

손실 정보 추정을 이용한 영상 해상도 향상 기법

김원희* · 김길호* · 김종남*

*부경대학교

An Image Resolution Enhancement Method Using Loss Information Estimation

Won-Hee Kim* · Gil-Ho Kim* · Jong-Nam Kim*

*PuKyong National University

E-mail : whkim@pknu.ac.kr

요 약

영상 보간법은 다양한 영상 처리를 위하여 사용되는 기반 기술로서, 보간 과정에서 발생하는 화질 열화를 최소화하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 손실 정보 추정을 이용하여 개선된 양선형 보간법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 획득된 저해상도 영상의 다운 샘플링 및 보간을 통하여 저해상도 영상 생성시 발생하는 손실 정보를 추정하고, 추정한 손실 정보를 고해상도로 보간된 영상에 적용하여 화질 열화를 최소화한다. 동일한 영상을 이용한 실험을 통해서 기존 방법들보다 0.97~1.79dB의 PSNR이 향상된 것을 알 수 있었고, 윤곽선을 비롯한 주관적 화질 향상을 역시 확인하였다. 제안하는 방법은 영상 해상도 개선과 영상 복원을 위한 다양한 응용 환경에서 유용하게 사용될 수 있다.

ABSTRACT

An image interpolation is a basis technique for various image processing and is required to minimize approaches for image quality deterioration. In this paper, we propose an improved bilinear interpolation using loss information estimation. In the proposed algorithm, we estimate loss information of low resolution image using down-sampling and interpolation of acquisition low resolution. The estimated loss information is utilized interpolated image, and it decrease image quality deterioration. Our experiments obtained the average PSNR 0.97~1.79dB 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 resolution enhancement and image restoration.

키워드

Loss Information, Estimation, Image Resolution, Enhancement

1. 서 론

영상 해상도 향상은 저해상도의 영상을 고해상도의 영상으로 변화하는 기술을 의미한다[1]. 실험 환경에서의 고해상도 영상은 고성능 영상 획득 센서를 통해서 얻어진 영상을 의미하고, 이 고해상도 영상을 잡음이나 축소를 통하여 훼손시킨 영상을 저해상도 영상으로 정의할 수 있다. 반면 실제 환경에서는 주관적 인식이 용이한 영상이 고해상도 영상이 되며, 주관적으로 인식이 난해한

영상을 저해상도 영상으로 정의할 수 있다. 이런 영상 해상도 향상 기술은 다양한 영상처리 분야의 기반기술로 사용되어 왔으며 컴퓨터 비전 시스템의 전반에 걸쳐 연구되어 왔다. 특히 위성, 항공, 의료, 군사, 보안 분야에서 필수적으로 사용되고 있으며, 최근 들어 일반 사용자들도 이런 기술의 사용이 증가되고 있다. 멀티미디어 시스템의 응용 환경에서는 MPEG나 H.264의 움직임 보상 방법, 리프팅 기반의 웨이블릿 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[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 복원 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 영상 보간 과정에서 필연적으로 발생하는 손실 정보를 추정하고, 이 손실 정보를 보간된 영상에 적용하여 화질이 개선된 복원 영상을 얻을 수 있다. 손실 정보를 추정하기 위하여, 획득한 저해상도 영상의 하위 레벨 보간 과정에서 손실 정보를 계산하고 이 손실 정보를 보간하여 저해상도 영상을 보간한 영상에 적용한다. 손실 정보를 적용하는 과정에서 손실 정보가 잡음으로 사용되지 않기 위하여 가중치를 적용한다. 실험을 통해서 제안한 방법이 기존의 방법보다 주관적 및 객관적으로 화질의 향상이 발생한 것을 확인하였다.

II. 관련연구

기존의 영상 복원 및 영상 해상도 향상을 위한 방법으로 보간법이 대표적으로 사용된다. 고전적인 보간 방법으로는 0차보간(zero order interpolation), 선형보간(linear interpolation), 3차회선보간(cubic convolution interpolation), 스플라인보간(spline interpolation) 등이 있다. 고전적인 보간 방법들은 비교적 계산복잡도가 낮아서 많은 응용 분야에서 사용되지만 보간된 영상의 화질 개선 정도가 낮고 흐려짐 현상을 유발한다[4].

이런 단점을 보완하기 위해서 최근 들어 적응적인 보간법들이 연구되고 있다. 적응적 보간법은 각각의 화소마다 매개변수를 달리하여 적응적으로 보간을 수행하는 방법이다. 적응적 보간법의 대표적인 방법으로는 적응 매개변수 왜곡거리(warped distance) 방법, 이동 선형보간법(shifted linear interpolation), 최소 평균 자승 에러(minimum mean square error) 방법, 적응적 3차회선 보간법(adaptive cubic convolution interpolation) 방법 등이 있다. 비교적 화질 개선 정도는 높지만 계산량이 많이 소모되는 단점이 있다[5].

이외에도 초해상도(super resolution) 기술이 영상 복원이 이용된다. 초해상도 기술은 다수개의 저해상도 영상의 정보를 이용해서 고해상도 영상으로 재생성하는 기술이다. 최근에는 하나의 저

상도로부터 고해상도 영상을 생성해내는 초해상도 기술이 연구되고 있다[6].

III. 제안하는 영상 해상도 향상 방법

기존의 영상 해상도 개선 방법에서는 영상의 흐려짐 현상으로 인한 화질 저하가 중요한 문제로 부각되었다. 이를 위해서 본 논문에서는 손실 정보 추정을 이용한 영상 해상도 향상 방법을 제안한다. 제안하는 영상 해상도 향상 기술은 손실 정보 계산, 손실 정보 추정, 손실 정보 적용의 3 단계로 이루어진다.

첫 단계인 손실 정보 계산에 앞서 원본 고해상도 영상을 아래의 식 (1)과 같이 정의한다. 그리고 원본 고해상도 영상으로부터 획득된 저해상도 영상을 식 (2)와 같이 정의한다.

$$I_H : \text{high resolution image} \quad (1)$$

$$I_L = D_X I_H \quad (2)$$

수식에서, I_H 는 원본 고해상도 영상, I_L 은 다운 샘플링된 저해상도 영상, D_X 는 다운 샘플링 연산을 각각 의미한다. 영상 해상도 향상은 저해상도 영상 I_L 을 원본 고해상도 영상 I_H 에 최대한 가깝게 생성하는 것을 목표로 한다. 식 (2)의 과정에서 손실되는 정보가 발생하기 때문에 완전한 고해상도 영상으로의 복원은 거의 불가능하다. 본 논문에서는 손실되는 정보를 추정하기 위해서 하위 레벨 보간을 통한 손실 계산을 수행한다. 손실 정보 계산 과정을 아래의 식 (3)~(5)에 정의한다.

$$I_{LL} = D_X I_L \quad (3)$$

$$R_L = C_X I_{LL} \quad (4)$$

$$E_L = I_L - R_L \quad (5)$$

수식에서, I_{LL} 은 I_L 을 다운 샘플링한 영상, R_L 은 I_{LL} 을 bicubic 커널로 보간한 영상, C_X 는 bicubic interpolation 연산, E_L 은 I_L 과 R_L 의 차영상을 각각 의미한다. 위의 손실 정보 계산 과정에서 얻어진 차영상 E_L 은 주어진 저해상도 영상 I_L 로부터 정확하게 계산할 수 있는 정보이다. 이 계산을 위해서 한 단계의 다운 샘플링과 보간과정이 필요하게 된다.

다음 단계는 계산된 손실 정보를 실제 손실 정보로 추정하는 과정이다. 계산된 손실 정보 E_L 은 아래의 식 (6)의 과정을 통해서 보간된 고해상도 영상에 적용될 손실 정보로 추정할 수 있다.

$$E_H = C_X E_L \quad (6)$$

수식에서 E_H 는 계산된 손실 정보로부터 추정된 손실 정보로 정의할 수 있다. 마지막 단계는 추정된 에러를 보간된 고해상도 영상에 적용하는 과

정이다. 저해상도 영상으로부터 보간된 고해상도 영상은 아래의 식 (7)로 정의된다.

$$R_H = C_X I_L(7)$$

수식에서 R_H 는 획득된 저해상도 영상을 bicubic 커널을 통해서 보간된 고해상도 영상이다. 하지만 식 (7)의 R_H 는 보간으로 인한 정보 손실이 발생한 고해상도 영상이다. 따라서 R_H 에 앞서 추정된 손실 정보 E_H 를 적용하게 되면 보다 정확한 고해상도 영상을 얻을 수 있게 된다. 이 과정을 아래의 식 (8)로 정의한다.

$$RE_H = R_H + \alpha E_H(8)$$

수식에서 RE_H 는 추정된 손실 정보를 적용한 최종 고해상도 영상이다. 이와 같은 손실 정보 적용을 통해서 일반적인 보간법보다 더욱 정확한 보간 영상을 얻을 수 있다. 대부분의 손실 정보는 고주파 영역으로 영상의 윤곽선 정보를 포함하고 있다. 따라서 손실 정보를 적용함으로써 보간된 영상의 윤곽선 정보가 명확하게 되어 전체적인 영상 해상도가 향상되게 된다.

하지만 추정된 손실 정보 E_H 를 그대로 적용하게 되면 저주파 영역의 정보들이 그대로 더해지게 되어 전체적 영상 밝기가 상승하게 되어 화질 열화가 발생한다. 이런 문제점을 해결하기 위해서 추정된 손실 정보에 적절한 가중치 α 를 적용한다. 이와 같은 가중치 적용을 통해서 윤곽선 부분을 살리면서도 저주파 대역에 적용되는 손실 정보의 잡음화를 최소화할 수 있다.

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 1에서 실험 영상을 나타내었다.

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 bilinear와 bicubic 보간 커널은 MATLAB 함수를 이용하였다.

실험 1에서는 객관적 화질 비교를 수행하여 실험결과를 표 1에 나타내었다. 먼저 8개 영상의 평균 PSNR을 비교하면 제안한 방법이 bilinear보다

1.79dB, bicubic보다 0.97dB 향상된 것을 확인할 수 있다. lena 영상에서 2.8165dB가 향상되어 개선된 정도가 가장 높음을 알 수 있고, barbara 영상에서 0.684dB가 향상되어 개선 정도가 가장 낮았다. barbara 영상을 제외한 대부분의 영상에서 1dB 이상의 PSNR 향상이 있었음을 알 수 있다.



그림 1. 실험에 사용된 영상 데이터 (좌상단부터 : barbara, goldhill, lena, mandrill, peppers, boat, zelda, washsat)

표 1. 객관적 화질비교 결과(단위 : dB)

구분	Bilinear	Bicubic	Proposed	Gain
barbara	24.7197	25.0459	25.4037	0.6840
goldhill	29.8135	30.6219	31.5706	1.7571
lena	31.4147	32.6940	34.2312	2.8165
mandrill	22.5228	23.0474	23.6763	1.1535
peppers	30.3456	31.1951	32.1245	1.7789
boat	28.8735	29.9363	31.2251	2.3516
zelda	35.3418	36.3925	37.6031	2.2613
washsat	33.9968	34.7104	35.5783	1.5815
average	29.6286	30.4554	31.4266	1.7981



그림 2. boat 영상의 주관적 화질비교 결과

실험 2에서는 주관적 화질 비교를 수행하여 그림 2에 나타내었다. 그림에서와 같이 제안한 방법은 비교방법들보다 주관적 화질 향상이 뚜렷함을 알 수 있다. 확대된 영상에서와 같이 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.

V. 결 론

본 논문에서는 손실 정보 추정을 이용한 영상 해상도 향상 기법을 제안하였다. 제안한 방법은 하위 레벨 보간을 이용해서 보간 과정에서 발생하는 손실 정보를 추정하였고, 추정된 손실 정보에 가중치를 적용하여 잡음화를 최소화 하였다. 가중치를 적용한 추정된 손실 정보를 보간된 고해상도 영상에 적용하여 최종적인 보간된 고해상도 영상을 생성한다. 동일한 영상을 이용한 실험을 통해서 기존의 방법들보다 평균 1.79dB만큼 PSNR이 향상된 것을 알 수 있었고, 주관적 화질 비교에서도 더욱 명확한 인지가 가능하였다. 제안한 방법은 영상 복원이나 영상 개선을 위한 응용 환경에서 유용하게 사용될 수 있다.

in Super-Resolution," *International Journal of Imaging Systems and Technology*, Vol. 14, pp. 47-57, Mar. 2004.

감사의 글

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

참고문헌

- [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