

## IR 영상을 위한 초고해상도 알고리즘

김용준, 최동윤, 송병철\*  
 인하대학교 전자공학과  
 \*bcsong@inha.ac.kr

## Super-resolution Algorithm for Infra-red Images

Yong Jun Kim, Dong Yoon Choi and Byung Cheol Song  
 Department of Electronic Engineering, Inha University

## 요 약

일반 영상의 영상확대를 위한 다양한 알고리즘이 존재한다. 하지만 IR 영상의 경우 일반영상과 다른 특성을 가지고 있기 때문에 IR 영상을 위한 영상 확대 알고리즘이 필요하다. 따라서 IR 영상이 일반영상에 비해 디테일이 없다는 특성을 고려하여 복잡한 알고리즘을 적용시키기 보다는 ADRC[1]와 같은 단순한 분류 기법을 활용하여 LR-HR 패치를 분류하고 학습된 데이터를 이용하여 영상확대 알고리즘에 적용하였다. 또한 알고리즘의 성능을 향상시키기 위해 학습과정에 전처리 과정을 추가하여 알고리즘 작동 시 연산량의 증가 없이 확대 영상의 선명도를 향상시키고자 하였다. 이와 같은 방법으로 영상 확대 알고리즘을 수행하였을 때 통상적인 영상확대 기법인 bi-cubic interpolation 기법보다 CPBD 수치가 평균 0.0527 만큼 높은 결과를 확인할 수 있었고 전처리 과정을 추가하였을 때 이전보다 평균 0.0119 만큼 더 선명해진 영상을 얻었다.

## 1. 서론

최근 일반영상의 경우 하드웨어의 발달로 UHD 급 해상도를 지원하지만 그에 상응하는 해상도의 콘텐츠들은 부족한 실정이다. 영상확대를 위해 사용되는 bi-cubic interpolation 과 같은 선형 보간기법들은 결과 영상이 다소 선명하지 못한 단점이 있다. 이러한 문제를 극복하기 위해 다양한 Super resolution 기법들 지속적으로 연구되어 왔다. IR(Infrared) 영상과 같은 열상영상 혹은 적외선 영상들은 주로 군사용이나 특수목적용으로 많이 사용되어 왔지만 최근 보안에 대한 중요성이 높아짐에 따라 민간에서도 수요가 증가하고 있고 화질에 대한 소비자의 수준이 향상되면서 고해상도 IR 영상에 대한 수요가 지속적으로 증가되고 있다. 하지만 고해상도의 IR 영상을 획득하기 위해서는 고가의 IR 센서가 필요하기 때문에 특수목적이 아닌 민간에서 사용하기에 비용적인 측면에서 부담스러운 부분이 있다. 따라서 저가의 IR 센서로 획득한 저해상도의 IR 영상을 super-resolution 기법을 이용하여 고해상도의 IR 센서로 획득한 영상과 유사한 화질을 갖는 영상을 획득하고자 한다.

본 논문에서는 IR 영상이 일반영상에 비해 디테일은 거의 없고 에지 위주의 단순한 영상이라는 특징을 고려하여 ADRC[1]기법과 같은 단순한 분류 기법을 이용하여 패치를 추출하고 학습과정을 진행하였다. 또한 학습과정에 HR 영상에 AUM[2]과 같은 전처리 과정을 추가하여 일반적인 방법으로 확대된 영상 보다 더 선명해지도록 하여 영상 확대 알고리즘의 효과를 극대화 하고자 하였다. 이러한 방법을 통해 선명도 측정 기준인 CPBD 값이 전형적인 선형기법인 bi-cubic 기법 대비 평균 0.0527 더 높아졌으며 학습과정에 전처리 과정을 추가하였을 때 평균 0.0119 만큼 더 좋아진 것을 확인하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성하였다. 2 절에서 제안하는 알고리즘에 대한 설명을 하고, 3 절에서는 알고리즘 성능을 실험을 통해서 확대된 IR 영상의 선명도가 향상되는 것을

확인한다. 끝으로 4 절에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

## 2. 제안 알고리즘

본 논문에서는 ADRC(Adaptive dynamic range encoding) [1]을 변형하여 적용하였으며 학습과정에서 LR 패치에서 9bit 패턴 추출하여 학습을 진행한 후 같은 방법으로 패턴을 추출하여 매칭된 패턴의 필터 값을 호출하여 영상을 확대하는 방식으로 알고리즘에 적용하였다. ADRC 을 적용하여 패턴을 추출하는 방법은 식 (1)과 그림 1.과 같이 나타난다. 5x5 LR 패치에서 9bit 패턴을 그림 1.의 순서로 추출하며 식 (1)을 통해 이진값을 결정하여 최종적으로 9bit 코드를 추출하여 5x5 LR 패치와 HR 패치를 매칭시켜 필터값을 생성하여 해당 class 에 저장한다.

$$ADRC_{p,r} = \sum_{p=0}^{P-1} S(X_{r,p} - \mu_r) \cdot 2^p \cdot S(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)에서  $X_{r,p}$  는 그림 1.의 선택된 9 개의 픽셀값을 의미하며  $\mu_r$  는 9 개 픽셀의 평균값을 나타낸다.

앞서 언급하였듯이 IR 영상 특성상 영상 열화로 인해 일반영상에 비해 디테일이 거의 없다. 따라서 전체 영상을 전부 처리하는 것보다 에지 영역 중심으로 처리하는 것이 알고리즘 상 더 효율적인 방법이다.

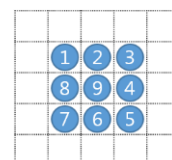


그림 1. 패턴 추출 방식

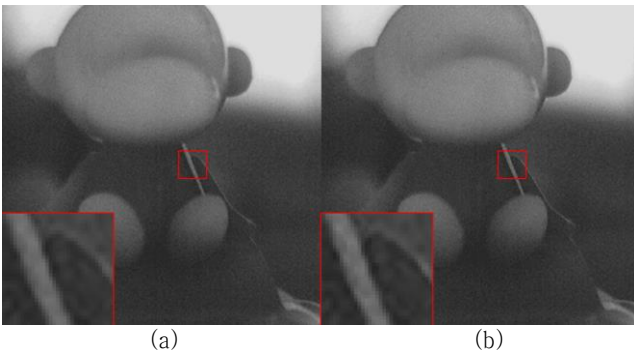


그림 2. 학습과정에 전처리 추가 후 결과 비교 실험 결과 (a) AUM 전처리 미적용 결과 (b) AUM 전처리 적용 결과

하지만 위와 같은 방법으로 처리하여 영상의 선명도 측면에서 효과가 두드러지게 나타나지 않는 것을 볼 수 있었다. 따라서 학습과정에서 미리 HR 영상에 전처리 과정을 수행하여 선명도 향상 효과를 이루고자 하였다. 학습 과정에서 전처리가 이루어지기 때문에 추가적인 연산량이 필요 없이 IR 영상의 선명도를 향상시킬 수 있다는 점에서 장점을 가진다. 이러한 장점이 있기 때문에 학습과정에서 전처리 기법으로 사용한 방법은 일반적으로 사용되는 edge enhancement 방법인 Adaptive unsharp masking(AUM) [2]기법을 HR 영상에 적용시켜 선명도를 향상시킨 후 학습을 진행하도록 하였다. 그 결과 그림 2.의 확대영상에서 볼 수 있듯이 전처리 과정을 적용하기 전보다 영상의 선명도가 향상된 것을 확인할 수 있다.

앞서 설명한 것처럼 학습데이터인 HR 영상에 전처리 과정을 수행하고 나면 LR-HR 패치들간의 상관관계를 이용하여 2D FIR filter 로 이루어진 DB 를 생성한다. 이후 만들어진 DB 를 입력 LR 패치에 대해 적용시켜 매칭된 FIR filter 을 통해 HR 로 복원시킨다. LR-HR 패치들간의 식은 다음과 같이 표현된다.

$$HR(i, j) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} w_{i,j}(m,n) LR(m,n) \quad (2)$$

위 식에서  $HR(i, j)$  과  $LR(i, j)$  은 HR 패치와 LR 패치의  $(i, j)$ 와,  $(m, n)$ 위치에 있는 픽셀을 나타낸다. 여기서  $w_{i,j}(m, n)$  은  $(m, n)$ 위치의 coefficient 로서  $HR(i, j)$  을 복원하는데 사용된다. 따라서  $HR(i, j)$  는  $LR(i, j)$  의 weight sum 이라 할 수 있으며  $w_{i,j}(m, n)$  은  $LR(i, j)$  로부터  $HR(i, j)$  을 복원하기 위한 2D FIR filter 이다.

### 3. 실험 결과

384x296 크기의 영상을 768x592 로 2 배 확대하는 실험을 하였다. 학습과정에서 사용한 HR 영상은 1920x1080 크기의 일반영상 6 개를 가지고 학습하였다. 학습 후 481 개의 class 가 생성되었다. HR 이미지에 적용시킨 AUM 의 선명도의 정도를 결정하는 임계값은 7, 49 이고 gain 값은 각각 1, 3, 2 로 설정하였다, 또한 영상확대 과정에서 에지 판별은 5x5 블록의 센터 중심으로 3x3 블록의 표준 편차를 계산하여 판별하였고 표준 편차는 10 으로 고정하였다. 비교 기법으로는 일반적으로 사용되는 선형 기법인 bi-cubic 기법과 비교하였다.

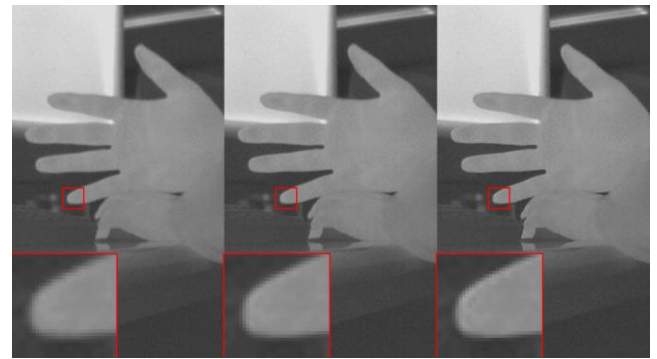


그림 3. 실험결과 (a) Bi-cubic (b) 전처리 전 결과 (c) 전처리 후 결과

표 1. 실험영상 5 개의 CPBD 평균 결과

	Bi-cubic	전처리 전 결과	제안 알고리즘
CPBD	0.6662	0.7070	0.7189

결론적으로 그림 3 에서 볼 수 있듯이 bi-cubic 기법 대비 주관적 화질측면에서 제안 기법으로 수행한 방법이 영상이 더 선명하다는 것을 볼 수 있다. 또한 영상의 선명도를 측정하는 정량적 비교 방법인 CPBD 에서도 표 1 에서 확인 할 수 있듯이 bi-cubic 기법 대비 약 0.0527 정도 높게 측정되는 것을 확인하였으며 전처리 과정을 추가하였을 때 이전보다 약 0.0119 만큼 좋다는 확인하였다.

### 4. 결론

본 논문은 저해상도 IR 영상을 가지고 고해상도 IR 영상을 만들어 저가의 IR 센서로 고가의 IR 센서와 유사한 효과를 내도록 하는 IR 영상 특성을 고려한 ADRC 기반의 영상확대 알고리즘을 제안하였다. 이 영상 확대 알고리즘은 영상의 선명도 향상에 도움이 될 뿐만 아니라 저가의 IR 센서를 사용하기 때문에 IR 카메라의 생산단가를 낮추는 효과를 낼 수 있을 것이다. 향후 학습에 사용한 영상을 IR 영상으로 변경하여 DB 를 꾸밀 예정이며, 또한 다중 프레임을 활용한 영상확대 기법이나 IR 영상과 일반영상과의 융합을 통해 영상 확대 알고리즘의 효과를 높이기 위한 연구를 진행할 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 한국산업기술진흥원의 지원을 받는 인하대 ICT 기업연계형 연구인력 양성사업단의 연구결과임.

### 참고문헌

- [1] T. Kondo, and K. Kawaguchi, "Adaptive dynamic range encoding method and apparatus," US-patent 5,444,487, Aug. 1995.
- [2] A. Polesel, G. Ramponi, V. J. Mathews, "Image enhancement via adaptive unsharp masking," *IEEE Trans. Image Process.*, 2000.