

영상의 곡면 특성을 활용한 효과적인 확대영상의 화질 향상 기법

정수목*, 온병원**

An effective quality improvement scheme of magnified image using the surface characteristics in image

Soo-Mok Jung*, Byung-Won On**

요약

본 논문에서는 확대영상의 화질을 향상시키기 위하여 영상의 곡면 특성을 활용한 효과적인 영상 확대 기법을 제안하였다. 제안된 기법에서 제시된 방법으로 영상의 단순 볼록 곡면 혹은 단순 오목 곡면을 효과적으로 추정하고, 단순 볼록 곡면 혹은 단순 오목 곡면으로 추정된 경우에는 확대하고자 하는 원본영상으로 역방향 사상된 좌표에서의 보간 값을 제안된 기법에서 제시된 효율적인 방법으로 계산하여 해당 곡면의 특성을 잘 반영하는 보간 값을 구한 후 이를 확대영상의 보간 픽셀 값으로 하여 확대영상이 실제영상의 곡면 특성을 충실히 반영하도록 하였다. 또한 단순 볼록 곡면 혹은 단순 오목 곡면이 아닐 경우에는 역방향 사상된 좌표 주위의 기준 픽셀들의 영향을 더욱 정교하게 반영하도록 보간 값을 구하고 이를 확대영상의 보간 픽셀 값으로 한다. 실제 영상에 존재하는 단순 볼록 곡면 혹은 단순 오목 곡면의 특성을 더욱 충실히 반영하여 실제영상에 더욱 근접한 확대영상을 구성하도록 하기 위하여 위의 절차를 반복적으로 적용하여 확대영상을 구성하였다. 제안된 기법을 적용한 확대영상들의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) 값이 기존의 기법들을 적용한 확대영상들보다 큰 것을 실험을 통해 확인하였다.

▶ Keywords : 영상, 영상 확대, 보간, 보간 픽셀, 영상의 화질

Abstract

In this paper, we proposed an effective quality improvement scheme of magnified image using the surface characteristics in image. If the surface in image is estimated as simple convex surface or simple concave surface, the interpolated value can be calculated to have the surface characteristics by using the other method in the proposed scheme. The calculated value becomes the interpolated pixel value in magnified image. So, the magnified image reflects the surface characteristics of the real image. If the surface is not estimated as

•제1저자 : 정수목 •교신저자 : 온병원

•투고일 : 2014. 07. 28, 심사일 : 2014. 8. 6, 게재확정일 : 2014. 8. 19.

* 삼육대학교 컴퓨터학부(Division of Computer, Sahmuook University)

** 군산대학교 통계컴퓨터과학과(Dept. of Statistics & Computer Science, Gunsan National University)

※ 이 연구는 2013학년도 삼육대학교 학술연구비 지원에 의하여 수행되었음.

simple convex surface or simple concave surface, the interpolated value is calculated more accurately than bilinear interpolation by using the method of the proposed scheme. The PSNR values of the magnified images using the proposed schemes are greater than those of the magnified images using the previous interpolation schemes.

▶ Keywords : image, image magnification, interpolation, interpolated pixel, image quality

I. 서론

디지털 영상의 확대, 복원, 인식 등에 널리 사용되고 있는 영상 보간은 중요한 기술로서 영상처리, 컴퓨터비전 등 다양한 분야의 기반기술로 사용되어오고 있다[1]~[5]. 보간 기법을 적용하여 확대한 확대영상은 원본영상에 있는 픽셀들인 기준 픽셀들과 원본영상에 있는 기준 픽셀들을 사용하여 보간된 보간 픽셀들(interpolated pixels)로 구성된다. 따라서 보간 픽셀들의 값이 실제영상의 픽셀 값에 가까울수록 확대영상의 화질이 개선된다.

확대영상의 화질을 개선하는 보간법으로 최근방 이웃 화소 보간법(nearest neighbor interpolation), 스플라인 보간법(spline interpolation), 양선형 보간법(bilinear interpolation), 3차 회선 보간법(cubic convolution interpolation) 등이 있다[6]~[8]. 이러한 보간법은 지역적인 특성을 반영하지 못하는 한계가 있어 경계면에서 흐림 현상이 발생하는 단점이 있다. 3차 보간 기법이 선형 보간 기법에 비하여 우수한 성능을 보이기 때문에 보간 영상의 화질을 개선하기 위하여 제안된 적응 보간법(adaptive interpolation scheme) 구축 시 기본 모델을 3차 보간법에 두는 경우가 많다[9][10]. 그러나 선형 보간법은 3차 보간법보다 상대적으로 간단하고, 또한 적응적인 선형 보간법들은 3차 보간법과 비교해 보간된 영상의 화질이 3차 보간법과 대등하다[11]. 보간 커널의 적용을 영역 변화량의 기울기 값에 따라 다르게 하여 에지 정보를 보존하는 기법이 제안되었으나 보간 화소 값들의 오차정보를 이용하여 부분적인 에지를 보존하지만 오차정보를 예측하는 과정에서 발생하는 부가적인 오차가 에지를 흐리게 하는 문제점이 발생할 수 있는 한계가 있다[12].

본 논문에서는 다양한 영상처리분야에서 기반기술로 폭넓게 사용되고 있는 양선형 보간법[1]~[5]의 치명적인 단점을 극복하기 위하여 기존의 기법[13]을 개선한 효과적인 영상 확대 기법을 제안하였다. 제안 기법은 여기서 실제 영상에 존

재하는 단순 볼록 곡면(simple convex surface) 혹은 단순 오목 곡면(simple concave surface)을 효과적으로 추정하고, 단순 볼록 곡면과 단순 오목 곡면의 특성을 잘 반영하도록 보간 값을 구한 후 이를 확대영상의 보간 픽셀 값으로 하여 확대영상의 실제 영상의 곡면 특성을 충실히 반영하도록 하였다. 또한 단순 볼록 곡면 혹은 단순 오목 곡면이 아닐 경우에는 역방향 사상된 좌표 주위의 기준 픽셀들의 영향을 정교하게 반영하도록 보간 값을 구하고 이를 확대영상의 보간 픽셀 값으로 한다. 실제 영상에 존재하는 단순 볼록 곡면 혹은 단순 오목 곡면의 특성을 보다 충실히 반영하기 위하여 위의 절차를 반복적으로 적용하여 확대영상을 구성하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 기술하였고, 3장에서는 제안 기법에 대하여 기술하였다. 4장에 실험 결과를 기술하였으며 마지막으로 제5장에서 결론을 맺었다.

II. 관련 연구

1. 기존 영상 확대 기법

확대영상은 확대시키려는 원본영상내의 기준 픽셀들과 보간 기법에 의해서 구해진 보간 픽셀들로 구성되며 보간 픽셀들은 원본영상내의 기준 픽셀들을 이용하여 보간 기법의 절차에 따라 계산된다. 따라서 원본영상내의 기준 픽셀들을 이용하여 구해지는 보간 픽셀 값이 실제영상의 픽셀 값에 근접할수록 확대영상의 실제영상에 더욱 가깝게 되어 확대영상의 화질이 향상된다. 보간 기법에서는 역방향 사상을 하여 확대영상의 픽셀 좌표에 대응하는 원본영상내의 좌표를 구한 다음, 좌표 주변의 기준 픽셀들을 이용하여 해당 좌표에서의 픽셀 값을 계산하고 이를 확대영상의 보간 픽셀 값으로 하여 확대영상을 구성한다.

2. 최근방 이웃 화소 보간법

최근방 이웃 화소 보간법(nearest neighbor

interpolation)은 확대영상의 픽셀 좌표로부터 원본영상으로의 역방향 사상을 하여 원본영상 내에서의 좌표 값을 구한 후, 좌표 값이 정수 값이면 해당 위치에 있는 기준 픽셀 값이 확대영상의 픽셀 값이 되고 실수 값이면 실수 좌표에 가장 가까이 있는 기준 픽셀 값이 확대영상의 보간 픽셀 값이 되도록 하는 간단한 보간 기법이다.

확대영상내의 픽셀 위치 (x, y) 에서의 픽셀 값 $P_m(x, y)$ 는 다음과 같이 결정된다. 확대영상내의 위치 (x, y) 에서 원본영상으로 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 가 정수 값이면 원본영상내의 좌표 (x_r, y_r) 에서의 기준 픽셀 값 $P_s(x_r, y_r)$ 가 확대영상의 픽셀 값 $P_m(x, y)$ 가 된다. 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 이 실수 값이면 실수 좌표 (x_r, y_r) 에 가장 가까이 있는 원본영상내의 기준 픽셀의 좌표 (x_q, y_q) 는 식 (1), (2)와 같이 되며 원본영상내의 좌표 (x_q, y_q) 에서의 픽셀 값 $P_s(x_q, y_q)$ 가 (x_r, y_r) 에서의 보간 값 V 가 되어 확대영상의 보간 픽셀의 픽셀 값 $P_m(x, y)$ 가 된다.

$$x_q = (\text{int})(x_r + 0.5) \quad (1)$$

$$y_q = (\text{int})(y_r + 0.5) \quad (2)$$

최근방 이웃 화소 보간법은 간단하기 때문에 구현이 용이하고 수행속도가 빠른 장점이 있으나 확대영상에서 블록화 현상(blocking effect)이 나타나게 되어 확대영상의 품질이 감소하게 되며 이러한 현상은 확대 배율이 증가 할수록 심화되게 되는 단점이 있다. 본 논문에서 사용된 기호들은 다음과 같다. P_m 은 확대영상에서의 픽셀 값을 나타내고, P_s 는 확대하려고 하는 원본영상에서의 픽셀 값을 나타내고, P_v 는 원본영상으로 역방향 사상된 위치에서 보간법을 사용하여 추정된 픽셀 값인 보간 값을 나타낸다.

3. 양선형 보간법

확대영상내의 픽셀 좌표 (x, y) 로부터 원본영상으로 역방향 사상을 하여 원본영상내의 좌표 (x_r, y_r) 을 구한다. 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 이 정수 값이면 원본영상내의 해당좌표에서의 기준 픽셀 값이 확대영상의 픽셀 값이 되며, 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 이 실수 값이면 그림 1과 같이 실수 좌표 (x_r, y_r) 주변에 있는 4개의 기준 픽셀 값과 4개의 기준 픽셀과 역방향 사상된 좌표와의 상대적인 거리에 의해서 결정되는 가중치를 가지고 보간법을 적용하여 추정된 픽셀 값인 보간 값을 계산한 후 이를 확대영상의 보간 픽셀 값으로 한다.

그림 1은 양선형 보간법에서 역방향 사상된 원본영상내의 좌표와 주변 4개의 기준 픽셀과의 관계를 보여주고 있다. 확

대영상내의 픽셀 좌표 (x, y) 에서 원본영상으로 역방향 사상된 원본영상내의 좌표 (x_r, y_r) 을 흑색 원으로 표시하였고, 주변의 4개의 기준 픽셀을 흑색 사각형으로 표시 하였으며 각각의 기준 픽셀 값은 $A=P_s(x_i, y_j)$, $B=P_s(x_{i+1}, y_j)$, $C=P_s(x_i, y_{j+1})$, $D=P_s(x_{i+1}, y_{j+1})$ 이다. 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 에서의 보간 값은 $V=P_v(x_r, y_r)$ 이다.

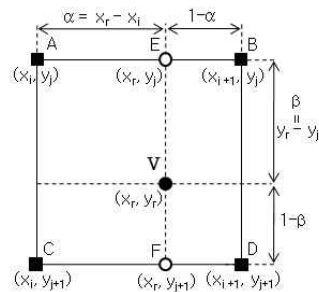


그림 1. 양선형 보간법
Fig. 1. Bilinear interpolation

그림 1에 나타난 α, β 는 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 과 주변에 있는 4개의 기준 픽셀과의 상대적 거리에 의해서 결정되는 값으로 식 (3), (4)와 같이 정의되고 0과 1사이의 실수 값을 갖는다.

$$\alpha = x_r - x_i \quad (3)$$

$$\beta = y_r - y_j \quad (4)$$

양선형 보간법을 사용하여 좌표 (x_r, y_r) 에서의 보간 값 $P_v(x_r, y_r)$ 계산은 다음과 같은 절차를 따라 수행된다. 식 (5), (6)과 같이 x축 방향으로 보간을 수행하여 보간 값 E, F를 구한 후 식 (7)과 같이 E, F를 사용하여 y축 방향으로 보간을 수행하여 좌표 (x_r, y_r) 에서의 보간 값 $V=P_v(x_r, y_r)$ 를 구한다. 구해진 보간 값 V 가 확대영상내의 좌표 (x, y) 에서의 보간 픽셀 값 $P_m(x, y)$ 이 된다.

$$E = P_v(x_r, y_j) = A \cdot (1 - \alpha) + B \cdot \alpha \quad (5)$$

$$F = P_v(x_r, y_{j+1}) = C \cdot (1 - \alpha) + D \cdot \alpha \quad (6)$$

$$V = P_v(x_r, y_r) = E \cdot (1 - \beta) + F \cdot \beta \quad (7)$$

양선형 보간법에서는 식 (5), (6), (7)과 같이 선형 보간을 수행하기 때문에 E, F, V값은 식 (8), (9), (10)의 조건을 만족하게 된다. 그림 2는 그림 1을 x축으로만 n배 확대한 확대영상 중에서 $y=y_j$ 인 경우에 해당하는 부분만을 나타낸 것으로 보간 값 P_1, P_2, \dots, P_{n+1} 이 기준 픽셀 값 A와 기준 픽셀 값 B사이에서 선형적인 값을 갖는 것을 보여주고 있다.

$$\begin{aligned} \min(A, B) &\leq E \leq \max(A, B) & (8) \\ \min(C, D) &\leq F \leq \max(C, D) & (9) \\ \min(A, B, C, D) &\leq V \leq \max(A, B, C, D) & (10) \end{aligned}$$

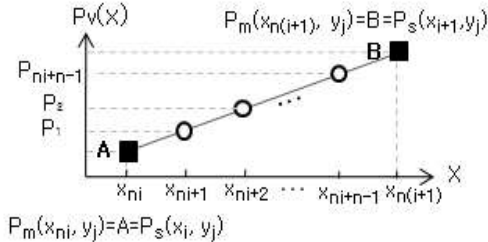


그림 2. x축으로만 n배 확대한 영상에서 $y=y_j$ 인 부분의 영상
Fig. 2. Partial image in the n-times magnified image along with x-direction of fig. 1 when $y=y_j$

양선형 보간법에서는 보간 값을 선형적으로만 계산하기 때문에 그림 3에서 보는 바와 같이 실제영상에 존재하는 단순 볼록 곡면(simple convex surface) 혹은 단순 오목 곡면(simple concave surface)의 특성을 반영하여 보간 값을 구하지 못하는 한계가 있다. 그림 3은 그림 2에서 실제영상이 단순 볼록 곡면을 갖는 경우를 덧붙여 표시한 그림이다. 양선형 보간법을 사용하여 구한 보간 값 $P_1, P_2, \dots, P_{ni+n-1}$ 이 실제영상의 픽셀 값들(2점 쇄선 상에 있는 중심이 흑색인 원)보다 모두 작게 되어 양선형 보간법을 사용하여 확대할 경우, 확대영상이 실제영상의 곡면 특성을 충분히 반영하지 못하게 됨으로 확대영상의 화질이 저하된다.

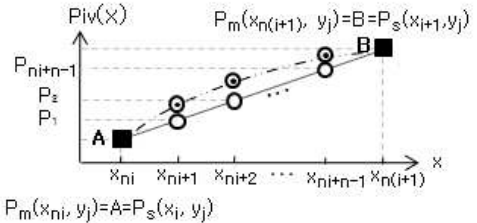


그림 3. 확대영상과 단순 볼록 곡면을 갖는 실제영상
Fig. 3. Magnified image and real image with simple convex surface

4. 3차 회선 보간법

3차 회선 보간법(cubic convolution interpolation)은 확대영상내의 픽셀 좌표로부터 원본영상으로 역방향 사상된 원본영상내의 좌표 (x_r, y_r) 주변에 있는 16개의 기준 픽셀 값을 사용하여 보간 값 $P_v(x_r, y_r)$ 를 계산하고 계산된 보간 값을 확대영상의 보간 픽셀 값으로 하여 확대영상을 구성하는 기법이다.

3차 회선 보간법에 사용되는 원본영상내의 역방향 사상된

좌표 (x_r, y_r) 주변의 16개 기준 픽셀들이 그림 4에 나타나 있다. 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 위치가 흑색 원으로 표시되어 있고, 주변의 16개 기준 픽셀들은 흑색 사각형으로 표시되어 있다. 4개의 흰색 원들은 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 에서의 보간 값 $V=P_v(x_r, y_r)$ 를 계산하기 위하여 사용되는 4개의 x축 방향 보간 값을 구하는 위치를 나타내고 있다. 가로줄 단위로 3차 보간을 수행하여 4개의 보간 값 V_1, V_2, V_3, V_4 를 구하고 구해진 4개의 보간 값들을 사용하여 y축 방향으로 3차 보간을 수행하여 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 에서의 보간 값 V 를 구한다. 구해진 보간 값 V 를 확대영상의 보간 픽셀 값으로 하여 확대영상을 구성한다. 따라서 3차 회선 보간 기법에서는 총 5회의 보간이 수행된다.

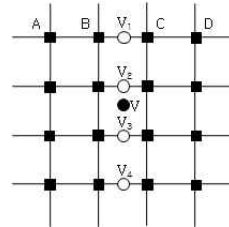


그림 4. 3차 회선 보간법에 사용되는 원본영상내의 픽셀들
Fig. 4. Pixels in source image for cubic convolution interpolation

4개의 픽셀에 대한 3차 회선 보간은 다음과 같이 수행된다. 먼저 3차 함수를 이용하여 4개의 픽셀에 대한 가중치를 계산한 다음 픽셀 값과 가중치를 곱한 값들을 모두 합한다. 보간에 사용되는 가중치 함수(weight function)가 3차 곡선의 모양을 가지기 때문에 3차 회선 보간법이라고 부른다. 3차 회선 보간에 사용되는 가중치 함수는 식 (11)과 같다.

$$f(x) = \begin{cases} (a+2)|x|^3 - (a+3)|x|^2 + 1 & 0 \leq |x| < 1 \\ a|x|^3 - 5a|x|^2 + 8a|x| - 4a & 1 \leq |x| < 2 \\ 0 & 2 \leq |x| \end{cases} \quad (11)$$

식 (11)에서 a 값은 $-1.0 \leq a \leq -5$ 의 값이 일반적으로 사용된다. 그림 5는 a의 값이 -0.5, -1.0, -2.0인 경우에 대한 가중치 함수의 그래프를 나타낸 것이다. 그림 4의 맨 윗줄에서의 x축 방향으로 3차 보간을 수행하는 경우를 그림 6에 나타내고 있다. 검은색 사각형은 3차 보간에 사용되는 4개의 기준 픽셀들을 나타내고 있으며 기준 픽셀들의 값은 각각 A, B, C, D이다. 흰색 원은 3차 회선 보간법을 사용하여 보간 값을 구하려고 하는 실수 좌표의 위치를 나타낸다.

두 번째 픽셀과 실수 좌표(흰색 원) 사이의 거리인 d는 0부터 1사이의 실수 값을 갖는다. 픽셀 값 A에 해당하는 픽셀에서의 가중치는 $f(1+d)$ 로 결정되고 픽셀 값 B에 해당하는

픽셀에서의 가중치는 $f(d)$ 가 된다. 픽셀 값 C, D에 해당하는 세 번째와 네 번째 픽셀에서의 가중치는 각각 $f(1-d)$, $f(2-d)$ 가 된다. 그러므로 3차 회선 보간법을 사용하여 구해지는 보간 값 V_1 은 식 (12)와 같이 된다.

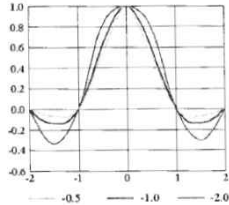


그림 5. 3차 회선 보간법을 위한 가중치 함수의 그래프
Fig. 5. The graph of weight function for cubic convolution interpolation

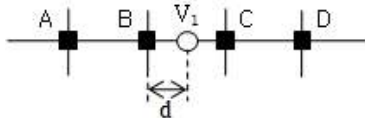


그림 6. 4개의 픽셀을 이용한 3차 회선 보간
Fig. 6. Cubic convolution interpolation using 4 pixels

$$V_1 = A \cdot f(1+d) + B \cdot f(d) + C \cdot f(1-d) + D \cdot f(2-d) \quad (12)$$

이와 같이 x축 방향으로 4번의 3차 보간을 수행하여 구해진 보간 값 V_1, V_2, V_3, V_4 를 가지고 y축 방향으로 동일한 방법으로 3차 보간을 수행하면 (x_r, y_r) 에서의 보간 값 V 를 구할 수 있고, 구해진 보간 값 V 를 확대영상의 보간 픽셀 값으로 한다. 즉, $P_m(x, y) = V = P_r(x_r, y_r)$ 이 된다.

III. 제안 기법

양선형 보간법은 확대영상에서 블록화 현상을 제거할 수 있어 확대영상의 화질을 개선하는 효율적인 기법이지만, x축 방향과 y축 방향으로 구해지는 보간 값이 식 (5), (6), (7)과 같이 구해지기 때문에 그림 2에서 보는 바와 같이 보간에 사용되는 최소값과 최대값 사이의 선형적인 값들을 갖게 되어 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 에서의 보간 값 V 는 실제영상에 존재하는 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면의 특성을 갖지 못하게 된다. 이러한 특성 때문에 그림 3에서 보는 바와 같이 실제영상에 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면이 있는 경우에는 양선형 보간법을 사용하여 확대영상을 구성하면 확대영상이 실제영상의 곡면 특성을 반영하지 못하게 되어 확대영상의 화질이 감소하게 된다.

본 논문에서는 영상의 곡면 특성이 충실하게 반영되도록

보간 값을 계산한 후 확대영상을 구성하는 기법을 연속적으로 적용하여 원본영상으로부터 중간 확대영상을 구성하고, 중간 확대영상으로부터 최종 확대영상을 구성함으로써 확대영상이 실제영상의 곡면 특성을 갖게 하여 확대영상의 화질을 향상시키는 기법을 제안하였다. 즉, 제안된 곡면 추정 방법에 따라 중간 확대영상으로부터 원본영상으로 역방향 사상된 좌표 주변의 기준 픽셀들을 이용하여 역방향 사상된 좌표가 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면 부분인지 여부를 추정한다. 추정 결과 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면을 갖는 것으로 판단되면 제안된 보간 값 계산 방법에 따라 해당 곡면의 특성을 충실히 갖도록 보간 값을 계산한 후 중간 확대영상의 보간 픽셀 값으로 하여 중간 확대영상을 구성한다. 추정 결과 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면을 갖지 않는 경우에는 역방향 사상된 좌표 주변의 기준 픽셀들의 영향을 더욱 정교하게 반영하는 제안된 보간 값 계산방법에 따라 보간 값을 구한 후 중간 확대영상의 보간 픽셀 값으로 하여 중간 확대영상을 구성한다. 중간 확대영상에 대하여 위의 과정을 반복하여 최종 확대영상을 구성하면 최종 확대영상은 실제영상의 곡면 특성을 충실히 갖게 되어 확대영상의 화질이 향상된다.

그림 7은 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면인지를 판단하기 위하여 사용되는 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 주변의 4개의 기준 픽셀(흑색 사각형)과 4개의 기준 픽셀을 둘러싸고 있는 12개의 기준 픽셀(회색 사각형)을 나타내고 있다. 4개의 기준 픽셀 값 A, B, C, D를 갖는 기준 픽셀의 좌표는 그림 1의 좌표와 동일하고, 인접한 12개 기준 픽셀의 좌표와 픽셀 값은 다음과 같다. $P_S(x_{i-1}, y_j) = AL$, $P_S(x_{i-1}, y_{j-1}) = ALU$, $P_S(x_i, y_{j-1}) = AU$, $P_S(x_{i+2}, y_j) = BR$, $P_S(x_{i+2}, y_{j-1}) = BRU$, $P_S(x_{i+1}, y_{j-1}) = BU$, $P_S(x_{i-1}, y_{j+1}) = CL$, $P_S(x_{i-1}, y_{j+2}) = CLB$, $P_S(x_i, y_{j+2}) = CB$, $P_S(x_{i+2}, y_{j+1}) = DR$, $P_S(x_{i+2}, y_{j+2}) = DRB$, $P_S(x_{i+1}, y_{j+2}) = DB$

기준 픽셀 4개과 이들을 둘러싸고 있는 12개의 기준 픽셀들을 사용하여 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 가 영상의 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면 부분인지 여부를 다음과 같은 방법으로 판단한다. 임의의 두 지점 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) 를 지나는 직선의 방정식은 식 (13)과 같고 기울기는 $(y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)$ 이 된다. 식 (13)을 이용하면 상호 인접한 픽셀사이의 직선방정식을 간단히 구할 수 있다.

역방향 사상된 좌표 주변의 4개의 기준 픽셀에서 인접 픽셀 값과의 기울기를 계산한 다음 이를 바탕으로 x축 방향과 y축 방향의 곡면 특성을 추정한다. 픽셀 값이 A인 픽셀과 접한 3개의 기준 픽셀(픽셀 값이 ALU, AL, CL인 기준 픽셀) 사이

에서 픽셀 값에 대한 x축 방향만을 고려한 직선방정식을 구한다. 즉, (x_{i-1}, ALU) 와 (x_i, A) 를 지나는 직선방정식은 식 (14), (x_{i-1}, AL) 과 (x_i, A) 를 지나는 직선방정식은 식 (15), (x_{i-1}, CL) 과 (x_i, A) 를 지나는 직선방정식은 식 (16)이 된다. 동일한 방법으로 픽셀 값이 A인 픽셀과 접한 3개의 기준 픽셀(픽셀 값이 ALU, AU, BU인 기준 픽셀) 사이에서 픽셀 값에 대한 y축 방향만을 고려한 직선방정식을 구하면 식 (17)~(19)가 된다. 식 (14)~(16)에서 x축 방향 기울기를 G_{XA1} , G_{XA2} , G_{XA3} 이라고 하고, 식 (17)~(19)에서 y축 방향 기울기를 G_{YA1} , G_{YA2} , G_{YA3} 로 둔다.

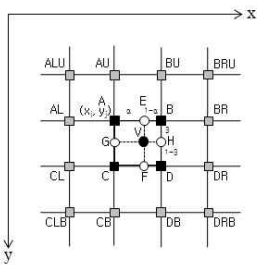


그림 7. 영상의 곡면 특성을 추정하기 위하여 사용되는 기준 픽셀들

Fig. 7. The standard pixels used for the estimation of the curved surface characteristics of image

$$y = \{(y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)\} (x - x_1) + y_1 \tag{13}$$

$$P_{A1}(x) = \{(A - ALU) / (x_i - x_{i-1})\} (x - x_{i-1}) + ALU \tag{14}$$

$$P_{A2}(x) = \{(A - AL) / (x_i - x_{i-1})\} (x - x_{i-1}) + AL \tag{15}$$

$$P_{A3}(x) = \{(A - CL) / (x_i - x_{i-1})\} (x - x_{i-1}) + CL \tag{16}$$

$$P_{A1}(y) = \{(A - ALU) / (y_j - y_{j-1})\} (y - y_{j-1}) + ALU \tag{17}$$

$$P_{A2}(y) = \{(A - AU) / (y_j - y_{j-1})\} (y - y_{j-1}) + AU \tag{18}$$

$$P_{A3}(y) = \{(A - BU) / (y_j - y_{j-1})\} (y - y_{j-1}) + BU \tag{19}$$

동일한 방법으로 픽셀 값이 B인 픽셀에서의 픽셀 값에 대한 x축 방향으로의 직선방정식 $P_{B1}(x)$, $P_{B2}(x)$, $P_{B3}(x)$ 와 픽셀 값에 대한 y축 방향으로의 직선방정식 $P_{B1}(y)$, $P_{B2}(y)$, $P_{B3}(y)$ 를 구할 수 있어 각각의 기울기 G_{XB1} , G_{XB2} , G_{XB3} , G_{YB1} , G_{YB2} , G_{YB3} 를 알 수 있다. 픽셀 값이 C, D인 픽셀들에 대해서도 픽셀 값에 대한 x축 방향과 y축 방향으로의 직선방정식과 기울기를 쉽게 구할 수 있다.

일반적으로 실제영상에는 인접한 픽셀 값들이 서로 비슷한 값을 갖는 지역성(locality)이 존재하기 때문에 픽셀 값이 A와 C인 픽셀에서 x축 방향의 직선방정식의 기울기가 양, 픽셀 값 B와 D인 픽셀에서 x축 방향의 직선방정식의 기울기가 음, 픽셀 값 A와 B인 픽셀에서 y축 방향의 직선방정식의 기울기가 양, 픽셀 값 C와 D인 픽셀에서 y축 방향의 직선방정

식의 기울기가 음인 경우에는 역방향 사상된 좌표에서의 영상은 단순 블록 곡면이라고 추정한다.

동일한 이유로 픽셀 값이 A와 C인 픽셀에서 x축 방향의 직선방정식의 기울기가 음, 픽셀 값 B와 D인 픽셀에서 x축 방향의 직선방정식의 기울기가 양, 픽셀 값 A와 B인 픽셀에서 y축 방향의 직선방정식의 기울기가 음, 픽셀 값 C와 D인 픽셀에서 y축 방향의 직선방정식의 기울기가 양인 경우는 역방향 사상된 좌표에서의 영상은 단순 오목 곡면이라고 추정한다.

제안된 기법에서는 역방향 사상된 좌표에서의 영상이 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면으로 추정되면 각각 Process 1, Process 2의 처리를 수행하고 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면이 아닌 것으로 추정되면 Process 3의 처리를 수행하여 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 에서의 보간 값 V 를 구한 후 구해진 보간 값 V 를 확대영상의 보간 픽셀 값으로 한다. 영상에 존재하는 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면의 특성을 더욱 충실히 반영하여 보간 값을 구하도록 하기위하여 이러한 절차를 연속적으로 적용하여 원본영상으로부터 중간 확대영상을 구성하고, 중간 확대영상으로부터 최종 확대영상을 구성한다. 최종 확대배율은 원본영상으로부터 중간 확대영상으로의 확대배율과 중간 확대영상으로부터 최종 확대영상으로의 배율의 곱이 된다.

Process 1: 역방향 사상된 좌표에서의 영상이 단순 블록 곡면으로 추정되면 곡면의 특성을 충실히 반영하도록 다음과 같이 세 단계를 거쳐 보간 값을 구한다. 첫 번째, x축 방향의 보간 값들을 구한다. x축 방향 보간 값 E 를 구하기 위하여 픽셀 값이 A인 픽셀에서 x축 방향의 직선방정식인 식 (14)~(16)에 $x = x_r$ 을 대입하여 $P_{A1}(x_r)$, $P_{A2}(x_r)$, $P_{A3}(x_r)$ 을 구하고, 양선형 보간 값인 E 에 가장 가까운 값인 최소값을 식 (20)과 같이 $P_A(x_r)$ 로 둔다. 픽셀 값이 B인 픽셀에서 x축 방향의 직선방정식에 $x = x_r$ 을 대입하여 $P_{B1}(x_r)$, $P_{B2}(x_r)$, $P_{B3}(x_r)$ 을 구하고, 양선형 보간 값인 E 에 가장 가까운 값인 최소값을 식 (21)과 같이 $P_B(x_r)$ 로 둔다. 이러한 경우를 그림 8에 나타내었다.

x_r 이 x_{i+1} 에 가까울수록 식 (3)에서 정의된 α 의 값이 커지게 되어 식 (5)에서 보는 바와 같이 픽셀 값 A보다 픽셀 값 B가 보간 값에 더 큰 영향을 주게 되고, x_r 이 x_i 에 가까울수록 α 의 값이 작아져 픽셀 값 B보다 픽셀 값 A가 보간 값에 더 큰 영향을 주게 된다. 따라서 픽셀 값 A에 영향을 받는 $P_A(x_r)$ 과 픽셀 값 B에 영향을 받는 $P_B(x_r)$ 에 의해서 결정되는 보간 값 E_s 를 식 (22)와 같이 정의한다. E_s 와 양선형 보간법에 의해서 결정되는 보간 값 E 를 식 (23)에 적용하여 최종 보간 값 E 를 결

정한다. 식 (23)에서 사용된 δ 는 최종 보간 값에 E_S , E 의 기여도를 결정하는 factor이다. 이러한 과정을 픽셀 값 C , D 인 픽셀에 적용하면 최종 보간 값 F 도 간단히 계산할 수 있다.

$$P_A(x_r) = \min\{P_{A1}(x_r), P_{A2}(x_r), P_{A3}(x_r)\} \quad (20)$$

$$P_B(x_r) = \min\{P_{B1}(x_r), P_{B2}(x_r), P_{B3}(x_r)\} \quad (21)$$

$$E_S = (P_A(x_r) \cdot (1-\alpha) + P_B(x_r) \cdot \alpha) \quad (22)$$

$$E = E_S \cdot \delta + E \cdot (1-\delta) \quad (23)$$

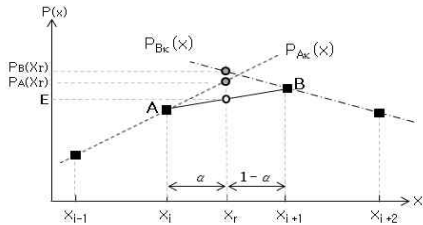


그림 8. 단순 블록 곡면에서의 보간 값 계산
Fig. 8. Interpolated value calculation in the case of simple convex surface

두 번째, y 축 방향 보간 값들을 구한다. y 축 방향 보간 값 G 를 구하기 위하여 픽셀 값이 A 인 픽셀에서 y 축 방향의 직선 방정식인 식 (17)~(19)에 $y=y_r$ 을 대입하여 $P_{A1}(y_r)$, $P_{A2}(y_r)$, $P_{A3}(y_r)$ 을 구하고 이 중에서 최소값을 $P_A(y_r)$ 으로 둔다. 그리고 픽셀 값이 C 인 픽셀에서 y 축 방향의 직선방정식에 $y=y_r$ 을 대입하여 $P_{C1}(y_r)$, $P_{C2}(y_r)$, $P_{C3}(y_r)$ 을 구하고 이 중에서 최소값을 $P_C(y_r)$ 로 둔다. $P_A(y_r)$ 와 $P_C(y_r)$ 에 의해서 결정되는 G_S 를 식 (24)와 같이 정의하고 최종 보간 값 G 를 식 (25)와 같이 정의한다. 이러한 과정을 픽셀 값 B , D 인 픽셀에 적용하면 y 축 방향의 최종 보간 값 H 를 간단히 계산할 수 있다.

세 번째, 구해진 보간 값 E , F , G , H 를 사용하여 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 에서의 보간 값을 식 (26)과 같이 계산하고 계산된 보간 값 $V=P_v(x_r, y_r)$ 을 확대영상의 보간 픽셀 값으로 한다.

이러한 절차를 거쳐 구해진 E , F , G , H 는 각 값들이 단순 블록 곡면의 특성을 띠는 픽셀 값들을 가지게 되기 때문에 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 에서의 보간 값 V 는 단순 블록 곡면을 이루는 픽셀 값을 갖게 되어 확대영상의 화질이 향상된다.

$$G_S = (P_A(y_r) \cdot (1-\beta) + P_C(y_r) \cdot \beta) \quad (24)$$

$$G = G_S \cdot \delta + G \cdot (1-\delta) \quad (25)$$

$$V = \{(E \cdot (1-\beta) + F \cdot \beta) + (G \cdot (1-\alpha) + H \cdot \alpha)\} / 2 \quad (26)$$

Process 2: 역방향 사상된 좌표에서의 영상이 단순 오목

곡면으로 추정되면 곡면의 특성을 충실히 반영하도록 다음과 같이 세 단계를 거쳐 보간 값을 구한다. 첫 번째, x 축 방향 보간 값을 구한다. x 축 방향 보간 값 E 를 구하기 위하여 픽셀 값이 A 인 픽셀에서 Process1에서와 같이 $P_{A1}(x_r)$, $P_{A2}(x_r)$, $P_{A3}(x_r)$ 을 구하고, 양선형 보간 값인 E 에 가장 가까운 값인 최대값을 식 (27)과 같이 $P_A(x_r)$ 로 둔다. 픽셀 값이 B 인 픽셀에서 $P_{B1}(x_r)$, $P_{B2}(x_r)$, $P_{B3}(x_r)$ 을 구하고, 양선형 보간 값인 E 에 가장 가까운 값인 최대값을 식 (28)과 같이 $P_B(x_r)$ 로 둔다. 그 이후의 절차는 단순 볼록 곡면에서의 처리과정과 동일하다. 즉, E_S 는 식 (22)에 의해서 계산되고 최종 보간 값 E 는 식 (23)에 의해서 계산된다. 이러한 과정을 픽셀 값 C 와 D 를 갖는 픽셀에 적용하면 최종 보간 값 F 를 간단히 구할 수 있다.

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

$$P_B(x_r) = \max\{P_{B1}(x_r), P_{B2}(x_r), P_{B3}(x_r)\} \quad (28)$$

두 번째, y 축 방향 보간 값 G 를 구하기 위하여 픽셀 값이 A 인 픽셀에서 Process1에서와 같이 $P_{A1}(y_r)$, $P_{A2}(y_r)$, $P_{A3}(y_r)$ 을 구하고 이 중에서 최대값을 $P_A(y_r)$ 으로 둔다. 그리고 픽셀 값이 C 인 픽셀에서 $P_{C1}(y_r)$, $P_{C2}(y_r)$, $P_{C3}(y_r)$ 을 구하고 이 중에서 최대값을 $P_C(y_r)$ 로 둔다. 그 이후의 절차는 단순 볼록 곡면에서의 처리과정과 동일한 절차를 따라 G_S 와 G 를 계산한다. 이러한 처리과정을 픽셀 값 B 와 D 인 픽셀에 적용하면 최종 보간 값 H 도 간단히 계산할 수 있다.

세 번째, 역방향 사상된 좌표 (x_r, y_r) 에서의 보간 값을 식 (26)과 같이 계산하고 계산된 보간 값 $V=P_v(x_r, y_r)$ 을 확대영상의 보간 픽셀 값으로 한다. 이러한 절차를 거쳐 구해진 E , F , G , H 는 각 값들이 단순 오목 곡면의 특성을 띠는 픽셀 값들을 가지게 되기 때문에 보간 값 V 는 단순 오목 곡면을 이루는 픽셀 값을 갖게 되어 확대영상의 화질이 향상된다.

Process 3: 역방향 사상된 좌표가 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면이 아닌 것으로 추정되면 양선형 보간법을 사용하여 E , F 를 식 (5), (6)과 같이 계산하고 G 와 H 는 식 (29), (30) 과같이 계산한다. 역방향 사상된 좌표 주위의 기준 픽셀들의 영향을 더욱 정교하게 반영하여 보간 값을 구하도록 하기위하여 식 (31)을 적용하여 보간 값 $V=P_v(x_r, y_r)$ 를 계산한 후 확대영상의 보간 픽셀 값으로 한다. 영상의 곡면 특성을 충실히 반영하여 실제영상에 더욱 근접한 확대영상을 구성하기 위하여 반복적으로 적용되어 확대영상을 구성하는 프로시저는 그림 9와 같다.

$$G = P_v(x_i, y_r) = A \cdot (1 - \beta) + B \cdot \beta \quad (29)$$

$$H = P_v(x_{i+1}, y_r) = C \cdot (1 - \beta) + D \cdot \beta \quad (30)$$

$$V = (E \cdot (1 - \beta) + F \cdot \beta + G \cdot (1 - \alpha) + H \cdot \alpha) / 2 \quad (31)$$

```

for (확대영상의 모든 픽셀의 좌표에 대하여 반복)
{원본영상내의 역방향 사상된 좌표 (xr, yr) 계산;
if(원본영상내의 좌표 (xr, yr) 값이 정수?) {
    해당좌표의 기준 픽셀 값을 확대영상의 픽셀 값으로 함;
    continue;}
(xr, yr) 주위의 4개 기준 픽셀, 이와 접한 12개의 기준 픽셀 선택;
for(픽셀 값이 A, B, C, D인 기준 픽셀에 대하여 반복)
{기준 픽셀에서 x축 방향, y축 방향 직선식 유도;
직선식에서 x축 방향, y축 방향 기울기 조사;}
if(역방향 사상된 좌표 위치가 영상의 단순 블록 곡면?) {
    단순 블록 곡면의 특성이 반영된 E, F, G, H계산;
    식 (26)을 사용하여 좌표 (xr, yr)에서의 보간 값 V 계산; }
else if(역방향 사상된 좌표 위치가 영상의 단순 오목 곡면?) {
    단순 오목 곡면의 특성이 반영된 E, F, G, H계산;
    식 (26)을 사용하여 좌표 (xr, yr)에서의 보간 값 V 계산; }
else{//단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면이 아님
양선형 보간법을 적용하여 E, F, G, H계산;
    식 (31)을 사용하여 좌표 (xr, yr)에서의 보간 값 V계산;}
보간 값 V를 확대영상의 보간 픽셀 값으로 대치;
}
    
```

그림 9. 제안 기법에서 반복 적용되는 프로시저
 Fig. 9. The recursive procedure of the proposed scheme

IV. 실험 결과

본 논문에서 제안한 기법의 성능평가를 위하여 실험에 사용된 영상은 256x256픽셀 크기의 Lena, Girl, Peppers, Woman이다. 각 영상을 x축 방향과 y축 방향으로 각각 4배 축소한 64x64픽셀 크기의 축소된 영상이 확대영상을 생성할 원본영상으로 사용되었다. 이 원본영상에 대하여 최근방 이웃 화소 보간법, 양선형 보간법, 3차 회선 보간법을 적용하여 각각 4배 확대영상을 생성하였고, 제안 기법은 곡면 특성을 충실하게 반영하도록 하는 제안 기법의 절차에 따라 원본영상을 2배 확대하여 중간 확대영상을 생성하고 중간 확대영상을 2배 확대하여 4배 확대영상을 생성하였다. 축소하기 전의 실제 영상과 원본영상으로부터 확대된 확대영상간의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 측정하여 각 기법들의 성능을 비교 평가하였다.

그림 9에는 실험에 사용된 원본영상과 각 기법을 적용하여 확대한 확대영상이 나타나 있다. (a)는 원본영상으로 사용된 64x64 픽셀크기의 Lena, Girl, Peppers, Woman 영상이고, (b)~(e)는 64x64 픽셀크기의 원본영상에 대하여 최근방 이웃 화소 보간법, 양선형 보간법, 3차 회선 보간법, 제안 기법을 적용하여 x축과 y축 방향으로 각각 4배 확대한 256x256 픽셀 크기를 갖는 확대영상들이다. 기존의 최근방

이웃 화소 보간법, 양선형 보간법, 3차 회선 보간법, 그리고 본 논문의 제안 기법을 사용하여 각 원본영상을 x축과 y축 방향으로 각각 4배 확대한 영상을 실제 영상과 비교하여 PSNR을 측정 한 결과 값들이 표 1에 나타나있다. 식 (11)에서의 α 값은 -0.5로 하였고 식 (23)에서 δ 값은 0.85로 하였다.

표 1의 실험 결과에서 보는 바와 같이 제안 기법을 적용하여 실험 영상을 확대한 경우, 기존의 기법들에 비하여 확대영상의 화질이 0.0461dB ~ 3.1428dB 향상되었다. 이러한 확대영상의 화질 향상은 본 논문에서 제안한 기법을 사용하여 영상에 존재하는 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면의 특성을 나타내도록 보간값을 구하고 이를 확대영상의 보간 픽셀 값으로 하여 확대영상을 구성하여 확대영상이 실제 영상에 더욱 가깝게 되었기 때문이다.



(1-a) 영상 확대에 사용된 원본영상, Lena

(1-b) 최근방 이웃 화소 보간법

(1-c) 양선형 보간법

(1-d) 3차 회선 보간법

(1-e) 제안 기법

(2-a) 영상 확대에 사용된 원본영상, Girl

(2-b) 최근방 이웃 화소 보간법

(2-c) 양선형 보간법



(2-d) 3차 회선 보간법

(2-e) 제안 기법



(3-a) 영상 확대에 사용된 원본영상, Peppers



(3-b) 최근방 이웃 화소 보간법



(3-c) 양선형 보간법



(3-d) 3차 회선 보간법



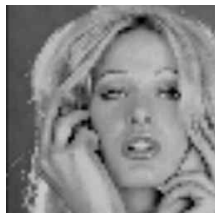
(3-e) 제안 기법



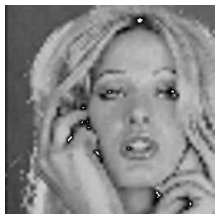
(4-a) 영상 확대에 사용된 원본영상, Woman



(4-b) 최근방 이웃 화소 보간법



(4-c) 양선형 보간법



(4-d) 3차 회선 보간법



(4-e) 제안 기법

그림 10. 64x64 크기의 원본영상을 기존 기법 및 제안 기법을 적용하여 x축, y축 방향으로 각각 4배 확대한 영상

Fig. 10. 4-times magnified images using the previous schemes and the proposed scheme

표 1. 기존 기법 및 제안 기법을 적용하여 확대한 확대영상에서의 PSNR 실험값(dB)

Table 1. PSNR values of the magnified images using the previous schemes and the proposed scheme

	최근방이웃화소 보간법	양선형 보간법	3차 회선 보간법	제안 기법
Lena	21.9866	24.3946	24.2698	24.4596
Girl	23.8110	26.9077	26.0178	26.9538
Peppers	21.5639	24.2095	22.9008	24.3193
Woman	22.8170	25.0138	23.5378	25.0805

V. 결론

본 논문에서는 영상의 곡면 특성을 활용한 효과적인 확대영상의 화질 향상기법을 제안하였다. 64x64 픽셀 크기를 갖는 Lena, Girl, Peppers, Woman 영상에 대하여 최근방 이웃 화소 보간법, 양선형 보간법, 3차 회선 보간법, 제안 기법을 적용하여 x축과 y축 방향으로 각각 4배 확대한 256x256 픽셀 크기를 갖는 확대영상들을 생성하여 확대영상과 축소이전의 실제영상과의 PSNR 값을 측정한 결과 기존의 기법을 적용하여 확대한 확대영상에서의 PSNR 값에 비하여 0.0461dB ~ 3.1428dB 향상되었다.

제안 기법에서 제시된 방법을 사용하면 실제 영상에 존재하는 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면을 효과적으로 추정할 수 있다. 제안 기법에서 제시된 효율적인 방법을 적용하여 역방향 사상된 좌표에서의 단순 블록 곡면과 단순 오목 곡면의 특성을 잘 반영하도록 보간 값을 구한 후, 이를 확대영상의 보간 픽셀 값으로 하면 확대영상이 실제 영상의 곡면 특성을 충실히 반영하게 된다. 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면이 아닐 경우에는 역방향 사상된 좌표 주위의 기존 픽셀들의 영향을 더욱 정교하게 반영하도록 보간 값을 구하고 이를 확대영상의 보간 픽셀 값으로 한다. 그리고 영상에 존재하는 단순 블록 곡면 혹은 단순 오목 곡면의 특성을 더욱 충실히 반영하여 보간 값을 구하도록 제안된 기법을 연속적으로 적용하여 확대영상을 구성하면 단순 블록 곡면과 단순 오목 곡면을 갖는 확대영상의 화질이 향상된다.

참고문헌

[1] 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.
- [2] 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, 2011.
- [3] 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, 2011.
- [4] 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.
- [5] 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, Mar., 2013.
- [6] A. K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing," Prentice Hall, 2005.
- [7] 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, Dec., 2005.
- [8] 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.
- [9] X. Li, M. Orchard, "New edge-directed interpolation," IEEE Trans. Image Process, Vol. 10, No. 10, pp. 1521-1527, Oct., 2001.
- [10] 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, 2004.
- [11] 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, 2005.
- [12] 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, 2007.
- [13] S. M. Jung, "An efficient quality improvement scheme for magnified image by using simple convex surface and simple concave surface characteristics in image," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 18, No. 11, pp. 59-68, 2013.

저 자 소개



정 수 목

1984: 경북대학교 공학사.
 1986: 경북대학교 대학원 공학석사
 2002: 고려대학교 대학원 컴퓨터학과 이학박사
 현 재: 삼육대학교 컴퓨터학부 교수
 관심분야: 멀티미디어, 영상처리
 E-mail: jungsm@syu.ac.kr



온 병 원

1998: 안양대학교 컴퓨터공학과 공학사
 2000: 고려대학교 대학원 이학석사
 2007: 펜실베이니아주립대학교 컴퓨터공학박사
 현 재: 군산대학교 통계컴퓨터과학과 교수
 관심분야: 데이터마이닝,
 데이터베이스, 패턴인식
 E-mail: on.byung.won@gmail.com