

# IPTV 서비스의 체감품질 보장과 모니터링

이철희 | 이상욱 | 이종화  
연세대학교

## 요 약

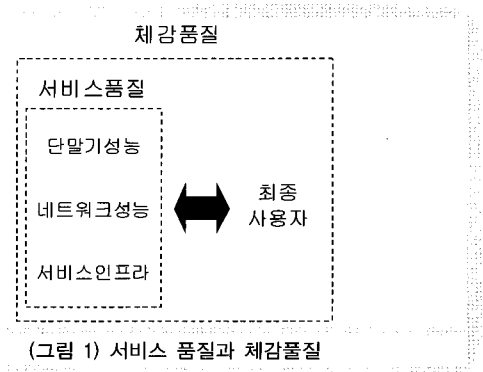
네트워크 및 전송기술의 발달로 통신망을 이용하여 IPTV와 같은 서비스를 제공하는 것이 가능하게 되었다. IPTV는 기존 방송과 달리 IP 망을 통해 데이터의 송수신이 이루어지므로, 전송에러가 발생할 수 있으며, 이 경우 패킷의 손실 및 지연 등의 이유로 열화가 발생하게 된다. 이러한 열화는 사용자의 체감품질에 영향을 미쳐 IPTV 서비스에 대한 사용자의 신뢰도를 저하 시킨다. 본 논문에서는 IPTV 서비스에서 체감 품질 보장 및 품질 모니터링에 관한 IPTV 국제 표준화 동향 및 규정을 소개하고, IPTV 사용자의 체감 품질을 보장하기 위한 방법을 고찰한다.

## 1. 서 론

IPTV(Internet Protocol Television)는 일종의 통신망인 IP 망을 이용하여 정보 서비스, 멀티미디어 콘텐츠 및 방송 등을 텔레비전 수상기로 제공한다. 통신망을 사용함으로써 양방향 데이터 서비스가 가능하게 되고 이를 통하여 대화형(interactive) 콘텐츠를 제공하는 것이 가능하다. 방송과 통신의 융합서비스로 각광받는 IPTV 서비스는 유럽, 일본, 홍콩 등의 일부 국가에서 상용화 되었지만, 국내를 포함하여 전 세계적으로 아직은 초기 단계이다. 그러나 향후 IPTV의 성장 가능성과 파급효과는 매우 크다고 할 수 있다[1]. 이에 따라 전세계적으로 IPTV와 관련된 많은 연구들을 진행 중이

며, ITU-T에서는 국제 표준화를 위하여 IPTV GSI(Global Standards Initiative)가 진행되고 있다[2-5]. 기존 방송과 달리 IPTV는 통신망을 공유하여 서비스를 제공하므로 서비스 품질에 문제가 발생할 수 있다. 따라서 성능규격 및 품질 모니터링은 IPTV에서 매우 중요한 문제로 초기부터 연구되어 왔고 이에 관한 표준이 개발되고 있다. 구체적으로는 IPTV GSI의 전신이었던 IPTV 포커스그룹의 연구결과로 IPTV 방송의 체감 품질을 보장하기 위한 표준[2] 및 성능감시[4]에 대한 방법 등에 대한 표준이 진행되고 있다.

IP 망을 통해 제공되는 IPTV 서비스에서 네트워크 부하로 인한 열화의 발생을 제어하는 것은 IPTV 서비스에서 중요한 문제이다. 네트워크 상의 과도한 트래픽의 발생은 패킷 손실(packet loss)과 패킷 지연(packet delay) 현상을 초래하며, 이는 IPTV 사용자들에게 체감 품질 열화를 초래하게 된다. 본 논문에서는 IPTV 서비스의 사용자들이 고품질의 콘텐츠를 제공 받을 수 있도록 하는 IPTV의 품질 요구 사항 및 관련 기술을 검토하고 이에 대한 세부 방법을 고찰한다.



## II. 체감품질(QoE)

### II-1. 체감품질(QoE)의 정의

체감 품질(QoE; Quality of Experience)이란 “서비스를 제공받은 최종사용자가 주관적으로 판단하는 총체적인 서비스의 질”을 의미한다. 즉 체감품질은 (그림 1)과 같이 종단(end to end) 시스템에 포함되는 터미널, 네트워크, 서비스 인프라 구조 등에 영향을 받는 서비스 품질(QoS) 모두를 포함하는 개념이며, 사용자의 경험이나 환경에 영향을 받을 수 있다[2, 5].

기존의 방송에서는 서비스 품질에 변동이 거의 발생하지 않으나, IPTV는 대역폭을 공유하는 네트워크 망을 이용하여 방송이 제공되고, 기본적으로 콘텐츠가 대화형 통신을 통하여 제공됨으로 서비스의 품질이 가변적이다.

또한 동일한 전송에러에 대해서도 품질저하의 정도는 큰 차이를 보일 수 있다. 이러한 의미에서 IPTV서비스에서 객관적인 지표로 표현될 수 있는 QoS와 감정, 체험 등의 평가자의 인지 요소를 포함하는 총체적 체감품질을 보장하는 서비스를 제공하는 것이 필요하다[6].

### II-2. 체감품질(QoE)의 중요 요소

기존의 방송에서는 대역폭을 독점적으로 사용하여 모든 채널과 데이터가 최종 단말기에 제공된다. 이에 비하여 IPTV는 공유 통신망을 사용하고 사용자가 원하는 서비스를 요청하여 제공받는 형태로 운영된다.

양방향 통신망을 사용함으로써 다양한 서비스 제공이 가능하나 새로운 문제가 발생하여 사용자의 체감품질을 저하시킬 수 있다. 따라서 IPTV 사업자는 주관적 품질에 영향을 미치는 요인들을 고려하여 보편적 다수의 사용자가 만족할 수 있는 품질을 제공해야 한다. QoE에 영향을 미치는 요소로 미디어 품질(media quality), 대화형 콘트롤(interactive control) 기능, 반응성 (responsiveness), 사용성 (availability), 콘텐츠 품질 (content quality) 등이 있다[13].

〈표 1〉은 체감 품질에 영향을 주는 주요 요인과 그 예시를 보여준다. 이와 같은 요인들을 고려하여 사용자에게 만족도가 높은 IPTV서비스를 제공하도록 체감 품질에 관한 표준이 개발되고 있다[2].

〈표 1〉 QoE에 영향을 주는 요인

요 인	예 시
미디어 품질	최소의 비트율, 최대 패킷 손실(packet loss)
대화형 콘트롤	채널 변경 시간
보안성	콘텐츠의 저작권보호, 사용자의 인증
사용성	사용자 인터페이스, EPG
콘텐츠 품질	비디오, 오디오

현재IPTV 서비스는 초기 단계이므로 안정된 서비스를 제공하기 위한 많은 연구가 진행되어야 할 것이다. 이를 위해 NGN과 같은 품질을 보장할 수 있는 네트워크의 확장이 필요하고 품질을 보장할 수 있는 전송기술개발이 요구된다[7]. 그러나 통신망을 사용하는 IPTV의 특성상 완벽한 품질 보장을 불가능하며, 이러한 경우를 대비하여 IPTV서비스를 모니터링 하는 방법도 요구된다.

체감 품질에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 비디오와 오디오 품질을 들 수 있다. 특히 비디오 화질의 경우HDTV 방송 등의 고용량의 데이터로 인하여 전송오류에 가장 큰 영향을 받게 된다. 따라서 화질의 모니터링은 IPTV에서 중요한 문제의 하나로 부각되고 있다.

### II-3. 체감 화질 측정

일반적으로 체감 화질은 통제된 환경에서 주관적 평가 방법에 따라 측정된다[8]. 다수의 평가자들을 대상으로 주관적 평가를 시행하여 얻은 MOS(Mean Opinion Score) 혹은 DMOS(Differential MOS) 값으로 체감 화질을 수치화할 수 있다. 그러나 화질을 측정하기 위하여 원하는 시점마다 주관적 평가를 통해 MOS혹은 DMOS값을 얻기에는 경제적, 시간적으로 많은 비용이 발생한다. 따라서 주관적 MOS 혹은 DMOS값을 대체할 수 있는 경제적이고 신뢰성 있는 객관적 평가 방법이 요구된다. 객관적 화질평가 방법은 오래 전부터 ITU-T SG9, ITU-R SG6Q, VQEG 등을 중심으로 연구되어 왔다.

SDTV 화질을 평가하는 객관적 화질 평가법은 2004년 국제 표준으로 제정되었고[9-10], 2008년 5월에는 멀티미디어 영상에 대한 객관적 화질 평가법 (전기준법, 감소기준법)이 국제표준으로 승인되었다[11-12]. 이와 같은 객관적 화질평가 표준들은 IPTV 서비스를 평가하기 위한 모니터링 도구로 활용될 수 있다.

〈표 2〉 품질 구성 요소

품 질	영향 요소
비디오/오디오	압축코덱, 비트율, 동기화
네트워크 전송	손실(loss), 지터(jitter), 지연(delay),
제어기능	인터넷 관리 그룹 프로토콜 지연, 버퍼링(buffering) 지연, 복호화(decoding) 지연

### III. IPTV 서비스 품질 보장을 위한 요구사항[2]

〈표 2〉는 IPTV 서비스를 구성하고 있는 여러 품질항목에 영향을 미치는 요소를 보여준다[2]. 이러한 사항들은 QoE에 주된 영향을 미치는 요인들이며, 이외에도 웹 브라우저 요구사항과 문자 및 그래픽 등에 대한 사항이 포함된다[2, 14].

#### III-1. 비디오 및 오디오에 관한 요구사항

대역폭이 한정된 IP 망을 통해 데이터를 전송하는 IPTV 서비스에서 원본 데이터의 압축은 필수적이다. 그러나 압축 과정에서 발생하는 비디오와 오디오 콘텐츠의 열화는 IPTV 사용자의 체감품질에 결정적 영향을 미치게 된다. 현재 개발되고 있는 IPTV 표준에서는 사용자에게 만족스러운 체감 품질을 제공하기 위해서 〈표 3〉과 같은 최소 압축 비트율을 권고하고 있다[2].

〈표 3〉 IPTV의 코덱과 최소 비트율

	코덱	SD급 콘텐츠 최소 비트율	HD급 콘텐츠 최소 비트율
비디오	MPEG-2 (MP@ML)	1.5Mbps CBR	15Mbps CBR
	MPEG-4 AVC(Main profile at Level 3.0)	1.75Mbps CBR	10Mbps CBR
	SMPTE VC-1	1.75Mbps CBR	10Mbps CBR
오디오	MPEG Layer II	128kbps (stereo)	128kbps (stereo)
	Dolby Digital (AC-3)	384kbps/128kbps (dolby 5.1/stereo)	384kbps/128kbps (dolby 5.1/stereo)
	AAC	96kbps (stereo)	96kbps (stereo)
	MP3 (MPEG-1, Layer 3)	128kbps (stereo)	128kbps (stereo)

IPTV에서는 SD 와 HD 비디오가 고려되고 있다. 일반적으로 SD급의 영상은 4:3 의 화면 비율과 720x480 혹은 720x576의 해상도를 갖고, 프레임율은 29.97fps 혹은 25fps 을 지원한다[15]. HD급의 영상은 16:9의 화면 비율을 가지며, 해상도는 1280x720에 초당 50,59,94,60의 프레임율을 가지는 progressive 영상 혹은 1920x1080의 해상도에 초당 29.97,30의 프레임율을 가지는 interlaced 영상 등이 고려되고 있다[16].

IPTV에 사용되는 오디오는 3차원 음향 효과를 위해 멀티 채널을 지원 하며, 다중 언어기능도 포함할 수 있다. 오디오 채널은 스테레오 채널과 5.1채널을 사용할 것을 권고한다 [2]. 오디오 데이터의 sampling rate는 〈표 4〉와 같다[2, 17].

오디오/비디오 동기는 체감품질에서 매우 중요한 항목이다. 이를 위해 비디오와 오디오의 동기화에 관한 요구사항은 〈표 5〉와 같다[2].

〈표 4〉 오디오 형식에 따른 Sampling rate

오디오 종류	Sampling rate
Dolby	48 kHz
MP3	16kHz to 44.1kHz
DVB source audio	32kHz,44.1kHz or 48kHz

〈표 5〉 오디오-비디오 동기 요구 사항

오디오 비디오 동기	Audio Lead Video	Audio Lag Video
	최대 15 ms	최대 45 ms

#### III-2. 네트워크 요구사항

일반적으로 네트워크 전송 과정에서는 손실(loss), 지연(latency), 지터(jitter)와 같은 전송오류가 발생한다[19]. 이와 같은 열화는 사용자의 체감품질 열화를 초래하게 된다. 따라서 IP망을 통해 콘텐츠가 송출될 때, 전송오류에 의한 체감품질 열화를 제어하기 위하여, 네트워크 상에서의 최대 지연 시간, 최대 지터 시간, 싱글 에러의 최대 시간 등의 요구 사항을 권고하고 있다[2]. 네트워크 전송과정에서 발생하는 열화는 체감 품질에 상당한 영향을 미치므로 네트워크 전송과 관련된 연구가 진행되고 있다. 예로 IPTV 네트워크 상에서 콘텐츠의 단방향성 압축방식의 개선을 위한 연구[20] 및 IPTV-P2P 서비스의 품질을 개선 시키기 위한 알고리즘 개발 연구[21] 등을 들 수 있다.

### III-3. 제어기능에 관한 요구사항

제어기능에 관한 주요 요구사항은 채널 변경 시간(channel zapping time)에 대한 요구사항과 VoD Trick Mode에 대한 요구사항으로 요약될 수 있다[2]. ITU-T IPTV-GSI에서는 채널 변경시간에 대한 구체적인 수치를 제시하지 않고 더 연구해야 할 과제로 남겨두고 있다. 그에 따라 채널 변경 시간을 짧게 하기 위해 circular buffer를 사용하고, FEC (forward error correction)와 automatic repeat request를 사용하여 패킷 손실(packet loss)에 의한 열화를 사용자가 인지하지 못하도록 하는 연구가 진행되고 있다[2].

또한 SFCS (synchronization frames for channel switching) 알고리즘을 사용하여 대역사용효율을 높이고, 채널 변경시간을 효율적으로 관리할 수 있도록 하는 방법이 제시되었다 [23].

VoD (video on demand) trick mode에 관한 요구사항에서는 IPTV에서 VoD 서비스를 제공할 때, VCR과 같은 재생 (play), 멈춤(stop), 되감기(rewind), 일시 정지(pause), 빠른 재생(FFW)과 같은 기능을 지원 할 수 있도록 권고하고 있다 [2].

## IV. 성능 모니터링

성능 모니터링(performance monitoring)은 서비스품질(QoS)과 체감품질(QoE)의 보장을 위해 종단에서 종단까지(end to end)의 성능 이상 유무를 감시하는 것을 의미한다. IPTV 서비스 전달 과정은 (그림 2)와 같이 5개의 도메인(domain)으로 구분될 수 있다[4]. 5개의 도메인 중 “도메인 A”는 콘텐츠 제공 영역, “도메인 B”는 서비스 제공영역으로 콘텐츠를 압축하고 변환시킨다.”도메인 C”는 네트워크 관리 영역 중 IP핵심 네트워크 부분이며, “도메인 D”는 같은 영역의 IP 접속망 부분이다. 마지막 도메인은 최종단으로써 사용자가 서비스를 제공받는 영역이다.

### IV-1. 모니터링 지점

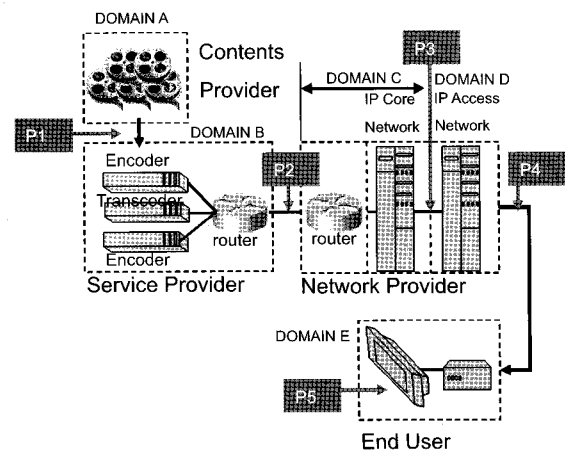
각 도메인 경계에 있는 모니터링 지점의 목적은 지점의 특성과 역할에 따라 다르다. “모니터링지점1”은 콘텐츠 제공

지점과 IPTV 서비스 제공자 사이에 위치하며, 원본 비디오 및 오디오의 품질과 메타 데이터를 검증한다. “모니터링 지점 2”는 네트워크를 통해 송출되는 원본 비트스트림 품질을 감시한다. IP 핵심망과 IP접속망 경계에 위치한 “모니터링 지점 3”은 네트워크 및 네트워크 성능과 같은 네트워크 관련 품질모니터링을 수행하며, “모니터링 지점 4”에서는 사용자의 셋탑 박스의 도달하는 비트 스트림, 즉 오디오, 비디오 스트리밍의 품질을 감시한다. 마지막 “모니터링 지점5”는 품질체감에 관한 모니터링으로써, 서비스를 제공받는 사용자가 체험하는 품질을 감시한다.

### IV-2. 성능 모니터링 방법

네트워크의 성능을 모니터링 하는 방법은 능동적 모니터링(active monitoring)방법과 수동적 모니터링(passive monitoring)방법으로 나뉘어 진다. 능동적 모니터링 방법은 임의로 측정 패킷(probe packet)을 네트워크에 송출함으로, 네트워크상의 대역폭, 병목지점, 손실, 지연과 같은 네트워크 상황을 감시한다. 수동적 모니터링 방법은 실제의 네트워크 상황에서 패킷들의 품질을 측정함으로, 최종 사용자들이 사용하는 실제적인 서비스 품질을 감시한다[24].

성능 모니터링의 궁극적인 목적은 네트워크 혹은 여러 하드웨어의 품질을 감시하여 이를 근거로 서비스를 최적화하여 사용자들에게 높은 수준의 체감품질을 보장하는 것이다 [25]. 사용자가 느끼는 체감품질 중에서 비디오와 오디오의



(그림 2) 5곳의 도메인과 모니터링 지점들[4]

품질은 IPTV의 핵심적인 요인이며, 본 논문에서는 이러한 두 가지 요인의 구체적인 품질 모니터링 방법을 고찰한다.

### IV-3. 비디오/오디오 품질 모니터링

비디오 및 오디오 품질은 객관적 평가법과 주관적 평가법으로 측정된다. 실제 사용자들이 느끼는 체감품질을 측정하기 위해서는 주관적 평가를 시행하여야 하며, 평가와 관련한 다양한 표준이 개발되었다[8, 26-29]. 그러나 주관적 평가법은 실시간 수행이 불가능하고 고비용이 발생한다. 이를 대체할 수 있는 객관적 평가 방법에 대한 연구와 표준화가 진행되고 있다[9-12, 33]. <표 6>은 객관적 화질평가에 관한 표준을 보여준다.

ITU-R에서는 객관적 음질 평가법으로 PAQM(perceptual audio quality measure)을 국제 표준으로 채택하였다[30]. PAQM 방법은 basic 모드와 advanced 모드를 지원하고 있으며, basic 모드에서는 푸리에 변환을 기반으로 11개의 음질 측정 요소를 찾아내고, advanced 모드에서는 5개의 음질 측정 요소를 얻기 위하여 푸리에 변환과 필터뱅크를 사용한다. 그러나 PAQM 방법은 다양하고 광범위한 압축률로 부호화된 오디오 데이터의 음질 측정법으로 부적절한 것으로 보고되었다[31].

따라서 다양한 압축률을 지닌 오디오 데이터의 품질을 측

<표 6> 객관적 평가법의 평가기준

ITU 표준	방식	입력	완료시기
J.144	전기준법 (SDTV)	원동영상, 수신동영상	2004
J.mmvofr	전기준법 (QCIF,CIF,VGA)	원동영상, 수신동영상	2008
J.mm-redref	감소기준법 (QCIF,CIF,VGA)	특징데이터, 수신동영상	2008
J.mm-nodref	무기준법 (QCIF,CIF,VGA)	수신동영상	2009
J.redref	감소기준법 (SDTV)	특징데이터, 수신동영상	2008
J.vqhdv	FR,RR,NR (HDTV)	원동영상, 특징데이터, 수신동영상	2009
J.bitvqm	하이브리드	원동영상, 특징데이터, 수신동영상, 비트스트림 데이터	2009
P.NAMS, PNBAMS	파라미터 방식	비트스트림 데이터 헤더 정보, 수신동영상	2009

정할 수 있는 오디오 모니터링 방법에 관한 연구가 요구된다[31]. 이와 더불어 IPTV 시스템의 오디오는 다채널 기능을 요구하고 있으므로, 멀티 채널 오디오 품질에 대한 객관적 평가 방법을 활용하여 IPTV오디오 품질 모니터링 방법에 적용하는 것이 필요하다[32].

ITU에서는 객관적 비디오 품질 측정 방법을 개발하여 표준으로 제정하고 있다. ITU에서 2004년 전기준 객관적 TV 화질 측정법을 표준으로 승인하였다[9-10]. 이 표준에는 총 4개의 객관적 화질 평가 방법이 포함되어 있으며, <표 7>은 각 방법의 중요한 특징을 보여준다.

<표 7> TV 전기준법 객관적 화질 평가 국제표준

Model	특징
Model A (Annexe A)	공간주파수, YUV성분 PSNR, Edge detection, Texture 분석
Model B (Annexe B)	경계영역PSNR, Fast wavelete domain Registration
Model C (Annexe C)	Region segmentation, plane, edge, texture 영역의 열화 측정
Model D (Annexe D)	Spatial Gradients, Chrominance information, Contrast information, ATI, Cross product of contrast and ATI

또한 2008년 5월에 ITU-T는 멀티미디어 객관적 화질 측정법의 표준안을 확정 하였다[11-12]. 현재 객관적 화질 평가 측정과 관련하여 SDTV의 감소기준법, HDTV의 객관적 화질 평가 방법에 대한 표준이 진행되고 있다[33]. 이와 같은 객관적 화질평가 방법은 IPTV의 화질을 모니터링 하는데 적용될 수 있다.

ITU 표준 이외에도 객관적 화질평가 측정을 위해 많은 방법들이 제시되었다[36-44]. 웨이블릿(wavelet) 영역에서 비디오 화질 열화를 수치화하는 방법[36]과 화질에 영향을 미치는 블로킹(blocking)과 블러링(blurring) 현상을 수치화 하여 화질을 평가하는 방법[37, 38], 그리고 기준 영상과 처리 영상과의 상관도를 이용한 방법[39, 40]은 전기준법을 기반으로 한 객관적 평가 방법들이다.

감소기준법과 무기준법[41, 42], 그리고 전송 패킷을 분석하여 화질을 측정하는 방법[43, 44]은 활용면에서 IPTV 화질 모니터링에 더욱 적합하나, 아직 전기준법의 성능에 미치지 못하고 있어 지속적인 연구가 필요하다.

## V. 결 론

방송통신 산업은 네트워크 기반의 IPTV 등장으로 큰 변화를 맞이하고 있다. IPTV는 통신과 방송의 결합을 통하여 많은 부가 서비스를 제공하는 것이 가능하지만, 통신망의 일종인 IP 망을 통하여 서비스를 제공하므로 트래픽 증가로 인한 데이터의 손실이 발생하여 체감 품질의 저하를 초래할 수 있다. IPTV의 성공적인 서비스를 위해서는 사용자 체감 품질이 보장되어야 한다. 이를 위해 트래픽 관리, 전송 오류 처리, 품질 모니터링에 관한 기술이 개발되어야 할 것으로 전망된다.



- [1] 김대건, "통방 융합서비스(IPTV)국내외 현황", 한국통신학회지, 제 24권 제2호, 03, 2007.
- [2] ITU-T IPTV-GSI TD 42, Draft Recommendation G.IPTV-QoE: *Quality of experience requirements for IPTV services*, Jan. 2008.
- [3] ITU-T IPTV-GSI TD 43, Draft Recommendation X.iptvsec-1: *IPTV security aspect*, Jan. 2008.
- [4] ITU-T IPTV-GSI TD 45, Draft Recommendation G.IPTV-PMP: *Performance monitoring for IPTV*, Jan. 2008.
- [5] ITU-T Recommendation P.10/G.100 Amd 1, New Appendix I, *Definition of Quality of Experience (QoE)*, 2007.
- [6] K. Kerpez, "IPTV Service assurance," *IEEE communication Magazine*, vol. 44, no. 9, pp. 166-172, Sep. 2006
- [7] ITU-T SG11 TD 681, FG-IPTV deliverable: *Traffic management mechanisms for the support of IPTV*, Jan. 2008.
- [8] ITU-R Recommendation ITU-R BT.500, *Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures*, 2003.
- [9] ITU-T Recommendation J.144, *Objective perceptual video quality measurement techniques for digital cable television in the presence of a full reference*, 2004.
- [10] ITU-R Recommendation ITU-R BT.1683, *Objective perceptual video quality measurement techniques for standard definition digital broadcast television in the presence of a full reference*, 2004.
- [11] ITU-T SG9 TD861R1, Draft of new ITU-T Recommendation J.mmm-redref: *Perceptual visual quality measurement techniques for multimedia services over digital cable television networks in the presence of a reduced bandwidth reference*, May. 2008.
- [12] ITU-T SG9 TD 831R1, Draft New Recommendation J.mmmvofr, "Objective perceptual multimedia video quality measurement in the presence of a full reference," May. 2008.
- [13] M. N. Zapter, G. Bressan, "A Proposed Approach for Quality of Experience Assurance for IPTV", *Proceedings of the First International Conference on the Digital Society(ICDS' 07)*, pp. 25-30, Jan. 2007.
- [14] ITU-T Recommendation F.700, *Framework Recommendation for multimedia services*, 2000.
- [15] ITU-R Recommendation ITU-R BT.601-6, *Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide-screen 16:9 aspect ratio*, 2007.
- [16] SMPTE274M, *1920 x 1080 Image Sample Structure, Digital Representation and Digital Timing Reference Sequences for Multiple Picture Rates*, 2008.
- [17] ETSI TR 101 154 V1.4.1, *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for the use of MPEG-2 Systems, Video and Audio in satellite, cable and terrestrial broadcasting application*, 2000.
- [18] ITU-R Recommendation ITU-R BT.1359, *Relative timing of sound and vision for broadcasting*, 1998.
- [19] ITU-T Recommendation Y.1541, *Network Performance Objectives for IP-based Services*, 2005.
- [20] B. Oh, Y. Bae, K. Moon, K. J. Yoo, "Efficient

- Retransmission Architecture of Digital Broadcast Services over IPTV Networks,” *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 54, no. 1, pp. 65-70, Feb. 2008.
- [21] S. Han, S. Lisle, and G. Nehib, “IPTV Transport Architecture Alternatives and Economic Considerations,” *IEEE Communication Magazine*, vol. 46, no. 2, pp. 70-77, Feb. 2008.
- [22] N. Degrande, K. Laevens, and D. D. Vleeschauer, “Increasing the User Perceived Quality for IPTV Services,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, no. 2, pp. 94-100, Feb. 2008.
- [23] U. Jennehag, T. Zhang and S. Pettersson, “Improving Transmission Efficiency in H.264 Based IPTV Systems,” *IEEE Transaction on broadcasting*, vol. 53, no. 1, Mar. 2007.
- [24] ITU-T SG13 TD 178, Draft Recommendation Y.mpm, *Management of performance measurement for NGN*, Apr. 2007.
- [25] A. Takahashi, D. Hands, V. Barriac, “Standardization Activities in the ITU for a QoE Assessment of IPTV,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, no. 2, pp. 78-84, Feb. 2008.
- [26] ITU-T Recommendation P.910, *Subjective video quality assessment methods for multimedia applications*, 1999.
- [27] ITU-R Recommendation ITU-R BS.562, *Subjective assessment of sound quality*, 1990.
- [28] ITU-R Recommendation ITU-R BT.710, *Subjective assessment for image quality in high-definition television*, 1997
- [29] ITU-R Recommendation ITU-R BS.1116, *Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multichannel sound systems*, 1994.
- [30] ITU-R Recommendation ITU-R BS.1387, *Method for objective measurements of perceived audio quality*, 1998.
- [31] D. C. Charles, D. K. Kumer, V. Pahul, “An Objective Metric of Human Subjective Audio Quality Optimized for a Wide Range of Audio Fidelities,” *IEEE Transaction on audio, speech and language processing*, vol. 16, no. 1, pp. 129-136, Jan, 2008.
- [32] S. George, S. Zielinski, F. Rumsey, “Feature extraction for the prediction of multichannel spatial audio fidelity,” *IEEE Transaction on audio, speech and language processing*, vol. 14, no. 6, pp 1994-2005, Nov. 2006.
- [33] VQEG (Video Quality Experts Group), <http://www.its.bldrdoc.gov/vqeg/>
- [34] ITU-T Recommendation J.242, *A method to reconstruct the received video sequence seen at the receiver using transmission error information to monitor the perceptual video quality at the receiver in digital cable television and video telephony*, 2006.
- [35] ITU-R Recommendation ITU-R BS.1789, *A method to reconstruct received video using transmission error information for packet video transmission*, 2007.
- [36] C. Lee, O. Kwon, “Objective measurements of video quality using the wavelet transform,” *Optical Engineering*, vol. 42, no. 1, pp. 265-272, Jan. 2003.
- [37] M. H. Pinson, S. Wolf, “A new standardized method for objectively measuring video quality,” *IEEE Transaction on Broadcasting*, vol. 50, no. 3, pp. 312-322, Sep. 2004.
- [38] C. Lee, S. Cho, J. Choe, T. Jeong, W. Ahn, E. Lee, “Objective video quality assessment,” *Optical Engineering*, vol. 45, no. 1, pp. 017004-1-11, Jan. 2006.
- [39] W. Zhou, L. Ligang, and A. C. Bovik, “Video quality assessment based on structural distortion measurement,” *Signal Processing: Image Communication*, vol. 19, No. 2, pp. 121-132, Feb. 2004.
- [40] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, E. P. Simoncelli, “Image Quality Assessment: From Error Measurement to Structural Similarity,” *IEEE Transaction on Image Processing*, vol. 13, no. 4, pp. 600-612, Apr. 2004.
- [41] F. Yang, S. Wan, Y. Chang, H. R. Wu, “A novel objective no-reference metric for digital video quality assessment,” *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 12, no. 10, pp. 685-688, Oct. 2005.

- [42] P. le Callet, C. Viard-gaudin, S. Pechard, E. Caillault, "No reference and reduced reference video quality metrics for end to end QoS monitoring," *IEICE Transaction on Communications*, vol. 89, no. 2, pp. 289-296, Feb. 2006.
- [43] A. R. Reibman, V. A. Vaishampayan, Y. Sermadevi, "Quality monitoring of video over a packet network," *IEEE Transaction on Multimedia*, vol. 6, no. 2, pp. 327-334, Apr. 2004.
- [44] J. Choe, C. Lee, "Estimation of the peak signal-to-noise ratio for compressed video based on generalized Gaussian modeling," *Optical Engineering*, vol. 46, no. 10, no. 107401-1-9, Oct. 2007.

약 력



이철희

1984년 서울대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 1986년 서울대학교 전자공학과 졸업(석사)  
 1986년~1987년 Technical University of Denmark(DTH), Denmark  
 1992년 Purdue University, Electrical Engineering(박사)  
 1993년~1996년 National Institutes of Health, Maryland USA  
 현재 연세대학교 전기전자공학부 교수  
 관심분야: 영상신호처리, 비디오 화질평가



이상욱

2004년 연세대학교 전기전자공학과 학사  
 2008년 연세대학교 전기전자공학과 석사  
 2006년~ 현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정  
 관심분야: 영상신호처리, 객관적 화질 메트릭



이종화

2005년 연세대학교 전기전자공학과 학사  
 2006년~ 현재 연세대학교 전기전자공학과 통합과정  
 관심분야: 영상신호처리, 패턴 인식, 비디오화질평가

