

논문 2010-47SP-4-1

삼중 프레임 기반의 양방향 움직임 추정을 사용한 프레임을 증가 변환 방법

(Frame Rate Up-Conversion Using Triple Frame-based Bidirectional Motion Estimation)

강 석 주*, 김 영 환**

(Suk-Ju Kang and Young Hwan Kim)

요 약

본 논문에서는 효과적인 프레임을 증가 변환을 위한 새로운 방법을 제안하였다. 첫 번째로 제안한 삼중 프레임 기반의 양방향 움직임 추정 방법은 기존의 양방향 움직임 추정 방법에서 발생한 문제점인 유사한 특성을 갖는 이미지에서의 잘못된 움직임 추정을 해결하여 보간 프레임 생성 시 발생한 블록화 현상을 크게 줄일 수 있었다. 두 번째로 제안한 움직임 벡터 평탄화 방법은 시공간적으로 인접한 움직임 벡터들을 고려하여 블록화 현상의 원인이 되는 아웃라이어 제거할 수 있었다. 실험 결과 제안한 프레임을 증가 변환 방법은 기존의 방법들과 비교했을 때 평균 PSNR이 최대 4.337 dB만큼 높은 것을 확인할 수 있었고, 평균 SSIM은 최대 0.089만큼 높은 것을 확인할 수 있었다.

Abstract

This paper proposes a new frame rate up-conversion method. First, the proposed triple frame-based bidirectional motion estimation method reduce block artifacts in the interpolated frame by solving the wrong motion estimation in the area with similar characteristics. Second, the proposed motion vector smoothing reduces outliers, which result in block artifacts, considering the spatio-temporal neighboring motion vectors. In the experiments, the proposed frame rate up-conversion method improves the average PSNR and SSIM by up to 4.337 dB and 0.089, respectively, compared to the existing methods.

Keywords: Motion estimation, motion compensated interpolation, frame rate up-conversion

I. 서 론

프레임을 증가 변환 방법 (frame rate up-conversion)은 동영상에서 프레임들 사이에 추가적인 프레임을 삽입하여 기존 동영상보다 높은 프레임율을 갖도록 하는 기술이다. 이러한 프레임율 증가 변환 방

법은 주로 다른 프레임율을 갖는 디스플레이 포맷 간 변환을 위해 쓰이거나, 비디오 부호화에서 시간적 중복성을 제거함으로써 비디오의 비트율을 줄이기 위해서 사용된다^[1~2]. 최근에 평판 TV들 중 가장 많이 사용되는 LCD (liquid crystal display) TV에서는 동영상 재생 시 모션 블러 (motion blur)라는 단점이 발생하게 된다. 이를 해결하기 위한 방법으로 스캐닝 백라이트 방법이나 블랙 데이터 삽입 방법 등이 존재하는데 이들 방법은 영상의 휘도를 감소시킨다. 이에 반해 프레임율 증가 변환 방법은 휘도 저하 없이 모션 블러를 해결할 수 있다. 구체적으로 프레임을 증가 변환 방법을 통해서 기존의 LCD TV 프레임율인 60 Hz를 120Hz 또는 240

* 학생회원, ** 정회원, 포항공과대학교 전자전기공학과 (Pohang University of Science and Technology)

※ 본 연구는 2010년도 두뇌한국 21 사업, 반도체설계 교육센터 (IDEC), LG Display의 연구 지원으로 수행되었음.

접수일자: 2010년1월25일, 수정완료일: 2010년6월9일

Hz로 증가시킨다. 이를 통해서 같은 시간 동안 더 많은 영상을 보여줌으로써 모션 블러를 해결한다^[3].

이러한 프레임율 증가 변환 방법은 크게 움직임 추정 방법 (motion estimation)과 움직임 보상 보간 방법 (motion compensated interpolation)으로 이루어진다. 움직임 추정 방법은 연속적인 프레임들 사이에서 물체의 움직임 정도를 계산하여 움직임의 변화에 해당되는 움직임 벡터 (motion vector)를 얻는 과정이고, 움직임 보상 보간 방법은 움직임 추정 방법을 통해서 얻은 움직임 벡터를 가지고 기존의 프레임들 사이에 보간을 위한 새로운 프레임을 만든다.

움직임 추정 방법에는 여러 가지 방법들이 존재하지만 실제 구현의 편리성 때문에 블록 매칭 방법 (block matching algorithm)이 일반적으로 많이 사용된다^[4~5]. 하지만 이 방법의 경우 보간 프레임 생성 시에 중첩된 영역이나 홀과 같은 문제점을 갖게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 여러 방법^[6~7]이 제안되었지만 이들 방법들은 높은 계산량을 필요로 한다. 이러한 계산량 증가 없이 중첩된 영역 및 홀의 발생을 근본적으로 해결한 방법으로 양방향 움직임 추정 방법 (bidirectional motion estimation)이 제안되었다^[5, 8~9]. 이 방법의 경우 보간 프레임의 블록을 축으로 하여 이전 프레임의 블록과 현재 프레임의 블록간의 대칭성을 이용하여 움직임 벡터를 직접 추정한다. 따라서 기존의 블록 매칭 방법에서 발생한 중첩된 영역 및 홀에 대한 문제의 해결이 가능하다.

하지만 움직임 벡터를 추정할 때 물체의 움직임에 의해서가 아닌 한 프레임 내에서의 유사한 특성을 갖는 정지된 물체들이 보간 프레임을 기준으로 시간적으로 대칭성을 가질 경우 양방향 움직임 추정 방법은 정지된 물체가 움직임을 갖는 것으로 잘못된 움직임 벡터를 추정하게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 삼중 프레임 기반 양방향 움직임 추정 방법을 제안한다. 이 방법은 기존의 양방향 추정 방법과 달리 움직임 벡터 추정을 위해서 n-1 번째 프레임 (이전 프레임)과 n 번째 프레임 (현재 프레임)의 블록들을 사용할 뿐만 아니라 n-2 번째 프레임의 블록 또한 사용한다. 제안한 방법은 이렇게 한 개의 프레임에 대한 정보를 추가하여 기존의 방법보다 추정의 정확도를 크게 향상시켰다.

앞에서 언급한 바와 같이 움직임 추정 방법을 통해서 움직임 벡터를 추정했을 때 해당 벡터들 중에 잘못 추

정된 경우도 발생하게 된다. 이러한 잘못 추정된 움직임 벡터는 움직임 보상 보간 방법을 통해서 생성된 보간 프레임에서 블록화 현상을 발생시킨다. 따라서 이를 해결하기 위해서 움직임 벡터 평탄화 방법이 필요하게 된다. 제안한 프레임율 증가 변환 방법에서는 이를 위해서 시공간 특성을 고려한 움직임 벡터 평탄화 방법을 제안한다. 이 방법은 공간적으로 인접한 움직임 벡터들 뿐만 아니라 시간적으로 동일한 위치에서의 움직임 벡터들을 또한 고려하여 적응적으로 평탄화 과정을 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안한 프레임율 증가 변환 방법에 대해서 설명할 것이며, III장에서는 실험 결과에 대해서 살펴보도록 하겠다. 마지막으로 IV장에서는 결론을 도출하였다.

II. 제안한 전체 프레임율 증가 변환 방법

제안한 프레임율 증가 변환 방법의 블록 다이어그램은 그림 1과 같이 구성된다. 우선 RGB 신호로 이루어진 입력 프레임 이미지를 YCbCr 신호로 색 공간 변환을 시킨다. 이 중 휘도 정보를 갖는 Y 신호만이 움직임 추정 블록으로 입력된다. 이렇게 입력된 신호는 제안한 삼중 프레임 기반의 양방향 움직임 추정 방법을 사용하여 움직임 벡터를 출력하게 된다. 해당 움직임 벡터들은 시공간 특성을 고려한 움직임 벡터 평탄화 방법을 통해 잘못 추정된 움직임 벡터를 교정하게 된다. 이렇게 교정된 최종 움직임 벡터를 가지고 중첩 블록 기반의 움직임 보상 방법 (overlapped block motion compensation)^[10]을 통해 최종 보간 프레임을 생성하게 된다.

1. 삼중 프레임 양방향 움직임 추정 방법

기존의 양방향 움직임 추정 방법의 경우 보간 프레임의 블록을 기준으로 하여 이전 프레임과 현재 프레임의 블록 간에 대칭성을 이용해서 움직임 벡터를 찾게 된다. 구체적으로 이전 프레임의 블록과 현재 프레임의 블록 간 정합도의 비교를 위해서 아래와 같은 양 방향 절대 차의 합 (sum of bidirectional absolute difference)을 사용하게 된다.

$$SBAD(dx, dy) = \sum_{x \in B_x} \sum_{y \in B_y} |f_{n-1}(x-dx, y-dy) - f_n(x+dx, y+dy)| \quad (1)$$

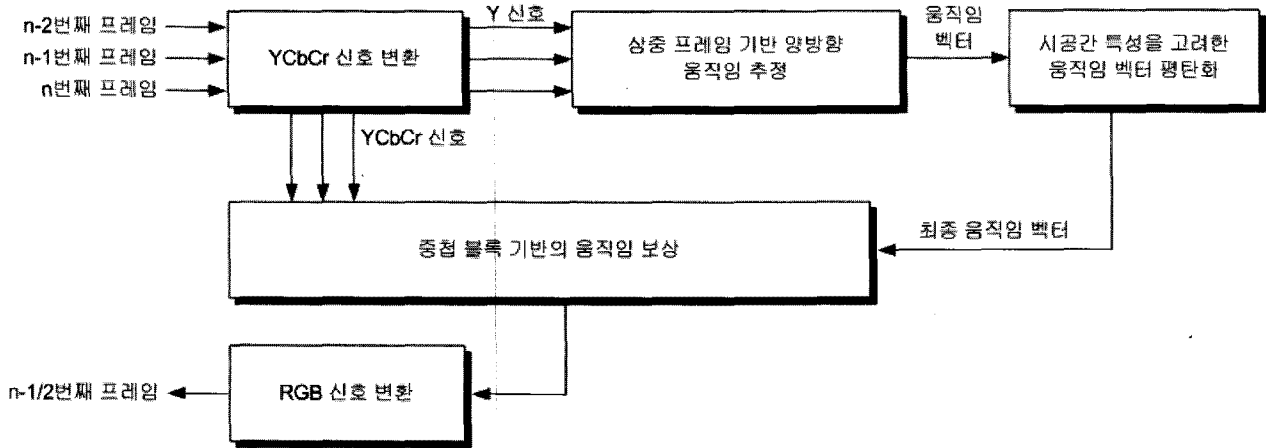


그림 1. 제안한 프레임올 증가 변환 방법의 전체 블록 다이어그램
 Fig. 1. Overall block diagram of the proposed frame rate up-conversion.

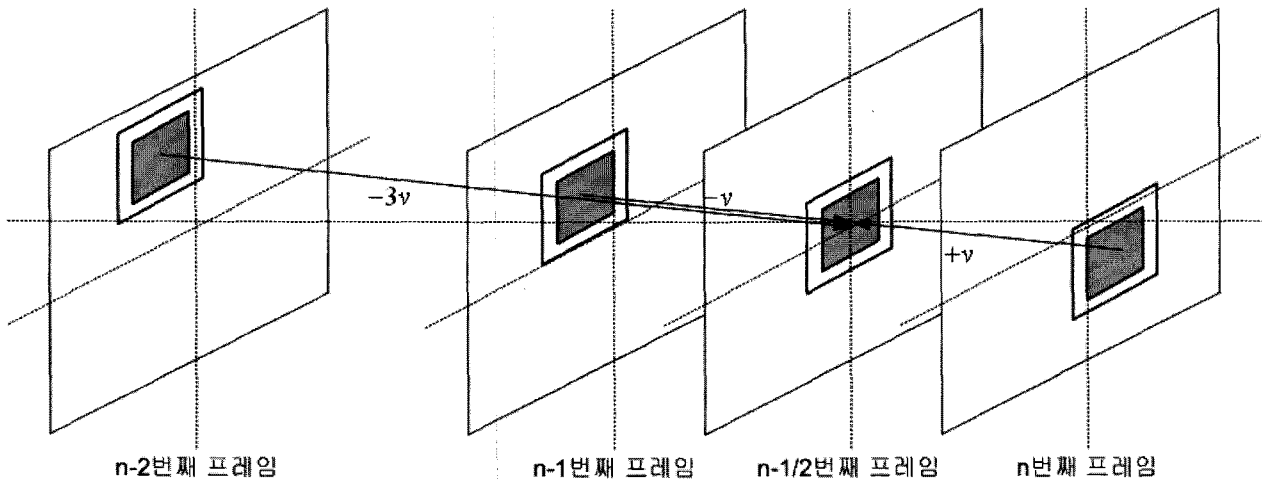


그림 2. 제안한 삼중 프레임 기반의 양방향 움직임 추정 방법의 개념도
 Fig. 2. Concept of the proposed triple frame-based bidirectional motion estimation.

여기서 f_{n-1} 과 f_n 은 각각 이전 프레임과 현재 프레임을 나타내며, B_x 와 B_y 는 각각 블록의 x축 위치와 y축 위치를 나타낸다. (dx, dy) 는 움직임 벡터의 후보를 나타낸다. 이렇게 수식 (1)을 통해서 탐색 영역 (search window)내의 모든 후보 블록들에 대한 양 방향 절대 차의 합을 계산한 후에 가장 작은 값을 갖는 위치를 최종 움직임 벡터로 정하게 된다. 하지만 기존의 양방향 움직임 추정 방법은 보간 프레임의 블록을 기준으로 단순히 대칭성만을 이용하여 움직임 벡터를 추정하게 된다. 따라서 한 프레임 내의 동일한 특성을 갖는 물체가 시간 축으로 대칭성을 갖는 경우 잘못된 움직임 벡터를 추정하게 된다.

제안한 방법은 이러한 문제를 해결하기 위해서 그림 2에서와 같이 n-1 번째 프레임과 n 번째 프레임뿐만 아니라 n-2 번째 프레임을 추가적으로 고려하여 움직임

벡터 추정의 정확도를 향상시켰다. 구체적으로 그림 3에서와 같이 n-1 번째 프레임과 n 번째 프레임에서 물체의 움직임 궤적을 n-2 번째 프레임으로 확장시킬 경우 만일 물체가 실제로 움직임을 갖는다면 n-2 번째 프레임에서도 해당 물체가 같은 궤적 내에 존재할 것이다. 하지만 물체가 움직임을 갖지 않는다면 그림 3의 (b)에서와 같이 해당 궤적 내에 물체가 존재하지 않을 것이다. 제안한 방법에서는 또한 움직임 추정의 정확도 향상을 위해서 그림 2에서와 같이 기존 블록보다 큰 크기를 갖는 중첩 블록을 사용하여 블록 간 정합도를 계산한다. 제안한 방법은 이러한 특성들을 이용하여 수식 (2)와 같이 확장된 양 방향 절대 차의 합 (sum of extended bidirectional absolute difference)을 사용하여 움직임 벡터를 계산하게 된다.

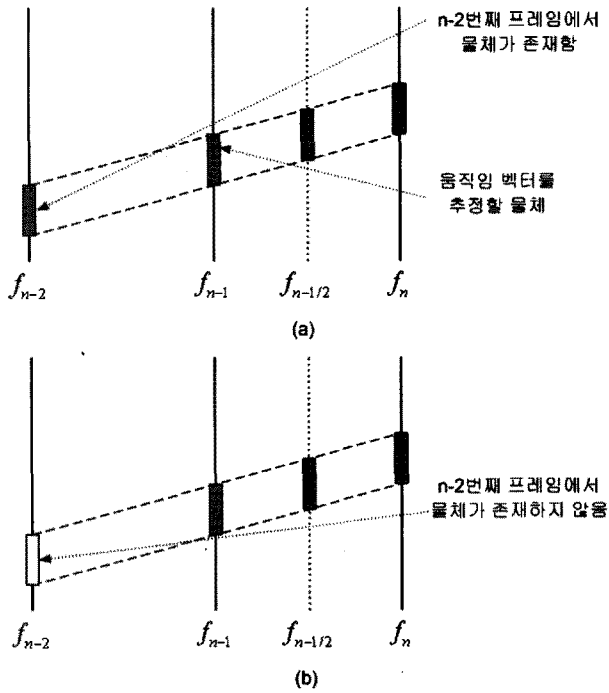


그림 3. 제안한 움직임 추정 방법의 예 (a) 움직임을 갖는 물체의 경우, (b) 정지된 물체의 경우
 Fig. 3. Examples of the proposed motion estimation (a) in the case of a moving object and (b) in the case of a static object.

$$SEBAD(dx, dy) = \sum_{x \in OB_x} \sum_{y \in OB_y} [\lambda P_1 + (1 - \lambda) P_2]$$

$$P_1 = |f_{n-2}(x - 3dx, y - 3dy) - f_{n-1}(x - dx, y - dy)|$$

$$P_2 = |f_{n-1}(x - dx, y - dy) - f_n(x + dx, y + dy)|$$

(2)

여기서 f_{n-2} 는 n-2 번째 프레임을 나타내며, OB_x 와 OB_y 는 각각 중첩 블록의 x축 위치와 y축 위치를 나타낸다. λ 는 P_1 과 P_2 의 정합도에 대한 가중치를 나타낸다. λ 는 실험을 통해서 가장 높은 성능을 보여준 값인 0.3으로 설정하였다. 제안한 방법에서는 이렇게 수식 (2)를 가지고 탐색 영역에서 모든 후보 블록들의 확장된 양 방향 절대 차의 합을 계산하여 최소값을 갖는 위치를 최종 움직임 벡터로 정하게 된다.

2. 시공간 특성을 고려한 움직임 벡터 평탄화 방법

앞에서 추정된 움직임 벡터는 대부분의 경우 정확하지만 잘못 추정된 벡터가 존재할 수 있다. 이러한 벡터를 아웃라이어 (outlier)라 하며 이를 제거하는 방법으로 움직임 벡터 평탄화 방법이 사용된다. 제안한 방법은 이를 위해서 그림 4에서와 같이 공간적으로 인접한

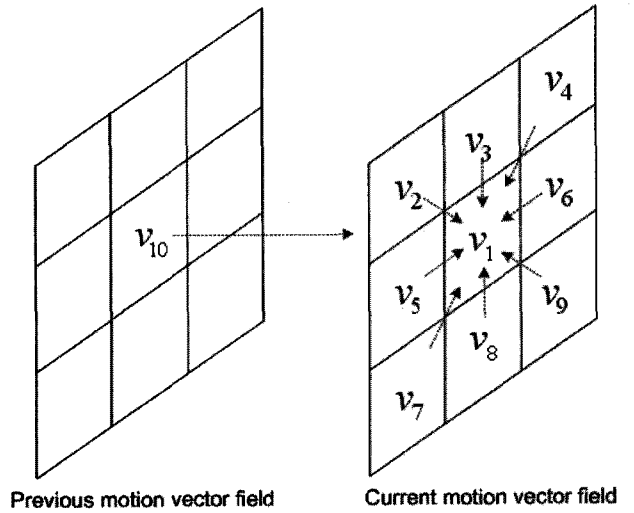


그림 4. 제안한 움직임 벡터 평탄화 방법
 Fig. 4. The proposed motion vector smoothing.

움직임 벡터와 시간적으로 동일한 위치에 있는 이전 움직임 벡터를 고려하여 교정된 움직임 벡터를 구한다. 구체적으로 제안한 방법은 먼저 현재의 움직임 벡터가 정확한지를 계산한다. 이를 위해서 수식 (3)과 같은 계산을 수행하게 된다.

$$M = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} v_i$$

$$D_{cmv} = |M - v_1|$$

$$D_{nmv} = \frac{1}{9} \sum_{i=2}^{10} |M - v_i|$$

(3)

여기서 M 은 현재 움직임 벡터와 시공간적으로 인접한 움직임 벡터들에 대한 평균값을 나타낸다. D_{cmv} 는 앞에서 계산한 평균값과 현재의 움직임 벡터에 대한 절대 차이를 나타내며, D_{nmv} 는 평균값과 인접한 움직임 벡터와의 절대 차들에 대한 합의 평균을 나타낸다. 이 수식을 통해서 만일 D_{cmv} 가 D_{nmv} 보다 작다면 현재의 움직임 벡터를 유지한다. 하지만 그렇지 않은 경우는 현재의 움직임 벡터가 아웃라이어라고 판단한 후 현재의 움직임 벡터와 인접한 움직임 벡터들의 중간값 (median value)을 교정된 움직임 벡터로 선택한다.

III. 실험 결과

제안한 프레임율 증가 변환 방법을 평가하기 위해 주관적 평가 및 객관적 평가 두 가지 방법을 사용하였다. 두 가지 평가 방법 모두를 가지고 제안한 움직임 추정 방법과 전체 프레임율 증가 변환 방법을 각각 기존의

방법들과 비교하였다. 주관적 평가에서는 제안한 방법과 기존의 방법들로 각각 생성한 보간 프레임 이미지를 제시하여 이들에 대한 화질을 비교 분석하였다. 객관적 평가에서는 영상 처리 분야에서 일반적으로 많이 사용되는 PSNR (peak signal to noise ratio)^[5]와 인간의 시각 특성을 더욱 반영한 SSIM (structural similarity)^[11]을 사용하여 비교 분석하였다. 실험에서 사용된 모든 움직임 추정 방법의 블록 크기는 8×8 픽셀이고 탐색 영역 상수로는 16 픽셀을 사용하였다. 테스트 영상으로는 일반적으로 사용되는 *Foreman*, *Stefan*, *Mobile*, *Mother and Daughter*이며 각 영상의 크기는 352×288을 갖는다.

1. 주관적 평가

주관적 평가에서는 전체 프레임을 증가 변환 방법에서 가장 중요한 블록인 움직임 추정 방법의 성능을 평가하였다. 이를 위해서 제안한 삼중 프레임 기반의 양방향 움직임 추정 방법과 기존의 양방향 움직임 추정 방법을 비교하였다. 그림 5와 6에서 왼쪽 이미지는 각각 *Foreman* 영상과 *Mother and Daughter* 영상에 대한 보간 프레임 이미지를 보여주며, 오른쪽 이미지는 각 블록들에 대한 움직임 벡터들의 집합인 움직임 벡터

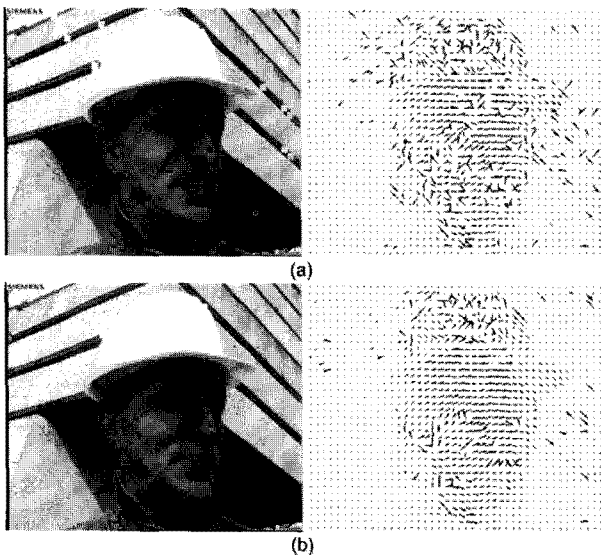


그림 5. *Foreman* 영상에서의 보간 프레임과 움직임 벡터 필드 (a) 기존의 양방향 움직임 추정 방법, (b) 제안한 방법
 Fig. 5. Interpolated frame and motion vector field in *Foreman* for (a) the existing bidirectional motion estimation and (b) the proposed motion estimation.

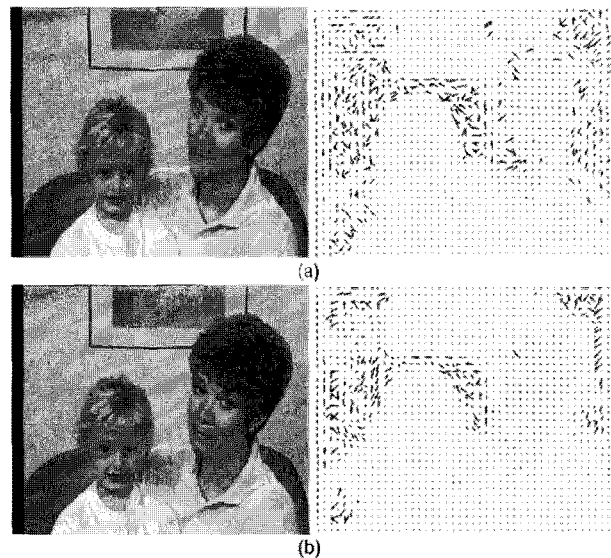


그림 6. *Mother and daughter* 영상에서의 보간 프레임과 움직임 벡터 필드 (a) 기존의 양방향 움직임 추정 방법, (b) 제안한 방법
 Fig. 6. Interpolated frame and motion vector field in *Mother and daughter* for (a) the existing bidirectional motion estimation and (b) the proposed motion estimation.

필드 (motion vector field)를 나타낸다. 우선 그림 5 (a)에서 기존의 양방향 움직임 추정 방법의 경우 피부나 배경 이미지들에서 유사한 특성을 갖기 때문에 보간 프레임을 기준으로 시간적으로 대칭성을 가지게 된다. 이러한 이유 때문에 잘못된 움직임 벡터를 추정하게 된다. 하지만 제안한 방법은 그림 5 (b)에서 볼 수 있듯이 추가적인 프레임의 블록 및 중첩 블록 정보를 통해서 움직임 벡터 추정의 정확도를 향상시켰다. 따라서 제안한 방법은 기존의 방법에서 보간 프레임 생성 시 발생한 블록화 현상을 크게 줄일 수 있었다.

다음으로 그림 6 (a)에서는 *Mother and Daughter* 영상에 대한 기존 방법의 결과를 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 기존의 방법은 유사한 특성을 갖는 이미지에서 잘못된 움직임 벡터 추정을 한다. 하지만 제안한 방법은 그림 6 (b)에서 볼 수 있듯이 움직임 벡터 추정의 정확도를 높여 블록화 현상을 크게 줄였다.

2. 객관적 평가

객관적 평가에서는 크게 두 가지 실험을 하였다. 첫 번째로 제안한 삼중 프레임 기반의 양방향 움직임과 기존의 양방향 움직임 추정 방법을 비교하였다. 두 번째로 제안한 프레임을 증가 변환 방법과 기존의 방법들

간의 성능을 비교하였다. 기존의 방법으로 MWCI (modified weighted correlation index) 방법^[12]과 MS (microsoft research asia) 방법^[9]을 비교 방법으로 사용하였다. 실험을 위해 각 테스트 영상의 연속적인 프레임들을 선택한 후 홀수 프레임들은 제거하고 짝수 프레임들로부터 새로운 홀수 프레임들을 만들었다. 그리고

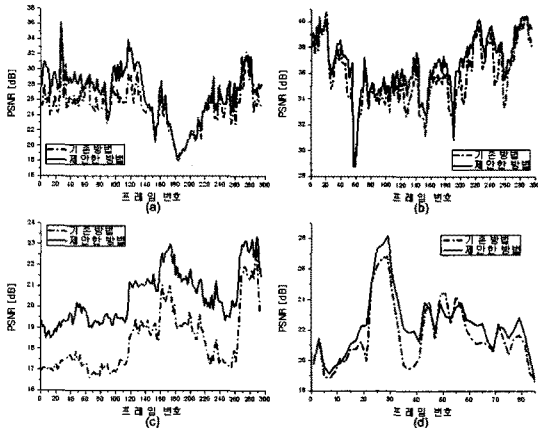


그림 7. 제안한 움직임 추정 방법과 기존의 양방향 움직임 추정 방법에 대한 PSNR (a) Foreman, (b) Mother and daughter, (c) Mobile, (d) Stefan

Fig. 7. PSNRs by the proposed motion estimation and the existing bidirectional motion estimation for test sequences of (a) Foreman, (b) Mother and daughter, (c) Mobile, (d) Stefan.

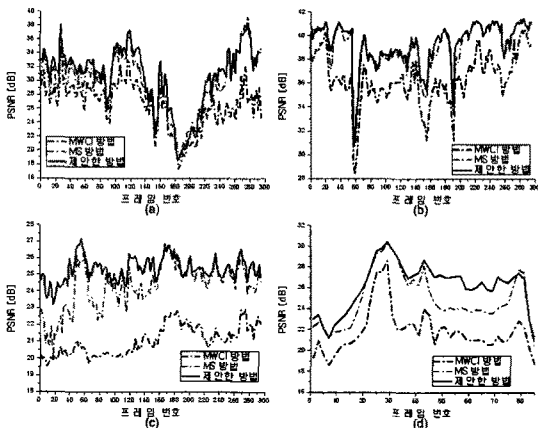


그림 8. 제안한 프레임율 증가 변환 방법과 기존의 프레임율 증가 변환 방법들에 대한 PSNR (a) Foreman, (b) Mother and daughter, (c) Mobile, (d) Stefan

Fig. 8. PSNRs by the proposed frame rate up-conversion and the existing frame rate up-conversions for test sequences of (a) Foreman, (b) Mother and daughter, (c) Mobile, (d) Stefan.

난 후 기존의 홀수 프레임들과 새롭게 생성한 홀수 프레임들 사이에 PSNR과 SSIM을 계산하였다.

첫 번째로 움직임 추정에 대한 제안한 방법과 기존 방법의 비교 결과 그림 7에서와 같이 제안한 방법이 모든 테스트 영상에서 전반적으로 PSNR이 높은 것을 확인할 수 있었다. 구체적으로 제안한 삼중 프레임 기반의 양방향 움직임 추정 방법은 기존 방법 대비 테스트 영상에 대해 평균 PSNR이 최대 2.126 dB 만큼 큰 것을 확인할 수 있었다.

두 번째로 프레임율 증가 변환 방법에 대해 제안한 방법과 기존의 방법의 성능 비교 결과를 알아보았다. 먼저 그림 8에서와 같이 제안한 방법의 경우 기존의 MWCI 방법과 MS 방법에 비해 화질이 전반적으로 높

표 1. 제안한 프레임율 증가 변환 방법과 기존의 프레임율 증가 변환 방법들의 테스트 영상들에 대한 평균 PSNR

Table 1. Average PSNR of test sequences for the proposed and existing frame rate up-conversion.

실험 영상	MWCI 방법		MS 방법		제안한 방법 (3개 프레임)		제안한 방법 (4개 프레임)	
	평균 PSNR [dB]	차이 [dB]	평균 PSNR [dB]	차이 [dB]	평균 PSNR [dB]	차이 [dB]	평균 PSNR [dB]	차이 [dB]
Stefan	21.834	-4.337	24.917	-1.255	26.171	.	26.208	+0.037
Foreman	26.546	-4.039	29.791	-0.794	30.586	.	30.415	-0.171
Mother & Daughter	36.323	-3.020	39.070	-0.273	39.343	.	39.205	-0.138
Mobile	21.048	-4.271	24.325	-0.993	25.318	.	25.386	+0.068

표 2. 제안한 프레임율 증가 변환 방법과 기존의 프레임율 증가 변환 방법들의 테스트 영상들에 대한 평균 SSIM

Table 2. Average SSIM of test sequences for the proposed and existing frame rate up-conversion.

실험 영상	MWCI 방법		MS 방법		제안한 방법 (3개 프레임)		제안한 방법 (4개 프레임)	
	평균 SSIM	차이	평균 SSIM	차이	평균 SSIM	차이	평균 SSIM	차이
Stefan	0.832	-0.078	0.892	-0.019	0.910	.	0.913	+0.002
Foreman	0.821	-0.063	0.872	-0.012	0.884	.	0.876	-0.008
Mother & Daughter	0.939	-0.023	0.960	-0.002	0.962	.	0.961	-0.001
Mobile	0.835	-0.089	0.895	-0.030	0.925	.	0.927	+0.002

표 3. 제안한 프레임율 증가 변환 방법과 기존의 프레임율 증가 변환 방법들의 테스트 영상들에 대한 평균 계산 시간

Table 3. Average computation time of test sequences for the proposed and existing frame rate up-conversion.

계산시간 [s]	MWCI 방법		MS 방법		제안한 방법 (3개 프레임)		제안한 방법 (4개 프레임)	
	계산시간 [s]	차이 [s]	계산시간 [s]	차이 [s]	계산시간 [s]	차이 [s]	계산시간 [s]	차이 [s]
15.213	+10.297	5.542	+0.626	4.917	5.680	+0.763		

은 것을 확인할 수 있었다. 구체적으로 표 1에서 알 수 있듯이 제안한 프레임율 증가 변환 방법이 MWCI 방법 대비 평균 PSNR이 최대 4.337 dB만큼 높은 것을 확인할 수 있었고, MS 방법 대비 최대 1.255 dB만큼 높은 것을 확인할 수 있었다. 인간의 시각적 특성을 고려한 SSIM의 비교 결과 표 2에서와 같이 제안한 방법은 MWCI 방법 대비 0.089만큼 높은 것을 확인할 수 있었으며, MS 방법 대비 0.03만큼 높은 것을 확인할 수 있었다. 다음으로 계산 시간에 대한 비교 실험을 수행하였다. 1개의 보간 프레임을 생성하는데 소요되는 평균 계산 시간에 대한 비교 결과 제안한 방법은 MWCI 방법 대비 10.297초, MS 방법 대비 0.626초를 감소시킬 수 있었다.

제안한 방법의 경우 $n-2$ 번째 프레임, $n-1$ 번째 프레임, n 번째 프레임 총 3개의 프레임을 사용하였다. 만일 $n+1$ 번째 프레임을 추가할 경우 표 1과 2에서 볼 수 있듯이 화질 향상은 거의 없는 것을 알 수 있다. 하지만 평균 계산 시간의 경우 표 3에서 볼 수 있듯이 0.763초만큼 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 3개의 프레임 사용으로 충분한 성능을 나타낼 수 있음을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

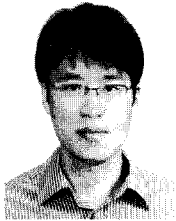
본 논문에서는 기존의 프레임율 증가 변환 방법의 성능을 향상시키기 위한 새로운 방법들을 제안하였다. 첫 번째로 기존의 양방향 움직임 추정 방법보다 한 프레임 정보를 더 고려한 삼중 프레임 기반의 양방향 움직임 추정 방법을 사용하였다. 이를 통해서 기존의 양방향 추정 방법에서 발생한 잘못된 움직임 추정을 해결할 수 있었다. 두 번째로 시공간 특성을 고려한 움직임 벡터 평탄화 방법을 사용하여 아웃라이어를 제거하여 블록화 현상을 크게 줄일 수 있었다. 실험 결과 주관적 평가에서 제안한 방법은 기존의 방법보다 화질 측면에서 상당한 향상이 있음을 확인할 수 있었다. 또한 객관적 평가에서도 제안한 프레임율 증가 변환 방법은 기존의 방법들에 비해 평균 PSNR에 있어서 최대 4.337 dB만큼 높은 것을 확인할 수 있었고, 평균 SSIM에 있어서 최대 0.089만큼 높은 것을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 정유찬, 백준기, "동영상의 필드불일치 보정 및 움직임열화 제거 시스템 개발," 전자공학회논문지, 제 36권 S편, 제2호, 81-87쪽, 1999년 2월.
- [2] 김낙우, 김태용, 최중수, "압축 영역에서의 양방향 예측 구조를 이용한 움직임 흐름 분석," 전자공학회논문지, 제41권 SP편, 제5호, 13-22쪽, 2004년 9월.
- [3] S.-J. Kang and Y. H. Kim, "Performance comparison of motion estimation methods for frame rate up-conversion," International Display Workshops (IDW), pp. 1633-1636, Dec. 2006.
- [4] R. Castagno, P. Haavisto and G. Ramponi, "A method for motion adaptive frame rate up-conversion," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech., Vol. 6, no. 5, pp. 436-445, Oct. 1996.
- [5] S.-J. Kang, K.-R. Cho, and Y. H. Kim, "Motion compensated frame rate up-conversion using extended bilateral motion estimation," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 53, no. 4, pp. 1759-1767, Nov. 2007.
- [6] B.-W. Jeon, G.-I. Lee, S.-H. Lee, and R.-H. Park, "Coarse-to-fine frame interpolation for frame rate up-conversion using pyramid structure," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 49, no. 3, pp. 499-508, Aug. 2003.
- [7] B. D. Choi, J. W. Han, C. S. Kim, and S. J. Ko, "Frame rate up-conversion using perspective transform," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 52, no. 3, pp. 975-982, Aug. 2006.
- [8] B. T. Choi, S. H. Lee, and S. J. Ko, "New frame rate up-conversion using bidirectional motion estimation," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 46, no. 3, pp. 603-609, Aug. 2000.
- [9] J. Zhai, J. L. K. Yu, and S. Li "A low complexity motion compensated frame interpolation method," Proc. IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), vol. 5, pp. 4927-4930, Sept. 2005.
- [10] M. T. Orchard and C. J. Sullivan, "Overlapped block motion compensation: An estimation theoretic approach," IEEE Trans. Image Processing, Vol. 3, no. 9, pp. 693-699, Sept. 1994.
- [11] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, and E. P. Simoncelli, "Image quality assessment: From error visibility to structural similarity," IEEE Trans. Image Processing, Vol. 13, pp. 600-612, Apr. 2004.

- [12] T. Ha, S. Lee, and J. Kim, "Motion compensated frame interpolation by new block-based motion estimation algorithm," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol. 50, no. 2, pp. 752-759, May 2004.

— 저 자 소 개 —



강 석 주(학생회원)
 2006년 서강대학교 전자공학과
 공학사.
 2006년~현재 포항공과대학교
 전자전기공학과 박사과정.
 <주관심분야 : 동영상 부호화, 멀
 티미디어 신호 처리, 디스플레이
 시스템 설계>



김 영 환(정회원)
 1977년 경북대학교 전자공학과
 공학사.
 1985년 Univ. of California,
 Berkeley 공학석사.
 1988년 Univ. of California,
 Berkeley 공학박사.
 1988년~현재 포항공과대학교 교수.
 <주관심분야 : 디스플레이 시스템 설계, 멀티미디
 어 회로 설계, SoC 설계 방법론>