

# 인터넷에서 계층적 구조를 이용한 IP 멀티캐스트 제공 방안<sup>1</sup>

김인경<sup>o</sup> 하정락<sup>\*\*</sup> 현은희<sup>\*\*</sup> 김상하<sup>\*</sup>

충남대학교 컴퓨터학과<sup>\*</sup>

한국전자통신연구원<sup>\*\*</sup>

(ikkim, shkim)@cclab.cnu.ac.kr<sup>\*</sup> (jlha, ehhyun)@etri.re.kr<sup>\*\*</sup>

## IP Multicast Deployment Scheme in the Internet

In-Kyeong Kim<sup>o</sup> Jeong-Lak Ha<sup>\*\*</sup> Eun-Hee Hyun<sup>\*\*</sup> Sang-Ha Kim<sup>\*</sup>

Department of Computer Science, Chungnam National University<sup>\*</sup>

Electronics and Telecommunication Research Institute<sup>\*\*</sup>

### 요 약

인터넷에서 멀티캐스팅을 지원하기 위해 제안된 기존의 Any Source Multicast(ASM)은 실제 망에의 적용시 멀티 캐스팅 세션 관리 문제, 주소 할당 문제 등과 같은 구현상의 문제를 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 새로운 관점의 다양한 메커니즘들이 제안되고 있다. 현재 제안되고 있는 메커니즘은 크게 Source Specific Multicast(SSM), Small Group Multicast(SGM)이 있다. 하지만, SGM은 많은 수의 사용자들에게 지원이 어렵고 새로운 헤더가 추가되어야 하는 부담이 있으며, SSM은 <송신자 주소, 그룹 주소>의 쌍으로 멀티캐스트 세션을 식별하게 하여 기존 ASM의 주소 할당 문제를 해결하였으나, 경로 상의 모든 라우터에서 <송신자 주소, 그룹 주소> 별로 멀티캐스트 세션 정보를 유지해야 하는 측면에서 확장성의 문제점이 있다. 본 논문은 멀티캐스트 지원을 위하여 인터넷의 계층적인 구조를 이용하여 SSM을 확장한 멀티캐스트 지원 방안을 제안한다. 제안된 메커니즘은 확장성 문제를 해결하기 위하여 송신자로부터 각 도메인의 경계 라우터까지 터널링 메커니즘을 도입하고 도메인 내에서는 다양한 멀티캐스트 제공 메커니즘을 지원한다.

### 1. 서 론

인터넷상에서 하나의 송신자로부터 동일한 데이터를 받고자 하는 다수의 수신자에게 데이터를 전송함에 있어 망의 자원을 효율적으로 이용하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 이러한 멀티캐스트 라우팅 프로토콜인 ASM이 망에 적용되기 위해서는 아직 해결되지 않은 많은 구현상의 문제점이 있다. 대표적인 문제점으로는 주소 할당 문제, 멀티캐스트 세션 관리, 보안, 네트워크 관리, 멀티캐스트 트리 구성, 과금 문제 등이 있다. 이 중 가장 큰 문제는 주소 할당 문제로 이러한 구현에 관련된 문제가 해결되지 않고서는 멀티캐스트가 망에 적용되는 것은 어렵다. 지금까지 ASM의 구현에 관련된 문제를 해결하기 위한 연구로 SGM[1], SSM[2]이 제안되었다.

SGM은 적은 수의 그룹 멤버에게 멀티캐스트 트리를 구성하지 않고 기존의 유니캐스트 라우팅 테이블을 참조하여 멀티캐스트 서비스를 제공하는 프로토콜이다. 이를 위해 송신자는 SGM은 UDP 헤더와 IP 헤더 사이에 새로운 헤더를 정의한다. 해당 멀티캐스트 그룹의 소스인 송신자는 SGM 헤더에 데이터를 수신하고자 하는 모든 수신자의 IP 주소를 포함하여 데이터 패킷을 전송한다. 전송 경로상의 SGM 수용 가능한 라우터가 이 패킷을 수신하면, SGM 헤더의 목적지 주소에 해당하는 유니캐스트 라우팅 테이블을 참조하여 새로운 목적지 리스트를 갖는 SGM 패킷을 만들어 전송한다. 따라서, SGM은 실제 망의 적용에 있어서 해당 멀티캐스트 그룹의 수신자가 많은

경우 서비스가 불가능하며, 라우터에서 패킷을 변경할 수 있어서 보안상의 허점이 있을 수 있다.

SSM은 ASM의 복잡도를 줄이기 위하여 <송신자 주소, 그룹 주소>의 쌍으로 세션을 구별함으로써 다-대-다가 아닌 일-대-다를 지원하기 위한 메커니즘이다. 결국, SSM은 주소 할당 문제를 해결할 수 있는 동시에 멀티캐스트 송신자에 대한 트래픽 제어가 가능하다. 또한, Multicast Source Discovery Protocol(MSDP)와 같은 소스-그룹 매핑 정보를 알려주어야 하는 특별한 메커니즘을 필요로 하지 않는다. 그러나, SSM은 소스와 그룹의 수에 따라 유지해야 하는 멀티캐스트 라우팅 테이블의 크기가 결정되기 때문에, 서비스하는 멀티캐스트 그룹이 많을 경우 멀티캐스트 라우팅 테이블의 크기가 증가하게 되고, 경로상의 모든 라우터에서 이 정보를 유지해야 하는 확장성의 문제를 가지고 있다.

결국, ASM의 구현상의 문제를 해결하기 위해 제안된 여러 가지 연구들은 모두 확장성 문제를 가지고 있다. 본 논문은 인터넷의 계층적 구조를 이용하여 송신자로부터 각 Autonomous System(AS)의 게이트웨이 라우터까지는 터널링 메커니즘을 이용하고, 각 AS내에서는 인터넷 서비스 제공자의 결정에 따라 다양한 멀티캐스트 기법을 적용할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 본 논문에서는 AS내에서 SSM 멀티캐스트 기법을 사용하는 것을 기반으로 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 제안된 메커니즘의 개요를 설명한다. 3장에서는 기존의 메커니즘과의 비교를

<sup>1</sup> 이 연구는 한국전자통신연구원의 위탁과제로 수행되었습니다.

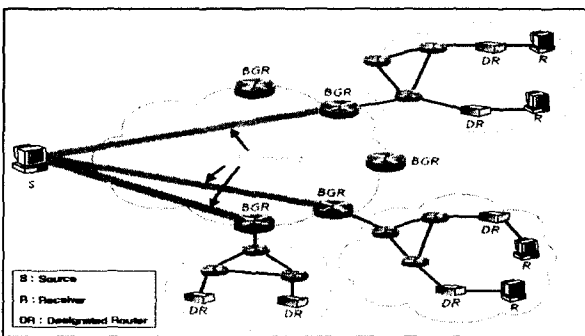
보여주며, 4장에서는 보다 자세한 구현상의 고려 사항을 설명한다. 마지막으로, 5장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대해 설명한다.

2. 인터넷의 계층적 구조를 통한 멀티캐스트 제공 방안

본 논문에서 제안하는 메커니즘은 각 네트워크 레벨에서 다른 멀티캐스트 메커니즘을 적용한다. 확장성이 문제가 되는 매크로 레벨 멀티캐스트에는 터널링 기법이 적용되며, 효율성이 중시되는 마이크로 레벨 멀티캐스트에는 다양한 멀티캐스트 기법(ASM, SGM, SSM)이 사용될 수 있다. 본 논문에서는 마이크로 레벨 멀티캐스트 기법으로 SSM을 사용하는 경우를 서술한다.

2.1 인터넷의 계층적 구조

[그림 1]은 멀티캐스트를 제공하기 위한 계층적인 인터넷의 구조를 보여준다.



[그림 1] 인터넷의 계층적 구조

[그림 1]의 인터넷의 계층적 구조를 통한 멀티캐스트 서비스 제공을 위해서는 송신자, 수신자, 각 AS의 게이트웨이 라우터에는 새로운 기능이 추가되어야 한다.

- ① 송신자 : 송신자는 게이트웨이 라우터로부터의 등록 요청과 등록 해제를 위한 프로토콜이 탑재되어야 하며, 이 메시지를 통해 각 그룹과 게이트웨이 라우터와의 매핑 정보를 캐시 테이블로 유지하여야 한다. 또한 터널링을 위하여 캡슐화 모듈이 탑재되어야 한다.
- ② 게이트웨이 라우터 : 게이트웨이 라우터는 각 Designated Router(DR)의 프록시 역할을 수행하여야 한다. 또한 마이크로 레벨의 AS내에서의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 따라 <송신자 주소, 그룹 주소>의 상태 또는 수신자의 주소를 유지하여야 한다. 뿐만 아니라, 송신자로의 등록과 등록 해제를 위하여 새로운 프로토콜이 탑재되어야 한다.
- ③ 수신자 : 수신자는 멀티캐스트 서비스를 위하여 기본적으로 IGMPv3 프로토콜을 탑재하여야 한다. 이를 통해 수신자는 IGMPv3의 source-specific report <S,G> 메시지를 DR에게 전송해야만 한다.

2.2 제어 측면

마이크로 레벨에 SSM이 적용되었을 경우를 바탕으로 한 그룹 참가의 과정은 다음과 같다.

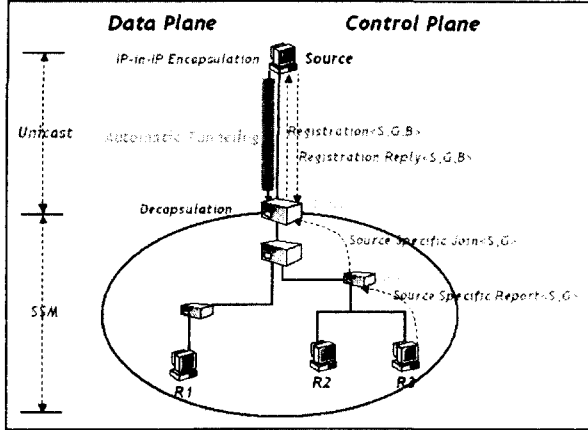
- ① 수신자는 자신의 DR에게 IGMPv3의 source-specific report <S,G>를 전송하여 특정 멀티캐스트 그룹에 가입하고자 함을 알리게 된다.
- ② 수신자로부터 source-specific report <S,G> 메시지를 수신한 DR은 <S,G> 상태 정보를 저장하고 source-specific join <S,G> 메시지를 송신자에게 전송한다. 이때, 각 경로상의 라우터는 <S,G> 상태 정보를 유지하여야 한다.
- ③ 게이트웨이 라우터에서 이 source-specific join <S,G> 메시지를 받게 되면, <S,G> 상태 정보를 저장하고 이 메시지를 폐기한다. 대신에, 게이트웨이 라우터는 송신자에게 등록 요청 메시지(Registration)를 전송한다. 이 때, 등록 요청 메시지는 송신자, 그룹, 게이트웨이 라우터의 주소 정보가 포함된다. 또한 이 메시지는 UDP로써 전송되게 한다.
- ④ 송신자가 등록 요청 메시지를 받게 되면 그룹 주소와 게이트웨이 라우터 주소를 자신의 캐시 테이블에 추가하고, 게이트웨이 라우터로 응답 메시지를 전송한다. 이 때, 게이트웨이 라우터가 송신자로부터 등록 응답 메시지를 받지 못했을 경우, 게이트웨이 라우터는 송신자에게 등록 요청 메시지를 재전송한다.

만약, 하나의 AS안에 적어도 하나의 수신자가 존재할 경우, 게이트웨이 라우터는 주기적으로 갱신 메시지를 전송하여야 한다. 반대로, AS안에 멀티캐스트 세션에 참가하는 수신자가 없을 경우에는 게이트웨이 라우터는 송신자, 그룹, 게이트웨이 라우터의 주소 정보를 포함한 등록 해제 메시지를 송신자에게 전송하여야 한다. 이 메시지를 받은 송신자는 캐시 테이블의 해당 엔트리를 제거하게 된다. 또한, 등록 요청 메시지와 마찬가지로 송신자로부터의 등록 해제 메시지에 대한 응답이 없을 경우에는 등록 해제 메시지를 재전송해야 한다.

2.3 데이터 측면

멀티캐스트 데이터는 다음의 단계를 거쳐서 전송된다. 우선 송신자는 자신의 캐시 테이블에서 <S,G>에 해당하는 엔트리를 참조하여 게이트웨이 라우터의 주소 정보를 얻어온다. 이 때, 멀티캐스트 데이터그램의 목적지 주소는 멀티캐스트 그룹 주소로 설정된다. 다음으로 게이트웨이 라우터까지의 터널링을 위해 캐시 테이블에서 얻어온 해당 엔트리의 게이트웨이 주소를 목적지로 한 IP-in-IP 캡슐화가 적용된다. 이를 통해서 데이터그램은 게이트웨이 라우터까지 유니캐스트로 전송된다. 때문에, 경로상의 모든 라우터가 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 탑재하지 않아도 유니캐스트 전송기술을 이용하여 멀티캐스트 서비스를 제공할 수 있게 된다.

마지막으로 게이트웨이 라우터에서는 게이트웨이 라우터의 주소로 인캡슐화되어 전송된 멀티캐스트 데이터그램의 디캡슐화가 수행된다. 이를 통해서 원래의 멀티캐스트 데이터그램을 얻게된다. 얻어진 데이터그램은 마이크로 레벨에서 SSM 메커니즘에 의하여 수신자에게 전송된다.



[그림 2] 제안된 메커니즘의 서비스 제공 예

### 3. 기존 메커니즘과의 비교

제안된 메커니즘은 SSM을 기반으로 하여, 기존의 SSM 메커니즘의 장점은 그대로 유지하면서 터널링을 통해 매크로 레벨에서의 확장성의 문제를 해결하였다. 다음의 [표 1]은 제안된 메커니즘과 ASM, SGM의 여러 측면에서의 비교를 보여준다.

본 메커니즘 적용 시, 터널링 기법이 AS간에 사용됨으로써 매크로 레벨에서의 확장성 문제를 해결할 수 있으나, 데이터 오버헤드는 증가하는 측면이 있다. 하지만, AS의 수는 상수의 수로 정해져 있기 때문에 복잡도가 항상  $O(1)$ 로 유지될 뿐만 아니라, 일반적으로 하나의 소스에서 적은 수의 AS로만 데이터 전송이 수행되기 때문에 증가하는 데이터 오버헤드는 문제가 되지 않는다. 또한, 이러한 오버헤드는 계층적 레벨을 통한 서비스가 제공된다면 더욱 줄어들게 될 것이다.

[표 1] 기존 메커니즘과 제안된 메커니즘의 비교

	ASM	SGM	제안된 메커니즘
멀티캐스트 트리	존재	존재하지 않음	마이크로 레벨: 존재 또는 없음 매크로 레벨: 존재하지 않음
주소 할당	MAAAA	<수신자, 그룹>	<수신자, 그룹>
패킷의 변형	없음	존재	없음
확장성 문제	존재	존재	없음
보안 문제	없음	존재	없음
수신자 증가에 따른 오버헤드	없음	존재	없음
구현 측면	많은 문제 존재	기존 라우터 변경 필요	게이트웨이 라우터만 변경

### 4. 구현시 고려사항

제안된 메커니즘은 실제적인 망 적용시에 있어서 게이트웨이 라우터에서 등록 메시지를 보낼 수 없는 경우에 대해서 고려해야 한다. 즉, 게이트웨이 라우터가 제안된 메커니즘을 탑재하지 않은 경우이다. 이 경우에는 수신자가 직접 송신자에게 등록 요청 메시지를 전송하도록 하여야 한다. 또한, 송신자는 등록 요청 메시지를 통해 얻은 수신자 주소를 캐쉬 테이블에 삽입하고, 데이터 전송시 수신자 주소로 터널링하게 해야 한다 때문에, 수신자는 캡슐화된 데이터를 디캡슐화하기 위한 모듈이 추가되어야 한다. 결국, 데이터의 전송과정에는 다른 변화가 존재하지 않는다.

또 다른 고려 사항으로는 전송 경로상의 라우터에서의 프로세싱 오버헤드를 줄이기 위하여 마이크로 레벨에서 계층적 구조를 이용하는 것이 있다. 마이크로 레벨의 AS를 여러 지역으로 나누고 각 지역간의 계층적인 구조를 이용하여 제안된 메커니즘을 적용함으로써 멀티캐스트 데이터의 프로세싱 오버헤드를 효과적으로 줄일 수 있다. 이러한 계층구조의 응용은 마이크로 레벨에서 뿐만 아니라, 매크로 레벨에서도 적용 가능하다.

### 5. 결론 및 향후 연구 방향

멀티캐스트를 지원하기 위한 많은 ASM들이 제안되고 있으며 제안된 메커니즘들은 각각의 장단점을 가지고 있다. 그러나, 실제적인 망에의 적용에 있어서 제안된 메커니즘들은 확장성이 좋지 못한 현실적인 문제를 갖고 있다. 본 논문은 SSM을 기반으로 한 계층적 구조를 가진 멀티캐스트 제공기법을 제안하였다. 제안된 메커니즘은 SSM의 장점을 그대로 유지하면서, 매크로 레벨에서의 확장성 문제를 해결하기 위한 방안으로 터널링 메커니즘을 사용하였다. 뿐만 아니라 멀티캐스트를 구현하기 위한 보다 쉬운 접근 방법을 채택하였다.

본 연구와 관련하여, 실제 구현을 위한 구체적인 서비스 제공 메커니즘과 이동망에 적용하기 위한 메커니즘이, 차후에 연구되어야 할 것이다.

### [참고문헌]

- [1] R Boivie et al., "Small Group Multicast: A New Solution for Multicasting on the Internet," IEEE Internet Computing, May/June 2001.
- [2] S. Bhattacharyya et al., "An overview of Source-Specific Multicast(SSM) Deployment," Internet Draft, draft-ietf-ssm-overview-00.txt, May 2001.
- [3] C. Doit et al., "Deployment issue for the IP Multicast service and Architecture," IEEE Networks, Vol. 14, No. 1, January/February, 2000.
- [4] S.H. Kim et al., "Hierarchical Scheme for Source-Specific Multicast Deployment," Internet Draft, draft-kim-ssm-hierarchical-scheme-00.txt, February 2001.
- [5] D. Kosiur, *IP Multicasting: The Complete Guide to Interactive Corporate Networks*, Wiley computer publishing, 1998.