

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2020.6.1.449
JCCT 2020-2-55

Newton 차분법을 이용한 개선된 디인터레이싱 연구

A study on Improved De-Interlacing Applying Newton Difference Interpolation

백경훈*

Kyunghoon Baek*

요약 본 논문에서는 하나의 필드만을 사용하여 비월 주사 영상을 순차 주사 영상으로 변환하는 개선된 디인터레이싱 방법을 제안한다. 먼저, 구하고자 하는 화소의 위와 아래 각각 5개 화소를 이용하여 세분화된 화소 사이의 값들을 Newton의 전향차분과 후향차분을 이용하여 구한다. 이렇게 얻어진 화소 사이의 값과 5개의 알려진 화소값들을 이용하여 구하고자하는 화소를 중심으로 위와 아래화소의 방향을 세분화하여 각각의 상관관계를 구한다. 구하고자 하는 화소에서의 에지의 방향성은 위와 아래 상관관계가 가장 최소가 되는 방향으로 예측한다. 구하고자 하는 화소값 결정은 예측된 방향에 따라 위와 아래 화소값의 평균값으로 결정한다.

모의실험 결과 기존의 제시된 여러 디인터레이싱 방법에 비해 엣지에서의 주관적 화질이 개선되었으며 또한 객관적 화질에 있어서 정량적으로 PSNR 계산결과 0.2~0.3dB정도의 화질개선이 이루어졌다.

주요어 : 디인터레이싱, 화소사이의 값, 차분, 보간, 예측된 방향성

Abstract We propose an improved de-interlacing method that converts the interlaced images into the progressive images by one field. In the first, Inter-pixel values are calculated by applying Newton's forward difference, backward difference interpolation from upper and lower 5 pixel values. Using inter-pixel values obtained from upper and lower 5 pixel values, it makes more accurate a direction estimate by applying the correlation between upper and lower pixel. If an edge direction is determined from the correlation, a missing pixel value is calculated into the average of upper and lower pixel obtained from predicted direction of edge.

From simulation results, it is shown that the proposed method improves subjective image quality at edge region and objective image quality at 0.2~0.3dB as quantitative calculation result of PSNR, compared to previous various de-interlacing methods.

Key words : De-Interlacing, Interpixel Value, Difference, Interpolation, Predicted Direction

1. 서 론

전통적인 NTSC-TV는 한 필드의 기수라인을 스캔한 후 바로 다음 우수라인을 스캔하는 비월주사방식에

근거를 두고 영상을 전송한다. 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 개선

*정회원, 동아방송예술대학교 방송기술계열 부교수 (제1저자)
접수일: 2019년 12월 28일, 수정완료일: 2020년 01월 12일
게재확정일: 2020년 01월 22일

Received: December 28, 2019 / Revised: January 12, 2020
Accepted: January 22, 2020

*Corresponding Author: gns6741@nate.com
Broadcasting Technology Dept. of Dong-Ah Institute of
Media and Arts

하기 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. 특히 움직이는 순차처리 영상에서 적절한 디인터레이싱 기법을 적용하지 않는다면 영상 처리된 비디오 신호는 엷지 서레이션(Edge Serration) 및 인터라인 프리커등의 왜곡영상을 만들어 낼 수 있다.[1][2]

지금까지 국/내외에서 많은 디인터레이싱 알고리즘 기술이 제안되었다. Chen는 엷지 기반의 라인평균 보간 ELA(Edge-Based Line Average) 방법을 제시하였고 이러한 방법은 영상 에지의 방향성을 45도, 90도, 135도 중에 위와 아래 화소의 상관관계를 이용하여 에지방향을 검출하는 방법으로 에지의 방향성 검출은 가능하였으나 에지방향을 잘못 검출하였을 때 심각한 화질 열화를 일으킨다는 단점이 있다[3]. 또한 알고리즘의 정확도를 증가시키기 위하여 경사된 윈도우에서 정의된 2개의 특징치를 사용한 개선된 ELA 방법을 제시하였고[4] Kim et al은 영상 보간을 수행하기 위하여 적응적 유사 평균필터를 적용하였다.[5][6]. M.Q. Phu는 평균필터와 Chen의 고안한 개선된 ELA 방법을 기초로 평균기반의 보간이 제시되었다.[7] 이러한 방법들은 디인터레이싱 알고리즘이 복잡성으로 인하여 연속된 이미지 재생시 디인터레이싱 시간이 오래 걸리는 문제점 및 엷지 플리커 발생 등의 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 ELA 기법과 Newton의 전향/후향 차분을 이용하여 기존의 방법보다 개선된 알고리즘을 제안한다. 우선 구하고자 하는 픽셀의 윗부분 픽셀(upper pixel) 5개점과 아랫부분 픽셀(lower pixel) 5점으로부터 각 화소 사이의 값을 Newton 전향·후향 보간법으로 구한다. 이를 이용하여 11개 방향의 위와 아래 화소의 상관관계를 구한다. 상관관계가 가장 최소가 되는 각도를 계산하여 방향성을 예측하고 예측된 방향성에 따라 비어있는 픽셀 값을 구하는 방법을 제안한다. 제안된 방법과 이전방법을 비교하여 주관적 객관적 이미지의 질이 개선되었음을 보일 것이다.

II. Newton차분을 이용한 방향성 예측

ELA 방법은 우수한 주관적, 객관적 화질 개선을 제공해준다. 그러나 엷지 방향을 잘못 추정하였을 때 보간된 이미지는 심각한 잡음 점(Noise Point)들이 포함될 수 있다. 이러한 에지에 의한 화질열화를 개선하기 위하여 영상의 라인사이의 상관도를 세분화하여 방향성을 예측함으로써 화질개선을 이룬다.

이를 위하여 보간하고자 하는 화소 값은 $x(i)$ 을 중심으로 그림 1과 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 을 사용하여 $\frac{1}{4}$ 간격으로 픽셀 사이의 각점에서의 값을 구한다. 그림 1에서 보인 것처럼 위쪽 픽셀사이의 값은 P_{ui} ($i=0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11$)이고 아래 픽셀사이의 값은 P_{Li} ($i=0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11$) 이다.

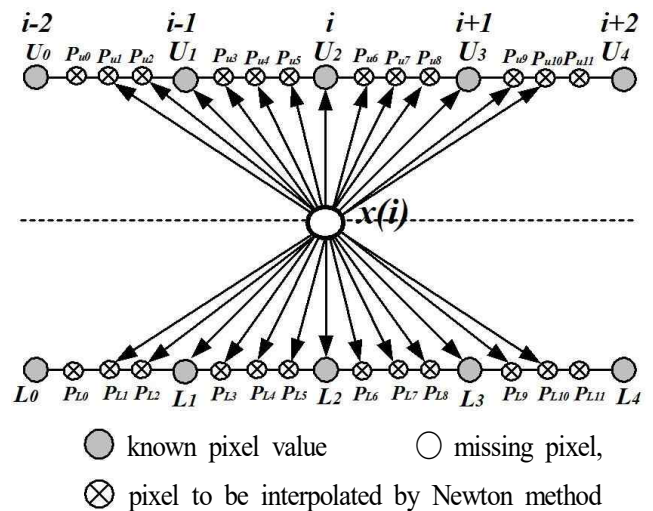


그림 1. 제안된 방법을 위한 기준 픽셀
Figure 1. Referencing pixels for Proposed Method

위쪽라인 화소사이의 값 $P_{u0}, P_{u1}, P_{u2}, P_{u3}, P_{u4}, P_{u5}$ 은 Newton의 전향차분으로 구하고 $P_{u6}, P_{u7}, P_{u8}, P_{u9}, P_{u10}, P_{u11}$ 은 Newton의 후향차분으로 구한다. 같은 방법으로 아래 라인 화소사이의 값들도 $P_{L0}, P_{L1}, P_{L2}, P_{L3}, P_{L4}, P_{L5}$ 은 Newton 전향차분으로 $P_{L6}, P_{L7}, P_{L8}, P_{L9}, P_{L10}, P_{L11}$ 은 Newton 후향차분으로 구한다.

길이가 h 인 5개의 등구간 점 x_0, x_1, x_2, x_3, x_4 에 대하여 함수 값 $f(x_0), f(x_1), f(x_2), f(x_3), f(x_4)$ 이고 데이터에서 보간 구역의 기점을 x_0 , $u = \frac{x - x_0}{h}$ 로 하면 x_0 에 대한 3계의 전향차분까지를 이용한 3차 보간 다항식 다음과 같다.

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

여기서 $\Delta^k f(x_0)$ 은 $f(x_0)$ 로부터 파생하는 k 계 전향차분이다. 마찬가지로 등 구간점에 대하여 보간 구역의 기점을 x_4 , $u = \frac{x - x_4}{h}$ 라 하고 x_4 에 대한 3계의 후향 차분까지를 이용한 3차 보간 다항식은 다음과 같다.

$$p(u) = f(x_4) + u \nabla f(x_4) + \frac{u(u+1)}{2!} \nabla^2 f(x_4) + \frac{u(u+1)(u+2)}{3!} \nabla^3 f(x_4) \quad (2)$$

여기서 $\nabla^k f(x_4)$ 은 $f(x_4)$ 로부터 파생하는 k 계 후향 차분이다. 그림 1에서 등 구간을 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 보간 식(1)과 후향 보간 식(2)를 이용하면 화소사이의 값이 구해진다.

$$\begin{aligned} P_{u0} &= (77U_0 + 77U_1 - 33U_2 + U_3)/128 \\ P_{u1} &= (5U_0 + 15U_1 - 5U_2 + U_3)/16 \\ P_{u2} &= (15U_0 + 135U_1 - 27U_2 + 5U_3)/128 \\ P_{u3} &= (-7U_0 + 105U_1 + 35U_2 - 5U_3)/128 \\ P_{u4} &= (-U_0 + 9U_1 + 9U_2 - U_3)/16 \\ P_{u5} &= (-5U_0 + 35U_1 + 105U_2 - 7U_3)/128 \\ P_{u6} &= (-5U_4 + 35U_3 + 105U_2 - 7U_1)/128 \\ P_{u7} &= (-U_4 + 9U_3 + 9U_2 - U_1)/16 \\ P_{u8} &= (-7U_4 + 105U_3 + 35U_2 - 5U_1)/128 \\ P_{u9} &= (15U_4 + 135U_3 - 27U_2 + 5U_1)/128 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} P_{u10} &= (5U_4 + 15U_3 - 5U_2 + U_1)/16 \\ P_{u11} &= (77U_4 + 77U_3 - 33U_2 + U_1)/128 \end{aligned}$$

같은 방법으로 등 구간을 1로 설정하고 아래 화소 값에 대하여 $f(x_0) = L_0, f(x_1) = L_1, f(x_2) = L_2, f(x_3) = L_3, f(x_4) = L_4$ 으로 하고 전향 보간과 후향 보간을 이용하여 화소 사이의 값을 구한다.

$$\begin{aligned} P_{L0} &= (77L_0 + 77L_1 - 33L_2 + L_3)/128 \\ P_{L1} &= (5L_0 + 15L_1 - 5L_2 + L_3)/16 \\ P_{L2} &= (15L_0 + 135L_1 - 27L_2 + 5L_3)/128 \\ P_{L3} &= (-7L_0 + 105L_1 + 35L_2 - 5L_3)/128 \\ P_{L4} &= (-L_0 + 9L_1 + 9L_2 - L_3)/16 \\ P_{L5} &= (-5L_0 + 35L_1 + 105L_2 - 7L_3)/128 \\ P_{L6} &= (-5L_4 + 35L_3 + 105L_2 - 7L_1)/128 \\ P_{L7} &= (-L_4 + 9L_3 + 9L_2 - L_1)/16 \\ P_{L8} &= (-7L_4 + 105L_3 + 35L_2 - 5L_1)/128 \\ P_{L9} &= (15L_4 + 135L_3 - 27L_2 + 5L_1)/128 \\ P_{L10} &= (5L_4 + 15L_3 - 5L_2 + L_1)/16 \\ P_{L11} &= (77L_4 + 77L_3 - 33L_2 + L_1)/128 \end{aligned} \quad (4)$$

그림 1의 세분화된 이웃 화소 값과의 상관관계에 의해서 엣지의 방향성을 예측하기 위하여 위/아래 화소사이의 값들을 Newton 차분으로 세분화된 값들을 구한다. 엣지의 방향성은 이들 값들의 높은 상관도로 결정된다. 알고리즘 순서는 우선 수평방향으로의 상관관계를 고려하여 수평방향의 엣지로 판단이 되면 구하고자하는 픽셀은 이전 픽셀과 같은 값으로 설정한다. 수직방향 및 대각선방향의 상관관계는 그림 1로 부터 $146.3^\circ, 141.3^\circ, 135^\circ, 126.9^\circ, 116.6^\circ, 104^\circ, 90^\circ, 76^\circ, 63.4^\circ, 53.1^\circ, 45^\circ, 38.7^\circ, 33.7^\circ$ 로 세분화하여 상관도를 구한다. 구하고자 하는 화소 값은 추정된 방향의 위와 아래 값의 평균으로 구한다. 그림 1에서 구하고자 하는 화소에 대한 세분화된 방향성은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} D_1 &= |P_{u1} - P_{L10}| \\ D_2 &= |P_{u2} - P_{L9}| \\ D_3 &= |U_1 - L_3| \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_4 &= |P_{u3} - P_{L8}| \\
 D_5 &= |P_{u4} - P_{L7}| \\
 D_6 &= |P_{u5} - P_{L6}| \\
 D_7 &= |U_2 - L_2| \\
 D_8 &= |P_{u6} - P_{L5}| \\
 D_9 &= |P_{u7} - P_{L4}| \\
 D_{10} &= |P_{u8} - P_{L3}| \\
 D_{11} &= |U_3 - L_1| \\
 D_{12} &= |P_{u9} - P_{L2}| \\
 D_{13} &= |P_{u10} - P_{L1}|
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

식(5)로 부터 가장 최소가 되는 값은 다음과 같다.

$$D_{\min} = \min(D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7, D_8, D_9, D_{10}, D_{11}, D_{12}, D_{13})
 \tag{6}$$

여기서 최소 값의 의미는 구하고자 하는 픽셀의 위쪽 라인 화소 값과 아랫 쪽 라인 화소 값 중에서 가장 상관도가 높은 방향을 나타낸다. 따라서 식(6)에서 상관도가 결정이 되면 보간될 값은 예측된 방향성에 따라 위와 아래 화소의 평균으로 계산된다.

III. 시뮬레이션 결과

임의의 M×M 이미지에 대하여 수직라인의 기수 번째 화소를 제거하여 인터레이스 이미지 M/2×M를 만든다. 이 기수번째 라인이 제거된 이미지를 여러 방법의 디인터레이싱 기법을 사용하여 제거된 기수번째 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. 제시된 방법 이외의 LA(Line Average), ELA(Edge-Based Line Average)[3] 그리고 HDIELA(Horizontally Direction Improved ELA)[7]가 비교를 위해 사용되었다. 표 1의 결과는 본 논문에서 제시된 결과와 이전의 디인터레이싱 알고리즘을 비교한 것이다. LA 방법이 본 논문에서 제시한 방법에 비해서 정량적 화질이 약 0.2dB 정도 우수한 것으로 나타나고 있으나 이 방법은 엷지 영역에서의 방향성이 고려되지 않은 방법으로 엷지 영역에서의 주간적 화질에서는 본 연구결과가 개선되었음을 보이고 있다. 엷지의 방향성을 예측

하여 주간적 화질을 개선한 방법인 ELA, HDIELA[8] 방법은 엷지 영역에서의 주간적 화질은 개선이 되었으나 정량적 화질에 있어서 본 연구결과가 약 0.3dB 정도 화질이 개선되었음을 보이고 있다.

표1. 기존 다른 방법으로 구한 PSNR의 비교
Table 1. Comparison of PSNR for different methods.

	BL	ELA	HDIELA*	Ours
Baboon	23.00	22.73	22.87	22.96
Camera	29.38	27.84	28.49	28.55
Lena	35.59	34.36	34.83	35.07
Peppers	31.32	31.51	31.63	31.73
Butterfly	29.03	28.29	28.52	28.61
Hubble	30.81	30.00	30.16	30.19
Fruits	36.02	34.00	34.31	34.37
Cat	33.38	31.94	32.32	32.37

HDIELA* is Number 8 of references.

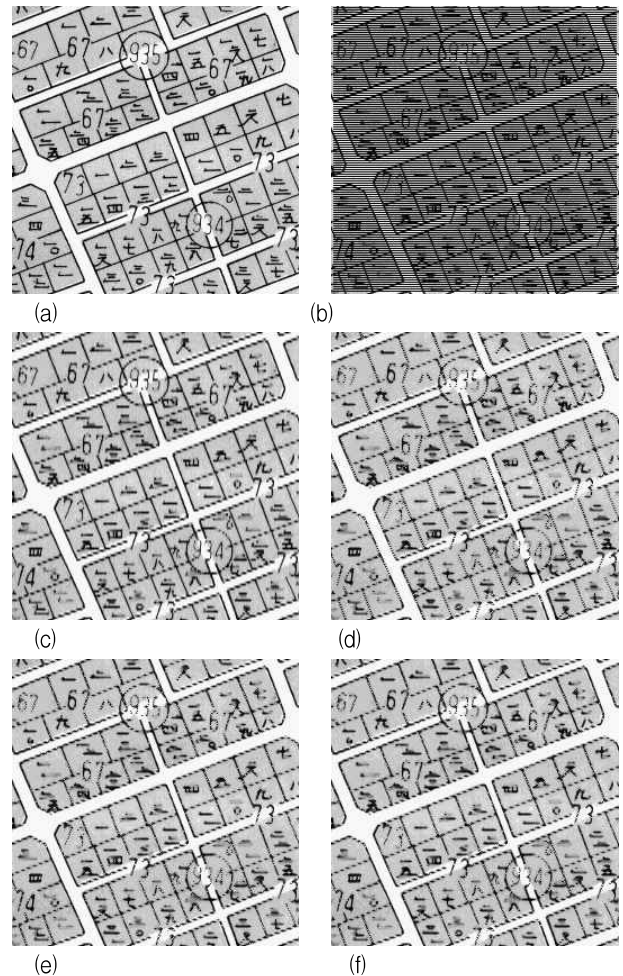


그림 2. 디인터레이스된 256×256 샘플 이미지
(a) original (b) interlaced image (c)BL (d) ELA (e) HDIELA (f) Our method
Figure 2. De-Interlaced 256×256 Sample Image (a) original (b) interlaced image (c)BL (d) ELA, (e) HDIELA (f) Our method

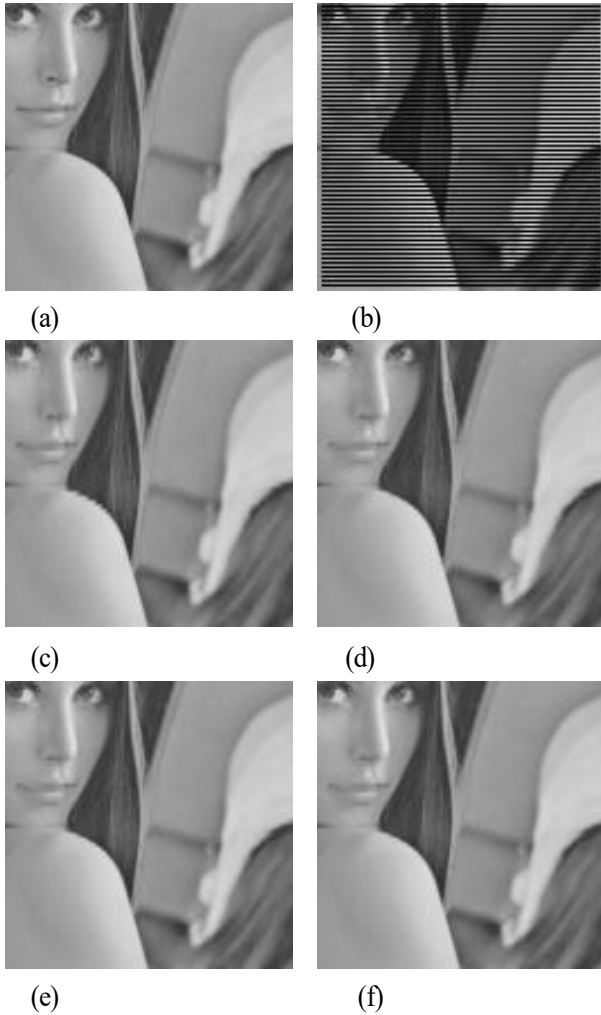


그림 3. 디인터레이스된 Lena 128×128 이미지
 (a) original (b) interlaced image (c)BL (d) ELA (e) HDIELA (f) Our method
 Figure 3. De-Interlaced 128×128 Lena Image (a) original (b) interlaced image (c)BL (d) ELA, (e) HDIELA (f) Our method

주간적 화질 비교를 위하여 그림2(a) 이미지를 사용하여 이전의 여러 방법과 비교하였다. LA, ELA, HD,IELA 방법과 본 논문에서 제시된 방법으로 계산된 이미지 결과가 그림 2(c)~그림 2(f)에 보이고 있다. 또한 상세한 화질 비교를 위하여 Lenna의 일부분 (128×128)만을 캡처한 이미지 3(a)를 사용하여 이전의 여러 방법과 비교하였다. LA, ELA, HDIELA 방법과 본 논문에서 제시된 방법으로 계산된 이미지 결과가 그림3(c)~그림 3(f)에 보이고 있다. 그림 2~그림 3의 결과에서 보면 제시된 알고리즘이 엷지영역 뿐 아니라 전체영역의 이미지처리에 있어서 ELA와 HDIELA에서 처리된 결과보다 개선되었음을 보이고 있으며

정량적 PSNR에 있어서 LA와 ELA에 비해서 약 0.2dB 정도의 차이가 발생하지만 주관적 화질 및 엷지 영역에서의 처리가 개선되었음을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 개선된 엷지 기반의 인터레이싱 기법과 Newton의 전향과 후향보간을 이용하여 개선된 디 인터레이싱 알고리즘을 제안하였다. 구하고자하는 화소의 위·아래 각각 5개 화소점사이의 값을 Newton의 전향과 후향보간으로 세분화하여 값을 구하고 이를 이용하여 여러 방향에서의 상관관계를 구한다. 상관도가 밀접한 방향을 엷지의 방향성으로 결정하고 결정된 방향성에 따라 그 중간 값으로 구하고자하는 픽셀을 구한다.

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

다만 기존의 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 크게 화질개선이 이루어질 것이다.

References

- [1]Microsoft, "Broadcast-enable computer hardware requirements" Proceeding of the IEEE, vol. 86, pp.1839-1857, September 1998.
- [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] 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.
 - [7] 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.
 - [8] K.H. Baek. "A study on De-Interlacing Applying the Interpolation of Horizontal Direction and Improved ELA", *Korea Knowledge Information Technology Society*, vol.8, no.2, pp 63~69, 2013.