

이진영상으로부터 에지 추출을 통한 효율적인 영상보간 알고리즘

정희원 이상훈*, 김성근**, 이동호***

An Efficient Image Interpolation Algorithm using Edges Extracted Edges From Binary Image

Sang-Hoon Lee*, Sung-Geun Kim**, Dong-Ho Lee*** *Regular Members*

요 약

영상보간은 저해상도 영상에서 고해상도 영상을 얻는 방법으로 일반적인 영상처리와 컴퓨터 시각, 디지털 시스템에서의 포맷 변환등의 여러 응용분야에서 사용된다. 이러한 영상보간시 영상의 품질이 떨어지는 것을 볼 수 있는데, 특히 사람의 눈에 민감한 에지 부분에서의 화질열화는 상당한 문제점이 된다. 본 논문에서는 영상보간시 에지 영역에서의 화질열화를 최소화하고 선명도를 올려줄 수 있는 영상보간 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘은 보간의 성능을 좌우하는 에지의 검출을 위하여 이진화된 영상을 근간으로 에지를 검출하여 효율성과 정확도를 증가시켰으며, 에지 라인에 대하여 별도의 적응적인 알고리즘을 적용하여 에지 영역에서의 화질열화를 최소화 하였다. 이를 검증하기 위해 다양한 영상에 대해 컴퓨터 모의 실험을 하였고, 그 결과를 기존의 영상보간 알고리즘과 비교하여 에지 영역에서의 성능의 우수함을 확인하였다.

Key Words : image; interpolation; edge; binary image; format conversion

ABSTRACT

Image interpolation addresses the problem of generating a high-resolution image from its low-resolution version. Classical linear interpolation algorithms are simple and popular, but they produce interpolated image with blurred edges and annoying artifacts. Thus, many edge-based interpolation algorithms have been proposed to improve the subjective quality of the interpolated image, especially around edges on the image. In this paper, we propose a new interpolation algorithm which uses edges extracted from binary image. The proposed algorithm is applied to the image after interpolating using 6-Tap FIR filter. The values of interpolation pixels on edges extracted from binary image are modified using neighborhood pixels on the same edge. Experimental results for various images show that the proposed method provides better performance than existing methods.

I. 서 론

보간(Interpolation)이란 임의의 신호에 대해서 주변의 신호를 가지고 새로운 위치에 주변의 상황에 알맞은 신호를 만들어 내는 것을 말하는데, 원래는

있었는데 없어졌던 신호를 복원하거나 원 신호들의 양을 늘리는데 사용된다.

디지털 영상에서의 보간이란 화소값을 보간하는 것을 뜻하며, 저해상도 영상에서 고해상도 영상을 얻기 위해 사용된다. 이러한 영상보간은 일반적인

* 삼성전자 DM총괄 DM연구소(shlee@sec.com), ** LG전자 MC사업부 개발4실(skkim79@lge.com)

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

논문번호 : KICS2008-05-229, 접수일자 : 2008년 5월 22일, 최종논문접수일자 : 2009년 3월 5일

영상처리와 컴퓨터 시각, 디지털 시스템의 포맷 변환 등의 여러 응용분야에서 사용된다. 특히 원 영상의 해상도와 사용되는 영상의 해상도가 틀릴 때 영상의 해상도를 원하는 대로 맞추어 주는 포맷 변환이나 원 영상의 해상도를 줄여 데이터의 양을 줄였다가 다시 원래의 해상도로 늘리는 영상압축과 같은 응용분야에서 많이 활용되고 있다.

일반적으로 사용되는 여러가지 영상보간을 각각의 방법에 사용한 기저함수(Basis Function)에 의해 분류하면 최소근접보간법(Nearest Neighbor), 선형 보간법(Bilinear interpolation), 큐빅 B-스플라인 보간법(Cubic B-spline interpolation), 이산 푸리에 변환(DFT)을 사용한 방법등으로 분류할 수 있다.^[1] 이와 같은 일반적으로 사용되고 있는 대부분의 보간 방식은 단순히 영상의 크기를 늘리는 것을 목적으로 한다. 따라서 이러한 보간 방법들은 비교적 구현은 간단하지만 고주파 성분을 억제하여 영상을 부드럽게 하거나 존재하지 않는 고주파성분 영역에서 물결(ringing)현상등을 발생시킨다. 특히 영상의 에지 부분이 눈에 매우 민감한 부분임에도 불구하고 그에 대한 고려가 되어 있지 않아 주관적 화질 비교시 화질열화가 크게 느껴지게 된다.

이러한 에지 영역에서의 문제점을 해결하기 위하여 edge-map을 이용한 영상보간 방법이나 POC (Projections Onto Convex Sets), Wiener이론을 적용한 영상보간 알고리즘들이 제안되고 있다. 최근에는 canny 연산자를 이용하여 에지를 검출하고 검출된 에지에 따라 주변값을 보간하는 방법이 제안되었다. 이러한 에지 기반의 영상보간 알고리즘들은 주관적인 화질비교에서 전통적인 영상보간 알고리즘에 비해 향상된 성능을 보여주지만 다양한 기울기의 에지에 대하여 향상된 성능을 보여주지는 못했다. 또한 캐니 연산자를 포함한 기존의 에지 검출 방법들은 어두운 영역이나 밝은 영역에서의 에지영역은 검출하지 못하는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 기존의 에지 기반의 알고리즘과는 달리 원 영상의 이진화된 영상을 기반으로 에지의 방향과 기울기를 검출하여 보간에 이용하였으며, 검출된 에지 라인을 따라 영상을 보간함으로써 다양한 기울기와 방향을 가지는 에지에 대하여 각각의 특성을 보존하며 영상을 복원하도록 하였다.

본 논문의 구성은 2장에서는 제안하는 에지 검출 방법 및 영상보간 알고리즘에 대하여 설명한다. 3장에서는 컴퓨터 모의실험을 통해 기존의 알고리즘과 제안하는 알고리즘과의 성능을 비교 분석하며 4장

에서 결론을 맺는다.

II. 제안하는 영상보간 알고리즘

제안하는 알고리즘은 기존 에지 검출 알고리즘 사용시 발생하던 에지의 방향 및 기울기에 따른 검출 오류를 최소화하고 모든 기울기의 에지에 대해서 에지의 특성을 보존하는 것을 목표로 한다. 따라서 이진영상을 기반으로 에지를 검출하였으며 검출된 에지의 라인을 따라서 영상을 보간함으로써 보간시 발생하는 blocking, ringing, blurring과 같은 화질열화를 최소화하였다.

그림 1에서 보는 바와 같이 제안하는 알고리즘은 원본영상을 이진화하여 에지를 검출하고 이미지의 보간 사이즈에 맞게 에지를 확장한다. 원본영상은 6-tap 필터를 사용하여 먼저 영상보간을 수행한 후, 검출된 에지 영역에서는 에지 라인의 기울기와 위치에 따라 별도의 영상보간 알고리즘을 적용한다.

2.1 영상 이진화

제안하는 알고리즘은 영상 이진화에 있어서 보다 다양한 영역에서의 이진화를 위하여 블록 단위(5x5)로 영상을 이진화 하였으며, 블록 단위의 노이즈 성분을 최소화 하기 위해서 그림 2와 같이 임계치로서 블록 단위의 평균값과 분산값을 동시에 적용하였다.

원본영상의 이진화에 대한 임계치는 그림 2와 같은 순서로 적용되어진다. $B(i,j)$ 는 이진 영상을 의미하며 영상에 대해서 첫번째 단계로 블록 평균값을 임계치로 이용하여 이진화를 적용하고, 두번째 단계로 블록내의 분산값을 기준으로 이진화를 결정함으로써 에지로 인식될 가능성이 있는 노이즈 성분을 제거한다. 분산값에 의한 임계값은 실험적으로 에지 검출의 정확도와 노이즈를 고려하여 5로 설정하였다.

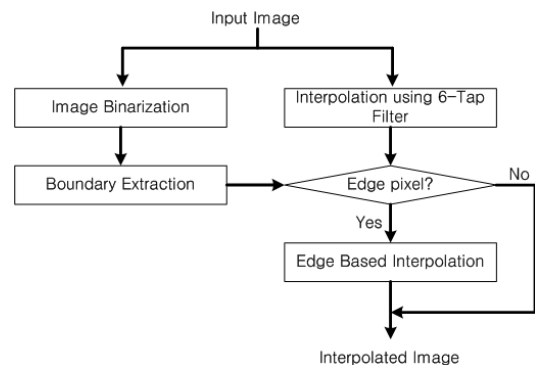


그림 1. 제안하는 알고리즘의 블록도

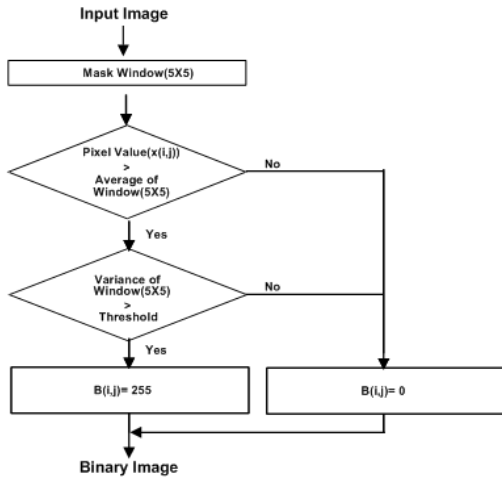


그림 2. 블록단위 영상이진화 블록도

2.2 이진영상을 이용한 에지 검출 및 확장

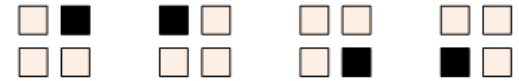
이진영상에서의 에지는 '0'과 '255'의 경계선이다. 제안된 알고리즘에서는 이진화된 영상의 '0'과 '255'의 경계에서 각각 경계선을 추출하였다. 경계선 추출은 그림 3과 같은 2x2 사이즈의 경계선 검출 마스크를 사용한다. 경계선 검출 마스크는 수평, 수직 대각선 방향에 대하여 총 12개의 마스크를 가진다.

경계선 검출 마스크를 이용하여 추출된 경계선은 영상의 보간 사이즈에 맞게 확대되어진다. 경계선의 확대도 그림 3의 2x2 경계선 검출 마스크를 사용하며 수평, 수직, 대각선 방향에 따라 그림 4와 같이 확대한다. 그림 4는 이진영상의 '0'의 경계에서의 경계선 확대를 나타내며, '255'의 경계에서도 같은 방법을 적용한다. 검출된 경계선중 '0'의 경계에서 생성된 경계선은 Boundary2, '255'의 경계에서 생성된 경계선은 Boundary4로 정의한다.

Boundary2와 Boundary4는 2x2 사이즈의 경계선 검출 마스크를 사용하여 검출된 경계선이다. 따라서 마스크의 특성상 경계선 확대시 수평, 수직, 대각선 방향의 에지에 대해서는 자연스러운 라인을 형성하지만 그 이외의 기울기를 가지는 에지에 대해서는 기울기를 고려하지 않아 경계선 확장시 에지 라인이 부드럽지 못하고 계단모양의 에지를 형성하게 된다. 제안된 알고리즘은 에지 영역에서 에지의 라인을 따라 영상을 보간하게 되기 때문에 이러한 잘못된 경계선은 영상보간시 심각한 화질열화를 발생시킨다. 따라서 그림 5와 같이 일정한 방향성을 가지는 경계선에 대하여 boundary smoothing를 수행한다. Boundary smoothing 과정은 다음과 같다.



<'0'의 경계에서의 대각선 Boundary 검출 마스크>



<'255'의 경계에서의 대각선 Boundary 검출 마스크>



<'0', '255'의 경계에서의 수평 수직 Boundary 검출 마스크>

그림 3. 경계선 검출을 위한 2x2 마스크

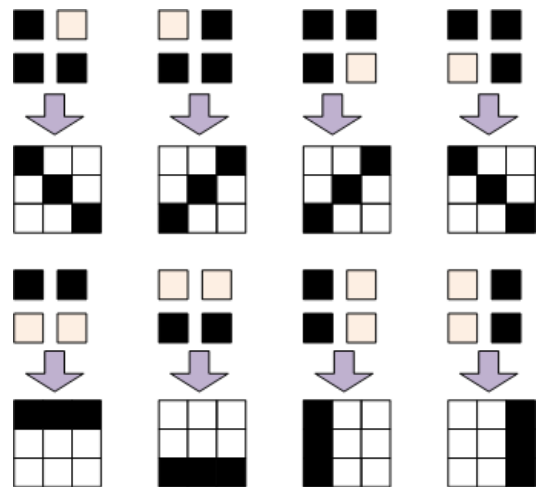


그림 4. 이진영상에서 '0'의 경계에서의 경계선 확대

첫째, 경계선을 따라 대각선 방향으로 확대된 화소를 검색한다. 이때 경계선이 일정한 기울기를 가지는 에지라면 검색된 2개의 화소는 같은 대각선 방향(45°or135°)를 가지게 된다. 만약 검색된 2개의 화소가 다른 방향을 가진다면 boundary smoothing를 적용하지 않는다.

둘째, 검색된 화소 사이의 폭(width)을 구한다. 이때, 폭이 클수록 완전한 기울기를 가지는 에지이다.

셋째, 폭에 해당하는 화소를 width/2 씩 두 부분으로 나누어 그림 5과 같이 자연스러운 경계선을 형성하도록 수정한다.

그림 5에서 boundary smoothing 적용 전, 적용 후를 비교하면 경계선이 기울기에 따라 자연스럽게 형성되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 방법으로 수

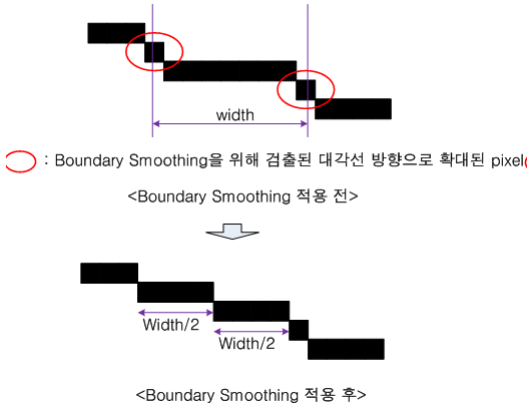


그림 5. 이진영상에서 '0'의 경계에서의 경계선 확대

평, 수직, 대각선 방향에서 boundary smoothing를 수행한다.

이진영상의 '0'과 '255'의 경계에서 추출한 2개의 경계선 Boundary2, Boundary4에서만 영상보간을 수행하고, 경계선에 인접한 부분에 대해서 에지가 고려되지 않는다면 보간 영상의 에지 영역에서 staircase artifacts와 같은 심각한 화질의 열화를 가져오게 된다. 따라서 Boundary2, Boundary4를 기준으로 3개의 경계선 Boundary1, Boundary3, Boundary5를 추가한다. Boundary3은 Boundary2와 Boundary4를 기준으로 그림 6와 같이 하나의 라인만큼 확장한다. Boundary1와 Boundary5는 Boundary2와 Boundary4를 기준으로 그림 7와 같이 하나의 라인만큼 확장한다.

2.3 영상 보간

제안한 알고리즘은 1차적으로 6-tap FIR 필터를 사용하여 원본 영상을 보간한다. 적용되는 필터의 계수와 탭수에 따라 보간의 성능이 결정되는데 제안된 알고리즘에서는 ISO 14496-10(H.264 Video Specification)에서 권고하는 6-tap 필터를 사

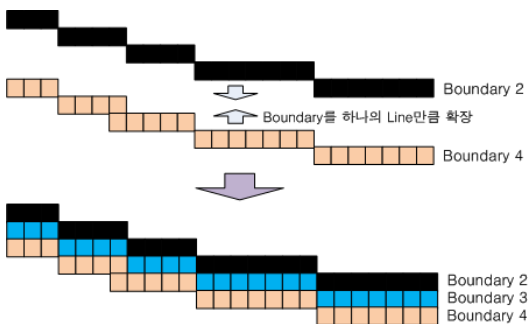


그림 6. Boundary3의 확장

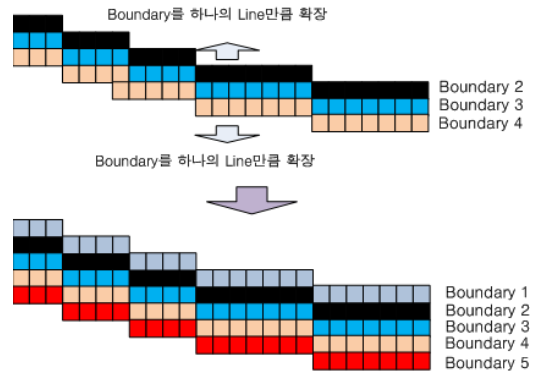


그림 7. Boundary1와 Boundary5의 확장

용하였다.

이러한 선형 필터를 사용하는 보간 방법은 에지와 같은 고주파수 영역에서 블러링 등과 같은 화질 열화가 발생한다. 따라서 보간된 영상의 에지 영역에서 에지의 라인을 따라 영상을 보간하도록 하여 에지에서의 화질열화를 최소화 하고 에지의 특성을 보존하도록 하였다. 즉, 일반적인 영상 보간 방법은 현재 보간 화소를 중심으로 인접한 화소를 참조하여 보간을 수행하지만 제안된 알고리즘은 에지 영역에 대해서 보간시 참조 화소를 인접한 화소중에서 선택하는 것이 아니라 같은 에지 라인에 존재하는 화소를 선택하도록 하였다.

6-tap 필터를 사용하여 보간된 영상에서의 에지 부분은 이진영상에서 검출한 5개의 경계선을 이용하여 보간되어진다. 에지에 해당하는 화소값을 보간하기 위한 참조 화소는 해당 화소를 포함하는 경계선을 따라 검출하게 된다. 그림 8은 에지의 경계선에서 화소 P를 보간할 때 참조 화소를 검출하는 과정을 보여준다. 참조 화소를 검출하는 방법 다음과 같다.

첫째, 보간 화소 P를 기준으로 해당 경계선을 따라 참조 화소를 검색한다. 참조 화소로는 6-Tap 필터를 사용하여 보간된 화소가 아닌 원본 화소를 선택한다.

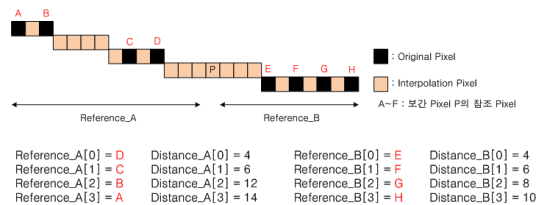


그림 8. 보간화소 P 보간시 참조화소 검출 예

둘째, 그림 8과 같이 검색된 참조화소에서는 해당 화소의 위치정보와 화소 P와의 거리값을 저장한다. Reference_A[0] ~ Reference_A[3]에는 Reference_A 방향에서 검출된 참조 화소의 위치값이 저장되며, Distance_A[0] ~ Distance_A[3]에는 Reference_A 방향에서 검출된 참조 화소와 보간 화소 P사이의 거리정보가 저장된다. 배열순서는 보간 화소 P에 가까운 참조 화소로부터 배열에 차례대로 저장한다. Reference_B 방향에 대해서도 같은 방법으로 저장해준다.

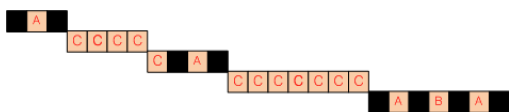
셋째, 참조 화소는 Reference_A, Reference_B 각 방향에 대해서 4개씩 최대 8개를 검출한다. 검색범위는 각 방향에 대하여 20으로 제한하여 보간 화소에서 너무 멀리 떨어진 화소값을 참조하는 것을 방지한다.

이와 같은 과정을 통하여 에지에 해당하는 보간 화소는 최대 8개의 참조 화소의 위치정보와 거리정보를 저장한다. 이렇게 각각의 화소에서 가지는 참조 화소에 대한 위치정보와 거리정보를 이용하여 에지 영역에서 영상보간을 수행한다.

영상보간은 에지의 경계선에서 화소의 위치에 따라 3가지 방법으로 나누어 수행한다. 그림 9는 화소의 위치에 따라 다르게 적용되는 영상보간 방법을 설명한다. 식 (1)은 보간 화소에 2개의 참조 화소가 인접해 있는 경우에 해당하며 Distance_A[0]과 Distance_B[0]의 값이 1인 경우에 사용된다.

식 (2)는 4개의 참조 화소가 인접해 있는 경우로서 Distance_A[0]와 Distance_B[0]의 값이 1이고 Distance_A[1]와 Distance_B[1]의 값이 3을 가지는 경우에 해당한다. 식 (2)에서 가중치 -1과 9는 4-tap 필터에 대한 bicubic interpolation을 적용하여 생성한 값 들이다. 식 (3)은 가장 가까운 참조 화소의 거리가 1보다 큰 경우로서 Distance_A[0]과 Distance_B[0]이 1보다 큰 경우에 해당된다. 보간 화소 P에 대한 Method1, Method2, Method3 영상 보간 방법은 다음과 같다.

$$p=(reference_A[0]+reference_B[0])/2 \quad (1)$$



- 보간화소가 A의 위치에 있는 경우 : Method1 방법 적용
 - 보간화소가 B의 위치에 있는 경우 : Method2 방법 적용
 - 보간화소가 C의 위치에 있는 경우 : Method3 방법 적용

그림 9. 화소의 위치에 따른 영상보간 방법

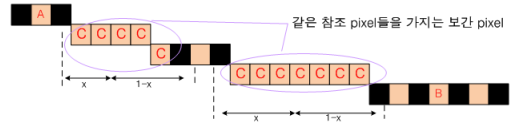


그림 10. Method3이 적용되는 보간화소에서의 거리에 따른 가중치

$$p=(-1*reference_A[1]+9*reference_A[0]+9*reference_B[0]-1*reference_B[1])/16 \quad (2)$$

$$p=(1-x)*reference_A+x*reference_B \quad (3)$$

식 (3)에서 reference_A는 reference_A[0]~reference_A[3]에서 min, max값을 제외한 나머지 값의 평균값이며, reference_B는 reference_B[0]~reference_B[3]에서 min, max값을 제외한 나머지 값의 평균값이다. 이때 x는 그림 10에서와 같이 보간하려는 화소에서 주변 참조화소까지의 상대적인 거리를 고려한 1보다 작은 가중치를 나타낸다.

IV. 모의 실험 결과

본 논문에서는 제안방법의 성능평가를 위하여 원본영상에서 수평, 수직방향에 대하여 각각 홀수라인을 삭제함으로써 1/2x1/2의 사이즈로 다운 스케일링된 영상을 생성하였으며, 이를 제안한 알고리즘의 입력영상으로 사용하였다. 모의 실험을 위한 테스트 영상으로 Car(1024x544), Lena(512x512), Plane(512x512) 영상을 사용하였다.

4.1 에지 맵 비교

제안한 에지 검출 알고리즘의 정확성을 살펴보기 위해서 일반적으로 많이 사용되는 Roberts, Prewitt, Sobel 연산자와 Canny 에지 연산자를 이용하여 검출된 에지를 비교하였다.

그림 11의 결과를 보면 제안된 이진영상을 이용한 에지 검출 알고리즘은 기존의 Roberts, Prewitt, Sobel 연산자에 비해서 훨씬 다양한 기울기의 에지를 검출하는 것을 확인하였다. Canny 연산자와 비교해서도 더 많은 에지 성분을 검출하지만 노이즈 성분이 상대적으로 많은 것을 확인하였다.

하지만 Canny 연산자와 같이 스무딩(smoothing) 필터를 적용할 경우 영상에서의 노이즈 성분은 어느정도 감소시킬 수 있지만 검출된 에지와 실제 에지가 약간의 차이가 발생하는 경우가 생긴다. 이러한 잘못된 에지는 영상 보간시 화질 열화의 원인이

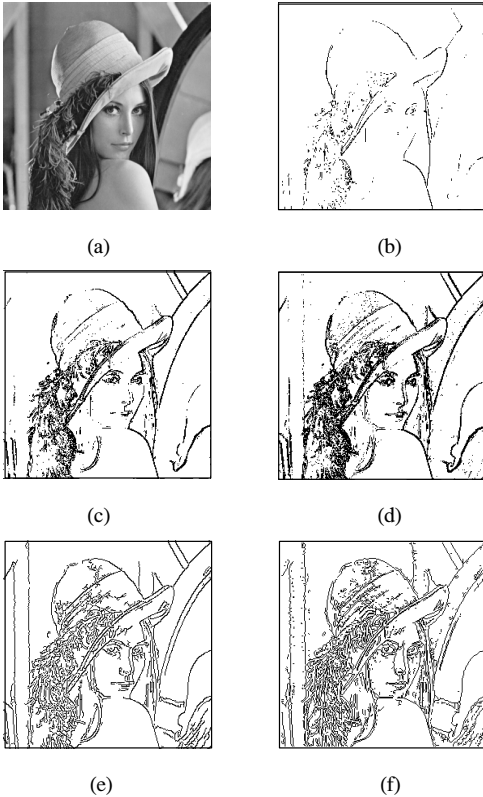


그림 11. Lena영상의 에지 맵 비교 : (a)원영상, (b)Roberts 연산자, (c)Prewitt 연산자, (d)Sobel 연산자, (e) Canny 연산자, (f)제안한 알고리즘

되므로 제안한 알고리즘에서는 노이즈 성분 감소를 위한 별도의 필터를 적용하지 않았다.

4.2 보간 영상의 주관적 화질 비교

제안하는 영상 보간 알고리즘의 주관적 화질비교는 기본적인 보간 알고리즘과 에지 기반의 영상보간 알고리즘에 대하여 각각 실시하였다.

비교를 위한 기본적인 보간 알고리즘으로는 bilinear interpolation, bicubic interpolation을 선택하였고, 에지 기반의 영상보간 알고리즘으로는 canny edge based image expansion을 선택하여 에지 영역에서의 화질을 비교하였다. 테스트 영상에서 결과를 비교하기 위하여 확대한 부분은 모두 고주파 성분이 많은 에지 영역으로 에지에 대한 고려 없이 영상을 보간하였을 경우 심각한 화질열화가 발생하는 부분이다.

그림 12 에서 그림 15사이의 영상보간 결과를 보면 제안한 알고리즘이 일반적인 영상보간 알고리즘인 bilinear, bicubic interpolation보다 훨씬 우수한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 특히 에

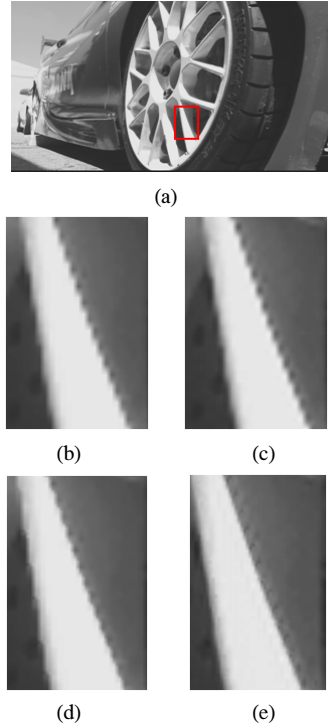


그림 12. Car영상에 대한 주관적 화질비교 : (a)원영상, (b)Bilinear, (c)Bicubic, (d)Canny edge based, (e)제안하는 알고리즘

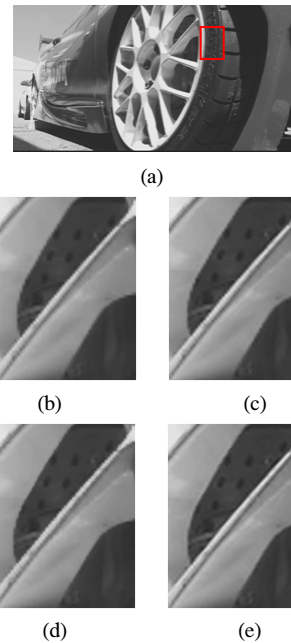


그림 13. Car영상에 대한 주관적 화질비교 : (a)원영상, (b)Bilinear, (c)Bicubic, (d)Canny edge based, (e)제안하는 알고리즘

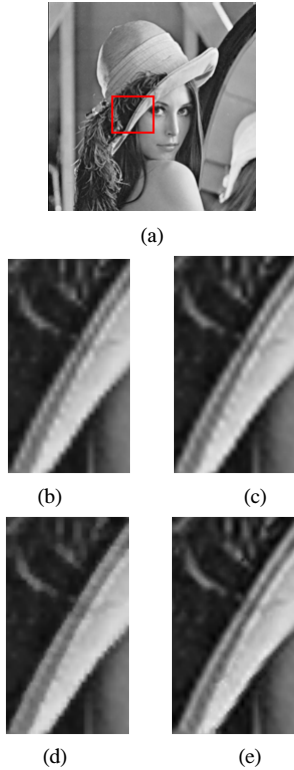


그림 14. Lena영상에 대한 주관적 화질비교 : (a)원영상, (b)원영상, (c)Bilinear, (d)Bicubic, (e)Canny edge based, (f)New edge directed, (g)제안하는 알고리즘

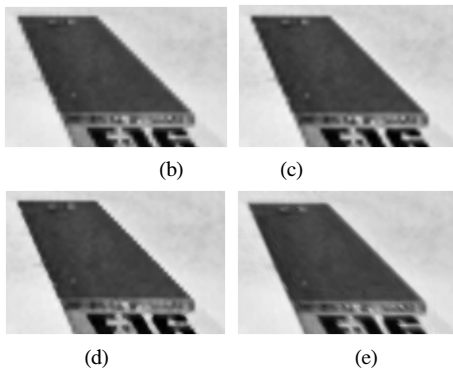


그림 15. Plane영상에 대한 주관적 화질비교 : (a)원영상, (b)Bilinear, (c)Bicubic, (d)Canny edge based, (e)제안하는 알고리즘

지영역에서 나타나는 블러링(blurring), 링잉(ringing) 현상과 같은 화질열화가 현저하게 감소하였다. 에지 기반의 영상보간 알고리즘인 canny edge based interpolation과 비교해 보아도 에지영역에서 훨씬 부드럽고 자연스러운 라인을 형성하고 화질열화를 최소화 하였다. 이때 각 테스트 영상에서 식 (1)에 의해 보간 된 화소 수는 전체 에지에 해당하는 화소 중에서 약 23 %, 26 %, 36 %를 차지하였으며, 식 (2)에 의해 보간된 경우는 약 13 %, 18 %, 39 %를 차지하였고, 식 (3)에 보간된 경우는 약 4 %, 7 %, 2%를 차지하였다.

V. 결론

본 논문에서는 주관적인 화질에 많은 영향을 미치는 에지 영역에서의 화질열화를 최소화하는 에지 기반의 영상보간 알고리즘을 제안하였다. 블록단위로 임계치를 적용한 이진영상을 통하여 어두운 영역이나 밝은 영역에서의 고주파 성분을 이진화 하여 좀 더 정확한 에지를 검출할 수 있도록 하였으며, 다양한 기울기의 에지에 대해서도 그 특성을 보존할 수 있도록 하였다. 또한 추출된 에지의 경계선을 따라 영상을 보간 함으로서 다양한 기울기의 에지에서 그 특성을 유지하면서 부드러운 에지를 형성하도록 하였다. 모의실험 결과 대부분의 영상에서 기존의 에지 기반의 알고리즘보다 자연스러운 에지 라인을 형성하는 것을 확인하였고 전반적으로 화질이 향상됨을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] T.M. Lehmann C. Gönner; K. Spitzer, "Survey: Inrterpolation methods in medical image processing," *IEEE Trans. Med. Imag.*, vol. 18, no. 11, pp. 1049-1075, Nov, 1999.
- [2] X. Li; M. T. Orchard, "New Edge-directed prediction for lossless compression of natural images," *IEEE Trans. Image Processing.*, vol. 10, pp. 813-817, June, 2001.
- [3] X. Li; M. T. Orchard, "New Edge-directed interpolation," *IEEE Trans. Image Processing.*, vol. 10, no. 10, pp. 1521-1527, Oct, 2001.
- [4] Hongjian Shi; Rabab Ward, "Canny edge based image expansion," *IEEE International*

Symposium. Circuit and System., vol. 1, pp. 785-788, May, 2002.

[5] Wen-Ming Zhang; Sun-An Wang, "An efficient connectivity-number-based edge detection method for binary images," *IEEE International Conference, Machine Learning and Cybernetics.*, vol. 9, pp. 5324-5329, Aug, 2005.

[6] Lei Zhang; Xiaolin Wu, "An Edge-Guided Image Interpolation Algorithm via Directional Filtering and Data Fusion," *IEEE Trans. Image Processing.*, vol. 15, pp. 2226-2238, Aug, 2006.

[7] Sergio Carrato; Livio Tenze, "A High Quality 2xImage Interpolator," *IEEE Signal Processing Letters.*, vol. 7, pp. 132-134, June, 2000.

[8] D.D Muresan, "Fast edge directed polynomial interpolation," *IEEE International Conference, Image processing.*, Vol. 2, pp. 990-993, Sept, 2005.

[9] K.Jensen; D. Anastassiou, "Subpixel edge localization and the interpolation of still images," *IEEE Trans. Image Process.*, vol 4, no. 3, pp. 285-295, Mar. 1995.

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

[11] Rafael C. Gonzalez; Richard E. woods, "Digital Image Processing", 2ed. Addison Wesley

[12] Joint Video Team of ITU-T and ISO/IEC JTC 1, "Draft ITU-T Recommendation and Final Draft international Standard of Joint Video Specification (ITU-T Rec. H.264|ISO/IEC 14496-10 AVC)," Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, JVT-G050, Mar. 2003.

이 상 훈 (Sang-Hoon Lee)

정회원



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

김 성 근 (Sung-Keun Kim)

정회원



2005년 2월 한양대학교 전자컴퓨터공학부 졸업
 2007년 2월 한양대학교 전자전기제어계측공학과 석사
 2007년 2월~현재 LG전자 MC사업부 개발4실 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 LG전자 영상미디어연구소 선임연구원
 1994년 3월~현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수
 <관심분야> 디지털 영상처리, 디지털 TV, 영상 압축 및 실시간 구현