

확대에 최적화 된 영상 축소 방법

신현준[†] 위영철[†]

아주대학교[†]

{joony,ycwee}@ajou.ac.kr

Image Downscaling Method Optimized for Future Magnification

Hyun Joon Shin[†] Young Cheul Wee[†]

Ajou University[†]

요약

영상이나 동영상을 저장하거나 전송할 때 저장 공간의 크기나 네트워크 대역폭을 고려하여 고해상도 원본 영상을 축소하여 저장, 전송하고 최종적으로 영상을 디스플레이 하는 과정에서 영상을 확대하는 경우가 실제 응용에서 빈번히 나타난다. 기존 연구들에서는 이런 경우 확대 영상의 화질을 개선하기 위해 영상 확대 과정을 개선하기 위한 연구가 많이 진행되었다. 본 논문에서는 이런 상황에서는 고해상도 원본 영상이 존재한다는 점에 착안하여 영상 확대 과정 대신 영상을 축소하는 과정을 개선함으로써 최종 확대 영상의 화질을 개선하기 위한 방법을 제안한다. 특히 실제 하드웨어나 소프트웨어에서 널리 적용되는 선형 보간법, 삼차 보간법 등에서 확대 영상의 화소가 작은 영상의 화소 값들의 선형 조합으로 나타난다는 점에 착안하여 영상 확대 과정을 선형 변환으로 모델링하고 최적 축소 영상을 만들기 위한 역변환을 얻는 방법을 제안한다. 또한 역변환 과정의 계산량을 줄이기 위해 역변환 과정을 간단한 필터 커널로 근사하는 방법을 제안한다. 결과적으로 본 논문에서 제안하는 방법으로 축소된 영상을 확대 복원하였을 때 기존에 사용되던 방법에 비해 상당한 화질 개선 효과가 있는 것을 실험적으로 확인하였다.

Abstract

In this paper, we introduce a novel method to reduce image to a small size, such that the quality of the image is improved when it is up-scaled. Recent hardwares including cameras and display devices allow us to capture and display high-resolution images. However, it is not always realistic to store and transmit those high-resolution images due to limitation of storage and network bandwidth. Therefore, high-resolution images are often down-scaled to be stored and transmitted, and then up-scaled back for display. To improve final image quality in this scenario, we first formulate selected up-scale methods as linear transformations. The optimal reduction methods are obtained as its inverse transformation. Based on this basic idea, we develop down-scale kernel that is optimized for each up-scale method. In our experiment, the proposed method could improve the quality of the up-scaled image noticeable.

키워드: 영상 처리

Keywords: Image Processing

1 서론

최근 카메라 장비나 디스플레이 장비의 해상도가 높아짐에 따라 높은 해상도의 영상을 획득하고 디스플레이 하는 것이 가능해졌다. 하지만 영상의 고해상도 영상은 많은 저장공간이나 네트워크 대역폭을 요구하기 때문에 원본 그대로 저장하거나 전송하는 대신 원본 영상을 축소(downscale)하여 저장, 전송하고 최종적인 디스플레이 단계에서 확대하여 표시하는 경우가 많이 있다. 예를 들면 휴대용 단말기에서 사진을 보기 위한 응용에서는 화면에 빠르게 영상을 표시하기 위해 원본 영상을 축소한 캐시(cache)를 저장하고 이를 확대하여 표시하는 방법이 널리 사용된다. 이때 슈퍼레졸루션(super resolution) 등의 많은 계산량을 요구하는 확대 방법 대신 적절한 성능을 보장하기 위해 하드웨어에서 가속을 지원하는 선형 보간법(bilinear interpolation), 삼차 보간법(bicubic interpolation) 등의 간단한 방법이 널리 사용된다.

본 논문에서는 이런 경우에는 일반적으로 주어진 작은 영상을 수동적으로 확대하는 과정과는 다르게 영상의 축소 과정에 개입할 수 있다는 데 착안한다. 많은 경우에 영상을 확대하여 사용자에게 표시하는 과정은 사용자 상호작용적으로 일어나기 때문에 높은 계산량을 요구하는 방법 대신 간단한 방법을 제한적으로 사용한다. 따라서 확대 영상의 화질을 개선하기 위해 확대 대신 영상을 축소하는 과정에서 영상이 확대되어 표시될 것을 감안하여 영상을 축소하는 방법으로 확대 영상의 화질을 개선할 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 본 논문에서는 최종적으로 영상이 확대되었을 때의 화질을 개선하기 위한 영상 축소 방법을 제안한다.

확대된 영상의 화질을 개선하기 위한 연구가 진행되어 왔으나 이들 연구는 영상을 확대하는 과정에서 영상의 품질을 높이기 위한 다양한 보간법이나[1, 2, 3, 4], 단일 영상 슈퍼레졸루션[5, 6] 등이 주류를 이룬다. 또한 시점이 조금씩 다른 여러장의 영상을 이용하여 확대 영상의 화질을 개선하는 방법이나,

동영상에서 인접 프레임의 정보를 이용하여 확대 영상의 화질을 개선하는 방법 등이 널리 연구되고 있다[7, 8, 9]. 영상을 축소하는 방법에 대한 연구는 주로 영상이 축소될 때 나타나는 앨리어싱(aliasing) 문제 및 모아레(moiré) 현상 등의 문제점(artifact)을 개선하는 정도로 진행되어왔다[10]. 이외에 영상의 축소 과정에서 영상 압축을 고려하여 영상을 축소하는 방법에 대한 연구도 있었다[11]. 우리가 가진 지식 범위에서는 영상이 확대될 것을 고려하여 영상을 축소하는 방법을 개선하는데 관한 연구는 진행된 바 없다.

본 논문에서 제안하는 방법의 기본적인 아이디어는 선형 보간법이나 삼차 보간법, Lanczos 재샘플링 등의 실제 응용에서 사용되는 소프트웨어나 하드웨어를 통한 영상 확대 방법의 대부분이 선형 조합으로 나타난다는 점이다. 즉, 이들 영상의 확대 과정에서 확대 영상의 한 화소 값이 작은 영상의 화소 값들의 선형 조합으로 나타난다. 따라서 본 논문에서는 영상의 확대 과정을 선형 변환(linear transformation)으로 보고 이와 같은 선형 변환으로 확대되었을 때 원본 영상과 차이를 최소화하기 위한 역변환을 이용하여 영상을 축소하는 방법을 제안한다. 또한 역변환 과정을 보다 효율적으로 적용하기 위해 역변환을 간단한 필터 커널 형태로 모델링하고 적용하는 방법을 제안한다.

본 논문에서 제안하는 방법의 중요한 특징은 다음과 같다.

- 기존의 영상 축소 방법에서 널리 사용되는 FIR(Finite Impulse Filter) 필터에서 필터의 커널(kernel)을 교체하는 것으로 구현이 가능하다.
- 기존의 영상 확대에 사용되는 하드웨어나 소프트웨어를 그대로 사용하여 화질을 개선할 수 있다.
- 임의의 FIR 필터 형태로 구현되는 확대 방법에 대하여 최적화된 축소 방식을 구성할 수 있다.
- 축소 필터 커널은 확대 방식과 배율에만 의존적이고 대상 영상의 내용이나 크기에는 독립적이다.

본 논문에서는 2절에서 먼저 확대 방법에 따라 변환 방법을 얻기 위한 방법과 역변환을 얻기 위한 방법을 소개하고, 3절에서는 이 역변환을 실제 응용에서 사용 가능하도록 간단한 필터 커널로 표현하기 위한 방법을 제안한다. 4절에서는 실험결과를 보이고, 5절에서 결론을 맺고 본 논문에서 제안하는 방법의 제한점과 향후 연구 방향을 제시한다.

2 확대 변환 및 역변환

영상을 확대할 경우 대부분의 상용 소프트웨어나 하드웨어에서, 특히 영상을 확대 할 때 일정한 성능을 보장해야 하는 응용의 경우에는 선형 보간법, 삼차 보간법, Lanczos 재샘플링 등의 방법들이 널리 사용된다. 이와 같은 방법의 특징은 기본적으로 확대된 영상의 각각의 화소 값이 작은 영상의 화소 값들의 선형 조합으로 나타난다는 점이다. 즉, 확대 영상의 한 화소의 위치가 결정되면 작은 영상에서 이 화소에 영향을 주는 화소들이 배율과 확대 방법에 의해 선택되고 선택된 화소들의 가중합으로 확대 영상의 화소 값이 결정된다. 따라서 확대 방법에 따라 배율이 결정되면 영상의 확대 과정은 다음과 같은 행렬 식으로 표현된다.

$$c = Sp \tag{1}$$

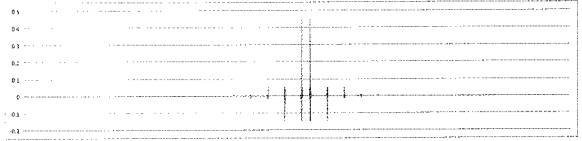


그림 1: 역변환 행렬의 행 값

이때 c 는 확대 영상의 각 화소를 포함하는 n 벡터이고, p 는 작은 영상의 m 개의 화소를 벡터로 표현한 것이다. 이때 변환 행렬 S 의 각 행은 확대 영상의 한 화소를 얻기 위한 작은 영상의 화소 값들의 가중치로 구성된다.

본 논문에서는 고해상도의 원본 영상을 축소하고 다시 확대 하였을 때 화질을 최적화하기 위해 확대 영상과 원본 영상의 평균 자승 오차(mean square error)를 최소화 한다. 즉 원본 영상의 화소 값을 c^* , 확대된 영상의 화소값을 c 라고 할 때 최적의 축소 영상 p 를 찾는 문제는 다음 식으로 구결된다.

$$\arg \min_p \|c^* - c\|^2 = \|c^* - Sp\|^2 \tag{2}$$

위의 식을 최소화 하는 p^* 는 유사 역행렬(pseudo inverse matrix)의 특성에 따라

$$p^* = S^+ c^* \tag{3}$$

이 된다. 여기서 S^+ 는 행렬 S 의 유사 역행렬이다. 이때 S^+ 는 원본 영상의 내용에 관계없이 확대 방법과 배율, 영상 크기에 따라서 결정된다.

3 축소 필터 커널

식 (3)에서 S^+ 의 각 행의 길이는 원본 영상의 화소 개수와 같고 열의 개수는 축소 영상의 개수와 같다. 따라서 일반적으로 유사 역행렬을 계산하는 데는 상당한 계산량이 요구되어 실질적으로 사용하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 배율이 정수로 주어질 때 S^+ 를 간단한 필터 커널의 형태로 표현하기 위한 방법을 제안한다.

행렬 S^+ 의 각 행은 원본 영상의 화소들이 선형 조합되어 축소 영상의 한 화소로 축소될 때 가중치를 나타내는 값들이 저장된다. 그림 1은 32x32 크기의 영상을 선형 보간법으로 2배 확대하는 경우에 S^+ 의 한 행의 값들을 순서대로 표시한 것이다. 그림에서 나타난 바와 같이 몇 개의 원소를 제외하고는 절대 값이 0에 가까워 최종적인 영상에 거의 영향을 주지 않는다. 또한 의미있는 절대 값을 가지는 원소들에 해당되는 원본 영상의

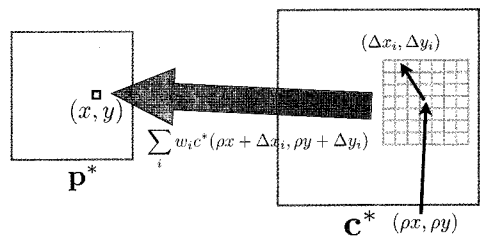


그림 2: 필터 커널에 의한 축소 과정의 개괄

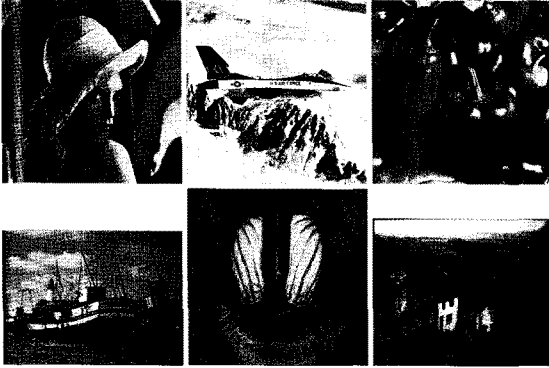


그림 3: 실험 영상:(왼쪽 위에서 오른쪽으로) Lenna, Airplane, Peppers, Boats, Baboon, Goldhill

화소들은 축소 영상의 화소를 배율에 따라 대응시킨 점 주변에 밀집되어 있다. 더 나아가서 영상의 경계 부분을 제외하면 정수 배율로 축소하는 경우 가중치와 상대적인 원본 영상의 화소 범위가 축소 영상의 화소 위치와 관계 없이 결정된다.

이와 같은 결과를 이용하여 본 논문에서는 먼저 확대 방법에 따라 적절한 크기(일반적으로 32×32)의 영상을 가정하고 주어진 확대 방법과 확대 배율 ρ 에 따라서 변환 행렬 \mathbf{S} 를 구성한다. 이 행렬의 유사 역행렬 \mathbf{S}^+ 를 계산하고 축소 영상의 중심에 해당하는 행을 선택한다. 이 행의 원소 중 절대값이 임계치(threshold) 이상인 원소들 w_i 를 추출한다. 그리고 축소 영상의 중심에 대응되는 원본 영상의 화소 위치로부터 각각의 선택된 원소들에 해당되는 원본 화소의 위치까지의 변위 $\Delta x_i, \Delta y_i$ 를 얻는다(그림 2 참조). 이들 가중치와 변위를 이용하여 영상의 축소는 다음 식으로 나타낸다.

$$\rho^*(x, y) = \sum_i w_i c^*(\rho x + \Delta x_i, \rho y + \Delta y_i). \quad (4)$$

이때 w_i 와 $\delta x_i, \delta y_i$ 는 원본 영상의 크기나 영상의 내용과는 무관하게 결정되므로 확대 방법과 배율에 따라 한 번만 계산하여 사용할 수 있다. 여기서 축소 영상에 영향을 주는 원소를 선택하는 임계값은 축소 과정의 계산량과 최종 영상의 화질을 조정하는 데 사용할 수 있다. 즉 임계값이 낮은 경우에는 역변환을 정확하게 근사할 수 있으므로 높은 화질을 얻을 수 있는 반면, 임계값이 큰 경우에는 w_i 의 개수가 적어지므로 축소 과정에 필요한 계산량을 줄일 수 있다. 다음 실험에서는 임계값을 0.0001로 지정하였다.

4 실험 결과

본 논문에서 제안하는 최적화 축소 방법은 기본적으로 선형 조합으로 나타나는 다양한 영상 확대 방법에 적용될 수 있다. 최적화 축소 방법의 성능을 실험하기 위해 본 논문에서는 OpenCV [12]에서 제공하는 선형 보간법, 삼차 보간법, Lanczos-3 방법에 대하여 각각 2배, 4배 확대에 적합한 축소 필터를 계산하였다. 각각의 확대 방법에서 가중치와 영역을 정확하게 얻기 위해 적절한 크기(32×32)의 정 중앙에만 원점이 있는 회색(50%) 영상을 준비하고 이 영상을 각각의 방법과 배율로 확

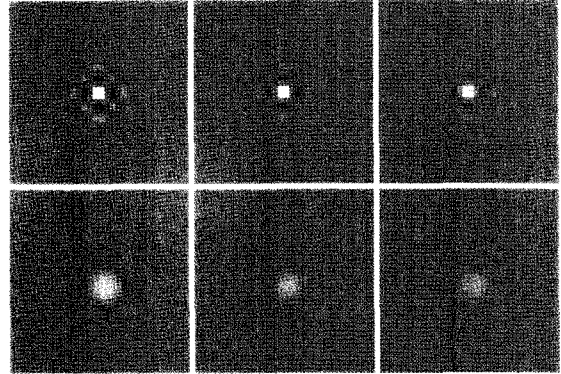


그림 4: 최적화 축소 필터 커널:(왼쪽 위에서 오른쪽으로) 2배 선형 보간용 커널, 2배 삼차 보간용 커널, 2배 Lanczos-3용 커널, 4배 선형 보간용 커널, 4배 삼차 보간용 커널, 4배 Lanczos-3용 커널

표 1: 각 확대 방법에 따른 박스 필터와 최적화 축소 필터의 화질 비교

Image	Bilinear	Optimized bilinear	Bicubic	Optimized bicubic	Lanczos-3	Optimized Lanczos-3
Lenna	31.48	33.22	32.72	33.34	32.87	33.55
Airplain	29.88	31.51	31.09	31.80	31.24	32.06
Peppers	29.89	30.86	30.59	31.10	30.64	31.22
Boats	30.14	31.83	31.55	32.30	31.71	32.44
Baboon	22.16	23.05	22.68	23.13	22.65	23.19
Goldhill	30.73	32.11	31.59	32.15	31.61	32.25

대한 영상을 생성하였다. 이 영상들을 통하여 각 방법과 배율에 대하여 작은 영상의 한 화소가 확대 영상에 영향을 미치는 범위와 가중치를 계산하였다.

그림 4은 각각의 축소 커널을 그림으로 표현한 결과이다. 그림에서와 같이 선형 보간법에 최적화된 커널의 형태는 샤프닝 필터(sharpening filter)와 유사한 형태를 보인다. 또한 삼차 보간법이나 Lanczos-3에 특화된 커널의 경우에는 실제 확대 과정에서 넓은 영역의 화소값을 조합하여 확대 하기 때문에 해당 커널의 유효 영역이 보다 넓은 것을 확인할 수 있다. 이때 가장 영역이 넓은 4배 Lanczos-3 필터의 경우에도 유효한 필터 커널의 크기가 20×20 으로 축소하는 과정에서 심각한 추가 부담(overhead)을 초래하지는 않는다.

최적화 축소 방법의 화질 개선 효과를 평가하기 위해 다양한 영상 특성을 가지는 그림 5의 6개의 표준 영상을 사용하였다. 표 1은 각각의 표준 영상을 선형 보간법, 삼차 보간법, Lanczos-3의 각 방법에 최적화된 $1/2$ 축소 방법으로 축소하고 각 해당 방법으로 2배로 확대했을 때의 원본 대비 PSNR과 일반적으로 영상 축소에 널리 사용되는 박스 필터(box filter)를 사용하여 축소하고 확대 했을 때의 PSNR을 비교한 표이다. 표에서 나타난바와 같이 본 논문에서 제안하는 최적화된 축소 방법을 사용하였을 때 원본 대비 PSNR이 최대 1.74dB 증가한 것을 확인할 수 있다. 박스 필터 이외에 축소된 영상의 화질 특히 축소

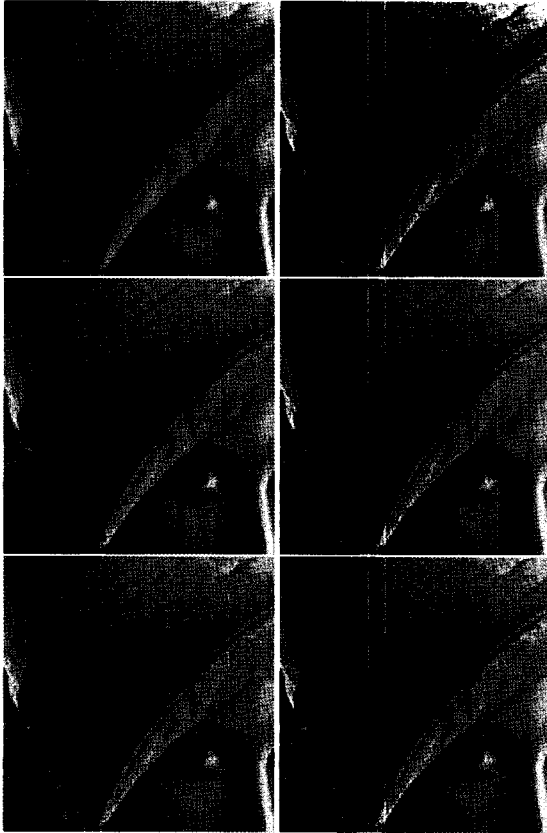


그림 5: 확대 결과 영상; 왼쪽: 박스 필터로 축소한 후 확대, 오른쪽: 최적화 필터로 축소한 후 확대, 첫 행: 선형 보간법, 두 번째 행: 삼차 보간법, 세 번째 행: Lanczos-3

영상에서 나타나는 각종 문제점을 줄이기 위한 축소 방법들과 비교한 경우에도 박스 필터를 적용한 경우와 유사하게 본 논문에서 제안한 방법이 0.5dB에서 1.8dB 정도의 높은 PSNR 값을 나타냈다.

그림 5는 박스 필터, 최적화 필터를 적용하여 영상을 축소하고 다시 확대된 영상의 일부분을 보이고 있다. 전반적으로 박스 필터를 적용하면 영상의 고주파 성분이 사라지기 때문에 영상이 전반적으로 번진 형태로 나타나는 반면 최적화된 축소 방법에서는 영상을 축소하는 과정에서 향후 확대 될 때 화질을 보정하기 개선하기 위해 고주파 성분을 강조함에 따라서 최종적으로 확대한 영상이 비교적 선명한 것을 확인할 수 있다. 또한 삼차 보간법이나 Lanczos-3 방법의 경우에는 박스 필터로 축소된 영상을 확대하면 모자 갖의 아래 부분이나 털 부분에서 이들 확대 방법 특유의 시각적인 문제점(visual artifact)을 보이지만 본 논문에서 제안하는 축소 방식에서는 이런 문제점을 감소시키는 데도 효과가 있다.

본 논문에서 제안하는 방법은 화소의 위치에 따라 커널의 형태와 가중치가 변화하지 않게 하기 위해 정수배로 축소한 영상을 정수배로 확대하는 경우를 가정하고 있다. 하지만 실제 응용에서는 축소된 영상이 다른 배율로 확대되는 경우나 나타

표 2: 영상을 1/2 배율에 최적화된 방법으로 축소하고 1.5배로 확대한 경우의 PSNR

Image	Bilinear	Optimized bilinear	Bicubic	Optimized bicubic	Lanczos-3	Optimized Lanczos-3
Lenna	34.60	36.65	36.31	37.07	36.55	37.39
Airplane	34.61	37.55	36.54	37.40	36.83	37.67
Peppers	33.14	34.67	34.13	34.65	34.17	34.68
Boats	34.81	37.42	37.00	37.93	37.35	38.27
Baboon	24.80	26.36	26.01	26.74	26.18	26.92
Goldhill	33.96	35.87	35.55	36.36	35.82	36.66

표 3: 최적화된 축소 영상을 다른 방법으로 확대한 경우의 PSNR

Image	Bilinear scale up	Bicubic scale up	Lanczos-3 scale up
Scale down by box filter	31.48	32.72	32.87
Scale down for bilinear	33.22	31.54	30.86
Scale down for bicubic	32.24	33.34	33.37
Scale down for Lanczos-3	32.11	33.26	33.55

날 수 있다. 따라서 표 2는 2배 확대되는 경우에 최적화 되도록 생성한 1/2배로 축소 커널을 이용하여 영상을 축소하고 이 영상을 1.5배로 확대한 경우의 화질을 보여준다. 이 실험에서는 먼저 원본 영상을 가장 화질이 좋은 Lanczos-3 방식을 이용하여 1.5배로 확대 하고 이 영상을 각각의 방법으로 1/2로 축소한 후에 다시 원본 크기로 확대하여 원본과의 PSNR을 비교하였다. 결과적으로 표에서 나타나는 바와 같이 2배로 확대하는 경우 보다 더 높은 화질 향상을 보였다. 특히 선형 보간의 경우 영상에 따라 1.53dB에서 2.61dB의 화질 향상이 있음을 확인할 수 있다.

표 3은 각각의 확대 방법에 최적화 된 Lenna 영상을 다양한 방법으로 확대 한 경우의 화질을 보여주고 있다. 전반적으로 최종 화질은 확대하는 방법에 최적화되어 있는 축소 방법을 적용한 경우에 가장 높은 화질을 보인다. 선형 보간법의 경우에는 다른 방법에 최적화된 축소 방법을 적용한 영상에서도 박스 필터 보다 높은 화질을 보이고 있지만 삼차 보간법이나 Lanczos-3와 같이 특유의 문제점이 나타나는 방법의 경우에는 선형 보간에 최적화 되어 고주파 성분이 강조된 축소 영상에서는 기존의 방법보다 낮은 PSNR 값이 나타난다. 하지만 유사한 특징을 가지는 삼차 보간법이나 Lanczos-3 방식은 교차해서 적용한 경우에도 눈에 띄는 차이가 나지 않음을 확인할 수 있다.

마지막 실험으로 본 논문에서 제안하는 방법을 통하여 축소된 영상이 손실 압축되었을 때 화질 개선 효과를 유지하는지에 대한 실험을 진행하였다. 영상이 저장되거나 전송되는 경우에 저장 공간이나 대역폭을 줄이는 방법으로 해상도를 줄인 영상에 JPEG이나 MPEG, H.264 등의 각종 손실 부호화 (lossy encoding) 방식을 적용하여 영상을 압축하는 것이 일반적이다.

표 4: 축소 영상을 JPEG으로 압축한 경우 압축률에 따른 PSNR 5 결론

Quality	Bilinear	Optimized bilinear	Bicubic	Optimized bicubic	Lanczos-3	Optimized Lanczos-3
100	30.98	32.00	31.81	32.06	31.92	32.20
95	30.73	31.68	31.38	31.59	31.47	31.69
90	30.38	31.20	30.85	31.00	30.92	31.07
85	30.06	30.79	30.38	30.55	30.43	30.58
80	29.81	30.47	30.03	30.17	30.07	30.17
75	29.59	30.21	29.74	29.85	29.77	29.84
70	29.40	29.97	29.50	29.59	29.51	29.56
65	29.22	29.75	29.27	29.35	29.28	29.32

표 5: 회색조 축소 영상을 JPEG으로 압축한 경우 압축률에 따른 PSNR

Quality	Bilinear	Optimized bilinear	Bicubic	Optimized bicubic	Lanczos-3	Optimized Lanczos-3
100	32.20	34.47	33.82	34.57	34.06	34.86
95	32.11	34.32	33.55	34.24	33.74	34.45
90	31.91	34.01	33.16	33.76	33.30	33.87
85	31.71	33.69	32.74	33.30	32.83	33.35
80	31.50	33.38	33.35	32.86	32.40	32.86
75	31.28	33.08	31.99	32.44	32.01	32.40
70	31.11	32.80	31.73	32.10	31.73	32.04
65	30.94	32.52	31.44	31.79	31.43	31.72

따라서 표 4에는 축소된 Lenna 영상이 다양한 화질로 손실 압축된 이후에 확대된 경우의 PSNR을 박스 필터로 축소된 영상을 압축하고 확대한 경우의 PSNR과 비교한 결과이다. 이때 일반적인 영상 압축에 널리 사용되는 이산 코사인 변환과 양자화에 기반한 압축 방법인 JPEG을 이용하여 압축하였고 [13], IJG 표준 JPEG 라이브러리를 이용하여 다양한 화질 값에 대해 실험을 진행하였다. 표에 나타난 바와 같이 품질을 낮게 지정한 경우 화질 손상에 의해 그 폭이 작아지기는 하지만 박스 필터를 이용한 경우에 비해 모든 상황에서 화질 개선 효과가 있었다. 화질 개선 효과가 줄어드는 중요한 이유 중 하나로 JPEG에서 사용되는 4:2:0 샘플링을 들 수 있다. JPEG에서는 컬러 영상의 경우 RGB 색공간의 화소 값을 YUV 색공간으로 변환하고, 색상을 나타내는 UV 값들은 원본 영상의 해상도를 가로, 세로 반으로 줄여 저장하는 과정이 포함된다 [13]. 따라서 이러한 과정에서 최적화 축소 방법의 성능이 반감되는 것으로 판단하고, 본 논문에서는 Y 값만을 가지는 회색조 영상(gray scale image)에 같은 실험을 진행하였고, 결과가 표 5에 나타나 있다. 4:2:0 샘플링을 배제한 경우 JPEG을 이용하여 영상을 압축하더라도 표에 나타난 대로 본 논문에서 제안한 방법으로 축소된 영상이 상당히 높은 화질 개선 효과를 보임을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 고해상도의 영상이 저장이나 전송을 위해 축소되고 화면에 나타날 때 확대되는 경우에 확대된 영상의 화질을 개선하기 위해 영상 축소 방식을 개선하기 위한 방법을 제안하였다. 특히 작은 영상의 화소 값의 선형 조합으로 확대 영상의 화소 값을 계산하는 선형 보간, 삼차 보간, Lanczos 필터 등의 확대 방식들을 선형 변환으로 표현하고 최소 자승 해를 얻기 위한 역변환을 이용하여 영상을 축소하는 방법을 제안하였다. 또한 역변환의 특징을 분석하여 역변환을 간단한 필터의 형태로 변경하여 축소 과정의 계산량을 줄이기 위한 방법을 제안하였다. 결과적으로 본 논문에서 제안한 방법을 통하여 축소된 영상이 확대되는 경우 영상의 품질이 향상됨을 확인할 수 있었다. 특히 JPEG 등의 손실 압축 방법을 통하여 축소 영상을 압축한 경우에도 화질 개선 효과가 어느정도 유지되었다.

본 논문에서 제안하는 방법의 가장 중요한 특징은 확대 영상의 품질을 영상 확대 과정이 아니라 축소 과정에서 고려한다는 점이다. 영상의 디스플레이 과정에서 상호작용성이 강조되어 높은 효율을 중요한 경우가 많은 반면 영상의 제작이나 저장 과정에서는 추가적인 계산량에 대한 허용도가 비교적 높은 편이다. 따라서 본 논문에서 제안하는 방법은 성능 지향적인 영상 확대 소프트웨어나 하드웨어의 성능에 영향을 주지 않고 영상 제작 과정에서 약간의 추가 작업을 수행하는 것으로 높은 확대 영상을 얻을 수 있기 때문에 여러 응용에 적용될 수 있을 것이다.

본 논문에서 제안하는 확대 방식의 제한점의 다음과 같다. 먼저 본 논문에서는 최적화된 축소 방법을 얻는 과정에서 역변환을 필터 커널의 형태로 표현하기 위해 확대/축소 배율을 정수배로 가정하였다. 하지만 실험 결과에서 보인바와 같이 영상의 축소는 정수배로 제한 되더라도 축소 커널을 구성할 때 가정한 배율 이외의 배율에서도 화질 개선 효과가 있었다. 따라서 실제 응용에서 임의의 배율로 확대하는 경우에도 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 기대한다.

본 논문에서 제안하는 방법의 또다른 문제점으로는 선형 조합 계수에 음수가 나타난다는 점이다. 선형 조합 계수에 음수가 나타나면 경우에 따라서는 화소값이 지정된 범위를 벗어나는 경우나 나타날 수 있다. 이런 경우에 할로잉(haloing)이나 클리핑(clipping)에 의한 링잉(ringing) 등의 문제점이 나타날 수 있다는 것이 잘 알려져 있다. 따라서 명도 대비가 큰 부분이 많은 경우, 특히 글자를 포함하는 영상 등의 경우에는 확대 영상의 PSNR 수치는 높아지는 효과를 보이지만 가독성이 떨어지는 문제점이 나타나기도 한다. 하지만 이런 문제는 영상 확대 축소에 널리 사용되는 삼차 보간법이나 Lanczos 재샘플링에서도 공통적으로 나타나는 문제점으로 실제 응용에서는 크게 문제 삼지 않고 있다.

감사의 글

위 연구는 방위사업청과 국방과학연구소(UD060048AD)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] T. Blu, T. Blu, and M. Unser, "Image interpolation and resampling," *HANDBOOK OF MEDICAL IMAGING, PROCESSING AND ANALYSIS*, pp. 393-420, 2000.
- [2] D. Muresan and T. Parks, "Adaptive, optimal-recovery image interpolation," in *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2001. Proceedings.(ICASSP'01). 2001 IEEE International Conference on*, vol. 3. IEEE, 2002, pp. 1949-1952.
- [3] A. Munoz, T. Blu, and M. Unser, "Efficient image resizing using finite differences," in *Image Processing, 1999. ICIP 99. Proceedings. 1999 International Conference on*, vol. 3. IEEE, 2002, pp. 662-666.
- [4] D. Su and P. Willis, "Image interpolation by pixel-level data-dependent triangulation," in *Computer Graphics Forum*, vol. 23, no. 2. Wiley Online Library, 2004, pp. 189-201.
- [5] W. Freeman, T. Jones, and E. Pasztor, "Example-based super-resolution," *Computer Graphics and Applications, IEEE*, vol. 22, no. 2, pp. 56-65, 2002.
- [6] S. Dai, M. Han, Y. Wu, and Y. Gong, "Bilateral back-projection for single image super resolution," in *Multimedia and Expo, 2007 IEEE International Conference on*. IEEE, 2007, pp. 1039-1042.
- [7] L. Zhang and X. Wu, "An edge-guided image interpolation algorithm via directional filtering and data fusion," *IEEE transactions on Image Processing*, vol. 15, no. 8, p. 2226, 2006.
- [8] G. Callico, S. Lopez, O. Sosa, J. Lopez, and R. Sarmiento, "Analysis of fast block matching motion estimation algorithms for video super-resolution systems," *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, vol. 54, no. 3, pp. 1430-1438, 2008.
- [9] S. Lopez, G. Callico, F. Tobajas, J. Lopez, and R. Sarmiento, "A novel real-time dsp-based video super-resolution system," *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, vol. 55, no. 4, pp. 2264-2270, 2010.
- [10] D. Mitchell, "Generating antialiased images at low sampling densities," in *Proceedings of the 14th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*. ACM, 1987, p. 72.
- [11] A. M. Drukstein, M. Elad, and R. Kimmel, "Down-scaling for better transform compression," *Image Processing, IEEE Transactions on*, vol. 12, no. 9, pp. 1132-1144, 2003.
- [12] G. Bradski and A. Kachler, *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*, 1st ed. O'Reilly Media, 2008.
- [13] G. K. Wallace, "The jpeg still picture compression standard," *Communications of the ACM*, vol. 34, no. 4, pp. 30-44, 1991.
- [14] S. Park, M. Park, and M. Kang, "Super-resolution image reconstruction: a technical overview," *Signal Processing Magazine, IEEE*, vol. 20, no. 3, pp. 21-36, 2003.

<저자소개>



신현준

- 1995년 한국과학기술원 전산학과 학사
- 1997년 한국과학기술원 전산학과 석사
- 2002년 한국과학기술원 전산학과 박사
- 2002년 한국과학기술원 박사후연구원
- 2002년 University of Wisconsin Visiting Scholar
- 2004년 한국과학기술원 박사후연구원
- 2004년 서울대학교 박사후연구원
- 2005년~현재 아주대학교 미디어학부 교수
- 관심분야: 컴퓨터그래픽스, 영상처리, 그래픽시스템 등



위영철

- 1982년 State Univ. of NY at Albany 전산학과 학사
- 1984년 State Univ. of NY at Albany 전산학과 석사
- 1989년 State Univ. of NY at Albany 전산학과 박사
- 1990년 삼성종합기술원 수석연구원
- 1995년 현대전자 기획부장
- 1998년~현재 아주대학교 정보및컴퓨터공학부 교수
- 관심분야: 영상처리, 정보 압축, 컴퓨터 그래픽스