

한-유럽간 트랜스유라시아 망을 이용한 IPv6 기반 멀티캐스트 응용 도구 개발 및 실험

인 민 교[†]·이 승 윤[†]·박 기 식[†]

요 약

본 논문에서는 새로이 개통된 아시아와 유럽을 잇는 TEIN(TransEurasia Information Network)을 이용하여, IPv6 기반으로 멀티캐스트 화상회의 시스템 개발 및 실험에 대하여 설명하며, 한-유럽간 효율적인 화상회의 실험을 위한 IPv6 멀티캐스트 망 설치 방법 및 IPv6/IPv6 설정 터널링 방법을 제시한다.

Implementation and Experiments of IPv6-based Multicast Application over TEIN (TransEurasia Information Network)

Min-Kyo In[†] · Seung-Yun Lee[†] · Ki-Shik Park[†]

ABSTRACT

In the paper, we describe the IPv6-based multicast videoconferencing tool and its experimental results by using TEIN (TransEurasia Information Network) which is connected between Korea and Europe recently. And we explain the efficient configuration method of IPv6 multicast as well as IPv6 configured tunneling in between Korea and Europe.

키워드 : IPv6, 멀티캐스트(Multicast), 화상회의(Videoconferencing), VIC, HVIC, NTE, TEIN

1. 서 론

현재 사용되고 있는 IPv4 기반의 인터넷은 32비트 주소체를 사용하여 이론적으로는 약 40억개의 주소 공간을 제공할 수 있지만, 인터넷 초기 시절 무분별한 클래스 단위의 할당 및 1988년 이후 해마다 2배 이상의 증가 추세를 보이는 등 이미 그 한계를 드러내고 있다. 실제로 IPv4 체계하에서의 인터넷 주소는 거의 고갈 단계에 있으며, 보안 및 서비스 품질 제공 측면에서도 보다 안전하고 진보된 형태의 서비스의 제공을 절실히 요구하고 있다. 현재 이러한 문제점에 대한 해결책으로 차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6(Internet Protocol version 6)[1]의 도입이 전세계적으로 추진 중이다. IPv6는 무한한 인터넷 주소 공간을 제공할 뿐만 아니라 정보보안, 서비스 품질, 이동성 및 자동 네트워킹 등 다양한 기능 등을 제공할 수 있다. 그러나 이에 대한 활용 정도는 아직 6Bone[2]과 같은 실험망 정도에 머무르고 있는 실정이다. 멀티캐스트 화상회의 분야에서도 마찬가지로 주로 IPv6를 지원하는 호스트들만의 연결로 이루어진 순수(na-

tive) IPv6 망에서의 주로 일대일 전송(unicast)에 국한 되어 왔다.

그러나 최근 들어 MBONE(Multicast Backbone) 활용 연구에서 두각을 나타냈던 세계 유수 연구기관 들이 화상회의 프로그램 등 기존의 IPv4 응용 들을 IPv6 망에서 실험 및 이식작업을 시작했으며, 망쪽에서도 아시아와 유럽을 잇는 TEIN(TransEurasia Information Network)[3],이 개통됨으로써 6Bone망의 테스트에서 벗어나 확장한 실험을 수행할 수 있는 여건이 마련되었다.

따라서, 본 논문에서는 이 일환으로 아시아 유럽간 잇는 대륙간 네트워크인 트랜스유라시아 망 기반의 IPv6 프로토콜 기반 화상회의 실험 테스트 베드 구축/테스트 및 응용 개발에 대하여 기술한다. 실험에서 가장 중요시 되는 것은 망 구성/설정 및 각 라우터의 멀티캐스트 지원 여부이다. 현재 한-유럽간에는 IPv6 연결이 맺어진 상태이나, 아직 멀티캐스트를 지원하지 않기에, 논문에서는 IPv6/IPv6 gif 터널링 방식을 이용하여 실험을 수행하였다. 논문 2장에서는 망구성 정보와 테스트 베드 구축 방법 및 ETRI-서울대간에 개발한 HAT(High-quality audio tool)의 구성에 대하여 설명하며, 3장에서는 TEIN에서의 멀티캐스트 실험 및 결과 분석

[†] 정 회 원 : 한국전자통신연구원
논문접수 : 2002년 7월 29일, 심사완료 : 2002년 8월 29일

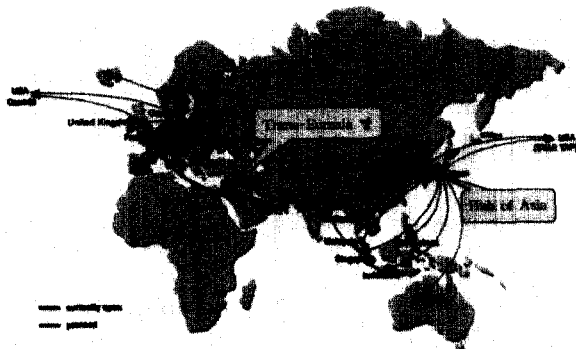
을 하며, 마지막 4장에서 결론을 맺는다.

2. 망 구성 및 응용 테스트 베드 구축

본 논문에서 고려하는 것은 IPv6기반의 멀티캐스트 응용 실험이며 최근 개통된 TEIN을 이용한 실험을 시행한다. 따라서 이 절에서는 TEIN망의 의미 및 망 구성도에 대하여 설명할 것이며, 멀티캐스트 실험이 가능하도록 하는 IPv6/IPv6 터널링 방식에 대하여 구체적으로 설명한다.

2.1 트랜스유라시아 정보 망(TEIN : TransEurasia Information Network)

TEIN(TransEurasia Information Network)은 아시아와 유럽을 잇는 대륙간 네트워크로서 아시아에서는 한국이, 유럽에서는 프랑스가 허브 역할을 수행하게 되는 네트워크이다. 즉 한국은 아시아 망의 연동 포인트가 되고, 프랑스는 유럽 망의 연동 포인트가 되며, 그 역할은 각각 KOREN과 RENATER가 맡게 된다. 아시아 망은 일본을 통해 아시아 국가와 연동을 하게 되며, 유럽은 프랑스를 통해 유럽 백본망인 GEANT/TEN-155로 연동하게 된다[3-7](그림 1) 참조.



(그림 1) TEIN 망 연동 구조

2.2 터널 기반의 IPv6 멀티캐스트 실험 망 구축

본 논문에서 고려한 멀티캐스트 화상회의 시나리오는 크게 2 단계로 나누어진다. 1 단계는 TEIN을 통해 순수(native) IPv6 연결이 이루어진 상태에서 멀티캐스트를 위한 IPv6 터널링을 이용하여 2자간 멀티캐스트 실험을 하는 것이다. 2 단계는 ETRI ↔ Renater ↔ UCL간의 3자 멀티캐스트 실험 하는 방법이다. 1단계의 1차 실험에서는 한국의 ETRI와 영국의 UCL이, 2차 실험에서는 ETRI와 프랑스 Renater가 실험에 참여하고 있다. 구체적인 실험 시나리오는 아래와 같다.

1 단계 : TEIN망을 이용한 IPv6 기반의 한-유럽간 멀티캐스트 실험

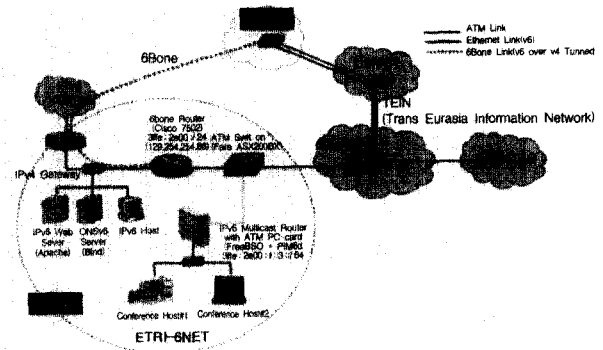
- 1차 실험 : ETRI(한국) ↔ UCL(영국)간 화상회의 실험

(사용도구 : VIC, NTE, HAT)

- 2차 실험 : ETRI(한국) ↔ Renater(프랑스) 간 화상회의 실험(사용도구 : VIC, NTE)

2 단계 : TEIN 망을 이용한 IPv6 기반의 ETRI ↔ Renater ↔ UCL 3자간 멀티캐스트 실험(사용도구 : VIC, NTE, HAT)

(그림 2)는 본 실험에 이용된 멀티캐스트 화상회의 실험의 전체적인 구성도로 현재 ETRI와 UCL 및 Renater의 연결 상태를 볼수 있다. 구성도에서 한가지 유의할 것은 ETRI와 UCL사이에 TEIN을 통한 연결 외에 6Bone으로 연결된 모습을 볼수 있다. 이 6Bone 망은 기존의 인터넷 프로토콜인 IPv4를 차세대인터넷 프로토콜인 IPv6로의 교체를 목적으로 구성된 범세계적인 비공식 협력 프로젝트로써 초기에 IPv6 관련 표준과 구현을 실험하기 위한 테스트베드 구축을 시작으로, 현재는 프로토콜 전환 및 운영에 주력하고 있는 프로젝트로 TEIN 개통 이전에는 6Bone 망을 이용하여 실험을 수행하였다.



(그림 2) IPv6 멀티캐스트 망 구축 및 실험 환경

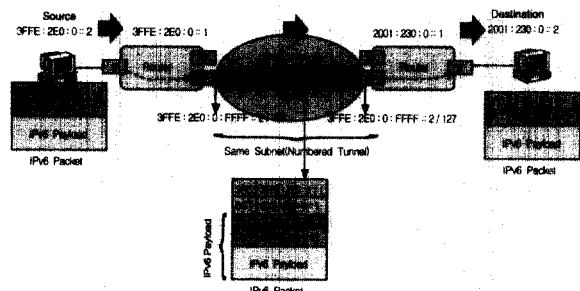
2.2.1 TEIN 망을 이용한 한-유럽간 gif 설정 터널

본 논문은 IPv6 기반의 IPv6 멀티캐스트 화상회의 도구의 실험에 그 목적이 있다. 실제로 IPv6 멀티캐스트 실험을 위해서는 실험하려는 두 기관의 라우터 뿐만 아니라 중간 라우터에서도 IPv6 멀티캐스트 전송 기능이 지원되어야 한다. 그러나 현실적으로 ETRI와 유럽 기관 사이의 다수의 라우터들이 IPv6 라우팅을 지원하지 않고 있으며, 지금은 단지 한국과 유럽지역이 TEIN을 통하여 순수 IPv6 연결이 이루어진 상태이다. 따라서 실험을 위해서는 두 기관 사이에 터널링 작업을 수행하여 물리적으로 복잡하게 연결된 라우터를 논리적으로 하나의 망에 존재하는 것처럼 설정해야 한다. 이에 1단계 실험에서 IPv6/IPv6 터널링 방법을 이용하여 ETRI ↔ UCL간 1차 실험과 ETRI ↔ RENATER(프랑스)간 2차 실험을 수행하였다.

2.2.2 IPv6/IPv6 터널링 설정

IPv6/IPv6 방식은 기존의 양 기관 사이에 순수 IPv6 유니

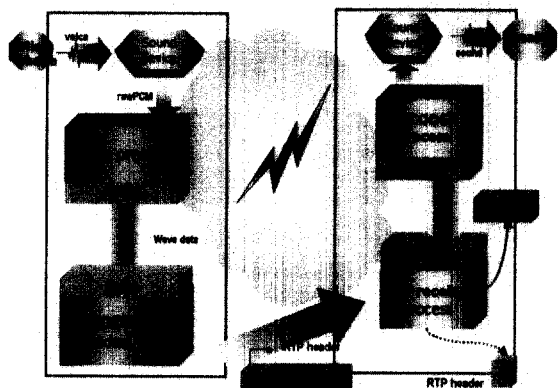
캐스트 접속이 가능한 상태에서, 필요에 의해 IPv6를 터널링을 연결하는 것이다. 본 논문의 경우에는 IPv6를 지원하는 망의 중간 라우터들의 대부분이 멀티캐스트를 지원하지 않는 관계로 IPv6/IPv6 터널을 이용하여 end-to-end 멀티캐스트를 가능하도록 터널링을 이용하였다. 터널 방식으로 설정 터널(configured tunnel) 방법을 사용한다. (그림 3)에서 볼수 있듯이 소스(source)측에서 IPv6 패킷은 터널링 영역에서 터널 TEP 주소를 소스 주소와 목적지 주소를 갖는 새로운 IPv6 패킷의 내용(Payload)가 되어 전송되고 터널을 지난 후 다시 원래의 패킷으로 전송되는 것을 알 수 있다.



(그림 3) 설정 터널링(configured Tunnel) 방식

2.3 HAT(High-quality Audio Tool) 개발

HAT[8]은 ETRI-서울대간에 개발된 고품질 음성회의 도구로서 본 논문에서는 HAT 개발에 대한 세부적인 사항 및 동작을 설명하지는 않을 것이며, 단지 기본적인 구조과 동작에 대한 설명만을 할 것이다. HAT은 MP3 데이터를 기반으로 설계된 음성회의 도구로서 크게 송신부, 수신부 그리고 사용자 인터페이스 3개의 부분으로 나눌 수 있다. (그림 4)는 HAT를 구조를 간략히 도식화 하고 있다. 송신부는 음성신호를 WAV 형식으로 변환하는 MIC 프로세스와 WAV 형식의 데이터를 MP3로 압축해서 RTP payload에 실어서 네트워크로 전송하는 엔코더 프로세스로 이루어져 있다. 수신부는 자신이 참여하고 있는 회의 세션의 멀티캐스트 주소로 전송되어진 모든 패킷을 수신하여 처리하는



(그림 4) HAT의 송수신부 동작

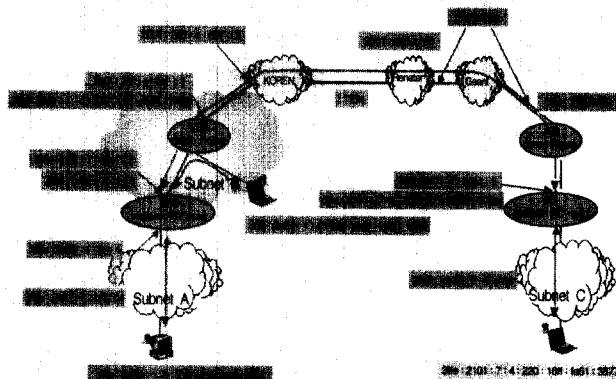
리시버(receiver) 프로세스와 MP3 데이터를 받아서 디코딩하는 디코더(Decoder) 프로세스로 이루어진다. 마지막으로 사용자 인터페이스에는 멀티캐스트 주소와, 사용자 정보, 엔코더, 디코더 프로세스를 위한 옵션이 있으며, 현재 세션에 참가하고 있는 참가자에 대한 이름, 전화번호, 연결상태, 전송 받는 데이터를 볼수 있도록 설계되어 있다.

3. TEIN 망을 이용한 멀티캐스트 화상 실험

3.1 IPv6/IPv6 터널을 이용한 1차 멀티캐스트 테스트(ETRI ↔ UCL)

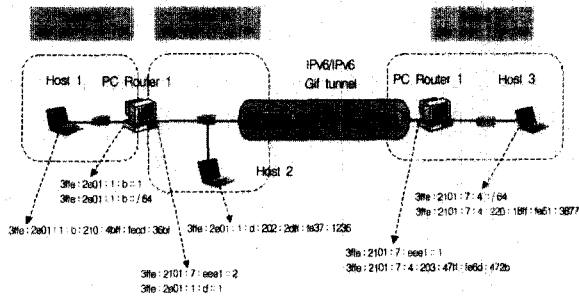
1단계 멀티캐스트 화상회의 실험은 한국의 KOREN과 프랑스의 Renater간에 TEIN망이 연결됨으로서, 기본적으로 IPv6 연결이 되어 있는 상태에서 한국의 ETRI와 영국의 UCL 대학 사이에서 이루어졌다. 테스트 도구로는 영국 UCL에서 개발인 화상회의 도구인 VIC(Videoconferencing Tool), NTE(Network Text Editor)[9]과 ETRI와 서울대에서 공동 개발한 HAT(High-quality Audio Tool)[8]을 이용하였다. 실험은 IPv6/IPv6 gif 터널링을 설정하여 이루어졌다. 멀티캐스트 라우팅 프로세스로는 pim6dd로 이는 PIMv2(Protocol Independent Multicast Version2) Dense Mode[10]로 IPv6를 위한 것이다. 즉, IPv6 PIM-DM을 운영하는 IPv6 멀티캐스트 라우팅 프로세스로, 본 논문에서 사용하는 라우팅 데몬이다.

멀티캐스트 실험을 위해 구성한 물리적인 네트워크 구성은 (그림 5)과 같다. 네트워크 구성은 크게 3개의 서브넷으로 나뉜다. 첫째는 ETRI에서 구성된 서브넷으로 3ffe:2e01:1:b::/64로 구분되는 서브넷 A와 둘째는 3ffe:2e01:1:d::/64로 구분되는 서브넷 B와 마지막으로 UCL에서 구축한 3ffe:2101:7:4::/64로 구분되는 서브넷 C이다. 서브넷 A와 서브넷 B는 순수(native) IPv6로 연결되어 있으며, ETRI와 UCL 사이에는 IPv6/IPv6 터널링을 이용하여 연결되어 있다. 구성에서 유심히 살펴볼 부분은 KOREN과 Renater측의 연결 모습으로 TEIN 네트워크를 이용하여 순수 IPv6로 연결된 것이다.



(그림 5) IPv6 멀티캐스트 실험을 위한 ETRI ↔ UCL 네트워크 구성도

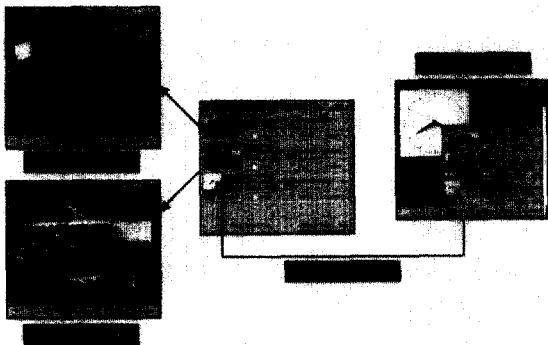
각각의 주소를 보면 ETRI 측 TEP IPv6 주소는 "3ffe:2e01:1:d::1"이고, UCL측 TEP IPv6 주소는 "3ffe:2101:7:4:203:47ff:fe6d:472b"를 갖는다. 두 라우터 사이의 터널링 주소는 각각 3ffe:2101:7:eee1::1(UCL)과 3ffe:2101:7:eee1::2(ETRI)을 갖는다. 이에 대한 논리적 구성도는 (그림 6)과 같다. 논리적으로 3개의 독립적인 서브망으로 구성되며, 서브망 B와 서브망 C는 터널링에 논리적으로 하나의 망처럼 인식된다.



(그림 6) ETRI-UCL간 논리적 네트워크 구성도

3.1.1 VIC을 이용한 멀티캐스트 화상회의 실험

VIC[9]은 멀티캐스트 화상회의 도구로 현재 IPv6망에서 동작되도록 설계되어 있다. (그림 7)는 TEIN을 통하여 영국의 UCL과 ETRI가 실험한 1단계 실험 결과를 보여 준다. 왼쪽 서브넷 A와 서브넷 B는 ETRI측의 화상이며 오른쪽 서브넷 C는 영국의 UCL 실험 장면으로 UCL에서 유럽망인 GEANT망을 통해 TEIN을통해 전달된 화상이다. 화상 전송은 비교적 원활하였으며, 약간의 지연(delay) 현상만을 보였다[7].

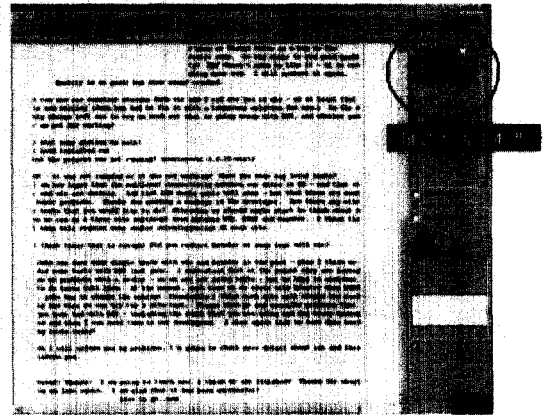


(그림 7) vic을 통한 멀티캐스트 화상회의 실험 장면

3.1.2 NTE을 이용한 멀티캐스트 텍스트 실험

NTE는 UCL에서 개발중인 IPv6기반의 네트워크 텍스트 도구(Network Text Editor)이다. (그림 8)을 NTE 실험 장면이다. 이 도구는 화면의 오른쪽 상단에 각 세션 참여자의 모습이 나타나며, 왼쪽 화면에 내용을 입력할 수 있는 프레임이 생성된다. 실험에서는 총 4명의 참가자 즉, ETRI의 2명

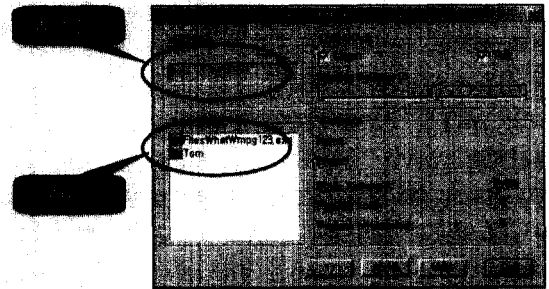
과 UCL측 2명이 참여 하였으며, 화면 왼쪽에 각자의 토의가 진행되는 면을 볼수 있다. 각 호스트의 세션 참여에는 전혀 문제점이 없었으며, 내용 입력상에서도 인지 가능한 지연 현상은 보이지 않았다.



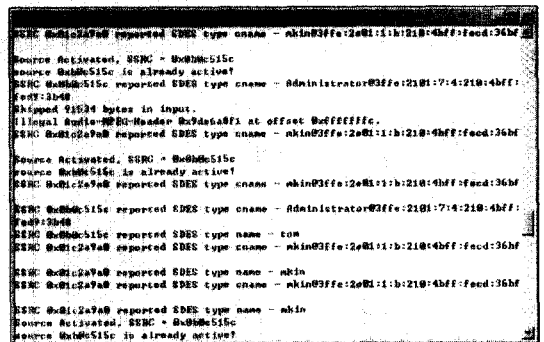
(그림 8) nte을 통한 멀티캐스트 화상회의 실험

3.1.3 HAT(highquality audio tool)을 이용한 멀티캐스트 음성 실험

HAT[8]은 2001년도에 ETRI-SNU(서울대)의 개발한 고품질 멀티캐스트 오디오 툴로서, IPv6 기반 위에 동작하며 mp3 엔코더로 lame이 사용되었고, 디코더로는 mpg123이 사용되었다. 또한 오디오전송 프로토콜은 RTP/RTCP[10]이 사용



(a) HAT 실험 제어 화면

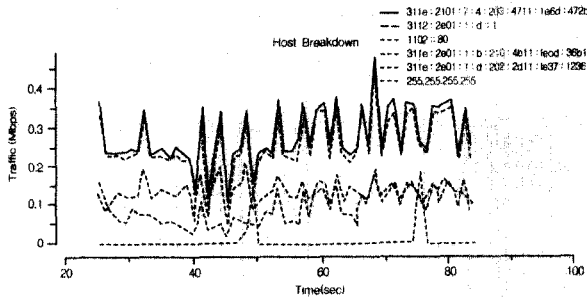


(b) HAT 실험상의 프로세서 정보

(그림 9) ETRI-UCL간 HAT 실험 : (a) HAT 실험 제어 화면, (b) HAT 실험상의 프로세서 정보

되었으며 멀티캐스트는 물론 유니캐스트 전송을 지원한다. 본 실험에서는 음성 테스트에서는 큰 무리가 없었으며, 상호간에 대화에도 별 문제점이 없었다. 다만 중간 중간에 약간의 끊김 현상이 발생하였다. 이는 아직까지 전송대역폭이 충분하지 못한 한계 때문인 것으로 분석된다. (그림 9)은 HAT 실험 장면을 보인 것으로 세션 참여자가 두명인것을 알 수 있다. 선택 옵션을 보면 듣기(listen)와 말하기(talk)로 분리되어 있으며, 주고 받는 데이터의 유실여부 등의 상태 정보를 볼 수 있다. (그림 9)(b)는 내부적으로 프로세서가 동작하는 모습을 보인 것이다. 실험상에서 음성이 정상적으로 들리지 않을 경우에는 이 화면에서 그에 대한 오류 메시지를 확인할 수 있다.

(그림 10)은 실험중에 ETRI-UCL 간의 주고 받는 멀티캐스트 패킷의 양을 각 주소 및 인터페이스별로 측정하는 것으로, 측정 도구로는 TTT(Tele Traffic Tapper)를 사용하였다. 그림에서 알 수 있듯이 다수의 IPv6 멀티캐스트 패킷을 라우터에서 송수신 하고 있다. 각 세션별로 송수신 패킷의 트래픽 양은 대체로 0.1~0.6Mbps를 오고 갔으며, 실험기간 중 지속적인 트래픽 양을 보여 주었다.

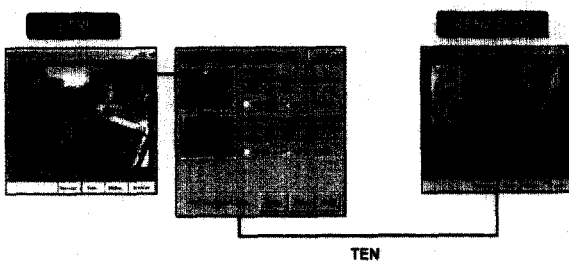


(그림 10) ETRI-UCL간 멀티캐스트 실험 중 각 세션별 데이터 변화

3.2 IPv6/IPv6 터널을 이용한 2차 멀티캐스트 테스트(ETRI ↔ Renater)

3.2.1 VIC을 이용한 멀티캐스트 화상회의의 실험

이번 실험은 화상 시나리오 1단계의 2차 실험으로 ETRI와 프랑스 Renater와의 멀티캐스트 화상회의의 실험을 보인 것이다. 테스트 툴로는 vic와 nte가 사용되었으며, TEIN 망

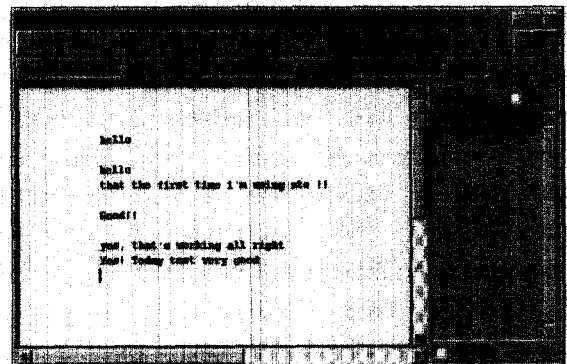


(그림 11) vic을 통한 멀티캐스트 화상회의의 실험 장면(ETRI ↔ Renater)

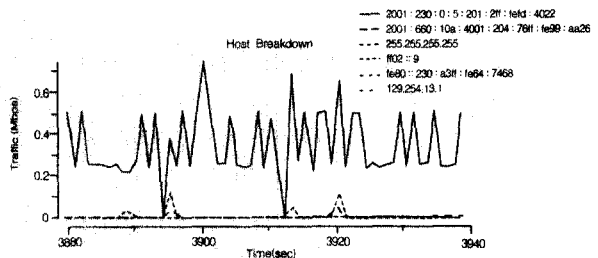
을 통하여 IPv6/IPv6 터널링 방식으로 이루어졌다. (그림 11)은 vic를 이용한 멀티캐스트 화상실험의 결과로 ETRI 측과 프랑스 renater 측의 실험 화면을 볼 수 있다. 전송상에 문제는 없었으나 UCL때 실험과 마찬가지로 약간의 지연(delay) 현상을 볼 수 있었다. 그러나 1차 실험보다 다소 유연한 화면을 볼 수 있었다. 이는 TEIN 망과 직접적으로 연결된 Renater 측과의 실험으로 인하여 트래픽의 전달이 다소 용이했기 때문으로 분석된다.

3.2.2 NTE를 이용한 멀티캐스트 텍스트 실험

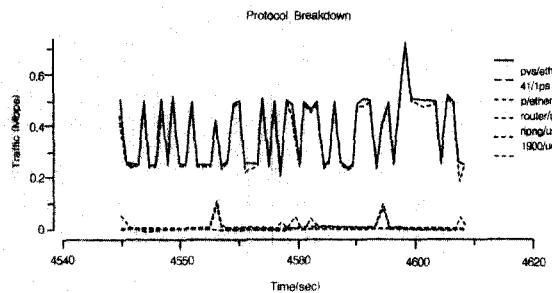
(그림 12)는 Renater와의 nte 실험 화면으로 세션 참가자는 ETRI, Renater 각각 1명이었으며, 통신상의 문제점은 발견되지 않았다.



(그림 12) nte을 통한 멀티캐스트 화상회의의 실험 장면(ETRI ↔ Renater)



(b)



(a)

(그림 13) ETRI-UCL 간 화상 전송 데이터량(ETRI 라우터 측정치): (a) 프로토콜 패킷 양 분석, (b) 호스트 패킷 양 분석

(그림 13)는 실험과정에서 TTT를 이용하여 라우터에서 측정된 송수신 패킷 양을 보인 것으로 호스트에서 IPv6 주소를 갖는 인터페이스에서 약 0.2Mbps~0.8Mbps 사이에서 데이터를 주고 받는것을 알수 있다. 이는 1차 실험때보다 약 0.2Mbps정도 높은 수치를 보인 것이다. (그림 13)(b)는 프로토콜에 대한 데이터의 전송상태를 보여준다. 윗부분에 선명하게 나타나는 부분은 IPv6 데이터의 전송상태를 나타내는 것으로 0.2Mbps~0.8Mbps의 전송을 상태를 보였다.

5. 결 론

본 논문의 실험에서 기본을 둔 TEIN은 한-유럽간 기반의 지식정보 인프라를 확보하고, 이를 토대로 한국이 차세대인터넷 아시아의 허브 역할을 수행할 수 있는 계기가 되는 중요한 네트워크라 할 수 있다. 이에 본 논문에서는 최근에 새롭게 구성된 TEIN(TransEurasia Information network)을 이용하여 IPv6 기반의 차세대인터넷 환경에서 멀티캐스트 화상회의의 도구를 개발하고 실험을 통해 성능을 검증해 보았다. 각 네트워크 환경에 대하여 실험한 멀티캐스트 화상회의의 도구는 영국 UCL에서 개발한 VIC(video conferencing tool), NTE(Network Text Editor)와 ETRI-SNU(서울대학교)에서 개발한 HAT(High quality audio tool)이었으며, 실제 실험에 참여한 기관으로는 ETRI, UCL, Renater이었으며, 3개 기관이 공동으로 IPv6 멀티캐스트 환경에서 화상회의의 실험을 진행하였다. 앞으로 ETRI-서울대 공동으로 개발중인 MPEG4기반의 화상회의의 도구 실험 또한 실시할 것이다.

본 실험을 통하여 순수 IPv6 망인 TEIN 상에서의 터널링 기반의 IPv6 멀티캐스트 응용실험을 통하여 각 응용의 성능을 알아볼 수 있었으며, 이러한 결과는 향후 IPv6 기반 차세대인터넷 응용 개발을 위하여 활용될 것이다.

참 고 문 헌

[1] Thomson, S., Narten, T., "IPv6 Stateless Address Auto-configuration," RFC 2462, December, 1998.
 [2] 6bone, <http://www.6bone.net>.
 [3] TransEurasia Information Networks(TEIN), <http://www.teinnet.org>.
 [4] KOREN, <http://noc.koren21.net>.
 [5] RENATER, <http://www.renaer.fr>.
 [6] TEN-155, <http://www.dante.net/ten-155>.

[7] 이승윤, "한-유럽간 트랜스유라시아 망을 이용한 IPv6 기반 차세대인터넷 망 설계", NCS2001. 5. December, 2001.
 [8] ETRI-SNU HAT, <http://mmlab.snu.ac.kr/hat>.
 [9] UCL Mbone Conferencing Applications, <http://www-mice.cs.uk.ac.uk/multimedia/software/>.
 [10] Steven Deering et al., "Protocol Independent Multicast version 2 Dense Mode Specification," draft-ietf-idmr-pim-dm-06.txt, Aug., 1997.
 [11] H. Schulzrinne, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," RFC 1889, January, 1996.
 [12] Bill Fenner, Mark Handly, Hugh Holbrook, Isidor Kouvelas, "Protocol Independent Multicast Sparse Mode(PIM-SM)," draft-ietf-pim-sm-v2-new-02.txt, Sep., 2001.
 [13] Zebra, <http://www.zebra.org/>.



인 민 교

e-mail : mkin@etri.re.kr

1998년 충남대학교 정보통신공학과 졸업 (학사)

2000년 충남대학교 대학원 정보통신공학과 (공학 석사)

2000년 현재 한국전자통신연구원

관심분야 : IPv6, Multicast, Network autoconfiguration, 망관리



이 승 윤

e-mail : syl@etri.re.kr

1991년 광운대학교 전자통신공학과(학사)

1995년 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학 석사)

1999년 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과 (박사)

1999년~현재 한국전자통신연구원

관심분야 : IPv6, 망 관리, 차세대 인터넷



박 기 식

e-mail : kipark@etri.re.kr

1983년 서울대학교(학사)

1985년 서울대학교 행정대학원 석사

1995년 충남대학교 대학원 박사(정보통신 기술표준화 분야)

1984년~현재 한국전자통신연구원

관심분야 : IPv6, 인터넷 정보보호, 정보통신 표준화, 정보통신 기술 정책 및 MIS