

변형된 IDCT 기저 함수를 이용한 효율적인 동영상 축소 전환 기법

김 명 준*, 송 병 철*, 장 성 규*, 정희원 나 종 범*

An Efficient Video Down Conversion Algorithm Using Modified IDCT Basis Functions

Myung Jun Kim*, Byung Cheol Song*, Sung Kyu Jang*, Jong Beom Ra* *Regular Members*

요 약

압축된 MPEG-2 동영상의 축소 전환 (down conversion)을 위한 일반적인 방법은 입력 비트열을 완전 복호화한 후, 저대역 필터링 (low-pass filtering)과 서브 샘플링 (sub-sampling)을 수행하는 것이다. 그러나 이 방법은 큰 메모리와 많은 계산량을 요구하는 단점이 있다. 최근 이러한 문제점을 해결하기 위해, DCT (Discrete Cosine Transform) 영역에서 축소 전환하는 방법에 대한 관심이 고조되어 왔다. 지금까지 연구된 기존의 방법들은 고해상도 프레임 메모리의 1/4만을 요구한다. 이는 완전히 축소된 영상이 프레임 메모리에 저장되기 때문이다. 그러나, 이로 인한 필드 (field) 정보의 손실은, 움직임 보상 (motion compensation) 단계에서 심각한 오차를 일으키며 영상 화질을 저하시킨다. 이 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 수평 방향의 축소와 수직 방향의 축소를, 각각 DCT 영역과 공간 영역에서 수행하는 복합 구조 (hybrid structure)를 이용하며, 수평 방향의 축소를 위해 변형된 4-IDCT 커널 (kernel)을 제안한다. 이 변형된 4-IDCT 커널은 일반적인 4-IDCT 커널과 비교하여, 저대역 필터링과 서브 샘플링을 수행한다는 점에서 더 나은 성능을 나타낸다. 결과적으로 모의 실험을 통해, 제안한 기법이 상당한 메모리의 비용을 줄이면서 높은 화질을 나타냄을 확인하였다.

ABSTRACT

A traditional method for down conversion of MPEG compressed video is to perform low-pass filtering and sub-sampling after full decompression. However, this method has two shortcomings; large memory requirement and high computational complexity. To overcome these drawbacks, recent research has been focussed on the down conversion in the DCT domain. The existing methods need only a quarter of full frame memory because completely reduced frames are stored in the frame memory. But a loss of field information often causes significant error during motion compensation and results in the degradation of image quality. To solve this problem, we adopt a hybrid structure, where the field information is preserved by performing down conversion in the DCT domain only for the horizontal direction and down conversion in the spatial domain for the vertical direction. Furthermore, we present a novel technique for the horizontal down conversion, which adopts a modified 4-IDCT kernel. The modified 4-IDCT kernel outperforms the conventional 4-IDCT kernel in that it additionally performs low-pass filtering and sub-sampling. Experimental results show that the proposed scheme provides high visual quality while maintaining comparable complexity.

* 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (jbra@ee.kaist.ac.kr)

논문번호 : 99179-0506, 접수일자 : 1999년 05월 06일

※ 본 연구는 대한민국 산업자원부 공업기반기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

I. 서론

MPEG, H.261 등과 같은 동영상 부호화 표준에서 부호화 효율을 높이기 위해, DCT가 많이 이용되어 왔다^[1-2]. 또한 VLSI 기술의 급속한 발달과 함께 많은 멀티미디어 응용 분야에서 동영상의 축소, 필터링, 움직임 보상 등의 실시간 처리 (real-time processing)가 요구되고 있다. 그러나 동영상 데이터의 실시간 처리를 위해서는 두 가지 문제가 있다. 이는 동영상 압축 및 복원에 필요한 많은 계산량과 처리할 데이터의 높은 비트율이다. 이러한 문제들이 데이터를 완전히 복원한 후, 이를 처리하는 기존 방법의 실시간 구현을 어렵게 한다. 그래서, 최근에는 DCT 영역에서 직접 모든 처리를 수행하거나, 상대적으로 중요도가 떨어지는 부분을 복원하지 않는 기법 개발을 위한 노력이 계속되어 왔다.

최근 들어 동영상의 축소 전환을 위한 연구가 많이 진행 되고 있다. 이는 적은 비용의 디지털 TV나 기존의 NTSC 모니터에 영상을 디스플레이하는 것에 이용할 수 있기 때문이다. 특히, 주파수 영역에서의 축소 (FDD; frequency-domain down conversion)에 관한 연구가 고해상도 비트열 (bitstream)을 저해상도 영상으로 복호화, 즉 동영상 복호기에서 적은 계산량으로 영상 해상도의 변화를 시키는 것에 관한 연구가 지난 몇 년간 계속되어 왔다^[3]. 많은 연구자들이 공간 영역에서의 축소 (SDD; spatial domain down conversion)보다 FDD에 더 관심을 가지는 이유는 FDD의 모든 과정이 부분적인 복원 후 DCT 영역에서 직접 수행되기 때문이다.

또한 그림 1과 2에서 알 수 있듯이, FDD가 복호화 단계에서 적용되기 때문에 프레임 메모리 크기가 줄어든다. 그림 1은 공간 영역에서 영상 축소를 수행하는 고해상도 복호기를 나타내며, 그림 2는 DCT 영역에서 영상 축소를 수행하는 저해상도 복호기를 나타낸다. 움직임 보상 (motion compensation)은 고해상도 부호기로부터 전송된 움직임을 벡터를 이용하여, 저해상도 참조 프레임 (reference frame)으로부터 이루어진다. 따라서 움직임 보상은 동영상 축소 전환에서 중요한 관심의 대상이며, 최근에 FDD를 위한 필터와 관련하여 최적의 움직임 보상이 개발되었다^[6, 7]. 그러나 이 방법은 기존의 움직임 보상 방법에 비해 많은 계산량을 요구한다는 점에서 실제 응용에 문제가 있다. 그래서 본 논문에서는 간단한 1/4 화소 단위의 움직임 보상을

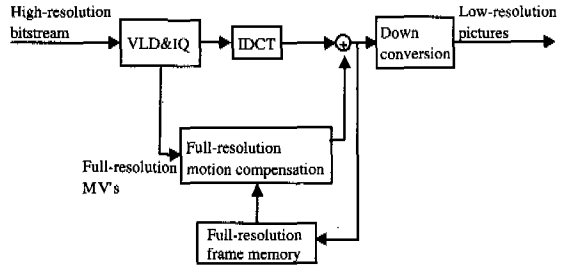


그림 1. DCT 고해상도 복호기.

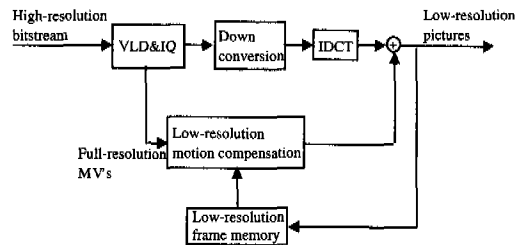


그림 2. 저해상도 복호기.

이용하며, 움직임 보상문제는 다루지 않는다.

현재까지 알려진 가장 간단한 FDD 기법은 다음과 같다. 즉 8x8 DCT 블록 (block) 안의 상위 왼쪽 4x4 DCT 계수에 대해 4x4 IDCT (inverse discrete cosine transform)를 수행하는 것으로, 이를 일반적으로 4x4 cut이라 한다. 이 FDD 기법은 최소의 메모리와 계산량만을 요구한다는 장점이 있지만 화질 측면에서 상당히 떨어지는 단점이 있다.

최근에 4x4 cut의 개념을 16x16 DCT 블록으로 확장한 주파수 합성 (frequency synthesis)이라는 새로운 기법이 개발된 바 있다 [4, 5]. 주파수 합성 기법은 인접한 네 개의 8x8 DCT 블록으로부터 합성된 16x16 DCT 블록을 생성한 후, 그 16x16블록 상위 왼쪽 8x8 DCT 계수들에 대해서만 8x8 IDCT를 수행함으로써 축소된 영상을 얻는 방법이다. 이 방법이 4x4 cut 보다 좋은 성능을 보이지만 16x16 DCT 블록의 합성을 위해 요구되는 계산량은 일반적인 복호기에 상당한 부담이 된다.

위에서 언급한 기존 방법들은 고해상도 프레임 메모리의 1/4만을 요구한다. 이는 움직임 보상을 위해 프레임 메모리에 완전히 줄어든 영상이 저장되기 때문이다. 이로 인한 필드 정보의 손실 때문에, 기존의 방법들은 움직임 보상이 심각한 오차를 발생시킨다. 이 문제는 1/4화소 단위의 움직임 보상보

다 좀 더 복잡한 방법에 의해 어느 정도 해결이 가능하다^{6, 7, 9}. 그러나 많은 계산량이 요구되며 복원 영상의 화질 저하는 여전히 심각하다.

본 논문에서는 수평 방향의 축소와 수직 방향의 축소를, 각각 주파수 영역과 공간 영역에서 수행하는 복합 구조를 채택하였다. 필드 정보와는 무관한 수평 방향의 축소를 위해 변형된 4-IDCT 커널을 새롭게 제안하였다. 이 변형된 IDCT 커널은 DCT 영역에서 조날 마스크(zonal mask)에 의한 저대역 필터링의 결과로 만들어진 8개의 화소 중, 짝수 위치의 화소를 서브 샘플링하므로써 얻어진다¹⁰. 이 커널은 일반적인 4-IDCT 커널과 비교하여, IDCT 커널에서 서브 샘플링의 효과가 포함되었다는 점에서 보다 나은 성능을 나타낸다. 그러므로, 제안된 기법은 요구되는 프레임 메모리의 크기가 기존의 방법에 비해 두 배로 증가하지만, 상당히 좋은 화질과 계산량의 감소라는 장점을 가지고 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서는 제안된 기법을 이용한 영상 축소 전환 복호기를 제안하고, III장에서는 실험을 통해 성능을 평가한다. 마지막으로 IV장에서 결론을 맺는다.

II. 본론

MPEG-2는 필드와 프레임 두 가지의 움직임 보상 모드 및 DCT 모드를 갖는다. 그림 3은 참조 프레임의 인접한 저해상도 블록들이 다른 DCT 유형을 갖는 경우, 현재 블록이 움직임 보상을 받는 1-D 예를 보여준다. 인접한 블록들이 서로 다른 연산에 의해 축소되었기 때문에, 움직임 보상을 시 오차가 발생한다. 기존의 방법에서, 이 오차는 심각한 영상

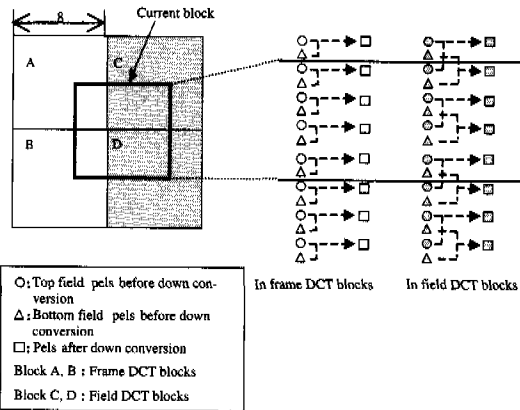


그림 3. DCT 유형 차이에 의한 오차 발생 예.

화질 저하를 일으킨다.

그래서, 본 논문에서는 SDD와 FDD를 적당히 이용한, 복합 구조의 축소 전환 복호기를 이용한다. 즉 수평 방향에 대해서는 FDD, 수직 방향에 대해서는 SDD를 수행한다. 이 구조는 정확한 움직임 보상을 위해 필드 정보를 보존하였기 때문에, 기존의 방법에 비해 2배의 프레임 메모리를 요구하지만, 영상 화질을 상당히 향상시킨다. 수평 방향의 영상 축소에는 제안된 4-IDCT 커널을 이용하였으며, 이는 추가적인 성능 향상을 가져온다. 제안된 4-IDCT 커널에 대해서는 II.1절에서 설명한다.

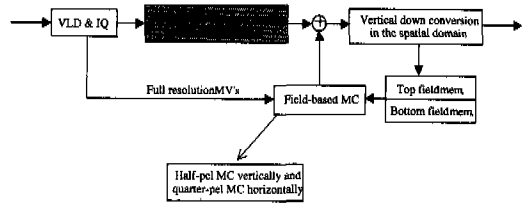


그림 4. 제안된 방법의 전체 블록도

그림 4는 제안된 방법의 전체 구조를 나타내며, 이 구조에서 복호화의 모든 과정은 필드 기반으로 이루어진다.

1. 변형된 4-IDCT 커널

일반적으로, SDD는 알리어싱(aliasing)을 막기 위해 저대역 필터링과 화소의 서브 샘플링으로 이루어진다. 이 점에서 4x4 cut은 영상 축소를 위한 적당한 저대역 필터링과 서브 샘플링을 수행하지 못하기 때문에 오차를 발생시킨다. 이러한 문제를 해결하기 위해, Sun은 MPEG 복호기의 8x8 IDCT 부분에 SDD의 개념을 직접 적용했다¹¹. 이 방법에서, Sun은 블록 경계 부근에서 오차를 보상하기 위해, 블록 밖의 데이터를 현재 블록의 가장 가까운 화소값으로 간주한다. 이는 인접한 두 블록에서 경계 부근의 화소값들이 높은 유사성을 가진다는 가정을 이용한 것이다.

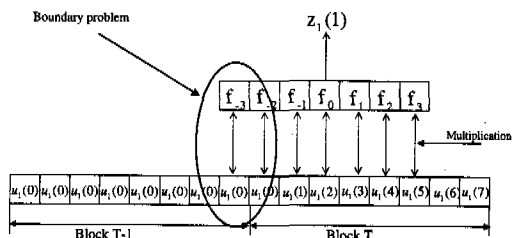


그림 5. 블록 기반 축소시 발생하는 문제

예를 들면 (그림 5), Z_1 을 현재 블록 T 안에서 $x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ 과 이전 블록 T-1으로부터 만들어 낸 출력값으로 둔다. 여기에서 $\{f_i, 1-3 \leq i \leq 3\}$ 은 사용된 필터의 계수이며 실제로 MPEG-2에서 제시된 FIR 필터를 이용한다. Sun 방법에 의해 x_0 는 x'_i 를 대신하게 되는데, 이는 인접한 두 블록에서 경계 부근의 화소값들이 높은 유사성을 가진다는 가정을 이용한 것이다. 일반적인 4-IDCT와 비교하여 Sun의 방법은 향상된 성능을 보이지만 훨씬 많은 계산량을 요구한다.

본 논문에서는 수평 방향의 영상 축소를 위해, 변형된 4-IDCT 커널을 제안한다. 수직 방향의 1/2 축소는 최종적으로 공간 영역에서 이루어진다. 새로운 커널은 조날 마스킹에 의한 저대역 필터링과 서브 샘플링을 연속으로 수행함으로써 얻어진다. 우선 $\{v(k) | 0 \leq k \leq 7\}$ 를 입력된 DCT 블록이라 하자. 입력된 DCT 블록이라 하자. 여기에 조날 마스킹과 8-IDCT를 연속으로 적용하면, 식 (1)과 같이 $\{u(m) | 0 \leq m \leq 7\}$ 가 유도된다.

$$u(m) = \sum_{k=0}^3 v(k) C_8^{k(2m+1)} \quad (1)$$

식 (1)에서, $C_8^{k(2m+1)}$ 는 8-IDCT 커널을 나타내며 다음과 같이 정의된다.

$$C_8^{k(2m+1)} = \alpha(k) \cos \frac{\pi(2m+1)k}{16} \quad (2)$$

여기에서 $\alpha(0) = \sqrt{\frac{1}{8}}, \alpha(k) = \sqrt{\frac{1}{4}}, 1 \leq k \leq 7$. 마지막으로, $\{u(m) | 0 \leq m \leq 7\}$ 에서 짝수번째에 위치한 화소를 서브 샘플링을 함으로써, 줄여진 블록 $\{\tilde{u}(m') | 0 \leq m' \leq 3\}$ 이 얻어지며, 이는 식 (3)과 같이 표현된다.

$$\tilde{u}(m') = \sum_{k=0}^3 v(k) C_8^{k(4m'+1)} \quad (3)$$

식 (3)에서, 변형된 4-IDCT 커널 $C_8^{k(4m'+1)}$ 은 다음과 같이 정의된다.

$$C_8^{k(4m'+1)} = \alpha(k) \cos \frac{\pi(4m'+1)k}{16}, \quad 0 \leq k, m' \leq 3 \quad (4)$$

반면에, 일반적인 4-IDCT 커널 $C_4^{k(2m'+1)}$ 은 다음과 같다.

$$C_4^{k(2m'+1)} = \alpha(k) \cos \frac{\pi(2m'+1)k}{8}, \quad 0 \leq k, m' \leq 3 \quad (5)$$

여기에서 $\alpha(0) = \sqrt{\frac{1}{4}}, \alpha(k) = \sqrt{\frac{1}{2}}, 1 \leq k \leq 3$ 이다.

식 (4)와 (5)로부터, 저대역 필터링과 서브 샘플링을 결합시킨 변형된 4-IDCT 커널이 일반적인 4-IDCT 커널과 다름을 알 수 있다.

2. 변형된 4-IDCT 커널의 성능

식 (4)의 변형된 4-IDCT 커널이 얼마나 효과적인지를 간단히 1차원 데이터의 예로서 살펴보자. 여기에서 $\{v(k) | 0 \leq k \leq 7\}$ 를 입력 블록의 8 화소값인 $\{u(n) | 0 \leq n \leq 7\}$ 에 대응되는 DCT 블록이라 하자. 이들의 관계식은 다음과 같다.

$$u(n) = \sum_{k=0}^7 v(k) C_8^{k(2n+1)}, \quad 0 \leq n \leq 7 \quad (6)$$

일반적인 4-IDCT 커널에 의한 결과는 $\{u^c(n) |$

$$u^c(n) = \sum_{k=0}^3 v(k) C_4^{k(2n+1)}, \quad 0 \leq n \leq 3\}$$
이며, 변형된

4-IDCT 커널에 의한 결과는 $\{u^m(n) | u^m(n) =$

$$\sum_{k=0}^3 v(k) C_8^{k(4n+1)}, \quad 0 \leq n \leq 3\}$$
와 같다. 바람직한 영상

축소는 $\{u(n) | 0 \leq n \leq 7\}$ 에서 짝수번째에 위치한 화소를 서브 샘플링하는 것이다. 그러므로 대응되는 위치에서 일반적인 4-IDCT 커널과 변형된 4-IDCT 커널에 대해, 각각의 오차를 구할 수 있다.

먼저 일반적인 4-IDCT 커널에 의한 오차를 유도하면, $\{u^c(n) | 0 \leq n \leq 3\}$ 에 대응되는 오차 E^c 는 식 (7)과 같이 주어진다.

$$E^c = \sum_{n=0}^3 \left| \sum_{k=0}^3 v(k) (C_8^{k(4n+1)} - C_4^{k(2n+1)}) + \sum_{k=4}^7 v(k) C_8^{k(4n+1)} \right| \quad (7)$$

비슷한 방법으로, 변형된 4-IDCT 커널에 의한 오차를 유도하면, $\{u^m(n) | 0 \leq n \leq 3\}$ 에 대응되는 오차 E^m 는 식 (8)과 같다.

$$E^m = \sum_{n=0}^3 \left| \sum_{k=4}^7 v(k) C_8^{k(4n+1)} \right| \quad (8)$$

식 (7)과 (8)이 나타내듯이, E^c 가 E^m 보다 절대 값 부호 안에 하나의 항을 더 가지고 있다. 각 항을 무작위 변수 (random variable)로 간주하면, E^c 가 E^m 보다 항상 크다. 결과적으로, 변형된 IDCT 커널은 일반적인 IDCT 커널과 비교하여 더 나은 성능을 보여줄 수 있다.

3. 변형된 4-IDCT 커널의 개선

변형된 4-IDCT 커널은 조날 마스킹, 즉 DCT 영역에서 저대역 필터링에 의해 얻어진다. 저대역 필터링의 성능을 높이기 위해, 공간 영역에서의 FIR 저대역 필터를 II.1절에서 설명한 변형된 IDCT 커널과 결합시켰다. IDCT 커널이 어떻게 다시 변형되는지 고려해 보자. 적용되는 FIR 필터 랩 계수들은 $[-29, 0, 88, 138, 88, 0, -29]//256$ 이다^[11]. 이 FIR 필터 랩은 일반적으로 MPEG-2에서 수평 방향의 축소를 위해 사용된다. 8-IDCT 커널과 위의 FIR 필터를 입력 8개의 DCT 블록 $\{v(k) | 0 \leq k \leq 7\}$ 중 처음 4개의 DCT 계수에 적용한 후, 짝수 위치의 화소를 서브 샘플링하면 식 (9)와 같이 4개의 화소 $\{\tilde{u}(m') | 0 \leq m' \leq 3\}$ 를 얻을 수 있다.

$$\tilde{u}(m') = \sum_{k=0}^3 v(k) \alpha'(m', k) C_8^{(4m'+1)k}, \quad 0 \leq m' \leq 3 \quad (9)$$

일반적으로 $\{\alpha'(m', k) | 0 \leq m', k \leq 3\}$ 는 식 (10)과 같다.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1.0381 & 1.0246 & 0.7637 \\ 1 & 1.0872 & 1.1843 & 1.0100 \\ 1 & 1.0867 & 1.1844 & 1.0101 \\ 1 & 1.0668 & 1.0243 & 1.6044 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$\alpha'(m', k)$ 를 이용하여, 저주파 부분의 DCT 계수 4개에 직접 가중치를 줌으로써, SDD에 의해 만들어진 화소값과의 오차를 최소로 하도록 한다.

Sun의 방법은 8개의 DCT 계수를 전부 이용하였지만, 제안된 방법은 저주파 부분의 DCT 계수 4개만을 이용하였다. DCT 영역에서 대부분의 에너지가 저주파 부분에 집중하므로, 성능 저하는 무시할 만하다. 그러므로, 식 (9)의 변형된 4-IDCT 커널에 의한 영상 화질은 Sun 방법에 의한 것과 비슷할 뿐

만 아니라, SDD에 의한 결과에 좀 더 가까워진다. 게다가 제안된 방법이 요구하는 계산량은 Sun의 방법에 비해 거의 절반 정도이다. 이는 Sun의 방법이 8개의 DCT 계수에 대해 8-IDCT를 수행한 후, 이를 다시 그림 5와 같은 방법에 의해 공간 영역에서 영상 축소를 수행하지만, 제안된 방법은 변형된 IDCT 커널과 DCT 영역에서 직접 가중치를 주는 방법을 이용하여, DCT 영역에서 영상 축소를 수행하기 때문이다. 이들의 계산량 비교는 III장에서 설명한다.

III. 모의 실험

모의 실험을 위해, car, football (foot), cheerleaders (cheer), susie (sus), mobile and calendar (mob) 등 5개의 CCIR 601 영상 (720x480; 100 프레임)과 basketball (basket), tennis 등 2개의 HDTV 영상 (1920x1080; 15 프레임)을 이용했다. MPEG-2 부호기에서 비트율은 CCIR 601 영상과 HDTV 영상에 대해 각각 4 Mbps, 18 Mbps로 정했다. 그리고 GOP의 크기를 15프레임으로 두고 P-프레임 간격을 3프레임으로 두었다. 수평 방향 축소 전환을 위한 4개의 방법, 즉 일반적인 4-IDCT 커널 (C-IDCT), 변형된 4-IDCT 커널 (제안된 방법), Sun의 방법^[11], SDD 등을 비교했다. MPEG-2의 축소 전환 필터가 SDD를 위해 사용되었다^[1].

표 1. 평균 PSNR 비교

	C-IDCT	Proposed method	Sun's method	SDD
Foot	29.9	31.5	31.5	34.4
Car	34.0	35.5	35.5	37.9
Cheer	28.0	29.6	29.6	31.2
Mob	25.7	27.0	27.3	32.2
Basket	28.7	30.2	30.4	34.3
Tennis	28.9	30.5	30.7	34.0

표 1은 평균 PSNR에 의한 성능 비교를 나타낸다. 이를 통해 제안된 방법이 Sun 방법과 비슷한 결과를 나타내는 반면, C-IDCT에 비해 1.5dB 이상의 PSNR 향상을 보여준다.

그리고, 그림 6은 시각적 화질 측면에서 성능 비교를 위해, 각 방법에 의한 Mobile and calendar 영상의 12번째 P-프레임을 보여준다. 이로부터, Sun과 제안된 방법이 PSNR과 시각적 화질면에서 이상적이라고 할 수 있는 SDD와 유사한 시각적 화질을

보이며, 또한 C-IDCT에 비해 수직 방향의 경계 부분에서 더 나은 성능을 보임을 알 수 있다.

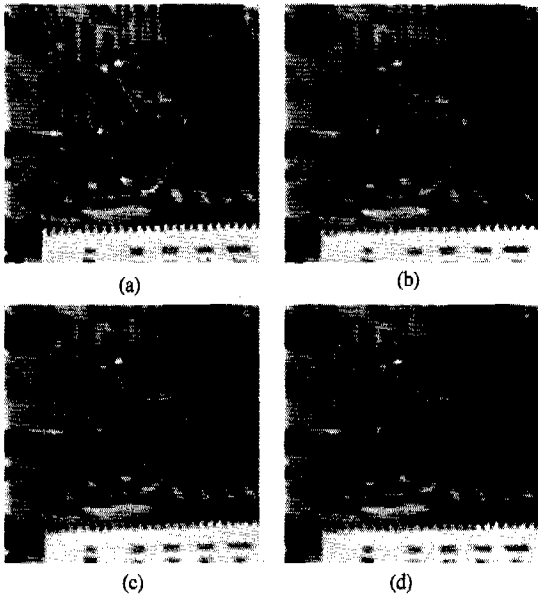


그림 6. Mobile and calendar 영상의 12번째 P-프레임에 대한 비교, (a) SDD (b) C-IDCT (c) Sun의 방법 (d) 제안된 방법.

이것은 변형된 4-IDCT 커널이 일반적인 4-IDCT 커널에 비해 저대역 필터링과 서브 샘플링면에서 더 효율적이기 때문이다.

표 2. 평균 PSNR 비교.

	덧셈	곱셈
C-IDCT	9	4
Proposed method	12	13
Sun's method	28	28

반면에 표 2는 제안된 방법의 계산량이 C-IDCT 보다는 많으나, Sun의 방법에 비해 42% 만큼 요구함을 나타낸다. 여기에서 C-IDCT의 계산량은 Lee의 알고리즘에 의해 얻어진 것이다^[12].

IV. 결론

MPEG-2와 같은 압축된 동영상의 축소 전환을 위해, 본 논문에서는 수평 방향의 축소와 수직 방향의 축소를 각각 DCT 영역과 공간 영역에서 수행함

으로써, 필드 정보를 보존할 수 있는 복합 구조를 이용하였다. DCT 영역에서 수평 방향 축소 전환을 위해, 변형된 4-IDCT 커널을 새롭게 제안하였다. 이 새로운 커널은 DCT 영역에서 저대역 필터링, 즉 조날 마스크링으로부터 얻어진 8개의 데이터를 서브 샘플링함으로써 얻어진다. 그리고 저대역 필터링의 성능을 높이기 위해, MPEG에서 제시된 FIR 저대역 필터를 가지고 앞에서 설명한 변형된 IDCT 커널과 결합시켰다. 변형된 4-IDCT 커널은 일반적인 4-IDCT 커널에 비해 IDCT 커널, 저대역 필터링, 그리고 서브 샘플링을 결합시켰다는 점에서 보다 나은 성능을 나타낸다. 모의 실험 결과는 제안된 방법이 고해상도 프레임 메모리 크기의 1/2을 요구하는 반면, 높은 시각적 화질과 계산량 측면에서 장점을 가짐을 보여준다.

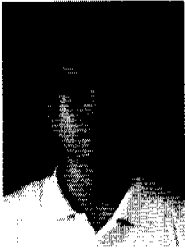
참고 문헌

- [1] MPEG-2 IS. Video Recommendation ITU-T H.262, ISO/IEC 13818-2, Jan. 20, 1995.
- [2] CCITT Study group XV, Draft revision of recommendation H.261-video codec for audio visual services at px64 kbps, Temporary Document 5-E, July 1990.
- [3] S. Ng, Low resolution HDTV receivers, US Patent 5,262,854, Nov. 1993.
- [4] A. Vetro, J. Bao, H. Sun, and T. Poon, Frequency domain down conversion of HDTV using adaptive motion compensation, *IEEE Proc. ICIP*, Santa Barbara, CA, 1997.
- [5] A. Vetro and H. Sun, Frequency domain down-conversion of HDTV using an optimal motion compensation scheme, *International Journal of Imaging Systems and Technology*, vol. 9, no. 4, pp. 274-282, Apr. 1998.
- [6] A. Vetro and H. Sun, Generalized motion compensation for drift reduction, *SPIE Proc. VCIP*, vol. 3309, pp. 484-495, 1998.
- [7] A. Vetro and H. Sun, On the motion compensation within a down conversion decoder, *Journal of electronic imaging*, vol. 7, no. 3, pp. 616-627, July 1998.
- [8] K. K. Pang, H. G. Lim, S. Dunstan, and J.

M. Badcock, Frequency domain decimation and interpolation techniques, *PCS 96*, Melbourne, Australia, March 1996.

- [9] J. Song and B. L. Yeo, Spatially reduced image extraction from MPEG-2 video: fast algorithms and applications, *SPIE Proc. Storage and Retrieval for Image and Video Databases VI*, vol. 3312, pp. 93-107, Jan. 1998.
- [10] A. K. Jain, *Fundamentals of digital image processing*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-hall, Chapt. 7, pp. 256, 1989.
- [11] H. Sun, Hierarchical decoder for MPEG compressed video data, *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Aug. 1993.
- [12] B. G. Lee, A new algorithm to compute the discrete cosine transform, *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. ASSP-32, no. 6, pp. 1243-1245, Dec. 1984.

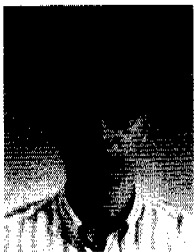
김 명 준(Myung Jun Kim)



1997년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
 1999년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
 1999년 3월~현재 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사과정

<주관심 분야> 디지털 영상처리, 영상 압축

송 병 철(Byung Cheol Song)



1994년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 학사
 1996년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
 1996년 3월~현재 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사과정

<주관심 분야> 디지털 영상처리, 움직임 추정 기법, 영상 검색

장 성 규 (Sung Kyu Jang)

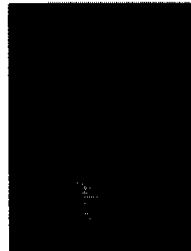


1996년 2월 : 부산대학교 전자공학과 학사
 1998년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
 1999년 3월~현재 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사과정

<주관심 분야> 디지털 영상처리, 영상 압축

나 종 범 (Jong Beom Ra)

정회원



1975년 2월 : 서울대학교 전자공학과 학사
 1977년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
 1983년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사
 1987년 7월~현재 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 교수

<주관심 분야> 디지털 영상처리, 비디오 신호처리, 3차원 시각화, 의료영상처리