

ATM 망에서의 MPEG 비디오를 위한 적응적 가변 대역 할당 기법

한상범^o, 김태윤
고려대학교 컴퓨터학과

hansb@kt.co.kr, tykim@netlab.korea.ac.kr

Adaptive bandwidth allocation scheme for MPEG video on ATM networks

Sang-bum Han ^o, Tai-yun Kim
Dept. of Computer Science and Engineering, Korea University

요약

ATM(Asynchronous Transfer Mode) 망은 사용자의 요구에 의해 대역폭을 할당할 수 있으므로 전송에 필요한 대역폭이 수시로 변화하는 MPEG 비디오를 전송하는데 적합하다. 그러나 MPEG 트래픽(traffic)은 셀(cell) 발생량의 변화가 심한 군집성(burst)이 큰 트래픽이기에 전송 품질을 유지하면서 동시에 망의 대역폭을 효율적으로 사용하는 전송을 구현하기가 매우 힘들다. 본 연구에서는 이러한 상반되는 두 가지의 목적을 수행하기 위하여 새로운 대역폭 할당 기법을 제안하였다. 사용자에게 최소한의 품질을 보장하면서 망에 대역폭의 여유가 있는 경우 고품질의 서비스가 가능토록 하는 방안으로 ATM 망의 CBR(Constant Bit Rate) 서비스와 VBR(Variable Bit Rate) 서비스를 복합적으로 사용하는 방법을 제안하였다. 이의 구현을 위하여 2 계층 구조의 MPEG 부호화기를 설계, 구현하였고 모의 실험을 통하여 기존의 단일 계층 CBR 서비스에 비하여 품질과 망의 효율성에 있어 충분히 우수함을 확인하여 그 효용성을 증명하였다.

1. 서론

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

ATM망은 셀 전송을 위한 타임슬롯들을 비동기식으로 트래픽의 요구 량에 따라 대역폭을 할당할 수 있으므로 고정 대역폭 방식에 비하여 실질적인 대역폭의 절감과 MPEG과 같은 군집성 트래픽에 대하여 균일한 화질을 유지할 수 있으며, 버퍼를 제거할 수 있다. 그러나 서로 상이한 트래픽 특성의 혼합에 따른 적절한 제어 방법이 아직 명확하지 않다. 따라서, 비디오의 성질에 따라 발생하는 비트율에 망 자원을 효율적으로 운용하기 위해서는 양질의 QoS(Quality of Service)를 유지하면서 전송에 필요한 대역폭을 효율적으로 조정하는 대역 할당 제어 기법이 필요하게 되었으며 이러한 필요성에 의해 적응적 대역폭 할당(adaptive bandwidth allocation) 기법이 효율적인 전송 방법으로 제안되기 시작하였다[Ada96].

본 연구에서는 사용자가 최소한의 품질을 보장받도록 하는 방안으로 ATM 망의 CBR 서비스와 VBR 서비스를 복합적으로 사용하는 2계층 구조의 전송방안을 제안하였으며 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 계층 부호화에 대하여 설명하고 3장에서는 CBR과 VBR의 복합 사용을 위해 요구되는 2 계층 MPEG 부호화기를 TM5를 이용하여 구현하고 4장에서 기존의 표준 MPEG 부호화기와 제안한 2 계

층 MPEG 부호화기에 대한 비교 및 분석을 실시하였으며 5장에서는 종합적인 결론과 앞으로 수행해야 할 연구 과제에 대하여 언급하였다.

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. 그런데 망을 통하여 MPEG 정보를 전송하는 경우 품질과 효율, 두 가지의 상충된 문제가 있게된다. 즉, 화질의 열화 없이 실시간으로 전송하여야 한다는 점과 망에서 제공하는 대역폭을 효율적으로 이용해야 한다는 점이다. 특히 MPEG 트래픽의 경우 정보의 내용에 따라 발생하는 정보량이 급격하고 다양하게, 비 선형적으로 변화하는 군집성(burst)이 매우 큰 트래픽이므로 고정된 대역폭을 할당하는 경우 트래픽의 발생량이 할당된 대역폭보다 큰 경우 미처 전송되지 못한 정보는 망 내의 버퍼에 저장되었다가 전송된다. 그러나 이런 일이 지속되는 경우 결국에는 버퍼에서 오버플로우(overflow)가 일어나 데이터의 손실이 발생한다. 만일 데이터의 손실을 방지하기 위하여 트래픽의 최대 비트율로 대역폭을 할당한다면 망 자원을 낭비하게 된다.

2 계층 영상 부호화 시스템은 헤더부에 있는 셀 우선권 비트를 효율적으로 사용하기 위해 보증된 패킷(guaranteed packet)과 확장 패킷(enhancement packet)의 2 계층으로 구성된다. 2 계층 영상 부호화 시스템의 기본 블록도는 <그림 1> 과 같다. 이러한 2 계층 부호화 시스템은 보증된 패킷을

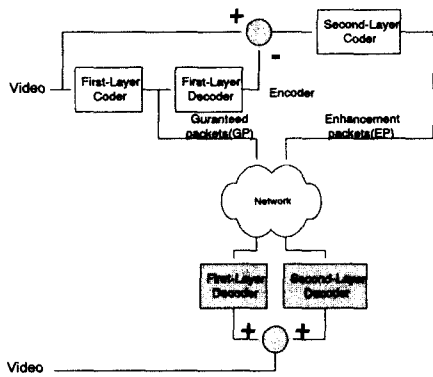
높은 우선 순위로 전송함으로써 망 폭주 시 낮은 우선 순위를 갖는 확장 패킷부터 폐기하여 최소한의 화질을 보장하여 준다. M. Ghanbari[MGan89]가 제안하는 2 계층 부호화는 기저 계층에 H.261 부호화기를 적용하고, 추가 계층에 DCT를 적용하여 부호화하고 있다. 또한 Kishino [FKYH89] 도 유사한 기법을 제안하고 있다.

인 영향을 주지 않는다. 망의 상태가 양호하다면 추가 계층은 복호화된 영상 화질을 증가시키는 데 기여하지만 상태가 나쁜 경우 추가 계층을 이루는 셀들은 폐기될 수 있다.

3. 2 계층 부호화 기법의 설계 및 구현

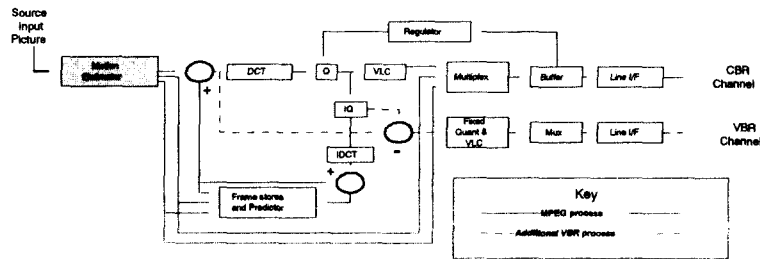
본 연구에서는 Ghanbari [MGan89] 가 제안한 모델을 중심으로 TM5를 이용한 2 계층 부호화 기법을 설계 및 구현하였다. 현재 널리 연구되고 있는 계층 구조는 ATM 망에서 2개의 우선 순위 갖도록 2 계층 구조를 이용하는 것으로 Ghanbari에 의해 제안된 것이 기본 바탕을 이루고 있다. 전체 링크의 용량 중 일부는 보증된 셀로 할당되고, 나머지는 오버로드가 일어날 경우 폐기될 수 있도록 하고 있다.

2 계층을 이용한 비디오 코딩 방법에서 기저 계층은 보장된 비트율로 압축한 베이스 모드(base mode) 영상의 데이터를 고정 비트율로 전송한다. 추가 계층은 베이스 모드 영상을 요구된 고품질의 화질로 만들기 위한 추가 데이터로 가변 비트율로 전송한다. 추가 계층은 반복적으로 사용되지 않고, 셀의 손실이 발생할 경우 그 범위는 베이스 모드 품질(base mode quality)에 대하여 일시적으로 구역에 한정된다. 이와 같은 기법은 CCITT 가 권고한 H.261의 2 계층 채택에 의한 컴퓨터 시뮬레이션에 의하여 이미 확인된 바 있다. 본 연구에서 소스 트래픽 특성에 따른 가변 대역을 효율적으로 할당하기 위하여 구현한 2 계층 구조는 먼저, 고정 비트율에 대해서는 TM5를 기본으로 한 비트율 제어 기법을 적용하였다. 기존의 SM3에서는 단지 버퍼의 상태만을 고려하고 있기 때문에 복원 화질을 균일하게 유지할 수 없다. 반면에 TM5에서는 3단계를 통한 제어할 수 행하고 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

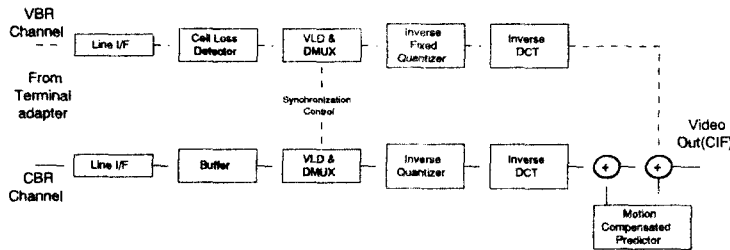


<그림 1> 2 계층 Codec의 블록 계통도

2계층 부호화의 기본 구성은 <그림 1>에 나타난 것과 같이 부호화기를 두 부분으로 나누는 것이다. 첫 번째 기저 계층(base layer)으로써 영상의 화질이 낮을지라도 수신기가 영상을 복구하는데 필수적인 동기 신호와 기본 영상 데이터를 포함한다. 수신기에서의 영상 복구는 기저 계층의 데이터 계층에 전적으로 의존하므로 기저 계층에 높은 우선 순위가 할당된다. 추가 계층인 두 번째 계층은 기저 계층의 부호화된 데이터의 차를 부호화하는 것으로서, 추가 계층의 데이터 손실은 수신기의 영상 복구 작업에 치명적



<그림 2> 2 계층 VBR 코덱의 인코더 블록도



<그림 3> 2 계층 VBR 코덱의 디코더 블록도

영상과의 차이를 구하여 가변 비트율로 전송되도록 하였다. <그림 2>와 <그림 3>은 본 연구에서 가변 대역 할당을 위해 설계 및 구현한 2 계층 가변 비트율 Encoder와 Decoder의 계통도이다.

4. 구현한 2계층 부호화기에 대한 성능평가.

ATM 망에서 효율적으로 가변 대역을 할당하기 위해 본 연구에서 설계 및 구현한 2 계층 부호화 코덱을 이용하여 두 단계로 시뮬레이션을 수행하였다. 먼저, 고정 비트율을 처리하기 위해 CBR로 할당된 대역의 비율과 TM5 에서 제안되고 있는 비트율 제어 기법 3 단계를 적용하여 구현하였다. <그림 4>는 최적의 화질을 유지하고 동시에 망의 운용 효율을 높일 수 있도록 (식 1)을 이용하여 전체 대역 중 기저 계층에 30%를 할당하고 나머지를 VBR 대역으로 할당하여 복원 화질을 살펴보았을 때의 결과를 나타낸다.

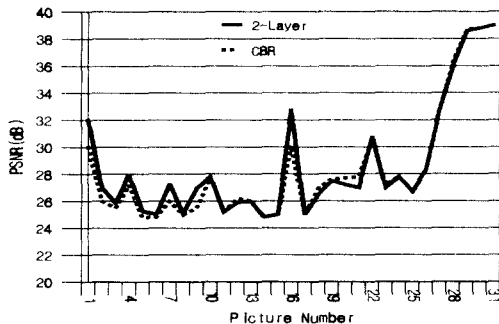
$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{255}{RMSE} \quad (1)$$

(RMSE : Root Mean Square Error)

N = 화소의 수, f = 원 영상, f' = 압축 복원된 영상

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N [f[i,j] - f'[i,j]]^2} \quad (2)$$

실험결과로 볼 때 균집성이 적은 Football 영상에 대해서는

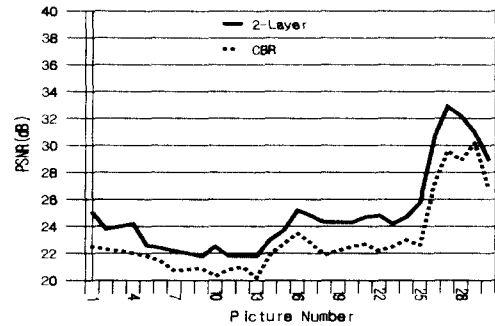


<그림 4> 2 계층 부호화기의 Football 영상에 대한 PSNR

기존의 단일계층 부호화기를 사용하는 CBR 방식의 전송에 비교하여 거의 동일한 성능을 나타내었다. 그러나 균집성이 큰 table-tennis의 경우에는 하여 품질의 열화가 나타났지만 단일 계층의 CBR 전송이 최대 대역폭을 사용하고 있음을 감안한다면 망의 효율성 면에서 충분한 실용성이 있다.

5. 결론

MPEG 트래픽은 프레임의 부호화 기법에 따라 셀(cell) 발생 량의 변화가 심한 균집성(burst) 이 큰 트래픽이기 때



<그림 5> 2 계층 부호화기를 이용한 Table-tennis 영상에 대한 PSNR

문에 셀 손실(cell loss)이나 셀 지연(cell delay)이 적은 전송 품질(quality of service)을 유지하면서 동시에 ATM망의 대역폭을 효율적으로 사용하는 전송을 구현하기가 매우 힘들다. 본 연구에서는 이러한 상반되는 두 가지 목적을 수행하기 위한 대역폭 할당 기법으로 사용자가 최소한의 품질을 보장받도록 ATM 망의 CBR 서비스와 VBR 서비스를 복합적으로 사용하는 방법을 제안하였다. 이의 구현을 위하여 2 계층 구조의 MPEG 부호화기를 설계, 구현하였으며 기존의 표준 MPEG 부호화기와 본 연구에서 구현한 2 계층 MPEG 부호화기에 대한 비교 및 분석을 실시하였다. 전체 대역 중 CBR에 30%를 할당하고 나머지를 VBR에 할당하여 실험한 결과 균집성이 비교적 적은 영상은 기존의 표준 MPEG 부호화기와 거의 동일한 품질을 나타냈으며 균집성이 큰 영상은 약간의 품질 열화를 보였다. 향후 연구 과제로는 좀더 다양한 데이터로 실제의 망에서 실험을 수행하는 것이 필요할 것이다.

참고 문헌

- [Ada96] 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 .
- [Dav93] 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.
- [FKYH89] 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.
- [MGan89] M. Ganbari, "Two-Layer Coding of Video Signals for VBR Network", *Journal of Selected Area in Communications*, Vol. 7, No. 5, pp.771-781, June 1989.