

ATM 기반 MPEG2 영상전송에서 셀손실에 따른 서비스 품질 분석

준회원 임창준*, 정회원 정재일**

QoS analysis based on cell loss in MPEG2 video transport over ATM

Chang-Joon Im*, Jae-Il Jung** *Regular Members*

요 약

ATM 망에서 응용서비스를 제공하기 위하여, 사용자로부터 요구되는 서비스 품질(QoS : Quality of Service)을 보장하고 관리하는 것이 서비스 제공의 핵심 사항이라 볼 수 있다. 최근 주문형 비디오(VoD : Video on Demand) 서비스와 같은 망을 통한 영상 전송이 시도되고 있으며, 차세대 영상 압축 방식인 MPEG2 방식을 이용한 서비스가 개발되고 있다. 이때 중단간의 QoS를 보장해주기 위한 ATM 망 계층과 MPEG2 계층간의 QoS 파라미터 번역 및 그 서비스 성능 목표치를 구해야 한다. 본 논문에서는 MPEG2를 이용한 영상 전송 시 망 계층에서의 셀 손실과 그로 인한 MPEG2 전송 스트림에 대한 영향을 시뮬레이션을 통해 알아보고, 이러한 MPEG2 스트림의 손실이 사용자가 시각적으로 인식하는 화질에 끼치는 영향을 살펴본다. 또한 이러한 사용자 관점에서의 화질 보장을 위한 망 성능 목표치를 구해본다.

ABSTRACT

To provide application services in the ATM networks, the guaranteeing and management of QoS requested by an end user are very important issues in service provisioning process. At present, the video transport services through network, such as VoD (Video on Demand) service, are experimented and services using MPEG2 are developed. In these services, it is necessary for the network provider to translate QoS parameters between ATM network layer and MPEG2 layer, and to determine performance objectives for the service. In this paper, we study the cell loss ratio in network layer and its impacts on MPEG2 transport stream level using simulation and show the effects of loss of MPEG2 TS packet on user perceived video quality using measurement. And, we compute network performance objectives for guaranteeing video quality perceived by end user.

I. 서론

ATM 망이 차세대 통신망으로 대두됨에 따라 그에 따른 응용서비스의 개발 및 보급이 시급한 문제로 대두되고 있다. 서비스의 개발과 아울러 사용자의 QoS(Quality of Service) 요구사항을 보장하고 관리하는 기능 또한 중요한 문제이다. 이러한 QoS를 보장하기 위해 응용에 따른 계층간 QoS 파라미터의 번역과 목표치 설정이 필요하다^[1].

ATM은 통계적 다중화 방식을 이용하여 멀티미디어 응용의 QoS를 효과적으로 보장할 수 있다. ATM 망을 통한 멀티미디어 서비스 시 가장 중요한 부분이 영상 데이터의 전송이다. 특히 영상 데이터는 실시간성이 보장되어야 하므로 망을 통한 전송 시 발생하는 손실에 재전송을 하기는 매우 힘들다. 따라서 효과적으로 영상 데이터를 전송하는 방법에 관해 많이 연구되어 왔다. 그러나 망에서의 셀손실이 불가피할 경우 서비스 제공자는 사용자가

* (주)머큐리 중앙연구소 (cjim@mercurykr.com), ** 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 (jijung@email.hanyang.ac.kr)
논문번호 : 00331-0821, 접수일자 : 2000년 8월 21일

※ 본 연구는 한국과학재단 지정 최적설계기술연구센터의 지원에 의해 수행되었습니다.

원하는 수준의 서비스 품질을 제공하기 위한 망 성능 목표치가 있어야 한다. 따라서 이러한 영상 서비스의 응용레벨 서비스 품질과 망 레벨의 서비스 품질간의 번역을 통한 품질 보장이 필수적이다. 이러한 응용레벨 서비스 품질 정의에 있어 실제 사용자가 지각하는 QoS, 즉 영상화질을 이용한 번역이 필요하다. 그러나 영상 서비스의 경우 압축방식 특성상 이러한 사용자 관점의 QoS 측정이 쉽지 않다.

ATM을 통한 영상 전송 시 ISO에서 규정한 압축 방식인 MPEG2를 이용한 전송이 많이 연구되어 왔다. MPEG2는 기존의 압축방식에 비해 높은 화질과 압축률을 가지고 있어, 차세대 HDTV와 같은 응용에 사용되며 최근 위성을 통한 방송매체에서 이미 실용화되어 있다. MPEG2는 영상 전송을 효과적으로 하기 위해 통신용으로 비트 에러나 셀손실과 같은 전송 에러에 대한 내성 강화나 프로그램 다중 기능을 갖고 있는 트랜스포트 스트림(TS : Transport Stream)을 제공한다. 트랜스포트 스트림은 ATM 응용을 고려하여 188bytes의 고정 크기로 되어 있다. ATM을 통한 영상 전송 시 대다수의 전송이 가변비트율(VBR : Variable Bit Rate)로 이루어진다. 그것은 MPEG2 압축 방식 자체가 가변비트율을 적용하기 때문이다. 그러나 ATM Forum의 VoD 규정^[2]에서는 항등 패킷 전송률(CPR : Constant Packet Rate)로 TS 패킷을 전송한다. 본 논문에서도 CPR TS 패킷 전송 방식을 이용한다.

TS 패킷은 ATM 적응계층 (AAL : ATM Adaptation Layer)과 ATM 계층을 통해 사용자에게 전달된다. ATM 적응계층은 그 형태에 따라 AAL1, 2, 3/4, 5의 형태로 나뉜다. MPEG2는 기본적으로 AAL1을 고려하여 패킷의 크기를 188bytes로 정했으나, ATM Forum에서는 VoD 서비스에서 AAL5를 그 적응계층으로 선택하였다^[2]. 본 논문에서도 AAL5를 이용하여 MPEG2 TS 패킷을 전송한다. MPEG2 TS 패킷은 AAL5를 통해 CPC(Common Part Convergence Sublayer)-PDU의 형태로 packing 된다. 이후 분할과정을 거쳐 ATM 계층에서 ATM 셀로 전송된다. 이렇게 전송되는 ATM 셀은 스위치를 거쳐 사용자에게 전달된다. 따라서 망의 혼잡이 발생할 경우 스위치 버퍼에서 셀의 손실이 발생할 수 있다. ATM 셀의 망에서의 손실에 따라 응용계층에서의 TS 패킷의 에러율은 상당한 영향을 받는다. 특히 망의 상태에 따라 발생하는 셀손실의 형태에 따라 TS 패킷의 손실율은 변화하게 된다. 이러한 망에서의 셀손실과 응용계층과의 손실율과의 관

계를 알아봄으로써, 사용자의 특정 레벨 이상의 영상 요구에 따른 망 레벨의 셀손실 한계치를 구할 수 있고, 망의 상황에 따라 능동적으로 응용계층의 영상 화질 요구사항을 관리할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 망 레벨의 셀손실율 (CLR: Cell Loss Ratio)과 응용레벨의 TS 패킷 손실율(PLR: TS Packet Loss Ratio)과의 관계를 살펴본다. 그러나 이러한 TS 패킷의 손실율이 실제 사용자가 느끼는 영상 품질과 직결되지는 않는다. 즉, 응용레벨인 TS 패킷의 손실이나 지연만 가지고 사용자가 실제 눈으로 느끼는 화질 저하의 양을 추정하기는 어렵다. 따라서 망 관점에서 효과적으로 사용자가 느끼는 화질을 분석하고 이를 망 성능 요소의 성능 목표치를 구하는데 이용하기 위한 방법론이 제기되어 왔다. 본 논문에서는 이러한 사용자 관점에서 시각적 기준에 가까운 영상 품질 평가를 통해 망 레벨 손실에 따른 화질 평가를 수행한다.

본 논문의 II절에서는 ATM망에서의 MPEG2 시스템과 ATM 적응계층에서의 packing 방법을 소개하고, III절에서는 셀손실이 화질에 끼치는 영향을 분석해본다. IV절에서는 화질 평가 방법을 소개하고 V절에서는 시뮬레이션 환경을 소개하고 결과를 분석해본다. VI절에서는 결론을 맺는다.

II. ATM 망에서의 MPEG2 전송

MPEG2 시스템은 MPEG1 시스템의 응용을 포함한 보다 폭 넓은 응용을 목표로 하고 있다. 이 MPEG2 시스템에는 두 종류의 다중화 방식이 있는데, 하나는 프로그램 스트림(PS : program stream)이라 불리는 것으로, 위의 MPEG1시스템과 같이 하나의 프로그램을 구성하여 하나의 비트열로 다중화하는 것이며, 다른 하나는 여러 개의 프로그램을 하나의 다중화 비트열로 다중화 하는 기능으로 여기서 사용하는 다중화 비트열을 트랜스포트 스트림(TS : transport stream)이라고 한다. 이것은 TV에서 여러 개의 방송 채널을 하나의 전송회선으로 다중화할 때 사용될 수 있다^[3]. 프로그램 스트림의 경우 저장 매체를 이용한 응용에 쓰이기 위해 기존의 MPEG1과 흡사한 구조를 가지고 있다. 그에 반해 트랜스포트 스트림은 통신매체를 이용한 방송용으로 쓰이기 위해 188bytes의 고정 크기의 패킷으로 만들어진다.

이러한 MPEG2 트랜스포트 스트림을 ATM망을 통해 전송하기 위해 ATM Forum에서는 VoD specification^[2]을 통해 그 표준을 제정했다. VoD

specification에서는 AAL5를 항등비트율 MPEG2 비디오 스트림의 적용 프로토콜로 채택했다. AAL5 프로토콜을 이용함으로써 얻어지는 장점은 다음과 같다.

- (1) 항등비트율 전송을 지원하는 AAL1 프로토콜에 비해 전송시간이 줄어들고, 대부분의 인터페이스 카드에서 AAL5 프로토콜을 지원한다.
- (2) AAL5에서는 타이밍 요소를 제공하지 않기 때문에 MPEG2의 동기화 요소가 항등비트율 전송을 제공하게 한다. 따라서 AAL에서의 타이밍 요소로 인한 부하를 줄일 수 있다.
- (3) 수신측 망 인터페이스에서의 de-jittering이 불필요하게 된다⁴⁾.

MPEG2 TS 패킷의 크기는 188bytes로 작고 AAL5의 PDU(Protocol Data Unit)의 헤더부분이 8bytes이기 때문에 하나 또는 두개의 MPEG2 TS 패킷을 하나의 AAL5 PDU에 넣는 것이 효과적이다⁵⁾. AAL5에서 생성된 PDU는 48bytes의 SAR (Segmentation and Reassembly)-PDU로 분할되어 ATM 계층으로 넘어가게 된다. 따라서 AAL5의 CPCS-PDU는 48 bytes의 정수배가 되어야 하고 정수 배를 맞추기 위해 padding을 한다. 본 논문에서는 그림 1과 같이 2개의 TS 패킷을 하나의 CPCS-PDU에 packing하게 된다. MPEG2 TS 패킷은 각각 2개씩 하나의 AAL5 CPCS-PDU의 페이로드로 packing 된다. 여기에 8bytes의 CPCS-PDU trailer가 붙어서 모두 384bytes의 CPCS-PDU가 구성된다. 만약, 하나의 MPEG2 TS 패킷을 AAL5의 CPCS-PDU에 넣는다면, 44 bytes의 padding을 해야 하는 결과를 낳는다. 반면 2개의 MPEG2 TS 패킷을 AAL5의 CPCS-PDU에 넣으면 padding으로 인한 손실은 없게 된다. 본 연구는 2개의 MPEG2 TS 패

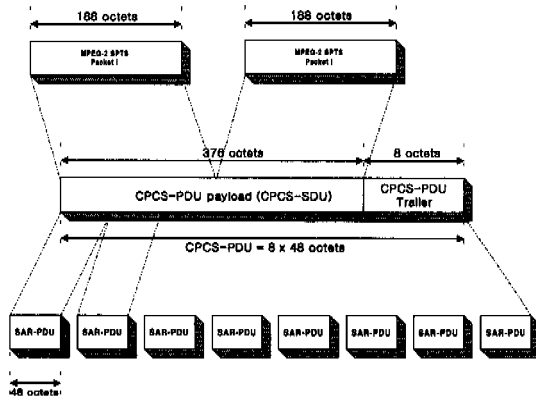


그림 1. AAL5 packing과 분할과정

킷을 하나의 AAL5의 CPCS-PDU에 넣는 packing 구조를 사용하게 된다. 망에서 혼잡상황으로 인해 셀손실이 발생할 경우 수신측 AAL5는 CRC 체크를 통해 전체 CPCS-PDU를 폐기한다. 따라서 packing 구조에 의해 2개의 연속적인 TS 패킷의 손실이 발생하게 된다. Gringeri의 논문⁶⁾에서는 이러한 AAL5 CPCS 전체의 손실을 방지하여 연속적인 TS 패킷의 손실을 막기 위해 AAL5의 CRC 체크기능을 제거하여 MPEG2를 전송하였다. 그러나 대부분의 ATM 인터페이스 카드에서 CRC 체크기능을 포함하고 있기 때문에 상용화에는 문제가 있다.

III. ATM 망에서의 MPEG2 전송

MPEG2는 그림 2와 같이 6개의 계층 구조로 이루어져 있다. 망에서의 셀손실은 그 셀이 속한 계층 구조에서의 역할에 따라 그 영향이 다르게 나타난다. 예컨대, sequence나 GOP, slice 헤더에서 에러가 발생했을 경우 이하 페이로드 부분의 복호화가 불가능하게 된다. 또한 매크로블럭의 경우 별도의 헤더가 존재하지 않는다. 따라서 슬라이스의 페이로드 중간에서 에러가 발생했을 경우, 그 부분부터 갈

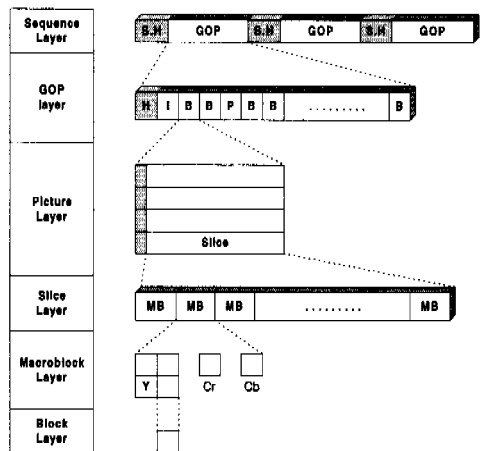


그림 2. 영상 계층 구조

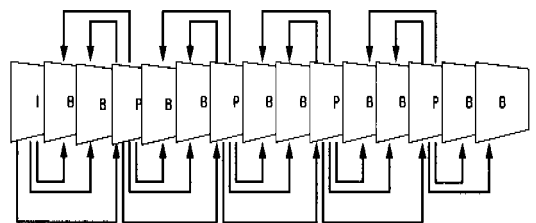


그림 3. MPEG2의 GOP 구성

은 슬라이스 내의 모든 매크로블럭의 복호화가 불가능하게 된다. 이러한 손실로 인해 화면정지, 재생 불가, 색채 에러, 오디오 동기화, 화면 깨짐 등 여러 가지 형태의 에러가 발생하게 된다. 그리고 TS 패킷의 상위 구조인 PES 패킷 헤더에 손실이 발생할 경우에도 복호화 및 재생 자체가 불가능해진다.

MPEG2의 경우 보통 15개 혹은, 12개의 픽처를 하나의 GOP(Group of Pictures)로 구성한다. 한 개의 GOP 는 I, B, P 픽처로 구성되는데, 보통 그림3과 같은 순서를 가진다. I 픽처는 복호화의 기본이 되는 픽처이다. P 픽처는 선행하는 I 픽처를 참조하여 움직임 예측과 보상을 수행한다. 그리고 B 픽처는 선행하는 I 혹은 P 픽처, 그리고 뒤에 이어지는 I 혹은 P 픽처를 참조하여 복호화를 수행하게 된다. 따라서, 선행하는 I 혹은 P픽처에서의 손실은 이후 이를 참조하여 복호화를 수행하는 GOP내의 모든 픽처에 영향을 주게 된다. 이후 전개되는 수치적인 화질 평가에서도 이러한 현상을 감안하여 수행하게 된다. 본 논문에서는 IBBPBBPBBPBBPBB 형태로 15개의 픽처를 하나의 GOP로 구성한다.

IV. 화질 평가 방안

화질 평가에 관한 방법론은 ITU-R. BT 500-7^[7]에서 제시하고 있다. ITU-R. BT 500-7에서는 MOS (Mean Opinion Score)방법을 이용하여 화질 평가를 수행한다. 그리고 표1과 같이 5가지 단계의 기준을 설정하여 그 정도를 나타내고 있다. 대부분의 논문에서 이러한 방법을 적용하고 있다^{[8][9][10]}. 그러나 이러한 MOS방법은 측정인의 주관적인 기준에 따라 변화할 수 있고, 개인적인 시각적 범위에 따라 변화할 수 있다. 따라서 이러한 주관적인 측정 방법 대신 객관적이고 수치적인 화질 평가 방법론이 제기되었다. [11]의 논문에서는 MPEG 화질 평가를 매크로블럭의 수를 이용하여 화질 저하량을 측정하였다. 즉, 셀 한 개 당 평균 매크로블럭 수를 통계적으로 추출하여 셀손실과 매크로블럭 파괴의 관계를 규명하였다. 여기서의 기준은 MPEG1을 기준으로 수행하였다. 그리고 통계적인 방법을 이용하여 셀손실에 비례한 화질 저하량을 유도하였다. 따라서 MPEG2 VoD 시스템과는 약간의 차이가 생긴다. 또한 AAL5를 통한 전송을 고려하지 않았기 때문에 실제적인 MPEG2 VoD 시스템의 손실과는 차이가 발생한다. 본 논문에서는 MPEG2 트랜스포트 스트림을 ATM Forum에서 규정한 VoD 규정에 기준한

표 1. ITU-R. BT 500-7의 MOS 평가기준

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

전송시 발생하는 셀손실로 인한 화질 저하량을 매크로블럭의 수를 이용하여 추출한다. 한 개의 픽처당 매크로블럭의 수는 픽처의 종류에 관계없이 일정하다. 매크로블럭의 경우 헤더가 존재하지 않는다. 따라서 한 개의 슬라이스 내에서 셀손실로 파괴되는 매크로블럭 이후의 모든 매크로블럭이 연속적으로 파괴되게 된다. 픽처당 슬라이스의 수는 MPEG1에서는 가변적이었으나 MPEG2에서는 라인간에 걸치지 않고 독립적으로 존재할 수 있다. 본 논문에서 사용한 인코더에서는 한 개의 라인에 한 개의 슬라이스를 사용한다. 따라서 픽처당 슬라이스의 개수도 고정적이 된다. 또한 메인 레벨 포맷의 NTSC용 픽처를 사용한다. 따라서, 한 픽처당 1320개의 매크로블럭이 존재하게 된다. 손실된 매크로블럭 수의 측정은 전송 받은 TS 스트림을 통해 분석한다. 즉, ATM망을 통해 전송되어 손실된 MPEG2 트랜스포트 스트림을 이용하여 측정한다. 이는 TS 패킷의 정보를 분석하여 슬라이스 단위로 구분한 후 손실된 양이 슬라이스에서 차지하는 비율을 이용하여 구하였다. 그리고 헤더 에러가 발생했을 시 이하 부분의 페이로드에 해당하는 매크로블럭은 모두 손실된 것으로 가정하였다.

참조 과정으로 인해 발생하는 매크로블럭의 파괴는 손실되는 매크로블럭이 해당되는 픽처의 종류와 위치에 따라 영향을 받는다. 그림 3과 같은 참조과정에서 볼 수 있듯이 I 픽처는 이후의 P 픽처에 영향을 주게 되고 이렇게 파괴된 P 픽처를 참조하는 P 픽처 또한 영향을 받게 된다. 따라서 I 픽처에서의 손실은 이후 같은 GOP 내의 14개 픽처에도 영향을 주게 된다. P픽처의 경우 P 픽처의 위치에 따라 영향의 정도가 틀려진다. 그림 3과 같은 GOP 구성의 경우, 4개의 P 픽처가 존재한다. I 픽처 다음에 존재하는 첫번째 P 픽처는 이후의 모든 P 픽처와 B 픽처의 참조 픽처가 된다. 따라서 첫번째 P 픽처에서의 손실은 이후 11개의 픽처와 선행하는 2

개의 B 픽처에 영향을 주게 된다. 두번째 P 픽처의 경우 2개의 P 픽처와 8개의 B 픽처에 영향을 주게 된다. 세번째 P 픽처의 경우 이후 1개의 P 픽처와 6개의 B 픽처에 영향을 주게 된다. 마지막 P 픽처의 경우 4개의 B 픽처에 영향을 주게 된다.

픽처 타입이 T_1 인 픽처에서 손실된 매크로블록의 개수를 $M_{lost}(T_1)$, 참조과정으로 인해 타입이 T_2 인 픽처에서 파괴되는 매크로블록의 개수를 $M_{ref}(T_2)$, 전체 파괴된 매크로블록의 개수를 M_{total} 이라고 정의한다. 또한 GOP 내에서 P 픽처의 개수를 NUM_p 라고 정의한다. 한 픽처에서 파괴되는 매크로블록의 수로 인해 이를 참조하는 픽처에서 영향받는 매크로블록의 수는 최대 손실된 매크로블록의 수와 동일하게 된다^[11].

I 픽처에서 손실이 발생했을 경우, GOP 구성이 그림 3과 같다면, P 픽처에서 영향을 받는 매크로블록의 수와 B 픽처에서 영향을 받는 매크로블록의 수는 식(1)과 식(2)와 같다.

$$M_{ref}(P)_I = M_{lost}(I) \times NUM_p \quad \text{식(1)}$$

$$M_{ref}(B)_I = 2 \times M_{lost}(I) \times (NUM_p + 1) \quad \text{식(2)}$$

P 픽처에서 손실이 발생했을 경우, 손실이 발생된 P 픽처의 순서에 따라 변화하게 된다. 즉, GOP 내에서 손실이 발생한 P 픽처의 순서를 k 라고 가정하면, 그림3의 경우 k는 1 ~ 4까지 범위가 된다. 이때 P 픽처에서 영향을 받는 매크로블록의 수와 B 픽처에서 영향을 받는 매크로블록의 수는 식(3)과 식(4)와 같다.

$$M_{ref}(P)_P = M_{lost}(P) \times (NUM_p - k) \quad \text{식(3)}$$

$$M_{ref}(B)_P = 2 \times M_{lost}(P) \times (NUM_p - k + 2) \quad \text{식(4)}$$

셀손실로 인한 매크로블록의 손실수와 함께 앞서 언급한 참조 과정으로 인해 영향을 받는 매크로블록의 수도 전체 화질 저하량에 포함된다.

전체 파괴된 매크로블록 수 (M_{total})
 = TS 손실로 인한 손실 ($M_{lost}(T_1)$)
 ($T_1 = I, P, \text{ or } B$)
 + P 또는 B 픽처에서 참조과정으로 인한 손실
 ($M_{ref}(P)_{T_1} + M_{ref}(B)_{T_1}$)
 전체 MPEG2 비디오의 매크로블록의 수와 파괴

된 매크로블록의 수를 이용하여 화질저하량 (DIQ : degraded image quality)^[11]을 구한다.

$$DIQ = \frac{TS\ 손실로\ 인해\ 파괴된\ 매크로블록의\ 총수}{\text{전체 매크로블록의 총수}} \times 100(\%)$$

V. 시뮬레이션

1. 시뮬레이션 방법

시뮬레이션은 셀레벨의 시뮬레이션과 매크로블록의 수를 구하는 두 부분으로 나누어 수행했다. 즉, 실제 MPEG2 트랜스포트 스트림과 같은 파라미터를 가진 입력을 비디오 source로 이용하였고, background 트래픽을 이용하여 가상적인 셀손실을 유도하여 셀레벨의 시뮬레이션을 통해 얻은 TS 손실 정보를 이용하여 실제 MPEG2 트랜스포트 스트림 파일에 적용하여 매크로블록의 손실 수를 추출하였다. 시뮬레이션에 사용된 MPEG2 트랜스포트 스트림은 4.3Mbps로 전송되게 하였다.

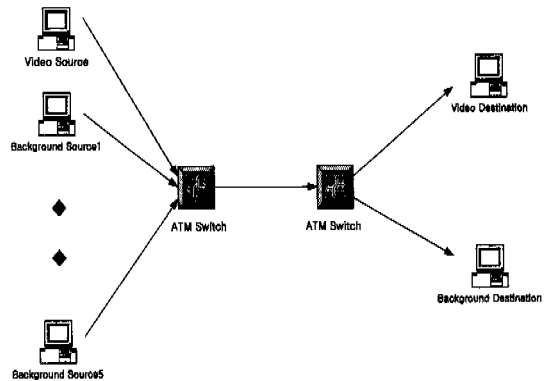


그림 4. 시뮬레이션 구성도

부하에 따른 MPEG2 셀의 손실을 알아보기 위해 1개의 MPEG2 트래픽과 5개의 on-off CBR background 트래픽을 구성하였다. 망의 구성은 그림 4와 같이 2개의 스위치를 각각 송신측과 수신측에 연결하였다. 스위치와 스위치 사이에서의 용량은 150Mbps 기준으로 했다.

사용된 MPEG2 파일은 420개의 GOP(3분 30초) 분량의 스트림을 이용하였다. 이렇게 GOP의 수를 크게 한 것은 10^{-7} 범위의 셀손실시 현상을 알아보기 위함이다. 실제 망의 특성을 고려하여 5개 background 트래픽의 on, off 시간은 random하게 주었다. 스위치의 퍼퍼사이즈는 1,000셀로 하였다.

표 2. 셀손실에 따른 매크로블럭 손실수

CLR	PLR	NUMBER of LOST MBs
8.35×10^{-7}	3.34×10^{-6}	22
2.09×10^{-6}	6.68×10^{-6}	15
2.50×10^{-6}	1.00×10^{-5}	39
2.92×10^{-6}	1.34×10^{-5}	60
4.59×10^{-6}	1.67×10^{-5}	41
6.26×10^{-6}	2.34×10^{-5}	114
1.00×10^{-5}	4.34×10^{-5}	184
2.09×10^{-5}	1.04×10^{-4}	1180
3.13×10^{-5}	1.54×10^{-4}	1374
6.25×10^{-5}	2.91×10^{-4}	2288
9.25×10^{-5}	5.43×10^{-4}	3402

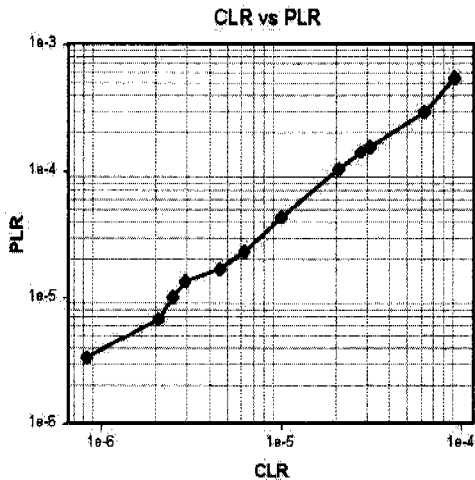


그림 5. 셀손실율(CLR)과 TS 패킷 손실율(PLR)

화질 저하량을 추출하기 위해 Visual C++ 을 이용하여 화질 저하량 측정기를 구현하였다. 본 측정기에서는 손상 받은 TS 스트림을 분석하여 GOP와 픽처, 슬라이스를 기준으로 분리하게 된다. 그리고 손상된 슬라이스 의 양을 구해 비례적으로 매크로블럭의 손실 수를 구하게 된다. 또한 손실된 픽처의 종류에 따라 참조 과정으로 인해 영향받는 매크로블럭의 수를 유도하여 화질 저하량(DIQ)을 추출하게 된다. 이렇게 측정된 화질 저하량은 ITU-R BT. 500-7의 MOS (mean opinion score) 방법을 이용하여 비교하게 된다. MOS 측정을 위해 8명의 시험자가 같은 기준 하에 실제 손상 받은 MPEG2 스트림의 재생 화면을 시청하게 된다. 그리고 8명 시험자가 측정한 등급 값의 평균값을 사용하여 화질 저하량과 비교하게 된다.

2. 시뮬레이션 결과

그림 5는 셀손실에 따른 TS 패킷의 손실율을 보여 2.50×10^{-6} 주고 있다. 한 개의 셀손실은 같은 AAL5 PDU안의 모든 셀의 손실을 유발한다. 따라서 하나의 셀손실로 인해 2개의 TS 패킷의 손실이 발생하게 된다

본 실험에서는 망 부하를 랜덤 하게 발생시켰다. 따라서 셀손실율이 작은 범위에서는 하나의 셀손실이 2개의 TS 패킷의 손실을 가져왔다. 셀손실율과 TS 손실율(PLR)이 일정하지 않은 것은 셀손실이 연속적으로 발생하는 경우가 생기기 때문이다. 시험에 사용된 MPEG2 스트림에서는 한 개의 셀손실, 즉 2개의 TS 패킷 손실에 의해 보통 1개에서 2개의 슬라이스가 파괴된다.

표2는 셀손실에 따른 TS 패킷의 손실과 그로 인한 매크로블럭의 손실을 나타냈다. 그리고 TS 손실율이 증가했지만, 손실된 매크로블럭 수가 낮은 경우가 있다. 이것은 TS 손실로 인해 오디오 데이터가 손실됐거나 또는 슬라이스 헤더나 픽처 헤더를 손상시킴으로써 발생할 수 있다. 표3과 그림 6은 손실된 매크로블럭과 함께 참조 과정으로 인해 파괴되는 매크로블럭의 값을 합해 전체 파괴되는 매크로블럭의 수와 이를 통해 유도된 화질 저하량이다. 이 표4는 실제 디코더를 통해 손실된 TS 스트림을 재생했을 경우 발생하는 화질 저하 현상과 ITU-R BT. 500-7의 MOS (mean opinion score) 방식을 이용했을 때의 결과를 나타냈다. 즉, 실제 디스플레이시 사용자가 느끼는 결과치가 된다.

표 3. 참조과정으로 인해 파괴된 매크로블럭의 수와 DIQ

CLR	Number of Lost MBs	Number of total destroyed MBs	DIQ(%)
8.35×10^{-7}	22	176	2.12E-03
2.09×10^{-6}	15	120	1.44E-03
2.50×10^{-6}	39	312	3.75E-03
2.92×10^{-6}	60	480	5.77E-03
4.59×10^{-6}	41	466	5.60E-03
6.26×10^{-6}	114	894	1.08E-02
1.00×10^{-5}	184	2218	2.67E-02
2.09×10^{-5}	1180	5665	6.81E-02
3.13×10^{-5}	1374	9954	0.12
6.25×10^{-5}	2288	13854	0.17
9.25×10^{-5}	3402	17792	0.21

표 4. 디코딩 시 셀손실로 인한 화질저하현상과 MOS

CLR	DIQ(%)	화질저하현상	MOS
8.35×10^{-7}	2.12E-03	없음	5
2.09×10^{-6}	1.44E-03	없음	5
2.50×10^{-6}	3.75E-03	tiling	4.7
2.92×10^{-6}	5.77E-03	tiling	4.3
4.59×10^{-6}	5.60E-03	tiling	4
6.26×10^{-6}	1.08E-02	tiling, line blanking	4
1.00×10^{-5}	2.67E-02	tiling, line blanking	4.3
2.09×10^{-5}	6.81E-02	tiling, line blanking	4
3.13×10^{-5}	0.12	tiling, line blanking	4
6.25×10^{-5}	0.17	Audio noise, tiling, line blanking, motion jerkiness	3.9
9.25×10^{-5}	0.21	tiling, line blanking motion jerkiness, error block, frame freezing	2.7

그림 7은 셀손실에 따른 MOS값의 변화를 보여 주고 있다. MOS 값은 셀손실율에 비례하여 감소하고 있으나, 셀손실율이 증가하면서 MOS가 증가하는 경우가 발생한다. 이것은 개개인의 시각적인 차이와 손실 발생 슬라이스의 위치에 따른 현상이다. 즉, 시각적으로 쉽게 인지되는 부분에서의 손실로 그 손실분이 적음에도 불구하고 영향이 크게 느껴지는 것이다.

셀손실이 2×10^{-6} 이하일 경우 매크로블럭의 수가 적고 그로 인한 화질 저하량도 1.44×10^{-3} %이하로 매우 적다. 실제 디코더를 거쳐 디스플레이 했을 경우에도 그로 인한 화질 저하현상은 찾아보기 힘

CLR vs MOS

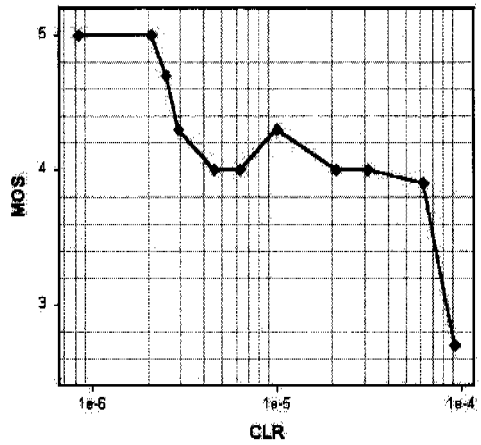


그림 7. 셀손실율과 MOS

들었다. 셀손실이 2.5×10^{-5} 이상이 되면 화질 저하량이 약 0.003% 이상 되면서 실제 디스플레이시 화면이 깨지는 현상(tiling)이 발생하였다. 그러나, 이러한 깨짐 현상은 눈으로 관찰되기는 하나 사용자 시각에 거의 불편함을 끼치지 않는 것으로 나타났다. 셀손실율이 9.25×10^{-5} 이상이 되면서 디스플레이시 화면이 정지(frame freezing)하고 물체 이동이 부자연스러운 현상(motion jerkiness)이 발생했다. 이때는 MOS 값이 3이하이고 DIQ는 0.2% 이상으로 증가하는 것을 알 수 있었다.

MPEG2 VoD 서비스시 사용자가 화질저하를 느끼지 않는 시점, 즉 완벽한 고화질을 요구할 경우 DIQ가 0.0014%이하일 때, 즉 MOS가 5일때로 볼 수 있다. 이때 셀손실율은 대략 2×10^{-6} 이하를 만족시켜야 한다. 이러한 고화질은 원격 진료나 제어와 같은 완벽한 화질을 요구하는 응용에 쓰일 수 있다. 일반 VoD 서비스의 경우 MOS 기준으로 화질 저하를 인지할 수는 있으나 거의 시각적으로 불편함을 못 느끼는 등급인 4등급을 유지하기 위해서는 DIQ는 0.12%, CLR은 3.13×10^{-5} 이하를 유지해야 함을 알 수 있다. ATM 망에서 이러한 셀손실이 일어날 가능성이 적다는 것을 가정할 때 일반 VoD 서비스의 경우 좋은 품질을 유지할 수 있음을 알 수 있다.

본 실험에서는 셀손실은 랜덤 하게 발생시켰으나 집단적으로 발생하는 경우가 심했다. 즉, 연속적인 TS 패킷의 손실이 발생했다. 셀손실이 uniform하게 발생한다면 셀손실에 따른 TS 패킷의 손실은 거의 일정한 비율로 발생한다. 그러나 만약 셀손실이 연

CLR vs DIQ

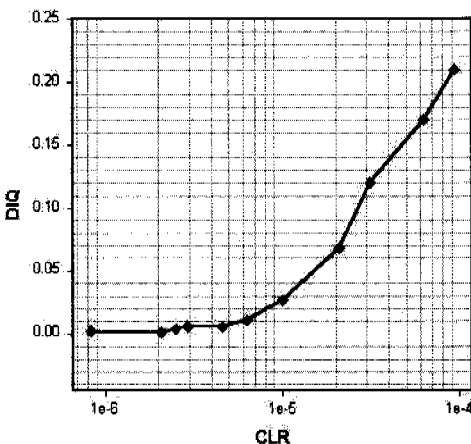


그림 6. 셀손실율과 화질저하량

속적으로 발생한다면 셀손실율은 증가하나 TS 패킷의 손실율은 증가하지 않는다. 이 경우 실제 영상 화질은 TS 레벨의 손실에 비례한다. 따라서 망의 특성에 따른 셀손실과 영상 화질의 맵핑이 필요하다. 예를 들어, 셀손실이 균일하게 발생하는 망의 상황과 집단적으로 연속해서 발생하는 망의 상황과는 일정한 영상화질 보장에 요구되는 CLR이 차이를 가진다. 본 논문에서는 셀손실 발생의 형태를 일정한 규칙 없이 부하에 의해 랜덤하게 발생시켰다. 따라서 특수한 망의 상황을 전제하지는 않았다. 따라서 망의 부하 상황에 따른 다양한 실험이 요구된다.

VI. 결 론

본 논문에서는 파괴되는 매크로블럭의 수를 바탕으로 화질 저하량을 추출하여 셀손실과 화질과의 수치적인 관계를 알아보고 사용자 요구에 맞는 망 성능 목표치를 추출했다. 사용자가 느끼기에 화질 저하가 발생하지 않는 수준, 즉, MOS 등급 5와 DIQ 0.0014%이하의 서비스를 제공하기 위해서는 셀손실율이 약 2×10^{-6} 이하를 만족해야 했다. 또한 비교적 좋은 품질의 서비스를 제공하기 위해서는 3.13×10^{-5} 의 CLR을 유지해야 했다.

실제 VoD 서비스에서 MPEG2 데이터의 전송 속도와 GOP 구성형태에 따라 실제 사용자가 느끼는 화질과 DIQ간에 차이가 있다. 그러나 이러한 시험 과정을 통해 평균적인 관계를 찾을 수 있고 이를 이용하여 서비스 품질 측정의 척도로 사용할 수 있다. 본 논문에서는 수치적인 화질 저하량을 통계적인 방법이 아닌 실제 데이터 분석을 통해 구했다. 이 실험에서 파괴되는 매크로블럭의 수가 손실되는 매크로블럭의 픽처 형태에 따라 크게 의존함을 알 수 있었다. 이와 관련하여, I 픽처와 P 픽처를 B 픽처에 비해 높은 우선 순위를 주는 방법을 통해 고화질을 보장하는 연구가 많이 되었다^{[12][13]}. 그리고 하나의 셀손실로 2개의 TS 패킷이 손실되는 구조보다 수신측 AAL5에서 손실분을 보상함으로써 화질 저하량을 줄이는 연구도 많이 진행되어 왔다^[6]. 그러나 실제 VoD 시스템에 적용하기에는 어려운 점이 있고 실용화에는 문제점이 있다. 따라서 효과적으로 셀손실에 따른 화질 저하량을 최소화하는 연구가 필요하다. 본 연구에서는 다양한 망의 상황을 구성하지는 못했다. 따라서, 좀 더 신뢰성 있는 평가를 위해 background 트래픽 수와 대역폭의 변화를 통하여 셀손실의 형태를 다양하게 할 필요가

있다. 또한, 실제 망의 상황과 더 근접한 환경에서의 측정 및 적용이 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] J.I.Jung, "Translation of user's QoS requirements into ATM performance parameters in B-ISDN", *Computer Networks and ISDN Systems*, pp1753-1767, 28, 1996.
- [2] ATM Forum, Technical Committee, Audio-visual Multimedia Services: Video on Demand. Specification 1.0, Jan. 1996, af-saa-0049.
- [3] ISO/IEC 13818, Generic coding of moving pictures and associate audio information, Part 1: systems, Part 2: Video, Part 3: Audio, May 1995.
- [4] Yasser Rasheed, Alberto Leon-Garcia, "AAL1 with FEC for the transport of CBR MPEG2 Video over ATM Networks", *proceedings of the IEEE infocom'96*, volume 2, April, 1996.
- [5] Mengjou Lin, David Singer, Alagu Periyannan, "Supporting constant-bit-rate-encoded MPEG2 transport over local ATM networks", *Multimedia Systems*, pp.87-98, April, 1996.
- [6] Steven Gringeri, Transmission of MPEG2 Video Streams over ATM, *IEEE Multimedia*, 1998.
- [7] ITU-R. BT500-7, Methodology for the Subjective Assessment of the quality of Television pictures, Oct. 1995.
- [8] Javier Zamora, Subjective Quality of Service Performance of Video-on-Demand under Extreme ATM Impairment Conditions, *proceedings AVSPN-97*, July, 1997
- [9] Anna Watson, Measuring Perceived Quality of Speech and Video in Multimedia Conferencing Applications, *ACM Multimedia 98*, UK, 1998
- [10] Satoru Iai, Video Quality Degradation by Cell Loss in ATM Networks, *NTT REVIEW*, July, 1992.
- [11] Sungkee Jean, QoS Parameter Translation for the MPEG Services between Layers in ATM Networks, *SPIE* vol.3231, 1997.
- [12] Pedro Cuenca, An Efficient Protocol Architecture for Error-Resilient MPEG2 Video Commu-

