

## 영상의 다양한 곡면 특성을 효과적으로 활용한 확대 영상의 화질 개선 기법

정수목\*

### A quality improvement scheme of magnified image using effectively the various curved surface characteristics of Image

Soo-Mok Jung\*

#### 요약

본 논문에서는 원본 영상에 존재하는 가로축 방향과 세로축 방향의 단순 볼록 곡면 혹은 단순 오목 곡면 특성을 정밀하게 조사한 후, 다양한 곡면의 특성을 효과적으로 활용하여 실제 영상의 픽셀 값에 더욱 근접한 보간 값을 구하고 이를 사용하여 확대 영상을 생성하는 확대 영상의 화질 개선 기법을 제안한다. 제안 기법의 절차에 따라 구해진 보간 값은 실제 영상에 존재하는 단순 볼록 곡면, 단순 오목 곡면, 복합 곡면상의 값을 갖게 되기 때문에 실제 영상에 더욱 근접한 확대 영상을 생성할 수 있어 확대 영상의 화질이 향상된다. 제안 기법을 적용하여 확대한 영상의 PSNR 값이 기존의 기법들을 적용하여 확대한 영상의 PSNR 값보다 큰 것을 확인하였다.

▶ Keywords : 확대 영상, 보간, 영상의 화질, 곡면 특성 추정

#### Abstract

In this paper, a quality improvement scheme is proposed for magnified image using the various curved surface characteristics of image. After testing horizontal and vertical directional surface characteristics of source image, interpolation value is calculated to have the surface characteristics such as simple convex surface, simple concave surface, and compound surface. The calculated interpolation value become the value of the interpolated pixel of magnified image. The calculated interpolation value is closer to the pixel value of real image. So, the quality of the magnified image is improved. The PSNR value of the magnified image using the proposed scheme is larger than the PSNR values of the magnified image using the existing techniques.

▶ Keywords : magnified image, interpolation, image quality, curved surface characteristics estimation

•제1저자 : 정수목

•투고일 : 2015. 1. 3, 심사일 : 2015. 1. 14, 게재확정일 : 2015. 1. 26.

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

## I. 서론

영상 보간(image interpolation)은 영상 확대(image magnification), 영상 복원(image restoration) 등에 사용되고 있는 기술로서 영상 처리(image processing), 컴퓨터 비전(computer vision) 등 다양한 분야의 기반 기술로 사용되어오고 있다[1]~[6]. 보간법은 원본 영상의 크기를 변환할 때 픽셀 값이 결정되지 않은 픽셀들에 대하여 원본 영상의 픽셀들의 값을 이용해서 해당 픽셀의 픽셀 값을 결정하는 기법이다. 이러한 보간법을 적용하여 영상을 확대하면, 확대 영상은 원본 영상에 있는 픽셀들인 기준 픽셀들과 기준 픽셀들의 값을 사용하여 보간된 값을 갖는 보간 픽셀들로 구성된다. 따라서 보간 픽셀의 픽셀 값이 실제 영상의 픽셀 값에 가까울수록 확대 영상은 실제 영상에 가깝게 되어 확대 영상의 화질이 향상된다.

확대 영상의 화질을 향상시키는 보간법으로 최근접 이웃 화소 보간법(nearest neighbor interpolation), 스플라인 보간법(spline interpolation), 양선형 보간법(bilinear interpolation), 3차회전 보간법(cubic convolution interpolation) 등이 있다[7]~[10]. 이러한 보간법들은 지역적인 특성을 반영하지 못하는 한계가 있기 때문에 경계면에서 흐림 현상이 발생하는 단점이 있다. 3차 보간 기법이 선형 보간 기법에 비하여 일반적으로 우수한 성능을 보이기 때문에 보간 영상의 화질을 개선하기 위하여 제안된 적응 보간법(adaptive interpolation scheme) 구축 시 기본 모델을 3차 보간법에 두는 경우가 많다[11][12]. 선형 보간법은 3차 보간법에 비하여 상대적으로 간단한 특징이 있고, 적응적인 선형 보간법들은 3차 보간법과 비교해 보간된 영상의 화질이 대등하다[13]. 영역 변화량의 기울기 값에 따라 보간 커널의 적용을 다르게 하여 에지 정보를 보존하는 기법이 제안되었으나 보간 화소 값들의 오차정보를 이용하여 부분적인 에지를 보존 하지만 오차정보를 예측하는 과정에서 발생하는 부가적인 오차가 에지를 흐리게 하는 문제점이 발생할 수 있는 한계가 있다[14].

본 논문에서는 영상 처리 분야의 기반 기술로 널리 사용되고 있는 양선형 보간법[2]~[6]이 가지고 있는 치명적인 단점을 극복하기 위하여 기존의 기법[15]을 개선하여 확대 영상의 화질을 효과적으로 개선하는 기법을 제안하였다. 제안 기법을 적용하여 실제 영상에 존재하는 단순 볼록 곡면(simple convex surface), 단순 오목 곡면(simple concave surface), 복합 곡면(compound surface)의 특성을 충실히 갖는 보간 값을 구한 후 확대 영상을 생성하면 실제 영상에 더욱 가까운 확대 영상을 얻을 수 있어 확대 영상

의 화질이 향상된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대하여 기술하고, 3장에서는 본 논문에서 제안된 기법에 대하여 기술한다. 4장에서는 제안 기법과 기존의 기법들을 비교한 실험 결과를 기술하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 1. 기존 영상 확대 기법

확대 영상은 확대시키려는 원본 영상내의 기준 픽셀들과 기준 픽셀들의 값을 사용하여 보간된 값을 갖는 보간 픽셀들로 구성된다. 확대 영상으로부터 원본 영상으로 역방향 사상을 하여 확대 영상의 픽셀 좌표에 대응하는 원본 영상내의 좌표를 구한 다음, 역방향 사상된 원본 영상내의 좌표가 기준 픽셀의 좌표와 같으면 기준 픽셀을 확대 영상에 그대로 사용한다. 역방향 사상된 좌표가 기준 픽셀의 좌표가 아닌 경우에는 역방향 사상된 좌표 주변의 기준 픽셀들을 이용하여 해당 좌표에서의 픽셀 값을 계산한 후 이를 확대 영상의 보간 픽셀의 픽셀 값으로 하여 확대 영상을 생성한다.

### 2. 최근접 이웃 화소 보간법

최근접 이웃 화소 보간법(nearest neighbor interpolation)은 확대 영상으로부터 원본 영상으로 역방향 사상을 하여 확대 영상의 픽셀 좌표에 대응하는 원본 영상내의 역방향 사상된 좌표를 구한 다음, 역방향 사상된 좌표 값이 정수 값이면 해당 위치에 있는 원본 영상내의 기준 픽셀의 픽셀 값이 확대 영상의 픽셀 값이 된다. 역방향 사상된 좌표 값이 기준 픽셀의 좌표가 아닌, 실수 값이면 실수 좌표로부터 가장 가까운 거리에 있는 원본 영상내의 기준 픽셀의 픽셀 값을 보간 값(V)으로 결정하고 이를 확대 영상의 보간 픽셀의 픽셀 값으로 하는 기법이다. 최근접 이웃 화소 보간법은 알고리즘이 간단하기 때문에 구현이 용이하고 또한 수행속도가 빠르지만, 확대 영상에서 블록화 현상(blocking effect)이 나타나 확대 영상의 화질이 떨어지는 단점이 있고, 확대 배율이 증가할수록 이러한 현상은 심화된다.

### 3. 양선형 보간법

영상 확대에 양선형 보간법(bilinear interpolation)을 사용하면 확대 영상에서 블록화 현상이 제거되어 확대 영상의 화질이 크게 향상되기 때문에 영상 확대에 양선형 보간법이

널리 사용되고 있다. 그림 1은 역방향 사상된 원본 영상내의 좌표  $(x_r, y_r)$ 와 양선형 보간법에서 사용되는 주위 4개의 기준 픽셀들을 보여주고 있다. 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$ 는 흑색 원으로 나타내었고 주위에 있는 4개의 기준 픽셀들은 흑색 사각형으로 표시하였다. 4개의 기준 픽셀들의 픽셀 값은 각각  $A=Ps(x_i, y_j)$ ,  $B=Ps(x_{i+1}, y_j)$ ,  $C=Ps(x_i, y_{j+1})$ ,  $D=Ps(x_{i+1}, y_{j+1})$ 이고, 좌표  $(x_r, y_r)$ 에서 구해지는 보간 값은  $V$ 로 표기 하였다. 확대 영상내의 픽셀 위치는  $(x, y)$ , 원본 영상으로 역방향 사상된 좌표는  $(x_r, y_r)$ , 확대 영상내의 좌표  $(x, y)$ 에서의 픽셀 값은  $P_m(x, y)$ , 원본 영상내의 좌표  $(x_1, y_1)$ 에서의 픽셀 값은  $Ps(x_1, y_1)$ , 구해진 보간 값은 이탤릭체로 나타내었다.

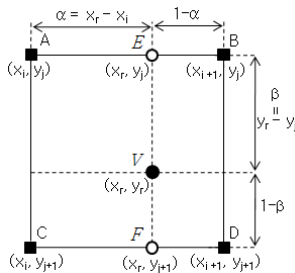


그림 1. 양선형 보간법  
Fig. 1. Bilinear interpolation

역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$ 에서의 보간 값  $V$ 는 식 (1)~(3)과 같이 구해진다. 구해진 보간 값  $V$ 가 확대 영상내의 좌표  $(x, y)$ 에서의 보간 픽셀의 픽셀 값  $P_m(x, y)$ 이 된다. 양선형 보간법을 적용하여 구한 보간 값  $E, F, V$ 는 식 (4), (5), (6)의 조건을 만족하게 된다.

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

$$F = C \cdot (1-\alpha) + D \cdot \alpha \quad (2)$$

$$V = E \cdot (1-\beta) + F \cdot \beta \quad (3)$$

$$\min(A, B) \leq E \leq \max(A, B) \quad (4)$$

$$\min(C, D) \leq F \leq \max(C, D) \quad (5)$$

$$\min(A, B, C, D) \leq V \leq \max(A, B, C, D) \quad (6)$$

즉, 식 (1)에 의해서 구해지는 보간 값  $E$ 는 기준 픽셀 값 A와 B를 연결하는 직선상의 값이 되는 것을 그림 2에서 확인할 수 있다. 그림 2는 그림 1을 가로축으로만 n배 확대한 영상 중에서  $y=y_j$ 인 경우에 해당하는 부분만을 나타낸 것이다. 그림 2는 식 (1)에 의해서 구해지는 모든 보간 값들( $E_1, E_2, \dots, E_{ni+n-1}$ )이 기준 픽셀 값 A와 B를 연결하는 직선상에 있는 선형적인 값이 되는 것을 보여주고 있다. 그러므로 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$ 에서의 보간 값  $V$ 는 기준 픽셀

값 A, B, C, D 중의 최소값과 최대값 사이의 값을 갖게 되고, 픽셀 값 A, B, C, D를 사각형의 꼭지 점으로 하는 사각 평면상의 한 점에 해당하는 값을 갖게 된다.

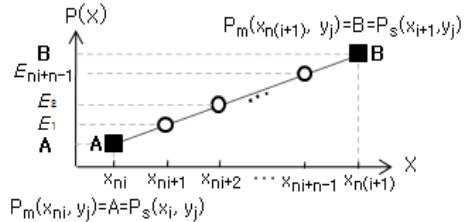
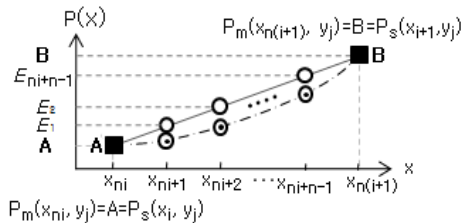
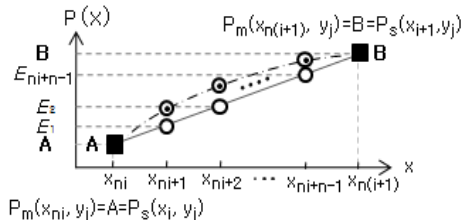


그림 2. 가로축으로만 n배 확대한 영상에서  $y=y_j$ 인 부분의 영상  
Fig. 2. Partial image in the n-times magnified image along with x-direction of fig. 1 when  $y=y_j$

따라서 양선형 보간법은 실제 영상에 존재하는 단순 볼록 곡면(simple convex surface), 단순 오목 곡면(simple concave surface), 복합 곡면 특성을 반영하여 보간 값을 구할 수 없는 치명적인 단점이 있다. 그림 3은 실제 영상이 단순 볼록 곡면 혹은 단순 오목 곡면을 갖는 경우를 그림 3에 덧붙여 표시한 그림이다. 그림 3에서 보는 바와 같이 실제 영상이 단순 볼록 곡면을 갖는 경우에는 양선형 보간법을 사용하여 구한 보간 값들( $E_1, E_2, \dots, E_{ni+n-1}$ )이 실제 영상의 픽셀 값들(1점 쇄선 상에 있는 중심이 흑색인 원)보다 모두 작게 되고, 실제 영상이 단순 오목 곡면을 갖는 경우에는 구해진 보간 값들이 실제 영상의 픽셀 값들보다 모두 크게 된다. 이러한 특성 때문에 양선형 보간법을 사용하여 영상을 확대하면 확대 영상이 실제 영상의 곡면 특성을 반영하지 못하게 되어 확대 영상의 화질이 저하된다.



(a) 단순 볼록 곡면을 갖는 실제 영상



(b) 단순 오목 곡면을 갖는 실제 영상

그림 3. 확대 영상과 단순 볼록/오목 곡면을 갖는 실제 영상  
Fig. 3. Magnified image and real image with simple convex surface and simple concave surface

### 4. 3차 회선 보간법

그림 4는 3차 회선 보간법에서 사용되는 역방향 사상된 좌표(흑색 원의 위치)와 그 주변에 있는 16개의 기준 픽셀들을 보여주고 있다. 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$ 에서의 보간 값  $V$ 를 계산하기 위하여 사용되는 4개의 가로축 방향 보간 값  $V_1, V_2, V_3, V_4$ 는 3차의 가중치 함수  $f(x)$ 를 사용하여 해당되는 4개의 기준 픽셀에 대한 가중치를 각각 계산한 후 식 (7)과 같이 구한다. 픽셀 값이 A, B, C, D인 기준 픽셀에서의 가중치는 각각  $f(1+d), f(d), f(1-d), f(2-d)$ 가 된다. 식 (7)에 사용되는 가중치함수는 식 (8)과 같다.

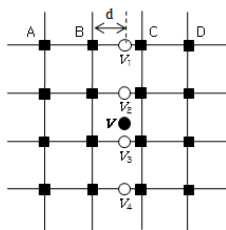


그림 4. 3차 회선 보간에 사용되는 원본 영상내의 픽셀들  
Fig. 4. Pixels in source image for cubic convolution interpolation

$$V_1 = A \cdot f(1+d) + B \cdot f(d) + C \cdot f(1-d) + D \cdot f(2-d) \quad (7)$$

$$f(x) = \begin{cases} (a+2)|x|^3 - (a+3)|x|^2 + 1 & 0 \leq |x| < 1 \\ a|x|^3 - 5a|x|^2 + 8a|x| - 4a & 1 \leq |x| < 2 \\ 0 & 2 \leq |x| \end{cases} \quad (8)$$

식 (8)에서 a 값은  $-1.0 \leq a \leq -5$ 의 값이 일반적으로 사용된다. 위의 방법에 따라 가로축 방향으로 4번의 3차 보간을 수행하여 구해진 보간 값  $V_1, V_2, V_3, V_4$ 를 가지고 y축 방향으로 동일하게 3차 보간을 수행하면 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$ 에서의 최종적인 보간 값  $V$ 를 구할 수 있다. 구해진 보간 값을 확대 영상의 보간 픽셀 값으로 한다. 즉,  $P_m(x, y) = V$ 가 된다.

### III. 제안 기법

양선형 보간법에서의 치명적인 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 실제 영상에 존재하는 단순 블록 곡면, 단순 오목 곡면, 복합 곡면의 특성을 충실히 반영하도록 제안된 절차에 따라 보간 값을 구하고, 구해진 보간 값을 사용하여 영상을 확대하는 확대 영상의 화질 개선 기법을 제안한다.

그림 5는 제안 기법에서 사용되는 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$  주변에 있는 4개의 기준 픽셀(흑색 사각형)과 근방

에 있는 12개의 기준 픽셀(회색 사각형)을 나타내고 있다. 픽셀 값이 A, B, C, D인 4개의 기준 픽셀들의 좌표는 그림 1에서와 동일하고, 인접한 12개 기준 픽셀들의 픽셀 값과 픽셀 좌표는 다음과 같다.  $ALU = P_S(x_{i-1}, y_{j-1}), AU = P_S(x_i, y_{j-1}), BU = P_S(x_{i+1}, y_{j-1}), BRU = P_S(x_{i+2}, y_{j-1}), BR = P_S(x_{i+2}, y_j), DR = P_S(x_{i+2}, y_{j+1}), DRB = P_S(x_{i+2}, y_{j+2}), DB = P_S(x_{i+1}, y_{j+2}), CB = P_S(x_i, y_{j+2}), CLB = P_S(x_{i-1}, y_{j+2}), CL = P_S(x_{i-1}, y_{j+1}), AL = P_S(x_{i-1}, y_j)$ .

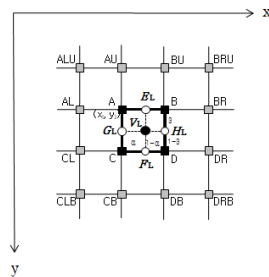


그림 5. 영상의 다양한 곡면 특성을 갖는 보간 값을 구하기 위하여 사용되는 원본 영상내의 기준 픽셀들  
Fig. 5. The standard pixels used for the calculation of the interpolated value which have the characteristics of the various curved surface in source image

그림 5에서 보는 바와 같이, 제안 기법에서는 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$ 에 존재하는 단순 블록 곡면, 단순 오목 곡면, 복합 곡면의 특성을 갖는 보간 값  $V_L$ 을 구하기 위하여 먼저 역방향 사상된 좌표에서 x축 방향의 곡면 특성을 조사한 후 해당 곡면의 특성을 충실히 반영하는 x축 방향의 보간 값  $E_L, F_L$ 을 구한다. 또한 역방향 사상된 좌표에서 y축 방향의 곡면 특성을 조사한 후 해당 곡면 특성을 충실히 반영하는 y축 방향의 보간 값  $G_L, H_L$ 을 구한다. x축 방향의 곡면 특성을 갖는 보간 값  $E_L, F_L$ 과 y축 방향의 곡면 특성을 갖는 보간 값  $G_L, H_L$ 에 대하여 제안된 방법을 적용하여 최종적인 보간 값  $V_L$ 을 구한다. 구해진 보간 값  $V_L$ 은 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$ 에 존재하는 실제 영상의 단순 블록 곡면, 단순 오목 곡면, 복합 곡면의 특성을 충실히 갖게 되기 때문에 보간 값  $V_L$ 을 사용하여 생성된 확대 영상의 화질이 향상된다. 제안 기법의 흐름도(flow chart)는 그림 6과 같다. 그림 6에서  $\{x, y\}$ 는 x와 y 중에서 하나를 선택하는 것을 의미한다. 실제 영상에 존재하는 단순 블록 곡면, 단순 오목 곡면, 복합 곡면의 특성을 충실히 갖도록 보간 값  $V_L$ 을 구하는 제안 기법의 절차는 다음과 같다.

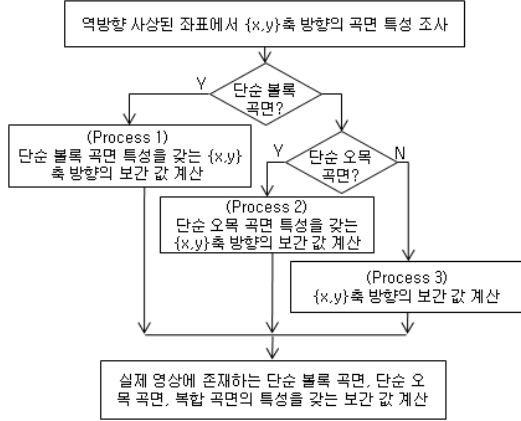


그림 6. 제안 기법의 흐름도

Fig. 6. The flow chart of the proposed algorithm

**Step 1.** x축 방향의 보간 값  $E_L$ ,  $F_L$ 을 구한다. 즉, 픽셀 값이 A와 B인 기준 픽셀을 포함하는 부분과 픽셀 값이 C와 D인 기준 픽셀을 포함하는 부분의 원본 영상에서 곡면 특성 추정 기법을 적용하여 실제 영상에 존재하는 x축 방향의 곡면 특성을 추정한 후 해당 곡면의 특성을 충실히 갖도록 각 x축 방향의 보간 값  $E_L$ ,  $F_L$ 을 구한다.

제안된 곡면 특성 추정기법은 다음과 같다. 임의의 두 지점  $(x_1, y_1)$ 과  $(x_2, y_2)$ 를 지나는 직선의 방정식은 식 (9)와 같고, 직선방정식에서 기울기는  $(y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)$  이다. 식 (9)를 이용하면 상호 인접한 픽셀사이의 직선방정식을 간단히 구할 수 있다. 픽셀 값이 A인 기준 픽셀과 x축으로 인접한 ALU, AL, CL의 픽셀 값을 갖는 기준 픽셀사이에서, 픽셀 값에 대하여 x축 방향만을 고려한 직선의 방정식을 구한다. 즉,  $(x_{i-1}, ALU)$ 와  $(x_i, A)$ 를 지나는 직선의 방정식  $P_{A1}(x)$ 은 식 (10)과 같이 되고,  $(x_{i-1}, AL)$ 과  $(x_i, A)$ 를 지나는 직선의 방정식  $P_{A2}(x)$ 는 식 (11)과 같이 되며,  $(x_{i-1}, CL)$ 과  $(x_i, A)$ 를 지나는 직선의 방정식  $P_{A3}(x)$ 는 식 (12)와 같이 된다. 그리고 각각의 직선방정식에서의 기울기  $G_{A1}(x)$ ,  $G_{A2}(x)$ ,  $G_{A3}(x)$ 는 식 (13), (14), (15)와 같이 된다.

동일한 방법으로 픽셀 값이 B인 기준 픽셀과 x축으로 인접한 BRU, BR, DR의 픽셀 값을 갖는 기준 픽셀사이에서, 픽셀 값에 대하여 x축 방향만을 고려한 직선의 방정식을 구한다. 즉,  $(x_{i+2}, BRU)$ 와  $(x_{i+1}, B)$ 를 지나는 직선의 방정식  $P_{B1}(x)$ 은 식 (16)과 같이 되고,  $(x_{i+2}, BR)$ 과  $(x_{i+1}, B)$ 를 지나는 직선의 방정식  $P_{B2}(x)$ 는 식 (17)과 같이 되며,  $(x_{i+2}, DR)$ 과  $(x_{i+1}, B)$ 를 지나는 직선의 방정식  $P_{B3}(x)$ 는 식 (18)과 같이 된다. 각 직선방정식에서의 기울기  $G_{B1}(x)$ ,  $G_{B2}(x)$ ,  $G_{B3}(x)$ 는 식 (19), (20), (21)과 같이 된다.

$$y = \{(y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)\}(x - x_1) + y_1 \quad (9)$$

$$P_{A1}(x) = \{(A - ALU) / (x_i - x_{i-1})\}(x - x_{i-1}) + ALU \quad (10)$$

$$P_{A2}(x) = \{(A - AL) / (x_i - x_{i-1})\}(x - x_{i-1}) + AL \quad (11)$$

$$P_{A3}(x) = \{(A - CL) / (x_i - x_{i-1})\}(x - x_{i-1}) + CL \quad (12)$$

$$G_{A1}(x) = (A - ALU) / (x_i - x_{i-1}) \quad (13)$$

$$G_{A2}(x) = (A - AL) / (x_i - x_{i-1}) \quad (14)$$

$$G_{A3}(x) = (A - CL) / (x_i - x_{i-1}) \quad (15)$$

$$P_{B1}(x) = \{(B - BRU) / (x_{i+1} - x_{i+2})\}(x - x_{i+2}) + BRU \quad (16)$$

$$P_{B2}(x) = \{(B - BR) / (x_{i+1} - x_{i+2})\}(x - x_{i+2}) + BR \quad (17)$$

$$P_{B3}(x) = \{(B - DR) / (x_{i+1} - x_{i+2})\}(x - x_{i+2}) + DR \quad (18)$$

$$G_{B1}(x) = (B - BRU) / (x_{i+1} - x_{i+2}) \quad (19)$$

$$G_{B2}(x) = (B - BR) / (x_{i+1} - x_{i+2}) \quad (20)$$

$$G_{B3}(x) = (B - DR) / (x_{i+1} - x_{i+2}) \quad (21)$$

실제 영상에는 인접한 픽셀사이에서 비슷한 값을 갖는 지역성(locality)이 존재하기 때문에 픽셀 값이 A인 기준 픽셀에서 x축 방향의 직선방정식의 기울기  $G_{A1}(x)$ ,  $G_{A2}(x)$ ,  $G_{A3}(x)$ 가 모두 양의 값이고 동시에 픽셀 값이 B인 기준 픽셀에서 x축 방향의 직선방정식의 기울기  $G_{B1}(x)$ ,  $G_{B2}(x)$ ,  $G_{B3}(x)$ 가 모두 음의 값이면 픽셀 값이 A, B인 기준 픽셀을 포함하는 부분의 실제 영상이 x축 방향으로 단순 블록 곡면을 갖는다고 추정한다. 반대로  $G_{A1}(x)$ ,  $G_{A2}(x)$ ,  $G_{A3}(x)$ 가 모두 음의 값이고 동시에  $G_{B1}(x)$ ,  $G_{B2}(x)$ ,  $G_{B3}(x)$ 가 모두 양의 값이면 픽셀 값이 A와 B인 기준 픽셀을 포함하는 부분의 실제 영상이 x축 방향으로 단순 오목 곡면을 갖는다고 추정한다. x축 방향의 곡면이 단순 블록 곡면으로 추정되면 process 1, 단순 오목 곡면으로 추정되면 process 2, 단순 블록 곡면이나 단순 오목 곡면이 아닌 경우에는 process 3의 과정을 수행하여 x축 방향의 보간 값  $E_L$ 을 계산한다.

Process 1: 실제 영상에 존재하는 x축 방향의 단순 블록 곡면 특성을 충실히 갖는 보간 값  $E_L$ 을 다음과 같이 구한다. 픽셀 값이 A인 기준 픽셀에서 x축 방향의 직선방정식 (10)~(12)에  $x = x_r$ 을 대입하여  $P_{A1}(x_r)$ ,  $P_{A2}(x_r)$ ,  $P_{A3}(x_r)$ 을 구한 후, 식 (22)와 같이 양선형 보간 값  $E$ 에 가장 가까운 값인 최소값을  $P_A(x_r)$ 로 둔다. 픽셀 값이 B인 기준 픽셀에서 x축 방향의 직선방정식 (16)~(18)에  $x = x_r$ 을 대입하여  $P_{B1}(x_r)$ ,  $P_{B2}(x_r)$ ,  $P_{B3}(x_r)$ 을 구하고, 양선형 보간 값  $E$ 에 가장 가까운 값인 최소값을 식 (23)과 같이  $P_B(x_r)$ 로 둔다. 이러한 경우를 그림 7에 나타내었다.

$$P_A(x_r) = \min\{P_{A1}(x_r), P_{A2}(x_r), P_{A3}(x_r)\} \quad (22)$$

$$P_B(x_r) = \min\{P_{B1}(x_r), P_{B2}(x_r), P_{B3}(x_r)\} \quad (23)$$

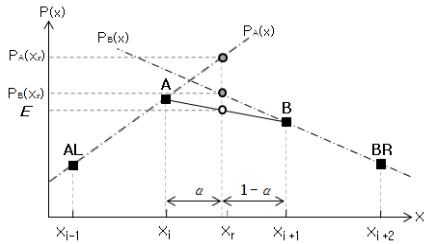


그림 7. 단순 볼록 곡면에서의 보간 값 계산  
Fig. 7. Interpolated value calculation in the case of simple convex surface

$x_r$ 이  $x_i$ 에 가까울수록  $\alpha$ 의 값이 작아지게 되어 식 (1)에서 보는 바와 같이 보간 값은 픽셀 값 A에 더 큰 영향을 받고,  $x_r$ 이  $x_{i+1}$ 에 가까울수록  $\alpha$ 의 값이 커져서 보간 값은 픽셀 값 B에 더 큰 영향을 받게 된다. 이러한 성질에 기초하여 픽셀 값 A에 영향을 받는  $P_A(x_r)$ 과 픽셀 값 B에 영향을 받는  $P_B(x_r)$ 에 의하여 결정되는 보간 값  $E_C$ 를 식 (24)와 같이 정의한다. 식 (24)에서 사용된  $\lambda$ 는 양선형 보간법에 의해서 구해진 보간 값  $E$ 를 고려하여  $P_A(x_r)$ ,  $P_B(x_r)$ 을 보정하는 정도를 결정하는 값이다. 그리고 x축 방향의 최종적인 보간 값  $E_L$ 은 식 (25)와 같이  $E_C$ 와 양선형 보간법에 의해서 구해진 보간 값  $E$ 에 의해서 결정된다. 식 (25)에서 사용된  $\delta$ 는  $E_C$ 와  $E$ 가 x축 방향의 최종적인 보간 값  $E_L$ 에 기여하는 정도를 결정하는 값이다.

$$E_C = \{P_A(x_r) - (P_A(x_r) - E) \cdot \lambda\} \cdot (1 - \alpha) + \{P_B(x_r) - (P_B(x_r) - E) \cdot \lambda\} \cdot \alpha \tag{24}$$

$$E_L = E_C \cdot \delta + E \cdot (1 - \delta) \tag{25}$$

식 (25)를 사용하여 계산된 x축 방향의 최종적인 보간 값  $E_L$ 이 실제 영상의 곡면 특성을 더욱 정교하게 반영 하도록 하기 위하여  $\delta$ 는 실제 영상의 곡면 특성에 따라 식 (26)과 같이 적응적인 값을 갖는다. 즉, 맞은편 부분인 픽셀 값이 C와 D인 기준 픽셀을 포함하는 부분의 실제 영상이 x축 방향으로 단순 볼록 곡면을 갖는 경우에는 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$  주위의 실제 영상이 x축 방향으로 더욱 안정적인 단순 볼록 곡면을 갖는 경우이므로 계산된  $E_C$ 의 값이 보간 값  $E_L$ 에 더 많이 반영되도록  $\delta$ 가 큰 값( $K + \epsilon$ )을 갖고, 픽셀 값이 C와 D인 기준 픽셀을 포함하는 부분의 실제 영상이 x축 방향으로 단순 볼록 곡면이 아닐 경우에는 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$  주위의 실제 영상이 x축 방향으로 부분적인 단순 볼록 곡면이므로 계산된  $E_C$ 의 값이 보간 값  $E_L$ 에 더 적게 반영되도록  $\delta$ 는 적은 값( $K - \epsilon$ )을 갖는다. 식 (26)과 같이

곡면의 특성에 따라  $\delta$ 가 적응적인 값을 갖게 되면 구해진 보간 값  $E_L$ 은 실제 영상의 곡면 특성을 더욱 충실하게 반영하게 된다. 식 (26)에서 보는 바와 같이 원본 영상의 최 외곽에 있는 픽셀들에서는 제안된 곡면 특성 추정 기법을 적용할 수 없으므로 원본 영상의 상, 하, 좌, 우의 가장 바깥쪽 픽셀들에 대해서는  $\delta$ 가 일정한 값( $K$ )을 갖도록 한다.  $\delta$ 는 0과 1사이의 실수값이다.

보간 값  $E_L$ 을 구하는 것과 동일한 방법으로  $F_L$ 을 구한다. 즉, 픽셀 값이 C와 D인 기준 픽셀을 포함하는 부분의 원본 영상에서 실제 영상의 x축 방향의 곡면 특성을 추정한 후 x축 방향의 최종적인 보간 값  $F_L$ 을 구한다.

$$\delta = \begin{cases} K + \epsilon & (\text{맞은편 곡면 특성이 서로 동일}) \\ K - \epsilon & (\text{맞은편 곡면 특성이 서로 상이}) \\ K & (\text{for 원본 영상의 최 외곽 픽셀}) \end{cases} \tag{26}$$

Process 2: 실제 영상에 존재하는 x축 방향의 단순 오목 곡면 특성을 충실하게 갖는 보간 값  $E_L$ 을 다음과 같이 구한다. 픽셀 값이 A인 기준 픽셀에서 x축 방향의 직선방정식 (10)~(12)에  $x=x_r$ 을 대입하여  $P_{A1}(x_r)$ ,  $P_{A2}(x_r)$ ,  $P_{A3}(x_r)$ 을 구한 후, 식 (27)과 같이 양선형 보간 값  $E$ 에 가장 가까운 값인 최대값을  $P_A(x_r)$ 로 둔다. 식 (16)~(18)에  $x=x_r$ 을 대입하여 구해진  $P_{B1}(x_r)$ ,  $P_{B2}(x_r)$ ,  $P_{B3}(x_r)$  중에서 양선형 보간 값  $E$ 에 가장 가까운 값인 최대값을  $P_B(x_r)$ 로 둔다(식 28). 이러한 경우를 그림 8에 나타내었다.  $P_A(x_r)$ 과  $P_B(x_r)$ 에 의하여 결정되는 보간 값  $E_C$ 는 식 (29)와 같이 구해지고, x축 방향의 최종적인 보간 값  $E_L$ 은 식 (25)와 같이 구해진다.

$$P_A(x_r) = \max\{P_{A1}(x_r), P_{A2}(x_r), P_{A3}(x_r)\} \tag{27}$$

$$P_B(x_r) = \min\{P_{B1}(x_r), P_{B2}(x_r), P_{B3}(x_r)\} \tag{28}$$

$$E_C = \{P_A(x_r) + (E - P_A(x_r)) \cdot \lambda\} \cdot (1 - \alpha) + \{P_B(x_r) + (E - P_B(x_r)) \cdot \lambda\} \cdot \alpha \tag{29}$$

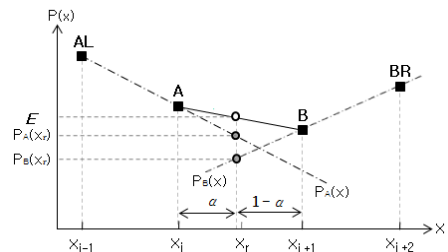


그림 8. 단순 오목 곡면에서의 보간 값 계산  
Fig. 8. Interpolated value calculation in the case of simple concave surface

$E_L$  계산에 사용되는  $\delta$ 의 값은 Process 1에서와 동일하

계 식 (26)과 같이 실제 영상의 곡면 특성에 따라 적응적인 값을 갖는다. 맞은편 곡면이 동일한 곡면 특성을 가지면  $\delta$ 는 큰 값( $K + \epsilon$ )을 갖고, 상이한 곡면 특성을 가지면  $\delta$ 는 작은 값( $K - \epsilon$ )을 갖는다.

Process 3: x축 방향으로 단순 블록 곡면도 아니고 단순 오목 곡면도 아니므로 픽셀 값 A와 B를 사용하여 양선형 보간 값 E를 식 (1)과 같이 구한 후, 보간 값 E를  $E_L$ 로 둔다.

보간 값  $E_L$ 을 구하는 것과 동일한 방법으로  $F_L$ 을 구한다. 즉, 픽셀 값이 C와 D인 기준 픽셀을 포함하는 부분의 원본 영상에서 실제 영상의 x축 방향의 곡면 특성을 추정할 후 x축 방향의 최종적인 보간 값  $F_L$ 을 구한다.

**Step 2.** y축 방향의 보간 값  $G_L, H_L$ 을 구한다. 즉, 픽셀 값이 A와 C인 기준 픽셀을 포함하는 부분과 픽셀 값이 B와 D인 기준 픽셀을 포함하는 부분의 원본 영상에서 곡면 특성 추정 기법을 적용하여 실제 영상에 존재하는 y축 방향의 곡면 특성을 추정할 후 해당 곡면의 특성을 충실히 갖도록 각 y축 방향의 보간 값  $G_L, H_L$ 을 구한다.

픽셀 값이 A인 기준 픽셀과 y축으로 인접한 ALU, AU, BU의 픽셀 값을 갖는 기준 픽셀사이에서 픽셀 값에 대하여 y축 방향만을 고려한 직선의 방정식을 구한다. 즉,  $(y_{i-1}, ALU)$ 와  $(y_i, A)$ 를 지나는 직선의 방정식  $P_{A1}(y)$ ,  $(y_{i-1}, AU)$ 와  $(y_i, A)$ 를 지나는 직선의 방정식  $P_{A2}(y)$ ,  $(y_{i-1}, BU)$ 와  $(y_i, A)$ 를 지나는 직선의 방정식  $P_{A3}(y)$ 를 간단히 구할 수 있으며 각 직선방정식의 기울기  $G_{A1}(y), G_{A2}(y), G_{A3}(y)$ 를 구할 수 있다. 마찬가지로 픽셀 값이 C인 기준 픽셀과 y축으로 인접한 CLB, CB, DB의 픽셀 값을 갖는 기준 픽셀사이에서 픽셀 값에 대하여 y축 방향만을 고려한 직선의 방정식  $P_{C1}(y), P_{C2}(y), P_{C3}(y)$ 를 간단히 구할 수 있으며 각 직선방정식의 기울기  $G_{C1}(y), G_{C2}(y), G_{C3}(y)$ 를 구할 수 있다.

픽셀 값이 A인 기준 픽셀에서 y축 방향의 직선방정식의 기울기  $G_{A1}(y), G_{A2}(y), G_{A3}(y)$ 가 모두 양의 값이고 동시에 픽셀 값이 C인 기준 픽셀에서 y축 방향의 직선방정식의 기울기  $G_{C1}(y), G_{C2}(y), G_{C3}(y)$ 가 모두 음의 값인 경우에는 픽셀 값이 A와 C인 기준 픽셀을 포함하는 부분의 실제 영상이 y축 방향으로 단순 볼록 곡면을 갖는다고 추정한다. 반대로  $G_{A1}(y), G_{A2}(y), G_{A3}(y)$ 가 모두 음의 값이고 동시에  $G_{C1}(y), G_{C2}(y), G_{C3}(y)$ 가 모두 양의 값이면 픽셀 값이 A와 C인 기준 픽셀을 포함하는 부분의 실제 영상이 y축 방향으로 단순 오목 곡면을 갖는다고 추정한다. y축 방향의 곡면이 단순 볼록 곡면으로

추정되면 process 1, 단순 오목 곡면으로 추정되면 process 2, 단순 볼록 곡면이나 단순 오목 곡면이 아닌 경우에는 process 3의 과정을 수행하여 y축 방향의 보간 값  $G_L$ 을 계산한다.

Process 1과 Process 2는 x축과 y축 간의 대응관계를 제외하고는 Step 1에서의 Process 1, Process 2와 동일하다. Process 3은 다음과 같다.

Process 3: y축 방향으로 단순 볼록 곡면도 아니고 단순 오목 곡면도 아니므로 식 (30)과 같이 픽셀 값 A와 C를 사용하여 양선형 보간 값을 구한 후, 구해진 보간 값을  $G_L$ 로 둔다.

$$G_L = A \cdot (1 - \beta) + C \cdot \beta \quad (30)$$

$$H_L = B \cdot (1 - \beta) + D \cdot \beta \quad (31)$$

y축 방향의 최종적인 보간 값  $G_L$ 을 구하는 것과 동일한 방법으로  $H_L$ 을 구한다. 즉, 픽셀 값이 B와 D인 기준 픽셀을 포함하는 부분의 원본 영상에서 곡면 특성 추정 기법을 적용하여 실제 영상에 존재하는 y축 방향의 곡면 특성을 추정할 후 단순 볼록 곡면이면 Process 1, 단순 오목 곡면이면 Process 2의 과정을 수행하여 y축 방향의 최종적인 보간 값  $H_L$ 을 구한다. 단순 볼록 곡면도 아니고 단순 오목 곡면도 아닌 경우에는 Process 3의 식 (31)과 같이 y축 방향의 최종 보간 값을  $H_L$ 을 구한다.

**Step 3.** 구해진 보간 값  $E_L, F_L, G_L, H_L$ 을 사용하여 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$ 에서의 보간 값  $V_L$ 을 식 (32)와 같이 구하고, 식 (33)에서 보는 바와 같이 구해진 보간 값  $V_L$ 을 확대 영상의 보간 픽셀의 픽셀 값으로 한다.

$$V_L = \{(E_L \cdot (1 - \beta) + F_L \cdot \beta) + (G_L \cdot (1 - \alpha) + H_L \cdot \alpha)\} / 2 \quad (32)$$

$$P_m(x, y) = V_L \quad (33)$$

제안 기법의 절차에 따라 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$ 에서 구해진 보간 값은 3가지 곡면 특성의 값을 갖게 된다. 첫 번째는 x축 방향과 y축 방향의 곡면 특성이 모두 단순 볼록 곡면인 경우에는 구해진 보간 값은 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$  주위에 있는 4개의 기준 픽셀 값을 꼭지 점으로 하는 단순 볼록 곡면상의 한 점에 해당하는 픽셀 값을 보간 값으로 갖게 된다. 두 번째는 x축 방향과 y축 방향의 곡면 특성이 모두 단순 오목 곡면인 경우에는 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$  주위

에 있는 4개의 기준 픽셀 값을 꼭지 점으로 하는 단순 오목 곡면상의 한 점에 해당하는 픽셀 값을 보간 값으로 갖게 된다. 세 번째는 x축 방향과 y축 방향의 곡면 특성이 하나라도 동일하지 않은 경우에는 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$  주위의 상, 하 x축 방향의 곡면 특성과 좌, 우 y축 방향의 곡면 특성의 조합에 따른 복합적인 곡면상의 한 점에 해당하는 픽셀 값을 갖게 된다.

제안 기법을 적용하여 역방향 사상된 좌표  $(x_r, y_r)$ 에서 구한 보간 값은 실제 영상에 존재하는 단순 블록 곡면, 단순 오목 곡면, 복합 곡면의 특성을 충실히 반영하게 된다. 따라서 제안 기법을 적용하여 영상을 확대하면 확대 영상이 실제 영상에 더욱 근접하게 되기 때문에 확대 영상의 화질이 향상된다. 제안 기법의 절차는 그림 9와 같다.

```

for (확대 영상의 모든 픽셀의 좌표 (x, y)에 대하여 반복)
(역방향 사상된 원본 영상내의 좌표 (xr, yr) 계산:
if(역방향 사상된 좌표 (xr, yr) 값이 정수?)
{ 해당좌표의 기준 픽셀 값을 확대 영상의 픽셀 값으로 함 ;
  continue;
}
(xr, yr) 주위의 4개 기준 픽셀, 이와 접한 12개의 기준 픽셀 선택 ;
for(b=0; b<2; i++) {
  if(좌표 (xi, yj+b)와 (xi+1, yj+b)를 포함하는 부분==단순블록곡면){
    단순 블록 곡면의 특성이 반영된 보간 값 {EC, FC} 계산 ;
    좌표 (xi, yj+b+(-1)b), (xi+1, yj+b+(-1)b)부분의 원본 영상에서, 실제
    영상의 x축 방향의 곡면 특성 조사 및 δ값 결정;
    해당 곡면 특성이 반영된 x축방향의 보간값 {EL, FL}계산;
  }
  else if(좌표 (xi, yj+b), (xi+1, yj+b)를 포함하는부분==단순오목곡면){
    단순 오목 곡면의 특성이 반영된 보간 값 {EC, FC} 계산;
    좌표 (xi, yj+b+(-1)b), (xi+1, yj+b+(-1)b)부분의 원본 영상에서, 실제
    영상의 x축 방향의 곡면 특성 조사 및 δ값 결정;
    해당곡면의 특성이 반영된 x축방향의 보간값 {EL, FL}계산;
  }
  else
  식 (1), (2)를 적용하여 x축 방향의 보간 값 {EL, FL} 계산;
}
for(a=0; a<2; i++) {
  if(좌표 (xi+a, yj)와 (xi+a, yj+1)를 포함하는 부분==단순블록곡면){
    단순 블록 곡면의 특성이 반영된 보간 값 {GC, HC}계산;
    좌표 (xi+a+(-1)a, yj), (xi+a+(-1)a, yj+1)부분의 원본 영상에서,
    실제 영상의 y축 방향의 곡면 특성 조사 및 δ값 결정;
    해당 곡면 특성이 반영된 y축방향의 보간값 {GL, HL}계산;
  }
  else if(xi+a, yj)와 (xi+a, yj+1)를 포함하는 부분==단순 오목 곡면){
    단순 오목 곡면의 특성이 반영된 보간 값 {GC, HC} 계산;
  }
}

```

```

  좌표 (xi+a+(-1)a, yj), (xi+a+(-1)a, yj+1)부분의 원본 영상에서,
  실제 영상의 y축 방향의 곡면 특성 조사 및 δ값 결정;
  해당 곡면 특성이 반영된 y축 방향의 보간값 {GL, HL}계산;
}
else
  식 (30), (31)을 적용하여 y축 방향의 보간 값 {GL, HL} 계산;
}
VL = {(EL·(1-β)+FL·β)+(GL·(1-α)+HL·α)}/2 ;
Pm(x, y)=VL
}

```

그림 9. 제안 기법의 절차  
Fig. 9. The procedure of the proposed scheme

### IV. 실험 결과

본 논문에서 제안한 기법의 성능을 평가하기 위하여 256x256픽셀 크기의 Lenna, Girl, Hat, Vegas 영상을 사용하였다. 각 영상을 x축 방향과 y축 방향으로 각각 4배 축소된 영상인 64x64픽셀 크기의 축소된 영상이 원본 영상으로 사용되었다. 64x64픽셀 크기의 원본 영상에 대하여 최근방 이웃 화소 보간법, 양선형 보간법, 3차 회선 보간법, 제안 기법을 적용하여 x축 방향과 y축 방향으로 각각 2배 확대한 영상과 4배 확대한 영상을 생성하였다. 원본 영상으로부터 가로축·세로축 방향으로 각각 2배 확대한 영상과 실제 영상을 2배 서브샘플링(subsampling)한 영상간에 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) 값을 측정하였고, 원본 영상을 가로축·세로축 방향으로 각각 4배 확대한 영상은 실제 영상간에 PSNR 값을 측정하여 제안 기법의 성능을 평가하였다.

실험에 사용된 원본 영상과 각 기법을 적용하여 확대한 확대영상을 그림 10에 나타내었다. 1번 영상은 64x64크기의 원본 영상들이고, 2~5번 영상은 x축과 y축 방향으로 각각 2배 확대한 128x128크기의 영상들이고, 6~9번 영상은 x축과 y축 방향으로 각각 4배 확대한 256x256크기의 확대 영상들이다.

본 논문의 실험에서는 식 (8)에서의 a값은 -0.5, 식 (24), (29)에서의 λ값은 0.05로 하였다. 그리고 식 (26)의 K값은 0.9, ε 값은 0.07로 하였다. 원본영상에 대하여 최근방 이웃 화소 보간법, 양선형 보간법, 3차 회선 보간법, 그리고 본 논문의 제안 기법을 적용하여 x축과 y축 방향으로 각각 2배, 4배 확대한 영상에 대하여 PSNR 값을 측정할 실험 결과들이 표 1에 나타나 있다. 표 1에서 보는 바와 같이 본 논문에서 제안한 기법을 적용하여 원본 영상을 가로축 방향과 세로축 방향으로 각각 2배, 4배 확대한 영상의 화질이 기존의 기법들에 비하여 각각 0.0108dB~4.2037dB,

0.0250dB~3.1930dB 향상되었다.

기존의 기법과 제안 기법을 적용하여 확대 영상을 생성하는데 소요되는 시간을 밀리초(millisecond) 단위로 측정한 실험결과를 표 2에 나타내었다. 제안 기법을 적용하여 영상을 확대하면 기존의 기법들에 비하여 시간이 많이 소요된다. 이러한 결과는 실제 영상에 존재하는 x축 방향과 y축 방향의 곡면 특성을 추정하는 시간과 해당 곡면 특성을 충실히 반영하도록 하는 정교한 절차들을 수행하는데 걸리는 시간이 더해지기 때문이다. 제안 기법의 실행 시간이 양선형 보간법에 비하여 4배 이상 많이 소요되나 화질은 부분적으로 개선되었다.





(c-8) 3차 회선 보간법



(c-9) 제안 기법



(d-6) 최근접 이웃 화소 보간법



(d-7) 양선형 보간법



(d-8) 3차 회선 보간법



(d-9) 제안 기법

그림 10. 기존 기법 및 제안 기법을 적용하여 원본 영상을 x축, y축 방향으로 각각 2, 4배 확대한 영상

Fig. 10. 2, 4-times magnified image using the previous schemes and the proposed scheme

표 1. 가로축 세로축 방향으로 각각 2배, 4배 확대한 영상의 PSNR 실험값(dB)

Table 1. PSNR values of the 2-times, 4-times magnified images(dB)

	최근접 이웃화소 보간법	양선형 보간법	3차 회선 보간법	제안 기법
Lenna(2배)	21.31340	24.6101	24.5159	24.6623
Girl (2배)	23.9339	27.3220	26.4322	27.3362
Hat (2배)	20.7050	24.7768	24.8022	24.9087
Vegas(2배)	21.4245	24.7471	24.7175	24.7579
Lenna(4배)	21.9866	24.3946	24.2698	24.4688
Girl (4배)	23.8110	26.9077	26.0178	26.9634
Hat (4배)	21.4360	24.4735	24.3213	24.6290
Vegas(4배)	21.8815	24.3729	24.3299	24.3979

표 2. 가로축 세로축 방향으로 각각 2배, 4배 확대하는 시간(ms)

Table 2. Execution time for the 2-times, 4-times magnified images(ms)

	최근접 이웃화소 보간법	양선형 보간법	3차 회선 보간법	제안 기법
Lenna(2배)	2.18	5.62	7.48	20.75
Girl (2배)	2.19	5.93	7.33	20.44
Hat (2배)	2.03	5.61	7.65	20.59
Vegas(2배)	2.49	5.46	7.64	20.28
Lenna(4배)	5.30	20.59	27.30	91.57
Girl (4배)	5.16	20.44	27.46	91.11
Hat (4배)	5.46	20.90	27.77	91.88
Vegas(4배)	5.31	20.43	27.61	91.73

## V. 결론

본 논문에서는 실제 영상에 존재하는 단순 블록 곡면, 단순 오목 곡면, 복합 곡면의 특성을 충실하게 반영하는 보간 값을 계산하여 확대 영상의 화질을 효과적으로 개선하는 기법을 제안하였다. 256x256 픽셀 크기의 Lenna, Girl, Hat, Vegas 영상을 가로축 방향과 세로축 방향으로 4배 축소한 64x64 픽셀 크기의 Lenna, Girl, Hat, Vegas 영상에 대하여 최근방 이웃 화소 보간법, 양선형 보간법, 3차 회선 보간법, 제안 기법을 적용하여 x축과 y축 방향으로 각각 2배, 4배 확대한 128x128픽셀크기와 256x256 픽셀 크기를 갖는 확대 영상들을 생성하였다. 제안 기법을 적용하여 가로축 방향과 세로축 방향으로 2배, 4배 확대한 영상의 PSNR 값을 측정 한 결과, 기존의 기법을 적용하여 확대한 확대 영상의 PSNR 값에 비하여 각각 0.0108dB~4.2037dB, 0.0250dB~3.1930dB 향상되었다.

이러한 화질 향상은 제안기법을 적용하여 실제 영상에 존재하는 단순 블록 곡면, 단순 오목 곡면, 복합 곡면상의 값을 충실하게 갖는 보간 값을 구하고 이를 확대 영상의 보간 픽셀 값으로 하여 확대 영상을 구성하면 확대 영상이 실제 영상에 더욱 가깝게 되기 때문이다.

## 참고문헌

- [1] I. N. Bankman, "Handbook of Medical Imaging, Processing and Analysis," Academic Press, pp. 393-420, 2000.

- [2] J. Shi, and S. E. Reichenbach, "Image Interpolation by Two-Dimensional Parametric Cubic Convolution," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 15, no. 7, pp. 1857-1870, July 2006.
- [3] S. M. Guo, C. Y. Hsu, G. C. Shin, and C. W. Chen, "Fast Pixel-size-based Large-scale Enlargement and Reduction of Image: Adaptive Combination of Bilinear Interpolation and Discrete Cosine Transform," Journal of Electronic Imaging, Vol. 20, No. 3, August 2011.
- [4] Y. C. Hu, W. L. Chen, and J. R. Zeng, "Adaptive Image Zooming based on Bilinear Interpolation and VQ Approximation," Communications in Computer and Information Science, Vol. 260, pp. 310-319, December 2011.
- [5] K. B. Kim, "Panoramic Image Improvement using Forward Warping and Bilinear Interpolation Method," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering," Vol. 16, No. 10, pp. 2108-2112, Oct. 2012.
- [6] H. M. Moon, and S. B. Pan, "The LDA-based Long Distance Face Recognition using Multiple Distance Face Image and Bilinear Interpolation," Journal of Korean Institute of Information Technology," Vol. 11, No. 3, pp. 95-101, March 2013.
- [7] A. K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing," Prentice Hall, 2005.
- [8] Y. Bai, and H. Zhuang, "On the Comparison of Bilinear, Cubic Spline, and Fuzzy Interpolation Techniques for Robotic Position Measurements," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 54, Issue 6, pp. 2281-2288, December 2005.
- [9] 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, pp. 1988-1995, Nov. 2000.
- [10] J. W. Yoo, D. H. Park, and Y. Kim, "An Image Interpolation by Adaptive Parametric Cubic Convolution," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 13, No. 6, pp. 163-171, Nov. 2008.
- [11] X. Li, M. Orchard, "New edge-directed interpolation," IEEE Trans. Image Process, Vol. 10, No. 10, pp. 1521-1527, Oct. 2001.
- [12] J. W. Hwang, and H. S. Lee, "Adaptive image interpolation based on local gradient features," IEEE Signal Processing Letters, Vol. 11, No. 3, pp.359-362, March 2004.
- [13] 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, pp. 109-110, June 2005.
- [14] T. Mori, K. Kameyama, Y. Ohmiya, and J. Lee, "Image Resolution Conversion Based on an Edge-Adaptive Interpolation Kernel," IEEE Pacific Rim Conference, pp. 497-500, Aug. 2007.
- [15] S. M. Jung and B. W. On, "An effective quality improvement scheme of magnified image using the surface characteristics in image," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 19, No. 8, pp. 45-54, Aug. 2014.

## 저 자 소개



### 정 수 목

1984: 경북대학교 전자공학과 공학사

1986: 경북대학교 대학원 공학석사

2002: 고려대학교 대학원 컴퓨터학과  
이학박사

현 재: 삼육대학교 컴퓨터학부 교수

관심분야: 멀티미디어, 영상처리

E-mail: jungsm@syu.ac.kr