

논문 2005-42SP-5-5

국부 Gradient 특징을 이용한 방향성 deinterlacing 방법

(Directional Deinterlacing Method Using Local Gradient Features)

우 동 헌*, 엄 일 규**, 김 유 신***

(Dong Hun Woo, Il Kyu Eom, and Yoo Shin Kim)

요 약

Deinterlacing은 비월 주사 영상을 순차 주사 영상으로 변환하는 방법을 뜻하며 2배의 영상 보간 문제로 볼 수 있다. 본 논문에서는 보간하려는 화소의 국부 Gradient 정보를 이용한 간단하면서도 효율적인 deinterlacing 방법을 제안한다. 제안 방법에서는 보간하려는 화소를 중심으로 각 방향별 가중치가 추정되며 이 가중치에 따른 평균으로 보간 할 화소의 밝기값이 결정된다. 제안 방법에서는 모든 방향에 대한 가중치를 고려함으로써 잘못된 방향 판단으로 인한 화질 열화를 피하였고 실제적인 구현에 적합한 구조를 가지고 있다. 모의실험에서 제안 방법은 대표적인 방향성 deinterlacing 방법인 ELA보다 개선된 주관적, 객관적 성능을 보여주었으며 복잡한 구조와 여러 개의 경험적인 파라미터들을 요구하는 ELA의 변형에 대해서도 대등한 성능을 보여주었다.

Abstract

Deinterlacing is the conversion from interlaced to progressive scan image that is considered to be 2 times image interpolation. In this paper, the simple and effective deinterlacing method is proposed based on the local gradient information of neighborhood pixels. In the proposed method, the weights for directions around the pixel to be interpolated are estimated, and the weighted sum for the neighborhood pixels is the final intensity value of the pixel to be interpolated. The proposed method has the structure suitable to practical implementation and can avoid the artifacts due to the wrong detection of edge direction. In the simulation, it showed improved subjective and objective performance than the ELA method and comparable performance compared with the variation of ELA method which has more complex structure and requires a couple of parameters that is determined by experience.

Keywords : deinterlacing, 영상보간, ELA, Gradient, 가중치

I. 서 론

일반 TV에서는 시스템의 제약으로 인해 비월주사 방식을 사용한다. 비월주사 방식은 한 프레임을 반씩 번갈아 주사하기 때문에 깜빡임(flicker) 현상 같은 화질

열화를 야기할 수 있다. 최근에는 순차주사 방식을 사용하는 모니터나 HDTV 등이 보급됨에 따라 비월주사 방식의 영상을 순차주사 방식으로 변환하는 deinterlacing 문제가 중요한 과제로 부각되었다. 다른 관점에서 볼 때 deinterlacing은 일종의 영상 확대, 즉 2차원 보간 문제로 생각할 수 있다. 따라서 deinterlacing은 정지영상과 동영상의 확대 및 super-resolution에도 응용될 수 있으며 영상을 축소해서 전송한 후 수신단에서 축소된 영상을 다시 확대하는 개념으로 동영상 압축 및 전송에도 활용될 수 있다.^[1]

기존의 deinterlacing 방법들은 크게 움직임 정보(motion information)를 이용하는 방법과 움직임 정보를 이용하지 않은 방법으로 구분될 수 있다. 움직임 정보

정회원, 삼성전자 정보통신총괄
(TN business Samsung Electronics Co., LTD.)

** 정회원, 밀양대학교 정보통신공학과
(Dept. of Information and Communications,
Miryang National University)

*** 정회원, 부산대학교 컴퓨터 및 정보통신 연구소
(Research Institute of Computer and Information
and Communication)

접수일자: 2005년2월24일, 수정완료일: 2005년4월25일

를 이용하는 방법들은 주로 MPEG 같은 표준 동영상 압축에 쓰이는 움직임 벡터를 사용한다. 즉, 보간할 영역의 위치에 상응하는 이전 필드(field)의 영역을 가리키는 움직임 벡터를 사용하여 현재 필드의 영역을 보간하는 방법이 사용되고 있다. 최근에는 쌍방향에서 움직임 벡터를 찾는 방법^[2]과 이전의 N 개의 필드와 이후의 N 개의 필드에서 소수점의 정확도(1/2, 1/4)로 움직임 벡터를 찾는 방법^[1]이 제안되었다. 이 방법은 움직임 벡터를 정확히 찾는 경우에는 상당히 좋은 성능을 나타내지만 움직임 벡터를 찾는 과정에서 계산량 부담이 크며 움직임을 잘못 찾았을 경우에는 상당한 화질의 열화를 일으킨다.

한편, 움직임 정보를 이용하지 않는 방법은 일반적으로 움직임 정보를 이용하는 방법보다 성능이 낮으나 대체로 계산량 부담이 작고 움직임 정보를 이용하는 방법에서 움직임 정보를 잘못 찾았을 경우 야기될 수 있는 심각한 화질의 열화는 없다. 그러므로 이 방법은 실제적인 구현에 유리할 뿐 아니라 두 가지 접근 방법을 결합한 방법^[3]들에 응용될 수 있다. 이 방법 중의 대표적인 방법에는 ELA(Edge line based algorithm)^[4]가 있다. ELA는 간단한 구조로 영상의 에지를 잘 살려줄 수 있는 장점이 있다. 그러나 ELA는 에지의 방향을 잘못 찾았을 경우 많은 화질의 열화를 초래하게 된다. 이러한 이유로 ELA를 개선한 여러 방법들이 제안되었다. 그 중 [5]의 연구에서는 ELA를 강한 에지만 적용함으로써 평탄 영역과 약한 에지 및 텍스처에서의 불필요한 적용을 피했다. [6]의 연구에서는 에지의 방향을 정확하게 결정하기 위해 보간할 화소 주위의 블록들을 조사하는 방법을 제안하였다. 그러나 이런 ELA의 변형들은 예외 설정들을 위해 여러 개의 문턱값들을 지정해 줄 필요가 있거나 기존의 ELA보다 상당히 복잡해지는 경향이 있다.

본 논문에서는 주변 화소들의 국부 gradient 정보를 이용한 새로운 deinterlacing 방법을 제안한다. 제안 방법에서는 먼저 각 방향의 국부 gradient를 구한 후, 이를 사용하여 보간할 화소의 각 방향별 가중치를 결정한다. 다음으로 주변 화소들 간의 가중치 합을 통해 보간할 화소값을 결정한다. 제안방법에서는 각 방향별 gradient에 의해 가중치가 자동으로 결정되므로 별도의 경험적인 파라미터들을 요구하지 않으면서 길고 강한 에지에서는 에지 방향으로 가중치가 대부분 쏠리게 되고 해당 에지를 ELA 방법처럼 잘 복원하게 되고, ELA 방법에서 방향 판단 잘못으로 많은 화질의 열화가

나타나는 텍스처 영역에서도 각 방향의 가중치가 적절하게 적용됨으로써 화질 열화를 상당히 줄일 수 있다. 모의실험에서 제안 방법은 ELA방법보다 개선된 주관적, 객관적 성능을 보여주었다. 또한 간단한 구조를 가지고 있음에도 불구하고 ELA 방법들의 변형에 대해 대등한 성능을 보여주었다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 II장에서 기존의 ELA에 대해 알아보고 그 장단점을 살펴본다. III장에서 제안 알고리즘에 대해 설명하며, IV장에서 모의 실험 결과를 보여주고 V장에서 결론을 맺는다.

II. ELA(edge Line based algorithm)

ELA^[4]는 먼저 에지의 방향을 판단한 후, 그 방향을 따라 화소를 선형 보간하는 방향성 deinterlacing 방법이다. ELA는 화소 $x_{i,j}$ 를 보간하기 위해 주변 화소들을 이용하여 에지의 방향을 판단한다. 에지의 방향을 판단하기 위해서는 1에서 보는 바와 같이 국부 gradient 즉, 방향별 이웃 화소들의 밝기차를 이용한다. 그림 1에서 보인 방향별 이웃 화소들의 밝기차는 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} d_{LD} &= |x_{i-1,j-1} - x_{i+1,j+1}| \\ d_V &= |x_{i-1,j} - x_{i+1,j}| \\ d_{RD} &= |x_{i-1,j+1} - x_{i+1,j-1}| \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 d_{LD} 는 좌측 대각방향의 밝기차를 나타내고 d_V 는 수직방향의 밝기차를 가리키며 d_{RD} 는 우측 대각방향의 밝기차를 보여준다. 식(1)과같이 구해진 밝기차를 이용해서 에지의 방향에 따른 영상 보간을 다음과 같이 수행된다. 즉,

$$x_{i,j} = \begin{cases} \frac{x_{i-1,j-1} + x_{i+1,j+1}}{2} & \text{if } d_{\min} = d_{LD} \\ \frac{x_{i-1,j} + x_{i+1,j}}{2} & \text{if } d_{\min} = d_V \\ \frac{x_{i-1,j+1} + x_{i+1,j-1}}{2} & \text{if } d_{\min} = d_{RD} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 $d_{\min} = \min(d_{LD}, d_V, d_{RD})$ 이다.

ELA 방법은 한 쌍의 화소의 밝기차로 에지의 방향을 판단하므로 길고 강한 에지의 경우 에지의 선을 잘 복원할 수 있으나 텍스처나 복잡한 에지의 경우에는 에지의 방향을 잘못 판단하는 경우가 많으며 이 경우에 많은 화질의 열화를 일으킨다.

III. 제안 방법

ELA는 기본적으로 먼저 에지의 방향을 결정하고 다음으로 해당 방향의 화소들의 평균으로 보간을 수행한다. 이 방법의 가장 큰 문제는 에지의 방향을 잘못 판단할 경우 이를 보상할 방법이 없는 것이다. 그러므로 이를 개선하기 위해 여러 가지의 ELA의 변형^[5-6]들이 제안되었다. [5]의 방법에서는 에지 방향판단에서 오류를 많이 일으키는 복잡한 에지들과 에지 방향성 보간이 별 효과가 없는 평탄 영역에 대해 경험적인 문턱값들을 사용하여 이 영역에서의 ELA의 적용을 피하였다. [6]의 방법에서는 보다 정확하고 신뢰할 만한 방향을 찾기 위해 주위 화소들을 블록개념으로 묶어서 보간할 화소를 중심으로 하는 블록과 가장 잘 맞는 블록을 조사한다. 이들 ELA의 변형은 에지 방향 판단에 있어서 ELA의 오류를 줄여주지만 반면에 많은 계산량을 요구하거나 경험적으로 결정해야 할 파라미터들을 요구한다.

본 논문에서는 하나의 에지 방향을 결정하여 그 방향으로만 보간하는 ELA와 그 변형들과는 달리 모든 방향을 다 고려하되 다만 그 가능성을 각각 다르게 두는 방법을 제안한다. 이러한 접근법은 하나의 간단한 구조의 알고리즘으로 복잡한 에지에 대해서는 방향판단의 오류의 가능성을 줄이고 길고 강한 에지에서는 ELA의 장점을 살릴 수 있다.

제안 방법에서 하나의 화소는 그림 2에서 보이는 각 방향에 대한 가중치 합에 의해 보간되어지며 이는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$x_{i,j} = w_{i,j}^{LD} A_{i,j}^{LD} + w_{i,j}^V A_{i,j}^V + w_{i,j}^{RD} A_{i,j}^{RD} \quad (3)$$

여기서 $w_{i,j}^{LD}, w_{i,j}^V, w_{i,j}^{RD}$ 는 각각 좌측 대각방향, 수직방향, 우측 대각방향의 가중치이다.

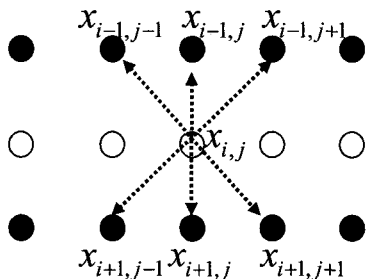


그림 1. 3X3 윈도우를 가진 ELA
Fig. 1. ELA with 3X3 window.

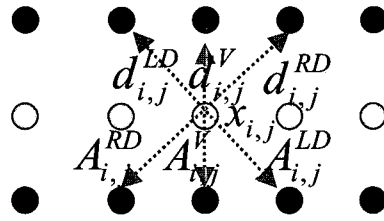


그림 2. 제안 방법의 파라미터들
Fig. 2. Parameters of the proposed method.

또한 $A_{i,j}^{LD}, A_{i,j}^V, A_{i,j}^{RD}$ 는 각각 언급된 세 방향의 화소쌍들의 평균이다. 제안 방법에서 이 가중치들은 각 방향의 gradient에 기반을 두고 있으며 다음과 같이 표현된다.

$$w_{i,j}^{LD} = \frac{(1/d_{i,j}^{LD})^r}{(1/d_{i,j}^{LD})^r + (1/d_{i,j}^V)^r + (1/d_{i,j}^{RD})^r} \quad (4)$$

$$w_{i,j}^V = \frac{(1/d_{i,j}^V)^r}{(1/d_{i,j}^{LD})^r + (1/d_{i,j}^V)^r + (1/d_{i,j}^{RD})^r} \quad (5)$$

$$w_{i,j}^{RD} = \frac{(1/d_{i,j}^{RD})^r}{(1/d_{i,j}^{LD})^r + (1/d_{i,j}^V)^r + (1/d_{i,j}^{RD})^r} \quad (6)$$

여기서 $d_{i,j}^{LD}, d_{i,j}^V, d_{i,j}^{RD}$ 는 그림 2에서 보이는 것처럼 각 좌측 대각방향의 화소쌍의 밝기차, 수직방향의 밝기차, 우측 대각방향의 밝기차이다. 또한 r 은 밝기차를 얼마나 반영할 지를 결정하는 상수이다. r 은 복잡한 영상의 경우에는 그 값이 작아지는 것이 효과적이며, 평탄한 영상의 경우에는 값이 1에 가까울수록 효과적이다. 따라서 본 논문에서는 그 사이에 적절한 값인 0.7로 설정하였다.

결국 제안 방법에서는 보간하려는 화소의 주위의 세 방향의 화소쌍들의 평균들의 가중치 합에 의해 보간이 이루어진다. 각 방향에 대한 가중치는 식 (4),(5),(6)에서 보는 것처럼 각 방향의 화소쌍들의 gradient에 기반을 두고 있다. 즉 밝기차가 크면 클수록 그 방향으로의 에지의 가능성이 작아지므로 가중치는 작아지며 반대로, 밝기차가 작으면 작을수록 해당 방향으로의 가중치는 커진다.

제안 방법에서는 gradient에 기반을 둔 적절한 가중치를 가지고 세 방향의 에지가 함께 고려된다. 그러므로 길고 강한 에지의 경우에는 해당 방향으로 거의 모든 가중치가 쏠리게 되므로 ELA와 거의 같은 성능을



(a)



(a)



(b)



(b)

그림 3. line averaging 방법과 제안 방법과의 주관적 화질 비교 (a) line averaging 방법 (37.69dB) (b) 제안 방법 (37.26dB)

Fig. 3. Subjective quality comparison between line averaging method and the proposed method (a) line averaging method (37.69dB) (b) the proposed method (37.26dB).

얻을 수 있을 뿐 아니라 ELA에서 에지의 방향을 잘못 판단하기 쉬운 복잡한 에지나 텍스처의 경우에도 gradient에 기반을 둔 가중치들에 의해 잘못된 방향 결정으로 인한 화질의 열화를 피할 수 있다. 또한 제안 방법에서는 가중치가 각 방향의 gradient에 의해 자동적

그림 4. ELA와 제안 방법과의 주관적 화질 비교 (a) ELA (37.69dB) (b) 제안 방법 (37.26dB)

Fig. 4. Subjective quality comparison between ELA and the proposed method (a) ELA (37.69dB) (b) the proposed method (37.26dB)

으로 결정되고 간단한 구조를 가지고 있으므로 기존의 ELA의 변형들에서 요구되는 길고 강한 에지와 그렇지 않은 에지들을 구분하는 별도의 문턱값들을 필요로 하지 않으며 단일 구조로 모든 에지에 대해 적용이 가능하다. 제안 방법에서는 평탄 영역에서는 line averaging 방법을 사용함으로써 불필요한 계산량 부담을 덜었다.

IV. 모의실험

본 논문에서는 제안 방법의 객관적 성능 평가를 위해 여러 테스트 정지 영상들에 대한 PSNR이 구해졌다. 또한 비교를 위해서 line averaging 방법, median 필터 방법, ELA, DOI방법^[6]의 PSNR들도 같이 구해졌다. 테스트 영상으로는 512X512 크기의 lena, peppers, airplane, baboon 영상이 사용되었으며 실험을 위해 테스트 영상들은 미리 비월주사 영상으로 만들어졌다. 표 1은 제안 방법과 다른 방법들의 PSNR결과를 보여준다. 표 1에서 제안 방법은 대부분의 영상에 대해 ELA 방법과 median 필터 방법보다 좋은 결과들을 보여주었으며 line averaging 방법이나 블록탐색기반 방법의 채움으로 계산량 부담이 큰 DOI 방법과는 대등한 결과를 보여주었다.

그림 3과 그림 4는 제안 방법과 다른 방법과의 주관적인 화질 비교이다. 그림 3은 line averaging 방법과 제안 방법과의 화질 비교이다. 그림에서 보는 바와 같이 비록 line averaging 방법이 PSNR에서는 좋은 결과를 보여주지만 대각에지 영역에서 블록 현상을 일으키는 반면에 제안 방법은 그 부분에서 ELA와 거의 동일한 화질을 보여준다. 그림 4는 lena 영상에 대한 제안 방법과 ELA에 의한 영상과의 화질 비교이다. 그림 4에서 ELA은 모자 챙 부분처럼 에지의 폭이 좁은 부분에서 방향을 잘못 판단하여 여러 화질의 열화를 일으킨다. 반면에 제안 방법은 모든 방향에 대한 가중치 합이므로 이러한 잘못된 판단에 의한 화질의 열화를 효과적으로 보상하는 것을 볼 수 있다. ELA의 이러한 단점은 텍스처가 많은 영상에서 두드러지게 나타나는데 그림 5와같이 텍스처가 많은 baboon 영상의 경우에 이러한 화질의 열화현상이 두드러지게 나타난다. 그러나 제안 방법은 이러한 영상에 대해서는 좋은 화질을 보여주는 것을 볼 수 있다.

표 1. 테스트 영상들에 대한 제안 방법과 다른 방법들과의 PSNR 비교

Table 1. PSNR comparison between other methods and the proposed method for test images.

	line averaging	ELA	Median	DOI[6]	Proposed
Lena	37.69	35.91	36.80	38.00	37.26
Peppers	35.10	35.41	35.94	-	35.18
Airplane	33.21	32.45	32.73	31.89	32.96
Baboon	23.51	22.98	23.54	23.51	23.55



(a)



(b)

그림 5. ELA과 제안 방법과의 주관적 화질 비교 (a) ELA (22.98dB) (b) 제안 방법 (23.55dB)

Fig. 5. Subjective quality comparison between ELA and the proposed method (a) ELA (22.98dB) (b) the proposed method (23.55dB).

IV. 결 론

본 논문에서는 국부 gradient에 근거한 효율적인 deinterlacing 방법을 제안한다. 제안 방법에서는 하나의 에지 방향을 선택한 후 해당 방향을 따라 보간하는 기존의 ELA기반의 방법들과는 달리 모든 방향의 가중치

함으로 화소를 보간하며 가중치들은 각 방향의 국부 gradient에 의해 결정된다. 제안 방법은 간단한 구조를 가지면서도 방향 판단의 오류로 인한 화질 열화의 가능성을 줄였다. 모의실험에서 제안 방법은 길고 강한 에지에서 기존의 ELA와 유사한 성능을 보여주는 동시에, ELA에서 많은 화질의 열화를 일으키는 텍스처 같은 복잡한 에지에서도 좋은 성능을 보여주었다.

참 고 문 헌

[1] Bo Martin and Soren Forchammer, "A unified approach to restoration, deinterlacing and restoration enhancement in MPEG2 decoding," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech., Vol. 12, no. 9, pp. 803-811, Sep. 2002.
 [2] Y. Y. Jung et. al., "An effective de-interlacing technique using motion compensated interpolation," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 46, no. 3, pp. 460-466, Aug. 2000.

[3] M. Chen, C. Huang and C. Hsu, "Efficient de-interlacing technique by inter-field information," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 50, no. 4, pp. 1202-1208, Nov. 2004.
 [4] G. D. Haan, and E. B. Bellers, "Deinterlacing an Overview," In Proc. IEEE, Vol. 86, no. 9, pp. 1839-1857, Sep. 1998.
 [5] H. Y. Lee, et. al., "Adaptive scan rate up-conversion system based on human visual characteristics," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 46, no. 4, pp. 999-1006, Nov. 2000.
 [6] H. Yoo and J. Jeong, "Direction-oriented interpolation and its application to de-interlacing," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 48, no. 4, pp. 954-962, Nov. 2002.

— 저 자 소 개 —



우 동 헌(정회원)
 1998년 부산대학교 전자공학과 학사.
 2000년 부산대학교 전자공학과 석사.
 2005년 부산대학교 전자공학과 박사

2005년~현재 삼성전자 정보통신총괄 책임연구원
 <주관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 웨이블릿 변환 신호처리, 신경회로망>



김 유 신(정회원)
 1974년 서울대학교 전자공학과 학사.
 1980년 U.C. Berkeley 전자공학과 석사.
 1983년 Standford University 전자재료 박사과정 수학.

1995년 Cornell University Ph.D
 1983년~현재 부산대학교 전자공학과 교수
 현재 한국 과학철학회 회장
 <주관심분야 : 영상처리, 신경회로망, 공학윤리, 과학기술철학>



엄 일 규(정회원)
 1990년 부산대학교 전자공학과 학사.
 1992년 부산대학교 전자공학과 석사.
 1998년 부산대학교 전자공학과 박사.

1997년~현재 밀양대학교 정보통신공학과 부교수
 <주관심분야 : 통계신호처리, 영상처리, 웨이블릿 변환 신호처리, 신경회로망>