

Wavelet 변환을 이용한 영상 트래픽 모델링

A Wavelet Approach to Broadcast Video Traffic Modeling

정 수 환*, 배 명 진*, 박 성 준*

(Sou Hwan Jung*, Myung Jin Bae*, Sung Jun Park*)

※본 논문은 숭실대학교 교비 지원으로 수행되었음.

요 약

본 논문에서는 Wavelet 변환과 Vector Quantization(VQ)을 이용한 VBR (variable-bit-rate) 비디오 트래픽 모델을 제안하고 있다. 여기에서 제안된 방법은 영상 트래픽을 Wavelet 변환한 후 두 개의 요소로 분해하여 각각을 분리하여 모델링한다. 첫 번째 요소는 AR(1) 프로세스 모델로 이것은 트래픽의 비교적 장시간에 걸친 변화 특성을 표현한다. 두 번째 요소는 벡터 양자화(VQ)를 사용하여 비교적 짧은 시간의 트래픽 특성을 표현한다. 다른 VBR 트래픽의 모델 방법과 비교해서 본 논문에서 제안하는 모델은 세 가지 장점을 가지고 있다. 첫째로 영상 트래픽의 특성을 장시간과 단시간의 형태로 나누어 모델링을 할 수 있다. 둘째로 트래픽 데이터의 주기적 코딩 구조를 보존한다. 마지막으로 프레임 레벨과 슬라이스 레벨의 트래픽 모델링을 통합할 수 있다. 통계적 측정과 네트워크 성능 실험을 통하여 제안된 모델의 타당성을 검증하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a wavelet VQ approach to modeling VBR broadcast video traffic. The proposed method decomposes video traffic into two parts via wavelet transformation, and models each part separately. The first part, which is modeled by an AR(1) process, serves to capture the long-term trend of the traffic; the second part, classified via vector quantization, addresses the short-term behavior of the traffic. Compared with other VBR video models, our model has three advantages. First, it allows the separate modeling of long- and short-term behavior of the video traffic; second, it preserves the periodic coding structure in traffic data; and third, it provides an unified approach for the frame and slice-level traffic modeling. We demonstrate the validity of our model by statistical measurements and network performance simulation.

I. 서 론

가변성(VBR) 비디오 트래픽의 소스 모델링은 비디오 서비스를 위한 네트워크 설계를 최적화 시키는데 도움을 주기 때문에 근래 연구가 매우 활발하게 진행중이다. 소스 모델은 크게 신호 소스 모델과 집합 모델[1]의 두 가지 범주로 나누어질 수 있다. 본 논문에서의 신호 소스 모델에 초점을 두고 있다. 이 분야의 초기 연구는 움직임이 별로 없고 화면 변화도 적은 영상의 트래픽을 주로 고려 하였다. AR[2,3], ARMA[4], DAR[3,5], Markov chain[3,5,6] 그리고 TES[7]등과 같은 모델은 주로 트래픽의 인접 프레임간의 높은 상관성을 이용하였다.

최근, 브로드캐스트 영상 서비스와 압축표준(특히 MPEG-1, MPEG-2)에 대한 관심이 높아짐에 따라 현재는 비디오 트래픽에 대한 연구가 활발해지고 있다. 비디오 트래픽은 많은 움직임과 갖은 장면 변화를 가지며, intra(I), predictive(P), bi-directional(B) 코딩 모델을 사용하는 특정

한 주기적 코딩 구조를 보여준다. 이로 인해, 인접 프레임 간의 트래픽의 상관성이 낮아지게 된다. 따라서 영상의 트래픽등의 가변 영상 트래픽의 수학적 모델을 찾는 것은 매우 어려운 일로 인식되고 있다. 새로 제안된 모델은 기존의 모델을 수정함으로써 비디오 트래픽을 잘 처리할 수 있다. 그러나 이런 모델들은 보통 스트림에 따라 혹은 특정 코딩방식등에 영향을 받으며, 체계적인 처리가 부족한 특성을 가지고 있다. 더우기, 이 모델들은 MPEG 코딩 구조의 주기적 특성[1]을 잘 보존하지 못하는 단점을 갖고 있다. 연구에 따르면, 이런 주기성은 네트워크의 성능을 평가하는데 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다[3, 11]. 이런 주기적 패턴들이 무시될 경우 성능 평가시 실험에 사용되는 트래픽의 특성에 따른 오차가 매우 큰 단위로 발생하는 것을 볼 수 있다.

위의 문제점을 극복하기 위해, 본 논문에서는 Wavelet 분해 모델 개념을 도입하였다. 제안된 모델에서 VBR 트래픽의 분해는 Wavelet 변환과 각 요소를 분리하여 모델링을 하도록 한다. 첫 번째 요소는 AR(1) 프로세스 과정으로 이것은 비교적 장시간에 걸친 트래픽의 변화특성을

* 숭실대학교 정보통신전자공학부
접수일자: 1998년 10월 21일

표현하며, 두 번째 요소는 MPEG의 주기적인 코딩 구조와 움직임 변화에 따른 트래픽의 단기 특성을 벡터 양자화를 통하여 표현한다. 본 논문에서는 통계적 측정과 네트워크에서의 성능 실험을 통하여 제안된 모델의 타당성을 검증하였다.

II. 트래픽 분해

1. 트래픽의 장·단기 특성

MPEG-1 과 MPEG-2 는 널리 사용되고 있는 방송 영상의 압축표준이다. 영상회의의 H.261과 비교해서 MPEG은 B 프레임과 코딩구조를 위한 GOP (Group of Pictures)를 포함하고 있다. 각 GOP는 I 프레임 다음에 P 그리고 B 프레임 순서로 시작된다. 전형적으로 I 프레임은 P 프레임보다 높은 트래픽을 가지며, B 프레임은 I 프레임, P 프레임보다 적은 트래픽을 발생시킨다. 결과적으로 하나의 GOP내에서도 매우 큰 트래픽의 변동이 생긴다. 게다가 MPEG 코딩 구조, 잦은 동작 변화 역시 트래픽의 변동을 초래하는 요인이 되며, 이는 동작 예측 결과로 인해 P 프레임과 B 프레임의 트래픽이 결정되기 때문이다. 하나의 GOP 내에서의 단기 변화는 트래픽의 단기 특성을 결정한다. 영상 스트림에서 장면의 변화 역시 트래픽의 변동을 일으킨다. 일반적으로 장면의 변화가 발생하는 데는 수 초 동안의 시간이 걸린다. 따라서 장면의 변화로 생기는 트래픽의 변동 특성은 비교적 느린 편이며, 이것이 트래픽의 장시간 특성을 결정한다. 전체 트래픽의 특성은 트래픽의 단기간 변화 특성이 장기 특성 프로파일에 의하여 변조된 것으로 간주될 수 있다.

이상의 관찰을 통해 얻어진 결론을 말하면, 트래픽의 장기 특성과 단기 특성이 분리된 트래픽 모델을 제안할 수 있다. 구체적으로 설명하면, 먼저 트래픽의 장기특성을 트래픽 프로파일로 일반화하고, 그 프로파일에 단기 변화 패턴을 추가시킬 수 있다. 트래픽 프로파일은 트래픽 변화가 비교적 느린 특성을 가지므로 트래픽의 상관성을 이용하여 AR 프로세스에 의해 모델링 할 수 있다. 한편, 단기 변동 패턴은 다양한 형태를 가지며, 벡터 양자화(VC)를 이용하여 코드북으로 명시할 수 있다. 분리된 모델은 명시적으로 장시간과 단시간의 특성이 상호 독립적임을 가정하며, 영상 트래픽에서 이 가정은 대체로 만족된다.

2. Wavelet 분해

본 논문에서 접근하고 있는 모델링 방법에서는 트래픽 신호를 두 요소로 적절히 분해하는 것과 분해된 각 요소를 분리하여 모델링 한 후에 다시 결합시키는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는, 이런 목적을 위해 wavelet 변환을 도입하였다. Wavelet 변환은 시간-영역 신호의 분석에 많은 장점이 있는 기술로서[12], wavelet 변환 후 신호의 상대적인 변화 특성은 wavelet 영역에서 보다 명확해진다[12]. Wavelet 변환에는 여러 가지 종류가 있는데, 본 논

문에서 관심을 갖는 변환은 orthonormal 이산 wavelet 변환 (Discrete Wavelet Transform)으로서, 이 변환은 ϕ 와 ψ 로 표현되는 quadrature-mirror-filter 쌍이며, 이 식은 orthonormal basis를 형성하는 $L_2(\mathbb{R})$ 의 형태로 나타낸다. 가장 보편적인 예인 Haar-basis DWT는 다음과 같이 표현된다.

$$\phi_2^j[n] = \begin{cases} 2^{-j/2} & (n=0, \dots, 2^j-1) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$$\psi_2^j[n] = \begin{cases} 2^{-j/2} & (n=0, \dots, 2^{j-1}-1) \\ -2^{-j/2} & (n=2^{j-1}, \dots, 2^j-1) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

이 이산 wavelet 변환의 정의는 다음과 같이 표현된다[12].

$$W_v[2^j, \frac{k}{2^j}] = \sum_n f[n] \phi_{2^j}(n - \frac{k}{2^j})$$

$$W_w[2^j, \frac{k}{2^j}] = \sum_n f[n] \psi_{2^j}(n - \frac{k}{2^j})$$

($j = 1, 2, \dots, J$)

여기서 J 는 분해의 최대 레벨이며, $f[n]$ 은 원래의 신호, W_v 는 신호의 복잡한 표현이고 W_w 은 여러 가지 분해 레벨을 자세히 나타낸다. orthonormality 성질을 갖기 때문에, 신호는 역 wavelet 변환으로 나타낼 수도 있다.

$$f[n] = \sum_{k=0}^{2^j-1} W_v[2^j, \frac{k}{2^j}] \overline{\phi}_{2^j}(n - \frac{k}{2^j}) + \sum_{j=1}^J \sum_{k=0}^{2^j-1} W_w[2^j, \frac{k}{2^j}] \overline{\psi}_{2^j}(n - \frac{k}{2^j})$$

($n = 0, 1, \dots, 2^J-1$)

Wavelet 영역 신호 시간과 주파수 특성을 모두 가지고 있다. Wavelet 변환을 트래픽 분해에 선택한 것은 두 가지 이유가 있다. 첫째로 wavelet 변환 후 트래픽 분해시 두가지 요소로 트래픽을 분리하여 모델링 하기에 적합하기 때문이다. Wavelet 변환 후 원래 신호는 W_v 와 W_w 로 분리되어진다. W_v 은 원 신호의 가중된 합이며 이는 제안된 트래픽 모델 중 트래픽 프로파일과 상응한다. 반면 W_w 은 다른 크기의 신호 샘플의 차를 설명하며, 이는 모델의 단기변화 특성에 상응한다. 둘째로 각 wavelet 계수는 시간 영역에서 잘 정의된 물리적 의미를 갖는다. 그래서 wavelet 계수는 시간 영역에서의 비선형적인 트래픽 특성을 잘 표현하는 장점을 갖고 있다.

III. 트래픽 모델

Wavelet 분해 모델링의 개념은 트래픽 분해와 분할 모델링을 포함하고 있다. 본 섹션에서는 먼저 프레임 레벨 트래픽 모델링을 설명하겠다. 우선 슬라이스 레벨트래픽 까지 그 결과를 확장시켰다. 본 연구에서 실제 전송 데이터는 Stanford 대학에서 만든 MPEG-1 디코더로 나타내었다. 예로 GOP는 IBBPBBPBBPBB 형태로 크기는 12로 설정했다.

1. 긴 시간은 문맥의 자가-유사 트래픽이 아닌 다중 GOP를 통과한 범위로 정의되어진다.

1. 트래픽 분해

트래픽 순서는 고정적이 아니다. 트래픽에서 다른 시간 동안의 특정한 상황을 잡아내기 위해, 연속적인 트래픽 데이터에 짧은 범위의 wavelet 변환(SRWT)을 적용한다. 재동기 문제를 고려해서 GOP 크기는 일반적으로 16이하로 한다. SRWT로 GOP의 트래픽상황을 알기 위해 16개의 윈도우 크기로 설정한다. 각각의 윈도우를 wavelet unit(WU)로 나타낸다. 여기에서는 여러 가지의 wavelet 개념을 이용한다. 이번 연구에서는, 이웃 샘플의 차이를 명확히 하는 동적 트래픽 상황에 관심을 가졌다. 그리고 이런 차이를 계산하기 위해 Harr-2 basis를 선택하였다. WU범위 안에서는 다음과 같이 표현된다.

$$w_0 = \sum_{i=0}^{15} x_i, \quad w_1 = \sum_{i=0}^7 (x_{i+8} - x_i),$$

$$w_2 = \sum_{i=0}^3 (x_{i+4} - x_i), \quad w_3 = \sum_{i=0}^1 (x_{i+2} - x_i), \dots$$

$$w_{12} = x_9 - x_8, \quad w_{13} = x_{11} - x_{10}, \quad w_{14} = x_{13} - x_{12},$$

$$w_{15} = x_{15} - x_{14}.$$

x_i 는 시간 영역 트래픽 데이터이고, W_i 는 wavelet 계수(위의 식에서 상수는 무시)이다. W_0 은 WU안에서 트래픽 양이며, W_i ($i = 1, \dots, 15$)는 WU안에서 동적 트래픽 상황을 설명한다. 트래픽 데이터의 순서 때문에, WU들은 빨리 SRWT를 적용할 수 있다. 그 결과, 전체 트래픽 순서는 WU 양의 순서로 분리 할 수 있으며, 그 순서는 순간 변화 패턴에 상관한다.

2. 분리 모델

분리된 첫 번째 요소는 WU의 트래픽 양의 순서이다. 이 순서는 긴 시간 상황의 트래픽열인 트래픽 프로파일이다. 트래픽 프로파일에서 상관성을 이용하기 위해, AR(1) 모델에서, $y_n = a_1 \cdot y_{n-1} + \delta_n$ 이 사용되며 여기서 a_1 은 인접 샘플간의 상관성의 양을 명시하며, δ 는 모델되지 않은 정보를 나타낸다. star trek 트래픽 순서를 위해 $a_1 = 0.97$, $std(\delta) = 34$ 로 설정한다. 두 번째 분리된 요소는 짧은 시간에서의 트래픽 상황을 나타내기 위한 단기 변화 특성을 나타낸다. 트래픽의 단기 변화 패턴은 여러 가지로 다양하며, 단순한 공식을 이용하여 모델하기가 어렵다. 이 연구에서는, 파라미터를 사용하지 않는 방법의 하나인 벡터 양자화(VQ)를 사용한다. VQ는 원래 이미지 압축을 위해 만들어졌으며 기본 원리는 간단하다. VQ 코드북을 설계하는 과정에서, 입력 벡터를 여러 그룹으로 묶고, 각 그룹은 각기 다른 벡터공간에서 가까운 입력벡터를 포함시킨다. 모델링관점에서 이 과정은 입력벡터의 특정한 패턴을 알기 위한 것이다. 입력벡터는 이런 패턴들로 모델 되어진다. 이 논문에서, 4개의 다른 MPEG 순서(star trek[1470 프레임], football[1570 프레임], US[731 프레임], CNN[131488 프레임])를 사용하여 코드북을 만들었다. 다양성과 단순성을 바꾸어주기 위해 코드북 크기를 64로 했다. 그림 1은 코드북의 한 벡터를 시간 영역

에서 표현한 것이다. 각 벡터 index가 트래픽 단기변화 패턴을 특색 있게 나타낸다. 코드북의 제작을 마친 후, 트래픽 열의 순간변화 패턴을 코드북의 벡터 인덱스의 순서에 의해 나타내었다. 벡터 인덱스 순서는 64 상태의 Markov Chain으로 모델화 할 수 있다. 통합 트래픽을 일반화시키기 위해, 긴 시간 트래픽 프로파일을 AR(1) 파라미터를 이용하며, 짧은 시간의 변화 패턴의 순서는 Markov chain의 실험적 확률 변환을 이용한다. 그리고, 트래픽을 통합하기 위해 각 WU마다 역 wavelet 변환을 수행하였다.

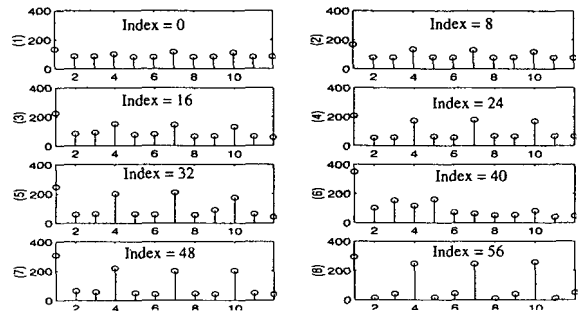


그림 1. 시간축상에 나타낸 wavelet 코드북 원소들의 예
Fig. 1. Time-domain representations of selected entries in a wavelet codebook.

3. 슬라이스 트래픽으로의 확장

위의 설명은 프레임 레벨의 트래픽 모델링에 초점을 맞추었다. 많은 경우, 네트워크에서는 슬라이스 레벨 모델이 프레임 레벨 모델보다 널리 쓰이고 있다. 그러나 슬라이스 레벨 트래픽이 현재 사용중인 모델링 방법보다 모델화하기가 더 복잡하다[13]. 다음에서는 프레임 레벨과 슬라이스 레벨간의 고유한 관계를 조사하였다. 그리고 이 모델링 개념을 슬라이스 레벨까지 확장해 보았다. MPEG 프레임은 여러 개의 슬라이스로 나누어져 있다. 간결성을 위해, 각 슬라이스는 프레임내에서 수평적인 줄로 가정하였다. 일반적인 MPEG 프레임은 352x240 화소로 되어 있으며, 여기에는 총 15개의 똑같은 크기의 슬라이스로 구성되어진다. 트래픽에는 각 프레임은 총 15 슬라이스 이상으로 되어있다. 또 프레임 레벨 트래픽은 슬라이스 레벨 트래픽의 트래픽 프로파일로 되어진다. 두 요소 모델링의 근거하여 슬라이스 레벨 순간변화특성을 위의 슬라이스 레벨 트래픽으로 일반화된 프로파일에 추가하였다. 자세한 과정은 프레임 레벨의 트래픽과 유사하며 프레임 레벨의 GOP 대신 WU의 크기가 15이고 슬라이스 레벨 트래픽 순서에서는 만들어진 코드북을 사용한다는 점에서 차이가 있다. 여기서는 3개의 슬라이스 레벨 트래픽 순서(star trek, football 그리고 US)를 사용하여 64개체의 슬라이스 코드북을 만들었다.

IV. 실험 및 평가

제안된 모델링 개념을 평가하기 위해 통계적 측정과

네트워크 성능 실험을 수행하였다. 통계적 측정은 샘플 경로, 분포, 기본 통계 그리고 실제 트래픽 데이터에 대하여 통합된 트래픽 계수들의 자기 상관성을 비교하였다. 그림 2는 예로 사용한 star trek 대해 샘플 경로들을 보여준다. 프레임 레벨에서(그림 2(a)와 (b)), burstiness 그리고 실제 트래픽 데이터의 IBP 구조는 통합된 트래픽을 보존한다. 슬라이스 레벨에서, 슬라이스 레벨 burstiness 역시 보존되며 그림 2. (c)와 (d)과 같이 뾰족한 못의 형태로 나타난다.

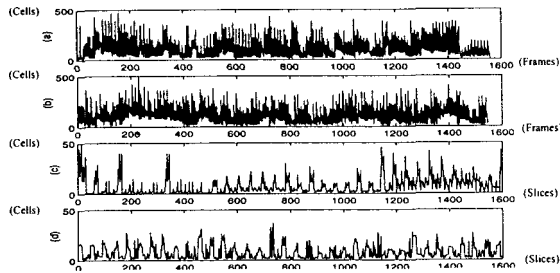


그림 2. Star trek 시퀀스의 비교

(a) 실제 프레임 트래픽 (b) 합성 프레임 트래픽
(c) 실제 슬라이스 트래픽 (d) 합성 슬라이스 트래픽

Fig. 2. Comparison of the star trek sequences ;

(a) Real frame-level traffic, (b) Synthesized frame-level traffic,
(c) Real slice-level traffic, (d) Synthesized Slice-level traffic.

표 1. 실제 프레임 트래픽과 합성된 프레임 트래픽 통계 (CELLS/ FRAME)

Table 1. Frame-level statistics of the real and the synthesized traffics data (unit : cells/frame).

		평균	표준편차	피크	PAR
Startrek	실제	105.7	91.9	274.0	4.43
	합성	108.0	88.3	504.3	4.67
Football	실제	202.1	180.1	1004.0	4.97
	합성	207.6	182.0	999.2	4.81
US	실제	58.3	49.6	263.0	4.52
	합성	61.5	47.5	258.8	4.21

표 2. 실제 슬라이스 트래픽과 합성된 슬라이스 트래픽 통계 (CELLS/FRAME)

Table 2. Slice-level statistics of the real and the synthesized traffics data (unit : cells/frame).

		평균	표준편차	피크	PAR
Startrek	실제	7.5	7.6	63.0	8.39
	합성	8.4	7.0	54.8	6.52
Football	실제	14.0	13.4	79.0	5.66
	합성	14.2	12.5	77.3	5.46
US	실제	4.35	4.81	39.00	8.97
	합성	4.85	4.53	37.45	7.72

실제의 기본 통계와 통합된 트래픽 데이터를 트래픽 데이터의 평균, 표준편차 그리고 peak-to-average-ratio (PAR)로 표 1과 표 2에서 비교했다. 통합 트래픽 데이터의 통계는 평균 10번의 시도를 해서 구했다. 일반적으로 실제와

통합된 트래픽 데이터의 통계는 서로 비슷하다. 프레임 레벨의 통계가 슬라이스 레벨보다 알맞는 것을 알 수 있었다. 왜냐하면 슬라이스 레벨 트래픽은 2번째 레벨로 되어있는 통합된 프레임 레벨 트래픽으로 일반화 되어있기 때문이다. 만일 슬라이스 레벨 트래픽을 실제 프레임 레벨 트래픽 데이터로 일반화하면 보다 더 좋게 만들 수 있다. 그림 3은 star trek을 예로 들어 트래픽 데이터의 확률 밀도 함수(PDF)를 보여 준다. 통합된 프레임 레벨 트래픽의 PDF (그림.3 (b))는 I, P 그리고 B 프레임 패턴이 유지되며 3개의 분리된 그룹으로 나타난다. 또한, 통합된 슬라이스 트래픽 데이터의 PDF(그림.3(d))는 지수함수 형태의 분산을 유지한다.

그림 4는 트래픽 데이터의 자기상관성 계수(AC)를 나

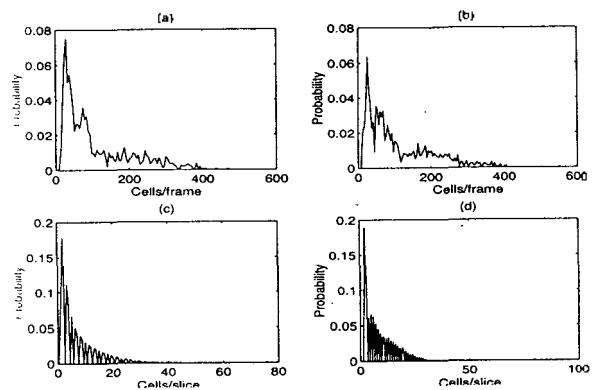


그림 3. Star trek 트래픽의 PDF 비교

(a) 실제 프레임 트래픽 (b) 합성 프레임 트래픽
(c) 실제 슬라이스 트래픽 (d) 합성 슬라이스 트래픽

Fig. 3. Comparison of the probability density function (PDF) of the star trek traffic ;

(a) Real frame-level traffic, (b) Synthesized frame-level traffic,
(c) Real slice-level traffic, (d) Synthesized Slice-level traffic.

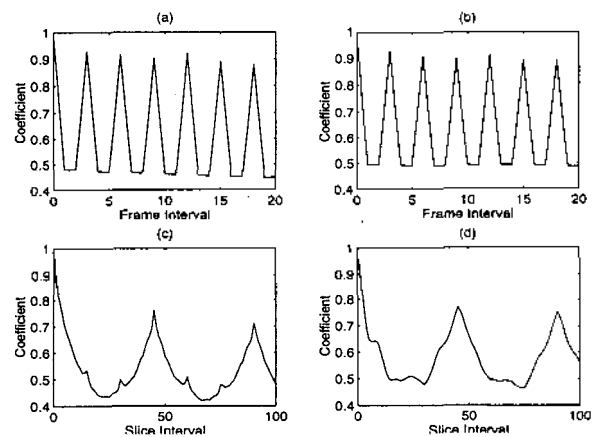


그림 4. Star trek 트래픽의 자기상관계수 (autocorrelation coefficients)의 비교

(a) 실제 프레임 트래픽 (b) 합성 프레임 트래픽
(c) 실제 슬라이스 트래픽 (d) 합성 슬라이스 트래픽

Fig. 4. Comparison of the autocorrelation coefficients (AC) of the star trek traffic ;

(a) Real frame-level traffic, (b) Synthesized frame-level traffic,
(c) Real slice-level traffic, (d) Synthesized Slice-level traffic.

타낸다. 통합된 프레임 레벨 데이터의 AC는 주기성과 준선형(quasi-linear) 감소를 유지한다. 슬라이스 레벨 트래픽도 같은 결과를 나타낸다.

평가를 위해 다음 단계에서는 네트워크의 성능을 비교하였다. 여기서는 멀티플렉서의 셀손실률(CLR)을 선택하여 평가 행렬로 사용하였다. 제안된 모델의 CLR을 실제 트래픽 데이터와 다른 모델들과 비교하였다. 서론에 언급한 것과 같이 기존의 브로드캐스트 비디오 트래픽 모델들은 보통 스트림에 따라 혹은 특정코더에 영향을 받는 특성으로 인하여 비교하는 데 어려움을 가지고 있다. Markov chain과 DAR(1)을 번갈아 비교해 보았다. 실험적인 set-up은 다음과 같다[5,11]. 간단히 요약하면 멀티플렉서는 서버와 제한크기의 FIFO의 버퍼로 구성되어 있으며, 셀들은 10개의 개별적인 영상 소스로 멀티플렉서에 도착한다. 다른 영상 소스 트래픽을 일반화하기 위해 약간의 트래픽순서가 사용되었다. 구체적으로 트래픽 순서(star trek, football 그리고 us가 연결)는 원형 리스트로 각 소스마다 리스트에서 시작점(초기 프레임)을 선택하였다. 초기 프레임에 따라서 두 번의 실험이 고려되었다. 첫 번째 실험은 동기화된 전송의 실험으로 여기에서는 각 소스에서 초기 프레임을 I 프레임으로 선택하여 같은 시간에 전송을 시작하였다. 두 번째는 전송을 무작위로 하여 실험을 하였으며, 모든 초기 프레임과 각 소스에서 전송하는 시간을 무작위로 결정하게 하였다. 실험에서, 소스는 실제 트래픽 데이터나 프레임에서 셀의 수를 결정하는 소스 모델을 사용하였다(셀들은 프레임 간격사이에 짝수의 공간을 차지하게 하였다). 10개의 샘플 경로들이 각 모델로 일반화되었을 때 소스 모델로 사용하였다. 실험은 이러한 샘플 경로들에 대해 10번씩 실행되었으며, 평균 셀손실률(CLR)은 계산값에 의해 구했다. 다른 네트워크 상황에서 모델을 평가하기 위해 각 실험을 $\rho_1 = 0.85$, $\rho_2 = 0.6$ 의 두 네트워크 상황에 연결하였다.

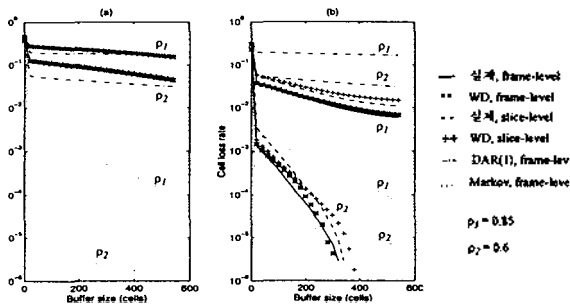


그림 5. 셀 손실률의 비교
(a) 동기 전송, (b) 무작위 전송

Fig. 5. Comparison of the cell-loss-rate ;
(a) Synchronized transmission, (b) Randomized transmission.

그림 5는 동기화된 전송과 무작위 전송의 결과를 보여준다. 이 결과로서 본 첫 번째 주목할 점은 제안된 모델(특히 WD 수치)이 다른 네트워크 상황에서 실제 트래픽 데이터와 다른 초기 프레임 열에서 셀손실률을 잘 예측할

수 있다는 것이다. 그러나 기존의 다른 모델에서는 CLR을 잘 예측하지는 못한다. 왜냐하면 브로드캐스팅 비디오 트래픽의 인접 프레임은 영상회의에서의와 같은 높은 상관성을 갖지 않기 때문이다. 그래서 인접 프레임간의 높은 상관성을 기반으로 한 DAR(1)과 Markov chain 모델은 브로드캐스팅 영상 트래픽에 적합하지 않다. 반면, 제안된 모델은 인접 GOP와 GOP내에서 순간 변화 패턴의 상관성을 모두 지닌다. 이런 결과로 이 모델이 브로드캐스팅 비디오 트래픽의 CLR을 예측하기에는 좋다는 점을 증명할 수 있다. 두 번째로 주목할 점은 실제 트래픽 데이터와 유사하게 동기화된 전송에서 CLR은 높게 나오지만, 무작위 전송에서는 낮게 나온다는 점이다. 그러나 다른 기존의 모델은 CLR가 모든 경우에 비슷하게 나온다. 이것은 제안된 모델이 트래픽의 주기적 코딩 구조를 지녀 I 프레임으로 시작하여 다른 소스의 총들과 같은 동기화된 전송 하에서는 높은 CLR을 나타내고, 다른 소스들의 통계적 멀티플렉싱과 같은 무작위 전송에서는 CLR을 감소시킨다는 것을 말해준다.

V. 결론

본 논문에서는 wavelet 분해 방법을 이용한 브로드캐스팅 비디오 트래픽 모델을 제안하였다. 여기에서 가장 큰 이점은 전송을 두 요소로 나누는 분해들을 제공한 것이다. 두 요소인 장시간과 단시간 동안의 트래픽의 상관성은 독특한 특성을 가지고 있다. 본 논문에서는, AR(1)과 VQ이 분리 모델링에 사용되었다. 제안된 방법에서 AR(1)과 VQ모델 선택의 제한을 하지 않는 점이 큰 장점이라고 할 수 있다. 예를 들어 AR(1) 대신에 Markov chain이나 DAR(1)을 이용하여 트래픽의 상관성을 구하고, VQ대신 코딩구조를 설명하는 파라미터 모델을 이용하기도 하였다. 본 논문에서는, GOP의 크기가 12에 상응하는 VQ코드를 만들었다. 게다가 다양한 트래픽 패턴 모델을 만들기 위해 GOP의 크기가 다른 코드북도 만들었다.

본 연구 결과는 트래픽의 장·단시간 특성에 따른 네트워크 성능 분석 등을 가능하게 하며, 트래픽의 장·단시간 특성 파라미터들에 대한 정의와 이들 파라미터들을 호수락 제어(call admission control), 사용자 파라미터 제어(usage parameter control), 대역폭 할당 등에 응용하는 방법으로 확장될 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 제안된 모델링 개념의 분석, 큐잉 이론 분석등이 앞으로의 연구과제이다.

참고 문헌

1. D. Lucantoni, M.F. Neuts, and A.R. Reibman, "Methods for performance evaluation of VBR models," *IEEE/ACM Trans. on Networking*, Vol. 2, No. 2, pp. 176-180, April 1994.
2. B. Maglaris, D. Anastassiou, P. Sen, G Karlsson, and J.D. Roberts, "Performance models of statistical multiplexing in packet video communications," *IEEE Trans. Comm.*, Vol. 36, No. 7, pp. 834-843, July 1988.
3. D. P. Heyman, A. Tabatabai, and T. V. Lakshman, "Statistical

- analysis and simulation study of video teleconference traffic in ATM networks," *IEEE Trans. Circ. Syst. Video Tech.*, Vol. 2, No. 1, pp. 49-59, March 1992.
4. R. Grunenfelder, J. P. Cosmas, S. Manthorpe, and A. Odinma-Okafor, "Characterization of video codecs as autoregressive moving average processes and related queuing system performance," *IEEE J. Select. Areas Comm.*, Vol. 9, No. 3, pp. 284-293, April 1991.
 5. D. P. Heyman and T. V. Lakesman, "Source models for VBR broadcast-video traffic," *IEEE/ACM Trans. on Networking*, Vol.4, No.1, pp.40-48, February 1996.
 6. P. Pancha, and M. El Zarki, "Bandwidth-allocation schemes for variable-bit-rate MPEG sources in ATM networks," *IEEE Trans. Circ. Syst. Video Tech.*, Vol. 3, No. 3, pp. 190-198, June 1993.
 7. B. Melamed, D. Raychaudhuri, B. Sengupta, and J. Zdepski, "TES-based video source modeling for performance evaluation of integrated networks," *IEEE Trans. Comm.*, Vol. 42, no. 10, pp. 2773-2777, October 1994.
 8. F. Yegenoglu, B. Jabbari, and Y.Q. Zhang, "Motion-classified autoregressive modeling of variable bit rate video," *IEEE Trans. Circ. Syst. Video Tech.*, Vol. 3, No. 1, pp. 42-53, February 1993.
 9. B. Jabbari, F. Yegenoglu, Y. Kuo, S. Zafar and Y. Q. Zhang, "Statistical characterization and block-based modeling of motion-adaptive coded video," *IEEE Trans. Circ. Syst. Video Tech.*, Vol. 3, No. 3, pp. 199-207, June 1993.
 10. M. R. Frater, J. F. Arnold, and P. Tan, "A New statistical model for traffic generated by VBR coders for television on the broadband ISDN," *IEEE Trans. Circ. Syst. Video Tech.*, Vol. 4, No. 6, pp. 521-526, December 1994.
 11. O. Rose and M. R. Frater, "Impact of MPEG video traffic on an ATM multiplexer," *The 6th IFIP International Conference on High Performance Networks*, Palma de Mallorca, Spain, September 1995.
 12. M. Vetterli, and J. Kovacevic, *Wavelets and subband coding*, Prentice Hall, 1995.
 13. J. C. Wu, Y. W. Chen and K. C. Jiang, "Modeling and performance study of MPEG video sources over ATM networks," *IEEE ICC'95*, pp. 1747-1750, June 1995.

▲정수환(Souh Wan Jung)



- 1985년 2월: 서울대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1987년 8월: 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)
 1996년 6월: 미국 University of Washington(공학박사)
 1997년~현재: 숭실대학교 정보통신 전자공학부

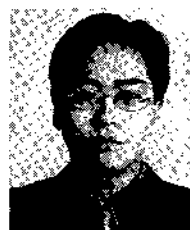
▲배명진(Myung Jin Bae)



- 1981년 2월: 숭실대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1983년 2월: 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)
 1987년 8월: 서울대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료(공학박사)

1991년~현재: 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수

▲박성준(Sung Jun Park)



- 1998년 2월: 숭실대학교 정보통신공학과 졸업(학사)
 1998년~현재: 숭실대학교 정보통신 전자공학부 석사과정