

복수개의 MPEG-1 영상 부호화기를 위한 매크로블럭 단위의 비트 할당 기법

正會員 金 鎮 守* 終身會員 金 在 均*

A New Macroblock-based Bit Allocation Algorithm in Multiple MPEG-1 Video Encoders System

Jin-soo Kim*, Jae-kyoon Kim* *Regular Members*

※본 논문은 한국통신 연구개발본부의 정보통신 기초과제에 의한 연구비를 지원받았음.

요 약

본 논문에서는 복수개의 MPEG-1 영상 압축 부호화기와 단일 다중화기의 통합 제어를 통하여 최소 왜곡 발생을 위한 매크로블럭 단위의 비트 할당 기법을 제안한다. 이를 위해 매크로블럭 단위로 발생 비트량과 왜곡, 왜곡과 양자화 파라미터, 발생 비트량과 양자화 파라미터 사이의 관계식을 동일한 형태로 모델링하고, *Lagrange Multiplier*를 도입하여 최소의 왜곡을 위한 비트 할당 제어 모델을 제안한다. 컴퓨터 모의실험을 통해 개개의 버퍼 충만도에 기초한 부호화방식과 공동 버퍼의 충만도에 기초한 통합 부호화 방식에 비해 제안한 방식은 평균 자승 오차(MSE)측면에서 우수한 성능을 나타냄을 확인할 수 있었다. 이에 따라 제안한 방식은 전송 채널의 속도가 증가하고 통합 제어 대상이 되는 부호화기의 수가 많아질수록 가용률을 더 크게 증대시킬 수 있음을 알 수 있었다.

또한, 본 논문에서는 복수개의 영상 부호화기중에 특정 부호화기에 대해 일정 화질을 유지하기 위한 알고리즘을 제안한다. 모의실험을 통하여 제안한 방식은 선택된 영상 서비스에 대해 거의 일정한 화질의 영상 서비스를 제공할 수 있음을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we present a new macroblock-based bit allocation scheme in multiple MPEG-1 video encoders system and a single multiplexer over a single channel. The proposed scheme models the relations between rate(Bits/

*한국과학기술원
論文番號:96232-0805
接受日字:1996年 8月 5日

MB) and distortion(MSE/MB), rate and quantizer parameter(QP), distortion and quantizer parameter, respectively, in the same form. By using these relations, we minimize the *Lagrangian* cost function to obtain a bit allocation scheme based on macroblock unit.

Experimental results show that the proposed scheme can reduce MSE compared to other conventional buffer-based rate control methods, i.e. independent buffer control method and shared common buffer control one. And we confirmed, through computer simulation, that the proposed scheme can be effectively modified to maintain the objective picture quality of a specific video service at a constant level.

I. 서 론

고화질의 동영상 압축기법에 대한 국제 표준화 완료와 더불어 ATM망과 같은 초고속 정보 통신망의 도래로 영상 멀티미디어 서비스 및 시스템 개발을 위한 연구가 국내외적으로 활발히 진행되고 있다[1, 2, 3]. 특히, 영상전화, 영상회의, 원격강의, 원격진료, 원격감시 등의 대화형 또는 비대칭형 영상서비스와 DTV/HDTV/CATV, VoD(Video on Demand) 등과 같은 단방향 분배형 또는 소비자 요구형 영상 서비스에 대해서는 많은 연구가 진행되었으며, 부분적인 시스템 개발이 한창 이루어지고 있다.

그러나, 이와 같은 영상 서비스를 실제 ATM망으로 제공하기 위해서는 몇 가지 문제점이 존재한다. 즉, 광범위한 응용의 영상 부호화 방식에 따라 발생하는 효과적인 영상 트래픽 모델의 부재[4, 5]와 더불어 이에 따른 효과적인 트래픽 관리 방식이 제안되어 있지 않기 때문에 화질을 일정하게 유지하고, 동시에 통계적 다중화 효과를 얻기 위한 구체적인 방안이 없다[6]. 또한, ATM망 초기 보급단계에서는 단일 가입자 선로를 개개인에게 모두 제공하기 어려우며, 만일 제공 가능하다 하더라도 제공된 대역을 모두 사용하기 쉽지 않기 때문에 망자원의 낭비를 초래할 수 있다.

상위계층에 있는 단일 다중화에 의한 복수개 영상 부호화기의 통합 제어를 통하여 위와 같은 문제들을 효과적으로 해결할 수 있다. 기존에는 주로 VoD, CATV와 DBS(Direct Broadcasting Satellite)용의 복수개 부호화기를 위한 영상 압축 부호화 기술로 연구되어 왔다[7, 8, 9, 10, 11]. 복수개의 영상 부호화기를 동시에 제어하므로써, 통계적 다중화효과에 따른 가용률의 증대를 예상할 수 있다. 또한, 상위계층의 다중화기(ITU-T 권고안 H.222.0)에 의해 동적인 대역 할당

이 자유로우며, 어느 정도 일정한 화질의 영상 서비스를 제공하는 것이 가능하다. 그러나, 통합 제어를 위해서는 지리적으로 부호화기들과 다중화기가 동시에 제어가 가능한 근거리에서 위치해야 하는 문제점이 존재하지만, 인구밀도가 높은 우리나라와 같은 경우에는 현실성있는 연구분야라 할 수 있다.

기존에 제안된 대부분의 논문에서는 화상그룹(GOP: Group of Pictures) 또는, 화상(picture)단위로 부호화율을 제어하는 기법을 주로 사용하였다. T.Koga[7] 등은 각 부호화기 버퍼의 충만도에 따라서 각 부호화기의 부호화율을 제어하는 간단한 알고리즘을 제안하였다. 그러나, 각 화상의 화질을 일정하게 유지하는데 어려움이 있고, 또한, 특정 사용자의 영상 시퀀스에 대해 일정화질을 제공하기에는 부적절한 방법이다. G.Keesman[8] 등은 화상그룹별로 각 화상시퀀스에 대한 복잡도를 측정하고, 복잡도와 비트량, 화질과의 관계를 근사화하여 복수개의 부호화기를 제어하는 방법을 제안하였다. 그는 화상의 복잡도를 Γ 분포로 모델링한 후, 한 장면내에서 이 분포는 변화하지 않는다고 가정하였다. 그러나, 이 방법은 화상시퀀스의 국부적인 변화특성에 둔감하며, 사전에 얻은 화상의 복잡도 특성에 부합하지 않는 경우에 부호화 효율이 크게 감소할 수 있다. M.Perkins[9] 등은 DBS용으로 사용하기 위해 복수개의 MPEG-2 영상 압축 부호화기의 부호화율 제어기법을 폐환제어(feedback control)와 사전제어(look-ahead control) 기법으로 나누어 간단히 논하고, 또한, 복호기 버퍼의 크기선정에 대한 간단한 방법을 제시하였다. 그러나, 구체적인 제어 알고리즘은 제안하지 않았다. D.Park[10] 등은 왜곡과 비트량사이의 특성을 *Controlled Lagrange Multiplier*에 비례 충만도에 의존하는 기율기를 사용하여 화상 그룹 단위로 대역을 분배하는 알고리즘을 제안

하였다. 그러나, 화상그룹 단위의 대역 분배이고, 버퍼에 기준하였으므로 일정화질 유지를 위한 장점을 극대화할 수 없다. S.Sakazawa[11]등은 DCT계수의 특성을 조사한 후, 화상별로 비트량과 왜곡 사이의 상관관계를 구하여 *Lagrange Multiplier*를 사용하여 부호화율을 제어하는 방식을 제안하였다. 그러나, 각 화상단위로 모델 파라미터의 설정을 간단화하여 대역을 분배하고자 하였으나, 실제로 매크로블럭의 부호화 모드의 통계적인 성질에 잘 부합하지 않는 단점이 있다.

이러한 각 제안 기법들은 화상 또는 화상 그룹 단위로 부호화율을 제어하는 방식을 제안하였으므로 부호화율을 극대화할 수 없다. 또한, 특정 사용자에게 일정 화질의 영상 서비스를 위한 알고리즘 개발을 위해 사용하기에는 부적절하다. 본 논문에서는 MPEG에서 부호화율 제어의 최소 제어단위인 매크로블럭 단위로 발생 비트량, 왜곡 그리고 양자화 파라미터 사이의 관계식을 모델링하고, 이를 이용하여 최소의 왜곡을 위한 비트할당 제어 모델을 제안한다. 또한, 이 모델을 변형하여 특정 영상 서비스를 위해 일정한 화질을 제공하기 위한 비트 할당 제어모델을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선, II장에서는 매크로블럭 단위의 발생 비트량, 왜곡 그리고 양자화 파라미터 사이의 관계식을 모델링하고, 모의 실험에 의한 파라미터의 특성을 살펴본다. 이러한 관계식 모델을 이용하여 III장에서는 최소의 왜곡을 위한 비트 할당 제어 모델을 제안하고, 모의 실험 결과를 분석한다. 그리고, IV장에서는 특정 영상 서비스에 대하여 일정 화질의 서비스를 제공하기 위한 제어 알고리즘을 제안하고 모의실험 결과를 통해 성능을 분석한다. 끝으로 V장에서는 본 논문에서 제안된 결과를 간단히 논하고, 결론을 맺는다.

II. 매크로블럭 단위의 발생 비트량, 왜곡, 양자화 파라미터의 관계식 모델링

MPEG영상 압축 부호화 방식에서 부호화 모드 설정을 위한 최소 단위는 매크로블럭이며, 부호화 모드의 결정에 따라 발생하는 트래픽의 크기와 변화추이는 크게 달라지므로 매크로블럭 단위로 할당 비트량을 결정하는 것이 요구된다. 매크로블럭 단위의 발생

비트량, 왜곡 그리고 양자화 파라미터 사이의 관계식 모델링을 위해 본 논문에서 사용할 기호들을 요약하면 다음과 같다.

M : MPEG영상 서비스의 수(본 논문에서는 영상서비스의 수와 사용자의 수는 동일하고, 또한, 모든 사용자는 부호화시에 동기화(synchronized)된다고 가정함.)

MBno: 한 개의 화상내의 매크로블럭의 개수(본 논문에서 사용하는 모든 영상서비스에 대해서는 동일하다고 가정함.)

$r_{i,j}$: *i*번째 영상서비스의 *j*번째 매크로블럭의 할당 비트량.

$d_{i,j}$: *i*번째 영상서비스의 *j*번째 매크로블럭의 발생 왜곡. 여기서, 왜곡 측정 기준은 평균 자승 오차(MSE: Mean Square Error)로 함.

QP_{ij} : *i*번째 영상서비스의 *j*번째 매크로블럭의 양자화 파라미터

2.1 왜곡($d_{i,j}$)과 발생 비트량($r_{i,j}$)의 관계식 모델링
기존의 여러 논문에서는 왜곡과 발생 비트량의 관계를 여러 가지 형태로 모델링하였지만, 본 논문에서는 매크로블럭당 발생하는 비트량과 왜곡사이의 관계식을 다음과 같이 간단한 형태로 모델링한다.

$$d_{i,j} = r_{i,j}^{e_{i,j}} \times 10^{f_{i,j}}, \quad e_{i,j} \leq 0 \quad (1)$$

$$i = 1, \dots, M \quad \text{and} \quad j = 1, \dots, MBno$$

여기서, $e_{i,j}$ 는 *i*번째 사용자의 *j*번째 매크로블럭의 비트량 변화에 따른 왜곡의 변화 정도를 반영하는 계수이며, $f_{i,j}$ 는 *i*번째 사용자의 *j*번째 매크로블럭의 부호화를 위한 복잡도를 표현하는 비례계수이다.

그림 1은 발생 비트량에 따른 왜곡(평균 자승 오차)의 변화를 나타내는 모의실험 결과와 모델에 의한 근사화를 나타낸다. 모의실험에 사용한 영상은 "Flower_garden"시퀀스를 사용하였고, 영상 내(intra) 부호화 모드로 결정된 특정 매크로블럭에 대해 모델 근사화를 나타낸 것이다. 여기서, 사용된 파라미터 추출과정은 Chi-square merit함수를 최소화하도록 파라미터를 선택하고, [14]에 따라 추출과정을 수행하였다.

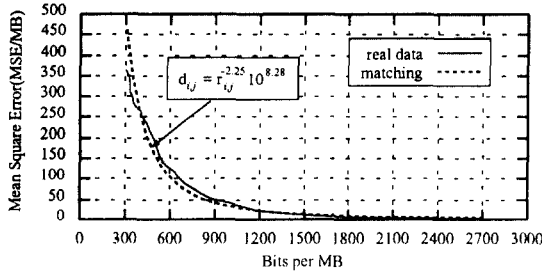


그림 1. 왜곡과 발생 비트량사이의 모델 근사화
Fig. 1 Model matching between distortion and bit-product per MB

2.2 양자화 파라미터($QP_{i,j}$)와 발생 비트량($r_{i,j}$)의 관계식 모델링

MPEG에서 정의하는 양자화 파라미터의 값은 1에서 31까지의 정수값을 취한다. 본 논문에서는 양자화 파라미터와 발생 비트량 사이의 관계식을 식(1)과 동일한 형태로 다음과 같이 모델링한다.

$$QP_{i,j} = r_{i,j}^{g_{i,j}} \times 10^{h_{i,j}}, \quad g_{i,j} \leq 0 \quad (2)$$

$i = 1, \dots, M$ and $j = 1, \dots, MBNo$

여기서, $g_{i,j}$ 는 i 번째 사용자의 j 번째 매크로블럭의 비트량 변화에 따른 양자화 파라미터의 변화 정도를 반영하는 계수이며, 양자화 값이 클수록 발생하는 비트량이 작아지므로, $g_{i,j}$ 는 영 또는 음의 값을 갖는다. $h_{i,j}$ 는 i 번째 사용자의 j 번째 매크로블럭의 발생 비트량의 변화에 대한 양자화 파라미터의 비례계수를 나타내며, 큰 값일수록 양자화 파라미터도 큰 값을 가

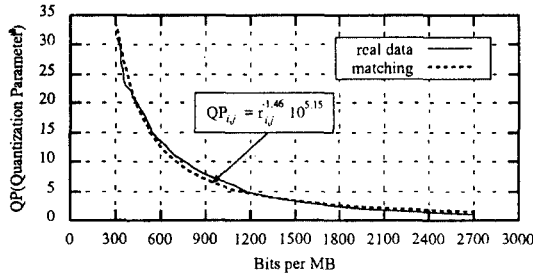


그림 2. 양자화 파라미터와 발생 비트량사이의 모델 근사화
Fig. 2 Model matching between quantizer parameter and bit-product per MB

지게 되어, 비트 발생을 억제하는 효과를 갖게된다. 그림 2는 그림 1의 모의실험 결과를 발생 비트량에 따른 양자화 파라미터의 변화와 모델에 의한 근사화를 나타낸다.

2.3 양자화 파라미터($QP_{i,j}$)와 왜곡($d_{i,j}$)의 관계식 모델링

매크로블럭별로 발생하는 왜곡과 양자화 파라미터 사이는 서로 비례하는 관계가 성립한다. 즉, 양자화 파라미터의 값이 클수록 왜곡은 일반적으로 증가하는 형태를 갖기 때문에 다음과 같이 모델링한다.

$$QP_{i,j} = d_{i,j}^{p_{i,j}} \times 10^{q_{i,j}}, \quad p_{i,j} \geq 0 \quad (3)$$

$i = 1, \dots, M$ and $j = 1, \dots, MBNo$

여기서, $p_{i,j}$ 는 i 번째 사용자의 j 번째 매크로블럭의 왜곡의 변화에 따른 양자화 파라미터의 변화 정도를 반영하는 계수이며, 양자화 값이 클수록 발생하는 왜곡이 증가하므로, $p_{i,j}$ 는 영 또는 양의 값을 갖는다. $q_{i,j}$ 는 i 번째 사용자의 j 번째 매크로블럭에 대하여 왜곡발생을 위한 양자화 파라미터의 비례계수를 나타내며, 큰 값일수록 양자화 파라미터도 큰 값을 가지게 된다. 그림 3은 모의실험 결과를 발생 왜곡에 따른 양자화 파라미터의 변화와 모델에 의한 근사화를 나타낸다.

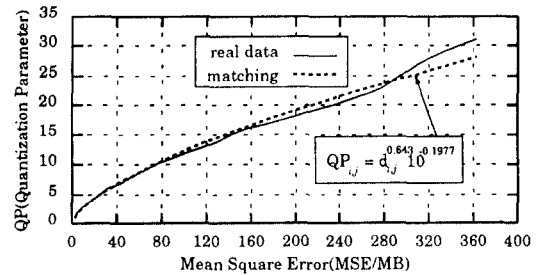


그림 3. 양자화 파라미터와 왜곡사이의 모델 근사화
Fig. 3 Model matching between quantizer parameter and distortion per MB

III. 복수개 부호화기의 최소왜곡을 위한 비트 할당 제어모델

본 논문의 II 장에서는 매크로블럭 단위의 발생 비

트량, 왜곡과 양자화 파라미터 사이의 관계식을 모델링하고, 모델링 파라미터에 의한 근사화 특성을 조사하였다. 본 논문의 III장에서는 이들의 관계식 모델을 이용하여 최소의 왜곡을 위한 매크로블럭 단위의 비트량 할당 모델을 제안한다.

3.1 Lagrange Multiplier를 이용한 제어 모델의 유도

복수개의 부호화기를 위한 효과적인 비트량 할당 방식은 전송 채널에 의존적인 다중화 비트량(R)을 M개의 부호화기에 적절하게 분배하여, 영상의 주관적, 객관적 화질을 최대화시키는 것이다. 본 논문에서는 평균 자승 오차의 최소화를 추구하며, II장에서 논의된 매크로블럭 단위의 기호로 표현하면 다음과 같다.

$$\text{Minimize Distortion} = \text{Minimize} \sum_{i,j} d_{i,j}$$

$$\text{Subject to: } R = \sum_{i,j} r_{i,j} \tag{4}$$

$$i = 1, \dots, M \text{ and } j = 1, \dots, MBno$$

위 식에 Lagrange Multiplier를 도입하면 다음과 같다.

$$L = \sum_{i,j} d_{i,j} + \lambda \cdot (R - \sum_{i,j} r_{i,j})$$

$$= \sum_{i,j} r_{i,j}^{e_{i,j}} \times 10^{f_{i,j}} + \lambda \cdot (R - \sum_{i,j} r_{i,j}) \tag{5}$$

여기서, L을 $r_{i,j}$ 에 대하여 편미분하여 λ 에 대한 조건식으로 전개하면 다음과 같이 된다.

$$\lambda = e_{1,1} \cdot r_{1,1}^{e_{1,1}-1} \times 10^{f_{1,1}} = \dots$$

$$= e_{i,j} \cdot r_{i,j}^{e_{i,j}-1} \times 10^{f_{i,j}} = \dots \tag{6}$$

$$= e_{M, MBno} \cdot r_{M, MBno}^{e_{M, MBno}-1} \times 10^{f_{M, MBno}}$$

다시, $r_{i,j}$ 를 변수로 하여 k번째 사용자의 l번째 매크로블럭의 비트량($r_{k,l}$)으로 전개한 다음, 합을 취하여 생기는 $r_{i,j}$ 에 대한 함수를 $f_r(r_{i,j})$ 라고 두면 다음과 같이 전개된다.

$$r_{k,l} = \left[\frac{e_{i,j}}{e_{k,l}} \cdot 10^{f_{i,j}-f_{k,l}} \right]^{\frac{1}{e_{k,l}-1}} \cdot r_{i,j}^{\frac{e_{i,j}-1}{e_{k,l}-1}}$$

$$k = 1, \dots, M \text{ and } l = 1, \dots, MBno \tag{7}$$

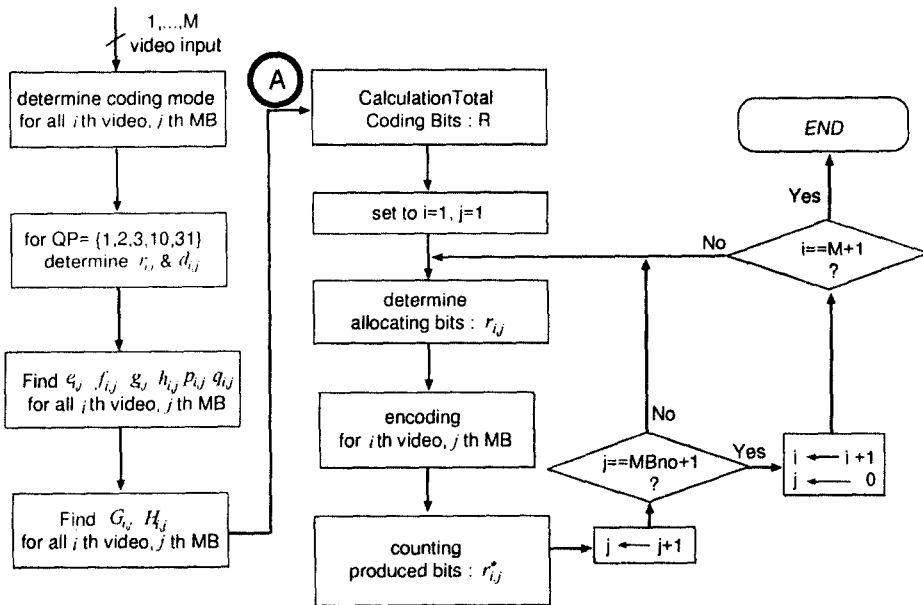


그림 4. 제안 알고리즘에 대한 순서도
Fig. 4 Flow chart of the proposed algorithm

$$f_r(r_{i,j}) = \sum_{k,l} \left[\frac{e_{i,j}}{e_{k,l}} \cdot 10^{f_{i,j}-f_{k,l}} \right] \frac{1}{e_{k,l}^{-1}} \cdot r_{i,j}^{\frac{e_{i,j}-1}{e_{k,l}^{-1}}} \quad (8)$$

$i = 1, \dots, M$ and $j = 1, \dots, MBno$

II 장에서는 $e_{i,j}$ 는 영보다 작거나 같은 값으로 모델링되었으므로, $f_r(r_{i,j})$ 는 $r_{i,j}$ 에 대해 비선형 함수이며, 또한, 단조 증가 함수(monotonically increasing function)이다. 결국, $f_r(r_{i,j})=R$ 이 되도록 하는 $r_{i,j}$ 를 구하므로써, i 번째 사용자의 j 번째 매크로블럭을 위한 최적의 비트량을 구할 수 있게 된다. 본 논문에서는 $r_{i,j}$ 를 Newton-Raphson방식을 이용하여 구한다[14]. 이렇게 해서, $r_{i,j}$ 가 결정되면 II 장에서 논한 양자화 파라미터의 값과 비트량사이의 모델링 관계식을 이용하여 양자화 파라미터의 값을 결정한다(그림 4). 이때, 양자화 파라미터의 값은 1과 31까지의 정수값으로 선택한다.

한편, M개의 부호화기에 할당하고자 하는 비트량의 총합인 R의 크기는 MPEG-1 SM3방식으로 계산되는 비트량(R_c)을 모든 부호화기에 대해 구하고, 이 값들의 합(R^*)에 버퍼의 충만도(bufferfullness)를 고려한 값(Mfactor)을 곱하여 R을 얻는다.

$$R^* = \sum_{i=1}^M \dots, \quad Mfactor = 0.398 \cdot bufferfullness^{-1}$$

$$R = Mfactor \cdot R^* \quad (9)$$

3.2 제안된 알고리즘의 모의실험을 통한 성능 분석과 고찰

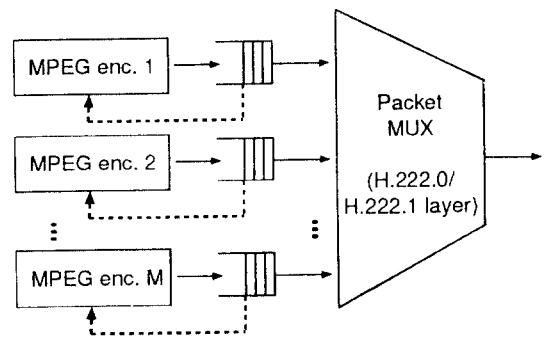
제안한 매크로블럭당 비트 할당 방식에 대한 순서도를 그림 4에 나타내었다. II 장에서 설명한 모델 파라미터는 QP=1, 2, 3, 10, 31에 대하여 직접 양자화한 후에 얻어진다. 제안된 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 모의실험을 수행하였으며, 모의실험을 위한 조건으로 다중화개수에 대한 사용 영상 시퀀스를 각각 표 3-1에 나타내었다. 제안된 비트량 할당 방식을 기존의 버퍼에 제약을 둔 방식과 모의실험을 통하여 비교를 수행하였다. 그림 5에서 'independent buffer'라고 나타낸 방식은 망과의 협상된 채널 전송율을 부호화기의 개수(M)로 나눈 양(R/M)만큼을 개개의 부호화기에 할당하고 동등하게 독립적으로 비트율을 제어

한 경우이다. 그리고 'shared buffer'방식은 공동의 단일 버퍼를 두고서 공동 버퍼의 충만도를 모든 개개의 부호화기에 적용하여 대역을 할당하는 방식이다. 위의 각 방식들은 MPEG-1 SM3[13]에 따라 부호화를 수행하였다. 그리고, 모의실험에서 GOPsize=10, Sub-GOPsize=1로 두고서 매크로블럭 단위로 양자화 파라미터를 변화시키도록 하였다.

표 1. 부호화기의 개수와 사용 영상

Table 1. The number of encoders and its corresponding video sequence

다중화 개수	사용 영상 시퀀스 이름(사용된 프레임)
1	Flower_garden(1-100번째 프레임)
2	Flower_garden(1-100번째 프레임) Table_tennis(1-100번째 프레임)
3	Flower_garden(1-100번째 프레임) Table_tennis(1-100번째 프레임) Susie(1-100번째 프레임)
4	Flower_garden(1-100번째 프레임) Table_tennis(1-100번째 프레임) Susie(1-100번째 프레임) Football(1-100번째 프레임)
5	Flower_garden(1-100번째 프레임) Table_tennis(1-100번째 프레임) Susie(1-100번째 프레임) Football(1-100번째 프레임) Mobile&Calendar(1-100번째 프레임)



(a) independent buffer

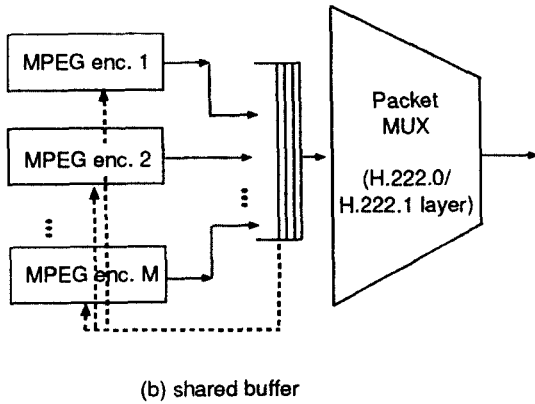


그림 5. 기존의 버퍼 제어 구조도
Fig. 5 Block diagram of the conventional buffer-based rate control

- 부호화기의 개수에 따른 평균 자승 오차의 크기 특성

총 채널 전송율을 $1.5 \times M$ (Mbps)로 'independent buffer', 'shared buffer' 그리고, 제안된 방식(proposed method)에 따라 각각 부호화를 한 경우의 다중화 개수에 따른 평균 자승 오차의 크기를 그림 6에 나타내었다.

이 결과에서 알 수 있듯이, 복수개의 부호화기의 부호화율을 통합적으로 제어하는 방법이 버퍼에 기반을 둔 독립적인 부호화 방법에 비해 평균 자승 오차측면에서 상당한 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있으며, 다중화 개수가 증가할수록 이와 같은 현상은 두드러지게 나타남을 알 수 있다. 그리고, 제안 방법은 공동 버퍼에 기준을 둔 방법에 비해 평균적으로

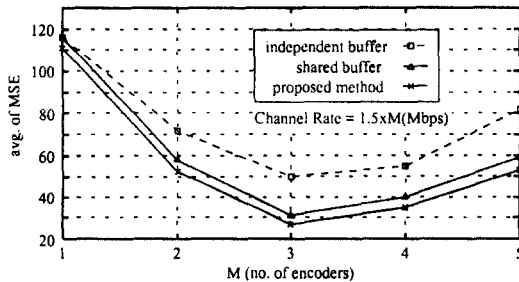


그림 6. 다중화 개수에 따른 평균 자승 오차에 의한 성능 비교
Fig. 6 Comparison of the averaged MSE for the number of encoders

약 4에서 7[MSE/MB]정도 우수한 성능을 발휘함을 알 수 있고, 통합 제어를 행하는 부호화기의 개수가 증가할수록 성능도 다소 증가함을 확인할 수 있다.

- 채널 전송율의 증가에 따른 평균 자승 오차의 크기 특성

망과의 협상된 전송 채널의 속도에 따른 평균 자승 오차의 크기를 분석하였다. 그림 7에서 'single_rate'라고 표현한 것은 망과의 협상된 전송 채널의 속도를 부호화기의 개수로 나눈 양(R/M)에 해당되는 크기의 대역을 표시한다. 그림 7에서는 $M=3$ 이며, 따라서 망과의 협상된 채널의 크기는 $3 \times \text{single_rate}$ 로 표현된다. 이 결과에서도, 역시, 독립적으로 부호화하는 방식에 복수개의 부호화기를 통합적으로 제어하는 방

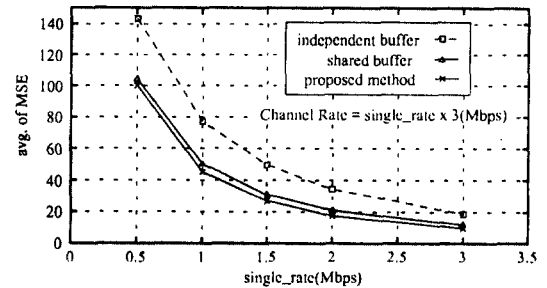


그림 7. 채널 전송율의 크기 변화에 따른 평균 자승 오차의 특성
Fig. 7 Comparison of the averaged MSE for channel capacity

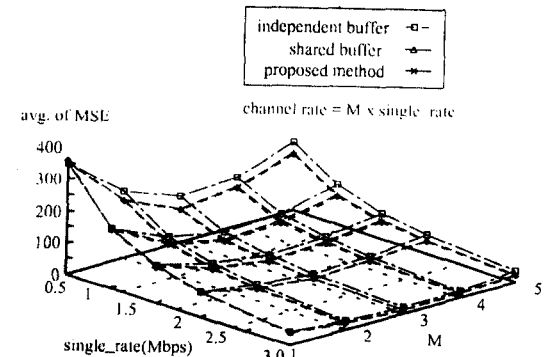


그림 8. 채널 전송율과 부호화기의 수에 따른 평균 자승 오차의 특성
Fig. 8 Comparison of the averaged MSE in terms of the number of encoders and channel capacity

식이 우수함을 확인할 수 있으며, 채널의 전송 속도가 클수록 평균 자승 오차에 의한 이득은 상대적으로 증대됨을 알 수 있다. 부호화기의 수와 채널 전송율의 가변에 따른 평균 자승 오차의 특성을 모의실험을 통하여 얻은 결과가 그림 8에 나타내었다.

• 통합 제어에 의한 채널 이득

그림 7은 통합 제어를 수행하는 각 부호화기에 할당되는 평균 전송 채널의 대역 크기와 이때 얻을 수 있는 평균 자승 오차에 대한 결과를 나타낸 것이다. 그림 7에서 확인할 수 있듯이, 전체 부호화기에 평균 자승 오차를 20이도록 하기 위해서는 대략적으로 'independent buffer' 방식은 3(Mbps) 정도의 전송 채널을 요구하지만 'shared buffer' 방식 또는 제안된 방식으로는 약 2.1(Mbps)와 1.9(Mbps)의 여분의 채널을 다른 미디어 또는 다른 용도로 활용할 수 있다. 이와 같은 양을 수치로 분석하기 위해 본 논문에서는 다음과 같은 양을 정의한다.

$$Joint\ Control\ Gain(JCG_{comp}) = \frac{r_i(d) - r_{comp}(d)}{r_i(d)} \quad (10)$$

여기서, d 는 비교하고자 하는 평균 자승 오차의 크기를 나타내고, $r_i(d)$ 와 $r_{comp}(d)$ 는 'independent buffer' 방식과 비교 방식의 비트율-왜곡 곡선의 근사화식을 각각 의미한다. 근사화 방법은 II장에서 언급한 방법과 동일한 과정을 사용한다.

그림 9에서 알 수 있듯이, 전송 채널의 속도가 증가하고, 또한 부호화기의 수가 증가할수록 JCG는 큰 값을 갖는다. 그리고, 부호화기의 수와 전송 채널의 크기

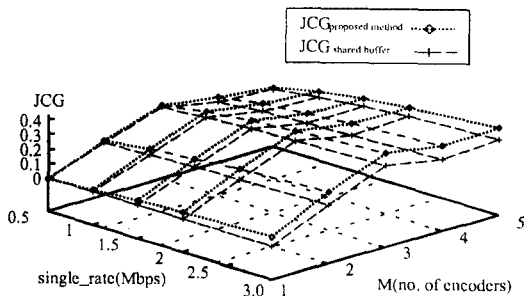


그림 9. JCG의 비교
Fig. 9 Comparison of JCG

가 증가할수록 제안된 방식이 'shared buffer' 방식에 비해 JCG가 큰 값을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

그림 9를 동일한 평균 자승 오차에서 'independent buffer' 방식과 비교하여 부가적으로 수용가능한 사용자의 수로 해석을 한 것이 그림 10에 주어진다. 그림에서 부호화기의 수가 5이고, 'single_rate'가 3.0(Mbps) 일 경우에 'independent buffer' 방식에 비해 약 1.8명을 더 수용할 수 있다. 따라서, 통합 제어 대상이 되는 부호화기의 수가 많아지고, 채널의 전송 속도가 빨라질수록 부가적으로 수용가능한 사용자의 수가 많아진다.

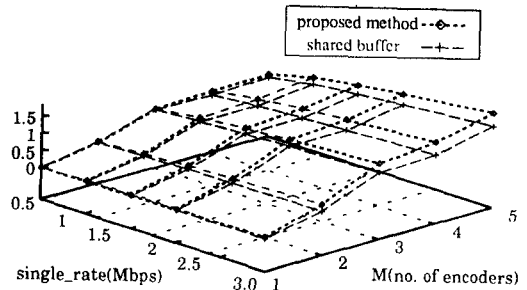


그림 10. 부가적 수용 가능한 사용자의 수
Fig. 10 The number of users that can be additionally admitted

IV. 특정 영상 서비스에 대한 일정 화질 유지 알고리즘

4.1 제안된 알고리즘의 유도

본 장에서는 III장에서 제안한 최소의 왜곡을 위한 비트 할당 모델을 수정하여 특정 영상서비스에 대해 일정 화질을 제공하기 위한 알고리즘을 제안한다. 우선, 식(1)을 다음과 같이 변형하여 정의한다.

$$r_{i,j} = d_{i,j}^{a_{i,j}} \times 10^{b_{i,j}}, \quad a_{i,j} \leq 0$$

$$a_{i,j} = \frac{1}{e_{i,j}} \quad b_{i,j} = -\frac{f_{i,j}}{e_{i,j}} \quad (11)$$

$$i = 1, \dots, M \quad \text{and} \quad j = 1, \dots, M \text{Bo}$$

이 조건식을 바탕으로 k번째 사용자의 영상서비스

왜곡을 D_k 로 제한하는 경우로 가정한다. 이때, k 번째 사용자에게 대해서는 주어진 왜곡 D_k 에 대해 최소의 비트량을 발생시키는 것이 요구되므로 *Lagrange Multiplier*를 도입하여 다음과 같이 식을 전개할 수 있다.

$$L_k = \sum_{k,j} r_{k,j} + \lambda \cdot (D_k - \sum_{k,j} d_{k,j})$$

$$= \sum_j d_{i,j}^{a_{i,j}} \cdot 10^{b_{i,j}} + \lambda \cdot (D_k - \sum_{k,j} d_{k,j}) \quad (12)$$

L_k 를 $d_{k,j}$ 에 대하여 편미분하고, III장에서 논한 절차와 동일하게 전개하면, 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$f_d(d_{k,j}) = \sum_i \left[\frac{a_{k,j}}{a_{k,l}} \cdot 10^{b_{k,j}-b_{k,l}} \right]^{\frac{1}{a_{k,j}-1}} \cdot d_{k,j}^{\frac{a_{k,j}-1}{a_{k,j}}}$$

$$j = 1, \dots, MBno \quad (13)$$

식(13)에서 $f_d(d_{k,j}) = D_k$ 를 만족하는 $d_{k,j}$ 를 *Newton-Raphson*방식에 기초하여 구한다. $d_{k,j}$ 가 얻어지면 II장 II서 언급한 양자화 파라미터와 왜곡사이의 모델링 식을 이용하여 양자화 파라미터를 얻게된다. 이렇게 정해진 양자화 파라미터를 이용하여 k 번째 사용자의 j 번째 매크로블럭에 대한 발생 비트량을 얻게 된다.

한편, M 개의 부호화기에 할당된 비트량(R)에서 k 번째 영상서비스를 부호화하기 위해 사용된 비트량(r_k^*)을 뺀 나머지 비트를 다른 부호화기의 부호화를 제어에 사용되며, 제어 방식은 III장에서 설명한 순서와 동일하게 적용한다.

4.2 제안된 알고리즘의 모의실험을 통한 성능 분석과 고찰

이상에서 설명한 부호화율 제어 방식을 설명하는 순서도를 그림 11에 나타내었다. 그림 11에서 k 번째 영상 서비스의 j 번째 매크로블럭의 $d_{k,j}$ 와 $d_{k,j}^*$ 는 부호

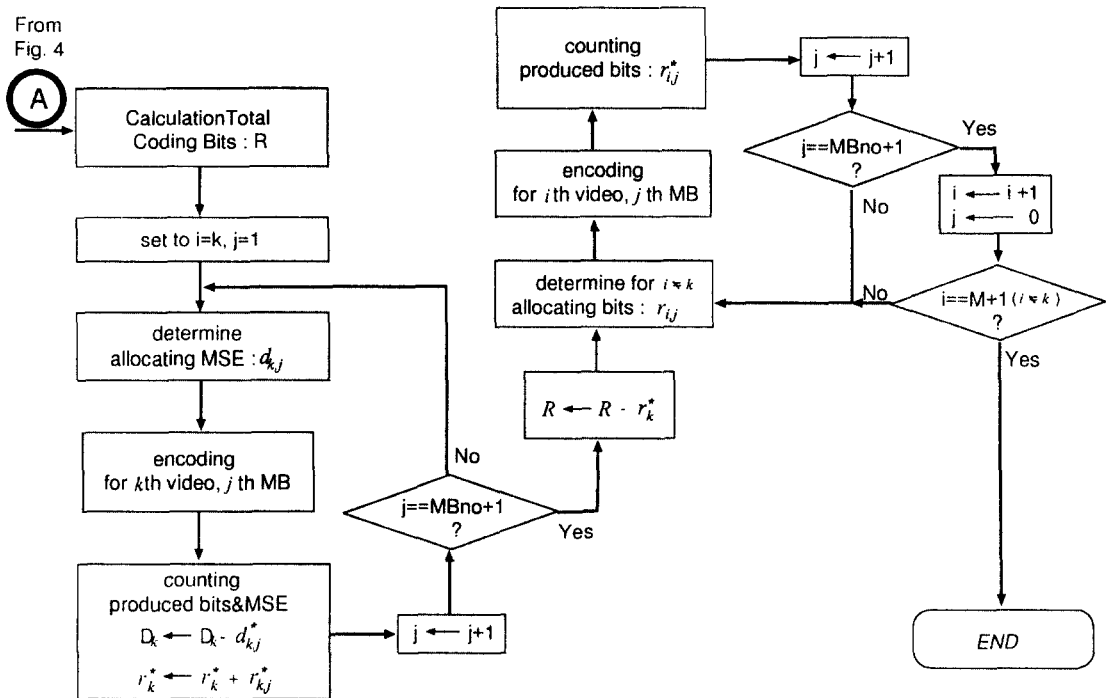


그림 11. 일정 화질 유지를 위한 알고리즘의 순서도
Fig. 11 Flow chart of the proposed algorithm for providing a specific user with a constant quality

화 이전에 할당된 왜곡의 크기와 부호화 후에 발생된 왜곡으로 각각 정의되고, r_k^* 는 k번째 영상서비스에서 발생된 총비트량으로 정의한다.

제안된 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 모의실험을 수행하였으며, 부호화기의 개수를 5로 하고, 사용 영상 시퀀스는 표 1과 동일하게 하였다. 그림 12는 프레임단위의 PSNR특성을 나타낸다. 이 모의실험에서 Flower_garden 영상 시퀀스를 매 화상마다 30dB ($D_k = 21450$)가 되도록 제어한 결과이다. 이 결과에서 알 수 있듯이 제안한 방식에 의한 왜곡할당은 화질을 30dB에 거의 일정하게 할 수 있음을 알 수 있다.

이상에서 제안한 일정 화질 유지 알고리즘은 복수개의 부호화기의 부호화율 제어 방식에 있어서 어느 특정한 부호화기에게 일정 화질을 유지하기 위한 알고리즘이다. 그러나, 기존의 일정 화질을 보장하기 위한 단일 VBR부호화기에 비해서는 계산량이 많이 요구되며, 또한, 구현이 복잡한 단점이 있으나, VoD, CATV, DBS 등에 활용할 수 있을 뿐만 아니라, 특정 영상 서비스에 대한 화질 제한을 갖는 그룹간 영상 통신 시스템에 활용 가능할 것이다.

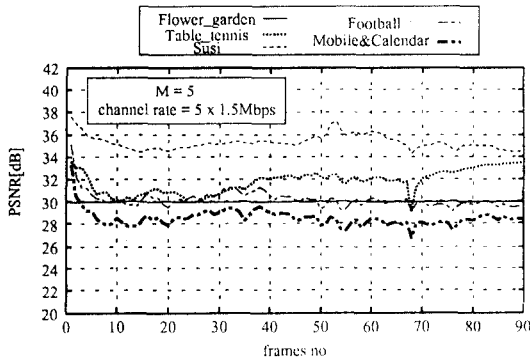


그림 12. 프레임 단위의 PSNR 특성
Fig. 12 PSNR characterization in units of frame

V. 결 론

본 논문에서는 매크로블럭 단위의 발생 비트량, 왜곡 그리고 양자화 파라미터 사이의 관계식을 모델링하고, 이에 따라 최소의 왜곡을 위한 비트 할당 모델을 제안하였다. 제안한 방식은 기존의 버퍼에 기준을 둔

방법에 비해 평균 자승 오차 및 객관적 화질 척도에서 다소 뛰어난 성능을 발휘함을 확인하였으며, 채널의 전송율과 통합 제어를 행하는 부호화기의 수가 증가할수록 가용률을 증대시킬 수 있음을 모의실험을 통하여 확인하였다. 또한, 본 논문에서는 특정 영상 서비스에게 일정한 화질을 유지하기 위한 비트 할당 방법을 제안하였으며, 모의 실험 결과에서 거의 일정한 화질의 서비스를 제공할 수 있음을 확인하였다.

그러나, 본 논문에서 제안한 매크로블럭 단위의 비트량 할당 방식은 다소 많은 양의 계산을 요구하며, 앞으로 이를 해결하기 위한 추가적인 연구가 요구된다. 또한, 다양한 영상 시퀀스와 부호화 모드에 따른 제안한 알고리즘의 성능 분석이 행해질 필요가 있으며, 복호기 및 다중화 버퍼의 크기가 제한적인 환경에서의 비트 할당 기법에 대한 연구가 수행되어야 한다.

본 논문에서 제안한 알고리즘은 VoD, CATV, DBS 등에 활용할 수 있을 뿐만 아니라, 특정 영상 서비스에 대한 화질 제한을 갖는 그룹간 영상 통신 시스템에 활용 가능할 것이다.

참 고 문 헌

1. ITU-T SG15 AVC, *Draft Recommendation H.222.0*, June 1994.
2. ITU-T SG15 AVC, *Draft Recommendation H.222.1*, Nov. 1995.
3. 김 재균, 김 진수의 다수, "ATM망을 위한 영상 부호화/다중화 통합 제어 방안 연구," *KT 정보 통신 기초 연구과제 1차년도 최종 보고서*, 한국과학기술원, 1996년 12월.
4. M.Nomura, T.Fujii, and N.Ohta, "Basic Characteristics of Variable Rate Video Coding in ATM Environment," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Vol.7, No.5, pp.752-760, June 1989.
5. B.Jabbari, F.Yegenoglu, Y.Kuo, S.Zafar, and Y. Zhang, "Statistical Characterization and Block-Based Modeling of Motion-adaptive Coded Video," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.3, No.3, pp.105-109, June 1993.
6. P.Pancha and M.El Zarki, "Bandwidth-allocation

- Scheme for Variable Bit-Rate MPEG Sources in ATM Networks," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.3, No.3, pp.190-198, June 1993.
7. T.Koga, Y.Iijima, K.Iinuma and T.Ishiguro, "Statistical Performance Analysis of an Interframe Encoder for Broadcast Television Signals," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol.COM-29, pp.1865-1875, Dec. 1981.
 8. G.Keesman and D.Elias, "Analysis of Joint Bit-rate Control in Multi-program Image Coding," *Proc. SPIE Visual Commun. Image Processing*, (Chicago, Illinois, U.S.A. Sept. 1994) Vol.2308, pp.1906-1917.
 9. M.Perkins and D.Arnsein, "Statistical Multiplexing of Multiple MPEG-2 Video Programs in a Single Channel," *SMPTE Journal*, Vol.104, No.9, pp. 596-599, Sept. 1995.
 10. D.Park and K.Kim, "Buffered Rate-distortion Control of MPEG Compressed Video Channel for DBS Application," *IEEE International Conference on Commun.* (Seattle, U.S.A., June 1995) pp. 1751-1755.
 11. S.Sakazawa, Y.Takishima, M.Wada, and Y.Hatori, "Coding Control Scheme for a Multi-encoder System," *7th International Workshop on Packet Video*(Brisbane, Australia, March 1996), pp.83-88.
 12. J.Choi and D.Park, "A Stable Feedback Control of the Buffer State Using the Controlled Lagrange Multiplier Method," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.3, No.3, pp.546-558, Sept. 1994.
 13. MPEG Video Simulation Model Three(SM3); Document ISO/IEC JTC1/SG29/WG11/90-041; *MPEG Editorial Group*, July 1990.
 14. W.H.Press, B.P.Flannery, S.A.Teukolsky and W. T.Vetterling, *Numerical Recipes in C*; Cambridge University Press, 1988.
- 金 鎮 守(Jin-soo Kim) 정회원
 1967년 9월 9일생
 1991년 2월:경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1993년 2월:한국과학기술원(KAIST) 전기 및 전자과 졸업(공학석사)
 1993년 3월~현재:한국과학기술원(KAIST) 전기 및 전자공학과 박사과정
 ※주관심분야: Visual Communications, Packet Video, Traffic Smoothing and Multiplexing, ATM network adapation(ITU-T Rec. H.222.0/H.222.1)
- 金 在 均(Jae-kyoon Kim) 종신회원
 1938년 9월 17일생
 1962년 2월:한국항공대학 응용전자과 졸업(공학사)
 1967년 2월:서울대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
 1971년 8월:미국 남가주대학교 전자공학과 졸업(공학 박사)
 1972년 4월~1973년 3월:미국 우주과학연구소(NASA) GSFC연구원
 1993년 1월~1994년 12월:한국통신학회 학회장
 1993년 9월~현재:한국과학기술원 멀티미디어통신 공동연구 센터장
 1973년 4월~현재:한국과학기술원 교수
 ※주관심분야: Information theory, Video Coding, Visual Communication