

# IPTV 영상품질 평가에 관한 연구

정회원 이 재 희\*, 이 상 하\*, 김 진 철\*\*

## The Study on the Estimate of Video Quality in the IPTV

Jae-Hee Lee\*, Sang-Ha Lee\*, Chin-Chol Kim\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 IPTV에서 멀티캐스팅 서비스를 수행할 경우 영상품질에 영향을 끼치는 주요 요소들의 특성을 분석하고자 실제 IPTV 서비스 환경과 유사하게 실험 망을 구축하여 QoS기술을 적용한 경우와 QoS기술을 적용하지 않은 경우로 나누어 트래픽 부하의 증감에 따른 영상품질의 변화와 주요 요소들의 임계치를 구하였다. 본연구결과는 IPTV 멀티캐스팅 서비스에서 일정한 영상품질을 보장하기 위한 기본 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

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

### ABSTRACT

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

## I. 서 론

### 1.1 IPTV의 정의

xDSL, FTTx, HFC(Hybrid Fiber Coaxial Cable) 등을 기반으로 인터넷 프로토콜을 이용하여 패킷방식으로 동영상 압축 기술을 이용하여 압축된 멀티미디어 데이터를 IPTV STB(Set-Top-Box)와 접속된 일반(아날로그 및 디지털)TV를 통해 TV방송, VOD, EMD 등 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하는 서비스를 말한다. 이와 같은 특징으로 미국에서는 IPTV, 유럽에서는 ADSL TV, 일본에서는 브랜드밴드 방송이라 한다<sup>[1]</sup>.

### 1.2 IPTV의 등장배경

통신사업자의 새로운 시장창출이 필요해 졌고 통신인프라의 발전으로 TV화질 전송이 가능해지게 되었다. TRS(Triple Play Service : 영상 + 데이터 + 음성)제공에 대한 통신서비스 시장에서의 소비자의 기대가 커지고 있다. 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.

※ 본 연구는 전파연구소 과제(RRL2007-PR07) 지원 및 동서울대학 산학협력단 관리로 수행되었습니다.

\* 동서울대학 정보통신과(ljh7314@dsc.ac.kr), (shyi@dsc.ac.kr), \*\* 한국정보사회진흥원 BcN팀(ckkim@nia.or.kr)  
논문번호 : KICS2007-09-435, 접수일자 : 2007년 9월 27일, 최종논문접수일자 : 2008년 3월 25일

### 1.3 IPTV의 주요기술

#### 1) IPTV시스템 구성

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.

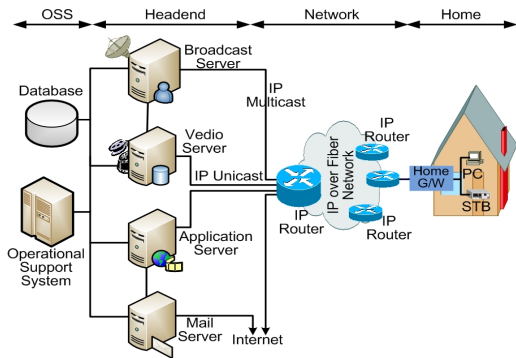


그림 1. IPTV를 위한 시스템 구성

#### 2) 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(라

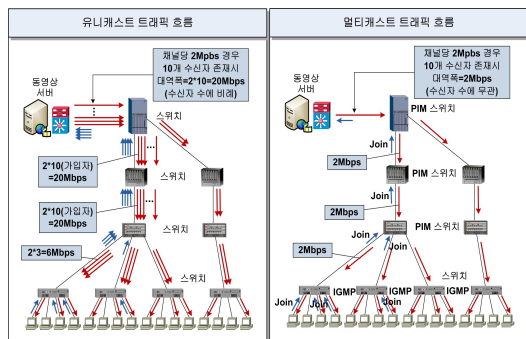


그림 2. 멀티캐스팅의 기술

우터 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<sup>2)</sup>.

## II. IPTV에서의 화질평가 방법

### 2.1 QoE(Quality of Experience)의 정의

QoE은 최종단 사용자가 느끼는 서비스의 우수성 정도를 말한다. IPTV에서의 QoE는 IPTV를 시청하는 사용자가 느끼는 영상품질의 정도를 의미한다. IPTV에서 영상 품질을 평가하는 방법에서는 객관적 화질평가와 주관적 화질평가방식이 있다. 객관적 화질 평가는 수신된 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.

### 2.2 객관적 화질 평가방법

#### 1) 전기준법(FR : Full Reference)

원본영상과 처리 영상이 모두 사용가능할 때 두 영상을 직접비교하여 수신된 영상의 품질을 측정하는 방식이다. 응용분야로는 코덱 성능평가, 디지털 방송, 멀티미디어장비 성능평가 등에 사용 된다. PSNR, VMOS 등이 FR 측정방식에 의해 측정될 수 있다.

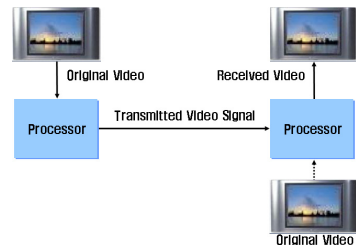


그림 3. FR의 블록도

#### 2) 감소 기준법(RR : Reduced Reference)

원본영상과 처리영상이 모두 존재하지 않으나 각각의 영상에서 추출한 특징(feature)들을 사용하여 수신된 처리영상의 품질을 측정하는 방법이다.

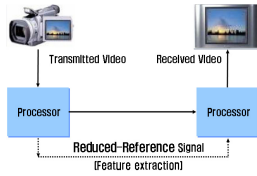


그림 4. RR의 블록도

3) 무기준법(NR : No Reference)

원본영상에 대한 어떠한 정보도 이용하지 않는다. 즉, 무기준법은 처리영상만을 이용하여 영상의 품질을 측정하는 방법으로 적용범위가 매우광범위하다. 반면 원동영상에 관한 정보가 없기 때문에 무기준 방식으로 화질을 정확히 측정하는 것은 매우 어려운 것으로 알려져 있다. 그러나 MPEG과 같은 블록기반의 영상압축 방법으로 부호화된 영상의 경우 저비트율에서 블록경계가 나타나는 현상(Blocking artifacts)등을 이용해서 무기준 방식으로 품질을 평가할 수도 있다. QoSmetrics의 V-Factor<sup>[4][5]</sup>가 대표적인 NR 방식이다.

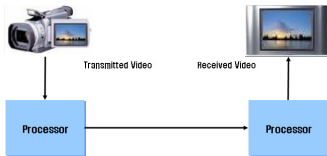


그림 5. NR의 블록도

2.3 객관적 화질 평가기술의 표준화 동향

현재 객관적 화질 평가 기술을 개발하기 위하여 ITU-R WP 6Q, ITU-T SG9, VQEG(Video Quality Expert Group)등을 중심으로 표준화 작업이 이루어지고 있다. VQEG Phase II Test결과를 토대로 ITU-R, ITU-T FRTV표준완성이 2003년에 이루어졌다. VQEG에서 FR 기준으로 ITU-T Rec. J.144, ITU-R BT.1683에서 정의하였다. VQEG MM에서 객관적 영상품질 측정 FR, RR, NR 모델에 대해 표준화를 진행중이고 3 Stage : Video only, Audio only, Audio-Video에 대해 현재 RRTV, NRTV 표준화 및 무선통신, 네트워크상의 품질평가를 위한 멀티미디어 표준이 진행 중에 있다.

2.4 주관적 화질 평가방법

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<sup>[3]</sup>.

2.5 V-Factor

본 논문의 IPTV 멀티캐스팅 실험에서 사용한 영상화질 평가방법은 QoSmetrics에서 제안한 NR 방식의 V-Factor<sup>[4][5]</sup>를 사용하였다. V-Factor는 Video MOS에 해당하는 값으로 MPQM(Moving Picture Quality Metrics) 모델 기반으로 측정하며 현재 IPTV에서의 화질평가를 위한 NR방식의 국제 표준을 진행 중에 있다. NR의 장점은 실시간으로 수신된 영상의 화질을 측정할 수 있다는 것이다.

1) V-Factor의 측정 모델

V-Factor의 측정은 다음과 같은 그림 6의 모델로 측정되어 진다.

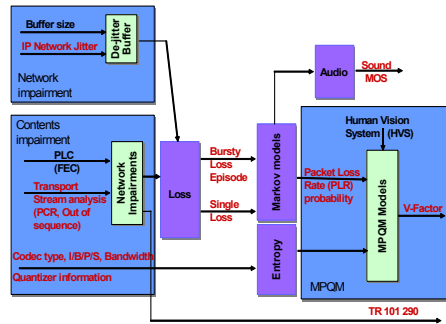


그림 6. V-Factor 측정 모델

2) V-Factor 일반적인 식

$$V-Factor := Q_{er}(qs) * (1 - e^{-P_v / \sqrt{F_v}})^{[4][5]}$$

- $Q_{er}(qs)$  : 양자화 값의 함수로 주어진 코덱에 대한 인코더로부터 손상을 입은 것을 측정하고 qs=1일 때에 최대값은 5이고 압축비는 1이 된다.
- $P_v$  : 패킷 손실에 대한 확률비로 측정하는 값으로 다음과 같은 다양한 측정 매개변수인 비디오 지터 버퍼 길이, PCR 지터, 네트워크 지터, 패킷 손실에 대한 함수 값을 이용하여 측정한다.

- $\Gamma_r$  : 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.

### III. IPTV 영상품질 측정 시험환경 구축

#### 3.1 실험 영상 데이터 특성

실험데이터는 지상파 SBS의 HD 방송중 영상의 변화가 가장 심한 댄스장면 중에서 가수 “아이비”의 댄스 장면을 트랜스포트 스트림(Transport Stream)으로 녹화한 표 1과 같은 특징을 가지는 영상물을 사용하였다. 멀티캐스트 스트림 방송 출력은 MPEG2 TS 기반의 UDP 프로토콜을 사용하였다.

표 1. 실험 영상데이터의 규격

항 목	규 격
영상물 이름	IVY.trp
영상물 내용	가수 아이비의 댄스장면
Stream 프로토콜출력	UDP
Format	MPEG-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

#### 3.2 실험 측정 항목

표 1의 실험 영상데이터를 본 연구에서 구축한 실험망을 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 2. 실험측정 항목

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

다음 그림 7은 네트워크 성능관련 측정요소의 에러에 따른 수신된 영상의 화질의 왜곡현상과의 상관성을 나타낸 것이다<sup>[6]</sup>.

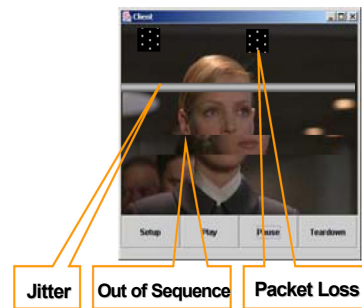


그림 7. 네트워크 측정요소의 에러에 따른 영상왜곡현상

#### 3.3 실험 환경 구축

실험환경 구축은 그림 8 및 실제 사진 그림 9와 같이 실험실 내에서 2대의 시스코 2800 라우터와 2대의 2950 스위치를 이용하여 모든 포트는 패스트 이더넷 100Mbps로 연결하였다. 백본 코어망 도메인에 해당하는 망 부하 생성장치(SmartBit 6000C), 멀티캐스트 방송 스트리밍 서버는 동일 스위치에 연결하고 라우터와 라우터는 100Mbps 패스트 이더넷 포트로 직접 연결한다. 가입자 연결망에 해당하는 스위치는 셋탑박스, 멀티캐스트 방송 수신 클라이언트 시스템, 스트림 방송 트래픽 측정 장비인 Netwarrior, 멀티캐스트 스트림 방송 분석 장비인 NetAdviser를 통하여 V-Factor를 측정하였다. 라우터 사이에는 라우팅 프로토콜은 OSPF로 설정이 되

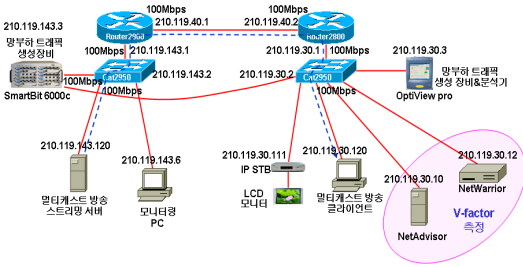


그림 8. 실험실 망의 기본 구성도

어 있고, 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 PIM-dense

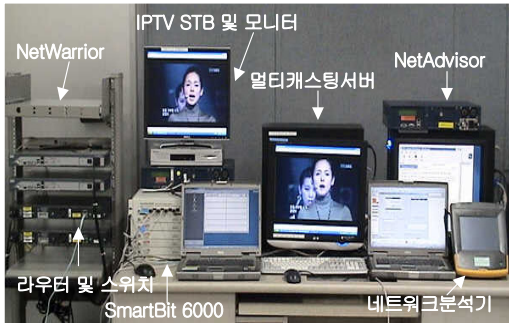


그림 9. 구축한 실험실 망

mode로 설정이 되어 있다. 멀티캐스트 Join을 위해 IGMPv3로 설정하고, 스위치에는 IGMP snooping 프로토콜이 활성화 되어 있다.

1) 주요 측정 장비 규격

실험에 사용되는 주요 측정장비의 규격 및 내용은 다음과 같다.

표 3. 주요 시험 측정장비의 규격

장비명	주요 기능	비고
NetAdvisor	Symmetricom 회사의 QoSmetrics을 이용한 V-factor 측정 장비로 Management / Configuration / Reporting (Real-time QoS and data analysis)을 지원하는 Control 서버	
NetWarrior	Active and passive metrology 탑재하여 IPv4 or IPv6 기반을 지원하는 하드웨어 트래픽 탑재하여 NetAdvisor에게 정보를 제공하는 수신단 측정장비	
OptiView Pro Integrated Network 분석기	네트워크의 접근계층에서 LAN/WAN 상에 다양한 방법으로 트래픽 발생이 가능하며 네트워크 성능을 검증 할 수 있고 트래픽을 캡처 및 해석에 사용	
SmartBits 6000C	코어 계층(백분망)에서 Unicast, multicast or broadcast traffic, Frame size, Frame rate, Utilization, Number of frames to transmit, Protocol type, IP TTL, IP TOS(QoS)를 발생하여 트래픽 생성 장비로 활용	

2) 실험 시나리오

멀티캐스트 스트리밍 방송 중에 100Mbps 대역폭에 네트워크 이용률(Utilization)에 변화를 주어 V-Factor의 값들이 다양하게 분포할 수 있도록 트래픽 부하를 생성한다. 네트워크 이용률의 허용 대역폭은 스트리밍 방송 대역폭에 근접할수록 영상의 품질의 변화의 폭이 민감하게 반응하는 관계로 민감한 부분에서는 더 세밀하게 나누어 트래픽부하를 발생시킨다. 실험 트래픽 부하 발생시키는 순서는 다음 표 4와 같다. 민감하게 반응하는 영역으로 세밀하게 나누어 트래픽을 발생시킨 영역을 음영으로 표시하였다.

표 4에 따라 실험망의 스위치와 라우터간에 QoS를 보장한 상태에서 트래픽 부하에 따른 수신 영상의 화질 측정과 실험 망에 QoS를 적용하지 않은 경우의 트래픽 부하에 따른 수신영상의 화질 측정을 수행한다.

본 논문의 실험에서는 QoS 기술로 네트워크 edge에서 수행한 복잡한 트래픽을 분류하고 조절 가능한 복합 네트워크 모델의 모든 서브모듈에 QoS를 적용하여 2계층 프레임인 그림 10과 같이 ISL, 802.1q을 지원하는 사용자 우선순위 802.1p에서의 CoS(Class of Service)을 적용하였다<sup>7)</sup>.

표 4. 측정 부하트래픽 발생 순서표

측정 순서	최대 대역폭	Total Bit Rate (Mbps)	Total Frame Rate (fps)	허용 대역폭
1	100	0.00	0	100.0
2	100	78.93	6,560	21.07
3	100	79.92	6,642	20.08
4	100	80.41	6,683	19.59
5	100	80.42	6,684	19.58
6	100	80.45	6,686	19.55
7	100	80.47	6,688	19.53
8	100	80.49	6,690	19.51
9	100	80.52	6,692	19.48
10	100	80.53	6,693	19.47
11	100	80.55	6,695	19.45
12	100	80.58	6,697	19.42
13	100	80.60	6,699	19.40
14	100	80.63	6,701	19.37
15	100	80.64	6,702	19.36
16	100	80.66	6,704	19.34
17	100	80.69	6,706	19.31
18	100	80.71	6,708	19.29
19	100	80.73	6,710	19.27
20	100	80.75	6,711	19.25
21	100	80.77	6,713	19.23
22	100	80.79	6,715	19.21
23	100	80.82	6,717	19.18
24	100	80.84	6,719	19.16
25	100	80.86	6,720	19.14
26	100	80.88	6,722	19.12
27	100	80.90	6,724	19.10
28	100	80.93	6,726	19.07
29	100	80.95	6,728	19.05
30	100	80.99	6,731	19.01
31	100	81.10	6,740	18.90
32	100	81.20	6,749	18.80
33	100	81.30	6,757	18.70
34	100	81.41	6,766	18.59
35	100	81.89	6,806	18.11
36	100	82.38	6,847	17.62
37	100	82.89	6,889	17.11

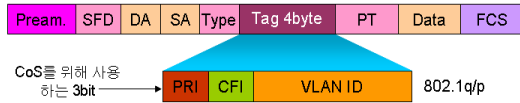


그림 10. 802.1p에서 CoS

CoS 필드 값의 우선순위 의미는 그림 11와 같다<sup>7)</sup>.

7	예약(네트워크 제어)
6	예약(네트워크 제어)
5	Voice bearer
4	화상회의
3	콜 시그널링
2	우선순위가 높은 데이터
1	우선순위가 중간인 데이터
0	Best effort data

그림 11. CoS 필드 값의 의미

#### IV. 실험 결과

실험 영상데이터의 아이비의 댄스 장면을 2분간 멀티캐스트 스트림 전송하고 수신단에서 Netwarrior를 이용하여 측정된 결과이다.

##### 4.1 영상 콘텐츠 관련 측정요소 측정치

그림 12는 실험 영상데이터의 기본적인 특성을 나타내 그림이다. y축의 오른쪽은 영상데이터의 복잡도(Quantizer)를 나타는 복잡도 레벨이고 y축의 오른쪽 영상데이터의 전송률(Program rate)을 나타낸다. x축은 영상데이터를 송신단에서 2분전송한 것을 수신단에서 10초마다 표본화(Sampling)하여 측정된 순서대로 나타낸 것이다. 영상데이터의 복잡도에 따라서 전송률이 거의 유사한 형태를 보임을 알 수 있다.

그림 13은 2분간 전송되는 실험데이터에서의 I, B, P 프레임별 구성 비율을 나타내고 있다.

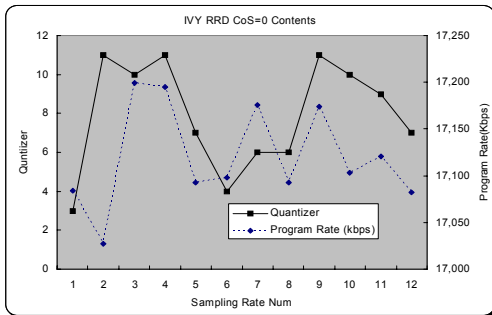


그림 12. 실험영상데이터의 특성

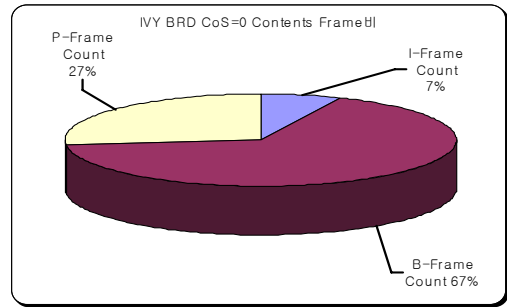


그림 13. 실험영상데이터의 프레임구성 특성

##### 4.2 네트워크 관련 측정요소 측정치

그림 14는 실험망에 QoS를 설정하지 않은 상태 즉, CoS=0인 상태에서 부하를 표4에 따라서 브로드캐스팅(Broadcasting)방식으로 부하를 발생시켰을 경우의 V-Factor와 Loss Episode Length, Loss Episodes관계를 나타내 것이다.

그림 15은 V-Factor와 Network Loss(확률값)을 나타낸 것이다. 그림 16는 V-Factor와 Out of Sequence를 나타낸 것이다. Network Loss, Out of Sequence가 상대적으로 V-Factor값과 반비례함을 알 수 있다.

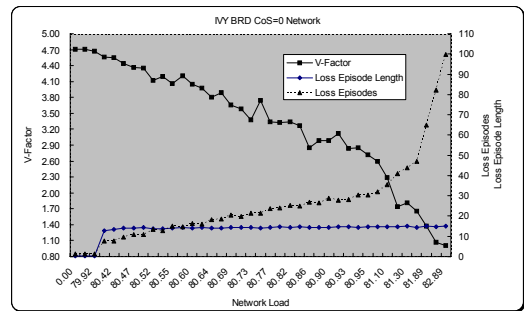


그림 14. 트래픽 부하에 따른 V-Factor와 Loss Frame 비교 (CoS=0)

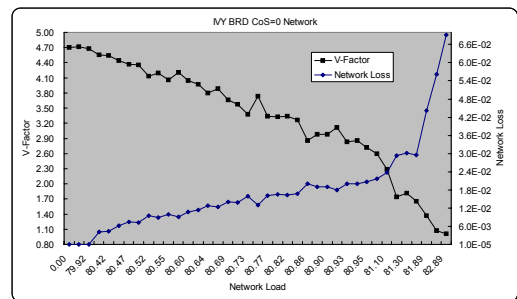


그림 15. 트래픽 부하에 따른 V-Factor와 Network Loss 비교 (CoS=0)

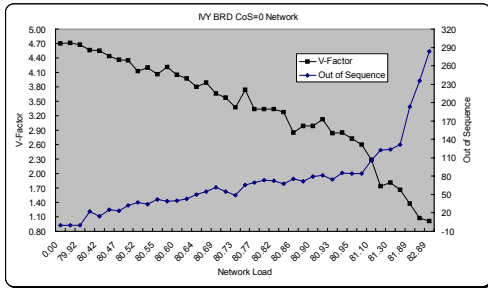


그림 16. 트래픽 부하에 따른 V-Factor와 Out of Sequence 비교 (CoS=0)

그림 17부터 그림 19은 CoS=1로 설정하였을 경우 실험값이다. CoS=0인 경우와 비교할 때 미세한 차이의 성능향상은 보이지만 전체적인 경향은 유사하다.

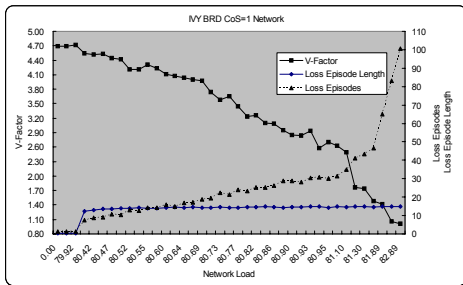


그림 17. 트래픽 부하에 따른 V-Factor와 Loss Frame 비교 (CoS=1)

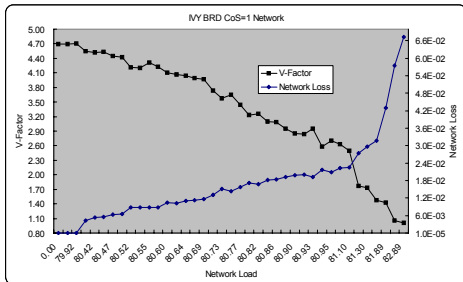


그림 18. 트래픽 부하에 따른 V-Factor와 Network Loss 비교 (CoS=1)

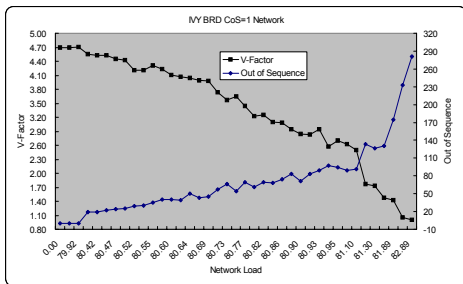


그림 19. 트래픽 부하에 따른 V-Factor와 Out of Sequence 비교 (CoS=1)

그림 20부터 그림 22은 CoS=2로 설정하였을 경우 실험값이다. CoS=2인 경우 부하를 증가시킬지라도 수신영상화질 및 네트워크 특성 측정요소에 영향을 주지 않는다. 그림 23부터에서 그림 25까지는 CoS=5로 설정하였을 경우 실험값이다. CoS=2인 경우와 비교해 보면 성능의 차이를 구분할 수 없을 정도로 유사하다.

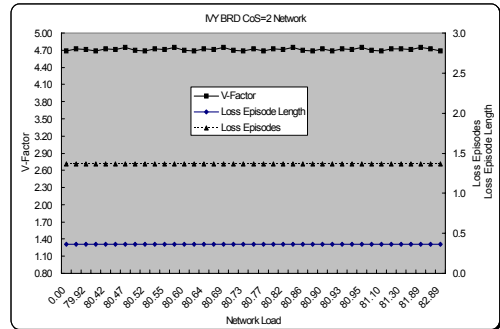


그림 20. 트래픽 부하에 따른 V-Factor와 Loss Frame 비교 (CoS=2)

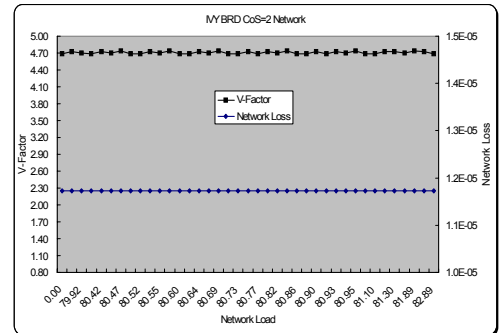


그림 21. 트래픽 부하에 따른 V-Factor와 Network Loss 비교 (CoS=2)

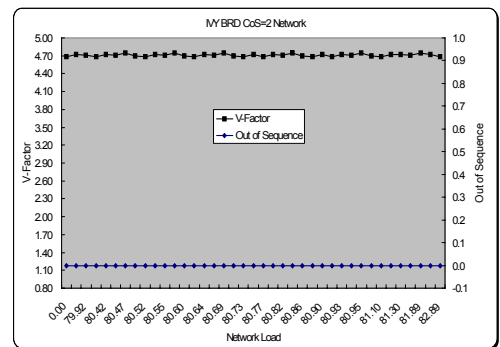


그림 22. 트래픽 부하에 따른 V-Factor와 Out of Sequence 비교 (CoS=2)

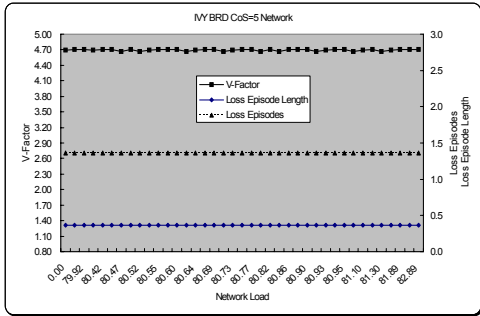


그림 23. 트래픽 부하에 따른 V-Factor와 Loss Frame 비교 (CoS=5)

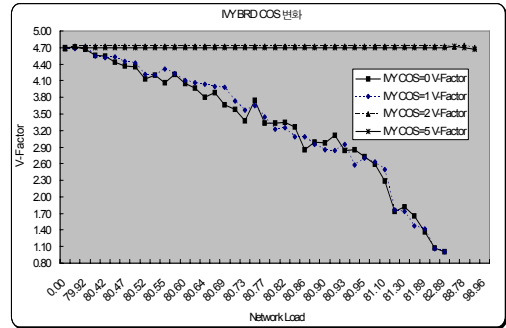


그림 26. 트래픽 부하에 따른 CoS 값별 V-Factor 값

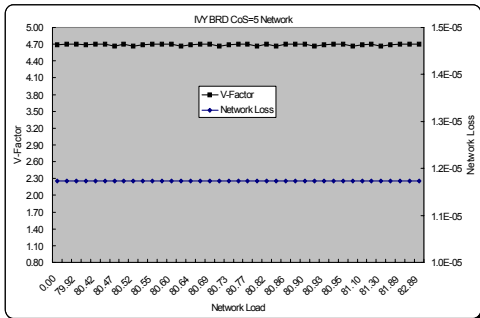


그림 24. 그래픽 부하에 따른 V-Factor와 Network Loss 비교 (CoS=5)

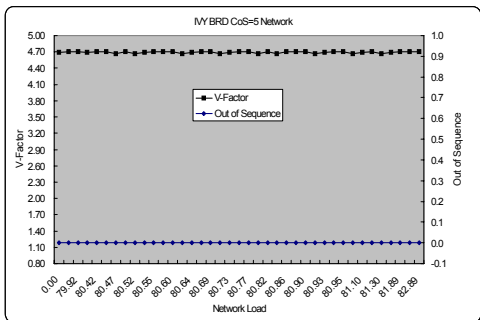


그림 25. 트래픽 부하에 따른 V-Factor와 Out of Sequence 비교 (CoS=5)

그림 26는 브로드캐스트 트래픽 부하 증가율에 따른 각 CoS 값에 따른 V-Factor 값의 변화이다. CoS값이 0과 1은 유사한 성능을 나타내고 있고 CoS 2과 5도 동일한 성능을 내고 있음을 알 수 있다. 즉 CoS값이 2이상이면 거의 5와 동일한 성능을 보임을 알 수 있다.

표 10에서는 본 실험을 통해 수신된 영상의 화질을 매우우수, 우수, 보통, 떨어짐, 나쁨의 5등급으로 나누어 각 등급별 V-Factor 범위와 네트워크 측정 요소의 임계치 구하였다.

그림 27는 V-Factor=4.723의 “매우우수”인 경우의 수신 영상으로 왜곡된 부분이 없이 원 영상과 동일한 영상화질을 나타낸다.



그림 27. V-Factor= 4.723의 “매우우수” 수신영상

표 5. V-Factor=4.723인 경우의 네트워크측정 요소 값

V-Factor	Network Loss	Out of Sequence	PCR-Over all Jitter (us)	Loss Episode Length	Loss Episodes
4.723	0.004058	18	4,560	13	8

그림 28의 수신한 “우수” 영상 중 화질이 가장 떨어진 영상 프레임(Frame)을 선정하여 영상의 왜곡 부분을 흰색의 사각형으로 표시한 것이다. 왜곡이 특정 라인에서 일률적으로 나타남을 알 수 있다.



그림 28. V-Factor= 4.534의 “우수” 수신영상



표 6. V-Factor=4.534인 경우의 네트워크측정요소 값

V-Factor	Network Loss	Out of Sequence	PCR-Over all Jitter (us)	Loss Episode Length	Loss Episodes
4.534	0.002929	5	3,030	15	6

그림 29의 “보통” 영상은 우수영상에 비해 왜곡 현상 부분이 더 넓게 퍼져 보인다.



그림 29. V-Factor=4.264의 “보통” 수신 영상

표 7. V-Factor=4.264인 경우의 네트워크측정요소 값

V-Factor	Network Loss	Out of Sequence	PCR-Over all Jitter (us)	Loss Episode Length	Loss Episodes
4.264	0.007966	5	5,454	15	10

그림 30의 “떨어짐” 영상은 움직임이 심한 다리 부분에서 왜곡이 심해 원 영상의 정보를 인식하기가 어렵다.



그림 30. V-Factor= 4.049의 “떨어짐” 수신 영상

표 8. V-Factor=4.049인 경우의 네트워크측정요소 값

V-Factor	Network Loss	Out of Sequence	PCR-Over all Jitter (us)	Loss Episode Length	Loss Episodes
4.049	0.009316	42	5,590	14	16

그림 31의 “나뭇” 영상은 그림 30 “떨어짐” 영상에 비해 오류 영역이 더 확대되어 바다부분이 왜곡되어 있음을 알 수 있다. 영상의 각 등급별 V-Factor의

범위와 네트워크 측정요소들의 임계치를 구해보면 표 10과 같다.



그림 31. V-Factor=3.869의 “나뭇” 수신 영상

표 9. V-Factor=3.869인 경우의 네트워크측정요소 값

V-Factor	Network Loss	Out of Sequence	PCR-Over all Jitter (us)	Loss Episode Length	Loss Episodes
3.869	0.012503	75	5,538	14	21

표 10. 각 등급별 V-Factor 및 네트워크 측정요소의 임계치

V-Factor 범위	V-Factor 평균	Network Loss	Out of sequence	PCR-Over all Jitter (us)	Loss Episode Length	Loss Episodes	화질 등급
5.00-4.60	4.71	1.64E-03	9.67	5,047	6.50	4.02	매우우수
4.59-4.30	4.47	5.76E-03	24.28	4,514	12.52	9.99	우수
4.29-4.10	4.21	9.39E-03	37.29	4,578	14.18	14.63	보통
4.09-3.90	4.00	1.15E-02	43.83	4,555	14.27	18.20	떨어짐
3.89-3.50	3.71	1.36E-02	56.82	4,848	14.44	21.13	나뭇

네트워크의 임계치 값들을 살펴보면 PCR-OJ (PCR-Over all Jitter)는 값이 ETSI TR 101 290v-1.2.1에서 권고한 오차 허용범위 100ms<sup>[8]</sup> 이내에 들어올 경우 PCR-OJ 값이 IPTV의 수신 영상의 화질에 큰 영향을 주지 않음을 확인하게 되었다. 본 실험에서 부하증가에 따른 모든 수신영상의 PCR-OJ가 4~5ms 사이에 존재했고 V-Factor가 4.7인 경우의 PCR-OJ가 4.47인 경우보다 더 높았다. 결론적으로 PCR-OJ가 허용범위 100ms 이내로 들어올 경우 IPTV 수신영상의 화질은 별 영향을 받지 않고 다른 네트워크요소 Out of Sequence, Loss Episodes등에 더 영향을 받는다는 것을 실험을 통해 알 수 있었다.

## V. 결 론

본 논문에서는 IPTV 서비스 환경과 유사한 실험 망 환경을 구축하여 HD급 영상 데이터의 멀티캐스

팅 서비스를 통해 네트워크상에서 트래픽 부하에 따른 IPTV 수신영상품질의 변화를 살펴보고 영상 품질에 따른 네트워크 측정요소의 임계치를 도출하였다. 수신된 영상에서 왜곡 없이 원 영상과 동일한 품질을 보이기 위해서는 V-Factor값이 4.6이상인 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 실험에서 확인한 사실로는 부하트래픽이 원 영상데이터의 대역폭을 침해하는 부분에서는 아주 미세한 부하량 증가 즉, 몇 십 Kbps 증가에서도 V-Factor가 현저하게 감소하여 영상의 화질저하가 심하게 발생한다는 것을 알 수 있다. 또한 PCR-OJ가 어느 임계치(100ms)에 들어올 경우 수신영상의 화질에 영향을 주지 않고 다른 네트워크요소 Out of Sequence, Loss Episodes 등에 더 영향을 받는다는 것을 실험을 통해 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 권호영, "IPTV의 동향과 전략", 커뮤니케이션북스 pp.19-24, 2004.
- [2] 김민정, 외 2인 "IPTV서비스 추진 동향과 전망", 전자통신동향분석, 제21권, 제2호, pp.53-65, 2006.
- [3] 최지환, 외 4인 "다양한 디스플레이 기기의 주관적 화질 상관도 비교", 방송공학회논문지, vol. 12, No.3, pp.242-249, 2007.
- [4] [http://www.magellan-itea.org/pages/pub\\_white.html](http://www.magellan-itea.org/pages/pub_white.html), "Video Quality of Service over IP", Oct. 2004.
- [5] [http://www.magellan-itea.org/docs/april/6-QoE\\_QoSmetrics\\_Magellan20060330.pdf](http://www.magellan-itea.org/docs/april/6-QoE_QoSmetrics_Magellan20060330.pdf), 2006.
- [6] [http://advanced.comms.agilent.com/n2x/events/seminars/archives/2006\\_iptv/Testing\\_IPTV\\_QoE.pdf](http://advanced.comms.agilent.com/n2x/events/seminars/archives/2006_iptv/Testing_IPTV_QoE.pdf).
- [7] 강훈, 김종광, 최용호역, "CCNP self-study : building Cisco Multilayer Switched Networks (BCMSN)", 피어슨에듀케이션코리아, 2006. 10.
- [8] ETSI TR 101 290 : "Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems", V1.2.1 2001. 05.

이 재 희 (Jaee-Hee Lee)

정회원



1985년 2월 광운대학교전자통신과 졸업  
 1987년 2월 광운대학교 전자통신과 석사  
 2000년 2월 광운대학교 전자통신과 박사  
 1987~1993년 국방과학 연구소 C31 사업본부 연구원

1993년~1999년 대덕 대학 정보통신과 조교수  
 1999년~현재 동서울대학 정보통신과 근무

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

이 상 하 (Sang-Ha Lee)

정회원



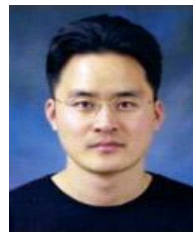
1987년 2월 울산대학교 전자계산학과 졸업  
 1991년 2월 이주대학교 컴퓨터공학과 석사  
 2002년 8월 이주대학교 컴퓨터공학과 박사  
 1991년~1992년 (주)큐닉스 컴퓨터

1993년~1999년 (주)케이엔아이시스템  
 2000년~현재 동서울대학 정보통신과 근무

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

김 진 철 (Chin-Chol Kim)

정회원



1997년 2월 국립 한밭대학교 이학사  
 1999년 2월 건국대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 공학석사  
 2003년 2월 건국대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 공학박사  
 2003년~현재 한국정보사회진흥원 선임연구원

<관심분야> 네트워크 QoS, BcN, 방송 IPTV