

主題

차세대 인터넷 멀티캐스팅 기술 동향

한국전자통신연구원 고석주, 강신각

차례

- I. 서론
- II. 멀티캐스트 라우팅 기술 동향
- III. 멀티캐스트 신뢰전송 기술 동향
- IV. 결론 및 향후전망

I. 서론

인터넷 멀티캐스팅 기술은 지난 10여년간의 기술 발전에도 불구하고 아직 본격적인 서비스 보급이 이루어지지 못하고 있다. 주된 이유는 멀티캐스트 라우팅에서의 트래픽 제어, 글로벌 인터넷에서의 멀티캐스트 주소 할당, 멀티캐스트 신뢰전송 기법 등의 문제가 아직 해결되지 않았기 때문이다.

최근 인터넷 방송, 실시간 증권정보 서비스 등의 멀티캐스트 응용 서비스에 대한 요구가 급격히 증가함에 따라, IETF를 중심으로 새로운 인터넷 멀티캐스팅 기술들이 개발되고 있다. 본 고에서는 관련 기술 동향을 멀티캐스트 라우팅 기술과 멀티캐스트 신뢰전송 기술로 구분하여 살펴보고자 한다.

II. 멀티캐스트 라우팅 기술 동향

1. 멀티캐스트 라우팅 기술 개요

그림 1에서 보여지듯이 각 호스트 그룹은 <224.0.0.0 - 239.255.255.255>의 주소범위를 갖는 Class D 주소를 매개체로 멀티캐스트 그룹을 형성한다. 유니캐스트에서 사용되는 Class A, B, C 주소의 경우, 네트워크 요소와 호스트 요소로 구성되는 것과는 달리, Class D 그룹 주소는 특정 멀티캐스트 세션(session)을 위해 사용된다.

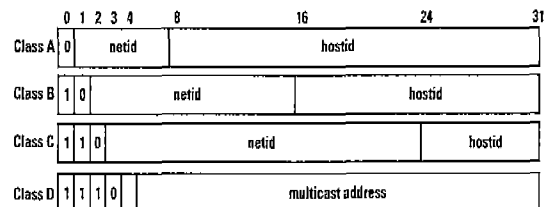


그림 1. IP 주소 Classes

멀티캐스트 그룹에 참여하기 위해 호스트는 가장 가까운 멀티캐스트 라우터에 자신을 등록한다. 이러한 절차는 IGMP(Internet Group Management Protocol)^[1, 2] 프로토콜을 사용하여 이루어진다. 그림 2에서 보여지듯이 호스트는 자신이 속한 서브넷(subnet) 라우터에 특정 그룹 주소에 대한 멤버십 정보를 보낸다. 멀티캐스트 라우터가 IGMP query 메시지를 통해 서브넷 안에 멀티캐스트 참여자가 있는지 조회할 수도 있다. 이러한 주기적인 폴링(polling)에 대해 아무 응답이 없으면, 서브넷의 모든 호스트들이 해당 그룹을 떠난 것으로 간주한다.

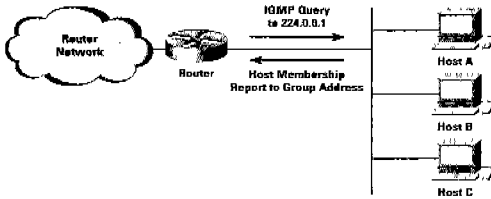


그림 2. IGMP 동작원리

IGMP를 통해 수신자들은 특정 그룹의 Class D 주소에 대한 멀티캐스트 데이터를 수신할 수 있으며, 이를 토대로 네트워크를 통한 송신 라우터와 수신 라우터의 연결을 위해 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이 동작한다.

멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 의해 그룹에 속한 호스트들을 연결시켜 주는 트리(tree)가 구성되며, 프로토콜은 이러한 트리 구성 절차 및 방법을 정의한다. 현재까지 다양한 종류의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이 제안되어 왔으며, 이러한 프로토콜들은 크게 인트라도메인(intra-domain)^[3, 23, 26] 및 인터도메인(inter-domain) 프로토콜로 분류할 수 있다.^[4, 5, 25]

2. 관리범위(Administratively Scoped) IP 멀티캐스팅

기존 IP 멀티캐스트 응용들은 대부분 IP 헤더의 TTL(time to live)을 이용하여 범위조정(scoping)을 한다. 특히 MBONE(multicast backbone)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 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 복잡하다. 특히 TTL 범위조정의 문제점은 broadcast-and-prune 기반의 DVMRP 프로토콜에서 더욱 심각해졌다. 즉, 부적절한 TTL 범위조정으로 인해 하위 수신자의 존재 여부에 관계없이 트리가 확장 혹은 소멸될 수 있다.

TTL 범위조정 문제를 해결하기 위해, 관리범위 IP 멀티캐스트가 등장하게 되었다.^[6] 현재 관리범위 멀티캐스트 주소는 239/8 (239.0.0.0 - 239.255.255.255)으로 할당되어 있다.^[7] 이 방식의 특징은 다음과 같다.

- 관리 범위 주소로 향하는 패킷들은 관리경계를 넘나들지 못하게 한다.
- 관리범위 멀티캐스트 주소는 지역적으로 할당되기 때문에, 다른 관리범위에서 같은 관리범위 멀티캐스트 주소가 재 사용될 수 있다.

3. Source-Specific Multicast (SSM) 기술

가. SSM 개요

SSM은 232/8 (232.0.0.0 - 232.255.255.255) Class D 주소범위를 사용한다. SSM 프로토콜은 SSM 그룹주소로 전송되는 데이터그램에 대한 처리 행위를 규정한다. 즉, 232/8의 Class D 주소와 특정 소스(source) S의 결합으로 식별되는 (S,G)를 채널(channel)이라 하고, SSM은 (S,G)로 전송되는 데이터그램에 대하여, 이를 원하는 호스트에게 전달한다.^[8, 9, 10, 11, 12]

SSM 방식의 주요 특징은 멀티캐스트 채널이 그룹주소 G뿐만 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 그룹으로 인식된다.

어느 호스트이든지 SSM 주소로 데이터그램을 전송할 수 있다. 기존 멀티캐스트 방식과는 달리 SSM 멀티캐스트에서는, 특정 송신자 S에 대한 IP 주소를 규정하지 않고 SSM 그룹주소 G로만 보내어지는 데이터그램은 아무런 의미를 가지지 않는다. 각 라우터는 (S,G)가 아닌 G로만 보내어지는 전송 요청에 대해서는 이를 무시한다.

나. SSM 패킷 전달

SSM 포워딩 엔트리는 (S,G)마다 다르게 유지 및 관리되며, 하나의 iif(incoming interface)와 여러 개의 oif(outgoing interfaces) 리스트로 구성된다. 각 라우터는 SSM 주소범위로 진입하는 IP 데이터그램에 대하여, 진입 (S,G)에 대한 포워딩 테이블에 보유하고, 또한 진입 (S,G)의 iif가 보유중인 (S,G) 엔트리의 iif와 일치할 때에만 모는 oif로 패킷을 복사하여 전달한다. 그 외의 모든 경우에는 패킷을 폐기한다.

다. SSM 지원을 위한 요구사항

(1) 호스트에서의 요구사항

SSM을 지원하기 위한 IP 호스트의 IP 모듈 인터페이스는 다음 기능을 수행해야 한다.

- Subscribe (socket, source address, group address, interface)
- Unsubscribe (socket, source address, group address, interface) 여기에서 interface는 (S,G) 채널 데이터를 수신하기 위한 네트워크 인터페이스이다. 위의 기능은 IGMPv3 API를 통해 지원된다.

(2) 라우터에서의 요구사항

라우터가 SSM 주소를 갖는 IP 데이터그램을 수신한 경우, 관련 포워딩 테이블을 보유하고 있지 않으면, 이 데이터그램을 폐기한다. 즉, PIM-SM, CBT 프로토콜처럼 명시적 가입(explicit join)을 통해 트리가 구성되어, 트리 상의 라우터들이 (S,G) 포워딩 테이블을 유지하고 있을 때에만 SSM 멀티캐스트 패킷 전달 기능이 수행된다.

(3) SSM 지원을 위한 IGMP 변경사항

IGMPv1와 IGMPv2는 그룹주소 G를 토대로 호스트와 인접 라우터간에 IP 멀티캐스트 그룹 멤버십 정보를 주고 받기 위한 메커니즘을 정의한다. 반면에, IGMPv3에서는 (S,G)를 토대로 라우터가 서브넷의 특정 송신자와 멀티캐스트 트래픽을 송수신하는 능력을 지원한다.

라. SSM을 위한 PIM-SM 확장 방안

SSM은 기존 멀티캐스트 라우팅 프로토콜과 함께 사용되어 질 수 있으며, 특히 PIM-SM, CBT에서는 약간의 확장을 통해 쉽게 제공될 수 있다. 현재 인터넷 장비개발업체의 선두 주자인 Nortel Networks와 Cisco Systems에서는 이미 SSM을 위한 PIM-SM 확장방안을 제시하고 있다.

한편, 지난 7월 IETF 회의에서는 SSM 방식 표준화를 위한 별도의 작업반이 형성되었다.

SSM 경로엔트리는 PIM-SM의 시그널링 메커니즘을 사용하여 구성된다. PIM-SM Hello 메시지는 인접 라우터를 파악하기 위해 사용되는데, SSM에서도 동일하게 사용될 수 있다.

PIM-SM Join 및 Prune 메시지들은 SSM 트리를 구성하는 데에 사용된다. 다음 사건이 발생할 때에 라우터는 SSM (S,G) Join 메시지를 upstream 라우터에게 전송한다.

- IGMPv3에 의해 새로운 (S,G) 경로엔트리가 생성된 경우
- 다운스트림 라우터로부터 (S,G) Join 메시지를 받아 새로운 (S,G) 엔트리가 생성된 경우
- 라우팅 경로의 변화로 인해 경로엔트리의 iif가 갱신된 경우
- 주기적인 refresh 타이머에 의해

또한 다음의 경우에 라우터는 downstream 라우터에게 (S,G) Prune 메시지를 전송한다.

- IGMPv3에 의해 (S,G) 엔트리가 삭제되는 경우
- 다운스트림 라우터로부터 (S,G) Prune 메시지를 받아 (S,G) 엔트리가 삭제되는 경우
- 라우팅 경로의 변화로 인해 경로엔트리의 iif가 갱신된 경우
- 주기적인 refresh 타이머에 의해
- 경로 엔트리의 마지막 oif가 삭제된 경우

PIM-SM과 마찬가지로 라우터들은 주기적으로 (S,G) 포워딩 state를 갱신한다. 라우팅에 변화가 발생했을 때에, SSM을 지원하는 라우터들은 PIM-SM 규격에 따라 이러한 라우팅 변화 및 iif 수정을 올바르게 수행한다.

라우터에서의 SSM 포워딩 규칙은 SSM Join 메시지를 보낸 다운스트림 라우터들에게만 데이터를 전송하는 것이다. 즉, SSM은 수신 라우터의 명시적 가입(explicit join)을 기반으로 이루어진다.

PIM-SM에서는 각 송신자가 RP 라우터에 인코딩된 Register 메시지를 보내는 반면에, SSM을

지원하는 라우터들은 SSM 주소에 대해서는 RP에 Register 메시지를 보낼 필요가 없다. 또한, PIM-SM은 또한 RP와 그룹간의 mapping을 위해 bootstrap 프로토콜을 사용하지만, SSM의 경우 SPT를 구성하기 때문에 RP가 필요하지 않으며, 따라서 bootstrap 프로토콜도 필요 없다.

마. SSM 구현 예제

최근 Sprint사는 자사의 테스트베드를 통해 SSM 방식 구현을 중이다.^[12] 올 해까지 현재의 멀티캐스트 라우팅 기반구조에 대한 최소한의 변경을 통해 SSM을 구현하여 SSM 개념의 타당성 및 실효성을 검증할 예정이며, 향후에 Sprint사의 멀티캐스트 백본망에 구현되어 one-to-many 멀티캐스트 상용서비스에 사용될 예정이다. 현재 Sprint사의 인터넷 망은 PIM-SM 프로토콜과 MSDP (Multicast Source Discovery Protocol)^[5] 프로토콜로 구성되어 있다.

바. SSM과 기존 멀티캐스트 방식과의 비교

- SSM의 장점은 다음과 같이 정리해 볼 수 있다.
- 라우팅과 응용/제어 계층의 분리로 인한 멀티캐스트 구조가 간결하다.
 - 현재의 IGMPv2/MSDP/PIM-SM 멀티캐스트 구조에 비해 관리하기 쉽다.
 - 이로 인해 Sprint 등의 ISP(Internet Service Providers)들이 선호한다.
 - SSM 해법은 오늘날 멀티캐스트 서비스의 99% 이상을 충족시킬 수 있다.

SSM 방식에 대한 유일한 단점은 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 전망이다.

Ⅲ. 멀티캐스트 신뢰전송 기술 동향

1. RMT(Reliable Multicast Transport) 기술

일대일(point-to-point) 전송에서의 신뢰성 제공은 TCP 프로토콜에 의해 제공된다. 사실상 TCP는 유니캐스트 전송에서의 유일한 신뢰성 제공 프로토콜이다. 멀티캐스트 응용서비스의 경우 UDP 위에서 작동하거나 혹은 IP 계층과의 raw 소켓(socket) 인터페이스를 통해 제공된다. (그림 3 참조) UDP는 아주 최소한의 기능만 제공하는 수송계층 프로토콜이며, 단순히 포트(port)제공을 통해 응용계층과 IP 계층 사이의 인터페이스 역할만 수행한다. 따라서 전송 오류에 대한 복구기능이 전혀 없는 비신뢰성(unreliable) 프로토콜이다. 따라서 멀티캐스트 응용은 신뢰성을 제공하는 특정 수송계층의 지원을 받아야 한다. 만약 그러한 수송계층 프로토콜이 UDP 위에서 작동한다면 응용계층의 서비스와 함께 동작하게 될 것이고, IP 계층과 직접 인터페이스를 갖는다면, 특정 수송계층 프로토콜로써 사용될 것이다.^[13 14. 15]

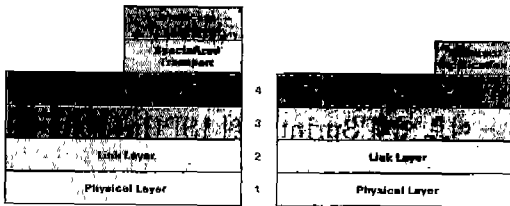


그림 3. 멀티캐스트 신뢰전송 프로토콜 스택

RMT 관련 기술은 오류제어, 흐름제어 및 폭주제어 기술로 나누어 볼 수 있다. 이 중에서 흐름제어와 폭주제어 기술은 모두 송신자의 데이터 전송속도 혹은 전송량을 통제하는 기술로써, 최근에 들어서는 같은 부류의 기술로 취급한다.^[22 24]

오류제어 기술은 수신자의 입장에서 손실(loss)

된 멀티캐스트 전송 패킷을 복구(recovery)하는 절차를 의미한다. 수신자가 패킷 손실 여부를 탐지하여 송신자에게 손실된 패킷의 재전송을 요구하면, 송신자는 이를 토대로 손실된 패킷을 재전송(retransmission) 한다. 멀티캐스트에서는 동시에 수 많은 수신자로부터 재전송 요구가 도착하는 경우, 소위 ACK(acknowledgement) 혹은 NACK(negative ACK) 폭주(implosion)문제가 발생한다. 대규모 그룹 및 네트워크에 쉽게 적용하기 위해서는 확장성(scalability) 문제가 해결되어야 한다.

흐름제어(flow control)란 멀티캐스트 수신자의 버퍼 혹은 패킷 처리능력 고려하여 송신자가 데이터 전송속도를 제어하는 기법이다. TCP와는 달리 멀티캐스트 환경에서는 다양한 수신자들을 고려해야 한다.

폭주제어 혹은 혼잡제어(congestion control)에서는 송신자의 트래픽이 네트워크에 과부하가 주지 않도록 규정한다. 특히 하나의 패킷이 여러 수신자에게 전달되는 멀티캐스트 전송에서는 혼잡제어의 중요성이 더욱 커진다. 또한 네트워크가 혼잡상태에 있을 때에 송신자의 트래픽 발생을 줄여서 데이터 손실을 방지하도록 하며, 불필요한 트래픽 발생을 억제하는 역할을 한다.

2. 주요 RMT 프로토콜

위에서 기술한 신뢰성 제공을 위한 제어 메커니즘과 기술개발 관련 이슈를 해결하기 위해 다양한 방식들이 제안되어 왔으며, 이 중 현재까지 알려진 주요 RMT 기법을 정리하면 다음과 같다.

가. 트리 기반 ACK 방식

멀티캐스트 사용자를 연결하는 수송계층의 논리적 트리를 구성하여 트리 계층 구조를 이용하여 오류를 복구하는 기법이다. 트리를 통해 각 수신자들

은 부모-자식(parent-children) 관계를 형성할 수 있으며, 각 부모 노드들은 자식 노드들에게 재전송을 통해 오류복구 기능을 제공한다. 부모노드가 재전송을 요구하는 패킷을 가지고 있지 않은 경우에는, 상위 부모노드에게 재전송을 요청하여 결국 데이터 송신자에게 재전송 요구가 전달될 수 있다. (15, 16)

그림 4는 트리 기반 신뢰전송 프로토콜 예를 보여 준다. 그림에서 각 부모 노드는 DR(Designated Receiver)로써 표기되고 있으며, 각 자식노드로부터 ACK 패킷 및 손실정보를 받은 뒤 오류를 복구하고, 자기 서브 그룹에 대한 데이터 송수신 상태 정보를 상위, 차상위 부모 노드에게 전달한다. 이러한 상태정보에 입각하여 송신자는 흐름 및 혼잡제어를 수행하게 된다. 이러한 방식의 대표적인 프로토콜로써는 Talarian사의 RMTP-II(Reliable Multicast Transport Protocol, Talarian) 와 Sun Microsystems사의 TRAM(Tree based Reliable Multicast) 프로토콜 등이 있다.

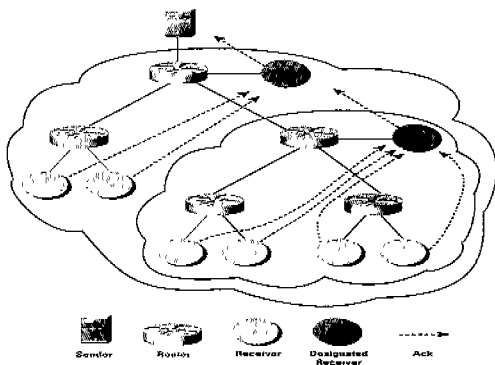


그림 4. 트리 기반 신뢰전송 프로토콜

나. 멀티캐스트 NACK 기반 신뢰성 제공

오류 재전송을 요구하는 수신자는 NACK 패킷을 전체 그룹에 전송한다. 가까이에 있는 성공적인 수신자가 있을 경우, 이러한 NACK 패킷에 응답한다. 이 경우 같은 NACK 패킷을 여러 수신자들이

동시에 발생시켜 NACK 패킷이 폭주할 우려가 있으므로, 각 수신자는 타이머(timer)를 이용하여 적절한 시간동안 다른 NACK 패킷이 이미 발생되었는지를 파악한다.

이러한 기법을 NACK 억제(suppression) 기법이라 한다. NACK 기반 오류제어에서는 오류복구 기능을 송신자가 아닌 가까이 있는 수신자의 도움으로 해결하여 확장성을 높이고자 한다. 이 방식에서는 특히 NACK 억제를 위해 사용되는 타이머의 동작이 전체 성능에 영향을 주며, 특히 모든 수신자에게 멀티캐스트 송신 능력을 요구한다. 또한 ACK 패킷의 기능중의 하나인 송신버퍼의 방출(flush) 기능이 없다는 문제점도 지니고 있다.⁽¹⁹⁾

다. FEC(forward error correction) 방식

ACK/NACK 기반 오류복구에서는 수신자의 패킷 수신정보를 송신자에게 전달하여 송신자가 패킷을 재전송 하는 ARQ(Automatic Request)방식인 반면에, FEC 방식에서는 송신자가 데이터 송신 단계에서부터 parity bits 등의 redundancy를 부과하여 데이터를 전송하는 방식이다. 즉, 수신자로부터의 피드백(feedback) 없이, 패킷 손실이 발생했을 경우 다른 패킷의 redundancy 정보를 이용하여 손실된 패킷을 복구하는 방식이다.^(17, 18) 이러한 기법을 FEC 방식이라 하며, 최근에 큰 주목을 받고 있다. 특히 위성망 등의 비동기(asynchronous) 네트워크에 적용이 용이하며, 재전송 및 오류복구 등으로 인한 추가 지연시간이 소요되지 않는다. 하지만 이를 위해 별도의 FEC 코딩(coding) 방식이 요구되며, 안정적인 망에서 사용하기에는 불필요한 오버헤드(overhead)가 발생할 수 있다.

3. RMT 제품 동향

RMT 제품 관련하여 현재 몇 가지 제품이 개발

및 출시되고 있으나, 대규모 공중망에 보급된 제품은 아직 없는 실정이다. RMTP-II의 경우 Talarian Corporation사에서 (1999년에 Global-cast를 인수) 개발되고 있으며, 특히 Smart-Socket 기술과 RMTP 기술을 병합하여 신뢰성 있는 멀티캐스트 서비스 제공을 목표로 하고 있다. 특히 올 5월에는 PGM 방식 기반의 벤처기업인 WhiteBarn사를 인수하여, 통합 RMT 솔루션을 제공할 예정이다. RMTP처럼 트리 기반 RMT 방식 중의 하나인 TRAM 프로토콜은 Sun Micro-System사에서 개발되고 있으며, 특히 Java 기술과 TRAM 기술을 접목할 계획이다.

이 외에도 StarBurst Communications사의 MFTP(Multicast File Transfer Protocol) 프로토콜은 파일 전송 서비스를 주요 목표로 개발되었으며, 현재 General Motors사의 dealers 네트워크에서 서비스가 제공되고 있다. MFTP 프로토콜은 실시간성을 요구하지 않는 파일 전송 서비스에 특히 적합하며, 데이터 전송의 신뢰성 제공을 위해 한 파일을 여러 개의 Blocks으로 분할하여 Block 단위로 전송하며, 오류복구 또한 각 block 단위로 이루어진다 (그림 5참조). 즉, 각 수신자는 손실된 패킷이 속한 block에서의 순번 정보를 NACK 메시지에 실어 송신자에게 보낸다. MFTP의 오류제어 메커니즘은 pass 기반 방식이다. 즉, 일단 첫 번째 pass에서 모든 데이터를 송신한 후, 수신자로부터 NACK 메시지를 받는다. 패킷 손실로 판정된 패킷들은 두 번째 pass에서 모든 수신자에게 재전송된다. 모든 수신자가 성공적으로 데이터를 수신할 때까지 이러한 절차가 반복된다.

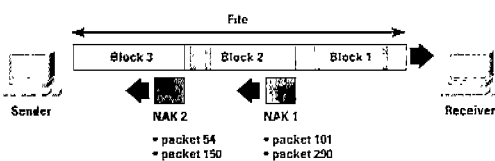


그림 5. MFTP 프로토콜

IV. 결론 및 향후전망

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 업그레йд 혹은 파일 전송 서비스 등의 one-to-many 멀티캐스트 서비스를 비롯하여 인터넷 화상회의 등의 many-to-many 멀티캐스트 서비스에 이르기까지 인터넷 멀티캐스트 서비스 수요는 날로 증가할 것으로 전망된다.

멀티캐스트 라우팅의 경우, 인터넷 망의 특성 및 ISP들의 정책 등을 고려해볼 때에, 우선은 SSM 기반의 one-to-many 서비스 보급부터 시작될 것으로 전망된다. SSM을 통해 인터넷 망사업자들은 멀티캐스트 트래픽 통제 및 관리를 효과적으로 수행할 수 있을 것이며, 여기에 과금 및 보안 이슈가 적절히 해결된다면, 급격한 속도로 멀티캐스트 서비스 보급이 활성화 될 것이다.

멀티캐스트 신뢰전송은 매우 어려운 기술로 알려져 있다. 특히 혼잡제어 문제는 효과적인 해법을 찾기에 상당한 시간이 거릴 것으로 예상된다. 관련 표준화는 현재 IETF의 RMT WG에서 진행 중이다.

한편, ITU-T SG7 및 ISO/IEC JTC1/SC6에서도 이와 관련된 표준규격 "ECTP(Enhanced Communication Transport Protocol)⁽²¹⁾" 프로토콜을 개발 중에 있다. 특히 ECTP는 서비스 품질 기반 멀티캐스트 신뢰전송 기법을 다루고 있으며, ETRI를 비롯한 국내 전문가 그룹에서 관련 표준화 작업을 주도하고 있다.

본 고에서 살펴보았듯이, 현재 멀티캐스트 서비스에 대한 요구사항은 많은 반면, 보편적으로 대중화된 서비스 및 기술은 찾아보기 어렵다. 향후에 IETF를 중심으로 더욱 다양한 멀티캐스트 해법들

이 제시될 예정이지만, 결국 인터넷 멀티캐스트 서비스의 성공 여부는 TCP에 대한 멀티캐스트 해법의 Cost-Benefit 분석 결과에 따라 결정될 것이다.

※ 참고문헌

- [1] IETF, Deering, S., Host Extensions for IP Multicasting, RFC 1112, August 1989.
- [2] IETF, Internet Group Management Protocol, Version 2, IETF RFC 2236, November 1997. IETF, Internet Group Management Protocol, Version 3, draft-ietf-idmr-igmp-v3-02.txt, November 1999.
- [3] IETF, Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification, RFC 2362, June 1998.
- [4] IETF, Multicast Source Discovery Protocol (MSDP), draft-ietf-msdp-spec-05.txt, February, 2000.
- [5] IETF, Border Gateway Multicast Protocol: Protocol Specification, draft-ietf-bgmp-spec-00.txt, January, 2000.
- [6] IETF, Administratively Scoped IP Multicast, RFC 2365, July, 1998.
- [7] Internet Assigned Numbers Authority (IANA).
- [8] IETF, Source-Specific Multicast for IP, draft-holbrook-ssm-00.txt, March 2000.
- [9] IETF, PIM-SM Rules for Support of Single-Source Multicast, draft-sandick-pimsm-ssmrules-00.txt, March 2000.
- [10] IETF, Source-Specific Protocol Independent Multicast, draft-bhaskar-pim-ss-00.txt, March 2000.
- [11] IETF, Deployment of PIM-SO at Sprint, draft-bhattach-diot-pimso-00.txt, March 2000.
- [12] Diot, C, et. al., Deployment Issues for the IP Multicast Service and Architecture, IEEE Networks Magazine Special Issue on Multicast, January, 2000.
- [13] IETF, The Reliable Multicast Design Space for Bulk Data Transfer, draft-ietf-rmt-design-space-00.txt, June 1999.
- [14] IETF, Reliable Multicast Transport BBs for One-to-Many Bulk-Data Transfer, draft-ietf-rmt-building-blocks-01.txt, June 1999.
- [15] IETF, Reliable Multicast Transport Building Block: Tree Auto-Configuration, draft-ietf-rmt-bb-tree-config-00.txt, July 2000
- [16] IETF, TRACK Architecture: A Scalable Real-time Reliable Multicast Protocol, draft-ietf-rmt-pi-track-arch-00.txt, July 2000
- [17] IETF, Reliable Multicast Transport Building Block: Forward Error Correction Codes, draft-ietf-rmt-bb-fec-00.txt, March 2000.
- [18] IETF, Asynchronous Layered Coding: A scalable reliable multicast

protocol, draft-ietf-rmt-pi-alc-00.txt, March 2000.

- [19] IETF, NACK Oriented Reliable Multicast Building Block, draft-ietf-rmt-bb-norm-00.txt, March 2000.
- [20] IETF, Generic Router Assist (GRA) Building Block: Motivation and Architecture, draft-ietf-rmt-gra-fec-00.txt, March 2000.
- [21] ITU-T draft Recommendation X.ectp and ISO/IEC JTC1/SC6 Committee Draft 14476, Enhanced Communication Transport Protocol, Working in Progress, July 2000.
- [22] 고석주 외, "멀티캐스트 전송을 위한 오류제어 기법의 분류," ETRI 전자통신동향분석, 99년 6월호, pp. 76-84, 1999.
- [23] 고석주 외, "인터넷 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 분석," ETRI 전자통신동향분석, 99년 10월호, pp. 99-110, 1999.
- [24] 고석주 외, 멀티캐스트 신뢰전송 기술 동향, ETRI 주간기술동향, 제 00-16호, pp. 16-33, April 2000.
- [25] 고석주 외, 인터넷 멀티캐스트 라우팅 기술 동향, ETRI 전자통신동향분석, 제15권 제3호, pp. 28-41, June 2000.
- [26] Koh S. J., et. al., Minimizing Cost and Delay in Shared Multicast Trees, ETRI Journal, Vol. 22, No. 1, pp.30-37, March 2000.



고 석 주

1992년 한국과학기술원 경영과학과 (공학사)
 1994년 한국과학기술원 경영과학과 (공학석사)
 1998년 한국과학기술원 산업공학과 (공학박사)
 1998년~현재 한국전자통신연구원 표준연구센터 선임연구원
 2000년~현재 ISO/IEC JTC 1/SC6 & ITU-T SG7/Q13, Project Editor
 관심분야: 차세대 인터넷 멀티캐스팅



강 신 각

1984년 충남대학교 전자공학과 (공학사)
 1987년 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
 1998년 충남대학교 정보통신공학과 (공학박사)
 1984년~현재 한국전자통신연구원 표준연구센터 책임연구원
 1997년~현재 ITU-T SG7 Q.13 Rapporteur
 2000년~현재 인터넷 텔레포니(VoIP) 포럼 부의장/운영위원장
 관심분야: 차세대 인터넷 수송계층 프로토콜, VoIP