
IPv6 멀티캐스트 기반의 쌍방향 원격 강의 시스템

Interactive Remote Lecture System Based on IPv6 Multicast Services

강성호, 추영열
동명대학교 컴퓨터공학과

Sung-Ho Kang(calmsee@tu.ac.kr), Young-Yeol Choo(yychoo@tu.ac.kr)

요약

IPv6 멀티캐스트 주소 내의 Scope ID 필드는 멀티캐스트 트래픽의 목적지의 영역을 나타낸다. 이 Scope ID 를 통해 추가적으로 헤더를 검사하지 않고도 라우터는 트래픽이 전달되는 부속 망을 결정할 수 있다. IPv4 망에서 IPv6 망으로의 유연한 전환을 위해서는 두 망이 공존하는 상태에서의 다양한 IPv6 응용의 개발이 필수 불가결하다. 본 논문에서는 음성, 영상, 강의 자료 데이터를 통합 서비스 하는 양방향 원격 강의 시스템 개발에 관하여 기술한다. 멀티캐스트 그룹 멤버 사이의 대화를 위한 네트워크 접근 권한은 별도의 TCP (Transmission Control Protocol) 통신을 통해 제어된다. 또한 음성 통신 지터를 보정하기 위한 지터 버퍼 알고리즘을 제시한다.

■ 중심어 : IPv6 멀티캐스트 원격 강의 시스템

Abstract

The scope ID field of IPv6 multicast address indicates the zone of the destination for which a multicast traffic is intended. Without any further examination on the header field, the scope ID enables a router to determine whether the traffic will be forwarded to a subnet or not. For the graceful migration from IPv4 networks to IPv6 networks, various IPv6 applications working through IPv4 networks are indispensable during the migration period. This paper describes development of an interactive remote lecture system providing service integration on voice, image, and data of teaching materials. Access right to the network for dialog among multicast group members is controlled via additional TCP (Transmission Control Protocol) session. A jitter buffer algorithm was implemented to improve the voice communication jitters.

■ keyword : IPv6 Multicast Lecture System

1. 서론

전 세계적으로 기하급수적으로 늘어나는 인터넷 주소를 감안할 때, 32비트의 IPv4 체계로는 계속적으로

늘고 있는 주소 요구를 충족시킬 수 없으며, 2013년 경 IPv4 주소가 고갈될 것으로 IETF (Internet Engineering Task Force)에서는 예측하고 있다. 이와 같은 주소 고갈 문제와 Multicast, 이동성 지원, 보안 기술 등 새로

* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성지원 사업으로 수행되었습니다.

접수번호 : #080029-002

접수일자 : 2008년 09월 29일

심사완료일 : 2008년 10월 30일

교신저자 : 추영열, e-mail : yychoo@tu.ac.kr

은 기술을 포용하는데 발생하는 IPv4의 구조상 어려움을 해결하기 위해 IPv6 프로토콜이 제안 되었으며 연동 및 시험을 목적으로 6Bone이라는 가상 망을 1996년부터 구축하여 현재에 이르고 있다[1-3].

IPv6는 128비트의 주소체계로써 IPv4의 많은 문제점을 보완한다. 확장된 헤더에 선택사항들을 기술하여 네트워크의 속도를 전반적으로 증가시키며 패킷의 출처 인증, 데이터 무결성의 보장 등의 기능을 포함한다. Anycast 주소의 도입으로 한 호스트가 자신의 호스트 그룹을 위해 라우팅 테이블을 효율적으로 갱신할 수 있으며, Flow Label 필드를 둬으로써 일련의 패킷들을 개별적으로 인식하여 실시간성이 요구되는 멀티미디어 패킷들에 대해 향상된 QoS(Quality of Service)를 제공할 수 있다[4].

IPv6의 Multicast의 경우 주소의 Format Prefix(FP)의 후미에 Scope 플래그를 두어 직접 패킷의 전송 영역을 지정할 수 있다. IPv6는 Multicast를 위해서 주소 내에 고정적으로 Scope ID를 위한 필드를 할당하므로 라우터에서는 추가적인 헤더 검사가 필요 없으며, 목적지 주소만으로 패킷 전달에 관련된 모든 사항을 결정한다. 또한 IPv4에서의 broadcast 기능이 사라지고 link-local Scope의 All-node Multicast로 대체되었다[5].

IPv4의 Multicast는 기존 구축되어 있는 망의 Multicast 라우터의 부재로 인한 많은 오버헤드를 야기한다. IPv6는 기본적으로 Multicast를 지원하기에 tunneling 방식으로 구축된 기존의 IPv4 Multicast 네트워크를 대체하고 tunneling 오버헤드를 제거할 수 있다[6].

현재 인터넷 망은 IPv6와 IPv4가 혼재해 있다. 점진적으로 IPv6망으로 교체 되어가는 과정에서 IPv6와 IPv4의 전환기술이 필수적으로 요구된다. IPv6전환 기술로는 듀얼스택, IPv4/IPv6 변환, tunneling과 같은 기술이 있다[5]. 듀얼스택은 하나의 시스템(호스트, 라우터)에서 IPv4와 IPv6의 프로토콜을 동시에 처리하는 기술이며 IPv4/IPv6 변환 기술은 IPv4망과 IPv6망 사이의 연동 기술로 IPv4/IPv6 네트워크 간의 게이트웨이에 사용한다. IPv4/IPv6 변환 기술로는 NAT-PT[7],

BIS[8] 등이 있다. tunneling 기술은 IPv6망에서 IPv4망을 거쳐 IPv6 망으로 이동할시 IPv4망에 tunnel을 만들어 IPv6 패킷이 지나갈수 있도록 하는 기술을 의미한다. 듀얼 스택 호스트와 라우터는 IPv6 데이터그램을 IPv4 패킷에 캡슐화하여 IPv4 라우팅 토폴로지 영역을 통해 tunneling 한다. tunneling 기술로는 6to4[9], 6over4, ISATAP, Teredo 등이 있다[10].

IPv6는 이 외에 이동성 지원, 보안기능의 향상 등 많은 장점에도 불구하고 IPv4 대비 킬러 응용(Killer Application)의 부재와 응용 콘텐츠의 부족 등으로 확산이 예상보다 지연되고 있다. 이를 위해서는 보다 다양한 분야의 응용과 콘텐츠의 개발이 필요하다. 또한 현재, IPv6 native 망만을 고려한 콘텐츠는 많이 개발된 반면에 IPv6, IPv4가 혼재된 네트워크에 대한 고려가 미흡하다. 따라서 본 논문에서는 IPv6와 IPv4망 간의 상호연결을 고려한 6to4 tunneling 네트워크와 듀얼스택 시스템 상에서 Multicast를 이용한 음성, 영상, 강의 자료를 통합 서비스하는 원격 강의 시스템을 개발하였다. Multicast와는 별도로 TCP(Transmission Control Protocol) 통신을 통해 강의자와 수강자가 양방향 대화가 가능토록 권한제어 기능을 구현하였으며 음성 전송 지연을 줄이기 위한 지터 버퍼 알고리즘을 구현하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스템의 전체 구성, 음성 및 영상 전송, Multicast, 권한제어에 대해 설명한다. 3장에서는 개발된 시스템을 테스트한 결과와 성능 측정에 대해 기술하고, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

II. 양 방향 화상 강의 System

1. 개요

시스템의 네트워크는 IPv6, IPv4가 혼재되어 있는 상황을 고려한 IPv6 native망을 링크로컬에서 구축하고 6to4 tunneling과 듀얼스택을 통한 IPv6, IPv4 native망과의 접속을 고려한 네트워크를 구축하였다. 개발 환경 및 전체 시스템의 구성은 [그림 1]과 같다.



그림 1. 네트워크 구성도

소프트웨어의 전체 구성은 [그림 2]와 같다. Multicast 통신으로 음성, 영상, 채팅 메시지를 전송하고 TCP통신으로 권한을 제어한다. 강의 중에는 1개의 Multicast 그룹이 동작하고, 수강자의 발언 권한이 부여되면 2개의 Multicast 그룹이 동작하게 된다. 강의의 영상 및 음성은 항상 Multicast되며 강의의 발언 권한 부여에 의해 강의자의 영상 및 음성 또한 Multicast된다. 사용자 측면에서는 강의자와 수강자 시스템으로 구분되고 시스템의 기능 측면에서는 음성 서비스 기능, 영상 처리 기능, 강의자 지원기능 으로 구성된다.

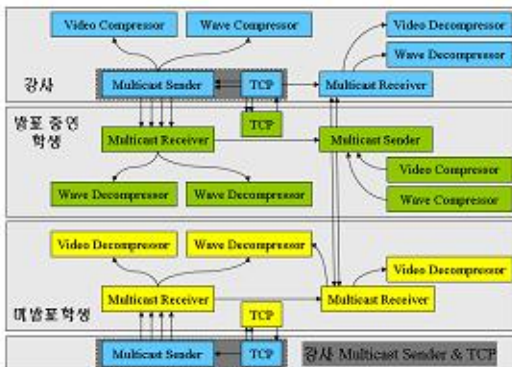


그림 2. 소프트웨어 구성도

2. 영상 및 음성 전송 시스템

2.1 영상 및 음성 데이터 압축

영상 코덱은 Microsoft MPEG-4 Video Codec Version3를 사용하였으며, 이 코덱은 MPEG-4 Version 2보다는 압축 데이터가 크나 양질의 영상을 제공하며, MPEG-4 Version 1,2 보다 개선된 압축률을

제공한다. MPEG-4 코덱을 사용하여 320*240 크기의 화면을 전송한 경우 1초에 평균 4~8 Frame 정도의 동영상 재생이 가능했다.

음성 압축에 사용 된 코덱은 G729이다. 이 코덱은 ITU-T에서 표준으로 채택되어 있으며, VoIP시장에서 G723.1과 함께 가장 각광받는 코덱중 하나이다.

G729의 Bit Rate는 8Kbps이며 80samples (160Bytes)의 음성 데이터를 인코딩하여 10 Bytes의 압축 데이터를 생산한다[11].

송신측에서 영상과 음성은 하나의 Frame이 수집되면 Thread에 메시지를 보냄으로써 데이터가 수집되었음을 알리고, Thread에서는 이 데이터를 코덱으로 압축 과정을 거치고 Multicast를 수행한다. 수신된 영상 데이터는 영상 재생 Thread로 보내지게 되고, 여기서 압축을 풀고 재생 한다(그림 3).

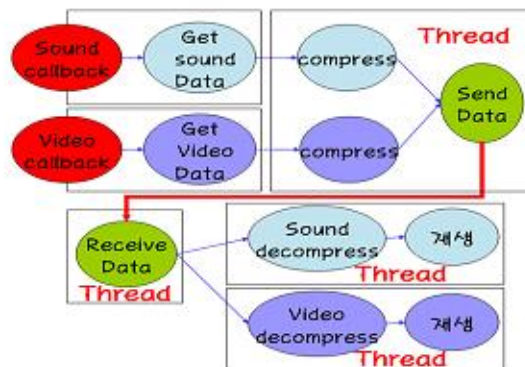


그림 3. 영상, 음성 전송 흐름

음성 데이터의 경우 네트워크의 상황에 따라 패킷의 손실 및 전송지연이 발생하고 이 전송 지연 시간이 일정치 않음에 따라 전송 지연의 변화, 즉 지터에 의한 음성 통신 품질의 저하가 초래된다. 이를 대응하기 위해 수신측에 전송지연의 변화를 smoothing 하기 위한 지터 버퍼가 필요하다. 또한 음성을 전송하면 마이크 및 통신 라인의 성능에 따라 많은 잡음이 존재 하게 된다. 이에 잡음을 제거하기 위해 일정대역폭 이상과 이하의 Frame은 재생하지 않는 묵음 처리를 한다.

2.2 음성 지터 보정

실시간 음성 전송에 있어서 QoS를 향상하는 방책으로 지터를 보정하는 지터 버퍼가 있다[12].

G.729에서 전송 속도는 8 Kbps이고 80 개의 샘플이 하나의 Frame을 생성하므로 10ms당 하나씩의 Frame이 생성되는 셈이다.

Multicast는 UDP를 이용한 전송으로써 패킷의 신뢰성을 보장할 수 없다. 이러한 점을 고려하여 수신측은 음성 데이터를 받으면, [그림 4]과 같이 패킷 도착 시간을 삽입하고, Num과 음성 데이터와 함께 구조체 형으로 버퍼에 저장하여 패킷의 순서와 손실 유무를 정의한다.



그림 4. 지터 버퍼 구현 방법

G.729 코덱은 10ms당 하나의 Frame을 생성하므로 30ms동안 3개의 Frame을 저장할 수 있다. 이에 30ms 동안 미리 채워 둬으로써 버퍼의 공백을 막는다.

두 패킷의 Num의 차를 비교하여 0보다 작다는 것은 순서가 바뀌어서 들어왔음을 의미하고, 10보다 크다는 것은 중간에 많은 패킷들이 순서가 바뀌었거나, 손실되었음을 의미한다. 이러한 경우의 패킷은 모두 무시되며 재생 시 G.729 코덱의 패킷 은닉 알고리즘에 의해 자동적으로 은닉된다[11].

평균 delay 시간에서 G.729의 하나의 Frame 생산 시간인 10ms를 제하여 평균 전송지연을 구하고 재생 시 평균 전송 지연만큼 지터를 보정하여 향상된 품질의 음성을 얻을 수 있다.

네트워크의 상태가 악화되었을 경우를 고려하여 계산되어진 지연을 매 20초마다 갱신한다. 갱신하지 않는다면 지연이 계속적으로 계산되어 음성의 이격현상이 발생한다.

다음은 앞에서 설명한 과정을 요약한 알고리즘이다.

```

1. Do buffering data for 30ms
2. while (Buffer is not empty){
    Get buffer;
    if((buffer(i).Num - buffer(i-1).Num) < 0 ||
       (buffer(i).Num - buffer(i-1).num) > 10)
       continue;
    else
       calculate delay time & ave. delay;
}
    
```

현재는 링크-로컬의 범위의 통신을 가정하여 30ms로 하였으나 더 넓은 범위의 Multicast 네트워크를 고려한다면 버퍼에 데이터를 모으는 시간은 네트워크의 범위에 따라 적절히 조정 할 수 있다.

3. Multicast Service 구현

3.1 송수신 Message format

본 시스템에 사용되는 Multicast 데이터로는 권한 제어, 음성, 영상, 채팅과 같은 다수의 데이터가 필요하고 이에 다수의 Multicast Socket을 생성하는 것은 자원의 낭비이다. 따라서 하나의 Multicast Socket으로 많은 종류의 데이터를 받기위해 각 패킷의 타입을 [그림 5]과 같이 정의 하였다. 패킷의 Payload 앞에 숫자를 삽입하고, 이 숫자에 따라 패킷의 역할이 달라진다.

1	BitmapInfoHeader	영상 DATA
2	음성 DATA	
3	채팅 메시지	
4	주소	
5	DROP	

그림 5. 서비스별 송수신 메시지 번호

영상과 음성의 한 Frame이 만들어지면 Callback에서 Multicast Thread로 메시지를 보낸다. Multicast Thread는 이러한 메시지를 수신하면, 어떠한 타입의 메시지인지 확인하고, 영상이면 1번 Type의 Payload

를 구성하고, 음성이면 2번 Type의 Payload를 구성한다.

3번 Type의 Payload와 4번 Type의 Payload는 TCP로 받은 데이터의 종류에 따라 TCP Thread에서 Multicast Thread로 메시지를 송신하고, 수신한 메시지에 따라 Multicast Thread에서 3번과 4번 Type의 Payload데이터를 구성한다.

5번 Type의 Payload는 강사가 Client의 Multicast를 끝내고자 할 경우에 사용된다.

이렇게 구성되어진 메시지는 Multicast로 송신되며, 1번과 2번 Type의 Payload는 Client와 Server 양측에서 모두 사용된다. 나머지 Type의 Payload는 오로지 Server에서만 송신된다. 수신된 Payload는 Type에 따라 해당 서비스 Thread로 보내진다.

3.2 권한제어

본 절은 IPv6 TCP 프로토콜을 이용하여 Client에게 발언 권한을 부여하는 시나리오에 대한 설명이다 (그림 6 참조). 모든 Client는 Multicast 그룹 가입과 동시에 TCP로 Server에 연결을 시도한다. 이때 송신되는 데이터는 주소형 데이터 또는 문자열 데이터로, 주소형 데이터는 권한을 요청 시, 문자열 데이터는 채팅 메시지로 사용된다.



(a) 권한 요청 과정 (b) 그룹 주소 송신 과정
그림 6. 권한 요청 시나리오

- 1) Client (수강자)가 발언 권한을 요청하면서 Server로 자신의 Multicast 주소를 전송.
- 2) Server의 TCP Thread에서는 수신 데이터를 검사하여,
 - 주소형 데이터이면, Server는 Client에게 승낙 혹은 거절의 메시지를 4번 번호를 삽입, TCP로 송신한다.
 - 문자열이면, 번호 3을 데이터 앞에 삽입하여

Multicast.

- 3) Client가 TCP로 승낙의 메시지를 수신하면 Multicast Thread를 시작하고, 거부 메시지를 수신하면 아무런 동작도 하지 않는다.
- 4) Client는 주소 (4 번 데이터)가 수신이 되면 자신의 주소와 비교, 같으면 아무런 동작도 하지 않으며, 같지 않으면 수신한 데이터의 주소로 그룹 가입 한다.
- 5) 강사가 수강자의 권한을 끝내고 싶다면, DROP 메시지를 송신 한다.
- 6) DROP 메시지를 수신한 Client는
 - Multicast 중이면 Multicast Thread를 종료
 - 이외의 경우는 그룹 탈퇴.

이래 [그림 7]은 한 Client 1이 Server로 권한을 요청하고 Server가 권한을 부여하여 2개의 Multicast가 동작하는 화면 이다.

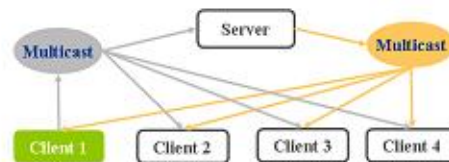


그림 7. 권한 부여 시 데이터 흐름

III. 결과 및 성능 평가

본 논문에서는 하나의 Multicast 상의 시스템이 아닌 다중 Multicast를 사용하여 원격강의 시스템을 구현 하였다. 따라서 기존의 Multicast를 사용한 원격 강의 시스템과는 다른 구조로 인해 서비스의 품질의 저하 여부를 확인하기 위하여 실제 구현과 테스트 베드 상에서의 성능을 측정하여 시스템의 동작 여부를 확인 하였다. 본 논문에서 구현된 시스템의 서비스 가용성을 알아보기 위해 강의자와 수강자의 Multicast 그룹을 모두 가입한 상태에서 영상 및 음성 패킷의 지연과 음성 및 영상의 품질을 실측하였다.

Multicast 음성, 영상 전송의 품질을 측정하기 위해 서 근거리 망으로 쓰레기 UDP 패킷을 5Mbps씩 2곳

에서 부하를 생성하고 Multicast Client를 8대를 설치하여서 데이터를 전송해본 결과 음성 코덱의 Frame Duration 지연인 기본적인 10ms의 지연이 나타났다. 5시간 정도의 실험으로 10000 Frame 송신 시 5ms ~ 7ms 정도의 전송 지연이 있었다. 즉, 이는 LAN 환경에서의 테스트로 네트워크에서 라우팅 시의 지연 외에 컴퓨터 내에서의 처리 지연은 미미함을 알 수 있다.

또한 Native IPv6망이 아닌 6to4 tunneling을 통한 전송 결과는 30ms (Frame 지연 10ms + 전송 지연 20ms)의 평균 지연 시간이 있었으나 음질에 큰 영향을 미치지 않았다.



그림 8. Test 환경



그림 9. 결과 화면

IV. 결론

본 논문은 기존의 강사에 의한 단방향 Multicast 강의 시스템을 개선하여 강사와 수강자의 상호 의사소통이 가능한 쌍방향 화상 강의 시스템을 다중 Multicast을 이용하여 구현하였다. 수강자의 발표 시 Multicast 그룹을 생성하고, 수강자의 발표가 끝나면 생성된 Multicast 그룹을 소멸하여 네트워크상의 트래픽을 고려하였으며, IPv6와 IPv4가 혼재되어 있는 현재의 상황을 반영하여 6to4 tunneling 네트워크, 듀얼스택 시스템을 구현하였다.

강의 시스템에 필수 요소인 power point 화면은 웹 브라우저 Active X를 이용하여 구성하였다. 음성 데이터는 VoIP 기술에 많이 사용되는 G.729 코덱을 사용하여 압축 전송 하며, MPEG-4 Version 3 코덱을 사용하여 320*240의 고품질 화상 데이터를 1초에 4~8 Frame 압축 전송 가능한 시스템을 제작하였다. 또한 음성 전송에 효율적이고 모든 음성 전송 시스템이 쉽게 접목할 수 있는 지터 보정 알고리즘을 제시하였다.

앞으로 본 강의 시스템의 실제 적용을 위하여 실시간 멀티미디어 데이터의 전송에서 가장 고려되어야 할 망의 악조건에서의 전송 지연에 대한 보다 정밀한 실험 데이터와 실제 네트워크 사상의 총체적인 부분의 고려된 다각적인 성능 측정이 요구된다.

참고 문헌

- [1] S. Deering and R. Hinden, *Internet Protocol, Version 6(IPv6) Specification*, RFC2460, 1998
- [2] J. Davies, *Introduction to IP Version 6*, Microsoft Press, 2003.
- [3] <http://www.6bone.net>
- [4] E. C. K. Poh and H. T. Ewe, "IPv6 packet classification based on flow label, source and destination addresses," Proc. of the 3rd Int'l Conf. on Information Technology and Applications, Vol.2, pp.659-664, 2005.

[5] J. Davies, *UNDERSTANDING IPv6*, Microsoft Press, 2002.

[6] R. Hinden and S. Deering, *IP Version 6 Addressing Architecture*, RFC2373, 1998.

[7] G. Tsirtsis, *Network Address Translation-Protocol Translation (NAT-PT)*, RFC-2766, 2000.

[8] B. Carpenter, *Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds*, RFC-3056, 2001.

[9] K. Tsuchiya, *Dual Stack Hosts using the Bump-In-the-Stack Technique (BIS)*, RFC-2767, 2001.

[10] A. Conta and S. Deering, *Generic packet Tunneling in IPv6 Specification*, IETF RFC 2473, 1998.

[11] ITU-T, *Recommendation G.729*, 1996.

[12] H. Schulzrinne, *RTP : A Transport Protocol for Real-Time Applications*, RFC-1889, 1996.

추 영 열(Young-Yeol Choo)

정회원



- 1986년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 (공학사)
- 1988년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 (공학석사)
- 2002년 2월 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

- 1988년 6월 ~ 1994년 6월 : 포항산업과학기술연구원 선임연구원
- 1994년 7월 ~ 2002년 8월 : 포스코 기술연구소 책임연구원
- 2005년 1월 ~ 2005년 7월 : 독일 Fraunhofer IESE visiting scientist
- 2002년 9월 ~ 현재 : 동명대학교 컴퓨터공학과 조교수

<관심분야> : USN, Ambient Intelligence, Computer Communication, Network Security, Factory Automation.

저자 소개

강 성 호(Sung-Ho Kang)

준회원



- 2006년 2월 : 동명 정보대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 컴퓨터공학과 석사과정
- <관심분야> : USN, Bluetooth, Network Simulation, PLC (Power Line Communication), IPv6