

IPv6 포럼 코리아 기술문서 2002-001

무단복제 금지



## IPv6 멀티캐스트 망 구축 및 IPv6 멀티캐스트 응용 설치

Construction of IPv6 Multicast Networks and Installation of IPv6 Multicast Applications

정재훈 (J. H. Jeong) ETRI

이승윤 (S. Y. Lee) ETRI

김용진 (Y. J. Kim) ETRI

### 목차

1. IPv6 멀티캐스트 망 구축
2. IPv6 멀티캐스트 응용 설치

#### Reference

Appendix 1 : 순수 IPv6 멀티캐스트 망을 이용한 회의회의 실험

Appendix 2 : 터널 기반 IPv6 멀티캐스트 망을 이용한 화상회의 실험

## 세부 목차

<b>1 IPv6 멀티캐스트 망 구축</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 순수 IPv6 멀티캐스트 망 구축</b> .....	<b>4</b>
1.1.1 멀티캐스트 망 구성 .....	5
1.1.2 멀티캐스트 라우터 설치 .....	6
1.1.2.1 FreeBSD 인스톨 .....	6
1.1.2.2 ATM 인터페이스 설치 .....	6
1.1.2.3 PVC 설정 .....	7
1.1.2.4 유니캐스트 망 연동 .....	9
1.1.3 멀티캐스트 관련 프로그램 설치 .....	12
1.1.3.1 GNU Zebra 설치 .....	12
1.1.3.2 route6d 설치 .....	13
1.1.3.3 pim6dd 설치 .....	14
1.1.4 멀티캐스트 연동 검사 .....	15
1.1.5 멀티캐스트 연동을 위한 초기화 파일 설정 .....	17
<b>1.2 터널 기반의 IPv6 멀티캐스트 망 구축</b> .....	<b>18</b>
1.2.1 멀티캐스트 망 구성 .....	18
1.2.2 멀티캐스트 라우터 설치 .....	18
1.2.2.1 FreeBSD 인스톨 .....	18
1.2.2.2 gif 터널 설정 .....	19
1.2.2.3 유니캐스트 망 연동 .....	20
1.2.3 멀티캐스트 관련 프로그램 설치 .....	20
1.2.4 멀티캐스트 연동 검사 .....	20
1.2.5 멀티캐스트 연동을 위한 초기화 파일 설정 .....	20
<b>2 IPv6 멀티캐스트 응용 설치</b> .....	<b>22</b>
<b>2.1 시스템 요구사항</b> .....	<b>22</b>
<b>2.2 Windows 2000에 MSR IPv6 설치</b> .....	<b>22</b>
2.2.1 MSDN IPv6의 제거 .....	23
2.2.2 MSR IPv6의 설치 .....	24
2.2.3 IPv6 설치 확인 .....	24

<b>2.3 화상회의 도구 설치</b> .....	<b>26</b>
2.3.1 UCL Mbone Conferencing Application 설치 .....	26
2.3.1.1 설치 .....	27
2.3.1.2 SDR 실행 에러 해결 .....	28
2.3.2 ETRI-SNU HAT 설치 .....	32
<b>REFERENCE</b> .....	<b>34</b>
<b>APPENDIX1. 순수 IPV6 멀티캐스트 망을 이용한 화상회의 실험 (EXPERIMENT OF MBONE CONFERENCING TOOLS OVER NATIVE IPV6 MULTICAST NETWORK)</b> .....	<b>35</b>
<b>APPENDIX2.터널 기반 IPV6 멀티캐스트 망을 이용한 화상회의 실험 (EXPERIMENT OF MBONE CONFERENCING TOOLS OVER TUNNEL-BASED IPV6 MULTICAST NETWORK)</b> .....	<b>36</b>

# IPv6 멀티캐스트 망 구축 및 IPv6 멀티캐스트 응용 설치

Construction of IPv6 Multicast Networks and Installation of IPv6 Multicast Applications

정재훈 (J. H. Jeong) ETRI  
이승윤 (S. Y. Lee) ETRI  
김용진 (Y.J. Kim) ETRI

본 문서는 화상회의 시스템 같은 IPv6 멀티캐스트 응용 연동의 기반이 되는 IPv6 멀티캐스트 망 구축과 그 망을 이용하는 대표적인 IPv6 멀티캐스트 응용인 화상회의 응용 프로그램의 설치 방법 및 실험 내용을 기술한다.

## 1 IPv6 멀티캐스트 망 구축

IPv6 멀티캐스트 망을 구축하기 위해서는 IPv6 멀티캐스트 라우터를 구축하여 MLD (Multicast Listener Discovery)와 PIM-DM (또는 PIM-SM)과 같은 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 운영해야 한다 [1-3]. 현재 Cisco 라우터 같은 상용 라우터에서 IPv6 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 지원하고 있지 않지만, FreeBSD 에서 제공하는 PIM-DM (pim6dd)과 RIPng (route6d)를 이용하여 IPv6 멀티캐스트 라우터를 구축할 수 있다. 본 문서는 2 가지의 IPv6 멀티캐스트 망의 구축방법을 기술하는데, 첫째는 ATM 망을 기반으로 한 IPv6 순수망 (Native IPv6 Network) 구축과 PC 기반의 멀티캐스트 라우터의 설치를 통한 순수 IPv6 멀티캐스트 망 (Native IPv6 Multicast Network)을 구축하는 방법과 둘째는 Configured Tunnel 과 PC 기반의 멀티캐스트 라우터를 이용하는 터널 기반 IPv6 멀티캐스트 망 (Tunnel-based IPv6 Multicast Network)을 구축하는 방법에 대해 기술한다.

### 1.1 순수 IPv6 멀티캐스트 망 구축

IPv6 순수망은 IPv4 트래픽이 없이 IPv6 트래픽만이 존재하고 IPv6 관련 라우팅 프로토콜만 구동되는 네트워크를 의미한다. IPv6 순수망을 구축하는데 많이 사용되는 방법은 LAN은 이더넷으로 구성하고 WAN은 ATM으로 구성하는 것이다. 본 문서는 이런 경향에 따라 기반으로 순수 IPv6 멀티캐스트 망을 구축한다.

1.1.1 멀티캐스트 망 구성

그림 1 은 본 문서에서 순수 IPv6 멀티캐스트 망의 예로써 설명할 ETRI 와 서울대 간의 순수 IPv6 멀티캐스트 망 (Video6 Testbed)의 구성도를 보여주고 있다.

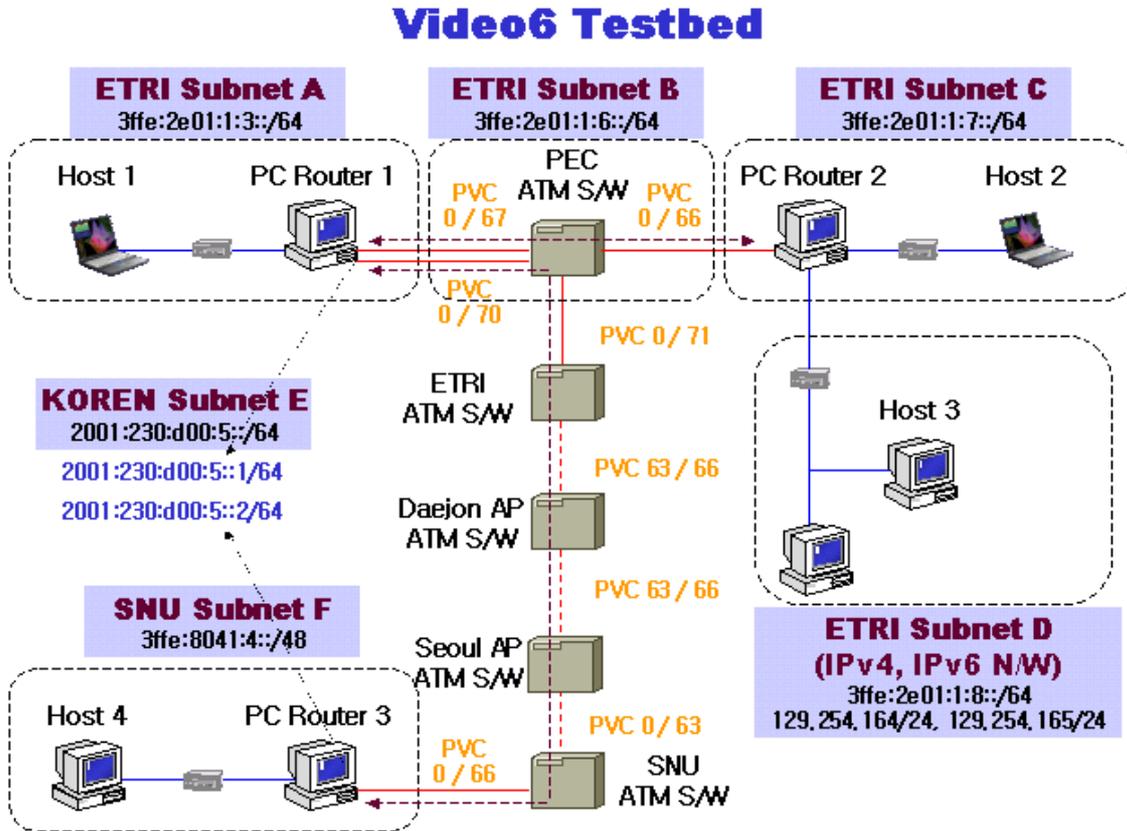


그림 1. ETRI-서울대 간의 순수 IPv6 멀티캐스트 망 (Video6 Testbed)의 구성도

그림 1 과 같이 ETRI 의 서브넷은 Subnet A, Subnet B, Subnet C, Subnet D 이고 서울대 (SNU)의 서브넷은 Subnet F 이다. ETRI 와 서울대는 KOREN 의 서브넷 Subnet E 로 연결된다. 각 서브넷에 할당되어 있는 프리픽스 (Prefix)는 그림 1 과 같이 명시되어 있다. 각 서브넷에 IPv6 멀티캐스트 라우터가 한대씩 설치되어야 한다 (PC Router 1, PC Router 2, PC Router 3). IPv6 멀티캐스트 라우터는 FreeBSD 를 운영체제로 하는 PC 기반의 라우터인데, 라우터들은 ATM 링크로 연결되어 있고, 단말기들과 라우터는 이더넷 링크로 연결되어 있다. 라우터를 연결하는 ATM 망에 IPv4 데이터그램이 아닌 IPv6 데이터그램만을 담은 ATM 셀이 지나다니게 한다면, 그림 1 은 IPv6 순수망이라고 명명할 수 있다. 물론 라우터에 IPv4/IPv6 Dual Stack 을 운영하여 라우터 사이에 IPv4 데이터그램과 IPv6 데이터그램이 함께 지나다닐 수 있게 한다면, 이런 망은 IPv6 순수망이라고 명명하지 않는다.

### 1.1.2 멀티캐스트 라우터 설치

멀티캐스트 라우터는 표 1의 IPv6 멀티캐스트 라우터 구성 요소를 가지고 구성될 수 있다.

구성요소	구성요소 품목	비고
OS	FreeBSD	FreeBSD 4.2-RELEASE
Network Interface	ATM FastEthernet	Efficient Networks ENI-155p 3Com Ethernet XL 10/100 PCI TX NIC
Routing Manager	Zebra	GNU Zebra version 0.91a 에 포함된 zebra
Unicast Routing Protocol	BGP4+ RIPng	GNU Zebra version 0.91a 에 포함된 bgpd FreeBSD 에 포함된 route6d
Multicast Routing Protocol	PIM-DM	FreeBSD 에 포함된 pim6dd

표 1. IPv6 멀티캐스트 라우터 구성 요소

#### 1.1.2.1 FreeBSD 인스톨

FreeBSD 인스톨은 FreeBSD 홈페이지인 <http://www.kr.freebsd.org/handbook/install.shtml> 을 참고해서 설치한다 [4]. 주의해야 할 것은 Networking 설치과정에서 IPv6 를 지원하게 설치해야 한다.

#### 1.1.2.2 ATM 인터페이스 설치

FreeBSD 4.2 에서 본 문서에서 사용하고 있는 ATM 인터페이스인 Efficient Networks ENI-155p ATM Card (ENI)를 설치하기 위해서는 ENI 디바이스 드라이버를 설치해야 하는데, FreeBSD 가 기본적으로 제공하는 ENI 디바이스 드라이버에서 ENI 가 잘 동작하지 않기 때문에 ALTQ (Alternate Queueing)에서 제공하는 ENI 를 위한 디바이스 드라이브를 다시 설치해야 한다. 먼저 ALTQ 홈페이지 [5]에서 altq-3.0 (<ftp://ftp.csl.sony.co.jp/pub/kjc/altq-3.0.tar.gz>)을 /usr/local/ 디렉토리에 다운로드한 뒤 /usr/src/sys-altq 라는 Kernel Source 디렉토리를 만들고 그림 2 의 순서로 FreeBSD 4.2-Release 에 ENI 를 인식시키기 위한 Kernel Source 를 만든다.

```
# tar xvfz altq-3.0.tar.gz -C /usr/local
# cd /usr/src
# mkdir sys-altq
# cd sys
# tar cvf - . | (cd ../sys-altq; tar xf -)
```

그림 2. ENI를 FreeBSD에 인식시키는 과정 (계속)

```

# cd /usr/src/sys-altq
# patch -p < /usr/local/altq-3.0/sys-altq/sys-altq-freebsd-4.2.patch
# mkdir altq
# cp /usr/local/altq-3.0/sys-altq/altq/* altq/
# cd /i386/conf
# cp ALTQ ATM
# config ATM
# cd ../../compile/ATM
# make depend
# make clean
# make
# make install
# shutdown -r now

```

그림 2. ENI를 FreeBSD에 인식시키는 과정

Kernel Source 를 컴파일하여 재부팅하면, ENI 의 디바이스 en0 과 ATM PVC (Permanent virtual circuits) 형성을 위한 서브 인터페이스 디바이스 pvc0 가 생성되므로 IPv6 네트워킹을 위한 ATM 데이터링크 계층이 구축된다.

#### 1.1.2.3 PVC 설정

다음은 PC 라우터들을 ATM 망을 통해 연동시키기 위해 PC 라우터와 ATM 스위치 간에 PVC 를 형성해야 한다. PVC 형성을 위해 PC 라우터와 ATM 스위치 각각에서 PVC 설정을 해야 한다. 그림 1 과 같이 PC 라우터인 PC Router 1 과 PC Router 2 사이에 ATM 망으로 연결하기 위해 스위치 PEC ATM S/W 를 배치하여 스위치와 PC 라우터 사이에 광케이블로 연결한 뒤 다음과 같은 절차로 PVC 를 설정한다.

##### 1) PC 라우터에서의 PVC 설정

pvctxctl 로 PVC 서브 인터페이스 pvc0 에 PVC 의 VPI 와 VCI 를 설정할 수 있다. 주의할 점은 FreeBSD 에서는 VPI 는 0 만 이용할 수 있다. 그림 3 은 그림 1 의 PC Router 1 과 PEC ATM S/W 간에 VPI=0 이고 VCI=67 인 PVC 0/67 을 설정하는 방법을 기술한다.

```

# pvcxif en0 -s
# pvctxctl pvc0 0:67 -b 10M

```

그림 3. PC 라우터에서의 PVC 설정

‘pvcshif en0 -s’는 물리적인 ATM 인터페이스 en 을 이용하는 새로운 ATM 서브 인터페이스 디바이스 (pvc1)를 새로 만들고 이전에 만들어진 ATM 서브 인터페이스 디바이스 (pvc0)가 사용될 수 있게 한다. 따라서 pvctxctl 명령으로 PVC 를 설정하기 전에 반드시 pvcshif 명령을 실행해야 한다.

pvctxctl 명령에서 옵션 -b 는 PVC 의 Maximum Bandwidth 를 설정하는데 사용되는데, -b 10M 는 PVC 0/67 에 10Mbps 의 Bandwidth 를 할당한다는 것이다.

2) ATM 스위치에서의 PVC 설정

PEC ATM S/W 는 ForeRunner ASX200BX 스위치인데, 그림 4 와 같이 PC Router 1 과 PC Router 2 사이에 IPv6 네트워킹이 되게 하기 위해서 먼저 PC Router 1 과 PEC ATM S/W 사이에 PVC 0/67 설정하고, 그 다음에 PEC ATM S/W 와 PC Router 2 사이에 PVC 0/66 을 설정한다. 그림 4 에서 PEC ATM S/W 에 PC Router 1 을 연결할 때 사용하는 포트는 B 슬롯의 2 번 포트 (1B2)이고, PC Router 2 를 연결할 때 사용하는 포트는 A 슬롯의 3 번 포트 (1A3)이다. PEC ATM S/W 에 PVC 를 설정하기 위해서는 Telnet 으로 ATM S/W (Domain Name: atm-sw.ipv6.or.kr)에 접속한 뒤 ATM S/W 의 OS 인 SCS (Switch Control Software)를 원격으로 조정하기 위해 제공되는 사용자 인터페이스인 AMI (ATM Management Interface)를 통해 PVC 들을 설정할 수 있다.

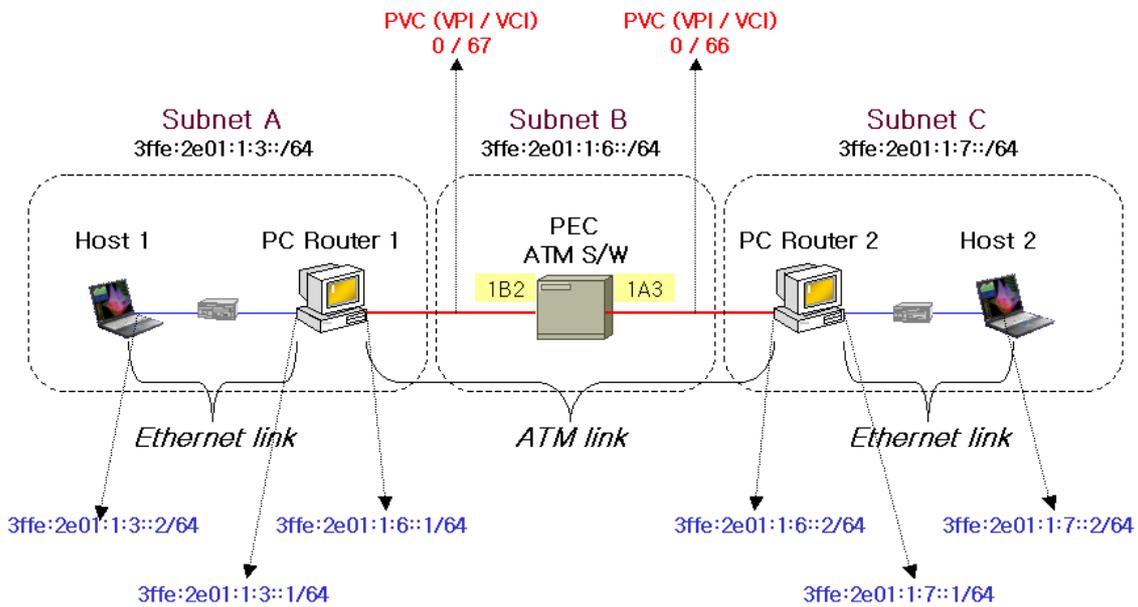


그림 4. 두 서브넷 Subnet A과 Subnet C를 ATM PVC로 연결한 구조

PVC 를 설정할 때 new 명령을 사용하는데, 사용법은 다음과 같다.

```
usage: new <iport> <ivpi> <ivci> <oport> <ovpi> <ovci>
where  iport: input port, ivpi: input vpi, ivci: input vci,
       oport: output port, ovpi: output vpi, ovci: output vci
```

PVC 를 삭제할 때는 `delete` 명령을 사용하고, PVC 테이블을 볼 때는 `show` 명령을 사용한다.

```
# telnet atm-sw.ipv6.or.kr
Trying 129.254.254.87...
Connected to atm-sw.ipv6.or.kr.
Escape character is '^]'.

S_ForeThought_5.2.0 FCS (1.23449) (asx200bx) (APAN)

login: asx
Password: *****

ATM::> configuration
ATM::configuration> vcc
ATM::configuration vcc> new 1B2 0 67 1A3 0 66
ATM::configuration vcc> new 1A3 0 66 1B2 0 67
```

그림 5. ATM 스위치에서의 PVC 설정

#### 1.1.2.4 유니캐스트 망 연동

그림 4 에서 PC Router 1 과 PC Router 2 가 ATM PVC 를 이용하여 IPv6 유니캐스트 연동을 위한 Point-to-Point 설정을 하기 위해서는 그림 6 과 그림 7 과 같이 `ifconfig` 명령으로 Point-to-Point 인터페이스가 될 `pvc0` 를 설정해야 한다. PC Router 1 의 `pvc0` 의 IPv6 주소는 `3ffe:2e01:1:6::1/64` 이고, PC Router 2 의 `pvc0` 의 IPv6 주소는 `3ffe:2e01:1:6::2/64` 이다.

```
# ifconfig pvc0 inet6 3ffe:2e01:1:6::1 3ffe:2e01:1:6::2 up
```

그림 6. PC Router 1에서의 Point-to-Point 인터페이스 설정

```
# ifconfig pvc0 inet6 3ffe:2e01:1:6::2 3ffe:2e01:1:6::1 up
```

그림 7. PC Router 2에서의 Point-to-Point 인터페이스 설정

지금까지 PC Router 1 에 설정한 PVC 정보를 그림 8 과 같이 확인할 수 있다.

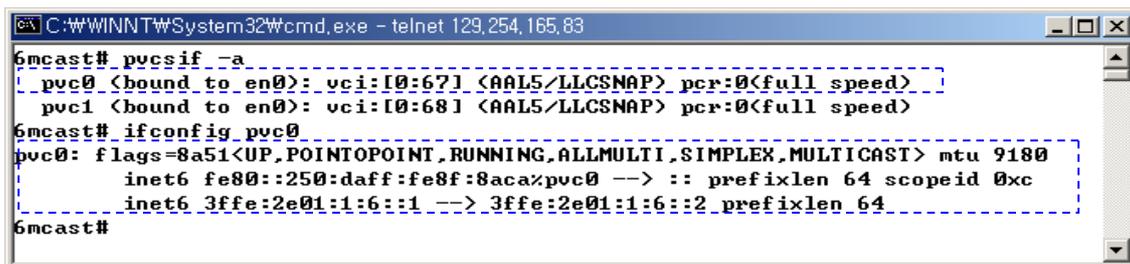


그림 8. PC Router 1의 PVC 정보

PVC 설정을 Command 를 직접 입력하여 할 수 있지만, 다른 방법으로 그림 9 와 같이 /etc/rc.local 이라는 초기화 파일을 이용하면, FreeBSD 가 부팅시에 PVC 를 설정을 할 수 있다. /etc/rc.local 파일은 PC Router 1 에서의 PVC 설정과 IPv6 유니캐스트 주소 및 Point-to-Point 설정을 수행한다.

```

#!/bin/sh

pvcshow en0 -s
pvtxctl pvc0 0:67 -b 10M

ifconfig pvc0 inet6 3ffe:2e01:1:6::1 3ffe:2e01:1:6::2 up
    
```

그림 9. PVC 설정과 관련된 PC Router 1의 /etc/rc.local 파일의 구성

PC Router 1 이 Subnet A 로 프리픽스 3ffe:2e01:1:3::/64 에 대한 RA 메시지를 보내기 위해서는 그림 10 과 같이 /etc/rc.conf 파일에 RA 관련 사항을 설정할 수 있다 [6].

```

ipv6_enable="YES"
ipv6_network_interfaces="xl0 lo0"
ipv6_prefix_xl0="3ffe:2e01:1:3:"
ipv6_ifconfig_xl0="3ffe:2e01:1:3::1 prefixlen 64"
ipv6_gateway_enable="YES"
rtadvd_enable="YES"
gif_interface="gif0"
ipv6_firewall_enable="NO"
    
```

그림 10. PC Router 1의 /etc/rc.conf 파일의 구성

Subnet A 에 위치한 Host 1 이 PC Router 1 이 보내는 RA 메시지의 프리픽스를 가지고 Stateless Autoconfiguration 통해 IPv6 유니캐스트 주소를 가질 수 있지만, 그림 11 처럼 /etc/rc.conf 파일에서 IPv6 유니캐스트 주소 (3ffe:2e01:1:3::2/64)를 명시적으로 설정할 수 있다.

```

ipv6_enable="YES"
ipv6_network_interfaces="xl0 lo0"
ipv6_prefix_xl0="3ffe:2e01:1:3:"
ipv6_ifconfig_xl0="3ffe:2e01:1:3::2 prefixlen 64"
ipv6_gateway_enable="NO"
rtadvd_enable="NO"
gif_interface="gif0"
ipv6_firewall_enable="NO"

```

그림 11. Host 1의 /etc/rc.conf 파일의 구성

PC Router 2 와 Host 2 도 같은 방법으로 설정하면, Host 1 과 Host 2 는 Router 1 과 Router 2 를 통해 IPv6 유니캐스트 연동이 된다. 유니캐스트 연동 검사는 ping6 나 traceroute6 로 할 수 있는데, 그림 12 는 PC Router 1 (3ffe:2e01:1:3::1)에서 PC Router 2 (3ffe:2e01:1:3::2)를 ping 한 결과이다.

```

C:\WINNT\System32\cmd.exe - telnet 129.254.165.83
6mcast# ping6 3ffe:2e01:1:6::2
PING6<56=40+8+8 bytes> 3ffe:2e01:1:6::1 --> 3ffe:2e01:1:6::2
16 bytes from 3ffe:2e01:1:6::2, icmp_seq=0 hlim=64 time=0.346 ms
16 bytes from 3ffe:2e01:1:6::2, icmp_seq=1 hlim=64 time=0.263 ms
16 bytes from 3ffe:2e01:1:6::2, icmp_seq=2 hlim=64 time=0.265 ms
16 bytes from 3ffe:2e01:1:6::2, icmp_seq=3 hlim=64 time=0.269 ms
16 bytes from 3ffe:2e01:1:6::2, icmp_seq=4 hlim=64 time=0.262 ms
16 bytes from 3ffe:2e01:1:6::2, icmp_seq=5 hlim=64 time=0.263 ms
^C
--- 3ffe:2e01:1:6::2 ping6 statistics ---
6 packets transmitted, 6 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 0.262/0.278/0.346 ms
6mcast#

```

그림 12. 유니캐스트 연동 시험을 하는 ping6의 결과

### 1.1.3 멀티캐스트 관련 프로그램 설치

#### 1.1.3.1 GNU Zebra 설치

GNU Zebra 는 TCP/IP 기반의 라우팅 프로토콜을 지원하는 소프트웨어로써 AS 간의 IPv6 Prefix 교환을 담당하는 BGP-4+와 IPv6 IGP 로써 RIPng 와 OSPFv3 등의 라우팅을 제공한다. 있다. Zebra 는 각 프로토콜을 운영하는 프로세스로 구성되어 있다. 표 2 은 Zebra 를 구성하는 라우팅 프로세스와 각각이 운영하는 라우팅 프로토콜을 기술하고 있다.

라우팅 프로세스	운영하는 라우팅 프로토콜
bgpd	BGP-4, BGP-4+
ripd	RIPv1, RIPv2
ripngd	RIPng
ospfd	OSPFv2
ospf6d	OSPFv3
zebra	커널 라우팅 테이블의 갱신과 위의 라우팅 프로세스와의 라우팅 정보 교환

표 2. Zebra 라우팅 프로세스와 제공되는 라우팅 프로토콜

Zebra 를 설치하기 위해서는 Zebra 홈페이지에서 Zebra 설치 파일 zebra-0.91a (<ftp://ftp.zebra.org/pub/zebra/zebra-0.91a.tar.gz>)을 /usr/local/에 다운로드하고 그림 13 의 순서대로 설치한다 [7].

```
# tar xvfz zebra-0.91a.tar.gz -C /usr/local
# cd /usr/local/zebra-0.91a
# ./configure
# make
# make check
# make install
```

그림 13. GNU Zebra의 설치 과정

본 문서에서는 표 2 의 GNU Zebra 프로세스 중에 bgpd 와 zebra 를 이용한다. 그림 1 에서 ETRI 의 서브넷 Subnet A (AS 번호: 3748)에 위치한 PC Router 1 과 SNU 의 서브넷 Subnet F (AS 번호: 9488)간의 BGP Peering 을 맺기 위해서는 bgpd 가 사용하는 초기화 파일인 /usr/local/etc/bgpd.conf 를 그림 14 과 같이 설정한다. 참고로 Zebra 의 설정 방법은 Cisco Router 의 설정 방법과 유사하다 [8].

```

1! Zebra configuration saved from vty
2! 2001/09/25 20:28:30
3 hostname bgpd
4 password zebra
5 log stdout
6 !
7 router bgp 3748
8  ipv6 bgp network 3ffe:2e01:1:3::/64 nlri unicast multicast
9  ipv6 bgp network 3ffe:2e01:1:6::/64
10 !
11  ipv6 bgp neighbor 2001:230:d00:5::2 remote-as 9488 nlri unicast multicast
12  ipv6 bgp neighbor 2001:230:d00:5::2 dont-capability-negotiate
13  ipv6 bgp neighbor 2001:230:d00:5::2 prefix-list FULL in
14  ipv6 bgp neighbor 2001:230:d00:5::2 prefix-list FULL out
15 !
16  ipv6 prefix-list FULL seq 1 permit 3ffe::/16 le 64
17  ipv6 prefix-list FULL seq 2 permit 2001::/16 le 35
18  ipv6 prefix-list FULL seq 3 permit 2002::/16 le 48
19 !
20 line vty
21 !

```

그림 14. BGP-4 프로세스 (bgpd)의 초기화 파일 bgpd.conf의 구성

Routing 정보와 라우팅 프로세스의 상태를 파악하기 위해서는 Telnet 으로 모든 Zebra 라우팅 프로세스에 접속할 수 있다. 특히 zebra 프로세스는 Cisco Router 에서 IOS (Internetwork Operating System) 관리를 위해 제공되는 IOS Command 사용자 인터페이스와 유사한 기능을 제공한다. 그림 15 와 같이 Telnet 으로 zebra 프로세스에 접속하여 zebra 의 구성정보를 볼 수 있다.

#### 1.1.3.2 route6d 설치

route6d 는 RIPng 라우팅 프로토콜을 운영하는 프로세스로서 ETRI Subnet A 와 ETRI Subnet B 와 같이 동일한 AS 에 속하는 두 서브넷 간의 IPv6 라우팅 정보를 교환하기 위해 사용된다. route6d 는 FreeBSD 4.2-Release 에 포함되어 있기 때문에 특별한 설치와 구성을 필요로 하지 않는다. route6d 대신에 GNU Zebra 의 ripngd 를 이용할 수도 있다.

```
6mcast# telnet localhost zebra
Trying ::1...
Connected to localhost.etri.re.kr.
Escape character is '^]'.
Hello, this is zebra (version 0.91a).
Copyright 1996-2001 Kunihiro Ishiguro.

User Access Verification
Password: *****
Router> en
Password: *****
Router# show ipv6 route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIPng, O - OSPFv3,
       B - BGP, * - FIB route.
K>* ::/96 via ::1, lo0
C>* ::1/128 is directly connected, lo0
...
```

그림 15. zebra를 통한 라우팅 테이블 조회

### 1.1.3.3 pim6dd 설치

pim6dd는 PIMv2 (Protocol Independent Multicast Version 2) Dense Mode for IPv6, 즉 IPv6 PIM-DM을 운영하는 IPv6 멀티캐스트 라우팅 프로세스인데, 본 문서에서 사용하는 멀티캐스트 라우팅 데몬이다. pim6dd는 FreeBSD 4.2-Release에 포함되어 있기 때문에 특별한 설치와 구성을 필요로 하지 않는다. 또한 PIMv2 (Protocol Independent Multicast Version 2) sparse mode for IPv6, 즉 IPv6 PIM-SM을 운영하는 pim6sd도 포함되어 있다.

1.1.4 멀티캐스트 연동 검사

ETRI 와 서울대 간의 멀티캐스트 연동 실험에 사용되는 순수 IPv6 멀티캐스트 망의 구성은 그림 16 와 같다.

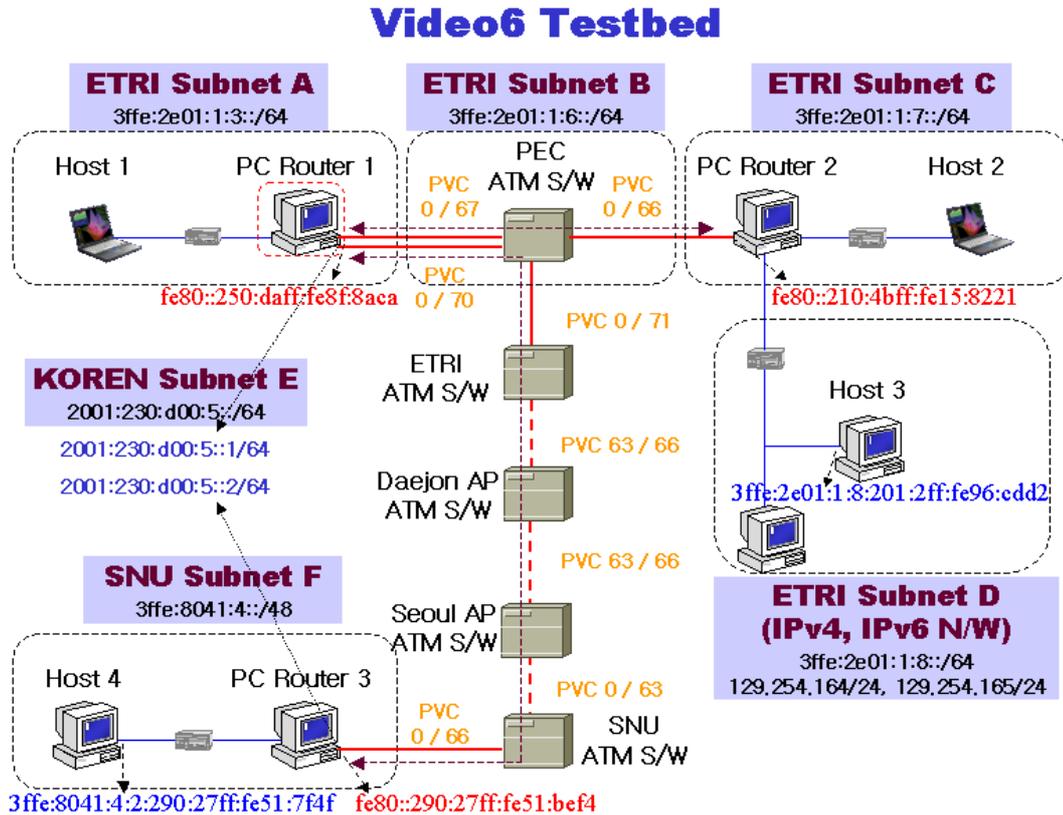


그림 16. ETRI와 서울대 간의 순수 IPv6 멀티캐스트 망

그림 16 에서 Host 3 과 Host 4 는 멀티캐스트 주소 ff0e::2:7fe (SAPv1 Announcements 멀티캐스트 주소)에 Join 하는 멀티캐스트 응용 SDR (Session Directory)을 실행시키고 있다 [9, 10].

IPv6 멀티캐스트 연동 검사는 pim6stat 명령으로 수행할 수 있다. ‘pim6stat -d’는 IPv6 멀티캐스트 인터페이스 테이블 (Multicast Interface Table)과 멀티캐스트 라우팅 테이블 (Multicast Routing Table)을 그림 17 처럼 보여 준다. ETRI 와 서울대 간의 IPv6 멀티캐스트 연동의 확인은 그림 17 을 통해 할 수 있는데, PC Router 1 이 PC Router 2 (ETRI Subnet C, Subnet D)와 PC Router 3 (SNU Subnet F)과 PIM Peering 을 맺고 있음을 알 수 있다. 또한 그림 17 을 통해 ETRI Subnet D 에 있는 Host 3 (3ffe:2e01:1:8:201:2ff:fe96:cdd2)이 PC Router 2 를 통해 멀티캐스트 그룹 ff0e::2:7fe 에 Join 하고 있고, SNU Subnet F 에 있는 Host 4 (3ffe:8041:4:2:290:27ff:fe51:7f4f)가 PC Router 3 을 통해 멀티캐스트 그룹 ff0e::2:7fe 에 Join 하고 있음을 알 수 있다. 따라서, ETRI-서울대 간 순수 IPv6 망을 통해 IPv6 멀티캐스트

망이 연동되고 있음을 알 수 있고, SDR 이나 VIC 과 같은 IPv6 멀티캐스트 응용을 통해 최종적으로 연동 실험을 할 수 있다 [10].

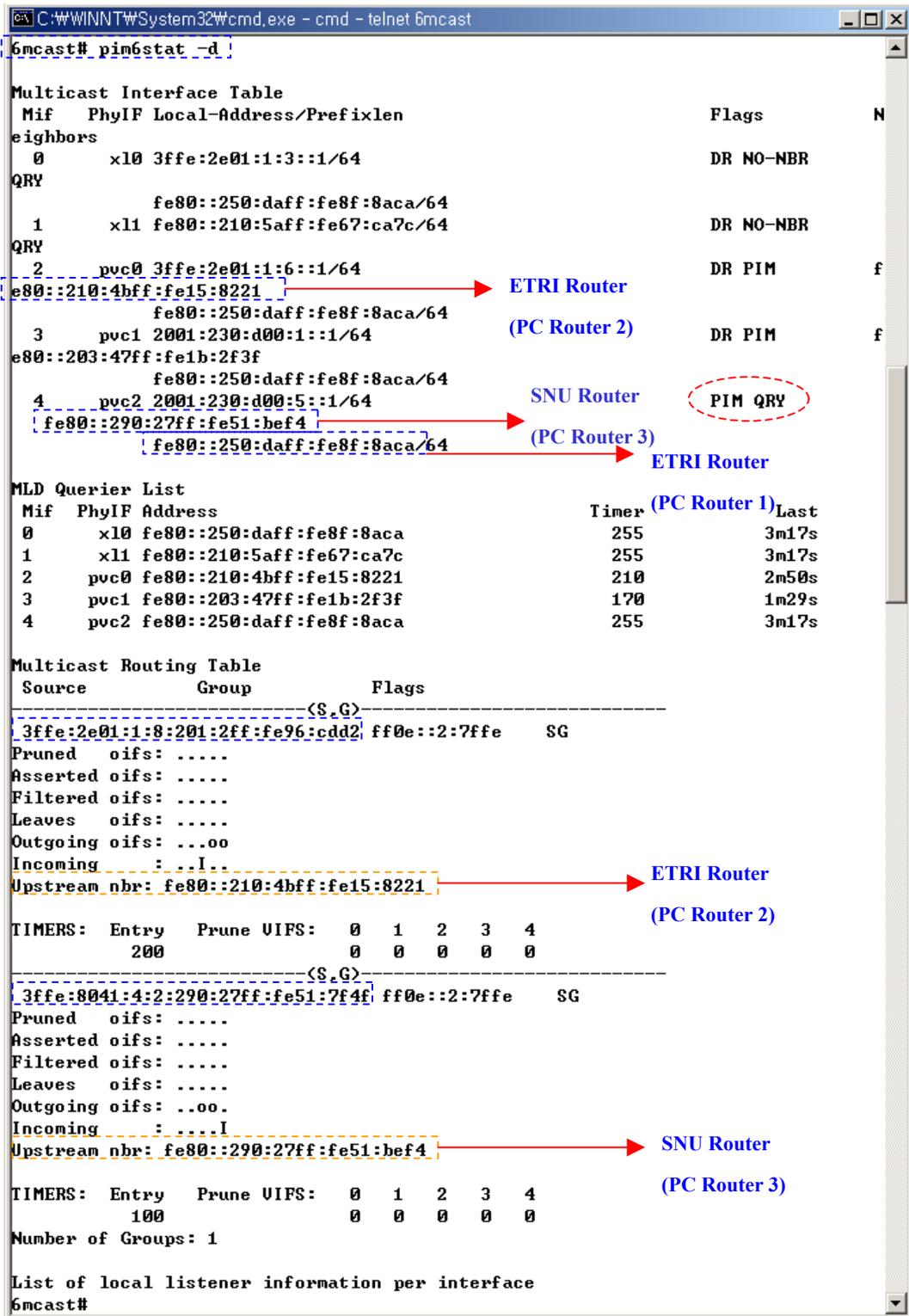


그림 17. IPv6 멀티캐스트 연동 검사

### 1.1.5 멀티캐스트 연동을 위한 초기화 파일 설정

PC 라우터의 부팅 초기화 파일인 `/etc/rc.local` 에서 순수 IPv6 망에 연동하는 것과 멀티캐스트에 관련된 라우팅 프로세스를 구동하면 편리하게 순수 IPv6 멀티캐스트 망에 연동할 수 있다. 그림 18 은 PC Router 1 의 `rc.local` 파일로써 그림 16 과 같이 PC Router 1 이 PC Router 2 와 PC Router 3 과 멀티캐스트 연동을 위해 설정한 내용이다.

```
#!/bin/sh
## Configuration of ATM PVC & Point-to-Point ##
# PC Router 2와의 Point-to-Point 설정 #
pvcsh en0 -s
pvctxctl pvc0 0:67 -b 0M # 옵션 '-b 0M' 은 가용 대역을 모두 사용한다는 의미
ifconfig pvc0 inet6 3ffe:2e01:1:6::1 3ffe:2e01:1:6::2 up

# PC Router 3와의 Point-to-Point 설정 #
pvcsh en0 -s
pvctxctl pvc1 0:70 -b 0M -j 67 # PVC 0:70은 PVC 0:67과 가용 대역을 공유한다는 의미
ifconfig pvc1 inet6 2001:230:0d00:5::1 2001:230:0d00:5::2 up

## Launch of IPv6 Routing Daemons ##
/usr/local/sbin/zebra&
/usr/sbin/route6d
/usr/local/sbin/bgpd&
/usr/sbin/pim6dd
```

그림 18. 순수 IPv6 멀티캐스트 망의 연동을 위한 초기화 파일 `/etc/rc.local`의 구성

## 1.2 터널 기반의 IPv6 멀티캐스트 망 구축

터널 기반의 멀티캐스트 망은 6Bone 같은 IPv6 over IPv4 망을 이용하여 IPv6 멀티캐스트를 지원하는 망을 의미한다. 기존의 IPv4 인터넷을 통해 IPv6 멀티캐스트를 제공하기 위해서는 Configured Tunneling으로 기존의 IPv4 망을 이용하여 IPv6 멀티캐스트 데이터그램을 전달해야 한다.

### 1.2.1 멀티캐스트 망 구성

그림 19는 본 문서에서 터널 기반의 IPv6 멀티캐스트 망의 예로써 설명할 ETRI와 UCL (University College London) 간의 터널 기반의 IPv6 멀티캐스트 망의 구성도를 보여주고 있다. Subnet A (3ffe:2e01:1:8::/64)와 Subnet B (3ffe:2101:7:4::/64)는 Configured Tunnel로 연결되어 있다 [6]. ETRI에 위치한 Subnet A의 PC 라우터 Router 1과 UCL에 위치한 Subnet B의 PC 라우터 Router 2는 각각 gif 터널 인터페이스를 설정하여 Configured Tunneling으로 연결되어 있다. Router 1에서 터널링에 사용되는 터널 인터페이스의 IPv4 주소는 129.254.254.84 이고 IPv6 주소는 3ffe:2101:7:eee1::2 이고, Router 2에서 터널링에 사용되는 터널 인터페이스의 IPv4 주소는 128.16.64.196 이고 IPv6 주소는 3ffe:2101:7:eee1::1 이다.

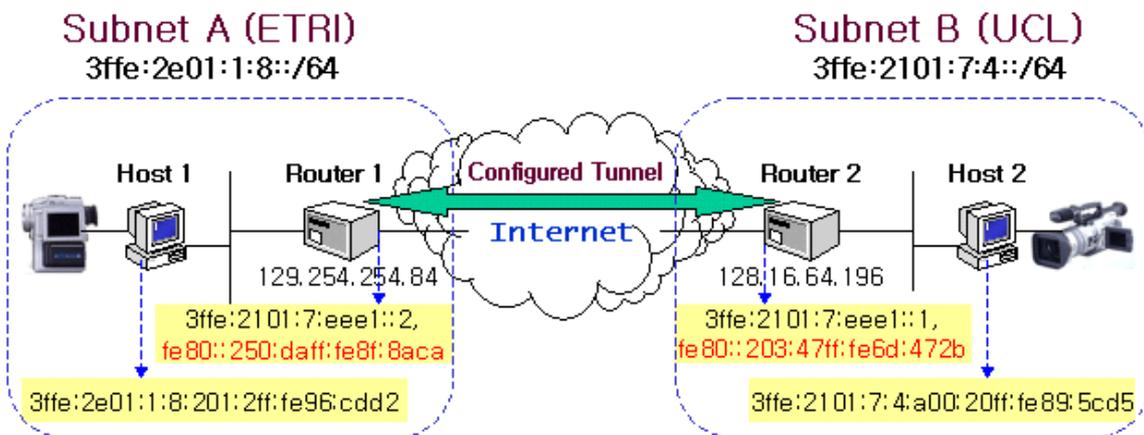


그림 19. ETRI-UCL 간 터널 기반의 IPv6 멀티캐스트 망의 구성

### 1.2.2 멀티캐스트 라우터 설치

#### 1.2.2.1 FreeBSD 인스톨

FreeBSD 인스톨은 FreeBSD 홈페이지인 <http://www.kr.freebsd.org/handbook/install.shtml> 을 참고해서 설치한다 [4]. 주의해야 할 것은 Networking 설치과정에서 IPv6 를 지원하게 설치해야 한다.

### 1.2.2.2 gif 터널 설정

그림 19 의 Subnet A 에 위치한 Router 1 이 Subnet B 에 위치한 Router 2 와 Configured Tunneling 을 하기 위해 필요한 gif 인터페이스 (gif0)의 설정은 다음의 세가지 초기화 파일 (/etc/rc.conf, /etc/rc, /etc/rc.local)에서 이루어진다.

#### 1) /etc/rc.conf

/etc/rc.conf 파일에서는 그림 20 과 같이 사용될 gif 인터페이스 (gif0)를 지정한다.

```
gif_interfaces="gif0"      # List of GIF tunnels (or "NO").
```

그림 20. /etc/rc.conf에서의 사용될 gif 인터페이스 지정

#### 2) /etc/rc

/etc/rc 파일에서는 그림 21 과 같이 Point-to-Point 터널링 설정을 위한 gif 인터페이스 (gif0)설정을 한다.

```
# Configuration of gif0 Interface for Point-to-Point Tunneling
/usr/sbin/gifconfig gif0 129.254.254.84 128.16.64.196
/sbin/ifconfig gif0 inet6 3ffe:2101:7:eee1::2 3ffe:2101:7:eee1::1 prefixlen 64
```

그림 21. /etc/rc에서의 gif0를 통한 Point-to-Point 터널링 설정

#### 3) /etc/rc.local

/etc/rc.local 파일에서는 gif 인터페이스에 의해 Configured Tunnel 을 통해 전송되는 IPv6 데이터그램을 담은 IPv4 데이터그램의 TTL 값을 30 (기본 설정값)에서 64 로 변경한다. 이렇게 하는 이유는 두 PC 라우터 사이의 거리가 30-hop 이상이 되면 두 PC 라우터에 의해 연결되는 두 서브넷 사이를 통과하는 IPv6 데이터그램을 포함하는 IPv4 데이터그램의 TTL 값이 0 이 되어 ICMP 에러 (Time Exceeded Message)를 발생시킬 수 있기 때문이다. 실제로 ETRI 는 UCL 과 29-hop 거리에 있고, 반대로 UCL 은 ETRI 와 33-hop 거리에 있었다. 이러한 현상은 Paxson 이 지적하였듯이 End-to-End 경로에서 방향에 따라서 패킷의 라우팅 경로가 달라질 수 있다는 인터넷의 비대칭적인 성향을 볼 수 있었다 [11]. 그림 22 은 gif 인터페이스가 생성하는 IPv4 데이터그램의 TTL 값을 64 로 설정하는 것을 나타내고 있다.

```
# Modification of the value of net.inet.ip.gifttl into 64 for far distance tunneling
/sbin/sysctl -w net.inet.ip.gifttl=64
```

그림 22. /etc/rc.local에서의 gif 인터페이스 TTL 값 설정

지금까지의 gif 인터페이스에 대한 설정 정보를 Kernel 에 반영하기 위해서는 재부팅해야 한다. 재부팅 후에 gif 인터페이스 (gif0)의 설정 정보는 그림 23 과 같이 gifconfig 명령을 통해 볼 수 있다.



```

C:\WINNT\System32\cmd.exe - telnet 129,254,165,83
6mcast# gifconfig gif0
gif0: flags=8211<UP,POINTOPOINT,ALLMULTI,MULTICAST> mtu 1280
      inet6 fe80::250:daff:fe8f:8aca%gif0 --> :: prefixlen 64
      inet6 3ffe:2101:7:eee1::2 --> 3ffe:2101:7:eee1::1 prefixlen 64
      physical address inet 129.254.254.84 --> 128.16.64.196
6mcast#
  
```

그림 23. gif 인터페이스 (gif0)의 설정 정보

gif 터널링 인터페이스에 의해 만들어지는 IPv4 데이터그램의 TTL 값을 보기 위해서는 그림 24 와 같이 sysctl 명령을 이용하면 된다. gif 인터페이스의 TTL 값이 64 로 설정되어 있음을 알 수 있다.



```

C:\WINNT\System32\cmd.exe - telnet 129,254,165,83
6mcast# sysctl net.inet.ip.gifttl
net.inet.ip.gifttl: 64
6mcast#
  
```

그림 24. gif 인터페이스의 TTL 값 검사

### 1.2.2.3 유니캐스트 망 연동

터널링에 참가하는 라우터의 유니캐스트 연동은 gif 인터페이스 설정이 완료되면 이루어진다. 유니캐스트 연동 검사는 ping6 나 traceroute6 를 이용하여 할 수 있다.

### 1.2.3 멀티캐스트 관련 프로그램 설치

1.1.3 을 참고로 해서 멀티캐스트 관련 프로그램인 GNU Zebra, route6d, 그리고 pim6dd 를 설치한다.

### 1.2.4 멀티캐스트 연동 검사

1.1.4 와 같이 'pim6stat -d' 명령을 이용하여 PIM Peering 을 맺고 있는지 확인한다.

### 1.2.5 멀티캐스트 연동을 위한 초기화 파일 설정

PC 라우터의 부팅 초기화 파일인 /etc/rc.local 에서 터널 기반의 IPv6 망에 연동에 필요한 gif 인터페이스의 TTL 값을 설정하고, 멀티캐스트에 관련된 라우팅 프로세스를 구동한다. 단, 멀티캐스트 라우팅 데몬인 pim6dd 는 gif 인터페이스가 설정된 다음에 실행되어야만

터널링을 위한 인터페이스 gif0 도 멀티캐스트 인터페이스에 포함시킬 수 있기 때문에 pim6dd 의 실행 명령어는 그림 26 과 같이 /etc/rc 파일의 마지막 부분에 위치되어야 한다. 그림 25 는 Router 1 의 /etc/rc.local 파일로써 gif0 의 TTL 값 설정과 라우팅 프로세스의 실행 명령을 담고 있다. 그림 26 은 Router 1 의 /etc/rc 파일의 내용을 나타내고 있는데 Router 2 와의 멀티캐스트 연동을 위한 터널링 설정과 pim6dd 의 실행 명령을 담고 있다.

```
#!/bin/sh
## Modification of the value of net.inet.ip.gifttl into 64 for far distance tunneling ##
/sbin/sysctl -w net.inet.ip.gifttl=64

## Launch of IPv6 Routing Daemons ##
/usr/local/sbin/zebra&
/usr/sbin/route6d
/usr/local/sbin/bgpd&
```

그림 25. 터널 기반의 IPv6 멀티캐스트 망의 연동을 위한 초기화 파일 /etc/rc.local의 구성

```
...
## Configuration of gif0 Interface for Point-to-Point Tunneling ##
/usr/sbin/gifconfig gif0 129.254.254.84 128.16.64.196
/sbin/ifconfig gif0 inet6 3ffe:2101:7:eee1::2 3ffe:2101:7:eee1::1 prefixlen 64

## Launch of pim6dd ##
/usr/sbin/pim6dd
```

그림 26. 터널 기반의 IPv6 멀티캐스트 망의 연동을 위한 초기화 파일 /etc/rc의 구성

## 2 IPv6 멀티캐스트 응용 설치

멀티캐스트 응용으로 가장 대표적인 것이 화상회의 응용 (Mbone Conferencing Applications)이다. 화상회의 응용으로 가장 대표적인 것이 UCL 이 만든 Mbone Conferencing Tool 인 SDR, VIC, RAT, 그리고 NTE 이다. 최근에 ETRI 와 서울대는 공동으로 고품질 IPv6 화상회의용 오디오 도구인 HAT (High-quality Audio conferencing Tool)를 구현하여 배포하고 있다 [10, 12]. 본 장에서는 Windows 2000 단말에 IPv6 Stack 을 설치하는 방법과 화상회의 응용을 설치하는 방법에 대해 기술한다.

### 2.1 시스템 요구사항

표 3은 화상회의 시스템에 필요한 하드웨어 사양을 기술하고 있다.

구성요소	세부사항
Processor	INTEL PENTIUM-II 500 MHz 이상
Memory	256 MB
Video Camera	LOGITECH Quickcam 또는 Digital Camcoder
Audio Device	Microphone, Speaker
Data link layer	Ethernet 10 Mbps

표 3: 화상회의 시스템의 하드웨어 사양

표 4는 화상회의 시스템에 필요한 소프트웨어 사양을 기술하고 있다.

구성요소	세부사항
OS	Windows 2000 with MSR IPv6 Stack
Session Manager	SDR
Video Tool	VIC
Audio Tool	RAT 또는 HAT
Text Tool	NTE

표 4: 화상회의 시스템의 소프트웨어 사양

### 2.2 Windows 2000에 MSR IPv6 설치

Windows 2000은 두 가지의 IPv6 Stack이 있다. 하나는 MSR IPv6이고, 다른 하나는 MSDN Technology Preview IPv6 (MSDN IPv6)이다[13, 14]. MSR IPv6는 Microsoft Research (MSR)에 의해

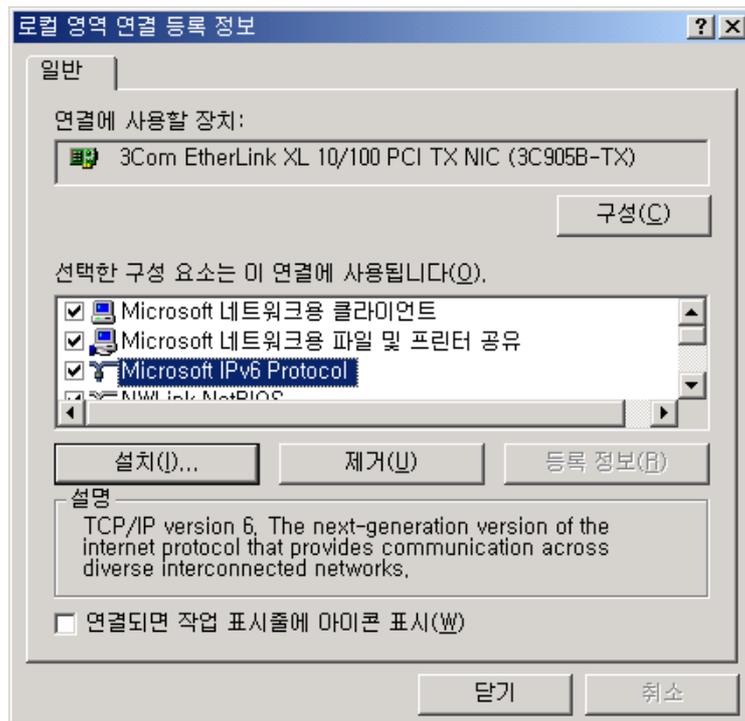
Windows NT/2000 플랫폼에서 구동될 수 있도록 개발된 IPv6 Stack인데, 1998년 초에 처음으로 배포되었다. UCL의 Mbone Tool은 MSR IPv6 Stack에서 구동될 수 있도록 만들어졌다.

MSDN Technology Preview IPv6 Stack은 Windows Networking Group에 의해 2000년 초에 발표된 것으로 Microsoft Windows의 미래 버전에서 사용될 IPv6로 개발되었다. 현재 UCL의 대부분의 Mbone Tool은 MSR IPv6 Stack에서만 구동이 되기 때문에 Windows 2000에 MSDN IPv6가 이미 설치되어 있으면 먼저 이것을 제거하고 MSR IPv6를 설치해야 한다. 또한 MSR IPv6는 Windows 2000의 서비스 팩 SP1이 이미 설치되어 있어야만 설치가 된다.

현재 Windows 2000에 MSDN IPv6 가 설치되어 있다고 하면, 2.2.1의 과정에서 먼저 MSDN IPv6 Stack을 제거하고 2.2.2의 과정에서 MSR IPv6 Stack을 설치한다. MSDN IPv6가 설치되어 있지 않으면 2.2.1의 과정은 생략하고 2.2.2의 과정으로 넘어간다.

### 2.2.1 MSDN IPv6의 제거

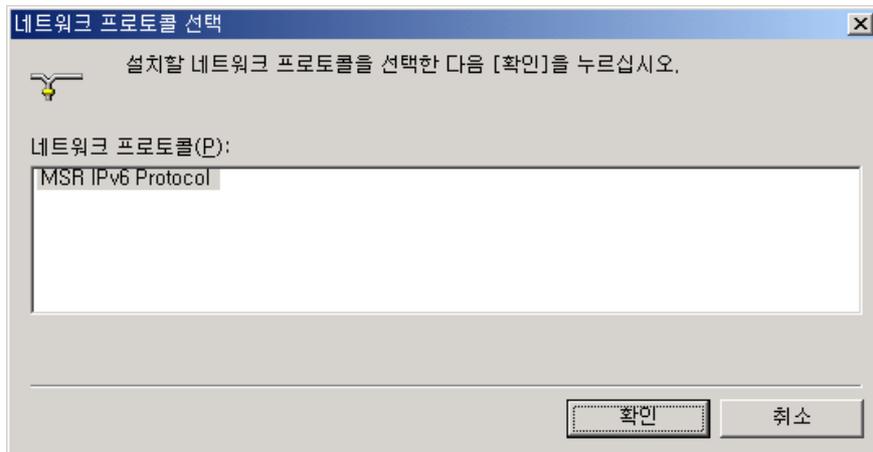
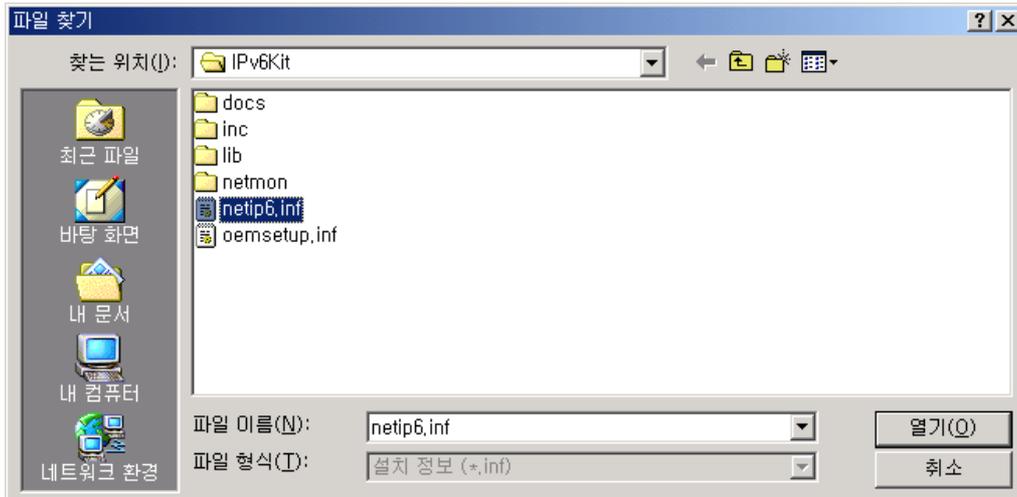
- 제어판-> 네트워크 및 전화 접속 연결 -> 로컬영역 연결 -> 등록정보 -> Microsoft IPv6 Protocol을 해제함



- 제어판의 프로그램 추가/제거에서 MSDN IPv6 (IPv6 Technology Preview)를 선택해서 제거함
- 재부팅함

### 2.2.2 MSR IPv6의 설치

- MSR IPv6 설치 파일을 다운로드한 후 압축을 푼다
- 제어판-> 네트워크 및 전화 접속 연결 -> 로컬영역 연결 -> 등록정보 -> 설치 -> 프로토콜 -> 디스크 있음 -> 찾아보기에서 압축을 푼 디렉토리(IPv6Kit)를 찾아서 netip6.inf 선택한 뒤 MSR IPv6 Protocol을 선택함



### 2.2.3 IPv6 설치 확인

IPv6가 정상적으로 설치되면, 그림 27과 같이 도스창에서 'ipv6 if' 명령어로 Windows 2000에서 동작 중인 IPv6 Virtual Interface (IPv6 가상 인터페이스)를 볼 수 있다. Interface 4에서 주소 2001:230:0:2:201:2ff:fe96:cdd2는 Global IPv6 Address로써 같은 서브넷에 있는 라우터의 RA 메시지를 받아 Stateless Autoconfiguration에 의해 만들어진 주소이고, Interface 4에서 주소 fe80::201:2ff:fe96:cdd2는 IEEE EUI-64 Format으로 만들어진 Link-local 주소이다. ping6으로 IPv6 Protocol이 정상적으로 동작하고 있는지 확인할 수 있다.

```
C:\WINNT\System32\cmd.exe
C:\#>ipv6_if
Interface 4 (site 1):
  uses Neighbor Discovery
  link-level address: 00-01-02-96-cd-d2
  preferred address: 2001:230:0:2:201:2ff:fe96:cdd2, 336s/336s (addrconf)
  preferred address: fe80::201:2ff:fe96:cdd2, infinite/infinite
  multicast address ff02::1, 1 refs, not reportable
  multicast address ff02::1:ff96:cdd2, 2 refs, last reporter
  link MTU 1500 (true link MTU 1500)
  current hop limit 64
  reachable time 21000ms (base 30000ms)
  retransmission interval 1000ms
  DAD transmits 1
Interface 3 (site 1):
  uses Neighbor Discovery
  link-level address: 129.254.165.81
  preferred address fe80::81fe:a551, infinite/infinite
  multicast address ff02::1, 1 refs, not reportable
  multicast address ff02::1:fffe:a551, 1 refs, last reporter
  link MTU 1280 (true link MTU 65515)
  current hop limit 128
  reachable time 43500ms (base 30000ms)
  retransmission interval 1000ms
  DAD transmits 1
Interface 2 (site 0):
  does not use Neighbor Discovery
  link-level address: 0.0.0.0
  preferred address ::129.254.165.81, infinite/infinite
  link MTU 1280 (true link MTU 65515)
  current hop limit 128
  reachable time 0ms (base 0ms)
  retransmission interval 0ms
  DAD transmits 0
Interface 1 (site 0):
  does not use Neighbor Discovery
  link-level address:
  preferred address ::1, infinite/infinite
  link MTU 1500 (true link MTU 1500)
  current hop limit 1
  reachable time 0ms (base 0ms)
  retransmission interval 0ms
  DAD transmits 0
```

그림 27. IPv6 가상 인터페이스 (Virtual Interface)

### 2.3 화상회의 도구 설치

IPv6 화상회의 도구로는 UCL의 Mbone Conferencing Applications (SDR, VIC, RAT 그리고 NTE) 와 최근에 ETRI와 서울대가 공동으로 개발한 고품질 오디오 회의 도구인 HAT 등이 있다. 표 5는 화상회의 도구에 대해 기술하고 있다.

화상회의 도구	용도	개발 기관
SDR (Session Directory)	Session의 생성 및 관리를 위한 Session Manager <a href="http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/sdr/">http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/sdr/</a>	UCL
VIC (Videoconferencing Tool)	화상회의용 Video 전달 도구 <a href="http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/vic/">http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/vic/</a>	UCL
RAT (Robust Audio Tool)	화상회의용 Audio 전달 도구 <a href="http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/rat/">http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/rat/</a>	UCL
HAT (High-quality Audio conferencing Tool)	MP3 코덱 기반의 고품질 오디오 회의 도구 <a href="http://mmlab.snu.ac.kr/~hat/">http://mmlab.snu.ac.kr/~hat/</a>	ETRI, SNU
NTE (Network Text Editor)	화상회의용 Text 전달 도구 <a href="http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/nte/">http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/nte/</a>	UCL

표 5. 화상회의 도구

#### 2.3.1 UCL Mbone Conferencing Application 설치

UCL Multimedia Conferencing Applications 은 그림 28 의 UCL 홈페이지에서 다운로드하여 설치할 수 있다 [10].

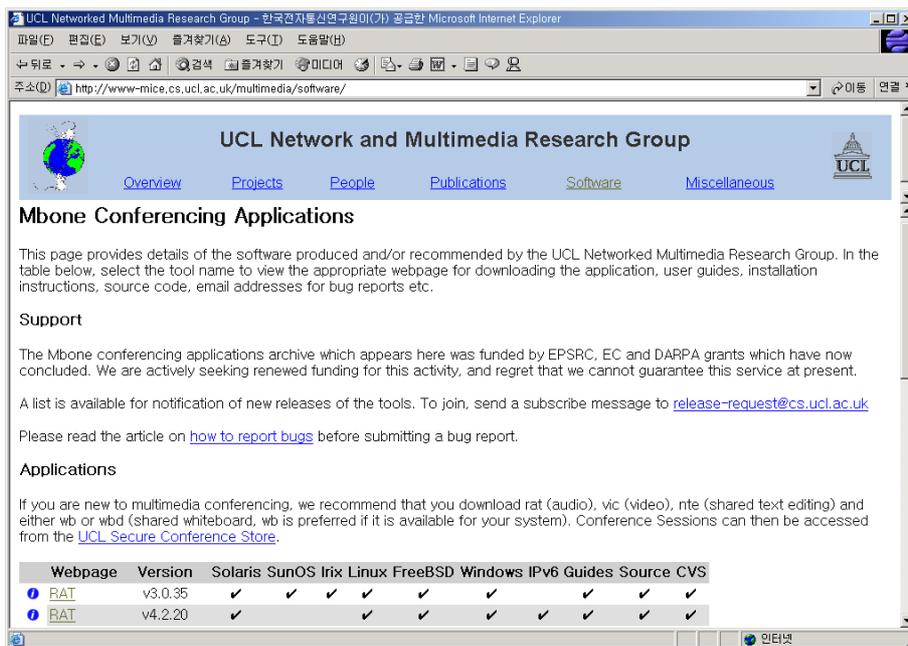


그림 28. UCL Mbone Conferencing Applications 홈페이지

2.3.1.1 설치

다운로드 받은 SDR, RAT, NTE 설치 프로그램을 적당한 위치에 설치한다. 보통 C:\Program Files\mbone 디렉토리에 설치한다. 그림 29 는 SDR 을, 그림 30 은 VIC 을, 그림 31 은 RAT 을, 그리고 그림 32 는 NTE 를 나타내고 있다.

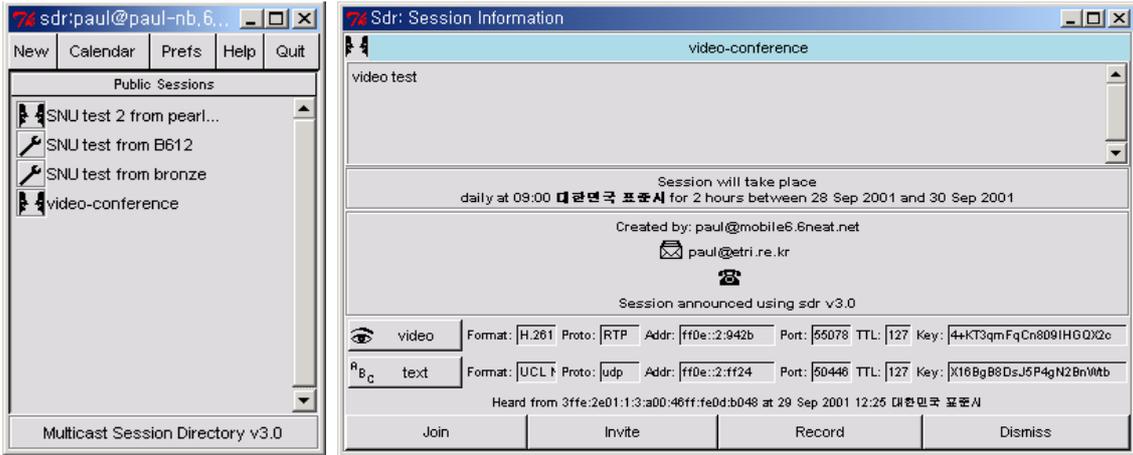


그림 29. SDR (Session Directory)

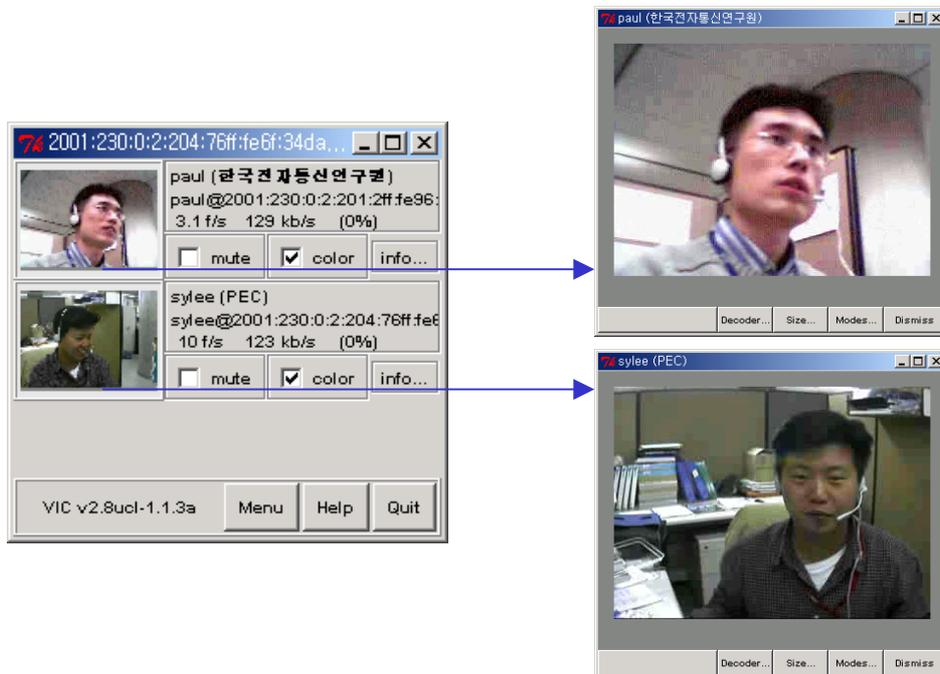


그림 30. VIC (Videoconferencing Tool)



그림 31. RAT (Robust Audio Tool)

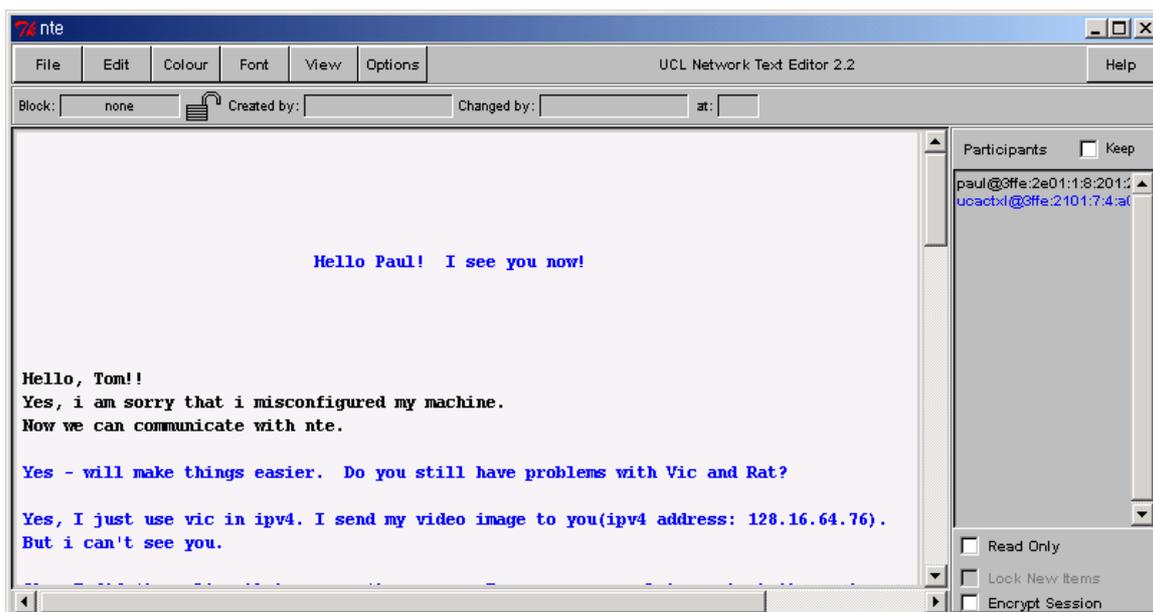


그림 32. NTE (Network Text Editor)

2.3.1.2 SDR 실행 에러 해결

Windows 2000 용 Mbone tool 의 설치 후 실행할 때 몇 가지 문제점이 발생한다. 특히 SDR 을 실행하면 몇 가지 에러가 발생할 수 있는데, 본 문서에서는 그 문제를 해결하는 방법을 제시한다.

- 1) 문제 1: 호스트의 Domain Name 을 Resolve 할 수 없다는 에러 발생 ('cannot resolve the name at getaddrinfo' error)

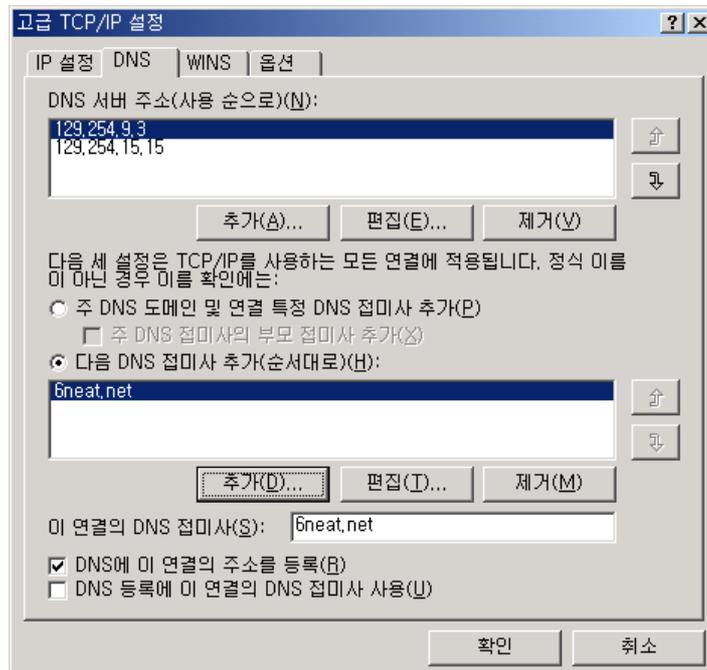


(1) PC 의 Domain Name 을 DNS 서버에 설치

제어판 -> 네트워크 및 전화 접속 연결 -> 로컬 영역 연결 -> 로컬 영역 연결 등록 정보 -> 인터넷 프로토콜 (TCP/IP) 등록 정보-> 고급 TCP/IP 설정 -> DNS 설정에서 DNS 서버 주소와 사용할 DNS 접미사를 등록한다.

아래 그림처럼 사용할 DNS 서버의 IP 주소 (129.254.9.3 과 129.254.15.15)를 등록하고, 이 호스트가 사용할 Domain 의 접미사 (6neat.net)를 설정한다. 또한 호스트의 Name (paul-nb)과 Domain 접미사 (6neat.net)를 다음과 같이 제어판의 시스템 정보 설정에서 등록한다.

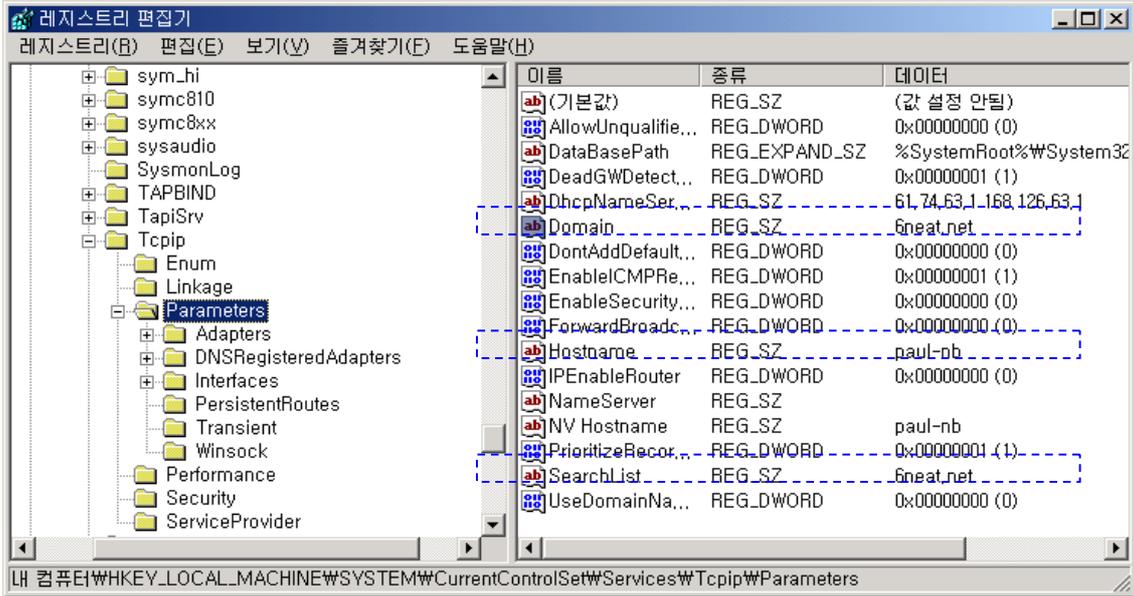
제어판 -> 시스템 -> 네트워크 식별 -> 등록정보 -> ID 변경의 컴퓨터 이름을 paul-nb 로 설정하고, '자세히' 버튼을 눌러서 '이 컴퓨터의 주 DNS 접미사'를 6neat.net 으로 설정한다



(2) 도스창에서 'regedit' 명령을 실행하여 Windows Registry 에 Domain Name 설정을 한다.

HKEY\_LOCAL\_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\Tcpip\Parameters\ 로 이동하여 아래 그림처럼 Domain, Hostname, SearchList 가 제대로 설정되어 있는지 확인한다.

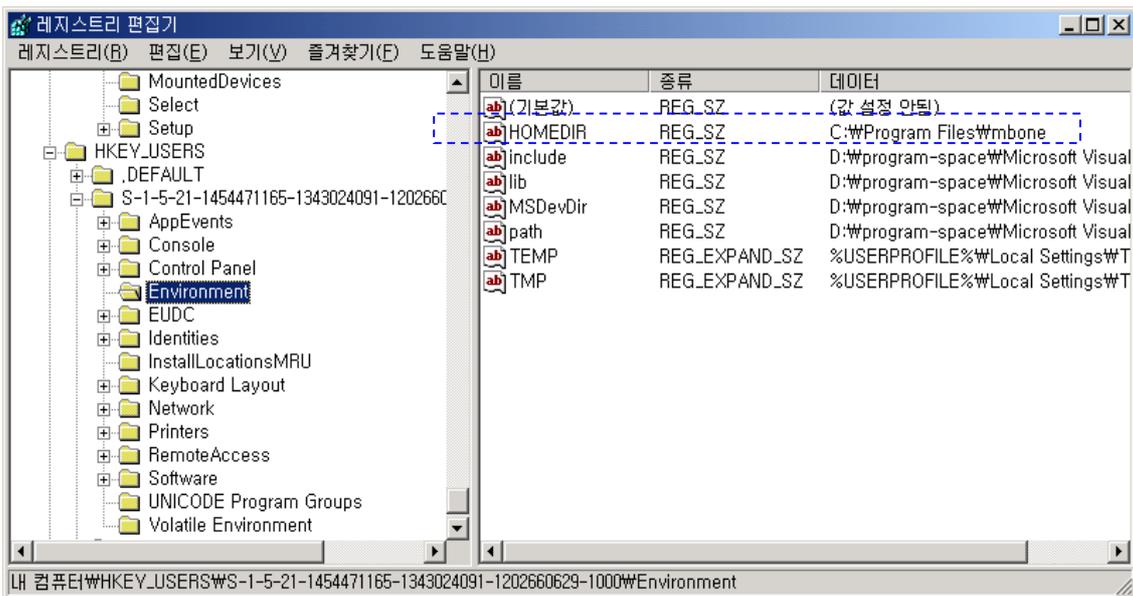
호스트의 이름 (Hostname)은 paul-nb 이고 Domain 과 SearchList 는 이 호스트가 사용하는 Domain 을 나타낸다.



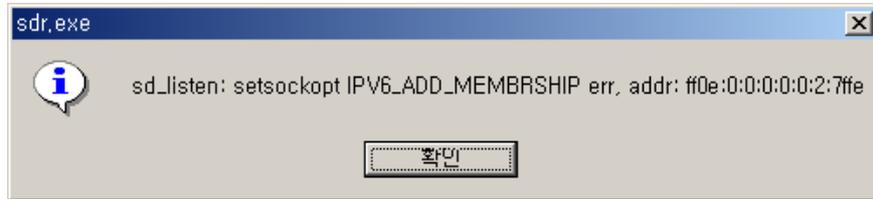
(3) DNS Server 에 호스트의 Domain Name 과 'ipv6 if' 명령을 실행했을 때 나타나는 Global IPv6 Address 를 등록해야 한다. 도스창에서 nslookup 명령으로 설정한 Domain Name (paul-nb.6neat.net)의 IPv6 주소 (2001:230:0:2:201:2ff:fe96:cdd2)가 resolve 되어야 한다.

2) 문제 2: HOMEDIR 이 잘못 설정되어 있다는 에러 발생

도스창에서 set 명령어로 환경변수를 보았을 때, HOMEDIR 이 Mbone tool 이 설치된 디렉토리 (예: C:\Program Files\mbone)로 설정되어 있지 않으면 아래의 그림처럼 Windows Registry 에서 HOMEDIR 을 'C:\Program Files\mbone'로 설정해야 한다.



3) 문제 3: SDR 이 사용하는 IPv6 멀티캐스트 주소 ff0e::2:7ffe 에 대해 IPV6\_ADD\_MEMBERSHIP 소켓 설정을 할 수 없다는 에러 발생 ('sd\_listen: setsockopt IPV6\_ADD\_MEMBERSHIP err, addr: ff0e:0:0:0:0:2:7ffe' error)



IPv6 멀티캐스트 응용이 멀티캐스트 주소를 목적주소로 갖는 데이터그램을 보내기 위해서는 Outgoing Interface 가 설정되어야 하는데, 멀티캐스트 응용이 직접 IPV6\_MULTICAST\_IF 소켓 옵션으로 특정 멀티캐스트 주소에 대한 Outgoing Interface 를 설정하거나 사용자가 특정 멀티캐스트 주소나 특정 멀티캐스트 주소 블록에 대해 'ipv6 rtu' 명령으로 Outgoing Interface 를 설정할 수 있다. SDR 이 제대로 동작하기 위해서는 사용자가 세가지 멀티캐스트 주소나 프리픽스 (ff02::5/128, ff0e::/16, ff00::/8)에 대해 Outgoing Interface 를 설정해야 한다. 이 때 사용할 Virtual Interface 는 도스창에서 'ipv6 if'를 실행했을 때, Stateless Autoconfiguration 에 의해 설정된 Global IPv6 Address 를 갖는 것이다.

예를 들어, 사용할 Virtual Interface 가 4 번일 때, 세가지 멀티캐스트 주소 블록 (ff02::5/128, ff0e::/16, ff00::/8)에 대한 Route 를, 즉 Outgoing Interface 를 설정해야 한다.

따라서, SDR 실행 전에 그림 33 와 같이 Outgoing Interface 설정에 관련된 세 개의 명령을 담은 배치 파일 (Batch file- interface.bat)을 실행하면 위의 에러가 발생하지 않는다.

```
ipv6 rtu ff02::5/128 4
ipv6 rtu ff0e::/16 4
ipv6 rtu ff00::/8 4
```

그림 33. Outgoing Interface 설정을 담은 배치 파일 (Batch file – interface.bat)

### 2.3.2 ETRI-SNU HAT 설치

ETRI-SNU HAT (High-quality Audio conferencing Tool)은 그림 34 의 hat 홈페이지에서 다운로드하여 설치할 수 있다 [12].

hat 은 MP3 코덱 기반의 고품질 오디오 회의 도구로써 UCL 의 RAT 보다 적은 대역에서 우수한 음질의 오디오를 제공하고 있다. hat 의 특성은 그림 34 의 hat 홈페이지에 잘 기술되어 있다.

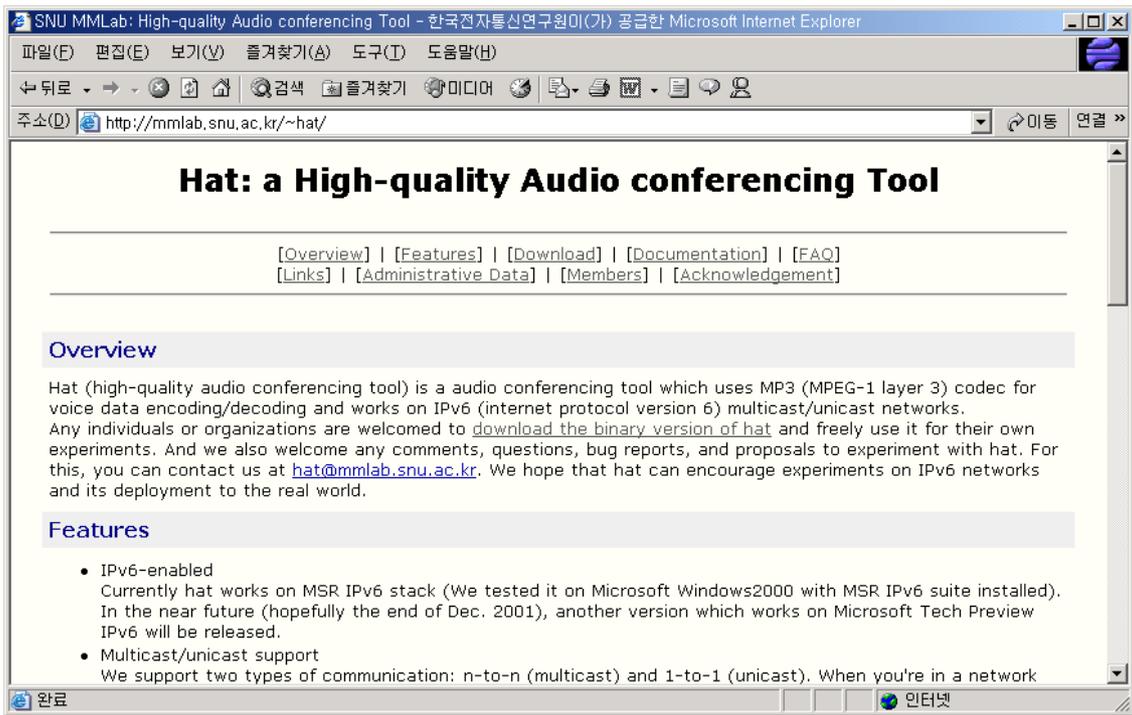


그림 34. ETRI-SNU hat 홈페이지

그림 35 는 HAT 을 실행했을 때의 모습이다.

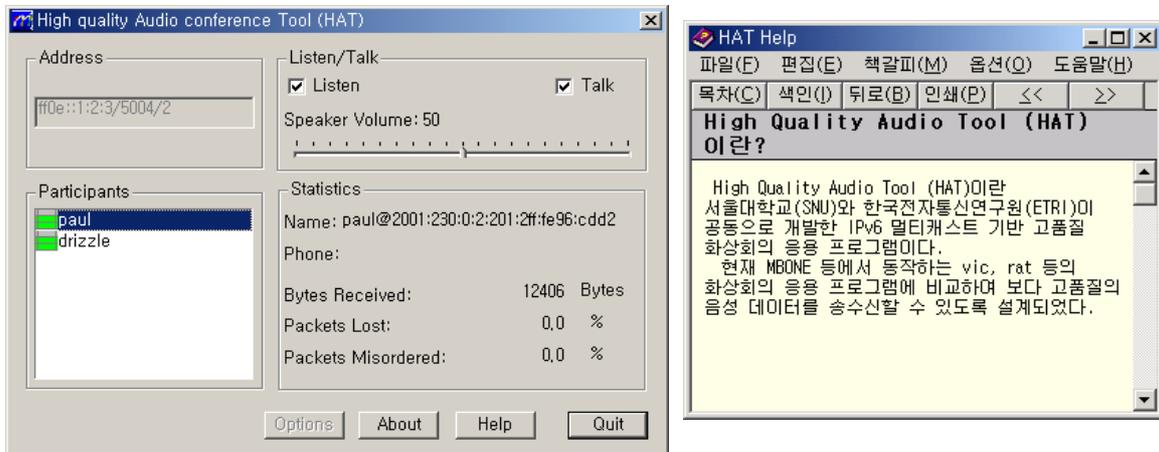


그림 35. HAT (High-quality Audio conferencing Tool)

표 6 은 16kHz sampling 에서 HAT 과 RAT 의 특성 비교를 나타내고 있다.

특성	HAT	RAT
Average Bandwidth	128 kbps	512 kbps
Codec	MP3	PCM
Sampling	16 KHz	16 KHz

표 6. HAT 과 RAT 의 특성 비교

그림 36 은 16kHz sampling 의 Talkspurt (말하는 기간)에서 HAT 과 RAT 의 LAN 상에서의 점유 대역을 보여주고 있다. HAT 은 평균 대역이 128 kbps 로써 RAT 의 평균 대역 512 kbps 보다 적은 대역에서 우수한 음질을 제공한다.

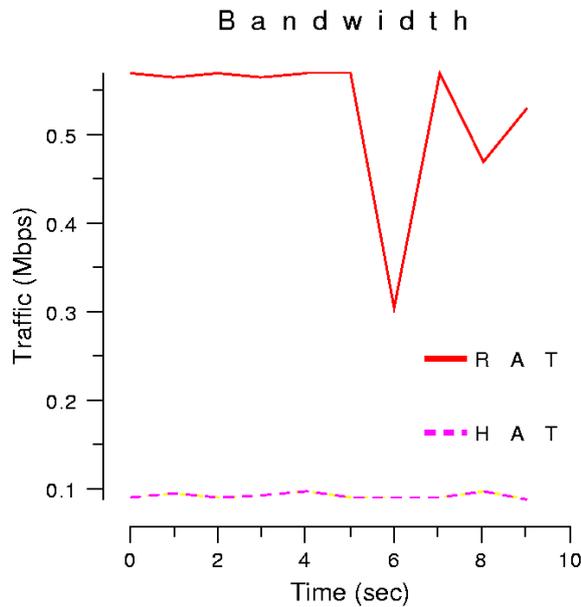


그림 36. HAT과 RAT의 LAN상에서의 점유 대역

## Reference

- [1] S. Deering, W. Fenner, B. Haberman, “Multicast Listener Discovery (MLD) for IPv6”, RFC 2710, October 1999.
- [2] Steven Deering et al., “Protocol Independent Multicast version 2 Dense Mode Specification”, draft-ietf-idmr-pim-dm-06.txt, Aug 6, 1997.
- [3] Bill Fenner, Mark Handley, Hugh Holbrook, Isidor Kouvelas, “Protocol Independent Multicast – Sparse Mode (PIM-SM)”, draft-ietf-pim-sm-v2-new-02.txt, Sep. 2001.
- [4] FreeBSD 한글 홈페이지, <http://www.kr.freebsd.org>
- [5] Efficient ATM Interface 디바이스 드라이버 설치를 위한 ALTQ 홈페이지, <http://www.csl.sony.co.jp/person/kjc/programs.html>
- [6] 정재훈 외 2명 “IPv6 PC 라우터 및 호스트 설치 및 설정 방법(FreeBSD 4.2)”, IPv6 포럼 코리아 기술문서 TM2001-003, 2001.
- [7] GNU Zebra 홈페이지, <http://www.zebra.org/>
- [8] 정재훈 외 2명 “Cisco 라우터의 Configured Tunneling 설정방법”, IPv6 포럼 코리아 기술문서 TM2001-007, 2001.
- [9] R. Hinden and S. Deering, “IPv6 Multicast Address Assignments”, RFC 2375, July 1998.
- [10] UCL Mbone Conferencing Applications, <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/>
- [11] V. Paxson, “End-to-End Internet Packet Dynamics”, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.7, No.3, pp.277-292, June 1999.
- [12] ETRI-SNU HAT (High-quality Audio Tool), <http://mmlab.snu.ac.kr/~hat>
- [13] MSR IPv6, <http://research.microsoft.com/msripv6/msripv6.htm>
- [14] Microsoft IPv6 Technology Preview for Windows 2000, <http://msdn.microsoft.com/downloads/sdks/platform/tpipv6.asp>

## Appendix1. 순수 IPv6 멀티캐스트 망을 이용한 화상회의 실험 (Experiment of Mbone Conferencing Tools over Native IPv6 Multicast Network)

본 문서에서 구축한 순수 IPv6 멀티캐스트 망을 이용하여 실험한 결과를 6NEAT 홈페이지 (<http://www.6neat.net>)에서 참조할 수 있다.

ETRI-SNU 1 차 실험: <http://www.6neat.net/demo/video6-demo2.htm>

- ETRI-SNU 간 화상회의 1 차 실험
  - <http://www.6neat.net/demo/video6-demo2.htm>
- ETRI-SNU 간 화상회의 2 차 실험
  - <http://www.6neat.net/demo/Report-for-Video6-Demo-20011016.htm>
- ETRI-SNU 간 화상회의 3 차 실험
  - <http://www.6neat.net/demo/Report-for-Video6-Demo-20011023.htm>

## **Appendix2.터널 기반 IPv6 멀티캐스트 망을 이용한 화상회의 실험 (Experiment of Mbone Conferencing Tools over Tunnel-based IPv6 Multicast Network)**

본 문서에서 구축한 터널 기반 IPv6 멀티캐스트 망을 이용하여 실험한 결과를 6NEAT 홈페이지 (<http://www.6neat.net>)에서 참조할 수 있다.

- ETRI-UCL 간 화상회의 1 차 실험
  - <http://www.6neat.net/demo/Report-for-Video6-Demo-with-UCL-20011018.htm>
- ETRI-UCL 간 화상회의 2 차 실험
  - <http://www.6neat.net/demo/Report-for-Video6-Demo-with-UCL-20011211.htm>