

광대역 접속망에서 QoS 구현을 위한 현실적 접근법

(A Practical Approach to Implement QoS in Broadband Access Networks)

박승철[†]

(Seungchul Park)

요약 DSL, 케이블 모뎀, 그리고 이더넷 기반으로 구축된 대부분의 광대역 접속망은 주로 인터넷 접속 서비스 제공에 활용되고, 최선형(Best-effort) 인터넷 서비스를 제공하며, 정액제(Flat Rate Pricing) 방식의 요금 체계를 채택하고 있어서 사용자별 그리고/또는 응용 서비스별 차별화된 통신 서비스 제공이 어렵다. 그러나 최근 멀티미디어 통신 기술, 보안 기술 등의 발전으로 최선형 인터넷 접속 서비스 이상의 서비스 품질(QoS-Quality of Service) 제공을 요구하는 대화형/스트리밍형 멀티미디어 서비스와 VPN (Virtual Private Network)의 도입이 확대되고 있다. 인터넷에서 QoS 제공을 위하여 RSVP 기반의 IntServ와 DiffServ 와 같은 다양한 기술들이 개발되어 왔다. 본 논문에서는 현재의 광대역 접속망 구조와 QoS 지원 현황을 분석하고, 광대역 접속망 환경에서 멀티미디어 서비스 지원을 위해 요구되는 QoS를 지원할 수 있는 현실적인 접근법과 구현 방안을 제시한다. 본 논문에서 제시하는 QoS 지원 방안은 종량제 형태의 과금 체계와 DiffServ 방식의 QoS 지원 기법의 결합으로 이루어지고, 기존 광대역 접속망과의 역호환성을 고려한 단계적인 접근 방안을 채택하고 있다.

키워드 : 광대역 접속망, QoS, 멀티미디어 통신

Abstract Most of the existing broadband access networks based on DSL, cable modem, and Ethernet support the best-effort internet access service, and adopt the flat rate pricing mechanism. It is almost impossible to provide the differentiated communication services, in current broadband access networks, for the different users and/or the different application services. Currently, however, the advances in multimedia, communication, and security technologies push the interactive and/or streaming multimedia services and VPN services to be widely deployed over Internet, and they require more QoS-sensitive services than the best-effort service. Though various QoS technologies such as RSVP-based IntServ and DiffServ were already developed and under standardization in Internet world, it is impractical to replace the existing QoS-unaware access networks with the QoS-enabled ones at a time to deploy QoS-sensitive services. In this paper, after analyzing current broadband access network architectures and the status of QoS support, we propose a practical approach to support multimedia QoS in the broadband access networks. The approach will be based on the integration of the differentiated pricing and the DiffServ technology. And it will be a step-wise approach to support backward compatibility with the legacy broadband access networks as much as possible.

Key words : broadband access network, QoS, multimedia communication

1. 서 론

1990년대 후반부터 구축되기 시작한 광대역 접속망은 인터넷의 급속한 확장과 더불어 전 세계적으로 빠른 속

도로 확대되어 왔다. 광대역 접속망은 주로 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)과 VDSL(Very high-rate DSL)과 같은 DSL망과 케이블 모뎀망 위주로 구축되어 왔으며, 지금은 집단 주거 단지 위주로 고속 이더넷을 사용한 광대역 접속망 구축이 활성화되고 있다[1-3]. 2005년 초 현재 전 세계 DSL 가입자 수는 1억을 넘고 있으며 전체 광대역 접속망 가입자 수는 2

[†] 정회원 : 한국기술교육대학교 인터넷미디어공학부 교수
scspark@kut.ac.kr

논문접수 : 2005년 5월 24일

심사완료 : 2006년 3월 27일

역이 넘을 것으로 추산되고 있다[4,5].

광대역 접속망은 주로 흔 네트워크나 소규모의 사무실 네트워크를 백본망에 연결하기 위해 사용되고 있으며 주된 응용 서비스는 최선형(Best-Effort) 인터넷 접속 서비스이다. 그리고 대부분의 광대역 접속망 서비스 사업자들은 사용자의 응용 서비스와 사용량과 상관없이 사용료를 지불하는 정액제(Flat-rate Pricing) 방식의 요금 체계를 채택하고 있다. 최선형 인터넷 접속 서비스와 정액제 방식에 근거한 기준의 광대역 접속망 체계는 이메일 전송 서비스, 파일 전송 서비스, 그리고 웹 서비스와 같은 전통적인 응용 서비스의 빠른 확산에 효과적으로 작동하였으나, 실시간 멀티미디어 서비스와 가상사설망(VPN-Virtual Private Network) 서비스 등 새로운 응용 서비스 도입에 여러 가지 문제를 야기한다 [6-9].

정액제 방식의 요금 체계는 인터넷 자원을 실질적으로 사용하는 데이터 트래픽량과 무관하게 사용료를 부과하므로 과도한 트래픽 유발 사용자를 제어할 수 있는 수단이 없다. 특정 사용자들에 의한 과도한 트래픽 유발은 인터넷 자원에 대한 혼잡 상황(Congestion State)을 유발하게 되고, 이는 일반적인 사용자의 서비스 품질에 심각한 영향을 미치게 되어 전체적인 서비스 품질(QoS-Quality of Service) 저하를 초래하고, 서비스 품질에 민감한 새로운 응용 서비스 도입을 방해하게 된다. 이와 같은 불균형에 대한 연구 사례는 [7,10]에서 알 수 있다. 인터넷 전화, 인터넷 화상 회의, 인터넷 TV, 멀티미디어 스트리밍 등과 같은 실시간 멀티미디어 서비스들은 지연 시간(Delay Time)과 지연 시간 편차인 지터(Jitter) 등 QoS 요소에 매우 민감하다[8]. 이와 같은 서비스가 활성화되기 위해서는 2 가지 요구 사항이 동시에 충족되어야 한다. 첫째 실시간 멀티미디어 서비스가 요구하는 최소한의 QoS가 다른 서비스와 무관하게 충족되어야 한다. 만약 최소한의 QoS도 충족될 수 없는 상황이 발생한다면 서비스 활성화는 고사하고 도입 자체가 어려워질 것이다. 둘째, 새로운 실시간 멀티미디어 서비스의 도입이 기존 서비스 사용자를 차별하는 방향으로 진행되지 말아야 한다. 즉, 실시간 멀티미디어 서비스 사용자의 트래픽이 인터넷 자원을 선점함으로써 기존의 다른 사용자의 서비스 품질이 회생되는 상황을 초래하지 말아야 한다. 새로운 서비스 사용자는 서비스 사용으로 유발되는 트래픽 양에 비례하는 사용료를 지불해야 하고, 서비스 제공자는 새로운 서비스 도입으로 유발되는 트래픽을 적절하게 수용할 수 있도록 망 자원을 확대함으로써 기존 사용자의 서비스 품질을 보호해야 한다. 결론적으로 실시간 멀티미디어 서비스를 활성화하기 위해서는 QoS 지원이 필수적으로 요구되고,

QoS 지원을 위해서는 네트워크 자원 사용에 비례하는 차별화된 요금 체계가 도입되어야 한다.

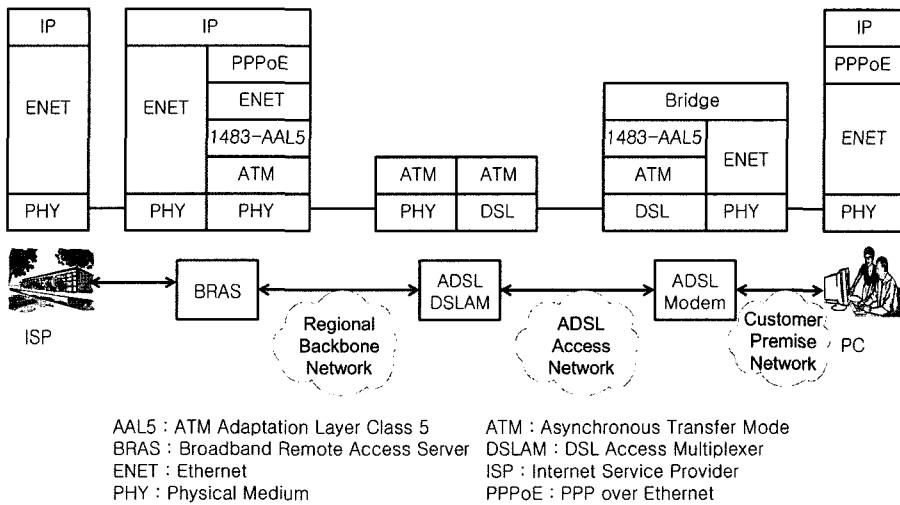
지금까지 인터넷상에서 QoS 지원을 위하여 RSVP (resource ReSerVation Protocol) 기반의 IntServ [11,12]와 DiffServ[13]와 같은 다양한 기술들이 개발되어 왔다. 그러나 현재 구축되어 있는 대부분의 최선형 서비스 광대역 접속망들을 QoS 지원을 위해 한꺼번에 교체하는 것은 불가능하다. 본 논문은 실시간 멀티미디어 서비스 지원을 위해 반드시 요구되는 QoS 지원을 차별화된 요금 체계와 연계하여 제시함으로써 보다 현실적인 접근이 이루어질 수 있게 한다. 본 논문에서는 기존의 광대역 접속망과 역 호환성(Backward Compatibility)을 최대한 보장할 수 있도록 단계적인 QoS 지원 방법을 제시한다. 2장에서는 광대역 접속망의 현황을 망 구조적인 측면과 요금 체계를 포함하는 QoS 지원 관점에서 분석하고, 3장에서 대표적인 QoS 지원 기법들의 장단점을 분석한다. 그리고 4장에서 현재의 광대역 접속망 현황을 고려한 현실적인 단계별 QoS 지원 방안을 제시하고, 5장에서는 제시된 QoS 지원 방안의 각 단계의 구현 방안을 제시한다.

2. 기존의 광대역 접속망 구조와 QoS 지원 현황 분석

2.1 ADSL 접속망 구조와 QoS 지원 현황

2005년 초 현재 전세계적으로 1억이 넘는 가입자를 가진 DSL 광대역 가입자망의 대부분은 ADSL 망이다. 1998년경부터 본격적으로 구축되기 시작한 ADSL 망은 ATM over ADSL 프로토콜 구조의 트랜스포트 메카니즘을 채택하고 있으며, 인터넷 접속 서비스 제공을 위해 기존 다이얼업 모뎀 인프라에서와 같이 IP over PPP 방식의 링크 챠터와 네트워크 구성 및 챠터 메카니즘을 채택하고 있다. 가입자의 구내망(Home Network or Business Network)은 UTP5 이더넷 또는 무선 LAN으로 ADSL 모뎀과 연결되고, 다수(1000~2000)의 ADSL 모뎀들은 전화선을 통해 전화국(Central Office) 또는 원격 광단국(Remote Optical Network Unit Office)에 위치한 DSLAM에 연결된다.

다수의 ADSL DSLAM들은 ATM 지역 백본망(Regional Backbone Network)을 통해 인터넷 접속 장치인 BRAS(Broadband Remote Access Server)에 연결된다. BRAS는 PPP를 사용하여 ADSL 가입자를 인증하고 IP 주소를 할당함으로써 인터넷 접속 서비스를 제공한다. 현재 ADSL 접속망의 ATM 트랜스포트 서비스는 PVC(Permanent Virtual Circuit) 방식으로 제공되는 것이 일반적이다. 그럼 1은 ADSL 접속망의 일반적인 구조를 보여준다. 최근 지역 백본망이 ATM 대신



메트로이더넷 기반으로 구축되고 DHCP(Dynamic Host Configuration) 서버를 통한 IP 주소 할당이 일반화됨에 따라 ADSL DSLAM들이 메트로 이더넷을 통해 ISP(Internet Service Provider)의 에지 라우터(Edge Router)에 직접 연결되는 사례가 늘고 있다. 이 경우 ATM-Ethernet 간 연동(Interworking) 작업은 DS-LAM에서 이루어지고, PPP 기반의 사용자 인증 작업은 생략된다[14,15].

ADSL 접속망에서는 ADSL 물리 링크의 대역폭(속도)에 따라 가입자를 2~3 등급(예 : 프리미엄 가입자와 라이트 가입자) 나누고, 등급에 따라 월별 일정액을 부과하는 정액제 방식의 과금 체계를 채택하는 것이 일반적이다. 각 가입자는 물리 링크가 허용하는 범위 내에서 자유롭게 데이터 트래픽을 생성할 수 있고, ADSL 접속망은 모든 가입자의 데이터 트래픽을 동일한 우선순위로 처리한다.

2.2 VDSL과 이더넷 접속망 구조와 QoS 지원 현황

ISP간의 경쟁과 대용량 멀티미디어 서비스의 등장은 가입자 근처의 빌딩 통신실 또는 옥외형 캐비넷까지 메트로 이더넷 또는 ATM/SDH 방식의 광 케이블을 구축하는 FTTC(Fiber To The Curb) 방식의 VDSL 접속망 도입을 촉진시키고 있다. VDSL 접속망의 경우에도 ADSL의 경우와 같이 ATM over VDSL 방식의 트랜스포트 메카니즘을 사용할 수 있으나, 성능과 비용을 고려하여 EoVDSL(Ethernet over VDSL) 트랜스포트 메카니즘을 도입하는 것이 일반적이다. 이 경우 VDSL DSLAM은 이더넷 스위치로 동작하고 인터넷 접속 서비스 제공을 위해 메트로 이더넷을 통해 ISP의 에지 라우터에 연결된다. VDSL 가입자에 대한 IP 주

소 할당은 DHCP 서버를 통해 수행하고 가입자 인증 작업은 생략된다. 그림 2는 메트로 이더넷 지역 백본망 환경에서 EoVDSL 구조의 VDSL 접속망의 구조를 보여준다.

VDSL 접속망의 구축과 함께 UTP 기반의 이더넷 접속망 구축이 집단 주거 빌딩(아파트)을 중심으로 활성화되고 있다. 이더넷 접속망의 구조는 VDSL 접속망의 전화선 대신 가입자별로 별도로 포설된 UTP 케이블을 사용하는 것을 제외하면 그림 2의 VDSL 접속망 구조와 동일하다[14,16].

과금 체계와 데이터 트래픽 처리 방식의 ADSL 접속망의 경우와 유사하다. 그러나 현재 VDSL과 이더넷 접속망은 최대 100Mbps 속도를 제공할 수 있고, 기존 전화 서비스 제공자에 의해 독점되는 ADSL 접속망 환경과 다른 VDSL과 이더넷 접속망의 경쟁 상황으로 인해, 가입자별로 제공되는 속도가 ADSL에 비해 훨씬 높다. 따라서 비슷한 요금을 지불하는 VDSL과 이더넷 가입자가 ADSL 가입자에 비해 훨씬 많은 데이터 트래픽을 유발할 수 있다. 현재 이더넷 환경에서 QoS를 지원할 수 있는 기술이 표준화되고 있으나, 기존에 구축된 대부분의 VDSL 망과 이더넷 접속망은 QoS를 지원하고 있지 않다.

2.3 케이블 모뎀 접속망 구조와 QoS 지원 현황

2003년 기준 전 세계 광대역 접속망의 약 40%가 케이블 모뎀 기반으로 구축되었다[5]. 케이블 모뎀 접속망은 그림 3에서 보는 바와 같이 가입자 측의 케이블 모뎀(Cable Modem)과 망 측의 CMTS(Cable Modem Termination)로 구성되고, 하나의 CMTS는 같은 CATV 케이블에 연결된 다수의 케이블 모뎀과 통신한다.

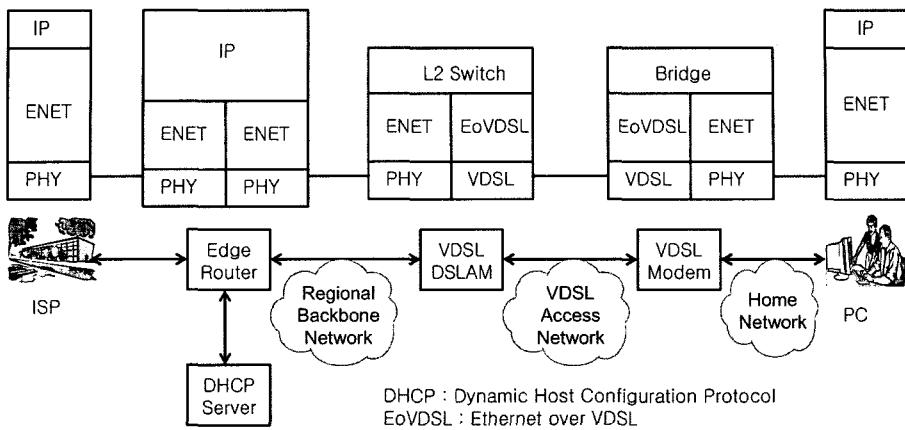


그림 2 VDSL 접속망의 일반적인 구조

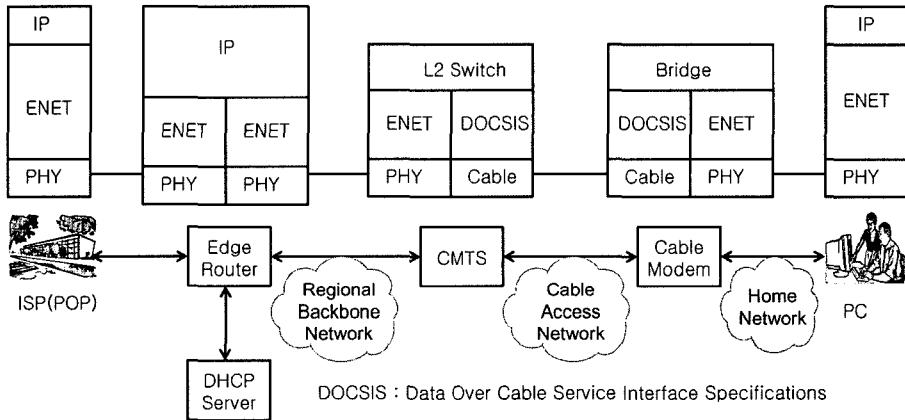


그림 3 케이블 모뎀망의 구조

하나의 CMTS와 통신하는 다수의 케이블 모뎀들은 DOCSIS(Data Over Cable Service Interface Specifications)에서 정의하는 MAC(Medium Access Control)과 물리 계층 프로토콜에 따라 매체 공유 방식으로 통신한다. 일반적으로 케이블 모뎀은 UTP 케이블 기반의 이더넷 인터페이스를 지원하고 브릿지 방식으로 동작한다. CMTS는 이더넷 스위치 방식으로 동작하고 메트로로 이더넷을 통해 ISP의 에지 라우터에 연결된다. 케이블 모뎀 가입자에 대한 IP 주소 할당은 DHCP 서버를 통해 수행하고, 가입자 인증 작업은 DOCSIS에서 정의한 절차에 의해 CMTS에서 수행한다[17].

케이블 모뎀 접속망에서도 다른 광대역 접속망의 경우와 마찬가지로 일반적으로 정액제 방식의 과금 체계를 채택하고 있다. 그리고 최근에 개발된 표준은 QoS를 지원할 수 있으나, 현재 사용하고 있는 대부분의 케이블 모뎀 접속망은 QoS를 지원하지 않고 있다.

3. 인터넷의 표준 QoS 지원 기법

3.1 IntServ 기법

IntServ QoS 지원 기법은 특정 응용 서비스 실행을 위해 필요한 QoS를 완전하게 지원하기 위해 종단간 전송 경로상의 네트워크 자원을 예약한다. 네트워크 자원의 예약은 RSVP를 통해 이루어진다. RSVP는 특정 응용 서비스 실행을 위해 전송될 데이터 스트림(Data Stream) 또는 데이터 플로우(Data Flow)의 특성을 정의하는 QoS 규격을 전송 경로상의 모든 통신 장치(라우터)에게 전달하고, 각 통신 장치로 하여금 지정된 QoS 규격을 만족시킬 수 있는 자원을 적절하게 예약하게 한다. 일단 예약된 자원은 해당 데이터 스트림의 전송에 전용되도록 함으로써 다른 데이터 트래픽과 무관하게 QoS가 만족될 수 있게 한다. 자원 예약 과정에서 QoS 규격을 충족시키기 위한 충분한 네트워크 자원 예약이 불가능하면 해당 데이터 스트림을 위한 전송 서비

스 제공 요청은 거절된다[11,12].

IntServ 방식의 QoS 지원이 실제적으로 가능하기 위해서는 모든 종단 통신 장치(예, PC)와 라우터들이 RSVP를 지원해야 하고, 인터넷을 구성하는 하부망(Sub-Network)들이 데이터 스트림 단위로 대역폭을 세분화하여 사용할 수 있는 메커니즘을 제공해야 한다. 그리고 인터넷상의 각 라우터는 자신을 경유하는 모든 데이터 스트림 또는 데이터 플로우를 적절하게 처리하기 위한 상태 정보(자원 예약 상태, 데이터 스트림 처리 상태 등)를 유지하고 있어야 한다. 이러한 상태 정보는 데이터 스트림의 수에 비례하여 늘어나게 되고, 많은 수의 데이터 스트림이 경유하는 케이스 라우터의 경우 상태 정보 유지가 큰 부담으로 작용하게 된다[8,18].

3.2 DiffServ 기법[13,19,20]

DiffServ QoS 지원 기법은 네트워크를 구성하는 통신 장치(라우터)들이 데이터 스트림을 차등적으로 처리할 수 있게 함으로써 데이터 스트림이 필요로 하는 QoS를 최대한 제공한다. 데이터 스트림들은 QoS 요구 사항에 따라 N개의 트래픽 클래스로 분류되고, 해당 데이터 스트림을 구성하는 IP 데이터그램은 지정된 트래픽 클래스 마크(Mark)를 부착한다. 트래픽 클래스 마크는 IP의 8 비트 크기의 ToS(Type of Service) 필드 중 마지막 2 비트를 제외한 6 비트를 사용하는 DSCP(Differentiated Service Code Point)에 표시된다. 트래픽 클래스 마크는 호스트 또는 에지 라우터에서 이루어지고, 동일한 마크를 가진 데이터그램들은 인터넷상의 라우터에서 통합되어 동일하게 처리된다[13].

라우터가 데이터 트래픽을 어떻게 처리할 것인지는 PHB(Per Hop Behavior)에 의해 정의된다. EF(Expedited Forwarding) PHB는 낮은 지연시간, 낮은 지터, 그리고 낮은 오류율을 요구하는 트래픽 클래스를 적절하게 처리하기 위한 표준 PHP로 정의되었다. EF 트래픽 클래스 데이터그램의 DSCP는 101110이다[19]. 반면 AF(Assured Forwarding) PHB는 데이터 트래픽을 4 개의 서로 다른 트래픽 클래스로 구분한다. 각 AF 클래스는 최소 대역폭과 버퍼를 보장받음으로써 어느 정도의 지연시간내의 확실한 전달(Assured Forwarding)을 확율적으로 보장 받는다. 각 AF 클래스에 할당되는 자원(대역폭, 버퍼)의 양을 조절함으로써 클래스별 QoS 제공 수준을 차별화할 수 있다. AF 클래스에 속한 데이터그램들은 3 개의 서로 다른 폐기 선호도(Drop Precedence)를 가질 수 있으며, 각 클래스에 대한 폐기 선호도를 지정하여 AF_{xy}(x: 클래스, y: 폐기 선호도)로 표시한다. 폐기 선호도는 혼잡 라우터에서 데이터그램의 폐기 우선 순위를 규정한다. AF 트래픽 클래스에 대한 DSCP는 표 1과 같이 권장되고 있다[20].

표 1 AF 트래픽 클래스 DSCP 할당

	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
Low Drop Prec	001010	010010	011010	100010
Mid Drop Prec	001100	010100	011100	100100
High Drop Prec	001110	010110	011110	100110

DiffServ 방식의 QoS 지원 기법은 트래픽 클래스에 따라 데이터그램을 마킹하고, 동일하게 마킹된 데이터그램들은 데이터 스트림(플로우)에 관계없이 라우터에서 통합되어 처리된다. 따라서 데이터 스트림 또는 데이터 플로우 기반의 QoS를 제공하는 IntServ 기법이 가지는 상태 정보 유지 부담을 피할 수 있다. 그리고 DiffServ 기법에서 트래픽 클래스에 대한 마킹은 사전에 작성된 서비스 수준 합의(SLA - Service Level Agreement)에 따라 에지 라우터에서 실행될 수 있다. 따라서 DiffServ 기법은 수많은 기존의 가입자 호스트 장치에 대한 업그레이드(Upgrade) 없이 에지 라우터를 포함하는 라우터 장치 업그레이드를 통해 도입될 수 있고, 보다 세분화된 QoS 지원을 요구하는 서비스 도입에 맞춰 가입자 호스트 장치를 단계적으로 업그레이드할 수 있다.

4. 광대역 접속망의 현실적인 QoS 지원 방안

4.1 현실적인 QoS 지원 고려 사항

과거 인터넷에 QoS 지원을 도입하기 위한 시도가 실패하게 된 이유는 기술적인 복잡도 뿐만 아니라 경제적인 이유가 크게 작용했다. QoS 지원을 위해서는 기존 인터넷을 구성하는 대부분의 장치들이 QoS 지원 능력을 가진 장치들로 변경되어야 하고, 이러한 변경 작업은 엄청난 경제적 비용을 수반하게 된다. QoS 지원으로 얻어지는 비용 대비 충분한 효과를 창출할 수 있는 경제적 모델이 QoS 지원 기술의 성공적인 도입의 중요한 요소가 된다. 차별화된 QoS 지원은 차별화된 과금 체계와 연동되어야 한다. QoS 지원을 위해 네트워크 자원을 충분히 확충한다 할지라도 일부 사용자가 네트워크 자원을 무한정 점유한다면 효과적인 QoS 지원이 불가능할 것이다. 따라서 현실적인 QoS 지원은 반드시 필요한 사용자가 상용하는 비용을 지출하고 충분히 제공받을 수 있는 방향으로 지원되어야 한다.

광대역 접속망에서 현실적인 QoS 지원을 위해 고려되어야 할 또 다른 요소는 기존 광대역 접속망과의 역 호환성 지원이다. 광대역 사용자 수가 2억이 넘고 있는 상황에서 QoS 지원을 위해 기존의 모든 네트워크 자원(접속망의 망측 장치, 사용자의 망 접속 장치, 과금 시스템 등)을 한꺼번에 교체할 수는 없다. 가능하면 기존 네트워크 자원을 그대로 유지한 채 QoS 지원이 가능해야 하고, 새로운 QoS 제공을 위해 반드시 필요한 경우

기존 사용자를 보호하며 새로운 QoS 제공을 필요로 하는 네트워크 자원만 교체하는 방향으로 QoS 지원이 이루어져야 한다. 즉, QoS 지원은 기존의 광대역 접속망과의 호환성을 최대한 유지하면서 점진적으로 이루어져야 한다.

앞에서 언급한 대로 QoS 지원은 경제적인 모델과 연계되기 때문에 ISP간에 QoS 지원 방법과 시기를 일치시키는 것을 기대하기가 어렵다. 만약 특정 ISP의 QoS 지원 접근법이 다른 ISP의 QoS 지원 정책에 상당 부분 의존적이라면 이 접근법은 성공하기가 매우 어려울 것이다. 비록 특정 ISP와는 의존성을 상호 해소한다 할지라도 많은 ISP들에 대해 동일하게 기대하기는 현실적으로 불가능하다. 따라서 특정 ISP의 QoS 지원은 다른 ISP와 가능하면 무관하게 이루어질 수 있어야 하고, 표준화된 QoS 기법을 사용함으로써 상호 연동성(Interoperability)을 제고할 수 있는 방향으로 진행되어야 한다.

4.2 기존 관련 연구 분석

광대역 접속망을 통한 멀티미디어 서비스 요구가 증대함에 따라 기존 광대역 접속망에서 효과적인 QoS 지원이 중요한 과제로 대두되고 있고 다양한 접근이 시도되고 있다. [21]은 광대역 접속망에서 RSVP와 확장된 RSVP[22]에 근거한 QoS 지원 방안을 제시하고 있다. 확장된 RSVP는 집약된 데이터 플로우(Flow Aggregates) 단위의 자원 예약을 수행할 수 있게 하므로 기존 IntServ 기법의 확장성(scalability) 문제를 해결할 수 있다. 그러나 광대역 접속망의 모든 종단 장치들이 RSVP 또는 확장된 RSVP를 지원해야 되는 부담을 피할 수 없다. 뿐만 아니라 [21]은 QoS 지원을 차별화된 과금 체계와 연계하지 않고 있기 때문에 광대역 접속망 사용자에 대한 적절한 QoS 사용을 제어할 수 있는 유효한 수단이 존재하지 않는 문제가 발생한다.

[23]의 ENRICO(ENhanced Resource Information COntrol) 모델은 광대역 접속망에 SRB(Session Resource Broker)를 설치하고, 사용자로부터 멀티미디어 서비스 요청이 있으면 서버가 SRB에 적절한 QoS 지원을 요청하게 한다. ENRICO 모델은 서버 기동(Server-Initiated) QoS 지원 모델이므로 사용자측 종단 장치에 대한 변경이 필요 없는 장점이 있다. 그러나 ENRICO 모델은 표준화된 QoS 지원 기법이 아니기 때문에 현실적으로 상호 연동성 문제가 발생할 수 있고, 차별화된 과금 체계와 연계되지 않아 실질적으로 광대역 접속망에서 QoS 지원 효과를 기대하기가 어렵다.

[24]는 DiffServ 기법에 근거한 보다 현실적인 QoS 지원 모델을 제시하고 있다. [24]에서는 인터넷 응용 서비스(Application Services)를 몇 개의 클래스(Premium, Assured, Best-Effort 등)로 구분하고, 각 클래-

스의 응용 서비스에 대해 차별화된 QoS를 제공할 수 있는 방안을 제시하고 있다. 응용 서비스 단위의 차별화된 QoS 제공은 응용 서비스 단위의 차별화된 과금 체계를 수반할 때 QoS 지원 효과를 기대할 수 있다. 따라서 응용 서비스 단위의 QoS를 지원하기 위해서는 기존의 가입자 사이트 단위의 과금 체계를 응용 서비스 단위의 과금 체계로 전면 변경해야 한다. 응용 서비스 단위의 과금은 기존의 사용자 사이트 단위의 과금 체계에 비해 복잡도가 매우 높기 때문에[25] 현실적으로 적용하기가 쉽지 않은 단점이 있다.

4.3 현실적인 QoS 지원 방안

현재의 광대역 접속망은 정액제 과금 체계하에서 최선형 서비스를 제공하는 'BestEffort' 단계로 규정할 수 있다. BestEffort 단계에서 사용자의 서비스 특성을 규정하는 유일한 속성은 사용자 구내망(홈 네트워크 등)을 연결하는 물리회선의 대역폭이다. BestEffort 사용자는 가입 시에 광대역 접속망을 운영하는 ISP와 대역폭에 비례하는 월 일정액의 요금을 계약하고, 대역폭이 허용하는 범위 내에서 응용 서비스와 트래픽 양과 무관하게 무제한적인 네트워크 사용을 허용 받는다. 이러한 Best-Effort 서비스는 과도한 트래픽 유발 사용자를 제어할 수 있는 수단이 없기 때문에 과도한 트래픽 유발 사용자에 의한 네트워크 혼잡 상황이 유발될 수 있고, 이는 전체적인 서비스 품질 저하를 초래하고 QoS에 민감한 실시간 멀티미디어 서비스 등 새로운 응용 서비스 도입을 방해한다. 따라서 QoS 지원은 차별화된 과금 체계와 연계될 때 현실성이 있다.

광대역 접속망에 IntServ 방식의 QoS 지원 기법을 도입하기에는 현실적으로 어려움이 많다. 가장 큰 문제는 모든 기존 사용자의 네트워크 접속 장치들을 RSVP를 지원할 수 있도록 업그레이드해야 한다는 것이다. 두 번째 문제는 기존의 광대역 접속망들이 자원 예약 단위인 데이터 스트림 또는 데이터 플로우 단위로 대역폭을 세분화하여 사용할 수 있는 메카니즘을 제공하지 않는다. 따라서 수많은 기존 광대역 접속망 사용자와의 호환성을 고려할 때 IntServ QoS 지원 기법의 광대역 접속망 도입은 바람직하지 않다.

본 연구에서는 그림 4와 같이 광대역 접속망에 차별화된 과금 체계와 DiffServ 기법에 기초한 단계적인 QoS 지원 방안을 도입할 것을 제시한다. 그림 4에서 제0단계(BestEffort)는 정액제 과금 체계하에서 최선형 서비스를 제공하는 현재의 광대역 접속망의 QoS 지원 체계이다. 제1단계(DiffPricing)는 단순히 사용자가 유발하는 트래픽 볼륨에 따라 차별화된 요금을 부과하는 차별화된 과금 체계를 도입한다. 제2단계(SiteDiffServ)는 ISP에 대한 사용자 가입 단위, 즉 과금 단위인 사용자

Attributes Phase	Bandwidth	Traffic Volume	Priority	
			Site Class	App Class
Phase 0 (BestEffort)	v	-	-	-
Phase 1 (DiffPricing)	v	v	-	-
Phase 2 (SiteDiffServ)	v	v	v	-
Phase 3 (AppDiffServ)	v	v	v	v

그림 4 광대역 접속망의 단계적인 QoS 지원 방안

사이트(Site)별 트래픽 처리를 차별화할 수 있는 방안을 제공한다. 그리고 제3단계(AppDiffServ)는 사용자 사이트에서 발생하는 트래픽을 응용 서비스별로 세분화하여 처리를 차별화할 수 있는 방안을 제시한다.

4.3.1 제1단계 : DiffPricing

BestEffort 단계 서비스의 문제점을 개선하기 위한 가장 단순한 방안은 서비스 특성 규정 속성에 사용자가 유발하는 트래픽 블롭(Traffic Volume)을 포함시키고, 과금 체계를 대역폭뿐만 아니라 트래픽 블롭에 비례하는 차별화된 과금 체계 단계, 즉 'DiffPricing' 단계로 전환하는 것이다. DiffPricing 서비스는 과도한 트래픽 유발 사용자에 의한 네트워크 혼잡 초래를 제어함으로써 QoS에 민감한 실시간 멀티미디어 서비스 등 새로운 서비스를 도입할 수 있는 네트워크 상태를 능동적으로 유지할 수 있다. 즉, 새로운 서비스에 대한 예상 사용자 수와 사용자별 유발되는 트래픽 양, 그리고 현재 네트워크 사용 현황 등을 통해 새로운 서비스 도입 시의 네트워크 상태를 파악할 수 있고, 새로운 서비스 도입이 기존 사용자의 서비스 품질 저하를 초래한다면 네트워크 자원을 시의적절하게 확충할 수 있을 것이다. 네트워크 자원 확충을 위한 경제적 비용은 새로운 서비스 사용자가 유발하는 트래픽에 부과되는 사용료로 충당될 수 있다.

DiffPricing은 기존 인터넷 응용 서비스의 실행 모델에 영향을 미치지 않기 때문에 기존의 네트워크 접속 장치를 그대로 사용할 수 있다. 단지 광대역 접속망의 망 측에서 사용자를 인증하고 사용자의 구내망(혹은 네트워크 등)에서 유발되는 데이터그램(Datagram)의 양을 측정하고 그에 따른 과금 기능만 추가되면 된다. DiffPricing 사용자가 BestEffort 서비스를 제공하는 다른 ISP의 사용자와 통신하는 경우 과금은 자신이 유발하는 트래픽뿐만 아니라 다른 ISP의 사용자가 유발하는 트래픽 양도 과금에 포함되도록 함으로써 타 ISP 사용자로부터 유발되는 트래픽으로부터 네트워크 자원을 보호할 수 있으며, 타 ISP의 DiffPricing 서비스 지원 여부와 무관하게 DiffPricing 서비스를 지원할 수 있다.

4.3.2 제2단계 - SiteDiffServ

DiffPricing 서비스의 가장 큰 제약 사항은 네트워크가 혼잡 상황이 발생했을 때 트래픽 처리의 우선순위를 부여할 수 있는 방안이 없다는 것이다. 비록 유발하는 트래픽의 양은 동일할 지라도 지연 시간, 지연 시간 편차(지터-Jitter), 그리고 오류 발생에 민감한 트래픽은 그렇지 못한 트래픽 보다 빨리 처리할 필요가 있다. 대신 처리 우선순위가 높은 트래픽을 유발하는 사용자는 그에 상응하는 비용을 지불해야 한다. 단순한 DiffPricing 서비스의 제약 사항을 개선하기 위한 방안은 서비스 특성 규정 속성에 트래픽 우선순위(Priority)를 포함시키는 것이다. 트래픽 우선순위는 여러 단계로 부여될 수 있다.

기존의 광대역 접속망과의 호환성을 고려한 가장 단순한 트래픽 우선순위 부여 단계는 과금 대상 단위인 사용자 사이트(Site) 별로 트래픽 클래스를 차별화 하는 'SiteDiffServ' 단계이다. 즉, 특정 사용자 사이트가 광대역 접속망에 가입할 때 트래픽 클래스를 다르게 부여하고, 각 사용자 사이트로부터 발생하는 트래픽이 네트워크에서 다르게 처리될 수 있게 하는 것이다. 물론 트래픽 클래스의 우선 순위에 따라 차별화된 과금이 이루어져야 한다. SiteDiffServ 서비스는 광대역 접속망의 망 측에서 사용자 구내망으로부터 유입되는 데이터그램의 출발지 IP 주소에 따라 트래픽 클래스를 구분할 수 있기 때문에 기존 사용자의 네트워크 접속 장치를 그대로 사용할 수 있다. 다만 망측 장치는 사용자 인증, 데이터그램 볼륨 측정에 따른 과금 기능뿐만 아니라 출발지 IP 주소에 따라 데이터그램의 등급을 마킹(Marking)하고, 우선순위에 따라 차별적으로 처리하는 기능이 추가되어야 한다. 사이트의 클래스를 몇 개로 구분할 것인지는 구현마다 다를 수 있다. 그러나 호환성 측면에서 EF(Expedited Forwarding) 클래스, AF 클래스 1, 2, 3, 4, 그리고 최선형(Best-Effort) 클래스 등의 표준 DSCP에 대응되는 클래스 구분이 바람직하다.

4.3.3 제3단계 - AppDiffServ

SiteDiffServ 서비스는 사용자 사이트 단위로 트래픽 클래스를 구분함으로써 QoS에 대한 요구 사항이 서로 다른 사용자에게 차별화된 서비스를 제공할 수 있으나, 하나의 사용자 사이트에서 발생하는 트래픽에 대한 차별화된 서비스 제공이 불가능하다. 그러나 하나의 사이트에 제공되는 여러 가지 응용 서비스는 서로 다른 QoS 요구 사항을 가질 수 있다. 따라서 특정 트래픽 클래스의 사이트에서 유발되는 트래픽을 응용 서비스에 따라 처리 우선순위를 다르게 함으로써 사이트 트래픽 클래스를 세분화할 필요성이 있다. 응용 서비스 별로 차별화된 QoS를 지원하는 단계를 'AppDiffServ'라 명명 한다.

특정 사이트에서 발생되는 트래픽은 SiteDiffServ 서비스 제공 절차에 따라 전체적으로 자신의 사이트 트래픽 클래스에 해당되는 우선순위로 처리된다. 그러나 AF 클래스의 경우와 같이 해당 사이트 트래픽 처리 과정에서 혼잡 상황이 발생할 수 있는 경우 AppDiffServ 서비스 제공 절차에 부여된 응용 트래픽 클래스에 따라 처리 우선순위를 결정할 수 있다. 즉, 특정 사이트 트래픽 클래스에 속한 데이터그램들에 대한 쉐이핑(Shaping) 또는 폐기(Drop) 등이 필요한 경우 응용 트래픽 클래스에 따라 처리 우선순위를 결정할 수 있다. AppDiffServ 서비스에 의한 응용 트래픽 클래스 구분은 사이트 트래픽 클래스를 세분화하는 방식으로 이루어져야 한다. EF 클래스나 BestEffort 클래스와 같이 더 이상 트래픽 클래스를 세분화할 수 없는 경우에는 AppDiffServ 서비스를 적용할 수 없다. 예를 들어 AF 클래스의 경우 폐기 선호도에 대응되게 응용 트래픽 클래스를 세분화할 수 있을 것이다. AppDiffServ 서비스는 지원하기 위해서는 사용자의 네트워크 접속 장치가 응용 서비스에 따라 응용 트래픽 클래스를 마킹할 수 있는 능력을 가져야 한다.

5. 구현 방안

5.1 QoS 지원 광대역 접속망 구조

본 연구에서 제안하는 단계별 QoS 제공 모델을 지원하는 광대역 접속망은 그림 5와 같이 추상화될 수 있다. 본 연구에서 제안하는 QoS 제공 모델은 차별화된 과금 정책과 DiffServ 모델에 기초하므로 기본적으로 계층 3(L3) 프로토콜인 IP에서 동작한다. 따라서 광대역 접속망의 계층2(L2)

에서 동작하는 장치들(DSLAM/CMTS/Ethernet Switch, DSL/Cable Modem 등)은 QoS 제공에 관여할 필요가 없고, 망 측에서 사용자 구내망에서 발생되는 IP 데이터그램을 모아서 처리하는 L3 장치(BRAS/Edge Router)와 사용자 구내망의 L3 장치인 호스트 장치만 관여된다.

본 연구에서는 QoS를 지원하는 광대역 접속망에서 QoS 지원을 담당하는 망측 장치를 QAS(QoS Access Server)라 하고 사용자측 장치를 QAC(QoS Access Client)로 추상화한다. QAS는 물리적으로 기존 광대역 접속망의 L3 장치(BRAS/Edge Router)와 통합될 수도 있고, 부분적으로 별도의 장치로 구현될 수도 있다. QAC는 호스트와 통합되어 구현된다.

5.2 DiffPricing 구현

그림 6은 DiffPricing을 구현하기 위해 QAS와 QAC가 지원해야 할 기능을 보여준다. DiffPricing 서비스를 지원하기 위해서 QAS는 각 가입자에 대한 SLS(Service Level Specification) 정보를 유지하고 있어야 한다. DiffPricing 기법에서 SLS는 가입자 식별 정보, 허용된 대역폭, 허용된 기본 트래픽 볼륨(Default Traffic Volume) 등을 포함할 수 있다. 기본 트래픽 볼륨은 사용자별로 기본적으로 주어지는 트래픽 볼륨에 대한 한 계값으로 사용할 수 있다. 이 경우 한계값을 초과하는 트래픽에 대해서만 과금을 실시한다. QAC는 가입 시에 자신의 SLS를 QAS에 등록하고, 필요하면 Off-line 또는 On-line 방식으로 SLS를 변경할 수도 있다.

DSL 또는 이더넷 스위치와 같이 가입자를 1:1 방식으로 접속하는 기존 광대역 접속망에서 가입자 인증 과정은 반드시 필요하지 않은 선택 사항이다. 그러나

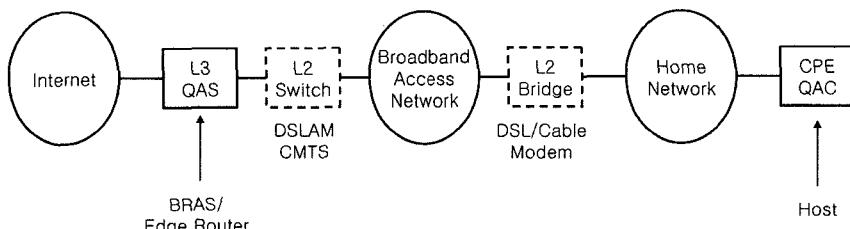


그림 5 QoS 지원 광대역 접속망 구조

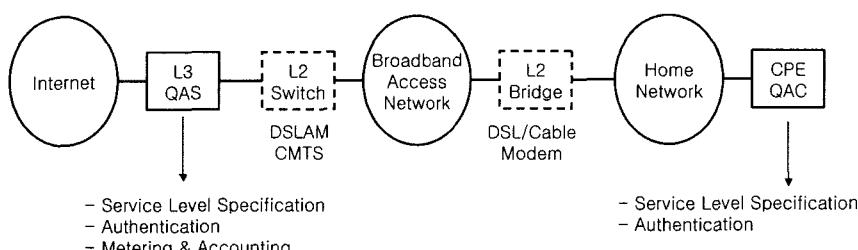


그림 6 DiffPricing 서비스 구현 모델

DiffPricing은 사용자 사이트에서 발생되는 데이터그램의 양에 따라서 과금을 실시하고, 데이터그램 발생 사용자를 IP 주소에 의해 구분하기 때문에 사용자와 IP 주소를 확인하는 사용자 인증 과정이 반드시 필요하다. 사용자 인증은 호스트가 네트워크를 접속할 때 마다 이루어져야 하므로 QAS와 QAC에 공통적으로 구현되어야 한다. 사용자 인증 기능 구현은 PPP등 기존 사용자 인증 기법을 사용하거나 웹 서비스 기반 사용자 인증 등 기존 사용자 호스트에 대한 업그레이드 부담을 최소화 할 수 있는 방향으로 진행되는 것이 바람직하다.

사용자별 데이터그램 발생량에 따른 과금을 위해 QAS는 데이터그램 수를 측정(Metering)하고 일정한 기준에 따라 과금(Accounting)하는 기능을 가져야 한다. 기본적으로 과금을 위한 데이터그램 발생량 측정은 사용자로부터 네트워크로 발생되는 업스트림(Upstream)에 대해 수행한다. 이 경우 사용자의 요청으로 특정 서버에 의해 발생되는 다운스트림(Downstream) 트래픽에 대한 과금은 일단 서버에게 이루어지고, 서버는 사용자에게 별도로 과금할 수 있다. 사용자가 접속하는 서버가 DiffPricing을 지원하지 않는 다른 ISP에 속하고 ISP간 별도의 계약이 없다면, 업스트림 데이터 트래픽뿐만 아니라 다운스트림 데이터 트래픽도 과금 대상이 되는 것이 바람직하다. 업스트림 트래픽이 멀티캐스트 트래픽인 경우 사용자로부터 발생되는 하나의 데이터그램이 네트워크에서 다수의 데이터그램으로 복사되어 전달되기 때문에 멀티캐스트 그룹의 크기에 비례하는 과금 정체도 입이 바람직하다.

5.3 SiteDiffServ 구현

그림 7은 SiteDiffServ 서비스 구현 모델이다. SiteDiffServ 서비스를 구현하기 위해 SLS는 DiffPricing 서비스에서 정의하는 정보 외에 추가적으로 가입자 사이트의 트래픽 클래스 정보를 유지하고 있어야 한다.

예를 들어 사이트 트래픽 클래스는 특급(Expedited Class), 고급(High Class), 중급(Middle Class), 그리고 보통 등급(Normal Class)으로 구분할 수 있을 것이다.

특급 사이트는 전용 회선과 같이 일정한 전송 속도와 지연시간을 요하는 VPN 사이트가 될 수 있고, PHB 클래스는 EF(Expedited Forwarding)가 대응될 수 있을 것이다. 고급 사이트는 대화형 멀티미디어 서비스 등과 같이 QoS에 매우 민감한 서비스를 주로 제공하는 사이트가 될 수 있고, AF1x PHB 클래스가 대응될 수 있을 것이다. 중급 사이트는 스트리밍형 멀티미디어 서비스와 같이 QoS에 덜 민감한 서비스를 주로 제공하는 사이트가 될 수 있고, AF3x PHB가 대응될 수 있을 것이다. 그리고 보통 사이트는 일반적인 인터넷 접속 사이트가 될 수 있으며, BE(BestEffort) PHB 클래스에 대응시킬 수 있다.

SiteDiffServ 서비스를 제공하기 위해 QAS는 사용자 사이트로부터 유입되는 사이트 트래픽 클래스 번호 마킹 기능을 수행한다. 사이트 클래스는 IP 데이터그램의 출발지 IP 주소에 따라 DSCP 필드에 마킹된다. 특정 사이트에 대응되는 IP 주소와 대응되는 사이트 클래스는 사용자 인증과정에서 확인된다. 그리고 QAS는 사이트 트래픽 클래스에 따라 차별화된 데이터그램 처리 기능(Weighted Scheduling)을 제공함으로써 QAS가 혼잡 상황에 빠졌을 때 사이트 클래스 등급이 높은 데이터그램을 우선적으로 처리한다. QAS에서 설정한 사이트 클래스 등급에 따라 해당 데이터그램은 ISP 백본 라우터에서 처리 우선순위가 부여된다.

5.4 AppDiffServ 구현

그림 8에서 보는 바와 같이 AppDiffServ 서비스는 DiffPricing 서비스와 SiteDiffServ 서비스에 추가적으로 응용 트래픽 클래스 마킹 기능과 응용 트래픽 클래스에 따른 쉐이핑과 폐기 기능을 제공한다.

응용 트래픽 클래스는 AF 클래스 사이트와 같이 클래스 내의 데이터그램에 대한 처리 우선순위를 지원할 수 있는 사이트 클래스에 대해 적용될 수 있으며, EF 클래스(특급)나 BE 클래스(보통)와 같이 동일한 트래픽 처리 우선 순위를 가지는 사이트 클래스에 대해서는 적용할 수 없다. 응용 트래픽 클래스는 전적으로 사용자

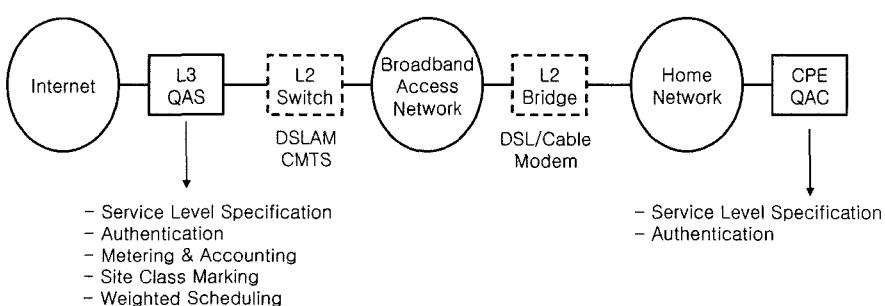


그림 7 SiteDiffServ 서비스 구현 모델

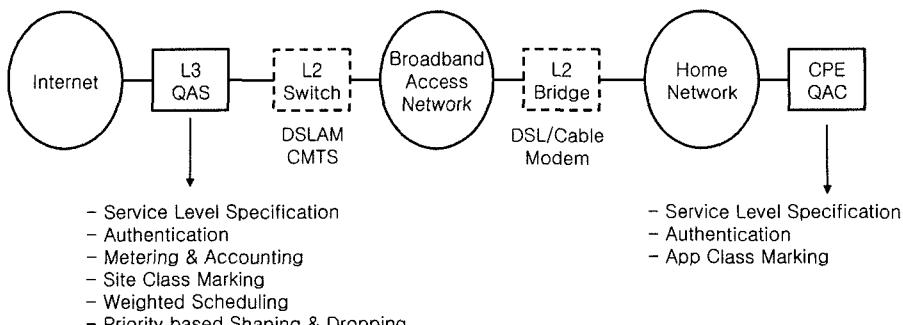


그림 8 AppDiffServ 서비스 구현 모델

사이트 내에서 트래픽 우선순위 구분이므로 QAC에서 마킹되어야 한다. 응용 트래픽 클래스도 사이트 트래픽 클래스와 마찬가지로 DSCP 필드에 할당되어야 한다. 따라서 QAC의 응용 트래픽 클래스 마킹과 QAS의 사이트 트래픽 클래스 마킹이 통합적으로 하나의 PHB 클래스에 대응되는 DSCP를 할당하여야 한다. 예를 들어 AF 클래스에 대응되는 고급 사이트 클래스의 응용 서비스를 실시간 대화형 등급, 실시간 스트리밍형 등급, 쇠선형 등급으로 구분하고, 각각의 응용 트래픽 클래스를 폐기 선호도에 대응시킬 수 있다. 그리고 DSCP의 하위 3비트 값은 QAC에서 할당하고 상위 3비트 값은 QAS에서 할당하여 고급 사이트 클래스에 대한 DSCP 값을 완성한다.

QAS는 사이트 트래픽 클래스에 따라 차별화된 데이터그램 처리 기능(Weighted Scheduling)을 제공할 뿐만 아니라, 응용 트래픽 클래스를 지원하는 트래픽에 대해서는 데이터그램의 응용 트래픽 클래스 값(폐기 우선순위)에 따라 쉐이핑과 폐기를 차별화하는 기능을 제공한다.

6. 결 론

현재 전 세계적으로 2억이 넘는 가입자를 보유하고 있는 광대역 접속망의 대부분은 정액제 과금 체계 하에 쇠선형의 인터넷 접속 서비스를 제공하고 있다. 정액제 과금 체계는 과도한 트래픽 유발 사용자를 제어할 수 있는 수단이 없기 때문에 인터넷 자원에 대한 혼잡 상황을 적절하게 제어할 수 없고, 이는 실시간 멀티미디어 응용 서비스와 같이 QoS에 민감한 새로운 응용 서비스의 도입을 저해한다. 광대역 접속망의 대표적인 응용 분야인 인터넷상에서 QoS를 지원하기 위해 IntServ, DiffServ 등 여러 가지 기술들이 개발되어 왔다. 그러나 기술적인 복잡도 문제뿐만 아니라 기존 광대역 접속망 장치를 QoS 능력을 가진 장치로 변경하는 데서 오는 경제적인 문제로 인해 광대역 접속망에 QoS 도입 작업

은 많은 어려움을 내포하고 있다.

본 연구에서는 기존 광대역 접속망에 QoS를 지원하기 위한 현실적인 방안으로 DiffPricing, SiteDiffServ, 그리고 AppDiffServ의 3 단계 접근법을 제시하였다. DiffPricing은 기본 정액제 과금 체계를 사용자가 유발하는 트래픽 불량에 비례하는 차별화된 과금 체계로 변경함으로써, 과도한 트래픽 유발 사용자에 의해 초래되는 네트워크 혼잡 상황을 제어하고 QoS에 민감한 새로운 서비스를 도입할 수 있는 네트워크 상태를 능동적으로 유지하게 한다. SiteDiffServ 단계는 DiffPricing에 사용자 사이트의 트래픽 클래스를 특급(Expedited Class), 고급(High Class), 보통 등급(Normal Class) 등으로 차별화하고, QoS에 민감한 사용자의 사이트 트래픽을 우선적으로 처리할 수 있게 한다. SiteDiffServ 단계에서 사이트 트래픽 클래스 구분은 가입 과정에서 정의된 SLS에 근거하여 망측의 QAS에 의해 제공되므로, SiteDiffServ 서비스는 기존 사용자의 네트워크 접속 장치의 변경 없이 제공될 수 있다. AppDiffServ 단계는 SiteDiffServ 단계에 사용자 사이트에서 발생하는 트래픽을 응용 서비스별로 차별화하여 처리할 수 있는 기능을 추가한다. AppDiffServ 서비스를 지원하는 사용자 사이트의 CPE는 실시간 대화형 등급, 실시간 스트리밍형 등급, 쇠선형 등급 등으로 응용 서비스에 의해 발생되는 트래픽을 구분하는 QAC를 지원하여야 하므로, 기존 사용자의 네트워크 접속 장치의 적절한 업그레이드가 요구된다. 그리고 AppDiffServ 서비스를 지원하는 QAS는 사이트 트래픽 클래스에 의한 차별화된 데이터그램 처리 기능뿐만 아니라, 응용 트래픽 클래스에 의한 차별화된 쉐이핑과 폐기 기능을 지원해야 한다.

참 고 문 헌

- [1] Y.-K. Lee and D. Lee, "Broadband Access in Korea: Experience and Future Perspective," IEEE Communications Magazine, Dec. 2003.

- [2] Y. Maeda, "A Standardization Plan for Broadband Access Network Transport," IEEE Communications Magazine, July 2001.
- [3] A. Dutta-Roy, "An Overview of Cable Modem Technology and Market Perspectives," IEEE Communications Magazine, June 2001.
- [4] DSL Forum White Paper, <http://www.dslforum.org>
- [5] RHK White Paper, <http://www.rhk.com>
- [6] M. Falkner, M. Devetsikiotis, and I. Lambadaris, "An Overview of Pricing Concepts for Broadband IP Networks," IEEE Communications Surveys, 2nd Quarter 2000.
- [7] A. Pras, B-J van Beijnum, R. Sprenkels, and R. Parhonyi, "Internet Accounting," IEEE Communications Magazine, May 2001.
- [8] Y. Bai and M. R. Ito, "QoS Control for Video and Audio Communication in Conventional and Active Networks: Approaches and Comparison," IEEE Communications Surveys & Tutorials, 1st Quarter 2004.
- [9] J. Zeng and N. Ansari, "Towards IP Virtual Private Network Quality of Service: A Service Provider Perspective," IEEE Communications Magazine, April 2003.
- [10] 박종현, 조준성, 정해봉, "CATV 인터넷 서비스 사용자 트래픽 패턴 분석시스템", KNOM Review, Vol. 7, No. 2, Dec. 2004.
- [11] P. P. White, "RSVP and Integrated Services in the Internet: A Tutorial," IEEE Communications Magazine, May 1997.
- [12] R. Braden, D. Clark, and S. Shenker, "Integrated Services in the Internet Architecture: An Overview," IETF RFC 1633, June 1994.
- [13] S. Blake et al., "An Architecture for Differentiated Services," IETF RFC 2475, Dec. 1998.
- [14] 박승철, "차세대 DSL망의 구현 방안", 정보과학회논문지: 정보통신, 제32권, 제2호, 2005년 4월.
- [15] 박승철, "ADSL과 인터넷 통신", 멀티미디어통신기술 워크샵, 대한전자공학회 멀티미디어연구회, 1999년 11월.
- [16] L. Zier, W. Fischer and F. Brockners, "Ethernet-Based Public Communication Services: Challenge and Opportunity," IEEE Communications, March 2004.
- [17] D. Fellows and D. Jones, "DOCSIS Cable Modem Technology," IEEE Communications Magazine, March 2001.
- [18] S. Giordano, et al., "Advanced QoS Provisioning in IP Networks: The European Premium IP Projects," IEEE Communications Magazine, Jan. 2003.
- [19] B. Davie, et al., "An Expedited Forwarding PHB(Per-Hop Behavior)," IETF RFC 2598, March 2002.
- [20] J. Heinanen, et al., "Assured Forwarding PHB Group," IETF RFC 2597, June 1999.
- [21] S. Sargent, et al., "IP-Based Access Networks for Broadband Multimedia Services," IEEE Communications Magazine, Feb. 2003.
- [22] F. Baker et al., "Aggregation of RSVP for IPv4 and IPv6 Reservations," RFC3175, Sept. 2001.
- [23] C. Bouchat, S. Bosch, and T. Pollet, "QoS in DSL Access," IEEE Communications, Sept. 2003.
- [24] X. Xiao, et al., "A Practical Approach for Providing QoS in the Internet Backbone," IEEE Communications Magazine, Dec. 2002.
- [25] L. A. Dasilva, "Pricing for QoS-Enabled Networks: A Survey," IEEE Communications Surveys, 2nd Quarter 2000.



박승철

1985년 2월 서울대학교 계산통계학과(학사). 1987년 2월 한국과학기술원 전산학과(석사). 1996년 8월 서울대학교 컴퓨터공학과(박사). 1987년 2월~1990년 10월 한국전자통신연구원. 1990년 10월~1992년 2월 한국IBM. 1992년 9월~2001년 4월 현대전자(현 하이닉스) 네트워크연구소장. 2001년 5월~2003년 9월 현대네트웍스 연구소장/대표이사. 2004년 3월~현재 한국기술교육대학교 인터넷미디어공학부 조교수. 관심분야는 초고속 인터넷, 멀티미디어 통신, e-Learning