

TCP/IP 프로토콜

- 12장 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 -

김 민 식 (minsik@pel.sejong.ac.kr)

세종대학교 프로토콜공학연구실

목 차

- 보충
- 유니캐스팅과 멀티캐스팅(Unicasting and Multicasting)
- IGMP (Internet Group Management Protocol)
- 멀티캐스트 라우팅 프로토콜(Multicast Routing Protocols)

목 차

- 보충

- 유니캐스팅과 멀티캐스팅(Unicasting and Multicasting)
- IGMP (Internet Group Management Protocol)
- 멀티캐스트 라우팅 프로토콜(Multicast Routing Protocols)

보충

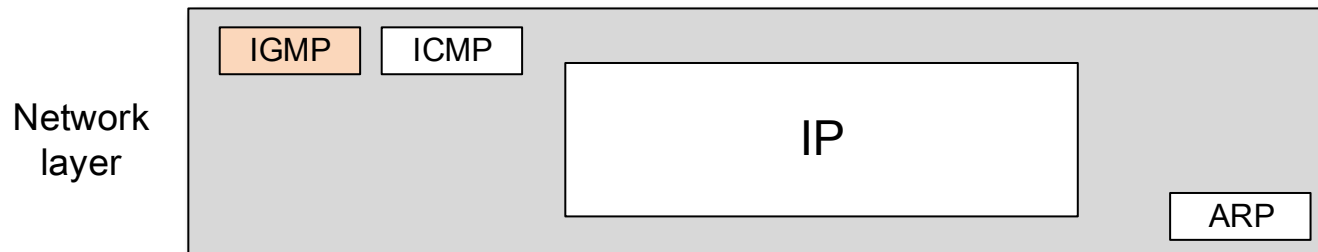
- IGMP

- 정의

- 네트워크 장치들이 멀티캐스트 그룹 멤버십을 관리하고 제어하기 위해 사용하는 프로토콜

- 특징

- 3가지 버전(IGMPv1, IGMPv2, IGMPv3)을 가짐
 - IGMPv1, IGMPv2는 ASM(Any Source Multicast)을 지원함
 - 송신자와 관계없이 해당 그룹으로 전송되는 멀티캐스트 메시지를 수신함
 - IGMPv3는 기존 ASM을 지원하며, 송신자 필터링 기능을 통해 SSM(Source Specific Multicast)도 지원함
 - 미리 지정된 송신자로부터 오는 멀티캐스트 패킷만 수신함



보충

- 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- 정의

- 멀티캐스트 패킷을 그룹에 속한 여러 수신자에게 전달하기 위한 경로를 결정하는 라우팅 프로토콜

- 특징

- 하나의 멀티캐스트 패킷이 여러 네트워크의 그룹 멤버에게 전달될 수 있음
- 여러 그룹 멤버에게 패킷을 전달하기 위해 트리 형태의 전달 경로를 구성함
- 멀티캐스트 트리를 구성하는 방식에 따라 송신자 기반 트리와 그룹 공유 트리로 구분할 수 있음

보충

- 멀티캐스트 라우팅 프로토콜
 - 프로토콜 독립적인 멀티캐스트
 - PIM-DM(PIM-Dense Mode)
 - 멀티캐스트 수신자가 대부분의 네트워크에 존재할 것으로 가정하는 환경에 적합함
 - 멀티캐스트 패킷 전달을 위해 RPF와 제거(Pruning)·접목(Grafting) 정책을 사용함
 - DVMRP와 유사하지만, RIP과 같은 특정 유니캐스트 라우팅 프로토콜에 의존하지 않음
 - PIM-SM(PIM-Sparse Mode)
 - 멀티캐스트 수신자가 일부 네트워크에만 존재할 것으로 가정하는 환경에 적합함
 - 기본적으로 그룹 공유 트리를 사용하며, 필요에 따라 송신자 기반 트리로 변경할 수 있음
 - CBT와 유사하나, join 메시지 확인을 필요로 하지 않음

목 차

- 보충
- 유니캐스팅과 멀티캐스팅(Unicasting and Multicasting)
- IGMP (Internet Group Management Protocol)
- 멀티캐스트 라우팅 프로토콜(Multicast Routing Protocols)

유니캐스팅과 멀티캐스팅

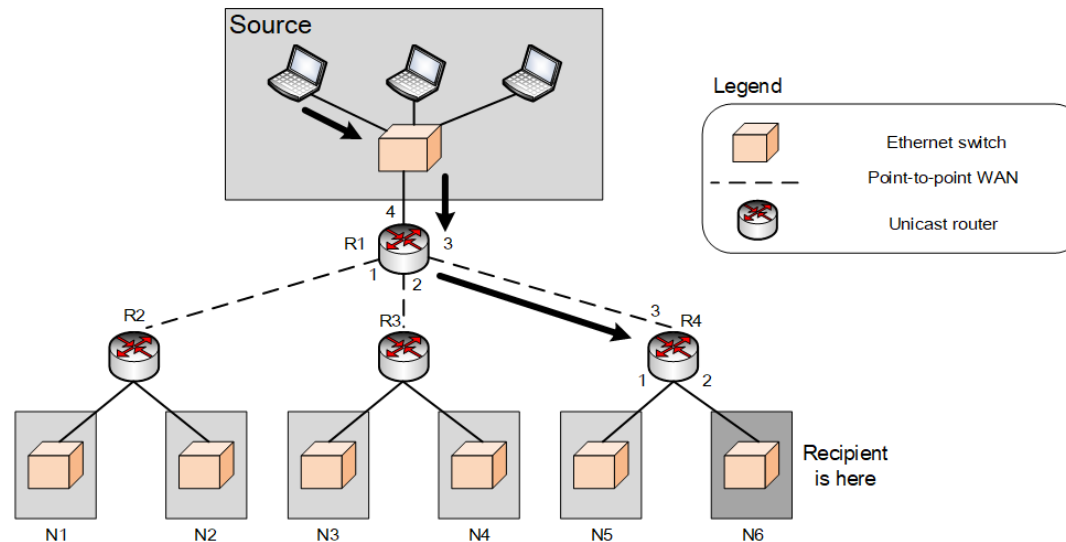
- 유니캐스팅(Unicasting)

- 정의

- 하나의 송신자가 하나의 특정 수신자에게 데이터를 전송하는 1:1 통신 방식

- 특징

- 라우터는 수신한 패킷을 단지 하나의 인터페이스를 통해 전달함
- 이메일, 파일 전송 등 대부분 인터넷 애플리케이션에서 사용함



유니캐스팅과 멀티캐스팅

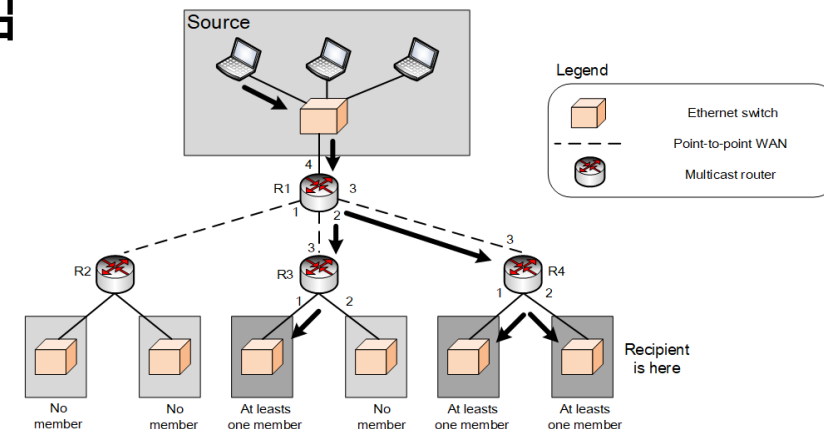
- 멀티캐스팅(Multicasting)

- 정의

- 하나의 송신자가 특정 멀티캐스트 그룹에 속한 여러 수신자에게 데이터를 동시에 전송하는 1:N 그룹 통신 방식

- 특징

- 라우터는 수신한 패킷을 필요한 여러 인터페이스로 복제하여 전달함
 - IPTV, 화상회의, 실시간 스트리밍 등 동일한 데이터를 여러 수신자에게 전송할 때 사용함



유니캐스팅과 멀티캐스팅

- 복수의 유니캐스팅

- 정의

- 하나의 송신자가 여러 수신자에게 동일한 데이터를 각 수신자의 유니캐스트 주소를 이용하여 개별적으로 전송하는 방식

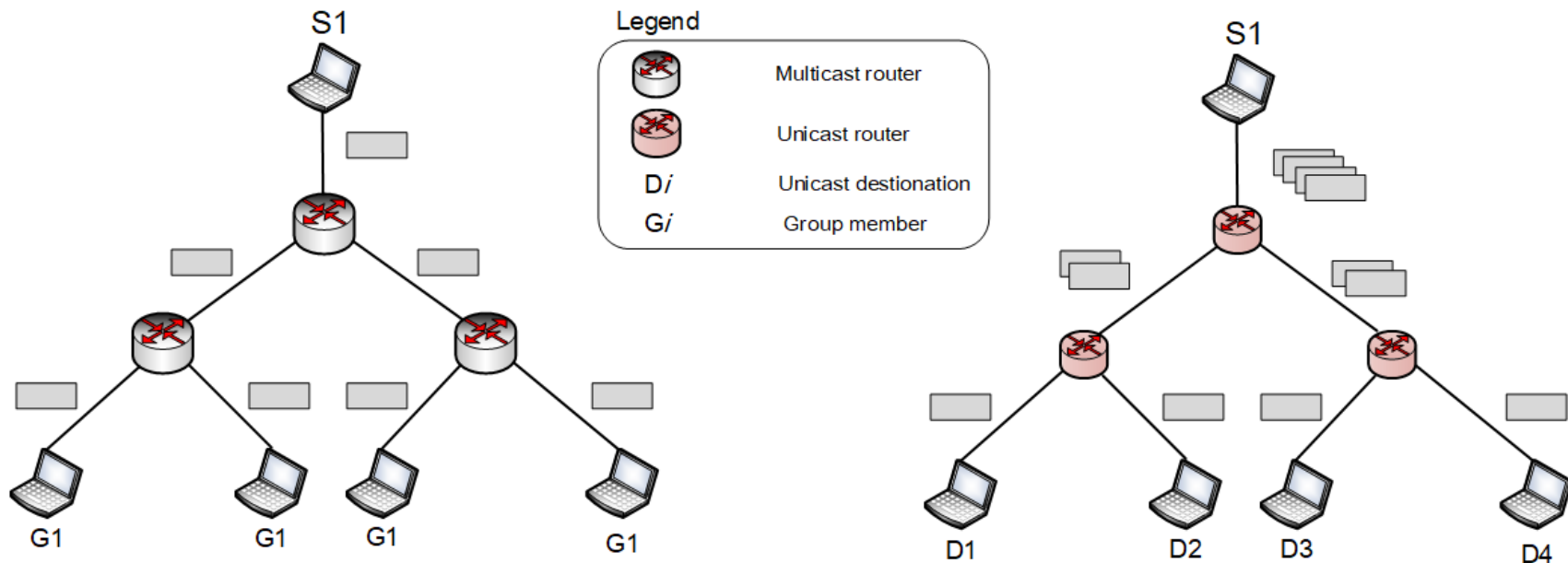
- 특징

- 수신자가 여러 명이면 송신자가 수신자 수만큼 패킷을 생성하여 각각 전송함
- 각 패킷은 서로 다른 유니캐스트 목적지 주소를 가짐
- 동일한 링크를 여러 패킷 사본이 지나갈 수 있어 멀티캐스팅보다 많은 대역폭을 사용함

유니캐스팅과 멀티캐스팅

• 주요 차이점

- 멀티캐스팅에서 송신자는 하나의 패킷만 전송하고, 필요한 지점에서 라우터가 패킷을 복사하여 여러 수신자에게 전달함
- 유니캐스팅은 여러 수신자에게 전송하려면 송신자가 수신자 수만큼 여러 패킷을 각각 전송해야 함



유니캐스팅과 멀티캐스팅

- 복수의 유니캐스팅

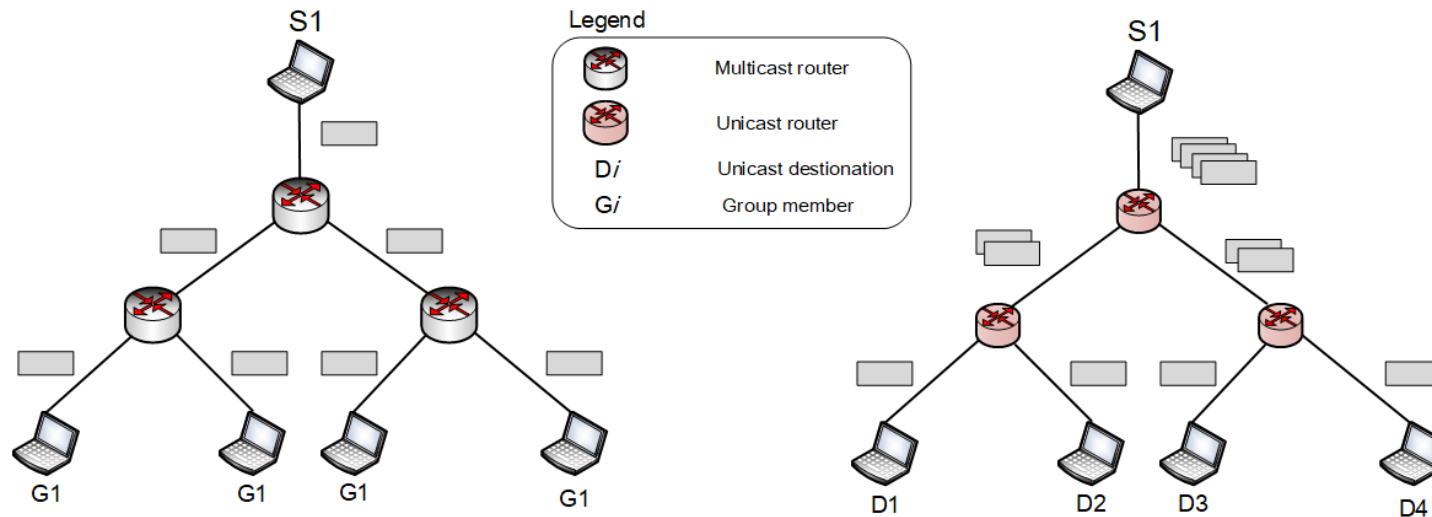
*이물레이션(Emulation)

한 방식이나 시스템이 다른 방식의 기능이나 동작을 모방하여 동일한 효과를 내도록 하는 것

- 멀티캐스팅 이물레이션(Emulation)으로 사용하지 않는 이유

- 복수의 유니캐스팅은 멀티캐스팅에 비해 비효율적임

- 여러 패킷 사본이 동일한 링크를 통과하여 많은 대역폭을 사용함
 - 송신자가 패킷을 개별적으로 생성하므로 상대적인 전송 지연이 발생함



유니캐스팅과 멀티캐스팅

- 멀티캐스트 주소 (1/11)

- 정의

- 멀티캐스트 그룹에 가입한 호스트들의 그룹을 목적지로 지정하기 위한 주소

- 특징

- 하나의 개별 호스트가 아니라 특정 멀티캐스트 그룹을 식별함
- 멀티캐스트 주소를 목적지로 하는 패킷은 수신자의 필터링 제약이 없는 경우 해당 그룹의 모든 멤버에게 전달될 수 있음

유니캐스팅과 멀티캐스팅

- 멀티캐스트 주소 (2/11)
 - IPv4에서의 멀티캐스트 주소 (1/6)
 - 멀티캐스팅에 할당된 블록은 224.0.0.0/4임
 - 224.0.0.0에서 239.255.255.255까지 2^{28} 개의 주소가 있음을 의미함

CIDR(Classless Inter-Domain Routing)	주소 범위	할당 용도
224.0.0.0/24	224.0.0.0 → 224.0.0.255	로컬 망 제어 블록
224.0.1.0/24	224.0.1.0 → 224.0.1.255	망 간 제어 블록
	224.0.2.0 → 224.0.255.255	애드혹 블록
224.1.0.0/16	224.1.0.0 → 224.1.255.255	ST 멀티캐스트 그룹 블록
224.2.0.0/16	224.2.0.0 → 224.2.255.255	SDP/SAP 블록
	224.3.0.0 → 231.255.255.255	예약 영역
232.0.0.0/8	232.0.0.0 → 232.255.255.255	송신자 지정 멀티캐스트 (SSM)
233.0.0.0/8	233.0.0.0 → 233.255.255.255	GLOP 블록
	234.0.0.0 → 238.255.255.255	예약 영역
239.0.0.0/8	239.0.0.0 → 239.255.255.255	관리 범주 블록

유니캐스팅과 멀티캐스팅

- 멀티캐스트 주소 (3/11)

- IPv4에서의 멀티캐스트 주소 (2/6)

- 로컬 망 제어 블록

- 정의

- 하나의 로컬 네트워크 내부에서 프로토콜 제어 트래픽을 전달하기 위해 사용하는 멀티캐스트 주소 영역

- 주소 범위

- 224.0.0.0 ~ 224.0.0.255 (224.0.0.0/24)

- 특징

- 일반적인 멀티캐스트 데이터 전송이 아니라 멀티캐스트 및 관련 프로토콜의 제어 트래픽에 사용됨
 - 이 주소를 목적지로 하는 IP 패킷은 TTL(Time To Live) 값을 1로 설정함
 - 라우터로 하여금 이 패킷을 전달하지 않도록 하기 위함
 - 서로 다른 로컬 네트워크에서는 같은 주소를 동시에 사용할 수 있음

유니캐스팅과 멀티캐스팅

- 멀티캐스트 주소 (4/11)
 - IPv4에서의 멀티캐스트 주소 (3/6)
 - 망 간 제어 블록
 - 정의
 - 네트워크 간 프로토콜 제어 트래픽을 전달하기 위해 사용하는 멀티캐스트 주소 영역
 - 주소 범위
 - 224.0.0.0 ~ 224.0.0.255 (224.0.0.0/24)
 - 특징
 - 로컬 망 제어 블록과 마찬가지로 프로토콜 제어 트래픽에 사용됨
 - 로컬 망 제어 블록과 달리, 이 주소를 목적지로 하는 패킷은 라우터에 의해 다른 네트워크로 전달될 수 있음
 - 따라서 전체 인터넷을 통해 전달될 수 있는 제어용 멀티캐스트 주소 영역으로 설명됨

유니캐스팅과 멀티캐스팅

- 멀티캐스트 주소 (5/11)
 - IPv4에서의 멀티캐스트 주소 (4/6)
 - SSM 블록(Source Specific Multicast Block)
 - 정의
 - 특정 송신자(Source)를 지정하여 멀티캐스트 데이터를 수신하기 위해 사용하는 멀티캐스트 주소 영역
 - 주소 범위
 - 232.0.0.0/8
 - 특징
 - 송신자 지정 멀티캐스팅(Source Specific Multicast)에 사용됨
 - IGMPv3부터 지원되며, 수신자는 미리 지정한 송신자로부터 오는 멀티캐스트 패킷만 수신할 수 있음
 - 불필요한 송신자의 트래픽을 차단하여 네트워크 효율성을 높일 수 있음

유니캐스팅과 멀티캐스팅

- 멀티캐스트 주소 (6/11)

*옥텟(Octet)
8비트로 이루어진 데이터 단위

- IPv4에서의 멀티캐스트 주소 (5/6)

- GLOP 블록(GLOP Block)

- 정의

- AS(Autonomous System)에서 사용할 수 있도록 전역적으로 할당된 멀티캐스트 주소 영역

- 주소 범위

- 233.0.0.0 ~ 233.255.255.255 (233.0.0.0/8)

- 특징

- 각 AS에 할당된 16비트 AS 번호를 주소의 가운데 두 옥텟에 삽입함
 - 주소 형식은 233.x.y.0 ~ 233.x.y.255이며, x.y가 해당 AS 번호를 나타냄
 - 하나의 AS는 이를 통해 256개의 멀티캐스트 주소를 가질 수 있음

유니캐스팅과 멀티캐스팅

- 멀티캐스트 주소 (7/11)
- IPv4에서의 멀티캐스트 주소 (6/6)
 - 관리 범주 블록(Administratively Scoped Block)
 - 정의
 - 특정 인터넷 영역이나 특정 기관 내부에서만 사용하도록 제한된 멀티캐스트 주소 영역
 - 주소 범위
 - 239.0.0.0 ~ 239.255.255.255 (239.0.0.0/8)
 - 특징
 - 인터넷의 특정 영역 또는 특정 조직 내부에서만 사용됨
 - 이 범위의 주소를 목적지로 하는 패킷은 해당 관리 영역을 벗어나지 않도록 제한됨
 - 전역 인터넷 전체로 전달하는 용도가 아니라 기관 내부용 멀티캐스트 주소로 사용됨

유니캐스팅과 멀티캐스팅

- 멀티캐스트 주소 (8/11)

- 그룹 유형

- 제한된 그룹

- AS 번호를 사용할 수 있으며, 특정 그룹에 대한 멀티캐스트 주소로 관리 범주 블록(239.x.y.0 ~ 239.x.y.255)을 사용할 수 있음

- e.g., e.g., 대학에 속한 AS 번호가 23452 (91.156)면, 239.91.156.0에서 239.91.156.255까지의 구간이 대학에 주어질 수 있으며 이 경우 패킷들이 대학 AS 범위 바깥으로 전달될 수 없음

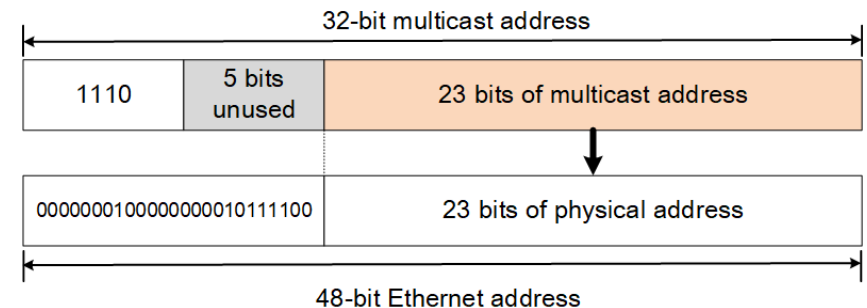
- 관리자에 의한 주소 사용 승인이 필요함

- 대규모 그룹

- SSM 블록에서 주소를 선택할 수 있음
 - 블록 주소를 사용하기 위해 별도의 허락을 받을 필요가 없음
 - 송신자 지정 멀티캐스트에서는 패킷이 그룹 주소와 송신자 주소에 의해 라우팅 되므로 고유하게 식별할 수 있음

유니캐스팅과 멀티캐스팅

- 멀티캐스트 주소 (9/11)
- 데이터링크 계층으로의 전달
 - 문제점



- IP 패킷이 멀티캐스트 IP 주소를 가지는 경우, 데이터링크 계층에서 패킷을 전달하기 위해 ARP를 이용하여 대응되는 물리 주소(MAC 주소)를 찾을 수 없음

- 해결 방안 (1/2)

- 물리적 멀티캐스트를 지원하는 경우
 - 이더넷 멀티캐스트 주소의 상위 25비트는 고정되고, 하위 23비트는 멀티캐스트 그룹을 식별하는 데 사용됨
 - IP 멀티캐스트 주소의 하위 23비트를 추출하여 이더넷 멀티캐스트 MAC 주소에 삽입함
 - IP 그룹 식별자는 28비트이므로 상위 5비트는 사용되지 않음
 - 호스트는 IP 주소를 확인하여 자신이 속하지 않은 그룹의 패킷은 폐기함

유니캐스팅과 멀티캐스팅

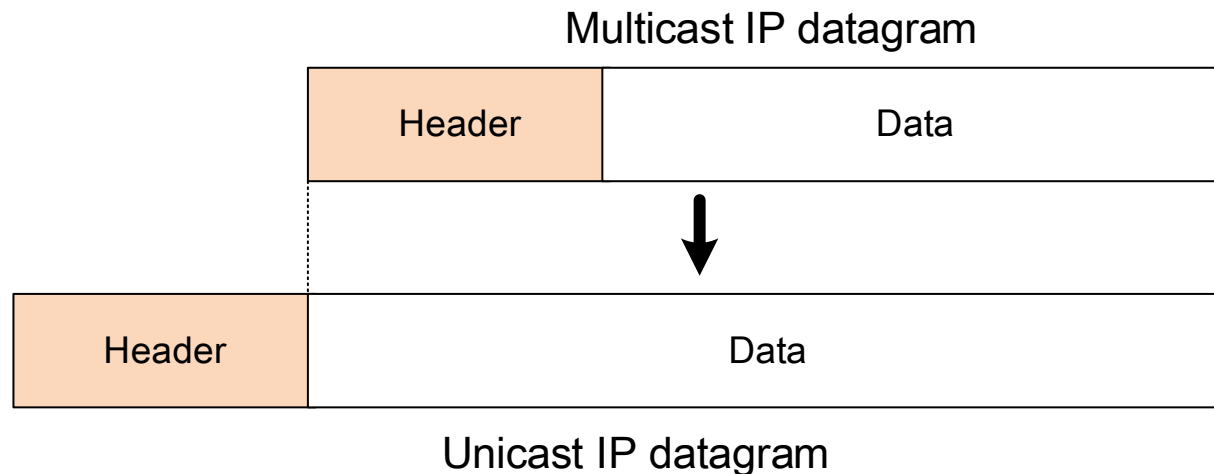
- 멀티캐스트 주소 (10/11)
 - 데이터링크 계층으로의 전달
 - 예제 12.1

멀티캐스트 IP 주소 232.43.14.7을 이더넷 멀티캐스트 물리주소로 변환하라.

- 풀이
 - 이더넷 멀티캐스트 MAC 주소의 앞부분은 01:00:5E로 고정
 - IP 주소 오른쪽 23비트를 16진법으로 작성하면 2B:0E:07임
 - 이 결과를 이더넷 멀티캐스트 처음 주소인 01:00:5E:00:00:00에 더함
 - 멀티캐스트 물리 주소는 01:00:5E:2B:0E:07임

유니캐스팅과 멀티캐스팅

- 멀티캐스트 주소 (11/11)
- 데이터링크 계층으로의 전달
 - 해결 방안 (2/2)
 - 물리적 멀티캐스트 지원이 없는 경우
 - 멀티캐스트 패킷을 유니캐스트 패킷에 캡슐화하여 전달함
 - 네트워크를 통해 멀티캐스트 패킷을 전달하기 위해 터널링(Tunneling)을 사용함



목 차

- 보충
- 유니캐스팅과 멀티캐스팅(Unicasting and Multicasting)
- IGMP (Internet Group Management Protocol)
- 멀티캐스트 라우팅 프로토콜(Multicast Routing Protocols)

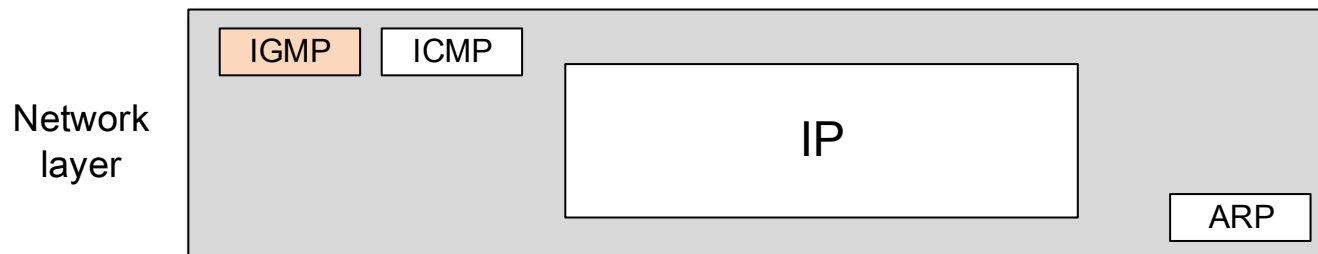
IGMP

- 정의

- 네트워크 장치들이 멀티캐스트 그룹 멤버십을 관리하고 제어하기 위해 사용하는 프로토콜

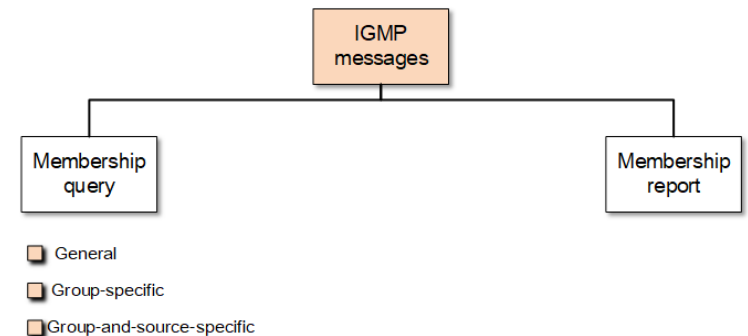
- 특징

- 3가지 버전(IGMPv1, IGMPv2, IGMPv3)을 가짐
 - IGMPv1, IGMPv2는 ASM(Any Source Multicast)을 제공함
 - 송신자와 관계없이 해당 그룹으로 전송되는 멀티캐스트 메시지를 수신함
 - IGMPv3는 SSM(Source Specific Multicast)을 제공함
 - 미리 지정된 송신자로부터 오는 멀티캐스트 패킷만 수신함



IGMP

- IGMPv3 메시지 유형 (1/8)
 - 멤버십 질의(Membership Query)
 - 라우터가 네트워크에 특정 멀티캐스트 그룹에 참여하고 있는 호스트가 존재하는지 확인하기 위해 보내는 메시지
 - 종류
 - 일반(General)
 - 그룹 지정(Group-specific)
 - 그룹과 송신자 지정(Group-and-source-specific)
 - 멤버십 보고(Membership Report)
 - 호스트가 자신의 멀티캐스트 그룹 참여 상태를 라우터에 알리기 위해 전송하는 메시지



IGMP

- IGMPv3 메시지 유형 (2/8)
- 멤버십 질의 메시지 형식 (1/4)

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

Type: 0x11			Response code	Checksum
Group address				
Resv	S	QRV	QQIC	Number or sources(N)
Source Address (1)				
Source Address (2)				
⋮				
Source Address (N)				

IGMP

- IGMPv3 메시지 유형 (3/8)
- 멤버십 질의 메시지 형식 (2/4)

필드명	크기 (bit)	설명
Resv.	4	향후를 위해 예약해둔 값
S.(Suppress)	1	1로 설정되면 질의 메시지 수신자는 정규 타이머 갱신을 수행하지 않음
QRV(Querier's Robustness Variable)	3	네트워크의 패킷 손실 정도를 고려해 안정적으로 동작하도록 하는 데 사용됨
QQIC(Querier's Query Interval Code)	8	질의 간격인 QQI 값을 계산하기 위해 사용됨

Type: 0x11			Response code	Checksum
Group address				
Resv	S	QRV	QQIC	Number or sources(N)
Source Address (1)				
Source Address (2)				
⋮				
Source Address (N)				

IGMP

- IGMPv3 메시지 유형 (4/8)
 - 멤버십 질의 메시지 형식 (3/4)

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

Type: 0x11			Response code	Checksum
Group address				
Resv	S	QRV	QQIC	Number of sources(N)
Source Address (1)				
Source Address (2)				
⋮				
Source Address (N)				

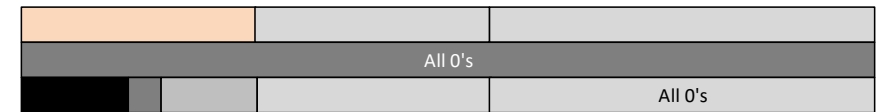
IGMP

- IGMPv3 메시지 유형 (5/8)

- 멤버십 질의 메시지 형식 (4/4)

- 일반 질의 메시지

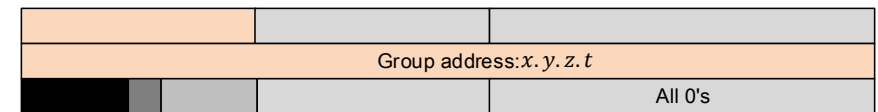
- 네트워크상의 모든 멀티캐스트 그룹에 대해 수신자가 있는지 확인함
 - 그룹 주소와 송신자 수 필드를 모두 0으로 설정함



a. General

- 그룹 지정 질의 메시지

- 특정 멀티캐스트 그룹에 수신자가 있는지 확인함
 - Group Address에는 해당 그룹 주소를 설정하고, Number of Sources는 0으로 설정함

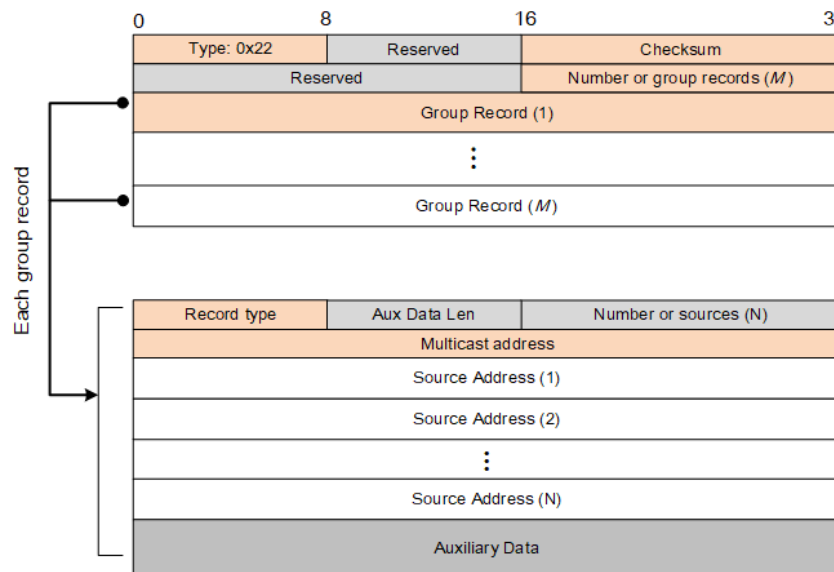


B. Group-specific

IGMP

- IGMPv3 메시지 유형 (6/8)
- 멤버십 보고 메시지 형식 (1/3)

필드명	크기 (bit)	설명
유형(Type)	8	메시지의 유형을 정의하며 0x22 값을 가짐
검사합(Checksum)	16	검사합 값을 저장하며, 전체 IGMP 메시지에 대해 계산됨
그룹 레코드 수 (Number of group records)	16	패킷에 전달되는 그룹 레코드의 수를 나타냄

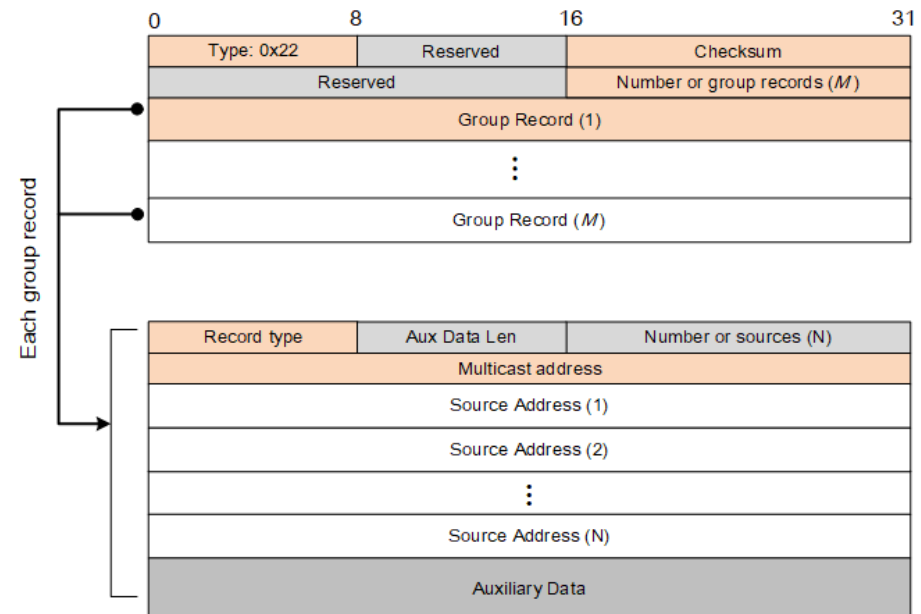


IGMP

- IGMPv3 메시지 유형 (7/8)
- 멤버십 보고 메시지 형식 (2/3)

필드명	크기 (bit)	설명
레코드 유형(Record type)	8	6개의 유형을 가짐
보조 데이터 길이(Aux Data Len)	8	각 그룹 레코드에 포함된 보조 데이터의 길이를 정의하며, 32비트 단위임

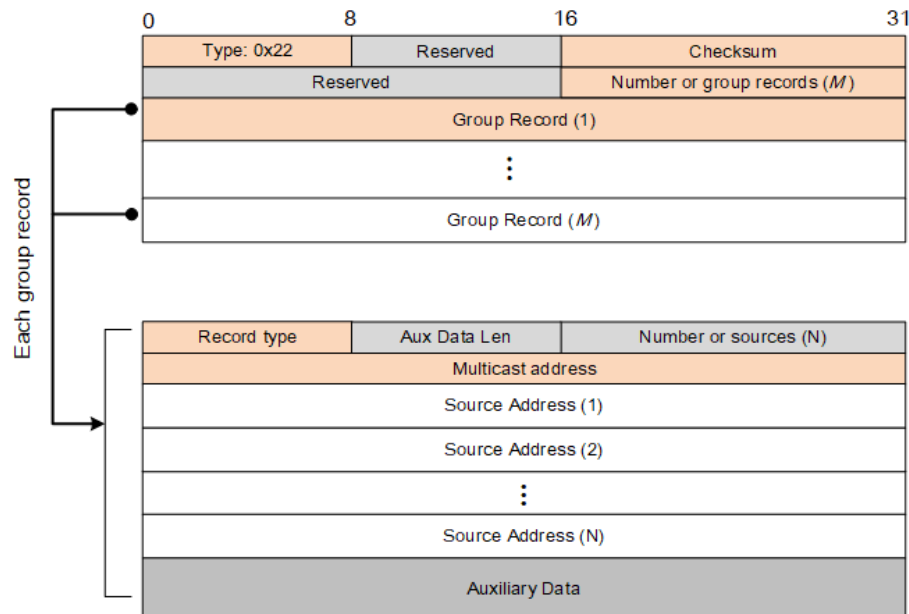
Category	Type	Type Value
Current-State-Record	Mode_Is_Include	1
	Mode_Is_Exclude	2
Filter-Mode-Change-Record	Change_To_Include_Mode	3
	Change_To_Exclude_Mode	4
Source-List-Change-Record	Allow_New_Sources	5
	Block_Old_Sources	6



IGMP

- IGMPv3 메시지 유형 (8/8)
- 멤버십 보고 메시지 형식 (3/3)

필드명	크기 (bit)	설명
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)	-	보고 메시지에 포함될 수 있는 보조 데이터를 포함함 아직 정의되지 않음



IGMP

• 호스트에서의 적용 (1/5)

*소켓(Socket)

프로그램이 네트워크와 통신하기 위해 사용하는 통신 창구

*레코드(Record)

서로 관련된 여러 정보를 하나의 항목으로 묶어 저장한 것

• 소켓 상태

- 각 소켓(Socket)마다 원하는 멀티캐스트 그룹과 송신자가 다를 수 있으므로, 소켓별 수신 조건을 관리하기 위해 필요함
- 각 소켓은 멀티캐스트 메시지 수신과 관련된 그룹별 레코드(Record)를 가짐
 - Include 모드
 - 소켓으로부터 그룹 메시지를 수신하기 원하는 유니캐스트 송신자 주소의 목록임
 - Exclude 모드
 - 소켓을 통해 받아들이기를 원하지 않는 그룹 메시지의 유니캐스트 송신자 주소의 목록임

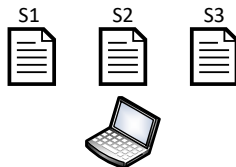
Legend

S: Socket

a, b, ..., Source address

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

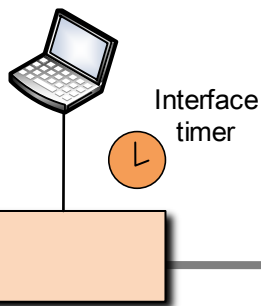


IGMP

• 호스트에서의 적용 (2/5)

• 인터페이스 상태

- 하나의 인터페이스를 여러 소켓이 함께 사용하므로, 소켓별 수신 상태를 그룹별 하나의 최종 상태로 통합하기 위해 필요함
- 인터페이스 상태는 각 멀티캐스트 그룹에 대해 하나의 레코드만 가짐
- 전체 상태에 대해 하나의 인터페이스 타이머를 가지며, 각 멀티캐스트 그룹 레코드마다 하나의 그룹 타이머를 가짐
 - 인터페이스 타이머: 일반 질의에 대한 응답 시간을 관리함
 - 그룹 타이머: 특정 멀티캐스트 그룹에 대한 질의의 응답 시간을 관리함
- 소켓 레코드가 변경되면 이에 따라 인터페이스 상태도 갱신됨



Interface state

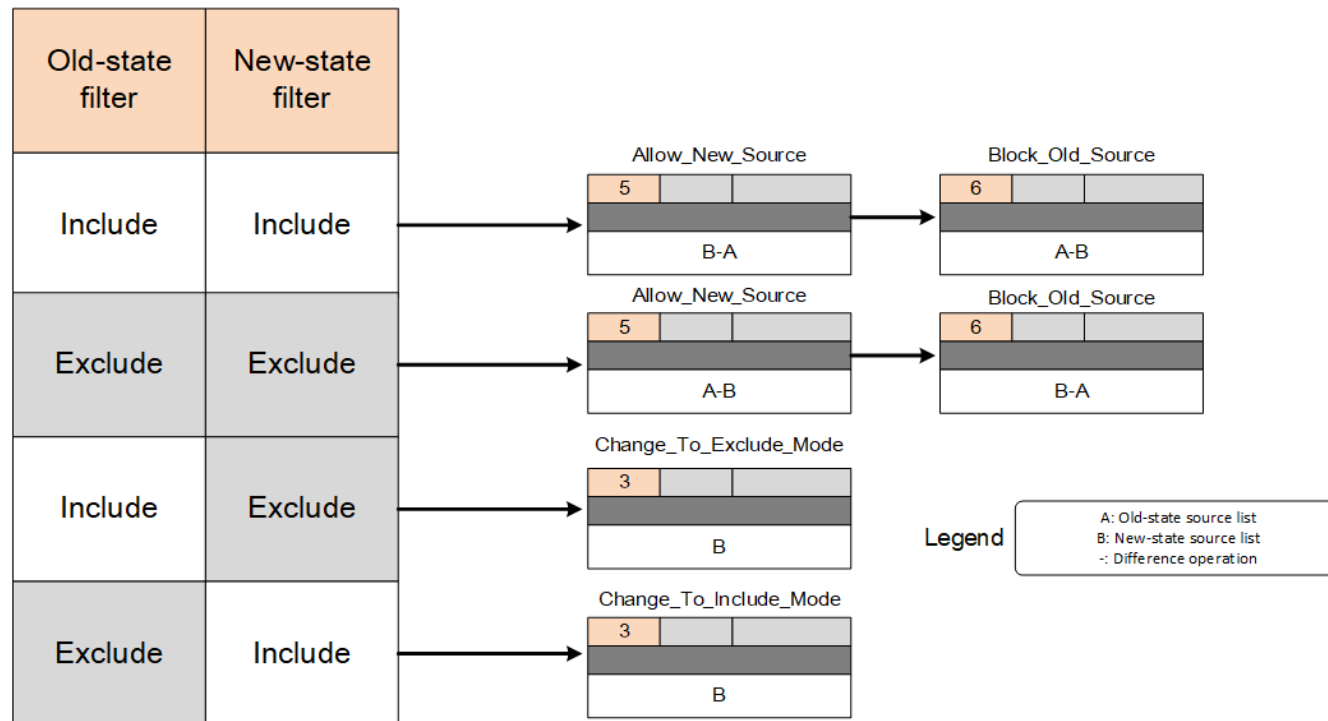
Multicast group	Group timer	Filter	Source address
226.14.5.2	⌚	Exclude	c
228.24.21.4	⌚	Include	b, c, d, e, f

IGMP

- 호스트에서의 적용 (3/5)

- 상태 변화 보고 전송

- 호스트의 이전 상태 필터와 새로운 상태 필터를 비교하여 상태 변화를 멤버십 보고로 전송함
- 필터 상태 변화는 4가지 경우로 구분됨



IGMP

• 호스트에서의 적용 (4/5)

*Max Resp Code

질의에 대해 호스트가 응답할 수 있는 최대 대기 시간을 나타내는 값

• 질의 수신

- 질의를 수신하면 즉각적으로 응답하지 않고, Max Resp Code를 이용해 계산한 임의의 지연 시간 후에 응답함

• 유형

• 일반 질의 수신

- 인터페이스 타이머를 계산된 지연 값으로 재설정함
- 이전에 대기 중이던 응답이 있으면 취소되고 새 값으로 설정됨

• 그룹 지정 질의 수신

- 해당 그룹의 그룹 타이머를 재설정함
- 계산된 지연 값과 기존 타이머의 남은 시간 중 더 짧은 값을 사용함

• 그룹과 송신자 지정 질의 수신

- 그룹 지정 질의와 동일하게 그룹 타이머를 설정함
- 추가로 질의에 포함된 송신자 목록을 기록하여 지연 응답에 사용함

IGMP

- 호스트에서의 적용 (5/5)

- 타이머 만료

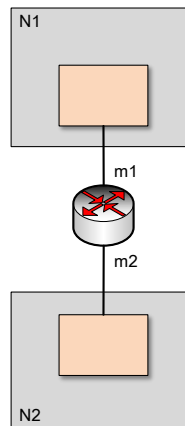
- 일반 질의 수신 후 설정된 인터페이스 타이머
 - 타이머가 만료되면 인터페이스 상태에 있는 각 멀티캐스트 그룹별로 하나의 Current-State-Record를 포함한 멤버십 보고를 전송함
- 그룹 지정 질의 수신 후 설정된 그룹 타이머
 - 그룹 타이머가 만료되면 해당 그룹이 활성 상태인지 확인하고, Current-State-Record를 포함한 멤버십 보고를 전송함
- 그룹과 송신자 지정 질의 수신 후 설정된 그룹 타이머
 - 그룹 타이머가 만료되면 해당 그룹의 필터 모드에 따라 레코드 유형과 송신자 목록을 결정해 멤버십 보고를 전송함

IGMP

- 라우터에서의 적용

- 질의자의 상태

- 라우터가 각 인터페이스별로 어떤 멀티캐스트 그룹과 송신자에 대한 수신 요구가 있는지 관리하고, 해당 인터페이스로의 패킷 전달 여부를 판단하기 위해 필요함
- 멀티캐스트 그룹에 대한 정보를 가지는 테이블
 - 멀티캐스트 주소, 그룹 타이머, 필터 모드 및 송신자 레코드로 구성됨
 - 각 송신자 레코드는 송신자 주소와 송신자 타이머를 포함함
 - 송신자 타이머 값은 해당 송신자의 멀티캐스트 패킷 전달 여부를 판단하는 데 사용됨



State for interface m1

Multicast group	Timer	Filter	Source address
227.12.15.21	(L)	Exclude	(a, (L)) (c, (L))
228.21.25.41	(L)	Include	(b, (L)) (d, (L)) (e, (L))

State for interface m2

Multicast group	Timer	Filter	Source address
227.12.15.21	(L)	Exclude	(a, (L)) (c, (L))
228.21.25.41	(L)	Include	(b, (L)) (d, (L)) (e, (L))
227.32.12.40	(L)	Include	(d, (L)) (e, (L)) (f, (L))

IGMP

- 전달(Forwarding)에서의 역할
- 패킷 전달 결정을 IP 멀티캐스트 라우터에 알리는 6가지 권장 사항이 IGMPv3에 기반함
 - 멀티캐스트 목적지 주소가 라우터 상태에 존재하지 않으면 패킷을 전달하지 않음
 - 목적지 주소가 존재하면 필터 모드, 송신자 주소, 송신자 타이머 값에 따라 전달 여부를 결정함

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	-	Do not forward
Exclude	In the list	Grater than zero	Forward
Exclude	In the list	Zero	Do not forward
Exclude	Not in the list	-	Forward

IGMP

- 캡슐화

- IGMP 메시지는 IP 데이터그램에 캡슐화되어 전달됨
- IP 헤더의 Protocol 필드는 2, TTL 필드는 1로 설정됨
- 목적지 IP 주소는 IGMP 메시지 유형에 따라 다르게 설정됨

- 이전 버전과의 호환성

- IGMPv3는 IGMPv1, IGMPv2와의 호환성을 위해 이전 버전에서 정의된 메시지도 수신할 수 있도록 설계됨

메시지 유형	목적지 IP 주소
General Query	224.0.0.1
Other Queries	해당 멀티캐스트 그룹 주소
Report	224.0.0.22

버전	유형 값	메시지 유형
IGMPv1	0x11	Query
IGMPv1	0x12	Membership Report
IGMPv2	0x11	Query
IGMPv2	0x16	Membership Report
IGMPv2	0x17	Leave Group

목 차

- 보충
- 유니캐스팅과 멀티캐스팅(Unicasting and Multicasting)
- IGMP (Internet Group Management Protocol)
- 멀티캐스트 라우팅 프로토콜(Multicast Routing Protocols)

멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- 정의

- 멀티캐스트 패킷을 그룹에 속한 여러 수신자에게 전달하기 위한 경로를 결정하는 라우팅 프로토콜

- 특징

- 하나의 멀티캐스트 패킷이 여러 네트워크의 그룹 멤버에게 전달될 수 있음
- 그룹 멤버들에게 패킷을 전달하기 위해 최단 경로 트리 (Shortest Path Tree)를 이용함
- 멀티캐스트 트리를 구성하는 방식에 따라 송신자 기반 트리와 그룹 공유 트리로 구분할 수 있음

멀티캐스트 라우팅 프로토콜

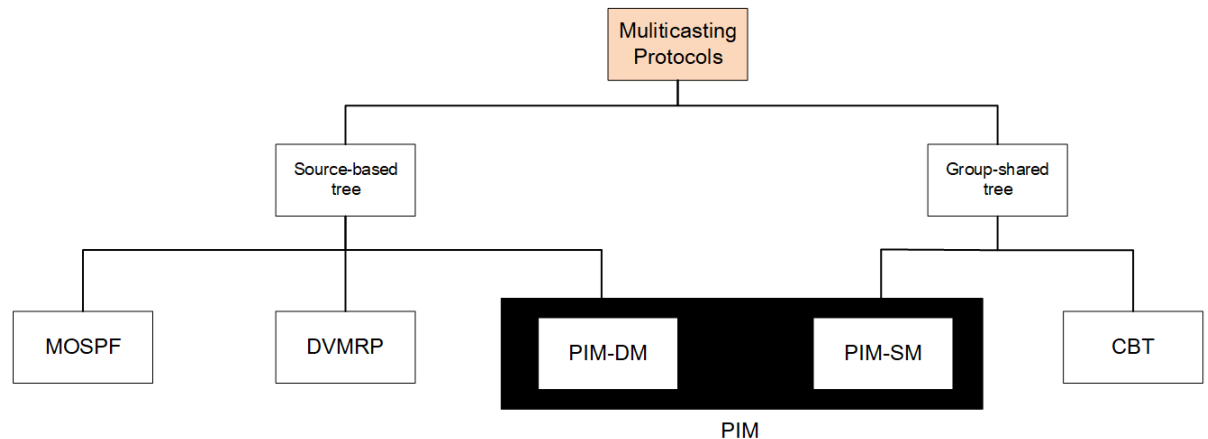
- 분류

- 송신자 기반 트리

- MOSPF(Multicast Open Shortest Path First)
- DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)
- PIM-DM(Protocol Independent Multicast – Dense Mode)

- 그룹 공유 트리

- CBT(Core Based Tree)
- PIM-SM(PIM – Sparse Mode)



멀티캐스트 라우팅 프로토콜

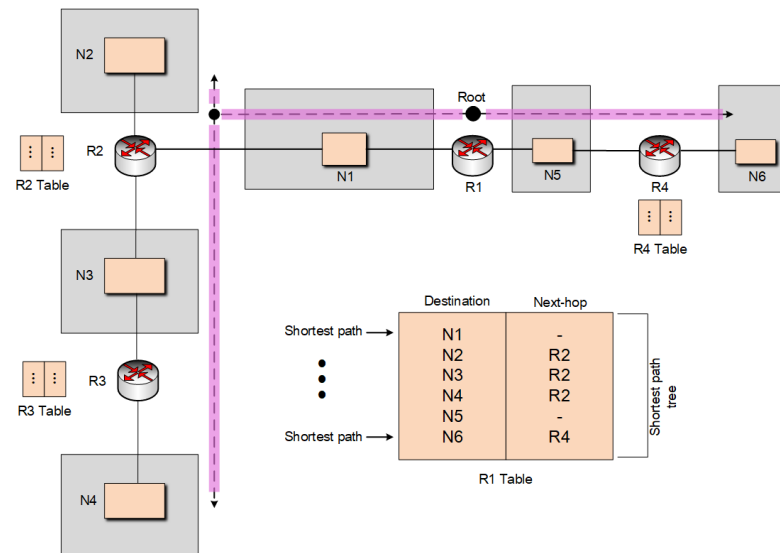
- 송신자 기반 트리 (1/8)

- 정의

- 각 관련 라우터가 각각의 멀티캐스트 그룹에 대한 최단 경로 트리를 가지는 방식

- 특징

- 그룹의 수가 m개이면, m개의 최단 경로 트리가 필요함
- 멀티캐스트 그룹의 수가 증가할수록 라우터의 복잡도가 크게 증가함



멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- 송신자 기반 트리 (2/8)

*OSPF

링크 상태 정보를 이용해 목적지까지의 최단 경로를
계산하는 라우팅 프로토콜

- MOSPF(Multicast Open Shortest Path First)

- 정의

- OSPF(Open Shortest Path First)를 확장하여 멀티캐스트 라우팅을 지원하는 프로토콜

- 특징

- 멀티캐스트 링크 상태 라우팅 방식으로 분류됨
 - 첫 멀티캐스트 패킷 수신 시 다익스트라 알고리즘으로 송신자 기반 최단 경로 트리를 계산함
 - OSPF를 사용하는 네트워크에서 멀티캐스트까지 지원하고 싶을 때 사용함

멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- 송신자 기반 트리 (3/8)
- DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)
 - 정의
 - 거리 벡터 방식으로 멀티캐스트 트래픽을 라우팅하는 프로토콜
 - 특징
 - 실제로 멀티캐스트 라우팅 테이블을 만들어 유지하지 않고, 유니캐스트 거리 벡터 라우팅 정보를 이용하여 패킷 전달 여부를 결정함
 - 4가지 판단-결정 정책(Flooding, RPF, RPB, RPM)으로 구성되며, 각 정책은 이전 단계의 문제점을 보완함
 - RIP(Routing Information Protocol)에 기반함

멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- 송신자 기반 트리 (4/8)
 - DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)
 - 판단-결정 정책: 플러딩(Flooding)
 - 정의
 - 패킷을 수신하면 목적지 그룹 주소를 확인하지 않고, 수신한 인터페이스를 제외한 모든 인터페이스로 전달하는 방식
 - 특징
 - 활성화된 멀티캐스트 멤버가 있는 모든 네트워크가 패킷을 수신하게 할 수 있음
 - 멤버가 없는 네트워크에도 패킷이 전달되므로 실제로는 멀티캐스팅이 아니라 브로드캐스팅에 가까움
 - 라우터를 떠난 패킷이 다시 다른 인터페이스를 통해 들어와 루프가 발생할 수 있음

멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- 송신자 기반 트리 (5/8)
 - DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)
 - 판단-결정 정책: 역 경로 전달(RPF, Reverse Path Forwarding)
 - 정의
 - 송신자로부터 라우터까지의 최단 경로를 통해 도착한 패킷만 전달하는 방식
 - 특징
 - 패킷이 최단 경로로 도착했는지 확인하기 위해 유니캐스트 라우팅 테이블을 사용함
 - 송신자로부터 라우터까지의 최단 경로만 인정하여 루프를 방지함
 - 각 네트워크가 하나의 패킷 사본만 수신하는 것은 보장하지 못함

멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- 송신자 기반 트리 (6/8)

- DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)

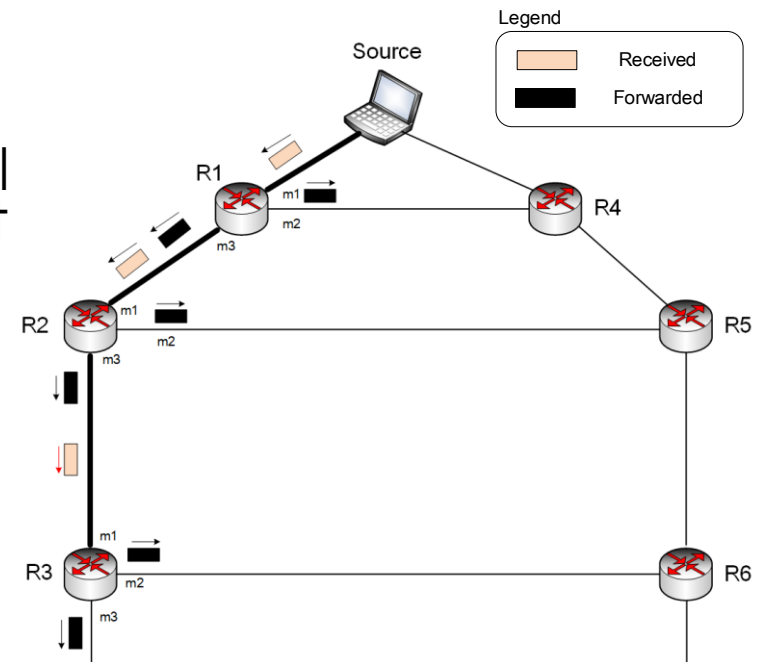
- 판단-결정 정책: 역 경로 전달(RPF, Reverse Path Forwarding)

- 정의

- 송신자로부터 라우터까지의 최단 경로를 통해 도착한 패킷만 전달하는 방식

- 특징

- 패킷이 최단 경로로 도착했는지 확인하기 위해 유니캐스트 라우팅 테이블을 사용함
- 송신자로부터 라우터까지의 최단 경로만 인정하여 루프를 방지함
- 각 네트워크가 하나의 패킷 사본만 수신하는 것은 보장하지 못함



멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- 송신자 기반 트리 (7/8)

- DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)

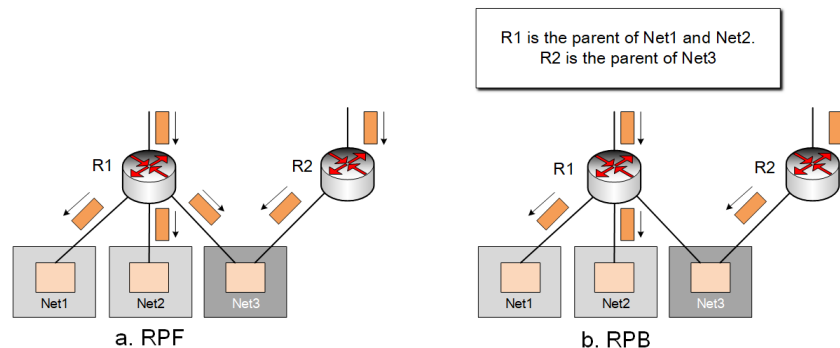
- 판단-결정 정책: 역 경로 브로드캐스팅(RPB, Reverse Path Broadcasting)

- 정의

- 각 송신자에 대해 지정된 부모 라우터를 통해서만 패킷이 전달되도록 하는 방식

- 특징

- 지정된 부모 라우터는 송신자까지의 최단 경로를 가지는 라우터임
 - 패킷이 각 네트워크에 도달하도록 보장함
 - 동시에 각 네트워크에는 하나의 패킷 사본만 전달되도록 보장함



멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- 송신자 기반 트리 (8/8)

- DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)

- 판단-결정 정책: 역 경로 멀티캐스팅(RPM, Reverse Path Multicasting)

- 정의

- RPB에 제거(Pruning)와 접목(Grafting)을 추가하여 동적인 멀티캐스트 그룹 멤버십 변화를 지원하는 방식

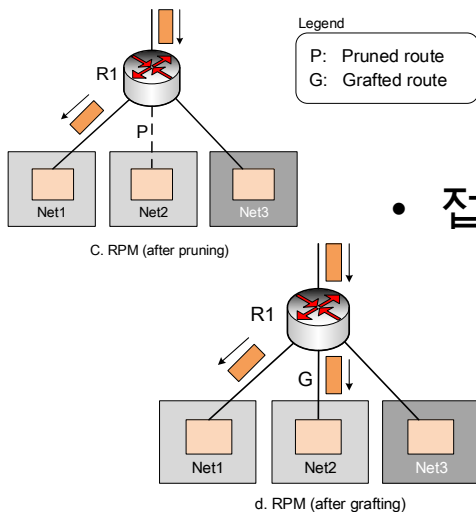
- 절차

- 제거(Pruning)

- 망에 연결된 라우터가 멀티캐스트 패킷을 더 이상 수신할 필요가 없을 때, 상위 라우터에 Prune 메시지를 전송함
 - 상위 라우터는 해당 인터페이스로의 멀티캐스트 패킷 전달을 중단함

- 접목(Grafting)

- 제거된 네트워크에서 다시 멀티캐스트 패킷을 수신하려는 호스트가 생기면, 상위 라우터에 Graft 메시지를 전송함
 - 상위 라우터는 해당 인터페이스로 멀티캐스트 패킷 전달을 다시 시작함



멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- 그룹 공유 트리 (1/4)

- 정의

- 코어 라우터만이 각 멀티캐스트 그룹에 해당하는 최단 경로 트리를 가지는 방식

- 특징

- 중심 코어 라우터(Core Center Router)라고 불리는 하나의 지정된 랑데부(Rendezvous) 라우터가 멀티캐스트 트래픽을 분배함
 - 라우터가 멀티캐스트 패킷을 수신하면 유니캐스트 패킷에 캡슐화하여 코어 라우터로 전송함
 - 코어 라우터는 원래의 멀티캐스트 패킷을 추출한 뒤 라우팅 테이블을 참조하여 패킷을 전달함

멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- 그룹 공유 트리 (2/4)
 - CBT (1/3)
 - 정의
 - 중심 코어 라우터를 루트로 사용하는 그룹 공유 트리 기반의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜
 - 특징
 - 그룹 공유 트리(Group-Shared Tree)를 사용함
 - AS(Autonomous System)를 여러 지역으로 나누고, 각 지역마다 코어(Core) 또는 랑데부 라우터를 선택함
 - 하나의 멀티캐스트 그룹에 대해 하나의 공유 트리를 사용함

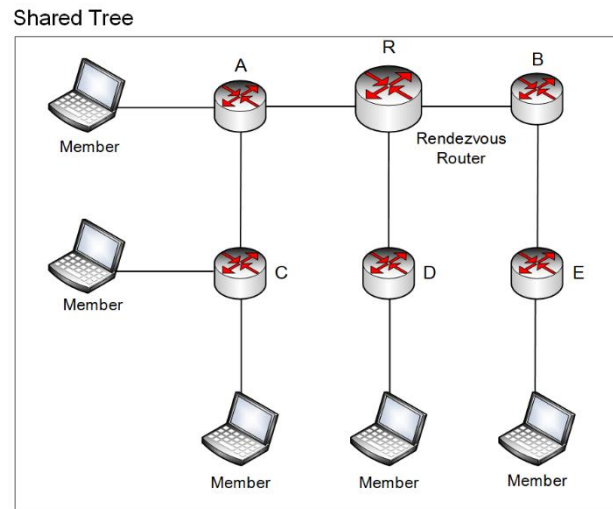
멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- 그룹 공유 트리 (3/4)

- CBT (2/3)

- 트리의 형성

- 랑데부 라우터가 선택되면 모든 라우터에 랑데부 라우터의 유니캐스트 주소가 알려짐
 - 그룹에 가입하려는 라우터는 랑데부 라우터로 Join 메시지를 전송함
 - Join 메시지가 전달되는 경로를 따라 트리가 점진적으로 형성됨
 - 그룹을 떠날 때는 Leave 메시지를 전송하여 해당 경로를 트리에서 제거함



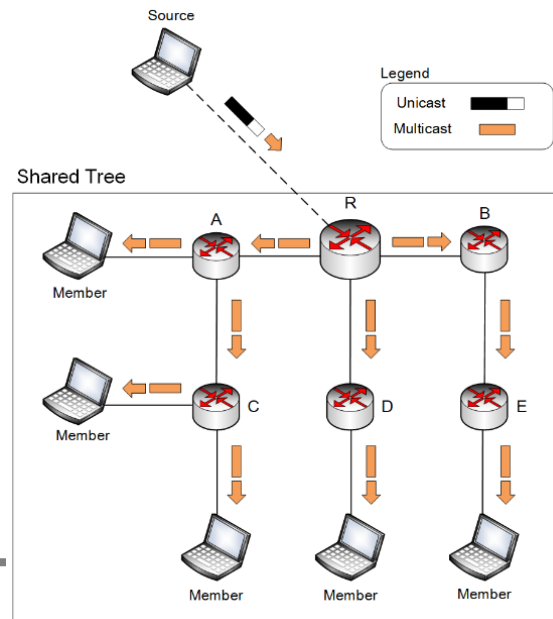
멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- 그룹 공유 트리 (4/4)

- CBT (3/3)

- 멀티캐스트 패킷 전송 절차

1. 송신자는 멀티캐스트 패킷을 코어 라우터의 유니캐스트 주소를 이용해 캡슐화하여 전송함
2. 코어 라우터는 유니캐스트 패킷을 디캡슐화하여 원래의 멀티캐스트 패킷을 추출함
3. 코어와 각 라우터는 패킷을 수신 그룹이 존재하는 인터페이스로 전달함



멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- 프로토콜 독립적인 멀티캐스트(PIM, Protocol Independent Multicast)
- PIM-DM(PIM-Dense Mode)
 - LAN과 같이 멀티캐스트 참여 밀집도가 높은 환경에서 사용됨
 - 멀티캐스트 패킷 전달을 위해 RPF와 제거(Pruning)·접목(Grafting) 정책을 사용함
 - DVMRP와 유사하지만, RIP과 같은 특정 유니캐스트 라우팅 프로토콜에 의존하지 않음
- PIM-SM(PIM-Sparse Mode)
 - WAN과 같이 멀티캐스트 참여 밀집도가 낮은 환경에서 사용됨
 - 기본적으로 그룹 공유 트리를 사용하며, 필요에 따라 송신자 기반 트리로 변경할 수 있음
 - CBT와 유사하나, join 메시지 확인을 필요로 하지 않음

멀티캐스트 라우팅 프로토콜

- MBONE(Multicast Backbone)

- 정의

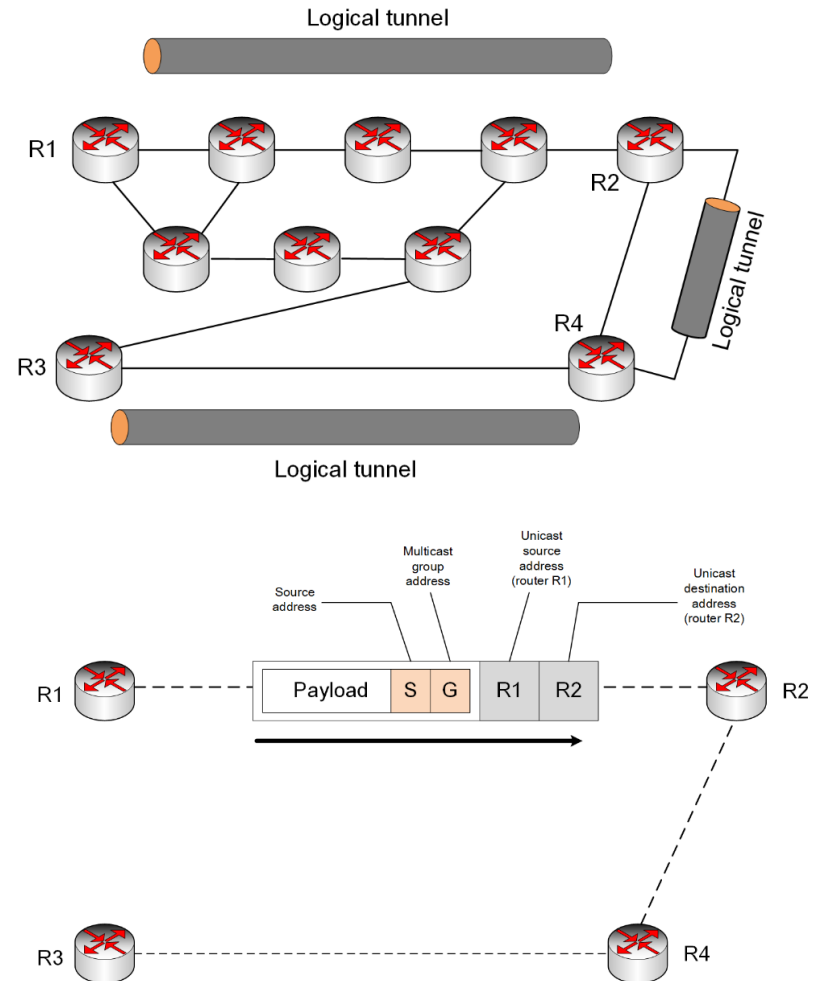
- 터널링(Tunneling)을 이용하여 멀티캐스트 트래픽을 전달하기 위한 가상의 백본 네트워크

- 특징

- 멀티캐스트 라우터가 부족한 환경에서도 멀티캐스트 통신이 가능하도록 구성됨
 - 멀티캐스트를 지원하지 않는 구간에서는 멀티캐스트 패킷을 유니캐스트 패킷에 캡슐화하여 터널을 통해 전달함

*터널링(Tunneling)

멀티캐스트를 지원하지 않는 네트워크 구간에서 멀티캐스트 패킷을 유니캐스트 패킷에 캡슐화하여 전달하는 방식



Thanks!

김민식(minsik@pel.sejong.ac.kr)