

보정된 입력영상을 이용한 초해상도 영상복원

엄중범*, 윤종호**, 최명렬***

*한양대학교 전자전기제어계측학과, **한양대학교 전자통신전파공학과

***한양대학교 전자통신공학과

e-mail:ujb4001@hanyang.ac.kr

Super-Resolution Reconstruction using adjusted input image

Jong-Bum Um*, Jong-ho Yun**, Myung-Ryul Choi***

*Dept of EECS, Hanyang University, **Dept of EC, Hanyang University

***Dept of EECS, Hanyang University

요 약

초해상도 영상복원은 저해상도 영상을 이용하여 하나의 고해상도 영상을 획득하는 기법이다. 초해상도 영상복원은 크게 두 가지 방법으로 구현된다. 단일 영상을 이용한 초해상도 영상복원과, 여러 장의 저해상도 영상을 이용한 초해상도 영상복원 기법이 연구되고 있다. 여러 장의 저해상도 영상을 이용한 공간영역에서의 초해상도 영상복원 알고리즘은 크게 정합, 보간, 후처리 과정을 거치게 된다. 본 논문에서는 정합과정 이전에 입력영상보정을 통한 전처리과정을 수행하여 잡음으로 인한 부정확한 위치정보추정 확률을 감소시키고, 입력영상보정과정인 전처리과정으로 인해 후처리과정을 통한 영상복원 영상보다 향상된 영상을 획득하는 기법을 제안하며, 실험결과에서 기존의 방법보다 좋은 영상을 얻음을 확인하였다.

1. 서론

저해상도 영상을 고해상도 영상으로 복원하는 영상 보간 과정은 디지털 영상 신호처리 과정의 하나인 샘플링에서 생기는 정보 손실을 극복하는 방법이 되기 때문에 널리 사용된다. 영상을 보간하는 방법은 주로 선형보간법, 다항식 보간법, 스플라인 보간법 등이 있다. 하지만 위와 같은 보간법은 보간 필터에 입력되는 영상정보의 한계 때문에 높은 화질의 고해상도 영상을 얻기가 어렵다. 이러한 물리적 한계를 극복하고자 1990년대부터 여러 장의 저해상도 영상을 이용하여 고해상도 영상을 만드는 초해상도 영상복원(super resolution)에 대한 연구가 시작되었다. 고해상도 영상이 필요한 의료분야, 우주/항공사진 분야, 보안 분야에서 초해상도 영상복원에 대하여 많은 연구가 활발히 진행되고 있다.

초해상도 영상복원은 관찰되었던 다수의 저해상도의 영상으로부터 고해상도 이미지나 일련의 이미지들을 얻기 위한 신호처리 기술이다.[1,2] 이 기술은 추정과 이동을 위한 정합(Registration)알고리즘과 획득된 프레임과 현재 프레임의 가중치를 이용한 ,보간된 영상의 잡음제거와 흐림 현상 복원을 위한 후처리과정으로 구성되어 있다. 영상 보간은 많은 영상 처리 분야의 응용에서 중요한 역할을 하고 있다. 영상 보간의 정확한 의미는 해상도를 높이거나 데이터 손실 부분을 복원해서 자연스러운 영상을 얻고자 하는데 있다.

초해상도 영상복원 기법에서 고해상도 영상을 얻기 위해서는 반드시 각각의 저해상도 영상 사이의 정확한 움직임

에 대한 정보 추정이 선행되어야 하며, 이는 잡음에 의해 정확한 위치정보 추정이 쉽지 않다.[5]

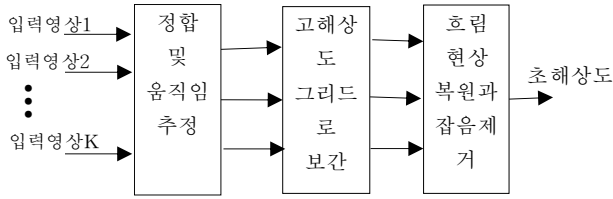
따라서 본 논문에서는 정합과정 이전에 입력영상에서 부정확한 위치정보 추정에 영향을 미치는 백색잡음과 엘리어싱 잡음을 제거하는 입력영상보정 단계인 전처리과정이 포함된 3단계 초해상도 복원 알고리즘을 제안한다. 2장에서는 초해상도 이론을 소개하고, 3장에서는 기존 초해상도 기본개념과 제안된 알고리즘에 대해 논하였다. 4장에서 모의실험을 통하여 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘보다 우수함을 확인하고, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 영상 초해상도 이론

여러 장의 영상을 이용하는 초해상도 영상기법은 같은 장면에 대하여 그들의 움직임이 정수 화소 미만의 차이를 가지는 여러 장의 저해상도 영상을 이용하여 영상을 복원하는 것이다.[1-3]

초해상도 영상복원 기법은 정합, 보간, 후처리과정을 수행한다. 정합과정은 첫 번째 저해상도 입력 영상을 기준 영상으로 하여, 두 번째, 세 번째, 네 번째 저해상도 입력 영상의 위치를 확인하는 과정이다.

보간 과정은 추정된 움직임 정보를 이용하여 고해상도 그리드에 가장 가까운 정보를 가지고 있는 화소를 이용하여 보간하는 과정이며, 후처리 과정은 보간된 영상에 잡음을 제거하고 흐려지는 부분을 복원하는 과정이다.[4] 그림.1은 초해상도 영상복원 기법의 블록 다이어그램을 보여준다.



(그림 1) 초해상도 영상복원 블록 다이어그램

영상획득 소자를 이용하여 획득한 영상을 고해상도로 변환하였다고 하더라도 기존의 고해상도 영상과 관찰된 저해상도 영상들과의 관계를 명확하게 하기 위한 모델링이 필요하다. 실세계에 존재하는 고해상도 영상이 광학적 왜곡과 에일리어싱과 움직임 흐림현상 잡음이 끼어드는 현상을 거쳐 저해상도 영상이 된다.

저해상도 영상들이 고해상도 영상으로 복원 되는 것을 확인하기 위해서는 관측모델이 필요하며, 실세계의 영상에 에일리어싱 없이 샘플링된 고해상도 영상을 입력 x_k 라고 하고, 다양한 외부 요인들로 인해서 얻어지는 저해상도 영상을 y_k 라고 했을 때 위 변수들과의 관측모델관계를 정리한식은 식(1-1)과 같다.

또한 식 (1-1)에서 예측 불가능한 잡음효과를 제외한 외부요인에 해당하는 표본화 행렬과, 흐림 행렬, 변환 행렬을 묶어서 w 행렬로 정의한다면 그에 해당하는 식은 식(1-2)와 같다.

$$Y_k = DB_k M_k X + n_k \quad \text{for } k=1, \dots, N \quad (1-1)$$

$$Y_k = W_k X + n_k \quad \text{for } k=1, \dots, N \quad (1-2)$$

여기서 Y_k 는 저해상도 영상, X 는 고해상도 영상, M_k 는 움직임, B_k 는 블러링 요소, D 는 디지털화 과정의 샘플링, n_k 는 시스템 노이즈이다. 그리고 N 은 저해상도 전체 영상의 수이다.

3. 제안된 고해상도 영상복원 알고리즘

기존의 초해상도 복원 기법은 잡음을 포함한 다수의 저해상도 영상을 가지고 고해상도 영상을 생성하면서 영상 내에 백색잡음과 엘리어싱잡음으로 인해 정합단계에서 부정확한 위치정보추정 문제가 발생되고, 고해상도 영상에서 블러링 현상이 나타나는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 저해상도 영상을 이용하여 고해상도 영상을 생성한 후, 후처리 과정에서 잡음제거와 영상복원을 하는 방법과는 달리, 잡음을 포함한 저해상도 입력 영상에 필터링을 통한 입력영상보정으로 위치정보추정 문제에 영향을 미치는 원인을 사전 제거한다. 따라서 입력영상보정단계인 선처리과정을 통해 부정확한 위치정보추정 발생확률을 감소시키고, 고해상도 영상에서 블러링현상이 감소되고 기존의 방법에 비해 영상화질이 향상되는 새로운 초해상도 복원기법을 제안한다.

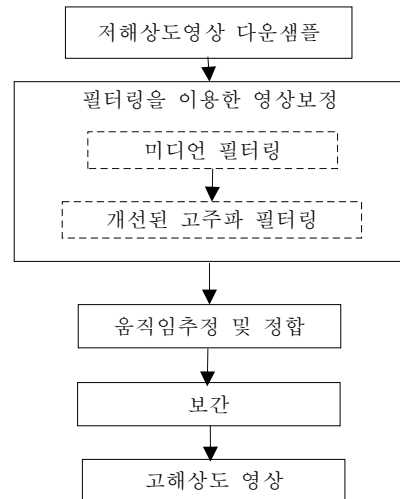
영상 확대기법에서 이미지 향상을 위한 선처리과정은

후처리 과정에 비해 화질향상에 중요한 영향을 미치고 그림.2는 선처리과정과 후처리과정의 이미지향상 차이를 보여준다.



(그림 2) 선처리영상과 후처리영상

그림2.에서 볼 수 있듯이 잡음이 있는 원본영상 a.(64X64)을 가지고 2배 확대시킨 선처리영상에서는 잡음이 완전히 제거 되었지만, 후처리 영상에서는 잡음이 여전히 남아있음을 확인 할 수 있다. 그림3.는 제안하는 알고리즘에 블록다이어그램을 보여준다.



(그림 3) 제안된 초해상도 영상기법

먼저 정합단계에서 위치정보추정시 발생하는 연산량을 감소시키기 위해서 입력영상을 1/2로 다운 샘플링을 한후, 입력영상 보정을 위한 필터링 작업을 수행한다.

부정확한 위치정보추정에 많은 영향을 미치는 백색잡음과 엘리어싱잡음은 고주파성분에 많이 포함되어 있으며 두 잡음제거에 효율적인 미디언 필터링 처리를 하였다. 그리고 미디언 필터링 처리 후 블러링 현상으로 영상화질이 떨어지고 초해상도 복원영상에도 블러링 현상이 강하게 나타나기 때문에 이점을 보완하고 향상된 입력영상 생성을 위해 개선된 고주파 필터링 처리를 하여 입력영상보정 과정을 수행하였다.

일반적인 고주파 필터링은 마스크의 가중치 합을 1로 하여 영상의 에지부분을 강조하면서 선명화 효과를 주지만 강한 선명화 현상으로 인해 영상의 화질이 부자연스럽다. 이 점을 보완하기 위해서 가중치 합에 변화를 주어 영상

의 밝기를 향상시켜 향상된 영상을 생성 할 수 있다. 가중치의 합은 영상의 밝기 조절에 사용되는데 가중치 합이 2를 넘게 되면 과도한 밝아짐 현상으로 영상화질이 급격하게 떨어지고 실제영상을 식별하기가 어렵다. 따라서 일반적으로 사용되는 고주파 필터 마스크들에 대해, 가중치합 1과2사이에서 각각의 가중치에 따른 영상화질의 차이를 실험하였고, 각 실험영상에 영상화질 측정의 객관적 수치인 PSNR을 비교하여 가중치의 합이 1.5일 때 PSNR이 가장 높게 나타나고 주관적으로도 일반적인 고주파 필터 마스크를 사용한 영상에 비해 전반적으로 부드러운 영상을 보여주었다. 이렇게 개선된 가중치의 합이 1.5인 고주파 필터와 미디어 필터링을 통한 보정된 입력영상을 가지고 정합과 보간과정을 수행한다..

제안한 알고리즘에서는 기존의 초해상도 영상복원기법에서 사용되는 후처리과정이 없이 입력영상보정 단계인 선처리과정으로 기존의 초해상도 영상복원 기법에 비해 보다 향상된 고해상도 영상을 얻을 수 있었다.

4. 실험결과

본 논문에서는 Matlab 7.10을 이용하여 제안한 알고리즘에 성능평가를 행하였다. 실험에서 사용된 입력영상은 기존의 고해상도 영상 64X64을 관측 모델화하여 저해상도 영상으로 모델링하여 사용하였으며, 그림4.와 같다.



(그림 4) 저해상도 입력영상

위 실험영상을 가지고 제안한 기법과 일반적인 초해상도기법 및 원영상에 대한 Bicubic 보간법을 적용하여 4배 확대시킨 256x256크기에 고해상도 영상을 복원하였으며, 복원영상과 원영상과의 부분영상 확대를 통한 주관적 화질 비교 및 복원 화질의 객관적 측정을 위해 PSNR을 사용하여 성능비교를 하였다.



a. Bicubic

b. a. 확대영상



c. 기존의 초해상도



d. c. 확대영상



e. 제안한 알고리즘



f. e. 확대영상

(그림 5) 결과영상



a. Bicubic



b. a. 확대영상



c. 기존의 초해상도



d. c. 확대영상



e. 제안한 알고리즘



f. e. 확대영상

(그림 6) 결과영상

그림5,6.은 실험에 의한 결과 영상을 보여준다. 그림5에

결과영상과 확대 영상을 살펴보면 기본적인 초해상도 기법은 Bicubic 보간법에 비해 블러화현상이 감소되고 스무딩한 영상을 보여 주고 있다. 눈과 모자 윤곽선부위에서도 여전히 흐림현상과 블러화 현상이 나타나는 것을 볼 수 있었고, 제안한 기법에 결과영상에서는 흐림현상이 나타나지 않았다. 주관적 측면에서도 화질이 비교영상에 비해 화질이 선명하게 나타남을 볼 관측할 수 있었다. 그리고 그림6 결과영상에서도 눈과 머릿결에서 기존의 초해상도 기법에 비해 화질이 선명하게 나타남을 확인 할 수 있었다.

<표 1>결과 영상의 화질 비교

Method	Source Image	MSE	PSNR (dB)
Bicubic	원본1	0.4256	51.840
기존의 초해상도	원본1	0.1753	55.692
제안한 알고리즘	원본1	0.1254	57.147
Bicubic	원본2	0.9647	48.286
기존의 초해상도	원본2	0.3896	52.224
제안한 알고리즘	원본2	0.2458	54.223

표1은 실험 결과영상의 화질측정을 비교한 것으로 제안한 기법의 영상이 객관적 측정인 PSNR이 기본적인 초해상도 기법에 비해 향상되었음을 확인 할 수 있다.

5. 결론

현재 디지털화 시대가 되면서 영상처리 분야가 더욱 부각되면서 영상처리 분야 중에서도 영상의 화질을 결정짓는 해상도 향상 연구에 많은 연구가 진행되면서 저해상도를 이용한 고해상도 복원 기술에 대한 많은 연구가 많은 관심을 받고 있다. 초해상도 영상복원기법은 정합과정에서 백색잡음과 엘리어싱 잡음으로 인해 정확한 위치정보추정에 오류가 발생할 수 있고, 초해상도 복원영상에서도 여전히 블러링 현상이 나타난다. 따라서 본 논문은 보정된 입력영상 선처리 과정을 이용해 오류발생의 원인을 제거하여 위치정보추정 오류발생확률을 감소시키고, 기존의 초해상도 복원영상에 비해 더욱 향상된 영상을 얻기 위해서 제안되었으면 실험을 통한 결과영상에서 화질개선이 되었음을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] S. Park, M. Park, and M. Kang, "Super-resolution image reconstruction: A technical overview," *IEEE Signal Processing Magazine* 20, pp.21-63, May 2003.
- [2] J. D. Ouwerkerk, "Image Super-resolution survey," *image and Vision Computing*, vol. 24, No. 10, pp. 1039-1052, 2006.
- [3] S. Farsiu, M. Dirk, "Fast and Robust Multi-frame Super Resolution," *IEEE Transactions on image*

processing, Vol.13, No. 10, Oct. 2004.

- [4] N. Nuyen, P. Milanfar, and G. Golub, "A Computationally Efficient Super-resolution Image Reconstruction Algorithm," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 10, pp. 573-583, Apr.2001.
- [5] E. S. LEE, M. G. Kang, "Regularized adaptive high-resolution image reconstruction considering inaccurate subpixel registration", *Image Processing, IEEE Transactions on Vol 12, Issue 7, July 2003.*