

# 셀손실에 따른 MPEG-2 비디오의 서비스 품질

## (QoS of MPEG-2 Video under Cell Loss Condition)

韓宗碩\*, 崔在亨\*, 金之中\*

(Jong-Seok Han, Jae-Hyoung Choi, and Jee-Joong Kim)

### 요 약

ATM 망을 이용한 MPEG-2 비디오 서비스 제공시, 망제공자의 입장에서는 사용자가 요구하는 응용계층에서의 서비스 품질을 보장하기 위한 망의 ATM 계층 서비스 품질 목표치가 필요하다. 본 논문에서는 셀손실에 따른 응용계층에서의 서비스 품질저하를 AAL 계층을 고려한 GIQ 모델을 제안하여 객관적으로 정량화하고, 이를 사용자의 주관적인 관점에서 MOS 평가하여 셀손실과 MPEG-2 비디오의 서비스 품질간 상관관계를 제시한다.

연구결과, MOS 등급 5(Excellent)의 서비스 품질을 보장하기 위한 CLR과  $GIQ_{mean}$ 는  $CLR \leq 4 \times 10^{-7}$  및  $GIQ_{mean} \geq 99.94\%$  이고, MOS 등급 4(Good)을 보장하기 위한 CLR과  $GIQ_{mean}$ 는  $CLR \leq 2 \times 10^{-6}$  및  $GIQ_{mean} \geq 99.705\%$  이었다.

### Abstract

On providing MPEG-2 video service through the ATM network, it is necessary for network provider to have the ATM QoS objectives in order to guarantee quality of service required by end users at the application layer. In this paper, the degradation of QoS caused by cell losses at application layer is assessed quantitatively by GIQ model considering AAL layer and is evaluated qualitatively by MOS from the viewpoint of the end users in order to analyze the relation between CLR and QoS of MPEG-2 video.

From the simulation and empirical results, we know that CLR and  $GIQ_{mean}$  for guaranteeing QoS of MOS grade 5(Excellent) are  $CLR \leq 4 \times 10^{-7}$  &  $GIQ_{mean} \geq 99.94\%$  and those for guaranteeing QoS of MOS grade 4(Good) are  $CLR \leq 2 \times 10^{-6}$  &  $GIQ_{mean} \geq 99.705\%$ .

### I. 서 론

ATM(Asynchronous Transfer Mode) 기술을 기반으로 하는 광대역 종합통신망이 점차 현실화되고, 이 기반 위에서의 멀티미디어 통신 서비스가 보편화됨에 따라 망 제공자의 입장에서는 사용자가 요구하는 응용계층 서비스 품질을 보장하기 위한 망의 ATM 계층 서비스 품질(QoS : Quality of Service) 목표

치가 필요하게 되었다. 일반적으로 서비스 품질은 서비스 사용자의 만족 정도를 결정하는 서비스 성능의 총체적 효과로 정의되어 사용자 지향적인 개념으로 사용되고 있다<sup>[1]</sup>. QoS를 계층별로 보면 망계층 QoS와 응용계층 QoS가 있다. 망계층 QoS에 관한 연구 및 표준화는 주로 ITU-T를 중심으로 활발히 이루어지고 있으며 물리계층, ATM 계층, AAL(ATM Adaptation Layer) 계층, IP(Internet Protocol) 계층등의 서비스 품질 파라미터들이 표준화되었다<sup>[2-5]</sup>. 응용계층 QoS에는 객관적 평가기준에 따라 QoS를 정량화하는 객관적 QoS와 서비스 사용자의 주관적이고 종합적인 판단에 따라 평가되는 주관적인 QoS가

\* 正會員, 데이콤 綜合研究所 交換技術  
(DACOM R&D Center Switching Technology Team)  
接受日字:1998年11月30日, 수정완료일:1999年6月28日

있으며 이에 관한 연구 및 표준화는 ITU-T, MMCF 등에서 이루어지고 있다<sup>[6-9]</sup>. 사용자가 요구하는 응용계층 서비스 품질을 보장하기 위한 망의 ATM 계층 서비스 품질 목표치를 구하기 위해서는 ATM 계층에서의 손상들(impairments)이 응용계층에서 사용자가 느끼는 비디오 서비스 품질에 어떠한 영향을 미치는가를 정량적, 정성적으로 규명해야 한다.

ATM 계층에서의 손상들이 응용계층에서의 비디오 서비스 품질에 미치는 영향에 관한 많은 연구들이 있었다. 대표적인 연구로는 셀손실과 MPEG(Moving Picture Expert Group) 비디오의 화질저하간의 관계를 규명한 진성기 등<sup>[10, 11]</sup>의 연구와 ATM 계층에서의 손상들(셀손실, 셀전송지연, 셀지연변이등)과 응용계층에서의 주관적 QoS와의 관계에 관한 Zamora의 연구<sup>[12]</sup> 등이 있다. 진성기 등의 연구에서는 셀손실에 따른 화질저하량을 구하는데 있어서 AAL 계층이 고려되지 않았다. 그러나 실제로 응용계층의 서비스 품질에는 AAL 계층의 PDU(Protocol Data Unit) 손실이 큰 영향을 미친다. Zamora의 연구에서는 ATM 계층에서의 손상에 따른 응용계층의 주관적 QoS가 화질에 미치는 영향을 객관적으로 정량화하지 못하였다.

본 논문에서는 AAL 계층에서의 PDU 손실을 고려한 GIQ(Guaranteed Image Quality) 모델을 제안하여 가장 대표적인 ATM 계층에서의 손상인 셀손실에 따른 MPEG-2 비디오의 객관적 QoS를 수치해석하고, 셀손실에 따른 MPEG-2 비디오의 주관적 QoS를 평가하여 셀손실에 따른 객관적 QoS와 주관적 QoS 간의 관계를 분석한다. 단 셀손실은 ATM의 통계적 다중화에 의한 셀손실은 고려하지 않고, PCR로 연결을 설정하는 CBR 환경에서 채널오류에 의해 발생하는 것으로 가정한다. ATM 망을 이용하여 MPEG-2 비디오 서비스 제공 시, 사용자가 요구하는 서비스 품질을 보장하기 위한 망의 CLR(Cell Loss Ratio) 성

능목표치를 제시하고, ITU-T QoS 클래스에 대한 CLR 설계 목표치를 주관적, 객관적인 방법을 통해 검증한다.

셀손실에 따른 MPEG-2 비디오의 주관적 QoS를 평가하기 위해 MPEG-2 비디오(음성포함)의 움직임 특성에 따라 드라마, 스포츠로 분류하여 가상 ATM 망에 인가하며 가상 ATM 망은 NEM(Network impairment EMulator)을 이용하여 구현한다. 가상 ATM 망에서의 셀손실은 NEM을 이용하여 균일(uniform)분포로 발생시키며 MPEG-2 비디오(음성포함)에 대한 주관적 QoS는 ITU<sup>[6, 7]</sup>에서 제시한 excellent, good, fair, poor, bad의 5단계에 따라 MOS [Mean Opinion Score] 방법을 이용하여 평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 셀손실에 따른 MPEG-2 비디오의 화질저하를 정량화하기 위한 모델을 제시하고, III장에서는 주관적 QoS 평가를 위한 시험환경, 주관적 QoS 평가 기준 및 평가방법을 소개하고, IV장에서는 II장에서 제시한 모델을 이용하여 셀손실에 따른 화질저하를 수치해석하여 주관적 QoS 성능평가 결과와 비교, 분석하고 V장에서는 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

## II. 셀손실과 MPEG-2 비디오 화질과의 정량적 관계

본 장에서는 ATM 망에서 셀손실이 발생할 경우 수신측 응용계층 MPEG-2 비디오에서 어느정도의 화질저하를 나타내는지 정량적으로 해석한다.

### 1. MPEG-2 부호기의 부호화 및 복호화 과정

본 논문에서 사용된 MPEG-2 부호기<sup>[13]</sup>의 부호화 과정은 다음과 같다. NTSC 또는 S-비디오 신호

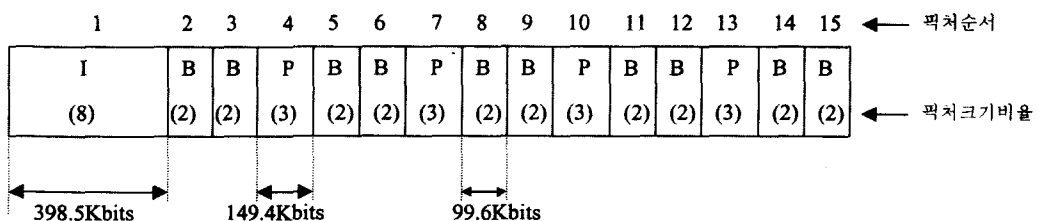


그림 1. GOP에서의 각 픽처 배열과 크기  
Fig. 1. Picture sequence and size in a GOP.

는 디지털 신호로 변환된 후 MPEG-2 부호기에 의해 MPEG-2 TS(Transport Streams) 패키지가 된다. 비디오 신호의 압축은 초당 2개의 GOP(Group of Pictures)를 형성하며 하나의 GOP는 15개의 픽처(1BBPBBPBBPBBPBB)로 구성된다. MPEG-2의 I, P, B 픽처가 지나는 정보량은 통계적으로 8: 3: 2의 비율로 나타난다. 비디오 소스 트래픽은 MPEG-2 부호기에 의해 영상은 4.4 Mbps, 음성은 채널당 256 Kbps로 부호화 되어 디지털 TV 품질에 해당하는 5.4 Mbps의 CBR(Constant Bit Rate) 트래픽을 형성한다. 하나의 GOP내에서 각 픽처의 배열과 크기는 그림 1과 같다.

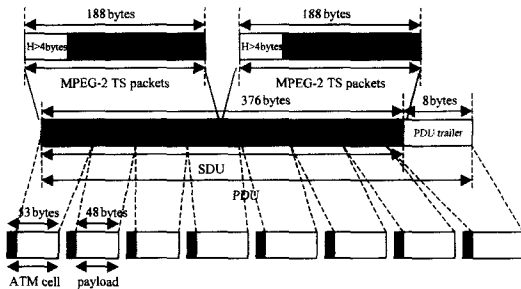


그림 2. MPEG-2 TS 스트림, AAL-5 PDU와 ATM셀간의 관계  
Fig. 2. Relation between TS stream, AAL-5 PDU and ATM cells.

MPEG-2 부호기에 의해 부호화된 MPEG-2 TS 패키지들은 다중화 되어 그림 2와 같이 AAL-5 PDU를 형성한 후 ATM셀로 나누어 진다. 그림 2는 MPEG-2 TS 스트림, AAL-5 PDU와 ATM셀간의 관계를 나타낸다.

ATM 망에서 발생하는 하나의 셀손실은 AAL-5 PDU에 대해 잘못된 CRC 체크를 야기시킨다. 손상된

AAL-5 PDU는 CRC 필드의 체크 후에 수신단의 AAL-5에 의해 폐기된다. 따라서 하나의 셀손실은 384bytes의 AAL-5 PDU의 손실을 야기시키는 것으로 가정한다. 본 논문의 시험에 사용된 MPEG-2 복호기<sup>[14]</sup>에서는 영상 복호시 하나의 AAL-5 PDU 손실에 의해 2개의 MPEG-2 TS 패키지들의 손실이 발생하며, 복호기는 손실된 TS패킷들을 포함하고 있는 픽처들(I, P, B픽처)을 제외한 나머지 픽처들로부터 4.4 Mbps의 복합(composite) NTSC와 PAL을 재생시킨다.

2. GIQ(Guaranteed Image Quality) 모델

셀손실에 따른 응용계층에서의 화질저하를 정량화하기 위한 기존의 해석모델<sup>[10, 11]</sup>은 AAL 계층에서의 PDU 손실을 고려하지 않았다. 본 절에서는 셀손실에 기인한 AAL-5 PDU 손실에 따른 응용계층에서의 화질저하를 정량화하기 위해 GIQ 모델을 제안한다. GIQ는 셀손실로 인한 화질저하 시, 응용계층에서 보장해줄 수 있는 화질을 백분율로써 나타낸 것이다.

매크로블록 단위로 화질 저하량을 분석하기 위해, 전체 MPEG-2 비디오 시험트래픽에서 셀손실로 인한 화질 저하량(DIQ: Degraded Image Quality)을 식 (1)로서 정의한다.

$$DIQ = \frac{\text{셀손실로 인해 파괴된 매크로블록의 총수}}{\text{전체 MPEG-2 시험 트래픽에서의 매크로블록 총수}} \times 100(\%) \quad (1)$$

매크로블록은 고정된 크기의 16×16 화소이므로 픽처의 화소크기가 주어지면 픽처 내에 있는 매크로블록의 수를 구할 수 있다. 본 논문에서 사용된 MPEG-2 부호기는 각 픽처에 대해 동일한 크기의 화소(720×480)를 가지므로 각 픽처에 대해 동일한 수의 매크로

표 1. GOP에서 하나의 셀손실로 인해 파괴되는 픽처의 발생 경우와 발생 확률

Table 1. Cases of pictures degraded by a cell loss in a GOP, probability.

픽처가 파괴되는 경우	파괴되는 매크로블록수(N <sub>d</sub> )	발생확률: P <sub>r</sub> (1, case)
1)1GOP	15×m	$[n_i/(n_i+4n_p+10n_b)]$
2)B	m	$[9n_b/(n_i+4n_p+10n_b)][(n_b-1)/n_b]+[n_b/(n_i+4n_p+10n_b)]$
3)PBB	3×m	$[4n_p/(n_i+4n_p+10n_b)]$
4)BPBB	4×m	$[4n_b/(n_i+4n_p+10n_b)](1/n_b)$
5)BB	2×m	$[5n_b/(n_i+4n_p+10n_b)](1/n_b)$

블록을 발생시킨다. 그림 1에서 하나의 GOP에 15개의 픽처가 포함되므로 하나의 픽처내에서 매크로블록의 수가  $m$ 이라고 할 때 한 GOP내의 매크로블록의 수( $N_{gop}$ )는  $15 \times m$ 이다. GOP내에서 셀손실로 인한 AAL-5 PDU 손실이 발생할 확률이 동일하다고 가정하면 하나의 셀손실로 인해 발생하는 픽처 및 매크로블록의 파괴 경우와 발생확률 및 파괴되는 매크로블록의 수( $N_d$ )는 표 1과 같이 구할 수 있다. 표 1에서  $n_i$ 는 하나의 I 픽처에서의 AAL-5 PDU 수,  $n_p$ 는 하나의 P 픽처에서의 AAL-5 PDU 수,  $n_b$ 는 하나의 B 픽처에서의 AAL-5 PDU 수이다.

앞의 표에서 경우 1은 셀손실로 인한 AAL-5 PDU 손실이 I 픽처에서 발생하여 I 픽처를 참조하는 GOP내의 모든 매크로블록이 파괴되는 경우로서 하나의 GOP내에서 AAL-5 PDU 손실이 I 픽처에 발생할 확률은  $[n_i / (n_i + 4n_p + 10n_b)]$ 이다. 경우 2는 AAL-5 PDU 손실이 10개의 B 픽처 중 하나에서 발생하고 이것이 인접한 픽처들에 영향을 미치지 않고 B 픽처에 있는 매크로블록만을 파괴하는 경우이므로 B 픽처 내에서 다른 픽처와 인접한 부분에 해당하는 하나의 AAL-5 PDU 손실은 제외되어야 한다. AAL-5 PDU 손실에 의한 매크로블록 파괴의 파급효과가 하나의 GOP내로 국한된다고 가정하면 10번째 B 픽처에서는 다음 GOP와 인접한 부분에서도 AAL-5 PDU 손실이 발생할 수 있다. 따라서 경우 2가 발생할 확률은  $[9n_b / (n_i + 4n_p + 10n_b)] [(n_b - 1) / n_b] + [n_b / (n_i + 4n_p + 10n_b)]$ 이다. 경우 3은 AAL-5 PDU 손실이 4개의 P 픽처들 중 하나에서 발생하여 P 픽처 및 P 픽처를 참조하는 B 픽처들의 매크로블록이 파괴되는 경우로서 AAL-5 PDU 손실이 P 픽처에 발생할 확률은  $[4n_p / (n_i + 4n_p + 10n_b)]$ 이다. 경우 4는 4개의 P 픽처와 인접한 B 픽처의 끝부분에서 AAL-5 PDU 손실이 B 픽처와 P 픽처에 걸쳐서 발생하는 경우로서 발생확률은  $[4n_p / (n_i + 4n_p + 10n_b)] (1/n_b)$ 이다. 경우 5는 AAL-5 PDU 손실이 5개의 BB 픽처들 중의 하나에서 B 픽처와 B 픽처 사이에 걸쳐서 발생하는 경우로서 발생확률은  $[5n_b / (n_i + 4n_p + 10n_b)] (1/n_b)$ 이다.

MPEG-2 비디오 스트림에서 하나의 셀손실(또는 AAL-5 PDU 손실)로 파괴되는 매크로블록의 기대값은 표 1로부터 (2)식과 같이 구할 수 있다.

$$E[N_d] = \sum_{all\ case} P_r(1, case) \cdot N_d \quad (2)$$

$k$ 개의 GOPs로 이루어진 MPEG-2 스트림에  $j$ 개의 셀손실이 발생하였을 때,  $k \gg j$ 이고 MPEG-2 스트림을 구성하는 셀에서 손실이 발생할 확률이 동일하다고 가정하면 하나의 GOP에서 하나의 셀손실만 발생하는 것으로 가정할 수 있다. 따라서  $k$ 개의 GOPs로 이루어진 MPEG 스트림에서  $j$ 개의 셀손실로 인해 기대되는 화질 저하량의 평균( $DIQ_{mean}$ )은 (3)식으로 구해진다.

$$DIQ_{mean} = \frac{\sum_i E[N_d]}{k \cdot N_{gop}} \times 100 (\%) \quad (3)$$

또한  $k$ 개의 GOPs로 이루어진 MPEG-2 스트림에서  $j$ 개의 셀손실로 인해 기대되는 화질 저하량의 최대값( $DIQ_{max}$ )과 최소값( $DIQ_{min}$ )은 표 1로부터 (4)식과 (5)식으로 구해진다.

$$DIQ_{max} = \frac{\sum_i Max[N_d]}{k \cdot N_{gop}} \times 100 (\%) \quad (4)$$

$$DIQ_{min} = \frac{\sum_i Min[N_d]}{k \cdot N_{gop}} \times 100 (\%) \quad (5)$$

$k$ 개의 GOPs로 이루어진 MPEG-2 스트림에서  $j$ 개의 셀손실이 발생했을 때 보장 가능한 화질(GIQ : Guaranteed Image Quality)은 (6)식으로 정의된다.

$$GIQ = (100 - DIQ) \% \quad (6)$$

### III. 주관적 QoS 평가방법 및 평가 기준

본 장에서는 ATM 망에서의 셀손실이 수신측 응용계층 MPEG-2 비디오에서 화질저하의 정도를 주관적으로 평가하여 II장의 객관적 QoS 평가와 비교하기 위한 시험환경, 평가 기준 및 평가 방법을 소개한다.

#### 1. 시험 환경

본 절에서는 가상 ATM망에서의 셀손실에 따른 주관적 QoS를 평가하기 위한 시험 환경을 기술한다. 그림 3은 NEM을 이용한 가상 ATM망에서의 셀손실에 따른 주관적 QoS를 평가하기 위한 시험 구성도이다.

그림 3에서 VTR로부터 나온 원영상(original source)은 양채널 TV의 한 쪽 채널에서 상영된다. TV로 가기 전에 분기된 원영상은 MPEG-2 부호기의 부호화 카드에 입력되어 부호화된 후 PCI 버스를

통해 ATM 인터페이스 카드로 전달된다. ATM 인터페이스 카드<sup>[15]</sup>에서는 그림 2에서와 같이 부호화된 MPEG-2 TS패킷들로부터 AAL-5 SDU(Service Data Unit)에 PDU 꼬리(trailer)를 붙여 384bytes의 AAL-5 PDU를 만든 후 SAR(Segmentation And Reassembly) 칩에서 ATM 셀로 만들어서 NEM<sup>[16]</sup>으로 전송된다. NEM은 셀손실을 일으키는 가상 ATM 망의 역할을 수행한 후 손상된(impaired) ATM 셀들을 MPEG-2 복호기로 전송한다. 전송된 셀들은 ATM 인터페이스 카드에서 픽처의 형태로 변환된 후 복호화 카드에서 복호되어 양 채널 TV에 입력된다. 손상되어 입력된 영상은 VTR로부터 바로 입력된 원영상과 동시에 비교되어 진다. MPEG-2 부호기와 복호기 사이에는 제어용 채널로서 VPI/VCI (0/55)가 설정되며 데이터 전송을 위한 채널로는 VPI/VCI (0/50)가 설정된다.

2. 주관적 QoS 평가 기준 및 평가방법

종단 사용자에 의해 인지되는 주관적인 QoS 평가는 ITU에서 제시된 방법<sup>[6,7]</sup>에 따르며 손상의 정도와 비디오 질의 정도에 따라 표 2에서 처럼 5등급으로 나뉜다.

본 논문에서는 주관적 QoS를 평가하기 위해 MOS 방법을 사용하였다. MOS 평가란 여러 사람이 동일한 비디오에 대해 주관적 QoS 성능을 평가하여 그 값들을 평균한 값으로 비디오의 서비스 품질을 결정하는 방법이다.

MPEG-2 트래픽이 ATM 망을 통하여 전송될 때 망종단에서 사용자가 인지하는 주관적 QoS를 평가하기 위한 시험구성은 그림 3과 같다.

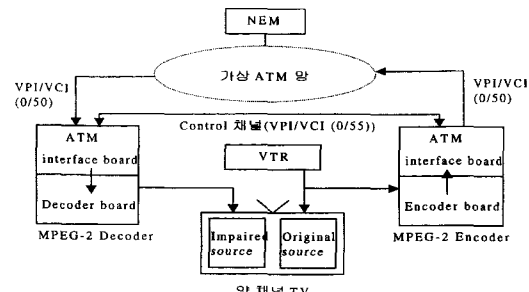


그림 3. NEM을 이용한 가상 ATM 망에서 주관적 QoS를 평가하기 위한 시험구성

Fig. 3. Test configuration for assessing the subjective QoS through the virtual ATM network using NEM.

표 2. ITU 서비스 품질과 손상 등급

Table 2. QoS and impairment grades of ITU.

MOS 등급	서비스 품질	손상(impairment)
5	Excellent	Imperceptible
4	Good	Perceptible, but not annoying
3	Fair	Slightly annoying
2	Poor	Annoying
1	Bad	very annoying

사용한 비디오 소스 트래픽은 영상의 움직임 특성에 따라 드라마(그대 그리고 나), 스포츠(농구)의 2 종류를 사용하며 셀손실에 따른 주관적 QoS의 평가는 동일한 드라마, 스포츠에 대하여 100초 씩 행한다. ATM 망은 NEM 모듈을 이용하여 에뮬레이션 한다. 균일(uniform) 분포로 발생하는 셀손실의 평균을  $10^{-3}$ -  $10^{-7}$  까지 변화 시키면서 셀손실과 비디오 소스 트래픽의 움직임 특성에 따른 서비스 품질의 차이를 평가한다.

IV. 셀손실에 따른 화질저하 수치해석 및 주관적 QoS성능 평가

본 장에서는 셀손실에 따른 화질저하를 수치해석하여 주관적 QoS 성능평가 결과와 비교, 분석한다. 셀손실에 따른 화질저하 수치해석은 II장에서 제안한 GIQ 모델을 이용하며, 주관적 QoS 성능 평가는 비디오의 움직임 특성에 따라 드라마와 스포츠에 대해서 MOS 방법을 이용하였으며 MOS 평가에는 16명이 참가하였다.

1. 셀손실에 따른 화질저하 수치해석

II장에서의 셀손실에 따른 화질저하를 수치해석하기 위해 사용되는 파라미터와 파라미터 값들은 그림 1로부터 표 3과 같이 주어진다.

표 3. 화질저하 수치해석을 위한 파라미터들과 값들

Table 3. parameters and their values used for numerical simulation of DIQ.

파라미터	ni	np	nb
파라미터 값	129.7 PDUs	48.6 PDUs	32.4 PDUs

표 3의 파라미터 값들을 표 1의 우측에 있는 식들에 대입하여 얻은 Pr(1, case)과 표 1의 Na값들을

(2)식에 대입하면  $E[N_d]$  를 구할 수 있다. 표 1로부터  $\text{Max}[N_d] = 15 \times m$ 이고  $\text{Min}[N_d] = m$ 이다. III장의 주관적 QoS 평가 시험은 100초 동안 200개의 GOP에 대해 수행되므로 (3), (4), (5)식에서  $k = 200$ 이다. 그림 1로부터 초당 전송되는 MPEG-2 비디오의 셀수가  $1.0377 \times 10^4$ 이므로 시험에 사용된 MPEG-2 비디오의 총 셀수는  $1.0377 \times 10^6$ 이다. (3), (4), (5)식에서  $j$ 는  $2 \times 10^{-5} < \text{CLR} < 10^{-7}$ 일 때  $20.8 > j > 0.1$ 의 값을 갖는다.  $E[N_d]$  를 (3)식,  $\text{Max}[N_d]$  를 (4)식,  $\text{Min}[N_d]$  를 (5)식에 대입하면 그림 4의 (a)와 같이 CLR에 따른 DIQ의 최소, 평균 및 최대값을 구할 수 있다. 또한 (3), (4), (5)식의 결과를 (6)식에 대입하면 그림 4의 (b)와 같이 CLR에 따른 GIQ의 최대, 평균 및 최소값을 구할 수 있다.

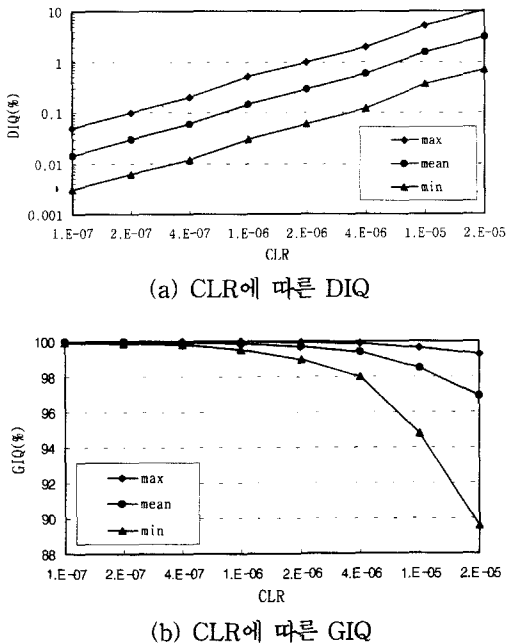


그림 4. 셀손실율에 따른 MPEG-2의 DIQ 및 GIQ  
Fig. 4. DIQ and GIQ of MPEG-2 vs. Cell Loss Ratio.

그림 4 (a)로부터  $\text{CLR} < 2 \times 10^{-6}$ 에서는 DIQ가 1% 미만으로 매우 작지만  $\text{CLR} > 2 \times 10^{-6}$ 으로 증가함에 따라 DIQ가 급격히 증가함을 알 수 있다. 그림 4 (b)로부터  $\text{CLR} < 2 \times 10^{-6}$ 에서는 GIQ가 99% 이상 보장되지만  $\text{CLR} > 2 \times 10^{-6}$ 으로 증가함에 따라 GIQ가 급격히 감소함을 알 수 있다.  $\text{GIQ}_{\text{max}}$ 가  $\text{GIQ}_{\text{min}}$ 에 비해  $\text{GIQ}_{\text{mean}}$ 에 가까운 것은  $\text{Min}[N_d]$ 가

발생할 확률이  $\text{Max}[N_d]$ 가 발생할 확률에 비해 훨씬 크기 때문이다.

ATM 망에서 MPEG-2로 부호화된 각종 비디오 서비스의 응용에 대해 특정한 값의 화질이 요구될 때, 망에서 제공해야 하는 셀손실율은 그림 4의 역변환으로부터 구할 수 있다. 예를 들어 99% 이상의 화질 (GIQ)이 보장되어야 하는 MPEG-2 서비스 응용분야에서는  $\text{GIQ}_{\text{min}}$ 의 경우  $2 \times 10^{-6}$ ,  $\text{GIQ}_{\text{mean}}$ 의 경우  $4 \times 10^{-6}$ ,  $\text{GIQ}_{\text{max}}$ 의 경우  $2 \times 10^{-5}$ 의 셀손실율을 ATM 망에서 지원해 주어야 한다.

2. CLR에 따른 주관적 QoS 성능 평가

셀손실은 MPEG-2 TS 패킷들을 포함하는 AAL-5 PDU에 대해 잘못된 CRC 체크를 야기시킨다. 손상된 AAL-5 PDU는 CRC 필드의 체크 후에 폐기되어 하나의 셀손실은 384 bytes의 AAL-5 PDU의 손실을 야기한다. 따라서 셀손실은 비디오에 화면정지, 화면 일그러짐, 화면 흔들림, 화면 끊어짐, 음성 끊어짐, 립싱크 불일치 등의 현상으로 나타난다. 그림 5는 셀손실과 비디오의 움직임 특성에 따른 MOS를 비교하였다.

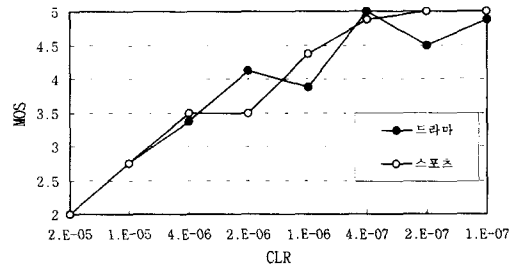


그림 5. 셀손실과 비디오의 움직임 특성에 따른 MOS  
Fig. 5. MOS vs. cell losses & moving feature of video.

그림 5에서 비디오의 움직임 특성에 따른 MOS는 움직임이 적은 드라마와 움직임이 많은 스포츠 중 어느 것이 더 크다고 단정 지을 수 없다. 시험에 사용된 MPEG-2 부호기는 드라마와 스포츠를 5.4 Mbps CBR 트래픽으로 부호화하기 때문에 드라마와 스포츠 모두 단위 픽처 당 셀손실이 같은 비율로 발생하게 된다. 따라서 MOS는 비디오의 움직임 특성 보다는 MPEG-2 GOP 내에서 셀손실로 인한 AAL SDU 손실이 발생하는 위치에 의존한다.

셀손실이 작아짐에 따라 MOS 값이 증가해야 하지만 시험결과가 부분적으로 이것과 일치하지 않는 이유

는 셀손실로 인한 AAL SDU 손실이 MPEG-2 GOP 내에서 발생하는 위치때문이다. 드라마의 경우  $CLR=4 \times 10^{-7}$  (시험트래픽에 대해 셀손실 0.4개 발생) 일 때의 MOS가  $CLR=2 \times 10^{-7}$  (시험트래픽에 대해 셀손실 0.2개 발생)와  $CLR=10^{-7}$  (시험트래픽에 대해 셀손실 0.1개 발생)일 때의 MOS 보다 크게 평가되었다. 그림 4로부터  $CLR=4 \times 10^{-7}$  일 때  $GIQ_{max} = 99.988\%$  이고,  $CLR=2 \times 10^{-7}$  와  $CLR=10^{-7}$  일 때  $GIQ_{min} = 99.9\%$  와  $GIQ_{min} = 99.95\%$  이기 때문에 1 회의 MOS 평가 시에는 발생가능하다. 이처럼 전체 시험트래픽에 대해 셀손실이 2개 이하인 CLR에 대해서는 셀손실의 발생위치에 따라 MOS 결과가 뒤바뀔 수 있다. 그러나 셀손실이 여러개 발생하는 CLR ( $> 2 \times 10^{-6}$ )에서는 여러개의 셀손실이 표 1에서 보듯이 계속해서 최악의 경우(경우 1) 또는 최상의 경우(경우 2)로 발생할 확률이 0에 가깝기 때문에 GIQ는 평균값에 수렴할 것이며 MOS는 뒤바뀌지 않을 것이다. 또한 전체 시험트래픽에 대해 셀손실이 2개 이하인 경우에도 MOS 평가를 동일한 CLR에 대해 여러차례 실시하여 평균을 낸다면 MOS는 뒤바뀌지 않을 것이다.

그림 5로부터  $CLR$ 은  $2 \times 10^{-5} \geq CLR > 10^{-5}$  에서 MOS 등급 2(Poor quality),  $10^{-5} \geq CLR > 2 \times 10^{-6}$  에서 MOS 등급 3(Fair quality),  $2 \times 10^{-6} \geq CLR > 4 \times 10^{-7}$  에서 MOS 등급 4(Good quality),  $CLR \leq 4 \times 10^{-7}$  에서 MOS 등급 5(Excellent quality)를 만족시킨다. MOS 등급 2에서는 화면이 수초에 한번 정도씩 끊어지고 일그러지며 음성은 귀에 거슬리지만 내용을 대충 알아 들을 수 있다. MOS 등급 3에서는 화면이 수십 초에 한번 정도씩 끊어지거나 꺾여지고 음성은 간혹 거슬리지만 내용을 모두 알아 들을 수 있다. MOS 등급 4에서는 화면이 한 두번 정도 끊어지거나 꺾여지고 음성은 음질의 저하를 전혀 인식할 수 없다. MOS 등급 5에서는 화면과 음성 모두 질의 저하를 전혀 인식할 수 없다.

3. 셀손실에 따른 주관적 QoS와 객관적 QoS 상관관계 고찰

그림 4와 그림 5로부터 얻어진 셀손실에 따른 객관적 QoS(GIQ) 및 주관적 QoS(MOS)와 ITU-T QoS 클래스<sup>[3]</sup>와의 상관관계는 표 4와 같다.

표 4에서 MOS 등급 5는 객관적 QoS의 최대값인  $GIQ_{max}$ 와 최소값인  $GIQ_{min}$  사이의 차이가 0.188%

로 매우 작지만 MOS 등급이 4, 3, 2로 낮아짐에 따라 0.94%, 4.84%, 9.7% 로 급격히 증가함을 알 수 있다. 이것은 화질이 우수할 때(객관적인 QoS가 클 때)는 QoS에 대한 주관적인 견해 차이가 작지만 화질이 떨어짐(객관적인 QoS가 작아짐)에 따라 주관적인 견해차이가 커짐을 의미한다.

표 4. 셀손실에 따른 주관적 QoS와 객관적 QoS의 상관관계

Table 4. Relation between subjective QoS and objective QoS vs. cell loss ratio.

CLR	MOS 등급	$GIQ_{max}$	$GIQ_{mean}$
$\leq 4 \times 10^{-7}$	5	99.988%	99.94%
$\leq 2 \times 10^{-6}$	4	99.94%	99.705%
$\leq 10^{-5}$	3	99.64%	98.465%
$\leq 2 \times 10^{-5}$	2	99.3%	96.93%

CLR	$GIQ_{min}$	ITU-T QoS 클래스
$\leq 4 \times 10^{-7}$	99.8%	class 1 (stringent-level)
$\leq 2 \times 10^{-6}$	99%	
$\leq 10^{-5}$	94.8%	class 2 (bi-level)
$\leq 2 \times 10^{-5}$	89.6%	

표 4는 ATM 망을 이용한 MPEG-2 비디오 서비스 시 사용자가 요구하는 서비스 품질(주관적 또는 객관적)을 보장하기 위한 망의 CLR 성능 목표치를 제시한다. 사용자가 MOS 등급 5 또는  $GIQ_{mean} \geq 99.94\%$  를 요구할 때 망제공자는 그 연결에 대해  $CLR \leq 4 \times 10^{-7}$  을 유지시켜야 한다. MOS 등급 4 또는  $GIQ_{mean} \geq 99.705\%$  를 요구할 때  $CLR \leq 2 \times 10^{-6}$  을 유지시켜야 하며, MOS 등급 3 또는  $GIQ_{mean} \geq 98.465\%$  를 요구할 때  $CLR \leq 10^{-5}$  을 유지시켜야 한다.

ITU-T에서 권고된 QoS 클래스 1(stringent level)에 대한 CLR 설계 목표치는 MOS 등급 5,  $GIQ_{mean} \geq 99.94\%$  에 해당하고, QoS 클래스 2(bi-level)에 대한 CLR 설계 목표치는 MOS 등급 3,  $GIQ_{mean} \geq 98.465\%$  에 해당하기 때문에 MPEG-2를 이용한 실제 응용 서비스에 대해 매우 타당성이 있음을 알 수 있다.

만일 MPEG-2 복호화 메카니즘이 AAL PDU 손실을 포함하는 픽처를 폐기하지 않고 그대로 복호한다

면 동일한 셀손실율에 대해 표 4에 나타난 값들 보다 더 높은 MOS 및 GIQ를 가질 것으로 예상된다.

## V. 결 론

본 논문에서는 AAL 계층에서의 PDU손실을 고려한 GIQ 모델을 제안하여 셀손실에 따른 MPEG-2 비디오의 객관적 QoS를 수치해석하고, 주관적 QoS를 MOS 방법을 이용하여 평가하여 셀손실에 따른 객관적 QoS와 주관적 QoS 간의 관계를 연구함으로써 셀손실에 의한 MPEG 동화상의 화질저하량을 구하는데 있어서 AAL 계층을 고려하지 않은 진성기 등의 연구와 셀손실에 따른 주관적 QoS가 실제 화질에 미치는 영향을 객관적으로 정량화하지 못한 Zamora의 연구에 한계점들을 개선하였다. 또한 ATM 망을 이용하여 MPEG-2 비디오 서비스 제공 시, 사용자가 요구하는 주관적 QoS를 보장하기 위해 사용자 측면의 주관적 QoS를 객관화(GIQ)하여 망의 CLR 성능목표치를 제시하였고, ITU-T QoS 클래스에 대한 CLR 설계 목표치를 주관적, 객관적인 방법을 통해 검증하였다.

연구결과, MOS 등급 5(Excellent)의 서비스 품질을 보장하기 위한 망의 CLR과  $GIQ_{mean}$ 는  $CLR \leq 4 \times 10^{-7}$  및  $GIQ_{mean} \geq 99.94\%$  이었고, MOS 등급 4(Good)을 보장하기 위한 CLR과  $GIQ_{mean}$ 는  $CLR \leq 2 \times 10^{-6}$  및  $GIQ_{mean} \geq 99.705\%$ , MOS 등급3(Fair)을 보장하기 위한 CLR과  $GIQ_{mean}$ 는  $CLR \leq 10^{-5}$  및  $GIQ_{mean} \geq 98.465\%$  이었으며 ITU-T에서 권고된 QoS 클래스 1은 MOS 등급 5, QoS 클래스 2는 MOS 등급 3에 해당하였다. MOS 평가 결과로부터 ATM 망을 이용한 MPEG-2 비디오 서비스 시에는 MOS 등급 4와 MOS 등급 5가 서비스 가능할 것으로 판단되며 MOS 등급 4는 품질은 다소 떨어지지만 가격이 저렴한 서비스를 위해서, MOS 등급 5는 가격은 다소 높지만 고품질의 서비스를 위해서 제공되는 것이 바람직 하다고 생각된다.

본 논문의 연구결과는 ATM 망을 이용한 MPEG-2 비디오 서비스 시 사용자가 요구하는 서비스 품질을 보장하기 위한 망의 성능 목표치를 결정하고 망을 설계하는데 중요한 자료로서 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

본 논문에서 제시된 결과들은 MPEG-2 복호기가 AAL PDU 손실이 포함된 픽처를 폐기하고 복호할

때의 결과들이며 만일 MPEG-2 복호기의 복호화 메카니즘이 AAL PDU 손실이 포함된 픽처를 폐기하지 않고 그대로 복호한다면 동일한 셀손실율에 대해 본 논문에서 제시한 결과값들 보다 더 높은 MOS 및 GIQ를 가질 것으로 예상된다. 따라서 향후에는 AAL PDU 손실이 포함된 픽처를 폐기하지 않고 그대로 복호하는 MPEG-2 복호기를 이용한 연구가 요망된다.

## 참 고 문 헌

- [ 1 ] ITU-T E.800, "Terms and Definitions Related to Quality of Service and Network Performance including Dependability", April 1994.
- [ 2 ] ITU-T G.826, "Error Performance Parameters and Objectives for International, Constant Bit Rate Digital Paths at or above the Primary Rate", July 1995.
- [ 3 ] ITU-T I.356, "B-ISDN ATM Layer Cell Transfer Performance", June 1998.
- [ 4 ] ITU-T I.35AAL, "AAL User Information Transfer Performance", June 1998.
- [ 5 ] ITU-T I.35IP, "Internet Protocol(IP) Data Communication Service User Information Transfer and Availability Performance Parameters", June 1998.
- [ 6 ] ITU-T E.432, "Connection Quality", June 1992.
- [ 7 ] ITU-R BT.500-7, "Methododology for the Subjective Assesment of the Quality of Television Pictures", Oct.1995.
- [ 8 ] Delayed Contribution Document ITU-R 4B/26-E, "Preliminary results on the effect of errors on MPEG-2 over AAL-5", September. 1996.
- [ 9 ] MMCF document, Multimedia Communication Quality of Service, 1995.
- [ 10 ] 진성기, 박재형, 김지중, 신정훈, 윤현수, "ATM망에서 MPEG 서비스의 계층별 QoS 파라미터 변환", the 24th KISS Spring Conference, 1997년 4월
- [ 11 ] 진성기, 박재형, 윤현수, "ATM망의 MPEG 서비스에서 셀손실이 화질에 미치는 영향 분석", 정보과학회 논문지(A) 24권 12호, 1997년 12월



- [ 12 ] Javier Zamora et al., "Subjective Quality of Service Performance of VoD under Extreme ATM Impairment Conditions", Proceedings AVSPN-97, July 1997.
- [ 13 ] NTT Electronics Technology Corporation, "The Reimay MPEG-2 Encoder Board Installation and Operation Manual", Version 1.41, Oct.1996.
- [ 14 ] OPIBASE, "VideoPlex Window 95 and Window NT Users Manual", Verson 2.0, 1996.
- [ 15 ] NTT Electronics Technology Corporation, "Manual of ATM Network Interface Card for PCI bus", Version 1.0, 1996.
- [ 16 ] Hewlett Packard, "ATM Network Impairment Emulator Users guide", HP Broadband Series Test System-E4219-92000, 1995.

## 저 자 소 개



韓宗碩(正會員)

1967년 생. 1991년 2월 건국대 전자공학과 학사. 1993년 2월 건국대 전자공학과 석사. 1997년 2월 건국대 전자공학과 박사. 1997년 ~ 현재 데이콤 종합연구소 주임연구원. 주 관심분야는 광파 통신, 광위성 통신,

ATM, 인터넷 등임

金之中(正會員)

1952년 생. 1976년 2월 서울대학교 수학과 학사. 1988년 R.W.T.H. Aachen 전산학 석사. 1992년 Hamburg University 전산학 박사. 1993년 ~ 현재 데이콤 종합연구소 책임 연구원. 주 관심분야는 ATM, 인터넷 등임



崔在亨(正會員)

1966년 생. 1992년 2월 영남대 전자공학과 학사. 1993년 ~ 현재 데이콤 종합연구소 주임 연구원. 주 관심 분야는 ATM, 인터넷 등임