

에지 방향의 연속성을 고려한 효과적인 디인터레이싱 기법

*최승엽 **백민규 ***정제창

* ** ***한양대학교 전자컴퓨터통신공학부

*apellantier@nate.com

**hundredmingyu@gmail.com

***jjeong@hanyang.ac.kr

Efficient deinterlacing method considering continuity of edge direction

*Choi, Seung-yeop **Baek, Min-gyu ***Jeng, Jae-chang

Hanyang University

요약

지상파 방송이 아날로그 방송에서 디지털 방송으로 완전 전환되고 HDTV 방송이 표준으로 완전히 자리를 잡은 현재, 국내 방송의 대부분은 비월주사 방식(interlace)으로 송출이 되고 있으며, 이에 따라 비월주사 방식의 영상을 TV에서 사용하는 순차주사 방식의 영상으로 바꿔주는 디인터레이싱은 여전히 TV방송을 위한 중요한 기법으로 남아있다.

이 논문에서는 영상에 나타난 물체의 에지 방향의 연속성을 고려한 효과적인 공간적 디인터레이싱 기법을 소개한다. 에지 방향에 따라 보간하는 것은 디인터레이싱 결과물의 화질을 결정하는 데에 주요한 요소이다. 따라서 이 논문에서는 기존의 알고리즘에서 에지 방향을 결정하는 과정을 확장하여 좀 더 정확한 에지 방향 결정이 가능하도록 했다. 제안된 방법의 실험 결과는 기존의 주요한 공간적 디인터레이싱 기법들에 비하여 주관적, 객관적인 비교에서 우수함을 보여준다.

Abstract

As analog broadcast has replaced digital broadcast and HDTV broadcast has settled as a standard of broadcast system in Korea, most of broadcast in Korea send interlaced signal. For TV uses interlaced scan order, deinterlacing which converts interlaced signal into progressive signal has remain important.

In this paper, efficient deinterlacing method considering continuity of edge direction is proposed. Deinterlacing along with the dege of an object is one of the main issue for better visual quality. Thus, an algorithm introduced in this paper consider not only the edge of object but continuity so that a better result is drawn forth. The result shows that the proposed algorithm excels comparing with conventional algorithms.

I. 서론

우리가 보는 영상은 정지된 프레임의 연속으로 구성되어 있다. 이 프레임을 온전한 상태 그대로 화면에 뿌려주는 것이 아니라 홀수 필드와 짝수 필드로 번갈아가며 화면에 뿌려주는 방식을 비월주사(interlace) 방식이라고 한다. 이 비월주사 방식은 여러 국가의 다양한 TV 방송 시스템에 걸쳐 널리 쓰이고 있는데, 분할된 프레임 즉, 필드를 번갈아 가면서 빠르게 보여줌으로써 대역폭을 추가적으로 사용하지 않고도 단위 시간당 프레임 수가 늘어나는 효과를 나타내어 결과적으로 시간적 해상도를 증가시킬 수 있는 까닭이다.

하지만, 이런 비월주사 방식의 영상을 그대로 인코딩하면 가로로 줄이 생기는 등 원치 않는 화질 열화 현상이 발생하는데, 이런 열화 현상은 영상의 화질을 크게 떨어트리는 요인이 된다.

이런 현상은 영상의 빠른 움직임에 기인하는데, 이런 원치 않는 화질 열화 현상을 줄이고 수직 해상도를 증가시키기 위해 고안된 방법을

디인터레이싱(de-interlacing) 기법이라고 한다. 디인터레이싱 과정을 거치면 비월주사 방식의 영상이 순차주사(progressive) 방식으로 전환된다.

지금까지 다양한 디인터레이싱 기법들이 소개되었는데, 이를 분류하는 방법은 여러 가지가 있지만, 크게 온전한 프레임을 재구성하는 데에 하나의 필드만을 사용하는 공간적 기법(spatial domain method)과 시간적으로 인접한 여러 개의 필드를 사용하는 시간적 기법(temporal domain method)으로 나뉘며, 다시 시간적 디인터레이싱 기법은 움직임 비보상 기법(non-motion compensated method)과 움직임 보상 기법(motion compensated method)으로 나눌 수 있다. 보통의 경우, 시간적 기법이 공간적 기법에 비해 더 좋은 화질을 나타내지만 더 복잡하고 연산량도 많다. 따라서 시간적 기법에 비해 상대적으로 낮은 화질에도 불구하고 공간적 기법은 그 간단함과 적은 연산량으로 인해 꾸준히 사용되고 있다.

가장 단순한 공간적 디인터레이싱 기법은, 빠진 라인(missing line)에 존재하는 라인(exist line)을 단순히 복사하는 라인 복사(line doubling) 방식이다. 이 방식은 단순히 화소를 복사하기 때문에 영상이 수직방향으로 늘어난 것처럼 보이는 문제점이 있는데, 이를 개선한 방식이 라인 평균(line average) 방식이다. 라인 평균 방식에서는 영상 내 물체의 경계면(edge) 방향에 대한 고려가 없기 때문에 경사진 물체의 경계면에서 화질 열화가 발생하는데, 이를 개선한 기법이 Edge-based Line-Averaging(ELA) [1] 기법이다. ELA 기법에서는 보간하고자 하는 빠진 라인의 화소에 인접하는 상하 라인 6개 화소 간의 방향적 상관도를 이용, 총 3가지 방향을 고려하여 화소를 재구성하게 된다. ELA에서 정해지는 3가지 방향의 경우, 지역적인 특성만을 반영하기 때문에 예지가 아닌 경우에도 예지로 판별해서 일괄적으로 보간함으로써 잘못된 보간이 이루어지기도 하는데, 이 단점을 보완한 방식이 Efficient Edge-based Line-Averaging(E-ELA) [2] 방식이다. E-ELA에서는 방향 벡터를 통한 예지 경향성을 판별하여 예지 경향성에 대해서만 예지 방향을 고려하게 된다.

[2]의 방식을 확장시킨 기법이 Modified Edge-based Line-Averaging (M-ELA) [3] 방식이다. M-ELA에서는 E-ELA의 방향 벡터에 수직 방향 벡터를 추가하고 상관 계수를 동시에 고려하여 예지 방향을 판별한다.

하지만 이러한 방식들은 지역적인 화소의 경향만을 근거로 하기 때문에 예지로 판별한 방향이 더 넓은 범위에서는 실제로 예지가 아닌 경우가 있다. 이러한 경우 단순히 한 방향으로 보간을 하게 되면 화질 열화가 발생하게 된다.

본 논문에서는 이런 기존의 방식들이 지역적 경향에 국한되어 있어서 예지의 연속성을 판별하는 데에 소홀했던 점을 보완하는 알고리즘을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 기존의 공간적 디인터레이싱 기법에 대하여 간단하게 알아보고, III장에서는 제안하는 알고리즘을 소개한다. IV장에서는 실험 결과를 제시한 뒤, V장에 결론을 맺는다.

II. 기존의 알고리즘

A. ELA와 E-ELA

ELA 알고리즘[1]은 빠진 라인의 보간 하려는 화소에 인접한 화소 간의 방향적 상관도를 이용한다. 물체의 방향이 올바르게 예측되는 경우에는 좋은 결과를 보이지만, 그렇지 못할 경우에는 잘못된 예측 방향에 의한 복원에 의해 화질 열화가 발생한다.

ELA 알고리즘에서는 보간 하려는 빠진 라인의 화소를 중심으로 위와 아래 라인의 화소 6개의 방향적 상관도를 이용하게 된다.

$$\begin{aligned} C_{-1} &= |U_{-1} - L_1| \\ C_0 &= |U_0 - L_0| \\ C_1 &= |U_1 - L_{-1}| \end{aligned} \quad (2.1)$$

보간 하려는 화소의 가로 위치를 i 라고 하고, $U(i)$ 와 $L(i)$ 가 각각 보간하려는 라인의 위 라인과 아래 라인을 가리킬 때, 방향 계수 (C_{-1}, C_0, C_1) 는 각각 수직 방향과 두 대각선 방향의 세 방향에 위치한 두 화소의 차를 의미하며, 이 세 방향의 화소 상관도를 고려하여 경계

를 판단한다.

ELA 알고리즘에 대한 수식적인 표현을 식 (2.2)에서 보여준다.

$$x_{p-ELA}(i, j) = \begin{cases} (U_{-1} + L_1)/2, & \text{if } \min(C_{-1}, C_0, C_1) = C_{-1} \\ (U_0 + L_0)/2, & \text{if } \min(C_{-1}, C_0, C_1) = C_0 \\ (U_1 + L_{-1})/2, & \text{if } \min(C_{-1}, C_0, C_1) = C_1 \end{cases} \quad (2.2)$$

x_{p-ELA} 가 보간하려는 화소이며, ELA 알고리즘은 수직 방향과 두 대각선 방향의 화소들의 차 중에서 가장 작은 차이를 가지는 화소들의 평균값으로 현재 화소를 보간한다. ELA는 라인 평균 방식보다 나은 결과를 보이지만, 올바른 예지 방향 검출에 실패할 경우 화질 열화를 일으킨다.

이를 개선하기 위해 제안된 방법으로 E-ELA 알고리즘[2]을 들을 수 있는데, E-ELA 알고리즘은 방향 벡터 P 와 Q 를 사용하여 경계 경향성을 구하고 그 경향성에 대해서만 예지 방향을 고려하는 방법이다. 방향 벡터를 구하기 위한 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P &= |U_{-1} - L_0| + |U_0 - L_1| \\ Q &= |U_0 - L_{-1}| + |U_1 - L_0| \end{aligned} \quad (2.3)$$

식 (2.3)을 통해 얻은 방향 벡터 P 와 Q 를 통해 방향 벡터의 대소 관계를 판단하고, 그 예지 경향성이 해당하는 예지 방향만을 고려하기 때문에 [1]에 비해 예지 검출 실패에 대한 확률을 줄일 수 있다.

B. M-ELA

M-ELA 알고리즘은 E-ELA 알고리즘의 확장으로써 E-ELA의 방향 벡터 P, Q 이외에 수직 방향을 고려한 수직 방향 벡터 V 를 사용한다. M-ELA 알고리즘에서 사용하는 방향 벡터를 구하는 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P &= (|U_{-1} - L_0| + |U_0 - L_1|)/2 \\ Q &= (|U_0 - L_{-1}| + |U_1 - L_0|)/2 \\ V &= (|U_{-1} - L_{-1}| + |U_0 - L_0| + |U_1 - L_1|)/3 \end{aligned} \quad (2.4)$$

기존의 E-ELA 알고리즘이 방향벡터 P, Q 의 네 화소를 이용하는 것과는 달리, M-ELA에서는 총 여섯 개의 화소를 사용하기 때문에 값의 정규화를 위해 나누기 연산이 포함된다. M-ELA 알고리즘에 대한 수식적 표현은 다음과 같다.

$$x_{p-MELA}(i, j) = \begin{cases} \frac{U_{-1} + U_0 + L_0 + L_1}{4} \\ \quad \text{if } \{\min(P, Q, V) = P\} \wedge \{C_{-1} < C_0\} \\ \frac{U_0 + U_1 + L_{-1} + L_0}{4} \\ \quad \text{if } \{\min(P, Q, V) = Q\} \wedge \{C_1 < C_0\} \\ \frac{U_0 + L_0}{2}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.5)$$

식 (2.5)의 기호 \wedge 는 AND 연산자를 의미하며, 식에서 나타나는 것과 같이 방향 벡터의 예지 경향성과 상관 계수의 방향이 일치할 때만 예지 방향을 판별하며, 그 밖의 경우에는 수직방향으로 보간이 이루어진다. 이러한 방법을 통해 ELA나 E-ELA에 비해 정확한 예지 방향

검출이 이루어지고, 더 나은 화질과 PSNR을 보이게 된다.

III. 제안하는 알고리즘

A. 방향 계수의 확장

제안하는 공간적 디인터레이싱 방식에서는 기존의 방식에 더해 에지의 연속성을 고려하게 된다.

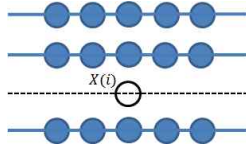


그림 1. 확장된 상관 계수를 구하기 위한 5×3 윈도우

먼저, 방향적 상관도를 구해야 하는데, 식 (2.1)의 상관 계수의 경우 주어진 3×2 윈도우 내에서 상관 계수를 구하기 때문에 더 넓은 범위의 화소 경향을 반영하지 못한다. 따라서 이미 보간이 이루어진 한 라인 위의 화소를 추가하여 더 넓은 범위의 방향적 상관도를 구하는데, 이를 반영한 상관 계수는 다음과 같이 구하게 된다.

$$\begin{aligned} C_{-2} &= |V_{-2} - L_1| \\ C_{-1} &= |U_{-1} - L_1| \\ C_0 &= |U_0 - L_0| \\ C_1 &= |U_1 - L_{-1}| \\ C_2 &= |V_2 - L_{-1}| \end{aligned} \quad (3.1)$$

V는 U보다 한 라인 위에 있는 라인의 화소를 의미한다. 이를 통해 기존보다 더 넓은 지역의 방향적 상관도를 반영할 수 있다.

B. 에지의 연속성을 고려한 에지 방향 판별

기존의 M-ELA에서 사용하는 방향 벡터 P, Q, V를 확장된 방향 계수와 함께 사용하여 에지 방향을 판별하게 된다. 이 때, 3×2 윈도우 내에서 상관 계수(C₋₁, C₀, C₁)와 확장된 5×3 윈도우 내에서의 상관 계수(C₋₂, C₂)가 동시에 만족되지 않으면 이는 3×2 윈도우 내에서만 에지로 존재한다는 것을 의미한다. 때문에, 이때는 에지의 방향성보다 주변 화소와의 조화를 위해 수직 방향의 보간을 실시하게 되며, 이를 수식적으로 나타내면 다음과 같다.

$$x_p(i, j) = \begin{cases} \frac{U_{-1} + U_0 + L_0 + L_1}{4} & \text{if } \{\min(P, Q, V) = P\} \wedge \{\min(C_k) = C_{-1}\} \\ \frac{U_0 + U_1 + L_{-1} + L_0}{4} & \text{if } \{\min(P, Q, V) = Q\} \wedge \{\min(C_k) = C_1\} \\ \frac{U_0 + L_0}{2}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.2)$$

상관 계수 C(k)의 확장을 통해 에지의 연속성을 반영함으로써 지역적 특성에 국한되지 않는 결과를 얻을 수 있다.

IV. 실험 결과

제안된 알고리즘의 성능 비교를 위해 몇몇 정지 영상이 사용되었으며, 기존의 알고리즘을 대상으로 가장 대중적인 화질 판단 지표인 PSNR(dB)을 토대로 비교를 진행하였다.

표1. PSNR(dB) 성능 비교

	LA	M-ELA	Proposed
Barbara (512×512)	29.63	31.73	31.97
Couple (512×512)	25.99	31.95	31.99
Boat (512×512)	28.53	34.99	35.16
Hill (512×512)	29.78	33.46	33.56
Average	28.50	33.03	33.17

제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘에 비해 모든 정지영상에서 약간의 화질 개선을 보였다. 특히, 예지가 많은 Barbara 영상에서도 객관적 화질뿐만 아니라 주관적 화질에서도 향상이 있었음을 확인할 수 있었다.



그림 2. Barbara 실험 결과 영상
(a) Original, (b) Line-Average, (c) M-ELA, (d) Proposed

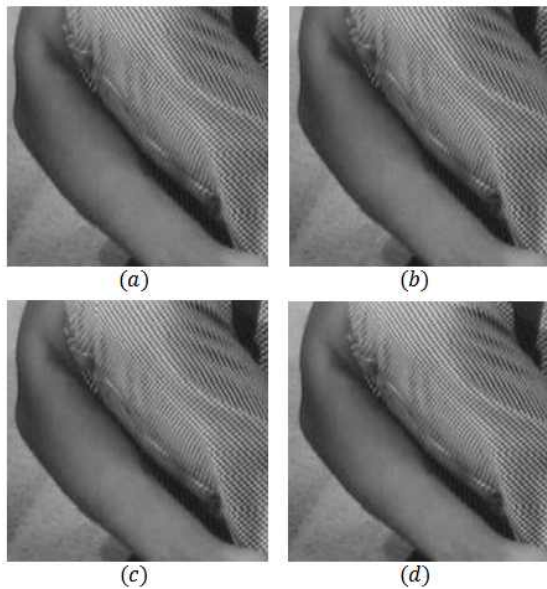


그림 2. 확대한 Barbara 실험 결과 영상 (a) Original, (b) Line-Average, (c) M-ELA, (d) Proposed

V. 결론

이 논문은 에지의 연속성을 고려한 개선된 디인터레이싱을 소개하였다. 에지의 방향성을 판별하는 구간을 확장하여 연속성까지 고려함으로써 화질의 향상을 얻을 수 있다는 결론에 도달하였으며, 특히, 에지가 적은 영상에서도 동일한 화질의 향상을 확인할 수 있었다.

감사의 글

"본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 육성지원 사업의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2013-H0301-13-1011)

참조 문헌

- [1] T. Doyle "Interlaced to sequential conversion for EDTV applications" in proc. 2nd Int. Workshop Signal Processing of HDTV, pp. 412-430 Feb 1998
- [2] Tao Chen, Hong Ren Wu, and Zheng Hua Yu, "Efficient Deinterlacing algorithm using edge-based line average interpolation" *Optical Engineering* Vol. 39, No. 8, pp. 2101-2105 Aug 2000
- [3] Wonki Kim, Sooniong Jin, and Jechang Jeong, "Novel Intra Deinterlacing Algorithm Using Content Adaptive Interpolation" *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 53, No. 3, pp. 1036-1043 Aug 2007
- [4] M. H. Lee, J. H. Kim, J. S. Lee, K. K. Ryu, and D. I. Song "A New Algorithm for Interlaced to Progressive Scan Conversion Based on Directional Correlations and its IC Design" *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol. 40, No. 2, pp. 119-129 May 1994
- [5] C. J. Kuo, C. Liao, and C. C. Lin "Adaptive interpolation technique for scanning rate conversion" *IEEE Trans. On Circuits Systems for Video Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 317-321, Jun 1996
- [6] T. Doyle "Interlaced to sequential conversion for EDTV applications" in proc. 2nd Int. Workshop Signal Processing of HDTV, pp. 412-430 Feb 1998
- [7] Tao Chen, Hong Ren Wu, and Zheng Hua Yu, "Efficient Deinterlacing algorithm using edge-based line average interpolation" *Optical Engineering* Vol. 39, No. 8, pp. 2101-2105 Aug 2000
- [8] Hoon Yoo and Jechang Jeong "Direction-oriented interpolation and its application to de-interlacing" *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 48, Issue 4, pp. 954-962, Nov. 2002
- [9] Shyh-Feng Lin, Yu-Ling Chang, and Jang-Gee Chen "Motion adaptive interpolation with horizontal motion detection for deinterlacing" *IEEE Trans. Consumer Electronics* Vol. 49, Issue 4, pp. 1256-1265 Nov 2003
- [10] Min Kvu Park, Moon Gi Kang, Kichul Nam, and Sang Gun Oh "New edge dependent deinterlacing algorithm based on horizontal edge pattern" *IEEE Trans. Consumer Electronics* Vol. 49, Issue 4, pp. 1508-1512, Nov 2003
- [11] Tak-Song Chong, Au O C, Wing-San Chau, Tai-Wai Chan "A content adaptive de-interlacing algorithm" *IEEE International Symposium on Circuits and Systems* pp. 4923-4926, May 2005
- [12] L. Vandendorpe et al. "Motion-compensated conversion from interlaced to progressive formats" *Signal Process. : Image Commun.*, vol. 6, pp. 193-211 1994
- [13] G. Haan and E. B. Bellers "De-interlacing of video data" *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 43, no. 3, pp. 819-825, Aug. 1997.