

# ATM망의 효율적 분석을 위한 MPEG 비디오 신호원에 대한 모델링

김 영 준<sup>†</sup> · 강 승 찬<sup>††</sup>

## 요 약

ATM망은 차세대 초고속 정보 통신망 구축에서 핵심적인 역할을 담당할 것이다. ATM망은 53Byte단위의 셀을 전송단위로 망의 효율을 높이고 초고속망을 지원하기 위해 하드웨어적 스위치 시스템을 가지게 될 것으로 예측한다. 이러한 망을 최적으로 관리하고 이용하기 위해서 망에 대한 모델링과 망에 입력되는 트래픽, 즉 소스에 대한 모델링이 주요한 이슈로 대두되었다. 또한 초고속 ATM망을 이용하여 차세대 영상 서비스를 제공하는 것과 관련된 연구분야가 현재 활발히 진행중이다. 본 연구에서는 ATM망을 이용한 비디오 서비스에 핵심적인 역할을 담당하고 있는 비디오 신호원의 VBR 및 CBR 특성에 대한 분석과 그에 따른 새로운 모델을 제시하고자 한다.

## MPEG Video Source Modeling for Efficient ATM Network Analysis

Young-Jun Kim<sup>†</sup> · Seung-Chan Kang<sup>††</sup>

## ABSTRACT

ATM network will take an important role in constructing information high way for the next generation. Fifty three byte cell based transmission in ATM network gives good network efficiency and ATM switching system will be implemented by hardware technologies to support high speed switching performance. It is important to model networks and traffics to utilize networks optimally. Making a model source traffic is an issue in this field. And video services may be supported on the high speed ATM networks. In this paper, we study the characteristics of VBR and CBR video sources and propose a MPEG video source model.

키워드 : ATM, VBR, CBR, MPEG

### 1. 서 론

광섬유를 이용한 광대역 통신망의 발달에 대한 최근의 기술의 진보와 스위치 시스템이 이에 대한 인프라를 제공함에 따라 망을 이용한 수백 메가 비트의 전송이 가능하였다. 이와 같이 빠르고 방대한 정보의 전송에 대한 거대한 잠재성은 전통적인 데이터와 음성뿐만 아니라 새로운 응용 서비스를 제공하게 되었다. 예를 들면 영상의 전송, 영상회의, 비디오등이다. ATM이 제공하는 효율성과 유동성에 근거해서 광대역 망의 전송기술로 ATM이 사용되었다.

중요한 연구 노력이 다양한 광대역 ATM환경 하에서 효율적인 정보의 다중화구조의 발달에 초점이 맞춰 졌지만, 실시간 응용에 관한 대다수의 실제적인 문제점들은 여전히 해결되지 않고 있다. 비디오 같은 실시간 응용들은 전통적

인 트래픽 모델에서는 효율적으로 표현되지 않는 복잡한 특징의 흐름을 만들어 낸다. 실시간 흐름에 대한 정확하고 분석이 용이한 표현의 발달은 효율적인 다중화와 망 자원의 효율을 증가시킨다.

VBR 비디오는 현재 가장 각광을 받는 실시간 응용이다. VBR 비디오 흐름은 굉장히 변화가 심하고 압축방법에 따라 종속적이며, 또한 영상의 움직임에 따라 종속적이다. VBR 압축기는 비디오 화질을 비트율이 변화되는 손해를 보면서 화질을 유지하려한다. VBR 비디오의 모델링이 최근 지대한 관심을 받지만, 수학적 분석이 가능하고 다양하게 응용되는 모델이 현재 없다. 더우기 대다수의 선행 연구들이 영상회의에 초점이 맞추어진 반면에 MPEG의 VBR 비디오에 대한 연구는 현재 진행중이며, 이전의 모델들이 MPEG 비디오 신호원에 적합하다는 보장이 없다는 것이 본 논문의 착안점이 되었다.

본 논문에서는 먼저 선행하는 MPEG 비디오 신호원에 대한 분석방법을 소개[1-3]하고 MPEG 압축기에 의한 신호

† 정 회 원 : 해천대학 정보시스템 계열 조교수

†† 정 회 원 : 한국기술교육대학교 정보기술공학부 교수

논문접수 : 2000년 8월 1일, 심사완료 : 2000년 12월 20일

흐름에 대한 분석과 특징에 초점을 맞추고자한다. 그리고 분석된 비디오 특징으로부터 간단하면서 범용성이 있는 MPEG비디오 신호를 모델링 하고자한다. 비디오 신호원에 대한 모델은 통계적 다중화와 대역폭 할당문제에 있어서 중요한 파라미터값을 제공할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 선행한 MPEG 비디오 신호원에 대한 다양한 모델을 소개하고 제3장에서는 다양한 방법으로 비디오 신호원에 대한 분석을 한다. 분석에 사용되는 비디오 소스는 MPEG-1으로 압축된 비디오 CD 다수가 사용되었다. ATM망에 있어서 초창기 비디오 서비스가 방대한 자료를 보유하고 있는 MPEG-1이 될 수 있기 때문에 사용되었다. 4장에서는 앞장에서 분석한 결과를 바탕으로 새로운 모델을 제시한다. 마지막 5장에서는 향후 과제 결론을 서술한다.

## 2. 비디오 신호원에 대한 다양한 모델들

### 2.1 일반적인 신호원에 대한 통계적인 파라미터들

비디오 신호원 뿐만 아니라 일반적인 신호원에 대한 망을 효율적으로 사용하고 통계적인 다중화를 위한 다양한 파라미터들이 정의되어져 있다. 이들 파라미터들은 망을 분석 및 모델링하는데 유용하게 사용되므로 소스에 대한 모델링에도 핵심적이고 기본적인 파라미터로 사용된다. 또한 시간적인 상관관계에 대한 파라미터로 자기상관함수가 통계적 다중화에 있어서 지연 파라미터로 사용된다 각 파라미터에 대한 정의는 아래와 같다.

- 평균 대역폭  $\mu$
- 표준 편차  $\sigma$
- 대역폭 변화계수  $\frac{\sigma}{\mu}$
- 피크 대역폭  $peak$
- Burstiness  $\frac{peak}{\mu} \frac{\mu}{peak}$
- Source active probability
- 자기상관함수  $r_n = \frac{E[X_k X_{k+n}] - \mu^2}{\sigma^2}$

### 2.2 영상회의 비디오 신호원에 대한 모델

비디오 신호원의 모델링을 위해서 다양한 모델들이 음성과 데이터 신호원에 대해서 제안되어 왔다. 노무라등 [2]은 비디오 신호원을 특징짓는 두 개의 모델을 제안하고, 간단한 확률적 다중화 효과를 추정했다. 첫 번째 모델은 자기상관함수에 의한 비디오 신호원의 시간적 특징을 모델링하고, AR신호원에 의한 비디오 신호원으로 근사화했다. 두 번째 방법은 변화 계수를 갖는 특징있고 다중화된 효율을 직접적으로 근사화 했다. AR신호원은 시퀀스의 자기상관함

수를 중요히 여기는 가장 간단한 모델중 하나다. 정의는 다음과 같다. 모델의 정확도는 최초 확률 분포와 자기 상관함수에 의해서 검사된다. 그 결과로부터 AR(1)이 사용되었다. AR(1)신호원의 평균값, 표준편차, 그리고 자기상관함수는 짧은 구간의 영상 비디오 신호원의 특성들과 잘 맞았다. 결과로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (결론 1) 확률적 분포는 정확히 근사화 되었다. 특히 움직임이 없는 장면인 경우에 잘 맞았다.
- (결론 2) 자기상관함수는 0.5초정도의 짧은 구간에서 잘 근사화 되었다. 그러나 1초 이상되는 자기상관함수 구간은 AR(1)보다 높은 차수의 모델이 필요했다.

다음으로 모델의 통계적 다중화 효율은 평균적인 지연과 지연에 대한 분포면을 이용하면 비디오 신호원의 특성과 비교된다. 사용된 다중화 모델은 무한 버퍼와 서버에 한개 큐를 사용하였다. 그 결과 비디오 신호원에 대한 지연 효율은 원래의 비트율 시퀀스의 시간적 쉬프트된 것을 다중화 함으로서 추정되었다. 다중화될 신호원의 수가 10개 이하 또는 흐름량의 정도가 0.85이상인 경우에 0차 모델이 지연에 대해 과소 평가를 하게되고 1차 모델은 심지어 신호원의 수가 적거나 높은 트래픽 정도에서도 평균적인 지연을 정확히 추정하고 있다. 결과로 장면의 전환이 없는 비디오는 AR신호원으로 잘 모델링됨을 알 수 있다. 고차 모델은 긴 시간 간격에 대한 자기상관함수를 근사화하지만, 1차 모델은 대부분의 경우 충분하다.

### 2.3 MPEG-1 비디오 신호원에 대한 모델

Conti들[1]은 이산 시간 MARKOV 프로세스 모델을 제안했다. 이 모델은 집합 시퀀스의 통계적 특성을 근사화한다. 특별히, 이 모델에서 프로세스  $\{H_k | k \geq 0\}$ 는 MPEG-1 압축기의 그룹의 비트율을 나타낸다. 불필요한 복잡도를 피하기 위해서 이들은 비트율 정보를 양자화 하여 수 개의 레벨로 했다. 프로세스  $\{H_k | k \geq 0\}$ 의 양자화 레벨의 수는 여기서 N으로 표시된다. 즉  $H_k \in \{0, 1, 2, \dots, N-1\}$  그리고 양자화는 유니폼 양자화를 사용했다. 특히, max, min은 집합 시퀀스에서 얻어지는 비트율의 최대와 최소값으로 표시함으로써 가능한 양자화 스텝 사이즈는  $\Delta = (\max - \min) / N$ . 결과적인 신호원의 비트율은  $j \cdot \Delta + \min$  여기서 j는 양자화 레벨이다.

MPEG 신호원의 저주파 성분을 표현하기 위해서 변조 프로세스  $\{L_k | k \geq 0\}$ 는 이 모델에 포함한다. 여기서  $L_k \in \{0, 1, 2, \dots, N-1\}$  매시간 단위로 마르코프 프로세스에서 천이가 일어난다. 프로세스  $\{L_k | k \geq 0\}$ 는 평균적으로 70-100 시간 단위 후에 그 상태를 변화한다. 어떻게 프로세스  $\{L_k | k \geq 0\}$ 를 조절할 것인가? 이 끝에 RV  $X_i$ 를 시간으로 정의

하면, 그곳에서 저주파 프로세스가  $i$  레벨에서 정제되어 있다. 만약 이 프로세스가  $t-1$  시간 슬롯동안  $I$ 레벨에서 정제되어 있다면,  $t$  시간 슬롯에서 레벨  $i$ 를 이탈할 확률은 아래와 같다.

$$P(X_i=t | X_i > t-1) = 1 - q_i(t)$$

여기서  $q_i(t)$ 는  $t$  이후의 시간에 level  $i$ 에 머물러 있을 확률이다.

그러므로 저주파 프로세스에서의 천이를 조절하기 위해서 변수  $t$ 를 마르코프 상태에 추가한다. 그리고 저주파 레벨사이에서의 천이는 위의 식에 의해서 조절된다.

여전히 실제적인 RV  $X_i$ 가 어떤 분포를 가지는가를 말하기란 어렵다. 일반적인 방법으로 실제 소스로부터 mass 함수를 추정함을 추가한다. 우리는 단지 하나의 자취를 갖고 있기 때문에 추정된 통계를 한쪽으로 치우치게 해야 한다. 치우침 현상을 최소화하기 위해서 이들은 기하분포(Exponential dist.)를 저주파 상태의 간격에 대해 가정했다. 여기서 단지 하나의 파라미터만 다시 말해 저주파 프로세스의 평균적인 시간을 추정함을 추가한다

모델링 하고자하는 프로세스의 모델은 이제  $\{L_k, H_k, k \geq 0\}$ 과 같은 모양으로 된다. 여기서  $L_k \in \{0, 1, 2, \dots, M-1\}$ 는  $k$ 번째 그룹에 해당하는 저주파 프로세스의 상태이고,  $H_k \in \{0, 1, 2, \dots, N-1\}$ 는 고주파 프로세스에서의 해당되는 상태이다.

$$P_{i,j,l,m} = P_{i,j,l,m}^{(1)} \\ = P(L_k=l, H_k=m | L_{k-1}=i, H_{k-1}=j)$$

이 마르코프 프로세스의 천이 확률은 다음과 같은 프로시저에 의해서 계산된다. 프로시저를 잘 설명하기 위해 우리는  $\{f_0, f_1, f_2, \dots\}$ 를 원래 시퀀스의 각 프레임으로 지정한다.

- 1) 집합 시퀀스를 생산한다(고주파 부분):  $\{a_0, a_1, a_2, \dots\}$   
여기서  $a_i$ 는  $i$ 번째 그룹의 비트율이다.
- 2) 필터링된 집합 시퀀스를 생산한다(저주파 부분):  $\{\bar{a}_0, \bar{a}_1, \bar{a}_2, \dots\}$ , 여기서  $\bar{a}_i$ 는  $i$ 번째 그룹의 비트율이다.

$$\bar{a}_i = \frac{1}{W} \sum_{j=-\lfloor W/2 \rfloor}^{\lfloor W/2 \rfloor - 1} a_{i+1+W/2+j}$$

- 3) 고주파, 저주파 시퀀스를 양자화해서  $M, N$  레벨로 각각 표현한다.
- 4) 저주파 고주파 시퀀스를 사용해서 한 스템 천이 확률 매트릭스를 추정하여 아래 식으로 구성된다.

$$P_{i,j,l,m} = P_{i,j,l,m}^{(1)} \\ = P(L_k=l, H_k=m | L_{k-1}=i, H_{k-1}=j) \\ i, l \in \{0, 1, \dots, M-1\} \text{이고} \\ j, m \in \{0, 1, \dots, N-1\}$$

실제 시퀀스에 이 프로시저를 적용함으로써 마르코프 천이 매트릭스  $P$ 를 갖는다. 부 매트릭스  $A_{ii}$ 는 천이시 저주파 레벨이 변화되지 않은 프로세스의 확률을 나타낸다.

$$P(L_k=i, H_k=j | L_{k-1}=i, H_{k-1}=l)$$

그리고 부 매트릭스  $A_{i+1,i}$ 는 천이시 다음 저주파 레벨로 변화하는 확률값을 나타낸다.

$$P(L_k=i, H_k=j | L_{k-1}=i+1, H_{k-1}=l)$$

$$P = [p_{ii,lm}] \\ = [A_{ii}] \\ = \begin{bmatrix} A_{00} & A_{01} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ A_{10} & A_{11} & A_{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A_{21} & A_{22} & A_{23} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A_{32} & A_{33} & A_{34} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A_{43} & A_{44} & A_{45} \end{bmatrix}$$

제안된 모델에 대한 분석으로 실제적인 소스를 잘 반영하는지에 대한 모델의 통계적인 특징을 분석하고자 한다. 이 모델의 통계적 특징(평균, 분산, 피크 대 평균의 비율, 자기상관함수 등)을 계산하기 위해서 우리는 먼저 평형상태(steady state) 확률 값들에 대한 계산이 필요하다. 즉, 마르코프 프로세스의 확률값인

$$\pi_{i,j} = P(L_k=i, H_k=j), \quad i=0..M-1, \quad j=0..N-1$$

몇 가지의 통계자료(평균  $\mu$ , 표준편차  $\sigma$ , 변화계수  $\frac{\sigma}{\mu}$ , 피크 밴드 폭 레벨, 최소 밴드 레벨, 피크 대 평균 밴드 레벨)는 즉시 평형상태 확률 값들로부터 얻어진다. 이들 통계자료에 대한 결과는  $M, N$ 을 적절히 선택하면 실제 값과 모델에 의한 값이 유사하게 된다. 여기서 시간적 상관도를 성공적으로 반영하는가를 조사하려면 모델의 자기상관함수  $r_k$ 가 필요하다. 실제 신호원의 대한 모델들에 대한 자기상관함수들은 적절한  $N, M$ 을 사용하였고 필터링 윈도우 크기  $W$ 를 다양하게 사용하였다.  $W=20$ 일 때 모델은 실제 소스와 상당히 유사한 변환을 보이고 있다. 그러나 상관도는 빨리 감소했다.  $W$ 값이 증가됨에 따라 모델의 자기상관함수는 감소하는 경향이지만 실제 신호원 보다 감소 속도가 작다.  $W=40$ 일 때 이런 특성을 잘 반영하고 있다.  $n=7$  이하일 때 실제 신호원보다 모델의 자기상관함수의 값이 작다.

우리는 긴 시간에 걸쳐 MPEG VBR 비디오 신호원은 강한 종속성이 있음을 안다. 그룹 지연이 실제 신호원에서 작용을 한다. 이에 대해 몇 가지의 모델이 제시되었다.  $W=100$ 인 모델은  $n=100$ 보다 큰 경우에서 실제 신호원과 전혀 맞지 않았다. 시간적으로 긴 구간에 대한 종속성은  $W$ 가 커야한다는 것을 보여주었다. 그러나  $W$ 가 크면 단 구간 종속성에 대한 모델이 약해진다.

그러므로 모델을 분석한 결과 다음과 결론이 도출된다.

(결론 1) 소스의 분포적인 특성, 즉 평형상태 확률과 기초적인 통계 값들은 모델에 의해서 잘 표현된다.

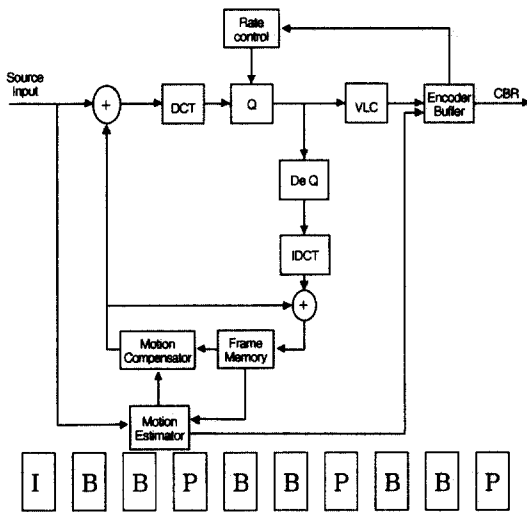
(결론 2) 파라미터 W는 시간적 상관구조를 다르게 구성한다. 원칙은 W가 크면 장 구간에서 잘맞고 단 구간에서 잘 맞지 않으며, W가 작으면 단구간에서 잘맞고 반대로 장구간에서 맞지 않은 특성을 보인다.

W를 구하기 위한 휴리스틱 이론도 이들이 작성한 다음 논문에서 제시되었다. MPEG-1 비디오 신호원에 대한 자기상관함수는 비디오가 갖는 영상 특성(스포츠, 영화 등등)에 따라 매우 심하게 변화함으로 하나의 특성으로 특징짓기가 불가능하다. 예를 들면 영화는 자기상관함수에서 긴 꼬리를 갖지만 스포츠는 불과 수초만에 길이를 가진다.

### 3. MPEG 비디오 신호원 분석

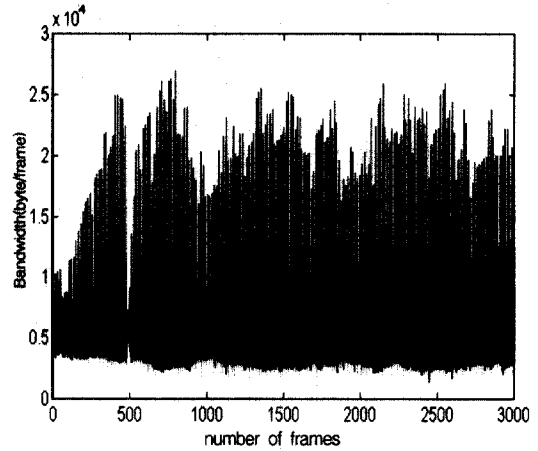
비디오 신호원에 대한 트래픽 정보를 알기 위해서 비디오 압축방식을 파악할 필요가 있다.

#### 3.1 MPEG 부호기 개념

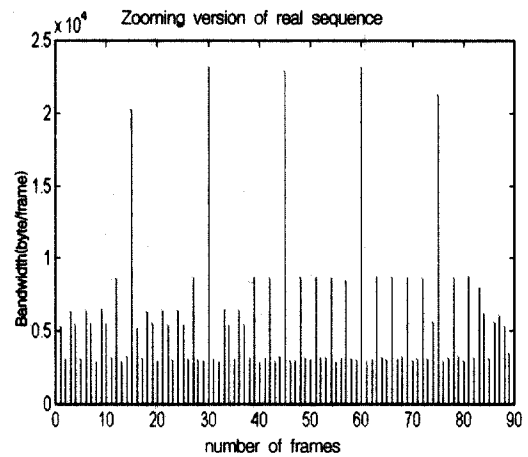


(그림 1) MPEG 부호화 방식과 그에따른 프레임 종류

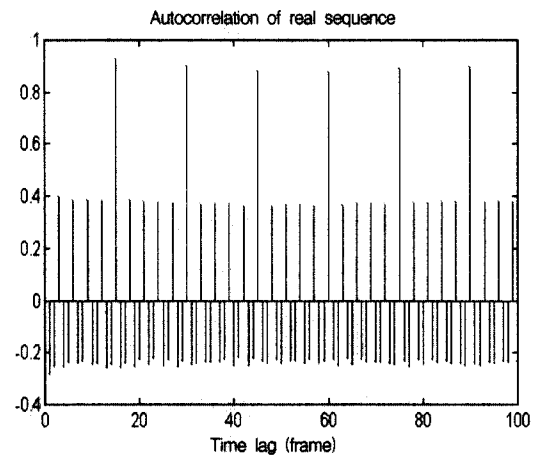
MPEG의 비디오 부호기의 개념은 (그림 2)와 같이 첫 정지 영상에 대한 DCT기반의 압축 방식을 사용하고 프레임간 압축방식은 움직임 보상을 사용한다. 특히 움직임 보상을 사용할 때 단방향 예측과 양방향 예측 부호화 방법을 사용함으로써 비트율 대 효율을 개선할 수 있지만 움직임 보상 기법은 MPEG 비디오 신호원 폭주성과 VBR의 근원이 되고 있다. (그림 3)은 MPEG 비디오 신호원에 대한 예를 보여주고 있다. (그림 3)에서 알 수 있듯이 MPEG 비디오 신호원은 상당한 폭주성을 가지고 있음을 알 수 있다. (그림 4)는 그림의 일부분을 확장해서 보여주는 그림이다. (그림 4)로부터 I 프레임과 P 프레임, 그리고 B 프레임간의 사용되는 비트율을 알 수 있다.



(그림 2) 실제 MPEG 신호원



(그림 3) 실제 MPEG 신호원의 확대 버전



(그림 4) 실제비디오 신호원에 대한 자기상관함수

실험에 사용된 실제 비디오 신호원으로부터 기초적인 통계자료와 시간적인 파라미터인 자기상관 함수에 대한 분포를 관찰하는 것은 매우 중요하다. (그림 5)에서 실제 신호원에 대한 자기상관함수를 구해서 구성된 그래프를 보여주고 있다. 실제 신호원이 각 프레임별로 주기적 특성을 갖는

성질을 자기상관함수가 나타내고 있다. (그림 6)에서는 통계적인 기초자료를 실제 비디오 신호원으로부터 계산된 값을 나타낸다.

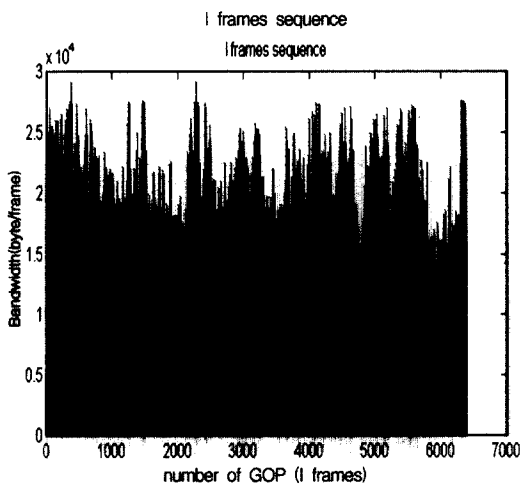
평균 대역폭	5884 byte
대역폭 편차	3879 byte
대역폭 변화계수	0.6592
피크 대역폭	29088 byte
Burstiness	4.94

(그림 5) 기초적인 통계값들

(그림 6)에서 얻어진 기초적인 통계값 들로부터 MPEG비디오 신호원의 전반적인 특성을 파악할 수 있다. 특히 폭주성이 매우 높고 대역폭 변화계수도 상당히 높은 값으로 측정되었다. 위에서 얻어진 자료는 중요한 통계적 자료로 망 관리 및 망의 모델에 사용될 수 있다. 각 프레임간 상관 정도를 비디오 신호원의 자기상관함수로부터 구하면 아래와 같이 각 프레임간 상관관계를 얻어낼 수 있다.

- I 프레임간 상관도 : 0.8699
- I 프레임과 P 프레임간 상관도 : 0.3968
- I 프레임과 B 프레임간 상관도 : -0.2651

비디오 신호원의 통계적 특성에 있어서 I 프레임의 특징은 또 다른 중요도를 갖는다. 실제로 I 프레임만으로 비디오 신호원을 구성하는 Motion JPEG가 상용화 되어있고 비디오 예술을 취급하는 많은 응용분야에서 사용되고 있다. 또한 VOD서비스와 같은 망을 이용한 비디오의 경우 빨리 보기등과 같은 기능을 제공하는데 이런 기능으로부터 파생되는 비디오 신호원은 Motion JPEG과 동일하다. 이 같은 비디오신호원은 MPEG신호원의 I 프레임의 신호원과 그 통계적 특성을 공유하고 있다. 따라서 본 연구에서는 전체적인 비디오 신호원의 특성을 연구와 더불어 I 프레임에 대한 관찰도 병행하고자 한다.



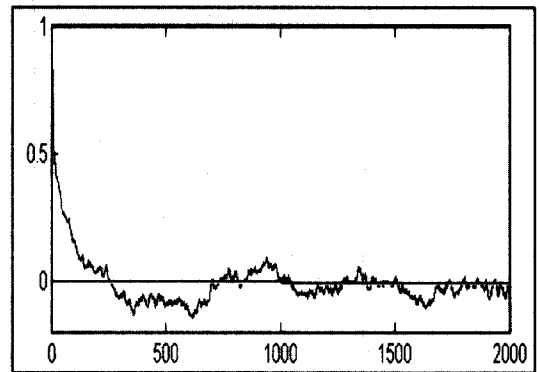
(그림 6) 실제 신호원의 I 프레임

(그림 7)에서 보여주고 있는 그림은 I 프레임만을 집합한 비트율을 도시하는 그림이다. 이 그림으로부터 알 수 있듯이 I 프레임의 비트율의 변화는 전체 비디오 신호원의 비트율의 변화보다 다소 덜하다.

(그림 7)에서 보여지는 I 프레임만을 모은 비디오 신호원의 비트율에 대한 통계적인 자료는 (그림 8)에서 표현되었다. 이 자료로부터 도출되는 현상은 원 비디오 신호원보다 대역폭 변화도 작고 폭주도도 현저히 낮았다. (그림 9)에서는 I 프레임에 대한 자기상관함수를 도시했다.

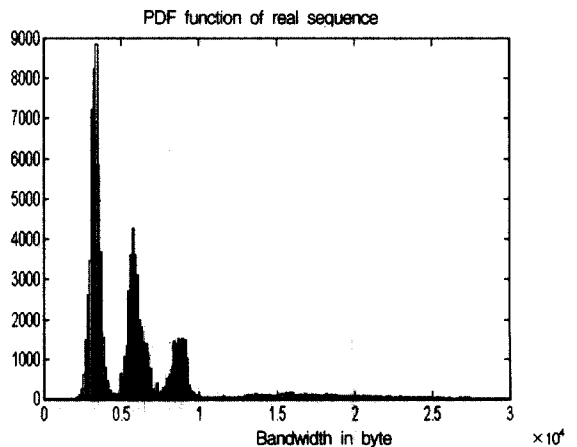
평균 대역폭	17862 byte
대역폭 편차	3752 byte
대역폭 변화계수	0.21
피크 대역폭	29088 byte
Burstiness	1.63

(그림 7) I 프레임에 대한 기초 통계자료



(그림 8) I 프레임에 대한 자기상관함수

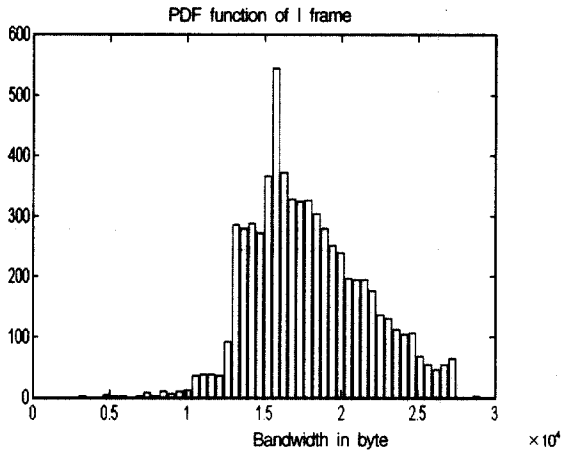
(그림 9)에 도시된 자기상관함수로부터 I 프레임의 시간적인 특징을 보여주고 있다. 실험에 사용된 비디오 신호원은 30초 (I 프레임이 15장에 한번씩 제공되기 때문에 초당 30장의 프레임이 제공되므로) 정도 후에는 상관관계가 낮은 것을 확인 할 수 있다. 그러나 이런 경향이 절대적이지 않고 영상의 종류에 따라 드라마, 스포츠, 영화등 종류에 따



(그림 9) 실제 신호원에 대한 확률 밀도 함수

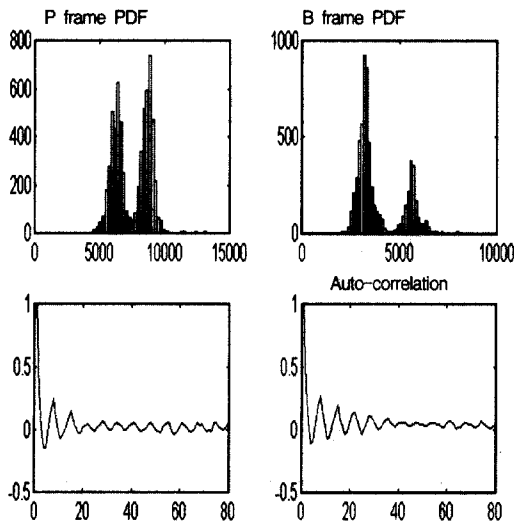
라 서로 다른 양상을 보여주고 있다. 특히 움직임이 많은 영상인 경우 비디오 신호원간의 상관관계는 시간에 따라 급격히 감소하는 것을 관찰할 수 있다.

통계적인 다중화를 위한 다양한 통계적인 파라미터들이 요구된다. 앞서 관찰한 많은 파라미터들은 이런 통계적인 관찰의 유형이다. 신호원의 통계적인 성격을 파악하는데는 그 신호원 확률분포함수에 대한 분석이 중요하다. (그림 10)에서 실제 비디오 신호원에 대한 확률밀도 함수를 도시한 그림이다.



(그림 10) I 프레임에 대한 확률밀도 함수

확률밀도 함수로부터 알 수 있는 신호원의 확률분포는 그림에서 알 수 있듯이 몇 개의 서로 다른 신호원들이 존재하는 것으로 분석이 된다. 즉, 몇 개의 대표 값이 존재하고 그 대표값으로부터 적정수준의 분포 값을 갖는 4개의 확률 변수 값을 갖는 것으로 이해를 할 수 있다. 이를 보다 자세히 확인하기 위해서 각 프레임별 확률분포에 대한 확률 밀도 함수를 확인할 필요가 있다. (그림 11)에서는 I 프레임에 대한 확률밀도 함수를 관찰한 그림이다.

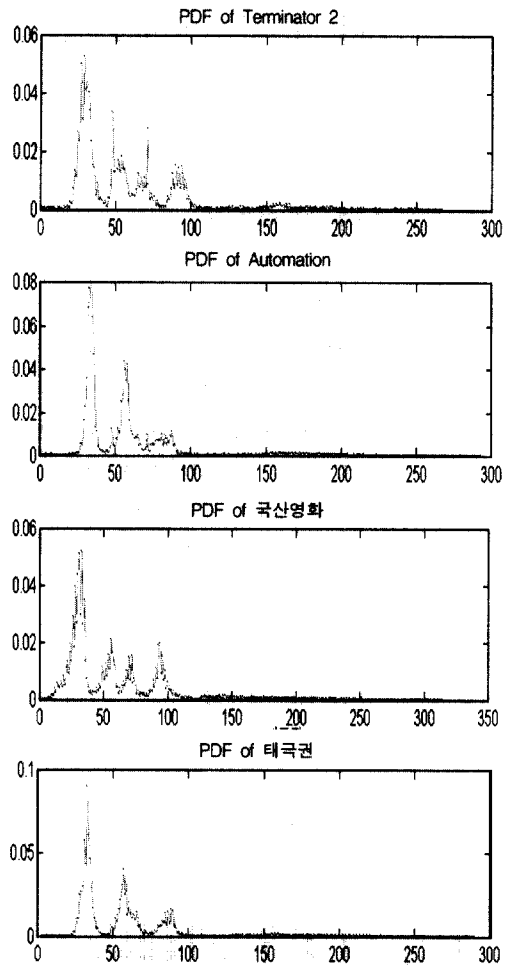


(그림 11) B,P 프레임에 대한 확률밀도함수 및 상관함수

(그림 10)과 (그림 11)에서 관찰되듯이 I 프레임은 상당히 넓은 대역폭을 갖는 것을 확인할 수 있다. 분포의 모양으로 가우스 분포함수 모델이 가능하다.

(그림 12)는 P 프레임과 B 프레임에 대한 확률밀도함수와 자기 상관함수를 보여주고 있다. 자기상관함수에서 나타내듯이 P 프레임과 B 프레임 각각의 상관관계는 비교적 낮은 결과가 보여진다.

(그림 13)은 다양한 비디오 신호원에 대한 확률밀도함수를 보여주고 있다. 이 결과로부터 MPEG 1비디오 신호원은 다수의 확률변수로 모델링하는 것이 가능하다는 것을 예측할 수 있다.



(그림 12) 다양한 비디오 신호원에 대한 확률밀도 함수

M	a(1)	a(2)	a(3)	a(4)	a(5)
1	0.8699				
2	0.7112	0.1824			
3	0.7019	0.1461	0.0510		
4	0.6995	0.1393	0.0182	0.0467	
5	0.6963	0.1381	0.0087	-0.001	0.0682

(그림 13) 실제 신호원으로부터 얻어낸 가우스 마르코프 신호원의 파라미터

#### 4. MPEG비디오 신호원에 대한 새로운 모델 제시 · 분석

##### 4.1 제안된 모델에 대한 근거

앞장에서 분석한 다양한 결과를 바탕으로 본 연구에서는 비교적 간단하면서도 의미 있는 모델을 제시하고자 한다. (그림 13)에서 얻어진 결과와 같이 I 프레임의 부호화 방법과 B, P 프레임의 부호화 방법이 상이하여 비트율의 분포가 분해가 가능했다. 또한 각 프레임간 상관관계도 낮은 것을 알 수 있다. 비디오 신호원의 모델은 수학적으로 정의가 가능해야하므로 본 연구에서는 수학적 해석이 가능하고 범용적으로 이용이 가능한 가우스 모델을 사용했다. 각 프레임별 비트율 발생모델을 가우스 모델로 사용하고 사용되는 파라미터만으로 각각의 모델을 정의했다.

##### 4.2 모델 발생 규칙

모델은 각 프레임별로 구축했다. 또한 전체적인 비디오 신호원 구성으로 MPEG 압축기의 특성을 반영하였다. 즉, I 프레임 모델 뒤 P 프레임 모델을 그리고 P 프레임 모델 사이에 B 프레임 모델을 삽입하였다. 프레임 모델은 적당한 평균값을 각 프레임별로 산정하고 각 프레임 별로 기계적인 분산 값을 산정 및 반영하여 I 프레임 한 모델이 정해지면 전체적인 모델이 구성되게끔 모델링을 구축하였다. 분산 값을 기계적으로 산출할 수 있는 근거는 압축기의 양자화기가 각 프레임별로 기계적으로 정해져 있는데 근거를 둔다. 이러한 사항은 (그림 13)에서 보여진다. 각 프레임별 모델은 다음과 같다.

##### (1) I 프레임 모델

$$Z_I = \mu_I + X_I + Y_I, \text{ where } \mu_I \text{ is a constant value}$$

$$X_I \text{ is uniform distribution in } (-C\mu_I, C\mu_I)$$

$$Y_I \text{ is Gaussian distribution with } E[Y_I]=0,$$

$$\sigma = \beta e^{a\mu_I}$$

##### (2) P 프레임 모델

$$Z_{P1} = \mu_P + X_P + Y_P, \quad Z_{P2} = \mu_P - m_P + Y_{P2}$$

where  $\mu_P, m_P$  는 상수

$$X_P \text{ is uniform distribution in } (-C\mu_P, C\mu_P)$$

$$Y_P \text{ is Gaussian distribution with } E[Y_P]=0,$$

$$\sigma = \beta e^{a\mu_P}$$

##### (3) B 프레임 모델

$$Z_{B1} = \mu_B + X_B + Y_B, \quad Z_{B2} = \mu_B + m_B + Y_{B2}$$

where  $\mu_B, m_B$  는 상수

$$X_B \text{ is uniform distribution in } (-C\mu_B, C\mu_B)$$

$$Y_B \text{ is Gaussian distribution with } E[Y_B]=0,$$

$$\sigma = \beta e^{a\mu_B}$$

$$(4) \mu_P = i_c \mu_I, \quad \mu_B = b_c \mu_I$$

##### 4.3 I 프레임 모델 발생을 위한 파라미터

I 프레임에 대한 모델은 여러 면에서 중요성을 갖고 있어서 I 프레임에 대한 모델 파라미터를 산출하고자 한다. 수리적인 편의성을 제공하는 가우스 마르코프 프로세스가 사용되었다. 마르코프의 파라미터는 과거의 몇 개의 샘플이 현재에 관여하는 문제와 현재를 예측하는 최적의 예측기는 무엇이나 두가지 문제로 압축되어진다. 이를 바탕으로 다음과 같이 모델링을 하였다.

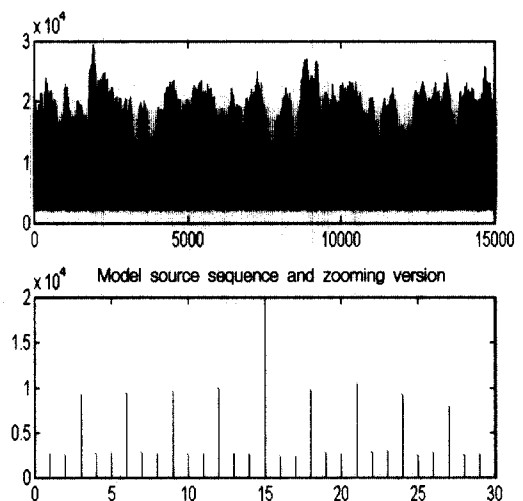
(1) RV  $Y_I$ 는 마르코프 프로세스로 아래와 같은 모델링한다.

$$Y_I^k = \sum_{i=1}^k a_i Y_I^{k-i} + W, \text{ W는 분산 } \sigma \text{ 인 가우스 노이즈}$$

(2)  $M, a_i$ 를 구하기 위해서 실제 데이터로부터 추정한다.

(3) 추정하는 방법은 I 프레임 데이터로부터 Yule-Waker 방정식을 해를 구함으로써 얻는다.

실제값에서 적당한 파라미터를 추정하기 위해서 실제 비디오 신호원에서 M 값에 따른  $a_i$  값들을 산출하였다. 산출된 결과는 (그림 14)에 나타내었다. 결과로 알 수 있는 사실은 M값을 2로 산정 하는 것이다 물론 이 값은 다른 신호원에도 비슷한 결과를 보이고 있다. M=2이면 자기 상관함수로부터 각각에 해당하는 최적의 예측기를 구성할 수 있다. 여러 종류의 신호원으로부터 얻어진 결과, M=2로서 모델링 하면 된다. 평균적인  $a_1 = 0.75, a_2 = 0.25$ 로 얻어졌다. 이 자료는 비디오 신호원의 파라미터의 자료로 사용될 수 있다.



(그림 14) 모델에 의한 신호원 발생

##### 4.4 모델에 의한 신호원 발생

4.3절에서 얻어진 모델을 기반으로 가져 비디오 신호원을

발생을 시켜서 비디오 신호원 전체를 대표할 수 있는 신호원으로 평가를 하였다. I 프레임에 대한 적당한 평균값으로부터 전체 비디오 신호원을 얻어내면 (그림 15)와 같다. (그림 15)는 모델에서 얻어진 프레임별 비트율의 시간적 변화를 보여주고 있다. 확대 버전으로부터 MPEG비디오 신호원이 갖는 특징을 가지고 있음을 알 수 있다.

(그림 15)에서 얻어진 자료에 대한 기초적인 통계적 자료를 구하면 (그림 16)과 같다 (그림 16)에서 얻어진 자료는 실제 비디오 신호원과 유사성을 갖고 있다.

평균 대역폭	5340 byte
대역폭 편차	4610 byte
대역폭 변화계수	0.8632
피크 대역폭	29313byte
Burstiness	5.4892

(그림 15) 모델에 의한 비디오 신호원의 통계적 자료

### 5. 향후 과제 및 결론

본 연구에서는 ATM 망을 최적으로 관리하고 이용하기 위해서 망에 대한 모델링과 망에 입력되는 트래픽, 즉 소스에 대한 모델링중 특히 초고속 ATM망을 이용하여 차세대 영상 서비스를 제공할 예정인 MPEG 비디오 신호원에 대한 모델을 연구하였다. 비디오 신호원의 모델로부터 통계적 다중화의 효율을 높일 수 있는 각종 파라미터를 얻을 수 있었다. 결과적으로 비디오 신호원의 I 프레임을 AR(2) 신호원으로 모델링하는 것이 합당했고 I 프레임 모델로부터 B, P 프레임 모델의 유도도 가능하였다.

본 연구에서는 ATM망을 이용한 비디오 서비스에 핵심적인 역할을 담당하고 있는 비디오 신호원의 VBR 및 CBR 특성에 대한 분석과 그에 따른 새로운 모델을 제시하였다.

모델의 복잡도와 효율은 양의 상관관계가 있지만 시스템 구축과 관리면에서는 복잡도의 증가로 인해 비용이 증가하게 된다. 그러므로 모델링은 정확성, 완벽성뿐만 아니라 경제적 가능성도 함께 고려해야 한다. 복잡도와 모델의 정확성의 합리적인 중간점을 찾는 방법이 향후 과제가 되겠다.

### 참고 문헌

[1] M. Conti, E. Gregori, and A. Larsson, "Study of the Impact of MPEG-1 Correlations on Video-sources Statistical Multiplexing," IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol.14, No.7, Sept. 1996.  
 [2] Mitssuru Nomura, Tetsurou Fujii and Naohisa Ohta, "Basic Characteristics of Variable Rate Video Coding in ATM

Environment," IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol.7, No.5, JUNE. 1989.

[3] R. Kishimoto, Y. Ogata, and F. Inumaru, "Generation Interval Distribution Characteristics of Packetized Variable Rate Video Coding Data Streams in an ATM Network," IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol.7, No.5, JUNE. 1989.  
 [4] H. H. I. Berin, "MPEG-1 and MPEG-2 Digital Video Coding Standards," [http://wwwam.hhi.de/mpegvideo/paper/sikora/mpeg\\_2/mpeg1\\_2.htm](http://wwwam.hhi.de/mpegvideo/paper/sikora/mpeg_2/mpeg1_2.htm)  
 [5] International Standard ISO/IEC 13818 : MPEG-2 1996.  
 [6] C. B. Lee, K. B. Ha, and R.-H. Park, "Computation of effective bandwidth of aggregated VBR MPEG video traffic in ATM networks using the modified equipment capacity," in Proc 1996 IEEE Int. Conf. Commun, pp.627-631, Dallas, Texas, June 1996.  
 [7] K. B. Ha, C. B. Lee and R.-H. Park, "Connection admission control for heterogeneous VBR video traffic in ATM network," Electronics Letters, Vol. 31, pp.1548-1549, Aug. 1995.  
 [8] D. Reininger, B. Melamed, and D. Raychaudhuri, "Variable bit rate MPEG video : Characteristics, modeling and multiplexing," in Proc. 13th Int. Teletraffic Cong., pp.295-306, Antibes Juan-les-Pins, France, June 1994.



### 김 영 준

e-mail : yojkim@hanmail.net  
 1986년 한양대학교 전자공학과 졸업  
 1990년 한양대학교 대학원 전자공학과 공학 석사  
 2001년 한양대학교 대학원 공학 박사  
 1996년~2001년 해천대학 정보시스템 계열 조교수

관심분야 : 컴퓨터 통신, 분산 시스템, 초고속 통신, 이동 데이터 통신



### 강 승 찬

e-mail : sckang@kut.ac.kr  
 1986년 한양대학교 공학사  
 1988년 한양대학교 대학원 공학 석사  
 1993년 한양대학교 대학원 공학 박사  
 1993년~현재 한국과학기술원 정보기술공학부 부교수

관심분야 : 인터넷네워킹, 분산시스템