

확장된 에지기반 라인평균 방법의 디인터레이싱 응용

정희원 민 병 석*, 김 승 중**, 조 동 옥***

Extended Edge Based Line Averaging Method for Deinterlacing

Byong seok Min*, Seung jong Kim**, Dong uk Cho*** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 디인터레이싱을 위해 제한된 탐색영역을 갖는 확장된 에지기반 라인 평균 방법을 제안한다. 기존의 에지기반 라인 평균 방법들은 화소단위의 상관도를 이용하기 때문에 잡음과 계조도의 변화에 매우 취약하다는 단점이 있다. 그리고, 방향성 에지를 탐색할 때, 탐색영역 내에 동일 방향을 갖는 에지들이 다수 존재할 경우 잘못된 에지 방향을 찾게 되고 보간된 영상에 점과 같은 잡음이 발생한다. 이러한 단점을 해결하기 위해 에지 방향 탐색시 탐색영역을 제한하는 블록단위의 에지 기반 라인 평균 방법을 제안한다. 실험 결과 제한하는 방법은 기존의 화소 단위의 에지기반 라인 평균 방법들보다 PSNR 측면에서 약 1 dB 이상 우수한 결과를 나타내었다.

Key Words : deinterlacing, interpolation, edge direction, line averaging

ABSTRACT

In this paper, we proposed an extended edge-based line averaging method for deinterlacing with restricted search range. Conversion from interlaced signal to non-interlaced signal is one of important issues. Conventional deinterlacing algorithms usually utilize edge-based line average algorithm(ELA) within pixel-by-pixel approach. However, it is very sensitive to noise and variation of intensity. To reduce the sensitivity, the proposed method adopts a block-by-block approach and provides reliable direction of edge. Simulation results show that it provides a better performance than other pixel-by-pixel ELA-based methods.

1. 서 론

현재 사용하고 있는 텔레비전 시스템은 인간 시각이 깜박임에 덜 민감하다는 특성을 이용하여 비디오 신호를 제한된 대역폭에 전송할 수 있는 인터레이스(interlaced) 비디오 신호를 사용하고 있다. 그러나, 최근 멀티미디어 컴퓨터 및 고화질 TV(HDTV)의 상용화로 디인터레이스(deinterlaced) 비디오 신호를 이용한 비디오 저장, 통신, 검색 등의 응용분야가 확대되고 있다. 따라서, 기존의 인터레이스 시스템으로부터 디인터레이스 시스템을 위한 비디오 포맷 전환은 중요한 문제가 되고 있다[1,7].

디인터레이싱을 위한 기존의 방법은 움직임 정보의 유무를 기준으로 구분할 때, 움직임 정보를 이용하지 않는 방법과 움직임 정보를 이용하는 방법이 있다[1]. 움직임 정보를 이용하지 않는 방법은 하나의 프레임(frame)만을 이용하기 때문에, 여러 프레임으로부터 움직임(motion) 정보를 추출해서 이용하는 시간 영역에서의 방법보다 일반적으로 성능이 우수하지 않은 경우가 많다[5-7]. 그러나, 한 장의 프레임만을 캡처(capture)하는 경우나, 프레임간에 움직임이 없는 경우, 브라우징(browsing)과 같이 빠른 처리 속도를 요구하는 경우 등에는 움직임 정보를 이용하지 않는 디인터레이싱 기법이 중요한 역할

* 충청대학 컴퓨터학부 (min@ok.ac.kr), ** 한양여자대학 컴퓨터정보과 (jkim@hywoman.ac.kr)

*** 충북과학대학 정보통신과학과 (ducho@ctech.ac.kr)

논문번호 : 040909-0608, 접수일자 : 2004년 9월 9일

을 한다 [2-4].

움직임 정보를 이용하지 않는 디인터레이싱 방법으로 에지 기반 라인 평균 알고리즘(edge-based line averaging: ELA) [2]이 널리 사용되고 있으나, 화소 단위로 작은 탐색구간에서 상관도를 이용해서 에지의 방향을 판단하기 때문에 잡음과 화소값들의 변화에 민감하다는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 적응 보간 방법이 제안되었다 [3]. 이 방법들은 3×3 윈도우를 화소의 변화율에 따른 두개의 영역으로 분할하여 평균을 취함으로써 에지의 방향성을 반영할 수 있었다. 그러나, 다수의 화소들을 평균해서 짝수 필드의 화소를 구함으로써 에지가 열려져 주관적 화질이 저하되는 단점을 갖고 있다. 또 다른 에지 평균 인터플레이션 방법은 3×3크기의 윈도우 내에서 방향성 에지를 판단함으로써 주관적 화질을 개선하였다 [4]. 그러나, 대각 에지의 방향을 두개로 제한함으로써 다른 방향을 갖는 에지에 대해서는 화질저하를 초래한다. 또한, 작은 영역내에 스트라이프(stripe)와 같은 얇은 에지들이 존재할 경우 잘못된 에지 방향을 찾음으로써 주관적 화질에 크게 영향을 주는 검은 점(spot) 또는 흰색 점이 나타난다 [8].

따라서, 디인터레이싱에서 주관적 화질을 개선하기 위해서는 에지의 방향을 정확하게 찾는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는 방향 벡터를 탐색하기 위한 영역에서 에지의 존재에 따라 탐색 구간을 제한함으로써 이러한 거짓 에지를 제거하기 위한 방법을 제안한다. 논문의 구성으로 2장에서는 ELA 방법을 간략히 설명하고, 3장에서는 제안하는 방법에 대해 기술하고 4장에서는 실험 및 결과를 기술하고 5장에서 결론을 기술한다.

II. 에지 기반 라인 평균 방법(ELA)

기본적인 에지 라인 기반 알고리즘은 상하위 라인들 상의 각 3개의 화소로부터 상관도를 계산하여 최대 상관도를 갖는 방향을 찾고, 해당 방향으로 상하 라인의 두개 화소들을 이용하여 보간하는 방법이다 [2]. 이 방법은 이웃한 화소간의 차분치에 기반해서 상관도를 계산하고, 최대 상관도를 갖는 방향으로 에지가 존재한다는 가정을 하고 있다. 가장 기본적인 3개의 방향 즉, 수직 방향, 2개의 대각 방향 중 하나의 방향을 결정한다. 그림 1에서 X_j 는 보간될 화소를 포함하는 기준 라인이고 X_{j+1} 은 기준 라인의 하위 라인이고 X_{j-1} 은 기준 라인의 상위 라인이다.

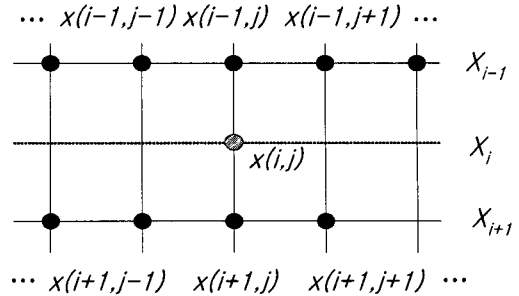


그림 1. ELA 방법의 화소위치
Fig 1. Pixels in ELA Method

보간될 화소 $x(i, j)$ 를 기준으로 식(1)과 같은 차분값으로 상관도 $C(k)$ 를 결정한다. 일반적으로 방향을 결정하기 위한 탐색 구간은 $-N \leq k \leq N$ 이며, 실시간 처리가 필요한 경우 $N=1$ 로 설정한다. 이 때 상관도 $C(k)$ 는 그림 2에서와 중앙의 보간될 화소를 기준으로 수직, 좌우대각의 3개 방향을 갖을 수 있다.

$$C(k) = |X_{i-1}(k) - X_{i+1}(k)|, -N \leq k \leq N \quad (1)$$

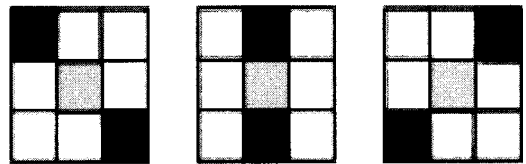
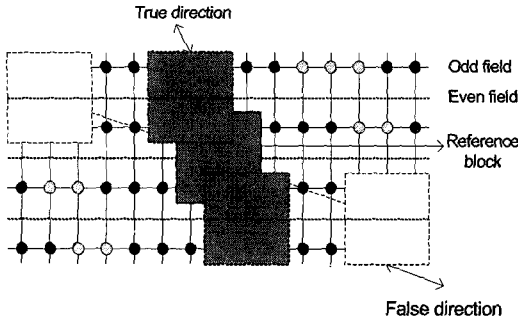
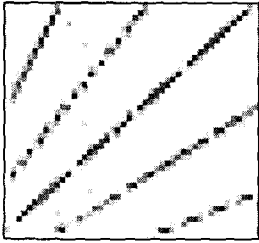


그림 2. 3개의 에지 방향(N=1)
Fig 2. Three directions of edge(N=1)

3개의 방향 중 최대의 상관도를 갖는 방향이 결정되면, 보간될 화소는 상위 라인과 하위 라인의 해당 화소들로 평균을 취한다. ELA 방법은 간단하고 대각 방향의 화소들을 잘 처리할 수 있는 반면, 영상 내에 텍스춰 부분에서 고주파 성분으로 인한 잡음 같은 신호에 민감하여 잘 동작하지 않는다. 또한, 확장된 ELA에서도 탐색 구간 내에서 스트라이프와 같은 얇은 에지들이 규칙적으로 존재하면, 상관도가 높은 방향이 실제 에지의 방향과는 다르게 결정될 수 있다. 그림 3에서처럼 보간될 화소를 중심으로 수직에 근사한 방향으로 실제 에지가 존재하지만, 상관도는 대각 방향으로 최대가 되어 거짓 에지의 방향으로 에지의 방향이 결정된다. 그 결과, 낮은 계조도 값으로 보간이 되어야 할 화소가 높은 계조도 값으로 보간되어 주관적 화질이 저하된다 [8].



(a)



(b)

그림 3. 거짓 에지 방향으로 인한 에러
(a) 거짓 에지 방향 (b) 에러가 있는 보간
Fig. 3. Error from false edge direction
(a) False edge direction (b) Interpolation with error

III. 제한된 탐색영역을 갖는 확장된 ELA 방법

일반적으로 ELA 방법은 대각방향의 에지를 잘 반영하는 효율적인 방법이지만 방향의 정밀도가 낮으므로 객관적 화질이 떨어진다. 그리고, 탐색 구간 내에 스트라이프와 같이 얇은 에지가 다수 존재하는 경우 거짓 에지 판단으로 인해 잘못된 방향으로 보간이 이루어지기 때문에 주관적 화질이 저하되는 단점을 갖는다. 본 논문에서는 확장된 ELA를 기반으로 상관도 계산시 탐색구간을 제한으로써 거짓 에지 검출을 피할 수 있는 보간하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 크게 두 단계로 구성되며, 첫 번째 단계에서는 에지의 정확한 방향을 구하고 두 번째 단계에서는 방향성에 따라 홀수 필드의 화소들을 보간한다.

첫 번째 단계에서는, 에지의 방향을 찾기 위해서 상위 방향 벡터와 하위 방향 벡터를 계산한다. 두 벡터의 방향이 일정한 문턱치 이내인 경우 방향성분이 존재하는 것으로 판단한다. 그림 3에서와 같이 기준 블록 RB 를 기준으로 상위 두개의 라인을 따라 움직이는 $M \times N$ 크기의 상위 블록 UB_k 와 하위 두개의 라인을 따라 움직이는 $M \times N$ 크기의 하위 블록 LB_l 을 설정한다.

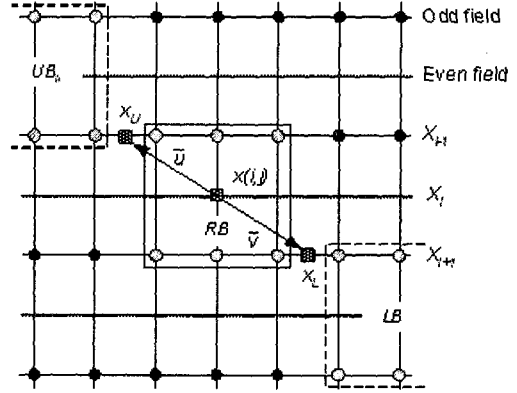


그림 4 확장된 ELA에서의 블록
Fig. 4. Blocks in extended ELA method

기준 블록과 상위 및 하위 블록간의 상관도는 식 (2)와 같이 계산된다.

$$C_U(k) = \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} (|UB_k(m, n) - RB(m, n)|^2) \quad (2)$$

$$C_L(k) = \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} (|LB_l(m, n) - RB(m, n)|^2)$$

여기서 $-R \leq k, l \leq R$ 이고 R 은 초기 탐색구간이다.

초기 탐색 구간내의 영역이 평탄 영역인지 다수의 에지들이 존재하는 구간인지를 식 (3)과 같이 각각의 상관도의 표준편차를 이용해서 결정한다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{k=-R}^R (C(k) - \mu)^2}{2R+1}} \quad (3)$$

여기에서 ρ 는 상관도 $C(k)$ 의 표준 편차이고 μ 는 평균이다.

표준편차 ρ 가 문턱치 보다 크면 초기 탐색 구간 내에 최소한 하나 이상의 에지가 있다고 판단되고 방향 벡터 계산을 위한 블록 정합시 초기 탐색구간을 제한하게 된다. 상관도의 표준편차 ρ 가 문턱치 보다 작다면 초기 탐색구간 $[-R, R]$ 을 적용한다. 그림 5에서 초기 탐색구간 내에 다수의 에지들이 존재하는 경우 즉 상관도의 표준편차 ρ 가 문턱치 보다 클 때, 최소 상관도만으로 방향을 결정한다면 거짓 에지로 인한 오류가 발생할 수 있다. 따라서, 새로운 탐색구간 $[B_L, B_R]$ 은 화소 $x(i, j)$ 를 중심으로 인접한 에지를 넘어가지 않도록 제한해야 거짓 에지를 피할 수 있다. 그림 5에서와 같이 새로운 탐

색구간은 화소 $x(i, j)$ 를 중심으로 상관도의 상승 천이가 발생하는 최근접 위치들로 결정되며, 이것은 탐색구간 내에서 화소 $x(i, j)$ 의 최근접 에지들의 경계와 일치한다. 최초 탐색 구간 내에서 상관도의 하강 및 상승 천이의 순서에 따라 총 16가지의 경우가 발생하지만, 양쪽에 상승 천이가 있는 경우만 포함해서 고려하면 충분하다. 상승 천이가 양쪽에 있는 경우, 새로운 탐색구간은 $[B_L, B_R]$ 이고, 한쪽에만 있는 경우 새로운 탐색구간은 $[B_L, R]$ 또는 $[R, B_R]$ 이다.

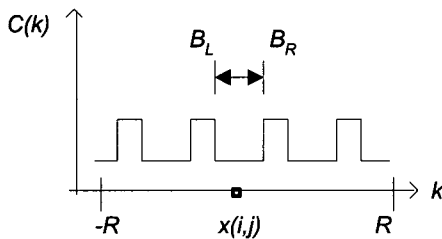


그림 5. 제한된 탐색구간
Fig 5. Restricted search range

제한된 탐색구간 내에서 기준 블록과 상위 블록 및 하위 블록간의 상관도가 최소가 되는 방향 벡터 \bar{u} 와 \bar{v} 는 식 (4)와 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \bar{u} &= \arg \min \{ C_U(k) \} \\ \bar{v} &= \arg \min \{ C_L(l) \} \end{aligned} \quad (4)$$

두 번째 단계는 에지의 방향에 따라 보간하는 단계이다. 두 벡터의 합이 문턱치 보다 작으면 방향성이 존재하는 영역으로 결정되어, 방향성에 따른 보간을 수행하고 그렇지 않다면 방향성이 없는 영역으로 결정되어 상위 화소와 하위 화소의 평균으로 보간한다. 방향성이 있는 영역으로 결정된 경우, 상위 방향 벡터들과 상하위 라인이 각각 만나는 지점의 화소값 X_U 와 X_L 을 이용해서 기준 블록 RB 의 중심 화소 $x(i, j)$ 를 식 (6)과 같이 보간한다. 일반적으로 X_U 와 X_L 는 정수 위치가 아닐 수 있으며, 이때는 X_U 와 X_L 각각의 양쪽 인접 화소들의 선형 보간으로 계산한다.

$$x(i, j) = \frac{1}{2} (X_U + X_L) \quad (6)$$

ELA 기반 방법들은 영역내 에지가 존재하는 경

우, 선형 에지를 가정하고 있으므로, 보간하고자 하는 화소를 중심으로 상위 화소와 하위 화소가 동일한 방향을 갖는다면 중간에 위치한 화소 X_U 와 X_L 도 동일한 방향을 갖는다.

IV. 실험 및 결과

다양한 정지 영상들과 “Table tennis” 동영상에 대해 제안된 방법과 다른 방법을 적용해서 PSNR을 비교하였다. 실험 영상은 필터링 없이 수직 방향으로 $\frac{1}{2}$ 로 간축해서 사용하였다. 그리고, 간축된 각각 영상에 대해 홀수 필드를 이용해서 짝수 필드를 보간하였다. 방향 탐색을 위한 블록 크기 $M \times N$ 은 최소 블록 크기인 2×3 으로 설정하였고, 상위 방향 및 하위 방향 탐색을 위한 초기 탐색 구간은 $R = 16$ 으로 설정하였다. 문턱치 $T1 = 10$, $T2 = 6 \times 10^3$, $T3 = 1$ 는 실험적으로 결정하였다. 블록의 크기 및 탐색 구간 때문에 제안하는 방법을 적용할 수 없는 영상의 가장자리 부분은 라인 평균 방법을 적용하였다. 그림 6에 제안하는 디인터레이싱의 알고리즘을 나타내었다. 첫 단계로, 에지 방향 탐색을

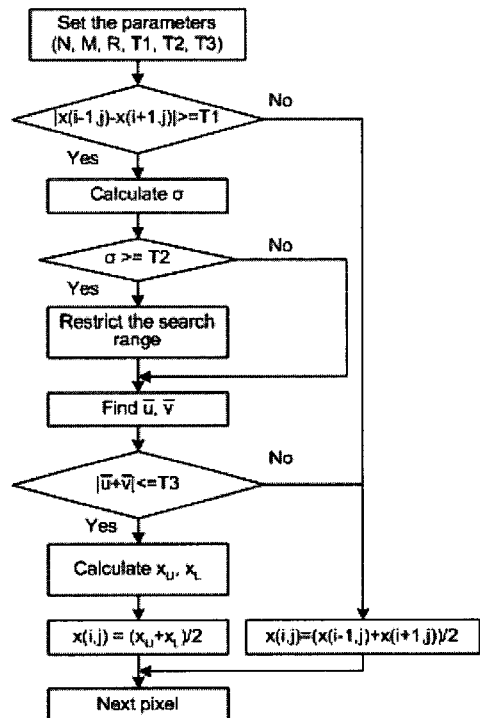


그림 6. 제안하는 방법의 흐름도
Fig 6. The process of the proposed method

위한 블록 매칭에 필요한 블록크기, 방향 탐색을 위한 초기 탐색구간 및 문턱치들을 설정하다. 두 번째 단계에서는 처리 속도를 높이기 위해 기준 화소의 상하위 화소들이 문턱치보다 작아 주관적 화질에 큰 영향을 주지 않으면, 라인 평균 방법으로 보간한다. 그렇지 않다면 다음 단계로 진행한다. 세 번째 단계에서는 초기 탐색 구간 내에 다수의 에지 존재 유무를 판단하기 위해 상관도의 표준편차를 구해 문턱치 보다 크면, 거짓 에지로 인한 오류 발생 가능성을 제거하기 위해 탐색구간을 제한한다. 표준편차 문턱치 보다 작으면 초기 탐색구간을 유지한다. 네 번째, 단계는 새로운 탐색구간 내에서 상하 방향 벡터들은 계산하고 영역내의 방향성을 결정한다. 벡터의 합이 문턱치보다 작으면 방향성이 있다고 판단해서 방향성을 고려해서 보간한다. 그렇지 않다면, 라인 평균 방법을 적용한다. 모든 화소들이 보간이 완료 되면 프로세스가 종료하게 된다.

표 1에 다양한 정지 영상들에 대한 라인 중복 방법(Line double), 고전적인 ELA 방법, Adaptive ELA(A-ELA), Efficient ELA(E-ELA) 그리고 제안된 방법의 결과를 나타내었다. 제안된 방법은 기존의 ELA 기반 방법들에서 고려하는 수직, 좌우대각 방향 보다 많은 방향을 탐색함으로써, 우수한 보간 결과를 나타내었다. 특히, 스트라이프가 다수 포함되어 있는 "Barbra" 영상에 대해 E-ELA에 비해 제안하는 방법이 약 1dB이상 우수한 결과를 나타내었다. 그림 8에 "Airplane" 영상을 나타내었는데, 제안된 방법은 다른 방법들에 비해 비행기의 윤곽선이 뚜렷하게 보간되었음을 알 수 있다. 그림 7에 "Table tennis" 동영상 70프레임에 대한 PSNR을 나타내었는데, 제안된 방법은 다른 ELA 기반의 방법들 보다 우수한 결과를 나타내었다.

표 1. 다양한 방법의 PSNR 비교
Table 1. PSNR (in dB) results of different methods for various images

영상	방법	Line Double	ELA	A-ELA	E-ELA	Proposed Method
Airplane		28.50	31.18	30.49	31.36	31.54
Baboon		21.63	22.99	22.93	23.20	23.38
Barbra		27.24	25.12	25.05	27.95	29.00
Gold Hill		30.31	32.67	31.60	32.99	33.59
Hotel		28.50	32.07	31.25	32.40	32.46
Lena		32.76	35.92	35.69	36.67	36.95

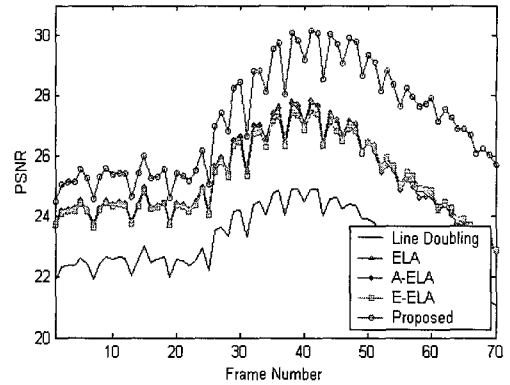
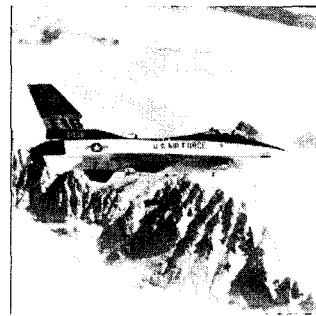


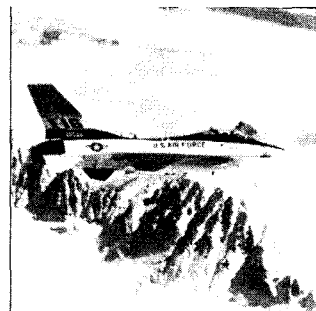
그림 7. Table tennis 영상의 PSNR 비교
Fig. 7. PSNR results of different methods for "Table tennis" images



(a) Input image



(b) Line double



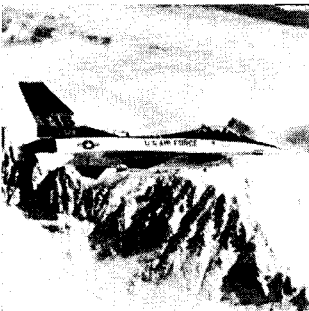
(c) ELA



(d) A-ELA



(e) E-ELA



(f) The proposed method

그림 8. "Airplane" 영상에 대한 다양한 방법의 적용 결과
Fig 8. Interpolation results of different methods for "Airplane" image

V. 결론

본 논문에서는 화소단위로 상관도를 계산하는 기존의 ELA 방법을 블록단위의 ELA로 확장하고 에지의 정확한 방향을 찾기 위해 탐색구간을 제한하는 방법을 제안하였다. 실험을 통해 다양한 정지 영상들에 대해 제안된 방법과 다른 ELA 기반 방법들과 주관적 화질 및 객관적 화질을 비교하였다. 제안된 방법은 에지의 방향을 찾기 위해 블록단위의 상관도를 계산함으로써 잡음의 영향을 최소화시켜 방향의 정확도를 높임으로써 PSNR 면에서 기존의 화소 단위의 ELA 기반 방법들보다 PSNR에서 약 1dB

이상 우수한 결과를 얻었다. 특히, 화소 단위의 ELA 뿐만 아니라 블록단위의 ELA도 영상에 스트라이프와 같이 얇은 에지들이 연속적으로 존재할 경우, 계조도의 차분함만을 이용하는 상관도의 특성상, 거짓 에지의 방향 검출로 인한 디인터레이싱의 오류가 발생할 수 있는데, 이 문제를 해결하기 위해 에지 방향의 검출을 위한 탐색 구간을 제한하는 방법을 제안하였다.

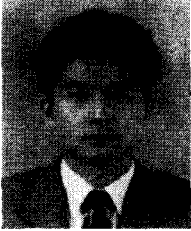
참고 문헌

- [1] G. Haan and E. Bellers, "Deinterlacing- An Overview", *Proceedings of The IEEE*, Vol. 86, No. 9, pp. 1839-1857, September 1988.
- [2] T. Doyle, "Interlaced to sequential conversion for EDTV applications", *Proceedings 2nd Int. Workshop Signal Processing HDTV*, pp. 412-430, February 1988.
- [3] C. Kuo, C. Liao, and C. Lin, "Adaptive interpolation technique for scanning rate conversion" *IEEE Trans. on Circuits Systems for Video Technology*, Vol. 6, No. 3, pp. 317-321, June 1996.
- [4] T. Chen, H. Wu, and Z. Yu, "An efficient edge line average interpolation algorithm for deinterlacing" *Proceeding of Visual Communications and Image Processing*, SPIE Vol. 4067, pp. 1551-1558, 2000.
- [5] K. Sugiyama and H. Nakamura, "A method of de-interlacing with motion compensated interpolation," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol. 45, No. 3, pp. 611-616, August 1999.
- [6] R. Li, B. Zeng, and M. Liou, "Reliable motion detection/compensation for interlaced sequences and its applications to deinterlacing," *IEEE Trans. on Circuits Systems for Video Technology*, Vol. 10, No. 1, pp. 23-29, February 2000.
- [7] C. Sun, "Deinterlacing of video images using a shortest path technique," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol. 47, No. 2, pp. 225-230, May 2001.
- [8] M. Park, M. Kang, K. Nam, and S. Oh, "New edge dependent deinterlacing algo-

rithm based on horizontal edge pattern”
IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.
49, No. 4, pp. 1508-1512, November 2003.

민 병 석 (Byong seok Min)

정회원



1990년 2월 한양대학교 전자
통신공학과 졸업
1992년 8월 한양대학교 전자
통신공학과 석사
2003년 2월 한양대학교 전자
통신공학과 박사
1995년 3월~현재 충청대학 컴

퓨터학부 부교수

2003년 7월~2004년 7월 캐나다 알버타대학교 전
자 및 컴퓨터공학과 박사후과정
<관심분야> 영상처리, 영상통신, 패턴인식, 멀티미
디어통신

김 승 종 (Seung jong Kim)

정회원



1992년 2월 한양대학교 수학
과 졸업
1994년 2월 한양대학교 전자
통신공학과 석사
2000년 2월 한양대학교 전자
통신공학과 박사
2002년 3월~현재 한양여자대

학 컴퓨터학부 조교수

<관심분야> 영상처리, 영상통신, 패턴인식, 멀티미
디어통신

조 동 욱 (Dong uk Cho)

정회원



1983년 2월 한양대학교 전자
공학과 졸업
1985년 8월 한양대학교 대학원
전자공학과 석사
1989년 2월 한양대학교 대학원
전자통신공학과 박사
1991년 3월~2000년 2월 서원

대학교 정보통신공학과 부교수

2000년 3월~현재 충북과학대학 정보통신공학과 교수
2002년 12월 한국콘텐츠학회 학술상 수상
2004년 5월 한국정보처리학회 우수논문상 수상
<관심분야> 영상처리 및 인식, 망진을 통한 한방의
료 진단기기, 생체신호처리, 인터넷 역기능의 기
술적 해결