

정 화소 움직임 벡터와 반 화소 움직임 벡터의 상관성을 이용한 빠른 반 화소 움직임 추정 기법

윤 효 순^{*} · 이 귀 상^{**}

요 약

동영상 데이터를 실시간으로 전송하기 위해서는 데이터의 압축이 필수적인데, 이때 움직임 추정 기법을 사용하여 동영상내에 존재하는 중복된 데이터를 제거함으로써 데이터를 압축한다. 일반적으로, 움직임 추정 기법은 정 화소 움직임 벡터 추정과 반 화소 움직임 벡터 추정으로 이루어져 있는데, 블록 정합 기법을 사용하는 정 화소 움직임 벡터 추정을 위하여 많은 기법들이 제안되어 정 화소 움직임 추정에 소요되는 계산량을 줄였지만, 반 화소 보간과 블록 정합 기법을 사용하는 반 화소 움직임 벡터 추정을 위해서 그렇지 않다. 본 논문에서는 많은 계산량을 필요로 하는 반 화소 움직임 추정을 위한 기법을 제안하였는데, 제안된 기법은 정 화소와 반 화소 사이에 존재하는 움직임 벡터들의 상관성을 이용하였다. 실험을 통하여, 제안된 기법과 일반적으로 반 화소 움직임 추정에 사용되는 기법을 비교하였을 경우, 제안된 기법은 움직임 보상 예측된 화질면에 있어서 약 0.07~0.69 (dB)정도 지하되었지만, 반 화소 움직임 벡터 추정의 속도면에 있어서 약 2.5~80배 이상 높은 성능 향상을 보였다.

A Fast Half Pixel Motion Estimation Method based on the Correlations between Integer pixel MVs and Half pixel MVs

HyoSun Yoon^{*} · GueeSang Lee^{**}

ABSTRACT

Motion Estimation (ME) has been developed to remove redundant data contained in a sequence of image. And ME is an important part of video encoding systems, since it can significantly affect the quality of an encoded sequences. Generally, ME consists of two stages, the integer pixel motion estimation and the half pixel motion estimation. Many methods have been developed to reduce the computational complexity at the integer pixel motion estimation. However, the studies are needed at the half pixel motion estimation to reduce the complexity. In this paper, a method based on the correlations between integer pixel motion vectors and half pixel motion vectors is proposed for the half pixel motion estimation. The proposed method has less computational complexity than the full half pixel search method (FHSM) that needs the bilinear interpolation of half pixels and examines nine half pixel points to the find the half pixel motion vector. Experimental results show that the speedup improvement of the proposed method over FHSM can be up to 2.5~80 times faster and the image quality degradation is about to 0.07~0.69 (dB).

키워드 : 움직임 추정(Motion Estimation), 움직임 벡터(Motion Vector), 블록 정합 기법(Block Matching Algorithm)

1. 서 론

최근 정보 통신의 발달로 동영상 처리에 대한 요구가 증가되므로 이에 따른 가장 큰 문제점은 데이터 증가이다. 동영상 내에 존재하는 중복된 데이터는 시간적, 공간적, 통계적 중복성을 이용하여 압축한다. 특히 동영상에서 가장 많은 데이터 중복성을 가지고 있는 시간적 중복성은 참조 프

레이의 데이터를 이용하여 움직임 추정과 움직임 보상을 수행하고 이 때 추정된 움직임 벡터(Motion Vector: MV)에 의해서 보상된 영상과 원 영상과의 차 신호를 부호화 함으로써 높은 데이터 압축률을 가져온다.

일반적으로 알려진 움직임 추정(Motion Estimation: ME) 기법은 데이터 흐름의 규칙성, 계산의 복잡도, 하드웨어의 구현을 고려하여 블록 정합 기법을 많이 사용하여 움직임 벡터를 추정하고, 움직임 벡터 추정을 정 화소 단위와 반 화소 단위까지 하고 있다. 즉, 움직임 추정에서, 정 화소 움직임 벡터 추정은 블록 정합 기법을 사용하고, 반 화소 움직임 벡터 추정은 반 화소 보간과 2차 블록 정합 기법을 사

* 이 논문은 2004년도 한국과학기술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRRF 2004-041-D00527).

[†] 윤 효 순 : 전남대학교 전산학과

^{**} 이 귀 상 : 전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

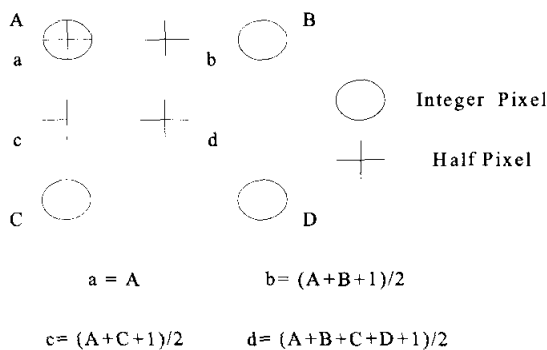
논문접수 : 2004년 2월 5일, 심사완료 : 2005년 3월 15일

용하여 각각 움직임 벡터를 찾는다. 정 화소 움직임 벡터 추정을 위한 대표적인 기법들로는 3단계 탐색 기법(Three Step Search:TSS)[1], 새로운 3단계 탐색 기법(New Three Step Search:NTSS)[2], 2차원 로그형 탐색 기법(2 Dimension LOGarithmic search:2DLOG)[3], 4단계 탐색 기법(Four Step Search:4SS)[4], 다이아몬드 탐색 기법(Diamond Search:DS)[5][6], 그리고 2단계 탐색 기법(2 Step Search:2SS)[7], 육각형 탐색 기법(HEXagon-Based Search:HEXBS)[8] 그리고 시·공간적 상관성을 이용한 기법[9][10][11]들이 정 화소 움직임 벡터 추정에 소요되는 계산량을 줄이기 위하여 제안되었다. 그리고 반 화소 보간과 2차 블록 정합을 수행하는 반 화소 단위의 움직임 벡터 추정에 소요되는 계산량을 줄이기 위한 기법들 [12][13][14]들이 있는데, 이 기법들은 정 화소 단위에서 얻어진 정 화소 단위의 블록 정합 오차 값들을 이용하여 반 화소 단위에서 반 화소 움직임 벡터가 존재할 가능성이 많은 반 화소를 예측하여, 이점을 중심으로 근처에 있는 반 화소들을 조사하거나, 또는 반 화소 단위에서의 탐색 패턴을 변경함으로써 2차 블록 정합을 수행하는데 소요되는 탐색점 수를 줄였다. 이러한 반 화소 기법들은 계산량이 많은 반 화소 보간을 필수적으로 수행해야 하는데, 제안된 기법에서는 정 화소 단위의 움직임 벡터와 반 화소 단위의 움직임 벡터간에 존재하는 상관성을 이용하여 반 화소 보간을 적용적으로 수행하는 기법을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 반 화소 움직임 추정 기법에 대하여 설명하고, 3장에서는 제안된 기법을 기술하였다. 그리고 4장에서는 기존 기법과 성능을 비교한 후, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

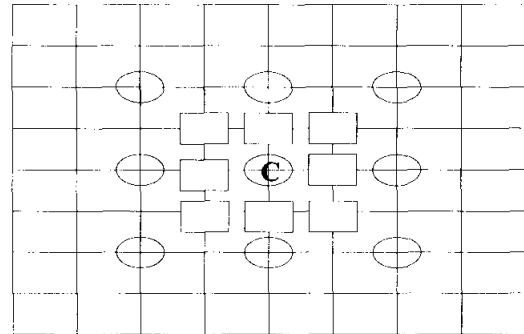
2. 기존의 반 화소 움직임 추정(Motion Estimation) 기법

일반적으로 사용되고 있는 반 화소 움직임 추정 기법은 반 화소 보간과 2차 블록 정합 기법을 필요로 하는데, 반 화소들은 (그림 1)의 반 화소 보간식에 의하여 구해진다.



(그림 1) 반 화소 보간식

그리고 2차 블록 정합 기법은 (그림 2)와 같이 정 화소 움직임 벡터 'c'를 포함한 주변에 있는 8개의 반 화소들의 정합 오차를 구해, 가장 적은 정합 오차를 가지고 있는 반 화소의 위치를 반 화소 움직임 벡터로 추정한다.



Half Pixel
 Integer Pixel
 The M V of Integer Pixel

(그림 2) 반 화소의 위치

이러한 과정을 수행하는 반 화소 움직임 추정은 많은 계산량을 필요로 하기 때문에, 이들의 계산량을 줄이기 위하여 여러 가지 기법[12][13][14]들이 제안되었다. 이 기법들은 정 화소 단위에서 얻어진 정 화소 단위의 블록 정합 오차 값들을 이용하여 반 화소 단위에서 반 화소 움직임 벡터가 존재할 가능성이 높은 반 화소를 예측하고, 예측된 반 화소를 중심으로 근처에 있는 반 화소들을 조사하거나, 또는 반 화소 단위에서의 탐색 패턴을 변경함으로써 2차 블록 정합을 수행하는데 소요되는 탐색점 수를 줄였다. 이러한 기법들은 2차 블록 정합을 수행하기 전에 계산량이 많은 반 화소 보간을 반드시 수행한다.

3. 정 화소 움직임 벡터와 반 화소 움직임 벡터의 상관성을 이용한 빠른 반 화소 움직임 추정 기법

반 화소 움직임 추정에 소요되는 계산량을 줄이기 위한 방법으로는 반 화소 보간을 스킵(skip)하거나 또는 2차 블록 정합을 수행하는데 소요되는 탐색점 수를 줄이는 방법이 있는데, 기존에 제안된 기법들은 2차 블록 정합을 수행하는데 소요되는 탐색점 수를 줄임으로써 계산량을 줄였다. 제안된 기법에서는 정 화소 움직임 벡터와 반 화소 움직임 벡터 사이에 존재하는 상관성을 이용하여, 즉 정 화소 단위에서의 움직임 벡터가 (0,0)일 때 반 화소 단위에서 움직임 벡터가 (0,0)일 확률이 높다는 성질을 이용하여 반 화소 보간을 적용적으로 수행하였다. <표 1>은 정 화소 움직임 벡터가 (0,0)일 때 반 화소 움직임 벡터가 (0,0)일 확률을 나타내는

<표 1>

| | | | | | | | | | | |
|-------|--------|-----------|---------|-----|------|----------|--------|--------|-------|-------|
| Akiyo | Claire | Container | Foreman | M&D | News | Salesman | Silent | Stefan | Suzie | Table |
| 96% | 95% | 97% | 78% | 91% | 93% | 95% | 92% | 77% | 84% | 93% |

<표 2>

| | | | | | | | | | | |
|-------|--------|-----------|---------|-----|------|----------|--------|--------|-------|-------|
| Akiyo | Claire | Container | Foreman | M&D | News | Salesman | Silent | Stefan | Suzie | Table |
| 98% | 95% | 98% | 45% | 93% | 93% | 97% | 98% | 32% | 72% | 73% |

데 약 77%~97%가 같았고, <표 2>는 정 화소 움직임 벡터가 (0,0)일 확률을 나타내는데 약 32%(움직임이 큰 영상인 경우)~98%(움직임이 작은 영상)이다.

지고 있는 반 화소를 반 화소 움직임 벡터로 추정하고 탐색을 마친다.

4. 실험 결과

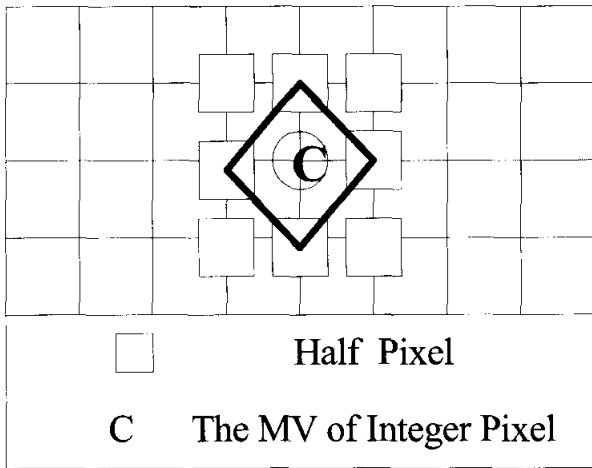
제안된 기법의 성능을 평가하기 위하여 실험 영상으로는 QCIF인 Akiyo, Claire, Container, Foreman, Mother & Daughter, News, Salesamn, Silent, Stefan, Suzie 그리고 Table 영상을 각각 300 프레임을 사용였고, 비교 탐색 기법으로는 일반적으로 사용하고 있는 반 화소 움직임 추정 기법 (Full Half pixel Search Method :FHSM), 반 화소 보간과 9개의 반 화소 탐색점들을 검사하는, 을 사용하였다.

성능 비교 함수로는 영상 화질의 품질을 평가하기 위하여 PSNR(Peak Signal-to-noise Ratio)을 사용하였는데, PSNR은 다음과 같이 정의되었다.

$$MSE = \left(\frac{1}{MN}\right) \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [x(m, n) - \hat{x}(m, n)]^2 \quad (식 1)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (식 2)$$

여기에서 (식 1)에서 M,N은 영상의 가로와 세로의 크기이고, $x(m, n)$ 는 원 영상화면을 나타내고, $\hat{x}(m, n)$ 는 움직임 보상 예측된 화면을 나타낸다. 각 영상에 대한 실험 결과를 <표 3>, <표 4>에 나타냈는데 <표 3>에는 각 실험 영상에 대한 PSNR(dB)의 평균을 나타내었고, <표 4>에는 각 실험 영상에서 각 블록의 반 화소 움직임 벡터 추정 시 사용되는 (정 화소 움직임 벡터 추정에 사용되는 탐색점 수와 반 화소 보간에 소요되는 계산량은 제외) 평균 탐색점 수 나타내었다. <표 3>과 <표 4>에서, FS-FHSM은 정 화소 움직임 벡터 추정을 위하여 전역 탐색 기법(FS)을 그리고 반 화소 움직임 벡터 추정을 위하여 FHSM기법을 사용하였다는 의미이고, FS-Proposed는 정 화소 움직임 벡터 추정을 위하여 FS를 그리고 반 화소 움직임 벡터 추정을 위



(그림 3) 작은 다이아몬드 탐색 패턴

그리고 2차 블록 정합 시, (그림 3)의 작은 다이아몬드 탐색 패턴을 탐색 패턴으로 사용하였다. 즉 제안된 반 화소 움직임 추정 기법은 반 화소 보간과 2차 블록 정합에서 각각 계산량을 줄일 수 있다. 제안된 기법은 다음과 같은 단계를 수행하여 반 화소 움직임 벡터를 추정한다.

제안 기법: 정 화소 움직임 벡터와 반 화소 움직임 벡터의 상관성을 이용한 빠른 반 화소 움직임 추정 기법

1단계: 정 화소 움직임 벡터가 (0,0)이면 반 화소 움직임 벡터를 (0,0)으로 결정하고 반 화소 움직임 벡터 추정을 마친다. 그렇지 않는 경우 2 단계를 수행한다.

2단계: 반 화소 픽셀들을 보간한 다음, 3단계를 수행한다.

3단계: 정 화소 움직임 벡터를 중심으로 작은 다이아몬드 탐색 패턴을 사용하여 반 화소 탐색 점들을 배치한 후, 각각의 반 화소에서의 오차값을 계산한 후, 최소 오차값을 가

〈표 3〉 각 실험 영상의 PSNR

| | FS-FHSM | FS-Proposed | DS-FHSM | DS-Proposed |
|-----------|---------|-------------|---------|-------------|
| Akiyo | 34.04 | 33.35 | 33.96 | 33.27 |
| Claire | 34.85 | 34.58 | 34.64 | 34.35 |
| Container | 32.06 | 31.42 | 31.42 | 31.34 |
| Foreman | 28.91 | 28.77 | 27.82 | 27.59 |
| M & D | 31.65 | 31.30 | 31.57 | 31.16 |
| News | 30.31 | 29.91 | 29.99 | 29.61 |
| Salesman | 32.64 | 32.33 | 32.56 | 32.24 |
| Silent | 31.33 | 31.02 | 31.10 | 30.79 |
| Stefan | 23.25 | 23.15 | 21.07 | 20.93 |
| Suzie | 32.18 | 32.00 | 31.87 | 31.59 |
| Table | 27.7 | 27.56 | 27.04 | 26.81 |

〈표 4〉 각 실험 영상의 평균 탐색점 수

| | FS-FHSM | FS-Proposed | DS-FHSM | DS-Proposed |
|-----------|---------|-------------|---------|-------------|
| Akiyo | 9 | 0.14 | 9 | 0.14 |
| Claire | 9 | 0.48 | 9 | 0.42 |
| Container | 9 | 0.39 | 9 | 0.32 |
| Foreman | 9 | 3.45 | 9 | 3.23 |
| M & D | 9 | 0.70 | 9 | 0.68 |
| News | 9 | 0.54 | 9 | 0.54 |
| Salesman | 9 | 0.22 | 9 | 0.22 |
| Silent | 9 | 0.90 | 9 | 0.89 |
| Stefan | 9 | 3.8 | 9 | 3.5 |
| Suzie | 9 | 2.26 | 9 | 2.22 |
| Table | 9 | 1.84 | 9 | 1.72 |

(정 화소 움직임 벡터 추정에 사용되는 탐색점 수와 반 화소 보간에 소요되는 계산량은 제외)

하여 제안된 기법을 사용하였다는 의미이다. DS-FHSM은 정 화소 움직임 벡터 추정을 위하여 다이아몬드 탐색 기법(DS)을 그리고 반 화소 움직임 벡터 추정을 위하여 FHSM 기법을 사용하였다는 의미이고, DS-Proposed는 정 화소 움직임 벡터 추정을 위하여 DS를 그리고 반 화소 움직임 벡터 추정을 위하여 제안된 기법을 사용하였다는 의미이다.

〈표 3〉에 나타나 있는 것과 같이 움직임 보상 예측된 화면의 화질면에 있어서 제안된 기법을 FHSM과 비교해 보았을 때, 제안된 기법은 Akiyo, Claire, Container, M&D, News, Salesman, Silent처럼 움직임이 작은 영상인 경우에는 0.26~0.69 (dB)정도 저하되었고, Foreman, Stefan, Suzie, Table처럼 움직임이 큰 영상인 경우에는 0.09~0.22 (dB)정도 저

하되었다. 움직임이 작은 영상인 경우, (0,0)인 정 화소 움직임 벡터가 많이 존재하므로 반 화소 보간과 2차 블록 정합을 수행하지 않으므로 화질 저하가 더 많았지만, <표 4>에 나타나 있는 것 같이 반 화소 움직임 벡터 추정 시 사용되는 (정 화소 움직임 벡터 추정에 사용되는 탐색점 수와 반 화소 보간에 소요되는 계산량은 제외) 평균 탐색점 수를 FHSM를 사용하였을 때와 비교해 보았을 때, 10 ~ 80 배 이상 빠르게 반 화소 움직임 벡터를 추정할 수 있었다. 움직임이 큰 영상인 경우, (0,0)인 정 화소 움직임 벡터가 많이 존재하지 않으므로 반 화소 보간과 2차 블록 정합을 수행하는 블록이 많으므로 화질 열화가 움직임이 작은 영상에 비해 적게 나타났으며, <표 4>에 나타나 있는 것 같이 반 화소 움직임 벡터 추정 시 사용되는 (정 화소 움직임 벡터 추정에 사용되는 탐색점 수와 반 화소 보간에 소요되는 계산량은 제외) 평균 탐색점 수를 FHSM를 사용하였을 때와 비교해 보았을 때, 2.5~3배 이상 빠르게 반 화소 움직임을 추정할 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 정 화소 움직임 벡터와 반 화소 움직임 벡터간에 존재하는 상관성, 즉 정 화소 단위에서의 움직임 벡터가 (0,0)일 때 반 화소 단위에서 움직임 벡터가 (0,0)일 확률이 높다는 성질을 이용하여 반 화소 움직임 추정 기법을 제안하였다. 실험을 통하여 제안된 기법을 일반적으로 반 화소 움직임 추정에 사용되는 기법(FHSM)과 비교하였을 경우, 제안된 기법은 움직임 보상 예측된 화질면에 있어서 약 0.07 (움직임이 큰 영상인 경우)~0.69 (움직임이 작은 영상인 경우) (dB)정도 저하되었지만, 반 화소 움직임 벡터 추정의 속도면에 있어서 약 2.5 배(움직임이 큰 영상인 경우)~80배(움직임이 작은 영상인 경우) 이상 높은 성능 향상을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] T.Koga, K.linuma, A.Hirano, Y.Ishiguro, "Motion compensated interframe coding for video conference", Proc. NTC81, pp.G5.3.1-5.3.5, Nov. 1981.
- [2] R.Li, B.Zeng and M.L.Liou, "A New Three Step Search Algorithm for Block Motion Estimation", IEEE Trans. on Circuits and System for Video Technology Vol. 4 No. 4 pp. 438-441, Aug. 1994.
- [3] J.R.Jain and A.K.Jain, "Displacement measurement and its application in Interframe image Coding", IEEE Trans. on Communications, Vol. 29 No. 12 pp.1779-1808, Dec. 1981.
- [4] L.M.Po and W.C.Ma, "A Novel Four Search Algorithm for Block Motion Estimation". IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology Vol. 6. pp.313-317, June 1996.
- [5] J.Y. Tham, S.Ranganath and A.A.Kassim, "A Novel Unrestricted Center-Biased Diamond Search Algorithm for Block Motion Estimation", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. Vol. 8 pp.369-377, Aug. 1998.
- [6] S.Zhu and K.K.Ma "A New Diamond Search Algorithm for Fast Block Matching Motion", IEEE Transaction on Image Processing Vol. 9 No. 2 pp287-290, Feb. 2000.
- [7] Yuk Ying Chung ,Neil W.Bergmann "Fast Search Block Matching Motion Estimation Algorithm using FPGA", Visual Communications and Image Processing 2000. Proc.SPIE Vol. 4067 pp913-921.
- [8] ce Zhu, Xiao Lin and Lap-pui Chau, "Hexagon based Search Pattern for Fast Block Motion Estimation", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. Vol. 12 No.5 pp.349-355, May. 2002.
- [9] Prabhudev Irappa Hosur and Kai-Kuang Ma, "Report on Performance of Fast Motion Estimation using Motion Vector Field Adaptive Search Technique (MVFAST)", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M5453, Dec 1999.
- [10] Prabhudev Irappa Hosur and Kai-Kuang Ma, "Report on Performance of Fast Motion Estimation using Motion Vector Field Adaptive Search Technique (MVFAST)", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M5851, March 2000.
- [11] Hyo-Sun Yoon and Guee-Sang Lee, " Low Complexity Motion Estimation based on Spatio-Temporal Correlations", Lecture Notes in Computer Science 2652.
- [12] Y. Senda, H.harasaki and M. Yano, " A Simplified motion estimation using an approximation for the MPEG-2 real time encoder," ICASSP'95, pp. 2273-2276.
- [13] Cheng Du, Yun He and Junli Zheng, "A Parabolic Prediction-Based, Fast Half-Pixel Search Algorithm for Very Low Bit-Rate Moving-Picture Coding," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. Vol. 13 No.6 pp.514-518, June. 2003.
- [14] Woong Il Choi, Byeungwoo Jeon, "Fast Motion Estimation with modified diamond search for variable motion block sizes", ICIP 2003, pp.371-374.



윤 효 순

e-mail : estheryoon@hotmail.com

1993년 호남대학교 전산통계학과 이학사

2002년 전남대학교 전산학과 이학석사

2005년 전남대학교 전산학과 이학박사

관심분야: 영상 압축, 영상 복원, 멀티미디어 통신



이 귀 상

e-mail : gslee@chonnam.ac.kr

1980년 서울대학교 전기공학과 학사

1982년 서울대학교 전기계산기 공학과 석사

1982년 금성통신 연구소 근무

1991년 Pennsylvania 주립대학 이학박사

1984~현재 전남대학교 전자 컴퓨터 정보

통신 공학부 교수

관심분야: 멀티미디어 통신, 영상처리 및 복원, 논리합성, VLSI/CAD