
영상 통신을 위한 웨이블릿 변환 부호화

김용연*

Wavelet Transform Coding for Image Communication

Yong-yeon Kim*

요 약

본 논문은 동영상을 효과적으로 부호화하기 위한 새로운 방법에 관하여 연구한 것이다. 움직임 정보를 이용하여 기준 프레임 영상과 상관관계가 적은 프레임 영상에서는 화질을 보장하고, 기준 프레임 영상과 상관관계가 많은 프레임 영상에서는 전체 동영상의 비트율을 보장하는 픽처 셋 필터를 제안하였다. 실험 결과, 제안한 동영상 부호화 방법은 기존의 전영역 탐색 블록 정합 알고리즘에 비하여, 화질은 8.99dB이 향상되고, 압축률은 14.85배가 증가되었으며, 부호화시간은 74.9%가 단축되었다. 그리고, 차영상 알고리즘에 비하여, 화질은 24.87dB이 떨어졌으나, 압축률은 41.94배가 증가하였으며, 부호화시간은 0.9%가 단축됨으로써 좋은 성능을 나타냄을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, a new method for effective video coding is studied. Picture set filter is proposed for preserving compression ratio and video quality. This filter controls the compression ratio of each frame depending on the correlation to the reference frame by selectively eliminating less important high-resolution areas. Consequently, video quality can be preserved and bit rate can be controlled adaptively. In the simulation, to test the performance of the proposed coding method, comparisons with the full search block matching algorithm and the differential image coding algorithm are made. In the former case, video quality, compression ratio and encoding time is improved. In the latter case, video quality is degraded, but compression ratio and encoding time is improved. Consequently, the proposed method shows a reasonably good performance over existing ones.

키워드

Picture set filter, full search block matching algorithm, differential image coding algorithm

1. 서 론

대용량의 영상 정보를 고능률로 부호화하면서 여러 응용 분야에 따른 요구 조건을 만족하기 위한 방법으로 JPEG(Joint Photographic Coding Experts Group), JPEG-2000, MPEG(Moving Picture Experts Group)-1[1], MPEG-2[2], MPEG-4[3], 그리고 H.261과 H.263

[4]등이 있다. 이들 대부분의 부호화 방식들은 영상을 4×4, 8×8 또는 16×16 크기의 블록으로 나눈 후, 각각의 블록을 이산여현변환(Discrete Cosine Transform : DCT)[5] 처리하여 독립적으로 부호화하기 때문에 인접 블록 간의 밝기의 연속성이 깨어지는 블럭킹 현상(blocking effect)이 발생하여 고압축을 할 경우에는 화질에 심각한 결과를 초래한다. 이와 같은 기존의

* 인천대학교 정보통신과(yongyon@incheon.ac.kr)

접수일자 : 2010. 12. 29

심사(수정)일자 : 2011. 01. 25

게재확정일자 : 2011. 02. 09

DCT 알고리즘을 제외한 주요 부호화 알고리즘으로, 현재 많은 분야에서 연구되고 있는 프랙탈 부호화(fractal coding)[6][7], 객체 부호화(object coding)[8] 그리고 웨이블릿 변환 부호화(wavelet transform coding)[9-11]를 들 수 있다.

이 여러 가지 부호화 방법들 가운데에서도 웨이블릿 변환(wavelet transform)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근에 연구되고 있는 웨이블릿 변환 후 변환된 영상의 대역별 상관관계에 따른 중요도를 이용하여, 저주파 대역에서는 화질을 보장하는 저사제 알고리즘을 적용하고, 고주파 대역에서는 압축률을 보장하는 고사제 알고리즘을 적용하는 방식을 기본적인 알고리즘으로 사용하고 있다. 이러한 방법을 좀 더 자세히 분류해 보면, 두 영상의 차 값을 기반으로 웨이블릿 변환하여 압축하는 방법과, 웨이블릿 변환 후 저주파 대역에서 기존의 움직임 예측과 움직임 보상 알고리즘을 사용하여 압축하는 방법, 그리고 영상에 대해 의미있는 영역을 객체화하여 압축하는 방법 등으로 크게 나눌 수 있다. 첫 번째 방법은 화질을 충분히 보장할 수 있고, 수행 속도의 빠름을 장점으로 들 수 있으나, 압축률은 보장하지 못하는 단점이 있다. 두 번째 방법은 저주파 대역과 고주파 대역에서 계층적 움직임 추정 기법을 사용한 것으로 저주파 대역 내에서만 전 프레임과 현재 프레임 사이에 BMA(Block Matching Algorithm)를 적용하여 얻은 움직임 벡터를 이용하여 움직임을 보상하는 방법이다. 압축률은 양호하지만 움직임 예측과 움직임 보상에 소요되는 시간과, 복원시 원래의 화질을 보장하기 어려운 단점이 있다. 세 번째 방법은 움직임이 있는 영역을 객체화하기 위해서 전경과 배경을 각각 따로 부호화하는 방법으로 영상을 객체화하는 전처리 과정에서 많은 연산량과 시간이 소요되는 단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 방법들은 실시간 처리의 영상 통신에 사용하기 어려운 실정이다.

이에 본 논문은 웨이블릿 변환의 특징을 이용하여 이웃되는 웨이블릿 변환 영상들의 저주파 영역에서 움직임 정보영역을 설정한 후 이웃되는 프레임들 간의 움직임에 관한 정보지표인 차등 정보를 구한 후 다음 프레임의 화질의 등급을 결정하는 알고리즘을 제안하여 실험한 결과, 압축률 향상과 함께 화질의 열화를 감소시킬 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제1장 서론에 이어

제2장에서는 웨이블릿 변환의 이론적 배경에 대해서 알아보고, 제3장에서는 제안한 적응적 픽처 프레임 셋(picture frame set)에 대해서 설명한다. 이어서 제4장에서는 제안한 알고리즘을 적용하여 실험한 결과를 고찰한 다음에 마지막 제5장에서는 결론을 맺는다.

II. 웨이블릿 변환

웨이블릿 변환이란 임의의 기저함수 $\psi(x)$ 로부터 팽창(dilation)과 전이(translation)에 의해 발생하는 함수들을 말하며, 임의의 함수를 시간-주파수 영역에서 동시에 국부성을 갖는 웨이블릿 기저함수의 선형결합을 나타내며 아래와 같은 수식으로 표현된다.

$$h_{a,b}(t) = |a|^{-1/2} h\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad a, b \in R \quad (1)$$

큰 a값에 대해서는 기저함수는 모 웨이블릿(mother wavelet)을 팽창시킨 형태로 저주파의 기저함수가 되고, 작은 a값에 대해서는 모 웨이블릿을 수축시킨 형태로 고주파수의 기저함수가 된다. 웨이블릿 변환은 다음과 같이 정의된다.

$$X_w(a, b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{+\infty} h^*\left(\frac{t-b}{a}\right) x(t) dt \quad (2)$$

영상을 웨이블릿 변환과 같이 다중 해상도로 표현할 경우 각 대역에 적합한 부호화를 선택할 수 있고 인간 시각체계의 민감도에 따라 각 대역에서의 왜곡(distortion)을 조절할 수 있어서 화질에 영향을 적게 주면서 높은 압축률을 얻을 수 있다. 다중 해상도의 표면에서는 에너지의 대부분이 계층적 구조에서의 상위 레벨에 모이고, 하위 레벨은 시각적으로 중요한 정보인 에지 정보를 가지고 있기 때문에 선택적 부호화가 가능하다.

III. 제안한 알고리즘

3.1 웨이블릿 변환 영상 대역 특성

시물레이션에서 사용된 웨이블릿 필터는 안토니의 9-7탭 웨이블릿 필터이다. 이 필터를 사용하여 영상을 4-레벨 웨이블릿 변환한 영상의 대역표시를 그림 1에 나타냈다.

L1	H12	H2	H3	H4
H11	H13			
H21		H3	H3	
H31		H3		
H41			H4	

그림 1. 4-레벨 웨이블릿 영상의 계층적 트리 구조의 상관관계

Fig. 1 Relation of 4-level wavelet transform image with hierarchical tree structure

여기에서 L1 영역이 움직임 정보영역이 된다. 이곳을 움직임 정보영역으로 잡은 이유는 이 부분에 가장 많은 에너지가 집중되어 있어 전체 영상중의 가장 중요한 의미있는 정보들이 축소된 형상으로 나타나 있기 때문이다. 여기서 움직임 정보를 추출하는 루틴이 기존의 움직임 예측 부분에 해당되지만 차이점은 비교적 적은 영역 부분에서 움직임의 정보를 찾게 되므로 탐색시간 및 움직임에 대한 정보 추출도 상당히 줄어든다. 움직임 정보영역에서 두 영상간의 움직임에 대한 정보를 추출하는데 이 영역에서 두 영상간의 차값이 임계치보다 클 경우에만 의미있는 정보(즉 기준 프레임 영상에는 없는 정보)로 인식한다. 의미있는 정보로 인식된 값들은 하위대역에 대해 계층적 트리 구조의 상관관계를 가지는 계수들의 페어런트(parent) 값이 된다. 여기서, 페어런트 값이란 계층적 트리구조의 상관관계를 도식화한 그림 1에서와 같이, L1 영역에 있는 화소값은 H11, H12, H13 영역에 있는 화소값의 페어런트 값이 된다.

3.2 정보 픽셀 계수들의 삭제와 대체

프레임 영상간의 움직임 성분을 추출하기 위해서, 각 웨이블릿 변환된 영상의 L1영역에 대해 차값을 구

한 다음 각각의 차값을 임계치로 필터링한다. 이 때, 차값의 절대값이 0보다 크면 기준 프레임 영상과 다른 값(기준 프레임 영상에 대비해 움직임이 있는 픽셀 계수 : 의미있는 페어런트 계수)이고, 0이면 기준 프레임 영상과 같은 값(기준 프레임 영상과 대비해 움직임이 없는 픽셀 계수 : 의미없는 페어런트 계수)으로 인식한다. 여기서 의미있는 페어런트 계수들의 계층구조의 하위 자식노드의 계수들은 그대로 존재시키고, 의미없는 페어런트계수들의 계층구조의 하위 자식노드의 계수들은 0으로 대체가 된다. 그러므로 기준 프레임 영상에 대해 현재 프레임의 영상내의 실제 움직임이 있는 의미있는 계수들만 남고, 나머지 의미없는 계수들 즉, 움직임이 없었던 계수들은 기준 프레임 영상의 대응되는 위치의 계수들로 충당이 되어 실제 움직임이 있는 계수만 저장되는 것이다.

3.3 적용적 픽처 프레임 구조

두 프레임 영상의 움직임 정보 영역에서 기준 프레임과 나머지 영상 프레임들 간에 의미있는 페어런트 데이터의 수를 카운트해서 두 프레임간의 연관성을 알 수 있는 실험적 데이터 수치를 시물레이션을 통해 구하였다. 먼저, 기준프레임의 L1영역에 있는 화소와 나머지 프레임의 L1영역에 있는 화소 사이에 임계치 ± 6 이상의 차이가 나는 화소의 갯수를 카운트한다. 임계치 ± 6 은 본 논문에서 실험을 통하여 얻은 값으로서, 이 임계치 미만의 차이값을 갖는 화소는 움직임이 없는 화소로 간주하고, 임계치 이상의 차이값을 갖는 화소는 움직임이 있는 화소로 간주한다.

픽처 셋 필터에 의하여 부호화하고자 하는 해당 프레임 영상을 5가지의 화질번호로 분류하였다. 즉, 5가지 종류의 임계치(0, ± 4 , ± 7 , ± 9 , ± 30)는 압축률과 화질을 적절히 보장해 주기 위한 최적의 값으로서 실험을 통하여 얻은 것이다. 기준 프레임과 해당 프레임 사이의 페어런트 픽셀의 차를 카운트하여 0~ ± 3 은 화질번호 5로, ± 4 ~ ± 6 은 화질번호 4로, ± 7 ~ ± 8 은 화질번호 3으로, ± 9 ~ ± 29 는 화질번호 2로 그리고, ± 30 이상은 화질번호 1로 분류하였다.

3.4 픽처 프레임 셋(picture frame set)

화질 번호에 의해 얻어진 영상데이터는 들어온 순서에 따라 순차적으로 픽처 프레임 구성 규칙에 따라

픽처 프레임 셋에 놓이게 된다. 다음 그림은 본 논문에서 제안하고자 하는 프레임에 따른 이상적인 화질 번호의 배열순이다.

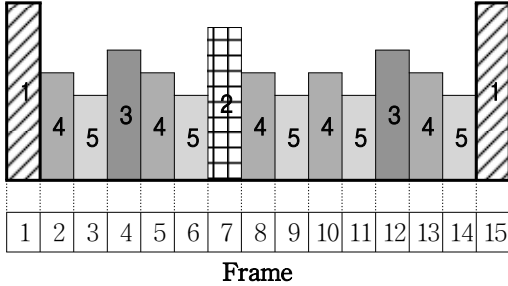


그림 2. 화질 번호 1-5의 배열도
Fig. 2 Arrangement diagram picture quality No.1-5

그림 3을 보면, 픽처 프레임 셋의 기본 단위는 15개의 프레임으로 구성되고, 15개의 프레임 중 기준 프레임은 2개가 존재하는데 기준 프레임의 위치는 15프레임 단위로 고정적이다.

IV. 실험결과 및 고찰

시물레이션에 사용된 실험 비디오 데이터는 CIF (352 x 240pixels) 포맷을 가지는 100 frame의 정원 영상을 사용하였으며, 웨이블릿 필터는 안토니오의 9-7탭 웨이블릿 필터를 사용하였다.

복원된 영상의 화질을 평가하기 위해 식(3)의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하였다. 즉,

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255}{SE} \right) \quad (3)$$

여기서 RMSE(Root Mean Square Error)는 식(4)와 같다.

$$SE = \sqrt{\frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (f(i,j) - \hat{f}(i,j))^2} \quad (4)$$

여기서 N은 부호화하는 영상의 가로 화소수이며, M은 세로 화소수이다. 그리고, $f(i,j)$ 는 원영

상의 화소의 휘도치이며, $\hat{f}(i,j)$ 는 복원된 영상의 화소의 휘도치이다.

그림 3~7은 정원 영상의 첫 번째 프레임 영상을 제안한 알고리즘의 화질 등급에 따라 적용한 결과를 보여주며 그에 대한 화질과 압축률은 표1과 같다.



그림 3. 화질 번호 1의 적용
Fig. 3 Application of picture quality No.1



그림 4. 화질 번호 2의 적용
Fig. 4 Application of picture quality No.2



그림 5. 화질 번호 3의 적용
Fig. 5 Application of picture quality No.3



그림 6. 화질 번호 4의 적용
Fig. 6 Application of picture quality No.4



그림 7. 화질 번호 5의 적용
Fig. 7 Application of picture quality No.5

표 1. 화질 번호 1-5를 적용한 결과
Table 1. Result of applying picture quality No.1-5

Picture quality number	compression ratio(bpp)	PSNR (dB)
1	0.75	38.20
2	0.66	33.75
3	0.26	27.91
4	0.06	24.20
5	0.02	21.89

표 1과 같이 화질등급이 떨어짐에 따라 압축률은 증가하는 반면에 화질은 저하된다.

표 2는 정원영상의 1번 프레임과 첫 번째 프레임 영상에 대해 기존의 MPEG에서 사용되는 B-Picture에 해당되는 화질을 적용한 기존의 차영상 웨이블릿 변환 알고리즘과 ME, MC(FBMA 사용) 알고리즘, 그리고 본 논문에서 제안한 알고리즘을 각각 적용하여 평가한 표이다. 위 표에서 화질과 압축률은 결과 영상과 정원의 40번 프레임 원영상과의 비교치이고, 시간은 정원의 1번 프레임 영상과 40번 프레임 영상간의

움직임 추정시간을 나타낸 것으로, 차영상 알고리즘과 제안한 알고리즘은 소수점 이하 3자리까지가 모두 0으로서 거의 실시간을 나타내었다.

표 2. 제안한 알고리즘의 성능평가
Table 2. Performance evaluation of the proposed algorithm

Performance Algorithm	PSNR (dB)	Compression ratio(bpp)	Encoding time(sec)
Differential Image	50.00	0.93	0.13
ME,MC (FBMA)	17.38	0.23	7.52
Proposed	24.23	0.16	0.00

다음 그림 8~10은 표 2와 관련된 결과 영상을 나타낸 것이다.



그림 8. FBMA에 의한 복원 영상
Fig. 8 Reconstruction image by FBMA



그림 9. 제안된 알고리즘에 의한 복원 영상
Fig. 9 Reconstruction image by proposed algorithm



그림 10. 차영상 알고리즘에 의한 복원 영상

Fig. 10 Reconstruction image by differential algorithm

표 2의 압축률 항목에서 제안한 알고리즘과 기존의 차영상 웨이블릿 변환 알고리즘의 차이는 크지만 그림 10과 그림 11은 주관적으로 보았을 때, 원영상과 별다른 차이를 느낄 수 없다. 이렇듯 화질과 압축률 그리고 시간면에서 제안한 알고리즘이 다른 알고리즘보다 화질과 시간 그리고 압축률면에서 우수한 것을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문은 움직임 정보를 이용하여 기준 프레임 영상과 상관관계가 적은 프레임 영상에서는 화질을 보장하고, 기준 프레임 영상과 상관관계가 많은 프레임 영상에서는 전체 동영상의 비트율을 보장하는 픽처 셋 필터를 제안하였다. 실험 결과, 제안한 동영상 부호화 방법은 기존의 전영역 탐색 블록 정합 알고리즘에 비하여, 화질은 8.99dB이 향상되고, 압축률은 14.85배가 증가되었으며, 부호화시간은 74.9%가 단축되었다. 그리고, 차영상 알고리즘에 비하여, 화질은 24.87dB이 떨어졌으나, 압축률은 41.94배가 증가하였으며, 부호화시간은 0.9%가 단축됨으로써 좋은 성능을 나타냄을 확인하였다.

감사의 글

본 논문은 2010년도 인천대학교 자체 연구비를 지원 받았음.

참고 문헌

- [1] S.Eckart, "High-performance software MPEG video player for PCs", SPIE/IS&T, vol. 2419, pp.446-454, Feb. 1995.
- [2] K.N.Ngab, J.Arnold, T.Sikora, T.K.Tan and A.W.Johnson, "Frequency Scalability Experiments for MPEG-2 Standard", Asia-Pacific Conference on Commun., Korea, pp.208-212, Aug., 1993.
- [3] A.M.Ferman, B.Gunsel and A.M.Tekalp, "Object-based indexing of MPEG-4 compressed video", Visual Commun., Image Processing'97, vol. 3024, pp.953-963, Mar. 1997.
- [4] C.W.Yap, K.N.Ngan and R.Liyanapathirana, "Error-protection scheme for the transmission of H.263 coded video over mobile radio channels", Visual Commun., Image Processing '97, vol. 3024, pp.1241-1249, Feb. 1997.
- [5] O.Rioul, "Regular Wavelets: A Discrete-time approach", IEEE Trans. Signal Proc., vol. 41, no. 12, pp.241-250, Dec. 1993.
- [6] M.F.Barnsley and S.Demko, "Iterated function systems and the global construction of fractals", Proc. of Royal Soc. London vol. A399, pp.243-275, 1985.
- [7] Michael Hotter, "Optimization and Efficiency of an Object-Oriented Analysis-Synthesis Coder", IEEE Trans. on Circuits and systems for video Tech., vol. 4, pp.569-582, April 1994.
- [8] T.K.Truong et al., "A New Architecture for the 2-D Discrete Wavelet Transform", IEEE Pacific Rim Confer. on Commun., Computers and Sig. Process., vol. 2, pp.481-484, Aug. 1997.
- [9] M.antonini and M.Barlaud, "Image Coding Using Wavelet Transform", IEEE Trans. on Image Process., vol. 1, no. 2, pp.205-220, Apr. 1992.
- [10] S.Sarkar and H.V.Poor, "Multiband cyclic wavelets transform", ICIP-96 Proc. vol. II, pp.589-592, Sept., 1996.

저자 소개



김용연(Yong-yeon Kim)

1973년 광운대학교 응용전자공학과 졸업(공학사)

1983년 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2001년 단국대학교 대학원 통신학과 졸업(공학박사)

현재 인천대학교 정보통신과 교수

※ 관심분야 : 이동통신처리