IPv6 오버레이 멀티캐스트 시스템*

[1]이호영O [1]고광만 [1]이보영 [1]한선영 [2]박은용 [2]박현제
[1]건국대학교 컴퓨터공학과 [2](주)주인네트
[1]{hylee O, koh, boyoung, syhan}@cclab.konkuk.ac.kr [2]{eypark, hjpark}@zooin.net

IPv6 Overlay Multicast System

[1]Hoyoung Lee0 [1]Kwangman Koh [1]Boyoung Lee [1]Sunyoung Han [2]Eunyong Park [2]Hyunje Park
[1]Dept. of Computer Science and Engineering, Konkuk University [2]Zooinnet

요 약

인터넷의 발전으로 인한 사용자 욕구의 증가는 인터넷을 통해서 품질 좋은 멀티미디어 서비스를 요구하고 있다. 하지만 고품질의 멀티미디어 콘텐츠는 네트워크의 부하를 가중 시키고 그에 따라 서비스가 제한적일 수밖에 없다. 멀티캐스트 프로토콜은 이러한 멀티미디어 서비스에 적합하지만 비용, 보안, QoS와 같은 문제로 도입이 지연되고 있다. 오버레이 멀티캐스트는 기존의 망을 유지하면서 멀티캐스트 서비스가 가능하다는 장점으로 최근 주목받고 있는 방식이다. 이와 더불어 인터넷 프로토콜도 점차적으로 IPv6로 전환되어가고 있는 시점에서 IPv6에 적합한 오버레이 멀티캐스트 시스템이 필요하게 되었다. 본 연구에서는 IPv6 환경에서 동작하는 오버레이 멀티캐스트 시스템을 구현하고 실제 구축되어 있는 KOREN 망 위에서 다수의 사용자를 대상으로 테스트를 실시하여 본 시스템의 성능을 입증하고 있다.

1. 서 론

인터넷을 이용한 방송인 IPTV가 점차 확산됨에 따라서 멀티캐스트 [2] 도입에 대한 요구가 점차 확산되어지고 있다. 하지만 전체 네트워크 재구성에 들어가는 비용과 멀티캐스트의 안정성 및 보안과 같은 여러 가지 문제 들이 아직까지도 해결되지 않은 상태로 남아 있기 때문에 완전한 멀티캐스트 망구성은 아직까지도 상당한 시간이 소요될 것으로 전망되어지고 있다. 이런 문제점을 해결하기 위한 대체 수단으로 검토되고 있는 해결 방식 중에 하나가 바로 오버레이 멀티캐스트(Overlay Multicast) 방식[3][4][5][6][7]이다. 오버레이 멀티캐스트는 멀티캐스트를 지원하지 않는 네트워크 사이를 터널링 방식을 이용하여 멀티캐스트로 구성된 네트워크 간에 멀티캐스트 데이터를 전달하기 위한 방식이다. 이것은 매우 현실적인 방안으로 전체 네트워크를 멀티캐스트 망으로 구성할 필요가 없고 또한 확장성이 우수하며, 멀티캐스트 네트워크 도메인을 계층적으로 구분하여 관리할 수 있으므로 보안을 제공하기에도 용이하다. 이러한 특징들로 인하여 국내의 ISP 뿐만 아니라 일본등지에서도 오버레이 멀티캐스트를 이용한 서비스를 긍정적으로 검토하고 있다.

이러한 멀티캐스트의 도입과 마찬가지로 차세대 인터넷 프로토콜 IPv6[8]는 국제 표준화 작업이 대부분 마무리 되었으며 현재는 적용 단계에 있다. 국내에서도 KOREN IPv6 전용망을 이용한 여러 연구들이 진행되어지고 있으며, 한국 전산원은 IPv6를 이용하여 홈페이지 및 여러 가지 테스트 환경 서비스를 운영하고 있다. 점차적으로 IPv4는 IPv6로 대체되어 질것이며 가까운 시일 내에 주요 네트워크를 구성할 것으로 기대되어 진다. 이러한 IP 네트워크 동향에 맞추어 오버레이 멀티캐스트도 IPv6상에서 동작할 수 있어야 하며, 발전적으로는 IPv4와 IPv6 환경에 상관없이 동작할 수 있어야 할 것이다.

본 연구에서는 이러한 오버레이 멀티캐스트의 도입에 대한 필요성과 IPv6 환경을 고려하여 IPv6 전용 오버레이 멀티캐스트 시스템을 구현하고 국내 IPv6 연구망인 KOREN 위에서 성능을 테스트하여 다가올 IPv6 네트워크 환경에 적용 가능하도록 함으로써 고품질의 멀티미디어 서비스의 실현에 보다 더 근접할 수 있도록 한다.

2. 오버레이 멀티캐스트 구성도

본 연구에서 구현하고 있는 오버레이 멀티캐스트 시스템은 그림 1과 같은 망 구성에서 Relay 및 Agent로 구성되어진다.

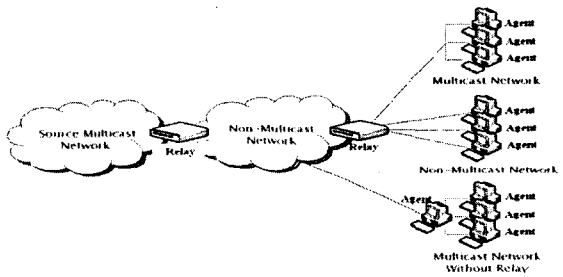

그림 1 오버레이 멀티캐스트 구성도

전체 네트워크는 IPv6를 기반으로 하고 있으며, IPv6 네트워크는 다시 멀티캐스트가 가능한 네트워크와 그렇지 못한 네트워크로 구분되어진다. 이와 같이 구성된 망에서 소스 네트워크로부터 목적지 네트워크까지 비 멀티캐스트 망을 지나서 멀티캐스트 데이터를 전달하기 위해서는 오버레이 멀티캐스트 방식을 이용한다.

Relay는 멀티캐스트 네트워크와 멀티캐스트를 지원하지 않는 네트워크 사이에서 연결 다리 역할을 하는 접속점이며 터널링을 이용하여 멀티캐스트 데이터를 전송한다. 주요 기능은 그룹에 참가 또는 탈퇴하는 모든 멤버들에 대한 정보들을 처리하고 유지/관리를 해주며, 필요한 경로를 찾아서 터널링을 구성해준다.

Agent는 종단 사용자에 위치하고 있으며 오버레이 멀티캐스트 그룹에 참여하기 위한 필요 메시지들을 처리한다. 그림 1 에서 보는 바와 같이 Agent는 위치한 네트워크의 구성에 따라서 3가지 형태의 연결 방식을 지원한다. 첫째는 종단 사용자와 동일한 서브네트워크에 Relay 장비를 갖춘 멀티캐스트 네트워크를 고려할 수 있다. 이것은 가장 일반적인 경우이며 이때 각 Agent는 Relay 장비로부터 멀티캐스트 데이터를 전달 받는다. 둘째는 Relay장비를 갖춘 비 멀티캐스트 네트워크에 위치한 경우를 고려할 수 있다. 이때는 각 Agent가 Relay로부터 멀티캐스트 데이터를 직접 수신할 수 없기 때문에 유니캐스트 채널을 이용하여 데이터를 전달 받는다. 마지막 경우는 종단 사용자가 Relay장비를 갖추지 않은 멀티캐스트 네트워크에 있는 경우를 고려할 수 있다. 이때는 특수한 경우로써 종단 사용자의 Agent중 하나가 Relay의 역할을 수행한다. 그리고 멀티캐스트 네트워크의 다른 나머지 Agent들은 이 Agent로부터 멀티캐스트 패킷을 전달받는다. 이것은 Agent들이 소규모 멀티캐스트 망에 위치하고 있을 때 적합한 방식이다.

* 본 연구는 한국전산원으로부터 지원받는 "KOREN을 활용한 IPv6-IPv4간 오버레이 멀티캐스트 변환 장비 개발 및 시험" 연구 개발 사업의 연구결과물이다.

3. 구조 및 동작 방식

3.1 시스템 구성도

시스템 구성은 그림 2 와 같은 구조를 가지고 있다. 전체는 IPv6 스택 위에서 동작한다. Relay 및 Agent는 상위 Relay 검색 및 하위 Relay 또는 Agent의 위치 검색 요청을 처리하기 위해서 Relay 선정 모듈을 탑재하고 있다. 이러한 연결은 신뢰성이 필요하기 때문에 TCP를 이용하여 동작 하고 있다. 멀티미디어 스트리밍을 송수신할 때는 실시간성을 보장해 주어야 하기 때문에 터널링 모듈은 UDP를 이용하여 동작하도록 구성하고 있다. 이렇게 연결이 이루어지면 그 위에서 데이터 송수신이 이루어진다.

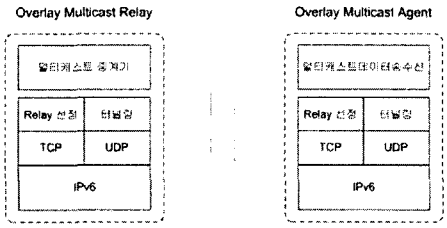

그림 2 오버레이 멀티캐스트 시스템 구성도

3.2 동적 터널링 (UMTP)

터널링을 구성하는 방식은 정적 방식과 동적 방식이 있는데 관리자에 의해서 라우팅 경로를 지정하는 것은 정적 방식이며, 지능적인 경로 탐색 프로세스에 의해서 경로가 설정되도록 하는 것이 동적 방식이다. 확장성 있고 유연한 시스템을 위해서 동적으로 경로를 탐색할 수 있는 기능이 제공되어야 한다. 이러한 동적 터널링을 위한 프로토콜을 위해서 자체적으로 UMTP (Unicast-Multicast Tunneling Protocol)를 정의하여 사용하였다.

동적으로 가까운 Relay를 탐색하는 기법으로는 모든 Relay에게 응답 요구 메시지를 보내고 응답이 오는 RTT값을 측정하는 것이 가장 기본적인 방법이다. 하지만 이러한 방식은 Agent가 모든 Relay에 대한 정보를 유지할 필요가 있고, 또한 모든 Relay에게 메시지를 보내고 응답을 받기를 기다리는 것은 네트워크 활용측면에서 매우 비효율적이다. 그래서 효율적인 탐색을 위해서 서버 기반 방식을 이용하고 있다. 즉, 모든 Relay에 대한 정보를 관리하기 위한 관리 서버를 하나 두고 Relay가 처음에 동작할 때마다 자신의 정보를 관리 서버에게 등록하도록 한다. 관리 서버는 주기적으로 모든 Relay를 확인하고 정보를 갱신한다. 만일 Agent가 자신의 서브네트워크에서 Relay를 발견하지 못하면 가장 가까운 Relay 정보를 관리 서버에게 요청하고 관리 서버는 등록되어 있는 Relay들에게 명령 메시지를 전달하여 해당 Agent에게 알림 메시지를 전송하라고 요구한다. Agent는 이러한 알림 메시지가 가장 먼저 도착한 Relay를 Primary로 선정하고 이후에 도착한 순서대로 우선순위를 결정한다. Agent는 최초 알림 메시지를 받자마자 Relay에게 Ack을 날리고 일정시간 후에 등록된 Relay 정보를 관리 서버에게 알려준다. 이렇게 등록된 Relay와 Agent의 관계는 관리 서버의 데이터베이스에 저장되어 이후 해당 네트워크로 부터의 요청들은 이것을 참조로 해서 처리하도록 한다. 이 방식을 이용하면 Agent는 단지 관리 서버의 정보만 알고 있으면 언제든지 가까운 Relay를 발견하여 동적 터널링을 설정할 수 있도록 할 수 있으며, 서버를 이용하여 Relay 관리의 효율성을 높일 수가 있다.

3.3 오버레이 멀티캐스트 Relay

Relay는 그림 3 에서 보는바와 같이 초기화, 멤버쉽 관리, UMTP 연결, 터널링 관리, 데이터 전송, 시스템관리 모듈로 구성되어져 있다.

Relay는 처음 동작하면 구성 파일을 이용하여 필요한 정보들을 가지고 시스템을 구동시킨다. 멤버쉽 관리 모듈에서는 멀티캐스트 그룹에 참가하는 멤버들의 정보를 관리한다. 이것은 멤버쉽 참가, 멤버쉽 탈퇴, 멤버쉽 정보 검색, 멤버쉽 체크, 로그 feed-back, Relay 로드 요청 처리 기능으로 이루어져 있다. 멤버 식별 ID를 위해서 IPv6 주소

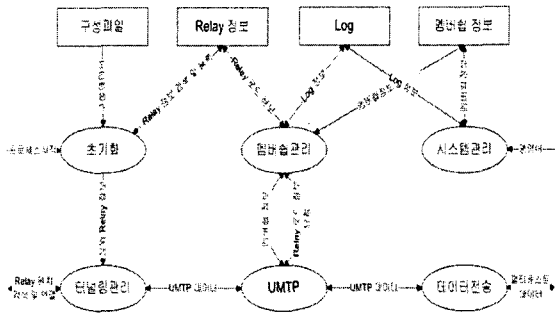

그림 3 오버레이 멀티캐스트 Relay 제어흐름도

와 포트 번호를 이용한 해쉬 테이블을 작성하도록 하고 있다.

UMTP는 Relay간 또는 Relay와 Agent 간에 터널링을 제공해주며 이 모듈에서는 연결, 데이터 전송, 데이터 수신, 종료 기능으로 구성되어져 있다.

터널링은 Soft-state를 유지한다. 즉 주기적으로 알림메시지를 상위 Relay에게 전송해 줌으로써 터널링의 유효성을 지속시키도록 한다. 이것은 비정상적인 종료 등으로 인해서 멤버 탈퇴 메시지가 상위 Relay에게 전달되지 않았을 시에도 계속적인 연결 상태를 유지하는 것을 방지하여 대역폭의 낭비를 방지할 수 있다. 멀티캐스트 데이터가 터널링을 통해서 전달되기 위해서는 UMTP헤더를 이용하여 송신측에서 en-capsulation 되어지고 수신측에서 다시 de-capsulation 되어야 한다. 이러한 기능은 데이터 전송 모듈에서 처리되어 진다. 시스템 관리 모듈에서는 관리자가 현재 접속된 하위 Relay 및 Agent를 모니터링 할 수 있는 기능을 제공한다.

3.4 오버레이 멀티캐스트 Agent

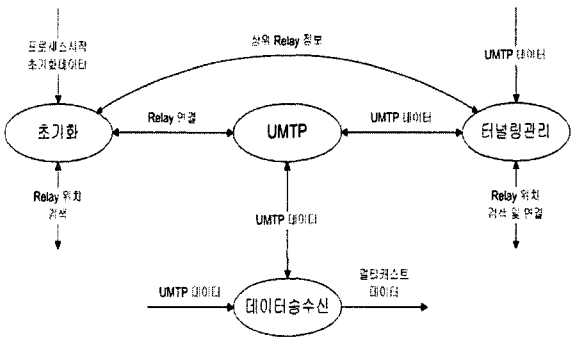

그림 4 오버레이 멀티캐스트 Agent 제어흐름도

Agent는 ActiveX 형태로 웹 브라우저에 포함되어 동작하도록 구성하고 있다. 이것은 윈도우 운영체제환경에서 특별한 소프트웨어의 설치 없이 웹브라우저를 통해서 쉽게 사용할 수 있도록 한다. 이것은 다른 사용자 운영 체제 환경에서는 그에 따른 설치 프로그램으로 구성하여 동작할 수도 있다.

기본적으로 Agent는 Relay와 통신하기 위해서 그림 4 와 같이 몇가지 기본 모듈로 구성되어져 있다. 초기화 모듈은 프로세스가 시작하면서 가까운 Relay를 검색하고 터널링 연결 명령을 실행하도록 하고 있다. Agent는 항상 상위 Relay를 통해서 데이터를 전달 받기 때문에 UMTP를 이용하여 en-capsulation된 데이터를 수신하게 된다. 만일 같은 서브네트워크에서 Relay를 발견하지 못하면 Agent는 수신한 멀티캐스트 데이터를 같은 서브네트워크로 다시 멀티캐스팅 해주는 기능을 수행한다. 이것은 멀티캐스트 그룹 크기가 작은 도메인에 적절한 방식으로 특별히 고성능의 Relay장비를 설치하지 않으면서도 오버레이 멀티캐스트 데이터를 같은 도메인에 있는 모든 멤버에게 전달할 수 있기

때문에 많은 비용을 절감 할 수가 있다. Agent가 Relay 역할을 수행하는 과정은 그림 5 에서 설명하고 있다.

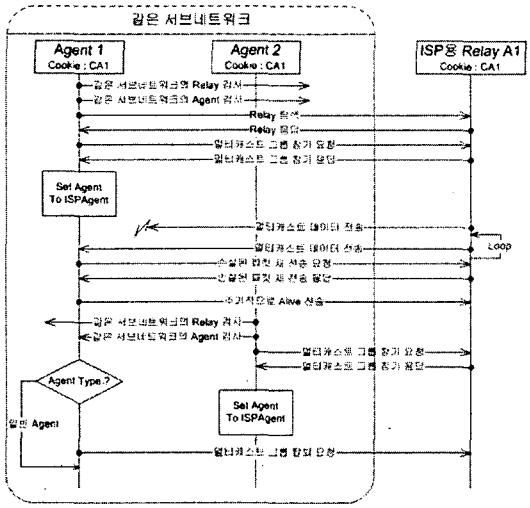

그림 5 Relay 역할 수행을 위한 전체 메시지 흐름도

4. 성능 평가

본 연구를 통해서 개발한 IPv6 용 오버레이 멀티캐스트 시스템의 성능을 테스트하기 위해서 현재 국내에 구축되어져있는 Native IPv6 망인 KOREN망을 이용하여 실제 사용자들을 대상으로 성능을 테스트 하였으며 KOREN망 대역폭의 한계로 인해서 실세계에서 테스트 할 수 없는 부분은 시뮬레이션 환경을 구축하여 장비의 성능을 테스트 하였다. 테스트 시뮬레이션 환경은 그림 6 과 같이 구성되어졌다.

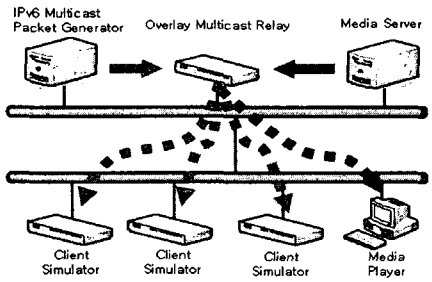

그림 6 성능 테스트를 위한 시뮬레이션 환경 구성도

패킷 생성기는 HDTV 품질을 고려하여 30Mbps 이상의 IPv6 멀티캐스트 패킷을 생성하도록 하였다. 이때, 한 패킷의 크기는 65535Byte로 지정하였으며, 초당 600개의 패킷을 전송하였다. 이렇게 전송된 패킷들은 다수의 터널링을 통해서 각각의 클라이언트 시뮬레이터로 보내지게 된다. 생성되는 터널의 개수는 각각의 클라이언트 시뮬레이터 당 14~15개씩 생성하게 하였다. 미디어 서버에서는 1Mbps의 실제 영상 스트림을 Relay를 통해서 미디어 플레이어에게 전송하고 재생되는 영상의 품질을 확인하도록 하였다.

테스트 결과로는 약 31Mbps의 스트림을 총 29개의 클라이언트 시뮬레이터에게 전송하였을 때 약 60분 동안 3개의 패킷 손실이 발생하였다. 이것으로 Relay가 약 900Mbps (31Mbps*29=918Mbps) 이상의 대역폭을 제공할 수 있음을 알 수 있다. 이러한 Relay의 부하 상태에서도 미디어 플레이어에서는 정상적으로 영상이 재생되었다.

에러율에서는 60분 동안 총 62,637,825개의 패킷이 전송되었고 이 중 3개의 패킷이 손실 되었다. 결과적으로 패킷 에러율은 $4.78*10^{-8}$이 된다.

발생할 수 있는 최대 터널링의 개수를 측정하기 위해서 각각의 클라이언트 시뮬레이터 당 각각 280대~290대의 가상 접속자를 연결하였고 이때 생성된 터널의 개수는 총 850개였다. 이런 부하가 걸린 상황에서도 영상의 품질은 끊이지 않고 정상적으로 재생되었다.

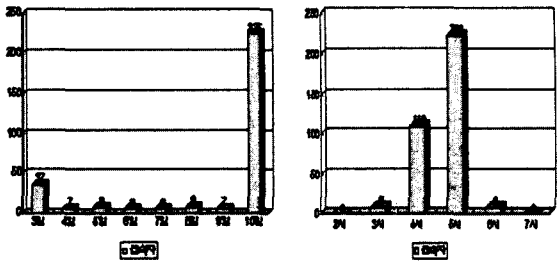

그림 7 일자별 및 시간대별 최대 동시 접속자 통계

시뮬레이션 환경이 아닌 실제 환경에서 다중 사용자 접속에 따른 성능을 평가하고자 KOREN망을 이용하여 약 1주일간 테스트를 수행하였고 최종적으로 그림 7 과 같은 결과를 얻어내었다. 최대 223명의 동시 접속에서도 영상 품질에서 별다른 문제없이 정상적으로 재생되었다. 결과적으로 지금 바로 IPv6 환경으로 전환 되더라도 문제없이 오버레이 멀티캐스트를 이용한 서비스가 이루어질 수 있음을 확인할 수 있었다.

5. 결론

멀티미디어 서비스는 점점 더 활성화 되어질 것이며 그에 따른 사용자 요구도 증가할 것이다. 본 연구는 이러한 인터넷 추세를 반영한 것으로써 고품질의 멀티미디어 응용 서비스를 보다 더 현실화 시키고 있다. 또한, 점차적으로 인터넷이 IPv6로 전환되어가고 있는 부분에 있어서 국내외적으로 IPv6 위에서 동작할 수 있는 멀티캐스트 해결 방안은 상당한 경쟁력을 가질 수 있는 측면에서 긍정적이다.

향후 연구 과제로써는 인터넷이 IPv4에서 IPv6로 전환되어 가고 있는 과도기 시점에서 IPv4-IPv6 컨버전스 네트워크에서 동작할 수 있는 오버레이 멀티캐스트 방식이 필요할 것이다. 이것은 아직도 미비한 멀티미디어 서비스를 활성화 시키는 원동력이 될 것이며, 관련 연구 활동을 보다 더 활발히 촉진 시키는 계기가 될 것이다.

참고문헌

[1] E. Y. Park, S. Y. Han, S. J. Ahn, H. J. Park, and S. C. Shin, "Scalable and Reliable Overlay Multicast Network for Live Media Streaming", Lecture Notes in Computer Science of Springer (LNCS3768), vol. 2, pp. 48-58, 2005

[2] S. Deering, "Host Extensions for IP Multicast", RFC-1112, 1989

[3] J. Jannotti, D. K. Gifford, K. L. Johnson, M. F. Kaashoek, and J. W. O'Toole Jr, "Overcast: Reliable multicasting with an overlay network", In Proceedings of the Fourth Symposium on Operating System Design and Implementation (OSDI), 2000

[4] S. Banerjee, C. Kommareddy, K. Kar, B. Bhattacharjee and S. Khuller, "Construction of an Efficient Overlay Multicast Infrastructure for Real-time Applications", IEEE INFOCOM 2003, San Francisco, 2003

[5] Y. Chu, S. G. Rao, and H. Zhang, "A Case For End System Multicast", In Proc. of ACM SIGMETRICS, 2000

[6] D. Pendarakis, S. Shi, D. Verma, and M. Waldvogel, "ALMI: An application level
multicast infrastructure", In Proc. of the 3rd USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems (USITS '01), 2001

[7] S. Banerjee, B. Bhattacharjee, and C. Kommareddy, "Scalable Application Layer Multicast", ACM SIGCOMM, 2002

[8] S. Deering, and R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", RFC-2460, 1998