

대역별 공간 부호화를 이용한 웨이블릿 기반 동영상 부호화

박민선[†] · 박상주^{**}

요약

DCT(Discrete Cosine Transform) 기반 동영상 압축 기법은 블록화 현상과 해상도 변화 시 픽셀의 손상이 생기는 단점이 있다. DWT(Discrete Wavelet Transform)을 기반한 기법은 이러한 문제점을 극복할 수 있다. Wavelet을 기반한 동영상 부호화 기법 중 하나인 SAMCoW(Scalable Adaptive Motion Compensation Wavelet)에서 화면내 부호화와 움직임 보상된 오차 영상은 EZW(Embedded Zerotree Wavelet) 부호화 방식으로 부호화 한다. 그러나 움직임 보상된 오차 영상의 wavelet 변환 계수의 특성은 정지 영상의 wavelet 변환 계수의 특성과는 다르다. 신호의 에너지는 대부분의 정지 영상의 경우와는 달리 저주파 대역에 집중되지 않고 오히려 모든 주파수 대역에 고르게 분포한다. 본 논문에서는 이러한 특성을 이용한 새로운 동영상 부호화 방식을 제안하였다. EZW 부호화 대신 고주파 성분이 많이 포함된 영상의 부호화에 효율적이며 계수사이의 대역별 상관관계에 의존하지 않는 공간 부호화를 화면내 부호화와 화면간 부호화에 적용하였다. 공간 부호화는 EZW와는 달리 wavelet 분해를 통해 얻어진 각 대역을 대역간의 상관 관계를 이용하지 않으면서 각 대역내의 중요 계수의 존재 여부와 위치를 점진적으로 부호화하는 기법이다. Wavelet 기반 동영상 부호화에 EZW 부호화 대신 공간 부호화를 적용하였을 때 우수한 성능을 나타내었다.

Wavelet based video coding with spatial band coding

Min Seon Park[†] · Sang Ju Park^{**}

ABSTRACT

Video compression based on DCT (Discrete Cosine Transform) has weakpoints of blocking artifacts and pixel loss when the resolution is changed. DWT (Discrete Wavelet Transform) based method can overcome such problems. In SAMCoW (Scalable Adaptive Motion Compensation Wavelet), one of wavelet based video coding algorithm, both intra frames and motion compensated error frames are encoded using EZW (Embedded Zerotree Wavelet) algorithm. However the property of wavelet transform coefficients of motion compensated error frames are different from that of still images. Signal energy is not highly concentrated in the lower bands which is true for most still image cases. Signal energy is rather evenly distributed over all frequency bands. This paper suggests a new video coding algorithm utilizing these properties. Spatial band coding which is known to be very effective for encoding images with relatively high frequency components and not utilizing the interband coefficients correlation is applied instead of EZW to encode both intra and inter frames. In spatial band coding, the position and value of significant wavelet coefficients in each band are progressively transmitted. Unlike EZW, inter band coefficients correlations are not utilized in spatial band coding. It has been shown that spatial band coding gives better performance than EZW when applied to wavelet based video compression.

키워드 : 동영상 압축(Video Compression), 웨이블릿(Wavelet), 공간 부호화(Spatial Band Coding), 오차 영상(Predicted Error Frame)

1. 서론

현재 MPEG, H.261 등과 같이 널리 이용되고 있는 동영상 압축 방법은 DCT를 사용한다. 이 방식은 8×8 크기의 화소 블록의 DCT 계수를 부호화하므로 압축율이 높을 경우 블록의 경계면이 눈에 띄게 되는 블록화 현상이 나타나며 일정한 해상도가 결정되어 있어 해상도를 조절했을 경우 화질이 손상되는 단점이 있다. 이러한 역효과를 극복할 수 있는 것이 wavelet 변환을 이용한 방식으로 블록 단위

로 부호화하지 않으므로 블록화 현상을 극복할 수 있고 다양한 해상도의 복원이 가능하므로 해상도의 변화에 능동적으로 대처할 수 있을 뿐만 아니라 wavelet 변환을 이용한 영상 부호화 방식은 점진적인 전송을 가능하게 하여 소비자의 심리적 만족을 더욱 높일 수 있다.

(그림 1-1)은 일반적인 1차원 신호의 wavelet 분해와 복원이 이루어지는 과정을 나타내고 있다.

여기서 G0은 HPF(High Pass Filter)이고, H0은 LPF(Low Pass Filter)이다. 이렇게 LPF와 HPF를 사용해서 두 개의 대역으로 분해된 영상을 down-sampling을 하는 과정까지를 wavelet 분해라고 하며, 분해된 영상을 up-sampling 해서 다시 복원 필터를 사용하여 합치는 과정을 wavelet 복

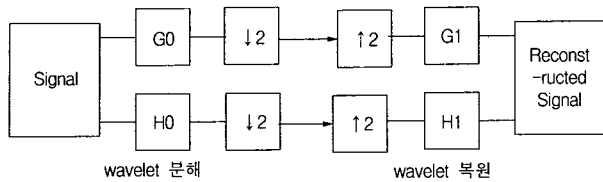
* 이 논문은 2001년도 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었음.

† 정희원 : 삼성전자

** 정희원 : 홍익대학교 전자전기공학부 교수

논문접수 : 2001년 12월 7일, 심사완료 : 2002년 5월 17일

원이라고 한다[1].



(그림 1-1) wavelet 분해와 복원 과정

영상은 2차원 신호이므로 가로와 세로에 각각 저역 여파기와 고역 여파기를 사용해서 분해하게 된다. 그 결과 LL (Low Low) 대역, LH(Low High) 대역, HL(High Low) 대역, HH(High High) 대역으로 4개의 대역이 생기게 된다[2].

일반적으로 영상의 경우 LL 대역에 거의 모든 정보가 포함되어 있는데, 이러한 특징을 이용하여 효율적인 부호화가 가능하게 된다. 즉, LL 대역만을 부호화 할 경우 원래의 영상과 거의 같은 영상을 복원할 수 있으면서도, 영상의 데이터 크기를 1/4로 줄일 수 있다. 그러므로 wavelet 변환을 이용한 영상 압축에서는 LL 대역을 반복적으로 분해하는 octave 대역 분해 방법을 적용하여 압축 효율을 높이고 있다.

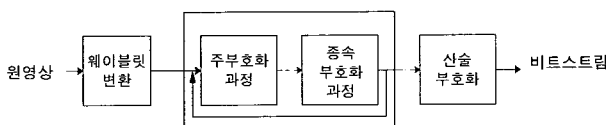
2. Wavelet을 기반한 기존의 동영상 부호화 방식

기존의 wavelet을 기반한 동영상 부호화 방법 중 하나인 SAMCoW(Scalable Adaptive Motion Compensation Wavelet) 부호화는 EZW(Embedded Zerotree Wavelet) 부호화와 움직임 보상으로 구성되어 있다[4].

SAMCoW 부호화에서 화면내 부호화와 시간적 중복성을 제거하기 위한 움직임 보상 후 오차 영상 부호화에서는 EZW 부호화를 이용한다.

EZW 부호화[3]는 원 영상의 신호를 점진적으로 근사해 가는 방식이다. 즉, 부호화가 진행됨에 따라 영상 복원에 중요한 정보가 전송되어 화질이 조금씩 향상되는 방식이다. 이러한 부호화의 진행은 응용 분야에 따라 상이하지만 일반적으로 수신 측에서 요구하는 화질을 만족시킬 때까지 계속된다.

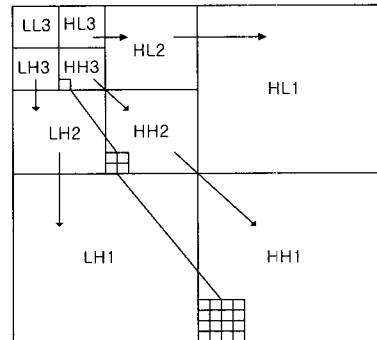
EZW 부호화는 (그림 2-1)과 같이 주부호화 과정(dominant pass), 종속 부호화 과정(subordinate pass) 및 적응 산술 부호화(adaptive arithmetic coding)로 구성된다.



(그림 2-1) EZW 부호화 과정

주부호화 과정에서는 wavelet 변환 계수 사이의 부모-자

손 관계와 zerotree를 이용한다. wavelet 변환 계수 사이에는 (그림 2-2)와 같은 부모와 자손의 종속 관계가 있다.



(그림 2-2) wavelet 변환 계수의 부모-자손의 종속성

각 wavelet 변환 계수는 하위 대역에서 같은 위치에 상응하는 계수와 부모-자손의 트리 구조를 이루고 있다.

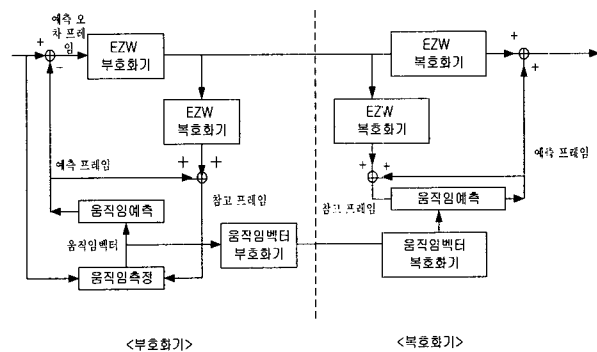
일반적으로 정지 영상에서는 부모 계수의 절대값의 크기가 특정 임계값보다 작다면 그의 자손 계수 또한 그 임계값보다 작을 확률이 높다[3]. 이러한 사실을 만족하는 부모-자손의 트리를 zerotree라고 한다.

주부호화 과정에서는 점진적으로 감소하는 임계값의 집합 즉, $T_0 > T_1 > T_2 \dots > T_{N-1}$ 를 사용하고 wavelet 변환 계수의 절대값과 임계값을 비교하여 wavelet 변환 계수의 절대값이 임계값보다 크다면 그 계수는 중요 계수가 되고 중요 계수는 POS와 NEG로, 중요 계수가 아닌 것은 IZ(Isolate Zero)나 ZTR(ZeroTree Root)로 부호화 된다.

종속 부호화 과정은 주부호화 과정에서 중요 계수로 판별된 계수의 부호(sign) 정보를 이용하여 원 계수 값과 양자화된 값의 차이를 부호화 한다.

EZW 부호화 방식은 중요 wavelet 변환 계수의 위치를 부호화 하는데 매우 효율적이며 영상의 wavelet 변환에 의해서 얻어진 에너지 집중 현상을 효과적으로 이용한 알고리즘이다.

시간적인 중복성을 없애기 위한 움직임 보상 방법은 GOP (Group Of Picture)내의 왜곡이 전파되는 것을 막기 위해



(그림 2-3) SAMCoW의 블록도

원 영상이 아닌 복호화된 이전 영상을 참고 영상으로 한다. 일반적으로 움직임 벡터는 손실 없이 부호화되기 때문에 부호화기와 복호화기가 서로 같은 참고 영상을 유지하게 되면 왜곡의 전파를 막을 수 있을 뿐만 아니라 영상의 질의 향상에 도움이 된다[5, 6].

(그림 2-3)은 EZW 부호화와 움직임 보상을 이용하는 SAMCoW 부호화의 블록도이다. 부호화기에서 복호화된 이전 영상을 예측하여 참고 영상으로 이용함으로써 복호화기와 서로 같은 참고 영상을 유지한다.

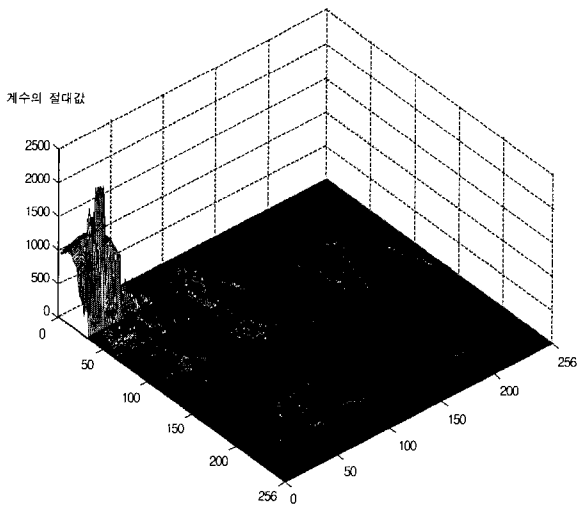
3. 트리 구조를 적용한 공간 대역 부호화

3.1 오차 영상의 특징

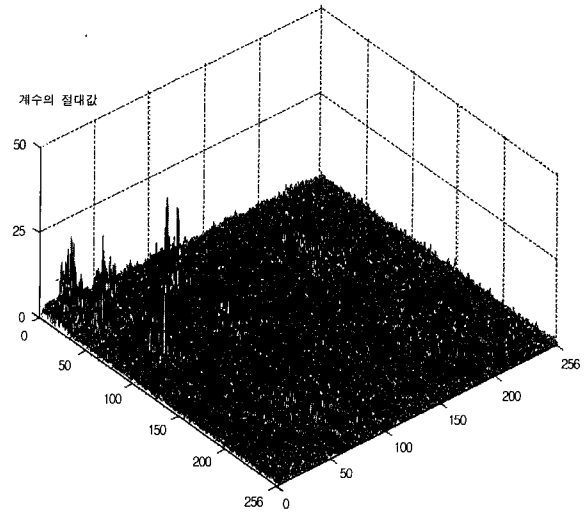
현재 영상과 참고 영상으로부터 움직임 보상을 적용한 오차 영상의 wavelet 변환 계수들의 특성은 정지 영상의 wavelet 변환 계수의 특성과 다르다.

움직임 예측으로 보상이 가능한 부분은 움직임이 없는 배경과 같은 부분이나 움직임이 적은 저주파 부분이고 움직임이 많은 고주파 부분은 움직임 예측으로 보상되기 어렵다.

따라서 현재 영상과 예측 영상의 차이인 오차 영상은 정지 영상과는 달리 저주파 대역에 상대적으로 적은 에너지를 포함하고 있다. (그림 3-1)은 크기가 256×256인 claire 영상을 Daubechies 9~7 쌍직교 필터를 사용하여 3회 octave 대역 분해된 정지 영상의 wavelet 변환 계수의 절대값의 크기를 대역별로 나타낸 것이다. 가로 세로 좌표 1부터 32까지인 정사각형으로 표시되는 LL대역의 계수값이 다른 대역의 계수값 보다 월등히 큰 값으로 나타나고 저주파 대역에서 고주파 대역으로 갈수록 계수의 크기가 감소하는 것을 알 수 있다. (그림 3-2)는 움직임 보상을 적용한 이후 두 번째 프레임의 오차 영상을 3회 octave 대역 wavelet 변환한 계수의 절대값의 크기를 나타낸 것이다. 정지 영상의 경우와



(그림 3-1) 정지 영상의 wavelet 계수의 절대값의 예



(그림 3-2) 예측 오차 영상의 Wavelet 계수의 절대값의 예

달리 대역별로 큰 차이가 없이 분포하는 것을 알 수 있다. 오차 영상은 LL 대역을 제외하고는 정지 영상과 같이 에너지가 저주파 대역에 집중되기는 하나 정지 영상에 비해 그 집중도가 높지 않다. 즉, 고주파 대역의 wavelet 변환 계수의 크기가 저주파 대역에 비해 작기는 하나 정지 영상과 같이 현저한 차이를 나타내지 않는다.

이러한 오차 영상의 특징으로 말미암아 오차 영상에 EZW 부호화를 그대로 적용하였을 때 ZTR의 발생 빈도가 정지 영상의 경우에 비해 낮게 나타나게 된다. 즉, zerotree를 이용하는 EZW 부호화 기법은 오차 영상의 부호화에 효율적이지 못함을 알 수 있다.

3.2 공간 부호화

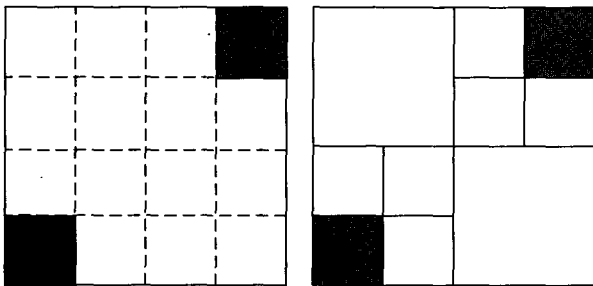
Wavelet 분해된 영상의 변환 계수들을 대역별로 살펴보면 각각의 대역에서 절대값의 크기가 큰 계수를 중심으로 에너지가 집중되어 있는 것을 알 수 있다. 즉, 중요 계수로 판단된 계수의 인접한 부분에 또 다른 중요 계수가 있을 확률이 높다. 이러한 인접 계수간의 연관성을 이용하면 효율적인 영상 압축이 가능하다[7].

공간 부호화 방식은 octave band wavelet 분해된 LL, HL1 등의 각각의 대역을 하나의 독립된 공간으로 보고, 그 공간 내에 존재하는 중요계수의 값과 위치를 점진적으로 부호화하는 방법이다. 이때 중요 계수란 그 절대값이 현재의 threshold 값 보다 큰 계수를 의미하며, threshold의 값은 EZW의 경우와 같이 전체 대역에 존재하는 계수의 절대값의 최대치를 넘지 않는 2의 멱승인 최대의 정수 값으로 초기화된다. 중요 계수로 판단된 계수는 값을 0으로 하고 threshold를 1/2로 낮추어가며 원하는 비트율에 이를 때까지 부호화를 계속한다. 이때 이미 중요 계수로 판단된 계수에 대해서는 EZW의 경우와 같이 계수값의 정밀화(refine-

ment)를 병행한다. 이와 같이 공간 부호화 방식에서는 주어진 공간내에 중요 계수가 있는지를 우선 판단한다. 중요 계수가 있다면 '1', 없으면 '0'을 부호화한다. 중요 계수가 있는 공간이라 판별되면 그 공간을 4등분한 후, 즉, 가로와 세로 방향으로 각각 2등분 한 후, 각각의 공간에 대해 중요 계수가 있는지를 판단한다. 마찬가지로 중요 계수가 있다면 '1', 없으면 '0'을 부호화한다. 이와 같은 과정을 중요 계수의 위치에 이를 때까지 반복적으로 행한다. 중요 계수의 위치까지 이르렀다면 중요 계수의 부호(sign)를 부호화한다. 중요 계수의 부호가 양이면 '1', 음이면 '0'으로 부호화한다.

간단한 공간 부호화의 예를 (그림 3-3)에 보였다. 여기에서 고려하는 공간은 크기가 4×4인 16개의 계수로 구성된 공간이며 회색으로 표시된 2개의 중요계수가 존재하는 것으로 가정하였다. 이 대역을 공간부호화하는 과정은 다음과 같다. 먼저, 공간 내에 중요 계수가 존재하므로 '1'을 부호화한다. 다음 4×4 공간을 2×2 공간 4개로 나눈 다음 왼쪽 위에서 오른쪽 아래의 방향으로 분할된 공간 내에 중요 계수가 있는지를 부호화한다. 즉, '0110'이 부호화 될 것이다. 다시 중요 계수가 존재하는 2×2 공간 내에서 각각의 계수가 중요 계수인지를 부호화한다. 즉, '0100 0010'이 부호화 될 것이다.

이러한 기법은 SPIHT[8]과 거의 유사한 성능을 보이며 특히 고주파 성분을 많이 포함하고 있는 영상의 경우 우수한 성능을 보인다[7].



(a) 중요 계수의 위치 (b) 공간 부호화

(그림 3-3) 공간 부호화의 예

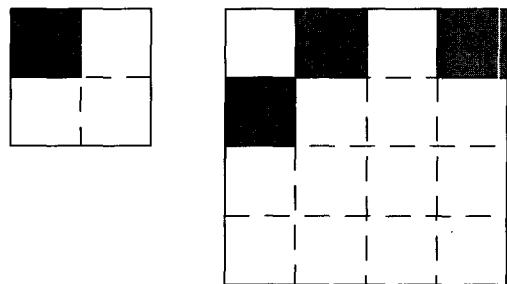
3.3 트리 구조의 적용

앞서 언급한 바와 같이 오차 영상은 후손 대역과 부모 대역의 에너지가 크게 차이 나지 않기 때문에 ZTR의 발생 빈도가 정지 영상에 비해 낮으므로 EZW 부호화에 효과적이지 못하다. 본 논문에서는 공간부호화에 EZW에서 고려하는 zerotree 대신 중요 계수를 중심으로 한 간단한 트리 구조를 적용하여 부호화 효율을 높이는 기법을 제안한다.

Wavelet 변환 후 각각의 대역을 하나의 공간으로 생각하고 [7]에서 제안한 것과 같은 방법으로 각 대역의 공간 부호화를 진행한다. 다음 (그림 3-3)에 예를 보인바와 같이,

이 과정 중에 중요 계수로 판별된 계수의 바로 아래 대역의 후손 계수 4개로 구성되는 작은 공간에 대해 같은 방법으로 공간 부호화를 수행한다. 이때 그 이하 하위 대역의 후손 계수들은 고려하지 않는다. 왜냐하면 바로 다음 하위 대역의 후손 계수가 그 이하 하위 대역의 후손 계수들에 비해 중요 계수일 확률이 높기 때문이다. 즉, 현재부터 최하위 대역의 후손 계수까지 고려하는 zerotree와 달리 수정된 트리 구조는 현재 대역의 중요 계수와 바로 다음 하위 대역의 후손 계수만으로 구성된 트리를 사용한다. 다시 말하여, 현재 공간 부호화하는 대역을 B_n 이라 하고 이것의 하위 대역을 B_{n-1}, B_{n-2}, \dots 라고 할 때, B_n 의 중요 계수를 부호화 한 후에 B_{n-1} 에 존재하는 계수 중에서 B_n 에서 중요 계수로 판단된 계수의 후손 계수 4개로 구성되는 별도의 공간에 대하여 공간부호화를 진행하되, B_{n-2} 이하의 대역에 존재하는 후손 계수들에 대해서는 별도의 공간부호화를 진행하지 않는다. 물론 하위 대역이 존재하지 않는 최하위 대역에 대해서는 주어진 대역만을 [7]과 같은 방법으로 부호화한다. 다음으로 후손 대역 공간 (B_{n-1})을 부호화 할 때에는 부모 대역 (B_n)의 중요 계수를 부호화 할 때에 별도로 부호화된 계수는 이미 부호화가 완료되었으므로 부호화 하지 않는다. 그러나 이 대역의 중요 계수에 대한 후손 계수 즉 B_{n-2} 의 계수를 부호화할 때에는 부모 대역 (B_n)의 중요 계수의 후손 계수로 별도로 부호화된 중요계수의 후손 계수까지 포함하여 부호화 한다.

이 트리 구조를 적용한 공간 부호화 과정의 간단한 예를 들면 다음과 같다. (그림 3-4)와 같이 부모 대역과 후손 대역에 중요 계수가 위치 할 경우 우선 부모 대역의 중요 계수를 먼저 공간부호화 방법으로 부호화한다. '1 1000'이 부호화 될 것이다. 부모 대역의 부호화가 끝난 후 트리 구조를 적용하여 부모대역에서 발견된 중요 계수의 후손 계수 4개씩으로 구성되는 두 개의 작은 공간을 공간 부호화한다. 즉 중요 계수 A, B를 포함하는 2×2의 공간을 부호화한다. 즉 '1 0110'이 부호화되며 계수 A와 B는 이미 중요계수로 판별되었으므로 0으로 설정한다. 중요 계수 C의 부모 계수

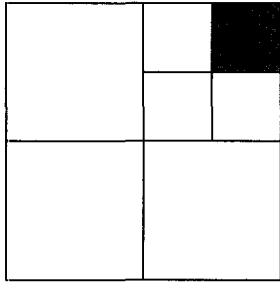


(a) 부모 대역의 중요 계수의 위치 (b) 후손 대역의 중요 계수의 위치

(그림 3-4) 중요 계수의 위치

는 중요 계수가 아니므로 C를 포함하는 2×2 의 공간은 별도의 공간 부호화를 적용하지 않는다. 트리 구조를 적용한 후에 후손 대역은 (그림 3-5)와 같이 중요계수 하나만을 포함하는 공간으로 변환되어 '1 0100 0100'으로 부호화된다.

여기서 A와 B는 부모 계수의 트리 구조에 의해 미리 부호화되었다 하더라도 다음 후손 계수에 트리 구조를 적용할 때에는 계수 C와 같이 중요계수인 것으로 취급한다.

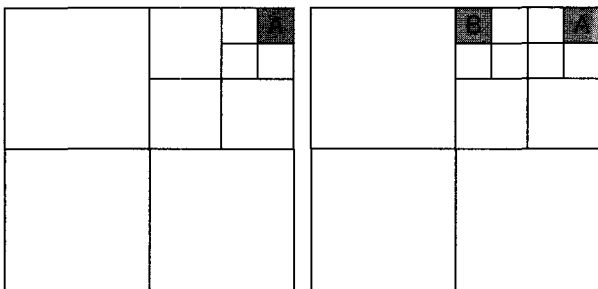


(그림 3-5) 트리 구조를 적용한 공간 부호화 이후 후손 대역의 주요 계수의 위치

오차 영상의 경우 정지 영상과 비교하여 저주파 성분이 상대적으로 적은 값을 갖고 LL 대역에 에너지가 집중되지 않는다. 그렇기 때문에 LL 대역의 중요 계수에 대해서는 트리 구조를 적용시키지 않았다.

트리 구조를 LL 대역을 제외한 나머지 대역에 적용시킴으로써 LL 대역은 독립적으로 부호화되고, 나머지 대역은 트리 구조에 의해 부호화 효율을 높일 수 있다.

공간 부호화의 비트열의 구조는 공간 내의 중요 계수의 위치를 나타내는 비트열과 중요 계수의 정보를 나타내는 비트열로 이루어져 있다. 그러나 트리 구조를 적용하면 중요 계수의 위치를 나타내는 비트열의 크기를 줄일 수 있다. 부모 계수에 의해 부호화된 후손 대역의 중요 계수는 위치를 나타내기 위한 비트열 없이 부호화되고, 트리 구조에 의해 미리 부호화된 공간은 중요 계수를 적게 포함하게 되어 위치 정보 부호화에 필요한 비트수를 줄일 수 있다. 이러한 트리구조의 적용으로 인한 비트열 길이의 감소를 예를 들어 살펴보면 다음과 같다.



(a) (b)

(그림 3-6) 중요 계수 위치의 예

(그림 3-6) (a)와 같이 $2^3 \times 2^3$ 의 공간에 단 하나의 중요 계수 A가 있고 이것의 부모 계수가 중요 계수라고 가정하자. 이 경우 트리구조를 적용하여 중요계수의 후손계수인 중요 계수 A를 부호화하기 위해서는 '1 0100'인 길이가 5인 비트열이 필요하고 A를 제외한 전체 공간을 '0'으로 부호화 하기 위하여 1비트가 필요하다. 반면 트리구조를 적용하지 않고 전체공간을 부호화 하는 경우 A를 부호화하기 위해서는 '1 0100 0100 0100'인 길이가 13인 비트열이 필요하다. 즉 트리구조를 적용함으로써 계수A를 부호화하기 위해 필요한 비트 수를 $13 - 5 - 1 = 7$ 만큼 줄일수가 있다. 일반적으로 부모대역 중요계수의 후손 계수가 크기가 $2^n \times 2^n$ 인 공간의 유일한 중요 계수인 경우 트리구조를 적용함으로써 트리구조를 적용하지 않은 공간부호화의 경우에 비해 $4 \times (n-1) - 1$ 비트의 이득이 생김을 쉽게 알 수 있다.

그러나 (그림 3-6) (b)와 같이 2개의 중요계수가 존재하고 A의 부모계수는 중요계수, B의 부모 계수는 비중요 계수라고 가정하면, 계수 A는 (그림 3-6) (a)의 경우와 마찬가지로 5비트로 부호화 되고, 부모대역을 부호화할 때 부호화 되지 않은 B를 부호화 하기 위해서는 '1 0100 100 1000'의 11비트가 필요하다. 즉 A, B 두 개의 중요 계수를 부호화하기 위하여 총 16비트가 필요하다. 또한 트리 구조를 적용하지 않고 두 개의 계수 A, B를 부호화 하기 위해서는 '0100 1100 1000 0100'인 16비트가 필요하다. 따라서 이 경우에는 트리 구조를 적용함으로써 얻어지는 비트열 길이의 이득은 없음을 알 수 있다.

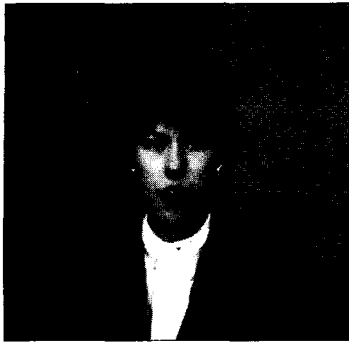
마찬가지 방법으로 부모 대역의 중요 계수의 트리 구조에 의해 부호화된 후손 계수가 모두 중요 계수가 아닐 경우 후손 대역이 중요 계수를 포함하지 않는 공간이었다면 트리구조를 적용하지 않는 공간 부호화에 비해 1 비트의 손실이 생기고, 후손 계수의 바로 이웃한 공간에 중요 계수가 있다면 동일한 수의 비트가 필요함을 알 수 있다.

요약하면 트리 구조를 적용함으로써 하나의 중요계수를 부호화 하는데에 필요한 비트수는 트리구조를 적용하지 않는 경우에 비해 $4(n-1) - 1$ 만큼의 이득, 1비트 손실, 또는 동일한 3가지 경우로 나누어지며, 손실의 크기는 작은데 비해, 이득의 크기가 크므로, 트리구조를 적용함으로써 비트율을 줄일수 있음을 알 수 있다.

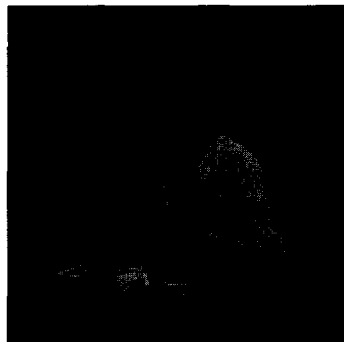
4. 모의 실험 및 결과

모의 실험에 사용한 영상은 256×256 크기의 gray 영상인 claire영상과 salesman영상 160 프레임으로 GOP(Group of Pictures)의 크기는 40 프레임으로 하였다.

먼저, 공간 부호화에 트리구조를 적용함으로써, 실제 오차 영상에서 비트의 이득이 얻어지는 중요 계수가 얼마나 되는지를 가늠하기 위해 claire 영상으로부터 오차 영상을



(그림 4-1) claire영상



(그림 4-2) salesman영상

언어 LL 대역과 후손 대역을 가지지 않는 대역을 제외하고 후손 대역을 갖는 대역에서 발생하는 중요 계수를 다음 세 가지 경우에 대해 임계값을 변화시키면서 백분율로 나타내었다.

- Case 1 : $4(n-1)-1$ 비트의 이득이 생기는 경우
- Case 2 : 1 비트의 손실이 있는 경우
- Case 3 : 비트의 이득 또는 손실이 없는 경우

<표 4-1> 중요계수의 경우별 발생 비율

Threshold	32	16	8	4	2
Case 1의 비율 (%)	24.7	22.3	25.9	30.9	32.2
Case 2의 비율 (%)	52.7	48.9	44.5	37.3	35.3
Case 3의 비율 (%)	22.6	28.8	29.6	31.8	32.5

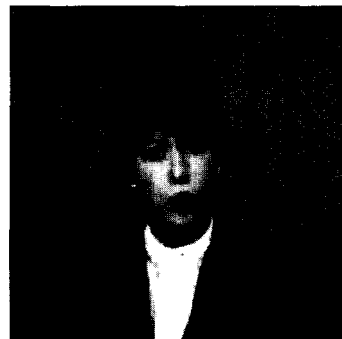
<표 4-1>에 보인 바와 같이, 비트수의 이득이 생기는 Case 1의 비율은 22.3%에서 30.9%까지 나타났고, 1 비트의 손실이 생기는 Case 2의 비율은 35.3%에서 52.7%로 Case 1의 경우보다 높게 나타났지만 Case 1의 중요 계수가 트리 구조의 적용으로 후손 대역에서 2×2 의 공간의 중요 계수를 부호화 할 경우 $4(n-1)-1$ 비트의 이득이 생기므로 Case 1에서 발생하는 비트의 이득이 Case 2에서 발생하는 비트의 손실을 능가하게 된다. 따라서 트리 구조를 적용함으로써 공간부호화의 부호화 효율을 개선할 수 있음을 확인하였다.

다음으로 화면내 부호화와 화면간 부호화에 기존의 EZW 기법을 적용하는 SAMCoW와 본 논문에서 제안한 트리 구조를 적용한 공간 부호화를 이용한 기법을 비교 실험하였다. Wavelet 변환은 영상 압축에 매우 효율적인 것으로 알려진 Daubechies 9~7 쌍직교 필터[2]를 이용하였고, 5회의 octave 대역 분해를 하였다.

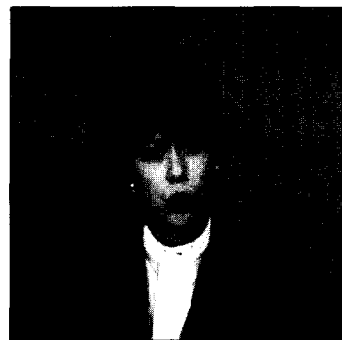
비교 기준은 동일한 비트율에서 영상의 손실을 나타내기 위해 각 프레임 별로 PSNR을 비교하였다. PSNR의 식은 다음과 같다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE} \right) [dB]$$

각 영상 그룹의 화면내 부호화에 동일한 수의 비트를 할당하였고 영상 그룹내의 예측 오차 영상은 움직임 벡터 부호화와 오차 영상의 부호화를 더한 비트를 일정하게 하였다. 화면내 부호화의 비트는 임의로 결정하였고 예측 오차 영상 부호화의 비트는 영상의 질이 급격히 변하는 것을 막기 위해 예측 오차 영상의 PSNR이 화면내 부호화 영상과 비슷한 수준이 되도록 결정하였다. 제안한 방식의 예측 오차 영상에서의 성능을 비교하기 위해서 PSNR이 33.05[dB]인 (그림 4-3)의 영상을 참고 영상(reference frame)으로 하여 (그림 4-4)의 원 영상을 부호화하였다.



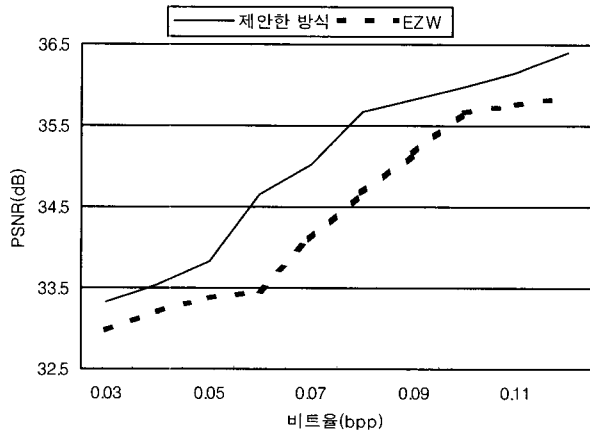
(그림 4-3) 33.05dB참고영상



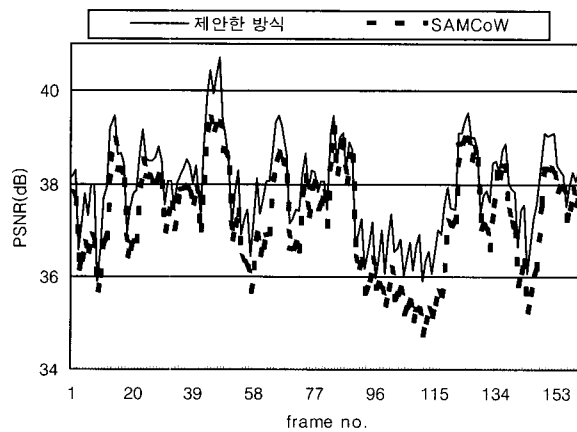
(그림 4-4) 부호화할 영상

(그림 4-5)는 비트율의 변화에 대한 PSNR의 변화를 나타낸 것이다. 제안한 방식은 오차 영상의 wavelet 변환 계수

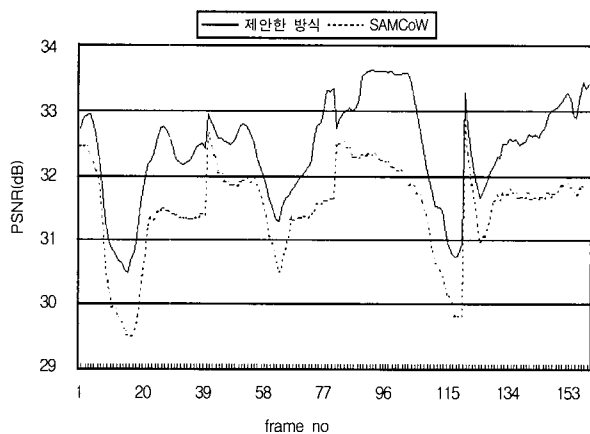
의 특성을 이용하므로 기존의 SAMCoW에서 사용한 EZW 보다 거의 모든 비트율에서 우수한 성능을 나타내었다.



(그림 4-5) 오차 영상에서의 PSNR의 변화



(그림 4-6) 비트율 0.125bpp에서의 claire영상의 PSNR의 변화



(그림 4-7) 비트율 0.096bpp에서의 salesman영상의 PSNR의 변화

(그림 4-6)은 비트율 0.125bpp 에서의 claire영상의 프레임 별 PSNR의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 화면내 부호화에 0.3bpp, 예측 오차 영상 부호화에 0.12bpp를 할당하였다. EZW

기반 SAMCoW에서는 영상의 평균 PSNR이 37.23dB였으나 제안한 방식은 38.00dB로 약 0.77dB의 화질 개선이 있었다.

(그림 4-7)은 비트율 0.096bpp에서의 salesman영상의 프레임 별 PSNR의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 화면내 부호화에 0.75bpp, 예측 오차 영상부호화에 0.08bpp를 할당하였다. 기존의 방식에서는 영상의 평균 PSNR이 31.50dB였으나 제안한 방식은 32.42dB로 약 0.92dB 향상이 있었다.

5. 결 론

Wavelet변환에 기반한 동영상 부호화 기법인 SAMCoW는 효과적인 부호화 방법 중 하나이다. SAMCoW 부호화는 화면내 부호화와 예측 오차 영상의 부호화에 zerotree를 이용하는 EZW 부호화 방식을 이용한다. EZW 부호화는 LL 대역과 저주파 대역에 에너지가 집중되는 정지 영상 부호화에는 효과적이다. 그러나 움직임 보상을 하는 동영상의 경우 예측 오차 영상의 에너지는 저주파수 대역에 집중하지 않는다.

본 논문에서 제안한 방식은 고주파 성분을 많이 포함하는 영상의 부호화에 효율적인 공간 부호화에 새로운 트리 구조를 적용한 방식으로 화면내 부호화에서 약 0.5dB에서 1dB정도의 성능의 향상을 나타내었고 화면내 부호화에서 또한 약 0.1dB에서 약 0.2dB정도의 성능의 향상을 나타내었다. 이 방식은 화면내 부호화에서 성능의 저하를 나타내지 않으면서도 오차 영상의 특성에 잘 부합하여 예측 오차 영상을 효율적으로 부호화하는 방식이다.

참 고 문 헌

- [1] G. Strang and T. Nguyen, Wavelets and Filter Bank, Wellesley Cambridge, 1996.
- [2] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image Coding Using Wavelet Transform," IEEE Trans. on Image Processing, Vol.1, pp.205-220, Apr., 1992.
- [3] J. M. Shapiro, "Embedded Image Coding Using Zerotree of Wavelet Coefficients," IEEE Trans. on Signal Processing, Vol.41, No.12, pp.3445-3462, Dec., 1993.
- [4] K. Shen and E. J. Delp, "Wavelet Based Rate Scalable Video Compression," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.9, No.1, pp.109-122, Feb., 1999.
- [5] K. Shen and E. J. Delp, "A Control Scheme for a Data Rate Scalable Video Codec," Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing, Lausanne, Switzerland, pp.69-72, Sep., 1996.
- [6] Mary L. Comer, Ke Shen, Edward J. Delp, "Rate-scalable Video Coding Using a Zerotree Wavelet Approach," Proceedings of the Ninth Workshop on Image and Multi-dimensional Signal Processing, Belize City, Belize, pp.162-163, Mar., 1996.
- [7] 박효서, 박상주 "웨이블릿 기반 대역별 독립 공간 부호화에 의한 영상 압축", 정보처리학회논문집, 제8-B권 제2호, pp. 208-214, Apr., 2001.

- [8] A. Said, W. A. Pearlman, "A New Fast and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees," IEEE Trans. on Circuits and systems for Video Technology, Vol.6, No.3, pp.243-250, Jun., 1996.



박민선

e-mail : firework@hanmail.net
2000년 홍익대학교 전자전기공학부 학사
2002년 홍익대학교 전자공학과 석사
2002년~현재 삼성전자
관심분야 : 영상압축, 신호처리



박상주

e-mail : sjpark@wow.hongik.ac.kr
1984년 서울대학교 전자공학과 학사
1986년 서울대학교 전자공학과 석사
1992년 Stanford University, Electrical
Eng., 박사
1992년~1993년 Philips Research Palo
Alto, MTS
1993년~1995년 Philips Semiconductors, MTS
1996년~현재 홍익대학교, 전자전기공학부
관심분야 : 영상 처리 및 압축