

프레임 율 향상을 위한 향상된 이중 움직임 추정 기법

*김진경, **유송현, **정제창

*한양대학교 융합전자공학부, ** 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과

*eyelives@naver.com, **fkdlzmftld@hanyang.ac.kr, jjeong@hanyang.ac.kr

Enhanced Dual Motion Estimation Algorithm for Frame Rate Up-Conversion

*Jinkyong Kim, **Songhyun Yu, **Jechang Jeong

*Department of Electronic Engineering, Hanyang University

** Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University

요 약

본 논문은 프레임 율 향상을 위한 움직임 추정 알고리즘을 제안한다. 양방향 움직임 추정은 중첩 영역이나 홀(hole) 영역이 발생하지 않지만 물체의 실제 움직임을 찾는 데에 어려움이 있다. 이중 움직임 추정 방법은 이를 어느정도 해결하였지만 여전히 실제 물체의 이동과는 다른 움직임 벡터들이 남아있다. 움직임 벡터의 정확도를 향상시키기 위해 기존의 이중 움직임 추정 알고리즘을 토대로 SMD (side matching distortion)를 움직임 추정 매칭 식에 결합한 새로운 매칭 기준 식을 제안한다. 결과적으로 제안하는 알고리즘은 기존의 이중 움직임 추정 방법에 비해 정량적으로 PSNR (peak signal-to-noise ratio)이 크게 향상되었으며 주관적으로도 뛰어난 결과를 보여주었다.

1. 서론

프레임 율 향상 (FRUC: frame rate up-conversion) 기술은 프레임을 보간하여 영상의 프레임율을 증가시키는 기술이다. 자연스러운 중간 프레임을 보간하기 위해서 움직임 보상 FRUC (motion compensated FRUC) 알고리즘 [1-5] 이 주로 사용된다. 이는 크게 움직임 추정, 움직임 벡터 수정, 프레임 보간의 세 단계로 이루어진다.

움직임 추정의 방법에는 단방향 움직임 추정 (UME: unidirectional motion estimation)과 양방향 움직임 추정 (BME: bidirectional motion estimation)이 있다. UME 는 물체의 움직임을 비교적 정확히 찾는 반면 보간 프레임에 중첩 영역과 홀(hole)이 발생한다는 단점이 있다. BME 는 중첩 영역과 홀(hole)이 발생하지 않지만, 보간프레임을 기준으로 대칭적으로 움직임을 추정하기 때문에 실제 물체의 움직임과 다른 움직임을 찾을 수 있다는 단점이 있다.

Kang 등[1]은 BME 와 UME 의 성질을 모두 이용한 이중 움직임 추정 (DME: dual motion estimation)을 제안하였다. DME 는 BME 의 단점을 어느 정도 개선시킨 하였지만, 여전히 실제 움직임과 다른 움직임 벡터들은 다수 존재한다. 본 논문에서는 보다 정확한 움직임 벡터를 찾기 위한 개선된 DME (E-DME: enhanced dual motion estimation) 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 나머지는 다음의 순서로 구성된다. 2 장에서는 제안하는 알고리즘을 기존 알고리즘 [1]과 비교하여 설명하고,

3 장은 실험 결과를 보여준다. 마지막으로 4 장에서 논문의 결론을 짓는다.

2. 제안하는 알고리즘

2.1 절에서 기존의 DME [1]에 대해 간략히 설명하고, 2.2 절에서 DME 를 바탕으로 제안하는 E-DME 알고리즘을 설명한다.

2.1 이중 움직임 추정

BME 는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$SAD_{bi}(B, v) = \sum_{i \in B} |f_{n-1}(i+v) - f_n(i-v)| \quad (1)$$

$$v_B = \arg \min_{v \in SR} \{SAD_{bi}(B, v)\}$$

여기서 $SAD_{bi}(B, v)$ 는 블록 B 에서 움직임 벡터 후보 v 를 사용했을 때의 SAD (sum of absolute differences) 값이다. f_{n-1} 과 f_n 는 각각 이 전 프레임과 현재 프레임을 나타내고, i 는 화소 위치이다. SAD 값이 최소가 되는 위치를 현재 블록의 움직임 벡터(v_B)로 지정한다.

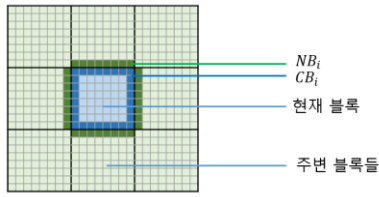


그림 1. 식 (3)의 기호들을 그림으로 나타낸 것.

DME 는 BME 의 SAD 식에 UME 의 SAD 를 결합하여 다음과 같이 나타낸다.

$$SAD_{dual}(B, v) = \left\{ \sum_{i \in B} |f_{n-1}(i-v) - f_n(i+v)| + \sum_{i \in B} |f_{n-1}(i-2v) - f_n(i)| \right\} \quad (2)$$

$$v_B = \arg \min_{v \in SR} \{SAD_{dual}(B, v)\}$$

기본 BME 식에 UME 식을 SAD 계산식에 결합함으로써, 현재 블록의 주변 화소들까지 함께 움직임 추정에 사용되기 때문에 BME 에 비해 움직임 벡터의 정확도를 향상시킬 수 있다.

2.2 개선된 이중 움직임 추정

SMD 는 [1]에서 움직임 추정 후 움직임 벡터 수정을 위해 사용되며, 다음 식으로 주어진다.

$$SMD(v) = \frac{1}{N} \sum_i |f_{in}(CB_i, v) - f_{in}(NB_i, v)| \quad (3)$$

여기서 f_{in} 은 보간프레임을 나타낸다. CB_i 는 현재 블록의 경계 부분 화소 위치를 의미하고 NB_i 는 CB_i 위치와 인접한 주변 화소를 의미한다. N 은 CB_i 의 개수이다. 그림 1 은 이들을 그림으로 표현한 것이다.

SMD 는 BME 를 통해 구한 움직임 벡터가 주변의 보간된 화소들과 어울리는 정도를 경계 화소들간의 절대값의 차를 이용해 수식으로 표현한 것이다. 제안하는 E-DME 에서는 SMD 를 움직임 추정 과정에 포함시킨다. 이는 다음과 같은 수식으로 표현된다.

$$SAD_{edual}(B, v) = \left\{ \sum_{i \in B} |f_{n-1}(i-v) - f_n(i+v)| + \sum_{i \in B} |f_{n-1}(i-2v) - f_n(i)| + SMD(v) \right\} \quad (4)$$

$$v_B = \arg \min_{v \in SR} \{SAD_{edual}(B, v)\}$$

움직임 추정 과정을 블록 단위로 raster scan order 순서로 진행하면, 현재 블록이 처리되는 순간에 현재 블록을 기준으로



(a) (b)



(c) (d)

그림 2. 실험 결과 영상. (a), (c) [1]의 결과영상, (b), (d) 제안하는 알고리즘의 결과 영상

왼쪽과 위쪽 영역의 주변 화소들 만을 이용할 수 있다. 따라서 식 (3)에서의 SMD 는 현재 블록의 왼쪽과 위쪽의 경계부분에서만 계산된다. 추가로, 제안하는 알고리즘인 식 (3)에는 식 (2)의 SMD 식에서 N 으로 나누어주는 과정을 생략한다.

3. 실험 결과

여러 개의 CIF 해상도를 가지는 표준 실험 영상들을 실험에 사용하였다. 객관적 평가로는 PSNR (peak signal-to-noise ratio)을 사용하였고, 주관적 평가에서 보간된 결과 영상의 화질을 비교한다.

표 1 은 PSNR 결과를 나타낸다. 모든 영상에서 제안하는 알고리즘은 DME [1]에 비해 높은 PSNR 값을 나타냈으며, 평균적으로 2.471 dB 의 상승을 보였다. 그림 2 는 DME 와 제안하는 알고리즘의 결과 영상을 비교한다. 그림 2 (a) 와 (b)는 *foreman* 영상의 6 번째 프레임 을 보여준다. 그림 2 (a)

표 1. PSNR 비교 (dB)

| 실험영상(프레임 수) | Dual [1] | 제안하는 알고리즘 |
|----------------------------------|----------|-----------|
| <i>News (90)</i> | 34.946 | 35.293 |
| <i>Stefan (90)</i> | 24.324 | 25.003 |
| <i>Foreman (300)</i> | 29.191 | 32.700 |
| <i>Mother and Daughter (300)</i> | 38.726 | 42.226 |
| <i>Mobile (300)</i> | 23.113 | 27.434 |
| 평균 | 30.060 | 32.531 |

에서 텍 부분에 움직임 벡터 오류가 생겼지만 그림 2 (b)에서는 깔끔하게 보간 되었다. 그림 2 (c) 에서 배경의 무용수의 얼굴 부분이 제대로 보간 되지 않았지만, 그림 2 (d)에서 자연스럽게 보간 되었다.

4. 결론

본 논문에서, 프레임 율 향상을 위한 움직임 추정 방법을 제안하였다. DME 를 기본 알고리즘으로 사용하고 이에 SMD 를 움직임 추정 계산 식에 포함시켜서 움직임 추정을 위한 새로운 매칭 기준을 제시하였다. 결과적으로 PSNR 의 큰 향상과 주관적으로도 더 선명한 보간 프레임을 보여주었다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신 · 방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [2014-0-00670, ICT 장비용 SW 플랫폼 구축]

참고 문헌

- [1] S. J. Kang, S. Yoo, and Y. H. Kim, "Dual motion estimation for frame rate up-conversion," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 20, no. 12, pp. 1909-1914, Dec. 2010.
- [2] C. Cafforio, F. Rocca, and S. Tubaro, "Motion compensated image interpolation," *IEEE Trans. Communication*, vol.38, no.2, pp.215 - 222, Feb.1990.
- [3] S. H. Lee, Y. C. Shin, S. Yang, H. H. Moon, and R.H. Park, "Adaptive motion-compensated interpolation rate-up-conversion," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol.48,no.3, pp.444-450, Aug. 2002.
- [4] D. G. Yoo, S. J. Kang, and Y. H. Kim, "Direction-select motion estimation for motion-compensated frame rate up-conversion," *J. Display Technol.*, vol. 9, no. 10, pp. 840-850, Oct. 2013.
- [5] C. Wang, L. Zhang, Y. He, and Y. P. Tan, "Frame rate up-conversion using trilateral filtering," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 20, no. 6, pp. 886-893, Jun. 2010.