

피라미드 구조와 쿼드트리를 이용한 프레임율 증가 변환

이지찬, 김준건, 이준호, 김기선, 이대호
경희대학교

zshine@khu.ac.kr, joongoen@khu.ac.kr, junho9202@nate.com, kisun3362@naver.com,
nize@khu.ac.kr

Frame Rate Up-Conversion Using Pyramid Structure and Quadtree

Jichan Lee, Jun-Geon Kim, Junho Lee, Kisun Kim, Daeho Lee
Kyung Hee University

요 약

본 논문에서는 피라미드 구조와 쿼드트리를 이용하는 움직임 보상 프레임 보간(motion compensated frame interpolation, MCFI)의 새로운 방법을 제안한다. 일반적인 MCFI 방법에서는 고정된 크기의 프레임과 블록에서 움직임 벡터(motion vector, MV)를 이용하여 두 프레임 사이의 프레임 영상을 추정한다. 그러나 이와 같은 방법은, **큰다양한 방향으로 움직이는** 물체들의 MV 나 큰 움직임을 추정하기 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 블록 크기와 정합 영역이 가변적으로 적용될 수 있는 피라미드 구조와 쿼드트리를 이용한 프레임 보간 기법(pyramid structure and quadtree motion compensated frame interpolation, PQ-MCFI)을 제안한다. 제안하는 기법은 물체들이 빠르게 움직이는 장면과 다양한 방향으로 움직이는 장면에서 이전의 기법에 비해서 높은 PSNR 을 보이며, 실제 인간의 시각적인 측면에서는 더욱 정밀한 결과를 보인다.

1. 서론

최근에 비디오 관련 기술이 급속도로 발전하고 있으며, 높은 전송 속도 및 고해상도의 디스플레이 장치들이 개발되고 있다. 하지만 소비자들은 더욱 높은 해상도의 비디오를 원하고 있으며, 디스플레이에서 고해상도 비디오를 생산하는 기술은 공간적인 해상도나 시간적인 해상도를 높이는 방법이 있다. 그 중에서 시간적 해상도 증진 기법(프레임율 증가 변환; frame rate up-conversion, FRUC)은 기존의 프레임들 사이에 보간된 새로운 프레임을 생성하는 기술이다. 높은 정확도의 프레임을 생성하기 위해서는 프레임간의 정확한 움직임 정보를 산출하여 움직임 보상(motion compensation, MC)이 필수적이다. 대부분의 FRUC 에서는 움직임 정보를 산출하기 위하여 고정된 크기로 블록 정합 기법(block matching algorithm, BMA)을 사용한다[1,2]. BMA 를 이용하는 FRUC 는 일반적으로 전방향 움직임 보상된 프레임 보간(forward-motion compensated frame interpolation, forward-MCFI)을 사용하며[3,4], 이는 현재 프레임을 기준으로 이전 프레임에 대한 움직임 벡터(motion vector, MV)를 산출하는 방법이다. 이와 같은 기법들은 고정된 크기의 블록을 사용하기 때문에, 움직임이 큰 물체나 큰 움직임은 정확하게 MV 를 추정할 수 없다. 따라서 만약 같은 블록 내에 움직임이 서로 다른 방향과 크기를 갖는 물체가 있다면 이것을 반영하지 않고 일정 방향과 크기로 획일적이게 보간 된다. 특히, 움직임이 큰 영역에서 이런 현상이 두드러지게 된다.

이런 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 피라미드 구조와 쿼드트리를 이용한 MCFI(pyramid structure and quadtree-MCFI, PQ-MCFI)방식을 제안한다. 이 방식은 물체 움직임의 크기에 따라 움직임을 추정할 수 있으며, 블록의

크기를 가변적으로 처리하는 것과 동일한 수행을 할 수 있다. 따라서 물체의 움직임이 크고 물체들이 다양한 방향으로 움직이는 동영상에도 정밀한 프레임 보간이 가능하다.

2. PQ-MCFI

처음에 피라미드 구조를 이용해서 영상의 크기를 줄인다. 피라미드 추정 방식은 일정한 비율로 영상의 크기를 줄여가며 동일한 크기의 블록과 검색영역으로 BMA 를 사용하여 MV 를 추정하는 방식이다. 기존의 추정 방식은 원래 크기의 영상에서만 MV 를 추정했다[1-4]. 하지만 피라미드 추정 방식은 여러 개의 축소된 크기의 영상에서도 MV 를 추정한다. 각 크기의 영상에서 블록과 검색영역의 절대 크기는 동일하지만 축소된 영상일수록 상대적으로 블록과 검색영역의 크기는 축소비율에 반비례하며 커지게 된다. 이에 따라 축소된 영상일수록 MV 도 커지게 된다. 이렇게 함으로써 움직임이 큰 물체의 영역이 한 블록과 검색영역 안에 들어갈 가능성이 높아지게 되어 움직임이 큰 영역에서 물체의 MV 를 좀 더 정확하게 추정할 수 있다는 장점이 있다. 그리고 이 과정은 그림 1 에 제시되어 있다.

다음으로 각 축소된 크기의 현재프레임과 이전 프레임에 쿼드트리를 이용한 MCFI 방식을 적용하여 MV 를 추정한다. 기존 방식에서 자주 사용하던 블록 정합 기법은 MV 를 추정 시 모든 블록의 크기가 일정하게 추정된다. 그러나 작은 물체가 움직임이 커지며 주위 배경의 움직임과 다른 방향으로 움직일 경우, 기존 방법을 이용하면 배경과 물체가 같은 방향으로 움직이게 되어 물체의 움직이는 방향에 맞게 MV 가 추정되지 않는다. 그러나 그림 2 에서 제시된 바와 같이, 쿼드트리를

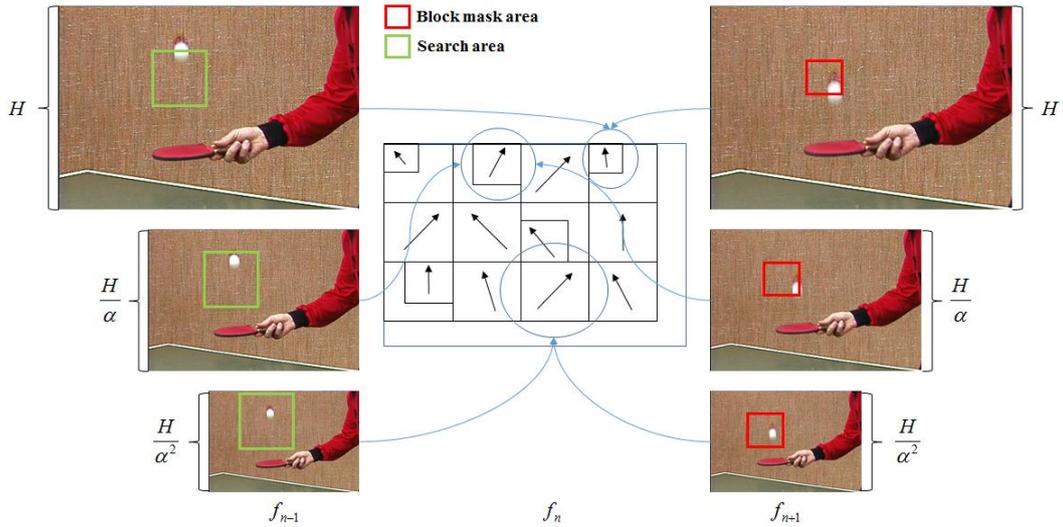


그림 1. 피라미드 구조를 이용한 MV 추정과정.

이용한 추정 방식이 적용된 MCFI 방식을 이용하면 블록 크기를 움직임의 정도에 따라 다르게 조절함으로써 좀더 정확한 MV를 추정할 수 있다. 이 방식은 크게 세 과정으로 이루어지는데 첫 번째는 각 블록영역을 정하고, 두 번째는 정해진 각 블록영역으로 MV를 추정하는 것이다. 마지막으로, 프레임 영상의 크기를 변경해가며 앞의 두 과정을 반복한다. 첫 번째 과정은 다음에 제시되는 다섯 단계로 이루어진다.

단계 1) 먼저, 그림 2(a)와 같이 가로로 분할한다. 각 크기의 영상에서 이전 프레임과 현재 프레임의 차이로 구성된 프레임을 구한다.

$$D_{\alpha}(x, y) = f_{n+1, \alpha}(x, y) - f_{n-1, \alpha}(x, y) \quad (1)$$

단계 2) 이전 프레임과 현재 프레임 차 영상으로 구성된 프레임에서 전체 분산을 구한다.

$$V_f = \sum_{y=<H>} \sum_{x=<W>} (D_{\alpha}(x, y) - \mu_{f, \alpha})^2 \quad (2)$$

단계 3) 차로 구성된 프레임을 가로로 2^k 픽셀 크기로 일정하게 나누어 블록영역을 정하여 분산을 구한다.

$$V_{B, \alpha, k} = \sum_{y=<H>} \sum_{x=<2^k>} (D_{\alpha}(x, y) - \mu_{B, \alpha, k})^2 \quad (3)$$

단계 4) 구해진 전체 분산 V_f 와 각 나누어진 블록영역의 분산 V_B 를 비교하여 V_B 가 더 크면 움직임이 큰 영역으로 간주하여 블록 영역을 반으로 나누기 위해 k 를 1 감소시키며 3 단계부터 다시 반복한다. 반대로 V_f 가 크면 반복을 멈춘다.

단계 5) 최종적으로 구해진 블록 영역의 경계를 정한다.

세로 영역의 분할도 같은 방식으로 그림 2(b)와 같이 실시한다. 그러면 최종적으로 나누어진 경계는 그림 2(c)와 같다. 그리고 이렇게 정해진 블록 영역별로 블록 정합 기법을 적용하여 각 블록 별 MV를 추정한다.

마지막으로, 나누어진 블록들과 각 블록들의 MV를 이용하여 보간을 실시한다. 0.5 배로 축소된 영상부터 시작해서

원래 크기의 영상으로 차례대로 보간을 실시한다.

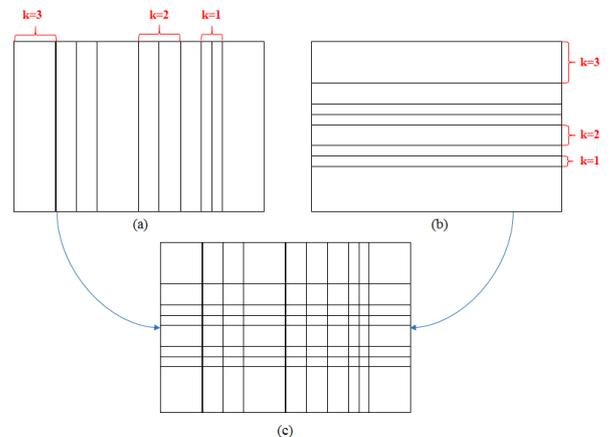


그림 2. 쿼드트리 추정 방식을 이용한 블록영역 나누기.

3. 시뮬레이션 결과

제안된 방법은 PC(Intel® Core™ i5-4570 CPU @ 3.20GHz 3.20GHz)에서 Visual C++를 이용해 실험했다. 제안된 방법을 실험하기 위해 352×288 의 “Foreman” 영상을 사용했다. 그리고 색상채널은 RGB 채널 모두 사용했다.

그림 3.에서는 기존의 MCFI 방법과 본 논문에서 제안한 방법의 시뮬레이션 결과를 볼 수 있다. 그림 3(a)의 Average는 단순히 이전프레임과 현재프레임을 평균한 결과이고, 그림 3(b)는 forward MCFI 방법을 사용한 결과이다. 그림 3(c)는 본 논문에서 제시된 PQ-MCFI 방법을 이용해 움직임을 보상하였다.

그림 3(c)에서는 그림 3(a)와 달리 물체가 크고 다양한 방향으로 움직이는 영역에서 이미지의 겹치는 현상이 많이 줄어들었다는 것을 알 수 있다. 그림 3(b)와 비교해도 블록의 경계가 나타나는 현상도 많이 줄어들었음을 확인할 수 있다.

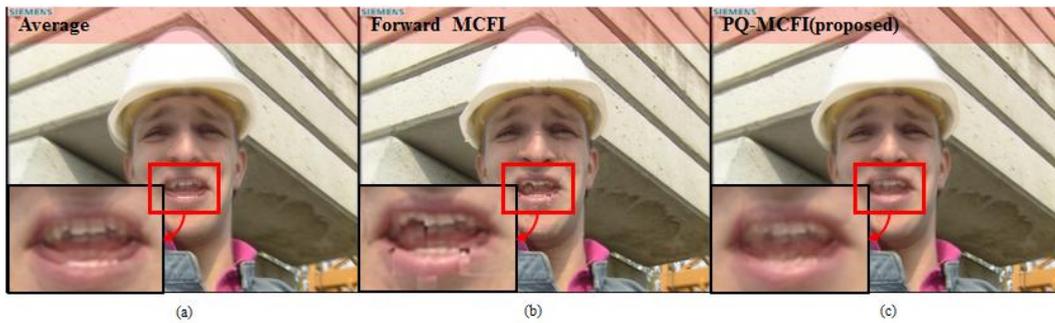


그림 3. MCFI 결과 비교.

그리고 위의 결과를 객관적으로 비교하기 위해 그림 4 에서와 같이 peak signal to noise ratio (PSNR)을 사용했다[5,6]. 제시된 방법인 PQ-MCFI 가 다른 방법에 비해 대체적으로 더 좋은 성능을 나타내는 것을 알 수 있다. 프레임의 뒷부분에서는 움직임이 작은 영역으로서 오히려 MCFI를 사용하지 않고 원래의 영상을 그대로 이용하는 방법인 Average 가 PSNR 이 높게 나온다. 그러나 앞 부분에서부터 중간 부분까지는 물체의 움직임이 대체적으로 크고 방향이 다양하기 때문에 제시된 방법이 훨씬 더 좋은 성능을 낸다는 것을 확인할 수 있다.

표 1 에서는 각 방법으로 추정된 프레임 전체의 PSNR 평균이 제시되어 있다. 그림 4 에서 제시된 것과 같이 제안된 방법인 PQ-MCFI 가 뒷부분의 PSNR 이 다소 떨어지더라도 전체적으로 PQ-MCFI 방법의 PSNR 이 다른 방법에 비해 더 높다는 것을 알 수 있다.

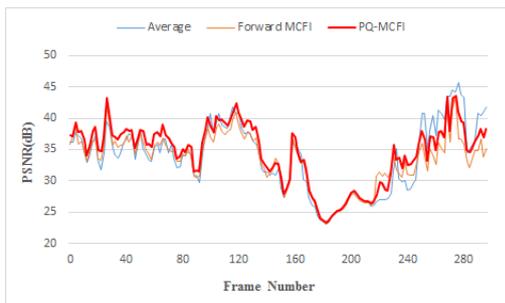


그림 4. 각 MCFI 방식의 PSNR 비교

표 1. 각 MCFI 방식의 평균 PSNR 비교

Method	Average	Forward MCFI	PQ-MCFI
PSNR (dB)	33.85	33.42	34.52

4. 결론

본 논문에서는 새로운 MCFI 방식인 PQ-MCFI 방식을 제안했다. 다양한 프레임 사이즈에서 움직임을 추정하는 피라미드 추정방식을 통해 큰 움직임이 있는 물체에서 MV 를 추정할 수 있으며, 쿼드트리를 이용한 추정방식을 통해 다양한 방향으로 움직이는 물체에 대해 정확하게 MV 를 추정할 수

있다. 실험 결과, PQ-MCFI 방식이 한 프레임 내에서 물체들이 크게, 다양한 방향으로 움직일수록 시각적으로 화질이 개선될 수 있음을 확인했다. 그리고 객관적 지표인 PSNR 을 통해서도 PQ-MCFI 방식이 대체적으로 성능이 좋다는 것을 확인했다. 따라서 제안된 방법을 통해 물체가 빠르게 움직이는 장면과 다양한 방향으로 움직이는 장면에서 더 정밀한 결과를 보임을 알 수 있다.

이 논문은 정부(교육부)의 재원으로 한국과학창의재단의 지원을 받아 제작됨

참고문헌

- [1] H. Gu and Y. Li, "The research of block motion estimation algorithm in video compression," *Proc. 2004 Int. Conf. Machine Learning and Cybernetics*, vol. 6, pp. 3579-3582 Aug. 2004.
- [2] S. Fujiwara and A. Taguchi, "Motion-compensated frame rate up-conversion based on block matching algorithm with multi-size blocks," *Proc. Int. Symp. Intelligent Signal Processing and Communication Systems*, 2005.
- [3] B. Choi, S. Lee and S. Ko, "New frame rate up-conversion using bi-directional motion estimation," *IEEE Trans. Consum. Electr.*, vol. 46, no. 4, pp. 954-962, 2002.
- [4] J. Zhai, K. Yu, J. Li, and S. Li, "A low complexity motion compensated frame interpolation method," *IEEE Int. Conf. Circuits and Systems*, vol. 5, pp. 4927-4930, May 2007.
- [5] ITU-R Recommendation J.144, Objective Perceptual video quality measurement techniques for digital cable television in the presence of a full reference, International Telecommunication Union, 2004.
- [6] A. Hore and D. Ziou, "Image quality metrics: PSNR vs. SSIM," *Proc. 20th Int. Conf. Pattern Recognition (ICPR)*, pp.2366-2369, 2010.