

방향성 에지 율곽선 가중치를 이용한 영상 보간 Image Interpolation using directional edge weight

이우섭*, 김형교**

Ouseb Lee, Hyeong-Kyo Kim

요약

방향성 그라디언트 마스크의 크기값을 네 방향 에지 정보에 적용하여 선택된 두 방향의 가중된 합으로 표현하는 새로운 에지 기반 보간 기법 (Directional edge based interpolation, DEBI)을 제안한다. 네 방향의 그라디언트 정보를 추출하기 위한 등방성 그라디언트 마스크를 소개하고, 영상 보간을 이룬 후보 영역 중에서 가장 유사한 영역을 선정하며, 선택된 영역만을 이용하여 보간을 실시한다. 보간 방향은 등방성 그라디언트 마스크의 최소 절대값을 나타내는 두 방향만이 이용되고, 그라디언트 마스크의 에지 성분 특성에 따라서 영상 보간 방향이 결정된다. 두 방향의 보간값은 그라디언트 값을 가중치로 이용하는 방법으로 주변 값을 단순 평균에 의한 기존의 방법에 비하여, 영상 밝기 변화가 심한 곳과 경계선 영역에서 효과적임을 실험으로 증명하였다.

Abstract

We proposed a new directional edge based interpolation, DEBI, by combining two weighted directional information to reduce blurred edges and annoying artifacts. Four isotropic gradient masks are employed in defining edge directions and they are proven to hold a first order derivative relation with respect to a rotating coordinate. Two minimum gradients among four absolute directional results are shown to be sufficient to describe slant edges efficiently. Compared with widely used bilinear and bicubic interpolation methods, the proposed algorithm results in a noticeable improvement along edge area.

Keywords : Edge, Isotropic mask, Interpolation, Edge weights

1. 서론

디지털 영상의 기하학적인 처리 과정에는 영상 확대, 축소, 이동 및 회전 등의 과정이 수행되거나 한 영상을 기하학적인 변화 함수를 이용하여 다른 영상으로 변환하게 된다. 영상 처리 과정에는 정수 좌표가 아닌 소수점 좌표치리가 필요하게 되며, 소수점 좌표 주변의 정수 좌표에 위치한 화소값을 이용하여 새로운 화소값을 보간(Interpolation)과정을 거치게 된다. 영상 보간에는 양선형 보간, Cubic B-Spline, Bi-Cubic 보간 기법이 주로 사용되지만, 이러한 선형 보간 방법은 공간 불변(Space Invariant) 필터링을 이용하며, 평활한 영역에서는 자연스런 영상 보간 결과를 생성하지만 물체의 경계면을 이루는 에지 부근에서 영상변질, ringing, aliasing artifact 등이 나타나는 단점이 있다. [1],[2] 영상의 주요 정보는 에지에 의해서 주로 형성되기 때문에 에지 부근의 영상 보간 방법에 따라서 영상 정보 복원 정

도가 상이한 차이를 보이게 된다. 본 논문에서는 선형 보간의 문제점을 극복하기 위한 방향성 에지 기반 보간기법 (Directional Edge based Interpolation, DEBI)를 제안한다. 에지 기반한 보간기법의 근간이 되는 방법으로 4x4 주변의 공분산(Covariance) 계수를 찾아서 보간 할 영역의 공분산 계수로 활용하는 방법이 있지만, 공분산 계수 추정 과정에 계산량이 많아서 실시간 적용이 용이하지 않은 단점이 있다 [3]. 또는 보간 할 영역 경계면의 보간 오차를 추정하여 이를 보정하는 방법인 EASE(Error Amended Sharp Edge) [4]는 주변의 네 픽셀을 이용하여 사각형 경계면에 1차원 선형 보간을 실시한 후에 에지 기반의 2차원 양선형 보간을 실시하였다. 하지만 네 마스크의 방향성 정보에 대한 관계식이 명확하지 않아서 비스듬한 방향성 에지에 대한 분석력이 부족할 수 있다. 본 논문은 방향성 에지 성분을 표기하기 위한 등방성 그라디언트 마스크를 소개하고, 보간 영역을 둘러싼 주변에서 가장 유사한 영역을 선정하여 보간을 실행하는 새로운 방법을 제안한다.

본 논문 II장에서는 새로이 소개되는 등방성 그라디언트 마스크의 특성을 살펴보고 네 방향의 그라디언트를 에지 가중치로 사용하는 방법에 대하여 설명한다. 더불어 보간 예정인 영역과 주변의 가장 유사한 영역을 선정하는 방법에 대하여 논한다. III장에서는 제안된 방법과 기존의 양선

* (주) 비지안 ** 한신대학교 정보통신학과(교신저자)

투고 일자 : 2009. 11. 9 수정완료일자 : 2010. 1. 27

계재확정일자 : 2010. 1. 29

※ 이 논문은 2009년도 한신대학교 학술 연구비 지원에 의하여 연구 되었음

형 보간, Bicubic 보간된 영상 결과를 비교하였다.

II. 등방성 그라디언트를 이용한 에지 추출

2.1 네 방향 등방성 그라디언트 마스크

영상을 날카롭게 보이기 위한 샤프닝 과정은 에지 정보를 널리 이용한다. 에지 정보는 선형 미분 필터는 1차 차분값을 이용하면 잡음에 민감하게 반응하는 단점이 있으므로 가중치를 부여한 차분값이 주로 사용하며 Sobel 공간 필터는 1차 도함수의 선형적인 근사식의 일종으로 널리 사용되지만, 대각선 방향의 차분과 직각좌표 방향의 차분 관계가 도함수의 관계에서 정의되어 있지는 않다.

대각선 방향의 도함수와 직각 방향의 도함수 관계를 연속함수 (x_t, y_t) 에서 설명하고 이산 영역의 관계를 우선 살펴본다. 연속함수의 직각 좌표 (x_t, y_t) 와 45도 회전한 좌표

$$\text{를 } (s_t, w_t) \text{로 표기하면 } s_t = \frac{1}{\sqrt{2}}(x_t + y_t),$$

$$w_t = \frac{1}{\sqrt{2}}(-x_t + y_t) \text{ 로 주어진다. 역으로}$$

$$x_t = \frac{1}{\sqrt{2}}(s_t - w_t), y_t = \frac{1}{\sqrt{2}}(s_t + w_t) \text{ 임을 알 수 있다.}$$

2차원 연속영상 함수 $f(x_t, y_t)$ 의 편도함수

$$\nabla_s = \frac{\partial}{\partial s}, \nabla_t = \frac{\partial}{\partial t} \text{ 라 놓으면,}$$

$(\nabla_s f, \nabla_w f)$ 및 $(\nabla_x f, \nabla_y f)$ 의 관계는 체인 규칙에 의하여 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \nabla_s f \\ \nabla_w f \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \frac{\partial x_t}{\partial s_t} & \frac{\partial y_t}{\partial s_t} \\ \frac{\partial x_t}{\partial w_t} & \frac{\partial y_t}{\partial w_t} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \nabla_x f \\ \nabla_y f \end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \nabla_x f + \nabla_y f \\ -\nabla_x f + \nabla_y f \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (1)$$

마찬가지로 $[\nabla_x f, \nabla_y f]^T$ 는

$$\frac{1}{\sqrt{2}} [\nabla_s f - \nabla_w f, \nabla_s f + \nabla_w f]^T \text{로 표현된다.}$$

본 논문에서는 이산 공간축(Discrete spatial domain)에서 네 가지 방향의 그라디언트를 추출하기 위하여 [5]에서 소개한 등방성 평균 그라디언트 필터(Isotropic Average Gradient Mask)를 대각선 방향으로 확장하여 <그림 1>과 같이 정의한다. 3x3 마스크의 중앙을 (x, y) 로 설정하면 필터링된 출력은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \nabla_x f &\cong f(x+1, y+1) + \sqrt{2}f(x+1, y) + f(x+1, y-1) \\ &\quad - f(x-1, y+1) - \sqrt{2}f(x-1, y) - f(x-1, y-1) \\ &= G_x(f) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \nabla_y f &\cong f(x-1, y+1) + \sqrt{2}f(x, y+1) + f(x+1, y+1) \\ &\quad - f(x-1, y-1) - \sqrt{2}f(x, y-1) - f(x+1, y-1) \\ &= G_y(f) \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -\sqrt{2} & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -\sqrt{2} & 0 & \sqrt{2} \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & \sqrt{2} \\ -1 & 0 & 1 \\ -\sqrt{2} & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sqrt{2} & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -\sqrt{2} \end{bmatrix}$$

그림 1. 네 방향 등방성(Isotropic) 그라디언트 마스크

Fig. 1. Four Directional Istotropic Gradient Masks

마찬가지로 45도 회전한 좌표축 상의 편도함수를 다음과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} \nabla_s f &\cong f(x, y+1) + \sqrt{2}f(x-1, y+1) + f(x-1, y) \\ &\quad - f(x+1, y) - \sqrt{2}f(x+1, y-1) - f(x, y-1) \\ &= G_s(f) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \nabla_w f &\cong f(x, y+1) + \sqrt{2}f(x+1, y+1) + f(x+1, y) \\ &\quad - f(x-1, y) - \sqrt{2}f(x-1, y-1) - f(x, y-1) \\ &= G_w(f) \end{aligned}$$

(식 2)의 $G_x(f)$ 와 $G_y(f)$ 는 연속 도함수 $\nabla_x f$ 와 $\nabla_y f$ 를 근사화한 운영자이며, $G_s(f)$ 와 $G_w(f)$ 는 45도 회전 방향의 연속 도함수 $\nabla_s f$ 와 $\nabla_w f$ 를 근사화하여 차분함수로 표현한 것이다. (식 2)에서 $G_x(f)$ 와 $G_y(f)$ 를 더하면 $\sqrt{2}G_s(f)$ 가 되고, $G_y(f)$ 에서 $G_x(f)$ 를 감하면 $\sqrt{2}G_w(f)$ 가 된다. 즉

$$\begin{bmatrix} G_s \\ G_w \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} G_x + G_y \\ -G_x + G_y \end{bmatrix} \text{ 임을 알 수 있다.}$$

이는 (식 1)에서 나타난 연속함수의 도함수를 직각 좌표와 회전좌표에서 표현할 때의 관계를 그대로 보존하고 있음을 알 수 있다. (식 2)와 (식 3)의 그라디언트 필터링된 출력은 연속함수에서 나타난 관계식 (1)의 충분 조건을 만족하고 있다고 할 수 있다. 이는 차분에 의하여 근사화 하는 일반 그라디언트 마스크인 Sobel 마스크에는 나타나지 않는 특징이다. 그라디언트 벡터는 에지 방향과 수직으로 설정됨으로 x 축 또는 y축의 상대적인 크기는 보간 방향에 영향을 미치게 된다. 하지만 대각선 방향으로 영상의 밝기가 변하는 영역에서는 잡음의 정도에 따라서 x 축 또는 y 축 어느 축으로도 두드러진 절대값 크기를 보이지 않을 수 있으므로 G_x 와 G_y 만 사용하여 에지 방향 곧 보간 방향을 결정할 때는 영상 화질이 에지 방향에 충실하지 못한 사유로 인하여 날카롭지 못한 영상을 얻을 수 있다. 하지만 본 논문의 제안한 식 (2)과 식 (3)의 필터를 사용하면 직각 방향은 물론이고 대각선 방향의 에지를 추출하여 안정적인 방향 정보를 획득할 수 있으므로 보간 방향에 용이하게 사용할 수 있다. 식 (2)과 식 (3)은 연속함수의 회전 좌표축 상의 도함수 특성을 이산공간 도메인에서도 그대로 유지하는 특성이 있으며, 45도 간격으로 네 방향의 그라디언트를 파악할 수 있는 것이다.

2.2 에지값 가중치를 이용한 보간 함수

다음은 에지기반 보간 기법 활용을 위하여 앞에서 기술한

필터를 사용하여 에지 정보를 추출하고 그 에지정보를 가중치로 이용하는 방법에 대해서 설명한다. <그림 2>에서 그라디언트 벡터 \mathbf{G} 는 (x,y) 축에서 $[G_x, G_y]^T$ 크기성분을 가지고, 회전 좌표 축 sw 축에서 $[G_s, G_w]^T$ 의 크기를 나타내고 있다. 벡터 \mathbf{G} 는 xy 축 상에서는 $G_y \geq G_x$ 이고, sw 축 상에서는 $G_w \geq G_s$ 의 상대적인 크기 값을 가짐을 알 수 있다. 그라디언트 벡터는 에지방향과 수직임으로 y 축 w 축 성분의 우세함은 x 축 방향과 s 축 방향으로 에지가 존재함을 뜻하고 영상 보간을 위해서는 x 축과 s 축 방향을 이용할 것을 암시한다. 본 특성은 일반 Sobel 필터에서 항상 나타나는 현상은 아니며, 네 방향 필터가 연속함수의 도함수 특성 관계를 가지고 있기 때문에 나타나는 현상이다. 그라디언트 벡터의 절대크기가 미미한 곳은 영상밝기 변화가 적은 부드러운 영역이거나 텍스처 영역으로 간주할 수 있으므로 주변의 모든 픽셀값을 이용한 네 방향성의 보간이 효과적일 수 있다. 하지만 에지가 두드러진 곳에서는 주변의 네 화소를 모두 이용하기 보다 두 개의 에지 방향으로만 보간을 취하는 것이 에지를 유지하면서 영상 샤프닝 효과를 나타내는 기법이 된다.

직각좌표 축에서 그라디언트의 방향에 따라서 네 축의 성분 중 최대값을 보이는 두 개의 두드러진 크기성분은 항상 xy 축과 sw 축에서 하나씩 나타나게 된다. 또한 역으로 네 성분 중에서 두 개의 최소 성분 역시 xy 축과 sw 축에서 하나씩 보이게 된다.

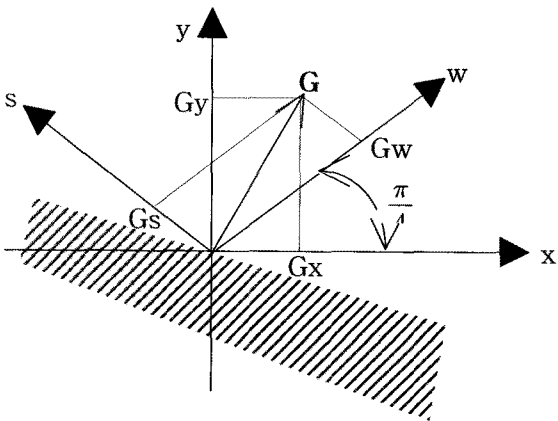


그림 2. 빗금친 방향의 에지에 대한 그라디언트 벡터 \mathbf{G} 의 x,y 축 및 회전좌표 s,w 축 성분
 Fig. 2. Four Gradient Components of Slanting Area at (x,y) Coordinates and (s,w) Rotated Coordinates.

따라서 두 개의 그라디언트 최소 성분에 따라서 두 개의 보간 방향을 설정하고, 45도로 떨어진 두 방향의 픽셀만을 이용한 보간을 실시한다. 이는 일반 양선형 보간이 직각 방향으로 펼쳐진 네 픽셀을 이용하는 것인데 비하여 에지방향에 충실한 보간으로 에지를 보존하는 효과가 있다. 양선

형 보간은 에지를 전혀 고려하지 않고 보간 위치와 주변 픽셀간의 거리에 따른 가중치만 고려하다 보니 에지가 두드러진 영역에서 완만한 합성이 이루어져서 기울기를 살리지 못하는 단점을 개선한 것이다.

그라디언트 값에 따라서 에지방향이 결정되면 보간을 실행한다. 수직 또는 수평방향의 픽셀성분을 \hat{f}_{xy} 라 놓고, 대각선 방향의 픽셀성분을 \hat{f}_{diag} 라 놓으면 에지를 가중치로 고려한 보간은 다음과 같이 정의된다.

$$\hat{f}(x,y) = \frac{C_1 \times G_{diag} \times \hat{f}_{xy} + C_2 \times G_{xy} \times \hat{f}_{diag}}{C_1 \times G_{diag} + C_2 \times G_{xy}} \quad (4)$$

G_{diag} 와 G_{xy} 는 xy 축과 sw 축에서 그라디언트의 절대값이 적은 방향으로 설정되며, C_1 과 C_2 는 영상에 따라서 대각선 방향 또는 수직, 수평 방향에 선호도에 대한 가중치다. 예를 들어 <그림 2>처럼 $|G_s| \leq |G_w|$, $|G_x| \leq |G_y|$ 이면 $G_{diag} = |G_s|$ 가 되고, $G_{xy} = |G_x|$ 가 된다.

\hat{f}_{xy} 와 \hat{f}_{diag} 는 보간할 영역의 수직 수평의 중간 보간 화소값을 의미하며 다양한 방법으로 계산할 수 있다. \hat{f}_{xy} 는 G_{xy} 에 따라서 결정된다. 즉 $G_{xy} = |G_x|$ 이면 \hat{f}_{xy} 는 x 축을 따라서 보간한 값을 뜻하며, $G_{diag} = |G_s|$ 이면 \hat{f}_{diag} 은 s 축 방향으로 취한 보간값을 의미한다. 우선 Ω 영역의 경계면을 보간값으로 채우기 위해서 이웃한 두 픽셀을 이용하여 선형 보간을 실시하면 네 경계선의 임의의 위치값이 채워지고 이를 이용하여 \hat{f}_{xy} 및 \hat{f}_{diag} 를 구하는 것이다. 가중치 G_{xy} 와 G_{diag} 를 (G_x, G_y) 와 (G_s, G_w) 중 절대값의 최소값 대신에 최대값을 취하면 효과를 완하시키게 된다. 예를 들어 <그림 2>에서 사선으로 채워진 영역으로 에지가 존재한다면, 최대값을 취할 경우 G_{xy} 는 $|G_y|$ 가 되고 G_{diag} 는 $|G_w|$ 가 된다. 그런데 에지가 거의 x 축 방향의 수평으로 누여 있을 때를 가정하면 $|G_y|$ 및 $|G_w|$ 가 최대값이 될 것이며 이상적인 x 축 방향만의 보간 기여를 설명하기 어려워진다. 하지만 이때에 최소값을 가중치로 선택하면 $G_{xy} = G_x \cong 0$ 이 되고 \hat{f}_{xy} 는 (식 4)에서 거의 x 축 방향의 보간이 설정된다.

<그림 3>의 (n,m) 에서 $0 \leq (\Delta x, \Delta y) \leq 1$ 만큼 떨어진 Ω 영역내의 $(n + \Delta x, m + \Delta y)$ 에서 보간을 실시할 때에 x 방향의 보간값인 \hat{f}_x 는 $(n,m+1)$ 과 (n,m) 에 걸친 $(n, m + \Delta y)$ 와 $(n+1, m + \Delta y)$ 에 걸친 영상 값을 이용한다. 동일한 방법으로 y 방향의 보간값인 \hat{f}_y 는 $(n + \Delta x, m)$ 과 $(n + \Delta x, m + 1)$ 의 보간값을 이용한다. \hat{f}_{diag} 는 대각선 방향의 보간을 실시한 값이며, x 및 y 방향의 픽셀간격이 동일 간격으로 펼쳐진 화상일 때에는 대각선 또한 항상 45도 또는 135도의 방향으로 누이게 된다. \hat{f}_{diag} 도 \hat{f}_{xy} 와 유사

한 방법으로 G_s 와 G_w 의 절대 최소값에 따라서 방향이 결정되고 대각선 보간값이 할당된다. <그림 3>의 x3가 중앙에 위치한 곳 ($\Delta x=0.5, \Delta y=0.5$) 이면 x 축 방향과 수직인 경계면에 걸친 곳인 x1, x2도 각각 경계면의 중앙에 위치한다. 이웃한 네 곳의 화소를 이용하여 양선형 보간을 실시하면 x3에서의 보간값은 $(n,m+1), (n,m), (n+1,m), (n+1,m+1)$ 의 네 화소의 평균값이 된다.

만약 이곳 영역의 네 방향 그래디언트를 취한 후 각각 최소 절대값이 G_x 와 G_w 이면 G_{xy} 는 $|G_x|$ 이고 G_{diag} 는 $|G_w|$ 일 것이다. 따라서 \hat{f}_{xy} 는 x 방향 보간값인 \hat{f}_x 가 되며 \hat{f}_{diag} 는 45도 방향의 보간값으로 (n,m) 과 $(n+1,m+1)$ 의 화소를 이용한 \hat{f}_w 가 된다.

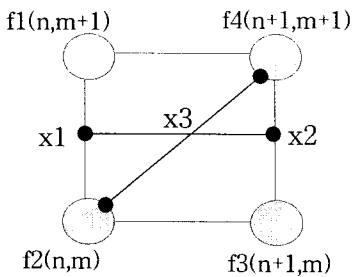


그림 3. 방향성 보간의 실시 예
Fig. 3. Illustration of Directional Interpolation

x1에서의 화소값은 (n,m) 과 $(n,m+1)$ 을 이용한 평균값이 되고, x2에서는 $(n+1,m)$ 과 $(n+1,m+1)$ 을 이용한 화소값이 된다. x3에서의 \hat{f}_x 는 x1 과 x2의 평균값이 되며, 이는 곧 네 픽셀을 이용한 평균값이 된다. \hat{f}_{diag} 는 (n,m) 과 $(n+1,m+1)$ 의 대각선 방향의 보간을 의미하며 x3가 중앙에 위치하였으므로 두 픽셀 값을 합한 후에 2로 나눈 값이 된다. 이해를 돕기 위하여 (식 4)에서 $C_1=C_2=1$ 이고, $(n,m+1), (n,m), (n+1,m), (n+1,m+1)$ 에 위치한 화소값을 f_1, f_2, f_3, f_4 라 놓고 x3에서의 에지 기반 보간값을 정리하면 다음과 같다 ($\Delta x = \Delta y = 0.5$).

$$f(n+\Delta x, m+\Delta y) = \frac{G_{xy} \frac{(f_2+f_4)}{2} + G_{diag} \frac{f_1+f_2+f_3+f_4}{4}}{G_{xy} + G_{diag}}$$

이해를 돕기 위하여 $G_{xy}=G_{diag}$ 로 놓으면 최종 보간값은 $f(n+\Delta x, m+\Delta y) = \frac{3(f_2+f_4)+(f_1+f_3)}{8}$ 로 되어서 대각선에 위치한 화소값에 치우친 보간이 된다. 이는 <그림 3>에서 그래디언트 최소 절대값 방향이 x 및 w 축 방향이기 때문에 대각선에 치우치는 원하는 보간이 실시됨을 알 수

있다.

2.3 보간 영역 선정

<그림 4>에서 Ω 영역 내부에 위치한 곳에서 영상보간을 실행할 때에 에지 기반 보간을 실시하기 이전에 Ω 와 가장 유사한 영역을 선정한다. 편의상 Ω 를 포함한 3X3 영역 (그래디언트 마스크를 적용할 영역)을 다음과 같이 네 이웃한 영역으로 분류한다.

$$D_0 \in \{(n-1, m-1), (n+1, m-1), (n+1, m+1), (n-1, m+1)\}$$

$$D_1 \in \{(n, m-1), (n+2, m-1), (n+2, m+1), (n, m+1)\}$$

$$D_2 \in \{(n, m), (n+2, m), (n+2, m+2), (n, m+2)\}$$

$$D_3 \in \{(n-1, m), (n+1, m), (n+1, m+2), (n-1, m+2)\}$$

Ω 영역의 에지 기반 보간을 실시하기 위한 위의 네 가지 영역 중에서 가장 평활한 영역 또는 보간 에러가 가장 적을 것으로 예상하는 영역을 선정한다. 즉 $D_i, i=0,1,2,3$ 중에서 Ω 와 가장 근사한 영역을 선택한다.

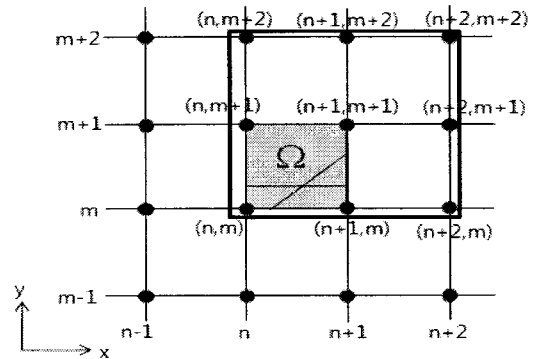


그림 4. Ω 지역 보간을 실시할 주변
Fig. 4. Neighboring Area of Ω

Ω 와 유사한 영역은 Ω 주변의 영역별 보간 에러를 에러에 의하여 선정한다. 예를 들어 Ω 가 포함된 D_2 영역의 보간 에러는 다음과 같이 추정하여, Ω 와의 유사성을 테스트한다.

$$\begin{aligned} \epsilon_1 &= ((f(n, m) + f(n, m+2))/2 - f(n, m+1))^2 \\ \epsilon_2 &= ((f(n, m+2) + f(n+2, m+2))/2 - f(n+1, m+2))^2 \\ \epsilon_3 &= ((f(n+2, m+2) + f(n+2, m))/2 - f(n+2, m+1))^2 \\ \epsilon_4 &= ((f(n, m) + f(n+2, m))/2 - f(n+1, m))^2 \\ \epsilon_5 &= ((f(n, m+2) + f(n+2, m+2) + f(n, m) + f(n+2, m))/4 - f(n+1, m+1))^2 \end{aligned} \quad (5)$$

위의 보간 에러는 D_2 를 형성하는 네 꼭지점인 $(n,m), (n+2,m), (n+2,m+2), (n,m+2)$ 으로 양선형 보간을 실시할 때에 경계면과 중앙에 위치한 실제 픽셀값과의 차이를 이용

하였다. 그러면 D_2 의 보간 예러 $I_{D_2} = \sum_i \epsilon_i$ 가 된다. 유사한 방법으로 Ω 의 네 영역에 대하여 $I_{D_j}, j = 0, 1, 2, 3$ 를 계산하여 최소값을 갖는 D_j 를 선정하고 예지 추정 영역으로 사용한다. Ω 와 유사한 영역 선정에 대하여 본 논문에서는 한 예를 제시한 것이며, Ω 를 둘러싼 네 후보 영역을 선정하는 방법은 Ω 와 가장 유사하다고 판단되는 영역을 다양한 방법으로 결정할 수 있다. Ω 의 평균값과 유사한 영역을 선정하거나, 상관 계수를 이용하여 유사관계를 판단할 수도 있다.

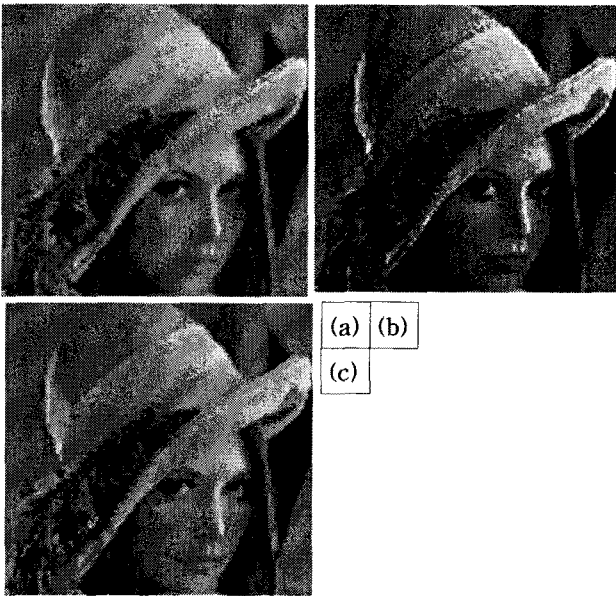


그림 6. 영상 'Lena'의 실험결과

- (a) : 양선형 보간
- (b) : Bicubic 보간
- (c) : 제안한 DEBI

Fig. 6. Magnified Lena Images by (a) Bilinear Scheme (b) Bicubic Method (c) Proposed DEBI

- 제안된 알고리즘을 시행하는 단계를 정리하면 다음과 같다.
- i) 보간을 필요로 하는 Ω 주변의 네 영역 유사성을 (식 5)에 의하여 계산한 다음 최소값을 갖는 D_j 를 선정한다.
 - ii) 3×3 으로 이루어진 D_j 에 대하여 (식 2)와 (식 3)를 적용한 네 방향 그라디언트 G_x, G_y, G_s, G_w 를 구한다.
 - iii) if $|G_x| \leq |G_y|$ then $G_{xy} = |G_x|$. Otherwise $G_{xy} = |G_y|$
if $|G_s| \leq |G_w|$ then $G_{diag} = |G_s|$. Otherwise $G_w = |G_w|$
 - iv) $G_{xy}, G_{diag} \leq Threshold$, Ω 영역을 둘러싼 네 픽셀을 이용한 방향성 보간을 실시한다.
 - v) Ω 내부의 보간을 실시한 위치 $(m + \Delta x, n + \Delta y)$ 에서

- f_{xy} 와 f_{diag} 를 구한다. if $|G_x| \leq |G_y|$ then $f_{xy} = \hat{f}_x$. Otherwise $f_{xy} = \hat{f}_y$.
if $|G_s| \leq |G_w|$, then $f_{diag} = \hat{f}_s$. Otherwise $f_{diag} = \hat{f}_w$.
vi) (식 4)에 의하여 $\hat{f}(m + \Delta x, n + \Delta y)$ 를 구한다.

III. 실험 및 결과

제안된 방향성 예지 기반 가중치를 이용한 영상확대를 적용하여 알고리즘 성능 평가하기 위하여 64×64 의 원본 영상을 사용하였고 가로 세로 방향으로 4배의 확대를 실행하였다. 영상 확대의 객관적인 평가 기준인 수치적인 실험평가 (Objective evaluation)는 제공하지 않았지만, 시각적 평가를 위하여 부분 확대된 영상을 제공한다.

식 (4)에서 $C_1 = \sqrt{2}$ 그리고 $C_2 = 1$ 을 사용하였다. C_1, C_2 가중치는 수직 수평 방향과 대각선 방향의 보간 선택도를 조정하는 변수이며 $C_1 = 0$ 이면 대각선 정보에만 의존한 보간을 뜻하고, $C_2 = 0$ 일 때는 xy 방향의 보간만을 이용하는 것으로 기존의 양선형 보간과 동일하게 된다. 또한 예지 보간 실시여부를 판단하는 Threshold는 80을 사용하였다. 본 논문에서 제안한 DEBI는 <그림 5>의 두 영상에 적용하였고, 기존의 양선형 보간과 Bicubic 보간 영상을 얻기 위하여 Matlab 7.6의 interp2() 함수를 이용하였다.



(a) (b)

그림 5. 64×64 의 (a) 영상 'Lena' (b) 영상 'Mit'

Fig. 5. Sample Images in 64×64 pixels (a) Lena (b) Mit

<그림 6>과 <그림 7>에는 양선형 보간, Bicubic 보간 영상과 제안된 DEBI를 비교하기 위하여 각각 4배로 확대 보간을 실시한 후, 얼굴 부분과 건물의 일부분을 자른 영상이다. <그림 6>과 <그림 7>의 영상 크기는 동일하지 않지만 논문 편집에 용이하도록 재 스케일링 되어 있다. <그림 6>의 얼굴 오른쪽 윤곽 부근과 모자의 경계면에서 양선형 보간과 Bicubic는 DEBI에 비하여 ringing 효과가 두드러진 것을 알 수 있었다. 특히 모자 경계면에는 대각선의 효과가 DEBI를 이용하였을 때 뚜렷이 살리는 효과가 나타났다. <그림 7 (c)>에서는 건물의 대각선 윤곽이 직선으로 뚜렷하여서 본 논문에서 제안된 보간기법의 효과를 알 수 있었다.

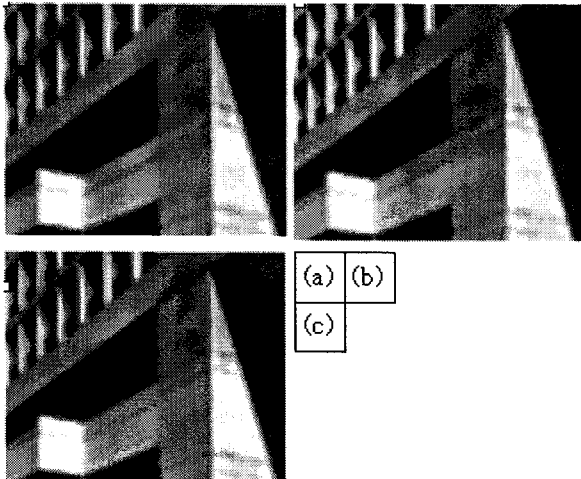


그림 7. 영상 'Mit'의 실험결과

- (a) : 양선형 보간
- (b) : Bicubic 보간
- (c) : 제안한 DEBI

Fig. 7. Magnified Mit Images by (a) Bilinear Scheme (b) Bicubic Method (c) Proposed DEBI

IV 결론

본 논문에서는 새로운 에지기반의 보간 기법을 소개하였다. 제안된 보간 영상을 기존에 널리 사용하는 양선형 보간과 Bicubic 보간과 비교하였을 때, 대각선 부근의 확대에서 더욱 두드러진 효과가 나타남을 알 수 있었다. 제안된 등방성 평균 그래디언트 마스크를 적용함으로써 네 방향 크기가 회전 좌표 관계를 가지고 있음을 보였고, 최소 절대값의 두 방향을 선택하여 보간을 실시하였을 때에 에지의 방향성이 잘 유지되는 것을 알 수 있었다. 보간 하고자 하는 영역을 대칭적으로 선택하지 않고 가장 유사한 인근 영역을 선택하여 보간을 실시하는 방법이 제안되었다. 제안된 방법은 영상 확대뿐만 아니라 CCD 또는 CMOS 센서의 Bayer RGB 컬러 픽셀 보간에 적용할 수 있다. 특히 G 픽셀을 기준하여 제안된 에지 기반 방법을 적용하여 G를 보간하고, 동일한 그래디언트 정보를 R과 B에 적용함으로써 에지를 보존하는 컬러 보간에 적용이 가능하다.

참고 문헌

[1] 오승환, 서경호, 김태효, "Local Scale변화에 대한 하이브리드 함수의 블러링 명상의 에지검출 특성", 한국신호처리 시스템학회논문지 / v.2, no.1., pp.53-62, 2001
 [2]이완범, 김환용, "실시간 비디오 압축의 움직임 추정을 위한 새로운 이진 블록 정합 알고리즘에 관한 연구", 한국신호처리시스템학회논문지 / v.5, no.2,, pp.126-131, 2004
 [3] X.Li and M.T. Orchard, "New Edge-Directed Interpolaton", in IEEE Trans. on Image Processing, Vol.

10, No. 10, pp. 1571-1527, Oct. 2001
 [4] Y. Chan and S. Kim, " The Error-Amended Sharp Edge scheme for Image Zooming", in IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 16, No. 6, pp 1496 - 1505, June 2007
 [5] W. Frei and C. Chen, "Fast Boundary Detection: A Generalization and a New Algorithm", in IEEE Trans. on Computers, Vo. 26, No. 10, pp.988-998, Oct. 1977



이 우 섭(Ou-seb Lee)

1985 년 2월 서강 대학교 이학사
 1989 년 6월 뉴욕 맨하턴 대학교
 Electrical Engineering 공학석사

1994년6월 뉴욕 폴리텍 대학교
 Electrical Engineering 공학박사
 1994년 12월 ~ 1996년 7월 (주)포스데이터 기술연구소
 1996년 7월 ~ 2005년 6월 한신대학교
 정보통신학과 부교수
 2001년 7월 ~ 2008년 12월 (주)픽셀플러스 기술이사
 2009년 (주)비지안 대표이사
 ※ 관심분야 : Video analysis, Image processing



김 형 교(Hyeong-Kyo Kim)

1978년 2월 서울 대학교 전기공학과
 공학사
 1980년 2월 서울 대학교 전자공학과
 공학석사

1993년3월 Georgia Institute Technology,
 School of Electrical Eng. Ph.D.
 1993년 7월 ~ 1995년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원
 1995년 3월 ~ 1997년 3월 상명대학교 정보과학과
 전임강사
 1997년 3월 ~ 현재 한신대학교 정보통신학과 교수
 ※ 관심분야 : DSP, VLSI Signal Processing,
 System Identification