

# 공간계층형 영상부호화에서 상위계층 영상간 부호화율 배분방법

권순각\*, 최재각, 박수현, 김태석  
동의대학교 컴퓨터응용공학부

## Bitrate Allocation Method among Sources of Higher Layer for Spatial Scalable Video Coding

Soon-kak Kwon\*, Jae Gark Choi, Soo-Hyun Park, Tae-suk Kim

Division of Computer Application Engineering, Dongeui University

E-mail : [skkwon@dongeui.ac.kr](mailto:skkwon@dongeui.ac.kr), [cjg@dongeui.ac.kr](mailto:cjg@dongeui.ac.kr), [shp@dongeui.ac.kr](mailto:shp@dongeui.ac.kr), [tskim@dongeui.ac.kr](mailto:tskim@dongeui.ac.kr)

### 요 약

본 논문에서는 서로 다른 공간해상도를 갖는 두계층 영상부호화에서 하위계층에는 낮은 우선순위로 인하여 제한된 일정부호화율로 부호화하고, 반면에 각 영상의 상위계층에는 우선순위를 높게하면서 서로간 균등한 화질을 제공하는 대역할당 방법을 제안한다. 이를 위해서 MPEG-2 공간계층적 부호화구조에서 부호화율-왜곡의 관계를 찾고, 실시간으로 상위계층 영상 사이에 균등한 화질을 제공하는 부호화율 제어방법을 제안한다.

### 1. 서론

최근 많은 정보를 고속으로 송수신할 수 있는 종합정보 통신망 (ISDN)과 대용량의 정보를 저장할 수 있는 고밀도 기록매체의 개발에 힘입어 디지털 영상 응용기술에 대한 관심이 크게 부각되어왔다. 그에 부합하여 국제 표준화기구인 ISO-IEC 산하의 MPEG(motion picture experts group)이라 불리는 JTC1/SC29/WG11 에서는 1.5Mbps 급의 디지털 저장매체를 목표로하는 MPEG-1 표준안과 다양한 화질에 대해 디지털 저장매체 뿐아니라 통신 및 방송분야에도 응용가능한 MPEG-2 표준안[1]을 완성하였다.

이에 따라 다양한 종류의 공간적 해상도를 갖는

영상서비스들이 존재하게 되었으며 이러한 상황에서 다양한 공간 해상도를 제공해줄 공간계층형 영상압축기법의 필요성이 대두되었다.

공간계층형 압축기법(spatial scalable coding)은 다양한 공간적 해상도를 제공해주므로써 다른 해상도를 갖는 시스템간에 호환성 (compatibility)을 충족시켜줄 뿐아니라 전송로에서 발생한 오류에 쉽게 대처할 수 있는 능력이 있다. 그러나 계층간에 중복되는 정보를 효율적으로 이용하기 위해서 알고리즘이 복잡해지고, 전체 계층의 부호화기 구조가 복잡해지는 단점이 있다.

그동안 다양한 종류의 공간계층형 부호화기법이 제시되었지만 그중 MPEG 에서 제시된 시공간 가중에

측 부호화기법[1,2]의 성능이 가장 우수함이 판명되었다. 이 기법에서는 상위계층의 예측신호를 하위계층으로 부터의 공간방향 예측신호(spatially predicted signal)와 상위계층에서의 시간방향 예측신호(temporally predicted signal)를 가중평균(weighted average)하여 얻고 있다. 따라서 이기법의 성능은 하위계층으로 부터의 공간방향과 상위계층의 시간방향 예측방법에 크게 의존한다. 또한, 전체 대역폭 (bandwidth), 즉, 전송율이 고정된 경우에는 두 계층에 대한 대역폭 배분을 위한 부호화율 배분 (bitrate allocation) 방법에 크게 의존하게 된다.

부호화율 배분방법은 일정 부호화율 (constant bitrate) 전송이 허용되는 전송로 상황에서 불규칙하게 발생하는 데이터를 일정한 전송속도의 채널로 전송해 주기 위하여 사용된다.

전송속도의 제약조건에 충실히 부합하다보면 화질(또는 왜곡)의 관점에서는 원하는 결과를 얻지 못하는 상황이 발생한다. 따라서 대역폭의 제약조건에서 균등한 왜곡 등의 요구사항을 만족시켜주어야 한다. 실제로 위성방송, 지상방송, 케이블 방송 환경에서는 한 채널당 다수의 계층형 영상 신호가 동시에 전송될 수 있기 때문에 계층간 및 영상간 부호화율 배분방법의 필요성이 크게 대두된다[3,4,5].

본 논문에서는 공간방향 해상도가 서로 다른 두 계층 영상부호화에서 각 영상의 하위계층에는 우선순위를 낮게, 반면에 상대적으로 화질이 좋은 상위계층에는 우선순위를 높게 부여해 주기 위한 부호화율 배분방법을 제시하며, 상위계층 영상간에는 같은 우선순위를 부여하여 화질이 균등하게 분배되도록 제어하는 부호화율 배분방법을 제안한다.

## 2. 공간계층 부호화에서 부호화율-왜곡 관계

본 장에서는 기존에 제시된 부호화율과 왜곡의 관계를 살펴보고, 두계층을 갖는 MPEG-2 공간계층 부호화에서 부호화율과 왜곡의 관계를 조사한다.

### 2.1 기존의 부호화율과 왜곡의 관계 모델

비기억적이고 평균이 영인 Gaussian 신호에 대하여 부호화율과 왜곡(원 화소와 재생화소 사이의 제곱오차의 평균)은 다음식과 같이 관계된다[8].

$$D = \sigma^2 \cdot 2^{-2R} \quad (1)$$

$$\log D = \log \sigma^2 - 2 \log 2 \cdot R \quad (2)$$

여기서  $D$  는 왜곡(MSE),  $R$  은 부호화율(화소당 비트 수)이고,  $\sigma^2$  는 신호의 분산값이다. MPEG 부호화시스템에 대한 부호화율 제어방법을 위해서 일부논문[6]에서 위식(1)의 부호화율과 왜곡의 관계식을 이용하고 있고, 일부논문[7]에서는 식(2)의  $R$  과  $\log D$  의 선형관계 대신에  $\log R$  과  $\log D$  의 선형관계를 이용하고 있다.

### 2.2 MPEG-2 공간계층 부호화에서 부호화율과 왜곡의 관계 모델

계층간 연관성이 있는 공간계층적 부호화구조에서는 하위계층은 자신에게 할당된 부호화율에 따라 왜곡이 관계되지만 상위계층은 공간계층적 부호화의 특성에 근거하여, 상위계층에 할당된 부호화율 뿐만 아니라 하위계층에 할당된 부호화율에 따라 왜곡이 관계된다[9,10].

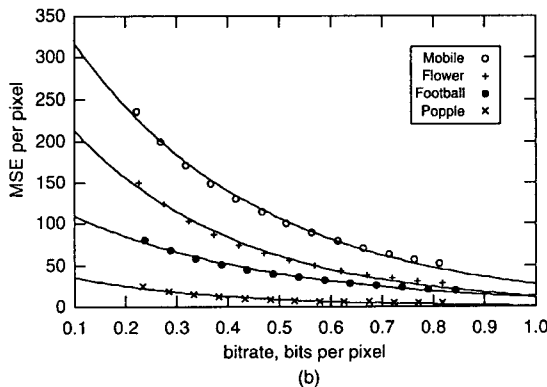
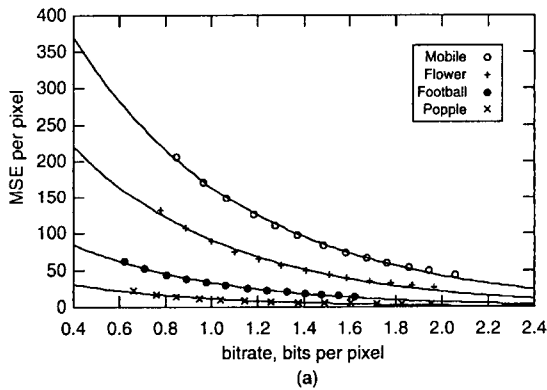
컴퓨터 모의실험을 통하여 MPEG-2 에서 제시된 spatial scalable 부호화에서 각 계층의 부호화율과 왜곡의 관계를 조사한다. 네가지 종류, "Flower Garden", "Mobile & Calendar", "Football", "Popple" 실험영상이 사용되며, 고해상도는 704 화소수 x 480 주사선수의 30Hz 격행규격 (interlaced format)의 명도성분과 352 화소수 x 240 주사선수의 30Hz 격행규격의 색차성분으로 구성되고, 저해상도는 고해상도로 부터 하향변환된 것으로서, 352 화소수 x 240 주사선수의 30Hz 순행규격 (progressive format)의 명도성분과 176 화소수 x 120 주사선수의 30Hz 순행규격의 색차성분으로 구성된다. 각 계층은 Test Model 5[2]에 근거되어 부호화되고, 한 GOP (Group of Pictures)내에는 8-화면이 없는 15 화면으로 구성된다. 하위계층에 대해서, 부호화율은 1.0Mb/s ~ 3.8Mb/s 범위내에서 변화되고, 각 부호화율에 대하여 화소당 왜곡을 측정한다. 그림 1 은 하위계층에

대하여 부호화율 변화에 따라 4 GOP 에 걸쳐 측정된 왜곡 (원 화소와 재생화소 사이의 제공오차의 평균) 을 평균하여 나타낸다. 또한, 부호화율과 왜곡의 사이를 최소자승 근사화 Fitting 알고리즘에 의해 근사화시킨 선을 나타낸다. 두가지 종류의 부호화 화면에 대한 부호화율-왜곡의 관계는 식(1)과 유사한 다음식처럼 근사화된다.

$$D_l = 10^{m_l - n_l R_l} \quad (3)$$

$$\log D_l = m_l - n_l R_l \quad (4)$$

여기서,  $m_l$  은 식(1)에서처럼 입력영상에 의존되고,  $n_l$  은 입력영상에는 거의 의존되지 않는 상수이다. 그러나,  $n_l$  은 Gaussian 신호에 대한 식(1)의  $n_l=0.606 = 2 \log_2 2$  와는 차이를 보인다.



[그림 1] 하위계층 부호화율 변화에 따라 관측된 왜곡-부호화율 관계 (부호화율 범위: 1.0Mb/s ~ 3.8Mb/s), (a) I-화면, (b) P-화면

I-화면인 경우에는 Gaussian 신호에서와 비슷한 값이지만 P-화면인 경우에는 2 배정도 더 큰 값을 가진다. 이것은 I-화면과 P-화면에 사용된 양자화기가 서로 다르고, 양자화된 DCT 계수의 가변길이 부호화에 기인된다.

상위계층의 왜곡은 상위계층에 할당된 부호화율 뿐만아니라 하위계층에 할당된 부호화율에 의존하게 된다. 하위계층의 부호화율이 그림 1 의 경우와 마찬가지로 변화될 때, 각 하위계층의 고정된 부호화율 상황에 대하여 상위계층의 부호화율을 3.0Mb/s ~ 5.8Mb/s 범위에서 변화시킨다. 그림 2 는 하위계층에서 할당된 부호화율이 변화함에 따라서, 상위계층의 부호화율에 따른 왜곡의 관계를 나타낸다. 상위계층의 왜곡은 하위계층에 할당된 각각의 부호화율 상황에서 상위계층에 할당된 부호화율에 따른 다음의 관계로 근사화된다.

$$D_h = 10^{m_h - n_h R_h} \quad (5)$$

$$\log D_h = m_h - n_h R_h \quad (6)$$

여기서,  $n_h$  는  $n_l$  과 마찬가지로 거의 영상에 의존되지 않는 일정한 상수이고,  $m_h$  는 그림 3 에서 보여진 것처럼 하위계층에 할당된 부호화율에 의존됨을 알 수 있다.

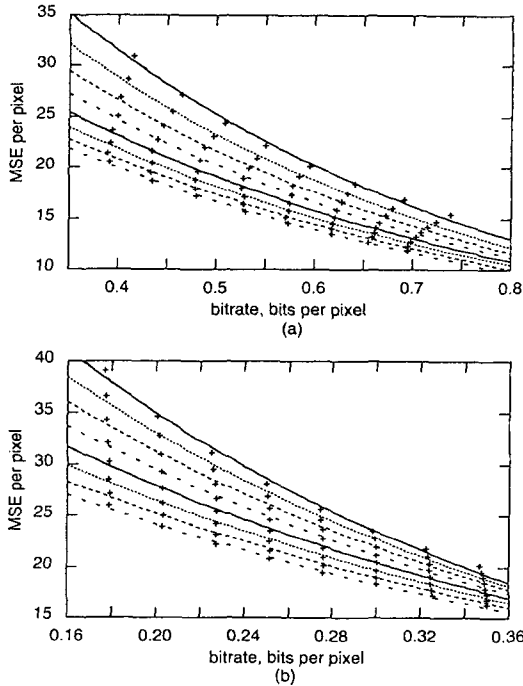
그림 3 으로부터 하위계층의 부호화율에 따른 식(5)의  $m_h$  의 값은 다음의 일차선형 관계식으로 근사화될 수 있음을 알 수 있다.

$$m_h = \alpha - \beta R_l \quad (7)$$

여기서,  $\alpha$  은 입력영상에 의존되고,  $\beta$  는 상위계층의 부호화에 하위계층 영상이 이용되는 정도에 따라서 차이를 보인다.  $\beta$  는 하위계층의 이용정도가 크면 클수록 더욱더 큰 값을 가진다. 따라서, 상위계층에 대한 왜곡은 식(5), (6), (7)로 부터 다음식처럼 하위계층과 상위계층에 할당된 부호화율의 함수가 된다.

$$D_h = 10^{\alpha - \beta R_l - n_h R_h} \quad (8)$$

$$\log D_h = \alpha - \beta R_l - n_h R_h \quad (9)$$



[그림2] Football 영상에 대하여 하위계층 부호화를 변화에 따른 상위계층의 왜곡과 부호화율의 관계. 상위계층 부호화율의 범위 : 3.0Mb/s ~ 5.8Mb/s. (a) I-화면, (b) P-화면 (하위계층 부호화율 : 1.0Mb/s (가장 상위선) ~ 3.8Mb/s (가장 하위선))

### 3. 상위계층간 부호화율 배분방법

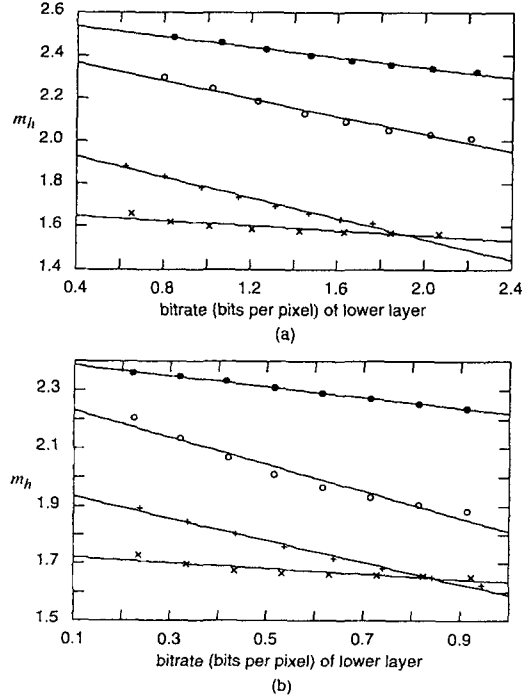
각 영상의 하위계층에는 낮은 우선순위로 인하여 제한된 일정부호화율로 부호화되고, 반면에 각 영상의 상위계층 사이에서는 부호화율이 가변될 수 있는 시스템에 대한 부호화율 배분방법을 설명한다. 모든 영상의 상위계층의 부호화율의 합이 제한된 경우에 대하여, 상위계층 사이에서 왜곡을 균등하게 분배하는 부호화율을 찾는다.  $N$ 개의 영상의 상위계층에 할당된 부호화율  $R_{hj}$ 가 일정한 상황하에서,

$$R_{ht} = \sum_{j=1}^N R_{hj} \quad (10)$$

다음의 요구사항이 설정된다.

$$D_{hj} = D_{hi}, 1 \leq j \neq i \leq N \quad (11)$$

여기서,  $R_{hj}$ 는  $j$ 번째 영상의 상위계층에 배분된 부호화



[그림3] 하위계층의 부호화율 변화에 따른  $m_{hj}$ . (a) I-화면, (b) P-화면; (●: Mobile & Calendar, ○: Flower Garden, +: Football, ×: Popple)

율이고,  $D_{hj}$ 는  $j$ 번째 영상의 상위계층의 왜곡이다.

위 식(11)을 상위계층에 대한 왜곡과 부호화율의 모델 식(8)에 대입하여 정리하면 다음과 같다.

$$10^{\alpha_j - \beta_j R_{hj} - n_{hj} R_{hj}} = 10^{\alpha_i - \beta_i R_{hi} - n_{hi} R_{hi}}, 1 \leq j \neq i \leq N \quad (12)$$

위 식을 만족하는  $j$ 번째 영상의 상위계층에 배분되는 부호화율은 다음과 같이 얻어진다.

$$R_{hj} = \frac{R_{hi} + \sum_{i=1}^N \frac{(\alpha_i - \beta_i R_{hi}) - (\alpha_j - \beta_j R_{hj})}{n_{hi}}}{n_{hj} \sum_{i=1}^N \frac{1}{n_{hi}}} \quad (13)$$

그러나, 식(13)을 사용하기 위해서는 각 영상의 상위계층에 대한 왜곡-부호화율의 모델에서의 변수  $\alpha, \beta, n$  값을 알아야한다. 간단한 구현을 위하여 변수의 실제값을 사용하지 않고, 근사된 값을 사용한다.  $\alpha$  값은 영상에 크게 의존적이므로, 같은 종류의 영상에서 바로 이전에 부호화된 결과로부터 갱신되며,

$\beta, n$  는 영상에 크게 의존되지 않으므로, 네가지 영상에 얻어진 값의 평균값을 사용한다.

#### 4. 모의실험결과 및 검토

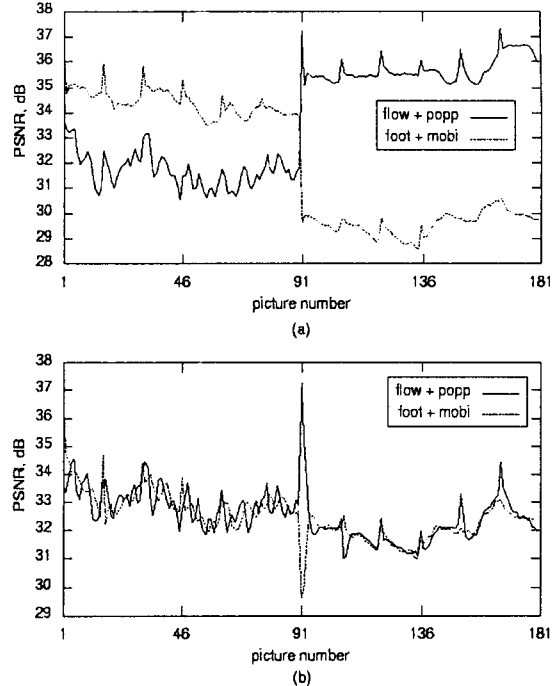
공간계층형 영상의 하위계층은 일정 부호화율로 부호화되고, 상위계층에 대한 부호화율을 독립적으로 배분한 방법과 제안된 부호화율 배분방법의 성능을 비교한다. 모의 실험을 위한 영상의 고해상도는 704 화소수 x 480 주사선수의 30Hz 격행규격(interlaced format)의 명도(luminance)성분과 352 화소수 x 240 주사선수의 30Hz 격행규격의 색차(chrominance)성분으로 구성된다. 저해상도는 TM5에서 제시된 필터가 사용되어 고해상도로부터 하향변환된 것으로서, 352 화소수 x 240 주사선수의 30Hz 순행규격(progressive format)의 명도성분과 176 화소수 x 120 주사선수의 30Hz 순행규격의 색차성분으로 구성된다. 부호화되는 GOP는 B-화면이 없는 15화면으로 구성된다.

각 부호화율 배분방법의 성능은  $N=2$ 에 대하여 살펴본다. 각 영상의 하위계층에 배분된 부호화율은 1.2Mb/s로 일정하고, 상위계층을 위한 전체 부호화율은 9.6Mb/s로 제한된다. 입력영상으로는 "Football", "Mobile & Calendar" 각각 90화면씩 조합된 영상과 "Flower Garden", "Popple" 각각 90화면씩 조합된 영상이 사용된다.

그림4는 상위계층의 재생된 화면당 PSNR을 나타낸다. 독립적 부호화율 배분 방법은 서로 다른 영상 사이에서 왜곡이 크게 차이가 나고, 같은 영상내의 서로 다른 화면 사이에서 왜곡이 크게 차이가 날 수 있다. 그러나, 제안된 부호화율 배분방법은 서로 다른 영상 사이에서 거의 균등한 화질을 유지시키고, 같은 영상내의 서로 다른 화면 사이의 왜곡의 변화정도가 독립적 배분방법에 비해서 줄어듦을 알 수 있다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 MPEG-2 공간계층형 두 계층영상 부호화에서 하위계층에는 우선순위를 낮게, 반면에



[그림4] 부호화율 배분방법에 따른 상위계층의 부호화 성능, 상위계층 전체 부호화율 9.6Mb/s, (a) 독립적 부호화율 배분방법, (b) 제안된 부호화율 배분방법

상위계층에는 우선순위를 높게 부여해 주기 위한 부호화율 배분방법을 제안하였다. 그리고, 상위계층 영상간 균등한 화질이 제공되도록 부호화율을 배분해 주었다. 모의 실험결과로부터 제안된 방법은 간단한 구현으로 사용자의 요구조건을 충족시켜 줄 수 보였다.

#### [참고문헌]

- [1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "MPEG-2 International Standard Part2 : Video," *MPEG 94/NO802*, Nov. 1994.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "MPEG-2 Test Model 5," *MPEG 93/457*, Mar. 1993.
- [3] B. Maglaris, D. Anastassiou, P. Sen, G. Karlsson, and J. D. Robbins, "Performance Models of Statistical Multiplexing in Packet Video Communications," *IEEE Trans. Comm.*, Vol.36, No.7, pp. 834-844, Jul. 1988.

- [4] W. Verbiest and L. Pinnoo, "A Look at the MPEG Video Codec for Asynchronous Transfer Mode Networks," *IEEE J. Sel. Areas in Comm.*, Vol.7, No.5, pp.761-770, Jun. 1989.
- [5] L. Wang and A. Vincent, "Bit Allocation for Joint Coding of Multiple Video Programs," *Proceeding of Visual Commun. Image Processing '97*, Vol. 3024, pp. 149-158, Feb. 1997.
- [6] S. Sakazawa and Y. Takishima, "Coding Control Scheme for a Multi-encoder System," *Proc. Int. Workshop on Packet Video*, Mar. 1996.
- [7] J. Katto and M. Ohta, "Mathematical Analysis of MPEG Compression Capability and Its Application to Rate Control," *Proc. ICIP*, Vol. 2, Oct. 1995.
- [8] N. S. Jayant and P. Noll, "Digital Coding of Waveforms: Principles and Applications to Speech and Video," *Prentice-Hall*, pp. 638-649, 1984.
- [9] Soon-kak Kwon and Jae-kyoon Kim, "Adaptive Bitrate Allocation in Spatial Scalable Video Coding of Fixed Total Bitrate," *IEICE Trans. on Fundamental of Electronics, Comm. and Computer Sciences*, May 1998.
- [10] 권순각, "서로 다른 공간해상도의 두계층 영상신호원들을 위한 대역할당방법", 멀티미디어학회 논문지, 2000년6월.