

## 인접 픽셀 값과의 기울기 정보를 이용한 확대 영상의 화질 개선 기법

정수목\*

### Quality improvement scheme of magnified image by using gradient information between adjacent pixel values

Soo-Mok Jung \*

#### 요 약

본 논문에서는 실제 영상에 일반적으로 존재하는 지역성과 실제 영상에 존재하는 단순 볼록 곡면 특성과 단순 오목 곡면의 특성을 충실히 반영하도록 확대 영상의 보간 픽셀 값들을 추정하기 위하여 인접 픽셀 값과의 기울기 정보를 이용하는 효율적인 보간 기법을 제안하였다. 제안된 기법을 적용하여 확대한 영상의 화질 향상을 측정하기 위하여 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하였다. 제안된 기법을 적용하여 확대한 다양한 영상들의 PSNR 값들이 기존의 보간 기법들을 적용하여 확대한 영상들의 PSNR 값보다 큰 것을 확인하였다.

▶ Keyword : 영상 확대, 보간 기법, 양 선형 보간, PSNR, 지역성

#### Abstract

In this paper, an efficient interpolation scheme using gradient information between adjacent pixel values was proposed to estimate the value of interpolated pixel to have the locality which exists in real image and the characteristic of simple convex surface and simple concave surface which exist partially in the real image. PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) was used to evaluate the performance of the proposed scheme. The PSNR values of the magnified images using the proposed scheme are greater than those of the magnified images using the previous interpolation schemes.

▶ Keyword : Image magnification, Interpolation scheme, Bilinear interpolation, PSNR, Locality

• 제1저자 : 정수목

• 투고일 : 2012. 01. 16, 심사일 : 2012. 01. 24, 게재확정일 : 2012. 02. 04

\* 삼육대학교 컴퓨터학부(Division of Computer, Sahmyook University)

※ 이 논문은 2011년도 삼육대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

## I. 서론

작은 크기의 영상을 확대하는 영상 확대 기술은 다양한 분야에서 사용되고 있으며 이러한 영상 확대에는 보간 기법이 널리 사용되고 있다. 보간 기법을 적용하여 확대한 확대 영상은 입력 영상의 픽셀들인 기준 픽셀들과 입력 영상의 픽셀들을 사용하여 보간 된 보간 픽셀들로 구성된다.[1][2]

영차 보간법(zero order interpolation)은 보간 기법 중 가장 간단하게 구현할 수 있는 기법이지만 확대 영상의 화질이 저하되는 단점이 있다.[3] 선형 보간법(linear interpolation), 스플라인 보간법(spline interpolation), 3차회선 보간법(cubic convolution interpolation) 등이 확대 영상의 화질을 개선하기 위하여 제안되었으나 영상의 경계면에서 흐림이 발생하는 단점이 있다.[4][5][6]

보간 영상의 화질을 개선하기 위하여 적응 보간(adaptive interpolation) 기법들이 제안되었다. 3차회선 보간 기법이 선형 보간 기법에 비하여 보다 우수한 성능을 보이기 때문에 적응 보간 기법 구축 시 기본 모델을 3차회선 보간법에 두는 것이 일반적이다.[7][8] 그러나 선형 보간법은 3차회선 보간법에 비하여 간단하고 적응 선형 보간법들은 보간 영상의 화질이 3차회선 보간법과 대등한 결과를 보인다.[9]

영역 변화량의 기울기 값에 따라 보간 커널의 적용을 다르게 하여 에지 정보를 보존하는 기법[10]이 제안되었으나 보간 축소 값들의 오차정보를 이용하여 부분적인 에지를 보존하지만 오차정보를 예측하는 과정에서 발생하는 부가적인 오차가 에지를 흐리게 하는 문제점이 발생할 수 있는 한계가 있다.

영상 확대 시 발생하는 화질 저하 문제를 개선하기 위하여 양 선형 보간법(bilinear interpolation)과 기타 기법[11]이 제안되었으나 픽셀 값들의 변화가 선형이라는 가정 하에서 가로축과 세로축 방향으로 보간을 수행하여 보간 픽셀의 값을 추정하기 때문에 픽셀 값의 변화가 비선형적인 특성을 갖는 실제 영상의 픽셀 값을 충실히 반영하지 못하는 한계를 가진다. 양 선형 보간법에서는 확대영상의 보간 픽셀의 값을 추정하기 위하여 입력 영상으로 역방향 사상된 좌표 주변에 있는 4개의 픽셀 값과, 주변 4개의 픽셀과의 상대적인 거리에 의해서 결정되는 가중치를 사용하여 가로축과 세로축 방향으로 선형 보간을 수행한다. 구해진 보간 픽셀 값들과 기준 픽셀 값인 입력 영상의 픽셀 값들로 구성되는 확대 영상이 만들어 진다.

확대 영상의 보간 픽셀 값 추정 시, 입력 영상으로 역방향 사상된 좌표 주변의 4개의 픽셀 값과, 주변 4개의 픽셀과의 상대적인 거리에 의해서 결정되는 가중치 외에 인접 픽셀들과의 픽셀 값 기울기 정보를 이용하여 보간을 수행하는 기법을

적용하면 추정된 보간 픽셀 값은 실제 영상에 일반적으로 존재하는 지역성(locality)과 실제 영상에 존재하는 단순 블록 곡면 특성과 단순 오목 곡면의 특성을 더욱 충실히 반영하게 되어 확대 영상의 화질을 개선할 수 있다.

본 논문에서는 보간 된 픽셀 값이 실제 영상에 일반적으로 존재하는 지역성과 실제 영상에 존재하는 단순 블록 곡면 특성과 단순 오목 곡면의 특성을 보다 충실히 갖도록 하기 위하여 인접 픽셀 값과의 기울기 정보를 이용하여 보간 픽셀 값을 추정하는 효율적인 기법을 제안하였다.

## II. 관련 연구

작은 영상을 확대한 확대 영상은 기준 픽셀이 되는 입력 영상의 픽셀들과 입력 영상의 픽셀들을 이용하여 추정된 보간 픽셀들로 구성된다. 그러므로 입력 영상의 픽셀들을 이용하여 추정된 보간 픽셀 값이 실제 영상의 픽셀 값과 일치 할수록 확대 영상의 품질이 향상된다. 확대 영상의 품질을 향상시키기 위하여 보간 기법(interpolation)이 널리 사용되고 있다. 보간 기법에서는 확대 영상의 보간 픽셀 값을 추정하기 위하여 두 단계 절차를 수행한다. 첫 번째 단계에서는 확대 영상의 픽셀 위치에 대응하는 입력 영상의 실수(real value) 좌표를 구하기 위하여 역방향 사상(backward mapping)을 한다. 두 번째 단계에서는 역방향 사상된 입력 영상의 실수 좌표 주위에 있는 픽셀 값과 위치 정보를 이용하여 역방향 사상된 실수 좌표에서의 픽셀 값을 계산한 후 이를 확대 영상의 보간 픽셀 값으로 한다.

### 2.1. 최근방 이웃 보간법

최근방 이웃 보간법(nearest neighbor interpolation)은 확대 영상을 구성하기 위하여 확대 영상의 각 픽셀 좌표들에서 입력 영상으로 역방향 사상을 하여 입력 영상내의 실수 좌표를 구한다. 그 후 입력 영상의 실수 좌표와 가장 가까운 위치에 있는 입력 영상의 픽셀 값을 확대 영상의 픽셀 값으로 결정하는 기법이다.

확대 영상내의 위치가  $(x, y)$ 인 픽셀로부터 역방향 사상된 입력 영상에서의 실수 좌표가  $(x_r, y_r)$ 이면  $(x_r, y_r)$ 에 가장 가까운 입력 영상에서의 정수 좌표  $(x_i, y_j)$ 는 식 (1), (2)와 같이 구해진다. 입력 영상 내  $(x_i, y_j)$  위치에서의 픽셀 값  $ps(x_i, y_j)$ 가 좌표  $(x_r, y_r)$ 에서의 보간 값  $pi(x_r, y_r)$ 가 되고, 이 값이 확대 영상의 픽셀 값  $pm(x, y)$ 이 된다.

본 논문에서 사용되는 기호  $ps$ 는 크기가 작은 입력 영상에

서의 픽셀 값(기준 픽셀 값)을 나타내고,  $p_i$ 는 입력 영상의 기준 픽셀 값들을 이용하여 계산된 보간 픽셀 값을 나타내며,  $pm$ 은 확대 영상에서의 픽셀 값을 나타내고,  $p$ 는 실제 영상에서의 픽셀 값을 나타낸다.

$$x_i = (int)(x_r+0.5) \dots\dots\dots (1)$$

$$y_j = (int)(y_r+0.5) \dots\dots\dots (2)$$

최근방 이웃 보간법은 간단히 구현할 수 있고 수행 속도가 빠르지만 확대 영상에 블록화 현상(blocking effect)이 나타나고 이러한 현상은 확대 배율이 클수록 심하게 나타나 확대 영상의 품질을 떨어뜨리는 단점이 있다.

**2.2. 양 선형 보간법**

양 선형 보간법(bilinear interpolation)은 확대 영상에서 나타나는 블록화 현상을 제거할 수 있어 확대 영상의 품질을 향상 시키는 보간 기법이다. 영상 확대에 일반적으로 사용되고 있는 양 선형 보간법은 확대 영상의 픽셀 좌표로부터 역방향 사상된 입력 영상의 실수 좌표에 해당하는 보간 값을 추정하기 위하여 입력 영상의 실수 좌표 주변에 있는 4개의 픽셀 값과, 주변 4개의 픽셀과의 상대적인 거리에 의해서 결정되는 가중치를 사용하여 가로축 방향과 세로축 방향으로 보간을 수행하여 계산된 보간 값을 확대 영상의 보간 픽셀 값으로 결정한다.

<그림 1>은 확대 영상의 픽셀 좌표  $(x, y)$ 로부터 역방향 사상된 입력 영상의 실수 좌표  $(x_r, y_r)$ 의 위치를 흰색 다이아몬드( $\diamond$ )로 나타내고, 실수 좌표  $(x_r, y_r)$ 의 주변에 있는 흰색 원( $\circ$ )으로 표시된 4개의 기준 픽셀들의 값이 각각  $ps(x_i, y_j)=A$ ,  $ps(x_i+1, y_j)=B$ ,  $ps(x_i, y_j+1)=C$ ,  $ps(x_i+1, y_j+1)=D$  임을 보여주고 있다. 역방향 사상된 입력 영상내의 실수 좌표  $(x_r, y_r)$ 에서의 보간 값  $R$ 을 계산하기 위하여 식 (3), (4)와 같이 먼저 가로축 방향으로 보간을 수행하여 좌표  $(x_r, y_j)$ 와  $(x_r, y_j+1)$ 에서의 보간 값  $E, F$ 를 구한다.

$$E = A \cdot (1 - \alpha) + B \cdot \alpha \dots\dots\dots (3)$$

$$F = C \cdot (1 - \alpha) + D \cdot \alpha \dots\dots\dots (4)$$

$$R = E \cdot (1 - \beta) + F \cdot \beta \dots\dots\dots (5)$$

$(x_r, y_j)$ 와  $(x_r, y_j+1)$ 에서의 보간 값  $E, F$ 를 사용하여 세로축 방향 보간을 식 (5)와 같이 수행하여  $(x_r, y_r)$ 에서의

보간 값  $R$ 을 구한다. 식 (5)에서 구해진 보간 값  $R$ 이 확대 영상내의 좌표  $(x, y)$ 에서의 픽셀 값이 된다. 즉,  $pm(x, y)=pi(x_r, y_r)=R$ 이 된다.

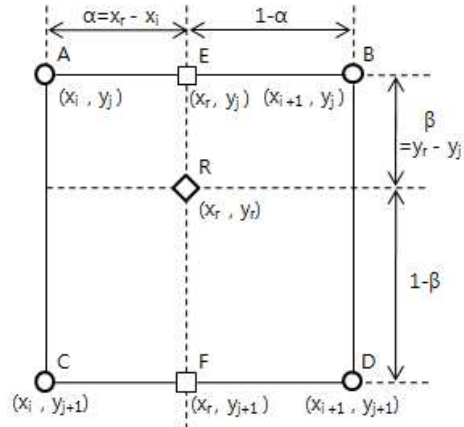


그림 1. 양 선형 보간법에서의 픽셀 보간  
Fig. 1. Pixel interpolation in bilinear interpolation

가로축 방향 보간과 세로축 방향 보간에 사용되는 가중치  $\alpha, \beta$ 는 식 (6), (7)과 같이 역방향 사상된 좌표와 주변 픽셀과의 상대적 거리에 따라 결정되는 0과 1사이의 실수 값이다.

$$\alpha = x_r - x_i \dots\dots\dots (6)$$

$$\beta = y_r - y_j \dots\dots\dots (7)$$

양 선형 보간법에서는 가중치  $\alpha, \beta$ 가 식 (6), (7)과 같이 거리에 비례하는 값으로 정의되고 보간 값이 식 (3), (4), (5)와 같이 계산되어 지기 때문에 역방향 사상된 입력 영상의 좌표  $(x_r, y_r)$ 에서의 보간 값  $R$ 은 식 (8)을 만족하는 범위의 값을 갖는다. 따라서  $R$ 의 최소값과 최대값은 각각  $\min(A, B, C, D)$ ,  $\max(A, B, C, D)$  이다.

$$\min(A, B, C, D) \leq R \leq \max(A, B, C, D) \dots\dots\dots (8)$$

그러므로 영상의 픽셀 값들로 이루어지는 면이 단순 볼록 곡면(simple convex surface) 혹은 단순 오목 곡면(simple concave surface)을 갖는 영상에 대하여 양 선형 보간법을 적용하는 경우 확대 영상은 이를 충실히 반영하지 못하는 단점이 있다. <그림 2>는 입력 영상의 좌표  $(x_i, y_j), (x_i+1, y_j)$ 에서의 픽셀 값이 각각  $A, B$ 인 영상을 가로축 방향으로  $n$  배 확대한 확대 영상에서 두 기준 픽셀 값, 보간 픽셀 값, 실제 영상의 픽셀 값을 보여주고 있다.

흰색 원( $\circ$ )으로 표시된 두 기준 픽셀 값  $ps(x_i, y_j)=A$ ,

$ps(x_{i+1}, y_j)=B$ 가 각각 확대 영상내의 좌표  $(x_{ni}, y_j)$ ,  $(x_{n(i+1)}, y_j)$ 에서의 픽셀 값이 된다. 즉,  $pm(x_{ni}, y_j)=ps(x_i, y_j)=A$ ,  $pm(x_{n(i+1)}, y_j)=ps(x_{i+1}, y_j)=B$ 가 된다. 흰색 다이아몬드( $\diamond$ )로 표시되어 있는 보간 값들이 확대 영상내의 좌표  $(x_{ni+1}, y_j)$ ,  $(x_{ni+2}, y_j)$ , ... ,  $(x_{ni+n-1}, y_j)$ 에서의 보간 픽셀 값이 된다. 실제 영상의 픽셀 값은 검은색 원( $\bullet$ )으로 표시되어 있고 좌표  $(x_{ni}, y_j)$ ,  $(x_{n(i+1)}, y_j)$ 에서는 실제 영상의 픽셀 값과 확대 영상의 픽셀 값은 같다. 즉,  $p(x_{ni}, y_j)=pm(x_{ni}, y_j)=A$ ,  $p(x_{n(i+1)}, y_j)=pm(x_{n(i+1)}, y_j)=B$ 이다.

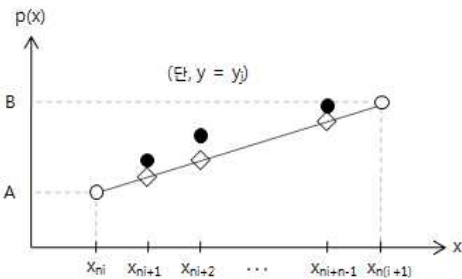


그림 2 단순 볼록 곡면을 갖는 영상에 대하여 양 선형 보간법을 적용하여 확대한 확대 영상  
 Fig. 2. The magnified image by using bilinear interpolation for the image which have simple convex surface

<그림 2>에서 보는 바와 같이 실제 영상의 픽셀 값들이 이루어진 면이 x축 방향으로 단순 볼록 곡면인 경우, 보간 픽셀 값이 A와 B사이의 선형적인 값을 갖기 때문에 보간 픽셀 값들로 구성된 확대 영상은 직선과 같은 평면을 이루게 된다. 즉, 기준 픽셀 값  $A=pm(x_{ni}, y_j)=ps(x_i, y_j)$ 가 최소값이 되고, 기준 픽셀 값  $B=pm(x_{n(i+1)}, y_j)=ps(x_{i+1}, y_j)$ 가 최대값이 되며, 식(3)과 같이 계산되는  $pm(x_{ni+1}, y_j)$ ,  $pm(x_{ni+2}, y_j)$ ,  $pm(x_{ni+3}, y_j)$ , ... ,  $pm(x_{ni+n-1}, y_j)$  보간 픽셀 값들은 A와 B사이의 선형적인 값을 갖는 평면을 이루게 된다. 따라서 실제 영상이 단순 볼록 곡면 혹은 단순 오목 곡면을 갖는 경우, 양 선형 보간법을 적용하여 확대 영상을 구성하면 보간 픽셀 값들이 실제 영상의 픽셀 값을 잘 반영하지 못하게 되는 단점이 있어 화질의 저하가 발생하게 된다. 그러므로 이러한 문제점을 해결할 수 있는 보간 기법을 적용하면 보간 픽셀 값이 실제 영상의 픽셀 값에 더욱 가깝게 되어 확대 영상의 화질이 개선될 수 있다.

2.3. 3차회선 보간법

3차회선 보간법은 확대 영상에서의 픽셀 값을 추정하기 위하여 역방향 사상된 입력 영상에서의 실수 좌표 주변에 있는 16개의 픽셀 값에 가중치 함수(weight function)에 정의된 가중치를 곱한 값을 모두 합한다. 3차회선 보간법도 양 선형 보간법과 동일하게 먼저 각 가로축에 대하여 보간을 실시한 후 얻어진 보간 결과들을 가지고 세로축에 대한 보간을 수행한다. 따라서 3차회선 보간법을 사용하여 보간을 수행하는 경우에는 가로축으로 4회, 세로축으로 1회, 총 5회의 보간이 이루어진다.

참조해야 할 입력 영상에서의 실수 좌표 주변 16개 픽셀들은 <그림 3>에서와 같이 선택된다. <그림 3>에서  $\times$ 는 역방향 사상된 입력 영상에서의 실수 좌표  $(x_r, y_r)$ 의 위치를 나타내고, 흰 원은 3차회선 보간법에 사용되는 16개의 픽셀들을 나타내고, 회색 사각형들은 역방향사상 된 좌표에서의 픽셀 값을 구하기 위하여 가로축 방향으로 보간 된 픽셀들이다.

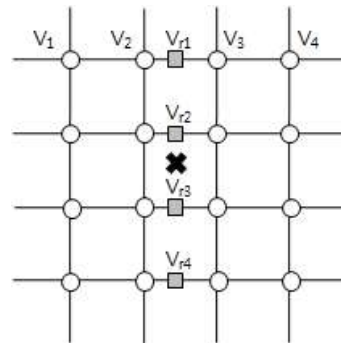


그림 3. 3차회선 보간법에 사용되는 입력 영상의 16개 픽셀들  
 Fig. 3. 16 pixels in input image for cubic convolution interpolation

3차회선 보간법에서의 가중치 함수는 식 (9)와 같다.

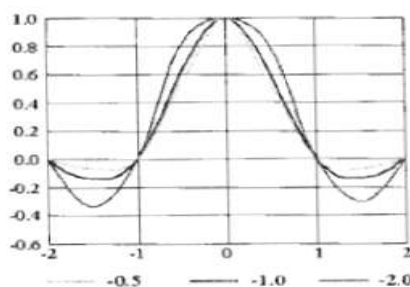


그림 4. 3차회선 보간법에 사용되는 가중치함수(The weight function for cubic convolution interpolation)

식 (9)에서의 a 값은 -0.5, -1.0, -2.0 이며 시각적인 결과들에 대하여 커널을 평가하면 -1.0이 가장 적합하다. Taylor급수의 차수를 사용하는 경우 수학적으로 정확히 하기 위해서 a가 -0.5 이어야 함이 제시되었다.[6] a값의 변화에 따른 가중치 함수가 <그림 4>에 나타나 있다.

<그림 5>는 가로축에 대한 보간을 수행하는 경우를 보여 주고 있다. 흰 원은 보간에 사용되는 4개의 픽셀들을 나타내고 그 값들은 각각 V1, V2, V3, V4이다. 회색 사각형은 역방향사상 된 좌표에서의 픽셀 값을 구하기 위하여 x축 방향으로 보간 된 픽셀이고 픽셀 값은 Vr1이다. 보간 픽셀의 값 Vr1은 식 (10)과 같이 계산된다.

이 때, d는 두 번째 픽셀과 회색 사각형사이의 실수거리이고 식 (11)을 만족하는 실수 값이다.

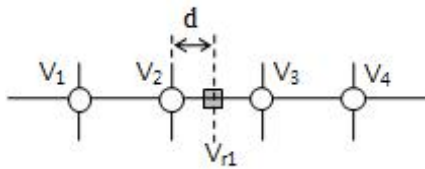


Fig. 5. Cubic convolution interpolation using 4 pixels

이와 같이 가로축으로 4번의 보간을 수행하여 구해진 보간 값 Vr1, Vr2, Vr3, Vr4 를 가지고 세로축 방향으로 동일한 방법으로 보간을 수행하여 (xr, yr)에서의 픽셀 값 Vr를 구하여 이를 확대 영상의 보간 픽셀 값으로 한다.

그림 5. 4개의 점을 사용한 3차회선 보간

$$Vr1 = V1 \cdot f(1+d) + V2 \cdot f(d) + V3 \cdot f(1-d) + V4 \cdot f(2-d) \dots \dots \dots (10)$$

$$0 \leq d \leq 1 \dots \dots \dots (11)$$

### III. 제안기법

영상 확대에 널리 사용되고 있는 양 선형 보간법은 매우 효율적인 기법이지만, <그림 2>에 나타난 바와 같이 실제 영상이 단순 블록 곡면이나 혹은 단순 오목 곡면을 갖는 경우에는 실제 영상의 픽셀 값에 가까운 보간 값을 구하지 못하는 한계가 있다. 양 선형 보간법을 사용하여 가로 및 세로 방향으로 각 n배 확대하는 경우, 인접한 4개의 기준 픽셀 내에 있는 (n+1)2-4개의 실수 좌표에서 보간 값들이 계산되어야 한다. 식 (8)을 만족하는 (n+1)2-4개의 보간 값은 최소값인

min(A, B, C, D)와 최대값인 max(A, B, C, D) 사이의 값들을 갖는다. 따라서 실제 영상이 단순 블록 곡면이라면 모든 보간 픽셀 값들은 실제 영상의 픽셀 값보다 작게 되어 확대 영상의 화질이 저하되게 된다.

양 선형 보간법의 이러한 문제점을 해결하기 위하여 단순 블록 곡면인지 혹은 단순 오목 곡면인지를 판단하는 기법과 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면에서 곡면의 특성을 고려하여 보간 값을 효과적으로 구할 수 있는 기법을 본 논문에서 제안하였다.

<그림 6>은 제안 기법에서 인접 픽셀 값과의 기울기를 계산하기 위해 사용되는 입력 영상내의 인접 픽셀들을 나타낸다. 회색 사각형 영역은 역방향 사상된 좌표가 존재하는 영역이고, 흰색 원은 제안된 기법에서 사용되는 기울기를 결정하는데 필요한 인접 픽셀들이다. <그림 6>에서 픽셀 값 A, B, C, D를 갖는 픽셀의 좌표는 <그림 1>의 좌표와 동일하다. 따라서 ps(xi-1, yj)=AL, ps(xi-2, yj)=ALL, ps(xi+2, yj)=BR, ps(xi+3, yj)=BRR, ps(xi-1, yj+1)=CL, ps(xi-2, yj+1)=CLL, ps(xi+2, yj+1)=DR, ps(xi+3, yj+1)=DRR, ps(xi, yj-1)=AU, ps(xi, yj-2)=AUU, ps(xi+1, yj-1)=BU, ps(xi+1, yj-2)=BUU, ps(xi, yj+2)=CB, ps(xi, yj+3)=CBB, ps(xi+1, yj+2)=DB, ps(xi+1, yj+3)=DBB 관계가 성립한다.

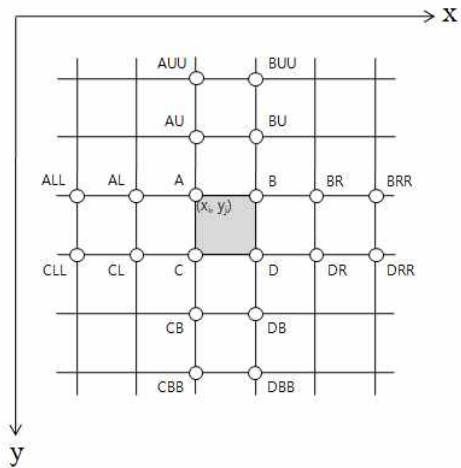


그림 6. 인접 픽셀 값과의 기울기를 계산하기 위해 사용되는 입력 영상의 픽셀들

Fig. 6. The pixels used for the calculation of the gradient between the adjacent pixel values in input image

입력 영상의 회색 사각형 안쪽에서 구해지는 보간 값들로 이루어지는 확대 영상 부분에 해당하는 실제 영상이 단순 볼

록 곡면 혹은 단순 오목 곡면을 갖는지에 대한 예측은 입력 영상의 인접 픽셀 값과의 기울기를 이용하여 판단한다. 임의의 두 지점  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ 를 지나는 직선의 방정식은 식 (12)와 같이 주어지고 기울기는  $(y_2-y_1)/(x_2-x_1)$ 이다.

$$y = \frac{(y_2 - y_1)(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} + y_1 \dots\dots\dots (12)$$

위 수식 (12)를 이용하면 인접 픽셀 값과의 기울기를 간단히 계산할 수 있다. 식 (13)~(28)을 만족하는 경우에는 회색 사각형 내에서 구해지는 보간 값들로 구성되는 확대 영상 부분에 해당하는 실제 영상이 단순 볼록 곡면이라고 추정한다. 만약 식 (13)~(28)에서 기울기가 모두 반대로 되는 경우에는 실제 영상이 오목 곡면이라고 추정한다.

// x축 방향 직선의 기울기

$$(x_{i-2}, AL), (x_{i-1}, AL) \text{을 지나는 직선의 기울기} + \dots (13)$$

$$(x_{i-1}, AL), (x_i, A) \text{를 지나는 직선의 기울기} + \dots\dots\dots (14)$$

$$(x_{i-2}, CL), (x_{i-1}, C) \text{을 지나는 직선의 기울기} + \dots (15)$$

$$(x_{i-1}, C), (x_i, C) \text{를 지나는 직선의 기울기} + \dots\dots\dots (16)$$

$$(x_{i+1}, B), (x_{i+2}, BR) \text{을 지나는 직선의 기울기} - \dots (17)$$

$$(x_{i+2}, BR), (x_{i+3}, BR) \text{을 지나는 직선의 기울기} - \dots (18)$$

$$(x_{i+1}, D), (x_{i+2}, DR) \text{을 지나는 직선의 기울기} - \dots (19)$$

$$(x_{i+2}, DR), (x_{i+3}, DR) \text{을 지나는 직선의 기울기} - \dots (20)$$

// y축 방향 직선의 기울기

$$(y_{j-2}, AU), (y_{j-1}, AU) \text{를 지나는 직선의 기울기} + \dots\dots (21)$$

$$(y_{j-1}, AU), (y_j, A) \text{를 지나는 직선의 기울기} + \dots\dots\dots (22)$$

$$(y_{j-2}, BU), (y_{j-1}, BU) \text{를 지나는 직선의 기울기} + \dots\dots (23)$$

$$(y_{j-1}, BU), (y_j, B) \text{를 지나는 직선의 기울기} + \dots\dots\dots (24)$$

$$(y_{j+1}, C), (y_{j+2}, CB) \text{를 지나는 직선의 기울기} - \dots\dots (25)$$

$$(y_{j+2}, CB), (y_{j+3}, CB) \text{를 지나는 직선의 기울기} - \dots\dots (26)$$

$$(y_{j+1}, D), (y_{j+2}, DB) \text{를 지나는 직선의 기울기} - \dots\dots\dots (27)$$

$$(y_{j+2}, DB), (y_{j+3}, DB) \text{를 지나는 직선의 기울기} - \dots\dots\dots (28)$$

역방향 사상된 입력 영상의 좌표 주변의 인접 픽셀들에서 식 (13)~(28)이 만족되지 않는 경우에는 단순 볼록(오목) 곡면이 아니라고 추정하여 역방향 사상된 좌표에서의 보간 값을 양 선형 보간법으로 구한 후, 이를 확대 영상의 픽셀 값으로 한다. 만약 (13)~(28)이 만족 되는 경우에는 실제 영상의 해당 부분이 단순 볼록(오목) 곡면이라고 추정하여 곡면의 특성을 반영하는 효율적인 기법으로 역방향 사상된 좌표에서의 보간 값을 구한다.

역방향 사상된 좌표에서의 보간 값 계산에 실제 영상의 곡면 특성을 효과적으로 반영하기 위하여 역방향 사상된 좌표 주변 4개의 기준 픽셀에서 가로축 방향과 세로축 방향으로 직선방정식을 구하여 이를 단순 볼록(오목) 곡면의 픽셀 값 계산에 사용한다.

<그림 7>은 좌표  $(x_r, y_j)$ 에서 픽셀 값을 추정하기 위하여 사용되는 x축 방향의 직선 그래프 두 개를 보여주고 있다. 두 점  $(x_{i-1}, AL)$ ,  $(x_i, A)$ 를 지나는 점선으로 표시된 직선 그래프와 두 점  $(x_{i+1}, B)$ ,  $(x_{i+2}, BR)$ 을 지나는 2점 쇄선으로 표시된 직선 그래프의 방정식은 식 (29), (30)과 같이 구해진다. <그림 7>에서  $(x_i, A)$ 와  $(x_{i+1}, B)$ 를 연결하는 직선은 양 선형 보간법에 의해서 구해지는 보간 값들의 분포를 나타내는 직선이다.

식 (29), (30)의 변수  $x$ 에  $x_r$ 을 대입한 값을 각각 EL과 ER로 정의하면 EL과 ER은 식(31), (32)와 같이 표시된다. 좌표  $(x_r, y_j)$ 에서의 픽셀 값 E는 식 (33)에 의해 계산된다.

$$p(x) = \frac{(A-AL)}{(x_i-x_{i-1})} (x-x_{i-1}) + AL \dots\dots\dots (29)$$

$$p(x) = \frac{(BR-B)}{(x_{i+2}-x_{i+1})} (x-x_{i+1}) + B \dots\dots\dots (30)$$

$$EL = \frac{(A-AL)}{(x_i-x_{i-1})} (x_r-x_{i-1}) + AL \dots\dots\dots (31)$$

$$ER = \frac{(BR-B)}{(x_{i+2}-x_{i+1})} (x_r-x_{i+1}) + B \dots\dots\dots (32)$$

$$E = \min(EL+ER) \dots\dots\dots (33)$$

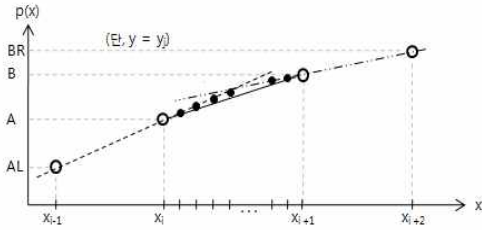


그림 7. 좌표 (x, y)에서의 픽셀 값 추정을 위하여 사용되는 두 개의 직선 그래프  
 Fig. 7. The two linear graph to estimate the pixel value at (x, y).

동일한 방법으로 (x, y<sub>j</sub>+1)에서의 픽셀 값을 추정하기 위한 수식은 식 (34), (35)와 같이 되고, FL, FR을 식(36), (37)과 같이 정의 한다. 좌표 (x, y<sub>j</sub>+1)에서의 픽셀 값을 추정하는 수식은 식 (38)과 같다.

$$p(x) = \frac{(C-CL)}{(x_i-x_{i-1})} (x-x_{i-1}) + CL \dots\dots\dots (34)$$

$$p(x) = \frac{(DR-D)}{(x_{i+2}-x_{i+1})} (x-x_{i+1}) + D \dots\dots\dots (35)$$

$$FL = \frac{(C-CL)}{(x_i-x_{i-1})} (x-x_{i-1}) + CL \dots\dots\dots (36)$$

$$FR = \frac{(DR-D)}{(x_{i+2}-x_{i+1})} (x-x_{i+1}) + D \dots\dots\dots (37)$$

$$F = \min(FL+FR) \dots\dots\dots (38)$$

(x<sub>i</sub>, y<sub>r</sub>)에서의 픽셀 값을 추정하기 위하여 y축 방향으로 정의되는 두 개의 직선 방정식은 (y<sub>j</sub>-1, AU), (y<sub>j</sub>, A)를 지나는 직선과 (y<sub>j</sub>+1, C), (y<sub>j</sub>+2, CB)를 지나는 직선으로 식 (39), (40)과 같이 된다. 식 (39), (40)에서 변수 y에 y<sub>r</sub>을 대입한 결과 값을 각각 GU, GB로 정의 하면 GU, GB는 식 (41), (42)와 같이 된다. 좌표 (x<sub>i</sub>, y<sub>r</sub>)에서의 픽셀 값 G는 식 (43)과 같이 결정한다.

$$p(y) = \frac{(A-AU)}{(y_j-y_{j-1})} (y-y_{j-1}) + AU \dots\dots\dots (39)$$

$$p(y) = \frac{(CB-C)}{(y_{j+2}-y_{j+1})} (y-y_{j+1}) + C \dots\dots\dots (40)$$

$$GU = \frac{(A-AU)}{(y_j-y_{j-1})} (y_r-y_{j-1}) + AU \dots\dots\dots (41)$$

$$GB = \frac{(CB-C)}{(y_{j+2}-y_{j+1})} (y_r-y_{j+1}) + C \dots\dots\dots (42)$$

$$G = \min(GU+GB) \dots\dots\dots (43)$$

동일하게 (y<sub>j</sub>-1, BU), (y<sub>j</sub>, B)를 지나는 직선과 (y<sub>j</sub>+1, D), (y<sub>j</sub>+2, DB)를 지나는 y축 방향으로 정의되는 두 개의 직선 방정식은 식 (44), (45)와 같이 된다. 식 (44), (45)에서 변수 y에 y<sub>r</sub>을 대입한 결과 값을 각각 HU, HB로 정의 하면 HU, HB는 식 (46), (47)과 같이 된다. 좌표 (x<sub>i</sub>+1, y<sub>r</sub>)에서의 픽셀 값은 식 (48)과 같이 결정된다.

$$p(y) = \frac{(B-BU)}{(y_j-y_{j-1})} (y-y_{j-1}) + BU \dots\dots\dots (44)$$

$$p(y) = \frac{(DB-D)}{(y_{j+2}-y_{j+1})} (y-y_{j+1}) + D \dots\dots\dots (45)$$

$$HU = \frac{(B-BU)}{(y_j-y_{j-1})} (y_r-y_{j-1}) + BU \dots\dots\dots (46)$$

$$HB = \frac{(DB-D)}{(y_{j+2}-y_{j+1})} (y_r-y_{j+1}) + D \dots\dots\dots (47)$$

$$H = \min(HU+HB) \dots\dots\dots (48)$$

식 (49)와 같이 E와 F, G와 H에 대하여 각각 양 선형 보간을 수행한 후, 평균한 값을 (x<sub>r</sub>, y<sub>r</sub>)에서의 보간 값 R로 한다. 식 (49)를 사용하여 구해진 보간 값을 확대 영상의 픽셀 값으로 한다. 식 (29)~(48), (49)를 사용하여 구해진 보간 값 R은 양 선형 보간 값보다 실제 영상에 더욱 가깝게 되어 확대 영상의 화질이 개선된다.

$$R = (E \cdot (1-\beta) + F \cdot \beta + G \cdot (1-\alpha) + H \cdot \alpha) / 2 \dots\dots\dots (49)$$

제안된 기법의 절차는 <그림 8>과 같다.

```

for(확대 영상의 모든 픽셀의 좌표에 대하여 반복)
{
    입력 영상으로의 역방향 사상 좌표 (xr, yr) 계산;
    if (단순 블록 꼭면 혹은 단순 오목 꼭면?,
        (xr, yr) 인접 픽셀 값 기울기 정보를 이용하여 판단)
    {
        // 단순 블록(오목) 꼭면임

        // 인접 픽셀 값과의 기울기 정보를 이용하여 직선
        // 방정식을 구성한 후 E, F, G, H 픽셀 값 추정
        가로축 방향에서 E 값 추정(식 (29)~(33) 사용);
        가로축 방향에서 F 값 추정(식 (34)~(38) 사용);
        세로축 방향에서 G 값 추정(식 (39)~(43) 사용);
        세로축 방향에서 H 값 추정(식 (44)~(48) 사용);
        좌표 (xr, yr)에서의 보간 값 R 계산 (식 (49));
    }
    else
    
```

```

{
// 단순 블록(오목) 곡면이 아님

// 양선형 보간법 적용하여 (xr, yr)에서의 보간 값
계산
가로축 방향 보간 값 E 계산식 (3) 사용;
가로축 방향 보간 값 F 계산식 (4) 사용;
좌표 (xr, yr)에서의 보간 값 R 계산식 (5) 사용;
}
보간 값 R을 확대 영상의 해당 좌표의 픽셀 값으로 대
치;
}
    
```

그림 8. 제안된 기법의 절차  
Fig. 8. The procedure of the proposed scheme

### IV. 실험결과

본 논문에서 제안된 인접 픽셀 값과의 기울기 정보를 이용한 확대 영상의 화질 개선 기법에 대한 성능을 평가하기 위하여 64x64 픽셀 크기의 Lenna, Mona Liza, Space shuttle, Mars probe, Rocket Launching 실험 영상들에 대하여 영상 확대 실험을 수행하였다.

실험 영상들에 대하여 최근방 이웃 보간법, 양 선형 보간법, 3차회선 보간법, 제안 기법인 인접 픽셀 값과의 기울기 정보를 이용한 확대 영상의 화질 개선 기법을 적용하여 가로축 방향과 세로축 방향으로 각각 4배 확대한 확대 영상을 생성한 후, PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 측정하여 각 기법들의 성능을 비교 평가하였다.

<그림 9> (a)는 64x64 픽셀크기의 Lenna 실험 영상이고, (b)~(e)는 최근방 이웃 보간법, 양 선형 보간법, 3차회선 보간법, 제안기법을 적용하여 영상을 가로축 방향 및 세로축 방향으로 각각 4배 확대한 256x256픽셀 크기의 확대 영상들이다.

<표 1>은 기존 기법들과 제안기법을 사용하여 실험 영상들을 가로축 방향과 세로축 방향으로 각각 4배 확대한 영상과 실제 영상으로부터 PSNR을 측정한 결과 값들이다. 본 실험 수행 시, 3차회선 보간법에서 식 (9)의 a 값은 -0.5로 하였다.

<표 1>의 실험결과에서 보는 바와 같이 제안 기법을 적용하여 실험 영상을 확대한 경우, 기존의 기법들에 비하여 확대 영상의 화질이 0.0103dB ~ 3.9480dB 개선되었다. 이러한 화질 향상은 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면의 특성을 잘 반영하도록 인접 픽셀 값과의 기울기 정보를 이용하여 보간 값을 구함으로 구해진 보간 값이 실제 영상의 픽셀 값에 근접하게 되어 확대 영상이 실제 영상에 더욱 가깝게 되었기 때문이다.



그림 9. 64x64 크기의 Lenna영상을 기존 방법 및 제안기법을 적용하여 가로축 방향 및 세로축 방향으로 각 4배 확대한 영상  
Fig. 9. 4-times magnified images using the previous schemes and the proposed scheme

표 1. 기존 기법 및 제안기법을 적용하여 확대한 확대 영상에서의 PSNR 실험값  
Table 1. PSNR values for the magnified images using the previous schemes and the proposed scheme

	최근방 이웃 보간법	양 선형 보간법	3차회선 보간법	제안 기법
Lenna	21.9866	24.3946	24.2698	24.4109
Mona Liza	29.3608	33.2820	33.2907	33.3097
Space shuttle	20.2123	22.0987	21.5227	22.1090
Rocket Laun- ching	23.8683	25.7243	25.3531	25.7402

[dB]

### V. 결론

본 논문에서는 확대 영상의 화질을 개선하기 위하여 인접 픽셀 값과의 기울기 정보를 이용한 확대 영상의 화질 개선 기법을 제안하였다.

제안된 기법은 보간 값을 구하는 영역이 실제 영상의 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면인지를 역방향 사상된 좌표에



인접한 픽셀 값들과의 기울기 정보를 이용하여 판단한다.

보간 값을 구하는 영역이 실제 영상의 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면이면 역방향 사상된 좌표에 인접한 픽셀 값들과의 기울기 정보를 이용하여 구성된 방정식을 사용하여 가로축과 세로축 방향으로 상, 하, 좌, 우 4개의 픽셀 값을 추정 한 후 4개의 값에 양 선형 보간법을 적용하여 최종 보간 값을 구한다. 제안된 기법을 적용하여 보간 값을 구하면, 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면 부분에서의 보간 값이 실제 영상의 픽셀 값에 근접하게 되어 확대 영상의 화질이 개선되는 효율적인 기법이다.

64x64픽셀 크기를 갖는 입력 영상들을 가로축 방향과 세로축 방향으로 각각 4배 확대하는 경우, 제안기법을 적용하여 확대한 확대 영상에서의 PSNR 값은 기존의 기법을 적용하여 영상을 확대한 경우에 비하여 화질이 0.0103dB ~ 3.9489dB 개선되었다.

이러한 화질 향상은 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면의 특성을 잘 반영하도록 인접 픽셀 값들과의 기울기 정보를 이용하여 보간 값을 구함으로 구해진 보간 값이 실제 영상의 픽셀 값에 근접하게 되어 확대 영상이 실제 영상에 더욱 가깝게 되었기 때문이다.

### 참고문헌

[1] W. K. Pratt, 「Digital Image Processing」, New York: Wiley, 1991.

[2] M. Petrou, P. Bosdogianni, 「Image Processing : The Fundamentals」, John Wiley & Sons Inc. Jan. 2002.

[3] T. Acharya, A. K. Ray, 「Image Processing: Principles and Applications」, Wiley-Interscience, Sep. 2005.

[4] R. Crane, 「Simplified Approach to Image Processing」, Prentice Hall, 1997.

[5] K. P. Hong, J. K. Wang, I. S. Reed, and W. S. Hsieh, "Image data compression using cubic convolution spline interpolation", IEEE Tran. Image Processing, Vol.9, No.11(2000), pp1988-1995.

[6] R. G. Keys, "Cubic convolution interpolation for digital image processing", IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process, Vol.29(1981), pp.1153-1160.

[7] X. Li, M. Orchard, "New edge-directed interpolation", IEEE Trans. Image Process., Vol.10, No.10(2001),

pp1521-1527.

[8] J. W. Hwang, H. S. Lee, "Adaptive image interpolation based on local gradient features", IEEE Signal Processing Letters, Vol.11, No.3(2004), pp.359-362.

[9] T. W. Chan, O. C. Au, T. S. Chong, and W. S. Chau, "An Adaptive interpolation using spatial varying filter", IEEE Int. Conf. Consumer Electron(2005). pp.109-110.

[10] T. Mori, K. Kameyama, Y. Ohniya, and J. Lee, "Image Resolution Conversion Based on an Edge-Adaptive Interpolation Kernel", IEEE Pacific Rim Conference, pp. 497-500, 2007.

[11] S.M. Jung, "Quality Improvement Scheme of Interpolation Image using the Characteristics of the Adjacent Pixels" Journal of the Korea Society of Computer and Information, v.16, no.11, pp.96-102, Nov. 2011.

### 저자 소개



#### 정수목

1984 : 경북대학교 전자공학과 공학사.  
 1986 : 경북대학교 대학원 전자공학과 공학석사.  
 2002 : 고려대학교 대학원 컴퓨터학과 이학박사  
 현재 : 삼육대학교 컴퓨터학부 교수  
 관심분야 : 멀티미디어, 영상처리  
 Email : jungsm@syu.ac.kr

