논문 2008-45SP-6-2

부화소 기반의 적응적 보간법을 통한 영상 확대

(An Image Magnification Using Adaptive Interpolation Based Sub-pixel)

박 대 현*, 유 재 욱*, 김 윤**

(Dae-Hyun Park, Jea-Wook Yoo, and Yoon Kim)

요 약

최근 많은 멀티미디어 제품에서 영상 보간 시스템을 사용하지만, 대부분의 영상 보간 시스템은 보간과정에서 블러링 등의 원치 않는 인공물이 발생된다. 제안하는 보간법은 주어진 영상의 화소와 최적화된 거리가중치 매개변수를 통해 왜곡거리를 구한다. 보간에 참조되는 새로운 왜곡거리는 화소의 주파수성분을 고려하여 보간의 성능을 향상시킨다. 컴퓨터 실험 결과를 통해 제안하는 보간법이 효율적으로 인공물을 개선하면서 이전의 선형 보간법들보다 성능이 우수함을 입증한다.

Abstract

Recently, there are a lot of multimedia products using image interpolation system. However, most interpolation systems in existence suffer visually to some extents from the effects of blurred edges and jagged artifacts in the image. In this paper, we propose a new adaptive linear interpolation system that uses the sub-pixel. The proposed system calculate the warped distance among the pixels of an image by optimizing length parameter. A new cost function is introduced to reflect frequency properties of the original data in order to improve image quality. Experimental results show that our new algorithm significantly outperforms conventional interpolation methods in subjective quality, and in most cases, in terms of PSNR as well.

Keywords : 보간법, 영상 확대, 적응적 보간법

Ⅰ. 서 론

영상 보간법(image interpolation)은 일정 해상도로 표현된 영상을 고해상도의 영상으로 변환하는 기술로서, 다양한 영상처리의 기반기술과 컴퓨터비전 시스템 등의 여러 분야에서 연구되어 왔다. 특히 항공, 의료, 군사, 보안 분야에서 영상을 확대하여 영상의 가시성을 높이기 위해 많이 사용해 왔고, 이런 경우 기존의 보간 영상보다 더욱 우수한 화질의 영상을 얻으려는 요구가 점차 증가하고 있다[1]. 멀티미디어 응용 분야에서는 MPEG이나 H.264의 움직임 보상 방법, 리프팅 기반의 웨이블릿(wavelet) 변환, 격행 주사 방식을 사용하는 디지털 TV의 주사선 제거 등의 목적으로 사용되고 있다. 이와 같이 여러 응용 분야에서 영상 보간의 다양한 기법들이 활발히 연구되고 있으며, 앞으로도 더욱 향상된 화질의 영상을 생성하는 영상 보간법들이 요구되므로 성능이 좋은 영상 보간법의 사용이 중요하다.

영상 보간법에서 이상적인 보간 커널은 공간 영역에서 sinc함수의 특성을 가지는 저역 통과 필터(low-pass filter)의 형태로 나타난다. 하지만 이상적인 보간 커널로 알려진 sinc함수는 입력이 무한대의 영역에서 정의되기 때문에 현실상 구현이 불가능하다. 현실상 구현이 불가능한 sinc함수를 대체하여 sinc함수에 일정한 크기의 윈도우를 적용하여 범위를 제한하는 연구가 진행되었다. 제한된 범위를 가지는 sinc함수와 유

* 학생회원, 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 멀티미디어통신연구실 (Kangwon National University)
** 정회원, 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 부교수 (Program of Computer and Communications Engineering, Kangwon National University)
※ 본 논문는 2008년 삼성전자 정보통신연구소의 지원으로 수행되었음
※ 본 논문는 2008년 (주)자람테크놀로지의 지원으로 수행되었음
접수일자: 2008년6월16일, 수정완료일: 2008년10월10일

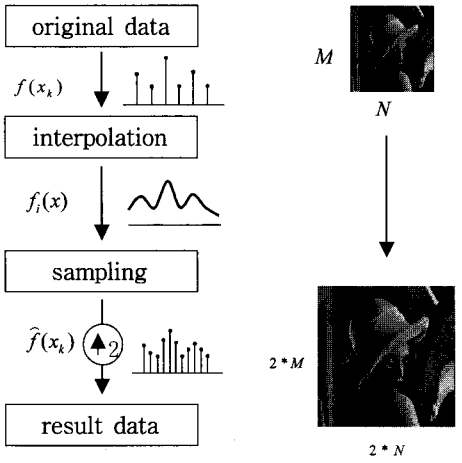


그림 1. 영상 보간 시스템
Fig. 1. Image interpolation system.

사한 보간법인 이웃화소 보간법(nearest neighbor interpolation), 양선형 보간법(bilinear interpolation), 고등차수 보간법(high order interpolation), 스플라인 보간법(spline interpolation) 등은 제한된 범위를 가지며 현실적으로 구현이 가능한 효율적인 커널을 사용하여 현재 많은 응용 분야에 사용되고 있다[2, 13, 15].

인접 화소 보간법은 가장 구현이 간단하고 복잡도가 낮지만 보간된 영상의 화질이 다른 보간법과 비교해 상대적으로 좋지 못한 단점이 있다. 이와 같은 단점은 정수 단위의 인접한 픽셀 값을 복사하여 사용하는 상대적으로 간단한 보간 커널의 구조를 갖기 때문에 발생하며, 계단 현상 등의 원하지 않는 인공물(artifact)이 생긴다. 양선형 보간법과 고등차수 보간법은 다수의 인접한 픽셀을 참조하여 픽셀을 생성하는 보간 커널을 사용하며, 인접 화소 보간법보다 나은 화질을 제공한다. 하지만 다수의 인접한 픽셀을 참조하므로 각각의 픽셀이 가지는 주파수 특성이 사라져서, 결과 영상의 윤곽 부분에 심한 흐림현상이 야기되는 문제점이 제시되었다. 스플라인 보간법은 IIR(infinite impulse response)필터를 기반으로 현실적으로 구현이 가능하고 우수한 화질의 결과 영상을 얻을 수 있지만, 계산의 복잡도가 높아 실제적인 사용에 있어서 제약이 존재하며 흐림현상이 가장 강하게 나타난다. 이와 같은 여러 문제점들을 개선하기 위해 보간이 수행될 때마다 각각 픽셀의 주파수 특성을 고려하여 계산하는 적응적 보간법(adaptive interpolation)이 제안되었다[3].

적응적 보간법에는 영상의 고주파 정보를 이용한 보간법과 보간커널을 가지는 고등차수 보간법에서 사용되는 매개변수를 고정으로 사용하지 않고, 주변 픽셀 값을 참조하여 얻은 정보를 통해 적응적인 새로운 매개변수를 적용하는 보간법이 있다[4~5]. 영상의 고주파 정보를 이용한 보간법은 보간을 수행할 때에 고주파 영역을 고려하여 윤곽선을 더 뚜렷하게 하고 흐림 현상의 개선을 통해 화질을 향상시키고, 매개변수를 적응적으로 변경하는 보간법은 거리 가중치 매개변수나 보간 커널을 조절하는 매개변수를 최적화된 값으로 이끌어내어 보간에 적용하여 화질을 향상시킨다. 하지만 영상의 고주파 정보를 이용한 보간법에서는 고주파 부분이 원본보다 심하게 강조되는 단점이 있고, 적응적으로 변경하는 보간법은 이전의 보간법과 비교해 보간의 성능이 개선되었지만 흐림 현상과 윤곽 부분에서의 계단현상이 여전히 발생하는 단점이 남아있다. 따라서 이와 같은 단점을 개선하고 우수한 화질을 제공할 수 있는 새로운 보간법이 필요하다.

본 논문에서는 저해상도의 영상을 우수한 화질의 고해상도 영상으로 변환하기 위해 새로운 부화소 기반의 적응적 영상 확대 보간법을 제안한다. 제안하는 보간법은 각각의 픽셀이 보간할 때 매개변수를 다르게 적용하므로 적응적인 보간 커널을 구성한다. 매개변수는 새로운 비용함수(cost function)를 도입하여 보간될 픽셀과 주어진 원(original) 영상 픽셀 사이의 차이가 최소가 되도록 최소 평균 자승 에러(minimum mean square error)를 통해 적응적인 값을 구한다. 여기까지가 변환과정으로 주변 픽셀에 대한 가중치가 반영될 수준을 정하고, 각각의 픽셀이 가지는 최적화된 매개변수를 얻는 과정이다[2]. 변환과정을 통해 얻은 매개변수는 각각의 픽셀이 가지는 주파수 특성을 반영한 값이며, 적응적인 보간에 사용되어 새로운 픽셀을 생성한다. 제안하는 보간법은 기존의 알려진 보간법과 함께 다양한 영상에 보간법을 적용하여 실험결과를 도출하고, 실험결과를 통해 주관적 화질 비교와 객관적 성능에서 모두 우수한 결과를 보여 제안하는 보간법의 성능을 입증한다.

본 논문의 Ⅱ장에서는 알려진 보간법에 대하여 기술하고, Ⅲ장에서는 제안된 보간법에 대하여 표와 수식을 활용하여 설명한다. Ⅳ장에서는 제안한 보간법을 다양한 영상에 대해 실험하여 객관적 성능과 주관적 화질 비교를 한다. 최종적으로 Ⅴ장에서는 결론을 맺는다.

Ⅱ. 보간법

2.1 고전적 보간법

본 장에서는 영상 보간에 대한 기본적인 개념과 기

존의 알려진 보간법에 대해 언급하고, 영상의 주파수 특성을 반영하는 적응적인 보간법에 대해 살펴보도록 한다.

영상 보간법의 재표본화(resampling)과정은 이산 신호를 연속 신호로 변환하고 변환된 신호로부터 새로운 간격의 이산 신호를 구성하는 것이며, 영상의 기하학적 변환이나 왜곡보정 등의 다양한 영상처리 응용분야에 사용되어 왔다. 보간과정 중 새로운 간격으로 생성되는 픽셀은 주어진 이산 신호를 통해 얻을 수 있으며, 이와 같은 과정을 포함한 영상 보간법의 일반적인 표현은 식 (1)의 형태로 정의된다[6].

$$\hat{f}(x)=\sum_{k} f(x_k)\beta(x-x_k) \tag{1}$$

식 (1)의 $f(x_k)$는 원본 영상의 이산 신호이고, $\hat{f}(x)$는 보간된 연속 신호이다. x_k는 보간에 참조될 이산 신호의 위치를 나타내며, $\beta(x_k)$는 보간 커널을 나타낸다. 식 (1)을 통해 보간된 픽셀의 값은 보간 커널의 종류에 따라 다양한 범위의 값으로 나타난다. Nyquist이론에 의하면 보간 커널 중에 이상적인 보간 커널로 알려진 $\mathrm{sinc}(x)$함수는 보간될 신호의 주파수 대역이 일정영역으로 제한되어 있을 경우 원 신호의 완벽한 복원이 가능하다. 식 (3)은 $\mathrm{sinc}(x)$함수의 보간 커널을 나타낸다[7].

$$\hat{f}(x)=\sum_{k} f(x_k)\mathrm{sinc}(x-x_k) \tag{2}$$

$$\mathrm{sinc}(x)=\frac{\sin\pi x}{\pi x} \tag{3}$$

식 (3)의 $\mathrm{sinc}(x)$함수의 경우 입력이 무한대 영역에서 정의되므로 현실적인 구현이 불가능한 단점이 있다. 이와 같은 단점은 대역폭의 제한을 두는 방법으로 일정한 크기의 윈도우를 보간 커널에 적용하는 기법으로 해결될 수 있으며, 현실적인 구현이 가능한 제한된 크기의 보간 커널을 사용하여 우수한 화질의 영상을 생성하는 영상 보간법이 연구되어 왔다[8]. 가장 간단한 보간법으로 0차 보간법인 인접 화소 보간법의 보간 커널은 식 (4)과 같이 표현된다.

$$\beta(x)=\begin{cases}1, & -0.5\le x\le 0.5\\ 0, & otherwise\end{cases} \tag{4}$$

식 (4)의 보간 커널은 보간에 참조되는 원 픽셀을 복사해서 그대로 보간 픽셀로 사용한다. 따라서 영상을 보간하는 처리 속도가 빠르고 낮은 복잡도를 가져 보간 과정이 상대적으로 매우 간단하지만, 결과 영상의 화질이 좋지 못하고 특히 영상이 확대될수록 영상의 블록현상이 선명하게 나타나는 단점이 있다. 인접 화소 보간법보다 좋은 성능을 가지는 1차 보간법인 선형 보간법의 보간 커널은 다음의 식 (5)와 같이 표현된다.

$$\beta(x)=\begin{cases}1-|x|, & 0\le|x|\le 1\\ 0, & otherwise\end{cases} \tag{5}$$

선형 보간법은 보간을 위해 참조되는 픽셀을 그대로 사용하지 않고 각각의 픽셀에 가중치를 적용한다. 적용되는 가중치는 참조 픽셀과 보간될 픽셀 사이의 거리에 반비례하며, 가중치와 참조 픽셀의 곱셈연산을 통해 보간될 픽셀이 생성된다. 여기서 참조 픽셀의 위치가 x_k이고, 생성될 픽셀의 위치가 x인 두 픽셀에 적용되는 가중치 s는 아래의 식 (6)와 같이 표현된다.

$$s=x-x_k,\ 1-s=x_{k+1}-x \tag{6}$$

식 (6)에서 s는 거리 가중치를 나타내며 범위는 $o\le s\le 1$로 정의되고, x는 식 (1)에서 정의와 동일하게 보간될 픽셀의 위치를 나타내며 범위는 $x_k\le x\le x_{k+1}$로 정의된다. 식 (6)에서 얻은 거리 가중치를 식 (5)와 식 (1)에 대입하여 정리하면 선형 보간법을 도출할 수 있으며, 식 (7)과 같이 표현된다.

$$\hat{f}(x)=(1-s)f(x_k)+sf(x_{k+1}) \tag{7}$$

식 (7)의 선형 보간법은 거리 가중치를 표현하는 매개변수 s에 대한 식으로 나타나며, 거리 가중치의 사용으로 참조 픽셀의 주파수 특성을 더욱 반영하므로 보간되는 픽셀은 원 신호에 가깝다.

높은 차수의 보간 커널을 가져 선형 보간법보다 성능이 좋은 보간법인 3차 회선 보간법(cubic convolution), 3차 B-spline 보간법 등도 식 (7)과 같이 거리 가중치를 사용한 보간 커널을 가진다[9~10, 14, 16]. 3차 회선 보간법의 보간 커널은 아래의 식 (8)과 같이 표현된다.

$$\beta(x)=\begin{cases}(\alpha+2)|x|^3-(\alpha+3)|x|^2+1, & 0\le|x|\le 1\\ \alpha|x|^3-5\alpha|x|^2+8\alpha|x|-4\alpha, & 1\le|x|\le 2\\ 0, & otherwise\end{cases} \tag{8}$$

식 (8)의 α값은 다양한 입력이 적용될 수 있는 매개변수이며, x는 거리 가중치로 표현되었다. 식 (8)은 선형 보간법보다 더욱 많은 픽셀을 거리 가중치에 따라 참조하여 보간의 성능이 향상되었으며, 보간 커널에 영

향을 미치는 α의 조절에 따라 원 신호에 일치하거나 근접할 수 있는 특징이 있다. 3차 회선 보간법과 동일한 차수의 보간 커널을 사용하는 3차 B-spline 보간법의 보간 커널은 아래의 식 (9)와 같이 표현된다.

$$\beta(x)=\begin{cases}3|x|^3-6|x|^2+4 & ,0\le|x|\le 1\\ -|x|^3+6|x|^2-12|x|+8 & ,1\le|x|\le 2\\ 0 & ,otherwise\end{cases} \quad (9)$$

식 (9)로 표현된 3차 B-spline 보간법의 보간 커널은 다양한 형태로 존재하는 spline보간 함수 중에서 가장 널리 알려져 있는 보간법이며, 컨볼루션(convolution)특성을 이용하여 구형파 함수에 4번의 컨볼루션 적용으로 정의된다. 3차 B-spline은 여러 픽셀을 참조하여 부드러운 영상의 보간이 가능하지만, 고주파 영역의 감쇠현상으로 인하여 영상이 흐려지는 문제점을 가지고 있다[7].

2.2 적응적 보간법

고전적 보간법은 고정된 커널을 이용한 보간을 수행하여 이에 따른 고주파 영역의 감쇠나 영상의 흐림 현상 등의 단점이 존재한다. 이와 같은 단점을 보완하는 방법으로 각각의 픽셀마다 매개변수를 달리하여 적응적으로 지역특성(locality)을 강조하는 방법이 제안되었다. 예를 들어 식 (7)의 선형 보간의 경우 s를 매개변수로 사용하고, 식 (8)의 3차 회선 보간법은 보간될 픽셀의 계산마다 주변픽셀과의 관계를 고려하여 α, s를 변경하는 지역특성을 강조한 보간을 수행한다. 여기서 적응적인 매개변수를 사용하는 지역특성이 강조되는 방법을 선형 보간법에 적용한 왜곡거리 보간법이 제안되었다[5]. 왜곡거리 보간법은 거리 계수 s를 매개변수로 정의하기 때문에 s를 사용하는 다양한 보간법에 적용이 가능한 방법이며, s가 s'로 치환되어 적용되는 일련의 과정은 그림 2와 같이 표현된다. s를 적응적 매개변수로 보간을 수행하면 거리가중치는 식 (6)에서 정의된 값이 아닌 변형된 거리 s'가 구해진다. 이를 왜곡거리(warped distance)라 하고 식 (10)과 같이 정의된다[5, 11].

$$s'=s-kAs(s-1) \quad (10)$$

$$A=\frac{|f(x_{k+1})-f(x_{k-1})|-|f(x_{k+2})-f(x_k)|}{L-1} \quad (11)$$

식 (10)의 A는 식 (11)로 정의되며, k는 양수로 왜곡의 강도를 조절하는 매개변수이다. L은 해당 영상의 비트로 표현 가능한 밝기 단계이다. 예를 들어 8bit 의 밝기 정보를 가진 흑백 영상의 경우 $L=2^8=256$이 된다. 왜곡 강도를 조절하는 상수 k는 값이 너무 커지게 되면 왜곡되는 정도가 심해지게 되며 값의 범위가 $o\le k\le 1$의 범위를 벗어나게 된다. 이런 경우에는 s'의 값이 $o\le s'\le 1$범위를 벗어나는 현상이 발생되며 이때는 0 또는 1로 보정된다[12].

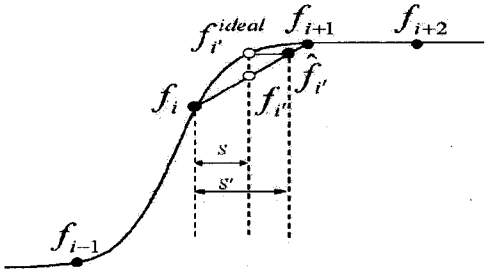


그림 2. 적응적 보간을 이용한 s의 위치 이동
Fig. 2. Moving s using adaptive interpolation.

III. 제안하는 보간법

본 장에서는 저해상도의 영상을 고해상도의 영상으로 보간하는 개선된 부화소 단위의 적응적 보간법을 제안한다. 제안하는 보간법은 먼저 보간될 영상의 각 부분별 주파수 특성을 반영하기 위한 방법으로 식 (6)의 거리가중치 s를 매개변수로 정의하고, 보간될 픽셀마다 본 논문에서 새롭게 도입한 비용함수를 통해 새로운 매개변수 s'를 구한다. 구한 s'는 선형 보간법의 s로 치환되고, 부화소 단위로 선형보간을 수행한다. 이와 같은 과정은 그림 3과 같이 표현된다.

일반적인 영상에서 인접한 픽셀들끼리 비슷한 특성을 갖는 서로 유사도(correlation)가 존재한다. 본 논문에서는 이와같은 영상의 특성을 이용하여 새로운 매개변수 s'를 보간하는 인접한 픽셀에 적용한다. 이와 같은 과정을 통해 보간하는 위치의 인접한 픽셀들이 가지는 주파수 특성이 고려되어 선형보간법의 성능을 향상시킨다.

그림 4는 제안하는 부화소 기반의 보간 시스템의 블록다이어그램이다. 기존의 선형보간법은 인접한 픽셀들과 이루는 관계를 고려하지 않고 보간에 참조되는 픽셀만을 사용하므로 적응적으로 보간할 수 없지만, 제안하는 보간법은 인접한 픽셀들을 고려하여 적응적인 매개변수 s'를 구해 보간을 수행한다. 먼저, 그림 3과 그림 4에서 나타나듯 저해상도 영상 $f(x_k)$에 대하여 s를 매개변수로 정의하여 선형 보간법을 수행한다. 선

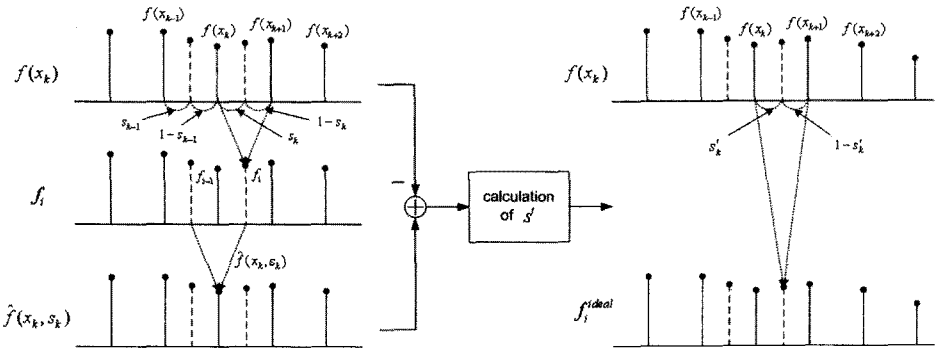


그림 3. s'를 구하여 보간에 적용하는 과정
Fig. 3. Apply calculated s' to interpolation.

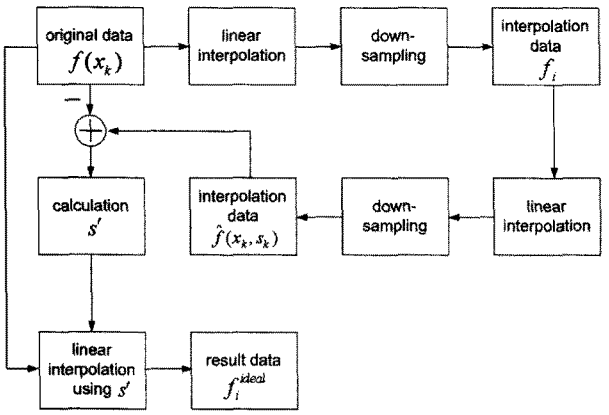


그림 4. 제안하는 시스템의 블록다이어그램
Fig. 4. Block diagram for proposed system.

형 보간법에 의해 생성되는 $f(x_k)$와 보간된 픽셀을 포함하는 f_i는 아래의 식 (12)와 같은 s_k에 관한 함수로 표현된다.

$$f_i = (1-s_k)f(x_k) + s_k f(x_{k+1}) \tag{12}$$

식 (12)의 결과인 f_i를 다운샘플링(down-sampling)하여 보간된 픽셀만을 가지는 영상이 되도록 f_i를 생성한다. 여기서 생성된 f_i는 $f(x_k)$와 동일한 해상도를 가지며, 앞선 과정과 동일하게 선형 보간법과 다운샘플링을 적용하여 $\hat{f}(x_k, s_k)$를 생성한다. 구한 $\hat{f}(x_k, s_k)$는 아래의 식 (13)과 같이 표현된다.

$$\hat{f}(x_k, s_k) = \frac{s_{k-1}}{s_{k-1}+s_k} f_i + \frac{s_k}{s_{k-1}+s_k} f_{i-1} \tag{13}$$

식 (13)에서 사용되는 s_{k-1}은 바로 이전 픽셀의 보간에서 구해진 s'의 값이며, f_{i-1}값은 이전 계산으로 구해진 보간된 픽셀의 값이 되며 그림 3에서 표현되었다. 지금까지 알려진 적응적 보간 법에서는 적응적으로 계산을 수행하지만, 이전 계산에서 적응적으로 구한 결과를 다음 계산에 반영하지 못함으로써 손실되는 부분이 있었다. 따라서 손실을 피하기 위해 이전 계산에서 구한 결과를 고려하여 매개변수의 계산을 수행하기 때문에 더욱 최적화된 거리계수 s'를 구한다. 그림 3은 원본영상을 확대하고 축소하는 과정을 통해 s'를 픽셀단위에 대해 각각 계산이 수행됨을 보여준다. 그림 3에서 표현된 과정은 항상 고정적이지 않으며 각각의 픽셀에 대해 적응적으로 계산된다. 식 (12)를 통해 얻은 영상과 식 (13)을 통해 얻은 원 영상과의 차이를 최소로 하는 최소 평균 자승 에러(minimum mean square error) 개념을 도입한 새로운 비용함수를 식 (14)와 같이 정의한다.

$$E(s_k) = \left[\hat{f}(x_k, s_k) - f(x_k)\right]^2 \tag{14}$$

식 (14)는 s_k에 대한 함수의 형태로 아래의 식 (15)와 같이 나타난다.

$$\begin{aligned} E(s_k) &= [\hat{f}(x_k, s_k) - f(x_k)]^2 \\ &= [(\frac{s_{k-1}}{s_{k-1}+s_k} f_i + \frac{s_k}{s_{k-1}+s_k} f_{i-1} - f(x_k)]^2 \\ &= [(\frac{s_{k-1}}{s_{k-1}+s_k}((1-s_k)f(x_k) + s_k f(x_{k+1})) \\ &\quad + \frac{s_k}{s_{k-1}+s_k} f_{i-1}) - f(x_k)]^2 \\ &= [(\frac{s_k}{s_{k-1}+s_k}(s_{k-1}f(x_{k+1}) - s_{k-1}f(x_k) + f_{i-1}) \\ &\quad + \frac{s_{k-1}}{s_{k-1}+s_k} f(x_k) - f(x_k)]^2 \end{aligned} \tag{15}$$

식 (15)에서 표현된 비용함수의 에너지가 최소가 되는 s'값을 찾기 위해서는 식 (16)과 같은 gradient method를 사용하여 local minimum 값을 만족시키는 s_k를 찾는다.

$$s_k^* = arg \ \min E(s_k) \tag{16}$$

식 (16)을 만족시키는 s_k는 미분방정식을 정의하여 구하고, 이에 대한 미분방정식은 아래의 식 (17)로 나타난다.

$$\frac{\partial E(s_k)}{\partial s_k} = 0 \tag{17}$$

식 (17)을 통해 원 영상과 변환 과정을 통한 결과 영상 사이의 차이를 최소로 하는 s_k를 구하고, 이를 s'로 치환하여 아래의 식 (18)과 같은 왜곡거리를 감안한 적응적인 선형 보간법이 정의된다.

$$\begin{aligned} &\hat{f}_i = (1-s')f(x_k) + s'f(x_{k+1}) = f_i^{ideal}, \\ &\begin{cases} if\ 0,\ then\ s' < 0 \\ if\ 1,\ then\ s' > 1 \end{cases} \end{aligned} \tag{18}$$

왜곡거리가 감안된 적응적 선형 보간법이 적용되어 얻은 결과영상은 원 영상에 근접하는 우수한 화질로 나타난다.

Ⅳ. 실험 결과

본 논문에서는 제안하는 보간법의 성능 평가를 위해서 그림 4의 시스템을 구성하여 실험환경을 구축하였다. 실험 영상으로는 "Lena", "Pepper", "Barbara", "Bridge", "Church" 등을 사용하였고, 256X256 해상도와 256 단계의 밝기를 가지는 그레이(gray) 영상을 512 X512 영상으로 보간하여 실험하였다. 비교 대상으로 고려된 보간 기법은 인접 화소 보간법, 양선형 보간법,

표 1. 기존 보간 기법과 제안한 보간 기법의 PSNR 비교

Table 1. The Comparison conventional interpolation and proposed interpolation for PSNR.

	Lena	Peppers	Barbara	Bridge	Church
Nearnest Neighbor	25.62	28.81	31.26	18.17	21.16
Bilinear	26.43	28.87	33.08	18.66	21.31
Warped Distance	27.75	29.84	33.51	18.66	21.58
Proposed	30.10	29.97	34.91	18.95	21.81

그림 5. PSNR 비교 영상들

Fig. 5. Comparison Image to PSNR.

왜곡거리 보간법이다. 각 알고리즘들은 2차원의 영상에 대해 1차원의 알고리즘을 가로방향과 세로방향으로 적용하여 수행되었다. 실험 결과로 각각 보간법에 대해 원 영상과 결과 영상을 비교하여 객관적 성능과 주관적 화질을 평가하였다.

알고리즘을 적용한 결과의 성능을 측정하기 위하여 PSNR(peak signal to noise ratio)을 이용하였다. $M \times N$의 해상도와[0, 255]의 밝기 범위를 가지는 영상의 PSNR은 다음과 같이 정의된다.

$$PSNR = 10 - \log\left(\frac{M \times N \times 255^2}{\sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{N-1}(f(i,j) - f'(i,j))^2}\right) \tag{19}$$

여기에서 $f(i,j)$는 원영상이며, $f'(i,j)$는 각각의 알고리즘에 의해 보간된 영상이다. 표 1은 기존 보간 기법들과 제안하는 보간 기법의 PSNR을 각 실험 영상들에 대해 비교한 결과이다. 표 1의 결과에서 그림 5의 실험영상이 가지는 주파수 성분에 따라 PSNR의 차이가 나타난다. 차이는 2차원의 영상에 대해 1차원 알고리즘을 적용하여 대각선 방향의 에지(edge)가 많이 존재하는 영상에 대해 고차원의 알고리즘을 적용했을 때와 차이가 확연하게 발생한다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 고차원의 알고리즘과 성능이 유사함이 나타났다. 표 1의 실험 결과는 제안한 알고리즘을 사용한 보간 기법이 상대적으로 높은 PSNR 값을 가져 기존의 보간 기법들보다 우수한 성능을 제공함을 보여준다.

주관적 화질 비교로 그림 6에서는 "Lena"영상에 대

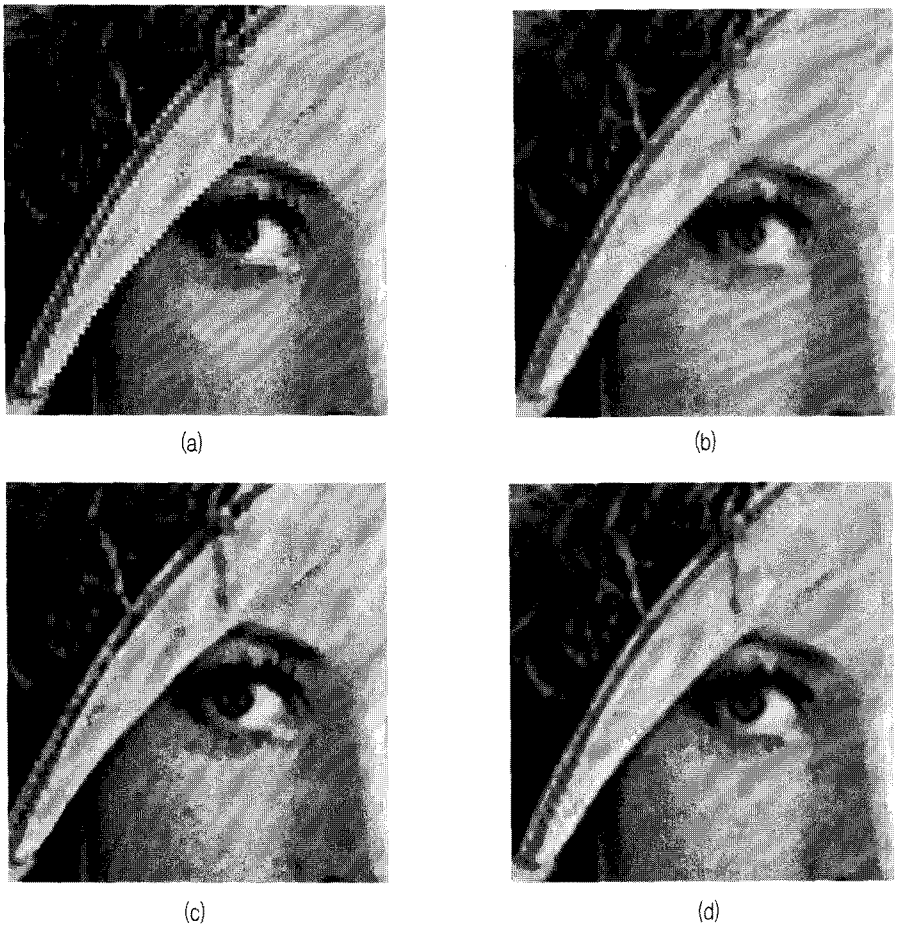


그림 6. Lena eye 영상에 대한 주관적 화질 비교
(a) 인접화소 보간법. (b) 왜곡거리 보간. (c) 이동 선형 보간. (e) 제안된 방법.
Fig. 6. The subjective quality comparison on Lena eye image.
(a) nearest neighbor interpolation. (b) warped distance interpolation.
(c) bilinear interpolation. (d) proposed interpolation.

한 각각의 알고리즘을 적용한 결과 영상을 확대하여 보여주고 있다. 그림 6에서 나타나듯 제안된 방법을 적용하여 보간한 영상이 인접 화소 보간법에서의 계단현상이나 선형 보간법에서의 흐림현상이 개선된다. 또한 왜곡거리 보간법의 에지부분이 돌출되는 단점도 제안된 방법에서 개선됨이 확인된다. 따라서 제안된 방법이 객관적 성능과 주관적 화질 비교에서 알려진 보간법보다 우수함이 입증된다.

V. 결 론

본 논문에서는 영상 확대에 있어서 새로운 부화소 기반의 적응적 왜곡거리 계산방법을 제안한다. 알려진 보간법에 대하여 언급하였으며 각각의 보간법이 가지는 문제점을 제시하였다. 제안한 보간법은 선형 보간법에서 픽셀의 지역적 특성을 잃지 않는 s'를 계산하여 s 값을 대체하여 사용된다. 여기서 매개변수 s'값을 계산하기 위하여 최소 평균 자승 에러를 적용한 새로운 비용함수를 사용하였다. 제안한 보간법을 적용하여 얻은 결과영상은 알려진 방법의 인접 화소 보간법, 양선형 보간법, 왜곡거리 보간법과 비교하여 PSNR을 통해 객관적 성능이 우수함을 보였다. 그림 6에서는 결과 "Lena"영상을 확대하여 보여줌으로써 주관적 화질 비교에서도 다른 보간법에서 발생하는 문제점들이 개선됨을 확인하였다. 제안한 보간법은 적응적으로 왜곡거리를 계산하여 적응적인 선형 보간법을 수행함으로 복잡도가 높지 않고, 우수한 화질의 결과 영상을 통해 기존의 알려진 보간법보다 우수함을 입증하였다.

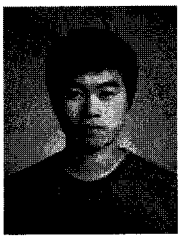
참 고 문 헌

[1] 한종기, "국지적 신호 특성에 적응하는 개선된

cubic convolution scaler," 한국통신학회논문지, vol. 27, no. 5A, pp. 404-413, 2002.
[2] 유훈, "Sub-pixel Image Magnification Using Adaptive Linear Interpolation," 한국멀티미디어학회, vol. 9, no. 8, pp. 1000-1009, 2006.
[3] Xin Li, "New Edge-Directed Interpolation," IEEE Transaction on Image Processing, vol. 10, no. 10, pp. 1521-1527, 2001.
[4] Y. J. CHA, "Edge-Forming Methods for Image Zooming," Springer Science + Business Media, vol. 25, pp. 353-364 , 2006.
[5] G. Ramponi, "WaDi for space-variant Linear Image interpolation," IEEE Transaction on Image Processing, vol. 8, no. 5, pp. 629-639, 1999.
[6] 김 태 찬, "저전력 평판 디스플레이 시스템을 위한 Soc 설계," 공학 석사 학위 논문, 고려대학교, 2003.
[7] 김 남 주, "2D 및 3D 영상의 적응 보간 및 렌더링에 관한 연구," 공학 석사 학위 논문, 2001.
[8] 이 봉 준, "신경망을 이용한 3차원 영상 방향성 보간 기법," 공학 학사 학위 논문, 연세대학교, 2001.
[9] U. Michael, "Spline-A Perfect Fit for Signal and Image Processing," IEEE Signal Processing Magazine, pp. 22-38, Nov. 1999.
[10] S. Hsieg, C. Harry, "Cubic Splines for Image Interpolation and Digital Filtering," IEEE transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. ASSP-26, no. 6, pp. 508-517, 1978.
[11] S. E. EL-Khamy and M. M. Hadhoud, "A new edge preserving pixel-by-pixel cubic image interpolation approch," 21 st National Science Conference, pp. 1-9, 2004.
[12] S. Yuan, M. Abe and A. Taguchi, "High accuracy wadi Image interpolation with local gradient features," Proceeding of 2005 International Signal Processing and Communication System, Hong Kong, 2005.
[13] W. K. Pratt, "Digital Image Processing," New York, Wiley, 1991.
[14] R. G. Keys, "Cubic Convolution Interpolation for Digital Image Processing," IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. ASSP-29, no. 6, pp. 1153-1160, 1981.
[15] J. Anthony Parker, Robert V. Kenyon and Donald E. Troxel, "Comparison of Interpolating Method for Image Resampling," *IEEE Trans. on Medical Imaging*, vol. MI-2, no. 1, pp. 31-39, Mar. 1983.
[16] M. Unser, A. Aldroubi, and M. Eden, "Fast B-spline transforms for continuous image representation and interpolation," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 13, pp. 277-285, Mar. 1991.

저 자 소 개

박 대 현(학생회원)
2007년 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 학사 졸업.
2007년~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사과정 재학.
<주관심분야 : 영상 처리, 영상 압축>



유 재 욱(학생회원)
2002년~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 학부과정 재학.
<주관심분야 : 영상 처리, 멀티미디어통신>

김 윤(정회원)
1993년 고려대학교 전자공학과 학사 졸업.
1995년 고려대학교 전자공학과 석사 졸업.
2003년 고려대학교 전자공학과 박사 졸업.
1995년~1999년 LG-Philips LCD 연구소 주임연구원
2003년~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 부교수
<주관심분야 : 영상 신호 처리, 멀티미디어통신>