

논문 2009-46TC-8-8

FR, NR 측정 방식을 이용한 IPTV 품질에 관한 연구

(A Study on The IPTV Quality Using FR or The NR Measurement)

이 재 정*, 남 기 동*, 김 창 봉**

(Jae-Jeong LEE, Ki-Dong Nam, and Chang-Bong Kim)

요 약

최근 국내 인터넷망의 개선과 TPS(Triple Play Service : 데이터+영상+음성) 서비스를 위한 가입자망의 고도화로 IPTV(Internet Protocol TV) 서비스의 품질에 대한 기대치가 급격히 높아지고 있다. 따라서, 가입자의 실시간 동영상 품질을 보장할 수 있는 IPTV 서비스 품질에 대한 국내 품질 기준 및 국제 표준의 제정이 시급히 필요하다. 본 논문은 서비스 사업자 네트워크의 특성과 유사한 환경에서 시험하기 위해 방송/VoD(Video on demand)를 제공하는 헤드엔드 영역과 상용 네트워크 특성을 나타내는 트래픽/라우팅 부하 생성 장비와 네트워크 Impairment 장비 및 다수의 이기종 라우터를 포함하는 네트워크 영역과 가입자 셋탑박스 영역으로 테스트베드를 구축하였다. 그리고 구축된 환경을 이용하여 서비스 환경의 변화에 따른 품질 시험으로 IPTV 서비스의 품질기준 결정에 필요한 특성을 제시한다.

Abstract

Recently, as the expectation about the IPTV (Internet Protocol TV) service quality is rapidly increased by the development of the national high-speed internet and TPS (the Triple Play Service : data + image + audio) service. Therefore, the enactment of the national quality standards about the IPTV service quality guaranteeing the real time video quality of a subscriber and the international standards are hastily needed. This paper built a test bed with the network domain and the subscriber set-top box domain including the headend area and commercial network characteristic in order to test in the environment which is similar to the characteristic of the service business network. And by using the constructed environment, the characteristics required for SLA(service Level Agreement) of the IPTV service are presented as the quality test according to the service environment change.

Keywords : IPTV, FR, NR, MDI, VFactor

I. 서 론

최근 디지털 기술의 발전과 네트워크의 광대역화로 통신과 방송의 융합을 통해 IPTV 서비스가 탄생하였으며, 현재 신규 비즈니스 모델에 대해 세계적인 관심이 집중되고 있다. 2008년도에 전 세계적으로 3%의 시장 점유율을 보이는 수준이지만 2013년에는 세계 유료TV 가입자의 14%를 점하게 될 것으로 예측되는 등 세계는 이미 IPTV 시대라고 할 만큼 급속도로 시장을 확대 하고 있다. 전 세계적으로 사업자수는 이미 200개를 넘어섰으며, 미국과 유럽을 비롯한 아시아 주요 통신업체들

도 투자 확대를 추진 중이다. 국내에서는 2007년 1월 방통특위 구성과 2007년 12월 인터넷 멀티미디어 방송 사업법의 법제화 완료로 IPTV 사업에 대한 토대가 마련되어, 2008년 12월 본격적인 상용서비스를 계기로 IPTV 산업이 새로운 미디어 혁신을 이끌어 갈 것이라는 기대감을 받고 있다^[1].

ITU-T(Telecommunication Standardization Union-Telecommunication Standardization Sector)는 IPTV를 '일정 수준의 QoS(Quality of Service), QoE(Quality of Experience), 보안, 양방향성 및 신뢰성을 제공하는 관리된 IP기반의 네트워크에서 전송되는 텔레비전, 비디오, 오디오, 텍스트, 그래픽, 데이터와 같은 멀티미디어 서비스'로 정의하고 있으며, 보안 및 양방향성과 함께 QoS와 QoE 의 제공 능력을 중요하게 받아들이고 있다

* 정회원, ** 평생회원, 공주대학교 정보통신공학부 (Kongju University)

접수일자: 2009년3월25일, 수정완료일: 2009년8월11일

[2]. IPTV 서비스는 IPTV를 구성하는 콘텐츠, 서비스 제공자, 전송 망, 단말 등 4가지 요소의 순차적 흐름을 통해 제공된다. 콘텐츠 부분에서는 기존 방송 콘텐츠와 인터넷 상의 콘텐츠가 융합되어 존재하고, IPTV서비스 부분에서는 융합콘텐츠가 TV에 맞게 재구성되며, 전송 망 부분에서는 TV에 맞는 융합콘텐츠가 초고속 인터넷 망으로 전송되어, 단말부분인 셋탑박스 기반의 TV로 사용자에게 전달된다^[3~4].

이와 같이 다양한 구성요소의 조합으로 제공되는 IPTV방송을 가입자 요구 수준의 QoS와 QoE로 제공하기 위해서는 네트워크 구성요소의 변화에 대한 특성을 예측할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 방송 서버에서 송출하는 IPTV방송을 가입자의 셋탑박스에 전달하기까지, 네트워크 구성 요소들의 특성이 변화함에 따라 나타나는 현상을 파악하기 위해, 서비스 사업자 네트워크와 유사한 특성을 나타내는 테스트베드를 구축하고, 다양한 변화에 대한 특성을 시험하여, 가입자 요구 수준의 QoS와 QoE 제공에 필요한 특성을 제시 한다^[5~6].

본 논문의 구성은 II장에 IPTV 서비스의 품질 측정 방법의 개요를 간략히 언급하고 III장에서 제안된 시험을 위한 시험 환경 구축 방법과 IV장에서 실제 측정된 결과 분석을 보이고 마지막 V장에서는 결론 및 향후 연구방향에 대해 제안한다.

II. IPTV 서비스의 품질 측정 방법

2.1. MPEG-2 TS

MPEG(Moving Picture Expert Group)-2 시스템파트는 일반적으로 디지털 위성방송, 디지털 유선방송 등의 디지털 방송을 위한 오디오와 비디오 정보 전송을 위한 표준으로 IPTV에서 사용하는 방식이므로 간략히 소개한다. MPEG-2 TS(Transport Stream)는 시스템 코딩에 의해 만들어 지는데 영상과 음성신호뿐만 아니라 사용자 데이터까지 다중화 하여 저장 혹은 전송에 적합하도록 규격화된 데이터 형식으로 포장하는 것을 말한다. MPEG-2, H.264와 같은 압축방식과는 달리 MPEG-2 TS는 시스템 엔코딩, 디코딩이라는 말을 사용하는데 여러 개의 스트림을 입력받아 하나의 스트림으로 만드는 것을 시스템 엔코딩이라고 하며 Encoding 된 것을 원래의 입력된 형태로 풀어내는 과정을 시스템 디코딩이라고 한다.

2.2. 주관적 측정 방법

주관적 평가 방법은 기존의 아날로그 방송이 시작된 이후 비디오 화질평가를 위해 오랫동안 가장 신뢰성 있는 방법으로 사용되어 왔다. 즉 주관적인 시각적 화질에 대한 견해는 공간적 사실성과 시간적 사실성에 영향을 받게 된다. 또한 화질에 대한 보는 사람의 견해는 시각적인 주의력과 최신희과에 의해서도 영향을 받는다.

2.3. 객관적 측정 방법

객관적 화질 평가는 FR(Full Reference)모델, RR(Reduced-Reference)모델, NR(No-Reference)모델의 3가지 형태로 분류된다. 일반적으로 NR모델의 정확성은 FR, RR 모델 보다 떨어진다. 그러나, FR, RR 모델의 두 가지 방식은 모두 비디오 화질 평가를 위해 부가적인 정보의 전송이 요구된다. 그림 1은 객관적 영상품질 측정방법인 FR, RR, NR 모델을 도식화한 것이다.

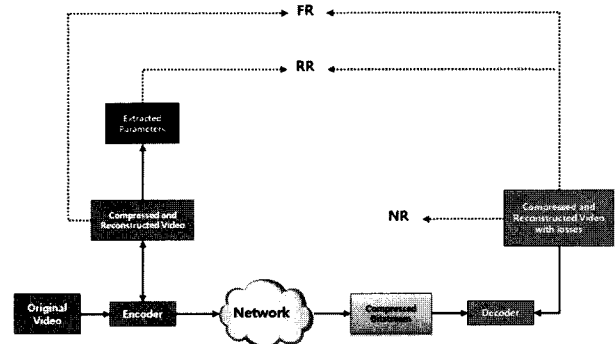


그림 1. 객관적 영상 품질 측정 방법

Fig. 1. Objective image quality measuring method.

가. 전기준법(FR)

원본영상과 처리영상이 모두 사용가능 할 때 두 영상을 직접 비교하여 수신된 처리영상의 품질을 측정하는 방식이다. 시험에 사용된 측정 방식으로 N2X장비에서 원본영상에 대한 정보를 갖고 있으며 네트워크를 이동한 영상의 정보를 비교 하는 방식으로 MDI(Media Delivery Index) 값을 측정한다.

(1) MDI

MDI는 네트워크의 오류를 DF(Delay Factor)와 MLR(Media Loss Rate)로 구성하여 나타내며 수신기의 버퍼용량과 디코딩 속도, 전송 중의 패킷 손실의 정도를 나타내는 측정 변수이다. DF는 수신된 미디어 데이터양과 디코딩되는 미디어 데이터양의 차이를 나타낸다. DF를 구하기 위한 공식은 수식(1)과 같다.

$$\begin{aligned}
 VB(i, pre) &= SUM(S_j) - MR \times T_i; (J=1...i-1) \\
 VB(i, post) &= VB(i, pre) + S_i \\
 DF &= \frac{[VB(max) - VB(min)]}{MR}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

S_j : j번째 패킷의 미디어 Payload 사이즈
 T_i : i번째 패킷이 인터벌에 의해 도착한 상대시간
 MR : 일반적인 미디어의 Bitrate
 $VB(i, pre)$: i번째 패킷이 도착하기 직전의 버퍼사이즈
 $VB(i, post)$: i번째 패킷이 도착한 후의 버퍼사이즈

MLR은 시간당 미디어 패킷의 손실 또는 순서의 역행 개수를 나타내며, IPTV는 일반적으로 7개(188Byte)MPEG 트랜스포트 스트림 패킷으로 전송되므로, 1개의 이더넷 프레임 손실은 7개의 미디어 패킷 손실을 초래하게 된다. 네트워크의 순간적인 오류나 DF 값의 증가는 패킷의 손실을 야기할 수 있음을 나타내며 MLR은 이러한 결과를 나타낸다. MLR을 구하기 위한 공식은 다음과 같다^[7].

$$MLR = \frac{packets_expected - packet_received}{interval_time_in_seconds}
 \tag{2}$$

$packets_expected$: 계산에 사용된 시간간격 동안 수신 되어야 할 패킷수
 $packets_received$: 계산에 사용된 시간간격 동안 실제 수신된 패킷수
 $interval_time_in_seconds$: 계산에 사용된 시간간격

나. 감소기준법(RR)

원본 영상과 처리 영상이 존재 하지는 않으나 각각의 영상에서 추출된 특징(Feature)들을 사용하여 수신된 처리 영상의 품질을 측정하는 방식이다.

다. 무기준법(NR)

FR방법처럼 두 영상을 비교하여 측정하는 방식이 아니라 처리영상만을 이용해서 영상의 품질을 측정하는 방법이다. 반면 원동영상에 관한 정보가 없기 때문에 NR 방법으로 화질을 정확히 측정하는 것은 매우 어려운 것으로 알려져 있다. 그러나, MPEG과 같은 블록기반의 영상압축 방법으로 부호화된 영상의 경우 저 비트율에서 블록경계가 나타나는 현상 등을 이용해서 NR 방식으로 품질을 평가할 수 있다^[8].

(1) V-Factor

V-Factor는 VQ(Video Quality), QoE, QoS를 제공하

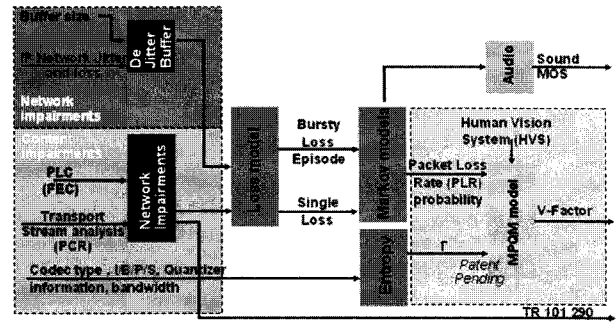


그림 2. V-Factor 측정 모델
 Fig. 2. V-Factor measure model.

기 위해 네트워크와 콘텐츠 손실의 영향을 이용하여 품질을 측정하는 방법이다. V-Factor는 Video MOS에 해당하는 값으로 MPQM(Moving Picture Quality Metrics)기반으로 Video 품질을 측정한다. Video Content 품질 측정은 ETSI TR 101-290 Priority 1,2로 측정된다.

V-Factor를 구하기 위한 공식은 다음과 같다.

$$V = f(Q_{ER}, PLR, \Gamma^R)$$

Q_{ER} : 비디오 품질 평가와 관련된 코덱
 PLR : 패킷 손실률(지터 버퍼와 네트워크 손실)
 Γ^R : 영상 이미지의 복잡도

(2) ETSI TR 101 290

ETSI(European Telecommunications Standards Institute) TR 101 290은 디지털 방송을 위한 MPEG-2 품질 측정을 위해 DVB(Digital Video Broadcasting)에서 제안한 TS의 측정에 관한 규정이다. 이 기준에서는 MPEG-2 TS 시스템을 이용하여 디지털 영상을 IP 망으로 전송했을 때, 서비스의 품질을 측정할 수 있는 여러 성능 지표 등을 제시하였다. 측정해야 할 여러 지표들을 중요도에 따라 1순위, 2순위, 3순위 등의 세 가지 등급으로 분류하였다. 1순위는 인코딩, 다중화, 전송 중 에러가 발생할 경우와 디코딩 시에 치명적일 수 있는 에러가 발생할 경우를 측정하기 위한 규정으로서 필수적으로 모니터링이 요구된다^[9].

III. IPTV 시험 환경 구축

3.1 IPTV 시험환경 구성

그림 3은 FR 방식의 IPTV 품질 측정을 위한 시험환경 구성도이다. Service Provider기능은 N2X(네트워크 부하 및 가입자 장비)에서 방송/VoD 서비스를 위한 서

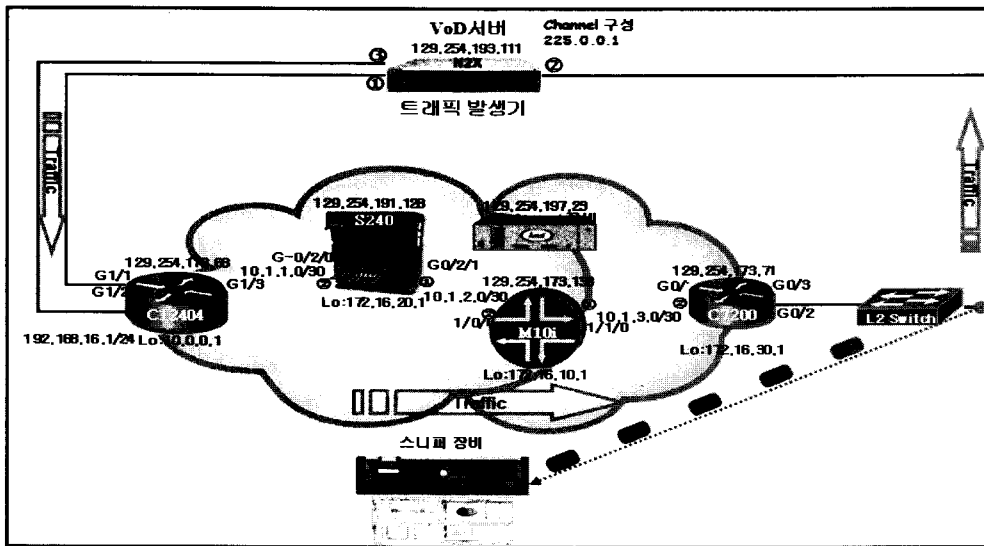


그림 3. FR 시험환경 구성도
Fig. 3. FR test environment configuration diagram.

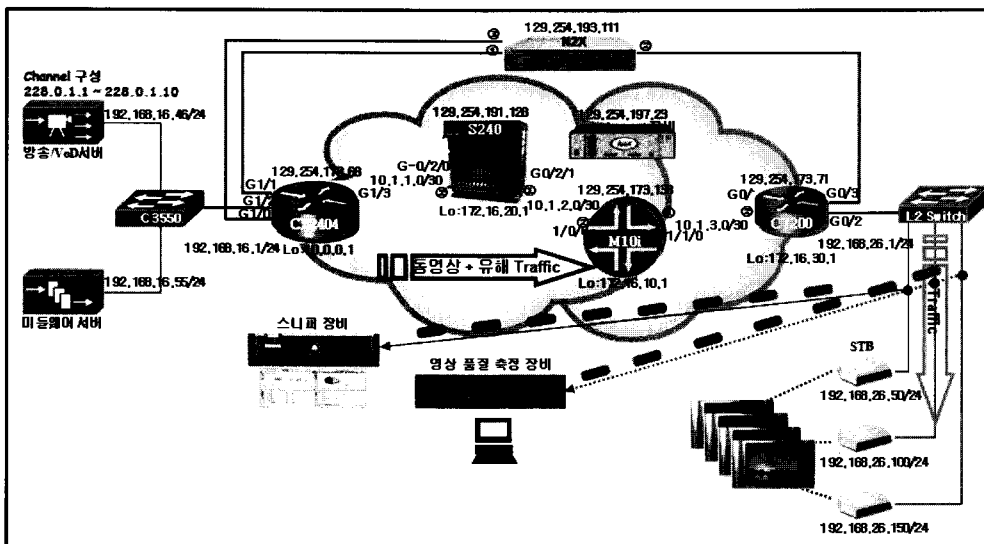


그림 4. NR 시험환경 구성도
Fig. 4. NR test environment configuration diagram.

버 기능을 수행하며, 다양한 비디오 포맷을 제공한다. 시험을 위한 채널은 SD급으로 NTSC(National Television System Committee) 표준방식을 지원하는 H.264 1개 채널(225.0.0.1)이다. Network Provider 기능은 N2X와 시스코 C1240 라우터와 1Gbps로 연결된다. C1240라우터는 PIM-SM의 RP(Rendezvous Point)로 설정되어 채널의 트래픽 전송에 사용되며, Flow 처리 라우터인 S240과 주니퍼 M10i는 액세스 장비인 시스코 C7200라우터와 1Gbps로 연결되어 백본 도메인 영역을 담당하며, Delay/Jitter/Drop등이 가능한 Impariment 장비로 구성되어 있다. 가입자망은 L2스위치에 연결된 N2X로 설정한다. L2 스위치와 N2X 사이에는 패킷 분석 장비인

스니퍼 장비가 연결되어 있다. IGP(Interior Gateway Protocol)프로토콜로는 OSPF(Open Shortest Path First)가 설정되어 있으며, 백본 장비는 BGP(Border Gateway Protocol)도 설정되어 있다. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 PIM-SM(Protocol Independent Multicast-Sparse Mode)이 설정되어 있으며, 멀티캐스트 Join을 위해 IGMP(Internet Group Management Protocol)v2를 설정하고, 스위치에는 Multicast 그룹에 참여한 호스트에게만 트래픽을 포워딩하기 위해 IGMP snooping 프로토콜을 활성화 하였다. 그림 4는 NR방식으로 IPTV 품질 측정을 위한 시험환경 구성도이다. Service Provider 기능은 방송/VoD 서비스를 위한 서버와 미들웨어 서버

로 구성되며, 방송/VoD서버는 MPEG-2 TS, MPEG-4 (H.264), VC1, CBR&VBR, SDTV(Standard Definition Television), HDTV(High Definition Television)의 미디어 포맷을 지원한다. 시험을 위한 채널은 SD급 MPEG-2 8개 채널(228.0.1.1 ~ 228.0.1.8)과 H.264 2개 채널(228.0.1.9 ~ 228.0.1.10) 그리고 VoD 4편으로 구성하였다. Network Provider 기능은 C3550스위치에 100Mbps로 연결된 방송/VoD 서버와 미들웨어 서버로 구성되며, C3550스witch는 C12404 라우터와 1Gbps로 연결된다. C12404라우터는 PIM-SM의 RP(Rendezvous Point)로 설정되어 10개 방송 채널의 트래픽 전송에 사용되며, Flow 처리 라우터인 S240과 주니퍼 M10i는 액세스 장비인 C7200라우터와 1Gbps로 연결되어 백본 도메인 영역을 담당하며, Delay, Jitter, Drop등이 가능한 Impairment 장비, N2X로 구성되어 있다. 가입자망은 L2 스위치에 셋탑박스, 영상 품질 측정 장비(Q-Probe)가 연결되어 IPTV 품질을 측정한다. IGP 프로토콜로는 OSPF가 설정되어 있으며, 백본 장비는 BGP 프로토콜도 설정되어 있다. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 PIM-SM이 설정되어 있으며, 멀티캐스트 Join을 위해 IGMPv2를 설정하고, 스위치에는 IGMP snooping 프로토콜을 활성화 하였다.

상용 네트워크와 유사한 시험 네트워크 환경을 위해 네트워크 부하 장비인 N2X에서 시험망에 발생하는 유해 트래픽의 종류와 라우팅 테이블은 표 1과 같다.

표 1. N2X 장비 트래픽 및 라우팅 설정
Table 1. The N2X equipment traffic and routing setting up.

방향	Protocol	Rate (%)	Size (Byte)	모드
하향	IP	5	Random	Constant
	TCP	5	Random	Burst
	RTP	5	1374	Constant
	IGMP	-	-	10개 Join
상향	IP	15	Random	Constant
	TCP	15	Random	Burst
	RTP	15	1374	Constant
라우팅 테이블	OSPF	5,000 개		
	BGP	10,000 개		

3.2 가입자 단말

가입자들이 IP 기반 서비스를 제공받기 위해서는 IP 셋탑 박스나 PC가 필요하다. FR 측정 방식은 N2X 장

표 2. 셋탑박스 사양(NR 시험 환경)
Table 2. Settop box specification(NR test environment).

항목	세부내용
CPU	MIPS 300MHz
메모리	Flash : 32MB, SDRAM : 128MB
음성코덱	MP3, MPEG-2 Layer I, II, AAC, AC-3, WMA9, Dolby digital, DTS
영상 코덱	MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 part2, ASP@L5, H.264, WMV9 MP@HL
프로토콜	TCP/IP, UDP, HTTP, FTP, NTP, NFS, IGMP, RTP/RTCP, RSTP, SNMP v2

비가 가입자의 기능을 수행하며, NR 측정 방식에서는 가입자들에게 SD급 방송 출력이 가능한 Linux 기반의 IP 셋탑박스를 시험용으로 사용하였으며, 세부내용은 표 2에 언급하였다^[10].

3.3 실험 동영상

표 3은 FR 시험 환경에서 사용하는 동영상으로 N2X에서 제공하는 52종의 동영상 중 NTSC 표준을 지원하며, 현재 서비스 중인 IPTV 영상과 유사한 타입의 동영상을 선택하였다. 표 4는 NR 시험 환경에서 사용하는 동영상으로 MPEG-2 인코딩 영상 8종과 H.264 인코딩 영상 2종이 MPEG-2 TS UDP(User Datagram Protocol) 기반으로 송출 되는 10개의 방송 채널에 대해 동영상의 복잡도가 높고, H.264로 인코딩 된 스포츠 영

표 3. FR 동영상 특징
Table 3. FR moving picture feature.

항목	내용(Value)
Video (SD, NTSC)	720x480
Frame Rate	29.97
Bit rate	2.19
영상압축 코덱	H.264
영상압축 코덱	MP2Audio

표 4. NR 동영상 특징
Table 4. NR moving picture feature.

항목	내용(Value)
Video (SD, NTSC)	720x576
Frame Rate	25.000
Bit rate	2.15
영상압축 코덱	H.264
영상압축 코덱	MP2Audio

상(축구)을 시험 동영상으로 사용하였다.

3.4 시험방법

N2X 및 방송/VoD 서버는 스트리밍 멀티캐스트 방송으로 시험영상을 전송하며, 객관적인 화질평가 방법인 Full Reference 와 No Reference 방법으로, Delay/Jitter/Drop에 대해 3~10분의 실험기간 동안 1초의 샘플링 간격으로 DF:MLR, Vfactor를 측정하였다. 또한 스니퍼 장비를 이용하여 실시간 트래픽 분석 및 모니터링을 하였다. 시험을 위한 네트워크는 일반적인 인터넷 망을 가정하였으므로 QoS 보장을 위한 기능을 적용하지 않은 상태에서 실험을 진행 하였다.

IV. IPTV 품질 측정 및 결과 분석

시험을 위해 N2X장비, 방송/VoD/미들웨어 서버, 네트워크 장비, 네트워크 부하 장비, Impairment장비, 셋탑박스, TV 등으로 구성된 테스트베드의 초기 동작이 정상임을 확인한 후 DF:MLR, Vfactor 및 체감 품질인 QoE 측정 시험을 진행한다. DF:MLR, Vfactor 및 체감 품질인 QoE 측정을 위해서는, 표 1에서 제시한 트래픽과 라우팅 테이블을 네트워크 부하발생 장비를 이용하여 네트워크의 장비에 인가한 후, Impairment 장비에서 네트워크 품질에 많은 영향을 주는 Delay, Jitter, Drop을 삽입 한 후 품질을 측정하였다. 시험에 사용한 IPTV 전송 패킷은 MPEG-2 TS 스트림을 UDP에 실어서 전송하며, 한 개의 이더넷 프레임에 188byte 스트림 7개가 삽입되어 1362byte로 전송된다. Jitter 측정을 위한 Impairment 장비의 파라미터는 표 5와 같다.

표 5. Impairment 장비 Jitter 설정 값
Table 5. Impairment equipment Jitter set value.

순번	Delay (ms)	Jitter Parameters	
		Select	Delay
J1	10	100 in 1000 Pkts	Min 5ms, Max 50ms
J2	10	500 in 1000 Pkts	Min 5ms, Max 50ms
J3	10	1000 in 1000 Pkts	Min 5ms, Max 50ms
J4	100	100 in 1000 Pkts	Min 5ms, Max 100ms
J5	100	500 in 1000 Pkts	Min 5ms, Max 100ms
J6	100	1000 in 1000 Pkts	Min 5ms, Max 100ms

4.1 FR 시험 결과

Jitter를 표 5와 같이 변화 시키면서 DF와 LR을 측정

하였지만 IPTV 품질에는 큰 영향을 주지 않는다는 것을 그림 5,6을 통해서 알 수 있다. Jitter가 IPTV 품질에 미치는 영향이 적은 이유는 N2X 장비 버퍼의 영향으로 판단 할 수 있다. Drop 율은 0.001%에서 3%까지 변화 하면서 DF와 LR을 측정 하였다. 일반적으로 이더넷 패킷 1개의 Drop은 MPEG-2 TS 7개가 Loss되므로 IPTV 품질에 가장 민감하게 적용된다. 그림 7,8을 통하여 DF와 LR이 증가 하기 시작하는 0.04%에서는 영상이 멈칫하거나 떨리는 현상이 발생하여 Full Reference 방식의 임계치로 판단된다.

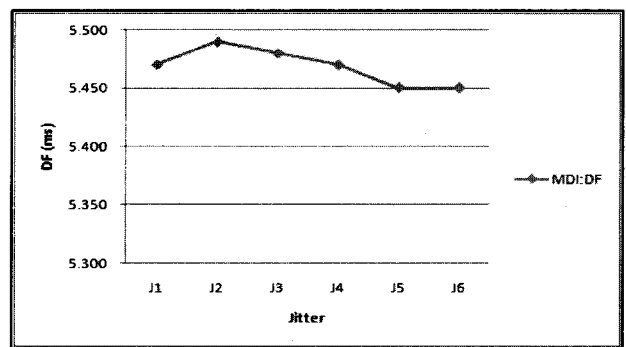


그림 5. Jitter 변화에 따른 MDI:DF 측정 결과
Fig. 5. The MDI:DF measurement result according to the Jitter change.

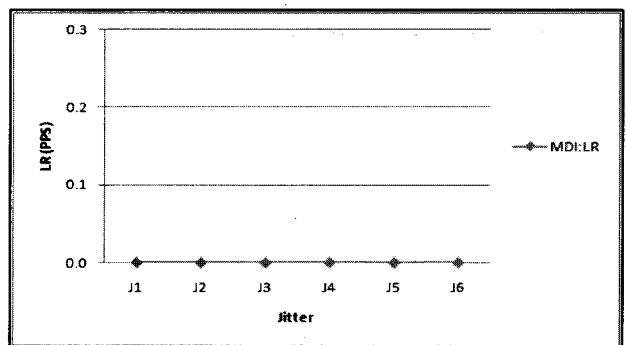


그림 6. Jitter 변화에 따른 MDI:LR 측정 결과
Fig. 6. The MDI:LR measurement result according to the Jitter change.

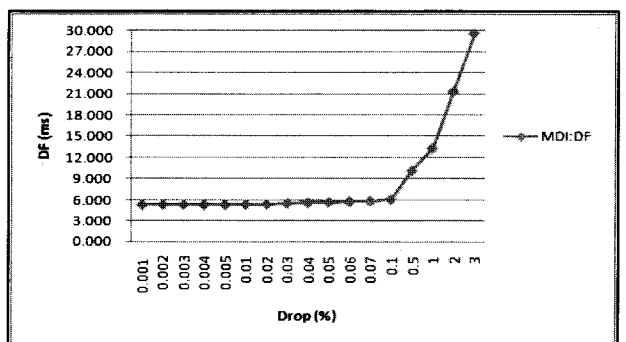


그림 7. Drop 변화에 따른 MDI:DF 측정 결과
Fig. 7. The MDI:DF measurement result according to the Drop change.

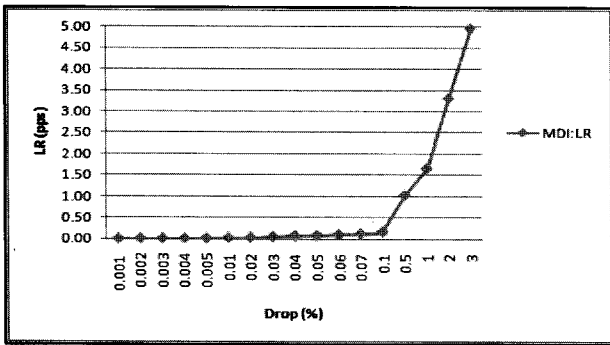


그림 8. Drop 변화에 따른 MDI:LR 측정 결과
Fig. 8. The MDI:LR measurement result according to the Drop change.

4.2 NR 시험 결과

Delay는 0~2000ms까지 증가 시키면서 Vfactor를 측정 하였으며, Jitter는 표 5와 같이 변화 시키면서 측정 하였다. FR 측정에서와 같이 Delay(그림 9)와 Jitter(그림 10)는 IPTV 품질에 큰 영향을 주지 않으며, IPTV 품질에 미치는 영향이 적은 이유는 셋탑박스 버퍼의 영향으로 판단 되어 진다. 또한 현재 고도화로 구축된 네트워크 환경에서 2000ms이상의 Delay는 발생하지 않을 것으로 예측된다.

Drop 율은 0.001%에서 10%까지 변화 시키면서 Vfactor를 측정 하였다. 예상대로 IPTV 품질에 가장 많은 영향을 주는 요소로 나타났다. 실제 0.06%의 Drop에서 Vfactor 값이 현저하게 떨어지기 시작하지만 그 이하인 0.03%에서도 영상이 순간적으로 떨리는 현상이 발생되므로 NR방식에서 임계치라고 할 수 있다. 또한 0.1%의 Drop이 발생하면 아주 심하게 영상이 끊어지는 것을 볼 수 있었으며, 이런 현상이 주기적으로 발생 되었다. 2%~10%의 Drop이 발생하면 영상이 1~2초 정도 끊어지며, TV 출력 화면의 1/3이 완전히 찌그러지

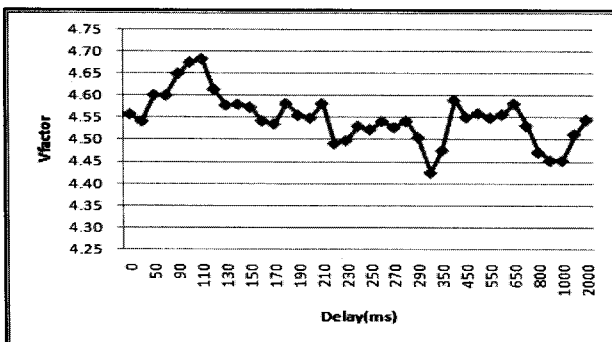


그림 9. Delay 변화에 따른 Vfactor 측정 결과
Fig. 9. The Vfactor measurement result according to the Delay change.

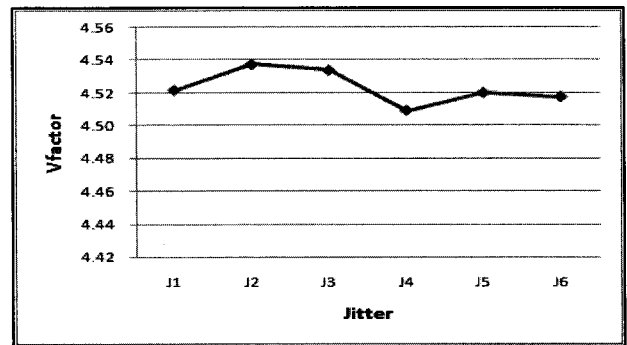


그림 10. Jitter 변화에 따른 Vfactor 측정 결과
Fig. 10. The vfactor measurement result according to the Delay change.

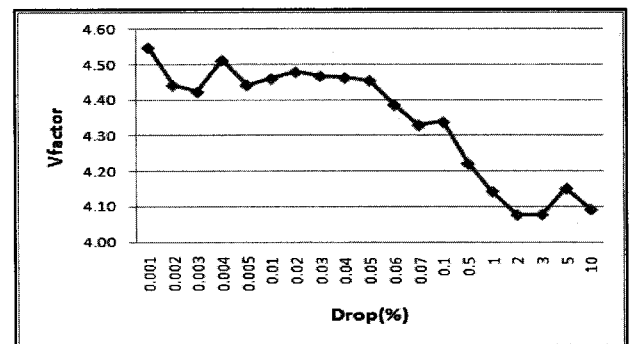


그림 11. Drop 변화에 따른 Vfactor 측정 결과
Fig. 11. The Vfactor measurement result according to the Drop change.

는 현상도 발생되었으며, 심한 경우에는 셋탑박스가 다운되는 현상도 발생하였다.

V. 결 론

IPTV 실험환경을 구축하여 SD급 영상(H.264) 데이터를 MPEG-2 TS 멀티캐스트 방송 스트림으로 전송하며, 전송 중 네트워크 파라미터에 따른 IPTV 품질 변화를 측정하여, IPTV품질의 임계치를 도출 하였다. 실험결과를 바탕으로 IPTV 품질에 가장 많은 영향을 주는 요소로는 Drop, Jitter, Delay 순으로 나타났다. 수신된 영상에서 품질의 저하 없이 원영상과 동일한 품질을 보장하기 위해서는 FR 측정 값이 6:0.08(DF:MLR) 이하로 유지되어야 하며, NR 측정 값은 4.40(Vfactor) 이상으로 유지되어야 한다. 상기 측정값을 기준으로 임계치를 초과할 경우 가입자의 눈으로 영상의 왜곡이 인식되어 IPTV 시청이 불편하고 불만사항이 증가 할 수 있음을 알 수 있었다.

실험결과 Jitter와 Delay가 품질에 미치는 영향이 적은 이유는 셋탑박스과 N2X장비 버퍼의 영향으로 판단

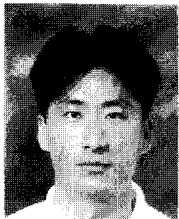
할 수 있다. 버퍼크기의 확장으로 Jitter에 강한 특성을 나타낼 수는 있으나, 점차 강화되는 실시간성의 서비스에 대해서는 부정적인 영향을 미치게 된다. 따라서 방송 서비스의 특성에 따라 효과적이고 능동적인 버퍼 크기 제어 기법에 대한 연구가 계속 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 임화섭, 강민구, “방송통신융합과 IPTV기술 동향”, *인터넷정보학회지*, 제8권 제1호, 2007.
 [2] ITU-T IPTV Focus Group, April, 2006.
 [3] S. Han, S. Lisle, and G. Nehib, “IPTV over P2P Streaming Networks: The Mesh-Pull Approach”, *IEEE Communications Magazine*, February, 2008.
 [4] X. Hei, Y. Liu, and K. W. Ross, “IPTV Transport

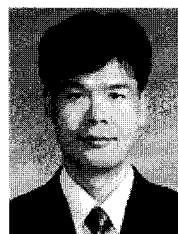
Architecture Alternatives and Economic Considerations”, *IEEE Communications Magazine*, February, 2008.
 [5] A. Takahashi, D. Hands, and V. Barriac, “Standardization Activities in the ITU for a QoE Assessment of IPTV”, *IEEE Communications Magazine*, February, 2008.
 [6] ITU-T Y.1540, “Internet protocol data communication service - IP packet transfer and availability performance parameters”, 2002.12
 [7] 이재희외 6인, “IPTV 영상품질평가에 대한 연구”, 전파연구소, 동서울대학, 2007.11
 [8] RFC 4445, “Mdeia Delivery Index”, 2006.4
 [9] ETSI TR 101 290, “Digital Video Broadcasting(DVB); Measurement guidelines for DVB systems”, 2001.5
 [10] 권정국, 유제훈, 김봉태, 박찬관, 이상호, “FTTH 광인터넷에서 IPTV 체감품질 개선”, *정보과학회논문지*, 정보통신 제34권 제6호, 2007.12

저 자 소 개



이 재 정(정회원)
 2003년 한밭대학교 전자공학과 학사
 2007년 공주대학교 정보통신공학과 석사과정.
 1993년~현재 한국전자통신연구원 연구원

<주관심분야 : 통신, 시스템 시험/검증(네트워크 장비)>



남 기 동(정회원)
 1990년 인하대학교 전자계산학과 학사
 1992년 인하대학교 전자계산공학과 석사
 2001년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원

<주관심분야 : 통신, BcN, 유무선 네트워크, 시험/검증>



김 창 봉(평생회원)
 1983년 고려대학교 전자공학과 학사
 1988년 Florida Tech 대학 전자공학과 석사
 1992년 Texas A&M 대학 전자공학과 박사

1993년~현재 공주대학교 정보통신공학과 교수
 <주관심분야 : 광통신망, 광전송>