

IPv6 멀티캐스트 네트워크에서 가상 학술회의 시스템의 성능 분석

준희원 엄태랑*, 도진숙*, 정희원 이경근*

Performance Analysis of Virtual Conference System in the IPv6 Multicast Network

Tai-Rang Eom*, Jin-Sook Do* *Associated Member*, Kyung-Geun Lee* *Regular Member*

요약

PIM-SM 방식에서는 RP(Rendezvous Point) 선정에 따라 멀티캐스트 그룹 멤버 간의 지연, 패킷 손실 등의 요인으로 인해 QoS에 미치는 영향이 크기 때문에 주의 깊은 RP 선정 기법을 필요로 한다. QoS 기반으로 RP를 선정하는 기법에서는 대역폭, 지연 등과 같은 QoS 변수를 모두 만족하는 노드를 RP로 선정한다. 본 논문에서는 그룹 기반 선정 방식에 속하는 새로운 RP 선정 방식을 제안한다. MCT(Maximum Cross Tree) 방식으로 불리는 새로운 알고리즘은 형상 기반 선정 방식과 그룹 기반 선정 방식의 장점을 취하여 구현한 방식이다. 이를 검증하기 위하여 초고속 선도망을 통한 IPv6 네트워크 상에서 구현한 가상 학술회의 시스템의 멀티캐스트 트래픽 데이터를 측정하고, 제안된 알고리즘을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 두 가지 형태의 네트워크 모델에 적용하여 결과를 확장하고 성능을 분석한다.

ABSTRACT

In the Protocol-Independent Multicast Sparse Mode(PIM-SM), we need a careful selection scheme for the Rendezvous Point(RP) which influences much on the QoS due to the delay among multicast group members and packet loss. The QoS based RP selection schemes choose RPs which satisfy the restriction conditions such as bandwidth, delay, and other QoS parameters. In this paper, we propose a new RP selection scheme which is a variation of the group-based RP selection scheme. The new algorithm, MCT(Maximum Cross Tree), is implemented by taking advantages of the topology-based selection scheme and the group-based selection scheme as well. In order to verify the proposed algorithm, we first measure the multicast traffic data of the Virtual Conference System implemented on the IPv6 network via KOREN, then expand the results to two types of network models and analyze the performance by computer simulation.

1 서론

인터넷의 폭발적인 확산으로 주소고갈에 대한 우려가 더욱 심각해짐에 따라 IPv4 주소부족을 해결하기 위해 현재 NAT(Network Address Translation), DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol), CIDR(Classless Internet Domain Routing) 등의 방

법을 사용하고 있으나 IMT-2000, PDA, 정보가전 등 신규 수요를 감안하면 머지않아 한계에 봉착할 전망이다. 따라서 인터넷 주소 고갈에 대한 궁극적 해결을 위해 128비트 주소체계의 차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6가 차세대 네트워크 기반 솔루션으로 각광받고 있다. 이에 따라 1996년 IETF(Internet Engineering Task Force)는 미래의 인터넷 프로토콜

* 세종대학교 정보통신공학과 네트워크 연구실(tairang@nri.sejong.ac.kr)

논문번호: 020224-0509, 접수일자: 2002년 5월 9일

※ 본 연구는 한국전산원 차세대 인터넷 기반구축사업 지원으로 수행되었습니다.

표준으로 IPv6 규격을 제정, IPv4를 대체할 차세대 규격으로 전면에 부상시켰다^[1] 국내에서는 최근 트랜스유라시아네트워크(TEIN)를 통하여 대륙간 IPv6 전용망을 구축하였고 6TAP을 통하지 않고 유럽과 공동으로 Mobile IPv6에 대한 연구와 화상회의 톨 개발이나 6WINIT과의 공동연구 등 IPv6에 대한 연구가 이루어지고 있다 또한 각종 컴퓨터와 정보교환을 PnP(Plug-and-Play) 방식으로 IPv6 망에 연동하기 위한 핵심표준기술들도 개발되고 있다^[2].

IPv6 사용을 장려하는 또 다른 대표적인 이유의 하나인 멀티캐스트는 오랜 연구가 이루어졌음에도 불구하고 아직 실제 인터넷 망에 보편적으로 보급되지 못하고 있다. 이러한 실정에도 불구하고 인터넷 멀티캐스트 서비스가 실험망(MBone)에서 꾸준한 실험이 진행되고 있고 연구개발이 이루어지고 있으나 기술적 문제로 인한 멀티캐스트 도입이 지연되고 있는데 그 이유는 크게 두 가지 측면으로 요약된다. 우선 멀티캐스트 패킷 전송을 하기 위해 라우터에서 패킷 복사가 이루어지는데 이로 인해서 패킷 전송 성능이 저하되고 성능 개선을 위한 새로운 기능을 추가해야 한다 다른 하나는 멀티캐스트 패킷이 갖는 라우팅 루프에 의해 네트워크 혼잡이 유니캐스트 패킷 전송보다 더 악화된다는 점이다. 왜냐하면 네트워크를 구성하고 있는 노드와 링크에 미치는 영향이 유니캐스트 패킷 전송으로 인한 라우팅 루프보다 멀티캐스트 패킷 전송으로 라우팅 루프가 더 크기 때문이다^[3]

현재 멀티캐스트를 수행하는 라우팅 프로토콜은 기본적으로 밀집 형태 프로토콜(dense mode protocol)의 DVMRP(Distance-Vector Multicast Routing Protocol)와 PIM-DM(Protocol Independent Multicast Dense-Mode), 분산 형태 프로토콜(sparse mode protocol)인 PIM-SM(Protocol Independent Multicast Sparse-Mode)과 CBT(Core-Based Tree), 링크 상태에 따라 멀티캐스트를 운용하는 MOSPF(Multicast Extension for OSPF)가 있다^[4]

이 가운데 DVMRP와 PIM-DM은 PUSH 원리를 이용하여 멀티캐스트 트래픽 소스(Source : S)로부터 특정 그룹(Group G)으로의 멀티캐스트 트래픽 {S,G}를 전달하는데 최단 경로 트리(Shortest Path Tree : SPT)를 사용한다. PUSH 원리는 네트워크의 모든 서브넷 안에 멀티캐스트 트래픽 {S,G}를 갖는 최소한의 수신자가 존재하여야 하고 그에 따른 트래픽을 네트워크의 모든 노드에게 전달하는 것이다. 이러한 과정은 수렴 지역 내의 모든 수신자가 전파

를 통해 전달되는 방송을 수신하는 것과 같은 원리이다

분산 형태 프로토콜 중 CBT에서는 공유된 트리를 양방향으로 사용하므로 트래픽 집중을 야기하고 단말간의 성능을 저하시킨다. 양방향의 공유 트리를 통하여 데이터를 전송할 경우 각 송신자는 수신자에 의해 요구되는 최대 데이터 전송률로 전송해야 한다^[5]. 따라서 트리상에 속한 수신자들의 링크는 그러한 송신자들로부터 패킷의 대역폭이 예약되므로 모든 소스의 대역폭 예약은 양방향 트리의 링크에 의해 제한된다 또한 CBT 코어 선정은 수신자의 QoS 요구에 기반을 두지 않는다. 이것은 QoS가 제한된 CBT의 성능을 다루는 트래픽을 한층 더 감소시키기 때문이다. Cavendish et, al.[6]과 Wang et, al [7]에서는 CBT의 문제를 해결하기 위해 QoS 확장을 제안하였지만 CBT의 성능 문제에 대해서 중점을 두어 다루지는 않았다. 코어 부분의 트래픽 집중에 대한 문제 해결을 위해서 Zappala는 링크의 병목 현상 해결을 위해 대체 경로 라우팅 기법을 제안하기도 하였다^[8]

이러한 가운데 최근 들어, 소스 지정 멀티캐스트(Source-Specific Multicast · SSM)이 중요한 관심을 끌고 있다. Holdbrook과 Chertton의 EXPRESS 프로토콜^[9]은 단일 소스 어플리케이션을 목적으로 하는 소스 지정 트리(Source-Specific Tree · SST)를 구성하였다. SSM은 IETF 커뮤니티 내에서 개발자들의 연구와 논의를 통해 활발하게 진행되고 있다^{[10][11]}.

PIM-SM에서는 SSM이 사용될 뿐만 아니라 SST와 단방향 공유 트리를 모두 지원한다 수신자는 그룹을 위해서 공유 트리에 참여를 하고 필요시 소스 특정 트리에 참여를 한다 이 방식은 QoS 기반의 멀티캐스트에 적용 가능하며, 따라서 수신자는 누구든지 QoS 요구를 갖지 않을 경우 수신자가 공유 트리도 참여할 수 있는 QoS 기반의 멀티캐스트에 적합하다. 또한 PIM-SM은 다른 프로토콜과는 달리 Unix 시스템에서의 구현이 용이하고 실용성이 뛰어나다 또한 가상 학습회의 성격상 그룹 멤버들이 인터넷의 넓은 영역을 통하여 분포하고 있는 성향에도 적합할 뿐만 아니라 대역폭의 자원이 충분하지 않은 WAN과 같은 환경에서 그룹 구성원들이 네트워크 전체에 낮은 밀도로 존재할 때 사용될 수 있다 또한, 특정 유니캐스트 라우팅 방식에 종속되지 않고, 원거리에 위치한 사용자간에 이용될 수 있어 유연한 멀티캐스트 방식이라고 할 수 있다

PIM-SM 방식의 멀티캐스트를 통해서 가상 학술회의를 구현할 경우, 앞서 언급한 QoS, 대역폭 부족으로 인한 문제 해결, 네트워크 밀집도로 인한 단점을 기능하게 하며 멀티캐스트 킬러 어플리케이션으로서 효과적인 응용으로 사용할 수 있고, 실제 이러한 적용이 IPv6 진화로의 동기를 강력하게 부여할 수 있다고 본다. 본 가상 학술회의와 유사한 사례로 2002 Madrid Global IPv6 summit에서 가상 학술회의 톨 Isabel을 이용하여 시연된 대륙간 화상회의를 들 수 있다^[12].

서론에 이어 2장에서는 기존의 RP(Rendezvous Point) 선정 기법에 대하여 기술하고, 3장에서는 IPv6 멀티캐스트 가상 학술회의에 대한 개요를 설명하고, 4장에서는 실제 시험망에서 측정된 데이터에 의한 두 가지 형태의 네트워크 시뮬레이션을 설명한다. 끝으로 5장은 실제 시험망에서 측정된 데이터에 의한 두 가지 타입의 네트워크 모델에서 시뮬레이션 결과를 분석하고 6장 결론으로 마무리한다.

II. RP 선정 기법

PIM-SM에서는 멀티캐스트 그룹 멤버가 동적으로 가입과 탈퇴를 하게 됨에 따라, 신규 가입 멤버는 기존에 설정된 RP로부터 멀티캐스트 패킷을 받게 됨으로써 지연이나 충분한 대역폭의 부족으로 인해 QoS 요구 조건을 만족하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 이와 같은 경우에는 새로운 RP를 다시 선정하여 신규 가입 멤버를 포함하여 전체 그룹 멤버 모두에 대해 QoS 요구 조건을 만족시켜야 한다.

일반적으로 RP 선정은 다음의 네 가지 사항을 고려하여 선정하게 된다. 첫째, 멀티캐스트 노드와 송신 멤버들간의 거리와 둘째, 멀티캐스트 노드와 수신 멤버들간의 거리, 셋째, RP를 지나는 트래픽량이다. PIM-SM을 이용한 네트워크에서의 최말단 라우터는 새로운 소스들을 위해 SPT로 참가하게 되고 (S,G) 트래픽은 더 이상 흐르지 않는다. 마지막으로, 네트워크 상에서 장애 발생시 가장 빠른 복구가 요구되는 지점이다.^[14]

기존의 RP 기반 멀티캐스트 경로 설정 알고리즘 연구에서는 RP를 선정하는 기법으로 QoS 제약 조건을 기반으로 선정하는 방법과 QoS 제약 조건을 이용하지 않고 선정하는 방법으로 나눌 수 있다.

먼저 QoS 제약 조건을 기반으로 RP를 선정하는 방법은 대역폭, 지연, 지연변이와 같은 여러 가지

QoS 제약조건을 모두 만족하는 노드를 RP로 선정한다. 대표적인 알고리즘으로 QCSA(QoS-based Core Selection Algorithm)를 들 수 있는데, 그 내용을 살펴보면 QCSA 방식은 먼저 멀티캐스트 후보 RP를 선정하여 이 RP로부터 멀티캐스트 그룹 내의 모든 멤버에게 다중 QoS 요구 조건을 만족하는 경로들을 계산하고 이 경로들을 바탕으로 모든 멤버까지의 QoS를 만족하는 RP를 선택한다^[14]. 한편, QoS 제약 조건을 이용하지 않고 RP를 선정하는 방법은 크게 세 가지로 분류할 수 있다^[15].

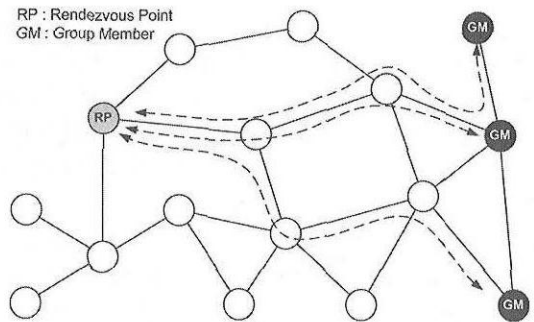


그림 1. 임의 RP 선정 방식의 예

첫째, 임의 선정 알고리즘(Random Selection Algorithm)은 멀티캐스트 그룹, 네트워크 형상, 이전 RP에 대한 정보 등과 같은 사전 정보를 바탕으로 하지 않고 임의로 RP를 선정하는 방법이다. 이 방식은 [그림 1]에서와 같이 RP 선정할 경우 어떤 정보도 필요로 하지 않아서 이를 위해 추가적으로 발생하는 트래픽이나 경로 설정 과정이 없는 장점이 있지만, 평균 지연이 다른 방식보다 훨씬 커지게 되는 등 성능이 저하되는 단점이 있다.

둘째, 형상 기반 선정 알고리즘(Topology-based Selection algorithm)이 있다. [그림 2]에서는 형상 정보를 기반으로 RP를 선정하였다. 전체 토폴로지

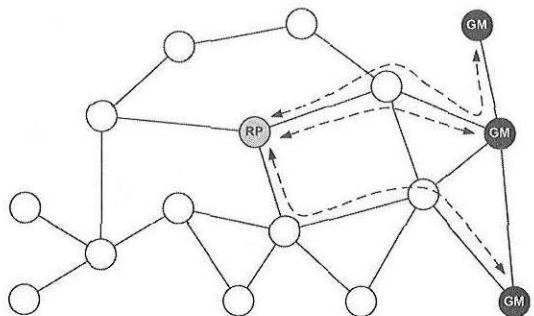


그림 2. 형상 기반 RP 선정 방식의 예

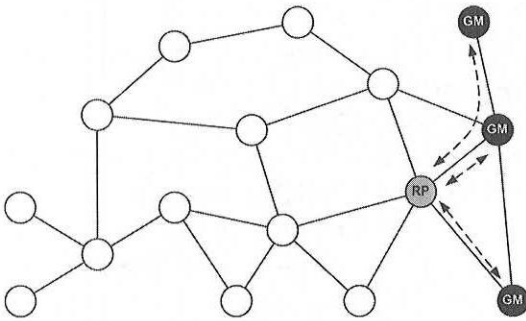


그림 3. 그룹 기반 RP 선정 방식의 예

의 코어 부분에 위치한 RP는 전체 형상 정보를 사전에 필요로 하고 RP가 그룹 멤버에 따라 쉽게 바뀌지 않고 그룹 멤버가 네트워크에 분산되어 분포할 때 일반적으로 사용되는데, 일반적으로 RP가 네트워크 중심 부분에 위치하게 됨에 따라 트래픽이 한곳에 집중되는 단점을 보인다.

마지막으로, 그룹 기반 선정 알고리즘(Group-based Selection Algorithm)은 [그림 3]에서와 같이 멀티캐스트 그룹 내의 송신 멤버와 수신 멤버의 위치 정보를 바탕으로 RP를 선택하는 방식이다. 따라서 멀티캐스트 멤버의 분포에 따라 효율적인 RP를 선택할 수 있는 장점이 있지만, 형상과 그룹 멤버에 대한 정보를 사전에 모두 가지고 있어야 하는데 이를 위해 정보 공유를 필요로 하는 오버헤드 트래픽과 계산 절차를 필요로 하는 단점이 있다.

본 논문에서 제안하는 MCT(Maximum Cross Tree) 방식은 형상 기반 선정 방식과 그룹 기반 선정 방식의 장점을 혼합한 방식으로 이 방식은 네트워크 내의 모든 노드를 RP 선정 방식에 참여시키는 것이 아니라, 그룹의 송신 멤버와 수신 멤버를 연결하는 최단 경로 트리를 구성하고 이 경로 상의 있는 멤버와 비멤버만을 RP 선정 방식에 참여시킨다.

MCT 알고리즘은 최단경로 트리상의 노드 중 경

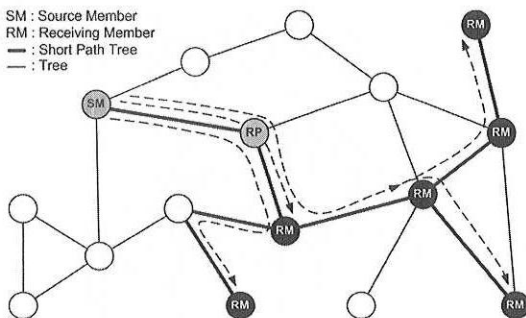


그림 4. MCT 알고리즘 예

로 상에 있는 멤버와 비멤버만을 RP 선정 방식에 참여시킨다. [그림 4] 토폴로지에서 최단 경로 트리상의 노드 중에서 송신 멤버(Sender Member : SM) 방향에서 모든 수신 멤버(Receiver Member : RM) 방향으로 갈 수 있는 모든 경로에서 가장 많이 교차된 노드를 RP로 선정한다.

MCT 알고리즘은 멀티캐스트 데이터의 전송 비용을 최소화하면서 패킷 지연에서 좋은 성능을 나타낼 수 있는 알고리즘이다. 또한, 멀티캐스트 그룹에 속한 송신 멤버와 수신 멤버 사이의 최단경로상의 노드와 수신 방향의 경로를 고려하므로 송신 멤버나 수신 멤버가 다수 밀집되어 있는 경우에 효과적이다.

III. IPv6 멀티캐스트 가상 학술회의 시스템 개요

가상학술 회의의 시스템은 실제 멀티캐스트를 이용할 수 있는 핵심 응용프로그램으로 학술대회처럼 논문을 발표하고 많은 참여자들이 동시에 발표내용을 들으며, 의문사항의 질의를 할 수 있는 가상공간에서의 학술회의의 시스템이다. 본 시스템에서는 웹을 이용한 협동 작업, 가상 교실, 가상 업무회의 등으로 응용할 Voice mixing, 회의 제어기술, 프레젠테이션 공유 기술, 실시간성 요구가 높은 미디어의 전송 지연 제어, 사용자 위주의 3차원(3D) 가상 사용자 인터페이스 등과 같은 요소 기술들을 갖추고, 시스템은 원격으로 학술회의를 하는데 필요한 기능들을 제공한다.

[그림 5]는 IPv6 가상 학술회의의 시스템을 위한 네트워크 구성도를 나타낸 것이다. 로컬 테스트베드의 사이트 라우터는 FreeBSD 기반^[13]으로 하여 IPv6 PIM-SM 멀티캐스팅 방식을 지원하도록 구성

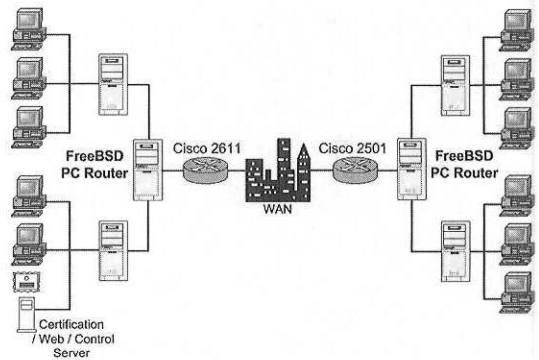


그림 5. IPv6 가상 학술회의의 시스템을 위한 네트워크 구성도

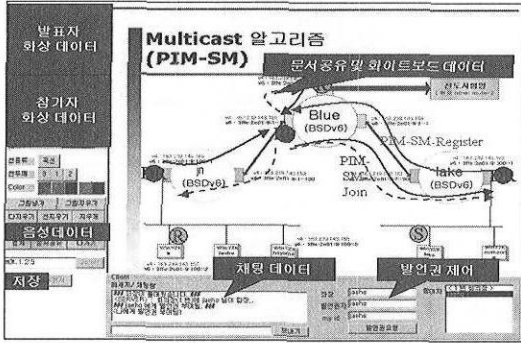


그림 6. 가상 학술회의 시스템 사용자 인터페이스

하였고, [그림 6]의 사용자 인터페이스(User Interface)가 탑재된 각 호스트는 windows 2000에 IPv6 프로토콜 스택(protocol stack)을 설치하여 IPv6 native망에서 원활하게 동작할 수 있도록 환경을 설정하였다¹⁶⁾.

[그림 6]은 가상 학술회의 시스템의 사용자 인터페이스를 나타낸 것이다. 이 시스템은 양방향 화상 전송 서비스 외에도 많은 사용자가 같은 자료를 동시에 공유할 수 있는 특성을 지닌다. 좌측 상단 부분은 발표자와 참여자의 화상이 나타나는 부분이고, 그 아래 화이트보드에 선을 표현할 수 있도록 구성하였다. 음성 사용유무를 선택할 수 있는 기능과 발표자의 발표내용을 저장하여 세션 종료 후 여가를 이용하여 재생할 수 있도록 저장기능도 포함되었다. 전체 화면 중 2/3 이상을 차지하는 발표자용 화면은 문서공유를 통해 발표 화이트보드를 겹쳐서 표현할 수 있고 간단한 채팅창과 제어 서버를 통한 발언권 제어 기능이 부가되어 있다.

IV. IPv6 네트워크 시뮬레이션 모델

1. 이질형 네트워크 모델

(Heterogeneous Network Model)

실제 구현된 IPv6 네트워크상의 가상 학술회의 시스템을 통해 각각 화상, 음성, 문서공유 트래픽을 측정한 후 평균값과 최대값을 산출한다. 측정값은 시뮬레이션을 위한 입력값으로 사용한다.

네트워크 구성은 중간에 위치한 155Mbps 대역폭의 백본망을 중심으로 서브네트워크(subnetwork) A, B, C, D를 연결하고 각 서브네트워크는 지연시간(delay time), 부하(load)를 변수값으로 설정한다.

서브네트워크 A, B, C의 대역폭(bandwidth), 지연시간, 부하 설정값은 동일하게 설정하고, 서브네

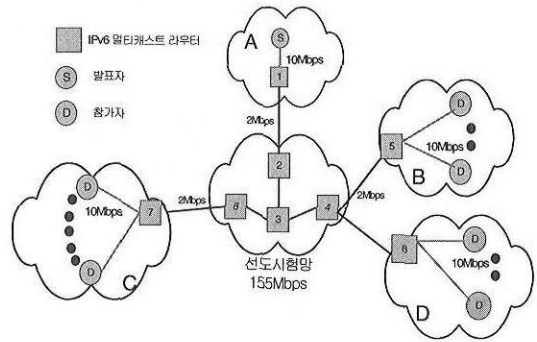


그림 7. 시뮬레이션을 위한 이질형 네트워크 모델 구성도

표 1. 이질형 네트워크 모델을 위한 변수값

구분	서브네트워크 A, B, C	서브네트워크 D
지연시간 (latency)	10 msec	50 msec
부하(load)	10 %	70 %

트위크 D의 경우, 대역폭 값은 같지만, 지연시간과 부하 값은 A, B, C의 경우보다 높게 설정한다. 이때, 서브네트워크 C의 경우, 다른 서브네트워크 B, D의 경우 보다 참여자(D, Destination)의 수를 증가시켜 참여자가 많이 밀집되어 있는 서브네트워크를 구성하고 서브네트워크 D의 경우, 참여자의 수는 서브네트워크 B와 동일하지만 지연시간과 부하 값을 증가시켰는데 이는 학술회의의 트래픽 외에 다른 트래픽의 영향으로 네트워크의 부하가 증가하는 경우나, 해외 혹은 원거리에 참여자가 위치하는 경우에 해당한다고 볼 수 있다. 그리고 멀티캐스트 방식은 앞서 서술하였고 실제 구현된 학술회의 시스템과 같은 방식인 PIM-SM 방식을 사용하여 발표자와 참여자 사이의 데이터 전송이 이루어지도록 구성한다. 또한, RP 선정방법은, II에서 설명한 네 가지 고려사항에 따라 멀티캐스트 송신자가 위치한 서브네트워크 A 노드 1, 멀티캐스트 수신자가 위치한 서브네트워크 중 참여자가 밀집되어 분포한 서브네트워크 B와 C의 노드 5와 7, 트래픽에 대한 지연으로 인해 네트워크 상황이 좋지 않은 서브네트워크 D 노드 8, 트래픽량이 가장 많을 것으로 예상되는 서브네트워크 B와 서브네트워크 D가 교차되는 노드 4에 선정된 RP를 두어 RP의 위치에 따른 패킷 전달 지연 시간에 대한 내용을 살펴본다.

2. 동질형 네트워크 모델

(Homogeneous Network Model)

IPv6 네트워크상의 가상 학술회의 시스템의 트래픽을 측정하고 측정된 트래픽을 바탕으로 IPv6 네트워크 상에서 원활하게 사용될 수 있도록 하기 위해 확장된 네트워크 상에서의 시뮬레이션을 하도록 한다.

[그림 8]에서 보인 네트워크 토폴로지는 [그림 7] 네트워크의 선도시험망의 백본을 기반으로 멀티캐스트 노드수를 2진 트리로 구성하여 네 방향으로 확장한다. 가장 끝에 위치하는 노드는 백본을 기준으로 traceroute를 통하여 관찰된 최대 거리(maximum distance) 10 미만으로 하였다. 각 노드 생성은 난수(random number) 발생을 통하여 Random 방식, 형상 선정 방식의 ACT와 MCT(Maximum Cross Tree) 알고리즘을 비교하고 멀티캐스트 그룹의 송신 멤버와 수신멤버와의 네트워크 구성에 대해 알아본다.

토폴로지는 전체 노드 수가 100개이고, 네트워크 상에서의 멀티캐스트 그룹을 10개에서 100개까지 10개 단위로 증가시킨다. [표 2]에서 나타내는 네트워크 변수 설정값은 예를 들어 가상 학술회의에 참석하는 참여자가 국내 ISP의 ADSL 서비스를 이용한다고 가정했을 경우로 볼 수 있는 E1급의 속도로 설정한다. 지연시간(delay time)과 부하(load)는 초고속 국가망의 DCE 표준값에 해당하는 값으로 10ms와 10%로 설정하고, 데이터는 IPv6 native망에서 구현하여 측정된 300kbps의 화상 데이터 값을 사용한다.

멀티캐스트 방식을 사용하여 확장된 100개의 노드가 분포한 네트워크 토폴로지는 최단 거리 비용이 가장 적은 트리 방식(Minimum Spanning Tree)

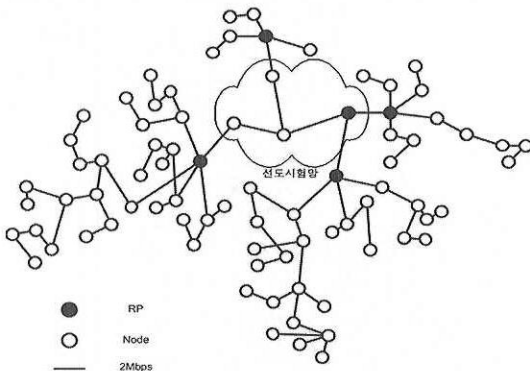


그림 8. 동질형 네트워크 모델을 위한 토폴로지

표 2. 동질형 네트워크 모델 변수 설정값

구분	대역폭	지연시간	부하	데이터
설정값	2 Mbps	10ms	10%	300kbps

을 사용하고, 멀티캐스트를 사용하여 가상 학술회의 시스템과 같은 실시간 멀티미디어 서비스를 하는 경우 발표자(S)와 참여자(D)의 분포와 요구에 따라 다음의 2가지 시나리오를 가정한다.

첫째, 각 참여자(D)들 모두 발표자(S)가 될 수 있는 경우로 각 참여자(D)들은 네트워크에 널리 흩어져 있다. 각 참여자(D)의 수는 300명으로 정하고, 네트워크에 흩어져 있는 발표자(S)의 수는 10명으로 가정한다. 둘째, 한 명의 발표자(S)가 있고 많은 참여자(D)들이 네트워크에 널리 흩어져 있는 경우로 참여자(D)의 수는 마찬가지로 300명으로 정하고, 네트워크에 있는 발표자(S)의 수는 1로 가정한다.

다음 장에서는 실제 테스트베드 측정 결과와 시뮬레이션을 통해 IPv6 멀티캐스트 성능을 분석하고자 한다.

V. 테스트베드 측정 결과 및 시뮬레이션 성능 분석 결과

1. IPv6 멀티캐스트 트래픽 측정

[그림 9]는 [그림 5]와 같이 IPv6 Native망을 구축하여 IPv6 테스트베드 상에서 서로 다른 네트워크 사이에 시스템의 각 트래픽 생성 요소별 이용률(utilization)을 측정해본 결과이다.

화상 데이터의 경우, 실제 구현된 학술회의 시스템에서는 정지화상 프레임은 발표자가 0.1 frame/sec, 0.2 frame/sec, 0.5 frame/sec, 1 frame/sec, 5

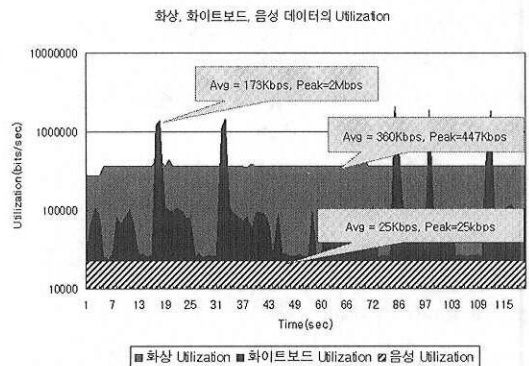


그림 9. 시스템 트래픽 생성 요소별 이용률

frame/sec, 10 frame/sec까지 선택하여 보낼 수 있기 때문에 화상 트래픽의 이용률은 다양한 값을 가질 수 있다 따라서 화상 트래픽의 경우, 여러 참여자가 화상회의에 참여하고 있을 때 전송된 참여자의 화상 트래픽의 평균이라고 생각되어지고 실제 사용자가 화면으로 시청하기 적합한 1 frame/sec으로 선택하여 측정하였다. 그 결과, [그림 9]에서 보는 그래프와 같이 음성과 화상은 각각 평균 25kbps, 360kbps 트래픽을 나타낸다.

측정된 화상과 음성 트래픽의 경우 IMT-2000과 같은 차세대 통신수단에서 실제 수신될 수 있는 트래픽 범위에 포함되므로 참여자의 화상 수신이나 음성 전송에 무리가 없음을 확인할 수 있다. 문서 공유와 선, 그림 공유 기능을 포함하는 화이트보드의 경우, 문서를 공유하는 상태가 아니거나, 선, 그림 등의 데이터만 보낼 경우의 평균 173kbps 데이터를 전송하나, 문서를 공유하기 위해 발표자가 문서를 그림으로 저장하는 과정에서는 최고 2Mbps까지의 높은 대역폭 이용률을 나타내는 것을 알 수 있다.

2 성능 분석 및 영향

2.1 이질형 네트워크 모델

상대적으로 참여자가 밀집되어 있는 서브네트워크 C의 노드, 네트워크 부하가 큰 서브네트워크 D의 노드, 서브네트워크 C와 D의 교차 노드에 새로운 RP의 위치를 선정하고 RP 선정시 패킷 지연 시간에 대한 비율을 측정하였다. RP의 위치가 전체 네트워크의 패킷 전달 지연 시간에 어떤 영향을 미치는지를 분석하기 위하여 [그림 7]에서의 RP 위치에서 패킷 전달 지연 시간을 1로 기준하여 패킷 전달 지연시간의 비율을 정리하였다.

[표 3]에서 RP 위치에 참여노드가 집중되어 있는 서브네트워크 C 노드 7의 경우와 네트워크의 부하가 큰 서브네트워크 D의 노드 8인 경우 패킷 전달 지연 시간 비율을 비교하여 보면 참여자의 수에 대한 영향보다는 네트워크의 변수 즉, 대역폭과 지연 시간, 네트워크 부하에 대한 영향이 더 크게 작용한

표 3 RP 위치에 따른 패킷 전달 지연 시간 비율

참여그룹수 RP위치	1	8	16	24	평균
노드 4	0.68	0.80	0.85	0.87	0.80
노드 7	0.7	0.88	1.00	1.01	0.96
노드 8	0.84	0.97	1.03	1.12	0.99

다는 것을 알 수 있다. 서브네트워크 C, D의 연결 지점인 서브네트워크 C의 노드 4 경우는 전체 참여 노드수가 증가할수록 비교적 다른 RP의 위치에서의 비율보다 패킷 전달 지연 시간 비율의 평균값이 노드 7과 노드 8의 평균값보다 작음을 볼 수 있다.

참여자가 집중되어 있는 노드 7은 점차 패킷 전달 지연 시간 비율이 증가하긴 하지만, RP인 노드 4의 경우보다 각각 0.16 높다. 그리고 네트워크의 중심은 아니지만 네트워크의 부하가 큰 노드 8과는 평균적으로 0.19 높다 이것은 제안된 RP의 위치가 참여자가 집중되어 있는 서브네트워크와 네트워크의 지연 시간과 부하가 큰 서브네트워크에 영향을 받는 것을 나타낸다

2.2 동질형 네트워크 모델

송신멤버와 수신멤버의 분포, 서비스의 요구에 따라 두 가지 시나리오에 따른 트리 비용을 측정하여 분석하였다 이 때, RP의 선정 알고리즘은 Random 방식, 형상 기반의 ACT 선정 방식, 논문에서 제안한 MCT 알고리즘으로 나누어 비교하였다. 트리 비용이란, 하나의 멀티캐스트 그룹 상에서 RP부터 각 수신 멤버까지의 최단 거리 트리(MST : Minimum Spanning Tree)에서 모든 링크 비용의 합으로 한다. 링크의 비용은 실제 네트워크에서는 전송할 때의 대역폭, 지연 등으로 나타낼 수 있지만 본 동질형 네트워크 모델에서는 모든 링크의 비용을 1로 가정한다.

1) RP 선정 방식에 따른 트리 비용 분석

[그림 10]은 세션 종류후 패들간 토론이 개최될 경우 트리비용에 대한 결과를 나타낸 그래프이다 참여노드가 30 이상일 경우 형상기반 선정 방식과 MCT 방식과 비교하여 볼 때, 참여노드가 증가할수록 그래프 사이의 간격이 점점 넓어짐으로서 트리 비용에 대한 변화를 볼 수 있다. 실시간으로 가상

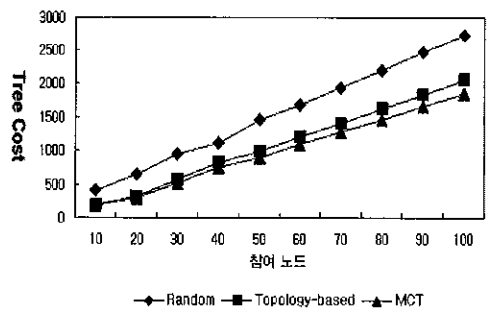


그림 10 참여자 토론시 트리 비용

학술회의가 개최가 되었을 경우 참여 노드가 증가할 경우에 해당하는 결과라 말할 수 있다

무작위(random) 선정 방식의 경우 마찬가지로 형상 기반의 선정방식과 제안한 MCT 방식보다 트리 비용 면에서 참여노드가 증가로 인한 차이가 증가됨을 볼 수 있다. 형상 기반의 선정 방식과 MCT 방식은 실제 RP를 선정할 경우 그룹 범위의 증가에 상관없이 서로 유사한 노드를 RP로 선정하기 때문에 측정값은 같은 증가 형태를 보인다.

[그림 11]에서는 발표자(S) 한명과 참여자(D) 다수일 경우를 나타낸 그래프이다. [그림 9]와 마찬가지로 참여노드 30을 기준으로 참여노드가 증가할수록 형상기반의 선정 방식과 MCT 방식의 차이가 증가함을 볼 수 있다 무작위 방식 또한 참여노드 30을 기준으로 다른 선정 방식과의 차이가 증가됨을 알 수 있다 [그림 10]과 [그림 11]에서의 트리 비용의 최대값은 발표자(S) 수의 차이로 RP 선정 기법에 영향을 미치는 또 하나의 요인이라는 것을 알 수 있다.

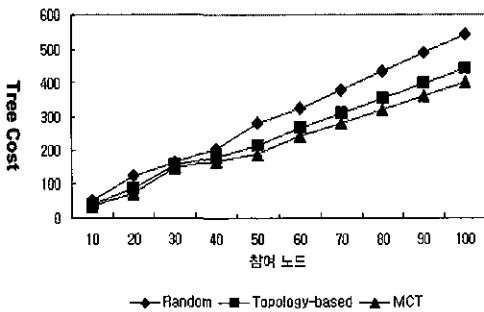


그림 11 발표자(S) 한명과 다수의 참여자(D) 경우

2) RP 선정 방식에 따른 패킷 지연

[그림 12]는 참여 노드 수에 따른 패킷 지연 시

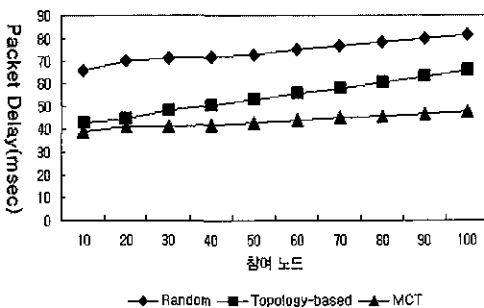


그림 12 참여자 토론시 패킷 지연 시간

간을 나타낸 것이다. 형상 기반의 선정 방식과 MCT 방식은 패킷 지연에서 Random 방식보다 좋은 결과를 나타낸다 참여 노드 수가 형상 선정 방식 보다 MCT 방식이 패킷 지연의 차이가 눈에 띄게 차이가 난다. MCT 방식은 두 가지 형태 네트워크 모델 모두에 있어서 성능이 가장 좋음을 알 수 있다

[그림 13]은 이질형 네트워크 모델(Heterogeneous Network Model)의 트리 비용 비교에서의 같이 발표자(S) 수에 따른 차이로 [그림 12]와 같이 세션 종료후 패킷간 토론이 개최될 경우보다 패킷 전달 지연 시간이 짧음을 알 수 있다. 그래프의 형태는 [그림 12]와 같은 유형을 나타내었고 참여노드가 증가할수록 형상 기반의 선정 방식과 MCT 방식의 격차가 증가됨을 알 수 있다.

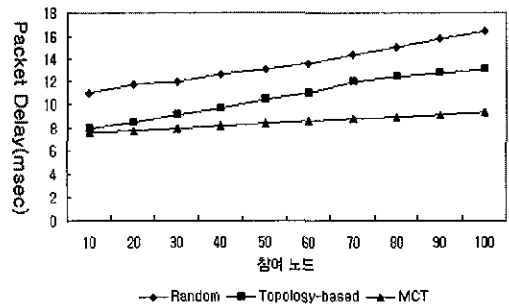


그림 13 발표자(S) 한명과 다수의 참여자(D) 경우

동질형 네트워크 모델의 경우 이질형 네트워크 모델과 달리 네트워크 환경이 동일하게 설정되어 있고 멀티캐스트 그룹에 참여하는 송신멤버와 수신 멤버의 차이만을 두었기 때문에 멀티캐스트 그룹뿐만 아니라, 네트워크 상의 모든 노드들을 대상으로 한 형상 기반 선정 방식보다 멀티캐스트 그룹 멤버 들만을 고려한 그룹 기반 선정 방식의 MCT 방식이 RP 선정 방식에 따라 트리 비용 면과 패킷 지연 시간에서 우수한 결과를 나타내었다. 새롭게 제안한 MCT 선정 기법에서 트리비용 측면에서는 무작위(random) 선정기법과는 26~40%, 형상기반(topology-based) 선정 방식과는 10~15%의 성능 향상을 확인할 수 있었다. 이는 무작위 선정 기법이 다른 기법과의 차이는 형상과 멀티캐스트 그룹에 대한 정보의 부재로 멀티캐스트 노드가 증가할 경우 오버헤드의 과중 발생으로 트리 비용이 증가하기 때문이다

패킷 지연 시간 측면에서는 무작위 선정 기법과

는 19~36%, 형상기반 선정방식과는 10~19%의 성능 향상을 확인하였는데, 이러한 결과를 분석하면 다음과 같이 요약된다

형상(topology)만을 고려하여 RP를 선정하는 기법은 형상에 대한 정보를 갖는 라우터에 멀티캐스트 그룹에 대한 참여노드 확장으로 인해 트리 비용의 증가와 그에 따른 패킷 지연 시간이 증가하여 과도한 트래픽을 발생시킨다. 이러한 단점을 극복하기 위해 MCT 방식이 제안되었는데, 여기에서는 송신 메시지가 경유하는 멤버들을 RP 선정에 참여시킴으로 형상에 대한 정보를 공유하고, 이를 통해서 형상과 그룹에 대한 정보를 갱신하도록 구성한다. 그리하여 밀집도, 네트워크의 부하, 네트워크의 교차노드 등의 변수를 고려한 트리 비용 측면과 패킷 지연 시간으로 성능 분석을 한 결과 다른 RP 선정 기법보다 MCT 방식이 우수함을 알 수 있었다.

VI. 결론

주소 고갈 문제의 근본적인 해결책으로서, 128비트 주소체계를 사용하는 IPv6는 차세대 인터넷 기반 솔루션으로 각광 받고 있다. 아직은 멀티캐스트 등 주요기능이 구현되지 않은 IPv6 지원 상용 라우터가 출시되고 있지만 IPv6로의 진화를 위한 네트워크 장비의 개발은 조속히 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서는 이러한 IPv6 네트워크 상에서 가상 학술회의 시스템을 구현하였고, 가상 학술회의 시스템의 특성에 적합한 멀티캐스트 방식인 PIM-SM 방식을 통해 보다 효율적인 네트워크 관리를 수행할 수 있음을 확인 할 수 있었다. 또한, 가상 학술회의 시스템에서 실제로 화상, 음성, 화이트보드 트래픽을 실측한 데이터를 반영하여 시뮬레이션을 하였다. 그 결과, 참여자의 밀집도와 네트워크의 부하가 PIM-SM 방식의 RP 선정에 영향을 미치고, 새롭게 제시한 그룹 기반 선정 방식인 MCT 방식이 참여자의 분포와 응용서비스의 종류에 따라 기존의 RP 선정 방식보다 네트워크의 성능을 10~40% 향상시킨다는 것을 알 수 있었다.

이러한 실험결과는 비단 가상 학술회의 시스템 뿐만 아니라 이와 유사한 사례로서 IPv6상의 PIM-SM 멀티캐스트 방식에 의해 실시간으로 운영되는 다자간 화상 회의나 원격회의 등의 IPv6 멀티캐스트 응용 시스템에서도 활용될 수 있을 것으로 본다. 추후 응용서비스의 종류에 따른 시나리오뿐만 아니라, 네트워크 상황에 영향을 미치는 요소들이 RP

위치 선정에 어떠한 영향을 미치는지 보다 다양한 연구가 진행되어야 할 것이며, 효율적인 RP 선정 기법의 방향을 제시하고 구현하는 작업 등이 계속 되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] Maufer, T. A., *Deploying IP Multicast in the Enterprise, 1st Ed.*, Prentice Hall Inc, New Jersey, 1998.
- [2] 정유현, *IPv6 국가 및 지역 연구개발 동향*, IPv6 Forum Korea Seoul WG, Mar. 2002
- [3] Kengo Nagahashu, Hiroshi Esaki, Jun Murai, "The Evaluation of High-Speed Multicast Data Transmission over IPv6 Networks", INET 2000, July 2000
- [4] Beau Williamson, *Developing IP Multicast Networks, vol I*, Cisco Press, 2000
- [5] S. K. Biswas and R. Izmailov, "A QoS-Aware Routing Framework for PIM-SM Based IP-Multicast", InControl Productions, Inc, Nov, 2000
- [6] D. Cavendish, A. Fei, M. Gerla and R. Rom, "On the Construction of Low Cost Multicast Trees with Bandwidth Reservation", Proceeding of HPCN98, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlang, 1998
- [7] B.Wang, J. Hou, H.-Y. Tyan and Y.-M. Chen, "QoS Extensions to CBT," IETF Internet-Draft: draft-hou-cbt-qos-00.txt, Feb, 1999.
- [8] D. Zappala, "Alternate Path Routing for Multicast", in *Proc. IEEE INFOCOM*, Israel, 2000
- [9] H. W. Holbrook and D. R. Cheriton, "IP Multicast Channels. EXPRESS Support for Large-scale Single-source Applications", ACM SIGCOMM '99, pp 65~78, 1999
- [10] Source-Specific Multicast for IP Inter-net-Draft : Draft-Holbrook-ssm-00.txt, 2000
- [11] Supratik Bhattacharyya, Christophe Diot, Leonard Giuliano, Rob Rockell, John Meylor, Dave Meyer, Greg Shepherd, Brian Haberman, "An Overview of Source-Specific Multicast (SSM) Deployment," draft-ietf-ssm-overview-00.txt, May 2001

[12] Distribution of the IPv6 Global Summit, <http://isabel.dit.upm.es/events/IPv6Global02>.

[13] KAME Project, <http://www.kame.net>.

[14] Sung Mo Chung, Chan-Hyun Youn, "Core Selection algorithm for multicast routing under multiple QoS constraints", IEEE Electronics Letters, Volume:36 Issue:4, pp.278-279, Feb, 2000.

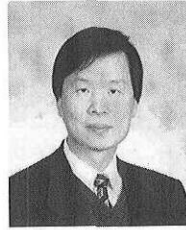
[15] Calvert, K.L., Zegura, E.W., and Donahoo, M.J., "Core Selection Methods for Multicast Routing", Proc. Int. Conf. on Computer Communications and Networks, pp638-642, July 1995.

[16] Microsoft IPv6 Technology Preview for Windows 2000, <http://msdn.microsoft.com/downloads/sdks/platform/tpipv6.asp>

[17] 도진숙, 박형구, 천인혁, 이경근, "IPv6 네트워크 상에서의 멀티캐스트 성능 분석", 2001 NCS, pp.222~303, 2001.

이 경 근(Kyung-Geun Lee)

정회원



1981년 2월 : 서울대학교

전자공학과 졸업

1983년 2월 : 한국과학기술원

전자공학 석사

1992년 2월 : Cornell Univ.

전자공학 박사

1997년 1월~현재 : 세종대학교

정보통신공학과 교수

<주관심 분야> 통신망 설계, 인터넷 통신, High-Speed Networking

엄 태 랭(Tai-Rang Eom)

준회원

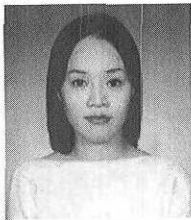
2002년 2월 : 세종대학교 정보통신공학과 졸업

2002년 3월~현재 : 세종대학교 정보통신공학과 석사과정

<주관심 분야> TCP/IP, IP 라우팅, 트래픽 엔지니어링

도 진 숙(Jin-Sook Do)

준회원



2000년 2월 : 세종대학교

컴퓨터공학과 졸업

2002년 2월 : 세종대학교

정보통신공학과 석사

2002년 1~5월 : (주)코스엔텍

2002년 7월 : (주)이노에이스

<주관심 분야> 데이터 통신, VoIP