

Edge 정보를 이용한 적응적 deinterlacing 기법

나 정 은, 이 병 옥, 김 인 철*

이화여자대학교 정보통신학과 (E-mail: bulee@ewha.ac.kr)

*서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 (E-mail: rin@uos.ac.kr)

An adaptive deinterlacing technique using edge information

Jeong-Eun Na, Byung-Uk Lee, Rin-Chul Kim*

Dept. of Information Electronics, Ewha Womans Univ.

*Dept. of Electrical & Computer Eng., Univ. of Seoul

요약

본 논문에서는 비월주사 방식의 영상을 순차주사 방식의 영상으로 변환하기 위한 deinterlacing 기법에 관하여 고찰한다. 먼저, 공간 영역 상에서 수행되는 기존의 deinterlacing 기법 중에서 우수한 성능을 보이는 것으로 알려진 ELA방법의 단점을 보완하기 위하여 적응적 ELA 알고리즘을 제안하였다. 기존의 ELA방법은 수평 edge를 검출할 수 없어 수평 edge 성분을 포함하는 화소 값은 원치 않는 값으로 보간 되는 결과를 가져왔다. 이를 개선시키기 위해 수평 edge를 효과적으로 검출하는 방법을 제안하고, 수평 에지 부분을 적절히 보간할 수 있는 적응적인 필터를 제안한다. 그 결과 수평 edge 부분에서의 개선으로 기존의 ELA 방법보다 더 나은 성능을 얻었다.

I. 서론

현재 방송되고 있는 TV 시스템은 하나의 frame을 even field와 odd field로 나누어 시간차를 두고 주사하는 방식인 비월(interlaced)주사 방식을 사용하고 있다. 비월주사 방식은 간단한 방법으로 영상 정보를 반으로 감축시키기 때문에 오래 동안 사용되어 왔다. 그러나, 시간 방향 주파수 성분을 보존하기 위해 수직 방향 주파수 성분을 희생시키므로, 수직 방향으로 상세 정보가 많은 영상에서는 flicker 현상 등 심각한 왜곡이 발생한다.

최근에 LCD, PDP 등 순차주사(progressive scan)가 용이한 display 장치가 널리 보급되고 있고, PC 등 다른 장치와의 호환성이 중요한 문제로 부각됨에 따라 기존의 비월주사 방식의 영상을 순차주사 방식의 영상으로 변환하는 deinterlacing 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-5].

Deinterlacing에는 움직임 정보를 이용한 방법과 그렇지 않은 방법이 있고, 움직임 정보를 이용하지 않는 방법에는 Line averaging, weighted median filtering, edge based line average (ELA) 등의 방법이 있다[5].

움직임 정보를 이용하지 않고 공간 영역 상에서 수행되는 방법 중에서 대표적인 방법이 ELA 방법[1]이다. ELA 방법은 손실된 라인의 이웃 라인에 있는 화소값 중 수직, 대각선 방향 중에서 가장 correlation이 높은 방향에 있는 화소들의 평균값을 사용하는 방법인데, 계산이 간단하고 하드웨어 구현이 쉬워 널리 쓰이고 있다.

ELA 방법은 여러 다양한 영상에 대해 비교적 안정적인 성능을 보여주고 있다. 그러나 수평 edge가 많은 영상에 대해서는 그 성능이 저하된다. 즉, ELA 방법에서는 수평 edge에 대한 고려가 없기 때문에 수평 edge가 포함된 화소라고 할 지라도 수직이나 대각선 edge와 동일하게 처리하기 때문이다.

이를 개선하기 위해서는 먼저 수평 edge를 검출해 내야하고 또 그에 해당하는 화소를 적절히 보간해 주어야 한다. 그래서 수평 edge가 아니면 ELA방법으로 보간 하지만, 수평 edge로 판명이 되면 다른 방식으로 보간해 주어야 할 것이다.

표 1. 3x3 window.

$x(i-1,j-1)$	$x(i-1,j)$	$x(i-1,j+1)$
	$x(i,j)$	
$x(i+1,j-1)$	$x(i+1,j)$	$x(i+1,j+1)$

본 논문에서는 ELA 방법에 바탕을 두고, 수평 edge에 대한 성능을 개선한 적응적 ELA 기법을 제안한다.

제 II절에서는 기존의 ELA 방법에 대해 설명하고 ELA 방법에서 나타나는 문제점을 살펴본다. 제 III절에서는 ELA 방법의 성능을 개선할 수 있는 한 방안으로 수평 edge를 검색하고 이에 따라 적응적으로 보간하는 알고리즘을 제시한다. 제 IV절에서는 실험결과를 분석하고, 마지막으로 제 V절에서는 본 논문을 결론을 제시한다.

II. ELA 방법

ELA 방법은 화소 값의 상관도(correlation)에 따라 edge의 방향을 결정하고 그 방향에 해당하는 값을 평균하여 보간하는 방법이다. 즉, 주어진 화소 근방에서 표1과 같이 3 x 3 크기의 창(window)을 설정하고, 창 안에서 공간적으로 대칭상태에 놓인 화소들의 상관도를 계산하여, 상관도가 가장 큰 방향의 화소 값들을 평균하여 주어진 화소 값을 추정한다.

ELA 방법에서 고려되는 edge의 방향은 수직방향과 대각선 방향이다. 만일 화소 $x(i,j)$ 의 값을 보간 하고자 한다면 이 화소의 edge 방향은 다음과 같이 3개의 주변 화소들간의 차이로 부터 결정한다.

$$C1 = |x(i-1,j-1) - x(i+1,j+1)|$$

$$C2 = |x(i-1,j) - x(i+1,j)|$$

$$C3 = |x(i-1,j+1) - x(i+1,j-1)|$$

이때, 가장 작은 차이를 보이는 방향이 상관도가 가장 높은 방향이 되고, 그 방향에 해당하는 화소 값들로 $x(i,j)$ 가 보간 된다. 이때의 보간 방법은 다음과 정리된다.

$$\text{if } \min(C1, C2, C3) = C1,$$

$$X(i,j) = (x(i-1,j-1) + x(i+1,j+1)) / 2$$

$$\text{if } \min(C1, C2, C3) = C2,$$

$$X(i,j) = (x(i-1,j) + x(i+1,j)) / 2$$

$$\text{if } \min(C1, C2, C3) = C3,$$

$$X(i,j) = (x(i-1,j+1) + x(i+1,j-1)) / 2$$

즉, C1과 C3가 최소가 되는 경우에는 대각선 edge이므로 대각선 방향에 있는 화소들의 평균값이 들어가게 되고, C2가 최소가 되는 경우에는 수직 edge이므로 수직 방향에 있는 위아래 화소들의 평균값이 들어가게 된다.

지금까지 ELA 방법에 대해 간단히 설명했다. ELA 방법은 수직 edge나 대각선 edge에 대해서는 잘 동작한다. 그러나 수평 edge에 대한 고려는 이루어지지 않아 수평 edge에 해당하는 값이 제대로 보간 되지 않는 문제가 생긴다. 즉 $x(i,j)$ 를 통과하는 수평 edge가 있다면 $x(i,j)$ 값은 억지로 수직 edge또는 대각선 edge로 고려되어 잘못 보간되게 된다.

이 문제를 해결하기 위해 다음 절에서는 적응적 ELA 기법을 제안한다.

III. 적응적 ELA 기법

제안하는 적응적 ELA 기법의 블록선도는 그림 1과 같다. 입력 영상이 들어오면 먼저 수평 edge인지 아닌지를 판별하고 수평 edge이면 수평 edge를 고려한 방법으로 보간하고 수평 edge가 아니면 ELA 방법으로 보간 한다.

III-1. 수평 edge 검출

앞서 설명했듯이 ELA 방법은 수평 edge에 대한 고려가 없다. 그래서 간단한 방법을 통해 수평 edge가 있는지 없는지를 감지해 내고 수평 edge에 대해서는 다른 방식의 보간 방법을 적용하고자 한다.

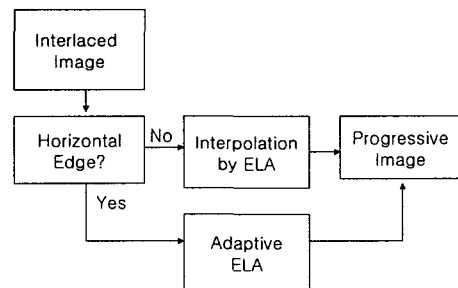


그림 1. 제안한 알고리즘의 블록선도.

먼저 수평 edge인지 아닌지를 가리기 위해 수평 방향의 상관도를 다음과 같이 계산한다.

$$C4 = |x(i-1,j-1) - x(i-1,j+1)|$$

$$C5 = |x(i+1,j-1) - x(i+1,j+1)|$$

여기서, C4와 C5는 각각 $x(i,j)$ 의 위쪽과 아래쪽 부분에서 수평 방향 좌우 화소 값의 차이이다. ELA 방법에 의해 구해진 C1, C2, C3 와 C4, C5 중에서 가장 작은 값을 갖는 방향이 상관도가 가장 높은 방향이 되며 만일 그 방향이 수평방향인 경우, 즉 C1, C2, C3, C4, C5 중에서 C4또는 C5가 최소값이라면, 화소 $x(i,j)$ 는 수평 edge 상에 있는 것으로 본다.

또한 배경영역이 수평 edge로 감지되는 것을 방지하기 위해 수직방향으로 문턱값(threshold)을 주어 수평 edge로 검출되었을지라도 위아래 라인간의 차이가 문턱값 이하인 경우에는 배경영역으로 간주하였다.

이렇게 하여 구해진 수평 edge map이 그림2이다. 그러나 실제로 화소 값이 자주 변하는 texture형태의 영상은 horizontal edge가 아님에도 불구하고 horizontal edge로 잘못 판단되게 된다. 이를 방지하기 위해 아래와 같이 d1, d2, d3을 보고,

$$d1 = x(i-1,j-1) - x(i+1,j-1)$$

$$d2 = x(i-1,j) - x(i+1,j)$$

$$d3 = x(i-1,j+1) - x(i+1,j+1)$$

만일 d1, d2, d3의 부호가 모두 양수이거나 모두 음수라면 3x3 창안에서 수평 방향으로 연속되는 edge라 볼 수 있으므로 이 때에만 수평 edge로 취하게 된다. 그림 3이 d1, d2, d3 차이 값의 부호까지 고려해서 구해진 수평 edge map이다. 그림에서 잘못된 수평 edge 정보가 제거된 것을 볼 수 있다.

비록 위와 같은 방법으로 수평 edge를 찾아내긴 했지만 그 정보만으로 원래 값에 가까운 값을 보간 하는



그림 2. 수평 edge map.

것은 불가능하다. $x(i,j)$ 를 중심으로 $x(i,j-1)$ 은 알고 있지만 $x(i,j+1)$ 의 값은 알지 못하기 때문이다.

III-2. 수평 edge 보간

$x(i,j+1)$ 의 값을 모르는 상태에서 수평 edge인 $x(i,j)$ 를 보간할 때 $x(i,j-1)$ 은 중요한 정보가 된다. 3x3 창안에서 현재 알고 있는 화소값 정보 중 $x(i,j-1)$ 이 수평 edge $x(i,j)$ 에 가장 가까운 값이기 때문이다. 그러나 $x(i,j-1)$ 값을 반영시키는 경우에 고려해야 할 점이 있다. 만일 $x(i,j)$ 가 수평 edge의 시작점이라면 $x(i,j-1)$ 은 ELA 알고리즘에 의해 계산되었을 것이고, 그 값은 수평 edge와 관련 없는 값일 가능성이 크다.

수평 edge와 관련 없는 값인 $x(i,j-1)$ 이 $x(i,j)$ 에 영향을 미치면 수평 edge 영역이 끝날 때까지 계속적으로 좋지 않은 영향을 미치게 된다.

이러한 문제 때문에 edge의 시작점인 경우에는 수평 edge나 대각선 edge와는 무관하게 보간하고자 하는 화소와 가장 가까운 위치에 있는 값을 주는 것이 가장 무난하다.

그러므로 edge의 시작점에 해당하는 화소 $x(i,j)$ 에는 공간적으로 가장 가까운 값인 $x(i-1,j)$ 와 $x(i+1,j)$ 의 평균 값을 일률적으로 채워준다.

이와는 다르게 시작점이 아닌 연속되는 수평 edge에 해당하는 위치의 화소에는 ELA 알고리즘에 $x(i,j-1)$ 에 두 배의 가중치를 둔 값을 반영하여 보간 한다. 이것은 화소간의 상관도를 고려함과 동시에 수평 edge의 연속성을 함께 고려한 것이다.

이상의 내용을 정리하면 다음과 같다. 즉, 수평 edge 상에 있다고 판별된 화소값은 다음과 같이 보간된다. 먼저, 수평 edge의 시작점일 때에는 아래의 식이 적용된다.

$$X(i,j) = (x(i-1,j) + x(i+1,j)) / 2,$$

그러나, 연속되는 수평 edge에 해당되는 화소일 때는 수평 방향으로 인접한 $x(i,j-1)$ 을 사용할 수 있으므로 다음과 같이 $x(i,j)$ 값을 결정한다.



그림 3. 수직 edge의 부호를 고려한 edge map.

if $\min(C1,C2,C3)=C1$,

$$X(i,j) = (2 * x(i-1,j-1) + x(i+1,j+1) + x(i,j-1)) / 4$$

if $\min(C1,C2,C3)=C2$,

$$X(i,j) = (2 * x(i-1,j) + x(i+1,j) + x(i,j-1)) / 4$$

if $\min(C1,C2,C3)=C3$,

$$X(i,j) = (2 * x(i-1,j+1) + x(i+1,j-1) + x(i,j-1)) / 4$$

IV. 실험 결과

제안한 알고리즘의 성능을 확인하기 위해 모의실험을 수행하였다. 실험영상으로는 512 x 512 Lena 영상과 288 x 352 Paris 영상에서 각각 짝수번째 줄(even line)을 제거한 256 x 512 영상과 144 x 352 영상을 사용하였다.

실험결과 Lena영상의 경우 전체영상에 대해 3.7%의 수평 edge가, Paris 영상의 경우 10.77%의 수평 edge가 검출되었다.

512 x 512 Lena 영상은 ELA 방법에 의해서 36.4dB PSNR을 얻었으나 제안 알고리즘에 의해 보간된 결과는 36.8dB PSNR로 나타났다. 288 x 352 paris 영상은 25.2dB에서 25.72dB로 향상되었다. Paris 영상이 Lena 영상에 비해 약간 더 많은 PSNR 증가치를 보였는데 Paris 영상이 Lena 영상에 비해 수평 edge를 더 많이 포함하고 있기 때문이다. 그림 5는 제안한 알고리즘에 의해 보간된 결과 영상이다.

V. 결론

본 논문에서는 기존의 ELA방법을 개선한 수평 edge를 고려한 적응적 ELA방법을 제안하였다. 먼저 보간하고자 하는 화소값에 대해 수평 edge의 존재유무를 결정하고, 수평 edge인 경우 그에 적절한 보간을 하였다. 실험결과 기존의 ELA 방법보다 우수한 PSNR 수치를 얻었으며, 수평 edge 부분에 있어서 시각적으로도 개선된 결과를 얻었다.

참고논문

- [1] J. Salonen and S. Kalli, "Edge adaptive interpolation for scanning rate conversions," in *Proceeding of International Conference on HDTV*, Nov. 1992, pp. 91.1-94.8.
- [2] T.Doyle and M.Looymans, "Progressive scan conversion using edge information," in *Proc. of 3rd International Workshop on Signal Processing of HDTV*, Aug. 1989, pp. 711-721.

표 2. PSNR 비교.

	ELA	proposed
512x512 Lena	36.4dB	36.8dB
288x352 Paris	25.2dB	25.7dB

- [3] M.H. Lee, J.H. Kim, J.S. Lee, K.K. Ryu and D.I. Song, "A new algorithm for interlaced to progressive based on directional correlations and its IC design," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 40, pp. 119-125, May 1994.
- [4] T.Doyle, "Interlaced to sequential conversion for EDTV applications," in *Proc. of 2nd International Workshop on Signal Processing of HDTV*, Feb. 1998, pp. 412- 430.
- [5] G. De Haan and E.B. Bellers, "Deinterlacing-an overview," *Proc. of the IEEE*, vol. 86, no. 9, pp. 1839-1857, Sept. 1998.



그림 4. 원본 영상.



그림 5. 제안한 방법으로 보간된 영상.