

복호기의 연산 복잡도를 줄이기 위한

Inter-frame Wavelet 부호화 방법

정세윤, 김원하*, 김규현, 김진웅

*경희대학교 전자정보학부

한국전자통신연구원 전파방송연구소 방송미디어연구부

jsy@etri.re.kr

Interframe Wavelet Coding for Reducing Computational Complexity of Decoder

Seyoon Jeong, Wonhwa Kim*, Kyuheon Kim, Jinwoong Kim

*Dept. of Computer Engineering, Kyunghee Univ.

Radio and Broadcasting Laboratory

Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

인터프레임 웨이블릿 부호화(Interframe Wavelet Coding)는 3D 서브밴드(Subband) 부호화라고도 하며, 기존의 DCT 기반 Hybrid 동영상 부호화 방식에 비해 압축 효율이 우수하고, 특히 스케일러빌리티 기능이 뛰어난 부호화 방법이다. 인터프레임 웨이블릿 부호화 방법에서 복호화 과정중 가장 연산량이 많이 요구되는 역(inverse) 웨이블릿 변환이다. 역 웨이블릿 변환의 연산량은 복호화 과정에서 적용된 웨이블릿 변환과 동일한 연산량을 요구한다. 이는 순방향과 역방향에서 동일 길이의 필터와 분해 레벨을 사용해야 하기 때문이다. 이 웨이블릿 변환의 연산량을 줄이기 위해 본 논문에서는 기존의 시간 밴드 영상에 대해 동일한 웨이블릿 필터를 사용하여 공간 웨이블릿 필터를 적용하던 것을, 로우밴드에는 9/7 필터를 적용하고 하이 밴드에는 Haar필터를 사용하는 방법을 제안한다. PSNR 실험에서 기존의 9/7 필터만을 사용하는 경우와 비교한 결과 거의 차이가 없었다.

I. 서 론

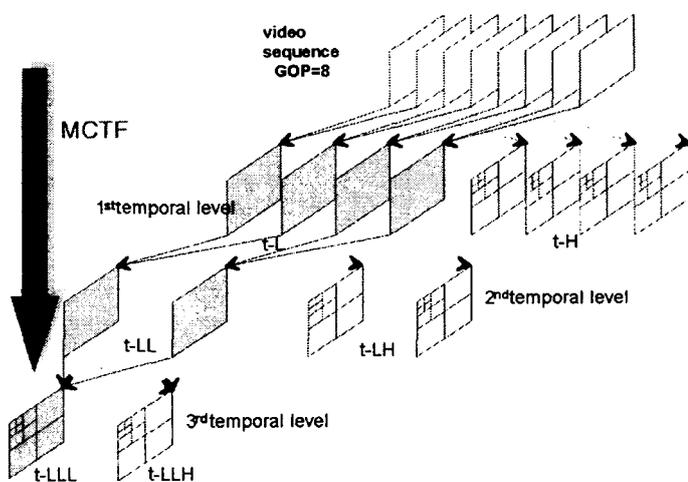
인터프레임 웨이블릿 부호화 방법은 웨이블릿 변환을 이용한 동영상 부호화 방법으로 압축률이 매우 우수하며, 특히 스케일러빌리티(scalability) 기능이 우수하여, 스케일러빌리티가 필요한 응용(application)에 적합한 부호화 방식이다. 방송 통신 융합망과 같은 이종(heterogenous) 네트워크 환경에서 동영상의 스케일러빌리티 기능은 QoS(Quality of Service)를 보장하는데 있어서 가장 핵심이 되는 기술중 하나이다. 기존의 스케일러빌리티 기능을 지원하는 DCT기반 Hybrid 동영상 부호화 방식은 단일 스케일

러빌리티 기능을 지원하는데 적합하게 설계되어 있어, 이종네트워크 환경과 같은 동시에 여러 스케일러빌리티 기능을 요구하는 서비스환경에서 사용하기에는 다소 부족하다. 이처럼 미래의 이종네트워크환경에서의 동영상 서비스를 위해서 새로운 스케일러빌리티 동영상 부호화의 필요성이 증대되고 있고, 많은 연구가 진행되고 있으며, MPEG(Moving Picture Experts Group)의 SVC(Scalable Video Coding) Ad-hoc 그룹에서 표준화도 진행되고 있다 [1].

II. 인터프레임 웨이블릿 부호화

그림 1은 인터프레임 웨이블릿 부호화의 개념도 이다. 인터프레임 웨이블릿 부호화는 3-D(dimensional) 서브밴드 부호화 라고도 하는데. 이는 일반적인 2차원 영상 웨이블릿 변환에, 추가로 시간 축에 대해서도 서브밴드 필터링을 적용하였기 때문이다.

시간축에 서브밴드 필터링을 적용할 때 단순히 필터링을 하는 것이 아니라 압축 효율을 높이기 위해 움직임을 고려하여 필터링을 적용한다. 이러한 필터링을 움직임 보상 시간 필터링(Motion Compensated Temporal Filtering 이하



MCTF)이라고 한다.

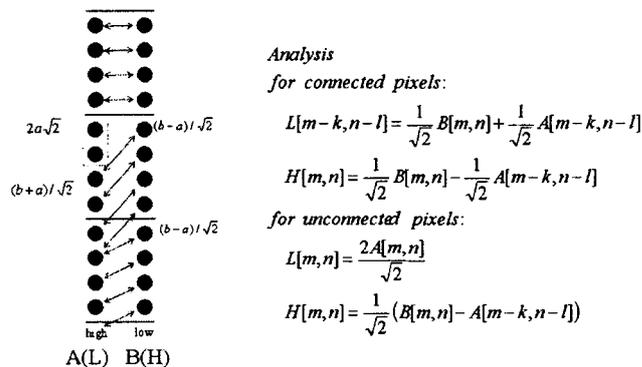
그림 1. 인터프레임 웨이블릿 부호화 개념도

인터프레임 웨이블릿 부호화 과정은 다음과 같다. 먼저 영상을 GOP(group of picture) 단위로 입력을 받아 MCTF를 적용한다. MCTF에서 주로 Haar필터를 사용 하므로 GOP의 개수는 2^N 단위로 가능하다. 일반적으로 GOP의 개수로 16을 많이 사용한다. MCTF의 방법으로는 크게 2가지 방법이 있는데 Ohm[2] 방법과 Woods[3] 방법이 있다. Woods 방법이 움직임 벡터를 계산하는데 있어서 더 효율적 이므로 대부분 Woods 방법을 사용하고 있다. 그림 2는 Woods의 MCTF 방법의 개념도이다.

그림 2에서 원은 픽셀을 의미하고, 가로라인은 블록의 경계를 의미하며 움직임 벡터는 블록 단위로 계산되며 값은 $[k, l]$ 이다. B는 현재 프레임을 의미하고 A는 이전 프레임 즉, 참조(reference) 프레임이고, L은 로우 밴드 영상, H는 하이 밴드 영상을 의미하고, A(L)은 A영상과 L의 영상의 좌표가 같은 것을 의미하고, B(H)는 B영상과 H영상의 좌표가 동일하다는 것을 의미한다. Woods 방법은 분해

(analysis) 과정은 현재 프레임의 좌표를 B[m,n]을 기준으로 H 영상의 H[m,n]값이 구해지고 L영상에는 움직임 벡터가 반영된 L[m-k, n-l]의 값을 구하는 방식이다. 그림 2에서 박스로 표시된 픽셀은 연결되지 않은(unconnected) 픽셀이라고 하며, 이러한 픽셀의 경우는 그림 2의 오른쪽 아래에 있는 수식이 적용된다.

그림 2. Woods MCTF 개념도



MCTF를 한번 적용하면 t-L과 t-H밴드가 생성되고 이를 1차 시간 레벨(1st temporal level)이라고 한다. 로우(low) 밴드인 t-L밴드들만 MCTF를 한번 더 적용한다. 적용 결과 t-LL 밴드와 t-LH밴드가 생기고 이를 2차 시간 레벨이라고 한다. 같은 방식으로 로우밴드들만 MCTF를 적용하여 3차 시간 레벨을 구하고 4차 시간 레벨을 구한다. MCTF를 적용한 후, 4차 시간 레벨의 로우밴드와 각 시간 레벨의 하이밴드들에 대해서 공간(Spatial) 웨이블릿 변환을 적용한다. 이때 일반적으로 동일한 웨이블릿 필터와 분해 레벨을 적용하며, 적용필터로는 9/7 필터와 5/3필터가 주로 사용된다.

마지막으로, 공간 웨이블릿 변환 적용 후에는 MCTF과정의 움직임 벡터와 각 시간 밴드의 웨이블릿 변환 계수들에 대해서 양자화(quantization)와 엔트로피(entropy) 부호화를 적용한다 [3].

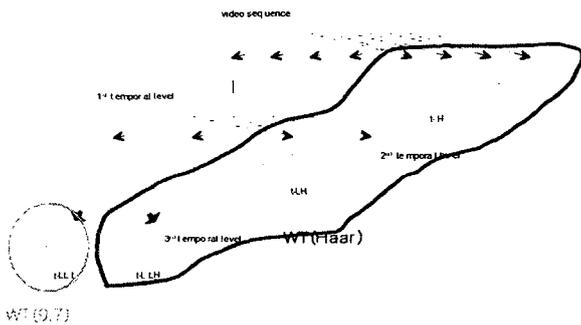
III. 복호기의 연산 복잡도를 줄이기 위한 인터프레임 웨이블릿 부호화

기존의 인터프레임 웨이블릿 부호화는 시간 밴드 영상에 대해서 모두 동일한 필터를 사용하여 웨이블릿 변환을

적용하고 있다. 복호과정에서 가장 많은 연산을 필요로 하는 과정이 역 웨이블릿 변환이다. 역 변환에서는 부호화 과정과 동일한 길이의 필터를 사용해야 한다. 필터 길이가 길수로 더 많은 연산량이 요구된다. 복호기의 연산량을 줄이기 위해 본 논문에서는 시간 밴드 특성상 모든 밴드에 동일한 필터길이의 웨이블릿 변환을 적용하지 않고 하이 밴드 영상에는 Haar 필터를 적용하여 보았다. 그림 3에서 보는 것과 같이 MCTF를 적용하면 대부분의 정보는 로우 밴드 영상에 있게 되고 하이 밴드 영상에는 정보가 거의 없는 특성이 있다. 이러한 특성을 고려하여 정보가 많은 로우 밴드에는 분해능력이 높은 9/7 필터를 사용하는 웨이블릿 변환을 적용하고 정보가 별로 없는 하이 밴드에는 Haar 필터를 이용한 웨이블릿 변환을 적용하여 부호화하는 방법을 제안한다.

그림 3은 제안된 GOP가 8일 경우의 본 논문에서 제안한 부호화 방법의 개념도이다. 그림에서 표시한대로 가장 로우 밴드인 t-LLL밴드에는 9/7를 적용하고, 그외 High band들 t-LLH 1개, t-LH 2개, t-H 4개의 밴드들에는 Haar 필터 웨이블릿 변환을 적용하는 것이다.

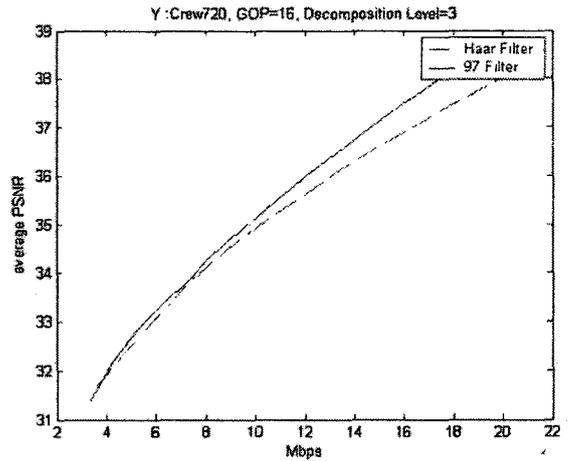
그림 3. 제안된 부호화 방법 개념도



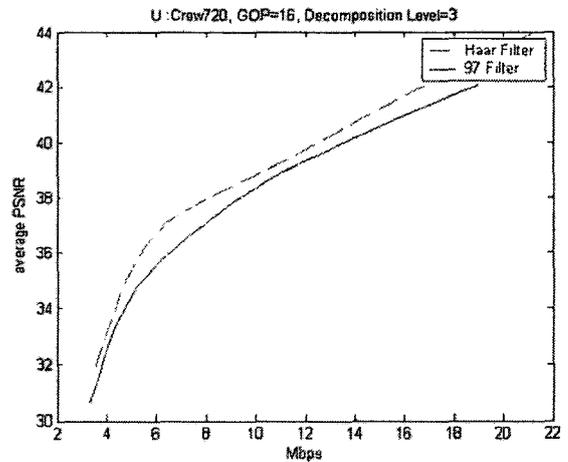
IV. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안한 로우밴드에는 9/7 필터를 적용하고 하이밴드들에는 Haar 필터를 적용한 경우의 PSNR을 비교하는 실험을 수행하여 보았다. 실험 영상으로는 표준영상인 Crew 720x480, 30fps 를 사용하였으며 PSNR값은 Y,U,V 각각 계산하였다. 그림 4는 실험 결과이다.

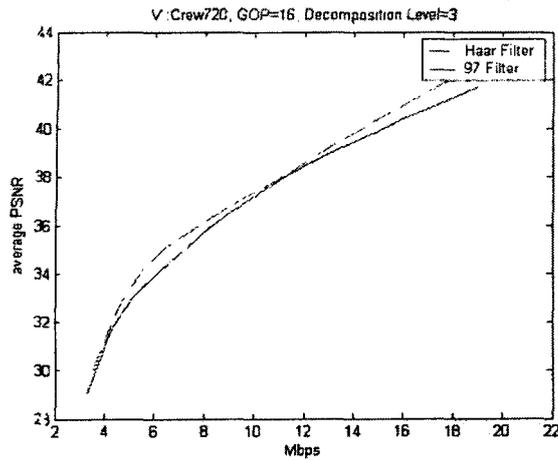
실험 결과 Y영상에 대해서는 비트율이 올라갈수록 PSNR 차이가 커지고 있는 반면 U와 V영상에서는 오히려 PSNR이 증가되고 있다. 이는 U와 V 컬러 영상의 경우 시간 하이 밴드의 정보가 Y 영상의 하이밴드에 비해 상대적으로 적어서 Haar 필터를 적용한 것이 더 효과적이었기 때문이라고 판단된다.



(a) Y영상의 평균 PSNR



(b) U영상의 평균 PSNR



(c) V 영상의 평균 PSNR

그림 4. PSNR 실험 결과

V. 결 론

본 논문에서는 복호기의 연산 복잡도를 줄이기 위해 부호화 과정에서 MCTF 적용 후 시간 밴들 들에 대해 공간 웨이블릿 변환을 적용할 때 시간로우밴드에는 9/7필터를 적용하고 정보량이 적은 시간하이밴드에는 짧은 길이의 Haar 필터를 적용하여 웨이블릿 변환을 하는 부호화 방식을 제안하였다. 실험 결과 기존의 동일한 길이의 웨이블릿을 적용하는 방법에 비해 별로 PSNR 감소가 없었다. 본 논문에서 제안한 부호화 방법은 복호기의 연산량을 크게 줄일 수 있으므로 PDA와 같은 성능이 낮은 장치에서도 인터프레임 웨이블릿 변환을 사용할 수 있다는 장점이 있다. 향후 과제로는 현재 실험을 Crew영상에 대해서만 수행하였는데 다양한 영상에 대해서 적용 하는 것과 PSNR 결과에 대한 깊이 있는 분석이 수행되어야 할 것이다.

[참고 문헌]

- [1] ISO/IEC JTC/SC29/WG11 N5880 "Scalable Video Coding Requirements", Trondheim, Norway, Jul. 2003.
- [2] J.R. Ohm, "Three Dimensional Subband Coding with Motion Compensation", IEEE Trans. on Image Processing, vol.3, no.5, pp 559-571, sep. 1994.
- [3] S.J Choi and J.W. Woods, "Motion Compensation 3D Subband coding of Video", IEEE Trans. on Image Processing, vol.8, no.2, pp. 153-167, Feb. 1999.