

시간 및 공간 정보의 가중합산을 이용한 움직임에 적응적인 디인터레이싱

변승찬⁰, 변정문, 김경환
 서강대학교 전자공학과
 {byun2133⁰, topus, gkim}@sogang.ac.kr

Motion adaptive de-interlacing using the weighted summation of the spatial/temporal information

SeungChan Byun⁰, JeongMoon Byun, GyeongHwan Kim
 Dept. of Electronic Engineering, Sogang University

요 약

비월주사(interlaced)에서 순차주사(progressive)로의 변환을 디인터레이싱(de-interlacing)이라 한다. 제안하는 방식은 움직임 검출을 통해 움직임이 없는 영역에서는 앞선 필드정보를 이용하여 별도의 계산량 없이 디인터레이싱을 하게 되며, 움직임이 있는 영역에서는 공간정보(spatial information)를 이용하여 디인터레이싱하는 ELA(Edge based line average) 방식과 양방향 움직임 추정(bi-directional motion estimation)을 통한 시간정보(temporal information)를 이용하여 디인터레이싱하는 움직임 보상방법 간의 가중합산(weighted summation)을 이용하여 디인터레이싱을 수행하는 방법을 제안한다. 이 때 가중치(weight)는 공간 및 시간 정보 모두를 사용하여 결정되어지며, 이렇게 결정되어진 가중치를 통해 각 방식의 단점을 극복하게 된다. 이러한 가중합산을 이용한 방법은 높은 계산복잡도 없이 단순한 구현을 통해 다양한 조건에서 높은 성능의 디인터레이싱이 가능토록 해주며, 그 하드웨어 구현을 용이하게 해준다.

1. 서 론

비월주사 스캔 방식(interlaced scanning format)은 인간의 시각시스템이 넓은 영역에서의 깜박임보다 디테일한 깜박임에 둔감한 점을 이용한 방식으로 움직임 영역에서의 톱니모양의 왜곡이 발생한다는 단점에도 불구하고 전송대역폭을 확보할 수 있기 때문에 TV의 디스플레이 시스템으로 널리 사용되었다[1]. 하지만 현재에 와서는 PC(personal computer)의 보급과 HDTV(high definition television) 등장으로 순차주사 스캔방식에 대한 요구가 많아짐에 따라 기존의 비월주사방식에서 순차주사방식으로의 변환(디인터레이싱)이 크게 부각되기 시작하였다. 이러한 디인터레이싱 방법은 다음과 같이 크게 3가지로 분류할 수 있다[2]. 1)공간정보를 이용한 디인터레이싱 방법(spatial de-interlacing technique), 2)시간정보를 이용한 디인터레이싱 방법(temporal de-interlacing technique) 그리고, 3)시공간정보를 이용한 하이브리드 디인터레이싱 방법(hybrid de-interlacing technique)이다. 본 논문에서 제시하는 방법은 일종의 하이브리드 방식[3]으로 공간정보를 이용하는 ELA방법과 시간정보를 이용하는 양방향 움직임 보상방법 간의 가중치의 조절을 통하여 공간 및 시간 정보 모두를 활용하여 높은 성능의 디인터레이싱 방법을 제안한다.

2. 움직임 검출

비월주사방식의 영상에서 움직임이 있는 경우, 수직 에지에 톱니모양의 영상 왜곡이 발생하지만, 그렇지 않은 경우는 앞선 필드값의 삽입했을 경우 가장 최적의 화질을 갖는다[4]. 또한 움직임 보상방법에 있어서 많은 연산시간을 요구하는 BMA(block matching algorithms)의 사용을 움직임이 없는 영역에서 생략할 수 있기 때문에 정확한 움직임 검출이 되었을 경우 그 성능뿐만이 아니라 보다 빠른 처리가 가능하다. 제안하는 방법에서의 움직임 검출은 앞서 디인터레이싱 된 영상과

현재 필드와 다음 필드를 필드삽입을 통해 얻어진 영상과의 차영상을 구하여 이루어지며, BMA의 적용을 위해 블록단위로 처리된다. 움직임 판단은 그 차이값이 특정 임계값을 만족시키는지 여부에 의해 결정되며, 이러한 재귀적(recursive) 처리는 3개의 필드만으로 보다 정확한 움직임 추정이 가능할 뿐만 아니라, 움직임 보상이 이를 이용하여 높은 성능 얻을 수 있다.

$$PD1 = |P - K| + |B - H| + |Q - M| \quad (1)$$

$$PD2 = |B - H| \quad (2)$$

$$PD3 = |A1 - G1| + |B1 - H1| + |C1 - I1| + |A - G| + |B - H| + |C - I| + |A2 - G2| + |B2 - H2| + |C2 - I2| \quad (3)$$

$$PD4 = |B - E| \quad (4)$$

$$F_{med} = median(J, K, L, E, M, N, O, B, H) \quad (5)$$

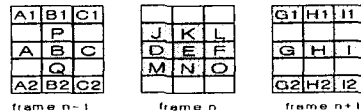


그림 1 픽셀단위의 움직임 처리

뿐만아니라, 디인터레이싱하는 과정에서 픽셀단위의 움직임 검출을 통해 보다 세밀한 움직임 검출로 블록처리로 인한 블록현상을 방지하게 된다. 그림 1의 E지점에서의 세부움직임 검출은 식(1), (2) 또는 식(3), (4)가 특정 임계값을 만족시키는지 여부에 의해 판단된다. 이러한 픽셀단위의 움직임 검출은 모든 영역에서 수행되며, 해당 식을 만족할 경우 움직임이 없다고 판단하여 앞선 필드값의 삽입을 통해 디인터레이싱하게 된다. 만약 블록단위의 움직임 검출에서 움직임이 없다고 판단한 영역에서 이를 만족시키지 못했을 경우 식(5)와 같은 미디언 필터를 거치게 되고, 움직임 영역에서 만족시키지 못했을 경우 가중변수에 의해 디인터레이싱 되어진다.

3. 가중변수 조절을 통한 디인터레이싱

제안되는 디인터레이싱 방식은 식(6)과 같은 형태로 디인터레이싱 과정에서 보간해야할 값들은 ELA와 움직임 보상값 간의 가중합산을 통해 이루어진다.

$$F_D(\vec{k}, n) = F_{ELA}(\vec{k}, n) \cdot (1 - w) + F_{MC}(\vec{k}, n) \cdot w \quad (6)$$

$$(0 \leq w \leq 1)$$

여기서 w 가 가중변수(weight parameter)이며 적합한 가중변수의 조절을 통해 각 디인터레이싱 방식의 단점을 극복, 높은 성능의 디인터레이싱을 수행하게 된다.

3.1 ELA(Edge based line average)

ELA 알고리즘은 단순히 수직방향의 평균값의 보간을 통해 디인터레이싱하는 가장 전통적인 방식인 line average를 개선한 것으로 방향성에 기반한 디인터레이싱 방법이다[1]. 이는 수직 방향 외에 양 대각선 방향을 추가시켜 3개의 패턴(수직 및 양 대각선방향)의 correlation이 가장 작은 방향으로의 평균을 통하여 디인터레이싱하는 것으로, 영상의 경계에서 보다 효율적인 디인터레이싱 방식이다. 이러한 방식은 구현이 매우 쉽고 빠른 속도의 디인터레이싱을 할 수 있지만, 기본적으로 line average에 근간하고 있기 때문에 영상의 blurring을 피할 수 없다.

3.2 움직임 보상(Motion compensation) 방법

일반적으로 비디오 영상에서 연속되는 영상은 서로 유사한 정보를 갖게 된다. 즉 서로 인접한 프레임 사이의 correlation이 존재하게 되고, 이를 이용하여 인접한 프레임에서 필요한 정보를 가져올 경우 매우 높은 성능의 디인터레이싱이 가능하다. 본 논문에서의 움직임 추정에는 배경이 움직이는 물체에 의해 가려지거나 나타나기 때문에 발생하는 문제를 해결하기 위해 양방향(bi-directional) BMA를 통하여 이루어지며, 이 때의 블록 크기는 8x8, matching criteria로 MAD(mean absolute difference)를 사용하였다. BMA를 통한 양방향 움직임 추정은 디인터레이싱 되어진 영상($F_D(\vec{k}, n-1)$)과 ELA를 통해 pre-blurring된 영상을 이용하여 재귀적 처리를 통해 움직임을 보상을 하게 된다[5]. 이는 식(7)과 (8)에서 보는 바와 같다[2][5].

$$f_{MC}(\vec{k}, n) = \begin{cases} F_D(\vec{k} - \vec{d}(x, y), n-1) & (\text{backward estimation}) \\ F_{ELA}(\vec{k} - \vec{d}(x, y), n+1) & (\text{forward estimation}) \end{cases} \quad (7)$$

$$F_{MC}(\vec{k}, n) = \begin{cases} f_{MC}(\vec{k}, n) & (y \bmod 2 = n \bmod 2) \\ f(\vec{k}, n) & (y \bmod 2 = n-1 \bmod 2) \end{cases} \quad (8)$$

식(7)과 (8)에서 \vec{d} 는 움직임 벡터를 나타내며, 이러한 움직임 보상 방식만으로 디인터레이싱 하였을 경우 부정확한 움직임 벡터나 인접한 필드 사이의 correlation 낮을 경우 매우 낮은 성능 보인다. 또한 BMA를 적용하였기 때문에 블록현상이 나타나 영상의 왜곡을 가져 올 수 있다.

3.3 가중변수의 조절

제안하는 방법은 ELA 방법과 움직임 보상 방법의 단점을 극복하기 위해 가중변수를 사용하여 각 방법의 장점을 취하게 되며, 가중변수는 그림 3의 순서도와 같은 과정을 통해 조절되어진다. 이 때, 움직임 추정시 정확한 움직임 벡터를 구하기 어려운 경우가 있기 때문에 신뢰성을 높이기 위해서 움직임 보상값과 ELA값이 16 픽셀 이내인 경우 움직임 보상값 대신 식(9)의

미디언 필터를 거친 값과 ELA값과의 가중합산을 통해 디인터레이싱 되어지며 그렇지 않은 경우는 식(10), (11), (12)에 의해 움직임 보상값 또는 미디언 필터값과 ELA값 간의 가중합산을 통해 디인터레이싱 되어진다.

$$F_{med} = \text{median}(J, K, L, M, N, O, F_{ELA}, F_{MC}, B(\text{or } H)) \quad (9)$$

$$D1 = \sum_{3 \times 3 \text{ mask}} |F_{ELA}(\vec{k}, n-1) - F_{ELA}(\vec{k}, n)| \quad (10)$$

$$D2 = \sum_{3 \times 3 \text{ mask}} |F_{ELA}(\vec{k}, n) - F_{ELA}(\vec{k}, n+1)| \quad (11)$$

$$D3 = \sum_{3 \times 3 \text{ mask}} |F_D(\vec{k} - \vec{d}(x, y), n \pm 1) - F_{ELA}(\vec{k}, n)| \quad (12)$$

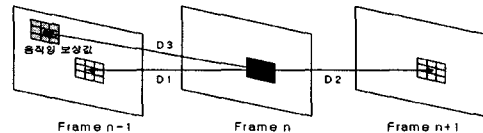


그림 2 가중변수 조절을 위한 mask

그림3의 순서도에서 min(edge)는 ELA연산시 결정된 correlation이 가장 작은 방향으로의 픽셀값의 차이를 뜻하며, h 와 v 는 BMA에 의해 얻어진 움직임 보상값을 기준의 3x3 mask과 디인터레이싱하고자 하는 곳에서의 3x3 mask 사이의 수평투영 및 수직투영의 차이값이다. 이는 수평에지성분의 오차가 클 경우 움직임 추정의 신뢰성이 떨어지기 때문에 이를 반영하기 위함이다. 이러한 가중변수의 조절은 움직임 보상값 및 ELA값 그리고 주변 픽셀값들을 이용하여 간단한 연산과 미디언 필터를 통해 이루어지며 이를 통해 블록처리로 인한 블록현상의 제거는 물론 움직임 추정이 어려운 조건에서도 높은 성능의 디인터레이싱을 가능케 해준다.

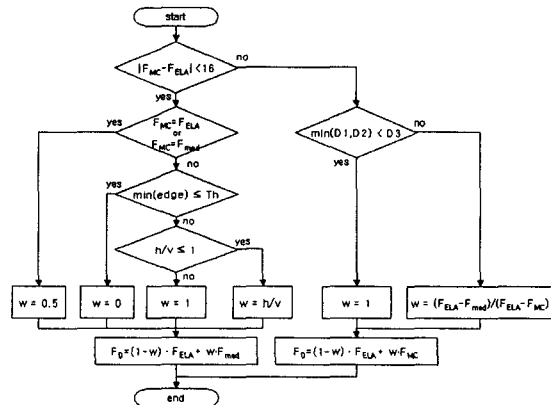


그림 3 가중변수조절

4. 결과

제안한 알고리즘의 성능을 수량적으로 검증하기 위해 순차주사 비디오 영상에서 even 필드와 odd 필드를 번갈아 다운샘플링하여 비월주사방식의 영상을 얻었으며, 이를 제안한 알고리즘으로 디인터레이싱한 영상과 원영상과 비교를 통해 그 성능을 확인하였다. 이 때 성능평가 방식으로 식(13)과 같은 mean square error(MSE)값을 사용하여 비교하였다.

$$MSE = \frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (F_{orig}(i, j) - F_D(i, j))^2 \quad (13)$$

식(13)에서 N 과 M 은 $N \times M$ 영상 size를, F_{orig} 는 순차주사영상, F_D 는 디인터레이싱된 영상을 나타낸다. 실험 영상은 장면변환, 줌인(zoom in), 줌아웃(zoom out), 디졸브(dissolve) 및 카메라의 움직임 등이 존재하는 비디오 영상들을 대상으로 했으며 MSE의 평균을 구해 그 결과를 표 1에 나타내었으며, 그림 4는 이 중 카메라와 대상물체 모두 움직임이 있는 foreman 비디오 영상 중 한 장면이다. 결과에서 알 수 있듯이 제안한 방식의 디인터레이싱은 블록현상 없이 다양한 조건에서 높은 성능을 보임을 알 수 있다. 표 1에서 ELA는 edge based line average, MED는 temporal median filter[1], MA-ELA는 움직임에 적응적인 ELA[6] 그리고 MC는 움직임 보상 방법에 의한 디인터레이싱을 나타낸다. 장면변환이 많고 급작스런 움직임 변화가 많은 soccer의 경우 공간정보만을 사용한 ELA가 가장 높은 성능을 보이며, 장면변환 없이 급작스런 움직임이 없는 mom의 경우 시간정보를 이용하는 MC가 상대적으로 높은 성능을 보임을 알 수 있다. 또한 정확한 움직임을 검출했을 경우 MA-ELA가 대체적으로 높은 성능을 유지함을 확인할 수 있다. 제안한 방식의 디인터레이싱은 공간 및 시간 정보를 통해 정확한 움직임 검출과 ELA와 MC에 적합한 가중치의 부여를 통해 각 방식의 장점을 취하는 방향으로 디인터레이싱하여 높은 성능을 보임을 확인할 수 있다.

알고리즘	ELA	MED	MA-ELA	MC	Proposed
mom	27.125	13.670	6.968	10.565	7.802
foreman	23.651	31.150	25.108	28.381	15.877
soccer	7.944	11.417	19.082	18.111	9.144
cops	44.173	34.656	29.529	38.783	25.927
kitty	36.843	26.624	17.044	36.839	15.313

표 1 실험결과(MSE의 평균)

5. 결론

제안한 알고리즘은 가중변수를 통해 공간 및 시간 정보 모두를 사용하여 보다 높은 성능의 디인터레이싱을 하였다. 시간정보의 사용은 영상의 blurring없이 높은 화질의 디인터레이싱을 가능하게 해주며, 부정확한 움직임 추정이나 급작스런 조명 및 장면 변화와 같이 시간적 변화가 큰 경우 공간정보를 이용하여 효율적인 디인터레이싱이 되도록 하였다. 또한 이러한 공간정보의 사용은 앞선 프레임과의 재귀적(recursive) 처리로 인한 에러전달(error propagation)없이 높은 성능을 유지하게 해준다. 또한, 디인터레이싱은 대부분의 경우 실시간 처리를 요구한다. 그렇기 때문에 이를 위한 하드웨어 구현이 필수적인데, 제안하는 방법은 그 구현이 단순하며, 가장 연산부담이 많은 움직임 추정 역시 상대적으로 낮은 복잡도와 구현이 단순한 BMA를 사용하였기 때문에 하드웨어적 구현에 적합하다[7]. 이러한 하드웨어 구현은 상대적으로 저가인 비월주사방식의 카메라를 이용하여 고가의 순차주사방식의 카메라와 같은 성능을 얻을 수 있게 해준다.

6. 참고문헌

- [1] G. de Haan and E.B. Bellers, "De-interlacing-An overview," Proceedings of the IEEE, Vol. 86, No. 9, pp. 1839-1857, Sep. 1998.
- [2] D. J. Wang and J. J. Leou, "A new approach to video format conversion using bidirectional motion estimation and hybrid error concealment," Journal of Information Science and Engineering, Vol. 17, No. 5, pp. 763-777, 2001.
- [3] A. Nguyen and E. Dubois, "Spatio-temporal adaptive interlaced-to-progressive conversion," in Signal Processing of HDTV, IV. Proc. International Workshop on HDTV'92, Kawasaki, Japan, Nov. 18-20, 1992 (E. Dubois and L. Chiariglione, eds.), (Amsterdam), pp. 749-756, Elsevier, 1993
- [4] S. K. Kwon, K. S. Seo, J. K. Kim, Y. G. Kim, "A motion adaptive de-interlacing method," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 38, No. 3, Sep. 1992.
- [5] Wang, F. and Anastassiou, D., "Time Recursive Deinterlacing for IDTV and Pyramid Coding," Image Communication, vol. 2, No. 3, Oct. 1990.
- [6] Shyh-Feng Lin, Yu-Lin Chang, and Liang-Gee Chen, "Motion Adaptive De-interlacing by horizontal motion detection and enhanced ELA Processing", 2003 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2003), Bangkok, Thailand, May. 2003
- [7] S. B. Pan, S. S. Chae, and R.-H. Park, "VLSI architectures for block matching algorithms using systolic arrays," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, vol. CSVT-6, no. 1, pp. 67-73, Feb. 1996.



(a)



(b)

그림 4 foreman (a) 비월주사영상
(b) 제안한 디인터레이싱영상