

고해상도 비디오에서 양방향 움직임 추정/보상을 이용한 프레임 레이트 변환 방법

김소라^o, 김 윤^{*}

^o강원대학교 컴퓨터 정보통신공학과

e-mail : gsl428@kangwon.ac.kr^o {gsl428,yooni}@kangwon.ac.kr^{*}

Frame Rate Conversion Using the Bi-directional motion estimation/compensation in the High-Resolution Video

So-Ra Kim^o, Yoon Kim^{*}

^oDept. of Computer and Communications Engineering, Kangwon National University

● Abstract ●

본 논문에서는 고해상도 비디오를 위한 프레임 레이트 변환 방법을 제시한다. 서로 다른 방식이나 포맷을 가진 영상 신호를 변환할 때에는 시각적으로 거슬리는 움직임 지터(motion jitter)나 영상의 모서리에서의 블러링(blurring) 현상이 일어날 수 있다. 제시하는 방법에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 양방향 움직임 추정/보상을 이용하여 프레임 레이트를 증가 변환한다. 또한 보다 정확한 움직임 벡터를 찾기 위해 다중 프레임을 통한 양방향 탐색 방법을 제안한다. 먼저, 픽셀 값을 알고 있는 현재 프레임과 이전 프레임간의 움직임 벡터를 이용하여 양방향 움직임 벡터를 얻는다. 얻은 움직임 벡터는 벡터 스무딩 블록을 거친다. 그 후 OBMC(Overlapped Block Motion Compensation)를 이용하여 보간 프레임을 구성한다. 실험 결과는 기존 방법들보다 제안 방법이 주관적 화질 면에서 우수함을 나타낸다.

키워드: 프레임 레이트 변환(frame rate conversion), 움직임 추정/보상(motion estimation/compensation)

I. Introduction

최근 비디오와 같이 낮은 대역폭을 갖는 분야에서 고화질 구현을 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만 낮은 대역폭을 사용하는 기기에서는 데이터 전송량이 제한되어 있다. 때문에 부호화 과정에 있어 임의의 프레임을 전송하지 않으며, 복호화 과정에서는 손실된 프레임을 복원하는 과정이 필요하다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 움직임 보상(motion compensation, MC)을 이용하는 복잡한 기술들이 연구되었다. 현재 사용되고 있는 영상 신호가 이상적으로 대역 제한되어 있지 않기 때문에, 영상 인식과 같은 고도의 지능적인 처리를 사용하지 않고서 완전한 보간 영상을 얻는 것은 불가능하다. 따라서 현실적으로, 시각적으로 만족할 만한 성능을 보여주면서도 하드웨어 구현이 가능한 실용적인 변환 알고리즘 개발이 필요하다.

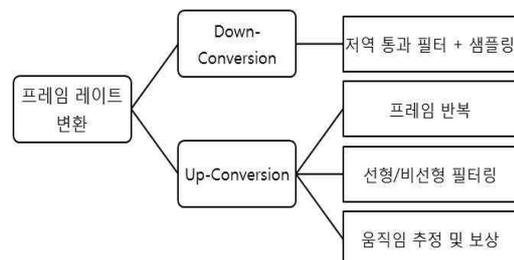
위해서는 앞서 말한 바와 같이 고도의 지능적인 처리가 필수적이다.

이는 PDA부터 HDTV까지 멀티미디어 시스템을 이용하는 다양한 가진 분야에서 매우 많은 관심의 대상이 되고 있다.

1.2 프레임 레이트 변환 방식

기존전후 프레임에 대하여 움직임 추정하여 움직임 벡터(motion vector, MV)를 찾아내고, 찾아낸 움직임 벡터(MV) 정보를 이용하여 양방향 보간을 하는 움직임 보상형 프레임 보간이 있다.

아래의 그림은 프레임 레이트 변환의 종류와 대표적인 변환 알고리즘을 제시하였다.



Frame Rate Conversion

II. Preliminaries

1.1 국내 동향

다양한 TV 표준을 따르는 프로그램들을 서로 교환하기 위해서는 이들 간의 포맷 변환이 필요하다. 이 과정에서 보간 영상을 얻기

본 논문에서는 Up-Conversion을 대상으로 한다.

1.3 프레임 레이트 증가 변환

1.3.1 프레임 반복

이 방법은 새로운 프레임이 도착할 때까지 이전 프레임을 반복하는 것으로 움직임 정보를 사용하지 않아 구현이 용이하다는 장점이 있지만 움직임 지터가 발생한다는 단점이 있다. 이 현상은 프레임 간에 움직이는 객체의 속도가 빠를수록 또는 프레임 레이트가 낮을수록 더 빈번히 발생한다.

1.3.2 선형/비선형 필터링

선형 필터링 방식으로는 전후 프레임의 평균 영상을 사용하는 즉, 평균 필터를 사용하여 보간하는 방법이 널리 쓰이며 비선형 필터링 방식으로는 미디언 필터에 기반한 order-statistic filter가 많이 사용된다. 이 때 비선형 필터링 방식은 선형 필터링 방식에 비해 에지를 더 보존할 수 있다. 하지만 두 방법 모두 영상의 움직임 경계에서 blurring 현상이 일어난다.

1.3.3 움직임 추정 및 보상

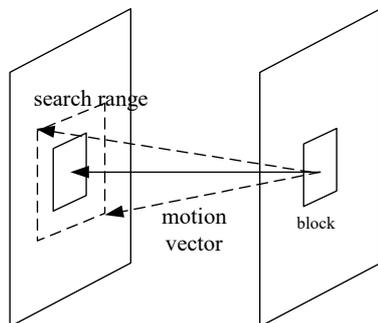
이 방식은 프레임 간 움직임 정보를 이용한 일반적인 보간 기법으로, 현재 보간 하려는 프레임의 전후 프레임을 사용하여 움직임을 추정한 후, 이 움직임 정보를 사용하여 움직임 보상에 의한 보간 기법을 수행한다.

자세한 움직임 추정 및 보상 방법은 아래 같다.

1.4 움직임 추정/보상

1.4.1 움직임 추정

움직임 정보를 이용한 보간 기법에서는 움직임 추정 정확도가 보간 영상의 화질에 직접적인 영향을 준다. 아래의 그림은 블록 매칭을 이용한 움직임 추정 방법으로 프레임간의 움직임이 수평 수직방향의 성분만 있다고 가정한다. 이 때 블록 단위 움직임 정보를 사용한 보간 영상의 경우 블록의 경계면에서 고주파 잡음이 발생하는 blocking 효과가 나타난다.



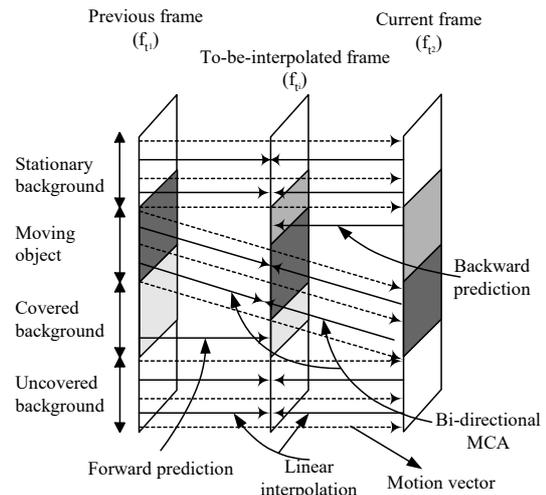
블록 매칭을 사용한 움직임 추정

하지만 이 방법은 프레임 레이트 변환의 경우처럼 픽셀 예측 시 요구되는 true motion을 충분히 반영할 수 없기 때문에 다양한 방법의 예측 방법이 제안되어 왔다. 대표적인 방법은 3D-recursive search

block matching과 계층적 움직임 추정 기법들이 있다[1],[2].

1.4.2 움직임 보상형 보간

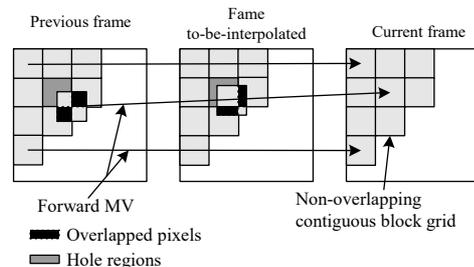
움직임 정보를 이용한 보간 기법에서는 보간될 프레임의 전후 프레임을 움직임 정보에 따라 다음과 같이 고정된 배경(stationary background), 움직이는 객체 (moving object), covered 영역, uncovered 영역, 이 네 가지 영역으로 분할하여 수행한다 [3],[4].



영상 분할에 따른 보간 방법의 예

III. The Proposed Scheme

위에서 살펴본 바와 같이 프레임 레이트 증가 변환 방식으로 움직임 추정/보상을 이용한 방법이 가장 뛰어난 성능을 낸다. 따라서 본 논문에서는 이러한 방법의 하나로 양 방향 움직임 추정 기법을 이용한 프레임 레이트 증가 변환 알고리즘을 기술한다.



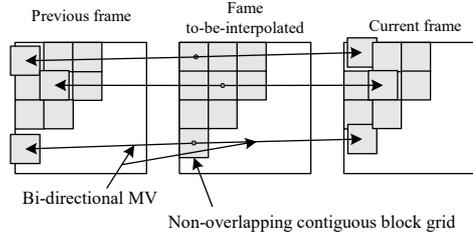
기존 움직임 보상형 프레임 레이트 변환에서의 MV

기존 방식에서는 단방향 MV(Motion Vector)를 사용하기 때문에 움직임 추정을 위한 블록 그리드가 현재 프레임에서 만들어진다. 일반적으로 위와 같은 방법을 사용하면 true motion을 반영하는 정확한 MV를 찾는 것이 불가능하므로 이전 프레임에서는 추정된 MV에 의해 지정되는 블록들이 겹치게 된다. 겹치는 부분을 overlapped pixel이라 부르고 반대로 선택되지 않는 부분을 hole region이라 한다. 이 때, 이전 프레임에서의 이 두 현상이 보간 될

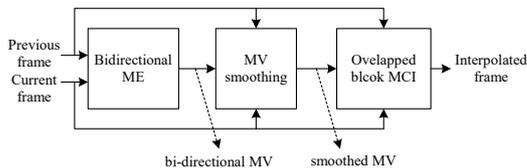
프레임에서도 나타난다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 근본적으로 해결하면서도 true motion을 반영할 수 있는 양방향 움직임 추정 기법을 사용한다. 개발한 알고리즘의 기본 개념은 다음과 같다.

보간 할 프레임의 픽셀 값들을 알 수 없을 때 이전 프레임과 보간 할 프레임 간, 또한 보간 할 프레임과 현재 프레임 사이의 MV를 구할 수 있으면 보간 할 프레임에서의 블록이 연속적이면서도 겹치지 않는 특성을 가지므로 위에서 언급한 두 가지 문제가 근원적으로 발생하지 않을 것이다.



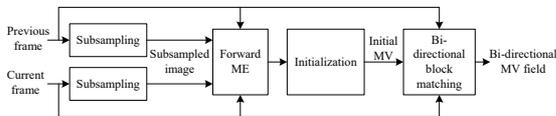
양방향 MV를 사용했을 때의 MV mapping



제시하는 알고리즘 구조

제시하는 알고리즘은 위와 같이 구성된다. 먼저, 양방향 움직임 추정 블록에서 보간 할 프레임에서 양방향 MV를 구성한다. 이 MV는 smoothing 블록을 거치면서 좀 더 true motion에 가까워지고 MCI 블록에서는 overlapped block 움직임 보상 기법을 보간을 수행해 blocking 효과를 줄인다.

1. 양방향 움직임 추정



양방향 움직임 추정

1.1 Subsampling

먼저 각 프레임은 초기 MV를 구하는 움직임 추정 블록에서 사용되도록 수직 수평 방향으로 2:1만큼 다운 샘플링 된다. 이 때 Down-sampling은 LPF(Low Pass Filtering)과 Sampling으로 이루어진다.

그 결과 영상은 원 영상에 비해 크기는 $\frac{1}{4}$ 로 줄어들고 고주파

성분이 어느 정도 제거된 영상이 된다. 이 과정을 통합으로써 움직임 추정 시에 계산 량도 크기만큼 줄어들고, LPF 시에 영상의 잡음 성분 등이 제거되므로 보다 smooth한 MV를 찾는 데에 도움이 된다.

1.2 Forward ME

초기 MV로는 이전 프레임과 현재 프레임 사이의 순방향 MV를 사용한다. 이 MV를 구하기 위해 full search block matching을 사용한다.

여기서 Subsampling된 영상을 사용하기 때문에 영상의 크기, block matching에 사용되는 block의 크기, 탐색 영역의 크기가 모두 $\frac{1}{4}$ 로 줄어들어 계산 량 또한 $\frac{1}{4}$ 이하로 줄어든다.

1.3 Vector initialization

앞에서 구한 순방향 MV는 Subsampling된 영상에서 구한 것이므로 원 영상에 스케일에 맞추기 위해 x2가 되어야 한다. 그 후 단순히 보간 될 프레임에서의 대응되는 block의 MV로 복사된다. 이 때, 순방향 벡터는 이전 프레임과 현재 프레임 간의 MV를 나타내고 양방향 벡터는 이전 프레임과 보간 할 프레임, 또는 보간 할 프레임과 현재 프레임 사이의 MV를 나타내므로 양방향 벡터의 크기가 다시 반으로 줄어들어야 한다. 따라서 Subsampling 후의 MV는 두 배가 된 뒤 다시 반으로 줄어들기 때문에 둘 사이의 연산이 상쇄되어 결과적으로는 구한 순방향 MV를 양방향 MV로 그대로 사용하면 된다.

1.4 Bi-directional block matching

양방향 MV의 초기 값은 순방향 MV를 그대로 복사하여 얻은 값이므로 복사 과정에서 어느 정도의 shift가 발생하게 된다.

이를 보정하기 위해 full-scale 영상에서 양방향 block matching을 수행한다.

2. 양방향 MV의 Smoothing

양방향 MV가 구해지면 움직임 보상형 보간, MCI (motion-compensated interpolation)을 이용하여 보간 할 프레임의 픽셀 값들을 구할 수 있다. 그러나 종종 MV 필드상에서 inconsistency가 있으면 그 부분에서 보간 된 영상의 화질이 떨어지는 경우를 발견할 수 있다. 이러한 현상을 제거하기 위해 본 논문에서는 프레임 차이 값을 이용함을 제시한다.

3. Overlapped block MCI(OBMCI)

지금까지 제시한 직접적인 움직임 보상 평균 방법의 단점은 blocking 효과이다. 이 현상은 근본적으로 움직임 추정과 보상이 block 기반으로 동작하기 때문에 발생한다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서 제안한 방법에서는 보간 할 프레임의 MV가 얻어진 상태에서 OBMC를 수행하기 때문에 overlapped pixel이나 hole region 문제가 발생하지 않는다. 때문에 본 논문에서 제시한 방법을 기존의 OBMC 기법에서 발전한 OBMCI 기법이라 한다. OBMC에서 blocking 감소 효과를 극대화하기 위해 복잡한 가중치 윈도우를 사용하는데 비해 본 논문이 제안하는 OBMCI는 계산의 복잡도를 줄이기 위해 모든 가중치를 동일한 값으로 간주하여 단순한 평균 기법을 사용하도

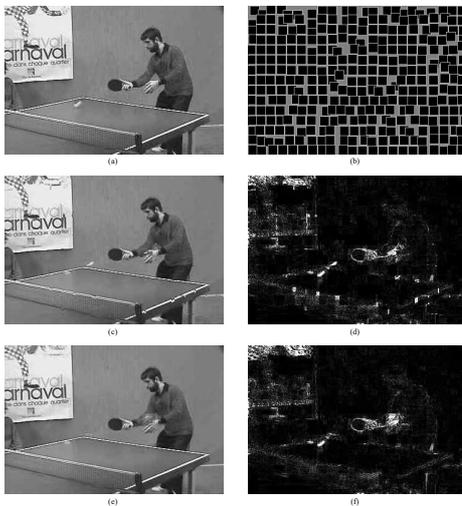
록 한다.

IV. Conclusions

제안한 알고리즘 성능을 객관적으로 평가하기 위해 1:2 프레임 레이트 변환에 대해 기존의 MCI 알고리즘을 이용한 방법과 비교 실험을 하였다. 실험에서는 원래 시퀀스의 홀수 번째 프레임들을 미리 제외한 후에, 제외된 프레임의 전후 프레임을 이용하여 제외된 프레임을 보간 하고 의도적으로 제외된 프레임과 보간 된 프레임 사이의 PSNR을 계산하였다.

PSNR comparison both methods

| 영상 | 기존 방식 (dB) | 제안 방식 (dB) | PSNR 향상 (dB) |
|--------------|------------|------------|--------------|
| Suzie | 40,33 | 40,93 | +0,6 |
| Table tennis | 27,22 | 29,07 | +1,85 |



(a) 원본 영상

(b) 기존 방법에서의 overlapped pixel과 hole region의 패턴

(c) 기존 방법으로 보간 한 영상

(d) 기존 방법의 예러 영상

(e) 제안한 방법으로 보간 한 영상

(f) 제안한 방법의 예러 영상

References

- [1] P. Lippens, B. D. Loore, G. D. Haan, P. Eeckhout, H. Huijgen, A. Loning, B. McSweeney, M. Verstraelen, B. Pham, and J. Kettenis, "A video signal processor for motion-compensated field-rate upconversion in consumer television," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 31, no. 11, pp. 1762-1769, Nov. 1996.
- [2] G. D. Haan, P. W.A.C. Biezen, H. Huijgen, and O.A. Ojo, "True-motion estimation with 3-D recursive search block matching," *IEEE Trans. Circuits. Syst. Video Technol.*, vol. 3, no. 5, pp. 368-379, Oct. 1993.
- [3] C. K. Cheong, K. Alizawa, T. Saito, and M. Hatori, "Motion estimation with wavelet transform and the application to motion compensated interpolation," in *Proc. IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 5, pp. 217-220, 1993.
- [4] W. R. Sung, E. K. Kang, and J. S. Choi, "Adaptive motion estimation technique for motion compensated interframe interpolation," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 45, no. 3, pp. 753-761, Aug. 1999.