가우시안 필터를 이용한 상향표본추출모델

박정윤, 이상신, 김상철, 김중환
한국외국어대학교 컴퓨터공학과

An upsampling Model Using Gaussian filter.

Jeong Yun Park, Sang Sean Lee, Sangchul Kim, Joong Hwan Kim
Dept. of Computer Science & Engineering, Hankuk University of Foreign Studies

요약

디지털영상을 상향표본추출(upsampling)의 방법으로 확대하여 해상도를 높이는 경우에 확대된 영상은 확대 전의 영상에 비해 해상도는 높아지지만 흐려지거나 계단현상이 생기게 되어 영상의 품질은 저하된다. 본 연구에서는 확대된 영상에서 생기는 이와 같은 문제점을 보완하는 상향표본추출 모델을 제안한다. 제안된 모델은 8-이웃(8-neighborhood)과 가우시안 필터(Gaussian filter)를 이용하여 확대된 영상의 증가된 픽셀들의 픽셀값을 부여하여 확대 전 영상이 가진 특성이 확대 후에도 균질하게 유지될 수 있도록 하고 계단현상도 완화한다. 그리고 감마 교정(Gamma correction)을 이용하여 영상의 흐림 정도를 개선한다.

1. 서론

디지털 영상은 데이터 값의 분석을 통해 원래의 픽셀값을 바꾸거나 분포를 변화시키고 위치를 이동하는 등 다양한 기하학적인 방법으로 변환될 수 있다. 상향표본추출(upsampling)방법은 영상을 확대하여 해상도를 높이는 경우에 주로 사용하며 픽셀의 위치가 (x, y)인 영상 f 를 픽셀위치 (x', y')가 되는 영상 g 로 만들기 위해 영상 f 에 기하학적 변형을 가하는 영상 변환 방법이다. 이러한 상향표본추출은 위성사진 판독과 같이 너무 작아서 판독이 어려운 영상을 크게 확대하여 판별성을 높이거나 작은 영상을 보다 크게 확대하여 활용하고자 할 때 효과적이다. 기존에 연구된 상향표본추출 방법들은 확대된 영상의 픽셀 위치까지 원래 영상과 같은 픽셀값을 단순하게 부여하는 가장 기초적인 방법[1], 인접한 두 픽셀값 중 가장 가까운 값을 증가된 픽셀들에 부여하는 최근접이웃보간법(nearest neighbor interpolation)[2], 부드러운 밝기 값을 얻기 위해 더욱 많은 주변 16 개 픽셀들을 사용하는 체적상승적분(cubic convolution)[2], 증가된 픽셀에 네 개의 가장 근접한 픽셀들에 가중치를 곱하여 나온 값들의 합을 부여하는 쌍선형보간법(bilinear interpolation)[2]이 있다. 그러나 픽셀값을 단순하게 부여하는 방법이나 최근접이웃보간법은 구현하기가 간단하다는 장점이 있는 반면 증가된 픽셀이 인접한 픽셀과 같은 값을 가지므로 계단현상이 두드러지므로 확대 후 영상의 품질이 떨어지게 된다. 이를 보완하기 위한 체적상승적분은 계산량이 너무 많다. 현재 쌍선형보간법이 가장 일반적으로 사용되고 있으나 원래 영상의 특성을 충분히 반영하기에는 확대시에 증가된 픽셀들에 새로운 픽셀값을 부여할 때 참조하는 픽셀의 수가 너무 적어서 원래 영상의 특성이 확대 후에 충분히 균질하게 유지되지 못하고 있다.

본 연구는 기존 방법들의 문제점을 고려하여 상향표본추출 시에 생기는 계단현상 및 영상의 흐림 정도를 개선하는데 목적이 있다. 이를 위해 확대한 영상에서 증가된 픽셀들에 차등화된 픽셀값을 부여하는 8-이웃(8-neighborhood)과 가우시안 필터[3]를 이용한다. 이 방법은 8 개의 주변 픽셀값을 이용하므로 쌍선형보간법에 비해 많은 픽셀들을 반영하므로 보다 적절한 픽셀값을 부여할 수 있고 체적상승적분보다는 계산량을 줄일 수 있다. 따라서 원래 영상의 특성이 확대된 영상에서 균질하게 유지될 수 있으며 좋은 품질의 확대 영상을 얻게 한다.

2. 상향표본추출 과정

디지털 영상을 확대할 때 가장 큰 문제점은 확대된 영상에 계단현상이 생기고 윤곽선 주위의 선명도가 떨어진다는 것이다. 이러한 문제점들은 영상 확대 시 증가된 픽셀들에 어떻게 새로운 픽셀값을 부여하느냐에 따라 현저히 달라질 수 있다. 새로운 픽셀값을 부여하는 것은 원래 영상의 특성이 확대된 영상에서 균질하게 유지되는 데 결정적인 영향을 끼치기 때문이다. 확대 영상의 품질을 개선하기 위하여 본 연구에서는 8-이웃과 가우시안 필터를 이용하였으며 그 과정은 다음과 같다.

1) 4-이웃을 이용한 픽셀값 부여

i) 크기확대

먼저 원래영상을 3 배로 확대한 픽셀위치값을 계산한다. 그 이유는 기존의 확대방법은 확대배율에 상관없이 새로 증가된 픽셀들에 인접한 두 픽셀값 중 가장 가까운 값을 부여하므로 x 방향이나 y 방향 중 한쪽의 값만을 반영한다. 또한 주변의 픽셀값을 반영하더라도 반영된 픽셀값들이 적어서 새로운 픽셀에 원래영상의 특성을 균질하게 반영하기가 어렵다. 그러나 원래영상을 3 배로 확대하면 중앙 픽셀을 둘러싸는 8 개의 픽셀들을 모두 반영하므로 보다 원래영상의 특성을 균질하게 반영할 수 있다.

이 변환은 x' = r(x, y), y' = s(x, y)로 표현된다. 이때 r(x, y)와 s(x, y)는 기하학적으로 변형된 영상 g(x', y')의 위치를 만들어 낸다. r(x, y) = 3x 고 s(x, y) = 3y 면 두 공간방향 x 와 y 에서 f(x, y)의 크기는 3 배로 확대된다.

ii) 중앙픽셀값 부여

크기확대 과정을 통해 한 개의 원래 픽셀을 그림1 과 같이 3x3 행렬로 확대한 후 2 행 2 열에 해당하는 위치에 원래 영상의 픽셀값을 부여한다.

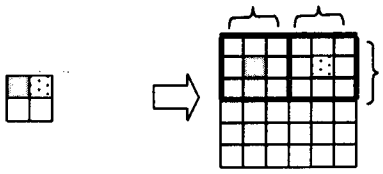

그림 1. 크기확대 및 중앙픽셀값 부여

iii) 8-이웃의 픽셀값 부여

그림 1 과 같이 중앙픽셀값을 부여하면 3x3 행렬의 중앙에 위치한 픽셀을 중심으로 시티블럭 거리(City-block distance)가 2 인 8-이웃이 생긴다. 이때 8-이웃이 1 또는 2 인 픽셀 q 에 값을 부여하는 과정은 다음과 같다.

- Dcity (p, q) = 1 이면 q 에는 p 의 픽셀값을 부여
- Dcity (p, q) = 2 이면 가우시안 필터를 이용하여 q 의 픽셀값을 생성하여 부여

2) 가우시안 필터를 이용한 픽셀값 부여 및 평활화

Dcity (p, q) = 2 인 픽셀들에 픽셀값을 부여하기 위하여 가우시안 필터를 만든다. 가우시안 함수는 정규분포를 갖는 특성이 있으므로 이에 의해 만들어진 필터는 정규분포를 갖게 된다. 따라서 주변 값들과의 시티블럭 거리에 따른 가중치를 계산하고 가중치에 따라 차등화된 픽셀값을 새로 부여하게 된다. 이때 필터는 원래 영상을 3 배로 확대하므로 크기를 3 으로 하여 x 방향의 1x3 행렬과 y 방향의 3x1 행렬 형태의 두 가지를 사용한다.

i) x 방향 가우시안 필터의 적용

x 방향으로 적용시킬 가우시안 함수는

$$g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma^2} \right]$$

x : 영상 x 좌표, : 표준편차

와 같으며 이를 생성하는 알고리즘은 다음과 같다.

```
read sigma and scale                /* scale 과 sigma 결정한다.*/

left_pixel = - ( int ) ( scale / 2 );  /* 마스크의 왼쪽 픽셀 */
right_pixel = ( int ) ( scale / 2 );  /* 마스크의 오른쪽 픽셀 */

  for ( i = 0, x = li; i < scale; i++, x++) {
      gauss_1d[i] = ((1.0 / sqrt(2 * M_PI) * sigma)) * exp(-(x
                    *x) / (2 * sigma * sigma))}
```

이 알고리즘으로 = 0.5 인 mask_id 는

0.11	0.798	0.11

로 만들어진다. 그러므로 자기자신에 0.798 만큼, 좌우로 0.11 만큼의 가중치를 부여하게 된다. 이렇게 생성된 필터를 사용하여 확대된 영상에 x 방향으로 convolution 시키면 픽셀들은 차등적으로 반영된 새로운 픽셀값을 부여 받게 된다. 그러나 이것은 x 방향으로만 적용된 것이므로 자신의 위, 아래에 위치한 픽셀값에도 가중치를 적용시키기 위하여 y 방향으로도 같은 처리를 해 주어야 한다.

ii) y 방향 가우시안 필터의 적용

y 방향으로 적용시킬 가우시안 함수는

$$g(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma^2} \right]$$

y : 영상 y 좌표, : 표준편차

와 같으며 이를 생성하는 알고리즘은 다음과 같다.

```
read sigma and scale                /* scale 과 sigma 결정한다.*/

up_pixel = - ( int ) ( scale / 2 );  /* 마스크의 위쪽 픽셀 */
down_pixel = ( int ) ( scale / 2 );  /* 마스크의 아래쪽 픽셀 */

  for ( i = 0, y = li; i < scale; i++, y++) {
      gauss_1d[i] = ((1.0 / sqrt(2 * M_PI) * sigma)) * exp(-(y
                    *y) / (2 * sigma * sigma))}
```

= 0.5, scale = 3 으로 했을 때 mask_id 는

0.11
0.798
0.11

로 만들어진다. 이를 필터로 하여 확대된 영상에 convolution 시킨다. 이를 통해 상하좌우 픽셀에 차등적인 가중치를 적용시킨 픽셀값이 부여되었다.

3) 감마교정 과정

가우시안 필터를 이용하여 상향표본추출을 수행하는 위의 과정은 계단현상을 완화시키는 효과를 가져오는 반면 원래 영상에 비해 확대된 영상이 밝아지는 부정적 결과도 함께 야기시킨다. 왜냐하면 새로 증가된 빈 픽셀들은 가우시안 필터를 적용할 때 가중치의 값이 1 보다 적은 값을 사용하기 때문이다. 이러한 단점은 감마교정[4][5]을 사용하여 개선할 수 있다. 감마교정의 사용은 명암을 균형있게 조정할 수 있게 하여 보다 원래영상에 가깝고 또렷한 영상을 얻게 한다. 단 감마교정을 사용하려면 영상이 그레이 스케일이거나 24 비트 색상 영상이어야 한다. 감마교정은 다음과 같은 공식에 의해 원하는 명암의 정도를 표현할 수 있다.

$$I = aV$$

I : displated intensity
V : input Voltage
a, : CRT 의 phosphor 에 종속적인 상수

감마교정은 이미지 툴 페인트샵-프로(Paint Shop-pro)[6]를 사용하여 교정한다.

3. 상향표본추출된 영상의 처리결과 비교

본 연구에서 제안한 가우시안 필터를 이용한 상향표본추출 모델을 평가하기 위해 86 x 100 픽셀의 그레이 스케일 이미지의 표본영상을 이용하였다. 수행된 실험결과는 상향표본추출 시 가장 일반적으로 사용하는 쌍선형보간법과 비교하였다.

그림2 는 x 방향과 y 방향으로 각각 3 배씩 확대하여 얻어진 확대영상이고 그림3 은 x 방향과 y 방향으로 각각 9 배씩 확대한 영상의 일부분이다.

(1)쌍선형보간법 (2) 가우시안 필터를 이용한 상향표본추출

그림 2. x 방향, y 방향 각각 3 배 확대 결과 비교

(1) 쌍선형보간법 (2) 가우시안 필터를 이용한 상향표본추출

그림3. x 방향, y 방향 각각 9 배 확대 결과의 일부분 비교

4. 결론

디지털 영상을 확대할 때 발생되는 문제점은 계단현상과 영상의 흐려짐으로 인한 영상의 품질저하이다. 이러한 문제점은 본 연구에서 제안한 가우시안 필터를 이용한 상향표본추출 모델을 통해 개선할 수 있다. 그러나 위의 모델은 한번에 원하는 크기의 확대 영상을 얻지 못하고 3 배씩 확대하는 과정을 반복해야 한다는 한계를 가진다. 영상의 확대하고자 하는 배율이 3 의 배수일 경우는 3 배 확대 과정을 반복하면 원하는 확대배율의 영상을 얻을 수 있다. 그러나 확대배율이 3 의 배수가 아닐 경우에는 상향표본추출 후 하향표본추출(downsampling)을 다시 해야 한다. 예를 들어 원래영상을 2 배로 확대하고자 한다면 먼저 원래영상을 3 배로 상향표본추출한 다음 얻어진 확대영상에 2/3 배 만큼 하향표본추출을 해야 한다. 또한 8-이웃이 1 인 픽셀 q 에 픽셀 p 의 값을 부여함으로써 상하좌우 방향으로 강한 영상을 갖게 하는 단점이 있다. 여기서 지적한 한계는 향후 연구 검토되고 개선되어야 할 것이다.

참고 문헌

[1] Adrian Low, "Introductory Computer Vision and Image Processing", Mcgraw-Hill Book co., 1991

[2] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, and Roger Boyle. "Image Processing, Analysis, and Machine Vision" –2nd, ed., .Brooks/Cole Publishing Company, 1999.

[3] Gonzalez & Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley Publishing Company, 1992

[4] Edward Angel, "Interactive Computer Graghics : a top-down approach with Open GL", Addison Wesley Lengman, Inc, 1997

[5] Janas Gomes, Luiz Velh, "Image Processing for Computer Graphics", Springer-Verlag, 1997

[6] http://www.jasc.com/