

일반논문-08-13-5-17

다차원 DCT를 이용한 비디오 부호화기 설계

전수열^{a)†}, 최우진^{a)}, 오승준^{a)}, 정세윤^{b)}, 최진수^{b)}, 문경애^{b)}, 홍진우^{b)}, 안창범^{a)}

Design of video encoder using Multi-dimensional DCT

S. Y. Jeon^{a)†}, W. J. Choi^{a)}, S. J. Oh^{a)}, S. Y. Jeong^{b)}, J. S. Choi^{b)}, K. A. Moon^{b)},
J. W. Hong^{b)}, and C. B. Ahn^{a)}

요 약

본 논문은 H.264/AVC가 이전의 비디오 코덱에서 사용하는 8×8 변환이 아닌 4×4 변환을 도입하면서 인트라 및 인터 예측 성능을 높인 반면 공간적 압축도가 낮은 점을 개선하기 위한 다차원 변환 방법을 제안한다. 다차원 변환 방법은 H.264/AVC가 갖는 시간적 예측의 장점과 공간적 압축도를 동시에 충족시킬 수 있는 방법이다. 먼저 실험을 통해 다차원 DCT가 H.264/AVC의 2차원 정수 변환(Integer Transform)보다 에너지 압축율이 높다는 것을 보였다. 다차원 DCT를 위한 정수형 변환과 양자화기를 설계하였으며, H.264에서 사용하는 컨텍스트 기반 적응 가변 길이 코딩(CAVLC)을 엔트로피 코더로 사용하여 다차원 부호화기를 설계하였다. 다차원 부호화기에는 다차원 변환에 따른 블록 주사 방식과 파라미터 갱신, 다차원 변환 모드 선택 등의 도구가 적용되었다. 실험 결과, 다차원 부호화기는 낮은 비트율에서 H.264/AVC와 유사한 압축 효율을 보였지만, 엔트로피와 0이 아닌 계수를 계산하여 비교한 통계적 성능 비교에서는 높은 성능을 보였다. 따라서, 다차원 부호화에 대한 추가적인 연구가 진행된다면 기존의 H.264/AVC의 성능을 보완할 수 있는 부호화 알고리즘으로서 발전할 수 있을 것이다.

Abstract

In H.264/AVC, 4×4 block transform is used for intra and inter prediction instead of 8×8 block transform. Using small block size coding, H.264/AVC obtains high temporal prediction efficiency, however, it has limitation in utilizing spatial redundancy. Motivated on these points, we propose a multi-dimensional transform which achieves both the accuracy of temporal prediction as well as effective use of spatial redundancy. From preliminary experiments, the proposed multi-dimensional transform achieves higher energy compaction than 2-D DCT used in H.264. We designed an integer-based transform and quantization coder for multi-dimensional coder. Moreover, several additional methods for multi-dimensional coder are proposed, which are cube forming, scan order, mode decision and updating parameters. The Context-based Adaptive Variable-Length Coding (CAVLC) used in H.264 was employed for the entropy coder. Simulation results show that the performance of the multi-dimensional codec appears similar to that of H.264 in lower bit rates although the rate-distortion curves of the multi-dimensional DCT measured by entropy and the number of non-zero coefficients show remarkably higher performance than those of H.264/AVC. This implies that more efficient entropy coder optimized to the statistics of multi-dimensional DCT coefficients and rate-distortion operation are needed to take full advantage of the multi-dimensional DCT. There remains many issues and future works about multi-dimensional coder to improve coding efficiency over H.264/AVC.

Keywords: Multi-dimensional transform, DCT, Multi-dimensional quantization, Multi-dimensional coding, Integer transform

1. 서론

H.264/AVC 표준이 기존의 MPEG-4에 비하여 성능의 개선을 이룬 주된 원인은 블록의 크기를 4x4까지 줄여서 움직임 보상의 성능을 대폭 향상시켜 에러를 줄인 것에 기인한다고 할 수 있다^[1,2]. 일반적으로 예측의 크기가 줄어들수록 예측 오차를 줄일 수 있으며, 변환 블록의 크기가 클수록 공간적 중복성을 줄일 수 있다. H.264/AVC 표준은 기존의 비디오 표준보다 예측 성능을 향상시켰지만, 상대적으로 공간적 중복성을 줄이는 효과를 감소시켰다고 볼 수 있다.

본 논문에서는 H.264/AVC가 갖는 예측 성능을 유지하면서 공간적 중복성을 추가로 제거하기 위하여 다차원 부호화 방법(MDC: Multi-dimensional coding)를 제안한다. MDC는 매크로블록의 크기가 4x4 블록으로 제한된 블록들을 모아 다시 변환하는 방법인 다차원 변환(MDT: Multi-dimensional transform)을 기본으로 하고 있다^[3].

본 논문의 이후 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 다차원 변환과 다차원 부호화 방법을 설명하고 이에 따른 실험 및 결과를 3장에서 분석한다. 마지막으로 4장에서 논문의 결론을 맺는다.

II. 다차원 부호화방법

다차원 변환은 4x4 블록으로 제한되어 있는 블록들을 다시 모아 변환하는 방법으로 H.264/AVC가 갖는 압축 성능을 유지하면서 공간적 중복을 추가로 줄일 수 있다. 비디오 영상에서 대부분의 객체들이 4x4 블록 보다 훨씬 크기 때문에 인접한 블록들 간에 공간 상관도가 존재하므로, 이를 활용하기 위하여 4x4x4 크기의 3-D DCT(3-Dimensional Discrete Cosine Transform)와 기존의 2-D DCT 결과를 가로 방향과 세로방향으로 각각 네 개씩 인접한 16개의 블록

에서 주파수 별로 모아서 다시 2-D DCT를 적용하는 4x4x4 크기의 4-D DCT(4-Dimensional Discrete Cosine Transform)를 수행한다.

1. 다차원 변환

그림 1은 3-D DCT의 블록도를 나타낸 것이다. 가로 방향의 인접한 4개의 블록을 3차원으로 배열한 후 기존의 2-D DCT에 블록 방향으로 1차원 DCT를 추가로 적용하여 3-D DCT를 수행한다. 즉, 2-D DCT에서 H.264/AVC에서와 같이 4x4 범위의 변환을 하고, 두 번째 1차원 DCT로 공간상의 중복성을 다시 줄이는 2단계로 이루어져 있다. 따라서 첫 번째 단계에서 4x4 단위까지의 움직임 보상을 보장하고, 두 번째 단계에서 추가적으로 공간적인 면에서 압축 성능을 향상시키고자 하는 것이다.

16x16 매크로블록에서 3-D DCT를 적용하기 위해서는 인접한 4개의 블록으로 입방체(Cube)를 구성하여야 한다. 그림 2와 같이 4개의 블록은 블록 주사방식에 따라 수평(Horizontal direction), 수직(Vertical direction), 사각(Square shape)형태로 나눌 수 있다.

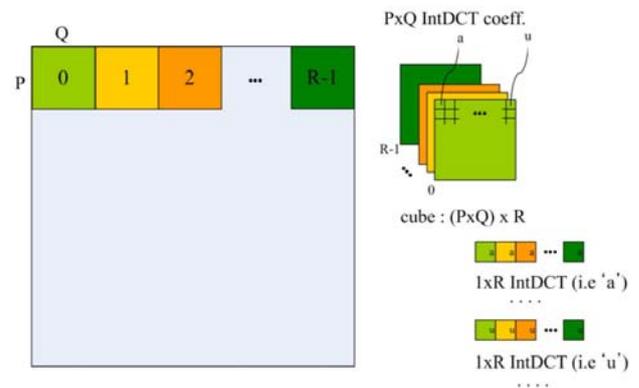


그림 1. 3-D DCT 블록도
Fig 1. 3-Dimensional DCT block diagram

세 가지 주사 방법 중에 현 블록에 가장 적합한 방법을 추가 정보 없이 전달하기 위해 블록 모드와 블록 주사 방식 사이의 연관성을 실험하였다. 일반적으로 8x16 블록 모드인 경우에는 가로 방향 예지 성분이 존재하고, 16x8 블록

a) 광운대학교 VIA-멀티미디어센터
VIA-Multimedia Center, Kwangwoon University
b) 한국전자통신연구원
ETRI
‡ 교신저자 : 전수열(k2ambo@media.kw.ac.kr)
※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음.[2008-F-011-01, 차세대 DTV 핵심 기술 개발]

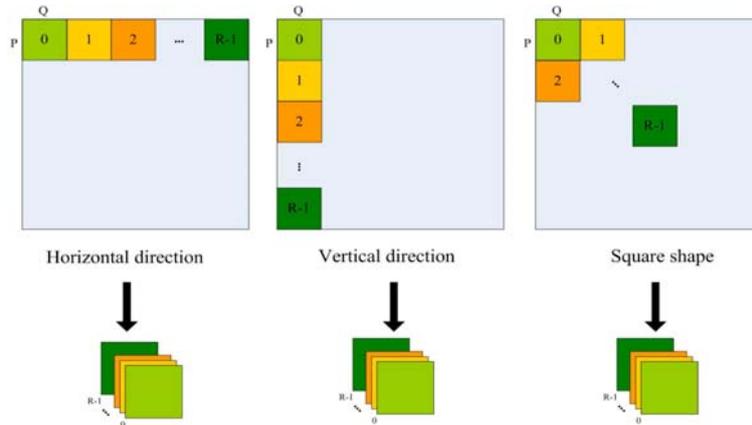


그림 2. 3-D DCT를 위한 블록 주사 방식
 Fig 2. Block Forming Methods for 3-Dimensional DCT

모드인 경우에는 세로 방향 에지 성분이 존재한다고 볼 수 있으므로 3-D DCT를 위하여 전자의 경우에는 수평 방향 (Horizontal direction) 주사방식을, 후자인 경우에는 수직 방향 (Vertical direction) 주사방식을 적용하였을 때 효율이

표 1. 다차원 변환에서의 블록 주사 방식 결정
 Table 1. Block Forming Methods Decision for Multi-Dimensional Coding

블록 모드	블록 주사 방식
8x16	수평 방향
16x8	수직 방향
기타	사각 모양

높게 나타났다. 따라서 다차원 변환에서는 표 1과 같이 선택된 블록 모드에 따라 블록 주사 방식을 결정토록 하였다. 블록 모드에 다른 입방체 구성은 에지 방향에 따라 블록을 적응적으로 변환 한다고 볼 수 있다. 따라서 다차원 변환은 ABT(Adaptive Block size Transform)의 8x8, 8x4, 4x8, 4x4 변환과 같이 가로, 세로 혹은 사각 형태의 변환을 적용한 것과 같으며 이에 따른 부호화 이득을 볼 수 있다^[4-6].

4-D DCT는 그림 3과 같이 16x16 매크로블록에서 2-D DCT 계수를 동일한 주파수 성분끼리 모아서 16개의 4x4 블록을 구성한 후, 각각의 2차원 공간-주파수 성분에 대하여 2-D DCT를 다시 적용하여 남아있는 공간 상관을 다

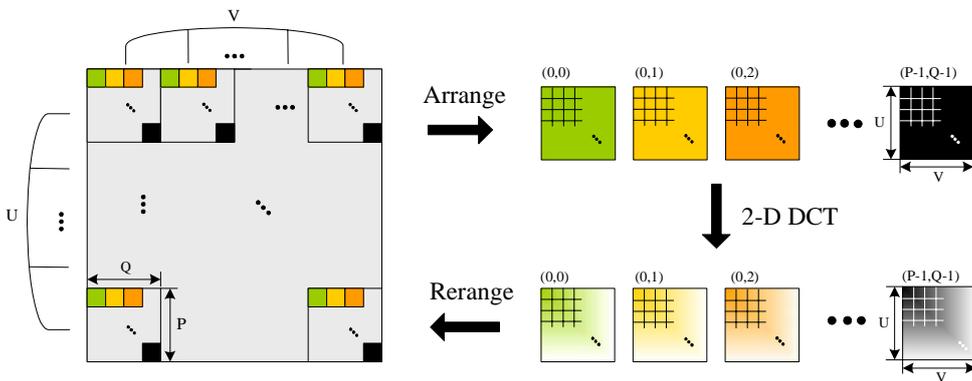


그림 3. 4차원 DCT의 블록도
 Fig 3. 4-Dimensional DCT block diagram

시 활용한다.

변환 방식에 따른 공간 압축도를 구하기 위해 실험 영상의 예측 오차값을 구하고 DCT 변환하여 분산값을 얻는다. 이 분산값은 각 주파수 성분을 나타내는 대표값으로 간주하여 분산값의 분포를 누적 밀도 함수(CDF)로 나타내었다. 그림 4에서 제안하는 방법이 2차원 DCT보다 높은 공간적 압축도를 가지고 있음을 알 수 있다.

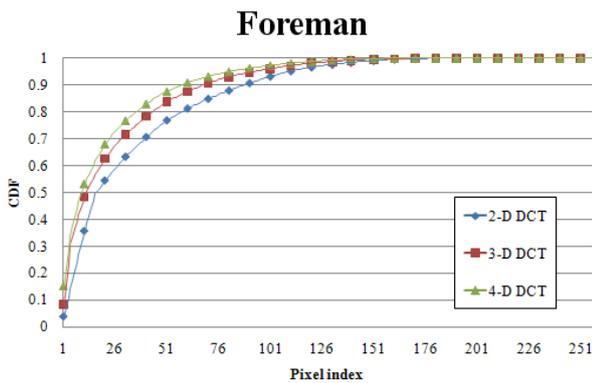


그림 4. 공간적 압축도의 비교
Fig 4. Comparison in terms of spatial compactness

2. 다차원 정수 변환 및 양자화 과정

4x4 정수변환은 H.264/AVC 표준에서 4x4 크기의 블록에 적용하는 변환으로 덧셈과 비트 시프트(shift) 연산만으로 구현이 가능하다^[1,2]. 본고에서도 다차원 DCT를 4x4 정수변환에 바탕을 둔 정수변환으로 할 수 있도록 설계한다.

이후 이 방법을 다차원 정수 변환(Multi-dimensional integer transform)이라고 부르기로 한다.

다차원 정수 변환은 정수형 변환부와 스케일 행렬로 나누어 계산된다. 그림 5에서와 같이 3-D DCT의 경우에는 정수형 변환부가 2-D DCT와 1차원 DCT로 구분되고, 스케일 행렬의 경우도 2차원 스케일 과정과 1차원 스케일 과정이 합쳐져 수행된다. 이와 같은 과정을 3-D DCT를 기준으로 설명한다.

일반적인 순방향 4x4 DCT 변환식은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있으며, 이를 행렬 분해하면 “core” 변환부(W)와 “scale” 부(E_{2D})로 나눌 수 있다^[7].

$$Y = AXA^T$$

$$A = \begin{bmatrix} a & b & a & c \\ a & c & -a & -b \\ a & -c & -a & b \\ a & -b & a & -c \end{bmatrix}, \begin{cases} a = 1/2 \\ b = \sqrt{1/2} \cos(\pi/8) \\ c = \sqrt{1/2} \cos(3\pi/8) \end{cases} \quad (1)$$

다차원 변환도 식 (2)와 같이 “core” 변환부 R_T 와 “scale” 부 E_{MDT} 로 나눌 수 있다. 이때 R_T 는 W에 1차원 변환의 행렬 곱이 취해진 8x8 행렬식이다.

$$Y_{2D} = W \otimes E_{2D}$$

$$Y_{MDT} = R_T \otimes E_{MDT} \quad (2)$$

\otimes : Element-by-element multiplication

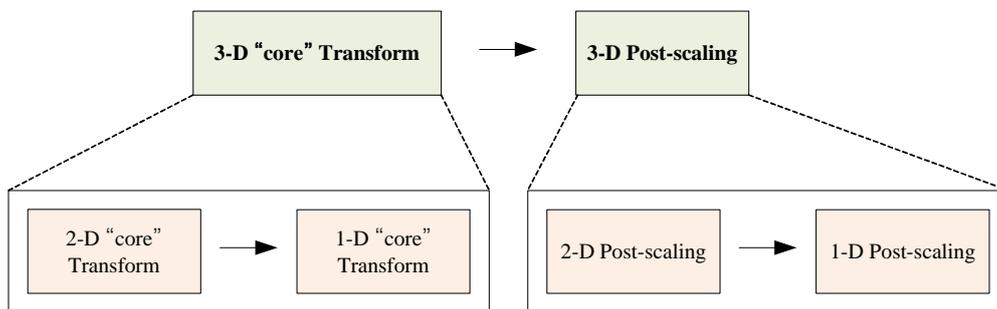


그림 5. 3-D DCT 과정
Fig 5. 3-D DCT process

$$E_{MDT} = \begin{bmatrix} aE_{2D} & \frac{b}{2}E_{2D} \\ \frac{b}{2}E_{2D} & aE_{2D} \end{bmatrix}_{8 \times 8} = \begin{bmatrix} \alpha & \beta & \alpha & \beta & \beta & \delta & \beta & \delta \\ \beta & \delta & \beta & \delta & \delta & \rho & \delta & \rho \\ \alpha & \beta & \alpha & \beta & \beta & \delta & \beta & \delta \\ \beta & \delta & \beta & \delta & \delta & \rho & \delta & \rho \\ \beta & \delta & \beta & \delta & \alpha & \beta & \alpha & \beta \\ \delta & \rho & \delta & \rho & \beta & \delta & \beta & \delta \\ \beta & \delta & \beta & \delta & \alpha & \beta & \alpha & \beta \\ \delta & \rho & \delta & \rho & \beta & \delta & \beta & \delta \end{bmatrix}_{8 \times 8} \quad (3)$$

$$\alpha = a^3, \beta = \frac{a^2b}{2}, \delta = \frac{ab^2}{4}, \rho = \frac{b^3}{8}$$

식 (4)는 2-D DCT에 대한 양자화 과정을 나타내고 있다. Z_{ij} 는 양자화된 계수 값을, $Qstep$ 은 양자화 단계를 나타낸다^[6].

$$Z_{ij} = \text{round}\left(\frac{Y_{ij}}{Qstep}\right) = \text{round}\left(\frac{R_{Tij} \otimes E_{MDTij}}{Qstep}\right) \quad (4)$$

식 (4)는 $qbits$ 와 MF_{MDT} 를 이용하여 식 (5)의 형태로 나타낼 수 있다.

$$\frac{E_{MDT}}{Qstep} = \frac{MF_{MDT}}{2^{qbits}}, qbits = 15 + \text{floor}(QP/6) \quad (5)$$

식 (4)로 나타낸 양자화 과정은 식 (6)과 같은 정수형 양자화 식으로 나타낼 수 있다.

$$Z_{MDC} = (|R_T| \cdot MF_{MDT} + F) \gg qbits$$

$$F = \begin{cases} 2^{qbits} / 3, \text{intra block} \\ 2^{qbits} / 6, \text{inter block} \end{cases}, \text{sign}(Z_{MDC}) = \text{sign}(W) \quad (6)$$

식 (6)에서의 Round 조절 파라미터 F 는 양자화 단계 내에서 기준이 되는 위치를 결정하는 파라미터이다. 일반적으로 F 가 0.5일 때 양자화값은 양자화 단계의 중앙을 기준으로 결정되지만, 양자화된 값의 확률적 분포에 따라 F 를 다르게 할 수 있다^[9]. 다차원 변환에서는 R_T 가 H.264/AVC

에서와 같은 (Laplacian 분포에 가까운)^[8,10] 확률적 분포를 갖는다고 가정하여 식 (6)과 같은 양자화를 수행한다.

표 2에서는 다차원 변환과 양자화의 연산량을 H.264의 2-D DCT 및 양자화기와 비교하고 있다^[7]. 4x4 블록마다의 연산량을 계산하면 다차원 변환이 덧셈 32회, 시프트(shift) 연산 8회가 2-D DCT보다 더 필요하며, 양자화 과정 역시 곱셈이 1회 더 요구된다. 하지만, 다차원변환 및 양자화 과정이 모두 정수형으로 설계되어 연산량이 크지 않고, 기대할 수 있는 압축 성능을 볼 때 추가로 요구되는 연산량은 적다고 볼 수 있다.

표 2. 다차원 변환과 양자화의 연산량

Table 2. Computational Complexity of Multi-dimensional Transform and Quantization

연산종류	4x4 블록당 연산 횟수		계수당 연산 횟수	
	2-D DCT	3-D DCT	2-D Quant.	3-D Quant.
+	64	96	1	1
x	-	-	1	2
>>	16	24	1	1

3. 다차원 부호화기

H.264/AVC는 4x4 인트라 예측의 경우 4x4 단위의 예측과 복원 과정이 순차적으로 이루어져야 한다^[1,2]. 다차원 변환의 경우, 그림 6에서와 같이 4개의 4x4 블록을 동시에 복원하기 때문에 상위 왼쪽(left-top)을 제외한 블록들은 참조할 샘플이 없다. 따라서 예측블록을 생성할 수 없는 인과

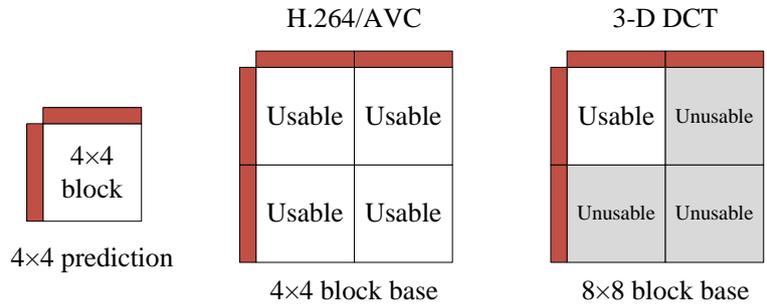


그림 6. 다차원 변환에 의한 인과성 문제
 Fig 6. Causality problems due to Multi-Dimensional Coding

성(Causality)의 문제가 발생한다. 이와 같은 이유로 4x4 인트라 예측모드에서는 다차원 변환 방식을 적용할 수 없다.

다차원 부호화기는 다차원 변환과 양자화를 기본으로 하며 움직임 예측과 보상은 H.264/AVC와 같은 방식을 사용한다. 따라서 예측 블록의 크기는 인트라의 경우 16x16과 4x4이며, 인터의 경우 16x16에서 4x4까지 7가지가 있다^[1,2]. 인트라와 다르게 인터 예측 모드에서는 블록 크기가 다르기 때문에 발생하는 공간적 인과성 문제가 없다. 때문에 모든 예측 모드에 대해서 다차원 변환 방식이 적용 가능하며, 인트라의 경우는 공간적 인과성 문제에 의해 2-D DCT를 사용한다.

그림 7은 제안하는 다차원 부호화기의 구조를 나타내고 있다. 그림에서와 같이 블록도 상에서는 기존의 H.264/AVC와 유사한 형태를 갖고 있다. 하지만 부호화기에 다차원 변환을 적용하고 성능을 최적화하기 위해서는 세부적인

사항을 고려해야 한다.

4. 다차원 주사 방법

블록 기반 비디오 표준에서 가장 널리 사용하는 블록 주사 방식은 지그재그(Zig-zag) 주사 방식이다^[2,7]. 다차원 변환에서는 입방체 형태로 구성되어 있는 데이터를 2차원 데이터로 차수를 낮추어 높은 에너지에서 낮은 에너지 순으로 주사 방법을 결정했다. 이렇게 결정된 주사 방법은 확률 분포에 따라 높은 에너지에서 낮은 에너지 순으로 1차원 데이터를 나열하기 때문에 RLC(Run Level Coding)의 성능을 높일 수 있다. 입방체 형태로 구성되어 있는 데이터는 4개의 4x4 블록으로 나누고, 각각을 지그재그 주사한다.

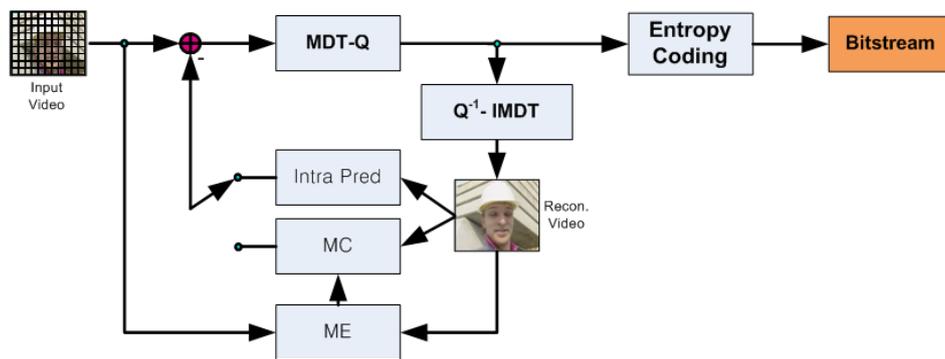


그림 7. 다차원 부호화기의 블록도
 Fig 7. Multi-Dimensional Encoder block diagram

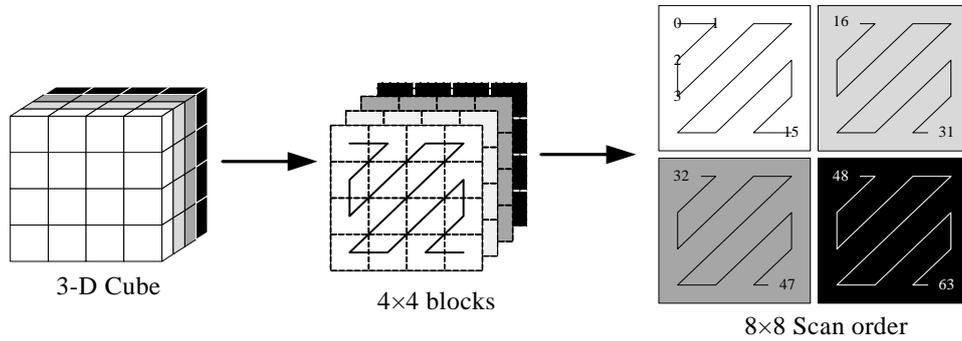


그림 8. 다차원 변환을 위한 주사 방법
Fig 8. Scanning Order for Multi-Dimensional Coding

주사 방법 선별을 위해서 실험 영상에 대한 다차원 변환 계수의 확률적 분포를 계산하고 계산된 분산값의 크기를 주사 순서로 삼았다. 계산된 주사 순서는 실험 영상에 대한 확률적 분포가 반영되어 있으며 이것을 참조 주사 방법이라고 한다. 그림 9에서는 제안하는 주사 방법이 참조 주사 방법과 그 성능이 유사함을 나타내고 있다.

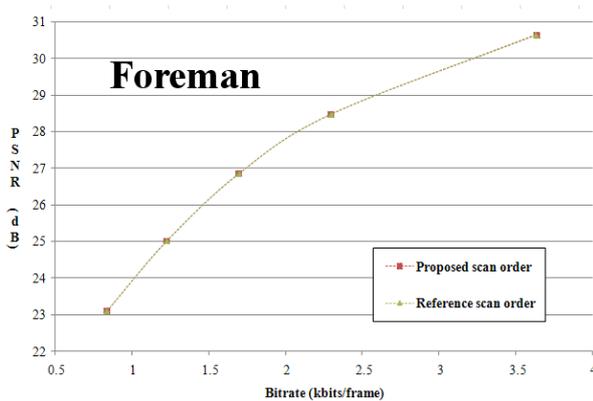


그림 9. 주사 방법에 따른 R-D 곡선
Fig 9. R-D Curves for scan method

5. 파라미터 갱신

H.264/AVC에서는 양자화된 블록 계수가 모두 “0”인 경우 해당 블록을 “All-zero”라고 구분 지어 부호화 효율을 높이게 된다^[2,7]. 휘도성분인 경우 “All-zero” 블록은 8x8 단위로 나타나게 되는데, 하나의 매크로 블록에 있는 “All-zero” 블록의 개수와 위치를 CBP(Coded Block Pattern) 파

라미터로 표현한다^[1]. CBP와 비슷한 파라미터로 CBP BLK(CBP Block)가 있다. 루프필터에서 사용되는 파라미터로 CBP와 마찬가지로 블록의 “All-zero” 여부를 나타낸다. 단, 4x4 블록 크기로 나타내며, 이 경우에도 고유값을 갖고 있다^[1,8].

다차원 변환을 적용할 경우 움직임 예측 및 보상과정에서 설정된 CBP값과 0이 아닌 값의 위치가 달라진다. 따라서 다차원 변환 과정에서 달라진 CBP값을 다시 계산 해주면 복호기에서 정상적인 복원이 이루어질 수 있다.

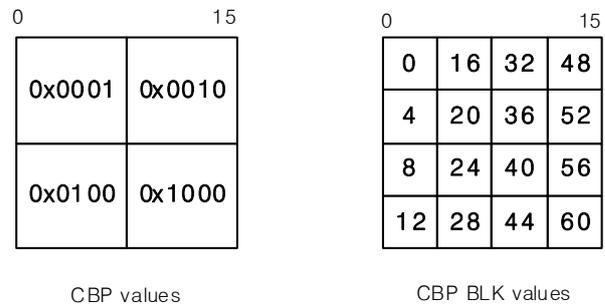


그림 10. CBP와 CBP BLK값
Fig 10. CBP and CBP BLK values

III. 실험 결과 및 분석

다차원 부호화기의 성능을 비교하기 위해 동일한 영상을 다차원 부호화기와 H.264/AVC 참조 소프트웨어에 적용하였다. 실험에는 4:2:0 포맷의 YUV 구조 영상을 사용

하였다.

다차원 부호화기의 성능은 H.264/AVC와 화질과 압축 효율 면에서 비교하였다. 두 가지 면을 동시에 비교하기 위해 PSNR과 비트율을 이용하여 R-D 곡선으로 나타내었다. 그래프의 가로축은 비트율을 kbit/frame으로 나타내었고, 세로축은 재구성된 영상과 원영상의 PSNR을 dB단위로 나타내었다. 비트율의 경우 이후 실험과의 비교에 용이하도록 위와 같이 나타내었다. H.264/AVC로 인코딩된 스트림은 "2-D DCT"로 표시하였다.

표 3. 부호화 도구 설정
Table 3. Coding conditions settin

구분	실험환경	구분	실험환경
참조 소프트웨어	JM 11.0 ^[11]	비트율 조절	VBR
프로파일/레벨	Baseline/3.0	R-D 최적화	사용
픽처 구조	I-P-P-P-...	엔트로피 코딩	CAVLC

그림 11는 영상 크기가 352×288인 영상에 대한 실험 결과를 보여주고 있다. 4가지 실험영상에 대해 실험한 결과, 제안한 다차원 부호화기는 H.264/AVC와 유사한 성능을 보였다.

제안한 다차원 변환방식의 통계적 성능을 알아보기 위해 양자화된 값의 히스토그램(Histogram)을 이용하여 엔트로피(Entropy)를 계산하였다. 엔트로피 계산을 위해 양자화된 계수를 독립적인 소스로 간주하였다^[10].

양자화된 계수의 정보량을 다른 측면에서 비교하기 위해 2-D DCT와 다차원 변환의 양자화된 계수 중에서 0이 아닌 계수의 개수를 비교하였다. 엔트로피 부호기를 배제한다면 동일한 화질에서 0이 아닌 계수의 개수가 적을수록 효율적인 압축 방법으로 생각할 수 있다.

그림 12, 13의 결과를 통해 엔트로피와 양자화된 계수의 개수를 기준으로 제안하는 방법이 H.264/AVC에 비해서 높은 성능을 보이고 있음을 알 수 있다. 따라서 양자화를

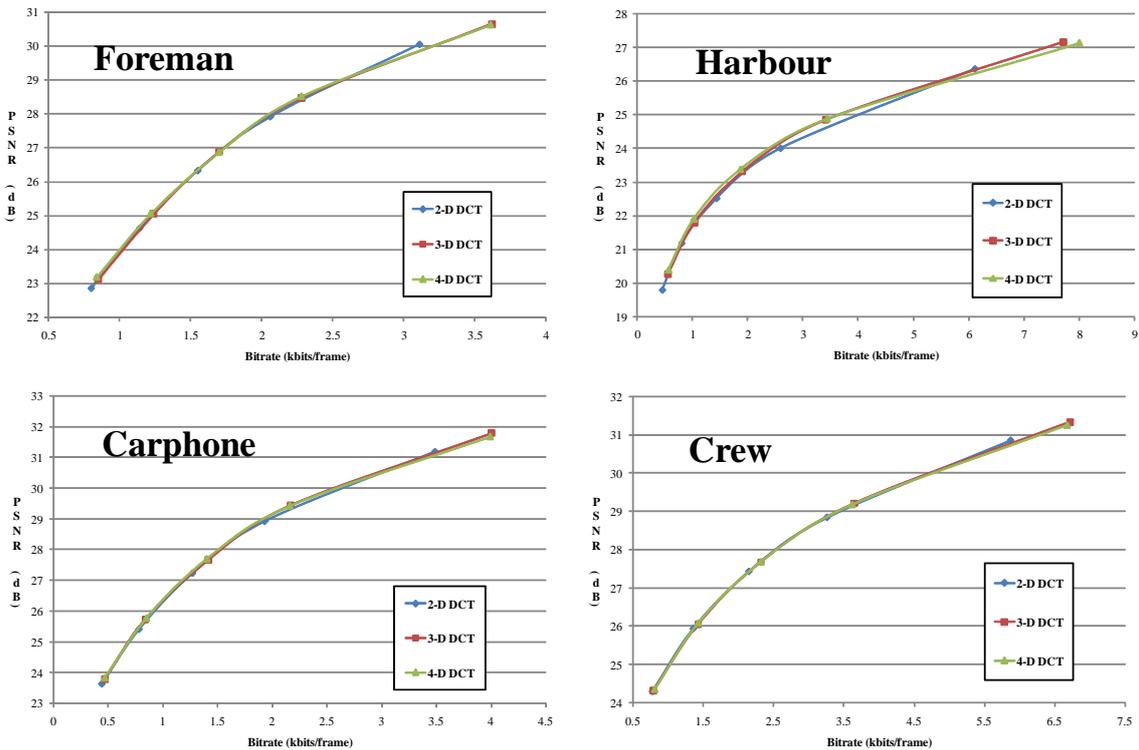


그림 11. CIF 영상에서의 R-D 곡선
Fig 11. R-D curves for CIF sequences

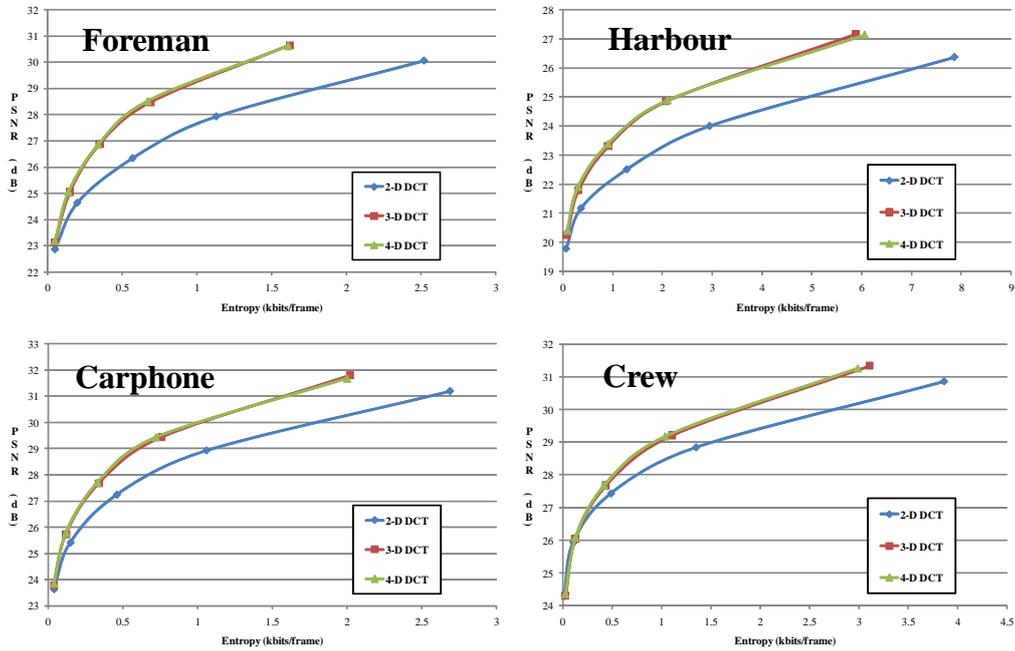


그림 12. PSNR-엔트로피 곡선
Fig 12. PSNR-entropy curves for CIF sequences

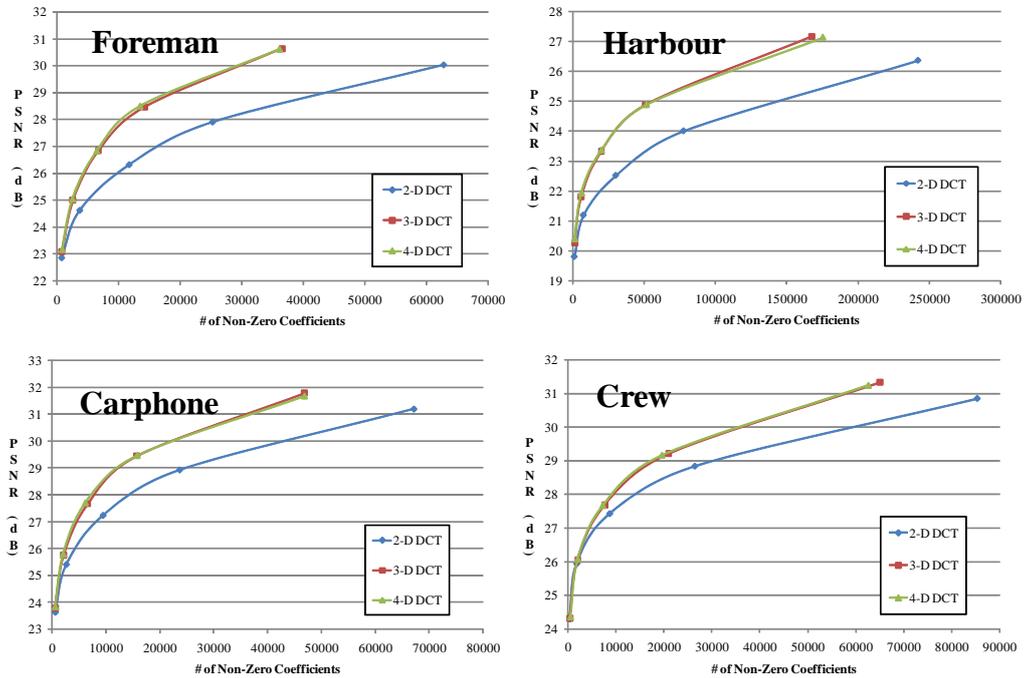


그림 13. 양자화된 계수의 non-zero 개수-PSNR
Fig 13. The number of non-zero quantized coefficients vs. PSNR

거친 신호의 통계적인 성능은 다차원 변환 방식이 2-D DCT에 비하여 우수하다고 할 수 있다. 단, 완성된 비디오 부호화기의 성능을 얻기 위해서는 신호의 특성에 맞는 엔트로피 부호화기의 설계 등의 추가적인 작업이 필요하다.

IV. 결 론

본 논문에서는 다차원 변환 방법을 적용하여 높은 압축 효율의 비디오 부호화기를 설계하는 것을 목표로 하였다. 제안한 부호화기의 성능을 실험한 결과, 다차원 부호화기는 낮은 비트율에서 H.264/AVC와 유사한 압축 성능을 나타내었다. 하지만 엔트로피와 양자화 계수의 분포를 계산하여 비교한 통계적 성능 비교에서는 H.264/AVC에 비하여 높은 성능을 보였다. 따라서 다차원 변환 및 양자화와 엔트로피 부호화기의 불일치에 의해 다차원 부호화기의 성능이 최적화되지 못한 것으로 볼 수 있다. 다차원 부호화기는 통계적 특성으로 볼 때 기존의 코덱보다 높은 성능을 보인다. 만일 다차원 변환의 통계적인 특성이 고려된 부호화기의 설계가 성공적으로 이루어진다면 H.264/AVC를 대체할 수 있는 비디오 부호화기가 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] ISO/IEC 14496-10 and ITU-T Rec. H.264, Advanced Video Coding, 2003.
- [2] T.Wiegand, Gary J. Sullivan, and A.Luthra, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard," IEEE Trans. on CSVT., vol. 13, no.7, July 2003.
- [3] C.B. Ahn, S.Y. Jeon, S.J. Oh, D.G. Sim, and S.Y. Jeong, "An Efficient Video Data Compression Using Multi-Dimensional DCT," Proc. ITC-CSCC2007, pp.1383-1384, July 2007.
- [4] T. J. Klausutis and V. K. Madiseti, "Variable block size adaptive lapped transform-based image coding," in Proc. IEEE ICIP '97, vol. 3, Oct. 1997.
- [5] J. Vaisey and A. Gersho, "Image compression with variable block size segmentation," IEEE Trans. Signal Processing, vol. 40, pp. 2040 - 2060, Aug. 1992.
- [6] H. Qi, W. Gao, S. Ma, D. Zhao, "Adaptive Block-Size Transform Based on Extended Integer 8," in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, Oct. 2006, pp. 1341-1344
- [7] A.Hallapuro, M. Karczewicz and H. Malvar, "Low Complexity Transform and Quantization - Part 1: Basic Implementation," JVT-B038, Geneva, February 2002.
- [8] Iain E. G. Richardson, H.264 and MPEG-4 Video Compression, John Willey & Sons Ltd, England, 2003.
- [9] T. Wedi and S. Wittmann, "Quantization Offsets for Video Coding," ISCAS 2005, vol. 1, pp. 324-327, May 2005.
- [10] A.K. Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1986.
- [11] JVT Model reference software from ftp://ftp3.itu.ch/jvt-site/reference_software

저 자 소 개



전 수 열

- 2003년 : 광운대학교 전자공학과 학사
- 2005년 : 광운대학교 전자공학과 석사
- 2008년 : 광운대학교 전자공학과 박사
- 2008년 ~ 현재 : 광운대학교 신호처리 연구실 연구원
- 주관심분야 : 영상처리, 비디오 부호화, 생체신호처리 시스템, 의학영상시스템



최 우 진

- 2007년 : 광운대학교 전자통신공학과 학사
- 2007년 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 석사 과정
- 주관심분야 : H.264/AVC, 차세대 비디오 부호화, 영상 및 신호처리

 저 자 소 개



오 승 준

- 1980년 : 서울대학교 전자공학과 학사
- 1982년 : 서울대학교 전자공학과 석사
- 1988년 : 미국 Syracuse University 전기/컴퓨터공학과 박사
- 1982년 ~ 1992년 : 한국전자통신연구원 멀티미디어연구실 실장
- 1986년 ~ 1986년 : NSF Supercomputer Center 초청 학생연구원
- 1987년 ~ 1988년 : Northeast Parallel Architecture Center 학생연구원
- 1992년 ~ 1992년 : 충남대학교 컴퓨터공학부 겸임교수
- 1992년 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학부 교수 (VIA-Multimedia Center 멀티미디어연구실)
- 2002년 ~ 현재 : SC29-Korea 의장 및 MPEG Forum 부의장
- 주관심분야 : 비디오 데이터 처리, 비디오 코덱 시스템, 비디오/영상압축, 멀티미디어시스템



정 세 운

- 1995년 : 인하대학교 전자공학과 학사
- 1997년 : 인하대학교 전자공학과 석사
- 2006년 ~ 현재 : KAIST 전기및전자공학과 박사과정 중
- 1996년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방통미디어연구부 선임연구원
- 주관심분야 : 비디오 코딩, UHDTV



최 진 수

- 1990년 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1992년 : 경북대학교 전자공학과 석사
- 1996년 : 경북대학교 전자공학과 공학박사
- 1996년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 실감미디어연구팀장(책임연구원)
- 2004년 ~ 2006년 : TTA 데이터방송프로젝트그룹(PG312) 의장
- 주관심분야 : 멀티미디어방송, 영상통신



문 경 애

- 1985년 : 충남대학교 계산통계학과 학사
- 1988년 : 충남대학교 대학원 전산학과 이학석사
- 1997년 : 충남대학교 대학원 전산학과 이학박사
- 1988년 ~ 1991년 : 충남대학교 전산학과 조교, 강사
- 1991년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 책임연구원
- 주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 디지털콘텐츠 보호 및 디지털멀티미디어방송 등



홍 진 우

- 1982년 : 광운대학교 응용전자공학과 졸업 (공학사)
- 1984년 : 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)
- 1993년 : 광운대학교 대학원 전자계산기공학과 졸업 (공학박사)
- 1998년 ~ 1999년 : 독일 프라운호퍼연구소 (파견연구원)
- 1984년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방통미디어연구부장 (책임연구원)
- 주관심분야 : 오디오 신호처리 및 부호화, 디지털 콘텐츠 보호 및 관리, 디지털방송 기술, 통방융합 프레임워크 기술

저 자 소 개



안 창 범

- 1981년 : 서울대학교 전기공학과 학사
- 1983년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
- 1986년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사
- 1987년 ~ 1991년 : 미국 University of California, Irvine 조교수
- 1992년 ~ 현재 : 광운대학교 전기공학과 교수
- Sylvia Sorkin Greenfield Award, 장영실상, 메디슨 의공학상, 광운대 Best Teacher 상, 게르베 학술상 등 수상.
- 주관심분야 : 영상처리, 영상압축, 의학영상시스템, 다차원 생체신호처리 시스템.