

수평방향 보간 및 개선된 ELA을 이용한 디인터레이싱 연구

백 경 훈*

요약

본 논문에서는 하나의 필드만을 사용하여 비월 주사 영상을 순차 주사 영상으로 변환하는 개선된 디인터레이싱 방법을 제안한다. 먼저, 구하고자 하는 화소의 위·아래 각각 5개 화소를 이용하여 화소사이의 값을 수평방향으로 Newton 보간을 적용하여 구한다. 수평방향의 화소사이의 값을 보간으로 구하고 이미 알려진 위·아래 화소값으로부터 구하고자 하는 화소를 중심으로 위·아래화소의 방향을 세분화하여 각각의 상관관계를 구한다. 구하고자 하는 화소에서 위·아래 상관관계가 가장 최소가 되는 방향으로 정확한 에지의 방향성을 예측한다. 예측된 방향성에 따라 그 중간값으로 값을 선택하여 화소값을 구한다. 모의실험 결과 기존의 디인터레이싱 방법에 비해 주관적 및 객관적 화질이 개선되었으며 정량적으로 PSNR의 0.5 ~ 1.0 dB 향상됨을 보이고 있다.

A study on De-Interlacing Applying the Interpolation of Horizontal Direction and Improved ELA

Kyung-Hoon Baek*

ABSTRACT

This paper proposes the improved de-interlacing method that converts the interlaced images into the progressive images by one field. In the first, it calculates inter-pixel value applying Newton's interpolation of horizontal direction from upper * lower 5 pixel values of missing pixel. Using inter-pixel values obtained from interpolation of horizontal direction and upper * lower 5 pixel values, it makes an accurate estimate of the direction by applying the corelation between upper and lower pixel. The corelation between upper and lower pixels is calculated at the edge direction of missing pixel by using values obtained from interpolation of horizontal direction and known pixels. The edge direction is determined as the direction that the corelation between upper and lower pixels is minimum. Thus, missing pixel is calculated by doing the average of upper * lower pixel obtained from predicted direction of edge. From simulation results, it is shown that the proposed method improves both subjective and objective image quality and improves quantitatively PSNR at th extent of 0.5 ~ 1.0dB as compared with previous de-interlacing methods.

Keywords : De-Interlacing; Horizontal Direction, Interpolation; Edge, Image Quality

* 동아방송예술대학교 방송통신과 (✉bkh6741@dima.ac.kr)

· 제1저자(First Author) : 백경훈 · 교신저자(Correspondent Author) : 백경훈

· 접수일(2013년 2월 4일), 수정일(1차 : 2013년 3월 19일), 게재확정일(2013년 3월 26일)

I. 서 론

디지털 비디오 시스템은 다양한 공간적 시간적 해상도를 필요로 하고 있으며 신호의 다양한 포맷표준으로 디지털 비디오신호의 저장, 전송 그리고 화면표시가 가능해졌다. 전통적인 NTSC-TV는 연속적인 비디오신호를 표시하기 위하여 비줄주사방식을 사용하며 이러한 방식은 에지 프리커(edge flicker), 인터라인 프리커(interline flicker) 그리고 라인 크로잉(line crawling)과 같은 불안정한 영상을 만들어 내는 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하기 위하여 최근에는 HDTV, PDP 그리고 LCD-TV에 순차주사 방식을 적용하여 영상데이터를 전송하는 방법이 사용되고 있다, 순차주사 방식은 한 화면의 전체 영상을 한번이 순차적으로 스캔하여 데이터를 저장하여 보내는 방식이며 영상 데이터 용량을 반으로 줄이기 위하여 원래의 영상 데이터에서 짝수 번째 열을 제거한 인터레이스드 영상(interlaced image)을 만들어 재생하는 기술인 디인터레이싱 기법이 필요하다.

디인터레이싱 기법에는 화면간의 정보를 이용하는 인터 방식[1-2]과 필드내 화면정보를 이용하는 인트라 방식[3-5]이 있다. 인터방식은 움직임 정보를 이용하는 방법으로 보간할 영역의 위치에 해당하는 영역을 이웃필드에서 찾아 움직임 벡터(motion vector)를 이용하여 현재의 필드영역을 보간하는 것이다. 인터방식은 인트라 방식보다 우수한 결과를 얻을 수 있으나 계산 복잡도가 높고 움직임 벡터를 잘못 예측하였을 경우 심각한 화질 열화를 야기할 수 있다. 한편 인트라 기법은 일반적으로 인터 기법보다 성능은 떨어지나 계산 복잡도가 낮고 움직임 정보를 잘못 예측하였을 경우와 같은 심각한 화질 열화가 발생하지 않는다. 인트라 방법으로는 크게 일반적인 보간방법과 에지기반의 보간방법으로 나눈다. 보간은 고화질 영상의 해상도를 얻기 위하여 널리 사용되고 있으며 지난 수십년동안 영상의 질을

향상시키기 위하여 많은 보간 기술이 제시되었다. 일반적인 보간 방법은 빠른 시간에 영상 이미지를 복원할 수 있다는 장점이 있으나 원 영상에서 에지의 검출이 불안정하다는 단점이 있으며 영상에서의 계단효과가 발생하게 된다[6-7].

Chen는 엣지 기반의 라인평균 보간(edge-based line average) 방법을 제시하였고 이러한 방법은 영상 에지의 방향성을 45도, 90도, 135도 중에 위·아래 화소의 상관관계를 이용하여 에지방향을 검출하는 방법으로 에지의 방향성 검출은 가능하였으나 에지방향을 잘못 검출하였을 때 심각한 화질 열화를 일으킨다는 단점이 있다[3]. 또한 2007년에는 ELA 알고리즘의 정확도를 증가시키기 위하여 경사된 윈도우에서 정의된 2개의 특징치를 사용한 개선된 ELA 방법을 제시하였고,[4] Kim et al은 영상보간을 수행하기 위하여 적응적 유사평균필터를 적용하였다.[7] 2004년 M.Q. Phu는 평균필터와 Chen의 고안한 개선된 ELA 방법을 기초로 평균기반의 보간이 제시되었다.[8] 이러한 방법들은 디인터레이싱 알고리즘이 복잡성으로 인하여 연속된 이미지 재생시 디인터레이싱 시간이 오래 걸리는 문제점 및 엣지 플리커 발생등의 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 수평보간을 기반으로 한 디인터레이싱 기법을 제안한다. 구하고자 하는 픽셀의 윗부분 픽셀(upper pixel) 5개점과 아랫부분 픽셀(lower pixel) 5점으로부터 각 화소 중간위치의 값을 수평방향의 Newton전향·후향 보간법으로 구한다. 이를 이용하여 위·아래화소의 상관관계를 135도, 117도, 90도, 63도, 45도로 세분화하여 에지의 방향성을 예측하고 예측된 방향성에 따라 비어있는 픽셀 값을 구하는 방법을 제안한다.

II. 엣지 기반의 디인터레이싱 기법

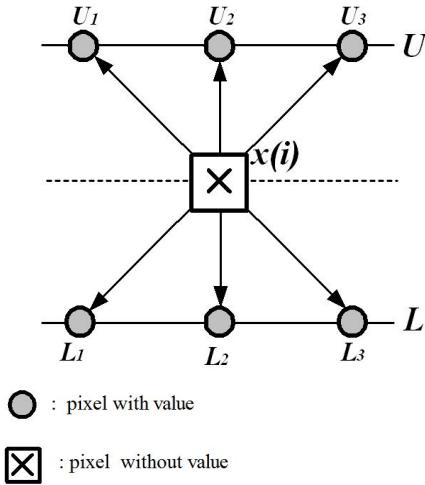


그림 2.1. ELA을 위한 기준 픽셀
Fig. 2.1 Referencing pixels for ELA.

ELA는 <그림 2.1>과 같이 인접한 위·아래 화소와의 상관관계로부터 방향성을 예측하여 보간하는 방법이다. 영상의 라인사이의 상관도를 구하여 가장 높은 상관도로부터 에지의 방향성을 정하고 이를 근거로 추정된 방향성에 따라 위·아래 화소의 평균값으로 보간을 취하는 방법이다.

<그림 2.1>에서 구하고자하는 화소는 $x(i)$ 이며 이를 기준으로 상관도를 다음식과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned}
 D_1 &= |U_1 - L_3| \\
 D_2 &= |U_2 - L_2| \\
 D_3 &= |U_3 - L_1|
 \end{aligned} \tag{2-1}$$

여기서 $U_i, L_i (i = 1, 2, 3)$ 는 인접한 위·아래 화소 값이다. 식 2-1로부터 가장 최소가 되는 값은

$$D_{\min} = \min(D_1, D_2, D_3) \tag{2.2}$$

이다. 여기서 최소값의 의미는 3개의 방향중에 위·아래화소에서 가장 상관도가 높은 방향을 나타낸다.

따라서 식(2.2)에서 상관도가 결정이 되면 보간될 값은 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned}
 X(i) &= (U_1 + L_3)/2, \text{ if } D_{\min} = D_1 \\
 X(i) &= (U_2 + L_2)/2, \text{ if } D_{\min} = D_2 \\
 X(i) &= (U_3 + L_1)/2, \text{ if } D_{\min} = D_3
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

보간은 가장 높은 상관성을 가지는 방향으로 이루어진다. ELA는 적은 계산량으로 좋은 화질을 얻을 수 있지만 에지의 방향을 잘못 결정하였을 경우 심각한 화질열화가 발생한다.

III. 수평방향 보간을 이용한 세분화된 방향성 예측

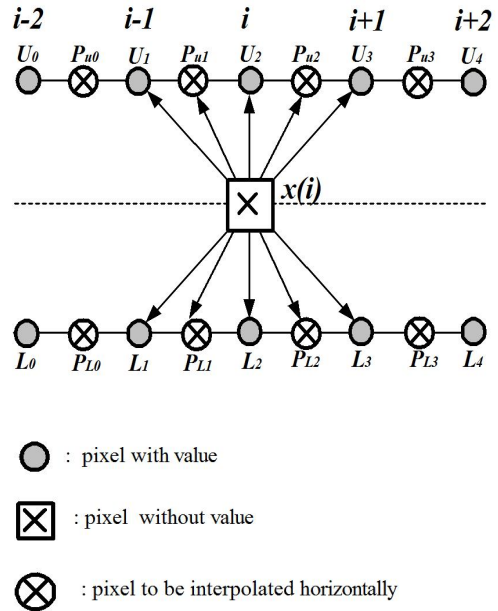


그림 3.1. 제안된 방법을 위한 기준 픽셀
Fig 3.1. Referencing pixels for Proposed Method

ELA에서 에지에 의한 화질열화를 개선하기 위하여

영상의 라인사이의 상관도를 세분화하여 방향성을 예측함으로써 화질개선을 이룬다. 이를 위하여 보간하고자 하는 화소 값은 $x(i)$ 을 중심으로 <그림 3.1>과 같이 위쪽라인 화소(upper pixel) 5개점 U_0, U_1, U_2, U_3, U_4 과 아래쪽 라인 화소(lower pixel) 5개점 L_0, L_1, L_2, L_3, L_4 으로부터 픽셀사이의 각점에서의 값 P_{ui}, P_{Li} ($i = 0, 1, 2, 3$)을 구한다. 이를 구하기 위하여 $P_{u0}, P_{u1}, P_{L0}, P_{L1}$ 은 Newton의 전향 보간으로 $P_{u3}, P_{u4}, P_{L3}, P_{L4}$ 는 Newton의 후향 보간으로 계산한다.

폭이 h인 5개의 등구간 점(x_0, x_1, x_2, x_3, x_4)에 대하여 함수값 $f(x_0), f(x_1), f(x_2), f(x_3), f(x_4)$ 의 데이터에서 보간구간의 기점을 x_0 로 하고

$u = \frac{x - x_0}{h}$ 로 한다. x_0 에 대한 4계의 전향차분까지를 이용한 4차 보간 다항식 다음과 같다.

$$p(u) = f(x_0) + u \Delta f(x_0) + \frac{u(u-1)}{2!} \Delta^2 f(x_0) + \frac{u(u-1)(u-2)}{3!} \Delta^3 f(x_0) + \frac{u(u-1)(u-2)(u-3)}{4!} \Delta^4 f(x_0) \quad (3-1)$$

여기서 $\Delta^k f(x_0)$ 은 $f(x_0)$ 로부터 파생하는 k계 전향차분이다. 마찬가지로 등 구간점에 대하여 보간구간의 기점을 x_{n+1} , $u = \frac{x - x_{n+1}}{h}$ 라 하고 x_{n+1} 에 대한 n계의 후향 차분까지를 이용한 n차 보간 다항식은 다음과 같다.

$$p(u) = f(x_{n+1}) + u \nabla f(x_{n+1}) + \frac{u(u+1)}{2!} \nabla^2 f(x_{n+1})$$

$$+ \frac{u(u+1)(u+2)}{3!} \nabla^3 f(x_{n+1}) + \frac{u(u+1)(u+2)(u+3)}{4!} \nabla^4 f(x_{n+1}) \quad (3-2)$$

여기서 $\nabla^k f(x_{n+1})$ 은 $f(x_{n+1})$ 로부터 파생하는 k계 후향 차분이다. <그림 3-1>에서 등구간을 1로 설정하고 위쪽 라인(upper line) 화소 값에 대하여 $f(x_0) = U_0, f(x_1) = U_1, f(x_2) = U_2, f(x_3) = U_3, f(x_4) = U_4$ 으로 하고 전향 보간과 후향 보간식을 이용하여 화소사이의 값 $P_{u0}, P_{u1}, P_{u3}, P_{u4}$ 을 구한다.

$$P_{u0} = (35U_0 + 140U_1 - 70U_2 + 28U_3 - 5U_4)/128$$

$$P_{u1} = (-5U_0 + 60U_1 + 90U_2 - 20U_3 + 3U_4)/128$$

$$P_{u2} = (-5U_4 + 60U_3 + 90U_2 - 20U_1 + 3U_0)/128$$

$$P_{u3} = (35U_4 + 140U_3 - 70U_2 + 28U_1 - 5U_0)/128 \quad (3-4)$$

마찬가지로 아래쪽 라인(lower line) 화소값에 적용하면 다음 식과 같다.

$$P_{L0} = (35L_0 + 140L_1 - 70L_2 + 28L_3 - 5L_4)/128$$

$$P_{L1} = (-5L_0 + 60L_1 + 90L_2 - 20L_3 + 3L_4)/128$$

$$P_{L2} = (-5L_4 + 60L_3 + 90L_2 - 20L_1 + 3L_0)/128$$

$$P_{L3} = (35L_4 + 140L_3 - 70L_2 + 28L_1 - 5L_0)/128 \quad (3-5)$$

본 논문에서는 <그림 3.1>과 같이 인접한 위·아래 화소와의 상관관계로부터 방향성을 예측하여 보간한다. 알고리즘 순서는 우선 수평방향으로의 상관관계를 고려하여 수평방향의 옛지로 판단이 되면 구하고자 하는 픽셀은 이전 픽셀과 같은 값으로 설정한다. 수

직방향 및 대각선방향의 상관관계는 <그림 3-1>로부터 135도, 117도, 90도, 63도, 45도, 에 대한 상관도를 계산한다.

$$\begin{aligned} D_1 &= |U_1 - L_3| \\ D_2 &= |P_{u1} - P_{L2}| \\ D_3 &= |U_2 - L_2| \\ D_4 &= |P_{u2} - P_{L1}| \\ D_5 &= |U_3 - L_1| \end{aligned} \quad (3-6)$$

(3-1)식으로 부터 가장 최소가 되는 값은 다음과 같다.

$$D_{\min} = \min(D_1, D_2, D_3, D_4, D_5) \quad (3.7)$$

여기서 최소값의 의미는 구하고자 하는 픽셀의 위 라인 화소값과 아리라인 화소 값중에서 가장 상관도가 높은 방향을 나타낸다. 따라서 식(2.7)에서 상관도가 결정이 되면 보간될 값은 예측된 방향성에 따라 위 • 아래 화소의 평균으로 계산된다.

IV. 시뮬레이션 결과

임의의 $M \times M$ 이미지에 대하여 수직라인의 기수번째 화소를 제거하여 인터레이스 이미지 $M/2 \times M$ 를 만든다. 이 기수번째 라인이 제거된 이미지를 여러 방법의 디인테레이싱 기법을 사용하여 기수번째의 이미지 데이터를 보간한다. 256×256 크기인 8bit gray 이미지를 테스트 이미지로 사용했으며 표1에서 여러 방법으로 계산된 PSNR(peak signal-to-noise ratio)의 결과를 나타내고 있다. 본 논문에서 제시된 방법 이외의 NN(Nearest Neighbor interpolation), BL(Bi-Linear interpolation) 그리고 ELA가 비교를

위해 사용되었다. <표 1>의 결과는 본 논문에서 제시된 결과가 이전의 디인테레이싱 알고리즘인 ELA에 비해서 정량적으로 0.5 ~1.0dB 정도의 화질개선을 보이고 있다.

표 1. 여러 다른 방법으로 구한 PSNR
Table 1. Comparison of PSNR for different methods.

	NN	BL	ELA	Ours
Baboon	21.55	23.00	22.73	22.87
Camera	26.08	29.38	27.84	28.49
Lena	31.29	35.59	34.36	34.83
Pepper	27.63	31.32	31.51	31.63
Butterfly	24.93	29.03	28.29	28.52
Hubble	28.29	30.81	29.99	30.08
Fruits	32.28	36.02	34.00	34.31

주간적 화질 비교를 위하여 Lenna의 중간 일부분 (128×128)만을 캡처하여 이전의 여러 방법과 비교하였다. ELA 방법과 본 논문에서 제시된 방법으로 계산된 이미지 결과가 <그림 4(e)>와 <그림 (f)>에 보이고 있다. <그림 4>의 결과에서 보면 제시된 알고리즘이 에지영역 뿐 아니라 전체영역의 이미지처리에 있어서 ELA에서 처리된 결과보다 개선되었음을 보이고 있다.

본 연구의 시뮬레이션은 Intel Core i5-2450M CPU 2.40GHz, windows7 32bit의 운영체제에서 수행하였으며 640×460 크기의 gray 이미지 30프레임에 대하여 디인테레이싱 계산 시간을 측정한 결과 NN은 47ms, BL은 140ms, ELA는 281ms 그리고 본 연구에 의한 계산시간은 390ms으로서 일반적인 타 방법에 비해 계산시간에 있어서 조금 더 걸리는 문제가 있다. 하지만 최근의 컴퓨터 성능의 향상으로 약간의 시간적 제약보다는 화질개선이 우선시 되므로 본 연구의 결과를 디인테레이싱 기법으로 적용하는 데는 문제가 없을 것으로 판단한다.

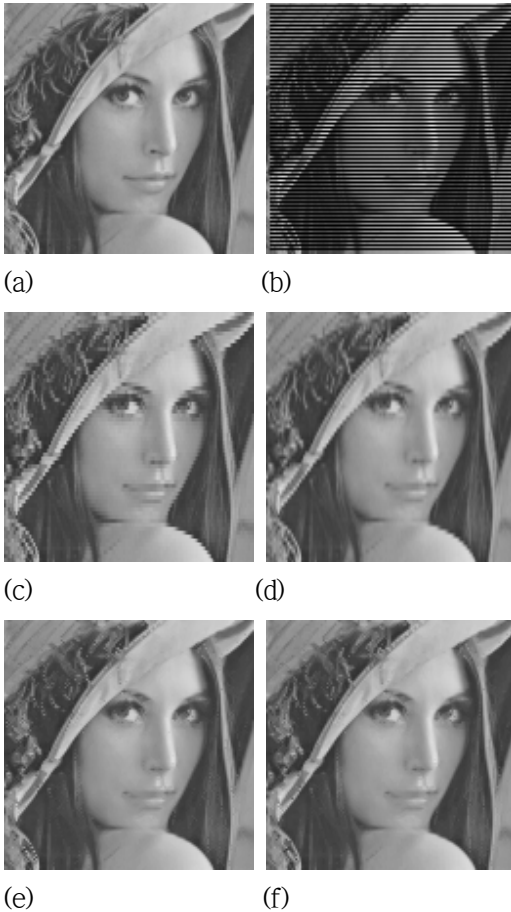


그림 4.1. 디인터레이스된 Lena(126×126) 이미지 (a) Original (b) interlaced image (c)NN, (d) BL, (e) ELA, (f) Our algorithm
 Fig.4.1. De-Interlaced images of Lena(126×126) for (a) Original (b) interlaced image (c)NN, (d) BL, (e) ELA, (f) Our algorithm

V. 결 론

본 논문에서는 수평보간 및 개선된 옛지기반의 인터레이싱 기법을 이용하여 개선된 디 인터리에싱 알고리즘을 제안하였다. 구하고자하는 화소의 위·아래 각각 5개 화소점사이의 값을 Newton의 전향 및 후향 보간으로 구한 다음 이를 이용하여 여러 방

향의 상관관계를 구한다. 상관도가 밀접한 방향을 에지의 방향성으로 결정하고 결정된 방향성에 따라 그 중간값으로 구하고자하는 픽셀을 보간한다.

모의실험 결과 기존의 방법에 비해서 이미지 처리에 있어서 객관적, 주관적 화질이 개선됨을 확인할 수 있었다. 또한 기존의 ELA에 비해서 에지 영역에서의 이미지처리가 개선됨이 확인되었다.

다만 기존의 ELA 방법에 비해서 약간의 계산적 복잡성으로 시뮬레이션 시간이 좀 더 걸린다는 단점이 있으나 최근의 컴퓨터 성능의 발전으로 다소의 복잡성은 큰 차이가 없으며 디 인터레이싱 기법으로 본 연구방법을 적용한다면 화질개선이 이루어 질 것이다.

참고문헌

- [1] R. Li, B. Zeng and L. Liou, "Reliable motion detection/compensation for interlaced sequences and its applications to deinterlacing," IEEE trans. Circuits and Syst. Video Technol., vol. 10, no. 1, pp. 23-29, Feb. 2000.
- [2] O. Kwon, K. Soh and C. Lee, "Deinterlacing using directional interpolation and motion compensation," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 49, no. 1, pp. 198-203, Feb. 2003.
- [3] T. Chen, H. Wu, and Z.H. Yu, "Efficient de-interlacing algorithm using edge-based line average interpolation," Optical Engineering, vol.39, no.8, pp.2101-2105, Aug. 2000.
- [4] P. Y. Chen and Y.H. Lai, "A low-complexity interpolation method for deinterlacing," IEICE Trans. Inf. & Syst., vol. E90-D, no. 2, Feb. 2007.
- [5] S. Jin, W. Kim and J. Jeong, "Fine directional de-interlacing algorithm using modified Sobel operation," IEEE Trans. Cons. Elect., vol. 54, no. 2, pp. 857-862, Feb. 2008
- [6] Microsoft, "Broadcast-enable computer hardware

- requirements" Proceeding of the IEEE, vol. 86, pp.1839-1857, September 1998.
- [7] H.-C. Kim, B.-H. Kwon, and M.-R. Choi, "An image interpolator with image improvement for LCD controller," IEEE Trans. Consum. Electron., vol.47, no.2, pp.263-271, May 2001.
- [8] M.Q. Phu, P.E. Tischer, and H.R. Wu, "A median based interpolation algorithm for deinterlacing," Proc. International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems", pp.390-397, 2004.

저자소개



백경훈(Kyung-Hoon Baek)

1989년 한양대학교 대학원 전자통신
공학과(공학석사)

1992년 한양대학교 대학원 전자통신
공학과(공학박사)

1992년~1997년 :한서대학교 전자공학과 조교수

1997년~현재 동아방송예술대학교 방송통신과 부교수

※ 관심분야: 디지털 영상처리