

VBR 망에서의 MPEG 비디오를 위한 대역 할당 기법

박성구⁰, 황중선
고려대학교 컴퓨터학과
e-mail : sgpark9@kt.co.kr, hwang@korea.ac.kr

Bandwidth Allocation Scheme for MPEG Video on VBR Network

Sung-Gu Park⁰, Chong-Sun Hwang
Dept. of Computer Science & Engineering, Korea University
sgpark9@kt.co.kr, hwang@disys.korea.ac.kr

요 약

MPEG 비디오 스트림은 소모 대역폭의 변화가 심한 군집성(bursty) 트래픽으로 망의 고정된 대역폭을 효율적으로 사용하는 전송방식을 구현하기가 매우 어렵다. 최근 ATM 망과 같이 가변으로 대역할당이 가능한 전송기술이 등장함에 따라 가변대역의 MPEG 비디오를 효율적으로 전송할 수 있게 되었다. 본 연구에서는 사용자에게 최소한의 품질을 보장하면서도 망 자원의 효율적 이용을 위하여 2 계층 구조의 새로운 대역폭 할당 기법을 제안하였다. 사용자에게 최소한의 품질을 보장하면서 망에 대역폭의 여유가 있는 경우 보다 고품질의 서비스가 가능토록 하기 위하여 ATM 망의 CBR 서비스와 VBR 서비스를 복합적으로 사용하는 방법을 제안하였다. 이의 구현을 위하여 2 계층 구조의 MPEG 부호화기를 설계하였고 모의실험으로 기존의 CBR 만을 사용하는 단일계층 방식과 비교 평가하였다.

1. 서론

최근 망을 통하여 정보를 전송하는 경우 품질과 효율, 두 가지의 상충된 문제가 있게 된다. MPEG 트래픽의 경우 정보의 내용에 따라 발생하는 정보량이 급격하고 다양하게, 비선형적으로 변화하는 군집성(burst)이 매우 큰 트래픽이므로 회선 교환망을 이용하고 있는 종래의 FBR(Fixed Bit Rate)망에서는 매우 비효율적이다.

ATM 망은 셀 전송을 위한 타임 슬롯들을 비동기식으로 트래픽의 요구량에 따라 대역폭을 할당할 수 있으므로 고정 대역폭 방식에 비하여 실질적인 대역폭의 절감과 MPEG 과 같은 군집성 트래픽에 대하여 균일한 화질을 유지할 수 있으며 송, 수신 측의 버퍼를 제거할 수 있다. 그러나 서로 상이한 트래픽 특성의 혼합에 따른 적절한 제어 방법이 아직 명확하지 않다. 따라서 양질의 QoS(Quality of Service)를 유지하면서 전송에 필요한 대역폭을 효율적으로 조정하는 대역 할

당 제어 기법이 필요하게 되었으며 적응적 대역폭 할당(adaptive bandwidth allocation) 기법이 효율적인 전송 방법으로 제안되기 시작하였다[1]. 본 연구에서는 사용자가 최소한의 품질을 보장 받으면서 망의 자원에 따라 보다 나은 품질을 제공받는 방안으로 ATM 망의 CBR 서비스와 VBR 서비스를 복합적으로 사용하는 2 계층 구조의 전송방안을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 ATM 망에서 제공하는 VBR 서비스에 대하여 기술하고 3 장에서 계층 부호화 알고리즘을 기술하였다. 4 장에서는 CBR 과 VBR 의 복합사용을 위해 요구되는 2 계층 MPEG 부호화기를 TM5 를 이용하여 구현하고 5 장에서 기존의 표준 MPEG 부호화기와 제안한 2 계층 MPEG 부호화기에 대한 비교 및 분석을 실시하였으며, 6 장에서는 종합적인 결론과 앞으로 수행해야 할 연구 과제에 대하여 언급하였다.

2. ATM 망에서의 VBR 서비스

2.1 ATM 네트워크의 특성

ATM 망은 발생하는 모든 전송데이터를 고정길이의 셀로 나누고 이 셀들을 각각의 목적에 맞는 비율로 섞어 셀 스트림을 만들어 전송한다. 이런 방법을 사용하면 고정 비트율을 가지고 미리 정해진 시간에 전송되어야 하는 통신요구와 가변적인 비트율에 시간에 대한 구속이 없는 통신요구처럼 전혀 성격이 다른 통신 요구들이 서로에게 영향을 주지 않고 전송될 수 있다.

ATM은 연결 지향적(Connection oriented)인 성격을 가진다. 연결을 만들 때 종단간의 두 통신 주체는 자신이 사용할 대역폭을 제시하고 두 주체가 사용할 경로에 이를 감당할 수 있는 대역폭이 남아있는 경우 연결이 만들어진다. 이 연결에서 처음 만들어질 때 약속된 대역폭이 있으므로 이 대역폭을 넘지 않는 범위 내에서 통신이 이루어지며 통신요구가 모두 해결되면 연결을 해제하고 가지고 있던 대역폭을 풀어주게 된다.[6] 이와 같은 방식의 문제점은 응용 프로그램마다 다른 통신요구의 특성에 따라 얼마만큼의 대역폭을 어떻게 할당하는가 하는 것이다. 이 문제를 해결하는 방법은 응용이 요구하는 서비스의 품질과 서비스의 유형에 따라 다를 것이므로 ATM 포럼의 ATM Traffic Management Version 4.0[7]에서는 [표 1]과 같이 AAL 레이어의 서비스 유형을 4개의 클래스로 정의하였다.

[표 1] AAL Layer Service Classification

Service Class	Characteristics
A	circuit emulation, constant bit rate video
B	variable bit rate, audio and video
C	connection-oriented data transfer
D	connectionless data transfer

또한 [표 2]와 같이 트래픽 형식에 따라 다섯 개의 서비스로 나누고 이들을 제공하기 위한 파라미터를 제시하였다. 이중 본 연구에서 적용하려는 서비스는 CBR 서비스와 rt-VBR(real time-Variable Bit Rate) 서비스이다.

[표 2] ATM Services Classification

Traffic Type	QoS parameter	Traffic parameter
CBR	CTD, CDV, CLR	PCR, CDVT
Rt-VBR	CTD, CDV, CLR	PCR, CDVT, SCR, MBS
nrt-VBR	CLR	PCR, CDVT, SCR, MBS
ABR	CLR	PCR, CDVT, MCR
UBR	None	PCR, CDVT

CTD: 셀 전송 지연, CDV: 지연오차 CLR: 셀 손실률
 PCR: 최대 전송율, CDVT: 지연오차 감내율
 SCR: 지속전송율, MBS: 최대 전송크기
 MCR: 최소 셀 전송율

2.2 CBR 서비스

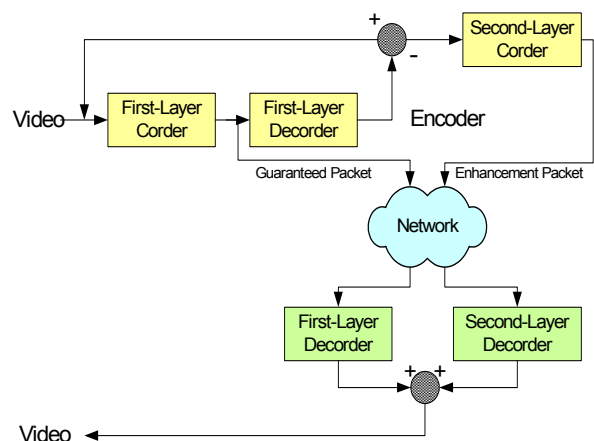
CBR 서비스는 연결지향적인 망의 특성상 가장 전통적인 개념이다. 각 연결마다 각각 고정된 대역폭을 할당하고 그 만큼의 통신요구를 처리하게 된다. [표 2]에서 보는 바와 같이 최대전송률과 셀 지연오차 등의 파라미터를 사용하여 주어진 대역폭 이내에서의 품질 보증한다.

2.3 rt-VBR 서비스

지원해야 하는 응용이 실시간성을 가지지만 발생하는 통신요구의 크기가 시간에 따라 변하는 특성을 가지는 경우 고정된 대역폭의 할당은 적절하지 않다. rt-VBR 서비스는 CBR 서비스와 유사하게 실시간성을 가지지만 대역폭의 할당을 즉각적으로 변경할 수 있다. rt-VBR 서비스에 속하는 연결을 만들 때 최대 전송률과 지연오차 감내율, 최대 전송크기 등에 대한 파라미터가 필요하며 QoS를 위하여 지연오차, 셀 손실률 등의 파라미터가 사용된다.

3. 2 계층 부호화.

MPEG 영상 부호화 기법은 부호화된 영상의 품질을 일정하게 유지해 주는 가변 비트율(variable bit rate)을 사용하는 영상 부호화 기법이므로 전송되는 MPEG 데이터 역시 가변 비트율 트래픽의 형태를 가진다. ATM은 B-ISDN의 기반을 이루는 전송망으로 일반적인 고정 비트율(CBR) 뿐만 아니라 가변 비트율(VBR) 전송도 지원하며 동적인 대역폭 할당이 가능하다.[5] MPEG 트래픽은 군집성이 매우 커서 고정된 대역폭을 할당하는 경우 트래픽 발생량이 할당된 대역폭보다 큰 경우 미처 전송되지 못한 정보는 망 내의 버퍼에 저장되었다가 전송된다. 그러나 이런 일이 지속되는 경우 버퍼에서 오버플로우(overflow)가 일어나 데이터의 손실이 발생한다. 만일 데이터의 손실을 방지하기 위하여 트래픽의 최대 비트율로 대역폭을 할당한다면 망 자원을 낭비하게 된다.



[그림 1] Two Layer Codec의 블록 계통도

2 계층 영상 부호화 시스템은 ATM 의 헤더부에 있는 셀 우선권 비트를 이용하여 보증된 패킷(guaranteed packet)과 확장 패킷(enhancement packet) 두 가지를 생성하며 2 계층 영상 부호화 시스템의 기본 계통도는 [그림 1]과 같다.

이러한 2 계층 부호화 시스템은 보증된 패킷을 높은 우선순위로 전송하고 망 자원이 부족한 경우엔 낮은 우선순위를 갖는 확장 패킷부터 폐기하여 최소한의 화질을 보장한다. M. Ghanbari[4]가 제안하는 2 계층 부호화는 기저 계층에 H.261 부호화기를 적용하고 추가 계층에 DCT 를 적용하여 부호화하고 있다. 또한 Kishino[3]도 유사한 기법을 제안하고 있다.

2 계층 부호화의 기본 구성은 [그림 1]에 나타낸 것과 같이 부호화기를 두 부분으로 나누는 것이다. 첫 번째 기저계층(base layer)으로써 영상의 화질이 낮을지라도 수신기가 영상을 복구하는데 필수적인 동기신호와 기본 영상 데이터를 포함한다.

수신 측에서의 영상 복구는 기저 계층에 전적으로 의존하므로 높은 우선순위가 할당된다. 추가 계층인 두 번째 계층은 원래의 영상신호와 기저계층의 복호화된 데이터의 차를 부호화하는 것으로서, 추가계층의 데이터 손실은 수신 측의 영상 복구 작업에 영향을 주지 않는다. 망의 상태가 양호하다면 추가계층은 복호화된 영상의 화질을 증가시키는데 기여하지만 상태가 나쁜 경우 추가 계층의 셀은 폐기될 수 있다.

4. 2 계층 부호화 기법의 설계 및 구현

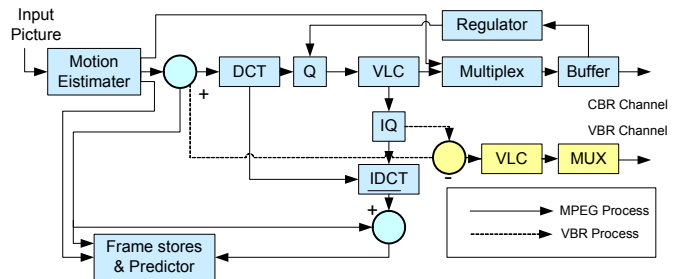
본 연구에서는 Ghanbari[4]가 제안한 모델을 중심으로 TM5 를 이용한 2 계층 부호화 기법을 설계 및 구현하였다. 현재 널리 연구되고 있는 계층 구조는 ATM 망에서 2 개의 우선순위를 갖도록 2 계층 구조를 이용하는 것으로 Ghanbar 에 의해 제안된 것이 기본 바탕을 이루고 있다. 전체 링크의 용량 중 일부는 보증된 셀로 할당되고, 나머지는 오버로드가 일어날 경우 폐기될 수 있도록 하고 있다.

2 계층을 이용한 비디오 코딩 방법에서 기저 계층은 보증된 비트율로 압축한 베이스모드(base mode) 영상의 데이터이며 추가 계층은 베이스 모드영상을 좀더 고품질의 화질로 만들기 위한 추가 데이터이다. 이와 같은 기법은 H.261 의 2 계층 코딩을 사용한 시뮬레이션에 의하여 이미 확인된 바 있다.

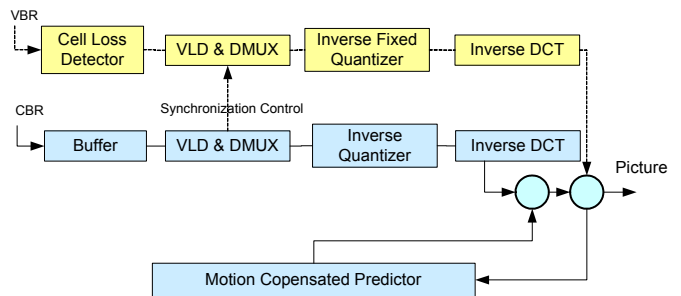
본 연구에서는 소스 트래픽의 특성에 따라 가변 대역을 효율적으로 할당하기 위하여 기저계층을 구성하는 고정 비트율 대역에 TM5 를 기본으로 한 비트율 제어 기법을 적용하였다. 기존의 SM3 에서는 단지 버퍼의 상태만을 고려하고 있기 때문에 복원 화질을 균일하게 유지할 수 없다. 반면, TM5 에서는 3 단계를 통한 제어를 수행하고 있기 때문에 대역을 효율적으로 이용할 수 있을 뿐만 아니라 복원 화질도 균일하게 유지할 수 있다.

두 번째 계층인 추가 계층에 대해서는 원 영상과 고정 비트율 복원 영상과의 차이를 구하여 가변 비트

율로 전송하도록 하였다. [그림 2]와 [그림 3]은 2 계층 구조의 Encoder 와 Decoder 의 계통도이다.



[그림 2] 2 계층 코덱 엔코더 계통도



[그림 3] 2 계층 코덱 디코더 계통도

5. 구현한 2 계층 부호화기에 대한 성능 평가

본 연구에서 구현한 2 계층 부호화 코덱을 이용하여 두 단계로 시뮬레이션을 수행하였다. 먼저, CBR 로 할당할 대역을 생성하기 위해 비트율 제어 기법 3 단계를 적용하고 원래의 영상과의 차이를 검출하여 확장대역을 생성토록 하였다. [그림 4],[그림 5]는 식(1)을 이용하여 전체 대역 중 기저 계층에 30%를 할당하고 나머지를 VBR 대역으로 할당하여 복원 화질을 살펴 보았을 때의 결과를 나타낸다.

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{255}{RMSE} \tag{1}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N f(i \cdot j) - f(i-j)^2} \tag{2}$$

N= 화소의 수, f= 원 영상, f= 압축 복원된 영상
 RMSE = Root Mean Square Error

실험 결과로 볼 때 균집성이 적은 Football 영상에 대해서는 기존의 단일 계층 부호화기를 사용하는 CBR 방식의 전송과 비교하여 거의 동일한 성능을 나타내었다. 그러나 균집성이 큰 table-tennis 의 경우에는

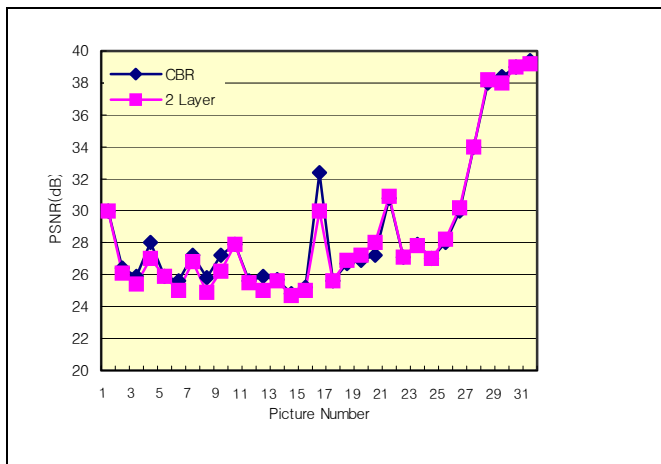
품질의 열화가 나타났지만 단일 계층의 CBR 전송이 최대 대역폭을 사용하고 있음을 감안한다면 망의 효율성 면에서 충분한 실용성이 있다고 분석된다.

6. 결론

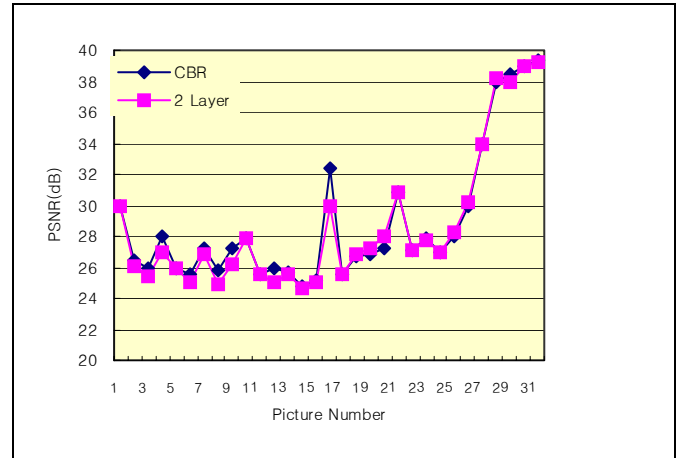
MPEG 트래픽은 프레임 부호화 기법으로 셀(cell) 발생량의 변화가 심한 군집성(burst)이 큰 트래픽이기 때문에 셀 손실(cell loss)이나 셀 지연(cell delay)이 적은 전송 품질(QoS)을 유지하면서 동시에 ATM 망의 대역폭을 효율적으로 사용하는 전송을 구현하기가 매우 힘들다. 본 연구에서는 이러한 상반되는 두 가지 목적을 수행하기 위한 대역폭 할당 기법으로 사용자가 최소한의 품질을 보장 받도록 ATM 망의 CBR 서비스와 VBR 서비스를 복합적으로 사용하는 방법을 제안하였다. 이의 구현을 위하여 2 계층 구조의 MPEG 부호화기를 설계, 구현하였으며 기존의 표준 MPEG 부호화기에 대한 비교 및 평가를 실시하였다.

전체 대역 중 CBR 에 30%를 할당하고 나머지를 VBR 에 할당하여 실험한 결과 군집성이 비교적 적은 영상은 기존의 표준 MPEG 부호화기와 거의 동일한 품질을 나타냈으며 군집성이 큰 영상은 약간의 품질 열화를 보였으나 망의 대역폭의 사용 면에서 우수함을 보였다.

향 후 더욱 다양한 데이터로 실험을 수행하여 저계층과 추가계층에 할당하는 데이터의 최적 비율을 찾아야 할 것이다.



[그림 4] football 영상에 대한 PSNR 비교



[그림 5] Table Tennis 영상에 대한 PSNR 비교

참고문헌

- [1] A.Adas, "Supporting Real Time VBR Video Using Dynamic Reservation Based on Linear Prediction", Proceeding of the Inforcon '96, pp.11d.4.1-7,1996.
- [2] Davis M.Cohen, Daniel P.Heyman, "A Simulation Study of Video Teleconferencing Traffic in ATM Networks", IEEE INFOCOM, Vol. 3,pp.894-901, March 28-29, 1993
- [3] Fumio Kishino, Katsutoshi Manabe, Yasuhito Hayashi, and Hirodhi Yasuda, "Variable Bit-Rate Coding of Video Signals for ATM Networks", Journals of Selected Area in Communications, Vol. 7, No. 5, pp.801-814, June 1989
- [4] M. Ganbari, "Two-Layer Coding of Video Signals for VBR Network", Journals of Selected Area in Communications, Vol. 7, No. 5, pp.771-781, June 1989
- [5] Preslav Markov and Hassan Mehrpour, "Communications 2002", ICC2002 IEEE International Conference on, Vol. 4, p2325-2329
- [6] E.Gelenbe, X.Mand, R.Onvural, "Bandwidth allocation and call admission control in high-speed networks, "IEEE Communications Magazine", Vol. 35, No. 5, pp.122-129, May 1997
- [7] The ATM Forum, "ATM traffic management specification, version 4.0". April 1996