

영상의 손실 정보를 이용하는 영상 해상도 개선

(Image Resolution Improvement Using Image Loss Information)

김원희[†] 김종남^{**}
(Won Hee Kim) (Jong Nam Kim)

요약 영상 해상도 개선은 영상 복원이나 확대 같은 응용 분야에서 널리 사용되는 기술로서, 결과 영상에서의 블록 현상이나 인공물 발생과 같은 화질 열화를 제거하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 영상의 손실 정보를 이용하는 영상 해상도 개선 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 획득 저해상도를 하위 레벨 보간을 통해서 손실 정보를 계산 및 추정하고 이를 보간된 고해상도 영상에 적용함으로써 1차적인 보간을 수행하고 획득 저해상도 영상과의 에러를 계산한 후 다시 보간된 영상에 적용하는 과정을 반복하여 최종적인 보간 영상을 생성한다. 동일한 영상을 이용한 시험을 통해서 비교 방법들보다 평균 PSNR에서 3.2dB 이상 향상된 것을 확인하였고, 주관적 화질도 개선된 것을 알 수 있었다. 또한 계산복잡도를 85% 이상 감소시킬 수 있었다. 제안한 해상도 개선 방법은 영상 처리의 다양한 분야에서 기반 기술로 사용될 수 있다.

키워드 : 손실 정보, 영상 해상도 개선, 영상 보간법, 영상 향상

Abstract Image resolution improvement is commonly technique for applications such as image reconstruction or enlargement. It is important to remove image quality degradation such as blocking effect or artificiality occurrence. In this paper, we propose image resolution improvement method using loss information of image. The proposed compute and estimate by low level interpolation of obtained low resolution image, it is applied by interpolated high resolution as 1-stage interpolation. We generate last interpolation image by iteration of error computation and application between obtained low resolution image and 1-stage interpolation image. By experiments using same test images, we confirmed improvement over 3.2dB of average PSNR and enhancement of subject image quality. Also, we can reduce more than 85% computation complexity. The proposed image resolution improvement method may be helpful for various applications of image processing.

Key words : Loss Information, Image Resolution Enhancement, Image Interpolation, Image Improvement

1. 서론

영상 해상도 개선 기술은 저해상도의 영상을 고해상도 영상으로 재생성하는 기술로 정의할 수 있다[1]. 영상 해상도 개선 기술은 다양한 영상 및 비디오 처리 분야의 기반 기술로 사용되고 있다. 특히 의료, 군사, 보안, 위성, 항공 등의 분야에서 영상의 선명도를 높이거나 영상의 분석이나 객체 인식을 위한 도구로 사용되고 있다[2].

이와 같은 영상 해상도 향상 기술은 보간법이나 초해상도 기술과 같은 다양한 연구가 진행되어 왔다. 보간법으로는 최근접 이웃 화소 보간법, 양선형 보간법, 3차 상승 보간법, B-spline 보간법 등이 대표적인 방법이다

· 본 연구는 중소기업청의 산학공동기술개발지원사업, 교육과학기술부와 한국산업기술평가단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임

† 학생회원 : 부경대학교 컴퓨터공학과
whkim@pknu.ac.kr

** 정 회 원 : 부경대학교 컴퓨터공학과 교수
jongnam@pknu.ac.kr

논문접수 : 2010년 2월 1일

심사완료 : 2010년 5월 25일

Copyright©2010 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용 제37권 제7호(2010.7)

[3]. 이런 선형적 보간법의 단점을 해결하고자 적응적인 보간법도 연구되었다[4]. 적응적 선형보간법, 이동선형보간법, 적응매개변수 왜곡거리방법 등이 대표적인 방법이다. 이 외에도 영상처리의 다양한 기술을 이용한 영상 해상도 개선 기술들이 연구되었다. 윤곽선 기반의 방법이나 웨이블릿 변환 기반의 방법, 영상 곡률을 이용한 방법이나 신경망을 이용한 방법 등이 있다[5]. 그리고 다수의 저해상도 영상을 이용해서 하나의 고해상도 영상을 생성하는 초해상도 기술도 최근 들어 많이 연구되고 있다[6].

이런 영상 해상도 개선 분야에서의 문제점은 결과 영상에서 발생하는 블록 현상이나 인공물 발생과 같은 화질 열화 현상이다[7]. 이런 화질 열화 현상들을 제거함으로써 보다 원본 영상에 가까운 영상으로 생성할 수 있다. 이런 화질 열화는 주파수 겹침 현상으로 발생한 고주파 영역의 화소들의 정보가 손실되었기 때문에 발생한다[8].

본 논문에서는 위에서 설명한 손실 정보를 추정하여 보간된 영상에 더함으로써 보다 정확한 영상 해상도 개선 기술을 제안한다. 제안하는 방법은 획득 저해상도 영상으로부터 손실 정보를 계산 및 추정하여 이를 보간된 영상에 더해줌으로써 1차적인 보간을 완료하며, 보간된 영상에 저해상도 영상과의 에러를 더해줌으로써 더욱 오차가 적은 영상을 생성할 수 있다. 이때 에러를 계산하고 더해주는 것은 일정 회수의 반복을 통해서 에러가 최소가 될 수 있도록 한다. 실험을 통해서 제안한 방법이 해상도 개선에 효과적임을 알 수 있었고, 기존의 방법들보다 대폭 감소된 계산복잡도를 가지는 것을 알 수 있었다.

2. 제안하는 영상 해상도 향상 방법

영상의 해상도 향상에 있어서 흐려짐 현상이나 블록 현상 등의 화질 열화 발생을 제거하는 것이 중요하다. 이런 문제를 해결하기 위해서 본 연구에서는 영상의 손실 정보를 이용한 영상 해상도 향상 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 2단계로 구성되는데, 각각 손실 정보 단계가 에러 반복 단계로 구성된다.

손실 정보 단계는 획득 저해상도 영상으로부터 하위 레벨 보간을 수행하여 손실 정보를 계산하고, 이를 이용해서 보간된 고해상도 영상에 적용할 수 있는 추정 손실 정보를 생성하며 추정 손실 정보에 가중치를 적용하여 보간된 고해상도 영상에 적용하는 과정을 포함한다. 이 과정을 아래의 식 (1)~(5)에서 나타내었다.

원본 영상이 존재한다는 가정 하에 획득 저해상도 영상은 I_L 로 정의한다. 또한 획득 저해상도 영상을 기준으로 하여 하위 레벨 보간 과정을 수행하기 위해서 I_L 을

다운샘플한 영상을 I_{LL} 로 정의한다. 다음으로 식 (1)과 같이 I_{LL} 을 I_L 과 같은 크기로 보간시킨다.

$$\hat{I}_L = K_L I_{LL} \quad (1)$$

수식에서 \hat{I}_L 은 보간된 영상, K_L 은 크기가 L 로 보간되도록하는 보간 함수를 각각 의미한다. 다음으로 식 (2)와 같이 획득 저해상도 영상과 보간된 저해상도 영상의 차를 이용해서 손실 정보를 계산한다.

$$E_L = I_L - \hat{I}_L \quad (2)$$

수식에서 E_L 은 계산된 손실 정보를 의미한다. 이상의 식 (1)~(2)를 통해서 저해상도 영상의 손실 정보를 계산할 수 있다. 다음으로 식 (3)에서는 계산된 손실 정보를 이용해서 추정 손실 정보를 생성하고 있다.

$$\hat{E}_H = K_H E_L \quad (3)$$

수식에서 \hat{E}_H 는 추정된 손실 정보, K_H 는 크기가 H 로 보간되도록하는 보간 함수를 각각 의미한다. 즉 추정 손실 정보는 계산된 손실 정보에 보간 함수를 적용시킨 것을 의미한다. 다음으로 식 (4)에서는 획득 저해상도 영상을 보간하여 보간된 고해상도 영상으로 생성한다.

$$\hat{I}_H = K_H I_L \quad (4)$$

수식에서 \hat{I}_H 는 보간된 고해상도 영상을 의미한다. 여기에 식 (5)와 같이 가중치를 적용한 추정 손실 정보를 더해줌으로써 1단계를 종료하게 된다.

$$R_H = \hat{I}_H + \alpha \hat{E}_H \quad (0 \leq \alpha \leq 1) \quad (5)$$

수식에서 \hat{I}_H 는 1단계에서의 최종 결과 영상을 의미하며 2단계에서는 R_H 로 사용한다. 또한, α 는 가중치를 의미하는데 손실 정보가 적용되는 강도를 조절하는 역할을 수행한다. 이상 식 (1)~(5)의 과정이 1단계 손실 정보 단계이고, 아래에 설명되는 부분이 2단계 에러 반복 단계이다.

1단계 결과 영상을 더욱 개선하기 위하여 에러를 반복해서 적용하는 과정을 거친다. 1단계 결과 영상을 다운샘플하여 획득 저해상도 영상과의 에러를 계산한다. 계산된 에러를 보간하여 추정 에러를 생성하고, 추정 에러를 1단계 결과 영상에 적용시킨다. 이와 같이 에러 계산과 에러 추정, 에러 적용을 반복하여 수행하는 것이 2단계 과정이다. 아래의 식 (6)~(8)에서 나타내었다.

$$E_L = I_L - R_L \quad (6)$$

$$E_H = K_H E_L \quad (7)$$

$$R_{H+1} = R_H + \omega E_H \quad (0 \leq \omega \leq 1) \quad (8)$$

수식에서 E_L 은 저해상도 영상의 계산된 에러, E_H 는 고해상도 영상의 추정된 에러, i 는 반복 횟수, ω 는 가중치를 의미한다. 여기에서 반복은 식 (6)~(8)의 과정 전

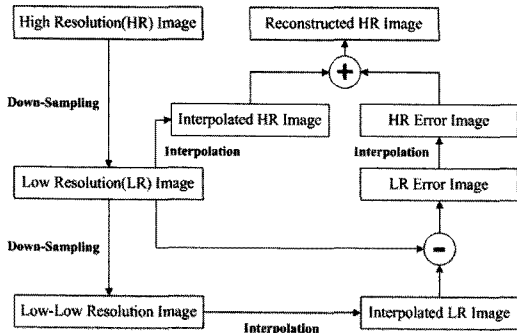


그림 1 제안한 방법의 1단계 알고리즘 흐름도

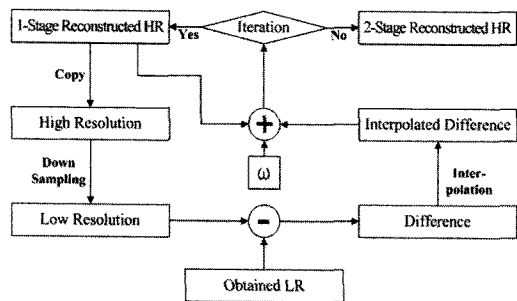


그림 2 제안한 방법의 2단계 알고리즘 흐름도

체를 의미하며, 모든 반복을 종료한 R_H 가 최종적인 결과 영상이 된다. 또한 본 논문에서 제안하는 방법의 최종 결과 영상이다.

아래의 그림 1과 2에서는 제안한 방법의 흐름도를 나타내었다. 제안하는 방법은 2단계로 구성되는데, 그림 1에서는 원본 고해상도 영상의 입력(High Resolution)으로부터 손실 정보 계산, 손실 정보 추정, 손실 정보 적용을 거쳐서 1단계 보간 결과 영상(reconstructed HR)이 나오는 과정을 도식화하였다. 그림 2에서는 1단계 결과 영상을 입력으로 하여 에러 계산, 에러 적용, 반복 과정을 거쳐서 최종 보간 결과 영상을 생성하는 과정을 도식화하였다.

위에서 설명한 영상의 손실 정보를 이용한 영상 해상도 향상 방법을 통해서 일반적인 보간법보다 화질의 열화를 줄일 수 있다. 일반적인 보간법에서 추정하기 힘든 윤곽선의 정보와 고주파 영역의 손실 정보들을 추정해서 더해주기 때문에 윤곽선 영역이 선명해지고 전체적인 영상의 해상도가 향상된다.

영상에 따라서 손실 정보를 모두 적용할 경우에 저주파 영역에서 잡음이 발생하는 경우가 생길 수 있다. 이런 역효과를 방지하기 위해서 손실 정보를 적용하는 과정에서 가중치를 사용하게 된다. 가중치를 사용함으로써 윤곽선 부분의 정보를 보충하면서 잡음으로 작용하는 영역을 최소화할 수 있다. 가중치 계수의 적용을

달리하여 다양한 영상에서 실험한 결과 0.5에서 가장 좋은 PSNR을 얻을 수 있었다.

2단계에서 반복을 수행하게 되는데 반복 횟수 결정 역시 실험적 결과를 이용하였다. 일반적으로 반복 횟수가 증가함에 따라서 PSNR이 향상되지만, 그에 비례하여 계산복잡도가 증가한다. 그리고 일정 횟수 이상의 반복은 PSNR 향상에 거의 영향을 주지 못한다. 실험 결과 10회 내외의 반복이 적절함을 알 수 있었다.

3. 실험 결과 및 분석

제안한 방법의 해상도 개선 결과를 평가하기 위한 실험 환경은 다음과 같다. Intel Core2 2.4GHz CPU와 3G RAM으로 구성된 PC에서 실험되었으며, MATLAB R2009b 버전으로 알고리즘이 구현되었다. 실험 영상은 512×512 크기의 gray scale 영상 8개가 사용되었다. 그림 3에서 실험 영상을 나타내었다.

제안한 방법은 PSNR을 이용해서 객관적인 해상도 개선 정도를 비교하였고, 결과 영상의 선명도와 윤곽선의 뚜렷함 정도를 이용해서 주관적인 해상도 개선 정도를 비교했다. 또한 알고리즘의 실행시간을 이용해서 계산복잡도를 비교하였다. 비교방법은 각각 Kim의 방법 [1](C1), Castro의 방법[2](C2), Giachetti의 방법[3](C3), Asuni의 방법[4](C4), Salvado의 방법[5](C5)이 사용되었다. 제안한 방법(P)은 MATLAB에서 제공하는 bilinear 보간 함수를 이용하였고, 512×512 영상을 원본 고해상도 영상으로 하여 획득 저해상도 영상은 256×256 크기로 생성하였다. 제안한 방법의 구현에 있어서 가중치 계수는 0.5를 사용하였다.

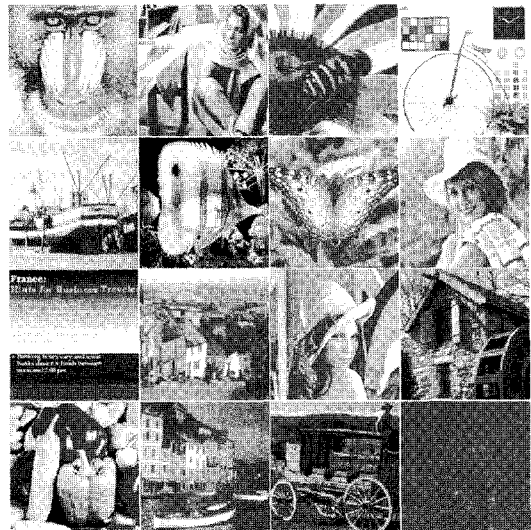


그림 3 실험영상

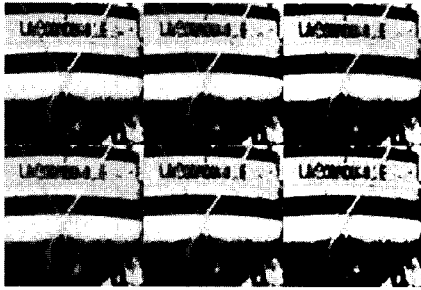


그림 4 boat 영상 보간된 결과(128×128)
(좌상단부터 : C1, C2, C3, C4, C5, P)

표 1 객관적 화질 비교 결과(단위 : dB)

Image	C1	C2	C3	C4	C5	P
baboon	22.00	23.04	22.45	22.36	22.98	23.91
barbara	23.99	24.70	24.35	24.31	24.89	25.51
beeflower	31.33	32.75	31.66	31.50	32.90	33.98
bike	19.70	20.48	19.77	19.82	20.51	21.51
boat	27.89	29.68	28.45	28.34	29.93	31.62
butterfish	24.59	26.03	25.04	24.86	26.34	27.75
butterfly	28.30	29.95	28.70	28.64	30.07	31.43
elaine	30.93	32.23	31.26	31.16	32.54	33.27
france	19.12	19.96	19.54	19.15	20.01	20.94
goldhill	28.97	30.36	29.43	29.27	30.56	31.86
lena	30.09	32.38	31.03	30.89	32.73	34.68
oldmill	22.35	23.83	22.89	22.73	24.04	25.87
peppers	29.38	30.97	29.70	29.67	31.25	32.42
portofino	28.31	29.89	28.71	28.62	30.24	32.03
stagecoach	25.82	27.30	26.13	26.03	27.61	29.40
washsat	33.33	34.55	33.84	33.63	34.58	35.85
average	26.63	28.01	27.06	26.93	28.20	29.50

실험 1에서는 결과 영상을 이용해서 주관적 해상도 개선 정도를 비교하였다. 그림 4에서 알 수 있듯이 제안한 방법의 결과가 다른 비교 방법들보다 선명함을 알 수 있다. 윤곽선과 문자열 부분에서 해상도 개선 정도를 명확하게 확인할 수 있다.

실험 2에서는 PSNR을 통해서 객관적인 해상도 개선 정도를 비교하였다. 표 1에서 알 수 있듯이 제안한 방법의 PSNR이 최대 3.37dB, 최소 1.3dB 향상된 것을 알 수 있다. 모든 영상을 대상으로 비교 방법들보다 모두 높은 PSNR이 나온 것을 알 수 있다.

실험 3에서는 알고리즘의 실행시간을 비교하였다. 표 2에서 알 수 있듯이 제안한 방법이 가장 빠른 시간을 나타내는 것을 알 수 있다. 제안한 방법을 1로 하였을 때 비율에서 알 수 있듯이 비교 방법들은 최소 6.8배에서 최대 969배까지 많은 시간이 소요되는 것을 알 수 있다.

이상의 실험 1, 2, 3을 통해서 제안한 방법이 해상도 개선에 효과적이고 계산복잡도 또한 낮은 것을 알 수 있

었다. 실험 1에서는 주관적인 해상도 개선 정도를 알 수 있고, 실험 2를 통해서 객관적인 향상 수치를 확인할 수 있다. 또한 실험 3을 통해서 실행시간을 확인할 수 있었다.

4. 결론

영상 해상도 개선 기술은 영상 향상을 위한 기본적인 기술로서, 결과 영상에서 발생하는 화질 열화를 최소화하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 영상의 손실 정보를 이용하는 영상 해상도 개선 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 획득 저해상도 영상을 이용해서 손실 정보를 계산 및 추정하고 이를 보간된 영상에 적용함으로써 더욱 개선된 해상도의 영상을 얻을 수 있다. 또한 1차적으로 보간된 영상과 획득 저해상도 영상과의 에러를 계산해서 그 에러만큼을 다시 더해주는 과정을 반복해서 오차를 더욱 줄일 수 있다. 실험을 통해서 제안한 방법이 비교 방법들보다 평균 3.2dB 이상 PSNR이 향상된 것을 알 수 있었고, 주관적인 화질의 개선도 분명히 확인할 수 있었다. 그리고 계산복잡도가 85% 이상 감소한 것을 알 수 있었다. 제안한 방법은 영상 복원과 향상을 위한 다양한 응용 환경에서 유용하게 사용될 수 있다.

참고 문헌

- [1] K. I. Kim and Y. H. Kwon, "Example-based Learning for Single-Image Super-resolution," *Lecture Notes in Computer Science*, vol.5096, pp.456-465, Jun, 2008.
- [2] <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/21410-increase-image-resolution>.
- [3] A. Giachetti and N. Asuni, "Fast Artifacts-free Image Interpolation," In *Proc. of the British Machine Vision Conf.*, pp.123-132, 2008.
- [4] N. Asuni, "INEDI -- Tecnica Adattativa Per l'interpolazione di Immagini," Master's thesis, Università degli Studi di Cagliari, 2007.
- [5] O. Salvado, C. Hillenbrand, and D. Wilson. "Partial Volume Reduction by Interpolation with Reverse Diffusion," *International Journal of Biomedical Imaging*, vol.2006, pp.1-13, 2006.
- [6] S. H. Hong, R. H. Park, S. J. Yang, and J. Y. Kim, "Image Interpolation Using Interpolative Classified Vector Quantization," *Image Vis. Comput.*, vol.26, no.2, pp.228-239, Feb. 2008.
- [7] W. Qing and R. K. Ward, "A New Orientation-Adaptive Interpolation Method," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol.16, Issue 4, pp.889-900 Apr. 2007.
- [8] S. Banerjee, "Low-Power Content-Based Video Acquisition for Super-Resolution Enhancement," *IEEE Transactions on Multimedia*, vol.11, Issue 3, pp.455-464, Apr. 2009.



김 원 희

2007년 부경대학교 전자컴퓨터정보통신
공학부 졸업(학사). 2009년 부경대학교
컴퓨터공학과 졸업(석사). 2009년~현재
부경대학교 정보공학과 박사과정. 관심분
야는 영상복원 및 영상처리



김 중 남

1995년 금오공과대학교 전자공학과 졸업
(학사). 1997년 광주과학기술원 정보공학
과 졸업(석사). 2001년 광주과학기술원
기전공학과 졸업(박사). 2001년~2004년
KBS 기술연구소 선임연구원. 2003년~
현재 (주)홈캐스트 사외이사. 2004년~현
재 부경대학교 IT융합응용공학과 부교수, 관심분야는 멀티
미디어 보안, 영상신호처리 등