

하위 레벨 보간을 이용한 영상 해상도 향상 기술

An Image Resolution Enhancement Algorithm Using Low Level Interpolation

김원희, 김종남
부경대학교

Won-Hee Kim, Jong-Nam Kim
PuKyong National University

요약

영상 해상도 향상 기술은 다양한 영상처리를 위한 전처리 기술로 주로 사용되며, 블러링과 같은 화질 저하 발생을 최소화하는 것에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 하위 레벨 보간을 이용한 영상 해상도 향상 기술을 제안한다. 제안하는 방법에서는 하위 레벨 보간을 이용하여 에러를 계산하고, 계산된 에러를 보간하여 에러를 추정한다. 추정된 에러는 보간된 고해상도 영상과 더해져서 최종적으로 해상도가 향상된 영상으로 복원된다. 동일한 영상을 이용한 실험을 통해서 기존 방법들보다 평균 약 1dB의 PSNR이 향상된 것을 알 수 있었고, 윤곽선을 비롯한 주관적 화질 향상을 역시 확인하였다. 제안하는 방법은 영상 복원과 같은 다양한 멀티미디어 응용 환경에서 활용될 수 있다.

Abstract

An image resolution enhancement is mainly utilized as pre-processing technique for various image processing application. It requires to decrease image quality deterioration such as blurring. In this paper, we propose an image resolution enhancement algorithm using low level interpolation. In the proposed algorithm, we calculate an error using low level interpolation, estimate an error image from the calculated error. The estimated error image is added interpolated high resolution image, it become lastly reconstruction image. Our experiments obtained the average PSNR about 1dB which is improved results better than conventional method for sensitive image quality. Also, subjective image quality with edge region is more clearness. The proposed method may be helpful for applications in various multimedia systems such as image restoration.

I. 서론

영상 해상도 향상은 저해상도의 영상을 고해상도의 영상으로 변화하는 기술을 의미한다[1]. 영상 해상도 향상 기술은 다양한 영상처리 분야의 기반기술로 사용되어 왔으며 컴퓨터 비전 시스템의 전반에 걸쳐 연구되어 왔으며, 위성, 항공, 의료, 군사, 보안 분야에서 필수적으로 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 사용

이 중요하다[2].

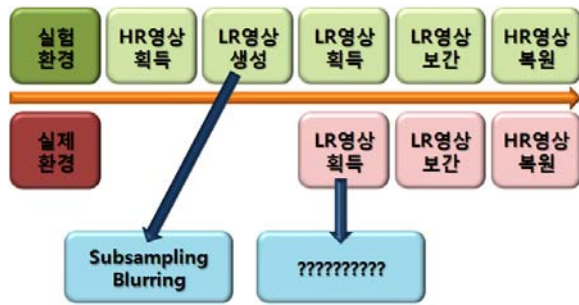
영상 해상도 향상 기술에서 저해상도 영상을 고해상도 영상으로 완전 복원하는 것은 매우 어려운 일이다 [3]. 이것은 고해상도 영상이 저해상도 영상으로 변환될 때의 손실 정보를 완전히 추정하기 힘들기 때문이다. 이런 보간 과정에서의 손실 정보 때문에 영상의 완전복원이 힘들다. 이런 손실 정보 때문에 복원된 영상에서는 흐려짐 현상과 같은 인공물이 발생하게 된다.

본 논문에서는 위에서 언급한 문제를 해결하기 위한 영상 해상도 향상 기술을 제안한다. 제안하는 방법에서는 하위 레벨 보간을 이용하여 에러를 계산하고, 계산

된 에러를 보간하여 에러를 추정한다. 추정된 에러는 보간된 고해상도 영상과 더해져서 최종적으로 해상도가 향상된 영상으로 복원된다. 실험을 통해서 제안한 방법이 기존의 방법보다 주관적 및 객관적으로 화질의 향상이 발생한 것을 확인하였다.

II. 관련연구

영상 해상도 향상은 실험 환경과 실제 환경에서 다르게 적용된다. 그림 1에서와 같이 실험 환경에서는 고해상도 영상이 확보되어 있으며, 저해상도 영상의 생성이 고해상도 영상의 훼손을 통해서 이루어진다. 이런 사전 정보들을 통해서 비교적 정확하게 원본 영상으로의 복원이 가능하게 된다. 반면 실제 환경에서는 획득된 저해상도 영상에 대한 사전 정보가 없기 때문에 해상도 향상의 정도를 객관적으로 측정하기 힘들다. 기존의 연구에서는 실험 환경에서 손실 정도를 계산하고 이를 토대로 복원 모델을 생성하여 생성된 모델을 실제 환경의 영상 복원에 적용하여 왔다[4]. 제안하는 방법도 실험 환경에서의 방법에 초점을 두고 있다.



▶▶ 그림 1. 영상 해상도 향상의 개념도

기존의 영상 복원 및 영상 해상도 향상을 위한 방법으로 보간법이 대표적으로 사용된다. 고전적인 보간 방법으로는 0차보간, 선형보간, 3차회선보간, 스플라인보간 등이 있다. 고전적인 보간 방법들은 비교적 계산복잡도가 낮아서 많은 응용 분야에서 사용되지만 보간된 영상의 화질 개선 정도가 낮고 흐려짐 현상을 유발한다[5]. 이런 단점을 보완하기 위해서 최근 들어 적응적인 보간법들이 연구되고 있다. 적응적 보간법은 각각의 화소마다 매개변수를 달리하여 적응적으로 보간을 수행하

는 방법이다. 적응적 보간법의 대표적인 방법으로는 적응 매개변수 왜곡거리방법, 이동 선형보간법, 최소 평균 자승 에러 방법, 적응적 3차 회선 보간법 방법 등이 있다. 비교적 화질 개선 정도는 높지만 계산량이 많이 소모되는 단점이 있다.

이외에도 초해상도 기술이 영상 복원이 이용된다. 초해상도 기술은 다수개의 저해상도 영상의 정보를 이용해서 고해상도 영상으로 재생성하는 기술이다. 최근에는 하나의 저해상도로부터 고해상도 영상을 생성해내는 초해상도 기술이 연구되고 있다[6].

III. 제안하는 영상 해상도 방법

기존의 영상 복원 방법에서는 흐려짐 현상으로 인한 화질 열화가 대표적인 문제로 지적되었다. 이런 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 하위 레벨 보간을 이용한 영상 해상도 향상 방법을 제안한다.

본 연구에서는 원본 고해상도 영상의 정보를 확보하고 있다고 가정하며, 512×512 크기의 원본 고해상도 영상을 I_{512} 로 정의한다. I_{512} 로부터 가로와 세로로 2:1로 다운 샘플링한 저해상도 영상을 아래의 식 (1)과 같이 정의한다.

$$I_{256} = D_2 I_{512} \quad (1)$$

식 (1)을 통해서 생성된 저해상도 영상 I_{256} 을 고해상도 영상 I_{512} 에 가장 비슷하게 만드는 것이 본 연구의 목표이다. 다운 샘플링 과정에서 정보 손실이 발생하므로 손실 정보를 추정하기 위해서 하위 레벨 보간을 이용한다. 하위 레벨 보간은 저해상도 영상에 대한 다운 샘플링 및 보간을 통해서 이루어진다. 이 과정을 아래의 식 (2) ~ (4)에 나타내었다.

$$I_{128} = D_2 I_{256} \quad (2)$$

$$R_{256} = B_2 I_{128} \quad (3)$$

$$E_{256} = I_{256} - R_{256} \quad (4)$$

식에서 I_{128} 은 I_{256} 을 2:1로 다운 샘플링한 영상, D_2 는 가로와 세로를 2:1로 다운 샘플링하는 연산, R_{256} 은 I_{128}

영상을 2배로 bilinear interpolation된 영상, B_2 는 2:1의 bilinear interpolation 연산자, E_{256} 은 I_{256} 과 R_{256} 의 차영상을 각각 의미한다. 식 (2)에서 (4)를 통해서 얻어진 차영상 E_{256} 은 정확하게 주어진 저해상도 영상으로부터 정확하게 계산할 수 있는 정보이다. 즉, 주어진 저해상도 영상의 한 단계 서브샘플링과 다시 보간을 통해서 얻어진 복원된 저해상도 영상과 저해상도 영상의 차이를 통해서 손실 정보 계산을 할 수 있다.

다음으로는 계산된 손실 정보를 토대로 실제 복원해야 할 영상의 손실 정보를 추정하는 과정이다. 계산된 손실 정보 E_{256} 은 식 (5)와 같은 보간 과정을 통해서 고해상도 영상 복원 과정의 손실 정보로 추정할 수 있다.

$$E_{512} = B_2 E_{256} \quad (5)$$

즉 추정된 에러 E_{512} 는 계산된 손실 정보 E_{256} 을 bilinear 보간 하여 계산된 정보로 정의할 수 있다. 마지막으로는 추정된 에러를 복원 영상에 적용하는 과정으로 저해상도 영상으로부터 복원된 고해상도 영상은 아래의 식 (6)과 같이 정의된다.

$$R_{512} = B_2 I_{256} \quad (6)$$

이때 R_{512} 는 식 (3)의 R_{256} 과 같이 보간으로 인한 정보 손실이 발생한 복원 영상이다. 따라서 이 복원 영상에 앞서 추정한 에러 E_{512} 를 적용하게 되면 보다 더 정확한 복원 영상을 얻을 수 있게 된다. 이 과정을 아래의 식 (7)에 나타내었다.

$$RE_{512} = R_{512} + \alpha E_{512} \quad (7)$$

여기에서 RE_{512} 는 복원된 고해상도 영상에 손실 정보를 적용한 최종적인 복원영상이다. 이와 같은 손실 정보 적용을 통해서 일반적인 복원 보다 더 정확한 복원 영상을 얻을 수 있다. 대부분의 손실 정보는 고주파수 영역으로 영상에서 윤곽선 정보를 많이 포함하고 있다. 따라서 에러를 더해줌으로써 복원된 영상의 윤곽선 정보가 명확하게 되어 전체적인 영상 해상도가 향상되게 된다.

하지만 추정한 손실 정보 E_{512} 를 그대로 적용하게 되면 저주파수 대역의 정보들이 그대로 더해지게 되어 전체적인 영상 밝기가 상승하게 되어 화질의 열화가 발생하게 된다. 이런 단점을 해결하기 위해서 추정된 손실 정보에 적정의 가중치 α 를 적용한다.

이와 같은 가중치 적용을 통해서 윤곽선 부분을 살리면서도 저주파 대역의 정보들의 잡음화를 최소화 할 수 있다. 가중치의 적용을 달리하여 실험한 결과 영상에 따라 다르게 나타나지만 대체적으로 0.3~0.7에서 가장 높은 PSNR을 나타내는 것을 알 수 있다. 하지만 가중치가 적용됨으로 해서 윤곽선 영역의 정보가 다소 손실되는 단점이 있으므로 응용 환경에 따라서 가중치의 적용 정도를 달리할 필요성이 있다. 제안한 방법의 실험에서는 0.5를 가중치 값으로 사용하여 실험하였다.

IV. 실험 결과 및 분석

본 장에서는 제안한 방법을 기존의 연구와 비교 실험하여 제안한 방법의 우수성을 나타낸다. 제안한 방법의 성능 평가를 위한 실험 환경은 다음과 같다. 실험은 2.4GHz의 CPU와 2GB의 RAM으로 구성된 PC에서 수행되었으며 MATLAB 7.5를 이용하여 실험 프로그램이 구현되었다. 실험 데이터로 512×512의 gray scale의 정지영상 8개가 사용되었으며, 그림 2에서 실험 영상을 나타내었다.



▶▶ 그림 2. 실험에 사용된 영상 데이터

(좌상단부터 : barbara, goldhill, lena, mandrill, peppers, boat, zelda, washsat)

실험에서는 주관적 화질과 객관적 화질을 각각 비교하였다. 주관적 화질 비교는 복원된 영상의 윤곽선 및

문자의 인식 정도를 척도로 사용하였으며, 객관적 화질 비교는 PSNR(peak signal to noise ratio)를 사용하였다. 객관적인 비교를 위해서 bilinear 보간 커널은 MATLAB 함수를 이용하였다.

표 1. 객관적 화질비교 결과(단위 : dB)

구분	BIL	PRO1	PRO2	개선
barbara	24.7197	25.1037	25.1043	0.3846
goldhill	29.8135	30.6803	30.9556	1.1421
lena	31.4147	32.3945	33.1731	1.7584
mandrill	22.5228	23.3756	23.1942	0.6714
peppers	30.3456	30.7466	31.5945	1.2489
boat	28.8735	29.9388	30.4307	1.5572
zelda	35.3418	36.0300	36.8398	1.4980
washsat	33.9968	35.1051	34.9112	0.9144
average	29.6286	30.4218	30.7754	1.1469

실험 1에서는 객관적 화질 비교를 수행하여 실험결과를 표 1에 나타내었다. 표에서 사용된 BIL은 bilinear interpolation, PRO1은 가중치를 적용하지 않은 제안한 방법, PRO2는 가중치를 적용한 제안한 방법을 각각 의미한다. 먼저 8개 영상의 평균 PSNR을 비교하면 PRO2가 BIL보다 1.1469dB 향상된 것을 알 수 있다. 세부적으로 살펴보면 lena영상에서 1.7584dB가 개선되어 개선정도가 가장 높았고, barbara영상이 0.3846dB로 개선정도가 가장 낮았다. barbara와 mandrill 영상을 제외하면 평균 1dB 정도의 PSNR 향상이 발생하였다.

실험 2에서는 주관적 화질 비교를 수행하여 실험결과를 그림 3에 나타내었다. 그림에서와 같이 제안한 방법 PRO1, PRO2는 비교방법 BIL보다 주관적 화질이 향상된 것을 확인할 수 있다. 확대영상에서 제안한 방법들의 윤곽선 정보나 문자 인식 정도가 더욱 높음을 알 수 있다.

실험 1과 2를 통해서 제안한 방법의 영상 해상도 향상 정도가 기존의 방법들보다 높음을 검증할 수 있었다.



▶▶그림 3. 주관적 화질비교
(좌측부터 : BIL, PRO1, PRO2, 상단부터 : lena, lena(확대), boat, boat(확대))

V. 결론

본 논문에서는 영상을 해상도 향상을 위한 손실 정보 추정 방법과 적용 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 하위 레벨 보간을 이용해서 보간 과정에서 발생할 수 있는 손실 정보를 추정하였고, 추정된 손실 정보에 가중치를 적용하여 잡음으로 사용될 수 있는 요소를 제거하였다. 가중치를 적용한 손실 정보를 보간된 영상에 더하여 최종적으로 개선된 보간 영상을 생성한다. 제안한 방법을 기존의 방법들과 비교한 실험을 통해서 최대 1.75dB의 PSNR이 향상된 것을 알 수 있었고, 주관적 화질 비교에서도 더 우수함을 확인하였다. 제안한 방법은 영상 확대를 이용하는 다양한 멀티미디어 시스템에서 유용하게 사용될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신 인력양성사업, 중소기업청의 산학연공동기술개발지원사업(선도형)으로 수행된 연구결과임.

■ 참고 문헌 ■

- [1] S. C. Park, M. K. Park, and M. G. Kang, "Super-Resolution Image Reconstruction: A Technical Overview," *Signal Processing Magazine IEEE*, Vol. 20, Issue 3, pp. 21-36, May, 2003.
- [2] S. Dai, M. Han, Y. Wu, and Y. Gong, "Bilateral Back-Projection for Single Image Super Resolution," *IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, pp. 1039-1042, Jul. 2007.
- [3] R. Hardie, "A Fast Image Super-Resolution Algorithm Using an Adaptive Wiener Filter," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 16, Issue 12, pp. 2953-2964, Dec. 2007.
- [4] H. Shen, L. Zhang, B. Huang, and P. Li, "A MAP Approach for Joint Motion Estimation, Segmentation, and Super Resolution," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 16, Issue 2, pp. 479-490, Feb. 2007.
- [5] Y. Bai and H. Zhuang, "On the Comparison of Bilinear, Cubic Spline, and Fuzzy Interpolation Techniques for Robotic Position Measurements," *Instrumentation and Measurement IEEE Transactions on*, Vol. 54, Issue 6, pp. 2281-2288, Dec. 2005.
- [6] Sina Farsiu, Dirk Robinson, Michael Elad, Peyman Milanfar, "Advances and Challenges in Super-Resolution," *International Journal of Imaging Systems and Technology*, Vol. 14, pp. 47-57, Mar. 2004.