

고품질의 멀티미디어 서비스 제공을 위한 QoS 모델

정희원 송명원*, 임인섭**, 정순기***

QoS Model for Supporting high Quality Multimedia Services

Myung-Won Song*, In-Seub Lim**, Soon-Key Jung*** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 초고속인터넷망에서 멀티미디어 서비스 제공 능력의 시험을 통하여 광대역통합망(BcN: Broadband convergence Network)에서의 서비스 제공 가능성 분석에 활용할 수 있는 초고속인터넷의 QoS 제공 모델을 제시하고 품질수준을 검증하였다. 3개의 초고속인터넷 사업자가 제공 중인 10~100Mbps급 서비스를 대상으로 전국적으로 총 46개의 가입자를 선정하여 시험환경을 구축하고, BcN의 핵심서비스인 음성/영상전화, VoD 및 IPTV 서비스에 대한 품질시험을 수행하여 QoS 제공수준 및 품질저하 원인 등을 분석하였다. QoS 분석결과를 기초로 하여 BcN에서 활용이 가능한 고수준의 QoS 제공 모델을 제시하고, 광대역통합연구망(KOREN)에 QoS 시험망을 구축하여 QoS 적용으로 인한 서비스 품질확보 수준을 검증하였다. 연구결과는 국내외 통신 사업자들의 차세대통신망(NGN: Next Generation Network)기반 All-IP망의 구축에 중요한 자료로 활용될 것으로 기대한다.

Key Words : QoE(Quality of Experience), QoS Model, BcN, NGN

ABSTRACT

This paper proposes QoS Model which has tested and analyzed the capabilities of provisioning multimedia service in high speed Internet environment. We have tested quality measurement test for VoIP/MoIP, VoD, IPTV services and analyzed the level of QoS and QoS degradation by constructing test laboratory consisted of 46 subscribers which provided by 3 telecom operators. Besides, We propose QoS Model to apply for BcN application based on analysis result and prove proposed model by constructing test lab in KOREN environment. It is expected that telecom will use this results as a valuable information to construct All-IP network based on NGN(NGN:Next Generation Network).This paper proposes QoS Model which has tested and analyzed the capabilities of provisioning multimedia service in high speed Internet environment. It is expected that telecom will use this results as a valuable information to construct All-IP network based on NGN.

I. 서 론

정보통신기술의 빠른 발달과 이용자들의 서비스 차별화 요구 등으로 인하여 고품질의 멀티미디어 서비스를 언제 어디서나 단절 없이 안전하게 이용할 수 있는 통신 환경 조성을 위하여 국내외적으로 NGN 구축에 많은 관심을 보이고 있다. 국내에서도

유무선 통신사업자 및 장비, 단말기 제조업체들을 중심으로 NGN의 국내 브랜드인 BcN 구축에 집중하고 있다. BcN은 패킷기반의 통신망으로 트래픽 특성이 다른 유무선의 기존 서비스(PSTN, 이동전화, 방송 등)들을 통합, 제공할 수 있는 QoS 및 이동성(Mobility)이 강화된 품질보장망이다. 따라서 BcN에서는 음성, 영상전화, IPTV 등 고품질의 멀

* 한국정보사회진흥원(smw@nia.or.kr), ** 한국지질자원연구원(limlhj@rock25t.kigam.re.kr), *** 충북대학교(soonkey@chungbuk.ac.kr)
논문번호 : KICS2008-04-159, 접수일자 : 2008년 4월 8일, 최종논문접수일자 : 2008년 8월 20일

멀티미디어 서비스는 물론 Wibro, HSDPA 등 무선 서비스까지 결합된 QPS(Quadruple Play Service)의 제공이 보편화 될 전망이다^[12].

그러나 현재의 초고속인터넷을 BcN으로 활용하기에는 종단간(end-to-end) QoS 보장, 자원관리(RACF) 기능 및 이동성(Mobility) 제공 등 해결해야 할 선결과제들이 많이 있다^[3]. 그중에서도 핵심과제가 QoS 보장이다. 따라서 국내에서는 대도시 중심의 신규 BcN을 우선 구축하고 고품질의 멀티미디어 서비스 제공 능력을 검증한 후에 전국적으로 망을 확산시키는 방향으로 BcN을 구축하고 있다. 결국 NGN의 개념에서도 볼 수 있듯이 향후 BcN 구축 및 활성화 단계에서는 초고속인터넷, 이동통신망 등 기존 통신망을 개선하여 All-IP기반의 품질보장망으로 재구성되어야 할 것이다^[1].

현재 초고속인터넷도 xDSL, HFC(Hybrid Fiber Coaxial Cable), FTTx 등 다양한 구축방식을 적용하여 50~100Mbps급의 대역폭을 제공하고 있다. 또한 서비스도 종래의 ADSL, HFC 기반 웹서비스 중심에서 인터넷 전화, VoD 등 멀티미디어 서비스로 점차 변화해 가고 있다. 그러나 현재 초고속인터넷은 최선형(Best-effort) 서비스망으로 QoS 제공 능력이 없음으로 BcN에서 요구하는 대역(50~100Mbps급)을 제공한다 하더라도 항상 고른 서비스 품질의 유지에는 한계가 있다. 따라서 BcN에서 요구하는 QoS 수준을 만족시키기 위해서는 단계적으로 QoS 기술의 적용이 필수적이다^[14].

본 논문에서는 초고속인터넷망에서 멀티미디어 서비스 제공 능력의 시험을 통하여 광대역통합망(BcN: Broadband convergence Network)에서의 서비스 제공 가능성 분석에 활용할 수 있는 초고속인터넷의 QoS 제공 모델을 제시하고 실증시험을 통하여 품질수준을 검증하였다. 3개의 초고속인터넷 사업자가 제공 중인 10~100Mbps급 서비스(상품)를 대상으로 전국적으로 총 46개의 가입자를 선정하여 시험환경을 구축하고, BcN의 핵심서비스인 음성/영상전화, VoD 및 IPTV 서비스에 대한 품질시험을 수행하여 QoS 제공수준 및 품질저하 원인 등을 분석하였다. QoS 분석결과를 기초로 하여 BcN에서 활용이 가능한 고수준의 QoS 제공 모델을 제시하고, 광대역통합연구망(KOREN)에 QoS 시험망을 구축하여 QoS 적용으로 인한 서비스 품질확보 수준을 검증하였다. 연구결과는 국내외 통신 사업자들의 차세대통신망(NGN: Next Generation Network)기반 All-IP망의 구축에 중요한 자료로 활용될 것으로 기대한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 서비스 품질 평가항목 및 평가방식에 대해 기술하며, 제 III장에서는 시험환경 및 서비스별 품질시험 결과에 대해 기술한다. 제 IV장에서는 시험결과를 기초로 하여 기존 초고속인터넷망의 QoS 전환 모델을 제안하고, 제 V장에서는 논문의 결론 및 향후 연구 계획에 대하여 기술한다.

II. 품질평가 방식

통신서비스에 대한 품질평가는 사업자 관점에서의 망 성능평가와 이용자 관점에서의 종단간 서비스 품질평가로 구분할 수 있다^[5]. 최근 멀티미디어 서비스가 보편화됨에 따라 망 사업자 관점에서의 품질평가 보다는 고객의 관점에서 인식 가능한 종단간 서비스 품질의 중요성이 부각되고 있다. 망 품질평가를 위한 지표는 최종 서비스 이용자의 만족도를 유지하기 위하여 사업자가 관리하는 IP 망 성능지표로써 처리율(Throughput), 지연시간 및 패킷손실 등이 있다. 종단간 서비스 품질 평가는 QoE(Quality of Experience) 기반 MOS(Mean Opinion Score)가 대표적이며, 이용자가 주관적으로 느끼는 서비스의 전체적인 만족도를 의미한다.

2.1 음성 품질평가 방법

음성 품질평가 방법에는 크게 주관적 평가와 객관적 평가 방법이 있다. 주관적 평가 방법은 피시험자에 의해 음성의 품질을 5단계로 평가받고 그 평균치로 품질을 나타내는 MOS 값을 표준화하여 유선 전화망 등에서 오랫동안 사용하였다. 그러나 주관적 평가방법은 이용자가 점수화한 지표로 실 서비스에 대한 상시적인 품질평가가 어렵다는 단점이 있다. 따라서 이러한 주관적 평가방법의 단점을 개선하기 위해 네트워크 성능지표를 반영한 E-Model 기반 R값, PESQ 및 PSQM 등 객관적 지표가 사용되고 있다. 그중에서도 ITU-T G.107에 근거한 E-Model 기반의 R값은 데이터망 특유의 손실, 지연시간 등을 고려하여 계산한 결과 값으로, 현재 인터넷전화의 통화품질 지표로써 일반적으로 통용되고 있다.

2.2 영상 품질평가 방법

영상 품질평가 방법에는 주관적 화질평가와 객관적 화질평가 방식이 있으며, 주로 VQEG(Video Quality Expert Group), ITU를 중심으로 연구가 이

루어지고 있다. 주관적 화질평가는 수신된 영상을 동시에 여러 사람들에게 보여주고 각 개인들의 의견을 반영해 계산된 평균값으로 화질을 평가하는 방식이며, 대표적인 평가 모델로는 DSCQS(Double Sequence Continuous Quality Scale), SSCQE(Single Stimulus Continuous Quality Evaluation) 및 ACR(Absolutely Category Rating method) 등이 있다^[2]. 주관적 화질평가 방법은 인간의 화질 인지특성을 반영할 수 있는 가장 적합한 방법이지만 개인별로 평가치가 다르고 시간과 비용이 많이 소요되며, 실시간으로 평가하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. 객관적 화질평가는 이러한 주관적 평가방법의 단점을 개선하기 위하여, 수신된 영상을 인간 시각을 모델링한 시스템에 대입하여 수치적으로 정량화하는 평가방법으로 원본영상과 처리영상의 활용여부에 따라서 FR(Full Reference), RR(Reduce Reference) 및 NR(No Reference) 방식이 있다^{[7][8]}. 객관적 화질평가 방법은 ITU-R에서 표준화 작업이 진행 중에 있으며, 아직 국제표준으로 확정된 영상 품질지표는 없는 실정이다. FR은 원본영상과 처리영상이 모두 사용가능할 때 두 영상을 직접 비교하여 수신된 영상의 품질을 측정하는 방식이다. 응용분야는 코덱 성능평가, 디지털 방송 및 멀티미디어 장비 성능평가 등에 사용되며, VMOS, PSNR(Peak signal to noise ratio) 등이 품질척도로 측정된다. RR은 원본영상과 처리영상이 모두 존재하지 않으나 각각의 영상에서 추출한 특징들을 사용하여 수신된 처리영상의 품질을 측정하는 방식으로, 무선 통신 멀티미디어 전송, 채널상태 등에 사용한다. NR은 원본영상에 대한 어떠한 정보도 이용하지 않고 처리영상만을 활용하여 영상 품질을 측정하는 방식이다. FR 방식보다는 신뢰도가 떨어지나 FR 방식이 원본영상을 필요로 하기 때문에 실시간 방송을 진행하는 IPTV 단말이나 셋탑박스(STB)에는 사실상 적용이 불가능하다는 단점을 극복하기 위해 IPTV 서비스 사업자나 영상품질측정 전문업체에서 주로 사용하는 평가방법이다. NR방식을 적용하고 있는 대표적인 영상계측기로는 QoS metrics가 있으며, V-factor^{[5][6]}라는 영상 MOS를 제공한다. V-factor는 MPQM(Moving Picture Quality Metrics) 모델을 기반으로 원본 코덱의 품질과 망의 패킷손실률 등을 고려하여 최종 수신된 영상의 품질을 1 - 5 사이의 값으로 나타낸다. V-factor의 계산식^{[5][6]}은 다음과 같다.

$$V\text{-factor} := Q_{cr}(qs) * (1 - e^{P_v/\sqrt{T_r}})$$

- $Q_{cr}(qs)$: 양자화 값의 함수로 주어진 코덱에 대한 인코더로부터 손상을 입은 것을 측정하며, $qs=1$ 인 경우 최대값은 5이고, 압축비는 1이 된다.
- P_{tr} : 패킷 손실에 대한 확률 비율을 측정하는 값으로 다양한 측정 매개변수로는 비디오 지터 버퍼 길이, PCR 지터, 네트워크 지터 및 패킷 손실에 대한 함수 값을 이용하여 측정한다.
- T_r : 영상 이미지의 복잡도(엔트로피)를 측정하는 값으로 다양한 측정 매개변수로는 참조 프레임의 비율, 비참조 프레임(I, B, P)대역폭, 대역폭의 변위 등이 있으며, 높은 복잡도(1.0)와 낮은 복잡도(4.0) 사이의 값을 가진다.

본 논문에서는 네트워크의 품질시험에는 처리율, 지연시간, 지터 및 패킷손실 등의 사업자가 주로 관리하는 성능 지표를 사용한다. 음성에 대한 품질은 ITU-T 표준인 R값과 MOS를 적용하고, 영상에 대한 품질은 국제 표준이 마련되지 않은 관계로 사업자가 보편적으로 사용하고 있는 QoS Metrics 장비에서 제공하는 V-factor를 적용하여 음성, 영상에 대한 QoE를 측정한다.

III. QoS 실증시험 및 결과분석

3.1 시험환경 구축

본 논문에서는 음성 및 영상, 데이터 서비스에 대한 품질시험을 진행하기 위하여 전국 4개 도시에 국내 3대 초고속인터넷 사업자가 제공하는 가입자망을 기술별로 고르게 총 46개의 회선을 선정하여 시험환경을 구성하였다. 또한 4개 도시에 있는 6개의 IDC(Internet Data Center)에 IPTV 스트리밍 서버를 구축하였다. 시험에 적용된 가입자망 기술로는 ADSL(8Mbps), HFC(10Mbps), VDSL(13~20Mbps), LAN(100Mbps), FTTH(100Mbps) 방식이며, 사업자별 A사 16회선, B사 20회선, C사 10회선 총 46회선을 구성하였다. 시험환경은 가입자 회선이 인입되는 가정을 방문하여 시험 장비를 구성하고, 시험기간 동안 시험결과에 영향을 주지 않도록 타 응용서비스의 사용을 제한하였다. 다음 그림 1, 표 1은 각각 시험환경에 대한 구성도와 각 통신사별 회선 구성 내역을 보여준다.

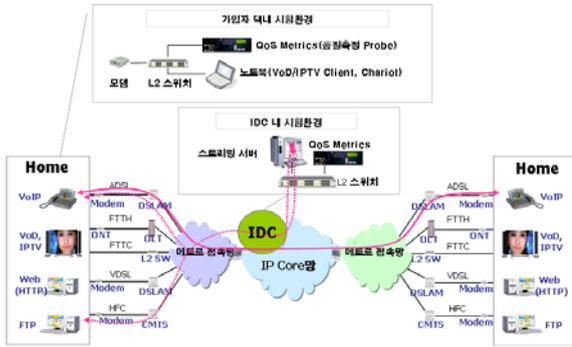


그림 1. 초고속인터넷 QoS 실증시험 환경 구성도

표 1. 통신 사업자별 가입자망 회선 내역

통신 사업자	지역	가입자망 기술	대역폭 (상/하향)	회선수	
A	서울/경기	ADSL	4M/640K	2	
		VDSL	13M/4M	2	
		Ethernet(광랜)	100M/100M	2	
	대구	ADSL	4M/640K	1	
		Ethernet(광랜)	100M/100M	1	
	광주	ADSL	4M/640K	1	
		VDSL	13M/4M	1	
		Ethernet(광랜)	100M/100M	1	
		FTTH(WDM-PON)	100M/100M	1	
	부산	ADSL	4M/640K	1	
		VDSL	13M/4M	1	
		Ethernet(광랜)	100M/100M	1	
B	서울/경기	ADSL	8M/640K	2	
		VDSL	20M/6M	2	
		Ethernet(광랜)	100M/100M	2	
	대구	HFC	10M/768K	2	
		ADSL	8M/640K	1	
		VDSL	20M/6M	1	
	광주	Ethernet(광랜)	100M/100M	1	
		HFC	10M/768K	1	
		ADSL	8M/640K	1	
	부산	VDSL	20M/6M	1	
		Ethernet(광랜)	100M/100M	1	
		HFC	10M/768K	1	
	C	서울/경기	Ethernet(광랜)	100M/100M	2
			HFC	10M/800K	2
		대구	Ethernet(광랜)	100M/100M	1
HFC			10M/800K	1	
광주		Ethernet(광랜)	100M/100M	1	
		HFC	10M/800K	1	
부산		Ethernet(광랜)	100M/100M	1	
	HFC	10M/800K	1		

3.2 시험 시나리오

본 논문에서는 구축된 시험환경을 이용하여 네트워크 품질시험과 응용서비스별 품질시험을 진행한다. 먼저 네트워크 품질시험은 가정에 설치된 QoS Metrics장비를 사용하여 64Byte, 1480Byte 두 가지 패킷 크기로 각각 CBR (Constant Bit Rate), VBR(Variable Bit Rate) 트래픽을 생성하여 종단간 구간에 대한 지연시간(delay), 지터(Jitter), 패킷 손실율(Loss) 등을 측정하였다. CBR은 동일 패킷크기로 실시간 전송을 요구하는 VoIP 서비스 트래픽의 특성을 대표하며, VBR은 가변적인 패킷크기로 실시간 전송을 요구하는 VoD, IPTV 서비스 트래픽의 특성과 FTP 등 Bursty한 전송을 요구하는 트래픽의 특성을 동시에 가지고 있다. 시험 패킷의 크기는 미국의 통신회사인 Sprint사와 연구/교육망인 Internet2에서 공동으로 연구, 분석한 결과를 참조하여 인터넷망에서 가장 큰 비율을 차지하는 패킷크기를 선정하였다. 결과적으로, 64Byte 패킷은 VoIP 트래픽을, 1480Byte 패킷은 IPTV 트래픽을 대표 할 수 있다. CBR, VBR의 전송속도는 시험회선 중 대역폭이 가장 작은 ADSL에서도 수용될 수 있도록 512Kbps로 정하였다. 다음 표 2는 트래픽 특성에 따른 품질측정 내역을 보여준다.

응용서비스 품질시험은 크게 단일서비스 품질시험과 동시에 여러 서비스가 제공되는 혼합서비스 품질시험으로 구성한다. 단일서비스 품질시험은 음성전화, 영상전화 및 IPTV 서비스별로 시험을 진행하고, 혼합서비스 품질시험은 데이터, 영상전화 및 IPTV 서비스를 동시에 제공하면서 각각의 서비스 품질을 측정한다. 음성, 영상전화 서비스는 가정에 설치되어 있는 품질측정 장비(QoS-Metrics)에서 해당 통화시간을 1분으로 가정하고 24시간 동안 반복적으로 음성 G.711u 코덱, 영상 H.263 코덱 및 CIF(352X288)급 기준 트래픽을 부가한 후에 IDC-가입자간, 가입자 종단간 품질을 측정하여 백분구간 및 가입자 종단간 구간에 대한 품질수준을 비교평

표 2. 네트워크 품질시험 세부 내역

트래픽 형태	Packet 크기	대역폭	Burst Gap	측정 시간	시험 시간
CBR	64byte	512Kbps	-	60초	24시간
	1480byte	512Kbps	-	60초	24시간
VBR	64byte	512Kbps	1초	60초	24시간
	1480byte	512Kbps	1초	60초	24시간

표 3. 서비스 품질시험 세부 내역

서비스	응용 서비스	코덱	서비스 지표	망 지표	측정 시간	시험 시간
데이터	FTP	-	속도	Throughput	60초	24시간
영상	영상 전화	음성: G.711u 영상: H.263	V-factor, MOS	Delay Jitter Loss	60초	24시간
	VoD/IPTV	H.264	V-factor	Delay Jitter Loss	60초	24시간

가 한다. IPTV 서비스 시험은 기존 초고속인터넷망은 멀티캐스트를 지원하지 않으므로 UDP기반 유니캐스트 방식을 적용하여 IDC에 있는 스트리밍 서버에서 가입자 맥내로 스트림을 전송하고 품질측정 장비(QoS Metrics)를 이용하여 영상 패킷을 분석하여 품질을 측정하였다. 영상코덱은 MPEG-2 보다 압축효율이 우수하며 현재 IPTV 상용서비스에 적용 중인 H.264 기반 SD, HD급 영상을 적용하였다. 혼합서비스 품질시험은 단일서비스 시험을 동시 진행하면서 데이터 트래픽을 추가로 부가한다. 데이터 서비스는 품질측정 장비(Chariot)를 사용하여 IDC와 가입자간 FTP 트래픽을 부가한다. 다음 표 3은 서비스 품질시험에 대한 세부항목 및 내역을 보여준다.

3.3 시험 결과 및 분석

본 장에서는 총 46회선을 대상으로 진행한 네트워크 품질시험과 응용서비스 품질시험 결과에 대해 분석한다. 시험결과의 수준평가를 위하여 음성은 R-value를 영상은 미국의 UCLA 대학에서 제안한 MPQM(Moving Picture Quality Metrics)방식을 QoS-Metrics사에서 계측기로 구현한 V-factor를 지표로 적용하였다. ITU-T의 G.107표준을 적용하여 PSTN, 방송망 서비스 수준을 R-value는 80이상 (MOS는 4.34이상으로 이용자 만족도 High), V-factor는 4.34이상으로 평가기준(이용자 만족도 High

표 4. 음성, 영상서비스 품질평가 기준

Voice Quality (ITU-T G.107)			Video Quality	
R-value	MOS	QoE	V-factor	QoE
90<=R<100	5-4.34	Best	5-4.34	Best
80<=R<90	4.34-4.03	High	4.34-4.03	High
70<=R<80	4.03-3.60	Medium	4.03-3.60	Medium
60<=R<70	3.60-3.10	Low	3.60-3.10	Low
50<=R<60	3.10-2.58	Poor	3.10-2.58	Poor

표 5. 네트워크 품질시험 결과

구분	Packet 크기	가입자 망기술	상향			하향		
			Delay (ms)	Loss (%)	Jitter (ms)	Delay (ms)	Loss (%)	Jitter (ms)
C B R	64 byte	LAN	5.3	0.010	0.19	4.4	0.004	0.14
		VDSL	8.0	0.062	0.20	7.3	0.013	0.17
		ADSL	30.2	1.394	0.04	9.5	0.011	0.35
		HFC	17.0	0.465	2.11	8.9	0.080	0.62
		LAN	8.9	0.019	0.29	6.2	0.007	0.13
		VDSL	13.3	0.015	0.36	9.1	0.004	0.15
	1480 byte	ADSL	218.3	12.83	6.43	21.7	0.009	0.99
		HFC	93.3	4.972	4.60	11.9	0.106	0.83
		LAN	3.1	0.002	0.06	2.8	0.004	0.07
V B R	64 byte	VDSL	18.5	2.343	0.43	6.8	2.427	0.57
		ADSL	171.5	37.65	4.48	43.2	24.27	1.44
		HFC	134.0	6.712	2.39	11.7	1.016	0.58
		LAN	4.8	0.007	0.12	N/A	0.012	0.20
	1480 byte	VDSL	54.0	0.183	3.58	4.3	N/A	0.69
		ADSL	452.3	48.00	90.9	14.2	26.52	14.8
		HFC	159.3	7.249	22.0	149.5	0.165	0.75
		LAN	3.1	0.002	0.06	2.8	0.004	0.07
		VDSL	18.5	2.343	0.43	6.8	2.427	0.57

수준)을 정하였다. 다음 표 4는 본 논문에서 적용한 음성, 영상 품질지표에 대한 기준 값을 보여준다.

다음 표 5는 트래픽 특성에 따른 가입자망 기술별 네트워크 품질시험 결과에 대한 전체 사업자 평균값을 보여준다. 측정 결과로써 하향 트래픽 품질이 상향 트래픽 품질보다 대체적으로 우수하며, CBR 트래픽이 전송에 대한 가변적인 특성을 가지는 VBR 트래픽 보다 우수함을 알 수 있다. 또한 100Mbps급의 LAN/FTTH 서비스가 CBR, VBR 트래픽 모두에서 타 서비스에 비해 월등히 우수하며, ADSL 및 HFC의 경우는 CBR, VBR 트래픽 모두에서 상향 트래픽에 대한 품질인 지연시간, 지터 및 패킷손실 모두가 아주 낮게 평가되었다. 또한 VBR의 경우 100Mbps급 서비스를 제외한 가입자망 기술 모두가 지연시간, 패킷손실에 대해 상대적으로 저조한 결과를 보여준다. 이러한 결과는 음성, 영상전화와 같은 CBR의 트래픽 특성을 가지는 서비스는 기본적으로 20Mbps, 100Mbps급의 가입자망이 제공되어야 단일서비스를 제공하는데 무리가 없음을 보여준다. 또한 CBR과 달리 VoD, IPTV 및 동영상게임 등 Burst하게 망으로 유입되는 트래픽 특성을 가지는 VBR 트래픽은 기본적으로 100Mbps급의 가입자망이 되어야 서비스가 원활히 제공 될 수 있음을 보여준다. 따라서 BcN에서 고품질의 멀티미디어 서비스를 원활히 제공하기 위해서는 100Mbps급의 LAN/ FTTH 사용이 보편화되어야 할 것이다.

다음 표 6은 음성전화 서비스에 대한 품질시험 결과를 보여준다. 표 6에서와 같이 모든 가입자망 기술에서 24시간 평균 음성 품질은 PSTN급 품질인

표 6. 음성전화 품질시험 결과(전체평균)

회선종류	회선종류				
	Cable	ADSL	VDSL	LAN	IDC
IDC	86.6	85.6	88.0	89.2	92.0
LAN	78.0	82.6	87.3	88.1	-
VDSL	81.8	85.6	88.4	86.7	-
ADSL	80.6	83.7	83.1	84.0	-
Cable	85.1	87.0	87.9	82.7	-

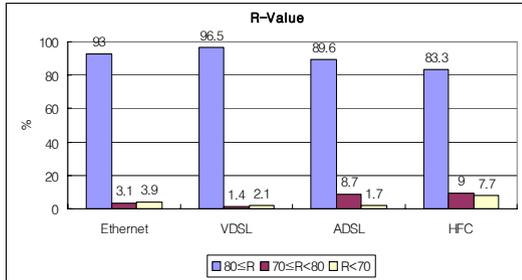


그림 2. 각 통화별(1분) 품질시험 결과

R-value 80이상을 제공하고 있다. 그러나 그림 2에서와 같이 개별 호 단위(1분 통화)로 분석한 결과 고 대역폭을 제공하는 100Mbps급 LAN에서는 총 통화중 7% 이상이 시간대별로 80이하로 품질이 떨어짐을 알 수 있다. 이러한 결과는 국내 초고속인터넷망은 음성에 대한 평균 품질은 높은 수준이나 상시적으로 그 수준을 만족하기에는 한계가 있음을 보여주는 것이다. 즉, 회선 대역폭이 우수한 FTTH, LAN 및 VDSL 회선이 ADSL, HFC 회선 보다 우수한 음성 품질을 나타내고 있지만 PSTN 이하의 품질이 적게는 1.3%에서 많게는 10.4%까지 발생하고 있다. LAN의 경우 100초간을 통화할 경우 약 7초 정도는 끊김 현상 등으로 통화품질이 저하되는 것으로 나타나고 있다. 또한 사업자망의 백본에 위치하고 있는 IDC간의 품질은 R-value 90이상으로 매우 높은 수준을 보이고 있다. 이러한 결과는 기존 초고속인터넷망은 백본보다는 맥내, 가입자망 및 접속망 구간에서 품질저하가 나타나는 것을 확인할 수 있다.

다음 표 7은 영상전화 서비스에 대한 품질시험 결과를 보여준다. 표 7에서와 같이 저속회선인 HFC, ADSL 및 VDSL에서 HFC 회선으로 영상전화가 이루어지는 경우를 제외하고는 MOS기준 V-factor는 “Best” 등급이상에 해당되는 것으로 확인되었다. 그러나, 그림 3에서와 같이 영상전화 역시 개별 호 단

표 7. 영상전화 품질시험 결과(전체평균)

회선 기술	수신측 가입자망 회선 기술				회선별 평균값
	HFC	ADSL	VDSL	LAN	
HFC	3.86	4.44	4.60	4.79	4.50
ADSL	4.01	4.93	4.95	4.93	4.83
VDSL	3.83	4.88	4.93	4.95	4.83
Ethernet	4.37	4.88	4.92	4.85	4.82
회선별 평균값	4.14	4.87	4.91	4.89	-

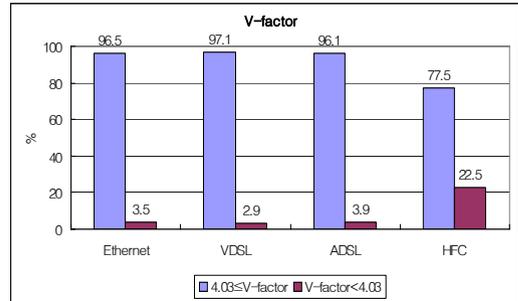
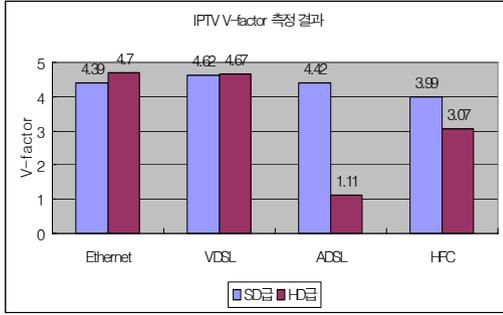


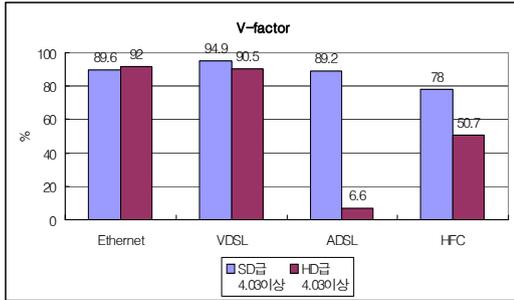
그림 3. 각 통화별(1분) 품질시험 결과

위(1분 통화)로 구분하여 분석한 결과 저속회선인 HFC, ADSL 뿐만 아니라 광대역 회선인 LAN에서도 영상품질 저하가 발생하는 것을 확인할 수 있다.

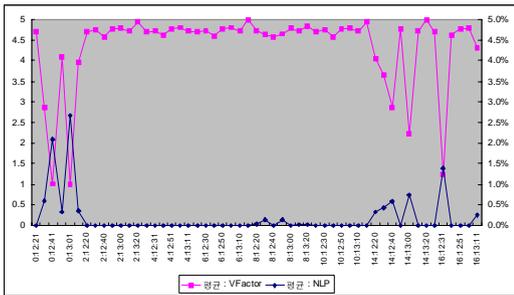
다음 그림 4는 IPTV 서비스에 대한 품질시험 결과를 보여준다. 그림 4의 (가)에서와 같이 V-factor 4.03을 기준으로 했을 경우 SD급은 HFC를 제외한 모든 가입자망에서, 그리고 HD급은 VDSL 및 LAN에서 만족함을 보여주고 있다. 그러나 그림 4의 (나)에서와 같이 각 세션별/시간대별 품질시험 결과는 SD, HD 모두가 모든 가입자망에서 품질이 간헐적으로 낮아지는 것으로 나타나고 있다. 이러한 결과는 앞에서 기술한 네트워크 품질의 시험결과와도 연계하여 해석할 수 있다. 네트워크 VBR 트래픽 시험에서도 패킷 손실률이 타 지표에 비해 다소 높게 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 패킷손실이 영상서비스에 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다. 그림 4의 (다)는 A사의 LAN에서의 패킷손실 대비 V-factor간 상관관계를 10초 단위로 분석한 결과를 나타내고 있다. 그래프에서와 같이 초고속인터넷망에서의 간헐적인 패킷손실은 영상품질 저하와 직접 관련되는 것을 볼 수 있다. 더욱 주목할 만한 사실은 고 대역폭을 제공하는 LAN에서도 상당한 영상품질 저하 현상이 나타난다는 것이다. 이러한 결과로부터 IPTV 서비스 제공에 충분한 대역폭을 제공



(가) 전체 품질시험 결과



(나) 각 세션별(시간대별) 품질시험 결과



(다) V-factor/손실간 영향력 분석

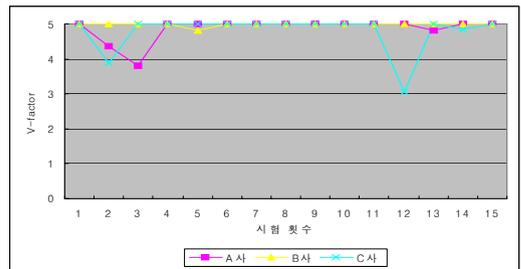
그림 4. IPTV 서비스 품질시험 결과

한다 하더라도 영상품질이 반드시 우수하게 되지 않다는 것을 유추할 수 있다. 즉, 영상품질에 영향을 미치는 요소로는 대역폭도 중요하지만 패킷 손실률 등 QoS 성능 파라미터의 관리가 중요하다는 것을 보여준다.

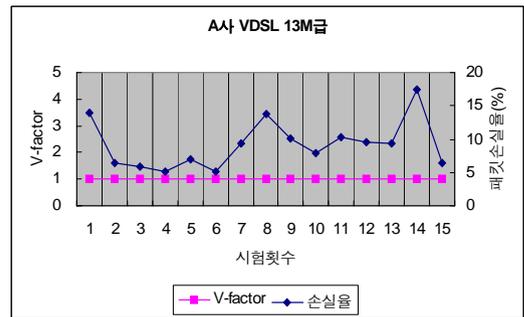
혼합서비스에 대한 품질시험을 위하여 VDSL, LAN에서 FTP, 음성전화, 영상전화 및 IPTV 서비스를 동시에 전송하는 서비스를 세션별 1분씩 총 15회 진행하였다. 시험결과로, 음성, 영상전화 서비스는 VDSL, LAN 모두에서 R-value는 80이상, V-factor는 4.03 이상의 품질수준을 보였다. 그러나 다음 그림 5에서와 같이 IPTV 서비스는 LAN의 경우 품질이 간헐적으로 저하됨을 알 수 있다. VDSL

의 경우에는 품질이 매우 낮음을 확인 할 수 있다. 이러한 결과는 트래픽 폭주로 인하여 패킷손실이 발생하는 경우 초당 전송 트래픽이 많은 IPTV가 영상전화 보다 상대적으로 많은 패킷손실이 발생하므로 서비스 품질이 더욱 나쁘게 나타나는 것으로 확인 되었다.

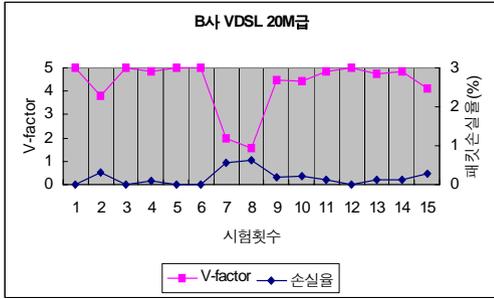
시험결과를 종합 분석한다면 음성/영상전화 서비스의 제공을 위해서는 20Mbps 이상의 가입자 회선이 고려되어야 하며, IPTV 등 고품질의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 100Mbps급의 가입자 회선이 제공되어야 할 것이다. 100Mbps급의 충분한 대역폭을 제공하는 LAN, FTTH 회선도 트래픽이 증가되었던지 다른 응용 및 가입자 트래픽이 섞일 경우 간헐적으로 품질이 저하되는 것으로 확인 되었다. 더욱이 기존 초고속인터넷에서의 품질저하는 백본 보다는 가입자망에서 더 많이 발생되고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 초고속인터넷 망을 통해 BcN에서 요구하는 고품질의 멀티미디어 서비스를 원활히 제공하기 위해서는 QoS 보장기술의 적용이 필수적이며, 백본에서의 QoS 보다는 주택, 가입자망 및 백본 접속지점 등 트래픽 집선 구간에서의 QoS 적용이 우선적으로 필요하다는 것이 확인되었다.



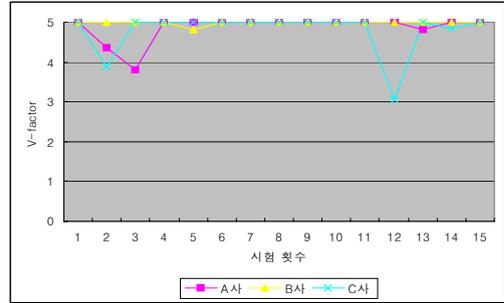
(가) V-factor (LAN)



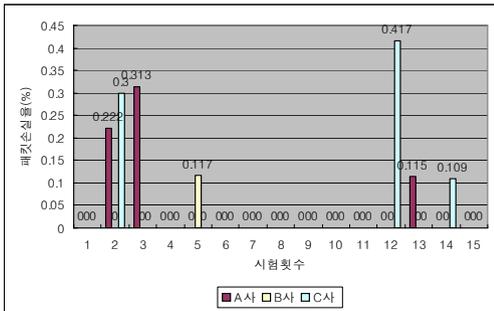
(나) V-factor, 패킷손실률 (VDSL 13M급)



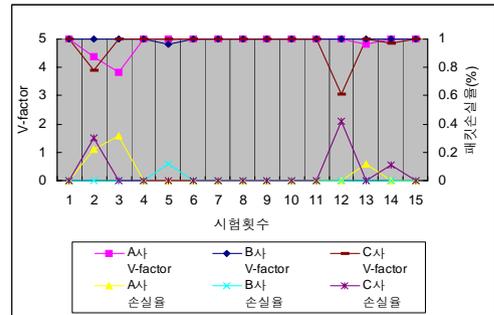
(다) V-factor, 패킷손실율 (VDSL 20M급)



(라) V-factor (VDSL)



(마) 패킷손실율 (LAN)



(바) V-factor와 패킷손실율간 상관관계 (LAN)

그림 5. 혼합서비스 품질시험 결과

IV. QoS 시험망 구축 및 품질검증

본 논문에서는 초고속인터넷망에서의 멀티미디어 서비스 품질시험을 통하여 상시적으로 이용자가 요구하는 QoE를 만족시키기에는 한계가 있음을 확인하였다. 따라서, 본장에서는 기존 초고속인터넷망이 향후 BcN망으로 개선되기 위해 필요한 QoS 기능에 대해 제시해보고 KOREN에 QoS 시험망을 구축하여 QoS 기능이 적용된 실제 서비스 제공환경에서의 품질 수준을 검증해보고자 한다. 그림 6은 초고속인터넷에 적용이 가능한 QoS 모델을 보여주고 있다. 서비스 계층, 제어계층, 전달계층으로 구분하여 서비스계층 및 제어계층은 SIP, RACF 등 프로토콜 기능을 통하여 전달망계층에서 준수해야 할 QoS 수준을 정의한다. 초고속인터넷망인 전달망계층은 맥내망, 가입자망, 메트로 접속망 및 백본망 구간으로 구분 할 수 있다. 우선, 맥내망구간에서는 음성/영상 단말에서 지원하는 코덱 이상의 대역폭을 확보하는 것이 중요하며, 우선순위가 보장되어야 하는 음성/영상 트래픽의 전달을 위하여 HGW(Home Gateway)에서 Ethernet QoS (802.1p)를 제공해야 한다. 또한 다음 노드에서의 연속된 QoS 제공을 위

하여 IP의 TOS(DSCP) 필드를 마킹하는 IP DiffServ 기능의 적용이 가능해야 한다. 둘째, 가입자망 구간에서는 HGW와 DSLAM(xDSL)/ L2SW(FTTx)/OLT (FTTH)/CMTS(HFC)간 구간으로 다양한 전송방식으로 구현될 수 있으며, QoS 제공을 위하여 맥내구간으로부터 전달되는 트래픽을 분류(Classification) 할 수 있어야 한다. 트래픽 분류는 접속 Port, Source/Destination MAC 또는 IP 주소, Ethernet Type, IEEE 802.1Q VLAN identification, Protocol ID 및 TCP/UDP기반 Source/Destination Port 등을 통하여 수행할 수 있다. 이렇게 분류된 트래픽은 그 우선순위에 따라 처리될 수 있도록 QoS Marking이 이루어지고, 서비스 스케줄러는 우선순위에 따라 트래픽을 처리하여야 한다. 이러한 동작은 상하향 포트에서 서비스 등급별 4개 이상의 서비스 큐(인터넷, 음성/영상전화, VoD, IPTV 등)를 할당하는 방식으로 이루어 질 수 있다. 스케줄링은 구축방식에 따라 다양하며, ATM기반 DSL은 DLS 포럼 TR-59에서 제안한 계층적 스케줄링(Hierarchical Scheduling)을 BRAS(Broadband Remote Access Server)에 적용하여 모델과 BRAS간 응용 서비스별 QoS를 보장할 수 있으며, Ethernet기반 DSL은

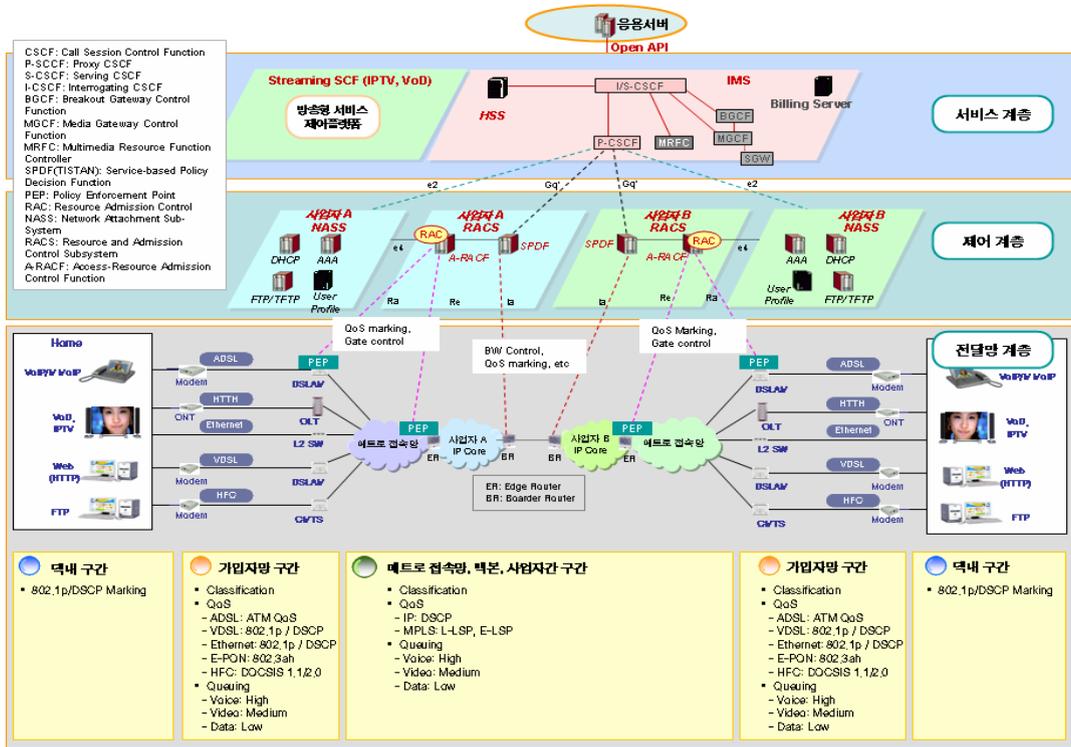


그림 6. 종단간 QoS 제공 모델

HGW와 DSLAM에 IEEE 802.1p QoS를 적용하여 서비스 등급별 QoS를 보장 할 수 있다. VDSL, FTTx는 의 경우 L2/3 스위치에 IEEE 802.1p, DiffServ QoS를 적용하고 IEEE 802.1p와 DiffServ 간(즉, L2/L3간)의 QoS 파라미터의 상호맵핑이 이루어져야 한다. HFC는 Cable

Modem과 CMTS(Cable Modem Terminal System) 간에 DOCSIS 1.1/2.0의 QoS 기술(UGS, UGS/AD, rtPS, nrtPS, BE)을 적용하여 정적 또는 동적 QoS 할당 방식을 이용하여 서비스 등급별 QoS를 보장 할 수 있다. 마지막으로, 메트로 접속망 구간의 네트워크 장비는 서비스 등급별 상/하향 트래픽 처리를 위하여 IP DiffServ QoS 기능을 지원해야 하며, 또한 필요에 따라 L2/L3 스위치간 QoS 연동을 위하여 IEEE 802.1p와 DiffServ DSCP간 QoS 파라미터의 상호 맵핑 기능을 가져야 한다.

본 논문에서는 앞서 제시한 QoS 모델중 전달망계층의 QoS 적용기술을 중심으로 KOREN에 QoS 시험망을 구축하여 멀티미디어 서비스에 대한 QoS 실증시험을 진행하였다. 그림7에서 보는 것처럼, 용인 ↔대전에 구축되어 있는 공용 시험환경에 100Mbps

급 가입자회선(FTTH)을 구축하고 맥내/가입자구간인 HGW, L3스위치에 IEEE 802.1p의 CoS(Class of Service)를 적용(음성전화 : EF, 영상전화 : AF30, IPTV : AF20, 데이터 : BE)하고 서울↔대전간 라우터에 DiffServ 기능을 적용하여 종단간 QoS 시험망을 구축하였다. 그리고, QoS 기능 적용의 전, 후에 대한 서비스 품질시험을 진행하면서 QoS 제공에 따른 품질수준을 확인하였다. 시험은 QoS-Metrics장비를 이용하여 H.264기반 HD급 IPTV 실시간 영상을 부가하고, Chariot을 이용하여 음성/영상전화(음성 G711, 영상 H.263) 및 FTP/P2P(TCP) 트래픽을 동시

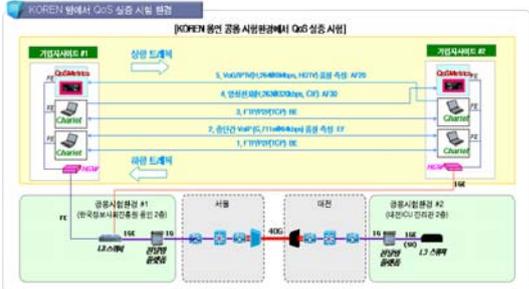
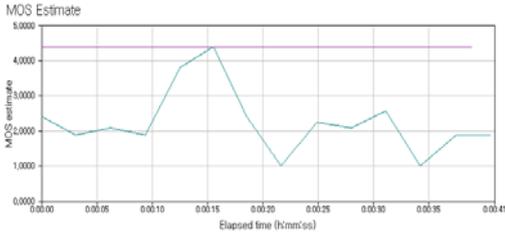
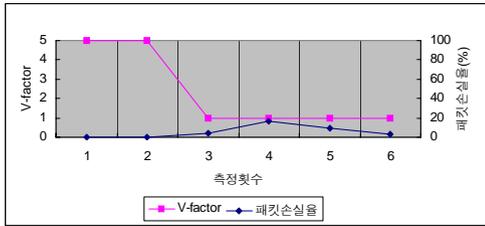


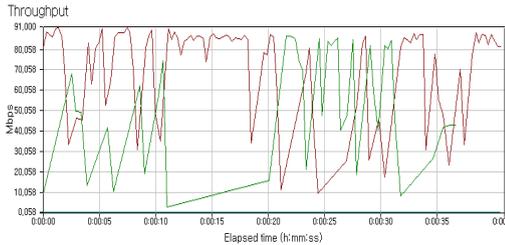
그림 7. QoS 시험환경 구성도(KOREN)



(가) 음성전화



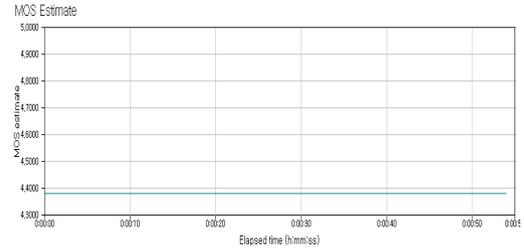
(나) IPTV



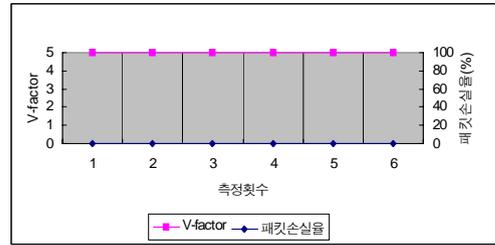
(다) 데이터

그림 8. QoS 미적용 환경에서의 시험 결과

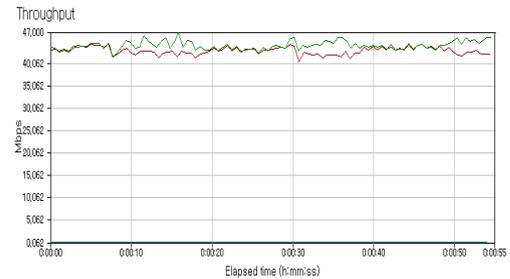
부과하면서 종단간 서비스 품질을 측정하였다. 그 결과 QoS 기능이 적용되지 않은 환경에서는 그림 8에서 보는 것과 같이 타 트래픽에 많은 영향을 받아 서비스 품질이 매우 고르지 못함을 확인하였다. 음성전화의 경우에는 MOS가 최고 4.5에서 최저 1까지 변동폭이 매우 큰 결과를 보여 FTP/P2P, IPTV 등 타 트래픽에 가장 큰 영향을 받고 있음을 확인하였다. IPTV 서비스 역시 V-factor가 초기 5에서 1까지 낮아지고 이때 패킷손실이 같이 발생하여 영상의 특성상 패킷손실에 민감하게 반응함을 확인하였다. 데이터서비스는 90Mbps에서 200Kbps까지 상황에 따라 다양하게 변화됨을 보였다. 하지만, QoS 기능이 적용된 환경에서는 그림 9와 같이 서비스가 고르며 매우 우수한 품질수준을 유지하여 타 트래픽에 영향을 거의 받지 않음을 검증하였다. 음성전화는 ITU-T G.107기준 Best에 해당하는 최상위 품질수준을 유지하였고, IPTV 역시 G.107대비하여 Best에 해당하는 QoE 품질수준을 제공함과 동시에 패킷손실도 전혀 발생하지 않았다. 또한, 데이터는 일정한 대역으로 서



(가) 음성전화



(나) IPTV



(다) 데이터

그림 9. QoS 적용 환경에서의 시험 결과

비스를 제공 받을 수 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 아무리 대역폭이 충분하더라도 음성, 영상, 데이터 등 멀티미디어 서비스를 동시에 제공하기 위해서는 QoS 기능의 적용이 필수적이며, QoS 기능이 적용되지 않을 경우 HGW와 L3 스위치 등 가입자망에서 서비스 특성이 다른 트래픽이 혼합되면서 랜덤(random)하게 품질저하 현상이 발생하면서 대역폭, 지연시간, 패킷손실 등 품질에 민감한 VoIP, 영상전화 및 IPTV 서비스 제공시 상시적인 QoE 충족에 한계가 있음을 증명하는 것이다. 그러나 QoS가 적용된 환경에서는 음성, 영상전화 및 IPTV 서비스의 트래픽이 우선순위를 보장받을 수 있어 일정한 수준의 품질을 유지하여 상시적으로 QoE가 충족 될 수 있음을 보여주는 것이다. 또한, QoS가 보장될 경우의 서비스 품질수준도 ITU-T 기준(G.107) Best수준으로 매우 높게 제공 될 수 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 IPTV 등 방송서비스의 사업허가 및 서비스 제

공을 앞두고 논란이 되는 서비스 품질확보를 위하여 고대역으로의 시설 대체(FTTH 등)도 중요하지만 그 보다 백본을 포함한 가입자 구간에서의 QoS 기능에 대한 구축이 더 중요함을 시사하는 것이다.

V. 결 론

본 논문에서는 국내 주요 사업자가 운용중인 초고속인터넷망을 대상으로 실증시험을 수행하여 BcN 서비스의 제공 능력을 분석하였다. 이를 통해 BcN으로의 활용 능력을 검증하고, 초고속인터넷 서비스의 QoS 제공 모델을 제안하였다. 사업자가 제공중인 초고속인터넷 상품(10~100Mbps)을 고려하여 전국 총 46개의 가입자를 선정하여 시험환경을 구축하였으며, BcN의 핵심서비스인 음성/영상전화, VoD 및 IPTV 서비스에 대해 각종 품질시험을 수행하여 QoS 제공 수준 및 품질저하 원인 등을 분석 하였다. 실험 결과로서, 고 대역폭을 제공하는 LAN의 경우 TPS 서비스 제공에 있어 항상 우수한 품질의 서비스 보장에 대한 기술적인 한계가 있음을 확인할 수 있었다. 그리고 백본 보다는 가입자망 구간에 대한 품질저하 현상이 문제인 것으로 파악되었으며, BcN에서 요구하는 멀티미디어 서비스 제공을 위하여 종단간 QoS 제공 모델을 제안하여 KOREN망상에 QoS 시험환경을 구축, 제안된 모델의 타당성을 객관적으로 검증하였다. 본 연구의 결과는 국내외 통신 사업자들이 향후 NGN기반의 All-IP망 구축에 매우 중요한 참조 자료로 활용이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Chin-chol Kim, "End-to-end monitoring tool development and performance analysis for NGN", 9th Asia-Pacific Network Operation and Management Symposium(2006), LNCS4328, pp.332-341, 2006.

[2] 최지환, 외 4인 "IPTV서비스 추진 동향과 전망", 전자통신동향분석, 제 21권, 제 2호, pp.53-65, 2006.

[3] 권호영, "IPTV의 동향과 전략", 커뮤니케이션 북스 pp.19-24, 2004.

[4] 김민정, 외 2인 "IPTV서비스 추진 동향과 전망" 전자통신동향분석, 제 21권, 제 2호, pp.53-65, 2006.

[5] http://www.magellan-itea.org/pages/pub_white.html,

"Video Quality of Service over IP", Oct. 2004.

[6] http://www.magellan-itea.org/docs/april/6-QoE-QoSmetrics_Magellan20060330.pdf, 2006

[7] http://advanced.comms.agilent.com/n2x/events/seminars/archives/2006_ipTV/Testing_IPTV_QoE.

[8] ETSI TR 101 290: "Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems", V1.2.1 2001. 05.

송 명 원 (Myung-Won Song)

정회원



1985년 2월 고려대학교 산업공학과 학사
2001년 2월 한양대학교 전자계산학과 석사
2006년 8월 충북대학교 컴퓨터공학과 박사 수료
1997년 1월~현재 한국정보사회

진흥원 팀장

<관심분야> 네트워크 QoS, 네트워크 정책, SLA

임 인 섭 (In-Seub Lim)

정회원



2003년 2월 충북대학교 컴퓨터공학과 석사
2006년 8월 충북대학교 컴퓨터공학과박사수료
2003년~현재한국지질자원 연구소 지질연구센터
<관심분야> DBMS, RTS, 지진 분석시스템

정 순 기 (Soon-Key Jung)

정회원



1982년 8월 Uni. of Dortmund, Informatik, Dipl. Inf. 취득
1994년 2월 Uni. of Groningen, Computing Science, Dr. 취득
1985년 5월~현재 충북대학교 컴퓨터공학과 교수
1994년 8월 충북대학교 전자계산소장

1998년11월 한국과학재단 한독기초과학협력위원회 정보분과위원장

2002년 4월 충북대학교 중앙도서관장

<관심분야> 데이터베이스시스템, 소프트웨어공학, 소프트실시간시스템