

논문-02-07-1-06

웨이브렛 계수의 특성을 이용한 비디오 영상 압축

문 중 현*, 방 만 원**

Video Compression using Characteristics of Wavelet Coefficients

Jong-Hyun Moon* and Man-Won Bang*

요 약

본 논문에서는 비디오 시퀀스의 공간적인 유사성을 이용한 웨이브렛 기반의 압축과 복원 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 인간의 시각 체계를 이용함으로써 영상의 화질을 보증하는 반면에 낮은 비트율과 더 빠른 실행 시간을 제공한다. 먼저, 각 비디오 시퀀스는 이산 웨이브렛 변환의 다해상도 분석에 의해 다양한 해상도를 갖는 부영상의 계층적 구조로 분해된다. 이 분해대역에서 영상의 가장 중요한 정보를 포함하는 저주파 부대역으로부터 두 개의 이웃한 프레임간의 유사성을 얻으며 그런 유사성의 결과로 움직임 정보를 추출하였다. 4개의 영역 설정 필터는 유사성의 결과에 따라 설계되어 저고 압축은 고주파 부대역의 보존영역과 대치영역의 계수를 부호화함으로써 수행된다.

영역 설정 필터는 유사성의 결과를 기본으로 한 보존영역과 대치영역의 고주파 부대역으로 분류하고 대치영역의 계수들은 기준 프레임과 연속적인 프레임들 사이의 블록 기반 유사성에 따라 기준프레임의 계수로 대체되어지거나 0으로 제거된다. 부호화는 보존영역과 대치영역으로 분리하여 웨이브렛 계수들을 양자화하고 산술부호화함으로써 수행된다. 또한 제안한 알고리즘은 만약 프레임간의 유사성 결과를 곡선으로 그렸을 때 움직임이 없어졌다가 다시 나타나는 순간의 오목한 패턴 즉, 유사성 곡선의 최하점에서 기준 프레임 설정을 새롭게 갱신하게 된다.

시뮬레이션 결과, 제안한 알고리즘은 적절한 화질을 유지하면서 높은 압축률을 제공하는 것을 보였다. 또한 시각적인 영상의 화질, 압축률, 실행시간에서 기존의 Hilton의 알고리즘에 비해 보다 효율적인 결과를 보였으며 352x240 크기의 표준적인 비디오 영상의 결과, 전체적으로 0.2bpp 이하의 압축률, 32dB의 PSNR, 그리고 약 10ms의 실행시간을 보였다.

Abstract

This paper proposes a video compression algorithm using characteristics of wavelet coefficients. The proposed algorithm can provide lower bit rate and faster running time while guaranteeing the reconstructed image quality by the human visual system. In this approach, each video sequence is decomposed into a pyramid structure of subimages with various resolution to use multiresolution capability of discrete wavelet transform. Then similarities between two neighboring frames are obtained from a low-frequency subband which includes an important information of an image and motion informations are extracted from the similarity criteria. Four region selection filters are designed according to the similarity criteria and compression processes are carried out by encoding the coefficients in preservation regions and replacement regions of high-frequency subbands.

Region selection filters classify the high-frequency subbands into preservation regions and replacement regions based on the similarity criteria and the coefficients in replacement regions are replaced by that of a reference frame or reduced to zero according to block-based similarities between a reference frame and successive frames. Encoding is carried out by quantizing and arithmetic encoding the wavelet coefficients in preservation regions and replacement regions separately. A reference frame is updated at the bottom point if the curve of similarity rates looks like concave pattern.

Simulation results show that the proposed algorithm provides high compression ratio with proper image quality. It also outperforms the previous Hilton's algorithm in an image quality, compression ratio and running time, leading to compression ratio less than 0.2bpp, PSNR of 32 dB and running time of 10ms for a standard video image of size 352x240 pixels.

I. 서론

웨이브렛 변환(wavelet transform)을 이용한 압축은 영상을 다중해상도(multi-resolution)로 분해하여 계층적 정보를 갖게 함으로써 적절한 압축을 수행할 수 있도록 해준다^[1,2]. 또한 DCT(Discrete Cosine Transform)^[3,4]와는 달리 블럭 변환기법이 필요없기 때문에 블럭화 현상을 제거할 수 있고, 인간의 시각적 특성을 적절하게 반영하고 있기 때문에 영상을 효율적으로 압축할 수가 있다. 이러한 이유로 최근 웨이브렛을 이용한 영상압축기법이 많은 관심을 끌고 있으며, JPEG-2000^[5]의 표준화 이후 동영상 표준이 논의되고 있다. 웨이브렛 변환기반 동영상 압축방법에서 그 첫 번째 알고리즘은 Hilton에 의하여 제안된 알고리즘이다^[6]. 이 알고리즘은 영상프레임간의 순수한 차이값만을 웨이브렛 변환함으로써 화질을 충분히 보장할 수 있다는 것과 빠른 수행속도를 장점으로 들 수 있으나 압축률을 보장할 수 없는 단점이 있다. 두 번째 알고리즘은 Zhang에 의하여 제안된 알고리즘이다^[7,8]. 이 알고리즘은 기존의 방법과는 달리 저주파대역 내에서만 전 프레임과 현재프레임 사이에서 움직임벡터를 이용하여 움직임을 보상하는 알고리즘이다. 압축률은 Hilton의 알고리즘보다 좋으나 움직임예측과 움직임보상에 소요되는 시간과 복원할 때 원래의 화질을 보장할 수 없는 단점이 있다.

본 논문에서는 이와 같은 단점과 한계를 극복하기 위해서 웨이브렛 변환의 대역별 특성과 시각적 특성을 고려하여 이웃하는 웨이브렛 변환영상의 저주파영역에서 움직임 정보영역을 설정하고, 이웃하는 프레임들간의 움직임에 관한 정보지표인 차등정보를 구하여, 다음 프레임의 화질등급을 결정하는 웨이브렛 기반 영상압축필터 알고리즘을 제안한다. 또한 인간의 시각특성을 이용하여 양자화의 크기를 결정하고 보존영역과 대치 영역에 대한 부호화 방식을 제안하고 시뮬레이션 한다. 시뮬레이션 결과, 본 연구를 위해 제안한 방법이 Hilton의 방법에 비하여 화질과 압축률이 향상하고 압축시간이 단축되었음을 확인하였다.

본 논문의 구성은 I장 서론에 이어, II장에서 웨이브렛 변환에 대하여 기술하고, III장에서는 시각특성을 이용한 비디오 압축에 대하여 설명한다. 또한 IV장에서는 제안된 웨이브렛 계수의 유사성을 이용한 비디오 압축 방법에 관해 기술하였으며 제V장에서는 실험결과 및 고찰 그리고 VI장에서 결론을 맺는다.

II. 웨이브렛 변환

일반적으로 대부분의 신호는 시간영역에서 얻어지며 시간함수로 표현 가능하다^[6]. 그러나 대부분의 중요한 정보는 시간 성분보다는 주파수 성분에 포함되어 있다. 이러한 신호의 주파수 스펙트럼은 신호상에 어떤 주파수가 존재하는가를 보여준다. 따라서 어떤 신호를 해석하기 위해서는 시간-주파수 영역을 동시에 이용하는 것이 필요하다. 웨이브렛 변환은 확장(dilated)과 전이(translated) 웨이브렛에 의해서 신호를 시간과 주파수 대역으로 분해한다. 이러한 웨이브렛은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t) dt = 0 \quad (1)$$

여기서 $\|\psi\| = 1$ 로 정규화(normalization)되고, 이 시간-주파수 집합(set)은 식(2)와 같이 s 에 의한 스케일링과 u 에 의한 전이에 의해 얻어지며, $\|\psi_{u,s}\| = 1$ 로 정규화되어야 한다.

$$\psi_{u,s}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t-u}{s}\right), \quad u, s \in R \quad (2)$$

여기서 변수 s 는 모 웨이브렛(mother wavelet) $\psi(t)$ 의 크기를 확대 및 축소하는 스케일링 인자를 나타내고, 변수 u 는 모 웨이브렛의 위치를 조정하는 평행이동인자를 나타낸다. 두 변수는 모두 실수공간(R)의 원소이다. 식 (2)로부터 시간 u 와 스케일 s 에서 $f \in L^2(R)$ 의 웨이브렛 변환은

$$Wf(u, s) = \langle f, \psi_{u,s} \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{s}} \psi^*\left(\frac{t-u}{s}\right) dt \quad (3)$$

이다. 결국 웨이브렛 변환은 모 웨이브렛을 축소·확대 및 평행이동시켜 만든 웨이브렛 기저함수를 이용하여 얻어지는 함수들이다.

III. 시각 특성을 이용한 비디오 압축

본 장에서는 시공간적 부호화에 관한 비디오 데이터 압축의 개요에 대해 기술한다. 먼저 비디오 데이터압축에 관한 기본적인 원리는 영상신호가 가지고 있는 중복정보

* 송원대학 전자정보과
Dept. of Electronic Eng. Song-Won College

** 목포대학교 전자공학과
Dept. of Electronic Eng. of Mokpo National Univ

(redundancy information)를 줄여주고, 사람의 시각적인 특성을 이용하여 불필요한 데이터의 제거를 바탕으로 한다. 특히 연속적인 비디오 데이터에 있어서 압축은 먼저 연속되는 화면 사이의 유사성을 이용하여 화면간 상관도(correlation)를 최소화시키는 움직임 추정과 보상을 고려해야 한다. 이는 변환과 양자화에 따르는 것으로 정의할 수 있다. 그리고 두 번째는 스케일러빌리티(scalability)의 문제와 관련이 있다.

웨이브렛 변환에서의 시공간에 대한 움직임추정 문제는 다른 부호화 방법과는 약간 다르게 나타낼 수 있는데 이는 웨이브렛 변환에 의해 저주파대역으로 스케일된 영상대역에서 움직임보상을 구현할 수 있기 때문이다. 그러므로 변환에 의한 움직임추정은 매우 빠르고 쉽게 얻을 수 있게 되며, 이러한 변환과 대역에 대한 양자화를 이용하여 비디오 프레임의 압축할 수 있는 것이다. 다음으로 비디오 부호화는 어떤 종류의 스케일러빌리티 즉, 하나의 비트열에서도 공간해상도, 시간해상도, SNR이 다른 두 종류 이상의 영상을 복호할 수 있는 기법을 말하는 것으로 압축된 데이터로부터 복호화기(decoder)가 비트열을 모아서 신호를 복원하여 주는 유용한 성능이 요구된다. 이것은 본 논문에서 이용한 웨이브렛 변환이 매우 적절한 것으로 변환 영역의 계층적인 데이터 구조, 옆 프레임과의 쉬운 호환성 등의 장점을 들 수 있다.

본 장에서는 연속된 프레임에 각각 웨이브렛 변환을 적용하여 웨이브렛 분해된 L1대역들을 비교·분석함으로써 연속된 프레임간의 움직임정도를 측정하고, 분석된 결과를 바탕으로 웨이브렛 계수들을 이용하여 객체의 정확한 움직임보상이 주어지지 않으면서도 시각적으로 효율적인 프레임 영상을 효과적으로 압축하고 복원할 수 있는 방법을 제안한다.

먼저 프레임간의 움직임 정보를 구하기 위하여 그림 1과 같이 4레벨 웨이브렛 변환된 기준 프레임과 압축할 각 프레임의 L1영역을 비교하여 이들 계수간의 차를 구한다. 그리고, 그 차값이 설정된 값을 넘는 경우만 해당 계수값을 가지고 있는 화소들의 수를 계산한다.

이렇게 계산된 값은 영상의 움직임을 판단하는 기준값으로 사용되며, 실제적으로 압축할 영상의 화질을 조절하는데 꼭 필요한 데이터가 된다. 결국 유사한 프레임으로 구성된 비디오는 웨이브렛의 다해상도 해석에 의해 L1영역을 포함한 저주파영역을 보존하여 전송하고 직접 각각의 LH, HL, HH 대역들의 고주파영역을 대치함으로써 영상의 화질을 충분히 고려한 압축방법을 구성할 수 있다. 화질의 보장을 위해서는 대치되는 화소에 대하여 위치적인 중요도에 따라 영역을 제한해 주어야 한다.

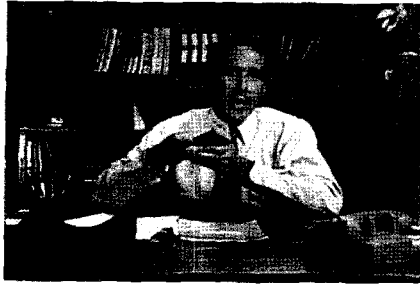
따라서, 본 연구에서는 보존영역과 대치영역을 구분하여

L1	LH1		LH2	LH3	LH4
	HL1	HH1			
HL2		HH2	HH3		
HL3		HH4			

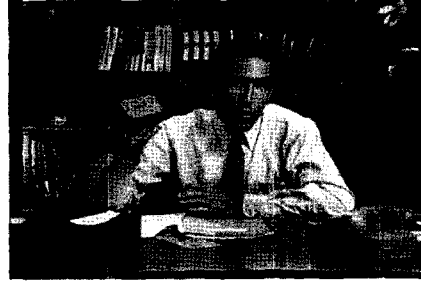
그림 1. 4레벨 웨이브렛 변환 영상의 대역
Fig. 1. Band of Four-level Wavelet Transform Image.

설정하였다. 즉, 보존영역은 영상을 복원할 때에 겹치는 부분을 제거하기 위하여 두 영상간의 차이 값에 관계없이 무조건 자신의 화소 값을 이용하여 압축되는 영역이다. 그리고 대치영역은 두 영상간의 차이 값이 임계값 이하인 경우에는 무조건 이전 프레임영상에서 대체되는 영역이다. 보존영역과 대치영역의 설정방법은 다음과 같다.

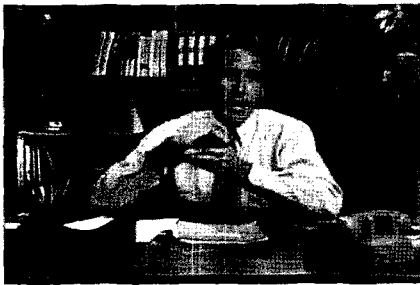
먼저 프레임간의 움직임 정보를 구하기 위하여 웨이브렛 변환된 기준 프레임과 압축할 각 프레임의 L1영역을 비교하여 이들 계수간의 차를 구한다. 그리고, 그 차값이 설정된 값을 넘는 경우만 해당 계수값을 가지고 있는 화소들의 수를 계산한다. 이 때, 차값의 절대값이 실험을 통해 얻은 값인 임계치 ± 15 이상이면 움직임이 있는 화소로, 임계치 ± 15 미만이면 움직임이 없는 화소로 정한다. 임계치를 너무 작게 설정하면 많은 화소들이 움직임이 있는 정보로 취급되어 화질은 향상시킬 수 있으나 압축률이 저하되고 임계치를 너무 크게 설정하면 많은 화소들이 움직임이 없는 정보로 취급되어 압축률은 향상시킬 수 있으나 화질이 저하되는 결과를 초래하게 된다. 따라서 임계치를 적절히 조정하면 압축률과 화질을 모두 보장할 수가 있게 된다. 이렇게 계산된 값은 움직임의 정도에 대한 분류가 되며 실제적으로 압축해야할 데이터와 영상의 화질측면에서 꼭 필요한 데이터가 요구되어 진다. 결국 유사한 프레임으로 구성된 비디오는 웨이브렛의 다해상도 해석에 의해 L1영역을 포함한 저주파영역을 보존하여 전송하고 직접 LH, HL, HH의 고주파영역을 대치함으로써 영상의 화질을 충분히 고려한 압축방법을 구성할 수 있다.



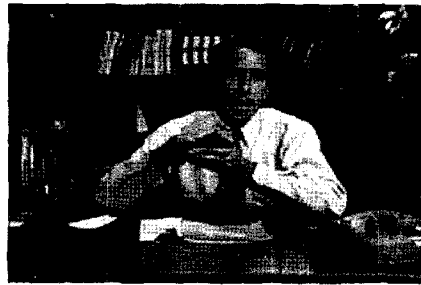
(a) 원영상(첫번째 프레임)
(a) Original Image(1st frame)



(b) 원영상(20번째 프레임)
(b) Original Image(20th frame)



(c) 보존영역을 설정하지 않고 복원한 영상(20번째 프레임)
(c) Reconstructed image without protective area(20th frame)



(d) 보존영역을 설정하고 복원한 영상(20번째 프레임)
(d) Reconstructed image with protective area(20th frame)

그림 2 보존영역과 대치영역의 설정을 이용한 복원영상

Fig. 2 Reconstructed image with protective area and substitution area.

하지만 움직임에 대한 프레임영상을 보존영역과 대치영역 설정으로 변환하게 되면 이것은 영상 전체에 대해서 적용할 때, 경우에 따라서는 기준프레임에서 대치된 웨이브렛 계수에 의해 복원된 영상의 일부 움직임에 의한 에지나 텍스처 부분이 겹쳐서 나타날 수도 있다. 이로 인해 복원된 영상에 부분적으로 2개 이상의 경계선이 나타날 수도 있거나 심하게 블러링 되어진다.

이러한 현상은 두 프레임 사이에 움직임이 있음에도 불구하고 기준프레임의 L1영역에 있는 화소와 압축할 프레임의 L1영역에 있는 화소가 임계값 이하로 계산되는 경우이다. 이러한 경우, 압축할 프레임의 각각의 해당영역은 모두 0으로 대치되고 복원할 때 기준프레임의 각각의 해당영역이 모두 복원영상의 해당 영역에 대치되기 때문에 복원영상의 일부분에는 기준프레임의 영상이 겹치게 된다.

그러므로 화질의 보장을 위해서는 대치되는 화소에 대하여 위치적인 중요도에 따라 영역을 제한해 주어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 프레임내에 영상의 보존영역과 대치영역을 설정해 주는 알고리즘을 구성하였다. 즉, 보존영역은 영상의 복원할 때에 겹치는 부분을 제거하기 위하여 두 영상간의 차이 값에 관계없이 무조건 자신의 화소 값을 이용

하여 압축되는 영역이다. 그리고 대치영역은 두 영상간의 차이 값이 임계 값 이하인 경우에는 무조건 이전 프레임영상에서 대체되는 영역이다. 그림 2는 세일즈맨의 첫 번째 프레임과 20번째 프레임을 대상으로 하여 프레임 영상 내에 보존영역과 대치영역을 지정하고 영상을 복원한 경우와 지정하지 않고 영상을 복원한 경우의 차이점을 나타낸 것이다.

그림 2(a)는 세일즈맨 영상의 첫 번째 프레임의 원영상이고, 그림 2(b)는 세일즈맨 영상의 20번째 프레임의 원 영상이다. 그림 2(c)는 세일즈맨 영상의 20번째 프레임 영상에 보존영역을 설정하지 않고 움직임이 없는 화소로 인정되는 첫 번째 프레임의 화소를 대치한 후, 복원하였을 때의 영상이다. 복원된 20번째 영상의 얼굴과 어깨선 부분을 잘 보면 약간 겹치게 보이는 부분이 있다. 이것은 복원된 20번째 프레임 영상 내에 첫 번째 프레임 영상이 섞여서 복원되었기 때문이다. 그림 2(d)는 세일즈맨 영상의 20번째 프레임 영상에 보존영역을 정하고 움직임이 없는 화소로 인정되는 첫 번째 프레임의 화소를 대치 알고리즘을 사용하여 대치한 후 복원하였을 때의 영상이다. 그림 2(c)와는 달리, 복원된 20번째 프레임 영상내에 첫 번째 프레임영상이 섞여있지 않고 원 영상과 거의 유사하게 복원된 것을

확인할 수 있다.

계산된 수에 따라 두 프레임 사이의 유사성을 나타낼 수 있으며, 다음 그림 3에는 기준프레임과 압축할 프레임의 차이값과 계산된 수와 웨이브렛 영역을 이용하여 제안한 영역설정필터(region selection filter) 선택의 블록도를 나타내었고, 그림 3에는 선택된 영상설정필터 번호를 나타내었다. 그림 3에서 DWT는 Discrete Wavelet Transform을, CL은 압축할 프레임의 저주파 대역을, RL은 기준 프레임의 저주파 대역을 나타낸다.

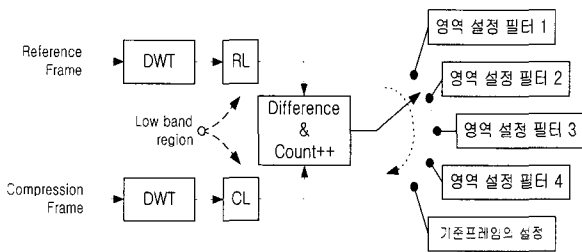


그림 3. 영상설정 필터 구성의 블록도
Fig. 3. Block Diagram of Filter Formation for Image Establishment

계산된 수의 범위	설정된 필터
0 ~ 3	영역 설정 필터 No. 4
4 ~ 7	영역 설정 필터 No. 3
8 ~ 12	영역 설정 필터 No. 2
13 ~ 18	영역 설정 필터 No. 1
19 ~	기준프레임 설정

그림 4. 계산된 수와 영상압축필터의 설정
Fig. 4. Establishment of Count Number and Image Compression Filter

그림 4에 나타난 바와 같이, 두 프레임의 웨이브렛 분해 후 L1 저주파대역의 차이를 계산한 5가지 영역설정필터로 분류한 것이다. 즉, 5가지 종류의 임계 값(0, 4, 8, 13, 19)은 실험을 통하여 얻은 수치로서, 본 연구에서 사용한 4가

지 종류의 영상 압축 필터에 대해 평균적으로 가장 좋은 성능을 나타내는 값이다.

연속되는 프레임들 사이의 웨이브렛 L1대역에서 계산된 값이 0~3일 때 영역설정필터 4로, 4~8일 때 영역설정필터 3으로, 9~12일 때 영역설정필터 2로, 13~18일 때 영역 설정 필터 1에 의해 수행되어진다. 그리고 계산된 수가 19 이상은 새로운 기준프레임을 설정하여 전송하게 된다. 영역설정필터의 번호가 높을수록 압축률은 향상시키면서 비슷한 기준프레임의 웨이브렛 계수들을 대치함으로써 화질의 저하는 최소화시킬 수 있으며, 영역설정필터의 번호가 낮을수록 적절한 화질을 유지하면서 효과적으로 압축할 수 있게 된다.

이와 같은 비디오 프레임에서 기준프레임 전송을 제외한 각 영상의 압축을 수행하는 4가지로 영역설정필터의 세부적 웨이브렛 보존 및 대치영역은 다음과 같다. 영역설정필터 1의 보존영역은 L1, HL1, LH1, HH1, HL2, LH2, HH2, HL3, LH3, HH3이고, 대치영역은 HL4, LH4, HH4. 영역설정필터 2의 보존영역은 L1, HL1, LH1, HH1, HL2, LH2, HH2이고, 대치영역은 HL3, LH3, HH3, HL4, LH4, HH4. 영역설정필터 3의 보존영역은 L1, HL1, LH1, HH1이고, 대치영역은 HL2, LH2, HH2, HL3, LH3, HH3, HL4, LH4, HH4. 그리고, 영역설정필터 4의 보존영역은 L1이고, 대치영역은 HL1, LH1, HH1, HL2, LH2, HH2, HL3, LH3, HH3, HL4, LH4, HH4이다. 이렇게 정한 각각의 보존영역과 대치영역들은 실험을 통하여 평균적으로 가장 좋은 성능을 나타내는 부분들을 선택한 것이다.

IV. 웨이브렛 계수의 유사성을 이용한 비디오 압축

본 논문에서 제안한 부호화방식은 고역분할영상에서 거의 대부분의 계수들이 0 근처의 값을 가지며, 각 대역의 중요 계수는 국부적으로 각 방향성 대역에 대한 가장자리 정보를 소유하고 있으므로 이런 특징을 이용한다. 그림 5는

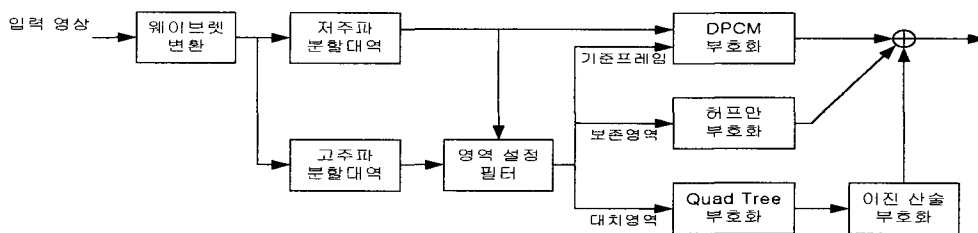


그림 5. 제안한 부호화 방식의 블록도
Fig. 5. Block diagram of the proposed coding scheme

제안한 부호화방식에 대한 전체적인 블록도를 나타낸다.

본 논문에서 제안하는 비디오 영상의 압축방법은 웨이브렛 변환 영역에서 움직임 정보를 이용하여 각 프레임에 대한 압축을 수행하는 간단하면서도 효율적인 알고리즘이다. 특히 기준프레임과 압축할 프레임 사이의 움직임을 웨이브렛 변환의 저주파대역 L1 사이의 차이값의 카운트를 적용함으로써 빠른 연산을 수행하게 되며, 이러한 차이값의 카운트에 의한 움직임의 결정은 유사한 영상 내에서 높은 압축과 효율적인 화질의 복원을 얻게 된다. 또한 제안한 알고리즘이 두 영상간의 차이값에 의한 유사성을 고려한 움직임의 판단이므로 과도하게 움직임이 발생한 영상에 대해 대처할 수 있는 웨이브렛 영역의 유사성이 저조하여 화질의 저하가 우려된다. 이와 같은 영향을 줄여주기 위해 움직임이 큰 영상이었을 경우 새로운 기준프레임으로 설정하여 압축을 수행하는 적응적으로 구성된 비디오 영상의 압축방법을 제안한다. 실질적으로 비디오 영상은 초당 여러 프레임의 유사한 움직임의 영상들의 결과이고 어떤 장면이 바뀌게 되는 키프레임(key-frame)이나 영상이 전체적으로 움직이게 되는 큰 차이값에 의해 기준프레임의 구조가 만들어지므로 기준프레임 다음에 뒤따르는 움직임이 적은 구간에서 화질의 열화를 나타내지 않고 높은 압축의 결과를 얻게 된다. 그림 6의 흐름도에 이러한 적응적으로 기준프레임

을 설정하고 압축을 수행하는 과정을 보여준다.

V. 실험결과 및 고찰

시뮬레이션에 사용한 영상은 28프레임의 Salesman과 Susie 비디오 영상이며, 이 비디오 영상들은 모두 352×240 크기의 256 그레이 레벨(gray level)을 가지고 있다. 본 논문의 시뮬레이션은 Visual C++로 프로그램하여 수행하였다. 그리고 본 연구에서 제안한 알고리즘을 Hilton이 제안한 차영상 알고리즘과 비교 평가하였다. 시뮬레이션 결과를 고찰하기 위해 비디오 영상의 프레임별 압축률은 각 프레임의 bpp(bit per pixel)을 비교하였으며 복원된 영상의 화질의 평가기준은 식(4)의 PSNR을 사용하였다. 즉,

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{I_{peak}^2}{MSE} \right) \quad (4)$$

여기서 I_{peak} 는 입력영상의 피크값(peak value)으로 255이며 MSE(mean square error)는 다음 식과 같다.

$$MSE = \frac{1}{N \times M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \{f(i, j) - \hat{f}(i, j)\}^2 \quad (5)$$

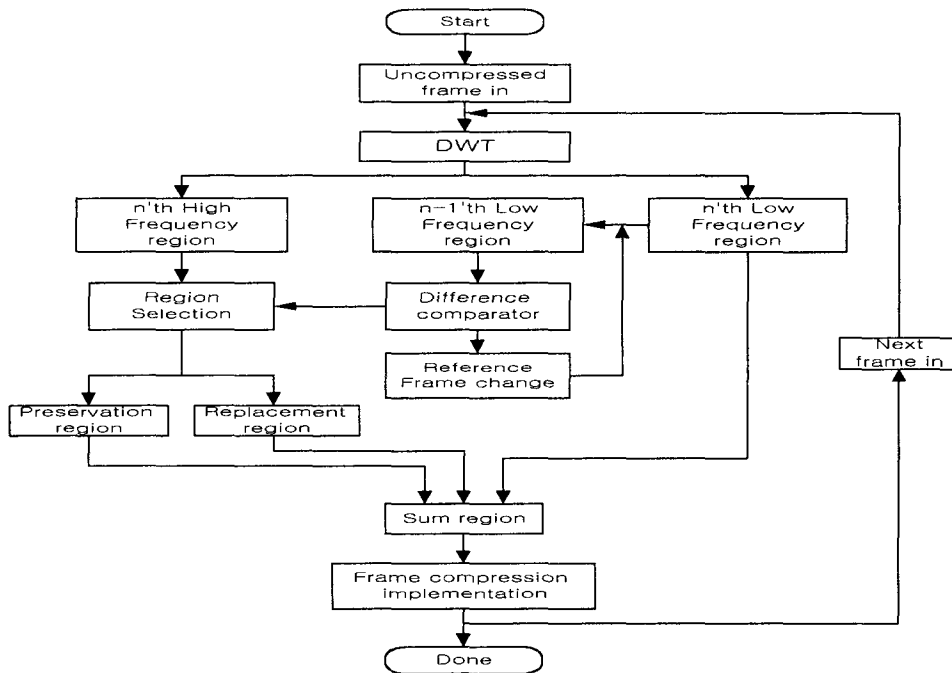


그림 6. 움직임에 기반한 적응적 알고리즘 흐름도
Fig. 6. Flowchart for Adaptive Algorithm based on Motion

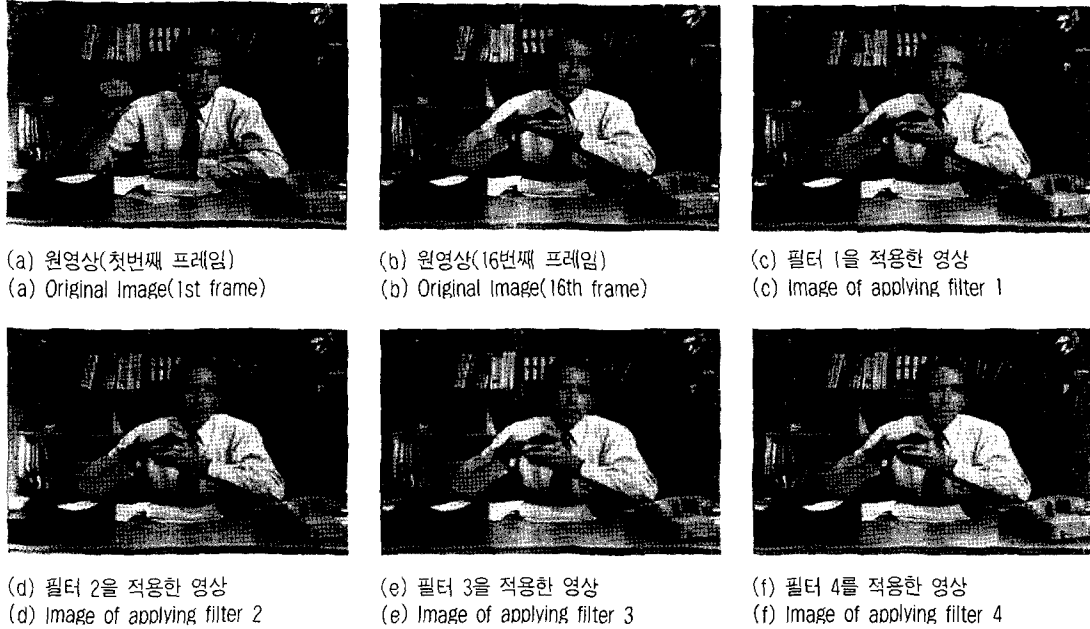


그림 7. 영역설정필터에 따른 복원 영상 결과
 Fig. 7. Results of reconstructed image according to region selection filters

여기서 N 은 영상의 가로 화소 개수이며, M 은 세로 화소 개수이다. 그리고 $f(i, j)$ 는 원 영상의 화소의 휘도 값이며 $\hat{f}(i, j)$ 는 복원된 영상 화소의 휘도 값이다.

그림 7은 Salesman 영상의 기준프레임을 첫 번째 프레임의 영상으로 정하고 제안한 알고리즘의 영역설정필터에 따라서 Salesman 영상의 16번째 프레임의 영상에 적용한 결과의 영상들을 나타낸 것이다.

그림 7(c)~(f)의 결과 영상을 살펴보면, 그림 7(c) 영상의 경우 원영상과 거의 유사하게 복원되었음을 볼 수 있으며, 그림 7(f)로 갈수록 원영상에 비해 화질이 떨어지는 것을

볼 수 있다. 이것은 그림 7(c)의 경우, 복원된 영상들 가운데 화질이 가장 뛰어난 반면 압축율은 가장 떨어지는 특성을 갖기 때문이고, 반대로 그림 7(f)의 경우, 화질은 가장 떨어지는 반면 압축율은 가장 우수한 특성을 갖기 때문이다. 따라서, 이러한 특성을 잘 이용하면 영상의 특성에 맞는 효과적인 압축을 수행할 수 있게 된다. 다시 말해, 큰 압축을 요하는 영상의 경우는 높은 번호의 필터를 많이 사용하고, 반대로 높은 화질을 요하는 영상의 경우는 낮은 번호의 필터를 많이 사용함으로써 그 목적을 충족시킬 수 있는 것이다.

다음 그림 8과 9는 Salesman과 Susie 영상을 이용하여

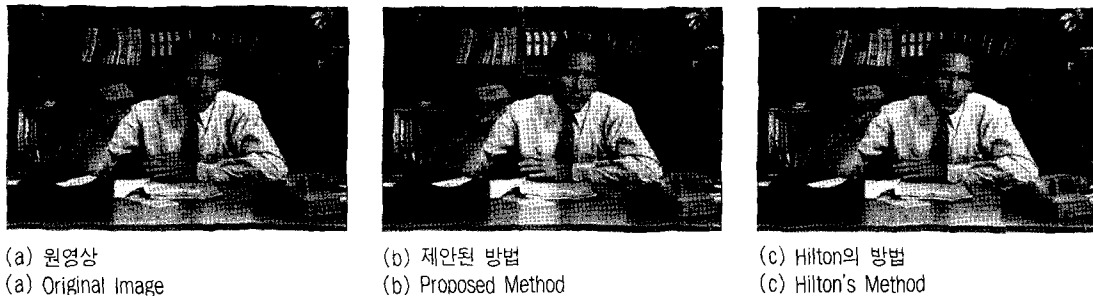


그림 8. 세일즈맨 원영상과 복원영상
 Fig. 8. Salesman's Original and Reconstruction Image



그림 9. 수지 원영상과 복원영상
Fig. 9. Susie's Original and Reconstruction Image

실험한 결과 영상을 나타낸 것이다. 28프레임씩의 영상들 중에서 대표적으로 첫번째 프레임만을 대표적으로 나타내었다. 그림 9(a)에는 원영상을 나타낸 것이고, 그림 9(b)에는 제안한 방법에 의해 복원된 영상을 나타낸 것이며, 그림 9(c)에는 Hilton의 방법에 의해 복원된 영상을 나타낸 것이다.

다음 그림 10~12는 Salesman 영상에 대하여 각 프레임별로 화질(PSNR), 압축률 및 압축 수행 시간에 대한 시뮬레이션 결과를 비교하여 도시하였다.

그림 10은 제안한 알고리즘(proposed algorithm), Hilton의 알고리즘을 Salesman과 수지영상에 적용하여 화질을 평가한 것이다. 그림 10에 평가된 Salesman 영상의 경우, 제안한 알고리즘에 의한 화질은 30dB 부근에 그리고 Hilton의 알고리즘에 의한 화질은 50dB에 분포하고 있음을 알 수 있다.

전체적으로 보았을 때 제안한 알고리즘에 의한 화질은 시각적으로 적절한 화질을 보였으며 PSNR에서도 30~40dB을 얻었다. Hilton의 알고리즘에 의한 화질은 50dB에 분포하고 있다. 그러나 Hilton의 알고리즘에 의한 화질이 평균 50dB보다 PSNR 결과는 나쁘지만 시각적으로 작은 움직임에 대한 영역을 제외하고는 거의 모든 부분에서 시각적 차이를 인지하지 못하는 결과를 보였다.

그림 11은 제안한 알고리즘과 Hilton의 알고리즘을 Salesman 영상에 적용하여 압축률을 bpp 단위로 평가한 것이다. 그림 11에 평가된 Salesman 영상의 경우, 제안한 알고리즘에 의한 압축률은 0.2bpp 이내에서 결정되며, Hilton의 알고리즘에 의한 압축률은 0.8bpp 정도에 분포하고 있음을 알 수 있다.

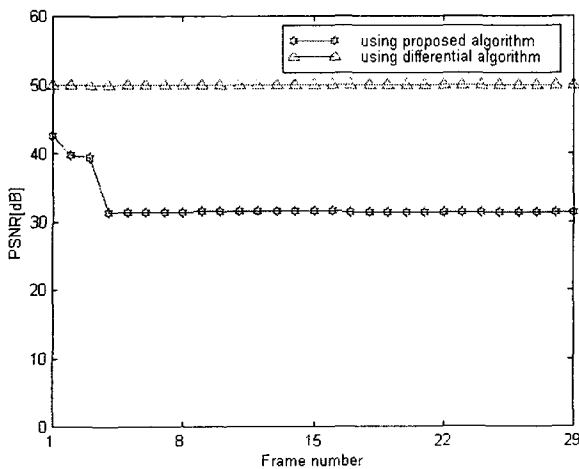


그림 10. Salesman 영상에 대한 PSNR 비교
Fig. 10. PSNR of Salesman's Image

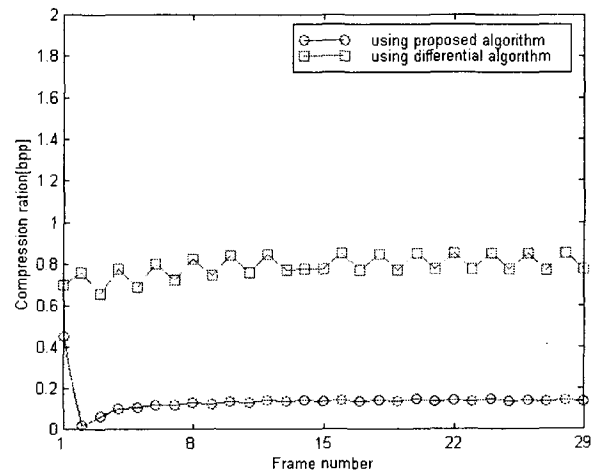


그림 11. Salesman 영상에 대한 압축률비교
Fig. 11. Compression Ratio of Salesman's Image

전체적으로 보았을 때 제안한 알고리즘에 의한 압축률은 0.2bpp 근처에서 결정됨을 보였으며 이는 영상의 화질과 비교할 때 좋은 결과를 나타내었다. 또한 Hilton의 알고리즘에 의한 압축률은 평균 0.87bpp로 분포하고 있음을 보였는데 영상의 화질에 비해 낮은 압축률을 보였다. 따라서 제안한 알고리즘에 의한 압축률은 평균 0.15bpp로서 Hilton의 알고리즘에 비하여 비교적 우수하였다.

Hilton의 알고리즘은 압축률이 비교적 균일하게 나타나 있다. 이러한 분포는 제한적인 범위에서만 압축률의 조정이 가능하기 때문에 더 많은 압축률이 요구되거나 신축성있는 압축률이 요구되는 경우에는 적합하지 않은 특성이다. 이에 반하여, 제안한 알고리즘의 그래프는 압축률이 비교적 차이가 큰 분포를 나타내고 있다. 이러한 분포는 넓은 범위에서 압축률의 조정이 가능하기 때문에 상황에 적합한 신축성있는 압축률의 조정이 가능한 특성을 가지고 있다.

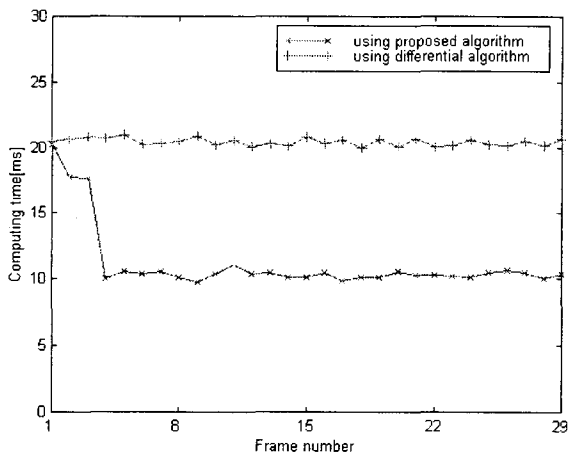


그림 12. Salesman 영상에 대한 실행시간 비교
Fig. 12. Running Times of Salesman's Image

그림 12는 제안한 알고리즘과 Hilton의 알고리즘을 Salesman 영상에 적용하여 압축 실행시간을 평가한 것이다. 그림 12에 평가된 Salesman 영상의 경우, 제안한 알고리즘에 의한 압축은 10ms 시간이 소요되며, Hilton의 알고리즘에 의한 압축시간은 20ms에 분포하고 있음을 알 수 있다. 따라서 제안한 알고리즘에 의한 압축시간이 Hilton의 알고리즘을 이용하는 압축 시간보다 평균 10ms 정도 빠르게 수행된다는 것을 알 수 있다.

다음 표 1은 전체적인 성능을 비교 분석하기 위해 Salesman과 Susie 영상에 대한 성능을 전체적으로 평균 및 종합하여 나타낸 것이다.

표 1. 종합적인 성능 평가
Table 1. Total Performance Evaluation

Performance	Applied method		Proposed algorithm	Hilton's algorithm
	Salesman	Susie		
PSNR[dB]	Salesman		31.951	50.000
	Susie		36.413	50.000
Compression ratio[bpp]	Salesman		0.125	0.788
	Susie		0.162	0.894
Encoding time[ms]	Salesman		10.843	20.436
	Susie		9.878	20.189

표 1에서 알 수 있는 바와 같이, 영상의 화질(PSNR) 측면에서 보면, 제안한 알고리즘의 경우 Salesman 영상의 경우는 31.951dB를, Susie 영상이 36.413 dB를 나타내었고 Hilton의 알고리즘을 적용한 경우 두 종류의 영상 모두가 50dB를 나타내었다. Hilton의 알고리즘은 화질 면에서 우수한 결과를 나타내었으나, 압축률과 실행시간 면에서는 제안한 알고리즘에 비해 저조한 결과를 보였다. 제안한 알고리즘은 화질이 떨어지지만 인간의 시각적인 효과를 고려하여 전체 영상에서 움직임에 대한 부분의 열화가 생긴 것이므로 이는 인간의 시각에서 무시할 수 있는 주관적 화질에서 양호한 결과가 된다는 것을 알 수 있다. 압축률(Compression ratio) 측면에서 보면, 제안한 알고리즘의 경우 압축률은 두 종류의 영상이 거의 비슷한 50배 이상의 높은 압축을 나타내었으며 Hilton의 알고리즘의 경우 9배 정도로서 제안한 방법에 비하여 크게 떨어졌다. 압축 수행 시간(Encoding time) 측면에서 보면, 제안한 알고리즘의 경우 압축시간은 10ms로서 거의 실행시간을 나타내었으며 Hilton의 알고리즘의 경우 대략 20ms 정도로서 비교적 우수한 결과를 나타내었다.

VI. 결론

본 논문에서는 비디오 영상을 효과적으로 압축 및 복원하기 위한 새로운 웨이브렛 변환을 기본으로 한 압축 알고리즘에 관하여 연구한 것이다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 Hilton의 알고리즘에 비하여 화질은 약 15dB 정도가 떨어졌으나 압축률은 약 40배 정도 증가였으며 압축 시간은 약 10ms 정도 단축되었다. 따라서 제안한 영상 알고리즘이 압축률과 빠른 실행 시간에 비디오 영상을 압축할 수 있는 방법이 된다. 그리고 제안한 영역선택필

터를 영상의 특성에 맞도록 효과적으로 사용한다면 화질이 뛰어나면서도 압축율이 우수한 부호화를 수행할 수 있다. 높은 압축율이 요구되는 영상의 경우는 높은 변조의 필터를 많이 사용하고, 반대로 높은 화질이 요구되는 영상의 경우는 낮은 변조의 필터를 많이 사용함으로써 효과적인 부호화 수행이 가능하다. 향후 연구에서는 세부적인 움직임에 있어서 영상의 열화가 나타나는 문제에 대해서는 간단한 웨이블릿 계수들의 공간적이고 계층적인 내용을 적용하여 빠른 움직임에 잘 대처하는 압축 방법의 기술이 요구된다.

참고 문헌

- [1] A. Averbuch, D. Lazar and M. Israeli, "Image Compression Using Wavelet Transform and Multiresolution Decomposition," IEEE Trans. on Image Process., vol. 5, no. 1, pp.4-15, Feb. 1996.
- [2] Y. K. Lai, C. C. J. Kuo and J. Li, "New image Compression Artifact Measure using Wavelets," Visual Commun., Image Processing'97, vol.3042, pp.897-908, Aug. 1997.
- [3] K. R. Rao and P. Yip, Discrete Cosine Transform, Academic Press, 1990.
- [4] M. Vetterli and H. Nussbaumer, "Simple FFT and DCT Algorithms with Reduced Number of Operations," Signal Processing, vol.6, pp.267-278, Dec. 1984.
- [5] M. W. Marcellin and A. Bilgin, "An Overview of JPEG-2000," Proceedings of the Data Compression Conference, pp.121-135, Mar. 2000.
- [6] M. L. Hilton, B. D. Jawerth, A. Sengupta, "Compress Still and Moving Images with Wavelets," Multimedia Systems, vol. 2, No.3, Feb. 1994.
- [7] Y. Zhang, "Motion-Compensated Wavelet Transform Coding for Image Compression," IEEE Trans. on Circuit and Sys. for Video Tech., vol. 2, no. 3, pp.285-294, Aug. 1992.
- [8] R. Zaciuc, "Motion Estimation and compensation using an Overcomplete Discrete Wavelet Transform," in Proc. of IEEE Int. Conf. Acoust, Speech, pp.467-471, Dec. 1995.

저자 소개



문종현

- 1980년 2월 : 명지대학교 전자공학과 학사
- 1982년 2월 : 명지대학교 전자공학과 공학석사
- 2001년 8월 : 목포대학교 대학원 전자공학과 박사
- 2002년 4월 현재 : 송원대학 전자정보과 교수
- 주관심분야 : Digital신호 및 영상처리



방만원

- 1974년 2월 : 명지대학교 공과대학 전자공학과 학사
- 1977년 2월 : 명지대학교 대학원 전자공학과 석사
- 1987년 2월 : 명지대학교 대학원 전자공학과 박사
- 1979년~1988년 2월 : 광동대학교 부교수
- 2002년 4월 현재 : 목포대학교 전자공학과 교수
- 주관심분야 : Digital신호 및 영상처리, 음향신호처리, 통화품질평가