

논문-02-07-1-05

다중 해상도 움직임 보상을 이용하는 웨이브렛기반 동영상 부호화

양창모*, 이병기**, 조위덕*, 정하중*, 호요성**

Wavelet-based Video Coding Scheme using Multi-resolution Motion Compensation

Chang-Mo Yang*, Byong-Ki Lee**, We-Duke Cho*, Ha-Joong Chung* and Yo-Sung Ho**

요 약

본 논문에서는 동영상을 효율적으로 부호화하기 위한 새로운 다중 해상도 움직임 보상방법과 잉여 양자화 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 동영상 부호화기는 다단계 웨이브렛 분해, 움직임 예측 및 움직임 보상, 대역내에서의 래스터 주사, 블록 Tree의 구성 및 블록 분할, 적응적 산술 부호화기로 구성된다. 제안된 동영상 부호화기는 단순하면서도 낮은 연산량을 필요로 하며, 임베디드 특성과 SNR 계위 부호화 특성과 같은 좋은 기능을 제공한다. 또한 기존에 제안되었던 웨이브렛 변환을 이용하는 동영상 부호화 방법과 비교하여 우수한 성능을 제공한다.

Abstract

In this paper, we propose a new video coding scheme with multi-resolution motion compensation and residual quantization. The main functional blocks of the proposed scheme include multi-level wavelet decomposition, motion estimation and motion compensation, raster scanning within each subband, formation of block trees and blocking partitioning, and adaptive arithmetic coding. Although the proposed coding scheme is simple and requires low computational complexity, it produces bitstreams with good features, such as the embedded structure and SNR scalability. Experimental results demonstrate that the proposed coding scheme is quite competitive to and often outperforms other wavelet-based video coding schemes in the literature.

I. 서론

컴퓨터, 디지털 신호처리, 데이터 저장 기술이 발전함에 따라 인간의 시각과 청각을 이용한 디지털 멀티미디어 정보 서비스들이 급속도로 확산되고 있다. 이에 발맞추어 국제 표준화 기구에서는 정지영상 압축 부호화를 위한 JPEG 표준과 동영상 부호화를 위한 H.261, H.263 권고안, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 표준 등을 제정하여 영상

신호의 저장 및 전송, 비디오 CD, 영상 회의, 원격 강의, 디지털 TV 등의 다양한 응용 분야에 성공적으로 이용하고 있다. 그러나 이러한 부호화 표준들은 영상을 일정한 크기를 가지는 블록으로 분할하여 이산 여현 변환(Discrete Cosine Transform, DCT)과 양자화를 수행하기 때문에, 낮은 비트율에서 블록화 현상(Blocking Artifacts)이 발생한다. 또한 단일 비트열에서 계위 부호화(Scalable Coding)가 어렵다는 단점을 가지고 있다.

최근에는 이러한 문제점들을 해결하는 새로운 부호화 방법들이 연구되고 있다. 이러한 방법들 중 대표적인 것이 이산 웨이브렛 변환(Discrete Wavelet Transform, DWT)을 이용하는 부호화 방법이다. 이산 웨이브렛 변환은 입력되는

* 전자부품연구소 인터넷미디어연구센터
Korea Electronics Technology Institute, Internet Media Research Center

** 광주과학기술원 정보통신공학과
Kwang-ju Institute of Science and Technology, Department of Information and Communications

영상 신호에 다상 분해를 수행하는 방식이다. 분할된 각각의 성분들은 서로 다른 주파수 대역을 가지므로, 기존의 이산 여현 변환과 비교하여 신호를 처리하기가 훨씬 용이하다. 또한 기존의 이산 여현 변환을 이용하는 부호화 방법들과 비교하여 낮은 비트율에서도 블록화 현상이 발생하지 않는다.

이산 웨이브렛 변환을 이용하는 동영상 부호화기는 시간적 중복성을 줄이는 방법에 따라 크게 3-D 대역 부호화 방식과 움직임 보상을 이용하는 예측 부호화 방법으로 분류된다. 3-D 대역 부호화 방식에서는 입력되는 동영상 화면 집합에 3-D 웨이브렛 분해를 수행한 후에, 기존의 정지영상 부호화 방법을 3-D로 확장하여 동영상을 부호화한다. 대표적인 부호화기로는 Tham이 제안한 3-D 동영상 부호화기^[1]와 Kim이 제안한 3-D SPIHT^[2] 이 있다. Tham이 제안한 동영상 부호화기는 웨이브렛 변환 계수들을 TRI-ZTR이라 일컬어지는 데이터 구조를 이용하여 양자화한다. 3-D SPIHT는 기존에 정지영상을 부호화하기 위해 제안되었던 2-D SPIHT^[3] 부호화 방법을 3차원으로 확장하여 양자화를 수행한다.

비록 3-D 대역 부호화 방식이 기존의 웨이브렛 변환을 이용하는 동영상 부호화 방법보다 나은 성능을 제공하지만, 여러 가지 결점을 가지고 있다. 3-D 대역 부호화 방식은 기존의 이산 여현 변환을 이용하는 동영상 부호화 방법과 비교하여 움직임 재채 주변이 흐려지는 현상을 야기한다. 이러한 현상은 시간적으로 웨이브렛 분해를 수행할 때에 이용하는 저대역 통과 필터의 영향 때문이다. 또한 3-D 대역 부호화 방식은 연속되는 화면의 집합에 대하여 3-D 웨이브렛 변환을 수행해야하므로, 많은 프레임 메모리를 필요로 한다.

움직임 보상을 이용하는 예측 부호화 방법은 움직임 예측 및 움직임 보상을 수행한 후, 잉여 양자화를 수행하는 방식이다. 대표적인 방법으로는 Lee와 Oh가 제안한 방법이 있다^[4]. 이 부호화 방법에서는 동영상 압축 표준에서 사용하는 공간상에서의 움직임 예측 및 움직임 보상 방법과는 다른, 웨이브렛 변환 영역에서 움직임 예측 및 움직임을 보상을 수행하는 다중 해상도 움직임 예측 및 움직임 보상 (Multi-resolution Motion Estimation and Motion Compensation, MRME/MRMC)^[5] 방법을 이용하였다. 잉여 양자화 방법으로는 2-D SPIHT 부호화 방법을 이용하였다.

본 논문에서는 다중 해상도 움직임 예측 및 움직임 보상을 이용하는 새로운 예측 부호화 방법을 제안한다. 그림 1은 본 논문에서 제안한 동영상 부호화기를 도시한 것이다. 먼저, 입력되는 동영상 화면에 2차원 웨이브렛 변환을 취한

다. 그런 후에, 웨이브렛 변환 영역에서 다중 해상도 움직임 예측 및 움직임 보상을 수행한다. 이와 같이 변환 영역에서 움직임 예측 및 움직임 보상을 수행하게 되면, 역변환을 가할 필요가 없으므로 연산 복잡도가 낮아진다. 움직임 탐색 방법으로는 전역 탐색(Full Search)방법, 3단계 탐색(Three-Step Search)방법 등이 사용될 수 있다. 본 논문에서는 연산량을 줄이기 위해 3단계 탐색 방법을 사용하였다. 예측 오류는 웨이브렛 계수들 사이의 상관 관계와 블록분할 방법을 이용하여 양자화한다. 움직임 벡터와 양자화 값은 적응적 확률 모델을 이용하는 산술 부호기(Arithmetic Coder)를 이용하여 부호화 한다. 제안한 동영상 부호기에서의 부호화 비트율은 웨이브렛 변환을 이용하는 양자화 방법의 임베디드(Embedded) 특성을 이용하여 제어한다.

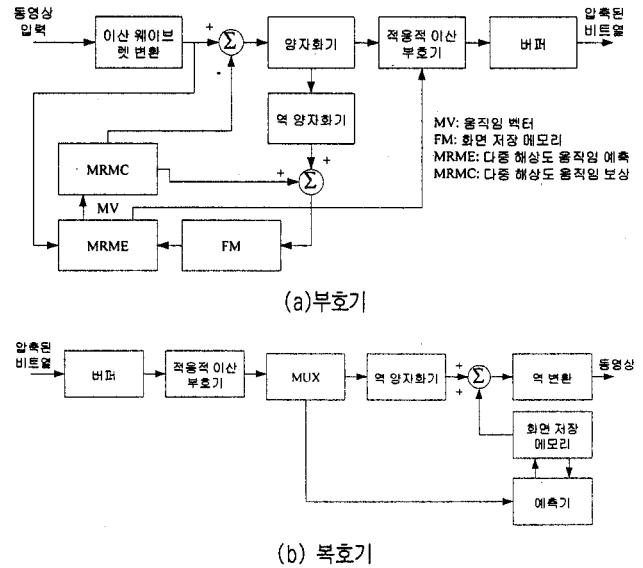


그림 1. 다중 해상도 움직임 보상을 이용한 동영상 부호화기
Fig. 1. Multi-resolution Motion Compensated Video Coder

II. 웨이브렛 변환

일반적으로 영상신호는 이웃하는 화소들 사이에 높은 상관 관계가 존재한다. 통상 효율적인 영상 부호화를 위해 첫 단계에서 영상 변환을 이용하여 이러한 상관 관계를 줄이고 영상의 에너지를 적은 개수의 계수에 집중시킨다. 이를 위해 현재까지는 블록 기반의 이산 여현 변환 방법이 주로 사용되었다. 그러나 이러한 블록 기반의 변환을 이용한 영상 압축 방법은 비교적 높은 비트율에서는 우수한 성능을 나타내지만, 낮은 비트율 부호화에서는 블록 경계 현상이

발생하는 약점을 지니고 있다. 이것은 다른 블록에 존재하는 변환 계수와의 상호 관계를 고려하지 않기 때문에 생기는 현상이다. 반면에 웨이브렛 변환을 이용한 부호화 기법에서는 블록 경계 현상이 발생하지 않으며, 낮은 비트율에서도 우수한 영상 품질을 얻을 수 있다.

1차원 웨이브렛 변환에서는 웨이브렛 ψ 와 계위 함수 (Scaling Function) ϕ 가 정의되며, 웨이브렛 함수 $\{\psi^j(x)\}_{j \in Z}$ 와 계위 함수 $\{\phi^j(x)\}_{j \in Z}$ 는 서로 직교한다.

여기서 $\psi^j(x) = \sqrt{2^j} \psi(2^j x)$ 이고 $\phi^j(x) = \sqrt{2^j} \phi(2^j x)$ 이다^[6]. 일반적으로 이산 웨이브렛 변환은 저대역 필터와 고대역 필터를 이용하는 QMF(Quadrature Mirror Filter)를 통해 구현될 수 있다.

영상의 변환을 위한 1차원 웨이브렛을 2차원으로 확장하는 다양한 방법들이 제시되었으나, 주로 Mallat이 제안한 웨이브렛 분해 방법을 사용한다^[6]. 입력 영상에 대해 수직과 수평 방향으로 저대역 필터 L과 고대역 필터 H를 각각 한번씩 적용하고, 필터를 통과한 계수들은 2:1로 부표본화(Subsampling)한다. 그 결과 세가지의 방향 선택적인 고주파 대역 LH, HL, HH와 저주파 대역 LL을 얻는다. 이러한 과정을 LL 대역에 반복적으로 적용하여 다음 계위의 대역을 얻을 수 있다. 그림 2는 웨이브렛 변환을 이용한 대역 분해 과정을 나타내고 있다.

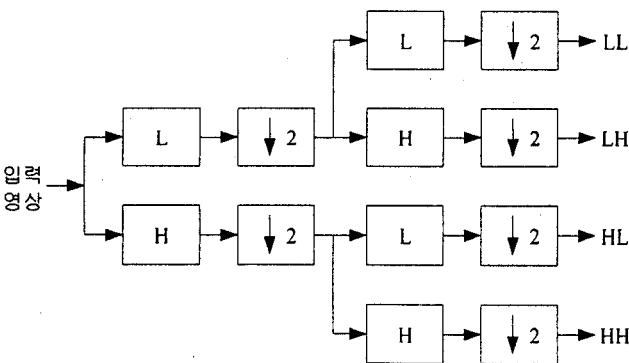


그림 2. 웨이브렛 변환을 이용한 대역 분해
Fig. 2. Subband Decomposition using Wavelet Transform

III. 움직임 예측 및 움직임 보상

동영상 부호화에 있어서 움직임은 매우 중요한 정보로 취급되고 있으며, 많은 동영상 부호화기에서 움직임 예측 및 움직임 보상을 채택하고 있다. 이는 움직임 정보를 통하여 동영상의 시간적 중복성을 제거함으로써, 보다 높은 압

축효과를 기대할 수 있기 때문이다. 본 논문에서는 3단계 움직임 탐색을 이용한 다중 해상도 움직임 예측 및 움직임 보상 방법을 제안한다.

3단계 움직임 탐색 방법은 1981년에 Koga에 의해서 발표되었으며, 2차원 로그 탐색 방법과 더불어 가장 일반적인 고속 탐색 방법 중의 하나이다. 탐색 과정은 다음과 같다. 그림 3과 같은 형태로 탐색을 수행하는데, 그림에서 $(x=i, y=j)$ 는 시간 t 인 현재화면에 있는 매크로블록의 중심을 의미하며 움직임 추정을 하려는 대상이다. 시간 $t-1$ 인 이전 화면에 있는 탐색 영역 안에서 매크로블록 중심의 위치를 이동하면서 매크로블록에 있는 모든 화소 값과 겹쳐진 탐색 영역의 매크로블록 위치에 있는 모든 화소 값에 대하여 정합함수 값을 계산한다. 그림 3과 같이 첫 번째 단계에서는 9개의 위치에 대하여 정합함수 값을 계산한다. 본 논문에서는 정합함수로서 평균제곱 오차(Mean Squared Error, MSE)를 이용하였다.

그림 3의 첫 번째 단계에서 $(i+3, j+3)$ 의 위치가 최적 위치로 결정되었다. 다음 두 번째 단계에서는 이 위치를 중심으로 8개의 탐색위치 후보를 지정하는데, 이때 각 위치의 간격이 첫 번째 단계에서는 세 화소 간격이었지만 간격을 줄여서 두 화소 간격이 된다. 비슷한 요령으로 다음 단계에서는 한 화소 간격으로 탐색위치 후보를 결정한다. 그림 3에서는 $(i+2, j+5)$, $(i+2, j+6)$ 이 각각 2단계와 3단계에서의 최적 위치로 결정되었다. 최종적으로 $(i+2, j+6)$ 이 움직임 벡터로 결정되었다.

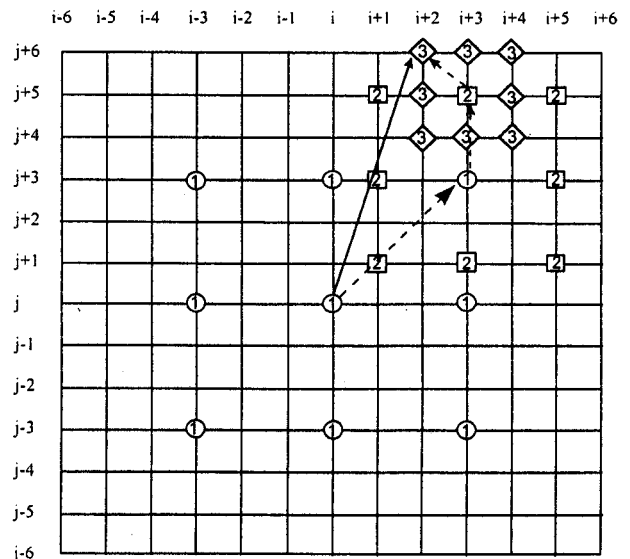


그림 3. 3단계 움직임 탐색법
Fig. 3. 3-Step Motion Search Method

3단계 움직임 탐색법을 이용하여 웨이브렛 변환 영역에서 다중 해상도 움직임 예측 및 움직임 보상을 수행한다. 다중 해상도 움직임 예측 및 움직임 보상 방법은 기존의 공간상에서의 움직임 예측 및 움직임 보상 방법에 비해 탐색 시간과 매칭 시간이 적게 소모되고, 부드러운 움직임 벡터장을 구할 수 있다는 장점을 가진다. 그러나, 이 방법은 모든 대역에서 구한 움직임 벡터를 수신측에 전송함으로써 전송 움직임 벡터 개수가 많다는 단점을 지니고 있다.

본 논문에서 제안한 다중 해상도 움직임 예측 및 움직임 보상 방법을 그림 4에 도시하였다. 그림에서 보듯이, 최하위 주파수 대역인 LL 대역은 다른 대역과 분할하여 독립적으로 반화소 움직임 예측 및 움직임 보상을 수행하였다. 이때 블록의 크기는 4x4이고, 탐색 영역은 [-4,+4]이다. 최하위 주파수 대역을 제외한 나머지 대역에 대해서는 "부모-자식간 상관 관계"^{[3][5][7]}를 이용하여 가변 크기 블록 움직임 예측 및 움직임 보상을 수행하였다. 먼저, 최하위 주파수 대역과 같은 크기를 가지는 대역은 2x2 크기의 블록과 [-2,+2]의 탐색 영역을 이용하여 움직임 예측 및 보상을 수행한다. 그런 후에, 이 대역의 4배 크기를 가지는 대역에 대해서 "부모-자식간 상관 관계"를 이용하여 움직임 벡터를 초기화한다. 이때 블록의 크기와 탐색 영역은 4배가 된다. 또한 초기화된 움직임 벡터를 이용하여 탐색 영역이 새롭게 결정된다. 새롭게 결정된 탐색 영역을 이용하여 움직임 벡터를 정제하는 과정을 수행한다. 이러한 과정을 전 대역에 대해 반복적으로 적용하여, 움직임 예측과 움직임 보상을 수행한다.

IV. 잉여 양자화

웨이브렛 변환된 화면에 움직임 예측 및 움직임 보상과정이 끝나면, 예측 오류에 대해 잉여 양자화를 수행한다. 그런데, 각 대역에 위치한 예측 오류는 대부분 아주 작은 값을 가지게 되므로, 이러한 계수들은 0으로 양자화해도 복원된 영상의 품질에 크게 영향을 미치지 않는다. 특히, 고주파 대역에서 비교적 큰 값을 가지는 계수의 발생 빈도는 매우 적으므로 이러한 계수에 대해서만 부호화를 수행하고 그 위치정보를 수신측에 전송하는 것이 합리적이다. 각 대역간의 상관 관계를 이용하면 이러한 중요계수들의 위치 정보를 효율적으로 전송할 수 있다^[8].

대역간 계수들의 상관 관계를 이용하는 대표적인 웨이브렛기반 부호화기에는 EZW^[7]와 2-D SPIHT^[3]이 있다. EZW는 "부모-자식간 상관 관계"를 이용하여 제로트리(Zerotree)를 구성하고, 이를 중요성 지도(Significance Map)를 이용하여 부호화 한다. 중요성 지도는 지수적으로 감소하는 문턱치(Threshold)와의 비교를 통해 판단된 웨이브렛 계수의 중요성 여부를 나타낸 이진 비트평면(Bit Plane)이다. 중요성 지도에서 중요하지 않다고 판단된 계수들의 블록은 제로트리 심볼을 이용하여 부호화한다. EZW는 웨이브렛 변환을 이용한 기존의 압축 방법에 비해 향상된 성능을 가지면서 점진적 전송에 유리한 임베디드 비트열을 갖는 부호화기이다.

SPIHT은 영상의 압축률을 높이기 위해 EZW를 보완한 방법이다. 그러므로 SPIHT은 EZW와 동일한 대역간 상관 관계를 이용하여 웨이브렛 계수를 부호화하는 임베디드 부호화기이다. 각 계수에 대한 중요도 역시 지수적으로 감소하는 문턱치와의 비교에 의해결정된다. 그러나 SPIHT은 계수의 집합 분할 및 부호화하는 방식에서 EZW와차이점을 가진다. SPIHT에서는 각각의 계수 집합을 부호화 순서대로 리스트(List)에 정렬하고, 중요하지 않은 계수의 부호화를 더욱 효율적으로 수행하기 위해 EZW와는 다른 새로운 집합을 정의하였다.

본 연구에서는 이러한 종래의 기술들에 이용되었던 "부모-자식간 상관 관계"와 더불어 그림 5와 같은 "사촌들간의 상관 관계"를 이용하여영상을 부호화 한다. 먼저, 새로운 상관 관계를 이용하여 그림 6의 왼쪽 그림과 같이 블록 Tree를 구성한다. 이렇게 구성된 Tree는 주어진 임계값과 비교하여 Tree내에 중요한 계수가 있다고 판단될 때에 그림 6과 같이 보다 작은 크기를 가지는 부분집합으로 분할된다. 이러한 과정을 각 단계에서의 임계값에 대해 더 이상 Tree내에 중요한 계수가 없다고 판단될 때까지 반복하여 영상을 부호화 한다. 이때, Tree의 중요도는 다음과 같은

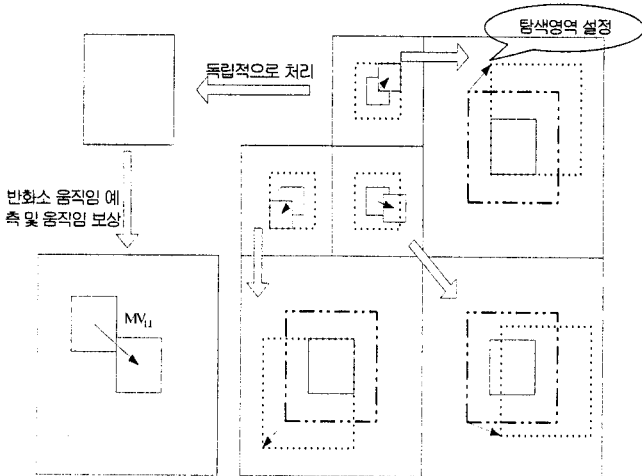


그림 4. 다중 해상도 움직임 예측 및 보상
Fig. 4. Multi-resolution Motion Estimation and Motion Compensation

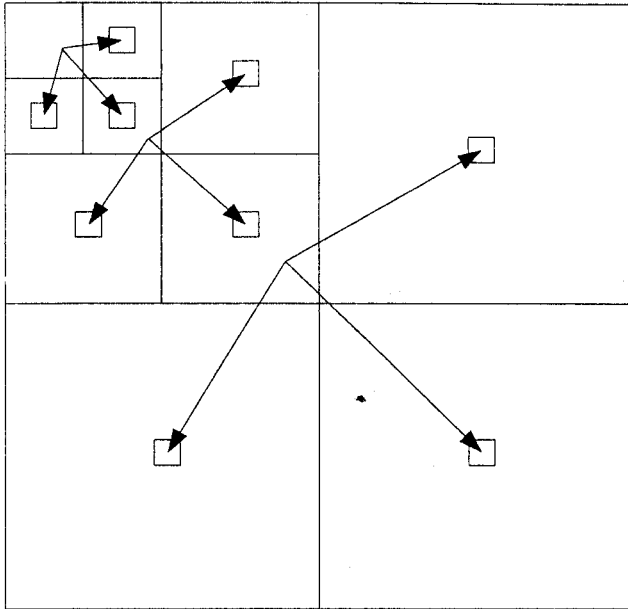


그림 5. 사촌들간의 상관 관계
Fig. 5. Relationship among Cousins

수식을 이용하여 판단한다.

$$S_n(T) = \begin{cases} 1, & \text{if } 2^n \leq \max_{(i,j) \in T} |c_{i,j}| < 2^{n+1} \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

위의 수식에서 T는 Tree를 의미하며 n은 주어지는 양자화 단계를 의미한다. 그리고 "1"은 현재의 Tree T가 중요한 계수를 포함하고 있다는 것을 의미하며, "0"은 중요한 계수를 포함하고 있지 않음을 의미한다. 유사한 방법을 이용하여, 좌표 (i,j)에 위치하는 계수 $c_{i,j}$ 의 중요도는 다음과 같은 수식을 이용하여 판단한다.

$$S_n(c_{i,j}) = \begin{cases} 1, & \text{if } 2^n \leq c_{i,j} < 2^{n+1} \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

본 논문에서 제안한 양자화기는 LIP(List of Insignificant Pixels), LIB(List of Insignificant Blocks), LSP(List of Significant Pixels)로 정의되는 세가지 리스트를 이용한다. 이름에서 알 수 있듯이, LIP는 중요하지 않다고 판단된 계수들을 포함하며, LIB는 중요하지 않다고 판단된 블록 Tree를 포함한다. 또한 LSP는 중요하다고 판단된 계수들을 포함한다. 전체적인 부호화 과정은 초기화, 정렬, 정제, 양자화 스텝 갱신의 4가지 단계로 구성된다.

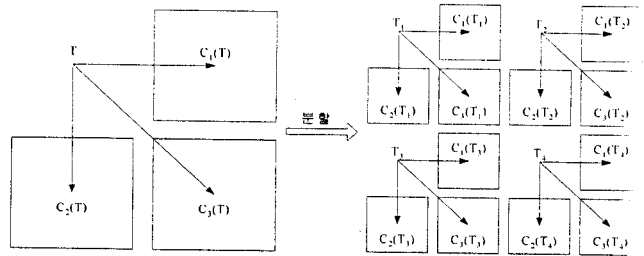


그림 6. 블록 Tree의 구성과 블록 분할
Fig. 6. Formation of Block Trees and Block Partitioning

1. 초기화 단계

각 대역의 계수들을 그림 6의 왼쪽 그림과 같이 64x64 크기의 작은 블록으로 분할하여 블록 Tree를 구성한다. 그런 후에, 전체 변환계수 X에 대해 다음과 같이 초기 양자화 단계 n을 결정한다.

$$n = \left\lfloor \log_2 \left(\max_{(i,j) \in X} |c_{i,j}| \right) \right\rfloor \quad (3)$$

마지막으로, 각 리스트의 초기 엔트리(Entry)를 결정한다. 먼저 가장 낮은 대역내의 계수들을 LIP 리스트에 넣는다. 그리고 각 Tree들을 LIB 리스트에 넣는다. LSP는 엔트리를 가지지 않는다.

2. 정렬 단계

정렬 단계는 LIP 정렬단계와 LIB정렬단계로 나뉘어진다. LIP 정렬단계에서는 각 엔트리들의 중요도가 부호화된다. 이때 만약 엔트리가 중요하다고 판단되면, 엔트리의 부호가 부호화되고 이 엔트리는 LSP로 이동한다.

LIB 정렬단계에서는 먼저 각 Tree T의 $C_i(T)$ 의 크기를 조사한다. 만약 $C_i(T)$ 가 화소이면, Tree T에 속해있는 모든 계수들의 중요도가 부호화 되고, 이 Tree는 LIB에서 삭제된다. 이때 만약 Tree T에 포함되어 있는 계수들이 중요하다고 판단되면, 계수의 부호가 부호화되고 이 계수는 LSP리스트에 더해진다. 만약 중요하지 않다고 판단되면, 각 계수들은 LIP 리스트에 더해진다. 만약 현재의 Tree T의 $C_i(T)$ 가 화소가 아니면, Tree T의 중요도가 판단된다. 만약 Tree T가 중요하다고 판단되면, 그림 6와 같이 Tree를 분할하고, 분할된 작은 Tree들이 LIB에 더해진다. 그런

후에, 현재의 Tree T 는 LIB에서 삭제된다.

3. 정제 단계

이 부호화 단계에서는 LSP 엔트리의 n 번째 MSB(Most Significant Bit)가 부호화된다. 이때 주의할 점은 같은 양자화 단계 n 에 대해 바로 이전의 정렬단계에서 부호화 되고 LSP에 더해진 계수는 현재의 양자화 단계 n 에 대해 정제 단계를 가지지 않는다는 것이다.

4. 양자화 스텝 갱신

이 단계에서는 양자화 단계 n 의 값을 1만큼 줄인다. 그리고 부호화 과정은 정렬단계에서부터 다시 시작된다.

V. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 제안한 방법을 S/W로 구현하여 실험하였다. 이산 웨이브렛 변환에는 9/7 bi-orthogonal 선형위상필터^[9]를 사용하였다. 움직임 벡터와 잉여 양자화에서의 결과 심벌은 적응적 산술 부호기(Adaptive Arithmetic Coder)를 이용하여 부호화 하였다. 계수의 중요도 부호화를 위해서는 동쪽, 서쪽, 남쪽, 북쪽에 위치한 4개의 인접계수와 하나의 부모 계수의 중요도 값을 이용하였고, 계수의 부호 부호화를 위해서는 동쪽, 서쪽, 남쪽, 북쪽에 위치한 4개의 인접계수들의 부호 정보를 이용하였다. 계수의 중요도 부호화에 부모 계수의 중요도 값이 사용된 것은 "부모-자식간 상관관계"를 이용하기 위함이다. Tree의 중요도, 정제단계에서의 결과 심벌, 그리고 움직임 벡터를 부호화하기 위해서는 고정된 하나의 확률모델을 이용하였다. 복원된 영상 신호의 성능을 측정하는 방법으로는 다음과 같이 정의되는 PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)을 이용하였다.

$$PSNR = 10 \log_2 \left(\frac{255^2}{MSE} \right) dB \quad (4)$$

그림 7은 본 논문에서 제안한 잉여 양자화기를 정지영상이나 Intra 화면의 부호화에 적용하여 그 성능을 2-D SPIHT^[3]과 비교한 결과를 보여준다. 성능평가를 위해서 8비트로 이루어진 720×576 크기의 BOATS와 BARBARA 영상을 사용하였다. 그림 7에서 보인 것처럼, 본 논문에서 제안한 양자화기를 이용하여 SPIHT보다 BOATS 영상의

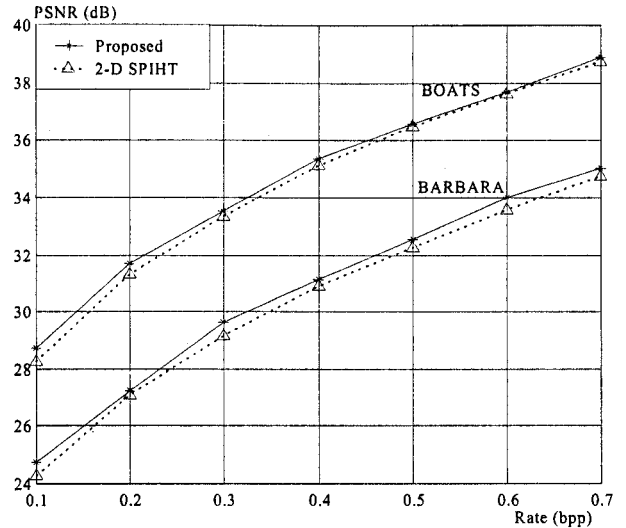


그림 7. 양자화기의 성능비교
Fig. 7. Performance Comparison of the Quantizer

경우 0.2dB, BARBARA 영상의 경우 0.4dB~0.6dB 정도의 성능을 향상시킬 수 있었다. 실험 결과에서도 알 수 있듯이, 제안한 양자화기는 복잡도가 낮은 영상에 적용할 경우보다 복잡도가 높은 영상에 적용할 경우에 SPIHT와 비교하여 보다 높은 부호화 이득을 얻을 수 있었다.

표 1은 본 논문에서 제안한 동영상 부호화기의 성능을 10 fps(frame per second), 30 kbps, 60 kbps의 실험조건에서 3-D SPIHT^[2]과 비교한 것을 보여준다. 성능평가를 위해서 MPEG 표준에서 이용되는 176×144 크기의 HALL MONITOR와 MOTHER AND DAUGHTER 동영상 시퀀스를 사용하였다. 각각의 동영상 시퀀스는 30 fps(frame per second), 4:2:0 형식으로 구성되어있다. 원 동영상 시퀀스가 30 fps로 구성되어 있으므로, 세 화면마다 하나의 화면을 선택하여 실험하였다. 표 1에서 알 수 있듯이, 제안한 동영상 부호화기는 3-D SPIHT와 비교하여, HALL MONITOR 동영상 시퀀스에 대해서는 비슷하거나 다소 좋지 못한 성능을 보이지만 MOTHER AND DAUGHTER와 같이 움직임이

표 1. 평균 PSNR 비교
Table 1. Average PSNR Comparison

부호화 방법	Bit Rate	MOTHER AND DAUGHTER	HALL MONITOR
제안한 방법	30 kbps	32.9 dB	32.9 dB
	60 kbps	35.8 dB	37.3 dB
3-D SPIHT ^[2]	30 kbps	32.7 dB	32.9 dB
	60 kbps	35.5 dB	37.9 dB
MC 3-D SPIHT ^[2]	30 kbps	32.7 dB	32.3 dB
	60 kbps	35.6 dB	37.3 dB

복잡한 동영상 시퀀스에 대해서는 많은 부호화 이득을 얻을 수 있었다.

과 메모리 사용량이 적다는 장점을 가지고 있다.

VI. 결 론

H.26x 시리즈 권고안이나 MPEG과 같은 기존의 표준에서는 영상을 일정한 크기를 가지는 블록으로 분할하여 이산 역변환과 양자화를 수행하기 때문에 낮은 비트율에서 블록화 현상이 발생하며 단일 압축 시스템에서 계위 부호화를 지원하기가 어렵다는 단점이 있다. 본 논문에서는 블록화 현상도 발생하지 않고 단일 압축 시스템에서 계위 부호화를 지원하기에도 용이한 이산 웨이블릿 변환을 이용하는 동영상 부호화를 제안하였다. 제안된 동영상 부호화기는 크게 이산 웨이블릿 변환, 움직임 예측 및 움직임 보상, 잉여 양자화, 엔트로피 부호화의 4가지로 나눌 수 있다. 이산 웨이블릿 변환으로는 구현이 간단하면서도 효율적인 QMF 방식을 이용하였다. 움직임 예측 및 보상 방법으로는 기존의 동영상 압축 표준과는 달리 웨이블릿 변환 영역에서 움직임 예측 및 움직임 보상을 수행하는 다중 해상도 움직임 예측 및 움직임 보상 방법을 제안하였다. 잉여 양자화 방법으로는 웨이블릿 계수들간에 존재하는 새로운 상관 관계와 블록 기반 Tree 분할을 이용하는 양자화 방법을 제안하였다. 엔트로피 부호화에는 연산이 빠르면서도 적응적으로 확률을 모델링할 수 있는 산술 부호화기를 사용하였다. 모의 실험을 통해 보인 것처럼, 본 논문에서 제안한 동영상 압축 부호화기를 이용하여 기존의 3-D SPIHT에 비해 향상된 압축 효율을 얻을 수 있었으며, 특히 움직임이 많은 동영상에서 많은 부호화 이득을 얻을 수 있었다. 또한 본 논문에서 제안한 동영상 부호화기는 연속되는 화면의 집합에 3-D 웨이블릿 변환을 가하는 3-D SPIHT과 비교하여 연산량

참 고 문 헌

- [1] J. Y. Tham, S. Ranganath and A. A. Kassim, "Highly Scalable Wavelet-based Video Codec for Very Low Bit-Rate Environment," IEEE Journal on Selected Areas in Comm., vol. 16, no. 1, pp. 12-27, Jan. 1998.
- [2] B. J. Kim, Z. Xiang and W. A. Pearlman, "Low Bit-Rate Scalable Video Coding with 3-D Set Partitioning in Hierarchical Trees," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech., vol. 10, no. 8, pp. 1374-1387, Dec. 2000.
- [3] A. Said and W. Pearlman, "A New, Fast and Efficient Image Codec based on Set Partitioning in Hierarchical Trees," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech., vol. 6, no. 3, pp. 243-250, June 1996.
- [4] J. Y. Lee, H. S. Oh and S. J. Ko, "Motion-Compensated Layered Video Coding for Playback Scalability," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech., vol. 11, no. 5, pp. 619-628, May 2001.
- [5] S. Zafar, Y. Zhang, and B. Jabbari, "Multi-scale Video Representation using Multi-resolution Motion Compensation and Wavelet Decomposition," IEEE Journal on Selected Areas in Comm., vol. 11, no. 1, pp. 24-35, Jan. 1993.
- [6] S. Mallat, "A Theory for Multi-resolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation," IEEE Trans. on Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 11, no. 7, pp. 674-693, July 1989.
- [7] J. Shapiro, "Embedded Image Coding using Zerotrees of Wavelet Coefficients," IEEE Trans. on Signal Proc., vol. 41, no. 12, pp. 3445-3462, Dec. 1993.
- [8] C. M. Yang and Y. S. Ho, "Embedded Image-Coding Algorithm using Set Partitioning in Block Trees of Wavelet Coefficients", SPIE Visual Comm. and Image Proc., vol. 4671, pp. 1194-1204, Jan. 2002.
- [9] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu and I. Daubechies, "Image Coding using Wavelet Transform," IEEE Trans. on Image Proc., vol. 1, no. 2, pp. 205-250, April 1992.

저 자 소 개



양 창 모

- 1998년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (학사)
- 2000년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 (석사)
- 2002년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 (박사수료)
- 2002년 3월~현재 : 전자부품연구원 연구원
- 주관심분야 : 영상 부호화, 디지털 신호처리, 디지털 영상 워터마킹



이 병 기

- 2001년 2월 : 아주대학교 전자공학과 (학사)
- 2001년 3월~현재 : 광주과학기술원 정보통신공학과 (석사과정)
- 주관심분야 : 영상 부호화, 디지털 신호처리



조 위 덕

- 1981년 2월 : 서강대학교 전자공학과 (학사)
- 1983년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (석사)
- 1987년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (박사)
- 1983년 3월~1990년 3월 : 금성전기(현LG정보통신) 기술연구소 연구실장
- 1990년 4월~1991년 10월 : 생산기술연구원 HDTV사업단 개발팀장
- 1995년 11월~1996년 5월 : 미국 TCSI 공동개발 연구원
- 1995년 2월~1995년 10월 : 영국 TTP-COM 공동개발 연구원
- 1991년 11월~현재 : 전자부품연구원 인터넷미디어연구센터장
- 주관심분야 : Post-PC (차세대 Smart PDA), Interactive DTV 방송기술, 고품질 홈서버/게이트웨이기술, 디지털방송/이동통신 연계 융합 플랫폼 기술, 무선인터넷응용기술



정 하 중

- 1984년 2월 : 한양대학교 전자공학과 (학사)
- 1987년 8월 : 한양대학원 전자공학과 (석사)
- 1989년 1월~1993년 11월 : 금성사(현LG전자) 정보기기연구소 주임연구원
- 1983년 12월~현재 : 전자부품연구원 DTV 개발팀장
- 주관심분야 : Interactive DTV 방송기술, 고품질 홈서버/게이트웨이기술, 디지털 정보기전, 디지털 데이터방송 전송기술



호 요 성

- 1981년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (학사)
- 1983년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (석사)
- 1983년 3월~1995년 9월 : 한국전자통신연구소 선임연구원
- 1989년 12월 : University of California, Santa Barbara Department of Electrical and Computer Engineering (박사)
- 1990년 1월~1993년 5월 : 미국 Philips 연구소 Senior Research Member
- 1995년 9월~현재 : 광주과학기술원 정보통신공학과 부교수
- 주관심분야 : 디지털 신호처리, 영상신호처리 및 압축, 초저속 영상통신, 디지털TV와 고선명 TV 방송기술, 멀티미디어 통신 방식