





멀티미디어 방송 서비스를 위한 QoS/QoE 평가 기준 및 방법 연구





이 보고서는 2008년 방송통신위원회 조사연구지원사업의 연구 결과로서 보고서의 내용은 연구자의 견해이며, 방송통신위원회의 공식 입장과 다를 수 있습니다.

제 출 문

방송통신위원회 위원장 귀하

이 보고서를 방송통신위원회가 지원하여 수행한 '멀티미디어 방송 서비스를 위한 QoS/QoE 평가 기준 및 방법 연구'의 최종 보고서로 제출합니다.

2008년 12월

주관연구기관: 국민대학교

책 임 연 구 원 : 정경훈(국민대학교 전자공학과 부교수)

공동연구원: 강동욱(국민대학교 전자공학과 교수)

보조연구원: 임진영(국민대학교 전자공학과 석사과정)

임종민(국민대학교 전자공학과 석사과정)

장호석(국민대학교 전자공학과 석사과정)

목 차

요약

I 서 론
 1. 연구 배경 ······
2. 연구 방법
3. 추진계획 및 실적
가. 추진 계획
나. 추진 실적
II 멀티미디어 방송 서비스 품질
II
1. 멀티미디어 방송 서비스 품질의 열화요인
2. 방송영상 서비스 품질의 개념 구분1
III 멀티미디어 방송영상의 품질 평가
m 2 1 1 1 1 0 0 0 0 1 E 2 0 1
1. 멀티미디어 방송영상의 부호화 표준2
가. 동영상 부호화 알고리듬의 표준화 2
나. 멀티미디어 동영상 부호화의 기본 원리2
다. H.264/MPEG-4 AVC 멀티미디어 부호화 표준3
2 멀티미디어 방송영상의 VQ 평가 방법4
가. 멀티미디어 방송영상의 품질 열화 4
나. 주관적 영상 품질 측정방법5

다. 객관적 영상 품질 측정방법 5	57
라. 영상 품질 측정을 위한 VQEG 표준화 동향6	31
마. 동영상 영상 품질 측정을 위한 연구 동향	34
3. 멀티미디어 동영상의 QoS/QoE 요구사항	38
가. QoS/QoE 표준화 국외 동향6	38
나. 우리나라의 IPTV 서비스를 위한 QoE/QoS 구성요소	76
4. 멀티미디어 동영상의 품질평가 도구 7	7 <u>C</u>
가 V-Factor 및 MDI ······ 7	7 <u>C</u>
나. 업계 동향 8	32
IV IPTV 서비스와 영상 품질	
IN 시리트의 8.8 몸을	
1. IPTV 시스템 구성 ············· 9	91
2. 서비스 사업자 측면에서의 품질 영향 요소 ······ 9	92
가. 획득 영역 9	93
나. 콘텐트 처리 영역 ······) 5
다. 저장 영역10)1
라. 제어 영역 ····· 1C)2
3. 네트워크 사업자 측면에서의 품질 영향 요소 ······10)5
가. 분배 영역 ······ 1C)6
나. 네트워크 종단 및 접근 영역 ······10)7
4. 사용자 측면에서의 품질 영향 요소)6
5. IPTV 영상 품질 유지를 위한 고려사항	11
가. 서비스 사업자 측면에서의 고려사항	11
나. 네트워크 사업자 측면에서의 고려사항	13
다. 사용자 측면에서의 고려사항	15

V 방송서비스 품질 정책 제언 -IPTV 관점에서-

	1. IPTV 서비스 품질의 용어 체계 정립 ······	119
	2 동영상 품질 평가 방법에 대한 연구 개발	122
	3. IPTV 서비스 QoS/QoE 품질인증 제도 ······	125
	가. QoS 품질 기준	125
	나. QoE 품질기준	126
	4. IPTV 품질 측정 및 평가 시스템 구축 ······	128
i	VI 결론	
	참고문헌 ······	136
		100
	VI 부 록	
	부록 A. IPTV FG의 QoS/QoE Metrics ·······	120
	부록 B. ESTI의 우선순위 별 영상품질지표	142
	부록 C. KT의 QoE/QoE Indicator/QoS/NP 품질지표 정의	147
	부록 D. ISO/OSI 참조모델과 IPTV ······	151

표 목 차

<⊞	2-1>	KT의 IPTV 서비스 품질 용어 체계 및 정의	15
<⊞	3-1>	H.264 슬라이스 모드 ···································	37
<⊞	3-2>	H.264 확장 프로파일 ····································	43
<⊞	3-3>	상황에 따른 평가방법의 선택	52
<⊞	3-4>	TMForum의 IPTV 서비스 CQI와 KQI ···································	39
<⊞	3-5>	G.1010의 응용서비스별 품질기준	70
<⊞	3-6>	Y.1541의 네트워크 품질지표 ····································	71
<⊞	3-7>	IPTV FG의 QoS 및 QoE 품질지표 ·····	72
<⊞	3-8>	ITU-T의 QoE 요구사항 ······	73
<⊞	3-9>	ATIS의 QoS 품질지표	73
<⊞	3-9>	ATIS의 QoS 품질지표(계속) ······	74
<⊞	3-10	> DSL 포럼의 QoE 품질지표	75
<⊞	3-11	> ESTI의 트랜스포트 스트림 품질지표	76
<⊞	3-12	> BcN 서비스 품질지표	77
<⊞	3-13	> BcN 서비스 품질등급	77
<⊞	3-14	> 본원적 QoE 레벨별 품질요소	78
<⊞	3-15	> QoS 레벨 별 품질요소	78
<⊞	3-16	> NP 레벨 별 품질요소	78
<∏	3-17	> IPTV/ 포직측정 과려 언체 (3.3

그림목차

[그림 2-1] 품질에 영향을 미치는 요소
[그림 3-1] H.26x 및 MPEG 표준의 연도별 발전 내역25
[그림 3-2] 동영상 부호화 알고리듬 블록도27
[그림 3-3] 4:2:0 표본화 형식
[그림 3-4] 인접한 두 개의 프레임29
[그림 3-5] 움직임 예측의 결과인 차이영상 29
[그림 3-6] 움직임 추정과 탐색범위 30
[그림 3-7] 프레임의 부호화 및 복호화 순서
[그림 3-8] 8×8 DCT 변환의 기저 패턴
[그림 3-9] 영상의 웨이블릿 분해 과정 33
[그림 3-10] H.264 부호화기 구성도 ···································
[그림 3-11] H.264 복호화기 구성도 ···································
[그림 3-12] H.264의 프로파일 ····································
[그림 3-13] 4×4 프레임내 예측 모드 ······· 38
[그림 3-14] 16×16 프레임내 예측 모드 ······· 38
[그림 3-15] 차이 영상의 분할 39
[그림 3-16] 슬라이스를 사용한 스위칭41
[그림 3-17] SP 슬라이스를 사용한 스위칭 ······· 42
[그림 3-18] SP 슬라이스를 사용한 빨리감기 ······ 42
[그림 3-19] 블록형 잡음45
[그림 3-20] 기저 패턴 현상45
[그림 3-21] 뭉개짐 잡음 현상
[그림 3-22] 색상번짐 현상46
[그림 3-23] 계단형 잡음 현상47
[그림 3-24] 물결형 떨림 현상47
[그림 3-25] 거짓 윤곽선 현상

[그림 3-26] 거짓 에지의 발생
[그림 3-27] 움직임 불일치의 발생 49
[그림 3-28] 주관적 화질 평가 환경 51
[그림 3-29] DSIS 평가 시스템의 구성도53
[그림 3-30] DSIS 프레젠테이션 방법 ······ 54
[그림 3-31] DSCQS 평가 시스템의 구성도 55
[그림 3-32] DSCQS 프레젠테이션 방법 ······ 56
[그림 3-33] DSCQS 평가 등급 56
[그림 3-34] PSNR은 동일하나 인지적 화질이 차이나는 두 영상 ······ 58
[그림 3-35] 인간시각특성의 모델링 과정
[그림 3-36] 동영상의 객관적 품질평가 시스템60
[그림 3-37] V-Factor의 평가 방법 80
[그림 3-38] 지터 존재 여부에 따른 수신 패킷 81
[그림 3-39] MLR에 따른 화면손상 비교 (a) MLR=0, (b) MLR>0 ······ 82
[그림 3-40] Agilent Technology의 J6900A 82
[그림 3-41] IneoQuest의 Singulus G1-T 85
[그림 3-42] Symmetricom의 Q-probe 86
[그림 3-43] Tektronix의 PQM300 87
[그림 4-1] IPTV 시스템의 구성 ······ 91
[그림 4-2] IPTV 서비스 사업자의 영역 구분 ····· 93
[그림 4-3] xDSL 환경에서 MPEG-2와 MPEG-4 AVC 비교 97
[그림 4-4] CBR 부호화와 VBR 부호화 ····· 98
[그림 4-5] CF-CBR을 사용한 콘텐트 다중화 ····· 99
[그림 4-6] IPTV 네트워크 사업자 및 사용자 영역 ······ 106
[그림 4-7] 분배 네트워크의 구성 107
[그림 4-8] 동영상 패킷 손실의 영향 108
[그림 4-9] IPTV 세트탑박스의 구조 ······ 110
[그림 5-1] IPTV 시스템의 품질 측정 및 평가 위치 ···································

요 약 문

1. 연구과제명

멀티미디어 방송 서비스를 위한 QoS/QoE 평가 기준 및 방법 연구

2. 연구배경 및 연구방법

가. 연구 배경

IPTV로 대표되는 방송통신 융합형 서비스가 등장하면서 네트워크를 통해 전송되는 멀티미디어 서비스의 상용화 및 활성화를 위해서는 서비스 품질과 관련된 요소들을 명확하게 정의하고 이를 측정하고 평가하는 기술의 중요성이 강조되고 있다. 직접적으로는 서비스 품질에 문제가 발생한 경우 이의 원인을 파악하고 대처하기 위해서 필요하며, 비즈니스 측면에서도 IPTV 서비스 사업자, 네트워크 사업자, 그리고 최종 이용자 사이에서 제공되는 서비스 품질이 SLA (Service Level Agreement)에 의해서 정해진 수준을 만족하는 지에 대한 평가결과가 모니터링될 필요가 있다.

방송 영상에 대한 품질 즉 VQ(Video Quality)에 대해서는 ITU VQEG(Video Quality Expert Group)을 중심으로 이의 평가 방법에 대한 표준화 작업 및 연구가 진행중이며, 서비스의 품질인 QoS(Quality of Service) 및 QoE(Quality of Experience)에 관해서도 ITU, DSL 포럼, AITS 등 다양한 기관에서 품질 평가의 기준과 방법을 개발하고 있는 상황이다. 우리나라에서도 IPTV를 비롯한 멀티미디어 방송서비스의 활성화를 위해 방송 영상의 품질 및 서비스 품질에 대해 객관적이고 합리적으로 측정하고 평가하는 기술 기준의 마련이 요구된다.

나. 연구방법

본 연구에서는 연구 내용을 방송영상에 대한 '품질평가 기준', '품질평가 방법', '관련 동향 파악'으로 구분하여 연구를 수행하고 조사 연구의 결과를 바탕으로 IPTV 품질평가 관련 정책 제언을 하고자 한다. 이를 위한 구체적인 연구

2 • 멀티미디어 방송 서비스를 위한 QoS/QoE 평가 기준 및 방법 연구

방법은 다음과 같다.

- 관련 도서 분석을 통한 품질 평가를 위한 기술적 요소 검토
- 표준 문서 분석을 통한 표준화 동향 파악
- 관련 학회, 세미나, 워크샵 참석을 통한 업계 동향 파악 및 자료 수집
- 프로젝트 세미나의 정기적 개최

3. 연구 수행 내용

가. 멀티미디어 서비스 품질

방송영상의 서비스 품질을 화면의 질, 해상도, 색감 등 비디오 콘텐트 자체와 관련된 영상 품질인 VQ(Video Quality), 주로 네트워크를 통해 전송되는 과정과 관련된 영상 품질인 V-QoS(Video Quality of Service), 그리고 최종 사용자가 총체적으로 경험하는 서비스 품질인 QoE(Quality of Experience)로 구분하고 각 품질에 영향을 미치는 다양한 관련 요소들을 살펴보았다.

나. 멀티미디어 방송영상의 품질 평가

방송영상 서비스를 위해 필수적으로 요구되는 멀티미디어의 부호화 표준을 조사 분석하였다. 방송에서 왜 멀티미디어 부호화가 필요한지 이 때 고려해야할 사항들은 어떤 항목들이 있는 지 살펴본 후 멀티미디어 동영상의 부호화의 기본원리를 분석하였다. 그리고 최신 국제 표준인 H.264/MPEG-4 AVC에 대해서 자세히 정리하였다.

멀티미디어 동영상에 대한 VQ 평가 방법의 최근 연구개발 현황 분석은 블록화 현상, 기저패턴 현상, 뭉개짐 현상 등 방송영상의 품질 열화를 12 가지의 유형으로 분류하여 그 특징들을 정리하는 것으로 시작하였고, 이어서 주관적 영상 품질 평가 방법으로는 DSIS(Double Stimulus Impairment Scale), DSQS (Double Stimulus Quality Scale), SSCQE(Single Stimulus Continuous Quality Evaluation) 등을 객관적인 평가방법으로는 화소 기반 화질 측정 방법, HVS (Human Visual System) 기반 접근 방법, 공학적 접근 방법 등의 원리를 정리하였다. 그런 다음에 영상 품질 측정을 위한 VQEG 표준화 동향을 살펴보고

공학적 화질 평가 방식을 원본 영상의 존재여부에 따라 FR(Full-reference), RR(Reduced-reference), NR(No-reference) 방법으로 나누어 최신의 연구 동향을 조사하였다.

이와 더불어 앞으로의 멀티미디어 동영상 서비스에 대한 QoS 및 QoE 요구 사항에 대한 ITU-T, ATIS(Alliance for Telecommunications Industry Solutions), DSL(Digital Subscriber Line) 포럼, ESTI(European Telecommunication Standards Institute) 등 국제 표준화 동향과 IPTV 서비스를 위한 우리나라 기간통신사업 자의 QoS/QoE 요구 사항에 대한 그간의 연구결과 발표 자료를 검토하였다.

마지막으로는 멀티미디어 동영상 품질 평가를 위해 제안되었던 도구들을 조 사하였으며, 이와 더불어 새로운 도구 개발을 위한 업계의 최근 동향을 분석하 였다.

다. IPTV 서비스와 영상 품질

멀티미디어 방송영상 서비스의 구체적인 응용분야로서 IPTV 환경을 고려하였다. IPTV 서비스의 영상 품질을 결정하는 요소들을 서비스 사업자와 네트워크 사업자, 그리고 사용자 측면에서 각각 조사 분석하였다. 이때 서비스 사업자측면에서의 품질 영향 요소를 획득 영역, 콘텐트 처리 영역, 저장 영역, 제어영역으로 나누어 분석하였고, 네트워크 사업자 측면에서의 품질 영향 요소는 분배영역, 네트워크 종단 및 접근 영역으로 나누어 분석하였다.

그리고 영상 품질 결정 요소의 분석을 바탕으로 IPTV 영상 품질 유지를 위한 여러 고려사항들을 조사 분석하였다. 이 분석도 서비스 사업자와 네트워크 사업자, 그리고 사용자 측면으로 분류하여 행하였다. 서비스 사업자 측면에서의 고려사항은 콘텐트의 획득과정과 형식, IPTV 서비스의 구성, 그리고 동영상 부호화 시의 고려사항을 조사 분석하였으며, 네트워크 사업자 측면에서의 고려사항은 네트워크 설계와 시험평가 및 측정에 대한 고려사항을 조사 분석하였다.

라. IPTV 관점에서 방송서비스 품질 정책 제언

IPTV 서비스의 품질 평가와 관련하여 정책적으로 고려해야 할 사항을 정리하였다. 우선 현재 표준화 기관 및 업계마다 용어체계에 대한 접근 방향 및 정

4 • 멀티미디어 방송 서비스를 위한 QoS/QoE 평가 기준 및 방법 연구

의가 달라서 발생하는 불필요한 혼동을 줄이기 위해서 IPTV 서비스 품질에 대한 용어체계를 정립해야 할 필요성을 제기하였다. 또한 동영상의 품질에 대해인간의 시각 특성을 반영하면서도 객관적으로 평가하는 방법의 개발이 요구되며 이를 위한 연구 지원이 필요하다는 점을 언급하였다. 그리고 서비스 품질지표와 품질 기준을 정리하여 IPTV 서비스 품질과 관련된 인증제도의 실시와함께 이의 시험 평가를 위한 테스트 베드 구축의 타당성 검토가 바람직하다는제안을 하였다. 마지막으로 IPTV 전체 시스템의 중요한 여러 위치에서 품질측정 및 평가 시스템 구축해야 함을 지적하였다.

5. 기대효과 및 활용방안

본 연구의 결과는 멀티미디어 방송 서비스 품질 평가의 기준 및 방법에 대한 동향 및 최신 연구결과 분석한 것으로써 IPTV 등의 멀티미디어 방송영상 서비스에서 요구되는 SLA 기준 마련을 위한 기본자료 및 관련 정책자료로 활용될수 있으리라 기대된다.

PART

___ 서 론

Ⅰ. 서 론

1. 연구 배경

방송과 통신의 융합현상이 진행됨에 따라 다양한 매체를 통한 멀티미디어 서비스가 보편화되고 있다. 즉 지상파, 위성, 케이블 등 기존의 방송매체를 이용하는 서비스가 디지털 방식을 기반으로 다양화됨과 동시에 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)와 같은 모바일 방송서비스 그리고 IPTV(Internet Protocol TV)와 같은 융합형 서비스 등이 등장하고 있다. 또한 이처럼 다양화된 매체 환경에서 서비스의 개인화, 양방향화, 유료화 현상이 진행되면서 새로운 비즈니스모델이 논의되고 있으며 이에 따라 멀티미디어 방송 영상 서비스의 품질에 대한 기준 및 평가방법을 마련할 필요성이 당연하게 제기되고 있다. 특히 IPTV와 같이 네트워크를 통해 전송되는 멀티미디어 서비스의 상용화 및 활성화를위해서는 서비스 품질과 관련된 요소들을 명확하게 정의하고 이를 측정하고 평가하는 기술의 중요성이 강조된다. 직접적으로는 서비스 품질에 문제가 발생한경우 이의 원인을 파악하고 대처하기 위해서 필요하며, 비즈니스 측면에서도IPTV서비스 사업자, 네트워크 사업자, 그리고 최종 이용자 사이에서 제공되는서비스 품질이 SLA(Service Level Agreement)에 의해서 정해진 수준을 만족하는 지에 대한 평가 결과가 모니터링될 필요가 있다.

IPTV 멀티미디어 방송영상 서비스 품질에 대해서 단순하게 생각하면 일반적으로 멀티미디어 트래픽이 네트워크를 통해 전송될 때 예측가능하면서도 최소한으로 보장되어야 할 요구 사항을 의미하며 이는 곧 사업자가 제공한 서비스를 이용자가 사용할 때 불편을 느끼지 않는 수준이나 목표에 해당한다고 볼 수있다.

그러나 멀티미디어 동영상 서비스의 품질을 정의하고 평가하는 객관적인 도구를 개발하는 작업은 너무나 다양한 요소를 반영해야 하기 때문에 매우 어려운 일이다. 더욱이 멀티미디어 동영상의 품질을 판단한다는 것이 최종 이용자의 몫이라는 점에서 필연적으로 주관적인 작업이기 때문에 객관적인 평가도구의 개발을 더욱 어렵게 하고 있다. 사람이 느끼는 화질에 영향을 미치는 요소

는 너무도 다양하다. 영상의 화면의 해상도가 충분한지, 눈에 거슬리는 왜곡현상은 없는지, 시간적으로 움직임이 자연스럽게 표현되는지 등 동영상 신호 자체의 영향을 받는 것은 물론이고 디스플레이의 크기와 종류, 시청하는 시간과장소 등 환경에 따라서도 달라진다. 일반적으로 편안하고 집중하기 좋은 환경에서 영상을 볼 때 사람이 느끼는 시각적인 화질에 대한 평가가 동영상 신호의원래 화질과 관계없이 훨씬 높게 나타난다. 더군다나 누구와 같이 시청하는지, 마음상태는 어떤 지 등등 시청자 개개인의 심리상태에 따른 영향까지 생각한다면 이와 같은 다양한 모든 요소들을 고려하여 이용자가 인지하는 동영상의 품질을 정확하게 측정한다는 것은 실제적으로 불가능에 가까운 작업일 것이다.

그럼에도 불구하고 최근 객관적이고 합리적인 품질 평가 방법의 개발 필요성이 지속적으로 제기되고 있다. 이에 따라 MPEG 및 H.26x와 같이 현재 보편화된 동영상 부호화 방식에서의 신호처리 특징을 반영하는 한편 사람이 느끼는 인지적 평가의 성능에 근접할 수 있는 객관적 화질 측정 방법을 개발하려는 노력이 꾸준히 이어져 왔다. 특히 ITU(International Telecommunication Union)산하의 VQEG(Video Quality Expert Group)를 중심으로 멀티미디어 동영상의객관적 품질 측정을 위한 국제적인 표준화 작업이 진행 중이기도 하다.

본 연구에서는 멀티미디어 방송영상의 품질 평가를 위한 기준 및 도구에 대해 최신 연구 결과들을 비교 분석하고자 한다. 이를 위해 품질 평가 기준을 VQ(Video Quality), V-QoS(Video-Quality of Service) 그리고 QoE(Quality of Experience)로 구분하여 각 영역에서의 요구사항을 살펴보고, 멀티미디어 동영상의 객관적 화질평가 방법인 FR(Full Reference) 방법, RR(Reduced Reference) 방법, NR(No Reference) 방법에 대한 최신의 연구 동향을 조사하고자 한다. 본연구의 결과는 IPTV를 비롯한 멀티미디어 동영상의 서비스 품질 평가 기준을 마련하기 위한 기본 자료로 활용될 수 있을 뿐 만 아니라 방송 서비스 이용자의 만족도를 평가하는 방안을 제시함으로써 우리나라 IPTV 서비스의 상용화를 위한 관련 기관의 정책 자료로서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 연구 내용을 방송영상에 대한 '품질평가 기준', '품질평가 방법', '관련 동향 파악'으로 구분하여 연구를 수행하고 조사 연구의 결과를 바탕으로 IPTV 품질평가 관련 정책 제언을 하고자 한다. 이를 위한 구체적인 연구방법은 다음과 같다.

- 관련 도서 분석을 통한 품질 평가를 위한 기술적 요소 검토
- 표준 문서 분석을 통한 표준화 동향 파악
- 관련 학회, 세미나, 워크샵 참석을 통한 업계 동향 파악 및 자료 수집
- 프로젝트 세미나의 정기적 개최

3. 추진계획 및 실적

가. 추진 계획

	월별 추진 일정								
연 구 내 용	9월		10월		11월				
	초	중	하	초	중	하	초	중	하
품질평가 기준 분석									
1 E 0/1 / 1 E E 1									
품질평가 방법 분석									
동향조사 및 분석									
정책적 대안 개발									
연구보고서 작성									
진 도 률(%)		33%			67%			100%	

10 • 멀티미디어 방송 서비스를 위한 QoS/QoE 평가 기준 및 방법 연구

나. 추진 실적

기간	추진실적	비고
9월 초순	• 멀티미디어 서비스 품질 평가 필요성 검토 • VQ, V-QoS, QoE 개념 정리	
9월 중순	• 부호화표준과 영상품질 관계 분석 • 멀티미디어 부호화 표준 검토	
9월 하순	• DISI, DSCQE 등 주관적 평가 방법 • FR, RR, NR 객관적 평가 방법	
10월 초순	• IPTV 서비스의 영역 구분 • IPTV 영역별 영상품질 관련 요소 분석	
10월 중순	• IPTV 영역별 영상품질 관련 요소 분석 • 부호화표준 동향 분석 • 중간보고서 작성	진도율 100%
10월 하순	• IPTV 서비스 품질 평가 기준 및 방법 분석 • IPTV 서비스 품질 평가 업계 동향 분석	
11월 초순	• IPTV 서비스 품질 평가 기준 및 방법 분석 • IPTV 서비스 품질 평가 업계 동향 분석	
11월 중순	• IPTV 서비스 품질 평가 기준 및 방법 분석 • IPTV 서비스 품질 평가 업계 동향 분석 • 정책 대안 연구	
11월 하순	• 최종보고서 작성	

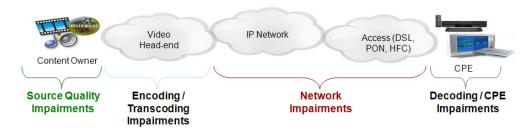
PART

_ 멀티미디어 방송 서비스 품질

Ⅱ. 멀티미디어 방송 서비스 품질

1. 멀티미디어 방송 서비스 품질의 열화요인

멀티미디어 방송 서비스의 품질에는 다양한 요소들이 복합적으로 영향을 미친다. 다음의 [그림 2-1]에서는 IPTV를 기준으로 서비스의 품질에 영향을 미치는 원인을 Source Quality, Encoding/Transcoding, Network, Decoding 영역으로 구분하여 나타내었다.



출처: O'Driscoll (2008)

[그림 2-1] 품질에 영향을 미치는 요소

먼저 콘텐트 제공사업자(Content Provider)가 공급하는 원본 멀티미디어 콘텐트 자체에 품질 열화 요소가 포함될 수 있다. 또한 서비스 사업자가 이를 전송하기에 앞서 부호화하는 과정에서 품질 열화 가능성이 존재한다. 손실이 발생하는 근본적인 원인은 방송 프로그램 즉 멀티미디어 동영상의 부호화 과정에서 압축률을 높이기 위해 어느 정도의 손실을 감수하기 때문이다. 현재 대표적인 동영상 부호화 표준인 MPEG(Moving Picture Expert Group) 계열 및 H.26x 계열은 대부분 블록기반의 예측부호화와 변환부호화를 사용하여 동영상 데이터를 압축하고 있는데, 이러한 블록기반의 부호화방법에서는 블록화 현상(blocking artifact)이 전형적으로 나타난다. 블록화 현상은 부호화 처리과정이 블록단위로 이루어지기 때문에 블록의 경계에서의 차이가 눈에 두드러지게 나타나는 왜곡으로 주로 영상신호의 주파수가 낮은 평탄한 영역에서 양자화를 사또한 물결형 떨림 현상(ringing artifact)은 주로 주파수 영역에서 양자화를 사

용하는 경우에 발생한다. 특히 문제가 되는 것은 원래 영상 신호에 높은 주파수 성분이 존재하는 경우인데, 양자화가 충분히 세밀하지 못하면 높은 주파수 성분에 양자화 잡음이 섞이면서 왜곡이 발생한다. 또한 영상내의 고주파 성분이 손실되면서 영상이 흐려지는 뭉개짐 현상(blurring artifact)도 영상 품질 저하의 대표적인 원인이다. 그밖에도 부호화 표준사이에서 방식을 변환하는 트랜스코딩과정에서도 양자화 파라미터 변경, GOP(Group Of Picture) 구조 변경, 동기신호나 PCR(Program Clock Reference) 불일치와 같은 문제들이 발생하게되면 비디오 콘텐트의 품질이 열화된다.

다음으로는 네트워크 전송 과정에서 나타날 수 있는 열화를 생각할 수 있다. 부호화된 영상 데이터 스트림이 네트워크를 통해 전송될 때 동영상의 움직임벡 터와 같은 중요한 정보에 오류가 발생했다면 영상의 일부 또는 전체가 복원 불 가능한 경우가 발생할 수 있다. 또한 어떤 오류는 해당 프레임에만 영향을 미 치는 것이 아니라 시간적으로 인접한 프레임에 전달되어 수 프레임에 걸쳐서 화질의 열화를 초래하기도 한다. 그 외에도 네트워크의 대역폭, 전송 지연, 지 터, 손실 등 다양한 요인에 의해서 동영상의 품질이 저하될 소지가 있다. 마지 막으로 사용자 측에서의 열화로서 수신 단말기 및 세트탑박스에서 멀티미디어 콘텐트의 복호과정과 관련된 요소들을 고려할 수 있다.

2. 방송영상 서비스 품질의 개념 구분

이와 같이 복합적인 요인에 영향을 받는 서비스의 품질을 다루는 데에 있어서 현재는 여러 측면에서 바라보는 다양한 유사한 개념들이 혼재되어 사용되고 있는 상황이다. 전통적으로 네트워크 입장에서는 네트워크의 성능을 관리하는 품질관리 지표로서 지연(delay), 손실(loss), 지터(jitter) 등의 파라미터를 사용하는데 이를 일반적으로 NP(Network Performance)라고 한다. 이는 네트워크 사업자 또는 공급자 중심적 시각에서 네트워크의 효율화에 초점을 둔 평가도구로서 기존의 통신 네트워크의 성능 평가를 위해 필요하다. 반면에 사용자 입장에서의 품질로서 QoS(Quality of Service) 또는 QoE(Quality of Experience)가는의된다. 일반적으로는 이 두가지 개념을 설명하기 위해서 서비스 제공자가제공하는 서비스 품질을 QoS. 사용자가 서비스에 대해서 경험하는 종합적인

품질을 QoE 라고 구분한다.

〈표 2-1〉KT의 IPTV 서비스 품질 용어 체계 및 정의

제안 용어 Overall QoE		본원적 QoE	QoE Indicator	QoS	NP
정의	• 고객이 서비 스에 대해 총 체적으로 경 험하고 인지 하는 품질		하나 명시적 으로는 인지 하지 못하는	가 제공하는	가 관리하는
항목 구성	• 본원적QoE, 부가적 QoE, 지원적 QoE로 구성	 고객 관점의 항목○로 구성 VOC를 정제 하여 항목 도 출 	의 항목으로 구성 • 본원적 QoE에 영향을 주는	을 평가하는 항목으로 구성 •고객의 단말	의 성능을 평 가하는 항목
흑정	 고객이 직접 평가 또는 본원적, 부가적, 지원 적 QoE의 함 수로 간접 평 가 		• 고객의 단말 기에서 평가		
항목 사례		(Video 관련) • 화질 선명함 • 끊김 없음 • 동작부드러움	(Video 관련) • Blurring • Color Errors • Jerkiness	Packet JitterPacket LossRTP DelayRTP Jitter	CPU 사용률이상트래픽신호대잡음

출처 : 임현민 (2008)

KT의 IPTV 품질관리시스템에 관한 연구보고서에서는 IPTV 서비스 품질에 관련된 용어를 정의하면서 NP-QoS-QoE의 체계를 따르되 QoE를 다시 Overall QoE, 본원적 QoE, 그리고 QoE Indicator로 세분하는 용어체계를 <표 2-1>과 같이 제시한 바 있다.

실제로 이상의 개념들은 다양한 논의 과정에서 등장하기는 하지만 아직까지 명확하게 구별된 보편적인 정의를 가지지 못하고 있다는 점에서 본 연구에서

논의를 진행하기 위해서는 먼저 이들 방송 영상 서비스의 품질의 개념과 관련된 용어를 정리하고 넘어갈 필요가 있다. 본 연구에서는 IPTV를 비롯한 다양한 멀티미디어 방송영상 서비스의 품질을 논의하기 위해서 다음과 같이 VQ(Video Quality), V-QoS(Video Quality of Service), 그리고 QoE(Quality of Experience)의 세가지 개념을 사용하고자 한다. 이들 개념은 의미적으로 구분되지만 서로 관련이 있다. IV장에서 이들 개념에 근거하여 IPTV의 품질을 살펴보고자 한다.

- VQ(Video Quality): 화면의 질, 해상도, 색감 등 비디오 콘텐트 자체와 관련된 영상 품질을 말하며 <표 2-1>의 체계에서는 본원적 QoE에 해당한다고 할 수 있다.
- V-QoS(Video Quality of Service): 비디오 데이터가 서비스제공 사업자로부터 최종 사용자에 이르기까지 네트워크를 통해 전송되는 과정과 관련된 영상 품질을 말한다. 주로 네트워크와 관련된 문제와 연관이 있으며 <표 2-1>의 체계에서는 QoS 및 NP에 해당한다고 할 수 있다.
- QoE(Quality of Experience): 방송영상 멀티미디어 서비스 품질 평가에 직접적으로 유용한 요소로서 비디오 콘텐트 뿐만 아니라 서비스의 반응성, 상관성, 유용성, 주위 환경 등을 포함하여 최종 사용자가 총체적으로 경험하는 서비스 품질을 말한다. QoE는 단순히 화면상의 화질이상의 의미를 가지며 간접적으로 현장 서비스, 기술 지원, 고객 서비스와도 관련이었다. <표 2-1>의 체계에서는 Overall QoE에 해당한다고 할 수 있다.

VQ, V-QoS 및 QoE의 평가대상 가운데 어떠한 항목들은 객관적인 시험평가 방법을 통해 측정하는 것이 가능하다. 그리고 이러한 시험평가는 제작에서 소비에 이르기까지 멀티미디어 방송영상 서비스의 전체 전송 환경을 고려할 때여러 위치에서 이루어질 필요가 있다. 한편 QoE의 시험평가를 위해서는 객관적인 요소는 물론이지만 결국 QoE를 판단하는 최종 몫은 사용자에게 있다는점에서 필연적으로 주관적인 요소를 고려하지 않을 수 없다.

먼저 VQ와 관련된 기술적 요소로는 다음과 같은 항목들을 고려할 수 있다.

- 해상도, 밝기신호, 색신호에 대한 기술 표준에서 정의된 TV 화면 규격
- 워터마크(watermark) 등의 저작권 또는 소유권 정보
- 프로그램 메타데이터 및 자막 등 부가 데이터

그리고 방송영상 콘텐트를 부호화하는 과정과 관련되어 VQ에 영향을 끼치는 요소는 다음과 같다.

- 화면의 선명도 및 색상 충실도
- 부호화 방법
- 압축률

멀티미디어 방송영상에 대한 VQ의 항목 가운데 객관적으로 측정이 가능한 요소를 제외하면 궁극적인 평가방법은 주관적인 평균 품질에 해당하는 영상 및음성의 MOS(Mean Opinion Score)라고 할 수 있다. 그러나 이 과정에서 주의해야 할 점은 동영상 전문가가 아닌 일반인을 대상으로 하는 시험평가 실험에서는 의외의 결과가 나타나기도 한다는 것이다. 즉 압축을 많이 한 낮은 비트율의 영상이 압축을 적게 한 높은 비트율의 영상보다 우수한 품질을 가지고, 표현가능한 색상의 수가 제한된 영상이 그렇지 않은 영상보다 우수한 품질을 가진다고 평가하는 경우가 발생할 수 있다.

다음으로 V-QoS의 관점에서 품질이란 IPTV 환경에서 비디오 스트림이 서비스사업자로부터 사용자에게로 전송됨에 있어서 끊이지 않고 정확하게 전달되는 것을 의미한다. 그러므로 시험평가는 네트워크를 통해 전송된 비디오데이터가 제대로 표현되는 가에 달려있다. 또한 비디오는 또한 오디오와의동기가 중요한데 현재 대부분의 IPTV 시스템에서는 기존 방송 체계의 QoS요소를 그대로 적용하고 있다.

V-QoS의 기술 평가 요소로는 네트워크에서의 데이터 스트림에 발생하는 오 류로서 다음과 같은 항목을 고려할 수 있다.

- 네트워크에서 발생하는 에러에 기인하는 데이터 스트림 문제, 예를 들면 비디오 프레임 손실, 지터, 패킷 손실 등
- 사용가능한 대역폭과 부호화 정도 사이의 균형을 유지하는 문제 한편 네트워크 전송과정에서의 오류 때문에 발생하지만 최종적으로 QoE에 영향을 끼치는 요소로서 다음을 생각할 수 있다.
 - 블록화 현상 및 모자이크 현상
 - 일시적인 화면의 사라짐
 - 비디오와 오디오 동기 문제
 - 움직임 추정 문제

- 비디오 스트림 내의 프로그램 정보의 보존 여부
- 비디오 스트림 내의 자막 데이타의 보존 여부

마지막으로 QoE란 사용자의 총체적인 서비스 경험과 관련된 품질로서 생방송, VOD(Video On Demand), 그리고 이들 서비스를 제공하는 환경과 관련이었다. QoE에 관해서는 여러 기관 및 단체에서 논의하고 있기는 하지만 보편적인 시험평가 기준은 아직 없다고 할 수 있다. 기존의 QoS의 초점은 비디오가아닌 데이터 통신에 맞추어져 있기 때문이다.

그러나 객관적으로 측정 가능한 QoE 요소로는 다음과 같은 항목들을 고려할 수 있다.

- 채널 변경 시간
- 주문형 서비스에서 되감기, 변속재생, 녹음과 같은 기능의 실시간 응답성
- MPEG 스트림 구조의 무결성

그밖에 사용자가 경험하는 품질에 영향을 끼치는 요소들은 다음과 같다.

- 콘텐트의 획득 과정 및 VOD 서버에서 실패에 따른 비디오의 존재 여부
- 사용 대역폭
- 사용자 인터페이스의 정확한 조합
- 즉각적인 사용자 인증
- 인간 감성공학적 측면에서의 유용성

또한 IPTV를 고려할 때 비디오와 직접적으로 관련되지는 않지만 QoE에 영향을 미치는 요소들을 두 가지 측면에서 고려할 수 있는데, 그중 하나는 콘텐트 전송과 관련된 다음 요소들이다.

- 사용자 인터페이스에서의 서비스 구성
- 콘텐츠 보호 및 사용자 인증에 관한 데이터 트래픽
- 채널 변경, 변속 재생 등과 같은 서비스 제어와 관련한 데이터 트래픽
- VoIP 및 인터넷 트래픽과 같은 비디오 이외의 트래픽
- 가정 모니터링, 비디오 감시, 보안 등 미래의 새로운 서비스
- 사용자 소프트웨어 업데이트
- 또 다른 측면으로서 다음과 같은 사업적인 요소들도 고려하여 한다.
- 콘텐츠의 제공 범위
- 서비스 패키징

- 요금제도
- 편리성
- 사용 용이성
- 고객 서비스 응답
- 기술지원 응답
- 정전 등 전원차단의 위험을 최소화하기 위한 예비 장치 가용성

PART

멀티미디어 방송영상의 품질 평가

Ⅲ. 멀티미디어 방송영상의 품질 평가

1. 멀티미디어 방송영상의 부호화 표준

디지털TV, DMB(Digital Multimedia Broadcasting), DVD(Digital Versatile Disc), IPTV(Internet Protocol TV) 등 다양한 응용분야에서 멀티미디어 동영 상 압축 기술을 채용하고 있는데서 알 수 있듯이, 멀티미디어 부호화 기술은 디지털 전송 또는 네트워크 기술과 더불어 방송영상 서비스를 가능하게 만드는 가장 중요한 기반 기술이라고 할 수 있다.

멀티미디어 동영상 서비스에 있어서 반드시 해결해야 할 문제 가운데 한 가지는 압축되지 않은 원본 동영상을 전송하거나 저장하기 위해서는 막대한 전송용량 또는 저장 공간이 필요하다는 사실이다. 시간해상도는 초당 30프레임, 공간해상도는 프레임당 720×480, 그리고 컬러형식은 4:2:0 YCrCb을 사용하는 SD(Standard Definition)급의 디지털TV를 예로 들어 이를 디지털로 변환하는 경우를 계산해보면, 전송을 위해서는 165Mbps 이상의 데이터 속도가 요구되며 90분량의 프로그램을 저장하기 위해서는 110GB 이상의 저장공간이 요구된다. 비디오 스트리밍 응용분야에서 일반적으로 이용되는 CIF(Common Interface Format)와 같이 더 낮은 해상도의 멀티미디어 동영상이라고 하더라도 압축을하지 않는다면 36.5Mb 수준의 데이터 전송 속도가 필요하여, 현재 ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line)에서 제공하는 전송 용량 수준을 넘어선다.

따라서 멀티미디어 부호화의 목적은 동영상의 품질을 최대한 유지하면서 최소한의 데이터로 디지털 동영상을 부호화 하는 것이다. 실제로 디지털 비디오 시스템을 위해 부호화 알고리듬을 선택하기 위해서는 여러 가지 요소를 고려해야 한다. 가장 우선적인 요소는 대상이 되는 응용분야에서 사용하는 전송 채널 또는 저장 매체의 환경이다. 여기에는 전송 속도, 지연시간, 오류 특성 등이 포함되는데, 부호화된 동영상을 네트워크상에서 전송한다면 전송 방법이 유니캐스트(unicast)인지 아니면 멀티캐스트(multicast)나 브로드캐스트(broadcast)인지? 저장 매체에 저장한다면 저장용량은 얼마나 되고 녹화 지연시간은 얼마나

허용되는지? 무선전송 채널을 사용한다면 최대 비트율은 얼마이고 오류의 발생 확률은 어떤지? 실시간 부호화를 수행해야 하는지 아니면 오프라인 부호화가 가능한지? 등등 대상 응용분야에 따라 다양한 요소들을 절충하여야 한다.

또한 부호화되는 동영상 콘텐트의 형식과 관련하여 공간해상도, 목표 비트율, 초당 프레임 수 등 역시 중요한 요소이다. 여기에는 주사방식도 포함된다. 즉 컴퓨터에서와 같이 순행주사(progressive scanning)를 사용하는지 아니면 방송에서와 같이 격행주사(interlaced scanning)를 사용하는 지도 어떤 부호화 알고리듬을 사용할 지 결정하기 위한 고려사항이 된다. 이에 더하여 부호화 및 복호화를 수행하는데 요구되는 시스템 구현 비용 역시 고려해야 한다. 일반적으로 H.264/AVC 및 WMV/VC-1 같은 최신의 알고리듬이 더 우수한 압축 효율을 보이는 반면 계산의 복잡도가 높기 때문에 이 프로세서의 성능, 시스템 전력 소비, 시스템 메모리 비용 등의 측면에서는 불리하다고 할 수 있다.

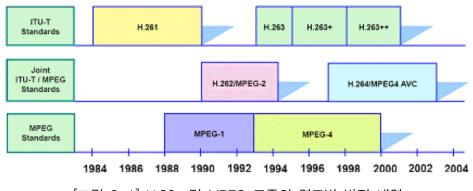
가. 동영상 부호화 알고리듬의 표준화

현재 사용되고 있는 멀티미디어 동영상 부호화 알고리듬 또는 코덱(Codec)에는 MPEG2, MPEG4, H.264/MPEG-4 AVC, AVS 같이 국제적으로 표준화된 규격의 알고리듬 또는 Real Video, WMV(Windows Media Video)와 같이 개별 업체의 고유 알고리즘이 있다. 그러나 개별 업체의 코덱의 경우는 특정 업체에 종속된 기술이라는 점에서 멀티미디어 동영상 부호화 기술이 DTV 및 IPTV와 같은 응용분야에 채택되어 활용되기 위해서는 표준화가 중요한 의미를 가진다. 이를 통해 사업자 입장에서는 각 업체의 제품 사이에 상호운용성을 확보할 수 있으며, 사용자의 입장에서는 표준화에 따른 경제적인 이득을 누릴 수 있고, 그리고 콘텐트 제공업자 입장에서는 제작된 콘텐트의 형식을 통일함으로써 콘텐트의 수명을 연장하고 공급을 다양화를 기대할 수 있다.

멀티미디어 동영상 부호화에 대한 국제 표준을 결정하는 대표적인 표준화 기관으로는 ITU(International Telecommunication Union)과 ISO(International Standard Organization)가 있다. UN의 산하기관인 ITU에서는 전통적으로 통신분야의 응용에 관한 표준을 제정하여 왔으며 동영상 부호화 알고리듬을 개발하게 된 계기도 낮은 비트율에서 활용할 수 있는 영상전화를 구현하기 위해서였다. 이 기관에서 제정한 표준은 H.261, H.262, H.263, H.264 등 H.26x의 이름을

가진다. 반면에 ISO는 멀티미디어 응용에 관심을 가지고 표준을 만들어 왔는데 여기서 만든 표준들은 MPEG1, MPEG2, MPEG4 등 MPEG(Moving Picture Expert Group)의 이름으로 불린다.

ITU와 ISO에서는 부호화 기술의 성능을 지속적으로 향상시키고 더 우수한 압축 성능을 보이는 표준을 정의해 왔다. 다음 그림은 1980년대 중반에 등장한 H.261에서부터 가장 최근의 H.264/MPEG-4 AVC에 이르기까지 이들 표준화 기관을 중심으로 발표한 동영상 부호화 표준화의 발전 내역을 나타낸다.



[그림 3-1] H.26x 및 MPEG 표준의 연도별 발전 내역

그림에서 ITU의 H.26x 계열과 ISO의 MPEG 계열 사이에 위치한 표준은 양표준화 기구가 서로 협력하여 공동의 표준을 제정하였다는 것을 의미한다. 멀티미디어 동영상과 관련하여 공동 표준은 대표적으로 두가지가 있는데 하나는 H.262/MPEG-2이고 다른 하나는 H.264/MPEG-4 AVC(Adavanced Video Coding)이다. MPEG-4 AVC는 MPEG-4 표준의 일부로서 MPEG-4 Part 10 이라고도한다.

H.262/MPEG-2는 여러 동영상 부호화 표준가운데 가장 성공적인 표준이라고 할 수 있다. 전세계적으로 대부분의 국가에서 디지털 방송용 압축방식으로 MPEG-2를 채택하고 있기 때문이다. MPEG-1이 저장매체를 주된 응용분야로 고려한 데에 반해 MPEG-2는 방송 및 통신을 포함하여 보다 넓은 응용분야를 고려하여 개발되었다. 방송에의 응용을 고려하고 있다는 것은 단순히 영상의 해상도가 높아졌다는 것 뿐 아니라 순행주사(progressive scanning)와 더불어 격행주사(interlaced scanning) 방식을 지원한다는 의미를 포함한다. 격행주사방

식이란 NTSC 및 PAL 등의 아날로그 컬러텔레비전 시스템에서 공간 해상도를 손해 보는 대신 시간 해상도를 높이기 위해서 하나의 프레임을 두 개의 필드로 나누어 전송하는 방식을 말하는데, MPEG-2는 이와 같은 격행주사 방식에 적합한 알고리듬을 사용한다.

MPEG-2에서 부호화 대상이 되는 영상의 해상도가 높아지고 움직임 벡터의 검색 범위가 확장됨에 따라 부호화 및 복호화에 요구되는 계산량은 H.261 이나 MPEG-1에 비해서 상당히 증가하였지만, 최적화된 복호화기가 개발되고 양산을 통해 규모의 경제가 실현되면서 가격이 낮아짐에 따라 지상파, 위성, 케이블등 전송매체에서의 디지털 방송을 비롯하여 DVD나 HDTV에 이르기까지 응용분야가 확장되고 있다. MPEG-2의 압축률은 약 30:1 수준을 나타낸다.

ITU와 ISO에서 공동으로 정의한 또 하나의 표준인 H.264/MPEG4 AVC의은 현재까지 동영상 부호화 분야에 있어서 가장 중요한 성과라고 할 수 있다. 이 표준의 개발을 시작한 것은 ITU이다. ITU에서는 H.263에 이어서 H.263+및 H.263++을 개발하였고 이에 이어서 H.26L이라는 이름으로 개발 작업을 진행하였는데, 이의 부호화 효율이 우수한 결과를 보임에 따라 ISO 측에서 ITU와 협력하기로 하고 함께 JVT(Joint Video Team)를 구성하여 공동의 표준을 완성하게 되었다. ITU에서는 2003년 5월에 H.264 표준을 승인했으며 ISO에서는 2003년 10월에 MPEG-4 Part 10으로 AVC(Advanced Video Coding)를 승인했다.

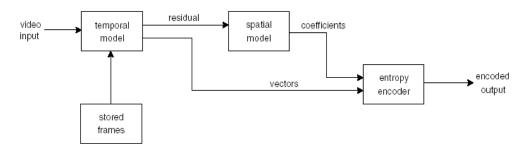
H.264/MPEG-4 AVC의 부호화 효율은 상당히 우수하다. MPEG-2 및 MPEG-4 SP(Simple Profile)와 비교하여 일반적으로 약 두 배 가량 우수한 것으로 나타났다. JVT가 실시한 공식적인 실험결과를 살펴보면 85개의 테스트 사례 중에서 77%의 경우에 2배 이상의 효율을 보였으며 몇몇 경우에는 최고 4배 까지 효율이 향상되는 결과는 나타내었다. 향후 IPTV 등의 멀티미디어 방송 영상서비스에서도 부호화 알고리듬은 H.264 기반으로 정리될 것으로 전망된다.

한편 ITU 또는 ISO 등에서 정의하는 국제적 표준 부호화 알고리듬 이외에도 개별적인 업체들 고유의 멀티미디어 부호화 알고리듬이 존재한다, 특히 인터넷에서 멀티미디어의 스트리밍 서비스를 위한 다양한 솔루션이 있는데, Real Networks사의 Real Video, Microsoft사의 Windows Media Video이 대표적이고 그밖에도 ON2 VP6, Nancy 등의 솔루션이 업계에서 사용되고 있다. 이 가

운데 Microsoft사의 WMV9의 경우는 예외적인데, SMPTE(Society for Motion Picture and Television Engineers)에 WMV9의 표준화를 제안하고 SMPTE가 이제안을 받아들임에 따라 VC-1이라는 이름으로 표준화되었다. VC-1는 H.264/AVC와 유사한 수준의 압축 성능을 가지고 있다.

나. 멀티미디어 동영상 부호화의 기본 원리

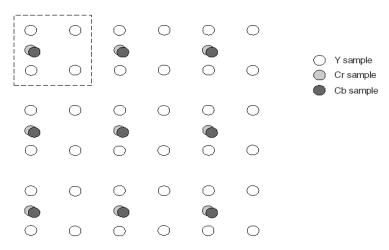
멀티미디어 동영상을 부호화하는 기본적인 원리는 동영상 콘텐트에 존재하는 시간적 상관관계, 공간적 상관관계, 그리고 통계적 상관관계를 이용하여 중복성 을 제거하는 것이다. 다음의 [그림 3-2]에서 동영상 부호화 알고리듬 블록도를 나타내었다.



출처: Richardson (2003)

[그림 3-2] 동영상 부호화 알고리듬 블록도

이때 부호화기에 입력되는 비디오의 형식으로서 H.264를 비롯한 대부분의 부호화 표준에서 모두 YCbCr 4:2:0 컬러형식을 사용한다. 즉 색상을 표현하는 Cb 및 Cr 성분은 밝기를 표현하는 Y 성분과 비교할 때 가로 및 세로 방향으로 각각 2:1로 표본화하는데, 이를 [그림 3-3]에 나타내었다. 4:2:0 형식의 매크로블록 하나를 기준으로 생각하면, 16×16 크기의 매크로블록에는 6개의 8×8 크기의 블록이 포함되는데 이 가운데 4개는 Y 성분에 해당하고 2개는 Cb 및 Cr의 색신호 성분에 해당한다.



출처: Richardson (2003)

[그림 3-3] 4:2:0 표본화 형식

앞서의 [그림 3-2]에서 시간적 모델(temporal model)이란 인접한 프레임 사이에 존재하는 시간적인 중복성을 제거하기 위한 움직임 추정 및 보상(Motion Estimation/Motion Compensation) 과정을 의미한다. 이는 임의의 프레임을 부호함에 있어서 최근에 부호화했던 프레임을 참조하여 유사한 부분을 예측함으로써 부호화해야 할 데이터 양을 줄이고자 하는 개념이다. 예를 들어 동영상의 배경 부분은 한 프레임에서 다음 프레임으로 진행할 때 변하지 않고 유지되므로 각 프레임마다 동일한 내용을 전송할 필요가 없는 것이다. 이 때 예측과정에서 움직임 벡터를 사용함으로써 차이성분을 더욱 줄일 수 있다. 이 과정이부호화 알고리듬에서 가장 많은 계산량을 요구한다.

이 과정을 설명하기 위해 [그림 3-4]에서는 인접한 두 개의 프레임을 나타내었다. 두 프레임을 비교해보면 중앙에 있는 사람의 머리와 손부분 그리고 책부분에 움직임이 발생하였음을 볼 수 있다.

일반적으로 움직임 추정 및 보상의 단위로서 16×16 크기의 매크로블록 (macroblock)을 사용한다. 즉 움직임 예측이란 현재 프레임의 각각의 매크로블록에 대해 참조 프레임에서 가장 유사한 형태를 보이는 16×16 크기의 위치를 추정하고 상대적인 위치 정보 즉 움직임 벡터를 구하는 작업이라고 할 수 있다. 물론 움직임 추정의 단위의 크기를 8×8이나 4×4 등으로 세밀하게 할 수 있으나 이 경우 계산량은 더 증가한다.





출처: Richardson (2003)

[그림 3-4] 인접한 두 개의 프레임

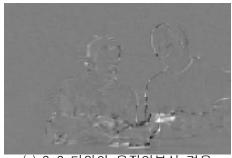
[그림 3-5]에서는 움직임 추정의 단위를 변경해가면서 [그림 3-4]에서 보인 두 프레임 사이에서 움직임 보상 예측후의 차이성분을 나타내었다. 쉽게 예상 할 수 있듯이 수 있듯이 움직임 추정 단위의 크기가 작아서 세밀한 예측이 가 능할수록 차이성분 역시 줄어드는 것을 확인할 수 있다.



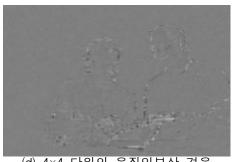
(a) 움직임보상을 하지 않은 경우



(b) 16×16 단위의 움직임보상 경우



(c) 8×8 단위의 움직임보상 경우



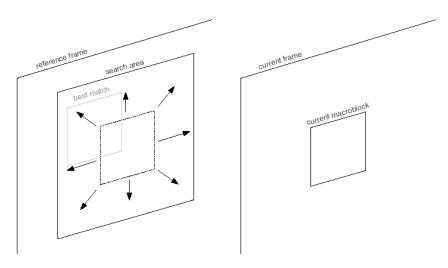
(d) 4×4 단위의 움직임보상 경우

출처: Richardson (2003)

[그림 3-5] 움직임 예측의 결과인 차이영상

움직임을 추정하는 과정에서 부호화의 성능에 영향을 미치는 한 가지 요소는 움직임을 찾는 탐색범위(search range)이다. 탐색 범위가 넓을수록 크기가 큰 움직임 벡터까지 찾을 수 있기 때문에 차이성분은 줄어들지만 계산량은 늘어나 게 된다. [그림 3-6]에서 움직임 추정과정에서의 탐색범위를 나타내었다.

또 한 가지 고려해야 할 요소는 얼마나 정확하게 움직임을 추정할 것이냐의 문제이다. 즉 움직임을 화소단위로 찾는지 아니면 화소의 1/2 또는 1/4 단위까 지 찾는 지에 따라 부호화의 성능과 복잡도가 함께 영향을 받는다.



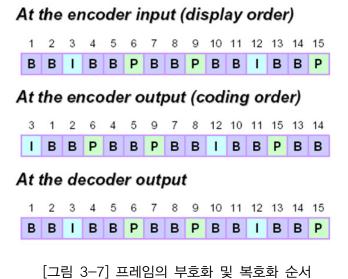
출처: Richardson (2003)

[그림 3-6] 움직임 추정과 탐색범위

한편 동영상 부호화에서는 부호화 효율을 높이기 위해서 움직임 예측과 관련하여 I(Intra), P(Predictive), B(Bi-predictive)의 세 가지 모드를 제공한다. I 프레임은 다른 프레임을 참조하는 과정 없이 독립적으로 부호화되는 프레임으로서 예측을 사용하지 않기 때문에 발생하는 데이터 양이 가장 많고 화질은 가장우수하다. P 프레임은 이전 프레임을 참조하여 순방향으로 움직임을 추정하고이로부터 예측한 신호와의 차이를 부호화 하는 프레임이다. I 프레임 및 P 프레임은 참조 프레임으로 사용할 수 있다.

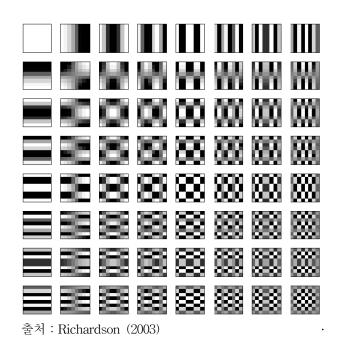
마지막으로 B 프레임은 이전 프레임 뿐만 아니라 시간적으로 이후에 등장하는 프레임까지 함께 사용하여 순방향과 역방향의 양방향으로 예측하는 프레임

을 말한다. B 프레임을 사용하면 화질 측면에서는 불리하지만 더 우수한 예측성능을 기대할 수 있기 때문에 발생 데이터 량이 가장 줄어든다는 장점이 있다. 그러나 부호화기의 입장에서는 복잡도가 증가한다. 즉 B 프레임에서는 순방향 및 역방향 예측을 위해 수행하는 움직임 추정을 위한 계산량이 P 프레임에 비해 두 배 가량 증가하게 된다. 부호화기 및 복호화기에서 두 개의 참조프레임을 저장해야 하기 때문에 메모리도 더 많이 필요하다. 또한 시간적으로 이후에 등장하는 프레임으로부터 예측을 하기 때문에 [그림 3-7]에 보인 바와같이 프레임을 부호화 또는 복호화 하는 순서와 디스플레이하는 순서가 서로달라서 데이터의 흐름이 복잡해지고 지연시간이 증가하는 문제가 있다. 따라서실시간이 중요한 응용분야에서는 B 프레임의 사용이 곤란한 경우가 발생할 수있다. B 프레임은 다른 프레임을 예측하는 데 참조되지 않으므로 프레임율이 낮은 응용분야에서는 다른 프레임의 복호화에 영향을 미치지 않으면서 B 프레임을 생략하는 것도 가능하다.



[그림 3-2]에서 공간적 모델(spatial model)이란 한 프레임 사이에 존재하는 공간적인 중복성을 제거하기 위한 변환(transform) 및 양자화(quantization) 과정에 해당한다. 변환은 움직임 보상의 다음 단계로서 정지영상의 부호화 표준인 JPEG(Joint Photographic Experts Group) 및 MPEG에서는 주로 8×8 블록

단위의 DCT(Discrete Cosine Transfrom)를 사용한다. [그림 3-8]에서는 8×8 DCT 변환의 기저 패턴(basis pattern)을 나타내었다. 변환의 결과로 얻어지는 64개의 DCT 계수는 각각 해당하는 기저 패턴의 크기를 나타낸다. 만일 처리해야 할 프레임이 I 프레임이라면 DCT는 원래의 영상신호에 적용되고, P 또는 B 프레임이라면 예측한 후의 차이 영상에 대해 DCT를 수행하게 된다.

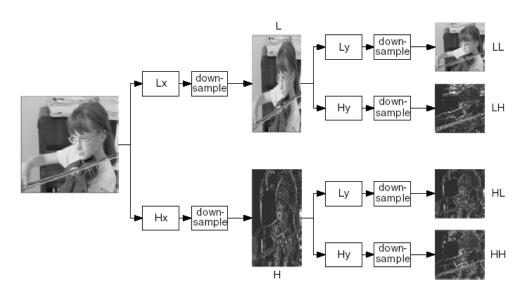


[그림 3-8] 8×8 DCT 변환의 기저 패턴

한편 최근 들어 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)이 JPEG2000, MPEG-4 등의 표준에서 채택되면서 활용 가능성을 넓히고 있다. 웨이블릿 변환을 통해 영상을 여러 해상도 수준으로 분해할 수 있어서 다양한 활용이 가능하며 무엇보다도 블록 기반의 변환부호화를 사용하는 경우 문제점으로 지적되어 온 블록화 현상을 피할 수 있다는 측면에서 유리하다.

웨이블릿 변환에서는 [그림 3-9]에 나타낸 바와 같이 주어진 영상을 수평방향 및 수직방향으로 각각 필터링한 후 부표본화(subsampling)를 통해 분해한다. 그림에서 LL 성분은 원 영상을 저역통과 필터링한 근사 영상에 해당하고, LH 성분은 수평방향으로는 저역통과, 수직방향으로는 고역통과 필터링된 수평

방향의 차이성분에 해당한다. 마찬가지로 LH 성분은 수평방향으로는 고역통과, 수직방향으로는 저역통과 필터링된 수직 방향의 차이성분이며, HH 성분은 수 평 방향 및 수직 방향을 따라 고역통과 필터링한 영상에 해당한다. 필요하다면 LL 성분에 대해 이상과 같은 과정을 반복적으로 수행하여 여러 단계의 해상도 를 가지는 영상으로 분해하는 것이 가능하다.



출처: Richardson (2003)

[그림 3-9] 영상의 웨이블릿 분해 과정

부호화 과정에서의 다음 단계는 DCT 또는 웨이블릿 변환의 결과인 변환 계수들을 양자화하는 것이다. 양자화란 연속적으로 나타나는 입력값의 크기를 이산적인 크기로 대신하는 과정으로서, 이 과정에서 불가피하게 양자화 오차가 발생하고 이의 영향으로 부호화된 영상에는 손실이 발생한다. 양자화의 방법은 크게 스칼라 양자화(scalar quantization)과 벡터 양자화(vector quantization)의 두가지로 구분된다.

[그림 3-2]에서 시간적 모델과 공간적 모델에 이은 마지막 단계는 엔트로피부호화(entropy encoder)로서, 여기서는 부호어에 고정된 길이를 사용하지 않고확률을 고려한 가변적인 길이로 부호화함으로써 통계적인 중복성을 제거한다. 대표적인 엔트로피 부호화 방법에는 호프만 부호(Huffmann code)와 산술부호

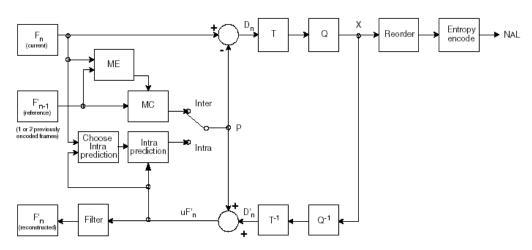
화(arithmetic code)가 있다. 엔트로피 부호화의 대상이 되는 정보는 앞선 단계에서 변환과 양자화를 거친 계수와 움직임 추정과정에서 얻어진 움직임 벡터 등이다.

다. H.264/MPEG-4 AVC 멀티미디어 부호화 표준

앞서 언급했듯이 H.264/MPEG-4 AVC는 현재의 멀티미디어 동영상의 부호화 표준가운데 가장 우수한 성능을 보이기 때문에 IPTV를 비롯한 멀티미디어 방송영상 서비스에서 우선적으로 고려되고 있다. 따라서 본 연구에서는 여러가지 부호화 표준 가운데서 H.264에 대해서 보다 구체적으로 살펴보고자 한다.

1) 부호화기 및 복호화기

다음의 [그림 3-10]에는 H.264의 부호화기의 구성을 나타내었다.

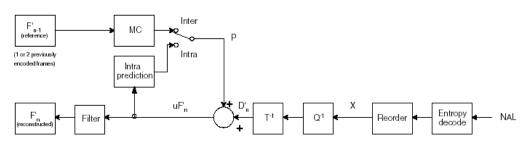


출처: Richardson (2003)

[그림 3-10] H.264 부호화기 구성도

화소를 이용하는 프레임내 예측(intra prediction)방법을 함께 사용한다. 그리고 프레임간 예측(inter)와 프레임내 예측(intra) 사이에서 더 우수한 성능을 보이는 경우를 예측 영상(P)으로 선택하는 것이다. 일단 차이 영상(D_n)이 얻어지고 나면 이후의 과정은 일반적인 동영상 부호화 과정과 마찬가지로 변환(T), 양자화(Q)를 거쳐 양자화된 변환 계수 X를 만들고 다시 이를 엔트로피 부호화를 통해 NAL(Network Abstraction Layer)로 출력한다. 참조 영상을 통한 예측 성능을 향상시키기 위해 디블로킹 필터(deblocking filter)를 통과시켜 부호화과정에서 발생한 블록화 현상을 감소시킨다.

[그림 3-11]에는 H.264의 복호화기의 구성을 나타내었다. 복호기에서는 부호화에서의 신호처리 순서를 반대로 수행한다. 즉 NAL로부터 입력된 스트림을 엔트로피 복호화, 역양자화, 역변환을 수행하여 차이 영상(D_n')을 얻은 후, 여기에 예측 영상(P)를 더하고 디블로킹 필터(deblocking filter)를 통과시켜 원래의 프레임을 복원한다. 예측 영상(P)은 부호화기에서와 마찬가지로 프레임간 예측 (inter)과 프레임내 예측(intra) 가운데 선택하여 얻는다.



출처: Richardson (2003)

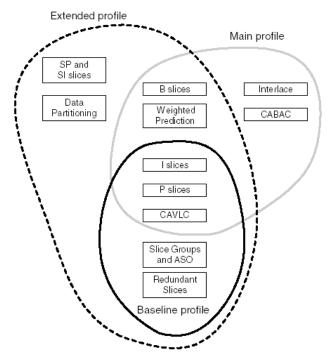
[그림 3-11] H.264 복호화기 구성도

2) H.264 프로파일(profile)

동영상 부호화 표준에서 프로파일(profile)이란 부호화와 관련된 기능의 집합으로 생각할 수 있다. H.264에서는 [그림 3-12]에서 보인 바와 같이 Baseline, Main, Extended의 세 개의 프로파일을 제공하고 있는데, 각 프로파일마다 특정한 응용분야를 대상으로 하고 있다.

먼저 BP(Baseline Profile)은 영상전화와 같이 실시간이 중요한 고려사항이

되는 응용 분야를 위한 프로파일이다. 여기에는 I 및 P 슬라이스 구조를 지원하지만 B 슬라이스는 지원하지 않는다. 슬라이스란 매크로블록의 집합으로 생각할 수 있는데, 하나의 슬라이스는 하나의 매크로블록만 포함할 수도 있고 한화면에 속한 모든 매크로블록을 포함할 수도 있다. B 슬라이스를 위해서 양방향 예측을 사용하게 되면 불가피하게 시간 지연이 발생하므로 실시간 환경에 적합하지 않기 때문이다. 또한 CAVLC(Context Adaptive Variable Length Coding)은 지원하지만 CABAC(Context Adaptive Binary Arithmetic Code)는 지원하지 않는다. CABAC을 사용하면 압축율은 높일 수는 있지만 계산량이 상대적으로 많기 때문에 실시간 응용을 위해서는 바람직하지 않기 때문이다.



출처 : Richardson (2003) [그림 3-12] H,264의 프로파일

MP(Main Profile)은 BP의 기능을 대부분 포함하지만 다중 슬라이스 그룹 (multiple slice group), ASO(arbitrary slice order) 등이 제외되고 B 슬라이스, 가중 예측(weighted prediction), 격행주사, 그리고 CABAC이 포함된다. 격행주

사 방식을 지원하는 것으로 알 수 있듯이 MP는 방송과 같은 응용분야를 염두에 둔 프로파일이다. B 슬라이스 및 CABAC을 지원하므로 압축률 입장에서는 가장 우수한 성능을 보이지만 BP에 비해 계산량이 상당히 증가하므로 비용이 많이 요구되고 지연시간이 문제가 되는 실시간 응용에는 사용하기가 곤란하다.

다음으로 EP(Extended Profile)에는 멀티미디어의 스트리밍 서비스를 고려한 프로파일로서, BP의 모든 기능에 더하여 B 슬라이스, 가중 예측 그리고 SP(Switching P) 및 SI(Switching I) 슬라이스 구조와 데이터 분할(data partitioning)을 지원한다. SP 및 SI 구조를 사용함으로써 하나의 비트스트림에서 다른 비트스트림으로 스위칭이 용이해지며, VCR에서의 빨리감기(fast forward) 기능이 가능해진다. 그리고 데이터 분할을 통해서 전송 도중에 오류가 발생하는 환경에서 성능을 개선할 수 있다.

이상의 논의로부터 H.264에서 사용하는 슬라이스 모드를 프로파일 별로 정리하면 다음의 <표 3-1>과 같다.

슬라이스 모드	설명	프로파일
I(Intra)	I 매크로블록만 포함	BP, MP, EP
P(Predictive)	P 및 I 매크로블록 포함	BP, MP, EP
B(Bi-predictive)	B 및 I 매크로블록 포함	MP, EP
SP(Switching P)	부호화 스트림 사이의 스위칭에 사용 P 및 I 매크로블록 포함	EP
SP(Switching I)	부호화 스트림 사이의 스위칭에 사용 SI 매크로블록 포함	EP

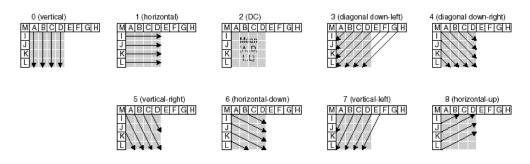
〈표 3-1〉H.264 슬라이스 모드

3) H.264 부호화 기술

H.264에서는 동영상의 압축 성능을 향상시키기 위해 부호화의 각 과정에서 다양한 기술을 사용한다. 대표적인 새로운 기술로서 앞서 언급한 프레임내 예측을 들 수 있다. 프레임간 예측을 위해서는 이전의 표준들에서 채용하고 있는 다양한 기능들을 대부분 이용하는데, 움직임 추정의 단위가 되는 블록의 크기의 조합을 가변적으로 사용하고, 움직임 추정의 정밀도는 1/4 화소 단위까지 사용한다. 또한 참조 프레임(reference frame)의 개수를 5개까지 확장할 수 있

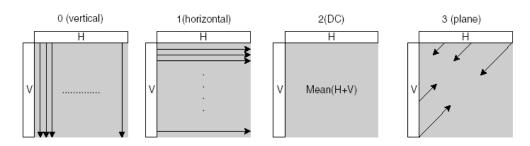
으며, 구획화 현상을 감소하기 위한 루프 필터링을 적응적으로 수행하는 등 여러 가지 기능을 포함시켜 유연성 및 기능성을 추가했다. 이들 기술을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

○ 프레임내 예측(intra prediction): H.264에서는 임의의 블록을 예측할 때, 현재 프레임에서 이미 부호화된 인접 화소들의 값을 이용하는 프레임내 예측 또는 인트라 예측 기술을 포함시켰다. 이 기술은 다른 부호화 표준과 구별되는 H.264의 가장 두드러진 특징이라고 할 수 있다. 프레임내 예측에서 사용하는 블록의 단위는 4×4 또는 16×16인데, 4×4 블록의 경우는 [그림 3-13]에서 보인 바와 같이 9개의 모드 가운데 하나를 선택하고, 16×16 블록의 경우는 [그림 3-14]에서 보인 4개의 모드 가운데 하나를 선택한다.



출처: Richardson (2003)

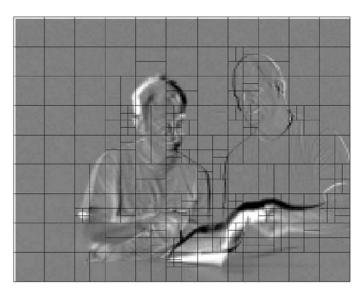
[그림 3-13] 4×4 프레임내 예측 모드



출처: Richardson (2003)

[그림 3-14] 16×16 프레임내 예측 모드

○ 가변적 블록 크기의 사용: H.264에서는 16×16 크기의 매크로블록에 대하여 16×16, 8×8 이외에도 16×8, 8×16, 8×4, 4×8, 4×4 등 다양한 크기의 블록이 조합된 다양한 형태로 움직임 추정을 수행한다. [그림 3-15]에서는 [그림 3-5]에서 보인 차이 영상에 대해 이 기술을 적용하여 각 매크로블록을 분할한 결과를 나타내었다. 배경에 해당하는 단순한 영역에서는 매크로블록이 분할되지 않고 16×16의 크기를 유지하지만 전송할 데이터가 존재하는 복잡한 영역에서는 작은 크기의 블록으로 분할됨을 확인할 수 있다.



출처: Richardson (2003) [그림 3-15] 차이 영상의 분할

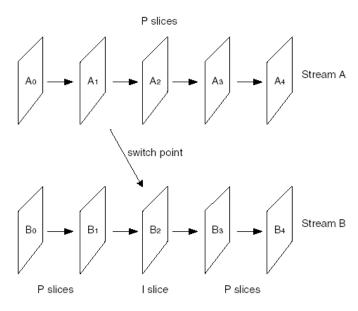
부호화하고자 하는 매크로블록이 양방향 예측을 사용하고 모두 4×4 크기의 세밀한 블록까지 분할된다면 이 매크로블록에 대해 최대 32개의 움직임 벡터가 할당될 수 있다. 이 기술을 적용하게 되면 계산량이 많이 증가하는 반면 블록의 크기가 작을수록 세밀한 움직임의 추정이 가능하므로예측의 성능을 향상시킬 수 있고 큰 처리단위 때문에 생기는 구획화 현상을 줄일 수 있어 우수한 화질을 유지할 수 있다.

○ 1/4 화소 단위 움직임 추정 : 움직임 벡터를 추정함에 있어서 1/2 화소 및

1/4 화소 단위에 이르기까지 정밀하게 예측함으로써 계산량은 증가하지만 보다 정교한 움직임 추정이 가능하도록 한다.

- 다중 참조 프레임 사용: 프레임간 예측을 함에 있어서 여러 개의 프레임을 참조 대상으로 할 수 있게 하고 이 가운데 예측 성능이 가장 좋은 프레임을 선택하여 부호화할 수 있도록 함으로써 부호화 효율을 높일 수 있다. 단 여러 장의 프레임을 저장해야 하기 때문에 부호화기 및 복호화기에서 메모리의 부담이 증가하고 계산량도 참조 프레임의 개수만큼 증가한다.
- 적응적 루프 필터: 루프 필터는 영상의 구획화 현상을 줄이기 위해 사용하는데 H.264에서는 이를 적응적으로 적용한다. 이 필터가 예측 루프 내에서 수평 및 수직 블록 에지에 적용되어서 블록 예측 오류로 인한 불필요한 현상을 제거한다.
- 정수 계수의 변환: 대부분의 부호화 표준에서 보편적으로 사용하는 변환 인 일반적인 DCT의 경우는 변환계수의 계산과정에서 실수 곱셈이 필요 하기 때문에 이를 구현하는 과정에서 유효숫자의 문제에 따른 반올림오차 가 존재하고 부호화기 및 복호화기 사이에 정밀도의 차이에 따른 편차가 발생하여 동영상의 부호화 품질을 떨어뜨리는 원인가운데 하나로 지적되 었다. H.264에서는 기존의 DCT를 약간 변형시켜 정수형의 4×4 변환식을 사용함으로써 이 문제를 해결하였다.
- 엔트로피 코딩: 데이터 유형에 따라 여러 개의 고정된 가변길이 부호 테이블을 사용했던 이전 표준들과 달리 H.264에서는 변환 계수의 부호화를 위해서는 CAVLC을 사용하고 다른 심볼의 부호화를 위해서는 일반적인 VLC를 사용한다. H.264의 MP에서는 CABAC을 지원하는데 이는 CAVLC에 비해 최대 10%에 달하는 비트율 향상을 얻을 수 있다.
- 가중치 예측 : 순방향 및 역방향 예측의 가중치 합을 이용하는 예측 방법을 제공함으로써 페이딩(fading) 등과 같은 장면 전환이 발생하는 경우에 부호화 효율을 향상시킬 수 있다.
- SP 및 SI 슬라이스: 멀티미디어 스트리밍 서비스에서는 수신측의 복호화기에서 여러개의 부호화된 스트림 사이에서 스위칭이 필요한 경우를 고려해야 한다. SP 슬라이스 또는 SI 슬라이스를 통해 비디오 스트림 사이의스위칭이나 효율적으로 이루어지도록 할 수 있다. [그림 3-16]에서는 I 슬

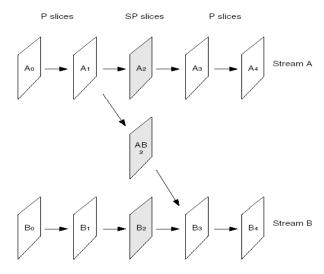
라이스를 이용한 스위칭 과정을 나타내었다. 스트림 A와 스트림 B가 독립적으로 부호화되는 경우에, 스트림 A에서 스트림 B로 스위칭하기 위해서는 스트림 B의 스위칭 위치에 참조 대상이 필요없는 I 슬라이스가 존재해야 한다. 그러나 일반적으로 I 슬라이스는 P 슬라이스에 비해 발생되는데이터량이 많기 때문에 스위칭 위치에서 데이터량이 불필요하게 증가할가능성이 있다.



출처: Richardson (2003)

[그림 3-16] | 슬라이스를 사용한 스위칭

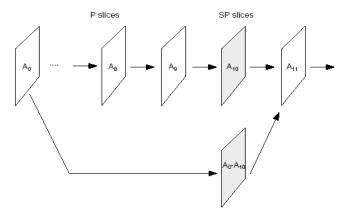
SP 슬라이스는 I 슬라이스를 삽입함으로써 데이터량을 과도하게 증가시키지 않고 스위칭을 가능하게 한다. [그림 3-17]에서는 SP 슬라이스를 이용한스위칭 과정을 나타내었다. 그림에서 보듯이 스위칭 위치에 세 개의 SP 슬라이스가 있다. A_2 는 A_1 을 참조하여 복호화되고, B_2 는 B_1 을 참조하여 복호화되지만, 스위칭 SP 슬라이스인 AB_2 는 A_1 을 참조하여 B_2 를 복호하도록 만들어진 슬라이스이다. 여분의 SP 슬라이스로 인해 데이터량이 증가하기는 하지만 앞서의 경우처럼 I 슬라이스가 필요한 경우보다는 유리하다.



출처: Richardson (2003)

[그림 3-17] SP 슬라이스를 사용한 스위칭

SP 슬라이스의 또 다른 역할은 빨리감기 등의 VCR 기능을 제공하는 것이다. 예를 들어 [그림 3-18]과 같이 10번째 프레임의 위치에 SP 슬라이스와스위칭 SP 슬라이스를 같이 가지고 있다면, 복호기에서는 A_0 를 복호한 다음에 스위칭 SP 슬라이스 A_{0-10} 을 거쳐 A_{11} 을 복호하는 방식으로 빨리감기 기능을 구현할 수 있다.



출처: Richardson (2003)

[그림 3-18] SP 슬라이스를 사용한 빨리감기

4) H.264의 새로운 기능

앞서 살펴본 대로 H.264가 처음 표준화됐을 때는 BP, MP, EP의 3개 프로파일을 지원했으나, H.264 표준의 확장판으로서 2004년 7월에 FRExt(Fidelity Range Extension)라고 하는 개정안이 추가되었다. 이 확장된 표준에서는 보다넓은 범위의 영상을 지원하기 위해 컬러형식 및 비트 깊이 등 동영상 형식의 파라미터를 확장하여 <표 3-2>와 같은 4개의 프로파일을 추가하였다.

프로파일	설명
HP	표준 4:2:0 컬러형식 및 화소당 8 비트 컬러
Hi10P	더 높은 충실도의 비디오 디스플레이를 위한 표준 4:2:0 컬러형식 및 10 비 트 컬러
H422P	알파 블렌딩 같은 소스 편집 기능에 유용하도록 4:2:2 컬러형식 및 10 비트 컬러
H444P	가장 높은 품질의 소스 편집 및 가장 높은 색 충실도를 위해 4:4:4 컬러형 식에 12비트 컬러

〈표 3-2〉H.264 확장 프로파일

또한 무손실 인터프레임 코딩 및 스테레오 비디오에 대한 추가적인 지원이 포함되었다. 이들 새로운 프로파일 가운데 방송 및 DVD에서의 응용을 고려하한 H.264 HP가 주목을 받고 있는데, H.264 HP에 추가된 기능을 통해 MPEG-2에 비해서 압축 효율 측면에서 최고 3배의 향상을 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

- 적응적 차이영상 블록 크기 및 정수계수의 8×8 변환: 차이영상 블록의 변환 코딩을 위해 8×8 및 4×4 블록 간에 스위칭할 수 있다. 8×8 블록을 위해 새로운 16 비트 정수 변환이 추가되었다. 작은 블록 크기에는 이전의 4×4 변환을 계속해서 이용할 수 있다.
- 8×8 밝기신호 프레임내 예측: 밝기신호에 대한 프레임내 예측에 있어서 이전의 16×16 및 4×4 블록에 더해서 8×8 블록에 대한 예측을 함3-1께 ㅎ 수행할 수 있도록 8개의 모드를 추가했다.
- 양자화 가중치: 8×8 변환 계수의 양자화를 위한 새로운 양자화 가중치 행렬을 추가하였다.

2 멀티미디어 방송영상의 VQ 평가 방법

가. 멀티미디어 방송영상의 품질 열화

멀티미디어 방송영상의 부호화를 위해서 사용되는 알고리듬은 기본적으로 손실 부호화(lossy coding)이기 때문에 압축된 동영상에는 불가피하게 품질의 열화가 포함될 수 밖에 없다. 압축의 정도가 심하지 않거나 압축을 하더라도 영상이 단순하고 움직임이 적은 경우에는 이러한 열화의 영향이 인간의 눈에 띄지 않을 정도로 미미할 수 있지만, 압축율을 높이게 되면 또는 원본 영상 콘텐트에 빠른 움직임이 많거나 공간적으로 세밀한 영역이 많은 경우에는 손실이심하여 시각적으로 거슬리는 다양한 잡음이 발생한다. 이러한 부호화 잡음들의분류 및 평가는 다양한 부호화 알고리듬이나 하드웨어 장비의 성능을 평가하기위한 필수적인 작업이라고 할 수 있다. 여기서는 멀티미디어 동영상의 부호화 과정에서 발생하는 다양한 잡음 현상을 그 원인과 형태에 따라 분석하고자 한다.

부호화 잡음을 크게 구분하면 공간영역에서의 잡음과 시간영역에서의 잡음으로 나눌 수 있다. 공간영역에서의 잡음은 한 장의 프레임 내에서 발견되는 품질 열화로서 주로 양자화 과정에서의 오차 때문에 발생하는데 블록화(blocking), 뭉게짐(blurring), 물결무늬(ringing), 색상 번짐(color bleeding) 등 다양한 현상으로 나타난다. 시간영역에서의 잡음은 동영상 부호화 일고리듬에서 참조 프레임으로부터 움직임을 추정하고 이를 이용하여 현재 프레임의 매크로 블록을 예측하는 과정에서 주로 발생하며 거짓 에지(false edge), 움직임 불일치(motion mismatch) 등의 현상으로 나타난다.

1) 블록화 현상(blocking effects)

블록화 잡음은 MPEG 계열이나 H.26x 계열과 같이 블록 기반으로 부호화된 영상에서 보편적으로 볼 수 있는 현상으로서 인간의 눈에 가장 거슬리는 형태의 잡음이다. 이 잡음은 블록 단위로 부호화를 하다 보니 서로 인접한 블록사이에 존재하는 경계의 불연속이 지나치게 두드러진 경우에 나타난다. H.264에서는 이를 감소시키기 위해 적응적인 디블로킹 필터링을 사용하기도 한다. [그림 3-19]에서 사람의 얼굴 및 머리 부분에서 블록화 잡음이 두드러지게 나타난다.



출처: Wu (2006) [그림 3-19] 블록형 잡음

2) 기저패턴 현상(basis image effect)

MPEG 및 H.26x 계열의 부호화 알고리듬에서는 대부분 DCT 기반의 변환부호화를 사용하고 있는데 8×8 크기의 블록에 대한 DCT 계수 64개는 특정한 공간주파수를 가지는 패턴의 크기에 해당한다. 따라서 DCT 계수의 양자화 과정이 충분히 정밀하지 않은 경우에는 [그림 3-20]에서 보이는 바와 같이 부호화된 영상에 일정 크기의 DCT 기저패턴이 나타날 수 있다.



출처: Wu (2006) [그림 3—20] 기저 패턴 현상

3) 뭉개짐 잡음(blurring)

뭉개짐 잡음은 영상 내에 포함된 높은 공간주파수가 부호화 과정에서 사라졌 기 때문에 발생한다. 영상의 공간주파수는 물체의 경계를 이루는 에지나 복잡

46 • 멀티미디어 방송 서비스를 위한 QoS/QoE 평가 기준 및 방법 연구

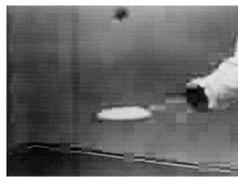
하고 변화가 많은 세밀한 영역에서 높게 나타나는데, 압축율을 높이기 위해 양자화 과정에서 높은 주파수 성분을 지나치게 억압하면 [그림 3-21]과 같이 영상의 에지가 선명하지 못하고 세밀한 모양들이 사라지는 뭉게짐 현상이 발생한다.



[그림 3-21] 뭉개짐 잡음 현상

4) 색상 번짐(color bleeding)

밝기신호의 높은 주파수 성분의 손실 때문에 공간영역에서 뭉게짐 잡음이 발생한다면, 색상신호에서 높은 주파수 성분의 손실은 색상이 번지는 영향을 나타나기도 한다. 이는 주로 색상 신호의 대비가 강한 영역에서 발견된다. [그림 3-22]에 이를 나타내었다.



(a) Cb 성분의 번짐

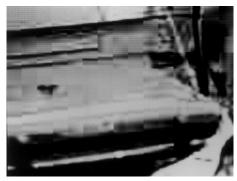
(b) Cr 성분의 번짐

출처 : Wu (2006)

[그림 3-22] 색상번짐 현상

5) 계단형 잡음(staircase effect)

계단형 잡음은 블록화 잡음 및 모자이크 잡음과 관련되며 비스듬한 대각선에지가 공간적으로 인접한 여러 블록에 걸쳐서 존재하는 경우에 눈에 두드러진다. DCT 변환 및 양자화가 충분히 정밀하게 이루어지지 않으면 [그림 3-23]에서 보는 바와 같이 직선이 아닌 계단모양이 나타난다.



출처 : Wu (2006)

[그림 3-23] 계단형 잡음 현상

6) 물결무늬 현상(ringing)

물결무늬 잡음은 일반적으로 복잡하지 않은 평탄한 영역에 강한 대비를 가지는 에지 성분이 존재하는 경우에 주로 발생한다. 에지의 주위를 따라서 물결이 치듯이 리플(ripple)이 나타나는데 에지의 대비가 클수록 리플이 커진다. [그림 3-24]에서 탁구대의 에지와 사람의 팔 아래에서 이 현상을 확인할 수 있다.



출처 : Wu (2006)

[그림 3-24] 물결형 떨림 현상

7) 거짓 윤곽선 현상(false contouring)

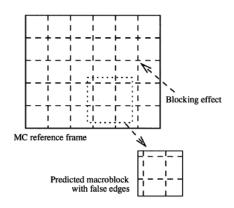
거짓 윤곽선 현상은 양자화의 단계가 충분하기 않은 경우에 발생한다. 원본 영상에서는 연속적으로 부드럽게 변하는 영역이 양자화를 거치면서 양자화 스텝크기 만큼 불연속적으로 변하는데, 이 때 양자화 스텝의 크기가 사람이 인지할 정도 이상으로 크면 원본 영상에는 존재하지 않는 경계선이 나타나고 이를 거짓 윤곽선(false contour)라고 한다. [그림 3-25]에서 이를 나타내었다.



[그림 3-25] 거짓 윤곽선 현상

8) 거짓 에지(false edges)

거짓 에지는 시간적인 잡음의 한 형태로서, 현재 매크로블록을 예측하기 위해 참조하는 프레임에 부호화 잡음이 이미 포함되어 있는 경우에 나타날 수 있다. 블록화 현상과 마찬가지로 거짓 에지가 주로 눈에 띄는 영역 역시 영상내의 변화가 심하지 않은 평탄한 부분이다. [그림 3-26]에서는 이전 프레임에 블록화 잡음이 존재하는 경우에 이를 참조하여 움직임 보상을 통해 예측한 현재프레임의 매크로블록에 거짓 에지가 발생하는 과정을 나타내었다.

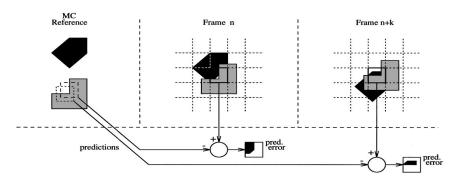


출처 : Wu (2006)

[그림 3-26] 거짓 에지의 발생

9) 움직임 불일치(motion mismatch)

움직임 불일치(motion mismatch)은 움직임 추정 및 보상 과정에서 발생하는 시간 영역에서의 잡음이다. 블록 기반의 부호화 방법에서 움직임의 단위를 매크로블록이라고 할 때, 매크로블록내의 모든 화소가 동일한 움직임을 가진다고 기본적으로 가정한다. 그러나 움직이는 물체의 경계 영역에는 움직이는 물체와움직이지 않는 배경이 함께 존재한다. 또한 매크로블록 내에서 움직이는 물체가 여러 개 존재하는 경우에도 움직임 움직임이 일치하지 않는 문제가 발생할수 있다. [그림 3-27]에서 이 경우를 나타내었다. 움직임 불일치가 발생하면 해당 부분에서 예측오차가 커지게 되고, 큰 예측 오차는 DCT 변환 및 양자화 과정을 거치면서 잡음과 유사한 높은 공간주파수의 오차로 나타난다.



출처 : Wu (2006)

[그림 3-27] 움직임 불일치의 발생

10) 색상 불일치(chrominance mismatch)

대부분의 부호화 알고리듬에서 움직임을 추정하는 데에는 밝기 신호만을 이용하는 것이 일반적이고, 색상신호의 움직임 벡터는 밝기 신호로부터 구한 움직임 벡터를 크기 비율만 조절하여 사용한다. 그런데 영상 내 매크로블록의 위치에 따라서 현재 매크로블록의 색상 정보의 상관성이 차이를 보일 가능성이 있고 이의 영향이 색상의 불일치로 나타난다.

11) 모기 효과(Mosquito effect)

모기 효과는 동영상 시퀀스에서 높은 대비를 갖는 에지 주변이나 움직이는 물체 주변에서 밝기 신호 및 색상 신호의 값이 변동하는 현상으로서 주로 부드러운 텍스쳐 영역에서 나타나는 시간적 잡음이다. 이는 연속되는 시퀀스내의 동일한 영역을 부호화하는 방법이 달라지기 때문에 발생하는 것으로서 물결형 떨림과 같은 높은 공간주파수에서의 왜곡이나 움직임 불일치에 의한 예측 오류등이 주된 원인이다.

12) 정지 영역 변동(stationary area fluctuations)

에지 또는 움직이는 물체 주변에서 발생되는 신호의 변동과 유사한 현상이 공간적인 변화가 심한 정지영역에서도 발견된다. 이러한 영역의 매크로블록은 그 복잡성 때문에 I 프레임보다는 프레임간 예측을 통해 부호화 될 가능성이 높다. 그런데 프레임 간 부호화 과정에서의 양자화 오차 때문에 발생한 배경잡음이 시간에 따라 변동하는 flickering 형태로 나타날 수 있다.

또한 정지영상 부호화에서는 전체 영상에 걸친 양자화 파라미터는 동일하다고 생각하는 것이 보편적이지만, 동영상의 부호화에서는 발생 비트율을 조절하기 위해서 프레임마다 다른 비트율이 할당될 수 있고 심지어는 같은 프레임내에서도 영역에 따라 다른 비트율이 할당되기도 한다. 이와 같은 비트율을 제어하기 위해 양자화 파라미터를 변동하는 과정에서도 연속되는 프레임들의화질이 변동하여 눈에 거슬릴 수 있다. 그리고 프레임율(frame rate)이 너무낮은 경우에는 움직임이 자연스럽지 않고 불연속적으로 튀는 현상이 발생할 수도 있다.

나, 주관적 영상 품질 측정방법

영상의 품질을 평가하는 방법은 크게 주관적인 방법과 객관적인 방법으로 구분된다. 이 가운데 주관적인 화질평가는 [그림 3-28]과 같은 평가 환경을 구비해놓고, 평가자가 직접 동영상을 보고 손상 정도나 화질을 평가하는 방법으로서 사람이 영상의 품질을 인지하는 특성을 반영할 수 있는 가장 직접적인 방법이라고 할 수 있다.



[그림 3-28] 주관적 화질 평가 환경

그러나 주관적인 화질 측정 방법의 한계이자 문제점은 평가자에 따라서 그리고 시험 동영상에 따라서 결과에 차이가 발생할 수 있다는 것이다. 따라서 평가자에 대한 영향을 줄이고 보다 신뢰성이 높은 결과를 얻기 위해서는 다양한 동영상을 대상으로 여러 명의 평가자가 반복적으로 평가하여야 하며, 경우에따라서는 객관적인 화질 평가 방법을 보충적으로 사용할 필요성도 있다. 또한 객관적인 평가방법을 개발하고 이의 성능을 검증하기 위해서도 주관적 평가방법이 필요하다.

ITU-R에서는 BT.500 권고안을 통해서 주관적인 영상품질의 평가방법을 표준화하였다. 여기서는 주관적인 화질 평가 방법을 크게 두가지로 구분하는데, 한가지는 화질 평가(quality assessments)로서 최적 조건하에서 시스템의 성능을 평가하는 것이고 또 하나는 손실 평가(impairment assessments)로서 전송등의 영향으로 조건이 최적이 아닌 경우에 화질이 얼마나 유지되었는지를 평가

하는 것이다.

주관적인 화질 평가 방법을 수행할 때, 가장 중요한 것은 평가의 목적과 상황에 적합한 방법을 선택하는 것이다. 다음의 <표 3-3>에서는 평가 상황에 따른 평가방법을 나타내었다.

〈표 3-3〉 상황에 따른 평가방법의 선택

상황	평가방법
기준 영상이 존재하는 경우 시스템의 성능 측정	DSCQS
시스템의 안정성 측정 (예 : 실패 특성)	DSIS
입체 영상의 부호화 시스템의 성능 측정	DSCQS
손실된 동영상 시퀀스 사이의 충실도 측정	SDSCE
오류 보정 방법들의 비교	SDSCE

출처: ITU-R BT.500-11

DSCQS: Double-stimulus continuous quality-scale

DISI: Double-stimulus impairment scale

SDSCE: Simultaneous double stimulus for continuous evaluation

한편 BT.1082에서는 이상의 평가 상황 이외에도 기준 영상이 존재하지 않는 경우의 시스템 성능의 평가 및 다른 시스템과의 성능 비교, 시스템의 인지적성능 차이에 영향을 미치는 요소의 분류 및 측정, 손실이 발견되는 위치의 결정, 시스템이 다르다고 인식되는 지 여부의 판단 등의 상황에 적합한 평가방법을 연구하고 있다.

여기서는 대표적인 주관적 화질 평가방법인 DISI, DSCQS, SDSCE에 대해서 살펴보고자 한다.

1) DSIS(Double Stimulus Impairment Scale)

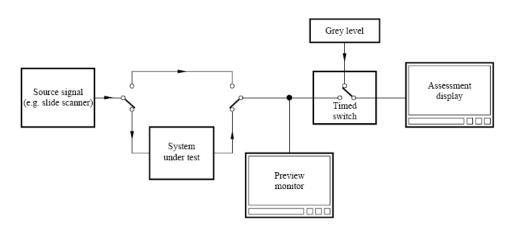
DS(Double Stimulus) 방법에서는 평가자에게 임의의 순서대로 배열된 A와 B라는 한 쌍의 동영상을 순서대로 보여주어 평가하게 하는데 두 영상 가운데 하나는 화질의 손상이 없는 기준 영상이고, 다른 하나는 부호화 등의 영향으로 화질이 손상된 평가대상 영상이다. 평가가 끝나고 나면 각 영상의 평가결과의 평균값을 취한다.

DSIS는 기본적으로 손실의 정도를 측정할 때 사용되는 방법으로서 일반적으로 손실의 정도가 심한 경우보다는 적은 경우에 더 안정적이다. 이 방법이 때때로 제한된 범위의 손실 정도를 측정하는데 이용되기도 하지만, 손실 범위를 제한하지 않고 전 영역에 걸쳐서 사용하는 편이 더 적합하다.

DSID 평가 시스템의 구성도를 [그림 3-29]에 나타내었다. 평가자들은 기준이되는 원본 영상신호와 평가대상이 되는 시스템을 통과한 영상신호 중 하나를 선택하는 스위치를 통해 전달된 영상을 평가한다. 영상과 영상 사이에는 잔상의 영향을 감소시키기 위해 일정 밝기의 회색조(grey level) 영상을 보여준다.

평가자는 평가 영상의 손실의 정도에 따라 다음과 같이 다섯등급으로 분류하여 점수를 부여한다.

- 5 : 영상의 손실을 감지할 수 없음(imperceptible)
- 4: 약간의 손실은 있으나, 거슬리지는 않음(perceptible, but annoying)
- 3: 약간 거슬림(slightly annoying)
- 2: 거슬림(annoying)
- 1: 매우 거슬림(verv annoving)

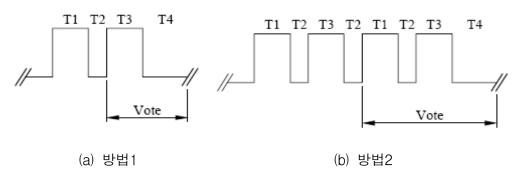


출처: ITU-R BT.500-11

[그림 3-29] DSIS 평가 시스템의 구성도

DSIS 평가에서는 [그림 3-30]에서와 같이 두가지 방법으로 영상을 보여준다. 첫 번째 방법은 원본 기준 영상과 평가 영상을 한번씩 보여주는 것이고, 두 번

째 방법은 이들을 교대로 두 번씩 보여주는 것이다. 여기서 T1과 T3는 각각 기준 영상과 평가 영상을 보여주는 시간을 의미하며 동일하게 10초를 사용한다. T2는 영상과 영상사이에 회색조 영상을 보여주는 시간으로 3초를 사용하고, 기준 영상 및 평가 영상을 보여주고 난 후에 평가가 이루어지는 시간인 T4동안은 회색조 영상을 보여주는데 5초에서 11초 동안 유지된다. 두 번째 방법이 시간이 더 많이 소요되지만 더 세밀한 손실 평가가 필요하거나 움직이는 시퀀스를 평가하기 위해 사용될 수 있다.



출처: ITU-R BT.500-11

[그림 3-30] DSIS 프레젠테이션 방법

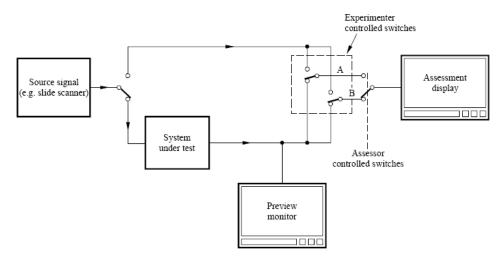
DSIS 평가과정에서 주의해야 할 사항은 우선 영상의 보여주는 과정에서 순서가 무작위로 구성되어야 하며 동일한 영상이 연속적으로 보여주는 것을 피해야 한다, 또한 영상의 손실 정도는 실험의 전체적인 평균 점수가 3점 부근에놓이도록 평가 등급 전체를 사용할 수 있을 만큼의 영역을 가져야 한다. 그리고 사전 준비와 설명을 포함해서 한 번의 평가시간이 30분을 넘지 않도록 한다.

2) DSCQS(Double Stimulus Continuous Quality Scale)

이 방법은 일반적으로 새로운 시스템의 성능을 측정하거나 영상이 전송을 거치고 난 후 화질에 미치는 영향을 측정하기 위해 사용된다. 평가 환경은 DSIS의 경우와 마찬가지이나 손실의 정도를 평가하는 대신 화질을 직접 평가하는 것이 차이점이다.

[그림 3-31]에 DSCQS 평가 시스템의 구성도를 나타내었다. DSCQS에서도

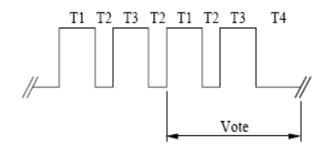
평가자들은 기준이 되는 원본 영상신호와 평가대상이 되는 시스템을 통과한 영상신호 두가지에 대해서 평가를 수행한다.



출처: ITU-R BT.500-11

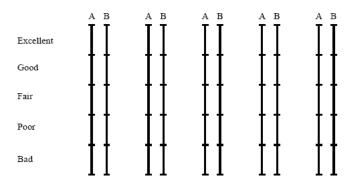
[그림 3-31] DSCQS 평가 시스템의 구성도

DSCQS 평가실험에서는 평가자에게 선입견을 주지 않기 위해 기준 영상과 평가 영상이 나타나는 순서를 실험자가 무작위로 선택하여 제시한다. 평가자가 평가하는 과정에서도 두 가지 방법이 사용된다. 한가지 방법은 평가자가 한사람인 경우에 사용할 수 있는데, [그림 3-31]에서 보는 바와 같이 평가자가 영상 A와 영상 B 사이를 선택하는 스위치를 조작하여 두 영상을 비교한 후 결정하는 것이다. 다른 하나는 여러 명의 평가자가 영상 A와 영상 B를 연속적으로 보고난 후 각각의 영상에 등급을 매기는 방법이다. [그림 3-32]에서 DSCQS에서의 프리젠테이션 방법을 나타내었다. DSIS에서와 마찬가지로 여기서 T1과 T3는 각각 영상 A과 영상 B을 보여주는 시간이며, T2와 T4는 영상 사이의 간격 또는 평가하는 시간을 위해 회색조 영상을 보여주는 시간으로서 T1과 T3는 10초, T2는 3초, 그리고 T4는 5초에서 11초 사이이다.



출처: ITU-R BT.500-11 [그림 3-32] DSCQS 프레젠테이션 방법

평가자는 [그림 3-33]과 같이 평가 영상에 대해 'Excellent', 'Good', 'Fair', 'Poor', 'Bad'의 다섯 등급이 표시된 평가지에 첫 번째 영상 A와 두 번째 영상 B에 대해 연속적인 임의의 점수를 부여한다.



출처: ITU-R BT.500-11

[그림 3-33] DSCQS 평가 등급

DSCQS 평가과정에서 고려해야 할 사항은 이의 평가결과는 기준 영상과 평가 영상 사이의 상대적인 화질의 차이를 나타내기는 하지만 절대적인 평가값은 아니라는 점이다. 즉 DSCQS 결과 하나만을 가지고 화질을 평가할 수는 없다. 또 평가자가 이 평가방법에 익숙하지 않은 경우에는 평가하는 결과값이되 의미를 잘 못 이해하는 경우가 많기 때문에 DSCQS를 이용할 때는 평가를 시작하기 전에 이를 충분히 설명하고 적절한 기준값을 결정하는 것이 중요하다.

3) SSCQE(Single Stimulus Continuous Quality Evaluation)

이 방법은 DS(Double Stimulus)가 아닌 SS(Single Stimulus)라는 점이 앞서의 두 방법과 차이이다. 즉 앞서의 방법들에서는 기준 영상과 평가 영상을 교대로 보여주면서 상대적인 화질을 평가하지만 이 방법에서는 원본 기준 영상과 평가 영상을 무작위로 섞어놓고 각각의 영상을 한 번만 보여주고 평가자는 DSCQE에서와 같이 Excellent에서 Bad까지 연속적인 점수를 주어 평가한다.

다. 객관적 영상 품질 측정방법

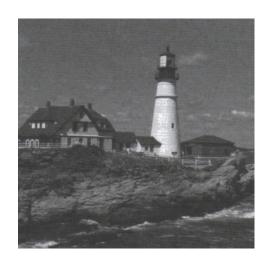
지금까지 살펴본 주관적인 영상 품질 측정 방법은 사람이 직접적으로 인식하는 평가결과를 나타낸다는 점에서는 바람직하지만 앞서 말했듯이 평가자에 따라서 그리고 동영상의 특성에 따라서 일관성있는 결과를 나타낸다는 보장이 없다. 더군다나 평가를 위한 실험환경을 갖추고 평가자를 모아서 평가실험을 실시하는 작업은 복잡할 뿐만 아니라 시간과 비용이 많이 소요된다는 측면에서도 바람직하지 않다. 따라서 객관적인 품질 평가방법에 대한 필요성이 오래전부터 제기되어 왔다. 대표적인 방법으로서 MSE(Mean-Squared Error)와 PSNR (Peak-to-peak Signal to Noise Ratio)가 현재까지도 사용되고 있기는 하지만 이들 도구는 사람이 인지하는 화질을 제대로 반영하는 데는 거리가 있는 것이 사실이기 때문에 이를 보완할 수 있는 객관적인 화질 평가 방법에 대한 연구가 진행중이다.

객관적인 화질 평가 방법은 접근 방법을 기준으로 구분하면, 화소 기반의 화질 측정 방법과 더불어 HVS(Human Visual System)에 기반한 접근 방법, 공학적 접근 방법 등으로 나눌 수 있다.

1) 화소 기반 화질 측정 방법

MSE 및 PSNR이 이에 속하는 대표적인 평가도구이다. 이들은 기준 영상과 평가 영상이 주어질 때 두 영상 사이에서 직접적인 오차 즉 화소값 차이를 반 영하기 때문에 계산이 쉽고 빠르다는 장점이 있다. 하지만 화소값 차이는 사람이 인지하는 손실 또는 왜곡과는 상관성이 약하다. 예를 들자면 영상 가운데 공간적으로 그리 복잡하지 않은 영역에서의 오차는 사람의 눈에 잘 띠지만, 복

잡한 영역에서의 오차는 상대적으로 적은 영향을 미친다. 결국 PSNR이 높은 영상이라도 사람의 눈에는 더 거슬리는 경우가 적지 않으며, PSNR 측면에서는 동일한 영상이라고 하더라도 사람이 인지하는 화질 측면에서는 서로 다른 경우가 많아 있다. [그림 3-34]에서 이의 예를 나타내었다.



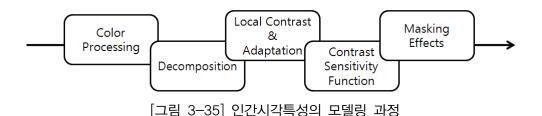


[그림 3-34] PSNR은 동일하나 인지적 화질이 차이나는 두 영상

2) HVS(Human Visual System) 기반 접근 방법

다음으로는 인간의 시각 특성 즉 HVS(Human Visual System)에 기반을 둔 객관적 화질 평가방법을 고려할 수 있다. 다양한 실험을 통해서 색상 공간, 대비영상에 대한 민감성 등에 관한 보편적인 시각특성을 파악한 후, 이를 다양한 영역의 응용분야에서 적용할 수 있다. 그러나 이 방법은 지나치게 복잡한 과정을 거쳐야 하기 때문에 실제적인 유용성은 다소 제한된다.

인간시각특성의 모델링 과정은 다음의 [그림 3-35]와 같다.



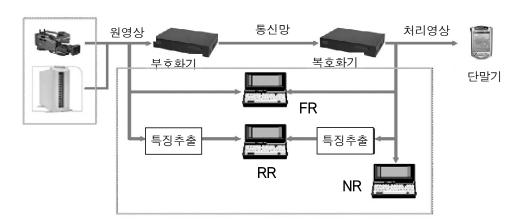
- 색상 처리(color processing): 색상 처리 과정은 사람이 인지하기에 적합한 색상 영역으로 변환하는 과정을 비롯하여 밝기신호의 마스킹 등이 포함된다(Schreiber, 1993). 실제로 사람의 시각특성은 비선형적이며 매우복잡하기 때문에, CIE *L*a*b*보다도 더욱 복잡한 색상공간을 사용해야 하지만, 단순화를 위해서 간단한 선형 변환식을 사용하기도 한다.
- 분해(decomposition): 사람의 시각 특성에 적합하도록 영상을 분해하는 과정으로서 서로 다른 공간주파수 또는 방향성을 가지는 여러 개의 채널로 나눈다. 대표적인 방법으로서 다중 해상도 필터 뱅크(multi-resolution filter bank)와 웨이블릿 분해(wavelet decomposition)를 생각할 수 있다 (Dougman, 1980).
- 지역적 대비와 적응(local contrast and adaptation): 사람의 시각 특성에 관한 웨버의 법칙(Weber's law)은 잘 알려져 있다. 이는 사람은 절대적인 밝기 보다는 주변 밝기에 따른 상대적인 밝기 즉 대비에 더욱 영향을 받는다는 사실이다. 이는 단순한 형태에서는 모델링이 가능하지만, 영상이 복잡해지면 실제로 적용하기는 쉽지 않다. 한편 밝기의 정도나 색상에 대한 적응은 영상의 대비를 인식하는 과정에 영향을 미친다.
- 대비 민감도(contrast sensitivity): 사람의 시각 특성 모델링에서 가장 중요하게 고려되어야 하는 사항은 복잡한 영역에서 사람의 인지 민감도가 감소한다는 것이다. 이러한 현상은 CSF(Contrast Sensitivity Function)로 정량화 되어있다. 보통 CSF는 밝기영역과 색상영역으로 구분하여 처리한다(Batten, 1999). 또한 CSF는 시간 주파수에도 영향을 받는데 시간과 공간을 함께 고려하는 방법도 있다(Horst, 1969).
- 마스킹(masking): 마스킹이란 특정한 신호의 영향으로 주위의 신호가 인식되지 않는 현상을 의미한다. 영상처리의 측면에서는 잡음의 발생 영역에 따라 눈에 띄는지 그렇지 않는지를 알아내고자 하는 경우에 마스킹을 고려할 수 있다. 마스킹은 일반적으로 공간 마스킹과 시간 마스킹으로 나누는데, 공간 마스킹의 경우 그 구분의 경계가 명확하지 않을 수 있고 (Klein, 1997), 시간 마스킹의 경우는 마스킹의 앞뒤로 밝기의 불연속이나타날 수 있다(Ahumada, 1998).

3) 공학적 접근 방법

인간의 시각특성은 전체적인 인지과정이 규명되지도 않았음에도 불구하고 현재 밝혀진 것만으로도 너무나도 복잡한 체계를 가지고 있어 영상의 품질을 측정하는데 이를 모두 반영한다는 것은 실제적으로 불필요한 측면이 있다. 이러한 한계를 인식하여 동영상 부호화 과정의 특성과 사람의 시각특성을 고려하여 사람이 느끼는 평가에 근접할 수 있는 측정방법을 개발하고자 공학적인 접근방법이 시도되어 왔다. 이는 영상에 포함된 에지나 경계와 같은 구조적인 요소와인공적인 잡음을 고려하여 이의 특성을 추출하고 영향을 분석하는 작업을 통해서 이들 현상들이 전체 영상 화질에 미치는 영향을 측정하는 방법이다.

공학적인 접근 방법은 다시 [그림 3-36]에서 나타난 바와 같이 원본 영상의 존재유무에 따라서 FR(Full Reference) 방법, RR(Reduced Reference) 방법, NR(No Reference) 방법으로 구분된다.

FR 방법은 원본 영상과 처리 영상을 모두 알 수 있는 경우에 이들을 직접 비교하여 수신된 처리 영상의 품질을 측정하는 방법으로서 PSNR도 이에 포함된다고 할 수 있다. 이 방법은 원본 영상과 처리 영상을 모두 사용하기 때문에비교적 정확하게 사람이 인식하는 화질의 측정이 가능하기는 하지만 실제 응용에 있어서는 원본 영상이 존재하지 않는 경우가 많기 때문에 적용범위가 제한된다.



출처: 이철희 (2007)

[그림 3-36] 동영상의 객관적 품질평가 시스템

RR 방법은 원본 영상과 처리 영상이 모두 존재하지는 않으나 각각의 영상에서 추출한 특징을 사용하여 처리 영상의 품질을 측정하는 방법이다. 이와 관련하여 두 가지 형태의 응용을 생각할 수 있다. 하나는 수신측에서의 품질 평가이다. 단방향 통신망의 경우 부호화된 동영상 데이터와 함께 원본 영상의 특징을 전송하면, 수신측에서는 압축된 동영상을 복호화하고 이 처리 영상의 특징을 추출한다. 그리고 이를 전송된 원본 영상의 특징과 비교하여 영상의 품질을 측정할 수 있다. 또 한 가지는 송신측에서의 품질 평가이다. 양방향 통신망의경우에 수신측에서 복호화된 동영상의 특징을 추출한 뒤 리턴채널을 통해 송신측에 전송하고 송신측에서 원본 영상의 특징과 비교하여 영상의 품질을 모니터링할 수 있다.

NR 방법은 원본 영상에 대한 어떠한 정보도 이용하지 않고 처리 영상만을 이용하여 품질을 평가하는 방법이다. 원본 영상이 필요 없기 때문에 적용범위는 매우 다양하지만 처리 영상만 가지고 화질을 측정하기는 쉽지 않다. 그러나 MPEG과 같은 블록기반의 부호화 방법에서 특징적으로 나타나는 저주파 영역의 블록화 현상이나 고주파 영역의 물결형 잡음 등을 측정하는 방법에 대한 연구가 진행되고 있다. 한편 NR 방법은 영상에 잡음이 항상 존재한다는 가정을 전제한다. 이러한 가정은 화질 측정 오류가 발생할 위험성을 내포하고 있는데, 영상 내에 체스판이 존재하는 경우 전혀 왜곡 되지 않았더라도 블록형 잡음으로 인식 되는 현상이 그 한 예가 될 수 있겠다.

라. 영상 품질 측정을 위한 VQEG 표준화 동향

인간의 시각특성을 반영하면서도 객관적인 화질 평가방법에 대한 표준화의 필요성을 인식하게 되면서 VQEG(Video Quality Experts Group)의 활동이 주목을 받게 되었다. 처음에는 ITU-T와 ITU-R에 별도로 존재하던 두 단체는 실험의 주관적인 화질 평가에 대한 객관적인 화질 평가 방법의 정형화된 평가를 위해 공동으로 작업하게 되었다. 이 작업은 ITU-R Q63/11, ITU-T Q11/12, ITU-T Q22/09를 기반으로 시작되었다.

멀티미디어 영상과 관련되어 너무나도 다양한 부호화 방법과 응용분야가 존 재하기 때문에, 모든 응용분야에 정확하게 적용되는 모델을 개발하기는 쉽지 않다. 그러나 이러한 표준화에 따라 영상품질을 관찰하고 평가함에 있어서 선 택가능한 객관적 화질 평가 방법들의 범위를 좁혀줄 수 있다.

VQEG에서는 수년간의 노력의 결과로서 FR 방식에 대해 Phase 1과 Phase Ⅱ를 발표하였다.

1) FR-TV Phase 1

주관적인 화질 평가 방법에 대한 실험은 여러 연구실에서 시행되었다. 이 실험에서는 DSCQS 방식을 사용하였으며, 상황에 따른 영향이나 영상의 크기에따른 영향을 최소화하기 위해 다음과 같은 4가지 영상을 실험대상을 하였다.

- 50Hz/high quality
- 50Hz/low quality
- 60Hz/high quality
- 60Hz/low qulaity

VQEG 의 주관적 화질평가실험에 참여한 8개의 연구실은 다음과 같다. 각 연구실은 VQEG에서 제정한 주관적 실험 계획에 따라 실험을 수행하였다.

- CRC(Canada)
- O RAI(Italy)
- CCETT(France)
- O CSELT(Italy)
- NHK(Japan)
- O DCITA(Australia)
- O Berkom(Germany)
- O FUB(Italy)

객관적인 화질 측정 방법 또한 VQEG에서 제정한 객관적 실험 계획을 따른다. 이 실험에는 다음과 같은 4개의 연구실이 참여하였다.

- CRC(Canada)
- IRT(Germany)
- O FUB(Italy)
- O NIST(USA)

객관적인 화질 측정 방법에는 다음과 같은 방법들이 있다.

O Peak Signal to Noise Ratio(RSNR)

- CPqD(Brazil)
- Tektronix/Sarnoff(USA)
- O NHK(Japan Broadcasting Corporation)/Mitsubishi Electric Corp.(Japan)
- O KDD(Japan)
- O Swiss Federal Institute of Technology(EPFL)(Switzerland)
- O TAPESTRIES(European Union)
- O NASA(USA)
- O KPN Research(The Netherlands)/Swisscom CIT(Switzerland)
- O NTIA/ITS(USA)

VQEG으로부터 수행된 Phase I 실험의 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 어떠한 객관적인 화질 평가 방법도 주관적인 화질 평가 방법을 대체할 수 는 없다.
- 어떠한 하나의 객관적인 화질 평가 방법도 모든 상황에서 나머지 다른 모든 방법보다 좋은 성능을 가지지 못한다.
- 현재 ITU에 제안할만한 어떤 방법도 결정할 수 없다.
- 영상 화질의 측정 방법을 개발하는데 있어서 큰 진전이 있었다.
- 실험을 통해 얻은 데이터들은 객관적인 화질 평가 방법의 개선과 개발에 있어서 가치 있는 역할을 할 것이다.

2) FR−TV Phase II

Phase Ⅱ 단계에서는 Phase Ⅰ 단계에서 보다 더욱 정밀한 실험을 수행하였다. 실험은 525라인 영상과 625라인 영상을 대상으로 행해졌는데, 통계적으로서로 다른 방법들의 구별을 위해 넓은 화질 범위를 갖는 영상으로 실험하였다. 또한 Phase Ⅱ는 실험대상을 확대하였기 때문에 일반적인 동영상 콘텐트에 대해 측정된 결과의 신뢰성이 높다.

FR-TV Phase Ⅱ의 실험을 시작한 연구실은 총 8개였으나 실험을 마친 것은 다음의 6개 연구실이었다.

- O NASA(USA, Proponent A)
- O British Telecom(UK, Proponent D)
- O Yonsei University/ Radio Research Laboratory(Korea, Proponent E)

- O DPqD(Brazil, Proponent F)
- O Chiba University(Japan, Proponent G)
- O NTIA(USA, Proponent H)
- 이 실험의 결과 525라인 영상과 625라인 영상 모두 유사한 결과를 보였다. VQEG1의 최종 보고서에 따르면 유사도 비교 결과가 525라인 영상의 경우에는 0.35정도, 625라인 영상에는 0.55 정도밖에 차이가 나지 않았다. 하지만 굳이 순위를 매기자면, 통계적으로 525라인 영상에 대해서는 D와 H가 다른 방법들에비해 성능이 좋았다. 625라인 영상에 대해서는 A, E, F, H가 성능이 좋았다. 또한, 모든 경우에서 대표적인 객관적인 화질 측정 방법 중의 하나인 PSNR의 성능보다 월등함을 보였다.

현재 VQEG은 계속해서 작업을 진행중이며 FR 방식 뿐만 아니라, RR 방식에 관한 표준과 멀티미디어 방식의 표준화도 진행중이다. 다양한 기술과 자원을 보유한 국제적인 그룹들의 꾸준한 노력과 협력을 통해 영상의 화질 측정에 관한 문제 해결에 도움을 줄 것이다.

마. 동영상 영상 품질 측정을 위한 연구 동향

1) FR(Full-reference) 방법

FR 방법의 대표적인 예로 DCTune을 들 수 있다. 이 방법은 최대로 압축이가능한 양자화 행렬을 계산하여 JPEG 영상의 압축을 최적화 시키는 기술로써개발 된 것이지만, DCTune에서 원본 영상과 처리 후 영상의 차이를 계산하는 과정에 추가적으로 영상의 복잡성에 따른 사람들의 인지 정도를 반영하는 과정을 적용함으로써 FR 화질 평가 방법으로도 기능하게 되었다. 이 기술을 DVQ(Digital Video Quality)라고 부른다(Watson, 2001)

Hamada는 영상에 나타나는 부호화 잡음 현상에 사람의 인지 정도에 따른 가중치를 주는 방식을 제안했다. Hamada가 제안한 방법은 다음과 같이 크게 세 부분으로 나누어 생각할 수 있다. 먼저 압축 과정에서 발생된 잡음의 종류에 따른 가중치에 대한 부분과 두 번째로 영상의 복잡성에 따른 사람의 인지 정도를 계산하기 위한 텍스처 영역의 분석, 마지막으로 관심이 집중되는 물체주변의 잡음을 강조하기 위한 예측 부분이다. 이 방법은 이 세 가지 사항들을

고려하여 영상에 가중치를 주어 가중화된 PSNR(weighted PSNR)을 계산한다. 또한 이 방법은 실시간 동영상 화질 측정방법으로도 사용되고 있다(Hamada, 1999).

Tan은 MPEG 동영상 화질 측정 방법을 제안했다. 이 방법은 Sobel 연산과 공간 필터링으로 영상 밝기의 대비와 복잡성을 고려하여 사람이 인지 가능한 영역에서의 감쇄 정도를 계산한다. 그리고 이 해당 영역의 PSNR을 계산한다. Tan에서 제안한 방법에서 주의 깊게 살펴볼 것은 PSNR 계산 후에 이어지는 인지장치(cognitive emulator)이다. 이 장치는 측정 된 화질 값을 사람의 인지 특성을 고려하여 재조정하는 장치이다. 예를 들어 화질이 좋지 않았던 영상들 사이에 존재하는 영상의 경우 이 영상의 화질이 그 전, 후에 있는 영상들보다 화질이 좋다면 사이에 존재하는 영상은 실제 화질보다 더 좋은 화질로 인식되 는 점을 고려하여 전, 후의 화질 값을 이용하여 화질 값의 변화를 부드럽게 만 드는 효과를 가지고 있다. 또한 사람의 인지 특성상 화질의 변화에 따른 사람 들의 인지 정도는 선형적으로 비례하는 것이 아니므로, 이 관계를 해석하기 위 해 비대칭 궤적 함수(asymmetric tracking function)를 이용하였으며 사람이 인 지할 수 있는 화질의 범위를 고려하였고, 주관적인 화질의 평가에 소요되는 시 간이 화질 평가에 미치는 영향도 고려하였다. 이런 특징 때문에 주관적인 화질 평가 방법 중 SSCQE(Single Stimulus Continuous Quality Evaluation) 값 예 측에 인지장치를 이용하기도 한다(Tan, 1998).

Hekstra는 PVQM(Perceptual video quality measure)을 제안했다. 이 방법은에지 선명함의 손실, 색상 에러, 참조영상의 시간적인 변화의 정도를 정량화하여 그 값들을 선형 결합한 방법이다. PVQM은 VQEG의 FR-TV Phase I 중 하나이다(Hekstra, 2002).

Wang은 구조적 유사성(SSIM)을 기반으로 한 화질 측정 방법을 제안했다. 이 방법은 각 프레임 마다 참조 영상과 처리 후 영상의 평균, 분산과 공분산을 계산하고, 두 영상간의 유사도를 측정하는 방법이다. 이것은 각각의 색상 채널 마다 수행되고, 움직임 추정은 각 프레임의 SSIM 인덱스의 가중치를 주는데 이용된다(Wang, 2004). Wang의 이 방법은 또한 VQEG의 FR-TV Phase I 중하나이다.

2) RR(Reduced-reference) 방법

Wolf는 영상의 시공간 블록에서 검출한 기본적인 특징들을 이용하여 RR 방법 중의 하나 인 VQM(Video quality metric)을 만들었다. 특성의 검출 과정은 다음과 같다. 우선, 수평 방향과 수직 방향의 에지를 강조하는 필터를 통과시킨다. 다음에 6 프레임에 걸친 8x8 블록의 6x8x8 시공간 블록으로 나눈다. 마지막으로 영상의 낮은 단계 특성으로서 이렇게 나뉜 각 블록의 복잡성과 방향성을 측정한다. 이런 과정을 원본 영상과 처리 후 영상에서 각각 수행한 다음 그결과 값을 비교함으로써 최종적인 화질 측정을 하게 된다(wolf, 1999). 이 방법은 VQEG의 FR-TV PhaseII중 하나이다.

Horita는 Sobel 에지 필터와 밝기 영상으로부터 계산된 26개의 기본적 공간 특징을 기반으로 한 RR 방법을 제안하였다. 수신된 동영상에서 카메라의 움직임(펜(pan), 틸트(tilt), 줌(zoom))에 따른 전역 움직임(global motion)도 추정 한다. 또한 이 방법은 앞서 언급한 Tan의 FR 기법과 마찬가지로 관찰자에게 영향을 끼칠 수 있는 측정 시간이나 관찰자의 기억에 관한 관계를 해석하기 위해비대칭 궤적 함수(asymmetric tracking function)를 이용하였다(Horita, 2003).

3) NR(No-reference) 방법

먼저 H.26X, MPEG 등의 블록-DCT 영상 부호화의 경우, 대부분 8x8 또는 4x4로 고정된 블록으로 변환 부호화를 행하기 때문에 블록형 잡음도 이 구조로 발생하게 되는데, 이 성질을 이용하여 블록형 잡음을 위주로 하여 영상에 포함된 잡음 수준을 추정하는 방법들이 활발하게 연구되고 있다.

Wu와 Yuen에 의해서 처음 소개된 블록형 잡음 추정 방법은 다음과 같다. 블록 경계에서 수평 방향과 수직 방향으로 화소값의 차이를 구한 다음에 이 화소 값의 차이에 서로 다른 가중치로 곱하여 인간의 시각 특성을 반영하고자 하였다. 즉, 블록의 평균값과 표준 편차를 이용해서 해당 블록의 복잡도를 계산하고, 복잡도가 높으면 블록형 잡음에 대한 인간의 인지 능력이 떨어질 것이기때문에 가중치를 낮추고 반대의 경우에는 가중치를 높인다. 가중화된 블록 경계 화소값 차이들의 전체 영상에서의 평균값을 구하여 영상의 블록형 잡음 수준을 판정한다(Wu, 1997).

Wang은 전력 스펙트럼을 이용한 블록형 잡음 추정 방법을 제안했다. 영상에

수평 방향과 수직 방향으로 일차원 FFT를 취하여 진폭의 제곱을 계산함으로써 영상의 전력 스펙트럼을 구한다. 이때 만일 블록형 잡음이 없는 영상이라면 그 전력 스펙트럼은 중간값 필터 곡선과 유사한 모양을 가지기 때문에, 블록형 잡음의 정도는 전력 스펙트럼이 중간값 필터 곡선과의 차이를 이용하여 추정하게된다(Wang, 2000).

Vlachos는 영상의 부표본들의 상호 상관성을 이용한 블록형 잡음 추정 방법을 제안했다. 이 방법은 8x8 블록 단위 마다 블록의 각 귀퉁이에 해당하는 4개의 화소값들의 상호 상관성과 그에 인접한 4개의 화소값들의 상호 상관성의 비를 블록형 잡음의 정도로 추정한다(Vlachos, 2000).

한편 데이터 처리 능력이 제한적이거나 영상의 완전 복호화가 어려운 경우에는 DCT 계수의 분포 특성을 이용하여 영상의 품질을 추정하는 방법이 연구되고 있다. 그러나 이 방법을 적용하기 위해서는 서로 연관성이 있는 정보를 포함하고 있는 비트스트림 영역을 찾아내야 하며, 또한 부분적인 영상 복호화를 필요로 하기도 한다.

Coudoux는 DCT 영역에서 사람의 인지 특성을 고려한 마스크를 모델링하여 수직 방향의 블록 에지의 강도를 검출하고, 그 값들을 합산하는 방법을 제안했다. 마스크 모델링에는 영상의 휘도값과 프레임 내부와 프레임 간의 시공간적 복잡도 등을 고려하였다(Coudoux, 2001).

Gastaldo는 비트스트림에 신경망(neural network)을 적용하여 화질을 추정하는 방법을 제안했다. 이 방법은 영상에 대한 사전 정보나 사람의 인지 특성을 고려하지 않고 오직 비트스트림으로부터 직접 특징을 추출하는 방법으로서 움직임 벡터, 매크로 블록의 종류, 양자화 정도, DCT 계수 에너지 등의 통계치를 이용하여 이들과 화질과의 연관성을 학습함으로써 입력된 비트스트림이 갖는 영상의 화질을 추정해낼 수 있다(Gastaldo, 2002).

영상의 잡음은 압축에서만 비롯되는 것이 아니며, 또한 모든 압축 알고리듬이 블록 기반의 DCT를 이용하는 것도 아니다. 따라서 이런 경우에는 앞에서 소개한 블록형 잡음 추정 기법이나 비트스트림의 통계적 특성을 이용한 화질 추정과 다른 새로운 방법이 필요하다.

Maziliano는 영상에서 물체와 배경과의 경계에 존재해야 하는 선명한 에지가 정보를 잃어버림으로써 발생하는 뭉개짐 현상에 중점을 둔 알고리듬을 제안했 다. 이 알고리듬은 Sobel 연산을 통해 영상에 존재하는 에지를 추출하고 각 행에 대하여 이전 에지부터 다음 에지까지 포함되는 화소값의 개수를 수직 방향의 에지의 개수로 나눈다. 영상 전체 열에 대하여 이 연산을 반복적으로 수행하고 합산함으로써 뭉개짐 잡음 정도를 측정한다. 뭉개짐 현상은 블록 기반의 DCT를 이용한 알고리듬뿐만 아니라 다른 대부분의 압축 현상으로부터도 발생되기 때문에 블록형 잡음 정도를 측정하는 알고리듬보다 범용으로 사용될 수있다. 또한 현재 사용되는 대부분의 부호화기와 복호화기는 블록형 잡음을 줄이기 위하여 블록형 잡음 차단 필터를 사용하는데 이런 필터의 사용은 뭉개짐잡음 현상을 증가시키는 원인이 되기도 한다. 게다가 뭉개짐 잡음 현상은 압축잡음을 측정하는 것뿐만 아니라, 아웃포커스 영역을 검출 할 때도 사용할 수있다(Maziliano, 2002).

Winkler는 실시간 NR 화질 평가가 가능하도록 블록형 잡음과 뭉개짐 잡음, 잔상 잡음의 측정 방법을 결합한 알고리듬을 제안했다. 이 알고리듬은 주관적 인 화질 평가 방법 중의 하나인 SSCQE(Single Stimulus Continuous Quality Evaluation)와 90%이상의 높은 유사성을 보인다(Winkler, 2003).

그밖에 Caviedes와 Oberti는 블록형 잡음, 떨림형 잡음, 명암대비 훼손, 선명도 훼손, 클리핑 잡음 등과 같은 여러 가지 현상을 포함하는 영상 특징을 기반으로 한 NR 방법을 제안했다(Caviedes, 2003).

3. 멀티미디어 동영상의 QoS/QoE 요구사항

가. QoS/QoE 표준화 국외 동향

QoS/QoE 요구 사항을 도출할 때에는 일반적으로 네트워크 관리자가 SQM (Service Quality Management) 프로세스를 사용하는 것을 전제로 한다. SQM 프로세스란 네트워크 위의 여러 위치에서 품질이나 성능과 관련된 정보들을 수 집하여 품질 저하 현상을 조기에 발견하고 그 원인을 파악하여 개선할 목적으로 계층별 품질 지표를 사용하여 서비스 품질이나 네트워크 성능을 정량화하는 과정이다. 예를 들어 TMForum에서는 소비자 품질을 3 계층의 CQI(Customer Quality Indicator)으로 나누고 각 계층별 주요 품질 지표(Key Quality Indicator

: KQI)를 설정하여 관리할 것을 권고한다(<표 3-4> 참조).

CQI	KQI
	Video Quality Measures
Media Quality	Audio Quality Measures
	Audio, Video Sync Measures
	VoD Command(Pause, Stop, Play) Latency
	Channel Zap Time
Transaction Quality	Screen Navigation Latency
	VoD Command Execution Success Rates
	Authentication Success Rates
	Support Protocols(MPEG2_TS RTP) Quality Measures
	Transport Network Quality Measures
	Network Elements Accessibility
Transmission Quality	Authentication Server Accessibility
	Video Stall Rate
	STB Media Stream Buffer Errors
	System Diagnosis

〈표 3-4〉 TMForum의 IPTV 서비스 CQI와 KQI

현재 ITU-T를 비롯하여 ATIS(Alliance for Telecommunications Industry Solutions), DSL(Digital Subscriber Line) 포럼, ESTI(European Telecommunication Standards Institute) 등 여러 IPTV 관련 기관에서 멀티미디어 동영상의 QoS 및 QoE에 관한 표준화를 진행하고 있다.

각 기관별 QoS/QoE 표준화 현황을 살펴보기에 앞서 먼저 지적하고 지나갈점은, 네트워크의 전송 품질을 평가하기 위한 다양한 기준 및 방법이 존재하기는 하지만, 네트워크 전송 측면에서의 평가만을 가지고는 멀티미디어 동영상서비스의 품질을 정확하게 평가하기 곤란하다는 점이다. 예를 들면 부호화된 동영상 비트스트림의 패킷이 전송 도중에 손실되는 경우에 각각의 손실 패킷이서비스 품질에 미치는 영향이 패키마다 크게 다르다. 즉 헤더 정보나 움직임벡터와 같은 중요한 정보가 담겨져 있는 패킷이 손실되었다면 영상의 일부 또는 전부가 보이지 않거나 데이터 손실의 영향이 여러 프레임에 걸쳐서 지속될수 있는 반면, 어떤 패킷의 경우에는 특정 프레임의 일부 변환 계수만을 포함하고 있기 때문에 손실이 발생해도 영향이 상대적으로 크지 않다. 따라서 멀티

미디어 동영상의 품질을 살펴보기 위해서는 기존의 IP 기반 네트워크의 품질 평가 방법과 더불어 3.2절에서 다룬 VQ 평가 방법, 그리고 IPTV 서비스에 관련된 평가 방법을 전반적으로 고려할 필요가 있다.

1) ITU-T

ITU-T에서는 음성 서비스 이외에도 멀티미디어 서비스의 QoS 및 QoE와 관련된 표준화 작업을 지속적으로 수행하여 왔다. 그 가운데 G.1010에서는 이용자 관점에서 멀티미디어 서비스에 대한 유형을 분류하고 유형별 성능 목표 값을 정의하였다. 구체적으로는 멀티미디어 응용서비스를 VOD(Video on Demand), IPTV, IPTV(Interactive), GOD(Game on Demand), VoIP, Video Phone 등으로 구분하여 나타내고 각 서비스별 품질기준을 정보 지연(information delay), 정보지연 지터(information delay variation), 정보 손실(information loss)의 관점에서 제시하였다. 이를 다음의 <표 3-5>에서 나타내었다.

〈표 3-5〉 G.1010의 응용서비스별 품질기준

응용서비스	정보 지연	정보 지연 지터	정보 손실
VOD	< 10s	_	< 1%
IPTV	< 10s	-	< 1%
IPTV(interactive)	< 2s	-	0%
Game on Demand	< 200ms	_	0%
VoIP	< 150ms	< 1ms	< 3%
Video Phone	<150ms	<80ms lip sync	<1%

출처: 김병수 (2005)

또한 Y.1540를 통해서 IP QoS 서비스 제공을 위해 IP 통신망에서 제공해야할 QoS 유형 및 성능 파라미터를 정의하고, Y.1541을 통해서 IP QoS 서비스 품질 등급과 각각의 성능 목표치를 정의한 바 있다. Y.1541에서는 IPTV 서비스와 관련되어 네트워크 품질요소로서 IPTD(IP Transfer Delay), IPDV(IP Delay Variability), IPLR(IP Packet Loss Rate), IPER(IP Packet Error Rate), 등을 고려하며 <표 3-6>에서와 같이 품질기준을 권고하고 있다.

QoS 등급	IPTD	IPDV	IPLR	IPER	응용분야
0	100ms	50ms	1×10 ⁻³	1×10 ⁻⁴	real-time, jitter sensitive, high interactive (VoIP, VTC)
1	400ms	50ms	1×10 ⁻³	1×10 ⁻⁴	real-time, jitter sensitive, high interactive
2	100ms	U	1×10 ⁻³	1×10 ⁻⁴	transaction data, high interactive
3	400ms	U	1×10 ⁻³	1×10 ⁻⁴	transaction data, interactive
4	1s	U	1×10 ⁻³	1×10 ⁻⁴	low loss only (short transaction, bulk data, video streaming)
5	U	U	U	U	traditional application of default IP network
6	100ms	50ms	1×10 ⁻⁶	1×10 ⁻⁵	high bitrate, strictly low loss/error (TV broadcast on IP)
7	400ms	50ms	1×10 ⁻⁶	1×10 ⁻⁵	high bitrate, strictly low loss/error

〈표 3-6〉 Y.1541의 네트워크 품질지표

ITU-T에서는 이상에서 살펴본 네트워크에 관련된 품질지표의 표준화 작업 과는 별도로 IPTV에 관한 전반적인 표준화 작업을 수행하기 위해서 IPTV FG(Focus Group)을 구성하여 활동하고 있다. FG IPTV-C-0411 문서에서는 IPTV의 QoS 및 QoE 지표(metrics)을 <표 3-7>과 같이 Perceptual Quality Metrics, Video Stream Metrics, 그리고 Transport Metrics의 3개의 계층으로 나누어 정의하고 있다.

Perceptual Quality Metrics은 비디오 신호 및 오디오 신호의 QoE 점수를 제공한다. Video Stream Metrics은 부호화된 비디오 스트림의 성능과 관련되어 손상된 I, P, B 프레임의 비율, 대역폭 등의 metric을 사용한다. Transport Metrics은 IP, UDP, RTP, MPEG 트랜스포트 프로토콜 등의 성능에 관한 정보를 제공한다. 이는 다시 Packet Loss Metrics, FEC Metrics, UDP Metrics, Jitter and Delay Metrics, MPEG Metrics로 구분된다. (부록 A 참조)

〈표 3-7〉IPTV FG의 QoS 및 QoE 품질지표

구분		품질지표			
Perceptual Qualit	y Metrics	MOS-V, MOS-A, MOS-AV Video Service Transmission Quality (VSTQ) MOS-C, Estimated PSNR (EPSNR)			
Video Stream Metrics		Proportion of I,P,B frames impaired I, P, B frame packets received I, P, B frame packets lost I, P, B frame packets discarded Mean bandwidth, Peak bandwidth			
	Packet Loss	Uncorrected & corrected Packet Loss Rate Packet Discard Rate, Out of Sequence Packet Rate Duplicate Packet Rate Burst Loss Rate, Burst Length Gap Loss Rate, Gap Length Mean Consecutive Loss Period Max Consecutive Loss Period			
	FEC	FEC Effectiveness			
Transport	UDP	Proportion of packets retransmitted Ratio of peak to mean bandwidth			
Metrics	Jitter & Delay	smoothing jitter jitter measured independent from smoothing MAPDV, PPDV Positive Jitter Threshold & Percentile Negative Jitter Threshold & Percentile Round Trip Delay			
	MPEG	PCR Jitter, TS_sync_loss Sync_byte_error, Continuity_count_error Transport_error, PCR_error PCR_repetition_error PCR_discontinuity_indicator_error, PTS_error			

출처 : FG IPTV-C-0411 (2007)

또한 FG IPTV-C-0184에서는 IPTV 서비스를 위한 QoE 요구사항을 정의하면서 응용 계층과 전송계층에 대한 최소성능을 정의하였는데, 이 가운데 전송계층 요구사항 중 MPEG-4/AVC SDTV 및 HDTV에 대한 내용을 <표 3-8>에 나타내었다.

〈표 3-8〉ITU-T의 QoE 요구사항

서비스	전송율 (Mbps)	지연 (ms)	지터 (ms)	손실기간패킷	손실 간격	평균패킷손실율
MPEG-4 AVC/VC1 SDTV	2.0		50	5		7.31E-06
	2.5			5	1회 /1시간	5.86E-06
	3.0	200		6	,	5.85E-06
MPEG-4 AVC/VC1 HDTV	8	200		14		1.28E-06
	10			17	1회 /4시간	1.24E-06
	12			20		1.22E-06

출처: ITU-T FG IPTV-C-0184

2) ATIS(Alliance for Telecommunications Industry Solutions)

ATIS에서는 IPTV 서비스 품질관리 요소를 응용(Application) QoS와 네트워크(Network) QoS로 구분해서 사용자가 체감하는 품질의 지표를 개발하였다. 여기서 응용 QoS란 응용서비스의 성능을 의미하며 다시 Transaction Quality, Content Quality, Media Stream Quality의 3계층으로 구분하며, 네트워크 QoS 는 IP 네트워크에서의 성능을 의미하며 Transmission Quality 계층에 해당한 다. 이를 <표 3-9>에 나타내었다.

〈표 3-9〉ATIS의 QoS 품질지표

QoS	계층	품질지표
Network Qos	Transmission Quality	 Packet Loss Rate before/after EC Packet Discard Rate Out of Sequence Packet Rate Burst Loss Rate before EC Burst Length before EC GAP Loss Rate after EC Smoothing Jitter PPDV Loss Period Count Loss Distance Count Minimum Loss Distance Maximum Loss period Retransmissions

⟨₩	3-9	ATIS의	QoS.	품질지:	ㅠ(계소)
\ 					

QoS	계층	품질지표
	Transaction Quality	 IGMP Join Latency IGMP Leave Latency Channel Change Delay DRM_Error Service_Availability_Error Service_Impairments_Error
Application QoS	Media Stream Quality	 TS Sync Loss Count Sync Byte Error Count Continuity Count Error Count PID_Error Count Program Specific Information(PSI) Error Count
	Content Quality	 MOS-V, MOS-A, MOS-AV Per PID Bandwidth Program/Channel Bandwidth PCR Jitter PCR Failures Count ITF buffer overruns ITF buffer underruns AV Synch

3) DSL(Digital Subscriber Line) 포럼

DSL 포럼에서는 IPTV를 포함한 triple play 서비스의 품질관리를 위하여 QoE 요구사항을 정의하고 있다. DSL 포럼에서는 품질관리의 지표를 서비스계층, 응용계층, 트랜스포트 계층의 3가지 계층으로 구분하고 있다. 서비스 계층은 사용자 입장에서 직접 체감하는 서비스 품질의 수준을 측정하고 관리하는 계층, 응용계층은 서비스를 제공하는 시스템의 다양한 파라미터를 설정하고 관리하는 계층, 그리고 전달계층은 네트워크를 통해 전달하는 과정에서 발생하는 패킷의 손실, 지터, 지연 등을 측정하고 관리하는 계층이다. 각 계층에서는 권고하는 기준 이상의 품질을 제공해 주어야 한다. 또한 각 계층은 제어평면 및데이터 평면으로 구분되는데, 제어 평면에서는 해당 계층 내에서 제어와 관련된 사항,데이터 평면은 데이터에 관련된 사항을 포함한다. DSL 포럼에서 정의한 계층과 평면 그리고 이에 해당하는 품질지표를 <표 3-10>에서 정리하여 나타내었다.

〈표 3-10〉DSL 포럼의 QoE 품질지표

계층	평면	품질지표
Service Layer	Control Plane	• 시스템 기동시간 • 사용자 메뉴 사용편의성 • 채널 변경 시간
	Data Plane	• V-MOS • MOS
	Control Plane	• VoD 컨트롤 반응 시간 • STB 시동 및 인증시간 • 프로그램 가이드 응답 시간
Application Layer	Data Plane	• 인코더 품질 • 코덱 성능 • Bit Rate • 해상도
Transport I avar	Control Plane	채널 변경 지연멀티캐스트 연결 시간I 프레임 도달 시간
Transport Layer	Data Plane	• 대역폭 • 패킷 손실 • 프레임 손실

출처 : 조기용 외 (2008)

4) ESTI(European Telecommunication Standards Institute)

ESTI에서는 TR 101 290문서를 통하여 MPEG-2 트랜스포트 스트림을 사용하는 디지털 방송 시스템에서 영상 품질을 평가하는 품질지표를 제시하고 있다. 품질지표들은 우선순위에 따라서 1순위에서 3순위까지 구분된다. 1순위 지표는 수신된 MPEG-2 트랜스포트 스트림으로 동영상을 복원하기에 필요한 중요한 항목으로서 기본적으로 모니터링이 필요하다. 2순위 지표는 1순위보다는 중요도가 떨어지지만 연속적으로 또는 주기적으로 모니터링 할 필요가 있는 항목이다. 3순위 지표는 응용분야에 따라서 모니터링 할 필요가 있을 수도 있고 없을 수도 있는 항목이다. 각 순위에 해당하는 품질지표들을 <표 3-11>에 나타내었다. 그리고 이에 대한 세부적인 내용을 부록B에 정리하였다.

〈표 3-11〉 ESTI의 트랜스포트 스트림 품질지표

우선순위	품질지표
1순위	Ts_sync_loss, Sync_byte_error, PAT_error, Continuity_count_error PMT_error, PID_error
2순위	Transport_error, CRC_error, PCR_error, PCR_repetition_error PCR_discontinuity_indicator_error, PCR_accuracy_error PTS_error, CAT_error
3순위	NIT_error, NIT_actual_error, NIT_other_error, SI_repetition_error Buffer_error, Unreferenced_PID SDT_error, SDT_actual_error, SDE_other_error EIT_error, EIT_actual_error, EIT_other_error EIT_PF_error, RST_error, TDT_error, Empty_buffer-error

출처: ETSI TR 101 290 DVB

나. 우리나라의 IPTV 서비스를 위한 QoE/QoS 구성요소

1) BcN(Broadband convergence Network)과 IPTV QoS/QoE

전세계적으로 차세대 네트워크의 필요성에 대해 인식하고 이를 구축하고자계획을 수립하고 정책을 추진하고 있다. 차세대 네트워크에 대해서는 ITU에서는 NGN(Next Generation Network)라는 이름으로 그리고 우리나라에서는 BcN(Broadband convergence Network)이라는 이름으로 불리고 있는데, 기술적인 입장에서는 이를 QoS 기능을 보유한 통합된 네트워크를 통해 광대역 멀티미디어 서비스를 제공하는 패킷 기반의 IP 네크워크 환경이라고 생각할 수 있다. BcN의 중요한 특징 가운데 하나가 QoS의 보장이고 IPTV나 VoIP와 같이서비스 품질의 보장이 필요한 분야가 BcN 환경에서 중요한 응용서비스가 될 전망이다.

우리나라에서는 한국정보사회진흥원에서 주요 통신업체와 함께 BcN 서비스의 유형을 6가지 형태로 구분하고 각각의 품질 지표 및 품질 기준을 정의하고 있다. 이 가운데 IPTV와 관련된 항목으로서 대화형 영상서비스와 요구형 영상서비스를 고려할 수 있다. <표 3-12>에서는 이들 서비스 유형에 대한 BcN에서의 품질지표를 나타내었다. 이들 품질지표에 더하여 영상 MOS 등과 같은 서비스 품질지표도 반영될 예정이다. 또한 <표 3-13>에서는 이들 서비스 유형에 대해서 품질등급을 구분하는 품질지표의 기준을 나타내었다.

〈표 3-12〉BcN 서비스 품질지표

서비스유형	품질지표						
시미프ㅠ링	접속성공율	R-Value	패킷 손실	단방향 지연	지터		
대화형 영상서비스	0	0	0	0	0		
요구형 영상서비스	0	_	0	0	-		

〈표 3-13〉BcN 서비스 품질등급

서비스유형	ᄑᄭ	품질지표					
	품질 등급	호 성공율	접속 성공율	R-Value	손실	지연	지터
	SS	99%↑	_	90<=	10-5	20ms	50ms
대화형 영상서비스	S	97%↑		80~90	10-4	50ms	
0011-	A	95%↑		70~80	10-3	100ms	
	SS	-	99% ↑		10-5	20ms	100ms
요구형 영상서비스	S		97% ↑		10-4	50ms	
	A		95%↑		10-3	100ms	

2) KT의 IPTV QoS/QoE 요구사항

앞서 II장에서 살펴본 바와 같이 우리나리의 KT에서는 IPTV와 관련된 서비스 품질을 NP-QoS-QoE로 구분하여 접근하면서 QoE를 다시 본원적 QoE, 지원적 QoE, 그리고 부가적 QoE로 세분하고 있다. <표 3-14>, <표 3-15>, 그리고 <표 3-16>에서는 본원적 QoE와 QoS, 그리고 NP의 품질요소를 레벨별로나타내었다. 그리고 <표 3-14>에서는 품질요소를 해당하는 QoE Indicator와 연결하였다. (부록 C 참조)

78 • 멀티미디어 방송 서비스를 위한 QoS/QoE 평가 기준 및 방법 연구

〈표 3-14〉 본원적 QoE 레벨별 품질요소

QoE Level 1	QoE Level 2	QoE Indicator	
Audio QoE	오디오 왜곡	Drop outs	
	선명도	Resolution	
	색상 왜곡	Color Error	
Video QoE	형태 왜곡	Blurriness, Edge Busyness, Block Distortion Smearing	
	잔상	Object Persistence, Object Retention	
	끊김	Jerkiness, Frame skipping, Frame freezing	
Multimedia QoE	AV 조화	Lip sync	
Transaction QoE	반응성	Channel Change Latency, Pause/Play Latency EPG navigation responsiveness	
Transmission QoE	신뢰성	Out-of-Service Duration time Out-of-Service Frequency	
Security QoE	보안	Content Security Level	

〈표 3−15〉 QoS 레벨 별 품질요소

QoS Level 1	QoS Level 2	
Middle ware	Middleware Precessing Time, Authentication Error	
Protocol	Channel Zapping Time, RTP Delay, RTP Jitter	
VoD Server	VoD Server Error, VoD Server Delay	
Network Edge &	Bandwidth, Burst Level, IP Packet Delay	
Access	IP Packet Loss, IP Packet Jitter	
MPEG Transport Stream	PCR Jitter, PTS error, PSI Data error	
Decoding / Decryption	Decoding Error, Decoding Delay	
STB	STB Command Processing Time,	
SID	STB Buffer Under/Overflow	

〈표 3-16〉NP 레벨 별 품질요소

NP Level 1	NP Level 2	
STB	CPU 사용율, Memory, STB 장애 경보건수	
가입자선로	감쇠도	
집선장치, 집선스위치	이상 트래픽 건수, 시스템 재가동 건수 CRC 에러 건수, 신호대잡음율, Port Up/Down 건수 CPU 로드 부하율, 가입자포트 끊김 건수	
기간망 시설 (백본망,접속망시설포함)	이상 트래픽 건수, 시스템 재가동 건수 CPU 로드 부하율, 접속망 장애 건수 백본 물리망 장애 건수, 백본 인터페이스 장애 건수	
전송장비	전송장비 장애 건수	

4. 멀티미디어 동영상의 품질평가 도구

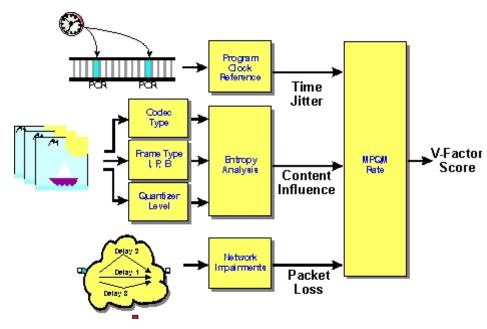
가 V-Factor 및 MDI

1) V-Factor

V-Factor는 인간의 시각 특성을 고려한 MPQM(Moving Pictures Quality Metric) 모델에 근거하여 IPTV의 품질 평가를 수행하는 대표적인 도구이다. 이평가도구는 부호화된 멀티미디어 동영상이 입력되면 참조 영상을 필요로 하지않고 동영상에 대한 일종의 MOS에 해당하는 1에서 5까지의 점수를 출력하는 방법으로서 객관적인 화질 평가 방법 중 NR 방법 가운데 하나라고 할 수 있다. 실제로 V-Factor라는 용어는 두가지 의미로 사용된다. 하나는 이를 개발한 QoSmetrics의 솔루션으로서의 의미이고 다른 하나는 품질지표에 기반하여 멀티미디어 동영상의 스트리밍 품질을 측정하는 방법론으로서의 의미이다.

[그림 3-37]에서 V-Factor의 평가 방법을 나타내었다. V-Factor 점수는 MPQM을 통해 출력되는데, MPQM은 다시 타이밍 지터를 비롯하여 콘텐트의 엔트로피에 관한 정보와 패킷 손실 등의 입력 파라미터를 필요로 한다. 이때 지터를 결정하기 위해서는 비트스트림의 PCR(Program Clock Reference)가 필요하다. 패킷의 손실을 결정하기 위해서는 네트워크 성능에 대한 정보가 필요하다. 패킷의 손실율은 수신기에서 사용하는 버퍼의 크기와 관계된다. 그리고 부호화기의 종류와 프레임 종류 그리고 양자화 레벨 정보를 이용하여 동영상의 디스플레이에 영향을 미치는 콘텐트의 엔트로피를 계산한다. 프레임의 종류를 고려하는 이유는 부호화된 동영상 프레임이 I인지, P인지, B인지에 따라서 손실이 미치는 영향의 정도가 차이나기 때문이다. 즉 I 프레임에서 부분적 또는 전체적 손실 발생하면, 이어서 등장하는 P 프레임 및 B 프레임을 제대로 복원하지 못하는 것이다. 따라서 정보량의 측면에서 I 프레임은 P 및 B 프레임에 비해서 엔트로피가 높다고 할 수 있다.

V-Factor는 동영상의 품질 점수와 함께 문제를 진단하는 데에 필요한 추가 정보들을 제공한다. 즉 ETSI TR 101 290에서 정의된 트랜스포트 스트림에 대한 KPI(Key Performance Indicator)와 ITU Y1540/1541 또는 IETF RFC2330에서 정의하고 있는 네트워크 계층의 성능과 관련된 파라미터들을 포함한다.



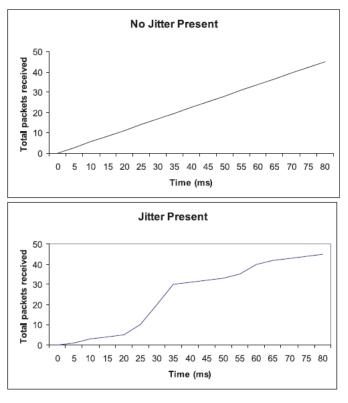
[그림 3-37] V-Factor의 평가 방법

V-Factor 방법은 실제 사용자가 느끼는 품질과 유사한 평가를 할 수 있다는 점에서 바람직한 측면이 있으며, VOD와 같은 유니캐스트 스트림이나 IPTV와 같은 멀티캐스트 스트림 모두를 대상으로 적용가능하다. IPTV 서비스 사업자는 네트워크 상의 여러 위치에 V-Factor 기반의 품질평가 노드를 설치해 둠으로써 전반적인 서비스의 품질을 모니터링할 수 있으며, IPTV수신 단말이나 세트탑박스에 V-Factor 에이전트를 포함시킨다면 사용자들이 경험하는 품질의문제를 손쉽게 진단하고 평가하는 데에 유용하다.

반면 V-Factor의 복잡한 계산 과정을 생각하면, 많은 수의 멀티미디어 동영상 스트림에 대한 품질 평가가 필요한 경우에 이를 사용하기는 곤란하다. 다시말하면 특정 장비를 통과하는 경우의 QoE 성능을 보기 위해 이를 통과하는 모든 스트림의 V-Factor를 계산한다는 것은 현실적이지 못하다. 또한 V-Factor는 1에서 5사이의 값을 출력하는데 이 값은 전체적인 품질에 대해서는 말해주지만 품질의 열화가 부호화 알고리듬 때문에 발생했는지 아니면 네트워크 전송상의 문제 때문에 발생했는지 원인에 대해서는 정보를 주지 않는다는 점에서실제적인 네트워크 환경에서의 유용성은 제한받는 측면이 있다.

2) MDI(Media Delivery Index)

MDI(Media Delivery Index)는 네크워크 레벨에서의 IPTV 시스템 진단 및 품질평가 도구로서 IneoQuest Technologies가 개발하였으며 스트리밍 서비스, MPEG 동영상, VoIP를 비롯하여 시간 지연 및 패킷 손실에 민감한 응용분야에 폭넓게 사용되어 네트워크 장비 업계에서는 이미 보편화되어있다. MDI는 많은 수의 멀티미디어 동영상 스트림의 품질 측정을 동시에 할 수 있다는 측면에서 부호화기 또는 세트탑박스의 평가에 주로 사용되는 다른 QoE 방법에 비해 네트워크 장비를 평가하기에 유용한 방식이다.



[그림 3-38] 지터 존재 여부에 따른 수신 패킷

MDI를 구성하는 한 가지 요소는 DF(Delay Factor)이다. DF는 트래픽에서 발생하는 지터와 관련된 항목으로 지터를 제거하기 위하여 사용되는 버퍼의 크기에 해당하는 시간 값이다. 전송 과정에 발생하는 지터는 동영상의 화질을 저

하시키는 중요한 원인이 되기 때문에 일반적인 수신기에서는 실제적인 동영상의 복호 과정에 앞서서 일정 크기의 버퍼를 두어 입력되는 비트스트림의 전송율의 변동이나 지터의 문제를 해결한다. 이 때 지터가 더 많이 생길수록 더 큰 버퍼가 필요하게 되며 이 영향으로 추가적인 지연이 발생하게 된다. [그림 3-38]은 지터가 발생하지 않은 경우와 발생한 경우의 수신 패킷을 나타낸 것으로, 지터가 없으면 일정한 비율로 증가하지만 지터가 있으면 입력되는 비율시간에 따라 변동됨을 볼 수 있다.

MDI의 다른 한 가지 구성요소는 패킷 손실 비율을 나타내는 MLR(Media Loss Rate)로서 이는 단위 시간당 패킷들이 손실되거나 순서가 뒤바뀐 횟수로 정의된다. 부호화된 동영상의 패킷이 손실되면 동영상의 품질이 나빠지는 것은 당연하다. 패킷의 중요도에 따라서 미치는 영향의 정도가 차이나겠지만, 일부화면에 시각적인 화질 열화가 발생하거나, 모자이크가 나타나기도 하고 심하면화면이 아예 사라질 가능성도 존재한다. [그림 3-39]에서는 MLR이 0인 경우와 0보다 큰 경우의 화면의 예를 보였다.



[그림 3-39] MLR에 따른 화면손상 비교 (a) MLR=0. (b) MLR>0

나. 업계 동향

IPTV의 품질 측정과 관련하여 전 세계적으로 다양한 네트워크 장비 업체 및 품질 평가 관련 업체들이 다양한 방법을 적용한 솔루션을 제공하고 있다. <표 3-17>에 이와 관련된 업체들의 목록을 제시하였다. 여기서는 대표적인 몇몇 업체의 솔루션을 살펴보고자 한다.

〈표 3-17〉IPTV 품질측정 관련 업체

	Agama Technologies AB	Mixed Signals, Inc.
	Agilent Technologies, Inc.	Motive, Inc
	Bridge Technologies AS	NetHawk Oyj
	Brix Networks	Pixelmetrix Corporation
	Cisco Systems, Inc.	Prosilient Technologies AB
	Danaher Corporation	Psytechnics Ltd.
	EXFO Electro-Optical Eng. Inc.	Shenick Network Systems Ltd.
주요 업체	Fluke Networks	Spirent Communications plc
	Harris Corporation	Sunrise Telecom
	НуС	Symmetricom, Inc.
	IneoQuest Technologies, Inc.	(Incorporating QoSmetrics)
	Ixia	Tektronix, Inc.
	JDS Uniphase Corporation	Telchemy, Inc.
	Mariner Partners, Inc.	Tollgrade Communications, Inc.
	Miranda Technologies	Witbe, Inc.

1) QoSMetrix

QoSmetrics는 2007년초 Symmetricom에 합병되기까지 소프트웨어로부터 하 드웨어에 이르기까지 네트워크 성능 분석 분야에 있어서 업계의 선도 역할을 담당해왔다.

QoSmetrics의 솔루션은 MPEG-2 트랜스포트 스트림으로부터 정보를 수집하여 기본적인 스트림의 대역폭, 압축된 영상의 품질 상태, 영상 및 음성 채널, 압축률 등을 나타낸다. 또한 패킷 손실, 지터 그리고 중복 패킷 등 IP 계층에서의 장애를 분석하며 채널 변경시간을 결정하는 IGMP Join/Leave에 대한 성능을 평가한다. 그리고 세트탑박스에 V-Factor 기술을 임베디드함으로써 개별 장비들의 성능 측정을 가능하게 한다.

대표적인 제품 구성은 NetAgents, NetWarrior, 그리고 NetAdvisor로 이루어 진다. 먼저 NetAgent는 사용자의 컴퓨터에서 실시간으로 주문형 진단이 가능 한 웹 기반의 응용 프로그램으로서, 사용자 서비스와 관련하여 병목현상, 패킷 손실, 장비고장 및 기타 등등의 네트워크 문제를 확인한다. 이를 통해 사용자 측면에서는 고장수리나 지술지원을 요청할 수 있고, 사업자 측면에서는 네트워 크 상황에 대한 원격 시험평가 및 진단이 가능하다.

NetWarrior는 네트워크의 성능을 모니터링 하기 위한 하드웨어 검사장비로

서, V-Factor 기술을 사용하여 MPEG으로 부호화된 스트리밍 동영상의 품질과 성능을 실시간으로 분석한다. IP SLA를 위한 품질기준으로서 ITU 표준인 Y1540/1541에서의 지연, 손실, 지터 등을 제공하고, VoIP를 위한 품질기준으로서 ITU의 G.107에서의 MOS를 그리고 IP에서의 동영상 전송을 위한 품질기준으로 스로서 V-Factor와 ESTI TR 101-290을 비롯한 KPI 등을 제공한다. 한편 NetAdsisor는 NetWarrior 하드웨어 장비와 NetAgents 소프트웨어 프로그램으로부터 세부적인 정보를 수집하는 중앙에서의 모니터링 시스템에 해당한다.

2) Agilent Technology

Agilent Technology에서는 음성, 동영상, 데이터로 구성된 TPS(Triple Play Service)의 품질 평가 및 분석 도구로서 J6900A를 개발하였다. J6900A 솔루션은 네트워크 상호작용, 음성과 동영상의 통신, 서비스 공급, QoE, 그리고 IP 네트워크 성능 등을 측정할 수 있는 통합 도구이다. 또한 이 솔루션은 Agilent의 Distributed Network Analyzer 플랫폼과 함께 사용될 수 있다.

J6900A는 다음과 같은 측정 기능을 제공한다.

- 단일 솔루션으로 IPTV, VoD, VoIP 및 데이터 분석 실행
- IPTV, VoD 및 VoIP의 시그널링과 미디어의 심층 분석
- 사용자 트래픽의 실시간 분석 및 트러블 슈팅
- 채널 변경 및 VoD 명령에 대한 응답 시간 분석
- RFC4445-MDI 및 ETSI TR101-290 분석을 포함한 동영상 및 음성 분석
- IPTV 채널, VoD 프로그램 및 Voice Call 통계



[그림 3-40] Agilent Technology의 J6900A

3) IneoQuest

Ineoquest사는 IP 네트워크상에서 MPEG-2 TS로 전송되는 H.264 동영상 콘텐트의 MDI 품질을 실시간으로 측정하는 장비로서 Singulus를 개발하였다. Singulus는 네트워크 모니터링, 분석, 고장 수리, 시험평가, 측정 등을 위한 복합 기능을 가지고 있으며, 웹 기반의 원격 관리가 가능하다. Singulus는 다음과 같은 기능을 제공한다.

- VoIP(Video over IP)/VoD 전송 시험평가
- IPTV/VoD 서브 시스템 시험평가
- VLAN 및 UDP로부터 QAM으로의 매핑 시험평가
- QAM과 세트톱박스를 테스트하기 위한 VoD 스트림 발생
- Edge 포인트 시험평가
- 패킷 손실, 네트워크 QoS, 비정상적인 MDI 상태 모니터링
- 실시간으로 Video over IP 네트워크 지터 및 손실 발생 기능
- 동시에 다수의 네트워크에 비디오 스트림 발생
- 미디어 전송에 대한 네트워크 성능 측정
- 네트워크 스트레스 시험평가
- Gigabit 포트당 약 800여 스트림을 동시에 생성
- 동적인 트래픽 제너레이션 프로파일



[그림 3-41] IneoQuest의 Singulus G1-T

4) Symmetricom

Symmetricom에서는 동영상 품질 평가를 위한 실시간 관측 장비로서 Q-Probe 헤드엔드 분석기를 개발하였다. Q-Probe 헤드엔드 분석기는 원본 동영상의 품질과 부호화 관련 결함을 실시간으로 측정한다. 따라서 이를 사용한 Symmetricom의 QoE 플랫폼은 최종 사용자 품질의 정확한 평가를 위한 막강한 동영상 화질관측 솔루션을 제공하며, 헤드엔드에서 원본 콘텐트 인코더 관련 결함, 스트리머/DRM 글리치 등의 문제들을 해결하기 위한 방안을 제공한다.

Q-Probe는 다음과 같은 항목에 대한 품질 분석 기능을 제공한다.

- 콘텐트 제공자로부터 제공받은 소스 자체의 품질 평가 항목
 - 색상 표현의 부족
 - 흐려짐
 - 떨림 현상
 - 립 싱크 문제 (Lip sync issues)
 - 비디오 잡음
 - 저급한 오디오
- 부호화 후의 품질 평가 및 분석 항목
 - 부호화에 따른 화질 열화
 - QP, GOP 등 양자화와 코덱 파라미터
 - PCR 지터
 - 대역폭과 대역폭의 변동
 - 색차 및 휘도의 변동



[그림 3-42] Symmetricom의 Q-probe

5) Tektronix

Tektronix는 압축된 동영상의 품질 모니터링을 위한 멀티채널 솔루션으로서 PQM300 프로그램 QoS 모니터 장비를 제공한다. PQM300을 이용하면 블록화현상, 가우스 잡음, 화면 멈춤 및 손실 등과 같은 MPEG 영상의 결점을 최종소비자로부터 불만이 제기되기 전에 검출하는 것이 가능하다. 또한 PQM300은 PDI(Picture Defect Index) 스케일를 사용하여 프로그램 기반으로 가장 필요로하는 곳에 잉여 대역폭을 할당하는 동적 대역폭 할당 기능도 지원한다. PQM300은 다음과 같은 기능을 제공한다.

- 효율적인 대역폭 할당
- 블록화 현상, 화면 멈춤, 비상관 가우스 잡음 등 화상의 결점에 대한 빠른 검출
- 서비스의 정지나 화면의 손실 검출
- 네트워크 내의 어느 위치에서도 일관된 성능을 보증
- 텔레비전 방송이나 다른 전송 네트워크 등 어플리케이션 서비스의 품질 감시



[그림 3-43] Tektronix의 PQM300

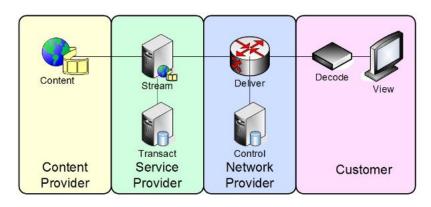
PART

__ IPTV 서비스와 영상 품질

IV. IPTV 서비스와 영상 품질

1. IPTV 시스템 구성

전체 IPTV 시스템은 [그림 4-1]에 나타낸 바와 같이 콘텐트 사업자, 서비스 사업자, 네트워크 사업자, 그리고 사용자의 네 영역으로 구성된다.



출처: ITU FG IPTV

[그림 4-1] IPTV 시스템의 구성

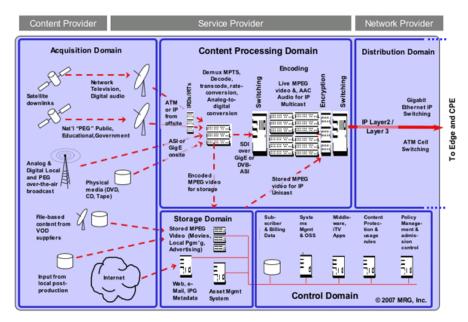
콘텐트 사업자의 주요 업무는 실시간 방송 프로그램 및 VOD 콘텐트를 제공하는 것으로서 프로그램 공급자(PP: Program Provider) 및 콘텐트 공급자(CP: Content Provider)를 비롯하여 방송사업자나 인터넷 포탈사업자 등이 이 영역에 속한다고 볼 수 있다. 서비스 사업자는 IPTV 헤드엔드(headend)에 해당하는 영역으로서 다양한 경로로부터 획득한 콘텐트를 부호화하거나 저장하고, 메타데이터 관리 및 고객관리 등등의 업무를 담당한다. 서비스 제공 사업자와 동영상 서버 등의 헤드엔드 장비 제조업체, 솔루션 사업자 등이 이 영역에 관계된다. 네트워크 사업자는 분배 네트워크 및 접근 네트워크를 구성하고 관리, 보수하는 업무를 담당하며 기간망 사업자 및 ADSL 등 초고속네트워크사업자가 여기에 해당한다. 마지막으로 사용자 영역은 사용자가 실제로 IPTV를 수신할 수 있도록 단말을 제공하는 단계로서 TV 수신기를 제조하는 가전사업자 및 세트탑박스 제조업체 등이 여기에 해당한다.

이상 각각의 영역마다 IPTV의 품질평가와 관련된 요소가 있지만, 이 가운데 콘텐트 사업자 영역은 멀티미디어 동영상 콘텐트를 제작하는 단계에 해당하므로 이후의 평가의 기준이 된다고 할 수 있으며 IPTV 품질평가의 직접적인 관심의 대상이 아니다. 따라서 여기서는 나머지 세 영역에서 품질평가와 관련된 요소를 살펴보고자 한다.

2. 서비스 사업자 측면에서의 품질 영향 요소

서비스 사업자의 복잡한 헤드엔드 시스템을 자세히 살펴보기 위해서는 다음 [그림 4-2]에서와 같이 기능별로 보다 세분화하여 접근하는 편이 도움이 된다.

- 획득 영역(Acquisition Domain): 다양한 경로로부터 동영상 콘텐트를 수 집하는 단계로서 수신 영역(Reception Domain)이라고도 할 수 있다.
- 콘텐트 처리 영역(Content Processing Domain): 수집 또는 획득한 동영 상 콘텐트를 방송하거나 또는 저장하기 위해 처리하는 헤드엔드에서의 영 역이다.
- 제어 영역(Control Domain): 전산화된 데이터베이스 시스템으로서 가입자를 관리하고 거래 및 과금을 처리하는 등의 역할을 담당한다. 이 영역에 정보 보호를 위한 IPTV 미들웨어를 비롯하여, 사업 정책 관리, 운영지원시스템(OSS: Operation Support System), 업무지원시스템(BSS: Business Support System), 가입자 관리시스템, 콘텐트 보호와 관련된 정책 등을 포함된다. 품질평가를 위한 테스트 자료를 관리하는 것도 이 영역에서 담당할 수 있다.
- 저장 영역(Storage Domain): 이 영역에서는 부호화기를 거쳐 부호화된 동영상 콘텐트와 디지털 파일의 형태로 전달되어진 대용량 동영상 파일 등을 저장하여 VOD, PVR(Personal Video Recoder), NPVR(Network PVR) 등 다양한 주문형 서비스에 대응하기 위한 영역이다.



출처: MRG Report(2007)

[그림 4-2] IPTV 서비스 사업자의 영역 구분

가. 획득 영역

- 이 영역은 동영상 콘텐트를 비롯하여 오디오 콘텐트 및 메타데이터를 획득하는 영역으로서 다음과 같이 다양한 방법으로 콘텐트를 획득할 수 있다.
 - 위성방송 수신기 및 안테나
 - O IRD(Integrated Receiver Decoder)/IRT(Integrated Receiver Transcoder)
 - SONET/SDH 링크
 - 지상파 방송 수신기
 - 원격지로부터 콘텐트를 전송받는 마이크로웨이브 수신기
 - 전용 네트워크를 통해 주문형 형태로 수신하는 동영상 콘텐트
 - 광케이블 및 구리선을 통한 실시간 동영상 전송
 - 디지털 또는 아날로그 형식으로 전송되는 지상파 동영상 전송
 - 디지털 또는 아날로크 형식의 테이프
 - CD, DVD 등 저장매체

이 단계에서 획득되는 동영상 콘텐트의 형식은 매우 다양할 가능성이 있다. 대표적으로 다음과 같은 형식을 고려해야 한다. 이 과정에서 만일 다중 프로그램 트랜스포트 스트림을 수신하게 되면, 이는 일반적으로 암호화되어 있는 경우가 많으므로 MPEG-2 또는 H.264로 부호화하기 이전에 암호를 풀고 개별적인 프로그램 트랜스포트 스트림으로 분해할 필요가 있다.

- SD-SDI(SD Serial Digital Interface)로 전송된 비압축 디지털 동영상
- HD-SDI로 전송된 비압축 디지털 동영상
- ASI(Asynchronous Serial Interface)로 전송된 비압축 디지털 영상
- 1080p 이상의 해상도를 가진 디지털 동영상
- MPEG-2 트랜스포트 스트림으로 전달되는 MPEG-2 동영상
- MPEG-2 트랜스포트 스트림으로 전달되는 MPEG-4 동영상
- RTP 패킷으로 전달되는 MPEG-4 동영상
- 기저대역의 아날로그 동영상
- 기저대역 변조를 사용해 아날로그 방식으로 전송되는 디지털 동영상

한편 획득 영역에서는 동영상 콘텐트 이외에도 다음과 같은 콘텐트를 함께 고려해야 한다.

- 오디오 콘텐트: 아날로그/디지털, 모노/스트레오/5.1 채널 다중 채널
- 인터넷 데이터 또는 동영상 스트림에 존재하는 프로그램 메타데이터
- 동영상 자막
- 파일 전송을 위한 대용량 미디어 파일들
- 파일 전송을 위한 소프트웨어

동영상의 품질이 우수하기 위해서는 기본적으로 입력되는 원본의 품질이 좋아야 함은 당연하다. 즉 획득 영역에서 획득되는 동영상의 품질은 콘텐트 제공사업자가 제작하여 전송하는 원본 동영상의 품질에 의존적일 수밖에 없다. 따라서 이러한 획득과정에서 동영상의 품질에 관하여 다음 사항을 고려해야 한다.

- 원본 콘텐트에 이미 동영상의 열화 요인 또는 잡음이 존재할 수 있다.
- 물리적으로 다양한 전송 방법이 존재한다.
- 전송 신호의 세기는 일정하지 않고 약할 수도 강할 수도 있다.

원본 동영상 콘텐트의 품질을 유지한다는 측면에서 부호화는 바람직하지 않다. 동영상의 색상을 표현하는 경우를 예로 들면, 부호화를 하지 않는다면 원본이 아날로그 신호라고 해도 원래 영상의 색상 집합을 그대로 표현하는 것이 가능하지만 부호화를 하면 압축과정에서 불가피하게 발생하는 오류 때문에 원본의 색상 집합의 표현 범위가 제한되는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 이론적으로 가장 바람직한 경우는 부호화되지 않은 다시 말해 손실이 없는 동영상 콘텐트를 수신하는 것이다. 케이블 사업자나 위성 사업자의 경우를 예로 들면, 콘텐트 제공사업자와 광케이블 링크로 연결되어 있으면 이러한 무손실 수신이 가능할 것이다. 그러나 대부분의 경우에 멀티미디어 서비스 제공사업자가 획득하는 동영상 콘텐트는 이미 부호화되어 있고 어느 정도의 손실을 포함하는 것이일반적인 상황이다.

나. 콘텐트 처리 영역

IPTV를 포함하여 어떤 멀티미디어 방송 시스템의 경우라도 네트워크 사용의 효율성을 높이기 위해서 동영상은 압축되어야 한다. 콘텐트 처리 영역에서는 획득 영역에서 얻어진 다양한 형식의 동영상 콘텐트를 모아서 전송하거나 저장하기 위해서 특정한 디지털 형식으로 변환시키는 역할을 담당한다.

획득한 동영상 콘텐트를 전송가능한 동영상 스트림의 형태로 변환하는 과정은 여러 단계를 거친다. 우선 헤드엔드에 입력되는 콘텐트의 형식이 다양하기때문에 전송을 위해 부호화하기에 앞서서 다양한 입력형식을 통일시키는 것이바람직하다. 따라서 서비스 사업자는 입력 콘텐트를 압축되지 않은 디지털 형식으로 변환시킬 수 있다. 또 다른 방법으로는 최종적인 전송 부호화 형식으로 직접 부호화하거나 방식을 변환하는 트랜스코딩을 수행할 수 있다.

그리고 동영상 콘텐트가 부호화된 후에는 저작권 보호나 유료 방송시스템에서의 사용자 인증 등의 목적으로 콘텐트 암호화 또는 디지털 워터마킹 등의 기술이 사용되기도 한다. 이러한 기술을 통해 세트탑박스 등 사용자 단말에서 인증을 받은 경우에만 암호를 풀어 해당 콘텐트의 복호화를 수행함으로써 정당한권리를 가진 사용자만이 해당 콘텐트를 활용하는 것이 가능하다.

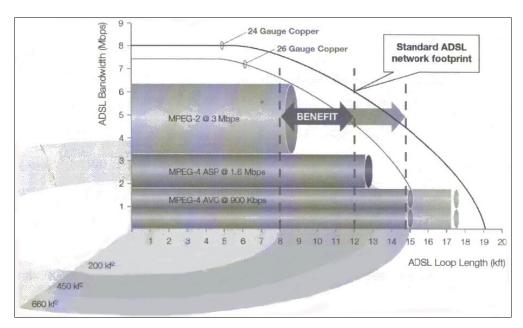
1) 동영상 부호화와 압축

디지털 동영상을 부호화하는 목적은 최소한의 대역폭을 사용하여 최대한 많은 수의 디지털 동영상 스트림을 사용자에게 전송하고자 하는 것이다. 그러나이러한 부호화 과정은 필연적으로 품질의 손실 즉 화질의 열화를 발생시키기때문에 부호화의 목적을 다시 말하면 전송에 필요한 대역폭을 최소화하면서 동영상의 품질을 가능한 한 유지하는 것이라고 할 수 있다. 일반적으로 화질과 압축률 사이에는 trade-off의 관계가 성립하기 때문에, 동영상 부호화 과정에서는 압축을 하되 콘텐트의 품질에 심각한 손실이 발생하지 않도록 할 필요가 있다.

MPEG-2 표준의 경우에는 1990년대 중반부터 널리 사용되었기 때문에 부호화 기술은 이미 일정 수준이상으로 최적화되었다. 그리고 최신의 표준인 H.264/MPEG-4 AVC는 더욱 정교한 부호화 알고리듬을 사용하여 압축 성능이 MPEG-2에 비해 약 두 배 가량 개선하였다.

H.264의 경우는 시간이 지남에 따라서 부호화 기술이 최적화되면 효율이 향상되리라 기대된다. 따라서 IPTV 서비스 사업자에게는 압축 성능이 우수한 H.264를 사용하게 되면 기존의 구리선 네트워크 환경에서 서비스를 구현하는 데에 유리하다. 압축 성능의 증가로 요구되는 대역폭이 줄어든다는 것은 전송거리를 증가시킬 수 있으며 결국 더 많은 가입자를 서비스 할 수 있기 때문이다. [그림 4-3]에 보인 바와 같이 xDSL 환경에서 MPEG-2와 H.264/MPEG-4 AVC를 비교하면, 24 gauge의 구리선을 사용하는 경우는 전송 거리가 8kft에서 12kft로, 26 gauge 구리선을 사용하는 경우는 8kft에서 15kft로 증가함을 볼 수 있다.

한편 동영상 콘텐트에 잡음이 포함되어 있으면 부호화 과정에 문제를 발생시킬 수 있다. 잡음 성분을 부호화하는 과정에서는 불필요한 계산이 필요할 뿐만 아니라 움직임 추정 과정에서의 정확도가 떨어져서 압축 성능이 나빠지게된다. 따라서 잡음을 제거하는 필터링을 통해 이러한 부담을 줄이고 부호화된 영상의 품질을 개선할 수 있다. 이 과정에서 주의해야 할 점은 동영상 콘텐트를 만드는 과정에서 잡음과 유사한 형태가 제작자의 의도로 포함될 수 있다는 것이다.



출처: MRG Report(2007)

[그림 4-3] xDSL 환경에서 MPEG-2와 MPEG-4 AVC 비교

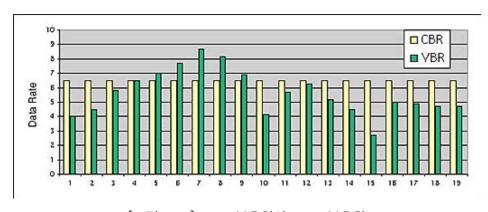
2) 비트율 제어

부호화의 결과 나타나는 MPEG 스트림을 관찰해보면, 발생 데이터량은 시간에 따라 일정하지 않고 변동한다. 동영상에 움직임이 많거나 복잡한 경우 또는 색상 영역이 넓거나 오디오 신호의 크기에 큰 경우에는 발생 데이터량이 증가하며, 반대로 작은 움직임, 단순한 화면, 좁은 색상 영역, 작은 소리의 경우에는 발생 데이터량이 감소한다.

CBR(Constant Bitrate) 부호화는 부호화된 비트스트림의 출력 전송율을 일정하게 유지하는 방법이다. 이는 네트워크의 입장에서는 채널의 대역폭이 고정되기 때문에 유리한 점이 있다. 그러나 CBR은 복잡한 동영상 콘텐트에 대해서는 화질을 충분히 살리지 못하면서 단순한 콘텐트에 대해서는 쓸데없이 대역폭을 낭비한다는 문제점이 있다.

반면 VBR(Variable Bitrate) 부호화는 시간당 발생 데이터의 양에 따라 대역 폭을 가변적으로 할당하는 기술이다. 이는 발생 데이터량의 변화를 수용하기 때문에 품질의 측면에서 우수한 결과를 보인다. 하지만 VBR 부호화는 정해진 전송율의 제한 한도 내에서 최적의 부호화 파라미터를 구하기 위해서 여러 번의 부호화과정을 거쳐야 한다. 즉 첫 번째 부호화시에는 동영상 콘텐트의 압축정도를 정하고, 두 번째 및 나머지 부호화시에 영상의 품질을 일정한 수준으로 유지하면서 전송율 제한조건을 만족하는 비트수를 결정한다. 실시간이라는 제한요소가 없는 응용분야를 고려한다면 비트율의 변화를 허용하면서 화질을 일정하게 유지시키는 VBR 기반의 비트율 제어가 바람직할 것이다. 예를 들어, 디지털 방송이나 DVD 등에서는 동영상 시퀀스가 반드시 실시간일 필요가 없기 때문에 VBR 부호화를 통해 보다 안정적인 화질을 얻을 수 있다.

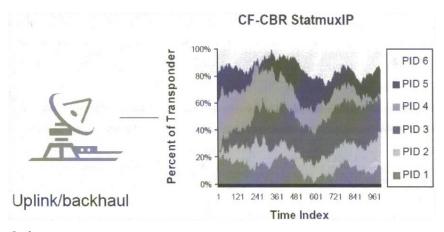
[그림 4-4]에서 CBR 및 VBR로 부호화된 각각의 경우의 발생 데이터량을 나타내었다. CBR의 경우는 발생 데이터량의 높낮이의 변화가 거의 없지만 VBR의 경우는 상대적으로 심한 변화를 보여준다.



[그림 4-4] CBR 부호화와 VBR 부호화

기존의 MPEG-2의 TM5, MPEG-4의 VM 그리고 H.264의 JM 등 다양한 비트율 제어 알고리듬이 제안되었는데 이들은 기본적으로 CBR에 근거한 방식이라고 할 수 있다. 주어진 동영상 시퀀스의 통계적 성질이나 채널의 상황을 미리 알 수 없다는 측면에서 실시간 또는 온라인 응용을 위해서는 출력 비트율을 가능한 한 일정하게 유지시키는 것이 합리적이라고 생각 할 수 있다. 하지만 실제 동영상의 공간적 그리고 시간적 특성은 프레임마다 달라지는 것이 일반적이기 때문에 출력 비트율이 일정한 부호화 방법으로는 화질을 일정하게 유지시키가 불가능하다.

한편 제한된 대역폭과 영상 품질 사이의 균형을 제공하는 비트율 제어 알고리듬으로서 CF(Constrained-fidelity) CBR 부호화 방법이 있다. 이 방법을 통해서비스 사업자는 동영상 신호의 높낮이를 평활화시켜서 약 20% 내지 30% 가량의 대역폭을 절약할 수 있는 것으로 알려지고 있다. 여러 개의 스트림이 다중화된 경우에 이 방법을 활용하면 혼합된 여러 개의 스트림 내에 여러 콘텐트스트림의 최대값과 최소값들을 서로 정렬시킴으로써 전송율의 변화를 줄일 수 있다. [그림 4-5]에서 CF-CBR을 사용한 콘텐트 다중화를 나타내었다. 이와 유사한 비트율 제어 알고리듬으로 capped VBR이 있다. 이 방법은 VBR을 사용하되 각 채널 마다 상한을 정해놓고 부호화를 수행한다.



출처: MRG Report(2007)

[그림 4-5] CF-CBR을 사용한 콘텐트 다중화

3) 트랜스코딩(Transcoding)

트랜스코딩이란 하나의 부호화 표준으로 압축된 동영상 스트림을 다른 부호화 표준으로 변환하는 기술을 말한다. 일반적으로는 콘텐트 사업자로부터 또는 다양한 경로로부터 얻어진 MPEG-2 스트림을 MPEG-4 AVC 스트림으로 변환하는 과정에서 사용되는데, 그밖에도 다음과 같은 이유를 생각할 수 있다.

- CBR 스트림을 VBR 스트림으로 변환
- HDTV 스트림을 SDTV 스트림으로 변환
- 고전송율 스트림을 저전송율 스트림으로 변환

○ 네트워크 단말에서 MPEG 디지털 동영상을 아날로그 동영상으로 변환.

트랜스코딩 기술이 필요한 이유는 여러 번의 부호화를 거치게 되면 계산량이 많이 요구되기 때문이다. MPEG-2로 부호화된 다중 프로그램 트랜스포트 스트 림이 입력되는 경우를 예를 들어 생각하면, 이를 MPEG-2의 단일 프로그램 트랜스포트 스트림으로 풀고, MPEG-2에서 기저대역 또는 SDI로 변환하고, 이를 다시 MPEG-4 AVC로 변환하는 단계를 거쳐야 한다. 이처럼 여러 번의 부호화 및 변환 과정을 거치는 것은 시간 및 비용 측면에서 바람직하지 않다. 트랜스코딩을 수행함에 있어서 서비스 사업자가 주의해야 할 점은 영상 품질의 저하를 방지하는 것이다. 현재 다양한 트랜스코딩 방법들이 존재하는데, 동영상 품질 유지의 측면에서 방법마다 성능의 차이가 존재한다.

4) 암호화 및 워터마킹(watermarking)

암호화는 동영상 콘텐트가 부호화된 이후의 처리 단계 가운데 하나이다. 이는 아날로그 동영상의 스크램블링(scrambling)과 마찬가지의 역할을 담당하며 암호화된 스트림은 인증 및 허가 절차를 거친 후에 세트탑박스에서 암호가 풀린다.

DVB에서는 MPEG 스트림의 암호화를 TS(Transport Stream) 단계와 PES(Program Elementary Stream) 단계의 두 가지 수준에서 정의하고 있는데, 두 경우 모두 헤더는 그대로 변화시키지 않은 채 페이로드(payload) 부분만을 암호화한다. 두 방법 모두 VOD 서비스를 위한 VCR 유사기능이나 광고 삽입 등의 양방향성 기능 이전에 암호화가 풀려야 한다. 이러한 방법 이외에도 양방향성에 영향을 주지 않으면서도 선택적으로 암호화를 수행하는 다양한 기술이 있다.

워터마킹(watermarking)은 동영상 콘텐트 내의 화소의 밝기나 색상 등을 정해진 규칙대로 변경시켜 저작권과 같은 메타데이터 정보를 집어넣으면서도 겉으로 보기에는 콘텐트 내용의 변화를 인지하지 못하도록 감추는 기술이라고 할수 있다. 동영상 멀티미디어 서비스에서 워터마크를 사용하는 데에는 크게 두가지 이유가 있다. 그 하나는 콘텐트의 저작권 소유자 정보, 서비스 사업자 정보, 또는 사용자 정보 등을 콘텐트 자체에 집어넣기 위해서 사용한다. 워터마크의 존재 여부를 식별함으로써, 콘텐트 전송 중에 저작권 침해가 발생했는지 발

생했다면 어느 과정에서 발생했는지를 파악할 수 있다. 또 하나의 이유는 사용 자의 단말에서 콘텐트의 복사 또는 재생을 허용하는지 아니면 금지하는지와 관 련된 비즈니스 정책을 수행하기 위해 필요하다.

워터마크가 삽입되면 동영상의 입장에서는 콘텐트의 원래 정보와는 상관없는 원하지 않는 성분이 들어온 것이므로 품질에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 워터마킹에서는 이를 삽입하더라도 동영상 콘텐트에 사용자가 인지할 정도의 품질 열화가 발생하지 않도록 할 필요가 있다. 따라서 일반적인 상황이라면 워터마킹에 의해 직접적인 영상 품질에 미치는 영향의 정도는 미미할 것으로 예상된다. 한편 워터마킹을 삽입하는 과정에서 처리시간이 필요하기 때문에 시간지연이 많이 발생하게 되면 QoE에 영향을 미칠 가능성이 없지 않다.

현재 Digital Watermarking Alliance, Coral Consortium 등을 비롯한 산업체 중심의 기관에서 워터마크의 표준화 작업을 진행하고 있기는 하지만 현재까지도 이에 관한 표준은 없는 실정이다.

- 이 영역에서 영상품질에 영향을 미치는 요소들을 정리하면 다음과 같다.
- 획득 동영상의 품질
- 콘텐트 처리를 위한 계산 능력 및 저장 공간
- 동영상 비트율 제어
- 콘텐트 내의 움직임 성분 및 복잡한 정도
- MPEG 스트림에서 프레임 예측 가능성
- 정해진 시간에 정해진 비트를 출력하는 동영상 스트림 시퀀싱

다. 저장 영역

저장 영역은 동영상 서버와 CMS(Content Management System)로 구성되며이에 더하여 분배 네트워크를 통해 저장된 동영상 콘텐트를 전송하기 위한 소프트웨어까지 포함된다. 일단 동영상 콘텐트를 서버에 저장해 놓으면 서버에서 동영상의 품질이 변화할 가능성은 없다. 하지만 동영상 콘텐트를 동영상 서버에 저장하기 전에 부호화 또는 트랜스코딩 과정을 거치게 되는데 여기서 품질이 손실될 가능성은 존재한다. 결론적으로 저장하고자 하는 부호화된 동영상의화질에 문제가 없다면 이 영역 자체는 영상 품질에 영향을 주지 않는다고 생각할 수 있다.

하지만 QoE의 측면에서는 고려해야 점이 하나있다. 그것은 사용자가 VOD 서비스를 요청하는 경우에 응용 계층의 RTSP(Real Time Streaming Protocol) 제어 신호를 통해 서버에 저장된 동영상 콘텐트의 전송을 요청하게 되는데 이를 처리하는 과정에서 발생하는 시간 지연이 QoE에 영향을 미칠 가능성이다.

라. 제어 영역

IPTV 서비스 사업자는 가능한 가장 높은 VQ 및 QoE를 사용자에게 제공해야 함과 동시에 부족한 자원을 할당함에 있어서 최대의 비용 효율과 자원 효율을 추구할 필요가 있다. IPTV 제어 영역은 가입자 관리를 비롯하여 가입자 환경의 정의 및 제어, 콘텐트 자산관리, 콘텐트 접속권한, 콘텐트 보호 등에 필요한 모든 자원을 담당하는 영역이다.

1) 정책관리(Policy Management)

이 영역에서의 대표적인 업무는 정책관리(Policy Management)이다. 이를 통해 서비스 사업자는 동영상, 음성, 인터넷 등 종합적인 서비스 패키지를 가장잘 전달하기 위해 네트워크 트래픽의 우선순위를 결정할 수 있다. 이들 가운데가장 많은 자원을 필요로 하는 정보가 동영상이기 때문에, 서비스 패키지에 동영상이 포함되는 경우에는 정책관리의 문제가 특히 중요해진다.

정책관리는 네트워크 레벨과 사용자 레벨의 두 가지 레벨이 고려될 수 있다. 우선 네트워크 레벨에서의 정책관리는 단위 서비스 기준으로 모든 사용자에 대한 모든 서비스의 우선순위를 설정하는 것이다. 그리고 사용자 레벨에서의 정책관리는 IPTV 미들웨어를 통해 실행되는데, 미들웨어에 특정한 사용자 레벨의 제어 기능이 포함되며 이를 네트워크 단말장치와 통신할 수 있다고 가정한다.

2) 시청허용제어(Admission Control)

다음으로 시청허용제어(Admission Control)도 이 영역에서의 업무이다. 이는 기존에 IPTV 서비스를 받고 있는 사용자의 VQ 및 QoE를 보장하기 위해서 특정 순간에 동영상 서비스를 시청할 수 있는 사용자의 수를 강제로 제한하는 수단이다. 즉 새로운 사용자가 동영상 서비스를 요청하는 경우에, 상황에 따라서는 일시적으로 시청이 허용되지 않을 수 있다.

이는 VoIP에서의 CAC(Call Admission Control)과 유사하다. CAC에서는 추가적인 통화를 지원하기에 충분한 대역폭이 있는지에 따라서 통화 가능여부가 결정되는데 IPTV 서비스에서도 이와 유사한 방법을 사용하는 것이다. 이와 같은 시청허용제어를 통해서 기존에 사용자들이 시청하고 있는 IPTV 프로그램의 품질이 나빠지는 위험을 피할 수 있다.

생방송 프로그램의 경우는 IGMP(Internet Group Management Protocol)를 사용하여 세트탑박스와 B-RAS(Broadband Remote Access Server) 사이에서 제어신호를 전송하고, VOD 서비스의 경우는 RSVP(Resource Reservation Protocol)을 사용하여 세트탑박스와 VOD 서버 사이에서 제어신호를 전송한다. 새로운 요청이 들어오면 가입자와 관련된 비즈니즈 정책과 더불어 사용가능한 대역폭, 현재 서비스 중인 세트탑박스의 수 등을 고려하여 시청허용 여부를 판단하다.

사용자들의 시청 요구에 대한 허용 여부의 판단에 있어서, 생방송의 경우에는 프로그램에 대한 수요가 높은 지 낮은지에 따라서 그리고 VOD의 경우에는 유료가입자인지 아닌지에 따라서 우선순위를 달리 적용할 수 있다.

3) 미들웨어 시스템

IPTV 미들웨어 시스템의 경우에는 콘텐트를 직접적으로 처리하는 과정과는 상관이 없기 때문에 VQ에 미치는 영향은 거의 없다고 할 수 있다. 그러나 V-QoS와 QoE 측면에서는 현재 이용 가능한 미들웨어 플랫폼들이 영향을 미치는 정도에는 차이가 존재한다.

IPTV 미들웨어는 전반적인 클라이언트 환경을 관리하는 역할을 담당하여, 클라이언트 소프트웨어, 사용자 인터페이스, UI 그래픽 등을 포함하며 어떤 플랫폼에서는 클라이언트 측면에서의 비즈니스 정책을 포함하기도 한다. 이러한 클라이언트에 관련된 데이터들은 신호의 발생량이 적은 시간을 이용하여 전송될 수 있기 때문에 동영상 데이터와 비교해 볼 때 네트워크에 미치는 영향은적다. 그러나 이는 사용자 인터페이스의 구조, 사용방법 등 실제로 사용자가 보고 느끼는 직접적인 경험과 관계되기 때문에 QoE 측면에서는 잠재적인 영향이 매우 크다고 할 수 있다.

한편 미들웨어 시스템은 TV 채널을 대화형 프로그램 가이드와 연결시켜서 VOD 메뉴를 구성하고 이를 동영상 서버와 연결하는 작업을 수행한다. 그리고 헤드엔드와 자산관리, 콘텐트 보호 등에 관련된 상태 및 제어 메시지를 교환한다. 그러나 이러한 상태 및 제어 메시지와 관련되어서는 VQ 및 QoS에 미치는 영향은 무시할만하다.

4) 콘텐트 보호(Content Protection)

콘텐트 보호(Content Protection)는 콘텐트 처리 영역에서 언급한 암호화 및 워터마킹과 연관이 있다. 이 두 과정 모두 처리과정에서 시간 지연이 발생할 수 있다는 점에서 QoE에 어느 정도의 영향을 미칠 수 있다.

이의 또 다른 측면은 콘텐트에 대한 사용자의 권한을 관리할 수 있다는 것이다. 그러나 미들웨어의 경우와 마찬가지로 EMM(Entitlement Management Message) 나 ECM(Entitlement Control Message) 등 콘텐트 보호를 위해 시스템 사이에 전송되는 제어 트래픽은 수백 바이트에 불과하기 때문에 VQ 또는 QoS에는 영향을 주지 않는다.

이상의 논의로부터 제어영역에서 영상품질에 영향을 미치는 요소들을 생각해 보면, 정책관리, 시청허용제어, 미들웨어 및 콘텐트 보호 시스템 등은 다른 영 역에 비해서 VQ와 QoS 측면에서는 거의 영향을 미치지 않는다고 할 수 있다. 하지만 이 가운데 몇몇 요소들은 QoE에 영향을 미칠 수 있다.

먼저 VOD 서비스와 관련된 시청허용의 문제를 고려해야 한다. IPTV 서비스 사업자는 분배 네트워크에서 필요한 대역폭을 산정함에 있어서 제공하고자 하는 생방송 TV 채널 수와 함께 추가적인 VOD 스트림의 전송에 필요한 최저수준의 대역폭을 보장하는 수준에서 전체적인 대역폭 계획을 수립할 것이다. 만일 최신 영화의 출시일과 같이 특정 콘텐트에 대한 수요 기대치가 높은 기간동안 가입자들의 VOD 요청이 많이 들어온다면 이를 수용하기 위해 요구되는 전송용량이 사업자에 의해 할당된 대역폭을 초과할 가능성이 있다. 또한 접근 네트워크의 측면에서도 네트워크 노드에서부터 가입자에게까지 가구 당 대역폭이 존재한다. 결국 VOD 요청에 의해서 전체 트래픽 수요가 사용가능한 대역폭을 초과한다면, 이 요청이 허용되지 않는 상황이 발생한다.

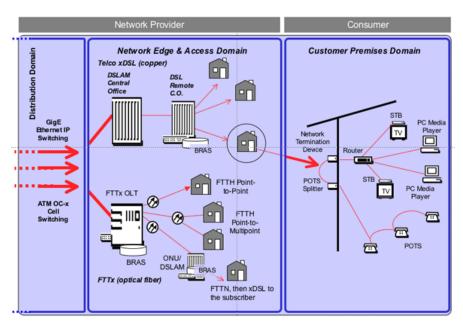
미들웨어와 관련해서 QoS에 영향을 미치는 요소로서 플랫폼에서의 MPEG 트랜스포트에 대한 요구사항을 고려할 수 있고, QoE에 영향을 미치는 요소로서는 클라이언트의 환경 구조와 사용자 인터페이스 등을 생각할 수 있다. 현재 IPTV 미들웨어 플랫폼들은 MPEG 트랜스포트의 사용에 있어서 차이를 보인다. 특히 Microsoft사의 IPTV 플랫폼은 MPEG-2 트랜스포트 스트림이 아닌 RTP(Realtime Transport Protocol)을 사용하기 때문에 QoS 측면에서 위험성이 있는데, 버퍼링을 통해 세트탑박스에서 오류 정정이 가능하도록 함으로써 이에 대처하고 있다.

한편 콘텐트 보호와 관련해서도 고려해야 할 문제가 있다. 콘텐트 보호 시스템에서 가입자에게 할당된 콘텐트에 관한 권리가 미들웨어 시스템과 일치하지 않는 경우에는 정당한 권리를 가진 사용자라고 하더라도 해당 콘텐트의 암호를 풀 수 없고 이를 이용하지 못하게 될 위험성이 있다. 이는 동영상 품질의 직접적인 평가라는 관점에서는 상관없을지 몰라도 사용자의 관점에서는 당연히 QoE에 막대한 영향을 미친다.

3. 네트워크 사업자 측면에서의 품질 영향 요소

네트워크 사업자와 관계된 영역은 다음과 같이 두 영역으로 구분할 수 있다. [그림 4-6]에서는 네트워크 사업자에 해당하는 영역과 더불어 다음 절에서 설명할 사용자와 관계된 영역을 함께 나타내었다.

- 분배 영역 (Distribution Domain): 콘텐트 처리 영역 또는 저장 영역으로 부터 출력되는 동영상 스트림을 가입자망까지 전달하는 분배 네트워크의 영역이다.
- 네트워크 종단 및 접근 영역 (Network Edge and Access Domain): 분배 네트워크를 통해 전달되어진 콘텐트 스트림을 수신하는 영역으로서 DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), OLT(Optical Line Terminal), B-RAS 등의 네트워크 장비에 해당한다. 여기에서 개별적인 사용자의 단말기로 스트림을 전송한다.



출처: MRG Report(2007)

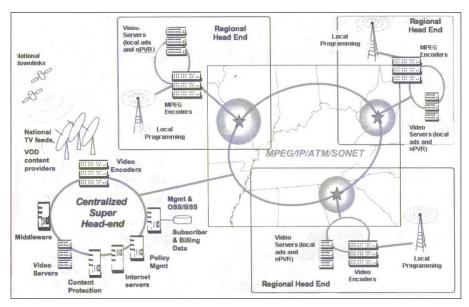
[그림 4-6] IPTV 네트워크 사업자 및 사용자 영역

가, 분배 영역

분배 영역은 IPTV 헤드앤드와 가입자를 연결하는 경로에 해당한다. [그림 4-7]에서는 분배 네트워크를 가상적인 구성을 나타내었다. 중앙의 수퍼 헤드엔드에서 전국적인 차원에서 콘텐트를 획득하고 처리하고 저장하여 이를 분배 네트워크를 통해 지역 헤드엔드로 전송하면, 각 지역의 헤드엔드에서는 여기에지역 채널이나 지역 광고를 추가할 수 있다. 각각의 방송 채널들은 헤드엔드에서 다중화된 스트림으로 묶여져서 분배 네트워크를 통해 가입자에게 전송된다.

IPTV 서비스에 필요한 네트워크 용량을 결정하는 일은 복잡한 작업은 아니다. 우선 생방송 TV를 위한 대역폭의 경우는, 채널 구성이 결정되면 단지 각채널에 필요한 대역폭을 더하면 된다. 여기에 VOD와 같은 주문형 서비스를 위한 전송용량이 필요하고, 다시 이에 더하여 best-effort 인터넷 트래픽에 할당되는 전송용량이 필요하다.

분배영역에서 영상 품질에 영향을 미치는 요소는 결국 대역폭과 관련된다. 따라서 서비스 사업자가 적절한 계획에 따라서 서비스에 요구되는 전송용량을 충분히 수용할 수 있는 대역폭을 확보하였다면 패킷의 지연, 손실, 그리고 지터 등 QoS와 관련된 문제는 심각하지 않을 가능성이 높다.



출처: MRG Report(2007)

[그림 4-7] 분배 네트워크의 구성

나, 네트워크 종단 및 접근 영역

네트워크 및 접근 영역은 분배 네트워크를 통해 전달되어진 콘텐트 스트림을 가입자에게 최종적으로 전달하는 역할을 담당하며 스위칭 및 라우팅 장비로 구성되어 있다. 다중화된 동영상 스트림들은 DSLAM 또는 OLT에 수신되고 B-RAS를 이용하여 라우팅된다.

이 영역에서 영상 품질에 영향을 미치는 요소는 네트워크에서 주고받는 IP 패킷의 전달과 관련된 오류이다. 즉 IPTV 동영상 품질에 있어서 대부분의 문제는 결국 IP 패킷의 전달과정에서 발생하는 다음과 같은 문제에 그 원인이 있다고 할 수 있다.

- IP 패킷 지연 변화, 즉 지터
- IP 패킷 손실
- IP 전달 지연

○ 패킷 전달 순서의 오류

IPTV 전체 시스템에서 네트워크를 통해 전송되는 IP 패킷에는 서비스 관련 트래픽 및 제어 관련 트래픽이 있다. 이 가운데 서비스 관련 트래픽은 다음과 같다.

- 동영상 콘텐트
- 오디오 콘텐트
- 게임 콘텐트
- HTML 등 서비스 패키징
- VoIP, 인터넷/웹 트래픽 등 동영상과 무관한 트래픽
- 홈 모니터링, 동영상 감시, 보안 동영상 서비스 등 신규 동영상 서비스
- 사용자 인터페이스를 위한 그래픽 콘텐트
- 프로그램 안내용 메타데이터 및 사용자 인터페이스용 프로그램 정보

[그림 4-8]에서는 동영상 콘텐트 패킷의 손실이 있을 때 영상의 품질에 심각한 문제가 나타나는 경우를 보였다. 프레임에 따라서 정도는 다르지만 이는 직접적으로 VQ에 영향을 미친다.



[그림 4-8] 동영상 패킷 손실의 영향

한편 제어 관련 트래픽으로는 다음과 같은 항목이 있다. 여기에 해당하는 트 래픽에서의 패킷 손실은 주로 QoE에 영향을 미치게 된다.

○ 사용자 인터페이스, 콘텐트 보호 등에 필요한 소프트웨어 업데이트

- 게임 컨트롤 시그널링
- IPTV 미들웨어 클라이언트와 서버 간의 제어 및 상태 메시지
- 암호화 시스템에서의 EMM과 ECM 메시지
- IPTV 콘텐트 보호 클라이언트와 서버간의 비즈니스 정책 메시지

제어 트래픽과 관련해서 메시지의 버퍼링 문제를 고려해야 한다. B-RAS에서는 채널 변경을 위한 IGMP 신호, 주문형 스트림의 제어를 위한 RTSP 신호를 사용자로부터 받아서 버퍼링한다. 사용자의 인증이 완료되면 스트림을 할당하게 되는데 이 과정에서 시간이 소요된다. 사용자 단말장치가 늘어나고 서비스가 늘어날수록 접속 네트워크에서 처리해야 할 IGMP 및 RTSP 신호 역시늘어날 것은 확실하므로 이들 요청을 빨리 처리하는 것이 중요해진다.

패킷 전송과정에서의 문제는 접속 네트워크의 전송용량과 관계된다. IPTV 시스템에서 가입자 가정까지 연결하는 방법으로는 FTTC(Fiber to the Curb), FTTH(Fiber to the Home)와 더불어 xDSL(Digital Subscriber Line), HFC (Hybrid Fiber Coaxial cable)등이 있는데 네트워크 사업자 입장에서는 마지막 연결을 위해 전통적인 구리선을 사용하는 것과 광섬유를 사용하는 것 사이에 trade-off 관계를 고려해야 한다.

4. 사용자 측면에서의 품질 영향 요소

사용자 즉 IPTV 가입자와 관계된 사용자 단말 영역(Customer Premises Domain)은 전송된 동영상 콘텐트를 수신하여 복호화하는 세트탑박스 또는 컴퓨터에 해당한다. 이 영역을 거쳐 사용자의 화면에 디스플레이 되거나 아니면 홈네트워크를 거쳐 다른 장비에 전송될 수도 있다. 또한 여기에는 상향접속 네트워크와의 인터페이스가 포함된다.

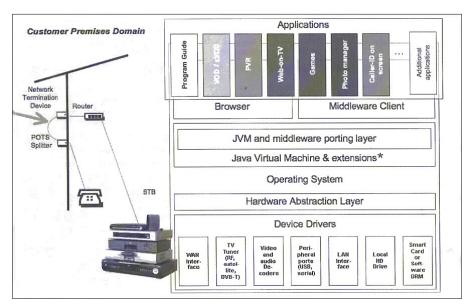
세트탑박스는 일종의 컴퓨터라고 생각하면 된다. 따라서 다음과 같은 구성요 소로 이루어진다.

- 마이크로프로세서
- 동영상 코덱
- 메모리와 저장공간
- 네트워크 연결성 : WAN 및 LAN

110 • 멀티미디어 방송 서비스를 위한 QoS/QoE 평가 기준 및 방법 연구

- 주변장치 연결성: 오디오, 동영상, 기타 가전제품
- 운영체제
- 외장, 시스템 보드, 전원공급기 등

ITU-T J.292 표준은 전달 매체에 독립적이면서 차세대 세트탑박스의 중요한 기능적 측면인 네트워크 자원 적응성, 인증 안정성, 세션 자원 관리, 그리고 QoS 제어 메커니즘 등을 반영하는 세트탑박스의 핵심 구조를 다루고 있다. 다음 [그림 4-9]은 세트탑박스의 일반적인 구조를 나타낸다.



출처: MRG Report(2007)

[그림 4-9] IPTV 세트탑박스의 구조

- 이 영역에서 영상품질에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 당연히 동영상의 복호화이다. 실제로 세트탑박스에서의 복호과정은 다음과 같은 일련의 작업으로 이루어진다.
 - 입력되는 스트림에 대한 사용자 인증
 - 인증된 스트림의 암호 해독
 - 동영상 데이터와 기타 데이터의 분리
 - 동영상 데이터의 복호화
 - 그리고 입력되는 동영상의 오류를 처리하고 정정하기 위해서는 적당한 시간

이 필요하고 세트탑박스에서 이를 확보하기 위해 버퍼링를 하는데 이의 영향도 고려할 필요가 있다.

한편 사용자의 VQ와 QoE의 지각에 영향을 미치는 또 다른 요소로서 텔레비전 디스플레이를 생각할 수 있다. 사용자는 디스플레이를 선택함에 있어서 CRT, LCD, PDP 등 가운데서 결정하여야 하고 다시 SDTV 급인지 HDTV 급인지 결정하여야 한다. 경우에 따라서는 HDTV 디스플레이를 가지고 있더라도, HD 콘텐트가 아닐 수 있고 HD 튜너가 없을 수도 있다. 데이터을 연결하는 과정에서도 HDMI(High Definition Multimedia Interface)를 사용할 수도 있고 심지어는 아날로그 방식으로 연결할 수도 있다. 이러한 모든 요소들이 사용자의시청경험에 주관적인 영향을 미치게 된다.

5. IPTV 영상 품질 유지를 위한 고려사항

가. 서비스 사업자 측면에서의 고려사항

1) 콘텐트의 획득과정 및 형식

헤드엔드에서 다양한 경로를 통해 다양한 형식의 동영상을 획득하는 과정에서 향후 동영상 품질을 확보하기 위해서는 멀지 않아 HD 콘텐트가 직접 헤드엔드에 입력되는 상황을 고려할 필요가 있다. 비록 현재의 세트탑박스는 아직까지 720 HD 해상도까지만 지원하는 수준이지만, 일부 사업자들은 이미 백만분의 일초 지터 수준에서 4K 해상도의 동영상을 지원하는 SLA를 고려하고 있다.

만일 획득되는 원본 동영상의 품질에 문제가 있는 경우에는 이후에 어떠한 처리를 하더라도 문제를 피할 수 없다. 따라서 서비스 사업자들은 입력되는 원 본 동영상의 품질을 최대한 깨끗하게 유지시킬 필요가 있기 때문에 동영상이 획득되는 다양한 물리적 전송경로를 최적화하여야 한다. 즉 마이크로웨이브 수 신기나 위성접시는 최적의 장소와 방향으로 설치해야하며 만일 안테나에 도착 하는 신호가 약하다면 증폭이 필요할 수도 있다.

헤드엔드에서 획득된 동영상은 이후의 내부적인 전송 및 처리를 위해 공통된 동영상 포맷으로 통일하는 편이 바람직하다. 현재 입력되는 콘텐트가 대부분 디지털이므로 아날로그 동영상들은 디지털 형식으로 바뀌어야 한다. 또한 만약 입력되는 디지털 동영상이 압축되어 있다면 출력 포맷으로 직접 트랜스코딩하기 보다는 압축되지 않은 공통의 디지털 형식, 예를 들어 SD-SDI, HD-SDI 또는 DVB-ASI 스트림으로 복호하는 편이 유리하다. 그 이유는 서비스 사업자가 콘텐트를 H.264로 다시 부호화 할 때, 부호화기의 이점을 최대로 활용하기 위해서다. 따라서 만약 콘텐트가 획득될 때부터 H.264 형식이라면 그대로 남겨두어도 무방하다.

동영상 콘텐트의 품질 유지를 위해서는 헤드엔드 내부에서 콘텐트의 처리를 최소화 하는 것이 바람직하다. 또한 H.264 형식으로 최종적으로 부호화하기 전까지 전송되는 콘텐트는 압축되지 않은 SDI 또는 ASI 스트림 형식을 유지해야만 한다. 대부분 동영상 헤드앤드 장비들은 광대역 이더넷을 비롯하여 SDI 및 ASI에 관한 인터페이스를 모두 제공하고 있다.

2) IPTV 서비스 구성

분배 네트워크 및 접속 네트워크에서 필요한 전송용량을 산정하고 승인제어에 관한 정책을 마련하기 위해서 우선 IPTV 서비스의 구성이 결정되어야 한다. 즉 서비스 사업자는 방송 서비스를 위해서 SD는 몇 채널, HD는 몇 채널을 계획하는지, VOD 서비스를 위해서 동시에 몇 개의 콘텐트를 제공할지 등등을 결정해야만 한다. 또한 가입자의 요청에도 불구하고 동영상이 전송되지 못하는 상황을 일정 정도 방지하기 위해 최대 수요에 대하여 네트워크에 얼마만큼의오버헤드를 할당할지도 결정해야 한다.

예를 들어 4백만 가구를 대상으로 IPTV 서비스를 제공하고자 할 때 전체적으로 400개의 CO(Central Office)을 두어 CO당 10,000 가구를 담당한다고 가정한다. 그리고 IPTV 이용률은 40%이고 한 가구당 두 개의 텔레비전을 보유하고 있으며 VOD 이용률이 20%라고 가정하면, CO당 필요한 VOD스트림의 수는 1600개가 된다. 또한 방송 서비스를 위해서 총 300개의 채널을 제공하고자하는데, 이 가운데 20%는 8 Mbps 전송율의 HDTV로 구성하고 나머지 80%는 2 Mbps 전송율의 SDTV로 구성하는 계획을 마련할 수 있다. 이처럼 서비스구성에 대한 계획을 세우는 단계를 통해 서비스 사업자는 승인제어를 수행할때 허용 여부를 효율적으로 결정할 수 있다.

3) 동영상 부호화

동영상 콘텐트가 일단 헤드앤드에 도착하면, 전송되기에 앞서서 부호화가 필요하다. 부호화 방식으로서는 MPEG-2 또는 H.264 방식을 고려할 수 있는데, HDTV 한 채널에 대한 통상적인 전송량은 MPEG-2의 경우에는 15에서 20Mbps, H.264의 경우에는 7에서 10Mbps 사이가 된다. 따라서 IPTV 서비스를 위해서는 부호화 효율이 우수한 H.264가 더 유리하다.

한편 이 과정에서 획득된 동영상을 완전히 복호화하지 않고 트랜스코딩을 통해 출력 형식으로 변환하는 방법이 사용될 수 있다. 가장 일반적인 경우로서 MPEG-2로 부호화된 동영상을 H.264로 변환하는 것이다. 이러한 트랜스코딩을 통해 비용절감을 기대할 수 있지만 이로 인한 품질 저하 또는 기능 제한의 가능성이 있음을 염두에 두어야 한다. 따라서 서비스 사업자가 트랜스코딩을 하기로 결정했다면, MPEG-2로부터 MPEG-4로 변환하는 적절한 트랜스코딩 솔루션을 신중하게 선정하여야 한다.

출력 비트스트림의 비트율 제어는 또 하나의 중요한 문제이다. 앞서 설명한 CBR, VBR, CF-CBR, 그리고 capped VBR 등의 방법이 고려대상이 된다. 현재 CBR을 채택하는 편이 일반적이기는 하지만, CBR과 VBR의 장점을 이용하고 있다는 측면에서 CF-CBR 또는 capped VBR을 고려해 볼 수 있다. 특히 헤드 앤드에서 네트워크 종단까지 다중화된 실시간 TV의 전송을 위해서는 CF-CBR 이 바람직하다.

나. 네트워크 사업자 측면에서의 고려사항

1) 네트워크 설계

네트워크 설계에 있어서 가장 중요한 것은 가입자와의 약정 즉 SLA이다. 네트워크는 이 약정을 준수하도록 설계되어야 한다. 예를 들어 데이터와 음성 서비스의 차단 없이 동시에 두 개의 HDTV 프로그램 스트림의 전송을 가입자와 약속했다면, 네트워크에서는 H.264로 부호화를 가정할 때 최소한 25Mbps의 전송용량을 하향대역에 할당해야 한다. 네트워크 설계에 있어서 HDTV 및 다중화된 콘텐트를 고려한다면 충분한 전송용량을 확보하는 편이 바람직하며 장기적으로 네트워크의 확장 가능성을 염두에 두어야 한다.

그리고 동영상이 아닌 오디오 및 데이터 트래픽과 제어신호를 위해서도 충분한 전송 용량을 할당하여야 한다. 이들 트래픽은 동영상 트래픽에 비해서 매우작기는 하지만 VQ, V-QoS, QoE 등에 문제를 야기할 소지가 있다. 특히 제어신호에는 적절한 우선순위를 부여해야 한다. 예를 들어 채널 변경을 신속하게지원하기 위해서는 IGMP Join 및 Leave 요청의 우선순위가 높아야 하며, 스트림을 복호하기 위한 권리부여 요청이 다음이 될 것이다. 그리고 VOD와 PVR을 위한 RTSP 요청에는 상대적으로 더 낮은 우선순위가 주어진다.

한편 네트워크 설계에 있어서 장비를 이중화함으로써 예기치 않은 장애로 인해 콘텐트의 서비스가 장기간 중단되는 상황을 피하고 즉각적인 대처 방안을 마련하는 것이 바람직하다.

2) 평가 및 측정

Best-effort 전송에 의존하는 기존의 인터넷 환경에서는 동영상 스트리밍 서비스가 일시적으로 지연되거나 중단되는 현상에 대해서는 어느 정도 용인하였으나, IPTV 환경에서 서비스가 중단되거나 화질에 문제가 있다면 이는 심각한문제가 아닐 수 없다. 따라서 IPTV 전체 시스템상의 여러 위치에서 상시적인평가 및 측정 작업이 요구된다.

중요한 평가 지점을 생각해보면, 먼저 콘텐트의 획득 단계에서 입력되는 원본 동영상의 품질에 문제가 없음을 확인하여야 한다. 그리고 부호화 이후에도 평가 및 측정 장비를 두어 출력되는 동영상 스트림의 품질을 확인할 필요가 있으며, 네트워크에서는 DSLAM과 B-RAS에 평가 장비를 두어야 한다. 그밖에도 부호화 과정에서 암호화가 포함된다면 암호화 이후에도 평가하고, 분배 네트워크가 계층적으로 구성되는 경우에는 각각의 계층에서도 평가 작업이 이루어지는 것이 바람직하다.

또한 실제로 데이터가 전송되는 물리적인 전송 경로에서 발생할 수 있는 문제를 간과하지 않아야 한다. 시스템의 구성이 완벽하다고 하더라도 케이블이절단되거나, 접속장치에 문제가 생기거나, 구리선이 노후화되어 문제를 일으킬수 있으므로 정기적인 검점이 필요하다.

한편 VQ, V-QoS, QoE의 평가에 있어서 객관적인 품질 지표를 보완하기 위해서는 사용자의 주관적인 평가를 함께 활용하여야 한다. 이 과정에서는 평가환경을 고려하여야 한다. 예를 들어 일반적인 TV를 통한 평가와 홈시어터 환

경에서의 평가는 차이가 있다. 흔히 오디오는 동영상에 비해 덜 중요하다고 생각되기도 하지만 실제로 고품질의 오디오는 오히려 동영상 보다 더 큰 영향을 사용자에게 미치기도 한다. 디스플레이의 종류에 따라서도 다른 특성을 나타낸다. CRT(Cathode Ray Tube)에서는 깨끗하게 보이는 영상도 LCD(Liquid Crystal Display)나 DLP(Digital Light Processing) 디스플레이에서는 결점이보일 수도 있다. 동영상의 규격도 평가에 영향을 준다. 1080i HDTV의 경우에는 720p HDTV의 경우보다 일반적으로 더 우수한 화질을 보여줄 것이다.

다. 사용자 측면에서의 고려사항

사용자의 단말 장치는 사용자로 하여금 IPTV 서비스를 직접 경험하게 만드는 매개로서 헤드엔드나 네트워크 못지않게 중요한 영역이다. 세트탑박스는 기본적으로 동영상 콘텐트 스트림을 복호하는 것은 물론이고 오류 정정을 위한 버퍼링, 암호화 및 워터마킹, 사용자 인터페이스의 구현 등 다양한 기능을 구비해야 한다. 만일 세트탑박스의 저장 공간이나 처리 능력이 충분치 못한 경우에는 사용자의 경험 품질에 큰 열화 요인을 작용한다.

세트탑박스에서는 네트워크에서 발생하는 오류 및 지터의 영향을 최소화하기 위해서 버퍼링을 수행한다. MPEG-2 트랜스포트 스트림을 사용하는 많은 시스템에서는 FEC(Forward Error Correction) 오류 정정을 위해 최소 125ms의 버퍼를 사용한다. Microsoft의 IPTV 서비스를 제공하는 사업자 가운데는 400ms의 동영상 버퍼가 필요하다는 분석을 하기도 하였다. 여기에는 스트림을 수신하고 복호하는데 이용되는 100ms, 오류를 찾는데 이용되는 100ms, 그리고 손상된 패킷의 재전송을 요구하고 이를 처리하는데 이용되는 200-250ms가 포함된다.

한편 세트탑박스에서는 동영상 데이터 스트림에 정정되지 않은 오류가 존재하는 경우에 이를 은닉하는 기술을 사용함으로써 심각한 품질 문제를 완화시킬수 있다. 상대적으로 움직임이 적은 정적인 부분에서 오류가 존재했다면 이전 프레임으로부터 움직임 보상된 매크로블록으로 대체하는 시간적 은닉방법을 사용할 수 있다. 반대로 움직임이 많은 동적인 부분에서 또는 장면전환이 발생하여 이전 프레임과의 상관관계가 떨어진 부분에서 오류가 존재한다면 동일한 프레임 내에서 이웃하는 매크로블록으로부터 보간하는 공간적 은닉 방법을 사용할 수 있다.

PART

__ 방송서비스 품질 정책 제언 -IPTV 관점에서-

V. 방송서비스 품질 정책 제언 -IPTV 관점에서-

1. IPTV 서비스 품질의 용어 체계 정립

II장 2절과 III장 3절에서 살펴보았듯이 IPTV와 같은 멀티미디어 방송영상서비스의 품질과 관련되어 현재 다양한 용어와 개념들이 사용되고 있다. 하지만 관련 업계에서 사용하는 용어가 통일되지 못한 것은 말할 것도 없이 ITU-T, DSL 포럼, ATIS 등의 표준화 기관에서 조차 서로 접근 방법이 상이한 용어 체계를 사용하고 있기 때문에 이와 관련된 용어와 개념들이 명확하게 구별되지 못하고 보편적인 정의가 없는 상황이다.

이와 관련된 대표적인 표준화 기관들의 동향을 간단하게 정리하면, 먼저 ITU FG IPTV에서는 품질 지표를 Perceptual Quality Metrics, Video Stream Metrics, 그리고 Transport Metrics의 3개의 계층으로 나누어 정의하고 있다. 그리고 ATIS에서는 품질관리 요소를 Application QoS와 Network QoS로 구분 하는데 Application QoS는 다시 Transaction Quality, Content Quality, Media Stream Quality의 3계층으로 구분되며 Network QoS는 Transmission Quality 단일 계층에 해당한다. DSL 포럼에서는 품질관리 지표를 Service Layer, Application Layer, 그리고 Transport Layer로 구분하고 각각의 Layer를 다시 Control Plane과 Data Plane으로 나눈다.

한편 우리나라의 KT의 용어체계는 NP-QoS-QoE의 구조를 가지고 있다. 여기서 NP는 통신망 제공자가 관리하는 통신망 성능, QoS는 서비스 제공자가 제공하는 서비스 품질, 그리고 QoE는 사용자가 경험하는 서비스 품질이라고 정의하는데, QoE를 다시 본원적 QoE, 부가적 QoE, 지원적 QoE로 구분하고 있다.

이상의 다양한 용어체계는 서로 다른 접근방법을 취하고 있으며 동일한 품질지표를 놓고 서로 다른 용어를 사용하기는 하지만, 품질 지표를 개발하고 정의하는 방향성의 측면에서는 공통점이 없는 것은 아니다. 그것은 기존 네트워크에서 사용되어 온 품질지표가 객관적으로 측정 가능한 공급자 중심적인 성능평가임에 비해 새롭게 등장하고 있는 IPTV의 품질지표에서는 서비스의 총체적인 품질에 대한 사용자 중심적 시각에서의 평가를 반영하고 있다는 점이다. 이

에 따라 QoS 및 QoE라는 용어가 보편화되었으며, 콘텐트 자체의 품질에 대한 평가는 물론이고 콘텐트 활용에 있어서 사용자 인터페이스의 편의성이나 채널 변경시 응답속도와 같은 요소까지 품질지표에 포함되고 있다.

한편 현재의 혼재된 용어 체계에 있어서 문제점을 생각해보면, 우선 QoS라는 용어의 사용 범위가 표준화기관 및 업체에 따라 매우 넓다는 점을 생각할수 있다. 예를 들어 KT에서는 QoS의 평가항목으로서 패킷의 손실이나 지연또는 지터 등을 제시하면서 이를 주로 네트워크에서의 전송 과정과 관련된 용어로서 사용하는데, ATIS에서는 이 용어를 전체적인 서비스 품질을 일컫는데 사용하고 있다. 실제로 KT의 QoS는 NP와의 구별이 뚜렷하지 않으며, ATIS의 QoS는 QoE에 더 근접하는 개념이라고 할 수 있다.

또한 사용자가 경험하는 총체적 품질로서 QoE를 이야기하지만 여기에는 너무나도 다양한 요소들이 포함된다. 예를 들어 QoE에는 동영상 콘텐트의 색상, 해상도, 잡음의 정도 등 화면 자체의 품질이 관련됨은 물론이고 사용자 인터페이스가 사용하기 편하며 직관적으로 이해하기 쉬운지, VOD 콘텐트의 탐색이쉽고 간단한지, 채널을 변경했을 때 너무 많이 기다리지는 않는지 등의 평가도 QoE의 요소가 되며, 심지어는 서비스 요금에 대한 만족 여부나 AS 기사의 친절 정도까지도 고려해야 하는 것이다.

따라서 표준화 기관을 비롯하여 IPTV와 관련된 서비스 사업자, 네트워크 사업자, 콘텐트 사업자, 장비 사업자, 그리고 사용자에 이르기까지 공통으로 사용하는 합의된 용어체계를 정립하고 품질지표를 정리해 나가는 작업이 필요하다. 이를 위해 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.

- 국제적인 표준화 기관의 서비스 품질에 관한 용어 체계와의 양립성을 만 족하는 것이 바람직하다.
- 용어의 정의를 명확하게 하기 위해서는 해당하는 품질 지표 역시 명확하 게 정의되어야 한다.
- 서비스 품질의 평가에 있어서 공급자 중심적 관점을 넘어서서 사용자 중 심적 관점을 반영하는 품질 지표가 포함되어야 한다.
- 객관적인 측정이 가능한 품질 지표와 주관적인 평가로 나타나는 품질 지표를 구분하는 것이 바람직하다.
- 사용자가 총체적으로 경험하는 서비스 품질인 QoE를 정의하기 위해서는

서비스의 반응성, 유용성 등 여러 계층으로 구분하여 접근하는 편이 바람직하다.

여러 기관 및 단체의 IPTV 서비스 품질 지표 가운데 기본적으로 중요한 항목은 화면의 질, 해상도, 색감 등 동영상 콘텐트 자체와 관련된 영상 품질이다. 이는 ITU FG IPTV의 입장에서는 Perceptual Quality에, ATIS의 입장에서는 Application QoS 중 Content Quality에 그리고 DSL 포럼의 입장에서는 Service Layer의 Data Plane에 해당하며, KT의 분류에 따르면 본원적 QoE에 해당한다.

이와 더불어 패킷의 지연, 손실, 지터로 대표되는 네트워크를 통한 전송 과정에서의 품질 지표도 반드시 포함되는 항목이다. 이는 ITU FG IPTV 입장에서는 Transport Metrics에, ATIS 입장에서는 Network QoS의 Transmission Quality에, 그리고 DSL 포럼의 입장에서는 Transport Layer의 Data Plane에 해당한다. 그리고 KT의 입장에서는 NP 또는 QoS에 해당한다. QoS에는 이러한 패킷 측면에서의 전송 품질 뿐만 아니라 I 프레임, P 프레임, B 프레임에서의 패킷 손실 비율과 같은 트랜스포트 스트림 측면에서의 전송 품질이 포함될수 있으리라 판단된다.

QoS와 VQ의 관계를 생각해 볼 때, QoS는 VQ에 영향을 미칠 수 있지만 그정도는 패킷의 내용에 따라서 달라진다. 예를 들어 전송과정에서 손실된 패킷이 B 프레임의 데이터라면 해당 프레임에서의 오류로 제한되지만 I 프레임이나 P 프레임의 의 데이터라면 이후의 움직임 보상과정에서 오류가 전달될 수 있다. 이상의 두가지 항목은 상대적으로 명확한 정의가 가능하다. 본 연구에서는 전자에 대해 VQ라는 용어를, 후자에 대해 V-QoS라는 용어를 사용하였다. 즉 VQ는 동영상 콘텐트 자체의 품질을 나타내며, V-QoS는 네트워크를 통한 동영상 패킷의 정확한 전달과 관련되는 품질을 나타낸다.

또한 사용자가 총체적으로 경험하는 서비스 품질의 의미로서 QoE라는 용어를 사용하였다. 실제로 QoE는 콘텐트 품질은 물론이고 서비스의 반응성, 상관성, 유용성 등을 포함하며 간접적으로 현장 서비스, 기술 지원, 고객 서비스에 이르기까지 여러 가지 측면을 통합적으로 고려해야 한다. 이런 관점에서 KT에서는 QoE를 구분하여 VQ에 해당하는 본원적 QoE와 더불어 부가적 QoE 및

지원적 QoE로 나누어 접근한 것이다.

QoE와 VQ의 관계를 생각해 볼 때, VQ가 QoE에 포함된다고 할 수 있다. 그렇지만 V-QoS와 관련된 품질 지표의 영향은 사용자가 직접 경험하는 성격이아니기 때문에 V-QoS의 경우에는 상황이 다르다. 즉 특정한 패킷이 손실되었다고 할 때 패킷에 담긴 데이터의 내용에 따라 사용자에게 미치는 영향이 달라진다. 예를 들어 영상 데이터가 포함된 패킷이 손실되었다면 VQ에 직접 영향을 미치겠지만, 만일 채널변경을 위한 IGMP 제어신호가 포함된 패킷이 손실되었다면 서비스의 응답이 지연되어 사용자의 만족도에 영향을 미치게 된다.

2 동영상 품질 평가 방법에 대한 연구 개발

동영상 콘텐트 자체와 관련된 영상 품질(Video Quality)은 IPTV 서비스 품질에 대한 가입자의 만족도를 결정하는 가장 중요한 요인이다. 다시 말해서 제공하는 동영상 자체의 영상 품질에 해당하는 화상 밝기, 색감 표현의 부드러움과 자연스러움, 해상도 등에 대해서 소비자의 기대 수준을 맞추지 못하고서는좋은 평가를 받기 어렵다.

따라서 IPTV 서비스 사업자는 동영상 품질을 관리하기 위한 지표와 그 지표를 활용한 평가 방법이 필요하다. 현재 이에 관련된 연구가 VQEG 등 표준화기관 및 학계에서 활발히 진행 중인 상황으로서, 우리나라에서도 동영상 품질평가 방법에 대한 연구 과제를 도출하고 산학공동연구를 통해서 현장에서 활용가능한 기술 개발을 적극적으로 지원할 필요성이 있다.

동영상의 품질 평가를 위해서는 인간의 시각 특성을 반영하면서도 객관적인 평가 기술을 개발하여야 한다. 객관적인 평가 방법에 대비되는 주관적인 평가 방법은 최종 사용자가 인식하게 될 평가결과와 매우 유사한 결과를 얻을 수 있다는 점에서 바람직한 면이 있지만, 평가자를 포함한 평가 환경에 따라서 보편적이고 일관성 있는 평가결과를 얻는다는 보장이 없다. 더군다나 평가를 위한실험환경을 갖추고 평가자를 모아서 평가실험을 실시하는 작업은 복잡할 뿐만아니라 시간과 비용이 많이 소요된다는 측면에서도 바람직하지 않다. 따라서객관적인 품질 평가 방법이 반드시 필요하다.

객관적 화질 평가 방식으로는 부호화 등의 신호처리 과정에서 발생하는 영상

에 포함된 에지나 경계와 같은 구조적인 요소의 훼손과 인공적인 잡음의 발생 등을 고려하여 요소별 특성과 영향을 추출하고 이들 현상들이 전체 영상 화질에 미치는 영향을 측정하는 공학적 접근 방법을 따를 것을 제안한다. 기존에 사용하던 객관화된 영상 품질 지표인 MSE(Mean-Squared Error)와 PSNR (Peak-to-peak Signal to Noise Ratio) 등은 인간이 인지하는 경험적 화질을 제대로 반영하는 데는 거리가 있고, 이를 보완하기 위해 도입된 HVS(Human Visual System) 기반의 영상 품질 지표는 너무 복잡한 체계를 가지고 있어서 실시간 화질 평가가 필수적일 IPTV 영상 품질 기준으로 사용하기에는 실용적이지 못하다. 따라서 이 둘 사이의 적절한 절충을 이루는 것이 필요하며, 이에 대한 해답을 공학적인 접근방법에서 찾을 수 있다.

공학적 화질 평가 방법을 FR(Full Reference), RR(Reduced Reference), NR(No Reference) 방법으로 구분할 때, IPTV 서비스와 관련해서는 RR 방법의 도입을 우선적으로 고려할 필요가 있다. FR 방법은 원본 영상과 처리 영상을 모두 알 수 있는 경우에 두 영상을 직접 비교하여 수신된 처리 영상의 품질을 측정하는 방법으로서, 원본 영상과 처리 영상을 모두 사용하기 때문에 비교적 정확하게 사람이 인식하는 화질의 측정이 가능하기는 하지만 실제 응용에 있어서는 원본 영상이 존재하지 않는 경우엔 적용이 불가능하다. 따라서 부호화기를 비롯하여 헤드엔드 장비의 성능 평가 등에 한정적으로 사용할 수 있을 것이다.

NR 방법은 원본 영상에 대한 어떠한 정보도 이용하지 않고 처리 영상만을 이용하여 품질을 평가하는 방법으로서, 원본 영상이 필요 없기 때문에 적용범위는 매우 다양하여 IPTV 시스템에서 성능 모니터링 목적으로 사용가능하다. 그러나 처리 영상만 가지고 화질을 측정하기는 쉽지 않으며, 영상에 잡음이 항상 존재한다는 가정을 전제하기 때문에 화질 측정 오류가 발생할 위험성을 내포하고 있는데, 영상 내에 체스판이 존재하는 경우 실제로 영상은 전혀 왜곡되지 않았더라도 블록형 잡음으로 인식되는 현상이 그 한 예가 될 수 있다.

이에 반해서 RR 방법은 원본 영상과 처리 영상이 모두 존재하지는 않으나 각각의 영상에서 추출한 특징을 사용하여 처리 영상의 품질을 측정하는 방법으 로서 별도의 피드백 채널을 사용할 수 있는 경우에 적용할 수 있다. IPTV 시 스템 입장에서의 두가지 형태의 응용을 생각할 수 있다. 하나는 수신측에서의 품질 평가이다. 다운링크의 경우 부호화된 동영상 데이터와 함께 원본 영상의 특징을 전송하면, 네트워크상의 각 시험평가 지점에서 압축된 동영상을 복호화하고 그 복호된 영상의 특징을 추출한다. 그리고 이를 같이 전송된 원본 영상의 특징과 비교함으로써 영상의 품질을 측정할 수 있다. 또 한 가지는 상향 링크를 활용한 품질 평가이다. 최종 수신하여 복호된 동영상의 특징을 추출한 뒤리턴채널을 통해 헤드앤드나 콘텐트 제공자에 전송하고 헤드앤드나 콘텐트 제공자는 보관하고 있던 원본 영상의 특징과 비교하여 수신된 영상의 품질을 모니터링할 수 있다.

ITU의 표준화 과정에서도 RR 방식의 하나인 NTIA TR-06-433a 규격이 방식이 제안된 바 있다. 이 모델에서는 원본 동영상과 처리된 동영상을 비교하는 다음의 네 가지의 알고리듬을 제공한다.

- 공간 레지스트레이션
- 시간 레지스트레이션
- 밝기신호 이득 비교
- 비디오 콘텐트에 포함된 유효 화면 영역 비교

한편 광대역 네트워크를 통해 많은 수의 가입자에게 다중화된 여러 프로그램이 제공되는 IPTV 서비스 환경을 생각하면, 이상의 방법을 적용하여 품질 평가하기에는 해결해야 할 문제점들이 있다. 일단 FR 및 NR 방식에서는 화질을 평가하기에 앞서서 콘텐트를 복호해야 하는데, 현실적으로 IPTV에서 서비스되는 대부분의 콘텐트가 보호 목적으로 암호화되어 있는 상황에서는 인증 권한이없으면 복호가 불가능하다. 따라서 네트워크를 통한 전송 도중의 특정 위치에서 성능 평가 용도로 FR 및 NR 방식을 그대로 사용하기에는 어려움이 존재한다. 또 RR 방식의 경우에 콘텐트의 특징이 추출되었다고 하더라도 피드백 채널을 마련해야 하는 문제가 있다. 그리고 이러한 방식은 일반적으로 많은 계산량을 요구하기 때문에 대규모 네트워크 사업자가 실시간으로 IPTV 서비스의품질을 측정하고 감시하기 위해 적용하기는 쉽지 않다.

따라서 FR, RR, NR에 기반을 둔 영상 품질 평가 방법에 대한 연구 개발은 물론이고 이와 더불어 네트워크 품질과 사용자가 체감하는 품질과의 상관성을 분석하여 콘텐트를 완전히 복호할 필요 없이 영상 품질을 추정하는 방법에 대한 연구도 필요하리라 판단된다.

3. IPTV 서비스 QoS/QoE 품질인증 제도

IPTV 서비스 품질에 대한 개념과 용어가 정립되어 품질 지표들이 정리되면 각각의 품질 지표가 만족해야할 품질 기준을 설정하는 작업이 필요하고 이를 바탕으로 관련 기기들에 대한 품질인증 제도를 실시하는 것이 바람직하다. 그리고 시험평가를 위한 테스트베드 구축의 타당성도 검토해 볼 필요가 있다고 판단된다.

여기서는 현재 IPTV 분야에서 적용되고 있는 QoS와 QoE 관련 항목의 품질 기준을 살펴보고자 한다. 우리나라의 IPTV 품질 기준도 이를 우리나라의 상황에 알맞게 반영하는 편이 바람직하다.

가. QoS 품질 기준

QoS는 객관적으로 정량화가 가능한 품질지표들을 사용하며, SLA를 만족하는 지 여부의 판단이 주로 이를 기준으로 이루어진다. 이에 속한 품질지표들을 살펴보면 다시 몇 개의 부류로 나눌 수 있다.

- 데이터 전송 속도 : 평균 비트율, 최소보장 비트율
- 동영상 전송 관련 지표 : 패킷 손실, 패킷 지연, 지터
- 동영상 스트림 관련 지표: I-Frames, B-Frames, P-Frames 무결성
- 동영상 복호가능성: ETSI TR101-290의 우선순위 지표 (<표 3-11> 참조)

많은 사업자들이 QoS 품질지표와 이를 측정하고 평가하는 절차에 대한 방법을 개발하고 발표해왔는데, 모든 사업자의 품질지표에 공통적으로 포함되는 두가지 항목은 패킷 손실과 지터이다. 이들에 대한 IPTV 관련 업계에서 권고하는 일반적인 품질기준은 다음과 같다.

패킷 손실에 관해서는 일반적으로 두시간 당 하나 이하 즉 손실율 $1x10^{-6}$ 의 손실율을 허용한다. 동영상 패킷이 손실되면 이는 매크로블록이나 화면의 일부분이 사라지거나 움직임 예측이 불가능해지는 영향으로 나타난다. ITU Y.1541은 생방송 TV 방송과 같이 전송용량이 크면서도 매우 낮은 손실율만을 허용하는 서비스에 대해서 $1x10^{-6}$ 패킷 손실을 규정하고 있는데 이는 음성에 대한 규격인 $1x10^{-3}$ 에 비해 1000배나 엄격한 기준이다.

지터에 관해서는 일반적으로 5ms에서 10ms의 범위에 대부분 동의하고 있다. ISO/IEC 13818-9 표준에서는 20ms, 그리고 DVB-IPI 규격 A086에서는 40ms의 최대 지터를 규정하고 있다. ITU-T Y.1541에서는 50ms의 지터를 규정하고 있는데, 이는 IPTV가 아닌 VoIP를 고려한 것이다.

한편 트랜스포트 스트림의 전송과정 중에 발생하는 오류의 수정 작업도 QoS 와 관련되는데, 이를 위해서는 FEC(Forard Error Correction) 방법이 사용된다. IETF RFC 2733에서는 일반적인 FEC와 함께 사용하기 위해 표준화된 RTP 페이로드 형식을 규정하고 있다. ProMPEG 포럼에서 정의한 CoP3 표준이 가장 널리 인정받는 FEC 방법이다.

나. QoE 품질기준

QoE는 종합적인 품질로서 다양한 품질지표 항목들이 관련된다. 이 가운데에는 객관적인 측정이 가능한 항목도 있지만 어떤 항목의 경우에는 사용자의 주관적인 평가 이외에 별다른 평가방법이 존재하지 않을 수도 있다. 또 어떤 항목은 객관적 측정과 주관적 평가를 동시에 활용할 수도 있다. 예를 들어 QoE 가운데 동영상 자체의 품질에 대한 평가를 위해 객관적인 화질 평가도구를 이용한 측정 결과와 사용자들의 MOS 결과를 함께 고려할 수 있다.

QoE 품질 지표 가운데는 주관적인 평가가 필요한 항목들이 있다. 예를 들면, 프로그램가이드의 디자인이 사용자 친화적인지, 사용자가 요청한 메타데이터의 갱신은 제대로 이루어지는지, 사용자 인터페이스는 편리하게 구성되었는지 등과 관련된 품질에 대해서는 서비스 가입자를 대상으로 한 조사를 통해 평가가 가능하다.

품질 기준을 마련한다는 입장에서는 QoE 품질 지표 가운데 객관적인 평가가 가능한 항목들이 주된 관심의 대상이다. 이는 VOD 응답 속도, 채널변경 시간 등 주로 서비스의 반응의 신속성과 관련된다. 이들 지표는 실제적으로는 느낌 상의 문제이고 공식적인 표준이 존재하는 것은 아니지만, 다른 멀티미디어 서비스에 비해 빠른 반응속도를 제공하는 편이 유리함은 당연하다. 이와 관련된 품질지표는 다음과 같다.

- IGMP Join 시간
- O IGMP Leave 시간

- RTP 교섭 응답 시간
- RTP 타임스탬프 오류
- RTP 스트림에 관한 RTCP 전송 보고 간격
- O RTSP 교섭 응답
- 이 가운데 채널 변경시간에 관한 기준을 살펴보면, 일반적으로 권고되는 채널변경 시간은 100ms 또는 그 이하인데 이는 ITU의 FS-VDSL 위원회에서 제안한 수치이기도 한다. 이와 관련하여 DVB-IPI에서는 IGMP Join 및 Leave 지연을 각각 500ms로 규정하고 있다.

IPTV의 빠른 채널변경 시간이 지상파 DTV를 비롯하여 위성 방송이나 케이블 방송 등 다른 서비스와 차별되는 장점임은 사실이지만, 네트워크의 입장에서는 채널변경 시간을 최소화하는 것이 반드시 바람직한 것은 아니다. 채널변경 요청을 처리하는 데에는 미들웨어 플랫폼에 의존하는 방법에서부터 Cisco의 VQE(Video Qiality Experience), 그리로 ISMA TD-00096 규격 등 다양한 접근 방법이 존재한다. 서비스 사업자는 방법마다의 장단점을 충분히 고려하여즉각적인 채널변경을 위해 추가적인 네트워크 자원과 비용을 사용할 것인지를 결정해야 한다.

측정 가능한 QoE 품질 지표로서 오디오와 비디오의 동기 항목이 있다. 잘못 판단하면 오디오는 QoS 및 QoE와 상관없다고 생각할 수 있지만, 오디오 신호도 콘텐트의 일부이며 전체 전송 대역폭의 차지하고 있으며 소리와 화면 사이의 과도한 시간차는 사용자를 불편하게 만든다. ATSC는 MPEG 스트림에서 동영상과 오디오 동기에 관한 규격을 제공하고 있다. ATSC IS-191에 따르면, 오디오는 동영상보다 15ms 이상 빠르면 안 되고, 45ms 이상 느리면 안 된다.

QoE 품질기준은 트래픽의 우선순위 설정과 관련된다. 접속 네트워크를 통해각 사용자의 가정까지 제한된 대역폭이 주어진 상황에서 서비스의 품질이 SLA를 만족하지 못하는 경우가 발생하지 않도록 하기 위해서는 적절한 정책관리와 승인제어가 필요하기 때문이다. 일반적인 원칙을 말하자면 다음과 같다.

- 생방송 TV 서비스에 VOD 서비스보다 높은 우선순위를 부여한다. 스포츠 중계와 같이 실시간이 중요한 경우에 일시적인 중지가 발생하지 않아야 하기 때문이다.
- 네트워크 전송용량은 VOD 동시 전송률의 최소 추정값을 수용해야 한다.

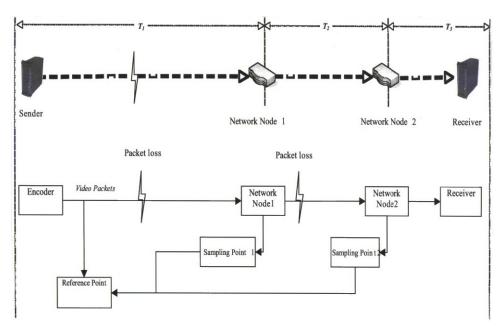
- 네트워크 전송용량은 모든 생방송 TV 채널을 전달할 수 있어야 한다.
- 동영상 트래픽에 VoIP 트래픽보다 높은 우선순위를 부여한다. 서비스 사업자에 따라서 양방향이면서 전송되는 패킷이 크지 않은 VoIP를 고려하여 음성 트래픽을 더 중요시하는 정책을 사용하기도 한다.
- 음성 트래픽에 광대역 인터넷 접속 트래픽보다 높은 우선순위를 부여한다.
- 데이터 트래픽에는 가장 낮은 우선순위를 부여한다.

4. IPTV 품질 측정 및 평가 시스템 구축

IPTV 서비스 품질을 유지하기 위해서는 콘텐트 사업자에서부터 사용자에 이르기까지 전체적인 IPTV 시스템 상의 여러 위치에서 품질 측정 및 평가를 실시하여야 한다. 이러한 과정을 통해 서비스 품질이 저하되는 경우 이의 원인을 파악하고 대처할 수 있다.

품질 평가의 출발점은 헤드엔드에서의 획득 단계가 된다. 다양한 경로로부터 획득한 다양한 형식의 동영상 콘텐트에 대해 해상도, 잡음의 존재 여부, 색상신호의 일치 여부 등 원본 동영상의 품질에 문제점이 없는 지 확인을 거칠 필요가 있다. 이 단계에서의 품질이 이후 IPTV 시스템 전체 품질의 기반이 되기때문이다.

실제 IPTV 시스템의 품질 측정 및 평가의 기준점이 되는 위치는 헤드엔드에서의 부호화 단계 직후라고 할 수 있다. 그러나 부호화 기술이 충분히 안정화되기 전까지는 부호화 과정이 동영상의 품질에 중요한 영향을 미친다는 사실을 염두에 두어야 한다. 부호화를 통해 동영상이 압축되는 과정에서 원본 품질에일정 정도의 손실이 발생하지만 부호화 파라미터의 최적화 및 정교한 비트율제어 알고리듬을 통해 이를 최소화할 수 있기 때문이다. 이어서 네트워크를 통해 전송하는 중간 중간의 여러 위치에서 측정 및 평가를 실시하여 기준점에서의 품질과 비교하여 시스템의 품질을 판단한다. 이를 [그림 5-1]에 나타내었다.



출처: MRG Report(2007)

[그림 5-1] IPTV 시스템의 품질 측정 및 평가 위치

IPTV 전송 네트워크가 계층적으로 구성되는 경우라면, 각 계층 사이의 연결 단계에서의 측정 및 평가가 필요하다. 구체적으로는 네트워크상의 DSLAM 및 B-RAS 위치에 평가 장비를 두어야 한다. 대규모 네트워크에서의 품질 측정을 위해 FR, RR, NR 방식을 적용하는 것은 현실적으로 어려움이 많기 때문에 당 분간은 네트워크 품질 위주의 평가가 실시될 것으로 예상되나, 피드백 채널이 존재하면 NTIA TR-06-433a 등의 RR 방식의 품질 평가도 고려할 수 있다. 장 기적으로는 네트워크에 적용가능한 영상 품질 측정 방법의 개발에 따라 다양한 평가가 가능할 것이다. 마지막으로 사용자 단계에서도 품질의 모니터링을 위해 측정 및 평가가 필요할 수 있다.

PART

___ 결 론

Ⅵ. 결 론

IPTV로 대표되는 방송통신 융합형 서비스가 등장하면서 관련 사업자 간 또는 사업자와 사용자 간의 SLA의 중요성이 강조되고 있다. 방송 영상에 대한 품질 즉 VQ(Video Quality)에 대해서는 ITU의 VQEG을 중심으로 이의 평가에 대한 표준화 작업과 연구가 진행되고 있으며, 서비스의 품질인 QoS(Quality of Service) 및 QoE(Quality of Experience)에 관해서도 ITU, DSL 포럼, ATIS 등다양한 기관에서 품질 평가의 기준과 방법을 개발하고 있는 상황이다.

본 연구에서는 방송영상의 서비스 품질을 화면의 질, 해상도, 색감 등 비디오 콘텐트 자체와 관련된 영상 품질인 VQ, 주로 네트워크를 통해 전송되는 과정과 관련된 영상 품질인 V-QoS, 그리고 최종 사용자가 총체적으로 경험하는 서비스 품질인 QoE로 구분하고 각 품질에 영향을 미치는 다양한 관련 요소들을 살펴보았다.

그리고 방송영상 서비스를 위해 필수적으로 요구되는 멀티미디어의 부호화 표준을 조사 분석하였다. 방송에서 왜 멀티미디어 부호화가 필요한지 이 때 고려해야 할 사항들은 무엇인지 살펴본 후 멀티미디어 동영상의 부호화의 기본원리를 분석하였다. 그리고 IPTV에 사용될 것이 확실한 H.264/MPEG-4 AVC에 대해서 자세히 정리하였다.

멀티미디어 동영상에 대한 VQ 평가 방법의 최근 연구개발 현황을 분석하기 위해, 먼저 블록화 현상, 기저패턴 현상, 뭉개짐 현상 등 방송영상의 품질 열화를 12 가지의 유형으로 분류하여 그 특징들을 정리하였다. 이어서 주관적 영상품질 평가 방법으로는 DSIS(Double Stimulus Impairment Scale), DSQS (Double Stimulus Quality Scale), SSCQE(Single Stimulus Continuous Quality Evaluation) 등을 그리고 객관적인 평가방법으로는 화소 기반 화질 측정 방법, HVS(Human Visual System) 기반 접근 방법, 공학적 접근 방법 등의 원리를 정리하였다. 그런 다음에 영상 품질 측정을 위한 VQEG 표준화 동향을 살펴보고 공학적 화질 평가 방식을 원본 영상의 존재여부에 따라 FR(Full-reference), RR(Reduced-reference), NR(No-reference) 방법으로 나누어 최신의 연구 동향을 조사하였다.

이와 더불어 앞으로의 멀티미디어 동영상 서비스에 대한 QoS 및 QoE 요구

사항에 대한 ITU-T, ATIS(Alliance for Telecommunications Industry Solutions), DSL(Digital Subscriber Line) 포럼, ESTI(European Telecommunication Standards Institute) 등 국제 표준화 동향과 IPTV 서비스를 위한 우리나라 기간통신사업자의 QoS/QoE 요구 사항에 대한 그간의 연구결과 발표 자료를 검토하였다. 마지막으로는 멀티미디어 동영상 품질 평가를 위해 제안되었던 도구들을 조사하였으며, 이와 더불어 새로운 도구 개발을 위한 업계의 최근 동향을 분석하였다.

본 연구에서는 멀티미디어 방송영상 서비스의 구체적인 응용분야로서 IPTV 환경을 고려하였다. 따라서 IPTV 서비스의 영상 품질을 결정하는 요소들을 서비스 사업자와 네트워크 사업자, 그리고 사용자 측면에서 각각 조사 분석하였다. 이때 서비스 사업자 측면에서의 품질 영향 요소를 획득 영역, 콘텐트 처리영역, 저장 영역, 제어 영역으로 나누어 분석하였고, 네트워크 사업자 측면에서의 품질 영향 요소는 분배영역, 네트워크 종단 및 접근 영역으로 나누어 분석하였다.

그리고 영상 품질 결정 요소의 분석을 바탕으로 IPTV 영상 품질 유지를 위한 여러 고려사항들을 조사 분석하였다. 이 분석도 서비스 사업자와 네트워크 사업자, 그리고 사용자 측면으로 분류하여 행하였다. 서비스 사업자 측면에서의 고려사항은 콘텐트의 획득과정과 형식, IPTV 서비스의 구성, 그리고 동영상 부호화 시의 고려사항을 조사 분석하였으며, 네트워크 사업자 측면에서의 고려사항은 네트워크 설계와 시험평가 및 측정에 대한 고려사항을 조사 분석하였다.

마지막으로 IPTV 서비스의 품질 평가와 관련하여 정책적으로 고려해야 할 사항을 정리하였다. 우선 현재 표준화 기관 및 업계마다 용어체계에 대한 접근 방향 및 정의가 달라서 발생하는 불필요한 혼동을 줄이기 위해서 IPTV 서비스 품질에 대한 용어체계를 정립해야 할 필요성을 제기하였다. 또한 동영상의 품질에 대해 인간의 시각 특성을 반영하면서도 객관적으로 평가하는 방법의 개발이 요구되며 이를 위한 연구 지원이 필요하다는 점을 언급하였다. 그리고 서비스 품질 지표와 품질 기준을 정리하여 IPTV 서비스 품질과 관련된 인증제도의실시와 함께 이의 시험 평가를 위한 테스트 베드 구축의 타당성 검토가 바람직하다는 제안을 하였다. 끝으로 IPTV 전체 시스템의 중요한 여러 위치에서 품질 측정 및 평가 시스템 구축해야 함을 지적하였다.

우리나라에서도 IPTV를 비롯한 멀티미디어 방송서비스의 활성화를 위해 방송 영상의 품질 및 서비스 품질에 대해 객관적이고 합리적으로 측정하고 평가하는 기술 기준의 마련은 필수적이라고 할 수 있다. 본 연구는 멀티미디어 방송 서비스 품질 평가의 기준 및 방법에 대한 동향 및 최신 연구결과 분석한 것으로써 연구의 결과가 IPTV를 비롯한 멀티미디어 방송영상 서비스에서 요구되는 SLA 기준 마련을 위한 기본자료 및 관련 정책자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

● 참고문헌 ●

- Zhou Wang, Alan C. Bovik, *Modern Image Quality Assessment*, Morgan & Claypool Publishers, 2006.
- H.R.Wu, K.R.Rao, Digital Video Image Quality and Perceptual Coding, CRC Press, 2006.
- Gerard O'droscoll, Next Generation IPTV Services and Technologies, Wiley, 2008
- W. Schreiber. Fundamentals of Electronic Imaging Systems. New York: Springer, 1993.
- Multimedia Research Group, *IPTV Video Quality : QoS & QoE*, IPTV Tracking Service Technology Report. 2007.
- ITU-T FG IPTV-C-0411, "IPTV QoS/QoE Metrics", 3rd FG IPTV meeting.
- ITU-T FG IPTV-C-0184, "Quality of Experience Requirements for IPTV Services", 7th FG IPTV meeting.
- G. Horst and M. A. Bouman. "Spatiotemporal Chromaticity Discrimination."

 Journal of the Optical Society of America, vol. 59,

 pp.1482–1488, 1969.
- S. A. Klein, T. Carney, L. Barghout-Stein, and C. W. Tyler. "Seven Models of Masking." Porc. SPIE: 3016, pp.13-24, San Jose, CA, 1997.
- A. J. Ahumada, Jr., B. L. Beard, and R. Eriksson. "Spatio-temporal Discrimination Model Predicts Temporal Masking Function." Proc. SPIE: 3299, pp.120-127, San Jose, CA, 1998.
- A. B. Watson, J. Hu, and J. F. McGowan III. "DVQ: A Digital Video Quality Metric Based on Human Vision." Electronic Imaging, vol. 10 no. 1, pp.20-29, Jan. 2001.
- K. T. Tan, M. Ghanbari, and D. E. Pearson. "An Objective Measurement Tool for MPEG Video Quality." Signal Processing, vol.70, no.3, pp.279–294, Nov. 1998.
- A. P. Hekstra et al. "PVQM A Perceptual Video Quality Measure." Signal

- Processing: Image Communication, vol.17, no.10, pp.781-798, Nov. 2002.
- Z. Wang, L. Lu, 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.
- T. Hamada, S. Miyaji and S. Matsumoto, "Picture Quality Assessment System by Three-layered Bottom-up Noise Weighting considering Human Visual Perception," Journal of SMPTE, vol.108, no.1, pp.20–26, Jan. 1999.
- S. Wolf and M. H. Pinson. "Spatial-temporal Distortion Metrics for In-service Quality Monitoring of any Digital Video System." Proc. SPIE: 3845, pp.266-277, Boston, Sep. 1999.
- Y. Horita, T. Miyata, I. P. Gunawan, T. Murai, and M. Ghanbari.

 "Evaluation Model considering Static-temporal Quality

 Degradation and Human Memory for SSCQE Video Quality."

 Porc. SPIE, 5150 pp.1601–1611, Switzerland, July 2003.
- H. R. Wu and M. Yuen. "A Generalized Block-edge Impairment Metric for Video Coding." IEEE Signal Processing Letters, vol.4, no.11, pp.317-320, Nov. 1997.
- Z. Wang, A. C. Bovik, and B. L. Evans. "Blind Measurement of Blocking Artifacts in Images." Proc. ICIP, vol.3 pp.981–984, Canada, Sep. 2000.
- T. Vlachos. "Detection of Blocking Artifacts in Compressed Video." Electronics Letters, vol.36, no.13, pp.1106–1108, June 2000.
- F. X. Coudoux, M. G. Gazalet, C. Derviaux, and P. Corlay. "Picture Quality Measurement Based on Block Visibility in Discrete Cosine Transform Coded Video Sequences." Electronic Imaging, vol.10, no.2, pp. 498–510, April 2001.
- S. Winkler and F. Dufaux. "Video Quality Evaluation for Mobile Applications." Proc. SPIE: 5150, pp.593-603, Switzerland, July,

2003.

- J. Caviedes and F. Oberti. "No-reference Quality Metric for Degraded and Enhanced Video." Proc. SPIE: 5150, pp.621-632, Switzerland, July, 2003.
- P. Gastaldo, F. Zunino, and S. Rovetta. "Objective Assessment of MPEG-2 Video Quality." Electronic Imaging, vol.11, no.3, pp.365-374, July 2002.
- P. Marziliano, F. Dufaux, S. Winkler, and T. Ebrahimi. "A No-reference Perceptual Blur Metric." Proc. ICIP, pp.57-60, NY, Sep. 2002.
- 이철희 최지환, "IPTV망에서의 QoS제공방안," TTA 107
- 김병수, "BcN QoS 제어방안 및 최근 동향", BcN 개방형 서비스 네트워킹 및 응용 워크샵. 2005년 5월.
- 조기용, 이민형, 이인수, 성종규, 유재형 "네트워크 품질에 기반한 IPTV 영상 체감 품질 측정 기술 연구", KT기술연구소, KNOM Conference, 2008.
- 이숙란, 임현민, 유재형, "QoE 기반 품질관리를 위한 IPTV 서비스 모델 분석," KT기술연구소, KNOM Conference, 2008.
- 임현민, 김광재, 유재형, "QFD 방법론에 의한 IKPTV 서비스 품질 핵심 요소 도출 및 분석," KNOM Review, vol.11.no.1, pp.56-74, July, 2008

http://www.agilent.com/

http://www.ineoquest.com/

http://www.symmetricom.com/

http://www.tek.com/

부록 A. IPTV FG의 QoS/QoE Metrics

(丑 A-1) Perceptual Quality Metrics

Metric	Description	
MOS-V	Video MOS, a 1-5 score that considers the effect of the video codec, frame rate, packet loss distribution and GoP structure on viewing quality	
MOS-A	Audio MOS, a 1-5 score that considers the effect of the audio codec, bit rate, sample rate and packet loss on viewing quality	
MOS-AV	Audio-Video MOS - a 1-5 score that considers the effect of picture & audio quality and audio-video synchronization on overall user experience	
Video Service Transmission Quality (VSTQ)	Transmission quality, a 0-50 codec independent score measuring the ability of the IP network to carry reliable video	
MOS-C	Control plane MOS, a 1-5 score that provides a measure of control interactions such as channel change on user perceived quality	
Estimated PSNR (EPSNR)	Estimated Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) expressed in dB. This is an estimate of the distortion that has occurred between the source video stream and the output video stream.	

〈丑 A-2〉 Video Stream Metrics

Metric	Description	
Proportion of I frames impaired	Percentage of I frames impaired by loss/discard	
Proportion of P frames impaired	Percentage of P frames impaired by loss/discard	
Proportion of B frames impaired	Percentage of B frames impaired by loss/discard	
I, P, B frame packets received	Counts of the numbers of I, P and B frame packets received	
I, P, B frame packets lost	Counts of the numbers of I, P and B frame packets lost	
I, P, B frame packets discarded	Counts of the numbers of I, P and B frame packets discarded	
Mean bandwidth	Average video bandwidth excluding IP overhead, FEC and retransmissions	
Peak bandwidth	Peak video bandwidth excluding IP overhead, FEC and retransmissions	

〈표 A-3〉 Transport Metrics 중 Packet Loss Metrics

Metric	Description	
Uncorrected Packet Loss Rate	Percentage of IP packets lost in the network	
Corrected Packet Loss Rate	Packet loss rate after correction by Forward Error Correction or retransmission	
Packet Discard Rate	Percentage of packets discarded due to late arrival	
Out of Sequence Packet Rate	Percentage of packets arriving out of sequence	
Duplicate Packet Rate	Percentage of duplicate packets	
Burst Loss Rate	Percentage of packets lost within (sparse) burst periods	
Burst Length	Average length of (sparse) burst periods	
Gap Loss Rate	Percentage of packets lost within gap periods	
Gap Length	Average length of gaps between bursts	
Mean Consecutive Loss Period	Average length of consecutive loss periods	
Max Consecutive Loss Period	Maximum length of consecutive loss periods	

〈표 A-4〉Transport Metrics 중 FEC Metrics

Metric	Description
FEC Effectiveness	Percentage improvement in packet loss rate due to Forward Error Correction

〈표 A-5〉 Transport Metrics 중 UDP Metrics

Metric	Description	
Proportion of packets retransmitted	Percentage of packets retransmitted	
Ratio of peak to mean bandwidth	Ratio of bandwidth peak due to retransmission to average bandwidth	

〈표 A-6〉 Transport Metrics 중 Jitter 및 Delay Metrics

Metric	Description	
smoothing jitter	Delay variation due to deliberate smoothing of the packet flow	
jitter measured indep	endent from smoothing	
MAPDV	Mean Absolute Packet Delay Variation	
PPDV	Packet to Packet Delay Variation	
Positive Jitter Threshold	Positive jitter threshold	
Positive Jitter Percentile	Percentage of packets arriving within positive jitter threshold	
Negative Jitter Threshold	Negative jitter threshold (defined)	
Negative Jitter Percentile	Percentage of packets arriving within negative jitter threshold	
Round Trip Delay	Round trip delay (control plane)	

〈표 A-7〉 Transport Metrics 중 MPEG Loss Metrics

Metric	Description	
PCR Jitter	PCR jitter level	
TS_sync_loss	Loss of synchronization at MPEG transport stream	
Sync_byte_error	Invalid MPEG transport sync byte	
Continuity_count_error	Incorrect packet order, duplicate packet or lost packet	
Transport_error	Transport error indicator in MPEG transport header set	
PCR_error	Discontinuity in protgram clock reference(PCR)	
PCR_repetittion_error	Time interval between two successive PCR values more than 40ms	
PCR_discontinuity_indic ator_error	Difference between two consecutive PCR values is over 100ms without discontinuity bit set	
PTS_error	Interval between presentation time stamps more than 700ms	

부록 B. ESTI의 우선순위 별 영상품질지표

〈표 B−1〉 1순위 품질지표

No.	Indicator	Precondition	Reference
1.1	Ts_sync_loss	Loss of synchronization with consideration of hysteresis parameters	ISO/IEC 13818-1[1]: clause 2.4.3.3 and annex G.01
1.2	Sync_byte_error	Sync_byte not equal 0x47	ISO/IEC 13818-1[1]: clause 2.4.3.3
1.3	PAT_error	PID 0x0000 does not occur at least every 0,5s a PID 0x0000 does not contain a table_id 0x00(i.e. a PAT) Scrambling_control_field is not 00 for PID 0x0000	ISO/IEC 13818-1[1]: clauses 2.4.4.3, 2.4.4.4
1.3.a	PAT_error_2	Sections with table_id 0x00 do not occur at least every 0,5 s on PID 0x0000. Section with table_id other than 0x00 found on PID 0x0000. Scrambling_control_field is not 00 for PID 0x0000	TR 101 154[4]: 4.1.7 ISO/IEC 13818-1[1]: clauses 2.4.4.3, 2.4.4.4
1.4	Continuity_counterror	Incorrect packet order a packet occurs more than twice lost packet	ISO/IEC 13818-1[1]: clauses 2.4.3.2, 2.4.3.3
1.5	PMT_error	Sections with table_id 0x02,(i.e.a PMT), do not occur at least every 0,5 s on the PID which is referred to in the PAT Scrambling_control_field is not 00 for all PIDs containing sections with table_id 0x02(i.e.a. PMT)	ISO/IEC 13818-1[1]: clauses 2.4.4.3, 2.4.4.4, 2.4.4.8
1.5.a	PMT_error_2	Sections with table_id 0x02,(i.e.a PMT), do not occur at least every 0,5 s on each program_map_PID which is referred to in the PAT Scrambling_control_field is not 00 for all packets containing information of section with table_id 0x02 (i.e. a PMT) on each program_map_PID which is referred to in the PAT	TR 101 154 [4]: 4.1.7 ISO/IEC 13818-1[1]: clauses 2.4.4.3, 2.4.4.4, 2.4.4.8
1.6	PID_error	Referred PID does not occur for a user specified period.	ISO/IEC 13818-1[1]: clauses 2.4.4.8

〈표 B-2〉 2순위 품질지표

No.	Indicator	Precondition	Reference
2.1	Transport_error	Transport_error_indicator in the TS-Header is set to "I"	ISO/IEC 13818-1[1]: clauses 2.4.3.2, 2.4.3.3
2.2	CRC_error	CRC error occurred in CAT, PAT, PMT, NIT, EIT, BAT, SDT or TOT table	ISO/IEC 13818-1[1]: clauses 2.4.3.2, annex B EN 300 468[7] : clause 5.2
2.3	PCR_error(note)	PCR discontinuity of more than 100ms occurring without specific indication Time interval between two consecutive PCR values more than 40ms	ISO/IEC 13818-1[1]: clauses 2.4.3.4, 2.4.3.5 ISO/IEC 13818-4[2]: clauses 9.11.3 TR 101 154 [4]: clause 4.5.4
2.3a	PCR_repetition_e rror	Time interval between two consecutive PCR values more than 40ms	TR 101 154 [4] : clause 4.1.5.3
2.3b	PCR_discontinuit y_indicator_error	The difference between two consecutive PCR values ($PCR_{i+1} - PCR_i$) is outside the range of 0 100ms without the discontinuity_indicator set	ISO/IEC 13818-1[1]: clauses 2.4.3.4, 2.4.3.5 ISO/IEC 13818-4[2]: clauses 9.1.1.3
2.4	PCR_accuracy_er	PCR accuracy of selected programme is not within ±500ns	ISO/IEC 13818-1[1]: clauses 2.4.2.2
2.5	PTS_error	PTS repetition period more than 700ms	ISO/IEC 13818-1[1]: clauses 2.4.3.6, 2.4.3.7, 2.7.4
2.6	CAT_error	Packets with transport_scrambling_control not 00 present, but no section with table_id = 0x01(i.e. a CAT) present Section with table_id other than 0x01(i.e. not a CAT) found on PID 0x0001	ISO/IEC 13818-1[1]: clauses 2.4.4

〈표 B-3〉 3순위 품질지표

No.	Indicator	Precondition	Reference
3.1	NIT_error	Section with table_id other than 0x40 or 0x41 or 0x72 (ie not an NIT or ST) found on PID 0x0010 No Section with table_id 0x40 of 0x41 (i.e an NIT) in PID value 0x0010 for more than 10s	EN 300 468 [7]: clause 5.2.1 TR 101211[8]: clauses 4.1,4.4
3.1.a	NIT_actual_error	Section with table_id other than 0x40 of 0x41 of 0x72 (i.e not an NIT or ST) found on PID 0x0010 No section with table_id 0x40(i.e. an NIT_actual) in PID value 0x0010 for more than 10s. Any two sections with table_id = 0x40(NIT_actual) occur on PID 0x0010 within a specified value (25 ms or lower).	EN 300 468[7]: clause 5.2.1, 5.1.4 TR 101 211[8]: clauses 4.1,4.4
3.1.b	NIT_other_error	Interval between sections with the same section_number and table_id = 0x41 (NIT_other) on PID 0x0010 longer than a specified value (10s of higher).	TR 101 211 [8] clause 4.4.
3.2	SI_repetition _error	Repetition rate of SI tables outside of specified limits	EN 300 468 [7]:clause 5.14 TR 101211[8] : clause 4.4
3.3	Buffer_error	TB_buffering_error overflow of transport buffer (TBn) TBsys_buffering_error overflow of transport buffer for system information(Tbsys)) MB_buffering_error overflow of multiplexing buffer(MBn) of if the vbv_delay method is used: underflow of multiplexing buffer (MBn) EB_buffering_error overflow of elementary stream buffer (EBn) of if the leak method is used: underflow of elementary stream buffer (EBn) though low_delay_flag and DSM_trick_mode_flag are set to 0 else (vbv_delay method) underflow of elementary stream buffer (EBn) B_buffering_error overflow of underflow fo main buffer(bn) Bsys_buffering_error overflow of PSI input buffer(Bsys)	IOS/IEC 13818-1[1]: clause 2.4.2.3 ISO/IEC 13818_4[2]: CLAUSES 9.11,9.1.4
3.4	Unreferenced _PID	PID(other than PAT, CAT, CAT_ PIDs, PNT_ PIDs, NIT_PID, SET_PID, TDT_PID, EIT_PID, RST_PID, reserved_for_future_use PIDs, of PIDs user defined as private data streams) not referred to by a PMT within 0.5s	EN_300 468[7]:clause 5.1.3

〈표 B-3〉3순위 품질지표 (계속)

No.	Indicator	Precondition	Reference
3.4a	Unreferenced _PID	PID(other than PMT_PIDs with numbers between 0x00 and 0x1F of PIDs user defined as private data streams) not referred to by a PMT or a CAT within 0.5s	EN 300 468 [7] : clause 5.1.3
3.5	SDT_error	Sections with table_id =0x42 (SDT, actual TS) not present on PID 0x011 for more than 2s Sections with table_ids other than 0x42m0x46,0x4A of ox72 found on PID 0x0011	EN 300 468 [7]: clause 5.1.3 TR 101 211[8]: clause 4.1.4.4
3.5a	SDT_actual _error	Sections with table_id =0x42 (SDT, actual TS) not present on PID 0x011 for more than 2s Sections with table_ids other than 0x42m0x46,0x4A of ox72 found on PID 0x0011 Any two sections with table_id = 0x42 (SDT_actual) occur on PID 0x011 within a specified values 25ms of lower)	EN 300 468 [7]: clause 5.2.3, 5.1.4 TR 101 211[8]: clause 4.1.4.4
3.5b	SDE_other_error	Interval between sections with the same section-number and table_id = 0x46 (SDT, other TS) on PID 0x011 longer than a specifide value (10s of higher).	TR 101 211[8]: clause 4.4
3.6	EIT_error	Sections with table_id = 0x4E (EIT-p/fm actual TS) not present on PID 0x0012 for more than 2s Sections with table)ids other than in the range 0x4E-0x6F of 0x72 found on PID 0x0012	EN 300 468 [7]: clause 5.1.3 TR 101 211[8]: clause 4.1.4.4
3.6a	EIT_actual_error	Section '0' with table_id = 0x4e (EIT-P actual TS) not present on PID 0x0012 for more than 2s Sdtion '1' with table)d + 0x4E(EIT-F, actual TS) not present on PID 0x0012 for more than 2s Sections with table_ids other than in the range 0x4E-0x6F of 0x72 found on PID 0x0012 Any two sections with table_id = 0x4E (EIT-P/F, actual TS) occur on PID 0x0012 within a specified value (25ms of lower)	EN 300 468 [7]: clause 5.2.4, 5.1.4 TR 101 211[8]: clause 4.1.4.4
3.6b	EIT_other_error	Interval between section '0' with table0id = 0x4F(TIT-O, other TS) on PID 0x012 longer than a specified value (10s of higher) Interval between sections '1' with table_id = 0x4F (EIT-F, other TS) on PID 0x0012 longer than a specified value (10s of higher)	TR 101 211[8]: clause 4.4
3.6c	EIT_PF_error	If either section ('0' of '1') of each EIT P/F subtable is present both must exist, Otherwise EIT_PF_error should be indicated	EN 300 468 [7] : clause 5.2.4

〈표 B-3〉3순위 품질지표(계속)

No.	Indicator	Precondition	Reference
3.7	RST_error	Sections with table_id other than 0x71 of 0x72 found on PID 0x0013 Any two sections with table_id = 0x71 (RST) occur on PID 0x0013 within a specified value (25ms or lower)	EN 300 468 [7] : clause 5.1.3
3.8	TDT_error	Sections with table_id = 0x70 (TDT) not present on PID 0x0014 for more than 30s Sections with table_id other than 0x70, 0x72 (ST) of 0x73 (TOT) found on PID 0x0014within a specified value(25ms of lower)	EN 300 468 [7]: clause 5.2.6 TR 101 211[8]: clause 4.1.4.4
3.9	Empty_buffer -error	Transport buffer (TBn) not empty at least once per second or transport buffer for system information (TBsys) not empty at least once per second or if the leak method is used multiplexing buffer (MBn) not empty at least once per second	ISO/IEC 13818-1[1]: clauses 2.4.2.3,2.4.2.6 ISO/IEC 13813-9[3]: annex E ISO/IEC 138188-4[2]: clauses 9.1.1.2,9.1.4

부록 C. KT의 QoE/QoE Indicator/QoS/NP 품질지표 정의

〈표 C-1〉 본원적 QoE 품질지표 정의

QoE Level 1	QoE Level 2	정의
Audio QoE	오디오 왜곡	오디오가 정상적이지 않고 왜곡되는 현상과 관련된 품질(ex. 갑자기 소리의 크기가 매우 작아지는 현 상)
	선명도	이미지가 선명한 정도와 관련된 품질(ex.왜곡이 없을 때 이미지가 깨끗한 정도)
Video QoE	색상 왜곡	이미지의 색상이 왜곡되는 현상과 관련되 품질(ex. 원본 이미지에는 존재하지 않는 부자연스러운 색조 의 등장)
	형태 왜곡	이미지의 특정 사물, 공간의 잔상이 남아 이미지가 왜곡되는 현상과 관련된 품질(ex.사물의 모서리 근 처에 작은 얼룩이 생기는 현상)
	잔상	이미지의 특정 사물, 공간의 잔상이 남아 이미지가 왜곡되는 현상과 관련된 품질(ex. 지나간 이미지에 만 존재하는 사물의 테두리가 계속 남는 현상)
	끊김	이미지의 연속적인 움직임이 끊김으로 인해 왜곡되는 현상과 관련되 품질(ex.화면이 끊어지면서 부자연스럽게 재생되는 현상)
Multimedia QoE	비디오-오디오 조화	오디오, 비디오간의 조화(동시성)와 관련된 총체적 품질(ex.배우의 대사와 입술 모양의 맞지 않는 현 상)
Transaction QoE	반응성	원하는 서비스를 선택, 제공받는데 있어 서비스 제 공 장비의 반응 속도와 관련된 품질(ex.채널을 전화 하는데 걸리는 시간)
Transmission QoE	신뢰성	서비스의 지속, 불능, 상태와 관련된 품질(ex. 서비 스 불능 지속 시간)
Security QoE	보안	이용자의 콘텐츠 사용 권한 운영과 관련된 품질(ex. 프리미엄 사용자만 이용 가능한 콘텐츠에 대해 일반 사용자도 사용이 가능한지 여부)

〈표 C-2〉QoE Indicator 품질지표 정의

QoE Indicator	정의
Drop outs	오디오 볼륨의 크기가 갑자기 매우 작아지는 현상의 정도
Resolution	해상도, 이미지의 선명한 정도
Color Error	이미지의 색조와 채도가 부분적 혹은 전체적으로 부자 연스럽게 변화하는 현상
Blurriness	이미지 전체에 선명도 저하가 나타나는 왜곡현상
Edge Busyness	object의 edge 나 그 근처에 얼룩
Block Distortion	block encoding structure에서 일부 block이 부자연스럽 게 드러나는 왜곡 현상
Smearing	전송된 이미지의 일부(Edge 나 일부 공간적 디테일)의 선명도 저하가 일어나는 국소적인 이미지 왜곡 현상
Object Persistence	지나간 프레임에 존재하던(그 이후 프레임에는 더 이상 존재하지 않는) object의 테두리나 희미한 형태가 그 다 음 프레임이나 현재 프레임에도 존재하는 이미지 왜곡 현상
Object Retention	지나간 프레임에 존재하던(그 이후 프레임에는 더 이상 존재하지 않는) object의 일부분이 그 다음 프레임이나 현재 프레임에도 존재하는 이미지 왜곡 현상
Jerkiness	원래 부드럽고 연속적인 동작이 일정 간격을 두고 찍은 snapshot 연속처럼 느껴지는 현상
Frame skipping	연속적인 프레임들 중 일부가 skip 되는 현상
Frame freezing	연속적인 프레임들의 재생 중 특정 프레임에서 장시간 멈추는 현상
Lip sync	Video와 Audio 의 동시성이 벗어난 정도
Channel Change Latency	채널이 바뀌는 동안 대기하는 시간
Pause, Play Latency	비디오 재생에 있어 Play, Pause등의 명령이 수행되기 까지의 대기시간
EPG navigation responsiveness	EPG(Electronic Program Guide) navigation의 반응성
Out-of-Service Duration time	서비스 불능시 지속 시간
Out-of-Service Frequency	서비스 불능의 발생 빈도
Content Security Level	이용자의 콘텐츠 사용 권한 운영에 관한 보안 수준

〈표 C-3〉QoS 품질지표 정의

QoS Level 1	QoS Level 2	정의	
М: 1-11-	Middleware Precessing Time	미들웨어의 작업 처리 시간(지연)	
Middle ware	Authentication Error	가입자 인증 error	
	Channel Zapping Time	시청하고자 하는 채널을 바꾸는데 걸 리는 시간	
Protocol	RTP Delay	RTP의 Delay	
	RTP Jitter	RTP의 Jitter	
VoD Server	VoD Server Error	VoD Server 작동에서 발생하는 오류 현상	
	VoD Server Delay	VoD Server 작동의 지연 현상	
	Bandwidth	네크워크 망의 대역폭	
Network Edge & Access	Burst Level	Burst (일시적 전송 불능상태) 발생정도	
	IP Packet Delay	IP Packet 전송 지연 현상	
	IP Packet Loss	IP Packet 전송 중 일부의 손실	
	IP Packet Jitter	IP Packet 전송 중 발생하는 Jitter 현상	
) HDDG	PCR Jitter	PCR (Program Clock Reference)의 Jitter 현상	
MPEG Transport Stream	PTS error	PTS (Program Presentation Time Stamp) 와 관련된 error	
	PSI Data error	PSI (Program Specific Infomation) Data 와 관련된 error	
Decoding / Decryption	Decoding Error	디코딩 작업의 지연	
	Decoding Delay	디코딩 작업 중 발생하는 오류	
STB	STB Command Processing Time	셋톱박스의 명령 처리 시간(능력)	
	STB Buffer Under/Overflow	셋톱박스 버퍼의 언더플로우, 오버플로 우 현상	

〈표 C-4〉NP 품질지표 정의

NP Level 1	NP Level 2	운영 정의	
	CPU 사용율	STB CPU 사용율	
STB	Memory	STB 메모리 사용율	
	STB 장애 경보건수	STB의 장애 경보 발생 건수	
가입자선로	감쇠도	전송 선로에서 전기 신호가 줄어드는 것	
	이상 트래픽 건수	이상 트래픽 발생 건수	
	시스템 재가동 건수	장비의 재가동 건수	
	CRC 에러 건수	L2 단의 CRC 에러 발생 건수	
집선장치, 집선스위치	신호대잡음율	L2 단의 신호대잡음비율	
	Port Up/Down 건수	Link Down 발생 건수	
	CPU 로드 부하율	장비의 CPU 로드 부하율	
	가입자포트 끊김 건수	가입자포트 끊김 건수	
	이상 트래픽 건수	이상 트래픽 발생 건수	
	시스템 재가동 건수	장비의 재가동 건수	
기간망 시설 (백본망, 접속망 시설 포함)	CPU 로드 부하율	장비의 CPU 로드 부하율	
	접속망 장애 건수	메트로스위치, 미디어스위치, SER (Service Edge Router) 등 접속망 장 비의 장애 건수	
	백본 물리망 장애 건수	백본 장비의 장애 건수	
	백본 인터페이스 장애 건수	백본 인터페이스 장애 건수	
전송장비	전송장비 장애 건수	전송장비 장애 건수	

부록 D. ISO/OSI 참조모델과 IPTV

〈표 D-1〉ISO/OSI 참조모델과 IPTV

	relevant			
Layer	protocol	video content	impact	standards and test
7 Application	• RTP • RTCP • RTSP • SNMP • HTTP • MPEG • SDP	video content audio player trick-play for VOD, PVR stream control	Video off-color pixelization blockiness motion prediction error image freeze picture blackout blue screen Audio dropout click/pop sync	• ITU Y.1541(IP QoS) • DVB-IP TS 102034 • Fast channel change in RTP • Application layer FEC • RTP • RTCP • RTSP • AV sync(ATSC IS 191) • HDTV signal (SMPTE 202M) • SD-SDI • HD-SDI • analog color matrix
6 Presentation		MPEG PES Encryption Compression	GOP structures Picture Slices Quantization levels	• MPEG-2 • MPEG-4 AVC
5 Session		 session establishment inter-device communication RTP encapsulation 		RTP encapsulation RTP payload format
4 Transport	• TCP • UDP	 MPEG TS MPEG PES UDP encapsulation Frame sync, flow control, error checking 	formattingpacket losspaket jitterout-of-order packets	 Generic coding of realtime pictures FEC DVB-IP TS 102 034 MPEG-2 MPEG4 AVC

〈표 D-4〉ISO/OSI 참조모델과 IPTV (계속)

Layer	relevant protocol	video content	impact	standards and test
	• IGMP/	• Packets	• multicast group	• IGMP
	snooping	• IP encapsulation	• unicast	• Ethernet
3 Network	• RSVP	• Routing	• video aggregation	aggregation
	• IP	• Logocal		
		addressing		
	• Ethernet	Physical	Switching	Encapsulation over
2 Data Link	• ADSL	addressing	Bridging	AAL5
	• PPP	• Logical Link	Service	• GSMP
	• SONET/	Control	aggregation	• DSL Architecture
	SDH	• Media Access		• Ethernet (IEEE
	• DTM	Control		802.3)
	• ATM			
1	• Copper	• Physical medium	Signal presence	• 1000base-T Fiber
Physical	• FTTx		• Signal level	Optic

방송통신위원회 자유 2008-03

멀티미디어 방송 서비스를 위한 QoS/QoE 평가 기준 및 방법 연구

발 행 일 2008년 12월(비매품)

발행인 최시중

발 행 처 방송통신위원회

서울특별시 종로구 세종로 20 방송통신위원회

대표전화: 02-750-1114

E-mail: webmaster@kcc.go.kr

Homepage: www.kcc.or.kr

인 쇄 처 (사)한국장애인유권자연맹인쇄사업