

SBC를 이용한 이동 보상형 피라미드 부호화 방식의 성능 비교

함 철희[○], 전 준현, 김 재균
한국 과학 기술원 전기 및 전자 공학과^{*}

A performance comparison of motion compensated pyramidal coding using SBC

Cheul-hee Hahm, Joon-hyeon Jeon, Jae-kyoon Kim
Dept. of Electrical Engineering, KAIST

ABSTRACT

The hierarchical motion compensation(HMC) technique has been efficiently used in estimating the real motion for sequential images. In this paper, a new HMC technique using subband coding(SBC) is proposed. This approach has quadrature mirror filter(QMF) pyramid structure based on band decomposition. And the prediction error coding as well as the real motion estimation are performed hierarchically.

The simulation results show that the performance of the proposed HMC-SBC scheme is better than those of other conventional schemes in terms of PSNRs and entropies of the prediction error frames.

I. 서론

대역 분할 부호화(SBC; Sub-Band Coding) 방식은 고품위의 계층적 부호화(Hierarchical coding) 방식으로서 신호를 몇개의 주파수 대역으로 분할하고, 각 대역 신호들을 독립적으로 부호화하여 전송하는 방식이다. SBC에 관한 연구는 대역을 나누었다가 모으는 과정에서 aliasing이 없도록 하는 것이 문제였는데 Crochiere 등에 의하여 QMF(Quadrature Mirror Filter) 개념이 도입되어 aliasing 없는 신호의 복원이 가능하게 됨으로써 더욱 발전하게 되었다. 또한 Vetterli에 의하여 다차원(multidimension) QMF가 간단히 일차원 QMF를 연속적으로 적용하여 구현되었다[1,2].

Woods와 O'Neil은 2차원 QMF를 이용한 SBC를 처음으로 영상에 적용하였다. 이를 계기로 SBC를 이용한

많은 영상 부호화 방식들이 제안되었으며, 이들은 초기에 QMF의 설계와 정지영상이 주된 연구분야였고 최근에는 동 영상의 부호화가 많이 연구 되고 있다[3,4,5]. 동 영상을 부호화하는 데 있어서 이동 보상 방식은 필수적이다. 이 때 사용되는 이동 보상 방식은 이동 벡터를 검출하는 방식에 따라 크게 BMA(Block Matching Algorithm)와 PRA(Pel Recursive Algorithm)로 구분된다. 그리고 피라미드에 기초를 둔 계층적 이동 벡터 검출 방식은 큰 이동 벡터를 찾아낼 수 있는 방법으로 먼저 거친 이동 벡터를 산출하고 점차 세밀한 이동 벡터를 찾아내는 방법이다[6,7].

본 논문에서는 SBC를 이용한 계층적 이동 보상 부호화 방식에 관한 연구로서 II절에 QMF뱅크에 대하여 간단히 알아보고 III절에서 QMF 피라미드 구조에서 기존의 이동 벡터 검출방법 및 부호화 방식에 대하여

알아본다. 그리고 IV절에서 제안된 이동 벡터 검출 방식 및 부호화 방식에 대하여 살펴보고 V절에 전산 모의 실험 결과를 통하여 성능 평가를 하였다. 끝으로 제 VI절에서 결론을 맺겠다.

II. QMF(Quadrature Mirror Filter)뱅크

SBC의 중요 구성요소인 QMF뱅크는 subsample된 채널을 부호화하지 않는다면, 입력신호를 여러개의 주파수 대역으로 분할하고 각 주파수 대역을 간축(decimation)할 때 발생하는 aliasing 현상이 synthesis 필터 뱅크를 통과한 후 합해지는 과정에서 모두 제거되는 alias-free의 완전 재생이 가능한 필터 뱅크이다. 1차원 QMF뱅크의 기본적인 2채널 시스템은 그림 1과 같다. 여기서 aliasing 성분들을 제거하기 위한 조건은 식(1)이 된다.

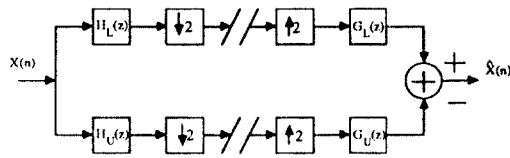


그림 1. 기본적인 2채널 QMF뱅크 시스템

$$G_L(z) = H_U(-z), \quad G_U(z) = H_L(-z) \quad (1)$$

그러나 영상 신호들은 기본적으로 2차원이기 때문에 2차원 QMF뱅크의 적용이 불가피하다. nonseparable 2차원 필터는 주파수 대역을 분할하는 데 있어서 directional capability가 있는 반면 2차원 필터 설계의 어려운 점과 2차원 필터를 적용하는 데 따른 계산상의 복잡성이 발생된다. 따라서 본 논문에서는 1차원 QMF를 수평 및 수직 방향으로 적용시킨 2차원 separable QMF를 사용하였다.

III. QMF피라미드 구조에서 기존의 이동 벡터 검출 방법 및 부호화 방식

SBC에서 각 대역 신호들은 표본화 정리(sampling theory)에 의해서 공간 영역에서 간축(decimation)될 수 있어서 저대역 통과 신호를 연속적으로 분리하여

SBC를 이용한 이동보상형 피라미드 부호화 방식의 성능 비교(90973) 피라미드를 구성할 수 있다. 이렇게 구성된 QMF피라미드 구조에서 이동 벡터를 검출하는 방법은 먼저 낮은 공간 주파수(lower spatial frequencies)를 갖는 sub-image에서 거친 이동 벡터(coarse motion vector)를 구하고 이어서 점점 더 높은 공간 주파수(higher spatial frequencies)를 갖는 sub-image들을 이용하여서 먼저 구한 거친 이동 벡터를 초기 벡터로 이용하여 세밀한 이동 벡터(refined motion vector)를 검출한다.

Woods와 Naveen은 먼저 저대역 영상들로 QMF피라미드를 구성하고 각 피라미드 레벨 sub-image들 사이에서 PRA방식을 이용하여 이동 벡터를 추정하고 이때 얻은 DFD(Displaced Frame Difference)에러 프레임에 SBC를 적용하여 부호화 하였다[5]. 그 기본 구조도를 2레벨 피라미드에 대하여 그린것이 그림 2이다.

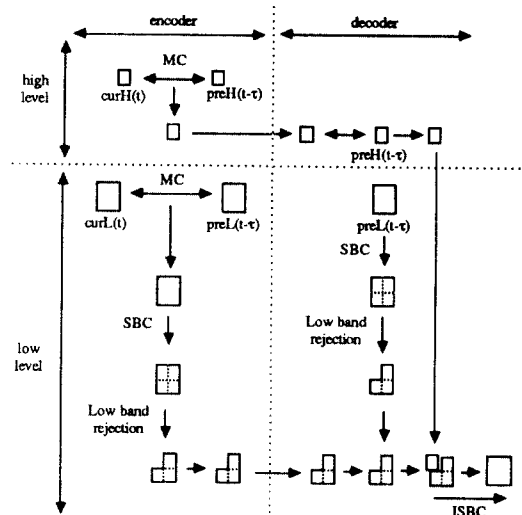


그림 2. 기존의 계층적 이동 보상 부호화 방식

먼저 고 레벨 피라미드 사이에 PRA를 적용하여 DFD에러 프레임들을 얻고 이 에러 프레임들을 전부 전송하게 된다. 이어서 고 레벨 피라미드에서 얻은 이동 정보를 이용하여 저 레벨 피라미드 영상사이에 PRA를 적용하여 DFD에러 프레임들을 얻는다. 그리고 저레벨 DFD에러 프레임들을 전송할 때는 먼저 이를 4개의 주파수 대역으로 분할하고 고 레벨에서 먼저 전송된 저주파 대역을 제외한 나머지

3개의 고대역 신호를 전송한다.

IV. 제안된 이동 벡터 검출 방법 및 부호화 방식

PRA 방식은 매 화소마다 이동 정보를 찾기 때문에 구해진 이동 정보가 실제 물체의 움직임과는 상당히 차이가 날 수 있고 계산량의 증가 때문에 계층적 부호화 방식에서는 적합하지 못하다. 따라서 본 논문에서는 기본적으로 BMA 방식을 사용하여 이동 정보를 검출하였다. 또한 기존의 방식에서는 이동 벡터를 검출하는 데 있어 저대역 신호들에 의존적인 이동 벡터의 추정때문에 고주파 대역의 데이터 감축이 어렵다. 따라서 고주파 대역에 의존적인 이동 벡터의 추정을 위하여 그림 3과 같은 알고리즘을 제안하였다.

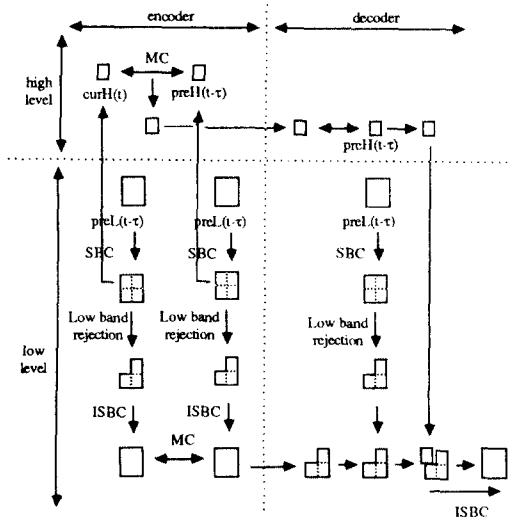


그림 3. 제안한 계층적 이동 보상 부호화 방식

기존의 방법과 다른 점은 먼저 기본적인 QMF 피라미드 구조에서 가장 낮은 주파수 성분을 갖는 피라미드 레벨을 제외한 나머지 피라미드 레벨 영상들 간에 저대역 성분을 제외한 나머지 3개의 고대역 성분으로 영상을 구성하고 이 영상들 간에 이동 보상 예측을 적용한다.

V. 전산 모의 실험 결과

전산 모의 실험에서는 참고 문헌 [8]의 6/9맵 필터를

이용 하였고 사용된 QMF 피라미드는 그림 4와 같은 4 레벨 QMF 피라미드이며 각 피라미드 레벨 sub-image들에 대하여 그림 5와 같은 9 point search 방식을 적용하였다.

level 3 □

level 2 □

level 1 □

level 0 □

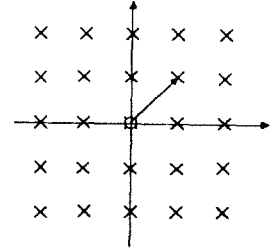


그림 4. 실험에 사용된 QMF 피라미드

그림 5. 9 point search

이 경우 최대 탐색 영역은 +15, -15 화소가 되어서 이동 보상 예측하기에 충분하고 또한 이때 구한 이동 벡터를 전송하는 데에는 5비트가 필요하다. 그리고 블록의 크기는 저 레벨 피라미드 영상에서 고 레벨 피라미드 영상으로 올라감에 따라 8x8, 4x4, 2x2, 1x1으로 하였다. 또한 고 레벨 피라미드 영상에서 구한 이동 벡터는 다음 레벨 영상들 간에 이동 벡터를 검출하는 데 있어서 초기 벡터로 이용되었고 사용된 실험 영상은 352x288 크기의 8비트 Gray 레벨을 갖는 Trevor 영상이다. 전산 모의 실험은 연속적인 21 프레임에 대하여 Woods와 Navcen의 알고리즘과 제안된 알고리즘을 예측 에러 프레임에 대한 최대 신호 대 잡음비 (PSNR: Peak Signal to Noise Ratio)와 엔트로피 (entropy) 면에서 비교하였다. 이 때 PSNR과 엔트로피는 식 (6)의해서 구했다.

$$\text{엔트로피} = - \sum_{i=-255}^{255} P_i \log_2 P_i$$

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \frac{255^2}{E[(X - \hat{X})^2]} \quad (6)$$

여기서

P_i : prob. [Prediction error = i]

\hat{X} : 예측영상신호

X : 원영상신호

SBC를 이용한 이동보상형 피라미드 부호화 방식의 성능 비교(90973)

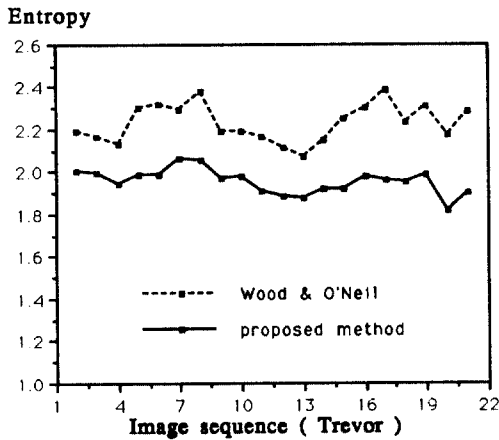
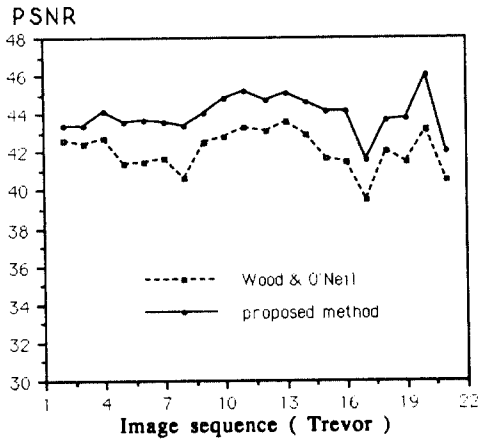


그림 6. 기존의 방식과 제안된 방식의 SNR 및 Entropy 비교

그림 6에서 볼 수 있듯이 제안된 방식이 PSNR과 엔트로피면에서 기존의 방식 보다 성능이 향상되었다. 이것은 가장 높은 레벨 피라미드를 제외한 나머지 레벨 피라미드에서 고주파 대역에 의존적인 이동 벡터를 찾음으로써 효과적인 데이터 감축이 이루어 졌음을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 SBC를 이용한 효과적인 저층적 이동 보상 부호화 방식에 관한 연구로서 기본적인 QMF 피라미드 구조에서 각 피라미드 레벨 영상들 간에

이동 정보를 검색하는 데 있어서 저대역 신호를 제외한 나머지 3개의 고대역 신호로부터 구성된 영상으로부터 이동 보상 예측을 하는 방법을 제안 하였다. 제안된 방식은 PSNR과 엔트로피면에서 기존의 방식보다 성능이 우수하다.

앞으로 이동 보상 예측과 이동 벡터를 함께 고려한 성능 평가가 이루어 져야 하며 또한 몇개의 피라미드 레벨을 사용하여야 적당한가 등에 관한 연구가 진행되어야 한다.

참고 문헌

- [1] R.E. Crochiere, etc., "Digital coding of speech in sub-bands", BSTJ Vol.55, No.8, October 1976.
- [2] M. Vetterli, "Multi-dimensional sub-band coding : some theory and algorithms", Signal Processing 1984, pp.97-112
- [3] J.W. Woods and S. D. O'Neil, "Sub-band coding of image", IEEE Trans. on ASSP, Vol.34, No.5, pp.1278-1288, Oct. 1986.
- [4] H. Gharavi, "Differential Sub-band Coding of Video signals", ICASSP 89, Vol.3.
- [5] J.W. Woods and T. Naveen, "Subband Encoding of video sequences", SPIE Conf. on Visual Commu. and Image Processing, Vol.1199, 1989.
- [6] T. Koga, et al, "Motion-compensated interframe coding for video conferencing", NTC, 1981.
- [7] Bierling, M. and Thoma, R., "Motion Compensating Field Interpolation using a Hierarchically Structured Displacement Estimator", Signal Processing '11, 1986.
- [8] J.H. Jeon and J.K. Kim, "A new technique of linear phase QMF filter design for sub-band coding", SPIE Vol.1360, 1990.