

논문 2009-46SP-3-11

H.264/AVC에서 화면 간 예측 모드의 압축 성능 향상을 위한 적응적인 계수 탐색 방법

(Adaptive Coefficient Scanning for Inter-prediction Mode in H.264/AVC)

백 승 진*, 박 천 수*, 고 성 제**

(Seung-Jin Baek, Chun-Su Park, and Sung-Jea Ko)

요 약

H.264/AVC는 높은 압축 성능을 보이는 현존하는 가장 우수한 비디오 부호화 표준이다. H.264/AVC는 양자화된 변환 계수를 부호화하기 위해 지그재그 탐색 방법을 채택하고 있다. 하지만 이 방법은 모든 블록의 양자화된 변환 계수를 블록의 특성을 고려하지 않고 동일한 순서로 탐색하기 때문에 효과적이지 못하다. 따라서 본 논문에서는 H.264/AVC의 화면 간 예측에서 압축 효율을 증가시키기 위한 적응적인 계수 탐색 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는, 이전 블록들의 정보를 기반으로 각 화면 간 예측 모드의 계수 탐색 순서를 조절한다. 실험 결과는 제안하는 적응적인 계수 탐색 방법은 고화질의 HD 영상에서 2.29%의 압축 효율 향상을 보여준다.

Abstract

H.264/AVC is the state-of-the-art video compression standard which achieves high coding efficiency compared with the previous standards. H.264/AVC adopts zig-zag scanning in order to encode quantized transform coefficients in a block. However, its performance is not satisfactory because all blocks are scanned in the fixed order without considering the characteristics of blocks. This paper presents an adaptive coefficient scanning method for improving inter coding efficiency in H.264/AVC. In the proposed method, the coefficient scanning order for each prediction mode is adaptively controlled based on the information of previously-coded blocks. The experimental results show that the proposed coefficient scanning method improves the coding efficiency about 2.29% for high-quality HD sequences.

Keywords : 계수 탐색, H.264, 화면 간 예측

I. 서 론

현존하는 가장 우수한 비디오 부호화 표준인 H.264/AVC는 다양한 모바일 TV의 표준과 차세대 DVD 저장 방식으로 채택되고 있으며, H.263 등의 이전 비디오 부호화 표준을 대체해 나가고 있다. 이와 같은 변화는 일반 사용자에게 HD 급의 고해상도 영상 서비스를 가능하게 하였다. 하지만 지금까지의 비디오 압축 부호화의 발전에서 알 수 있듯이, 현 시점에서 범용적인 영상보다 더 크고, 더 좋은 화질을 갖는 영상에 대한

사용자들의 요구는 향후 증가하게 될 것이다. 최근, H.264/AVC의 표준화를 진행한 Joint Video Team (JVT)를 구성하고 있는 ITU-T SG16 Video Coding Experts Group (VCEG) 과 ISO/ICE WG11 Moving Picture Experts Group (MPEG)은 H.264의 뒤를 잇는 차세대 비디오 압축의 표준화를 진행하기 위해 준비하고 있다. ITU-T VCEG에서는 이미 2005년부터 Key Technical Area (KTA) 라는 이름으로 차세대 비디오 표준에 대한 선행 연구를 진행해왔으며^[1], KTA는 현재 Joint Model (JM) 참조 소프트웨어 11.0 버전^[2]을 기반으로 2.2 버전까지 개발되었다^[3].

H.264/AVC 표준은 비디오 압축 성능을 높이기 위하

* 학생회원, ** 평생회원, 고려대학교 전기전자전파공학과
(Dept. of Electrical Engineering, Korea University)
접수일자: 2008년12월5일, 수정완료일: 2009년4월13일

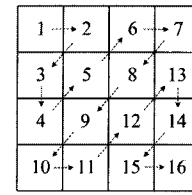
여 4x4 블록 단위의 움직임 보상 (4x4 block motion-compensation)과 정수 기반의 4x4 변환 (integer 4x4 transform), 화면 내 부호화 시 방향적 공간성 이용 예측 (directional spatial prediction for intra coding), 높은 압축 성능을 보이는 엔트로피 부호화 방법 등의 새로운 기술을 채택하고 있다^[4]. 4x4 블록 단위의 움직임 보상 및 변환 후, 변환 계수 값은 4x4 블록 지그재그 계수 탐색 방법(zig-zag scanning)에 의해 1차원 정렬된다. 지그재그 계수 탐색 방법은 영상의 이산 여현 변환(discrete cosine transform, DCT) 시 영상의 에너지가 저주파 성분에 모이는 현상을 이용하여, 저주파 부분부터 계수를 정렬한다. 하지만 지그재그 계수 탐색 방법은 부호화되는 블록의 특성을 고려하지 않고 고정된 방법으로 적용되므로, 효과적인 탐색 방법을 이용한다면 부호화의 성능은 더 향상될 수 있다. H.264에서 사용되는 화면 내 예측 모드의 경우, 방향성을 나타내는 공간적 예측 방법을 사용하므로 변환 계수의 분포가 예측 방향에 영향을 받게 된다. 우리의 예전 연구^[5]와 Y.-L. Lee, D.-Y. Kim 등은^[6~7], 이와 같은 성질을 이용하여 추가적인 계수 탐색 방법을 제안하여 부호화의 압축 성능을 향상시켰다. 하지만 화면 간 예측 모드의 경우, 움직임 보상 기반 예측 방법이므로 인접 블록의 방향성을 이용하는 계수 탐색 방법은 적용하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는, 화면 간 예측 모드에서 적응적으로 계수 탐색을 하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는, 4x4 블록의 휘도 성분 (Y) 과 색차 성분 (Cb, Cr) 각각에 대해 이전 블록들에서 0이 아닌 계수가 나타나는 위치를 이용하여 계수 탐색 순서를 결정한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 다음 장에서는 H.264/AVC 표준의 화면 간 예측 모드의 잔여 영상 부호화에 대해 간략히 설명하고, III장에서는 제안하는 적응적인 계수 탐색 방법을 소개한다. IV장에서 실험 및 결과를 기술하였으며, V장에서 결론을 맺는다.

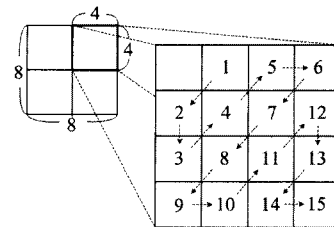
II. H.264에서 화면 간 예측 모드의 잔여 영상 부호화

1. H.264의 계수 탐색 방법

H.264는 기존의 비디오 압축 표준들과는 달리 4x4 블록 단위의 직교 변환을 사용한다. 화면 간 예측 모드에서 휘도 신호의 경우, 잔여 영상 성분에 대해 4x4 블



(a)



(b)

그림 1. 지그재그 탐색 방법의 순서: (a) 4x4 블록 휘도 신호, (b) 8x8 블록 색차신호

Fig. 1. Scanning orders of zig-zag scanning: (a) 4x4 luma samples, (b) 8x8 chroma samples.

록 단위의 DCT 및 양자화를 수행한 후, 지그재그 탐색 방법을 사용하여 계수를 1차원으로 정렬한다. 그림 1은 4x4 휘도 신호 블록과 8x8 색차 신호 블록의 지그재그 탐색 방법을 나타낸다. 4:2:0 YCbCr 포맷의 영상에서, 색차 신호 블록은 4개의 4x4 블록으로 분할되어 DCT 및 양자화를 거치게 되며, 각 4x4 블록의 DC 성분만을 모아 2x2 블록의 하다마드 변환 (discrete hadamard transform, DHT)을 수행한다. 그림 1의 (b)에서와 같이, 색차 신호의 AC 성분은 휘도 신호와 같이 4x4 지그재그 탐색 방법으로 1차원 정렬된다. 정렬된 계수는 0의 개수와 계수 값으로 구분되어 H.264 표준이 채택한 문맥기반 적응적 가변길이 부호화 (context-adaptive variable length coding, CAVLC) 혹은 문맥기반 적응적 이진 산술부호화 방식 (context-adaptive binary arithmetic coding, CABAC)^[8]으로 엔트로피 부호화 된다. CABAC은 CAVLC에 비해 더 복잡한 부호화 방법으로, 본 논문에서는 CAVLC을 기반으로 제안하는 방법을 설명한다.

2. 문맥기반 적응적 가변길이 부호화 (CAVLC)

CAVLC 방식의 부호화는 계수 값인 크기 (level), 0의 연속 개수인 런 (run) 그리고 그 외의 정보들을 조합하여 부호화하는 방법이다. 1차원 정렬된 계수 값들은 0이 아닌 계수 값과 0의 조합으로 이루어지며, CAVLC는 이러한 특성을 이용하여 run-level 부호화를 사용한다. 다음은 CAVLC에서 변환 후 양자화된 계수

를 부호화하기 위해 필요한 데이터 요소들이다.

가. TotalCoeffs와 TrailingOnes

TotalCoeffs는 하나의 4x4 블록에서 0이 아닌 계수들의 수를 의미한다. 또한, CAVLC에서는 변환 후 양자화된 계수 값은 저주파 성분에 높은 값이 존재하고 고주파 성분에 낮은 값이 존재하게 되며, 일반적으로 가장 고주파 계수들은 ±1의 값을 갖는다. TrailingOnes는 이러한 특성을 이용하여 부호화되는 가장 고주파 계수의 ±1 수를 의미한다. 만약 TrailingOnes의 값이 3 이상이면 역순서로 3개가 특별한 경우로 취급되고 나머지 ±1의 값은 0이 아닌 계수로 취급된다. CAVLC는 미리 부호화된 근접한 블록 간의 0이 아닌 계수들의 수가 상관성이 있음을 이용하여, 근접한 위쪽과 왼쪽 블록의 TotalCoeffs 값으로 현재 블록의 TotalCoeffs와 TrailingOnes를 부호화하기 위한 가변길이 부호화(VLC) 참조 테이블을 결정한다.

나. TrailingOnes의 부호 정보 부호화

부호화된 TrailingOnes의 부호 정보 (sign information)는 가장 고주파에서 저주파의 역 순서로 진행하며 각각 1비트를 사용하여 부호화 된다.

다. 0이 아닌 계수의 크기 부호화

TrailingOnes에 포함된 ±1의 계수 값들을 제외한 0이 아닌 계수들의 level은 저주파 성분의 level이 고주파 성분의 level에 비해 더 큰 특성을 고려하여 역 순서로 부호화된다.

라. TotalZeroes 와 RunBefore

TotalZeroes는 마지막 0이 아닌 계수의 앞에 존재하는 모든 0의 개수를 의미한다. 이 값은 VLC로 부호화되어, 정렬된 계수 값의 시작 부분에 존재하는 0을 부호화할 필요가 없도록 한다. 각 0이 아닌 계수 사이에 존재하는 0의 수를 나타내는 RunBefore는 마지막 0이 아닌 계수에서 부터 역 순서로 부호화되며, 각 0이 아닌 계수마다 부호화되어야 한다. RunBefore의 총합이 TotalZeroes와 같아지는 경우 즉, 부호화될 0이 남아있지 않는 경우에는 더 이상 RunBefore를 부호화할 필요가 없다. 또, 역 순서로 마지막 0이 아닌 계수(가장 낮은 저주파)에 대한 RunBefore는 부호화되지 않더라도 TotalZeroes를 이용하면 복호가 가능하므로 부호화할

필요가 없다.

계수의 1차원 정렬 시, 0이 아닌 계수가 상대적으로 앞 쪽에 배열되게 하여 TotalZeroes와 RunBefore의 값을 작게 한다면 비트율 측면에서 이득을 볼 수 있다. 본 논문에서는 이러한 이득을 위하여 적응적인 계수 탐색 방법을 제안한다.

III. 적응적인 계수 탐색 방법

한 프레임 내에서, 일반적으로 화소 값들은 서로 비슷한 주파수 영역에 존재한다. 이러한 현상을 이용하여, 본 논문에서는 각 주파수 위치의 0이 아닌 계수의 발생 빈도를 이용하여 계수 탐색 순서를 조절하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 각 계수의 위치에 대하여 0이 아닌 계수의 발생 빈도를 각 화면 간 예측 모드 별로 누적하여 저장한다. 누적된 발생 빈도 정보를 이용하여, 0이 아닌 계수가 가장 많이 발생한 위치를 먼저 탐색한다.

1. 계수 탐색 순서 결정 알고리즘

한 프레임에서 n 번째 4x4 휘도 신호 블록을 C_n 으로 정의하자. C_n 은 지그재그 탐색 순서로 정렬된 1차원 벡터로 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$C_n = \begin{bmatrix} c_n^1 \\ \vdots \\ c_n^i \\ \vdots \\ c_n^{16} \end{bmatrix}, \quad i = 1, 2, \dots, 16 \quad (1)$$

c_n^i 은 지그재그 탐색 순서로 i 번째 위치의 계수 값을 의미한다. 제안하는 방법은 각 위치에서 발생한 0이 아닌 계수의 발생 빈도를 누적한다. 1 번째 블록부터 $n-1$ 번째 블록까지의 0이 아닌 계수의 발생 빈도를 누적하여 저장하기 위한 벡터 Y_n 은 식 (2)와 같이 정의된다.

$$Y_n = \begin{bmatrix} y_n^1 \\ \vdots \\ y_n^i \\ \vdots \\ y_n^{16} \end{bmatrix}, \quad i = 1, 2, \dots, 16 \quad (2)$$

y_n^i 는 $n-1$ 번째 블록까지 i 번째 계수 값에서 0이 아닌

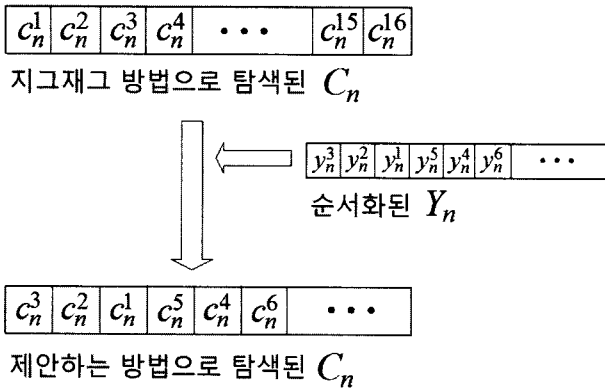


그림 2. 제안하는 적응적인 계수 탐색의 예
Fig. 2. Example of the proposed adaptive coefficient scanning.

계수가 발생한 빈도를 나타낸다. 제안하는 방법에서는, C_n 을 탐색하기 전에 $n-1$ 번째 블록까지 각 위치에서 0이 아닌 계수가 발생하는 빈도의 순서를 알기 위해 y_n^i 를 내림차순 정렬한다. y_n^1 부터 y_n^{16} 의 값 중, 가장 큰 y_n^i 의 인덱스 i 는 제안하는 방법에서 가장 먼저 정렬될 계수 c_n^i 의 인덱스를 가리킨다. 그림 2는 제안하는 방법의 예제를 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이, 내림차순 정렬된 y_n^i 의 값이 ($y_n^3, y_n^2, y_n^1, y_n^5, y_n^4, y_n^6, \dots$) 와 같다면 c_n^1 에서 c_n^{16} 의 계수 값은 ($c_n^3, c_n^2, c_n^1, c_n^5, c_n^4, c_n^6, \dots$) 의 순서로 탐색된다. 탐색이 끝나고 n 번째 4x4 블록이 부호화 되면, 다음 $n+1$ 번째 블록을 위해 n 번째 블록의 0이 아닌 계수의 발생 정보를 아래 식 (3) 으로 갱신한다.

$$Y_{n+1} = Y_n + K_n \quad (3)$$

여기서 K_n 은 다음과 같다.

$$K_n = \begin{bmatrix} k_n^1 \\ \vdots \\ k_n^{16} \end{bmatrix}, k_n^i = \begin{cases} 1, & \text{if } c_n^i \neq 0 \\ 0, & \text{if } c_n^i = 0 \end{cases} \quad (4)$$

회도 신호의 경우와 유사하게, 제안하는 방법에서는 각 색차 신호의 0이 아닌 계수 발생 빈도를 이용하여 색차 신호 계수를 탐색한다. 색차 신호 블록은 AC 성분 15 곳의 위치에 대해 계수 탐색 방법이 적용된다. 색차 신호 Cb, Cr 각각에 대해 0이 아닌 계수의 발생 빈도를 저장할 벡터 U_n 과 V_n 은 다음과 같이 정의한다.

$$U_n = \begin{bmatrix} u^1 \\ \vdots \\ u^i \\ \vdots \\ u^{15} \end{bmatrix}, V_n = \begin{bmatrix} v^1 \\ \vdots \\ v^i \\ \vdots \\ v^{15} \end{bmatrix}, i = 1, 2, \dots, 15 \quad (5)$$

제안하는 방법에서 n 번째 각 색차 신호 블록은 회도 신호가 Y_n 을 이용한 것과 같은 방법으로 U_n 과 V_n 를 이용하여 계수를 탐색한다. 또한, 각 n 번째 색차 신호 블록의 부호화가 끝나면, $n+1$ 번째 색차 신호 블록을 위해 U_n 과 V_n 를 갱신한다.

2. 모드에 따른 알고리즘의 적용

H.264에서, 화면 간 예측 모드는 16x16, 16x8, 8x16, 8x8의 크기가 사용되며 8x8 모드의 경우 다시 8x8, 8x4, 4x8, 4x4 모드로 나뉘게 된다. 각 모드의 예측 차 신호 (prediction residue)는 4x4 블록 크기로 나뉘어 계수를 탐색하고 엔트로피 부호화를 하게 된다. 표 1은 "SOCCER" 영상 100 프레임을 QP 20으로 부호화하였을 때 16x16 모드와 8x8 모드에서 0이 아닌 계수가 존재하는 비율을 나타낸다. 표 1에 나와 있는 4x4 블록의

표 1. SOCCER 영상의 모드에 따른 0이 아닌 계수 분포 확률
Table 1. Nonzero Coefficients Distribution of Each Mode for "SOCCER" sequence.

지그재그순서 주파수 위치		1	2	3	4	5	6	...
모드 별	16x16	18.80	11.01	11.97	11.96	8.86	8.67	...
	분포 순위	1	4	2	3	5	6	...
분포 (%)	8x8	17.46	9.97	10.96	11.33	8.14	8.22	...
	분포 순위	1	4	3	2	6	5	...

표 2. 실험 환경 설정
Table 2. Experimental Conditions.

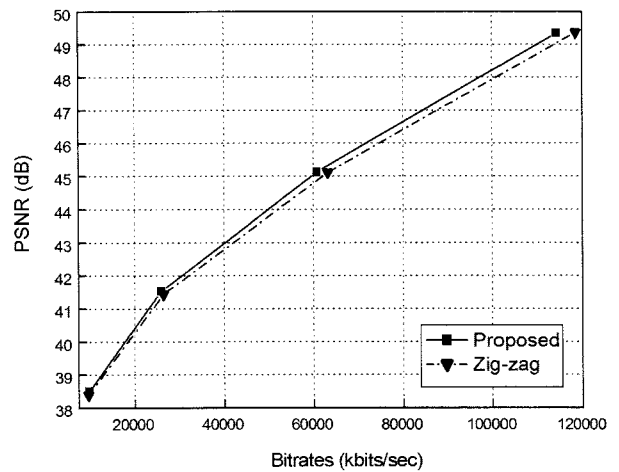
설정 변수	값
프레임 율	4CIF : 30Hz
	720p : 60Hz
GOP 구조	IPPP
전체 프레임 수	100 frames
참조 영상 수	4 frames
움직임 탐색 범위	± 64
움직임 예측 방법	EPZS search algorithm
엔트로피 부호화	CAVLC

왼쪽-위 코너 6개 주파수 위치의 계수 분포를 통해, 화면 간 예측 모드에 따라 0이 아닌 계수가 존재하는 분포는 달라질 수 있음을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서는 화면 간 예측 모드를 구분하여 제안하는 계수 탐색 알고리즘을 적용한다. 16x16, 16x8, 8x16, 8x8 모드 별로 화면 간 예측을 수행한 뒤, 4x4 블록 단위의 0이 아닌 계수의 발생 빈도를 각각 저장한다. 한 매크로블록을 엔트로피 부호화하는 경우, 각 모드의 계수 탐색 순서는 각 모드의 누적된 계수 발생 정보에 따라 결정된다. 비트율-왜곡 최적화 기법(rate-distortion optimization, RDO)에 따라 하나의 모드가 최적 모드로 결정되면, 그 모드의 휘도, 색차 신호 계수 발생 정보는 식 (3)과 같이 갱신되며 그 이외의 모드는 갱신되지 않고 이전 매크로블록에서의 계수 발생 정보를 유지한다. 매 프레임에서 첫 매크로블록을 부호화하는 경우, 계수 탐색 순서는 지그재그 순서와 동일하게 이루어진다. 이와 같은 방법은 복호기에서도 동일하게 적용되어, 복호되는 매크로블록의 모드에 따라 모드 별 계수 발생 정보를 갱신함으로써 추가적인 정보없이 부호화가 가능하다.

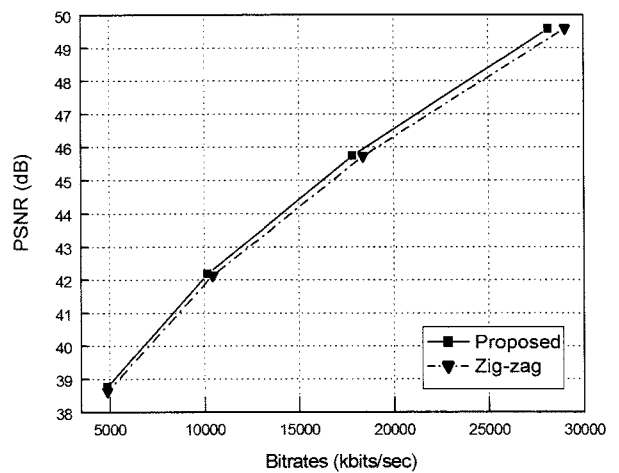
IV. 성능 평가 및 분석

제안하는 적응적인 계수 탐색 방법은 H.264/AVC의 참조 소프트웨어인 JM 11.0에 구현되어 기존의 지그재그 탐색 방법과 비교하였다. 비교 실험에서는 고해상도 영상에서의 성능 검증을 위해 3개의 4CIF (704x576) 영상과 3개의 HD 720p (1280x720) 영상을 실험하였다. 실험 환경 설정은 아래 표 2 와 같다. 모든 실험에서 첫 I 프레임을 제외한 모든 프레임은 P 프레임으로 설정하였다. 또한 고화질 영상에서의 성능 검증을 위해 12, 16, 20, 24의 QP 값을 사용하였다. 그 외의 실험 환경은 VCEG-AE10 문서의 권장 실험 환경^[9]을 참고하였다.

표 3~4와 그림 3은 4CIF, 720p 영상에 대한 실험 결과를 나타낸다. 많은 실험 결과에서 비트율은 감소하고 PSNR은 증가하는 결과를 볼 수 있다. 이는 제안된 계수 탐색 방법이 모드 결정 단계에서 적용되어, 비트율-왜곡 최적화 기법으로 최적의 모드를 선택할 시 더 좋은 비트율-왜곡 비용 (RDcost)을 갖는 모드를 선택하게 되기 때문이다. 그림 3의 비트율-왜곡 커브를 통해, 낮은 비트율 보다 높은 비트율에서 더 좋은 성능을 보인다는 것을 알 수 있다. 이는 제안하는 방법이 잔여 영



(a)



(b)

그림 3. 비트율-왜곡 커브 비교:

(a) BigShips(720p), (b) Soccer(4CIF)

Fig. 3. Comparison of the rate-distortion curves:

(a) BigShips(720p), (b) Soccer(4CIF).

상 데이터가 많이 존재할수록 더 효과적으로 작용하는 것을 나타낸다. 평균 비트율 이득을 의미하는 BD-Rate^[10] 측면에서는, 4CIF 영상의 경우 1.98%, 720p 영상에서는 2.29%의 비트율 이득을 보여준다.

V. 결 론

본 논문에서는 H.264의 화면 간 예측 모드의 압축 성능 향상을 위해 0이 아닌 계수의 발생 빈도를 누적, 이용하는 적응적인 계수 탐색 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 720p 영상의 경우 2.29%의 BD-Rate 이득을 보여준다. 실험 결과에서 알 수 있듯이, 제안하는 방법은 높은 비트율에서 더 좋은 성능을 보이므로 고화질과

표 3. 4CIF 영상의 실험 결과

Table 3. Experimental results of 4CIF sequences.

영상 종류	QP	H.264/AVC		제안된 방법		BD-Rate (%)	BD-PSNR (dB)
		비트율(kbits/s)	PSNR(dB)	비트율(kbits/s)	PSNR(dB)		
City (4CIF)	12	33063.4	49.44	32562.3	49.42	-1.68	0.10
	16	21340.1	45.40	20959.9	45.39		
	20	12049.0	41.67	11784.9	41.65		
	24	4883.2	38.00	4841.4	38.03		
Harbour (4CIF)	12	35107.6	49.43	34878.6	49.42	-1.00	0.08
	16	23685.1	45.44	23442.4	45.43		
	20	15286.1	41.94	15085.1	41.93		
	24	9102.3	38.79	8995.6	38.80		
Soccer (4CIF)	12	28994.1	49.58	28119.0	49.56	-3.28	0.21
	16	18376.9	45.72	17810.5	45.72		
	20	10430.2	42.13	10151.4	42.18		
	24	4885.9	38.63	4855.2	38.75		

표 4. 720p 영상의 실험 결과

Table 4. Experimental results of 720p sequences.

영상 종류	QP	H.264/AVC		제안된 방법		BD-Rate (%)	BD-PSNR (dB)
		비트율(kbits/s)	PSNR(dB)	비트율(kbits/s)	PSNR(dB)		
City (720p)	12	137071.2	49.65	135317.6	49.64	-1.41	0.08
	16	86516.6	45.62	85205.7	45.61		
	20	46532.6	41.86	45556.3	41.84		
	24	16456.1	38.20	16413.1	38.22		
BigShips (720p)	12	118497.1	49.36	114207.8	49.33	-4.05	0.18
	16	63261.1	45.11	60708.6	45.12		
	20	26429.8	41.44	25917.7	41.53		
	24	9673.8	38.39	9813.2	38.52		
ShuttleStart (720p)	12	62732.8	50.18	61595.8	50.16	-1.42	0.04
	16	26025.8	46.60	25733.2	46.62		
	20	9012.3	44.03	9019.5	44.06		
	24	3739.1	41.80	3748.7	41.80		

고해상도의 영상에 대해 더 효과적인 부호화 성능을 기대할 수 있다.

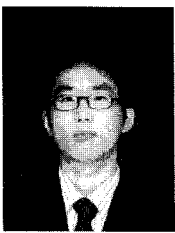
참고 문헌

- [1] G. Sullivan, "Draft meeting report for 26th VCEG meeting," ITU-T Q.6/SG16, VCEG-Z01, Busan, Korea, April 2005.
- [2] H.264/AVC JM reference software version 11.0 [Online]. Available: <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/>
- [3] H.264/AVC KTA software version 2.2 [Online]. Available: <http://www.tnt.uni-hannover.de/~vatis/kta/>
- [4] T. Wiegand, G. Sullivan, G. Bjontegaard, and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech.*, vol. 13, no. 7, pp. 560-576, July 2003.
- [5] B.-D. Choi, J.-H. Kim, and S.-J. Ko, "Adaptive coefficient scanning based on the intra prediction mode," *ETRI Journal*, vol. 29, no. 5, pp. 694-696, October 2007.
- [6] Y.-L. Lee, K.-H. Han, D.-G. Sim, and J. Seo, "Adaptive Scanning for H.264/AVC intra coding," *ETRI Journal*, vol. 28, no. 5, pp. 668-671, October 2006.
- [7] D.-Y. Kim, D.-K. Kim, and Y.-L. Lee, "Adaptive scanning using pixel similarity for H.264/AVC," *IEICE Trans. Fundamentals*, vol. E90-A, no. 5, pp. 1112-1114, May 2007.
- [8] D. Marpe, H. Schwarz, and T. Wiegand, "Context-adaptive binary arithmetic coding in the H.264/AVC video compression standard," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech.*, vol. 13, issue 7, pp. 620-636, July 2003.

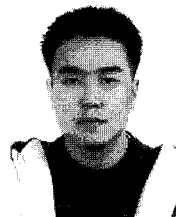
[9] TK Tan, G. Sullivan, and T. Wedi, "Recommended simulation common conditions for coding efficiency experiments revision 1," ITU-T Q.6/SG16 VCEG, VCEG-AE10, Marrakech, Morocco, January 2007.

[10] G. Bjontegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," ITU-T Q.6/SG16 VCEG, VCEG-M33, Austin, USA, April 2001.

저 자 소 개



백 승 진(학생회원)
 2007년 고려대학교 전기전자전파
 공학부 학사 졸업.
 2009년 현재 고려대학교
 전자전기공학과
 석박사통합과정 재학.
 <주관심분야 : 비디오 신호처리,
 멀티미디어 압축 및 통신>



박 천 수(학생회원)
 2003년 고려대학교 전기전자전파
 공학부 학사 졸업.
 2009년 고려대학교 전자컴퓨터
 공학과 박사 졸업.
 <주관심분야 : 비디오 신호처리,
 멀티미디어 통신, 에러 은닉 기
 술>



고 성 제(평생회원)
 1980년 고려대학교
 전자공학과 학사 졸업.
 1985년 State Univ. of New York
 at Buffalo 전기 및 컴퓨터
 공학과 석사 졸업.
 1988년 State Univ. of New York
 at Buffalo 전기 및
 컴퓨터공학과 박사 졸업.
 1988년~1992년 The Univ. of Michigan,
 Dearborn 전기 및 컴퓨터공학과 조교수
 1996년 11월 IEEE APCCAS best paper award
 1997년 12월 대한전자공학회 해동논문상 수상
 1999년 11월 한국통신학회 LG 학술상
 2000년 IET Fellow
 2004년 3월 고려대 훌륭한공대교수상(학술 부문)
 1992년~현재 고려대학교 전기전자전파공학과
 정교수
 2008년~현재 대한전자공학회 부회장
 <주관심분야:영상처리 및 압축, 멀티미디어통신>