

IPTV의 full HD 동영상 멀티캐스트 전송시 네트워크 트래픽 증가에 따른 영상품질 평가에 관한 연구

정회원 이재희*, 이상하*, 조태경**

The Study on the Estimate of full HD Level Video Quality at the Multicasting Transmission of IPTV According to Increasing Network Traffic

Jae-Hee Lee*, Sang-Ha Lee*, Tae-Kyung Cho** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 IPTV에서 full HD 동영상을 멀티캐스팅 서비스를 수행할 경우 영상품질에 영향을 끼치는 주요 요소들의 특성을 분석하고자 실제 IPTV 서비스 환경과 유사한 동서울대학 교내망을 이용하여 QoS기술을 적용한 경우와 QoS기술을 적용하지 않은 경우로 나누어 트래픽 부하의 증감에 따른 영상품질의 변화와 네트워크 주요 요소들의 임계치를 구하였다. 본연구결과는 IPTV에서 full HD 동영상을 멀티캐스팅 서비스 시 일정한 영상품질을 보장하기 위한 기본 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

Key Words : IPTV, Multicasting Service, QoS, Video Quality, Network Factor, HD

ABSTRACT

In this paper, for analysing the major factors giving the effect to the quality of full HD video on the multicasting service of IPTV, we do the test on the Dong Seoul College school network similar to the real IPTV service network environment. We measure the quality of video on the multicasting full HD video of IPTV generating and increasing the broadcasting traffic on the situation that apply the QoS technique to the test network and not apply the QoS technique and then find out the threshold value of network factors giving the effect to the quality of video on the multicasting full HD video service of IPTV. This paper can be used in basic date for guaranteeing the constant video quality on the multicasting full HD video service of IPTV.

1. 서 론

최근의 TV의 역할변화가 요구되어져서 시청자는 TV를 통해 PC와 같은 다양한 서비스(교육, 주식, 뉴스, 게임 등)를 제공하기를 기대하고 있다. 근본적으로 다양한 통신서비스에 대한 시장의 요구가 IPTV의 등장배경이라 할 수 있다. IPTV의 시스템 구성도는 그림

1과 같다. IPTV 시스템 구성도는 OSS(Operational Support System), Headend, Network, Home의 4개의 부분으로 나누어 볼 수 있다. Headend는 실시간 방송을 위한 IP 멀티캐스팅(Multicasting)을 지원하는 Broadcast Server와 VoD 서비스를 위한 IP Unicast를 지원하는 Video Server, 그리고 웹서버 형태로 지원하는 Application Server, Mail Server로 구성될 수 있다.

* 동서울대학 정보통신과(ljh7314@dsc.ac.kr, shyi@dsc.ac.kr), **상명대학교 정보통신공학과(tkcho@smu.ac.kr)
논문번호 : 10015-0223, 접수일자 : 2010년 2월 23일

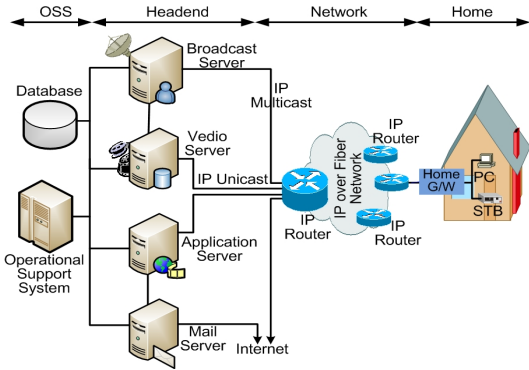


그림 1. IPTV를 위한 시스템 구성

1.1 IPTV 멀티캐스팅 기술

하나의 SD급 채널전송에 요구되는 대역폭이 1~4 Mbps 급인데 이를 100만 시청자에게 동시에 독립적으로 전송한다고 가정할 때, 1~4Tbps가 요구된다. 이를 현실적으로 제공이 불가능하므로 이를 해결하기 위해 Server가 하나의 채널을 몇 개 정도의 경로를 통하여 전송하고, 이를 다시 중간 전송장치(라우터 및 스위치)가 수신하여, 각각이 다시 주변 전송장치로 재전송하는 형태로 확대해 나가 수신자에게 제공하는 형태를 갖추어 나가야 한다. 이때 무조건 단순 재전송을 하는 것이 아니라 요구하는 시청자에게만 재전송하도록 한다. 이러한 기술을 멀티캐스팅 기술이라 한다^[1].

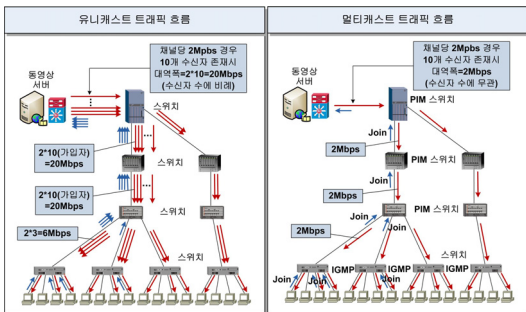


그림 2. 멀티캐스팅의 기술

1.2 IPTV에서의 화질평가 방법

1.2.1 QoE(Quality of Experience)

QoE은 최종단 사용자가 느끼는 서비스의 우수성정도를 말한다. IPTV에서의 QoE는 IPTV를 시청하는 사용자가 느끼는 영상품질의 정도를 의미한다. IPTV에서 영상품질을 평가하는 방법에서는 객관적 화질평가와 주관적 화질평가방식이 있다. 객관적 화질 평가는 수

신된 영상을 인간시각을 모델링한 시스템에 대입하여 화질평가를 수치적으로 수행하는 방식이다. 주관적 화질 평가는 수신된 영상을 동시에 여러 사람들에게 보여주고 각 개인들의 의견을 반영하여 평균을 내어 평가하는 방식이다. 객관적 화질 평가 방법에는 전기준법(FR : Full Reference), 감소 기준법(RR : Reduced Reference), 무기준법(NR : No Reference)등이 있다. 주관적 화질평가는 평가자가 직접 동영상을 보고 화질을 평가하는 방법으로 인간의 화질 인지특성을 반영할 수 있는 가장 적합한 방법으로 알려져 있다. 주관적 화질 평가는 그 방법과 목적에 따라 다양한 방법이 존재한다. 현재 VQEG와 ITU를 중심으로 이루어지고 있는 멀티미디어 화질 평가모델로는 DSCQS (Double Sequence Continuous Quality Scale), SSCQE (Single Stimulus Continuous Quality Evaluation), ACR(Absolutely Category Rating method) 등이 있다.

1.2.2 V-Factor

본 논문의 IPTV 멀티캐스팅 실험에서 사용한 영상 화질 평가방법은 QoSmetrics사에서 제안한 NR 방식의 V-Factor^{[2][3]}를 사용하였다. V-Factor는 Video MOS에 해당하는 값으로 MPQM(Moving Picture Quality Metrics) 모델 기반으로 측정하며 현재 IPTV에서의 화질평가를 위한 실시간 방식의 국제 표준을 결정하고 있다. NR의 장점은 실시간으로 수신된 영상의 화질을 측정할 수 있다는 것이다. V-Factor의 측정은 다음과 같은 그림 3의 모델로 측정되어 진다.

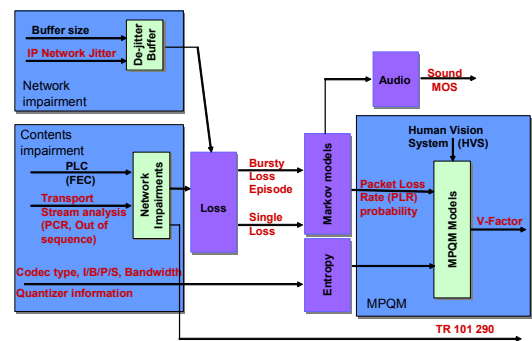


그림 3. V-Factor 측정 모델

1.2.3 V-Factor 일반적인 식

$$V-factor := Q_{er}(qs) * (1 - e^{-P_{er}/\sqrt{T}})^{[4,5]}$$

$Q_{er}(qs)$: 양자화 값의 함수로 주어진 코덱에 대한 인코더로부터 손상을 입은 것을 측정하고

$q_s=1$ 일 때에 최대값은 5이고 압축비는 1 이 된다.

P_r : 패킷 손실에 대한 확률비로 측정하는 값으로 다음과 같은 다양한 측정 매개변수인 비디오 지터 버퍼길이, PCR 지터, 네트워크 지터, 패킷 손실에 대한 함수 값을 이용하여 측정한다.

Γ_r : 영상 이미지의 복잡도(엔트로피)을 측정하는 값으로 다음과 같은 다양한 측정 매개변수인 참조 프레임의 비, 비참조 프레임(I, B, P) 대역폭, 대역폭의 변위, 전형적인 값은 1.0은 높은 복잡도와 4.0은 낮은 복잡도 사이에 값을 가진다.

II. full HD 동영상 품질 특성 및 시험환경

2.1 실험 영상 테이터 특성

실험데이터는 지상파 KBS의 HD 방송중 아침마당 장면을 트랜스포트 스트림(Transport Stream)으로 녹화한 표 1과 같은 특징을 가지는 영상물을 사용하였다. 멀티캐스트 스트림 방송 출력은 MPEG2 TS 기반의 UDP 프로토콜을 사용하였다.

2.2 실험 측정 항목

표 1의 실험 영상데이터를 실제 IPTV전송환경과 가장 유사한 동서울대학 교내망을 통하여 멀티캐스트 스트림 전송하여 얻고자 하는 측정요소는 크게 V-Factor와 이에 따른 네트워크 성능 측정요소와 영상데이터 내부의 정보량에 따른 콘텐츠 관련 측정요소이다. 각 측정요소의 항목과 의미는 다음 표 2와 같다.

표 1. 실험 영상데이터의 규격

항 목	규 격
영상물 이름	Morning.trp
영상물 내용	KBS 아침마당
Stream 프로토콜출력	UDP
Format	MPGT-2 Transport
Bit rate	19Mbps
해상도	1920 x 1080i
Bit Rate Mode	CBR
Frame Rate	29.970fps
영상압축 코덱	MPEG-2 Video
음성압축 코덱	AC3 X 2channel
영상압축 Bit Rate	17Mbps
음성압축 Bit Rate	384Kbps

표 2. 실험측정 항목

측정항목	의 미	
V-Factor	수신된 영상의 화질 측정값	
네트워크 성능관련 측정요소	Network Loss	전송 프레임 손실에 대한 확률값
	Out of Sequence	수신된 프레임에 도착순서 오류가 있는 프레임의 수
	Jitter Discards	지터로 인해 폐기된 프레임의 수
	PCR- Overall Jitter(μs)	동기화 스트림의 지터(단위: μs)
	Loss Episode Length	특정 측정구간에 손실 프레임의 최대 개수
	Loss Episodes	특정 측정구간에 최초 관측 구간에서부터 손실된 누적 합계
영상 콘텐츠 관련 측정요소	Program Rate (Kbps)	영상물에 대한 초당 전송 스트림의 전송속도
	Quantizer	측정구간에서 영상데이터의 양자화레벨 수
	Compression Ratio	측정구간에서 I+P+B 을 합산한 I 프레임의 비
	I-Frames	측정구간에서 I 프레임의 개수
	B-Frames	측정구간에서 B 프레임의 개수
	P-Frames	측정구간에서 P 프레임의 개수

다음 그림 4는 네트워크 성능관련 측정요소의 에러에 따른 수신된 영상의 화질의 왜곡현상과의 상관성을 나타낸 것이다 [4].



그림 4. 네트워크 측정요소의 에러에 따른 영상왜곡현상

2.3 실험망의 구성도

본 논문에서 사용한 실험망인 동서대학교의 교내망은 그림 5와 같이 백본 스위치 Cat6506를 중심으로, 하위 호환에 연결된 Workgroup 스위치는 IEEE 802.3z 1Gbps 이더넷 포트 사이에 멀티모드 광케이블로 연결되어 있다. 방송 시스템은 Workgroup 스위치에 직접 연결된 2계층 연결 구조와 하위 Access 계층으로 분리한 스위치를 통하여 연결된 3계층 연결 구조를 가지고 100Mbps로 연결이 되어 있다. 백본 스위치와 Workgroup 스위치 2계층 연결 구조로 구성된 경우에 VLAN로 분리되어 연결 되어 있다. 아래의 그림에서 2계층 연결 구조인 2개 호환과 3계층 연결 구조인 1개 호환에서 네트워크 트래픽 변화에 따른 IPTV 영상 품질을 측정하기 위해 네트워크 부하를 발생하여 수신 영상품질의 V-Factor를 측정한다.

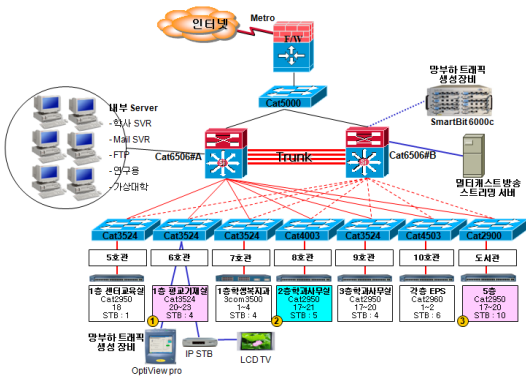


그림 5. 동서대학교 교내망 구성도



그림 6. 교내 코어백본 스위치

2.3.1 6호관 세그먼트의 특징

2계층 연결구조 네트워크로 구성되어 있고 백본은 기가비트 광케이블 망과 UTP 케이블 링크로 연결되어 있다.

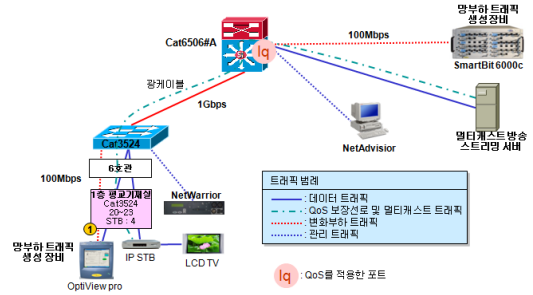


그림 7. 6호관 구성도



그림 8. 6호관 스트리밍 방송영상 수신 및 저장 PC

2.3.2 8호관 세그먼트의 특징

3계층 연결구조 네트워크로 구성되어 있고, Workgroup 스위치의 IOS가 다르며, IGMP, CGMP 연동 호환성, QoS 매개변수 호환성 문제가 존재할 수 있고 백본 기가비트 광케이블 망과 UTP 케이블 링크로 연결되어 있다.

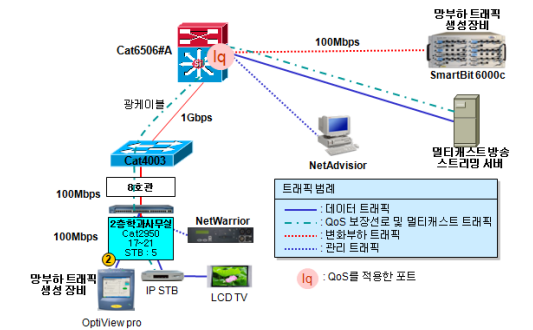


그림 9. 8호관 구성도



그림 10. 8호관 스트리밍 방송영상 수신 및 저장 PC

2.3.3 도서관 세그먼트의 특징

2계층 연결구조 네트워크로 구성되어 있고 백본망에 직접 위치하여 상대적 전파지연 시간이 다른 측정 호관보다 가장 짧은 위치에 있고 전체 네트워크가 UTP 케이블로 100Mbps 패스트 이더넷으로 연결되어 있다.

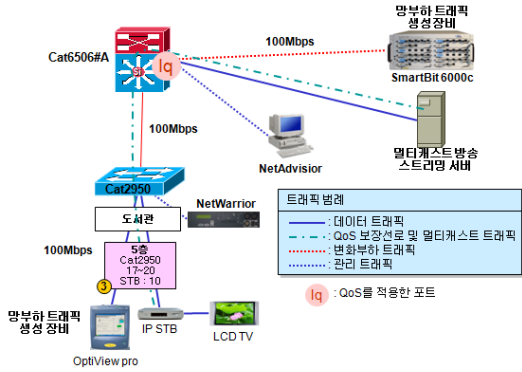


그림 11. 도서관 구성도



그림 12. 도서관스트리밍 방송영상 수신 및 저장 PC

2.4 네트워크 부하생성 및 실험 방법

동서울대학 교내망은 실제 인터넷 트래픽 양은 예측 불가능하게 존재함으로 인해 교내망 측정 부하 트래픽 수정하여 다음과 같은 시나리오 표로 작성 하였다. 표 3에 따라 영상품질 평가를 위해 다음과 같은 측정을 하였다.

표 4는 호관별 인터넷 트래픽에 따라 다양한 V-Factor 구간을 도출할 목적이다.

표 3. 실험측정 내용

항목	내용
영상	토크쇼&뉴스 영상(KBS아침마당)
측정시간	측정 1회당 2분, 2분내에 측정장비 Probe과 분석서버간 10초당 수집한 sampling 데이터 발생
시험횟수	총172회 (Unicast 60회, Broadcast 112회)

표 4. 영상품질 측정 및 분석표

UNI	MOR	6Ho	CoS=0			
		8Ho	CoS=0			
		LIB	CoS=0	CoS=1	CoS=2	CoS=5
BRD	MOR	6Ho	CoS=0			
		8Ho	CoS=0			
		LIB	CoS=0	CoS=2	CoS=5	

표 4에서 사용한 약어는 동서울대학 교내망에 강제로 부과한 부하 트래픽으로 BRD(브로드캐스트 부하 트래픽), UNI(유니캐스트 부하 트래픽), 영상이름 MOR(토크 및 뉴스 : 아침마당)를 각각 의미한다. MOR는 지상파 Full HD 방송 영상을 녹화한 영상이다. 실험 측정 장소로 6Ho(6호관), 8Ho(8호관), LIB(도서관)에서 영상품질을 측정할 망의 위치를 나타내고, CoS(Class of Service)로 Diff-Serv 모델 QoS 보장기술을 적용한 송수신 트래픽의 우선순위를 제공하는 값을 나타낸다⁵⁾.

교내망은 실제 인터넷 트래픽양을 예측 불가능하게 존재하므로 다음 표 5와 같은 부하 트래픽을 발생하여 수신된 영상의 품질을 비교 평가하였다.

표 5. 교내망 부하 트래픽표

네트워크 이용률	네트워크 Load	부하방법
75.00	74.00	Unicast, Broadcast
76.00	75.00	Unicast, Broadcast
76.50	75.49	Unicast, Broadcast
76.52	75.50	Unicast, Broadcast
76.59	75.56	Unicast, Broadcast
76.62	75.60	Unicast, Broadcast
76.68	75.66	Unicast, Broadcast
76.70	75.69	Unicast, Broadcast
76.79	75.77	Unicast, Broadcast
76.81	75.79	Unicast, Broadcast
77.50	76.46	Unicast, Broadcast
79.00	77.94	Unicast, Broadcast
80.00	78.93	Unicast, Broadcast
81.00	79.92	Unicast, Broadcast
81.50	80.41	Unicast, Broadcast
81.51	80.42	Unicast, Broadcast
81.59	80.52	Unicast, Broadcast
81.62	80.53	Unicast, Broadcast
81.68	80.60	Unicast, Broadcast
81.70	80.63	Unicast, Broadcast
81.79	80.71	Unicast, Broadcast
81.81	80.73	Unicast, Broadcast
82.50	81.41	Unicast, Broadcast
84.00	82.89	Unicast, Broadcast

III. 실험 결과

그림 13에서 유니캐스트 트래픽은 도서관에만 영향을 주고, QoS 보장을 위해 CoS를 적용하면 우수한 영상품질 전송을 보장할 수 있음을 알 수 있다.

Broadcast 부하는 모든 호관에 동일하게 적용되고 실제 인터넷 트래픽의 빈도에 따라 그림15 에서처럼 민감하게 호관별 V-Factor의 변화는 다르게 나타남을 알 수 있다. 실제 인터넷 트래픽이 가장 많은 순서로 도서관>8호관>6호관 순서에 따라 V-Factor 변화 정도도 도서관>8호관>6호관 순으로 결정됨을 알 수 있

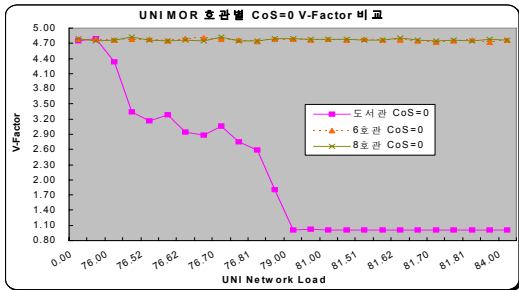


그림 13. UNI 호관별 CoS=0 V-Factor 비교

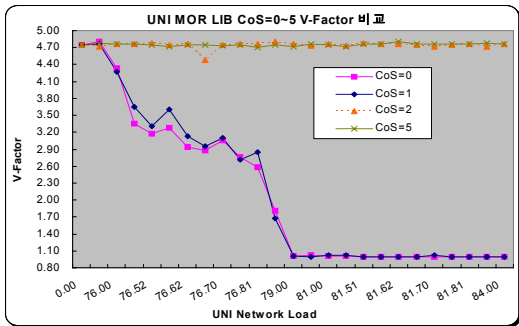


그림 14. UNI CoS별 V-Factor 비교

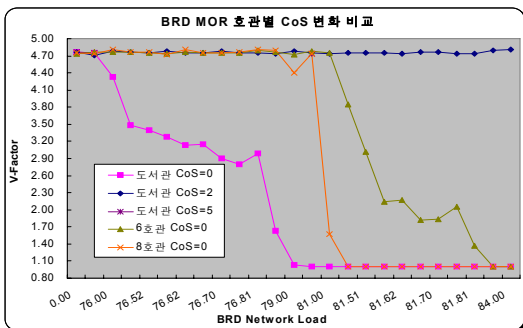


그림 15. BRD 호관별 CoS=0~5 V-Factor 평균비교

다. 동일한 브로드캐스트 부하 트래픽의 변화에도 각 호관별 인터넷 트래픽의 빈도에 따라, 그리고 허용 대역폭 임계치에 따라 영상품질이 다르게 나타난다. 도서관의 경우 멀티캐스트 방송 트래픽에 대하여 우선 순위를 CoS=2, 5을 적용하여 QoS를 보장함으로써 다른 2개 호관에 비해 인터넷 트래픽이 가장 많은 경우에도 방송 대역을 보장 받으므로 매우 우수한 영상품질의 방송을 할 수 있다.



그림 16. V-Factor=4.78의 MOR 영상프레임 캡처화면

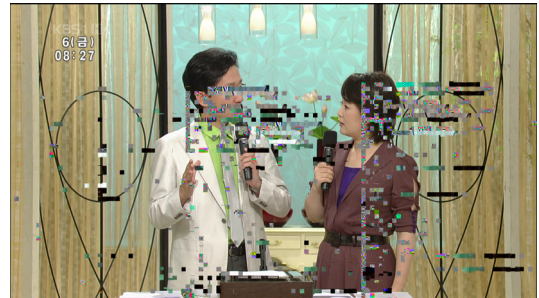


그림 17. V-Factor=4.22의 MOR 영상프레임 캡처화면



그림 18. V-Factor=3.75의 MOR 영상프레임 캡처화면

V.결 론

본 논문에서는 IPTV 서비스 환경과 가장 유사한 동서울대학 교내망을 이용하여 full HD 영상 데이터

의 멀티캐스팅 서비스를 통해 네트워크상에서 트래픽 부하에 따른 IPTV 수신영상품질의 변화를 살펴보고 영상품질에 따른 네트워크 측정요소의 임계치를 도출하였다. 수신된 영상에서 왜곡 없이 원 영상과 동일한 품질을 보이기 위해서는 V-Factor 값이 4.6 이상은 되어야 한다. 부분적으로 왜곡은 있으나 시청자가 동영상 상에서 인지하기 힘든 오류들이 발생하는 경우의 V-Factor의 값은 4.3 이상이다. 그 이하 값에서는 왜곡이 시청자의 눈으로 인식되어 IPTV 시청이 불편하고 V-Factor가 4.0 이하에서는 IPTV 시청이 힘들 것으로 판단된다. 본 논문의 연구를 통해 full HD 동영상을 IPTV에서 멀티캐스팅 전송 시 고려해야 할 사항을 정리하면 다음과 같다.

네트워크 허용 대역폭의 임계치에 근방에서 영상의 품질은 10Kbps 이하의 변화에서도 영상품질은 민감하게 변화한다.

IPTV 멀티캐스트 스트리밍 방송은 최소한 전송대역을 보장할 수 있는 QoS 기술을 적용해야 영상 품질을 보장할 수 있다.

방송영상의 제작/송출과정에서 발생하는 오류는 망의 QoS 보장기술과 상관없이 IPTV 스트리밍 방송 오류에 상승작용을 함으로 영상품질 저하를 가져올 수 있다.

IPTV에서 HD급 동영상을 멀티캐스트 서비스를 할 경우 최소한 표 6의 영상품질 “우수” 항목의 네트워크 관련요소들을 만족시켜야만 양질의 IPTV 시청이 가능할 것으로 판단된다.

표 6. IPTV 영상품질별 네트워크 요소

영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss-EL	Loss-E
매우우수	5.00~4.60	4.73	7.15E-05	1.37	1.73	5.08	0.69	1.81
우수	4.59~4.30	4.52	8.44E-04	6.36	2.44	4.68	2.03	3.61
보통	4.29~4.10	4.25	8.87E-03	39.93	0.78	4.88	14.39	15.18
떨어짐	4.09~3.90	3.94	1.19E-02	61.53	1.83	4.73	14.19	18.65
나쁨	3.89~3.50	3.72	1.38E-02	64.25	1.88	4.30	14.00	20.94

참 고 문 헌

- [1] 김민정, 외 2인 “IPTV서비스 추진 동향과 전망”, 전자통신동향분석, 제21권, 제2호, pp.53-65, 2006.
- [2] http://www.magellan-itea.org/pages/pub_white.html, “Video Quality of Service over IP”, Oct. 2004.
- [3] <http://www.magellan-itea.org/docs/april/6-QoE>

_QoSmetrics_Magellan20060330.pdf, 2006.

- [4] http://advanced.comms.agilent.com/n2x/events/seminars/archives/2006_iptv/Testing_IPTV_QoE.pdf.
- [5] 이재희, 이상하, “IPTV 영상품질 평가에 관한 연구”, 한국통신학회, 제33권 제4호, 2008. 04.

이 재 희 (Lee Jea Hee)

정회원



1985년 2월 광운대학교전자통신과
1987년 2월 광운대학교 전자통신과 석사
2000년 2월 광운대학교 전자통신과 박사
1987~1993년 국방과학 연구소 C3I 사업본부 연구원

1993년~1999년 대덕 대학 정보통신과 교수

1999년~현재 동서대학교 정보통신과 근무

<관심분야> Embedded System, Ubiquitous Network, Mobile IPTV, 영상신호처리

이 상 하 (Sang-Ha Lee)

정회원



1987년 2월 울산대학교 전자계산학과
1991년 2월 아주대학교 컴퓨터공학과 석사
2002년 8월 아주대학교 컴퓨터공학과 박사
1991년~1992년 (주)큐닉스 컴퓨터

1993년~1999년 (주)케이엔아이시스템

2000년~현재 동서대학교 정보통신과 근무

<관심분야> 정보통신 Security, 네트워크 관리, IPTV QoS/ QoE

조 태 경 (Cho Tae Kyung)

정회원



1984년 2월 한양대학교 전자통신공학과
1986년 2월 한양대학교 대학원 전자통신공학과 석사
2001년 8월 한양대학교 대학원 전자통신공학과 박사
2003년 9월~현재 상명대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야> 유·무선통신프로토콜, 정보보호, 이터닝