

## 향상된 Gradient Inverse Weighted Filter를 적용한 디인터레이싱 알고리즘

\*윤장혁, \*유종상, \*\*전광길, \*정제창

\*한양대학교 전자컴퓨터통신공학과, \*\*인천대학교 임베디드시스템공학과

yjh2748@hanyang.ac.kr, kar\_pondier@hotmail.com, gjeon@incheon.ac.kr, jjeong@hanyang.ac.kr

## Deinterlacing Algorithm Using New Gradient Inverse Weighted Filter

\*Yun, Janghyeok \*Yoo, Jongsang \*\*Jeon, Gwanggil \*Jeong, Jechang

\*Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University,

\*\*Department of Embedded Systems Engineering, Incheon National University

## 요약

본 논문에서는 gradient inverse weighted filtering(GIWF) 보간법 기반의 화면 내 디인터레이싱 알고리즘을 제안한다. 소실된 화소 줄을 보간하기 위해서 먼저 선 처리 과정을 통해 정해진 마스크의 중간 지점의 예측 값을 생성한다. 이 때는 4-tap 필터를 이용을 한다. 다음으로 이웃 픽셀들 사이에서 마스크 내의 기울기 정보를 이용하여 gradient-weighted 필터의 가중치 계수를 계산한다. 그리고 마지막으로 새롭게 제시된 GIWF 보간법을 이용하여 소실된 화소 줄을 보간하게 된다. GIWF를 이용하여 영상의 디테일을 보존하고 잡음을 제거하는 효과를 얻게 되었다. 제안된 방법의 영상 시퀀스에 대한 실험 결과는 기존의 방법들에 비하여 성능의 우수함을 보여준다.

## 1. 서론

현재 사용하고 있는 텔레비전 시스템은 인간 시각이 깜빡임에 덜 민감하다는 특성을 이용하여 비디오 신호를 제한된 대역폭에 전송할 수 있는 인터레이스 비디오신호를 사용하고 있다. 그러나 디지털 TV가 보편화 되면서 기존의 아날로그 기반의 기술들을 디지털 기술에 사용함에 있어서 문제점이 발생하였다. 인터레이스 방식을 디지털 TV에서 그대로 사용하게 되면 에지 플리커(edge flicker), 라인 크롤링(line crawling) 등의 문제점이 발생하여 영상의 질을 저하 시키게 된다. 이를 위하여 다양한 디인터레이싱 방식이 제안되었으며, 고선명 디지털 TV방송 서비스에서도 핵심적인 역할을 수행하고 있다[1-2]. 또한 PC 모니터, 액정 표시장치(LCD), PDP 등의 장치에서도 이용된다.

디인터레이싱 방법에는 움직임 기반의 MC(Motion Compensation)방법과 비움직임 기반의 No-MC 방법으로 나뉜다. MC 디인터레이싱 방법은 가장 우수한 성능을 보인다. 하지만 복잡한 연산량과 메모리 구조면에서 비효율적이다. 또한 No-MC 방법은 에지 기반의 공간적 보간을 수행한다. 이는 간단한 계산을 하기 때문에 널리 이용되지만, 잘못된 에지 정보로 인하여 매우 민감하며, 복잡한 영역에서는 성능이 떨어지는 단점이 있다. 실제로 TV 등에 사용되는 디인터레이서는 MC기반의 디인터레이서와 Motion Adaptive 기반 디인터레이서가 많이 사용된다. 뛰어난 성능을 제공하지만 복잡한 연산 때문에 비용이 많이 든다 이에 따라 적은 연산량을 가지면서 뛰어난 화질을 제공하는 공간적 디인터레이싱 기술의 개발이 중요해 지고 있다. 본 논문에서는 화면 내 디인터레이싱 접근 방법을 제안한다. 화면 내 디인터레이싱은 많은 접근방법을 통해 다양한 방법들이 제시되었다[3-7] 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 Gradient Inverse

Weighted Filter(GIWF)에 대한 소개를 하고, 3장에서 GIWF를 적용하는 디인터레이싱 알고리즘을 소개한다. 4장에서는 실험 결과를 제시한 뒤, 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 새로운 Gradient Inverse Weighted Filter

일반적으로 GIWF 는 이미지 디노이징과 스무딩에 이용된다. GIWF 는 이미지를 스무딩 하기 위하여 이웃 픽셀 정보들의 그레디언트를 사용하기 때문에 이미지의 에지와 디테일을 보존하는 성질을 가진다. Wang은 가중치 계수를 가지는 3x3의 마스크를 이용하여 중심 픽셀과 이웃픽셀들 사이의 정규화 된 Gradient Inverse를 구하였다. 스무딩 연산은 경계의 블러링이 없이 영역 내의 노이즈를 줄이게 된다 [8]. 제안된 논문에서는 인터레이스 된 신호의 잃어버린 화소 줄을 보간하여 순행주사 영상을 복원하기 위하여 GIWF를 이용한다. 이 필터는 식 (1)의 3x3의 마스크를 적용한다.

$$W(i, j) = \begin{bmatrix} w(i-1, j-1) & w(i-1, j) & w(i-1, j+1) \\ w(i, j-1) & w(i, j) & w(i, j+1) \\ w(i+1, j-1) & w(i+1, j) & w(i+1, j+1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$x(i, j)$  를 좌표  $(i, j)$  의 그레이 레벨이라고 두면 다음 식 (2)가 정의 된다.

$$d(i, j; k, l) = |x(i+k, j+l) - x(i, j)| \quad (2)$$

여기서,  $k, l = -1, 0, 1$  이고  $k$ 와  $l$ 은 동시에 0이 되지 않는다. 그리고 마스크로 이루어진 영역을 함수  $V(i, j)$ 로 정의한다. gradient inverse

의 절대 값은 다음과 같이 정의 된다.

$$\delta(i, j; k, l) = \begin{cases} \frac{1}{d(i, j; k, l)}, & \text{if } d(i, j; k, l) \neq 0 \\ 2, & \text{if } d(i, j; k, l) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

그러면, GIWF 의 출력은 다음과 같은 형태를 가진다.

$$\hat{x}(i, j) = 0.5x(i, j) + 0.5y(i, j) \quad (4)$$

여기서,  $y(i, j)$ 는

$$y(i, j) = \sum_{k, l \in V(i, j)} W(k, l)x(i+k, j+l) \quad (5)$$

그리고,  $W(k, l)$ 는

$$W(k, l) = \frac{\delta(i, j; k, l)}{\sum_{k, l \in V(i, j)} \delta(i, j; k, l)} \quad (6)$$

이 두 식이 정의 된다. 그리고 GIWF 의 향상을 위해서, 새로운 방법을 제안되었다[9]. 새로운 GIWF의 알고리즘은 일반적인 식 (5)를 기반으로 한다.

$$\hat{x}(i, j) = K(i, j)x(i, j) + (1 - K(i, j))y(i, j) \quad (7)$$

$x(m, n) (m, n = 0, 1, 2, \dots)$  은 독립적이고 분산 값  $\sigma_x^2$  을 가지는 가우시안 랜덤 변수로 동등하게 분포된다. 그리고  $y(i, j)$  는 식 (5)에 의 해 정의된 필터의 결과 값으로 간주한다. 효율적인 잡음 스무딩을 위하여 식 (7)에서 최적의 계수는 다음과 같이 구해진다.

$$K(i, j) = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2(i, j)} \quad (8)$$

여기서  $\sigma_y^2(i, j)$  는  $y(i, j)$  의 분산 값이다. 근사 값을 얻기 위하여 모든  $W(i, j)$  는  $(i, j)$  지점에서의 상수로 간주된다. 그 결과로 식 (9)를 유도해낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \sigma_x^2(i, j) = \text{var}[y(i, j)] &\approx \sum_{k, l \in V(i, j)} W(k, l)^2 \text{var}[x(i, j)] \\ &= \sigma_x^2 \left[ \sum_{k, l \in V(i, j)} W(k, l)^2 \right] \end{aligned} \quad (9)$$

식 (8)을 식 (9)로 대체함으로써, 식 (10)을 얻을 수 있다.

$$K(i, j) = \frac{D(i, j)}{1 + D(i, j)} \quad (10)$$

여기서,  $D(i, j)$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D(i, j) = \sum_{k, l \in V(i, j)} W(k, l)^2 \quad (11)$$

이렇게 간략화 함으로써 간단한 연산으로 알고리즘을 적용할 수 있다. 식 (2), (4), (6), (8)만을 이용하여  $W(i, j; k, l)$  과  $D(i, j)$  을 얻을 수 있다.

### 3. Gradient Inverse Weighted 필터 기반의 디인터레이싱 알고리즘

앞 절에서 제시한 새로운 GIWF 적용한 디인터레이싱 알고리즘을 제안한다. 첫째로, 보간해야 할 위치 X 의 예측 값을 구하고, 마스크 내에서 가지고 있는 위쪽과 아래쪽의 6개의 값과 X의 예측 값을 더한 총 7개의 값을 GIWF에서 이용을 하게 된다. 전처리 과정을 통하여  $x(i, j)$  의 예측 값을 생성해 내어야 된다. 이는 주변 픽셀들의 경향을 판단하여 일정한 값을 얻을 수 있는데, 4-tap 필터를 이용하게 된다. 필터의 계수는 고정 값이며  $[-1 \ 4 \ 4 \ -1]$  필터를 적용한다. 그림 1은 4-tap 필터에 사용되는 픽셀들과  $3 \times 3$  의 마스크를 나타낸다. 필터에 사용되는 4개의 픽셀은 중심 값 x의 위치에서부터 각각  $(x-3, y)$ ,  $(x-1, y)$ ,  $(x+1, y)$ ,  $(x+3, y)$ 의 a, b, c, d이다. 다음 식 (12)는 필터를 적용하여 얻어진  $x(i, j)$  의 예측 값을 구하는 과정이다.

$$x(i, j) = \frac{4(b+c) - 1(a+d)}{6} \quad (12)$$

다음으로 Gradient Weight 값을 구한 다음, 식 (7)을 통하여 최종적인 보간 값을 얻을 수 있다.

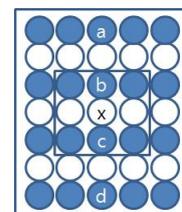


그림 1.  $3 \times 3$  마스크와 4-tap 필터에 이용되는 주변 픽셀 값의 위치

### 4. 실험 및 고찰

제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해서 13개의 CIF 비디오 시퀀스를 대상으로 실험을 수행 하였다. 이 영상은 디인터레이싱을 비롯한 일반적인 영상신호처리 분야에서 가장 많이 이용되는 시퀀스로서 실험의 특성을 잘 반영하기 위하여 움직임 정도에 따라 다양하게 분류하

표 1. PSNR[dB] 비교

	LDB [3]	LA [4]	ELA [5]	EELA [6]	MELA [7]	prop-osed
Akiyo	34.040	39.800	37.960	39.450	40.080	40.110
Coastguard	24.630	28.550	27.950	28.060	28.520	28.570
Hall-moritor	25.810	31.180	30.160	30.520	31.190	31.790
Stefan	23.330	27.560	26.160	26.430	27.460	27.700
News	28.500	34.230	31.910	32.760	34.190	34.580
Tempete	25.290	29.570	27.180	28.010	29.480	29.520
Singer	29.880	34.050	33.390	33.810	34.220	34.470
Children	27.480	32.890	31.700	32.130	32.970	33.500
Table	25.770	29.860	29.280	29.620	29.980	30.140
Football	26.320	31.260	29.380	30.130	31.280	31.710
Mobile	21.440	25.550	23.500	24.360	25.560	25.760
Bus	23.900	28.320	26.250	26.760	28.200	28.360
Waterfall	29.640	34.250	32.010	32.420	34.030	34.460
Average	26.618	31.313	29.756	30.343	31.320	<b>31.590</b>

그림 2는 football 영상의 부분을 확대한 것이다. 제안한 알고리즘은 다른 방법들에 비해 자연스러운 보간이 되었으며, 잡음이 많이 감소하였음을 볼 수 있다. 예를 들어 영상에서 숫자와 헬멧, 팔의 건장 부분 등 사선이 많이 포함된 영역에서 특히 잡음이 없음을 알 수 있다. 또한 영상의 디테일을 그대로 보존을 할 수가 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 Gradient Inverse weighted filter 기반의 디인터레이싱 방법을 제안하였다. 기존의 GIWF에서 잡음제거를 위한 추가적인 방법이 제시된 새로운 GIWF가 적용되었다. 마스크 내의 이웃 픽셀들의 정보를 이용하고 기울기 값을 구할 수 있었다. 결과 적으로 디테일을 유지하며 잡음을 제거한 효과적인 디인터레이싱 알고리즘성을 보여주었다. 실험 결과는 제안된 방법이 다른 방법보다 우수한 성능을 보인다.

6. 감사의 글

이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2011-0011312)

참고문헌

[1] K. Jack, Video Demystified - A Handbook for the Digital Engineer (4thed, Jordan Hill, Oxford: Elsevier, 2005).

[2] G. De Haan, Television display processing: past & future, Proc. IEEE ICCE'07, Las Vegas, NV, Jan. 10-14, 2007, 1-2.

[3] S. H. Keller, F. Lauze, and M. Nielsen, "Deinterlacing using variational methods," IEEE Trans. Image Process., vol. 17, no. 11, pp. 2015-2028

[4] E. B. Bellars and G. de Haan, "advanced de-interlacing techniques," in Proc. ProRisc/IEEE Workshop on Circuits, Systems and Signal Processing, Mierlo, The Netherlands, pp. 7-17, Nov. 1966.

[5] C. J. Kuo, C. Liao, and C. C. Lin, "Adaptive interpolation technique for scanning rate conversion," IEEE Trans. Circuits and System. Video Technology, vol. 6, no. 3, pp. 317-321, 1996.

[6] T. Chen, H. R. Wu, and Z. H. Yu, "Efficient deinterlacing algorithm using edge-based line average interpolation," SPIE Optical Engineering, vol. 39, no. 8, pp. 2101-2105, 2000.

[7] W. Kim, S. Jin, and J. Jeong, "Novel intra deinterlacing algorithm using content adaptive interpolation," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 53, no. 3, pp. 1036-1043, 2007.

[8] D. Wang and A.H. Vagnucci, "Gradient inverse weighted smoothing scheme and the evaluation of its performance," Computer Graphics and Image process., vol. 15, no. 2, pp. 167-181, Feb. 1981.

[9] X. Wang, "On the gradient inverse weighted filter," IEEE Trans. Signal Process., vol. 40, no. 2, pp. 482-484, Feb. 1992.

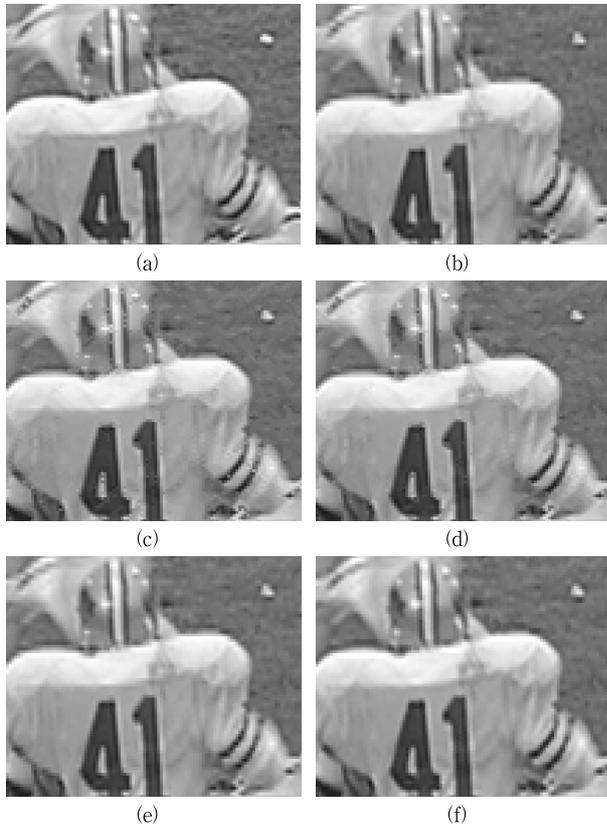


그림 2. 영상의 보간 결과 비교 (a) 원본영상, (b) LA (c) ELA (d) EELA (e) MELA (f) 제안된 방법

여 실험을 하였다. 그리고 기존의 잘 알려진 화면 내 디인터레이싱 알고리즘인 LDB, LA, ELA, EELA, MELA 와 성능비교를 제시한다. 객관적인 화질비교를 위해 PSNR 측정결과를 통해 제안된 알고리즘의 성능을 나타내었다. 표 1은 평균 PSNR값을 비교함으로써 제안된 알고리즘이 기존의 방법보다 우수함을 보여준다. 기존의 에지경향을 판단하는 방법들에 비해 필터링을 적용한 방법이지만 연산량 측면에서 비슷한 결과를 얻을 수 있었다.