

# IP/ATM 네트워크에서의 PON-QoS 제어방안 고찰

## A Study on a PON-QoS Control for IP/ATM Networks

허재두(J.D. Huh)  
김봉태(B.T. Kim)

네트워크핵심기술연구부 책임연구원  
네트워크핵심기술연구부 책임연구원, 부장

인터넷 서비스의 급증으로 QoS에 대한 중요성이 증대되고 있는데, 본 논문에서는 IP 네트워크에서 QoS 서비스를 제공하기 위한 방안으로 ATM 전송계층을 이용하는 방법에 대해 기술한다. 여기서는 유럽의 BTI 프로젝트에서 수행한 IntServ 구조와 액세스 네트워크 측면에서 통신 인프라 구축에 필요한 소요자원을 줄이고 새로운 서비스 제공을 용이하게 하는 QoS 기반기술에 대해 기술한다. 특히 실제 BTI의 원격 학습 응용을 통해 QoS 제어 성능을 분석하고, IP/ATM 통합망에서의 QoS 제어방안에 대해 고찰한다.

## I. 서론

근래 들어 QoS 보장형 인터넷 서비스를 원하는 욕구가 급속도로 증가하고 있다. 유럽 연합(EU)의 BTI(Broadband Trial Integration) 프로젝트에서는 ATM을 전송수단으로 이용해서 인터넷 QoS 서비스를 제공하는 방법들을 연구중이다[1],[2]. 이 가운데 IntServ(Integrated Service)를 중심으로 한 ATM 기반의 PON(Passive Optical Network) 구조에서 QoS를 제공하는 방안이 초점이 맞추어져 있다. 사용자는 기본적으로 광대역, 저비용 및 안정된 품질의 서비스를 요구한다. 이를 실현하는 기술로는 멀티캐스팅, IPv6, RSVP(Resource Reservation Protocol), NHRP(Next Hop Resolution Protocol) 및 점대점 또는 점대다중점 SVC(Switched Virtual Circuit) 기술 등이 있다[3]. 이러한 개념들은 이미 여러 기술적 성능 테스트를 거치면서 실용화 단계에 와 있다. 더욱이 사용자 인터페이스와 QoS 제어에 대한 사용자 인식을 높이기 위해 서비스 가용성 평가 프로그램이 운용되고 있고, 특히 RSVP와 ATM을

통해 QoS가 제공되는 원격교육과 같은 응용 서비스들이 대두되고 있다. 유럽의 한 예로 원격교육 서비스는 덴마크, 포르투갈, 폴란드의 대학생 및 교수들이 이러한 네트워크에 연결되어 사용중에 있다.

BTI 프로젝트는 망 사업자, 산업체 및 대학에서 참여하고 있는데, 우선 망 사업자의 역할은 시범서비스를 준비하고 기술적인 면과 교육관련 애플리케이션들을 제공하고, 업체는 이러한 시범서비스가 제공되는 곳에 장비를 공급하며, 대학은 교육에 필요한 여러 애플리케이션들을 시험하고 네트워킹 프로토콜을 개발하는 역할을 한다. 본 논문에서는 II장에서 네트워크 기술동향에 대해 알아보고, III장에서는 IPv6, 멀티캐스트 및 RSVP의 네트워크 요소기술들에 대해 기술하였으며, IV장에서 네트워크 성능 최적화 방안에 대해 고찰한 후 결론을 맺는다.

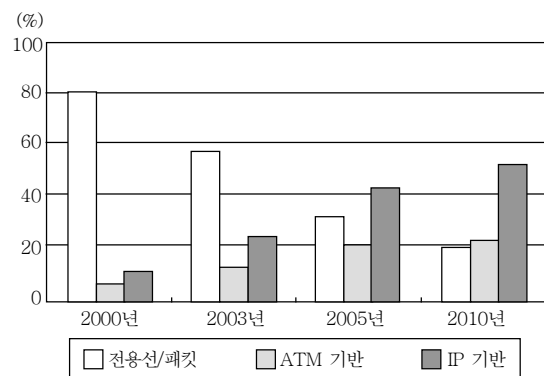
## II. 네트워크 기술동향

그 동안 유선 네트워크에 기반을 둔 음성전화 중심으로 발전되어 온 통신망은 패킷통신방법이 나오

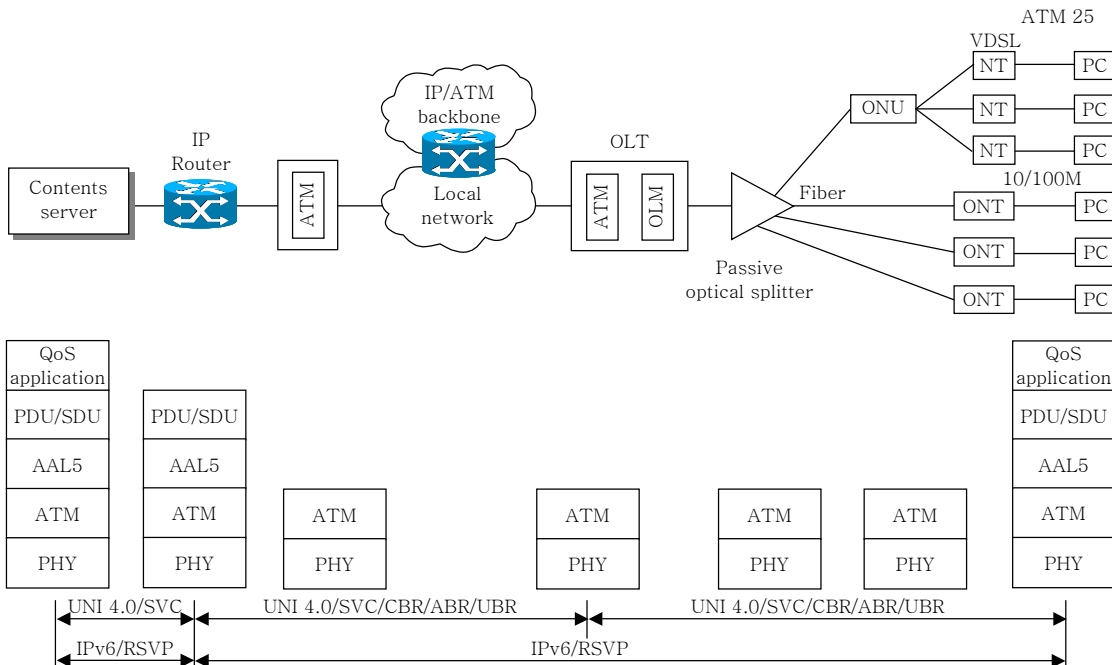
면서, 상호 네트워킹에 의한 데이터 송수신 및 인터넷으로 그 발전방향이 변화되고 있다. 이와 같은 움직임에 따라 향후 통신망의 트래픽 형태는 인터넷 기반 데이터 트래픽이 주종을 이룰 것으로 전망된다. 특히 기업의 인트라넷을 중심으로 한 액세스 망은 거의 대부분 비디오, 오디오 콘텐츠 및 대용량 정보 유통이 급속히 확산될 것으로 예상된다. 이에 따라 통신서비스는 (그림 1)에서 보는 바와 같이 전용회선, 패킷/프레임 릴레이 중심에서 IP/ATM 기반의 통신망으로 전환될 것으로 예상된다. 유럽은 2001년 말 현재 IP 및 ATM 기반의 광대역 서비스 비중이 전체 트래픽의 11.7%, 6.7%에 머무르고 있으나 2005년 경에는 그 비중이 점차 확대되어 각각 45.1%, 21.7%로 확대될 것으로 전망하고 있다[4]. 이 가운데 유럽의 BTI 프로젝트에서는 ATM 방식의 PON 시스템을 이용해서 제공 서비스를 최적화하는 방안을 마련 중이다[5]. (그림 2)에서와 같이 IP/ATM 네트워크는 ATM-PON을 중심으로 IPv6를 지원하는 라우터

와 비디오 응용서버로 구성되어 있다. 이러한 네트워크에는 포르투갈, 덴마크 및 폴란드를 묶는 IP/ATM 기반의 시험 네트워크를 통해 상호 연결되어 있다.

ATM-PON은 스위칭을 위한 OLT(Optical Line Terminator)와 최대 16개까지 광 네트워크를 가질 수 있는 단일 광섬유 분배망인 OLM(Optical Line Module)으로 구성이 되어 있다. 사용자들은 ONU



(그림 1) 네트워크 트래픽 변화추이



OLT: Optical Line Terminator, OLM: Optical Line Module  
 ONU: Optical Network Unit, ONT: Optical Network Terminator  
 NT: Network Terminator, VDSL: Very high-speed Digital Subscriber Loop

(그림 2) IP/ATM 네트워킹 구조

(Optical Network Unit)에 바로 연결되거나 VDSL (Very high-speed Digital Subscriber Loop) 모뎀을 통해 연결된다. (그림 2)에서 VDSL 모뎀은 네트워크 종단기능을 하는 NT(Network Terminator) 역할을 하고, ONU와 ONT는 ATM-25 혹은 10/100Mbps 이더넷으로 사용자와 인터페이스된다. 그리고 ATM은 물리계층 위에 위치하는데, ATM의 UNI(User Network Interface) 시그널링 프로토콜은 QoS를 지정 목적지까지 제공하고자 할 때 사용되고 ATM 망은 이러한 연결요구에 대해 QoS 제공이 가능하다. 한편, IP 계층에서 QoS를 제공하는 방안은 IntServ와 ATM QoS를 IP QoS에 매핑시키는 데 바탕을 두고 있다. 사용자 애플리케이션에서 요구되는 QoS는 RSVP를 통해 가능한데, RSVP 시그널링의 기본원리는 특정 QoS 요구를 유니캐스트 또는 멀티캐스트 IP로 정의하는 것이다. 이러한 전송은 RSVP를 통해 요구된 QoS와 동일한 성분을 갖는 ATM SVC로 처리된다.

IntServ 개념은 다양한 전송 서비스 등급 중에서 필요한 응용분야를 선택하도록 하는 것이다. 이를 지원하기 위해서는 서버넷과 라우터같은 네트워크 요소가 전송할 데이터 패킷마다 QoS를 제어할 수 있는 메커니즘이 지원되어야 한다.

네트워크 서비스 요구사항으로 첫째, 전송패킷은 항상 고속으로 정확하게 최종 수신단에 전달되어야 하고, 둘째, 수신패킷은 지정된 처리지연시간을 초과하지 않도록 최소화하여야 한다. 이러한 조건의 서비스를 요구하는 클라이언트는 데이터 트래픽에 대한 정보를 수시로 네트워크에 알려 주어야 하는데, 특히 QoS 서비스는 첫째, 모든 데이터그램은 대기 손실 없이 지연범위 내에서 서비스되어야 하고, 둘째, 종단간 큐잉지연은 최소이어야 하며 충분한 대역폭을 제공하여야 한다. 여기서 QoS 보장형 서비스란 데이터그램의 최소 또는 평균지연시간을 제어하는 것이 아니라 단지 최대 큐잉지연시간만을 제어하는 것을 말한다. 이를 기반으로 BTI 시범망에 연결된 많은 대학들은 사용자 관점에서 액세스 네트워크 발전에 상당한 기여를 하였고, 디지털 데이터베

<표 1> 응용별 네트워크 요구사항

요소	응용 서비스		
	비디오 검색	가상작업공간	음성-화상회의
지연	둔감	보통	민감
지연변이	민감	보통	민감
대역폭	1~4Mbps	약 200kbps	1~2Mbps
패킷손실	둔감	민감	둔감
ATM 회선	CBR	ABR	CBR
멀티캐스트	가능	가능	가능
과잉 트래픽	안됨	Best effort	안됨

이스와 도서관에 저장된 교육자료의 공유, 가상공간에서의 교수 인적자원 공유 및 학생들간 또는 교수들간 그리고 학생과 교수간에 상호 정보교류 등과 같은 원격교육관련 애플리케이션들이 개발되었다.

시범망에서는 광대역 기반 멀티캐스팅과 QoS 지원과 같은 장점들을 살릴 수 있는 응용분야들이 선택되었고, 각 응용분야에서는 다양한 태스크마다 QoS 파라미터를 고객 등급별로 설정이 가능하도록 하였다. 특히 음성-화상회의, 가상작업공간 및 디지털도서관에서의 비디오 자료검색과 같은 응용 서비스가 개발되었다. <표 1>은 이런 응용에 대한 네트워크 요구사항을 나타낸 것이다.

### III. 네트워크 기술요소

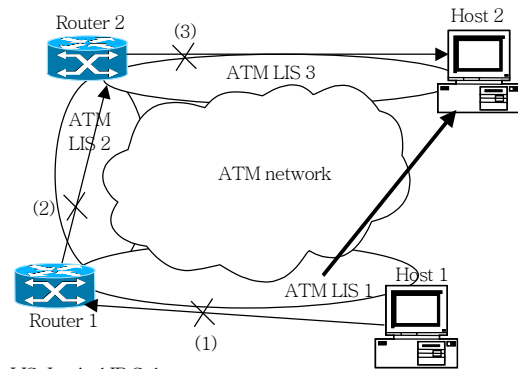
여기에서 설명하는 기술들은 QoS를 지원하고 사용 편이성과 저비용으로 구현할 수 있는 것 위주로 설명한다. 예를 들면 IntServ 기술은 설치가격에 민감한 액세스 네트워크에서 자원의 효율적 이용이 가능하기 때문에 채택되었는데 각 요소기술에 대한 설명은 다음과 같다.

#### 1. IPv6

IPv6의 장점은 주소공간의 확장과 내부 프로토콜에서 QoS를 지원한다는 점이다. IPv6 개발의 전제조건은 IPv4와 상호동작되고 주소할당이 자유로우며, 새로운 서버넷 기술이 지원되어야 한다. 주소

공간은 인터넷 항시 접속 사용자 수가 날로 급격히 증가함에 따라 매우 중요해졌다. 따라서 서버가 단 한 번만 사용자 주소를 할당하고 관리하게 된다면 전세계 단일 주소체계가 가능해질 것이다. 현재 IPv4 기반에서는 사용자가 접속할 때마다 서버가 주소를 할당하게 되어 있다.

BTI 연구에서는 응용단계의 시그널링 프로토콜로서 RSVP와 IntServ 프레임워크를 통해 QoS를 제공하는 것을 시도하고 있다. IntServ는 IPv4, IPv6를 모두 지원하지만 IPv6의 헤더정보를 통해 효율적인 IP 흐름분류가 가능하기 때문에 흐름제어를 할 수 있는 장점이 있다. IPv4에서는 패킷을 조각조각 나누지만 IPv6 흐름에서는 그렇지 않다. 그리고 NHRP는 목적 호스트 또는 라우터로부터 ATM의 네트워크 주소를 얻을 수 있는 기능을 제공한다. 이 기능은 또한 논리적으로 다중 IP 서브넷을 갖는 ATM 망에서 불필요한 라우팅 홉을 피하는 데 이용될 수 있다. NHRP는 라우팅 프로토콜이 아닌데, 그 개념은 (그림 3)에 나타내었다.



LIS: Logical IP Subnet  
(그림 3) ATM 망에서 경로지정에 의한 홉 수 최소화 방안

## 2. 멀티캐스트

BTI 네트워크에서는 다중 멀티캐스트 VC 메시지(mesh) 방법이 사용된다. 각 소스에서는 목적지까지 자신만의 독립적인 점대다중점 VC를 설정하는데, IP 주소를 ATM으로 매핑하는 방법은 MARS

(Multicast Address Resolution Server)를 이용한다. MARS는 ATM 인터페이스에 멀티캐스트 주소를 결합한 레지스트리처럼 동작한다. ATM 사용자를 멀티캐스트 그룹으로 예약하고자 할 때는 MARS를 통해야 하는데, 그 이유는 MARS가 그룹을 관리하기 때문이다.

라우터에서 멀티캐스트 VC 메시지의 설정 과정은 처음 멀티캐스트 패킷을 받았을 때 IP 순방향(forwarding) 모듈에 의해 처리되도록 한다. IP 순방향 모듈은 멀티캐스트 그룹의 멤버 리스트를 얻기 위해 MARS와 연동된 후 멤버 리스트에 각 노드를 추가함으로써 점대다중점 단방향 VC가 만들어진다. 즉 점대다중점 단방향 VC가 만들어지고 난 후 멀티캐스트 전송을 요구한 패킷이 보내지게 된다.

## 3. RSVP 통합서비스

RSVP는 IPv4 또는 IPv6에서 IntServ 기능구현을 위해 개발된 자원예약 프로토콜이다. RSVP는 수신측 주도의 멀티캐스트와 유니캐스트 데이터의 전달방식을 설정할 수 있으며, 전달하고자 하는 데이터 전송요구에 맞게 네트워크 자원을 적절히 할당할 수도 있다. RSVP 동작은 IP 목적지 주소(멀티캐스트 또는 유니캐스트 주소), 목적지 포트번호, 프로토콜 식별자 등에 의해 구분된다. 특히 RSVP가 멀티캐스트로 동작할 때, 예약된 자원이 단일 흐름으로 최종 수신자에게 전달되도록 한다. IP 멀티캐스트 라우팅과 유사하게 RSVP는 각 수신측마다 별도 예약을 할 필요는 없으며, 다중 예약은 소스에서 멀티캐스트 주소를 등록함으로써 가능하다. 그리고 RSVP는 보장형과 제어형의 두 가지 서비스 모델을 지원한다. BTI 네트워크에서의 IntServ 구현모델은 RSVP와 ATM 시그널링을 결합한 형태이다[6]. BTI 네트워크 구조에서 제어형 서비스는 고정길이 최소 셀을 전송하는 ABR(Available Bit Rate) 서비스와 같고, 보장형 서비스는 CBR(Constant Bit Rate) 서비스이며, best effort 트래픽은 UBR(Unspecified Bit Rate) 서비스와 같다. ATM에서 Int-

Serv 사용이 어려운 것 중의 하나는 VC 연결설정을 위한 동적 할당과 QoS의 재협상 과정이다. 비록 RSVP가 수신측의 예약사항을 변경할 수 있고 송신측이 트래픽을 동적으로 할당할 수 있지만, 이것은 이미 사용중인 VC에 대한 ATM의 QoS 파라미터는 변경할 수 없기 때문에 문제가 될 수 있다. 이러한 문제점에 대한 해결책은 미리 정의된 서비스를 사용하는 방법과 QoS 조건이 데이터 트래픽에 의해 변화될 때 새로운 ATM 연결을 설정하는 방안이 있다.

RSVP와 ATM 통합시 ATM VC는 각각의 흐름에 따라 설정되어야 하기 때문에 확장성 문제가 나타날 수 있다. 이것은 QoS 예약시 최소 성능 값이 요구되지 않으면 실제 데이터 전송을 담당하는 스위치에 과도한 부하를 줄 수 있다. 또한 멀티캐스트 전송을 지원하는 ATM의 제약 사항은 RSVP over ATM에 관한 처리문제이다. ATM에서의 점대다중점 연결은 모든 수신자에게 동일한 QoS를 제공하므로 모든 수신자에게 최대의 예약사항을 제공하거나 다른 VC에 트래픽을 이중화함으로써 서로 다른 예약사항이 사용될 수 있다는 것을 의미한다.

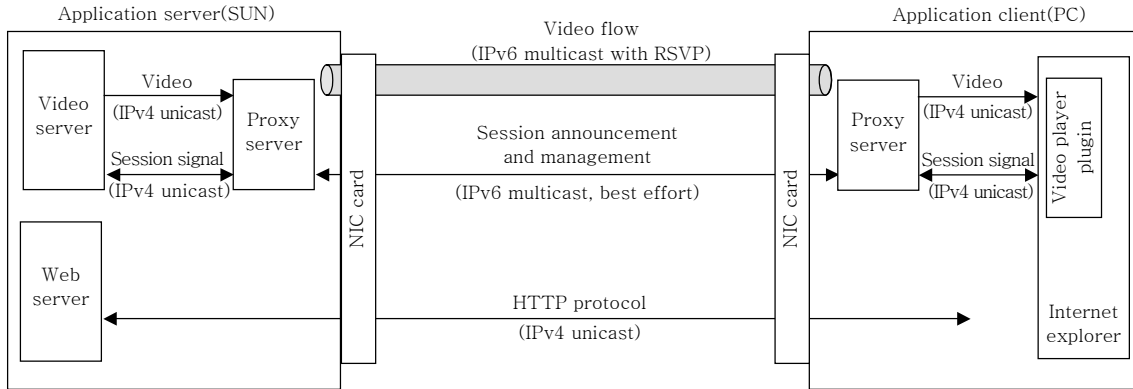
#### 4. 원격학습 서비스

IPv6/ATM 통합 네트워크에서 제공되는 QoS 특징을 알아보기 위해 음성화상회의, 가상작업공간 및 디지털 비디오 도서관 등의 원격학습 애플리케이션들을 적용하였다. 음성화상회의는 Mbone에서 사용된 비디오 회의와 RAT(Robust Audio Tool) 및 멀티캐스트 톨에 기반을 두고 있다[7]. 가상작업공간은 사용자에게 사이버 만남을 가질 수 있도록 하고 문서를 공유하게 함으로써 실시간 교신이 가능하며, 이와 같은 통합 회의 서비스를 통해 상호간 협동 교육방법을 지원한다[8]. 디지털 비디오 도서관은 비디오 스트리밍 엔진과 데이터베이스 그리고 콘텐츠 관리자 서버로 구성된다. 비디오 검색, 재생, 업로딩 및 QoS 제어를 위한 사용자 인터페이스는 표준 웹 브라우저에 포함되어 있다.

응용에 따른 QoS 요구조건은 네트워크를 공동으

로 이용하기 위해 사용자의 운영체제(윈도 NT)에서 구동되는 통합 프로토콜 스택이 요구된다는 것이다. 기본적으로 프로토콜 스택은 VC 메시 구성에 의한 완전 동적 멀티캐스트와 IntServ를 지원하기 위해 RSVP over IPv6/ATM 모델이 지원되어야 한다. 또한 QoS가 지원되는 네트워크 서비스에 접속하기 위해서는 표준 응용 프로그래밍 인터페이스(API)를 지원해야 한다. 특히 새로운 애플리케이션 적용에 드는 노력을 최소화하기 위해서는 현재 개발되고 있거나 이미 시장에 나와 있는 몇몇 기존 방안들을 재사용하여야 한다. 그러나 여기에 제시된 윈도 NT 플랫폼은 완벽한 해결책이 아니므로 현재의 네트워크에서 사용 가능한 공통 프로토콜 스택을 직접 개발하여야 한다. 특히 IPv6 over ATM(MARS 클라이언트 포함) 실행에 필요한 모든 기능을 구현하는 것과는 별도로 프로토콜 스택은 애플리케이션에 따라 정해진 QoS 요구조건을 ATM 네트워크 자원에 매핑할 수 있어야 한다. 스택은 라우터나 다른 장비들이 UBR, ABR, CBR 트래픽을 갖는 점대점 혹은 다중점에 대해 동적으로 ATM SVC를 설정하는 역할을 하고, 해당 SVC 회선을 통해 IPv6 패킷을 분류하고 스케줄링하는 역할을 한다. 예를 들어, 세 명의 참가자간에 멀티캐스트 주소로 오디오를 주고 받는 오디오 회의 시나리오의 경우 각 클라이언트는 MARS 서버에 의한 제어 트래픽, 유니캐스트와 멀티캐스트의 best effort 트래픽 및 QoS 보장형 멀티캐스트 트래픽과 같은 모든 응용 트래픽의 클래스를 주고 받기 위해 적어도 10개의 ATM 회선을 유지해야 한다. 그리고 회의에 사용되는 비디오를 다른 멀티캐스트 주소로 보낼 경우에는 6개의 추가 회선이 필요하다. 그러나 이러한 모든 응용은 IPv4 기반이며 QoS를 지원하지 않는다. 따라서 프로토콜 스택은 IPv6에서 구동되도록 개발되어야 하고 QoS 제어를 위해 인터페이스를 수정하여야 한다. 이 인터페이스는 사용자가 원하는 품질레벨을 선택할 수 있도록 하고, 사용자는 RSVP의 서비스 프리미티브와 파라미터를 바꿀 수 있도록 해야 한다.

가상작업공간의 경우 QoS를 지원하지 않는 것에



(그림 4) QoS 지원 디지털 비디오 도서관의 구성

서부터 최고 품질까지 사용자가 몇 개의 서비스 레벨 가운데 선택할 수 있도록 해야 한다. 이러한 서비스 레벨은 내부 응용에 따라 응답단계를 달리하는 RSVP에 의해 제어된다. 비디오 회의응용의 경우 사용자는 여러 오디오와 비디오 품질레벨 가운데 오디오와 비디오 코덱을 선택할 수 있고, 애플리케이션에서는 자동으로 각 사용자의 선택에 적합한 예약 파라미터가 선택되도록 한다.

한편, 디지털 비디오 도서관의 경우는 기존의 소스 코드가 유용하지 않기 때문에 좀 다른 면이 있다. IPv6로의 전환과 QoS 지원기능은 (그림 4)에 나타난 바와 같이 응용서버와 클라이언트에서 수행되는 두 개의 프록시 모듈에 포함되어 있다. 두 프록시 모듈은 비디오 전송을 위해 RSVP를 예약하고 사용자의 선택에 따라 서버에서 클라이언트로, 유니캐스트 혹은 멀티캐스트로 비디오 데이터를 보내면서 서로 간에 통신한다. 경로예약과 같은 RSVP 시그널링 메시지는 네트워크에서 비디오 데이터를 전송하는 동안 라우터나 ATM 회선에서 교환된다. 그리고 사용자 데이터의 녹음에 대한 사용자 질의를 수행하고 난 후 서버는 기본 예약 파라미터를 데이터베이스로부터 검색하고, 이것을 서버 프록시의 RSVP 경로 메시지에 따라 클라이언트로 보낸다. 클라이언트는 요청한 예약 파라미터를 확인한 후 RSVP 예약 메시지로 응답한다. 이러한 접근방법은 비디오 데이터가 시스템 관리자에 의해 특정 파라미터로 재생되었

음을 알 수 있고, 시스템 관리자는 저장장치에 업로드될 때 각 비디오 녹음 값을 설정할 수 있다. 통신에 대한 기본 값은 MPEG 부호화 과정동안 선택되고, 네트워크에 의해 비디오 품질이 떨어지지 않고 부드럽게 재생되도록 한다.

이러한 방법은 사용자가 여러 부호화 방식을 선택할 수 있도록 함으로써 보완할 수 있다[9]. 예를 들면 서버는 각 비디오에 대해 세 개의 서로 다른 복사본을 다음의 부호화 파라미터에 따라 저장할 수 있다.

- 해상도 320×288 픽셀, MPEG-SIF에서의 1.5 Mbps 정도의 고품질
- 해상도 320×288 픽셀, 동화상에서 손실이 있는 800kbps 정도의 중간 품질
- 해상도 160×144 픽셀, MPEG-QSIF, 부분 해상도에서 손실이 있는 600kbps 정도의 낮은 품질

이러한 부호화 값들은 데이터베이스에 세 가지의 서로 다른 트래픽 값들로 매핑되며, 이것은 사용자의 선택에 따라 이용될 수 있다.

#### IV. 기술적 고찰

QoS가 지원되는 개발 프로토콜에 대한 적응시험은 이미 ATM 서비스가 제공되고 있는 폴란드, 포르투갈 및 덴마크를 대상으로 ATM-PON을 이용하여

실시되었는데 연결은 전 유럽에서도 가능하다. 여기에 사용된 네트워크의 주요 기술적 특징은 새로운 프로토콜 설치 시에도 기존 서비스에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 다음은 기술평가와 원격 교육에 적용된 QoS 평가에 관한 기술적 고찰사항에 관한 것이다.

## 1. 기술적 진보사항

첫째, IPv6는 안정적이고 신뢰할 만한 네트워크 프로토콜로 판명되었으며, IPv4와 비교해도 기술적 퇴보는 없었다. 특히 IPv6의 자동구성기능(auto-configuration)은 매우 가치가 있다고 여겨진다. 반면, 네트워크 서비스의 다양성과 IPv6 틀은 매우 제한적인데, 윈도 NT, Linux, Solaris 운영체제에서의 IPv6 지원은 아직 시험단계이다. 기술적 진보내용으로는 IPv6 지원, ATM UNI 4.0 시그널링 및 RSVP를 포함한 윈도 NT에서의 호스트 기능 등이다.

둘째, IPv4와 IPv6의 공존과 협력은 IPv6 전개에 중요한 필요조건이다. 폴란드와 덴마크, 덴마크와 포르투갈, 포르투갈과 스웨덴은 ATM 기반으로, 그리고 스웨덴과 덴마크는 best effort IPv4로 연결이 가능한데, ATM의 점대점 연결성 부족분은 IPv6 over IPv4로 터널링하도록 하였는데, 이것은 단순하지만 IPv4 네트워크 위에 IPv6를 연동하는 효과적인 방법이다.

셋째, BTI 프로젝트에서 수행한 IPv6 over ATM 네트워킹은 가능한 해결책임이 증명된 셈이다. 애플리케이션에서 콘텐츠 서버로 또는 다른 호스트에서 수행중인 응용의 점대점 QoS는 ATM 위에 IPv6를 결합하는 기반기술이 될 수 있다. 이것은 ATM 위에 IPv6 멀티캐스트 전송이 가능하고, 멀티캐스트 전송은 ATM-PON을 이용함으로써 네트워크 자원을 절약할 수 있다.

넷째, NHRP의 장점 중 하나는 클라이언트 위치와 관계없이 최단거리 전송이 가능하다는 것이다. NHRP는 소스에서 목적지까지 라우팅 홉의 수를 줄일 수 있다. 그러나 ATM 인프라에서는 자체적으로

최단거리를 생성할 수 있기 때문에 완벽한 NHRP의 기능은 불필요하다. 한편 SVC 시그널링은 다양한 운영자 도메인에 구현되지는 않으므로, NHRP가 현실로 나타나기까지는 시간이 좀 걸릴 것 같다. 그러나 동일 운영자 도메인에서 다른 ATM LIS 상에 위치한 호스트를 위해 VPN을 지원하는 NHRP는 매력적인 솔루션이 될 수 있다.

마지막으로 BTI 프로젝트는 액세스 네트워크 도메인에서 QoS 제어를 위한 IntServ 사용의 가능성을 증명했으므로 이제는 백본 네트워크에서의 IntServ 적용에 관심이 증가하고 있다. 그 이유는 액세스 네트워크에 요구되는 라우터 수를 줄일 수 있기 때문이다. 액세스 네트워크 도메인에서의 IntServ 구현은 대역폭 사용을 최적화하고, 특정 고객에 대한 과금 차별성을 부여할 수 있는 장점이 있다. 그리고 백본 네트워크를 단순화하고 자원낭비를 줄이면서 차별화된 서비스 이용이 가능하며, 네트워크 디바이스로부터 IP 헤더에 마킹하는 방법으로 패킷을 우선 순위화하는 것도 가능하다.

## 2. 검토 및 고찰

개발내용의 검증을 위한 사용자 적용시험에서는 원격교육에 학생들이 직접 참여하여 애플리케이션의 사용성과 네트워크 특성을 평가하는 방법으로 QoS 제어를 수행하였다. 이에 대한 평가는 다양하게 진행되었으며 이러한 평가항목[10]을 중심으로 다음과 같은 가이드라인이 제시되었다.

- 사용자 요구대로 네트워크를 제어할 수 있는 응용의 제공여부
- 응용에서 네비게이션이 만들어지고 사용자가 그 기술을 제어하는 방법
- QoS 변화로 인한 성능 차이가 사용자에게 끼치는 영향
- 응용별 사용을 최적화하기 위한 구체적인 기능이나 네비게이션 설계 및 구현
- 새로운 기술이 주어진 환경 하에서 사용자를 위해 더 나은 성능과 응용 제공여부 등

이상의 시험으로부터 QoS 제어가 가능한 광대역 네트워크 인프라에 상기와 같은 대화형 응용을 적용할 수 있을 것으로 검증되었다. 그리고 시험을 통해 사용자들이 애플리케이션 동작중에도 네트워크 자원의 사용과 품질관계를 이해할 수 있게 되었는데, 원격교육에서는 사용자가 QoS 설정과 애플리케이션 품질에 따라 인터페이스를 선택할 수 있도록 설계되었다. 네트워크에서의 QoS 사용은 BTI에 도입된 원격교육과 같은 애플리케이션에서는 필수적이거나 QoS 변수의 수동 세팅을 위한 사용자 인터페이스가 간단해야 하고, 사용자와 완전히 독립적인 네트워크 프로토콜 스택 및 OS 설치가 가능해야 한다. 애플리케이션에서는 QoS 요구조건들을 시그널링으로 내보내는 것이 당연하지만, 이로 인해 실제 네트워크에 부담을 주어서는 안된다.

## V. 결론

본 논문에서는 IP/ATM 망에서 PON 기반 액세스 네트워크의 QoS 제어방안을 제시하였고, 이를 선행 연구 차원에서 개발한 BTI 프로젝트의 주요 기술과 시험내용에 대해 알아보았다. 통합망을 통한 응용 시험을 통해 집약된 서비스 제공이 가능하고, 사용자들은 원하는 응용기술에 대해 QoS를 직접 제어하도록 함으로써 고품질 혜택을 받을 수 있다. IPv6의 장점은 이미 확인되었고, 이를 통해 IPv6와 IPv4의 상호작용이 증명된 셈이다. IntServ 기술의 장점은 네트워크 대역폭을 최적화하고 여러 가지 다른 방법으로 실행할 수 있으며, 이를 통해 사용자의 이용성향을 파악할 수 있으므로, IP 서비스 시장이 정확하게 구분된다는 것이다. 또한 NHRP를 적용함으로써 어떻게 자원이 절감될 수 있는지도 확인하였다.

향후 연구방향으로 다음과 같은 점들이 제기될 수 있다. 첫째, 액세스 네트워크는 PON 형태이므로 가입자 및 ISP까지의 거리측정 문제가 액세스 네트워크와 백본 네트워크에서 공통적으로 유사하게 발생할 수 있다. 둘째, IntServ를 통해 액세스와 백본 네트워크를 차별화하는 서비스가 제안되어야 한다. 그

러나 이의 실현을 위해서는 사용자 인터페이스가 완벽하게 설계되어야 하는데, 특히 사용자는 기본적인 네트워크 계층을 몰라도 단지 그 응용에 대해서만 처리 가능하도록 해야 한다. 그리고 IP 기반 서비스에 QoS를 제공하는 방안이 지속적으로 강구되고 있지만 아직 일반적인 해결책이 제시되기까지는 많은 과제들이 남아 있는 상태이다. 특히 기존 서비스와의 차별화된 서비스 제공문제는 메트로 액세스 네트워크를 중심으로 통합되고 시험되어야 할 것으로 판단된다.

## 참고 문헌

- [1] N.E. Andersen et al., "Applying QoS Control through Integration of IP and ATM," *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 38, July 2000, pp. 130 - 136.
- [2] A. Azcorra et al., "Broadband Trial Integration," *3rd Int'l. Dist. Conf.*, Lisbon, Portugal, Sep. 25-28, 1998.
- [3] P.P. White, "RSVP and Integrated Services in the Internet: A Tutorial," *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 35, May 1997, pp. 100 - 106.
- [4] 김현중, 김호, 정지영, "차세대 네트워크 준비에 대한 평가: 시각의 변화," ETRI 전자통신동향분석 제17권 제1호, 2002. 2., pp. 21 - 31.
- [5] N.E. Andersen et al., "Broadbandloop: A Full Service Access Network for Residential and Small Business Users," *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 35, Dec. 1997, pp. 88 - 93.
- [6] A. Azcorra et al., "IP/ATM Integrated Services over Broadband Access Copper Technologies," *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 37, May 1999, pp. 90 - 97.
- [7] K.C. Almeroth and M.H. Ammar, "Multicast Group Behavior in the Internet's Multicast Backbone (Mbone)," *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 35, No. 6, May 1997, pp. 124 - 129.
- [8] D. Fernandez, L. Bellido, and E. Pastor, "Session Management and Collaboration in LEVERAGE," *1st LEVERAGE Conf. Broadband Commun. in Educ. and Training*, Cambridge, MA, Jan. 1998. pp. 7 - 8.
- [9] J. Gozdecki et al., "Network Based Digital Video Library System," *10th Int'l. Packet Video Wksh.* Cagliari, Sardinia, Italy, May 2000. pp. 1 - 2.
- [10] L.B. Andersen, *Protocol and Assessment Methodology for QoS Assignment*, Deliv. 3.5.1, BTI Project, Dec. 1998.