# 인터넷 상에서의 멀티캐스트 구현을 위한 프로토콜 분석 및 네트워크 모델

o
최성미, 김상언, 홍경표
한국통신 통신망연구소 초고속통신연구팀 초고속망연동연구실
305-390 대전 유성구 전민동 463-1

# An Analysis of the Multicast models for the Internet

Sung-Mi Choi, Sang-Eon Kim, Gyung-Pyo Hong
Telecommunication Network Research Lab., Korea Telecom
463-1, Jeanmin-dong, Yusung-gu, Taejeon, Korea

## Abstract

IP multicasting efficiently delivers a single datagram to multiple hosts. Its benefits have been demonstrated over the past six years on MBONE. Now, as the number of subnets in the MBONE are increased, the MBONE can no longer be managed as a single, flat routing domain. Its routing scalability must be improved. In this paper, to solve problem of routing scalability, several new multicast models for the internet are explained.

## 1. 서론

1992 년 IETF(Internet Engineering Task Force) 회의를 전세계로 멀티캐스트하기 위해 MBONE (Multicast BackbONE)이 구축된 이래로 멀티캐스트를 위한 각종 실험이 MBONE 상에서 이루어 졌으며, MBONE 을 인터넷으로 확장하기위한 연구가 현재 계속되고 있다.

멀티캐스트에 관한 연구는 OSI 표준모델에서 각 계층별(network 계층, transport 계층, session 계층)로 진행되어 왔으며, 그에 대한 내용은 표 1 에 나타내었다.

멀티캐스트 그룹관리 및 신뢰성 있는 데이터 전송은 transport 계층과 그 상위 계층에서 고려 되고 있으며, 멀티캐스트 데이터 전송을 위한 작업들은 network 계층에서 구현 중이다.

인터넷 상에서 멀티캐스트를 실현 하기 위해서 해결해야 할 가장 시급한 문제는 network 계층에서의 멀티캐스트 데이터 전송의 확장이며, 이 문제가 해결되지 않으면 MBONE 이 테스트베드가 아닌 인터넷 상으로 확장하는 것은 불가능하다.

본 논문은 network 계층에서 멀티캐스트 데이터 전송의 확장을 위해 현재 연구 중인 기술들을 분석하고, 그 문제점과 해결책에 대해 서술한다.

본 논문의 2 장에서는 현재 사용중인 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 설명하고, 3 장에서는 기존 멀티캐스트 라우팅의 문제점을 해결하기 위해 확장된 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 분석한다. 4 장에서는 분석 결과를 바탕으로 하여 인터넷 상에서 멀티캐스트 구현을 위한 네트워크 모델을 제안하고, 5 장에서 결론을 맺는다.

<표 1 > 멀티캐스트 프로토콜의 계층별 분류[1]

| Protocol | Protocol name | Multicast management layer | Multicast reliability layer |
|---|---|---|---|
| Network | IP | -- | -- |
| | MOSPF | -- | -- |
| | MBONE | Network | -- |
| | CBT | Network | -- |
| | ST-II | Network | Network |
| | RM | Network | Network |
| Transport | RTP | Transport | -- |
| | TMTP | Transport | Transport |
| | LBRM | Transport | Transport |
| Session | SRM | Session/transport | Session/transport |
| | RMSP | Session | Transport |

## 2. 기존 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

### 2.1 멀티캐스트 라우팅 개요

데이터를 전송하는 방법에는 일 대 일로 데이터를 전송하는 유니캐스트와 모든 호스트에 데이터를 전송하는 브로드캐스트, 그리고 특정 그룹에게만 데이터를 전송하는 멀티캐스트방법이 있다. 멀티캐스트 전송 시 특정 그룹의 범위를 하나 또는 전체로 선택함에 의해 유니캐스트나 브로드캐스트도 멀티캐스트의 범주에 속할 수 있다.

멀티캐스트 데이터 전송 시 sender 에서 송신한 데이터는 중간 노드에서 복사되어 그룹에 가입된 호스트에게 전송 된다. 이때 중간 노드에서 데이터 전송을

위한 경로는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 의해 결정되어 진다. 호스트가 어떤 그룹에 가입 되었는지에 대한 정보는 호스트가 연결된 라우터와 호스트간에 IGMP[2](Internet Group Management Protocol)를 사용함에 의해 얻어진다.

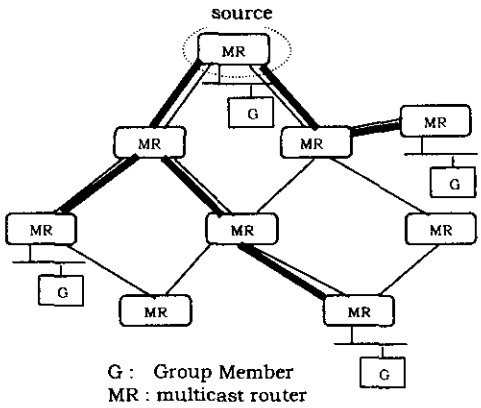
멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 그룹에 등록된 사용자들의 분포에 따라 dense-mode 라우팅 프로토콜과 sparse-mode 라우팅 프로토콜로 분류된다. Dense-mode 라우팅 프로토콜은 그룹에 등록된 사용자들이 일정한 영역에 조밀하게 분포되어 있다는 가정에서 구현되어 졌으며, sparse-mode 라우팅 프로토콜은 이와는 반대로 넓은 영역에 걸쳐서 사용자들이 분포되어 있다는 가정에서 구현 되었다.

### 2.2 Dense-mode

Dense-mode 라우팅 프로토콜에는 DVMRP[3](Distance Vector Multicast Routing Protocol)와 MOSPF[4](Multicast Open Shortest Path First), PIM-DM[5](Protocol Independent Multicast-Dense Mode)이 있다.

Dense-mode 에서는 그림 1 에서와 같이 source 에서 그룹에 등록된 사용자들 사이에 최단경로를 설정하여 멀티캐스트 데이터를 전송한다. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 최단경로를 결정하기 위해 유니캐스트 라우팅 정보에 의존하게 되는 데 DVMRP 는 RIP(Routing Information Protocol)를, MOSPF 는 OSPF 를 사용하며, PIM-DM 은 유니캐스트 라우팅 프로토콜에 독립적으로 라우팅 정보만을 사용한다.

Dense-mode 에서 멀티캐스트 경로가 설정되기 전에 데이터 전송, 그룹에 등록된 사용자에 관한 정보 전송 및 주기적으로 갱신된 정보를 전송하기위해 flooding 방식[6]이 사용되며, 갱신된 정보를 기반으로 멀티캐스트 경로를 다시 설정한다.



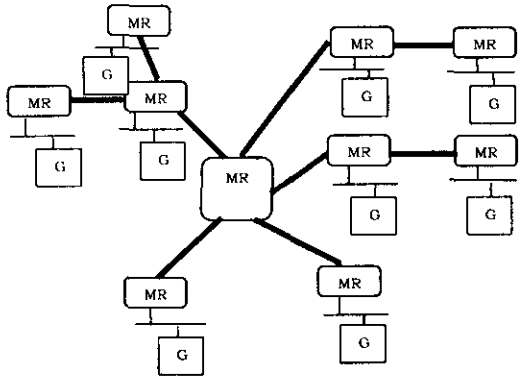

<그림 1 > Dense-mode 멀티캐스트 tree

### 2.3 Sparse-mode

Sparse-mode 라우팅 프로토콜에는 CBT[7](Core Based Trees)와 PIM-SM[8,9](Protocol Independent Multicast-Sparse Mode)이 있다. Sparse-mode 에서는 dense-mode 와 같이 source 마다 멀티캐스트 경로를 설정하지 않으며, source 에 관계없이 그룹에 하나의 멀티캐스트 경로를 설정하여 데이터를 전송한다. 따라서 source 에서 그룹에 등록된 사용자까지 최단거리가 설정된다는 보장은 없다.

Sparse-mode 에서 멀티캐스트 tree 는 중심이 되는 라우터를 통해 구성된다. 이러한 라우터를 CBT 에서는 core, PIM-SM 에서는 RP (rendezvous point)라고 부른다. 그룹에 등록하려는 사용자는 core 나 RP 에 접속하여 멀티캐스트 경로를 형성한다.

PIM-SM 에서 멀티캐스트 tree 를 구성하는 방법은 CBT 와 비슷하지만 PIM-SM 에서는 CBT 와는 달리 source 에서 보내는 데이터의 양이 많을 경우 그룹에 등록된 사용자까지 최단거리를 구성하는 것이 허용된다. 그림 2 에 sparse-mode 에서 형성된 멀티캐스트 tree 를 나타내었다.




<그림 2> sparse-mode 멀티캐스트 tree

### 2.4 기존 멀티캐스트 라우팅의 문제점

위에서 언급된 것과 같이 dense-mode 에서는 그룹에 등록된 사용자들이 조밀하게 분포 되어있다는 가정하에 flooding 방식을 이용하여 정보를 전송한다. 따라서 넓은 영역에 거쳐서 멀티캐스트 데이터를 전송할 때 네트워크 자원을 낭비할 수 있을 뿐만 아니라 다른 데이터의 전송도 방해 할 수 있다는 문제점이 발생하게 된다. 단일 도메인에서 DVMRP 를 사용하여 멀티캐스트 데이터를 전송하고 있는 MBONE 에서도, 사용자가 늘어남에 따라 라우팅 scalability 에 대한 문제가 대두 되고 있다.

라우팅 scalability 문제를 해결하기 위해서는 dense-mode 보다는 그룹에 등록된 사용자들이 넓은

영역에 걸쳐서 분포되어 있다는 가정에서 구현된 sparse-mode를 사용하는 것이 유리 할 수 있으나, 사용자들이 많을 경우 sparse-mode에서도 core 나 RP의 설정 및 loop 형성의 문제가 발생한다. 또한 멀티캐스트를 인터넷상에 실현하기 위해서는 IP 계층에서 도메인간의 멀티캐스트 데이터 전송을 지원하여야 한다. 그러나 기존 멀티캐스트 라우팅에서는 단일 도메인에서 멀티캐스트 데이터 전송만을 고려하고 있기 때문에 인터넷 상에서의 멀티캐스트 구현에 어려움이 있다.

## 3. 확장된 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

멀티캐스트 데이터 전송의 확장을 위해서 기존 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 계층적 구조로의 수정이 이루어 졌다. 계층적 구조를 통해 사용자 수의 증가에 따른 라우팅 정보의 overhead를 막을 수 있다. 아래에 멀티캐스트 데이터 전송의 확장을 위한 프로토콜을 제시하고 분석한다.

### 3.1 Dense-mode

DVMRP를 계층구조로 수정한 HDVMRP[10](Hierarchical Distance Vector Multicast Routing Protocol)는 MBONE에서 routing scalability 문제를 해결하기 위해 제안되었다. 단일 도메인에서 멀티캐스트 데이터를 관리하고 있는 MBONE에서는 최근 사용자의 수의 급격한 증가에 따른 라우팅 정보의 증가문제가 대두되었다.

두개의 계층 구조로 이루어진 HDVMRP에서는 현재 단일 도메인으로 구성된 MBONE을 여러 영역으로 나누어 멀티캐스트 데이터를 전송한다. 영역내의 데이터 전송은 DVMRP나 MOSPF등 기존 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 사용하며, 영역과 영역 사이에 멀티캐스트 데이터 전송은 DVMRP를 사용한다. 영역내의 source로부터 border 라우터에 전송된 데이터는 source 영역의 region ID 가 덧붙여져, border 라우터를 source로 하여 직접 연결된 영역의 모든 border 라우터까지 보내어 진다. Region ID가 덧붙여진 데이터를 받은 border 라우터는 source가 있는 영역까지 Reverse Path Forwording 방식을 이용하여, source까지 최단거리 인지를 확인한다.

HDVMRP에 의해 destination 영역까지 전송된 멀티캐스트 데이터는 일단 영역내의 모든 border 라우터까지 데이터가 전송된 후, 영역내 그룹에 가입한 사용자까지 shortest path를 구성하기 때문에 같은 데이터의 중복된 전송이 발생 된다.

### 3.2 Sparse-mode

기존 sparse-mode 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 확장한 프로토콜로는 HPIM[11](Hierarchical Protocol Independent Multicast)과 OCBT[12]( Ordered Core Based trees)가 있으며, 이외에 BGMP[13](Border Gateway Multicast Protocol)가 있다. HPIM은 PIM, OCBT는 CBT를 계층 구조로 수정하였다.

HPIM과 OCBT는 단일 도메인에서의 멀티캐스트 데이터 영역의 확장만을 고려하고 있으며, 이와는 달리 BGMP에서는 BGP[14](Border Gateway Protocol)를 이용하여 도메인 간에 멀티캐스트 데이터를 전송한다.

CBT에서는 그룹에 등록된 사용자의 수가 증가함에 따라 loop 형성 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 OCBT에서는 각 core 와 node에 logical level을 부여하여 loop 형성을 막는다. HPIM에서도 OCBT와 같이 RP에 level을 부여한다. DR(Designated Router)이나 하위계층의 RP는 멀티캐스트 어드레스의 hash를 계산하여 상위계층의 RP를 선택한다. 계층적으로 RP를 구성함에 의해 영역확장시 RP 정보의 overhead를 줄일 수 있다.

BGMP에서는 다른 프로토콜과는 달리 멀티캐스트 어드레스를 할당하기 위해 MASC[16](Multicast Address Set Claim)를 사용한다. MASC 도메인은 계층 구조로 이루어진다. 상위계층에서 부여 받은 멀티캐스트 어드레스 영역에 한하여 하위계층에서는 어드레스 영역을 신청한다. 신청된 어드레스 영역은 같은 계층의 다른 도메인에서 사용하고 있는 어드레스 영역을 포함하지 않는다. 도메인 내에서 생성된 그룹은 MASC에 의해 할당된 멀티캐스트 어드레스 범위내에 있는 유일한 멀티캐스트 어드레스를 가지며, 그룹이 생성된 도메인이 그룹에 대한 root 도메인이 된다. BGMP에서는 그룹에 등록된 사용자 간에 root 도메인까지 경로를 설정하여 멀티캐스트 데이터를 전송한다.

표 2에 위에서 설명한 확장된 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들을 비교하였다.

<표 2> 확장된 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 비교

G : 사용중인 그룹의 수 S : 멀티캐스트 그룹내의 source 수

| 프로토콜 구분 | 기본 프로토콜 | 어드레스 할당 | 라우터에서 state 수 | Link 특성 |
|---|---|---|---|---|
| HDVMRP | DVMRP | Hash function | O(G*S) | Unidirectional |
| HPIM | PIM | Hash function | O(G) | Bi-directional |
| OCBT | CBT | Hash function | O(G) | Bi-directional |
| BGMP with shared tree | | MASC | O(G) | Bi-directional |
| BGMP with source specific tree | | MASC | O(G*S) | Unidirectional |

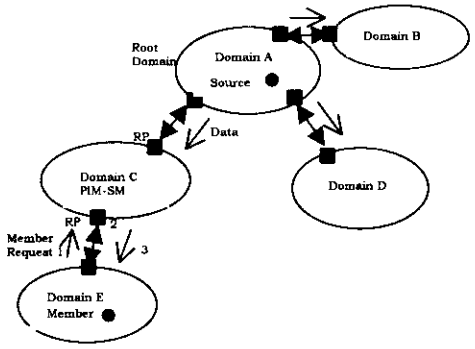
## 4. 인터넷 상에서 멀티캐스트를 위한 네트워크 모델

멀티캐스트를 인터넷 상에 구현하기 위해서는 IP 계층에서 도메인간 멀티캐스트 데이터 전송을 지원해야 한다. 즉 inter-domain 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이 요구된다. inter-domain 멀티캐스트 라우팅에서

는 확장을 고려하여, 최상의 경로를 선택하기 보다는 프로토콜의 overhead 를 최소화 하는 것이 요구된다. 또한 각 도메인 내에서 적합한 멀티캐스트 라우팅 방식을 선택할 수 있도록 intra-domain 멀티캐스팅 라우팅에 대해 독립적이어야 한다.

Sparse-mode 에서는 source 에 관계없이 그룹에 하나의 멀티캐스트 경로를 형성함에 의해 프로토콜의 overhead 를 줄일 수 있다. 따라서 inter-domain 라우팅 프로토콜로는 dense-mode 보다는 sparse-mode 가 적합하다. sparse-mode 를 사용하여 멀티캐스트 경로를 형성할 경우, 최단 경로를 형성하는 dense-mode 에 비해 데이터 전송 delay 가 커질 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 제안된 모델에서는 source 가 분포된 지역을 root 도메인으로 지정하여 멀티캐스트 경로를 형성한다. Root 도메인을 중심으로 그룹의 사용자까지 경로를 형성함에 의해, 데이터 전송 delay 를 최소화 한다.

Inter-domain 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이 intra-domain 라우팅 프로토콜에 독립적이 되기 위해서는 도메인 내에 사용되는 라우팅 프로토콜의 특성을 고려해야 한다. 따라서 Intra-domain 멀티캐스트 라우팅 프로토콜로 PIM-SM 이나 CBT 를 사용할 경우에는 border 라우터에 RP 나 core 를 두어 도메인간 경로를 형성한다. 그림 3 에 제안된 모델에서 도메인간 형성된 멀티캐스트 tree 를 나타내었다.




<그림 3 > 인터넷 상에서 멀티캐스트 모델

## 5. 결론

본 논문에서는 인터넷상에서 멀티캐스트를 지원하기 위한 기술들을 비교분석하고, 인터넷 상에서 멀티캐스트를 위한 네트워크 모델을 제안하였다. 멀티캐스트는 특정그룹에 효율적으로 데이터를 전송한다. 그룹에 데이터전송 시 같은 데이터를 반복해서 데이터를 전송해야 하는 유니캐스트와는 달리, 멀티캐스트에서는 분기가 되는 노드에서만 데이터를 복사한다. 같은 데이터를 한번만 전송함에 의해 멀티캐스트에서는 네트워크 자원낭비를 막을 수 있다.

MBONE 에서 사용하고 있는 멀티캐스트를 인터넷 상으로 확장하기 위해서는 IP 계층에서 도메인간 멀티캐스트 데이터 전송을 지원해야 한다. 현재 Border Gateway Protocol 에 멀티캐스트 데이터 전송 기능을 추가하려는 연구가 진행 중이다. 도메인간 멀티캐스트 경로를 형성하기 위해서는 확장된 BGP 기능을 바탕으로 inter-domain 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 구현이 필요하다.

## 참고문헌

[1] W. Mostafa, M.Singhal, A taxomony of multicast protocols for internet applications, Computer Comm. Vol. 20 , pp 1448-1457, 1998

[2] S. Deering, Host extensions for IP multicasting, RFC 1112 , August 1989

[3] D. Waitzman, C. Partridge, S. Deering , Distance vector multicast routing protocol, RFC 1075, NOV 1998

[4] J. Moy, Multicast Routing Extensions for OSPF, Comm. Of the ACM ,vol.37, No.8 August 1994

[5] D.Estrin, D.Farinacci, A.Helmy, V.Jacobson, L.Wei, Protocol Independent Multicast-Dense Mode: protocol specification, IETF Internet Draft, Sept 1996

[6] C. Semeria, T.Maufer, Introduction to IP multicast routing , IETF Internet Draft , Match 1996

[7] A. Ballardie, Core based Trees multicast routing Architecture, RFC 2201, Sep 1997

[8] S. Deering, Deborah L. Estrin, D. Farinacci, V. Jacobson, Protocol Independent Multicast-Sparse Mode: protocol specification, IETF Internet Draft, Oct 1996

[9] S. Deering, Deborah L. Estrin, D. Farinacci, V. Jacobson, Ching-Gung Liu, L.Wei, The PIM Architecture for Wide-Area Multicast Routing, , Oct 1996

[10] A. Thyagarajan and S.Deering. Hierarchical Distance Vector Multicast Routing for the Mbone. In Proc. Of the ACM SIGCOMM, Cambridge, Massachusetts, August 1995

[11] M. Handley, J. Crowcroft, I. Wakeman. Hierarchical Protocol Independent Multicast Univ. of College London, Nov 1995

[12] C.shields and J,J Garcia-Luna-Aceves. The Ordered Core Based Tree Protocol. In Proc. Of IEEE INFOCOM, kobe, japan, April 1997

[13] D.Taler, U.Michigan, D.Estrin, D.meyer, U.Oregon , Border Gateway Multicast Protocol, IETF Internet Draft, Sep 1998

[14] Y.Rekhter , T.Li, A Border Gateway Protocol 4, RFC 1654, July 1994

[15] S. Kumar, P. Radoslavov, D. Thaler, C. Alaettinoglu, D. Estrin , M. Handley, The Masc/BGMP Architecture for Inter-domain Multicast Routing