

에지 방향성과 시공간 밝기 변화율을 고려한 시공간 De-Interlacing

정지훈^{a)}, 홍성훈^{b)†}

Spatio-temporal Deinterlacing Based on Edge Direction and Spatio-temporal Brightness Variations

Jee-Hoon Jung^{a)} and Sung-Hoon Hong^{b)†}

요 약

본 논문에서는 시공간 밝기 변화량에 따라 공간적 보간과 시간적 보간 결과를 가중합하여 주사선을 보간하는 효율적인 디인터레이싱 알고리즘을 제안한다. 공간적 보간에서는 에지 방향성 보정 기능을 포함한 새로운 에지 기반 공간적 보간 기법을 적용한다. 일반적으로 기존의 에지를 고려한 공간적 디인터레이싱 알고리즘은 에지의 방향을 잘못 추정할 경우 보간된 영상에서 심각한 화질저하가 발생한다. 이를 보완하고 정확한 에지의 방향을 찾아내기 위해 밝기 차만을 이용한 기존 방법들과는 달리 제안된 방법은 에지 방향성을 검출하고 그 정보에 따라 가중최대빈도수 필터를 이용하여 보간될 화소의 에지의 방향성을 보정한다. 또한, 시간적 변화량 검출 오류를 줄이기 위해 미디언 필터를 적용하여 움직임 검출 성능을 향상시키고, 최종 화소 보간과정에서 시공간적인 밝기 변화량에 따라 공간적 보간과 시간적 보간 결과값의 가중합을 사용하여 움직임이 적은 영역에서의 화질을 향상시킨다. 실험결과 제안된 방법은 기존의 디인터레이싱 방법들에 비하여 주관적 화질뿐만 아니라 객관적인 성능도 우수함을 알 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose an efficient deinterlacing algorithm which interpolates the missing scan lines by weighted summing of the intra and the inter interpolation pixels according to the spatio-temporal variation. In the spatial interpolation, we adopt a new edge based spatial interpolation method which includes edge directional refinement. The conventional edge dependent interpolation algorithms are very sensitive to noise due to the failure of estimating edge direction. In order to exactly detect edge direction, our method first finds the edge directions around the pixel to be interpolated and then refines edge direction of the pixel using weighted maximum frequent filter. Furthermore, we improve the accuracy of motion detection by reducing the possibility of motion detection error using 3 tab median filter. In the final interpolation step, we adopt weighted sum of intra and inter interpolation pixels according to spatio-temporal variation ratio, thereby improving the quality in slow moving area. Simulation results show the efficacy of the proposed method with significant improvement over the previous methods in terms of the objective PSNR quality as well as the subjective image quality.

Keyword : Deinterlacing, Edge direction, Weighted maximum frequent, Hybrid, Interpolation

a) 전남대학교 전자컴퓨터공학과

Division of electronic computer Engineering, Chonnam National Univ.

b) 전남대학교 전자컴퓨터공학부 (정보통신연구소)

School of Electronics & Computer Engineering, Chonnam National Univ. (Information & Telecommunication Research Institute)

† 교신저자 : 홍성훈 (hsh@chonnam.ac.kr)

※ 본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2011학년도 산학연공동기술개발사업(No.00047976)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

· 접수일(2011년8월8일), 수정일(2011년9월1일), 게재확정일(9월4일)

I. 서론

최근 영상과 비디오에 대한 수요의 증가로 인하여 디지털 영상처리 기술은 정보처리 분야에서 점차 핵심 기술 분야로 각광을 받고 있다. 또한, 고선명 디지털 TV 방송 서비스에서도 디지털 영상처리 기술은 핵심적인 역할을 수행하고 있으며 다양한 이미지 보간 기법들은 산업적인 측면에서 중요한 기술로 떠오르고 있다.

현행 TV 신호는 전송 대역폭을 효율적으로 사용하기 위해 홀수, 짝수 필드가 1/60초의 시간간격을 두고 교차되어 하나의 프레임을 구성하는 비월주사 방식(interlaced scan)을 사용하고 있다. 하지만 대형 TV 또는 대형 모니터를 통해 비월주사 형식의 비디오를 시청할 경우 주사선 떨림(line flicker) 등과 같은 매우 심각한 화질 열화가 발생하게 된다. 특히, 모니터가 대형화되는 추세에서 이러한 화질열화를 줄이고 다양한 포맷의 영상을 제공하기 위해서 디인터레이싱 기술의 필요성이 더욱 요구된다.

기존의 디인터레이싱 알고리즘들은 크게 한 필드(field)의 영상정보만을 이용하는 공간영역 디인터레이싱 방법^[1-3]과 여러 필드의 영상정보를 이용하는 시간영역 디인터레이싱 방법^[4,5]으로 나눌 수 있다. 시간영역에서의 디인터레이싱은 움직임 검출하여 정지영역에서는 시간방향의 보간을 적용하고, 움직임 영역에서는 공간영역의 보간을 적용하는 방법으로 공간적인 디인터레이싱 방법에 비해 정지영역에서 보다 선명한 화질을 제공한다. 하지만 움직임 검출이 부정확할 경우 심각한 화질 열화가 발생하는 문제가 있다.

움직임 적응형 기법은 움직임 검출의 정확도와 공간영역 보간의 성능이 전체적인 화질에 중요한 영향을 미친다. 본 논문에서는 우선 공간영역 보간 기법으로 가장 널리 알려져 있는 에지 방향성 기반 기법인 Edge based Line Averaging(ELA)^[6]와 이를 개선한 E-ELA^[7], M-ELA^[8] 등에서 나타나는 방향성 검출의 불연속성과 이에 따른 화질열화를 개선시킨 새로운 방향성 기반 공간영역 보간 필터를 제안한다. 방향성 검출의 불연속성을 줄이기 위한 방식으로 보간하려는 화소와 그 주위 화소의 방향성을 가중 중앙값 필터를 적용하여 방향성을 보정하는 방법이 제안되었지만 중앙값 필터의 사용으로 인해 화소의 원래 방향성이 아닌 중

양값으로 방향성이 치중되어 방향성 오류가 발생하고 연산량이 증가하는 문제가 있다^[9]. 따라서 본 논문에서 제안하는 공간영역 보간 필터는 보간될 화소의 에지 방향성에 따라 주변 화소의 방향성 정보에 가중치를 주는 가중최대빈도수 필터를 이용하여 보다 일관된 방향성 정보를 획득함으로써 기존 방식보다 향상된 공간영역 보간 결과를 얻는다. 한편, 움직임 검출 과정에서는 공간영역 변화량과 시간영역 변화량에 따른 시공간 변화율을 산출하고, 시공간 변화율에 따라 시간적 보간과 공간적 보간 결과를 가중합하여 최종적인 보간 처리를 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 디인터레이싱 알고리즘에 대해 간략히 설명한 후, 3장에서 제안된 디인터레이싱 알고리즘에 대해 기술하고, 4장에서 실험을 통해 제안 알고리즘과 기존의 디인터레이싱 알고리즘의 성능을 비교하며, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 디인터레이싱 기법

1. 공간적 보간 기법

가장 널리 알려져 있는 공간영역의 보간 기법은 ELA 알고리즘이다^[6]. ELA 알고리즘은 인접 라인 사이의 방향성 상관도 정보를 이용하여 상관도가 높은 쪽으로 방향을 정하고, 그 방향을 중심으로 두 화소의 평균값으로 손실라인을 보간한다.

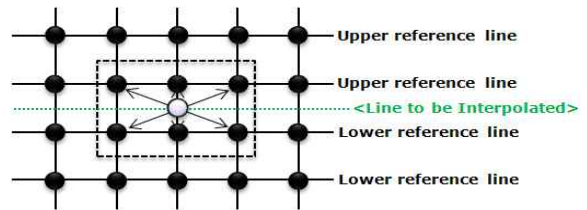


그림 1. ELA 알고리즘
Fig 1. ELA Algorithm

그림 1에서 ELA 알고리즘은 보간될 화소 위치에서 3x2

크기의 윈도우를 사용한다. 윈도우 안에서 수직방향, 양의 대각방향, 그리고 음의 대각방향의 상관도를 검출하여 가장 상관도가 높은 쪽으로 보간 방향을 정한다. 그림 1에서 보간하려는 위치의 화소를 $I(x,y)$, 상단 참조라인의 화소를 $I(x,y-1)$, 하단 참조라인을 $I(x,y+1)$ 라고 할 때 방향성 상관도 $C(k)$ 는 식(1)과 같이 표현된다.

$$C(k) = |I(x+k,y-1) - I(x-k,y+1)|, \quad k = -1, 0, 1 \quad (1)$$

구해진 방향성 상관도들을 사용하여 에지의 방향을 나타내는 θ 는 식 (2)와 같이 표현된다.

$$\theta = \underset{k}{\operatorname{argmin}} C(k), \quad k = -1, 0, 1 \quad (2)$$

그리고 보간될 화소 $I(x,y)$ 는 식(3)과 같이 계산된다.

$$I(x,y) = \frac{I(x+\theta,y-1) + I(x-\theta,y+1)}{2} \quad (3)$$

이 방식은 구현이 간단하고 에지가 정확히 추정되는 영역에서 좋은 결과를 보이지만, 작은 화소 값의 변화에 민감하고 에지방향이 45도 보다 크거나 작은 각도의 대각선에 대해서는 잘못된 에지 정보를 이용하는 단점이 있어 화질 열화를 가져온다.

2. 시공간적 보간 기법

일반적으로 움직임 정보는 두 개 혹은 그 이상의 필드에서의 화소값을 비교함으로써 획득 된다. 만약 각 필드의 화소 차이가 임계치보다 크다면 이 영역은 움직임이 있는 영역으로 판단한다.

그림 2에서와 같이 움직임 검출은 일반적으로 두 필드간의 같은 위치의 화소값의 차이를 이용하여 구한다. 현재 필드를 n 번째 필드라고 가정하고, 보간될 화소를 I_n 이라고 하고, 위, 아래 화소를 각각 T_n, B_n 이라고 하면, 움직임 영역을 계산하기 위한 참조 필드의 화소는 그림 2와 같이 표현할 수 있다. 여기서 움직임 정보 P, Q, R 은 식 4와 같

이 계산된다.

$$\begin{aligned} P &= \left| \frac{T_n + B_n}{2} - \frac{T_{n-2} + B_{n-2}}{2} \right| \\ Q &= \left| \frac{T_n + B_n}{2} - \frac{T_{n+2} + B_{n+2}}{2} \right| \\ R &= |I_{n-1} - I_{n+1}| \end{aligned} \quad (4)$$

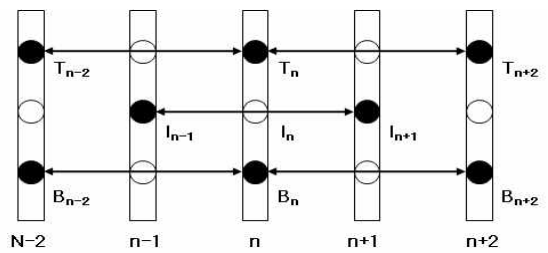


그림 2. 움직임 검출
Fig 2. Motion Detection

가장 기본적인 3-Field 움직임 검출 방식은 현재 화소의 움직임 정보가 R 과 같다고 가정하여 움직임을 검출한다. 따라서 3-Field 움직임 검출 방식에서는 P, Q 가 현재 화소와 큰 상관성이 있음에도 이 정보를 사용하지 않기 때문에 움직임 검출 과정에서 많은 오류가 발생한다. 이를 보완하기 위해 5-field 움직임 검출 방식이 제안되었는데, 현재 보간될 위치의 화소 I_n 의 움직임 정보 M 을 식 (5)와 같이 정의하였다^[10].

$$M = \max(P, Q, R) \quad (5)$$

이 방식은 3-Field 움직임 검출 방식에 비해 움직임 검출이 비교적 정확하나 잡음이 있는 영역에서 잘못된 움직임 검출을 수행하게 된다. 이와 같은 잡음에 대한 움직임 검출의 오류를 줄이기 위해서 중앙값 필터를 적용하여 움직임 정보 M 을 검출하는 기법도 제안되었다^[11].

검출을 수행하여 획득된 움직임에 따라 영상을 정지 영역과 움직임 영역으로 나누어 정지 영역에서는 시간적 보간을, 움직임 영역에서는 공간적 보간을 적용한다. 시간적 보간 기법은 전 필드의 화소를 사용하는 방식과 전 필드와

후 필드의 화소값의 평균을 사용하는 방식이 있는데, 보간 시 움직임 영역과 정지 영역에 서로 다른 보간 방식을 전환 (switching)하므로 움직임 정보의 오류로 인한 영상의 화질 열화가 두드러지게 나타날 수 있다.

III. 제안된 시공간 디인터레이싱 알고리즘

본 논문에서는 기존의 움직임 적응형 보간 방식과 공간적 디인터레이싱 방식의 문제점을 개선하기 위한 알고리즘을 제안한다. 기존의 공간적 디인터레이싱 기법 중 가장 널리 사용하는 ELA는 영상 내에 고주파 성분이 많은 영역과 잡음을 포함한 영상영역에서는 검출된 에지 방향성이 불연속적으로 나타나게 되어 주관적 화질이 현저하게 떨어진다. 이를 보완하기 위해 본 논문에서는 가중최대빈도수 필터기반의 공간적 디인터레이싱 기법을 제시한다. 또한 움직임 검출과정에서 잡음으로 인한 움직임 검출 오류가 발생하는 문제점을 개선하기 위하여 공간 영역의 상관도와 시간 영역의 상관도를 비교하여 정지영역과 움직임 영역으로 나누고 정지영역에서는 시간적 보간을 적용하고, 움직임 영역에서는 시간적 보간과 공간적 보간 결과에 각각 가중치를 두고 혼합함으로써 보다 잡음에 강인한 디인터레이싱이 이루어지도록 한다.

1. 공간적 보간 기법

제안된 공간적 보간 필터는 보간될 화소의 주변 화소로 7방향의 방향성 정보를 검출하고, 검출된 방향성 정보에 따라 주위 화소의 방향성 정보에 가중치를 부여하는 가중최대빈도수 필터를 사용하여 에지의 일관성을 향상시킨다. 보간될 화소는 가중최대빈도수 필터 처리된 방향성에 따라 보간된다.

먼저 보간될 화소의 주변 화소에 대한 방향성 정보를 얻기 위해 그림 3처럼 기존 ELA 알고리즘에서 사용하는 윈도우 크기보다 좌, 우 두 화소들을 추가적으로 이용한 7x2 크기의 윈도우를 사용하여 7개의 방향 정보를 얻는다.

방향성 검출을 위해 사용한 7개의 방향성 상관도는 식 (6)과 같이 표현된다.

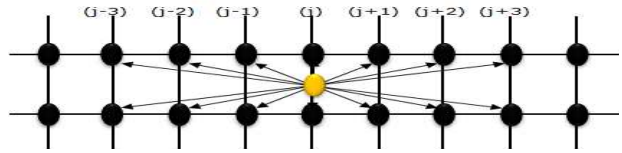


그림 3. 7개의 방향을 이용한 방향성 검출
Fig 3. Detection of edge direction using seven direction

$$\theta(x,y) = \underset{k}{\operatorname{argmin}} (|I(x+k,y-1) - X(x-k,y+1)|) \tag{6}$$

, $k = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$

여기서 $\theta(x,y)$ 는 7가지 방향성 정보를 담은 벡터이다. 식 (6)에서 검출된 방향성 정보들은 영상에 포함된 잡음과 고주파 성분들로 인해 이웃한 화소의 방향성 정보 간에 불연속성이 나타날 수 있다.

주변 고주파 성분이나 잡음으로 인해 잘못 검출되어진 에지 방향성을 수정하기 위해 가중최대빈도수 필터에서는 보간될 화소 위치의 에지 방향성 정보와 주변 8개 화소들의 에지 방향성 정보를 이용하여 에지 방향성 정보를 수정한다. 그림 4는 3x3 크기의 가중최대빈도수 필터를 나타낸다. AB,C,D,E,F,G,H는 식 (6)에서 구한 주변화소의 방향성 정보이고, $\theta(x,y)$ 는 보간될 화소의 방향성 정보이다.

A	B	C	A	B	C	A	B	C
D	$\theta_{(x,y)} < 0$	E	D	$\theta_{(x,y)} = 0$	E	D	$\theta_{(x,y)} > 0$	E
F	G	H	F	G	H	F	G	H

(a) 음의대각방향 (b) 수직방향 (c) 양의대각방향

그림 4. 가중최대빈도수 필터(13 포인트)
Fig 4. Weighted maximum frequent filter(13-tap)

가중최대빈도수 필터를 사용할 때에는 크게 양의 대각방향, 수직방향, 그리고 음의 대각방향의 범주로 분류한다. 식 (7)은 각 범주별로 13 포인트 가중최대빈도수 필터를 사용하여 수정된 방향성 정보인 $\hat{\theta}(x,y)$ 를 구하는 방법을 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 \hat{\theta} &= \text{maximum frequent} \left\{ A, B, C, D, E, F, G, H, \right. \\
 &\quad \left. \theta, \theta, \theta, A, H \right\} \text{ if } \theta < 0 \\
 \hat{\theta} &= \text{maximum frequent} \left\{ A, B, C, D, E, F, G, H, \right. \\
 &\quad \left. \theta, \theta, \theta, B, G \right\} \text{ if } \theta = 0 \\
 \hat{\theta} &= \text{maximum frequent} \left\{ A, B, C, D, E, F, G, H, \right. \\
 &\quad \left. \theta, \theta, \theta, C, F \right\} \text{ if } \theta > 0
 \end{aligned} \quad (7)$$



(a) 7방향성보간 결과 (b) 가중최대빈도수 필터를 이용한 보간 결과

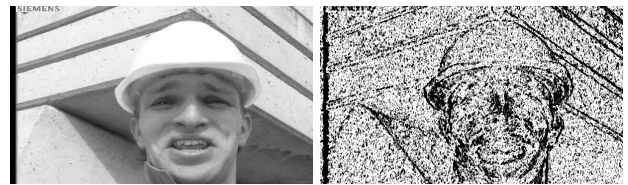
그림 5. 방향성 정보 보정 결과

Fig 5. Result of the edge-direction refinement

그림 5는 7방향에 대하여 방향성 검출 필터를 사용하여 보간한 영상과 가중최대빈도수 필터를 이용하여 보정된 방향성 정보를 사용하여 보간한 영상을 보여주는데, 방향성 보정 과정을 거친 영상이 에지의 연속성을 잘 유지하는 것을 확인할 수 있다.

검출된 방향성 정보에 가중최대빈도수 필터를 적용하면 보정된 방향성 정보 $\hat{\theta}(x,y)$ 이 생성되고, 이 방향성 정보에 따라 화소를 보간한다. 그림 6에서 보이는 것처럼 최대빈도수 필터를 거쳐 보정된 방향성 정보를 얻는 것은 방향성의 오차를 줄이는데 큰 역할을 한다. 하지만 방향성 정보가 뚜렷하지 않는 화소에 대해서는 부적절한 방향성이 선택될 가능성이 있다. 따라서 최종적으로 공간적 보간을 하기 전에 현재 화소의 방향성 빈도수 값 $F(x,y)$ 을 조사해 그 값에 따라 세 가지 구간으로 나눈 후 각각 다른 보간 방법을 적용한다. 그림 6은 foreman 영상의 방향성 빈도수에 따른 구간을 나타낸 영상이다. 그림에 나타난 것처럼 주로 에지

의 방향성이 명확한 곳은 방향성의 빈도수가 8이상이 넘고, 에지 주변 화소는 중간 영역인 5~7정도의 빈도수가 발생된다. 반면 에지의 방향성이 명확하지 않은 곳은 빈도수가 상대적으로 낮은 것을 확인할 수 있다. 이처럼 빈도수가 낮은 영역에서는 그 방향성의 결과가 잘못 결정될 확률이 높기 때문에 방향성에 따라 보간할 경우 화질 열화가 발생한다.



(a) 입력 필드 영상 (b) 방향성 빈도수에 따른 영상
 $(F(x,y) \geq 8 : 0, 5 \leq F(x,y) \leq 7 : 125, F(x,y) \leq 4 : 255)$

그림 6. 'foreman' 영상의 방향성 빈도수에 따른 영상

Fig 6. Example of detected edge direction information

따라서 본 논문에서는 방향성의 빈도수에 따라 영상을 세 구간으로 나누어 그림 7과 같이 주위 화소를 참조하여 식 (8)에 의해 공간적 보간 결과인 화소 $I_s(x,y)$ 를 출력한다. 방향성 빈도수가 낮은 영역에서는 주변 화소의 중앙값을 통하여 현재 화소를 보간함으로써 텍스처 영역이나 방향성이 뚜렷하지 않은 영역에서의 화질열화를 방지한다.

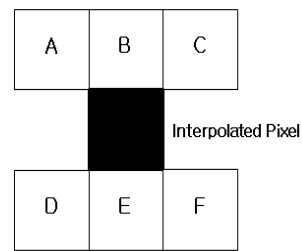


그림 7. 공간적 보간시 참조 화소
 Fig 7. Spatial interpolation reference pixel

$$\begin{aligned}
 (a) \quad F(x,y) \geq 8 & : I_s(x,y) = \frac{I(x+\hat{\theta},y-1)+I(x-\hat{\theta},y+1)}{2} \\
 (b) \quad 5 \leq F(x,y) \leq 7 & : I_s(x,y) = \text{median} \left(A, B, C, D, E, F, \frac{I(x+\hat{\theta},y-1)+I(x-\hat{\theta},y+1)}{2} \right) \\
 (c) \quad F(x,y) \leq 4 & : I_s(x,y) = \text{median} \left(A, B, C, D, E, F, \frac{(B+E)}{2} \right)
 \end{aligned} \quad (8)$$

2. 시공간적 보간

본 논문에서는 움직임 영역을 검출하기 위해 총 4Field의 정보를 사용한다. $F_{n-2}, F_{n-1}, F_n, F_{n+1}$ 을 각각 전-전 필드, 전 필드, 현재 필드, 후 필드이라고 했을 경우 이 네 필드의 영상을 통해 세 개의 시간적 화소차이를 구한다. 그리고 수직방향 수평방향의 공간적 화소차이를 구한 후 시공간적 화소 차이간의 상관도를 통해 시간적 보간과 공간적 보간에 가중치를 두어 혼합을 수행하는 방법을 사용한다. 그림 8은 본 논문에서 사용된 시공간적 보간과정을 보여준다.

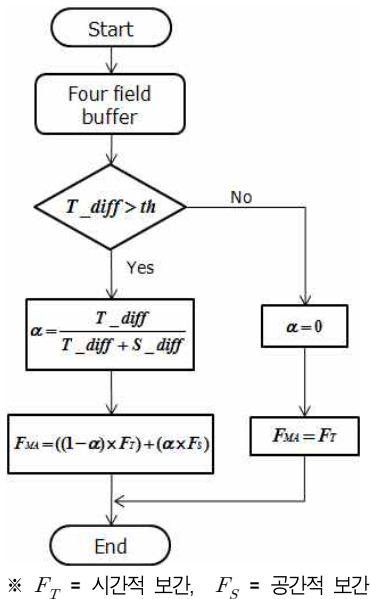


그림 8. 시공간적 보간 알고리즘
Fig 8. Temporal interpolation algorithm

먼저 시간적 밝기 차이인 T_diff 를 구하기 위해 그림 9에서와 같이 현재 화소를 중심으로 수직방향으로 위 화소, 아래 화소, 현재 화소 위치의 시간적 밝기차이인 P, Q, R 을 식(9)를 통해 구한 후 식(10)과 같이 P, Q, R 의 중앙값을 시간적 밝기 차이인 T_diff 로 결정한다.

$$H = \frac{|I(x-1, y, n-1) - I(x+1, y, n-1)| + |I(x-1, y, n+1) - I(x+1, y, n+1)|}{2}$$

$$V = |I(x, y-1, n) - I(x, y+1, n)|$$
(11)

$$P = |I(x, y-1, n) - I(x, y-1, n-2)|$$

$$Q = |I(x, y+1, n) - I(x, y+1, n-2)|$$

$$R = |I(x, y, n-1) - I(x, y, n+1)|$$
(9)

$$T_diff = Median(P, Q, R)$$
(10)

기존 방식에서는 P, Q, R 의 최대값을 사용하는데, 이 경우 잡음 영역에서 매우 큰 T_diff 값이 얻어지게 되어 잘못된 움직임을 추정하게 되므로 중앙값 필터를 적용하여 잡음에 의한 잘못된 움직임 검출을 방지한다.

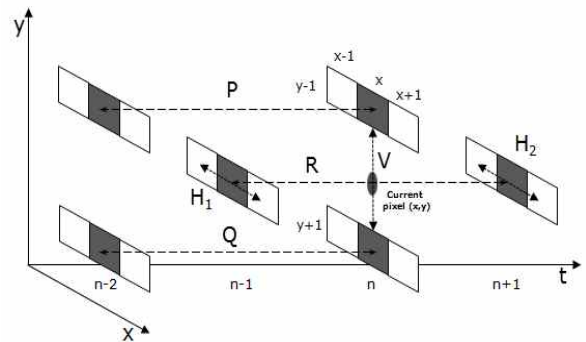


그림 9. 시공간적 화소간의 밝기 차이
Fig 9. Brightness difference of Inter-field pixels

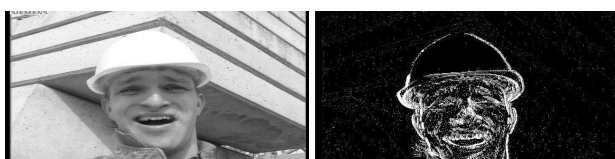
공간적 밝기 차이인 S_diff 는 그림 9에서와 같이 보간하려는 화소와 공간적으로 상관도가 큰 화소인 수직방향의 화소간 밝기 차이와, 수평방향의 화소간 밝기 차이인 V 와 H 를 식 (11)을 통해 각각 구하고, 공간 영역 화소의 밝기 차이인 S_diff 는 식 (12)와 같이 V 와 H 의 최대값으로 결정한다.

$$S_diff = Max(H, V)$$
(12)

시간 영역 화소의 밝기 차이와 공간 영역 화소의 밝기 차이의 계수 값을 통해 현재 보간 하게 될 화소의 보간 방법을 결정하기 위한 가중치 계수를 구할 수 있다. 가중치 계수 α 는 식 (13)을 통해 구해진다.

$$\alpha = \begin{cases} (T_diff)/(S_diff + T_diff), & \text{if } T_diff > th \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

여기서 th 는 최소한의 움직임 유무를 판단하는 임계값으로 본 논문에서는 th 를 5로 설정하였다. α 는 공간적 보간 기법에 적용되는 가중치를 나타내는 것으로 움직임이 큰 영역일수록 더 큰 값을 가지게 된다. 그림 10은 가중치 계수 α 의 예를 보여준다.



(a) 입력 필드 영상 (b) 가중치 계수 α

그림 10. 'foreman' 영상의 가중치 계수 α 의 예
Fig 10. Weight α of 'foreman' sequence

최종적으로 보간될 화소 $I_{ma}(x, y, t)$ 는 식 (14)와 같이 구해진다. 정지영역이라고 판단된 부분에서는 가중치 α 값이 0이 되어 시간적 보간 기법으로만 현재 화소를 보간한다. 한편, 움직임 영역이라고 판단된 부분에서는 구해진 가중치 α 값에 따라 공간적 보간과 시간적 보간의 가중합으로 보간된다.

$$I_{ma}(x, y, n) = \alpha \times I_s(x, y, n) + (1 - \alpha) \times \frac{I(x, y, n - 1) + I(x, y, n + 1)}{2} \quad (14)$$

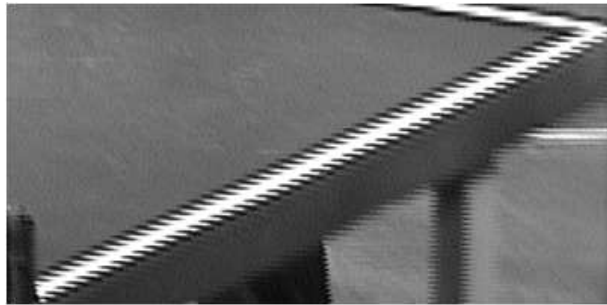
기존 움직임 적응형 주사선 보간 방식은 움직임 검출 결과에 따라 정지 영역에서는 시간적 보간을, 움직임 영역에서는 공간적 보간을 적용한다. 이와 같이 움직임 영역과 정지 영역에 서로 다른 보간 방식을 전환(*switching*)하므로 움직임 정보의 오류로 인한 영상의 화질 열화가 두드러지게 나타날 수 있다. 반면 본 방식에서는 시공간적인 밝기 변화량에 따라 시간적 보간과 공간적 보간을 혼합하여 사용함으로써 잘못된 움직임 검출로 인한 화질열화를 줄일 수 있다.

IV. 실험 결과

제안한 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 CIF 포맷의 다양한 비디오 시퀀스의 프레임들을 홀수, 짝수 필드 영상으로 나눈 후 디인터레이싱 처리를 수행하였고, 성능평가를 위해 기존 방식과의 주관적 화질비교와 PSNR에 의한 객관적 화질비교 평가를 수행하였다. 제안된 알고리즘을 비교하기 위한 알고리즘으로 기존에 나와 있는 방식 중 Line Average, ELA, 3-Field 움직임 적응형 방식, 5-Field 움직임 적응형 방식, 참고 문헌[11] 방식을 비교 평가하였다. 표 1은 PSNR 결과를 나타낸 것으로, 대부분의 영상에서 제안된 알고리즘이 기존 방식에 비해 PSNR이 평균 1dB 이상 높게 측정되었고, 참고문헌[11] 방식과는 유사한 PSNR 값을 보인다. 제안된 공간적 보간방식은 에지 성분을 많이 포함하고 있는 table 영상과 foreman 등의 영상에서 기존 공간적 보간 방식보다 특히 높은 PSNR을 보였다. 또한 기존 움

표 1. 제안한 보간법을 이용한 시퀀스 영상의 PSNR 결과
Table 1. Average PSNR for test images

Image	Line Average	ELA	3-Field MA	5-Field MA	Ref[11]	proposed Intra Method	proposed MA Method
akiyo	33.58	37.55	43.02	43.16	44.24	39.42	43.91
football	30.05	34.04	36.47	36.83	37.17	35.90	37.93
foreman	29.53	33.63	36.98	37.64	37.82	34.99	37.53
mobile	20.95	23.14	25.59	25.81	26.59	24.69	26.30
mother	34.46	38.27	41.70	41.91	42.35	38.84	42.17
stefan	22.82	25.79	26.05	26.34	27.22	26.99	27.36
table	24.47	27.45	31.97	32.22	32.94	28.97	33.49
평균결과	27.98	31.41	34.54	34.84	35.48	32.83	35.53



(a)비월주사 영상



(b) ELA 영상



(c) 5-Field MA 영상



(d) 제안된 알고리즘

그림 11. 'table tennis' 영상의 화질 평가
Fig 11. Picture quality comparison of 'table tennis' sequence.

직입 적응방식과 비교할 때 제안된 시공간적 보간 기법은 많은 움직임을 포함하는 영상인 football과 stefan 시퀀스에서 좋은 성능을 보인다.

그림 11은 전역 축소(global zoom out)가 있는 'table tennis' 영상에 대한 보간 결과를 확대시킨 것으로 이 영상은 에지의 방향성에 따른 보간 결과를 평가하기 위해 사용하였다. 그림 11에서 확인할 수 있듯이 주관적인 화질에서 기존 알고리즘 보다 제안된 보간 방식의 결과가 좋음을 알 수 있다. "table" 영상에서 기존 방식의 경우 잘못된 에지의 정보를 사용함으로써 화질 열화가 발생하였지만, 제안된 기법에서는 비교적 정확한 방향성 정보를 잘 찾아내어 에지의 연속성을 잘 살려주고 있음을 확인할 수 있다.

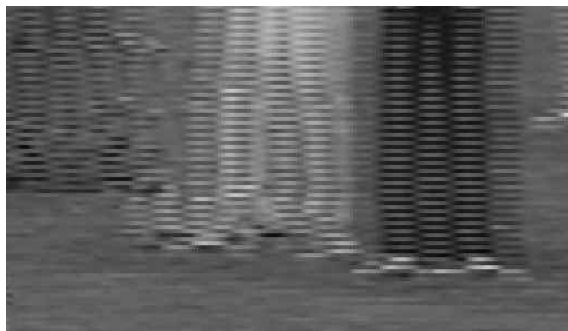
그림 12는 움직임이 빠른 'football' 영상의 보간 결과를 확대한 것이다. (b), (c)와 같이 기존의 방식들은 화소 보간 시 움직임 영역과 정지 영역에 서로 다른 보간 방식을 절환 (switching)하므로 잘못된 움직임 정보의 오류로 인한 화질

열화가 두드러지게 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 반면 제안된 방식은 움직임의 크기에 따라 시간적 보간 기법과 공간적 보간 기법을 혼합 사용하므로 두드러진 화질 열화를 방지 할 수 있었다.

모의 실험결과 제안한 알고리즘은 특히 움직임 영역에서의 화질 보존과 방향성 에지성분에 대한 보간 성능이 우수하여 객관적 화질 평가 및 주관적 화질이 기존 알고리즘보다 높음을 확인할 수 있었다.

V. 결 론

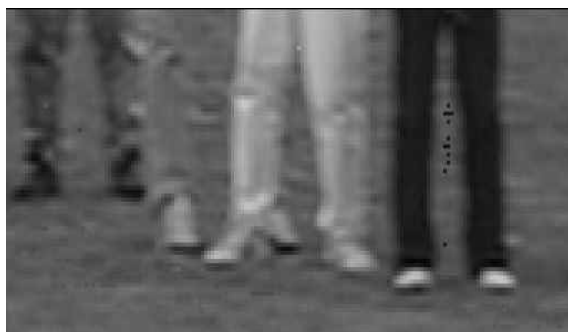
본 논문에서는 에지 방향성 기반 가중최대빈도수 필터를 이용한 공간적 주사선 보간 방식과 시공간 밝기 변화율에 기반한 시공간 주사선 보간 방식을 이용한 디인터레이싱 기법을 제안하였다. 우선 공간영역 보간 기법으로 기존의 에지를 고려한 보간 방식에서 나타나는 방향성 검출의 불



(a)비월주사 영상



(b) 5-field MA 영상



(c) Ref[11] 영상



(d) 제안된 시공간 알고리즘

그림 12. 'football' 영상의 화질 평가

Fig 12. Picture quality comparison of 'football' sequence.

연속성과 이에 따른 화질열화를 개선시킨 새로운 방향성 기반 공간영역 보간 필터를 제안하였다. 제안된 방법은 기존의 여러 에지를 고려한 보간 알고리즘이 인접한 라인의 차이 값에만 의존했던 것이 비해 주변 화소에 대한 방향성 정보를 이용하여 보다 일정하고 연속적으로 에지를 보존할 수 있었다. 방향성의 빈도수에 따라 다른 보간 방법을 사용함으로써 에지의 방향성이 확실한 곳에서는 그 방향성에 따라 현재 화소를 보간하고, 에지 방향성이 불분명한 곳에서는 현재 화소와 공간적 거리상으로 가까운 화소들과 방향성에 따른 평균 밝기의 중앙값 정보를 이용함으로써 보간 성능을 높일 수 있었다. 한편, 시공간 보간 과정에서는 공간영역 변화율과 시간영역 변화율에 따른 시공간 밝기 변화율을 산출하고, 변화율에 따라 시간적 보간과 공간적 보간 결과를 가중합하여 최종적인 보간처리를 수행한다. 이와 같은 처리에 의해 움직임 검출 정보에 따라 공간적 보간과 시간적 보간을 절환(switching)하는 기존 움직임 적

응형 보간 방식의 문제점인 움직임 검출 오류에 따른 두드러진 화질열화를 줄일 수 있었고, 특히 방향성 에지가 있는 영상에 대하여 주관적 화질이 향상됨을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] Li Renxiang, Zheng Bing, and M. L. Liou, "Reliable motion detection /compensation for interlaced sequences and its applicationsto deinterlacing," IEEE Trans. Circuits and Systems for VideoTechnology, vol.10, No. 1, pp. 23-29, Feb. 2000.
- [2] N.Seth-Smith and G. Walker, "Flexible up-conversion for highquality TV and multimedia displays," in Proc. of the ICCE, pp. 338-339, June 1996.
- [3] M. Park, M. Kang, K. Nam, and S. Oh, "New edge dependent deinterlacing algorithm based on horizontal edge pattern" IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 49, No. 4, pp. 1508-1512, November. 2003.
- [4] H. S. Oh, Y. Kim, Y. Y. Jung, A. W. Morales, and S. J. Ko, "Spatio-temporal edge based median filtering for deinterlacing," in Digest of the Int. Conference on Consumer Electronics, pp. 52-53, Jun.

- 2000.
- [5] 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, November. 2003.
- [6] T. Doyle, "Interlaced to sequential conversion for EDTV applications," Proceedings 2nd Int. Workshop Signal Processing HDTV, pp. 412-430, February. 1998.
- [7] T. Chen, H.R. Wu and Z. Yu, "Efficient edge line average interpolation algorithm for de-interlacing," Proceedings of SPIE, Visual Communications and Image Processing 2000, vol. 4067, pp.1551 - 1558, Perth, Australia, Jun. 2000.
- [8] Phu, M.Q.; Tischer, P.E.; Wu, H.R, "A median based interpolation algorithm for deinterlacing," ISPACS 2004. Proceedings of 2004 International Symposium on, pp. 390 - 397, November. 2004.
- [9] 장승민, 홍성훈 "가중 중앙값 필터를 이용한 에지방향성 보정 기반 디인터레이싱 기법", 대한 전자공학회 논문지 Vol. 46, No, 4, pp 89 - 96, November. 2009.
- [10] B. Bhatt, F. Templin and A. Cavallerano, "Grand Alliance HDTV multiformatscan converter," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 4, no.4, pp. 1020-1031, November. 1995.
- [11] Lejun Yum Jintao Li, "Motion Adaptive Deinterlacing with Accurate Motion Detection and Anti-aliasing Interpolation Filter," Consumer Electronics, IEEE Transactions on, Vol. 52, No. 2, pp. 712 - 717 , August 2006.

저 자 소 개



정 지 훈

- 2010년 : 전남대학교 전자컴퓨터 공학부 학사 졸업
- 2010년 ~ 현재 : 전남대학교 전자컴퓨터 공학과 석사과정
- 주관심분야 : 영상통신시스템, 영상신호처리



홍 성 훈

- 1988년 : 영남대학교 전자공학과 학사
- 1991년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
- 1999년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사
- 1991년 ~ 2000년 7월 : LG전자 DTV 연구소 책임연구원
- 2000년 7월 ~ 현재 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 부교수
- 주관심분야 : 영상신호처리, 멀티미디어시스템, 3D 컴퓨터비전