

2단계 웨이블릿 변환을 이용한 동영상 부호화 기법

최환수, * 이용희, † 정동석
인하대학교 공과대학 전자공학과

Video Coding Method Using 2-Step Wavelet Transform

Hwan-Su Choi, * Woong-Hee Lee, † Dong-Seok Jeong

Department of Electronic Engineering, Inha University

E-mail : chs2000@dreamwiz.com, * mercede@netsgo.com, † dsjeong@inha.ac.kr

요 약

본 논문에서는 동영상 데이터의 효율적인 압축과 전송을 위하여 이산 웨이블릿 변환(Discrete Wavelet Transform)과 H.263 부호화[1] 방법을 이용한 영상 부호화 방법을 제안하였다. 이 방법은 웨이블릿 변환을 이용하여 영상을 여러 개의 주파수 영역별로 나누고 각각의 주파수특성에 따라 다른 부호화 방식을 취하게 된다. 제안된 방법은 정보량이 가장 많고 원본의 영상에 가장 가깝게 보존되는 저주파 영역은 H.263 부호화 방식을 사용하고, 나머지 고주파 영역은 산술부호화 방식을 사용함으로써 각각의 주파수 특성을 적절하게 고려한 압축을 하여 그 효율을 증대시키게 된다. 또한 웨이블릿 변환에 따른 저주파 영역의 크기는 실제 영상 크기의 4분의 1이 되는데, 이러한 사실은 H.263 부호화에서 움직임정보의 검출 단위인 매크로블럭(macro-block)의 개수를 줄여 웨이블릿 알고리즘 사용에 드는 추가적인 부호화 시간을 보상하게 한다.

저주파 영역의 H.263 부호화 방식으로 인한 양자화 오류로 나타나는 역 웨이블릿 변환에서의 화질열화를 최소화하기 위해 2단계 웨이블릿 변환을 사용했는데 실험결과 1단계 웨이블릿 변환을 사용한 영상에 비하여 화질이 개선됨을 알 수 있다.

1. 서 론

최근 멀티미디어 통신이 급속하게 발전을 하면서 동영상 데이터 처리에 관해 많은 관심이 집중되었다. 동영상 데이터 부호화의 목적은 적은 양의 정보로 원 영상을 충실히 표현하고 재생하는데 있다. 일반적으로 동영상은 연속한 프레임간의 높은 상관성으로 인하여 중

복성을 지니고 있는데 실제로 쓰이는 동영상압축기법은 이점에 착안하여, 움직임정보를 찾아 프레임간의 중복성을 제거하는 방식으로 고효율의 압축을 하고 있다. 동영상 데이터는 그 크기가 방대하기 때문에 효율적인 전송을 위한 압축기법에 관해 많은 연구가 진행되어 왔다. 대표적인 것으로 움직임정보를 이용한 중복성 제거 후 DCT(Discrete Cosine Transform) 부호화 방식을 사용하여 압축하는 MPEG 부호화 방식을 들 수 있다.

최근에 관심이 되고 있는 부호화 방식은 웨이블릿 부호화 방식인데 DCT에 비해 압축효율이 좋고 DCT의 단점인 블록화 현상이 없어 이에 대한 부호화의 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 웨이블릿 부호화방식을 동영상에 적용하였다. 즉 웨이블릿 변환에 따른 각각의 저주파 영역과 고주파 영역의 부호화 방식을 특성에 맞게 달리하였는데, 저주파 영역은 동영상 부호화에 많이 쓰이는 H.263 부호화를 사용하였고, 고주파 영역은 웨이블릿 부호화에 많이 쓰이는 산술 부호화를 사용하여 효율적인 동영상압축을 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 H.263 부호화 방법을 설명하고, 3장에서는 웨이블릿 부호화 방법에 대하여 설명한다. 4장에서는 제안한 2단계 웨이블릿 변환을 이용한 동영상 부호화 기법을 소개하며 5장에서는 실험 방법 및 결과를 나타내었다. 마지막 6장에서는 결론 및 향후 연구방향에 대해 기술한다.

2. H.263 부호화

H.263 부호화는 저비트율의 실시간 동영상 부호화 방식이다. MPEG과 마찬가지로 움직임정보를 이용하여 프레임간의 중복성을 제거하며, 이를 DCT를 이용하여 압축을 하게된다. 따라서 부호화된 정보는 움직임정보

와 그것을 이용하여 얻은 차분영상이 된다.
 전체적인 H.263 부호화 과정은 그림 1과 같다.

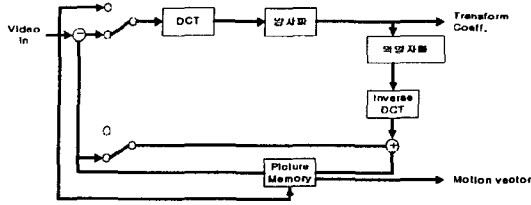


그림 1. H.263 부호화

그림 1에서도 볼 수 있듯이 H.263 부호화에서는 차분 영상의 압축정보인 변환계수(Transform Coefficient)와 움직임정보에 해당하는 움직임벡터(Motion Vector)가 부호화 되는데 이 논문에서 제안한 웨이블릿 부호화 과정에서 이 움직임정보를 이용하여 고주파 영역의 예측과 보상을 하게된다. H.263은 기본적으로 동영상 압축에 많이 쓰이는 DCT를 하게된다. DCT를 한 후 양자화를 거쳐게 되는데 이 양자화의 과정으로 인하여 양자화 오류를 가져오게 된다. 본 논문에서 H.263을 사용할 부분은 웨이블릿 이후 저주파 영역의 영상이다.

웨이블릿의 저주파 영역은 정보가 가장 많고 또한 전체의 화질을 좌우하기 때문에 H.263 부호화로 인한 양자화 오류는 복호화 된 전체 영상에 영향을 미치게 된다. 본 논문에서는 이를 보상하기 위한 2단계 웨이블릿 변환을 사용하며 이는 4장에서 자세히 설명한다.

3. 웨이블릿 부호화

웨이블릿 부호화의 방법에는 여러 가지가 있다. 처음 웨이블릿 필터계수를 이용하여 각각의 주파수별로 나누는 과정은 같지만 그 이후의 압축에 있어서는 몇 가지 다른 방법들로 나뉘볼 수 있다. MPEG-4에서는 EZW (Embedded Zerotree Wavelet)[2]와 같은 웨이블릿 부호화 방식을 사용하고 있으며 JPEG2000에서도 이 방식을 사용하고 있다. 이 방식은 웨이블릿의 특성인 피라미드 구조를 이용한 것으로서, 웨이블릿의 단계가 높을 수록 그 압축효과가 크다. 본 논문에서는 최대 2단계까지의 웨이블릿 방식을 사용하고 있으므로 EZW 부호화 방식은 사용하지 않는다. 본 논문에서는 고주파 영역 압축을 위해 산술 부호화(Arithmetic Coding)[3] 방식을 사용한다. 웨이블릿 변환은 DCT와는 달리 정보가 한쪽으로 집중되지 않는다. 웨이블릿 변환 방식은 허프만 테이블을 사용하는 DCT 부호화 방식과 달리 고전적인 확률 압축방식을 사용해야만 하는데, 여기에 사용되는 압축방식이 바로 산술 부호화이다. 본 논문에서 사용된 웨이블릿 부호화 과정은 그림 2와 같다.

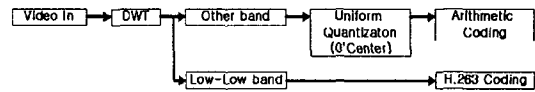


그림 2. 웨이블릿 부호화

본 논문에 사용되어진 웨이블릿 부호화 방식은 다음과 같다.

3.1. DWT (Discrete Wavelet Transform)

본 논문에 사용되어진 웨이블릿 필터계수는 Antonini [4] 필터계수와 Haar 필터계수이다. 필터계수는 표 1과 표 2에 나타내었다.

표 1. Antonini 필터계수

n	0	± 1	± 2	± 3	± 4
h_n	0.85	0.38	-0.11	-0.02	0.03
\tilde{h}_n	0.79	0.42	-0.04	-0.06	0

표 2. Haar 필터계수

n	0	+1
$h_n = \tilde{h}_n$	0.71	0.71

h_n : analysis 필터계수, \tilde{h}_n : synthesis 필터계수

저주파 영역의 부호화에는 H.263 부호화 방식을 이용하였다. H.263 부호화에서 양자화로 인한 저주파 영역의 오류는 복호화된 영상의 화질열화로 나타난다. 전체 복호화 영상의 왜곡정도는 식(1)을 통해 얻을 수 있다.

$$D = 2^{2M} D_M + \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^3 2^{2m} D_m^k \quad (1)$$

여기서 $\{D_m^k ; m=1, \dots, M ; k=1, 2, 3\}$ 은 각각의 고주파 영역들에 대한 왜곡이며 D_m 은 저주파 영역에 대한 왜곡이다. 식(1)에서 D_m 의 영향이 가장 크며 그 왜곡정도는 복호화 영상에서 2^{2m} 배로 나타내어진다. 1단계 웨이블릿에서 $M=1$ 이다. D_m 은 H.263 부호화의 양자화 오류를 나타낸다. 그러므로 저주파 영역의 H.263 부호화의 양자화 오류는 웨이블릿 복호화 영상에서 4배의 왜곡으로 나타내어진다. 이를 줄이기 위하여 2단계 웨이블릿 부호화를 실시하게 되는데 이에 대한 자세한 내용은 4장에서 설명한다.

3.2. 양자화 (Quantization)

양자화의 방법에는 여러 가지가 있다. 그중 가장 대표적인 방법이 Uniform Quantization 이다. 본 논문에서도 이 방법을 사용하였으며, 제안한 움직임정보를 사용하여 차영상을 구하는 방법의 특성상 0의 값을 중심으로 하는 Uniform Quantization을 사용하였다. 방법은 최소값과 최대값의 절대값 중 가장 큰 값을 택하여 그 값의 음수와 양수의 값을 최소와 최대의 값으로 정하여 일정하게 영역을 나누는 방법이다. 0의 값을 중심으로 하는 Uniform Quantization을 사용하는 이유는 차영상에서도 고주파 영역에 전체적으로 차지하는 0의 값을 보존하기 위함이다.

3.3. 산술 부호화 (Arithmetic Coding)

웨이블렛 부호화 과정의 마지막 단계는 정보의 압축이다. 본 논문에서는 손실없는 압축을 실행하였으며 산술 부호화를 택하였다. 산술 부호화는 부호화할 값의 확률에 따라서 부호화 하는 방식으로 허프만 부호화와 함께 널리 쓰이는 방식이다. 웨이블렛 부호화 과정에서 고주파 영역은 3가지의 영역(Low-High, High-Low, High-High)이 나오게 되는데, 본 논문에서는 각각의 영역에 독립적인 산술 부호화를 실행하였다.

4. 웨이블렛 변환을 이용한 동영상 부호화

본 논문에서 제안한 2단계 웨이블렛 변환을 이용한 동영상 부호화의 방법을 그림 3과 그림 4에 도시하였다. 그림 3은 본 논문의 1단계 웨이블렛 과정을 나타낸 것으로서 처음 입력된 영상을 웨이블렛 변환하여 네 개의 주파수 영역으로 나누고, 각각의 영역에 대해서 부호화를 실시한다. 그림 4는 2단계 웨이블렛 과정을 나타내며 1단계 웨이블렛 과정에서 얻어진 저주파 영역에 대해 실행한다. 1단계 웨이블렛 변환은 압축용량의 이득을 위한 것이며, 2단계 웨이블렛 변환은 화질개선을 위한 것이다. 각각의 영역별 부호화를 살펴보면 다음과 같다.

4.1. 저주파 영역 (Lowest-band)

1단계 웨이블렛 변환시 저주파 영역인 LL(Low-Low) 영상에는 H.263 부호화를 적용한다. 이 영역은 H.263 부호화 후 양자화 오류를 지니게 되는데 이는 역 웨이블렛을 통한 전체 복호화 영상에 화질열화를 일으킨다. 저주파 영역에 손실이 거의 없는 H.263 부호화를 적용할 때는 화질열화가 나타나지 않기 때문에, 이때의 웨이블렛 변환 사용은 1단계 웨이블렛 만으로도 충분하다. 그러나 결과물의 용량이 너무 크기 때문에 통신환경에서는 사용하기에 부적절하다. 본 논문에서는 화질열화를 줄이기 위해 2단계 웨이블렛 변환을 사용하였는데 그림 4에 이 과정을 나타내었다. 2단계 웨이블렛 부호화는 양자화 오류를 지니고 있는 저주파 영역을 다시 한번 웨이블렛 변환하여 그것의 고주파 영역을 처음 입력된 영상의 해당 영역으로 대치함으로써 화질을 보상하는 방법을 택하였다. 이 방법은 복호화된 전체영상에 영향을 주어 화질이 개선됨을 알 수 있다.

4.2. 고주파 영역 (Higher-bands)

고주파 영역의 영상에는 3장에서 설명한 웨이블렛 부호화를 한다. 3장에서 설명하였듯이 저주파 영역에서 사용한 H.263 부호화의 움직임정보를 고주파 영역에 그대로 이용한다. 방법은, 웨이블렛 부호화 과정에서 산술 부호화하기 이전에 움직임정보를 이용하여 차분영상을 구하고 그 다음에 산술 부호화를 실행하게 된다. 2단계 웨이블렛 부호화에 의한 고주파 영역의 압축에도

또한 움직임정보를 적용하였으며 그 과정은 1단계 웨이블렛 부호화와 동일하다.

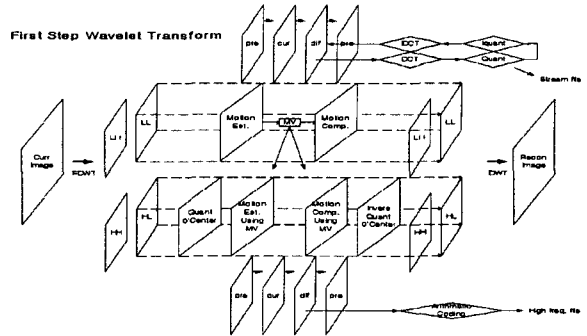


그림 3. 1단계 웨이블렛 변환을 이용한 동영상 부호화

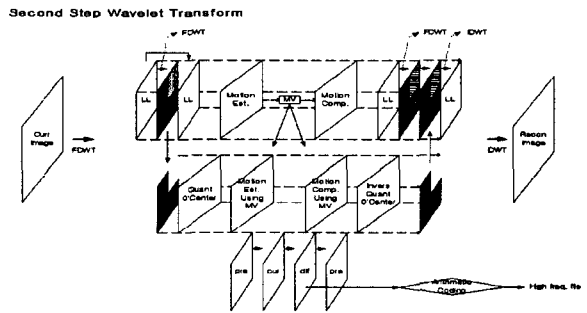


그림 4. 2단계 웨이블렛 변환을 이용한 저주파 영역의 동영상 부호화

5. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 2단계 웨이블렛 변환을 이용한 동영상 부호화의 성능 평가를 위해 352×288(CIF) 크기의 표준영상인 bream2(300 frames), akiyo(200 frames)와 foreman(150 frames)에 대해 실험을 하였다. 성능은 부호화 시간, PSNR, 각각의 주파수 영역별 압축용량에 대해 측정했다.

또한 저주파 영역의 양자화 오류에 따른 복호화 영상의 화질열화도의 비교를 위하여 H.263 부호화의 양자화 오류의 조절 변수인 QP(Quantization Parameter)에 따른 성능측정을 하였다. 표 3에 제시한 결과는 제안한 방법 중 2단계와 1단계 웨이블렛을 사용했을 경우이며, 비교를 위해 기존의 동영상 부호화 방식인 H.263 부호화의 결과를 같은 조건으로 실험하였다. 저주파 영역에서의 움직임정보를 고주파 영역에 적용할 때와 적용하지 않을 때의 압축용량 비교를 표 4에 나타내었다. (표 3의 측정은 움직임정보를 사용했을 경우)

표 3. DWT 단계수와 QP에 따른 성능비교

DWT 단계수	Compressed file size (KByte)		Total time (sec)	PSNR (dB)		
	LL band	Other bands		Y	Cb	Cr
bream2 (300 frames), QP=8						
2step	160	125	149	38.657	37.694	36.878
1step	160	79	130	36.874	36.446	35.349
h.263	594		142	36.348	38.179	37.317
bream2 (300 frames), QP=0						
2step	3840	103	149	42.532	41.812	41.168
1step	3840	62	130	45.435	45.724	45.416
h.263	12808		142	53.571	53.602	53.835
akiyo (200 frames), QP=8						
2step	20	38	101	36.725	35.161	38.445
1step	20	22	87	35.730	32.385	37.614
h.263	87		81	37.537	40.717	42.691
akiyo (200 frames), QP=0						
2step	859	37	101	41.366	39.833	42.023
1step	859	22	87	44.741	42.573	45.422
h.263	4068		81	53.382	53.667	53.764
foreman (150 frames), QP=8						
2step	60	397	79	34.098	34.814	39.429
1step	60	294	68	29.531	34.080	38.798
h.263	234		72	34.630	39.891	42.043
foreman (150 frames), QP=0						
2step	2477	310	79	35.342	38.296	42.394
1step	2477	232	68	33.248	39.883	45.358
h.263	9787		72	38.813	50.449	50.818

표 4. Compressed file size (except LL band) (KByte)

QP=8, 2step DWT	bream2	akiyo	foreman
MV 적용할 경우	125	38	397
MV 적용하지 않을 경우	3887	1783	1678

표 3에서 실험한 결과의 화질비교를 위해 bream2 영상의 첫 번째 프레임에 그림 5에 나타내었다. 첫 번째 영상은 원본영상이고 그 다음은 표 3의 순서와 동일하다. 결과영상은 4:2:0 포맷의 컬러영상이다.



(a)원본영상 (b)QP=8,2step (c)QP=8,1step (d)QP=8,h.263



(e)QP=0,2step (f)QP=0,1step (g)QP=0,h.263

그림 5. bream2의 비교영상

위의 실험 내용은 Antonini 필터계수를 사용하였다. Antonini 필터계수는 표 1에서 보듯이 각각 7과 9의 길이를 갖는다. 여기에 비해 Haar 필터계수는 2의 길이를

를 갖는 짧은 웨이블릿 필터이다. 필터의 길이는 주파수 영역별로 나누는 능력과 관련이 있다. 비교를 위하여 Haar 웨이블릿 변환을 사용해보았으며 표 5에 수치를 제시하였다.

표 5. Haar 웨이블릿 변환을 사용할 경우

DWT 단계수	Compressed file size (KByte)		Total time (sec)	PSNR (dB)		
	LL band	Other bands		Y	Cb	Cr
bream2 (300 frames), QP=8						
2step	147	711	131	38.785	37.586	37.918
1step	147	537	119	36.934	35.711	34.781
h.263	594		142	36.348	38.179	37.317

6. 결론 및 고찰

본 논문에서는 동영상 부호화에 2단계 웨이블릿 변환을 적용하였다. 그래서 일반 동영상 부호화에 비해 압축 효과가 향상되었음을 확인했다. 표 3에서 볼 수 있듯이 저주파 영역의 양자화 오류가 적을수록 전체 복호화 영상이 화질열화가 적어지고 또한 압축용량에 있어서도 상대적으로 유리함을 알 수 있다. QP가 작아질수록 H.263 부호화의 양자화 오류가 적어진다. 때문에 QP가 작으면 웨이블릿 변환 1단계만으로 충분하다. 표 4에서는 움직임 정보의 사용이 압축에 있어서 효과를 보고 있음을 말해준다. 표 5에서는 Haar 웨이블릿 필터계수가 짧기 때문에 부호화 시간에서 약간 유리한 면을 보여준다. 하지만 주파수 영역별로 나누는 기능이 Antonini에 비해 약하므로 압축효과가 크게 떨어진다.

제안한 방법은 웨이블릿 변환의 구조로 인해 스케일러블 부호화 방법에 적합하며 압축효과도 크기 때문에 다양한 통신환경에서 사용할 수 있는 장점을 가진다. 그러나 동영상 부호화에 웨이블릿 변환의 사용으로 나타나는 화질열화에 대한 해결방안이 모색되어야 할 것이며, 효율적인 압축을 위해 EZW와 같은 웨이블릿의 다단계 사용을 고려한 양자화와 부호화가 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] G. Cote, et al, "H.263+: video coding at low bit rates," *IEEE Trans. Circuits Syst. for Video Tech.*, vol.8, no.7, pp.849-866, Nov. 1998.
- [2] J.M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.41, no.12, pp.3445-3462, Dec. 1993.
- [3] P.G. Howard, et al, "Arithmetic coding for data compression," *Proceedings of the IEEE*, vol.82, no.6, pp.857-865, June 1994.
- [4] M. Antonini, "Image coding using wavelet transform," *IEEE Trans. Image Processing*, vol.1, no.2, pp.205-220, April 1992.