

# 제 출 문

본 보고서를 「IPTV 영상품질평가에 대한 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007 . 11 . 20 .

연구책임자 : 이재희 (동서울대학)

연 구 원 : 이상하 (동서울대학)

방기덕 (광운대학교)

이건희 (아주대학교)

김정호 (광운대학교)

연구보조원 : 이기룡 (숭실대학교)

박영현 (아주대학교)

# 요 약 문

1. 과 제 명 : IPTV 영상품질평가에 대한 연구
2. 연 구 기 간 : 2007년 3월 30일 ~ 2007년 11월 20일
3. 연구책임자 : 이 재 희
4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용

실적 → 계획 →

세부연구내용	연구자	월별 추진계획									비고
		4	5	6	7	8	9	10	11		
- 관련 기초자료 수집	모든연구원										
- 관련 자료 분류 및 재본	이기룡										
- IPTV와 D-CATV 기술비교 분석 수행	김정호, 이기룡										
- IPTV에서의 Multicast 트래픽의 영상 품질 평가방법 연구											
◦ 트래픽 관리를 위한 요구사항 및 평가방법 연구	이상하										
◦ 폭주회피 기술연구	이건희										
◦ IPTV 서비스별 QoS 평가방법연구	이건희										
- QoE 평가방안 연구											
◦ 객관적 화질평가 방법	방기덕										
◦ 주관적 화질평가 방법	박영현										
- IPTV 관련 국제표준화 진행사항 분석	이재희										
- 연구방안에 대한 실험망 실험	박영현										
- 연구방안에 대한 필드실험(Field Test)	박영현, 이기룡										
- 필드실험 결과 분석	모든연구원										
- 연구보고서 작성	모든연구원										
분기별 수행진도(%)		30			40			30			

## 나. 세부 과제별 추진사항

### 1) 관련기초자료 수집

- QoE관련 자료 수집
- QoS관련 자료 수집
- Multicasting 관련 자료 수집
- MPEG2 TS 관련자료 수집
- H.264 관련자료 수집
- HFC망 및 D-CATV관련자료 수집
- D-CATV 기술기준인 Open Cable 방식에 관련 자료 수집
- 객관적 영상품질 평가에 대한 관련 자료 수집
- 주관적 영상품질 평가에 대한 관련 자료 수집
- IPTV 국제표준화 진행에 대한 관련 자료 수집

### 2) 관련기초자료 분류 및 재분

### 3) IPTV와 D-CATV기술 비교분석

- IPTV와 D-CATV에 대한 망과 전송방식에 따른 비교분석을 수행 하였다. D-CATV의 전송망(HFC)과 전송방식(OpenCable)에서 대해 조사하였고 이를 토대로 IPTV와 D-CATV를 비교 분석

### 4) IPTV에서의 multicasting 서비스시 네트워크 트래픽 부하에 따른 QoS에 대한연구

- IPTV에서의 실시간 방송을 위해 Multicasting 전송을 하였을 경우의 망의 QoS 및 망의 대역폭의 한계치에 대한 연구
- IPTV망에서의 QoS와 영상품질의 상관성 즉, QoE와 QoS의 상관성과 한계치를 실험실 실험에서 수행

### 5) IPTV에서 QoE 평가방법에 대한 연구

- IPTV의 영상품질 평가에 대한 방법 중 객관적 평가방식의 FR, NR 방식을 수행
- FR 방식을 이용하여 측정한 측정치 요소
  - VMOS, PSNR, BLUR, MSE, RMSE, Delta, Blockiness

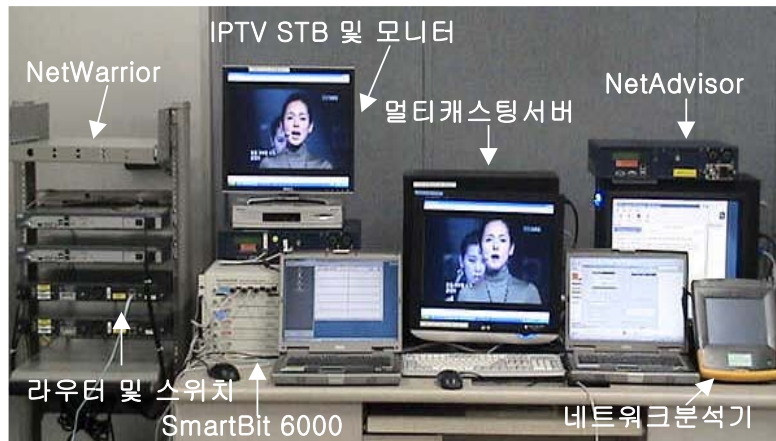
- NR 방식을 이용하여 측정한 측정치는 V-Factor를 취득하여 이와 관련된 PCR-OJ(Program Clock Rate Overall Jitter), Out-of Sequence, Network Loss Packets, Max Loss Episode Length, Max Loss Episodes, Multicast Join Time, Quantizer, I-Frame Count, P-Frame Count, B-Frame Count등의 자료를 취득

#### 6) IPTV에서 QoE 과 QoS 평가방법대한 국제표준화 진행상황 분석

- IPTV에서 QoE 평가방법에 대한 국제표준화 진행상황을 세미나 및 워크샵과 TTA에서 주관하는 IPTV 프로젝트 그룹에 참여하여 지속적으로 국제 표준화에 대한 자료와 정보를 축적하여 분석정리
- IPTV 네트워크를 위한 QoS 평가 방법으로는 IETF(Internet Engineering Task Force), IPPM(Internet Protocol Performance Metrics) 워킹그룹에서 제시한 방법과 ITU-T(International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector)에서 제시하고 있는 방법을 조사
- 디지털 영상을 위한 QoS 평가 방법으로는 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)에서 제시한 방법을 검토
- IPTV를 위한 QoS 평가 방법으로는 ITU-T의 IPTV를 위한 FG(Focus Group)에서 기여하고 있는 문서들을 정리

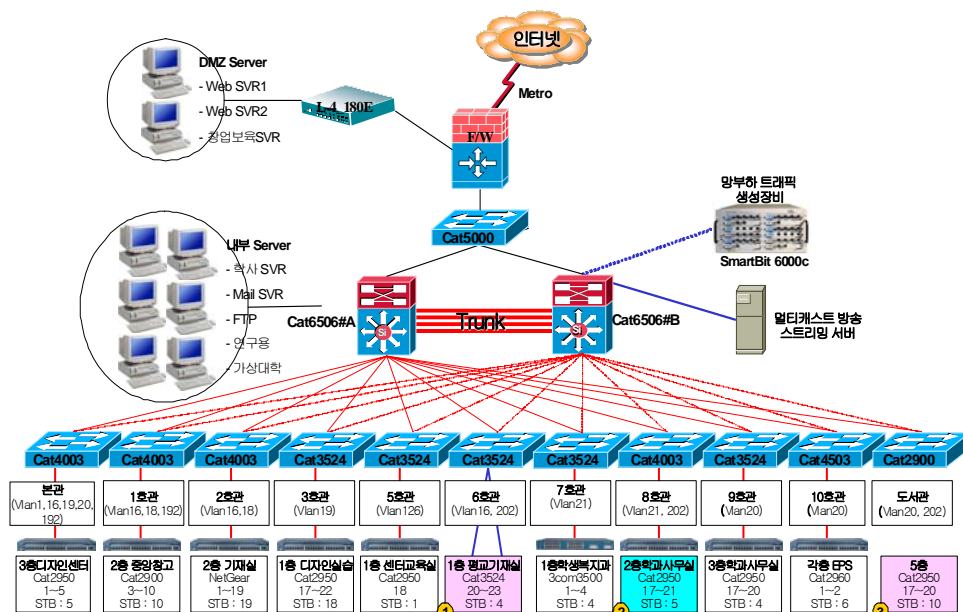
#### 7) 연구방안에 대한 실험망 실험

- 실험실 환경에서 실험망(Test-Bed)를 구축하여 IPTV의 멀티캐스팅 서비스 시의 네트워크 트래픽 부하에 따른 영상품질 평가에 대한 실험을 NR 방식으로 수행하여 교내망 실험 시나리오 구축



## 8) 연구방안에 대한 교내망 실험(Field Test)

- 동서울대학 교내망을 전체를 대상으로 하여 멀티캐스팅 서비스 시의 네트워크 트래픽 부하에 따른 영상품질 평가시험 수행



교내망 구성도



교내 코어 백본스위치



8호관 실험 장비



6호관 실험 장비



도서관 실험 장비

교내망 실험 장비

## 9) 교내망 실험(Field Test) 결과 분석

- 교내망 실험 결과를 영상품질에 따른 네트워크 성능의 측정 요소 PCROJ(Program Clock Rate Overall Jitter), Out-of Sequence, Network Loss Packets, Max Loss Episode Length, Max Loss Episodes의 임계치 값을 구하였고 콘텐츠의 각 측정요소 Quantizer, I-Frame Count, P-Frame Count, B-Frame Count 와 영상품질의 상관성을 분석
- ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터를 분석하여 영상품질에 영향을 주는 요소들을 추출하고 그 임계치를 네트워크 성능 측정요소들과 비교 평가

## 10) 최종 연구보고서 작성

## 5. 연구결과

- 1) 연구수행을 위한 관련자료 취득 및 분석
- 2) IPTV와 D-CATV의 기술비교 분석 수행
  - D-CATV의 HFC 망에 대한 기술 분석 수행
  - D-CATV의 영상품질 평가 및 기술 기준에 대한 연구 수행
- 3) IPTV에서의 멀티캐스팅 서비스시 네트워크 트래픽 부하에 따른 QoS에 대한연구
- 4) IPTV 멀티캐스팅 서비스시 QoE와 QoS 평가방법에 대한 국제 표준화 진행상황 분석
- 5) IPTV의 영상품질에 대한 실험망(Test-Bed) 구축 및 실험수행
  - 2 Layer 기반의 IPTV 실험망 구축
- 6) 실험망 실험을 통해 IPTV 영상품질에 관한 NR 방식에 따른 측정치 획득
  - PCROJ(Program Clock Rate Overall Jitter), Out-of Sequence, Network Loss Packets, Max Loss Episode Length, Max Loss Episodes, Multicast Join Time, Quantizer, I-Frame Count, P-Frame Count, B-Frame Count
- 7) 교내망 실험(Field Test)을 통해 실제 IPTV 서비스 환경과 유사 환경에 따른 영상품질별 네트워크 성능요소의 최소 임계치 획득 및 제시
- 8) 유럽의 DTV 방송 표준안인 ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 요소를 분석하여 영상품질별 네트워크 성능 요소들과의 임계치 비교평가

## 6. 기대효과

본 연구에서는 IPTV 서비스 환경과 유사한 실험망 환경을 구축하여 HD급 영상 데이터로 멀티캐스트 스트리밍 방송 서비스를 통해 네트워크상에서 트래픽 부하에 따른 IPTV 수신영상품질의 변화를 살펴보고 영상품질에 따른 네트워크 측정요소의 임계치를 도출하였다. 또한 실험망에서 구해진 네트워크 트래픽 부하에 근거로 교내 IPTV 망을 통하여 멀티캐스트 실시간 방송을 통하여 실제 상황과 유사한 영상품질 평가를 위한 측정하고 네트워크 측정요소를 V-Factor와 ETSI TR 101 209 측정 근거로 하여 비교 분석하였다. 본 연구의 실험결과를 이용하여 IPTV 사업자들이 일정한 영상품질을 IPTV 가입자들에게 제공하기 위한 네트워크 성능의 각 요소들의 기준치를 설정할 때 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안
QoE Metric QoSmetrics	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MPEG-2 TS (Transport Stream)</li> <li>• Multicast IGMP V2 and V3</li> <li>• Video Quality based on MPQM-V-Factor</li> <li>• ETSI TR 101-290 metrics</li> <li>• Monitor quality based on different SLAs</li> </ul>	1	IPTV 화질분석기 (NR측정)		임대
VQA100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quality Metrics(Blockiness, Blur, PSNR, MSE, Delta, Video MOS)</li> <li>• Media Formats(Y Cb Cr, AVI, MPEG, 3gpp)</li> <li>• Image Formats(BMP,JPEG)</li> </ul>	1	IPTV 화질분석기 (FR측정)		임대



시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안
NES300	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MPEG2 Over IP TS 멀티캐스트 스트리밍(UDP) 생성기(Max. 5)</li> <li>• MPEG2 디코더 뷰</li> <li>• 10/100/1Gbps 이더넷 인터페이스</li> <li>• Automatic Bitrate Calculation</li> <li>• Error Injection(lost packet, Bit/Byte Error 생성)</li> </ul>	1	MPEG2 TS 발생기		임대
SmartBits 6000C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LAN-3324A SmartMetrics XD 10/100/1000 Mbps and Gigabit Ethernet Fiber, 4-Port Module</li> <li>• Unicast, multicast or broadcast traffic, Frame size, Frame rate</li> <li>• Utilization, Number of frames to transmit, Protocol type</li> <li>• IP TTL, IP TOS (QoS)</li> </ul>	1	네트워크 성능 분석기	보유	
StreamZ 방송서버	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CPU : DualCore Intel Xeon 5130 2GHz</li> <li>• Main Memory : 4G byte</li> <li>• Intel PRO/1000PT</li> </ul>	1	멀티캐스팅 방송서버	보유	
INBT 360	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CPU : VIA C3</li> <li>• Media Processor : Sigma Designs EM8622L</li> <li>• 10/100 BASE-T Ethernet</li> </ul>	87	멀티캐스트 영상방송 수신	보유	
Optiview Pro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LAN 프로토콜 분석</li> <li>• WAN 프로토콜 분석</li> <li>• Broadcast, Multicast 분석</li> </ul>	1	네트워크 트래픽 분석	보유	
영상수신 PC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CPU : DualCore Intel Core2 Duo E630 1666MHz</li> <li>• Main Memory : 1G byte</li> <li>• Broadcom GigabitT</li> </ul>	3	멀티캐스팅 영상방송 저장	보유	

## 8. 기타사항

# SUMMARY

The research of image quality estimation standard and the image quality change according to the network traffic load increase at IPTV multicasting service is necessary because the concern of IPTV(Internet Protocol TV) service become active recently.

In the research, for finding out the threshold value of network performance elements giving the effect to the image quality according to the network traffic load, we build the test bed network and make the test scenario through test bed network test and then we expand the test environment scope to the college network and try to measure the image quality change of IPTV multicasting service according to the network traffic load increase at the college network similar to the real IPTV service environment.

The goal of this research is to present the threshold value of network performance elements giving the effect to the image quality through analyzing the test result. The each chapter major content of research report is as follow.

In the 1st chapter, explain the specificity of HFC(Hybrid of Fiber Coaxial), D-CATV(Digital Cable TV) network and investigate the technique standard of D-CATV and then finally estimate the comparison of the IPTV and D-CATV at the service-side.

In the 2'st chapter, explain the image quality estimation methods of IPTV. The image quality estimation methods can

be separated into the two groups. One is the objective estimation method, the other is the subjective estimation method. the objective estimation method can be separated into the FR(Full Reference), RR(Reduced Reference), NR(No Reference). There are the DSCQS(Double Sequence Continuous Quality Scale), SSCQE(Single Stimulus Continuous Quality Evaluation), ACR(Absolutely Category Rating method)of subjective estimation method.

In the 3'st chapter, explain the TS(Transport Stream) generating principle and the structure of MPEG2-TS(Moving Picture Experts Group2 -Transport Stream) packet.

In the 4'st chapter, explain the techniques recommended by the ITU-T(International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector) and investigate the digital video's network QoS(Quality of Service) techniques recommended by ETSI(European Telecommunications Standards Institute).

In the 5'st chapter, explained the network of QoS service models and router switching techniques for the IPTV multicasting service and describe the specification of the equipments and software used in the image quality estimation test at the IPTV multicasting service. We make the test scenario of test-bed network and college network test and then explain the composition reason and making procedure test of scenario

In the 6'st chapter, the result of test-bed network and college network test is analyzed. The result analyzing is done as two side. The one is the V-Factor, network elements related

to the network performance, the other is the ETSI TR 101 290 First/Second Priority estimate elements. We explain the relation between network elements and ETSI TR 101 290 First/Second Priority estimate elements.

The 7<sup>st</sup> chapter is the conclusion chapter. We suggest the conclusion of this research and the threshold value of network element related the image quality at IPTV multicasting service.

The result of this research report will be expected at using in the reference data for making the technique standard guaranteeing the constant level image quality at the IPTV multicasting service.



# 목 차

표 목 차 .....	XVII
-------------	------

그림목차 .....	XXI
------------	-----

제 1 장 IPTV와 D-CATV기술비교 .....	1
------------------------------	---

제 1 절 IPTV의 개요 .....	1
----------------------	---

제 2 절 D-CATV의 개요 .....	18
------------------------	----

제 3 절 D-CATV의 영상품질 평가 및 기술 기준 .....	30
-------------------------------------	----

제 4 절 D-CATV의 서비스 현황 .....	50
----------------------------	----

제 5 절 D-CATV의 향후 기술 .....	52
---------------------------	----

제 6 절 IPTV와 D-CATV의 비교 .....	54
------------------------------	----

제 2 장 IPTV의 QoE(Quality of Experience)에 대한 연구	56
---	----

제 1 절 QoE(Quality of Experience) .....	56
--	----

제 2 절 화질평가 기술의 표준화 동향 .....	62
-----------------------------	----

제 3 장 디지털 방송 스트림 생성 원리와 구조 .....	64
----------------------------------	----

제 1 절 MPEG2-TS 시스템 동작 원리 .....	64
--------------------------------	----

제 2 절 MPEG-2 TS 패킷 구조 .....	71
-----------------------------	----

제 4 장 디지털 방송(DVB) 평가 방법 동향 .....	83
----------------------------------	----

제 1 절 IETF RFCs for IPPM .....	84
--------------------------------	----

제 2 절 ITU-T IP QoS .....	92
--------------------------	----

제 3 절 디지털 방송을 위한 ETSI의 QoS 기준 .....	97
제 4 절 ITU-T IPTV 권고안 .....	107
 제 5 장 IPTV 영상품질 측정과 분석 .....	114
제 1 절 QoS 서비스 모델 .....	114
제 2 절 영상품질 측정 구축 장비 및 S/W .....	119
제 3 절 실험망/교내망 IPTV 영상품질 실험환경 시나리오	124
 제 6 장 IPTV 영상품질 측정 분석 결과 .....	138
제 1 절 실험망/교내망 영상품질 측정 분석 개요 .....	138
제 2 절 실험망 IVY 영상품질 측정 분석 .....	139
제 3 절 실험망 MOR/SOC 영상품질 측정 분석 .....	155
제 4 절 교내망 UNI IVY 영상품질 측정 분석 .....	159
제 5 절 교내망 BRD IVY 영상품질 측정 분석 .....	167
제 6 절 교내망 UNI MOR 영상품질 측정 분석 .....	176
제 7 절 교내망 BRD MOR 영상품질 측정 분석 .....	187
제 8 절 교내망 BRD SOC 영상품질 측정 분석 .....	201
 제 7 장 결론 .....	211
 참 고 문 헌 .....	214
 부록 .....	부록1

# 표 목 차

표 1-1 IPTV와 인터넷 방송(Web Casting)의 차이점 .....	1
표 1-2 유럽의 IPTV 현황 .....	5
표 1-3 아시아의 IPTV 현황 .....	6
표 1-4 해외 조사기관에서 예측한 국내 IPTV 시장 규모 .....	14
표 1-5 북미 및 유럽 PTV 서비스 현황 .....	15
표 1-6 아시아 PTV 서비스 현황 .....	16
표 1-7 북미 및 유럽 IPTV 가입자 및 매출액 전망 .....	16
표 1-8 가입자망 구조별 명칭 .....	20
표 1-9 방송과 통신 융합에서 본 가입자 망 기술비교 .....	24
표 1-10 HFC망의 대역 이용 현황 .....	25
표 1-11 552-864MHZ 대역 사용례(CJ 케이블넷) .....	26
표 1-12 향후 상향 대역폭 소요 명세 .....	28
표 1-13 향후 상향 대역폭 소요 명세 .....	29
표 1-14 오픈케이블 주요 스펙사항 .....	32
표 1-15 디지털 케이블 네트워크 주파수 대역 .....	34
표 1-16 아날로그 및 FAT 채널 : RF 전송특성 (주파수대역 : 54~864MHz) ...	36
표 1-17 대역외 하향 채널 : RF 전송특성 .....	37
표 1-18 인접채널 특성 .....	38
표 1-19 대역외 상향 채널 : RF전송특성 .....	39
표 1-20 디지털 케이블 TV 가입가구 현황 .....	51
표 1-21 IPTV와 D-CATV 비교 .....	55
표 3-1 PID 표 .....	73
표 3-2 adaptation_field_control 값 .....	74



표 3-3 Table_id 할당 값 .....	78
표 3-4 stream_type 할당 값 .....	82
표 4-1 지연 시간 측정 지표 .....	87
표 4-2 지연 변동 측정 지표 .....	88
표 4-3 패킷 손실 측정 지표 .....	89
표 4-4 QoS 등급 별 서비스 특징 및 네트워크 기술 .....	96
표 4-5 QoS 등급별 성능 지표 정의 .....	97
표 4-6 MPEG 시스템에서 사용하는 다양한 버퍼들에 관련된 에러 .....	101
표 4-7 서비스 가용성 평가 지표 .....	105
표 4-8 ITU-T의 IPTV에 관한 영상/서비스 품질지표 .....	108
표 4-9 ITU-T의 IPTV에 관한 비디오 스트림 지표 .....	109
표 4-10 ITU-T의 IPTV에 관한 패킷 손실 지표 .....	110
표 4-11 ITU-T의 IPTV에 관한 UDP 안정성 측정 지표 .....	110
표 4-12 ITU-T의 IPTV에 관한 지연 및 Jitter에 대한 지표 .....	111
표 4-13 QoS 등급에 따른 IPTV 서비스 범주 구분 .....	112
표 4-14 IPTV 서비스 별 IPTV 범주 및 QoS 등급 .....	113
표 5-1 멀티캐스트 방송 스트리밍 서버 사양 .....	120
표 5-2 셋탑박스 사양 .....	121
표 5-3 스트림 방송 영상수신 PC 사양 .....	122
표 5-4 VLC 스트림 출력 .....	124
표 5-5 영상물의 특징 .....	125
표 5-6 QoSmetrics사의 V-Factor 기준값 .....	128
표 5-7 실험실 측정 시나리오 표 .....	131
표 5-8 측정 기록 테이블 .....	132
표 5-9 교내망 부하 트래픽 수정표 .....	137
표 6-1 영상품질 측정 및 분석표 .....	139

표 6-2 BRD IVY LAB CoS=0 Networks 관련요소 평균 .....	141
표 6-3 BRD IVY LAB CoS=0 Contents 관련요소 평균/총합 .....	142
표 6-4 ETSI 항목 생략어 표기 .....	144
표 6-5 ETSI TR 101 209 & BRD IVY LAB CoS=0 V-Factor .....	144
표 6-6 V-Factor .....	150
표 6-7 ETSI 관련요소 .....	150
표 6-8 BRD IVY LAB CoS=0 .....	150
표 6-9 BRD IVY LAB CoS=1 .....	150
표 6-10 BRD IVY LAB CoS=2 .....	151
표 6-11 BRD IVY LAB CoS=5 .....	151
표 6-12 V-Factor=4.723인 경우의 네트워크측정 요소 값 .....	152
표 6-13 V-Factor=4.534인 경우의 네트워크측정요소 값 .....	153
표 6-14 V-Factor=4.264인 경우의 네트워크측정요소 값 .....	154
표 6-15 V-Factor=4.049인 경우의 네트워크측정요소 값 .....	154
표 6-16 V-Factor=3.869인 경우의 네트워크측정요소 값 .....	155
표 6-17 BRD IVY LAB CoS=0~5 영상품질 구간 .....	158
표 6-18 BRD MOR LAB CoS=0 영상품질 구간 .....	159
표 6-19 BRD SOC LAB CoS=0 영상품질 구간 .....	159
표 6-20 UNI IVY LIB CoS=0~5 .....	166
표 6-21 UNI IVY 6Ho CoS=0 .....	166
표 6-22 UNI IVY 8Ho CoS=0 .....	167
표 6-23 BRD IVY 8Ho CoS=0 V-Factor & ETSI 요소 .....	169
표 6-24 BRD IVY LIB CoS=0 V-Factor & ETSI 요소 .....	170
표 6-25 BRD IVY LIB CoS=0, 5 .....	174
표 6-26 BRD IVY 6Ho CoS=0 .....	174
표 6-27 BRD IVY 8Ho CoS=0 .....	175

표 6-28	UNI MOR LIB CoS=2 V-Factor & ETSI	182
표 6-29	UNI MOR LIB CoS=0~5	186
표 6-30	UNI MOR 6Ho CoS=0	186
표 6-31	UNI MOR 8Ho CoS=0	186
표 6-32	UNI MOR 호관통합 CoS=0~5	186
표 6-33	V-Factor:BRD Load=0.0 MOR 8Ho CoS=0 V-Factor	190
표 6-34	ETSI:BRD Load=0.0 MOR 8Ho CoS=0	190
표 6-35	V-Factor:BRD Load=76.50 MOR 8Ho CoS=0	191
표 6-36	ETSI:BRD Load=76.50 MOR 8Ho CoS=0	192
표 6-37	BRD MOR LIB CoS=0, 5	199
표 6-38	BRD MOR 6Ho CoS=0	199
표 6-39	BRD MOR 8Ho CoS=0	200
표 6-40	BRD MOR 호관통합 CoS=0,5	200
표 6-41	V-Factor/ETSI (BRD Load=75.56 SOC 6HO COS=0)	202
표 6-42	V-Factor/ETSI (BRD Load=79.92 SOC LIB COS=0)	206
표 6-43	BRD SOC LIB CoS=0, 5	209
표 6-44	BRD SOC 6Ho CoS=0	210
표 6-45	BRD SOC 8Ho CoS=0	210
표 6-46	BRD SOC 호관통합 CoS=0,5	210
표 7-1	실험망 영상품질 평가 통합범위	213
표 7-2	교내망 영상품질 평가 통합범위	213

# 그 립 목 차

그림 1-1 IPTV를 위한 시스템 구성 .....	3
그림 1-2 IPTV 플랫폼 구성 .....	3
그림 1-3 IPTV 핵심기능 구성방안 .....	4
그림 1-4 멀티캐스팅의 기술 .....	4
그림 1-5 홍콩 IPTV 서비스 사례 .....	7
그림 1-6 영국 IPTV 서비스 사례 .....	7
그림 1-7 프랑스 IPTV 서비스 사례 .....	8
그림 1-8 이탈리아 IPTV 서비스 사례 .....	8
그림 1-9 일본 IPTV 서비스 사례 .....	9
그림 1-10 미국 IPTV 서비스 사례 .....	9
그림 1-11 KT메가TV 서비스 사례 .....	10
그림 1-12 Daum go Tavi 서비스 사례 .....	11
그림 1-13 하나 TV 서비스 사례 .....	11
그림 1-14 Good TV 서비스 사례 .....	12
그림 1-15 에버정보 서비스 사례 .....	12
그림 1-16 서원아이앤비 서비스 사례 .....	13
그림 1-17 대림 I&S 서비스 사례 .....	13
그림 1-18 IPTV 국내시장 규모 .....	14
그림 1-19 세계 IPTV 산업전망 .....	17
그림 1-20 HFC 가입자망 구성도 .....	19
그림 1-21 주 분배센터와 부 분배센터로 구성되는 형태 .....	21
그림 1-22 선로증폭기의 양방향 통신구조 .....	21
그림 1-23 HFC망의 Cell 구성도 .....	22

그림 1-24 Cell 구성도 .....	22
그림 1-25 주파수 대역 .....	25
그림 1-26 국내 케이블 방송국 주파수 사용 실례 .....	25
그림 1-27 CATV 주파수 대역(Frequency Spectrum) .....	27
그림 1-28 HFC 망의 상하향 주파수 경로 .....	30
그림 1-29 Open Cable 구성요소 .....	31
그림 1-30 OCAP 1.0 소프트웨어아키텍처 .....	33
그림 1-31 디지털 케이블 TV 주파수표 .....	35
그림 1-32 FAT 채널 전송계층 프로토콜 .....	39
그림 1-33 스크램블된 프로그래밍에 대한 상호 관계 .....	41
그림 1-34 스크램블 되지 않은 프로그래밍에 대한 상호 관계 .....	42
그림 1-35 오디오/비디오 서비스에 대한 프로토콜 스택 .....	43
그림 1-36 대역내 시스템 정보의 레이아웃 .....	44
그림 1-37 대역내 자격 제어 메시지의 프로토콜 스택 .....	45
그림 1-38 대역외 서비스/시스템 정보의 프로토콜 스택 .....	45
그림 1-39 대역외 자격관리 메시지의 프로토콜 스택 .....	46
그림 1-40 양방향 네트워크 시스템 .....	48
그림 1-41 단방향 네트워크 시스템 .....	48
그림 1-42 DOCSIS 모뎀이 있는 양방향 네트워크 시스템 .....	49
그림 1-43 SDB 서비스 개념도 .....	52
그림 1-44 Non-SDB와 SDB방식의 비교 .....	52
그림 1-45 케이블 대역폭 비교도 .....	53
그림 1-46 SDB 서비스 블록도 .....	53
그림 1-47 IPTV와 D-CATV의 차이 .....	54
그림 2-1 QoS의 범위 .....	56
그림 2-2 객관적 화질 평가방식의 개념도 .....	56

그림 2-3 주관적 화질평가 방식의 개념도 .....	57
그림 2-4 FR의 블록도 .....	57
그림 2-5 VMOS 산출 구성도 .....	58
그림 2-6 VMOS 산출 흐름도 .....	59
그림 2-7 FR의 측정화면 .....	60
그림 2-8 RR의 블록도 .....	60
그림 2-9 NR의 블록도 .....	61
그림 2-10 DSCQS의 개념도 .....	63
그림 2-11 DSCQS(Double Sequence Continuous Quality Scale)의 개념도 ...	63
그림 2-12 ACR(Absolutely Category Rating method) .....	63
그림 3-1 MPEG2 시스템의 기본 구성도 .....	64
그림 3-2 MPEG2 시스템에서 TS 패킷 스트림생성과정 .....	65
그림 3-3 다중 프로그램을 지니는 TS 패킷 스트림의 생성 .....	66
그림 3-4 ES, PES 패킷 스트림, TS 패킷 스트림 사이의 관계 .....	66
그림 3-5 PSI 정보가 포함된 전송 스트림 .....	67
그림 3-6 PAT와 PMT의 관계 .....	68
그림 3-7 TS 패킷 구조도 .....	72
그림 3-8 Private Section의 구조도 .....	77
그림 3-9 PAT 테이블 정보를 저장하는 Private Section의 구조 ...	79
그림 3-10 PMT 테이블 정보를 저장하는 Private Section의 구조 ...	80
그림 4-1 패킷 재배열 지표 측정을 위한 의사 코드 .....	90
그림 4-2 멀티캐스트 네트워크 성능 측정 매트릭스 .....	92
그림 4-3 성능 지표 측정 지점 .....	93
그림 4-4 PCR accuracy 측정법 .....	103
그림 4-5 PCR Overall Jitter 측정법 .....	104
그림 5-1 802.1p에서 CoS .....	117

그림 5-2 CoS 필드 값의 의미 .....	117
그림 5-3 NetWarrior Probe 장비 .....	119
그림 5-4 멀티캐스트 방송 스트리밍 서버 .....	120
그림 5-5 NE300 시스템 .....	121
그림 5-6 영상방송 수신 셋탑박스 INBT360 .....	122
그림 5-7 스트림 방송 영상수신 PC .....	122
그림 5-8 OptiView Pro 네트워크 분석기 .....	123
그림 5-9 SmartBits 6000C 네트워크 성능 분석기 .....	123
그림 5-10 영상물의 Contents 항목 비교 .....	125
그림 5-11 PCR Overall Jitter .....	126
그림 5-12 V-Factor 측정 방안 .....	127
그림 5-13 실험망 기본 구성도 .....	129
그림 5-14 구축한 실험망 사진 .....	129
그림 5-15 전체 교내망 구성도 .....	133
그림 5-16 전체 교내 코어백본 스위치 .....	133
그림 5-17 6호관 구성도 .....	134
그림 5-18 6호관 스트리밍 방송영상 수신 및 저장 PC .....	134
그림 5-19 8호관 구성도 .....	135
그림 5-20 8호관 스트리밍 방송영상 수신 및 저장 PC .....	135
그림 5-21 도서관 구성도 .....	136
그림 5-22 도서관 스트리밍 방송영상 수신 및 저장 PC .....	136
그림 6-1 네트워크 측정요소의 오류에 따른 영상왜곡현상 .....	139
그림 6-2 BRD IVY LAB CoS=0 Network/Contents 평균 .....	140
그림 6-3 BRD IVY LAB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교 ...	143
그림 6-4 BRD IVY LAB CoS=1 Network/Contents 평균 .....	145
그림 6-5 BRD IVY LAB CoS=1 ETSI TR & V-Factor 비교 .....	146

그림 6-6 BRD IVY LAB CoS=2 Network/Contents 평균	146
그림 6-7 BRD IVY LAB CoS=2 ETSI TR & V-Factor 비교	147
그림 6-8 BRD IVY LAB CoS=5 Network/Contents 평균	148
그림 6-9 BRD IVY LAB CoS=2 ETSI TR & V-Factor 비교	149
그림 6-10 BRD IVY LAB CoS값 변화비교	151
그림 6-11 V-Factor= 4.723의 “매우우수” 수신영상	152
그림 6-12 V-Factor= 4.534의 “우수” 수신영상	153
그림 6-13 V-Factor=4.264의 “보통” 수신 영상	153
그림 6-14 V-Factor= 4.049의 “떨어짐” 수신 영상	154
그림 6-15 V-Factor=3.869의 “나쁨” 수신 영상	155
그림 6-16 BRD MOR LAB CoS=0 Network/Contents 평균	156
그림 6-17 BRD MOR LAB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교	156
그림 6-18 BRD SOC LAB CoS=0 Network/Contents 평균	157
그림 6-19 BRD SOC LAB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교	158
그림 6-20 UNI IVY 6Ho CoS=0 Network/Contents 평균	160
그림 6-21 UNI IVY 6Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교	160
그림 6-22 UNI IVY 8Ho CoS=0 Network/Contents 평균	161
그림 6-23 UNI IVY 8Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교	162
그림 6-24 UNI IVY LIB CoS=0 Network/Contents 평균	163
그림 6-25 UNI IVY LIB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교	163
그림 6-26 UNI IVY LIB CoS=5 Network/Contents 평균	164
그림 6-27 UNI IVY LIB CoS=5 ETSI TR & V-Factor 비교	165
그림 6-28 UNI IVY 호관별 CoS=0,5 ETSI TR & V-Factor 비교	166
그림 6-29 BRD IVY 6Ho CoS=0 Network/Contents 평균	167
그림 6-30 BRD IVY 6Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교	168
그림 6-31 BRD IVY 8Ho CoS=0 Network/Contents 평균	169



그림 6-32 BRD IVY 8Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교 ...	170
그림 6-33 BRD IVY LIB CoS=0 Network/Contents 평균 .....	171
그림 6-34 BRD IVY LIB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교 ...	171
그림 6-35 BRD IVY LIB CoS=5 Network/Contents 평균 .....	172
그림 6-36 BRD IVY LIB CoS=5 ETSI TR & V-Factor 비교 ...	173
그림 6-37 BRD IVY 호관별 CoS=0,5 V-Factor 평균 비교 .....	174
그림 6-38 UNI/BRD IVY 호관별 CoS=0,5 V-Factor 평균 비교 ...	175
그림 6-39 UNI MOR 6Ho CoS=0 Network/Contents 평균 .....	176
그림 6-40 UNI MOR 6Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교 ..	177
그림 6-41 UNI MOR 8Ho CoS=0 Network/Contents 평균 .....	178
그림 6-42 UNI MOR 8Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교 ..	178
그림 6-43 UNI MOR LIB CoS=0 Network/Contents 평균 .....	179
그림 6-44 UNI MOR LIB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교 ..	180
그림 6-45 UNI MOR LIB CoS=1 Network/Contents 평균 .....	181
그림 6-46 UNI MOR LIB CoS=1 ETSI TR & V-Factor 비교 ..	181
그림 6-47 UNI MOR LIB CoS=2 Network/Contents 평균 .....	182
그림 6-48 UNI MOR LIB CoS=2 ETSI TR & V-Factor 비교 ..	183
그림 6-49 UNI MOR LIB CoS=5 Network/Contents 평균 .....	184
그림 6-50 UNI MOR LIB CoS=5 ETSI TR & V-Factor 비교 ....	185
그림 6-51 UNI MOR 호관/CoS별 V-Factor 비교 .....	185
그림 6-52 BRD MOR 6Ho CoS=0 Network/Contents 평균 .....	187
그림 6-53 BRD MOR 6Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교 ..	188
그림 6-54 BRD MOR 8Ho CoS=0 Network/Contents 평균(오류존재)	189
그림 6-55 BRD MOR 8Ho CoS=0 ETSI TR&V-Factor 비교(오류존재)	189
그림 6-56 V-Factor:1.0 BRD Load=0.00 MOR 8HO COS=0 .....	191
그림 6-57 V-Factor:1.0 BRD Load=76.50 MOR 8HO COS=0 .....	192

그림 6-58 BRD MOR 8Ho CoS=0 Network/Contents 평균 .....	193
그림 6-59 BRD MOR 8Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교 ....	194
그림 6-60 BRD MOR LIB CoS=0 Network/Contents 평균 .....	195
그림 6-61 BRD MOR LIB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교 ·	195
그림 6-62 BRD MOR LIB CoS=2 Network/Contents 평균 .....	196
그림 6-63 BRD MOR LIB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교 ....	197
그림 6-64 BRD MOR LIB CoS=5 Network/Contents 평균 .....	197
그림 6-65 BRD MOR LIB CoS=5 ETSI TR & V-Factor 비교 ·	198
그림 6-66 BRD MOR 호관별 CoS=0,5 V-Factor 평균 비교 .....	199
그림 6-67 UNI/BRD MOR 호관별 CoS=0 V-Factor 평균 비교 ....	200
그림 6-68 BRD SOC 6Ho CoS=0 Network/Contents 평균 .....	201
그림 6-69 BRD SOC 6Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교 ....	202
그림 6-70 V-Factor:1.56, BRD Load=75.56 SOC 6HO COS=0) ....	203
그림 6-71 BRD SOC 8Ho CoS=0 Network/Contents 평균 .....	204
그림 6-72 BRD SOC 8Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교 ....	204
그림 6-73 BRD SOC 8Ho CoS=0 Network/Contents 평균 .....	205
그림 6-74 BRD SOC 8Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교 ....	206
그림 6-75 V-Factor:1.0 BRD Load=79.92 SOC LIB COS=0 .....	207
그림 6-76 BRD SOC LIB CoS=5 Network/Contents 평균 .....	208
그림 6-77 BRD SOC LIB CoS=5 ETSI TR & V-Factor 비교 ...	208
그림 6-78 BRD SOC 호관별 CoS=0,5 V-Factor 평균 비교 .....	209



# 제 1 장 IPTV와 D-CATV기술비교

## 제 1 절 IPTV의 개요

### 1. IPTV의 정의

xDSL, FTTx, HFC(Hybrid Fiber Coaxial Cable)등을 기반으로 동영상 압축기술을 이용하여 IPTV STB(Set-Top-Box)와 접속된 일반 (아날로그 및 디지털)TV를 통해 TV방송, VOD EMD 다양한 멀티미디어 서비스를 인터넷 체계로 제공하는 서비스를 말한다.

가. IPTV와 인터넷 방송(Web Casting)의 차이점

IPTV와 인터넷 방송은 상호 다른 개념, 구분하여 접근이 필요하다.

표 1-1 IPTV와 인터넷 방송(Web Casting)의 차이점

항목	IPTV	인터넷방송(Web-Casting)
시청권역	일국적(사업영역이 제한)	초국가적 혹은 세계적
이용자	공개된 지역의 가입자	모든 이용자
영상화질	통제된 QoS의 방송용 품질	QoS 보장못함
수신기	STB + TV	PC
저작권	방송콘텐츠보호가능	종종 보호받지 못함
Network	Close Network	Open Network
케이블, 지상파, 위성방송과의 관계	잠재적으로 공통 STB, 보완적 관계	관계성이 적음

OECD는 IPTV를 유료방송의 경쟁자로 보고 있으며, 인터넷 방송과는 구분하고 있다. EU(ITU-T)는 IPTV가 편집통제권(Editorial Control-채널 패키징, 시간배열, 자체채널운영 등)을 갖는 경우 방송당국이 허가하도록 하고 있다.(영국, 프랑스, 덴마크, 독일, 이탈리아, 네덜란드, 스페인 등)

## 2. IPTV의 등장배경

### 가. 통신방송 융합의 현상

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

### 나. TV의 역할변화

시청자는 TV와 PC와 같은 다양한 서비스(교육, 주식, 뉴스, 게임 등)를 제공하기를 기대하고 있다. 이로 인해 TV 역할변화를 요구하고 있다.

## 3. IPTV의 서비스의 특징

### 가. 양방향성

수신자의 요구를 수용하여 VoD등 다양한 대화형 서비스 등을 제공할 수 있다. 전송채널 수의 제한이 거의 없다. 케이블이나 위성방송의 경우 모든 방송을 동시에 전송하지만 IPTV의 경우에는 요구하는 채널만을 전송가능하다. 해외에서도 IPTV를 제공하는 헤드엔드 시설을 운영할 수 있다.

### 나. 수신자 서비스 및 채널의 다양화

수신자가 원하는 서비스 종류 및 특성 등이 다양화될 수 있고 콘텐츠를 선택 및 반복 재생 등이 수시로 가능하다.

### 다. 다른 인터넷 서비스와의 연계

보안 및 과금 기능 강화를 통해 전자상거래 등의 다른 인터넷 산업과의 연계가 용이하다. 거의 모든 인터넷 기반 서비스 제공이 가능해짐.

## 4. IPTV의 주요기술

### 가. IPTV시스템 구성

IPTV의 시스템 구성도는 그림 1-1과 같다. 구성도는 OSS, Headend,

Network, Home 4개의 부분으로 나누어 볼 수 있다. Headend는 실시간 방송을 위한 IP Multicasting을 지원하는 Broadcast Server와 VoD 서비스를 위한 IP Unicast를 지원하는 Video Server, 그리고 웹서버 형태로 지원하는 Application Server, Mail Server로 구성되어 있다.

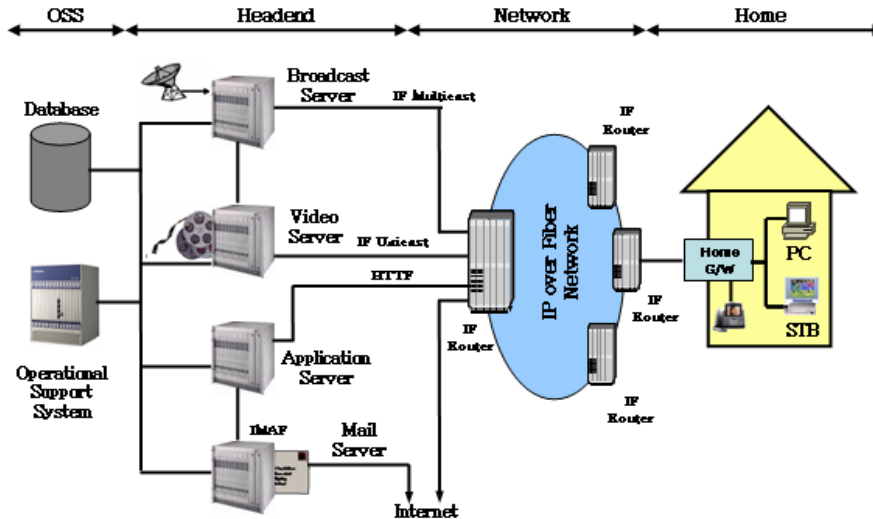


그림 1-1 IPTV를 위한 시스템 구성

#### 나. IPTV의 Platform 구성

IPTV Platform은 수신, 가공, 송출, 관리, 보안, 부가서비스 부분으로 구성된다.

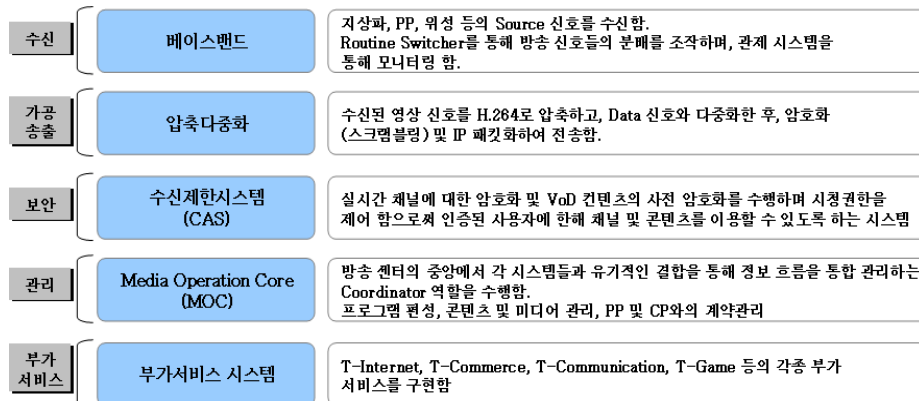


그림 1-2 IPTV 플랫폼 구성

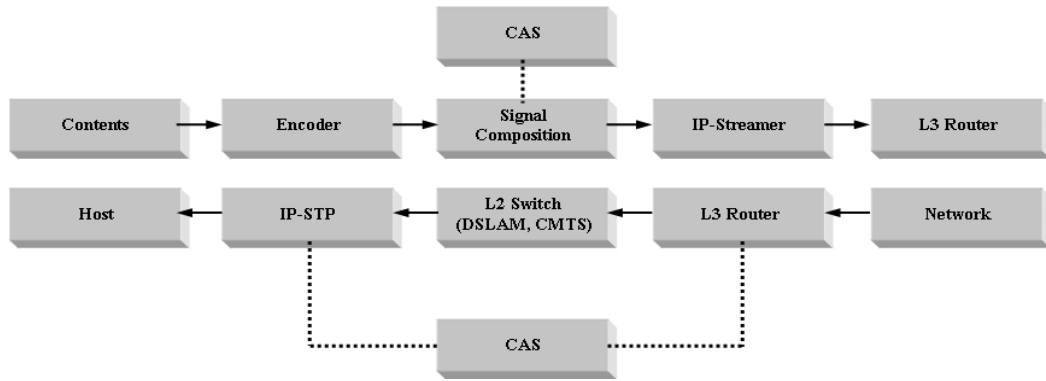


그림 1-3 IPTV 핵심기능 구성방안

다. IPTV 멀티캐스팅(Multicasting) 기술

하나의 SD급 채널전송에 요구되는 대역폭이 1~4Mbps 급인데 이를 100만 시청자에게 동시에 독립적으로 전송한다고 가정할 때, 1~4Tbps 가 요구된다. 이를 현실적으로 제공이 불가능하므로 이를 해결하기 위해 Server가 하나의 채널을 몇 개 정도의 경로를 통하여 전송하고, 이를 다시 중간 전송장치(Router 및 통신장치)가 수신하여, 각각이 다시 주변 전송장치로 재전송하는 형태로 확대해 나가 수신자에게 제공하는 형태를 갖추어 나가야 한다. 이때 무조건 단순 재전송을 하는 것이 아니라 요구하는 시청자에게만 재전송하도록 한다. 이러한 기술을 멀티캐스팅 기술이라 한다.

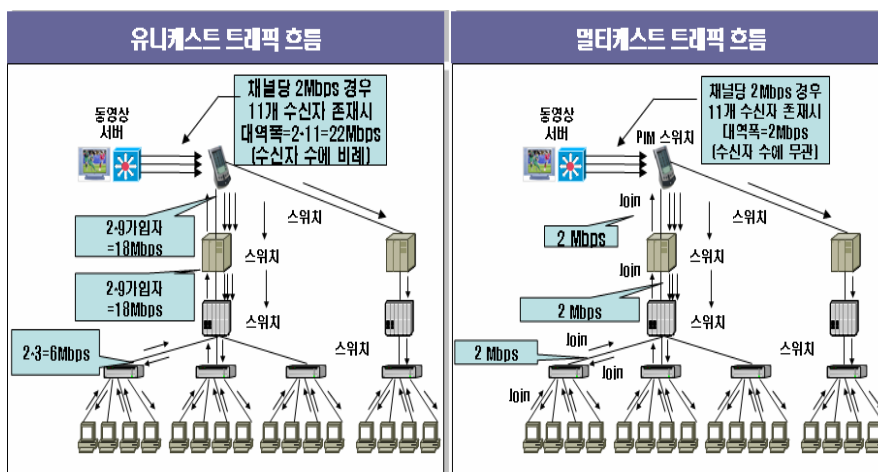


그림 1-4 멀티캐스팅의 기술

## 5. IPTV의 국내외 주요현황

### 가. 유럽의 IPTV 현황

표 1-2 유럽의 IPTV 현황

	프랑스	독일	이탈리아	영국	스위스
개시연도	2003.12	2006.9	2003.8	2005년 중반기	2006.11
2006년말 가입자수	896천명	44천명	350천명	30천명	45천명
2010년 가입자수 예측	500만	115만	140만	190만	예측 없음
IPTV 사업자 (제품명)	France Telecom, Free, Neuf Cegetel, Club Internet	HanseNet (Alice TV)	eBiscom (Fastweb)	BT	SwissCom (BlueWin)
가입자 망기술	ADSL2+	VDSL/ADSL2+	ADSL2+	ADSL2+	ADSL
사용표준	MPEG-2/4 기반의 DVB-IPTV 표준 사용	Microsoft의 IPTV Version (DVB-IPTV)	Microsoft의 IPTV Version (DVB-IPTV)	Microsoft의 IPTV Version (DVB-IPTV)	Microsoft의 IPTV Version (DVB-IPTV)
주요 규제 기술	통신규제:RCEP 방송규제:CSA 정책기관도 분리	미디어서비스 국가협약 (MDSTV)	AGCOM	OFCOM	OFCOM
참고 및 특이사항	통신 및 방송 규제와 정책이 완전히 분리된 국가		마카니코법에 의하여 하나의 매체가 시장의 30% 이상 점유 못함		Microsoft의 IPTV Version Platform Software 상의 기술적 문제로 사업시작이 늦어짐



나. 아시아 지역 IPTV 현황

표 1-3 아시아의 IPTV 현황

	미국	캐나다	호주	일본	홍콩
개시연도	2005.9	2002	2005	2004	2004
2006년말 가입자수	120천명	265천명	25천명	390천명	638천명
2010년 가입자수 예측	1080만	70만 수준	43.7만	180만	90만명
IPTV 사업자 (제품명)	Verizon(Fios), SBC(Uverse)	SaskTel, MTV	Telstra, FoxTel	Softbank (BBTV), KDDI(Hikari TV, Pala TV)	PCCW (Now Broadband TV)
가입자 망기술	xDSL, FTTH	VDSL/ADSL2+	ADSL2+	FTTP, FTTH	ADSL/VDSL
사용표준	Microsoft의 IPTV Version	표준화 작업 중	DVB-IPTV로 알려져 있음	ISDB-T	DVB-IPTV
주요 규제 기술	FCC	CRTC	ACMA	총무성(MIC)	Broadcasting Authority
참고 및 특이사항	Microsoft의 IPTV Version Platform Software 상의 기술적 문제로 사업시작이 늦어짐		현재 실시간 방송이 아닌 VoD기반의 IPTV 제공 중. 실시간 방송은 2007년에 시작될 것으로 보임.	전기통신역무 이용 방송법 총무성 차세대 블드밴드 구상	전달망 기술로 ATM을 사용하는 세계 유일의 나라

## 다. 국외 IPTV서비스 사례

### (1) 홍콩(PCCW)

#### (가) 주요특징

- 케이블 방송채널과 상이한 채널을 다수 확보, 지상파 재전송 없음.
- '03년 서비스 개시, 6년6월 44만 가입자, ADSL 기반



그림 1-5 홍콩 IPTV 서비스 사례

### (2) 영국(BT Vision)

#### (가) 주요특징

- VOD 및 부가서비스 제공
- 디지털 지상파방송은 가정 내 안테나를 통해 수신하며 지상파방송 재전송 없음 '06.12월 서비스개시(진입규제없음)

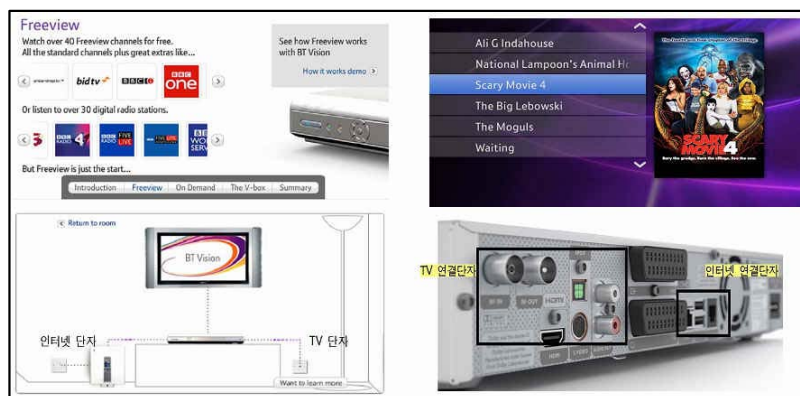


그림 1-6 영국 IPTV 서비스 사례

### (3) 프랑스 FT (Orange TV)

#### (가) 주요특징

- 지상파채널(1~7번), 위성채널(60~90개)
- 지상파 재전송관련 규정은 없으나, Must carry 의무부과
- '03년 서비스 개시 '06. 6월 Orange TV로 명칭변경 구제 최소화 (등록제, 통보), 프랑스 IPTV 가입자 '06년 말(160만 가입자)



그림 1-7 프랑스 IPTV 서비스 사례

### (4) 이탈리아 TI (Alice Home TV)

#### (가) 주요특징

- 위성채널, VOD, 부가서비스 등을 제공. 위성방송사로부터 방송 프로그램을 공급받아 제공 지상파는 제공하지 않음
- '05년 개시, 7만 가입자, ADSL 기반



그림 1-8 이탈리아 IPTV 서비스 사례

(5) 일본 (Yahoo BBTV)

(가) 주요특징

- ISP 사업자로서 IPTV WPRHD, 지상파재전송 없음, PP채널(50~60개)
- '03년 서비스 개시, 3만 가입자, 등록제



그림 1-9 일본 IPTV 서비스 사례

(6) 미국 (U-Verse TV)

(가) 주요특징

- 실시간 채널(지상파 재전송 없이 케이블 및 위성채널 제공), VOD, 부가서비스 제공 '06년 6월 서비스개시

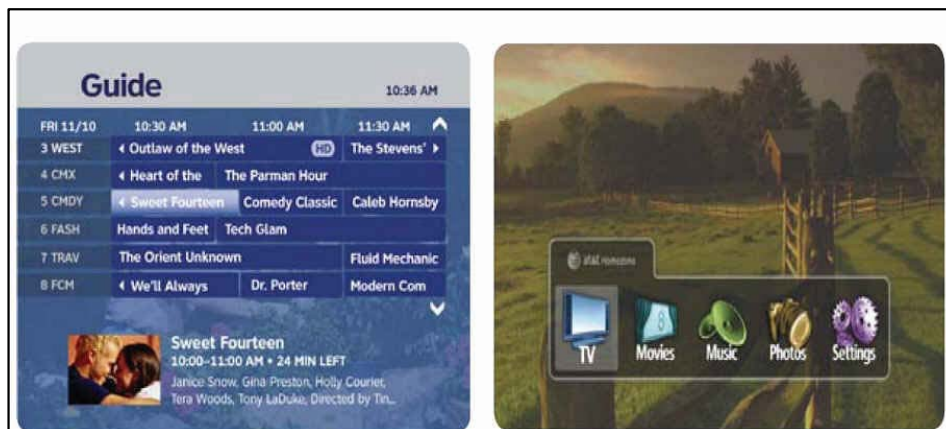


그림 1-10 미국 IPTV 서비스 사례

#### 라. 국내 현황

2006년 11월~12월말까지 IPTV시범사업 공동추진 협의회(정보통신부, 방송위원회)가 주관하여 실시간방송 프로그램, 양방향 통신서비스(VOD, T-커머스, 게임, SMS)에 대해 씨큐브가 350 가구, 다음이 100가구 총 450가구를 대상으로 IPTV시범서비스를 수행하였다.

현재 하나TV, GoodTV, Daum go Tavi, 메가TV 서원아이앤비, 대림 I&S등이 IPTV 서비스를 하거나 준비 중에 있다.

#### 마. 국내사례

##### (1) KT메가TV

###### (가) 주요특징

- 유/무료 VOD, 양방향서비스 제공, 스트리밍 방식
- '07년 7월 서비스 개시예정

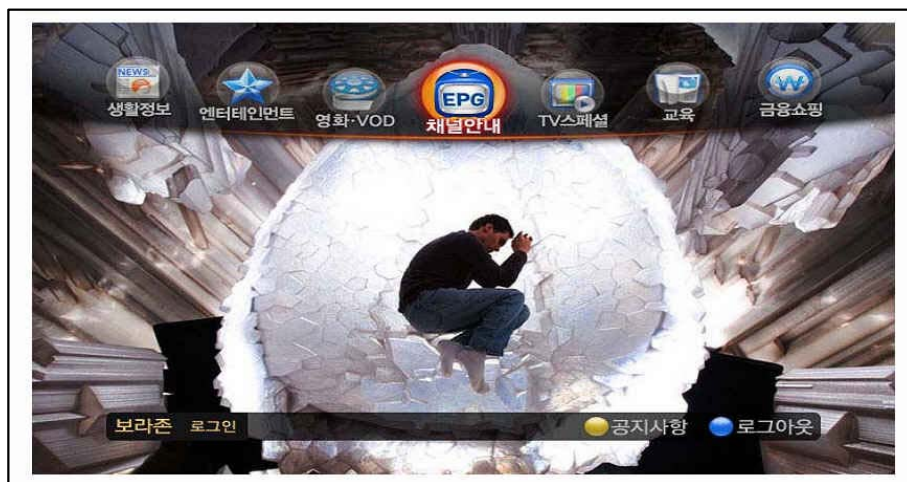


그림 1-11 KT메가TV 서비스 사례

##### (2) Daum go Tavi

###### (가) 주요특징

- Daum의 동영상, 이메일 등 다양한 콘텐츠를 무선인터넷 단말기를 통해 제공 '07.4월 서비스 개시





그림 1-12 Daum go Tavi 서비스 사례

### (3) 하나 TV

#### (가) 주요특징

- 유·무료 VOD 서비스제공, 다운로드 & 플레이 방식
- 지상파방송 콘텐츠는 방송 후 12시간 이후 VOD로 제공

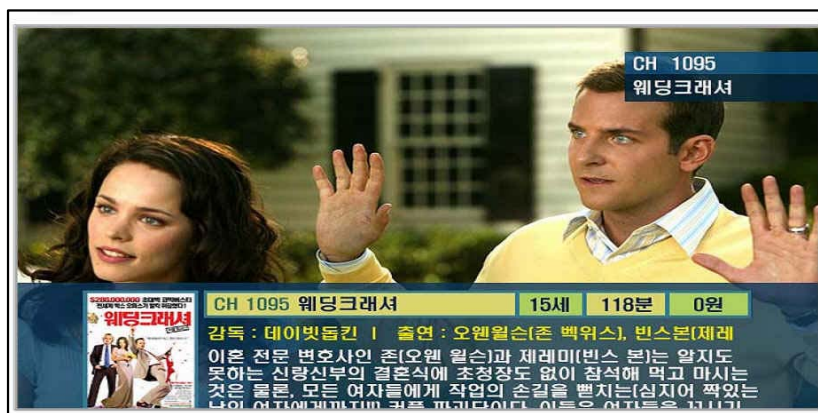


그림 1-13 하나 TV 서비스 사례

### (4) Good TV

#### (가) 주요특징

- ADSL(평균 300Kbps)의 인터넷 환경에서 고화질의 콘텐츠(1Mbps)를 전송

- 국내뿐만 아니라 외국에 까지 서비스 제공



그림 1-14 Good TV 서비스 사례

#### (5) 에버정보

##### (가) 주요특징

- ADSL(평균 700Kbps)의 인터넷환경에서 DVD 수준의 화질 구현가능
- 모든 프로토콜에서 양방향(e-Shopping, e-Learning) VOD 서비스 가능
- 기업체에 IPTV 솔루션제공
- 케이블 방송채널과 상이한 채널을 다수 확보, 지상파 재전송 없음.

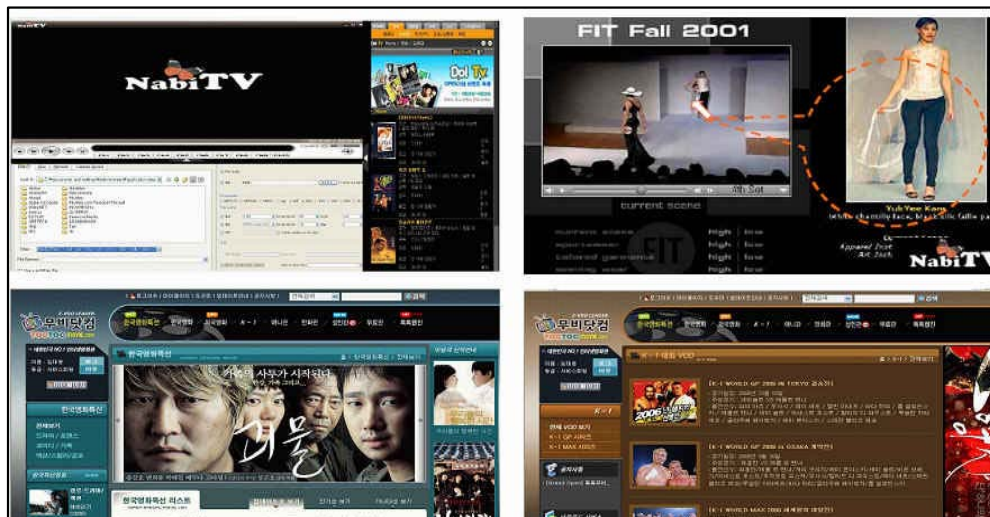


그림 1-15 에버정보 서비스 사례

(6) 서원아이앤비

(가) 주요특징

- TV-포털형 서비스
- 콘텐츠 구성요소를 갖춘 CP, PP에게 고유채널 부여



그림 1-16 서원아이앤비 서비스 사례

(7) 대림 I&S

(가) 주요특징

- 건설 주택분야 정보화 추진.
- 신규아파트를 대상으로 IPTV 서비스 제공
- 디지털 홈서비스, 지능형 빌딩 시스템 및 빌딩관리 서비스와 연계



그림 1-17 대림 I&S 서비스 사례



## 6. IPTV 산업의 국내외 시장규모

### 가. 국내 시장 규모

정보통신연구소(ETRI)에서 조사한 IPTV시장 전망자료를 근간으로 하여 살펴보면 2010년 국내 IPTV 가입세대 수는 연평균 53.3%씩 증가하여 약 370만 가구에 달하고 매출액은 약 9,664억원에 이를 것으로 전망하였다. LG경제연구원은 낙관적, 중도적, 보수적인 3가지 시각에서 국내시장 규모를 다음과 같이 예측 하였다.

<자료> LG경제연구원(2005)

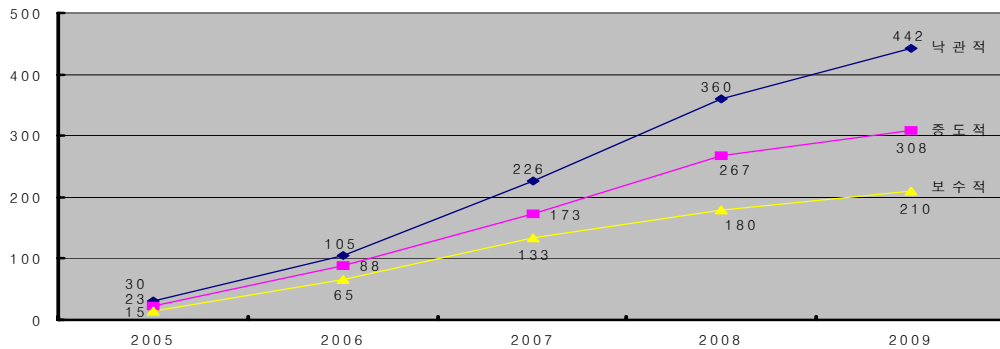


그림 1-18 IPTV 국내시장 규모

해외 조사기관인 OVUM과 MRG에서 각각 발표한 한국의 IPTV 시장 전망치를 살펴보면, 2009년 총가입자 수는 각각 500만 명과 180만 명으로 추정되었고 동년매출액은 각각 6조와 1조6천억 규모에 이를 것으로 전망하였다.

표 1-4 해외 조사기관에서 예측한 국내 IPTV 시장 규모

구 분		2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	CAGR(%)
OVUM	가입자수(가구)	2,000	75,000	662,000	2,615,000	5,162,000	579.9
	매출액(백만달러)	0	11	87	329	624	538.7
MRG	가입자 수(가구)	17,800	157,800	502,800	1,052,800	1,802,800	217.2
	매출액(백만달러)	1	12	41	95	169	38.5

<자료> : OVUM(2005), MRG(2005) 제정리

#### 나. 국외 시장 규모

IPTV 서비스는 각 국가별 네트워크 환경과 법제도에 따라 VoD, 다채널방송서비스, TV포털, 양방향서비스 등 다양한 형태로 제공되며, 미국, 일본, 홍콩, 이탈리아, 프랑스 등 통신선진국을 중심으로 약 280여개 이상의 사업자에 의해 추진되고 있다. 2005년 9월 MRG 보고서에 따르면, 북미대륙 173개, 유럽 57개, 아시아 38개, 그리고 기타 국가 14개사업자 등 세계적으로 282개 사업자들이 IPTV 사업을 전개하고 있는 것으로 나타났다. IPTV 서비스는 전 세계적으로 통신사업자들의 브로드밴드 사업 가속화와 TPS 시장에서의 경쟁 우위 선점을 위한 상품 개발 차원에서 가입자 이탈 방지 및 매출 확대를 목적으로 추진되고 있다. IPTV의 대표적인 성공사례로는 2003년에 서비스를 개시한 홍콩의 PCCW와 이탈리아의 Fastweb을 들 수 있다. 이들 사업자들은 각각 50만 명과 16만 명이라는 가입자를 확보하고 있다. 또한 SBC, Verizon, BT, Telecom Italia 등 세계 유수의 거대 통신사업자들이 본격적으로 IPTV 서비스 시장에 뛰어들면서 향후 IPTV 시장은 빠르게 성장할 것으로 전망된다. 대륙별 주요국, 주요사업자의 IPTV 추진 현황은 다음과 같다.

표 1-5 북미 및 유럽 PTV 서비스 현황

대륙	국가	사업자명	서비스명
북미	미국	SBS	U-verse
		Verizon	FiOS TV
		Surewest	Digital TV
	캐나다	SaskTel	Max Interactive
유럽	이탈리아	Fastweb	Fastweb TV
		Telecom Italia	Alice Home TV
	프랑스	France Telecom	MaLigne TV
		Free	FreeBox TV
	영국	Kingston Communications	KIT
		Video Networks	HomeChoice
	스페인	Telefonice	Imagenio

표 1-6 아시아 PTV 서비스 현황

대륙	국가	사업자명	서비스명
아시아	홍콩	PCCW	NowBroadBand TV
	일본	BB Cable(Softbank)	BBTV
		KDDI	HikariPius TV
		Opticast	광 Perfect TV!
		OnLine-TV	4th Media Service
		아이캐스트	On-demand TV
	대만	Chunghwa Telecom	MOD Service

<자료> : OVUM, MRG 사업자별 발표자료 재정리

2005년 9월 발표된 MRG 보고서에 의하면, 전 세계 IPTV 가입자는 2005년 371만 명 규모에서 2009년 3,990만 명으로 연평균 약 78%의 고속 성장을 할 것으로 전망된다. 특히, 유럽과 아시아 시장의 가입자 수가 급증하고, 높은 가입자 증가에 따라 서비스 매출액 규모도 2005년 약 9억 달러에서 2009년에는 약 100억 달러로 성장할 것으로 전망된다. 또한, 2009년 말까지 전세계 사업자별 가입자 전망치를 보면 세계 주요 통신사업자인 China Telecom, Verizon, Free가 전 세계 IPTV 가입자 중 약 8%씩, 그리고 SBC, China Netcom, France Telecom이 그 뒤를 이어 각각 7%, 6%, 5%의 가입자를 확보할 것으로 전망하고 있다. 결과적으로 이들 6개 사업자가 전체 가입자의 43%를 차지한다는 것이다.

표 1-7 북미 및 유럽 IPTV 가입자 및 매출액 전망

가입자/매출액		2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
북미	가입자 수(명)	797,595	1,603,485	3,254,464	5,952,900	9,495,989
	매출액(백만달러)	392	701	1,340	2,427	3,778
유럽	가입자 수(명)	1,851,850	3,492,300	5,872,800	9,154,800	13,268,800
	매출액(백만달러)	387	813	1,479	2,488	3,731

가입자/매출액		2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
아시 아	가입자 수 (명)	1,026,800	2,385,800	4,604,800	7,929,800	12,799,800
	매출액(백만달러)	870	259	591	1,112	1,831
기타	가입수 수(명)	33,700	96,000	300,000	735,000	1,335,000
	매출액(백만달러)	142	41	130	326	593
총계	가입자 수(명)	3,709,945	7,577,585	14,032,064	23,772,500	36,899,589
	매출액(백만달러)	880	1,814	3,540	6,353	9,933

<자료> : MRG(2005) 재구성

#### 다. IPTV 산업의 전망

그림 1-19와 같이 접속망, 셋톱박스, 비디오 헤드엔드, VoD 서버, 미들웨어, DRM, SI 등 관련 산업 또한 성장세를 이룰 전망이며, 특히 셋톱박스 산업은 2009년 19억 달러 규모의 시장으로 급성장 할 것으로 전망된다.

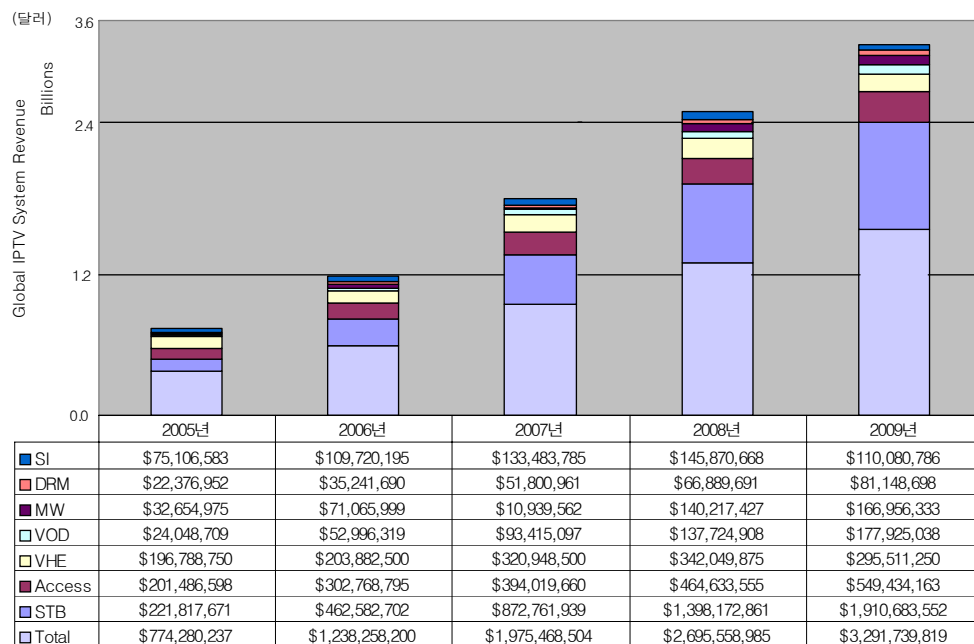


그림 1-19 세계 IPTV 산업전망

IPTV는 ADSL, FTTH 망 등 초고속 인터넷서비스의 발전을 근간으로 한다. 그러나 아직은 서비스 초기단계로서 서비스가 활성화되기 위해서는 고객에게 품질보장형 서비스를 원활히 제공할 수 있는 네트워크 고도화와 킬러 콘텐츠 개발을 통한 콘텐츠 산업의 발전이 병행되어야 한다.

세계적으로 디지털 컨버전스라는 패러다임 하에서 유무선, 음성데이터, 통신방송의 통합과 융합은 우리가 상상하는 그 이상으로 속도를 더해 가고 있다. 국내적으로는 2005년 등장한 위성 DMB 서비스, 2006년 단말기 개발과 함께 본격적으로 상용화된 지상파 DMB 서비스는 2006년 한해 통신방송시장의 치열한 경쟁을 주도해 나갈 것이다.

그리고 WiBro, HSDPA 서비스도 2006년내 상용화될 예정이다. 이와 함께 규제문제로 인해 아직은 안개 속에 가려져 있는 IPTV의 상용화가 실현된다면 2006년 한해 국내 통방융합시장의 발전은 더욱 급물살을 탈 전망이다. 이처럼 서비스간 경쟁의 활성화는 유관산업의 발전과 소비시장 활성화, 더 나아가 국가경쟁력 향상으로 직결된다.

최근에 국제전기통신연합 정보통신부문(ITU-T)측이 IPTV의 세계 표준화를 위한 전문가 그룹 구성을 우리나라에 제안한 것은 초고속인터넷 강국으로서의 위상이 반영된 결과라고 할 수 있다.

지상파 DMB와 와이브로(WiBro)의 국제 표준화 등록에 이어 우리나라의 PTV가 세계 표준으로 실현된다면 세계시장에 미치는 파급효과는 상당히 클 것이다. 기술력과 서비스는 동전의 양면과 같은 불가분의 관계이다. 따라서 세계가 인정하는 기술력을 시장화 시킬 수 있는 시기를 앞당길 필요가 있다.

## 제 2 절 D-CATV의 개요

디지털 CATV(D-CATV)는 기존의 아날로그 CATV를 디지털 기술로 업그레이드한 방송이다. D-CATV는 HD(High Definition)급 고화질 방송과 고음질 서비스를 비롯해 아날로그 방송에서 불가능 했던 쌍방향 서비스까지 제공할 수 있어 차원이 다른 서비스로 인정받고 있다.

### 1. HFC(Hybrid Fiber-Coaxial) Cable망의 구조 및 특성

가. HFC망의 구조

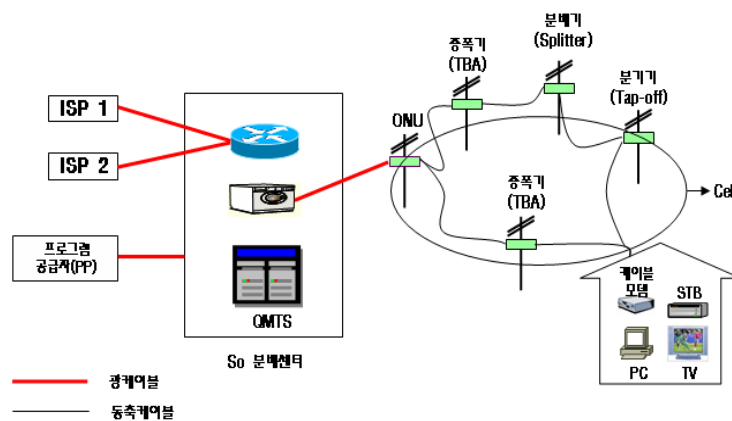


그림 1-20 HFC 가입자망 구성도

HFC 전송망은 구조적으로 광전송 부분과 동축 전송 부분으로 구분할 수 있으며 대역을 기준으로 하향대역과 상향대역으로 구분된다.

#### (1) 광 동축 혼합망 방식(Hybrid Fiber Coaxial)

SO 분배센터~Cell 중심인 ONU 간 광케이블로 star 구조이고, ONU~가입자 간 동축케이블로 Tree & Branch 구조이다. Hybrid 라는 명칭은 아날로그 변복조만을 사용해 케이블 TV 만을 수용하던 아날로그 광섬유 동축망에 (FDM : Frequency Division Multiplexing) 기법을 이용하여 디지털 변복조를 사용하는 전송채널을 추가하여 얻어졌다.

## (2) 망장치 구성

광신호~RF 신호 변환 장치인 ONU 과 동축구간은 능동소자인 증폭기(TBA)와 수동 소자(Splitter, Tap-off 등)의 조합으로 되어있고 ONU, TBA에 전원공급을 위한 전원공급기로 구성되어 있다.

표 1-8 가입자망 구조별 명칭

구분	종류	용도
광 전송 장치	광송신기	• 분배센터에서 전송된 RF신호를 광신호로 변환하여 ONU로 송신
	광수신기	• 광케이블을 통해 ONU에서 전송된 광신호를 원래의 RF신호로 변환
	옥회형 광송수신 (ONU)	• 하향측 으로는 광케이블을 통해 전송된 광신호를 원래의 RF 신호로 변환한 후 RF 증폭 모듈을 통해 적정 크기의 신호로 증폭하여 동축 케이블로 전송하고, 상향측으로는 전단 증폭기 에서 인가된 RF신호를 광신호로 변환하여 광케이블로 전송
광케이블 (Optical Cable)		• 분배센터에서 ONU 까지의 전송로
동축 전송 장치	증폭기 (TDA)	• 동축케이블의 선로 신호손실을 보상하고 필요한 레벨유지
	분배기 (Splitter)	• 하나의 RF신호를 둘 이상의 신호로 균등 분배
	분기기 (Tap-off)	• 가입자 단말로 신호를 균등 분배하기 위한 전송망의 최종소자
동축 케이블 (Coaxial cable)		• RF 신호를 전송하기 위해 사용되는 ONU에서 가입자까지의 전송로

HFC 망의 구조에 있어서도 주 Headend 와 부(sub)분배센터를 가지는 구조이나 국내외 HFC 망구조의 대다수는 전형적인 Tree and branch 구조이기 때문에 이에 초점을 맞추어야 한다. HFC 는 광케이블 과 동축케이블을 통한 고속의 데이터 서비스를 제공하는 기술로 크게 Headend(HE) 장비인 CMTS 와 가입자 장비인 CM(Cable Modem)으로 구성된다.





다. HFC 망의 Cell의 구조

(1) HFC망의 Cell의 구조

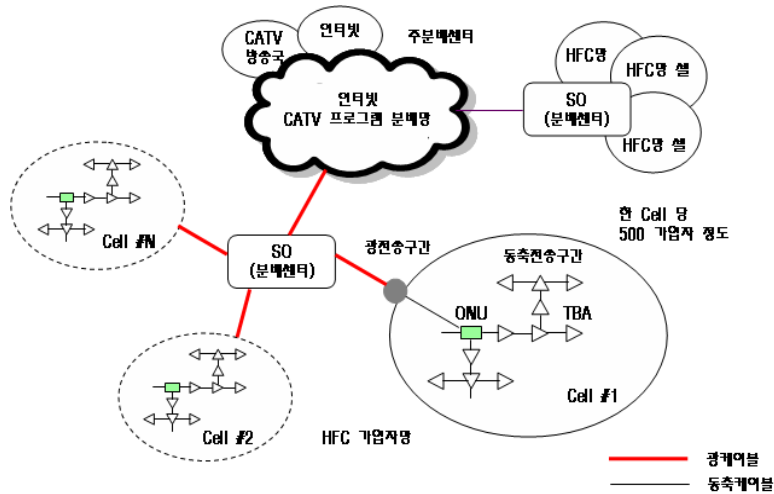


그림 1-23 HFC망의 Cell 구성도

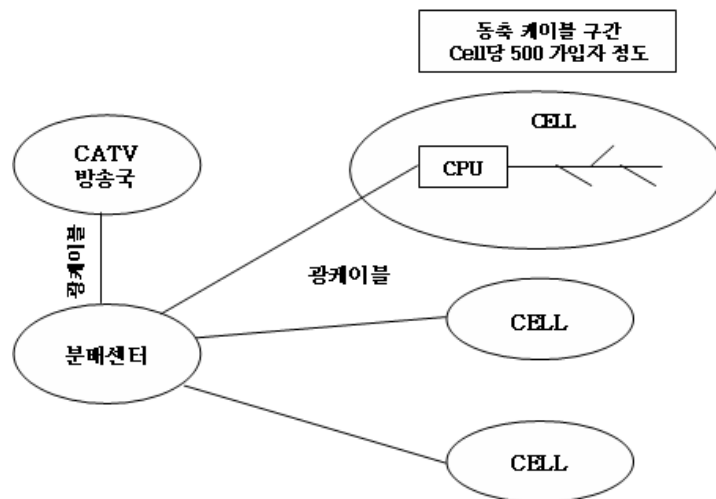


그림 1-24 Cell 구성도

Cell별로 완전 분리된 망구조이고 광케이블이 분배센터에서 Cell까지 독립되어 있는 구조로써 Cell 별로 분리시 Noise의 영향이 감소되고 망에 장애요인 발생시 안정된 서비스가 가능한 구조로 되어 있다.

대역을 공유하는 가구들을 묶어서 하나의 Cell이라고 정의한다. HFC

망은 SO내 서비스 지역을 여러 개의 Cell로 구분하여 시설하였다. Cell 별 독립된 망 (이동전화 셀과 같은 개념) : 미국에서는 Fider Node 라 칭한다. 가입자 증가에 따라 Cell을 분할하여 공유되는 가입자를 축소한다.

## 라. HFC 망의 특징 및 대역폭

### (1) HFC망의 특징

HFC 망은 총 3.6Gbps 정도의 전송 능력을 보유한 것으로 추정되는데 이는 6Mbps 정도가 소요되는 SD 급 채널 약 600 여 개를 수용할 수 있는 정도의 용량이고 HFC 망은 광케이블 다음으로 높은 대역폭을 가지고 있다.

HFC 망의 전송능력은 xDSL 과 비교하여 매우 우수하다. 현재 750MHz 의 전송 대역폭에서 수 Gbps 의 전송능력을 가지고 있으며 전송 대역이 2GHz 로 확대되고 디지털 기술이 더욱 발전한다면 그 이상도 가능하다. 최고 10Mbps 의 초고속 인터넷 서비스를 제공하며 일반 전화선 모뎀이나 ISDN에 비해 최대 수백 배 빠른 속도로 다양한 멀티미디어 서비스를 제공한다. xDSL 과 달리 거리에 따른 전송속도 및 품질저하의 영향이 적다. xDSL 에 비해 유입 되는 잡음은 전화선보다 적지만, 다수의 가입자가 접속하여 잡음이 많아짐. 그러나 Cell 의 크기를 500 가입자수 이하로 줄이면 잡음은 전화선 보다 훨씬 줄일 수 있다. HFC 망은 xDSL에 비해 광케이블 후단에서 가입자까지 전송거리 제한이 매우 적은 것이 특징이다. 현재 VDSL 의 경우 유효한 수준의 전송속도를 유지하기 위해서는 광케이블 후단에서 가입자까지의 거리가 300m 정도를 초과하기 어려우나 HFC 망은 그 거리가 50km 정도까지는 전송속도를 유지할 수 있기 때문에 농어촌 같은 가입자가 밀집되어 않은 지역에도 시설이 가능하다. 유효 전송거리가 긴 HFC 망은 광케이블 작업 구간이 적기 때문에 상대적으로 설치 곤란 지역이 적고 유지보수도 용이하다. LAN 환경과 같이 컴퓨터를 켜고 동시에 인터넷을 바로 사용할 수 있게 되므로 별도의 접속 과정이 필요 없으며 광대역 케이블망을 이용하기 때문에 인터넷, TV 시청은 물론 디지털 TV 전환시 양방향 서비스나 T-Commerce 구현이 용이하다. 서비스 구역이 여

러 개의 Cell로 구분되어 시설되며 Cell 별 독립된 망으로 구성되어 있기 때문에 가입자 증가 시 Cell 분할 등으로 즉각 대응이 가능하며 망의 운용이 용이하다. 한편 Cell 분할과 CMTS(Cable Modem Termination System) 증설 등으로 업그레이드 할 경우 전송속도 향상도 용이하게 때문에 적기에 서비스를 경제적으로 제공할 수 있다. 기존 가설된 CATV 망을 사용하므로 투자비 저렴하고 기존 인프라를 이용하여 디지털 방송 및 인터넷이 바로 수용 가능하기 때문에 다른 어느 네트워크 보다 경제적으로 초고속으로 인프라를 구축할 수 있다. 국내에서는 이미 약 1,100 만 가구가 HFC 망을 통해서 케이블 TV 서비스를 받고 있고 케이블 TV 업체는 이러한 가입자들을 대상으로 현재 디지털 전환을 추진 중이므로 빠른 시일 내에 디지털 서비스의 제공이 가능하고 세계 최고 수준 광대역 네트워크 구성이 가능하고 방송과 통신의 융합 실현이 가능하다.

표 1-9 방송과 통신 융합에서 본 가입자 망 기술비교

구분		VDSL	HFC	FTTH
유효전송거리		주거밀집지역 (APT)	전지역 가능	신규 주거밀집지역 (APT)
가입자 수		약 10만	방송:1,100만 데이터:400만	극소수
제공서비스		일반전화초고속 인터넷 PC기반VOD	VOIP 케이블TV DTV기반 VOD	HFC 서비스 수용기반 (고속 통신대역 제공)
작업 및 유지보수		보통	쉬움	어려움
통신측면	전송 속도 (상/하향)	10/50Mbps	30/42Mbps	Gbps급
	기술적 적합성	우수	우수	매우 우수
	가입자당 투자비	중(구축중)	소(기구축)	대(미구축)
방송융합측면	최대 동시전송 방송 채널수	10채널	600채널	제한없음
	기술적 적합성	미흡 (기간망 부담)	매우 우수	매우 우수
	가입자당 투자비	대(미구축)	소(기구축)대 (미구축)	대(미구축)

<자료> : KIDDI. 정보통신정책 ISSUE. 2003. 8

## (2) HFC망의 대역 사용

주파수 대역은 2GHz까지 확장 가능하다. 종전에는 450MHz 최근에는 약 80%가 750~870MHz로 업그레이드 약 70%가 750MHz 대역까지 사용가능하다.

- 상향 : 5MHz~42MHz : 데이터 통신용
- 하향 : 54MHz~750MHz : CATV 방송 및 데이터 통신

0	5	42	54	500	552	750 MHz
	상향 신호용		방송용	인터넷	디지털방송 부가서비스	

그림 1-25 주파수 대역

표 1-10 HFC망의 대역 이용 현황

5.75MHz ~ 41.75MHz	41.75MHz ~ 54MHz	54MHz ~ 864MHz	864MHz ~ 2MHz
인터넷 부가 서비스 DTV 대역외 상향채널	보호 대역	아날로그 방송 디지털방송(DTV) 인터넷 및 부가서비스 (케이블모뎀,전화,VOD등) DTV 대역외 하향 채널등	확장대역 가능

<자료> : KIDDI. 정보통신정책 ISSUE. 2003. 8

## ○ 국내 케이블 방송국 주파수 사용 실례 (CJ 케이블넷, 2005년)

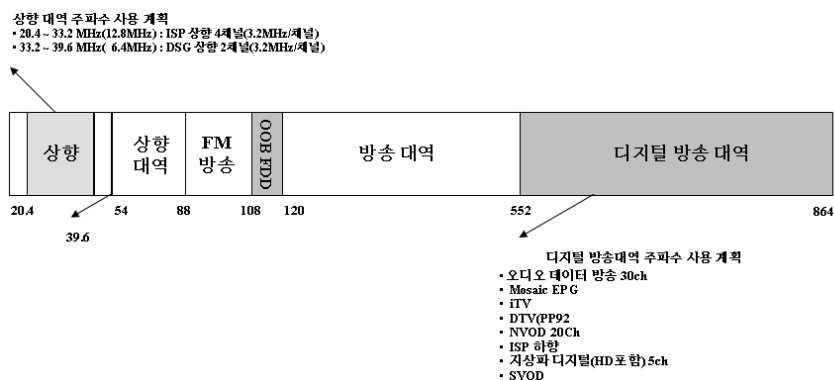


그림 1-26 국내 케이블 방송국 주파수 사용 실례

현재 케이블 사업자는 현재의 서비스를 제공하기 위하여 하향 총 54~ 864MHZ 대역폭 전체를 사용하고 있다. 이는 552MHZ 까지 기존의 Analog 방송(음악방송 포함)을 사용하고 있고 552MHZ 에서 864MHZ 까지는 위 그림 1-26(CJ 케이블넷의 경우)에서 제시된 바와 같이 소요된다.

표 1-11 552-864MHZ 대역 사용례(CJ 케이블넷)

서비스	소요대역 (MHZ)	비고
디지털음악방송	6	30Ch
Mosaic channel	12	6MHZ * 2
데이터방송(iTV)	32	
DTV	162	108Ch(PP92Ch, 지상파 5 Ch, 위성 8Ch, 지역3Ch) 4Ch당 6MHZ 소요
NVOD	30	20Ch
ISP 하향	18	6MHZ * 3
지상파 디지털 (HD급 포함) 5ch	30	6MHZ * 5
SVOD	30	6MHZ * 5

현재 디지털 방송으로 전환되는 관도기에 있으며 아날로그 방송 가입자의 수신권을 보호하기 위하여 방송위원회에서는 디지털방송이 되고 있는 SO 에 대해서도 아날로그 방송 중단을 허용하고 있지 않으므로, 특별한 법적 조치가 없는 한 아날로그 방송을 계속적으로 서비스해야 한다. 아날로그 방송이 2010 년에 중단되거나 방송위원회의 입장 변경이 생겨, 아날로그 채널을 회수할 시점에는 HDTV로 방송채널 수가 확대 전송하게 되거나 VOD 서비스 및 기가급 케이블모뎀 등과 같은 광대역 서비스의 확장이 예상된다. HFC망의 주파수 대역 및 특징은 무선통신망과 유사하다.

- 주파수 사용대역의 구분 : 상/하향 대역(물리적), 각 대역에서의 채널(논리적)
  - 상향대역 : 가입자 → 분배센터  
(모뎀표준방식에 따라 다양하게 채널구분)
  - 하향대역 : 분배센터 → 가입자  
(방송채널에 따라 6MHZ 단위 채널구분)
  
- 상 하향대역 비대칭성
  - 방송망으로 출발하여 하향대역 강점
  - 통신 속도 향상을 위해서는 상향 주파수 대역의 확대 필요  
(차선 확보 개념)

공유구조의 망이므로 통신장치에서 MAC protocol 필요하고 아날로그 신호 전송에 따른 신호의 분배 결합이 쉬움

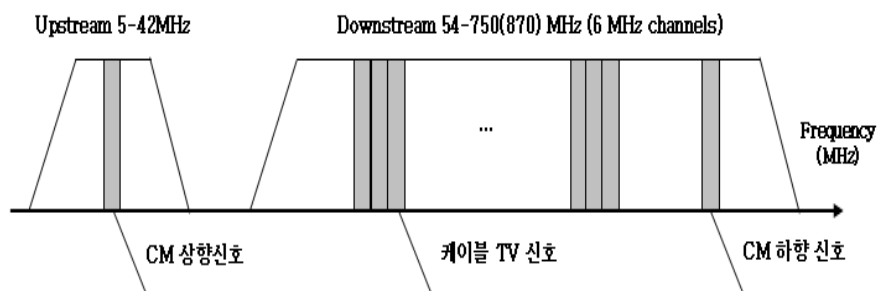


그림 1-27 CATV 주파수 대역(Frequency Spectrum)

마. HFC망의 대역폭 사용 현황

(1) 상향 대역폭 소요

현재 5~42MHz를 상향대역으로 사용하고 있다. 5-20MHz까지의 대역은 상향 잡음 유입이 많아서, 서비스 사용에 어려움이 있다. 실제로 케이블 사업자가 사용할 수 있는 상향 대역은 22MHz 수준이고 현재 및 향후 케이블방송 사업자가 사용할 서비스 별 요소 대역폭 내역은 다음 표1-12와 같다.

표 1-12 향후 상향 대역폭 소요 명세

서비스	소요대역 (MHz)	비고
DOCSIS	12.8	3.2MHz * 4
초기 데이터 방송 서비스(VOD포함)	3.2	
고급 데이터 방송 서비스	3	
VoIP 전화 서비스	2	Cell당 500가입자 수준으로 최번시 10% 가입자가 사용 하며, 가입자당 30kbps 사용 가정
DOCSIS	18	상향 100Mbps 기준
기가급 케이블모뎀 기반 인터넷 서비스	18	상향 100Mbps 기준
MMoIP 서비스 : MHz	6	Cell당 500가입자 수준으로 최번시 10% 가입자가 사용 하며, 가입자당 30kbps 사용 가정
Home Network Center Server	6	상향 30Mbps 기준
Wireless Internet Service	6	지상파 DMB, Wireless LAN 등의 crossover Service
총 계	75	

상향대역의 협소와 아날로그 컨버터를 통한 아날로그 방송과 디지털 셋톱박스를 통한 디지털 방송을 동시에 제공하여야 함에 따라 하향 대역도 거의 소진된 상태이다.

VOD 등과 같은 추가 서비스의 확대 등에 문제가 될 소지가 있다. 현재 상향 대역폭 5~42MHz를 사용 중임. 그러나 앞으로 사용을 위해 대역폭을 5~95MHz 수준으로 확대하여야 하나, 기가급 케이블 모뎀 기반 인터넷 서비스가 DOCSIS 1.0/1.1 혹은 3.0 서비스에 필요한 대역폭을 교체한 것으로 판단되므로, 국제적 HFC 주파수 기준인 Mid-Split 방식을 채용했을 때, 5-85MHz 수준으로 확대해야 할 것으로 예상된다.

(2) 하향 대역폭 소요 전망

향후 아날로그 방송이 폐지되고 디지털 방송으로 전환될 것으로 보이나, 아날로그 가입자의 수신권을 보호하기 위하여 현재 방송 위원회에 서는 아날로그 방송 중단을 허용하고 있지 않으므로, 아날로그 방송이 법적으로 폐지되기 전까지는 계속적으로 서비스해야 할 것으로 전망되고 향후 HDTV로 전 채널을 전송하더라도 HD 단말기를 보유하지 않은 시청자를 위하여 계속적으로 SD급으로 동일한 채널을 별도로 동시에 전송해야 한다. 그러므로 현재의 864MHz에 추가로 소요될 640MHz를 합산하면 1.54GHz 정도가 소요된다. 국제적으로 추진하고 있는 HFC 망의 사용대역 확장이 1.5GHz 정도이므로 이와 같은 수준으로 국내에서도 추진할 필요가 있다.

표 1-13 향후 상향 대역폭 소요 명세

서비스	소요대역 (MHz)	비고
전체 채널의 HDTV 서비스	324	108 Ch/2(6MHz당 2개의 HDTV) * 6MHz
HD VOD	60	20 Stream 기준
DOCSIS 3.0급 인터넷 서비스	30	하향 100Mbps 기준
기가급케이블모뎀 기반 인터넷 서비스	150	6MHz 당 40Mbps 기준이면 1Gbps 기준
VoIP 전화	1	최번시 50명 동시 사용기준 사용자당 30Kbps 소요기준
고급 데이터 방송 서비스	32	
MMoIP 서비스	1	Cell 당 500가입자 기준으로 최번시 10% 가입자가 사용하며, 가입자당 384Kbps 사용가정
Home Network 서비스	18	100Mbps 기준
Wireless 서비스 제공	24	Wireless LAN, 지상파 DMB 중계등
총계	640	



향후 케이블 사업자가 아인 통신사업자 등이 동시에 HFC 망을 사용 하여야 할 경우, 이보다 넓은 대역폭이 필요한 것으로 추가된다.

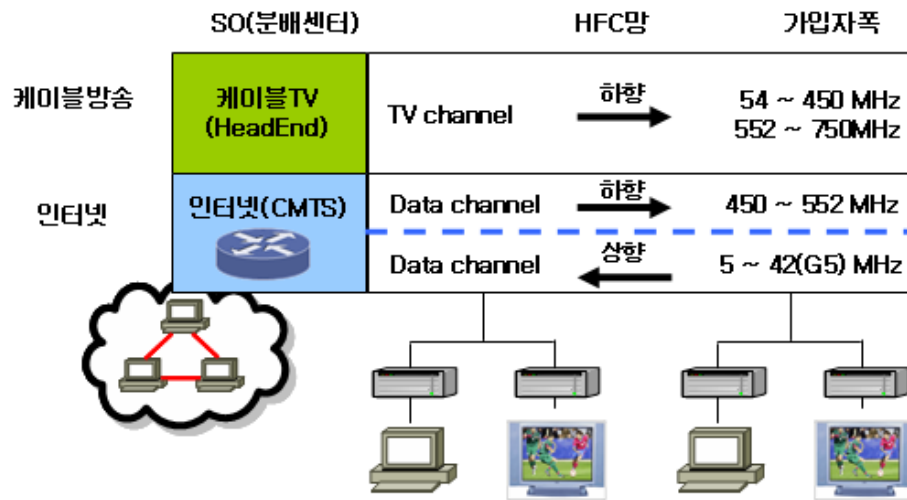


그림 1-28 HFC 망의 상하향 주파수 경로

### 제 3 절 D-CATV의 영상품질 평가 및 기술 기준

#### 1. Open Cable의 개요

OPEN CABLE은 미국 내의 케이블방송관련 업체에서 관련연구 단체로 케이블 랩스사(Cable Labs)라는 사립 연구단체가 주도한 프로젝트로, 1999년 하반기부터 수행된 미국의 디지털 케이블 TV시스템 표준방식을 정하기 위한 작업이었다. 이러한 기반을 바탕으로 이루어진 Open Cable System스펙은 디지털케이블 TV시스템에서의 송출 HOST와 상호동작이 가능한 차세대 수신 장치를 개발하기 위한 것으로 미국의 디지털 케이블 TV시스템을 위한 표준방식 등을 결정하는데 그 기준이 되었다. Open Cable은 로열티 프리이며 이는 디지털유선방송의 발전을 위한 것이었고 케이블 방송장비 업계에서 생산되는 제품에 대한 상호호환성을 극대화 시키는 데 그 목적을 두었다 하겠다. 케이블 랩스사는

오픈 케이블 인증시험을 완료하고 인증을 통과한 제품에 한하여 Open Cable™ 로고를 부착하도록 하고 있으며, 관련 스펙에 대한 업데이트는 상호운용 성 시험을 통해 이를 검증하는 역할을 하고 있다.

오픈케이블의 특징으로는 ①방송서비스 및 실시간 양방향 서비스가 가능하기 위한 통합 환경이 제공되어야 하고, ②암호화 시스템의 유연한 특성을 위해 핵심 암호화를 정의 할 수 있어야 한다. ③또한 Multiple System Operator가 제공하는 서비스에 대한 정보를 호스트에게 알릴 수 있어야 하며 ④현존하는 운영 장비 및 새로이 설치될 장비는 가입자 지원 시스템과의 호환성에 문제가 없어야 한다. 따라서 이러한 특징을 규정짓는 스펙의 핵심기능 중에는 다음과 같은 사항이 있다. (참고 : 그림 1-29. Open Cable 구성요소) ①호스트 장치 핵심기능 (Host Device Core Functional Requirements), ②OCAP 스펙(Open Cable Application Platform Specification), ③오픈케이블 공통 다운로드 스펙(Open Cable Common Download Specification), ④ 케이블 네트워크 인터페이스(Cable Network Interface), ⑤POD - 복제방지시스템 (Point of Deployment/Copy Protection), ⑥호스트 - POD 인터페이스 (Host - POD Interface)로 구성된다. 또한 셋탑박스는 POD모듈이 분리된 제품을 생산하도록 규정하고 가입자가 직접 구입하는 방법을 채택하여 시장에 공급하도록 하였다.

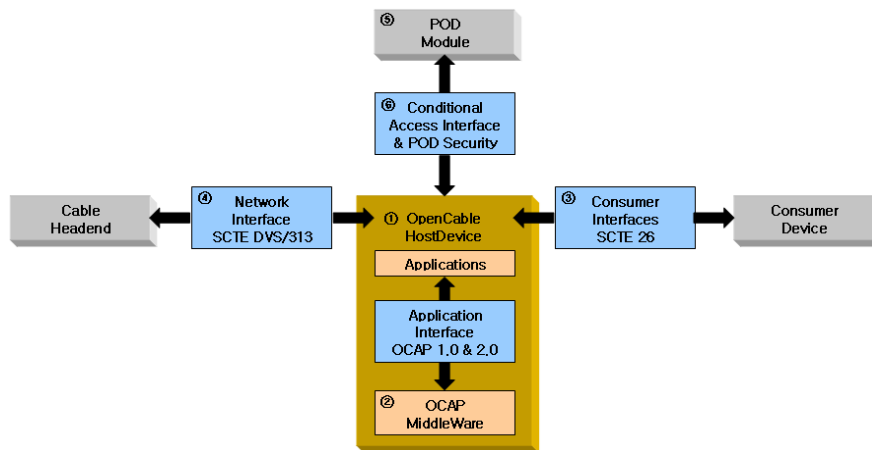


그림 1-29 Open Cable 구성요소

## 2. OCAP의 개요 및 스펙

OCAP은 디지털 케이블TV에서의 양방향 서비스를 위한 어플리케이션 제작기반이 되는 표준 : DVB-MMHP(Multi Media Home Platform)1.0.1. 스펙을 근간으로 하여 미국케이블 방식에서 요구되는 사항들을 보장하는 형식으로 개발되었다. OCAP은 단말장치 혹은 수신기의 오퍼레이팅 시스템의 최상위에 위치하는 미들웨어 계층을 정의하며 공급되는 어플리케이션간의 인터페이스를 제공하게 된다. 이러한 어플리케이션 들은 재 구성없이 하드웨어 플랫폼에 무관하게 동작되도록 요구되는데 쌍방향 어플리케이션의 종류로는 EPG(Electronic Program Guide), VOD(Video On Demand) Web Browser, PPV(Pay Per View), 등 양방향 구현을 기본으로 하는 서비스 등이 있다. OCAP1.0 스펙은 이러한 어플리케이션을 구현하기 위한 기술적 내용을 정의하고 있으며 1999년 9월 RFP(Request For Proposal) 에 의해 개발이 시작되어, 1999년 10월 16개 벤더들에 의하여 기본적인 아키텍처가 제안되었다.

이 구조는 실행엔진(EE : Execution Engine)과 표현엔진(PE : Presentation Engine)으로 구성되어 있으며 2000년 1월부터 본격적으로 스펙개발이 시작되어 2002년 1월 OCAP 2.0에 대한 RFP가 제안되었고 이후 더욱 향상된 Host Device 위해 MHP1.1을 기반으로 하는 플랫폼의 요구로 ACAP (Advanced Cable Application Platform)를 포함한 진보된 플랫폼에 대해 상호 통합운용이 가능할 수 있을 것 등의 내용 등이 제안되어 개발되어가고 있다.

표 1-14 오픈케이블 주요 스펙사항

전송방식	대역내		64QAM	54~864MHz	6MHz/ch	27Mbps
			256QAM	54~864MHz	6MHz/ch	39Mbps
	대역외	하향	QPSK	70~130MHz	1.0/1.8/ 2.0MHz	1.544/2.048/ 3.088 Mbps
		상향	QPSK	5~42 MHz	192KHz 1.0/2.0MHz	256 Kbps/1.544Mbps /3.088 Mbps
다중화방식			MPEG - 2 Transport Stream			
대역외 채널 전송구조	하향	ATM Cell Type (SCTEDVS 167rev.2) or				
	신호	MPEG - 2TS Packet Type (SCTEDVS 178 rev.3)				
	상향	ATM AAL5(ATM Adaptation Layer5) - With IP Packet				
	신호	ATM - Cell Type				

비디오 압축방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SD TYPE : Decoding in Set - top Box</li> <li>• HD TYPE : Through the IEEE1394 is transmitted with the HDTV.</li> </ul>
오디오 압축 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dolby AC-3</li> </ul>
POD Interface	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hard were : PCMCIA CARD TYPE (NRSSB)</li> <li>• NRSS : ( National Renewable Security Standard)</li> </ul>
복제방지 (Copy Protection)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analog Program : MACRO VISION</li> <li>• Digital Protocol : POD Interface applies OpenCable Protection System. (POD : Point of Deployment)</li> <li>• IEEE 1394 Copy protection</li> </ul>
기타 서비스	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Closed Caption / Rating / Emergency Alert</li> </ul>

<출처> : 최규태, 박승권 : “디지털 유선방송 표준과 방송통신융합”

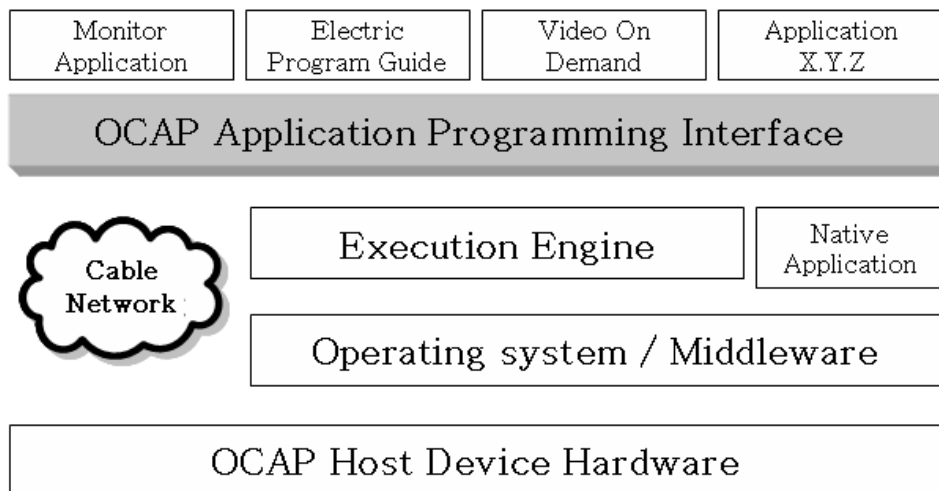


그림 1-30 OCAP 1.0 소프트웨어아키텍처

<출처> : 그림 1-30 OpenCable : CableLabs "OpenCable Status in the USA" ;  
Dr. Joe Weber [The 2002 Seoul International OpenCable Workshop]

### 3. 디지털 유선방송 송수신 정합표준

#### (Standard for Digital CATV Transmitter/ Receiver Interface)

##### 가. 케이블 네트워크 정합(Cable Network Interface)

###### (1) 주파수 계획

현재 우리나라의 종합유선방송(이하 “유선방송”)에 할당되어진 주파수대역은 규정에 의해 5~864MHz 의 주파수를 사용한다. 이중 상향 신호 대역 5.75MHz~41.75MHz은 케이블모뎀을 사용해 인터넷을 서비스 받는 가입자 측으로부터 올라오는 신호 주파수로 통상 약 3MHz의 대역을 사용하고 있고 가입자 수에 따라 대역폭을 자체적으로 할당하여 사용하고 있다. 이 주파수대역을 특별히 “대역외 상향채널”이라 하여 (Out-of-Band) 가입자 단말 장치에서 주 전송장치로 정보를 전송하는 채널주파수를 말한다. 이에 대하여 대역 외 하향채널은 70MHz~130MHz대역으로 주 전송장치에서 가입자 단말로 전달되는 제어정보, 접근정보, 응용코드 다운로드 및 프로그램정보 등을 전송하는 대역으로 사용 되도록 되어있다. 실질적인 디지털 영상과 음성 및 디지털 멀티미디어서비스, 정보서비스 등의 다양한 정보를 전달하는 채널의 대역은 In-Band라 하여 54~864MHz를 사용하도록 되어 있으며 ISO/IEC 13818-1(MPEG-2) 으로 규정된 Transport Stream 형식으로 전송해야만 한다. 이 대역은 기존의 아날로그 방송신호도 병행 사용할 수 있다. 표 1-15는 우리나라의 “유선방송국 설비 등에 관한 기술기준” (이하“기술기준”)으로 되어 있는 케이블방송에 대한 주파수 할당표로 이중 88~108MHz는 라디오의 FM방송과 같은 대역으로 음악방송용으로도 사용할 수 있다.

표 1-15 디지털 케이블 네트워크 주파수 대역

채널	주파수 대역
FAT , NTSC 아날로그채널	54 ~ 864 MHz
대역외 하향채널	70 ~ 130 MHz
대역외 상향채널	5 ~ 42 MHz
의무 재전송용 지상파 디지털 채널	54 ~ 864 MHz

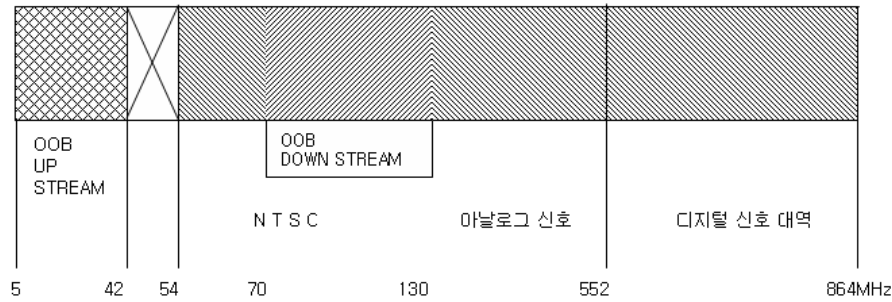


그림 1-31 디지털 케이블 TV 주파수표

## (2) 대역 외 하향채널과 상향채널

대역 외 하향채널 및 상향 채널은 기술기준 제38조 1항 및 2항을 따른다. 대역외 하향채널의 변조방식은 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying - 위상편이 변조)로 하여야 하며 채널전송에 대한 프로토콜 구조는 ATM Cell 구조 또는 MPEG-2 전송 스트림 패킷 구조로 전송하여야 한다. 대역 외 하향 채널의 전송 속도는 1.544/ 2.048 또는 3.088Mbps로 전송하여야 하고 또 변조된 신호의 전송주파수 대역은 채널당 1.0/1.8/2.0MHz로 전송한다.

단, 대역외 하향채널로 DOCSIS가 사용되는 경우(변조 및 전송조건, 전송속도, 전송구조, 오류정정 및 프로토콜 구조 등)는 SP-DSG-I01-020228의 규격을 따라야 한다. 대역외 상향 채널은 5~42MHz 대역의 상향 대역을 지원하는 Network에서 사용 할 수 있는데 하향채널과 마찬가지로 변조방식은 QPSK로 전송속도는 1.544/3.088Mbps 또는 256Kbps로 하고 채널전송에 대한 프로토콜 구조는 IP패킷에 실린 정보를 ATM AAL5로 캡슐화 하여 ATM cell 구조로 전송하여야 한다. 변조된 신호의 주파수 대역폭은 1.0/2.0 MHz 또는 192KHz한다. 마찬가지로 대역외 상향채널로 DOCSIS가 사용되는 경우(변조 및 전송조건, 전송속도, 전송구조, 오류정정 및 프로토콜 구조 등)는 SP-DSG-I01-020228의 규격을 따른다.

## (3) 하향 전송 특성

하향 채널에 대한 전송은 아날로그 및 FAT(Forward Application

Transport) 채널대역외 하향 채널에 대한 특성을 규정하는 것으로 다음 표 1-16과 같은 RF전송특성을 따라야 한다. 이러한 특성을 시스템에서 FAT 채널과 대역 외 하향채널을 진단 할 때에는 가입자 단말기와 연결되는 케이블 단자에서 실시하고, 아날로그에 대한 측정은 헤드엔드와 전송선로의 구분이 되는 분계점에서 실시한다. 단, 이러한 규정은 대역 외 하향채널로 DOCSIS가 사용되는 경우 SP-DSG-I01-020228의 규격을 따른다.

표 1-16 아날로그 및 FAT 채널 : RF 전송특성 (주파수대역 : 54~864MHz)

순번	측정항목	기준값
1	RF 채널간격	6MHz
2	RF 주파수 범위	54 ~ 864 MHz IRC/HRC/표준채널계획적용
3	헤드엔드에서 최장거리 가입자까지의 전송지연	0.800msec 이하
4	6MHz대역 내 C/N Ratio C/(N+1) C/N (아날로그 채널) C/N (지상파 디지털 재전송)	64QAM에서 27dB이상 256QAM에서 33dB이상 AM-VSB 아날로그 : 40dB이상 * 지상파 디지털 송수신 정합표준에 따름
5	CTB	아날로그 인밴드 캐리어에 대해 -55dBc 이하
6	CSO	아날로그 인밴드 캐리어에 대해 -60dBc 이하
7	C/I(Carrier to Ingress)	-53dBc 이하
8	AM HUM 변조	p-p 3%이하
9	Group Delay Variation	6MHz에서 0.25 $\mu$ s/MHz 이하
10	Phase 잡음	$\leq -88\text{dB/Hz @ } 10\text{kHz offset}$ (QAM 신호 스펙트럼 중심주파수 기준)
11	6MHz 채널에서 최대진폭변동 Digital 채널 Analog 채널 지상파 디지털 채널	$\leq 5\text{dB p-p}$ $\leq 3\text{dB p-p}$ * 지상파 디지털 송수신 정합표준을 따름
12	주요 echo에 대한 Micro reflection bound	- 10 dB at $\leq 0.5\mu\text{s}$ - 15 dB at $\leq 1.0\mu\text{s}$ - 20 dB at $\leq 1.5\mu\text{s}$ - 30 dB at $\leq 4.5\mu\text{s}$
13	Burst Noise	25 $\mu\text{s}$ 이하 at 10Hz repetition rate
14	가입자 단말기 입력단에서 Carrier Level	64QAM : -15~+15 dBmV 256QAM : -12~+15 dBmV Analog Visual Carrier: 65 ~ 85 dB $\mu$ V Analog Aural Carrier: -16 $\pm$ 2dB(제1반송파), -23 $\pm$ dB(제2반송파) 지상파 디지털 : 지상파 디지털 송수신정합 표준에 따른다.

<출처> : \* SCTE 40 2003(formerly DVS 313) - Digital Cable Network Interface Standard)

\* 디지털 유선방송 송수신 정합표준 2.1.4d

표 1-17 대역외 하향 채널 : RF 전송특성

순번	측정항목	기준값
1	전송속도	* 1.544/3.088Mbps-SCTE DVS/167(rev.2) * 2.048Mbps-SCTE DVS/178(rev.3)
2	RF 주파수 간격	* 1.0/2.0 MHz-SCTE DVS/167(rev.2) * 1.8MHz-SCTE DVS/178(rev.3)
3	RF 주파수 범위	* 70~130MHz
4	기준 Carrier 주파수	주파수 범위에서 250kHz의 정수배 (단, 104.200MHz 고정주파수 포함가능)
5	단말기 입력단 최소 Carrier Level	-15dBmV RMS
6	단말기 입력단 최대 Carrier Level	+15dBmV RMS
7	Nyquist bandwidth에서 $C/(N+1)$	20dB 이상
8	채널에서 group delay flatness Nyquist bandwidth에서 측정	최대 200 ns

<출처> : \* SCTE 40 2003(formerly DVS 313) -Digital Cable Network Interface Standard

\* 디지털 유선방송 송수신 정합표준-2.1.4d

RF신호레벨은 기술기준의 전송선로 질적 수준 규정에 따라 아날로그 영상반송파 신호레벨은 인접 영상반송파 레벨과  $\pm 3\text{dB}$  이내로 유지되어야 한다. 또한 아날로그 및 디지털 신호에 대한 상대적인 반송파 전력 기준레벨은 아날로그 채널을 기준(0dBc 기준레벨)으로 256QAM의 경우  $-5 \pm 2\text{dBc}$ , 64QAM의 경우  $-10 \pm 2\text{dBc}$ , QPSK 대역외 하향채널은  $-8 \pm 5\text{dBc}$ 의 규정에 따라야 한다. 또한 디지털 신호의 평균 신호 전력은 그 기준레벨의  $\pm 6\text{dB}$ 이내를 유지 하여야 한다. 디지털 신호의 반송파



전력 기준은 디지털 신호에 대한 절대 전력 레벨 범위이내의 값 이어야 한다. 디지털 신호의 반송파 전력 기준레벨은 디지털 신호에 대한 절대 전력 레벨 범위 이내의 값이어야 한다. 아날로그 신호 전력은 Peak Envelope Power(PEP)로 측정되며 horizontal sync interval 동안 측정된 반송파 전력의 측정값이어야 한다. 디지털 신호에 대한 전력은 평균 신호 전력으로 측정된다. 인접채널에 대한 특성으로는 다음 표 1-18를 따라야 한다.

표 1-18 인접채널 특성

순번	해당채널 변조방식	인접채널변조방식(U)	최악의 경우 D/U RATIO
1	아날로그 NTSC	64QAM	-1 db
2	아날로그 NTSC	256QAM	-6 db
3	아날로그 NTSC	QPSK 대역외 하향채널	-6 db
4	64QAM	아날로그 NTSC	-21 db
5	64QAM	256QAM	-21 db
6	64QAM	QPSK 대역외 하향채널	-21 db
7	256QAM	아날로그 NTSC	-16 db
8	256QAM	64QAM	-11 db
9	256QAM	QPSK 대역외 하향채널	-16 db
10	QPSK 대역외 하향채널	아날로그 NTSC	-22 db
11	QPSK 대역외 하향채널	64QAM	-17 db
12	QPSK 대역외 하향채널	256QAM	-22 db

<출처> : 디지털유선방송 송수신 정합표준 2.1.4.1.2a

#### (4) 상향 전송 특성

상향 신호의(대역외 상향채널) RF전송특성은 표 1-19와 같으며, DOCSIS가 사용되는 경우 SP-DSG-I01-020228 규격을 따라야 한다.

표 1-19 대역외 상향 채널 : RF전송특성

순번	측정 항목	기 준 값
1	전송속도	1.544/3.088Mbps, SCTE DVS/167(rev.2) 256kbps, SCTE DVD/178(rev.3)
2	RF 주파수 간격	1.0/2.0MHz, SCTE DVS/167(rev.2) 192KHz, SCTE DVS/178(rev.3)
3	RF 주파수 범위	5~42MHz
4	반송파 주파수	SCTE DVS/167(rev.2):3항 주파수 범위에서 250KHz의 정수배 SCTE DVS/178(rev.3):8.096~40.160MHz의 주파수 범위중 192KHz의 정수배

출처 : 디지털유선방송수신정합표준 2.1.5a

## 나. 전송계층의 특성

### (1) FAT 채널

이 계층에서 정의된 프로토콜과 메시지는 디지털 오디오-영상 서비스, 디지털 멀티미디어 서비스 그리고 정보 서비스를 포함하는 다양한 디지털 서비스를 전송하기 위해 사용된다. MPEG 기반의 서비스 프로토콜 스택은 다음 그림과 같다. MPEG-2 비디오, AC-3 오디오, 시스템 테이블 및 다른 시스템 정보에 더하여, 다른 서비스 및 정보를 전송하기 위해 MPEG-2 트랜스포트 패킷이 사용될 수 있다. MPEG-2 전송계층은 향후 새로운 보조 서비스가 기본 서비스에 추가될 수 있도록 해준다.

Video, Audio ES	System Tables and other System Information
MPEG-2 PES	MPEG-2 PSI and MPEG-2 Private Sections carrying other System Information
MPEG-2 TS	
FAT Channel Physical Layer	

그림 1-32 FAT 채널 전송계층 프로토콜

FAT 채널의 전송 계층 프로토콜은 ISO/IEC 13818-1: MPEG-2 Systems에서 정의된 MPEG-2 TS 프로토콜이 사용되어야 한다. 디지털 다중화 및 전송 시스템은 SCTE-DVS241 rev.1) 규격을 따른다. 다중 프로그램 스트림은 PSI(Program Specific Information) 스트림을 포함한다.

## (2) 대역 외 하향 채널

대역의 하향채널은 메시지, 어플리케이션 코드 다운로드 그리고 전자 프로그램 안내 정보를 제어 및 액세스하기 위해 사용될 수 있다. 가능하다면 다른 데이터 서비스들도 이 채널을 통해 전송될 수 있을 것이다. 대역 외 통신은 아날로그 또는 디지털 채널의 튜닝에 관계없이 항상 가입자 단말기와 유효하다. On-demand 어플리케이션에 대해, 대역 외 하향채널은 가입자 단말기와 미디어 서버 간의 신호 흐름 제어 및 시그널링을 하기 위해 사용된다. 대역 외 하향 채널은 SCTE DVS/167(rev.2) 또는 SCTE DVS/178(rev.3)에 정의된 규격을 따라야 한다. 또한, 대역 외 하향채널로 DOCSIS가 사용되는 경우는 SP-DSG-I01-020228 규격을 따라야 한다. SCTE DVS/167(rev.2) 규격을 따를 경우, 대역 외 하향 채널은 MPEG2 TS 패킷 구조를 이용하여야 한다. DOCSIS가 사용되는 경우, 대역외 하향 채널의 전송구조는 OpenCable DOCSIS의 (SP-DSG-I01-020228) 규격을 따라야 한다.

## (3) 대역 외 상향채널

대역외 상향 채널은 수신 단말장치에서 헤드엔드 장치로 모든 트래픽을 전송하는 대역이며 SCTE DVS/167(rev.2) 또는 SCTE DVS/178(rev.3)에 정의된 규격을 따라야 한다. 단, 대역 외 상향 채널로 DOCSIS가 사용되는 경우는 SP-DSG-I01-020228 규격을 따른다. 상향 채널은 IP 패킷에 실린 정보를 ATM AAL5로 캡슐화 하여 ATM cell 구조로 전송한다.

다. 서비스 및 관련 프로토콜 스택

이 절에서는 서비스 채널과 로직 정합 그리고 어플리케이션간의 스택을 정의한다. 다음 그림 1-33은 스크램블 된 프로그래밍에 대한 서비스 채널과 스크램블 되지 않는 서비스 채널에 대한 로직 정합 및 어플리케이션에 대해 그림 1-34에서 상호관계를 보여 주고 있다.

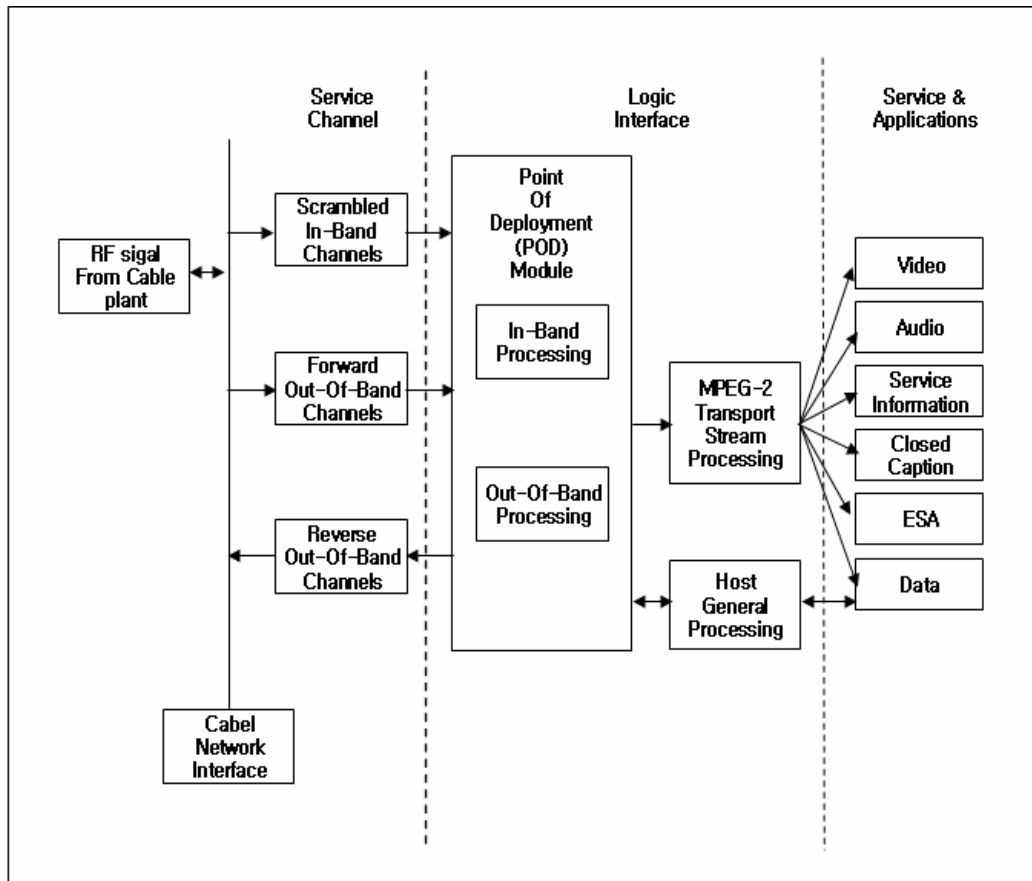


그림 1-33 스크램블된 프로그래밍에 대한 상호 관계

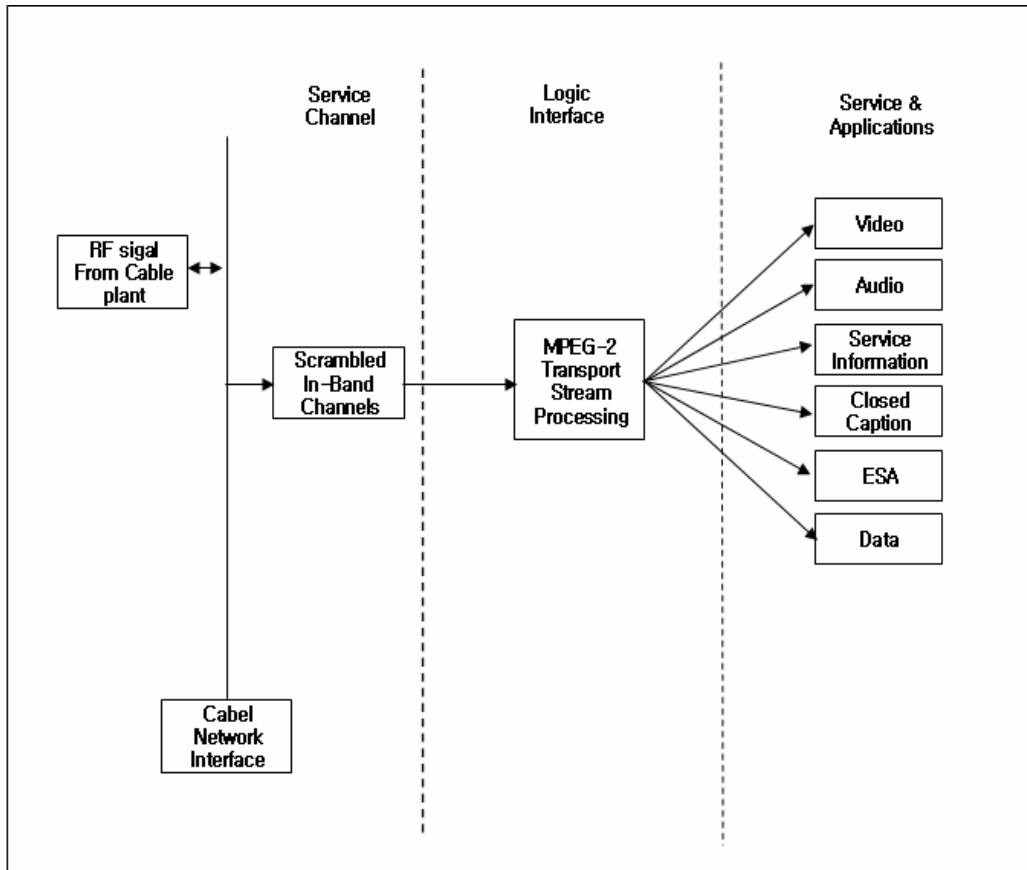


그림 1-34 스크램블 되지 않은 프로그래밍에 대한 상호 관계

#### (1) 오디오 / 비디오 서비스

오디오/비디오 서비스는 아날로그 채널과 FAT 채널을 통해 제공 된다. 이 서비스들은 아날로그 및 디지털 방송, Impulse Pay-Per-View (IPPV) 서비스, premium, tiered, 그리고 기본 비디오 서비스를 포함한다. 아날로그 비디오와 오디오 서비스는 스크램블된 서비스 및 스크램블 되지 않는 서비스 둘 다를 포함된다. 아날로그 비디오와 오디오 서비스에 더하여 데이터가 전송될 경우, NTSC VBI(Vertical Blanking Interval) 라인에 포함된다. 디지털 오디오/비디오 서비스는 MPEG-2 비디오와 AC-3 오디오 (ATSC A/52 as constrained per Annex B of ATSC A/53), 방송정보 그리고 시스템 정보를 제공할 수 있어야 한다. 디지털 오디오/비디오 서비스에서 영상신호는 SCTE DVS/258(rev.3)

규격을 따라야 하며, 디지털 오디오/비디오 서비스에서 오디오가 존재한다면, 적어도 하나의 Complete Main 오디오 서비스가 존재해야 한다. 디지털 오디오/비디오 서비스에서 오디오 신호는 ATSC A/53 Annex B의 제한 사항을 가지는 ATSC A/52 규격을 따른다. 아날로그와 디지털 오디오/비디오 서비스에 대한 프로토콜 스택은 다음 그림과 같다

Video	VBI Data	Audio	Video	VBI Data	Audio
Composite Video Baseband Signal		Audio Baseband Signal	PES packet		
			Conditional Access		
NTSC Baseband			MPEG-2 TS		
			64/256 QAM Baseband Signal		
NTSC/AM-VSB IF			64/256 QAM/IF		
6-MHz RF Signal (EIA/CEA-542-A)					

그림 1-35 오디오/비디오 서비스에 대한 프로토콜 스택

## (2) 데이터 서비스

데이터 서비스와 관련된 규격은 “디지털유선방송데이터방송잠정표준(안)□□을 따라야 하나 본란에서는 레이아웃과 정보전송에 필요한 사항만 열거하였다. 또한, 잠정표준안이란 아직 국제규격이 완성되지 않은 상태이어서 추후 개정 및 확정될 때 까지는 이 잠정표준안에 따라 시행하는 것으로 되어있다. 대역내 서비스/시스템 정보전송을 위한 프로토콜 스택은 그림 1-36과 같고 대역 내 서비스/시스템 정보(PSIP : Program and System Information Protocol)의 전송은 스크램블 되지 않은 무료 채널에 대한 서비스를 위해 제공되며, 시스템 및 서비스 정보가 TS(Transport Stream)내에 존재할 때는 스크램블된 서비스 및 스크램블 되지 않는 서비스 둘 다를 설명할 수 있다. 즉, 하나이상의 스크

램블 되지 않은 프로그램을 전송하는 모든 TS들은 SCTE DVS/241(rev.1)의 5.5절의 규약에 따라 프로그램들에 대한 시스템 및 서비스 정보를 포함하고, 대역 내 시스템 및 서비스 정보는 ATSC A/65A 또는 SCTE DVS/097(rev.7)에 정의된 포맷을 따라야 한다. VCT(Virtual Channel Table) 내의 Major/minor 채널 번호의 부호화는 SCTE DVS/234(rev.2)의 Table 5.27을 따라야 하며, One-part 채널 번호도 사용될 수 있어야 한다. 모든 트랜스포트 스트림 들은 PAT(Program Association Table)와 하나 이상의 PMT(Program Map Table)를 포함하여야 하고, 트랜스포트 스트림 내에 전송되는 각 프로그램들은 자신의 유일한 PMT 내에 기술되어야 한다. 각 PMT는 AC-3 Audio Descriptor(ATSC A/52에 정의됨)/Caption Service Descriptor(ATSC A/65A에 정의됨)/Content Advisory Descriptor(ATSC A/65A(PSIP) 및 EIA/CEA-766-A에 정의됨)의 서술자(Descriptor)를 포함하여야 한다.

STT	MGT	VCT	RRT	EIT	ETT
SL_base_PID				EIT_PID	ETT_PID
MPEG-2 TS					

그림 1-36 대역내 시스템 정보의 레이아웃

또한 제한 수신 서비스를 하기 위해 스크램블된 프로그램을 전송하는 대역내 MPEG-2 TS내에 자격 제어 메시지(ECM: Entitlement Control Message)가 전송된다. FAT 채널에서는 MPEG-2 트랜스포트 스트림 내에 전송되는 스크램블된 각 프로그램에 대해 PMT(Program Map Table)에 의해 규정된 메시지인 PID내에 일련의 자격제어 메시지(ECM: Entitlement Control Message)들이 동시에 전송되어야 한다. 자격 제어 메시지들을 FAT 채널을 통해 MPEG-2 트랜스포트 스트림 내에 전송되어야 하며 POD 모듈에서 처리할 수 있도록 만들어져야 한다.

ECMs
Mpeg-2 Private section
MPEG-2 TS
FAT channel physical layer

그림 1-37 대역내 자격 제어 메시지의 프로토콜 스택

대역외의 서비스/시스템 정보(SI)는 가입자 단말기에서 서비스의 선택과 네비게이션을 지원하기 위해 대역 외 하향채널을 통해 전송된다. 전송된 대역 외 서비스/시스템(SI)는 제한수신모듈 (POD : Point of Deployment)에서 필터링 하여 Host-POD정합의 확장채널(Extended Channel)을 통해 MPEG\_section 포맷으로 하여 Host에 제공하게 된다.

ANSI/SCTE 55-2 2002 SCTE DVS/167(rev.2)	ANSI/SCTE 55-1 2002 SCTE DVS/178(rev.3)
OOB-SI SCTE DVS/234(rev.2)	OOB-SI SCTE DVS/234(rev.2)
MPEG-2 private section	MPEG-2 private section
AAL5	
ATM cell Format	MPEG-2 TS
SCTE DVS/167(rev.2) PHY	SCTE DVS/178(rev.3) PHY

그림 1-38 대역외 서비스/시스템 정보의 프로토콜 스택

케이블 시스템에 하나 이상의 스크램블된 서비스를 제공할 때에는, 모든 서비스(스크램블된 서비스 및 스크램블 되지 않은 서비스)에 대해 시스템 및 서비스 정보가 대역 외 하향 채널을 통해 전송되어야 하고, 서비스/시스템정보의 포맷은 SCTE DVS/234(rev.2) 규정에 따라야 한다. 또한 대역외 서비스/시스템 정보는 SCTE DVS/178(rev.3)에 정의된



MPEG-TS 패킷 또는 SCTE DVS167(rev2.)에서 정의한 IP/AAL5 패킷에 Mapping 되는 MPEG-2 private sections 내에 전송되어야 한다. 이 정보는 SCTE DVS/234(rev.2)에 규정된 하나 또는 이상의 프로파일에 따라 제공된다. 여기서 서비스 정보(SI)와 프로그램 및 시스템 정보(PSIP)가 동시에 제공되는 경우 서비스 정보가 우선 한다.

ANSI/SCTE 55-2 2002v = SCTE DVS/167(REV.2)	ANSI/SCTE 55-1 2002 = SCTE DVS/178(REV.3)
EMM message	EMM message
MPEG-2 private section	MPEG-2 private section
AAL5	EMM PID
ATM cell format	MPEG-2TS
ANSI/SCTE 55-2 2002 PHY = SCTE DVS/167(REV.2) PHY	ANSI/SCTE 55-1 2002 PHY = SCTE DVS/178(REV.3) PHY

그림 1-39 대역외 자격관리 메시지의 프로토콜 스택

제한 수신 서비스를 제공하기 위해서는 대역 외 하향 채널을 통해 자격 관리 메시지(EMM : Entitlement Management Message)가 전송되고 제한수신모듈(POD)에서 처리될 수 있어야 하며, 대역 외 자격 관리 메시지들은 SCTE DVS/167(rev.2)를 사용하는 시스템의 경우, CAT(Conditional Access Table)에 기술된 자격 관리 메시지 PID(Packet Identifier)를 가지는 MPEG-2 TS 패킷을 통해 전송된다. 데이터 서비스 중 프로그램 제공자에 의한 폐쇄자막 데이터는 비디오 프로그램과 연결되어 제공자에 의해 인코딩 되는데 아날로그 텔레비전의 프로그램에 대한 폐쇄자막 데이터의 인코딩은 FCC part 15.119와 EIA/CEA-608-B를 따르고, 디지털 텔레비전 프로그램에 대해 폐쇄자막 데이터가 제공될 때에는, SCTE DVS/258(rev.3)에 정의된 것과 같이 두 개의 폐쇄자막 데이터 포맷 중 하나 또는 두 개 모두를 따르며, 두 개의 전송 메커니즘 중 하나 또는 두 개 모두를 따라야 한다.

## 라. 가입자단말기와 제한수신 모듈 정합

### (1) 개요

유료방송 서비스를 구현하기 위해서는 방송사에서 전송하는 방송신호를 암호화하여 보내고 이를 허락받은 가입자만 시청을 할 수 있도록 하는 제한수신 시스템을 사용하고 있다. CAS (Conditional Access System) 이러한 제한수신 모듈은 케이블 SO의 요구조건을 만족하는 임의의 보안시스템과 스크램블링 시스템을 채용 하고 있다. 이 가입자 수신 제한과 불법 복제 방지 기능을 위한 제한 수신 모듈은 Open-market에서 소비자가 수신단말기를 직접 구매 할 시 제품의 기능과 기호에 따라 선택할 수 있도록 가입자 단말 장치에서 분리 또는 교환이 가능하여야 한다. 따라서 이에 대한 표준 정합에 대한 규정에서는 가입자 단말기에서 제한수신 및 불법 복제방지 기능을 완전히 분리할 수 있도록 하고 있다.

### (2) 구조에 따른 정합구성

제한수신모듈 정합은 대역외 채널의 RF 프론트 엔더와의 양방향 접속 또는 하나 이상의 DSG (DOCSIS Set top Gateway)에 의해 공급되는 대역 외 하향 채널의 메시지 수신을 위한 정합, 대역 내 채널의 MPEG-2 트랜스포트 스트림입력과 출력 정합, CPU정합으로 구성되어야 한다. 가입자단말기와 제한수신모듈 정합간의 정합 구성은 네트워크에 따라 대역 외 채널 (OOB) 모드만 있는 양방향 네트워크 (그림 1-40 참조)와 또는 대역 외 상향채널은 사용하지 않고 단지 하향채널만을 사용하는 단방향 네트워크 (그림 1-41 참조)로 상향채널은 가입자 단말기에 전화모뎀을 내장하여 구현하는 방식과, 양방향 네트워크 구성이 가능한 DOCSIS 모뎀이 내장되어 있는 (그림 1-42 참조) 경우 중 하나를 선택할 수 있다.

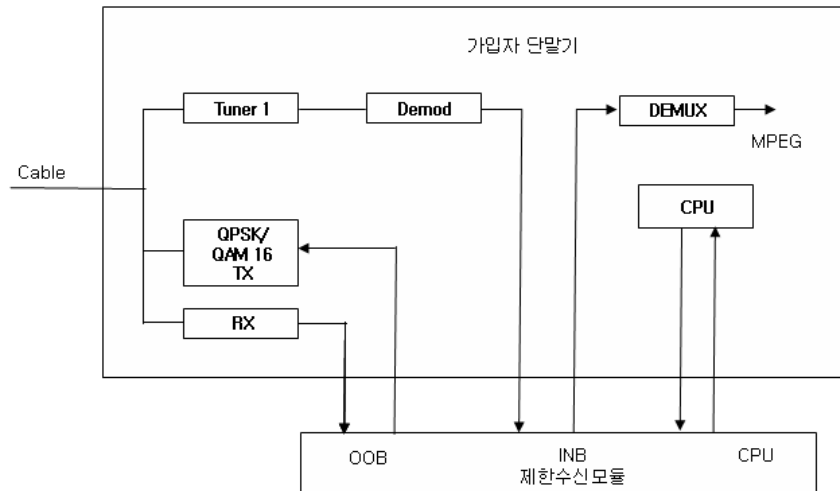


그림 1-40 양방향 네트워크 시스템

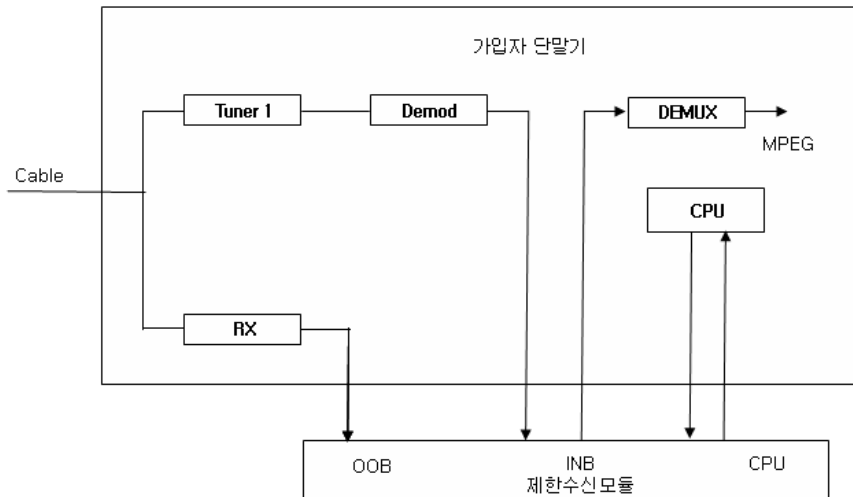


그림 1-41 단방향 네트워크 시스템

양방향 네트워크를 구성할 경우 하나의 상향 채널을 POD 모듈과 DOCSIS(Date Over Cable Service Interface Specification) 모뎀이 공유하여야 하며, 제한수신 모듈과 가입자단말기 정합은 대역외 채널 모드와 DSG 모드 중 하나의 모드로 동작해야 한다. 대역 외 채널 모드는 SCTE DVS-167 또는 SCTE DVS-178 규격을, DSG 모드는 DOCSIS

Set-top Gate way Interface Specification(SP-DSG-I01-020228)와 연동하여 동작한다.

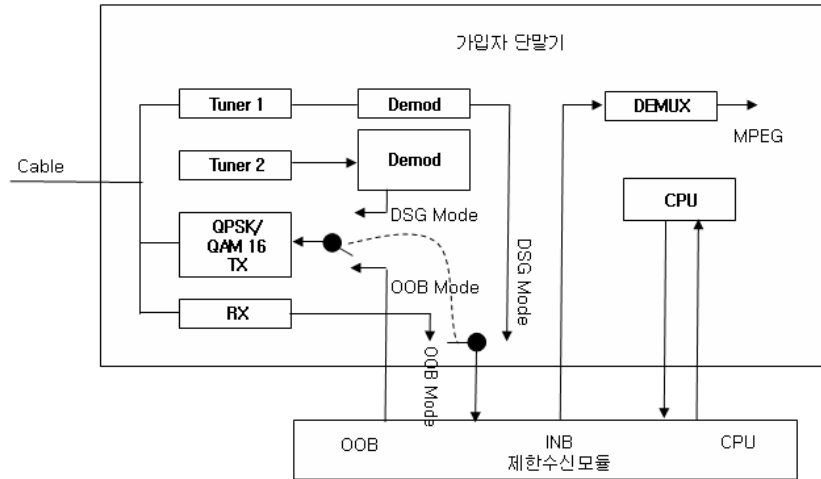


그림 1-42 DOCSIS 모뎀이 있는 양방향 네트워크 시스템

상기와 같은 DOCSIS 모뎀이 있는 양방향 네트워크에서는 DOCSIS 상향 채널의 데이터와 대역외 상향 채널 데이터의 충돌을 방지하기 위해 대역외 채널(OOB) 모드와 DSG 모드중 하나의 모드로 동작하여야 하고, 이에 관한 상세한 내용은 OpenCable Host-POD Interface 규격에 따른다. DSG 모드에서 하나 이상의 DSG 터널을 통하여 가입자단말기로 전송되는 대역외 하향채널 메시지의 데이터 링크와 MAC(Media Access Control)프로토콜은 모두 가입자 단말기에 내장되어 있는 DOCSIS 모뎀에서 처리되고 DSG 모드에서 가입자 단말기는 제한수신 모듈에서 지정되는 인터넷 MAC(Media Access Control) 주소를 사용하여 IP 패킷을 필터링 한다. 이 경우에 가입자 단말기는 제한수신모듈에서 지정하는 바이트 수만큼 IP 헤더를 제거하고 나머지 데이터 패킷만 제한수신모듈로 전송할 수 있다. 가입자 단말기에는 POD(Point of Deployment)라는 제한 수신 모듈을 사용하여 가입자에 대한 각종 규제 및 통제를 할 수 있는 시스템이 내장되도록 되어 있는데, 이러한 제한 수신 모듈은 PCMCIA 모듈타입에 의한 스마트카드에 정보를 기록하는

방식으로 핀이 정의는 OpenCable Host-POD Interface 규격을 따라야 한다. 또한 가입자 단말기는 자신의 PCMCIA 카드 소켓에 삽입된 카드가 지정된 형태의 제한수신모듈 카드 인지 여부를 식별하기 위해 Open-Cable Host-POD Interface 규격의 응용계층과 PC 카드 표준에 따라 정의된 내용을 따라야 한다. 기타 수신단말기와 관련된 제한모듈에 대한 정합, CPU정합, 프로그램에 대한 복제방지(FAT Channel Copy Protection) 기능 등에 사항은 본 논문에서 기술하지 않았으며, 자세한 사항은 “디지털 유선방송 송수신 정합표준”을 참고 하였다.

#### 제 4 절 D-CATV의 서비스 현황

D-CATV의 50만 가구 돌파를 눈앞에 둔 케이블TV 업계가 'DV'라는 패밀리브랜드를 만들고 100억원의 TV광고를 집행하는 등 케이블TV 디지털화에 사활을 걸고 나서고 있다.

D-CATV업계는 이달 중 50만 가구를 돌파하고 연내에 200만 가입가구 확보라는 목표가 실현 불가능한 것이 아니라고 보고 있다. D-CATV 업계가 디지털 가입자 가구 확대에 사활을 거는 것은 업계 최대의 적수로 부상한 IPTV에 대항할 만한 콘텐츠와 서비스가 필수 무기라고 판단하기 때문이다. 또한 지상파TV의 디지털화가 2012년 마무리돼야 하는 만큼 지상파TV 재전송 역할을 하는 케이블TV 업계의 디지털 전환도 필수적이다.

이 때문에 케이블TV 업계는 한국케이블TV방송협회를 중심으로 100억원 규모의 TV광고 재원을 공동 조성하고, 이달부터 이미지 광고를 시작했다. DV라는 패밀리브랜드를 중심으로 2007년 6월부터 본격적인 프로모션에도 나서고 있다. D-CATV업계는 또한 2012년까지 모든 가입세대를 HD 중심으로 디지털 전환기로 하고, 이를 위해 지난해 약 600억원을 셋톱박스에 투자한 데 이어 올해 이후 총 5조6835억원, 셋톱박스 부문만 3조4560억원을 투자한다는 계획이다. 이와 함께 아이디지털, 헬로D, 씨앤엠 등 7개 디지털미디어센터(DMC)를 구축 완료했으며, CJ케이블넷과 티브로드가 DMC 통합을 추진하는 등 디지털케이블방송 송신 인프라를 구축하기 위한 노력도 가속화하고 있다.

현재 가장 많은 디지털 가입가구를 확보하고 있는 CJ케이블넷은 지난 4월말 기준 17만5000여 디지털케이블TV 가입가구를 확보했으며, 올해 30만 가구 돌파를 목표하고 있다. 또한 가입자 디지털 전환에 주력해 2008년 30%, 2009년 50% 가입자의 디지털 전환을 달성한다는 방침이다. 이 회사는 월정액제 VOD인 SVOD와 무료 VOD인 FOD를 부각시키고 있으며, 향후 HD채널이 디지털 전환 가속화에 큰 역할을 담당할 것으로 보고, H.264 셋톱박스 개발, HD채널 확대 등에 나서고 있다.

수도권 최대 MSO인 씨앤엠은 올해 30만 가구(누적가구)의 디지털케이블TV 가입가구를 목표로 하고 있으며, 140여개의 디지털 채널 외에도 양방향 서비스의 킬러 애플리케이션을 VOD로 보고 관심을 기울이고 있다. 올해 상반기중 VOD 콘텐츠 확대를 위한 시스템 보강을 마무리하고, HD 셋톱박스 공급을 위한 테스트 작업을 진행하고 있다.

9개 방송구역에서 12개 SO 법인을 보유한 CMB도 조만간 디지털케이블TV 서비스에 본격적으로 나서기로 하고 최근 방송위원회에 디지털케이블TV 이용약관을 신청한 것으로 알려졌다. 업계는 마케팅과 기술 투자를 병행한 디지털케이블TV 투자가 가속화되는 만큼 마케팅 효과가 본격적으로 나오게 될 하반기부터 가입자 확산속도가 크게 빨라질 것으로 기대하고 있다. 이를 통해 올해에만 100만~200만 가구의 신규 가입을 이뤄내겠다는 계획을 가지고 있다.

표 1-20 디지털 케이블 TV 가입가구 현황

법인명	브랜드명	방송구역	본방송시절	가입가구							
				2005.9	2005.12	2006.3	2006.6	2006.9	2006.12	2007.1	2007.2
CJ케이블넷	할로D(HalloD)	양천	2005.2								
		북인천	2005.6	9,000	20,000	38,000	60,000	77,000	100,000	112,000	125,000
		해운대기장 동부산	2005.8								
씨엔엘컴퓨터네이션	C&M디지털케이블TV	강동, 송파	2006.1								
		구로, 노원, 중랑, 마포	2006.2	-	-	-	21,100	47,000	83,500	105,400	129,900
		용산	2006.7								
HCN	하이로드(HyRoad)	서초, 동작, 청주	2005.8	3,000	6,900	13,000	22,000	27,000	2,300	24,900	28,200
		관악	2006.4								
강남케이블	디지털강남케이블TV	강남	2005.7	6,000	8,700	10,000	15,200	18,900	17,800	19,500	22,100
큐릭스	빅박스(Big Box)	노원, 서대문	2006.4	-	-	-	13,000	14,100	14,700	14,600	14,600
드림씨티	드림플러스 디지털	은평, 부천, 김포	2005.7	3,000	9,400	15,000	15,100	14,900	4,700	8,100	11,700
티브로드	아이디지털(I-digital)	서울, 강서, 안산	2005.8								
		동대문, 인천	2005.7	-	-	-	-	700	7,800	8,600	9,200
		천안, 전주	2006.3								
KCTV 제주방송	몹서예D	제주	2006.10	600	3,800	4,000	6,800	6,500	1,400	1,900	2,600
온미디어	아이디지털(I-digital)	대구, 수서, 전남	2006.12	-	-	-	-	-	800	1,100	1,300
아름방송	할로D(HalloD)	성남, 분당	2006.8	-	-	-	-	800	300	400	400
울산중앙케이블방송	포디(FODI)	울산	2000.6	-	-	-	-	200	400	400	400
총 합				21,600	48,800	80,000	153,200	207,100	233,700	296,900	345,400

## 제 5 절 D-CATV의 향후 기술

D-CATV, IPPV, VoD 데이터 방송 등이 케이블에 도입되면서 아날로그 CATV 방송 중단 시까지 대역폭의 한계를 느끼기 시작하였다. 또한 향후 전 방송채널을 HD급화 될 경우 전송대역에 한계에 도달하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 SDB(Switched Digital Broadcasting)기술을 도입을 필요로 하게 되었다. 기존의 CATV의 전송방식은 모든 콘텐츠가 매체를 통하여 전달되고 STB에서 시청 콘텐츠를 선정하는 방식으로 과도하게 넓은 매체 대역폭을 요구하는 방식이다.

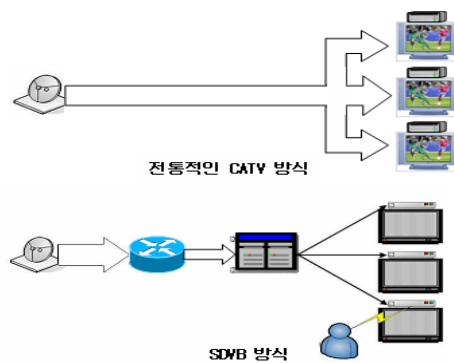


그림 1-43 SDB 서비스 개념도

SDB방식은 시청자에 의해 요구되어 지는 콘텐츠만을 전달하는 방식으로 IPTV에서는 SDV(Switched Digital Video)라는 용어를 사용하고 있다(ITU-T I.375/I.375.3). 다음 그림은 Non-SDB 방식과 SDB 방식을 비교한 것이다.

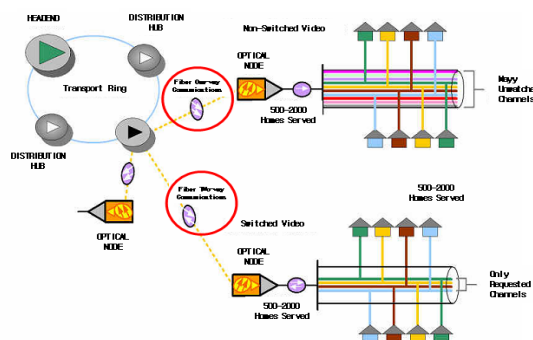


그림 1-44 Non-SDB와 SDB방식의 비교

Non-SDB와 SDB에 의한 케이블 대역폭 사용을 비교한 그림이다.

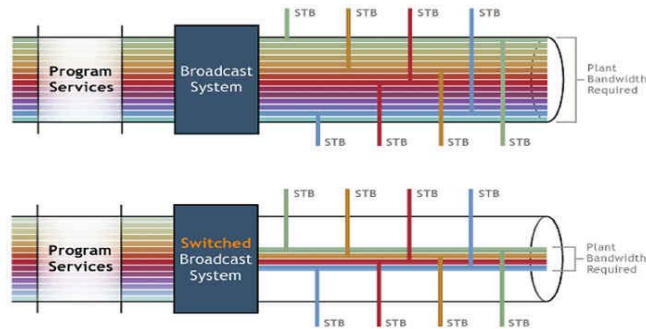


그림 1-45 케이블 대역폭 비교도

SDB의 서비스 블록도는 다음 그림과 같다.

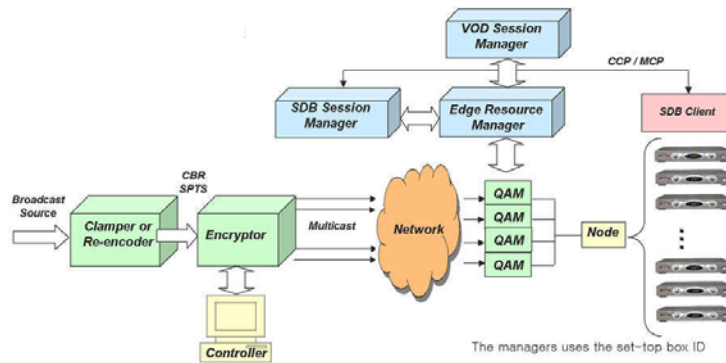


그림 1-46 SDB 서비스 블록도

기존의 HFC 케이블망에 도입되기 위해서는 네트워크 기술, EQAM, Management, Control, STB Middle Ware 기술이 필요하다. 그러나 SDB기술이 도입됨에 따라 과도한 투자 없이 HFC케이블망을 통해 무한한 수의 채널의 전달이 가능하게 된다. 2007년 4월 미국에서는 이미 5백만 케이블 가입자에게 SDB기술을 도입하여 운영하고 있다. 2007년 ABI Research 보고서에 따르면 SDB 도입비용은 5\$~10\$/HHP(House Hold Penetrate), FTTH(Fiber To The Home)-PON(Passive Optical Network)의 경우 1000\$/HHP이고 HFC망의 1GHz 확장비용은 50\$/HHP을 발표하였다.



## 제 6 절 IPTV와 D-CATV의 비교

IPTV와 D-CATV 서비스는 TPS 제공에서 거의 동일하다. 차이점은 방송채널이 스위칭되는 지점이다. D-CATV에서는 모든 채널이 STB까지 전달되고 STB에서 스위칭 되며, IPTV에서는 망에서 채널이 스위칭 된다. 이로 인해 IPTV에서는 채널별 QoS 보장 및 채널변경속도(Zapping Time)가 중요한 요소가 된다.

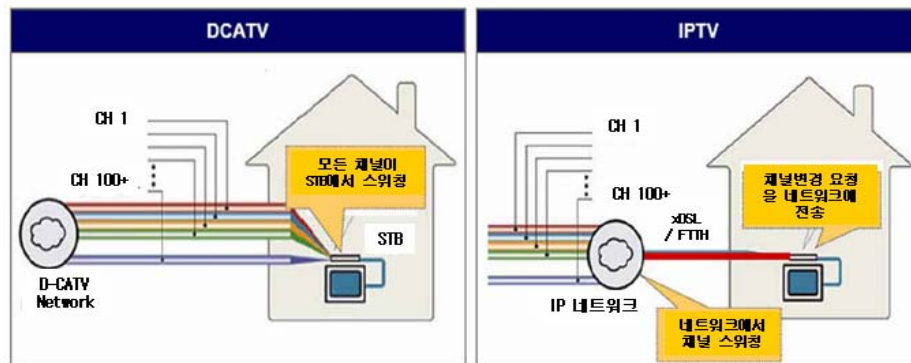


그림 1-47 IPTV와 D-CATV의 차이

전송네트워크 측면에서 IPTV와 D-CATV를 비교하면, IPTV는 IPTV플랫폼에서 처리된 방송신호들을 네트워크를 통해 전국으로 방송 신호를 서비스 하는데, 이러한 네트워크 구성은 D-CATV방송을 위한 DMC(Digital Media Center)네트워크 구성도와 동일하다.

단지 IPTV는 IP(Internet Protocol)방식에 의해 신호를 전송하고 D-CATV는 주파수 측면에서 Open Cable 방식에 의해 신호를 전송하는 전송표준의 차이가 있을 뿐이다. 또한 IPTV 서비스를 위한 전국 네트워크 구성은 콘텐츠 수급이 용이한 지역에 중앙 헤드엔드(CHE : Central Headend)시스템을 구축하고, 전국 주요지역에는 지역헤드엔드(LHE : Local Headend)시스템을 구축하여, 중앙 헤드엔드 시스템과 지역헤드엔드 시스템을 광망으로 연결한다. IPTV 중앙헤드엔드에서는 외부 콘텐츠를 정해진 인코딩 방식(MPEG-2, H.264)으로 변환한 후 IP Streamer를 통해 헤드엔드 라우터로 전송하고 VOD, 데이터, CG 등의 정보들과 헤드엔드 라우터에서 결합하여 지역에 위치한 시외 집중국을 거쳐 지역 헤드엔드 시스템까지 광케이블을 통해 전송한다. 지역헤드

엔드 시스템에서는 중앙헤드엔드에서와 같이 지역방송 콘텐츠 들을 신호처리하여 중앙 헤드엔드에서 보낸 신호 정보들과 결합하여 정보 집선 장치인 DSLAM 까지 전달하고, DSLAM에서 가입자의 셋톱박스까지 연결되는 가입자 선로의 전송채널 용량 문제로 가입자가 요청한 채널만 가입자 망으로 전송하여, 가입자 셋톱박스에서 TV형식으로 디코딩한 정보를 화면에 표시한다. D-CATV서비스를 위한 시스템도 IPTV 서비스를 위한 시스템과 거의 동일하며, 단지 IPTV의 지역 헤드엔드 시스템이 지역케이블TV사업자의 시스템에 해당하는 것과 신호전송방식이 IPTV는 IP방식의 스트리밍 형태로 전송하고, 디지털케이블TV 방송은 OpenCable방식에 주파수 신호 형태로 전송되는 점만이 차이가 있다.

결론적으로 IPTV의 네트워크 구성도는 디지털 케이블TV의 DMC(Digital Media Center)네트워크 구성도와 유사하고, 가입자망 측면에서는 네트워크 의 대역폭 입장에서 D-CATV가 우수하여 채널 변경 속도(Zapping Time)가 IPTV 보다 빠르다.

표 1-21 IPTV와 D-CATV 비교

항목	IPTV	D-CATV
전송선로	초고속 인터넷 통신망	HFC(Hybrid Fiber-Coaxial ) Cable 망
표준 전송방식	표준 제정논의 중	Open cable 방식(미국표준)
전송가능화질	SD	HD
쌍방향 통신서비스	가능	가능
VOD 서비스	가능	가능
실시간 방송	일정한 한계가 존재	가능
채널변경속도	느림	빠름
방송용 콘텐츠확보	기존 아날로그 방송 콘텐츠의 활용으로 상대적으로 쉬울 것으로 예상	초기 방송용 콘텐츠 확보에 어려움 예상
서비스 가격	월 8천원 예상	월 2만원예상

## 제 2 장 IPTV의 QoE(Quality of Experience)에 대한 연구

### 제 1 절 QoE(Quality of Experience)

#### 1. QoE(Quality of Experience)의 정의

QoE(Quality of Experience)은 최종단 사용자가 느끼는 서비스의 우수성 정도를 말한다. IPTV에서의 QoE는 IPTV를 시청하는 사용자가 느끼는 영상품질의 정도를 의미한다.

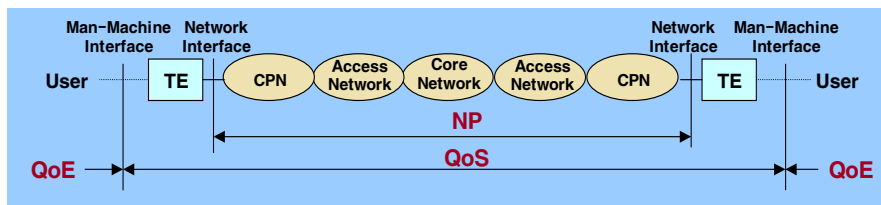


그림 2-1 QoS의 범위

IPTV에서 영상 품질을 평가하는 방법에서는 객관적 화질평가와 주관적 화질평가방식이 있다. 객관적 화질 평가는 수신된 영상을 인간시각을 모델링한 시스템에 대입하여 화질평가를 수치적으로 수행하는 방식이다.

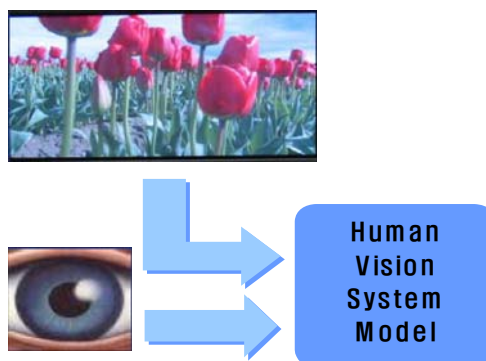


그림 2-2 객관적 화질 평가방식의 개념도

주관적 화질 평가는 수신된 영상을 동시에 여러 사람들에게 보여주고 각 개인들의 의견을 반영하여 평균을 내어 평가하는 방식이다.



그림 2-3 주관적 화질평가 방식의 개념도

## 2. 객관적 화질 평가방법

### 가. 전기준법(Full Reference)

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

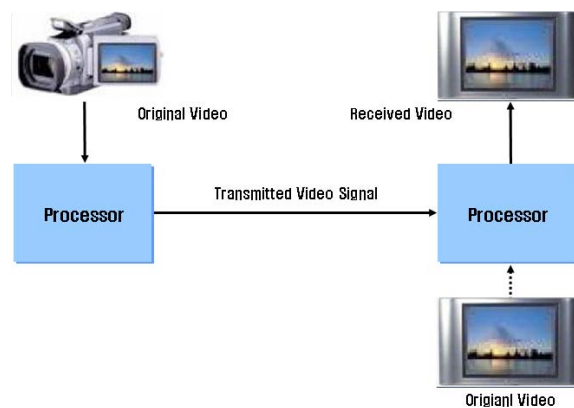


그림 2-4 FR의 블록도

나. VMOS : Full Reference

그림 2-5과 같이 원본 이미지의 정보를 추출(C와 E사이의 정보)을 산출 하고 왜곡된 신호의 정보(C와 F사이의 정보)를 추출 하여 비교 하여 품질 척도로 사용 하게 된다.

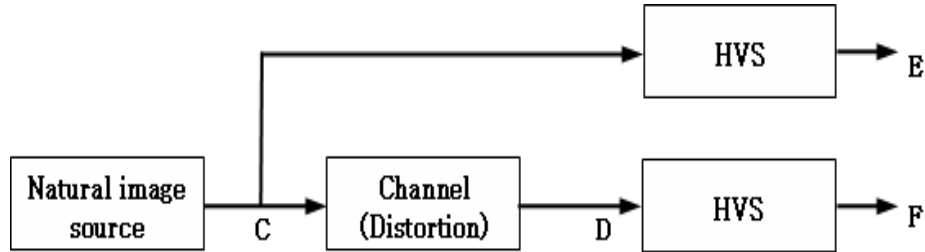


그림 2-5 VMOS 산출 구성도

\*VMOS = Distorted Image Information/ Reference Image Information

#### (1) Source Model

Subband로 구분하여 하나의 영상을 여러 개의 Subband로 구성한다. 여러 개의 Subband로 나누어 GSM(Gaussian Scale Mixtures) 값을 산출한다.

$$C = S \cdot U = S_i \cdot \overline{U_i}; i \in I$$

GSM model은 이미지들의 통계학상의 주요한 특징을 검출할 수 있다.

#### (2) Distortion Model

신호의 감쇄 그리고 추가적인 Noise들을 수학적으로 산출 한다.

$$D = GC + V = g_i \overrightarrow{C} + \overrightarrow{V}; i \in I$$

#### (3) Human Visual System Model

$$E = C + N \quad (\text{reference image})$$

$$F = D + N \quad (\text{test image})$$

E와 F는 하나의 Subband 에서 reference 그리고 Test 이미지의 Visual signal의 출력 값을 표현 한다.

#### (4) VMOS

VMOS은 위에서 산출한 값들을 조합 하여 아래 공식에 의해 구해진다.

$$VMOS = \frac{\sum_{j \in \text{bank}} I(\vec{C}^{N,j}; \vec{F}^{N,j} | s^{N,j})}{\sum_{j \in \text{bank}} I(\vec{C}^{N,j}; \vec{F}^{N,j} | s^{N,j})}$$

VMOS의 측정 범위는 0과 1사이의 값으로 표현 된다. 0은 Reference 이미지와 Test 이미지의 정보가 완전히 다른 경우에 출력되며, 1값은 Reference 이미지와 Test 이미지가 전혀 왜곡되지 않았을 경우 발생 한다. (원본 이미지를 복사하여 측정한 것과 같다) 산출된 값을 이용 하여 VMOS로 산출한다.

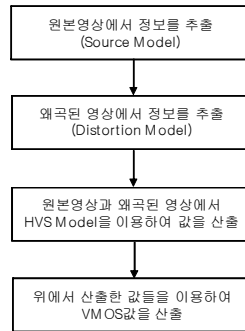


그림 2-6 VMOS 산출 흐름도

#### (5) PSNR (Peak signal to noise ratio)

영상처리에서 많이 쓰이는데, 어떤 두 영상에 대한 차이를 사람들 사이에 감을 가질 수 있도록 숫자로 나타내기 위한 값입니다.

$$PSNR = 10 * \log_{10} [(255 * 255) / MSE]$$

$$MSE = 1/N^2 * \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^N [(f(x,y) - g(x,y))^2]$$

모든 동일위치의 픽셀 값의 차이의 제곱의 합 / 모든 픽셀 갯수의 제곱

- $x$  : 영상의  $x$  resolution
- $y$  : 영상의  $y$  resolution
- $N (=x*y)$  : 모든 픽셀의 개수
- SUM : sigma operation
- $f(x,y)$  : 좌표( $x,y$ )의 비교영상 픽셀값
- $g(x,y)$  : 좌표( $x,y$ )의 원래영상 픽셀값



그림 2-7 FR의 측정화면

#### 다. 감소 기준법(Reduced Reference)

원본영상과 처리영상이 모두 존재하지 않으나 각각의 영상에서 추출한 특징(Feature)들을 사용하여 수신된 처리영상의 품질을 측정하는 방법이다. 응용분야로는 무선 통신 멀티미디어 전송, 채널상태 등에 사용한다.

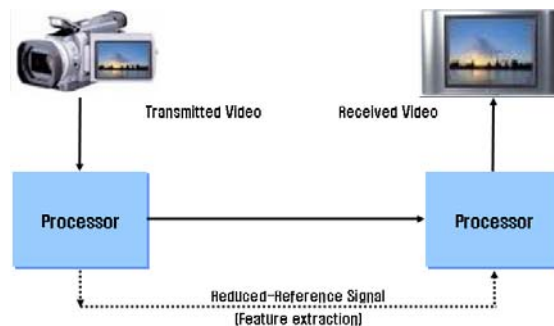


그림 2-8 RR의 블록도

라. 무기준법(No Reference)

원본영상에 대한 어떠한 정보도 이용하지 않는다. 즉, 무기준법은 처리영상만을 이용하여 영상의 품질을 측정하는 방법으로 적용범위가 매우 광범위하다. 반면 원동영상에 관한 정보가 없기 때문에 무기준 방식으로 화질을 정확히 측정하는 것은 매우 어려운 것으로 알려져 있다. 그러나 MPEG과 같은 블록기반의 영상압축 방법으로 부호화된 영상의 경우 저비트율에서 블록경계가 나타나는 현상(Blocking Artifacts)등을 이용해서 무기준 방식으로 품질을 평가할 수도 있다. QoSmetric의 V-Factor가 대표적인 NR이다.

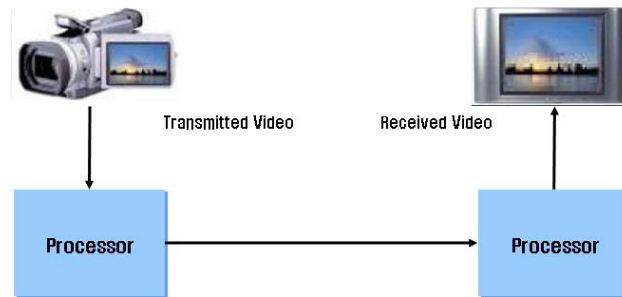


그림 2-9 NR의 블록도

QoSmetrics사에서 앞서서 측정 항목에 대한 네트워크와 콘텐츠에 관련한 매개변수 기반으로 추출한 영상 품질 평가에 객관적인 QoE 점수인 0~5 측정값을 제공한다. V-Factor는 Video MOS에 해당하는 값으로 MPQM (Moving Picture Quality Metrics) 모델 기반으로 측정하며 아직 국제 표준으로 정해지지 않은 상태이다.

$$V-factor = Q_{er}(qs) * (1 - e^{-P_{br} \sqrt{\Gamma_r}})$$

- $Q_{er}(qs)$  : 양자화 값의 함수
- $P_{br}$  : 패킷 손실에 대한 확률비
- $\Gamma_r$  : 영상 이미지의 복잡도



## 제 2 절 화질평가 기술의 표준화 동향

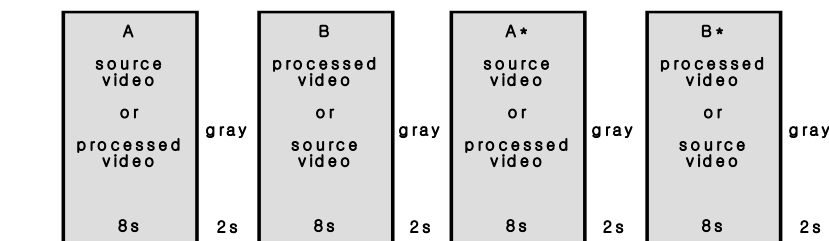
### 1. 객관적 화질 평가기술의 표준화 동향

현재 객관적 화질 평가 기술을 개발하기 위하여 ITU-R WP 6Q, ITU-T SG9, VQEG(Video Quality Expert Group)등을 중심으로 표준화 작업이 이루어지고 있다. VQEG Phase II Test결과를 토대로 ITU-R, ITU-T FRTV 표준완성(연세대, 미국N삼, 영국BT, 브라질 CPcD)이 2003년에 이루어 졌다. VQEG에서 FR 기준으로 ITU-T Rec. J.144 CHK ITU-R BT.1683에서 정의하였다.

VQEG MM에서 객관적 영상품질 측정 FR, RR, NR 모델에 대해 표준화를 진행 중이고 3 Stage : Video only, Audio only, Audio-Video에 대해 현재 RRTV, NRTV 표준화 및 무선통신, 네트워크상의 품질평가를 위한 멀티미디어 표준이 진행 중이다.

### 2. 주관적 화질 평가기술의 동향

객관적 화질평가 모델 개발을 위해서는 다양한 서비스 환경을 고려한 주관적 화질 평가(Subjective Quality Assessment)가 수행되어야 한다. 주관적 화질평가는 평가자가 직접 동영상을 보고 화질을 평가하는 방법으로 인간의 화질 인지특성을 반영할 수 있는 가장 적합한 방법으로 알려져 있다. 주관적 화질 평가는 그 방법과 목적에 따라 다양한 방법이 존재한다. 현재 VQEG와 ITU를 중심으로 이루어지고 있는 멀티미디어 화질 평가모델로는 DSCQS (Double Sequence Continuous Quality Scale), SSCQE(Single Stimulus Continuous Quality Evaluation), ACR(Absolutely Category Rating method)등이 있다.



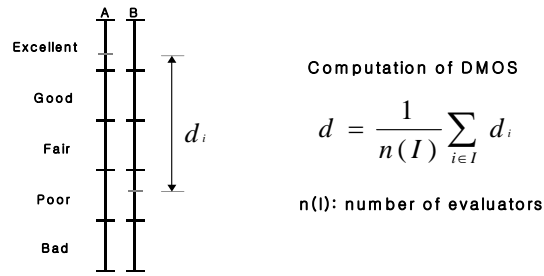


그림 2-10 DSCQS의 개념도

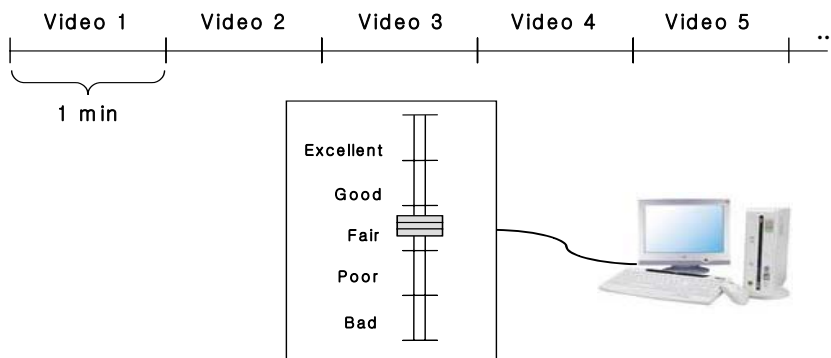


그림 2-11 DSCQS(Double Sequence Continuous Quality Scale)의 개념도

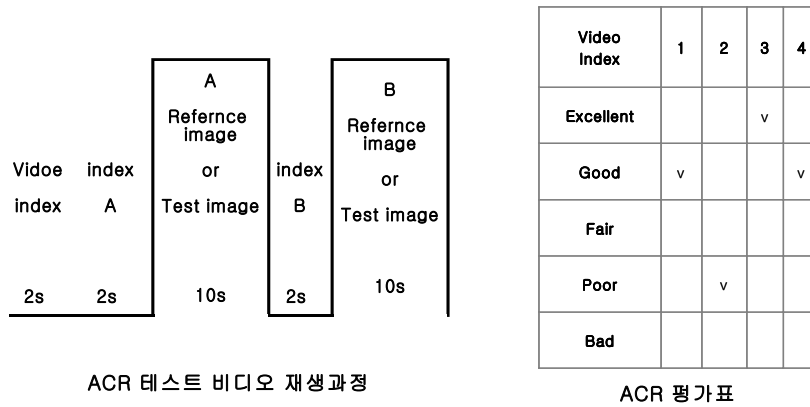


그림 2-12 ACR(Absolutely Category Rating method)

## 제 3 장 디지털 방송 스트림 생성 원리와 구조

디지털 방송은 영상을 디지털 영상으로 변환한 스트림을 적절히 IP망에서 전달될 수 있는 응용 패킷으로 구성하고 이를 최종 사용자의 장치에서 원영상과 동일하게 복원하여 재생한다. 단순한 디지털 영상의 전송과는 달리 다양한 프로그램들이 복합적으로 전송될 수 있어야 하며, 복합적인 전송 스트림 중에서 원하는 영상을 정확히 재생할 수 있는 시스템이 갖추어져야 한다. 이를 위한 시스템으로 가장 널리 알려진 시스템이 바로 MPEG 시스템이다.

MPEG 시스템은 MPEG1 시스템과 MPEG2 시스템의 두 가지 시스템으로 나뉜다. 두 시스템의 대표적 차이점으로는 MPEG1은 하나의 영상만을 다루는 시스템이라면, MPEG2 시스템은 복수의 영상을 동시에 처리할 수 있는 시스템이다.

본 장에서는 디지털 방송을 위해 사용하고 있는 MPEG2 시스템에 대해서 살펴보려고 한다.

### 제 1 절 MPEG2-TS 시스템 동작 원리

그림 3-1은 MPEG2 시스템의 간략한 구조도다. 시스템은 크게 영상의 부호화(encoding)를 위한 인코더와 복호화(decoding)를 위한 디코더가 존재하고, 인코딩된 여러 영상과 음성을 다중화하기 위한 다중화부(Multiplexer, MUX)와 이를 다시 각각의 영상과 음성으로 복원하기 위한 역다중화부(DeMultiplexer, DEMUX)가 존재하며, 패킷들을 전송할 전달 미디어가 존재한다.

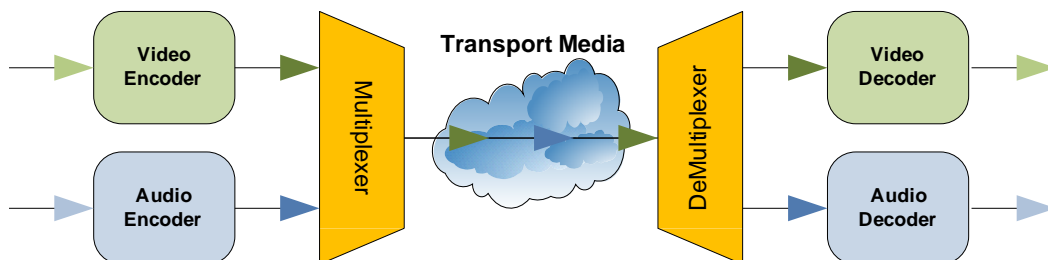


그림 3-1 MPEG2 시스템의 기본 구성도

이들을 이용하여 인코더에서는 개별 영상을 오디오와 비디오로 나누어 각각 단독으로 인코딩을 수행한다. 인코딩된 다양한 스트림들을 MUX를 통해서 하나의 미디어에 동시에 전송될 수 있도록 다중화를 수행한다. 이렇게 완성된 전송 패킷을 미디어를 통해 최종 사용자의 장치로 전달한다. 최종 사용자 측에서는 수신된 패킷을 DMUX를 통해서 역다중화를 수행한다. 그리고 각각의 영상 스트림을 인코더를 통해서 복호화하여 재생할 수 있도록 한다.

인코딩과 디코딩을 할 때, 그리고 영상을 재생할 때 실제 영상과 동일하게 재생될 수 있도록 시간 정보를 이용하여 순서를 제어할 수 있도록 해 준다. 본 보고서에서는 우선 영상을 부호화 하여 최소단위 스트림(elementary stream, ES)이 만들어진 상태에서 전송 패킷을 만들어내는 과정을 설명하고, 이를 수신한 디코딩 시스템이 최소단위 스트림을 완성해 내는 과정까지를 설명하고자 한다.

## 1. 전송 패킷(TS packet)의 생성

하나의 영상이 전송 패킷으로 만들어지는 과정은 그림 3-2와 같다. 우선 원본 영상이 인코더를 거쳐서 디지털 스트림으로 만들어진다. 이를 MPEG2 시스템에서는 최소단위 스트림 (ES)라고 한다. 이 스트림을 MPEG2 시스템에서 정의한 구조를 따르는 PES(Packetized Element Stream) 패킷으로 구성하는 과정을 Packetizer가 수행한다. 이렇게 완성된 PES 패킷은 다시 MUX를 통과하면서 TS(Transport Stream) 패킷들로 구성된다. 이 TS 패킷이 전송 미디어를 통해 전달되게 된다.

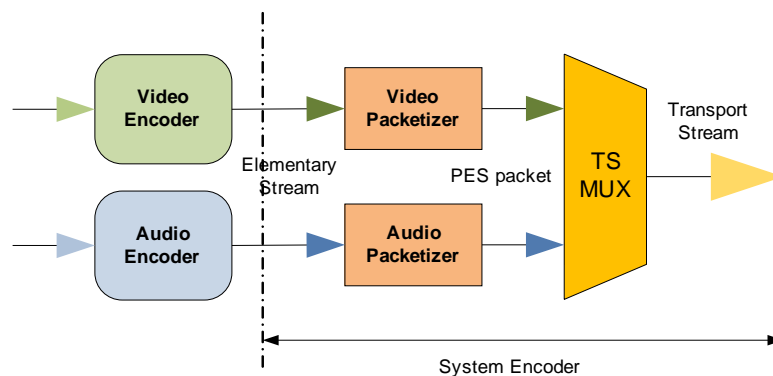


그림 3-2 MPEG2 시스템에서 TS 패킷 스트림 생성과정

그림 3-3은 여러 영상을 동시에 전달할 때의 인코더, packetizer, MUX들의 연관된 동작을 도시하였다. 이 과정에서는 여러 개의 서로 다른 PES 패킷이 MUX로 입력되는데, MUX에서는 각각의 PES 패킷 스트림을 시분할 방식으로 하나의 TS 패킷 스트림의 형태로 만들어낸다.

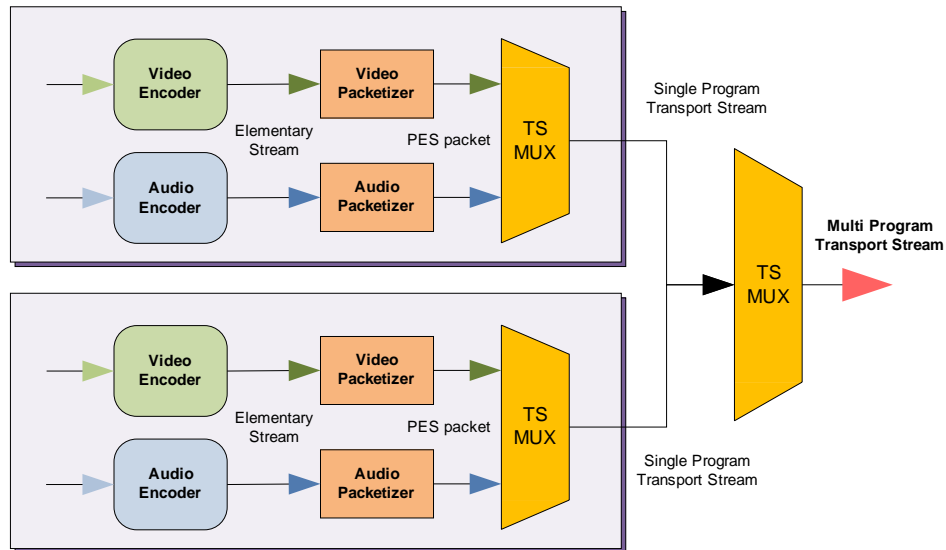


그림 3-3 다중 프로그램을 지니는 TS 패킷 스트림의 생성

그림 3-4에 ES, PES 패킷 스트림, TS 패킷 스트림의 상관관계를 도시하였다.

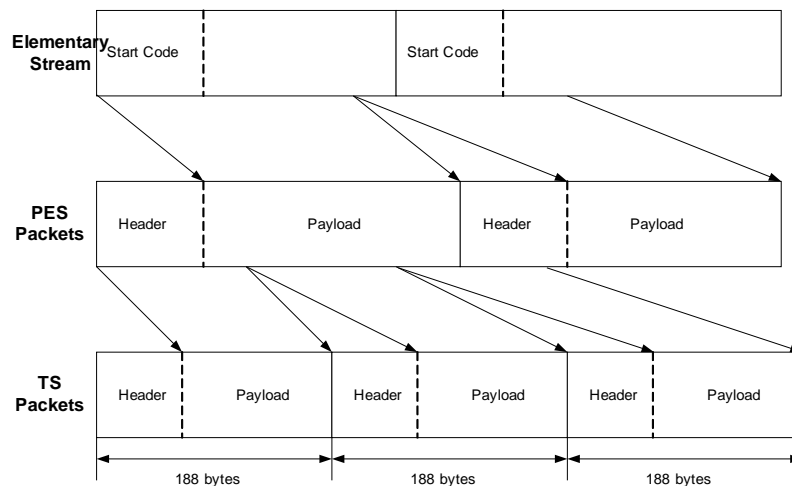


그림 3-4 ES, PES 패킷 스트림, TS 패킷 스트림 사이의 관계

## 2. 프로그램 구성정보 (Program Specific Information, PSI)

MPEG2 시스템에서는 다양한 영상들이 동시에 시분할 형태로 전송될 수 있기 때문에 현재 전송되고 있는 TS 패킷 스트림에 어떠한 영상들이 어떤 구조로 포함되어 있는지를 파악할 수 있어야 목적지에서 영상을 정상적으로 재생할 수 있다. 이러한 정보를 MPEG2 시스템에서는 프로그램 구성정보(PSI)라고 정의한다. 따라서 주기적으로 PSI 정보를 목적 시스템에 전달해야 목적 시스템에서 영상을 해석할 수 있고, 사용자가 원하는 영상을 볼 수 있다. 그림 3-5는 전송지에서 PSI 정보를 포함한 영상 스트림 전달을 간략하게 도시하고 있다.

PSI 정보는 4개의 테이블로 구성된다. 4개의 테이블은 PAT(Program Association Table), PMT(Program Map Table), NIT(Network Information Table), CAT(Conditional Access Table) 등이다. 이 정보들은 TS 패킷에 저장하기 위해 개인영역(Private Section)을 사용한다. 개인영역의 시작은 table\_id 필드이며 이 필드의 값에 따라서 포함되어 있는 테이블이 구분된다.

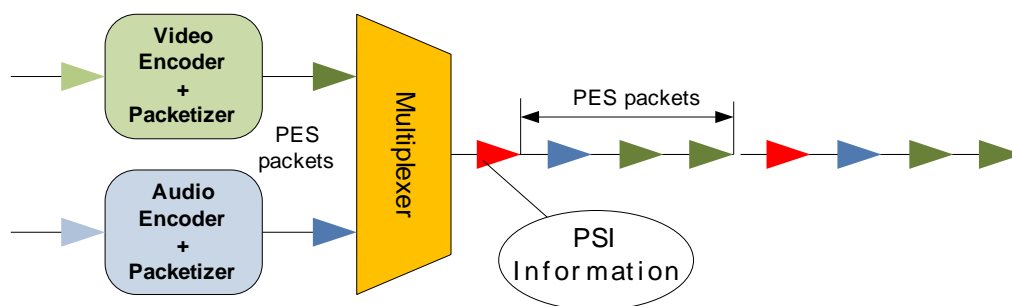


그림 3-5 PSI 정보가 포함된 전송 스트림

PAT와 PMT는 전체 스트림에서 개별 프로그램들이 어떻게 구성되어 있는지를 알려주는 테이블이다. 스트림에는 다양한 프로그램들이 포함되어 있으므로, 복원 단계에서 하나의 프로그램을 추출하려면 스트림에서 필요한 패킷들만 골라내는 작업이 필요하다. 따라서 TS 패킷을 생성할 때, 프로그램에 따라 서로 다른 PID를 가질 수 있도록 패킷 별로 부여한다. 따라서 개별 패킷은 자신이 속해있는 프로그램에 따라 적절한 PID 정

보를 지니게 되며, DMUX에서는 특정 프로그램을 선택하려면 스트림 중에서 자신이 원하는 PID를 지닌 TS 패킷들만을 선택하면 된다.

그림 3-6은 PAT와 PMT에서 프로그램 정보를 어떻게 저장하고 있는지를 보여준다. 일반적으로 하나의 프로그램은 하나의 비디오 스트림과 하나 이상의 오디오 스트림으로 구성된다. 따라서 MPEG2 시스템으로 다수의 영상을 전송할 경우, PMT는 하나의 프로그램에 대한 비디오 스트림과 오디오 스트림이 TS 패킷 스트림 중에서 어떤 패킷에 저장되어 전송되고 있는지에 대한 정보를 가지고 있다. PAT에는 전체 TS 패킷 스트림에 흐르고 있는 프로그램들의 정보를 저장해야 하므로, 자연히 PAT는 각 PMT들이 어떤 패킷에 저장되어 있는지를 저장한다.

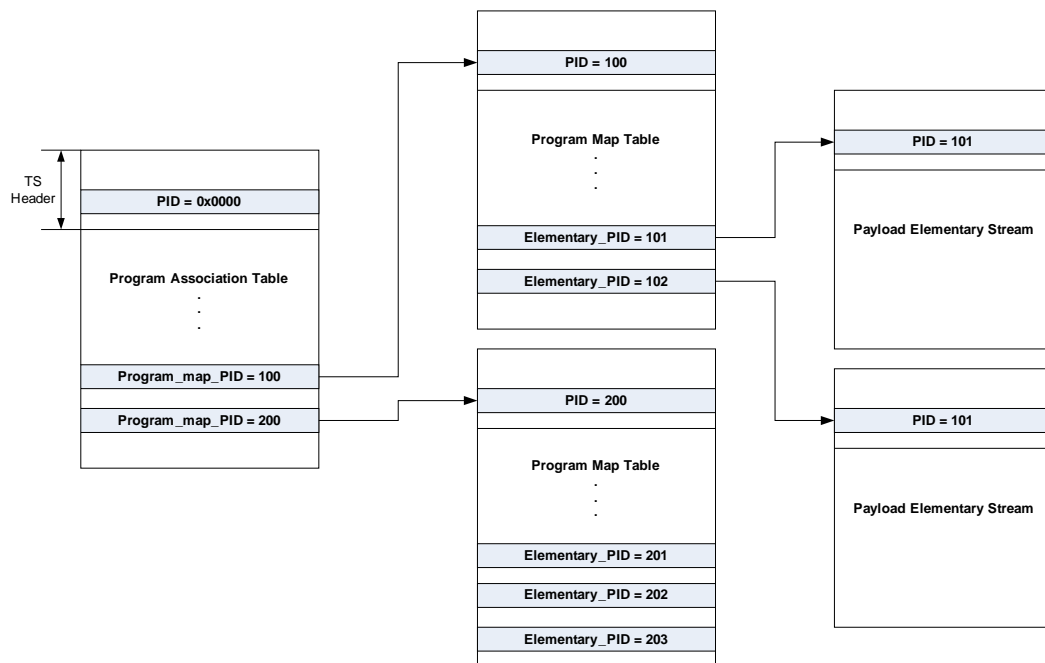


그림 3-6 PAT와 PMT의 관계

예를 들면, 하나의 비디오 스트림(PID=101)과 하나의 오디오 스트림(PID=102)을 포함하는 프로그램이 있고, 하나의 비디오 스트림(PID=201)과 두 개의 오디오 스트림(PID=202, PID=203)을 포함하는 프로그램이 있다고 하자. 그러면 MPEG2 시스템은 두 개의 PMT 테이블을 만들어 PMT1(PID=100)에는 전자의 프로그램에 대한 정보(PID=101, PID=102)를

저장하고, PMT2(PID=200)에는 후자의 프로그램에 대한 정보(PID=201, PID=202, PID=203)를 저장한다. 그리고 PAT(PID=0)에는 두 PMT 정보(PID=100, PID=200)를 저장한다.

NIT는 패킷 전송과 관련된 정보들을 저장하고 있는 테이블이다. FDM(Frequency Division Multiplexing)과 관련해서는 주파수, 전송 번호 등과 같은 정보를 알 수 있다. NIT는 PAT에서 program\_id 필드의 값을 0으로 저장하여 전송한다. 따라서 PAT에서 program\_id가 0인 프로그램의 PID에 해당하는 TS 패킷에 NIC 정보가 포함되어 있다.

CAT 테이블은 PID가 0x0001로 지정되어 있으며 조건부 접근에 관련된 모든 정보가 포함되어 있다.

### 3. 시간정보의 활용

MPEG2 시스템에서는 다양한 종류의 프로그램들이 인코더를 거쳐서 패킷으로 만들어진 후, MUX를 거쳐서 시분할 형태로 하나의 TS 패킷 스트림으로 만들어진다. 따라서 목적지에서 패킷 스트림을 원래의 영상으로 만들기 위해서는 복원된 각 프레임을 어떤 시점에 재생을 해야할 지 알 수 있어야 한다. 더 나아가서는 디코더 버퍼의 효율적인 관리를 위해서는 각 부분을 언제 디코딩해야 할지도 약속해 두는 것이 좋다. 따라서 스트림을 생성하는 시스템은 각 시점들을 목적지에게 전달한다. 이 각각의 정보가 PTS(Presentation Time Stamp)와 DTS(Decoding Time Stamp)다. 이러한 방법은 네트워크의 모든 시스템의 클럭이 동일하다는 가정이 있어야 한다. 하지만 모든 시스템이 동일한 클럭을 사용하는 것은 불가능하다. 따라서 PTS, DTS와 함께 스트림을 생성하는 시스템은 자신의 클럭 정보도 함께 전송한다. 이 정보를 MPEG2 시스템에서는 참조 프로그램 클럭(Program Clock Reference, PCR)이라고 한다. 따라서 목적지 시스템에서는 PCR을 사용하여 시간을 계산하고, 이 시간정보를 이용하여 PTS, DTS에 맞추어 영상 스트림을 디코딩하고 재생한다.

PCR은 인코딩 하는 시스템이 자신의 시스템 클럭 주파수를 기준으로 시간을 샘플링한 값이다. MPEG2 시스템에서 System\_clock\_frequency 값은 27MHz이다. 그러므로 PCR을 만드는 과정에서 샘플링 사이의 간격은 37ns에 해당하며, 결국 PCR로 표현할 수 있는 시간의 범위는



0~162,890.4초다. MPEG2 시스템에서 PCR 값은 90KHz 단위로 표현하는 MPEG1 시스템과의 호환성을 위해서 90KHz 단위로 표현하는 33bit의 base 필드와 27MHz 단위로 표현하는 9 bit의 ext 필드로 구성된다. Base 와 ext 사이를 구분하기 위해 6bit를 추가하여 총 48bit로 헤더에 포함시킬 PCR 필드 비트스트림을 생성한다. 다음 수식은 PCR을 계산하는 수식이다.

$$PCR(i) = PCR\_base(i) \times 300 + PCR\_ext(i)$$

$$PCR\_base(i) = ((system\_clock\_frequency \times t(i)) DIV 300) \% 2^{33}$$

$$PCR\_ext(i) = ((system\_clock\_frequency \times t(i)) DIV 1) \% 300$$

디코딩 시스템에서는 이를 이용해서 시간 정보를 획득해야 한다. 이는 다음 수식을 이용해서 계산한다. 이때, transport\_rate는 구간별로 항상 동일하다고 가정한다.

$$t(i) = \frac{PCR(i'')}{system\_clock\_frequency} + \frac{i - i''}{transport\_rate(i)}$$

$$transport\_rate(i) = \frac{((i' - i'') \times system\_clock\_frequency)}{PCR(i') - PCR(i'')}$$

- $i: i' < i < i''$  를 만족시키는 현재의 TS 패킷에서의 바이트 인덱스 값
- $i'$ : 현재 디코딩되고 있는 프로그램에서 PCR base 필드 바로 다음의 비트를 포함하는 바이트의 인덱스 값
- $i''$ : 현재 디코딩되고 있는 프로그램에서 가장 최근에 수신된 PCR base 필드의 마지막 비트가 포함된 바이트의 인덱스 값
- $PCR(i'')$ :  $i''$ 번째 바이트에서의 PCR 값(가장 최근에 수신된 PCR 값)

PCR 값은 프로그램이 바뀔 경우나 동일한 프로그램에서도 변경될 수 있다. 따라서 의도적으로 시간 기준값이 불연속이 되는 부분이 있다면 반

드시 TS 패킷 헤더의 discontinuity\_indicator를 1로 설정하여 목적지 시스템에 알려주어야 한다.

PCR 값의 정확도는 표준에서는  $\pm 500\text{ns}$ 로 유지 되어야 한다. 또한 PCR 값은 최소 100ms 이내에 한 번은 전송되어야 안정적으로 영상을 재생할 수 있다고 명시하고 있다.

앞서 밝힌 바와 같이 수신된 영상은 DTS와 PTS에 근거해서 디코딩되고 재생되어진다. DTS와 PTS도 시스템 클럭을 이용하여 표현된다. 다음은 DTS와 PTS를 계산하는 수식이다. 디코더는 이 수식을 역산하여 필요한 시간 값을 계산할 수 있다.

$$DTS(j) = ((system\_clock\_frequency \times td_n(j)) \text{ DIV } 300) \% 2^{33}$$

$$PTS(j) = ((system\_clock\_frequency \times tp_n(j)) \text{ DIV } 300) \% 2^{33}$$

따라서 각각의 값은 주기적으로 반드시 디코딩 시스템에 전달되어야 하는데, 표준에서는 각각 0.7초 이내에 한 번씩은 전송되어야 한다고 권고하고 있다. 매번 수신된 DTS, PTS를 이용하여 해당 패킷의 디코딩 시간, 재생 시간을 계산할 수 있으며, 이후의 패킷은 다음 DTS, PTS가 도착할 때까지 미리 계산된 프레임 간 간격을 더해 나가면서 디코딩 시간 및 재생 시간을 결정한다. 예를 들어, 초당 30프레임을 이용해 영상을 재생하는 시스템에서는 각 프레임의 간격이 33ms이다. 따라서 DTS를 받은 이후의 패킷에 대해서는 DTS에 33ms씩을 누적해 더 한 값을 이용하여 디코딩 시간을 결정한다.

## 제 2 절 MPEG-2 TS 패킷 구조

### 1. 일반적인 TS 패킷

그림 3-7은 TS 패킷의 구조를 설명하고 있다. TS 패킷은 총 188 바이트로 구성된다. 188바이트로 전송하게 되면 ATM 셀로 변환할 때, 헤더를 제외한 47 바이트의 페이로드에 정확히 나누어 담을 수 있어 손실을 줄일 수 있다. TS 패킷 하나는 총 4개의 ATM 셀로 변환이 가능하다. 패

킷 헤더의 시작부분에 존재하는 sync byte 필드는 바이트 정렬되어 있기 때문에, TS 스트림에서 바이트 정렬을 통해서 sync byte 부분을 찾아 TS 패킷을 추출 해 낼 수 있다.

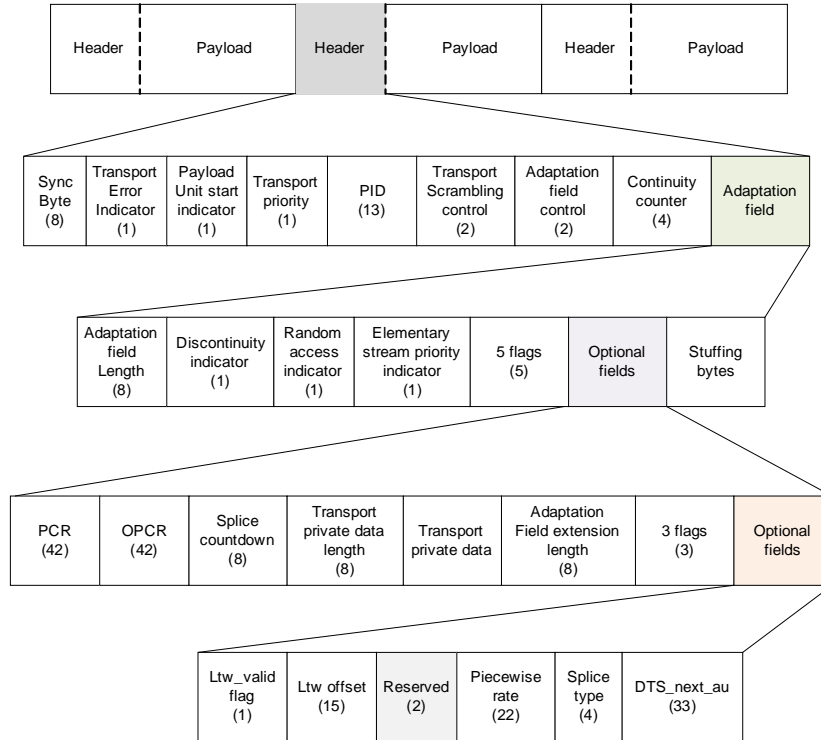


그림 3-7 TS 패킷 구조도

#### 가. TS 패킷

다음은 헤더 내의 각 필드들에 대한 자세한 설명이다.

- sync\_byte: 0x47(0100 0111)을 의미하며, 주기적으로 반복되는 다른 부분에서 이 값은 사용될 수 없다.
- transport\_error\_indicator: 1이면 최소한 1개의 수정 불가능한 비트 에러가 TS packet에 존재한다는 의미이다.
- payload\_unit\_start\_indicator: 만일 패킷에 포함된 데이터가 PES\_packet의 데이터일 경우, 1은 PES의 시작을, 0은 PES의 시작이 아님을 각각 의미한다.
- transport\_priority: 1로 설정되면 0으로 설정된 다른 패킷들(단, 같은 PID를 가지는 다른 패킷들) 보다 높은 우선순위를 가진다. 이 값은

채널에 한정된(channel specific) 인코더나 디코더에 의해 변할 수 있다.

- PID: 패킷을 구분하기 위한 값이다. 표 3-1에 데이터에 따른 PID 할당 방법을 나타내었다. PID가 0x0000, 0x0001, 0x0010-0x1FFE인 TS 패킷은 PCR을 전송할 수 있다.

표 3-1 PID 표

PID 값	설 명
0x0000	Program Association Table
0x0001	Conditional Access Table
0x0002	Transport Stream Description Table
0x0003 ~ 0x000F	Reserved
0x0010 ~ 0x1FFE	Network_PID, Program_map_PID, elementary_PID, 또는 다른 목적
0x1FFF	Null 패킷

- transport\_scrambling\_control: TS 패킷 페이로드의 스크램블 모드 여부를 표시한다. 00은 스크램블 되지 않으며, 01, 10, 11은 사용자가 정의해서 사용할 수 있게 하였다. TS 패킷 헤더와 adaptation\_field는 스크램블 되지 않으므로 00 값을 가진다. Null 패킷도 00값을 가진다.
- adaptation\_field\_control: adaptation\_field가 TS 패킷에 존재하는 지를 결정한다. 00이면 표준에 정의된 디코더는 현재의 TS 패킷을 버린다. Null packet에서는 01로 코딩된다.

표 3-2 adaptation\_field\_control 값

값	설 명
00	reserved for future used by ISO/IEC
01	no adaptation_field, payload only
10	adaptation_field only, no payload
11	adaptation_field followed by payload

- continuity\_counter: 페이로드에 대한 시퀀스 번호를 기록하는 필드로, 같은 PID의 TS 패킷에서 이 값은 계속적으로 증가되다가 최대 값 1111에서 0000으로 바뀐다. TS 패킷의 adaptation\_field\_control 필드의 값이 00이거나 10이면 증가하지 않고, 동일 내용의 TS 패킷이 연속하여 전송된 경우도 증가하지 않는다.
- 페이로드는 PES 패킷, PSI 정보 등 다양한 내용의 데이터를 저장한다. 페이로드의 총 길이는 (184 - adaptation\_field의 길이)로 계산된다.

#### 나. Adaptation\_field

- adaptation\_field\_length: adaptation\_field의 바이트 수다. 앞선 TS 패킷 헤더의 adaptation\_field\_control의 값이 11인 경우 0~182의 값을 가질 수 있으며, 10인 경우 183으로 고정된다.
- discontinuity\_indicator: 1이면 현재 TS 패킷에서 PCR값이 불연속 상태임을 나타내며, 0이면 연속임을 나타낸다. 시스템 기준 시각의 불연속이후, 또 다른 불연속이 일어나기 전에 전송되는 PCR\_PID TS 패킷은 2개 이상이어야 한다. 시스템 기준 시각 불연속이전에 새로운 시스템 기준 시각을 이용한 PTS나 DTS를 포함하는 TS 패킷의 첫번째 바이트는 T-STD에 입력되어서는 안 된다.
- random\_access\_indicator: 1이면, 현재 PID와 같은 현재 또는 그 다음 TS 패킷에서 처음 시작되는 PES 패킷에 비디오나 오디오의 첫번째 바이트가 시작한다. 즉, 다음 TS 패킷부터 random access가

가능하다는 의미이다. 이 경우 PES는 PTS가 포함되어야 한다. 만일 현재의 PID가 PCR\_PID면 뒤의 PCR\_flag는 1이 되어야 한다.

- elementary\_stream\_priority\_indicator: 1이면 현재의 TS 패킷 페이로드 부분의 데이터가 다른 TS 패킷의 페이로드보다 높은 우선순위를 가진다.
- 5 flags
  - PCR\_flag: 1이면 adaptation\_field가 PCR 필드를 포함한다.
  - OPCR\_flag: 1이면 adaptation\_field가 OPCR 필드를 포함한다.
  - splicing\_point\_flag: 1이면 splice\_countdown 필드가 존재하고, 0이면 존재하지 않는다.
  - transport\_private\_data\_flag: 1의 경우 하나 혹은 그 이상의 private\_data 바이트가 존재한다.
  - adaptation\_field\_extension\_flag: 1이면 adaptation field extension이 존재한다.
- Optional fields
  - PCR: PCR 값을 포함한다.
  - OPCR: PCR이 존재하는 경우에만 OPCR(Original PCR)이 존재한다. 이는 복수 프로그램으로 재다중화된 TS 데이터에서 단일 프로그램의 TS데이터로의 재구성을 도와준다.
  - splice\_countdown: 하나의 ES(elementary stream)를 다른 ES에 끼워 넣거나 붙여 넣을 때, 연결하는 위치를 기록한다. 이 정보는 추후 디코더가 활용한다. 8비트의 정수로 표현되며, 양수는 붙여 넣는 위치까지 n byte가 남았다는 의미이며, 음수는 붙여 넣고 나서 n byte가 지나갔다는 의미이다.
  - transport\_private\_data\_length: transport\_private\_data의 바이트 수를 알려준다. private\_data\_byte의 바이트 수는 adaptation field를 넘지 않는 바이트 수다.
  - transport\_private\_data: 사용자 데이터를 담을 수 있다.
  - adaptation\_field\_extension\_length: 이 필드 바로 뒤에 있는 확장된 적응 필드의 바이트 수를 의미한다.
  - 3flags

- `ltw_flag`: 1로 설정되면 `ltw_offset` 필드가 뒤에 존재한다. LTW(legal time window)는
  - `piecewise_rate_flag`: 1로 설정되면 `piecewise_rate`가 뒤에 존재한다.
  - `seamless_splice_flag`: 1은 `splice_type`과 `DTS_next_AU` 필드가 모두 있음을 의미하고, 0은 둘 다 없음을 의미한다. `splicing_point_flag`이 1로 되어 있지 않으면, 이 필드도 1로 될 수 없다. 일단 `splice_countdown`이 양의 정수인 TS 패킷에서 이 플래그가 1로 설정되면, `splice_countdown`이 0이 될 때까지의 모든 같은 PID를 가지는 TS 패킷은 1로 설정되어야 한다.
- Optional fields
- `ltw_valid_flag`: 1이면 `ltw_offset`이 유효하다는 의미이다. 0이면 `ltw_offset` 필드의 값이 정해지지 않았다는 의미이다.
  - `ltw_offset`: 재다중화기(remultiplexers)에서 MUX 버퍼를 재구성하기 위해 이 정보를 사용한다. 이 필드가 정의되면 LTW(legal time window)의 offset은  $300/f$  초 단위다. 여기서  $f$ 는 해당 PID에 속하는 프로그램의 system clock frequency이다. LTW는 하나의 TS 패킷마다 설정된 시간상의 구간으로서 그 패킷의 첫번째 바이트가 LTW 구간내에 T-STD에 도달하면 MBn(비디오의 경우)나 Bn(오디오의 경우) 버퍼의 넘침이나 결핍이 발생하지 않음을 뜻한다. 이 `ltw_offset`은 송신기나 재다중화기 등 TS 패킷을 송신하는 측에서 헤더 부분에 넣어주며, 이 값이 작다는 것은 지연이 크다는 것이고 이 값이 크다는 것은 지연이 작다는 것이다.
  - `piecewise_rate`: `ltw_flag`와 `ltw_valid_flag`가 모두 1인 경우에만 유효한 값이다. `ltw_offset`이 없는 TS 패킷의 경우에는 수신단에서 `ltw_offset`을 계산해야 한다. 이때, 전송율 R이 필요하게 되는데, 수신단에서 `piecewise_rate` 필드에 저장된 값을 R로 사용한다.
  - `splice_type`: Splicing을 하기 위해서 디코더가 만족해야 할 조건을 제시한다. 이는 `splice_decoding_delay`와 `max_splice_rate`

를 포함하며, MPEG2 TS 표준에 제시되어 있다.

- DTS\_next\_au: 어떤 splicing point에서 만약 splicing이 일어나지 않았거나 seamless splicing이 일어났다고 가정했을 때, splicing point 바로 다음 access unit의 디코딩 시간을 나타낸다. 이 디코딩 시간은 splice\_countdown이 되는 TS 패킷에서 유효한 time base를 기준으로 표시한다. 이 값이 한 번 존재하면 splice\_countdown이 0이 될 때까지 그 뒤의 같은 PID를 갖는 모든 TS 패킷에서 이 값은 같게 유지된다.
- stuffing byte: 11111111로 채워진 의미 없는 값이다.

## 2. 특수한 TS 패킷

### 가. Private Section

그림 3-8은 private section의 구조를 나타낸다.

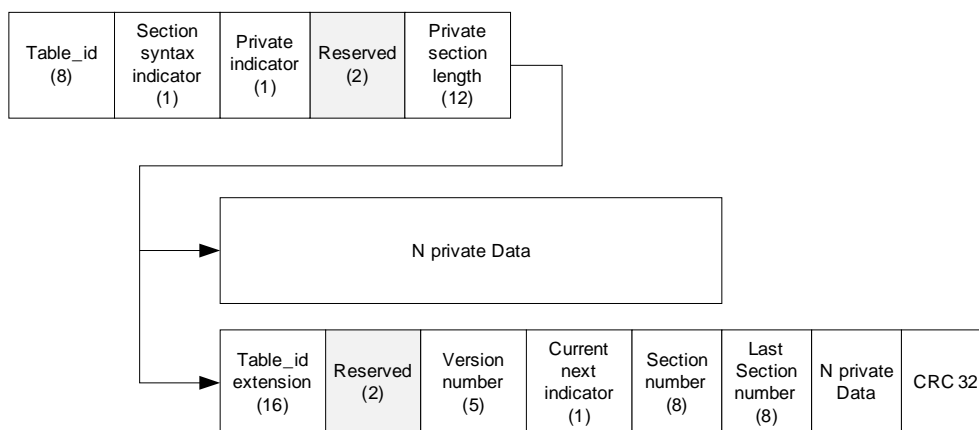


그림 3-8 Private Section의 구조도

다음은 각 필드의 내용을 설명한다.

- table\_id: 이 section이 속한 Private Table을 식별하기 위한 값으로서 표 3-3의 user private 영역의 값을 사용할 수 있다.



표 3-3 Table\_id 할당 값

PID 값	설 명
0x00	Program Association section
0x01	Conditional Access section
0x02	TS Program Map section
0x03	TS Description section
0x04	ISO/IEC14496 Scene Description section
0x05	ISO/IEC14496 Object Descriptor section
0x06~0x37	ITU-T Rec. h.222.0, ISO/IEC 13818-1 reserved
0x38~0x3F	Defined in ISO/IEC 13818-6
0x40~0xFE	User private
0xFF	Forbidden

- section\_syntax\_indicator: 1이면 모든 테이블에 공통으로 적용된 데이터 구조(table\_id\_extension, version\_number, current\_next\_indicator, section\_number, last\_section\_number를 가지는)가 사용된다. 0이면 table\_id 필드와 private\_section\_length 필드만 공통으로 사용되고, private\_section\_length 바로 뒤에 private\_data\_byte가 나타난다. 따라서 private\_section의 나머지는 사용자 결정에 따라 임의의 형태를 취할 수 있다.
- private\_indicator: 사용자가 정의할 수 있는 플래그
- private\_section\_length: private\_section\_length 필드 바로 뒤에서 시작하여 CRC32를 포함한 바이트 수로서 4093(0xFFD)를 넘어서는 안 된다.
- table\_id\_extension: 사용자가 정하고 이용할 수 있다.
- version\_number: private\_section의 버전을 나타내는 데, 한 번 바뀔 때마다 1씩 증가하며 31까지 증가하면 다시 0부터 시작한다.
- current\_next\_indicator: 1이면 전송된 private\_section이 현재 적용 가능함을 나타내며 version\_number는 현재 적용 가능한

private\_section의 버전을 나타낸다. 0이면 전송된 private\_section이 아직 적용 가능하지 않음을 나타낸다.

- section\_number: Private Table의 첫번째 section의 section\_number는 0x00이어야 하며, 추가적인 section이 전송될 때마다 1씩 증가한다.
- last\_section\_number: 마지막 section의 section\_number를 표시한다.

#### 나. PAT (Program Association Table)

그림 3-9는 private section의 구조를 나타낸다.

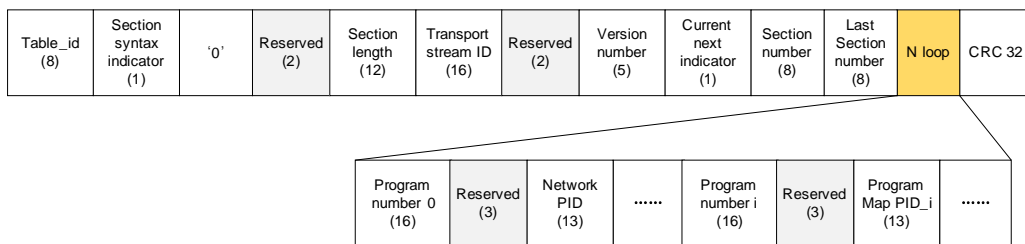


그림 3-9 PAT 테이블 정보를 저장하는 Private Section의 구조

다음은 각 필드의 내용을 설명한다.

- table\_id: 0x00
- section\_syntax\_indicator: 1
- section\_length: Section\_length 필드 바로 뒤에서 시작하여 CRC\_32를 포함한 바이트 수를 10비트로 표현한다. 따라서 상위 2 비트는 '00'이어야 한다. 이 필드는 1021(0x3FD)를 넘어서는 안된다.
- transport\_stream\_id: 네트워크 내에서 다른 다중화 데이터로부터 이 전송 스트림을 식별하기 위한 ID 역할을 하며, 사용자에 의해서 정의된다.
- version\_number: PAT의 버전을 나타내는 데, 한 번 바뀔 때마다 1씩 증가하며 31까지 증가하면 다시 0부터 시작한다.
- current\_next\_indicator: 1이면 전송된 PAT가 현재 적용 가능함을 나타낸다. 0이면 전송된 PAT가 아직 적용 가능하지 않고 유효하기 위해서는 다음 Table이 있어야 함을 나타낸다.

- section\_number: 이 section의 번호를 가리킨다. 첫번째 section 번호는 0이며, section이 하나 증가할 때마다 1씩 증가한다.
- last\_section\_number: 마지막 section의 section\_number를 표시한다.
- PAT data
  - program\_number: 0x0000 값은 network PID를 위해 할당되어 있으며, 나머지 번호는 모두 사용자가 사용할 수 있는 값이다. 그러나 이 필드는 같은 PAT 버전내에서 같은 번호를 중복하여 사용할 수 없다.
  - PID: program\_number가 0x0000이면 NIT를 위한 PID가 포함되며, 그렇지 않은 경우는 모두 PMT를 위한 PID가 포함된다.

#### 다. PMT (Program Map Table)

그림 3-10은 private section의 구조를 나타낸다.

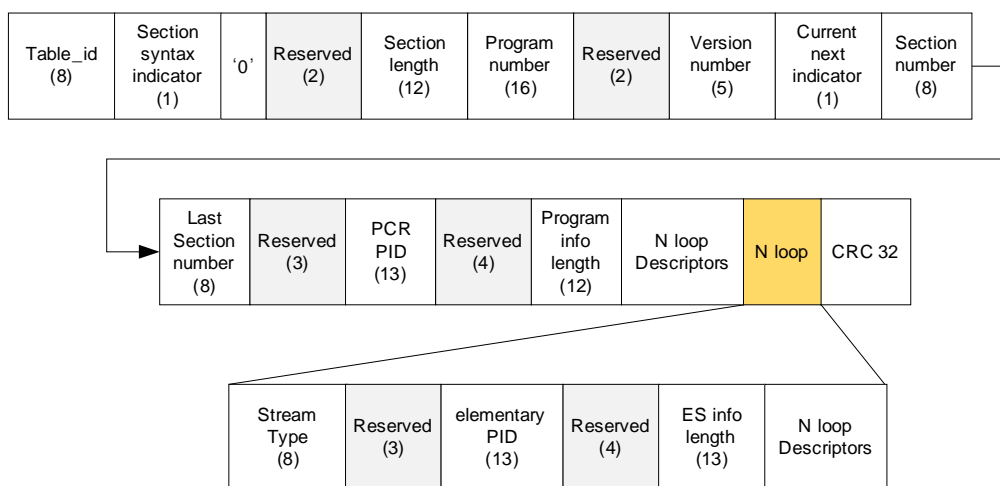


그림 3-10 PMT 테이블 정보를 저장하는 Private Section의 구조

다음은 각 필드의 내용을 설명한다.

- table\_id: 0x02
- section\_syntax\_indicator: 1
- section\_length: Section\_length 필드 바로 뒤에서 시작하여 CRC\_32를 포함한 바이트 수를 10비트로 표현한다. 따라서 상위 2 비트는

‘00’이어야 한다. 이 필드는 1021(0x3FD)를 넘어서는 안된다.

- program\_number: 현재 PMT에 의해서 정의되는 프로그램의 번호를 지정한다. 하나의 프로그램은 하나의 PMT 섹션 내에서 전송되어야 하는 데, 이는 program\_number가 1016(0x3F8)을 넘지 못함을 의미한다.
- version\_number: PMT의 버전을 나타내는 데, 한 번 바뀔 때마다 1씩 증가하며 31까지 증가하면 다시 0부터 시작한다.
- current\_next\_indicator: 1이면 전송된 PMT가 현재 적용 가능함을 나타낸다. 0이면 전송된 PMT가 아직 적용 가능하지 않고 유효하기 위해서는 다음 Table이 있어야 함을 나타낸다.
- section\_number: 0x00
- last\_section\_number: 0x00
- PCR\_PID: 유효한 PCR 필드를 포함하는 TS 패킷의 PID를 나타내는 값이다. PCR과 관계없는 패킷일 경우에는 PCR\_PID값은 전부 1로 채운다.
- program\_info\_length: 최상위 2비트는 ‘00’이어야 하며, 나머지 하위 10비트가 이 필드 바로 뒤에 나오는 descriptor의 바이트 길이를 나타낸다.
- stream\_type: 패킷에 들어있는 프로그램 구성요소의 타입을 나타내며, 표3-4에 나타나 있다.

표 3-4 stream\_type 할당 값

PID 값	설 명
0x00	ITU-T   ISO/IEC reserved
0x01	ISO/IEC 11172-2 Video
0x02	ITU-T Rec. H.262   ISO/IEC 13818-2 Video or ISO/IEC 11172-2 constrained parameter video stream
0x03	ISO/IEC 11172-3 Audio
0x04	ISO/IEC 13818-3 Audio
0x05	ITU-T Rec. H.222.0   ISO/IEC 13818-1 private_sections
0x06	ITU-T Rec. H.222.0   ISO/IEC 13818-1 PES packets containing private data
0x07	ISO/IEC 13522 MHEG
0x08	DSM CC
0x09	ITU-T Rec. H.222.1
0x0A	ISO/IEC 13818-6 type A
0x0B	ISO/IEC 13818-6 type B
0x0C	ISO/IEC 13818-6 type C
0x0D	ISO/IEC 13818-6 type D
0x0E	ISO/IEC 13818-1 auxiliary
0x0F	ISO/IEC 13818-7 Audio with ADTS transport syntax
0x10	ISO/IEC 14496-2 Video
0x11	ISO/IEC 14496-3 Audio
0x12	ISO/IEC 14496 SL-packetized stream or FlexMux stream carried in PES
0x13	ISO/IEC 14496 SL-packetized stream or FlexMux stream carried in ISO/IEC 13818-1 sections
0x14	ISO/IEC 13818-6 Synchronized Download Protocol
0x0F~0x7F	ITU-T Rec. H.222.0   ISO/IEC 13818-1 reserved
0x80~xFF	User Private

- elementary\_PID: 관련된 프로그램 구성 요소를 나르는 TS 패킷의 PID이다. 즉, 기초 스트림을 패킷화한 TS 패킷의 PID를 말한다.
- ES\_info\_length: 최상위 2비트는 '00'이어야 하며, 나머지 하위 10비트는 이 필드 바로 뒤에 나오는 관련된 프로그램 구성 요소의 서술자들의 바이트 길이를 나타낸다.

## 제 4 장 디지털 방송(DVB) 평가 방법 동향

IPTV 사업에 있어 방송을 통해서 제공되는 영상의 품질은 사용자들이 IPTV 서비스를 사용할 것인지를 결정하는데 있어 가장 큰 요소가 된다. 따라서 다른 네트워크 서비스들 보다 더욱 확실한 QoS 관리를 필요로 하게 된다. 본 장에서는 현재 다양한 전문 기구들이 진행하고 있는 디지털 방송과 관련된 QoS 평가 방법들에 대해서 살펴보고자 한다.

디지털 방송은 IP 기반의 네트워크를 통해서 최종 사용자에게 전달되므로 가장 간단한 방송 QoS 평가 방법으로 기존의 IP 네트워크의 성능 평가 방법을 적용할 수 있다. 기존의 IP 네트워크 평가 방법을 이용하여 디지털 영상을 전송하기 위한 패킷 전달 성능에 대한 QoS를 보장함으로써 디지털 방송의 QoS를 간접적으로 보장할 수 있다. 하지만 디지털 영상 시스템의 구성에 따라 기존의 데이터 통신과는 다른 여러 요소들로 인해서 IP 네트워크 QoS 평가 방법만으로는 정확한 디지털 방송의 QoS 평가가 불가능하다. 예를 들어, 디지털 영상을 전송하기 위해서 일련의 패킷 스트림을 구성하게 되는데, 이 스트림의 구성요소 중 일부가 누락 될 경우 좋은 품질의 영상을 재생하기 어렵다. 따라서 각 표준화 기구에서는 디지털 영상 또는 IPTV 만을 위한 QoS 평가 방법을 만들어 가고 있는 실정이다.

본 장에서는 기존의 IP 네트워크의 QoS 평가 방법과 현재 논의되고 있는 디지털 영상에 대한 QoS 평가 방법, 그리고 IPTV를 위한 평가 방법 등을 살펴 볼 것이다. IP 네트워크를 위한 QoS 평가 방법으로는 IETF(Internet Engineering Task Force) IPPM(Internet Protocol Performance Metrics) 워킹그룹에서 제시한 방법과 ITU-T(International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector)에서 제시하고 있는 방법을 살펴본다. 또한, 디지털 영상을 위한 QoS 평가 방법으로는 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)에서 제시한 방법을 검토한다. 마지막으로 IPTV를 위한 QoS 평가 방법으로는 ITU-T의 IPTV를 위한 FG(Focus Group)에서 기여하고 있는 문서들을 위주로 살펴본다.

## 제 1 절 IETF RFCs for IPPM

### 1. IPPM 프레임워크

IETF의 IPPM 워킹 그룹은 IP 네트워크의 성능을 평가하기 위해 평가 지표 프레임워크를 RFC 2330을 통해서 제시하였다. 이 문서는 IP 네트워크의 성능을 평가하기 위한 지표를 만들 때 준수해야 할 지침을 제시하고, 지표를 측정하기 위한 방법을 설명하고 있다.

#### 가. 측정 지표 (Metric)

일반적으로 인터넷이 동작할 때, 인터넷의 성능과 신뢰도를 정량적으로 표현할 수 있는 요소들을 RFC에서는 성능 지표(metric)으로 표현한다. 이 지표는 명확한 정의가 이루어 져야 하며, 공통된 표준 단위를 사용하여 나타내야 한다. 여기서 표준단위란 국제 미터법을 의미하며, 10<sup>3</sup> 또는 10<sup>-3</sup> 단위로 표현한다. 예를 들어 km, ms, us는 허용하지만, cm는 허용하지 않는다. 또한 정보의 단위는 비트(bit)로 하며 미터법에 준거하여 1024가 아닌 1000단위로 변화한다. 즉 1000 비트와 1 킬로비트는 동일하다.

또한 측정 지표는 공간적인 조합이나 시간적인 조합을 표현할 수도 있다. 즉, 네트워크의 각 구간별, 지역별, 시간별로 측정된 값들의 집합으로 표현할 수도 있다.

#### 나. 측정 방법

성능 지표의 값을 측정할 때는 다양한 방법이 가능하며, RFC에서는 다음의 방법들을 예로 들고 있다.

- 직접 측정: 실제 네트워크에서 성능 지표에 해당하는 값을 통신과정에서 측정한다.
- 부분 실측값을 이용한 계산: 전체 네트워크 중 각 부분 별로 나누어 실측을 한 후, 이들을 이용해 전체 대한 결과값을 계산하는 방법이다. 예로 점대점 전송 지연을 측정하는데 있어서 라우터 단 사이의

- 지연을 측정하고 이 값들을 모두 더하여 지연을 계산하는 방법이다.
- 전체 실측값을 이용한 부분값 계산: 전체 네트워크에 대해 측정한 지표를 이용하여 각 부분의 성능 지표 값을 예상하는 방법이다. 예를 들어 점대점 전송 지연을 전체 홉과 연관하여 계산해서 경로 상에서의 홉과 홉 사이의 전송 지연 값을 계산할 수 있다.
  - 통계치를 이용한 다음 시점에서의 성능 지표 값 예상: 과거 시간 동안의 통계치를 이용하여 현재 시점 또는 바로 다음 시점에서의 성능 지표 값을 계산해 내는 방법이다.

이러한 모든 방법에서 어떤 상황에서든 일관성 있게 측정할 수 있는 방법을 제안해야 한다. 다시 말해, 네트워크상에 작은 변화가 생기면 그 측정 결과도 그를 충분히 반영하여 변화해야 한다. 또한, 측정 과정에서 발생할 수 있는 우연적인 결과를 최소화 할 수 있는 방안을 제시해야 한다.

다. 측정 지표의 유형

#### (1) 독자 지표 (Singleton)

독자 지표는 단일 항목에 대해서 하나의 기준으로 측정한 값을 의미한다. 예를 들어 두 호스트 사이의 전송 지연을 말한다.

#### (2) 견본 지표 (Sample)

견본 지표는 일정 시간 간격 중에서 특정 시각들을 샘플링을 통해서 선택하고, 이 시각에 측정한 값들의 집합을 의미한다. 예를 들어서 두 호스트 사이의 전송 지연을 한 시간 동안 푸아송(Poisson) 분포를 사용한 샘플링 시각에 측정한 값들의 집합을 말한다.

#### (3) 통계 지표 (Statistical)

통계 지표는 견본 지표를 통해서 얻어진 값들의 통계적 분석치를 의미한다. 여기서 통계적 분석치는 최대값, 최소값, 중간값, 평균, 분산, 표준편차, 백분위(percentile), 역백분위(inverse percentile) 등이 될 수 있다.



## 2. 측정 지표

IETF의 IPPM 워킹 그룹에서는 IP 성능 평가지표 프레임워크에 근거하여 다양한 지표들을 제안하였는데, 이는 RFC 2678~2681, 3393 등과 두 개의 드래프트를 통해서 참조할 수 있다.

### 가. 지연 시간 (Delay Metric)

하나의 호스트로부터 패킷이 전송되어 다른 호스트까지 도착하는데 걸린 시간을 측정하는 성능 지표다. IETF 워킹 그룹에서는 이를 편도지연(One-way Delay)과 왕복지연(Round-trip Delay)으로 구분하여 각각 RFC2679와 RFC2681에서 설명하고 있다.

편도지연의 경우 지연시간은 전송 호스트로부터 패킷의 첫 번째 비트가 전송된 시각과 수신 호스트가 마지막 비트를 수신한 시각의 차이로 정의 된다. 왕복지연의 경우 지연시간은 전송 호스트가 패킷의 첫 번째 비트를 전송한 시각과 송신 호스트가 수신 호스트를 거쳐 다시 돌아오는 패킷의 마지막 비트를 수신한 시각의 차이로 정의 된다. 이 때 수신 호스트는 패킷을 수신함과 동시에 동일 패킷을 송신 호스트로 다시 보낸다고 가정한다. 표 4-1은 지연 시간과 관련된 다양한 지표들을 나타낸다.

### 나. 지연 변동 (Delay Variation Metric)

지연 변동 지표는 패킷의 흐름에서 각 패킷들의 지연 지표 값 사이의 변화를 측정한다. 따라서 지연 변동은 최소 두 개의 패킷을 전송하여 측정할 수 있다. 즉, 시각 T1에 패킷 P1을 전송하고 이에 대한 지연 dT1을 측정하고, 시각 T2에 패킷 P2를 전송하고 이에 대한 지연 dT2를 측정한 후, dT2와 dT1의 차이를 구하여 두 패킷 사이의 지연 변동 값 ddT로 사용한다.

지연 변동의 경우는 독자 지표(sigleton metric)보다는 샘플지표가 보다 의미가 있다. 샘플 지표는 푸아송(Poisson) 샘플링 기법을 이용하여 총 실험 기간 중에서 패킷을 생성할 시각들을 생성한다. 이후 전체 측정 시간을 여러 개의 부분 시간 간격으로 나눈 후, 부분 시간 간격 내에서 두 개의 패킷에 대해 지연 시간을 측정하고, 이 값들로 지연 변동

값 ddT를 구한다. 이렇게 해서 모든 부분 시간 간격들에서 구해진 ddT들의 집합이 지연 변동의 샘플 지표가 된다. 이 샘플 지표를 기반으로 여러 통계 지표를 생성할 수 있다. 표 4-2는 지연 변동과 관련된 다양한 지표들을 나타낸다.

표 4-1 지연 시간 측정 지표

구분	이름	지표 유형	의미
One-way	Type-P-One-way-Delay	Singleton	Src에서 Dst까지의 패킷이 전달되는데 소요되는 지연시간
	Type-P-One-way-Delay-Poisson-Stream	Sample	일정 시간동안 뿌아송 분포에 따르는 샘플링을 통해 측정한 지연의 집합으로 다음 튜플의 형태로 표현된다. <전송 시각 T, 지연 시간 t>
	Type-P-One-way-Delay-Percentile	Statistical	샘플 지표로 획득된 집합에서 각 백분위에 해당하는 지표 값
	Type-P-One-way-Delay-Inverse-Percentile		특정 수치가 주어졌을 때, 샘플에서 그 수치를 넘지 않는 지표 값들의 샘플에 대한 백분위 수치
	Type-P-One-way-Delay-Median		샘플 집합에서 중간값에 해당하는 지표
	Type-P-One-way-Delay-Minimum		샘플 집합에서 최소값에 해당하는 지표
Round-trip	Type-P-Round-trip-Delay	Singleton	Src에서 Dst를 거쳐 다시 Src까지 패킷이 전달되는데 소요되는 지연시간
	Type-P-Round-trip-Delay-Poisson-Stream	Sample	일정 시간동안 뿌아송 분포에 따르는 샘플링을 통해 측정한 지연의 집합으로 다음 튜플의 형태로 표현된다. <전송 시각 T, 지연 시간 t>
	Type-P-Round-trip-Delay-Percentile	Statistical	샘플 지표로 획득된 집합에서 각 백분위에 해당하는 지표 값
	Type-P-Round-trip-Delay-Inverse-Percentile		특정 수치가 주어졌을 때, 샘플에서 그 수치를 넘지 않는 지표 값들의 샘플에 대한 백분위 수치
	Type-P-Round-trip-Delay-Median		샘플 집합에서 중간값에 해당하는 지표
	Type-P-Round-trip-Delay-Minimum		샘플 집합에서 최소값에 해당하는 지표

표 4-2 지연 변동 측정 지표

구분	이름	지표 유형	의미
One-way	Type-P-One-way-ipdv	Singleton	Src에서 Dst까지의 두 패킷의 지연 지표의 차이
	Type-P-One-way-ipdv-Poisson-stream	Sample	일정 시간동안 보내준 분포에 따르는 샘플링을 통해 측정된 지연 변동 지표의 집합
	Type-P-One-way-ipdv-Percentile	Statistical	샘플 지표로 획득된 집합에서 각 백분위에 해당하는 지표 값
	Type-P-One-way-ipdv-Inverse-Percentile		특정 수치가 주어졌을 때, 샘플에서 그 수치를 넘지 않는 지표 값들의 샘플에 대한 백분위 수치
	Type-P-One-way-ipdv-jitter		일련의 패킷 스트림에서 연속되는 두 패킷 사이의 지연 변동 값의 절대 값
	Type-P-One-way-peak-to-peak-ipdv		각 부분 시간 간격에서 지연 값이 가장 큰 패킷과 가장 작은 패킷 사이의 지연 변동을 측정

Type-P-One-way-ipdv-jitter는 연속된 패킷의 흐름에서 지연의 변화를 측정할 수 있다. 연속적으로 전송되는 패킷들 중에서 계속적으로 차례대로 두 개씩의 패킷을 선택하여 지연 변동 값을 구하고, 이 모든 값들의 절대값으로 지터를 측정할 수 있다.

Type-P-One-way-peak-to-peak-ipdv는 가장 좋을 때와 가장 나쁠 때의 변화량을 측정하는 방법이다. 샘플링 시간 중 각 부분 시간 간격(sub-interval)에서 지연 값이 가장 큰 패킷과 지연 값이 가장 작은 패킷 사이의 지연 변동 값을 측정한다.

#### 다. 패킷 손실 (Packet Loss)

네트워크를 통해서 전송되는 패킷의 성공적인 전달 여부를 측정하는 성능 지표다. 따라서 이 성능 지표는 간단히 패킷 전달이 성공한 경우 값을 0으로 하고, 실패한 경우 1로 하여 측정한다. 이 지표를 지연 지표

와 연계하여 생각할 경우 지연 지표가 측정되어 지면 당연히 이 값은 0이 되고, 그렇지 않을 경우 이 값은 1이 된다.

다른 지표와 마찬가지로 일정 시간 동안 샘플링을 통해서 측정한 값이 더욱 신뢰성이 높은 지표로 활용될 수 있다. 패킷 손실에 대한 샘플 지표는 <시간, 손실여부>의 튜플로 구성된 집합이 된다. 이 샘플지표에 대한 통계지표로는 다른 지표들과는 달리 평균과 관련된 항목만 존재한다. 즉, 특정 기간 동안의 평균적 패킷 손실률을 측정하며, 이는 손실 패킷 수와 전체 전달 패킷 수 사이의 비율로 결정된다. 표 4-3은 패킷 손실과 관련된 지표들을 나타낸다.

표 4-3 패킷 손실 측정 지표

구분	이름	지표 유형	의미
One-way	Type-P-One-way-Packet-Loss	Singleton	Src에서 Dst까지 패킷전달 성공 여부
	Type-P-One-way-Packet-Loss-Poisson-Stream	Sample	일정 시간동안 보내송 분포에 따르는 샘플링을 통해 측정한 지연의 집합으로 다음 튜플의 형태로 표현된다. <전송 시각, 손실>
	Type-P-One-way-Packet-Loss-Average	Statistical	일정 시간 간격 동안의 평균적인 패킷 손실률

라. 패킷 재배열 (Packet Reordering)

패킷 재배열은 전송 호스트로부터 전달된 일련의 패킷들이 순서대로 도착하지 않은 경우를 측정하기 위한 성능 지표다. 이는 RFC4737에 기술되고 있다.

패킷 재배열 지표는 수신단에서 각 패킷의 순차번호(Sequence Number)와 수신 호스트가 기대하고 있는 순차번호를 비교하여 재배열 여부를 판단함으로써 측정한다. 즉 지표의 값은 재배열이 필요할 경우 진실, 그렇지 않을 경우 거짓으로 나타낸다.

재배열 지표에서 추가적으로 생각해 볼 수 있는 항목이 불연속 구간이다. 이는 시각 T에 받은 패킷 P의 순차번호가 수신 호스트가 T 시각

에 받을 것으로 기대하고 있는 순차번호 보다 클 경우 기대치와 실제 숫자 사이의 차이로 나타낸다. 그림 4-1은 패킷 재배열 지표만을 측정할 경우와 불연속 구간 값도 함께 측정할 경우 각각의 의사 코드 (pseudo code)를 나타낸다.

```
if s >= NextExp then /* s is in-order */
    NextExp = s + 1;
    Type-P-Reordered = False;
Else /* when s < NextExp */
    Type-P-Reordered = True
```

(a) 패킷 재배열 지표만 측정

```
if s >= NextExp, then /* s is in-order */
    If s > NextExp then
        SequenceDiscontinuity = True;
        SeqDiscontinuitySize = s - NextExp;
    else
        SequenceDiscontinuity = False;
        NextExp = s + 1;
        Type-P-Reordered = False;
else /* when s < NextExp */
    Type-P-Reordered = True;
    SequenceDiscontinuity = False;
```

(b) 패킷 재배열 지표와 불연속 구간 함께 측정

- **s**: 패킷의 순차번호
- **NextExp**: 수신 호스트에서 다음에 수신할 것으로 기대하는 순차번호

그림 4-1 패킷 재배열 지표 측정을 위한 의사 코드

RFC4737에서는 다음과 같은 지표들을 추가적으로 제시하고 있다.

#### (1) Type-P-Reordered-Ratio-Stream

수신 호스트가 수신한 모든 패킷 수와 패킷 재배열이 필요한 패킷 수 사이의 비율로 측정하며, 단위는 백분위로 표시한다.

$$R = \frac{\text{패킷 재배열이 필요한 패킷 수}}{\text{전체 수신한 패킷 수}} \times 100$$

#### (2) Type-P-Packet-Reordering-Extent-Stream

패킷 재배열이 필요한 패킷이 발생한 경우, 실제 이 패킷이 현재의 스트림에서 몇 번째 순서로 들어왔어야 하는 지를 나타내는 값이다. 수

신 호스트가 수신한 일련의 패킷 집합에서 각 패킷들의 순차번호를  $s[1], s[2], \dots, s[n]$  이라고 가정하자. 이 경우  $i$  번 째 패킷이 재배열이 필요한 패킷이라면 지표의 값은  $s[j] > s[i]$ 를 만족시킬 수 있는 가장 작은  $j$ 로 정의 된다. 여기서  $j$ 의 범위는 1보다 크거나 같고  $i$  보다는 작다.

### (3) Type-P-Packet-Late-Time-Stream

현재 수신된 패킷이 재배열이 필요한 패킷일 경우, 실제 도착해야 할 시점보다 얼마나 늦게 도착했는지를 측정하는 지표다. 이는 다음 식과 같이 정의되며, 수식에서  $j$ 는 Type-P-Packet-Reordering-Extent-Stream 값이다.

$$LateTime(s[i]) = DstTime(i) - DstTime(j)$$

### (4) Type-P-Packet-Byte-Offset-Stream

현재 수신된 패킷이 재배열이 필요한 패킷일 경우, 수신된 데이터가 전체 데이터에서 원래 존재해야 하는 위치에서 얼마나 떨어진 지점에 존재하고 있는 지를 바이트 단위의 오프셋으로 나타내는 지표다. 이는 다음 식과 같이 계산될 수 있다.

$$ByteOffset(i) = \sum_{k=j}^{i-1} PayloadBytes(k)$$

### (5) Type-P-Packet-Reordering-Gap-Stream 및 Type-P-Packet-Reordering-GapTime-Stream

전체 패킷 스트림에서 패킷 재배열이 필요한 경우들 사이의 차이를 나타낸다. 즉, 연속적인 두 불연속 지점 사이의 간격을 말한다. Gap-Stream은 차이의 단위를 패킷의 수로 하며, GapTime의 경우는 시간으로 한다.

## 3. 멀티캐스트를 위한 측정 지표의 활용 방법

멀티캐스트 환경은 점대다 통신으로 설명할 수 있다. 따라서 멀티캐스트를 위한 네트워크 성능 측정 모델에서는 기존의 다양한 IP 성능 측

정 지표를 매트릭스 형태로 활용하여 멀티캐스트 네트워크의 성능을 측정하고자 한다. 그림 4-2에 그 개략적인 모습을 나타냈다.

이 그림에서  $R_1, R_2, \dots, R_n$ 을 단일 경로 상에 존재하는 네트워크 자원이라고 가정한다면, Vector는 경로에 대한 네트워크 성능 측정에 활용할 수 있음을 알 수 있다.

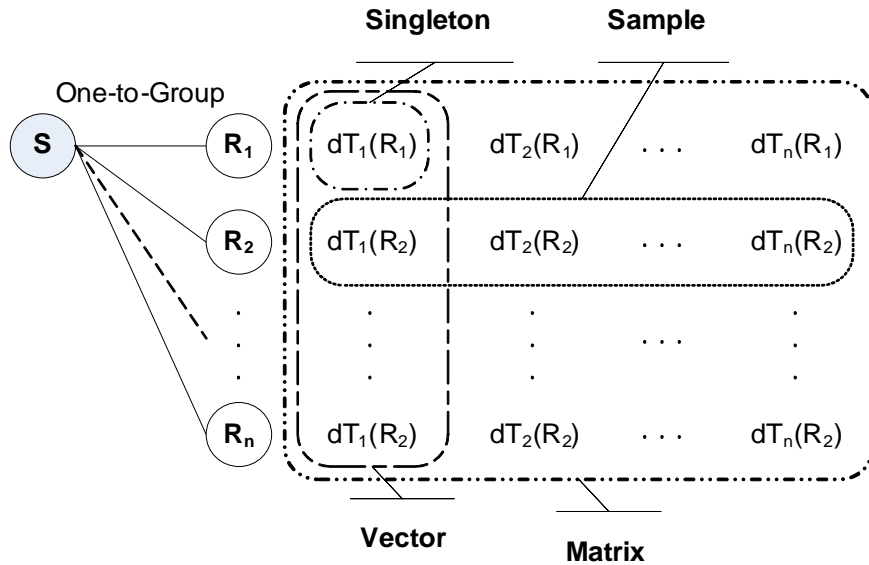


그림 4-2 멀티캐스트 네트워크 성능 측정 매트릭스

## 제 2 절 ITU-T IP QoS

ITU-T에서는 권고안 Y.1540과 Y.1541을 통해서 통신 서비스 상에서의 IP 패킷 전달에 대한 성능 및 가용성을 점검하기 위한 QoS 지표를 제시하고 있다. 이 권고안들에서는 IP 패킷 통신 서비스의 서비스 품질을 유지하기 위한 QoS 관리 서비스를 권고하고 있다.

권고안에서는 QoS 관리를 위해서 우선 각종 성능 지표들을 제시하고, 제시된 각 지표들을 네트워크 운용 중에 측정하며, 측정된 결과에 따라 유형별로 유지 되어야 할 성능 지표에 맞추어 서비스가 가능하도록 하는 인프라를 구축하기를 권고하고 있다.

이를 만족시키기 위해서 Y.1540 권고안에서는 다양한 성능 지표를 제시하고, Y.1541 권고안에서는 서비스 유형별 성능 목표치를 제시하였다.

권고안은 IP기반의 통신 서비스들이 Y.1541에서 제시한 성능 목표치를 맞추기 위해서 앞서 설명한 것과 같은 QoS 관리 서비스를 구축하기를 권고하고 있다.

본 절에서는 Y.1540의 QoS 지표와 Y.1541에서 제시한 성능 목표와 관련된 내용을 살펴보도록 한다.

## 1. Y.1541 권고안의 성능 지표

다양한 성능 지표를 측정하기 위해서 권고안에서는 총 네 가지의 측정 지점을 제안하고 있다. 송신/수신 호스트와 네트워크 링크가 연결되는 두 지점과 송신/수신 측의 종단 라우터와 링크가 만나는 두 지점 등이 그것들이다. 그림 4-3에 이들이 도시되어 있다.

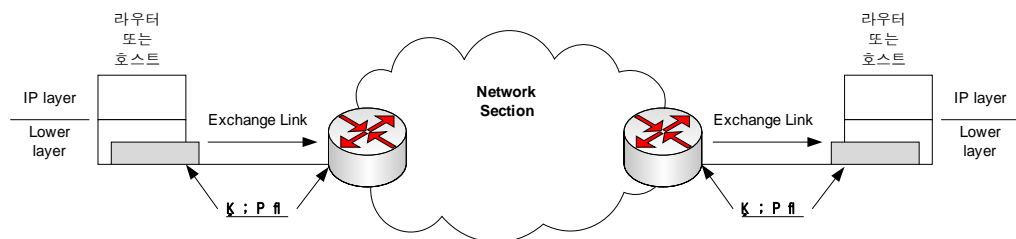


그림 4-3 성능 지표 측정 지점

권고안에서는 각 측정 지점에서 발생하는 이벤트를 IPRE(IP packet transfer reference event)라고 정의한다. IPRE는 패킷이 측정 지점을 지나가고, 패킷이 정상적이며 (헤더에 포함된 체크(checksum) 값이 정상), 측정을 하기 위해 기다리고 있던 출발지 주소와 목적지 주소가 포함된 패킷일 경우에 발생한다. IPRE는 측정 지점을 패킷이 들어갈 때 발생하는 진입 이벤트와 패킷이 나갈 때 발생하는 진출 이벤트로 구분된다. 모든 성능 지표는 이 IPRE 이벤트의 발생과 함께 측정이 된다.

### 가. IP 패킷 전송 지연 (IP packet transfer delay, IPTD)

출발지에서 목적지까지의 패킷이 전달된 경우, 출발지에서 진출 IPRE가 발생할 때의 시간  $t_1$ 과 목적지에서 진입 IPRE가 발생할 때의



시간  $t_2$ 의 차이를 IPTD로 정의한다. IPTD를 계산할 경우에는 에러가 발생한 패킷과 정상 패킷을 모두 포함한다. 또한 계산 대상이 목적지까지 전달된 패킷의 지연시간이므로,  $T_{max}$ 라는 전송 최대 임계 시간을 두어 IPTD가 이 임계치를 넘을 경우는 고려 대상에서 제외한다.

나. 점 대 점 IP 패킷 전송 지연 변화 (End-to-End IP packet delay variation, IPDV)

패킷 스트림에서 참조 전송 지연 값  $d$  와 현재 시점의 패킷  $k$ 에 대한 전송 지연 값  $x_k$  사이의 차이를 전송 지연의 변화로 정의 한다. 여기서 기준이 되는  $d$  값은 평균 지연 시간 또는 최소 지연 시간을 사용한다.

네트워크 성능을 유지하기 위해서 IPDV 지표를 사용하는 방법을 다음의 두 가지 형태로 권고안에서는 제시하고 있다.

- 구간 기반의 IPDV 제한: 전체 패킷 중에 특정 분량에 대한 IPDV 값이 주어진 IPDV 구간을 벗어나지 않도록 하는 방법이다. 예를 들어, 95% 이상의 패킷에 대한 IPDV 값이  $[-30ms, +30ms]$  구간 내에 반드시 존재하도록 할 수 있다.
- 변위치(quantile) 기반의 IPDV 제한: 지연 변화의 분포에서 특정 변위치에 해당하는 패킷의 IPDV 값이 기준 IPDV 값에 미치지 않도록 제한하는 방법이다. 예를 들어, 전체 IPDV 값들 중 백분위수가 99(99 percentile)에 해당하는 IPDV 값과 1(1 percentile)에 해당하는 IPDV 값의 차이가 100ms를 넘지 않도록 할 수 있다.

다. IP 패킷 에러비 (IP packet error ratio, IPER)

목적지에 도달한 전제 패킷 중 에러가 발생한 패킷의 비율을 의미한다.

라. IP 패킷 손실비 (IP packet loss ratio, IPLR)

전송한 패킷 중에 목적지에 도달하지 못한 패킷의 비율을 의미한다.

마. IP 패킷 위험 손실구간 비율 (IP packet severe loss block rate,

IPSLBR)

전체 패킷 스트림 중에서 심각한 패킷 손실비를 보이는 전송 구역의 비율을 의미한다. 여기서 IPSLB(심각 패킷 손실 구역)은 시간간격  $T$  동안 패킷 손실비가 임계치  $s$ 를 초과할 때 발생한다. 권고안에서는  $T$ 를 1분,  $s$ 를 0.2로 제안하고 있다.

바. 서비스 가용성

권고안에서는 현재 통신 서비스를 사용할 수 있는지 검사하기 위해서 서비스 가용성 판단 함수를 제시하고 있다. 이 함수는 IPLR 값과 임계치  $c$ 를 이용하여 서비스의 가용성을 판단한다. IPLR이 임계치보다 낮을 경우는 서비스를 사용할 수 있다고 판단하며, 그 이상일 경우에는 불가능하다고 판단한다. 권고안에서는 서비스 사용불능을 판단하기 위한 IPLR 값의 임계치를 0.75로 제시하고 있다.

## 2. Y.1541의 IP 통신 서비스 성능 목표 권고안

Y.1541 권고안에서는 서비스 유형 별 적합한 서비스를 제공하기 위한 IP망에서의 품질기준을 제시하고 있다. 실제 권고안에서는 총 8등급의 품질 기준을 제시하고 있다. 이 기준은 IP망에서의 품질 성능 기준 수립을 위해서 다양한 분야에서 널리 사용되고 있는 자료다.

표 4-4는 서비스 유형별로 품질 기준의 클래스가 어떻게 나뉘는지 보여주고 있다. 응용 서비스의 특징, 노드들이 사용하는 특별한 네트워크 큐 관리 메커니즘, 네트워크 기반 기술들을 바탕으로 총 8개의 QoS 등급을 구분하였다. 그리고 이들 각각에게 필요한 품질 기준을 앞서 제시한 여러 성능지표들의 값에 근거하여 제시하고 있다. 이는 표 4-5에서 살펴볼 수 있다. 특히 6, 7 등급에서는 IPRR(IP packet reordering ratio)이라는 새로운 지표를 사용하고 있다. 이는 전체 패킷 스트림에서 수신 후 재배열이 필요한 패킷들의 비율을 의미한다.

표 4-4 QoS 등급 별 서비스 특징 및 네트워크 기술

QoS 등급	응용 서비스 특징	노드 메커니즘	네트워크 기반 기술
0	Real-time, jitter sensitive, high interaction (VoIP, Video Conferencing)	Separate queue with preferential servicing, Traffic Grooming	Constrained Routing and Distance
1	Real-time, jitter sensitive, interaction (VoIP, Video Conferencing)		Less Constrained Routing and Distance
2	Transaction Data, Highly Interactive (Signalling)	Separate queue, Drop Priority	Constrained Routing and Distance
3	Transaction data, interactive		Less Constrained Routing and Distance
4	Low loss only (short transaction, bulk data, video streaming)	Long Queue, Drop Priority	Any Route/Path
5	Traditional applications of default IP networks	Separate queue (Lowest Priority)	Any Router/Path
6	high bit rate, more stringent	-	-
7	loss/error than class 0~4	-	-

이러한 표들을 이용해 응용 서비스 제공자는 사용자에게 서비스를 제공하기 위한 망의 품질을 유지하는 기준을 만들 수 있다. 예를 들어 QoS 등급 1에 해당하는 VoIP 서비스를 제공하려면 네트워크 품질을 표 4-5에서 제공하는 최소 사양에 맞추어 유지해야 한다. 망에서의 패킷 지연은 400ms 이내로 유지해야 하며, 패킷지연의 최대값과 최소값의 차이는 50ms 이내로 항상 유지를 해야 한다. 또한 패킷 손실은 0.001% 이내로 보장하고, 패킷의 에러율은 0.0001% 이내로 유지해야 한다. 이를 위해서 서비스 망 관리자는 지속적으로 관련 지표들을 네트워크에서 측정하고 모니터링해야 하며, 이를 통해서 값의 변화가 최소 사양을 만족하지 못할 경우 네트워크에서 발생한 문제를 신속히 해결하여 요구조건을 만족 시킬 수 있도록 해야 한다.

표 4-5 QoS 등급별 성능 지표 정의

성능 지표	성능 목표	QoS Class							
		0	1	2	3	4	5	6	7
패킷지연 (ms)	Upper bound on the Mean IPTD	100	400	100	400	1000	U	100	400
패킷 지연변이 (ms)	Upper bound on the $1-10^{-3}$ quantile of IPTD minus the minimum IPTD	50		U				50	
패킷 손실	Upper bound on the packet loss probability	$1 \times 10^{-3}$					U	$1 \times 10^{-5}$	
패킷 에러	Upper bound	$1 \times 10^{-4}$					U	$1 \times 10^{-6}$	
패킷 재배열	Upper bound	-						$1 \times 10^{-6}$	

표 4-5에서 클래스 0, 2, 6들은 실험적 계산에서 총 라우팅 경로가 5087Km 인 경우에서 계산된 것이며, 클래스 1, 3, 7 들은 27,500Km 기준으로 계산되고 제시된 것이다. 각 항목에서 성능 목표치로 제시된 값은 성능 지표 별로 적용 방법이 다르다. 패킷 지연의 경우는 제시된 값을 현재 네트워크의 패킷 지연 값의 산술 평균에 대한 상한선으로 각 값들을 제시하고 있다. 즉, 0 등급의 경우 네트워크의 평균 패킷지연이 100ms 이내로 항상 유지 되어야 함을 의미한다. 패킷 지연변이는 측정된 IPTD 값들의 백분위수가 99.999%에 해당하는 IPTD 값과 측정된 값들 중 최소값의 차이가 제시된 값보다 적어야 한다. 나머지 항목들 패킷 손실, 패킷 에러, 패킷 재배열 등은 각 확률들의 상한선을 제시하고 있다. 예를 들어 패킷 에러의 경우 패킷 에러가 일어난 확률이 제시된 값 보다는 낮아야 한다.

### 제 3 절 디지털 방송을 위한 ETSI의 QoS 기준

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

#### 1. 측정 지표

QoS 측정 지침에서는 측정해야할 여러 지표들을 크게 1순위, 2순위, 3순위 등의 세 가지 등급으로 분류하였다. 1 순위 등급의 지표들은 수신된 TS 패킷들을 이용하여 영상을 디코딩 할 수 있는지를 판단하는데 사용할 수 있는 지표들이다. 기본적으로 반드시 모니터링 되어야 하며 적정 수준으로 유지될 수 있도록 항상 관리를 해주어야 한다. 2 순위 등급의 지표들은 지속적으로 모니터링 할 수도 있고 주기적으로 할 수도 있는 지표들의 집합이다. PCR 값과 관련된 지표가 대부분이다. 3 순위 등급의 지표들은 응용에 따라서 모니터링 할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있는 지표들이다.

##### 가. 1순위 지표

- TS\_sync\_loss: MPEG2-TS 시스템에서 TS 패킷의 시작을 의미하는 sync\_byte가 연속적으로 2개 이상 에러가 발생하였을 경우 TS\_sync\_loss를 발생시킨다. 지침에서는 5개 이상의 연속적인 정상 sync\_byte 수신이 안정적인 TS 시스템의 동기화를 유도한다고 명시하고 있다.
- Sync\_byte\_error: sync\_byte가 0x47로 명기되어 있지 않을 때 발생시킨다. TS 패킷은 188 바이트나 204 바이트로 생성되므로 패킷 버퍼에서 188 바이트 다음의 값이 0x47이 아닐 경우 sync\_byte에 에러

가 발생한 것으로 간주한다.

- PAT\_error: PAT(Program Association Table) 테이블에는 3장에서 다룬 것처럼 여러 개의 영상들이 어떤 형태로 현재 스트림에 포함되어 있는지를 설명하는 정보 테이블이다. 따라서 이 테이블이 없을 경우 영상 복원이 불가능하다. 지침에서는 두 가지 경우에 대해서 에러라고 판단한다. 첫째, PID가 0x0000이면서 패킷 헤더의 table\_id 필드에 포함된 값이 0x00인 TS 패킷이 매 0.5초 이내에 발생하지 않는 경우에 PAT\_error로 간주한다. 즉, PAT를 포함하고 있는 TS 패킷은 적어도 0.5초에 한 번은 전송되고 수신되어야 한다. 둘째, PID가 0x0000인 패킷을 수신했는데 table\_id가 0x00이 아닌 경우에도 PAT\_error로 간주한다.
- Continuity\_count\_error: 패킷을 정상적으로 수신하지 못한 경우를 측정하는 지표다. 정상 수신에 안 된 경우는 패킷의 순서가 잘 못된 경우, 패킷을 분실한 경우, 동일한 패킷을 중복수신한 경우 등이 있다.
- PMT\_error: PMT(Program Map Table)에는 여러 개의 스트림으로 구성된 하나의 영상이 패킷 스트림에 어떤 구조로 들어 있는지에 대한 정보를 담고 있는 테이블이다. 따라서 이 테이블이 없을 경우 역시 영상을 복원할 수 없다. 지침에서는 PAT에 존재하는 각 PID 값과 동일한 PID를 지니면서 table\_id 필드가 0x02인 패킷이 매 0.5초 이내의 간격에 수신되지 않을 경우 에러로 판단한다. 즉, PMT를 포함하고 있는 TS 패킷은 적어도 0.5초에 한 번은 전송되고 수신되어야 한다.
- PID\_error: 각 테이블에 정의된 PID가 사용자가 임의로 정한 시간 이내에 수신되지 않을 경우의 빈도를 측정하는 지표다. 지침에서는 사용자 정의 시간은 5초 이내로 하는 것을 권고하고 있다.

#### 나. 2 순위 지표

- Transport\_error: TS 패킷에 에러가 발생한 횟수를 기록한다. MPEG-2 Decoder에서 Demodulation시 전송과정상에서 발생한 에러에 의해서 원래의 데이터로 복원하지 못하는 경우, Demodulator는 TS Header에 Transport\_error\_indicator를 1로 설정한 후 전달한다.

따라서 최종 목적지 노드가 에러를 검사하거나 패킷의 해당 필드의 값이 1일 경우 Transport\_error의 값은 1 증가한다.

- CRC\_error: TS 패킷의 CRC 검사가 실패한 경우의 빈도를 측정한다.
- PCR\_error: PCR\_error는 크게 PCR\_discontinuity\_indicator\_error와 PCR\_repetition\_error로 나뉜다. 따라서 두 에러의 합이 곧 PCR\_error이다. PCR\_repetition\_error는 두 PCR 사이의 간격이 40ms를 넘어갈 경우를 측정한다. 즉, PCR 값은 40ms 이내에 수신되어야 한다. 또 다른 에러인 PCR\_discontinuity\_indicator\_error는 TS 패킷 헤더의 discontinuity\_indicator 비트가 1로 지정되지 않은 상태에서 지금까지 사용하던 PCR 값과 새로 수신된 PCR 값의 차이가 특정 값을 넘어갈 경우로 간주하고 이 에러의 빈도를 측정한다. PCR 값은 시스템이 변경되지 않는한 거의 일정해야 하는데, 시스템이 변경되거나, 두 개 이상의 시스템을 거쳐 오는 영상을 재 전송할 경우 PCR 값의 변화를 알리기 위해 MPEG2-TS 시스템에서는 특정 비트(discontinuity\_indicator)를 1로 지정해서 알려준다. 그런데 그렇지 않은 상태에서 PCR 값의 큰 변화는 에러로 간주한다.
- PCR\_accuracy\_error: 특정 프로그램에서 PCR\_accuracy를 측정하였을 때, 오차가 [-500ns, +500ns]를 벗어나는 경우의 빈도를 측정한다.
- PTS\_error: 매 700ms 이내에 PTS(Presentation Time Stamp)가 도착하지 않은 경우의 빈도를 측정한다. PTS가 없으면 영상과 음성을 재생해야 할 시점을 계산할 수 없으므로 방송이 어렵다. 따라서 이 지표를 지속적으로 모니터링 해야 한다.
- CAT\_error: PID가 0x0001인데 table\_id가 0x01이 아닌 경우에 발생한다.

### 다. 3 순위 지표

- NIT\_error: NIT\_error는 NIT\_actual\_error와 NIT\_other\_error로 구성된다. NIT\_actual\_error는 NIT(Network Information Table)이 있어야 하는 패킷에 NIT가 존재하지 않는 경우에 발생하는 에러다. 이 에러는 다시 세 개의 다른 에러로 나누어진다. 첫째, PID가 0x0010인 패킷에 table\_id가 0x40, 0x41등의 값이 아닌 다른 값이 지정되어 있

는 경우에 에러가 발생한다. 둘째, PID가 0x0010인 패킷에 table\_id가 0x40 (NIT) 이 지정되어 있는 경우가 최대 10초 마다 나타나지 않을 때 발생한다. 이는 결국 NIT 정보는 적어도 10초에 한 번 이상은 교환되어야 함을 의미한다. 셋째, NIT 정보가 포함된 패킷 (PID=0x0010, table\_id=0x40)을 25ms 이내에 다시 수신한 경우에도 에러가 발생한다.

- NIT\_other\_error: NIT에 관련된 기타 정보가 주기적으로 갱신되지 않는 경우의 에러를 측정하는 지표다. table\_id가 0x41로 지정된 PID가 0x0010인 패킷들 사이의 interval이 10초를 넘길 때에 에러로 간주한다.
- Buffer\_error: MPEG2 시스템에서 사용하는 여러 버퍼들의 overflow 또는 underflow가 발생한 경우를 측정한다. 이 에러에 포함되는 세부 항목은 다음 표 4-6을 참조하도록 한다.

표 4-6 MPEG 시스템에서 사용하는 다양한 버퍼들에 관련된 에러

측정 지표	측정 내용
TB_buffering_error	overflow of transport buffer (TBn)
TBsys_buffering_error	overflow of transport buffer for system information (Tbsys)
MB_buffering_error	overflow of transport buffer for system information (Tbsys)
EB_buffering_error	overflow or underflow of elementary stream buffer (EBn)
B_buffering_error	overflow or underflow of main buffer (Bn)
Bsys_buffering_error	overflow of PSI input buffer (Bsys)

- Unreferenced\_PID: non-private program data에 대한 PID는 반드시 PMT에 명시되어 있어야 하는데, 이를 어긴 경우를 측정하는 지표다. 각종 테이블 정보를 전달하기 위해 이미 표준에서 정의 해 둔 PID가 아닌 일반적인 PID가 수신되었으나 PMT (Program Mapping Table)나 CAT(Conditional Access Table)에 이 정보가 없는 경우를 측정



- SDT\_error: 현재 재생기에서 사용할 수 있는 프로그램의 목록을 알려주는 SDT(Service Description Table)가 없는 경우에 대한 에러를 측정하는 지표다. 이 에러는 SDT\_actual\_error와 SDT\_other\_error의 합으로 계산된다. SDT\_actual\_error는 현재 처리 중인 TS 패킷에 대한 SDT가 없는 경우에 발생하는 에러를 측정한다. 이를 위해서 NIT와 유사한 세 가지 경우를 검사한다. 첫째, PID가 0x0011이면서 table\_id가 0x42(SDT)인 패킷이 2초 동안 나타나지 않는 경우를 검사한다. 둘째, PID가 0x0011인데 table\_id는 0x42, 0x46, 0x4A 중 하나가 아닐 때를 측정한다. 셋째, SDT를 25ms 이내에 또 받았을 경우를 측정한다. SDT\_other\_error는 현재 재생 중인 프로그램의 TS 패킷 스트림에 대한 SDT가 없는 경우를 측정한다. 이를 위해서, PID가 0x0011이면서 table\_id가 0x46인 패킷이 10초 이내에 나타나지 않을 때를 검사한다.
- EIT\_error: 현재 서비스에서 어떤 것이 방영되고 있는 지, 해당되는 프로그램을 설명하는 EIT (Event Information Table)이 존재하지 않는 경우를 측정한다. 이는 EIT\_actual\_error와 EIT\_other\_error의 합으로 계산된다. EIT\_actual\_error는 현재 재생 중인 TS에 대한 EIT가 존재하지 않는 경우를 측정하며, PID가 0x0012이면서 table\_id가 0x4E(EIT)인 패킷이 2초 동안 나타나지 않거나 PID가 0x0012인데 table\_id는 0x4E가 아니거나 SDT를 25ms 이내에 또 받았을 경우들에 대해서 측정한다. EIT\_other\_error는 스트림 내의 다른 TS에 대한 EIT가 존재하지 않는 경우를 측정하며, PID가 0x0012이면서 table\_id가 0x4F인 패킷이 10초 이내에 나타나지 않을 경우에 대한 빈도를 측정한다.

## 2. PCR(Program Clock Reference) 관련 측정 지표

가. PCR Frequency Offset, PCR\_FO

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

나. PCR Drift Rate, PCR\_DR

System clock frequency 변화의 속도 또는 비율을 의미한다. 표준에서는 27MHz 전체에 대해서  $\pm 75\text{mHz}$ 를 벗어나지 않도록 규정하고 있다. 이는 1 Hz에 대해서는  $\pm 2.7778 \times 10^{-9}/\text{Sec}$ 를 의미한다.

다. PCR Accuracy, PCR\_AC

실제의 PCR을 통해서 계산된 시간 값과 TS(Transport Stream) 상에 나타나는 PCR 값의 byte index가 전송된 시간 사이의 차이를 계산한다. 즉, PCR 정보를 포함하는 패킷들 사이의 시간 간격과 PCR 값을 통해 계산된 시간 값들 사이의 간격이 지니는 차이를 계산한다. 이는 실제 PCR을 통해 시간 값을 계산할 때 발생할 수 있는 정확도의 차이를 측정한다. Bit rate가 일정하지 않으면 이 값의 차이가 커질 수 있다. 표준에서는  $\pm 500\text{ns}$  를 감내할 수 있는 오차로 규정하고 있다.

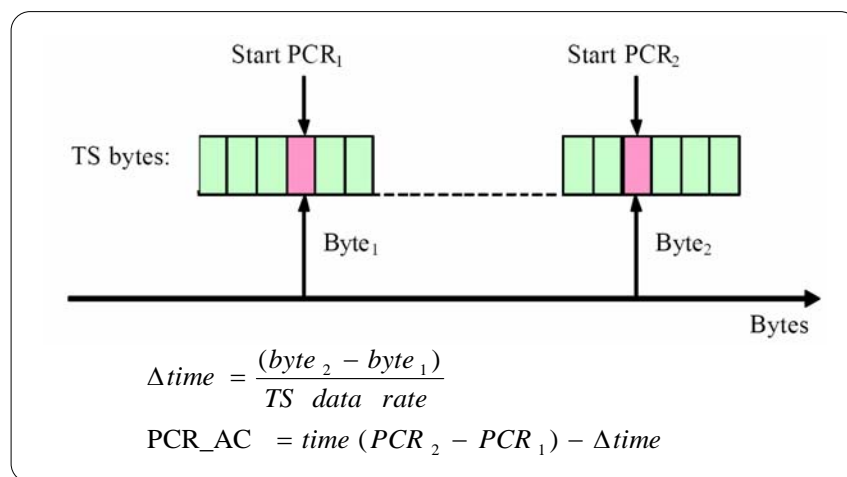


그림 4-4 PCR accuracy 측정법

라. PCR Overall Jitter, PCR\_OJ

PCR이 도착했어야 할 시간과 실제 PCR이 도착한 시간의 차이를 측정한다. 여기서 도착했어야 할 시간은 이전의 PCR 값(TS 패킷에 존재하는 PCR 필드가 아니라 실제 사용한 PCR)에 근거하여 계산한다. 표

준에서는  $\pm 500\text{ns}$  를 감내할 수 있는 오차로 규정하고 있다.

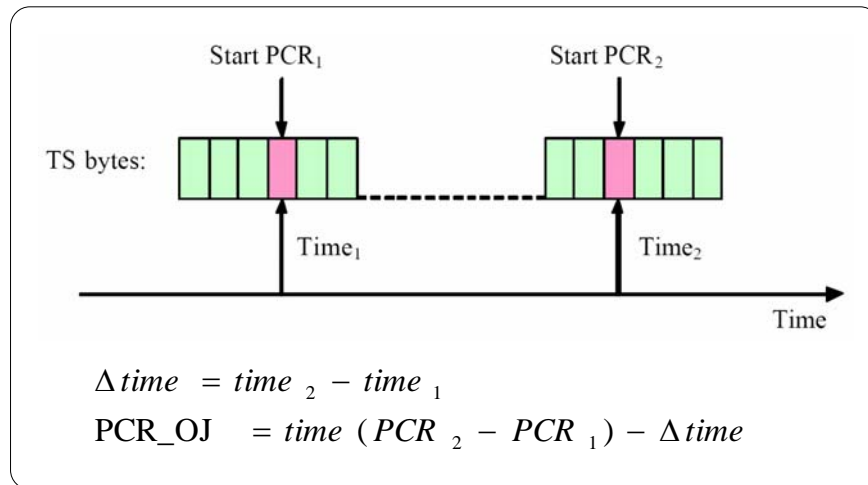


그림 4-5 PCR Overall Jitter 측정법

### 3. 서비스 가용성 평가 지표

지침에서는 서비스의 가용성을 평가하기 위한 측정 지표를 따로 제시하고 있다. 이 지표들은 현재 IP망의 상태 및 호스트의 상태를 고려하여 디지털 방송 서비스가 가능한지 불가능한지를 판단할 수 있는 지표가 된다. 지표의 내용은 주로 패킷의 분실이나 에러에 관련되어 있다. 표 4-7에 제시된 지표들을 정리하였다.

표 4-7 서비스 가용성 평가 지표

측정 지표	설 명
Severely Disturbed Period (SDP)	sync loss 가 발생한 기간 또는 loss of signal이 발생한 기간
Errored Block (EB)	수신된 패킷에 에러가 발생한 경우 EB로 간주 (header의 transport_error_indicator 필드가 1로 지정되었는지 아닌지를 보고 판단)
Errored Time Interval (ETI)	하나 이상의 EB가 발생한 시간 간격 ETI가 1초인 특별한 경우는 Errored Second (ES)로 정의
Severely Errored Time Interval (SETI)	일정 기간 동안에 EB의 비율을 측정했을 때, 이 비율이 지정된 threshold를 넘어간 경우 SETI가 1초인 특별한 경우를 Severely Errored Second (SES)로 정의
Unavailable Time (UAT)	서비스가 불가능한 시간을 의미하며, 다음의 조건일 경우 서비스가 불가능한 시간으로 간주 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ N개의 연속된 SETI 또는 SES가 발생했을 때</li> <li>○ T 길이의 윈도우를 지정했을 때, 이 윈도우 안에서 M개의 SETI/SES가 발생했을 때</li> </ul> <p>다음의 조건 중 하나를 만족할 경우 UAT가 종료</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ N개의 연속된 non-SETI/non-SES가 발생했을 때</li> <li>○ T 길이의 윈도우를 지정했을 때, 이 윈도우 안에서 M개의 non-SETI/non-SES가 발생했을 때</li> </ul>

#### 4. DVB 서비스 성능 평가

현재 디지털 방송 시스템의 성능을 평가하는 측정 지표를 ETSI 지침에서는 제공하고 있다. 이 지표에서는 서비스의 성능에 따라 정상적인 상황에 비해 서비스의 성능이 낮아지는 정도를 서비스 불능, 서비스 악화, 서비스 악화 초기 등의 세 가지 유형으로 나누고 있다. 지침에서는 이 유형에 따라서 관리자가 적절한 조치를 취할 것을 권고하고 있다.

#### 가. 서비스 불능 (Service Unavailable)

서비스의 불능 상태를 파악하기 위해서 Service\_Availability\_Error와 Service\_Availability\_Error\_Ratio 등의 두 가지 지표를 계산하여 상태를 판단하도록 하고 있다. 각각은 1항에서 설명한 측정 지표를 활용하여 구할 수 있다. 그 수식은 다음과 같다.

$$X = TS\_sync\_loss(\Delta T) = TS\_sync\_loss(T1) - TS\_sync\_loss(T2)$$

$$Y = PAT\_error(\Delta T) = PAT\_error(T1) - PAT\_error(T2)$$

$$Z = PMT\_error(\Delta T) = PMT\_error(T1) - PMT\_error(T2)$$

$$Service\_Availability\_Error = MAX [X, Y, Z]$$

Service\_Availability\_Error\_Ratio는 특정 서비스 기간에 대해 SAE 값이 미리 정해진 임계치(threshold)를 넘어가는 구간의 비율을 의미하며, 백분위로 표현한다. 지침에서는 일반적으로 10분의 시간 간격을 10초의 기간으로 나누어 Service\_Availability\_Error를 측정하도록 한다. 따라서 SAER은 10분 동안 몇 초나 임계치를 넘어간 SAE가 존재했는지를 백분율로 나타낸다.

#### 나. 서비스 악화 (Service Degradation)

서비스 악화 상태를 파악하기 위해서 Service\_Degradation\_Error와 Service\_Degradation\_Error\_Ratio 등의 두 가지 지표를 계산한다. 각각은 1항에서 설명한 측정 지표를 활용하여 구할 수 있다. 그 수식은 다음과 같다.

$$W = CRC\_error(\Delta T) = CRC\_error(T1) - CRC\_error(T2)$$

$$X = PCR\_error(\Delta T) = PCR\_error(T1) - PCR\_error(T2)$$

$$Y = NIT\_error(\Delta T) = NIT\_error(T1) - NIT\_error(T2)$$

$$Z = SDT\_error(\Delta T) = SDT\_error(T1) - SDT\_error(T2)$$

$$Service\_Degradation\_Error = MAX [W, X, Y, Z]$$

Service\_Degradation\_Error\_Ratio는 특정 서비스 기간에 대해 SDE

값이 미리 정해진 임계치(threshold)를 넘어가는 구간의 비율을 의미하며, 백분위로 표현한다. 지침에서는 일반적으로 10분의 시간 간격을 10초의 기간으로 나누어 Service\_Degradation\_Error를 측정하도록 한다. 따라서 SDER은 10분 동안 몇 초나 임계치를 넘어간 SDE가 존재했는지를 백분율로 나타낸다.

다. 서비스 악화 초기 (Service Impairment)

서비스 악화 상태를 파악하기 위해서 Service\_Impairments\_Error와 Service\_Impairments\_Error\_Ratio 등의 두 가지 지표를 계산한다. 각각은 1항에서 설명한 측정 지표를 활용하여 구할 수 있다. 그 수식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} X &= \text{Continuity\_count\_error}(\Delta T) \\ &= \text{Continuity\_count\_error}(T1) - \text{Continuity\_count\_error}(T2) \\ Y &= \text{Transport\_error}(\Delta T) \\ &= \text{Transport\_error}(T1) - \text{Transport\_error}(T2) \\ \text{Service\_Impairments\_Error} &= \text{MAX} [X, Y] \end{aligned}$$

Service\_Impairments\_Error\_Ratio는 특정 서비스 기간에 대해 SIE 값이 미리 정해진 임계치(threshold)를 넘어가는 구간의 비율을 의미하며, 백분위로 표현한다. 지침에서는 일반적으로 10분의 시간 간격을 10초의 기간으로 나누어 Service\_Impairments\_Error를 측정하도록 한다. 따라서 SIER은 10분 동안 몇 초나 임계치를 넘어간 SIE가 존재했는지를 백분율로 나타낸다.

## 제 4 절 ITU-T IPTV 권고안

현재 ITU-T의 워킹 그룹에 존재하는 Focus Group 중에서 IPTV와 관련된 작업이 진행 중이다. 이 작업에서는 IPTV의 QoS와 QoE를 관리하기 위한 프레임 워크 지침을 작성하기 위해 국제 회의를 통해 많은 작업이 이루어지고 있다. 현재 2006년까지의 결과로 평가지표, IPTV 서

비스 별로 제공해야 할 성능 지표 등이 의논되고 있으며, 이 들을 이용하여 IP망의 자원을 관리할 수 있는 도구의 필요성도 의논되고 있다.

## 1. 제시된 측정 지표

회의에서는 현재 품질 지표, 비디오 스트림 지표, 전송 지표 등의 세 가지 지표를 고려하고 있다. 품질측정 지표는 QoE(Quality of Experience)와 관계된 사람의 인지에 의해 측정이 가능한 영상의 품질을 측정 할 수 있도록 하는 지표다. 비디오 스트림 측정 지표는 인코딩된 비디오 스트림의 기본적인 품질을 표현하는 지표다. 전송 지표는 IP, UDP, RTP, MPEG 전송 프로토콜 등의 네트워크 프로토콜들의 성능 측정과 관련된 지표들이다. 각 지표들을 표로 정리했다.

표 4-8 ITU-T의 IPTV에 관한 영상/서비스 품질지표

측정 지표	설명
MOS-V	비디오와 관련된 MOS 값으로 1~5 사이의 값으로 정의된다.
MOS-A	오디오와 관련된 MOS 값으로 1~5 사이의 값으로 정의 된다.
MOS-AV	오디오와 비디오를 동시에 고려한 MOS 값으로 1~5 사이의 값으로 정의 된다.
Video Service Transmission Quality (VSTQ)	IP 망의 비디오 스트림을 전달할 수 있는 능력을 판단하는 값으로 0~50 사이의 값으로 정의된다.
MOS-C	채널 변경의 유효성을 사용자가 인지한 값으로 측정하는 채널 제어 부분을 고려한 MOS 값으로 1~5 사이의 값으로 정의된다.
Estimated PSNR (EPSNR)	소스 비디오와 출력 비디오를 이용해 측정된 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) 값이다.

표 4-9 ITU-T의 IPTV에 관한 비디오 스트림 지표

구분	측정 지표	설 명
비디오 스트림 정보	Codec type	인코딩 코덱의 종류
	GoP type	화상 집합(Group of Pictures)의 유형 (e.g. IBBP…)
	GoP length	화상 집합에 포함된 프레임의 수
	Image size	픽셀 단위로 표현된 이미지 크기 (X x Y)
	Frames per second	초당 프레임 수
	Scan type	스캐닝 유형 (Interlaced/ Progressive scan)
비디오 스트림 측정지표	Proportion of I frames impaired	손실되거나 버려진 I 프레임의 비율
	Proportion of P frames impaired	손실되거나 버려진 P 프레임의 비율
	Proportion of B frames impaired	손실되거나 버려진 B 프레임의 비율
	I, P, B frame packets received	수신된 I, P, B 프레임 패킷의 갯수
	I, P, B frame packets lost	손실된 I, P, B 프레임 패킷의 갯수
	I, P, B frame packets discarded	버려진 I, P, B 프레임 패킷의 갯수
	Mean bandwidth	비디오 스트림을 전송 하는 평균 대역폭 (전체 대역폭에서 IP 오버헤드, 재전송, 에러복구 등과 관련된 대역폭을 제외)
	Peak bandwidth	피크 비디오 전송 대역폭



표 4-10 ITU-T의 IPTV에 관한 패킷 손실 지표

측정 지표	설 명
Uncorrected Packet Loss Rate	패킷 손실율
Corrected Packet Loss Rate	FEC, 재전송 등과 같은 에러 수정 기법을 사용했을 때의 패킷 손실율
Packet Discard Rate	긴 전송 지연으로 인해 버려진 패킷의 비율
Out of Sequence Packet Rate	순서대로 도착하지 않은 패킷의 비율
Duplicate Packet Rate	중복된 패킷의 비율
Burst Loss Rate	트래픽 burst 구간에서의 패킷 손실 비율
Burst Length	트래픽 burst 구간의 평균 길이
Gap Loss Rate	두 트래픽 burst 구간 사이에서의 패킷 손실 비
Gap Length	두 burst 트래픽 사이의 평균 길이
Mean Consecutive Loss Period	연속되는 패킷 손실 구간의 평균 길이
Max Consecutive Loss Period	연속되는 패킷 손실 구간들 중에서 최대 길이

표 4-11 ITU-T의 IPTV에 관한 UDP 안정성 측정 지표

측정 지표	설 명
Proportion of packets retransmitted	재전송된 패킷의 비율
Ratio of peak to mean bandwidth	평균 대역폭과 재전송으로 인해 발생한 peak 대역폭 사이의 비율

표 4-12 ITU-T의 IPTV에 관한 지연 및 Jitter에 대한 지표

측정 지표	설 명
MAPDV (Mean Absolute Packet Delay Variation)	패킷 지연의 대표 값을 $a_i$ 라고 했을 때, MAPDV는 다음과 같다. $MAPDV = MEAN(ABS(t_i - a_i))$
PPDV (Packet to Packet Delay Variation)	패킷 스트림 내에서 일련의 패킷들 사이의 jitter를 계산한다. 계산 방법은 다음과 같다. 이 jitter는 패킷 스트림 전체에 대해서 지속적으로 계산된다. $D(i,j) = D_j - D_i = j\text{의 지연} - i\text{의 지연}$ $J(i) = J(i-1) + ( D(i-1,i)  - J(i-1))/16$
Positive Jitter Threshold	jitter의 임계치 (양수)
Positive Jitter Percentile	jitter의 임계치 (양수) 이내에 도착한 패킷의 비율
Negative Jitter Threshold	jitter의 임계치 (음수)
Negative Jitter Percentile	jitter의 임계치 (음수) 이내에 도착한 패킷의 비율
Round trip delay	왕복 지연

## 2. QoS 요구사항에 근거한 IPTV 서비스의 분류

현재 IPTV 회의에서는 기존의 ITU-T IP망 QoS 요구사항에 근거하여 여러 IPTV 서비스들을 분류하였다. 또한 각 종 IPTV 서비스들을 정리하여 QoS 등급의 어디에 해당하는지를 결정하였다. 하지만 아직 논의 단계이므로 추후 변경될 여지도 있다. 다음의 표에서 QoS 요구사항에 근거한 IPTV 서비스 분류 내용을 살펴볼 수 있다.

표 4-13 QoS 등급에 따른 IPTV 서비스 범주 구분

IPTV 서비스 범주	IP QoS 등급	IPTV 서비스 예
Best Effort (BE) service	QoS class 5	content download service
		regulatory information service
		T-information
		e-mail
Low Loss (LL) service	QoS class 4	VOD, MOD
		T-commerce
		T-learning based on VOD
Interactive (I) service	QoS class 2/3	messenger
		T-learning based on interactive
Real-Time Interactive (RTI) service	QoS class 0/1	VOIP, video phone
		multi player game
Real-Time Multicast & Unicast (RTMU) service	QoS class 6/7	linear/broadcast
		multi angle
		pay per view (PPV)
		networked personal video record (PVR, time-shift)

표 4-14 IPTV 서비스 별 IPTV 범주 및 QoS 등급

IPTV 서비스	IPTV 서비스 범주 및 QoS 등급							
	BE	LL	I		RTI		RTMU	
	5	4	3	2	1	0	7	6
Linear/broadcast TV (audio, video and data)								v
Multi-angle service								v
Time-shift TV (network PVR)							v	
Pay Per View (PPV) (Near Vod)							v	
Real VoD		v						
Downloaded based video content distribution (Push VoD)	v							
Content download service	v							
Consumer originated content (video, etc. and applications)		v						
Consumer originated broadcast								v
Linear broadcast audio							v	
Music on demand including audio book		v						
Pictures	v							
T-learning based on VoD		v						
T-learning based on interactive				v				
Single player games (game on demand)		v						
Multiplayer games					v			
T-information (news, weather, transportation, etc.)	v							
T-commerce (banking, stock, shopping, ticketing, auction, delivery, event etc.)						v		
T-communication data (e-mail, SMS, web surfing, etc.)	v							
T-communication interactive (messenger, channel chatting)			v					
T-communication voice (VoIP, multiple video conference, video phone, etc.)						v		
T-entertainment data (photo album, lottery, blog, etc.)	v							
T-entertainment VOD (karaoke)		v						
Presence service	v							
Communication messaging	v							

## 제 5 장 IPTV 영상품질 측정과 분석방법

### 제 1 절 QoS 서비스 모델

#### 1. QoS 서비스 모델

QoS(Quality of Service)는 네트워크 시스템이 손실, 지연, 처리율, 지터에 관련하여 전송하려고 하는 통신 트래픽을 보장할 수 있는 통계적인 성능 보장을 의미한다. 하지만 현재의 인터넷은 모든 패킷을 동일하게 전달하는 best effort 서비스만을 제공하고 있기 때문에 서비스에 따른 패킷의 전달 지연과 지연 변이에 대한 요구 사항을 보장해 주지 못하고 있다. 따라서 인터넷에서 서비스의 QoS를 보장해 주기 위해서는 현재의 best effort 모델과는 다른 새로운 서비스 모델을 필요로 한다.

실시간 응용 서비스가 요구하는 QoS를 지원하기 위해 새로운 서비스 모델에 기반을 둔 IP 패킷 전달 방식에 대한 연구는 IETF Int-Serv 워킹 그룹에서 연구되어 왔다. 이 그룹에서 개발된 Integrated Service(Int-Serv) 모델은 RFC1633으로 실시간 응용 서비스에서 발생되는 패킷의 흐름(flow)을 단위로 하여 QoS 보장형 서비스와 비보장형 서비스 유형으로 구분하여 패킷을 전달한다. 즉 보장형 서비스는 자원 예약 프로토콜인 RSVP 신호 프로토콜을 이용하여 사전에 연결 수락 제어와 자원 예약을 수행하여 패킷의 전달 지연을 보장해 준다. 하지만, Int-Serv 모델은 각 패킷 흐름에 대한 상태 정보를 망의 라우터가 유지하고 있어야 하기 때문에 망의 규모가 커질 때 이를 현실적으로 수용하기에는 문제점이 있다. 수 천 개에서 수 만 개의 패킷 흐름이 동시에 존재할 수 있는 광역 백본 라우터의 경우, 각 흐름 별로 연결 상태를 개별적으로 유지, 관리 하기란 매우 어렵다.

이에 따라 큰 규모의 인터넷 전달망에 적용할 경우 확장성의 문제를 갖고 있는 Int-Serv 모델의 한계를 극복하고 인터넷 백본망에서 적용할 수 있는 서비스 모델로서 Differentiated Service(Diff-Serv) 모델이 1997년 후반부터 IETF에서 활발히 논의되기 시작되어 빠른 속도로 구조 및 관련 표준안이 개발되고 있다. Diff-Serv 모델은 RFC2475으로

흐름 단위로 QoS를 보장하지 않고 흐름들의 집합(aggregation)을 단위로 서비스 차별을 함으로써 훨씬 간단하고, 따라서 대규모 망에도 적용 가능하도록 하고 있다.

#### 가. Int-Serv 모델의 구조

Int-Serv 모델의 구조는 제일 먼저 이제까지 하나의 서비스로 취급되는 IP 패킷의 흐름을 QoS 특성에 따라 여러 종류의 서비스 유형으로 구분하는 일이다. 이렇게 구분된 IP 패킷의 흐름은 서로 다른 서비스 특성을 갖고 또한 자연히 서로 다른 QoS를 갖게 된다. 하나의 흐름은 하나의 응용 개체(application entity)로부터 발생될 수도 있으며 여러 응용 개체로부터 통합될 수도 있다.

각 서비스 유형은 특성에 따라 각기 다른 QoS를 요구한다. 따라서 다음 단계에서 각 서비스 유형이 요구하는 QoS를 표현하는 파라미터를 결정해야 한다. 이것을 flowspec이라고 부른다. 응용 서비스가 요구하는 QoS를 보장하기 위해서는 망에 필요한 대역폭을 요청해야 한다. 이를 위해 종단 호스트와 망 노드 사이에서 flowspec 정보를 전달하는데 이를 담당하는 것이 자원 예약 프로토콜(resource reservation protocol)이다. 망 노드(인터넷의 경우 라우터)는 호스트(의 응용 서비스)가 요청한 flowspec과 현재 망의 상태에 따라 서비스를 제공할 것인지 거부할 것인지 결정을 하는데 이것을 연결 수락 제어(admission control)라고 부른다.

그리고 최종적으로 응용 서비스가 요청한 대역을 제공하고 QoS를 보장하기 위해서 링크 계층에서는 패킷 스케줄(packet scheduler)과 패킷 구분(classifier)의 기능을 수행하게 된다. 이때 링크 계층에서의 패킷 제어를 위해서 패킷 흐름의 트래픽 특성은 상호 이해할 수 있는 트래픽 파라미터로서 표현되어야 한다.

#### 나. Diff-Serv 모델

먼저 Diff-Serv 모델의 특징을 Int-Serv 모델과 비교하면 첫째로, Diff-Serv 모델은 하나의 IP 패킷 흐름별로 서로 다른 QoS를 제공한다는 개념에서 벗어나, 여러 흐름의 집합을 단위로 하여 각 집합별로 패

킷 전달을 차별화한다.

둘째, Int-Serv모델에서는 서비스에 따른 QoS를 보장하기 위해서 망의 모든 라우터는 패킷 헤더 정보에 의해서 패킷 분류를 수행한다. 이와 같은 패킷 분류는 라우터에 있어서 고도의 처리 능력을 요구한다. 반면에 Diff-Serv에서는 패킷 분류와 같은 트래픽 조절 기능들을 모두 망의 가장자리에서만 일어나게 하고 망의 내부에서는 아주 간단한 패킷 전달 기능만이 수행되도록 하였다. 따라서, 망의 경계 라우터는 여러 흐름이 집합된 서비스에 따라서 패킷의 분류를 수행하고 이를 패킷에 표시(mark)한다. 그리고 망 내부의 라우터는 패킷에 표시된 정보에 따라서 단순히 패킷의 전달 기능만을 담당하게 된다.

셋째, Int-Serv 모델에서 각 라우터에서 자원 예약을 위하여 연결 수락 제어를 수행해야 하는 반면에, Diff-Serv 모델에서는 이 기능을 망의 경계 라우터에서만 수행하도록 한다. 또한 이러한 자원 예약 절차도 Diff-Serv에서는 반드시 동적으로 이루어질 필요는 없고 망의 사용자와의 서비스 협약(Service Agreement)에 따라 고정적으로 이루어질 수도 있다. 사용자가 서비스를 준수하는지의 여부는 망의 경계 노드에서만 감시된다.

마지막으로, Diff-Serv 모델에서는 Int-Serv의 보장형 서비스와 같은 절대적인 서비스 요구 사항을 보장하지는 않는다. Diff-Serv의 기본적인 서비스 개념은 개별적인 응용 흐름(application flow)를 구별하지 않고 단지 여러 흐름을 묶은 집합체로서 서비스를 차별화할 뿐이다.

본 실험에서는 네트워크 edge에서 처리되는 복잡한 트래픽을 분류하고 조절 가능한 복합 네트워크 모델의 모든 서브모듈에 QoS 적용하고 2계층 프레임인 그림 5-1과 같이 ISL, 802.1q을 지원하는 모듈에 사용자 우선순위 802.1p 프로토콜에 CoS(Class of Service)를 적용한다. 그리고 3계층 패킷을 지원하는 IP Precedence 또는 DSCP 방법이 IP header 내의 ToS 필드 6bit을 적용하는 방법이 있다.

본 연구에서 QoS CoS 설정은 2950 스위치에 연결한 멀티캐스트 스트리밍 방송 서버 연결 포트에 QoS CoS를 다음과 같이 설정한다.

```
#mls qos trust cos  
#mls qos cos 5
```

6509 코어 스위치에 QoS CoS 설정은 스위치에 연결한 멀티캐스트 스트리밍 방송 서버 연결 포트에 port 기반 QoS CoS를 다음과 같이 설정한다.

```
#set qos enable
#set port qos 3/40 trust trust-cos
#set port qos 3/40 cos 5
```

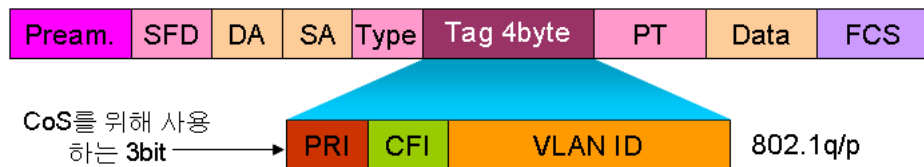


그림 5-1 802.1p에서 CoS

CoS 필드 값의 우선순위 의미는 그림 5-2와 같다.

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

그림 5-2 CoS 필드 값의 의미

## 2. 라우터의 스위칭 기술

라우터에 적용되는 스위칭 기술은 Process Switching, Fast Switching, CEF(Cisco Express Forwarding) Switching이 적용되는데 3가지 기술을 적용하는 방법에 따라 멀티캐스트 스트림 방송 중에 영상 품질의 영향을 주므로 고속 캐쉬 스위칭 방법을 적용해야 한다.



#### 가. Process Switching

라우터가 각각의 패킷을 전송할 때마다 라우팅 테이블을 확인하고 다음 홉을 결정하여 패킷을 전송하는 방식을 Process Switching 이라고 한다. 이 방식은 라우터의 CPU에 많은 부하가 걸리고 스위칭 속도가 느리다. 또 패킷별로 로드 밸런싱(Load Balancing)이 이루어진다. 즉, 각각의 패킷별로 스위칭을 하기 때문에 목적지로 가는 경로가 2개 있을 경우에는 패킷별로 교대로 다른 경로로 전송함으로 멀티캐스트 스트림 방송에는 적용하지 않아야 한다.

- 라우터에 설정하는 방법

Process Switching 방식으로 동작시키려면 해당 인터페이스에 Router(config-if)#no ip route-cache 로 명령을 입력한다.

#### 나. Fast Switching

라우터가 특정 목적지로 전송되는 패킷에 대하여 처음 한번은 Process Switching을 하고 두 번째부터는 처음 Process Switching 때 만든 캐쉬 정보를 이용하여 패킷을 전송하는 방식을 Fast Switching 이라고 한다. 기본적으로 적용한 Switching 방식이다. 이 방식은 목적지별로 로드 밸런싱(Load Balancing)이 이루어진다.

- 라우터에 세팅하는 방법

Fast Switching 방식으로 동작시키려면 해당 인터페이스에 Router(config-if)#ip route-cache 로 명령을 입력한다.

#### 다. CEF(Cisco Express Forwarding) Switching

본 실험에서 적용한 CEF Fast Switching 방식을 다음과 같이 개선한 방식이다. Fast Switching 방식은 처음 한번은 Process Switching을 해야 캐쉬가 생성되지만 CEF Switching 방식은 처음부터 라우팅 테이블을 캐쉬로 복사해 두므로 캐쉬를 검색하는 속도가 더 빠르다.

Fast Switching 방식은 목적지 주소와 그 목적지로 가는 경로를 기록하지만 CEF Switching 방식은 목적지 주소와 함께 출발지 주소, 목적지로 가는 경로가 기록된다.

이 방식은 출발지에서 목적지까지의 경로별로 로드 밸런싱(Load

Balancing)이 이루어진다. 단, 인터페이스 모드로 들어가서 ip load-sharing per-packet 명령을 넣어주면 패킷별로 로드 밸런싱 가능하다.

- 라우터에 세팅하는 방법

CEF Switching 방식으로 동작시키려면 전역 설정모드에서 Router(config)#ip cef 명령을 입력하거나

CEF Switching을 원하는 인터페이스 설정모드에서 Router(config-if)#ip route-cache cef 로 명령을 입력한다.

## 제 2 절 영상품질 측정 구축 장비 및 S/W

### 1. 실시간 네트워크 QoE 성능 측정 및 분석 장비

Symmetricon 회사의 QoSmetrics을 이용한 V-factor 측정 장비인 NetAdvisor는 Management / Configuration / Reporting (Real-time QoS and data analysis) SOAP/XML interface for third party OSS을 지원하는 Control 소프트웨어이다.

그림 5-3의 NetWarrior는 Active and passive metrology 탐색하고 IPv4 or IPv6 기반을 지원하는 하드웨어 트래픽 탐색하여 NetAdvisor에게 정보를 제공한다.

Netadvisor는 다음과 같은 항목을 분석한다.

- Available Bandwidth (in and out), Round trip time, Two-Way Delay, Miss ordering & Duplicated Packets, Packets Loss, Jitter, Monitor services availability, MOS, R-Factor, V-Factor, MPQM, Alarm, Full/Realtime and scheduling reporting



그림 5-3 NetWarrior Probe 장비

## 2. IPTV 멀티캐스트 방송송출 스트림 서버

### 가. 멀티캐스트 방송송출 스트림 서버

실험에서 사용한 멀티캐스트 방송을 송출하는 전용 서버는 표 5-1과 같은 사양을 가진다.

표 5-1 멀티캐스트 방송 스트리밍 서버 사양

항목	사 양
CPU	DualCore Intel Xeon 5130 2GHz
Main Memory	4G byte
Hard Disk	SATA-2 500G byte
Network Interface	Intel PRO/1000PT
Operating System	Windows XP
Multimedia Support	Multicast stream IGMP support
Protocol Support	HTTP/HTTPs, PPPoE, IPv4/IPv6, IGMP, UDP, TCP, RTP, RTCP



그림 5-4 멀티캐스트 방송 스트리밍 서버

### 나. IPTV Signal Generator

MPEG2 Over IP TS 멀티캐스트 스트리밍(UDP) 생성기로 최대 5채널까지 출력가능 하며, MPEG2 디코더 뷰, 10/100/1Gbps 이더넷 인터

페이스를 가지고, Automatic Bitrate Calculation, Error Injection(lost packet, Bit/Byte Error 생성) 등을 수행하여 스트림 방송 중에 적용이 가능하다.



그림 5-5 NE300 시스템

### 3. IPTV 방송수신 셋탑박스

멀티캐스트 스트림 방송의 영상을 시청하기 위해 본 기관에 보유하고 있는 87대의 셋탑박스로 다음과 같은 사양을 가지고 있다. 영상저장 기능이 제공되지 않아 실시간 멀티캐스트 방송 작동여부를 단지 육안으로만 영상 품질을 볼 수 있도록 활용하였다.

표 5-2 셋탑박스 사양

항목	사 양
CPU	VIA C3
Media Processor	Sigma Designs EM8622L
Decoding	Audio(MPEG-1/2, MPEG-2 BC, WMA9) Video(MPEG2,MPEG4,WMV9, H.264)
Network Interface	10/100 BASE-T Ethernet
AV	Analog Strero, Composite, S-VHS, Component, DVI
Operating System	Embedded Linux operating system
Multimedia Support	Multicast stream IGMP support
Protocol Support	HTTP/HTTPs, PPPoE, IPv4/IPv6, IGMP, UDP, TCP, RTP, RTCP
Protocol	Ethernet 802.3, DHCP client, DNS
Network	DHCP, static IP,PPPoE(User ID/Password), proxy server(address/port)



그림 5-6 영상방송 수신 셋탑박스 INBT360

#### 4. IPTV 스트림 방송 영상수신 PC

멀티캐스트 스트림 방송의 영상을 네트워크 부하에 따라 QoSmetrics을 이용한 영상품질의 성능 변화 측정에 따라 영상을 실시간으로 셋탑 박스에서 영상품질 저장이 불가능하여 VLC를 이용하여 실시간 방송 수신 저장하도록 한다.

표 5-3 스트림 방송 영상수신 PC 사양

항목	사 양
CPU	DualCore Intel Core2 Duo E630 1666MHz
Main Memory	1G byte
Hard Disk	SATA-2 160G byte
Network Interface	Broadcom Nextreme GigabitT
Operating System	Windows XP
Multimedia Support	Multicast stream IGMP support
Protocol Support	HTTPs, IPv4/IPv6, IGMP, UDP, TCP, RTP, RTCP



그림 5-7 스트림 방송 영상수신 PC

## 5. 네트워크 모니터링 및 네트워크 트래픽 생성 장비

OptiView Pro Integrated Network 분석기는 네트워크의 접근계층에서 LAN/WAN 상에 다양한 방법으로 트래픽 발생이 가능하며 네트워크 성능을 검증 할 수 있고 트래픽을 캡처 및 해석할 수 있다.



그림 5-8 OptiView Pro 네트워크 분석기

SmartBits 6000C는 코어 계층(백본망)에서 SmartWin, SmartLib and SmartApps 소프트웨어로 LAN-3324A SmartMetrics XD 10/100/1000Mbps and Gigabit Ethernet Fiber, 4-Port 모듈을 이용하여, 다양한 설정에 의해 트래픽을 발생할 수 있다. 설정 가능한 내용으로는 Unicast, multicast or broadcast traffic, Frame size, Frame rate, Utilization, Number of frames to transmit, Protocol type, IP TTL, IP TOS (QoS) 등이 있다. 따라서 실험에서 트래픽 생성 장치로 사용한다.

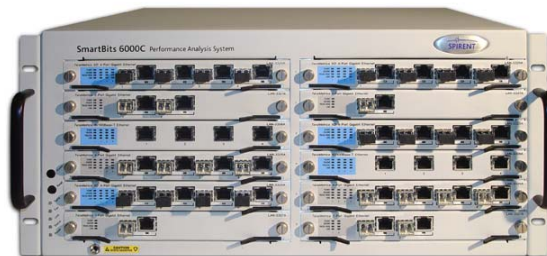


그림 5-9 SmartBits 6000C 네트워크 성능 분석기

## 6. 멀티캐스트 스트림 방송 수신 저장 : VLC

다양한 부하와 QoS 기술을 적용한 멀티캐스트 스트림 방송의 동영상

결과물을 저장하기 위해 고성능 컴퓨터로 섹터박스를 보완하고 멀티캐스트 스트림 방송을 서버가 송출하면 고성능 클라이언트는 컴퓨터로 방송한 스트림을 실시간으로 저장할 수 있도록 하는 VLC(VideoLan) media player 0.8.6c 툴을 이용하여 수신된 영상을 저장한다. VLC는 표 5-4와 같은 멀티캐스트 스트림 전송 및 처리 능력을 가지고 있다.

표 5-4 VLC 스트림 출력

항 목	전송방식	지원운영체제 윈도우 XP
Input media	UDP/RTP Unicast	✓
	UDP/RTP Multicast	✓
	HTTP / FTP	✓
	MMS	✓
	File	✓
	DVD	✓
	VCD	✓
	Audio CD (without DTS)	✓
	MPEG encoder 3	✓
Output	UDP Unicast / Multicast	✓
	RTP Unicast / Multicast	✓
	File	✓
	HTTP	✓
	MMSH	✓

### 제 3 절 실험망/교내망 IPTV 영상품질 실험환경 시나리오

#### 1. 실험 동영상의 특성

동영상의 복잡도에 따른 영상품질의 평가에 미치는 평가 점수에 연관 관계를 고려하여 오락 영상(댄스), 스포츠 영상(축구), 뉴스 및 토크쇼(아침마당) 영상 등 3종의 영상을 사용한다. 각 영상은 지상파 HD 방송을 transport stream으로 녹화한 표 5-5의 특징을 가지는 영상물이다. 멀티캐스트 스트림 방송 출력은 MPEG-2 TS 기반의 UDP 프로토콜을 사용하여 측정한다.

표 5-5 영상물의 특징

Format :	MPGT-2 Transport
Bit rate :	19Mbps
해상도 :	1920X1080i
Frame Rate :	29.970fps
영상압축 코덱 :	MPEG-2 Video
음성압축 코덱 :	AC3 X 2channel
영상압축 Bit Rate :	17Mbps
음성압축 Bit Rate :	384Kbps

위의 선정된 3종의 동영상은 스트리밍 멀티캐스트 방송을 하여 V-Factor의 값을 구하기 위해 총 2분간의 실험기간동안 10초의 샘플링 간격으로 V-Factor를 위한 측정 매개변수를 구한다. V-Factor의 측정에 의해서 구해진 Contents 관련 매개변수에서 3종 영상의 영상 Content 특징을 추출하기 위해 네트워크 부하가 없이 QoS를 적용하지 않는 상태에서 측정한 결과값을 분석한 그림 5-10의 그래프에서 보면 영상물의 복잡도(Quantizer-entropy)는 SOC > IVY > MOR 순서로 가지는 특징을 가진다. 영상물 Program Rate(전송속도)는 IVY > SOC > MOR 순서로 가지는 특징을 가지므로 선정된 영상물의 타당성이 있다.

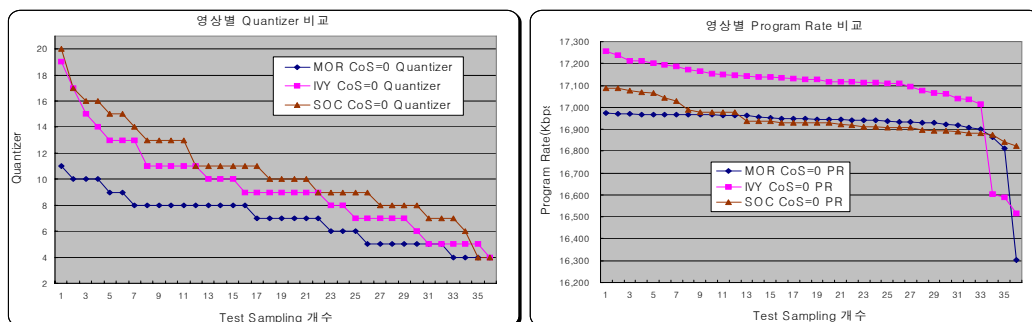


그림 5-10 영상물의 Contents 항목 비교

## 2. IPTV 영상품질 측정 항목

네트워크에 관련한 측정 매개 항목은 ITU Y.1540/1541을 기반으로



한 네트워크 QoS/QoE에 대한 객관적인 화질평가인 No Reference 방법을 이용해 다음과 같은 항목을 측정한다. IETF RFC 2330, RFC2544에 제시된 측정항목을 참조한다.

가. 네트워크에 관련한 측정 매개변수

MPEG-2은 전송시간과 관련되어 PCR을 이용하여 시간정보를 나타내는데, 해당 패킷이 도착하여야 할 시간과 실제 패킷이 도착한 시간과의 차이를 그림 5-11 PCR OJ로 정의한다.

IPTV의 경우 네트워크 망의 성격으로 인해 이러한 도착시간의 오차가 발생하는데, 이러한 오차는 수신기에서 일정시간의 데이터를 버퍼링함으로써 사용자에게 끊김 없는 영상서비스를 할 수 있다. 그러므로 IPTV를 전송하는 네트워크는 PCR Overall Jitter가 주어진 범위 내에 있도록 관리해야 한다.

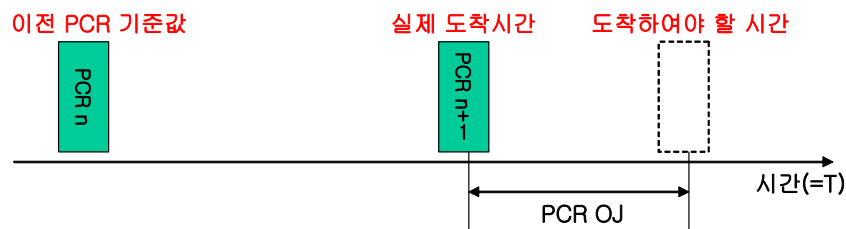


그림 5-11 PCR Overall Jitter

- Program Clock Reference(PCR) Overall Jitter : 나노초 기반의 동기화 스트림의 지터(ns)
- Jitter Discards : 지터로 인해 폐기된 프레임의 수
- Out of Sequence : 전송하여 수신된 프레임에 도착순서 오류가 있는 프레임의 수
- In Sequence : 전송하여 수신된 프레임에 도착순서가 올바른 프레임의 수
- Network Loss Probability : 전송 프레임 손실에 대한 확률적 정확도를 예측하는 연산값
- Loss Episode Length : 특정 측정구간에 손실 프레임의 최대 개수

- Loss Episodes : 특정 측정구간에 최초 관측 구간에서부터 손실된 누적 합계

나. 영상의 콘텐츠에 관련한 측정 매개변수

- Program Rate : 측정하기 위한 영상물에 대한 초당 전송 스트림의 전송속도(Kbps)
- Compression Ratio : 측정구간에서 I+P+B 값에 대한 I 프레임의 비
- I frame Count : 측정구간에서 I 프레임의 개수
- P frame Count : 측정구간에서 P 프레임의 개수
- B frame Count : 측정구간에서 B 프레임의 개수
- Quantizer : 측정구간에서 영상데이터의 양자화 레벨 수

다. V-Factor : No Reference

앞의 측정 항목으로 제시한 네트워크와 콘텐츠에 관련한 매개변수를 기반으로 QoSmetrics에서 추출한 영상 품질 평가에 객관적인 QoE 점수를 제공한다. QoE 점수는 0~5 사이의 측정값을 지닌다. V-Factor는 Video MOS에 해당하는 값으로 MPQM (Moving Picture Quality Metrics) 모델 기반으로 측정하며 아직 국제 표준으로 정해지지 않은 상태이다.

(1) V-Factor의 측정 모델

V-Factor의 측정은 No Reference 화질 평가를 위해 다음과 같은 그림 5-12의 모델로 측정되어 진다.

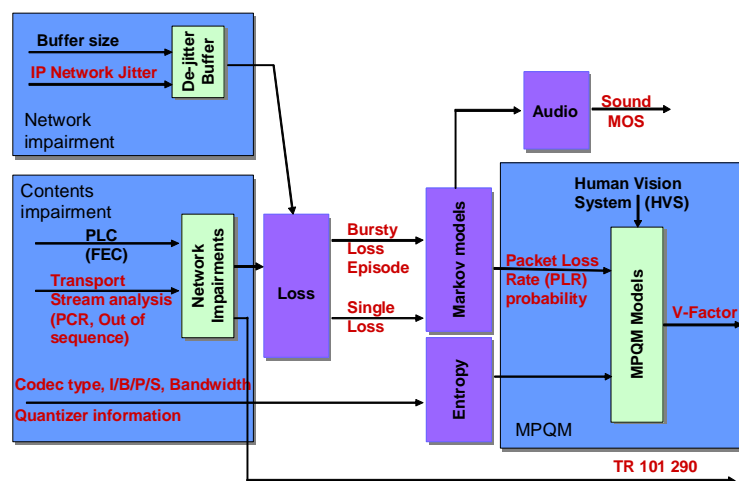


그림 5-12 V-Factor 측정 방안

(2) V-Factor 기준값

V-Factor 기준값은 다음 표 5-6에 의해서 제시된다.

표 5-6 QoSmetrics사의 V-Factor 기준값

V-Factor	Video transmission quality category
5 - 4.34	best
4.34 - 4.03	high
4.03 - 3.60	medium
3.60 - 3.10	low
3.10	(very)poor

(3) V-Factor 일반적인 식

$$V-Factor = Q_{er}(qs) * (1 - e^{P_{br} \sqrt{I_r}})$$

- $Q_{er}(qs)$  : 양자화 값의 함수로 주어진 코덱에 대한 인코더로부터 손상을 입은 것을 측정하고, qs=1일 때에 최대값은 5이고 압축비는 1이 된다.
- $P_{br}$  : 패킷 손실에 대한 확률비를 측정하는 값으로 다음과 같은 다양한 측정 매개변수인 비디오 지터 버퍼길이, PCR 지터, 네트워크 지터, 패킷 손실에 대한 함수 값을 이용하여 측정한다.
- $I_r$  : 영상 이미지의 복잡도(엔트로피)를 측정하는 값으로 다음과 같은 다양한 측정 매개변수인 참조 프레임의 비, 비참조 프레임(I, B, P) 대역폭, 대역폭의 변위, 전형적인 값으로 1.0(높은 복잡도)과 4.0(낮은 복잡도) 사이의 값을 가진다.

### 3. 실험망 영상품질 측정 구성도

다음 그림 5-13은 실험을 위한 실험망을 나타낸다. 실험망에서는 실험실 내에서 2대의 시스코 2800 라우터와 2대의 2950 스위치를 이용하여 모든 포트는 패스트 이더넷 100Mbps로 연결한다. 그림 5-14는 실험망이 설치되어 있는 사진이다. 백본 코어망 도메인에 해당하는 망 부하

생성장치(SmartBit 6000C), 멀티캐스트 방송 스트리밍 서버는 동일 스위치에 연결하고 라우터와 라우터는 100Mbps 패스트 이더넷 포트에 직접 연결한다. 가입자 연결망에 해당하는 스위치는 셋탑박스, 멀티캐스트 방송 수신 클라이언트 시스템, 스트림 방송 트래픽 수집 장비인 Netwarrior, 멀티캐스트 스트림 방송 분석 장비를 통하여 V-Factor를 측정한다. 라우터들 사이의 라우팅 프로토콜은 OSPF로 설정이 되어 있고, 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 PIM-dense mode로 설정이 되어 있다. 멀티캐스트 Join을 위해 IGMPv3로 설정하고, 스위치에는 IGMP snooping 프로토콜이 활성화 되어 있다.

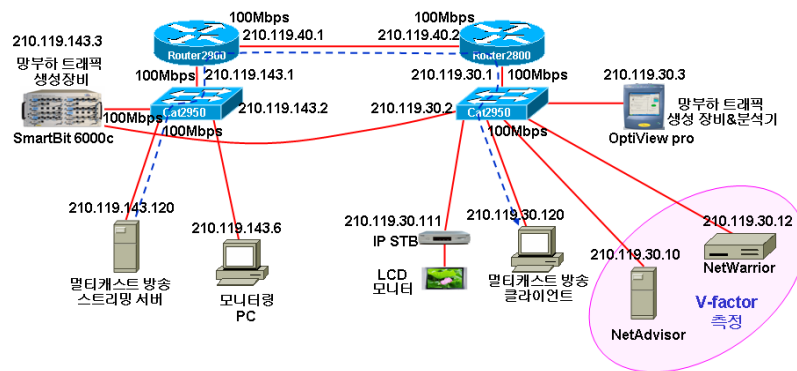


그림 5-13 실험망 기본 구성도



그림 5-14 구축한 실험망 사진

#### 4. 실험망 네트워크 부하생성 및 측정방법

멀티캐스트 스트리밍 방송 중에 100Mbps 대역폭에 네트워크 이용률 (Utilization) 변화를 주어 V-Factor의 경계값이 다양하게 분포할 수 있도록 트래픽 부하 생성 테이블을 만들어 측정한다. 스트리밍 방송 중에 트래픽 부하를 주었을 때 네트워크 이용률의 허용 대역폭은 스트리밍 방송 대역폭에 근접할수록 영상의 품질의 변화의 폭이 민감도가 크게 영향을 주고 있는 관계로 표 5-7과 같은 시나리오로 실험실에서 부하 변화에 따른 V-Factor를 측정한다.

표 5-7에 따라 실험망의 스위치와 라우터 간에 QoS를 보장한 상태에서 트래픽 부하에 따른 수신 영상의 화질 측정과 실험망에 QoS를 적용하지 않은 경우의 트래픽 부하에 따른 수신영상의 화질 측정을 수행한다.

본 과제의 실험에서는 QoS 기술로 네트워크 edge에서 수행한 복잡한 트래픽을 분류하고 조절 가능한 복합 네트워크 모델의 모든 서브모듈에 QoS를 적용하여 2계층 프레임 802.1q을 지원하는 사용자 우선순위 802.1p에서의 CoS(Class of Service)를 적용하였다.

표 5-7에 따라 실험망 영상품질 평가를 위해 다음과 같은 측정을 하였다.

- 영상 3종 : 토크쇼&뉴스 영상(아침마당), 오락 영상(댄스), 스포츠 영상(축구)
- 측정시간 : 측정 1회당 2분, 2분내에 측정장비 Probe와 분석 서버간 10초당 수집한 sampling 데이터가 발생
- 시험횟수 : 총204회 (Broadcast 부하 트래픽 204회)
- 실험 장소 : 실험망
- 실험결과 영상데이터 : 49G Byte

표 5-7 실험실 측정 시나리오 표

측정 순서	최대대역폭 (Mbps)	측정대역폭 (이용률)	Network Load (Mbps)	Total Frame Rate(fps)	허용대역폭 (Mbps)
1	100	0.00	0.00	0	100.00
2	100	80.00	78.93	6,560	21.07
3	100	81.00	79.92	6,642	20.08
4	100	81.50	80.41	6,683	19.59
5	100	81.51	80.42	6,684	19.58
6	100	81.53	80.45	6,686	19.55
7	100	81.56	80.47	6,688	19.53
8	100	81.57	80.49	6,690	19.51
9	100	81.59	80.52	6,692	19.48
10	100	81.62	80.53	6,693	19.47
11	100	81.64	80.55	6,695	19.45
12	100	81.67	80.58	6,697	19.42
13	100	81.68	80.60	6,699	19.40
14	100	81.70	80.63	6,701	19.37
15	100	81.73	80.64	6,702	19.36
16	100	81.75	80.66	6,704	19.34
17	100	81.78	80.69	6,706	19.31
18	100	81.79	80.71	6,708	19.29
19	100	81.81	80.73	6,710	19.27
20	100	81.84	80.75	6,711	19.25
21	100	81.86	80.77	6,713	19.23
22	100	81.88	80.79	6,715	19.21
23	100	81.90	80.82	6,717	19.18
24	100	81.92	80.84	6,719	19.16
25	100	81.95	80.86	6,720	19.14
26	100	81.97	80.88	6,722	19.12
27	100	82.00	80.90	6,724	19.10
28	100	82.01	80.93	6,726	19.07
29	100	82.02	80.93	6,726	19.07
30	100	82.03	80.95	6,728	19.05
31	100	82.04	80.95	6,728	19.05
32	100	82.10	80.99	6,731	19.01
33	100	82.20	81.10	6,740	18.90
34	100	82.30	81.20	6,749	18.80
35	100	82.40	81.30	6,757	18.70
36	100	82.50	81.41	6,766	18.59
37	100	83.00	81.89	6,806	18.11
38	100	83.50	82.38	6,847	17.62
39	100	84.00	82.89	6,889	17.11
40	100	100.00	98.69	8,202	1.31

## 5. 성능 측정 테이블

100Mbps 대역폭에서 네트워크 이용률은 표 5-7의 트래픽 부하 변화 표에 따라 NetAdvisor와 측정 과정의 기록을 일치시키기 위해 다음 표 5-8의 성능 측정 테이블을 이용한다.

표 5-8 측정 기록 테이블

영상 데이터	파일 이름	해상도	영상압축 코덱	음성압축 코덱	영상압축 Bit Rate	음성압축 Bit Rate
시험일	NetAdvisor 측정시간	VLC Transcoding	Routing 여부	스트림출력 Protocol		
부하방법	Broadcast 여부:	Server:	Client:			
	Unicast 방법	Server:	Client:			
부하트래픽	Frame length		스위치 CoS값	서버단	Access단	
	Utilization					
	Total Bit Rate		라우터 Cache여부	서버단	Access단	
	Total Frame Rate					
서버작업 관리자	CPU사용율		비고:			
	네트워크이용율					
클라이언트 작업관리자	CPU사용율					
	네트워크 이용율					

## 6. 교내망 영상품질 측정 구성도

교내망은 그림 5-15와 같이 코어 Cat6506 스위치를 중심으로, 하위 호환에 연결된 Workgroup 스위치는 IEEE 802.3z 1Gbps 이더넷 포트 사이에 멀티모드 광케이블로 연결되어 있다. 방송 시스템은 Workgroup 스위치에 직접 연결된 2계층 경우와 하위 Access 계층으로 분리한 스위치를 통하여 연결된 3계층 경우에는 100Mbps로 연결이 되어 있다.

코어 스위치와 Workgroup 스위치 2계층으로만 구성된 경우에 VLAN로 분리되어 연결되어 있다. 이런 경우에 코어 스위치와 Workgroup 스위치간에 동일한 브로드캐스트 도메인을 가지는 특징을 가진다. 아래의 그림에서 2계층 구조의 네트워크 2개 호환과 3계층 구조의 네트워크 1개 호환에서 IPTV 영상 품질을 표 5-7의 실험실 망에서 추출한 네트워크 이용률을 반영하여 측정한다.

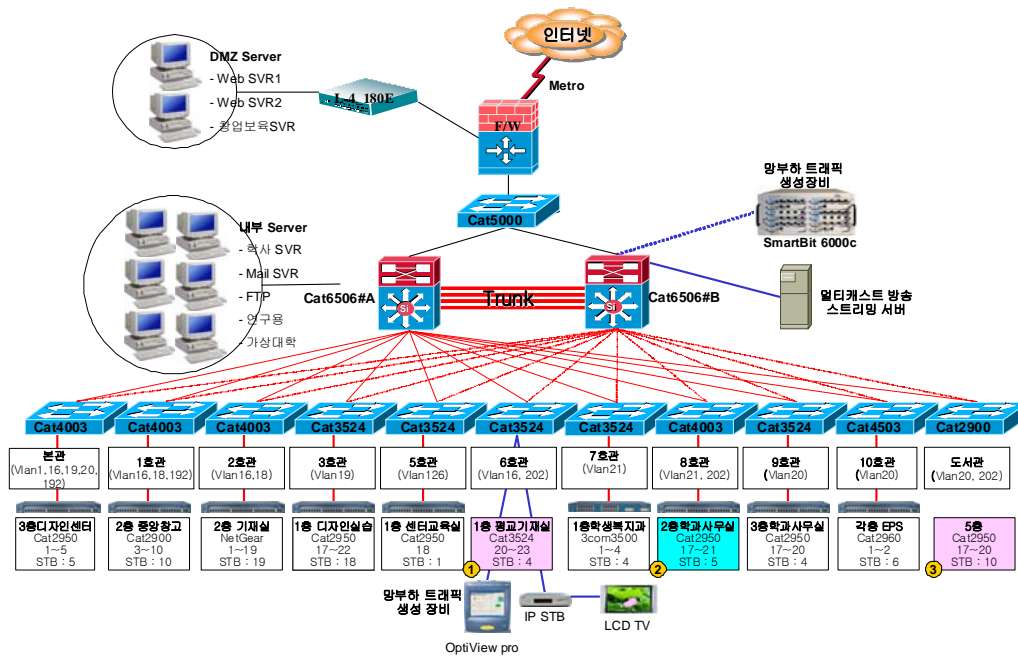


그림 5-15 전체 교내망 구성도



그림 5-16 전체 교내 코어백본 스위치

가. 6호관 세그먼트의 특징

2계층 네트워크 망으로 구성되어 있고 백본은 기가비트 광케이블 망과 UTP 케이블 링크로 연결되어 있다.



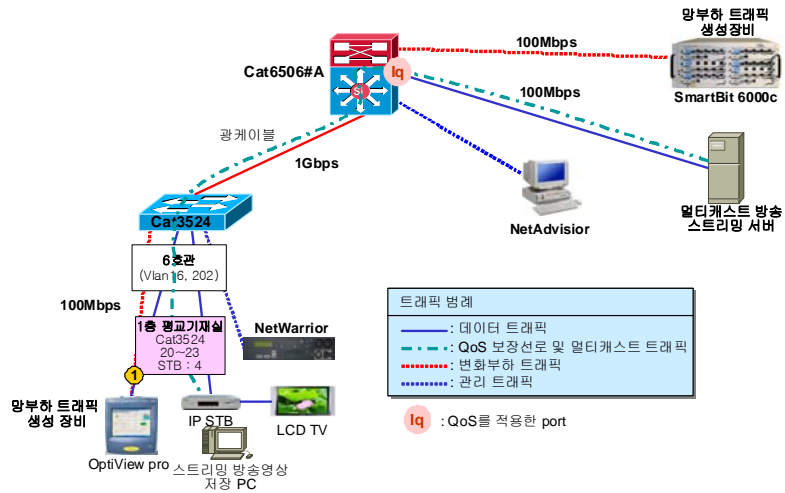


그림 5-17 6호관 구성도



그림 5-18 6호관 스트리밍 방송영상 수신 및 저장 PC

#### 나. 8호관 세그먼트의 특징

3계층 네트워크 망으로 구성되어 있고, Workgroup 스위치의 IOS가 다르며, IGMP, CGMP 호환성, QoS 매개변수 호환성 문제가 존재할 수 있고 백본 기가비트 광케이블 망과 UTP 케이블 링크로 연결되어 있다.

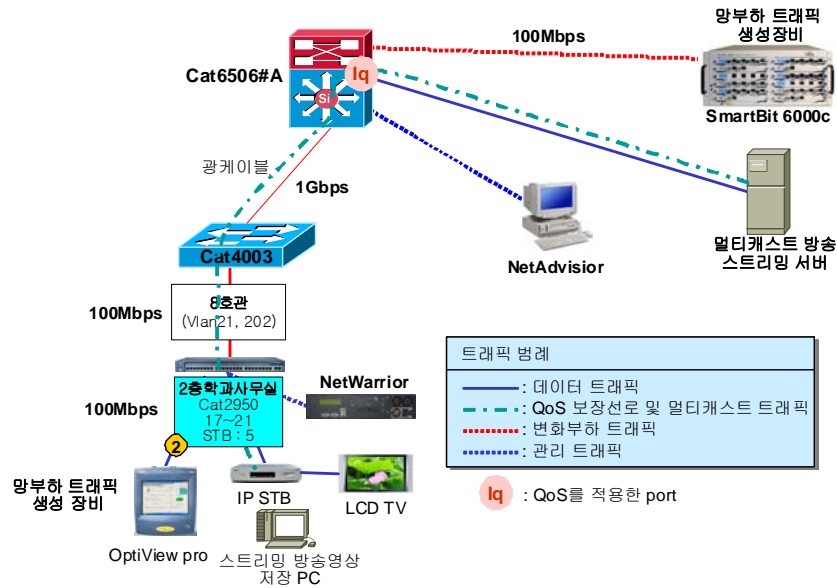


그림 5-19 8호관 구성도



그림 5-20 8호관 스트리밍 방송영상 수신 및 저장 PC

#### 다. 도서관 세그먼트의 특징

2계층 네트워크 망으로 구성되어 있고 백본망에 직접 위치하여 상대적 전파지연 시간이 다른 측정 호관보다 가장 짧은 위치에 있고 전체 네트워크가 100Mbps UTP 케이블 패스트 이더넷으로 연결되어 있다.

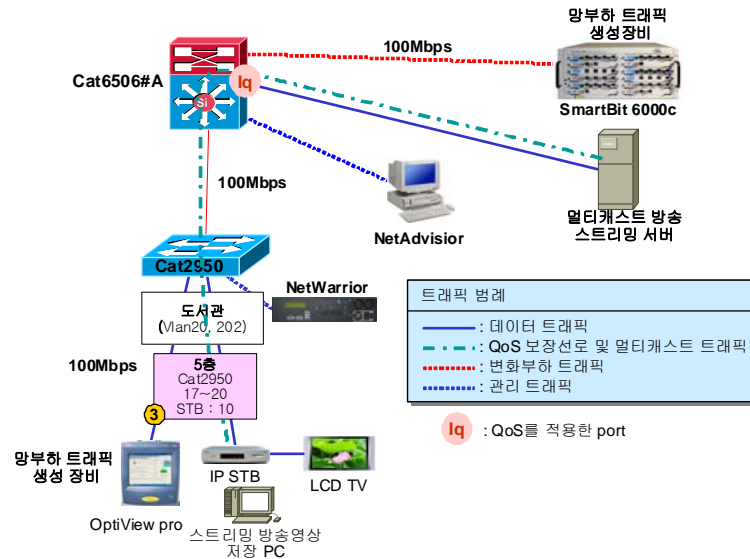


그림 5-21 도서관 구성도



그림 5-22 도서관 스트리밍 방송영상 수신 및 저장 PC

## 7. 교내망 네트워크 부하생성 및 측정 방법

실험망에서 네트워크 부하 트래픽 간격에서 교내망은 실제 인터넷 트래픽 양은 예측 불가능하게 존재함으로 인해 교내망 측정 부하 트래픽 수정하여 다음과 같은 시나리오 표로 수정하였다. 표 5-9 수정표는 호 관별 인터넷 트래픽에 따라 다양한 V-Factor 구간을 도출할 목적이다.

표 5-9 수정표에 따라 영상품질 평가를 위해 다음과 같은 측정을 하였다.

- 영상 3종 : 토크쇼&뉴스 영상(아침마당), 오락 영상(댄스), 스포츠 영상(축구)
- 측정시간 : 측정 1회당 2분, 2분내에 측정장비 Probe과 분석서버간 10초당 수집한 sampling 데이터 발생
- 시험횟수 : 총172회 (Unicast 60회, Broadcast 112회)
- 실험 장소 : 3개 호관
- 실험결과 영상데이터 : 160G Byte

표 5-9 교내망 부하 트래픽 수정표

이용률	Network Load	부하방법	이용률	Network Load	부하방법
0.00	0.00	부하 없음	0.00	0.00	부하 없음
75.00	74.00	Unicast, Broadcast	80.00	78.93	Broadcast
76.00	75.00	Unicast, Broadcast	81.00	79.92	Broadcast
76.50	75.49	Unicast, Broadcast	81.50	80.41	Broadcast
76.52	75.50	Unicast, Broadcast	81.51	80.42	Broadcast
76.59	75.56	Unicast, Broadcast	81.59	80.52	Broadcast
76.62	75.60	Unicast, Broadcast	81.62	80.53	Broadcast
76.68	75.66	Unicast, Broadcast	81.68	80.60	Broadcast
76.70	75.69	Unicast, Broadcast	81.70	80.63	Broadcast
76.79	75.77	Unicast, Broadcast	81.79	80.71	Broadcast
76.81	75.79	Unicast, Broadcast	81.81	80.73	Broadcast
77.50	76.46	Unicast, Broadcast	82.50	81.41	Broadcast
79.00	77.94	Unicast, Broadcast	84.00	82.89	Broadcast

## 제 6 장 IPTV 영상품질 측정 분석 결과

### 제 1 절 실험망/교내망 영상품질 측정 분석 개요

IPTV 망에서 영상품을 평가하기 위해 MPEG-2 TS 기반의 UDP 프로토콜 멀티캐스트 스트리밍 방송 중에 QoSmetrics사의 Probe 장비 Netadvisor와 분석서버 Netwarrior를 통하여 표 6-1과 같은 영상품질 측정을 하였다. 측정은 실험망·교내망에 유니캐스트, 브로드캐스트 부하 트래픽 변화에 따른 영상품을 살펴보고자 한다. 5장의 측정 환경에서 얻어진 QoSmetrics에서 제안한 V-Factor 관련 측정 요소와 ETSI TR 101 209 측정 요소를 중심으로 영상품을 비교한다. 실험망 측정에서 분석한 결과를 토대로 교내망에 부하 트래픽 구간 조정과 품질영상을 비교한다. 측정에서 유니캐스트 트래픽과 브로드캐스트 트래픽 상호 연관관계를 비교한다. 측정에서 호관별 망의 특징에 따라 영상품질 상호 연관관계를 비교한다. 각각의 영상에 대하여 측정 시간은 2분으로 2분 내에 10초간의 샘플링 데이터에 대한 분석이다.

표 6-1에서 사용한 약어는 실험망·교내망에 강제로 부과한 부하 트래픽으로 BRD(브로드캐스트 부하 트래픽), UNI(유니캐스트 부하 트래픽), 3종의 영상이름으로 IVY(오락댄스 : 아이비), MOR(토크 및 뉴스 : 아침마당), SOC(스포츠 : 축구)를 각각 의미한다. IVY 영상은 코덱을 통하여 직접 MPEG-2 TS로 만들어진 영상이고, MOR과 SOC는 지상파 Full HD 방송 영상을 캡처한 영상이다.

실험 측정 장소로 LAB(실험망), 6Ho(6호관), 8Ho(8호관), LIB(도서관)에서 영상품을 측정한 망의 위치를 나타내고, CoS(Class of Service)로 Diff-Serv 모델 QoS 보장 기술을 적용한 송수신 트래픽의 우선순위를 제공하는 값을 나타낸다.

또한 그림 6-1은 네트워크 영상품질 성능관련 측정요소의 오류에 따른 수신된 영상의 영상품질의 왜곡현상과 상관성을 나타낸 것이다. 왜곡영상에서 네트워크 성능 관련된 요소에 대해 상관된 분석을 할 수 있다.



그림 6-1 네트워크 측정요소의 오류에 따른 영상왜곡현상

표 6-1 영상품질 측정 및 분석표

실험망 1	BRD 1.1	IVY 1.1.1	LAB	CoS=0	CoS=1	CoS=2	CoS=5
		MOR 1.1.2		CoS=0			
		SOC 1.1.3		CoS=0			
교내망 2	UNI 2.1	IVY 2.1.1	6Ho	CoS=0			
			8Ho	CoS=0			
			LIB	CoS=0	CoS=5		
		MOR 2.1.2	6Ho	CoS=0			
			8Ho	CoS=0			
			LIB	CoS=0	CoS=1	CoS=2	CoS=5
	BRD 2.2	IVY 2.2.1	6Ho	CoS=0			
			8Ho	CoS=0			
			LIB	CoS=0	CoS=5		
		MOR 2.2.2	6Ho	CoS=0			
			8Ho	CoS=0			
			LIB	CoS=0	CoS=2	CoS=5	
		SOC 2.2.3	6Ho	CoS=0			
			8Ho	CoS=0			
			LIB	CoS=0	CoS=5		

## 제 2 절 실험망 IVY 영상품질 측정 분석

### 1. 실험망 BRD IVY LAB CoS=0 측정 평균 V-Factor

BRD(Broadcast)는 부하 트래픽, IVY(오락댄스)는 영상이름, LAB(실

험망)은 영상품질 측정 실험장소, CoS=0는 QoS 보장기술을 적용하지 않는 상태로 영상 품질을 측정한 평균값을 의미한다.

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

그림 6-2는 실험망에 QoS 보장하는 기술을 설정하지 않은 상태 즉, CoS=0인 상태에서 표 6-2와 6-3 같이 브로드캐스팅(Broadcasting)방식으로 부하를 발생시켰을 경우에 측정된 4개의 그래프이다. 각각의 그래프는 V-Factor와 관련요소인 Loss Episode Length, Loss Episodes 관계를 나타낸 것, V-Factor와 Network Loss(확률값)을 나타낸 것, V-Factor와 Out of Sequence를 나타낸 것이다. Network Loss, Out of Sequence, Loss Episodes가 상대적으로 V-Factor값과 반비례함을 알 수 있다. 표 6-2와 표 6-3은 동시에 측정한 값으로 지면상 분리하여 작성하였다.

Contents 관련요소로 영상 프레임간의 분포는 B-Frame > P-Frame > I-Frame의 순서로 영상을 이루고 있다. 트래픽 부하에 따라 B-Frame, P-Frame, I-Frame의 손실의해 약간씩 하향 그래프가 된다.

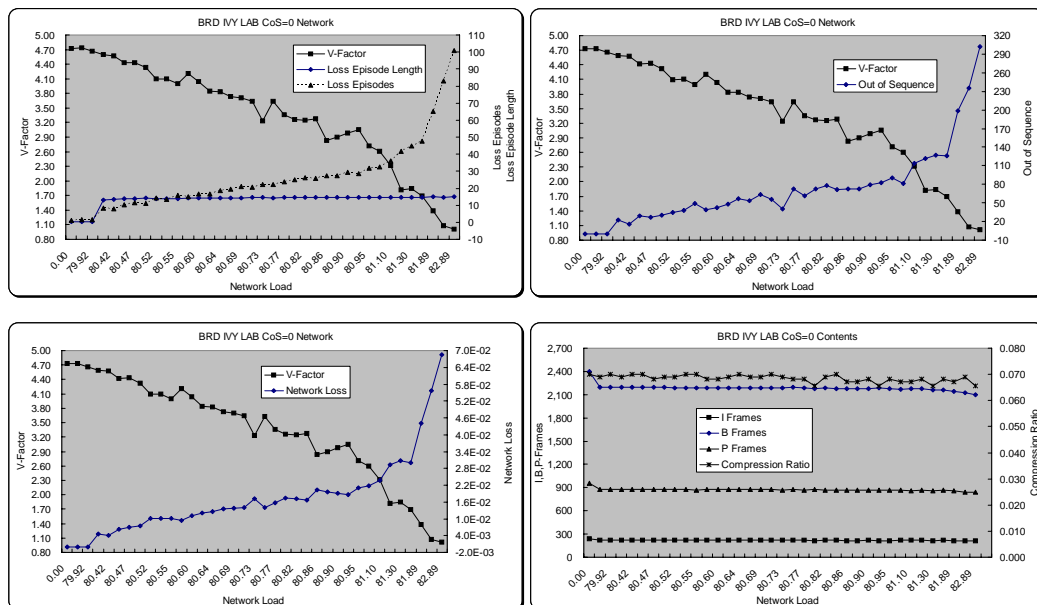


그림 6-2 BRD IVY LAB CoS=0 Network/Contents 평균

표 6-2 BRD IVY LAB CoS=0 Networks 관련요소 평균

Network Load (Mbps)	V-Factor	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ns)	Loss Episode Length	Loss Episodes
00.00	4.73	1.075E-05	0.00	1.25	47,703,488	0.33	1.25
78.93	4.73	1.182E-05	0.00	1.36	4,539,423	0.36	1.36
79.92	4.66	1.173E-05	0.00	1.36	4,641,702	0.36	1.36
80.41	4.59	4.471E-03	21.82	1.36	4,371,742	13.00	8.09
80.42	4.57	4.146E-03	15.73	1.36	4,474,192	13.64	7.73
80.45	4.42	6.277E-03	29.00	1.36	4,638,165	13.91	10.18
80.47	4.43	6.899E-03	26.73	1.36	4,429,746	13.91	11.36
80.49	4.33	7.548E-03	29.91	1.36	4,736,463	14.18	10.91
80.52	4.09	1.019E-02	34.27	1.36	5,335,489	14.00	14.18
80.53	4.10	1.007E-02	38.09	1.36	4,903,730	14.00	13.36
80.55	4.00	1.002E-02	49.55	1.36	4,278,928	14.00	15.73
80.58	4.20	9.343E-03	38.64	1.36	4,686,366	14.27	15.09
80.60	4.04	1.102E-02	42.36	1.36	4,673,159	14.27	16.64
80.63	3.84	1.209E-02	47.55	1.27	4,280,545	14.27	16.82
80.64	3.83	1.243E-02	56.45	1.36	4,116,132	14.18	18.64
80.66	3.73	1.356E-02	53.64	1.36	4,406,234	14.27	19.45
80.69	3.70	1.387E-02	63.09	1.36	4,398,883	14.36	21.18
80.71	3.64	1.412E-02	55.45	1.36	4,291,544	14.55	20.45
80.73	3.24	1.708E-02	39.82	1.36	4,003,961	14.45	22.00
80.75	3.63	1.400E-02	72.27	1.36	4,068,603	14.18	22.18
80.77	3.36	1.562E-02	61.36	1.27	4,807,127	14.45	23.64
80.79	3.27	1.729E-02	72.18	1.36	4,766,906	14.64	24.82
80.82	3.25	1.719E-02	78.09	1.36	4,157,935	14.55	26.09
80.84	3.28	1.669E-02	71.18	1.36	4,616,713	14.55	25.64
80.86	2.83	2.024E-02	73.00	1.36	4,472,062	14.45	27.27
80.88	2.90	1.962E-02	72.00	1.09	4,161,677	14.64	27.27
80.90	2.98	1.905E-02	79.36	1.36	3,526,028	14.64	29.18
80.93	3.05	1.850E-02	82.00	1.36	3,990,541	14.82	28.64
80.95	2.72	2.102E-02	90.18	1.36	4,642,777	14.45	31.64
80.99	2.60	2.174E-02	81.36	1.36	4,165,642	14.64	32.55
81.10	2.32	2.376E-02	113.27	1.36	4,196,041	14.73	36.09
81.20	1.82	2.930E-02	121.64	1.36	4,760,799	14.82	41.64
81.30	1.84	3.080E-02	127.55	1.36	4,647,015	14.82	44.91
81.41	1.69	2.990E-02	125.73	1.36	4,150,829	14.45	47.73
81.89	1.39	4.404E-02	198.45	1.36	4,102,875	15.00	65.00
82.38	1.07	5.568E-02	235.82	1.36	3,567,629	14.73	82.91
82.89	1.01	6.862E-02	302.64	1.36	4,496,906	15.00	100.73



표 6-3 BRD IVY LAB CoS=0 Contents 관련요소 평균/총합

Network Load (Mbps)	V-Factor	Program Rate (kbps)	Quant-izer	Compression Ratio	I-Frames	B-Frames	P-Frames	Total (I+B+P) Frames
0.00	4.73	17,120	7.92	0.070	240	2,397	959	3,596
78.93	4.73	17,135	8.00	0.069	219	2,198	879	3,296
79.92	4.66	17,132	10.36	0.070	220	2,197	878	3,295
80.41	4.59	17,082	7.91	0.069	219	2,195	878	3,292
80.42	4.57	17,095	9.73	0.070	220	2,191	877	3,288
80.45	4.42	17,086	10.18	0.070	220	2,191	875	3,286
80.47	4.43	17,069	8.55	0.068	218	2,191	876	3,285
80.49	4.33	17,068	9.73	0.069	219	2,194	873	3,286
80.52	4.09	17,054	9.27	0.069	219	2,190	874	3,283
80.53	4.10	17,065	9.36	0.070	220	2,189	875	3,284
80.55	4.00	17,046	11.45	0.070	220	2,187	870	3,277
80.58	4.20	17,044	8.27	0.068	218	2,188	874	3,280
80.60	4.04	17,023	7.91	0.068	218	2,183	878	3,279
80.63	3.84	17,039	11.36	0.069	219	2,188	874	3,281
80.64	3.83	17,033	9.64	0.070	220	2,188	878	3,286
80.66	3.73	17,025	8.36	0.069	219	2,184	877	3,280
80.69	3.70	17,013	8.55	0.069	218	2,183	873	3,274
80.71	3.64	17,008	9.73	0.070	220	2,183	872	3,275
80.73	3.24	16,993	9.64	0.069	218	2,184	868	3,270
80.75	3.63	17,003	10.00	0.068	218	2,191	874	3,283
80.77	3.36	16,996	11.64	0.068	218	2,186	870	3,274
80.79	3.27	16,990	7.27	0.065	214	2,181	872	3,267
80.82	3.25	16,980	8.45	0.069	219	2,189	871	3,279
80.84	3.28	16,973	9.82	0.070	220	2,182	868	3,270
80.86	2.83	16,955	8.00	0.067	216	2,175	870	3,261
80.88	2.90	16,965	8.73	0.067	216	2,178	869	3,263
80.90	2.98	16,959	8.55	0.068	218	2,182	868	3,268
80.93	3.05	16,963	9.09	0.065	214	2,184	867	3,265
80.95	2.72	16,948	7.64	0.068	216	2,177	869	3,262
80.99	2.60	16,919	8.45	0.067	217	2,169	869	3,255
81.10	2.32	16,912	8.36	0.067	217	2,177	862	3,256
81.20	1.82	16,873	8.64	0.068	218	2,174	865	3,257
81.30	1.84	16,836	8.09	0.065	214	2,164	862	3,240
81.41	1.69	16,830	9.36	0.068	218	2,163	864	3,245
81.89	1.39	16,679	8.27	0.067	213	2,138	858	3,209
82.38	1.07	16,506	8.27	0.069	213	2,123	845	3,181
82.89	1.01	16,361	8.00	0.065	209	2,102	842	3,153

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

서로 다른 측정 영역인 ETSI 관련 측정 파라미터와 V-Factor의 상관관계를 알아보기 위해 두 영역이 QoSmetrics 측정 장비에서 동시에 측정된 값을 비교한 그래프가 그림 6-3에 나타나 있다. ETSI 관련하여 측정 중에 MPEG-2 TS 패킷의 Header 정보 필드의 손실 에러는 없음이 나타났고, TS의 순서 오류인 Continuity error는 V-Factor와 반비례하여 영상품질에 직접적인 영향을 주었고, PCR error는 네트워크 부하에 상관없이 일정하게 유지한다. 실제 PCR error는 다음의 식에서처럼  $PCR\ error = PCR\_repetition\_error + PCR\_discontinuity\_indicator\_error$ 의 의미를 가지는데, 둘 중에 TS PCR packet간 시간간격이 100ms 시간을 초과한 error인 PCR\_discontinuity\_indicator error는 V-Factor와 반비례로 증가함을 알 수 있다. 또한 PCR-Overall Jitter의 경우 TS 패킷의 Jitter가 100ms 내에 존재할 경우 영상의 품질에 영향이 없음을 알 수 있다.

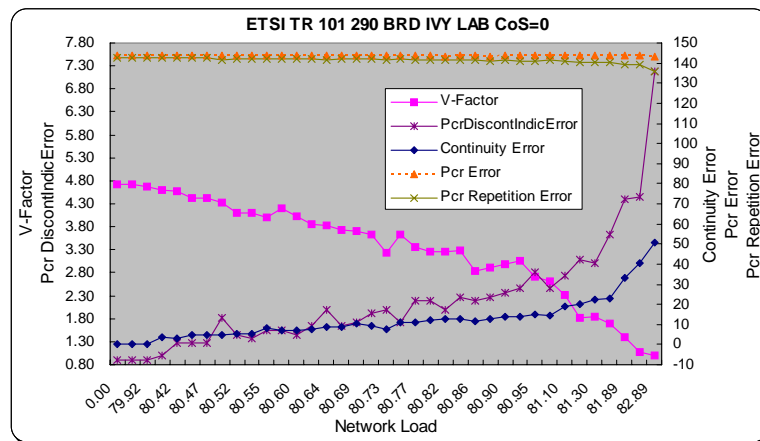


그림 6-3 BRD IVY LAB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

2개의 서로 다른 측정 영역인 ETSI 관련 측정 파라미터와 V-Factor의 측정 구간의 평균을 구하여 상관관계는 표 6-5와 같다. 표 6-5의 ETSI 관련 측정 파라미터의 항목에 대하여 생략어 표기에 대한 각각의 항목들이 표 6-4와 같다.

표 6-4 ETSI 항목 생략어 표기

Network Load(Net Load),TsSync Loss(Ts Sy-L), SyncByte Error(Sync BE), Transport Error(Tran E), Continuity Error(Con E), Program Association Error(Pat E), Program Map Table Error(Pat E), Pid Error(Pid E), CRC Error(CRC E), Program Clock Reference Error(Pcr E), Pcr Repetition Error(Pcr RE), Pcr discontinuity indicator Error(Pcr DIE), Pcr Accuracy Error(Pcr AE), Presentation Time Stamp Error(Pts E), Conditional Access Table Error(CAT E)
---

표 6-5 ETSI TR 101 209 & BRD IVY LAB CoS=0 V-Factor

V-Factor	Net Load (Mbps)	Ts Sy-L	Sync BE	Tran E	Con E	Pat E	Pat E	Pid E	CRC E	Pcr E	Pcr RE	Pcr DIE	Pcr AE	Pts E	CAT E
4.73	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0	143.6	142.7	0.91	0	0	0
4.73	78.93	0	0	0	0.00	0	0	0	0	143.6	142.7	0.91	0	0	0
4.66	79.92	0	0	0	0.00	0	0	0	0	143.7	142.8	0.91	0	0	0
4.59	80.41	0	0	0	3.82	0	0	0	0	143.6	142.6	1.00	0	0	0
4.57	80.42	0	0	0	3.18	0	0	0	0	143.7	142.4	1.27	0	0	0
4.42	80.45	0	0	0	4.64	0	0	0	0	143.6	142.4	1.27	0	0	0
4.43	80.47	0	0	0	4.73	0	0	0	0	143.6	142.4	1.27	0	0	0
4.33	80.49	0	0	0	4.55	0	0	0	0	143.6	141.7	1.82	0	0	0
4.09	80.52	0	0	0	5.36	0	0	0	0	143.6	142.2	1.45	0	0	0
4.10	80.53	0	0	0	5.45	0	0	0	0	143.6	142.3	1.36	0	0	0
4.00	80.55	0	0	0	8.00	0	0	0	0	143.6	142.1	1.55	0	0	0
4.20	80.58	0	0	0	6.82	0	0	0	0	143.6	142.0	1.55	0	0	0
4.04	80.60	0	0	0	7.18	0	0	0	0	143.6	142.1	1.45	0	0	0
3.84	80.63	0	0	0	7.36	0	0	0	0	143.6	142.0	1.64	0	0	0
3.83	80.64	0	0	0	8.73	0	0	0	0	143.6	141.6	2.00	0	0	0
3.73	80.66	0	0	0	8.55	0	0	0	0	143.6	142.0	1.64	0	0	0
3.70	80.69	0	0	0	10.27	0	0	0	0	143.6	141.9	1.73	0	0	0
3.64	80.71	0	0	0	9.18	0	0	0	0	143.7	141.8	1.91	0	0	0
3.24	80.73	0	0	0	7.45	0	0	0	0	143.7	141.7	2.00	0	0	0
3.63	80.75	0	0	0	11.09	0	0	0	0	143.6	141.9	1.73	0	0	0
3.36	80.77	0	0	0	10.82	0	0	0	0	143.6	141.4	2.18	0	0	0
3.27	80.79	0	0	0	12.09	0	0	0	0	143.6	141.5	2.18	0	0	0
3.25	80.82	0	0	0	12.73	0	0	0	0	143.5	141.5	2.00	0	0	0
3.28	80.84	0	0	0	12.82	0	0	0	0	143.6	141.3	2.27	0	0	0
2.83	80.86	0	0	0	11.55	0	0	0	0	143.6	141.5	2.18	0	0	0
2.90	80.88	0	0	0	12.45	0	0	0	0	143.5	141.2	2.27	0	0	0
2.98	80.90	0	0	0	13.73	0	0	0	0	143.6	141.3	2.36	0	0	0
3.05	80.93	0	0	0	14.00	0	0	0	0	143.6	141.3	2.45	0	0	0
2.72	80.95	0	0	0	15.18	0	0	0	0	143.6	140.8	2.82	0	0	0
2.60	80.99	0	0	0	14.64	0	0	0	0	143.7	141.3	2.45	0	0	0
2.32	81.10	0	0	0	19.18	0	0	0	0	143.7	141.0	2.73	0	0	0
1.82	81.20	0	0	0	20.27	0	0	0	0	143.6	140.5	3.09	0	0	0
1.84	81.30	0	0	0	22.18	0	0	0	0	143.6	140.6	3.00	0	0	0
1.69	81.41	0	0	0	22.82	0	0	0	0	143.7	140.1	3.64	0	0	0
1.39	81.89	0	0	0	32.90	0	0	0	0	143.8	139.4	4.40	0	0	0
1.07	82.38	0	0	0	40.64	0	0	0	0	143.6	139.1	4.45	0	0	0
1.01	82.89	0	0	0	50.45	0	0	0	0	143.2	136.0	7.18	0	0	0

## 2. 실험망 BRD IVY LAB CoS=1 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

실험 결과 분석 그래프인 그림 6-4를 살펴보면 실험망에서 CoS=1인 값으로 변경하여 측정한 결과는 CoS=0인 경우와 유사하게 측정되었다. Loss Episodes, Network Loss, Out of Sequence는 각각 유사한 추세로 V-Factor와 반비례하여 CoS=0과 CoS=1인 경우에는 부하 트래픽의 허용 대역폭에 영상품질은 거의 동일한 환경임을 알 수 있다.

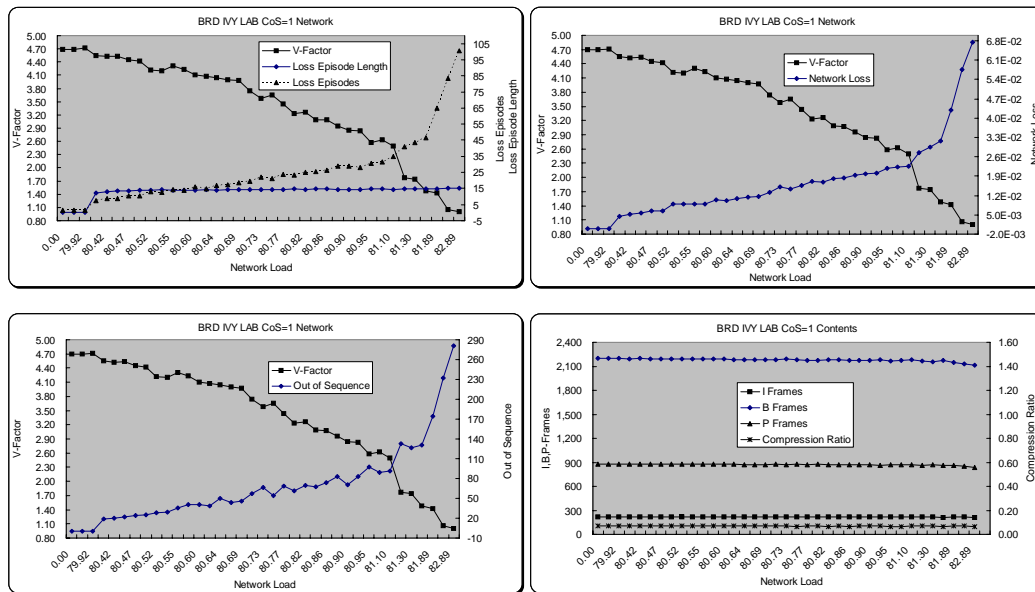


그림 6-4 BRD IVY LAB CoS=1 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

우선순위 값 CoS=1로 변경했을 경우도 Header 정보 필드의 손실 error는 없고, Continuity error로 나타나는 TS 순서오류는 V-Factor와 반비례하여 영상품질에 직접적인 영향을 주고 있음을 그림 6-5에서 알 수 있다. PCR error는 네트워크 부하에 상관없이 일정하게 유지하지만 discontinuity에 관련하여 PCR interval에 100ms 이상 측정된 값은 V-Factor와 반비례 추세로 변화함으로 TS 간에 100ms 이상의 interval이 있을 경우 영상의 품질에 영향을 주고 있음을 그림 6-5에서 알 수 있다. 모든 측정 관련요소는 CoS=0에서 측정한 값이 거의 유사한 추세이다.

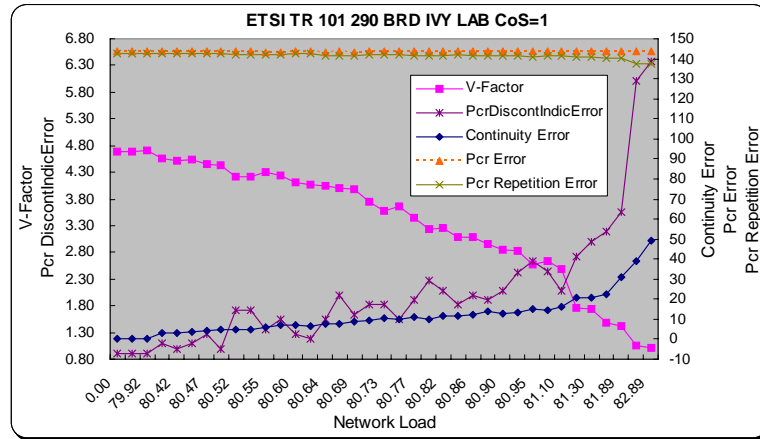


그림 6-5 BRD IVY LAB CoS=1 ETSI TR & V-Factor 비교

### 3. 실험망 BRD IVY LAB CoS=2 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

실험망에서 그림 6-6은 CoS=2인 값으로 변경하여 측정한 QoS 적용으로 V-Factor는 브로드캐스트 부하에 상관없이 모두 4.7에 대한 근사값을 유지하고, PCR-OJ는 4~5ms 내외로 측정되었다. 실험망 전체 포트의 100Mbps 대역폭에 (98.96Mbps의 Network 부하) + (영상전송 대역)으로 -16.09Mbps 전송 대역이 부족한 경우에도 멀티캐스트 방송 포트에 높은 우선순위 CoS=2가 적용되어 부하 트래픽 포트에 전송된 트래픽은 드롭되므로 멀티캐스트 트래픽 손실은 없음을 확인하였다.

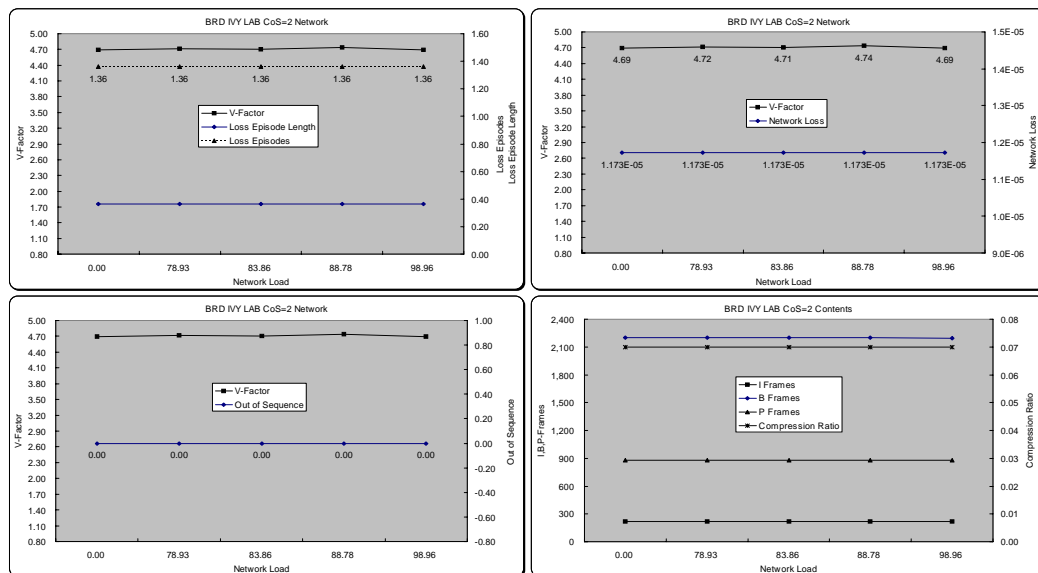


그림 6-6 BRD IVY LAB CoS=2 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

실험망에서 그림 6-7은 ETSI Header 정보 필드의 손실 error는 없고, 모든 측정구간에 Continuity error=0로 QoS를 보장한 경우 TS 패킷의 순서오류 없이 V-Factor 4.7로 높게 측정되었다. TS PCR 패킷의 interval이 불연속(100ms 이상을 넘을 수도 있는)임을 나타내는 헤드의 indicator에 정보를 제공하지 않고, 비정상적으로 PCR이 늦어진 PCR\_discontinuity\_indicator error에 대하여, 단위 측정 구간 10초 간격에 TS packet 1개 이하 error 존재 시 V-Factor 영향은 거의 없음을 알 수 있다. TS 패킷 interval이 40ms 이상인 경우에 나타나는 PCR Repetition error는 측정구간에 평균 143회 정도 나타났다. TS 패킷간에 PCR-OJ 값이 연속적으로 100ms 이상인 경우에 영상품질에 영향을 줄 수 있는 것으로 판단된다.

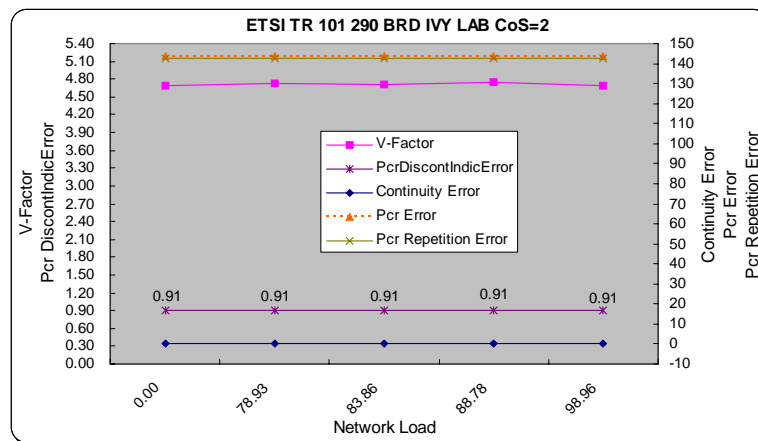


그림 6-7 BRD IVY LAB CoS=2 ETSI TR & V-Factor 비교

#### 4. 실험망 BRD IVY LAB CoS=5 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

실험망에서 그림 6-8은 CoS=5인 값으로 변경하여 V-Factor가 4.7에 근사값을 유지하지만, 측정 83.85Mbps 구간에서는 Loss Episodes 값이 예상된 1.36보다 낮은 0.82로 측정되었고, 83.85Mbps 구간에 Network Loss 확률값이  $1.2^{-5}$ 에서  $1.8^{-1}$ 로 높게 측정되어 패킷 손실이 발생할 확률이 높게 나타난다는 것이다. 정상적인 경우라면 Loss Episodes와 비

레하여야 하나 반비례적으로 나타났다. 따라서 부하 트래픽 83.85Mbps 구간에 V-Factor 4.06로 낮은 영상품질이 측정된 이유는 V-Factor 관련요소로 해석이 불가능하며 ETSI 관련요소 해석하여 2개의 다른 측정 요소에서 분석하여 비교하여 볼 수 있다.

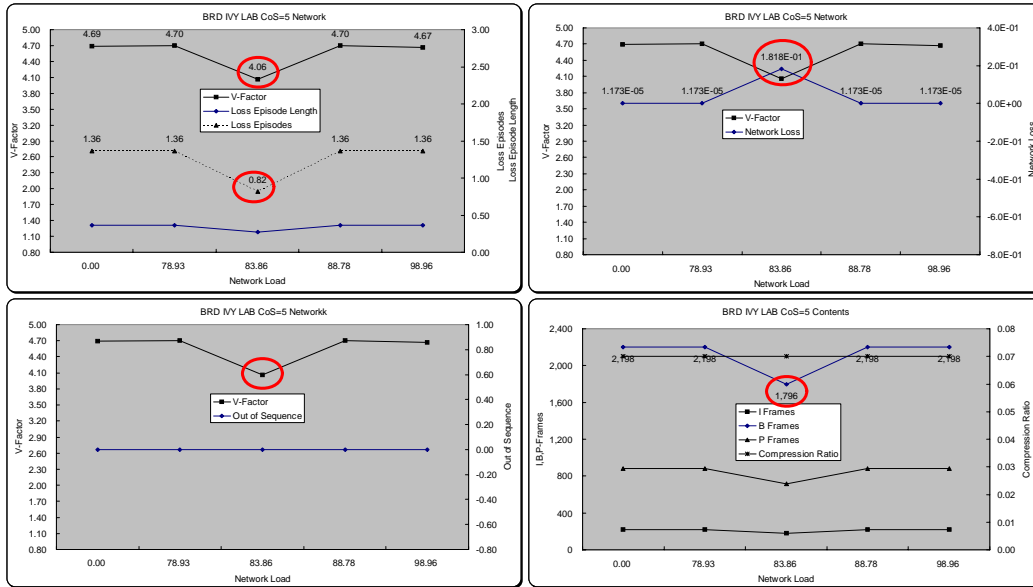


그림 6-8 BRD IVY LAB CoS=5 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

실험망에서 그림 6-9는 Header 정보 필드의 PID/PTS error가 존재함을 알 수 있고 스트림 방송의 대역을 보장해주는 QoS 기술을 적용할 경우에도 전송구간에 발생하여 영상품질에 직접적인 영향을 주는 TS 순서 오류가 없는 Continuity error=0 인 경우도 전송·수신단에서 발생하는 PID/PTS 에러 발생시 영상품질에 치명적인 영향을 준다. PCR error는 PID/PTS error 존재 시 다른 측정 파라미터가 측정 되지 않아 다른 측정구간에 비해 낮게 143에서 117로 낮게 측정되었다.

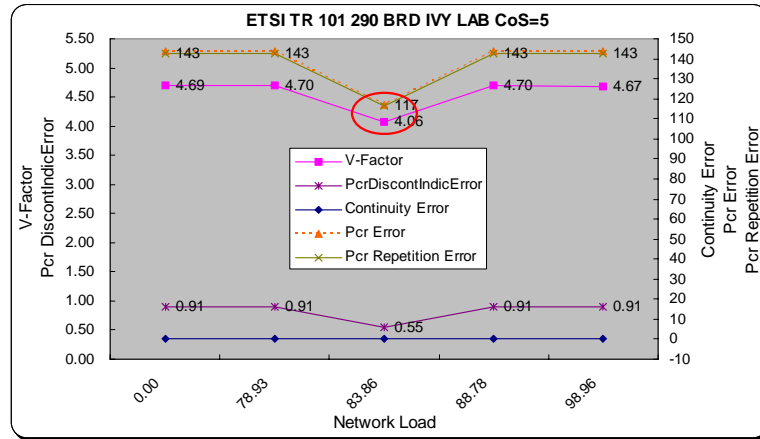


그림 6-9 BRD IVY LAB CoS=2 ETSI TR & V-Factor 비교

다. V-Factor 및 ETSI 세부 구간 분석

ETSI 측정요소에서 PID 및 PTS error가 발생하여 Loss Episodes 및 Network Loss의 평균값이 낮게 측정되었고, PTS error는 오디오와 비디오의 립싱크가 심하게 어긋날 가능성이 있고, PID error가 발생할 경우 PCR error=0로 측정되고, 수신단에서 PID 해석불가로 어떤 영상인지 구분할 수 없는 상태로 영상을 디스플레이도 할 수 없고 저장할 수 없음으로 나타났다. 표 6-6 V-Factor의 Network 관련요소, 표 6-7 ETSI : First/Second Priority 관련요소에서 Id 44, Id 48 붉은색 구간은 PID/PTS 오류가 발생함을 알 수 있다. 다음 2개 오류 구간에 측정된 영상의 크기를 비교하면 20초간의 영상은 사라졌다는 것을 확인할 수 있다.

- DSC-UDP-IVY-BRD85.00%-LAB-COS5 - 212M byte
- DSC-UDP-IVY-BRD90.00%-LAB-COS5 - 259M byte



표 6-6 V-Factor

Id	V-F	N-Loss	Loss-LE	Loss-E
48	1	1	0	0
44	1	1	0	0
40	4.72	0	0	0
36	4.61	0	0	0
32	4.66	2.60E-05	1	3
28	4.82	0	0	0
24	4.66	0	0	0
20	4.85	0	0	0
16	4.85	2.60E-05	1	3
12	4.75	2.60E-05	1	3
8	4.75	0	0	0
평균	4.06	1.82E-01	0.27	0.82

표 6-7 ETSI 관련요소

Id	Pid-E	Pcr-E	Pcr-RE	Pcr-DIE	Pts-E
48	20	0	0	0	15
44	19	0	0	0	13
40	0	141	141	0	0
36	0	143	143	0	0
32	0	144	142	2	0
28	0	143	143	0	0
24	0	143	143	0	0
20	0	143	143	0	0
16	0	144	142	2	0
12	0	145	143	2	0
8	0	143	143	0	0
평균	3.5	117.2	116.6	0.5	2.5

## 5. Broadcast 부하에 따른 IVY 영상 구간별 평균 V-Factor 분석

다음 표는 BRD IVY LAB에서 QoS 보장을 위해 CoS 별로 2분간 측정 한 기간 중에 측정 장비간에 10초 간격으로 측정된 샘플링 엔트리에서 측정한 전체 엔트리 별로 V-Factor 범위에 포함된 구간의 평균값이다. 다음 표의 측정 V-Factor 범위는 실험을 통하여 평가 분석한 V-Factor를 기준으로 등급 분류한 자체 영상품질 평가 기준이다.

### 가. BRD IVY LAB CoS=0

표 6-8 BRD IVY LAB CoS=0

CoS=0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss-EL	Loss-E
IVY	매우우수	5.00~4.60	4.71	1.59E-03	9.38	1.01	17.5	5.20	4.00
	우수	4.59~4.30	4.45	5.84E-03	27.20	1.09	4.6	12.63	10.11
	보통	4.29~4.10	4.20	9.29E-03	39.66	1.22	4.4	14.31	15.50
	떨어짐	4.09~3.90	4.01	1.13E-02	49.94	1.41	4.4	14.20	18.24
	나쁨	3.89~3.50	3.73	1.35E-02	58.05	1.06	4.6	14.48	20.44

### 나. BRD IVY LAB CoS=1

표 6-9 BRD IVY LAB CoS=1

CoS=1	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss-EL	Loss-E
IVY	매우우수	5.00~4.60	4.71	1.64E-03	9.67	0.90	5.0	6.50	4.02
	우수	4.59~4.30	4.47	5.76E-03	24.28	1.18	4.5	12.52	9.99
	보통	4.29~4.10	4.21	9.39E-03	37.29	1.66	4.6	14.18	14.63
	떨어짐	4.09~3.90	4.00	1.15E-02	43.83	1.47	4.6	14.27	18.20
	나쁨	3.89~3.50	3.71	1.36E-02	56.82	1.37	4.8	14.44	21.13

다. BRD IVY LAB CoS=2

표 6-10 BRD IVY LAB CoS=2

CoS =2	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss- E
IVY	매우우수	5.00~4.60	4.71	1.17E-05	0.00	1.36	5.7	0.36	1.36

라. BRD IVY LAB CoS=5

표 6-11 BRD IVY LAB CoS=5

CoS =5	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss- E
IVY	매우우수	5.00~4.60	4.73	1.15E-05	0.00	1.33	6.1	0.36	1.33
	우수	4.59~4.30	4.52	8.67E-06	0.00	1.00	4.9	0.33	1.00

마. 통합 BRD IVY LAB CoS 비교 V-Factor

다음 그림 6-10에서 브로드캐스트 트래픽 부하, IVY 영상을 실험망 멀티캐스트 방송에서 CoS 변화에 따라 V-Factor의 변화 그래프에서 CoS=2 이상을 설정할 경우에 CoS=5에서 오류가 난 구간을 제외하면 멀티캐스트 방송의 네트워크 구간에서 대역폭을 충분히 보장함을 알 수 있다.

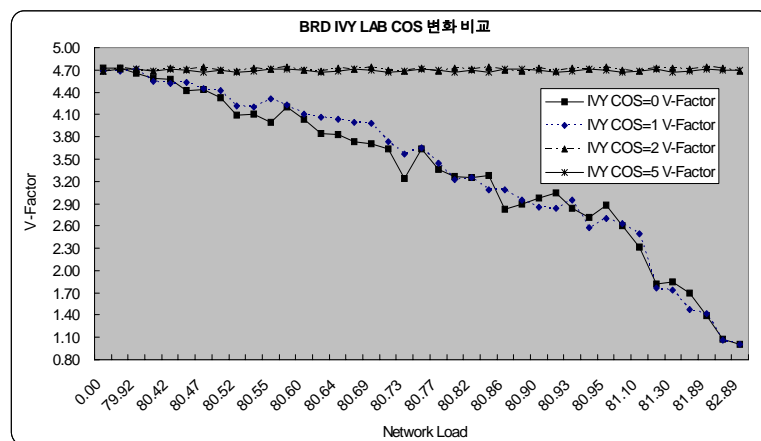


그림 6-10 BRD IVY LAB CoS값 변화비교

## 6. 영상품질 평가 분류기준 구간별 영상 비교

표 6-8 BRD IVY LAB CoS=0에서 분류한 평가 기준 분류 등급에 포함하고 있는 대표적인 V-Factor 값에 대해서 대표적인 영상을 기준으로 동영상 캡처하여 프레임당 정지영상으로 분석한다. 수신된 영상의 화질을 매우우수, 우수, 보통, 떨어짐, 나쁨의 5등급으로 나누어 각 등급별 V-Factor 범위와 네트워크 측정요소의 임계치 분석한다.

가. 매우우수 영상 - BRD IVY LAB CoS=0



그림 6-11 V-Factor= 4.723의 “매우우수” 수신영상

표 6-12 V-Factor=4.723인 경우의 네트워크측정 요소 값

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

그림 6-11는 V-Factor=4.723의 “매우우수”인 경우의 수신 영상으로 왜곡된 부분이 없이 원 영상과 동일한 영상화질을 나타낸다.

나. 우수 영상 - BRD IVY LAB CoS=0



그림 6-12 V-Factor= 4.534의 “우수” 수신영상

표 6-13 V-Factor=4.534인 경우의 네트워크측정요소 값

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

그림 6-12의 수신한 “우수” 영상 중 화질이 가장 떨어진 영상 프레임(Frame)을 선정하여 영상의 왜곡 부분을 흰색의 사각형으로 표시한 것이다. 왜곡이 특정 라인에서 일률적으로 나타남을 알 수 있다.

다. 보통 영상 - BRD IVY LAB CoS=0



그림 6-13 V-Factor=4.264의 “보통” 수신 영상

표 6-14 V-Factor=4.264인 경우의 네트워크측정요소 값

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

그림 6-13의 “보통” 영상은 우수영상에 비해 왜곡현상 부분이 더 넓게 퍼져 보인다.

라. 떨어짐 영상 - BRD IVY LAB CoS=0



그림 6-14 V-Factor= 4.049의 “떨어짐” 수신 영상

표 6-15 V-Factor=4.049인 경우의 네트워크측정요소 값

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

그림 6-14의 “떨어짐” 영상은 움직임이 심한 다리부분에서 왜곡이 심해 원 영상의 정보를 인식하기가 어렵다.

마. 나뽀 영상 - BRD IVY LAB CoS=0



그림 6-15 V-Factor=3.869의 “나뽀” 수신 영상

표 6-16 V-Factor=3.869인 경우의 네트워크측정요소 값

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

그림 6-15의 “나뽀” 영상은 그림 6-13 “떨어짐” 영상에 비해 오류 영역이 더 확대되어 바닥부분이 왜곡되어 있음을 알 수 있다.

### 제 3 절 실험망 MOR/SOC 영상품질 측정 분석

#### 1. 실험망 BRD MOR LAB CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크 관련 측정요소(평균)

실험망에서 그림 6-16은 아침마당 영상을 CoS=0으로 측정할 때 TS 측정 오류가 발생하지 않는 경우 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 값은 비례 관계로 변화 하면서 각각 V-Factor와 반비례로 측정되었다.

적색 타원의 Network Load(79.92→80.41) 변화지점에서 V-Factor 변화가 크게 나타났다(4.76→4.24). 이 구간에 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 변화도 크게 변화됨을 그림 6-10 그래프에서 확인할 수 있다. 영상의 전송률은 IVY 영상보다 상대적으로 낮은 대역으로 측정됨으로 토크쇼 영상의 복잡도는 낮은 영상으로 예측된다.



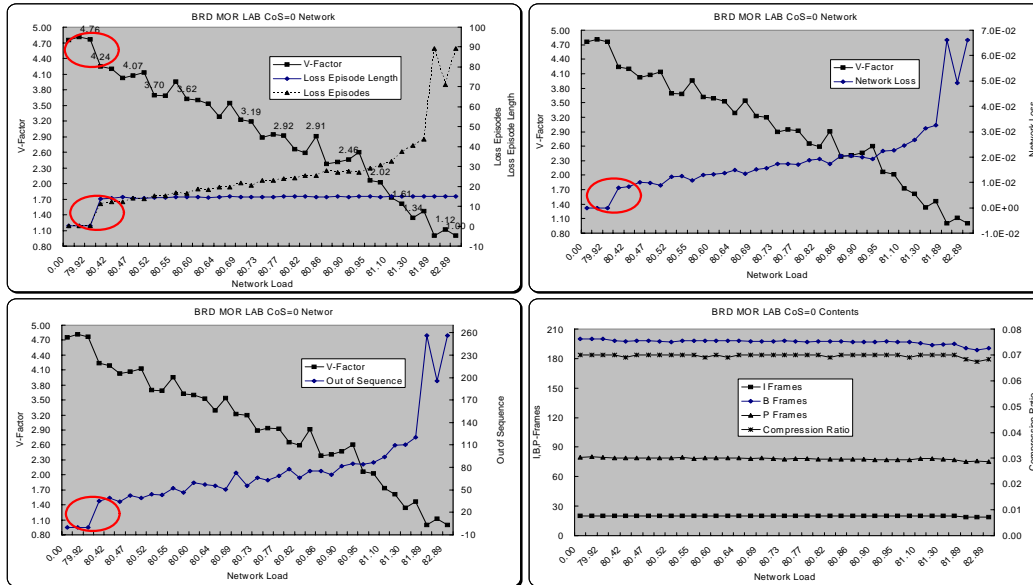


그림 6-16 BRD MOR LAB CoS=0 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-17은 ETSI에서 제시한 매개변수를 측정한 결과를 보여준다. 실험망에서 Header 정보 필드의 손실 error는 없다.

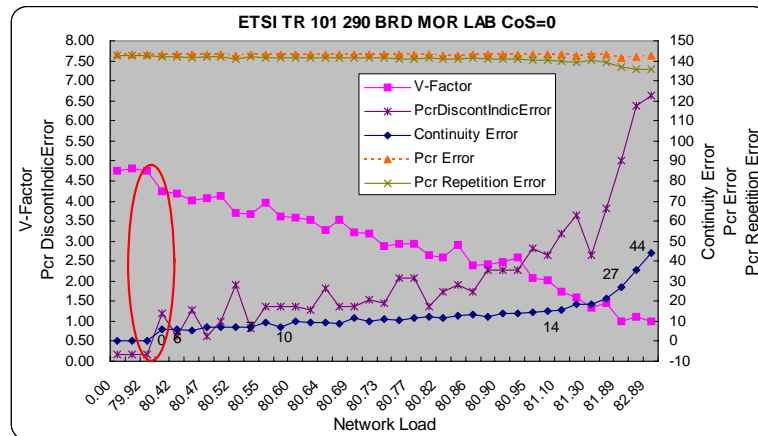


그림 6-17 BRD MOR LAB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

그림 6-17의 붉은색 타원이 가리키는 Network Load(79.92→80.41) 변화지점에서 Continuity error가 발생하면서 V-Factor 값의 변화가 크게

발생하는 것으로 측정이 되었다. Continuity error가 발생하는 시점에서 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 등의 변화도 크게 발생함을 알 수 있다.

## 2. 실험망 BRD SOC LAB CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크 관련 측정요소(평균)

실험망에서 그림 6-18은 스포츠 축구 영상을 이용하여 CoS=0으로 지정한 실험의 결과를 도시한 그래프이다. 그래프에서 보이는 바와 같이 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 값은 V-Factor와 반비례로 측정되었다. 적색 타원의 Network Load (79.92→80.41) 변화지점에서 V-Factor 변화(4.64→4.27)도 크게 나타났다. Loss Episodes(2.18→14.36), Out of Sequence(0→39), Network Loss( $1.9E-05$ → $7.9E-03$ ) 등도 크게 증가하는 것으로 측정되었다. 영상의 전송률은 MOR 영상보다 높게 측정되어 영상의 복잡도가 높은 것을 알 수 있다. 그러나 V-Factor와 관련요소는 MOR 영상과 유사한 추세로 측정되었다.

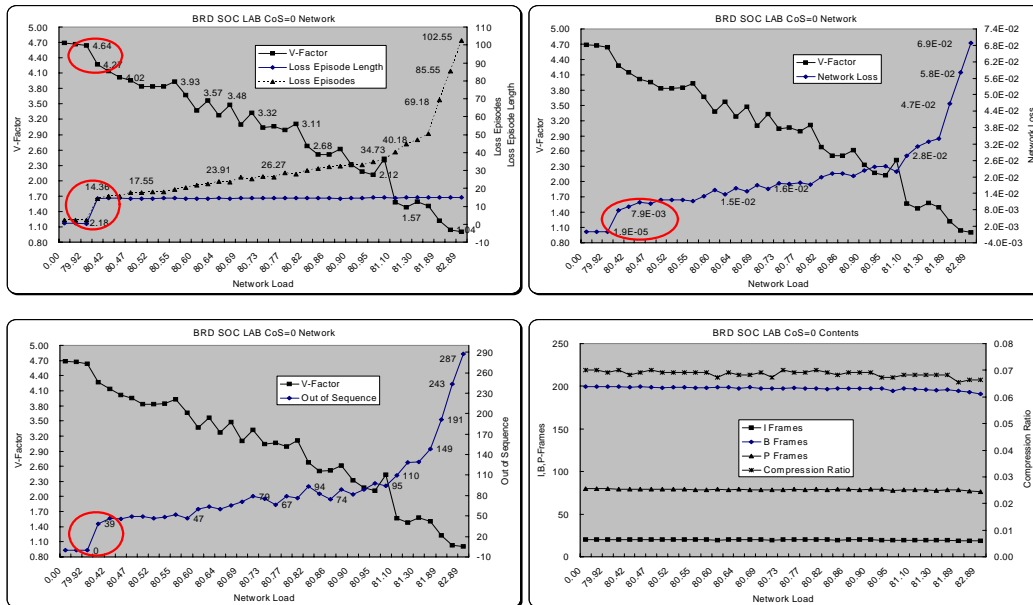


그림 6-18 BRD SOC LAB CoS=0 Network/Contents 평균



나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-19는 SOC 영상을 이용하여 실험망에서 ETSI 권고안의 매개변수를 측정된 결과를 보여준다. Header 정보 필드의 손실 error는 없이 Network Load (79.92→80.41) 변화지점에서 Continuity error가 발생하고, V-Factor 값의 변화도 크게 발생하는 것으로 측정되었다. Continuity error가 발생하는 80.41Mbps 시점에서 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss의 변화도 크게 발생함을 알 수 있다. MOR 영상과 SOC 영상은 거의 비슷한 추세로 측정됨으로 TS가 만들어지는 과정에서 발생하는 비슷한 오류의 영상이 네트워크 전송과정에서 발생함을 예측할 수 있다.

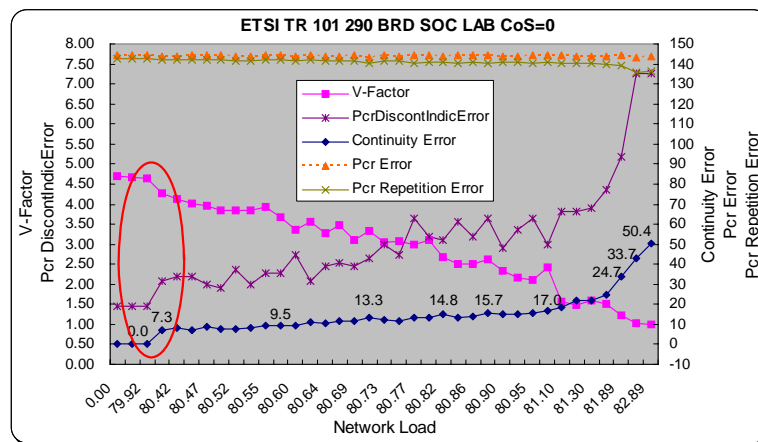


그림 6-19 BRD SOC LAB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

### 3. Broadcast 부하에 따른 3종 영상 구간별 평균 V-Factor 분석 CoS=0

가. BRD IVY LAB CoS=0 구간 V-Factor

표 6-17 BRD IVY LAB CoS=0~5 영상품질 구간

CoS=0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss-EL	Loss-E
IVY	매우우수	5.00~4.60	4.71	1.59E-03	9.38	1.01	17.4	5.20	4.00
	우수	4.59~4.30	4.45	5.84E-03	27.20	1.09	4.5	12.63	10.11
	보통	4.29~4.10	4.20	9.29E-03	39.66	1.22	4.3	14.31	15.50
	떨어짐	4.09~3.90	4.01	1.13E-02	49.94	1.41	4.3	14.20	18.24
	나쁨	3.89~3.50	3.73	1.35E-02	58.05	1.06	4.6	14.48	20.44

나. BRD MOR LAB CoS=0 구간 V-Factor

표 6-18 BRD MOR LAB CoS=0 영상품질 구간

CoS=0	영상품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss-EL	Loss-E
MOR	매우우수	5.00~4.60	4.77	1.85E-04	2.54	0.26	4.9	0.71	0.97
	우수	4.59~4.30	4.42	6.81E-03	34.67	0.22	4.2	13.96	10.70
	보통	4.29~4.10	4.22	8.53E-03	36.63	0.39	5.1	14.26	13.24
	떨어짐	4.09~3.90	3.99	1.05E-02	45.70	0.00	4.6	14.44	15.37
	나쁨	3.89~3.50	3.68	1.25E-02	51.39	0.33	4.8	14.57	17.61

다. BRD SOC LAB CoS=0 구간 V-Factor

표 6-19 BRD SOC LAB CoS=0 영상품질 구간

CoS=0	영상품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss-EL	Loss-E
SOC	매우우수	5.00~4.60	4.70	7.42E-04	7.13	2.06	11.2	2.91	3.72
	우수	4.59~4.30	4.44	5.42E-03	30.69	2.06	11.4	11.36	10.94
	보통	4.29~4.10	4.20	8.77E-03	44.43	1.50	120.6	14.07	16.00
	떨어짐	4.09~3.90	4.01	1.05E-02	55.62	1.33	61.3	14.43	18.33
	나쁨	3.89~3.50	3.69	1.30E-02	59.34	2.59	4.5	14.33	21.69

## 제 4 절 교내망 UNI IVY 영상품질 측정 분석

### 1. 교내망 UNI IVY 6Ho CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

그림 6-20에 도시된 실험 결과 그래프를 통해 보면, 교내망에서 도서관에만 UNI Network 부하 트래픽을 줌으로 인해 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 및 V-Factor 값은 거의 일정하게 측정되었음을 알 수 있다. 단, 적색 타원 부분에서 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss의 값이 그래프 상에서 편차가 크게 보이지만 실제로는 작은 수치로 V-Factor에 영향이 거의 없는 경우로 측정된다.

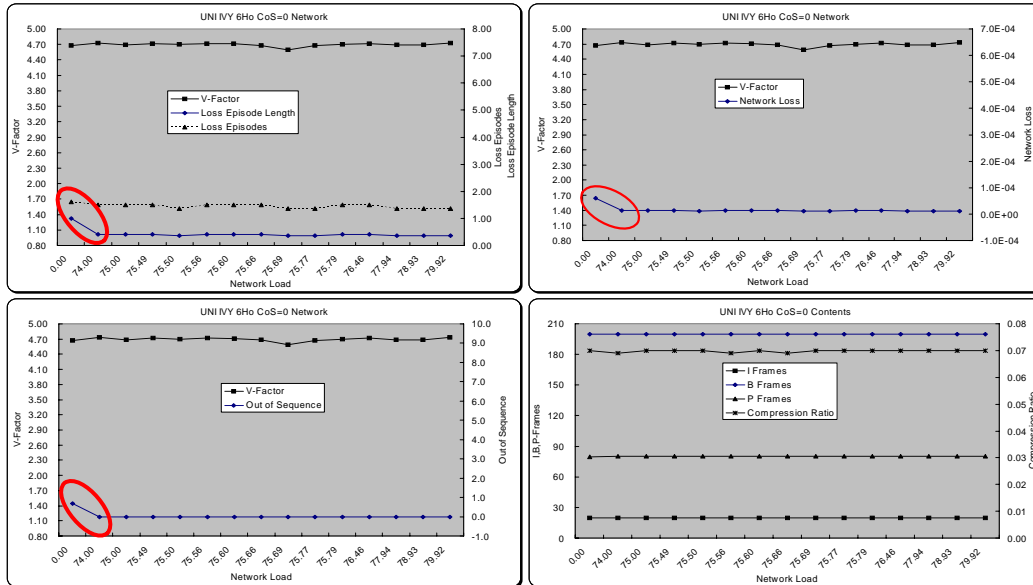


그림 6-20 UNI IVY 6Ho CoS=0 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-21은 동일 환경에서 ETSI 측정 매개변수들에 대한 측정치의 변화를 보여준다. 교내망에서 Header 정보 필드의 손실 error는 없다.

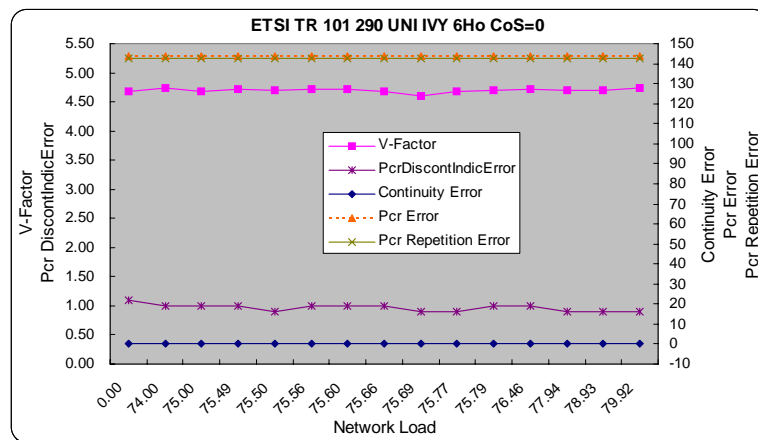


그림 6-21 UNI IVY 6Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

UNI Network Load는 도서관에만 부과하므로 6호관은 충분한 여분의 대역폭을 가지고 있기 때문에 Continuity error=0으로 측정된다. TS 패킷 간에 40ms interval을 초과한 Pcr Repetition error는 143에 수렴한

다. 헤더에 PCR 값에 대한 불연속성이 존재함을 알리는 indicator 필드에 값을 주지 않은 상태에서 PCR 패킷의 interval이 100ms를 넘었을 때 발생하는 PCR\_discontinuity\_indicator error에 대하여 단위 측정 구간 10초 간격에 TS packet 1개 이하 error 존재 시 V-Factor 영향은 거의 없음을 알 수 있다.

## 2. 교내망 UNI IVY 8Ho CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

그림 6-22는 실험결과 측정된 매개변수들의 값의 변화를 보여준다. 교내망에서 도서관에만 UNI Network 부하 트래픽을 줌으로 인해 8호관의 망은 충분한 대역폭 확보하게 된다. 따라서 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 및 V-Factor 값은 거의 일정하게 측정된다. 6호관과 8호관은 충분한 대역폭을 가지고 있는데도 불구하고, 적색 타원 부분에서의 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 그래프 상에 값의 편차가 크게 보인다. 하지만 이 값들은 실제 작은 수치로 망의 트래픽 부하에서 생긴 원인보다는 송수신단에서 영상의 스트리밍 과정에서 발생하는 오류로 판단된다. 이는 그림 6-20 / 그림 6-22 6호관 및 8호관의 그래프 상에 유사한 성향의 값으로 나타나고 있는 것에 대한 이유이다.

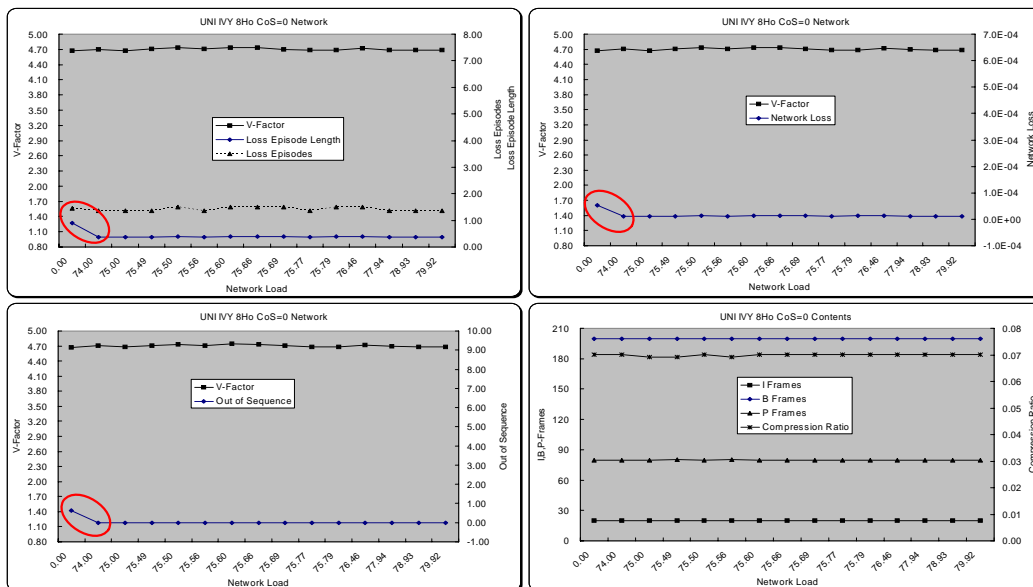


그림 6-22 UNI IVY 8Ho CoS=0 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-23은 동일한 조건에서 ETSI 측의 매개변수를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다. 교내망에서 도서관에만 UNI Network 부하 트래픽을 줌으로 인해 8호관의 망은 충분한 대역폭으로 인해 앞의 6호관과 유사한 측정값으로 분석 되었다.

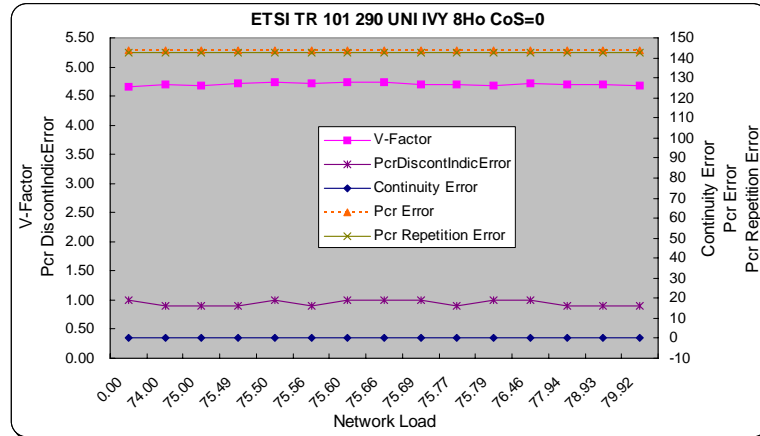


그림 6-23 UNI IVY 8Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

### 3. 교내망 UNI IVY LIB CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

교내망은 실험망과 달리 그림 6-24에서처럼 예측이 불가능한 인터넷 트래픽이 존재하므로, 인터넷 트래픽과 영상품질 변화를 관찰하기 위해 UNI Network 부하 트래픽을 도서관에만 부과한다. Network 부하는 실험망과 다르게 인터넷 트래픽을 고려하여 구간 대역폭 이용을 80%에서 75%이하로 낮추어 부과한다. 이로 인해 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 값은 V-Factor와 반비례하여 변화되게 측정되었다.

실제 인터넷 트래픽 + UNI Network Load(77.94Mbps) 지점에서 급격하게 V-Factor 값이 떨어지게 측정되었다. 이를 통해 망 대역폭 허용 임계치에 도달할 때 실제 인터넷 트래픽 10~20Kbps 변화에도 민감하게 V-Factor 값이 변화함을 알 수 있다.

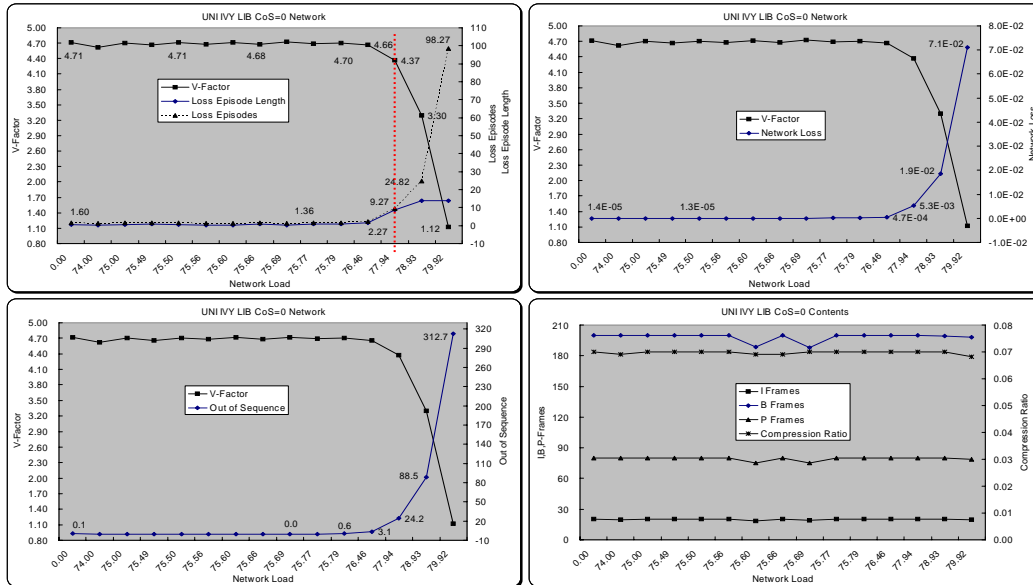


그림 6-24 UNI IVY LIB CoS=0 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

교내망 그림 6-25는 도서관에만 유니캐스트 부하 트래픽을 부과하여 ETSI 관련 매개변수를 측정한 결과다. 측정 중에 MPEG-2 TS 패킷의 Header 정보 필드의 손실 error는 없음이 나타났다.

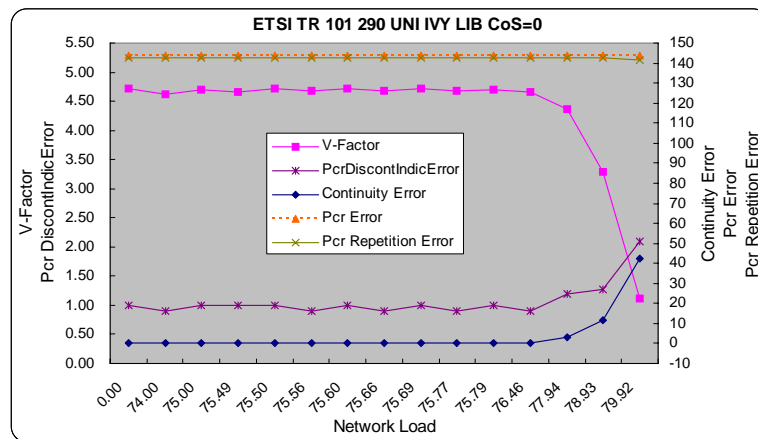


그림 6-25 UNI IVY LIB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

TS의 순서 오류인 Continuity error는 UNI Network Load (77.94Mbps) 지점에서부터 발생하여 V-Factor와 반비례하여 영상품질

에 직접적인 영향을 주었고, PCR error는 네트워크 부하에 상관없이 일정하게 유지하지만 다음의 식에서  $PCR\ error = PCR\_repetition\_error + PCR\_discontinuity\_indicator\_error$ 의 의미를 가짐으로 100ms 시간을 초과한 error인 PCR\_discontinuity\_indicator error는 V-Factor와 반비례로 증가함을 알 수 있다. 또한 PCR-Overall Jitter의 경우 TS 패킷의 Jitter가 100ms 내에 존재할 경우 영상의 품질에 영향이 없음을 알 수 있다.

#### 4. 교내망 UNI IVY LIB CoS=5 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

그림 6-26은 교내망에서의 이전 실험을 CoS=5인 값으로 변경하여 측정한 QoS 적용 실험으로 V-Factor는 도서관에만 부과한 유니캐스트 부하에 상관없이 모두 4.7 근사값을 유지하고, PCR-OJ는 5~6ms 내외로 측정되었다. 교내망 도서관은 100Mbps 대역폭에 (98.96Mbps의 Network 부하) + (영상전송 대역)으로 -17.1Mbps 만큼 전송 대역이 부족한 경우에도 멀티캐스트 방송 포트에 높은 우선순위 CoS=5가 적용되어 직접 셋탑박스까지 부과되는 유니캐스트 부하 트래픽은 QoS에 의해 초과되는 트래픽은 스위치 단에서 드롭되고, 멀티캐스트 방송 트래픽은 손실 없이 정상적으로 전송할 수 있음을 확인하였다.

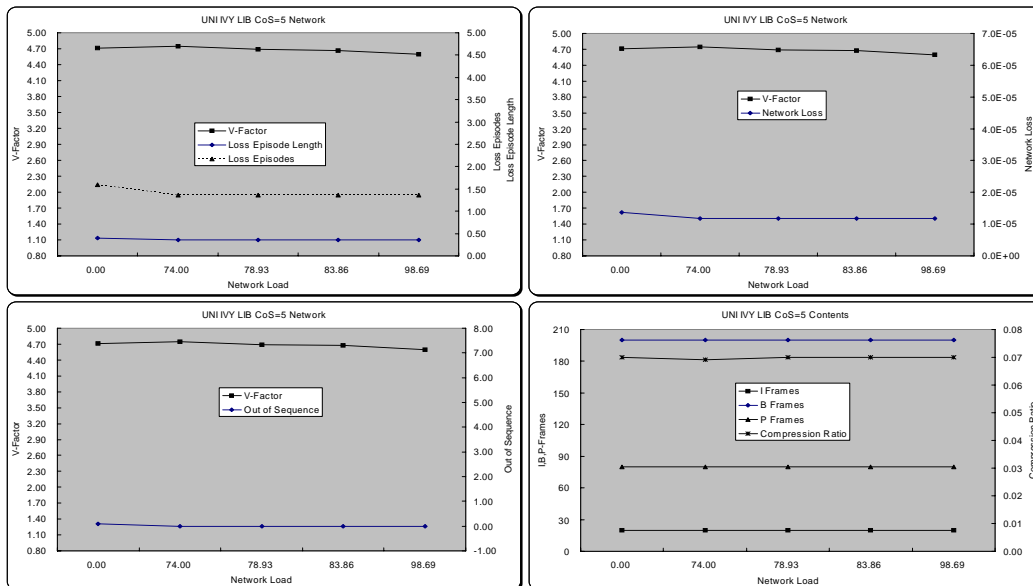


그림 6-26 UNI IVY LIB CoS=5 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-27은 ETSI 매개변수를 측정한 결과이다. ETSI Header 정보 필드의 손실 error는 없고, 모든 측정구간에 Continuity error=0로 QoS를 보장한 경우 TS 패킷의 순서오류 없이 V-Factor 4.7로 높게 측정되었다. TS 패킷의 interval이 100ms 이상을 나타내는 헤드에 indicator 정보 없이 PCR\_discontinuity\_indicator error에 대하여 단위 측정 구간 10초 간격에 TS packet 1개 이하 error 존재 시 V-Factor 영향은 거의 없음을 알 수 있다.

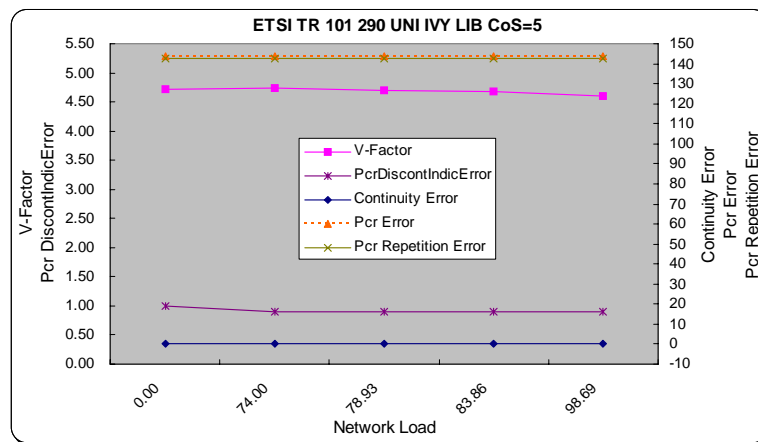


그림 6-27 UNI IVY LIB CoS=5 ETSI TR & V-Factor 비교

## 5. Unicast 부하에 따른 호관별 평균 V-factor 비교

그림 6-28에서 유니캐스트 부하 트래픽은 도서관에만 부과함으로 나머지 6호관, 8호관은 인터넷 트래픽 + 방송 트래픽을 수용할 수 있는 여유 대역폭을 유지하고 있다. 따라서 도서관에만 부하 트래픽에 따라 V-Factor 값이 변화된다. 멀티캐스트 방송 트래픽에 QoS를 보장하기 위해서 CoS=5를 값을 설정하면 방송 트래픽은 높은 우선순위를 보장 받으므로 V-Factor 값은 4.7로 유지할 수 있다.



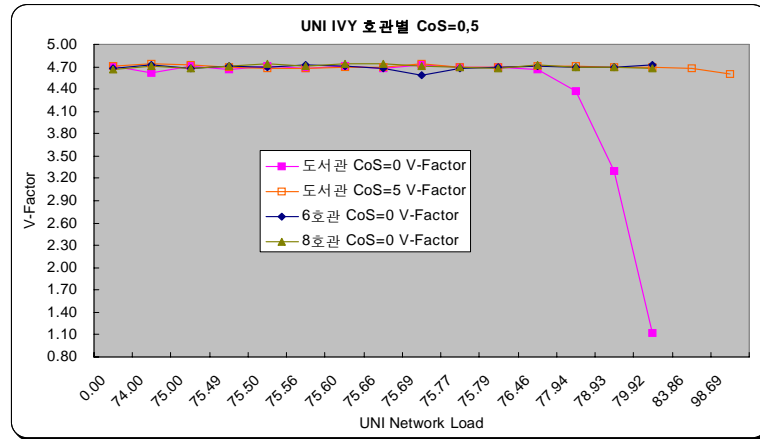


그림 6-28 UNI IVY 호관별 CoS=0,5 ETSI TR & V-Factor 비교

## 6. Unicast 부하에 따른 IVY 호관 및 구간별 평균 V-Factor 분석 CoS=0

가. UNI IVY LIB CoS=0~5

표 6-20 UNI IVY LIB CoS=0~5

CoS =0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss -E
도서관	매우우수	5.00~4.60	4.72	1.57E-04	1.67	1.69	5.0	1.01	1.95
	우수	4.59~4.30	4.52	5.71E-04	3.28	2.07	4.8	1.67	2.70
	보통	4.29~4.10	4.30	8.39E-03	48.00	8.00	1.9	14.00	18.00
	떨어짐	4.09~3.90	3.94	1.04E-02	61.00	3.00	4.8	14.00	18.00
	나쁨	3.89~3.50	3.76	1.30E-02	67.40	3.40	4.4	14.00	22.00

나. UNI IVY 6Ho CoS=0

표 6-21 UNI IVY 6Ho CoS=0

CoS =0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss -E
6호관	매우우수	5.00~4.60	4.72	1.62E-05	0.72	1.48	5.7	0.40	1.49
	우수	4.59~4.30	4.51	2.85E-04	6.03	3.91	5.5	1.44	4.41

다. UNI IVY 8Ho CoS=0

표 6-22 UNI IVY 8Ho CoS=0

CoS =0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss -E
8호관	매우우수	5.00~4.60	4.73	1.77E-05	0.90	1.68	5.2	0.41	1.69
	우수	4.59~4.30	4.53	3.03E-05	2.24	2.32	5.6	0.56	2.34

## 제 5 절 교내망 BRD IVY 영상품질 측정 분석

### 1. 교내망 BRD IVY 6Ho CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

교내망은 실험망과 달리 그림 6-29에서처럼 예측이 불가능한 인터넷 트래픽이 존재하고 인터넷 트래픽과 영상품질 변화를 관찰하기 위해 브로드캐스트 Network 부하 트래픽은 교내망 전체 도메인에 부과된다.

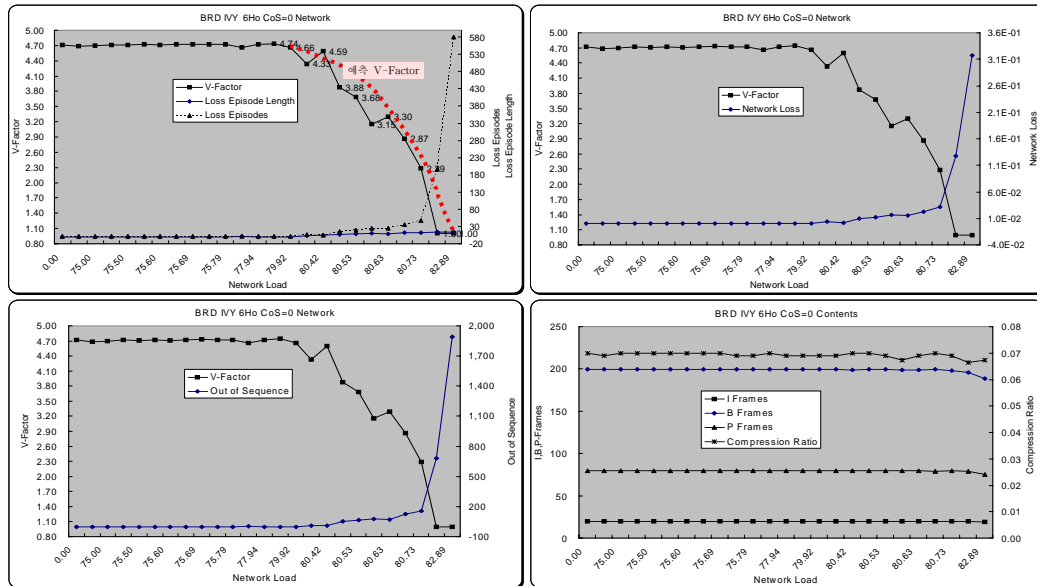


그림 6-29 BRD IVY 6Ho CoS=0 Network/Contents 평균

Network 부하 변화에 따라 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 값은 V-Factor와 반비례하여 변화하고 실제 인터넷 트래픽 + BRD Network Load(80.41Mbps) 지점에서 V-Factor 값은 하향 곡선으로 변화한다. 그림 6-22에서 V-Factor는 예측한 값에 유사하게 변화함으로 실제 인터넷 트래픽의 데이터는 소량이지만 허용 대역의 임계치에서 인터넷 트래픽 10~20Kbps 변화에도 민감하게 V-Factor 값이 변화함을 알 수 있다.

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-30은 교내망에서 동일한 조건으로 ETSI의 매개변수를 측정한

결과이다. TS Header 정보 필드의 손실 error는 없고, Continuity 및 PCR\_discontinuity\_indicator error는 V-Factor와 반비례로 변화하고 있다. BRD Network Load(80.41Mbps) 지점에서 TS 순서오류인 Continuity error는 점차적으로 증가하고, 또한 이 지점에서 TS interval 사이에 100ms 시간을 초과한 error인 PCR\_discontinuity\_indicator\_error가 점차적으로 증가함으로 전송 영상품질을 떨어지게 하는 원인이 된다.

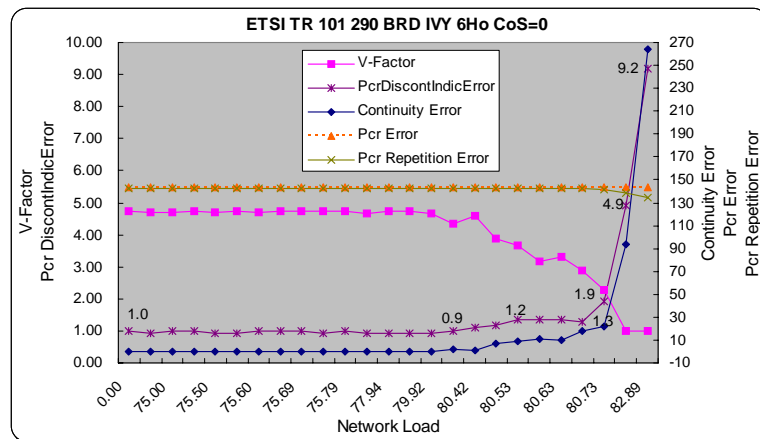


그림 6-30 BRD IVY 6Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

## 2. 교내망 BRD IVY 8Ho CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

교내망은 그림 6-31에서처럼 예측이 불가능한 인터넷 트래픽이 6호 관보다 많이 존재함으로 BRD Network 부하 트래픽에 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 값은 V-Factor와 급격한 반비례하여 변화하고 실제 인터넷 트래픽 + BRD Network Load(79.92Mbps) 지점 이후 부하에서 급격하게 V-Factor 값이 떨어짐을 알 수 있다.

그림 6-31에서 V-Factor는 예측한 값 보다 급격하게 변화하며, 영상 품질이 3 구간에서 매우우수(4.68) → 보통(4.17) → 떨어짐(1.21) 영상으로 변화하는 것으로 측정되었다. 표 6-23에서 이들 3 구간에는 인터넷 트래픽이 많이 차지하는 구간 V-Factor의 급격한 변화로 영상품질이 급격하게 변화됨을 알 수 있다.

표 6-23 BRD IVY 8Ho CoS=0 V-Factor & ETSI 요소

Network Load	V-Factor	Network Loss	Out of Sequence	PCR-OJ (ms)	Loss-E	Continuity Error	Pcr Repetition Error	Pcr Discont Indic Error
78.93	4.68	1.2E-05	0.00	4.4	1.36	0	142.8	0.9
79.92	4.17	7.7E-03	25.00	4.6	10.55	3.6	142.5	1.1
80.41	1.21	5.3E-02	246.09	4.5	75.73	30.5	142.1	1.6

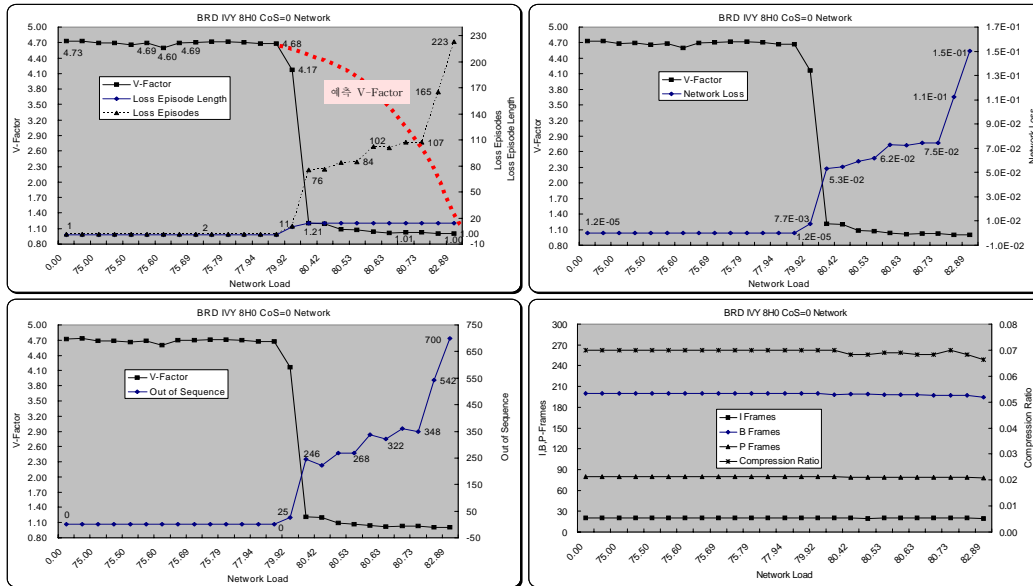


그림 6-31 BRD IVY 8Ho CoS=0 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

교내망에서 그림 6-32에서 Header 정보 필드의 손실 error는 없고 표 6-23에서 Network Load(79.92Mbps)지점에서 Continuity error 3.6정도로 나타나고, PCR\_discontinuity\_indicator error V-Factor와 반비례적으로 변화되었다. BRD Network Load(79.92Mbps) 지점에서 100ms 시간을 초과한 error인 PCR\_discontinuity\_indicator error는 점차적으로 증가하였다.

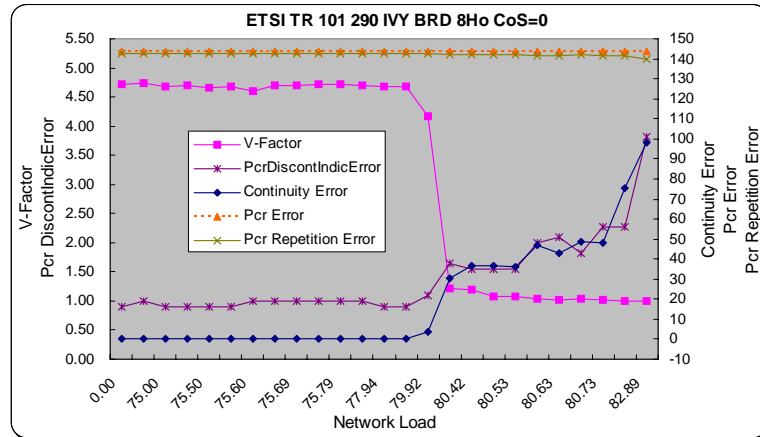


그림 6-32 BRD IVY 8Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

### 3. 교내망 BRD IVY LIB CoS=0 측정 평균 V-Factor

#### 가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

교내망은 그림 6-33에서처럼 예측이 불가능한 인터넷 트래픽이 8호 관보다 많이 존재함으로 BRD Network 부하 트래픽에 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 값은 V-Factor와 비교하여 급격히 반 비례하여 변화하고, 표 6-24에서 실제 인터넷 트래픽 + BRD Network Load(78.93Mbps) 지점 이후 부하 트래픽을 부과함으로 급격하게 V-Factor 값이 떨어짐을 알 수 있다.

표 6-24 BRD IVY LIB CoS=0 V-Factor & ETSI 요소

Network Load	V-Factor	Network Loss	Out of Sequence	PCR-OJ (ms)	Loss-E	Continuity Error	Pcr Repetition Error	Pcr Discont Indic Error
77.94	4.42	4.9E-03	19	4.5	7.2	2.6	142.7	1.1
78.93	3.07	2.0E-02	88	4.8	27.5	11.8	142.5	1.2
79.92	1.08	6.8E-02	309	4.8	95.7	41.4	142.0	1.8

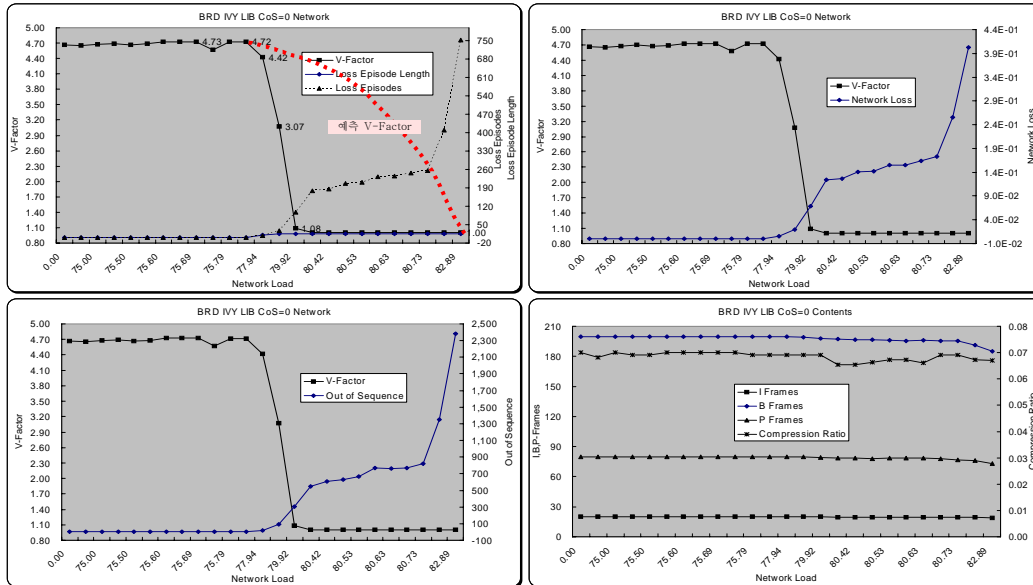


그림 6-33 BRD IVY LIB CoS=0 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

교내망에서 그림 6-34에서 Header 정보 필드의 손실 error는 없고, 표 6-24에서 BRD Network Load(78.93Mbps) 지점에서 Continuity error 11.8로 측정되었고 PCR\_discontinuity\_indicator error는 V-Factor와 반비례로 변화되었다. BRD Network Load(78.93Mbps) 지점에서 Continuity error는 급격히 증가하고 TS interval이 100ms 시간을 초과한 PCR\_discontinuity\_indicator error는 점차적으로 증가하였다.

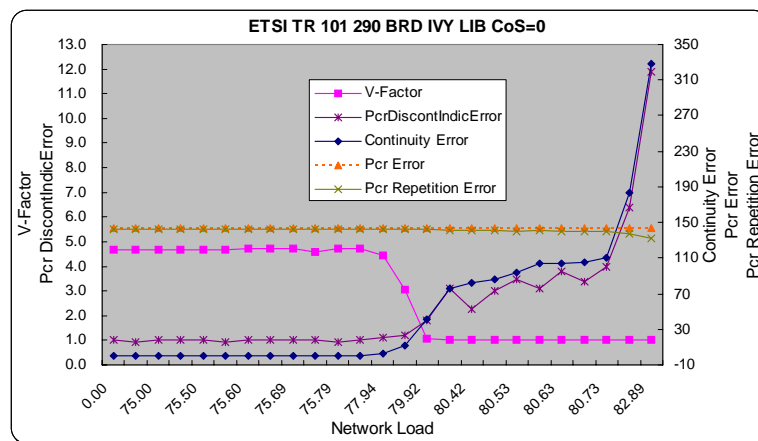


그림 6-34 BRD IVY LIB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

#### 4. 교내망 BRD IVY LIB CoS=5 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

교내망에서 그림 6-35는 CoS=5인 값으로 변경하여 QoS를 적용함으로써 V-Factor는 브로드캐스트 부하에 상관없이 모두 4.7 근사값을 유지하고, PCR-OJ는 5~6ms 내외로 측정되었다. 교내망 도서관은 100Mbps 대역폭에 (98.96Mbps의 Network 부하) + (영상전송 대역)으로 -17.1Mbps 전송 대역이 부족한 경우에도 멀티캐스트 방송 포트에 높은 우선순위 CoS=5가 적용되어 브로드캐스트 부하 트래픽은 스위치 단에서 트래픽이 드롭되고, 멀티캐스트 방송 트래픽은 손실 없이 정상적으로 전송할 수 있음을 확인할 수 있다.

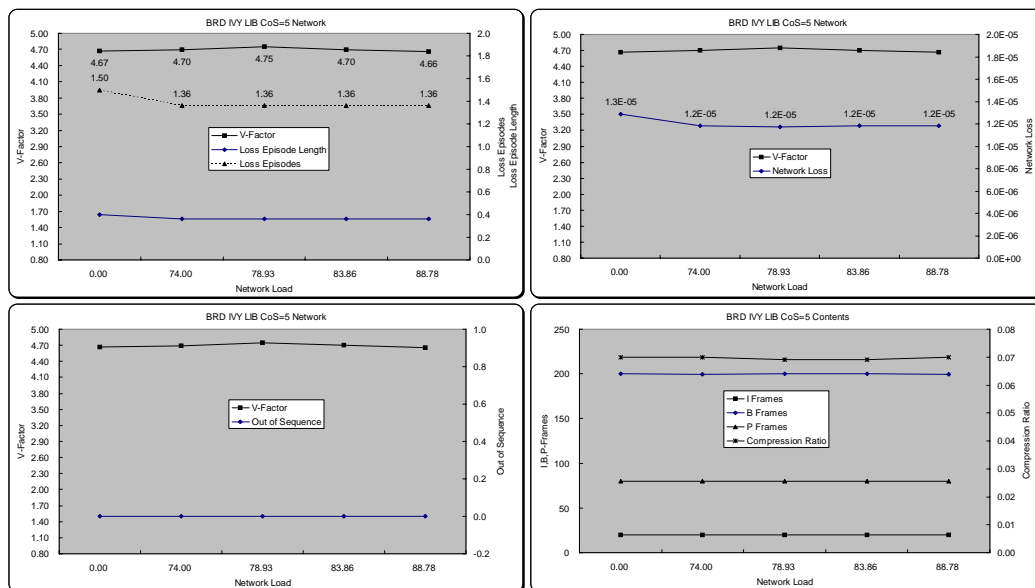


그림 6-35 BRD IVY LIB CoS=5 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

Header 정보 필드의 손실 error는 없고, 모든 측정구간에 Continuity error=0로 QoS를 보장한 경우 TS 패킷의 순서오류 없이 V-Factor 4.7로 높게 측정되었다. 그림 6-36은 이 결과를 보여주고 있다.

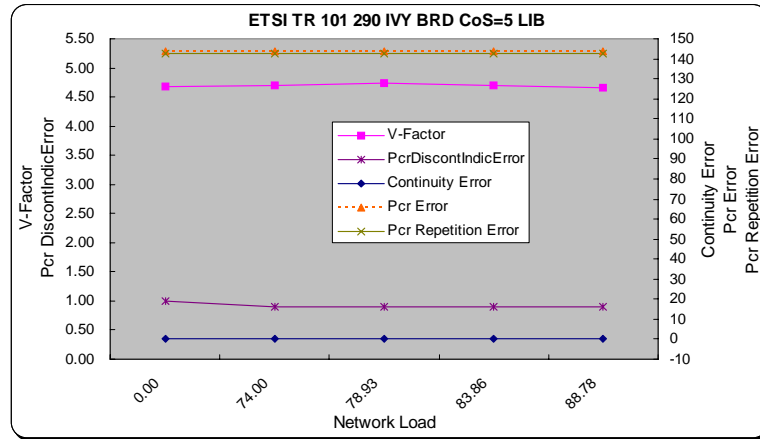


그림 6-36 BRD IVY LIB CoS=5 ETSI TR & V-Factor 비교

TS 패킷의 interval이 100ms 이상을 나타내는 헤드에 indicator 정보 없이 PCR\_discontinuity\_indicator error에 대하여 단위 측정 구간 10초 간격에 TS packet 1개 이하 error 존재 시 V-Factor 영향은 거의 없음을 알 수 있다. TS 패킷 interval이 40ms 이상인 경우 PCR Repetition error로 측정구간에 평균 143회 정도 나타났지만 TS 패킷간에 PCR-OJ 값이 연속적으로 100ms 이상인 경우에 영상품질에 영향을 줄 수 있는 것으로 판단된다.

## 5. Broadcast 부하에 따른 호관별 평균 V-factor 비교

Broadcast 부하는 모든 호관에 동일하게 적용되고 실제 인터넷 트래픽의 빈도에 따라 그림 6-37에서처럼 호관별 V-Factor의 변화가 민감하게 다르게 나타남을 알 수 있다. 실제 인터넷 트래픽이 가장 많은 순서로 도서관 > 8호관 > 6호관 순이며, 이에 따라 V-Factor 변화 정도도 도서관 > 8호관 > 6호관 순으로 결정됨을 알 수 있다. 동일한 브로드캐스트 부하 트래픽의 변화에도 각 호관별 인터넷 트래픽의 빈도에 따라, 그리고 허용 대역폭 임계치에 따라 영상품질이 다르게 나타난다. 도서관의 경우 멀티캐스트 방송 트래픽에 대하여 우선순위를 CoS=5을 적용하여 QoS를 보장함으로 다른 2개 호관에 비해 인터넷 트래픽이 가장 많은 경우에도 방송 대역을 보장 받으므로 매우우수한 영상품질의 방송을 할 수 있다.



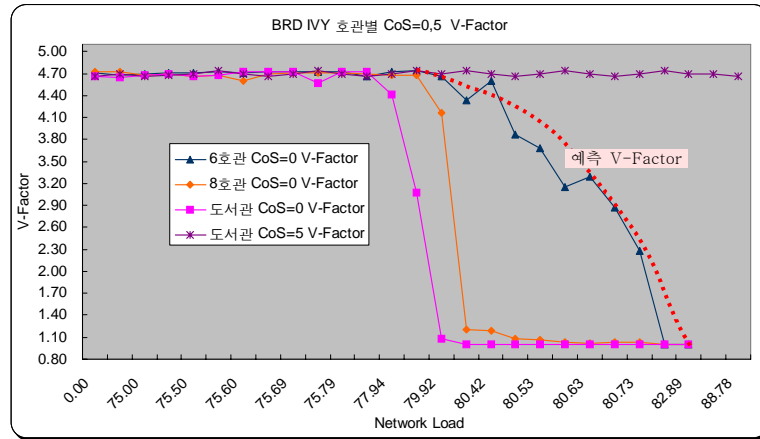


그림 6-37 BRD IVY 호관별 CoS=0,5 V-Factor 평균 비교

## 6. Broadcast 부하에 따른 호관 및 구간별 평균 V-Factor 분석 CoS=0

가. BRD IVY LIB CoS=0, 5

표 6-25 BRD IVY LIB CoS=0, 5

CoS=0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss-EL	Loss-E
도서관	매우우수	5.00~4.60	4.73	9.89E-05	1.20	1.53	5.0	0.76	1.65
	우수	4.59~4.30	4.52	6.83E-04	5.84	2.82	4.8	2.14	3.64
	보통	4.29~4.10	4.27	9.68E-03	49.00	0.00	2.0	14.00	17.00
	떨어짐	4.09~3.90	3.90	1.19E-02	94.00	3.00	5.7	14.00	24.00
	나쁨	3.89~3.50	3.77	1.31E-02	46.00	4.00	3.8	14.00	18.50

나. BRD IVY 6Ho CoS=0

표 6-26 BRD IVY 6Ho CoS=0

CoS=0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss-EL	Loss-E
6호관	매우우수	5.00~4.60	4.73	7.64E-05	1.46	1.80	4.9	0.84	1.89
	우수	4.59~4.30	4.51	1.38E-03	10.07	2.44	4.9	2.85	4.58
	보통	4.29~4.10	4.28	8.09E-03	58.67	1.00	6.0	15.00	19.00
	떨어짐	4.09~3.90	4.00	1.11E-02	56.50	3.00	5.3	14.50	18.25
	나쁨	3.89~3.50	3.69	1.42E-02	75.20	0.60	4.6	14.00	22.40

다. BRD IVY 8Ho CoS=0

표 6-27 BRD IVY 8Ho CoS=0

CoS =0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss- E
8호관	매우우수	5.00~4.60	4.72	5.10E-05	1.38	1.77	5.3	0.51	1.83
	우수	4.59~4.30	4.53	3.99E-04	2.94	2.22	4.4	1.14	2.61
	보통	4.29~4.10	4.21	9.19E-03	16.00	1.00	5.4	14.00	10.33
	떨어짐	4.09~3.90	3.91	1.27E-02	48.00	0.00	3.6	14.00	16.00

## 7. UNI/BRD 부하에 따른 호관별 평균 V-Factor 분석 CoS=0

그림 6-38에서는 UNI보다 BRD Network 부하 트래픽을 확장하여 측정(78.93~83.37Mbps로 확장)한 결과를 보여준다. 유니캐스트 트래픽 부하 측정구간에 추가로 브로드캐스트 구간을 확장한 것은 브로드캐스트 부하 변화에 붉은색 점선의 예측 V-Factor에 해당하는 영상품질 변화를 찾아보기 위해 확장하였다. 그림 6-38의 결과에 따르면 도서관의 멀티캐스트 방송수신 장비에 집적 유니캐스트 부하 트래픽을 부과하는 것과 브로드캐스트 부하는 유사하게 반응함으로 가입자 맥내에서 Triple play 서비스를 제공하는 방식으로 실시간 멀티캐스트 방송을 위해서 반드시 QoS 보장 방법을 고려해야 우수한 영상품질을 제공받을 수 있다.

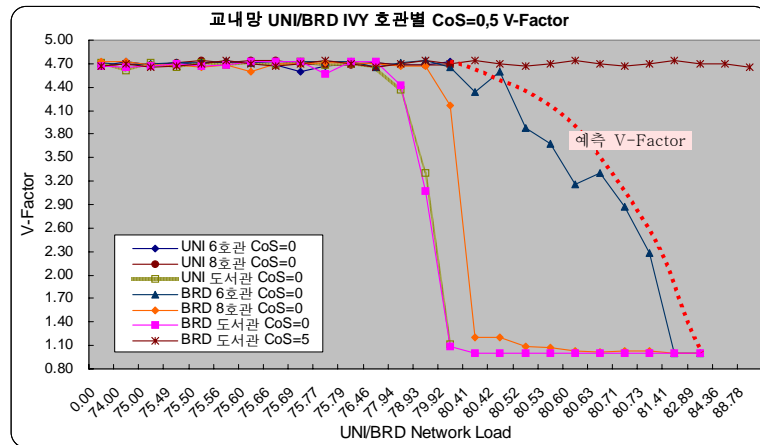


그림 6-38 UNI/BRD IVY 호관별 CoS=0, V-Factor 평균 비교

## 제 6 절 교내망 UNI MOR 영상품질 측정 분석

### 1. 교내망 UNI MOR 6Ho CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

교내망에서 그림 6-39는 도서관에만 UNI Network 부하 트래픽을 부과함으로 인해 6호관은 부하 트래픽의 영향이 없으므로 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 및 V-Factor 값은 거의 일정하게 측정 되고 그래프 상에 값의 편차가 크게 보이지만 실제 작은 수치로 V-Factor에 영향이 없는 경우로 측정된다.

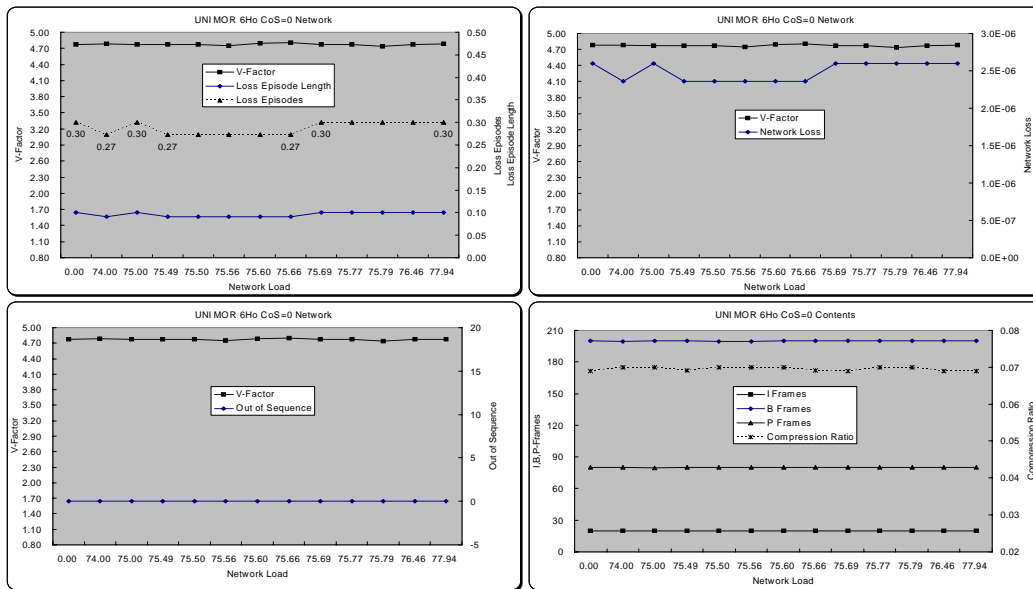


그림 6-39 UNI MOR 6Ho CoS=0 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

교내망에서 그림 6-40은 ETSI 매개변수를 측정한 결과와 V-Factor의 관계로, Header 정보 필드의 손실 error는 없고 UNI Network Load는 도서관에만 부과함으로 6호관은 충분한 여부 대역폭을 가지고 있으므로 Continuity error=0로 측정된다.

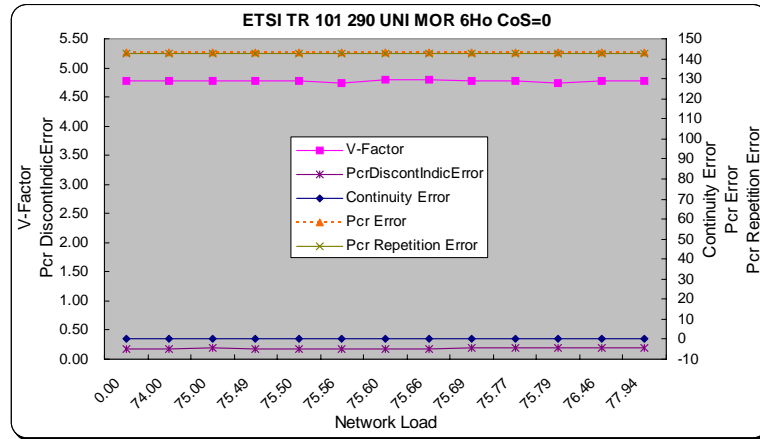


그림 6-40 UNI MOR 6Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

TS 패킷간에 40ms interval을 초과한 Pcr Repetition 143에 수렴하고, 헤드에 indicator 정보 없이 TS 패킷의 interval이 100ms를 초과하는 경우를 기록하는 PCR\_discontinuity\_indicator error에 대하여 단위 측정 구간 10초 간격에 TS packet 1개 이하 error 존재 시 V-Factor 영향은 거의 없음을 알 수 있다.

## 2. 교내망 UNI MOR 8Ho CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

그림 6-41은 MOR 영상을 이용해 8호관 섹션에 대해서 측정한 결과를 보여준다. 교내망에서 도서관에만 UNI Network 부하 트래픽을 줌으로 인해 8호관은 부하 트래픽의 영향이 없으므로 인터넷 트래픽이 존재 하더라도 충분한 대역폭을 유지함으로 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 및 V-Factor 값은 거의 일정하게 측정 되고 그래프상에 값의 편차가 크게 보이지만 실제 작은 수치로 V-Factor에 영향이 없는 경우로 측정된다.

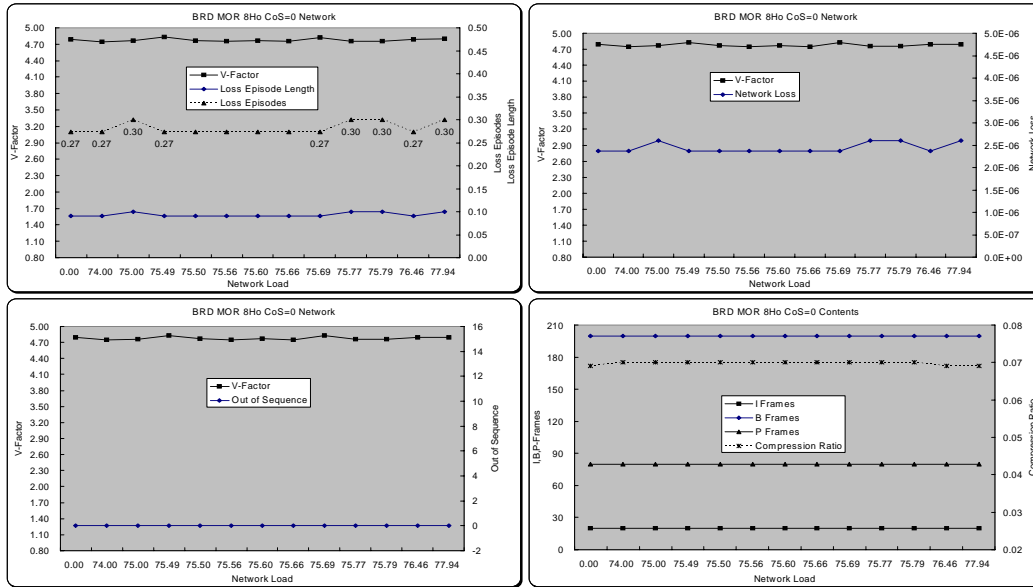


그림 6-41 UNI MOR 8Ho CoS=0 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

교내망에서 Header 정보 필드의 손실 error는 없이 UNI Network Load는 도서관에만 부과하므로 8호관은 충분한 여부 대역폭을 가지고 있으므로 Continuity error=0로 측정된다. 6호관 유사한 환경으로 측정된 값도 유사하게 도출되었다. 그림 6-42에 그 결과 그래프를 제시했다.

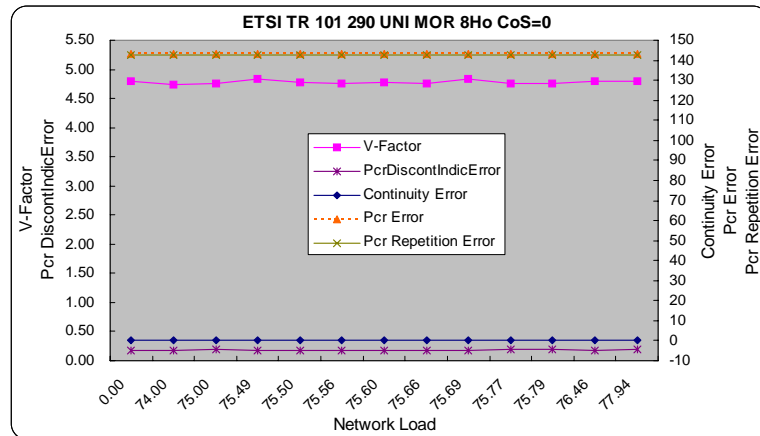


그림 6-42 UNI MOR 8Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

### 3. 교내망 UNI MOR LIB CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

교내망은 실험망과 달리 그림 6-43에서처럼 예측이 불가능한 인터넷 트래픽이 존재하고 인터넷 트래픽에 상관한 영상품질 변화를 관찰하기 위해 유니캐스트 부하 트래픽을 도서관 방송수신 시스템에만 부과된다. Network 부하는 실험망과 다르게 인터넷 트래픽을 고려하여 시작구간 대역폭 이용율 80%에서 75%이하로 낮추어 부과한다. 이로 인해 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 값은 V-Factor와 반비례하여 변화되게 측정되었다. 그림 6-43에서 붉은색 타원표시에서 실제 인터넷 트래픽 + UNI Network Load(75Mbps) 지점에서 급격하게 V-Factor 값이 떨어지게 측정되었다. 인터넷 트래픽의 변화가 없다면 붉은색 점선이 예측 V-Factor 값으로 측정될 것이다. 이는 망 대역폭 허용 임계치에 도달할 때 실제 인터넷 트래픽 10~20Kbps 변화에도 민감하게 V-Factor 값이 변화함을 알 수 있다.

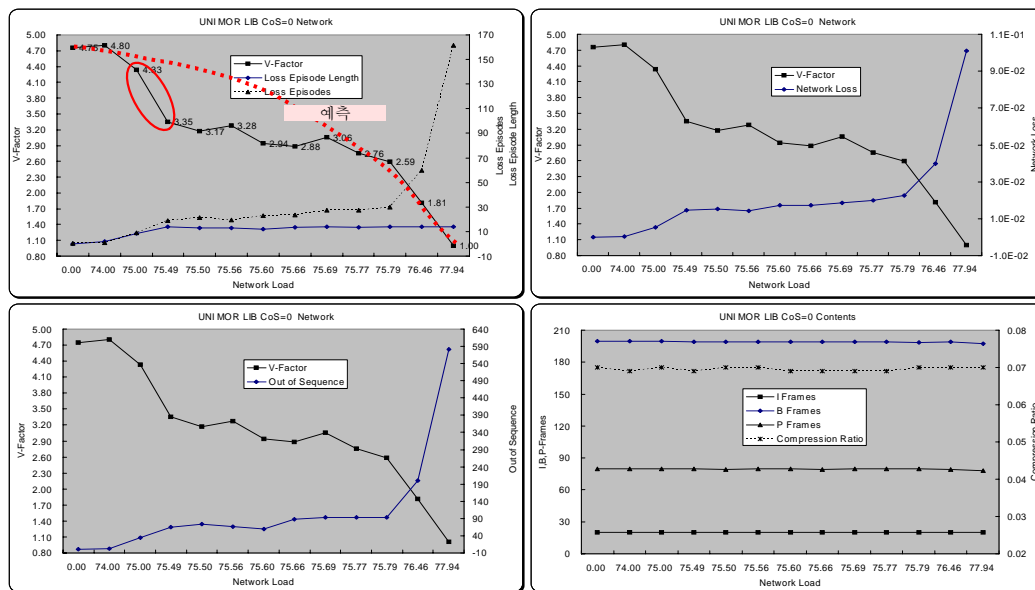


그림 6-43 UNI MOR LIB CoS=0 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-44는 동일 조건에서 ETSI 매개변수들을 측정된 결과이다. 교내망에는 도서관 방송수신 시스템에만 유니캐스트 부하 트래픽을 부과

하여 ETSI 관련 측정 중에 MPEG-2 TS 패킷의 Header 정보 필드의 손실 error는 없음이 나타났다.

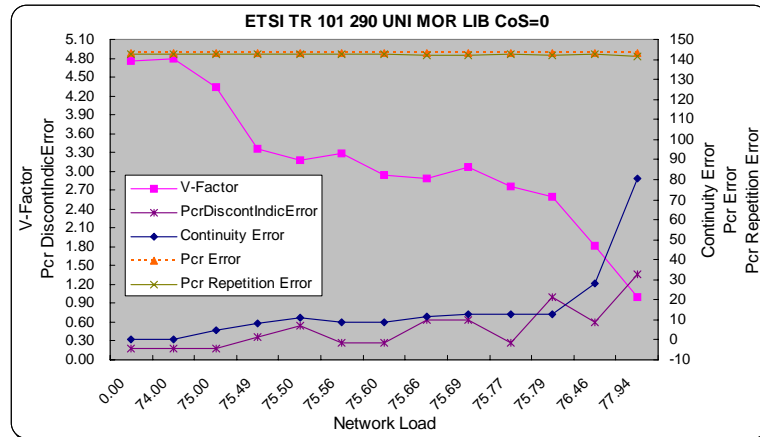


그림 6-44 UNI MOR LIB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

TS의 순서 오류인 Continuity error는 UNI Network Load(75Mbps) 지점에서부터 발생하여 V-Factor와 반비례하여 영상품질에 직접적인 영향을 주었고, PCR error는 네트워크 부하에 상관없이 일정하게 유지하지만 다음의 식에서  $PCR\ error = PCR\_repetition\_error + PCR\_discontinuity\_indicator\ error$ 의 의미를 가짐으로 100ms 시간을 초과한 PCR\_discontinuity\_indicator error는 V-Factor와 반비례로 증가하지만 변화의 폭이 작음을 알 수 있다.

#### 4. 교내망 UNI MOR LIB CoS=1 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

이번 실험의 측정치는 그림 6-45에 나타낸 바와 같이 CoS=1로 변경했을 앞의 3번에 경우와 유사한 추세로 측정이 되었다. CoS=0, 1은 동일한 QoS를 보장한다.

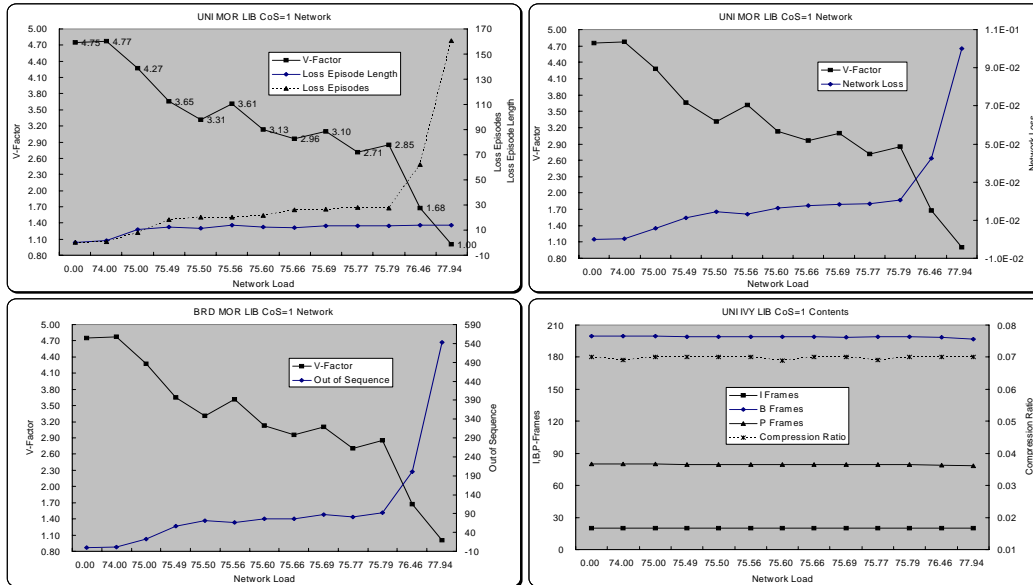


그림 6-45 UNI MOR LIB CoS=1 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-46은 CoS=1로 변경했을 앞의 3번에 경우와 유사한 추세로 측정이 되었다.

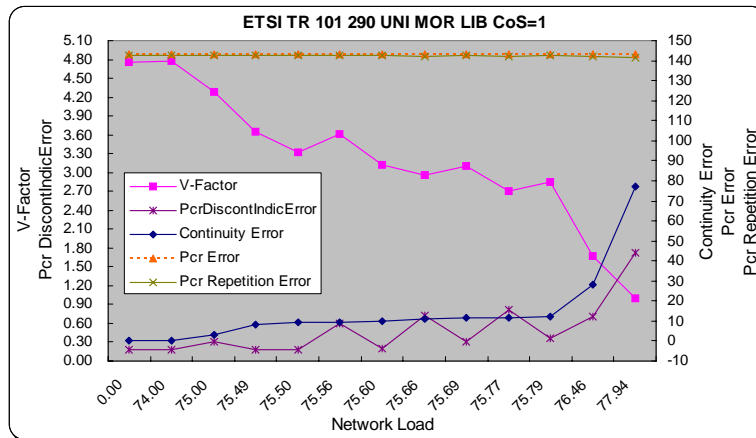


그림 6-46 UNI MOR LIB CoS=1 ETSI TR & V-Factor 비교

## 5. 교내망 UNI MOR LIB CoS=2 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

교내망에서 그림 6-47은 CoS=2인 값으로 변경하여 우선순위를 높여



QoS 적용함으로 측정 V-Factor는 도서관 방송수신 시스템에만 유니캐스트 부하에 상관없이 모두 4.7 근사값을 유지하고, PCR-OJ는 5~6ms 내외로 측정되었다. 그러나 다음 표 6-28에서 보면 Network Load (75.66Mbps) 부하 측정 구간에서 QoS를 보장하더라도 순간적인 전·송수단에서 발생한 TS 순서오류나 TS PCR interval이 100ms를 넘는 곳에서 영상의 품질이 떨어질 수 있다는 것이 확인되었다.

표 6-28 UNI MOR LIB CoS=2 V-Factor & ETSI

Id	V-Factor	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	Loss-EL	Loss-E	Continuity Error	Pcr-RE	Pcr-DIE
160	4.75	0	0	0	0	0	0	143	0
155	4.66	0	0	0	0	0	0	143	0
150	4.82	0	0	0	0	0	0	142	0
125	4.85	0	0	0	0	0	0	143	0
110	4.82	0	0	0	0	0	0	143	0
85	4.82	0	0	0	0	0	0	143	0
80	4.82	0	0	0	0	0	0	142	0
75	1.29	2.8E-02	162	0	10	39	18	143	0
50	4.82	0	0	0	0	0	0	143	0
35	4.82	2.6E-05	0	3	1	3	0	143	2
20	4.82	0	0	0	0	0	0	142	0
평균	4.48	2.5E-03	14.73	0.27	1	3.82	1.64	142.73	0.18

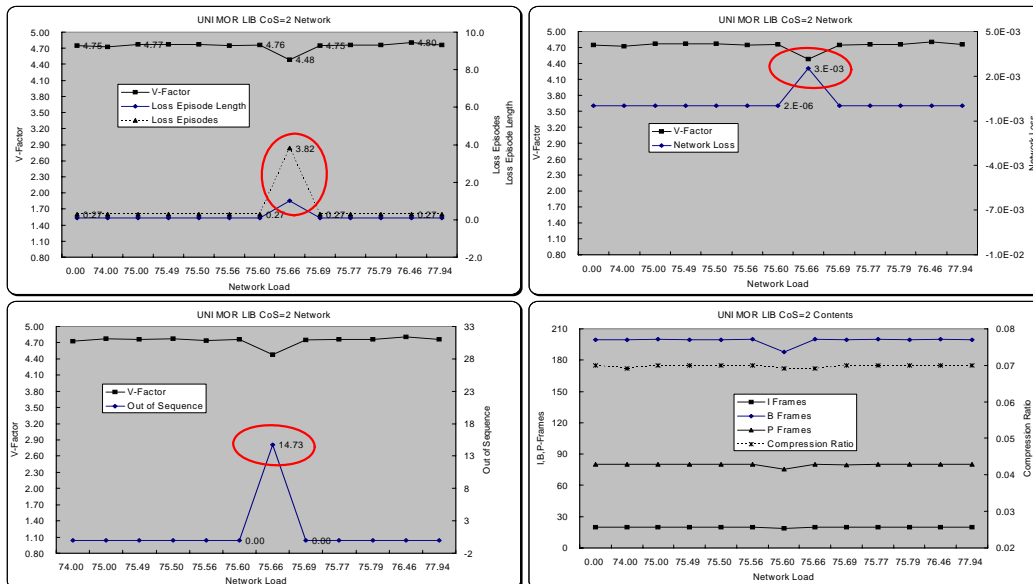


그림 6-47 UNI MOR LIB CoS=2 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-48은 교내망에서 ETSI 매개변수들을 측정한 결과다. Header 정보 필드의 손실 error는 없고, 모든 측정구간에 Continuity error=0로 QoS를 보장한 경우 TS 패킷의 순서오류 없이 V-Factor 4.7로 높게 측정되었다.

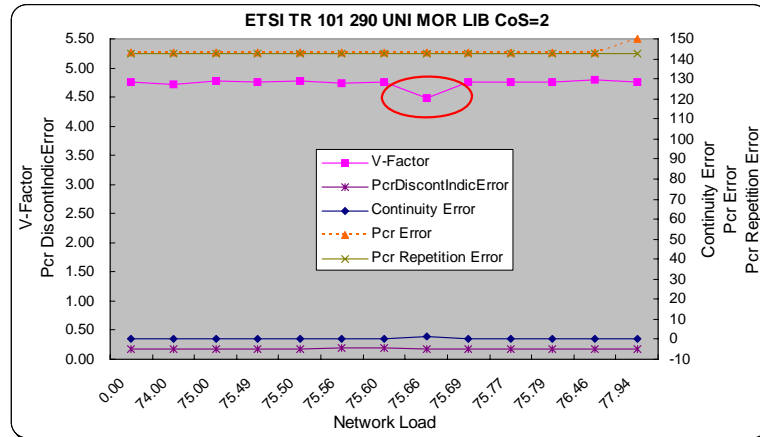


그림 6-48 UNI MOR LIB CoS=2 ETSI TR & V-Factor 비교

그러나 표 6-28에서 붉은색 타원 표시 Network Load (75.66Mbps) 부하 측정 구간에서 QoS를 보장하더라도 순간적인 전송수단에서 발생한 TS 순서오류나 TS interval 100ms 넘는 PCR\_discontinuity\_indicator error에서 영상의 품질이 떨어질 수 있다는 것이 확인되었다.

## 6. 교내망 UNI MOR LIB CoS=5 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

그림 6-49은 교내망에서 CoS=5인 값으로 변경하여 도서관 방송수신 시스템에 QoS 적용하여 실험한 결과다. QoS를 적용함으로써 V-Factor는 유니캐스트 부하에 상관없이 모두 4.7 근사값을 유지하고, PCR-OJ는 5~6ms 내외로 측정되었다. 교내망 도서관은 100Mbps 대역폭에 (98.96Mbps의 Network 부하) + (영상전송 대역)으로 -17.1Mbps 전송 대역이 부족한 경우에도 멀티캐스트 방송 포트에 높은 우선순위 CoS=5가 적용되어 셋탑박스로 향하는 유니캐스트 트래픽은 스위치 단에서 드

롭되어 멀티캐스트 방송 트래픽은 손실 없이 정상적으로 전송할 수 있음을 확인하였다.

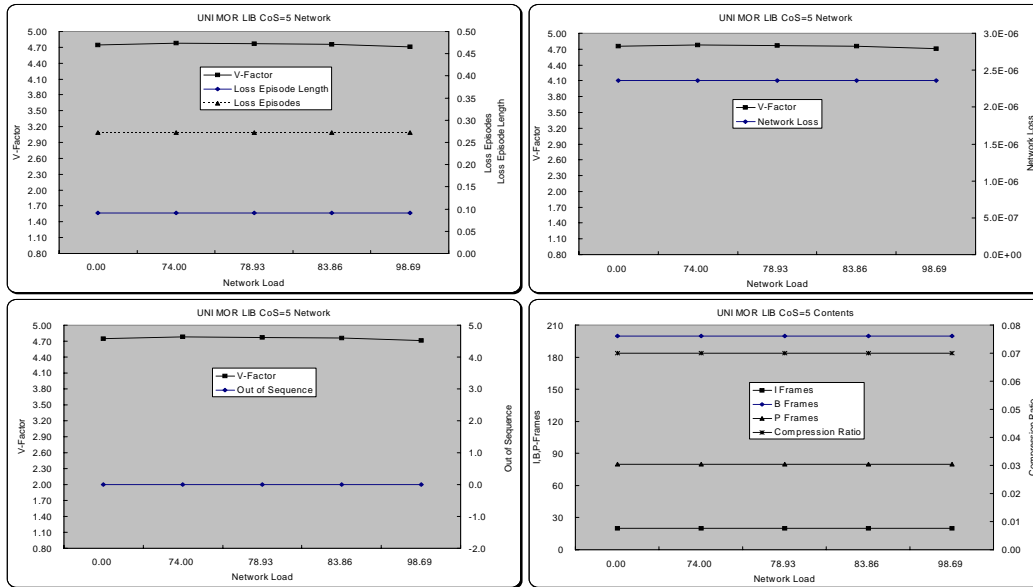


그림 6-49 UNI MOR LIB CoS=5 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-50은 교내망에서 ETSI 매개변수를 측정한 실험 결과다. Header 정보 필드의 손실 error는 없고, 모든 측정구간에 Continuity error=0로 QoS를 보장한 경우 TS 패킷의 순서오류가 발생하지 않고, TS 패킷의 interval이 100ms 이상을 나타내는 헤드에 indicator 정보 없이 PCR\_discontinuity\_indicator error에 대하여 단위 측정 구간 10초 간격에 TS packet 1개 이하 error 존재 시 영상품질에 변화는 거의 없음을 알 수 있다. TS 패킷 interval이 40ms 이상인 경우 PCR Repetition error로 측정구간에 평균 143회 정도 나타났지만 TS 패킷간에 PCR-OJ 값이 연속적으로 100ms 이상인 발생할 경우에 영상품질에 영향을 줄 수 있는 것으로 판단된다.

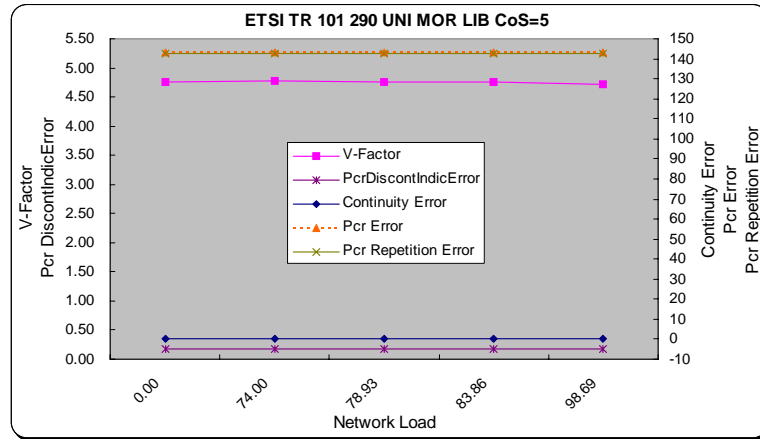


그림 6-50 UNI MOR LIB CoS=5 ETSI TR & V-Factor 비교

## 7. Unicast 부하에 따른 CoS/호관별 평균 V-factor 비교

그림 6-51에서 유니캐스트 트래픽은 도서관에만 영향을 주고, QoS 보장을 위해 CoS를 적용하면 우수한 영상품질을 전송을 보장할 수 있음을 알 수 있다.

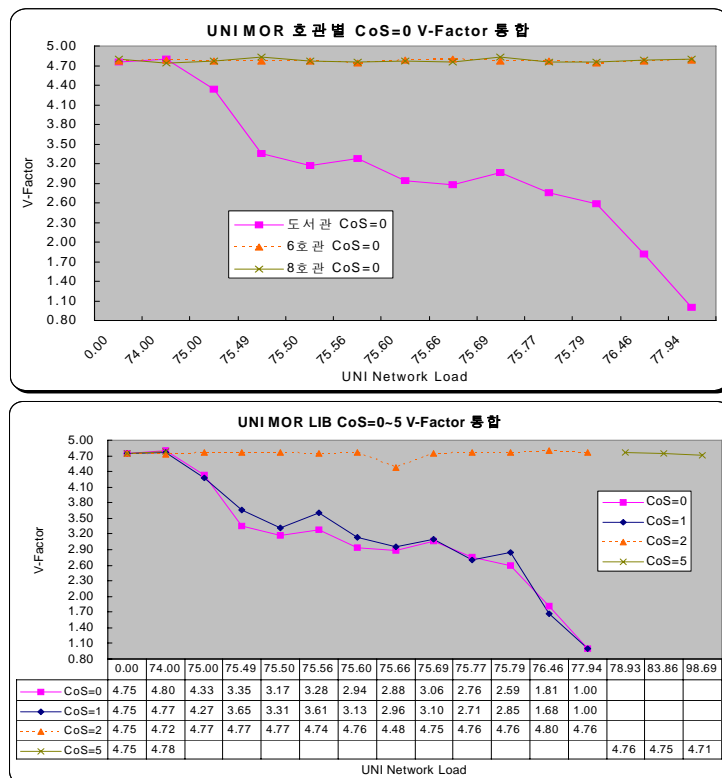


그림 6-51 UNI MOR 호관/CoS별 V-Factor 비교

## 8. Unicast 부하에 따른 영상 호관 및 구간별 평균 V-Factor 분석 CoS=0

### 가. UNI MOR LIB CoS=0~5

표 6-29 UNI MOR LIB CoS=0~5

CoS=0~5	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss-EL	Loss-E
도서관	매우우수	5.00~4.60	4.75	3.97E-04	3.25	0.21	5.2	1.82	0.88
	우수	4.59~4.30	4.48	4.50E-03	24.90	0.00	4.9	10.95	6.37
	보통	4.29~4.10	4.21	8.78E-03	44.38	0.23	4.9	13.38	12.15
	떨어짐	4.09~3.90	3.99	1.04E-02	55.00	0.67	5.3	13.67	15.78
	나쁨	3.89~3.50	3.66	1.26E-02	60.79	0.79	4.9	14.00	18.95

### 나. UNI MOR 6Ho CoS=0

표 6-30 UNI MOR 6Ho CoS=0

CoS=0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss-EL	Loss-E
6호관	매우우수	5.00~4.60	4.76	4.40E-05	0.45	0.25	5.8	0.37	0.27
	우수	4.59~4.30	4.55	6.60E-04	9.64	0.00	5.4	4.29	0.29

### 다. UNI MOR 8Ho CoS=0

표 6-31 UNI MOR 8Ho CoS=0

CoS=0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss-EL	Loss-E
8호관	매우우수	5.00~4.60	4.76	4.15E-05	0.56	0.24	5.7	0.35	0.26
	우수	4.59~4.30	4.54	8.67E-04	6.93	0.00	6.0	5.86	0.43

### 라. UNI MOR 호관통합 CoS=0~5

표 6-32 UNI MOR 호관통합 CoS=0~5

CoS=0~5	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss-EL	Loss-E
UNI MOR 호관 통합	매우우수	5.00~4.60	4.76	1.61E-04	1.42	0.24	5.6	0.84	0.47
	우수	4.59~4.30	4.53	2.01E-03	13.82	0.00	5.4	7.03	2.36
	보통	4.29~4.10	4.21	8.78E-03	44.38	0.23	4.9	13.38	12.15
	떨어짐	4.09~3.90	3.99	1.04E-02	55.00	0.67	5.3	13.67	15.78
	나쁨	3.89~3.50	3.66	1.26E-02	60.79	0.79	4.9	14.00	18.95

## 제 7 절 교내망 BRD MOR 영상품질 측정 분석

### 1. 교내망 BRD MOR 6Ho CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

교내망은 실험망과 달리 그림 6-52에서처럼 예측이 불가능한 인터넷 트래픽이 존재하고 인터넷 트래픽과 영상품질 변화를 관찰하기 위해 브로드캐스트 Network 부하 트래픽은 교내망 전체 도메인에 부과된다. Network 부하 변화에 따라 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 값은 V-Factor와 반비례하여 변화하고 실제 인터넷 트래픽 + BRD Network Load(80.41Mbps) 지점에서 V-Factor 값은 급하강으로 변화한다. 그림 6-45에서 V-Factor는 붉은색 점선으로 예측한 값보다 크게 변화함으로 실제 인터넷 트래픽 대역폭을 많이 차지함으로 허용 대역의 임계치에서 V-Factor 값이 크게 변화함을 알 수 있다.

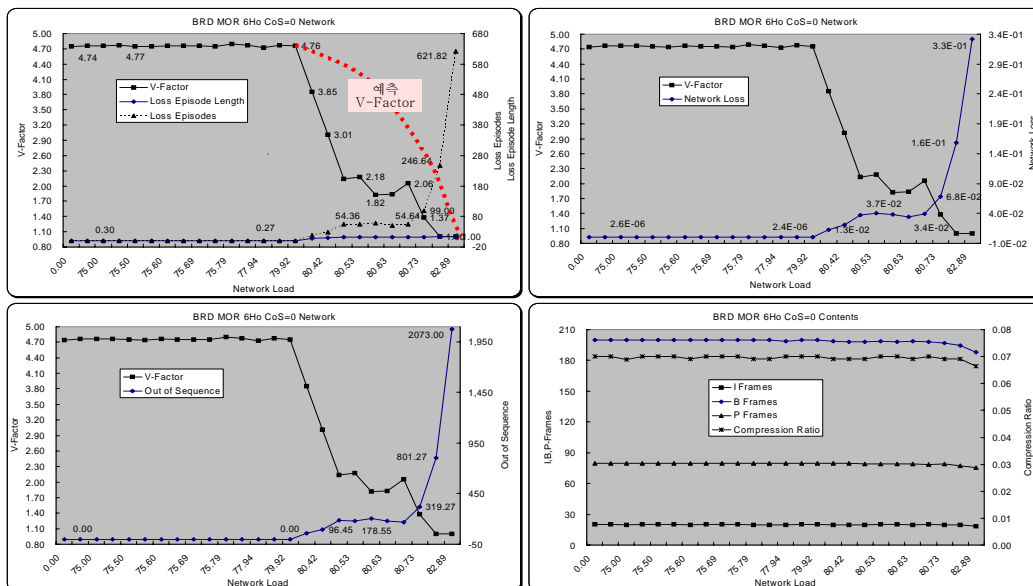


그림 6-52 BRD MOR 6Ho CoS=0 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-53은 동일한 실험에서 ETSI 정보를 측정한 결과다. TS Header 정보 필드의 손실 error는 없고, Continuity 및 PCR\_discontinuity\_indicator error는 V-Factor와 반비례로 변화하고 있다.

BRD Network Load(80.41Mbps) 지점에서 TS 순서오류인 Continuity error=8.2는 급하게 증가하고, 또한 이 지점에서 TS interval 사이에 100ms 시간을 초과한 error인 PCR\_discontinuity\_indicator\_error가 점차적으로 급상승함으로 전송 영상품질을 떨어지게 하는 원인이 된다.

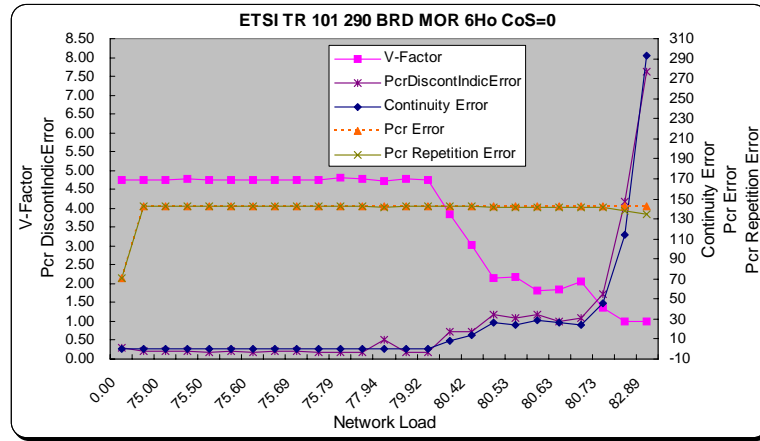


그림 6-53 BRD MOR 6Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

## 2. 교내망 BRD MOR 8Ho CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 측정중 오류가 있는 경우 원인 분석

### (1) 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

교내망은 실험망과 달리 그림 6-54에서처럼 예측이 불가능한 인터넷 트래픽이 존재할 때에 영상품질 변화를 관찰하기 위해 브로드캐스트 Network 부하 트래픽은 교내망 전체 도메인에 부과한다. 측정 중에 측정 중 오류가 발생한 구간에 붉은색 타원으로 표시하고 측정된 Loss Episode Length, Network Loss, Out of Sequence 값은 예상치 보다 다른 값 측정으로 측정이 되었다. 멀티캐스트 방송영상을 캡처하여 측정 중에 오류가 있는 구간의 영상은 사라지고 볼 수가 없다.

- 오류 V-Factor 평균 2.87 - (BRD Load=00.00 MOR 8HO COS=0)
- 오류 V-Factro 평균 1.74 - (BRD Load=76.50 MOR 8HO COS=0)

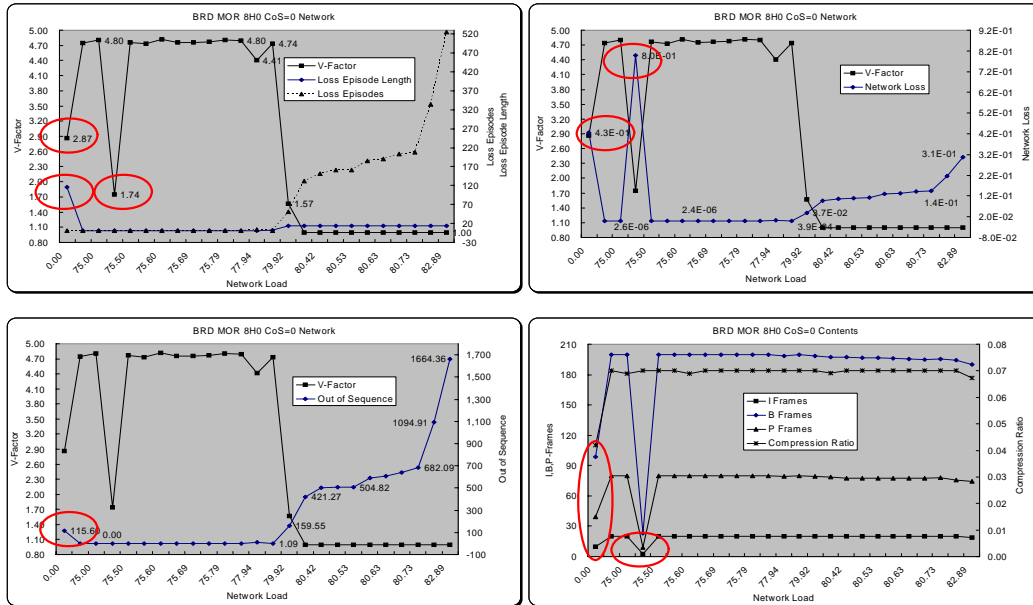


그림 6-54 BRD MOR 8Ho CoS=0 Network/Contents 평균(오류존재)

## (2) ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

교내망에서 그림 6-55에서 측정중 오류가 있는 경우를 분석하면 표 6-33/표 6-34에서 Header 정보 필드의 PID 및 PTS 손실 error가 존재 시에 Continuity error 측정이 불가능하고, PCR Repetition error PCR\_discontinuity\_indicator\_error가 측정이 되지 않아 TS interval packet의 정보 측정이 불가능하여 측정구간 평균값 낮고 실제로 사라진 영상과 error 시작되는 부분에 영상을 프레임 단위로 캡처해 볼 수 있다.

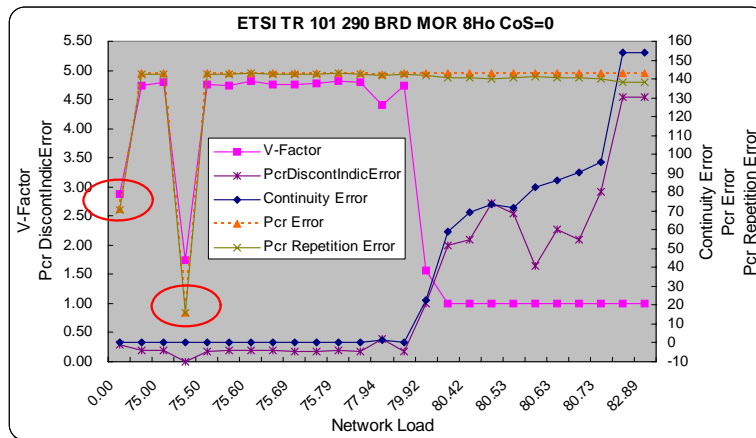


그림 6-55 BRD MOR 8Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교(오류존재)



(가) 오류 V-Factor 평균 2.87 - (BRD Load=0.00 MOR 8HO COS=0)

표 6-33/표 6-34에서 측정된 수신영상의 데이터 크기를 비교하면 다음과 같다.

- 오류영상 크기 - 01-MOR-BRD0.00%-COS0-8HO : 188M byte  
3행부터 error가 발생되어 분홍색 행에 해당하는 순서 3행~6행의 영상은 제외되어 저장된 경우이다.
- 정상영상 크기 - 02-MOR-BRD75.00%-COS0-8HO : 317M byte

표 6-33 V-Factor : BRD Load=0.0 MOR 8Ho CoS=0 V-Factor

순서	V-Factor	N-Loss	OF-S	PCR-OJ (ms)	Loss-EL	Loss-E	I-F	B-F	P-F
10	4.69	0	0	4.8	0	0	20	200	80
9	4.72	0	0	6.0	0	0	20	200	80
8	4.72	0	0	6.7	0	0	20	199	80
7	1.00	2.72E-01	1,156	5.8	1,152	4	8	81	32
6	1.00	1	0	2.1	0	0	0	0	0
5	1.00	1	0	2.1	0	0	0	0	0
4	1.00	1	0	2.1	0	0	0	0	0
3	1.00	1	0	2.1	0	0	0	0	0
2	4.75	4.70E-05	0	2.1	1	3	11	110	44
1	4.79	0	0	5.4	0	0	20	199	80
평균	2.87	4.27E-01	115.6	3.9	115.3	0.7	9.9	98.9	39.6

표 6-34 ETSI : BRD Load=0.0 MOR 8Ho CoS=0

순서	Pid Error	Pcr Error	Pcr R-Error	Pcr DI-Error	Pts Error
10	0	142	142	0	0
9	0	143	143	0	0
8	0	143	143	0	0
7	11	58	57	1	9
6	20	0	0	0	14
5	20	0	0	0	14
4	20	0	0	0	15
3	20	0	0	0	14
2	8	80	78	2	5
1	0	143	143	0	0
평균	9.9	70.9	70.6	0.3	7.1

- 캡처한 오류영상

그림 6-56에서 V-Factor/ETSI (BRD Load=0.00 MOR 8HO COS=0)

로 측정된 오류영상으로 다음 그림 전후에서 보여준 영상 뒤에 계속적인 PID/PTS error 발생 시작점을 캡처한 것으로 몇 개의 프레임 이후에 영상은 사라지게 된다.



그림 6-56 V-Factor : 1.0 BRD Load=0.00 MOR 8HO COS=0

(나)오류 V-Factro 평균 1.74 - (BRD Load=76.50 MOR 8HO COS=0)

표 6-35/6-36에서 측정된 영상의 데이터 크기 비교는 다음과 같다.

- 오류영상 크기 - 04-MOR-BRD76.50%-COS0-8HO : 28M byte  
2행부터 error가 발생되어 분홍색 행에 해당하는 순서 2행~10행의 영상은 제외되어 수신 저장되었다. 육안으로 오류 영상이 보이지 않지만 Frame 단위 캡처를 하면 오류 영상 확인 할 수 있다.

- 정상영상 크기 - 05-MOR-BRD76.52%-COS0-8HO : 288M byte

표 6-35 V-Factor : BRD Load=76.50 MOR 8Ho CoS=0

순서	V-Factor	N-Loss	OF-S	PCR-OJ(ms)	Loss-EL	Loss-E	I-F	B-F	P-F
10	1.00	1	0	0	3.3	0	0	0	0
9	1.00	1	0	0	3.3	0	0	0	0
8	1.00	1	0	0	3.3	0	0	0	0
7	1.00	1	0	0	3.3	0	0	0	0
6	1.00	1	0	0	3.3	0	0	0	0
5	1.00	1	0	0	3.3	0	0	0	0
4	1.00	1	0	0	3.3	0	0	0	0
3	1.00	1	0	0	3.3	0	0	0	0
2	4.72	0	0	0	3.3	0	0	3	29
1	4.72	5.E-04	7	0	3.2	7	1	20	200
평균	1.74	8.E-01	0.7	0	3.3	0.7	0.1	2.3	22.9

표 6-36 ETSI : BRD Load=76.50 MOR 8Ho CoS=0

순서	PidError	PcrError	PcrR-Error	PcrDIError	PtsError
10	20	0	0	0	14
9	20	0	0	0	15
8	20	0	0	0	14
7	20	0	0	0	14
6	20	0	0	0	15
5	20	0	0	0	14
4	20	0	0	0	14
3	20	0	0	0	14
2	16	21	21	0	12
1	0	142	142	0	0
평균	17.6	16.3	16.3	0	12.6

- 캡처한 오류영상

그림 6-57에서 V-Factor : 1.0 (BRD Load=76.50 MOR 8HO COS=0)로 측정한 오류영상으로 다음 그림 전후에서 보여준 영상 뒤에 계속적인 PID/PTS error 발생 시작점을 캡처한 것으로 몇 개의 프레임 이후에 영상은 사라지게 된다.



그림 6-57 V-Factor : 1.0 BRD Load=76.50 MOR 8HO COS=0

#### 나. 정상적으로 측정이 된 경우 분석

##### (1) 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

교내망은 실험망과 달리 그림 6-58에서처럼 예측이 불가능한 인터넷 트래픽이 존재하고 인터넷 트래픽과 영상품질 변화를 관찰하기 위해 브

로드캐스트 Network 부하 트래픽은 교내망 전체 도메인에 부과된다. Network 부하 변화에 따라 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 값은 V-Factor와 반비례하여 변화하고 실제 인터넷 트래픽 + BRD Network Load(78.93Mbps) 이후 지점에서 V-Factor 값은 급하강으로 변화한다. 그림 6-58에서 V-Factor는 붉은색 점선으로 예측한 값보다 크게 변화함으로 실제 인터넷 트래픽 대역폭을 많이 차지함으로 허용 대역의 임계치에서 V-Factor 값이 크게 변화함을 알 수 있다.

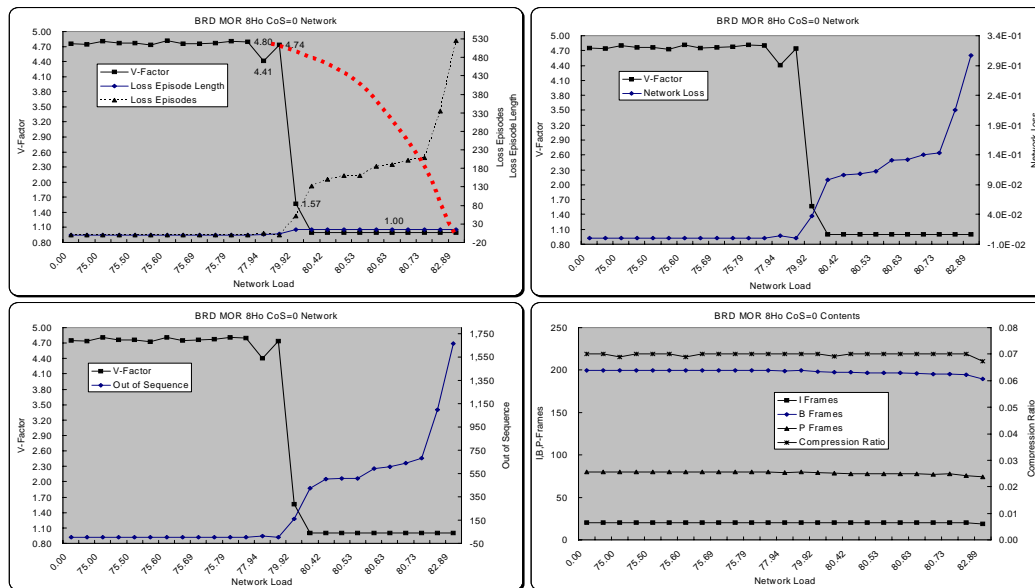


그림 6-58 BRD MOR 8Ho CoS=0 Network/Contents 평균

## (2) ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-59를 보면 교내망에서 TS Header 정보 필드의 손실 error는 없고, Continuity 및 PCR\_discontinuity\_indicator error는 V-Factor와 반비례로 변화하고 있다. BRD Network Load(79.92Mbps) 지점에서 TS 순서오류인 Continuity error=22.5로 급하게 증가하고, 또한 이 지점에서 TS interval 사이에 100ms 시간을 초과한 error인 PCR\_discontinuity\_indicator error가 점차적으로 급상승함으로 전송 영상품질을 떨어지게 하는 원인이 된다.

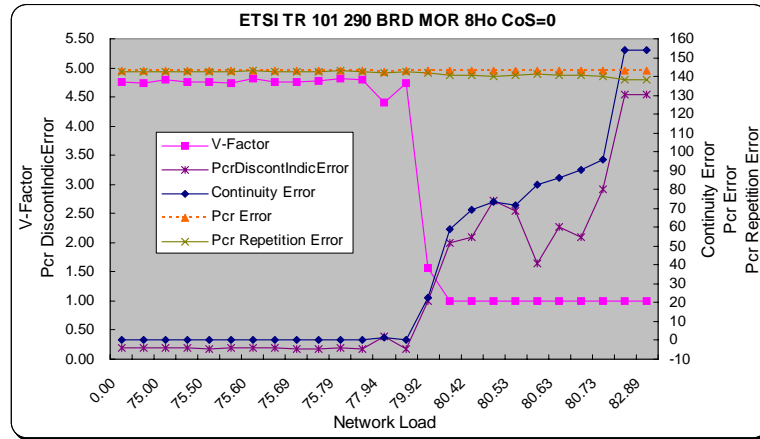
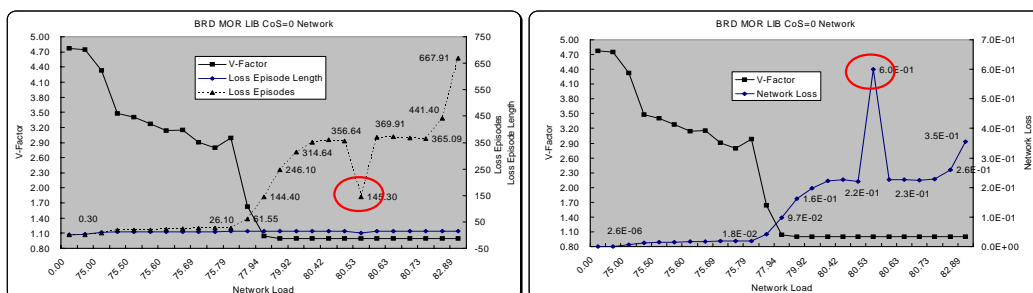


그림 6-59 BRD MOR 8Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

### 3. 교내망 BRD MOR LIB CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

교내망은 그림 6-60에서처럼 예측이 불가능한 인터넷 트래픽이 8호 관보다 많이 존재함으로 BRD Network 부하 트래픽에 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 값은 V-Factor와 급격한 반비례하여 변화하고, 실제 인터넷 트래픽 + BRD Network Load (75.00Mbps) 지점 이후 부하 트래픽을 부과함으로 급격하게 V-Factor 값이 떨어짐을 알 수 있다. TS Header에 PID/PTS 오류가 발생하면 V-Factor 측정요소에서 Loss Episodes와 Out of Sequence는 비례 관계로 변화하고 Network Loss와는 반비례 관계가 발생한다.



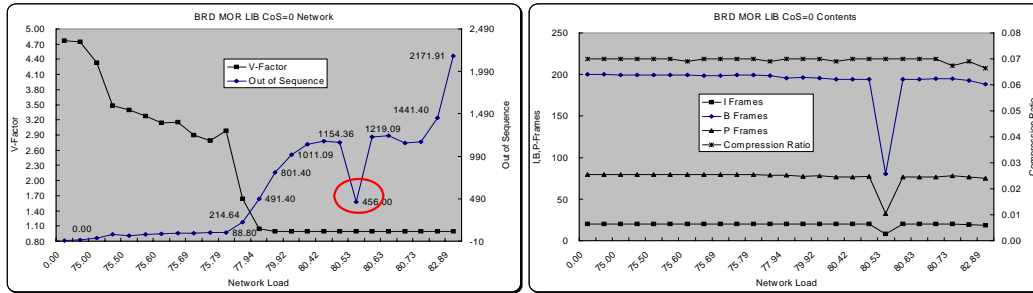


그림 6-60 BRD MOR LIB CoS=0 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

동일한 영상을 사용하여 동일한 환경의 교내망에서 측정한 ETSI 매개변수 측정 결과가 그림 6-61이다. BRD Network Load(80.53Mbps) 지점에서 Continuity error=63으로 측정되었고 PCR\_discontinuity\_indicator error는 V-Factor와 반비례로 변화되었다. 또한 지점에 PID/PTS error 존재하여 그래프에 낮은 값으로 나타난다.

BRD Network Load(75Mbps) 지점에서 Continuity error는 급격히 증가하고 TS interval이 100ms 시간을 초과한 PCR\_discontinuity\_indicator error는 점차적으로 증가추세로 변화한다.

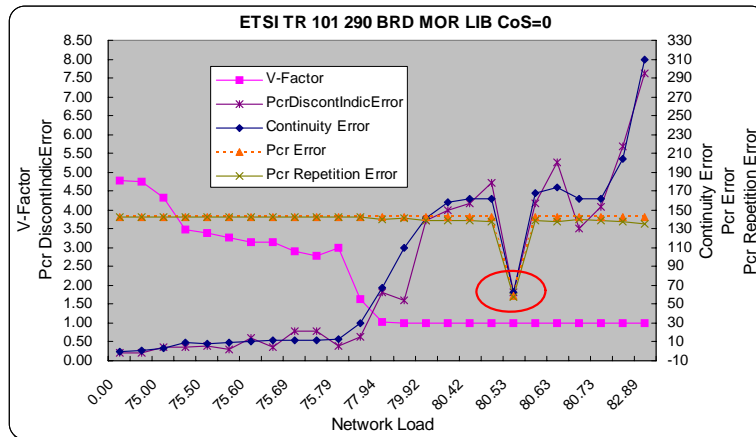


그림 6-61 BRD MOR LIB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

#### 4. 교내망 BRD MOR LIB CoS=2 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

그림 6-62은 교내망에서 CoS=5인 값으로 변경하여 QoS 적용하여 실험한 결과다. V-Factor는 브로트캐스트 부하에 상관없이 V-Factor 값은 모두 4.7 근사값을 유지하고, PCR-OJ는 5~6ms 내외로 측정되었다. Loss Episodes 1개 이하, Out of Sequence=0, Network Loss 2.4E-06 이하로 고정되어 영상품질은 매우우수한 상태로 측정되었다.

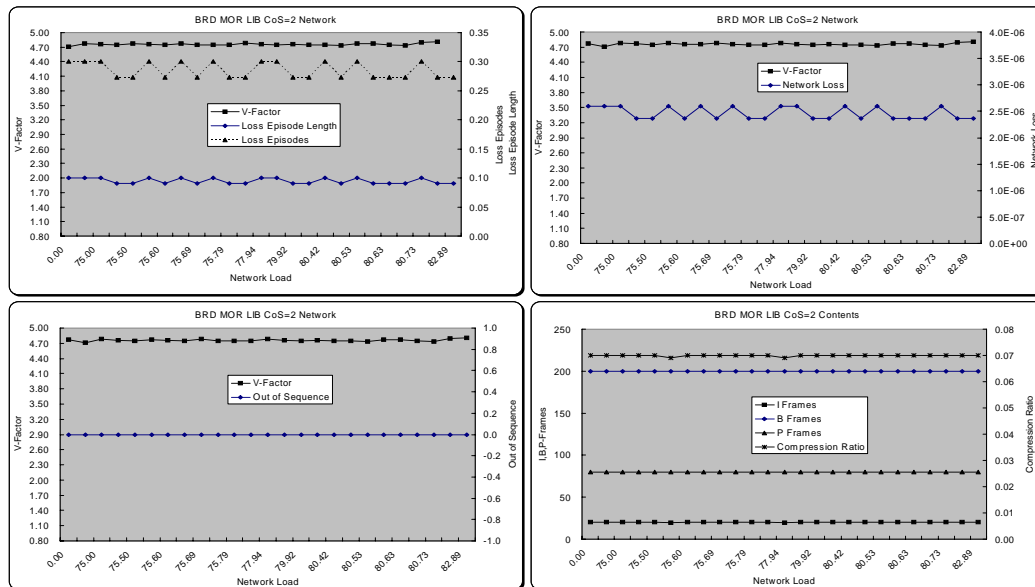


그림 6-62 BRD MOR LIB CoS=2 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

실험망에서 그림 6-63은 ETSI Header 정보 필드의 손실 error는 없고, 모든 측정구간에 Continuity error=0로 QoS를 보장한 경우 TS 패킷의 순서오류 없이 V-Factor 4.7로 높게 측정되었다. TS 패킷의 interval이 100ms 이상을 나타내는 PCR\_discontinuity\_indicator error에 대하여 단위 측정 구간 10초 간격에 TS packet 1개 이하 error 존재 시 V-Factor 영향은 거의 없음을 알 수 있다.



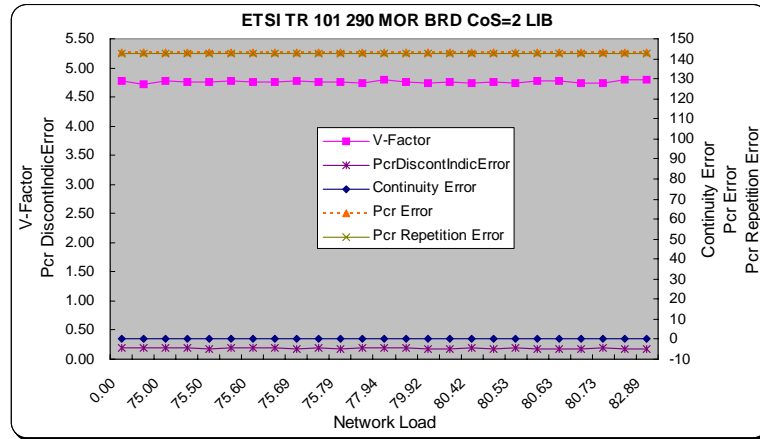


그림 6-63 BRD MOR LIB CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

## 5. 교내망 BRD MOR LIB CoS=5 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

그림 6-64는 교내망에서 앞서와 동일한 조건에 QoS 요소만 CoS=5인 값으로 변경하여 QoS를 적용하여 실험한 결과다. QoS를 적용함으로 V-Factor는 브로드캐스트 부하에 상관없이 모두 4.7 근사값을 유지하고, PCR-OJ는 5~6ms 내외로 측정되었다.

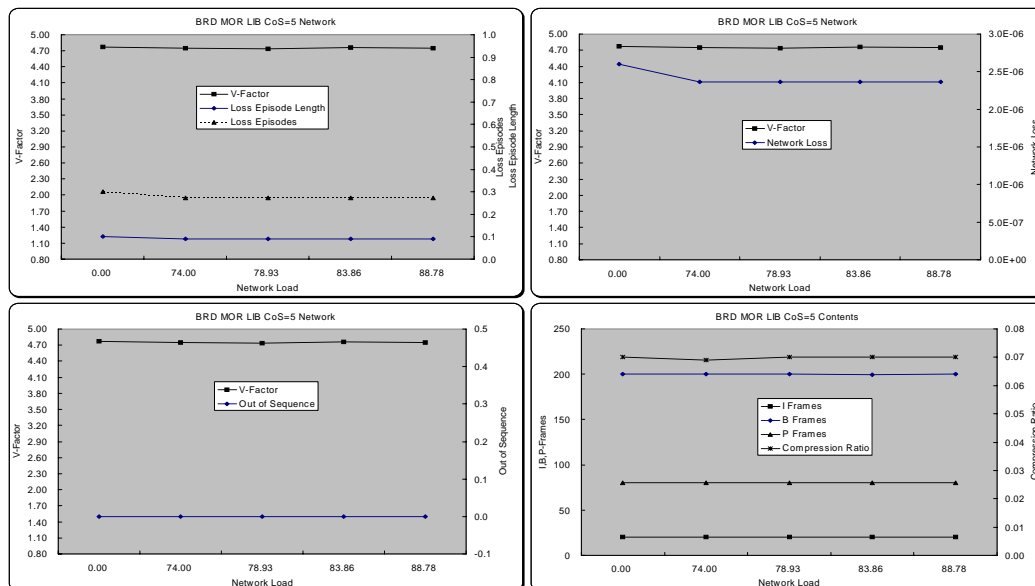


그림 6-64 BRD MOR LIB CoS=5 Network/Contents 평균



나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-65에서 보는 바와 같이 교내망에서 ETSI Header 정보 필드의 손실 error는 없고, 모든 측정구간에 Continuity error=0로 QoS를 보장한 경우 TS 패킷의 순서오류 없이 V-Factor 4.7로 높게 측정되었다. TS 패킷의 interval이 100ms 이상을 나타내는 헤드에 indicator 정보 없이 PCR\_discontinuity\_indicator error에 대하여 단위 측정 구간 10초 간격에 TS packet 1개 이하 error 존재 시 V-Factor 영향은 거의 없음을 알 수 있다.

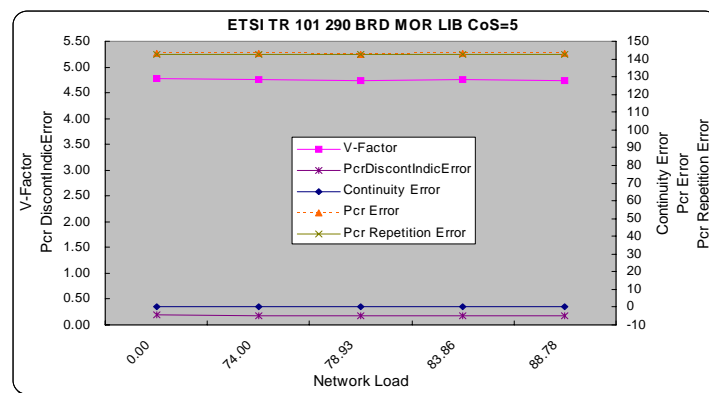


그림 6-65 BRD MOR LIB CoS=5 ETSI TR & V-Factor 비교

## 6. Broadcast 부하에 따른 호관별 평균 V-factor 비교

Broadcast 부하는 모든 호관에 동일하게 적용되고 실제 인터넷 트래픽의 빈도에 따라 그림 6-66에서처럼 민감하게 호관별 V-Factor의 변화는 다르게 나타남을 알 수 있다. 실제 인터넷 트래픽이 가장 많은 순서로 도서관 > 8호관 > 6호관 순서에 따라 V-Factor 변화 정도도 도서관 > 8호관 > 6호관 순으로 결정됨을 알 수 있다. 동일한 브로드캐스트 부하 트래픽의 변화에 각 호관별 인터넷 트래픽의 빈도에 따라 허용 대역폭 임계치에 따라 영상품질이 다르게 나타난다. 가입자 맥내에서 Triple play 서비스를 제공하는 방식으로 실시간 멀티캐스트 방송을 위해서 반드시 QoS 보장 방법을 고려해야 우수한 영상 품질을 제공할 수 있다.

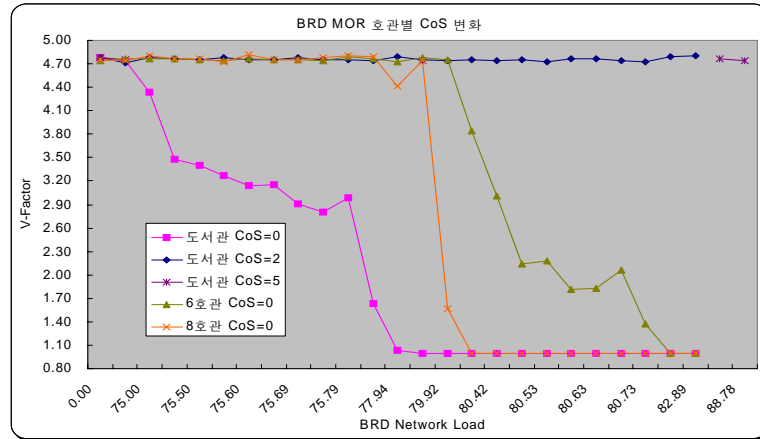


그림 6-66 BRD MOR 호관별 CoS=0,5 V-Factor 평균 비교

## 7. Broadcast 부하에 따른 호관 및 구간별 평균 V-Factor 분석 CoS=0

가. BRD MOR LIB CoS=0, 5

표 6-37 BRD MOR LIB CoS=0, 5

CoS =0~5	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss- E
도서관	매우우수	5.00~4.60	4.75	1.45E-04	1.83	0.23	5.3	0.63	0.46
	우수	4.59~4.30	4.50	3.30E-03	21.76	0.00	5.4	9.48	4.62
	보통	4.29~4.10	4.20	8.38E-03	48.29	0.86	5.4	13.86	13.14
	떨어짐	4.09~3.90	4.01	1.05E-02	43.33	0.50	4.9	12.67	14.00
	나쁨	3.89~3.50	3.70	1.23E-02	66.43	0.00	5.8	14.00	17.43

나. BRD MOR 6Ho CoS=0

표 6-38 BRD MOR 6Ho CoS=0

CoS =0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss- E
6호관	매우우수	5.00~4.60	4.76	5.37E-05	1.43	0.25	5.0	0.32	0.33
	우수	4.59~4.30	4.50	3.48E-03	22.45	0.10	5.2	9.69	5.45
	보통	4.29~4.10	4.21	8.87E-03	37.67	0.00	6.0	14.00	12.17
	떨어짐	4.09~3.90	3.99	1.07E-02	51.25	0.75	6.8	14.25	16.75
	나쁨	3.89~3.50	3.73	1.22E-02	80.33	0.00	6.4	14.00	19.33

다. BRD MOR 8Ho CoS=0

표 6-39 BRD MOR 8Ho CoS=0

CoS =0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss- E
8호 관	매우 우수	5.00~4.60	4.76	4.76E-05	0.98	0.25	4.9	0.43	0.29
	우수	4.59~4.30	4.52	1.03E-03	21.60	0.00	5.0	2.80	1.70
	떨어짐	4.09~3.90	4.04	9.51E-03	0.00	0.00	5.4	13.00	1.00

라. BRD MOR 호관통합 CoS=0,5

표 6-40 BRD MOR 호관통합 CoS=0,5

CoS =0~5	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss- E
BRD MOR 호관 통합	매우 우수	5.00~4.60	4.76	8.22E-05	1.41	0.24	5.1	0.46	0.36
	우수	4.59~4.30	4.51	2.60E-03	21.94	0.03	5.2	7.32	3.92
	보통	4.29~4.10	4.20	8.63E-03	42.98	0.43	5.7	13.93	12.65
	떨어짐	4.09~3.90	4.02	1.02E-02	31.53	0.42	5.7	13.31	10.58
	나쁨	3.89~3.50	3.71	1.22E-02	73.38	0.00	6.1	14.00	18.38

## 8. UNI/BRD 부하에 따른 호관별 평균 V-Factor 분석 CoS=0

그림 6-67은 유니캐스트와 브로드캐스트 부하를 사용한 실험결과를 나타낸다. 교내망 도서관의 멀티캐스트 방송수신 장비에 집적 유니캐스트 부하 트래픽을 부과하는 것과 브로드캐스트 부하는 유사하게 반응하므로 전송 부하 트래픽의 종류에 상관없이 네트워크 부하에 따라 유사한 영상품질을 유지할 수 있다.

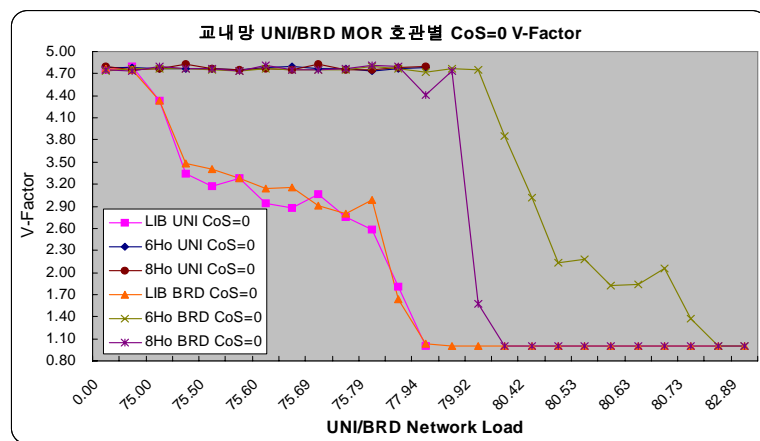


그림 6-67 UNI/BRD MOR 호관별 CoS=0 V-Factor 평균 비교

## 제 8 절 교내망 BRD SOC 영상품질 측정 분석

### 1. 교내망 BRD SOC 6Ho CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

그림 6-68에서 Network 부하 변화에 따라 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 값은 V-Factor와 반비례하여 변화하고 실제 인터넷 트래픽 + BRD Network Load (80.52Mbps) 지점에서 V-Factor 값은 급하강으로 변화한다. 붉은색 타원으로 표시된 측정구간 (75.56Mbps) 지점에 PID 오류가 발생하여 V-Factor 4.41로 낮게 측정이 되었다. 표 6-41에서 오류가 발생한 지점의 측정구간의 10초 간격의 샘플링 값을 볼 수 있다.

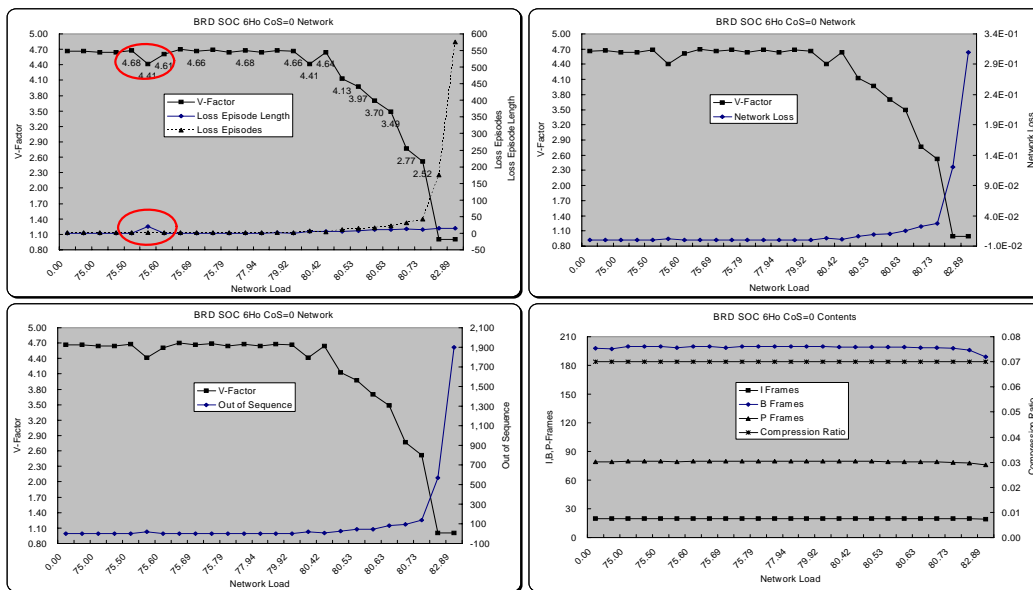


그림 6-68 BRD SOC 6Ho CoS=0 Network/Contents 평균

나. 측정중 오류가 있는 경우 원인 분석

표 6-41에서 V-Factor와 ETSI 관련 분석요소로 측정구간(BRD Load=75.56 SOC 6HO COS=0)에서 전송중에 네트워크 트래픽 관련하여 발생한 오류가 아니라 방송 송신단의 TS 송출과정에 발생한 오류로, 영상의 특성상 PID error만 있고 PTS error는 없는 상태이다. 표 6-41에서 ID=52 4행에 1회 PID error 발생되었다.

- 측정된 영상의 데이터 크기 - 88-SOC-BRD76.59%-COS0-6HO: 279M byte

표 6-41 V-Factor / ETSI (BRD Load=75.56 SOC 6HO COS=0)

Id	V-F	N-L	OF-S	PCR-OJ	Loss-EL	Loss-E	Id	Con-E	Pid-E	Pcr-E	Pcr-RE	Pcr-DIS
144	4.61	7.80E-05	0	5.1	1	9	144	0	0	149	143	6
128	4.66	0	0	5.2	0	0	128	0	0	142	142	0
116	4.51	0	0	5.3	0	0	116	0	0	143	143	0
108	4.82	0	0	5.1	0	0	108	0	0	143	143	0
104	4.82	9.60E-05	0	58.5	1	11	104	0	0	150	142	8
84	4.75	1.70E-05	0	1612.0	1	2	84	0	0	144	142	2
68	4.61	2.60E-05	0	5.2	1	3	68	0	0	145	143	2
52	1.56	2.82E-02	217	4.0	213	2	52	1	1	139	138	1
40	4.61	0	0	5.3	0	0	40	0	0	136	136	0
36	4.69	0	0	2.1	0	0	36	0	0	142	142	0
20	4.85	0	0	5.0	0	0	20	0	0	143	143	0
평균	4.41	2.58E-03	19.73	155.7	19.73	2.45	평균	0.09	0.09	143	141	1.73

다. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

교내망에서 그림 6-69에서와 같이 측정구간 Network Load (75.56Mbps) 부하에서 Header 정보 필드인 PID error(1회) 발생하였고 Continuity 및 PCR\_discontiuny\_indicator error는 V-Factor와 반비례로 변화되었다. BRD Network Load(80.52Mbps) 지점에서 Continuity error는 급격히 증가고, BRD Network Load(80.52Mbps) 지점에서 100ms 시간을 초과한 error인 PCR\_discontiuny\_indicator error는 급격히 증가한 형태로 측정되었다.

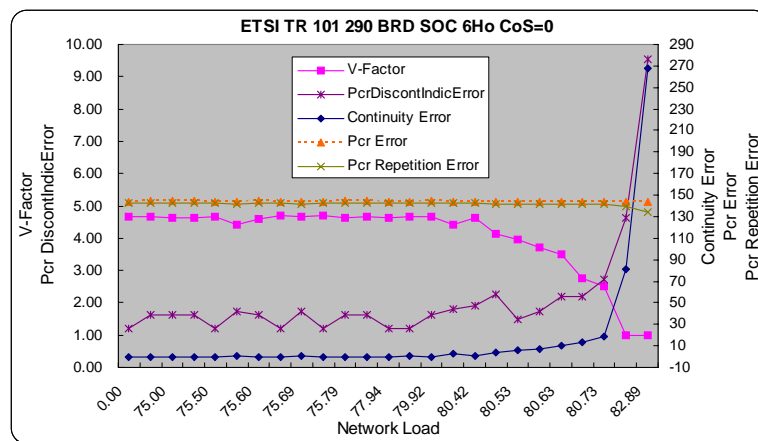


그림 6-69 BRD SOC 6Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

라. 측정중 오류가 있는 영상

- V-Factor / ETSI (BRD Load=75.56 SOC 6HO COS=0)

그림 6-70의 오류 영상은 순간으로 보임으로 인해 육안으로 구분이 힘들지만 Frame 단위 캡처로 아래의 영상으로 관찰되어 진다.



그림 6-70 V-Factor : 1.56, BRD Load=75.56 SOC 6HO COS=0)

## 2. 교내망 BRD SOC 8Ho CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

그림 6-71에서 BRD Network 부하로 인해 Loss Episodes, Out of Sequence, Network Loss 값은 V-Factor와 반비례하여 변화하고 실제 인터넷 트래픽 + BRD Network Load(79.92Mbps) 지점에서 급격하게 V-Factor 값이 떨어져 측정이 되었다.

그림 6-71에서 V-Factor는 붉은색 점선으로 예측한 값보다 크게 벗어나는 것으로 미루어 실제 인터넷 트래픽 대역폭을 많이 차지함으로써 허용 대역의 임계치에 다다를 때, V-Factor 값이 크게 변화함을 알 수 있다.

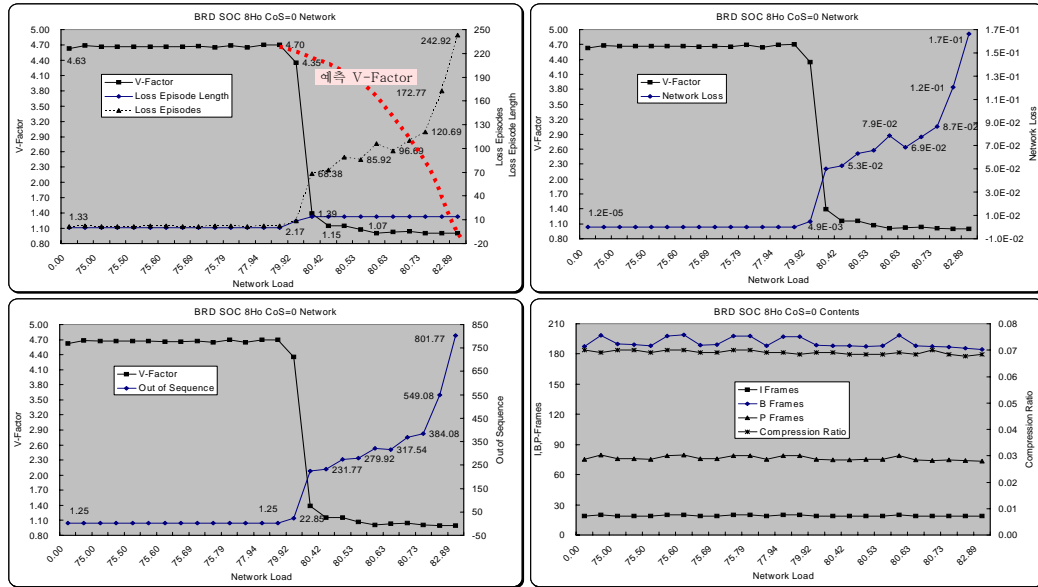


그림 6-71 BRD SOC 8Ho CoS=0 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-72에서 TS 패킷 Header 정보 필드의 PID 및 PTS error는 없고, Continuity 및 PCR\_discontinuity\_indicator error는 V-Factor와 반 비례로 변화하고 있다. BRD Network Load(79.92Mbps) 지점에서 TS 순서 오류인 Continuity error=3.6에서부터 급하게 증가하고, 또한 이 지점에서 TS interval 사이에 100ms 시간을 초과한 error인 PCR\_discontinuity\_indicator error가 점차적으로 급상승함으로 전송 영상품질 을 떨어지게 하는 원인이 된다.

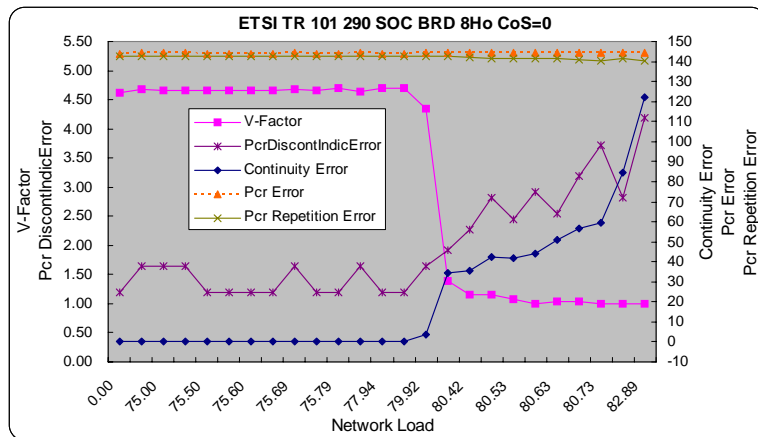


그림 6-72 BRD SOC 8Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

### 3. 교내망 BRD SOC LIB CoS=0 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

그림 6-73에서 측정 중 오류가 발생한 경우 붉은색 타원으로 표시하고 PID 및 PTS error로 인해 BRD Network Load(79.92Mbps) 지점에서 Loss Episode, Network Loss, Out of Sequence 값은 급격하게 증가한다. BRD Network Load(79.92Mbps) 지점에서 급격하게 V-Factor 값이 떨어지고 I, B, P-frame의 해석 불가로 각각 관련요소 값이 하강 또한 Program Rate(16,885Kbps→2,830Kbps)가 정상적인 속도보다 급격히 감소하는 현상이 발생한다.

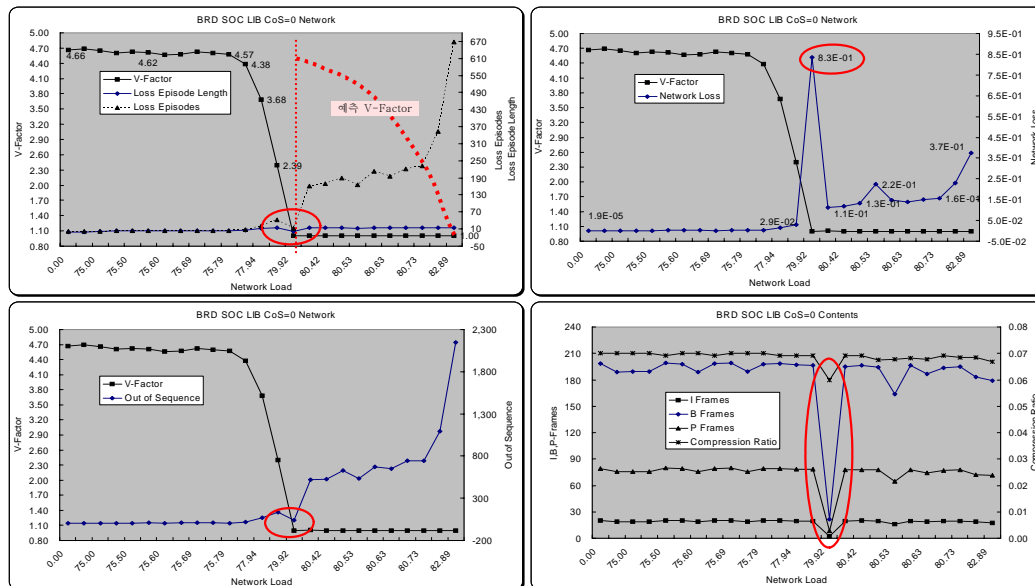


그림 6-73 BRD SOC 8Ho CoS=0 Network/Contents 평균

나. 측정중 오류가 있는 경우 원인 분석

표 6-42 V-Factor와 ETSI 관련 분석요소를 보았을 때, 측정구간 (BRD Load=79.92 SOC LIB COS=0)에서 전송중에 네트워크 트래픽 관련하여 발생한 오류라기 보다 방송 송신단의 TS 스트리밍 송출과정에 발생한 오류로 볼 수 있는 지점이 발생했다. 영상의 특성상 측정 중간 PID 및 PTS error 존재 영상의 특성상 낮은 V-Factor로 측정 되었다. 표 6-42에서 ID=40 2행부터 PID 및 PTS error 발생되었다.

- 측정된 영상의 데이터 크기 : 97-SCO-BRD81.00%-COS0-LIB (79.92Mbps)



- 측정된 영상의 데이터 크기 : 101-SCO-BRD81.62%-COS0-LIB (80.53Mbps)

표 6-42 V-Factor/ETSI (BRD Load=79.92 SOC LIB COS=0)

Id	V-F	N-L	OF-S	PCR-OJ	Loss-EL	Loss-E	Id	C-E	PID-E	P-E	P-R E	P-D IE	Pts-E
136	1	1	0	5.3	0	0	136	0	20	0	0	0	15
124	1	1	0	5.3	0	0	124	0	20	0	0	0	14
112	1	1	0	5.3	0	0	112	0	20	0	0	0	14
92	1	1	0	5.3	0	0	92	0	20	0	0	0	15
88	1	1	0	5.3	0	0	88	0	20	0	0	0	14
76	1	1	0	5.3	0	0	76	0	20	0	0	0	14
64	1	1	0	5.3	0	0	64	0	20	0	0	0	14
44	1	1	0	5.3	0	0	44	0	20	0	0	0	15
40	1	1	0	5.3	0	0	40	0	20	0	0	0	14
28	1	7.E-02	47	5.3	14	11	28	5	15	27	26	1	11
16	1	1.E-01	411	6.3	14	136	16	56	0	143	138	5	0
평균	1.0	8.E-01	41.6	5.4	2.5	13.4	평균	5.5	17.7	15.5	14.9	0.5	12.7

다. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

그림 6-74에서 Header 정보 필드의 PID 및 PTS error 존재하여 BRD Network Load(79.92Mbps) 지점에서 Continuity error는 급격히 증가하고 BRD Network Load(79.92Mbps) 지점에서 100ms 시간을 초과한 error인 PCR\_discontiuny\_indicator error는 점차적으로 증가하지만 PCR Repetition는 급격하게 감소하는 현상은 PID/PTS 오류로 인해 다른 측정요소를 측정이 되지 않는 경우가 발생한 것이다.

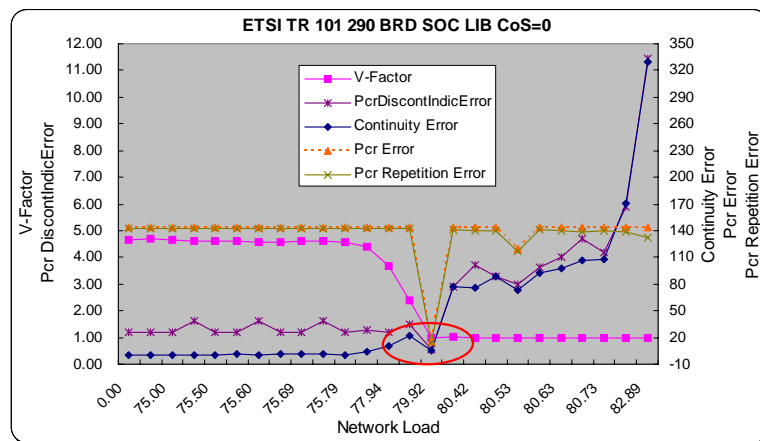


그림 6-74 BRD SOC 8Ho CoS=0 ETSI TR & V-Factor 비교

라. 측정중 오류가 있는 영상

- V-Factor / ETSI (BRD Load=79.92 SOC LIB COS=0)

오류 영상을 Frame 단위 캡처하면 그림 6-75 프레임 영상으로 보여 준다.

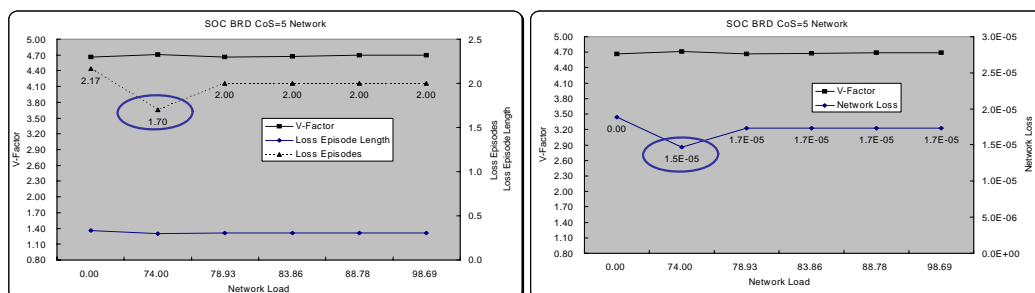


그림 6-75 V-Factor : 1.0 BRD Load=79.92 SOC LIB COS=0

#### 4. 교내망 BRD SOC LIB CoS=5 측정 평균 V-Factor

가. 네트워크/컨텐츠 관련 측정요소(평균)

그림 6-76에서 SOC 영상에 도서관에만 CoS=5을 적용하여 QoS를 보장하도록 하여 실험한 결과다. 결과를 보면 V-Factor가 4.7로 유지되고, Loss Episode, Network Loss, Out of Sequence 값은 일정하게 유지된다. 단 청색 타원의 값은 V-Factor 값의 변화에 영향 줄 수 없을 만큼 상대적으로 미세한 변화 값을 보여 준 것이다.



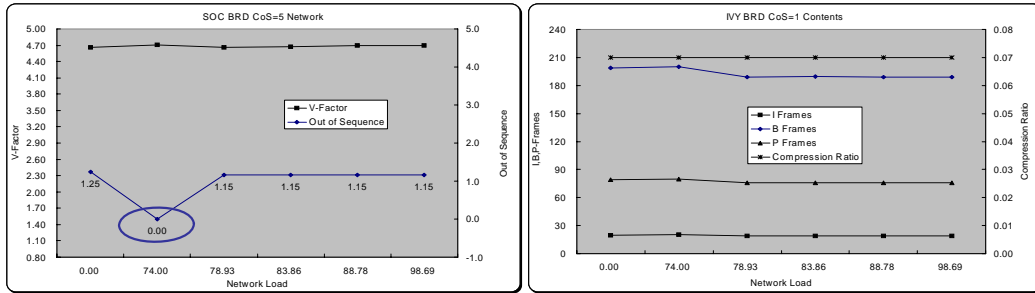


그림 6-76 BRD SOC LIB CoS=5 Network/Contents 평균

나. ETSI TR 101 290 First/Second Priority 측정 파라미터(평균)

교내망에서 그림 6-77은 TS Header 정보 필드의 손실 error는 없고, 모든 측정구간에 Continuity error=0로 QoS를 보장한 경우 TS 패킷의 순서오류 없이 V-Factor가 4.7로 높게 측정되었다. PCR\_discontinuity\_indicator error에 대하여 단위 측정 구간 10초 간격에 TS packet 1~1.5회 내로 error 존재 시 V-Factor 영향은 거의 없음을 알 수 있다.

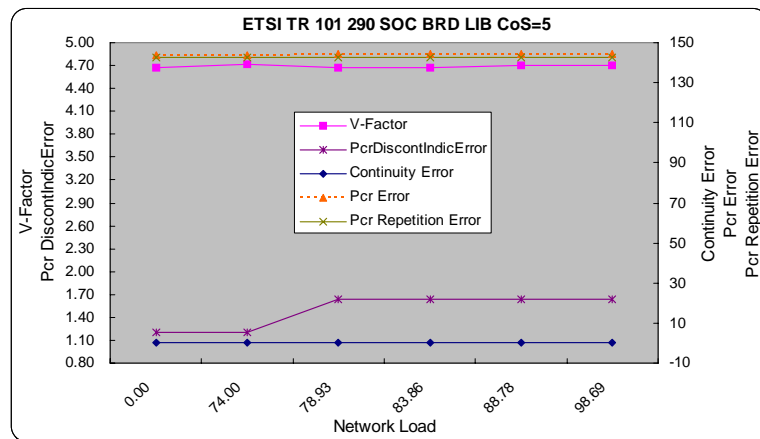


그림 6-77 BRD SOC LIB CoS=5 ETSI TR & V-Factor 비교

## 5. Broadcast 부하에 따른 호관별 평균 V-factor 비교

Broadcast 부하는 모든 호관에 동일하게 적용되고 실제 인터넷 트래픽의 빈도에 따라 그림 6-78에서처럼 민감하게 호관별 V-Factor의 변화는 다르게 나타남을 알 수 있다. 실제 인터넷 트래픽이 가장 많은 순서는 도서관 > 8호관 > 6호관 순으로 이 순서에 따라 V-Factor 변화

정도도 도서관 > 8호관 > 6호관 순으로 결정됨을 알 수 있다. 가입자 맥내에서 Triple play 서비스를 제공하는 서비스 망일 경우 실시간 멀티캐스트 방송을 위해서 반드시 QoS 보장 방법을 고려해야 우수한 영상 품질을 제공받을 수 있다.

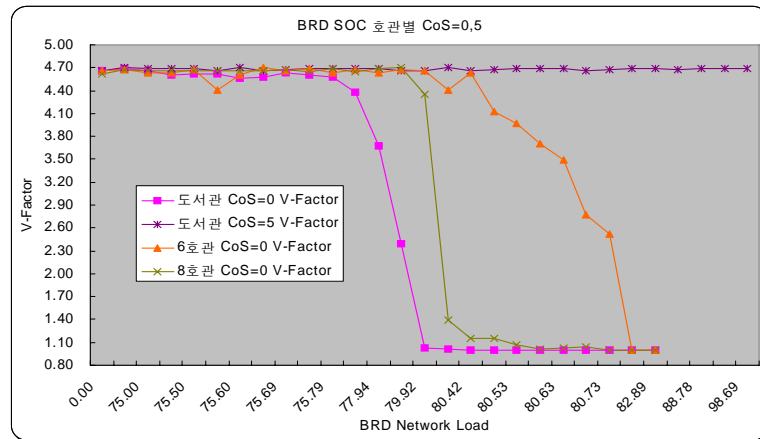


그림 6-78 BRD SOC 호관별 CoS=0,5 V-Factor 평균 비교

## 6. Broadcast 부하에 따른 호관 및 구간별 평균 V-Factor 분석 CoS=0

가. BRD SOC LIB CoS=0, 5

표 6-43 BRD SOC LIB CoS=0, 5

CoS =0~5	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss- E
도서관	매우우수	5.00~4.60	4.71	3.75E-04	4.44	1.40	29.4	1.81	2.01
	우수	4.59~4.30	4.53	1.21E-03	5.04	2.38	57.2	3.55	4.08
	보통	4.29~4.10	4.17	9.41E-03	40.00	11.00	7.3	14.00	22.00
	떨어짐	4.09~3.90	4.05	1.03E-02	55.75	7.50	4.6	14.00	20.75
	나쁨	3.89~3.50	3.69	1.32E-02	48.00	5.67	140.1	14.00	23.00

나. BRD SOC 6H<sub>0</sub> CoS=0

표 6-44 BRD SOC 6H<sub>0</sub> CoS=0

CoS =0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss- E
6호관	매우우수	5.00~4.60	4.71	1.47E-04	2.70	1.65	42.7	1.03	1.87
	우수	4.59~4.30	4.50	9.29E-04	4.28	2.03	38.7	2.54	3.44
	보통	4.29~4.10	4.19	8.82E-03	52.22	3.00	184.2	13.67	18.89
	떨어짐	4.09~3.90	4.02	9.94E-03	52.80	0.60	6.1	14.20	15.20
	나쁨	3.89~3.50	3.62	1.36E-02	59.00	4.67	138.9	14.17	24.17

다. BRD SOC 8H<sub>0</sub> CoS=0s

표 6-45 BRD SOC 8H<sub>0</sub> CoS=0

CoS =0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss- E
8호관	매우우수	5.00~4.60	4.71	4.87E-05	1.88	1.99	39.1	0.42	2.04
	우수	4.59~4.30	4.52	1.30E-04	0.77	1.75	14.9	0.78	1.97
	보통	4.29~4.10	4.21	9.77E-03	47.00	0.00	4.9	14.00	9.00
	떨어짐	4.09~3.90	3.99	1.05E-02	11.00	3.00	4.3	14.00	13.00
	나쁨	3.89~3.50	3.81	1.15E-02	39.00	1.50	6.4	14.00	17.00

라. BRD SOC 호관통합 CoS=0,5

표 6-46 BRD SOC 호관통합 CoS=0,5

CoS =0~5	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss- E
BRD SOC 호관 통합	매우우수	5.00~4.60	4.71	1.90E-04	3.01	1.68	37.1	1.09	1.97
	우수	4.59~4.30	4.52	7.57E-04	3.36	2.05	36.9	2.29	3.16
	보통	4.29~4.10	4.19	9.33E-03	46.41	4.67	65.5	13.89	16.63
	떨어짐	4.09~3.90	4.02	1.02E-02	39.85	3.70	5.0	14.07	16.32
	나쁨	3.89~3.50	3.71	1.28E-02	48.67	3.94	95.2	14.06	21.39

## 제 7 장 결론

본 연구에서는 IPTV 서비스 환경과 유사한 실험망 환경을 구축하여 HD급 영상 데이터로 멀티캐스트 스트리밍 방송 서비스를 통해 네트워크상에서 트래픽 부하에 따른 IPTV 수신영상품질의 변화를 살펴보고, 영상품질에 따른 네트워크 측정요소의 임계치를 도출하였다. 또한 실험망에서 구해진 네트워크 트래픽 부하를 근거로 교내 IPTV 망을 통하여 멀티캐스트 실시간 방송을 통하여 실제 상황과 유사한 환경에서 영상품질 평가를 위한 지표들을 측정하고, 측정된 네트워크 측정요소를 V-Factor와 ETSI TR 101 209 측정 근거로 하여 비교 분석하였다.

수신된 영상에서 IPTV 멀티캐스트 스트리밍 방송에서 왜곡 없이 원 영상과 동일한 품질을 보이기 위해서는 V-Factor값이 4.6이상은 되어야 한다. 부분적으로 왜곡은 있으나 시청자가 동영상 상에서 인지하기 힘든 오류들이 발생하는 경우의 V-Factor의 값은 4.3 이상이다. 그 이하 값에서는 왜곡이 시청자의 눈으로 인식되어 IPTV 시청이 불편하고 V-Factor가 4.0 이하에서는 IPTV 시청이 힘들 것으로 판단된다. 본 연구 실험에서 확인한 사실로는 부하 트래픽이 원 영상데이터의 대역폭을 침해하는 부분에서는 아주 미세한 부하량 증가 즉, 몇 십 Kbps증가 에서는 V-Factor가 현저하게 감소하여 영상품질 저하가 심하게 발생한다는 것을 알 수 있다. 또한 PCR-OJ의 경우 그 값이 어느 임계치(100ms) 이내에 들어올 경우 수신영상의 화질에는 큰 영향을 주지 않으며, 오히려 다른 네트워크요소인 Out of Sequence, Loss Episodes 등에 더 영향을 받는다는 것을 실험을 통해 알 수 있었다. 이러한 사실들을 요약해 정리하면 다음과 같다.

- IPTV 멀티캐스트 방송망 환경은 인터넷 데이터 망과 구분된 별도의 네트워크 환경으로 운영할 필요가 있다.
- 인터넷 데이터와 IPTV 스트림 방송과 혼재할 경우 영상의 품질을 보장하기 어렵다.
- 네트워크 허용 대역폭의 임계치에 근방에서 영상의 품질은 10Kbps

이하의 변화에서도 영상품질은 민감하게 변화한다.

- IPTV 멀티캐스트 스트리밍 방송은 최소한 전송대역을 보장할 수 있는 QoS 기술을 적용해야 영상 품질을 보장할 수 있다.
- 방송영상의 제작/송출과정에서 발생하는 오류는 망의 QoS 보장기술과 상관없이 IPTV 스트리밍 방송 오류에 상승작용을 함으로 영상품질 저하를 가져올 수 있다.
- IPTV에서 영상품질에 영향을 주는 주요 파라미터 최소한 다음에 분석한 내용으로 보장해야 한다.
  - Loss Episodes(10/300 frame 이하), Network Loss( $10^{-4}$ 이하 확률), Out of Sequence(30/300 frame 이하)
  - PCR-OJ(ms) : 100ms 이내
  - Continuity error : TS stream의 순서 오류는 10초당 평균 1이내의 패킷 오류
  - PCR Discontinuity indicator error : 100ms 이내
  - PID error : 5sec 이내
  - PTS error : 700ms 이내

다음의 표 7-1을 보면 망 환경이 인터넷에 노출되어 실험망에 비해 상대적으로 열악한 교내망에서 PCR-OJ는 5ms 이내로 측정되고, 실험망에서는 50ms 이내로 측정되었음을 알 수 있다. 또, Network Loss는 실험망에서 손실 확률값이 높게 측정되었다. 즉, IPTV 망 운영시에 인터넷 데이터 트래픽이 적은 망은 실험망에서 분석한 측정요소에 영상 품질을 고려해야 한다. 망 환경이 좋을 경우에 실험망의 표 7-1의 “우수” 영상품질 이상을 유지해야 한다. 망 환경이 열악할 경우에는 교내망의 표 7-2의 “우수” 영상품질 이상을 유지해야 한다. 다음 표 7-1 / 표 7-2에서 망 환경이나 영상물을 고려한 최소한 영상품질 “우수” 항목에 네트워크 관련요소를 만족시켜야만 IPTV 시청이 가능할 것으로 판단된다.

표 7-1 실험망 영상품질 평가 통합범위

CoS=0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss- E
실험망 영상 통합 범위	매우우수	5.00~4.60	4.73	8.39E-04	6.35	1.11	11.17	2.94	2.90
	우수	4.59~4.30	4.44	6.02E-03	30.85	1.12	6.70	12.65	10.58
	보통	4.29~4.10	4.21	8.86E-03	40.24	1.04	43.33	14.21	14.91
	떨어짐	4.09~3.90	4.00	1.08E-02	50.42	0.91	23.40	14.36	17.31
	나쁨	3.89~3.50	3.70	1.30E-02	56.26	1.33	4.63	14.46	19.91

표 7-2 교내망 영상품질 평가 통합범위

CoS=0	영상 품질	V-Factor 범위	V-F 평균	Network Loss	Out of Sequence	Jitter Discards	PCR-OJ (ms)	Loss- EL	Loss- E
교내망 영상 통합 범위	매우우수	5.00~4.60	4.73	7.15E-05	1.37	1.73	5.08	0.69	1.81
	우수	4.59~4.30	4.52	8.44E-04	6.36	2.44	4.68	2.03	3.61
	보통	4.29~4.10	4.25	8.87E-03	39.93	0.78	4.88	14.39	15.18
	떨어짐	4.09~3.90	3.94	1.19E-02	61.53	1.83	4.73	14.19	18.65
	나쁨	3.89~3.50	3.72	1.38E-02	64.25	1.88	4.30	14.00	20.94



## 참 고 문 헌

- [1] 한국케이블TV방송협회 “디지털 케이블TV 기술워크숍(Ⅰ,Ⅱ권) DMC 프로젝트 추진방향 - 2000. 8. 23 -케이블TV디지털화 추진위원회 박성덕
- [2] 유선방송의 디지털화 추진방안연구(중간보고서) - 2000.2  
- 한국무선관리사업단(연구수행기간; 한양대학교 전기정보통신기술연구소)
- [3] 2002 Seoul Int'l OpenCable Workshop - "OpenCable Status in USTA"  
; Dr. joe Weber
- [4] 2002 Seoul Int'l OpenCable Workshop- "Vision of Korea Digital Cable Media Center" - Mr. Dong Kyun, Kang(CEO, KDMC)
- [5] 2002 Seoul Int'l OpenCable Workshop - "Open Solution for OpenCable Headend" - Tong yu, ph.D
- [6] 방송공학회지 2002, 12 제 7권 제 4호 “디지털 인프라 완성을 위한 디지털 방송정책방향” - 5p~9p 정보통신부 방송위성과장 이재홍
- [7] <http://www.cablelabs.com> RFI-"March '00 Opencable POD-HOST Interoperability Testing" - February 7, 2000.  
<http://www.opencable.com/download/specs/OC-SP-OCAP1.0-I12-040924.pdf>- "OpenCable Application Platform Specification" - ocap1.0 Profile "OC-SP-OCAP1.0-I12-040924"
- [8] [http://www.scet.org/-ANSISCTE282004\\_HOST\\_pod.pdf](http://www.scet.org/-ANSISCTE282004_HOST_pod.pdf)"Host-Pod Interface Standard"
- [9] [http://www.scet.org/-ANSISCTE302001DVS380\\_digitalprogram.pdf](http://www.scet.org/-ANSISCTE302001DVS380_digitalprogram.pdf)-"digital Program Insertion Splicing API"
- [10] <http://www.scet.org/-ANSISCTE962003IPSTP200>-"Cable Telecommunications Testing Guidelines"
- [11] <http://www.scet.org/-ANSISCTE5522002DVS167> -"Digital Broad Band Delivery System; Out of Band Transport Part 2 ; Mode B"
- [12] [http://www.scet.org/-ANSISCTEdocsis1\\_0.pdf](http://www.scet.org/-ANSISCTEdocsis1_0.pdf)-"Data-Over-Cable Systems Operations Support System Interface Specification 1.1"
- [13] [http://www.scet.org/-SCTE402003DVS313\\_network\\_interface.pdf](http://www.scet.org/-SCTE402003DVS313_network_interface.pdf)-"Digital cable Networks interface"
- [14] [http://www/scet.org/SCTE2312002DSS0209\\_DOCSISRF\\_SPec.pdf](http://www/scet.org/SCTE2312002DSS0209_DOCSISRF_SPec.pdf)-"

- Data-Over-cable Systems Radio Frequency Interface Specification 1.1"
- [15] 정보통신단체표준 제 · 개절일 : 2002년 9월 18일 TTAS.KO-07.0020  
디지털유선방송수신정합표준(Standard for Digital CATV Transmitter / Receiver Interface) TTA Standard
  - [16] "디지털 유선방송표준과 방송통신융합"-한양대학교 최규태, 박승권-방송 공학회지
  - [17] "데이터방송의 현황과 전망" I,II.ppt(주)에어코드 기술이사 이동복
  - [18] "디지털방송기술동향"-서울산업대학교 매체공학과 최성진
  - [19] 케이블TV방송정책 및 기술워크숍-2003. 10 방송위원회-Session 2.  
OpenCable Solutions 기술구현 및 개발현황-"Pod의 기술구현방법 및 개발 현황"-전자부품연구원 최광호
  - [20] 제5회 디지털케이블TV방송 기술강좌-2004. 9. 16-KDCF-"DOCSIS Overview"- 삼성전자 계신웅
  - [21] 강훈, 김종광, 최용호 역, "CCNP Self-Study: Building Cisco Multilayer Switched Networks" 한글 3판 pp.522~640, 2006
  - [22] 김남식 역, "TCP/IP 인터넷트위킹", 5판, pp.614~631, 2006
  - [23] 홍석원, 장재준, "인터넷 QoS 모델" 네트워크매니아즈, 2000
  - [24] Alan Clark, FG IPTV-C-0411 3rd FG IPTV Jan., 2007.
  - [25] R. Braden et al., "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview", RFC 1633, June 1994
  - [26] Roshan Ramachandran1, Tujiao Li, ITU-T QoS Standards for IP-Based Networks, May 2006.
  - [27] S. Blake et al., "An Architecture for Differentiated Services", RFC2475, December 1998
  - [28] S. Bradner, J. McQuaid, "Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices", RFC2544 March 1999.
  - [29] International Standard ISO/IEC 13818-1 Information Technology - General Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Systems, 2000
  - [30] V. Paxson, G. Almes, J. Mahdavi, M. Mathis, "Framework for IP Performance Metrics", IETF RFC 2330, May 1998
  - [31] J. Mahdavi, V. Paxson, "IPPM Metrics for Measuring Connectivity", IETF RFC 2678, May 1999
  - [32] G. Almes, S. Kalidindi, M. Zekauskas, "A One-way Delay Metric for

- IPPM", IETF RFC 2679, Sept. 1999
- [33] G. Almes, S. Kalidindi, M. Zekauskas, "A One-way Packet Loss Metric for IPPM", IETF RFC 2680, Sept. 1999
  - [34] G. Almes, S. Kalidindi, M. Zekauskas, "A Round-trip Delay Metric for IPPM", IETF RFC 2681, Sept. 1999
  - [35] C. Demichelis, P. Chimento, "IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics (IPPM)", IETF RFC 3393, Nov. 2002
  - [36] A. Morton, L. Ciavattone, G. Ramachandran, S. Shalunov, J. Perser, "Packet Reordering Metrics", IETF RFC 4737, Nov. 2006
  - [37] E. Stephan, L. Liang, A. Morton, "IP Performance Metrics (IPPM) for spatial and multicast", IETF Internet-Draft, draft-ietf-ippm-multimetrics-03, Mar. 2007
  - [38] H. Uijterwaal, "A One-Way Packet Duplication Metric for IPPM", IETF Internet Draft, draft-ietf-ippm-duplicate-01, Apr. 2007
  - [39] ITU-T Recommendation Y.1540, "Internet Protocol Data Communication Service - IP packet transfer and availability performance parameters", Dec. 2002
  - [40] ITU-T Recommendation Y.1541, "Network Performance objectives for IP-based services", Feb. 2006
  - [41] "Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems", ETSI TR 101 290, 2001
  - [42] "A Layman's Guide to PCR Measurements", Tektronix, 2003  
[http://www.broadcastpapers.com/whitepapers/paper\\_loader.cfm?pid=195](http://www.broadcastpapers.com/whitepapers/paper_loader.cfm?pid=195)
  - [43] "Comprehensive PCR Analysis Using the R&S@DVM Family from Rohde & Schwarz R&S@DVM50/DVM100/DVM120/DVM400," Rohde & Schwarz, 2006,  
[http://www.rohde-schwarz.com/www/downcent.nsf/ANFileByANNoForInternet/4C090DA724BA8D0DC125718000216F81/\\$file/7BM55\\_0E.pdf](http://www.rohde-schwarz.com/www/downcent.nsf/ANFileByANNoForInternet/4C090DA724BA8D0DC125718000216F81/$file/7BM55_0E.pdf)
  - [44] "PCR Measurements," Tektronix, 2003, [http://www.tek.com/Measurement/App\\_Notes/25\\_14617/eng/25W\\_14617\\_1.pdf](http://www.tek.com/Measurement/App_Notes/25_14617/eng/25W_14617_1.pdf)
  - [45] ITU-T FG IPTV, "ITU-T Study Group 13 response on QoS and Performance work for IPTV", FG-IPTV Contribution, FG TPTV-C-0106, Oct. 2006.
  - [46] ITU-T FG IPTV, "Classification of IPTV services based on network

- QoS requirements", FG-IPTV Contribution, FG TPTV-C-0127, Oct. 2006.
- [47] ITU-T FG IPTV, "IPTV QoS/QoE Metrics", FG-IPTV Contribution, FG IPTV-C-0411, Jan. 2007
- [48] ITU-T FG IPTV, "Proposed QoS and Resource Control Function for IPTV Overlay Networks", FG-IPTV Contribution, FG TPTV-C-0600, May 2007

## 부 록

“매우우수” 영상

V-Factor = 4.70



그림 부록-01 IVY-Broadcast=00.00%-COS=0-LAB

V-Factor = 4.67



그림 부록-02 IVY-Broadcast=81.00%-COS=0-LAB

부록-1

“우수” 영상  
V-Factor = 4.56



그림 부록-03 IVY-Broadcast=81.50%-COS=0-LAB

V-Factor = 4.37



그림 부록-04 IVY-Broadcast=81.56%-COS=0-LAB

부록-2

“보통” 영상  
V-Factor = 4.13



그림 부록-05 IVY-Broadcast=81.59%-COS=0-LAB

V-Factor = 4.21



그림 부록-6 IVY-Broadcast=81.67%-COS=0-LAB

부록-3



“떨어짐” 영상  
V-Factor = 4.06



그림 부록-7 IVY-Broadcast=81.64%-COS=0-LAB

V-Factor = 3.97



그림 부록-8 IVY-Broadcast=81.70%-COS=0-LAB

부록-4



“나뽀” 영상  
V-Factor = 3.38



그림 부록-9 IVY-Broadcast=81.81%-COS=0-LAB

V-Factor = 3.74



그림 부록-10 IVY-Broadcast=81.84%-COS=0-LAB

부록-5

“범위외” 영상  
V-Factor = 2.85



그림 부록-11 IVY-Broadcast=81.95%-COS=0-LAB

V-Factor = 1.82



그림 부록-12 IVY-Broadcast=82.40%-COS=0-LAB