

TCP/IP 프로토콜

-11장 유니캐스트 프로토콜,
12장 멀티캐스트 프로토콜-

민 윤 홍(yunhong@pel.sejong.ac.kr)

세종대학교 프로토콜공학연구실

목 차

- 보충
- 유니캐스트 라우팅 프로토콜
 - 도메인 내 및 도메인 간 라우팅
 - 거리 벡터 라우팅
 - 링크 상태 라우팅
 - 경로 벡터 라우팅
- 멀티캐스트 라우팅 프로토콜
 - 유니캐스팅과 멀티캐스팅
 - IGMP (Internet Group Management Protocol)
 - 멀티캐스트 라우팅

목 차

- 보충
- 유니캐스트 라우팅 프로토콜
 - 도메인 내 및 도메인 간 라우팅
 - 거리 벡터 라우팅
 - 링크 상태 라우팅
 - 경로 벡터 라우팅
- 멀티캐스트 라우팅 프로토콜
 - 유니캐스팅과 멀티캐스팅
 - IGMP (Internet Group Management Protocol)
 - 멀티캐스트 라우팅

보충

• 거리 벡터 라우팅

*라우팅 테이블(Routing table)

라우터가 네트워크 트래픽을 어디로 보내야 할지 결정하는 데 사용하는 경로 정보

• 정의

- 각 라우터가 자신의 *라우팅 테이블을 인접한 라우터와 주기적으로 경로 정보를 교환하고, 이를 자신의 경로 정보와 비교하여 최적 경로를 결정하는 방식

• 특징

- 분산형 정보 관리를 통해 라우터의 부담 완화
- RIP (Routing Information Protocol) 로 구현
- Bellman-Ford 변형 알고리즘을 사용

IPv4 경로 테이블

활성 경로:	네트워크 대상	네트워크 마스크	게이트웨이	인터페이스	메트릭
	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.50.1	192.168.50.77	35
	127.0.0.0	255.0.0.0			
	127.0.0.1	255.255.255.255		127.0.0.1	331
	127.255.255.255	255.255.255.255		127.0.0.1	331
	192.168.15.0	255.255.255.0		192.168.15.1	291
	192.168.15.1	255.255.255.255		192.168.15.1	291
	192.168.15.255	255.255.255.255		192.168.15.1	291
	192.168.50.0	255.255.255.0		192.168.50.77	291
	192.168.50.77	255.255.255.255		192.168.50.77	291
	192.168.50.255	255.255.255.255		192.168.50.77	291
	192.168.146.0	255.255.255.0		192.168.146.1	291
	192.168.146.1	255.255.255.255		192.168.146.1	291
	192.168.146.255	255.255.255.255		192.168.146.1	291

보충

• Bellman-Ford 변형 알고리즘 (1/5)

*홉 수(Hop count)

목적지에 도달하기 위해 거쳐 가야 하는 노드의 수

• 개요

- 중앙에서 한 번에 계산하는 Bellman-Ford 알고리즘을 분산형인 거리 벡터 라우팅에 사용하기 위해 변형 필요

• 동작 과정 (1/2)

1. 비용은 *홉(Hop)수를 사용, 연결된 두 노드 간의 비용은 1로 설정
2. 각 라우터는 Bellman-Ford 알고리즘의 일부를 수행
 - 더 좋은 경로를 발견하게 되면 기존 경로를 수행하는 부분을 수행
 - 기존 Bellman-Ford 알고리즘은 이웃 노드가 아니라, 하나의 시스템이 전체 네트워크에 해당하는 모든 노드와 연결 비용을 알아야 함
3. 각 라우터가 자신의 라우팅 테이블을 갱신한 후 그 결과를 이웃 노드에게 전달하여 그들이 테이블을 갱신할 수 있도록 함

보충

- Bellman-Ford 변형 알고리즘 (2/5)

- 동작 과정 (2/2)

4. 라우터는 목적지망 비용, 다음 홉에 대한 정보를 포함
 - 전체 라우팅 테이블은 $Table$, 테이블의 i 번째 행은 $Table_i$, i 번째에 해당하는 세 가지 열 정보는 $Table_i.dest$, $Table_i.cost$, $Table_i.next$
5. 이웃 노드로부터 받은 각 경로에 대한 레코드 정보 R 은 $R.dest$, $R.cost$ 를 포함

표기법	의미
$Table$	전체 라우팅 테이블
$Table_i$	테이블의 i 번째 행
$Table_i.dest$	목적지 노드
$Table_i.cost$	현재 라우터에서 목적지까지의 비용
$Table_i.next$	목적지로 가기 위해 선택된 다음 홉 라우터
$R.dest$	이웃 노드가 광고한 목적지 노드
$R.cost$	이웃 노드가 광고한 목적지까지의 비용

보충

• Bellman-Ford 변형 알고리즘 (3/5)

• 취약점

- 알고리즘 자체에는 별도의 검증이나 인증 과정이 없어 제3자에 의한 테이블 변조 공격에 취약함
 - 더 효율적인 경로를 선택하는 방식을 악용한 공격에 취약함
 - Black hole 공격
 - 악성 라우터가 자신을 거치면 목적지까지 비용이 1이라고 광고한 후, 다른 라우터들이 악성 라우터에 트래픽을 보내면 악성 라우터는 모든 트래픽을 버려 통신을 마비시킴
 - 라우팅 루프 유도
 - 악성 라우터가 자신을 거치면 목적지까지 비용이 1이라고 광고한 후, 의도적으로 무한 루프를 만들어 목적지로 패킷을 보낼 수 없게 함

보충

- Bellman-Ford 변형 알고리즘 (4/5)
 - 해결 방안 (1/2)
 - 루프 방지 메커니즘 추가
 - 무한대 범위 제한
 - 무한대를 16과 같은 수로 재정의하여 최대 홉 수가 15 홉을 넘을 수 없게 하는 방법
 - 해당 알고리즘을 사용할 시기에는 소규모의 네트워크를 대상으로 설계되서 15를 넘는 경로는 사용할 일이 거의 없었음
 - RFC 1058 문서에서 최대 홉 수가 16일 경우 도달할 수 없는 목적지라고 판단

보충

- Bellman-Ford 변형 알고리즘 (5/5)

- 해결 방안 (2/2)

- 인증 (Authentication) 기능 추가

- 같은 네트워크의 라우터끼리 미리 약속된 비밀키를 공유
 - 해당 라우터가 라우팅 정보를 보낼 때 비밀키를 이용해 메시지를 암호화해서 보냄
 - 정보를 받은 라우터는 비밀키로 동일하게 암호화를 진행함
 - 암호화한 값이 서로 일치하면 라우팅 테이블에 반영함
 - RIPv2 에서 인증 기능을 추가하여 보완함

- 루프 방지 메커니즘 추가

- 수평 분할(Split Horizon)

- 경로 정보를 받은 방향으로 해당 정보를 다시 전달하지 않는 방법

- 무한대 범위 제한

- 무한대를 16과 같은 수로 재정의하여 최대 홉 수가 15 홉을 넘을 수 없게 하는 방법

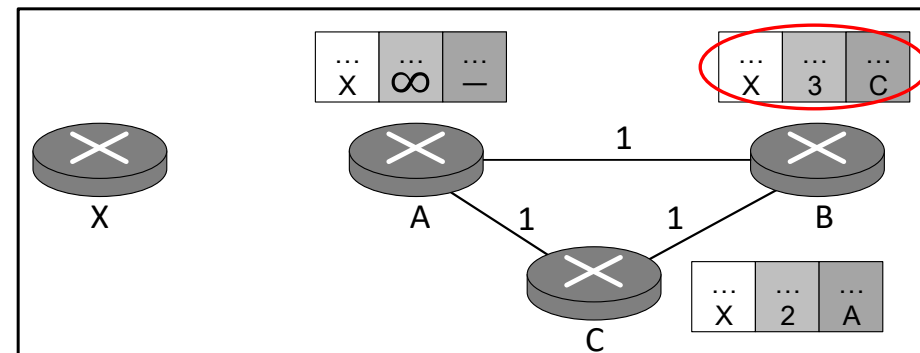
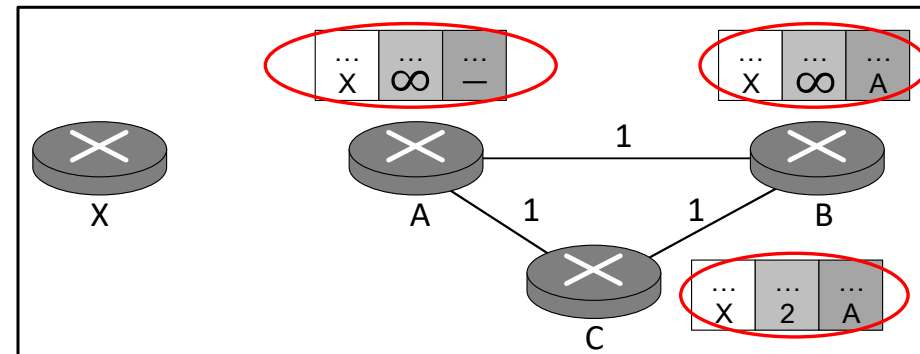
보충

• 무한대로의 카운트(Count to Infinity) 문제 (1/3)

• 세 노드 루프 (1/3)

• 발생 과정

1. A가 X에 도달이 불가능한 것을 발견한 후, B, C에게 패킷을 전송해 상황을 알림
2. B는 테이블을 갱신했으나 C로 가는 패킷은 유실되어 C에 도달하지 못함
3. C는 B에게 라우팅 테이블을 보내 X로 가는 경로를 알리고 B는 테이블을 갱신함



보충

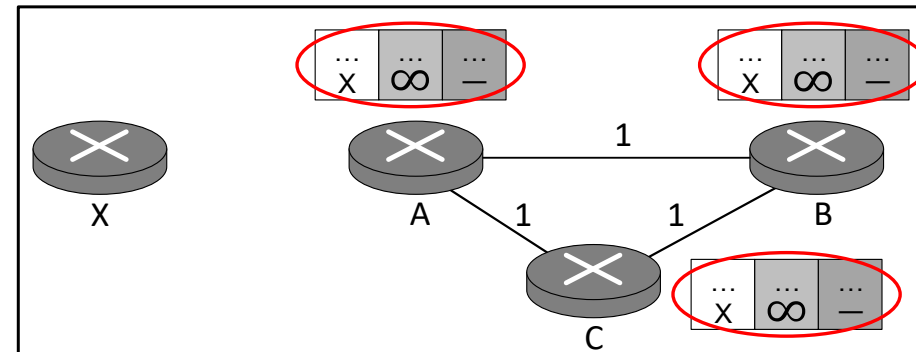
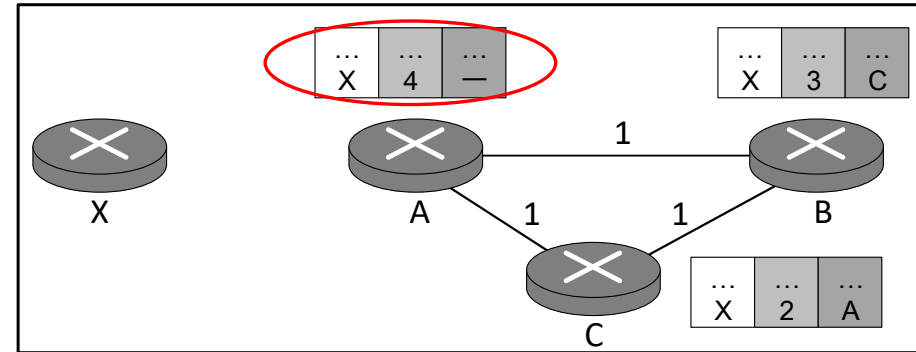
• 무한대로의 카운트(Count to Infinity) 문제 (2/3)

• 세 노드 루프 (2/3)

• 발생 과정

4. B는 라우팅 테이블을 A에게 전달, A는 테이블을 갱신함

5. 위 과정을 반복하고, 각 노드의 비용이 무한대가 되면 중지됨



• 해결 방안

• 두 노드 루프 해결 방법으로 해결이 보장되지 않아 새로운 해결 방법이 필요

• 라우트 포이즈닝(Route Poisoning)

• 특정 목적지 경로가 실패하거나 유효하지 않으면, 그 목적지에 대해 메트릭을 무한대로 설정해 모든 이웃에게 즉시 *광고하는 방식

*광고(Advertising)

라우터가 자신이 알고 있는 최신 네트워크 정보를 다른 라우터들에게 널리 알리는 것

보충

- 무한대로의 카운트(Count to Infinity) 문제 (3/3)
 - 세 노드 루프 (3/3)
 - 해결 방안
 - 라우트 포이즈닝(Route Poisoning)
 - 특정 목적지 경로가 실패하거나 유효하지 않으면, 그 목적지에 대해 메트릭을 무한대로 설정해 모든 이웃에게 즉시 *광고하는 방식
 - 요청 메시지를 받지 않는다면, 라우터가 자신의 전체 라우팅 테이블을 이웃에게 광고하는 주기는 30초임

*광고(Advertising)

라우터가 자신이 알고 있는 최신 네트워크 정보를 다른 라우터들에게 널리 알리는 것

보충

- RIP (Routing Information Protocol)

- RIPv2

- 기존 RIP와의 차이점

- 클래스 없는 주소지정(Classless addressing)

- v1은 클래스 기반 주소지정을 사용하여 네트워크당 호스트 수가 정해져 있어 주소 낭비가 발생
 - v2에선 고정된 클래스를 없애고, IP 주소를 필요한 만큼 할당하도록 설정

- 인증(Authentication)

- 가짜 라우터가 보내는 정보에 대해 메시지를 보호하기 위해 추가됨
 - 항목에 경로 정보가 아니라 인증 정보임을 알리기 위해 계열 필드를 1로 채움
 - 두 번째 필드인 인증 유형은 인증에 사용되는 방법을 나타냄
 - 세 번째 필드는 실제 인증 데이터를 포함함

Command	Version	Reserved
0xFFFF		Authentication
Authentication data 16 bytes		
⋮		

보충

- 라우팅 테이블 생성

2. LSP 플러딩

- 노드가 LSP를 준비한 후 모든 다른 노드들에게 발송하는 절차
- 동작 과정
 1. LSP를 생성한 노드는 각 인터페이스를 통해 LSP의 복사본을 전송
 2. LSP를 수신한 노드는 이전에 받았던 복사본과 비교한 후 새로 받은 것이 이전 것보다 더 오래된 것이라면 해당 LSP는 폐기
 3. 새로 받은 것이 이전 것보다 더 새 것이라면 다음 과정을 수행
 1. 오래된 LSP를 버리고 새 것을 가짐
 2. 라우터는 인터페이스에서 수신한 LSP를 라우터가 가진 나머지 포트들을 통해 전송하여 플러딩이 도메인 내에서 중지되는 것을 보장

보충

• 라우팅 테이블 생성

3. 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘 기반의 최단 경로 설정

• 알고리즘 코드

- 초기화 과정에서 A는 자신을 루트로 설정
- 토폴로지 상의 각 노드로의 최단 경로 거리 할당
- A의 이웃이 아닌 노드들은 무한대의 값이 할당
- 각 반복 과정에서 최소 거리를 가지는 다음 노드가 선택되고 경로 상에 추가

```
1. Dijkstra(Graph, source):  
2.     // 초기화  
3.     for each vertex v in Graph:  
4.         distance[v] ← ∞  
5.         visited[v] ← false  
6.         distance[source] ← 0  
  
7.     // 반복  
8.     while (모든 노드가 확정되지 않을 때까지):  
  
9.         u ← 방문하지 않은 노드 중 distance 값이 가장  
작은 노드  
10.        visited[u] ← true  
  
11.        for each neighbor v of u:  
12.            if not visited[v]:  
13.                // 갱신 조건  
14.                if distance[v] > distance[u] +  
weight(u, v):  
15.                    distance[v] ← distance[u] +  
weight(u, v)  
16.                    // ← 여기서 "갱신 발생"  
  
17.        // (Iteration 종료 시점마다)  
18.        // 확정된 노드 집합과 현재 distance 테이블을  
기록
```

보충

- OSPF (Open Shortest Path First) (1/5)

- 링크의 유형 (1/3)

- 점-대-점 링크(Point-to-point Link)

- 정의

- 라우터 사이에 어떤 다른 호스트나 라우터 없이 직접 연결하는 링크

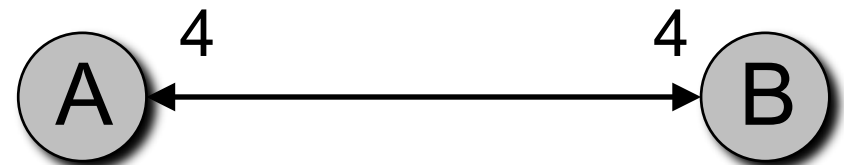
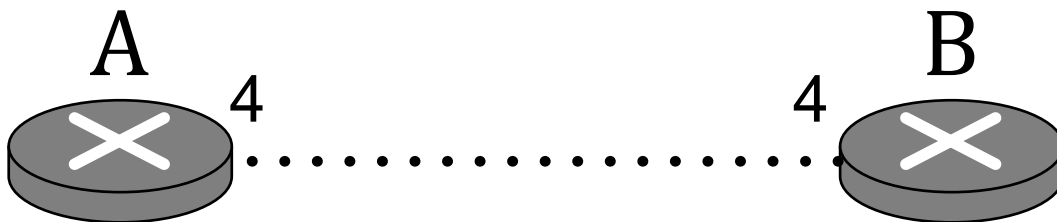
- 특징

- 여러 장치가 회선을 나눠 쓰지 않아 대역폭이 보장됨
 - 목적지가 하나여서 MAC 주소를 찾기 위한 과정이 생략됨
 - 라우터는 노드로 표현되고 링크는 노드 간을 연결하는 양방향 화살표로 표현

- 활용 예시

- 기업의 본사-지사 간 전용선

- 멀리 떨어져 있는 공장을 연결해야 할 때, 점-대-점 링크를 구축해 사용



보충

• OSPF (Open Shortest Path First) (2/5)

• 링크의 유형 (2/3)

• 경유 링크(Transient Link)

• 정의

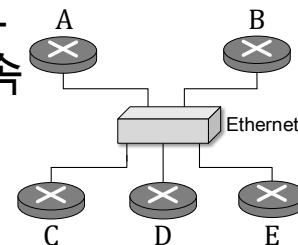
- 두 대 이상의 라우터가 함께 연결된 공유 네트워크를 나타내는 링크

• 특징

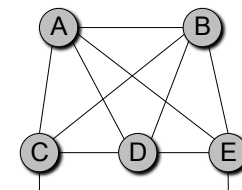
- 데이터는 어떤 라우터로도 들어갈 수 있고 어떤 라우터로부터 나갈 수 있음
- 모든 LAN과 2개 이상의 라우터를 가지는 일부 WAN이 해당됨
- 공유 네트워크에 연결된 모든 라우터가 일대일로 통신하면 라우터 수가 늘어날수록 통신량이 기하급수적으로 증가하여 비효율적임
 - 5개의 라우터가 있으면 한 번에 업데이트에 20번의 통신이 필요함
- 네트워크의 한 라우터가 지정(Designated) 라우터 역할을 하여 효율성을 높임

• 활용 예시

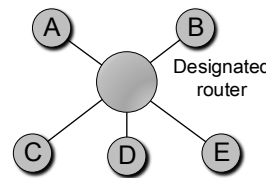
- Ethernet LAN 같은 여러 개의 라우터가 LAN 장비를 통해 같은 네트워크에 접속



a. Transient network



b. Unrealistic



c. Realistic

보충

• OSPF (Open Shortest Path First) (3/5)

• 링크의 유형 (3/3)

• 스템브 링크(Stub Link)

• 정의

- 오직 하나의 라우터에만 연결된 네트워크

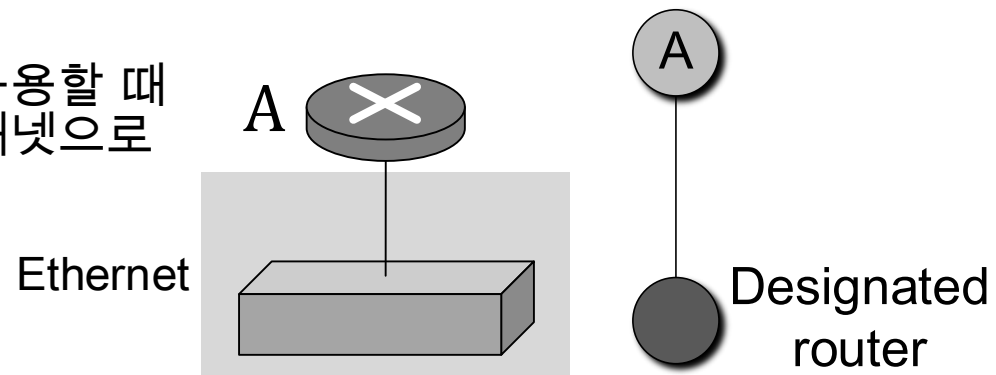
• 특징

- 데이터 패킷은 단일 라우터를 통해서만 네트워크와 통신 가능
- 상황을 나타내기 위해 라우터를 노드로, 네트워크를 지정 라우터로 표시
- 링크가 라우터에서 네트워크로의 단 방향만을 가짐
- 독립적인 네트워크를 구성하여 안정성과 자율성을 확보할 수 있음

• 활용 예시

• 가정용 네트워크

- 집에 있는 전자기기들을 사용할 때 가정용 공유기를 거쳐 인터넷으로 전달됨



보충

- OSPF (Open Shortest Path First) (4/5)

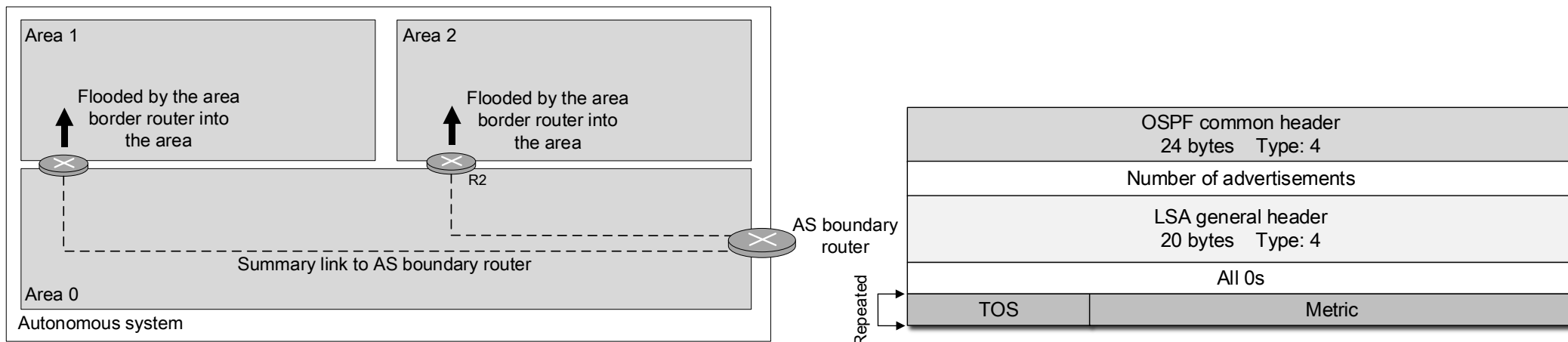
- 자율 시스템 경계 라우터로의 요약 링크 LSA (1/2)

- 정의

- 자율 시스템 경계 라우터로의 경로를 제공하는 LSA

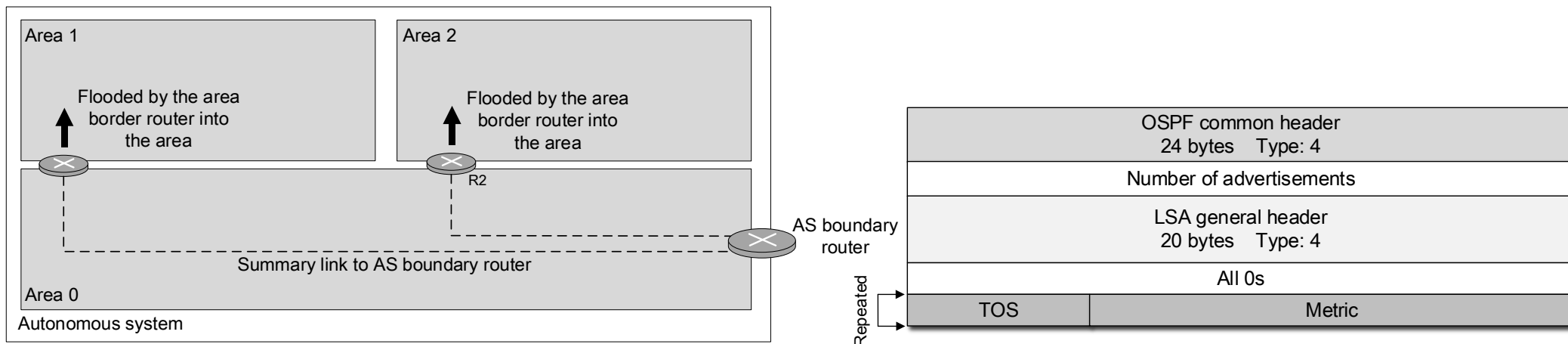
- 특징

- 지역 내의 라우터가 자율 시스템 바깥으로 패킷을 전송하고자 할 때 필요
 - 자율 시스템 외부로 전송될 메시지가 이 네트워크에 도달하면 자율 경계 라우터는 메시지를 수신



보충

- OSPF (Open Shortest Path First) (5/5)
 - 자율 시스템 경계 라우터로의 요약 링크 LSA (2/2)
 - Area가 겹치는 경우
 - 각 라우터 인터페이스는 반드시 하나의 Area에만 속할 수 있음
 - 교집합, 즉 이웃이 되기 위해서는 Hello 패킷을 보내어 두 라우터간 Area ID, Hello, Dead 간격, 인증 정보가 일치하는지를 확인해야함
 - 하나라도 일치하지 않으면 이웃 관계를 맺을 수 없음
 - 따라서 Area가 겹치는 경우는 발생하지 않음



보충

- 정의

- 목적지에 도달하기 위해 거쳐가야 하는 전체 경로의 목록을 공유하는 방식

- 특징

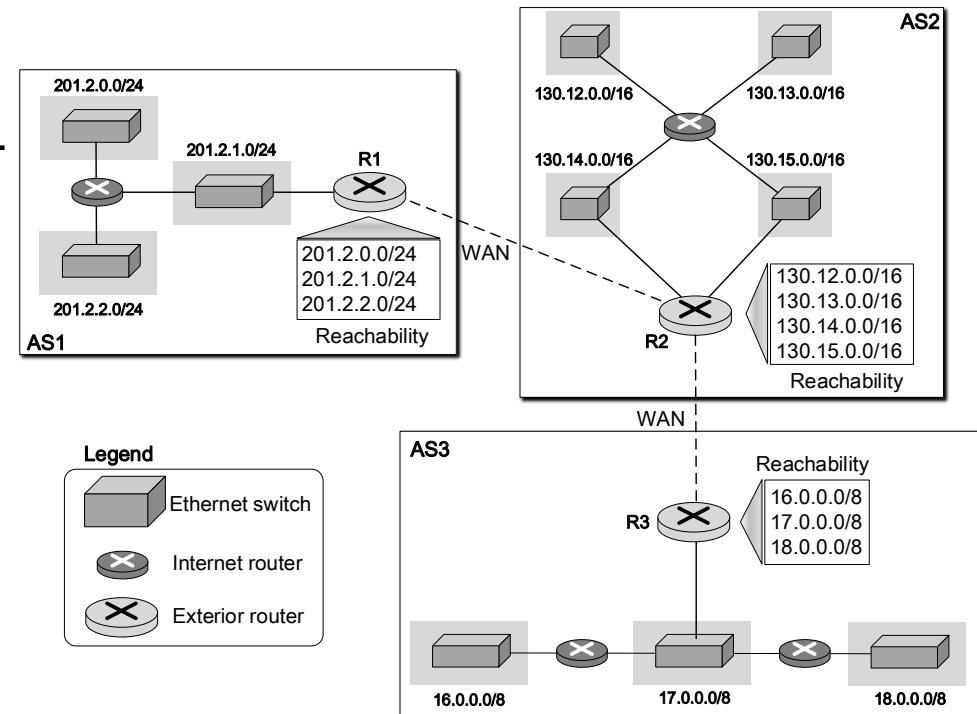
- 도메인 간 라우팅에 유용
- 원리는 거리 벡터 라우팅과 유사
 - 자신의 직접적인 이웃 라우터와 정보를 교환함
 - 이웃 라우터에게 받은 정보를 바탕으로 경로를 재구성
 - 전달하는 정보에서 차이점이 있음
 - 거리 벡터 라우팅은 목적지까지의 거리 값을 전달함
 - 경로 벡터 라우팅은 목적지까지 거쳐 가는 AS 전체 경로 목록을 전달함
- BGP (Border Gateway Protocol)로 구현

보충

• 도달 가능성(Reachability)

• 개요

- 각 AS는 자신이 도달 가능한 네트워크 목록을 이웃 AS에게 광고해야 함
- 이웃 AS는 정보를 받아 목적지 네트워크로 가는 어떤 경로가 존재하는지 알게 됨
 - 도달 가능성 정보는 해당 AS에서 접근할 수 있는 네트워크의 목록을 의미함



보충

- BGP

- 자율 시스템 유형

- 스템브 AS(Stub AS)

- 다른 자율 시스템과 단 하나의 연결을 가짐
 - 스템브 AS 내의 도메인 간 데이터 트래픽은 AS내에서 생성되거나 사라질 수 있음
 - 데이터 트래픽은 스템브 AS를 통해 지나갈 수 없음
 - 외부에서 들어온 트래픽은 스템브 AS에서 끝남
 - 스템브 AS 내부에서 생성된 트래픽만 외부로 나감
 - e.g., 작은 로컬 ISP

- 멀티홈 AS(Multihomed AS)

- 다른 자율 시스템과 하나 이상의 연결을 가짐
 - 데이터 트래픽의 송신자나 수신자만 될 수 있음
 - 하나의 자율 시스템에서 다른 시스템으로 지나가는 트래픽은 허용되지 않음
 - e.g., 국가 AS에 연결된 큰 조직

보충

- 멀티캐스트 주소 (1/4)

- IPv4에서의 멀티캐스트 주소 (1/3)

- 망 간 제어 블록(Internetwork Control Block)

- 로컬 네트워크 내 제어용 블록
 - 라우터들이 서로 제어 메시지를 주고 받는 용도

- AD-HOC 블록

- 임시 멀티캐스트 실험이나 임시 그룹 통신을 위해 마련된 블록
 - 주로 중앙 서버가 없는 P2P (Peer-to-Peer) 방식으로 동작
 - 블록의 크기가 100으로, CIDR 표기가 가능하기 위해선 IP 주소 블록의 크기가 2^x (x 는 양수) 이어야 해서 여러 개의 CIDR 블록을 조합해 표현해야 함

보충

- 멀티캐스트 주소 (2/4)
- IPv4에서의 멀티캐스트 주소 (2/3)
 - 스트림 멀티캐스트 그룹 블록
 - 스트림 멀티미디어를 위한 블록
 - 주로 스트리밍이나 실시간 데이터 전송용 서비스 그룹에 사용
 - SAP, SDP 블록
 - 세션 선언 프로토콜 및 세션 디렉터리 프로토콜(RFC 2974)에 사용하는 블록
 - SSM (Source Specific Multicast) 블록
 - 특정 송신자로부터만 트래픽을 받도록 하는 블록

보충

- 멀티캐스트 주소 (3/4)
 - IPv4에서의 멀티캐스트 주소 (3/3)
 - GLOP 블록
 - 특정 기관이 전 세계적으로 고유한 멀티캐스트 IP 주소 범위를 가질 수 있도록 하는 블록
 - 글로벌 콘텐츠 전송을 위해 각 조직이 자율적으로 주소를 사용할 수 있게 설정
 - 관리 범주 블록(Administratively Scoped Block)
 - 특정 조직이나 사이트 내부에서만 사용하도록 약속된 블록
 - 해당 대역을 사용하는 트래픽은 외부로 유출되거나 외부에서 트래픽이 유입되는 일이 없도록 설정

보충

- 멀티캐스트 주소 (4/4)

- 주소 선택

- 제한된 그룹

- 특정 조직이나 기관에 할당되어 관리자의 승인이 필요한 멀티캐스트 그룹
 - GLOP 블록, 관리 범주 블록이 해당

- 대규모 그룹

- 별도의 승인 없이 누구나 사용할 수 있는 멀티캐스트 그룹
 - 송신자의 IP 주소 자체가 채널을 구별하는 고유 식별자가 되기 때문에, 같은 그룹 주소를 사용하더라도 충돌이 발생하지 않음
 - SSM 블록이 해당

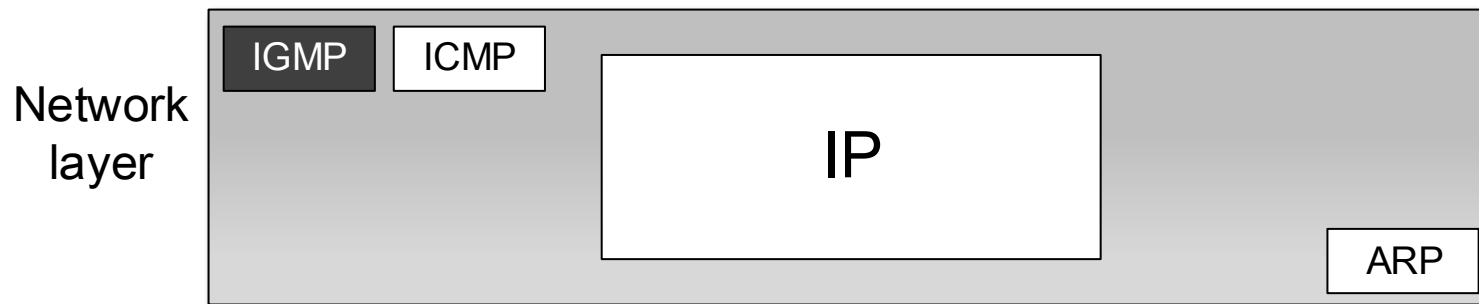
보충

- 정의

- 멀티캐스트를 효율적으로 전달하기 위해 그룹 멤버에 대한 정보를 해독하고 수집하는 프로토콜

- 특징

- 3가지 버전을 보유
 - 버전 1, 2는 ASM (Any Source Multicast)을 제공
 - 멀티캐스트 메시지가 어디에서 오든지 상관없이 그룹 멤버들이 수신
 - 버전 3는 SSM (Source Specific Multicast)을 제공
 - 미리 정해놓은 송신자로부터 오는 멀티캐스트 패킷만을 수신



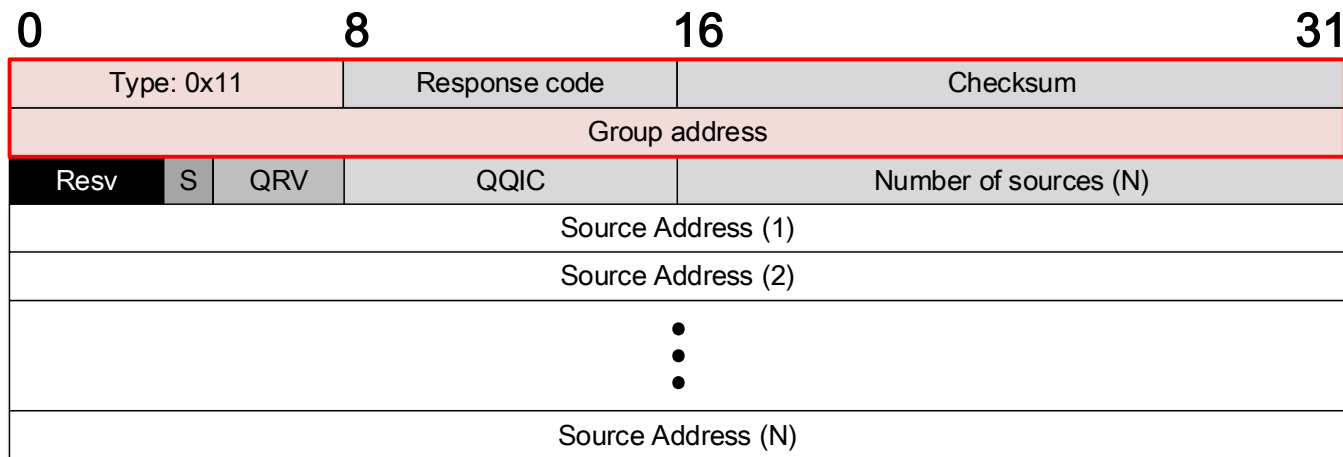
보충

- 메시지 유형 (1/9)
 - 멤버십 질의(Membership Query)
 - 정의
 - 멀티캐스트 그룹에 참여하는 호스트가 있는지 주기적으로 확인 질문을 던지는 방법
 - 종류
 - 일반(General)
 - 그룹 지정 (Group-specific)
 - 그룹과 송신자 지정 (Group-and-source-specific)

보충

- 메시지 유형 (2/9)
- 멤버십 질의 메시지 형식 (1/4)

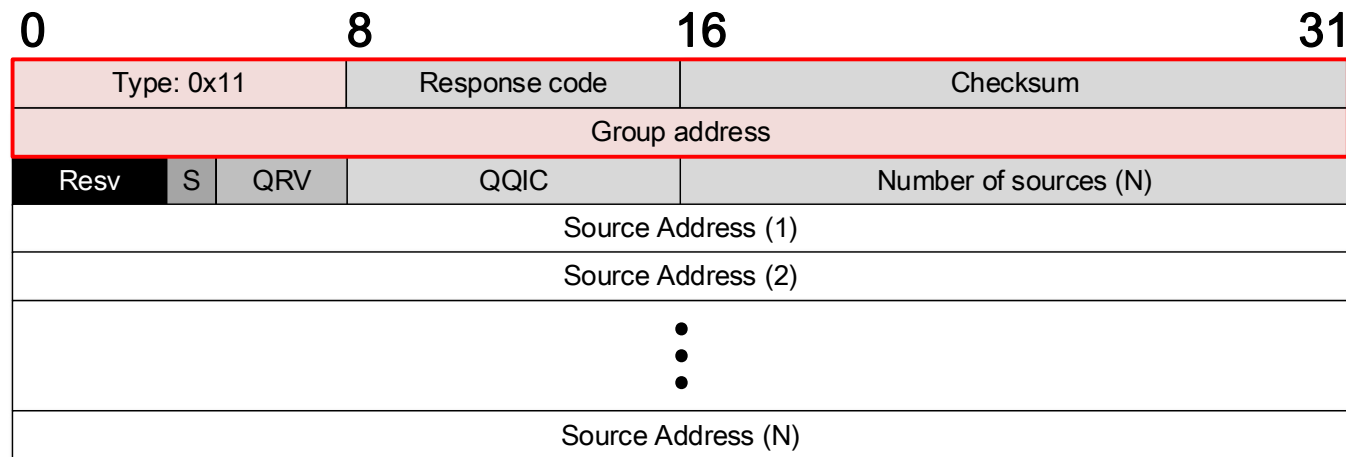
필드	크기	역할
유형 (Type)	8 비트	메시지 유형을 정의하며, 멤버십 질의 메시지의 경우 0x11 값을 가짐
최대 응답 코드 (Response code)	8 비트	질의가 응답되어야 하는 시간을 정의함
검사합 (Checksum)	16 비트	검사합 값을 저장하며, 전체 IGMP 메시지에 대해 계산됨
그룹 주소 (Group address)	32 비트	그룹 지정 및 그룹과 송신자 지정 질의 메시지를 보낼 때 IP 멀티캐스트 주소로 설정함



보충

- 메시지 유형 (3/9)
- 멤버십 질의 메시지 형식 (2/4)

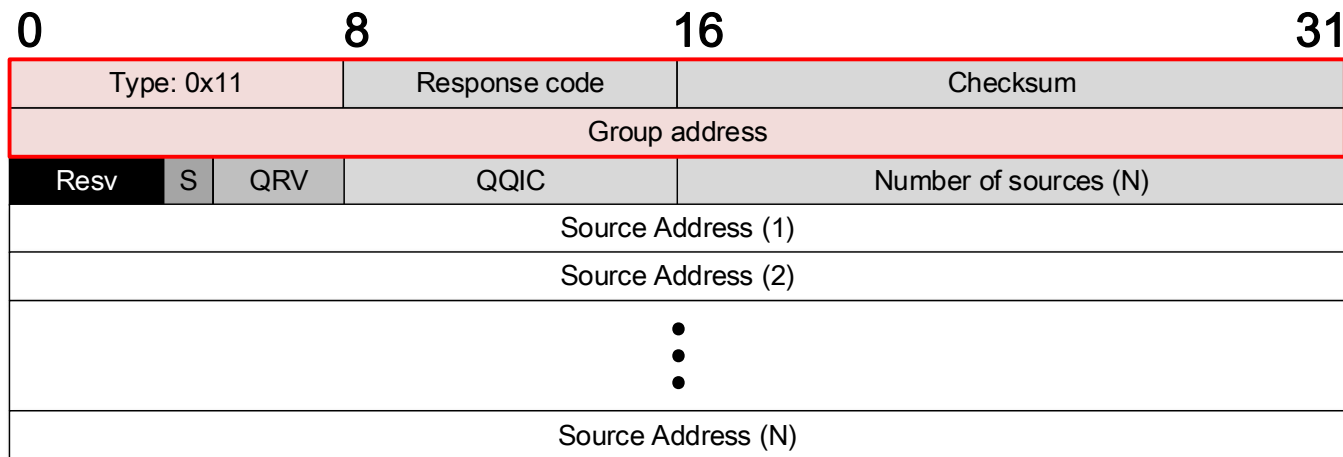
필드	크기	역할
Resv.	4 비트	향후를 위해 예약해둔 값
S. (Suppress)	1 비트	1로 설정되면 질의 메시지 수신자는 정규 타이머 갱신을 수행하지 않음
QRV (Querier's Robustness Variable)	3 비트	네트워크 강인성을 모니터링하기 위해 사용됨
QQIC (Querier's Query Interval Code)	8 비트	질의 간격인 QQI 값을 계산하기 위해 사용됨



보충

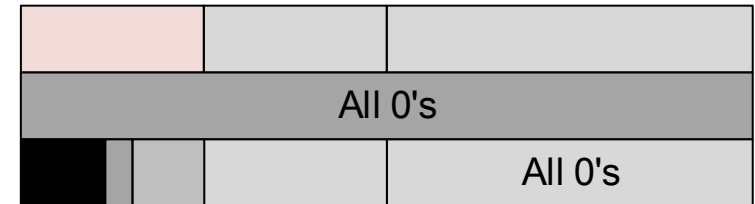
- 메시지 유형 (4/9)
- 멤버십 질의 메시지 형식 (3/4)

필드	크기	역할
송신자 수 (Number of Sources)	16 비트	질의에 관여되는 32비트 유니캐스트 송신자 주소와 수를 정의함
송신자 주소 (Source Address)	32 비트	멀티캐스트 메시지의 송신자 주소를 나타냄

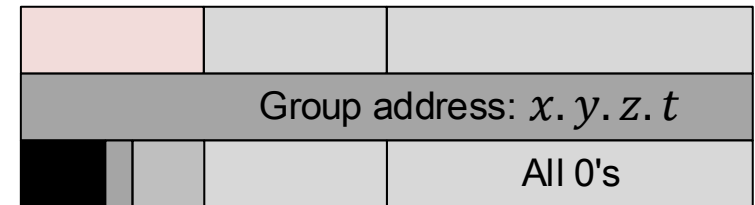


보충

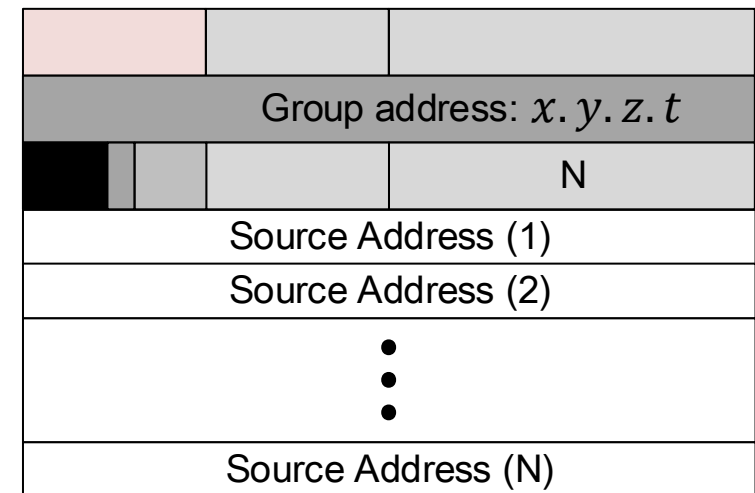
- 메시지 유형 (5/9)
 - 멤버십 질의 메시지 형식 (4/4)
 - 일반 질의 메시지
 - 그룹 멤버십의 전체 목록을 보고하도록 각 이웃에게 요청
 - 그룹 지정 질의 메시지
 - 특정 멀티캐스트 그룹에 수신자가 있는지 확인
 - 그룹과 송신자 지정 질의 메시지
 - 특정 멀티캐스트 그룹 안에서 특정 송신자로부터 오는 데이터를 받는 수신자가 있는지 확인



a. General



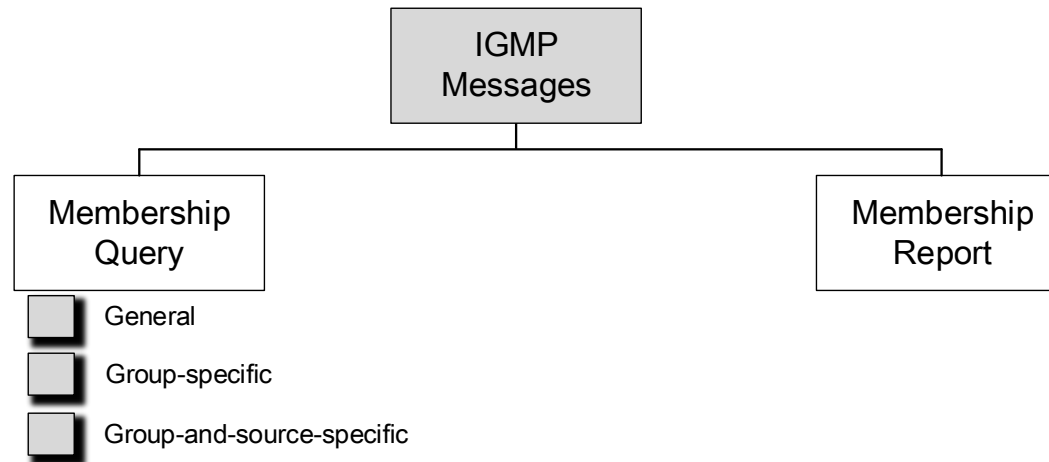
b. Group-specific



c. Group-and-source specific

보충

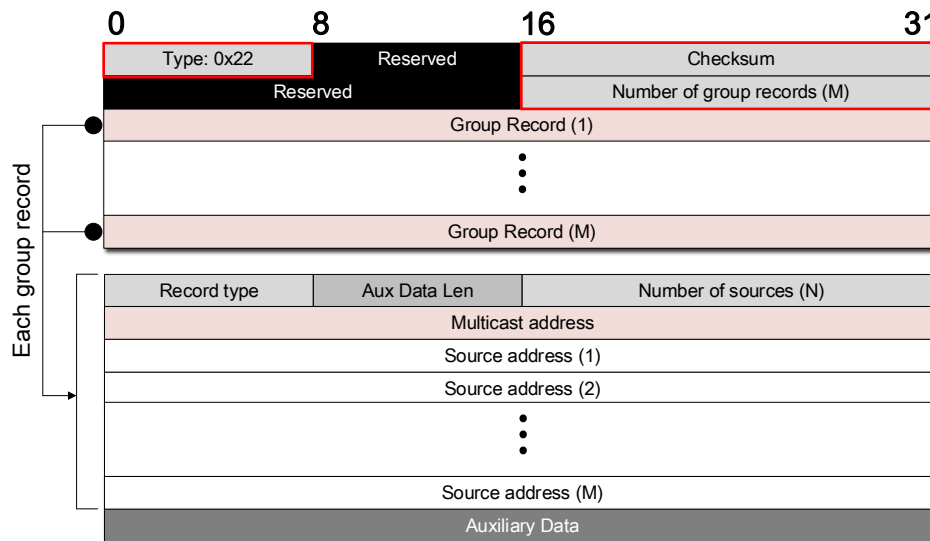
- 메시지 유형 (6/9)
- 멤버십 보고(Membership Report)
 - 정의
 - 호스트가 그룹 참여와 관련한 정보를 보고하는 방법



보충

- 메시지 유형 (7/9)
- 멤버십 보고 메시지 형식 (1/3)

필드	크기	역할
유형 (Type)	8 비트	메시지 유형을 정의하며, 멤버십 보고 메시지의 경우 0x22 값을 가짐
체크섬	16 비트	체크섬 값을 저장하며, 전체 IGMP 메시지에 대해 계산됨
그룹 레코드 수 (Number of group records)	16 비트	패킷에 전달되는 그룹 레코드의 수를 계산함

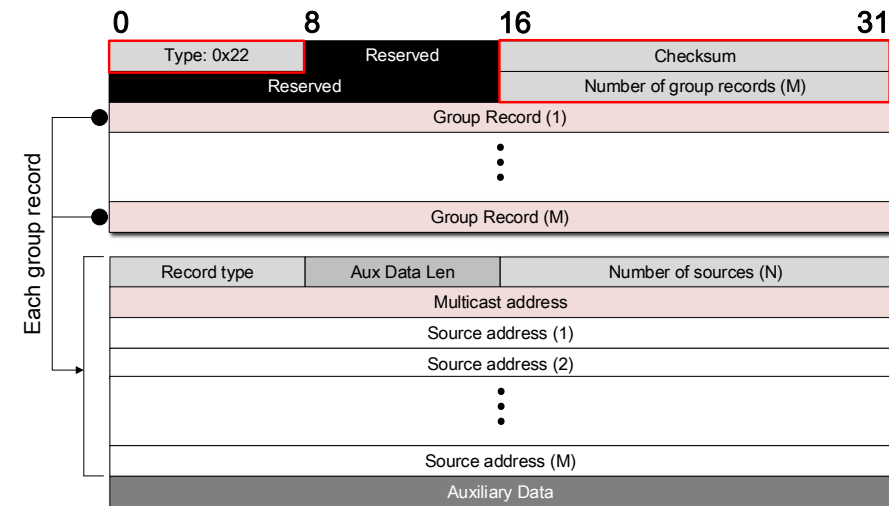


보충

- 메시지 유형 (8/9)
- 멤버십 보고 메시지 형식 (2/3)

필드	크기	역할
레코드 유형 (Record type)	8 비트	6개의 유형을 가짐
보조 데이터 길이 (Aux Data Len)	8 비트	각 그룹 레코드에 포함된 보조 데이터의 길이를 정의 32비트 단위를 가짐

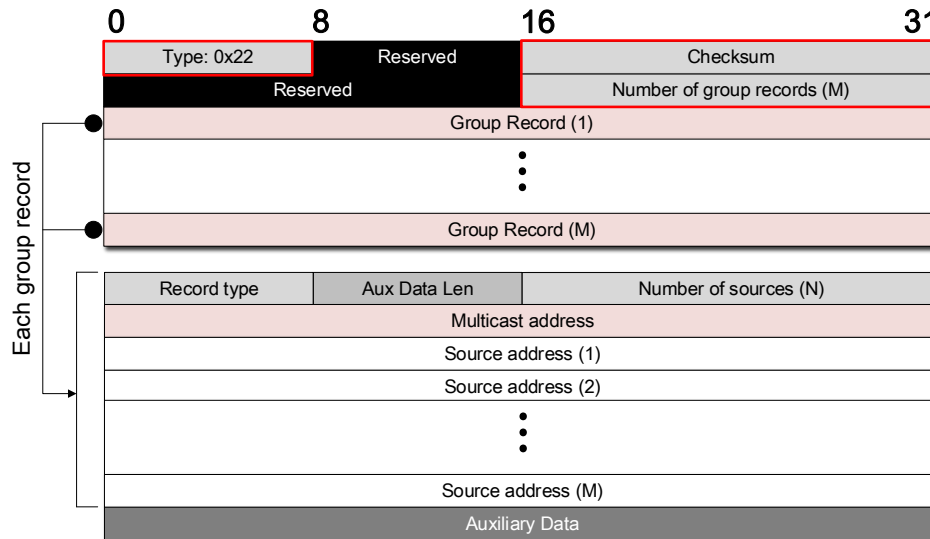
Category	Type	Type Value
Current-State-Record	Mode_Is_Include	1
	Mode_Is_Exclude	2
Filter-Mode-Change-Record	Change_To_Include_Mode	3
	Change_To_Exclude_Mode	4
Source-List-Change-Record	Allow_New_Sources	5
	Block_Old_Sources	6



보충

- 메시지 유형 (9/9)
- 멤버십 보고 메시지 형식 (3/3)

필드	크기	역할
송신자 수 (Number of sources)	16	보고에 포함되는 32비트 송신자 주소 수를 정의함
송신자 주소 (Source Address)	32	N개의 송신자 주소를 나타냄
보조 데이터 (Auxiliary Data)	N/A	보고 메시지에 포함될 수 있는 보조 데이터를 포함함 아직 정의되지 않음

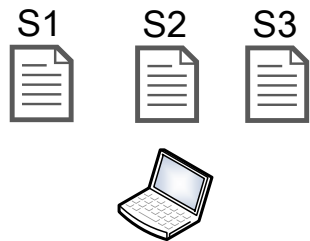


보충

• 호스트에 적용된 IGMP 프로토콜 (1/5)

• 소켓 상태

- 각 프로세스는 소켓으로부터 멀티캐스트 메시지 수신과 관련된 각 멀티캐스트 그룹에 관한 레코드를 가짐
 - Include 모드
 - 소켓으로부터 그룹 메시지를 수신하기를 원하는 송신자 주소의 목록을 가짐
 - Exclude 모드
 - 소켓을 통해 받아들이기를 원하지 않는 그룹 메시지의 송신자 주소를 가짐



Legend

S: Socket

a, b, ...: Source addresses

States Table

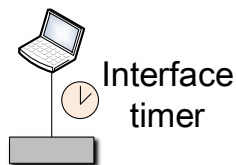
Socket	Multicast group	Filter	Source addresses
S1	226.14.5.2	Include	a, b, d, e
S2	226.14.5.2	Exclude	a, b, c
S2	228.24.21.4	Include	b, c, f
S3	226.14.5.2	Exclude	b, c, g
S3	228.24.21.4	Include	d, e, f

보충

• 호스트에 적용된 IGMP 프로토콜 (2/5)

• 인터페이스 상태

- 각 멀티캐스트 그룹에 대해 하나의 레코드만을 가짐
- 전체 상태에 대해 하나의 인터페이스 타이머와 각 레코드에 대해 하나 씩의 타이머를 가짐
- 레코드가 두 개 이상의 서로 다른 자원을 가진다면 합치기 위해 두 가지 법칙을 따름
 - 합칠 자원 중 하나라도 Exclude 모드를 가지는 경우
 - 최종 인터페이스 레코드는 Exclude 필터를 가짐
 - Exclude 필터를 가지는 모든 주소들에 대해 교집합 연산 수행한 후 결과에 Include 필터를 가지는 모든 주소 목록에 대해 차 연산 수행
 - 합칠 모든 레코드들이 Include 모드인 경우
 - 최종 인터페이스 레코드는 Include 필터 모드를 가지고 모든 주소 목록에 합 연산을 수행하여 송신자 주소의 목록을 찾음



Interface state

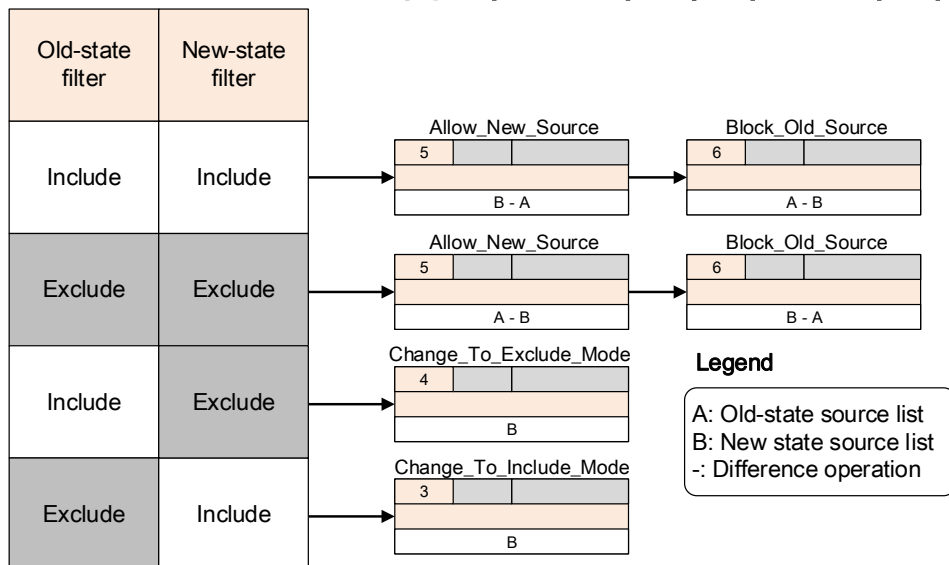
Multicast group	Group timer	Filter	Source addresses
226.14.5.2	⏴	Exclude	c
228.24.21.4	⏴	Include	b, c, d, e, f

보충

• 호스트에 적용된 IGMP 프로토콜 (3/5)

• 상태 변화를 확인한 후 전송

- 인터페이스 상태에 변화가 있을 경우 호스트는 레코드들을 사용하여 멤버십 보고 메시지를 보내야 함
- 이전 상태 및 새로운 상태 필터에 기반을 두어 4가지 서로 다른 변경이 있을 수 있음
 - Include-Include, Exclude-Exclude의 경우, 두 개의 그룹 레코드를 포함하고 나머지는 하나의 그룹 레코드를 포함하여 보고됨



Category	Type	Type Value
Current-State-Record	Mode_Is_Include	1
	Mode_Is_Exclude	2
Filter-Mode-Change-Record	Change_To_Include_Mode	3
	Change_To_Exclude_Mode	4
Source-List-Change-Record	Allow_New_Sources	5
	Block_Old_Sources	6

보충

- 호스트에 적용된 IGMP 프로토콜 (4/5)
 - 질의를 확인한 후 수신
 - 질의를 수신하면 즉각적으로 응답하지 않고, 수신된 질의의 유형에 따라 응답을 지연시킴
 - 유형
 - 일반 질의 수신
 - 호스트는 인터페이스 타이머를 계산된 지연 값으로 재설정함
 - 그룹 지정 질의 수신
 - 계산된 지연 시간과 기존 타이머의 잔여 시간 중 짧은 값으로 재설정함
 - 타이머가 동작하고 있지 않다면 잔여 시간을 무한대로 간주함
 - 그룹과 송신자 지정 질의 수신
 - 그룹 지정 질의 수신과 같은 행동을 수행하나 추가적으로 송신자의 목록이 지연 응답을 위해 기록됨

보충

• 호스트에 적용된 IGMP 프로토콜 (5/5)

• 타이머 만료

- 멤버십 보고 메시지는 타이머가 만료될 때 호스트에 의해 전송
- 유형
 - 일반 질의를 수신한 후 설정된 인터페이스 타이머
 - 호스트는 인터페이스 상태에 있는 각 그룹 별로 하나의 Current-State-Record를 포함하는 멤버십 보고를 전송
 - 그룹 지정 질의를 수신한 후 설정된 그룹 타이머
 - 호스트는 그룹이 여전히 활성화되어 있는 경우에만 특정 그룹에 대한 오직 하나의 Current-State-Record를 포함하는 멤버십 보고를 전송
 - 그룹과 송신자 지정 질의를 수신한 후 설정된 그룹 타이머
 - 그룹 지정 질의와 같은 행동을 수행하나 레코드 유형과 송신자 목록은 그룹의 필터 모드에 의존

Category	Type	Type Value
Current-State-Record	Mode_Is_Include	1
	Mode_Is_Exclude	2

보충

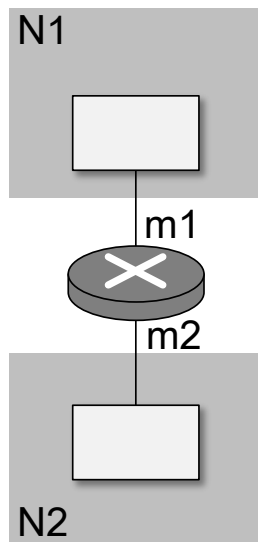
• 라우터에서의 적용

• 질의자의 상태

• 멀티캐스트 그룹에 대한 정보를 가진 테이블

- 멀티캐스트 주소, 그룹 타이머, 필터 모드 및 송신자 레코드로 구성됨
- 각 송신자 코드는 송신자의 주소와 해당 타이머를 포함함

State for interface m1



Multicast group	Group timer	Filter	Source addresses
227.12.15.21		Exclude	(a,), (c,)
228.21.25.41		Include	(b,) , (d,) , (e,)

State for interface m2

Multicast group	Group timer	Filter	Source addresses
226.10.11.8		Exclude	(b,)
227.21.25.41		Include	(a,) , (b,) , (c,)
228.32.12.40		Include	(d,) , (e,) , (f,)

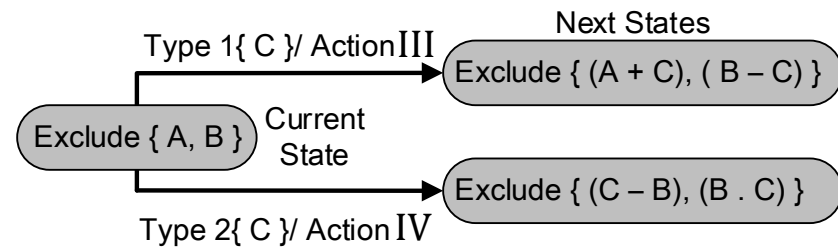
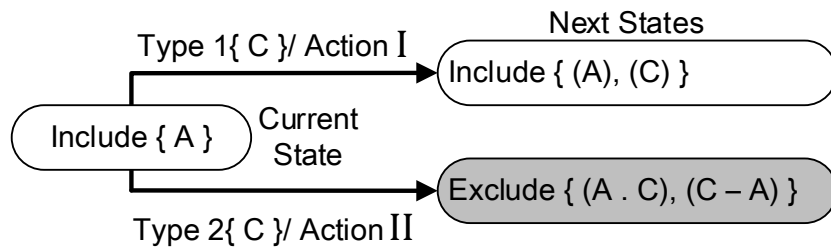
보충

• 호스트에 적용된 IGMP 프로토콜 (1/2)

• 멤버십 보고 수신에 대한 행동

• 일반 질의에 대한 응답으로 수신되는 보고

- 대부분 Current-State-Record를 포함
- 라우터의 각 레코드 상태는 현재 상태 및 보고에 도착한 레코드에 의존



	Group timer	Sources timers	Delete
I		Reset { C }	{ C - A }
II	Reset	Reset{ C - A }	
III		Reset { C }	
IV	Reset	Reset{ C - A - B }	{ A - C } & { B - C }

Category	Type	Type Value
Current-State-Record	Mode_is_Include	1
	Mode_is_Exclude	2
Filter-Mode-Change-Record	Change_To_Include_Mode	3
	Change_To_Exclude_Mode	4
Source-List-Change-Record	Allow_New_Sources	5
	Block_Old_Sources	6

보충

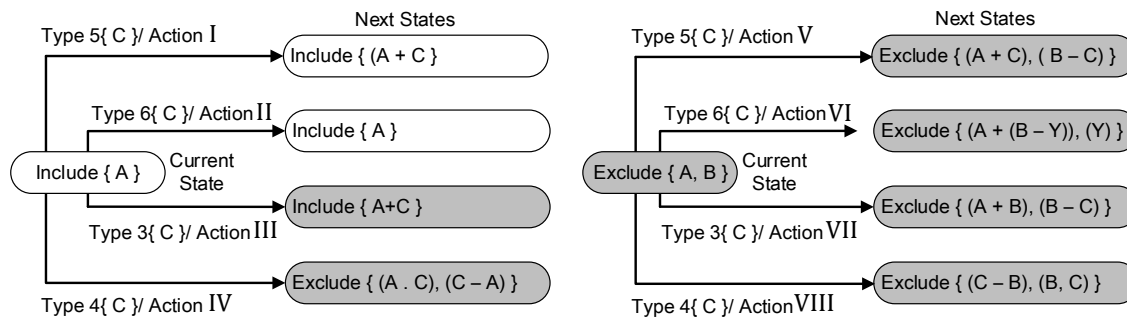
• 호스트에 적용된 IGMP 프로토콜 (2/2)

• 멤버십 보고 수신에 대한 행동

• 다른 질의들에 대한 응답으로 수신되는 보고

- 보통 Fliter_Mode_Change_Record 혹은 Source_List_Change를 포함

- 라우터에 있는 각 레코드의 다음 상태는 현재 상태와 도착한 보고에 포함된 레코드의 유형에 의존



	Group timer	Sources timers	Delete	Send G-S query	Send G-S-S query
I		Reset { C }			
II					Q - G - S{A, C}
III		Reset { C }			Q - G - S{A - C}
IV	Reset		{ A - C }		Q - G - S{A, C}
V		Reset { C }			
VI		Reset{ C - A - B }			Q - G - S{C - B}
VII		Reset { C }		Q - G	Q - G - S{A - C}
VIII	Reset		{ A - C } & { B - C }		Q - G - S{A - B}

Category	Type	Type Value
Current-State-Record	Mode_is_Include	1
	Mode_is_Exclude	2
Filter-Mode-Change-Record	Change_To_Include_Mode	3
	Change_To_Exclude_Mode	4
Source-List-Change-Record	Allow_New_Sources	5
	Block_Old_Sources	6

보충

- 전달(Forwarding)에서의 IGMP의 역할
- 패킷의 전달 여부를 멀티캐스트 라우터에 알려주기 위한 6가지 권장 사항이 IGMPv3에 근거함
 - 멀티캐스트 목적지 주소가 라우터 상태에 존재하지 않으면, 패킷을 절대적으로 전달하지 않는 것이 추천됨
 - 존재한다면 필터 모드 및 송신자 주소에 근거하여 권장 사항이 결정됨

Filter Mode	Source Address	Source Timer Value	Recommendation
Include	In the list	Greater than zero	Forward
Include	In the list	Zero	Do not forward
Include	Not in the list	N/A	Do not forward
Exclude	In the list	Greater than zero	Forward
Exclude	In the list	Zero	Do not forward
Exclude	Not in the list	N/A	Forward

보충

- 변수와 타이머 (1/2)

- 최대 응답 시간

- 정의

- 질의에 대한 응답으로 보고를 보내기 전에 허용되는 최대 시간

- 특징

- 질의가 최대 응답 시간을 결정

- Max Resp Code 값이 128미만이면 최대 응답 시간은 정수
 - Max Resp Code 값이 128이상이면 최대 응답 시간은 부동 소수

보충

- 변수와 타이머 (2/2)
 - 질의자 강인성 변수(QRV, Querier's Robustness Variable)
 - 정의
 - 질의에 대한 응답 메시지를 얼마나 많이 전송해야 하는가를 나타내는 변수
 - 특징
 - 망에서 패킷 유실이 많으면 라우터는 QRV 값을 높게 설정
 - 호스트가 질의에 대해 응답을 보내는 횟수는 $QRV - 1$
 - 만약 라우터가 QRV 값을 5로 설정했다면 응답을 4번 보내야 함
 - 기본값은 2
 - 질의자 질의 간격(QQI, Querier's Query Interval)
 - 정의
 - 라우터가 멤버십 질의를 얼마나 자주 보낼지를 나타내는 시간 간격
 - 기본값은 125
 - 관리자가 망 내의 트래픽을 제어하기 위해 변경 가능

보충

- 프로토콜 독립적 멀티캐스트(PIM, Protocol Independent Multicast)
- PIM-DM (PIM-Dense Mode)
 - LAN과 같이 멀티캐스트에 참여하는 밀집도가 높은 환경에 사용
 - 멀티캐스팅을 위해 RPF와 제거/접속 정책을 사용하는 송신자 기반의 라우팅 프로토콜임
 - 동작 절차는 DVMRP과 유사하지만 특정 유니캐스팅 프로토콜에 의존하지 않음
- PIM-SM(PIM-Sparse Mode)
 - WAN과 같이 밀집도가 낮은 환경에 사용
 - 그룹 공유의 트리에서 필요시 송신자 기반의 트리로 변경
 - 라데부 포인트에서 멀리 떨어진 곳에 멀티캐스팅 영역이 있을 때 변경할 수 있음
 - CBT와 유사하나 가입 메시지 확인 절차가 필요하지 않음

보충

- MBONE (Multicast Backbone)
 - 정의
 - 터널링을 통해 멀티캐스트 통신을 구현한 가상의 네트워크
 - 동작 방식
 - 멀티캐스트 패킷을 일반 유니캐스트 패킷 안에 캡슐화해 터널링 방식으로 전달
 - 특징
 - 최초의 대규모 멀티캐스트로 실시간 멀티캐스트 방송을 가능하게 함
 - 현재까지 MBONE과 터널링을 지원하는 프로토콜은 DVMRP만이 유일함

Thanks!

민 윤 홍 (yunhong@pel.sejong.ac.kr)