

# Super Resolution Algorithm Based on Edge Map Interpolation and Improved Fast Back Projection Method in Mobile Devices

Doo-Hee Lee<sup>†</sup> · Dae-Hyun Park<sup>††</sup> · Yoon Kim<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

Recently, as the prevalence of high-performance mobile devices and the application of the multimedia content are expanded, Super Resolution (SR) technique which reconstructs low resolution images to high resolution images is becoming important. And in the mobile devices, the development of the SR algorithm considering the operation quantity or memory is required because of using the restricted resources. In this paper, we propose a new single frame fast SR technique suitable for mobile devices. In order to prevent color distortion, we change RGB color domain to HSV color domain and process the brightness information V (Value) considering the characteristics of human visual perception. First, the low resolution image is enlarged by the improved fast back projection considering the noise elimination. And at the same time, the reliable edge map is extracted by using the LoG (Laplacian of Gaussian) filtering. Finally, the high definition picture is reconstructed by using the edge information and the improved back projection result. The proposed technique removes effectually the unnatural artefact which is generated during the super resolution restoration, and the edge information which can be lost is amended and emphasized. The experimental results indicate that the proposed algorithm provides better performance than conventional back projection and interpolation methods.

**Keywords :** Super Resolution, Back Projection, Image Magnification

# 모바일 환경을 위해 에지맵 보간과 개선된 고속 Back Projection 기법을 이용한 Super Resolution 알고리즘

이 두 희<sup>†</sup> · 박 대 현<sup>††</sup> · 김 윤<sup>†††</sup>

## 요 약

최근 고성능 모바일기기의 보급과 멀티미디어 콘텐츠의 활용이 커짐에 따라 저해상도 영상을 고해상도로 재구성하는 초해상도(super resolution) 기법이 중요하게 대두되고 있다. 모바일기기에서는 초해상도를 사용하기 위해서는 연산량과 메모리 등의 제한적인 자원의 사용을 고려한 초해상도 알고리즘이 요구된다. 본 논문에서는 모바일기기에 적용하기 위해 단일영상을 통한 빠른 초해상도 기법을 제안한다. 제안한 알고리즘은 색채 왜곡을 방지하기 위해 RGB 컬러 도메인에서 HSV 컬러 도메인으로 변경하여 인간의 시각인지 특성이 가장 뚜렷한 밝기정보인 V만 처리한다. 먼저 잡음제거 및 속도향상을 고려하여 개선된 고속 back projection에 의해 영상을 확대 재구성한다. 이와 함께 2차 미분을 사용하는 LoG (laplacian of gaussian) 필터링을 이용하여 신뢰할 수 있는 에지 맵을 추출한다. 최종적으로 에지 정보와 개선된 back projection 결과를 이용하여 고해상도 영상을 재구성한다. 제안한 알고리즘을 사용하여 복원한 영상은 부자연스러운 인공물을 효과적으로 제거하고, blur 현상을 최소화하여 에지 정보를 보정하고 강조해준다. 실험결과를 통해 제안하는 알고리즘이 기존의 보간법이나 전통적인 back projection 결과보다 주관적인 화질이 우수하고, 객관적으로 우수한 성능을 나타냄을 입증한다.

**키워드 :** 초해상도, 역투영, 영상 확대

## 1. 서 론

최근 고성능의 하드웨어가 개발되면서 어느 때보다 멀티 미디어 데이터를 이용한 콘텐츠가 빠르게 확산되면서 TV, 영화는 물론 의료 산업에서 디지털 영상 처리 기술은 그 중 추적인 역할을 담당하고 있다. 디지털 영상을 다양하게 활용함에 따라, 점점 더 좋은 화질의 고해상도 영상에 대한 요구

<sup>†</sup> 준 회 원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사  
<sup>††</sup> 준 회 원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정  
<sup>†††</sup> 정 회 원 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 부교수  
논문접수: 2012년 1월 2일  
수 정 일: 1차 2012년 7월 3일, 2차 2012년 7월 10일  
심사완료: 2012년 7월 23일  
\* Corresponding Author: Yoon Kim(yooni@kangwon.ac.kr)

가 크게 늘어나고 있지만, 현실적 제약사항 때문에 저해상도의 영상을 이용하게 되는 경우가 많다. 따라서 저해상도의 영상을 고해상도로 재구성하는 영상처리 기법이 요구된다.

고해상도의 영상을 얻기 위해 널리 사용하는 방법은 보간법이다. 보간법으로는 zero-order interpolation인 이웃보간(nearest neighbor), first-order interpolation인 선형 보간(linear), 이중선형 보간(bilinear), 그리고 high-order interpolation인 3차회선 보간법(cubic convolution), 스플라인(spline) 등과 같은 다양한 방법이 존재한다[1-4]. 이와 같은 방법들은 각각 보간을 위한 커널(kernel)을 가지며, 낮은 차수의 보간법 일수록 구조가 간단하며 연산량이 적다. 하지만 구조가 간단하여 영상에는 흐림 현상(blurring)이나 계단현상(staircase noise)와 같은 화질 열화를 피할 수 없다. 또한, high-order interpolation의 커널은 형태가 이상적인 보간 커널인 *sinc* 함수와 유사하지만 화질 열화를 발생시킨다.

고해상도의 영상을 얻기 위한 다른 방법으로 초해상도 기법(super resolution, SR)이 있다. 초해상도 기법에는 여러 가지가 존재하지만, 재구성하기 위해 참조하게 되는 대상에 따라서 단일영상 SR과 다중영상 SR로 나뉜다. 단일영상 SR은 한 장의 영상 내에서 정보를 추출 및 가공하여 고해상도 영상을 재구성한다. 따라서 영상 특징에 대한 정보가 부족하여 결과물의 완성도가 낮지만 상대적으로 적은 연산량으로 수행이 가능하고 메모리 사용량이 적다는 장점이 있다. 반면에 다중영상 SR은 동영상과 같이 여러 영상 내에서 정보를 추출 및 가공하여 고해상도 영상을 재구성하여 좋은 성능을 보장하지만, 다중영상 참조로 복잡도가 높고 연산량과 메모리 사용이 많다는 단점이 있다.

또한, 초해상도 기법은 복원되는 알고리즘에 따라 특징이 다르게 나타난다. 먼저, 학습 기반 방법(learning-based methods)은 사전에 고해상도의 영상을 통해 저해상도의 영상을 생성하여 특징을 추출하고 이를 통해 데이터베이스를 구성하여 사용한다[5-9]. 따라서 다양한 영상 샘플에 의해 데이터베이스가 커질수록 생성할 고해상도 영상의 성능은 개선되지만, 사전에 수행해야할 연산이 증가하고 데이터베이스 구성에 따른 어려움이 있다. 복원 기반 방법(reconstruction-based method)으로는 저해상도와 재구성한 고해상도 영상의 확대/축소를 통한 오차를 구하여 역투영하는 back projection [10-12]과 에지의 기울기를 변형하는 gradient profile prior [13] 등이 있다. 하지만 목표 오차에 수렴하기 위한 반복적인 연산 등으로 연산량이 증가하는 문제가 있다.

본 논문에서는 모바일환경에 적합한 빠른 연산속도를 가지는 초해상도 기법을 제안한다. 먼저, 제안하는 알고리즘은 반복과정이 없는 개선된 back projection 기법을 이용한다. 기존에 반복적인 연산으로 인한 수렴과정에서 발생하는 연산량을 줄이고, 개선된 back projection과정으로 한 번의 역투영만을 사용하여 영상을 얻는다. 또한 역투영 과정에서 필연적으로 사용해야 하는 보간법으로는 적은 픽셀의 참조와 빠른 속도를 가진 이중선형 보간법만을 사용한다. 추가적으로 역투영과정의 반복 감소로 인해 손실될 수 있는 에지 정보는 2차 미분의 LoG(laplacian of gaussian)필터를 통

해 보정하고 강조해준다. 최종적으로 얻을 복원된 고해상도 영상은 각각의 영상에 가중치를 부여하여 조합함으로써 최적의 결과를 얻는다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서 제안하는 알고리즘을 설명하고, 3장에서는 기존의 기법과 제안 기법의 실험을 통한 성능을 평가한다. 끝으로 4장에서 결론을 낸다.

## 2. 제안하는 알고리즘

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 블록도는 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 보이는 바와 같이 제안하는 알고리즘은 개선된 back projection의 SR 재구성 과정과 edge boosting을 위한 에지맵 보간 과정으로 나뉜다. 먼저 back projection 과정의 시작으로 영상을 확대해주고 색 공간을 HSV로 바꾼다. HSV에서 V값만을 사용하여 과정을 진행하고, edge boosting과정도 V값에 저주파필터가 적용된 영상으로 사용하여 영상을 구한다. 최종적으로 back projection과정을 수행한 영상과 edge boosting과정에서 얻어진 영상을 통해 결과 영상을 도출한다.

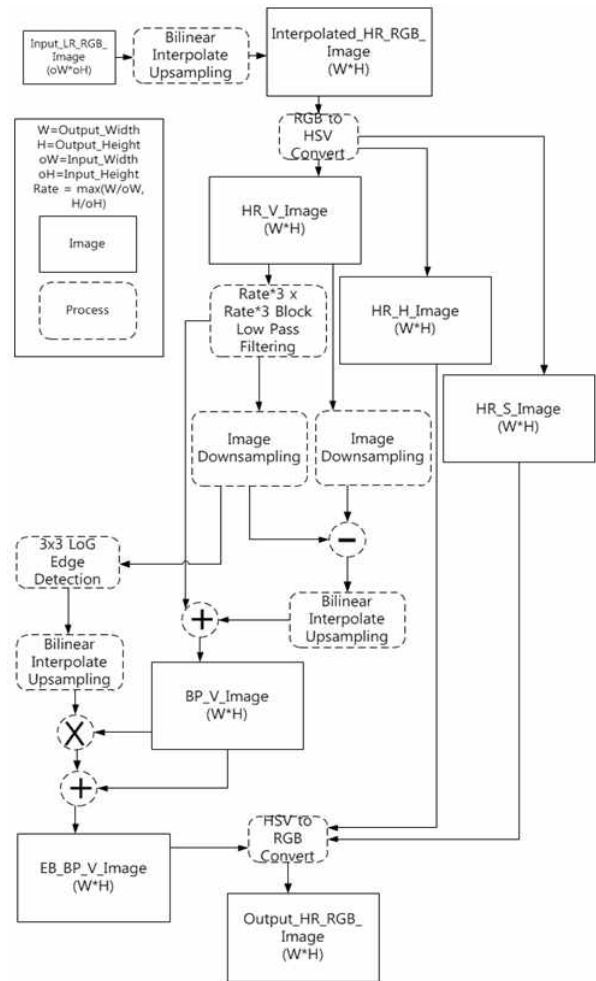


Fig. 1. Block diagram of proposed algorithm

### 2.1 색 공간 변환

제안하는 알고리즘 모든 처리 과정에서는 밝기 값만 사용된다. 그 이유는 인간의 시각 인지는 색채보다 밝기에 더욱 민감하고, 색상이나 휘도 및 RGB 컬러 도메인을 가공하면 색채 왜곡이나 얼룩이 발생하기 때문이다. 따라서 영상의 RGB 컬러 도메인을 HSV 모델로 변환하고, 밝기 값인 V에 대해 개선된 back projection과 에지맵 보정을 수행한다. RGB 컬러 도메인을 HSV 컬러 도메인으로 변환하는 과정은 아래와 같다.

$$V = \max(R, G, B) \tag{1}$$

$$S = \begin{cases} \frac{V - \min(R, G, B)}{V} & \text{if } \neq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$H = \begin{cases} 60(G - B)/S & \text{if } V = R \\ 120 + 60(B - R)/S & \text{if } V = G \\ 240 + 60(R - G)/S & \text{if } V = B \end{cases}$$

여기서 H(Hue)는 빛의 파장의 자체적인 시각적 특성, 즉 물체에 반사되어 나오는 파장을 나타낸다. S(Saturation)는 색이 얼마나 순수한지 나타내며, 흰색과 순수한 컬러와의 혼합비율에 의해 0~100%의 값을 가진다. 마지막으로 V(Value)는 빛의 밝기를 나타낸다.

### 2.2 잡음 제거 효과 및 빠른 속도의 개선된 Back Projection

Back projection 기법은 저해상도 영상을 고해상도 영상으로 재구성할 때 생기는 오차를 역투영하는 방식이다. 고해상도 영상에 저주파 통과 필터와 같은 blurring 효과를 적용하고, 이 영상을 다운 샘플링(down sampling)하면 저해상도 영상을 만들 수 있다. 고해상도 영상에서 저해상도 영상으로 다운 샘플링할 때 저주파 통과 필터의 역할은 고해상도 영상의 고주파 잡음을 제거하기 위해 수행된다. 이와 같은 과정을 식으로 나타내면 아래와 같다.

$$I^l = (I^h \otimes g) \downarrow_s \tag{2}$$

여기서  $I^l$ 과  $I^h$ 은 저해상도 영상과 고해상도 영상이며,  $\otimes$ 는 blurring effect filter  $g$ 에 대한 컨벌루션(convolution) 연산자이다.  $\downarrow_s$ 는 스케일링 팩터(scaling factor)  $s$ 만큼의 다운 샘플링 연산을 나타낸다. 식 (3)를 이용하여 저해상도 영상의 오차를 계산할 수 있고, 오차를 참조하여 반영함으로써 최종적으로 고해상도 영상을 재구성하고 갱신할 수 있다.

$$Error(I_t^h) = I_t^l - (I_t^h \otimes g) \downarrow_s \tag{3}$$

$$I_{t+1}^h = I_t^h + Error(I_t^h) \uparrow_s \otimes p \tag{4}$$

$I_t^h$ 는  $t$  횟수만큼 투영 과정을 반복한 고해상도 재구성 영상이다. 하지만 위의 과정에서  $I^h$ 는 최종적으로 재구성해야 할 영상으로서 실제로는 존재하지 않는 영상이다. 즉 최종적인 고해상도 영상을 구하기 위해서는  $I^l$ 을 근거로 업 샘플링한 임시  $I^h$ 가 필요하다. 여기서  $I^h$ 는 식 (2)에서와 같이 정의하였다.

$$I^h = (I^l) \uparrow_s \otimes p \tag{5}$$

여기서  $\uparrow$ 는 업 샘플링 연산을 나타내며,  $p$ 는 back projection 커널이다. 최종적으로 앞선 식을 토대로 식 (6)을 전개하면 아래와 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$I_{t+1}^h = (I_t^l + (I_t^l - (I_t^h \otimes g) \downarrow_s)) \uparrow_s \otimes p \tag{6}$$

위의 식 (6)을 살펴보면 원본 저해상도 영상에 bilinear 보간법을 이용해 고해상도 영상을 임시로 구성한다. 이렇게 구성된 영상을 선형 블러링 마스크를 이용해 필터링하고 거리가중치를 적용하여 다운 스케일링한다. 여기서 마스크의 사이즈와 스케일링 팩터를 기반으로 하는 개선된 back projection 알고리즘은 2.3절에서 자세히 기술되어 있다. 이렇게 구한 저해상도 영상과 원본 저해상도의 오차를 다시 원본 저해상도 영상에 더해주고 이를 다시 bilinear 보간법을 이용하여 확대하는 과정을 거침으로써 고해상도 영상을 재구성할 수 있다.

전통적인 back projection 기법은 반복과정을 거쳐 결과를 수렴시킴으로써 성능을 향상시킨다. 하지만 모바일장치에서는 연산 속도와 연산량을 고려해야 하므로 반복 과정은 시스템에 부하로 작용하며, 실시간으로 처리하기 어려운 문제가 있다. 따라서 본 논문에서는 반복과정이 없으면서도 성능을 향상시킬 수 있는 개선된 back projection 기법을 제안한다. 식 (4)에서 차이 값을 더하는 대상은  $I_t^h$ 가 된다. 이는 알고리즘의 흐름상 식 (5)에서와 같이 원본 저해상도 영상을 커널  $p$ 를 통해 업 샘플링한 영상인데, 이 경우에 원본 저해상도가 갖고 있는 잡음도 같이 업 샘플링될 수 있다. 따라서 잡음을 제거한 영상이라면 더욱 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 있고, 이를 반영한 개선된 back projection은 아래와 같다.

$$I_{up}^h = I_t^l \uparrow_s \otimes p \tag{7}$$

$$I_{t+1}^h = (((I_{up}^h \otimes g) \downarrow_s) - I_{up}^h \downarrow_s) \uparrow_s \otimes p + (I_{up}^h \otimes g) \tag{8}$$

식 (8)의  $I_{up}^h \otimes g$ 은 잡음을 제거한 고해상도 영상을 의미한다. 개선된 back projection 알고리즘은 한 번의 역투영과 정만을 수행하게 되고, 잡음이 효율적으로 제거된 결과 영상을 얻을 수 있다.

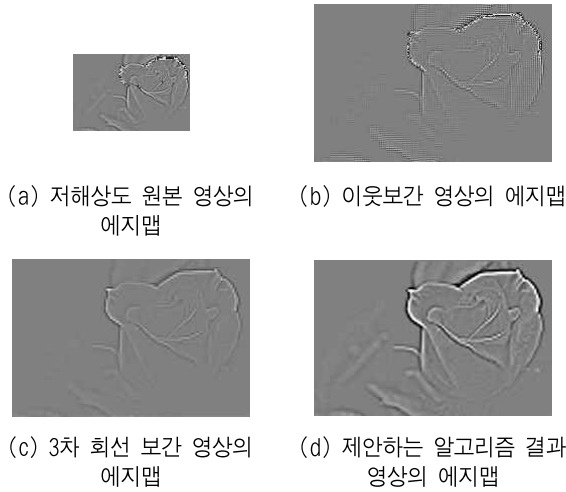


Fig. 2. Comparison of edge map images using high-resolution reconstruction methods

2.3 Edge boost를 위한 에지맵 보간

저해상도 영상에서 고해상도 영상을 재구성할 때 부자연스럽게 보이는 이유 중 하나는 고주파 영역에서 잡음이 생성되기 때문이다. 즉 저해상도 영상에서의 에지맵을 고해상도로 재구성할 때 효과적으로 보정하면 더욱 자연스러운 영상을 생성할 수 있다. Fig. 2는 이러한 에지맵을 구성하면 개선되는 에지정보를 보여준다. 저해상도 영상을 다양한 방법으로 확대하였을 때 나타나는 에지맵의 형태를 Fig. 2에서 확인할 수 있다. Fig. 2(b)를 보면 원본영상을 이웃 보간을 적용한 영상의 에지맵은 경계영역에서 블록 현상을 쉽게 발견할 수 있고, 3차 회전 보간을 이용한 에지맵은 Fig. 2(a)에 비해 경계영역의 신호가 약해진 것을 확인할 수 있다. 반면 제안하는 알고리즘으로 재구성한 영상 Fig. 2(d)는 원본 영상이 갖는 경계영역의 신호는 유지하면서 블록현상은 제거하는 결과를 보인다.

1) Laplacian of Gaussian 필터링을 통한 에지 검출

에지맵을 재구성하기 위해서는 신뢰할 수 있는 경계 검출이 필수적으로 선행되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 잡음에 강인한 2차 미분 에지 검출기인 LoG 필터를 사용하였다. 실험에 사용된 필터의 사이즈는 3x3이며 마스크 계수는 아래와 같다.

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

Fig. 3. 3x3 LoG filter mask

2) 정규화를 통한 Edge Map 재구성

원본 저해상도 영상을 위 3x3 마스크를 통해 필터링하게 되면 신뢰할 수 있는 에지맵이 생성된다. 이렇게 생성된 에

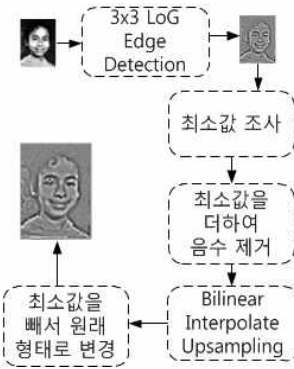


Fig. 4. Reconstruction process of edge map

지맵을 고해상도로 재구성해야 하는데 에지맵에는 음수가 존재하므로, 이를 고려한 재구성 방법이 요구된다. 따라서 음수를 제거하기 위해 에지맵의 최소값이 0이 되게 양의 방향으로 수평 이동하고 보간을 거친 후 앞서 이동한 만큼 다시 음의 방향으로 수평 이동한다. 여기서 에지맵을 보간하는 커널은 back projection에서 사용되는 bilinear 보간법을 동일하게 사용한다. 위와 같은 일련의 과정은 Fig. 4와 같다.

2.4 스케일링 팩터를 고려하여 가변 mask filtering 적용

Back projection은 저해상도 영상과 고해상도 영상을 재구성할 때 발생하는 차이 값을 이용하는 알고리즘이다. 이는 영상을 스케일링하는 정도에 따라 blurring effect filter인  $g$ 의 마스크 사이즈와 앞서 언급한 LoG 필터링에서 사용되는 마스크 등의 일관성이 필요함을 뜻한다. 따라서 본 논문에서는 원본 저해상도의 크기와 업 샘플링 고해상도의 크기 상관관계를 아래와 같이 정의하였다.

$$Rate = \max(W/Ow, H/OH). \tag{9}$$

여기서  $W$ 와  $H$ 는 각각 고해상도 영상의 가로와 세로 크기이며,  $Ow$ 와  $OH$ 는 원본 저해상도 영상의 가로와 세로 크기이다. 이렇게 상관관계에 근거한 영상의 변환 비율을 구하면 고해상도 영상에서 blurring effect filter  $g$ 의 마스크 사이즈를 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$Size_{Mask} = (Rate \times 2) - 1. \tag{10}$$

$Size_{Mask}$ 은  $g$ 의 가로, 세로 크기만큼의 마스크 사이즈를 의미한다. 이와 같이 영상의 변환 비율에 따라 적응적인 크기의 마스크 사이즈를 선택하여 필터링에 적용하면, 영상의 주파수 성분을 고려하여 필터링될 수 있기에 나은 성능을 도출한다.

2.5 영상 재구성

최종적으로 개선된 back projection과 구한 에지맵을 통해 생성한 영상을 재구성한다. 앞에서 언급한 바와 같이 일

런의 과정은 모두 밝기 정보만 이용했기 때문에 밝기를 제외한 색상 및 채도 정보는 원본 저해상도 영상을 그대로 이용하게 된다. 반면 밝기 정보는 back projection에서 재구성된 밝기 정보와 재구성한 에지맵을 혼합하여 사용한다. 재구성한 에지맵은 실제 경계 부분을 중심으로 음수와 양수가 혼합된 형태를 가진다. 즉 이 같은 두 영상을 혼합하면 경계를 중심으로 밝기에 명확한 변화가 생기기 때문에 상대적으로 에지를 강조하고 보정할 수 있다. 여기서 두 영상간의 혼합 비율은 아래와 같은 식으로 나타난다.

$$V = result + (result \times edge / \gamma). \quad (11)$$

여기서  $V$ 는 최종적인 픽셀 단위의 밝기 값이며,  $result$ 는 식 (8)의  $I_{t+1}^h$  영상에서의 픽셀 값이다.  $edge$ 는 에지맵 영상의 픽셀 값이며,  $\gamma$ 는 문턱값으로써 에지맵이 적용되는 비율을 결정한다. 결과 영상은 개선된 back projection으로 생성된 영상에 에지맵을 혼합함으로써 평탄한 영역은 자연스럽게 복원하고, 경계 영역은 효과적으로 복원 및 강조한 고해상도 영상으로 생성된다.

### 3. 실험 결과

본 논문에서는 제안된 알고리즘의 성능평가를 위해서 객관적 성능과 주관적 화질에 대해 평가하였다. 실험에 사용된 영상으로는 널리 알려진 "Barbara", "Bridge", "Church", "Lena", "Pepper" 등을 사용하였고, 256×256의 해상도를 가지는 그레이(gray)영상이다. 실험에 사용된 스케일링 팩터  $s$ 는 2이며,  $\gamma$ 는 512로 설정하였다.

객관적인 성능 평가를 위해서는 먼저 원본과의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) 단위로 측정하였다.  $M \times N$ 의 해상도와  $[0, 255]$ 의 밝기 범위를 가지는 영상의 PSNR은 다음과 같이 정의된다.

$$PSNR = 10 \times \log \left( \frac{M \times N \times 255^2}{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (f(i,j) - f'(i,j))^2} \right). \quad (12)$$

여기에서  $f(i,j)$ 는 원본 영상이며,  $f'(i,j)$ 는 각각의 알고리즘에 의해 생성된 영상이다. 아래 Table 1은 실험에 사용된 영상과 각 알고리즘들을 이용하여 재구성한 영상과 원본 고해상도 영상의 PSNR 값을 나타내고 있다. Table 1에서 나타나듯 비교 대상인 bicubic, 전통적인 back projection보다 모든 영상에서 제안하는 기법이 우수함을 보이는 것을 확인할 수 있다. 실험결과에서 상대적으로 전통적인 back projection은 주관적인 화질은 우수하지만 PSNR이 낮게 나왔다. 이는 경계 영역을 비롯한 고주파 영역에 대해 밝기 값을 더하거나 빼주는 등의 전반적인 영상 개선효과로 인해 원본에 비해 픽셀 값이 변형되기 때문이다. 하지만 제안하는 알고리즘은 기존의 back projection에서 나타나는 객관적

Table 1. PSNR comparison both images and methods

	Bicubic	Conventional BP	Proposed method
Barbara	32.88	31.55	36.50
Bridge	28.86	27.84	31.16
Church	32.25	31.16	35.22
Couple	26.11	25.39	27.13
Girl	30.80	30.03	32.74
Lena	29.81	28.97	31.54
Pepper	29.56	28.64	30.55
Smpte	14.13	14.04	14.80

Table 2. Run-times comparison of methods

	Bicubic	Conventional BP	Proposed method
Image size (256×256)	133 ms	8946 ms	250 ms



Fig. 5. Subjective quality comparison on enlarged "Lena" image (a) Original (b) Bicubic (c) Back projection (d) Proposed

인 화질저하가 없으며, 높은 PSNR을 도출하여 객관적인 성능을 확인하였다. 또한, 주관적 화질평가를 위해 Fig. 5에서 "Lena" 결과 영상을 확대하여 보여준다. 결과 영상에서 나타나듯 보간법을 사용한 영상은 흐림 현상이 강하게 나타나는 것을 볼 수 있으며, 전통적인 back projection 화질이 개선되었지만 여전히 흐림 현상이 나타난다. 반면 제안하는 방법은 적용한 결과 영상은 기존의 방법보다 명확한 영상을 얻을 수 있고, 에지를 보정 및 강조한 영상의 경우 에지 부근에서 채도향상이 있기에 선명한 화질의 영상을 얻을 수 있음을 확인하였다.

제안하는 알고리즘은 모바일 환경에 적합하게 설계되었기 때문에 전통적인 back projection과의 실행속도를 비교하여

객관적인 평가를 추가하였다. Table 2는 영상에 대한 실행 시간을 비교한 결과를 나타낸다. 실험결과는 실험을 반복수행하여 나온 평균값을 사용하였고, Table 1의 실험영상은 동일한 크기이므로 결과를 하나로 도출하였다. Table 2의 실험결과는 그레이영상을 기준으로 수행된 결과이며, 기존의 back projection을 RGB모델의 각 채널에 적용할 경우에 수행시간이 아래 결과의 약 3배 증가하게 된다.

Table 2에 나타나듯이 전통적인 back projection방법보다 제안하는 방법을 적용하였을 때에 수행시간은 대폭 축소되는 것을 볼 수 있다. Table 1의 결과와 함께 화질은 개선하면서 수행시간은 축소되어, 제한적인 자원을 사용하는 모바일 환경에 적합하게 사용될 수 있다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 스케일링 팩터에 근거하여 blurring effect를 수행하고 고주파 잡음을 제거함과 함께 반복과정을 제거한 개선된 back projection 알고리즘을 제안하였다. 또한 에지맵 재구성 및 edge boosting을 통해 손상될 수 있는 경계영역을 보정하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 back projection 알고리즘은 여러 테스트 영상에서 원본 고해상도 영상과의 비교에서 비교대상 알고리즘보다 객관적 화질이 우수하였으며, 전통적인 back projection과의 수행시간을 비교하여 빠른 속도를 가짐을 입증하였다. 또한 주관적인 화질평가를 통해 기존의 방법들이 가진 문제점이 개선되어 영상의 화질이 향상되는 것을 확인하였다.

#### 참 고 문 헌

[1] J.P. Allebach and P.W. Wong, "Edge-directed interpolation", In ICIP, 1996.  
 [2] X. Li and M.T. Orchard, "New edge-directed interpolation", In ICIP, 2000.  
 [3] R. W. Schafer and L. R. Rabiner, "A digital signal processing approach to interpolation", Proc. IEEE, Vol.61, pp.692 - 702, 1973.  
 [4] R. G. Keys, "Cubic convolution interpolation for digital image processing", IEEE Trans. Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol.29, pp.1153 - 1160, 1981.  
 [5] W.T. Freeman, T.R. Jones, and E.C. Pasztor, "Example-based superresolution", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.22, pp.56 - 65, 2002.  
 [6] Y. Weiss, J. S. Yedidia, W. T. Freeman, "Understanding belief propagation and its generalizations" Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, CA, USA, 2003.  
 [7] Y. Jianchao, W. John, H. Thomas, and M. Yi. "Image super-resolution as sparse representation of raw image patches", In CVPR, 2008.

[8] C. Liu, H.Y. Shum, and W.T. Freeman, "Face hallucination: Theory and practice", IJCV, Vol.75, pp.115 - 134, 2007.  
 [9] G. R. Park and I. J. Kim, "Example-based Super Resolution Text Image Reconstruction Using Image Observation Model", The KIPS Transactions: Part B, Vol.17, No.4, pp.295 - 302, 2010.  
 [10] M. Irani and S. Peleg, "Motion analysis for image enhancement: Resolution, occlusion and transparency", JVCIR, 1993.  
 [11] W. Ying G, Yihong D, Shengyang, and H. Mei, "Bilateral back-projection for single image super resolution", Multimedia, 2007.  
 [12] S. Baker and T. Kanade, "Limits on super-resolution and how to break them", IEEE Trans. on PAMI, Vol.24, pp.1167 - 1183, 2002.  
 [13] J. Sun, J. Sun, Z. Xu, and H.Y. Shum, "Image super-resolution using gradient profile prior", In CVPR, 2008.



#### 이 두 희

e-mail : getback9@kangwon.ac.kr  
 2010년 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 (공학사)  
 2012년 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 (공학석사)  
 관심분야 : 영상 처리, 컴퓨터 비전



#### 박 대 현

e-mail : dhpark509@kangwon.ac.kr  
 2007년 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 (공학사)  
 2009년 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 (공학석사)  
 2009년~현 재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정  
 관심분야 : 영상 신호 처리, 영상 코덱



#### 김 윤

e-mail : yooni@kangwon.ac.kr  
 1993년 고려대학교 전자공학과(공학사)  
 1995년 고려대학교 전자공학과(공학석사)  
 2003년 고려대학교 전자공학과(공학박사)  
 1995년~1999년 LG-Philips LCD 연구소 주임연구원  
 2002년~2003년 (주)달리텍 선임연구원  
 2004년~현 재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 부교수  
 관심분야 : 영상 신호 처리, 멀티미디어 통신 및 처리