

고속 MPEG-2-H.264/AVC 변환부호화를 위한 화면내 MB 예측 모드 결정 기법

정회원 Xingang Liu*, 유 국 열*

Intra MB Prediction Mode Decision Method for Fast MPEG-2 to H.264/AVC Transcoding

Xingang Liu*, Kook-yeol Yoo* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 MPEG-2-H.264/AVC 변환 부호기에서 병목현상을 야기하는 H.264/AVC 부분의 화면내 부호기의 연산량을 감축하는 기법을 제안한다. 본 논문에서는 MPEG-2 복호기에서 획득한 DCT 계수와 영상의 방향성, H.264/AVC 화면내 부호기의 Intra16x16 및 Intra4x4 모드들 간의 상관관계 및 휘도와 색차 신호간의 경계(edge) 특성의 상관성을 활용하여 모드 선정시에 연산량을 감축하는 기법을 제안한다. 모의 실험을 통해 제안 방식이 기존에 널리 사용되는 결합형 변환 부호기에 비해 최대 약 70%의 연산량을 감축할 수 있음을 보였고, 대표적인 연산량 감축 기법인 [5]의 기법에 비해 최대 40%의 연산량을 감축할 수 있음을 보였다.

Key Words : MPEG-2, H.264/AVC, Transcoder, Intra MB prediction, Mde decision

ABSTRACT

Since the high quality digital TV systems are broadly deployed in the market, the digital video contents will be edited and distributed in MPEG-2 MP@HL format. Due to its impressive coding efficiency, the H.264/AVC codec has rapidly replaced the MPEG-4 SP codec for mobile digital video terminal with low quality. For the broad distribution of digital video contents produced in MPEG-2 format, the MPEG-2 to H.264/AVC transcoding is highly necessary nowadays. In this paper, we propose a fast intra MB prediction mode decision method to reduce the computational complexity in the transcoding, which is the main bottleneck in the transcoders. The proposed method is based on the several relationships such as DCT coefficients and edge orientation, correlation between prediction directions in the Intra16x16 and Intra4x4 modes, correlation between edge-orientations of luminance and chrominance components. The simulation results show that the proposed method can reduce the computational complexity upto 70% and 40%, compared with the cascaded transcoder and the well-known fast intraframe transcoder, respectively.

I. 서 론

고화질의 디지털 TV가 성공적으로 상업화가 됨에 따라 향후 디지털 동영상 콘텐츠의 제작 및 배포는 MPEG-2 MP 부호기^[1]를 중심으로 이루어질

전망이다. 최근에 표준화가 완료된 H.264/AVC 부호화 방식^[2]은 향상된 부호화 효율로 인해 지상파 및 위성 DMB, PMP 등의 휴대형 디지털 동영상 기기들에서 널리 활용되고 있고 있다. 그러므로 고화질 디지털 동영상 콘텐츠들의 중심인 MPEG-2 M

* 영남대학교 전자정보공학부 미디어통신연구실 (kyoo@yu.ac.kr)

논문번호 : KICS2008-08-357, 접수일자 : 2008년 8월 28일, 최종논문접수일자 : 2008년 11월 3일

P 방식으로 저작된 디지털 콘텐츠들을 휴대형 단말기로 배포 및 분배하기 위해서는 MPEG-2 MP 비트열을 H.264/AVC 방식의 비트열로 변환부호화 (transcoding)은 매우 절실히 요구되는 기술이라고 할 수 있다. 그러나 H.264/AVC 부호화 방식은 부호화 효율의 증대를 위해 새로이 도입된 부호화 기법들을 기존의 표준 부호기에 비해 부호화 복잡도 측면에서 매우 높은 단점을 가지고 있다. 그러므로 MPEG-2 MP-H.264/AVC 변환 부호기에서 복잡도 감축 방법은 매우 중요한 연구 및 개발의 주제가 되고 있다.

널리 사용되고 있는 기존의 결합형 변환 부호화 구조 (cascaded transcoding structure)는 복호기 및 부호기가 직렬로 연결되어 있고, 복호기에서 복호된 재생 영상을 부호기에서 독립적으로 부호화를 수행하는 형태로 변환 부호화를 수행한다. 이 구조는 높은 변환 부호화 효율(coding efficiency)을 가진다는 장점을 가지고 있으나, 매우 높은 복잡도를 가진다는 단점을 가지고 있다⁴. 변환 부호화에서 복호화 시에 얻은 정보를 부호화 시에 활용하여 변환 부호화의 복잡도를 줄이기 위한 다양한 시도들이 이루어 졌다. Kalva 등은 MPEG-2 비트열의 복호화 과정에서 얻은 DCT 계수들의 평균 및 분산을 활용하여 H.264/AVC 부호기에서 화면내 MB (Macroblock) 예측 (intra MB prediction)에서 단순한 MB의 경우에는 Intra16x16 모드만을 사용하고, 복잡은 MB에 대해서는 Intra4x4 모드만을 사용하도록 하여, 예측 방향을 결정함으로써 복잡도를 줄이는 기법을 제안하였다⁵. 그러나 이 방식의 경우 Intra16x16 및 Intra4x4 모두 둘 방식 중에 어느 방식만을 사용하는 것인가를 결정한 후에도 각 방식내의 세부 예측 방향을 결정하기 위한 복잡한 연산들이 남아있기 때문에 높은 연산량을 요구하는 단점을 가지고 있다. Wang 및 Lee의 논문들에서는 DCT 변환과 정수형 변환 (Integer transform)간의 변환 전환(transform conversion) 방식을 제안하여 복잡도를 줄이는 기법을 제안했으나, 변환 전환에 상당한 연산량을 요구하고, 예측 방향을 결정하는데 활용하지 못해서 부호화 효율이 낮은 단점을 지니고 있다⁶.

본 논문에서는 MPEG-2 복호화 과정에서 획득한 DCT 계수를 이용하여 MB의 복잡도를 분석하고, 이를 바탕으로 Intra16x16과 Intra4x4 모드를 결정한다. DCT 계수를 활용하여 MB의 복잡도를 계산함으로써 [5]의 방식에 비해 연산량을 줄이는 효과를 가지고 있다. 또한 결정된 모드에서 예측 방향을

구하기 위해 본 논문에서는 DCT 계수를 이용하여 MB의 방향성을 이용하여 추가적으로 연산의 복잡도를 줄였다. 모의 실험을 통해 제안 방식이 무시할 정도의 수준의 화질 저하 상태에서 최대 70%의 연산의 복잡도를 줄이는 효과가 있음을 검증하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서는 기존의 MPEG-2-H.264/AVC 변환 부호기법들을 소개하고, III장에서 제안 방식을 설명한다. IV장에서 모의 실험을 통해 제안 방식의 성능을 검증하고, V장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 기존의 MPEG-2 to H.264/AVC 변환 부호화 기법

기존의 가장 대표적인 결합형 부호기의 구조를 그림 1에서 나타내었다. 그림 1에서 보인 바와 같이 복호기에서 재생된 영상을 부호기의 입력으로 사용하여 부호화를 수행하는 구조를 가지고 있다. 이 구조에서 가장 높은 연산량을 요구하는 부분은 화소 영역에서의 화면내 예측(Intra prediction)이다. H.264/AVC에서는 MB(Macroblock)의 휘도 성분(luminance component)의 경우 화면내 예측을 위해서 MB내에서 화소가 균일하게 변화하는 MB에서는 Intra 16x16 모드를 사용하고, MB내에서 화소의 변화가 균일하지 않는 MB에서는 매 4x4의 내부 블록별로 예측을 달리 사용하는 Intra4x4 모드를 사용한다. 또한 색차 성분 (chrominance component)을 위해 Intra8x8 모드를 사용한다. 이 방식들 모두 공히 각각의 모드에서 정한 블록내의 화소들의 변화하는 방향에 따라 주변의 화소값들을 이용한 예측 부호화 방식 (predictive coding)을 사용한다.

그림 2-(a)는 휘소 성분의 Intra16x16의 예측 방향을 보여준다. 예를 들어 그림 2-(a)의 왼쪽에서 첫 번째에서 보인 예측 방향(Vertical)의 경우 16x16내의 모든 화소들을 현재 블록의 위에 있는 16개의 화소들(H) 값들을 이용해서 예측한다. 이 예측

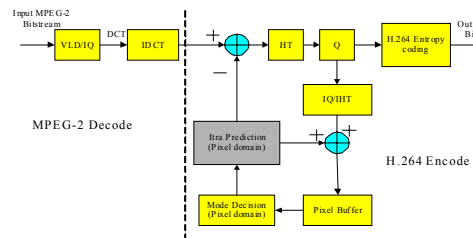


그림 1. 화소영역 결합형 화면내 변환 부호기

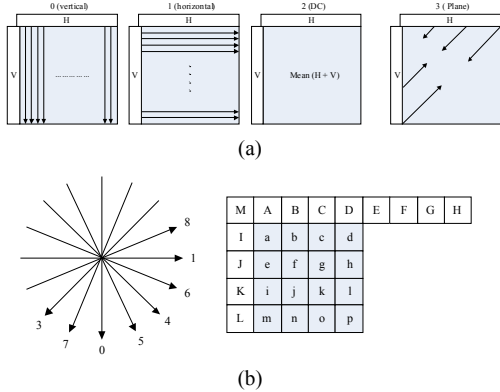


그림 2. 휘소 성분의 예측 방향들; (a) Intra16x16 모드, (b) Intra4x4

방향의 경우에는 현재 16x16내의 화소값들이 가로 방향으로만 변화하고 세로 방향으로 변화가 미미한 경우에 유용한 예측 방식이 된다. 즉, 세로 방향으로의 상관성(correlation)이 높은 화소 블록의 경우에 높은 예측 부호화 성능을 나타낸다. 또한 16x16 내의 모든 화소들이 균일하게 변화하지 않는 경우에는 16x16 블록을 16개의 4x4 내부 블록들로 나누고, 각각의 내부 블록별로 그림 2-(b)에서 보인 9가지의 예측 방향 중에 최고의 예측 성능을 보이는 방식을 이용해서 예측 부호화를 한다. 색차 성분의 경우에는 그림 2-(a)에서 보인 휘소 성분 16x16의 예측 모드인 Intra16x16과 동일한 방향의 예측 방향을 활용한다.

휘도 성분의 화면내 예측 모드 결정을 위한 전담 색 기법 (FSA; Full Search Algorithm)은 다음과 같은 단계로 수행된다. 우선 MPEG-2 비트열을 복호화를 수행해서 재생 영성을 얻는다. 두 번째 단계에서는 4가지의 Intra16x16 예측을 수행하고, RD 비용 (Rate-Distortion cost) 이 가장 작은 모드를 선정한다. 세 번째 단계에서는 9가지의 Intra4x4 예측 방향들에 대해서도 예측 및 RD 비용을 고려해서 최적의 Intra4x4 예측 방향을 결정한다. 마지막 단계에서는 두 번째 및 세 번째 단계에서 얻어진 RD 비용을 비교해서 최종적으로 휘도 성분의 예측 모드를 결정한다. 또한 색차 성분의 예측 방향의 결정에도 동일한 과정을 요구한다. 그러므로 최종적으로 한 개의 MB의 모드를 결정하기 위해서는 총 Intra16x16의 4번의 화소 영역에서의 예측 과정이 Intra4x4에서는 총 9x16번의 예측과정, 또한 두 개의 색차 성분을 위해서 8번의 예측 과정이 요구된다. 최적의 RD 비용을 결정하기 위해 발생 비트량을

예측하는 예비 부호화 과정을 고려할 때 필요한 연산량은 실제 부호기에서 적용하기에는 매우 높다.

Kalva 등은 MPEG-2의 복호화를 수행하고, DCT 계수의 분산값을 이용해서 MB의 복잡도를 판별하고, 단순한 MB는 Intra16x16의 예측 방향만을 결정하고, 그러지 않은 MB는 Intra4x4 모드에 대해서만 예측 방향을 결정하도록 하여 약 30%의 복잡도를 줄였다.

Li 등은 이미 부호화된 주변 MB 블록의 예측 방향을 이용해서 예측 방향을 결정하고, DCT-HT 변환 전환 방식을 이용해서 복잡도를 크게 감축하였다. 그러나 이 방식의 경우에는 예측 방향의 부정확함으로 인해 예측 성능이 매우 떨어지는 단점을 가지고 있다.

III. 제안한 화면내 MB 예측 모드 결정 기법

본 논문에서는 연산량을 줄이기 위해서 화면내 MB 예측 모드를 결정하기 위해 복호화된 화소값들을 이용하지 않고, 복호화 과정에서 획득한 DCT 계수값들을 이용해서 모드를 결정하는 기법을 제안한다. Intra16x16 및 Intra4x4간의 모드 결정을 위해서는 Kalva 등이 제시한 방식^[5]을 따랐다. 그러나 Kalva의 방식은 분산값을 계산하는데 추가적인 복잡도가 요구되나, 본 논문에서는 좀 더 단순하면서 효과적인 새로운 평가함수를 제시하였다. Kalva 등은 두 개의 모드간의 결정만을 수행하였으나, 본 논문에서는 추가적으로 각 모드 내에서 DCT 계수값들을 분석하여 예측 방향까지 얻음으로써 연산량을 추가로 줄였다. 또한 예측 방향을 얻는 과정을 색차 성분에도 적용하여 추가적으로 연산량을 줄였다. 그림 3은 제안한 논문의 구조를 보여준다.

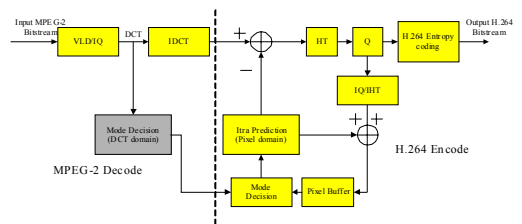


그림 3. 제안한 화면내 MB 변환 부호기

3.1 화면내 MB 예측 모드 결정

II장에서 설명한 바와 같이 화소값의 변화가 단순한 MB는 Intra16x16 모드를 사용하고, 복잡한 M

B은 Intra4x4 모드를 사용한다. 그러므로 두 예측 모드들간의 결정은 MB의 복잡도에 의해 판단된다. MB의 복잡도를 결정하기 위해 본 논문에서는 식 (1)에 바탕을 두고 결정한다.

$$E_{MB} = \sum_{comp=0}^{comp=3} \sum_{i,j=0, (i,j) \neq (0,0)}^{i,j=7} abs(DCT_{i,j}[comp]) \quad (1)$$

여기에서 comp는 휘도 성분의 MB내의 8x8블록을 나타낸다. i 및 j는 각각 8x8 DCT 블록에서 DCT 계수들의 가로 및 세로 방향의 위치를 나타낸다. 또한 DCT는 MPEG-2 복호화에서 얻어진 DCT 계수값을 의미한다. E_{MB} 값이 미리 정해진 경계치 (threshold, δ) 보다 작은 경우에는 단순한 MB으로 판별하고, 그러지 않는 경우에는 복잡한 MB으로 판별한다. 단순한 MB에 대해서는 Intra16x16에 대해서만 예측 방향을 결정하고, 복잡한 MB에 대해서는 Intra4x4 예측 모드의 예측 방향에 대해서만 모드 선택을 한다. 예측 모드의 결정에서 경계치의 선택에 따라 성능의 차이는 매우 클 수 있다. 본 논문에서는 Kalva 논문에서 제시한 바와 같이 양자화 간격의 함수로 실험적으로 경계치를 결정하였다. 본 논문에서 선정한 MB의 복잡도 평가함수는 Kalva가 제시한 분산값보다 낮은 연산량을 가지고 있으나, 다소 높은 정확도를 가지고 있다. 본 논문의 IV장에서 DCT 계수의 분산값을 사용한 Kalva의 방식과 식 (1)을 사용한 방식의 성능을 비교하여 제시하였다 (그림 10참조).

3.2 화면내 MB의 예측 방향 결정을 위한 사전 모드 1 (pre-mode 1)의 선정

III.1절에서 제시한 기법을 사용하여 Intra16x16 또는 Intra4x4 모드가 결정된 후에는 각 모드별로 세부적인 예측 방향을 결정하여야 한다. II장에서 설명한 바와 같이 휘도 성분을 위한 Intra16x16 모드와 색차 성분에 대한 Intra8x8 모드는 동일한 예측 방향을 사용한다. 그림 4는 'Foreman' 영상에 대한 휘도 및 색차 성분의 영상을 보여준다. 두 개 성분의 화소값들은 차이가 있으나, 두 성분의 화소값들의 밝기 변화 및 경계(edge)의 경향(trend)는 동일한 형태를 가짐을 알 수 있다. 또한 색차 신호의 경우 가로 및 세로 방향으로 2:1 부표본화(sub-sampling)로 인해 낮은 해상도 및 저주파 성분(low frequency components)을 가지고 있어서, 낮은 데이터량과 블록내의 화소의 전반적인 경향을



(a) 휘도 성분 (b) 색차 성분
그림 4. 휘도 및 색차 성분의 영상

표 1. Intra16x16(휘도성분) 및 Intra8x8(색차성분)의 예측 방향의 일치률

video sequence	Same mode	DC among no same
Mobile	50.76%	49.74%
Pipo	28.79%	69.50%
News	41.41%	26.72%
Foreman	33.08%	32.08%

파악하는데 유리하다. 이런 영상 신호의 특성을 활용하여 본 논문에서는 예측 방향 결정을 위한 사전 모드 선정을 위해 색차 성분을 활용한다.

색차 성분을 사전 모드에 활용할 수 있는 타당성을 검증하기 위해, H.264/AVC 부호기를 수행하였다. 부호화된 결과에서 색차 성분의 Intra8x8 모드의 방향과 휘도 성분의 Intra16x16의 예측 방향을 비교하여 표 1에 정리하였다. 표 1의 'Mobile' 영상의 경우, 약 50.76%의 MB에서 예측 방향이 같음을 알 수 있다. 예측 방향이 같지 않은 MB에 대해 DC 예측으로 선정된 경우를 제외한 경우에는 약 49.74%가 동일함을 알 수 있다. 그러므로 색차 성분을 활용한 사전 모드의 선정은 충분한 타당성을 가지는 것으로 판단할 수 있다.

색차 성분을 활용하여 MB내의 화소들의 방향성을 획득하기 위해, 그림 5에서 음영으로 표시된 상단 및 좌측의 DCT 계수들의 에너지 비율과 화소값의 경계 방향 (edge orientation)과의 상관관계를 활용할 수 있다⁷⁾.

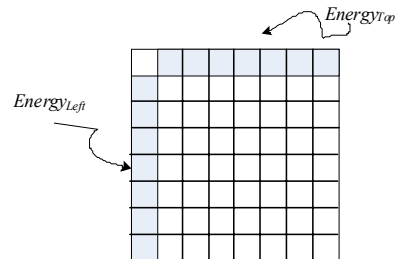


그림 5. 방향성 획득에 활용되는 DCT 계수들

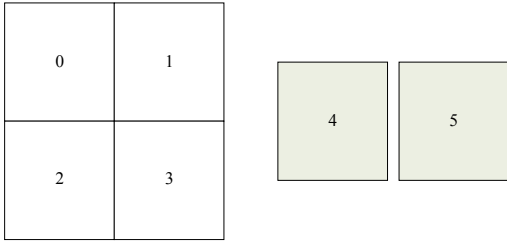


그림 6. MB내의 6개의 8x8 블록들; 0-3: 휘도성분, 4 및 5: 색차 성분

식 (2)는 화소의 경계 방향(θ)과 DCT 계수값들과의 관계식을 보여준다. 주의해야 할 점은 Kalva 논문[5]에서는 Intra16x16 모드의 예측 방향을 얻기 위해서 그림 6에서 보인 MB의 휘도 성분의 4개의 8x8 블록들의 DCT값들을 이용해서 4개의 경계 방향을 이용하지만, 본 논문에서는 색차 성분을 활용해서 사전 모드를 얻는 점에서 차이점이 있다. 앞서 설명한 바와 같이 색차 성분이 저주파 성분으로 구성되어 있고, 2:1 부표본화로 되어 낮은 해상도를 가지므로, 낮은 데이터량으로 MB의 전체적인 경계의 방향성을 획득하는데 유리하다.

$$\theta = \arctan\left(\frac{\sum_{comp=4}^5 Engery_{left}[comp] / Engery_{top}[comp]}{2}\right)$$

$$Engery_{left} = \sum_{i=8, j=0}^{i=56, j=8} DCT[i][j]$$

$$Engery_{top} = \sum_{i=0, j=1}^{j=7, j++} DCT[i][j]$$

(2)

식 (2)를 이용하여 얻는 경계 방향, $\theta \in (-\pi/2, \pi/2]$ 과 그림 7에 소 보인 경계 방향의 구분에 따라 다음과 같이 사전 모드 1(Pre-mode 1)을 결정한다.

- θ 의 절댓값이 세로 방향 (Vertical) 인 경우에

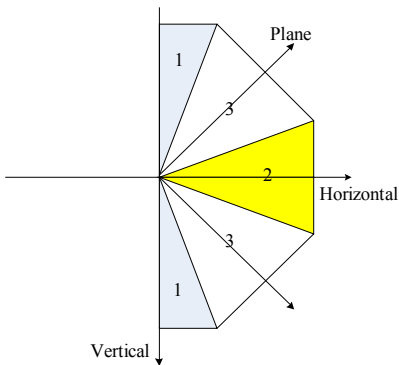


그림 7. 경계 방향(θ)의 구분

- 는 Pre-mode1 = 1로 선정한다;
- 가로 방향 (Horizontal)인 경우에는 Pre-mode1 =2로 선정한다;
- 평면 방향 (Plane)인 경우에는 Pre-mode1 = 3으로 선정한다.

3.3 색차성분에 대한 Intra8x8 예측 모드의 예측 방향 결정

전 절의 분석 및 실험 결과에 바탕을 두고 Intra8x8 모드의 예측 방향은 다음과 같은 규칙에 따라 결정한다.

- Pre-mode1=1인 경우에는 Intra8x8의 후보 예측 방향은 ‘Vertical’과 ‘DC’ 방향만 탐색한다;
- Pre-mode1=2인 경우에는 ‘Horizontal’ 및 ‘DC’ 방향만 탐색한다;
- Pre-mode1=3인 경우에는 ‘Plane’ 및 ‘DC’ 방향만 탐색한다.

상기한 예측 방향 결정에서는 공히 ‘DC’ 방향을 추가하도록 하였다. 이는 표 2에서 약 34 ~ 51%의 예측 방향이 ‘DC’ 방향이라는 통계적인 특성을 고려하여, 예측 방향의 결정이 잘못된 경우에도 제안 방식의 안정성을 부여하기 위해서 도입한 것이다.

본 논문에서 제시한 색차 성분의 예측 방향 결정 기법을 사용할 경우, 원래 4개의 예측 방향이 있는 Intra8x8모드에서 2개의 예측 방향만을 검토하므로, 예측 방향 선정에 필요한 연산량을 50%로 감축할 수 있다.

표 2. Intra8x8 모드의 예측 방향의 분포표

Video sequence	Mode 0 (DC)	Mode 1 (H)	Mode 2 (V)	Mode 3 (P)
Mobile.cif	50.76%	24.24%	16.41%	8.59%
Foreman.cif	47.73%	24.75%	17.93%	9.60%
Waterfall.cif	46.97%	9.34%	17.17%	26.52%
hall.cif	33.59%	29.04%	18.94%	18.43%

3.4 휘도 성분에 대한 Intra16x16 예측 모드의 예측 방향 결정

III.2절의 분석 및 실험 결과에 바탕을 두고 Intra16x16 모드의 예측 방향은 다음과 같은 규칙에 따라 결정한다.

- Pre-mode1=1인 경우에는 Intra16x16의 후보 예측 방향은 ‘Vertical’과 ‘DC’ 방향으로만 탐색한다;
- Pre-mode1=2인 경우에는 ‘Horizontal’ 및 ‘DC’에 대해서만 탐색을 한다;

- Pre-mode1=3인 경우에는 ‘Plane’ 및 ‘DC’에 대해서만 탐색을 한다.

본 논문에서 제시한 휘도 성분의 예측 방향 결정 기법을 사용할 경우, 원래 4개의 예측 방향이 있는 Intra16x16 모드에서 2개의 예측 방향만을 검토하므로, 예측 방향 선정에 필요한 연산량을 50%로 감축할 수 있다.

3.5 휘도 성분에 대한 Intra4x4 예측 모드의 예측 방향 결정

그림 6에서 보인 MB내의 휘도 성분은 16x16 화소 블록으로 구성되고, 이 화소 블록은 4개의 8x8 블록의 분할된다. 각각의 8x8블록들은 그림 8에서 보인 바와 같이 4개의 4x4 블록으로 세분화된다. 그러므로 8x8블록에 대한 통계적인 특성은 내부의 4x4블록의 특성에 대한 평균적인 경향을 나타낸다. III.2절에서 Pre-mode 1을 얻는 과정과 유사하게, 각각의 8x8 휘도 블록에 대해 Intra4x4 모드의 방향을 결정하기 위한 사전 모드 2(Pre-mode 2)들은 식 (2)를 활용하여 휘도 성분의 각 8x8 블록(그림 6의 블록 0~3)에 대해 경계 방향(ξ)들을 구해서 결정한다.

- ξ의 절대값이 세로 방향(Vertica) 인 경우에는 Pre-mode2=1로 선정한다;
- 가로 방향(Horizontal)인 경우에는 Pre-mode2 =2로 선정한다;
- 평면 방향(Plane)인 경우에는 Pre-mode2=3으로 선정한다.

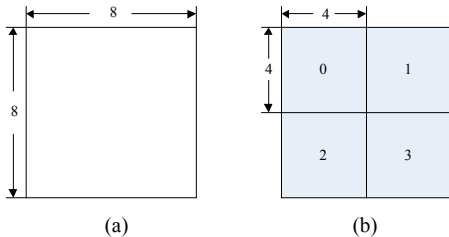


그림 8. 휘도 성분 8x8블록과 내부 블록 4x4간의 공간 구성

표 3. 휘도 블록 8x8에서 얻은 사전 모드 2 (Pre-mode 2)에 따른 Intra4x4 모드의 후보 예측 방향들

8x8 Luma Pre-mode	Candidate 4x4 modes
Group 1: Mode 1 (Vertical)	Mode 0, 2, 5, 7
Group 2: Mode 2 (Horizontal)	Mode 1, 2, 6, 8
Group 3: Mode 3 (Plane)	Mode 0, 1, 2, 3

최근에 발표된 H.264/AVC 화면내 부호기를 위한 고속 부호화 기법에 따르면 8x8 휘도 블록의 특성을 활용하여, 내부의 4x4 블록의 예측 방향을 추정할 수 있다⁸⁾. 본 논문에서는 8x8 휘도 블록에 대해 구한 Pre-mode 2를 활용해서 다음과 같이 Intra 4x4 블록의 후보 예측군에 대해서만 예측 방향을 탐색한다.

- Pre-mode2=1인 경우에는 내부의 각 4x4 블록들은 표 3에서 그룹 1으로 판정하고, Intra4x4 예측 방향 0, 2, 5, 7에 대해서만 탐색한다.
- Pre-mode2=2인 경우에는 Intra4x4 예측 방향 1, 2, 6, 8에 대해서만 탐색한다.
- Pre-mode2=3인 경우에는 Intra4x4 예측 방향 0, 1, 2, 3에 대해서만 탐색한다.

참고로 Intra4x4 예측 모드의 예측 방향 중에 예측 방향 2는 ‘DC’ 예측에 해당한다. 원래의 전탐색 알고리즘의 경우 Intra4x4 예측 모드의 경우에는 총 9개의 예측 방향이 있으나, 본 논문에서는 4개의 예측 방향만을 고려하므로, Intra4x4 예측 모드에 대해 56%의 연산량을 줄일 수 있다.

전체적으로 예측 모드의 선택하는 방식을 설명하면, III.1절의 MB 복잡도 판별에 의해서 MB이 단순한 MB으로 판별된 경우에는 III.4절의 휘도 성분의 경우 Intra16x16 예측 모드 중에 Pre-mode 1을 활용하여 총 4가지 예측 방향 중에 2가지에 대해서만 탐색하고 색차 성분을 위한 Intra8x8 예측 모드의 4가지 예측 방향 중에 선정된 2가지 예측 방향만을 탐색한다. 또한 이 경우에는 휘도 성분인 Intra4x4 예측 모드의 9가지 예측 방향에 대한 탐색을 하지 않아도 된다. 즉, 휘도 성분의 경우 4개의 Intra16x16 예측 방향 중에 2개, 각 16개 4x4 블록별로 9가지의 예측 방향 중에 5개, 색차 성분인 2개의 8x8 블록에 대해 각 4개의 예측 방향 중에 2개를 탐색하지 않으므로, 연산량의 감축을 기대할 수 있다.

복잡한 MB의 경우에는 Pre-mode 2를 활용하여, 휘도 성분의 경우 각 내부 4x4 블록별로 Intra4x4 예측 모드의 총 9가지 예측 방향 중에 4가지의 예측 방향에 대해서만 탐색을 하고, 색차 성분의 경우 Intra8x8 예측 모드의 4가지 예측 방향 중에 선정된 2가지 예측 방향만을 탐색해서 모드 선정에 필요한 연산을 감축할 수 있다.

IV. 모의 실험 결과

제안 방식의 성능을 평가하기 위해 변환 부호기

의 구현은 MPEG-2 복호기는 MPEG에서 표준화 과정에서 제시한 소프트웨어 복호기를 사용했고, H.264/AVC 부호기는 JM 10.1 소프트웨어 부호기를 활용하였다. 또한 모의 실험에서 사용한 실험 환경은 표 4에 정리하였다. 그리고 전탐색 방식(FSA; Full Search Algorithm)인 결합형 변환 부호기 및 참고문헌 [5]의 변환 부호기를 제안 방식과의 성능 평가에 사용하였다.

표 4. 모의실험에 사용한 실험 환경

Item	Situation
Simulation hardware	Inter ® Core TM 2: CPU 3.2G Hz, 1GB RAM
Simulation software	Visual C++ 6.0
Test video sequence	Foreman
	News
	Mobile
Quant. Param. (QP)	25, 28, 35, 40
Transcoding algorithms	Cascaded transcoder
	Reference [5]
	Our proposed

또한 제안 기법의 성능 평가를 위해 제안 방식 중에 IV.1절에서는 III.1절의 Intra16x16 및 Intra4x4 모드들간의 선택 성능에 대해서만 알아보기 위해 제안 방식과 유사한 [5]의 방식을 H.264/AVC 부호기에 적용하여 비교하였고, IV.2절에서는 전체 변환 부호기에 대해 제안 방식과 전탐색 방식(FSA; Full Search Algorithm)인 결합형 변환 부호기 (cascaded transcoder) 및 참고문헌 [5]의 변환 부호기를 성능 평가에 사용하였다.

4.1 Luminance Intra mode selection (Intra16x16 or Intra4x4)

III.1 절에서 설명한 바와 같이 Intra16x16과 Intra4x4 모드간의 선택을 위한 복잡도 평가함수를 판단하기 위한 경계치(δ)는 양자화 계수(QP; Quantization Parameter)의 함수로 실험을 통해서 얻어진다고 했다. 그림 9는 경계치와 QP와의 상관관계를 보여준다.

그림 10의 실험 결과에 따르면, Intra16x16과 Intra4x4 예측 모드만 선택하는 제안 방식이 비슷한 화질 (PSNR) 및 발생 비트률에서 연산량을 약 20%정도 감축함을 알 수 있고, 다른 실험 영상들을 포함한 평균적인 데이터는 표 5에 요약하여 나타내었다. 또한 그림 11은 총 396개 MB들 중에 4개의 MB만이 다르게 선정되었고, 또한 다르게 선정된 MB도 특성이 비교적 단순한 MB으로 Intra16x16으로

선정해도 부호화 효율 측면에서는 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

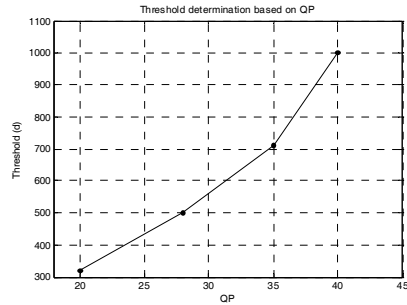
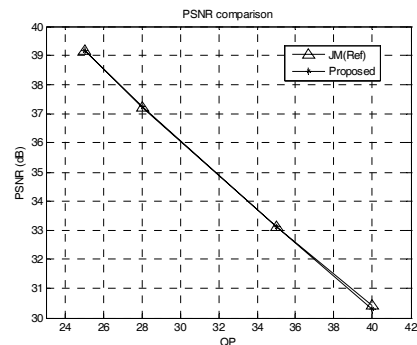
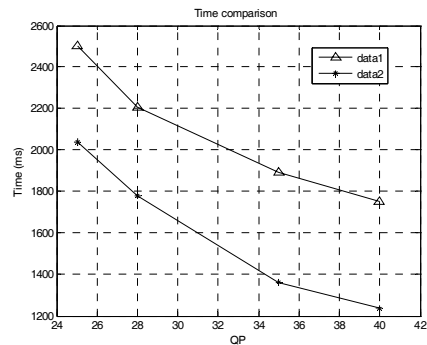


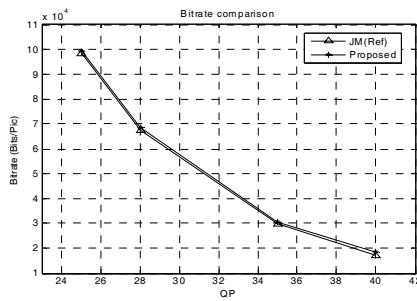
그림 9. QP-경계치간의 관계 (Foreman 영상)



(a)

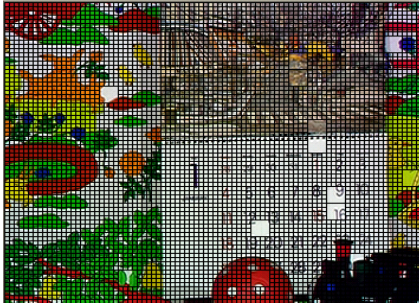


(b)



(c)

그림 10. Foreman 영상에 대한 성능평가, (a) PSNR, (b) 연산시간, (c) 발생 비트률



(a) JM 10.1 부호기의 모드 선택



(b) 제안 기법의 모드 선택

그림 11. 화면내 예측 모드의 선택 비교

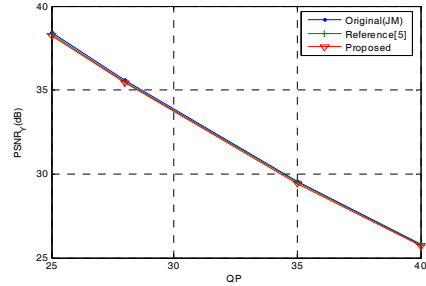
표 5. 화면내 MB의 예측 모드(Intra16x16 vs Intra4x4) 선정 기법의 평균 성능 평가

Seq.	QP	Δ PSNR (dB)	Δ Bitrate (%)	Time Saving (%)
Foreman	25	-0.001	+1.04	22.67
	28	+0.024	+1.05	23.69
	35	-0.010	+3.40	28.08
	40	-0.120	+4.50	29.49
News	25	-0.090	+0.23	25.21
	28	-0.007	+0.35	28.58
	35	+0.035	+0.71	36.69
	40	-0.050	+2.50	42.01
Mobile	25	-0.023	-0.01	12.59
	28	-0.014	+0.00	15.84
	35	+0.003	+0.05	12.03
	40	-0.022	+0.04	20.52

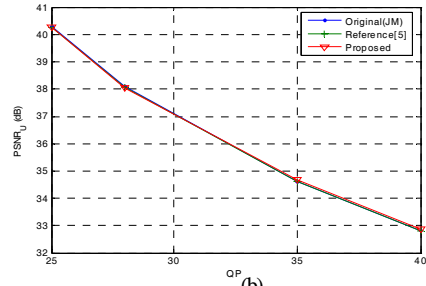
4.2 제안한 변환 부호기의 성능 평가

그림 12에 실험 영상 'Foreman'에 대한 성능 평가 결과를 나타내었다. 그림 12의 (a), (b), 및 (c)의 결과는 제안 방식 및 [5]의 방식은 공히 최적의 성능을 나타내는 결합형 변환 부호화기와 PSNR과 비트를 측면에서 거의 동일한 성능을 보임을 알 수 있다. 이는 제안 방식과 [5]의 방식이 실제 시스템에 적용이 될 경우에도 부호화 성능 측면에서 거의 손실이 없이 사용될 수 있음을 의미한다. 그러나 그림 12의 (d)에서 보인 변환 부호화에 따른 부호화 연산 시간의 비교는 제안 방식이 결합형 변환 부호

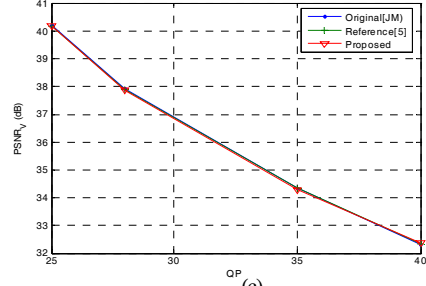
화기에 비해 최대 70%의 연산 시간 감축을 기대할 수 있고, 또한 참고문헌 [5]의 방식에 비해서도 40%의 연산 시간이 감축됨을 확인 할 수 있었다. 이는 III.1절의 Intra16x16 및 Intra4x4간의 모드 선택에서는 참고문헌 [5]에 얻은 약간의 연산시간의 개선과 III.2-5절에서 보인 단계적인 선택에 의한 모드 선택과정을 생략할 수 있도록 함으로써, DCT 및 HT간의 변환과정을 모두 수행하는 [5]에 비해서 높은 연산시간 감축효과를 얻은 결과로 판단된다.



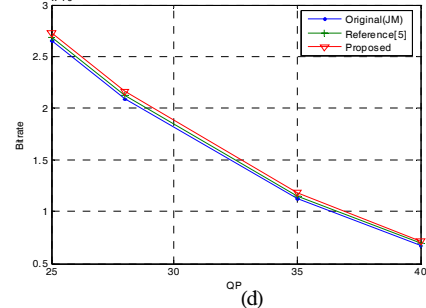
(a)



(b)



(c)



(d)

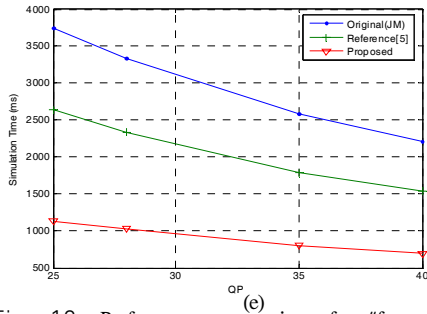


Fig. 12. Performance comparison for "foreman.cif" (a) PSNR for Y, (b) PSNR for U, (c) PSNR for V (d) Bitrate, (e) Encoding time

V. 결론

본 논문에서는 MPEG-2-H.264/AVC 변환 부호기 중에 화면내 부호기의 연산량 감축을 위한 부호화 모드 선택 기법을 제안하였다. 제안 방식은 참고문헌 [5]에서 제시한 Intra16x16 및 Intra4x4 모드간의 선택기법을 채택하고, 이에 더불어 간략한 평가함수를 도입해서 복잡도를 감축하였고, 추가적으로 휘도 성분과 색차 성분의 경계 특성의 유사성과 부호화 과정에서 얻어진 DCT 계수의 방향성을 활용하여 휘도 성분의 Intra16x16 및 색차 신호의 Intra8x8 모드들의 예측 방향 결정하는데 필요한 연산들을 효과적으로 생략하는 기법을 제시하였다. 또한 휘도 성분 8x8블록과 4x4 블록의 예측 방향들간의 통계적인 상관성(correlation)에 대한 결과를 활용하여, Intra4x4 모드의 예측 방향을 결정하는데 필요한 연산을 감축하였다. 제안 방식은 기존에 널리 사용되는 결합형 변환 부호기에 비해 최대 약 70%의 연산량을 감축할 수 있음을 보였고, 대표적인 연산량 감축 기법인 참고문헌 [5]의 기법에 비해 최대 40%의 연산량을 감축할 수 있음을 보였다. 제안 방식은 향후 MPEG-2 방식으로 저장된 콘텐츠들을 DMB와 같은 휴대 단말기로 전송 및 배포할 때 널리 활용될 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] ISO/IEC 13818-2, Information Technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information, 2000
- [2] ISO/IEC 14496-10 and ITU-T Rec. H.264, Advanced Video Coding (AVC), 2003
- [3] Implementation Studies Group, Main Results

of the AVC Complexity Analysis, MPEG Document N4964, ISO/IEC JTC11 / SC29 / WG11, July 2002.

- [4] ---, "네트워크 및 단말기 적응화를 위한 동영상 변환 부호화 기법", 한국멀티미디어 학회지, 11(1), 2007년 3호
- [5] H. Kalva, B. Petljanski, "Exploiting the directional features in MPEG-2 for H.264 Intra transcoding", IEEE Trans. on Consumer Electronics, 52(2), pp. 706-711, May 2006
- [6] L. Wang, Q. Wang, Y. Liu, W. Lu, "A fast Intra mode decision algorithm for MPEG-2 to H.264 video transcoding", in Proc. IEEE ISCE, pp. 1 - 5, June 2006
- [7] B. Shen and I. Sethi, "Direct feature extraction from compressed images," in Proc. SPIE Storage & Retrieval for Image and Video Database, 2670(4), 1996.
- [8] ---, "A hierarchical mode decision method for the fast H.264/AVC intraframe coding," in Proc. IEEE ICCE, Jan. 2008

Xingang Liu

정회원



2000년 2월 UESTC, China 전 자통신공학과 학사
 2005년 8월 영남대학교 정보통신공학과 석사
 2005년 9월~현재 영남대학교 정보통신공학과 박사과정
 <관심분야> 멀티미디어통신, 변환부호기, 표준 동영상 부호기(MPEG-x, H.26x)

유 국 열 (Kook-yeol Yoo)

정회원



1991년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 1993년 2월 한국과학기술원전기및전자공학과 석사
 1998년 8월 한국과학기술원전기및전자공학과 박사
 1998년 3월~2001년 3월 삼성

전자 중앙연구소 책임연구원
 2001년 4월~현재 영남대학교 전자정보공학부 부교수
 <관심분야> 멀티미디어통신, 영상압축, 영상처리