

논문 2009-46SP-5-16

회전을 고려한 정밀 양방향 움직임 예측 프레임 보간 기법

(Frame Interpolation using Bilateral Motion Refinement with Rotation)

이 민 규*, 박 현 옥**

(Min-Kyu Lee and HyunWook Park)

요 약

홀드형 디스플레이 시스템이 개발되면서 화질의 개선을 위해 프레임율 증가 변환 기법이 고려되고 있다. 프레임율 증가 변환 기법은 두 인접 프레임들로부터 하나 이상의 사이 프레임을 보간하여 시간적 해상도를 향상시킨다. 본 논문에서는 회전을 고려하여 양방향 움직임 예측 방법을 적용한 새로운 프레임율 증가 변환 기법을 제안한다. 먼저 각 블록의 정확한 움직임 벡터를 얻기 위해 두 인접 프레임들로부터 양방향 움직임 예측 방법을 수행한다. 초기 움직임 벡터가 정해지면, 움직임 벡터 필드의 연속성과 정확하지 못한 움직임 벡터의 제거를 위해 움직임 벡터 필드에 메디안 필터를 적용한다. 벡터 메디안 필터를 거친 움직임 벡터들은 회전을 고려한 정밀 움직임 보정을 통해 정밀한 움직임 벡터로 갱신된다. 회전요소를 가진 최종 움직임 벡터가 구해지면, 중첩된 블록 이동 보상 방법을 적용하여 중간 프레임을 생성할 수 있다. 실험결과, 제안하는 알고리즘은 이전 방법에 비해 주관적 및 객관적으로 더 좋은 성능을 보였다.

Abstract

Since hold-type display systems have been developed, frame-rate up conversion (FRUC) is an essential technique to improve the temporal resolution in the display. FRUC improves the temporal resolution by interpolating one or multiple intermediate frames between two adjacent frames. In this paper, a new frame-rate up-conversion algorithm based on bilateral motion refinement with rotation is proposed. First, we perform bi-directional motion estimation between adjacent two frames to obtain a motion vector for each block. Then, we apply a modified median filtering to motion vectors for outlier-rejection and motion field smoothing. The filtered motion vectors are updated by the bilateral motion refinement with rotation. After the refined motion vector is obtained, the intermediate frame is generated by applying the overlapped block motion compensation (OBMC). Experimental results show that the proposed algorithm provides a better performance than the previous methods subjectively and objectively.

Keywords: bi-directional estimation, frame interpolation, frame rate up conversion, rotation

I. 서 론

멀티미디어 시스템이 개발됨에 따라 많은 콘텐츠와 다양한 디스플레이 형식에 대한 수요가 증가되었다. 프레임율을 변환함으로써, 방송에서 요구하는 형식에 맞출 수 있으며, 끌림 현상이 없는 깨끗한 화질의 영상도

얻을 수 있다. 또한, 많은 양의 데이터들이 제한된 대역폭을 통해 복호기로 전송될 때 원하는 비트율을 맞추기 위해 비디오 데이터들을 종종 감소시킨다^[3-4, 6-7]. 이때 부호기는 데이터 감소를 위해 임의의 프레임을 전송하지 않는다. 이후 손실된 시간적 해상도를 복원하기 위해 복호기에서 얻어진 원본 데이터들을 통해 전송되지 않았던 프레임을 보간한다. 프레임율 증가 변환 기법은 이러한 응용에 사용되는 중요한 기술이다. 가장 실용적인 응용으로 저비트율 환경에서 보간된 프레임의 화질향상을 들 수 있다. 또한, 프레임율 증가 변환 기법은 홀드형 특성을 가진 LCD 등에서 발생하는 동영상 끌림 현상을 줄이는데 응용될 수 있다^[8].

* 정회원, 국방과학연구소
(Agency for Defense Development)

** 정회원, 한국과학기술원
(Korea Advanced Institute of Science and Technology)

접수일자: 2009년3월11일, 수정완료일: 2009년8월31일

지금까지 많은 프레임을 증가 변환 기법이 개발되어 왔다. 프레임을 단순히 반복하거나 양쪽 프레임들의 평균으로 프레임을 증가시키는 간단한 방법들의 경우, 복잡도는 작지만 복원된 프레임의 화질은 떨어지게 된다. 이러한 문제를 개선하기 위해 대부분의 알고리즘들은 움직임 예측을 통해 화질을 향상시키는 움직임 보상 프레임 보간 기법을 사용한다. 움직임 보상 프레임 보간 기법에서는 중간 프레임을 보간하기 위해 물체의 움직임 벡터를 정확하게 찾는 것이 중요하다. 정확한 움직임 벡터들이 추정될수록 원본 영상에 가까운 프레임을 보간할 수 있다.

일반적인 움직임 보상 프레임 보간 기법을 두 인접 프레임들에게 적용하면, 보간되는 프레임에 중첩되는 픽셀이나 비어있는 픽셀이 발생된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전방 움직임 예측방법, 양방향 움직임 예측 방법과 같은 다양한 방법이 고안되었다^[1,5]. 그러나 이들 방법들은 움직임의 병진운동만 고려하기 때문에 회전하는 물체가 프레임에 있을 경우 적절하게 프레임을 보간할 수 없다.

본 논문에서는 정확한 움직임 벡터를 찾기 위한 새로운 양방향 움직임 예측 방법과 회전을 고려한 정밀 움직임 보정 방법을 제안한다. II장에서는 제안하는 알고리즘에 대해 설명하고, III장에서는 기존의 알고리즘과 제안하는 알고리즘을 비교한 결과를 보여준다.

II. 제안 알고리즘

1. 제안하는 프레임 보간 기법

그림 1은 제안하는 프레임을 증가 기법의 전체 순서도를 나타낸다. 제안하는 알고리즘은 네 과정으로 구성되어 있다; 초기 움직임 벡터를 찾기 위한 양방향 움직임 예측 방법, 움직임 벡터 평탄화, 회전을 고려한 정밀 움직임 보정, 중첩 블록 기반의 움직임 보상 기법 (Overlapped Block Motion Compensation, OBMC)^[2].

양방향 움직임 예측 방법에서 움직임 벡터들은 블록 매칭 알고리즘을 사용하여 탐색된다. 움직임 벡터들이 정확하게 탐색되지 않으면, 원하지 않는 요소들이 보간

프레임을 왜곡하게 된다. 이를 방지하기 위해, 전방 및 후방 움직임 예측 방법에 의해 얻어진 두 개의 후보 움직임 벡터 중에서 신뢰성 높은 움직임 벡터를 초기 움직임 벡터로 선정한다.

양방향 움직임 예측 방법에 의해 초기 움직임 벡터 필드를 구한 후, 움직임 벡터 평탄화를 위해 벡터 매디안 필터링이 수행된다. 기존의 3×3의 매디안 필터에서는 해당 움직임 벡터를 포함한 9개의 움직임 벡터를 사용한다. 제안하는 알고리즘에서는 양방향 움직임 예측에서 얻어진 움직임 벡터 차 (Motion Vector Difference, MVD)를 이용한 수정된 매디안 필터를 적용한다.

매디안 필터를 통해 얻어진 움직임 벡터필드는 최종적으로 정밀 움직임 보정을 통해 정밀하게 선정된다.

기존의 방법에서는 병진운동만 고려하기 때문에 프레임에서 회전이 발생되는 부분은 정확하게 프레임이 보간될 수 없었다. 본 알고리즘에서는 정밀한 움직임 벡터를 찾을 때 회전 요소를 고려해서 수평 및 수직 방향의 이동 정보 및 회전 정도를 포함한 최종 움직임 벡터를 선정한다. 이렇게 얻어진 움직임 벡터를 토대로 OBMC를 사용하여 최종적으로 프레임을 보간한다.

가. 양방향 움직임 예측

양방향 움직임 예측 방법은 움직임 벡터를 정확하게 찾기 위해 각 블록에 대해 전방 움직임 예측 방법과 후방 움직임 예측 방법을 사용한다. 그림 2에서 보는 것처럼, 전방 움직임 예측은 현재 프레임을 기준으로 이전 프레임의 탐색 영역으로부터 움직임 벡터를 찾아내고, 후방 움직임 예측은 이전 프레임을 기준으로 현재 프레임의 탐색 영역으로부터 움직임 벡터를 찾아낸다. 이와 같이 두 개의 움직임 예측을 수행하면, 보간 프레임의 각 블록은 두 개의 후보 움직임 벡터를 가진다. 이 두 개의 후보 움직임 벡터를 통해 다음과 같이 MVD를 정의한다.

$$MVD = \| MV_{forw} - MV_{back} \|_2 \tag{1}$$

(MV_{forw} , MV_{back} 는 각각 전방 및 후방 움직임 예측 방법으로부터 얻어진 움직임 벡터이다.)

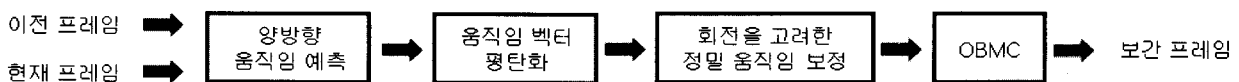


그림 1. 제안하는 알고리즘 전체 순서도
Fig. 1. Architecture of the proposed algorithm.

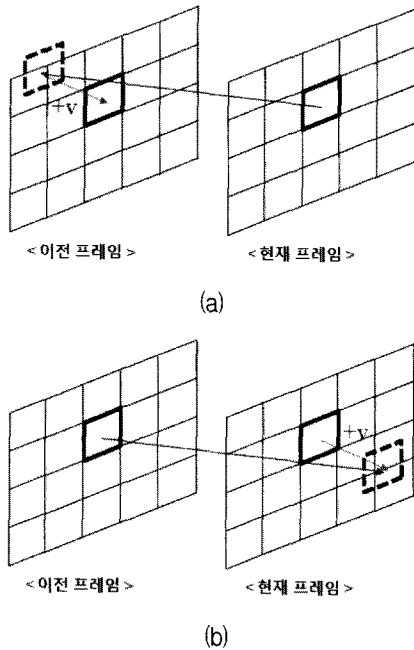


그림 2. (a) 전방 움직임 예측 (b) 후방 움직임 예측
Fig. 2. (a) Forward motion estimation (b) Backward motion estimation.

본 알고리즘은 다음과 같이 세 경우로 나누어 진행된다.

1) MVD = 0인 경우

이는 두 후보 움직임 벡터가 같음을 의미한다. 이는 이전 프레임, 보간 프레임 및 현재 프레임의 연속적인 선형성이 잘 유지된다고 판단할 수 있으므로, 신뢰성이 높은 움직임 벡터라고 할 수 있다. 이 경우, 동일한 두 벡터 중 하나를 움직임 벡터로 선정한다.

2) $0 < MVD < T$ 인 경우 (단, T는 임계값).

임계값 T는 차후에 진행되는 정밀과정에서 보상할 수 있는 움직임 벡터의 오차 범위이다. 예를 들어 정밀 과정이 3픽셀 범위를 가지고 진행된다면, $3\sqrt{2}$ 의 반경의 움직임 벡터 오차가 보정될 수 있다. 따라서 MVD가 T보다 작을 경우에는 단순히 두 후보 움직임 벡터의 블록매칭오차를 비교하여, 작은 블록매칭오차를 가진 움직임 벡터를 초기 움직임 벡터로 선정한다.

3) $MVD > T$ 인 경우

MVD가 정밀과정에서 보정될 수 있는 범위보다 클 경우, occlusion이 발생했다고 판단할 수 있다. 이 경우, 주변 블록의 MVD를 활용해서 좀 더 신뢰성이 높은 움직임 벡터를 다음과 같이 선정한다.

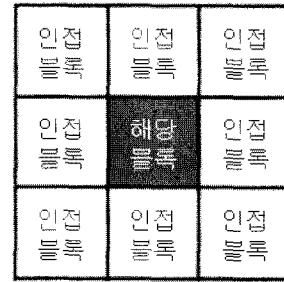


그림 3. 해당 블록의 인접 블록들
Fig. 3. Neighbors of target block.

단계 1) 그림 3과 같이, 8개의 주변 블록 중 가장 작은 MVD를 가진 블록 (신뢰성이 높은 블록)을 찾는다.

단계 2) 만약 찾아진 블록이 2개 이상일 경우, 그들의 움직임 벡터 평균을 계산하여 MV_{ref} 를 선정한다.

단계 3) MV_{forw}, MV_{back} 중 MV_{ref} 와 더 유사한 움직임 벡터를 초기 움직임 벡터로 선정한다. ($\|MV_{ref} - MV_{back}\|_2, \|MV_{ref} - MV_{forw}\|_2$ 를 계산한 뒤, 작은 값을 가진 쪽의 움직임 벡터를 선정)

이상의 과정을 통해 초기 움직임 벡터를 선정함으로써 수평축 및 수직축의 이동 정보를 얻어낼 수 있다. 그러나 얻어진 초기 움직임 벡터 필드는 독립된 블록 단위로 얻어졌으므로 움직임 벡터 평탄화 과정이 다음 과정으로 수행된다.

나. 수정된 메디안 필터

보간된 프레임의 각 블록에 대한 초기 움직임 벡터 필드가 얻어지면, 메디안 필터가 적용된다. 일반적으로 메디안 필터가 모든 블록에 대해 고정적으로 적용되는 반면, 제안하는 방법에서는 선택적으로 메디안 필터가 적용된다. 그림 4는 수정된 메디안 필터의 순서도를 나타낸다.

먼저 MVD가 0 또는 1일 때, 두 후보 움직임 벡터의 상관도가 높기 때문에 메디안 필터를 적용하지 않는다.

이 경우, 메디안 필터를 사용하면 오히려 움직임 벡터가 왜곡될 가능성이 크다.

MVD가 1보다 클 경우에는 그림 5와 같이 수정된 메디안 필터를 사용한다. 즉, 총 9개의 후보 움직임 벡터 중에 임계값 T보다 작은 MVD를 가진 블록의 움직임

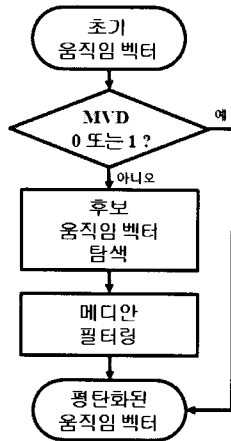


그림 4. 수정된 메디안 필터링의 순서도
 Fig. 4. Block diagram of the modified median filtering.

MVD > T N/A	MVD < T 후보 움직임 벡터	MVD < T 후보 움직임 벡터
MVD < T 후보 움직임 벡터	MVD < T 후보 움직임 벡터	MVD < T 후보 움직임 벡터
MVD < T 후보 움직임 벡터	MVD > T N/A	MVD > T N/A

그림 5. 수정된 메디안 필터
 Fig. 5. Modified median filter.

벡터들을 후보 움직임 벡터로 선정한 다음, 메디안 필터를 적용한다. 이는 신뢰성이 낮은 움직임 벡터를 제거함으로써 잘못된 움직임 벡터가 선정되는 것을 방지한다.

다. 회전을 고려한 정밀 움직임 보정

메디안 필터를 거친 움직임 벡터는 그림 6과 같이 2로 나누어져 이전 프레임과 현재 프레임의 초기 위치를 선정한다. 보간 프레임의 정밀한 움직임 벡터를 찾기 위해 해당 블록을 중심으로 앞서 선정된 초기 위치부터 주위의 블록을 대칭적으로 조사한다. 이러한 과정은 병

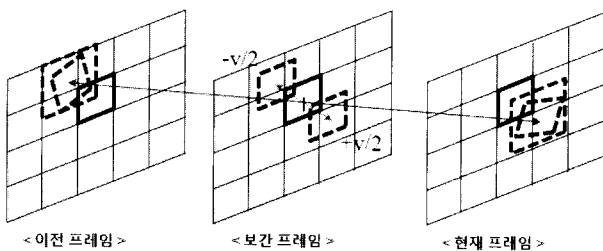


그림 6. 회전을 고려한 정밀 움직임 보정
 Fig. 6. Bilateral motion refinement with rotation.

진 운동에 대한 움직임 벡터는 잘 찾아내지만, 회전이 발생하는 영역에 대해서는 정확한 움직임 벡터를 찾을 수 없다. 따라서 병진 및 회전운동이 고려되는 일반적인 영상에서 이전 프레임과 현재 프레임에서 정확히 매칭되는 블록을 찾기 위해서는 후보 블록들을 회전시켜 최종 움직임 벡터를 찾아내는 것이 필요하다.

두 프레임으로부터 보간 프레임의 해당 블록의 영상을 얻기 위해서는 이전 프레임과 현재 프레임을 서로 반대방향으로 회전시키면서 블록매칭오차를 구해야 한다. 이전 프레임에서 현재 프레임까지 D° 가 회전되었다면 보간되는 중간 프레임에는 $(D/2)^\circ$ 회전이 된 영상이 보간되어야 하며, 이를 이전 및 현재 프레임에서 얻기 위해서는 각각 $(D/2)^\circ$, $-(D/2)^\circ$ 만큼 회전된 블록들이 요구된다. 후보 블록이 회전되면 그림 7과 같이 후보 블록을 내접하는 원보다 큰 영역 고려되어야 하며, 본 논문에서는 원의 경계 문제를 피하기 위해 이 원을 내접하는 확장된 블록을 새로운 후보 블록으로 지정하였다.

제안하는 알고리즘에서는 기본적으로 그림 8의 이중선형 보간법을 사용하여 이전 및 현재 프레임에서 각각 회전된 블록들을 얻는다. 회전된 블록의 한 픽셀의 값을 정하기 위해서는 회전되기 전의 원래 블록에서 매칭

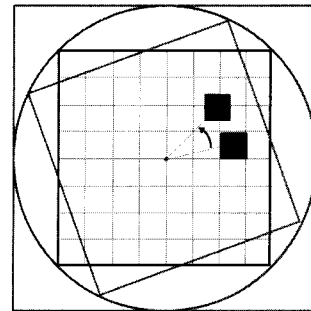


그림 7. 새로운 후보 블록 선정
 Fig. 7. Selection of new candidate block.

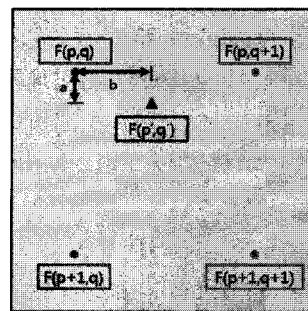


그림 8. 이중선형 보간법
 Fig. 8. Bilinear interpolation.

되는 해당 픽셀의 위치가 요구된다. 따라서 $(D/2)^\circ$ 만큼 회전되는 블록을 구하기 위해서는 그림 7에서와 같이 블록의 각 해당 픽셀마다 $-(D/2)^\circ$ 회전된 위치를 얻는다. 얻어진 위치는 일반적으로 정수로 떨어지지 않으므로, 그림 8에서와 같이 더 가까이 위치한 픽셀에 가중치를 주어 최종 픽셀의 값을 결정한다.

보간되는 픽셀은 다음 식(2)에 의해 결정된다.

$$F(p', q') = (1-a)[(1-b)F(p, q) + bF(p, q+1)] + a[(1-b)F(p+1, q) + bF(p+1, q+1)] \quad (2)$$

새로운 후보 블록들의 각 픽셀들이 모두 보간되면, 두 후보 블록들의 블록매칭오차를 구한다. 블록매칭오차가 가장 적은 블록들이 최종 움직임 벡터가 되며, 기존의 수평축 및 수직축 이동정보뿐 만 아니라 회전성분까지 추가된 좀 더 세밀한 움직임 벡터를 얻을 수 있다.

라. 중첩 블록 기반의 움직임 보상 및 프레임 복원

앞선 과정들로부터 최종적으로 얻은 움직임 벡터를 이용하여 최종 프레임을 복원할 수 있다. 선정된 움직임 벡터가 가리키는 이전 프레임과 현재 프레임의 두 블록을 평균함으로써 중간 프레임을 구성할 수 있는데, 단순 평

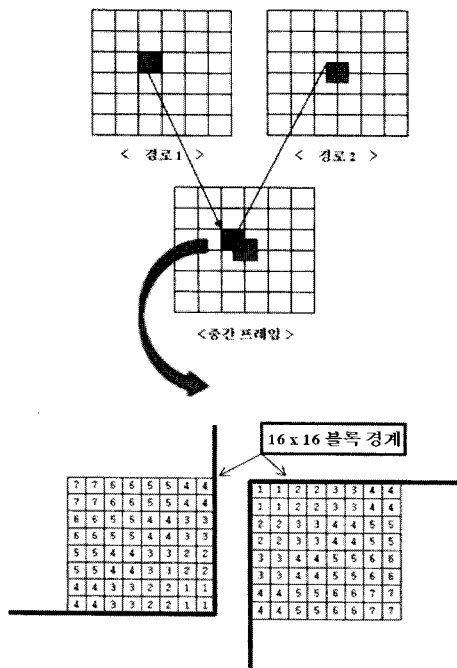


그림 9. 중첩 블록 기반 움직임 보상 기법 (OBMC)
Fig. 9. Overlapped Block Motion Compensation. (OBMC).

균을 하게 되면 블록화 현상을 유발한다. 중첩 블록 기반의 움직임 보상 기법(OBMC)^[2]은 블록화 현상을 줄이는 방법 중 하나로서 중첩된 블록간의 위치에 따라 가중치 값을 주어 복원된 프레임의 블록화 현상을 최소화 한다. 그림 9는 OBMC 과정을 나타낸다.

III. 실험 결과

본 실험에서 사용한 영상은 표 1과 같다.

표 1. 영상 정보

Table 1. Specification of test sequences.

	크 기	프레임율	총 프레임 수
City	CIF	30 Hz	300 frames
Football	CIF	30 Hz	260 frames
Soccer	CIF	30 Hz	300 frames
Driving	720×480	30 Hz	300 frames
Harbor	704×576	30 Hz	300 frames

1. 실험 결과

n-1번째 프레임을 이전 프레임, n+1번째 프레임을 현재 프레임으로 설정한 다음, 두 프레임으로부터 n번째 프레임을 보간한다. 보간된 n번째 프레임과 원본 n번째 프레임과의 유사성을 평가하였다.

제안하는 방법은 다음 두 가지 방법과 비교되었다.

- A low complexity motion compensated frame interpolation method^[3]
- Quality enhancement of frame rate up converted video by adaptive frame skip and reliable motion extraction^[4]

본 실험의 객관적 평가에는 PSNR을 사용하였다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \|O(i,j) - R(i,j)\|^2} \quad (3)$$

(O와 R은 각각 $m \times n$ 크기의 원본 및 비교되는 이미지를 나타낸다.)

주관적 평가에서는 먼저 원본 영상을 기준으로 제안하는 방법, 기존의 방법들로부터 얻어진 프레임을 바로 비교하였다. 그리고 기존의 방법과 제안하는 방법의 차이를 명확하게 확인하기 위해, 각각의 방법으로부터 얻어진 보간 프레임에서 원본 영상을 뺀 오차영상을 비교

하였다.

가. 객관적 평가

객관적 평가에서는 각 영상마다 보간된 전체 프레임의 평균 PSNR을 구해서 비교하였다.

1) 표 2는 양방향 움직임 예측에 관한 결과를 나타낸다. 비교된 실험조건은 다음과 같다.

- 전방 움직임 예측 + OBMC
- 양방향 움직임 예측 (블록매칭오차만 고려) + OBMC
- 제안하는 양방향 움직임 예측 + OBMC

실험 결과, 모든 영상에서 제안하는 알고리즘이 가장 좋은 PSNR을 보였다. 단순히 두 후보 움직임 벡터를

표 2. 양방향 움직임 예측에 관한 결과 (a) 제안하는 방법 (양방향 움직임 예측 + OBMC) (b) 이전 방법 (전방 움직임 예측 + OBMC) (c) 이전방법 (양방향 움직임 예측 [블록매칭오차만 고려] + OBMC)

Table 2. Result of bi-directional motion estimation (a) Proposed method (bi-directional ME + OBMC) (b) Previous method (forward ME + OBMC) (c) Previous method (bi-directional ME [only block matching error] + OBMC).

	PSNR (dB)				
	(a)	(b)	이득	(c)	이득
City	33.5	33.29	+0.21	33.2	+0.3
Football	23.62	23.14	+0.48	23.21	+0.41
Soccer	26.82	25.94	+0.88	25.94	+0.88
Driving	27.61	27.26	+0.35	27.33	+0.28
Harbor	29.48	29.21	+0.27	29.02	+0.46

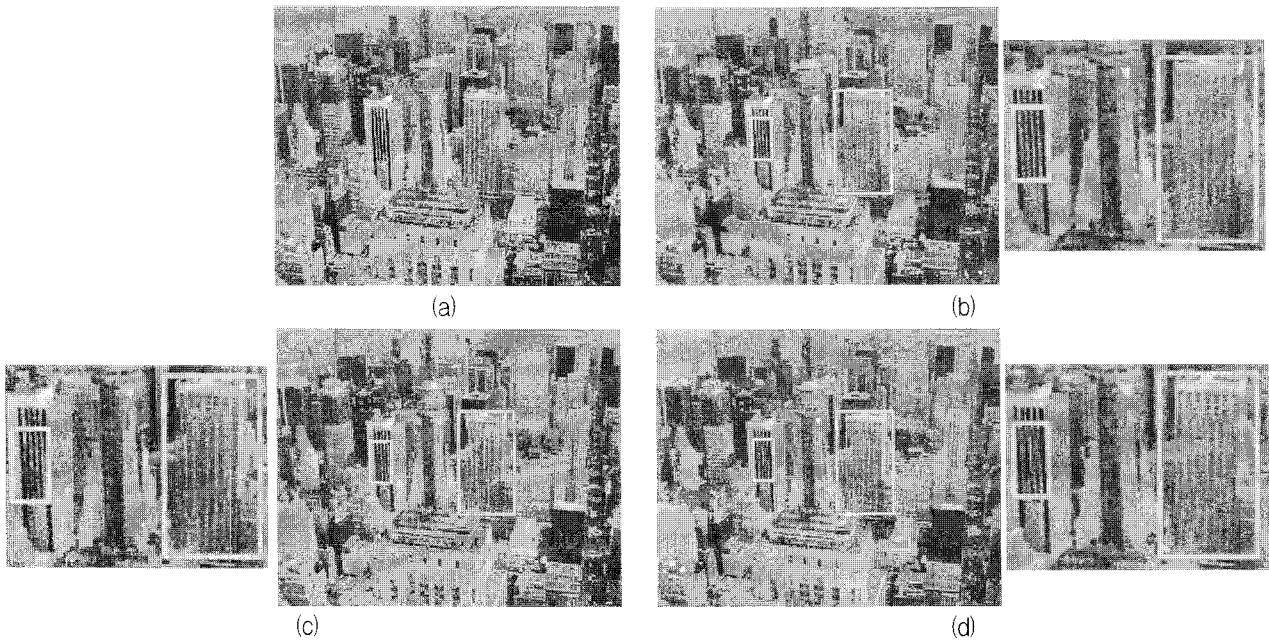


그림 10. City #35의 결과 (a) 원본 영상, (b) 제안한 방법, (c) Yang의 방법, (d) Zhai의 방법
Fig. 10. Results of city #35, (a) Original image, (b) Proposed method, (c) Yang's method, and (d) Zhai's method.

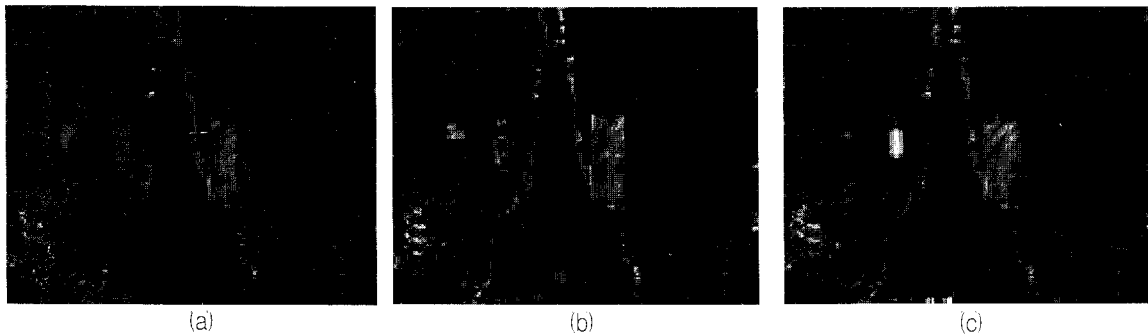


그림 11. City #35의 결과, 원본 영상을 뺀 영상
(a) |제안한 방법 - 원본영상|, (b) |Yang의 방법 - 원본영상|, (c) |Zhai의 방법 - 원본영상|
Fig. 11. Results of city #35, Difference image, (a) Proposed difference, (b) Yang's difference, and (c) Zhai's difference.

블록매칭오차만으로 선정하는 것은 전방 움직임 예측과 크게 차이가 나지 않지만, 제안하는 방법을 통해 후보 움직임 벡터를 정확히 선정해 주면 더 좋은 성능을 나타냄을 확인할 수 있다.

표 3. 제안한 방법에 관한 결과 (a) 제안하는 방법 (b) Yang의 방법 (c) Zhai의 방법
Table 3. Result of proposed method (a) Proposed method (b) Yang's method (c) Zhai's method.

	PSNR (dB)				
	(a)	(b)	이득	(c)	이득
City	34.2	33.66	+0.54	33.71	+0.49
Football	23.92	23.41	+0.51	23.26	+0.66
Soccer	27.21	26.33	+0.88	26.37	+0.84
Driving	27.88	27.54	+0.34	27.46	+0.42
Harbor	29.86	29.42	+0.44	29.37	+0.49

2) 표 3은 전체 알고리즘에 관한 결과를 나타낸다. 모든 영상에 대해서 비교되는 두 가지 방법보다 제안하는 방법의 평균 PSNR이 높게 측정되었다.

나. 주관적 평가

일반적으로, PSNR로 영상의 질을 평가하는데 한계가 있기 때문에 객관적 평가와 더불어 주관적 평가도 수행된다. 주관적 평가에서는 원본 영상을 기준으로 제안하는 방법과 Yang의 방법 및 Zhai방법을 비교하였다 (그림 10~그림 13). 모든 영상에 대해서, 네 개의 그림을 비교해보면 제안하는 방법이 원본 영상과 가장 유사하게 보였음을 확인할 수 있다. 그 차이를 좀 더 명확히 확인하기 위해 세 가지 방법으로 얻어진 영상에 원본 영상을 뺀 다음 비교를 수행하였다. 실험 결과, 비

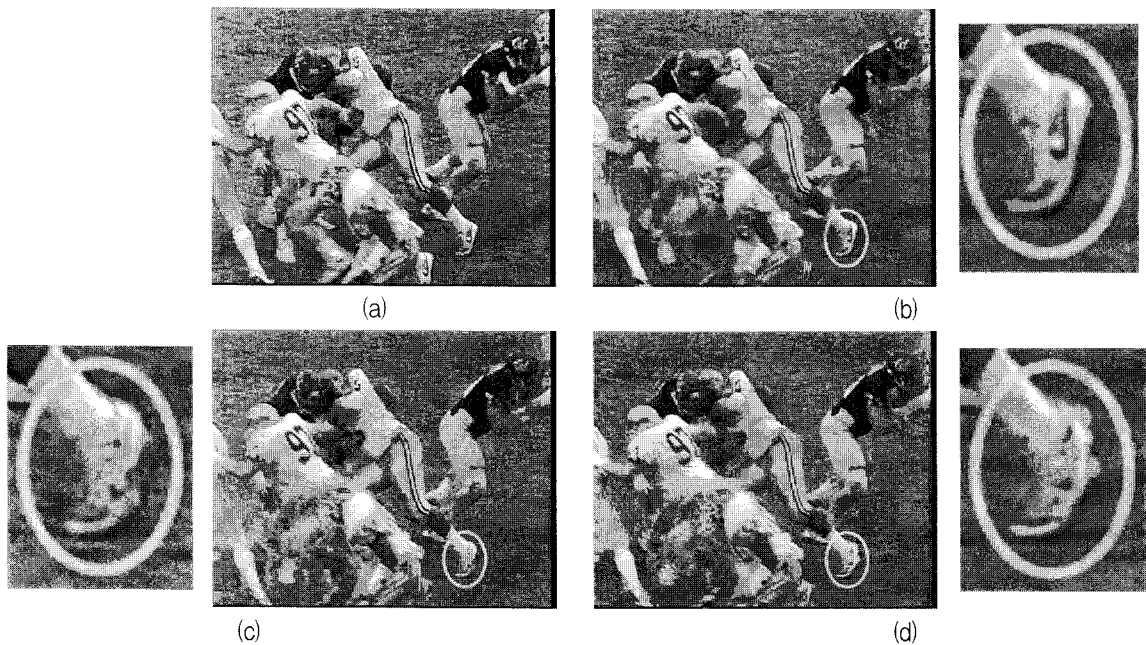


그림 12. Football #24의 결과 (a) 원본 영상, (b) 제안한 방법, (c) Yang의 방법, (d) Zhai의 방법
Fig. 12. Results of football #24, (a) Original image, (b) Proposed method, (c) Yang's method, and (d) Zhai's method.

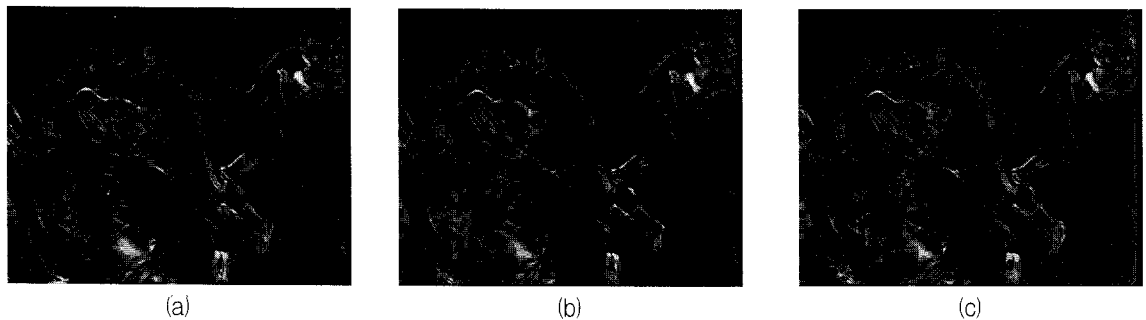


그림 13. Football #24의 결과, 원본 영상을 뺀 영상
(a) 제안한 방법 - 원본영상, (b) Yang의 방법 - 원본영상, (c) Zhai의 방법 - 원본영상
Fig. 13. Results of football #24, Difference image, (a) Proposed difference, (b) Yang's difference, and (c) Zhai's difference.

교되는 두 가지 방법보다 제안하는 방법의 오차가 더 적음을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 정밀 움직임 추정과정을 기반으로 한 효과적인 프레임율 증가 변환 기법을 제안하였다. 각각의 단계에서 객관적 및 주관적으로 보간 프레임의 화질을 향상시키는 과정을 수행하였다. 먼저, 시간적 정보를 이용하여 정확한 초기 움직임 벡터를 찾기 위해 선택적인 양방향 움직임 예측 방법을 고려하였다. 이 방법은 occlusion 현상을 고려함으로써 기존의 방법보다 정확한 움직임 벡터를 찾는다. 다음으로, 양방향 움직임 예측 방법에서 구해진 MVD를 이용해서 선택적으로 메디안 필터를 수행하였다. 기존의 방법에서는 3×3 메디안 필터를 모든 블록에 적용한 반면에, 제안하는 방법에서는 각 블록의 신뢰성을 고려한 선택적인 메디안 필터를 사용하였다. 또한, 정밀 움직임 예측 과정에서 회전 요소를 첨가하여 회전이 있는 물체를 명확하게 보간할 수 있도록 하였다.

참 고 문 헌

- [1] Byung-Tae Choi, Sung-Hee Lee, and Sung-Jea Ko, "New frame rate up-conversion using bi-directional motion estimation", *Consumer Electronics, IEEE Transactions on* Volume 46, Issue 3, pp. 603 - 609, Aug. 2000.
- [2] Kevin Hilman, Hyun Wook Park, and Yongmin Kim, "Using Motion-Compensated Frame-Rate Conversion for the Correction of 3 : 2 Pulldown Artifacts in Video Sequences", *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on* Volume 10, Issue 6, pp. 869 - 877, Sept. 2000.
- [3] Jiefu Zhai, Keman Yu, Jiang Li, and Shipeng Li, "A Low Complexity Motion Compensated Frame Interpolation Method", *Electronics Letters*, Volume 43, Issue 2, pp. 96 - 98, January 18 2007.
- [4] Ya-Ting Yang, Yi-Shin Tung, and Ja-Ling Wu, "Quality Enhancement of Frame Rate Up-Converted Video by Adaptive Frame Skip and Reliable Motion Extraction", *IEEE Circuits and Systems for Video Technology*, Volume 17, Issue 12, pp. 1700 - 1713, Dec. 2007.
- [5] Tao Chen, "Adaptive temporal interpolation using bidirectional motion estimation and compensation" *Image Processing. 2002. Proceedings. 2002 International Conference on* Volume 2, pp. II-313 - II-316 vol.2, 22-25 Sept. 2002.
- [6] Kunio Kawaguchi and Sanjit K. Mitra, "Frame rate up-conversion considering multiple motion", *Image Processing, 1997 Proceedings, International Conference on* Volume 1, pp. 727 - 730 vol.1, 26-29 Oct. 1997.
- [7] Byeong-Doo Choi, Jong-Woo Han, Chang-Su Kim, and Sung-Jea Ko "Motion-Compensated Frame Interpolation Using Bilateral Motion Estimation and Adaptive Overlapped Block Motion Compensation", *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on* Volume 17, Issue 4, pp. 407 - 416, April 2007.
- [8] Michiel A. Klompenhouwer, "Comparison of LCD Motion Blur Reduction Methods using Temporal Impulse Response and MPRT", *SID 06 DIGEST*

저 자 소 개

이민규(정회원)

2006년 경북대학교 전자전기공학부 졸업(공학사)

2008년 한국과학기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학 전공(공학석사)

2008년~현재 국방과학연구소 연구원



<주관심분야 : 영상처리>

박현욱(정회원)

대한전자공학회 논문지

제40권 SP편 4호 참조

현재 한국과학기술원 전자전산학과

전기및 전자공학전공 교수