# OSPF

## 11.1 OSPF의 개요

Link state 라우팅 알고리즘을 사용하는 Interior Gateway Protocol인 OSPF는 1988년 IETF의 OSPF workgroup에 의해 개발되었다. OSPF의 가장 최신 버전은 RFC 2383으로 발표된 version 2이며 이 Chapter에는 OSPF Version 2를 중심으로 소개할 것이다. OSPF는 IGP로서 같은 AS안의 라우팅 토폴로지를 라우터간에 공유[1]하며 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

### 11.1.1 빠른 Convergence 와 작은 Traffic

일정한 간격을 두고 업 데이트를 하는 Distance Vector방식과는 달리 Link state 알고리즘을 사용하는 OSPF는 라우팅 정보가 업 데이트되면 즉시 그 사실을 자신과 같은 그룹에 있는 라우터에 전파한다. 또한 이 메시지를 접수한 라우터들은 여기에 자신의 정보를 덧붙이지 않고 그대로 다른 라우터에 전파(Flooding)함으로써 네트워크 토폴로지가 변경되었을 경우, 같은 그룹내의 라우터들이 신속하게 해당 정보를 동기화한다. 또한 OSPF는 자신의 라우팅 정보 전체를 전파하는 RIP와는 달리 변경된 정보만을 전송함으로써 빠른 동기화와 함께 라우팅 정보 교환으로 인해 발생하는 트래픽을 감소시켰다

### 11.1.2 CIDR, VLSM 의 지원

OSPF는 라우팅 정보를 교환할 때 서브넷 마스크에 대한 정보도 함께 전송한다. 이러한 속성으로 동일한 길이의 서브넷 마스크를 가진 서브네팅 만을 지원하는 RIP version 1과는 달리 CIDR, VLSM을 지원하여 IP 주소의 유연성과 확장성을 보장한다.

### 11.1.3 뛰어난 확장성

여러가지 취약성에 의해 최대 Hops수가 15개로 제한되어 있는 RIP와는 달리 OSPF는 이론적으로는 연결할 수 있는 라우터의 제한이 없다. 이러한 이유로 OSPF는 대형 네트워크연결에 적합한 확장성을 보장한다.

### 11.1.4 인증을 통한 Routing Table 교환

라우터 인증 메커니즘이 없거나 Simple Password[2]만을 지원하는 RIP의 인증 메커니즘이 OSPF에 와서는 크게 개선되었다. OSPF는 Simple Password 뿐 아니라 암호화된 Password를 이용한 인증 메커니즘을 지원하여 Rogue Router에 의한 라우팅 정보의 손상을 방지한다.

### 11.1.5 멀티케스트를 통한 라우팅 정보 교환

OSPF는 224.0.0.5와 224.0.0.6번의 멀티케스트 주소를 사용하여 라우팅 정보를 교환한다. 이러한 특징은 실제 브로드케스트로 인한 네트워크 노드들의 부하를 줄여주며, 또한 매 30초 마다 라우팅 테이블 전체를 전파하는 RIP와는 달리 네트워크 토폴로지의 변경이 있을 경우에

---

[1] OSPF는 라우팅의 효율성을 위해 AS내에서 Area라는 작은 단위로 묶여져 움직이며, 실상 같은 Area에 소속된 라우터끼리 Area의 네트워크 토폴로지를 공유한다.

[2] 암호화 되지 않은 Password

변경된 정보만을 전송함으로써 WAN과 같은 느린 연결에서도 대역폭을 효율적으로 운영할 수 있다.

### 11.1.6 효율적인 경로 선택

Hops 수를 기반으로 하여 최적 경로를 결정하며 전체 네트워크 토폴로지의 단편 정보[3] 만을 가지고 있는 RIP 프로토콜은 자신에게 전달된 IP 데이터그램을 우회 경로를 통하여 목적지까지 전송할 가능성이 많다. 이에 반해 OSPF는 같은 그룹내에 소속된 라우터들이 해당 그룹의 네트워크 토폴로지(전체 지도라 할 수 있다.)에 대한 정보를 가지고 있으며 또한 Cost를 기반으로 최적 경로를 선택함으로써 그림 1과 같이 실제 Hops수는 많지만 네트워크의 연결 속도가 빠른 경로를 선택하는 지능적인 메커니즘을 제공한다.

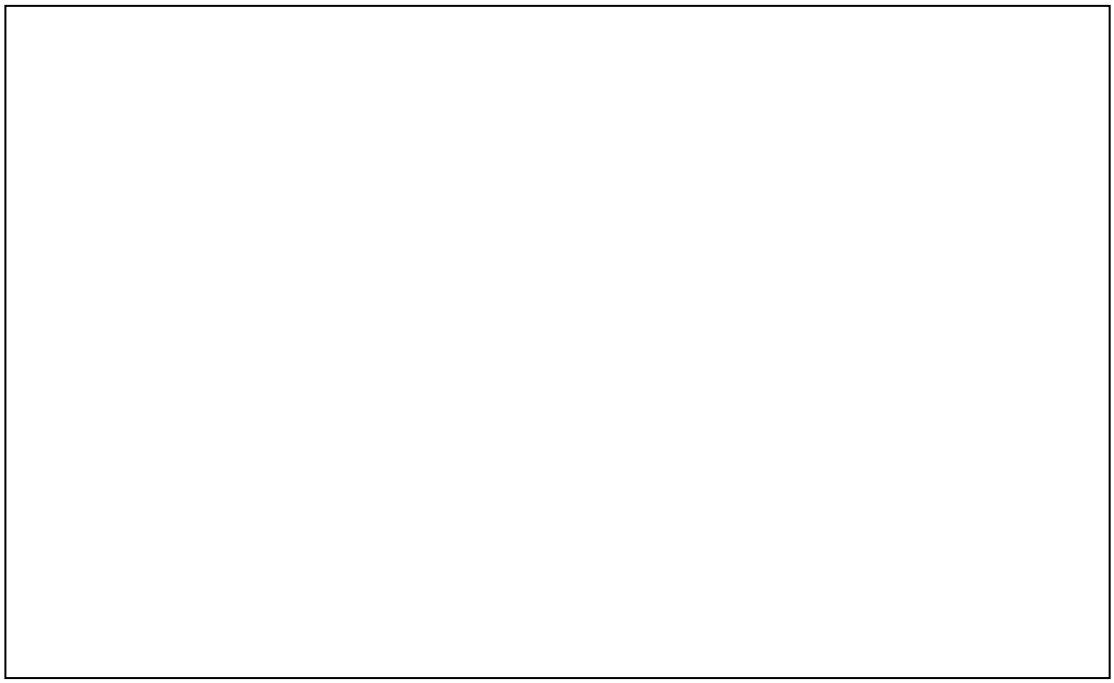

**그림 1 Cost를 기반으로하는 경로 선택**

## 11.2 OSPF 와 관련된 용어 정리

Link State 라우팅 알고리즘을 사용하는 라우팅 프로토콜들이 그러하듯이 OSPF 라우터들은 그림 2와 같이 자신이 소속한 그룹(Area)의 네트워크 토폴로지 정보를 각 라우터들이 전송한 Link state 데이터를 수집한 Link state database로부터 자신을 Root로 하는 Shortest Path Tree를 구성하여 데이터그램의 라우팅을 진행한다.

---

[3] RIP는 전체 네트워크 연결 상태에 대한 지도를 가지고 있는 것이 아니라 Next Hop 기반의 단편정보를 가지고 있다. 이는 Chapter 9에서 언급 했듯이 RIP의 라우팅 정보는 전체 도로의 지도가 아닌 교통 안내 표지판과 같은 구성을 하고 있기 때문에 가장 빠른 길이 아닌 우회 경로를 선택할 가능성이 많다.

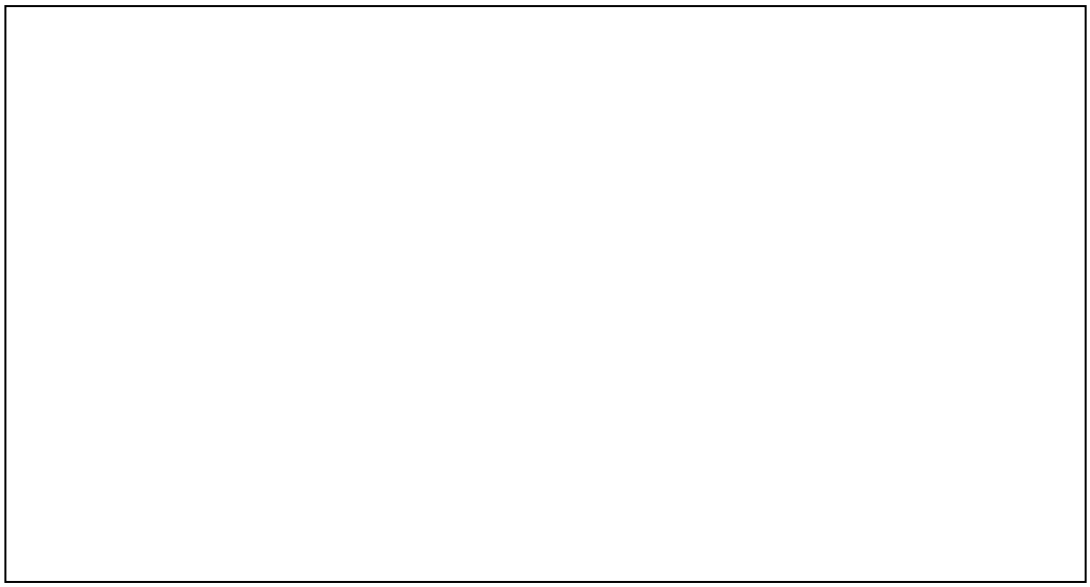

**그림 2 자신을 정점으로 하는 Shortest Path Tree**

또한 전체 구성 정보를 모든 라우터들이 공유하는 속성으로 인한 부하를 효율적으로 처리하기 위해 같은 AS안의 OSPF 라우터들은 Area라는 작은 그룹으로 묶여져서 운영된다. AS(Autonomous System)안에서 각 Area의 구성 토폴로지는 같은 area에 소속된 라우터들 끼리만 공유함으로써 AS내의 라우팅 정보 교환으로 인한 트래픽과 라우팅 정보 구성을 위한 라우터들의 부하를 최소화하는 효과를 제공한다. 물론 Area안에서의 라우팅은 Area의 독자적인 라우팅 토폴로지를 기반으로 진행한다.

이번 단원에서는 같은 Area안의 OSPF라우터들이 어떠한 방식으로 자신의 Link 상태에 대한 정보를 구성하며, 이를 토대로 한 Link state database의 구성 원리와 Shortest Path Tree의 개념과 라우팅 테이블의 각 항목에 대한 내용을 소개하고자 한다.

### 11.2.1 일단 단어정리[4]부터

OSPF 라우팅을 학습하기 전, OSPF 라우팅에서 사용되는 용어에 대한 이해부터 시작하자. OSPF 라우팅 프로토콜에서 사용되는 각종 용어에 대한 내용은 다음과 같다.

**A. Autonomous System(AS)**

같은 라우팅 프로토콜을 사용하여 라우팅 정보를 교환하는 라우터들의 그룹

**B. Interface(link):**

라우터와 라우터가 접속하고 있는 하나의 네트워크와의 연결. 각 인터페이스는 하위 계층(Low level) 프로토콜과 라우팅 프로토콜에 기반하여 습득한 상태 정보를 가지고 있다.

---

[4] 여기에서 소개되는 용어에 대한 정의는 RFC 2383과 www.cisco.com의 내용을 인용함.

Unnumbered Connection[5] 상태가 아니라면 각 인터페이스는 고유한 IP 주소와 서브넷 마스크 정보를 가지고 있다.

**C. Link State**

라우터의 인터페이스와 같은 물리적 네트워크에 연결된 다른 라우터와의 연결 상태(두 라우터간의 연결 상태). 이러한 연결 상태에 대한 정보는 라우터 사이에서 Hello 패킷의 교환을 통해 구성되며 이 정보는 LSA(Link State Advertisements) 패킷에 실려 다른 라우터로 전달된다.

**D. Router ID**

OSPF 라우터에 할당되는 32bits 길이의 번호. 이 번호는 AS안의 각 라우터에 유일하게 부여되어 라우터의 신분 정보로 활용된다.

**E. Hello**

이웃한 라우터간의 연결상태를 구성하고 점검하는 프로토콜

**F. Network**

IP Network/ subnet/ supernet. 나의 물리 네트워크에 여러 개의 Network 혹은 서브넷 ID를 부여한 상태이면 이 단원에서는 여러 개의 네트워크로 본다. 단 Point to Point 연결은 예외.

**G. Area**

AS안에서 같은 Area ID를 가진 라우터들의 그룹. 같은 Area에 소속된 OSPF 라우터들은 같은 Link State 정보를 공유한다.

**H. Cost**

각 Link의 등급의 나타내기 위해 부여된 값(Metric). Cost는 주로 라우터의 Outbound 인터페이스 쪽의 연결 속도에 준하여 부여된다.

**I. Neighborship Database**

라우터가 상호 통신을 하는 이웃 라우터들의 목록

**J. Link-state Database(Topology database)**

네트워크안의 다른 모든 라우터들의 Link-state 정보에 대한 목록. 각 라우터들이 전송한 LSA가 조합되어 구성되며 같은 Area안의 라우터들은 동일한 Link-state database를 가지고 있다.

**K. Routing Table**

Link state database에 Shortest Path First(SPF, Dijkstra[6] 알고리즘)알고리즘을 적용하여 구성한 Forwarding database. OSPF 라우팅 테이블의 내용은 각 라우터마다 다르게 구성된다.

---

[5] Point to Point로 연결된 Serial 인터페이스에 IP 주소를 부여하지 않고 Ethernet 인터페이스에 부여된 IP 주소를 함께 사용하는 방법.

[6] 독일의 컴퓨터 학자. Link State 알고리즘을 개발

**L. Broadcast Networks**

이더넷과 같이 여러 대의 라우터가 연결될 수 있으며 공유된 매체를 통해 하나의 이진 신호가 전체 노드에 전송되고, 하드웨어 주소에 의해 해당 신호의 목적지가 구분되는 네트워크.

**M. Point to Point Networks**

T1 전용회선이나 전화선과 같이 두 쌍의 라우터가 연결되어 있는 네트워크.

**N. Non Broadcast Multiple Access(NBMA) networks**

이더넷과 같이 여러 라우터들이 연결될 수 있으나 Broadcast는 지원하지 않는 네트워크. Frame Relay, X. 25 등

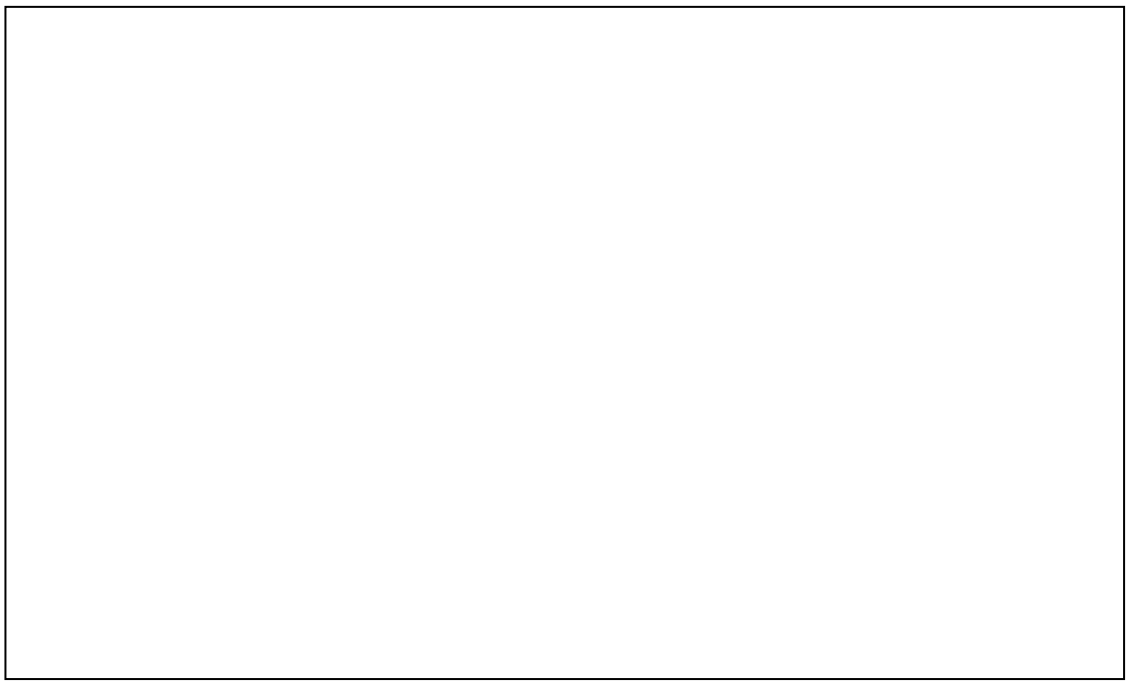

**그림 3 OSPF 라우터들의 Link Topology**

**O.Neighboring Router**

특정 라우터와 같은 네트워크에 연결되어 있는 라우터. OSPF라우터들은 이웃관계의 라우터들을 Hello 프로토콜을 사용하여 파악한다.

**P. Adjacency**

라우팅 정보를 교환하기 위하여 특정 이웃 라우터와 형성된 연결관계. 모든 이웃 라우터들이 상호간에 인접관계를 형성하는 것은 아니다.

**Q.Flooding**

OSPF 라우터 사이에서 Link-state database를 배포하고 동기화하기 위한 방법. 실제 OSPF 라우터들은 RIP와 달리 자신에게 수신된 LSA 패킷에 자신의 정보를 첨부하지 않고 그대로

Flooding한다.

**R. Designated Router**

최소 두 대이상의 라우터가 연결된 Broadcast나 NBMA 네트워크는 라우터들 사이에서 Designate Router를 Hello 패킷의 교환을 통해 선출한다. Broadcast 네트워크와 같이 여러 대의 OSPF 라우터가 같은 네트워크에 연결되어 있는 상대에서 어떠한 통제가 이루어지지 않는다면 해당 네트워크에 참가한 모든 라우터들은 서로 인접관계(adjacency)를 형성하려 할 것이다. 예를 들어 네트워크에 6대의 라우터가 연결되어 있고 통제가 이루어지지 않는다면 해당 네트워크에는 모두 15개의 Adjacency가 형성되어 불필요한 LSA 패킷이 발생되고, 또한 확장성도 매우 떨어지게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 모든 Multiple Access네트워크에서는 선출된 Designate Router만이 다른 이웃 라우터들과 인접관계를 형성하도록 구성한다. Designated Router는 다른 이웃 라우터들이 Link state Database를 동기화하는데 허브의 역할을 수행한다.

**S. Lower-Level Protocols**

IP 프로토콜이나 OSPF 메시지를 전달하여 주는 Network Access 프로토콜. 예를 들어 이더넷, Frame Relay 등.

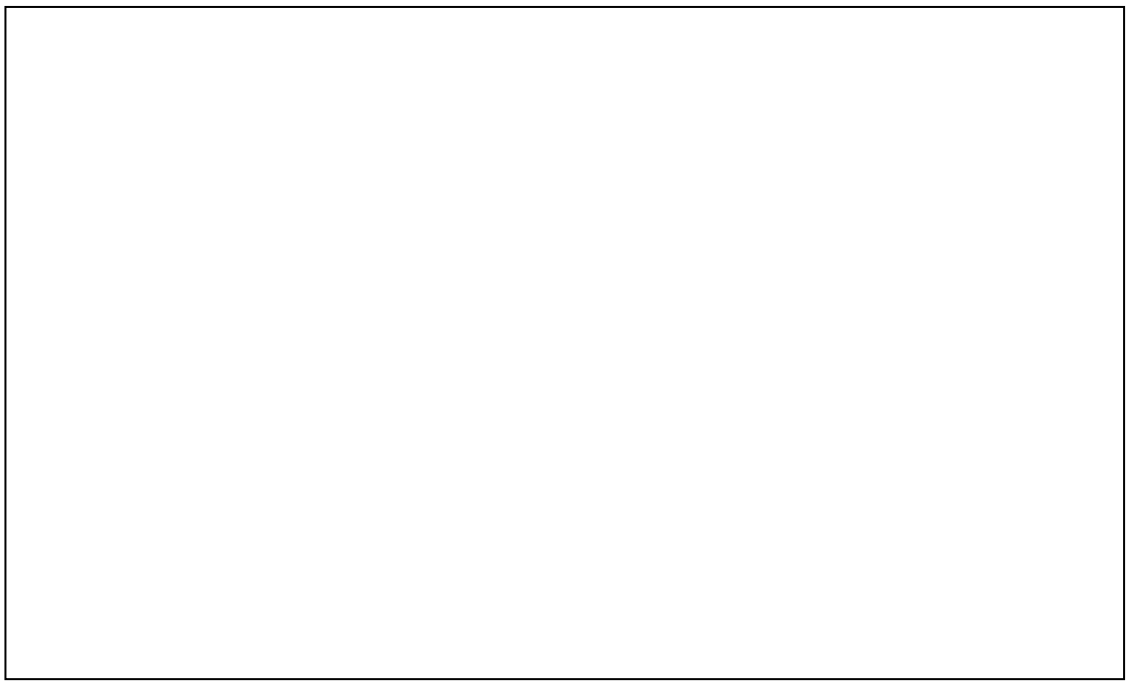

**그림 4 OSPF의 구성요소**

여기에 설명된 모든 용어들은 이 Chapter가 진행되는 동안 좀 더 자세히 소개가 되므로 지금은 개략적인 이해만 하기 바란다.

이제 단일한 Area안에서 OSPF 라우터들이 어떠한 방식으로 라우팅 정보를 구축하는 지 살펴보도록 하자. 단 항상 명심해 두어야 할 것은 OSPF는 Link state 라우팅 프로토콜이라는 점이

다. 즉 Distance Vector방식과 같이 단편 정보를 가지고 있는 라우팅 테이블(흔히들 우리가 접한)을 머리속에 그리면서 이 단원을 공부하면 도저히 이해가 되지 않는 부분이 생길 것이다. OSPF 라우터들은 자신이 소속한 Area에 대한 지도를 가지고 라우팅을 한다는 점을 다시 한번 상기하기 바란다.

어떠한 형태의 네트워크에 연결이 되었던지 OSPF 라우터가 라우팅 정보를 구축하고 관리하는 프로세스는 다음과 같이 나뉘어 진다.

1. 이웃 라우터의 연결 상태 파악
   OSPF라우터들은 초기화 과정에서 자신과 Link관계를 맺고 있는 라우터들을 Hello 프로토콜을 이용하여 검색을 한후 적절한 방법을 거쳐 인접관계를 형성한다.

2. LSA 패킷의 전송
   Hello 프로토콜을 이용하여 Link state에 대한 검색이 완료된 OSPF라우터들은 자신의 Link State 정보를 LSA 패킷에 담아 인접 라우터들에게 전송한다.

3. 수신된 LSA로 Link State Database를 구축하고 이를 통한 라우팅 테이블 구성
   같은 Area에 속한 라우터들의 LSA 패킷을 수신한 각 OSPF 라우터들은 Link State Database를 구축하고 이를 토대로 자신을 정점으로 하는 Shortest Path Tree를 구성한 후, 라우팅 테이블을 구축한다.

**여기서 잠깐**

이웃(Neighbro)와 인접관계(Adjacency)?

우리가 사는 아파트 단지를 AS라고 비유를 한다면 동은 Area라고 할 수있다. 복도형의 아파트라면 같은 층에 사는 각 호들이 복도 하나를 공유하고 있는데, 이러한 관계를 Neighbor라고 생각하면된다. 하지만 neighbor라고 해서 모두 친하게 지내는 것은 아니다. 같은 층에 있더라도 같이 술도 마시고 애경사를 공유하며 빈번하게 반찬등의 정보를 공유하는 이웃들과의 관계를 Adjacency라고 생각하면 쉽게 이해가 될 것이다.

### 11.2.2 OSPF 패킷의 구조[7]

[7] 여기서는 일반적인 구조에 대한 설명을 하고 세부 사항은 각 타입별 OSPF 패킷 설명에서 소개됨.

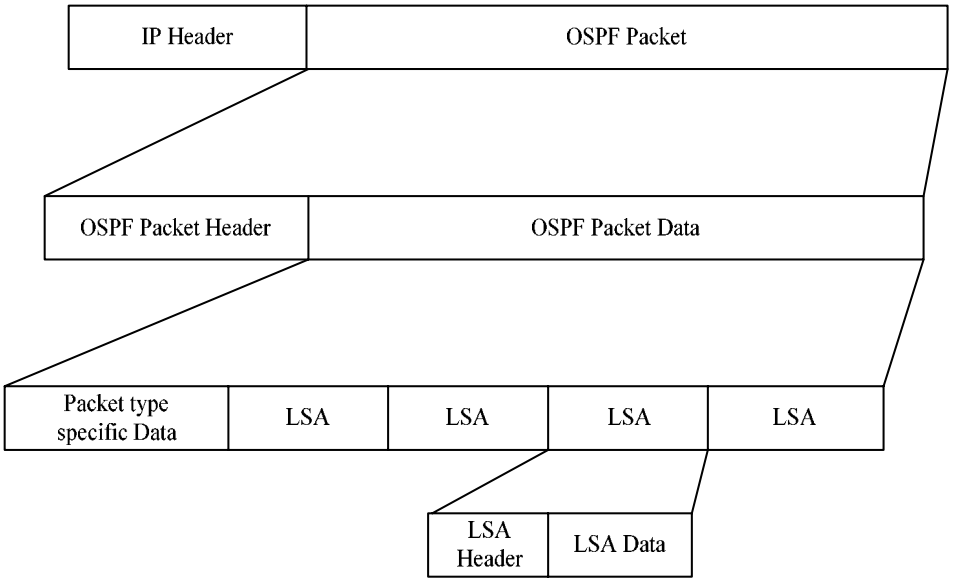


**그림** 5 OSPF **패킷의 구조**

OSPF 패킷은 마치 양파와 같은 구조로 헤더 정보 등으로 겹겹이 둘러 싸여 있다. 그림 5에서 보듯이 IP 데이터그램에 실려 전송이 되는 OSPF 패킷은 각 5개 타입의 헤더(표 1참조)를 가지고 있으며 각 타입별 헤더는 같은 구조를 가지고 있다. 또한 각 타입별로 고유한 OSPF 데이터를 보유하고 있는데 이에 대한 내용은 추후 해당 타입에 대한 설명에서 자세히 다루기로 하고 이 단원에서는 OSPF의 헤더 부분만 설명하고자 한다.

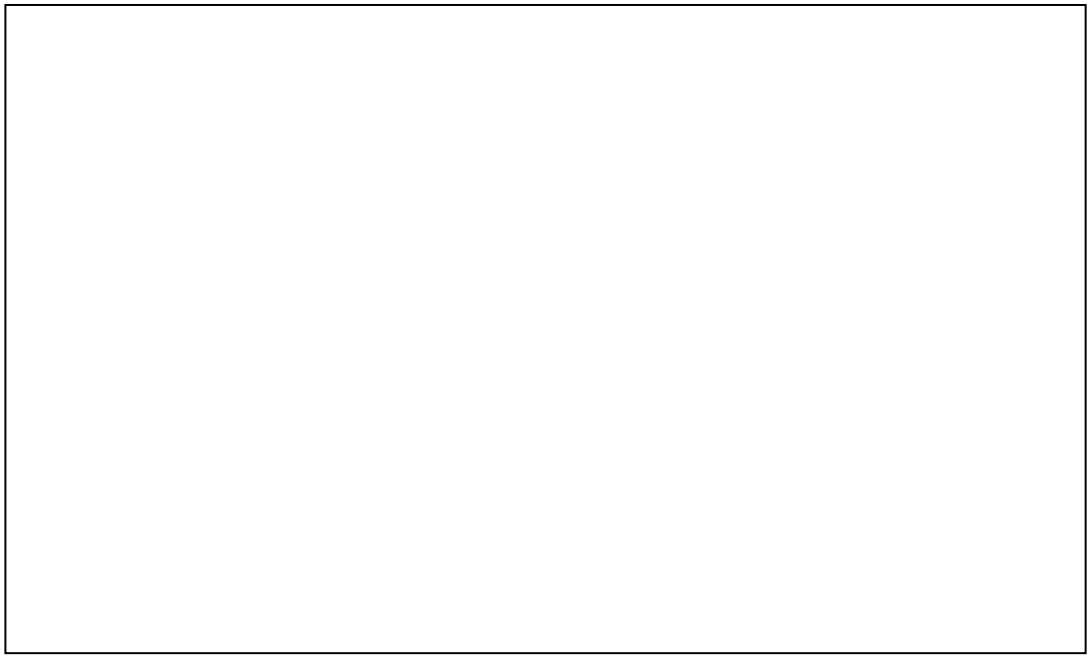

**그림** 6 OSPF Packet Header

- Version No.: OSPF의 버전을 나타냄
- Type: OSPF 패킷이 어떠한 용도 사용되고 있는가를 나타낸다.

| Type | Description |
|---|---|
| 1 | Hello |
| 2 | Database Description |
| 3 | Link State Request |
| 4 | Link State Update |
| 5 | Link State Acknowledgment |

**표** 1 OSPF Type Value

- Packet Length: OSPF 프로토콜 패킷의 길이를 나타냄. 단위는 byte. 이 길이에는 OSPF의 헤더값까지 포함됨
- Router ID: 해당 패킷을 전송한 라우터의 ID
- Area ID: 32bits의 길이로 이 패킷이 소속된 Area를 나타냄.
- Authentication type: OSPF 라우터들간의 인증에 어떠한 방법을 사용할 것인지를 나타냄.

| Authentication Type Value | Description |
|---|---|
| 0 | 인증을 하지 않음(Null Authentication) |
| 1 | 암호화 되지 않은 Password(Simple Password) |
| 2 | 암호화된 인증(Cryptographic MD 5 Authentication) |
| All Others | 예약됨. |

**표** 2 Authentication Type

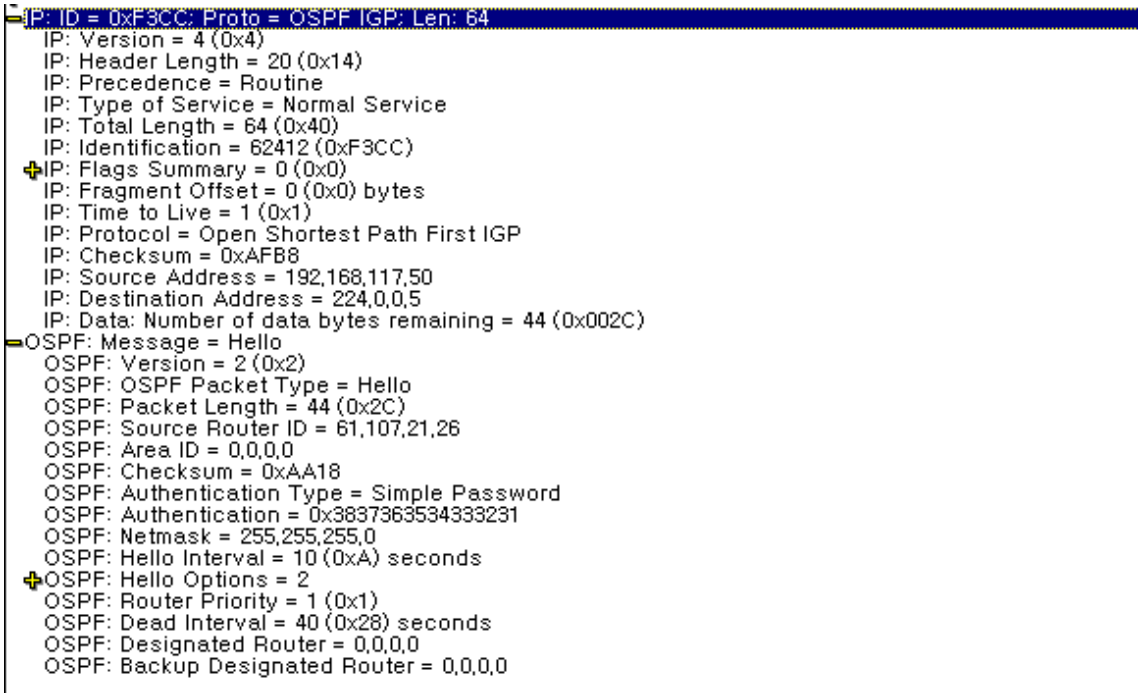


**그림** 7 IP Header and OSPF Header Format

그림 7에 OSPF Hello 패킷을 예로 OSPF 패킷의 구조를 보여 주고 있다. 여기서 유의하여 볼 사항은 IP 헤더의 TTL 값이 1로 설정되어 있다는 것이다. 이는 실제 OSPF 패킷이 자신과 네트워크를 공유하고 있는 이웃들에게만 전송될 뿐, 이 패킷자체가 라우팅 되지 않는 다는 것을 확인시켜준다. 실제 Flooding단원에서도 다루겠지만 OSPF 패킷은 그림과 같이 멀티케스트를 사용하여 전송되며 이 메시지의 목적지는 자신과 같은 네트워크를 공유하고 있는 라우터로 한정된다.

## 11.3 OSPF Operation

### 11.3.1 OSPF 라우터의 초기화 과정

OSPF 프로토콜은 각 라우터들의 Link State의 교환으로 라우팅 정보를 구축하기 때문에 사전에 인접 라우터들을 파악하는 과정을 거쳐야 한다. 즉 OSPF 라우터들이 초기화 되면 이들은 Hello 패킷을 멀티케스트로 전송하여 자신과 네트워크를 공유하고 있는 OSPF 라우터들을 검색한다.

Neighbor Relationship의 구축과 관리를 담당하는 Hello 패킷은 멀티케스트 IP 주소인 224.0.0.5(AllSPFRouter Address)를 사용하여 정기적으로 전송된다. Hello 패킷의 구조는 그림5와 같다.

#### A. Hello Protocol의 구조

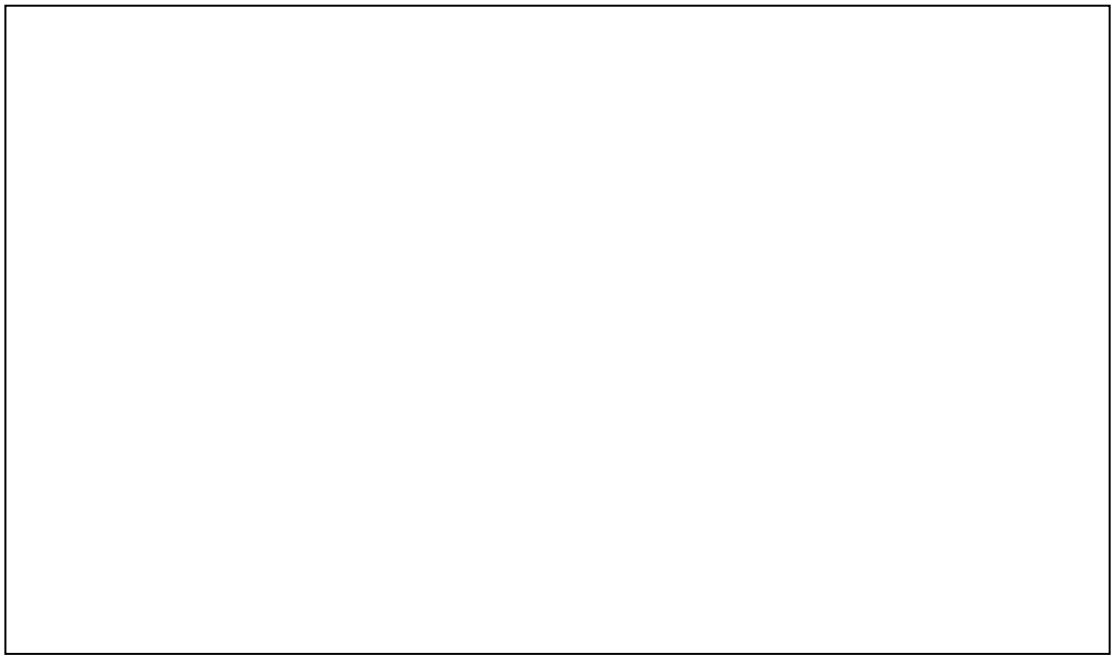

**그림** 8 Hello Packet Format

- Router ID: 32bits의 길이를 가지는 Router ID는 AS내에서 해당 라우터를 구분하는 값이 된다. 보통 활성화된 인터페이스의 IP 주소중 높은 값을 가진 IP 주소가 Router id가 된다. 예를 들어 2개의 인터페이스를 가진 OSPF 라우터의 각 인터페이스 IP 주소가 192.168.1.1과 192.168.12.1이라면 192.168.12.1이 Router ID가 된다.
- HelloInterval: OSPF 라우터가 Hello 패킷을 전송하는 간격. 초(Multi access Network에서 기본값은 10초)
- Router Priority: 8 bits의 길이를 가지는 이 항목은 OSPF 라우터들간에 Designated Router(이하 DR)과 Backup Designated Router(이하 BDR)을 선출할 때, 자신의 우선 순위를 나타낸다. 우선 순위의 값이 높은 라우터가 보통 DR이나 BDR로 선출된다. 브로드케스트 네트워크에 연결된 OSPF 라우터들은 라우팅 프로토콜로 인한 트래픽을 최소화하고 효율적인 라우팅 정보 관리를 위해 자체적으로 DR과 BDR 선출과정을 진행한다.
- Router Dead Interval: OSPF 라우터들이 일정한 시간동안 이웃 라우터로부터 Hello 메시지를 수신하지 못하면 해당 라우터가 다운되었다고 판단하는 데, 이 시간 간격을 Dead Interval이라고 한다. 기본적으로 Dead Interval은 Hello interval의 4배이다.
- Neighbors: 양 방향의 교류관계를 수립한 이웃 라우터. 양 방향의 교류, 통신 관계란 이웃 라우터에서 수신한 Hello 패킷안에서 자신의 정보를 볼 수 있는, 즉 서로의 정보 교환에 대한 연결관계를 수립했음을 말한다.

- DR and BDR IP address: 특정 네트워크에서 DR과 BDR로 선출된 라우터들의 IP 주소.
- Authentication Password: OSPF라우터들 간의 인증을 위한 암호. 만약 인증을 통한 라우팅 정보교환을 설정하였다면, 두 라우터의 Password는 동일하여야 한다.

### B. 이웃들에 대한 파악

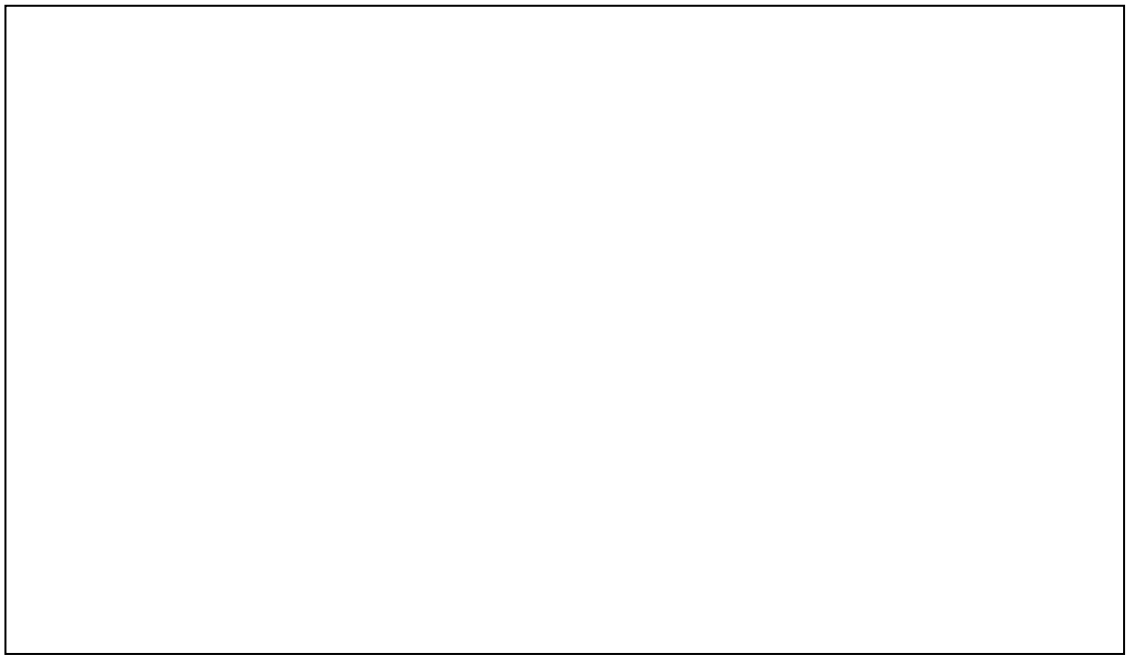

**그림** 9 OSPF Exchange Process

네트워크에 인터페이스를 연결하고 활성화한 OSPF 라우터는 초기단계에서는 해당 Link에 대한 정보를 획득하기 위해 다음과 같은 과정을 진행한다.

1. 네트워크에 인터페이스를 연결하고 구동을 시작한 라우터 A는 해당 링크에 대한 정보가 없기 때문에 *Down State*가 된다. 이 상태에서 라우터 A는 자신이 연결된 네트워크에 다른 라우터가 있는 지 파악하기 위해 Hello 패킷을 멀티케스트한다. "안녕하세요, 이번에 이사온 라우터 A라고 합니다."
2. 이 메시지를 수신한 다른 OSPF 라우터들은 라우터 A를 자신의 Neighbor 목록에 추가를 한다. 이 상태를 *Init state*라 하며 이 상태로부터 이웃 라우터들은 서로의 존재를 파악하기 위한 추가 과정을 시작한다. "라우터 A가 이사를 왔군."
3. 라우터A의 Hello 패킷을 수신한 모든 라우터들은 Unicast로 라우터 A에게 Hello 패킷을 전송한다. 이 Hello 메시지에는 자신이 보유한 이웃 라우터들의 목록, 물론 라우터 A도 포함이 된, 을 포함하고 있다. "안녕하세요, 전 라우터 B입니다. 이 동네에는 좋은 사람들 많아요. 라우터 A도 있구요, 라우터 C도 있구요.."
4. 다른 라우터들로부터 Hello 메시지를 수신한 라우터 A는 이 메시지를 기반으로

자신의 Neighbor Database를 구축한다. 이 상태를 *Two way state*라 한다. 이 때 OSPF 라우터들은 자신의 이웃 목록에 있는 라우터들과 양방향의 통신관계를 수립하려고 한다. 이 단계는 아직 라우팅 정보에 대한 교환은 이루어 지지 않고 서로를 탐색하는 과정이다. "아 옆집에 이런 사람이 살고 있었군, 잘 지내봐야겠네." 라는 정도로 향후 교류를 위한 준비과정이라 할 수 있다. 실제 우리 집 주변에 이웃들이 있다고 하지만 서로 인사만 할 뿐, 어떠한 정보의 교환은 이루어 지지 않는 상황을 생각하면 된다.

자 새로 이사온 집 주변에 살고 있는 이웃들과 인사를 했다면, 이제 필요한 일은 그들과 일정한 정보를 교환하기 위한 인접관계를 형성하는 것이다. 그런데 문제가 하나 있다. 만일 복도식 아파트가 아닌(Broadcast Network) 계단식이라면, 이웃집과 바로 Point to Point로 연결되어 있기 때문에 별문제가 생기지 않지만 복도식이라면 모든 집과 인접관계를 형성하다보면, 날마다 같이 술을 먹거나 이야기를 하느라 정신이 없을 것이다. (실은 필자의 주거환경이 그렇기 때문에..^^) 그래서 NBMA 환경에서는 (물론 Point to Point관계일지라도 호칭 정리는 하지 않는가? 누가 형님이 될지..^^) 과도한 인접관계로 인한 부하를 줄이기 위한 과정이 하나 더 들어가 있다. 바로 복도, 혹은 라인의 대표를 뽑는 일이다.

### C. Designated Router and Backup Designated Router

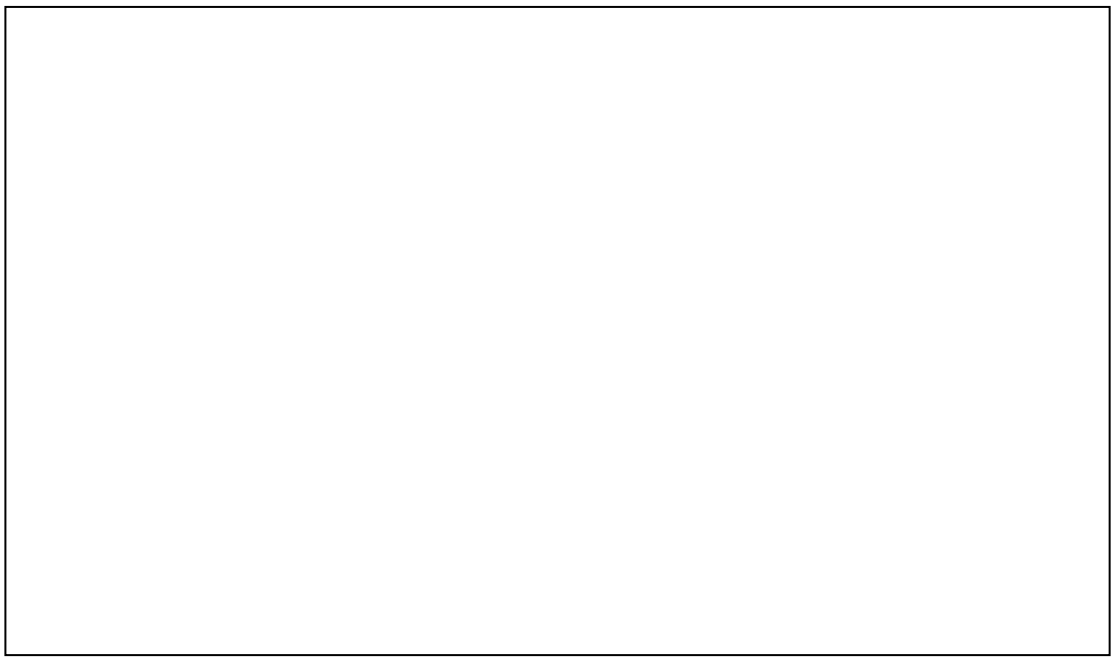

**그림 10 DR과 BDR이 없는 상태에서의 혼잡한 인접관계**

OSPF 라우터들은 이웃 라우터들과 인접관계(Adjacency)를 형성하여 이를 통해 라우팅 정보를 교환한다. 즉, 단순히 같은 연결을 공유하고 있는 이웃이라 하더라도 인접관계가 형성되지 않으면 서로 LSA를 주고 받지 않는다. 그런데 만일 OSPF 라우터들이 Point to Point 네트워크가

아닌 Multiple Access(이더넷 등과 같은) 네트워크에 연결되어 있고 인접관계에 대한 통제가 되지 않는다면 그림 8과 같이 네트워크에 연결된 모든 라우터들이 인접관계를 형성하여 라우팅 정보를 교환하기 위한 트래픽이 과도하게 증가할 것이다. 또한 인접관계가 그림과 같이 매쉬형태로 구성되면 OSPF 라우터에 Convergence와 라우팅 정보관리에 불필요한 부하가 생길 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 OSPF 라우터들은 네트워크내에 특정 라우터에 Link state에 대한 동기화와 인접관계를 관리할 Designated라우터를 선출하고, Designated Router하고만 인접관계를 형성한다. 또한 Designated Router가 문제가 발생할 경우를 대비하여 Backup Designated Router도 선출하여 인접관계를 형성한다. BDR은 Link State에 대한 정보를 수신하기는 하지만 DR이 작동중일 경우는 아무런 작업도 수행하지 않는다. DR과 BDR의 개념은 네트워크에 다음과 같은 효과를 제공한다.

- 라우팅 업데이트 트래픽의 감소
  그림 9과 같이 DR과 BDR에만 인접관계를 형성함으로써 OSPF 라우터들은 그림 8에서와 같이 무분별한 인접관계로 인하여 증가된 라우팅 정보 교환 트래픽을 일정정도 감소시키는 효과를 가져올 수 있다.

- Link-state 동기화의 관리
  DR과 BDR은 네트워크에 연결된 모든 라우터들이 같은 Link state 정보를 가지고 있다는 것을 확인하고 관리함으로써 잘못된 경로 정보로 인한 에러 확률을 감소시킨다.

DR과 BDR의 선출과정은 Router의 Priority에 근거하여 다음과 같이 진행된다.

- Priority가 높은 라우터와 그 다음으로 높은 라우터가 DR과 BDR로 선출된다.

- 만일 라우터의 Priority가 같을 경우는 라우터 ID가 높은 라우터가 DR로 선출된다.
  OSPF 인터페이스의 기본 우선순위 값은 1로 설정되어 있다. 만일 설정 값을 변경하지 않고 라우터를 네트워크에 연결한 경우는 라우터들간에 서로의 라우터 ID를 비교하여 높은 값을 가지고 있는 라우터가 DR로 선출된다.

- 우선 순위 값을 “0”으로 설정하면 DR이나 BDR로는 작동하지 않도록 라우터 구성이 된다. (DR이나 BDR이 아닌 라우터를 “Drother”이라 한다.)

- 우선 순위가 높은 라우터가 새롭게 네트워크에 연결되더라도, 그 라우터가 DR이 되지는 않는다. 단지 DR이나 BDR이 다운된 경우, 새로운 DR이나 BDR이 선출된다.

BDR은 DR의 작동 여부를 확인하기 위한 타이머를 가지고 있는데, 만일 일정 기간 동안 DR로부터 LSA가 수신되지 않는다면 BDR은 DR이 다운되었다고 판단한다.

이처럼 Multiple Access 네트워크에서 OSPF 라우터들은 인접관계를 형성할 때, DR 혹은 BDR의 존재를 확인하고 만일 DR, BDR이 존재하지 않는다면 선출과정을 거쳐 DR을 선출한 후 인접관계를 형성한다.

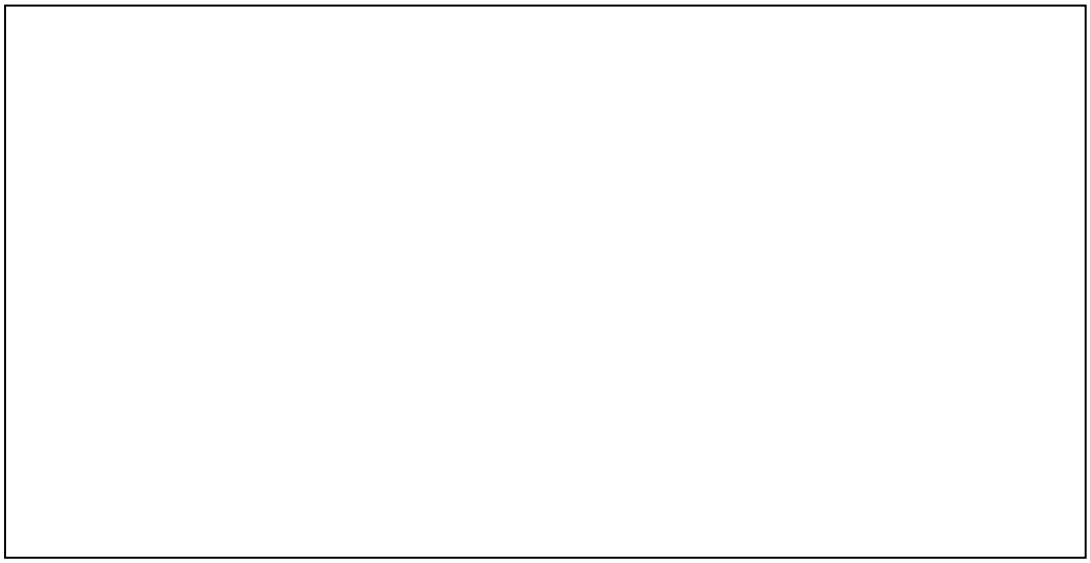

그림 11 Broadcast 네트워크에서의 DR/BDR

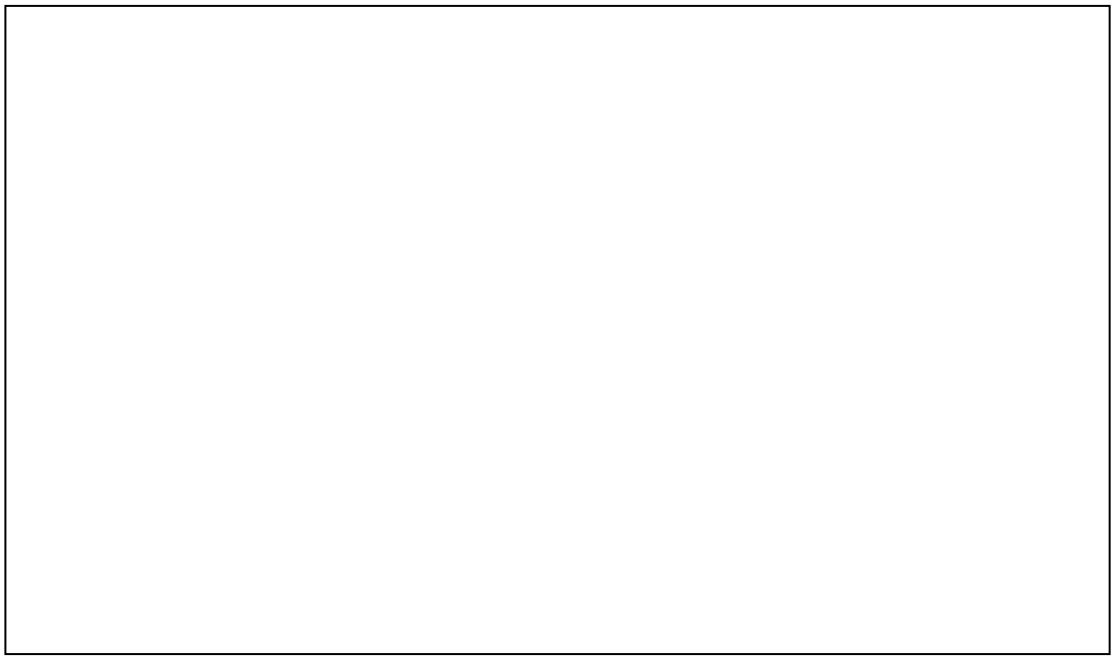

그림 12 NBMA 네트워크에서의 DR

### D. 인접관계의 형성[8]과 데이터의 교환

DR과 BDR이 선출되면 OSPF 라우터의 인터페이스는 exstart state가 된다. Exstart state에서 DR과

[8] Point to Point 연결에서는 단 두대의 라우터만이 연결을 구성함으로 DR/BDR의 개념이 적용되지 않고 인터페이스의 상태는 Point to point로 구성된다.

BDR은 네트워크의 각 라우터들과 인접관계를 형성한다. 이때 라우터의 라우터 ID를 기반으로 인접관계에서의 마스터(Master)와 슬레이브(Slave) 역할을 규정하고 (라우터 ID가 높은 라우터가 마스터가 된다.) 라우팅 정보를 교환할 준비를 한다. Exstart state에서 라우터들은 향후 교환할 라우팅 정보에 대한 Sequence No. 를 결정하여 항상 최신의 정보를 확인할 수 있도록 보장한다.

그 후 마스터와 슬레이브 라우터는 서로 Database Description 패킷(DBD)을 교환하고 이 때 라우터의 상태는 exchange state가 된다. 그림 11에서 볼 수 있듯이 DBD에는 라우터의 Link state 데이터베이스에 저장되어 있는 LSA의 요약 정보가 입력되어 있다. 이 요약정보(LSA Header)에는 Link-state의 타입과 이를 전파하는 라우터의 주소, LSA의 Sequence Number등이 저장되어 있다. LSA의 Sequence 번호는 수신 라우터가 해당 정보가 자신이 보유한 정보보다 더 최신의 것인지를 판단하는 기준이 되며 DD Sequence 번호는 데이터베이스 동기화 과정에서 모든 Database Description 정보를 수신했는지를 확인하는 수단이 된다.

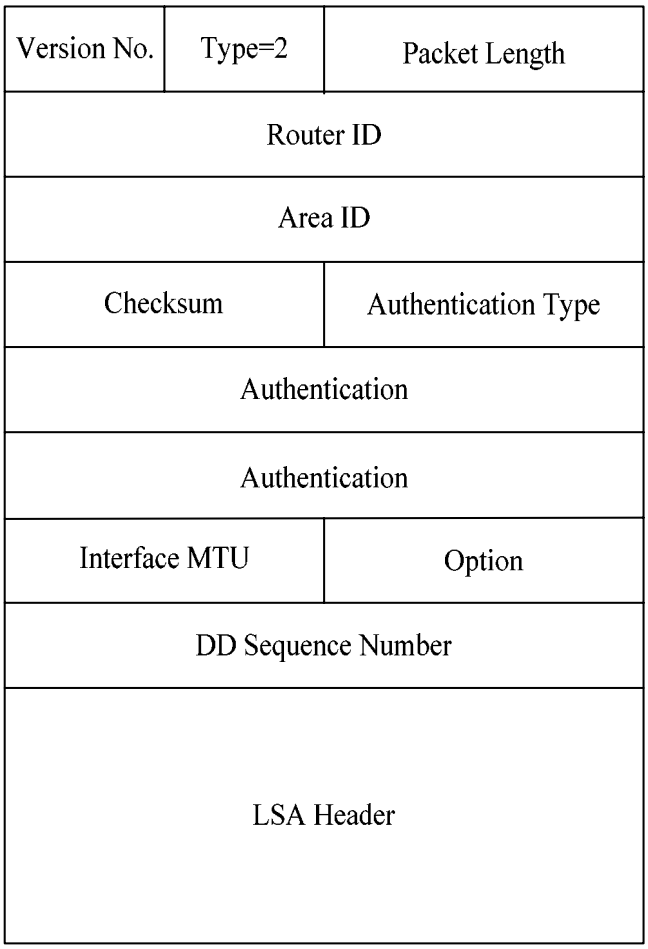


**그림** 13 Database Description Packet Format

- Interface MTU: 해당 인터페이스의 MTU 사이즈가 입력된다. 만일 Database Description 패

킷이 Virtual Link를 통해 전송되는 경우 이 값은 0으로 설정된다.

- Options:
  I-bit: 초기 상태를 나타낸다. 만일 이 항목이 1로 설정되어 있으면 전체 Database Description 패킷중 가장 첫번째임을 나타낸다.
  M-bit: More bit. 이 항목이 1로 설정되어 있으면 추가로 Database Description 패킷이 있음을 의미한다.
  MS-bit: Master/Slave bit. 1로 설정되어 있으면 데이터베이스 교환 과정에서 해당 라우터가 마스터 임을 나타낸다.

- DD Sequence Number: Database Description 패킷의 순서를 나타낸다. 이 값은 모든 Database Description이 전송될 때까지 계속 증가한다.

DBD를 수신한 라우터는 이를 전송한 라우터에게 해당 DBD의 Sequence 번호를 담은 LSA Acknowledgement 메시지를 송신하여 자신이 이를 올바르게 수신했음을 알리고 DBD안에서 LSA에 대한 요약정보를 검색하여 만일 자신에게 없는 항목이 있거나, 자신이 보유하고 있는 데이터보다 업 데이트된 항목이 발견되면 송신 라우터에게 Link State Request 메시지를 전송하여 세부정보를 요청한다(*Loading state*). 또한 인접관계에 있는 라우터로부터 Link State Request메시지를 수신한 OSPF라우터는 해당 항목에 대한 세부 정보를 Link State Update 패킷에 실어 전송한다.

Link State Update 메시지를 수신한 라우터는 이 정보를 토대로 자신의 Link state database를 구축한 뒤 자신을 정점으로 하는 Shotest Path Tree를 만들고 라우팅 테이블을 구성한다. 이렇게 인접관계에 있는 라우터들의 라우팅 정보가 동기화된 상태를 Full state라 한다.

Full state가 된 라우터들은, 즉 라우팅 정보에 대한 동기화가 완료되면, Hello 패킷은 이웃관계에 있는 라우터들이 이상 유무를 나타내기 위한 기능을 가지게 되며, 네트워크 토폴로지의 변경이 없는 한 30분 마다 정기적으로 LSA에 대한 재 전송이 일어난다.

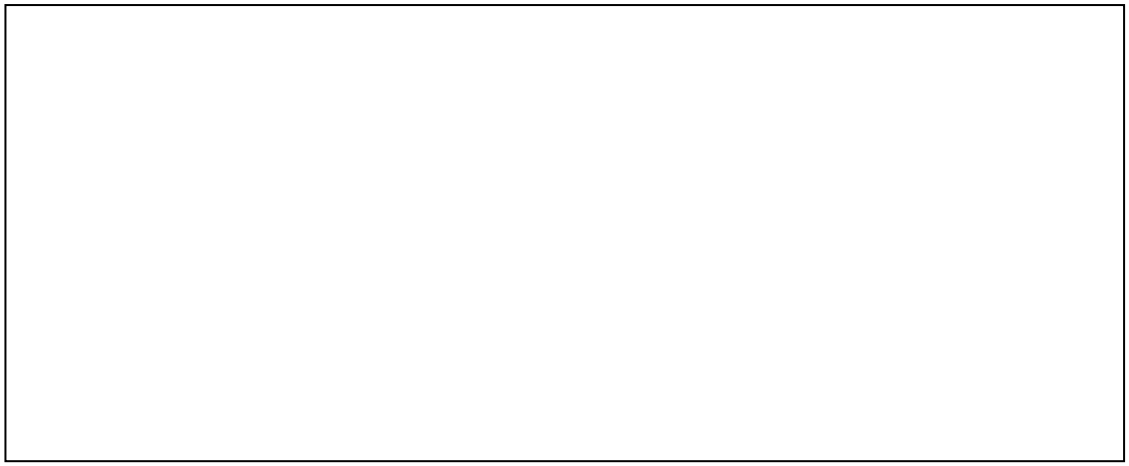

그림 14 인접관계의 형성과 라우팅 정보의 교환

### E. Dijkstra 알고리즘[9]에 의한 Shotest Path First Tree의 구성

인접 라우터로부터 LSA 정보를 모두 수신하고 Link State Database를 구성한 OSPF 라우터들은 이 데이터베이스에 Dijkstra 알고리즘을 적용하여 자신을 정점으로 하는 SPF Tree(Shortest Path First Tree)를 구성한다.

SPF Tree에 대한 이해를 돕기 위하여 특정 예제 네트워크 다이어그램을 가지고 이야기를 진행 해보자.

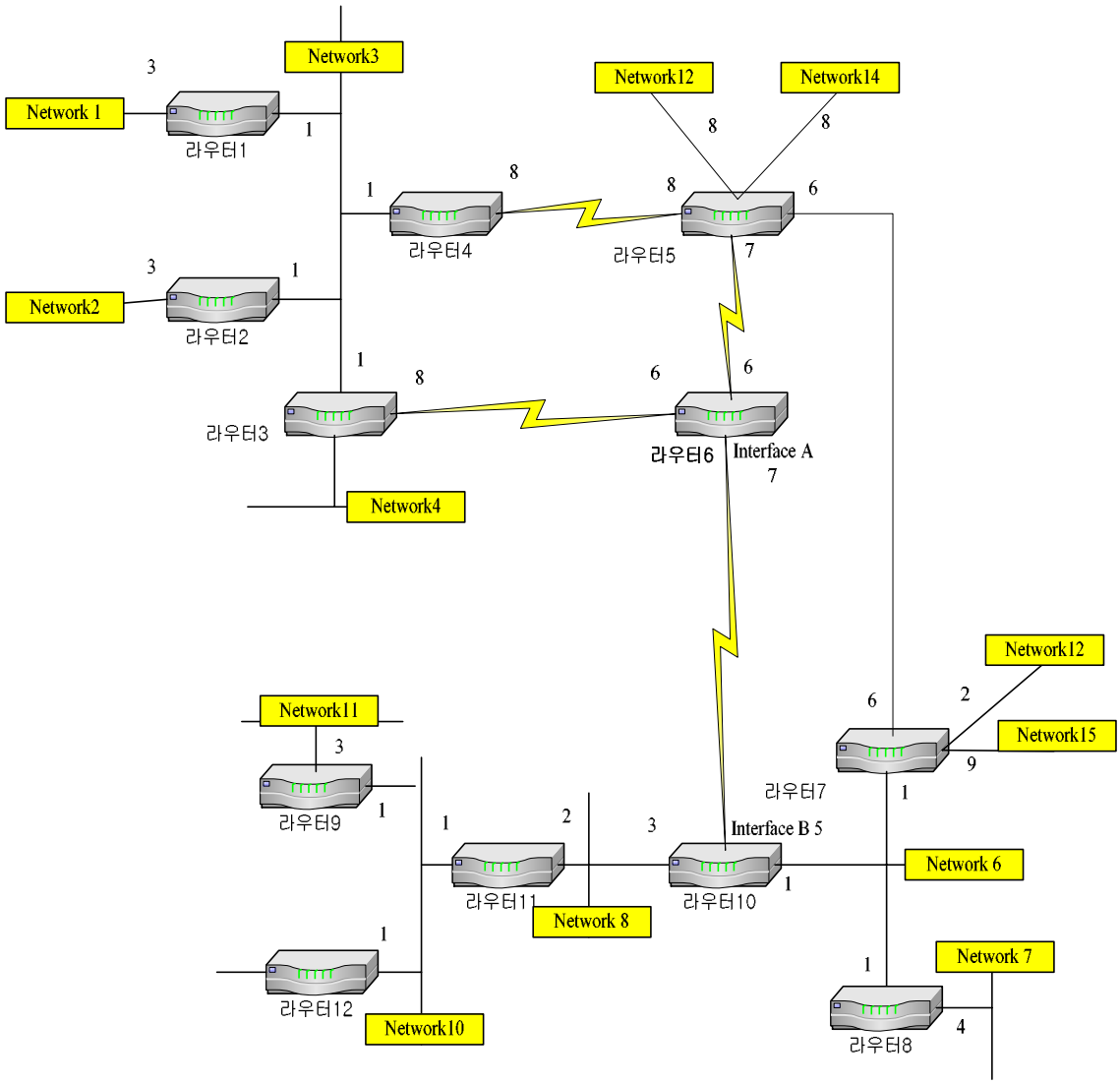


그림 15 Sample AS Diagram

그림 14와 같이 AS가 구축되어 있다고 가정을 하고 이 AS를 Area로 분리하지 않았다면 이

[9] Dijkstra 알고리즘에 대한 세부내용은 RFC 2328의 16.1 단원을 참조하기 바란다.

AS에 소속된 모든 라우터들이 Full state가 되면 모든 라우터들은 공통의 라우팅 정보를 가지게 된다. Dijkstra 알고리즘은 이러한 구성의 각 라우터 혹은 인터페이스를 점으로 보고 각 점간의 이동거리중 Cost가 낮은 거리를 계산하고 SPF Tree를 구성하는 방법이다.

위 다이어그램을 연결 Graph로 그려보면 표 3과 같은 결과가 산출된다.

| | | FROM | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TO | | Rt1 | Rt2 | Rt3 | Rt4 | Rt5 | Rt6 | Rt7 | Rt8 | Rt9 | Rt10 | Rt11 | Rt12 | N3 | N6 | N8 | N9 |
| | Rt1 | | | | | | | | | | | | | 0 | | | |
| | Rt2 | | | | | | | | | | | | | 0 | | | |
| | Rt3 | | | | | | 6 | | | | | | | 0 | | | |
| | Rt4 | | | | | 8 | | | | | | | | 0 | | | |
| | Rt5 | | | | 8 | | 6 | 6 | | | | | | | | | |
| | Rt6 | | | | | 7 | | | | | 5 | | | | | | |
| | Rt7 | | | | | 6 | | | | | | | | | 0 | | |
| | Rt8 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | |
| | Rt9 | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | Rt10 | | | | | | 7 | | | | | | | | 0 | 0 | |
| | Rt11 | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| | Rt12 | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | N1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | N2 | | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| | N3 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | N4 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | N6 | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | |
| | N7 | | | | | | | | 4 | | | | | | | | |
| | N8 | | | | | | | | | | 3 | 2 | | | | | |
| | N9 | | | | | | | | | 1 | | 1 | 1 | | | | |
| | N10 | | | | | | | | | | | | 2 | | | | |
| | N11 | | | | | | | | | 3 | | | | | | | |
| | N12 | | | | | 8 | | | | | | | | | | | |
| | N14 | | | | | 8 | | | | | | | | | | | |
| | N15 | | | | | | | 9 | | | | | | | | | |

**표** 3 Directed Graph (Rt: Router, N: Network)

표 3은 전체 AS의 네트워크 토폴로지를 보여준다. 위 표를 분석하는 방법은 행(FROM)에서

왼쪽의 열에 있는 구성 요소에 연결할 때 해당 블록에 채워진 값이 Cost를 말한다.

위의 표와 네트워크 다이어 그램을 예로 하여 라우터 12가 생성하는 LSA[10]는 다음과 같이 구성된다.

| | From | | | |
|---|---|---|---|---|
| To | | RT12 | N9 | N10 |
| | RT12 | | | |
| | N9 | 1 | | |
| | N10 | 2 | | |

**표 4 라우터 12의 라우터 LSA**

같은 라우팅 그룹내의 각 라우터가 송신한 표4와 같은 LSA를 취합하게 되면 OSPF라우터들은 표 3과 같이 전체 네트워크 토폴로지에 대한 정보를 획득하게 되고 이를 기준으로 그림 15와 같이 자신을 정점으로 하는 SPF Tree를 구성한다. 그림의 예에서는 라우터 6의 SPF Tree를 소개하고 있다.

[10] LSA는 단순한 라우터의 연결상태 정보만을 담고 있지 않다. LSA는 라우터 LSA와 네트워크 LSA 등으로 분류되는데 이에 대한 세부내용은 단원 11.5 LSA를 참조하기 바란다.

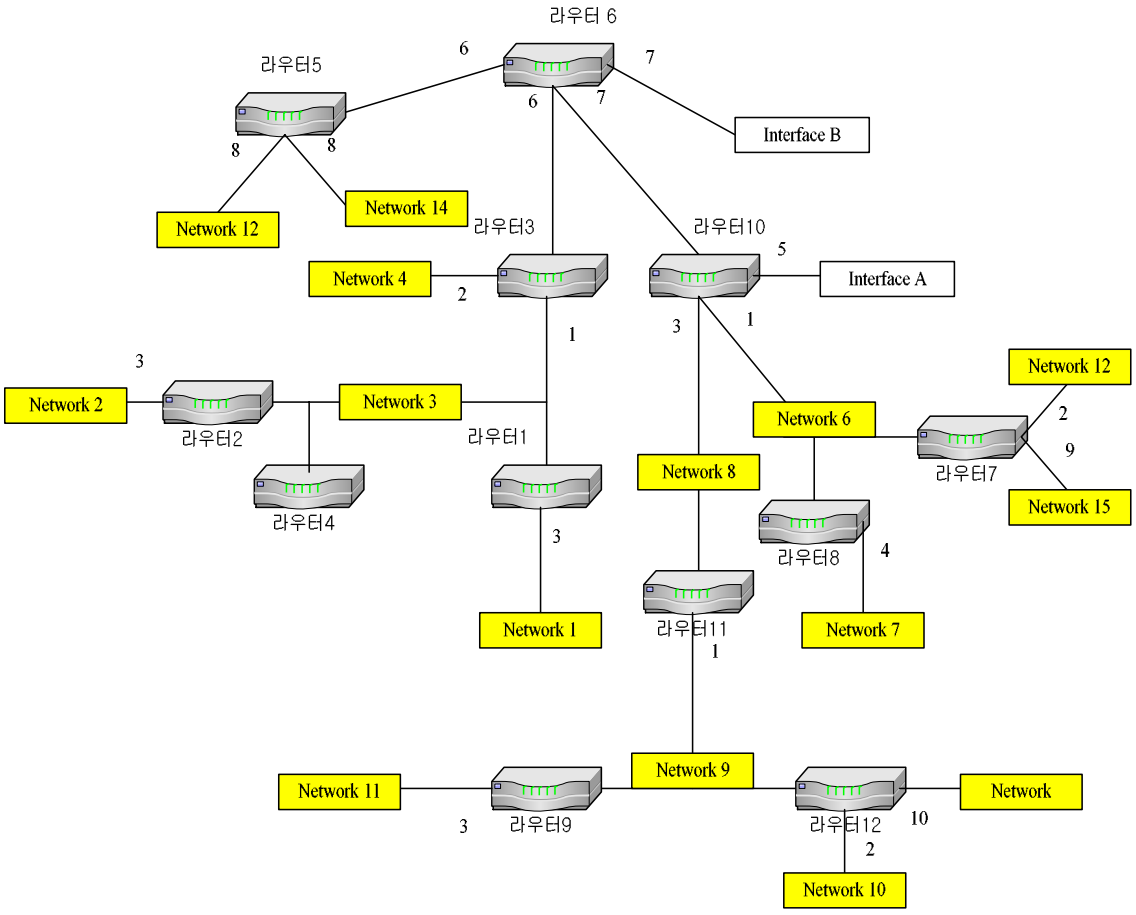


**그림 16 라우터 6의 SPF Tree**

그림에서 보면 알 수 있듯이 SPF Tree는 자신을 정점으로 하는, 예를 들어 우리가 놀이동산 같은 곳에 가서 약도를 보면 현재 위치를 기준으로 구성되어 있는 것과 같은, 지도와 같다. 그런데 유의할 것은 실제 이 지도는 네트워크의 물리적인 연결 상태가 아닌 Cost를 기반으로 한 경로 정보라는 것이다. 이렇게 SPF Tree를 완성하게 되면 OSPF 라우터들은 같은 라우팅 도메인내의 모든 목적지에 대한 경로 정보를 획득하게 되고 이를 기반으로 라우팅 테이블을 구성한다.

### F. SRF Tree를 기반으로 한 Routing Table 구성

자신이 소속한 전체 라우팅 도메인, 예를 들어, AS혹은 Area의 전체 지도를 확보한 OSPF 라우터는 해당 지도를 기반으로 Routing Table(Forward Table)을 구성한다. 이 때 LSU 메시지에 의해 Link State database를 완성하였더라도 OSPF 라우터들은 일정 간격을 대기한 후(기본값은 5초) 라우팅 테이블에 대한 연산을 시작한다. 그 이유는 예를 들어 PSTN 망을 통해 연결이 되었을 경우, 해당 링크가 일시적으로 다운되었다 정상으로 돌아온 상황이 발생했을 때, 당연히 이를 감지한 OSPF 라우터들은 LSU 메시지를 전송할 것이고, 이러한 상황까지 일일히

대처하면서 라우팅 테이블을 변경하게 되면 실제 OSPF 라우터가 받는 부하가 가중될 것이며 경로에 대한 신뢰도도 감소하기 때문이다.

사실 ospf 라우터들은 SPF Tree를 가지고 있기 때문에 별도의 라우팅 테이블 구성이 필요치 않을 것처럼 보인다. 그러나 실제 라우팅을 할때는 그림과 같은 세부 지도가 필요한 것이 아니라 어떤 목적지로 가려면 데이터그램을 어디로 포워딩한다는 정보만 있으면 되기 때문에 라우팅의 효율성을 위하여 라우팅 테이블(즉 Forwarding Table)을 구성하는 것이다.

OSPF 라우터들은 Cost가 같은 여러 경로에 대한 Load balancing을 지원한다. 즉 같은 목적지로 가는 여러 개의 경로가 같은 Cost[11]를 가지고 있을 경우, OSPF 라우터들은 해당 경로 정보를 모두 가지고 있으면서 IP 데이터그램을 분산하여 전송할 수 있는 기능을 가지고 있다.[12]

그렇다면 실제 라우팅 테이블은 어떤한 항목으로 구성되는 지 그림 15의 라우터 6가 구성한 라우팅 테이블의 내용을 살펴 보자.

| Destination | Next Hop | Cost |
|---|---|---|
| N1 | RT3 | 10 |
| N2 | RT3 | 10 |
| N3 | RT3 | 7 |
| N4 | RT3 | 8 |
| Interface A | RT10 | 12 |
| Interface B | | 7 |
| N6 | RT10 | 8 |
| N7 | RT10 | 12 |
| N8 | RT10 | 10 |
| N9 | RT10 | 11 |
| N10 | RT10 | 13 |
| N11 | RT10 | 14 |
| RT5 | RT5 | 6 |
| RT7 | RT10 | 8 |

**표 5 라우터 6의 라우팅 테이블**

그림 12에서 만일 라우터 5, 7, 12가 다른 AS로 연결된 라우터라고 가정을 한다면 라우터 6의

---

[11] 실제 RFC 2328에서는 Cost의 연산 방법에 대한 명시를 하고 있지는 않다. 여기서는 Cisco사에서 사용하는 Cost 계산법, 즉 $10^8$/대역폭을 사용한다. 즉 예를 들어 100M 이더넷의 경우 Cost=1이 된다.

[12] 시스코 라우터의 경우 기본적으로 4개의 같은 경로에 대한 Load Balancing을 지원한다. 물론 이 값은 6개 경로까지 증가시킬 수 있다.

라우팅 테이블은 표 5과 같이 구성된다[13].

OSPF 라우팅 테이블의 정보는 목적지의 형태에 따라 Network와 Router로 구분된다. 예를 들어 표5의 라우팅 테이블에 목적지 정보가 Nxx로 구성된 항목들은 Network entry로 RTx로 구성된 항목들은 Router Entry로 구분이 되며 이 둘을 분리하여 라우팅 테이블에 저장한다.

Network Entry는 실제 특정 데이터그램의 목적지에 따라 해당 패킷을 어디로 포워딩할 것인가에 대한 정보를 담고 있으며, Router Entry는 Area Border Router(ABR)나 AS Border Router(ASBR)에 대한 경로 정보이다. OSPF 라우터가 특정 데이터그램을 자신과 다른 Area나 AS로 전달해야 할 경우, 이들은 반드시 자신의 ABR이나 ASBR에 도달하기 위한 경로를 알고 있어야 해당 패킷을 외부로 전달할 수가 있기 때문에 이에 대한 경로 정보를 별도로 관리한다.

**Path Type의 분류**

또한 OSPF 라우터들은 특정 목적지로 가는 경로를 Intra Area, Inter Area, Type 1 External, Type 2 External 과 같이 4 등급으로 분류하여 취급한다. 이에 대한 세부 내용은 단원 11.6 Area 사이에서의 라우팅 정보 교환에서 살펴보기로 하고 여기서는 간단한 개념만 알아보자.

- Intra Area: 목적 네트워크주소가 OSPF 라우터가 소속한 Area내에 있는 경우
- Inter Area: 목적 네트워크 주소가 OSPF 라우터가 소속한 AS안에 있지만 같은 Area는 아닌 경우
- Type1 External: 목적 네트워크 주소가 AS 외부에 있을 경우. 단 Type 1의 경우는 해당 OSPF라우터와 ASBR까지의 Cost와 ASBR에서 목적지까지의 경로가 계산되어 제공된다.(그림 17 참조)
- Type2 External: 목적 네트워크 주소가 AS 외부에 있을 경우. 이 Type의 경로에는 해당 OSPF 라우터와 ASBR까지의 Cost가 Metric으로 연산되지 않고, 즉 내부에서 ASBR까지 가는 경로는 무시하고 ASBR에서 목적지 네트워크까지의 Cost만을 정보에 담고 있는 경로를 말한다.

예를 들어 그림 17과 같이 두 대의 ASBR이 설치되어 있는 경우 목적지인 네트워크 D까지 만일 Type 1이 사용되면 라우터 B가 ASBR로 선택되고 Type2로 경로 정보가 오면 라우터 C가 ASBR로 선택된다.

---

[13] Area간 AS간의 라우팅 정보에 대한 이야기는 단원 11.6 Area간의 라우팅 정보 교환을 참조하기 바란다.

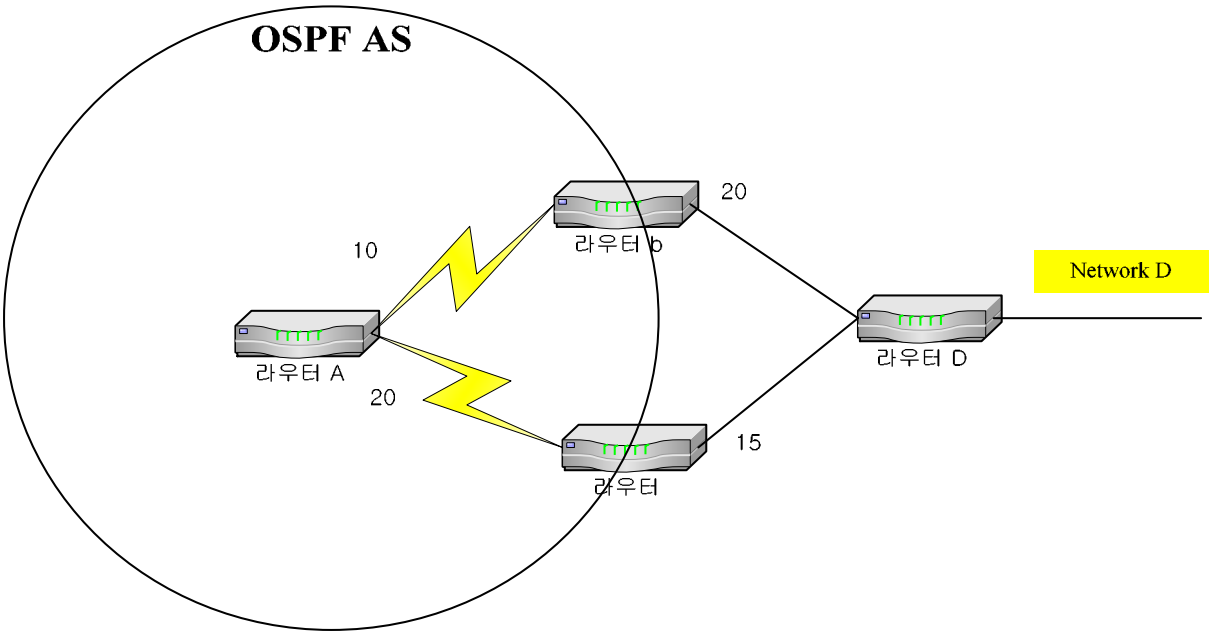


**그림 17 각 Type 별 External Path의 예**

Routing Talbe **검색 순서**

특정 데이터그램을 전달받은 OSPF 라우터들은 다음과 같은 순서로 목적지에 도달하기 위한 경로를 결정한다.

- IP 데이터그램의 목적지 주소를 보고, 자신의 라우팅 테이블에서 목적지 주소와 가장 근접한 경로 정보를 찾아 낸다. 예를 들어 IP 데이터그램의 주소가 192.168.10.100 이고 라우팅 테이블에 목적지 네트워크가 192.168.10.0 /24, 192.168.10.64/26과 같이 구성되어 있다면 OSPF 라우터는 192.168.10.64/26 에 대한 경로를 선택한다.
- 만일 경로가 여러 개라면 Path 타입의 우선 순위에 따라 이를 결정한다.
  1. Intra Area Path, 2. Inter Area Path, 3, E1 External Path, 4. E2 External path
- 이렇게 해서 마지막으로 선택된 경로로 데이터그램을 포워딩한다. 하지만 만일 최종 선택된 경로가 여러 개 라면 앞서 이야기한바와 같이 이들을 모두 사용한다.

### G.Routing 정보의 유지[14]

OSPF 라우팅은 Area내의 모든 라우터들의 라우팅 정보가 동기화되어 전체 라우터들이 네트워크의 토폴로지 정보를 공유하여 운영된다. 만일 특정 라우터가 Link state의 변경을 감지하면 네트워크의 변경 내용을 link state update 메시지에 실어 이 사실을 인접관계에 있는 라우터

[14] LSA와 LSU에 대한 세부 내용은 단원 11.5 LSA를 참조하기 바란다.

에 전파하고, 이 메시지는 Area안의 라우터들에게 Flooding 된다. 이러한 Flooging Process는 다음과 같은 단계로 진행된다.

- 변경을 감지한 라우터는 변경된 내용을 LSA 항목에 실어 224.0.0.6(네트워크내의 모든 DR과 BDR)을 목적지로 Link state Update 메시지를 멀티케스트한다.
- 이 메시지를 수신한 DR은 LSA ACK 메시지를 송신 라우터에 전송하고 자신과 인접관계에 있는 모든 라우터에게 LSU 메시지를 Flooding한다. (224.0.0.5) 이때 각 라우터가 Flooding 된 LSU 메시지를 수신했다는 것을 확인하기 위하여(전송의 신뢰성을 보장하기 위하여) 각 라우터들은 반드시 LSA ACK 메시지를 DR에게 전송한다.
- 만일 이를 수신한 라우터가 다른 네트워크에 연결되어 있다면, 다른 네트워크쪽으로 LSU 메시지를 Flooding한다. (다른 네트워크가 Multiple Access 네트워크면 해당 네트워크의 DR에게 Point to Point이면 인접관계에 있는 라우터로 Flooding함)
- 변경된 LSA 정보를 담은 LSU 메시지를 수신한 라우터들은 자신의 Link state database를 업 데이트하고 일정 시간 간격을 기다린 후 새로운 라우팅 테이블을 연산하여 사용한다.

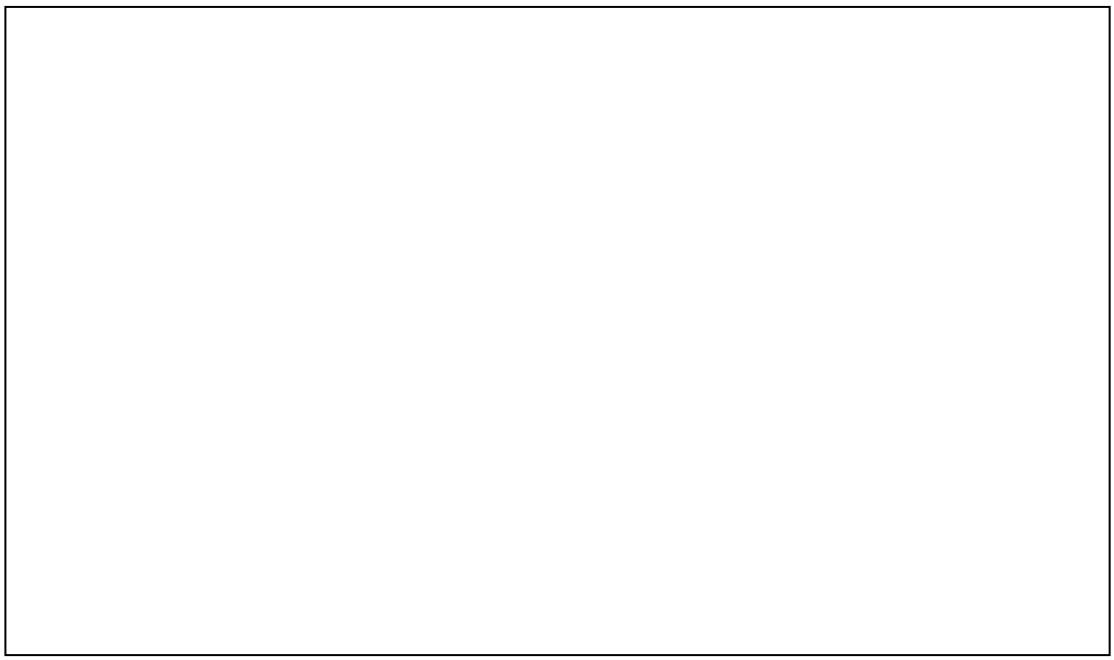

**그림 18 네트워크 토폴로지가 변경되었을 경우의 LSU 패킷의 전달**

### H. Flooding

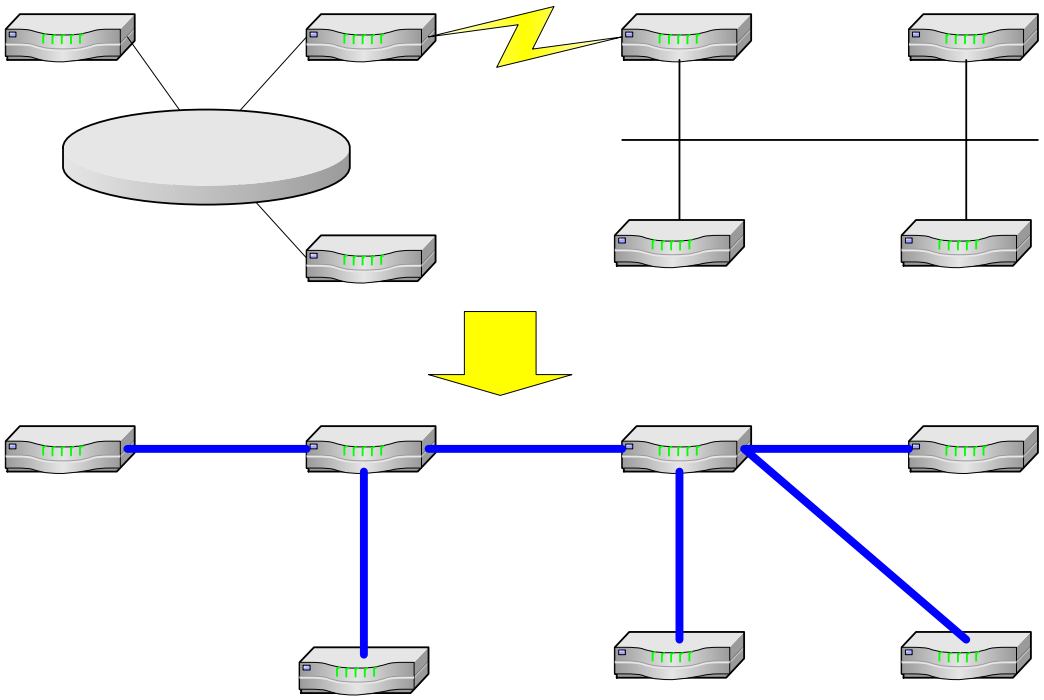

**그림 19 논리적 Adjacencies에 의한 라우터 연결 표현**

OSPF 라우팅에서는 라우터들의 연결관계를 실제 물리적인 연결 상태와는 달리 그림 19과 같이 논리적인 인접관계가 어떻게 형성되었는가로 표현한다. 또한 OSPF 라우터들은 자신의 Link State에 대한 업 데이트 정보를 이러한 인접관계를 맺고 있는 라우터들에게만 전송한다.

물론 라우터들이 연결된 네트워크 토폴로지에 따라 인접관계를 맺는 방식에 차이는 있지만 관계를 성립한 후, 인접관계를 통한 LSU의 전송은 모두 유사한 프로세스를 가지고 있다.

인접 관계를 성립한 라우터들은 이미 우리가 배운바와 같이 서로 LSA 항목으로 구성된 LSU 메시지를 통해 네트워크 토폴로지에 대한 변경 정보를 전파하고, 또 이 메시지 수신에 대한 신뢰성을 보장하기 위하여 메시지를 수신한 OSPF 라우터는 해당 데이터를 안전하게 수신했다는 LSAck 메시지를 재 전송한다. (그림 20)

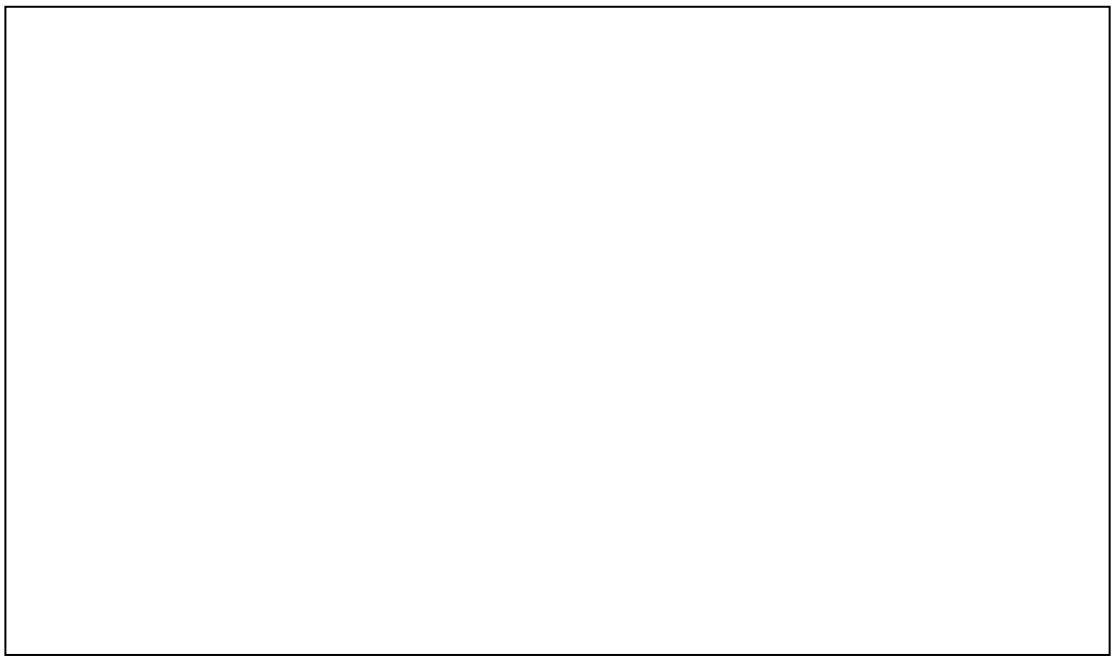

**그림 20 두 OSPF 라우터간의 Link state Update 메시지와 이에 대한 LSAck 메시지의 교환**

또한 다른 네트워크에 연결이 되어 있는 OSPF 라우터들은 자신이 수신한 LSU 메시지를 Flooding하여 실제로 변경을 감지한 OSPF 라우터와 인접관계가 형성되어 있지 않은 다른 라우터들도 이사실을 감지하고 Link state 데이터베이스를 업 데이트하게 한다. 같은 Area 혹은 AS(Area가 구분되지 않았다면)에 소속된 모든 라우터들이 동일한 네트워크 토폴로지 정보, 즉 동기화된 Link state database를 중심으로 라우팅을 전개하는 OSPF에서 Flooding에 대한 신뢰성을 보장하는 것은 매우 중요한 일이다.

OSPF에서는 Flooding의 신뢰성을 보장하기 위하여 다음과 같이 두가지 개념을 사용한다.

Acknowledgments

Link state Update를 수신한, 즉 LSA에 대한 정보를 입수한 모든 OSPF 라우터들은 이에 대한 응답을 전송함으로, 송신 라우터에게는 해당 정보가 에러없이 인접라우터에 전송되었다는 것을 확신시켜주고, 수신 라우터에게는 송신 라우터가 전송한 정보가 모두 자신에게 도달하였다는 것을 증명한다. 만일 인접관계를 통하여 전송한 LSA에 대해 이와 같은 응답이 없다면 송신라우터는 자신의 인터페이스에 설정된 일정한 간격으로 LSA를 재전송하여 전송의 신뢰성을 보장한다.

OSPF 라우터들은 LSU 메시지를 수신하면 모든 LSA 항목에 대해 일일히 Ack 메시지를 보내지 않고 하나의 Ack 메시지를 통해 이들을 수신했다는 것을 전달한다. 이렇게 명시적으로 전달하는 Ack에는 송신 라우터가 보낸 각 LSA의 헤더값이 저장되어 있어, Ack 메시지를 수신한 라우터는 상대가 어떠한 정보를 수신하였는지 확인 할 수 있다.

Sequencing, Checksum, and Aging

LSA가 최신의 것이라는 것을 나타내기 위한 항목으로는 Sequence No.와 Checksum, 그리고 age 가 있다. Sequence No.값은 LSA가 처음에 전송되는 순간 초기화되어 이 후 연속적으로 증가된다. 이를 통해 송신, 수신 라우터들은 해당 LSA 정보가 자신의 것과 동일한 것인지, 아니면 최신에 업데이트 된 내용인지를 확인할 수 있는 것이다.

Checksum 값은 수신된 LSA 정보가 손상되었는지 여부를 나타내는 기능을 한다. 이 Checksum 값은 LSA의 항목들 전체를 가지고(Age 항목은 Flooding 되는 동안에 계속 변경되기 때문에 제외) 연산한 결과가 입력되어 Link state Database에 저장되고 매 5분마다 재확인 되고 이를 통해 Link state database가 손상되었는지 여부를 확인 할 수 있다.

Age 값은 LSA가 초기에 생성된 다음 몇 초가 지났는가를 나타낸다. 이 항목의 최대 값은 3600초, 즉 1시간이며 초기 값은 0초이다. LSA의 Age 값은 LSA가 Flooding되거나 데이터베이스에 저장되어 있는 동안 계속 증가한다. 그래서 만일 LSA age값이 최대 값, 즉 1시간을 초과하게 되면 OSPF 라우터들은 해당 LSA를 데이터베이스에서 삭제한다.

지금 까지 브로드케스트 기반의 네트워크에 OSPF 라우터들이 연결되어 있을 경우를 예로 OSPF 라우터들의 작동 방식에 대하여 알아보았다. 이제 이를 기초로 다른 네트워크 Topology 에서의 OSPF 라우터들이 구동되는 방식에 대해 살펴보자.

### 11.3.2 다른 네트워크 토폴로지에서의 OSPF Operation

#### A. Point to Point

Point to Point 네트워크에는 단 두대의 OSPF 라우터만이 연결되어 있기 때문에 Broadcast 네트워크와는 달리 DR/BDR의 개념이 사용되지 않는다. Point to Point로 연결된 OSPF 라우터는 224.0.0.5를 목적지로 Hello 패킷을 멀티케스트하여 자신의 이웃라우터를 감지하고, DR의 선출 과정 없이 인접관계를 수립한다. 또한 Point to Point 네트워크에서는 IP Unnumbered Interface를 구성하여 라우터의 다른 인터페이스 주소를 Point to Point 인터페이스에서 사용하도록 설정할 수 있다.

실상 서로다른 네트워크 토폴로지에서 OSPF의 작동의 차이점은 어떻게 이웃 라우터를 감지하고 어떠한 방식으로 인접관계를 수립하는가 이기 때문에 Point to Point와 같이 단지 한 쌍의 라우터가 연결된 네트워크에서는 이러한 문제가 매우 간단히 설명이 된다.

#### B. Non Broadcast Multiple Access

Broadcast 네트워크와 마찬가지로 Multiple Access의 특성을 가지지만 브로드케스트의 기능이 없는 네트워크, 예를 들어 Frame Relay, 를 통하여 OSPF 라우터들이 연결되어 있는 경우는 이들의 특정 네트워크 토폴로지의 타입에 따라 멀티케스트, 혹은 브로드케스트를 지원하도록 VC

에 대한 설정을 해주거나 OSPF 라우터들이 Unicast를 통하여 라우팅 정보를 교환하도록 설정하여야 한다. NBMA 환경에 연결된 OSPF 라우터의 작동 모드는 두가지로 구분된다.

A. Nonbroadcast Multiple Access(NBMA)- 이 환경에서는 OSPF가 마치 Broadcast 네트워크에서처럼 작동한다. 물론 DR/BDR의 선출과정이 진행되고 이들과의 인접관계를 통해 라우팅 정보를 교환한다.

B. Point to Multipoint – 각 VC에 연결된 네트워크를 마치 여러 개의 Point to Point 네트워크가 모인 것처럼 구동된다. 응당 DR/BDR에 대한 선출과정은 일어나지 않는다.

**C.**

## 11.4 Area

### 11.4.1 Area 개념의 장점

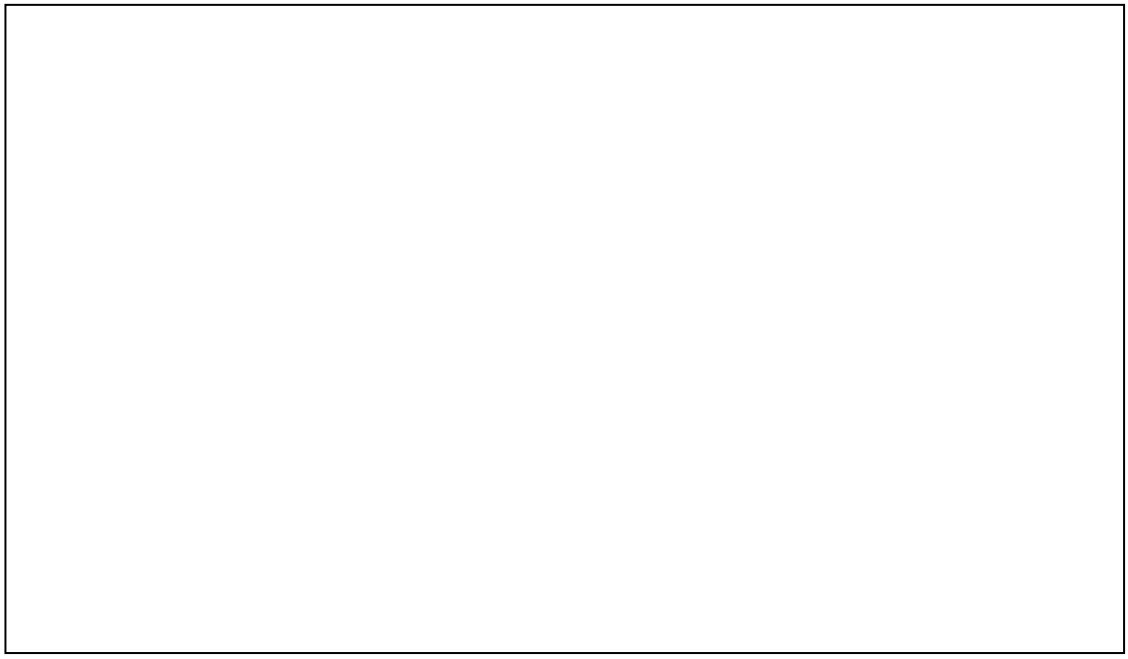

**그림 21 Area 개념을 통한 AS의 논리적 분할**

전체 네트워크 토폴로지에 대한 정보를 공유하여 작동을 하는 Link state 라우팅 프로토콜의 경우, 효율적인 라우팅 경로 선택 알고리즘과 신속한 Convergence라는 장점이 있는 반면에 각 라우터들이 Link state에 대한 연산과 LSA Database의 관리, 네트워크 업데이트에 대한 LSA Flooding으로 인해 각 라우터들에 RIP보다 많은 부하를 주며, 라우팅 도메인이 커질수록 라우팅 정보를 교환하기 위한 트래픽이 가중된다는 단점이 있다. 실상 모든 라우팅 테이블을 전파하는 RIP와 달리 변경된 정보만을 전송하는 OSPF에서 라우팅 정보 교환으로 인한 트래픽은 RIP보다 훨씬 작은 규모이지만 확장성이 뛰어난 OSPF의 속성으로 인해 대형 OSPF 라우팅 도메인의 크기를 생각한다면 이러한 트래픽 역시 OSPF 도입에서 고려할 사항이다.

Area는 바로 이러한 단점을 해결하기 위해 하나의 라우팅 도메인인 AS를 논리적으로 분리하여 구성하는 개념이다. 즉 하나의 라우팅 도메인인 AS의 하위에 Area라는 단위로 하위 도메인을 구성하여, 해당 Area안의 라우터들은 자신이 속한 Area의 네트워크 토폴로지만 가지고 있을 뿐, 다른 Area에 대한 정보는 신경쓸 필요가 없게함으로써 라우팅 정보로 인한 데이터베이스의 크기를 줄이고, 또한 이를 전파하기 위한 트래픽의 양도 감소시킬 수 있게 된 것이다. Area의 개념이 OSPF안에서 제공하는 잇점을 간략히 정리하면 다음과 같다.

C. 라우터들이 전체 라우팅 도메인의 토폴로지 데이터베이스를 가지고 있을 필요가 없어 데이터베이스의 크기가 현저히 줄게되고 또한 이를 저장하기 위한 각 라우터의 메모리 부하를 줄임

D. Link State Database의 크기가 감소한 결과로 각 라우터들이 전송하는 LSA의 개수가 줄여 라우팅 테이블을 연산하기 위한 CPU의 부하의 감소.

E. Link State Database의 동기화 단위가 각 Area로 축소되어 LSA의 Flooding 트래픽을 줄임.

### 11.4.2 area ID

이렇게 AS안에서 논리적으로 분리된 Area는 32 bits 길이의 Area id로 서로를 구분한다. IP 주소와 같이 4개의 Octec으로 구성되어 있는 Area ID를 표기하는 방법은 Area 0.0.1.20과 같이 IP 주소와 같은 방식을 사용하는 것과 이 ID를 모두 십진수로 전환하여, 즉 Area 0.0.1.20을 Area 276으로 표기하는 방식이 있다. 또한 Area 0.0.0.0은 AS내의 백본 Area를 위한 ID로 예약되어 있다.

OSPF 내에서 백본 Area의 역할은 전체 Area를 연결하는 다리와 같다고 할 수 있는데, 백본 Area는 AS내의 모든 Area의 구성 정보에 대한 요약본을 다른 Area에게 제공하여 Area간의 라우팅을 가능하게 한다. 즉 OSPF AS내의 모든 Area들은 백본 Area를 경유하여 다른 Area로 데이터그램을 라우팅 하도록 구성되어 있다.

이렇게 백본을 중심으로 각 Area가 논리적으로 연결된 OSPF의 특성으로 AS내의 트래픽은 Intra Area Traffic, Inter Area Traffic, External Traffice으로 구분되고 각 타입별로 라우팅 정보를 획득하는 방법도 상이하다.

### 11.4.3 Router Type

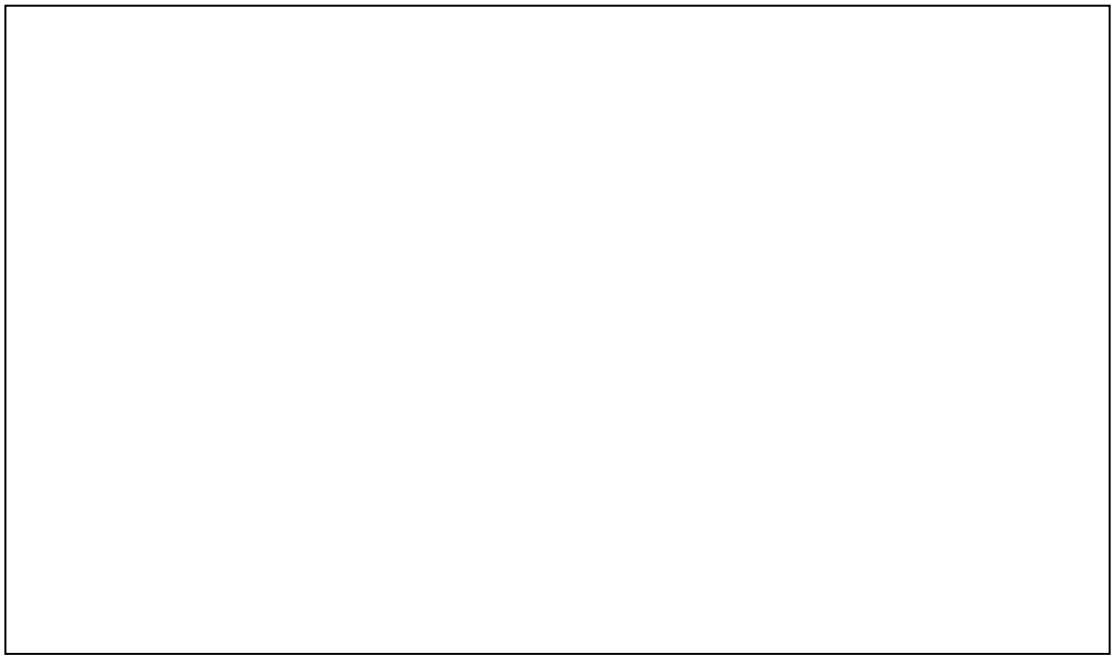

그림 22 OSPF Router types

OSPF AS내에서 각 라우터들의 역할은 다음과 같이 분류된다.

**A. Internal Router**

같은 Area에 연결되어 있는 라우터들을 칭한다. 이 라우터들은 모두 같은 Link state database를 가진고 있다.

**B. Area Border Router(ABR)**

하나 혹은 그 이상의 Area와 백본을 연결하고 있는 라우터. ABR은 보통 해당 Area의 Inter Area 트래픽의 게이트웨이의 역할을 한다. ABR들은 적어도 하나의 인터페이스가 백본에 연결되어 있으며, 자신이 연결된 Area에 대한 별도의 Link state Database를 유지하고 있다. 또한 ABR은 자신의 Area에 대한 요약정보를 백본에 제공한다.

**C. Backbone Router**

적어도 하나의 인터페이스가 백본 Area에 연결된 라우터. 일반적으로 Area 0.0.0.0에 속한 모든 라우터가 Backbone Router의 역할을 담당한다. 물론 ABR 중에서도 Backbone 라우터가 있을 수 있다.

**D. Autonomous system Boudary Router(ASBR)**

External 트래픽의 게이트웨이 역할을 하는 라우터. 외부 라우팅 프로토콜(예를 들어 BGP)에 의해 배포된 경로 정보를 보유하고 있으며, 이를 자신의 라우팅 도메인 경로정보에 추가하는 역할을 한다. ASBR은 OSPF AS내의 어떤 Area에 라도 위치할 수 있다.

### 11.4.4 Virtual Link

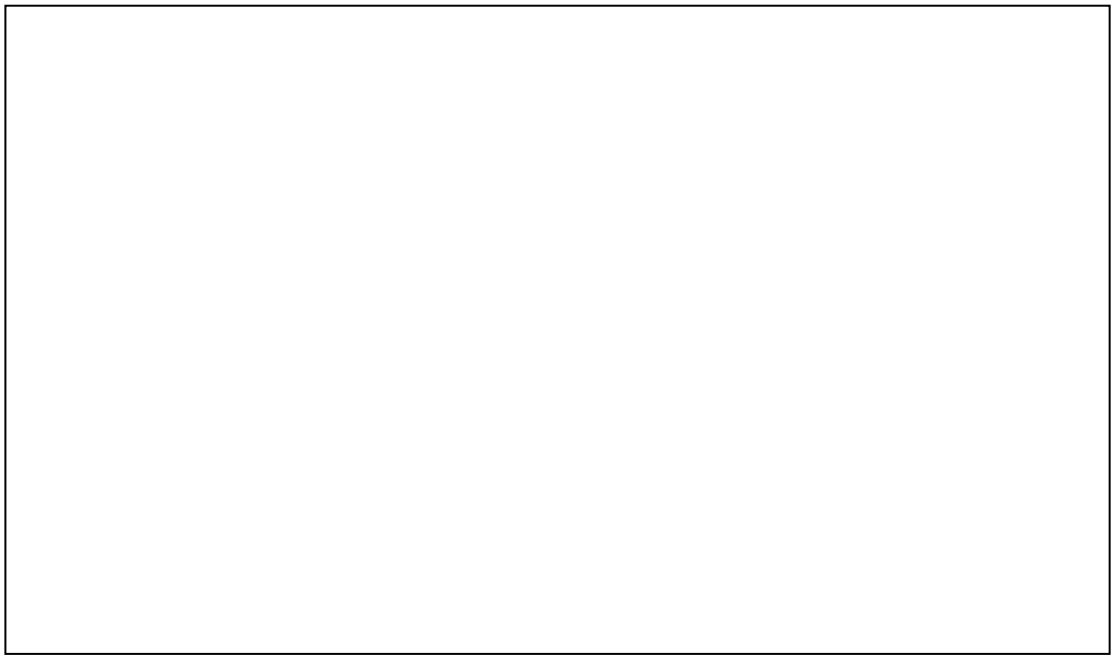

그림 23 Virtual Link

Virtual Link란 실제 물리적으로 백본 Area에 연결되지 않은 Area를 자신이 연결되어 있는 Non Backbone Area를 통해 논리적으로 연결하는 개념이다. 그림 23과 같이 Area 4가 네트워크에 새롭게 추가되었으나 백본 Area와 물리적으로 연결되지 않은 경우, Area 3를 통하여 가상의 논리연결을 하는 개념이다.

Virtual Link는 그림과 같이 Non backbone Area에 인터페이스가 연결된 두 라우터를 이용하여 구성을 하며 이때 백본 Area와 연결을 담당하는 Non Backbone Area(Transit Area)는 반드시 백본에 물리적으로 연결된 ABR이 있어야 한다. 이러한 Virtual Link의 개념은 실제 AS의 확장성을 용이하게 하지만 인접관계를 형성한 두 라우터의 연결이 물리적 네트워크에 의한 것이 아니므로 두 라우터의 가상 인접관계를 형성할 때, Hello Interval, Dead Interval과 같은 항목들을 일치시켜 주어야 한다.

## 11.5 Link state Database

인접관계에 있는 라우터들로부터 LSA를 수신한 OSPF 라우터들은 마치 퍼즐 조각을 조립하듯이 수신된 LSA를 조합하여 Link State Database를 구성한다. 이번 단원에서는 Link State Database를 구성하는 각 LSA의 타입에 대해 알아보자.

### 11.5.1 LSA Type

OSPF AS내에서 각 라우터의 역할이 분류되어 있듯이 이 라우터들이 관리하고 전파하는 LSA 역시 여러 종류로 분류된다. 예를 들어 Area를 대표하는 ABR과 같은 경우 백본으로 자신의

Area에 대한 정보를 LSA에 담아 전송을 하는데 이러한 정보의 형태가 Area내의 다른 라우터들이 전송하는 LSA와는 다른 형태를 띠고 있다. OSPF 프로토콜에서 사용하는 LSA의 타입은 표 와 같이 11가지로 분류된다.

| Type Code | Description |
|---|---|
| 1 | Router LSA |
| 2 | Network LSA |
| 3 | Network Summary LSA |
| 4 | ASBR Summary LSA |
| 5 | AS External LSA |
| 6 | Group Membership LSA |
| 7 | NSSA External LSA |
| 8 | External Attribute LSA |
| 9 | Opaque LSA(Link-local scope) |
| 10 | Opaque LSA(Area-local scop) |
| 11 | Opaque LSA(AS Scope) |

**표** 6 LSA Type

### A. Router LSA(type 1)

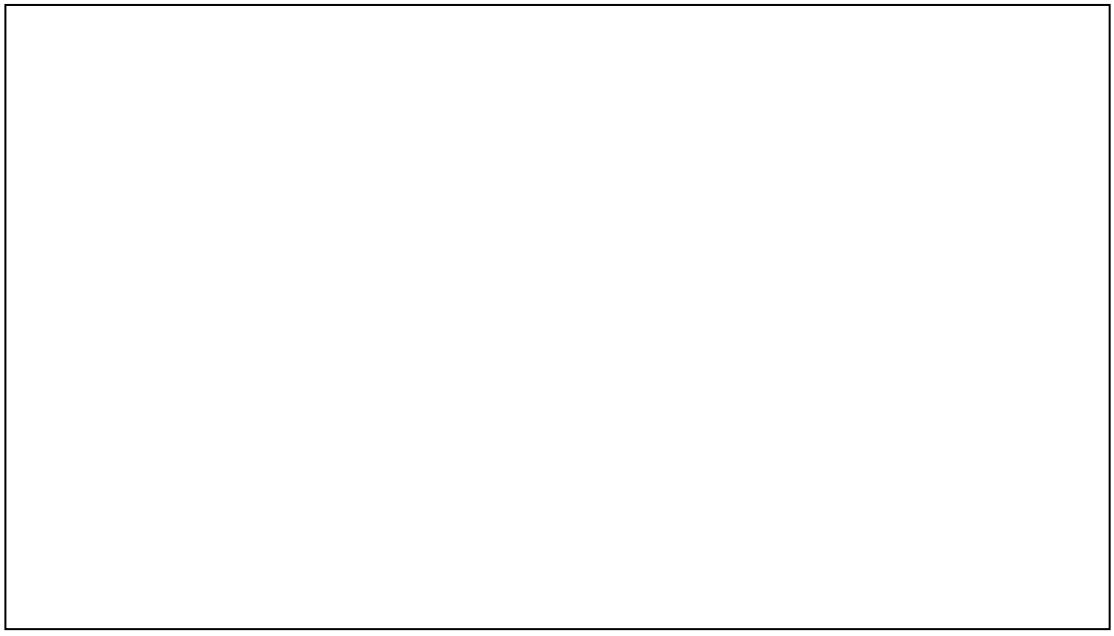

**그림** 24 Router LSA

Router LSA는 모든 OSPF 라우터들에 의해 만들어지고 전송되는 LSA를 말한다. 이는 OSPF의 LSA중 가장 기본적인 타입으로 특정 라우터의 라우터 ID, 링크, 인터페이스와 Cost에 대한 정

보를 담고 있다. Router LSA는 해당 LSA를 전송한 라우터와 같은 Area내에서만 Flooding 된다.

### B. Network LSA(type 2)

그림 25 Network LSA

Network LSA는 Multiple Access 네트워크에 연결된 DR에 의해 생성되고 전파된다. 이 LSA에는 그림 25와 같이 DR에 인접관계를 형성하고 있는 라우터들의 목록 정보가(DR을 포함한) 수록되어 있어 DR로 분리되어 있는 라우터들이 DR의 건너편에 어떠한 연결들이 존재하는 지 파악할 수 있다. 이 LSA 타입 역시 Router LSA와 마찬가지로 DR이 소속된 Area내에서만 Flooding 된다.

### C. Network Summary LSA(type 3)

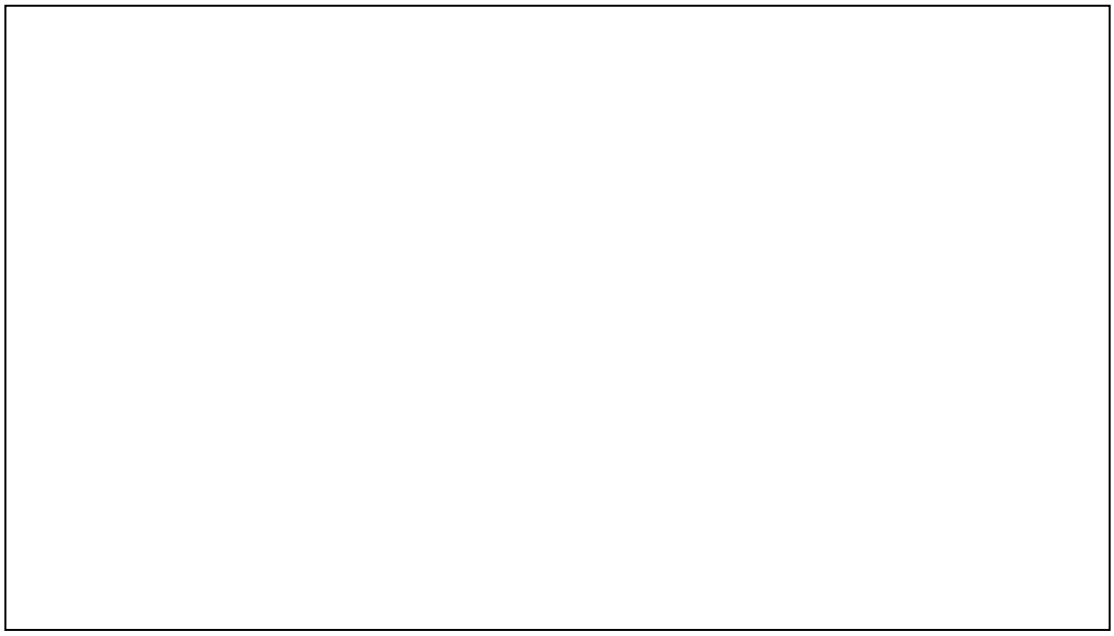

**그림** 26 Network Summary LSA

Network Summary LSA는 ABR들에 의해 생성되어 ABR이 연결된 Area내에 바깥세상에 대한 정보를 알려주는 역할을 한다. 또한 ABR들은 자신이 연결된 Area에 대한 요약내용을 담은 Network summary LSA를 백본 Area에 전송한다. 즉 각 ABR에 의해 보고된 Area들의 요약 정보를 백본 Area에서 취합하여 이를 다시 각 ABR에 전송하고 ABR들은 이렇게 취합된 정보를 Network Summary LSA에 담아 자신의 Area에 있는 라우터들에게 알려주는 것이다.

ABR은 Network Summary LSA를 생성할 때, 그림 26과 같이 이 안에 자신으로부터 해당 목적지 네트워크까지의 Cost 정보를 입력하여 다른 라우터들에 제공한다. 그러나 만일 목적지 네트워크로 가는 경로가 여럿일 경우에는 이에 대한 LSA를 모두 생성하지 않고 여러 경로중 가장 Cost가 낮은 경로만을 선택하여 LSA로 구성한다. 이러한 이유로 실제 ABR들이 자신이 연결된 Area내의 특정 목적지에 대해서 여러 경로를 알고 있다하더라고 가장 Cost가 낮은 경로만 백본 Area로 보고를 하고, 반대로 백본 Area를 통하여 다른 Area에 대한 요약정보 역시 단일 경로에 대한 정보만을 포함하고 있다.

ABR의 network Summary LSA를 수신한 라우터들은 별도의 SPF Tree를 구성하기 위한 연산은 진행하지 않고 자신의 라우팅 테이블에 ABR로 가는 Cost와 LSA 메시지 안에 있는 해당 목적지 네트워크로의 Cost를 더한 값을 추가한다.

### D. ASBR Summary LSA(type 4)

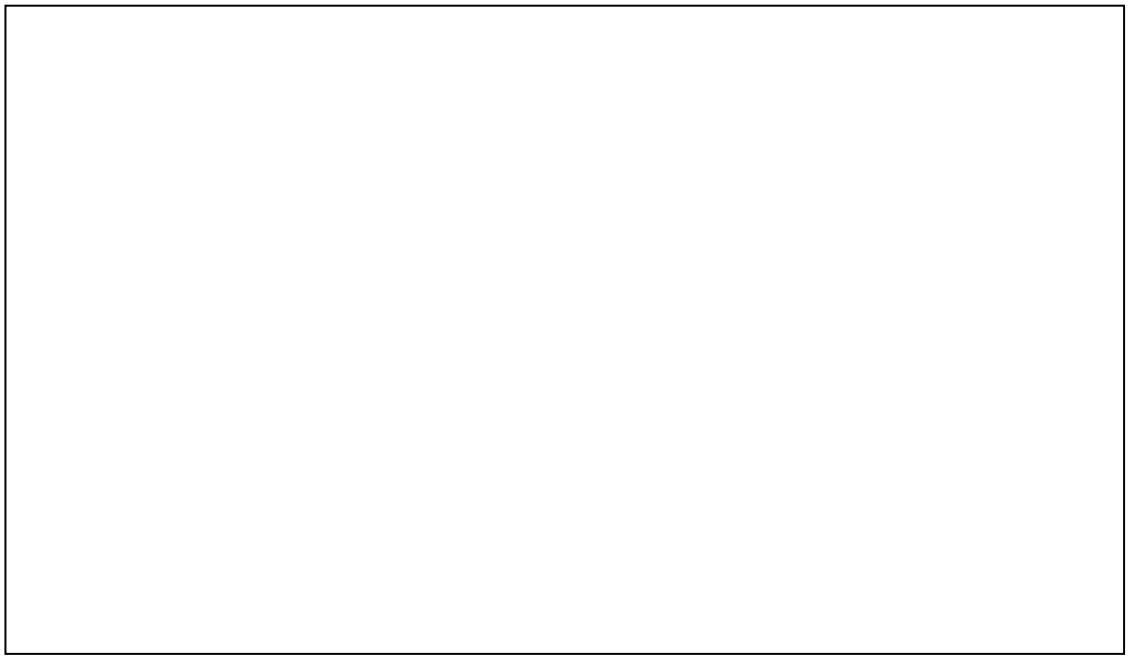

그림 27 ASBR Summary LSA

ASBR Summary LSA 역시 ABR에 의해 생성된다. 이 LSA는 ASBR로 가기 위한 경로 정보를 제공하기 위하여 사용된다. 그림 27에서 볼 수 있듯이 ASBR Summary LSA안의 목적지 정보는 네트워크 ID가 아닌 호스트 ID를 사용하고 있는데 이는 네트워크로 가는 경로 정보가 아니라 ASBR, 즉 라우터로 가기 위한 정보이기 때문이다.

### E. Autonomous System External LSA(type 5)

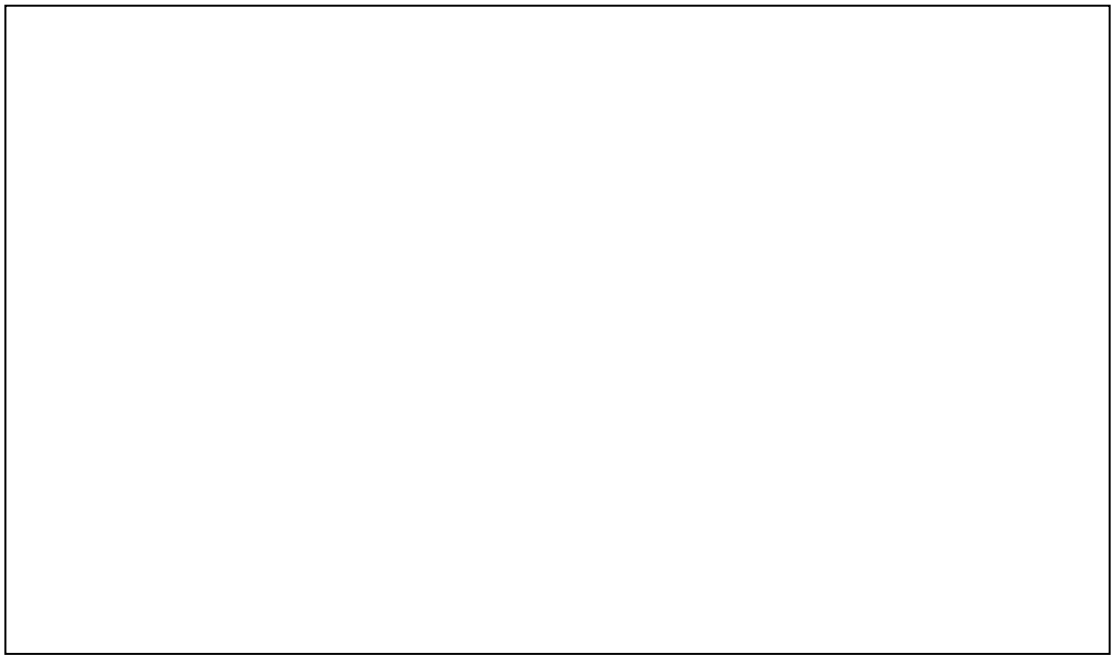

그림 28 AS External LSA

External LSA는 Network Summary LSA의 개념을 AS로 확장시킨 정보이다. 즉 Network Summary LSA가 AS내의 Area간의 통신을 위한 경로 정보라면 External LSA는 AS 외부의 네트워크에 대한 경로 정보, 혹은 AS의 Default Route 정보를 담고있다. 이 LSA는 ASBR에 의해 생성되고 전파된다.

#### F. Group Membership LSA(type 6)

Group Membership LSA는 멀티케스트환경[15]에서 각 멀티케스트 그룹으로 데이터그램을 포워딩하기 위한 경로 정보를 제공한다.

### 11.5.2 Stub Area[16]

[15] 멀티케스트의 그룹정보에 대한 내용은 Chapter 15 IGMP를 참조하기 바란다.

[16] Stub Area에 대한 내용은 실상 Area 단원에서 다루어져야 할 내용이지만 Link State Database에서 이 내용을 다루는 이유는 AS내에서 External LSA에 대한 효율성에 대한 언급이 선행되어야 하기 때문이다.

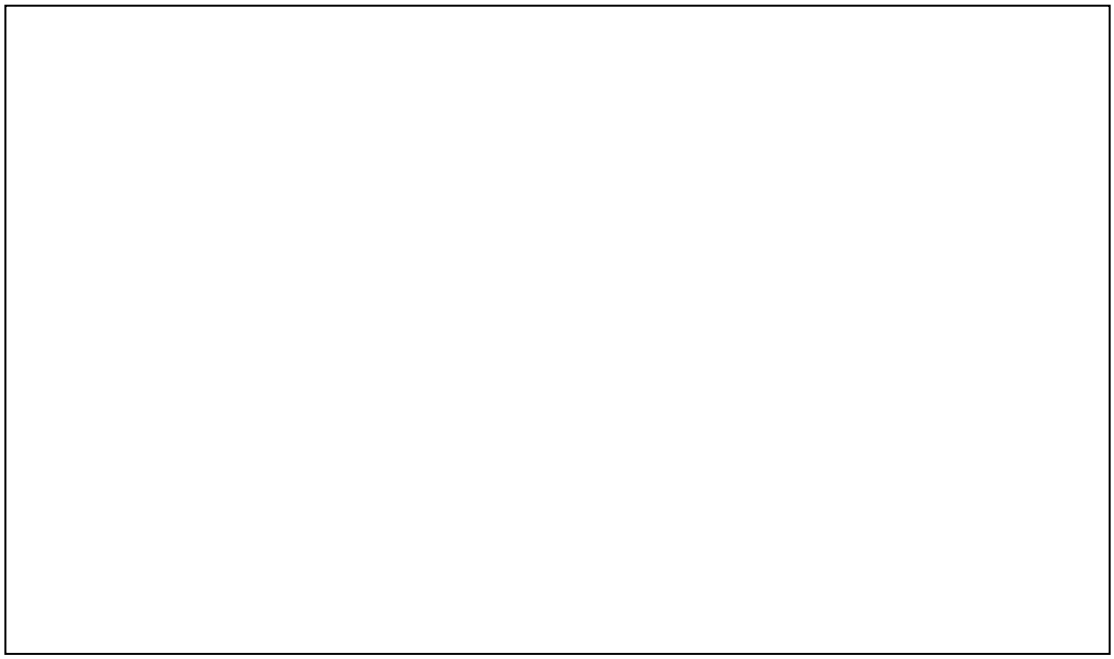

**그림** 29 Stub Area

ASBR들은 자신이 알고 있는 AS외부 네트워크로 가는 경로정보를 AS External LSA에 담아 자신에 AS내부에 전파한다. 실상 많은 경우에 AS 외부 네트워크에 대한 경로 정보를 담은 AS External LSA는 AS내부에 과도한 트래픽을 발생시키고, 또한 라우터들이 상당한 양의 External Link state 데이터를 관리해야 하는 부담을 가지게 된다.

그러나 그림 29와 같은 경우 Area 4에 속한 라우터들은 이러한 정보를 가질 필요가 없다. Area 4에 소속된 라우터들은 자신들이 경로를 모르는 네트워크는 해당 Area의 ABR에 포워딩하기만 하면 모든 것이 해결되기 때문이다. 백본에 연결되어 External LSA가 전달될 필요가 없는 Area를 Stub Area라고 한다.

Stub Area의 ABR은 Network Summary LSA를 사용하여 Default Route에 대한 정보를 Internal Router들에게 알려주어 별도의 External LSA의 필요성을 해소한다. Stub Area의 개념은 AS내에 트래픽을 절감하고 각 라우터의 메모리를 절약하는 효율적 방안을 제공하지만 아래의 네 가지 제한사항이 있다.

- Stub Area의 모든 라우터들은 반드시 동일한 Link state Database를 유지하고 있어야 한다. 이를 위해 모든 Stub 라우터들은 Hello Packet의 Flag중 E-bit를 반드시 0으로 구성하여야 한다. 이러한 이유로 stub router로 설정되지 않은 모든 라우터들과 인접관계를 형성할 수 없다.
- Virtual Link가 구성될 수 없다.

- Stub Area에 속한 라우터는 ASBR이 될 수 없다.
- 만일 Stub Area의 ABR이 여러 대일지라도 Defult Route 개념을 사용하기 때문에 어느 ABR이 ASBR로 가는 가장 효율적인 경로인지 판단할 수 없다.

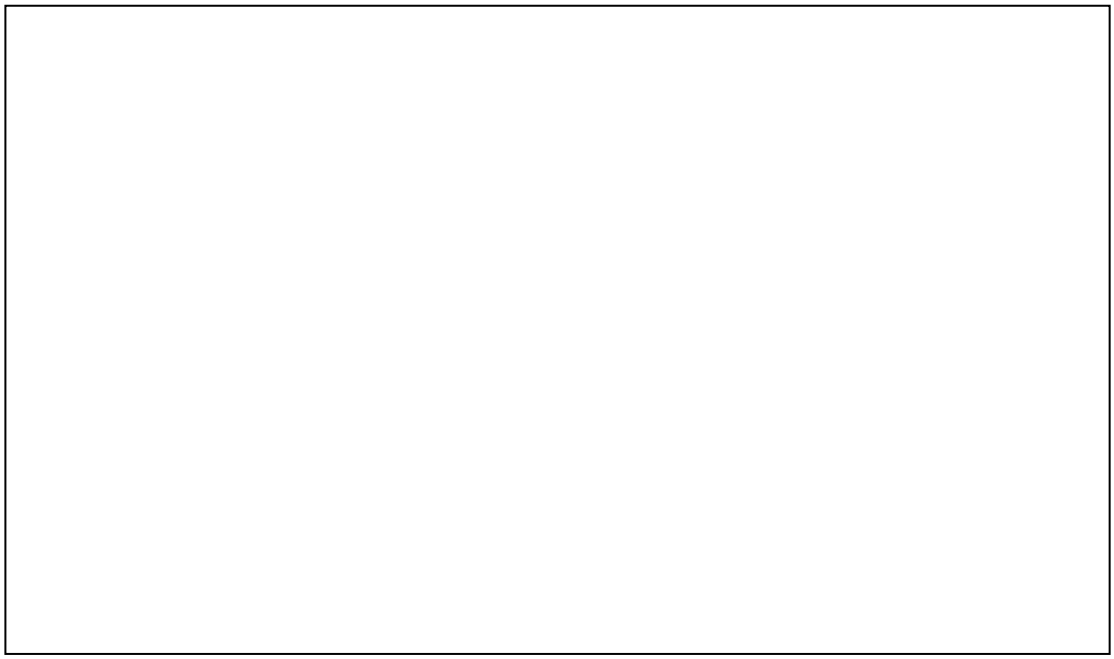

**그림 30 Stub Area에서의 LSU의 Flooding**

## 11.6 마치며

지금 까지 Link State 방식의 대표적인 라우팅 프로토콜인 OSPF에 대한 내용을 살펴보았다. Distance Vector 방식과는 달리 자신이 속한 라우팅 도메인의 전체 정보를 가지고 라우팅을 진행하는 OSPF는 실제 AS내에서 Area라는 논리적 단위로 분할되어 구현된다.

이러한 이유로 OSPF는 확장성이 매우 뛰어나고 또한 RIP에 비해 합리적인 경로 선택을 제공한다는 장점이 있지만 AS의 구성과 각 Area에 대한 디자인이 필수적으로 요구되는, 어려움이 있다. 필자는 개인적으로 OSPF에 대한 내용을 더 깊이 공부해 볼 것을 권장한다. OSPF 디자인에 대한 내용은 여러 사이트(부록 참조)에서 다루어지고 있어 정보를 찾기가 쉽고, 또한 이를 통해 여러분이 네트워크를 바라보는 시야를 넓힐 수 있다는 최대의 효과가 있기 때문이다 다음 단원은 Link state 방식의 또 다른 라우팅 프로토콜인 IS-IS에 대한 이야기가 전개된다. 또 새로운 라우팅 프로토콜이 있어?라고 한숨을 내쉴 수도 있지만 이미 우리가 Link State 방식에 대한 공부를 하였기 때문에 다음 단원에서 소개되는 개념은 쉽게 이해하고 넘어가리라 생각한다.