

IPv6 기반 SSM 기술 동향

An Overview of Source-Specific Multicast Technology in IPv6 Network

정상진(S.J. Jeong) 차세대인터넷표준연구팀 연구원
신명기(M.K. Shin) 차세대인터넷표준연구팀 선임연구원
김형준(H.J. Kim) 차세대인터넷표준연구팀 책임연구원, 팀장

현재 IP 네트워크 상의 멀티캐스트 기법은 ASM 모델로서 다대다 멀티캐스트로 구현되어 있다. 그러나, ASM 모델은 확장성 및 멀티캐스트 그룹 비가입자에 대한 접근 제어 방법 등의 문제를 가지고 있는 것으로 밝혀지고 있다. 현재 IETF의 SSM WG에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 단대다 소스기반 멀티캐스트 프로토콜을 제안하여 표준화 작업을 진행하고 있다. 본 고에서는 IPv6 네트워크에서 소스기반 멀티캐스트 프로토콜 및 멀티캐스트 그룹 관리 프로토콜에 대하여 설명하고, 이를 구현하기 위한 기능 요구사항에 대하여 살펴본다.

1. 서론

Steve Deering에 의하여 처음 제안된 IP 멀티캐스트 모델은 기본적으로 ASM(Any-Source Multicast) 기반 다대다(many to many) 서비스를 정의하고 있다[1]. 그동안의 대부분의 멀티캐스트 관련 연구 및 서비스 도입은 ASM 모델을 기반으로 하고 있다. 그러나, 실제 ASM 서비스를 도입한 결과, ASM은 멀티캐스트 트리상의 각 라우터들이 멀티캐스트 세션에 대한 상태 정보를 유지해야 하기 때문에 확장성 문제가 대두되었으며, 대부분의 멀티캐스트 서비스는 다대다 통신이 아닌 VOD와 같은 형태의 단대다(one to many) 서비스가 대부분을 차지하였다. 그리고, 멀티캐스트 주소의 할당, 멀티캐스트 그룹 접근 제어 등의 문제도 중요한 이슈로 등장하였다[2].

이러한 ASM의 문제를 해결하기 위해서 1999년 IETF에서는 단대다 환경에 적합한 새로운 멀티캐스트 모델인 SSM(Source-Specific Multicast)을 제안하였으며, 현재 표준화가 진행중이다[3],[4].

SSM 모델은 멀티캐스트 트래픽 송신자 S와 멀티캐스트 그룹 G의 쌍으로서 멀티캐스트 채널을 구분한다. 따라서, 기존의 ASM 모델과는 달리 SSM에서는 송신자의 IP 주소를 지정하지 않고 보내지는 멀티캐스트 패킷들은 각 라우터에서 차단된다. <표 1>은 ASM과 SSM을 비교한 것이다.

SSM을 제공하기 위해서 IPv4 네트워크에서는 IGMPv3(Internet Group Management Protocol version 3)이 필요하며 IPv6 네트워크에서는 MLDv2 (Multicast Listener Discovery version 2)이 필요하다[5].

본 고에서는 SSM 프로토콜과 MLDv2 프로토콜 규격에 대하여 설명하며, IPv6 기반 SSM을 제공하

<표 1> ASM과 SSM의 비교

서비스 모델	ASM	SSM
네트워크 추상화	그룹	채널
세션 구분자	G	S, G
수신측 동작	Join, Leave	(Un)Subscribe

기 위한 MLDv2의 요구사항에 대하여 기술한다. 이를 위해 I장 서론에 이어 II장에서는 SSM 프로토콜 규격에 관하여 기술하고, III장에서는 MLDv2 프로토콜 규격에 대하여 서술한다. 그리고 IV장에서는 SSM 구현을 위한 MLDv2의 요구사항에 관하여 설명하고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. SSM 프로토콜 개요

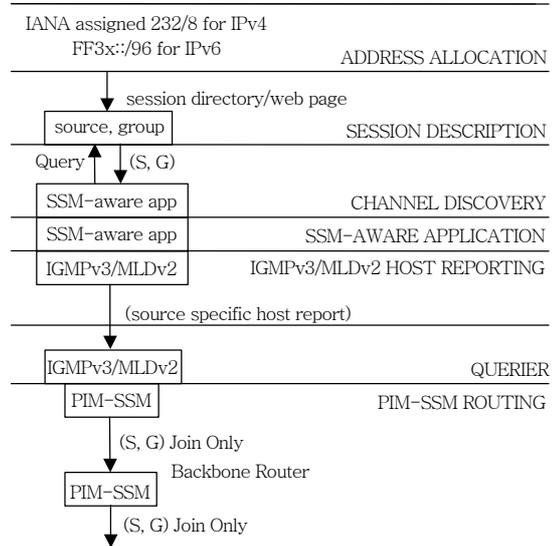
SSM 모델은 소스의 IP 주소 S와 멀티캐스트 그룹 주소 G로 표현되는 SSM 채널 (S, G)에 호스트들이 가입하고, 송신자에게서 전송되는 트래픽들은 (S, G)에 가입한 멀티캐스트 청취자들에게만 전송된다. 또한, 하나의 SSM 채널에 대해서 오직 하나의 멀티캐스트 송신자가 존재할 수 있다. 따라서 SSM은 단대다 멀티캐스트를 지원한다. (그림 1)은 SSM 동작 구조를 나타낸 것이다. 각 모듈의 기능은 다음과 같다[3].

- Address allocation

현재 SSM 서비스를 위한 전용 IP 주소 공간이 할당되어 있다. IPv4 네트워크에서는 232/8이 SSM을 위해 할당되어 있으며, IPv6에서는 FF3x::/32가 SSM 서비스를 위해 할당되어 있다. (그림 2)는 SSM 주소 형식을 나타낸 것이다. RFC 3306에 의해 정의된 주소 형식에 따르면, SSM 주소 형식에서 plen 필드와 network prefix 필드는 모두 0으로 설정하도록 되어 있으며, (그림 2)에 도시된 flag 필드에서 P와 T 필드의 값은 각각 1로 설정하도록 되어 있다 [6]. 따라서, 실제 SSM 주소 공간은 FF3x::/96으로 표현된다. 그러나, 향후 나머지 주소 공간도 사용될 수 있으므로 SSM을 구현할 때 FF3x::/32의 주소 공간을 지원하도록 해야 함

- Session description and Channel discovery

SSM 서비스를 수신하고자 하는 응용은 채널에 가입하기 전에 미리 S와 G를 알아야 한다. SSM에서 채널 발견은 각 응용이 담당을 한다. SSM의 채널 발견은 웹페이지를 이용한 공개 또는 별도의 세션정보 통보 응용을 이용해서 이루어짐



(그림 1) SSM 동작 흐름도

8	4	4	8	8	64	32
11111111	OOPT	scope	reserved	plen	network prefix	group ID

(그림 2) IPv6 SSM 주소 형식

- SSM aware applications

SSM 세션에 가입하고자 하는 응용은 사전에 현재 사용중인 채널의 발견 작업을 수행해야 한다. 응용은 종단 호스트의 네트워크 계층의 프로토콜에 멀티캐스트 소스 주소와 그룹 주소를 이용하여 채널 정보를 전달할 수 있어야 함

- IGMPv3/MLDv2 host reporting and querier

종단 호스트는 소스 주소와 그룹 주소를 이용해서 채널을 설정할 수 있어야 함

- PIM-SSM 라우팅

멀티캐스트 라우터들이 SSM 주소 공간에 대해서 ASM 스타일의 동작을 방지하기 위해서는 다음 사항을 만족해야 함

- Designated Router(DR)이 SSM 주소 공간에 대한 (S, G) Join 요청을 받았을 때, (S, G) Join을 처리해야 하며, (*, G) Join 메시지를 발생시키면 안됨

- 백본 라우터들은 (*, G) Join 요청을 SSM 주소 공간에 대해서 전달하면 안됨
- RP는 SSM 주소 공간에 대해서 PIM 등록 메시지 또는 (*, G) Join 메시지를 받아들이면 안됨

당받지 못한 경우에는 IPv6 unspecified 주소를 발신 주소로 표시해서 전송해야 한다. 또한, IPv6 패킷 헤더 내의 Hop Limit 필드를 1로 설정을 하고, Hop-by-Hop 옵션 헤더 내의 IPv6 라우터 alert 옵션도 설정되어 있어야 한다. MLDv2 프로토콜에는 현재 다음의 두 가지의 메시지가 정의되어 있다[5].

III. MLD 프로토콜 개요

MLD(Multicast Listener Discovery) 프로토콜은 IPv6 라우터가 자신에게 직접 연결된 링크상에 멀티캐스트 수신자가 있는가를 탐색하기 위해 사용되는 프로토콜이다. MLD를 이용하여 라우터는 특정 멀티캐스트 그룹 주소에 어떤 호스트들이 가입되어 있는가를 알 수 있다. MLD는 IPv4 멀티캐스트를 위한 IGMPv2를 IPv6 환경에 맞도록 수정한 것으로, 현재 IGMPv3를 기반으로 한 MLDv2의 표준화가 추진되고 있다. MLDv2는 MLDv1의 기능에 소스 필터링(source filtering) 기능이 추가된 것으로 MLDv1과 호환되도록 설계되었다[5].

- Multicast Listener Query: 멀티캐스트 라우터가 자신의 이웃 노드들의 멀티캐스트 수신 상태를 수집하기 위해서 사용하는 메시지
- Version 2 Multicast Listener Report: IP 노드가 이웃한 라우터들에게 자신의 현재 멀티캐스트 수신 상태 및 멀티캐스트 수신 상태의 변화를 보고하기 위해서 사용

위에서 정의된 메시지 이외의 메시지들은 라우터에서 차단된다. (그림 3)은 멀티캐스트 청취자 질의 메시지의 형식을 나타낸 것이다. 멀티캐스트 메시지는 ICMPv6 패킷 내에 포함되며 28옥텟의 고정부분과 가변부분으로 구분된다. 각 필드에 대한 설명은 다음과 같다.

1. MLDv2 프로토콜 메시지 형식

MLDv2 프로토콜은 ICMPv6 프로토콜의 서브프로토콜로서 MLDv2 메시지는 IPv6 패킷 내에서 Next Header 58의 값으로 식별된다. 모든 MLDv2 메시지는 링크 로컬 IPv6 주소를 발신 주소로 표시해서 전송되어야 하며, 송신 노드가 IPv6 주소를 할

- Type: 메시지 종류를 나타내며 130으로 설정
- Code: 송신측에서 0으로 설정하며, 수신측에서는 무시됨
- Checksum: ICMPv6 의사헤더를 포함해서 전체 MLDv2 메시지에 대해서 계산함
- Maximum Response Code: 질의 메시지를 받

0										1										2										3									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1								
Type=130										Code										Checksum																			
Maximum Response Code										Reserved																													
IPv6 Multicast Address																																							
Resv		S	QRV			QQIC					Number of Sources(N)																												
IPv6 Source Address[i]																																							

(그림 3) MLDv2 청취자 질의 메시지 형식

은 수신자가 리포트메시지를 전송하기 전에 일정 시간 동안 전송을 지연시키는 최대 허용 값을 밀리초 단위로 지정(지연값이 32768밀리초 이상인 경우에는 부동형 소수점 형식으로 표현하며, 최대 140분 정도까지 지연을 주는 것이 가능함)

- Reserved: 송신측에서 0으로 설정하며, 수신측에서는 무시됨
- Multicast Address: 질의하고자 하는 멀티캐스트 그룹 주소를 나타냄(일반 질의를 보내는 경우에는 멀티캐스트 그룹 주소를 0으로 설정)
- Resv: 송신측에서 0으로 설정하며, 수신측에서는 무시함
- S Flag(Suppress Router-side Processing): 1로 설정된 MLDv2 메시지를 수신하는 멀티캐스트 라우터들은 질의의 응답을 기다리면서 수행하는 타이머 업데이트를 억제함
- QRV(Querier's Robustness Variable): 질의자에 의해서 설정되며, 0이 아닌 값의 경우에는 질의에 대한 응답을 전송할 때, 최대 QRV의 값만큼의 재전송을 함으로써 메시지의 손실을 방지함
- QQIC(Querier's Query Interval Code): 질의자가 멀티캐스트 청취자들에게 질의 메시지를 보내는 시간 간격을 초 단위로 표시
- Number of Source(N): 질의 메시지 내에 포함된 멀티캐스트 송신자 주소의 수를 나타냄 (Multicast Address and Source Specific Query에서만 사용)
- Source Address[i]: n개의 멀티캐스트 송신자의 유니캐스트 주소를 벡터로 표시

MLDv2의 질의는 다음의 세 종류가 사용된다.

- General Query: 어떤 멀티캐스트 주소를 사용하는 링크상에 멀티캐스트 청취자가 있는가를 조사하기 위해서 사용하며, 멀티캐스트 주소 필드와 Number of Sources 필드는 0으로 설정함
- Multicast Address Specific Query: 특정 멀티캐스트 그룹 주소에 대한 청취자가 있는가를 알아보기 위해 사용하며 질의를 하려는 멀티캐스트

트 그룹 주소를 멀티캐스트 주소 필드에 설정함

- Multicast Address and Source Specific Query: 특정 멀티캐스트 그룹의 소스 리스트들 중 특정 송신자에 대한 멀티캐스트 청취자가 있는가를 알아보기 위해 사용함

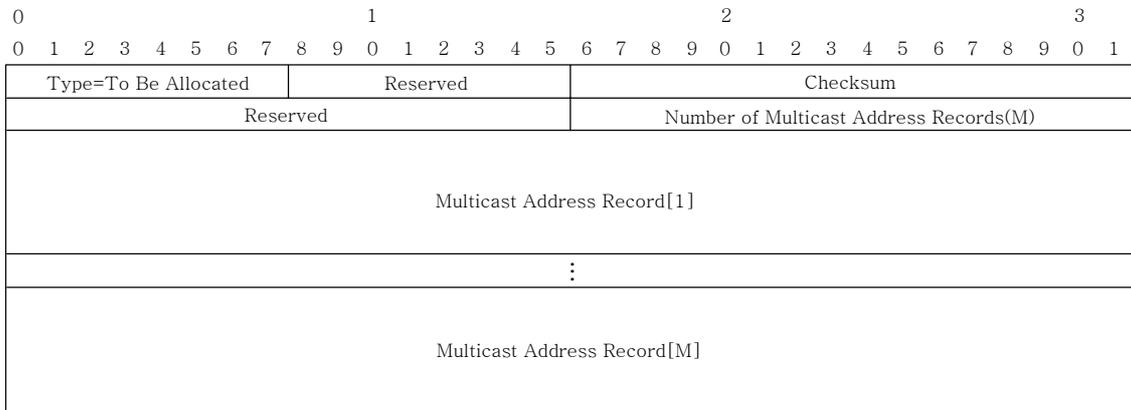
MLDv2에서 General Query는 IPv6 링크 scope 멀티캐스트 주소(FF02::1)를 목적으로 전송되어야 하며, Multicast Address Specific과 Multicast Address and Source Specific Query는 질의하려는 멀티캐스트 그룹 주소가 목적지 주소가 된다.

(그림 4)는 멀티캐스트 청취자 리포트 메시지의 형식을 나타낸 것이다. 각 메시지 필드에 대한 설명은 다음과 같다.

- Type: IANA에 의해서 값이 할당될 예정임
- Reserved: 송신측에서 0으로 설정하며, 수신측에서는 무시됨
- Checksum: ICMPv6 의사헤더를 포함해서 전체 MLDv2 메시지에 대해서 계산함
- Number of Multicast Address Records(M): 청취자 리포트 메시지에 포함된 멀티캐스트 그룹주소 레코드의 수를 나타냄
- Multicast Address Record: 청취자 리포트의 송신자가 현재 자신이 가입하고 있는 멀티캐스트 그룹의 주소들을 나타냄

멀티캐스트 그룹 주소 레코드는 다음의 세 종류로 구분되며, 청취자 리포트의 송신자의 현재 멀티캐스트 청취 상태를 나타낸다.

- Current State Record: 가입한 멀티캐스트 그룹 주소에 대해서 현재 인터페이스의 멀티캐스트 청취 상태를 표시
- Filter Mode Change Record: 응용의 API 호출로 인하여 인터페이스의 필터모드가 변할때 마다 전송됨
- Source List Change Record: 응용의 API 호출로 인해서 인터페이스의 필터모드의 변화는 동



(그림 4) MLDv2 청취자 리포트 메시지 형식

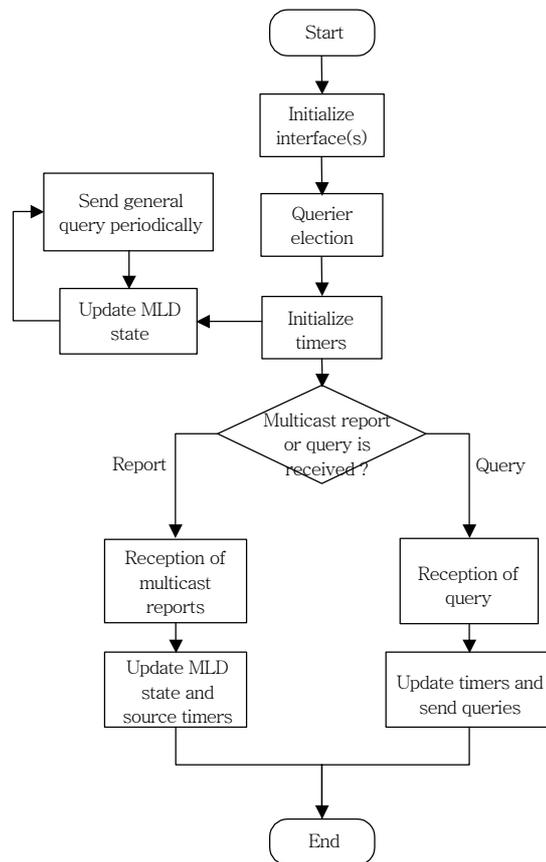
받하지 않고, 소스 리스트만 변했을 경우 전송됨

MLDv2 프로토콜은 INCLUDE 모드와 EXCLUDE 모드 두 가지의 인터페이스 필터모드를 지원한다. INCLUDE 모드인 경우에는 멀티캐스트 청취자가 가입한 그룹 G에 대해서 멀티캐스트 송신자 그룹 S에 표시된 송신자들이 보내는 멀티캐스트 패킷만을 수신하는 상태를 나타낸다. EXCLUDE 모드인 경우에는 멀티캐스트 그룹 G에 대해서 송신자 그룹 S에 표시된 송신자들을 제외한 다른 멀티캐스트 송신자들이 보내는 멀티캐스트 패킷만을 수신하는 상태를 나타낸다.

2. MLDv2 프로토콜 동작 개요

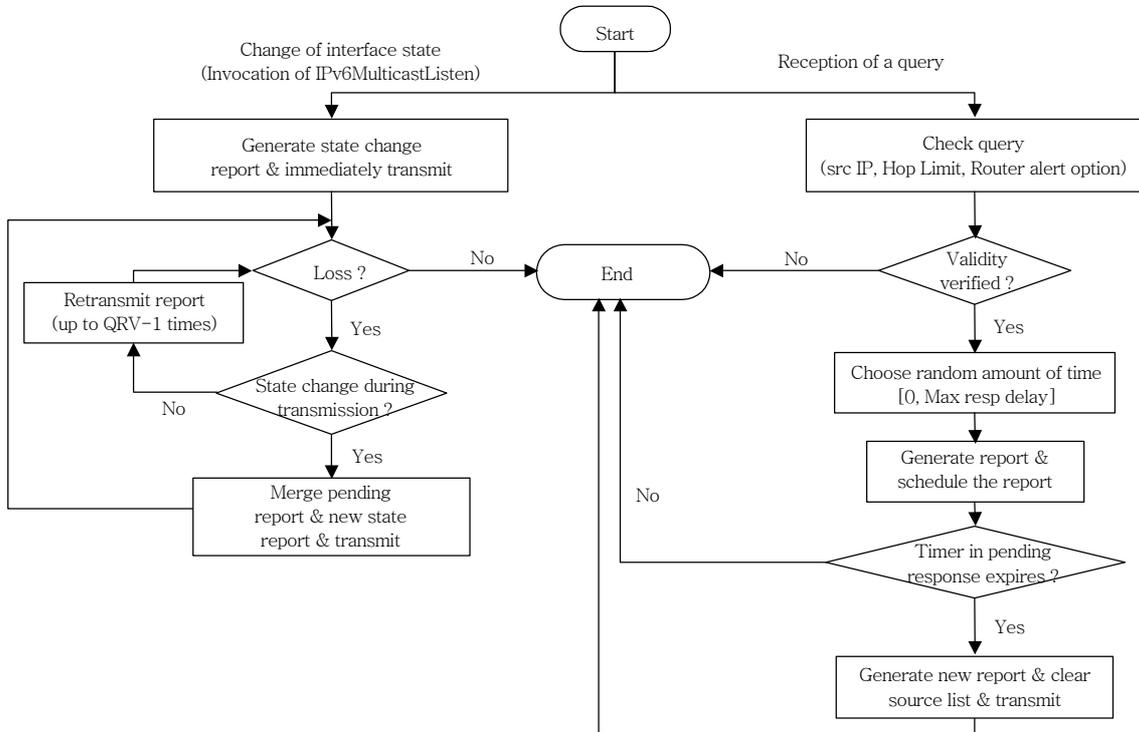
멀티캐스트 라우터는 자신에게 부착된 링크 상에서 어떤 멀티캐스트 그룹 주소가 청취자를 가지는가를 알기 위하여 MLDv2 프로토콜을 사용한다. 각각의 라우터는 각 링크에 대해서 멀티캐스트 그룹 주소와 해당 그룹 주소에 대한 송신자 목록 및 인터페이스의 필터코드 정보를 다음과 같은 형식으로 유지하고 있다(IPv6 multicast address, multicast address timer, filter mode, {source records list}).

인터페이스의 설정이 완료되면 라우터는 자신에게 연결된 각각의 링크에 대해서 Querier 또는 Non-Querier를 수행하게 된다. 하나의 링크에 두



(그림 5) MLDv2 라우터 동작 흐름도

개 이상의 멀티캐스트 라우터가 존재하는 경우에는 IP 주소의 값이 작은 라우터가 Querier를 담당한다. 라우터는 자신에게 연결된 링크의 멀티캐스트 주소



(그림 6) MLDv2 청취자 동작 흐름도

에 대해서 주기적으로 General Query를 전송함으로써, 현재 링크상에 멀티캐스트 청취자가 존재하는가를 발견한다. MLDv2 라우터의 동작 과정은 (그림 5)와 같다. 라우터가 멀티캐스트 청취자로부터 청취자 리포트를 수신하게 되면 리포트 내에 포함된 청취자의 가입한 멀티캐스트 그룹 주소, 필터모드, 소스 주소 리스트를 이용해서 라우터의 인터페이스 상태를 갱신하게 된다.

MLDv2 청취자 동작흐름도는 (그림 6)과 같다. 멀티캐스트 청취자가 General Query를 수신할 때 질의를 받는 인터페이스 상에서 듣는 각각의 멀티캐스트 주소에 대한 타이머를 설정하며, 타이머의 값은 질의 메시지에 포함된 Maximum Response Code의 값에 의해 설정된다. Multicast Address Specific Query 또는 Multicast Address and Source Specific Query를 수신한 경우에는 질의를 수신한 인터페이스를 이용해서 해당 멀티캐스트 주소를 듣는 경우에만 해당 주소에 대한 타이머를 갱신하고 질

의에 대한 응답을 보내게 된다. 멀티캐스트 응용의 API 호출로 인해서 청취자의 멀티캐스트 인터페이스의 상태가 변한 경우 호스트는 Current State Report를 생성해서 라우터에게 전송하게 된다. 이때, Report의 전송을 보장하기 위해서 전송도중 패킷의 손실이 발생하면 Report 내의 QRV 필드의 값에 따라서 최대 QRV-1번 만큼의 재전송을 하게 된다.

IV. SSM 도입을 위한 요구사항

본 장에서는 SSM 서비스의 도입을 위한 MLDv2와 PIM-SM 프로토콜의 요구사항에 대하여 알아본다.

1. SSM을 위한 MLDv2의 요구사항

가. 멀티캐스트 청취자의 요구사항

MLDv2에서는 총 여섯 가지의 Report Type이

정의되어 있으나 SSM을 위해서는 다음의 네 가지의 Report Type을 사용하며, 이외의 Report Type은 사용되어서는 안된다[7].

- MODE_IS_INCLUDE: Current State Record에 사용
- ALLOW_NEW_SOURCES: Source List Change Record에 사용
- BLOCK_OLD_SOURCES: Source List Change Record에 사용
- CHANGE_TO_INCLUDE_MODE: SSM 주소 범위가 변경된 경우 호스트에 의해서 전송될 수 있음

멀티캐스트 라우터는 Multicast Group and Address Specification Query를 이용하여 특정 SSM 채널에 대한 가입자 정보를 획득하게 되므로, 각 호스트들은 수신한 Multicast Group and Address Specification Query의 멀티캐스트 그룹 주소 및 소스 주소가 자신이 가입한 SSM 채널과 일치할 때 Query에 대한 응답을 라우터에게 보내야 한다.

나. 멀티캐스트 라우터의 요구사항

SSM을 위한 MLDv2 라우터는 다음의 두 가지의 MLDv2 Report를 무시해야 한다.

- MODE_IS_EXCLUDE: Current State Record
- CHANGE_TO_EXCLUDE_MODE: Filter Mode Change Record

SSM을 위한 MLDv2 General Query는 MLDv2의 규격을 따른다. MLDv2 Multicast Address Specific Query는 MLDv2의 규격에서는 명시적으로 제한하고 있지 않지만, 실제 SSM을 위한 MLDv2를 지원하는 라우터들은 Multicast Address Specific Query를 전송하지 않는다. MLDv2 Multicast Address and Source Specific Query에 대해서는 SSM 서비스를 위해 할당된 주소 공간에 대해서만 Query를 보내도록 구현되어야 한다.

2. SSM을 위한 PIM-SM의 요구사항

SSM은 PIM-SM과 같은 기존의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜과 함께 사용될 수 있으며, PIM-SM의 규격 내에 SSM의 기능 구현을 위한 요구사항이 기술되어 있다[8].

가. SSM 호스트의 요구사항

SSM은 기존 PIM-SM 프로토콜의 일부분을 확장해서 구현할 수 있다. SSM 호스트의 IP 모듈 인터페이스는 다음의 확장 기능이 필요하다.

- SSM 채널에 가입 및 탈퇴를 할 수 있는 응용 수준의 API 제공
- 패킷을 수신하는 인터페이스가 수신자가 패킷의 목적지를 검사할 수 있는 기능을 제공하지 않는 경우에는 OS 수준에서 자신이 수신자가 아닌 패킷들을 필터링할 수 있도록 해야 함
- SSM 주소로 목적지 주소가 표시된 패킷들은 IP 모듈에 의해서 SSM 채널에 가입한 각 소켓들에게 채널 주소에 의해서 구분되어 전달되어야 하며, 채널에 가입하지 않은 소켓들에는 전달되어서는 안됨
- 채널의 가입 및 탈퇴는 MLDv2의 메시지에 의해서 이루어짐

나. SSM 라우터의 요구사항

라우터의 패킷 포워딩 모듈에서 SSM 주소를 목적지로 하는 IP 패킷을 라우터가 수신했을 경우, 라우터 자신에게 연결된 링크상에 수신자가 없는 경우에는 패킷을 무시하게 된다.

MLDv2 프로토콜에 대한 라우터의 요구사항은 다음과 같다.

- SSM 주소 공간에 대한 (*, G) 메시지를 라우터가 수신했을 경우 라우터는 패킷의 포워딩 상태를 설정해서는 안되며, 다른 이웃의 라우터들에게 (*, G) 메시지를 전달해서도 안됨
- 라우터가 SSM 주소 공간에 대해서 non-source

specific 호스트 리포트를 수신했을 경우에는 무시하게 됨

패킷의 링크 계층의 전송에 대한 요구사항은 다음과 같다. 대부분의 shared-medium 링크 계층 네트워크들은 링크 계층의 목적지 주소를 선택하기 위해서 IP 주소를 사용하지 않는다. 따라서, 멀티캐스트 그룹 주소 G로 전송되는 패킷은 (S, G)의 SSM 채널에서 S에 상관없이 G에 가입한 모든 호스트들에게 전송된다. 그러므로, 링크 계층에서 수신한 패킷들을 소켓 계층으로 전달하기 전에 IP 모듈에서 패킷을 필터링하는 기능을 제공해야 한다.

3. SSM을 위한 IPv6 응용 API

SSM을 위한 MLDv2의 IPv6 응용 API는 IPv6 Specific API와 Protocol Independent API 두 가지가 정의되어 있다. IPv6 Specific API는 FreeBSD 플랫폼 기반으로 구현되어 있으며 다음의 API를 위한 구조체를 가진다[9].

```
struct ipv6_mreq_source {
    struct in6_addr    ipv6mr_multiaddr;
    struct in6_addr    ipv6mr_sourceaddr;
    uint32_t          ipv6mr_interface;
};
```

제공되는 API는 setsockopt()이며, API는 <표 2>와 같은 옵션을 가질 수 있다.

<표 2> IPv6 API 옵션

Socket option	Argument type
IPv6_ADD_SOURCE_MEMBERSHIP	struct ipv6_mreq_source
IPv6_DROP_SOURCE_MEMBERSHIP	struct ipv6_mreq_source
IPv6_BLOCK_SOURCE	struct ipv6_mreq_source
IPv6_UNBLOCK_SOURCE	struct ipv6_mreq_source

Protocol Independent API는 IETF의 MAGMA WG에서 표준화가 추진중이며, 다음과 같은 API 구

조체를 가진다[10].

```
struct group_source_req {
    uint32_t          gsr_interface;
    struct sockaddr_storage gsr_group;
    struct sockaddr_storage gsr_source;
};
```

제공되는 API는 IPv6 Specific API와 마찬가지로 setsockopt()이며, API는 <표 3>과 같은 옵션을 가질 수 있다.

<표 3> Protocol Independent API 옵션

Socket option	Argument type
MCAST_JOIN_SOURCE_GROUP	struct group_source_req
MCAST_LEAVE_SOURCE_GROUP	struct group_source_req
MCAST_LEAVE_GROUP	struct group_req

V. 결론

본 고에서는 기존 멀티캐스트 모델의 단점으로 나타난 멀티캐스트 주소의 할당, 멀티캐스트 그룹 접근 제어 등의 문제를 해결하기 위해서 IETF에서 새롭게 표준화 추진중인 SSM 프로토콜과 MLDv2 프로토콜 규격에 대하여 설명하였으며, IPv6 기반 SSM을 제공하기 위한 MLDv2의 요구사항과 IPv6 응용 API에 대하여 기술하였다. SSM 모델은 다대다 멀티캐스트 서비스를 제공하지 못한다는 단점을 가지고 있지만, 최근 인터넷에 실제로 도입되고 있는 대부분의 멀티캐스트 서비스들은 응용서비스 사업자 중심의 단대다 멀티캐스트 서비스이므로 대부분의 멀티캐스트 서비스에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

[1] S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting," IETF RFC 1112, Aug. 1989.

-
- [2] C. Diot, B. Levine, B. Lyles, H. Kassem, and D. Balensiefen, "Deployment Issues for the IP Multicast Service and Architecture," *IEEE Network*, Vol. 14, No. 1, Jan. 2000.
- [3] S. Bhattacharyya et al., "An Overview of Source-Specific Multicast(SSM)," draft-ietf-ssm-overview-05.txt, Work in progress, May 2003.
- [4] H. Holbrook et al., "Source-Specific Multicast for IP," draft-ietf-ssm-arch-03.txt, Work in progress, May 2003.
- [5] R. Vida and L. Costa, "Multicast Listener Discovery Version 2(MLDv2) for IPv6," draft-vida-mld-v2-07.txt, Work in progress, June 2002.
- [6] B. Haberman and D. Thaler, "Unicast-Prefix-based IPv6 Multicast Addresses," IETF RFC 3306, Aug. 2002.
- [7] J. Holbrook et al., "Using IGMPv3 and MLDv2 For Source-Specific Multicast," draft-holbrook-idmr-igmpv3-ssm-04.txt, Work in progress, May 2003.
- [8] B. Fenner et al., "Protocol Independent Multicast - Sparse Mode(PIM-SM): Protocol Specification(Revised)," draft-ietf-pim-sm-v2-new-07.txt, Work in progress, Mar. 2003.
- [9] <http://mldv2.lip6.fr/index.html>
- [10] D. Thaler et al., "Socket Interface Extensions for Multicast Source Filters," draft-ietf-magma-msf-api-04.txt, Work in progress, Mar. 2003.