

## 효율적인 멀티캐스트 라우팅을 위한 경로 지정 방법

조기성<sup>1</sup> · 장희선<sup>2\*</sup> · 김동휘<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국전자통신연구원 BcN 통합제어기술팀 / <sup>2</sup>평택대학교 경상학부 / <sup>3</sup>대구대학교 컴퓨터 · IT공학부

### A Shared-Route Decision Algorithm for Efficient Multicast Routing

Kee-Seong Cho<sup>1</sup> · Hee-Seon Jang<sup>2</sup> · Dong-Hui Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>BcN Integrated Control Technology Team, ETRI, Daejeon 305-700, Korea

<sup>2</sup>Division of Business Admin., Pyeongtaek University, Gyeonggi-do 450-701, Korea

<sup>3</sup>Division of Computer · IT Engineering, Daegu University, Daegu 705-714, Korea

The shared-route decision algorithms in multicasting communications networks to provide the internet-based services such as IPTV, remote education/health, and internet broadcasting are presented. The three main measures of maximum delay, average delay and estimated delay between each node and member are adopted. Under the Mesh network with the uniform random cost between each node, the algorithm's performance is compared to the optimal solution with the minimum cost by all enumeration. The simulation results show that the algorithm using the estimated delay outperforms the other two methods.

**Keywords:** Multicast, Rendezvous Point, Quality of Service

#### 1. 서론

World Wide Web의 탄생으로 촉발된 인터넷 붐은 오늘날 생활 주변에서 뿐만 아니라 기업, 정부에 이르는 모든 사회 조직에 구조적인 변화를 초래하고 있다. Off-line 중심의 상거래 구조가 On-line 중심의 구조로 개편되어가고 사회조직 또한 가상공간을 활용하게 됨으로써 시공간을 초월한 가치 혁명적인 문화 패턴의 변화를 이끌어 가고 있다. 이러한 변화의 중심에는 사용자간 멀티미디어 데이터 전송 기술이 필수적으로 요구되며, 아울러 효율적인 멀티캐스트(Multicast) 서비스 제공이 중요시 된다(ITU-T, 2002; Ko *et al.*, 2002). 특히 최근 들어 UCC를 포함한 실시간 인터넷 방송, IPTV, 원격교육, 화상회의, 전자상거래, 동영상 광고, 원격 의료 서비스 등의 분야에서 멀티캐스트 기술을 필수적으로 요구하고 있다. 멀티캐스트 기술은 네트워크 계층의 라우팅 기술과 트랜스포트 계층의 신뢰성 제공 기술 및 멀티캐스트 응용 서비스 기술로 분류된다. 이 중에서도

멀티캐스트 라우팅 기술은 멀티캐스트 서비스 보급을 위한 핵심 기반 기술이며 연구 개발 측면에서 그동안 많은 진전을 이루어 왔다. 지금까지 다양한 멀티캐스트 기술들이 선보여 왔으며, 그중에서도 오버레이 멀티캐스트 기술로도 불리는 중계 전송 멀티캐스트 기술은 최근 개인용 컴퓨터 성능의 향상과 P2P(Peer-to-Peer) 기술의 발전에 힘입어 현재의 유니캐스트(Unicast) 기반의 인터넷 환경에서도 IP 멀티캐스트와 유사한 성능을 기대할 수 있는 주요 기술로 평가되고 있다(Cho *et al.*, 2005; Kim and Kim, 2005).

멀티캐스트 통신에서는 네트워크를 통해 송신 노드(소스, Source, Sender)가 동일한 패킷을 다수의 수신 노드(멤버, Member, Receiver)들에게 동시에 전달함으로써 대역폭과 지연시간 관점에서 패킷 전달의 효율을 높인다. 이는 기존 유니캐스트 전송에서 다수의 경로 전송에 따른 대역폭 낭비를 해결하기 위한 하나의 방안으로 개발되었다. 멀티캐스트를 위해서는 서비스를 원하는 사용자가 일정한 절차를 통해 서비스 그룹에

\* 연락저자 : 장희선, 450-701 경기도 평택시 용이동 111 평택대학교 경상학부, Tel : 031-659-8283, Fax : 031-659-8011, E-mail : hsjang@ptu.ac.kr

2007년 8월 20일 접수; 2008년 2월 13일 수정본 접수; 2008년 2월 15일 게재 확정.

가입(Join)하고 가입자 정보를 바탕으로 라우팅 프로토콜을 사용하여 멀티캐스트 트리(Tree)를 생성하며, 이를 바탕으로 라우팅 테이블을 생성하고 가입자를 관리한다(Moy, 1994a, 1994b; Waitzman *et al.*, 1988). 이 경우 라우팅 프로토콜에 따라 트리 구성 방식을 소스기반 트리(Source-based Tree)와 센터기반 트리(Center-based Tree)로 나눈다. 소스기반 트리에서는 송신 호스트로부터 각 멤버에 이르는 트리, 즉 송신 호스트의 수 만큼 트리를 관리해야하나 센터기반 방식에서는 공유형 트리를 사용하여 확장성과 트리 관리 측면에서 유리한 CBT(Core Based Tree)와 PIM-SM(Protocol Independent Multicast-Sparse Mode) 프로토콜을 이용한다. 또한, 센터기반 방식에서 송신 호스트들은 코어(Core) 혹은 랑테부 라우터(RP : Rendezvous Point)라고 불리는 중심 라우터(Center Router)를 선정하고 이 중심 라우터로부터 각 멤버까지 공유형 트리를 구성한다. 즉, 송신 호스트에서 RP까지 단일 전송을 받고 RP는 이를 여러 명의 사용자에게 분기해 주는 역할을 수행하며, 이를 위하여 RP 라우터는 수신한 데이터를 일정 시간 동안 저장하고 복사하는 역할을 수행한다.

따라서 공유형 트리를 이용하는 센터기반 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에서는 어떤 노드가 RP의 역할을 수행하느냐에 따라 소스-멤버들 사이의 서비스 품질(거리, 홉수, 대역폭, 지연시간, 지연시간 변이 등)이 달라지며, 이는 NP-complete 문제(Chung and Youn, 2000)로 알려져 있고, 이를 효율적으로 처리하기 위한 여러 가지 알고리즘들이 제안되었다(Billhartz *et al.*, 1997; Kim *et al.*, 2005; Thaler and Ravishankar, 1997). 특히, Thaler and Ravishankar(1997)은 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 성능을 평가하기 위하여 다양한 measure(최대거리, diameter, 평균거리, 예측거리 등)를 제시하고 운용 중인 네트워크에서 적용하였다.

본 논문에서는 멀티캐스트 전송이 가능한 인터넷 망을 가정하고, 공유형 트리를 이용하는 센터기반 프로토콜에서 멀티캐스트 라우팅을 위한 RP 선정 알고리즘을 제안한다. 주요 평가 measure로써 각 노드와 멤버까지의 최대지연, 평균지연 및 예측지연 값을 이용하며, 이를 Mesh 네트워크를 갖는 멀티캐스트 통신에서 그 성능을 비교, 분석한다. 서론에 이어 제 2장에서는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜에 대하여 설명하고 제 3장에서는 RP 선정 알고리즘에 대하여 논한다. 그리고 시뮬레이션 결과를 제 4장에 보이며, 끝으로 결론과 추후 연구 내용을 정리한다.

## 2. 멀티캐스트 라우팅

멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 멀티캐스트 송신 호스트에서 그룹 멤버에 이르는 경로를 정하기 위한 프로토콜이다. 그룹별로 송신 호스트와 그룹 멤버를 연결시켜주는 트리가 구성되며, 이에 따라 멀티캐스트 라우터는 forwarding table을 작성하

고 이 테이블에 따라 수신된 데이터그램을 소속 그룹별로 내보낼 인접 라우터(인터페이스)를 지정한다. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 트리의 Root 위치와 멤버 호스트들의 조인 정보 가입 형태에 따라 <Table 1>과 같이 나눌 수 있다(Billhartz *et al.*, 1997).

Table 1. Multicast routing protocol

Join type \ Root	Source-based Tree	Center-based Tree
Implicit Join	DVMRP <sup>1</sup> PIM-DM	-
Explicit Join	MOSPF <sup>2</sup> PIM-SM(SBT)	CBT PIM-SM(Shared)

Note) <sup>1</sup>DVMRP : Distance Vector Multicast Routing Protocol.

<sup>2</sup>MOSPF : Multicast Open Shortest Path First.

먼저, 루트의 위치를 기준으로 보면 멀티캐스트 데이터그램 전송을 위한 트리 구성시 소스기반 트리(SBT : Source-based Tree)를 구성하는 경우와 센터 라우터를 지정하여 구성하는 경우로 나눌 수 있다. 소스기반 방식에서는 소스별로 트리를 구성하며 센터기반 트리에서는 센터 라우터를 중심으로 공유형 트리를 구성하여 각각의 소스가 이를 공유하게 된다. 그리고 멤버와 연결된 라우터들의 멤버 가입 형태에 따라 묵시적 가입(Implicit Join)과 명시적 가입(Explicit Join)으로 분류된다. 묵시적 가입에서는 라우터가 멤버로서 가입하는 절차가 없으며 데이터그램이 도착하면 먼저 다른 라우터로 보내고 그 라우터로부터 해지를 요청하는 메시지가 없으면 그 라우터는 계속 멤버로 간주한다. 반면, 명시적 가입은 데이터그램을 송신하기 이전에 라우터들이 송신 호스트나 중심 라우터들에게 Join 메시지를 보냄으로써 멤버로서의 가입의사를 전달한다. 묵시적 방법에 비하여 명시적 방법에서는 데이터그램 전송 이전에 각 멤버에 이르는 트리를 구성할 수 있어 멤버가 없는 지역으로의 비효율적인 전송을 방지할 수 있다.

<Figure 1>은 센터기반의 트리 구성 예를 보여준다. 여기에서 CBT에서는 Core, PIM-SM에서는 Rendezvous Point(RP)라고 불리는 센터 라우터를 8번 노드로 가정한다. CBT의 경우 라우팅 절차를 요약하면 다음과 같다.

- (1) IGMP(Internet Group Management Protocol) 프로토콜을 이용하여 각각의 멤버는 RP로 Join 메시지를 전송하며 이 경우 RP까지의 최단경로를 이용한다. 5번 노드는 5 → 4 → 7 → 6 → 8의 경로를 따라, 9번 노드는 9 → 8의 경로를 따라 RP로 Join 메시지를 전송한다.
- (2) Join 메시지의 전송 경로를 따라 양방향(멤버 ↔ 센터)의 트리를 구성한다.
- (3) 소스에서 RP까지의 최단 경로로 데이터그램을 전송한다. 즉 1번 소스는 1 → 2 → 6 → 8의 경로를 따라 RP로 데이터그램을 전송한다.

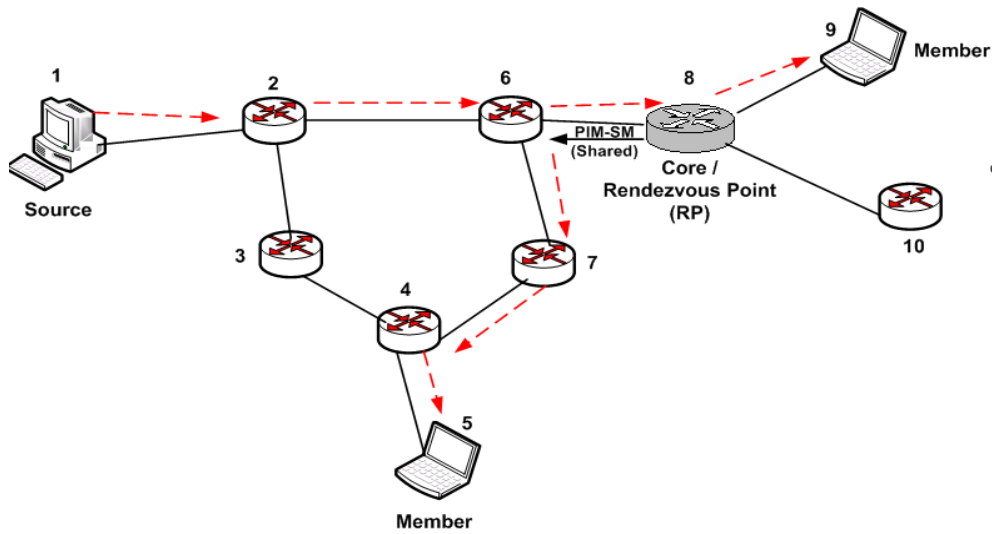


Figure 1. Center-based tree

- (4) 위의 정보를 토대로 각각의 노드는 포워딩 테이블을 구성한다.
- (5) 데이터그램 전송시 멤버로 이르는 분기를 만나는 경우 분기를 따라 데이터그램을 전송한다. 예를 들어 1 → 2 → 6의 경로로 도착하는 데이터그램은 8번 RP로 전송하기 전에 6 → 7 → 4 → 5의 경로로 패킷을 전송한다.

PIM-SM(Shared)에서 멤버의 Join 가입 절차와 트리 설정 절차는 CBT와 동일하나, CBT는 양방향 트리를 구성하고 PIM-SM(Shared)에서는 단방향(센터 → 멤버) 트리를 구성한다. 따라서 PIM-SM(Shared)에서는 송신 호스트가 센터 라우터로 터널링(tunneling)을 통해 캡슐화된 데이터그램을 보내고 센터 라우터에서 다시 단방향 트리를 따라 각각의 멤버 호스트에게 전달된다. 즉, <Figure 1>의 예에서 CBT와 달리, PIM-SM(Shared)에서는 1 → 2 → 6의 경로로 도착하는 데이터그램을 7번 노드로 분기하지 않고 8번의 RP로 전송한 후 다시 6번 노드로 데이터그램을 전송하여 6 → 7 → 4 → 5의 경로로 패킷을 전송하게 된다.

소스기반 트리는 센터기반 트리에 비하여 송수신 호스트간 데이터 전송 지연이 짧다는 장점이 있으나 소스마다 라우팅 테이블(포워딩 테이블) 관리를 위한 메모리 문제로 최근 센터기반 트리에 대한 프로토콜 표준화에 관심이 높아지고 있다. 센터기반 방식에서는 PIM-SM(Shared)에 비하여 CBT의 경우 양방향 트리를 구성하기 때문에 멀티캐스트 데이터그램 전송시 전송 지연이 짧고 대역폭 사용량도 적게 된다. 그러나 CBT에서 양방향 트리를 구성하기 위해서 필요한 라우터간 IGMP 프로토콜에서의 오버헤드 메시지로 인하여 PIM-SM(Shared)이 현실적인 대안으로 평가되고 있다. 그리고 언급하였듯이 PIM-SM(Shared)에서의 지연시간 문제를 해결하기 위해서 지연에 민감한 소스-멤버 사이에는 소스기반 트리를 사용하는 PIM-SM(SBT) 기법을 적용함으로써 PIM-SM(Shared)와 PIM-SM(SBT) 방법을 혼합한 프로토콜 사용이 고려되고 있다.

### 3. RP 지정 알고리즘

PIM-SM(Shared) 프로토콜의 경우 RP의 위치에 따라 소스-멤버 사이의 비용(거리, 홉수, 대역폭, 지연시간, 지연시간 변이, 링크 가중치 등)이 달라지므로 RP 지정을 위한 여러 가지 알고리즘들이 제안되었다. 소스에서 멤버까지 RP를 경유하여 멀티캐스트 서비스를 제공하는 경우 노드들 사이의 지연 시간(비용)을 최소화하는 경우를 찾고자 한다면, 모든 노드들에 대하여 RP인 경우를 가정하여 그 비용을 비교하여 최적의 RP를 찾을 수 있다. 전체 노드의 개수가 작은 경우 이 방법은 가능하지만 노드의 수가 많은 경우 현실적으로 모든 노드들에 대하여 그 비용을 비교하는 것은 불가능하다. 따라서 여러 가지 효율적인 알고리즘들이 제안되어 있으며, 주어진 네트워크의 토폴로지와 소스, 멤버의 구성 형태에 따라 적절한 방법을 이용하고, 크게 다음과 같이 세 가지 주요 measure들을 이용하여 RP를 지정한다.

- (1) MMD(Minimum of Maximum Delay) : 멤버까지의 최대 지연(비용)을 최소화하는 노드를 RP로 지정한다. 즉 총  $x \times y$ 개의 노드  $N = \{(i, j) | 0 \leq i \leq x-1, 0 \leq j \leq y-1, x, y, i, j : integers\}$ 들 중 다음을 만족하는 노드  $(i^*, j^*)$ 가 RP가 된다.

$$MMD = \left\{ \begin{array}{l} (i^*, j^*) | (i^*, j^*) \in N, \\ (i^*, j^*) = \underset{(i, j) \in N}{Min} \underset{m \in M}{Max} D((i, j), m) \end{array} \right\} \quad (1)$$

여기서  $M$ 은 멤버의 집합,  $D((i, j), m)$ 는 노드  $(i, j)$ 와  $M$ 에 속한 임의의 하나의 멤버  $m$  사이의 비용(지연시간)을 나타낸다.

- (2) MAD(Minimum of Average Delay) : 멤버까지의 평균 지연

(비용)을 최소화하는 노드를 RP로 선택한다.  $N$ 에 속한 모든 노드에 대하여 멤버까지의 평균 지연 값을 다음과 같이 구하고 이 값이 최소가 되는 노드를 선택한다.

$$MAD = \left\{ \begin{array}{l} (i^*, j^*) | (i^*, j^*) \in N, (i^*, j^*) \\ = \underset{(i, j) \in N}{\text{Min}} \frac{\sum_{m \in M} D((i, j), m)}{\# \text{ of members}} \end{array} \right\} \quad (2)$$

(3) MED(Minimum of Estimated Delay) : 각 노드에 대하여 멤버까지의 최대 지연과 모든 멤버까지 총비용의 평균값을 구하고 이 값이 최소가 되는 노드를 RP로 지정한다.

$$MED = \left\{ \begin{array}{l} (i^*, j^*) | (i^*, j^*) \in N, \\ (i^*, j^*) = \underset{(i, j) \in N}{\text{Min}} \frac{1}{2} \left[ \underset{m \in M}{\text{Max}} D((i, j), m) + \sum_{m \in M} D((i, j), m) \right] \end{array} \right\} \quad (3)$$

예를 들어 <Figure 2>의  $4 \times 4 = 16$ 개의 mesh 네트워크인 경우를 생각해 보자. 여기서 노드 (1, 2)와 (2, 0)은 소스, 노드 (1, 0), (3, 0), (3, 3)은 멤버를 나타내며, 각 노드간 지연시간은 0과 1사이의 uniform 분포로부터 랜덤하게 그 값을 발생시켰다.

앞에서 정의한 각 알고리즘별로 각각의 노드에 대한 기준 값을 구하면 <Table 2>와 같다. 각 노드에서 소스 또는 멤버까지의 최적 경로는 동일한 홉(hop) 수를 갖는 경로 중 그 지연시

간의 값이 가장 작은 경로를 선택한다. 따라서 MMD 알고리즘에서는 그 기준값이 노드 (2, 2)에서 가장 작으므로 노드 (2, 2)를 RP로 선택하게 되며, MAD와 MED 방법에서는 기준값이 가장 작은 (3, 0) 노드를 RP로 지정한다.

Table 2. Measures in each node

Node	MMD	MAD	MED
(0, 0)	3.211	1.783	4.280
(1, 0)	2.474	1.046	2.806
(2, 0)	2.023	0.896	2.356
(3, 0)	1.810	0.825	2.143
(0, 1)	2.639	1.770	3.975
(1, 1)	1.945	1.440	3.133
(2, 1)	1.788	0.883	2.219
(3, 1)	1.400	1.070	2.305
(0, 2)	2.571	2.303	4.740
(1, 2)	2.424	1.742	3.825
(2, 2)	1.335	1.203	2.472
(3, 2)	1.634	1.148	2.539
(0, 3)	3.299	2.546	5.469
(1, 3)	2.628	1.809	4.028
(2, 3)	1.653	1.309	2.790
(3, 3)	2.474	1.428	3.379

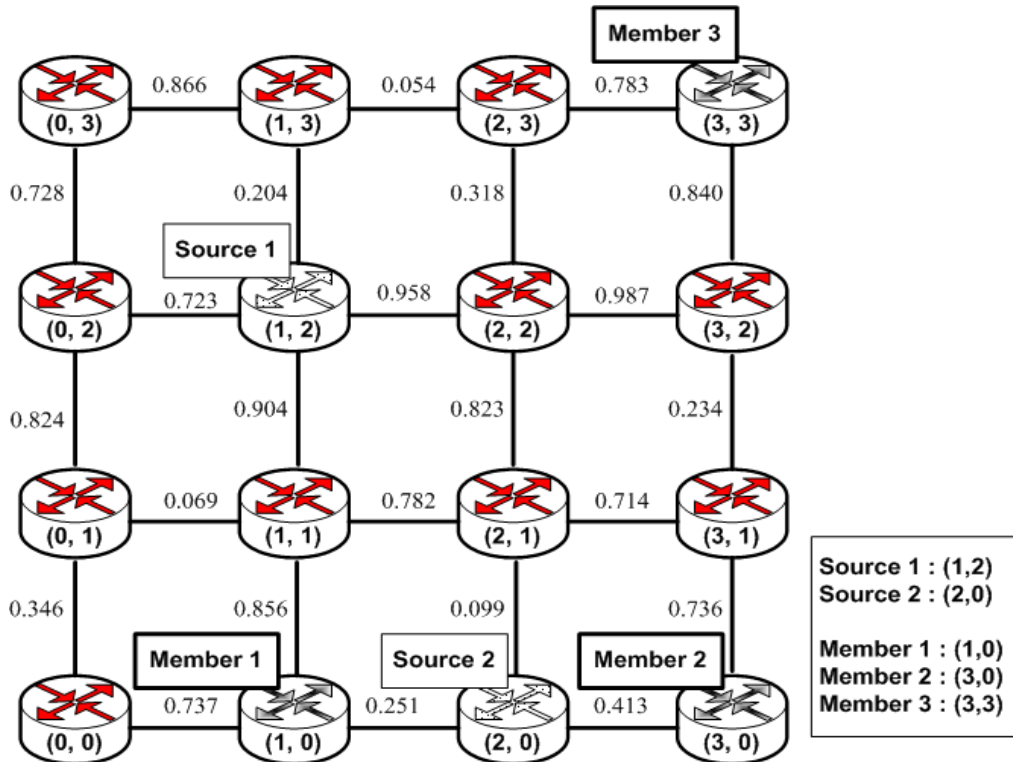


Figure 2. Sources and members in  $4 \times 4$  Mesh network

결과적으로 각각의 알고리즘에서 선택한 RP를 기준으로 소스-멤버 사이의 총 비용을 구하면 <Table 3>과 같다. 먼저, MMD에서는 5.489, MAD/MED에서는 5.311 만큼의 지연시간이 발생한다. 모든 노드들에 대하여 RP가 되었을 때의 총 비용을 비교하여 비용 값이 가장 작은 노드를 구하면 노드 (2, 1)이 되며 이 노드가 RP인 경우 4.435의 최소 비용(Optimal)이 발생하고, 이는 MMD와 비교하여 23.8%, MAD/MED와 비교하여 19.8%의 비용 차이가 생겨 MMD보다 MAD/MED에서 Optimal과 비교하여 더욱 적은 비용차이가 발생함을 알 수 있다.

Table 3. Total cost for each algorithm

Route	RP			Optimal (2, 1)
	MMD (2, 2)	MAD (3, 0)	MED (3, 0)	
Source1(1, 2)-RP	0.958	2.424	2.424	1.686
Source2(2, 0)-RP	0.922	0.413	0.413	0.099
Member1(1, 0)-RP	1.173	0.664	0.664	0.350
Member2(3, 0)-RP	1.335	0	0	0.512
Member3(3, 3)-RP	1.101	1.810	1.810	1.788
Total cost	5.489	5.311	5.311	4.435

#### 4. 성능분석

성능분석을 위하여 노드의 수가 총 400(20×20)개인 Mesh 네트워크에서 1개의 그룹을 갖는 멀티캐스트 서비스를 가정하며, 각 노드 사이의 비용(지연시간)은 0과 1사이의 uniform 분포를 가정한다. 여기서 지연시간은 두 노드들 사이에서 발생하는 큐잉지연(queueing delay), 데이터 처리(data processing)와 전송지연(transmission delay)의 합을 의미한다. 그리고 노드 (i, j)와 (k, l) 사이의 최적 이동 경로는 두 노드사이의 홉(hop) 수가 제일 작은 이동 경로 중 지연시간 비용 값이 제일 작은 경로를 선택한다.

먼저, 소스의 수가 5개이고 각 소스의 위치가 사전에 결정되어, 변하지 않을 때 멤버의 수에 따른 총 지연시간을 나타내면 <Figure 3>과 같다. 만약, 동일한 비용 값이 존재하는 경우 그 평균값을 결과로 나타내었으며, 최적 알고리즘과의 비교를 위하여 모든 가능한 경우에 대하여 평가한 총비용의 값을 Optimal로 나타내었다. 멤버의 수가 증가할수록 총비용은 증가하며, 다른 방법에 비하여 MMD를 기준으로 선정된 알고리즘에서 총비용이 가장 높다. 반면, MAD와 MED의 성능은 비슷하며 멤버의 수가 증가할수록 최적 알고리즘과 동일한 결과를 얻을 수 있다. 최적 알고리즘과의 비교를 위하여 각 measure에 대하여  $(measure - optimal) / optimal \times 100(\%)$ 를 구해 보면 MMD(11.3%), MAD(3.05%), MED(3.05%)로 MAD/MED를 기준으로 RP를 선정하는 경우 최적 알고리즘과의 비용 차이가 최소가 된다.

멤버의 수가 5개일 때 소스의 수에 대한 결과는 <Figure 4>와 같다. 여기에서는 처음 소스의 위치를 변하지 않게 설정하고 이후 증가하는 소스에 대하여 그 위치를 랜덤하게 결정하였다. 예를 들어 소스의 수가 8개인 경우를 분석할 때 앞에서 분석한 6개의 소스의 위치를 고정시키고 증가하는 2개의 소스의 위치만 랜덤하게 결정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 앞의 결과와 마찬가지로 MMD의 성능이 다른 방법에 비하여 뒤떨어지며, MAD와 MED의 결과가 비슷함을 알 수 있다. Optimal과의 차이는 MMD(29.1%), MAD(19.1%), MED(17.3%)로 MED의 성능이 가장 우수하다.

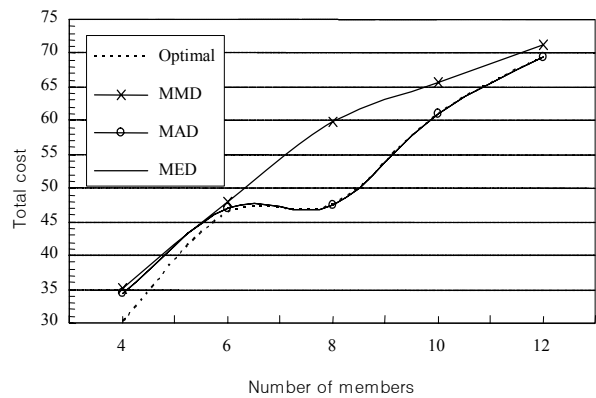


Figure 3. Total cost for the number of members(source's location fixed)

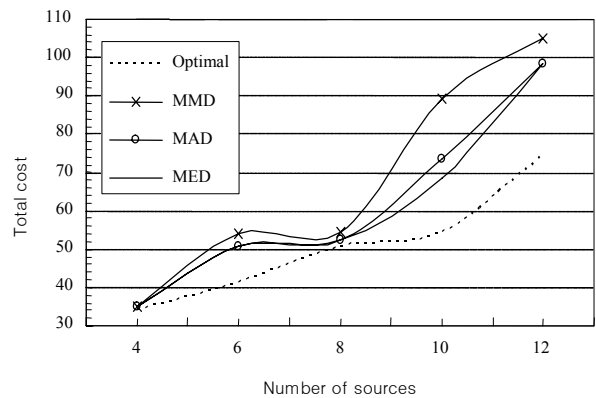


Figure 4. Total cost for the number of sources(source's location fixed)

다음으로, 시뮬레이션 수행시 마다 소스의 위치가 랜덤하게 지정되는 경우의 결과를 나타내면 <Figure 5>, <Figure 6>과 같다. <Figure 5>는 5개의 소스인 경우 멤버의 수가 증가할 때의 결과를 나타낸다. 멤버의 수가 작을 때, 세 가지 알고리즘의 성능에 큰 차이가 없으나 멤버의 수가 증가함에 따라 MMD의 성능이 다소 떨어진다. Optimal과의 비용 차이는 MMD(14.6%), MAD(5.2%), MED(2.9%)로서 MED에서 최적 비용과의 차이가 최소화된다.

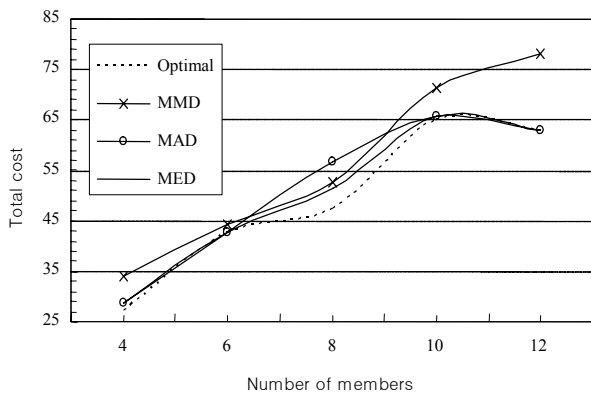


Figure 5. Total cost for the number of members(source's location variable)

<Figure 6>은 멤버가 5개이며, 소스의 위치가 랜덤하게 지정되는 경우, 소스의 수에 따른 결과를 나타낸다. 최적 비용과는 MMD(8.9%), MAD(5.5%), MED(4.9%)로 MED의 성능이 가장 우수하나, 앞의 결과와 비교하여 세 가지 방법에서 모두 최적 방법과의 차이가 크지 않음을 알 수 있다. 이는 소스와 멤버가 모두 랜덤하게 지정됨으로서 평가 measure들에서 반영되는 거리 값들이 비슷하기 때문이다.

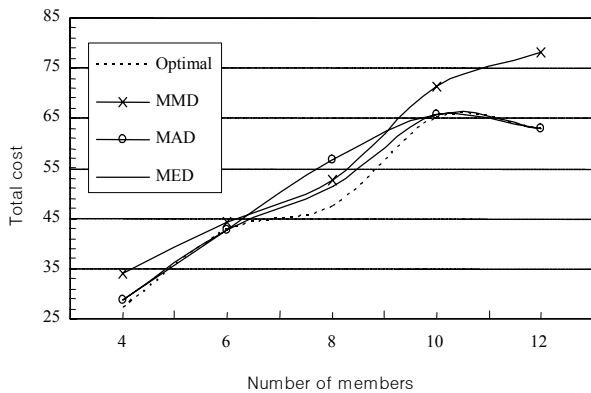


Figure 6. Total cost for the number of sources(source's location variable)

### 5. 결론

인터넷 멀티캐스트 기술은 IPTV, UCC, 원격교육/의료, 인터넷 방송 등의 다자간 그룹 통신 서비스에 적합한 기술로서 지금까지 꾸준히 표준 기술이 연구, 개발되어 왔다. 이는 유니캐스트에 비해 멀티캐스트 방식이 네트워크 자원 및 송신 시스템의 처리 용량 이용 측면에서 매우 효율적이기 때문이다. 이러한 멀티캐스트 서비스를 위하여 여러 가지 표준 프로토콜이 제안되고 있으며 이중에서도 센터 또는 랑데부 라우터(RP : Rendezvous Point)를 중심으로 공유형 트리를 구성하여 가입자

관리 측면에서나 자원 사용면에서 효율성을 높이고자 하는 CBT 및 PIM-SM 프로토콜의 사용이 권고되고 있다. 공유형 트리를 구성하는 경우 소스에서 RP 라우터까지 소스기반 트리를 형성하고 이후 RP에서 각각의 수신 호스트(멤버)까지 공유형 트리를 구성하게 되며, 따라서 멀티캐스트 통신 네트워크 상에서 RP의 위치에 따라 전체 서비스의 품질(거리, 흡수, 지연시간, 지연시간 변이 등)이 결정된다. 이러한 공유형 트리 구성 시 RP를 지정하는 문제는 NP-complete로 알려져 있다.

본 논문에서는 멀티캐스트 서비스 제공을 위해 필요한 효율적인 RP 지정 알고리즘을 제안하였다. 지금까지 크게 노드에서 멤버까지의 최대지연(MMD), 평균지연(MAD), 예측지연(MED)의 세 가지 주요 measure들을 기준으로 RP를 선정하는 방법들을 이용하여 왔으며, 이를 토대로 Mesh 네트워크하에서 보다 효율적인 RP 선정 알고리즘들의 성능을 비교, 분석하였다. 이를 위하여 노드간 지연시간을 랜덤하게 가정하고, 노드들 사이의 최적 경로는 최소의 흡수를 갖는 경로들 중에 그 지연시간이 가장 작은 노드를 선택하였다. 아울러 제안된 주요 알고리즘들의 성능을 비교하기 위해 주어진 네트워크하에서 모든 노드들에 대한 RP 지정의 경우를 분석하여 그 중에서 최소의 비용을 갖는 all enumeration 방법을 통하여 최적의 RP 선정 방법을 분석하고 이를 위의 세 가지 알고리즘과 비교하였다. 소스와 멤버의 수를 증가시키며 시뮬레이션 수행결과, MED 방법이 최적 알고리즘과 가장 적은 차이(7.06%)를 나타내었고, MAD는 8.21%, 그리고 MMD는 15.96%로서 Optimal과 가장 많은 차이를 나타내었다.

향후 본 논문의 결과를 토대로 MBone을 포함하여 보다 다양한 실제 인터넷 환경에서 알고리즘의 성능을 비교, 분석할 필요가 있으며, 소스-멤버간 지연시간 이외에 두 목적지들 사이의 지연시간 변이와 링크 가중치 등의 다양한 서비스 품질 요구사항을 반영한 새로운 알고리즘 개발이 요구된다.

### 참고문헌

Billhartz, T., Cain, J. B., Farrey-Goudreau, E., Fieg, D., and Batsell, S. G. (1997), Performance and Resource Cost Comparisons for the CBT and PIM Multicast Routing Protocols, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, **15**(3), 304-315.

Cho, S-K, Choi, S-K, and Choi, J-K. (2005), Admission Control for Multicasting Services in BcN, *Information Processing-C*, **12-C**(6), 793-798.

Chung, Sung-Mo and Youn, Chan-Hyun (2000), Core Selection Algorithm for Multicast Routing under Multiple QoS Constraints, *Electronics Letters*, **36**(4), 378-379.

ITU-T X.606.1 (2002), Enhanced Communications Transport Protocol : Specification of QoS Management for Simplex Multicast Transport.

Kim, Ki-Il and Kim, Sang-Ha (2005), A Novel Overlay Multicast Protocol in Mobile Ad Hoc Networks : Design and Evaluation, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, **54**(6), 2094-2101.

Kim, M-S., Chu, H-S., and Lee, Y-R. (2005), Efficient Multicast Tree Algorithm for Acceptable Delay and Minimum Delay Variation,

- Information Processing-C*, **12-C**(1), 105-110.
- Ko, S-J., Park, J-Y., Kim, Y-S., and Kang, S-K. (2002), Overview of Multicasting for Internet Broadcasting, *Electronics and Communications*, **17**(3), 1-14.
- Moy, J. (1994a), Multicast Routing Extensions for OSPF, *ACM Communications*, **37**(8), 61-66.
- Moy, J. (1994b), OSPF version 2, RFC 1583, IETF.
- Thaler, D. G. and Ravishankar, C. V. (1997), Distributed Center-Location Algorithms, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, **15**(3), 291-303.
- Waitzman, D., Partridge, C., and Deering, S. (1988), Distance Vector Multicast Routing Protocol, RFC 1075, IETF.