

인터넷 멀티캐스트 라우팅 기술 동향

Review of Internet Multicast Routing

고석주(S.J. Koh)

선행표준연구팀 선임연구원

강신각(S.G. Kang)

선행표준연구팀 책임연구원

인터넷 멀티캐스트 서비스는 지난 10여 년 동안의 기술 발전에도 불구하고 아직 보편화되지 않았다. 본 고에서는 최근 IETF에서의 인터넷 멀티캐스트 보급을 촉진시키기 위한 새로운 기술들에 대하여 살펴보고자 한다. 먼저, 관리범위 멀티캐스팅에서는 공중 인터넷망으로 진입하는 멀티캐스트 트래픽의 흐름을 도메인 내에서 한정시키고자 하고, MSDP에서는 인터도메인 트리 구성을 위한 송신자 위치파악 메커니즘을 정의한다. 한편, 최근 호주에서 개최된 제47차 IETF 회의에서 가장 큰 주목을 받았던 SSM에서는 멀티캐스트 그룹주소뿐만 아니라 송신자의 주소를 토대로 멀티캐스트 라우팅을 수행하여 인터넷 멀티캐스팅에 대한 관리 및 구현의 용이성을 향상시키고자 하며, 특히 인터넷망 사업자들의 큰 관심을 얻고 있다.

1. 서론

본 고에서는 최근에 진행중인 인터넷 멀티캐스트 기술 개발 및 보급 현황에 대하여 살펴보고자 한다. 인터넷 멀티캐스트 기술은 네트워크 계층의 라우팅 기술과 수송계층의 신뢰성 제공 기술 및 멀티캐스트 응용서비스 기술로 분류할 수 있을 것이다. 이 중에서도 특히 멀티캐스트 라우팅 기술은 멀티캐스트 서비스 보급을 위한 핵심기반 기술이며 기술개발 측면에서 그동안 많은 진전을 이루었다. 초기의 DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)/IGMP (Internet Group Management Protocol) 기반 멀티캐스팅 기술에서 출발하여 인트라도메인(intra-domain) 및 인터도메인(inter-domain) 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들이 개발되어 왔으며, MBONE(Multicast Backbone) 실험망을 통하여 검증되고 있는 중이다.

인터넷 멀티캐스트 서비스 보급이 지연되고 있는

이유는 크게 두 가지로 요약해 볼 수 있다. 먼저, 공중 인터넷망의 안정적인 운용을 위해 멀티캐스트 트래픽에 대한 엄격한 통제가 요구되는 데에 비하여, 지금까지의 해법들은 이를 만족스럽게 해결하지 못하고 있다. 또한 대규모의 공중 인터넷상에서 멀티캐스트 서비스를 제공하기 위해서는 여러 도메인을 걸치는 멀티캐스트 라우팅 메커니즘이 필요하다. 하지만 각 도메인마다 상이한 라우팅 프로토콜 및 관리 메커니즘이 사용되기 때문에 이를 통합하는 해법을 찾기가 매우 어렵다.

최근 IETF(Internet Engineering Task Force)를 중심으로 이러한 문제점을 해결하기 위해서 새로운 기술들이 제안되고 있으며, 본 고에서는 이에 대해 살펴보고자 한다.

- 먼저 관리범위(administratively scoped) 멀티캐스팅에서는 공중 인터넷망으로 진입하는 멀티캐스트 트래픽의 흐름을 관리 도메인으로 한정시킨다.

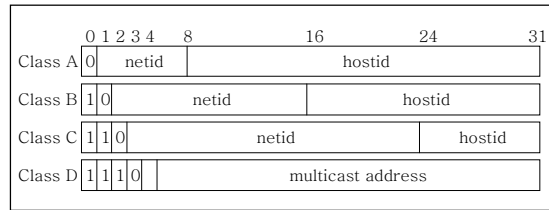
- MSDP(Multicast Source Discovery Protocol)에서는 인터도메인 트리를 구성하기 위해서 송신자(source)의 위치를 파악하는 메커니즘을 정의한다.
- 한편, 최근에 호주에서 개최된 제47차 IETF 회의에서 가장 큰 주목을 받았던 SSM(Source Specific Multicast)에서는 멀티캐스트 그룹주소뿐만 아니라 송신자의 주소를 토대로 멀티캐스트 라우팅을 수행하여, 인터넷 멀티캐스팅에 대한 관리 및 구현의 용이성을 향상시키고자 한다. 기존의 공유형 트리(shared tree) 방식에서는 오직 그룹주소 정보만을 토대로 멀티캐스트 포워딩을 수행하여 전체적인 멀티캐스트 트래픽 통제 및 관리에 어려움이 있었던 반면에, SSM 방식에서는 개별 송신자의 트래픽을 망에서 통제할 수 있는 수단을 제공하고 있기 때문에 특히 인터넷망 사업자의 입장에서 큰 관심을 보이고 있다.

본 고에서는 최근 주목을 받고 있는 관리범위 멀티캐스팅, MSDP 및 SSM 멀티캐스팅 기술 동향에 대하여 살펴보고자 한다.

II. 멀티캐스트 라우팅 기술 개요

현재의 IP 멀티캐스트 서비스는 개방형 모형에 입각해 있다. (그림 1)에서 보여지듯이 각 호스트 그룹은 <224.0.0.0-239.255.255.255>의 주소범위를 갖는 Class D 주소를 매개체로 멀티캐스트 그룹을 형성한다. 유니캐스트(unicast)에서 사용되는 Class A, B, C 주소의 경우 네트워크 요소(component)와 호스트 요소로 구성되는 것과는 달리 Class D 그룹 주소는 특정 멀티캐스트 세션(session)을 위해 사용된다. 모든 호스트가 해당 그룹 G로 데이터를 전송할 수 있으며, 또한 그룹 멤버로 등록함으로써 데이터를 수신할 수 있다.

현재로써는 특정 호스트의 멀티캐스트 가입(join)을 제한하는 메커니즘은 존재하지 않는다. 각 호스트는 IGMP를 이용하여 인접 라우터에 그룹 멤버로 등록할 수 있으며, 각 라우터들은 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 및 해당 메시지들을 교환하여 네트워크

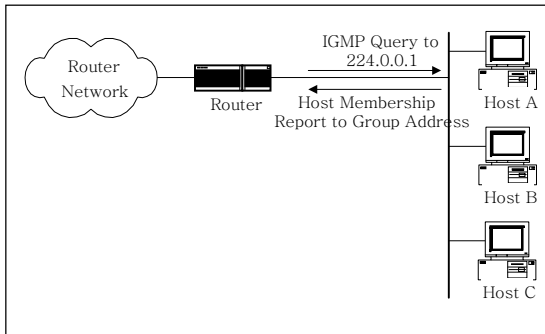


(그림 1) IP 주소 class

상에 멀티캐스트 라우팅 트리를 구성한다[1-3]. 트리 구성 방식에 따라 DVMRP, MOSPF(Multicast extensions to OSPF), PIM-DM(Protocol Independent Multicast-Dense Mode) 및 CBT(Core Based Tree), PIM-SM(Protocol Independent Multicast-Sparse Mode) 등의 다양한 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들이 제안되어 왔고, 이 중에 특히 PIM-SM 프로토콜이 ISP(Internet Service Providers)의 주목을 받고 있으며, 또한 널리 보급되는 추세이다[4-6].

멀티캐스트 그룹에 참여하기 위해서 호스트는 가장 가까운 멀티캐스트 라우터에 등록을 해야 한다. 이러한 절차는 IGMP 프로토콜을 사용하여 이루어진다. (그림 2)에서 보여지듯이 호스트는 자신이 속한 서브넷(subnet)의 라우터에 특정 그룹주소에 대한 멤버쉽(membership) 정보를 보내야 한다. 혹은 멀티캐스트 라우터에서 먼저 IGMP 조회(query) 메시지를 보내어 관할 호스트 중에 멀티캐스트 참여자가 있는지 조회할 수도 있다. 이러한 주기적인 폴링(polling)에 대해 아무 응답이 없으면 서브넷의 모든 호스트들이 해당 그룹을 떠난 것으로 간주하고 멀티캐스트 라우팅 트리에 해당 라우터를 제외시키는 가지치기(prune)를 시작한다.

서브넷에서 IGMP를 통해 호스트와 멀티캐스트 라우터와의 등록(binding)과정을 통해 각 호스트 혹은 수신자(receiver)들은 특정 그룹의 Class D 주소에 대한 멀티캐스트 데이터를 받을 수 있게 된다. 라우터와 라우터 즉 네트워크를 통한 송신자와 수신자의 연결은 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 메커니즘에 의해 이루어진다. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 의해 그룹에 속한 송수신자들을 연결시켜 주는 트리가 구성되며, 프로토콜은 트리 구성 절차 및 방법을 정



(그림 2) IGMP 동작원리

의한다. 현재까지 다양한 종류의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이 제안되어 왔다[4-5]. 이러한 프로토콜들은 크게 인트라도메인 및 인터도메인 프로토콜로 나누어 볼 수 있다.

인트라도메인 프로토콜들은 하나의 도메인 혹은 하나의 AS(Autonomous System)의 관할 지역에서의 트리 구성방법을 정의하며 크게 SBT(Source Based Tree) 방식과 CBT 방식으로 분류할 수 있다. SBT 방식에서는 데이터 송신자로부터 각 수신자에 이르는 트리가 구성되며 현재까지 DVMRP 및 PIM-DM 등이 제안되어 왔다. CBT 방식에서는 여러 송신자들이 하나의 코어(core) 혹은 RP(Rendezvous Point) 라우터를 통하여 데이터를 전송하게 된다. 각 송신자와 수신자들은 모두 코어 혹은 RP 라우터에 가입 메시지를 보내야 하고, 이러한 요청기반(request-driven) 방식으로 인해 대규모 망에 쉽게 확장될 수 있으며, 또한 여러 송신자가 하나의 트리를 공유하게 되므로 보관, 유지해야 하는 라우팅 테이블 정보의 양도 줄어들게 된다. 현재까지 CBT 및 PIM-SM 등이 제안되어 왔다.

도메인과 도메인을 통해 트리가 구성되는 인터도메인 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 궁극적으로 해결되어야 하는 라우팅 기술 중의 하나이며, 각 도메인간의 메시지 교환 및 협력을 필요로 한다. 현재 단기적인 해법으로는 MSDP 및 PIM-SM 프로토콜을 연동시켜 사용하는 방식이 제안되고 있으나, 궁극적인 해법으로써 각 도메인마다 사용할 수 있는 멀티캐스트 주소체계를 설정하고(Multicast Address Set

Claim: MASC), 주소에 따라 루트(root) 도메인을 정한 후 루트 도메인을 중심으로 트리를 구성하는 BGMP(Border Gateway Multicast Protocol) 프로토콜 개발이 한창 진행중에 있다[7-8].

III. 관리범위 IP 멀티캐스팅

현재까지 구현된 IP 멀티캐스트 응용들은 대부분 IP 헤더의 TTL(Time To Live)을 이용하여 범위조정(scoping)을 한다. 특히 MBONE(Multicast BACK BONE)에서는 TTL 임계치(threshold)를 이용하여 트래픽을 지역적 범위에 제한시킨다. TTL 임계치가 설정된 인터페이스에 대한 포워딩 규칙은 패킷의 잔여 TTL 값이 임계치보다 작으면 해당 패킷은 전달되지 않는다.

TTL 범위조정은 대역폭 등의 부족한 네트워크 자원을 효과적으로 사용하거나 기밀성 유지 및 규모 확장성을 제공하기 위한 목적으로 멀티캐스트 트래픽을 제어하는 데에 사용되었다. 그리고 TTL은 데이터그램의 생존시간을 제한하는 데에 사용되었다. 하지만 이러한 TTL 범위조정은 신뢰성 있게 구현하기 어렵고, 또한 구현 메커니즘이 복잡하고 이해하기 힘든 것으로 알려져 있다. 특히 TTL 범위조정 문제점은 broadcast-and-prune 기반의 DVMRP 프로토콜에서 더욱 심각해졌다. 즉, 부적절한 TTL 범위조정으로 인해 하위 수신자의 존재여부에 관계없이 DVMRP 트리가 확장 혹은 소멸될 수 있다.

TTL 범위조정 문제를 해결하기 위해 관리범위 IP 멀티캐스트가 등장하게 되었다[9]. 이 방식의 특징은 다음과 같다.

- 관리범위 주소로 향하는 패킷들은 관리경계를 넘나들지 못하게 한다.
- 관리범위 멀티캐스트 주소는 지역적으로 할당되기 때문에 다른 관리범위에서 같은 관리범위 멀티캐스트 주소가 재사용될 수 있다.

현재 관리범위 멀티캐스트 주소는 239/8(239.0.0.0-239.255.255.255)로 할당되어 있다. 또한 관

리범위 주소는 지역(local) 혹은 조직지역(organizational local) 범위로 구분된다.

현재 인터넷 주소할당을 위한 정책 기구인 IANA에 의해 지역범위 주소로써 239.255.0.0/16 주소 범위가 할당되었다[10]. 지역범위는 최소 범위이므로 더 이상 나눌 수 없다. 또한 239.255.0.0/16 주소 범위가 고갈되는 경우에 대비하여 지역범위의 확장(expansion)으로써 239.254.0.0/16 및 239.253.0.0/16 주소를 예약해 놓은 상태이다.

한편, 더 큰 규모의 조직지역범위 주소로써 239.192.0.0/14 주소 공간을 할당해 놓은 상태이다. 각 조직은 개별적인 목적에 따라 이러한 주소범위에서 일부분을 할당 받을 것이다. 또한, 보다 더 큰 규모의 관리범위 주소 할당을 위해 239.0.0.0/10, 239.64.0.0/10 및 239.128.0.0/10 등의 주소범위가 예약되어 있는 상태이다.

관리범위 IP 멀티캐스트 영역은 경계(boundary) 라우터가 하나 이상 존재하는 토폴로지 영역으로 정의된다. 네트워크 관리자는 멀티캐스트 범위의 제한이 필요할 때마다 범위영역을 설정할 수 있다. 단, 하나 이상의 관리범위 영역을 정의하는 경우, 관리범위 지역들이 토폴로지에서 겹쳐지는 경우에는 관리범위 주소 공간의 할당에 있어서 서로 겹치지 않도록 해야 한다.

IV. MSDP

1. MSDP 개요

MSDP 프로토콜은 여러 개의 PIM-SM 도메인을 서로 연결해 주는 메커니즘을 기술한다. 각 PIM-SM 도메인은 자신의 고유 RP 노드를 사용하며, 다른 도메인에 위치한 RP와는 독립적으로 동작한다. MSDP는 인터넷에서 인터도메인 멀티캐스트 보급을 위한 초기단계 혹은 단기적인 해법으로 생각할 수 있다.

각 PIM-SM 도메인은 자신만의 독립적인 RP를 사용하며, 다른 도메인에 위치한 RP에 종속될 필요

가 없다. 이러한 접근방식은 다음과 같은 장점을 갖는다.

- PIM-SM 도메인은 단지 자신의 RP만 고려하면 된다.
- 송신자가 없이 오직 수신자만 존재하는 도메인에서는 전체적인 그룹 멤버쉽 정보의 교환 없이도 데이터를 수신할 수 있다.
- 전체적인 소스 상태(state) 관리가 요구되지 않는다.

각 도메인의 RP는 다른 도메인의 RP와 MSDP 동료(peering)관계를 갖는다. 이러한 동료관계는 TCP 연결을 통해 형성되며 TCP 연결을 통해 제어정보를 상호 교환한다. 모든 도메인들은 이러한 가상(virtual) 토폴로지 형태로 서로 연결된다.

이러한 토폴로지를 통해 각 도메인들은 멀티캐스트 송신자가 어느 도메인에 위치하는지를 파악한다. 멀티캐스트 송신자 도메인이 탐지되면 PIM-SM 방식에 의하여 송신 노드에서 해당 수신자 도메인에 이르는 SPT 트리가 구성된다. 이러한 인터도메인 트리를 따라 멀티캐스트 데이터가 전송될 것이다.

2. MSDP 메커니즘

PIM-SM 도메인의 송신자가 멀티캐스트 데이터를 발생시키면 송신자에 연결된 DR(Designated Router)는 데이터를 부호화(encapsulation)하여 자기 도메인의 RP 노드에 “PIM Register” 메시지를 전송한다.

RP 노드는 SA(Source Active) 메시지를 자신의 MSDP 동료(peers)들에게 전송한다. SA 메시지는 다음 정보를 포함한다.

- 데이터 source의 주소
- 데이터가 전송되는 그룹주소
- RP의 IP 주소

RP로부터 SA 메시지를 받은 각 MSDP 동료들은 “peer-RPF(reverse path forwarding) flooding” 방식으로 SA 메시지를 전달한다. Peer-RPF flooding의 개념은 RP를 중심으로 주위의 MSDP peer 노드

들에게 점진적으로 확산되어감을 의미한다. 이때, 각 MSDP peer는 다음 hop을 결정하기 위해 BGP 라우팅 테이블을 참조한다. 이러한 next hop MSDP peer 노드를 특히 “RPF peer”라 한다.

MSDP peer는 자신의 RPF-peer로부터 SA 메시지를 받은 후에 자신의 모든 MSDP peer들에게 다시 SA 메시지를 전달한다. 하지만 만약 non-RPF peer로부터 SA 메시지를 받게 되면 해당 메시지를 폐기한다.

각 MSDP peer들은 그들의 도메인에서 또한 RP 역할을 한다. 따라서 각 MSDP peer는 SA(S, G) 메시지를 받은 후, 자신의 도메인에 G에 가입한 그룹 멤버가 있는지를 검사한다. 만약 그룹 G에 가입한 멤버가 있으면, 즉 (*, G) 목록이 존재하면 이 도메인은 그룹 G에 관심이 있다고 한다. 이러한 경우 해당 RP는 source 노드를 향해 (S, G) 가입 메시지를 보낸다.

(S, G) 가입 메시지가 source 노드를 향해 나아가면서 source에서 해당 RP에 이르는 source tree의 한 branch가 구성된다. 이러한 source tree를 따라 데이터를 받은 RP들은 자기 도메인의 PIM-SM 공유형 트리를 따라 그룹 멤버들에게 데이터를 전달한다.

이러한 방식을 “flood-and-join” 메커니즘이라 한다. 즉, 특정 그룹에 관심이 있는 RP들만 source에 가입을 하게 되고 그렇지 않은 RP들은 SA 메시지를 무시한다.

3. MSDP 분석

인터도메인 멀티캐스팅을 지원하기 위해서는 여러 가지 멀티캐스트 기능을 고려해야 한다. 특히 서로 다른 도메인을 연결해 주는 기능과 관련된 문제들을 해결해야 한다. 즉, 송신자와 수신자가 서로 다른 도메인에 존재할 때의 상황을 고려해야 한다. 현재의 IP 멀티캐스트 모형에서는 송신자가 수신 기능을 가지지 않을 수도 있다. 또한 송신자는 수신자 정보를 알 필요가 없다.

다른 도메인에 위치한 송신자를 찾기 위해서는 다음 세 가지 메커니즘을 고려해야 한다.

- ① Broadcast-and-Prune: 송신자는 모든 노드에 게 패킷을 전송하고, 수신자들은 송신 트래픽이 도착할 때까지 기다린다.
- ② 명시적 가입(Explicit-Join): 모든 수신자는 적극적으로 가입 메시지를 그룹 RP에게 전송한다. 각 RP는 자기 도메인에 어느 송신자가 있는지를 파악한다. 다른 도메인의 송신자는 파악할 수 없다.
- ③ Domain-wide Report: MOSPF에서처럼 그룹 멤버십 정보가 도메인의 모든 라우터에게 전달된다. 어떠한 그룹이 존재하고, 각 그룹에 대한 송신자 및 수신자가 누구인지에 대한 모든 정보를 공유하게 된다. 하지만 이 방식은 단지 인터도메인에서만 사용될 수 있을 것이다.

인터도메인 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 설계를 위해서는 또한 제3자 의존성(3rd party dependency) 문제를 고려해야 한다. 그룹당 하나의 RP만 존재할 때에 이러한 문제가 발생한다. 즉, 모든 수신자 및 송신자가 한 도메인에 있고, RP는 다른 도메인에 있는 경우 두 가지 문제를 생각할 수 있다.

- 송신자와 수신자에게 서비스를 제공하고 있는 도메인의 AS는 RP를 소유하고 있는 도메인의 사업자에게 종속된다. 이러한 상황은 특히 두 사업자가 경쟁관계에 있는 경우에 더욱 심해진다.
- RP를 소유한 사업자의 입장에서는 자신의 서비스와 관계없는 트래픽을 운반해야 한다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 도메인당 적어도 하나의 RP를 가져야 한다. 도메인당 하나 이상의 RP를 갖게 됨으로써 각 도메인을 연결해야 하는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 제안된 프로토콜이 바로 MSDP이다.

PIM-SM/MBGP/MSDP 해법은 상대적으로 간단하고 구현하기에 간단하다. 이러한 방식의 주요 장점으로는, 일단 이러한 프로토콜들이 현재 구현 및 배치 중에 있다는 점을 들 수 있다. 하지만, 확장성(scalability)이 부족하고 특히 동적인(dynamic) 그룹이나 bursty source에 대하여 적용하기 어렵다는 단

점이 있다. 각 단점에 대해 보다 상세하게 살펴보면 다음과 같다.

① MSDP 확장성 문제

그룹 크기가 커짐에 따라 많은 송신자가 존재할 수 있고, 특히 대규모 망에서 방출(flooding)되는 SA 메시지의 수는 엄청나게 증가할 것이다.

② 동적인 그룹에 대한 MSDP 적용

멀티캐스트 송신자가 데이터를 전송하기 위해서는 먼저 라우팅 트리가 구성되어 있어야 한다. 하지만 MSDP 경우에는 라우팅 상태를 구성하기 전에 먼저 송신자의 존재 여부부터 파악해야 한다. 이러한 추가적인 복잡도는 그룹 관리의 오버헤드를 증가시킨다. 또한 동적인 그룹에서 멤버의 가입 및 탈퇴가 매우 빈번히 일어나는 경우에 관련 오버헤드는 더욱 커지게 된다.

특히 MSDP의 문제는 ‘가입 지연(join latency)’에 있다. SA 메시지가 단지 주기적으로 전달되기 때문에 새로운 멤버가 가입했을 경우 다음 SA 메시지가 도착할 때까지 기다려야 하며, 이는 상당한 지연을 초래할 수 있다. 이러한 문제의 해결을 위해 일부 MSDP 노드는 SA 메시지를 캐싱(caching) 할 수 있을 것이다. 이 경우, 새로운 가입자를 파악한 non-cache MSDP 노드는 cache MSDP 노드에게 SA-Request 메시지를 보내어 SA 정보를 실시간에 파악할 수 있다. 하지만 MSDP caching을 위해서 cache MSDP 노드는 상당한 양의 state 정보를 유지, 관리해야 하며 ‘가입 지연’ 시간을 더욱 단축하기 위해서는 더욱 많은 상태정보 관리가 요구될 것이다.

또한 bursty source의 경우에도 MSDP를 적용하기에 어려움이 있다. MSDP 메커니즘에서 볼 때 SA 정보를 파악한 후 라우팅 state를 구성하는 과정에서 약간의 데이터 패킷 손실이 발생할 수 있으며, 또한 일정한 시간이 소요된다. 이러한 측면에서 순간적으로 많은 양의 데이터를 발생시키고 곧 연결을 종료하는 bursty source를 지원하기에는 많은 비효율성을 수반한다.

위와 같은 문제점으로 인해 많은 전문가들은 MS

DP가 장기적인 해법으로는 문제가 많다고 지적한다. 하지만, 위의 모든 문제를 해결하는 방식이 아직 구현 및 배치되지 않은 현실적인 시점에서 분명히 MSDP와 같은 단기적인 혹은 중간단계의 해법이 필요할 것이다.

V. SSM 기술

인터넷 주소 할당 정책 기구인 IANA는 SSM 기반 인터넷 멀티캐스트 그룹주소로써 232/8(232.0.0.0-232.255.255.255) 주소 영역을 할당하였다[10]. 본 절에서는 SSM 주소가 갖는 의미(semantics)를 정의하고, SSM 주소 사용에 있어서 준수해야 하는 사항에 대하여 기술한다[11].

1. SSM 개요

RFC 1112에서 정의하는 IP 멀티캐스트 서비스 모형에서는 224.0.0.0-239.255.255.255 주소범위의 Class D 그룹주소 “G”로 전송되는 데이터그램을 각 호스트에서 소켓(socket) 등의 상위계층의 프로토콜 모듈로 전달해 주는 기능의 정의한다[1]. 이러한 멀티캐스트 수신(destination) 주소 G에 의해 식별되는 네트워크 서비스를 Internet Standard Multicast(ISM)이라 하며, one-to-many 및 many-to-many 그룹 통신서비스를 지원한다.

Class D 그룹주소 중에서 232/8(232.0.0.0-232.255.255.255) 주소범위는 SSM 멀티캐스트 주소로 할당되며, 이러한 232/8의 그룹주소를 일반적인 ISM 주소와 대비하여 SSM 주소라고도 부른다. SSM 프로토콜 혹은 메커니즘은 SSM 그룹주소로 전송되는 데이터그램에 대한 처리행위를 규정한다. 즉, 232/8의 SSM 주소와 특정 source S의 결합으로 식별되는 “(S, G) 네트워크 서비스”를 “채널(channel)”이라고 하고, SSM은 단지 (S, G)로 전송되는 데이터그램에 대하여 이를 원하는 호스트 혹은 호스트의 소켓에게 전달해 주는 메커니즘을 정의한다.

SSM 방식은 다음과 같은 장점을 지닌다.

- G가 아닌 (S, G) 채널에 의해 패킷 전송 및 라우팅이 이루어지기 때문에 둘 이상의 sources가 동시에 같은 SSM 그룹주소 G로 데이터를 보내는 경우에 트래픽 교차전송(cross delivery)이 발생하지 않는다.
- 그룹주소 즉, SSM 그룹주소의 선택 시 송신 호스트간 조정이 필요 없다.
- 기존의 복잡한 ISM 라우팅 알고리즘이 요구되지 않는다. 예를 들면, PIM-SM 멀티캐스트 라우팅 방식의 공유형 트리 혹은 RP가 SSM 방식에서는 요구되지 않는다. 사실상 SSM을 지원하기 위한 라우터 메커니즘은 새로운 개념이라기보다는 기존 ISM 지원 메커니즘의 일부분으로 볼 수 있다. 예를 들어 PIM-SM 프로토콜을 사용하는 네트워크에서 PIM의 최단경로 트리(shortest path tree)를 이용하여 SSM 기능을 제공할 수 있다.

기존 ISM처럼 SSM도 수신자 기반(receiver-driven) 멀티캐스트 라우팅 방식이기 때문에 수신자 정보가 송신자에게 알려질 필요가 없다. 따라서 SSM 송신자에게 수신자들의 ID나 총수신자 수 등의 정보가 알려지지 않는다.

가. SSM 주소의 의미

SSM 서비스에서 송신자 IP 주소 'S'와 SSM 주소범위(232/8)에 있는 목적지 IP 주소 'G'로 보내어지는 데이터그램은 (S, G) 데이터 수신을 요구한 각 호스트의 소켓에 전달된다. 각 호스트에서 응용계층에 데이터를 전달하기 위해서는 IP 모듈 인터페이스에서 각 소켓이 특정 SSM (S, G) 채널에 "subscribe" 혹은 "unsubscribe" 할 수 있는 기능이 확장되어야 한다.

어느 호스트이든지 SSM 주소로 데이터그램을 전송할 수 있으며, 데이터그램의 전달은 위와 같은 방식으로 이루어진다. ISM 방식과는 달리 SSM 멀티캐스트에서는 특정 송신자 S에 대한 IP 주소를 규정하지 않고 SSM 그룹주소 G로만 보내어지는 데이터그램은 아무런 의미를 가지지 않는다. 각 라우터

는 (S, G)가 아닌 (G)로만 보내어지는 호스트의 전송 요청을 무시한다.

여러 송신자로 구성되는 many-to-many 멀티캐스트 서비스도 SSM 그룹주소를 사용하여 제공될 수 있다. 특히 송신자의 IP 주소에 따라 다른 SSM 채널이 구성되기 때문에 별 어려움 없이 다중(multiple) 송신자 기반 멀티캐스트 서비스 제공이 가능하다.

SSM 방식의 주요 개념은 멀티캐스트 채널이 그룹주소 G 뿐만 아니라 송신자의 IP 주소 S의 조합으로 식별된다는 점이다. 예를 들어, (S, G)=(129.254.0.1, 232.7.8.9) 채널과 (S, G)=(129.254.0.2, 232.7.8.9) 채널은 서로 다른 멀티캐스트 채널을 구성한다.

기존 ISM과의 혼동을 피하기 위해 SSM에서는 약간 다른 용어들을 사용한다.

- ISM에서는 Class D 주소로 표현되는 그룹을 '호스트 그룹'이라 칭하는 반면에 SSM에서는 (S, G) 채널이라 칭하며, 각 채널은 그룹주소 G와 송신자 주소 S로 구성된다.
- ISM 방식에서의 각 수신자는 그룹 G에 가입 혹은 탈퇴하기 위해 join(G) 혹은 leave(G) 절차를 수행하는 반면에, SSM에서 각 수신자는 subscribe (S, G) 혹은 unsubscribe(S, G)를 통해 채널에 가입하거나 탈퇴한다.

나. 호스트에서의 요구사항(Host Requirements)

SSM을 지원하기 위한 IP 호스트에서의 요구사항은 다음과 같다.

- IP 모듈 인터페이스의 확장

특정 채널로 전송된 SSM 데이터그램을 수신하기 위해서는 각 호스트의 IP 모듈 인터페이스는 다음 기능을 수행해야 한다.

- Subscribe(socket, source address, group address, interface)
- Unsubscribe(socket, source address, group address, interface)

여기에서 인터페이스는 (S, G) 채널 데이터를 수신하기 위한 네트워크 인터페이스의 지역 식별자

(local interface)이다. 위의 기능은 API 정의를 통해 구현될 수 있으며 특히, 완전한 IGMPv3 API를 구현하는 호스트에서는 subscribe() 혹은 unsubscribe() 기능이 지원될 것이다.

• IP 모듈에서의 요구사항

각 호스트에서의 IP 모듈은 SSM 주소로 전달되는 모든 데이터그램을 가입된 모든 소켓에 전달해 줄 수 있어야 한다. 즉, subscribe()를 통해 SSM 채널에 가입한 소켓들에 대해 해당 데이터그램을 전달해 준다. 그 외의 소켓들에게는 데이터그램을 전송해서는 안 된다.

호스트 H의 첫번째 소켓이 인터페이스 I를 통해 채널 (S,G)에 가입(subscribe)하는 경우, 호스트 IP 모듈은 인터페이스 I로의 데이터 수신요구 메시지를 인접한 라우터에 보낸다. 마찬가지로 호스트의 마지막 소켓이 채널에서 탈퇴(unsubscribe)하는 경우, 인터페이스 I에 대한 탈퇴요구 메시지를 라우터에 보낸다. 이러한 요구들은 전형적으로 IGMPv3 메시지를 통해 이루어질 것이다. IGMPv3 메시지를 통한 정확한 가입 및 탈퇴 규칙은 다음 절에서 기술한다.

• SSM 주소의 할당

SSM 주소범위 (232/8) 중에서 232.0.0.0의 경우 현재로서는 사용불가로 예약되어 있으며, 각 호스트는 232.0.0.0 주소로 데이터그램을 보내서는 안 된다. 또한, 232.0.0.1-232.0.0.255는 IANA에 의해 예약되어 있으며 추후에 IANA 목적에 따라 할당될 주소범위이다. 특히 이러한 주소범위는 SAP(Session Announcement Protocol)/SDP(Session Description Protocol) 용도를 위한 주소들처럼 SSM 멀티캐스트 관리를 위한 “well-known address”로 사용될 전망이다.

SSM 주소의 나머지 부분(232.0.1.0-232.255.255.255)에 대한 할당 정책은 송신자의 호스트에서 완전히 지역적으로(locally) 결정된다. SSM 주소 할당에 있어서 각 호스트는 첫번째 허용주소 232.0.1.0에서 시작하여 순차적으로 주소를 할당하는 정책을 사용해서는 안 된다. 이는 SSM

주소를 가지는 IP 패킷의 링크계층 멀티캐스트 주소 매핑(mapping)에서 데이터그램의 송신자 주소를 고려하지 않기 때문이다. 만약 모든 호스트가 232.0.1.0의 SSM 주소를 사용하는 경우, 하나의 LAN에서 여러 송신자들이 같은 SSM 주소를 사용함으로써 링크계층에서 서로 충돌이 발생할 수 있기 때문이다. 즉, 수신자들은 SSM 그룹주소 G만을 참조하여 모든 데이터그램을 받아들일 것이고, 자신이 가입하지 않은 송신자 S들로부터 오는 (S, G)채널들도 처리해야 하는 부담이 발생한다.

이러한 이유로 인해 각 호스트는 SSM 그룹주소 사용 시 “임의적(random)” 패턴으로 주소를 할당하도록 권장한다. 이를 통해 가능한 한 여러 송신자들이 같은 SSM 그룹주소를 사용하지 않도록 한다.

SSM 멀티캐스트 서비스 사용을 위해서는 사실상 각 송신 호스트 운영체제에서 세션 개시 이전에 채널 주소 즉 (S, G) 주소를 관련 그룹 사용자에게 통보해 주는 절차가 필요할 것이다. 이는 웹 페이지나 다른 디렉토리 서비스를 이용할 수도 있고, SDP/SAP 등의 별도 프로토콜을 이용할 수 있을 것이다. 이러한 세션공지를 통해 각 그룹 수신자는 SSM 채널주소를 파악하게 된다. 사실상 이러한 이슈는 SSM 뿐만 아니라 ISM 서비스에 서도 요구되는 문제이다.

SSM 방식에서는 송신자마다 그룹 채널주소가 다르게 식별되므로, 소위 “Administratively Scoped 멀티캐스트”를 위한 SSM 주소의 할당 혹은 재배정 등은 고려할 필요가 없다. SSM 주소의 administrative scoping은 도메인 경계라우터(boundary routers)들의 여과기능(filtering)을 통해 이루어질 것이다.

다. 라우터에서의 요구사항(Router Requirements)

라우터가 SSM 주소를 갖는 IP 데이터그램을 수신하는 경우 인접한 호스트나 라우터들로부터 해당 SSM 주소에 대한 통신요구가 없다면, 이 데이터그

램을 폐기(discard)시켜야 한다. 즉, SSM 메커니즘은 DVMRP, PIM-DM처럼 “broadcast-and-prune” 방식이 아닌 PIM-SM, CBT처럼 “명시적인 가입”을 기반으로 한다.

DVMRP나 PIM-DM처럼 ‘인접 라우터에게 source-specific join’ 메시지를 보내지 않는 라우팅 프로토콜은 SSM을 지원하기에 바람직하지 않다. 반면에, PIM-SM이나 CBT처럼 명시적인 등록을 통해 인접 라우터에게 (S, G) 데이터 통신을 요구하는 라우팅 프로토콜에서는 SSM 방식이 쉽게 지원될 수 있다. 이 경우 각 라우터는 ISM의 (*, G) 그룹과 SSM의 (S, G) 채널에 대한 라우팅 테이블 관리를 동시에 수행할 지도 모른다. 어느 경우이든, 각 라우터는 232/8의 그룹주소들을 SSM 주소범위로 인식할 수 있어야 하며, 특정 S가 명시되지 않으면서 S SM 그룹주소를 사용하는 등록 요청은 모두 거절 혹은 무시해야 한다.

라. SSM 데이터그램의 링크계층 전송

RFC1112에 규정되어 있듯이 SSM 패킷들도 링크계층의 네트워크를 통해 전송된다. 특히 이더넷 등의 공유 매체형 링크계층 망에서는 IP 패킷의 링크계층 매핑 시 IP 패킷의 송신자 주소가 참조되지 않는다. 결과적으로 그러한 망에서는 SSM 채널 (S, G)의 S에 관계없이 G 주소만을 참조하여 각 호스트에게 데이터그램을 전송하게 된다. 따라서 각 호스트의 IP 모듈에서는 여과기능을 통해 해당하는 (S, G)만을 상위계층의 소켓에게 전달해 주는 메커니즘이 필요하다.

마. SSM 관련 보안 요구사항

SSM 가입 요청은 라우터에 (S, G) state를 생성시키고 인접 라우터들에게 관련 라우팅 처리를 요구하게 된다. 따라서 임의의 호스트가 대량의 가입요청 메시지를 발생시켜 라우터의 기능을 마비시키거나 네트워크 자원 및 처리용량의 상당 부분을 악의적으로 점유할 수 있다.

이러한 악의적인 공격으로부터 대비하기 위해,

각 라우터는 설정(configuration) 옵션(option)을 통해 단일 인터페이스로부터 요청될 수 있는 가입요청 횟수 등을 제한할 수 있어야 한다. 또한, 각 라우터는 SSM 방식을 통해 데이터 전송을 요구하는 송신자 주소에 대한 타당성(validity) 검증 등을 수행해야 한다. 이러한 이슈는 ISM 방식에도 제기되는 보안문제이기도 하다.

바. SSM 지원을 위한 IGMP 변경사항

IGMP[RFC1112, IGMPv2, IGMPv3]는 호스트와 인접 라우터간에 IP 멀티캐스트 그룹 멤버쉽 정보를 주고받기 위한 표준 메커니즘을 정의한다. IGMPv3는 특히 멀티캐스트 그룹 내의 특정 송신자의 트래픽을 여과시키거나 선택적으로 요청할 수 있도록 하는 능력을 추가하고 있다. 약간의 IGMPv3 수정을 통해 SSM 멀티캐스팅을 지원할 수 있으며, 현재 진행중인 IGMPv3에 이러한 변경 요구사항이 반영될 전망이다. 따라서, SSM 멀티캐스팅은 라우터에서의 IGMPv3 API 구현을 통해 지원될 것이다.

2. SSM을 위한 PIM-SM 확장 방안

SSM 멀티캐스팅은 기존 ISM 라우팅 프로토콜과 함께 사용되어 질 수 있으며, 특히 PIM-SM, CBT 등의 송신자에게 명시적인 등록을 하는 라우팅 프로토콜에서 약간의 확장을 통해 쉽게 제공될 수 있다.

현재 인터넷 장비업계의 쌍두마차인 Nortel Networks 와 Cisco Systems에서는 인터넷 드래프트를 통해 SSM을 위한 PIM-SM 확장방안을 제시하고 있으며, 기본적인 확장 메커니즘은 유사하다 [12-13]. 현재 IETF에서 SSM 방식에 대한 큰 관심을 보임에 따라 이러한 방식들이 통합, 수정되어 SSM 멀티캐스팅에 대한 별도의 RFC 표준이 제안될 것으로 전망된다. 본 글에서는 이 중에서 Nortel Network에서 제안한 방식을 소개한다.

가. PIM-SM 개요

PIM-SM은 여러 송신자를 가지는 멀티캐스트 세

션을 다루기 위해 설계되었다. PIM-SM은 공유형 트리와 SPT(shortest path tree)를 모두 사용한다. 초기에 각 라우터는 공유형 트리에 가입한다. 송신자의 데이터 전송률이 기준치를 초과할 때 라우터는 송신자를 향해 가입 메시지를 전송한다. 공유형 트리는 RP 라우터를 중심으로 구성되며, 모든 송신 라우터는 RP 라우터를 통해 데이터를 전송한다. 이러한 공유형 트리는 (*, G) 트리로도 불리며, *는 모든 송신자를 그리고 G는 고려하는 그룹주소를 나타낸다.

SPT 트리에 가입하기 위해 PIM-SM 라우터(leaf router)들은 먼저 공유형 트리에 가입해야 한다. 송신 트래픽 속도가 임계치를 넘게 되면 SPT 트리 구성 혹은 가입이 시작된다. 많은 PIM-SM 망에서 이러한 임계치는 '0'으로 설정되어 있다. 즉, 첫번째 패킷이 도착함과 동시에 SPT 트리 구성이 시작된다. 이 경우 RP에서 송신 라우터에 이르는 기존 공유형 트리를 삭제하기 위해 PIM-SM 라우터는 공유형 트리를 따라 삭제 메시지를 전송하게 된다. 이렇게 임계치를 '0'으로 설정하여 SPT 트리를 기반으로 데이터 전송을 하는 경우 공유형 트리는 '소스 탐색(source discovery)' 기능으로만 사용하게 된다.

사실상 많은 멀티캐스트 서비스가 여러 송신자가 아닌 단일 송신자를 가지며, 이러한 서비스를 위해 SPT 기반의 간단한 멀티캐스트 방식이 절실하다고 볼 수 있다. IGMPv3는 수신자로 하여금 특정 송신자 혹은 송신자 그룹을 명시하도록 하여 leaf 라우터들이 공유형 트리에 의존하여 송신자를 탐색하는 기존 PIM-SM 메커니즘의 오버헤드를 없앨 수 있다. 또한 공유형 트리를 경유하지 않고 곧바로 SPT 트리를 구성함으로써 라우팅 메커니즘을 단순화시키고, 요구되는 라우팅 테이블 엔트리 수 및 RP 설정(placement)문제, 관리문제 등에서도 자유로워진다. 따라서, one-to-many 멀티캐스트의 요구사항을 충족시키기 위해서는 직접적인 SPT 구성을 위해 PIM-SM 메커니즘을 단순화시킬 필요성이 있다.

나. SSM 라우팅

SSM 멀티캐스팅은 송신자와 232/8의 SSM 그

룹주소로 식별되는 (S, G) 채널을 기반으로 작동한다. SSM 그룹주소들은 유일한 주소가 아니며 여러 송신자에 의해 동시에 사용될 수 있다.

SSM 포워딩 엔트리는 (S, G)마다 다르게 유지 및 관리되며, 하나의 iif(incoming interface)와 여러 개의 oif(outgoing interfaces) 리스트로 구성된다. 각 라우터에서는 SSM 주소범위로 진입하는 IP 데이터그램에 대하여 보유하고 있는 (S, G) 엔트리와 매칭이 되고, 일체 진입한 iif가 보유 중인 (S, G) 엔트리의 iif와 일치할 때에만 모든 oif로 패킷을 복사하여 포워딩한다. 그 외의 경우, 즉 매칭 (S, G) 엔트리가 없거나 있더라도 엔트리에서 정의된 iif와 실제 진입한 iif가 다를 때에는 모든 패킷이 폐기된다.

다. PIM-SM 라우팅 규칙의 확장

SSM 라우팅을 위한 가입 및 삭제 시그널링을 구현하기 위해 PIM-SM 제어(control) 메시지들이 사용될 수 있다. SSM은 PIM-SM에서 쉽게 적용될 수 있는 "명시적인 수신자 기반 멤버십" 형성 메커니즘을 사용한다. 본 절에서는 PIM-SM 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 사용하여 SSM을 구현하는 규칙들을 기술하고자 한다. 여기에서 SSM 경로엔트리는 SSM 주소범위를 갖는 (S, G) 주소쌍을 의미한다.

SSM 경로엔트리는 PIM-SM의 시그널링 메커니즘을 사용하여 구성된다. 현재 SSM 관련 절차(operations)는 "채널 가입(channel join)" 및 "채널 탈퇴(channel leave)"가 정의되어 있으며, 이러한 절차들은 PIM-SM 가입 및 탈퇴 메시지 안에 (S, G) 채널 주소를 규정하고 송신자 S 주소로 전달함으로써 구현된다.

PIM-SM Hello 메시지는 라우터간에 인접성(neighborhood relationship)을 형성하는 데에 사용된다. SSM에서도 PIM-SM과 동일한 Hello 메시지 절차가 사용된다.

PIM-SM 가입 및 탈퇴 메시지들은 SSM 트리를 구성하는 데에 사용된다. 이 경우 SSM(S, G) 가입/탈퇴 메시지라고도 표현한다. SSM(S, G) 가입 메시지는 다음 사건이 발생할 때에 라우터에서 전송된다.

- IGMPv3의 ALLOW_NEW_SOURCES 기록에 의해 새로운 (S, G) 경로엔트리가 생성된 경우
- 다운스트림 라우터로부터 (S, G) 가입 메시지를 받아 새로운 (S, G) 엔트리가 생성된 경우
- 라우팅 경로의 변화로 인해 경로엔트리의 iif가 갱신된 경우 (새로운 iif로 새로운 가입 메시지 전송)
- 주기적인 refresh 타이머에 의해

또한 다음의 경우에 라우터는 (S, G) 탈퇴 메시지를 전송한다.

- IGMPv3의 BLOCK_NEW_SOURCES 기록에 의해 (S, G) 엔트리가 삭제되는 경우
- 다운스트림 라우터로부터 (S, G) 탈퇴 메시지를 받아 (S, G) 엔트리가 삭제되는 경우
- 라우팅 경로의 변화로 인해 경로엔트리의 iif가 갱신된 경우 (새로운 iif로 새로운 탈퇴 메시지 전송)
- 주기적인 refresh 타이머에 의해
- 경로엔트리의 마지막 oif가 삭제된 경우

PIM-SM과 마찬가지로 라우터들은 주기적으로 (S, G) 포워딩 state를 갱신해야 한다. 또한, 서브넷 안에서 하나의 DR(Designated Router)를 선출할 수 있어야 하며 특히 서브넷 안에 둘 이상의 라우터가 존재하는 경우, 각 라우터들은 DR 선출기능을 지원해야 한다.

라우팅에 변화가 발생했을 때에 새로운 SPT에 의해 iif가 수정되어야 하며 SSM을 지원하는 라우터들은 PIM-SM 규격에 따라 이러한 라우팅 변화 및 iif 수정을 올바르게 수행해야 한다.

SSM 그룹주소 범위에서는 오직 PIM-SM 가입/탈퇴 메시지들만 유효(valid)하다. 추가적으로 SSM을 지원하는 라우터들은 PIM-SM Hello 메시지들을 보낼 수 있다. 그 외의 메시지 형태, 인코딩(encoding) 및 부적절한 옵션 등은 모두 폐기되어야 한다. 특히 다음 메시지들은 SSM 주소범위에서 유효하지 않다.

- SSM 주소 범위의 그룹주소 G에 대한 (*, G) 가입 요청

- SSM 그룹주소를 인코딩한 PIM-SM Register 메시지

라우터에서의 SSM 포워딩 규칙은 SSM 가입 메시지를 보낸 다운스트림 라우터들에게만 데이터를 전송하는 것이다. 즉, SSM은 수신 라우터의 명시적인 가입을 기반으로 이루어진다. DVMRP나 PIM-DM처럼 데이터 패킷 자체가 제어용으로 사용되어서는 안 된다. PIM-SM에서는 각 송신자가 RP 라우터에 인코딩된 Register 메시지를 보내는 반면에, SSM을 지원하는 라우터들은 SSM 주소에 대해서는 RP에 Register 메시지를 보낼 필요가 없다.

PIM-SM은 또한 RP와 그룹간의 대응(mapping)을 위해 “bootstrap” 프로토콜을 사용한다. 하지만, SSM의 경우 SPT를 구성하기 때문에 RP가 필요하지 않으며, 따라서 bootstrap 프로토콜도 필요 없다. SSM에서는 PIM-SM과의 호환을 위해 SSM 그룹주소 G에 대한 bootstrap 메시지들을 포워딩은 해주지만, 각 수신 라우터에서는 이 그룹주소들이 SSM 주소범위에 해당하는 경우 무시한다.

PIM-SM은 RP 기반 공유형 트리를 구성하기 위해 (*, G) 엔트리를 사용하지만 SSM 그룹주소 G에 대해서는 이러한 엔트리들은 유효하지 않으며, 각 라우터에서 (*, G) oif 리스트들은 SSM(S, G) oif 리스트들로 복사되어서는 안 된다.

PIM-SM은 또한 경계(border) 라우터에서 RP에 이르는 트리부분(branch)을 구성하기 위해 (*, *, RP) 엔트리를 사용한다. 하지만 각 라우터에서 (*, *, RP) oif 리스트들은 SSM(S, G) oif 리스트들로 복사되어서는 안 된다.

라. SSM을 위한 PIM과 IGMPv3의 연동(interaction)

SSM의 구현을 위해 IGMPv3를 이용하여 SSM 가입/탈퇴 통신을 수행한다. 특히 (S, G) 멤버십 정보의 교환을 위해 ALLOW_NEW_SOURCES 및 BLOCK_OLD_SOURCES 레코드를 사용할 수 있다.

각 라우터는 SSM 채널에 대한 (S, G) 가입 메시지를 받게 되면 다음 절차를 수행한다.

- ① IGMPv3 규칙에 따라 가입 메시지를 처리한다.
- ② 매칭 포워딩 엔트리를 찾기 위해 라우터에서 보 유 중인 (S, G) 리스트를 검색(lookup) 한다.
- ③ 만약 매칭엔트리가 검색되면 해당 (S, G) 엔트 리에 대해 적절한 oif 리스트를 추가한다.
- ④ 그렇지 않으면 새로운 (S, G) 엔트리를 등록하 고, 송신자 S에 이르는 최단 경로에 위치하는 상위 라우터에 PIM-SM 혹은 SSM 가입 메시 지를 전송한다. 이 경우 최단 경로 라우팅은 사 용 중인 유니캐스트 라우팅 프로토콜을 사용할 것이다.

반면에 각 라우터에서 SSM 채널에 대한 (S, G) 탈퇴 메시지를 받게 되면 다음 절차를 수행한다.

- ① IGMPv3 규칙에 따라 탈퇴 메시지를 처리한다.
- ② 만약 IGMPv3에 의해 해당 (S, G) 채널에 가입 된 멤버가 없다고 결정되면 해당 (S, G) 엔트리 를 삭제한 다음 송신자 S에 이르는 최단 경로에 위치하는 상위 라우터에 PIM-SM 탈퇴 메시 지를 전송한다.

이와 같이 SSM은 기존 ISM 모형과는 완전히 별 개의 독립적인 메커니즘이며, 둘 사이의 어떠한 연 동도 요구되지 않는다. 사실상 그러한 연동은 응용 에게 혼란을 야기시킬지도 모른다.

이처럼 SSM은 PIM-SM 프로토콜의 일부 기능 을 이용하여 구현될 수 있으며, SSM 관련 새로운 표 준 RFC에서는 SSM에 필요한 기능 및 패킷형식 (format)들만 추출하여 정리할 예정이다.

3. SSM 구현 예제

최근 SprintLab에서는 SSM 방식 구현을 위해 테스트베드 구축을 통해 SSM을 구현하였다[14]. 단기적인 목표로 2000년 8월까지 현재의 멀티캐스 트 라우팅 기반구조에 대한 최소한의 변경을 통해 SSM을 구현하여 SSM 개념의 타당성 및 실효성을 검증하는 것이다. SSM 방식은 올해 말까지 Sprint 사의 멀티캐스트 백본망에 구현되어 one-to-many

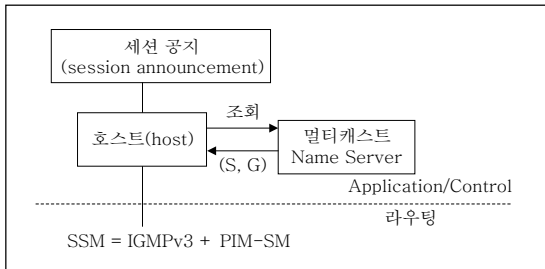
멀티캐스트 사용서비스를 시작할 예정이다.

현재 Sprint 망의 IP 멀티캐스트 프로토콜 구조 에서는 인트라도메인용의 PIM-SM 프로토콜과 인 터도메인 트리 구성을 위한 MSDP 프로토콜로 구성 되어 있다. 사실상 현재의 구조 하에서 여러 도메인 을 걸치는 인터도메인 멀티캐스트 상용서비스를 보 급하기에는 여러 가지 문제점을 지니고 있다. 예를 들어, 글로벌 주소의 할당 문제는 아직까지 open 이 슈로 남아 있으며, 현재의 멀티캐스트 구조는 그룹 접속제어(access control) 및 네트워크 관리를 지원 하지 못한다.

최근에 제안된 EXPRESS(Explicit Request for Single Source) 혹은 SSM 멀티캐스트 모형에서는 이러한 문제점 중의 일부를 해결하고 있다. 최근 인 터넷 멀티캐스트 업계에서는 SSM을 단시일 내에 보급가능한 멀티캐스트 해법으로 바라보고 있으며, 특히 SSM 기반의 인터넷 방송 등의 one-to-many 멀티캐스트 서비스가 가까운 시일 내에 보급될 수 있을 것으로 전망하고 있다.

가. SSM에 대한 구조적(architectural) 관점

SSM 구현을 위해서는 (S, G) 기반의 SPT 트리 를 구성하는 메커니즘이 필요하다. SPT 트리 구성 자체는 기존 ISM에서도 취급된 개념이지만, SSM 구현을 위해서는 ‘멀티캐스팅에서의 라우팅 계층과 응용/제어 계층의 분리’에 관한 고려가 필요하다. 특 히, 멀티캐스트 라우팅의 역할을 멀티캐스트 트리를 구성하고, 구성된 트리를 따라 데이터를 포워딩하는 것으로 제한할 필요가 있다. 멀티캐스트 소스 및 멀 티캐스트 서비스를 식별하는 것은 응용 혹은 제어계 층에서 수행되는 것이 바람직하다. 예를 들면, SDP/ SAP 프로토콜에서 이러한 기능들을 수행할 수 있을 것이다. 현재의 멀티캐스트 구조는 이러한 서비스 탐색(discovery) 기능과 라우팅 기능간의 구별이 분 명치 않다. MSDP의 경우 멀티캐스트 소스를 탐색하 는 과정에서 여러 PIM-SM 도메인을 연결한다. 하 지만 실질적으로 MSDP의 SA(source announce- ment) 메시지는 데이터를 포함하고 있다.



(그림 3) SSM 구조

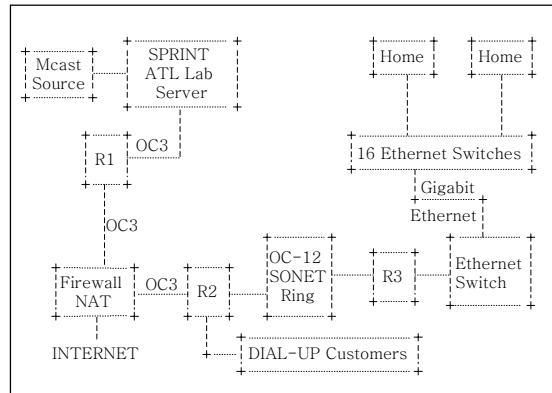
(그림 3)은 SSM 기반의 멀티캐스트 구조를 보여준다. 멀티캐스트 서비스를 공지하기 위해 SDR 등의 advertising 도구가 사용될 수 있으며, 특정 호스트가 멀티캐스트 서비스를 원하는 경우 well-known 멀티캐스트 네임 서버에게 조회를 함으로써 (S, G)를 포함하여 필요한 서비스 혹은 세션정보를 파악할 수도 있다. 사실상 SDR 기반 및 멀티캐스트 네임 서버 기반 모두 사용될 수 있지만, 상용서비스 사업자의 입장에서 볼 때에는 여러 가지 부가적인 제어 기능, 암호 등의 보안 기능 및 과금 기능 등의 편의성 차원에서 서버 기반 방식이 더 선호된다.

나. SSM과 ISM에 대한 비교 평가

현재까지 논의되어온 SSM의 장점은 다음과 같이 정리해 볼 수 있다.

- 라우팅과 응용/제어 계층의 분리 및 이로 인한 간결한 멀티캐스트 구조
- 현재의 IGMPv2/MSDP/PIM-SM 구조에 비해 관리하기 쉬운 구조 및 이로 인해 Sprint 등의 상업용 인터넷 멀티캐스트 서비스 사업자의 입장에서 보급하기 쉬운 점
- SSM 해법은 오늘날 Sprint 고객의 99% 이상을 만족시킨다는 점

SSM 방식에 대한 가장 큰 비평은 many-to-many 멀티캐스트를 지원하는 공유형 트리를 구성할 수 없다는 점이다. 하지만 단기적으로 볼 때 대부분의 멀티캐스트 서비스는 one-to-many 멀티캐스트 서비스가 될 것으로 전망되며, 향후에 few-to-



(그림 4) SSM 테스트베드

many 혹은 many-to-many 서비스가 사용될 전망이다. 특히 few-to-many 서비스의 경우 SSM 트리를 여러개 구성함으로써 쉽게 구현될 수 있다.

다. Sprint사의 SSM 테스트베드

SprintLab에서는 SSM 멀티캐스트 서비스의 타당성 및 실제 적용가능성을 검증하기 위해 테스트베드를 구축하였다. (그림 4)는 테스트베드의 구조를 보여준다.

테스트베드의 일부로써 100개의 가정용 호스트(home host)가 시험망에 10Mbps로 접속된다. 시험망은 방화벽에 의해 공중 인터넷망과 분리되며, 터널링(tunnelling) 기법을 이용하여 Sprintlab의 내부 테스트베드에 OC-3 속도로 연결된다. 초기망에서는 Sprintlab에 멀티캐스트 소스가 위치하며 테스트베드에 참여하는 호스트들에게 데이터를 전송하게 된다. 각 가정용 호스트에서는 Linux 기반의 PC가 설치되어 있으며, kernel에서 IGMPv3를 지원하여 IGMPv3 메시지들을 라우터 R3에서 교환하게 된다. 모든 라우터 R1, R2, R3는 PIM-SM과 SSM을 동시에 지원하며, Sprintlab의 소스 S에서 각 가정 호스트에 이르는 트리가 형성된다.

SSM 실험을 위해 상업용 콘텐츠 사업자 하나를 포함시킬 예정이며, SSM의 현장시험을 거쳐 공중 인터넷에 확장하기 위한 보안관련 실험을 수행할 예정이다. 최종적으로 IGMPv3를 지원하는 3Com의

TCH(Total Control Hub)를 도입하여 테스트베드 위에서 dial-up 고객의 연결을 포함시킬 것이다. 현재 계획으로 2000년 말까지 이러한 모든 시험을 완료할 예정으로 있다.

VI. 결론

지금까지 최근에 IETF를 중심으로 진행중인 인터넷 멀티캐스트 기술 동향에 대하여 살펴보았다. 인터넷의 급격한 성장 덕분에 인터넷 멀티캐스트 서비스에 대한 요구는 꾸준히 증가하고 있다. 대규모 고객을 대상으로 하는 실시간 증권정보서비스, 인터넷 방송 혹은 TV, 소프트웨어 업그레이드 혹은 파일전송서비스 등의 one-to-many 멀티캐스트 서비스를 비롯하여 인터넷 화상회의 등의 many-to-many 멀티캐스트 서비스에 이르기까지 인터넷 멀티캐스트 서비스 수요는 날로 증가할 것으로 전망된다. 실제 미국에서는 일부 상용서비스가 제공되고 있으며, 국내에서도 일부 벤처업체를 중심으로 멀티캐스트 서비스 보급이 진행중에 있다[15].

인터넷망의 특성 및 ISP들의 정책 등을 고려해 볼 때, 우선은 SSM 기반의 one-to-many 서비스 보급부터 시작될 것으로 전망된다. SSM을 통해 인터넷망 사업자들은 멀티캐스트 트래픽 통제 및 관리를 효과적으로 수행할 수 있을 것이며, 여기에 과금 및 보안 이슈가 적절히 해결된다면 급격한 속도로 멀티캐스트 서비스 보급이 활성화될 것이다.

참고 문헌

- [1] S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting," IETF RFC 1112, Aug. 1989.
- [2] W. Fenner, "Internet Group Management Protocol, Version 2," IETF RFC 2236, Nov. 1997.
- [3] B. Cain, S. Deering and A. Thyagarajan, "Internet Group Management Protocol, Version 3," *Work in Progress*, draft-ietf-idmr-igmp-v3-02.txt, Nov. 1999.
- [4] 고석주 외, "인터넷 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 분석 (Analysis of Internet Multicast Routing Protocols)," ETRI 전자통신동향분석, '99년 10월호, 1999, pp. 99-110.
- [5] Koh S. J etc., "Minimizing Cost and Delay in Shared Multicast Trees," *ETRI Journal*, Vol. 22, No. 1, Mar. 2000, pp. 30-37.
- [6] D. Estrin, D. Farinacci, A. Helmy, D. Thaler, S. Deering, M. Handley, V. Jacobson, C. Liu, Sharma, P. and L. Wei, "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode(PIM-SM): Protocol Specification," RFC 2362, June 1998.
- [7] D. Farinacci *et al.*, "Multicast Source Discovery Protocol (MSDP)," draft-ietf-msdp-spec-05.txt, Feb. 2000.
- [8] D. Thaler etc., "Border Gateway Multicast Protocol: Protocol Specification," draft-ietf-bgmp-spec-00.txt, Jan. 2000.
- [9] D. Meyer, "Administratively Scoped IP Multicast," BCP 23, RFC 2365, July 1998.
- [10] Internet Assigned Numbers Authority(IANA), <http://www.isi.edu/in-notes/iana/assignments/multicast-addresses>.
- [11] H. Holbrook and B. Cain, "Source-Specific Multicast for IP," draft-holbrook-ssm-00.txt, Mar. 2000.
- [12] H. Sandick and B. Cain, "PIM-SM Rules for Support of Single-Source Multicast," draft-sandick-pimsm-ssmrules-00.txt, Mar. 2000.
- [13] N. Bhaskar and I. Kouvelas, "Source-Specific Protocol Independent Multicast," draft-bhaskar-pim-ss-00.txt, Mar. 2000.
- [14] S. Bhattacharyya etc., "Deployment of PIM-SO at Sprint," draft-bhattach-diot-pimso-00.txt, Mar. 2000.
- [15] C. Diot *et al.*, "Deployment Issues for the IP Multicast Service and Architecture," *IEEE Networks Magazine's Special Issue on Multicast*, Jan. 2000.