

# 보간된 이진 영상으로부터 검출된 정확한 에지를 이용한 효율적인 디인터레이싱 알고리즘

정회원 손주영\*, 이상훈\*, 이동호\*\*

## An Efficient Intra-Field Deinterlacing Algorithm using Edges Extracted from the Interpolated Binary Image

Joo-Yung Son\*, Sang-Hoon Lee\*, Dong-Ho Lee\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 디인터레이싱 방법 중에서 에지 기반 공간 필터의 성능 개선을 위한 새로운 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 디인터레이싱의 성능을 좌우하는 에지의 정확한 검출을 위하여 이진화된 영상에서 자연스러운 라인을 형성하도록 보간한 후에 이를 근간으로 보간될 영상의 정확한 에지를 검출하였다. 이러한 방법으로 검출된 정확한 에지를 기반으로 적응적인 보간 알고리즘을 적용하여 에지영역에서의 화질 열화를 최소화 하였다. 이를 검증하기 위해 다양한 영상에 대해 컴퓨터 모의 실험을 하였고, 그 결과를 기존의 디인터레이싱 알고리즘과 비교하여 에지 영역에서의 성능 향상을 확인하였다.

**Key Words** : edge, interpolation, deinterlacing, format conversion, binary image

### ABSTRACT

This paper proposes a new deinterlacing algorithm which improves the performance of the spatial filter. Extracting exact edges is very important element of deinterlacing performance. So the proposed algorithm has interpolated locally adaptive-thresholded binary image, and extracted exact edges from the interpolated binary image. The values of pixels on edges extracted from binary image are interpolated using neighborhood lines on the same edge. With computer simulations for a variety of images, it is shown that the proposed algorithm is much better than traditional methods.

### I. 서 론

다양한 디지털 비디오 시스템이 개발됨에 따라 현재에는 상응하는 다양한 표준 포맷들이 등장하였으며, 그 포맷 들을 지원하기 위한 디인터레이싱은 현재 DTV 개발에 있어서 필수적인 요소로 등장하게 되었다. 기존의 비일 주사 방식은 여러 가지 문제점이 발견되어 왔으며 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 다양한 디인터레이싱 방법 들이 제시

되어 왔다.<sup>[1]</sup>

디인터레이싱 방법에는 크게 MC(Motion Compensation) 방법과 NO-MC(No Motion Compensation) 방법이 있다. NO-MC 방법 중 화면 내 프레임 보간의 경우에는 계산량이 간단하여 실시간 구현이 가능하므로 많은 경우에 있어서 사용되고 있다. 화면 내 디인터레이싱 방법은 에지의 방향성을 고려한 다양한 공간 필터 들이 사용되었다. 가장 많이 적용되는 방법인 ELA(Edge based Line Average)는 간단한 계산

\* 삼성전자 DMC총괄 DMC연구소(jy0609.son@samsung.com)(hoon1029.lee@samsung.com)

\*\* 한양대학교 전자컴퓨터공학부 영상통신 연구실(dhlee@image.hanyang.ac.kr),

논문번호 : KICS2009-03-088, 접수일자 : 2009년 3월 4일, 최종논문접수일자 : 2009년 5월 6일

과 구현의 용이성으로 인해 널리 사용하고 있지만, 작은 화소 값의 변화에 민감하고 45도 보다 크거나 작은 각도의 에지에 대해서는 잘못된 에지 정보를 이용하는 단점이 있다. 이러한 ELA 방식의 단점을 보완하기 위하여 에지 방향의 검출 성능을 향상시키기 위한 추가적인 측정 수단이 제안되었지만 다양한 에지 영역의 성능 개선에는 한계가 있었다<sup>2)3)4)</sup>.

이러한 에지 영역에서의 문제점을 해결하기 위해서 LSE(Least Square Error)를 적용한 디인터레이싱 알고리즘이나 더 정확한 에지의 방향을 판단하기 위한 새로운 알고리즘들이 제안되고 있다<sup>5)6)7)</sup>. 더구나 최근에는 이진 영상을 통해서 미리 정의된 에지 패턴을 이용하여 해당 되는 패턴에 따라 적응적으로 보간하는 방법이 제안 되었다<sup>8)9)</sup>. 이러한 에지 기반의 디인터레이싱 알고리즘들은 주관적인 화질비교에서 다소 향상된 성능을 보여주지만 패턴의 한계점으로 인해 다양한 에지에 대하여 향상된 성능을 보여주지 못했다.

본 논문에서는 이러한 에지 기반 공간 필터의 성능을 개선하는 새로운 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 디인터레이싱의 성능을 좌우하는 에지의 정확한 검출을 위하여 이진화된 영상에서 자연스러운 라인을 형성하도록 보간한 후에 이를 근간으로 보간될 영상의 정확한 에지를 검출하였다. 이러한 방법으로 검출된 정확한 에지를 기반으로 적응적인 보간 알고리즘을 적용하여 에지영역에서의 화질 열화를 최소화 하였다.

본 논문의 2장에서는 기존의 에지 기반의 디인터레이싱 알고리즘에 대해서 살펴보고, 3장에서는 제안하는 에지 검출 방법 및 디인터레이싱 알고리즘에 대해 설명하였다. 4장에서는 주관적, 객관적 화질 비교를 통해 제안하는 알고리즘의 성능을 분석하고 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 기존의 에지기반의 디인터레이싱 알고리즘

에지 기반의 디인터레이싱의 알고리즘 중에서 가장 널리 사용되는 방법은 ELA(Edge based Line Average)이다<sup>2)</sup>. ELA방법은 손실라인을 보간하기 위해 3x3 윈도우를 사용하여 방향성 상관도를 계산하고 상관성이 가장 높은 방향의 두 화소간의 평균값으로 보간한다. 하지만 작은 화소값에 민감하고 45도 보다 크거나 작은 각도에 대해서 성능이 떨어지는 심각한 단점을 가지고 있다.

A-ELA 알고리즘은 이러한 문제점을 개선하기 위

하여 ELA 알고리즘을 기반으로 하고 수평방향 에지 성분을 검출하고 보간하는 방법을 추가하였다<sup>3)</sup>. E-ELA알고리즘은 기존의 ELA방법이나 A-ELA방법에서 나타날 수 있고 문제지 되어왔던 방향판단의 오류를 최소화 하기 위해서 방향 판단의 조건들을 세분화 하여 정해진 윈도우 안에서의 보다 다양한 방향을 판단하고 그에 따른 오류를 최소화 하였다<sup>4)</sup>. 하지만 이러한 방법들 모두의 경우에도 정해진 윈도우의 제약으로 완전한 에지 방향을 판단하지 못하므로 완전한 에지 방향의 보간에 있어서 화질의 열화가 발생한다.

그리고 최근에 발표된 이진영상을 이용한 효율적인 디인터레이싱 알고리즘은 비월 주사 영상을 이진화하여 미리 정의된 패턴에 따라 정해진 방향에 대한 후보 화소들의 방향 상관성을 계산한 후에 선형 보간하는 방법이다<sup>9)</sup>. 기존의 방법들에 비해 많은 성능 개선이 이루어졌지만 특정한 윈도우 내에서 에지 패턴을 정의했기 때문에 영상의 다양한 패턴에 대해서 전부 만족을 시킬 수 없게 되므로 미리 정의되지 않는 이진 패턴에서는 보간 성능이 떨어지는 한계점이 존재한다.

## III. 제안하는 디인터레이싱 알고리즘

제안하는 알고리즘은 기존의 에지 검출 알고리즘에서 발생하는 에지에서의 방향과 기울기 검출 오류를 최소화하고 모든 기울기의 에지에 대해 에지 특성을 보존하여 디인터레이싱하는 것을 목표로 한다.

기존의 이진영상을 기반으로 미리 정의해 놓은 패턴으로 보간하는 경우에는 정의된 패턴이 모든 패턴을 판단하기 어려운 문제점이 있다. 이러한 한계점을 보완하기 위해서 필드의 이진영상을 프레임의 이진 영상으로 보간을 한 후에 이를 기반으로 프레임에 대한 에지를 검출하였다. 이렇게 검출된 에지를 따라 보간함으로써 기존의 알고리즘들에서 발생하는 다양한 에지에서의 열화를 최소화 하였다.

그림 1은 제안하는 알고리즘의 전체 순서도이다. 비월 주사 영상을 이진화하여 얻어진 이진영상을 프레임의 이진영상으로 확장한 후에 에지를 추출하고, 추출된 에지를 따라서 보간한다.

### 3.1 영상의 이진화

제안하는 알고리즘은 에지의 방향을 판단하는 근간인 영상의 효율적인 이진화를 위해 블럭 단위(9x5)로 영상을 이진화 하였으며, 블럭 단위의 노이

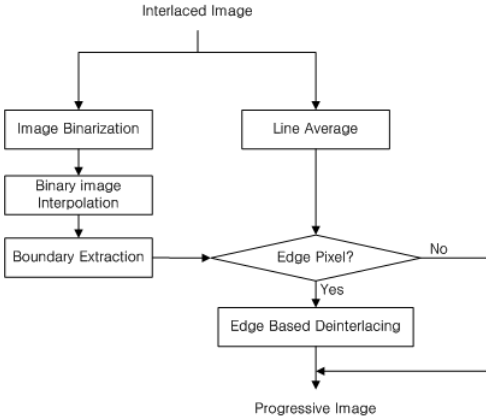


그림 1. 제안하는 알고리즘의 순서도

즈 성분의 영향을 최소화하기 위해서 그림 2과 같이 임계치로써 블록 단위의 평균값과 분산값을 동시에 사용하였다.

비밀 주사 영상에 대해서 첫 번째 단계로 블록 평균값을 임계값으로 이용하여 이진화한 후 두 번째 단계로 블록내 분산값을 적당한 임계값과 비교하여 이진화를 결정함으로써 노이즈 성분의 영향을 최소화 하였다.

3.2 이진 영상을 이용한 에지 검출 및 확장

그림 3은 비밀 주사 영상으로부터 획득한 이진 영상을 통하여 에지맵을 추출하는 과정을 나타낸다. 비밀 주사 영상으로부터 획득한 이진 영상을 통하여 에지맵을 추출할 경우, 기울기가 고려되지 않아 자연스러운 라인을 형성할 수 없게 된다. 따라서 다음과 같은 방법으로 에지나 라인 패턴에 따라 비밀 주사 이진영상을 프레임의 이진영상으로 먼저 보간해 주었다.

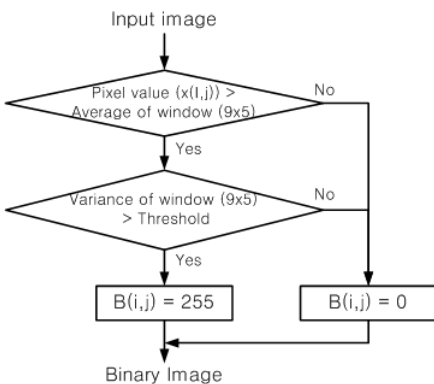


그림 2. 블록단위의 영상 이진화

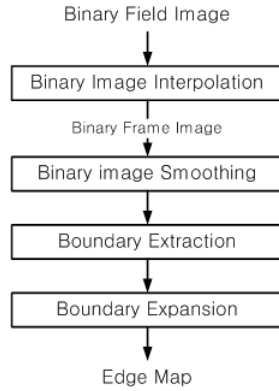


그림 3. 이진 영상에서의 에지 검출

1. 윗화소와 아래화소의 이진 값이 같은 경우 같은 이진값으로 보간해 준다.
2. 윗화소와 아래화소의 이진 값이 다른 화소를 검색한 후 그 길이  $width(d)$ 를 구한다.
3. 2번에서 보간된  $width$  양쪽에 위치하는 화소A와 화소 B의 이진 값을 찾는다.
4. 화소A와 화소 B의 값이 다른 그림 4(a)경우, 에지 패턴으로 판단하여  $width$ 를 반으로 나눠 화소 A에 가까운 화소는 A와 같은 이진값으로, 화소 B에 가까운 화소는 B와 같은 이진값으로 보간한다.
5. 화소A와 화소 B의 값이 같은 그림 4(b)경우, 라인 패턴으로 판단하여  $width$ 의 양 끝 부분에 있는  $d/4$ 만큼의 화소는 화소 A, B와 같은 이진값으로 보간하고  $width$ 의 나머지 화소는 화소 A, B와 다른 값으로 보간한다.

이렇게 얻어진 이진 영상에 그림 5와 같은 수평, 수직, 대각선 방향의  $2 \times 2$  마스크를 사용하여 '0'과 '255'경계에서의 경계선을 추출하였다. '0'의 경계에

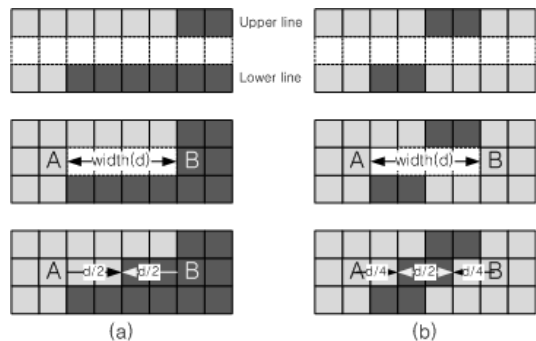


그림 4. 이진 영상의 보간

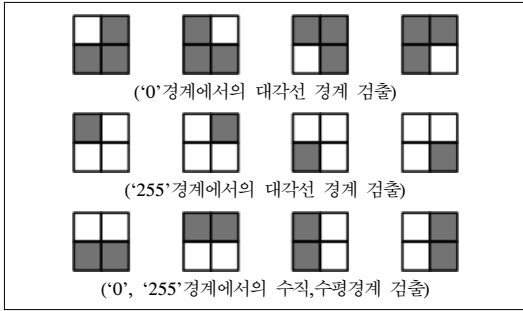


그림 5. 경계선 검출을 위한 2x2마스크

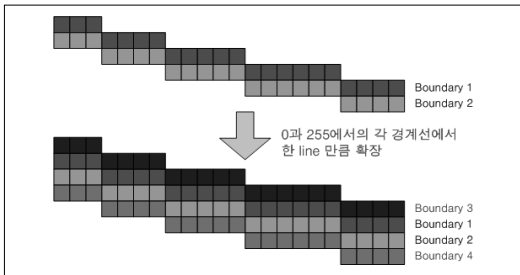


그림 6. 경계선의 확장

서 추출한 경계선을 Boundary 1, '255'의 경계에서 추출한 경계선을 Boundary 2라고 정의한다.

그림 5의 마스크를 이용하여 검출해서 얻은 Boundary 1, Boundary 2의 기본적인 경계선에서만 에지 기반의 보간 알고리즘을 적용하고 인접한 부분에서 에지가 고려되지 않는다면, 그 외의 부분에서는 Line Average 알고리즘이 적용되기 때문에 에지 주변 영역에서 계단 모양의 심각한 화질 열화를 가져오게 된다.

따라서 그림 6와 같이 Boundary 1과 Boundary 2를 기준으로 인접한 부분으로 1개 라인 만큼 Boundary 3과 Boundary 4를 추가하여 에지 맵을 확장하고, 확장된 에지 영역에 대해서도 에지 기반의 보간 알고리즘을 적용하여 발생 할 수 있는 열화를 최소화 하였다.

### 3.3 영상 보간

제안하는 디인터레이싱 알고리즘은 앞에서 설명한 에지 영역에 대해서 같은 에지 라인에 존재하는 화소를 참조하여 보간을 수행한다.

에지에서의 화소들의 특성을 살펴보면 하나의 평탄영역에서 화소값이 서서히 변하여 다른 평탄영역으로 변화하게 된다. 따라서 제안하는 알고리즘은 동일 경계선상에서 보간하려는 화소들과의 인접한

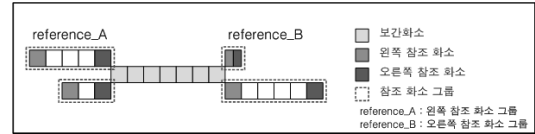


그림 7. 참조 화소의 결정

라인에 위치한 화소들의 변화량에 대한 유사성으로 보간을 수행한다.

먼저 보간을 위한 참조 화소 결정 과정을 살펴보면, 그림 7과 같이 동일한 경계선을 따라서 보간화소그룹과 보간화소그룹의 왼쪽(reference\_A)과 오른쪽(reference\_B)에 위치한 참조화소그룹들을 검색한다. 그리고 각 각의 참조화소그룹에서 가장자리에 위치한 두 화소를 각 각의 참조화소로 결정하고 화소그룹에서 가장 왼쪽에 위치한 화소 정보를 reference\_X[0]에, 가장 오른쪽에 위치한 화소 정보를 reference\_X[1]에 저장한다. 만약 동일한 경계선이 만나게 되어 왼쪽이나 오른쪽에서 참조화소그룹이 두 개가 검색될 수 있다. 즉, 그림 7처럼 reference\_A나 reference\_B의 개수가 두 개인 경우이다. 이런 경우 검색된 각 각의 참조화소그룹의 가장자리 화소들을 예비 참조화소로 보고 reference\_A의 예비 참조화소와 reference\_B의 예비 참조화소 사이의 차분 값으로 상관도를 계산하여 그 상관도가 가장 높은 화소그룹을 reference\_A와 B에서 각 각 하나씩 결정하고 가장 가장자리 화소 들을 참조화소로서 reference\_X[0]과, reference\_X[1]에 저장한다. 그리고 참조화소그룹의 화소수가 1개인 경우 참조화소의 정보로서 reference\_X[0]과 [1]에 같은 정보를 저장한다.

영상의 보간은 보간 화소 그룹 단위로 이루어진다. 그림 8처럼 보간화소가 2개 이상이고, 참조화소가 2개인 경우 보간 화소 그룹의 가장 왼쪽에 위치한 화소 A는 식(1)을 적용하여 왼쪽 참조화소 간의 평균값으로 보간하고, 보간화소그룹의 가장 오른쪽에 위치한 화소 B는 식(2)을 적용하여 오른쪽 참조화소 간의 평균값으로 보간한다. 그리고 그 사이에 위치한 나머지 화소들 C는 식(3)을 적용하여 앞서 보간된 가장자리의 화소 A와 화소 B와의 거리에

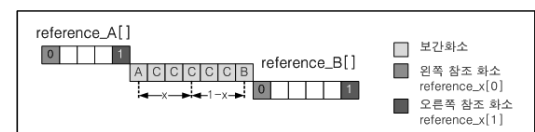


그림 8. 영상 보간 방법 1

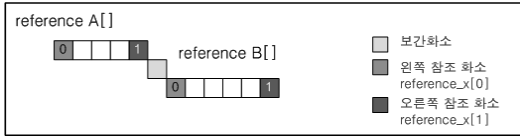


그림 9. 영상 보간 방법 2

따라 가중치를 다르게 주어 완만하게 보간되도록 해준다.

$$\text{output(A)} = (\text{reference\_A}[0] + \text{reference\_A}[1]) / 2 \quad (1)$$

$$\text{output(B)} = (\text{reference\_B}[0] + \text{reference\_B}[1]) / 2 \quad (2)$$

$$\text{output(C)} = (1-x) * \text{output(A)} + x * \text{output(B)} \quad (3)$$

또한 그림 9처럼 보간 화소가 1개인 경우에는 식 (4)를 적용해 동일 경계선상에서 보간화소와 가장 인접한 참조화소 간의 평균값으로 보간한다.

$$\text{output} = (\text{reference\_A}[1] + \text{reference\_B}[0]) / 2 \quad (4)$$

#### IV. 모의 실험

본 논문에서는 제안하는 알고리즘의 성능평가를 위하여 원본 영상으로부터 홀수나 짝수 라인을 삭제함으로써 비월주사영상으로 변환하여 이를 테스트 영상으로 사용하였다. 모의실험을 위한 테스트영상으로 Car (1024x544), Lena (512x512), Airplane (512x512), Boats (720x480) 영상을 사용하였다.

##### 4.1 에지 맵 비교

제안하는 에지 검출 알고리즘의 성능을 살펴보기 위해서 원본 영상의 이진 영상과 테스트 영상의 이진 영상을 제안하는 알고리즘으로 보간한 이진 영상을 비교하고, 각 각에 대해서 제안하는 에지 추출 방법으로 추출된 에지 맵을 비교하였다.

그림 10에서와 같이 제안하는 이진화 알고리즘으로 원본 영상을 이진화한 이진 영상과 필드 영상을 이진화하고 제안하는 알고리즘으로 보간한 이진 영상을 비교하면 거의 차이가 없는 원영상에 가까운 것을 알 수 있다. 그리고 제안하는 에지 검출 알고리즘으로 각 각 추출된 에지 맵을 비교해도 원 영상의 에지와 차이가 없음을 알 수 있다. 그러므로 제안하는 에지 검출 알고리즘이 정확한 디인터레이싱을 위한 에지를 정확하게 검출하고 있음을 확인할 수 있다.

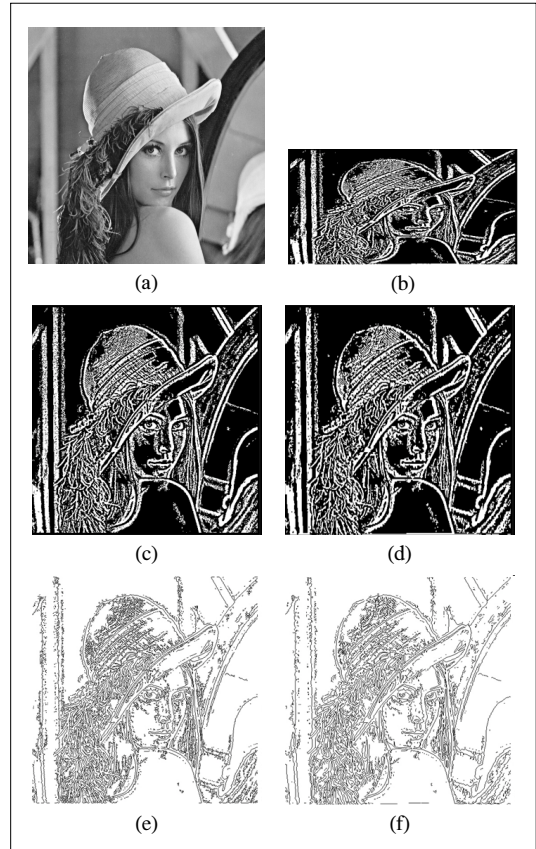


그림 10. Lena (512x512)의 에지맵 비교 (a)원영상 (b)필드 영상의 이진영상 (c)원영상의 이진영상 (d) 필드로부터 보간한 이진 영상 (e)원영상의 에지맵 (f)필드로부터 보간한 영상의 에지맵

##### 4.2 주관적 화질 비교

주관적인 화질 평가를 위해서 기존의 에지 기반 디인터레이싱 알고리즘인 ELA 알고리즘과 기존의 미리 정의된 이진 패턴을 이용하는 알고리즘과 성능을 비교하였다.

그림 11-14의 영상은 기존 알고리즘에서 성능이 떨어지는 라인 패턴에 대한 실험 결과들이다. 먼저 그림 11(c)와 12(c)는 미리 정의된 이진 패턴을 이용하는 기존 알고리즘의 결과영상으로 영상의 라인 패턴이 정의되어 있지 않기 때문에 11(b)와 12(b)의 ELA 결과와 비슷한 성능을 보여준다. 하지만 제안된 알고리즘의 경우에는 원영상과 비슷한 수준의 프리임으로 보간 되었음을 확인할 수 있다.

그림 13(b)와 3(c)에서는 기존의 알고리즘들은 두 개의 에지 패턴이 점점 인접하여 가까워지는 영역의 화질에 열화가 발생함을 알 수 있다. 제안된 알고리즘을 적용하면 어느 정도 이런 화질의 열화가 줄어드

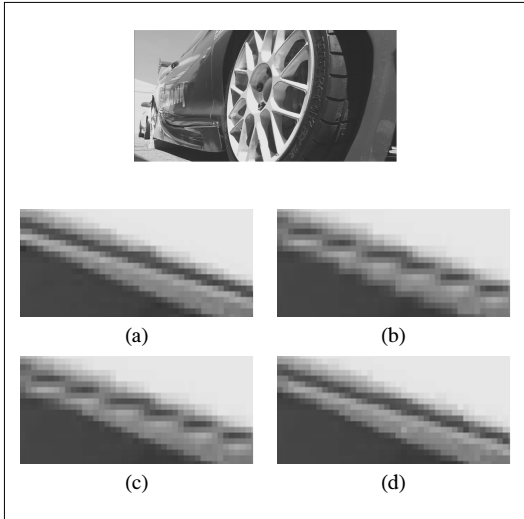


그림 11. Car (1024x544) 영상의 주관적 화질 비교 (a)원영상 (b)ELA[4] (c)Using Predefined Pattern[9] (d)제안하는 알고리즘

는 것을 확인할 수 있다. 하지만 꼭지점 부분에서는 기존의 알고리즘들 보다는 향상된 결과를 보이지만 다소 성능이 떨어지는 것을 알 수 있다.

그리고 그림 14에서와 같이 라인 패턴의 각도가 변하는 곡선 라인 패턴에서도 기존 알고리즘들보다 보간 성능이 향상되었음을 알 수 있다. 하지만 라인패턴의 방향이 바뀌는 부분에서는 기존 알고리즘들 보다는 향상되었지만 다른 라인 패턴에 비해 다소 성능이 약간 떨어지는 것을 알 수 있다.

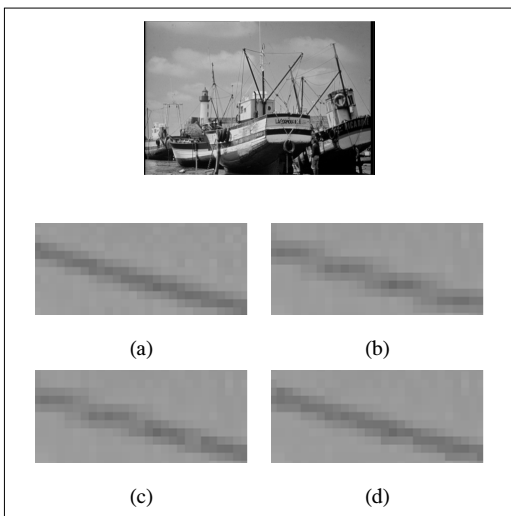


그림 12. Boats (720x480) 영상의 주관적 화질 비교 (a)원영상 (b)ELA[4] (c)Using Predefined Pattern[9] (d)제안하는 알고리즘

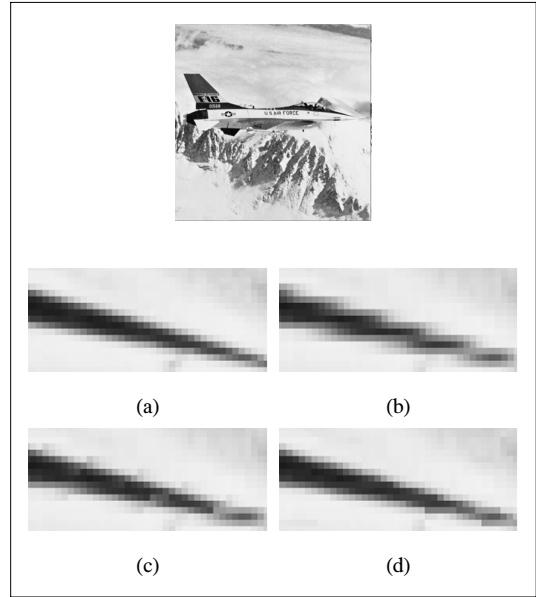


그림 13. Airplane (512x512) 영상의 주관적 화질 비교 (a)원영상 (b)ELA[4] (c)Using Predefined Pattern[9] (d)제안하는 알고리즘

## V. 결론

본 논문에서는 주관적인 화질에 많은 영향을 미치는 에지 영역에서의 화질 열화를 최소화하는 에지 기반의 디인터레이싱 알고리즘을 제안하였다. 블록단위의 임계값을 적용해 획득한 이진영상을 보간하여 얻은 프레임의 이진영상을 통하여 좀 더 정확한 에

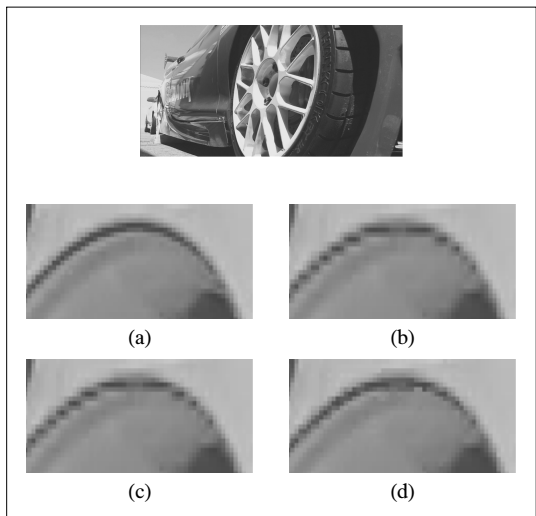


그림 14. Car (1024x544) 영상의 주관적 화질 비교 (a)원영상 (b)ELA[4] (c)Using Predefined Pattern[9] (d)제안하는 알고리즘

지를 검출할 수 있도록 하였으며, 다양한 기울기의 에지에 대해서도 그 특성을 보존할 수 있도록 하였다. 또한 추출된 에지의 경계선을 따라서 영상을 보간함으로써 다양한 기울기의 에지에서 그 특성을 유지하였다. 모의실험 결과 대부분의 영상에서 기존의 에지 기반의 알고리즘들에서 열화가 발생하는 라인 패턴에서도 부드러운 에지를 형성하는 것을 확인하였고, 전반적으로 화질이 향상됨을 알 수 있다.

참 고 문 헌

[1] G. D. Hann and E. B. Bellers, "De-interlacing - An overview", *Proceedings of IEEE*, 86(9), pp. 1839-1857, Sep. 1988.

[2] 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*, 40(2), pp. 119-125, 1994.

[3] C. J. Kuo, C. Liao, and C. C. Lin, "Adaptive interpolation technique for scanning rate conversion", *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, 6(3), pp. 317-321, 1996.

[4] T. Chen, H. R. Wu, Z. H. Yu, "An efficient edge line average interpolation algorithm for de-interlacing", *Visual Communications and Image Processing 2000, Proceedings of SPIE*, 4067, pp. 1551-1558, Perth, June 2000.

[5] 김민기, 정제창, "새로운 에지 방향 보간법을 이용한 효율적인 디인터레이싱 알고리즘", *방송공학회논문지*, 12(2), pp. 185-192, 2007

[6] 우동현, 엄일규, 김유신, "영상의 국부 특징에 기반을 둔 선택적 디인터레이싱", *한국통신학회논문지*, 29(1), pp. 140-148, 2004

[7] H. Yoo, J. C. Jeong, "Direction-oriented interpolation and its application to de-interlacing", *IEEE Trans. Consumer Electronics*, 48(4), pp. 954-962, Nov. 2002

[8] M. K. Park, M. G. Kang, K. C. Nam, S. G. Oh, "New edge dependent deinterlacing algorithm based on horizontal edge pattern", *IEEE Trans. Consumer Electronics*, 49(4), pp. 1508-1512, Nov. 2003

[9] D. H. Lee, "A new edge-based intra-field

interpolation method for deinterlacing using locally adaptive-thresholded binary image", *IEEE Trans. Consumer Electronics*, 54(1), pp. 110-115, Feb. 2008

[10] L. Zhang; X. Wu, "An edge-guided image interpolation algorithm via directional filtering and data fusion," *IEEE Trans. Image Processing*, 15, pp. 2226-2238, Aug. 2006.

[11] 김성영, "이진 영상에서의 단순화된 윤곽선 추출 방법," *한국 컴퓨터정보학회 논문지*, 4, pp. 34-39, Dec, 1999.

손 주 영 (Joo-Yung Son)

정회원



2007년 2월 한양대학교 전자컴퓨터공학부 졸업  
 2009년 2월 한양대학교 전자전기제어계측공학과 석사  
 2009년 2월~현재 삼성전자 DMC 총괄 DMC연구소 연구원  
 <관심분야> 디지털 영상처리, H.264, 영상압축 및 실시간 구현

이 상 훈 (Sang-Hoon Lee)

정회원



2006년 2월 한양대학교 전자컴퓨터공학부 졸업  
 2008년 2월 한양대학교 전자전기제어계측공학과 석사  
 2008년 2월~현재 삼성전자 DM 총괄 DM연구소 연구원  
 <관심분야> 디지털 영상처리, H.264, 영상압축 및 실시간 구현

이 동 호 (Dong-Ho Lee)

정회원



1986년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업  
 1988년 12월 Texas 대학 전기공학과 석사  
 1991년 5월 Texas 대학 전기공학과 박사  
 1991년 6월~1994년 2월 LG전

자 영상미디어연구소 선임연구원  
 1994년 3월~현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수  
 <관심분야> 디지털 영상처리, 디지털 TV, 영상 압축 및 실시간 구현