
유럽형 디지털 영상품질 표준 측정규격 ETSI TR 101 209을 이용한 IPTV 영상품질 평가에 관한 연구

이재희*, 서창진**

The Study on the Video Quality Estimation of IPTV using the European Digital Video Quality Standard Estimate method ETSI TR 101 209

Lee Jea Hee* and Seo Chang Jin**

요 약 본 논문에서는 IPTV 멀티캐스팅 서비스에서 네트워크 부하증가에 따른 영상품질을 평가하기 위해 유럽형 디지털 영상품질 표준 측정규격인 ETSI(European Telecommunication Standard Institute) TR 101 209을 이용하여 실험 측정된 결과를 제출하였다. 실험결과를 통해 IPTV에서의 영상품질과 ETSI TR 101 209 측정방식과는 밀접한 상관관계가 있음을 증명하였고 기존의 영상품질 평가방식에서 알 수 없었던 요소를 정확하게 평가할 수 있음을 증명하였다.

주제어 : IPTV, 멀티캐스팅 서비스, QoS, 영상품질, ETSI TR 101 209

Abstract In this paper, researching for the video quality estimation of IPTV in the situation that increase the broadcasting network traffic on the IPTV multicasting service using the ETSI TR 101 209 that is the European digital video quality standard estimating method and present the experiment result. Proving that the intimate relation is between IPTV video quality and ETSI TR 101 209 estimation, also ETSI TR 101 209 can detect the video quality factors which can't be detected by the exist video estimation methods

Key Words : IPTV, Multicasting Service, QoS, Video Quality Estimation, ETST TR 101 209

1. 서론

1.1 IPTV 영상품질 평가방법의 동향

IPTV 사업에 있어 방송을 통해서 제공되는 영상의 품질은 사용자들이 IPTV 서비스를 사용할 것인지를 결정하는데 있어 가장 큰 요소가 된다. 따라서 다른 네트워크 서비스들 보다 더욱 확실한 영상품질 관리를 필요로 하게 된다. 현재 다양한 전문 기관들이 진행하고 있는 디지털 방송과 관련된 영상품질 평가 방법들에 대한 연구가 진행되고 있다[1].

디지털 방송은 IP 기반의 네트워크를 통해서 최종 사용자에게 전달되므로 가장 간단한 방송 영상품질 평가 방법으로 기존의 IP 네트워크의 성능 평가 방법을 적용할 수 있다. 기존의 IP 네트워크 평가 방법을 이용하여

디지털 영상을 전송하기위한 패킷 전달 성능에 대한 QoS를 보장함으로써 디지털 방송의 영상품질을 간접적으로 보장할 수 있다. 하지만 디지털 영상 시스템의 구성에 따라 기존의 데이터 통신과는 다른 여러 요소들로 인해서 IP 네트워크 품질 평가 방법만으로는 정확한 디지털 방송의 영상품질 평가가 불가능하다. 예를 들어, 디지털 영상을 전송하기 위해서 일련의 패킷 스트림을 구성하게 되는데, 이 스트림의 구성요소 중 일부가 누락 될 경우 좋은 품질의 영상을 재생하기 어렵다. 따라서 국제 표준화 기구에서는 디지털 영상 또는 IPTV 만을 위한 영상품질 평가 방법을 만들어 가고 있다. 표준화가 진행되고 있는 영상 품질 평가 방법으로는 기존의 IP 네트워크의 품질 평가 방법과 현재 논의되고 있는 디지털 영상에 대한 영상품질 평가 방법, 그리고 IPTV를 위한 평가 방

*동서대학교, **성덕대학교

논문접수: 2012년 5월 23일, 2차 수정을 거쳐, 심사완료: 2012년 7월 10일

법 등이 있다.

IP 네트워크를 위한 품질 평가 방법으로는 IETF(Internet Engineering Task Force) IPPM(Internet Protocol Performance Metrics) 워킹그룹에서 제시한 방법과 ITU-T(International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector)에서 제시하고 있는 방법이 있다. 디지털 영상을 위한 영상품질 평가 방법으로는 ETSI에서 제시한 방법이 있다. IPTV를 위한 평가 방법으로는 QoSMetrics사에서 제안한 NR 방식으로 Video MOS에 해당하는 값으로 MPQM(Moving Picture Quality Metrics) 모델 기반으로 측정하는 V-Factor가 있다[2][3].

1.2 ETSI의 측정지표 기준

ETSI(European Telecommunications Standards Institute)는 디지털 방송을 위한 성능 지표 측정 기준을 ETSI TR 101 290에서 제시하고 있다. 이 기준에서는 MPEG-2 TS(Transport Stream) 시스템을 이용하여 디지털 영상을 IP망으로 전송했을 때, 서비스의 품질을 측정할 수 있는 여러 성능 지표들을 제시하였다. 또한, 제시된 여러 지표들을 활용하여 서비스 망의 상태를 파악할 수 있는 망 성능 판단 함수도 제시하고 있다[4].

ETSI TR 101 209 측정 지침에서는 측정해야할 여러 지표들을 크게 1순위, 2순위, 3순위 등의 세 가지 등급으로 분류하였다. 1 순위 등급의 지표들은 수신된 MPEG-2 TS 패킷들을 이용하여 영상을 디코딩 할 수 있는지를 판단하는데 사용할 수 있는 지표들이다. 기본적으로 반드시 모니터링 되어야 하며 적정 수준으로 유지될 수 있도록 항상 관리를 해주어야 한다. 2 순위 등급의 지표들은 지속적으로 모니터링 할 수도 있고 주기적으로 할 수도 있는 지표들의 집합이다. PCR(Program Clock Reference) 값과 관련된 지표가 대부분이다. 3 순위 등급의 지표들은 응용에 따라서 모니터링 할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있는 지표들이다. 본 논문에서는 ETSI TR 101 209 측정 지표 중 영상품질에 직접적인 영향을 주는 1, 2 순위등급에 대해서만 측정 평가하였다.

1.3 PCR(Program Clock Reference) 관련 측정 지표

ETSI TR101 290의 1, 2순위 측정지표 중에서 영상 품질에 가장 많이 영향을 주는 PCR 관련지표에 대한 정의

는 다음과 같다.

1.3.1 PCR Frequency Offset, PCR_FO

이론적인 27MHz의 시스템 주파수로 계산된 시간 값과 PCR 값을 이용하여 계산된 시간 값의 차이를 나타낸다. 측정된 주파수와 이론적인 주파수를 비교하여 그 값을 결정하며, 표준에서는 그 오차가 ±810 Hz (= 30 ppm)을 벗어나서는 안된다.

〈표 1〉 ETSI TR 101 290 1순위 지표

항목	내용
TS_sync_loss	MPEG2-TS 시스템에서 TS 패킷의 시작을 의미하는 sync_byte가 연속적으로 3개 이상 수신되지 않는 경우의 에러를 측정한다.
Sync_byte_error	sync_byte가 0x47로 명시되어 있지 않을 때 발생 하는 에러를 측정한다.
PAT_error	PAT(Program Association Table) 테이블에 정보를 찾을 수 없을 때 발생하는 에러를 측정한다.
Continuity_count_error	패킷의 순서가 잘 못된 경우, 패킷을 분실한 경우, 동일한 패킷을 중복 수신한 경우의 에러를 측정한다.
PMT_error	PMT(Program Map Table)에는 발생되는 에러를 측정한다.
PID_error	각 테이블에 기록된 PID가 5초를 넘지 않는 사용자가 임의로 정한 시간 이내에 수신되지 않는 경우의 에러를 측정한다.

〈표 2〉 ETSI TR 101 290 2순위 지표

항목	내용
Transport_error	TS 패킷의 Transport_error Flag에 존재하는 에러가 발생한 횟수를 기록한다.
CRC_error	TS 패킷의 CRC 검사가 실패한 경우의 빈도를 측정한다.
PCR_error	PCR_error는 크게 PCR_discontinuity_indicator_error와 PCR_repetition_error 두 에러의 합이다. PCR_repetition_error는 두 PCR 사이의 간격이 40ms를 넘어갈 경우를 측정한다.
PCR_accuracy_error	특정 프로그램에서 PCR_accuracy를 측정하였을 때, 오차가 [-500ns, +500ns]를 벗어나는 경우의 빈도를 측정한다.
CAT_error	PID가 0x0001인데 table_id가 0x01이 아닌 경우에 발생한다.

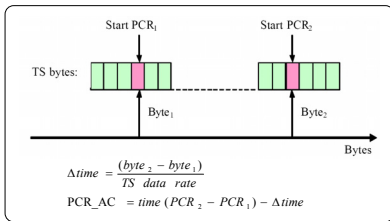
1.3.2 PCR Drift Rate, PCR_DR

System clock frequency 변화의 속도 또는 비율을 의

미한다. 표준에서는 27MHz 전체에 대해서 ± 75MHz를 벗어나지 않도록 규정하고 있다.

1.3.3 PCR Accuracy, PCR_AC

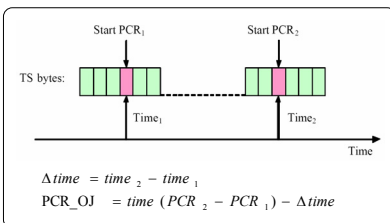
실제의 PCR을 통해서 계산된 시간 값과 TS(Transport Stream) 상에 나타나는 PCR 값의 byte index가 전송된 시간 사이의 차이를 계산한다. 실제 PCR을 통해 시간 값을 계산할 때 발생할 수 있는 정확도의 차이를 측정한다. Bit rate가 일정하지 않으면 이 값의 차이가 커질 수 있다. 표준에서는 ± 500ns 를 감내할 수 있는 오차로 규정하고 있다.



[그림 1] PCR accuracy 측정법

1.3.4 PCR Overall Jitter, PCR_OJ

PCR이 도착했어야 할 시간과 실제 PCR이 도착한 시간의 차이를 측정한다. 여기서 도착했어야 할 시간은 이전의 PCR 값(TS 패킷에 존재하는 PCR 필드가 아니라 실제 사용한 PCR)에 근거하여 계산한다. 표준에서는 ± 500ns 를 감내할 수 있는 오차로 규정하고 있다.



[그림 2] PCR Overall Jitter 측정법

2. IPTV 영상품질 측정 시험환경 구축

2.1 실험 영상데이터 특성

실험데이터는 지상파 SBS의 HD 방송중 영상의 변화가 가장 심한 댄스장면 중에서 가수 “아이비”의 댄스 장면을 TS로 녹화한 <표 3>과 같은 특징을 가지는 영상물

을 사용하였다. 멀티캐스트 스트림 방송 출력은 MPEG2 TS 기반의 UDP 프로토콜을 사용하였다.

<표 3> 실험 영상데이터의 규격

항 목	규 격
영상물 이름	IVY.trp
영상물 내용	가수 아이비의 댄스장면
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

2.2 실험 측정 항목

<표 3>의 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 측정요소, ETSI TR 101 209 측정요소이다. 각 측정요소의 항목과 의미는 다음 <표 4>와 같다.

<표 4> 실험측정 항목

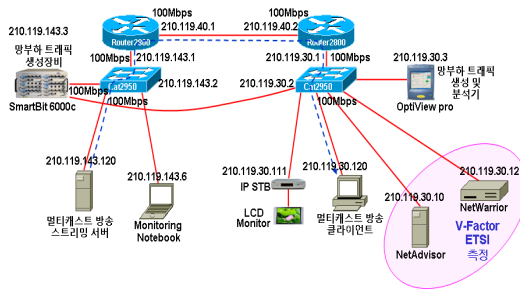
측정항목		의 미
ETSI	ETSI TR 101 209 1,2순 위 측정요소(14개)	각 측정요소의 의미는 표 1,2를 참조

2.3 실험 환경 구축

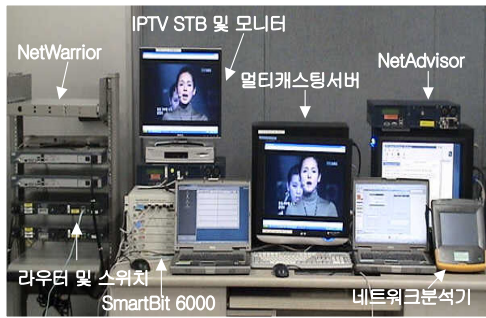
실험환경 구축은 그림<3, 4>와 같이 실험실 내에서 2대의 시스코 2800 라우터와 2대의 2950 스위치를 이용하여 모든 포트는 패스트 이더넷 100Mbps로 연결하였다. 백본 코어망 도메인에 해당하는 망 부하 생성장치(SmartBit 6000C), 멀티캐스트 방송 스트리밍 서버는 동일 스위치에 연결하고 라우터와 라우터는 100Mbps 패스트 이더넷 포트로 직접 연결한다. 가입자 연결망에 해당하는 스위치는 셋탑박스, 멀티캐스트 방송 수신 클라이언트 시스템, 스트림 방송 트래픽 측정 장비인 Netwarrior, 멀티캐스트 스트림 방송 분석 장비인 NetAdviser를 통하여 V-Factor와 ETSI를 측정하였다.

라우터 사이에는 라우팅 프로토콜은 OSPF로 설정이 되어 있고, 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 PIM-dense mode로 설정이 되어 있다. 멀티캐스트 Join을 위해 IGMPv3로 설정하고, 스위치에는 IGMP snooping 프로토콜이 활성화 하였다.

인 ISL, 802.1q를 지원하는 사용자 우선순위 802.1p에서의 CoS(Class of Service)을 적용하였다[5].본 실험에서는 CoS값을 0,1,2,5로 증가시켜 네트워크의 QoS를 강화해 가면서 네트워크 부하 트래픽 증가에 따른 영상 품질을 평가 하였다.



[그림 3] 실험실 망의 기본 구성도



[그림 4] 구축한 실험실 망

2.4 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 5>와 같다.

<표 5>에 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 서버모듈에 QoS를 적용하여 2계층 프레임

<표 5> 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	80.95	6.728	19.05
31	100	80.99	6.731	19.01
32	100	81.10	6.740	18.90
33	100	81.20	6.749	18.80
34	100	81.30	6.757	18.70
35	100	81.41	6.766	18.59
36	100	81.89	6.806	18.11
37	100	82.38	6.847	17.62
38	100	82.89	6.889	17.11

3. 실험수행 및 결과

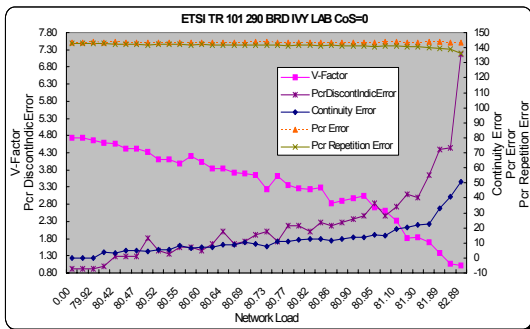
3.1 BRD IVY LAB CoS=0 측정평균

여기서 BRD(Broadcast)는 부하 트래픽 방식, IVY(오락댄스)는 영상이름, LAB은 영상품질 측정 실험장소, CoS는 QoS 보장을 위한 설정된 CoS 값을 의미한다.

서로 다른 측정 영역인 ETSI 관련 측정 파라미터와 V-Factor의 상관관계를 알아보기 위해 두 영역이

QoSmetrics 측정 장비에서 동시 측정된 값을 비교가 <그림 5>에 나타나 있다.

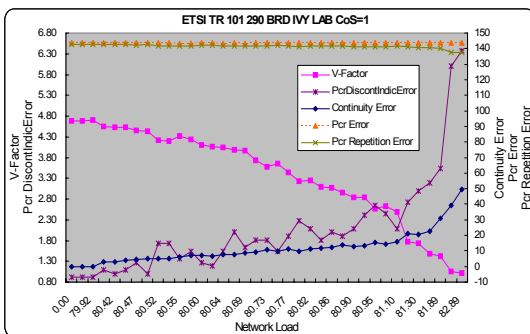
ETSI 관련하여 측정 중에 MPEG-2 TS 패킷의 Header 정보 필드의 손실 에러는 없음이 나타났고, TS의 순서 오류인 Continuity error는 V-Factor와 반비례하여 영상품질에 직접적인 영향을 주었다. PCR error는 네트워크 부하에 상관없이 일정하게 유지되었다. 실제 PCR error는 다음의 식에서처럼 $PCR\ error = PCR_repetition_error + PCR_discontinuity_indicator_error$ 의 의미를 가지는데, 둘 중에 $PCR_discontinuity_indicator\ error$ 는 V-Factor와 반비례로 증가함을 알 수 있다.



[그림 5] BRD IVY LAB CoS=0 ETSI TR와 V-Factor 비교

3.2 BRD IVY LAB CoS=1 측정평균

우선순위 값 CoS=1로 변경했을 경우도 Header 정보 필드의 손실 error는 없고, Continuity error로 나타나는 TS 순서 오류는 V-Factor와 반비례하여 영상품질에 직접적인 영향을 주고 있음을 <그림 6>에서 알 수 있다.

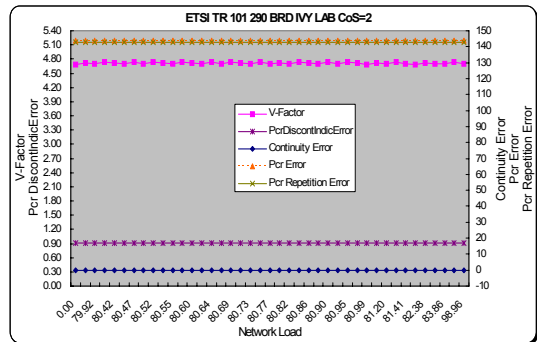


[그림 6] BRD IVY LAB CoS=1 ETSI TR & V-Factor 비교

PCR error는 네트워크 부하에 상관없이 일정하게 유지하지만 discontinuity에 관련하여 PCR interval에 100ms 이상 측정된 값은 V-Factor와 반비례 추세를 변화함으로 TS 간에 100ms 이상의 interval이 있을 경우 영상의 품질에 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

3.3 BRD IVY LAB CoS=2 측정평균

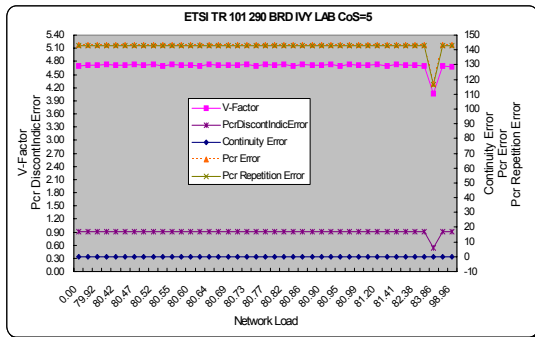
실험망에서 <그림 7>은 ETSI Header 정보 필드의 손실 error는 없고, 모든 측정구간에 Continuity error=0로 QoS를 보장한 경우 TS 패킷의 순서오류 없이 V-Factor 값이 4.7로 높게 측정되었다. TS PCR 패킷의 interval이 불연속(100ms 이상을 넘을 수도 있음)임을 나타내는 헤드의 indicator에 정보를 제공하지 않고, 비정상적으로 PCR이 늦어진 $PCR_discontinuity_indicator\ error$ 에 대하여, 단위 측정 구간 10초 간격에 TS packet 1개 이하 error 존재 시 V-Factor 영향은 거의 없음을 알 수 있다.



[그림 7] BRD IVY LAB CoS=2 ETSI TR & V-Factor 비교

3.4 BRD IVY LAB CoS=5 측정평균

<그림 8>은 Header 정보 필드의 PID/PTS error가 존재함을 알 수 있고 스트림 방송의 대역을 보장해주는 QoS 기술을 적용할 경우에도 전송구간에 발생하여 영상 품질을 직접적인 영향을 주는 TS 순서 오류가 없는 Continuity error=0 인 경우도 전송·수신단에서 발생하는 PID/PTS 에러 발생 시 영상품질에 치명적인 영향을 준다. PCR error는 PID/PTS error 존재 시 다른 측정 파라미터가 측정 되지 않아 다른 측정구간에 비해 낮게 143에서 117로 낮게 측정되었다.



[그림 8] BRD IVY LAB CoS=5 ETSI TR & V-Factor 비교

<그림 9> (a)를 PID/PTS 에러가 발생되기 전 정상적인 부분의 영상 프레임을 캡처한 것이고 <그림 9> (b)는 PID/PTS 에러가 발생하여 영상왜곡이 발생한 부분의 영상 프레임을 캡처한 것이다. PID/PTS 에러 즉, ETSI TR 101 209 측정요소에서 Header 정보필드의 에러는 영상품질에 직접적인 영향을 준다는 것을 본 논문의 실험을 통해 알 수 있었다.



(a) PID/PTS 에러가 발생되지 않은 영상 프레임 캡처



(b) PID/PTS 에러가 발생한 영상 프레임 캡처

[그림 9] PID/PTS 에러 관련 영상

4. 결론

ETSI TR 101 290 측정 요소 간에는 영상품질을 평가하는데 밀접한 상관관계가 존재한다는 것을 본 논문의 실험을 통해 증명하였고, V-Factor에서 볼 수 없는 에러 요소들을 ETSI TR 102 290 측정요소로 볼 수 있었다. 향후 IPTV 실시간 방송에서 영상품질의 정확한 평가를 수행하기 위해서 V-Factor와 더불어 ETSI TR 101 209 평가를 병행하여야 정확한 영상품질 평가가 수행될 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] 이재희, 이상하(2008), IPTV 영상품질 평가에 관한 연구, 한국통신학회, 제33권 제4호
- [2] ETSI TR 101 290 : Digital Video Broadcasting (2001). Measurement guidelines for DVB systems, V1.2.1
- [3] Froom, Richard, Sivasubramanian, (2007). "Building Cisco Multilayer Switched Networks (Bcmn) Authorized Self-study Guide", Macmillan Technical Pub
- [4] http://www.magellan-itea.org/docs/april/6-QoE_QoSmetrics_Magellan20060330.pdf, (2006)
- [5] http://advanced.comms.agilent.com/n2x/events/seminars/archives/2006iptv/Testing_IPTV_QoE.pdf.
- [6] ITU-T FG IPTV (2007). IPTV QoS/QoE Metrics. FG-IPTV Contribution, FG IPTV-C-0411,
- [7] Digital Video Boardcating (2001). Measurement guidelines for DVB systems. ESTI TR 101 290

이재희 (Lee Jea Hee)



- 1987년 2월 광운대학교 전자통신과 석사
- 2000년 2월 광운대학교 전자통신과 박사
- 1987년~1993년 국방과학연구소 C3I 사업본부 연구원
- 1993년~1999년 대덕대학 정보통신과 교수

- 1999년~현재 동서울대학 정보통신과 근무
- 관심분야 : Embedded System, Ubiquitous Network, Mobile IPTV, 영상신호처리
- e-mail : ljh7314@dsc.ac.kr

서 창 진(Seo Chang Jin)



- 2000년~현재 : 성덕대학교 교수
- 2003년 8월 부산대학교 멀티미디어 공학박사
- 1999년 2월 부산대학교 멀티미디어 이학석사
- 관심분야: Multimedia, E-Learning, Artificial Vision, SNS, Wi-Fi

· E-Mail: cjseo@sdac.ac.kr