

論文 95-32A-9-6

ATM 망에서 VBR 비디오 소스의 효율적인 전송을 위한 동적 대역 할당

(A Dynamic Bandwidth Allocation for the Efficient Transmission of VBR Video Sources in ATM Networks)

李 八 鎮 *, 崔 昊 圭 *, 金 炳 玉 *, 金 煥 善 **, 金 永 川 *

(Pal Jin Lee, Dae Kyu Choi, Byung Ok Kim, Young Sun Kim, and Young Chon Kim)

요 약

본 논문에서는 ATM을 기반으로 한 BISDN을 통하여 VBR 비디오 소스의 효율적인 전송을 위한 동적 대역 할당 알고리즘을 제안하였다. 전송을 위해 요구되는 대역을 평가하기 위하여 MPEG 부호화에 의해 발생된 VBR 비디오 소스의 특성을 GOP의 수와 양자화 크기에 따라 분석하였다. VBR 비디오 소스에 대한 요구되는 대역은 scene과 프레임 상관성, 그리고 VBR 비디오 소스의 통계적 성질을 이용한 예측 알고리즘을 이용하여 평가하였다. Scene 상관성은 한 프레임내에서의 인접 슬라이스간에 강한 상관성이 있음을 나타내고, 프레임 상관성은 프레임 사이에 강한 상관성이 있음을 나타낸다. 셀의 피크, 평균, 그리고 표준편차와 같은 비디오 소스의 트래픽 파라미터를 기본으로 한 통계적 특성은 다양한 시뮬레이션을 통하여 결정하였다. 제안된 동적 대역 할당 기법의 성능은 GOP의 수와 양자화 크기에 따라 평가 대역에 따른 초과 할당된 대역의 비율, 대역 이용률, 셀 손실률을 사용하여 평가하였다. 시뮬레이션 결과는 제안된 기법이 기존의 방법보다 우수함을 보인다.

Abstract

In this paper, we propose a dynamic bandwidth allocation scheme for the transmission of VBR video source through ATM based BISDN. In order to efficiently evaluate the required bandwidth, the characteristics of the VBR video sources generated by the MPEG coder are analyzed with variations in the number of GOP and quantizer scale. The required bandwidth for VBR video source is estimated by a prediction algorithm using scene and frame correlations as well as the statistical properties of the VBR video source. Scene correlation represents a strong correlation among the adjacent slices in a frame, and frame correlation represents a strong correlation among the frames. The statistical properties based on the traffic parameters of video sources such as peak rate, average rate, and standard deviation of source are determined through simulation. The performance of the proposed bandwidth allocation scheme is evaluated in terms of the over-allocated bandwidth, bandwidth utilization, and cell loss rate with variations in the quantizer scale and the number of GOP. It is shown that the results of simulation based on the proposed scheme are superior to those of the conventional methods.

* 正會員, 全北大學校 컴퓨터工學科
(Dept. of Computer Engineering, ChonBuk
National Univ.)

** 正會員, 韓國電子通信研究所
(ETRI)

接受日字: 1994年12月3日, 수정완료일: 1995年9月6日

I. 서론

최근 ATM(Asynchronous Transfer Mode)을 기반으로 한 BISDN에서의 VBR(Variable Bit Rate)을 갖는 비디오의 전송에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.^[11] ATM은 대역 이용률을 높이기 위하여 고정된 크기의 셀(cell)을 통계적으로 다중화하며, 음성 및 비디오와 같은 다양한 범위의 서비스를 동시에 제공할 수 있다. 또한 대역 할당이 요구(on-demand)에 의하여 이루어지기 때문에 특정한 연결에 대하여 고정된 대역이 할당되지 않는다. 따라서 효과적으로 트래픽을 제어하지 못할 경우에는 망의 폭주 상태가 발생하여 셀의 손실과 지연시간의 급증으로 요구하는 QOS(quality of service)를 만족시킬 수 없다. 그러므로 ATM 망에서는 망의 폭주에 의한 셀 손실률의 최소화 및 망 자원 이용률의 극대화란 서로 상충되는 목표를 달성하여야 한다. 특히, ATM 망에서 VBR 소스에 대한 대역 할당 기법에 관한 연구는 서비스의 효율적인 제공, 호 수락제어, 라우팅과 흐름제어 기법에 많은 영향을 미치기 때문에 매우 중요하다.^[2,3]

기존의 회선 교환망에서 비디오 전송은 고정 비트율로 이루어진다. 그 결과 모든 영상에 대하여 균일한 화질을 유지할 수 없다.^[11] 이러한 문제점은 비디오 소스에 피크 비트율로 할당하여 해결할 수 있지만, 영상의 내용이 복잡하지 않은 부분에서는 많은 대역의 낭비를 초래할 수 있다.^[14] 따라서, 대역의 낭비를 줄이고, 전송된 영상의 균일한 화질을 유지할 수 있도록 필요한 대역을 가변적으로 할당할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 비디오 소스의 특성을 바탕으로 발생 트래픽 양을 정확히 예측할 수 있는 방법이 필요하다.

본 논문에서는 ATM 망에서 가변적인 비트 발생률을 갖는 비디오 소스의 트래픽 특성을 파악하고, 이를 기반으로 적응적인 대역을 할당할 수 있는 동적 대역 할당 알고리즘을 제안하였다. 동영상의 트래픽 특성을 파악하기 위하여 MPEG 부호화기를 설계하고, 다양한 시뮬레이션을 통하여 특성 파라미터를 분석하였다. 이 결과를 바탕으로 비디오 소스의 통계적 특성 및 비디오 시퀀스를 구성하고 있는 인접 프레임과 프레임 내의 인접 슬라이스간에 존재하는 상관성을 이용하여 비디오 소스의 특성에 따른 요구 대역을 동적으로 할당하였다.

제안된 방법은 시뮬레이션을 통하여 평가 대역에 따

른 초과 할당된 대역의 비율, 대역의 이용률, 셀의 손실률 등을 측정하였으며, 기존의 방법과도 비교 분석을 실시하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 비디오의 특성, 트래픽 예측 방법과 기존의 대역 할당 방법에 대하여 다루었다. 3장에서는 제안된 동적 대역 할당 알고리즘에 대하여 기술하였으며, 4장에서는 시뮬레이션을 수행하고, 그 결과를 기존의 방법과 비교, 분석하였다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺었다.

II. 비디오 소스 트래픽 예측

1. 비디오 특성

ATM 망에서 제공되는 서비스는 다양하며, 이들 서비스의 성격도 서로 다른 트래픽 특성과 서비스 품질 요구조건을 수반한다. 더우기 ATM 망에서는 서비스 종류에 관계없이 망 자원을 공유하기 때문에 패킷 비디오 전송에 필요한 대역을 할당하기 위해서는 각 비디오 소스에 대한 특성 파악이 필요하다. ATM망에서 요구하는 서비스를 대역폭과 화질 측면에서 살펴보면 그림 1과 같다.^[14]

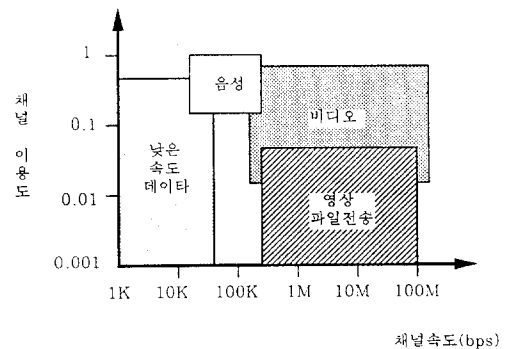


그림 1. ATM 트래픽 성능 요구

Fig. 1. Performance requirement of ATM traffic.

효율적인 VBR 비디오 서비스를 제공하기 위해서는 이들 소스에 적합한 새로운 대역 할당 방법이 필요하게 되며, 이들 방법은 소스 특성과 소스를 제어할 수 있는 메커니즘, 그리고 scene의 내용과 부호화 알고리즘에 영향을 받는다. 그러므로 기본적인 비디오 특성은 비디오 부호화에 의해 이용된 부호화 알고리즘에 따라 주로 결정된다.^[9] 본 논문에서는 VBR 비디오 소

스의 효율적인 전송을 위해 비디오 소스의 특성을 파악하고, 그 특성에 따라 요구 대역을 동적으로 할당하기 위하여 MPEG 시뮬레이터를 ATM 망에 적합하도록 수정 및 보완하였다.

MPEG(Moving Pictures Expert Group)은 원래 기억장치 저장매체에 압축 비디오의 저장을 위하여 개발되었으며, 다양한 비디오 응용에 적용이 가능하고 폭넓은 범용성을 지니고 있다. 알고리즘은 프레임내/프레임간(intraframe/interframe) 부호화의 두가지 결합으로 구성된다. 프레임간 부호화에서 움직임 보상은 매크로블럭 단위로 이루어지며, 프레임내 부호화는 블럭을 기본으로 하는 DCT 기법이 사용된다. 또한 MPEG 부호화기는 각 프레임을 6가지 계층적인 포맷으로 나누어 부호화를 수행한다. 이 중에서 블럭과 매크로블럭은 MPEG 알고리즘의 기본 부호화 단위이다. [10,11]

MPEG 부호화기에서의 VBR 비디오의 특성은 프레임내 또는 프레임간의 구성 방법과 양자화 크기에 따라 달라진다. 프레임내 부호화는 I 영상만으로 구성되기 때문에 이전의 프레임과 독립적으로 이루어진다. 프레임간 부호화는 양방향 예측에 의한 B와 순방향 예측에 의한 P 영상으로 구성되며, 부호화는 GOP(Group of Picture) 단위로 이루어진다. GOP는 N과 M으로서 표현할 수 있는데, N은 GOP를 구성하는 프레임수를 나타내며, M은 I 영상과 P 영상, 그리고 P 영상과 P 영상사이에서의 B 영상의 길이를 나타낸다. GOP 내에서 I 프레임의 빈도는 부호화기의 강전함을 결정하며, 다음 프레임에 연속적으로 미치는 에러전달을 방지한다. 양자화 크기(q)는 비트 발생량을 조절하는데 사용된다. q의 증가는 비트 발생량의 감소, q의 감소는 비트 발생량의 증가를 나타내기 때문에 이를 이용하여 화상회의에서 HDTV에 이르는 다양한 비디오 소스를 시뮬레이션 할 수 있다.

본 논문에서는 부호화기에서 발생된 비디오 정보를 ATM 망으로 전송하기 위하여 그림 2와 같이 44 바이트로 패킷(셀)화하였다. 사용된 영상은 Football과 Tabletennis로서 CCIF601 포맷(720*480)을 갖는 휘도 성분만을 이용하였다. 또한 VBR 비디오 소스의 특성 파악을 위해 셀의 피크, 평균, 표준편차를 이용하였다. 비디오 소스의 트래픽 측정 단위는 다음과 같은 이유에서 프레임보다는 슬라이스를 이용하였다.

첫째, 발생된 셀 수에 대한 pmf(probability mass

function)가 프레임 단위보다 더 좋은 특성을 갖는다. 둘째, 슬라이스 데이터는 시·공간적으로 상관성을 분리할 수 있기 때문에 프레임보다 더 높은 상관성을 갖는다. 셋째, 셀 손실이 발생할 경우 슬라이스가 독립적으로 패킷화되기 때문에 수신측에서 재동기화를 빠르게 수행할 수 있다.

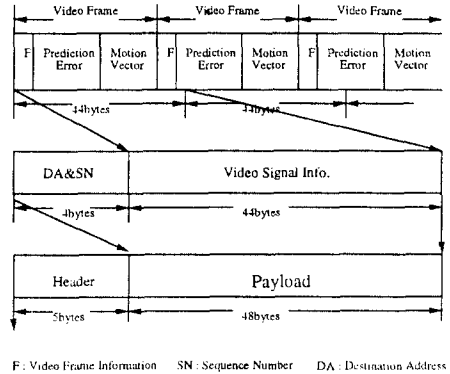


그림 2. 비디오 정보의 패킷화
Fig. 2. Packetization of video information.

표 1은 다양한 코더(N,q)를 이용하여 Football과 Tabletennis 영상에 대한 슬라이스 단위로 도착되는 셀의 트래픽 분포를 나타낸다. 각각은 초당 30 프레임으로서 5초 분량이며, 프레임당 슬라이스 갯수는 30개로 구성된다. Football 영상은 움직임이 많고 3초후에 장면전환이 일어나며, Tabletennis 영상은 복잡도가 높다는 특성이 있다. 여기서 peak는 발생된 셀의 피크, μ 는 셀의 평균, δ 는 표준편차를 나타낸다.

표 1. 두가지 영상의 셀 도착 분포
Table 1. Cell arrival distribution for two images.

제어 파라미터	영상		Football			Tabletennis		
	N	q	peak	μ	δ	peak	μ	δ
1	4	65	40.50	6.53	93	42.77	19.24	
	8	39	22.09	4.50	49	22.59	10.34	
	16	22	11.51	2.64	23	11.59	4.68	
15	4	61	22.69	10.80	93	17.23	14.72	
	8	35	11.93	5.97	49	8.99	7.27	
	16	18	6.29	2.83	22	4.83	3.14	

2. 예측을 이용한 요구 대역 평가
비디오 소스의 통계적 특성은 망의 요구사항을 결정

하는데 중요한 역할을 하지만 VBR 비디오의 가변적인 특성 때문에 부호화기에서 어느 순간에 요구되는 대역을 평가하는 것은 어렵다. 특히 VBR 비디오의 트래픽 특성은 음성이나 데이터 트래픽과는 다르기 때문에 VBR 특성에 따른 요구 대역폭을 정확하게 예측하므로써 비디오 트래픽을 위한 망의 자원을 효율적으로 운용할 수 있어야 한다. 또한 VBR 비디오 소스에 대한 요구 대역폭의 예측은 대역의 낭비를 최소화하고 셀의 손실을 줄이므로써 QOS를 향상시킬 수 있도록 정확히 평가되어야 한다. 이러한 평가는 영상의 통계적 성질에 의하여 어느정도 가능하다.

최근에 발생된 셀의 입력 정보 $x(t)$ 는 다음에 발생할 셀 $x(t+\Delta)$ 에 커다란 영향을 미치기 때문에 셀의 발생 분포를 예측하는 가상적인 평가 모델을 고려한다면 그림3과 같이 나타낼 수 있다.

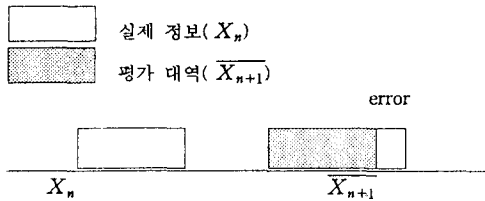


그림 3. 소스 트래픽에 대한 평가 모델

Fig. 3. Estimation model for source traffic.

이와 같은 평가 모델에 의하여 할당된 대역은 대역의 낭비 또는 할당된 대역폭의 부족으로 셀의 손실을 초래할 수 있다. 이것을 각각 과다할당 (O_n), 과소할당 (U_n)이라 하며, 식(1), 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$O_n = \frac{\max(0, \bar{B}_n - B_n)}{B_n} \quad (1)$$

$$U_n = \frac{\max(0, B_n - \bar{B}_n)}{B_n} \quad (2)$$

대부분 대역 할당 기법에서는 셀의 손실을 줄이고, 또한 smoothing을 통한 지연 제한조건을 만족시킬 수 있도록 하기 위하여 소스에 최소한의 대역인 평균을 예약한다. 그리고 파악된 비디오의 특성과 평균을 적절하게 이용하여 필요한 요구 대역폭을 결정한다.^[5]

기존의 회선 교환망에서는 피크 비트율을 이용하여 대역을 할당하지만 많은 대역의 낭비를 초래한다. 이를 해결하는 방법으로 평균과 표준편차를 이용하여 요구

대역폭을 할당하는 고정기법(fixed method)이 있다. 이 방법은 시뮬레이션을 통해 셀의 발생 분포를 측정하여 VBR 비디오 소스의 특성 파라미터인 셀의 평균과 표준편차를 구하고, 이를 이용하여 고정 대역을 할당한다. VBR 비디오 소스 n 번째 프레임에 대하여 \bar{B}_n 을 요구할 대역 폭이라고 하면 요구 대역은 식(3)과 같이 표현할 수 있다.

$$\bar{B}_n = \mu + \delta \quad (3)$$

μ 는 발생된 셀의 평균, δ 는 표준편차를 나타낸다. 이 방법은 발생된 셀이 평균이하로 발생할 경우 많은 대역의 낭비를 가져오지만 반대로 평균이상으로 발생할 경우 셀의 손실이 크다. 그림 4와 그림 5는 부호화기에 의한 (N,M,q)이 (15,3,4)일때의 Football과 Tabletennis 영상에 대한 실제 발생된 셀 분포를 보여주고 있다.

MPEG을 기반으로 동영상의 압축은 3가지 유형인 I,P,B의 영상을 이용하기 때문에 압축된 정보 양은 많은 차이가 있다. 또한 영상의 복잡도, 부호화 알고리즘에 따라 발생된 셀 수도 다르기 때문에 이와 같은 방법은 모든 영상에 대하여 효율적으로 적용할 수 없는 문제점을 갖는다.

Scene의 내용에 따라 좀 더 효율적으로 대역을 할당할 수 있는 방법은 평균을 기본으로 최근에 할당된 요구 대역폭을 이용하여 미래에 필요한 대역폭을 예측하는 것이다. 비디오 소스 n 번째 프레임에 대하여 \bar{B}_n 를 다음에 요구할 대역 폭이라 한다면 요구 대역은 식(4)와 같이 표현할 수 있다.

$$\bar{B}_n = \max(\mu, B_{n-1} + \delta) \quad (4)$$

μ 는 평균, δ 는 표준편차, 그리고 B_{n-1} 은 이전의 프레임에 할당된 실제 대역을 나타낸다. 최근에 발생한 셀의 정보는 가까운 미래에 발생할 셀에 많은 영향을 미치기 때문에 식(6)에 의해서 요구 대역폭을 쉽게 예측할 수 있다. 식(6)를 예측기법(estimation method)라 한다.^[6] 이 방법은 고정기법에 비해 더 정확한 대역 할당이 가능하다. 그러나 비디오 시퀀스의 구조나 영상의 복잡도에 따라 셀의 발생 분포차이가 크기 때문에 MPEG을 이용한 영상의 부호화가 프레임내 모드에서 프레임간 모드로 바뀔때 예측기법은 요구 대역의 평가가 정확하지 않아 많은 대역이 낭비된다는 문제점이 있다.

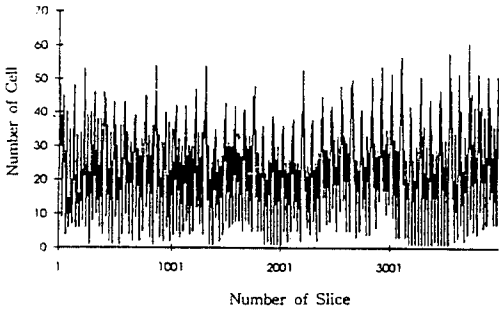


그림 4. Football 영상에 대한 셀 분포
Fig. 4. Cell distribution for Football image.

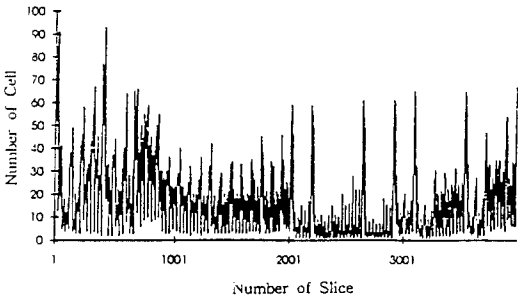


그림 5. Tabletennis 영상에 대한 셀 분포
Fig. 5. Cell distribution for Tabletennis image.

III. VBR 비디오 전송을 위한 동적 대역 할당

본 논문에서는 비디오의 특성을 나타내는 셀의 통계적 분포 및 프레임과 scene의 상관성을 이용하여 비디오 소스에 대한 동적 대역 할당 알고리즘을 제안하였다. Scene 상관성은 한 프레임내에서 인접한 슬라이스 간, 프레임 상관성은 인접한 프레임간에 상관성을 나타낸다. 이와 같은 상관성과 통계적 특성을 이용하여 VBR 비디오 소스의 특성에 맞도록 동적으로 대역을 할당하였다. 제안한 동적 대역 할당을 위한 기본 구성도는 그림6과 같다.

1. 비디오 소스의 상관성

VBR 비디오 소스의 특성은 인접한 프레임들간에는 배경과 운동체의 위치가 거의 비슷한 프레임 상관성이 존재하며, 한 프레임내에서의 슬라이스간에도 scene 상관성이 존재한다. 그러나 N과 q의 변화에 따라 이와 같은 상관성은 많은 변화가 있으며, 특히 N과 q의 증

가에 따른 상관성은 N이 1일때에 비해 현저히 떨어진다.

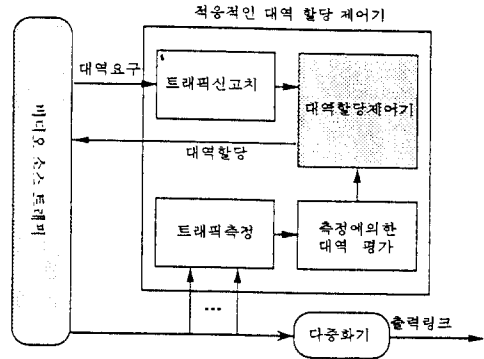


그림 6. 동적 대역 할당을 위한 기본 구성도
Fig. 6. Function block diagram for dynamic bandwidth allocation.

프레임내 부호화는 I 영상만으로 구성된다. 영상의 복잡도가 크지 않을 경우 프레임과 scene의 상관성은 거의 유사하며, 움직임이 심할 경우에는 다르다. 프레임간 부호화는 P와 B 유형의 영상으로 구성된다. 각 유형에 따라 발생하는 비트율은 차이가 크기 때문에 I 영상에 비해 대역 할당이 더 어렵다. 더구나 q의 증가에 따른 셀의 발생 분포는 크기 때문에 많은 대역의 낭비(또는 부족)가 발생한다. 그러므로 이 경우에는 측정된 비디오 소스의 특성 파라미터와 프레임과 scene의 상관성을 고려하여 가변적으로 발생하는 VBR 비디오 소스의 특성에 적합한 대역 할당이 가능하도록 하였다.

2. 동적 대역 할당 알고리즘

비디오 시퀀스를 프레임내와 프레임간으로 부호화하여 발생된 셀을 망으로 전송할 경우 다음 슬라이스에 요구되는 대역 평가는 프레임과 scene의 두가지 상관관계를 이용하여 다음과 같이 3 단계를 이용하여 수행하였다.

단계1. Scene 상관성을 이용하여 식(5)와 같이 다음 슬라이스에 대한 요구 대역을 평가하였다.

$$\overline{B}_n(i) = R * B_n(i-1) + (1-R) * (\mu + \delta) \quad (5)$$

여기서, R은 상관계수, $\overline{B}_n(i)$ 는 n 번째 프레임의 i 번째 슬라이스에 할당될 대역의 평가치, $B_n(i-1)$ 은 n 번째 프레임의 i-1번째 슬라이스에 할당된 실제 대역을

나타낸다. Markov의 통계적 성질을 이용하여 $\overline{B}_n(i)$ 을 $B_n(i-1)$ 과 상관계수 R를 두어 계산하였다. 본 논문에서는 상관계수 R을 0.9845로 설정하여 실험하였다. 이 값은 제한된 실험환경에서 다양한 실험을 통하여 경험적으로 결정되었으며, 최적의 R 값을 결정하기 위해서는 구체적이고 다양한 방법이 시도되어야 할 것이다.

단계2. 프레임 상관성을 이용하여 다음 슬라이스에 요구되는 대역 평가는 두가지 모드로 분리하여 수행하였다.

경우 1. 프레임내 부호화

프레임내 부호화는 N이 1. M이 0일 때 적용되며, 식(6)을 이용하여 다음 슬라이스에 대한 요구 대역을 평가하였다.

$$\overline{B}_n(i) = R * B_{n-1}(i) + (1-R) * (\mu(i) + \delta(i)) \quad (6)$$

여기서 i 는 n 번째 프레임내에서의 슬라이스의 위치이다. 이전 프레임의 동일한 슬라이스에서 발생한 셀 수인 $B_{n-1}(i)$, 각 슬라이스의 평균과 표준편차인 $\mu(i)$ 과 $\delta(i)$ 를 이용하는 것을 제외하면 scene 상관성과 동일하다. 프레임내 부호화는 I 영상만을 사용하기 때문에 프레임 상관성은 인접 프레임간에 존재하는 운동체의 움직임이 작을 경우에 적합하다.

경우 2. 프레임간 부호화

프레임간 부호화는 $M(>0)$ 이 1이상으로 구성된 경우에 적용되며 다음 슬라이스에 대한 요구 대역의 평가는 식(7)과 같다.

$$\overline{B}_n(i) = A + B + C \quad (7)$$

$$\text{where } A = R1 * R1_val(i)$$

$$B = R2 * R2_val(i)$$

$$C = R3 * R3_val(i)$$

여기서

$R1$: 이전 프레임 중 유형이 같은 프레임에 대한 가중치

$R2$: 이전의 다른 프레임 유형 중 더 많은 셀을 갖는 프레임 유형에 대한 가중치

$R3$: 이전의 다른 프레임 유형 중 더 적은 셀을 갖는 프레임 유형에 대한 가중치

$R1_val(i)$: 이전 프레임 유형 중 동일한 슬라이스에

해당되는 데이터 값

$R2_val(i)$: 이전의 다른 프레임 유형 중 더 많은 셀을 갖는 슬라이스에 해당되는 데이터 값

$R3_val(i)$: 이전의 다른 프레임 유형 중 더 적은 셀을 갖는 슬라이스에 해당되는 데이터 값

이다. 이 경우, 프레임의 각 유형(I,B,P)에 따라 발생된 셀 수는 상당한 차이가 있으며, 프레임 내의 인접한 슬라이스간의 상관성도 프레임내 부호화에 비해서 훨씬 낮다. 따라서, 프레임의 유형에 따라 요구되는 대역을 정확하게 할당하기 위해 서로 다른 가중치 $R1$, $R2$ 그리고 $R3$ 을 적용하였다.

단계3. Scene과 프레임 상관성을 이용하여 식(8)과 같이 다음 슬라이스에 대한 요구 대역을 최종적으로 평가하였다.

$$\overline{B}_n(i) = \max((\overline{B}_n(i))_{frame}, \overline{B}_n(i)_{scene}) \quad (8)$$

여기서 $(\overline{B}_n(i))_{frame}$ 은 프레임 상관성을 이용한 현재 슬라이스의 평가 대역이고, $(\overline{B}_n(i))_{scene}$ 은 scene 상관성을 이용한 현재 슬라이스의 평가 대역을 나타낸다.

```

begin
  video coding(type, frame, slice):
    packetization():
    measure the statistical properties(max,  $\mu$ ,  $\delta$ )
    while(type, frame, slice) do begin
      /* evaluation of required bandwidth */
      (using the correlations and statistical properties)
      step1 : scene correlation
        while (for all coding mode) do begin
          while(for all slice traffic) do begin
            estimate the required BW using real BW
              allocated to the previous slice :
          end
        end
      step2 : frame correlation
        while (for coding mode) do begin
          while (for all slice traffic) do begin
            if coding mode = intraframe coding
              estimate the required BW using allocated
                to the same slice in the previous frame :
            else if coding mode = interframe coding
              estimate the required BW using different
                types in the previous frame:
            else break:
          end
        end
      step3 : required BW = max(step1, step2) :
        allocate BW to the next slice
    end
  transmission(image):
end

```

그림 7. 동적 대역 할당 알고리즘

Fig. 7. Dynamic bandwidth allocation algorithm.

이 3 단계를 이용한 알고리즘은 그림7과 같이 의사 코드로 나타낼 수 있다.

대부분 대역 할당 방법에서는 평균을 기본으로 대역을 할당하고 있으나 식(8)은 프레임과 scene의 상관성을 이용하여 최대값을 요구된 대역폭으로 할당한다. 따라서, 일정한 양의 대역을 예약하지 않고 영상의 특성에 따라 가변적으로 대역을 할당하기 때문에 대역의 이용률을 높일 수 있을 뿐만 아니라 QOS를 균일하게 유지할 수 있다. 특히, 프레임의 장면 전환이나 갑작스런 복잡도의 증가에 의하여 움직임 벡터 추정 오차가 커질 경우에는 발생된 셀 수가 커지므로 프레임 상관성은 급격히 떨어진다. 이런 경우에서의 대역의 할당은 scene 상관성을 이용한 것이 더 정확하다. 따라서 식(8)은 장면전환이나 움직임 벡터의 추정 오차로 인하여 발생된 셀이 불규칙적인 경우에도 대역을 동적으로 할당할 수 있다.

IV. 시뮬레이션 및 성능 평가

본 논문에서 제안한 두가지 상관성을 이용한 동적 대역 할당 알고리즘은 먼저 MPEG과 호환성을 갖는 시뮬레이터를 사용하여 비디오 소스의 특성을 파악하였다. 사용된 영상은 Football과 Tabletennis 두가지를 포함하여 300 프레임이다. 이들 각각의 영상은 초당 30 프레임으로 구성된 5초 분량의 150 프레임으로 구성된다. 영상의 크기는 CCIR601 포맷(720*480)이며, 색상 성분을 제외한 휘도 성분만을 이용하였다.

표 2. 두 영상에 대한 초과 할당된 대역의 비율(%)

Table 2. Over-allocated bandwidth for two images(%)

영상 제어 파라미터		Football			Tabletennis		
N	q	고정기법	예측기법	제한기법	고정기법	예측기법	제한기법
1	4	16.6	15.7	7.4	46.8	47.3	20.3
	8	17.2	19.6	9.3	43.2	46.9	22.3
	16	21.0	19.1	10.9	38.6	36.8	22.3
15	4	45.8	47.8	12.7	83.6	83.5	18.2
	8	42.7	45.1	15.1	81.1	79.2	20.4
	16	43.2	35.3	18.3	46.0	62.6	22.8

성능평가 인자는 평가 대역을 기준으로 초과 할당된 대역의 비율, 대역의 이용률, 셀의 손실률 등을 이용하였다. 이들은 N과 q에 따라 상관성과 3가지 소스 트래픽 파라미터인 피크, 평균, 셀의 표준편차를 이용하여 구하였다. 또한 제안된 방법은 고정기법 및 예측기법과

도 비교 분석하였다.

표 2는 두가지 영상에 대하여 평가 대역을 기준으로 초과 할당된 대역의 비율을 보여주고 있다.

표 2에서 보는 바와 같이 평가 대역은 제안된 기법이 다른 두 기법보다 훨씬 더 적음을 알 수 있다. Football 영상에 대해서는 N이 1일 때 q 값에 따라 고정기법보다 9.2% 이상, 예측기법보다 8.2% 정도 줄어들었고, N이 16일 때도 q값에 따라 고정기법보다 25.1% 이상, 예측기법보다 17.5% 이상 줄어들었다. Tabletennis 영상에 대해서도 마찬가지로 N이 1일 때 q 값에 따라 고정기법보다 16.3% 이상, 예측기법보다 14.5% 이상 줄어들었고, N이 16일 때도 q값에 따라 고정기법보다 14.5% 이상, 예측기법보다 23.2% 이상 줄어들었다. 이와 같은 결과에서 보는 바와 같이 Tabletennis 영상은 Football 영상에 비해 scene의 복잡도가 더 큼을 알 수 있고, 제안한 기법의 요구 대역폭은 scene이 복잡할수록 더 효율적임을 알 수 있다.



그림 8. Football 영상에 대한 평가된 대역
Fig. 8. Estimated bandwidth for Football image.

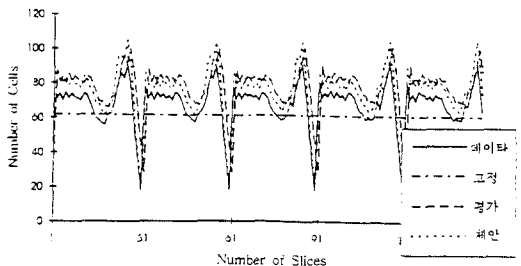


그림 9. Tabletennis 영상에 대한 평가된 대역
Fig. 9. Estimated bandwidth for Tabletennis image.

그림 8과 그림 9는 N이 1이고, q가 4일 때의 실제 발생한 셀에 대한 평가된 대역과의 관계를 보여주고

있다.

표 3과 표 4는 두가지 영상에 대한 대역의 이용률(U)을 보여주고 있다. 여기서 U_{peak} , U_{μ} , U_{δ} 는 각각 이용률의 피크, 평균, 표준편차를 나타낸다.

표 3. Football 영상에 대한 대역의 이용률(%)
Table 3. Bandwidth utilization for Football image(%)

할당방법 제어 파라미터		고정기법			예측기법			제안기법		
N	q	U_{peak}	U_{μ}	U_{δ}	U_{peak}	U_{μ}	U_{δ}	U_{peak}	U_{μ}	U_{δ}
1	4	100.00	85.17	11.69	100.00	85.94	8.39	100.00	93.99	5.90
	8	100.00	83.38	14.27	100.00	82.83	9.91	100.00	91.82	7.07
	16	100.00	80.88	16.08	100.00	82.87	10.77	100.00	88.73	8.21
15	4	100.00	64.85	26.88	100.00	64.20	19.02	100.00	75.85	19.41
	8	100.00	65.12	27.14	100.00	65.05	19.10	100.00	71.32	19.04
	16	100.00	65.79	23.97	100.00	71.12	17.23	100.00	70.12	15.58

표 4. Tabletennis 영상에 대한 대역의 이용률(%)
Table 4. Bandwidth utilization for Table-tennis image(%)

할당방법 제어 파라미터		고정기법			예측기법			제안기법		
N	q	U_{peak}	U_{μ}	U_{δ}	U_{peak}	U_{μ}	U_{δ}	U_{peak}	U_{μ}	U_{δ}
1	4	100.00	65.59	26.92	100.00	64.92	17.01	100.00	89.72	11.41
	8	100.00	66.81	28.11	100.00	65.06	17.30	100.00	87.69	11.73
	16	100.00	68.90	25.11	100.00	70.70	15.82	100.00	85.63	11.38
15	4	100.00	47.93	32.39	100.00	46.99	22.76	100.00	57.24	22.11
	8	100.00	49.02	29.69	100.00	49.77	20.03	100.00	58.84	19.45
	16	100.00	60.31	23.32	100.00	58.09	16.05	100.00	65.29	16.00

이들 결과로부터 알 수 있는 바와 같이 Football 영상은 평균적으로 q 값이 적을 경우, N이 1일 때 제안한 기법이 고정기법보다 8.82% 정도, 예측기법보다 8.05% 정도 더 높고, N이 16일 때는 고정기법보다 11.0% 정도, 예측기법보다 11.65% 정도 더 높다. 그리고 Tabletennis 영상에 대해서도 평균적으로 q의 값이 적을 경우, N이 1일 때 고정기법보다 24.03% 정도, 예측기법보다 24.2% 정도 더 높고, N이 16일 때 각각 9.31%, 10.25% 정도 더 높다.

표 5와 표 6은 할당된 대역에 따른 셀의 손실률(L)을 보여주고 있다. 여기서 L_{peak} , L_{μ} , L_{δ} 는 각각 셀 손실률의 피크, 평균, 표준편차를 나타낸다.

표 5. Football 영상에 대한 셀 손실률의 분포(%)

Table 5. Cell loss rate for Football image(%)

할당방법 제어 파라미터		고정기법			예측기법			제안기법		
N	q	L_{peak}	L_{μ}	L_{δ}	L_{peak}	L_{μ}	L_{δ}	L_{peak}	L_{μ}	L_{δ}
1	4	27.69	1.08	3.11	37.50	0.48	2.63	13.16	0.36	1.21
	8	33.33	1.61	4.12	43.59	0.59	3.24	16.67	0.31	1.26
	16	36.36	1.42	4.07	50.00	0.84	4.08	16.67	0.20	1.19
15	4	45.90	2.73	7.13	63.93	0.57	4.54	35.29	0.42	2.02
	8	51.43	3.46	8.69	68.57	0.75	5.37	38.89	0.28	1.78
	16	50.00	2.76	8.06	66.67	0.82	5.26	33.33	0.14	1.36

표 6. Tabletennis 영상에 대한 셀 손실률의 분포(%)

Table 6. Cell loss rate for Tabletennis image(%)

할당방법 제어 파라미터		고정기법			예측기법			제안기법		
N	q	L_{peak}	L_{μ}	L_{δ}	L_{peak}	L_{μ}	L_{δ}	L_{peak}	L_{μ}	L_{δ}
1	4	33.33	1.89	5.40	50.00	0.51	4.08	38.60	0.26	1.59
	8	34.69	2.36	5.48	50.00	0.53	4.09	38.10	0.22	1.54
	16	30.43	2.59	5.59	35.29	0.83	3.94	38.46	0.13	1.26
15	4	66.67	3.83	11.07	77.92	0.42	4.47	33.33	0.21	1.78
	8	67.35	3.46	10.95	71.05	0.40	4.10	30.77	0.13	1.39
	16	68.18	4.18	12.81	66.67	0.40	3.73	37.50	0.16	1.62

표 5와 표 6에서 보는 바와 같이 제안된 기법은 두가지 영상에 대하여 N이 1과 16일 때 더 적은 셀 손실률을 나타냈다. 예측기법과 비교할 때 Football 영상은 최소 12%에서부터 최대 68%까지 줄었고, Tabletennis 영상은 최소 21%에서부터 최대 31%까지 줄었다. 또한 표준편차도 고정기법과 예측기법보다 훨씬 적어 균일한 화질 유지가 가능함을 알 수 있다. 특히 q가 증가함에 따른 셀 손실률의 두드러진 감소를 볼 수 있는데, 이는 본 논문에서 제안한 기법이 scene의 변화에 더 적응적으로 대역을 할당할 수 있음을 알 수 있다.

시뮬레이션을 통하여 보는 바와 같이 scene 상관성과 프레임 상관성을 이용한 대역 할당 방법은 다른 두 방법에 비해 대역의 이용률이나 또는 셀의 손실률 측면에서 훨씬 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 따라서

이와 같은 프레임내 또는 프레임간의 상관성을 이용한 가변 대역 할당을 수행할 경우 효율적인 망 자원의 사용이 가능함을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문은 ATM 망에서 가변적인 비트 발생률을 갖는 VBR 비디오 소스의 특성을 파악하고, 이를 기반으로 비디오의 특성에 따라 적응적으로 대역을 할당할 수 있는 동적 대역 할당 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해서 MPEG 부호화기를 이용한 다양한 동영상의 특성 파라미터를 추출하여 VBR 비디오의 특성을 파악하였다. 이 결과를 토대로 프레임 및 scene 상관성을 고려한 새로운 동적 대역 할당 알고리즘을 개발하여 대역의 이용 효율을 높이고, 셀 손실률을 감소시키므로써 복원 화질을 균일하게 유지할 수 있도록 하였다.

영상의 상관성을 이용한 가변 대역 할당 방법은 scene과 프레임 상관성 두가지에 대한 대역폭을 계산하여 그 중 최대값을 요구 대역의 평가치로 사용하였다. 즉 움직임이나 복잡도의 변화가 적은 경우에는 프레임 상관성을, 프레임의 장면 전환이나 복잡도의 변화가 많은 경우에는 scene 상관성을 이용하였다. 그러므로 기존 방법의 문제점인 장면 전환이나 움직임 벡터의 추정 오차 및 갑작스런 복잡도의 변화에 따른 가변적인 트래픽 특성에도 대역을 적응적으로 할당할 수 있다. 특히 상관계수 R과 이전의 프레임 유형 뿐만 아니라 발생된 셀 수를 고려한 가중치 R_1 , R_2 , R_3 의 값을 효율적으로 이용하므로써 VBR 비디오 소스의 특성에 따른 요구 대역을 동적으로 평가할 수 있다.

따라서 본 논문에서 제안한 기법은 VBR 비디오 소스를 이용한 평가대역에 대해서 제안한 방법이 기존의 다른 방법보다 적은 대역을 요구할 뿐만 아니라 대역 이용률도 향상되어 망 자원을 효율적으로 사용할 수 있다. 그리고 할당된 대역에 따른 셀의 손실률도 기존의 다른 방법보다 제안한 기법이 적게 발생하여 QOS를 균일하게 유지할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] D.Reininger, D.Raychaudhuri, "Statistical Multiplexing of VBR MPEG Compressed Video on ATM Networks," *IEEE*

- INFOCOM'93*, Vol.2, pp.919-926, 1993.
- [2] T.I.Yuk, K.W.Tse, M.H.Leung and B. Kamali, "Simulation of Admission Control in ATM Networks," *IEEE ICC'92*, pp.714-718, 1992.
- [3] Faramak Vakil, "A Capacity Allocation Rule for ATM Networks," *IEEE GLOBECOM'93*, pp.406-416, 1993.
- [4] Pramod Pancha, Magda El Zarki, "A look at the MPEG video coding standard for variable bit rate video transmission," *IEEE INFOCOM'92*, pp. 85-94, 1992.
- [5] Teunis Ott, T.V.Laksman, and Ali Tabatabai, "A Scheme for Smoothing Delay-sensitive Traffic Offered to ATM Networks," *IEEE INFOCOM'92*, pp. 776-785, 1992.
- [6] Rosangela Coelho, Samir Tohme, "Video Coding Mechanism to Predict Video Traffic in ATM Networks," *IEEE GLOBECOM'93*, pp.447-451, 1993.
- [7] Joseph Y.Hui, "Layered Required Bandwidth for Heterogeneous Traffic," *IEEE INFOCOM'92*, pp.13-20, 1992.
- [8] San-qi Li, Song Chong, Chia-lin Hwang and Xirong Zhao, "Link Capacity Allocation and Network Control by Filtered Input Rate in High Speed Networks," *IEEE INFOCOM'93*, pp. 744 -750, 1993.
- [9] Song Chong, San-qi Li and Joydeep Ghosh, "Dynamic Bandwidth Allocation for Efficient Transport of Real-Time VBR Video over ATM," *IEEE INFOCOM'94*, pp.81-90, 1994.
- [10] Pramod Pancha, Magda El Zarki, "Bandwidth Requirements of Variable Bit Rate MPEG Sources in ATM Networks," *IEEE INFOCOM'93*, Vol.2, pp.902-909, Mar. 1993.
- [11] International Organization for Standardisation, *ISO-IEC/JTC1/SG29/WG11, Test Model 1, Draft Revision 1*, May 1992.
- [12] International Organization for Standardisation : Coded Representation of

Pictures and Audio Information, *ISO-IEC/JTC1/SG29/ WG11 MPEG 92/160*.

- [13] Z.Dziong, J.Choquette, K.Liao, and L. Mason, "Admission control and routing in ATM networks." *Computer Networks and ISDN System*, Vol.20, pp.189-196, 1990.

- [14] R.Guerin, H.Ahmadi, and M.Naghshineh, "Equivalent Capacity and its application to bandwidth allocation in high speed networks." *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.9, No.7, Sep. 1991.

저 자 소 개

李 八 鎭(正會員)

1964년 1월 15일생. 1986년 조선대학교 공과대학 전산기공학과 (공학사). 1988년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 (이학석사). 1995년 전북대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사). 1992년 목포대학교 전산통계학과 조교. 1995년 ~ 현재 초당산업대학교 전자계산학과 전임강사



金 炳 玉(正會員)

1968년 6월 21일생. 1994년 전북대학교 공과대학 컴퓨터공학과 (공학사). 1994 ~ 현재 전북대학교 대학원 컴퓨터공학과 (석사과정)

崔 昊 圭(正會員)

1967년 5월 17일생. 1993년 전북대학교 공과대학 컴퓨터공학과 (공학사). 1995년 전북대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사). 1994년 ~ 현재 한국전산원 초고속사업단 국가망구조실 연구원

金 煥 善(正會員)

1980년 고려대학교 공과대학 전자공학과 (공학사). 1982년 고려대학교 대학원 전자공학과 (공학석사). 1991년 고려대학교 대학원 전자공학과 (공학박사). 1982년 ~ 현재 한국전자통신연구소 ATM 교환 연구실장 (책임 연구원). 1994년 ~ 현재 전북대학교 컴퓨터공학과 겸임부교수

金 永 川(正會員)

1956년 12월 10일생. 1980년 고려대학교 공과대학 전자공학과 (공학사). 1982년 고려대학교 대학원 전자공학과 (공학석사). 1987년 고려대학교 대학원 전자공학과 (공학박사). 1989 ~ 1990년 Univ. of California, Irvine (Post-Doc.). 1989년 전자계산기 기술사. 1986년 ~ 현재 전북대학교 컴퓨터공학과 부교수