

효율적인 스케일러블 비디오 부호화를 위한 향상된 움직임 보상 시간적 필터링 방법

정회원 전 기 철*, 김 종 호**, 정 제 창**

An Improved Motion Compensated Temporal Filtering for Efficient Scalable Video Coding

Kicheol Jeon*, Jongho Kim**, Jechang Jeong** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 웨이블릿 변환 기반 스케일러블 비디오 부호화에서 가장 중요한 요소 기술인 움직임 보상 시간적 필터링 방법의 성능에 관련된 요소들의 특성을 파악하고, 기존의 DCT 기반의 하이브리드 부호화에서 사용된 움직임 예측 방법과 가변 크기 블록을 사용한 움직임 예측 방법을 적용한 향상된 MCTF (Motion Compensated Temporal Filtering) 방법을 제안한다. 이를 통하여 시간적 필터링 과정에서의 연결성을 높이고, 프레임간 에너지를 저/고주파 프레임으로 효율적으로 분해할 수 있다. 그 결과, 고주파 프레임의 에너지를 줄여, 엔트로피 부호화 비트율을 줄일 수 있다. 본 논문에서 제안하는 방법을 적용하여 모의 실험한 결과, 고주파 프레임에 포함된 에너지가 최대 25.86%까지 감소하는 것을 확인하였다.

Key Words : Motion Compensated Temporal Filtering (MCTF), Scalable Video Coding (SVC), Predictive Motion Vector Field Adaptive Search Technique (PMVFAST)

ABSTRACT

In this paper, we study the characteristics of parameters which are related to performance of MCTF which is a key technique for wavelet-based scalable video coding, and propose an improved MCTF method. The proposed MCTF method adopts the motion estimation of which motion vector field is distributed more uniformly using variable block sizes. By using the proposed method, the decomposition performance of temporal filter is improved, and the energy in high-frequency frames is reduced. It can help the entropy coder to generate lower bitrate. From simulation results, we verify the decomposed energy on high-frequency frame using the proposed method is reduced by 25.86% at the most in terms of variance of the high-frequency frame.

I. 서 론

비디오 부호화는 멀티미디어 응용분야에 있어서 여전히 매우 중요한 요소이다. 또한, 많은 자원들이 과거에 비하여 매우 저렴해졌지만, 모든 멀티미디어

응용분야가 이러한 대용량의 자원을 이용할 수 있는 것은 아니다. 다시 말해서, 최근의 효율적인 멀티미디어 서비스를 위해서는 단순히 이용할 수 있는 자원의 양 보다는 각 응용분야에 적합한 형태의 콘텐츠를 공급할 수 있는지가 관건이다. 이러한 요

※ 본 연구는 영화진흥위원회의 첨단 디지털 영상기술 개발사업 지원으로 수행되었습니다.

* 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 영상통신 및 신호처리 연구실 (kcjeon@gmail.com)

** 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 영상통신 및 신호처리 연구실 (jangel, jjeong@gmail.com)

논문번호 : KICS2006-11-515, 접수일자 : 2006년 11월 29일, 최종논문접수일자 : 2007년 2월 22일

구에 적절히 대응하기 위해서는 새로운 비디오 부호화 알고리즘이 필요한데, 이는 기존의 부호화 효율만을 고려한 알고리즘과는 다른 개념으로 접근하여야 한다. 스케일러블 비디오 부호화는 비디오 영상을 단 한차례 부호화하여 비트스트림을 생성하고, 각 응용 분야에 적합한 비트스트림을 그 안에서 추출하여 복호화하는 새로운 비디오 부호화 방법이다. 스케일러블 비디오 부호화는 화질 스케일러빌리티, 공간적 스케일러빌리티 및 시간적 스케일러빌리티를 제공할 수 있어야 하는데, 이를 실현하기 위하여 현재 MPEG의 SVC 분과에서는 기존의 MPEG-2 및 MPEG-4의 방법과 유사한 구조의 스케일러블 부호화 표준을 진행중이다^[10]. 이는 각 스케일러빌리티를 위하여 다른 방법을 이용하므로 구조상 매우 복잡해지는 단점이 있다. 반면에 MC-EZBC^[7]를 비롯한 웨이블릿 변환 기반의 MCTF (Motion Compensated Temporal Filtering)를 이용한 스케일러블 부호화^[11]는 한 번의 부호화를 통하여 위의 3가지 스케일러블 부호화가 가능하고^[2], 구조상 개루프 형태이므로, 복호기에서 재구성된 프레임은 사용하지 않기 때문에, 기존의 페루프 형태의 하이브리드 부호화 시스템에서 나타나는 것처럼, 현재 프레임에 포함된 전송에러가 다음 프레임으로 전파되는 문제 및 송/수신기 사이의 파라미터 불일치에 의한 드리프트 문제 등이 발생하지 않는 장점이 있다^[4].

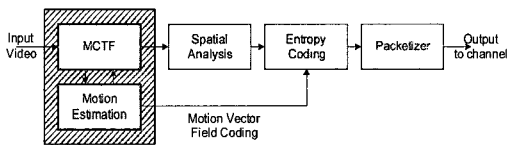


그림 1. MCTF를 이용한 스케일러블 비디오 부호화의 구조 (빗금영역이 MCTF 부분).
Fig. 1. Structure of scalable video coder using MCTF (MCTF part is represented as a slant-lined area).

그림 1에서 보는 바와 같이, MCTF의 출력이 공간적 스케일러빌리티와 화질 스케일러빌리티 기능을 가능케 하는 Spatial Analysis의 입력으로 인가되므로, MCTF의 시간적 필터링 성능은 전체 웨이블릿 변환 기반 스케일러블 비디오 부호화에 있어서 매우 중요하다. MCTF를 사용하는 스케일러블 비디오 부호화는 BMA (Block Matching Algorithm)를 이용하여 움직임 예측을 수행하고, 결정된 움직임 벡터를 따라서 참조프레임의 예측된 블록과 현재프레임의 현재 블록 간에 시간적 필터링을 수행한다. 본 논문에서는 MCTF의 성능과 화소들의 연결성의

관계를 분석하고, 이에 따라 MCTF 성능을 좌우하는 화소 연결성을 높이기 위하여 움직임 벡터 필드를 평탄화하는 방법을 제안한다. 그 방안으로 움직임 벡터 필드가 비교적 정돈된 모습을 보이는 움직임 예측 방법을 적용하고, 가변 크기 블록으로 움직임 예측을 수행하여 MCTF의 성능을 향상시키는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 MCTF의 성능과 화소 연결성의 관계를 다루고, 3장에서는 에너지 집중 효율을 높이기 위하여 향상된 MCTF 방법을 제안한다. 이에 대한 실험결과를 4장에서 기술하고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 화소 연결성과 MCTF 성능의 관계

MCTF 기반 스케일러블 비디오 부호화에서는 시간적 스케일러빌리티를 구현하기 위하여, 참조프레임 내부의 탐색 영역 전체에서 전역 탐색법을 이용하여, 최소 SAD (Sum of Absolute Difference)를 갖는 움직임 보상 블록을 찾아낸다. 여기서, 각 블록들에 대한 움직임 추정을 통하여 현재프레임과 참조프레임이 움직임 벡터를 통하여 연결되는 블록 내부의 화소들을 연결화소라고 부른다. 반면에, 움직임 벡터에 의하여 연결되지 못한 화소들을 비연결 화소라고 부른다^[3]. 여기서 전체 화소들 중에 연결화소의 수를 연결성으로 정의하는데, 연결성은 MCTF에 있어서 웨이블릿 필터에 의한 시간적 에너지 집중 효율에 영향을 끼치며, 동시에 시간적 저주파 부대역 프레임의 화질에도 영향을 미친다. 에너지 집중이란 필터링 후의 전체 에너지에 대하여 시간적 저주파 부대역에 집중된 에너지의 비를 말한다. 그러므로 에너지 집중도는 각 프레임의 분산을 이용하여 표현할 수 있고, 이는 곧 엔트로피 부호화기의 부호화 효율과 직접적으로 연관된다. 이러한 과정에 의하여 찾아진 참조프레임의 움직임 보상 블록과 현재프레임의 현재 블록을 대상으로 각 화소간의 2탭 Haar 필터를 적용함으로써, MCTF, 즉 움직임 보상 시간적 필터링이 수행된다. 각 화소별 필터링을 수행하기 위하여 각 화소의 연결성을 결정하는 자세한 과정은 다음과 같다^[8].

Step 1. 현재프레임과 참조프레임 사이에서 전역 탐색을 이용한 움직임 추정을 수행하고, 얻어진 움직임 벡터로 연결되는 연결블록을 설정한다.

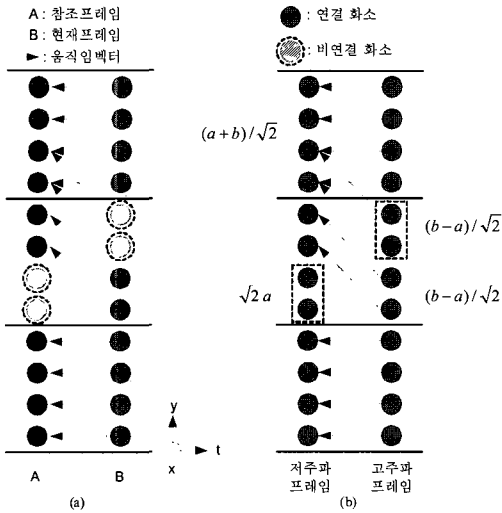


그림 2. 두 프레임에 대한 MCTF. (a) 정방향 움직임 예측 (b) MCTF에 의해 얻어진 시간적 저/고주파 부대역 프레임.
 Fig. 2. MCTF between two frames. (a) Forward motion estimation (b) Temporal low/high-frequency subband frames after MCTF.

- Step 2. 참조프레임에서 이미 연결 블록으로 분류된 블록의 일부 또는 모든 화소가 현재프레임의 또 다른 블록으로부터의 움직임 추정에 의하여 다시 연결블록으로 선택되었다면, 다중 연결된 화소들 중에, 최소 DFD (Displaced Frame Difference)를 갖는 화소만이 연결화소로 설정되고, 현재프레임에서 다중 연결되었던 나머지 화소들의 연결은 모두 해제된다.
- Step 3. 두 프레임간의 움직임 추정이 완료된 후, 현재프레임에서 비연결 화소보다 연결화소의 수가 적은 블록의 경우에 그 블록을 비연결 블록으로 설정하고, 해당 블록 내부의 모든 연결을 해제하여, 관련된 두 블록의 모든 화소들을 비연결 화소로 설정한다.
- Step 4. 현재프레임의 나머지 연결블록에 대하여, 연결된 두 블록들 중 더 작은 분산이 두 연결블록의 MS-DFD (Mean Squared DFD)보다 작을 경우, 해당 블록 내부의 모든 연결을 해제하여, 관련된 두 블록의 모든 화소들을 비연결 화소로 설정한다.

일단 화소 연결성의 분류가 완료되면, 시간적 저/고주파 부대역 프레임을 나누기 위하여, 식 (1)과 (2)를 사용하는 웨이블릿 필터링이 그림 2와 같이 각 연결화소를 대상으로 수행된다.

$$L[m-d_m, n-d_n] = \frac{1}{\sqrt{2}} B[m, n] + \frac{1}{\sqrt{2}} A[m-d_m, n-d_n] \quad (1)$$

$$H[m, n] = \frac{1}{\sqrt{2}} B[m, n] - \frac{1}{\sqrt{2}} A[m-d_m, n-d_n] \quad (2)$$

또한 각 비연결 화소에 대하여 식 (3)과 (4)를 이용하여 저/고주파 부대역 프레임을 완성시킨다.

$$L[m, n] = \frac{2}{\sqrt{2}} A[m, n] \quad (3)$$

$$H[m, n] = \frac{1}{\sqrt{2}} (B[m, n] - A[m-d_m, n-d_n]) \quad (4)$$

식 (1)-(4)에서 $L[m, n]$, $H[m, n]$ 은 각각 필터링을 거친 이후의 시간적 저주파 부대역과 고주파 부대역 프레임을 나타내며, $A[m, n]$, $B[m, n]$ 는 각각 참조프레임과 현재프레임을, (d_m, d_n) 은 움직임 벡터를 나타낸다. 또한 기저함수가 정규직교(orthonormal)한 성질^[6]을 갖도록 저역통과 필터와 고역통과 필터는 각각 $[1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2}]$, $[1/\sqrt{2}, -1/\sqrt{2}]$ 인 Haar 필터를 사용한다^[3]. 식 (1), (2)에서 연결화소는 두 연결화소의 평균값과 차분값을 이용하여 시간적 저/고주파 부대역 프레임을 각각 계산한다. 그러나 식 (3)에서 보는 바와 같이 비연결 화소의 경우에는 참조프레임의 화소값 자체가 시간적 저주파 부대역 프레임의 화소값으로 사용된다. 식 (4)의 경우에는 비연결 화소에 관한 시간적 고주파 부대역 프레임의 화소값 계산식으로서, 식 (2)와 동일하나, 식 (1), (2)와 같이 연결된 두 화소가 서로의 중복성을 제거하면서 저/고주파 부대역 프레임으로 분해되는 것이 아닌, 현재프레임의 화소와 참조프레임의 화소가 각각 별도로 스케일링되어 저/고주파 부대역 프레임을 채우는 것으로 보아야 한다. 따라서 중복성 제거에 쓰이지 못하는 비연결 화소는 웨이블릿 필터링 후의 시간적 저주파 부대역 프레임의 화질을 저하시킬 뿐만 아니라, 에너지 집중 효율을 크게 저하시켜 부호화 비트율 증가를 초래한다. 그러므로 MCTF의 성능 향상을 위하여 연결성을 높이는 일, 즉 비연결 화소의 수를 줄이는 일은 매우 중요하다.

III. 제안하는 화소 연결성 향상을 위한 MCTF 방법

3.1 기존의 MCTF 방법

기존의 MCTF에서 사용되는 고정 크기 블록을

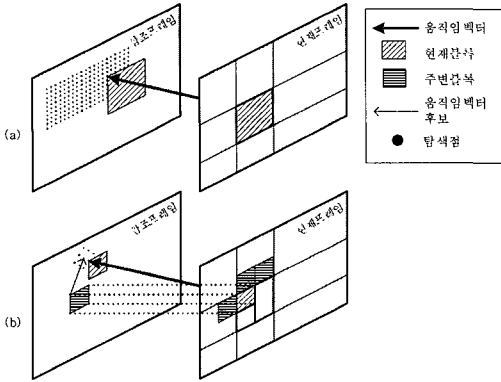


그림 3. 기존의 탐색 방법과 제안하는 탐색 방법의 비교. (a) 전역 탐색 (b) PMVFAST.
Fig. 3. Comparison of motion estimation methods. (a) Full search (b) PMVFAST.

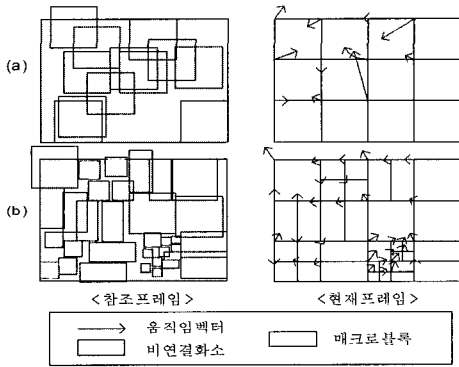


그림 4. 기존 방법에서의 블록크기와 제안하는 방법에서의 블록크기 비교. (a) 고정 크기 블록 (b) 가변 크기 블록.
Fig. 4. Comparison of block sizes for each method. (a) Fixed block size (b) Variable block size.

사용한 전역탐색을 이용하는 방법과, 본 논문에서 제안하는 가변 크기 블록을 사용하는 PMVFAST (Predictive Motion Vector Field Adaptive Search Technique) 탐색법¹⁵⁾을 이용하는 방법을 그림 3과 그림 4에 개념적으로 나타내었다. 전역 탐색법은 참조프레임 내의 탐색 영역을 모두 검사하여 현재 블록과의 SAD가 최소가 되는 블록을 찾아낸다. 이 경우에, 참조프레임 내의 다른 블록에 의하여 연결된 블록의 일부 또는 전부가 최소 SAD를 갖는 블록으로 선택되는 경우가 발생하게 된다. 이렇게 중복되어 선택된 화소는 다중 연결 화소라고 불리며, 참조프레임의 하나의 화소에 대한 여러 다중 연결 중에서 최소 DFD를 갖는 현재프레임의 화소만이 그 연결을 유지하고, 나머지 다중 연결들은 모두 비연결 화소로 처리된다. 이때, 두 번째 작은 SAD를 갖는 참조프레임 내에 또 다른 블록의 화소들이 한

번도 연결되지 못한 채, 비연결 화소로 남아있을 수 있고, 이들 비연결 화소들과 연결될 수 있는 가능성이 배제된 채, 다중 연결이 해제된 현재프레임의 화소는 모두 비연결 화소로 처리된다. 결과적으로, 중복되어 연결되는 다중 연결 화소가 많아질수록 더 많은 비연결 화소가 발생하게 됨을 알 수 있다. 따라서, 중복 선택을 방지하여, 다중 연결 화소의 수를 최소화하기 위해서는 움직임 벡터 필드를 가급적 서로 중복되지 않도록 평탄화할 필요가 있다.

3.2 움직임 벡터를 평탄화하는 움직임 예측 방법

본 논문에서는 기존의 DCT 기반 하이브리드 비디오 부호화에서 고속 움직임 예측 방법으로 사용되는 PMVFAST를 효율적인 스케일러블 비디오 부호화를 위한 MCTF에 적용할 것을 제안한다. 많은 연구를 통하여, PMVFAST 방법이 예측된 움직임 벡터 후보군과 다수의 문턱값을 이용한 조기 정지 알고리즘에 의하여, 화질의 열화는 최소화 하면서도 움직임 예측에 소요되는 시간을 감소시킬 수 있다고 알려져 있다. 본 논문에서는 이러한 PMVFAST

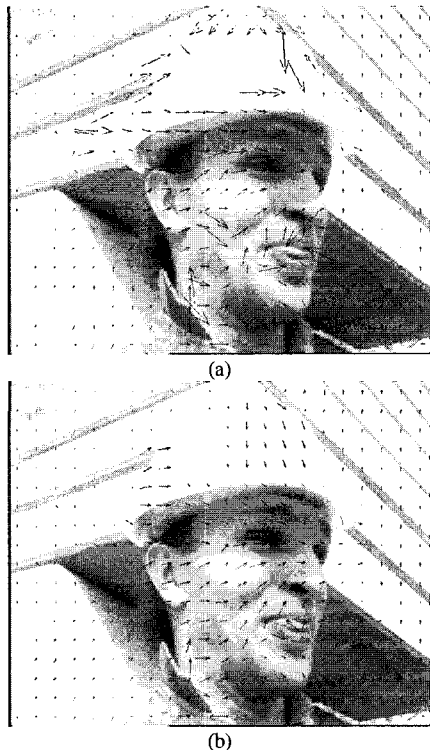


그림 5. 전역 탐색과 PMVFAST에 의한 움직임 벡터 필드. (a) 전역 탐색 (b) PMVFAST.
Fig. 5. Motion vector fields from full search and PMVFAST. (a) Full search (b) PMVFAST.

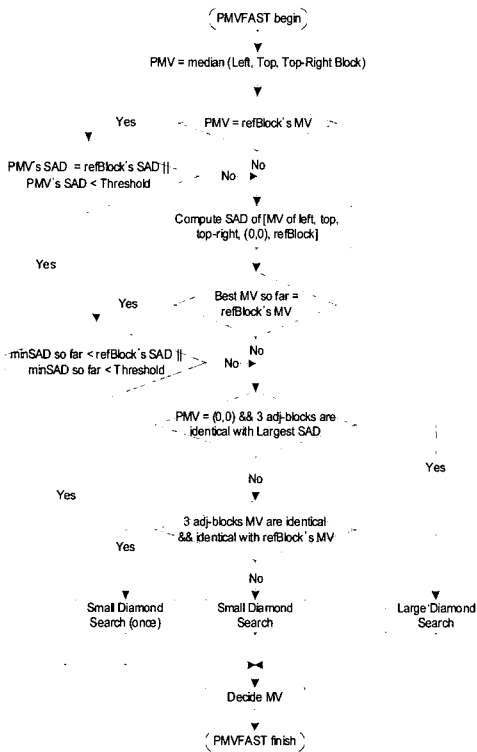


그림 6. PMVFAST 전체 과정의 순서도
Fig. 6. Flow chart for overall procedure of PMVFAST.

에 의한 움직임 벡터 필드가 비교적 평탄화되어 있음에 주목하여, MCTF를 위한 움직임 예측에 적용하였다. 그림 5에 나타난 바와 같이 PMVFAST를 이용하여 얻어진 움직임 벡터는 원점에서 크게 벗어나지 않으면서도, 전체적으로 일정한 경향을 보이는 특징이 있어, MCTF에서 연결성 향상에 큰 도움을 준다. 그림 6은 제안하는 방법에 이용한 PMVFAST 탐색과정을 나타낸 순서도이다.

기본적으로 PMVFAST 알고리즘은 “충분히 좋으면 정지”의 개념에 기초한다. 즉, 전역에 걸쳐 최소 SAD만을 찾는 전역탐색과 비교하여, PMVFAST는 먼저 찾아 놓은 주변 블록의 움직임 벡터를 이용하여 움직임을 탐색하므로, 이렇게 얻어진 움직임 벡터는 원점에서 크게 벗어나지 않고, 일반적으로 그림 5(b)에서 나타난 바와 같이 잘 정돈되어 있다. 즉, PMVFAST 움직임 예측 방법이 MCTF의 최소 연결성, 그리고 MCTF의 저주파 성분으로의 에너지 집중 효과를 극대화 할 것으로 예상된다.

3.3 움직임 예측 정확도 향상을 위한 가변 크기 블록을 사용하는 움직임 추정방법

움직임 벡터가 평탄화되면 전체 프레임의 최소 연

결성은 전역 탐색에 비하여 증가하지만, 반면에, 각 블록의 움직임 추정의 정확도는 다소 떨어진다. 따라서 웨이블릿 필터에 의한 분해시에 에너지 집중 효율이 감소한다. 본 논문에서는 이러한 정확도 문제를 해결하기 위하여 가변 크기 블록 기반의 움직임 예측을 사용하는 MCTF 방법을 제안한다. H.264/AVC 부호화 표준⁹⁾에서 화면간 부호화의 경우에 사용되는 블록모드와 유사하게, 본 논문에서는 그림 7과 같이 32×32 크기의 기본 매크로블록으로부터 8×8까지의 다양한 크기의 분할되는 블록을 이용하여 움직임 예측을 수행한다. 특히, 16×16, 즉 모드 3이 선택된 경우에는 16×16, 16×8, 8×16, 8×8의 서브블록으로 다시 나누어 최적의 모드를 구하도록 한다.

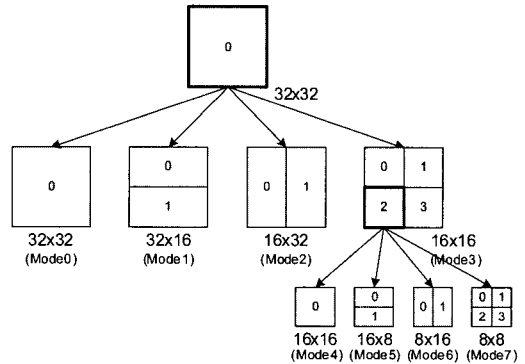


그림 7. 가변 크기 블록의 구조
Fig. 7. Structure of variable-sized blocks.

다음은 가변 크기 블록을 이용하여, 해당 매크로블록의 최적 움직임 예측 모드를 결정하는 과정을 나타낸다.

- Step 1. 32×32 크기의 기본 매크로블록을 분할한 모드 0 - 모드 3을 이용하여 BMA를 통해서 움직임 예측을 수행한다.
- Step 2. 각 모드에서의 SAD를 계산하고, 그 중 최소 SAD를 갖는 모드를 최적 모드로 결정한다.
- Step 3. 만일 모드 3이 해당블록의 최적모드로 결정되면, 모드 4 - 모드 7을 이용하여 Step 1과 Step 2를 한차례 반복하는데, 4개의 16×16 크기 서브 매크로블록에 대하여 수행한다.

움직임 예측시에 가변 크기 블록을 사용하면, 움직임이 많거나 복잡한 영역에서는 작은 크기의 블

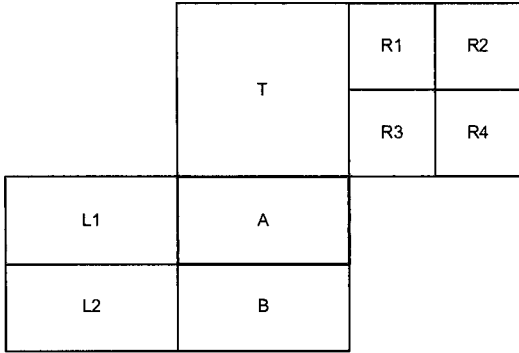


그림 8. 가변 크기 블록을 사용할 때 PMVFAST가 사용하는 PMV 후보군.
 Fig. 8. PMV candidates for PMVFAST using variable block size.

록 단위로 움직임 예측이 수행되고, 움직임이 적거나 평탄한 영역에서는 보다 큰 크기의 블록 단위로 움직임 예측이 수행된다. 그림 8은 본 논문에서 제안하는 방법으로 가변 크기 블록을 이용하여 PMVFAST 탐색법을 사용할 경우에, PMVFAST에 사용되는 예측 움직임 후보군을 선정하는 예를 보여준다. 블록 A의 움직임 예측을 수행하는 경우에, 주변 블록을 이용하는 PMV 후보군은 L1, T, R3로 정해진다. 이와 같은 방법으로 MCTF를 수행하면 움직임 예측의 정확도가 향상되고, 따라서 시간적 저/고주파 프레임으로의 에너지 집중 효율이 증가하게 된다.

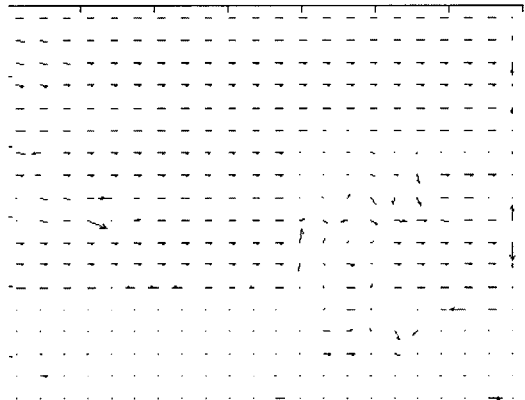
IV. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 제안하는 MCTF의 성능을 평가하기 위해서 고정 크기 블록 단위의 전역 탐색 방법에 의한 MCTF와 비교하여 실험을 수행하였다. 실험은 CIF (30Hz, 352×288) 영상 8개를 이용하였으며, 성능평가의 기준으로 화소 연결성을 알 수 있는 각 프레임별 연결 화소의 수와, 에너지 집중효율을 나타내는 시간적 고주파 부대역 프레임의 분산을 계산하여 비교하였다. 기존의 방법에서는 매크로블록의 크기를 16×16으로 고정하여 사용하였으나, 본 논문에서 제안하는 방법은 기본 매크로블록의 크기를 32×32로 확장함으로써 움직임이 작은 부분 또는 배경 부분에서는 큰 크기의 블록단위로 부호화되는 효과를 나타내었다.

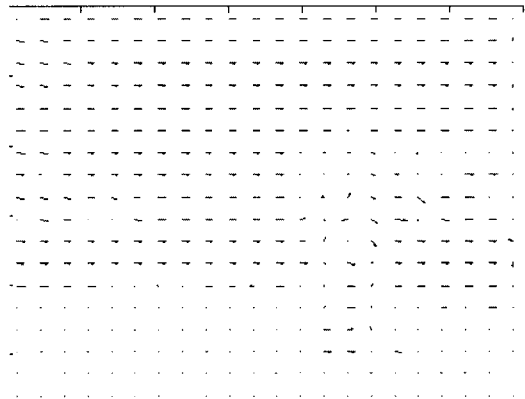
그림 9에서 보는 바와 같이, 전역 탐색을 이용하여 얻어진 움직임 벡터 필드와 비교하여, PMVFAST



(a)



(b)



(c)

그림 9. Stefan 영상의 움직임 벡터 필드 비교(첫번째 프레임과 두번째 프레임간 움직임 예측 결과). (a) Stefan 영상의 첫 번째 프레임. (b) 전역탐색 결과 움직임 벡터 필드 (c) PMVFAST 결과 움직임 벡터 필드
 Fig. 9. Comparison of motion vector fields for Stefan sequence (motion estimation between the first two frames). (a) First frame (b) Motion vector field from full search (c) Motion vector field from PMVFAST.

표 1. 필터링 후의 고주파 프레임의 분산 및 감소비 (영상 전체 평균).

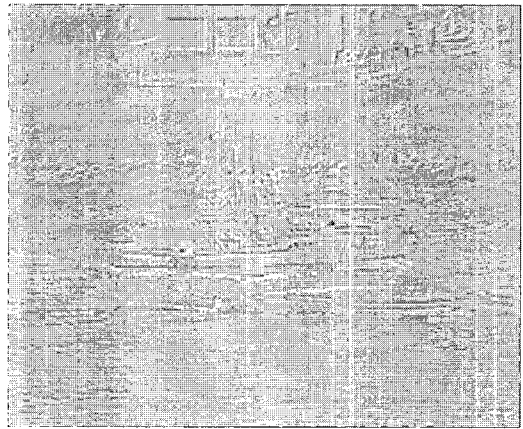
Table 1. Variances on high-frequency subband frame after MCTF and the decreasing ratio (average for all sequences).

영상 (프레임수)	fs-fbs	pmv-vbs	평균 분산 감소비 (%)
Akiyo (300)	1.88	1.65	12.62
Bus (300)	104.62	93.29	10.83
Coastguard (300)	31.14	24.73	20.60
Football (240)	109.69	81.31	25.86
Mobile (300)	116.08	100.23	13.66
News (300)	8.69	6.81	21.61
Stefan (300)	139.67	104.88	24.90
Table (300)	32.20	26.02	19.19

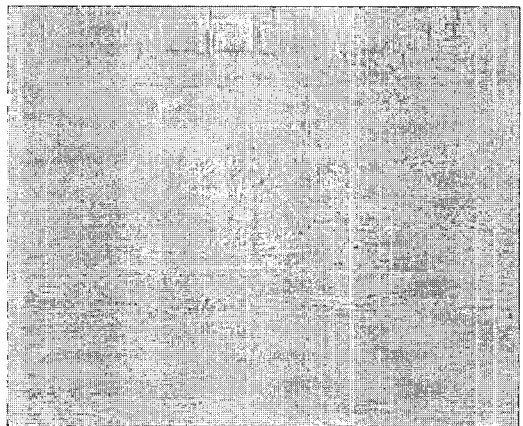
를 이용하여 얻어진 움직임 벡터 필드는 중복되거나 비어있는 곳이 많지 않고 잘 정돈된 모습을 보인다. 이렇게 평탄화된 움직임 벡터 필드는 그림 11에서 보는 바와 같이 프레임의 연결성에 많은 영향을 준다. 움직임이 작은 Mobile 영상은 그 효과가 미미하지만, 움직임이 큰 Stefan과 Football 영상의 경우에는 영상의 연결성이 크게 개선된 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 10에서는 제안된 방법을 이용하여 MCTF를 수행한 후 시간적 고주파 부대역 프레임에 남은 에너지를 시각적으로 보이고, 그림 12에서는 각 프레임의 고주파 부대역 프레임으로 분리된 에너지가 크게 줄어든 것을 분산을 이용하여 보여준다. 이러한 모의실험을 통하여, 가변 크기 블록을 이용하는 PMVFAST를 통한 MCTF 방법이 기존의 방법에 비하여 에너지 집중효율이 증가함을 알 수 있다. 표 1에서 여러 영상들의 고주파 부대역 프레임으로 분해되어 나타난 에너지를 분산을 이용하여 나타내었고, 기존의 방법과 제안된 방법의 차이를 백분율로 나타내었다. fs-fbs와 pmv-vbs는 각각 고정크기 블록을 이용한 전역 탐색과 가변 크기 블록을 이용한 PMVFAST를 의미한다. 전체적으로 일정한 방향의 움직임을 갖고 있거나, 움직임이 적은 영상의 경우에는 제안하는 MCTF의 효과가 두드러지게 나타나지 않았지만, Football과 같이 움직임이 크고, 그 방향이 다양한 영상의 경우에는 고주파 부대역 프레임의 분산이 최대 25.86%까지 감소하여, MCTF의 필터링 성능이 개선되었음을 보인다.



(a)



(b)



(c)

그림 10. Coastguard 영상의 84번째 프레임에 대한 시간적 필터링 후의 고주파 프레임 비교 (a) 원 영상. (b) 고정 크기 블록 기반의 전역 탐색 (c) 가변 크기 블록 기반의 PMVFAST.

Fig. 10. Comparison of high-frequency subband frame after MCTF, for the 84th frame of Coastguard sequence. (a) Original frame (b) Full search using fixed block size (c) PMVFAST using variable block size.

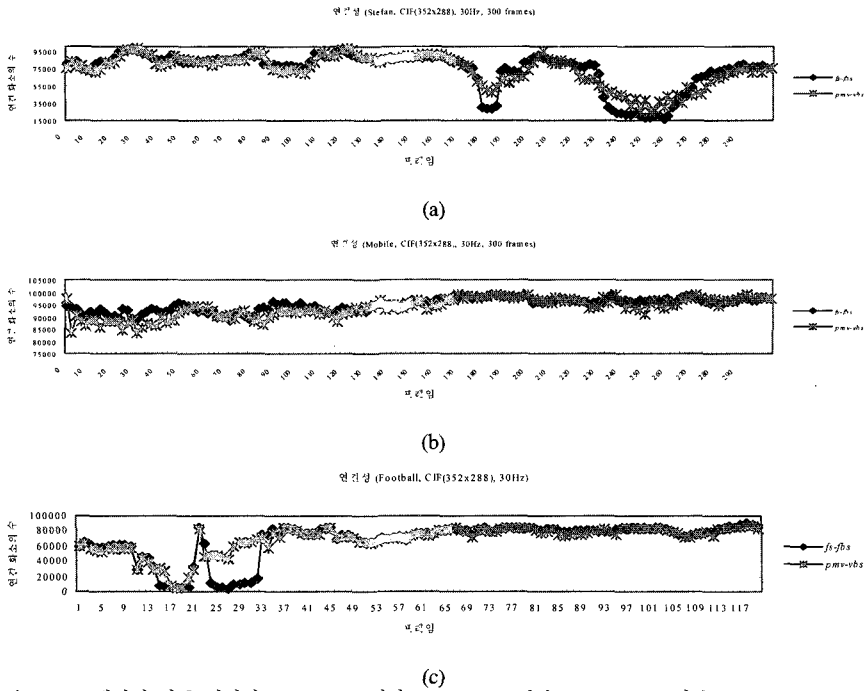


그림 11. 프레임에 따른 연결성. (a) Stefan 영상 (b) Mobile 영상 (c) Football 영상.
 Fig. 11. Connectivity with respect to each frame. (a) Stefan (b) Mobile (c) Football sequence.

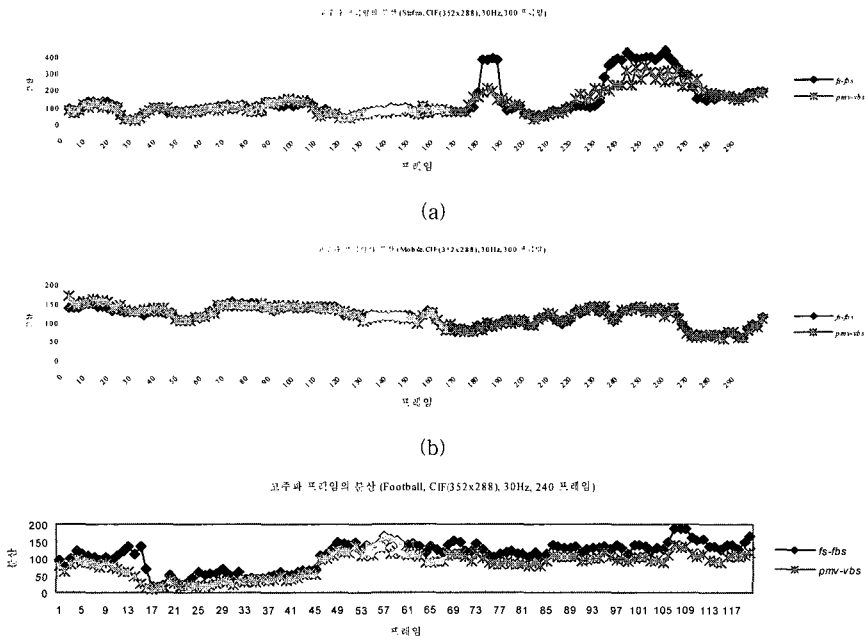


그림 12. 고주파 프레임에 대한 분산. (a) Stefan 영상 (b) Mobile 영상 (c) Football 영상.
 Fig. 12. Variance on the high-frequency subband frame. (a) Stefan (b) Mobile (c) Football sequence.

V. 결론

본 논문에서는 MCTF의 성능에 영향을 미치는 화소 연결성을 분석하였고, 그 결과, 프레임간 화소 연결성이 MCTF의 성능에 큰 영향을 미친다고 결론지었다. 이에 따라서, MCTF의 성능을 개선하기 위하여, 화소 연결성을 높일 수 있는 MCTF 방법을 제안하였다. 즉, 움직임 벡터 필드를 평탄화할 수 있는 PMVFAST 움직임 예측 방법의 적용과, 이에 따라 저하될 수 있는 움직임 벡터의 정확도를 보상하기 위하여 32×32부터 8×8까지의 크기를 갖는 가변 크기 블록의 사용을 제안하였다. 모의실험을 통하여, 제안된 방법의 MCTF가 움직임이 많고, 특히 움직임의 방향이 다양한 영상들에 대해서, 에너지 집중 효율이 최대 25.86%까지 개선되는 것을 확인하였다. 향후, MC-EZBC 등의 MCTF를 사용하는 스케일러블 비디오 부호화기에 제안된 방법의 MCTF를 적용하여, 실제 주관적 화질과 부호화 비트율의 변화 등을 비교해 볼 필요가 있다.

참고 문헌

- [1] Jens-Rainer Ohm, "Three-dimensional subband coding with motion compensation," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 3, no. 5, pp. 559-571, Sept. 1994.
- [2] Peisong Chen and John W. Woods, "Bidirectional MC-EZBC with lifting implementation," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 14, pp. 1183-1194, Oct. 2004.
- [3] Seung-Jong Choi and John W. Woods, "Motion-compensated 3-D subband coding of video," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 8, no. 2, pp. 155-167, Feb. 1999.
- [4] Yonghui Wang, Fully Scalable Video Coding using Redundant-Wavelet Multihypothesis and Motion Compensation Temporal Filtering, Thesis for Ph. D., *Mississippi State University*, 2003.
- [5] M. Tourapis, O. C. Au, and M. L. Liou, "Predictive motion vector field adaptive search technique (PMVFAST) - enhancing block-based motion estimation," *Proc. SPIE Conf. on Visual Communication and Image Processing*, vol. 4310, pp. 883-892, Jan. 2001.

- [6] I. Daubechies, "Orthonormal bases of compactly supported wavelets," *Communications on Pure and Applied Mathematics*, vol. XLI, pp. 909-996, 1998.
- [7] MC-EZBC software package. [Online] Available: http://www.cipr.rpi.edu/ftp_pub/personal/chen/.
- [8] Peisong Chen, Fully Scalable Subband/Wavelet Coding, Thesis for Ph. D., *Rensselaer Polytechnic Institute*, May 2003.
- [9] ISO/IEC 14496-10 and ITU-T Rec. H.264, Advanced Video Coding, 2003.
- [10] Heiko Schwarz, Delev Marpe, and Thomas Wiegand, "Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard," to be appeared in *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, 2007.

전 기 철 (Kicheol Jeon)

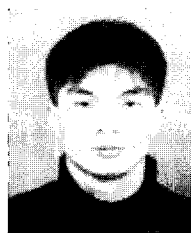
정회원



2005년 2월 : 한양대학교 전자전
기공학부 졸업
2007년 2월 : 한양대학교 전자통
신컴퓨터공학과 석사
<관심분야> 영상처리 및 영상압축

김 종 호 (Jongho Kim)

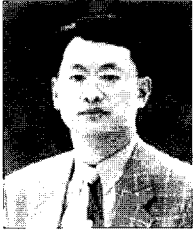
정회원



1998년 2월 : 한양대학교 전자통
신공학과 졸업
2000년 2월 : 한양대학교 전자통
신공학과 석사
2000년 3월~현재 : 한양대학교
전자통신컴퓨터공학과 박사과정
<관심분야> 영상처리 및 영상압축

정 제 창 (Jechang Jeong)

정회원



1980년 2월 : 서울대학교 전자공
학과 졸업

1982년 2월 : KAIST 전기전자공
학과 석사

1990년 : 미국 미시간대학 전기공
학과 공학박사

1980~1986 : KBS 기술연구소 연
구원 (디지털 TV 및 뉴미디어 연구)

1990~1991 : 미국 미시간대학 전기공학과 연구교수
(영상 및 신호처리 연구)

1991~1995 : 삼성전자 멀티미디어 연구소 (MPEG,
HDTV, 멀티미디어 연구)

1995~현재 : 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수
(영상통신 및 신호처리 연구실)

1998년 11월 27일 : 과학기술자상 수상

1998년 12월 31일 : 정보통신부장관상 표창

<관심분야> 영상처리 및 영상압축