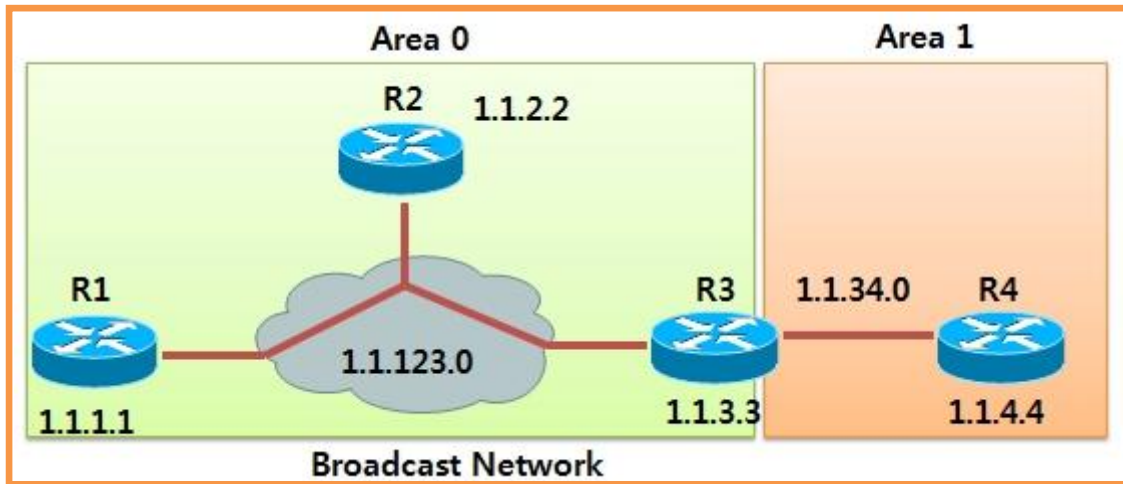
```
Serial1/0 is up, line protocol is up
Internet Address 1.1.123.1/24, Area 0
Process ID 1, Router ID 1.1.1.1, Network Type NON BROADCAST, Cost: 64
Transmit Delay is 1 sec, State DROTHER, Priority 0
Serial1/0 is up, line protocol is up
Internet Address 1.1.123.2/24, Area 0
Process ID 1, Router ID 1.1.2.2, Network Type NON BROADCAST, Cost: 64
Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
Serial1/0.123 is up, line protocol is up
Internet Address 1.1.123.3/24, Area 0
Process ID 1, Router ID 1.1.3.3, Network Type NON BROADCAST, Cost: 64
Transmit Delay is 1 sec, State DROTHER, Priority 0
```

\* R1,2,3 의 네트워크 타입과 상태(State), Priority 값 확인

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
1.1.2.2	1	FULL/DR	00:01:32	1.1.123.2	Serial1/0
Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
1.1.3.3	0	FULL/DROTHER	00:01:51	1.1.123.3	Serial1/0
1.1.1.1	0	FULL/DROTHER	00:01:50	1.1.123.1	Serial1/0
Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
1.1.2.2	1	FULL/DR	00:01:42	1.1.123.2	Serial1/0.123

\*R1,2,3 의 Neighbor 목록(맨 위에서부터 R1~R3 순)

## - 2. Broadcast Network 에서 OSPF 설정



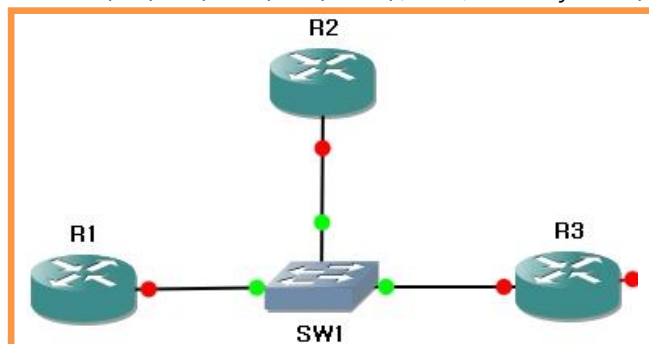
Broadcast Network 에서 OSPF 를 설정할 때는 모든 라우터와 연결된 라우터가 DR 로 동작할 수 있도록만 하면 되며, OSPF Neighbor 는 자동으로 설정된다.

위 토폴로지와 같이 Partial Mesh 로 이루어진 Broadcast Network 에서는 Non-Broadcast Network 와 마찬가지로 다른 라우터와 직접 연결된 R2 를 DR 로 지정해야 한다.

Neighbor 는 자동으로 설정되므로 지정할 필요는 없다.

```
Serial1/0 is up, line protocol is up
Internet Address 1.1.123.1/24, Area 0
Process ID 1, Router ID 1.1.1.1, Network Type BROADCAST Cost: 64
Transmit Delay is 1 sec, State DROTHER, Priority 0
Serial1/0 is up, line protocol is up
Internet Address 1.1.123.2/24, Area 0
Process ID 1, Router ID 1.1.2.2, Network Type BROADCAST Cost: 64
Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
Serial1/0.123 is up, line protocol is up
Internet Address 1.1.123.3/24, Area 0
Process ID 1, Router ID 1.1.3.3, Network Type BROADCAST Cost: 64
Transmit Delay is 1 sec, State DROTHER, Priority 0
```

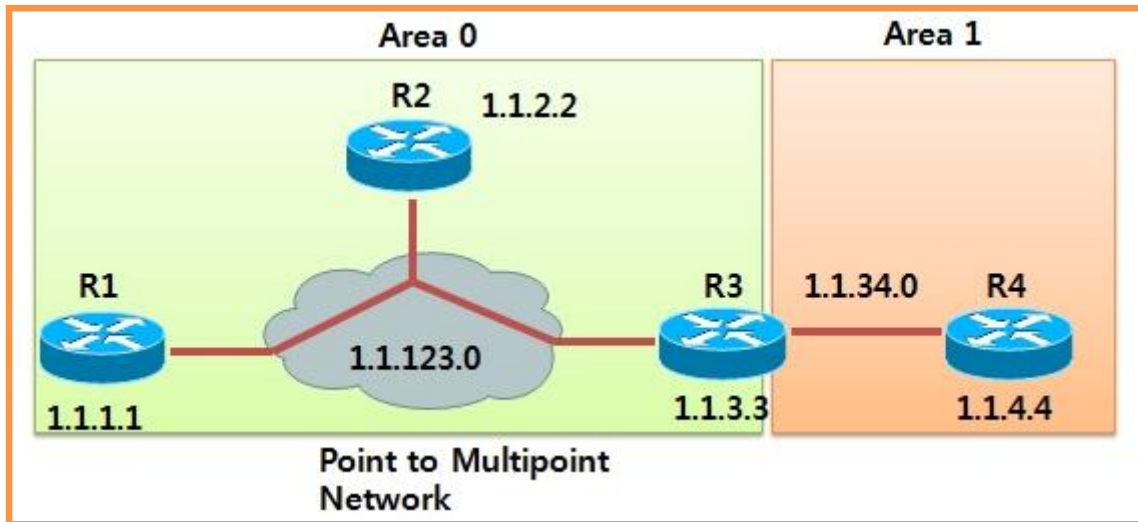
\* R1,2,3 의 네트워크 타입과 상태(State), Priority 값 확인



위와 같이 Ethernet Switch 로 연결된 Broadcast Network 에서는 라우터가 서로 직접 연결되어 있으므로 어느 것이 DR 이 되어도 문제가 발생하지 않는다.



### - 3. Point to Multipoint 에서 OSPF 설정



OSPF 네트워크 타입이 **Point to Multipoint** 이면 DR 을 뽑지 않으며, Neighbor 도 자동으로 설정된다.

Point to Multipoint Network 에서는 각 인터페이스의 IP 주소가 Subnet Mask 32bit 인 Host route (호스트 루트)로 광고된다.

```
R1(config)#do sh ip ospf int se1/0
Serial1/0 is up, line protocol is up
Internet Address 1.1.123.1/24, Area 0
Process ID 1, Router ID 1.1.1.1, Network Type POINT TO MULTIPOINT Cost: 64
Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_MULTIPOINT,
Timer intervals configured, Hello 30, Dead 120, Wait 120, Retransmit 5

R2(config)#do sh ip ospf int se1/0
Serial1/0 is up, line protocol is up
Internet Address 1.1.123.2/24, Area 0
Process ID 1, Router ID 1.1.2.2, Network Type POINT TO MULTIPOINT Cost: 64
Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_MULTIPOINT,
Timer intervals configured, Hello 30, Dead 120, Wait 120, Retransmit 5

R3(config)#do sh ip ospf in se1/0.123
Serial1/0.123 is up, line protocol is up
Internet Address 1.1.123.3/24, Area 0
Process ID 1, Router ID 1.1.3.3, Network Type POINT TO MULTIPOINT Cost: 64
Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_MULTIPOINT,
Timer intervals configured, Hello 30, Dead 120, Wait 120, Retransmit 5
```

\* R1,2,3 의 네트워크 타입, 상태(State) 확인

```
R2(config)#do sh ip ospf nei
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
1.1.1.1	0	FULL/ -	00:01:40	1.1.123.1	Serial1/0
1.1.3.3	0	FULL/ -	00:01:48	1.1.123.3	Serial1/0

OSPF 인터페이스나 네이버를 확인해보면 DR/BDR 을 선출하지 않는 것을 알 수 있다.

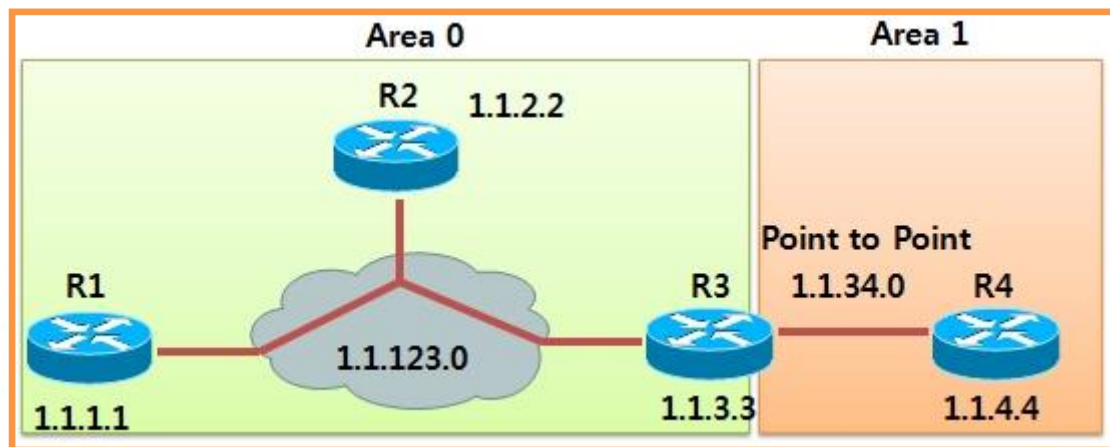
```

1.0.0.0/8 is variably subnetted, 6 subnets, 2 masks
O      1.1.3.3/32 [110/65] via 1.1.123.3, 00:06:37, Serial1/0
O      1.1.1.1/32 [110/65] via 1.1.123.1, 00:06:37, Serial1/0
C      1.1.2.0/24 is directly connected, Loopback0
O      1.1.123.3/32 [110/64] via 1.1.123.3, 00:06:37, Serial1/0
O      1.1.123.1/32 [110/64] via 1.1.123.1, 00:06:37, Serial1/0
C      1.1.123.0/24 is directly connected, Serial1/0

```

\* R2 의 라우팅 테이블을 보면 1.1.123.1 과 1.1.123.3 네트워크가 Host route 로 인스톨되어 있다.

#### - 4. Point to Point 에서 OSPF 설정



OSPF 네트워크 타입이 **Point to Point** 이면 DR 을 선출하지 않으며, Neighbor 도 자동으로 설정된다.

```

R4(config)#do sh ip ospf nei

Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address        Interface
1.1.3.3          0     FULL/ -         00:00:31    1.1.34.3       Serial1/0
R4(config)#
R4(config)#
R4(config)#do sh ip ospf int se1/0
Serial1/0 is up, line protocol is up
 Internet Address 1.1.34.4/24, Area 1
 Process ID 1, Router ID 1.1.4.4, Network Type POINT_TO_POINT, Cost: 64
 Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,
 Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5

```

\* R4 의 네트워크 타입과 Neighbor 확인

```

1.0.0.0/8 is variably subnetted, 8 subnets, 2 masks
O IA   1.1.3.3/32 [110/65] via 1.1.34.3, 00:18:14, Serial1/0
O IA   1.1.2.2/32 [110/129] via 1.1.34.3, 00:18:14, Serial1/0
O IA   1.1.1.1/32 [110/193] via 1.1.34.3, 00:18:14, Serial1/0
C      1.1.4.0/24 is directly connected, Loopback0
C      1.1.34.0/24 is directly connected, Serial1/0
O IA   1.1.123.3/32 [110/64] via 1.1.34.3, 00:18:14, Serial1/0
O IA   1.1.123.2/32 [110/128] via 1.1.34.3, 00:18:14, Serial1/0
O IA   1.1.123.1/32 [110/192] via 1.1.34.3, 00:18:15, Serial1/0

```

\* R4 의 라우팅 테이블



## ■ OSPF Loopback Network

Loopback Interface 에 설정된 IP 주소는 실제 서브넷 길이와 상관없이 OSPF 에서 Host route 로 광고된다.

```
1.0.0.0/8 is variably subnetted, 8 subnets, 2 masks
O IA 1.1.4.4/32 [110/129] via 1.1.123.3, 00:20:37, Serial1/0
O    1.1.3.3/32 [110/65] via 1.1.123.3, 00:23:55, Serial1/0
O    1.1.1.1/32 [110/65] via 1.1.123.1, 00:23:55, Serial1/0
C    1.1.2.0/24 is directly connected, Loopback0
O IA 1.1.34.0/24 [110/128] via 1.1.123.3, 00:23:55, Serial1/0
O    1.1.123.3/32 [110/64] via 1.1.123.3, 00:23:55, Serial1/0
O    1.1.123.1/32 [110/64] via 1.1.123.1, 00:23:55, Serial1/0
C    1.1.123.0/24 is directly connected, Serial1/0
```

\* R2 의 라우팅 테이블

루프백 네트워크를 호스트 루트로 광고해도 OSPF 동작에는 문제가 없지만, 원래의 서브넷 길이를 가진 네트워크로 광고하는 방법은 아래와 같다.

- 'ip ospf network point-to-point' 명령어 사용

```
R2(config)# in loo0
R2(config-if)#ip ospf net point-to-p
```

- 축약

OSPF 에서는 ABR 과 ASBR 에서만 축약이 가능하다. 여기서 R3 의 루프백 네트워크를 Area 0 이 아닌 임의의 에어리어에 포함시켜 R3 을 1.1.3.3 네트워크에 대한 ABR 로 만든 다음, ABR 축약을 한다.

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#net 1.1.3.3 0.0.0.0 area 8
R3(config-router)#area 8 range 1.1.3.0 255.255.255.0
```

- 재분배

OSPF 로 재분배할 때에는 'subnets' 옵션을 사용해야 서브네팅된 네트워크도 재분배된다.

```
R4(config)#router ospf 1
R4(config-router)#redistribute connected subnets
```

```

1.0.0.0/8 is variably subnetted, 8 subnets, 2 masks
C       1.1.1.0/24 is directly connected, Loopback0
O       1.1.2.0/24 [110/65] via 1.1.123.2, 00:06:06, Serial1/0
O IA    1.1.3.0/24 [110/129] via 1.1.123.2, 00:05:32, Serial1/0
O E2    1.1.4.0/24 [110/20] via 1.1.123.2, 00:00:38, Serial1/0
O IA    1.1.34.0/24 [110/192] via 1.1.123.2, 00:06:06, Serial1/0
O       1.1.123.3/32 [110/128] via 1.1.123.2, 00:06:06, Serial1/0
O       1.1.123.2/32 [110/64] via 1.1.123.2, 00:06:06, Serial1/0
C       1.1.123.0/24 is directly connected, Serial1/0

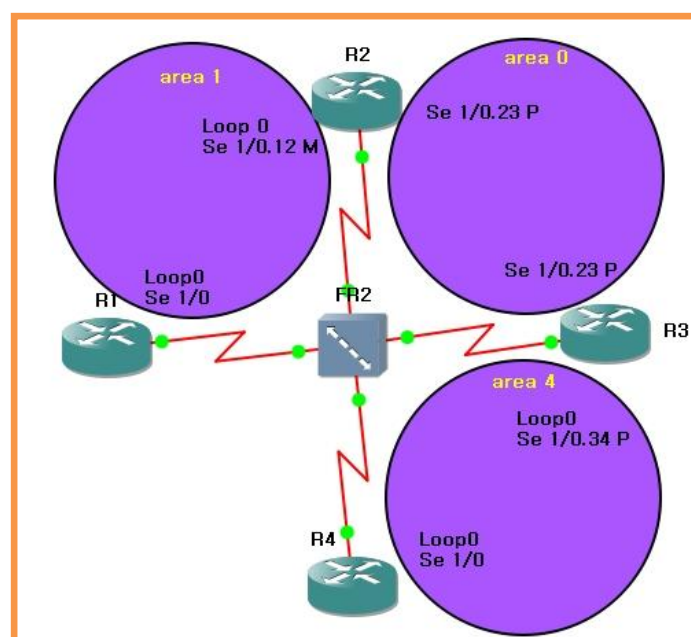
```

R2 - 'ip ospf network point-to-point' 명령어, R3 - 축약, R4 - 재분배를 이용하여 기존의 서브넷 길이를 가진 네트워크로 광고한 후의 R1의 라우팅 테이블이다.

## ■ OSPF 경로

경로 타입	코드	우선 순위	내용
Area 내부 경로	O	1	동일 에어리어에 소속된 경로
Area 간 경로	O IA	2	다른 에어리어에 소속된 경로
도메인 외부 경로	O E1	3	변동 Cost 값을 가지는 외부 경로
	O N1	4	변동 Cost 값을 가지는 NSSA 외부 경로
	O E2	5	고정 Cost 값을 가지는 외부 경로
	O N2	6	고정 Cost 값을 가지는 NSSA 외부 경로

OSPF 경로의 AD는 모두 110이다. 그러나, OSPF 경로간에는 우선 순위가 존재한다. 예를 들면, Cost가 90인 에어리어 내부경로가 Cost 20인 외부 경로보다 우선한다.



\* OSPF 경로 테스트 토폴로지

### - OSPF Area 내부 경로

동일한 에어리어에 소속된 경로를 의미하며, 라우팅 테이블에 'O' 로 표시된다.

### - OSPF Area 간 경로

다른 에어리어에 소속된 경로를 의미하며, 라우팅 테이블에 'O IA' 로 표시된다.

```
O      1.1.2.0 [110/65] via 1.1.12.2, 00:16:24, Serial1/0
O IA   1.1.3.0 [110/129] via 1.1.12.2, 00:16:24, Serial1/0
```

### - E1 외부 경로

다른 라우팅 프로토콜에서 OSPF 로 재분배된 네트워크를 OSPF 외부경로 라고 하며, E1,E2,N1,N2 네 가지 타입이 있다.

E1 경로는 타입 1 외부 경로(Type 1 External route)라고도 하며, 다른 OSPF 라우터가 수신할 때 Metric 값이 누적되는 경로를 말한다.

```
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#redistribute connected subnets metric-type 1
```

R2 에서 루프백 인터페이스 2.2.2.2 추가 후, E1 타입으로 재분배

(위 설정과 같이 'metric-type 1' 옵션을 사용하면 E1 타입을 재분배한다)

```
2.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O E1   2.2.2.0 [110/84] via 1.1.23.2, 00:41:17, Serial1/0.23
```

\* 재분배 후, R3 의 라우팅 테이블

E1 경로는 OSPF 도메인으로 재분배된 다음 네이버 라우터에게 전달되면서 Cost 값이 증가한다.

```
2.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O E1   2.2.2.0 [110/148] via 1.1.34.3, 00:42:46, Serial1/0
```

R4 에서 확인해보면 Cost 값이 84 보다 증가해 있는 148 인 것을 확인할 수 있다.

### - E2 경로

E2 경로는 타입 2 외부 경로(Type 2 External route)라고도 부른다.

E2 경로의 Metric 값은 OSPF 도메인 내부에서 변화되지 않는 고정값을 가진다. 외부 네트워크를 OSPF 로 재분배하면 BGP 네트워크는 기본 OSPF Cost 가 1 이며, 나머지는 20 이다.

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#redistribute connected subnets
```

R3 에 루프백 인터페이스 3.3.3.3 추가 후, E2 타입으로 재분배

재분배시 기본 경로 타입이 E2 이므로, 'metric-type' 옵션을 사용할 필요가 없다.

```
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O E2 3.3.3.0 [110/20] via 1.1.23.3, 00:48:43, Serial1/0.23
```

\* R2의 라우팅 테이블

E2 경로는 OSPF 도메인으로 재분배된 다음 네이버 라우터를 통하여 전달되면서 Cost 값이 증가하지 않고 그대로이다.

```
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O E2 3.3.3.0 [110/20] via 1.1.12.2, 00:49:09, Serial1/0
```

\* R1의 라우팅 테이블, E2 경로의 Cost 값이 변하지 않고 그대로 20이다.

- N1, N2 경로

NSSA(Not-so-stubby area)에서 사용되며 자세한 것은 NSSA에서 확인

## ■ LSA, Link-State Database

OSPF는 Type 1부터 Type 11까지 모두 11 종류의 LSA를 이용하여 라우팅 정보를 전송한다.

OSPF는 Neighbor로부터 수신한 LSA를 모두 Link-State Database에 저장한다.

그리고 이들을 이용하여 특정 목적지로 가는 최적 경로를 계산하고 이를 라우팅 테이블에 저장한다.

타입	이름	생성 라우터	내용	확인 명령어	전송 범위
1	router	모든 라우터	인터페이스 상태	router	area
2	network	DR	DR과 연결된 라우터 ID	network	area
3	summary	ABR	타 에어리어 네트워크	summary	area
4	summary	ABR	ASBR 라우터 ID	asbr-summary	area
5	AS-external	ASBR	외부 네트워크	external	AS
7	As-external	NSSA ASBR	NSSA 외부 네트워크	nssa-external	AS

LSA 타입 6은 MOSPF(Multicast Protocol)용으로 사용되며, 시스코 라우터에서는 지원되지 않는다.

LSA 타입 8은 (External-attributes-LSA)은 iBGP 대신 OSPF를 사용할 때는 대비하여 제안되었으나 구현되지는 않았다.

Link-State Database에 저장된 LSA의 내용을 확인하려면 'show ip ospf database' 명령어를 사용한다.

```

R3#sh ip ospf database ?
adv-router      Advertising Router link states
asbr-summary    ASBR summary link states
database-summary Summary of database
external        External link states
network         Network link states
nssa-external   NSSA External link states
opaque-area     Opaque Area link states
opaque-as       Opaque AS link states
opaque-link     Opaque Link-Local link states
router          Router link states
self-originate  Self-originated link states
summary         Network summary link states
|              Output modifiers
<cr>

```

각 LSA 는 20 byte 의 크기의 공통적인 헤더를 가지며 여기에는, LS 타입, 링크 상태 ID, 해당 LSA 를 광고하는 라우터의 라우터 Id 등의 정보가 기록되어 있다.

Link-State Database 는 Area 별로 관리되며, 동일한 Area 에 소속된 내부 라우터들의 Link-State Database 내용은 모두 동일하다.

## ■ OSPF Stub Area

ABR 이 내부 라우터에게 외부 경로에 대한 LSA 를 차단하고 대신 Default router 를 전달한다.

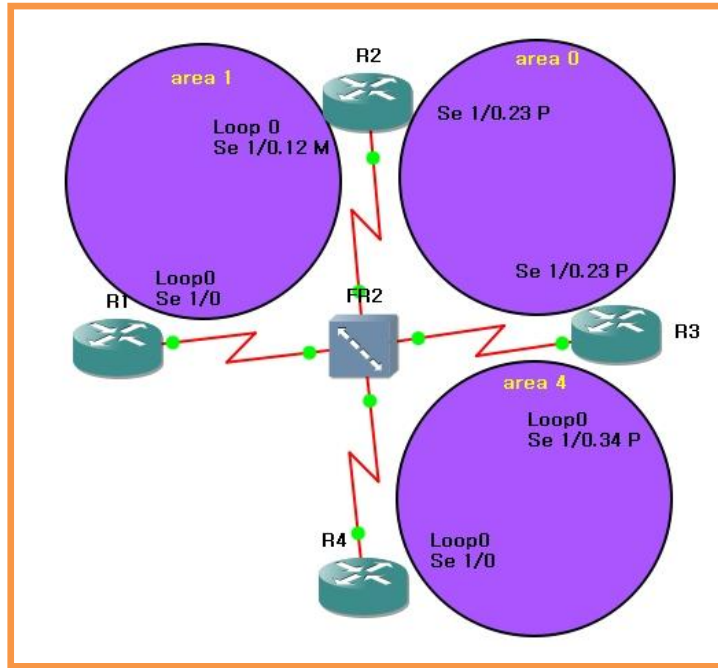
결과적으로 라우팅 테이블의 크기가 대폭 감소되어 네트워크의 안정성이 향상되고 라우팅 성능도 좋아지며 장애처리가 쉬워진다.

종류	설정 명령어	차단 경로
스텝 에어리어	area n stub	E1, E2
완전 스텝 에어리어	area n stub no-summary	E1, E2, IA
NSSA	area n nssa default-information-originate	E1, E2
NSSA 완전 스텝 에어리어	area n nssa no-summary	E1, E2, IA

Stub Area 의 제약사항

- \* 백본 에어리어가 될 수 없다.
- \* Virtual Link 설정 시 transit 에어리어가 될 수 없다.
- \* 에어리어 내부에 ASBR 을 둘 수 없다(NSSA 예외).





앞선 토폴로지와 동일하며, R2 에 루프백 2.2.2.2 와 R3 의 3.3.3.3 루프백도 그대로 설정되어 있다.

```

1.0.0.0/24 is subnetted, 7 subnets
C    1.1.1.0 is directly connected, Loopback0
O    1.1.2.0 [110/65] via 1.1.12.2, 01:55:32, Serial1/0
O IA  1.1.3.0 [110/129] via 1.1.12.2, 01:55:32, Serial1/0
O IA  1.1.4.0 [110/193] via 1.1.12.2, 01:55:32, Serial1/0
C    1.1.12.0 is directly connected, Serial1/0
O IA  1.1.23.0 [110/128] via 1.1.12.2, 01:55:32, Serial1/0
O IA  1.1.34.0 [110/192] via 1.1.12.2, 01:55:32, Serial1/0
2.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O E1   2.2.2.0 [110/84] via 1.1.12.2, 01:55:34, Serial1/0
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O E2   3.3.3.0 [110/20] via 1.1.12.2, 01:55:34, Serial1/0

```

\* Stub 설정하기 전, R1 라우팅 테이블

```

R1(config)#router ospf 1      R2(config)#router ospf 1
R1(config-router)#area 1 stub R2(config-router)#area 1 stub

```

\* R1, R2 의 Stub 에어리어 설정

Stub 에어리어 설정은 설정하려는 에어리어에 소속된 모든 라우터에서 위와 같이 설정해주면 된다.

```

1.0.0.0/24 is subnetted, 7 subnets
C    1.1.1.0 is directly connected, Loopback0
O    1.1.2.0 [110/65] via 1.1.12.2, 00:00:10, Serial1/0
O IA  1.1.3.0 [110/129] via 1.1.12.2, 00:00:10, Serial1/0
O IA  1.1.4.0 [110/193] via 1.1.12.2, 00:00:10, Serial1/0
C    1.1.12.0 is directly connected, Serial1/0
O IA  1.1.23.0 [110/128] via 1.1.12.2, 00:00:10, Serial1/0
O IA  1.1.34.0 [110/192] via 1.1.12.2, 00:00:10, Serial1/0
O*IA 0.0.0.0/0 [110/65] via 1.1.12.2, 00:00:11, Serial1/0

```

\* Stub 설정 후의, R1 라우팅 테이블

Area 1의 ABR인 R2가 Stub 에어리어 내부로 E1, E2 경로를 모두 차단하고, Default route를 만들어 전송한다.

R1의 Link-State Database를 확인해보면 Type 4, 5 LSA가 없다(즉, 스텝 에어리어 내부로는 타입 5 LSA가 차단된다 또한, 외부 네트워크를 광고하지 않으므로 ASBR을 알릴 필요가 없어 타입 4 LSA도 차단한다).

#### - 완전 스텝 에어리어

Totally Stub Area(완전 스텝 에어리어)는 OSPF 외부 도메인 네트워크(E1, E2)뿐만 아니라 다른 에어리어에 소속된 경로(IA)도 차단되는 에어리어를 말한다.

```
R1(config)#router ospf 1          R2(config)#router ospf 1
R1(config-router)#area 1 stub    R2(config-router)#area 1 stub no-summary
```

에어리어를 완전 스텝 에어리어로 설정하려면 위와 같이 설정하려는 에어리어의 ABR에서 'area x stub no-summary' 명령어를 사용하고, 동일 에어리어의 내부 라우터에서는 'area x stub' 명령어를 사용하면 된다.

```
1.0.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C      1.1.1.0 is directly connected, Loopback0
O      1.1.2.0 [110/65] via 1.1.12.2, 00:01:51, Serial1/0
C      1.1.12.0 is directly connected, Serial1/0
O*IA 0.0.0.0/0 [110/65] via 1.1.12.2, 00:01:51, Serial1/0
```

설정 후 R1의 라우팅 테이블을 확인해보면 OSPF 도메인 외부 네트워크뿐만 아니라 다른 에어리어에 소속된 네트워크도 없으며, 대신 ABR에서 광고한 Default route가 인스톨 된다.

R1의 Link-State Database를 확인해보면 타입 3으로 광고받는 LSA는 Cost가 1인 Default route뿐이며 타입 4, 5 LSA는 없다.

```
1.0.0.0/24 is subnetted, 7 subnets
O      1.1.1.0 [110/65] via 1.1.12.1, 00:03:54, Serial1/0.12
C      1.1.2.0 is directly connected, Loopback0
O IA   1.1.3.0 [110/65] via 1.1.23.3, 00:03:54, Serial1/0.23
O IA   1.1.4.0 [110/129] via 1.1.23.3, 00:03:54, Serial1/0.23
C      1.1.12.0 is directly connected, Serial1/0.12
C      1.1.23.0 is directly connected, Serial1/0.23
O IA   1.1.34.0 [110/128] via 1.1.23.3, 00:03:54, Serial1/0.23
2.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C      2.2.2.0 is directly connected, Loopback2
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O E2   3.3.3.0 [110/20] via 1.1.23.3, 00:03:55, Serial1/0.23
```

R2의 라우팅 테이블에는 모든 경로가 인스톨되어 있다.



ABR 이 하나 뿐인 에어리어라면 완전 스텝 에어리어로 설정하는 것이 가장 안정되고, 성능도 개선되며, 장애처리도 간편하다. 그러나 완전 스텝 에어리어는 Cisco Router 에서만 지원되므로 타사의 라우터와 혼합된 네트워크에서는 NSSA 완전 스텝 에어리어를 사용하면된다.

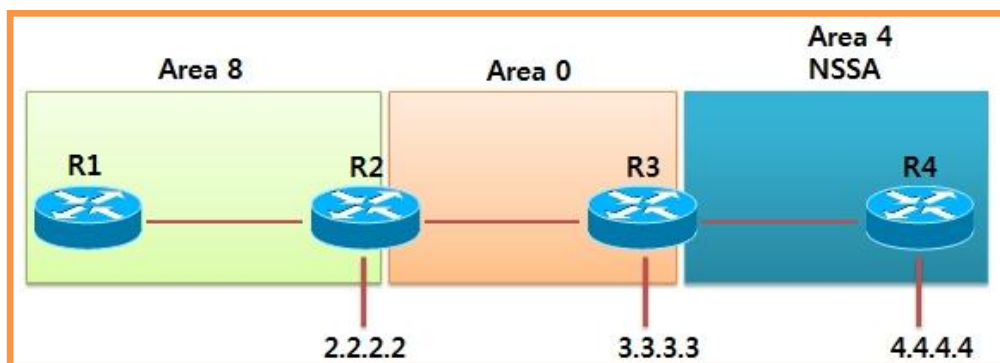
Stub 또는 totally-stub area ABR 이 타입 3 LSA 를 이용하여 전송하는 Default route Cost 를 아래와 같이 명령어를 사용하여 변경할 수 있다.

```
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#area 1 default-cost ?
<0-16777215> Stub's advertised external route metric
```

### - NSSA(not-so-stubby-area)

Area 내부에 ASBR 이 존재할 때에는 Stub 이나 Totally stub area 를 구성할 수 없다.

이런 경우 해당 에어리어를 NSSA 로 구성하면 Stub area 내부에 ASBR 을 둘 수 있게 된다.



위와 토폴로지에서 Area 4 는 R4 가 4.4.4.4 와 연결되는 ASBR 이기 때문에 스텝이나 완전 스텝 에어리어 설정이 불가능하다. 이럴 경우에 Area 2 를 NSSA 로 설정하게 된다.

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#area 4 nssa default-information-originate
```

\* Area 4 의 ABR 에서의 설정

```
R4(config)#router ospf 1
R4(config-router)#area 4 nssa
```

\* Area 4 의 내부 라우터에서의 설정

```
1.0.0.0/24 is subnetted, 7 subnets
O IA 1.1.1.0 [110/193] via 1.1.34.3, 00:04:56, Serial1/0
O IA 1.1.2.0 [110/129] via 1.1.34.3, 00:04:56, Serial1/0
O 1.1.3.0 [110/65] via 1.1.34.3, 00:04:56, Serial1/0
C 1.1.4.0 is directly connected, Loopback0
O IA 1.1.12.0 [110/192] via 1.1.34.3, 00:04:56, Serial1/0
O IA 1.1.23.0 [110/128] via 1.1.34.3, 00:04:56, Serial1/0
C 1.1.34.0 is directly connected, Serial1/0
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O N2 3.3.3.0 [110/20] via 1.1.34.3, 00:04:57, Serial1/0
4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 4.4.4.0 is directly connected, Loopback4
O*N2 0.0.0.0/0 [110/1] via 1.1.34.3, 00:04:57, Serial1/0
```

\* NSSA 설정 후의 R4 라우팅 테이블

라우팅 테이블을 보면 OSPF 도메인 외부 네트워크인 2.2.2.0 네트워크가 보이지 않고, Area 4 의 ABR 인 R3 에서 OSPF 도메인으로 재분배한 외부 네트워크(3.3.3.0)는 N2 경로로 R4 에게 인스톨 되었다. 또한, Default route 도 N2 경로로 내부 라우터들에게 광고된다.

NSSA 내부의 ASBR 이 OSPF 도메인 외부 네트워크를 다른 라우터로 광고할 때, 타입 7 LSA 를 사용한다(확인 명령어 'show ip ospf database nssa-external').

NSSA 내부에서는 OSPF 도메인으로 재분배된 외부 네트워크들이 N1 or N2 경로로 광고된다. 그러나, NSSA ABR 에서 Backbone Area 로 광고될 때는 E1 or E2 경로로 광고된다.

```

1.0.0.0/24 is subnetted, 7 subnets
O IA 1.1.1.0 [110/129] via 1.1.23.2, 00:11:17, Serial1/0.23
O IA 1.1.2.0 [110/65] via 1.1.23.2, 00:11:17, Serial1/0.23
C 1.1.3.0 is directly connected, Loopback0
O 1.1.4.0 [110/65] via 1.1.34.4, 00:11:17, Serial1/0.34
O IA 1.1.12.0 [110/128] via 1.1.23.2, 00:11:17, Serial1/0.23
C 1.1.23.0 is directly connected, Serial1/0.23
C 1.1.34.0 is directly connected, Serial1/0.34
2.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O E1 2.2.2.0 [110/84] via 1.1.23.2, 00:11:18, Serial1/0.23
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 3.3.3.0 is directly connected, Loopback3
4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O N2 4.4.4.0 [110/20] via 1.1.34.4, 00:11:19, Serial1/0.34

```

\* R3 의 라우팅 테이블

```

1.0.0.0/24 is subnetted, 7 subnets
O 1.1.1.0 [110/65] via 1.1.12.1, 00:35:52, Serial1/0.12
C 1.1.2.0 is directly connected, Loopback0
O IA 1.1.3.0 [110/65] via 1.1.23.3, 00:35:52, Serial1/0.23
O IA 1.1.4.0 [110/129] via 1.1.23.3, 00:11:54, Serial1/0.23
C 1.1.12.0 is directly connected, Serial1/0.12
C 1.1.23.0 is directly connected, Serial1/0.23
O IA 1.1.34.0 [110/128] via 1.1.23.3, 00:35:52, Serial1/0.23
2.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 2.2.2.0 is directly connected, Loopback2
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O E2 3.3.3.0 [110/20] via 1.1.23.3, 00:11:51, Serial1/0.23
4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O E2 4.4.4.0 [110/20] via 1.1.23.3, 00:11:50, Serial1/0.23

```

\* R2 의 라우팅 테이블

Backbone Area 에 속해있는 R2 에서 보면 4.4.4.0 의 경로가 N2-> E2 로 바뀌어 있는 것을 확인할 수 있다.

### - NSSA 완전 스텝 에어리어(NSSA totally stubby area)

OSPF 외부 도메인 네트워크 뿐만 아니라 다른 Area 에 소속된 경로도 차단되는 에어리어를 말한다. 일반 완전 스텝 에어리어와의 차이점은 에어리어 내부에 ASBR 이 존재할 수 있다는 것이다.

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#area 4 nssa no-summary
```

\* Area 4 의 ABR 인 R3 에서의 설정

```
R4(config)#router ospf 1
R4(config-router)#area 4 nssa
```

\* Area 4 의 내부 라우터 R4 에서의 설정

```
1.0.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
O    1.1.3.0 [110/65] via 1.1.34.3, 00:20:12, Serial1/0
C    1.1.4.0 is directly connected, Loopback0
C    1.1.34.0 is directly connected, Serial1/0
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O N2  3.3.3.0 [110/20] via 1.1.34.3, 00:03:18, Serial1/0
4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    4.4.4.0 is directly connected, Loopback4
O*IA 0.0.0.0/0 [110/65] via 1.1.34.3, 00:03:23, Serial1/0
```

\* 설정 후 R4 의 라우팅 테이블

R4 의 라우팅 테이블을 확인해보면 외부 네트워크(2.2.2.0) 뿐만 아니라 다른 에어리어에 소속된 네트워크(1.1.1.0, 1.1.12.0, 1.1.2.0, 1.1.23.0) 도 없어지며 대신 ABR 인 R3 가 Default route 를 생성하여 타입 3 LSA 로 R4 에게 전달한 것이 인스톨 되어 있다.

Area 4 의 ABR(R3)이 NSSA totally stubby area 내부로 IA, E1, E2 경로를 모두 차단하고, 대신에 디폴트 루트를 만들어 전송한다.

### ++ N1/N2 경로 차단하기

R4 의 라우팅 테이블을 보면 R3(NSSA ABR[Area – Backbone] & ASBR[Area4 – 3.3.3.0]) 에서 OSPF 도메인으로 재분배된 외부 네트워크인 3.3.3.0 네트워크를 NSSA 내부 라우터들에게 N1 or N2 로 광고하고 있다. 그러나, ABR 이 하나뿐인 Area 4 이 내부 라우터들은 디폴트 루트만으로 자신들의 ABR 인 R3 까지 패킷을 라우팅 시킬 수 있으므로, ABR 이 생성한 N1 or N2 경로를 필요가 없게 된다.

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#area 4 nssa no-redistribution
```

\* NSSA ABR 이면서 ASBR 에서는 위와 같이 명령어를 사용하면 N1 or N2 경로까지 차단해준다.

## ■ OSPF 네트워크 축약

Stub Area 특정 Area 내부 라우터들의 라우팅 테이블 크기를 감소시키는 역할을 하지만 Backbone Area 에 소속된 라우터의 라우팅 테이블의 크기는 감소시키지 않는다. 또, NSSA 내부라우터들의 N1/N2 경로 수를 감소시키지도 않는다.

축약을 통해 위의 문제들을 해결할 수 있다. 그러나 축약을 할 수 있는 위치지가 정해져 있으며 자신의 Area 에 소속된 네트워크를 축약하여 다른 Area 에 전송시키려면 ABR 에서 외부 도메인에서 재분배된 네트워크를 축약하려면 ASBR 에서 축약을 해야한다.

```
1.0.0.0/24 is subnetted, 7 subnets
O IA 1.1.1.0 [110/129] via 1.1.23.2, 00:00:14, Serial1/0.23
O IA 1.1.2.0 [110/65] via 1.1.23.2, 00:00:14, Serial1/0.23
C 1.1.3.0 is directly connected, Loopback0
O 1.1.4.0 [110/65] via 1.1.34.4, 00:00:14, Serial1/0.34
O IA 1.1.12.0 [110/128] via 1.1.23.2, 00:00:14, Serial1/0.23
C 1.1.23.0 is directly connected, Serial1/0.23
C 1.1.34.0 is directly connected, Serial1/0.34
2.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O E1 2.2.2.0 [110/84] via 1.1.23.2, 00:00:15, Serial1/0.23
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 3.3.3.0 is directly connected, Loopback3
5.0.0.0/24 is subnetted, 4 subnets
O 5.5.16.0 [110/65] via 1.1.34.4, 00:00:16, Serial1/0.34
O 5.5.17.0 [110/65] via 1.1.34.4, 00:00:16, Serial1/0.34
O 5.5.18.0 [110/65] via 1.1.34.4, 00:00:16, Serial1/0.34
O 5.5.19.0 [110/65] via 1.1.34.4, 00:00:16, Serial1/0.34
6.0.0.0/24 is subnetted, 8 subnets
O N1 6.6.32.0 [110/85] via 1.1.34.4, 00:00:16, Serial1/0.34
O N1 6.6.33.0 [110/85] via 1.1.34.4, 00:00:16, Serial1/0.34
O N1 6.6.34.0 [110/85] via 1.1.34.4, 00:00:16, Serial1/0.34
O N1 6.6.35.0 [110/85] via 1.1.34.4, 00:00:16, Serial1/0.34
O N1 6.6.36.0 [110/85] via 1.1.34.4, 00:00:16, Serial1/0.34
O N1 6.6.37.0 [110/85] via 1.1.34.4, 00:00:16, Serial1/0.34
O N1 6.6.38.0 [110/85] via 1.1.34.4, 00:00:16, Serial1/0.34
O N1 6.6.39.0 [110/85] via 1.1.34.4, 00:00:16, Serial1/0.34
```

\* R4 에서 테스트를 위해 루프백 인터페이스 추가 후, R3 의 라우팅 테이블  
(R4 에서 5.5.0.0 대역을 OSPF 로 광고하였고, 6.6.0.0 대역은 E1 타입으로 재분배를 해놓은 상태)  
(설정은 NSSA 토폴로지에서도 계속 진행)

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#area 4 range 5.5.16.0 255.255.252.0
```

Area 4 에 속해있는 5.5.0.0 네트워크를 축약하려면 반드시 ABR 인 R3 에서만 가능하다.  
(자신의 에어리어에 속해있는 네트워크를 축약하여 다른 에어리어에 전송)



```

5.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
O      5.5.16.0/24 [110/65] via 1.1.34.4, 00:01:33, Serial1/0.34
O      5.5.16.0/22 is a summary, 00:01:33, Null0
O      5.5.17.0/24 [110/65] via 1.1.34.4, 00:01:33, Serial1/0.34
O      5.5.18.0/24 [110/65] via 1.1.34.4, 00:01:33, Serial1/0.34
O      5.5.19.0/24 [110/65] via 1.1.34.4, 00:01:33, Serial1/0.34

```

축약 후, R3 의 라우팅 테이블이다. 축약된 네트워크의 게이트웨이가 Null0 으로 지정되어 있다 (Null0 으로 게이트웨이가 지정된 이유는 축약에 포함되는 상세 네트워크가 다운되었을 때 라우팅 루프를 방지하기 위함이다)

```

5.0.0.0/22 is subnetted, 1 subnets
O IA   5.5.16.0 [110/129] via 1.1.23.3, 00:03:25, Serial1/0.23

```

R2 의 라우팅 테이블을 확인해보면 축약된 네트워크가 인스톨되어 있는 것을 확인할 수 있다.

```

R4(config)#router ospf 1
R4(config-router)#summary-address 6.6.32.0 255.255.248.0

```

R4 에서 재분배한 6.6.0.0 네트워크를 축약하려면 반드시 ASBR 인 R4 에서만 가능하다. (외부 도메인에서 재분배된 네트워크를 축약하려면 반드시 ASBR 에서만 가능하다)

```

6.0.0.0/8 is variably subnetted, 9 subnets, 2 masks
C      6.6.32.0/24 is directly connected, Loopback6
O      6.6.32.0/21 is a summary, 00:01:58, Null0
C      6.6.33.0/24 is directly connected, Loopback6
C      6.6.34.0/24 is directly connected, Loopback6
C      6.6.35.0/24 is directly connected, Loopback6
C      6.6.36.0/24 is directly connected, Loopback6
C      6.6.37.0/24 is directly connected, Loopback6
C      6.6.38.0/24 is directly connected, Loopback6
C      6.6.39.0/24 is directly connected, Loopback6

```

\* ABR 에서 축약과 마찬가지로 라우팅 루프를 방지하기 위해 게이트웨이는 Null0 으로 되어 있다.

```

6.0.0.0/21 is subnetted, 1 subnets
O E1   6.6.32.0 [110/149] via 1.1.23.3, 00:03:07, Serial1/0.23

```

\* R2 의 라우팅 테이블, 6.6.0.0 네트워크가 축약되어 인스톨되어 있다.

## ■ OSPF Default route

Stub Area, Totally stubby Area에서는 ABR 이 자동으로 디폴트 루트를 만들어 LSA 3 를 이용하여 내부로 전송한다.

일반 Area 에서 디폴트 루트를 만들어 전송하려면 아래와 같은 명령어를 사용한다.

```
R3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 1.1.34.4
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#default-information originate
```

또한, 아래와 같이 설정하면 정적으로 디폴트 루트를 설정하지 않아도 디폴트 루트를 생성하여 다른 라우터로 전송하게 된다.

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#default-information originate always
```

'default-information originate' 명령어에 의해서 생성되는 OSPF 디폴트 루트는 기본 Cost 가 1 이고 Metric Type 이 E2 이지만, 아래와 같은 명령어를 통해 변경할 수 있다.

```
R3(config-router)#default-information originate metric ?
<0-16777214>  OSPF metric

R3(config-router)#default-information originate metric 100 metric-type ?
<1-2>  OSPF Link State type

R3(config-router)#default-information originate metric 100 metric-type 1
```

디폴트 루트 생성시에 메트릭과 경로 타입을 지정하여 생성할 수 있다.

## ■ OSPF 네트워크 인증

RIP, EIGRP 및 BGP와는 달리, OSPF는 네이버 인증외에 특정 에어리어 전체를 인증할 수 있다.

인증 범위	인증 방식	명령어
네이버 인증	clear text	interface [interface] ip ospf authentication ip ospf authentication-key [Key_word]
	md5	interface [interface] ip ospf authentication message-digest ip ospf message-digest-key [key_Num] md5 [Key_word]
에어리어 인증	clear text	router ospf [area] area [area_Num] authentication interface [interface] ip ospf authentication-key [Key_word]
	md5	router ospf [area] area [area_Num] authentication message-digest interface [interface] ip ospf message-digest-key [key_Num] md5 [Key_word]

### 에어리어 인증

: 동일한 에어리어에 소속된 모든 라우터가 OSPF Packet을 송/수신할 때 인증을 할 게 하는 것을 말한다. 에어리어 인증식 적용되는 원칙은 아래와 같다

- \* 동일한 에어리어에 소속된 모든 라우터의 인증방식(Text or MD5)은 동일해야 한다.
- \* 인증키는 네이버간에만 일치하면 된다.

### 네이버 인증

: OSPF 네이버 인증을 하려면 인증방식과 인증키를 해당 인터페이스에서 설정하면 된다.

### ++ 인증키 변경

인증키를 변경하면 일시적으로 네이버 관계가 단절되어서 정상적인 라우팅이 이루어지지 않을 수 있다. 이럴때에는 인증키를 두 개 정의하면 된다(즉, 하나의 인터페이스에 인증키를 두 개 정의하면 두개의 인증키를 모두 전송한다, 수신하는 라우터에서는 수신한 인증키중에서 자신의 인터페이스에 설정된 키중에서 가장 높은 키번호와 일치하는 것을 선택하여 인증한다).

따라서, 인증키 불일치로 인한 네이버 관계 단절 현상이 발생하지 않는다.

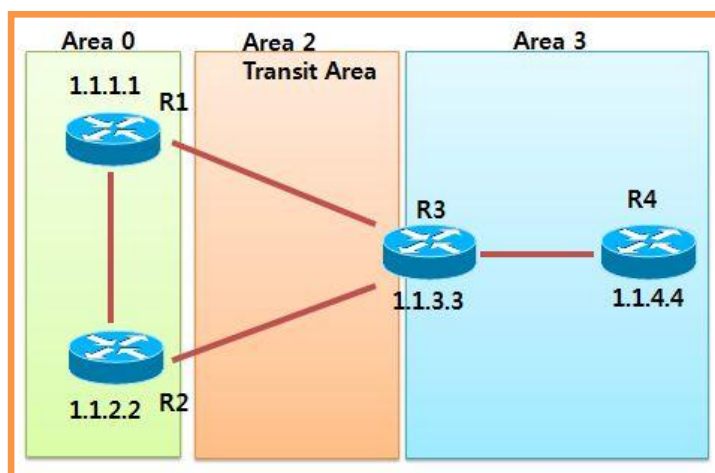
이후 수신 인터페이스에서도 상대측이 전송하는 동일한 키 번호를 가지는 인증키를 정의한다.



## ■ Virtual Link(가상 링크)

OSPF의 모든 에어리어는 반드시 Backbone Area와 직접 접속되어야 한다. 그러나 네트워크 설정을 변경하는 경우, 네트워크의 특정 링크가 다운된 경우, 두 개의 회사가 합병하는 등의 경우에 직접 백본 에어리어와 연결되지 못한 에어리어가 생길 수 있다. 이럴 때 사용하는 것이 Virtual Link(가상 링크)이다.

- 백본 에어리어에 접속되어 있지 않은 에어리어



위 토폴로지에선 Area 3이 백본 에어리어와 직접 연결되어 있지 않다. 그렇기에 Area 2를 통하여 Area 0(백본)과 가상 링크를 설정해주어야 한다(Area 2와 같이 가상 링크가 통과하는 Area(연결이나 전송을 전달해주는)를 Transit area라고 한다).

```
1.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
O    1.1.2.2/32 [110/65] via 1.1.12.2, 00:30:26, Serial1/0.12
C    1.1.1.0/24 is directly connected, Loopback0
C    1.1.12.0/24 is directly connected, Serial1/0.12
C    1.1.13.0/24 is directly connected, Serial1/0.13
O    1.1.23.0/24 [110/128] via 1.1.13.3, 00:30:26, Serial1/0.13
```

\* R1의 라우팅 테이블

R1의 라우팅 테이블에서는 Area 3의 라우팅 정보가 보이지 않는다(1.1.3.3/1.1.4.4/1.1.34.0)

```

1.0.0.0/8 is variably subnetted, 8 subnets, 2 masks
O      1.1.4.4/32 [110/65] via 1.1.34.4, 00:32:50, Serial1/0.34
O IA   1.1.2.2/32 [110/65] via 1.1.23.2, 00:32:40, Serial1/0.23
O IA   1.1.1.1/32 [110/65] via 1.1.13.1, 00:32:40, Serial1/0.13
C      1.1.3.0/24 is directly connected, Loopback0
O IA   1.1.12.0/24 [110/128] via 1.1.23.2, 00:32:40, Serial1/0.23
       [110/128] via 1.1.13.1, 00:32:40, Serial1/0.13
C      1.1.13.0/24 is directly connected, Serial1/0.13
C      1.1.23.0/24 is directly connected, Serial1/0.23
C      1.1.34.0/24 is directly connected, Serial1/0.34

```

\* R3의 라우팅 테이블

그러나, R3의 라우팅 테이블에서는 모든 네트워크가 전부 인스톨되어 있다.

```

1.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
O      1.1.3.3/32 [110/65] via 1.1.34.3, 00:35:08, Serial1/0.34
C      1.1.4.0/24 is directly connected, Loopback0
C      1.1.34.0/24 is directly connected, Serial1/0.34

```

\* R4의 라우팅 테이블

또한, R4의 라우팅 테이블에는 Area3 이외에 라우팅 정보는 인스톨되어 있지 않다.

```

R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#area 2 virtual-link ?
  A.B.C.D ID (IP addr) associated with virtual link neighbor
R2(config-router)#area 2 virtual-link 1.1.3.3

```

```

R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#area 2 virtual-link 1.1.3.3

```

```

R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#area 2 virtual-link 1.1.1.1
R3(config-router)#area 2 virtual-link 1.1.2.2

```

'Area x' : 트랜짓 에어리어를 지정한다.

'virtual-link' : 상대 ABR의 라우터 ID를 지정한다.

설정이 완료 되면 잠시 후 OSPF 네이버 관계가 구성된다.

```

R3(config)#do sh ip ospf virtual-link
Virtual Link OSPF VL1 to router 1.1.2.2 is up
  Run as demand circuit
  DoNotAge LSA allowed.
  Transit area 2, via interface Serial1/0.23, Cost of using 64
  Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
  Hello due in 00:00:09
  Adjacency State FULL (Hello suppressed)
  Index 2/5, retransmission queue length 0, number of retransmission 0
  First 0x0(0)/0x0(0) Next 0x0(0)/0x0(0)
  Last retransmission scan length is 0, maximum is 0
  Last retransmission scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
Virtual Link OSPF VL0 to router 1.1.1.1 is up

```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
1.1.2.2	0	FULL/ -	-	1.1.23.2	OSPF_VL1
1.1.1.1	0	FULL/ -	-	1.1.13.1	OSPF_VL0
1.1.2.2	0	FULL/ -	00:00:34	1.1.23.2	Serial1/0.23
1.1.1.1	0	FULL/ -	00:00:32	1.1.13.1	Serial1/0.13
1.1.4.4	0	FULL/ -	00:00:31	1.1.34.4	Serial1/0.34

\* R3 의 네이버 리스트

```

1.0.0.0/8 is variably subnetted, 8 subnets, 2 masks
O IA 1.1.4.4/32 [110/129] via 1.1.13.3, 00:10:51, Serial1/0.13
O IA 1.1.3.3/32 [110/65] via 1.1.13.3, 00:10:51, Serial1/0.13
O 1.1.2.2/32 [110/65] via 1.1.12.2, 00:10:51, Serial1/0.12
C 1.1.1.0/24 is directly connected, Loopback0
C 1.1.12.0/24 is directly connected, Serial1/0.12
C 1.1.13.0/24 is directly connected, Serial1/0.13
O 1.1.23.0/24 [110/128] via 1.1.13.3, 00:11:01, Serial1/0.13
O IA 1.1.34.0/24 [110/128] via 1.1.13.3, 00:10:52, Serial1/0.13

```

\* R1 의 라우팅 테이블

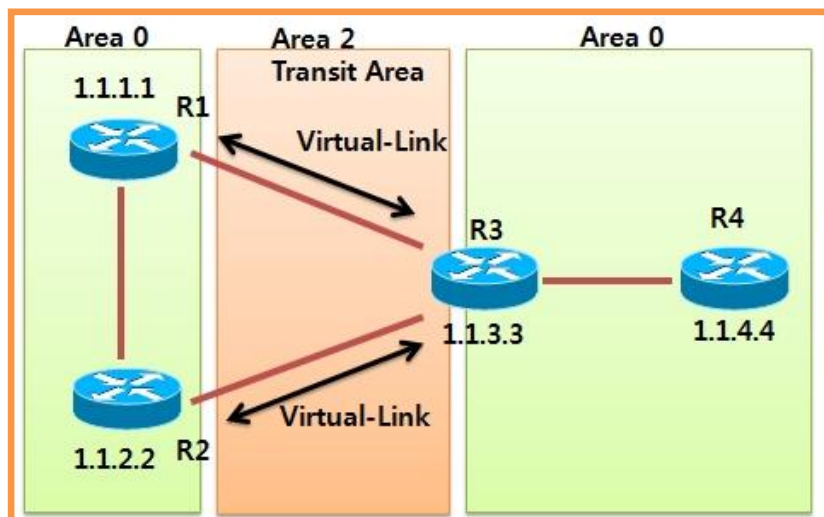
```

1.0.0.0/8 is variably subnetted, 8 subnets, 2 masks
O 1.1.3.3/32 [110/65] via 1.1.34.3, 00:11:37, Serial1/0.34
O IA 1.1.2.2/32 [110/129] via 1.1.34.3, 00:11:18, Serial1/0.34
O IA 1.1.1.1/32 [110/129] via 1.1.34.3, 00:11:28, Serial1/0.34
C 1.1.4.0/24 is directly connected, Loopback0
O IA 1.1.12.0/24 [110/192] via 1.1.34.3, 00:11:28, Serial1/0.34
O IA 1.1.13.0/24 [110/128] via 1.1.34.3, 00:11:37, Serial1/0.34
O IA 1.1.23.0/24 [110/128] via 1.1.34.3, 00:11:37, Serial1/0.34
C 1.1.34.0/24 is directly connected, Serial1/0.34

```

\* R4 의 라우팅 테이블

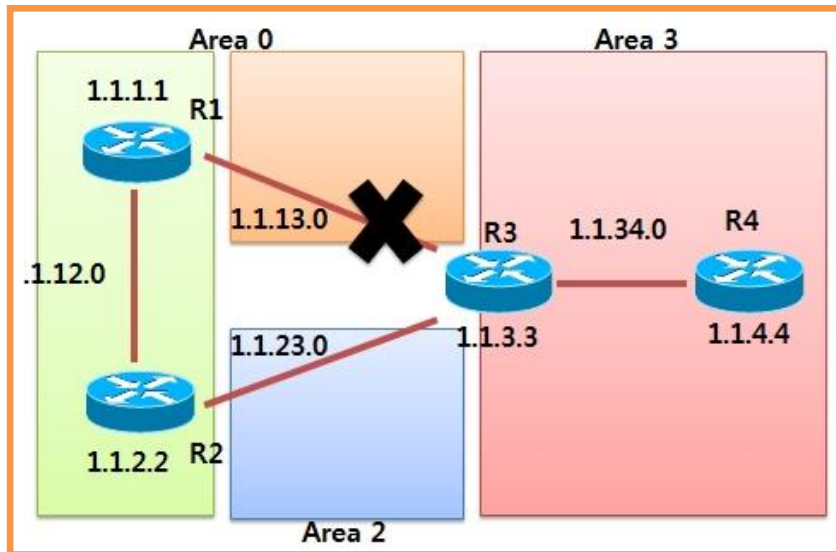
- Backbone Area 가 분리되어 있는 경우



백본 에어리어가 특정 에어리어에 의해서 분리되어 있는 경우에도 앞선 설정과 같이 가상 링크를 이용하여 연결시켜주어야 한다.

설정방법은 동일하며 분리된 각 백본의 ABR 간에 Virtual-Link 를 설정해주면 된다.

- 백업 링크를 위한 Virtual-Link



정상적인 경우에는 R1 - R3 간의 링크를 통하여 라우팅이 이루어지기 때문에 문제가 발생하지 않는다. 그러나, R1 - R3 간의 링크가 다운되면 Area 3의 백본 에어리어로부터 분리된다. 따라서 백업 링크를 제대로 동작시키기 위하여 R2 - R3 간에 Virtual - Link를 설정해주어야 한다 (주 링크 R1-R3, 과 백업 링크 R2-R3의 대역폭이 동일하다면 로드 밸런싱이 되므로 필요에 따라 한 링크의 OSPF Cost를 조정해주면 된다).

- 라우팅 경로 수정을 위한 가상 링크

\* 백업 링크 토폴로지와 동일

```

1.0.0.0/8 is variably subnetted, 8 subnets, 2 masks
O    1.1.4.4/32 [110/65] via 1.1.34.4, 00:41:31, Serial1/0.34
O    1.1.2.2/32 [110/75] via 1.1.13.1, 00:00:33, Serial1/0.13
O    1.1.1.1/32 [110/65] via 1.1.13.1, 00:00:33, Serial1/0.13
C    1.1.3.0/24 is directly connected, Loopback0
O    1.1.12.0/24 [110/74] via 1.1.13.1, 00:00:33, Serial1/0.13
C    1.1.13.0/24 is directly connected, Serial1/0.13
C    1.1.23.0/24 is directly connected, Serial1/0.23
C    1.1.34.0/24 is directly connected, Serial1/0.34
  
```

\* R3의 라우팅 테이블

임시로 테스트를 위해 R1-R2(1.1.12.0)구간과 R2-R3(1.1.23.0)구간에 대역폭 10Mbps 설정  
R1-R3 구간은 시리얼 인터페이스 기본값인 1.544 Mbps이다.

동일 에어리어 경로가('O') 다른 에어리어('O IA')보다 우선하기 때문에, 다른 에어리어 경로인 R1-R2-R3 간의 링크 속도가 더 빨라도 라우팅 테이블은 동일 에어리어 경로인 R1-R3의 경로를 인스톨한다.



이럴 경우에 R2-R3 간에 Virtual-Link 를 설정하면 링크속도가 빠른 R2-R3 간의 링크를 이용한 라우팅이 이루어지게 된다.

```
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#area 2 virtual-link 1.1.3.3

R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#area 2 virtual-link 1.1.2.2
```

```
1.0.0.0/8 is variably subnetted, 8 subnets, 2 masks
O    1.1.4.4/32 [110/65] via 1.1.34.4, 00:49:24, Serial1/0.34
O    1.1.2.2/32 [110/11] via 1.1.23.2, 00:00:51, Serial1/0.23
O    1.1.1.1/32 [110/21] via 1.1.23.2, 00:00:51, Serial1/0.23
C    1.1.3.0/24 is directly connected, Loopback0
O    1.1.12.0/24 [110/20] via 1.1.23.2, 00:00:51, Serial1/0.23
C    1.1.13.0/24 is directly connected, Serial1/0.13
C    1.1.23.0/24 is directly connected, Serial1/0.23
C    1.1.34.0/24 is directly connected, Serial1/0.34
```

\* 가상 링크 설정후 R3 의 라우팅 테이블

Virtual-Link 설정후 R3 의 라우팅 테이블을 확인해보면 링크 속도가 빠른 Se1/0.23(R2-R3)링크를 통하여 라우팅된다(1.1.1.0//1.1.1.2//1.1.1.12)

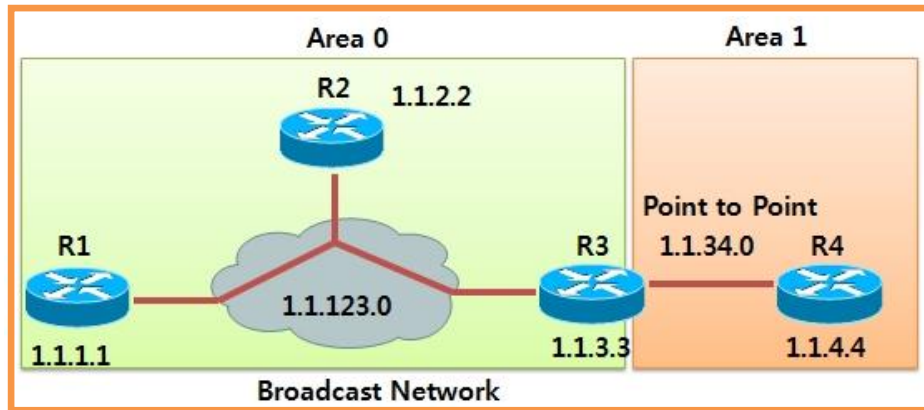
## ■ OSPF Demand Circuit

네이버 관계를 유지하기 위하여 주기적으로 Hello Packet 을 전송한다. 또한 Link-state Database 의 정확성을 유지하기 위하여 30 분 마다 기존에 광고했던 LSA 를 다시 전송하는데 이것을 LSA Refresh 라고 한다.

그러나, **Point-to-Point, Point-to-Multipoint** 인터페이스를 **OSPF Demand Circuit** 으로 설정하면 주기적인 Hello Packet 과 LSA Refresh 가 일어나지 않는다.

**Multi-access** 의 인터페이스를 디맨드 써킷으로 설정하면 Hello Packet 은 주기적으로 전송하지만 LSA Refresh 만 일어나지 않게 된다.

따라서, OSPF Demand Circuit 은 주로 Point-to-Point 나 Point-to-Multipoint 인터페이스에서 사용한다.



\* 테스트 토폴로지

```
R3(config)#in ser1/0.34
R3(config-subif)#ip ospf demand-circuit
```

R3-R4 구간에 디맨드 써킷 설정을 하려면 위와 같이 해당 인터페이스에서 명령어만 설정하면 된다. 한쪽 인터페이스에서 설정을 해주면 OSPF 네이버 구성 시 서로 협상하여 나머지쪽 인터페이스도 디맨드 써킷으로 동작한다(양쪽 다 설정해줘도 문제는 되지 않으며, 명령어 입력과 동시에 네이버 관계를 해제 후 다시 맺는다)

```
R3(config)#do sh ip ospf int ser1/0.34
Serial1/0.34 is up, line protocol is up
Internet Address 1.1.34.3/24, Area 1
Process ID 1, Router ID 1.1.3.3, Network Type POINT_TO_POINT, Cost: 64
Configured as demand circuit.
Run as demand circuit.
DoNotAge LSA allowed.
Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
oob-resync timeout 40
Hello due in 00:00:04
Supports Link-local Signaling (LLS)
Index 1/3, flood queue length 0
Next 0x0(0)/0x0(0)
Last flood scan length is 1, maximum is 1
Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
Adjacent with neighbor 1.1.4.4 (Hello suppressed)
Suppress hello for 1 neighbor(s)
```

설정 후 인터페이스를 확인해보면, 디맨드 써킷으로 동작하는 것과 1.1.4.4 네이버로 Hello Packet 을 보내지 않는다는 것을 확인할 수 있다.

```
R3(config)#in se1/0.123
R3(config-subif)#ip ospf demand-circuit
```

\* R3, Broadcast Network 에서의 Demand Circuit 설정

```
R3(config)#do sh ip ospf int se1/0.123
Serial1/0.123 is up, line protocol is up
Internet Address 1.1.123.3/24, Area 0
Process ID 1, Router ID 1.1.3.3, Network Type BROADCAST, Cost: 64
Configured as demand circuit.
Run as demand circuit.
DoNotAge LSA allowed.
Transmit Delay is 1 sec, State BDR, Priority 1
Designated Router (ID) 1.1.2.2, Interface address 1.1.123.2
Backup Designated router (ID) 1.1.3.3, Interface address 1.1.123.3
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
oob-resync timeout 40
Hello due in 00:00:00
Supports Link-local Signaling (LLS)
Index 2/3, flood queue length 0
Next 0x0(0)/0x0(0)
Last flood scan length is 1, 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 1.1.1.1
  Adjacent with neighbor 1.1.2.2 (Designated Router)
Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

\* Demand Circuit 설정확인, Broadcast Network 이기에 Hello Packet 은 전송한다.

Demand Circuit 이 설정되어 있어도 네트워크 상태가 안정적이지 못하고 계속 변하는 경우에는 네트워크를 상태를 알려주는 LSA 가 생성, 전송되므로 디맨드 써킷이 제대로 동작하지 않는다. 이것은 디맨드 써킷이 문제가 아니라 네트워크가 불안정하기 때문이므로 원인을 찾아 해결하면 된다. 또한, 디맨드 써킷이 구성된 Area 를 totally stubby Area(완전 스텝 에어리어)로 설정하면 네트워크 변화에 따른 영향을 최소화 할 수도 있다.



## ■ OSPF Forward Address

OSPF Forward Address : OSPF 외부 네트워크로 가는 Next Hop 의 IP Address 를 말한다.

- MultiAccess Network 에서의 Forward Address

Ehternet 이나 Frame-Relay 망과 같은 **Multiaccess Network**에서는 목적지와 가까운 라우터의 IP 주소가 포워드 주소로 설정된다.

```
R2(config)#do sh ip ospf database external

      OSPF Router with ID (1.1.2.2) (Process ID 1)

      Type-5 AS External Link States

LS age: 32
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: AS External Link
Link State ID: 201.2.2.0 (External Network Number )
Advertising Router: 1.1.2.2
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0x4F7D
Length: 36
Network Mask: /24
    Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
    TOS: 0
    Metric: 20
    Forward Address: 0.0.0.0
    External Route Tag: 0
```

\* R2, 외부 네트워크 및 포워드 주소 확인

포워드 주소가 0.0.0.0 이라면 해당 외부 네트워크로 라우팅되는 Packet 의 Next Hop 이 ASBR 자신(R2)이라는 의미이다.

포워드 주소는 반드시 OSPF 내부 경로('O' or 'O IA')이어야 한다.

만약 201.2.2.0/24 네트워크로 가는 포워드 주소인 1.1.123.2 이 E1, E2 등 외부 경로나 정적인 경로(static route) 등으로 저장되면 해당 외부 네트워크인 201.2.2.0/24 가 라우팅 테이블에 인스톨 되지 않는다.

- Point to Point, Point-to-Multipoint 에서의 Forward Address

포인트 투 포인트, 포인트 투 멀티포인트 네트워크에서는 ASBR 자신의 주소가 외부 네트워크로 가는 Next Hop IP 주소가 된다.

```
R3(config)#do sh ip ospf data ex

      OSPF Router with ID (1.1.3.3) (Process ID 1)

      Type-5 AS External Link States

Routing Bit Set on this LSA
LS age: 106 (DoNotAge)
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: AS External Link
Link State ID: 201.1.1.0 (External Network Number )
Advertising Router: 1.1.2.2
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0x6469
Length: 36
Network Mask: /24
    Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
    TOS: 0
    Metric: 20
    Forward Address: 0.0.0.0
    External Route Tag: 0

Routing Bit Set on this LSA
LS age: 1375
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: AS External Link
Link State ID: 201.2.2.0 (External Network Number )
Advertising Router: 1.1.2.2
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0x4F7D
Length: 36
Network Mask: /24
    Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
    TOS: 0
    Metric: 20
    Forward Address: 0.0.0.0
    External Route Tag: 0
```

\* Point-to-Multipoint Network 환경의 Forward Address

포인트 투 멀티포인트 네트워크에서 OSPF 의 Link-state Database 에서 외부 네트워크에 대한 포워드 주소가 모두 0.0.0.0 으로 설정된다. 이 경우 ASBR 의 주소가 외부 네트워크로의 Next Hop IP 주소가 된다.

(즉, 포인트 투 포인트, 포인트 투 멀티포인트 네트워크에서는 ASBR 의 주소가 외부 네트워크로의 넥스트 홉 IP 주소가 된다)

```
O E2 201.1.1.0/24 [110/20] via 1.1.123.2, 00:04:35, Serial1/0.123
O E2 201.2.2.0/24 [110/20] via 1.1.123.2, 00:04:35, Serial1/0.123
```

\* R3 의 라우팅 테이블

OSPF 외부 네트워크인 201.1.1.0/201.2.2.0 으로 가는 Next Hop 라우터가 모두 ASBR 인 R2 로 인스톨 된다.

### - OSPF Secondary IP Address

OSPF 는 세컨더리 주소가 설정된 인터페이스에 대해서 다음과 같이 동작하게 된다.

- \* 주 네트워크를 OSPF 에 포함시켜야 Secondary 네트워크도 OSPF 를 통해서 전달된다.
- \* OSPF 는 세컨더리 네트워크를 Stub Network 라고 간주한다(Secondary 주소가 설정된 네트워크에는 OSPF 네이버 라우터가 없다고 생각하고 Hello Packet 을 전송하지 않으며 결과적으로 세컨더리 네트워크와는 어드제이션시를 맺지 않는다).

## ■ OSPF Timer

### - Hello Interval

```
R3(config)#in se1/0.123
R3(config-subif)#ip ospf hello-interval ?
<1-65535> Seconds
```

Hello Packet 을 전송하는 주기, Broadcast//Point-to-Point Network 에서는 10 초  
Non-Broadcast//Point-to-Multipoint 에서는 30 초이다. 헬로 주기가 다르면 네이버 관계를 구성하지 못한다.

### - Dead Interval

```
R3(config-subif)#ip ospf dead-interval ?
<1-65535> Seconds
minimal Set to 1 second
```

기본적으로 데드 주기는 헬로 주기의 4 배이다. 헬로 주기를 변경하면 자동으로 데드 주기도 변경된다. 그러나 데드 주기를 변경하는 경우에는 헬로 주기가 자동으로 변경되지 않는다.

### - Retransmit Interval

```
R3(config-subif)#ip ospf retransmit-interval ?
<1-65535> Seconds
```

DBD, LSA 및 LSR 은 전송 후 상대방에게 ACK 를 받아야만 한다. 그러나, 재전송 타이머 기간내에 ACK 를 받지 못하면 문제가 발생한 것으로 간주하고 다시 전송한다.

기본 재전송 타이머 주기는 5 초이다.

## - LSA Group Pacing Timer

```
R3(config-router)#timers pacing lsa-group ?  
<10-1800> Interval in sec between group of LSA being refreshed or maxaged
```

기본적으로 LSA 는 변화가 없어도 30 분마다 해당 LSA 를 만든 라우터가 LSA 를 다시 만들어 전송(Refresh)한다(한 라우터가 여러 개의 LSA 를 만들어 전송한다고 보면, 생성 후 경과된 시간이 30 분이 된 LSA 를 개별적으로 전송(refresh)할 수 있다. 이럴 경우 LSA Packet 수가 많아질 수 있다).

다음은 개별적인 LSA 의 경과 시간(Age)를 고려하지 않고 라우터 전체의 주기에 따라 LSA 를 전송(refresh)할 수 있다. 이 경우에는 라우터와 링크에 순간적인 과부하가 걸릴 수 있다.

따라서, 두 가지 경우를 절충하여 일정한 시간 사이에 age 가 만료되는 LSA 를 모아서 Refresh 를 하는데, 이 시간 간격을 LSA Group Pacing 타이머라고 한다.

기본적인 LSA 그룹 페이싱 타이머는 240 초(4 분)이다.

\* Link-state Database 가 크면 이 타이머 값을 줄이는 것이 좋고, 적으면 타이머를 늘이는 것이 좋다.

## - OSPF Throttle Timer

OSPF 가 LSA 를 수신한 다음 SPF(Shortest Path First) 알고리즘을 계산할 때까지의 시간을 의미한다.

```
R2(config)#router ospf 1  
R2(config-router)#timers throttle spf ?  
  <1-600000> Delay between receiving a change to SPF calculation in  
              milliseconds  
  
R2(config-router)#timers throttle spf 1 ?  
  <1-600000> Delay between first and second SPF calculation in milliseconds  
  
R2(config-router)#timers throttle spf 1 2000 ?  
  <1-600000> Maximum wait time in milliseconds for SPF calculations  
  
R2(config-router)#timers throttle spf 1 2000 3000
```

```

R2(config)#do sh ip ospf
Routing Process "ospf 1" with ID 1.1.2.2
Supports only single TOS(TOS0) routes
Supports opaque LSA
Supports Link-local Signaling (LLS)
Supports area transit capability
It is an autonomous system boundary router
Redistributing External Routes from,
    rip
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 2. Checksum Sum 0x00B1E7
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
  Area BACKBONE(0)
    Number of interfaces in this area is 2
    Area has no authentication
    SPF algorithm last executed 00:26:15.188 ago
    SPF algorithm executed 15 times
    Area ranges are
      Number of LSA 5. Checksum Sum 0x023D18
      Number of opaque link LSA 0. Checksum Sum 0x000000
      Number of DCbitless LSA 0
      Number of indication LSA 0
      Number of DoNotAge LSA 4
      Flood list length 0

```

\* Throttle Timer 확인