

# 웨이브릿 패킷 알고리즘을 이용한 3차원 비디오 서브밴드 코딩

論 文

54D-11-6

## Three-Dimensional Subband Coding of Video using Wavelet Packet Algorithm

秋 亨 錫<sup>\*</sup> · 安 鍾 久<sup>\*</sup>

(Hyung Suk Chu · Chong Koo An)

**Abstract** - This paper presents the 3D wavelet transformation based video compression system, which possesses the capability of progressive transmission by increasing resolution and increasing rate for multimedia applications. The 3D wavelet packet based video compression system removes the temporal correlation of the input sequences using the motion compensation filter and decomposes the spatio-temporal subband using the spatial wavelet packet transformation. The proposed system allocates the higher bit rate to the low frequency image of the 3D wavelet sequences and improves the 0.49dB PSNR performance of the reconstructed image in comparison with that of H.263. In addition to the limitation on the propagation of the motion compensation error by the 3D wavelet transformation, the proposed system progressively transmits the input sequence according to the resolution and rate scalability.

**Key Words** : Video Compression, 3D Wavelet Transform, Quadtree Algorithm, H.263.

### 1. 서 론

통신과 멀티미디어 기술이 발전함에 따라 동영상 데이터의 전송에 대한 관심이 높아지고 있다. 동영상 데이터의 전송에서 고주파 대역 응용에서는 MPEG-2를 기반으로 하는 DVS와 HDTV가 있고, 저주파 대역 응용과 관련해서는 64 Kbps 이하의 낮은 데이터 전송률을 이용하는 인터넷을 통한 데이터 전송, 영상회의, 그리고 영상전화 등이 있다. 여기서 H.263이 낮은 데이터 전송률에서 만족할만한 화상도를 유지할 수 있는 표준 알고리즘으로서 많이 쓰이고 있으나, 블록 DCT를 기반으로 하고 있어서 블록화에 의한 화질 열화 현상이 나타나고 있다[1][2]. 또한 H.263은 이웃한 프레임 사이에 생기는 움직임 보상 에러가 GOF(Group of Picture) 내에서 전파 되고, 멀티미디어 응용에서 중요하게 요구되고 있는 다분해능(multi-resolution)과 압축 비트율에 따른 점진적 전송(progressive transmission) 기능이 없다. 따라서 MPEG-4와 MPEG-7에서는 멀티미디어 응용에서 요구되는 성능을 위한 영상부호화기법들이 활발히 연구되고 있다[3][4][5].

웨이브릿 변환은 에너지 압축 성능이 매우 좋을 뿐만 아니라 신호를 시간-주파수 영역에서 동시에 표현할 수 있는 특성 때문에 영상 압축을 포함한 여러 응용분야에서 이용되고 있다. JPEG-2000의 표준으로 채택된 바 있는 웨이

브릿 기반 영상 압축 알고리즘이 제공하는 중요한 장점은 다분해능의 부밴드 영역값(subband samples)을 저장하고, 점진적 전송을 할 수 있다는 데에 있다[6].

영상압축을 위한 변환코딩(transform-coding) 기술의 rate-distortion 성능은 비적응적 방법인 일반적인 이산 웨이브릿 변환(standard discrete wavelet transformation: DWT)으로는 한계점을 드러내고 있으며, 필터, 양자화기, 코딩의 기술을 향상시켜 약간의 성능개선을 보이고 있다. 그러나 어떤 영상들에서는 이산 웨이브릿 패킷 변환(discrete wavelet packet transformation: DWPT)을 기반으로 한 적응적 방법들이 괄목할만한 코딩 이득의 향상을 보이고 있다[7][8]. 최근에는 2차원 공간상의 웨이브릿 변환을 시간축으로 확장하는 3차원 웨이브릿 기반의 영상부호화기법들이 제안되고 있다[3][4].

본 논문에서는 멀티미디어 응용에서 중요하게 요구되는 다분해능과 압축 비트율에 따른 점진적 전송 기능이 가능한 3차원 웨이브릿 기반의 동영상 압축 시스템을 제안하였다. 3차원 웨이브릿 변환에서 움직임 벡터와 움직임 보상 필터링은 기존의 계층적 움직임 추정 알고리즘(Hierarchical Motion Estimation)과 Choi's 알고리즘을 이용하였으며, 공간적인 상관관계의 제거와 웨이브릿 계수의 코딩은 웨이브릿 패킷 알고리즘과 쿼드트리 알고리즘을 이용하여 PSNR 성능을 향상시켰다. 제안한 시스템은 3차원 웨이브릿 변환의 움직임 보상형 시간축 필터를 이용하여 입력영상신호의 시간적 상관관계를 제거하고, 공간상의 웨이브릿 패킷 변환에 의하여 시공간의 서브밴드로 분해한다. 웨이브릿 패킷 알고리즘은 실험을 통하여 정해진 기준값에 의하여 알고리즘의 계산량이 제한되고, top-down tree search를 이용하며 주어진 영상에 따라서 자식 서브밴드에서 상대적으로 예너

\* 교신저자, 正會員 : 蔚山大 工大 電氣電子工學部 講義專擔教授

E-mail : hschu4@mail.ulsan.ac.kr

\*\* 正會員 : 蔚山大 工大 電氣電子工學部 教授

接受日字 : 2005年 9月 2日

最終完了 : 2005年 10月 7日

지 분포가 많은 suboptimal base를 선택한다[8]. 여기서 제안한 시스템은 움직임 보상 에러의 전과를 제거하였고, 3차원 웨이브릿 영상에서 에너지가 집중된 저주파 영상에 상대적으로 비트율을 높게 할당하여 복원된 영상의 PSNR 성능을 향상시켰다. 또한 제안한 시스템은 시간에 따라 변하는 영상정보의 높은 에너지 압축이 가능하다는 것 외에도 다분해능과 압축 비트율에 따라서 점진적 전송이 가능하며, 영상 데이터를 여러 계층의 해상도를 가진 하나의 비트스트림(bit-stream)으로 부호화하여, 입력단에서 원하는 해상도로 영상을 쉽게 복원할 수 있다. 제안한 시스템의 실험을 위하여 GOF의 프레임 수, 압축 비트율, 그리고 3차원 웨이브릿 변환 영역에서 저주파 영역에 할당되는 비트율의 변화에 따른 복원된 영상의 PSNR 성능을 알아보고, H.263의 PSNR 결과와 비교하였다.

서론에 이어 2절에서는 본 논문에서 제안한 3차원 웨이브릿 패킷 기반 동영상 압축 시스템에 대하여 개략적으로 언급하였고, 3절에서는 쿼드트리 코딩에 대하여 언급하였다. 4절에서는 실험에 대한 설명과 제안한 시스템의 실험결과를 비교하였고, 5절에서 결론을 맺었다.

2. 3차원 웨이브릿 패킷 기반 동영상 압축 시스템

본 논문에서 제안한 3차원 웨이브릿 패킷 기반 동영상 압축 시스템은 움직임 보상을 이용한 3차원 웨이브릿 변환 단계와 쿼드트리를 이용한 코딩 단계의 두 단계로 구성되며, 그림 1에서 전체적인 시스템 구조를 보였다. 우선 입력 영상에 계층적 움직임 추정 알고리즘을 이용하여 움직임 벡터를 얻었고, 움직임 보상 필터링은 Choi's algorithm을 적용하였다[6]. 여기서 계층적 움직임 추정에는 10 탭 웨이브릿 필터를 이용하여 2단계의 웨이브릿 변환을 하였고, 움직임 보상 필터링에서는 Haar 웨이브릿 필터를 이용하였다. 공간적 상관관계의 제거에는 10 탭 웨이브릿 필터를 이용하여 3단계의 웨이브릿 패킷 변환을 수행하였다. 3차원 웨이브릿 변환을 거친 영상에는 쿼드트리 코딩을 적용한다[7]. 움직임 벡터와 쿼드트리 코딩에서 출력된 데이터는 적응 arithmetic coder를 이용하여 비트스트림으로 전송된다.

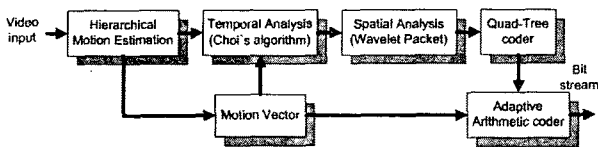


그림 1. 3차원 웨이브릿 패킷 기반 동영상 압축 시스템  
Fig. 1. 3D wavelet packet based video compression system

2.1 Hierarchical Motion Estimation

GOF 내에서 사물의 움직임이 크면, 시간적 웨이브릿 변환상의 고주파 영역에서 값이 큰 계수들이 많이 생기므로 복원된 영상의 PSNR 성능은 떨어지게 된다. 여기서 움직임 보상 기법은 GOF 내에서 사물의 움직임을 예측하여 연속된 프레임의 시간적 상관관계를 제거하고 복원된 영상의 PSNR 성능을 향상시킬 수 있는 수단으로 쓰이고 있다. 블록 매칭(block matching)을 기반으로 하는 움직임 추정 방

법은 하드웨어 복잡도가 작기 때문에 많이 쓰이고 있으며, 현재 H.261, H.263, 그리고 MPEG 1-2에서도 움직임 추정 방법으로 채택 되었다. 블록 매칭 알고리즘은 이전 프레임(previous frame)에서 탐색 블록을 정하고 현재 프레임(current frame)에서 블록을 정하여 현재 블록을 탐색 블록 내에서 한 픽셀씩 오버 래핑 시켜 가면서 탐색을 진행한다. 현재 프레임에서의 각각의 블록에 대하여 이전 프레임의 서치 윈도우 안에서 가장 근사한 값을 가지고 있는 블록이 매치 방법에 따라 구해진다. 여기서 현재 프레임의 블록과 가장 근사한 값을 가지고 있는 블록의 상대적인 위치가 움직임 벡터(motion vector)이다. 여러 가지 매치 방법(match criteria)으로 Cross Correlation Function(CCF), Mean-Squared Error(MSE), Mean Absolute Difference(MAD)등이 있다. 이 방법들 중에서 MAD가 다른 방법에 비해서 좋은 성능과 구현하기에 편리한 장점 때문에 많이 쓰인다. 탐색을 위한 알고리즘으로 full search algorithm이 있다. 이 방법은 전체 탐색영역에 걸쳐 탐색을 수행하기 때문에 가장 움직임이 적은 벡터를 찾아내지만 하드웨어 복잡도가 높아 실시간의 구현이 어려운 단점이 있다. 여기서 고속 탐색 알고리즘이 등장하는데 2D logarithmic algorithm, 3 step search algorithm, OTS(One-at-a Time), CDS(Conjugate Direction Search) 등이 존재한다.

본 논문에서는 움직임 추정을 위하여 full search block matching 알고리즘과 계층적 움직임 추정(Hierarchical Motion Estimation) 알고리즘을 이용하였다. 계층적 움직임 추정은 다분해능으로 표현된 웨이브릿 변환 영역의 각 레벨에 대하여 연속적으로 움직임 추정을 수행한다. 그림 2에서 웨이브릿 변환 영역과 계층적 움직임 추정을 보였다. 움직임 추정 블록은 웨이브릿 변환영역의 두 번째 레벨에서는 4x4, 첫 번째 레벨에서는 8x8, 그리고 원 영상에서 16x16 크기의 블록 크기를 이용하였으며, 탐색 윈도우의 크기는 각 블록 크기에서 ±2의 크기를 갖는다. 웨이브릿 변환 영역의 가장 높은 레벨에서 추정된 움직임 벡터는 다음 레벨 영역에서 움직임 추정을 위하여 이용되고, 각 레벨에서 같은 과정을 반복하여 최종적인 움직임 벡터를 얻는다. 따라서 다분해능의 웨이브릿 변환영역에서 full search block matching 알고리즘의 적용은 탐색 윈도우의 크기를 작게 할 수 있기 때문에 계산량에 대한 부담을 줄이고, 움직임 추정을 위한 시간을 절약할 수 있다.

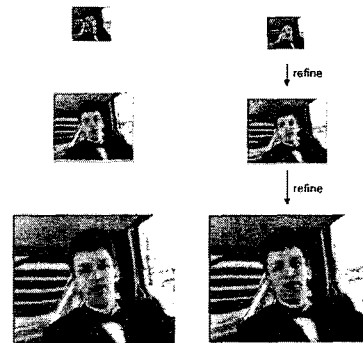


그림 2. 계층적 움직임 추정  
Fig. 2. Hierarchical Motion Estimation

## 2.2 움직임 보상 필터링

움직임 보상 필터링은 계층적 움직임 추정에서 얻은 움직임 벡터를 이용하여 움직임의 궤적을 따라서 수행된다. 여기서 움직임 벡터를 이용하여 움직임 보상을 할 경우에 중복되거나 추정되지 못한 영역이 생기는 문제와 동영상에서 움직임의 복잡도는 움직임 보상 필터링의 성능을 저하시킨다. 최근에 이와 같이 중복되거나 추정되지 못한 영역이 생기는 문제를 해결하기 위하여 효율적인 방법들이 제안되었다[4][5]. Ohm이 제안한 방법은 움직임 추정시에 중복된 영역에 대해서는 현재 프레임의 픽셀값을 저주파 서브밴드에 삽입하고, 추정되지 못한 영역에는 DFD(the scaled displace frame difference)값으로 대체한다. Choi가 제안한 알고리즘에서는 추정되지 못한 영역에 이전 프레임의 픽셀값을 저주파 서브밴드에 삽입하고, 중복 추정된 영역에는 DFD 값으로 대체한다. 본 논문에서는 Choi 알고리즘을 이용하여 움직임 보상 필터링을 하였다. 그림 3과 4에서 4 프레임과 8프레임으로 구성된 GOF의 시간적 웨이브릿 변환의 예를 보였다. Choi 알고리즘에서 시간적 웨이브릿 변환은 Haar 웨이브릿 필터를 이용하여 시간적 상관관계를 제거하며, 관계식은 다음식과 같다.

추정된 영역 :

$$L[m - \bar{d}_m, n - \bar{d}_n] = \frac{1}{\sqrt{2}} B[m - \bar{d}_m + d_m, n - \bar{d}_n + d_n] \quad (1)$$

$$H[m, n] = \frac{1}{\sqrt{2}} B[m, n] - \frac{1}{\sqrt{2}} A[m - d_m, n - d_n] \quad (2)$$

중복되거나 추정되지 못한 영역 :

$$L[m, n] = \frac{2A[m, n]}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

$$H[m, n] = \frac{1}{\sqrt{2}} (B[m, n] - A[m - d_m, n - d_n]) \quad (4)$$

여기서  $L[m, n]$ ,  $H[m, n]$  은 저주파 서브밴드와 고주파 서브밴드를 말하고,  $A[m, n]$ ,  $B[m, n]$ 은 이전 프레임과 현재 프레임을 나타낸다.  $(d_m, d_n)$ 은 움직임 벡터,  $\bar{d}_m, \bar{d}_n$ 은 움직임 벡터  $d_m, d_n$ 에 가까운 정수들의 의미한다.

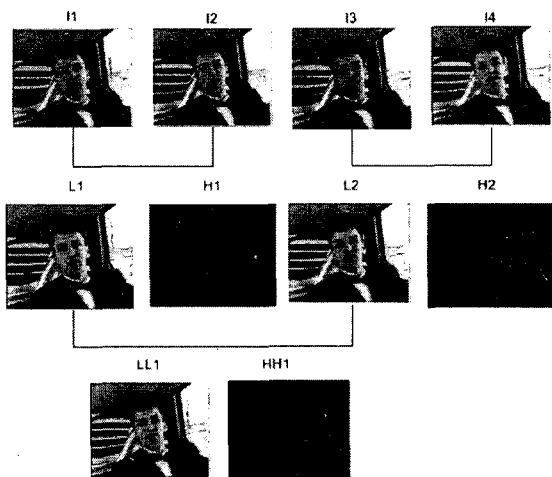


그림 3. GOF(4 frame)의 시간적 웨이브릿 변환  
Fig. 3. Temporal analysis of a GOF (4 frame)

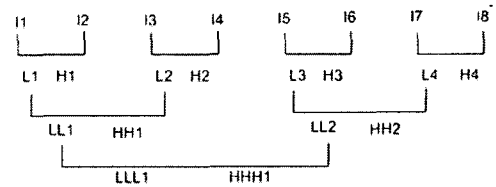


그림 4. GOF(8 frame)의 시간적 웨이브릿 변환  
Fig. 4. Temporal analysis of a GOF (8 frame)

## 2.3 웨이브릿 패킷 알고리즘

본 논문에서 적용되는 웨이브릿 패킷 알고리즘은 코딩성을 향상시키는 best-basis 선택 알고리즘을 이용하며, 그림 5에 웨이브릿 패킷 알고리즘을 보였다. 웨이브릿 패킷 알고리즘은 트리 구조를 구성할 때 기존의 best-basis 선택 방법에서 이용된 bottom-up 탐색 방법 대신 메모리 사용량이 줄어들고, 계산시간이 단축되는 top-down 탐색 방법을 적용한다[8]. 여기서 부모 서브밴드의 cost와 자식 서브밴드들의 cost를 비교하여, 자식 서브밴드들의 cost의 합이 부모 서브밴드의 cost와 같거나 크면 부모 서브밴드 밑의 트리 구조를 삭제하고, 작으면 부모 서브밴드의 트리 구조를 자식 서브밴드로 확장시킨다. 또한 기존의 방법에서는 자식 서브밴드를 모두 확장했지만, 본 논문에서는 확장된 자식 서브밴드들을 에너지 분포 크기에 따라서 정렬하여 자식 서브밴드들 중 상대적인 에너지가 제일 많은 자식 서브밴드만을 그 다음 레벨에서 분해하였다. 이와 같이 상대적인 에너지가 제일 많은 자식 서브밴드만을 분해하였을 경우와 자식 서브밴드를 모두 확장했을 때에 계산량은 많이 줄어들지만 제안한 알고리즘의 코딩성능은 큰 차이를 보이지 않음을 실험을 통하여 확인하였다.

본 논문에서 이용되는 웨이브릿 패킷 알고리즘은 정렬연산에 대한 복잡도는 증가하나 기존의 best-basis 선택 알고리즘의 계산량과 비교하여 23% 정도 줄어든 결과를 보였다. 코딩성능 실험결과에서 보면, DWT, JPEG-2000, 그리고 S+P 알고리즘과 제안한 알고리즘을 비교하였을 때, 저주파 성분이 많은 영상에서는 제안한 알고리즘이 기존의 알고리즘들과 비슷한 성능을 보이거나 PSNR값이 0.1dB 정도 떨어짐을 알 수 있었지만, 상대적으로 고주파 성분을 많이 갖는 영상에 대하여는 제안한 알고리즘이 기존의 알고리즘들보다 PSNR값이 1dB 정도의 향상됨을 확인할 수 있었다[8].

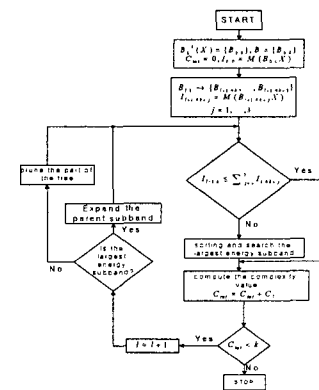


그림 5. 웨이브릿 패킷 알고리즘  
Fig. 5. wavelet packet algorithm

### 3. 쿼드트리 이용 웨이브릿 계수의 코딩 알고리즘

쿼드트리(quad-tree)를 이용한 웨이브릿 계수의 코딩 알고리즘은 기존의 쿼드트리정보를 구하는 것을 변형하여 주어진 임계값(threshold value)에서 중요계수의 위치를 구하고, EZW에서 제안한 방법으로 중요계수의 절대값과 부호를 결정하게 된다[7].

#### 3.1 중요계수의 위치정보 추출

쿼드트리 알고리즘에서 중요계수들의 위치정보를 나타내기 위해 사용하는 쿼드트리[7]는 이미지 분석법의 하나인 영역 방향성 세그멘트기법(region-oriented segmentation)중에서 이미지를 분할할 때, 분할 정보를 나타내는 것이라 볼 수 있다. 그림 5에 간단한 이미지 분할에 대한 쿼드트리를 나타내었다. 그림 5에서 쿼드트리 정보를 bit-stream으로 나타내면 1 1001 0000 0000으로 나타낼 수 있다. 1은 분할이 가능함을, 0은 더 이상 분할이 불가능함을 나타낸다. 이와 같은 쿼드트리를 사용하여 중요계수의 위치를 나타내는 정보로 바꿀 수 있다. 이미지를 분할하는 조건은 분할 시 중요계수가 있으면 분할하고 없으면 분할하지 않는다. 이런 사실을 이용하여 위치정보를 나타내기 위해 본 논문에선 S(split), N(non-split), 그리고 C(significant coefficient)라는 심벌(symbol)을 사용하였다. 그림 6에 간단한 예를 16×16크기의 이미지에 대해 나타내었다. 그림 6의 결과를 심벌로 나타내면, S NNNS SNNS SNNN NNNC CNNC로 나타낼 수 있다. S는 쿼드트리정보의 1과 같이 분할이 가능함을, N은 0과 같이 분할이 불가능함을, 그리고 C는 중요계수를 나타낸다.

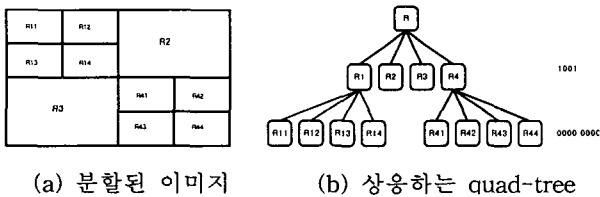
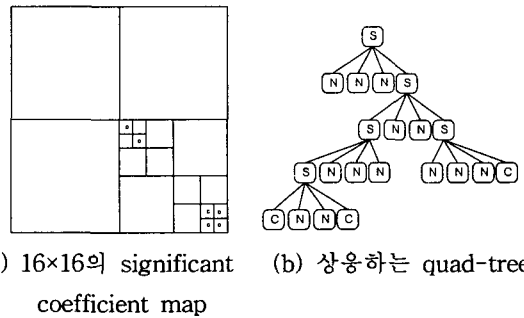


그림 5. 분할 이미지와 쿼드트리 표현  
Fig. 5. Partitioned image and quad-tree representation

#### 3.2 중요계수 값의 결정

여기서 설명할, 계수들의 값을 결정하는 방법은 EZW에서 소개한 것과 같다. 간단히 설명하면 어떤 임계값(T)의 범위에 들어가는 계수의 값을 결정하는 것인데, 이때 임계값을 T라고 하면 T와 2T사이에 있는 계수들을 significant coefficient라 두고, 이 계수가 2T와 (2T+T)/2 사이에 있으면 1, (2T+T)/2에서 T 사이에 있으면 0이라 둔다. 이렇게 구한 비트-스트림을 가지고 decoder에서 행렬(matrix)을 구성하여 업데이트 된 인터벌(interval)과 비교해서 값을 결정하는 것이다. 이런 방법으로 계수의 값을 결정하게 되면 임계값을 낮출수록 복원값이 압축 전의 값과 가까워져서 해상도가 높아진다. 그리고 마지막으로 부호비트(sign-bit)를 보내면 값을 결정할 수 있다.



(a) 16×16의 significant coefficient map (b) 상응하는 quad-tree  
그림 6. 16×16의 중요도 맵에 대한 예  
Fig. 6. An example of significant coefficient map with 16×16 image.

### 4. 시뮬레이션결과

웨이브릿 패킷 알고리즘을 이용한 3차원 웨이브릿 변환과 쿼드트리 코딩을 이용한 동영상 압축 시스템의 성능을 알아보기 위하여 다음과 같이 실험을 하였다. 입력되는 GOF 내의 연속하는 두 프레임은 움직임 보상을 하며, 움직임 보상된 프레임에 Haar 웨이브릿 필터를 이용하여 시간적 웨이브릿 변환을 한다. 시간적으로 웨이브릿 변환된 프레임은 Daubechies 10 텀 웨이브릿 필터를 이용하여 공간적 웨이브릿 패킷 변환을 수행한다. 3차원 웨이브릿 변환을 한 후, 각 프레임은 쿼드트리 알고리즘과 적응 산술 코더를 이용하여 비트스트림으로 전송된다. 움직임 보상에서 생기는 움직임 벡터 정보 역시 부가정보로서 적응 산술 코더를 이용하여 비트스트림으로 전송된다. 실험 영상으로는 4:2:0 포맷과 176×144 크기의 QCIF 영상인 Carphone 영상과 Mother and Daughter 영상을 이용하였고, 초당 10 프레임의 속도로 실험하였다.

Carphone 영상은 영상전화 응용에 이용되는 대표적인 실험 영상이며, 카메라의 위치는 고정되지만 차창 밖으로 보이는 배경이 매우 빠르게 바뀌는 특징이 있다. Mother and Daughter 영상은 카메라의 위치가 고정되고, 상반신만 보이는 영상으로 상대적으로 사물의 움직임이 작다. GOF는 4 프레임, 8 프레임, 그리고 16 프레임으로 프레임 수를 다르게 하여 구성했고, 데이터 전송률을 30Kbps와 60kbps로 정하여 실험하였다. 또한 저주파 영상에 할당되는 영상 압축 비트율을 증가시키고, 상대적으로 고주파 영상의 압축 비트율은 감소시키면서 복원된 영상의 PSNR 성능을 확인하였다.

PSNR은 왜곡의 정도를 표시하고 식 (5)와 같다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{D} \quad (5)$$

여기서 D는 원래 영상과 압축 복원한 영상간의 MSE(Mean Squared Error)를 의미하며, 255는 화소의 최대값이다.

표 1과 표 2에서 Carphone 영상과 Mother and daughter 영상에 대한 실험 결과를 보였다. 30kbps의 데이터 전송률에서 Carphone 영상의 결과를 보면 3차원 웨이브릿 변환된 GOF 영상 중에서 저주파 영상에 할당된 비트율을 증가시키기에 따라서 PSNR 성능은 향상됨을 보였고, 최대 95%까지 저주파 영상에 할당하였을 경우의 결과는 GOF내의 모든 영상에 같은 비트율로 할당하였을 경우와 비교하여 최대

9.71dB의 PSNR 성능 차이를 보였다. 여기서 3차원 웨이브릿 변환 영역에서는 저주파 영상에 에너지가 집중되고, 상대적으로 고주파 영상에는 에너지가 작게 분포하므로 저주파 영상에 할당되는 비트율을 증가시킬수록 복원된 영상의 PSNR 성능이 향상됨을 확인하였다. GOF 내의 프레임 수에 대한 PSNR 성능을 비교하면, 8 프레임으로 구성하였을 경우에 4 프레임과 비교하여 1.83dB 높았고, 16 프레임에서는 8 프레임 보다 0.39dB 향상됨을 보였다. 16 프레임에서는 저주파 영상에 할당된 비트율을 75%로 하였을 경우에 최대의 PSNR 성능을 보였고, 비트율을 더 증가시키에 따라서 PSNR 성능은 떨어짐을 확인할 수 있었다. 여기서 GOF의 프레임수를 크게 할수록 3차원 웨이브릿 변환을 통하여 입력 영상의 시간적 상관관계가 효율적으로 제거됨을 알 수 있다. 또한 16 프레임의 GOF에서 저주파 영상에 75% 보다 크게 할당하였을 경우에는 PSNR 성능이 떨어짐을 보여, 상대적으로 고주파 영상에 할당되는 비트율이 PSNR 성능에 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 60kbps의 데이터 전송률에서는 30kbps의 결과와 비교하여 2.67dB 향상되었음을 알 수 있다.

Mother and daughter 영상은 Carphone 영상과 비교하여 상대적으로 사물의 움직임이 작으므로, 3차원 웨이브릿 변환 영역에서 시간적 상관관계의 제거가 용이함을 예측할 수 있다. Carphone 영상의 실험 결과와 비교하여 4dB 정도의 PSNR 성능이 높았고, 저주파 영상에 할당되는 비트율을 증가시킬수록 복원된 영상의 PSNR 성능이 향상됨을 확인하였다. 또한 GOF의 프레임수를 크게 할수록 3차원 웨이브릿 변환을 통하여 입력 영상의 시간적 상관관계가 효율적으로 제거됨을 알 수 있다. 그림 8에서는 Carphone 영상과 Mother and daughter 영상의 실험 결과를 각 프레임에 대하여 PSNR 값으로 보였다.

표 1. Carphone 영상의 실험결과 (평균 PSNR)  
Table 1. Result of Carphone image (Average PSNR)  
(a) 30kbps (10fps)

GOF (4frame)		GOF (8frame)		GOF (16frame)	
Bit rate	PSNR (dB)	Bit rate	PSNR (dB)	Bit rate	PSNR (dB)
25%	21.47	12.50%	21.43	6.25%	21.08
50%	26.33	50%	28.18	50%	30.52
75%	27.81	75%	30.16	75%	30.79
86%	28.36	86%	30.38	86%	30.72
95%	28.57	95%	30.4	95%	30.32

(b) 60kbps (10fps)

GOF (4 frame)		GOF (8 frame)		GOF (16 frame)	
Bit rate	PSNR (dB)	Bit rate	PSNR (dB)	Bit rate	PSNR (dB)
25%	24.54	12.50%	25.37	6.25%	24.42
50%	30.01	50%	32.79	50%	33.19
75%	31.76	75%	33.46	75%	32.82
86%	31.89	86%	33.19	86%	32
95%	31.86	95%	32.4	95%	31.33

표 2. M&D 영상의 실험결과 (평균 PSNR)

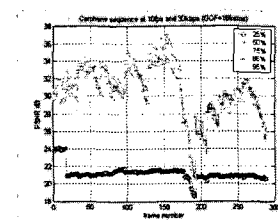
Table 2. Result of M&D image (Average PSNR)  
(a) 30kbps (10fps)

GOF (4 frame)		GOF (8 frame)		GOF (16 frame)	
Bit rate	PSNR (dB)	Bit rate	PSNR (dB)	Bit rate	PSNR (dB)
25%	23.64	12.5%	21.77	6.25%	23.49
50%	27.87	50%	31.29	50%	33.28
75%	30.07	75%	32.07	75%	34.26
86%	30.43	86%	33.02	86%	34.47
95%	31.03	95%	33.14	95%	34.4

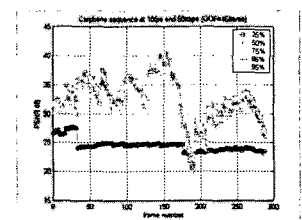
(b) 60kbps (10fps)

GOF (4 frame)		GOF (8 frame)		GOF (16 frame)	
Bit rate	PSNR (dB)	Bit rate	PSNR (dB)	Bit rate	PSNR (dB)
25%	26.69	12.5%	26.89	6.25%	26.41
50%	31.24	50%	34.88	50%	36.2
75%	33.54	75%	36.03	75%	37.15
86%	34.12	86%	36.39	86%	35.94
95%	34.48	95%	36.35	95%	35.76

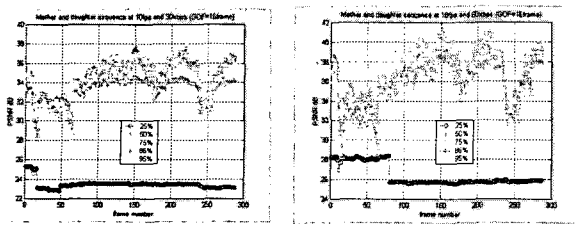
그림 9에서는 Carphone 영상에서 198번째 프레임의 원영상과 30kbps와 60kbps의 전송률로 압축했을 경우의 복원영상을 각각 보였다. 여기서 데이터 전송률이 증가함에 따라서 복원된 영상의 해상도가 향상됨을 알 수 있다. 그림 10에서는 Carphone 영상의 인코딩된 비트스트림에서 공간적 분해능을 다르게 하여 복원한 결과를 보였다. 따라서 제안한 알고리즘은 다분해능과 압축 비트율에 따른 점진적 전송 (progressive transmission) 기능이 가능함을 알 수 있다. 그림 11에서는 H.263의 실험결과와 제안한 알고리즘의 실험결과를 비교하였다. Carphone 영상에서 제안한 알고리즘의 평균 PSNR 성능은 H.263의 평균 PSNR 성능과 비교하여 0.83dB 떨어짐을 보였고, 상대적으로 사물의 움직임이 작은 Mother and daughter 영상에서는 제안한 알고리즘이 0.49dB 정도 향상된 결과를 보였다. 여기서 제안한 알고리즘은 H.263 알고리즘과 비교하여 3차원 웨이브릿 패킷 변환을 통하여 시공간적 상관관계를 효율적으로 제거하며, 움직임 보상 에러의 전파가 생기지 않는다. 또한 공간적 상관관계의 제거를 위한 쿼드트리 코딩에서는 3차원 웨이브릿 변환에서 에너지가 집중된 저주파 영상에 상대적으로 비트율을 증가시키므로써 향상된 PSNR 성능을 얻을 수 있었다.



(a) Carphone (30kbps)



(b) Carphone (60kbps)



(c) M&D(30kbps) (d) M&D(60kbps)

그림 8. 저주파 영역에 할당된 비트율에 대한 실험 결과 (10fps, 30kbps, 60kbps)

Fig. 8. Result of different bit rate allocated in the low frequency domain



(a) original image (b) 30kbps (c) 60kbps

그림 9. Carphone 영상의 원영상과 복원영상 (198 frame)

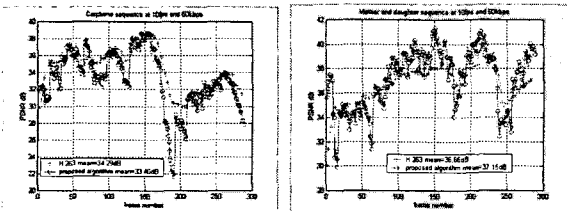
Fig. 9. The original and reconstructed image of Carphone image (198 frame)



(a) half resolution (88×72) (b) full resolution (176×144)

그림 10. Carphone 영상의 다분해능 복원 영상

Fig. 10. Multiresolutional reconstructed image of Carphone image (198 frame)



(a) Carphone (60kbps) (b) Carphone (60kbps)

그림 11. 제안한 알고리즘과 H.263의 성능 비교

Fig. 11. Frame-by-frame PSNR comparison of H.263 and the proposed algorithm

### 5. 결 론

본 논문에서는 3차원 웨이브릿 패킷 변환을 기반으로 하고 쿼드트리 코딩을 이용한 동영상 압축 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 3차원 웨이브릿 변환을 이용하여 움직임 보상 에러의 전파를 제거하였고, 3차원 웨이브릿 영상에서 에너지가 집중된 저주파 영상에 상대적으로 비트율을 높게 할당하였다. Carphone 영상에서는 제안한 알고리즘의 PSNR 성능이 H.263의 PSNR 성능과 비교하여 0.83dB 떨어

짐을 보였고, 상대적으로 사물의 움직임이 작은 Mother and daughter 영상에서는 제안한 알고리즘이 0.49dB 정도 향상된 결과를 보였다. 실험을 통하여 제안한 시스템은 다분해능과 압축 비트율에 따라서 점진적 전송이 가능함을 확인하였다. 향후과제로는 계층적 움직임 추정 방법에서 계산량과 PSNR 성능에 대한 연구와 영상 전송에 대한 연구를 하고자 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] Andrew Secker, David Taubman, "Highly Scalable Video Compression with Scalable Motion", IEEE Trans on Image Processing, VOL. 13, NO. 8, Aug. 2004, pp. 1029-1041.
- [2] James Macnicol, John Arnold, Michael Frater, "Scalable Video Coding by Stream Morphing", IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, VOL. 15, NO. 2, Feb. 2005, pp. 306-319.
- [3] Beong-Jo Kim, Zixiang Xiong, Pearlman W.A., "Low Bit-Rate Scalable Video Coding with 3-D Set Partitioning in Hierarchical Trees (3-D SPIHT)", IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 10, Issue: 8, Dec. 2000, pp. 1374 - 1387.
- [4] C. I. Podilchuk, N. S. Jayant, and N. Farvardin, "Three-dimensional subband coding of video", IEEE Trans. Image Processing, vol. 4, Feb. 1995, pp. 125-139.
- [5] J. R. Ohm, "Three-Dimensional Subband Coding with Motion Compression", IEEE Trans. Image Processing, vol. 3, NO. 5, Sep. 1994, pp. 559-571.
- [6] S. J. Choi and J. W. Woods, "Motion-compensated 3-D subband coding of video", IEEE Trans. Image Processing, vol. 8, Feb. 1999, pp. 155-167.
- [7] 김성탁, 추형석, 전희성, 이태호, 안종구, "웨이브릿 계수의 쿼드트리를 이용한 영상 압축", 신호처리·시스템 학회 논문지 제2권 1호, 2001, pp. 63~70.
- [8] 안종구, 추형석, 박제선, "영상압축을 위한 웨이브릿 기반 Best-Basis 알고리즘의 개선에 관한 연구", 전기학회논문지 52권 10호, 2003, pp. 591~597.

## 저 자 소 개



### 추형석 (秋亨錫)

1971년 12월 16일생. 1997년 울산대 전자공학과 졸업. 1999년 울산대학교 전자공학과 (공학석사). 2003년 울산대학교 전자공학과 (공학박사). 2004년~현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 강의전담교수

Tel : 052-259-1282

Fax : 052-259-1686

E-mail : hschu4@mail.ulsan.ac.kr



### 안증구 (安鍾久)

1953년 7월 7일생. 1977년 서울대 전기공학과 졸업. 1979년 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학석사). 1989년 Univ. of Texas at Austin (공학박사). 1979~1980년 현대중공업주식회사 1980~현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 교수

Tel : 052-259-2183

Fax : 052-259-1686

E-mail : ckan@mail.ulsan.ac.kr