

## 필드화면의 공간적 디인터레이싱을 위한 기울기 정보기반 보간 기법

\*진보라 \*\*조남익

서울대학교 전기컴퓨터 공학부

\*idealgod@ispl.snu.ac.kr \*\*nicho@snu.ac.kr

## Spatial Deinterlacing of Field images Based on the Gradient-Domain Interpolation

\*Jin, Bora \*\*Cho, Nam-Ik

Department of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National University

## 요약

본 논문에서는 Markov random field (MRF) 프레임워크와 영상의 기울기(gradient) 정보를 이용한 필드영상의 공간적 디인터레이싱(deinterlacing) 알고리즘을 제안한다. 기존의 디인터레이싱 결과를 보면 때때로 에지 부분의 연결이 정밀하지 못하여 눈에 거슬리는 재깁(jagging) 현상 등의 결함이 나타나기도 하는데, 제안하는 알고리즘은 이러한 현상을 줄이고자 영상의 기울기 도메인(gradient domain)에서 디인터레이싱을 수행한다. 즉, 제안하는 방식은 필드 영상으로부터 기울기 영상을 얻고 이를 보간한 후 필드영상과 복원된 기울기 영상을 토대로 원본 영상을 복원한다. 이 과정에서 각각의 픽셀마다 기울기 영상의 보간을 위한 에지 방향의 추정이 필요한데, 이 과정에서는 MRF 모델을 기반으로 에너지 함수를 설계하고 최적화시킴으로써 보다 강건한 추정결과를 얻도록 하였다. 프레임 영상 복원은 기울기 영상과 필드 영상 정보를 사전 정보로 하여 선형 방정식을 세우고 푸는 과정으로 이루어진다. 실험한 결과, 제안된 방법의 결과가 기존 방법에 비하여 눈에 띄는 결함을 줄이고 좋은 성능을 보임을 확인할 수 있다.

## 1. 서론

디인터레이싱은 비월주사 (interlaced scan)된 신호를 순차주사 방식 (progressive scan)으로 변환시키는 과정이다. 최근에는 영상 기술의 발달과 더불어 순차주사 방식의 영상물 제작이 더 선호되는 편이지만, 이전에 제작된 영상물의 대부분이 비월주사 방식으로 되어 있고 대역폭 제한으로 인하여 여전히 비월주사 방식이 이용되고 있기 때문에 보다 좋은 성능의 디인터레이싱 개발은 여전히 중요한 문제이다.

이러한 디인터레이싱 방식은 크게, 하나의 필드 내에 있는 영상의 정보만을 이용하는 화면내 방식(intra-field method)과 앞뒤의 여러 필드 정보를 이용한 화면간 방식(inter-field method)으로 나뉜다. 일반적으로 화면간 방식은 영상의 움직임 정보를 적응적으로 이용하거나 움직임 추정 및 보상을 통하여 디인터레이싱을 수행하므로 화면내 방식에 비하여 성능이 우수하게 나타나는 편이다. 그러나 이 방식의 경우 보통 계산이 복잡하고 메모리 요구량이 많을 뿐 아니라 움직임을 추정하기 어렵기 때문에 비교적 간단한 공간적인 방식이 선호되기도 한다.

화면내 방식은 에지의 방향성을 이용하여 손실된 정보를 보간하는 방식이 주를 이룬다. 대표적인 알고리즘으로는 Line average를 개선시킨 ELA(Edge-based Line Average) [1]를 들 수 있는데, 간단하고 비교적 구현이 용이하여 많이 사용되고 있다. 그러나 여기서 사용되는 에지 추정 방법은 영상 잡음이나 복잡도에 민감하며, 잘못 추정된 방향으로 보간할 경우는 오히려 눈에 거슬리는 결과를 얻기도 한다. 그렇기 때문에 최근까지도 ELA의 방향성 판단 오류를 보완하고 정확도를 높이기 위해 E-ELA[2], M-ELA[3] 등 다양한 시도가 이어지고 있

다. 한편, 보다 정확한 에지 방향을 고려하기 위하여 아래 위에 위치한 각각 두 행씩의 정보를 이용한 DOI (Direction-oriented interpolation) [4]도 제안되었다. 이 방식은 ELA 기반 알고리즘에 비하여 계산량은 많지만, 보다 다양한 에지 방향성을 고려한 것으로 최근까지도 손꼽히는 좋은 성능을 나타내고 있다.

그럼에도 불구하고 기존의 대부분의 화면내 방식은 대개 인접한 픽셀간의 에지 방향성을 고려하지 않고 손실된 픽셀을 각각 독립적으로 처리하는 문제점이 있기 때문에 노이즈에 민감할 수 있고 에지 방향의 정확도 역시 낮아질 우려가 있다. 또한 에지 방향이 한정되어 있어 자칫 에지 부분의 연결이 어긋나는 재깁 현상이 나타나기도 한다. 따라서 본 논문에서는 주변 에지방향을 함께 고려할 수 있도록 MRF 프레임워크를 이용한 에지 방향성 추정 방식을 제안한다. 즉 제안하는 방식은 인접한 픽셀뿐 아니라 위와 아래 있는 픽셀의 방향성을 함께 고려하고 영상 전체의 에지 방향을 한 번에 추정 하였다. 또한 추정된 에지 방향을 이용하여 기울기 영상을 먼저 복원하고 이로부터 프레임 영상으로 복원해줌으로써 보다 정밀한 에지의 연결이 가능케 된다. 실험 결과, 제안하는 알고리즘이 기존 알고리즘 결과에 나타나는 결함을 줄일 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

## 2. 제안하는 알고리즘

제안하는 방식은 필드영상으로부터 직접 프레임 영상을 복원하지 않고, 기울기 영상을 먼저 보간한 후, 복원된 기울기 영상과 필드 영상 정보를 토대로 선형 방정식을 세우고 이를 풀어냄으로써 프레임 영상

을 복원한다. 따라서 1차 미분을 통하여 필드 영상의 기울기 영상을 구하고, 이를 보간하는 데 이용할 에지 방향성을 추정하는 과정이 우선적으로 필요하다. 이를 설명하기에 앞서 에지 방향은, 손실된 픽셀  $\mathbf{p}=(x,y)$ 의 기울기 값이 위쪽의 픽셀  $\mathbf{p}_U=(x+U(\mathbf{p}),y-1)$ 과 아래쪽의 픽셀  $\mathbf{p}_L=(x+L(\mathbf{p}),y+1)$ 의 기울기 값의 평균으로 보간될 것임을 고려하여 이들의 쌍  $(\mathbf{p}_U,\mathbf{p}_L)$ 으로 정하고, 이때  $\mathbf{p}_U, \mathbf{p}_L$ 을 연결한 선이  $\mathbf{p}$ 를 지나도록  $|U(\mathbf{p})+L(\mathbf{p})|\leq 1$ 의 조건을 추가하는 것을 명시하도록 한다. 그리고 이제 각 픽셀에서 에지 방향  $(\mathbf{p}_U,\mathbf{p}_L)$  쌍을 구하는 문제를 레이블링 (labeling) 문제로 처리하는데, 이는 MRF 프레임워크에 기반하여 다음과 같은 에너지 함수를 설계하고 이를 최소화시킴으로써 풀 수 있는 문제이다.

$$E(f) = \sum_{\mathbf{p} \in M} D(f_{\mathbf{p}}) + \sum_{\mathbf{p}, \mathbf{q} \in E} V(f_{\mathbf{p}}, f_{\mathbf{q}})$$

위 식에서  $D(f_{\mathbf{p}})$ 는 데이터 항(data term),  $M$ 은 손실된 픽셀의 집합,  $V(f_{\mathbf{p}}, f_{\mathbf{q}})$ 는 인접한 픽셀간의 레이블이 유사하도록 하는 스무드 항(smoothness term)을 뜻하며, 이때  $\mathbf{p}$ 와 그 이웃은  $E = \{(\mathbf{p}, \mathbf{q}) | \mathbf{q} = (x-1, y), (x+1, y), (x, y-2), (x, y+2)\}$  관계를 만족시키도록 정한다. 그리고 데이터 항을 다음과 같이 정의한다.

$$D(f_{\mathbf{p}}) = w_1 D_1(f_{\mathbf{p}}) + w_2 D_2(f_{\mathbf{p}}) + w_3 D_3(f_{\mathbf{p}})$$

이때  $D_1(f_{\mathbf{p}})$ 는  $\mathbf{p}_U$ 와  $\mathbf{p}_L$ 를 중심으로 하는 각각의 패치 영역이 얼마나 일치하는지 나타내는 척도이고,  $D_2(f_{\mathbf{p}})$ 는  $(\mathbf{p}_U, \mathbf{p}_L)$  쌍이 이루는 에지 방향의 신뢰도, 또한  $D_3(f_{\mathbf{p}})$ 는  $\mathbf{p}$ 와  $\mathbf{p}_U, \mathbf{p}_L$  사이의 거리가 멀수록 패널티를 주는 항이다. 이들은 각각의 가중치로 결합을 이루고 있고 다음과 같이 나타난다.

$$D_1(f_{\mathbf{p}}) = \sum_{k=-\alpha}^{\alpha} (0.5 \times (I(x+U(\mathbf{p})+k, y-1) - I(x+L(\mathbf{p})+k, y+1))^2 + 2.0 \times (G_x(x+U(\mathbf{p})+k, y-1) - G_x(x+L(\mathbf{p})+k, y+1))^2)$$

$$D_2(f_{\mathbf{p}}) = 0.5 \|I(x, y-1) - \frac{1}{2}(I(x+2U(\mathbf{p}), y-3) + I(x+2L(\mathbf{p}), y+1))\|^2 + 2.0 \|G_x(x, y-1) - \frac{1}{2}(G_x(x+2U(\mathbf{p}), y-3) + G_x(x+2L(\mathbf{p}), y+1))\|^2$$

$$D_3 = |U(\mathbf{p})| + |L(\mathbf{p})|$$

여기서  $(x, y)$  위치에서의 픽셀값을  $I(x, y)$ ,  $x$ 방향 기울기 값을  $G_x(x, y)$ 로 나타내었다. 다음으로 스무드 항의 경우 인접한 픽셀이 유사한 에지 방향성을 갖도록 해주며 에지 방향이 교차하는 것을 막아주기 위해 위상 패널티 항  $T(\mathbf{p}, \mathbf{q})$ 을 추가하였는데 이는 아래와 같다.

$$V(f_{\mathbf{p}}, f_{\mathbf{q}}) = T(\mathbf{p}, \mathbf{q}) \times \min((U(\mathbf{p}) - L(\mathbf{p})) - (U(\mathbf{q}) - L(\mathbf{q})), \delta)$$

이제 이와 같이 정의된 에너지 함수를 Graph cuts[5]를 통하여 최소화시키고 이를 통하여 구한 에지 방향성을 따라 기울기 영상을 보간함으로써 복원된 기울기 영상을 얻게 된다. 그리고 프레임 영상은 복원된 기울기 영상과 필드 영상 정보를 사전 정보로 한 선형 방정식을 풀어내어 복원시킬 수 있다.

### 3. 실험결과

제안하는 알고리즘을 이용한 실험 결과는 그림 1과 같다. 그림 1(a)는 원본 영상, (b)는 ELA 결과, (c)는 DOI 결과, (d)는 제안하는 알고리즘 결과이다. 각각의 PSNR을 살펴보면, 제안하는 알고리즘이 31.4552 dB로 가장 높게 나타났다. 또한 그림을 통하여 제안하는 알고리즘이 지붕 주변의 강한 에지를 보다 잘 복원하였으며 기존 알고리즘

에 비하여 제깅 현상을 최소화 시켰음을 알 수 있다.

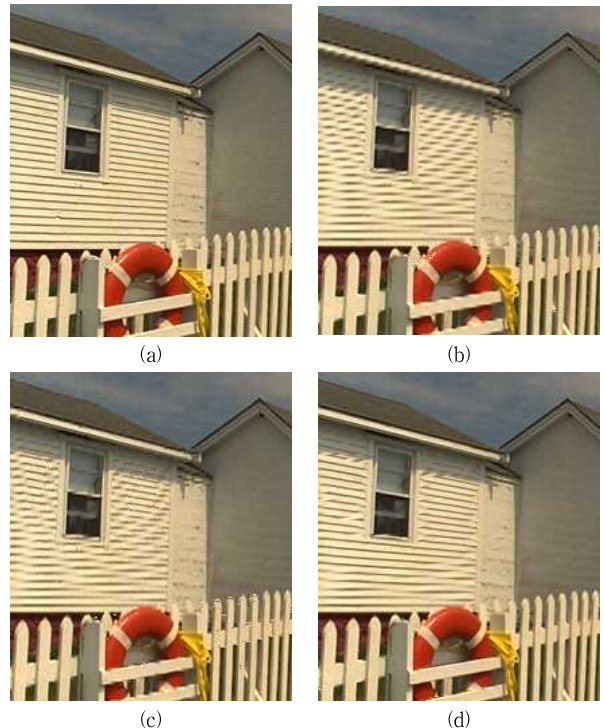


그림 1 LightHouse (a) 원본 영상 (b) ELA (29.2378 dB) (c) DOI (30.3937 dB) (d) 제안하는 알고리즘 (31.4552 dB)

### 4. 결론

본 논문에서는 영상의 기울기 정보 및 MRF 프레임워크 기반의 보간법을 기반으로 한 공간적 디인터레이싱 알고리즘을 제안하였다. 이 방식은 장점은 MRF 프레임워크에 기반하여 주변 에지정보를 함께 이용함으로써 정확한 에지방향을 찾을 수 있으며, 기울기 도메인에서의 보간을 이용함으로써 보다 선명한 에지 복원이 이루어진다는 것이다. 따라서 기존의 디인터레이싱 방법에서 흔히 발견되는 제깅 현상을 줄일 수 있었고 객관적인 성능 지표 또한 우수함을 알 수 있다.

### 참고문헌

- [1] T. Doyle, "Interlaced to sequential conversion for EDTV applications," Proc. 2nd Int. Workshop Signal Processing of HDTV, pp. 412-430, Feb. 1988.
- [2] T. Chen, H. Ren Wu, and Z. H. Yu, "Efficient deinterlacing algorithm using edge-based line average interpolation," Optical Engineering, Vol. 39, No. 8, pp. 2101-2105, 2000.
- [3] W. Kim, S. Jin, and J. Jeong, "Novel Intra Deinterlacing Algorithm Using Content Adaptive Interpolation," IEEE Trans. on Consumer Electron, vol. 53, no. 3, pp. 1036-1043, Aug. 2007.
- [4] H. Yoo and J. Jeong, "Direction-oriented interpolation and its application to de-interlacing," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 48, No. 4, pp. 954-962, Nov. 2002.
- [5] Y. Boykov, O. Veksler, and R. Zabih, "Fast Approximate Energy Minimization via Graph Cuts," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 23, no. 11, pp. 1222-1239, Nov. 2001.