

## 동영상 압축방식을 이용한 화상회의 시스템의 데이터 트래픽에 대한 연구

正會員 張 升 起\*, 徐 德 榮\*

A Study on Teleconference Data Traffic of Variable Bit Rate

Seung Gi Chang\*, Doug Young Suh\* Regular Members

본 연구는 1995년도 정보통신부 대학기초연구지원사업으로 수행되었음

### 要 約

B-ISDN에서는 전화, 방송, 파일 전송 등 모든 통신 서비스가 하나의 통신 체계에서 이루어지며 특히 동영상의 자유로운 통신은 B-ISDN의 가장 큰 매력으로 꼽히고 있다. 본 논문은 B-ISDN에 사용되는 ATM망에서 압축된 화상회의 동영상 데이터를 전송할 때 발생하는 트래픽 제어에 대한 문제를 다룬다.

하나의 동영상 소스에 대한 통계적 특성, 또한 여러 개의 동영상 소스를 다중화 하였을 때의 정적, 동적 통계적 특성을 파악하며 이 통계 결과를 트래픽 예측과 제어에 이용한다. 트래픽 예측 방법으로 비선형적 방법인 "Dilation" 방법을 제안하여 기존의 Markov chain[3]과 비교하였다. 채널 효율과 셀 손실률을 비교하여 제안한 방법의 우수성이 과시되었다. 다중화시 스케줄링(scheduling) 방법으로는 "Controlled Slotted" 방식을 제안하여 스케줄링을 하지 않을 경우와 비교해 본 결과 셀 손실률이 크게 감소하는 것을 알 수 있었다.

### ABSTRACT

Communication services, such as telephony, broadcasting, file transfer will be merged into B-ISDN. Most of all, it is flexible communication of video data that makes B-ISDN so attractive. This paper describes how to solve the problems occurred in traffic control of video data transmission over ATM network, which is the transfer mode of B-ISDN.

Statistical characteristics of single video source and multiplexed video sources are evaluated. The results are used to predict bit rates for adaptive bandwidth allocation and also used to police multiplexed video sources. "Dilation" method has been proposed as a traffic prediction method. It is compared to 2 State Markov chain method[3]. The proposed method shows better performance in channel efficiency and cell loss rate. "Controlled Slotted" has been proposed for scheduling multiple video sources. It results in dramatic reduction in cell loss rate.

\*경희대학교 전자공학과 대학원

Kyung Hee University, Department of  
Electronic Engineering, Graduate School

論文番號 : 94367-1224

接受日字 : 1994年 12月 24日

## I. 서 론

ATM망을 이용하는 B-ISDN(Broadband Integrated Service Digital Network)은 대역폭이 넓으며 유연성 및 확장성이 뛰어나므로 모든 통신망이 이것으로 대체될 것이 확실시된다. 본 논문은 동영상을 가변비트율로 코딩하여 ATM망을 이용해 전송하는 시스템의 데이터 트래픽에 대해 다룬다. 동영상은 데이터의 특성상 데이터량이 많고 버스트니스가 커서 일반 네트워크나 교환기를 통한 전송에는 어려움이 있다. B-ISDN은 전송속도가 150Mbps정도 되며 빠른 교환시간을 필요로 하기 때문에 기존의 디지털 교환기로는 그 전송 속도를 지원할 수 없으며 새로운 전송망인 ATM(asynchronous transfer mode)이 B-ISDN의 전송 모드로 채택되었다. 특히 영상, 동화상 등 데이터량이 많고 실시간 처리가 필요한 서비스에서는 B-ISDN의 적용이 필수적으로 인식되고 있다.

ATM망에서는 통계적 다중화 기술이 이용된다. 일반적인 다중화는 각 소스에 고정적인 대역폭이 할당되나 통계적 다중화에서는 채널 대역폭이 각 소스의 요구에 따라 가변적으로 할당된다. 그런데 각 소스의 데이터에 버스트니스<sup>1)</sup>가 있다라도 이 소스들을 다중화하면 전체적으로는 버스트니스가 줄어들어 어느 정도 일정한 비트율을 유지하게 된다. 그러나 ATM망에서는 통계적 다중화 기술을 이용하므로 데이터가 집중될 경우 데이터의 손실 가능성이 있다. 압축된 데이터에서의 데이터 손실은 압축되지 않은 데이터에서의 손실에 비해 화질에 미치는 영향이 크므로 데이터의 트래픽을 조절하여 손실을 방지하는 것이 중요하다.

비디오 서비스와 관련한 최근의 연구 논문들을 살펴보면 크게 '대역폭 설정'과 '손실된 셀의 복구'로 분류할 수 있다. 대역폭 설정에는 트래픽 예측, 다중화, 데이터의 과잉 제어 등이 있으며 특히 트래픽 예측은 Markov chain[6][7][10][11], 소스 제어 [8][9][12] 등을 이용한 방법이 있다.

본 논문에서는 ATM망을 통한 화상회의 시스템에서 동영상을 MPEG-II [1], 가변비트율(VBR, variable bit rate)로 코딩하여 전송할 경우 트래픽 조절 인자의

도출 및 도출에 따른 통계적 분석 방법과 새로운 트래픽 예측 방법으로 "Dilation"방법을 제시한다. 또한 다중화시 ATM에서 트래픽을 제어할 수 있는 스케줄링 방법-"Controlled Slotted"도 제시한다.

동영상 부호화에 대한 표준안으로는 기존의 공중전화 회선을 이용하는 64Kbps × p급의 H.261이 있으며 주로 영상 전화에 이용된다. 94년말 표준안이 확정된 MPEG-II는 현재의 TV정도의 화질에서 HDTV수준의 화질까지 지원하고 화질을 필요에 따라 조절할 수 있으며 가변비트율 부호화가 가능하므로 유연성이 뛰어나다.

2장에서는 정적 통계 방식과 동적 통계 방식을 이용하여 영상 데이터의 통계적 특성을 파악하고 3장에서는 2장에서 파악한 통계적 특성을 바탕으로 제안된 트래픽 예측 방법인 "Dilation"을 Markov chain방법[3]과 비교한다. 또한 스케줄링 방법인 "Controlled Slotted"의 성능을 분석한다. 마지막 4장에서는 본 연구의 결론과 앞으로의 연구 방향을 제시한다.

## II. 비디오 데이터의 통계적 특성

본 연구는 화상회의 영상을 MPEG-II로 압축, 가변 부호화 방식으로 코딩하여 ATM으로 전송할 경우 트래픽 제어에 필요한 통계 방법과 그 제어 방법을 제안한다. ATM의 경우 통계적 다중화 방법을 이용하므로 데이터의 범람(overflow)이 발생할 가능성이 있으며 이에 대한 대책이 필요하다. 본 실험에서는 Salesman, Miss America, Split, Mixed Image(Salesman과 Miss America를 매 프레임마다 교대로 나열한 영상) 등의 영상을 사용했으며 각 영상에 대해 MPEG-II Test Model 4의 버퍼 제어 부분을 수정하여 고정비트율(CBR, constant bit rate)과 기본 양자화 테이블에 인수 Q값으로 4, 8, 16을 곱한 값을 양자화 테이블로 사용하여 가변비트율(VBR)로 코딩을 한 VBR4, VBR8, VBR16에 대해 실험하였다. 또 영상 모드는 Intra Mode의 경우에는 영상 시퀀스 전부를 intra 영상으로 구성한 것이며 Predictive Mode의 경우는 첫 번째 프레임만 intra영상이고 나머지 프레임은 전부 predictive영상으로 구성된 시퀀스이다. 이때 하나의

1) 버스트니스 =  $\frac{\text{최대비트율}}{\text{평균비트율}}$ 로 정의되며 가변비트율 비디오 데이터의 경우 값이 약 4정도이고 일반적인 파일 데이터의 경우 약 8정도이다.

intra영상에서 다음 intra영상이 나오기 전까지 영상 시퀀스를 GOP(Group Of Pictures)라 하고 보통 GOP는 15(0.5초)를 사용한다.

본 장에서는 데이터 트래픽의 예측에 필요한 여러 통계치를 서술한다. 사용된 통계치는 크게 정적 통계와 동적 통계로 나눌 수 있다.

1 정적 통계(Static Statistics)

정적 통계에는 시간적 상관성이 배제되며 이는 시스템의 초기 설계시 필요한 설계 인자를 설정하는데 사용될 수 있다. 이를 이용하여 각 소스에서 입력되는 데이터의 성질을 파악하여 각 소스의 채널 할당 및 다중화시 필요한 대역폭도 예측이 가능하다. 정적 통계에서는 슬라이스당 비트수의 확률 밀도 함수를 구하여 기존 확률 밀도 함수에 fitting을 하였고, 이 확률 밀도 함수를 중첩(convolution)하여 다중화 효과를 조사하였다.

1.1 확률 밀도 함수

본 실험에서는 슬라이스당 비트수에 대한 확률 밀도 함수를 구하였다. 실험에서는 한 GOP에는 15개의 프레임이 있고 Main level영상(762×352)을 사용하였으므로 각 프레임은 18개의 슬라이스로 구성되며 하나의 슬라이스에는 22개의 매크로블럭이 존재한다. 매크로블럭에 대한 통계는 많은 데이터량으로 인해 계산 시간이 많이 필요하며 프레임에 대한 통계는 그 프레임의 수가 많지 않을 경우 신뢰도 있는 통계치를 확보할 수 없다.

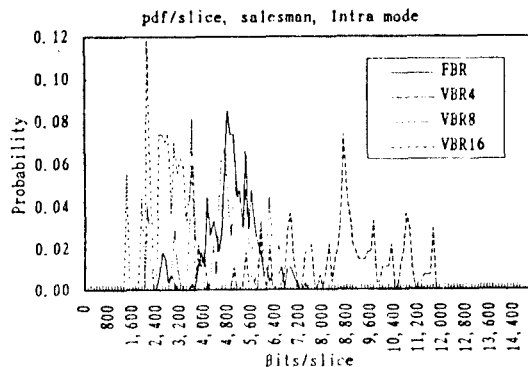


그림 1. Salesman, Intra Mode의 확률 밀도 함수

그림 1은 Salesman 영상으로 영상 시퀀스 전부를 예측 없이 intra 영상으로 구성했을 때의 확률 밀도 함수이고 그림 2는 Salesman 영상을 하나의 intra 영상과 나머지는 전부 predictive 영상으로 구성했을 때의 확률 밀도 함수이다.

또 구한 확률 밀도 함수의 분포가 일반적인 확률 밀도 함수와 비교했을 때 얼마나 비슷하고 정상적인 분포를 나타내는가를 알아보기 위해 fitting을 해 본 결과 Beta distribution에 가장 fitting이 잘되는 것으로 나타났으며 그 결과는 그림 3에 나타나 있다. 이때의 Beta distribution 은

$$f_x(x) = x^b (1-x)^c$$

여기서 x는 슬라이스 비트수를 1로 하여 환산한 것이며 b, c값은 2, 4이다.

1.2 확률 밀도 함수의 중첩(Convolution)

확률 밀도 함수를 여러 번 중첩함으로써 통계적 다중화의 효과를 보일 수 있다. 즉, ATM망에 적용할 때는 여러 소스에서 입력되는 데이터들이 다중화 되며 입력 데이터의 종류에 따라 많은 범람이 발생할 가능성이 있다. 따라서 몇 가지 데이터를 중첩하여 그 결과를 분석함으로써 실제 중첩되었을 경우에 필요한 대역폭의 추정이나 셀 손실률 등을 미리 예측할 수 있다. 그림 4는 그림 2. VBR=16인 경우의 확률 밀도 함수를 1번, 16번, 32번, 64번, 128번 중첩한 결과이다.

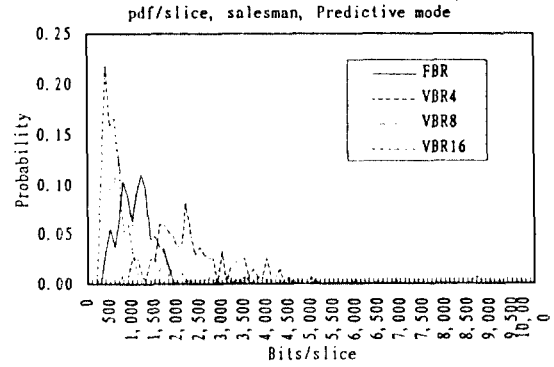


그림 2. Salesman, Predicted Mode의 확률 밀도 함수

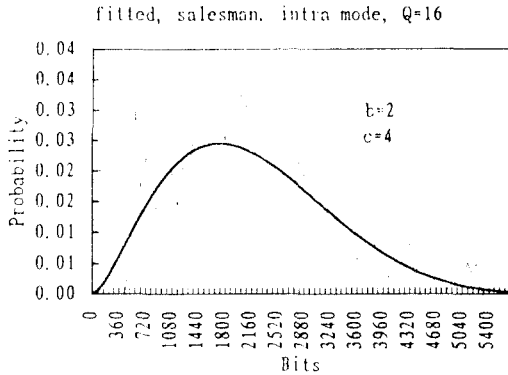


그림 3 Salesman영상의 확률 밀도 함수를 fitting한 결과 (Salesman, Predicted Mode, VBR16)

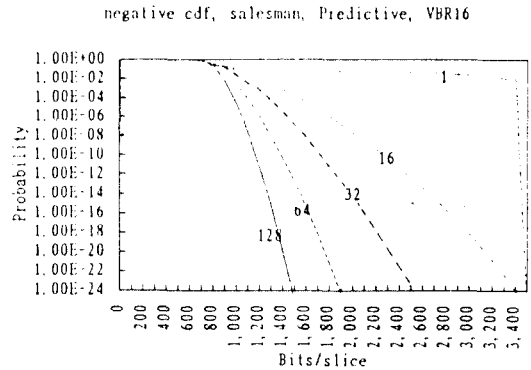


그림 4 그림 1의 확률 밀도 함수를 1, 16, 32, 64, 128번 중첩한 negative cdf

표준편차가  $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ 인  $n$ 개의 가우시안 랜덤 함수의 합의 표준편차  $\sigma$ 는

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2}$$

이다. 표준편차가  $\sigma$ 인 가우시안 함수를 4번 중첩을 하면 그 함수의 표준편차는  $4\sigma$ 가 되는 것이 아니라  $2\sigma$ 가 된다. 그림을 보면, 1개의 슬라이스당 1,900비트로 전송한다고 가정하면 64개의 소스가 중첩되는 경우에는 슬라이스당 비트수가 1,900비트를 초과할 확률이  $10^{-24}$ 에 불과하나 32개, 16개의 소스가 중첩되는 경우에는  $10^{-12}$ ,  $10^{-6}$ 에 이른다. 이는 많은 소스가 다중화 될수록 각 소스의 표준편차가 줄어들어서 고정 대역폭의 특성에 근접하는 것을 보여준다. [3]

1.3 논의 사항

위에서 정적 통계 방법으로 확률 밀도 함수와 그 중첩을 사용하여 전체 데이터량의 분포 및 채널의 다중화시 채널폭과 셀 손실률에 따라 셀 손실률을 예상할 수 있었다. 그러나 이 정적 통계에서는 비트율의 시간적 상관성이 고려되지 않았다. 본 연구에서 다루는 화상회의 시스템의 경우에는 주로 사람의 상반신 화면이며 움직임이 많지 않아 시간적 상관성이 상당히 높으며 이를 이용하면 보다 효율적인 트래픽 제어가 가능하다. 따라서 다음 절에서는 시간적 상관성을 고려한 통계치에 대하여 논한다.

다.

2 동적 통계(Dynamic Statistics)

동적 통계는 데이터의 시간적인 상관성을 파악하기 위해 사용된다. 동적 통계의 방법으로는 2 State Markov chain[3], Block Matching 알고리즘과 상호 상관이 적용되었다.

2.1 2 State Markov chain[3]

Pancha[3]는 2 State Markov chain을 비트수 예측에 이용하였다.

Markov chain은 슬라이스간 비트수의 시간적 상관성을 파악하여 트래픽 예측에 사용되며 전체 슬라이스당 비트수의 표준편차( $\sigma$ ) 단위로 몇 개의 스테이트로 구분한다. 그리고  $n$ 번째 프레임  $i$ 번째의 슬라이스의 비트수와  $n+1$ 번째 프레임의  $i$ 번째 슬라이스의 비트수 스테이트간 전이 확률을 모두 구한다. 어느 한 소스에서 입력되는 데이터의 어느 한 프레임의 데이터량을 예측함에 있어 이전 프레임과 Markov chain의 전이 확률을 이용하면 데이터량을 예측할 수 있다. 이 Markov chain은 비록 프레임간의 슬라이스뿐 아니라 GOP끼리의 슬라이스간에도 적용할 수 있다.

그림 5는 Markov chain을 나타낸 것으로 그림 상에는 인접한 두 스테이트간의 전이만을 표시했으나 실제

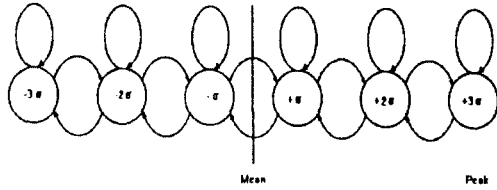


그림 5. Markov chain

표 1. Markov chain의 전이 확률 (Saleman, Predictive Mode, VBR8)

post/pre	-3σ	-2σ	-σ	σ	2σ	3σ
-3σ	0	0	0	0	0	0
-2σ	0	0.667	0.303	0.003	0	0
-σ	0	0.006	0.688	0.223	0.027	0
σ	0	0	0.38	0.42	0.14	0.06
2σ	0	0	0.04	0.32	0.48	0.16
3σ	0	0.186	0.344	0.031	0.219	0.219

로는 건너뛴 수 있다. 표 1은 Salesman의 Markov chain 전이 확률을 나타낸 것이다. 현재 프레임의 비트수로 다음 프레임의 같은 위치의 슬라이스 비트수를 예측하는데 예측 방법으로는 Maximum Likelihood Estimation 방법을 사용한다. 현재 프레임에 있어서 어떤 슬라이스의 스테이트가  $l$ 이라고 할 때 다음 프레임의 같은 위치의 슬라이스의 예측 비트수는,

$$\text{예측치(비트수)} = \sum_k n_k P_{l,k}$$

여기서  $n_k$  :  $k$  스테이트 비트수의 대표값

$P_{l,k}$  :  $l$  스테이트에서  $k$  스테이트로 전이할 확률

Markov chain을 이용한 예측은 같은 위치의 슬라이스만을 이용할 뿐 인접 슬라이스와의 상관성을 이용할 수 없다. 그러므로 첨두치(peak)에 지터(jitter)가 발생하면 셀 손실이 발생하므로 에러의 확률이 높다. 다음절에서는 같은 위치의 슬라이스뿐만 아니라 인접 슬라이스끼리의 상관성을 나타낼 수 있는 Block Matching을 다룬다.

### 2.2 Block Matching

본 논문에서는 프레임시간 단위의 시간적 상관성을 파악하기 위해 Block Matching을 시도해 보았다. 이는 MPEG-II에서 움직임 보상을 위하여 공간적 변위를 구하는 것과 비슷한 방법이다. Markov chain은 같은 위치의 슬라이스만을 비교하므로 움직임이 있을 경우 그 상관성을 파악하기 어렵다. 그러나 Block Matching은 인접하는 몇개의 슬라이스를 같이 비교하는 방법으로 시간에 따라 움직임이 있을 경우 그 움직임의 정도를 파

악할 수 있다.

어느 프레임  $i$ 와 다음 프레임  $i+1$  두 프레임에서, 프레임  $i$ 에서 나타나는 슬라이스  $j$ 의 비트수 곡선과 가장 잘 맞는 비트수 곡선을 다음 프레임  $i+1$ 에서 찾는다. 즉 한프레임에 대한 비트율의 시간적 변화 곡선에서 일정한 크기의 블록을 떼내어 다음 프레임의 같은 곡선에서 미끄러져 가면서 에러가 가장 적게 나타나는 위치를 찾는다. 이 경우 공간적인 움직임이 없으면 shift 0인 곳에서만 피크가 나타나고 움직임이 많은 경우에는 shift 0뿐만 아니라 그 부근에서 피크치가 나타나게 된다. 표 2는 Salesman, VBR4, Predictive Mode와 Salesman, VBR16, Predictive Mode의 경우에 대한 Block Matching한 결과를 나타낸 것이다. 실험에서는 한 프레임을 18 슬라이스로, 비교할 두 프레임에 대해서는 앞으로는 9슬라이스 단위 시간, 뒤로는 8슬라이스 단위 시간, 그리고 블록 크기는 3인 경우를 나타냈다.

표 2을 보면 shift 0 부근이 가장 높게 나타나지만 shift 0가 아닌 경우도 많이 존재하는 것을 알 수 있다. 이는 실험 영상에서 현재 슬라이스 위치의 영상이 다음 프레임에서는 공간적인 이동으로  $j$ 위치가 아닌  $j'$ 번의 슬라이스에 위치하기 때문이다. 따라서 같은 위치의 슬라이스뿐만 아니라 그 주위의 슬라이스간에도 상관성이 있으므로 비트수 예측 시에는 이를 고려하는 것이 바람직하다. 다음절에서는 시간적 상관성을 정량적으로 나타내 주는 상호 상관을 설명한다.

### 2.3 상호 상관

상호 상관은 프레임시간 단위의 시간적 상관성을 파악

표 2. Block Matching의 결과(block size = 3)

(a) Salesman, VBR4, Predictive Mode

shift	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
갯수	1	0	1	0	15	5	6	1	0	175	3	1	1	7	0	0	0	0

(b) Saleman, VBR16, Preditive Mode

shift	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
갯수	3	3	0	12	4	3	4	13	27	114	16	4	2	2	0	3	1	5

하여 다음 프레임의 비트수를 예측하는데 이용한다. 상호 상관은 피크치 이동을 정량적으로 보여주는데 다음 식으로 구해진다.

$$c_r = \sum_i^{frames} \sum_j^{slices} (b_{i,j} - \bar{b})(b_{i+1,j+r} - \bar{b})$$

$b_{ij}$  : i번째 프레임 j번째 슬라이스의 비트수  
 $\bar{b}$  : 슬라이스당 평균 비트수

그림 6은 상호 상관을 구한 결과 그래프이다. 실험 영상은 18 슬라이스로 구성되어 있는데 모든 그래프에서 최고점은 서로 다른 프레임의 같은 슬라이스 위치인  $\tau=0$  부근에서 나타난다. 또 양자화인수 Q의 값이 작을수록, 즉 화질이 좋을수록 상호 상관이 한 곳에서 피크가 나타나고 Q값이 높을수록 화면의 복잡도가 높은 화면이나 낮은 화면 모두 비슷한 비트수를 가지게 되므로 여러 곳에 피크가 나타난다. 그림을 보면  $\tau=0$  뿐만 아니라 그 주위에서 상호 상관이 높게 나타난다. 따라서 어떤 슬라이스의 비트수를 예측하는데 있어서 한 프레임전체의 같은 위치의 슬라이스와 그 인접 슬라이스의 비트수가 되는 것이 바람직하다.

프레임 i+1에서의 슬라이스당 비트수를  $y(n)$ , 프레임 i에서의 슬라이스당 비트수를  $x(n)$ 이라 하면 다음 프레임에서의 슬라이스당 비트수  $y(n)$ 은 선형 non-causal 프로세스로 예측할 때

$$y(n) = x(n) \cdot h(n) \quad (\cdot \text{는 convolutiuon})$$

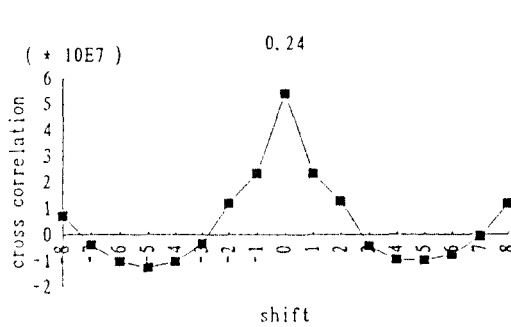
으로 나타낼 수 있다. 이때  $h(n)$ 은 상호 상관 시퀀스에

서 디지털필터 설계 방법을 이용하여 적응적으로 계산할 수 있다. 그 모델로는 ARMA모델이 적당할 것으로 생각되나 본 논문에서는 다루지 않았다. 왜냐하면 알고리즘이 복잡하여 실제 실시간으로 동작하는 시스템을 구현하기는 매우 힘들 것이기 때문이다. Heyman(2)은 프레임당 비트수 예측을 ARMA모델로 시도하여 좋은 결과를 얻었다. 다음절에서는 비선형적으로 트래픽을 예측하는 방식을 제안한다. 이 방식은 매우 간단한 알고리즘으로 구현할 수 있다.

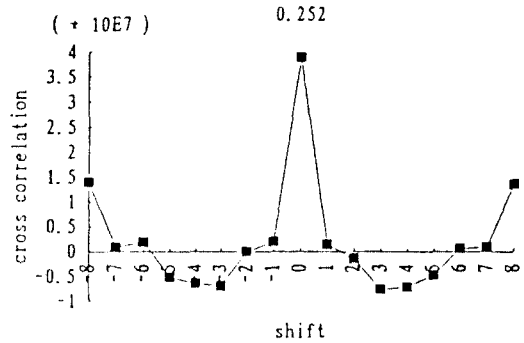
### III. 트래픽 제어 방법

지금까지 트래픽 예측에 사용될 수 있는 여러 가지 통계 방법을 사용하여 분석한 결과 첫째, 각 영상 프레임 간에 비트율의 상관성은 뚜렷이 존재하며, 둘째 인접한 두 프레임에서 동일한 위치의 슬라이스뿐만 아니라 주변의 슬라이스와도 상관성이 있음을 알 수 있었다. 본 절에서는 이 두 사실을 이용하여 한개의 소스에 대한 트래픽을 예측하는 "Dilation" 방법을 제안하고 Markov chain과 비교한다. 또한 여러 개의 소스가 다중화될 경우 ATM 교환기에서 각 소스에서 입력되는 데이터의 양을 시간의 변화에 대해 균일한 분포를 나타내게 함으로써 채널의 효율적 이용은 물론 셀 손실을 줄일 수 있는 스케줄링(scheduling) 방법을 제안한다. 이때 교환기는 제시하는 알고리즘을 수행할 정도로 충분히 지능적이어야 한다.

#### 1. 트래픽 예측 방법 - "Dilation"



(a) Miss America, VBR4



(b) Miss America, VBR8

그림 6. 상호 상관 결과

트래픽 예측은 다중화될 각 소스의 비트율을 미리 예측하고 필요한 대역폭을 적절히 할당하여 셀 손실률을 줄일 뿐 아니라 채널의 낭비를 줄여 효과적으로 채널을 운영하고자 하는데 그 목적이 있다. 본 연구에서는 시간적 상관성을 이용하여 예측하는 "Dilation"<sup>2)</sup>방법을 제안한다. 이는 수평 반지름 h 수직 반지름 v인 원을 이용하는 방법으로 실제의 비트율에 이 원을 굴려서 그 중심점의 궤적을 다음 프레임의 예측치로 이용하는 방법으로 그림 7과 같다. 이로써 그래프 내의 봉우리가 어느 정도 이동하여도 셀 손실이 일어나지 않으며 계곡에 빠지지도 않게 된다. h는 현재 슬라이스의 전후로 몇 개의 슬라이스를 고려했는가를 나타내고 v는 계산된 비트수에 얼마만큼의 여유도를 주는 것으로 비트수가 된다.

여기서 수평 scale h는 앞절에서 설명한 cross correlation이나 block matching의 결과를 이용하여 결정하며 수직 scale v의 기준값은 다음의 식으로 결정된다. 즉, 표 2의 block matching에서 block size를 변화시키면서 결과값이 최대가 되는 block size를 수평 scale h로 선택하며 수직 scale v는 아래의 식으로 구한 기준값을 변화시키면서 적절한 값을 선택해야 한다. 수직, 수평의 비율은 셀 손실률이 같은 크기로 나타낼 때를 기준으로 한다.

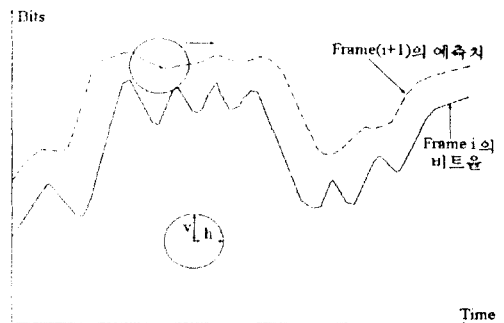


그림 7. "Dilation"을 이용한 예측 방법

$$v = \sqrt{\frac{\sum_i \sum_j (b_{i,j} - b_{i+1,j})^2}{n} - m^2}$$

$n$  :  $i \times j$  (프레임의 수  $\times$  슬라이스의 수)

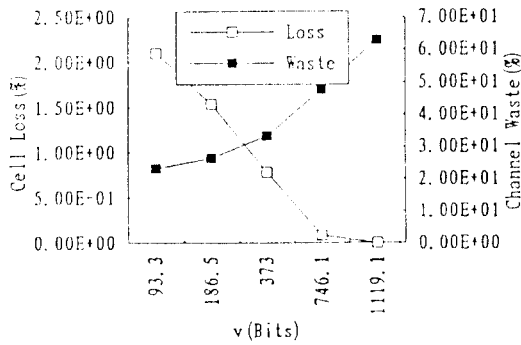
$m$  : 전체  $(b_{i,j} - b_{i+1,j})$ 의 평균값

$b$  :  $i$  프레임  $j$  번째 슬라이스의 비트수

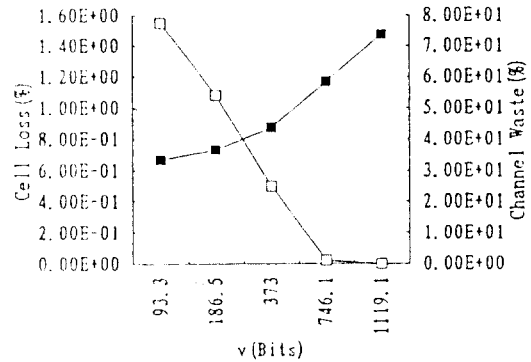
### 1.1 "Dilation"방법과 Markov chain 방법의 성능 비교

그림 8은 제안한 "Dilation"방법으로 비트율을 예측

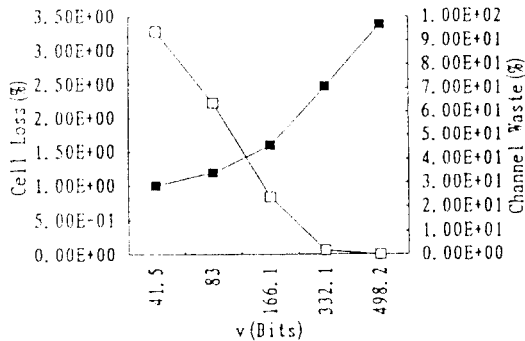
2) 1차원 또는 2차원 신호의 기하학적인 특성을 변형하는 방법 중에서 수학적 형태학적 필터(mathematical morphological filter)가 있다.[13] 여기에는 dilation(팽창), erosion(부식), opening(열기), closing(닫기) 등 4가지 종류가 있는데 본 연구에서는 신호의 마진율 줄 수 있는 dilation필터가 적합하다. 그래프를 dilation할 때 사각형, 원판, 포물선을 이용하는 방법이 있는데 본 연구에서는 원판(disk)를 사용하기로 한다.



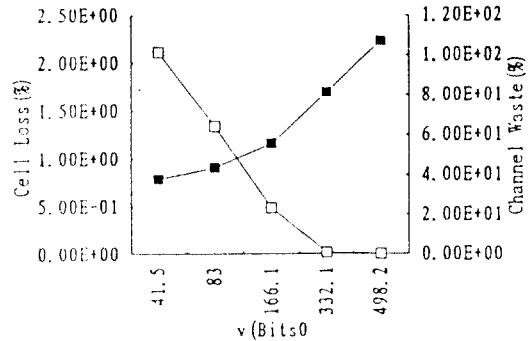
(a) VBR4, h=1



(b) VBR4, h=2



(c) VBR16, h=1



(d) VBR16, h=2

그림 8. 제안한 "Dilation" 방법으로 비트수를 예측했을 때의 셀 손실률 및 채널 낭비율(Salesman, Predicted Mode)

했을 경우 Salesman, Predictive, VBR4, VBR16에 대해  $h = 1$  일 때와  $2$  일 때  $v$  값의 변화에 따른 셀 손실률과 채널 낭비율. 그림 9는 Markov chain만을 이용하여 Salesman, Predictive Mode, VBR4, VBR16의 경우를 예측했을 때의 셀 손실률과 채널 낭비율을 도식한 것으로 Pancha[3]의 계산법을 이용했다. 보통 셀 손실률이  $10^{-9} \sim 10^{-12}$  보다 작아야 실제 시스템에서 효용성을 가진다. 본 논문의 표 3, 표 4, 그리고 그림 8, 그림 9에 나타난 결과는 실험 영상이 많지 않아  $10^{-4}$ 와  $0$  사이의 값은 나타나지 않았다. 그림

에서  $v$ 의 값이 증가할수록 셀 손실률은 줄어드나 채널의 낭비율은 높아지고  $v$ 의 값이 감소하면 반대로 셀 손실률은 증가하나 채널의 낭비율은 줄어든다. 또  $h$ 의 값이 크면 셀 손실률은 줄어드나 채널의 낭비율이 증가하고  $h$ 의 값이 작으면 반대의 현상이 발생한다. 이와 같이 셀 손실률과 채널 낭비는 서로 trade-off 관계에 있으므로 정확하게 예측하여야 한다.

앞의 그림 8, 그림 9를 비교해 보면 본 논문에서 제안한 "Dilation"을 이용한 그림 8의 경우가 뛰어난 것을 알 수 있다. 예를 들어 VBR16으로 코딩한 경우



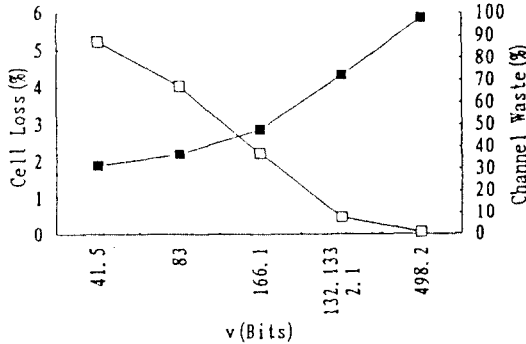


그림 9. Markov chain을 이용하여 비트수를 예측했을 때의 셀 손실률과 채널낭비율(Salesman, Predicted Mode)  
(a) VBR4 (b) VBR16

“Dilation”을 이용하여 예측한 경우 v(수직 반지름)의 값을 498비트로 했을 때의 셀 손실률과 채널낭비율은 각각 0.0%, 96.6%이나 Markov chain을 이용한 방법에서는 셀 손실률과 채널낭비율이 각각 0.055%, 97.8%를 나타내었다. 즉, 같은 채널낭비율을 가질 경우에는 제안한 “Dilation”을 이용한 방법의 셀 손실률과 채널 낭비율이 작음을 알 수 있다.

이러한 결과가 나오는 원인은 영상 데이터들이 인접하는 데이터간에는 많은 상관성이 있으며 제안한 “Dilation” 방법에서는 이러한 상관성을 이용했기 때문이다. 제 2장 통계적 특성 파악에서 자기 상관을 구해 본 결과 현재 프레임의 슬라이스와 다음 프레임의 같은 위치의 슬라이스간에는 높은 상관성이 있음을 알았다. Markov chain방법에서는 현재의 슬라이스만을 근거로 다음 슬라이스를 예측했기 때문에 데이터량의 변화에 민감하게 반응하나 제안한 방법은 현재의 슬라이스뿐만 아니라 전후의 몇 개 슬라이스를 동시에 고려했기 때문에 Markov chain방법보다 나은 결과를 얻을 수 있었다. 표 3은 그림 8의 (c), (d)와 그림 9의 (b)를 표로 나타낸 것이다.

이상과 같이 한 개의 소스에 대한 대역폭이 적절하게 할당되어도 많은 소스가 다중화되는 경우에는 새로운 문제에 부딪히는 수가 있다. 본 논문에서는 MPEG-II를 이용하여 압축하므로 Intra영상이 서로 겹칠 때에는 데이터의 범람(overflow)이 발생할 가능성이 있다. 따라

표 3. 제안한 “Dilation” 방법과 Markov chain방법으로 예측한 결과의 셀 손실률과 채널 낭비율의 비교(Salesman, Predictive Mode, VBR16)

v 방법	Dilation				Markov chain	
	h=1		h=2		Markov chain	
	Cell Loss(%)	Channel Waste(%)	Cell Loss(%)	Channel Waste(%)	Cell Loss(%)	Channel Waste(%)
41.5	3.28	28.5	2.11	37.9	5.24	31.4
83.0	2.22	33.9	1.34	43.7	4.04	36.7
166.1	0.831	45.5	0.488	55.8	2.23	47.9
332.1	0.060	70.7	0.012	81.3	0.468	72.2
498.2	0.0	96.6	0.0	107.0	0.055	97.8

서 다음절에서는 이러한 현상을 예방할 수 있는 스케줄링 방법에 대해 논한다.

## 2. 스케줄링 기능(scheduling function)

### - “Controlled Slotted”

각각의 소스들은 호 설정시 약속된 파라미터들에 따라 데이터를 전송하나 전송도중 데이터에 버스트니스가 있을 경우 그 약속을 어길 수 있다. 이 경우에는 데이터 범람이 발생하여 다른 소스의 데이터에도 영향을 줄 수 있다. 따라서 교환기에서는 약속된 비트를 이상으로 전송되는 데이터에 대해서는 “leaky bucket”과 같은 방법으로 폴리싱을 하여 데이터의 범람을 최대한 예방한다. [4] 각 소스에서 입력되는 데이터를 비디오 소스라고 가정하면 이 데이터들은 버스트니스가 있으며 MPEG-II로 압축될 경우에는 I(intra)영상의 데이터가 다른 데이터에 비해 많다. 본 논문에서는 하나의 GOP시간을 프레임시간(slot)으로 나누어 각 입력 데이터를 GOP가 시작되는 시간을 기준으로 서로 겹치지 않도록 전송하는 스케줄링 방법을 제안한다. 영상 데이터의 특성상 GOP의 첫 프레임인 I영상의 데이터량이 다른 프레임에 비해 월등히 많으므로 첫 프레임의 데이터가 다른 소스의 첫 프레임과 동시에 채널에 실릴 경우 범람을 유발할 가능성이 높다. 따라서 이 첫 프레임을 서로 겹치지 않도록 전송하면 범람을 예방할 수 있다.

그림 10은 제안한 “Controlled Slotted” 방법을 나

타낸 것이다. 그림에서처럼 4개의 소스가 차례로 전송을 요청할 경우 ATM은 각 소스에 다른 소스의 I영상 데이터의 시간을 알려준다. 먼저 전송을 요청한 소스에 대해서는 즉시 전송을 허용하고 다음에 요청하는 소스에게는 먼저 전송하고 있는 소스의 I영상의 시작점을 알려주며 소스는 이 시간을 피하여 I영상을 전송한다. 또 다음에 전송 요청을 하는 소스에게도 먼저 전송중인 소스들의 I영상 시작점을 알려주어 같은 시간에 I영상을 전송하는 것을 피한다. GOP가 15일 경우 15개 이하의 소스가 존재하면 각 소스는 서로 다른 시간에 I영상을 전송하게 되며 만약 15개 이상이 되면 16번째 전송 요청을 한 소스에게는 즉시 전송을 허용하고 17번째 요청한 소스에 대해서는 16번째 소스의 I영상 전송 시간만을 알려주면 된다.

예를 들어 각 소스의 I영상 평균 데이터량이 M이고 나머지 P영상의 평균 데이터량이 L이라고 가정하면 소스가 17개인 경우 최대 데이터량은  $2M+15L$ , 최소 데이터량은  $M+16L$ 이 된다. 그러나 교환기에서 데이터를 스케줄링을 하지 않는 "Random Slotted"의 경우에는 "Controlled Slotted"의 경우처럼 각 소스로 하여금 다른 소스의 I영상 전송 시간을 피하여 전송하도록 조절하는 명령을 내릴 수 없다. 이 경우에는 각 소스에서 랜덤하게 전송해야 한다. 따라서 소스가 17개일 경우 가능한 최소 데이터량은  $17L$ , 가능한 최대 데이터량은  $17M$ 이 되어 범람이 발생할 확률이 "Controlled Slotted" 경우에 비해 높다. [Appendix 참조]

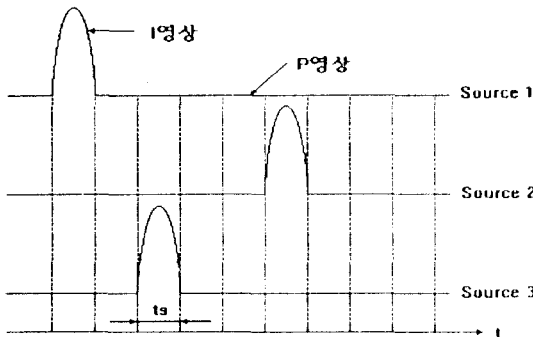


그림 10. "Controlled Slotted"의 개요

2.1 "Controlled Slotted"와 "Random Slotted"의 셀 손실률 비교

본 절에서는 제안한 "Controlled Slotted" 방법을 "Random Slotted"의 경우와 프레임 단위로 비교, 평가한다. 먼저 실험 상황을 보면, GOP는 15, I영상과 P영상의 데이터량의 비율은 7:3으로 고려했다. 그리고 다중화시 데이터의 신뢰를 보장할 수 있는 최대 셀 손실률은 0.001%로 정했다. 이는 "Controlled Slotted"인 경우의 셀 손실률의 기준으로 삼았다.

본 논문에서는 4개, 8개, 20개, 100개의 채널이 다중화 되는 경우를 실험했으며 각각의 결과는 표 4에 실었다. 실험 결과 셀 손실률은 다중화 되는 채널의 수보다는 채널의 수를 GOP로 나누었을 때 그 나머지가 GOP에 근접할수록 높은 셀 손실률을 나타냈다. 채널의 수가 4개인 경우보다는 8개인 경우가 높으며 20개인 경우보다는 8개인 경우가 높게 나타났다.

표 4. "Controlled Slotted"와 "Random Slotted"인 경우의 셀 손실률

다중화된 채널수		4	8	20	100
셀 손실률(%)	Controlled	0.001	0.001	0.001	0.001
	Random	0.0087	0.0175	0.0132	0.0195

IV. 결 론

본 논문에서는 ATM망에서 운용할 수 있도록 MPEG-II를 이용, 가변비트율로 코딩을 하여 전송하는 화상회의 시스템의 데이터 트래픽에 대해 다루었다. ATM망을 이용하는 것은 미래의 정보 서비스는 ATM망으로 단일화될 것으로 예상되기 때문이며, MPEG-II를 이용하여 압축한 것은 유연성과 확장성이 뛰어나 미래의 모든 서비스에도 적용할 수 있으며 압축률도 우수하기 때문이다.

ATM에서는 통계적 다중화가 이루어지므로 셀의 손실이 일어날 수 있으며 가변비트율은 데이터의 버스트니스가 크므로 트래픽을 제어하기가 어려워 다른 데이터 소스의 셀을 손상시킬 가능성도 있다. 이에 대한 대책을 수립하기 위하여 비디오 데이터 트래픽의 통계적인 특성

3) 저자주. "Controlled Slotted"와 상반되는 개념으로서 "Controlled Slotted"의 경우 교환기에서 I영상의 전송 시간이 서로 겹치지 않도록 조절을 하나 "Random Slotted"의 경우에는 아무런 조절을 가하지 않는다.

을 분석하였고, 그 결과를 이용하여 트래픽을 예측할 수 있는 방법으로 "Dilation" 방법을 제시하였다. 실험 결과 Markov chain을 이용한 방법보다 셀 손실이나 채널 낭비율 등에서 나은 성능을 나타냈다. 또 교환기가 지능적일 경우를 가정하여 교환기에서 데이터의 흐름을 제어하는 스케줄링 방법으로 "Controlled Slotted" 방법을 "Random Slotted" 방법과 비교, 제시하였다. 제안한 "Controlled Slotted" 방법은 "Random Slotted" 방법에 비해 다중화 되는 소스의 수에 따라 다르나 적게는 1/8배에서 많게는 1/19배까지 셀 손실률이 낮다.

지금까지의 연구 결과 영상의 통계적 특성을 파악할 수 있었으나 영상의 종류가 많지 않고 짧은 시퀀스에 대해 실험을 하였으므로 앞으로 좀 더 많은 영상에 대한 연구가 필요하다. 그리고 ATM망 이용시 다중화에 따르는 셀 손실에 대한 대책이 필요하다. MPEG-II에서는 계층화된 동영상 복호화를 표준에 포함하고 있으며 이 방식을 이용하여 셀손실에 따르는 악영향을 크게 줄일 수 있다. 그러므로 계층화된 부호화 방식의 연구와 각 계층의 트래픽에 대한 연구가 필요하게 된다.

그리고 셀 손실에 의한 화질저하의 주관적인 평가가 필요하며 셀 손실이 불가피할 경우 우선 순위를 주어 트래픽을 조절하는 방법, 셀 손실을 최소화하기 위한 ATM망에서의 shaping, policing에 대한 연구, 나아가서는 손실된 셀의 복구방법 등에 대한 연구가 필요하다. 또한 이 시스템은 필요에 따라 화질을 조절할 수 있으므로 방송, 녹화용, 영상회의용 등 사용 분야에 따른 요구 사항을 연구하여 그에 적합한 사양을 선정하여 전송하면 채널의 효율적인 이용이 가능하다.

### Appendix

- "Random Slotted"의 경우 일어날 수 있는 각 경우의 확률 계산

"Random Slotted"의 경우 1영상 데이터가 시작되는 시간은 랜덤하므로 모든 1영상의 데이터가 같은 시간에 시작될 수도 있고 또는 각각 다른 시간에 시작될 수도 있다. 이 경우 각각의 경우가 일어날 수 있는 확률은 서로 다르다. 본 논문에서는 허용하는 최대 셀 손실률을  $10^{-3}$ 로 설정했다. 이 값에 대한 각 경우의 확률은  $10^{-5}$ 이하로도 나올 수 있다. 이러한 확률에 대해서 시물

레이션을 통해서 구할 경우 적어도  $10^7$ 번 이상의 시물레이션이 실행되어야 하나 현재의 컴퓨터 환경에서는 불가능하므로 분석적 방법으로 그 확률을 아래와 같이 구한다.

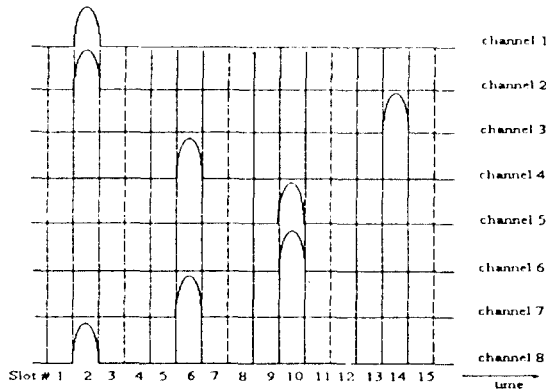
한 GOP(Group Of Pictures)의 개수를 N, 채널의 수를 M, 동시에 I영상이 시작되는 종류를 L이라 하자. 이때  $n_n$ 은 L의 각 종류의 개수를,  $m_n$ 은 동시에 시작되는 개수를 나타낸다. 그러면  $M = m_1 + m_2 + m_3 + \dots$ 로 나타낼 수 있다. 따라서 전체 M개의 채널중  $n_1$ 개가 동시에 I영상 데이터를 전송하는 경우가  $m_1$ 번,  $n_2$ 개의 채널이 동시에 전송하는 경우가  $m_2$ 번,  $n_3$ 개의 채널이 동시에 전송하는 경우가  $m_3$ 번일 확률을  $P_r$  라 하면

$$P_r = \frac{\left( \frac{N!}{n_1! n_2! n_3! \dots} \right) \left( \frac{M!}{m_1! m_2! m_3! \dots} \right)}{N^M}$$

로 나타낼 수 있다.

예를 들어 채널이 8개이고 GOP가 15인 경우 일어날 수 있는 경우의 확률을 구해 보자. 이 경우에는 8개의 채널이 전부 같은 시간에 I영상 데이터를 전송할 수도 있고 5개를 같은 시간에 전송하고 3개를 다른 시간에 같이 보낼 수도 있으며 같은 시간에 2개씩 4개의 시간에 걸쳐 전부 전송할 수도 있는 등 모두 경우의 수는 22가지의 경우가 나올 수 있다(아래의 표 참조). 한개의 GOP를 각 프레임 시간 단위로 15개의 slot으로 구분하면, 이 22가지의 경우중 어느 한 slot에는 3개, 어느 한 slot에는 2개, 어느 한 slot에는 2개, 어느 한 slot에는 1개의 채널이 같은 시간에 I영상 데이터를 전송하고 나머지 15-8=7개의 slot 시간에는 P영상 데이터만이 전송될 확률을 구해 보자. (뒷페이지 그림 참조)

먼저 한 GOP에 걸쳐서 8개의 채널이 배치되는 경우이므로 전체 경우의 수는  $15^8$ 이 된다. 여기서 3개의 채널이 동시에 I영상 데이터를 보내는 slot이 1개(2번 slot)이므로  $n_1=1, m_1=3$ , 2개의 채널이 동시에 I영상 데이터를 보내는 slot이 2개(6번, 10번 slot)이므로  $n_2=2, m_2=2$ , 1개의 채널이 동시에 I영상 데이터를 보내는 slot이 1개(14번 slot)이므로  $n_3=1, m_3=2$ 이고 나머지 11개의 slot에는 P영상 데이터만이 전송되므로  $n_4=11, m_4=1$ 이 된다. 다음에는 어느 한 GOP시간에 있어서 3개의 채널이 중첩되어 I영상 데이터를 전송하는 것이 1개 slot, 2개의 채널이 동시에 I영상 데이터를 전



송하는 것이 2개 slot, 1개의 채널만이 I영상 데이터를 전송하는 것이 1개 slot, P영상 데이터만을 전송하는 것이 11개 slot 이 될 확률을 구한다. 이를  $P_1$ 이라 하면

$$P_1 = \left( \frac{15!}{1! 2! 1! 11!} \right)$$

로 나타낼 수 있다. 다음에는 각각 3, 2, 2, 1번씩 중첩되어 전송되는 경우가 전체 8개의 채널에서 어느 배치를 가져도 무방하다. 즉 위의 1번 채널에서 8번 채널까지 서로 뒤섞을 수 있다. 따라서 위의 3, 2, 2, 1 번씩 동시에 전송하는 것이 전체 8개의 채널에 걸쳐 배열될 확률을  $P_2$ 라 하면

$$P_2 = \left( \frac{8!}{3! 2! 2! 1!} \right)$$

로 나타낼 수 있다.

따라서 8개의 채널이 한 GOP시간인 15개의 slot에 걸쳐 I영상 데이터가 3번 동시에 전송되는 slot이 1개, 2번 동시에 전송되는 slot이 2개, 1번 전송되는 slot이 1개이고 나머지 7개의 slot에는 P영상 데이터만이 전송될 전체 확률을  $P_r$ 라 하면

$$P_r = \frac{P_1 \times P_2}{15^8}$$

$$= \frac{\left( \frac{15!}{1! 2! 1! 11!} \right) \left( \frac{8!}{3! 2! 2! 1!} \right)}{15^8}$$

$$= 1.07e-3$$

로 나타난다.

다음의 표는 8개의 채널이 다중화될때 일어날 수 있는 I영상 데이터 전송시 중첩 채널 경우를 모두 나타낸 것이다. 일어날 수 있는 경우의 수는 한 GOP시간인 15개의 slot중 어느 한 slot에 I영상 데이터가 동시에 전송되는 채널의 수를 나타내며 빈칸은 P영상의 데이터만이 전송됨을 뜻한다. 위에서 보인 예는 아래의 표중 번호 15번 경우의 확률을 설명한 것이다.

번호	일어날 수 있는 경우		번호	일어날 수 있는 경우	
	경우	확률		경우	확률
1	8	5.85e-9	12	41111	9.84e-3
2	71	6.56e-7	13	332	2.98e-3
3	62	2.29e-6	14	3311	3.58e-3
4	611	2.98e-6	15	3221	1.07e-2
5	53	4.59e-6	16	32111	7.87e-2
6	521	1.79e-4	17	311111	7.87e-2
7	5111	7.16e-4	18	2222	1.34e-3
8	44	2.87e-5	19	22211	5.19e-2
9	431	2.98e-4	20	221111	2.95e-1
10	422	2.24e-4	21	2111111	3.54e-1
11	4211	5.37e-3	22	11111111	1.01e-1

### 참고문헌

1. CCITT SG XV, "MPEG - 2 Test Model 4 Draft Revision 1", Jan., 1993.
2. D. Heyman, A. Tabatabai, T. V. Lakshman, "Statistical Analysis and Simulation Study of Video Teleconference Traffic in ATM Networks", GLOBECOM '91, pp.21-27, 1991.
3. P. Pancha, M. E. Zarki, "Bandwidth-allocation Schemes for Variable Bit Rate MPEG Sources in ATM Networks", IEEE TR. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 3, No. 3, pp.190-198, June, 1993.
4. Martin de Prycker, "Asynchronous Transfer Mode", Ellis Horwood, 1991.
5. 장승기, 전세영, 신태환, 서덕영, "가변비트를 동영상 압축방식을 이용한 화상회의 시스템의 데이터 트래픽에 대한 연구", 신호처리합동학술대회논문집 Vo. 17, No. 1, pp.625-628, 대한전자공학회, 1994.

6. Kinoshita, Taizo. Nakahashi, Tomoko. Maruyama, Masanori. "Variable bit rate HDTV CODEC with ATM cell loss compensation". IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology Vol. 3 No. 3 Jun., 1993. pp.230-236.
7. Skelly, Paul. Schwartz, Mischa. Dixit, Sudhir. "Histogram-based model for video traffic behavior in an ATM". IEEE/ACM Transactions on Networking Vol. 1, No. 4, Aug., 1993. pp.446-458.
8. Yoshida, Kouichi. Kishimoto, Hideo. Yokota, Nobushige. Imai, Kazuo. "ATM ring system for multimedia ATM-LAN". NTT R&D Vol. 42, No. 3, 1993. pp.405-414.
9. Morrissey, David W. Keiser, Gerd E. Hernandez, Enrique A. "Simulation of multimedia traffic on FDDI". Proceedings-IEEE Military Communications Conference v 3 1993. Publ by IEEE, IEEE Service Center, Piscataway, NJ, USA. (IEEE cat n 93CH3260-7), pp.922-926.
10. Huang, Minfa. Frisch, Ivan T. Chow, Ching-Hua. Bussey, Howard. "Two multiparty connection establishment procedures for Broadband ISDN". IEEE 92 Network Oper Manage Symp NOMS 92. Publ by IEEE, IEEE Service Center, Piscataway, NJ, USA (IEEE cat n 92CH3134-4), pp.373-382.
11. Maly, K. J. Foudriat, E. C. Mukkamala, R. Overstreet, C. M. Game, D. "Dynamic allocation of bandwidth in multichannel metropolitan area networks". Comput Networks ISDN Syst Vol. 25, No. 2, Aug., 17, 1992. pp.203-223.
12. Michalopoulos, Panos G. Jacobson, Richard D. Anderson, Craig A. Barbaresso, James C. "Field deployment of autoscope in the FAST-TRAC ATMS/ATIS programme". Traffic Eng Control Vol. 33, No. 9, Sep., 1992 pp.475-483.
13. Petros Magaros, Ronard W. Schafer, "Morphological Filters-Part I: Their Set-Theoretic Analysis and Relations to Linear Shift-Invariant", IEEE Tr. on Acoustics and Signal Processing, Vol. ASSP35, No. 8, August, 1987.



張 升 起 (Seung Gi Chang) 정희원

1966년 8월 10일생  
 1993년 2월 : 경희대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1995년 2월 : 경희대학교 대학원 전자공학과 석사  
 1995년 2월~현재 : 경희대학교 전자공학과 대학원 박사과정



徐 德 榮 (Doug Young Suh) 정희원

1957년 12월 24일생  
 1980년 2월 : 서울대학교 핵공학과 (공학사)  
 1986년 6월 : Georgia Tech., 핵공학과(MS)  
 1990년 6월 : Georgia Tech., 전기 및 컴퓨터공학과 (Ph.D.)

1990년 9월~1992년 3월 : 생산기술연구원 HDTV연구실  
 1992년 3월~현재 : 경희대학교 전자공학과 조교수  
 \*주관심 분야 : 영상통신, 광대역통신망, 신호처리