

# 활성도 척도에 근거한 정지 영상 부호화에서의 비트 할당 기법

정회원 김 옥 중\*, 이 종 원\*, 김 성 대\*

## An Activity Based Bit Allocation Method for Still Picture Coding

Wook Joong Kim\*, Jong Won Yi\*, Seong Dae Kim\* *Regular Members*

### 요 약

비트 할당 문제는 허용 비트량을 초과하지 않는 상황에서 복호된 영상의 왜곡을 최소화하는 방법을 찾는 것으로, 영상 손실 부호화에 있어서 가장 기본적으로 요구되는 점이라 할 수 있다. 이 문제의 최적 해는 Lagrangian 방식을 이용하여 구할 수 있는데, 상당히 많은 계산량과 메모리를 요구한다는 큰 단점이 있다. 본 논문에서는 활성도 척도를 이용하여 계산량을 줄이면서도 최적 해에 근접하는 복원 영상을 얻을 수 있는 비트 할당 기법을 제안한다. 이를 위하여 기존의 활성도 측정 방식들을 비교 검토하였으며, 활성도 값과 할당 비트량과의 관계를 파악하였다. MPEG-1 Intra 부호화 방법에 제안 기법을 적용하여 실험 영상을 부호화 하는 경우, 적은 계산량만으로도 최적 해에 근접하는 결과를 얻을 수 있었다.

### ABSTRACT

Bit allocation or quantizer assigning problem is a basic and essential issue in lossy picture coding. It could be represented as minimizing overall distortion with the given constraint that total bits should not exceed allowed bit-budget. Optimal solution can be found by Lagrangian method. However this method needs much computational time and memory. This paper presents an approximation method that uses the activity measure. The comparison between the existing activity measuring techniques are made, and mapping function from activity value to the quantizer is proposed. Under MPEG-1 Intra coding situation, simulations show almost identical results compared to the optimal ones obtained by Lagrangian method with reduced computational time.

### I. 서 론

영상 부호화 방안들 중 정지영상을 부호화에 관한

가장 대표적인 방법으로는 JPEG[1] 방식을 들 수 있다. JPEG 방식은 영상 전체에 대하여 하나의 양자화 테이블을 적용하여 영상을 손실부호화 하는 방식으로 많은 분야에서 사용되어지고 있다. 그러나 이러한 방식은 전체 영상에 대하여 하나의 양자화 테이블만을 적용하기 때문에 영상 내 작은 영역들의 특성에 효과

\* 한국과학기술원 전기 및 전자공학과  
論文番號:97182-0529  
接受日字:1997年 5月 29日

적으로 대체하지 못하는 단점을 지닌다. 어떤 영역의 경우에 있어서는 영상 정보의 손실이 증가하기도 하고, 또는 필요이상으로 많은 비트량이 할당되는 경우도 있다. 또한 영상을 부호화 하는 총 비트량이 한정된 경우에 적합한 하나의 양자화기를 선택하는 것은 매우 어려운 문제가 아닐 수 없다. 이러한 점들로 인하여 영역별로 각 특성에 맞추어 양자화기를 설정해주는 방식이 제시되었고, 그 대표적인 활동이 JPEG extension[2]의 제시라고 할 수 있다.

영상을 손실부호화 하는데 있어서 가장 큰 관심사는 적은 비트량으로도 좋은 복원 화질을 만들 수 있도록 하는 시스템의 구성에 있다. 이러한 개념은 널리 알려진 비트 할당 문제로 표현이 가능하다. 입력 정보를 손실 부호화 하는 경우 비트 할당 문제(bit allocation problem)는 매우 기본적인 문제로 주어진 사용 가능한 총 비트량을 주어진 신호 원들에 효과적으로 분배하여 전체의 왜곡을 최소화하는 것을 의미한다. 예를 들자면 DCT 부호화 된 정지 영상에서의 블록별 비트 할당 문제라던가, 비디오 sequence에서 프레임 당 비트 할당, 대역별 부호화에서의 각 대역별 비트 할당의 경우를 들 수 있다.

고전적인 비트 할당 문제는 양자화기의 계단수  $M$ 에 대하여  $\log_2 M$  개만큼의 비트가 요구되는 관계를 기반으로 정보의 왜곡이 최소화되면서도 발생 비트량을 제한할 수 있는 최적의 양자화기 스텝 크기 (step size)를 구하는 것이었다. 그런데, 실제 영상 압축 부호화에 사용되는 대표적인 방식이 2 차원 DCT 한 결과를 양자화 하고 2 차원 run-length 부호화 하여 가변길이 부호화를 적용하는 방식이기 때문에, 고전적인 문제에서와 같이 양자화기에 대한 발생 비트량, 또는 발생 비트량에 대한 왜곡정도의 모델링이 매우 어렵다. 이런 상황에서 비트 할당 문제를 해결하기 위하여 널리 알려진 방법으로 Lagrangian 방식[3]을 들 수 있다. 이 방법은 탐색에 의하여 최적 해를 구하는 방법인데, 영상 부호화시 가능한 모든 경우의 비트 발생 량과 왜곡정도를 모두 계산하기 때문에 실제적 적용 관점에서 여전히 큰 계산량을 요구한다. 이런 문제로 영상의 '활성도(activity)'를 정의하고 이 값을 이용하여 근사화 하려는 노력을 기울이고 있다 [7][8][9][10][11]. 활성도를 이용하는 방식들은 이 값이 영상의 복잡도를 표현한다고 가정하고 영상의 비트별 왜곡 관계를 예측하여 이를 비트 할당에 이용한다.

본 논문에서는 비트 할당 문제를 해결하기 위해 요구되는 계산량의 감소를 위하여 활성도 척도를 이용한 방안에 대하여 제안한다. 영상 부호화 방식으로 MPEG-1에서 Intra 영상을 부호화 하는 방법[4]으로 설정하고 연구를 진행하였다. 이 방법은 전체 영상을 Macro block(MB)들로 나누어 각 영역에 대하여 31개의 양자화기 파라미터(QP)중 1 개를 적용하는 방식으로 각 영역의 특성에 적합한 QP를 효과적으로 할당할 수 있을 뿐 아니라, 영상을 부호화 하는데 있어서 원하는 만큼의 최대 허용 비트량이 결정되어 있는 경우 그 비트량에 매우 근접하는 값으로 부호화할 수 있는 장점을 지니고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 절에서는 비트 할당 문제의 최적 해를 구하는 Lagrangian 방식에 대하여 소개하고, 제 3 절에서는 기존에 제안되어 있는 여러 활성도 측정 방안들에 대하여 비교, 분석한다. 제 4 절에서는 본 논문에서 선택한 활성도 값과 비트 할당량과의 관계를 제시하고 부호화 방안에 대한 알고리즘을 제시한다. 제 5 장에서는 실험영상에 대하여 제안 알고리즘을 적용하여 그 성능을 파악하고, 제 6 절에서 결론을 맺는다.

## II. Lagrangian 방식을 이용한 비트 할당문제의 해결

일반적인 경우 영상 정보 부호화에서 비트 할당 문제는 다음과 같이 수식적으로 표현할 수 있다. 우선 전체 영상이  $N$  개만큼의 블록 단위로 구성되어 있다고 가정하자. 그리고, 각각의 블록 단위에 대하여  $M$  개의 양자화기  $\{Q_1, Q_2, \dots, Q_M\}$  중 1 개 ( $q_i$ )를 선택하여 적용한다고 하고, 이때 각 블록 단위의 왜곡률과 단위 발생 비트율을 각각  $d(q_i)$ 와  $r(q_i)$ 라 하자. 이때  $i = 1, 2, \dots, N$ 이다. 이러한 경우 비트 할당 문제는 아래의 식(1)과 식(2)를 만족시키는 양자화기의 조합

$$\Theta = \{q_1, q_2, \dots, q_N\}, \text{ where } q_i \in \{Q_1, Q_2, \dots, Q_M\}$$

를 구하는 문제로 표현된다.

$$\text{minimize } D(\Theta) = \sum_{i=0}^N d(q_i) \quad (1)$$

$$\text{s.t. } R(\Theta) = \sum_{i=1}^N r(q_i) \leq R_{budget} \quad (2)$$

여기서  $R_{budget}$ 은 최대 허용 가능한 비트량을 의미한다. 일반적으로 비트 할당 문제의 목적함수 (objective function)는 영상 전체의 왜곡을 최소화하는 것으로 설정하는데, 특별한 경우에는 식(1)과 다른 목적함수를 설정할 수도 있다.

이와 같은 비트 할당 문제를 해결하는데 있어서 널리 알려진 것은 Lagrangian Multiplier를 이용하는 방법이다[3]. 이 방법은 Lagrangian equation

$$J(\Theta; \lambda) = D[\Theta(\lambda)] + \lambda \cdot R[\Theta(\lambda)] \quad (3)$$

을 정의하고, 임의의 Lagrangian multiplier  $\lambda^*$ 에 의하여 식(3)이 최소화되는 양자화기의 조합이  $\Theta(\lambda^*)$ 라고 할 때,

$$R[\Theta(\lambda^*)] = R_{budget} \quad (4)$$

을 만족하게 되면  $\Theta(\lambda^*)$ 는 식(1)과 식(2)를 만족시키는 최적의 해가 된다. 실제적인 구현에 있어서는  $\lambda$  값이 증가함에 따라 Lagrangian equation이 최소가 되는 경우의  $R[\Theta(\lambda)]$  값이 일정 또는 감소한다는 성질을 기반으로 식(5)를 만족시키는 두 개의 초기 Lagrangian multiplier  $\lambda_1, \lambda_2$ 를 결정하고, bisection search 방식으로 식(6)이 만족되는  $\lambda$ 를 구해 dynamic programming 방식으로  $\Theta(\lambda)$ 를 구한다.

$$R[\Theta(\lambda_1)] \leq R_{budget} \leq R[\Theta(\lambda_2)] \quad (5)$$

$$R(\lambda) \leq R_{budget} \text{ and minimize } \{R_{budget} - R(\lambda)\} \quad (6)$$

### III. 활성도 척도들의 비교

앞 절에서 제시한 Lagrangian 방식을 이용하여 최적합 해를 구하는 경우, 전체 영상의 모든 MB에 적용 가능한 양자화기들에 의한 rate-distortion(R-D) 데이터를 저장하고 있어야 하고, 최종의  $\lambda$  값을 구하기

위하여 수 차례의 반복 연산이 요구된다. 따라서 적은 계산량으로도 최적합 해에 근접하는 방식이 필요하게 되는데, 한가지 방법으로는 몇 개의 데이터로 영상의 R-D 관계를 예측하거나, 정보 이론에 근거하여 특정함수로 양자화기와 발생 비트량을 모델링하는 방식[5][13]등이 존재한다. 이러한 방식의 문제점은 수학적 모델의 타당성에 의하여 성능이 좌우된다는 것이다. 그리고, 영상별 다양한 종류의 특성들을 몇 가지의 수식 모델에 의하여 결정한다는 것이 사실상 불가능하다.

활성도 척도를 이용하는 방식은 활성도 값이 큰 영역이 작은 영역에 비해 같은 비트량으로 부호화 하는 경우 많은 왜곡이 생긴다는 가정을 기본으로 한다. 높은 주파수 성분이 많은 복잡한 영상의 경우 그렇지 않은 경우에 비해 같은 비트량으로 손실 부호화 하는 상황에서 더 많은 왜곡이 발생하는 성질이 있다. 그리고 활성도 값이 영상의 복잡도를 표현하는 방법이 될 수 있다. 따라서 이러한 가정이 타당성을 지니게 되고 영상의 활성도 값은 손실 부호화시 R-D 관계를 예측할 수 있는 특징값(feature)의 역할을 할 수 있다.

본 절에서는 기존의 활성도 척도들을 비교하고, 그 중 기본 가정에 충실한 척도를 선택한다.

#### 3.1 활성도 척도들의 종류

활성도 척도를 이용하여 비트 할당 문제를 해결하는 경우, 활성도 척도의 선택이 제안 방식의 성능을 결정하는 중요 요소이다. 일반적으로 사용되는 활성도 척도들을 다음과 같이 5 가지로 정리하였다.

Method 1: 첫 번째 방식은 MPEG-2의 TM(test model)-5에서 rate control을 위하여 제안된 방안[6]으로, MB를 구성하는 4 개의  $8 \times 8$  블록에 대하여 밝기 정보의 분산(variance)값  $var_{sbk}^i$ 을 구하여 활성도 값 Act를

$$Act = 1 + \min_{(i=1,2,3,4)} var_{sbk}^i$$

의 관계식으로 구하는 방식이다.

Method 2: 두 번째 방식은 밝기 값을 DCT 한 후, AC 계수 값들을 이용하는 방식이다[7][14]. 본 논문에서는 MB의 밝기 정보에 대하여  $16 \times 16$  DCT 를 수행한 후의 계수  $F(i, j)$ 에 대해,

$$Act = \frac{1}{16 \times 16} \left[ \sum_{j=1}^{15} \left\{ \frac{F^2(0, j) - F^2(0, 0)}{F^2(0, 0)} \right\} + \sum_{i=1}^{15} \sum_{j=0}^{15} \left\{ \frac{F^2(i, j) - F^2(0, 0)}{F^2(0, 0)} \right\} \right]$$

의 관계식을 이용한다.

Method 3: 세 번째 방식은 MB를 8 개의 8×8 블록으로 구분한 후, 각각의 블록들에 대하여 수평, 수직 성분의 기울기 값들을 이용하는 방법이다[8]. 그림 1과 같이 구분하여 각 블록에 대한  $\delta_h I$ ,  $\delta_v I$ 를 다음의 식에 의하여 구한다.

$$\delta_h I = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=0}^{n-2} \sum_{j=0}^{n-1} |I_{i,j} - I_{i+1,j}|,$$

$$\delta_v I = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-2} |I_{i,j} - I_{i,j+1}|$$

위 식의 n=8이고  $I_{i,j}$ 는 (i, j) 위치의 밝기 값이다. 이렇게 구한 수평, 수직 평균 기울기 값을 이용하여

$$a_m = \begin{cases} \frac{1}{2} [\ln(\delta_h I_m) + \ln(\delta_v I_m)] & , m=0, 1, 2, 3 \\ \ln(\delta_v I_m) & , m=4, 5 \\ \ln(\delta_h I_m) & , m=6, 7 \end{cases}$$

의 값을 구하고, 최종적으로

$$Act = 6 \cdot [\min_{m=0, \dots, 7} a_m] - 0.7 \cdot \left( \frac{1}{8} \sum_{m=0}^7 a_m - [\min_{m=0, \dots, 7} a_m] \right)$$

의 관계에 의하여 영역의 활성화 값을 정의한다.

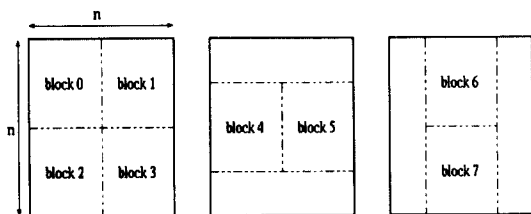


그림 1. Method 3의 활성화 측정을 위한 작은 블록들.  
Fig. 1 Sub-blocks for Method 3.

Method 4: 네 번째 방식은 에지(edge)의 크기(magnitude)를 이용하는 것이다. 이 방식은 에지의 많고 적음이 영상의 복잡도를 나타낸다는 생각에 근거한다[9]. 본 논문에서는 Sobel operator를 이용하여 에지의 크기를 구하였다. 다음은 에지를 찾기 위하여 사용한 필터계수이다.

$$Y\text{-방향의 gradient} : \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$X\text{-방향의 gradient} : \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Method 5: 다섯 번째 방식은 영상의 기울기 값을 이용하는 방식인데, 각각의 기울기 값에 대하여 절대 값을 취한 후 square root 를 취하는 방식이다[10].

$$Act = \frac{1}{n(n-1)} \sqrt{\sum_{i=0}^{n-2} \sum_{j=0}^{n-1} |I_{i,j} - I_{i+1,j}| + \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-2} |I_{i,j} - I_{i,j+1}|}$$

여기서 n은 MB의 크기인 16 이다.

### 3.2 활성화도 척도들의 비교

이상의 방식들에 대한 효율성 판단을 위해서는 앞에서 제시한 활성화도 척도 이용의 기본 가정에 의하여, 활성화도 값과 실제 rate-distortion 관계의 상관성을 파악하는 것이 필요하다. 즉, 각각의 방식들이 기본 가정에 충실한가를 검토하고 가장 뚜렷한 상관성을 지니는 활성화도 측정 방식을 선택하는 것이 타당하다는 것이다. 본 논문에서는 몇 가지의 실험영상들의 모든 MB 들에 대하여 각각의 활성화도 척도를 적용해 보고 다음의 관점들을 통하여 각 방식을 효율성을 측정해 보았다. 실험 영상으로는 512×512 크기의 Babara, Boats, Einstein, Blackboard, Couple, F16, Jaguar, Man 영상을 사용하였다. 그림 2는 실험 영상을 나타낸다.

#### 3.2.1 계산의 복잡도

각 활성화도 측정 방법들의 계산 복잡도에 대하여 비교해 보았다. 각 방식들의 계산 복잡도가 적은 순서대로 나열해 보면 Method 1, Method 4, Method 5,

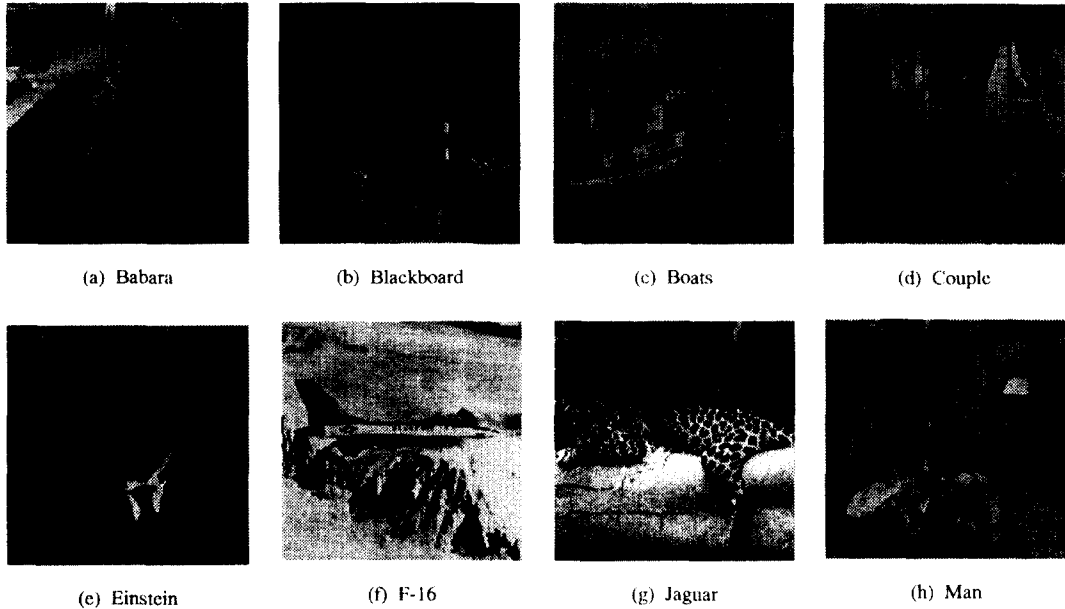


그림 2. 활성도 척도 분석을 위한 실험 영상.  
Fig. 2 Test images for the activity analysis.

Method 3, Method 2의 순으로 나타났다. Method 1은 MB 당  $4 \times 8^2$  정도의 덧셈과 곱셈을 필요로 하고, Method 2의 경우는  $16 \times 16$  DCT을 수행하는 관계로 가장 높은 계산량을 요구한다.

### 3.2.2 활성도 값의 분포

실험영상에 대하여 구한 각각의 활성도 값들의 분포가 어떤 형태로 나타나는가를 파악해 보았다. 활성도 값이 영상의 특성을 효과적으로 표현하기 위해선 그 분포가 넓은 영역에 걸쳐 비슷한 분포를 가지는 것이 타당하다. 비록 일반적인 영상들이 비슷한 형태를 지닌다고는 하나 활성도 척도에 의하여 구해진 값이 최소값과 최대값 사이에 넓게 분포할수록 영역별 특성을 효과적으로 분리해 내는 방식이라고 가정할 수 있기 때문이다. 활성도 값의 분포들에 대한 판단은 Good, So-So, Bad의 세 등급으로 구분하였다.

그 결과 Method 1은 Bad로, Method 4는 So-So로 판정하였다. 그리고, Method 2, Method 3, Method 5를 Good으로 판정하였다. 그림 3은 각 방식들에 의하여 구한 활성도 값의 분포도를 나타낸다. 가로축은 각 종류의 활성도 값이 지니는 최소, 최대값 사이를

100 등분한 것이고, 세로축은 그 구간 사이에 존재하는 값의 수를 나타낸다.

### 3.2.3 MB별 활성도 값과 rate-distortion의 비교

이번에는 활성도 값의 증감에 대한 MB별 rate-distortion 관계를 분석해 보았다. MPEG-1 Intra 부호화 방식에서는 적용 가능한 양자화기의 수가 31개로 한정되어 있으므로 각 MB 별로 최대 31개의 가능한 R-D 경우가 존재한다. 그런데 활성도 값과의 상관 관계를 파악하기 위해서는 MB 별 R-D 특성을 표현할 수 있는 방법이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 식(7)과 같이 특징값을 정의하고, 이 값을 각 MB의 R-D 관계를 대표하는 값으로 이용하였다.

$$\min_{i=1, \dots, 31} \{ \sqrt{[\bar{r}(q_i)]^2 + [\bar{d}(q_i)]^2} \} \quad (7)$$

위 식에서  $\bar{r}(q_i)$ 와  $\bar{d}(q_i)$ 는 MB에 31개의 할당 가능한 양자화기중  $i$  번째 양자화기  $q_i$ 를 할당하는 경우 발생하는 비트량과 왜곡(sum of squared error)을 MB의 크기인 256으로 정규화한 값이다. 식(7)은

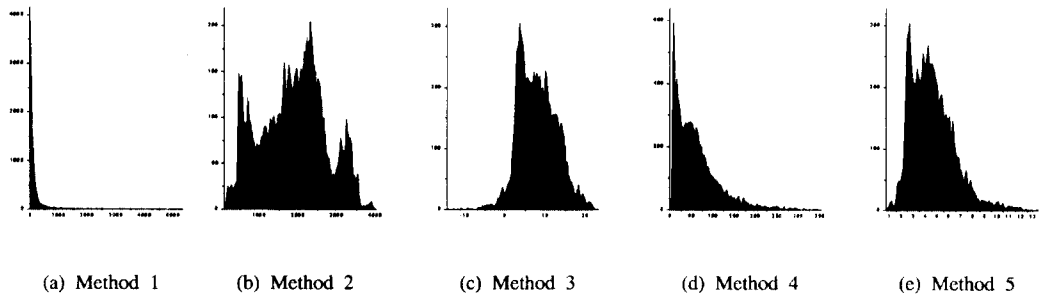


그림 3. 각 활성도 값들의 분포도.  
Fig. 3 Distribution graphs of each activity measure.

결국 임의의 MB에 대하여 R-D 평면상에서 양자화기를 변화시키면서 결정되는 점들과 (0, 0) 점과의 최소 거리를 의미한다. 그림 4에서 나타내듯이 임의의 매크로블록 MB1과 MB2의 R-D 관계점들이 그림에서와 같은 형태로 존재한다고 하면 (0, 0)과의 최소 거리가 큰 MB1은 MB2에 비해 비트량과 왜곡 정도의 변화 범위가 비교적 크다고 판단할 수 있고, 또한 동일한 비트량에 대하여 보다 많은 왜곡이 발생한다고 고려할 수 있다. 따라서, R-D 평면에서 식(7)은 양자화기 변화에 대한 임의의 MB의 발생 비트량과 왜곡의 상대적 변화 특성을 나타내는 특징값의 역할을 할 수 있는 것이다.

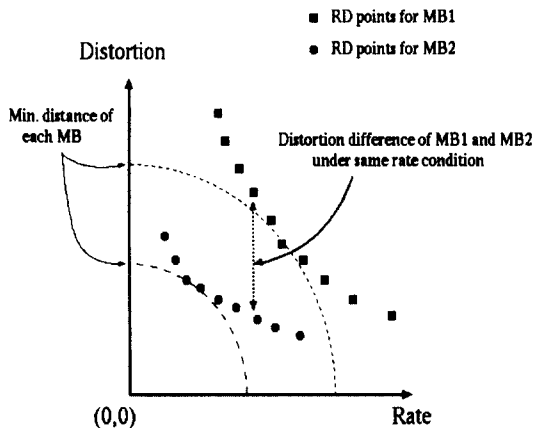


그림 4. MB의 RD 점들과 최소 거리와의 관계  
Fig. 4 The relation between min-distance and RD points.

식(7)의 값과 활성도 값과의 상관을 비교한 것이 그림 5이다. 가로축은 활성도 값을 최소부터 최대까지 나타내고, 세로축은 식(7) 값을 나타낸다. 활성도 척도에 근거한 비트 할당 방식은 활성도 값이 영역의 rate-distortion 관계를 나타낸다고 가정하므로 가로축과 세로축의 값들이 명확한 양(positive)의 상관성을 보일 수록 보다 신뢰할 수 있는 활성도 방식이라고 판단할 수 있다. 이러한 관점에서 상관성 판단은 앞에서와 같이 Good, So-So, Bad의 세 등급으로 했는데, 그림 5의 그래프들의 모양을 기반으로 Method 1, Method 2는 Bad로 판정하였고, Method 4는 So-So, Method 3, Method 5를 Good으로 판정하였다.

이상의 분석 결과를 종합적으로 정리한 것이 표 1이다. 그 결과를 보면 Method 3과 Method 5가 두 가지 관점에서 Good으로 파악되었다. 그런데, 계산량 측면에서 Method 5가 비교적 우수한 것으로 판단되었고, 또한 Method 3은 활성도 값이 음수인 경우도 존재하는 반면 Method 5의 활성도 값의 범위는 양수로만 한정지어지는 특성을 지녀 다음절에서 설명할 매핑 함수를 결정하는데 있어서도 계산상 용이한 장점을 지닌다. 만일 활성도 값의 분포가 양수와 음수 모든 영역에 존재하게 되면 영상 전체의 평균 활성도 값이 0에 근접하는 경우도 발생할 수 있고, 이 경우 매핑 함수에 사용되는 정규화(normalized)된 활성도 값이 너무 크게 증가할 수도 있기 때문이다.

따라서, 본 논문에서는 Method 5의 활성도 척도를 기본으로 하여 비트 할당 방식에 대한 연구를 진행하였다.

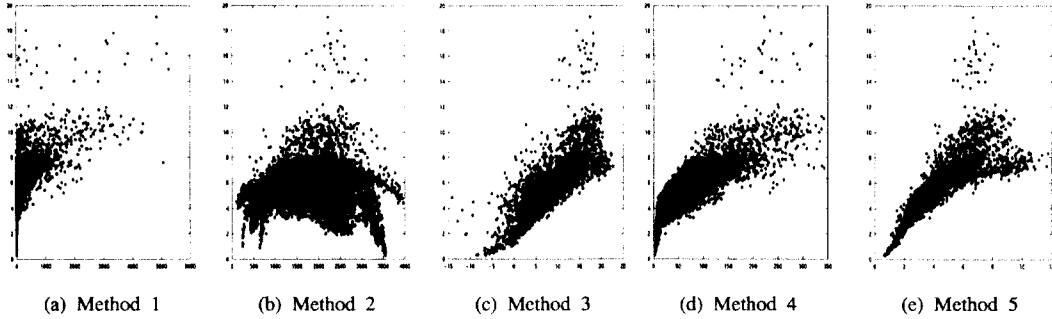


그림 5. 활성도 값과 최소 R-D거리의 관계..

Fig. 5 The relation between activity value and min. R-D distance for each activity measure..

표 1. 활성도 측정 방식들의 비교 결과

Table 1. The comparison result of activity measures

활성도 측정 방식	계산의 용이성	활성도 값의 분포	R-D평면에서 최소거리
Method 1	1st	Bad	Bad
Method 2	5th	Good	Bad
Method 3	4th	Good	Good
Method 4	2nd	So-So	So-So
Method 5	3rd	Good	Good

$$F(x) = \begin{cases} f(-0.57) & , x \leq -0.57 \\ f(x) & , -0.57 < x < 0.4 \\ \left. \begin{aligned} & \frac{df(x)}{dx} \Big|_{x=0.4} \cdot x + [f(0.4)] \\ & - \frac{df(x)}{dx} \Big|_{x=0.4} \cdot 0.4 \end{aligned} \right] & , x \geq 0.4 \end{cases} \quad (8)$$

$$\text{단, } f(x) = 0.95 + 2.89x + 0.34x^2 - 4.96x^3 + 4.96x^4 + 4.68x^5 - 13.07x^6$$

#### IV. 제안 알고리즘

##### 4.1 활성도 값과 비트량과의 관계

본 절에서는 앞 절에서 선택한 활성도 방식과 비트 할당량과의 관계를 제시한다. 일단 실험영상들에 대하여 최대 허용 비트 할당량(bit budget)이 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.3, 1.4, 1.6 bpp(bit-per-pel)로 설정한 경우의 최적 비트 할당을 Lagrangian 방식을 이용하여 구한 후, 각 MB에 할당되는 비트량과 그 MB의 활성도 값을 비교해 보았다. 그림 6은 그 관계를 나타낸 것으로 세로축은 'MB에 할당된 비트량(bpp)/허용 비트 할당량(bpp)'이고, 가로축은 '(MB별 활성도값-영상의 평균 활성도값)/(영상의 평균 활성도값)'을 나타낸다.

그림 6에서 알 수 있듯이 정규화된 활성도값과 최적 비트 할당량이 뚜렷한 상관성을 지니는 것을 알 수 있다. 이 관계를 Chi-Square fitting 방법[12]에 의하여 6차의 polynomial로 모델링하여 다음과 같은 매핑(mapping) 함수  $F(x)$ 를 결정하였다.

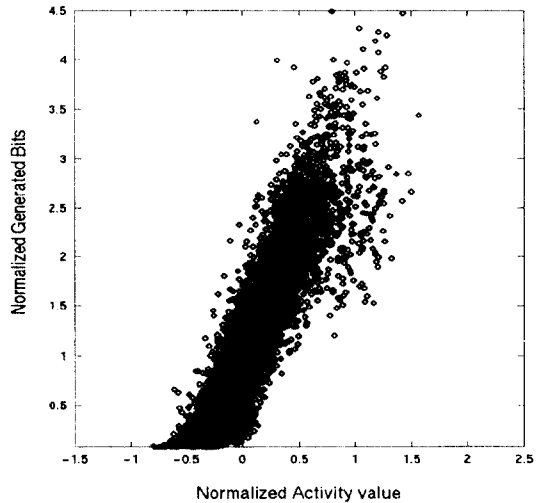


그림 6. 정규화된 활성도 값과 할당된 비트량과의 관계.

Fig. 6 Normalized activity value vs. normalized allocated bits.

4.2 예측된 비트량에 대한 양자화기 결정

식(8)의 매핑 함수에 의하여 임의의 MB에 할당하려는 비트량을 예측할 수 있다. 그런데, 실제적으로는 예측 비트량을 발생시키는 양자화기를 결정해 주어야 하기 때문에 이에 대한 고려가 필요하다. MPEG-1 Intra 부호화 방식이 최대 31 개의 양자화기를 사용하므로, 처음에는 양자화기 파라미터(QP)를 16으로 양자화기를 할당해 보고, 그 결과 할당되는 비트량에 비해 값이 크거나 작은 경우 QP를 8 또는 24를 할당하는 식으로 bisection 탐색을 이용하면 5 번 또는 6 번의 탐색에 의하여 예측량에 가장 근접하는 비트량을 발생시키는 양자화기를 결정할 수 있다. 구체적인 순서는 다음과 같다.

1st step	16
2nd step	8, 24
3rd step	4, 12, 20, 28
4th step	1, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 31
5th step	3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29
6th step	2, 30

4.3 활성도 척도를 이용한 비트 할당 알고리즘

이상의 결과를 바탕으로 다음과 같은 알고리즘으로 비트 할당하였다.

- (1) 전체 영상을 MB 단위로 구분한 후, 모든 MB에 대하여 Method 5 방식에 의하여 활성도 값을 구한다.
- (2) 식(8)에 의하여 각 MB에 할당될 비트량을 예측한다.
- (3) 예측된 비트량에 대하여 4.2 절의 방법으로 양자화기를 할당한다.
- (4) 모든 MB에 할당된 양자화기를 이용하여 영상 전체를 부호화 한다. 그 결과 발생 비트량이 허용 비트량과 같은 경우, 할당된 결과는 최종결과이다.
- (5) 발생 비트량이 허용 비트량을 초과하는 경우는 활성도 값이 낮은 MB부터 순차적으로 각 MB에 할당된 QP를 1 단계씩 증가시킨다. 이 과정은 발생 비트량이 허용 비트량을 초과하지 않으면서도 허용 비트량에 가장 근접하는 경우까지 진행한다.
- (6) 발생 비트량이 허용 비트량에 비해 적은 경우

는 활성도 값이 높은 MB부터 순차적으로 각 MB에 할당 ! (QP를 1 단계씩 감소시킨다. 이 과정도 발생 비트량이 허용 비트량을 초과하지 않으면서도 허용 비트량에 가장 근접하는 경우까지 진행한다.

앞의 3.2 절에서 나타냈듯이 활성도 값이 큰 경우의 왜곡 변화가 그렇지 않은 것에 비해 큰 성향이 있으므로, 발생 비트가 허용 비트량을 초과하는 경우는 알고리즘 (5)에서처럼 활성도가 낮은 MB부터 비트를 감소시켜 왜곡의 증가를 최소화하고, 그 반대의 경우는 알고리즘 (6)에서처럼 활성도가 높은 MB부터 비트를 추가 할당하여 왜곡의 감소를 최대화한다.

V. 모의 실험

제안 알고리즘을 기반으로 그림 7의 512×512 크기의 “Lena” 영상과 “Baboon” 영상에 대하여 허용 비트량(bit budget)을 변화시키면서 MPEG-1 Intra 방식으로 부호화해 보았다. 그림 8은 실험 영상들에 대하여



(a) Lena (b) Baboon

그림 7. 실험 영상  
Fig. 7 Test images.

허용 비트량을 변화시켜 가면서 구한 복원영상의 화질 정도를 나타낸다. 실선은 Lagrangian 방식에 의하여 부호화 경우의 화질을 나타내고, 점선은 제안 방식에 의하여 부호화한 결과를 나타낸다. 그래프에서 가로축은 허용 비트량(bpp)이고 세로축은 복원된 영상과 원 영상과의 PSNR이다. “Lena” 영상의 경우 제안 방식이 Lagrangian 방식에 의하여 구한 결과에 비해 대부분의 허용 비트량에 대해 약 0.5dB 정도의 차이가 나타났다. “Baboon” 영상의 경우는 약 0.3dB 정도의 차이가 나타났다. 그리고, 제안 방식과 Lagrangian 방식에 부호화시 요구되는 총 계산 시간을 비교



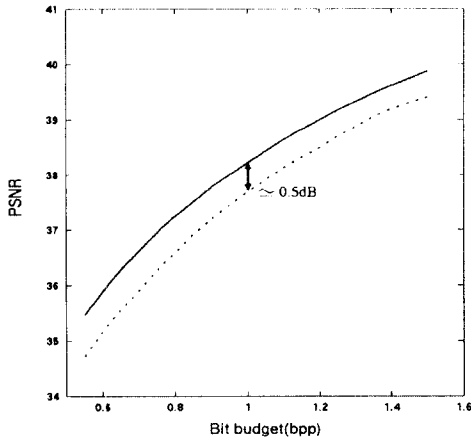
해 본 결과, SPARC-20 급의 시스템에서  $512 \times 512$  영상을 부호화 하는데 제안 방식이 약 5 초의 시간을 필요로 하는 것에 비해서 Lagrangian 방식의 경우 약 110초 가량을 필요로 하였다. 따라서 제안 방식에 의하여 부호화하는 경우 Lagrangian 방식에 비해 약  $\frac{1}{22}$  정도의 계산 시간 감축효과를 나타낸다.

## VI. 결 론

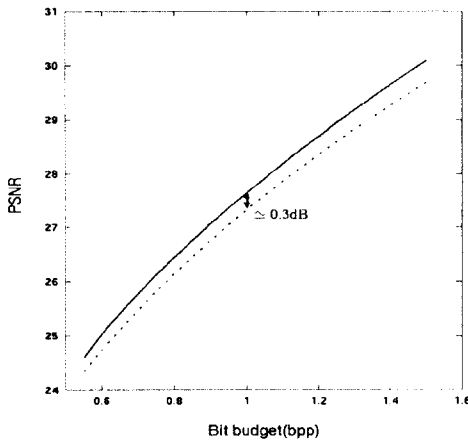
본 논문에서는 활성도 척도를 이용하는 비트 할당 방식을 제안하였다. 제안 방식은 MPEG-1 Intra 부호화에서 사용되는 방법으로 정지영상을 부호화 하는 경우에 대하여 각각의 MB 별로 활성도를 측정하고, 그 값을 기반으로 양자화기를 할당하는 방식이다. 효과적인 활성도 척도를 선택하기 위하여 기존의 5가지 방식들을 본 논문에서 제시한 기준에 의하여 비교하여 영상의 기울기 값을 이용하는 활성도 척도 방식을 선택하였다. 모의 실험 결과 Lagrangian 방식에 비해 적은 계산량만으로도 약 0.3dB-0.5dB의 차이만을 나타내는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서, 본 논문에서 제안한 방법은 최적합 해에 근접하면서도 적은 계산량만으로도 최대 허용 비트를 만족시키는 비트 할당 결과를 구할 수 있는 효과적인 방법이다.

## 참 고 문 헌

1. ISO/IEC 10918-1-ITU-T Recommendation T.84, Information technology-Digital compression and coding of continuous-tone still image:Requirements and guidelines, Jan. 1992.
2. ISO/IEC 10918-3-ITU-T Recommendation T.84, Information technology-Digital compression and coding of continuous-tone still image:Extension, Nov. 1994.
3. Y. Shoham, A. Gersho, Efficient Bit Allocation for an Arbitrary Set of Quantizers, IEEE trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, pp. 1445-1453, vol. 36, No. 9, Sep. 1988.
4. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, ISO/IEC 11172-2, Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage media at up to about 1.5 Mbit/s, 1993.
5. K.H. Yoo, Jinho Choi, A model based methods for the quantizer assignment of JPEG-like coders, pp.213-216, Proc. of ICIP '96 vol-I.
6. ISO-IEC JTC1/SC29/WG11, Coded representation of pictures and audio information, MPEG phase 2 test model 5, Apr. 1993.
7. J.B. Cheng, H.M. Hang, Adaptive piecewise linear



(a) Lena 영상의 경우



(b) Baboon 영상의 경우

그림 8. MPEG-1 Intra 부호화 방식에서 bit-budget 변화에 대한 제안 방식과 Lagrangian 방식의 양자화기 할당 결과의 비교.

Fig. 8 The comparison of quantizer allocation results between the proposed method and Lagrangian method with varying the bit-budget for the MPEG-1 Intra coding situation.

- bits estimation model for MPEG based video coding, pp.551-554, Proc. of ICIP '95.
8. M.R. Pickering, John F. Arnold, A perceptually efficient VBR rate control algorithm, pp.527-532, IEEE Trans. on Image Processing, vol. 3, no. 5, Sep. 1994.
  9. M.G. Ramos, S.S. Hemami, Edge-adaptive JPEG image compression, pp.1082-1093, Proc. of VCIP '96.
  10. 조성권, DCT 기반의 Intraframe 동영상 압축을 위한 통계적 feedforward/feedback 버퍼제어 방식, 한국과학기술원 석사학위 논문. 1993.
  11. S.K. Jo, Y.H. Lee, A statistical feedforward/feed-back buffer control for the transmission of digital video signals compressed by DCT-based intrafield coding, IEEE Trans. on Image Processing, pp. 527-529, vol. 5, no. 3, March 1996.
  12. Numerical Recipes in C:2nd Edition, Cambridge University Press.
  13. Y.Takishima, et al., An analysis of optimal frame rate in low bit rate video coding, pp.1389-1397, IEICE trans. Communications, vol. E76-B, No. 11, Nov. 1993.
  14. N.S. Park, et al., Adaptive Cosine Transform Coding in Human Visual Method for Data Broadcasting channel, pp.658-662, APCC'95 vol-II.



金 焜 中(Wook Joong Kim) 정회원  
 1989년 3월~1992년 2월:한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학사)  
 1993년 3월~1995년 2월:한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)

1995년 3월~현재:한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정 재학중  
 ※주관심분야:초고속 영상 압축 부호화, 영상 통신 시스템 등  
 e-mail:wjk@sdvision.kaist.ac.kr



李 鐘 源(Jong Won Yi) 정회원  
 1990년 3월~1994년 2월:한양대학교 전자통신공학과 (공학사)  
 1995년 3월~1996년 2월:한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)

1996년 3월~현재:한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정 재학중  
 ※주관심분야:영상압축, 자동 목표물 인식 시스템, 3차원 데이터 베이스, 영상 restoration 등



金 聖 大(Seong Dae Kim) 정회원  
 1997년:서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1979년:한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1983년:프랑스 INPT ENSEEIHT 졸업(공학박사)  
 1994년~현재:한국과학기술원 전기 및 전자공학과 교수

※주관심분야:영상처리, 영상통신, 컴퓨터 비전, VLSI 구현 등