

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.2.209>

IIBC 2018-2-25

# 위성영상을 이용한 Super Resolution(SR)을 위한 자동화 알고리즘

## Automated Algorithm for Super Resolution(SR) using Satellite Images

이스라엘\*, 고경식\*\*, 박종원\*\*\*

S-Ra-El Lee\*, Kyung-Sik Ko\*\*, Jong-Won Park\*\*\*

**요약** 고해상도 위성영상은 기상관측, 지형관측, 원격탐사, 군사시설감시, 문화재보호 등 많은 분야에서 이용된다. 위성영상은 동일한 위성영상 시스템에서 획득한 영상이라 할지라도 하드웨어(광학장치, 위성의 운용고도, 영상 센서 등)의 조건에 따라서 해상도가 저하된 영상들이 발생한다. 따라서 위성이 발사된 이후에는 이러한 해상도가 저하된 영상들의 해상도 향상을 위해서 영상시스템의 하드웨어를 변경하는 것은 불가능하므로 위성영상 자체를 이용하여 해상도를 향상시키는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 저해상도 위성영상을 이용하여 해상도를 향상시키는 방법으로 SR(Super Resolution) 알고리즘을 사용하였다. SR 알고리즘은 다수의 저해상도 영상들의 정합을 통해 영상의 해상도를 향상시키는 알고리즘이다. 하지만 위성영상에서는 동일 지역에 대한 여러 장의 영상을 획득하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 특징점 자동추출과 투영 변환(Projection Transform)을 적용 후 영상에 대한 기하학적 변화를 보정하여 SR 알고리즘을 수행하였다. 그 결과 수동으로 특징점을 구한 SR 결과와 같이 에지 부분이 뚜렷하게 나타나는 것을 확인 할 수 있다.

**Abstract** High-resolution satellite imagery is used in diverse fields such as meteorological observation, topography observation, remote sensing (RS), military facility monitoring and protection of cultural heritage. In satellite imagery, low-resolution imagery can take place depending on the conditions of hardware (e.g., optical system, satellite operation altitude, image sensor, etc.) even though the images were obtained from the same satellite imaging system. Once a satellite is launched, the adjustment of the imaging system cannot be done to improve the resolution of the degraded images. Therefore, there should be a way to improve resolution, using the satellite imagery. In this study, a super resolution (SR) algorithm was adopted to improve resolution, using such low-resolution satellite imagery. The SR algorithm is an algorithm which enhances image resolution by matching multiple low-resolution images. In satellite imagery, however, it is difficult to get several images on the same region. To take care of this problem, this study performed the SR algorithm by calibrating geometric changes on images after applying automatic extraction of feature points and projection transform. As a result, a clear edge was found just like the SR results in which feature points were manually obtained.

**Key Words** : Super Resolution, Image Registration, Satellite Imagery, Spatial Resolution Enhancement

\*정희원, 충남대학교 정보통신학과

\*\*정희원, 충남대학교 정보통신학과

\*\*\*정희원, 충남대학교 정보통신학과(교신저자)

접수일자: 2018년 3월 22일, 수정완료: 2018년 4월 5일

게재확정일자: 2018년 4월 6일

Received: 22 March, 2018 / Revised: 5 April, 2018

Accepted: 6 April, 2018

\*\*\*Corresponding Author: jwpark@cnu.ac.kr

Dept of Information Communications Engineering, ChungNam National University, Korea

## I. 서 론

군사위성으로는 적국의 영상을 얻기 위한 정찰위성, 적의 미사일 발사 위치를 탐지하는 탐지 위성, 탄도 미사일 일의 정밀한 유도를 위한 측지위성 등이 존재하고 이와 같은 사용되는 위성영상들은 특정 건물 또는 기반시설의 위치를 파악하기 위해 공간해상도가 높은 위성영상들이 필요하게 된다. 위성영상의 공간 해상도는 광학장치, 위성의 운용고도, 영상 센서 등에 의해 결정 되며, 한번 궤도에 올려 진 위성의 공간 해상도를 향상 시키는 것은 거의 불가능하고, 새로운 광학장치와 영상센서를 향상 시켜 위성을 올려 높은 해상도의 영상을 얻을 수 있지만 많은 비용이 소모된다. 따라서 기존 저해상도 영상으로부터 해상도를 향상시킬 수 있는 방법이 필요하다. 영상 해상도 향상을 위한 기존 보간법은 Bilinear, Nearest neighbor, Bicubic 등을 주로 사용한다<sup>[2]</sup>.

보간법의 경우, 하나의 저해상도 영상만을 사용하기 때문에 고해상도의 영상을 구하기 힘들다. 반면에 Super Resolution(SR) 알고리즘들은 다수의 저해상도 영상들을 정합하여 영상 해상도를 향상 시키는 알고리즘이므로 보다 향상된 고해상도 영상을 확보할 수 있다<sup>[3]</sup>.

그러나 위성영상은 많은 저해상도 영상을 확보하기가 어렵고, 촬영 각, 태양 각, 계절 등에 의해 발생된 기하학적 왜곡 때문에 동일 지역 저해상도 위성 영상을 SR 알고리즘에 바로 적용하기 어려워 이전 연구에서는 0.5m 급 동일 영역 저해상도 위성 영상 5장을 사용하여 국소영역을 수동으로 특징점(Feature Point) 선택하여 1m 급 고해상도 위성영상 연구가 진행 되었다<sup>[1]</sup>.

본 논문에서는 Harris Corner Detection을 이용하여 자동으로 특징점을 생성하고 이 특징점들을 추출하여 최소제곱법을 이용하여 투영변환을 통해 저해상도 국소영역 영상을 획득하고 SR 알고리즘 중 위성영상에 적합한 POCS(Projection onto convex sets)를 적용하여 1m 급 고해상도 국소 지역 위성 영상을 생성 하였다. 그 결과 수동으로 특징점을 구한 SR 결과와 같게 에지 부분이 뚜렷하게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 위성영상 국소영역 공간해상도 향상에 대 언급하고, 3장에서는 Harris Corner Detection를 이용한 자동 특징점 추출 방법과 투영변환에 대해 설명한다. 그리고 4장에서는 실험 및 결과를 기술한다.

## II. 이론 및 기존 연구

### 1. 위성영상 특성

위성영상은 영상획득 당시의 위성의 촬영 각도, 지구의 자전, 태양 각도, 계절 그리고 시간 등의 다양한 원인으로 인한 영상의 왜곡 및 Pixel 값의 변화가 발생 하며, 그림 1의 (a)~(e)는 동일한 위치의 지상 물체를 위성에서 촬영하여 획득한 위성영상이고, (f)는 획득된 각각의 위성영상에서 왜곡 및 pixel 값의 변화 측정방법이다.

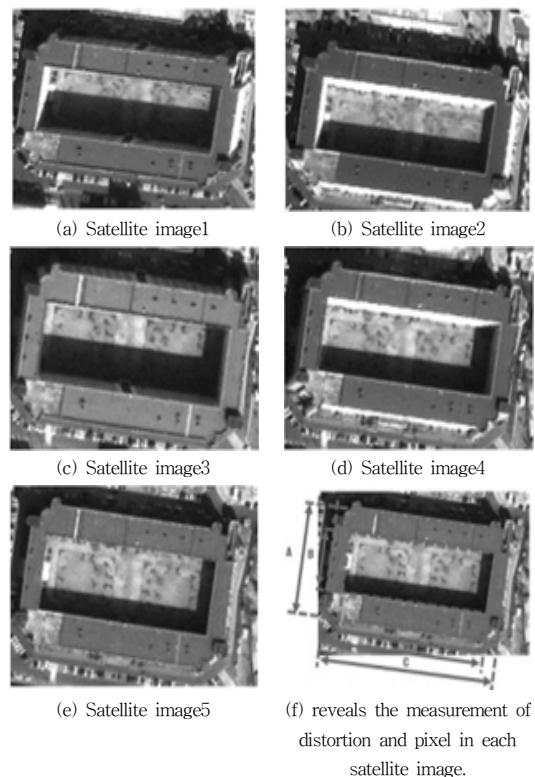


그림 1. 위성 및 태양각이 동일한 위치에 대한 위성 영상  
Fig. 1. Satellite imagery about same area for the satellite angle and solar angle

(a)~(e)의 위성영상 각각에 A~D는 같은 방법으로 물체의 크기를 측정 하였고, E와 같은 좌표치의 pixel 값을 측정 하여 표 1과 같이 촬영 각과 태양 각의 변화에 의한 위성영상의 특성인 지상물체의 크기가 동일하지 않음과 pixel의 값이 다름을 기존연구<sup>[1]</sup>에 의해 확인 되었다.

표 1. 위성영상에 대한 픽셀 값 및 크기

Table 1. pixel value and size about satellite imagery

	Satellite image1	Satellite image2	Satellite image3	Satellite image4	Satellite image5
a	212.17	216.22	217.74	217.69	217.70
b	294.55	292.70	297.94	293.89	289.28
c	349.59	351.07	347.08	346.80	320.19
d	125.00	124.27	116.34	122.52	122.32
e	108	76	139	104	120

## 2. 기존의 위성영상 국부영역 SR

Super Resolution Algorithm은 초당 30 frame 동영상 을 이용하여 저해상도 영상을 획득 하며, 획득된 저해상도 영상은 Blur, 잡음, 왜곡, 앨리어싱(Aliasing) 등의 열화성분도 가지고 있다. 이러한 저해상도 영상을 융합하여 고해상도 영상을 만드는 것이 SR이며 두 가지 단계로 나누어진다. 첫 번째는 다수의 저해상도 영상사이의 이동(shift), 회전(rotation) 그리고 크기변환(scale)에 관한 정보를 수집하는 단계로써 영상 등록(registration) 단계이다. 두 번째는 수집된 영상 정보로부터 고해상도 영상을 만드는 단계이며 크게 주파수영역 접근 방법과 공간영역 접근 방법으로 구분된다. 기존 위성영상 국부영역 SR 연구<sup>[1]</sup> 결과 영상을 확인해 보면 공간영역 접근 방법의 POCS(Projection onto convex sets) 방법이 다른 SR 방법들 보다 특정 무늬가 뚜렷하게 나타났으며 에지부분 또한 뚜렷하게 표현 되므로 IV장 실험 및 결과에서도 POCS 방법을 적용한다.

## 3. 위성영상 국부영역 SR을 위한 영상등록 방법

위성영상 SR은 동영상을 사용하는 일반적인 SR 경우와 다르게 다수의 저해상도 영상을 얻을 수 없다. 따라서 동일 장면의 저해상도 영상을 획득하기 위해 다른 시점에서 획득된 위성영상들 중에서 특정 영역에 대한 국소영역 영상을 사용해야 하기 위해 기존 위성영상 국부영역 SR 연구<sup>[1]</sup>에서는 동일한 지역을 서로 다른 시간에 획득한 5장의 위성영상을 이용하여 수동으로 특징점(Feature Point)을 추출하였고, 추출된 특징점을 서로 결합하여 투영변환을 사용하여 각기 다른 영상 사이의 기하학적 관계를 추정하였다.

투영 변환은 어파인 변환과 달리 이동, 크기변환 뿐만 아니라 회전과 투영 왜곡까지 보정 할 수 있다. 투영변환

의 공식은 식 1와 같다. 투영변환 또한 어파인 변환과 같이 변환의 오차를 줄이기 위해 최소제곱법을 사용하여 투영 변환 파라미터를 결정한다.

$$\begin{bmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

$$x' = \frac{x_p}{z_p} = \frac{a_{11}x + a_{12}y + a_{13}}{a_{31}x + a_{32}y + 1} \quad (1)$$

$$y' = \frac{y_p}{z_p} = \frac{a_{21}x + a_{22}y + a_{23}}{a_{31}x + a_{32}y + 1}$$

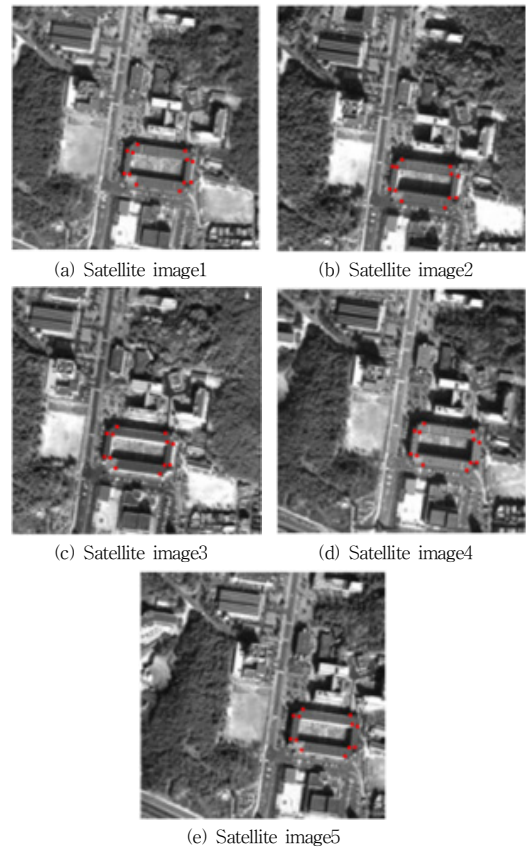


그림 2. 위성영상에서 특징점 수동 추출

Fig. 2. Manual Extraction of Feature Points in Satellite Imagery

그림 2와 같이 동일한 지역이 포함된 위성영상에서 수동으로 12개의 특징들을 추출하여 저해상도 위성영상을 획득할 수 있었다. 하지만 수동으로 특징점을 추출하

는 방법은 인적·물적 자원의 낭비가 심하며, 숙련자가 아니면 추출된 특징점들이 평균제곱근오차(RMSE: root mean square error)값이 Subpixel 이상으로 나타나게 된다.

본 논문에서는 평균제곱근오차(RMSE값이 Subpixel 이하로 하는 자동 특징점을 추출 방법과 투영변환을 3장에서 제안한다.

### III. 특징점 자동추출 및 투영변환을 위한 방법

수동으로 특징점을 추출 하는 것은 고도의 숙련자도 많은 시간과 노력이 필요하게 되고, 숙련자가 아니면 추출된 특징점들이 RMSE값이 Subpixel 이상으로 나타나게 되므로 새로이 특징점을 추출해야 한다. 우리는 이와 같은 문제점을 해결 하기위해 Harris Corner Detection를 이용하여 RMSE값이 Subpixel 이하로 하는 자동 특징점을 추출 방법은 그림 3과 같다.

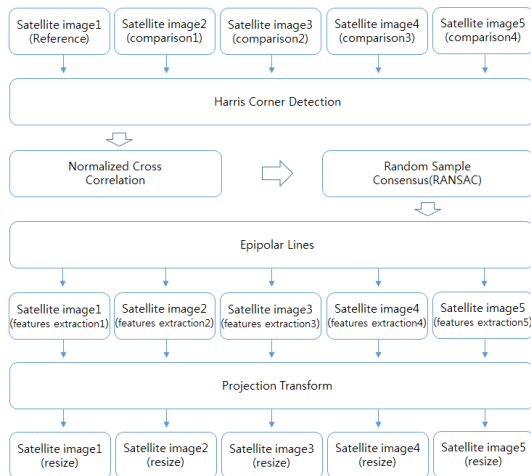


그림 3. 특징 추출 및 투영변환  
Fig. 3. Feature extraction and projection transformation

우리가 제안하는 특징점 자동 추출 및 투영변환 방법은 Harris Corner Detection을 이용하여 위성영상1~5까지의 모든 특징점들을 구하고 위성영상1에서 구해진 특징점과 각각의 위성영상2~5들에서 구해진 특징점들을 이용하여 Normalised correlation 각각 실행하여 매칭 되

지 않는 특징점들을 제거한다. 그리고 RANSAC 알고리즘은 매칭된 특징점들을 이용하여 Sampson error가 최소가 될 때까지 위의 과정을 반복해서 수행하여 fundamental matrix를 구성하고 Epipolar lines을 이용하여 특징점을 자동으로 추출 하고 투영변환을 통해 reference 영상과 동일한 크기의 이미지를 생성한다.

#### 1. Harris Corner Detection

Harris Corner Detection은 기본적으로 윈도우움직임에 따른 픽셀 값의 변화를 분석하여 결정하게 된다. 그림 4에서 (a)Flat은 평탄한 영역에서 윈도우의 움직임인데 윈도우가 움직여도 픽셀 값은 항상 일정하게 된다. (b)Edge는 경계선에 위치하는 경우이다 이는 좌우로 움직일 시에는 값의 변화가 있지만 상하로 움직이는 경우에는 값의 변화가 없다. (c)Corner는 Harris Corner Point이다 이는 좌우상하로 움직여도 값의 변화가 있다<sup>[9]</sup>.

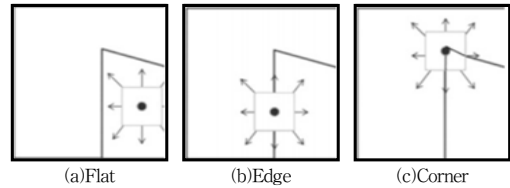


그림 4. 헤리스 코너의 영역별 점 위치  
Fig. 4. Point location by Harris Corner Detection area

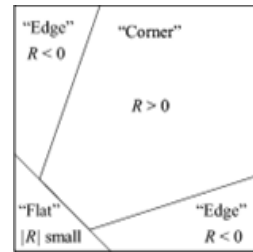


그림 5. R 값에 따른 분포  
Fig. 5. Distribution according to R value

이는 식 2로 정의되며  $\Delta x$ 와  $\Delta y$ 는 x와 y방향으로 작은 변화량을 의미하고 W는 윈도우를 의미한다.

$$c(x, y) = \sum_w [I(x, y) - I(x + \Delta x, y + \Delta y)]^2$$

$$M = \sum_{\Delta x, \Delta y} w(\Delta x, \Delta y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

변화량을 나타내는 함수  $c(x, y)$ 는 그림 5와 같이 평탄한 영역에서는 그 값이 작게 나타나고 코너 위치는 그 값이 크게 나타나게 된다. 이는 테일러급수에 의하여 식 3과같이 정의될 수 있다. 여기서 행렬  $M$ 의 고유값을  $\lambda_1, \lambda_2$  라고 표현한다면 경계면인지 코너 포인트인지를 그림 5와 같이 알 수 있다.

$$R = Det(M) - k \times Tr$$

$$\begin{cases} Det(M) = \lambda_1 \times \lambda_2 \\ Tr(M) = \lambda_1 + \lambda_2 \end{cases} \quad (3)$$

만약  $\lambda_1, \lambda_2$ 의 값이 모두 작으면 평탄하고  $\lambda_1, \lambda_2$ 중 하나는 크고 하나는 작으면 경계선이며 둘 다 큰 값을 가지면 이는 Corner Point가 되며, 그림 6과 같이 Edge와 Corner Point들을 찾는다.



(a)Satellite image1(reference) (b)Satellite image2(comparison1)

그림 6. 해리스 코너 탐지 결과  
 Fig. 6. Harris Corner Detection Results

## 2. Normalized Cross Correlation(NCC)

NCC<sup>[10]</sup>는 두 사진의 유사도를 비교할 경우에는 각 픽셀 데이터들의 색상값이 얼마나 유사하게 관련되어 있는지를 측정하는 방법이며, 2차원  $x, y$  픽셀 좌표에서는 Normalized Cross Correlation(NCC)은 식 4와 같이 정의된다.

$$NCC = \frac{\sum_{\substack{(x+\Delta x, \\ y+\Delta y)}} (I_k(x, y) - \bar{I}_k)(I_n(x+\Delta x, y+\Delta y) - \bar{I}_n)}{\sqrt{\sum_{(x, y)} (I_k(x, y) - \bar{I}_k)^2 \sum_{\substack{(x+\Delta x, \\ y+\Delta y)}} (I_n(x+\Delta x, y+\Delta y) - \bar{I}_n)^2}} \quad (4)$$

식 4에서  $I_k$ 는  $k$  영상에서 그레이값을 의미하며,  $I_n$ 은  $k$  영상과 비교가 되는  $n$  영상의 그레이값을 의미한다.

각  $\bar{I}_k$  와  $\bar{I}_n$ 은 각  $k$  와  $n$  영상의 그레이값의 평균을 의미하며,  $\Delta x$  와  $\Delta y$  는  $= 0, 1, 2, \dots, N-1$ 정도로 상관관계를 가지는  $x$  와  $y$  좌표를 의미한다. Cross Correlation은 영상 처리 분야의 템플릿 매칭에서 널리 사용되는 방법이며, 위성영상1에서의 특징점들을 이용하여 template영상을 생성하고 위성영상2~5의 특징점 중 일치하는 점을 찾는다.



그림 7. NCC 결과  
 Fig. 7. NCC Results

## 3. Random Sample Consensus(RANSAC)

앞에서 구한 일치하는 특징점을 이용하여 Epipolar lines을 추정하기 위해서는 RANSAC<sup>[11]</sup> 알고리즘을 통해 Fundamental matrix를 구하고, RANSAC 알고리즘은 아래와 같은 단계로 수행된다.

- 단계1. 필요한 최소 개수의 쌍의 집합(선형 계산을 위해 8개)을 구하기 위해 모든 일치된 점들을 표본 추출한 후, Fundamental matrix를 계산한다.
- 단계2. 임계값이 주어졌을 때 에피폴라 선까지 거리가 임계값보다 적은 쌍 모두를 선택한다. 이것이 올바른 Fundamental matrix를 계산하기 위해 추출된 표본 집단이다.
- 단계3. 선택된 쌍의 수가 올바른 데이터 점들의 초기 추정보다 크면 그때 선택된 모든 쌍에 대해 선형 기준을 사용하여 Fundamental matrix를 계산한다.
- 단계4. 그렇지 않으면 단계 1에서 3까지를 지정한 횟수만큼 반복한다. 가장 큰 표본 집단이 구해졌을 때 계산한 Fundamental matrix가 최종 matrix가 된다.

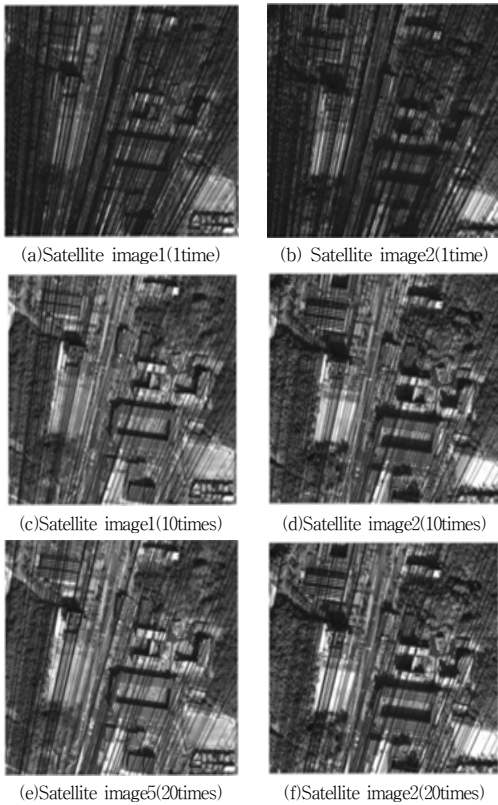


그림 8. RANSAC에서 얻은 에피폴라선의 결과  
Fig. 8. Epipolar line results obtained by RANSAC

RANSAC에 의해 구해진 Fundamental matrix는 카메라 파라미터를 포함한 영상의 실제 픽셀 좌표사이의 기하학적 관계를 표현하는 matrix이다. 그림 8과 같이 RANSAC 알고리즘 반복에 의해 Epipolar lines을 구하였다.

#### IV. 실험 및 결과

기존 연구<sup>[1]</sup>에서는 서로 다른 시간에서 획득한 5장의 위성영상을 이용하므로 촬영 각과 태양각에 변화로 인한 기하학적 왜곡이 포함되어 있으므로 수동으로 특징점을 추출하여 왜곡을 보정한 후 SR을 적용했던 것과 같이 본 논문에서도 기존연구에서 사용한 서로 다른 시간에서 획득한 5장의 위성영상을 이용하여 자동으로 특징점을 추출하였다. 그림 9는 각 위성영상에서 자동으로 추출된 특징점들을 최소제곱법을 이용하여 투영 변환 파라미터를 구하여 투영 변환 결과를 확인 하였다.

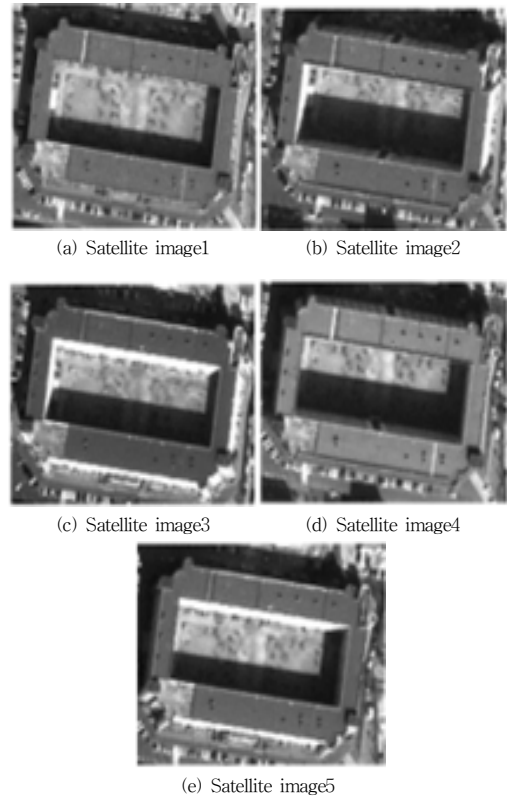


그림 9. 자동 추출된 특징점을 이용한 투영변환 결과  
Fig. 9. Result of projection transformation using automatically extracted feature points

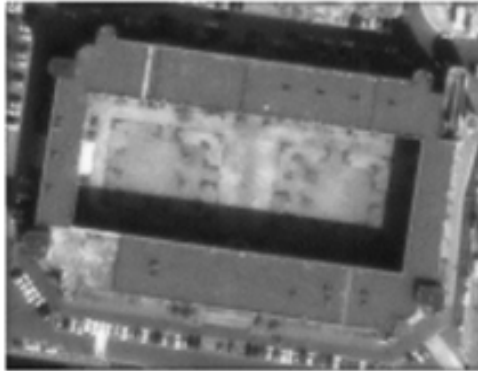
그림 9의 각 영상에서 추출된 12개의 특징들을 이용하여 투영 변환 파라미터를 구하였다. 최소제곱법을 이용하여 구한 투영 변환의 파라미터들의 정확도를 분석하기 위해 평균제곱근오차를 사용하였고, 오차가 표 2와 같이 subpixel 이하로 나타나는 것을 확인하였고, 수동으로 추출된 RMSE보다 오차율이 낮음을 확인 할 수 있다.

표 2. RMES의 투영변환 파라미터

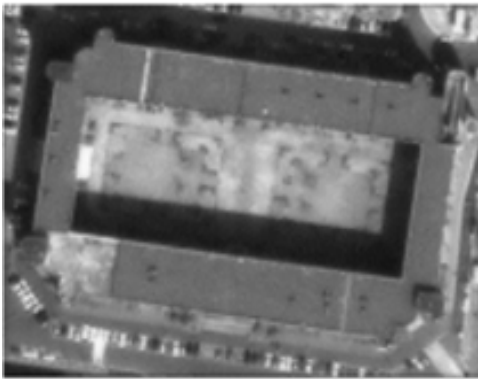
Table 2. RMSE of projection transform parameters

구분	Manual extraction			
	Satellite image2	Satellite image3	Satellite image4	Satellite image5
RMSEx	0.5185	0.4028	0.5376	0.4130
RMSEy	0.7975	0.4996	0.9094	0.4990
	Automatic extraction			
RMSEx	0.4885	0.3876	0.5007	0.3961
RMSEy	0.7450	0.4744	0.8674	0.4563

그림 10과 같이 자동으로 특징점을 구해 SR을 적용한 결과와 기존연구에서 수동으로 구한 SR 결과와 같이 에지 부분이 뚜렷하게 나타나는 것을 확인 할 수 있다.



(a) SR results by manual extraction



(b) SR results by Automatic extraction

그림 10. 수동 / 자동 특징점 추출을 통한 SR 결과  
Fig. 10. SR results by manual / automatic feature point extraction

## V. 결론

본 논문에서는 자동으로 특징점 자동추출과 투영 변환을 적용 후 영상에 대한 기하학적 변화를 보정 및 SR 알고리즘을 수행하여 수동으로 특징점을 구한 SR 결과와 같이 에지 부분이 뚜렷하게 나타나는 것을 확인 할 수 있었으며, 전문가에 의해 추출한 특징점과 비슷한 결과를 확인할 수 있었다.

그리고 특정 건물 또는 기반시설의 위치를 자동으로 완벽하게 파악하기 위해서는 위성영상을 위한 Classification 연구가 계속 수행되어야할 것이다.

## References

- [1] J. Y. Kang, I. I. Kim, J. H. Kim, and J. W. Park, "Enhancement of Spatial Resolution to Local Area for High Resolution Satellite Imagery," *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, Vol. 50, no. 4, pp. 897-903, 2013.
- [2] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing 2nd edition*, 2002.
- [3] S. C.I Park, M. K. Park, and M. G. Kang, "Super-Resolution Image Construction: A Technical Overview," *IEEE signal processing magazine*, vol. 20, no. 3, pp. 21 - 36, 2003..
- [4] Superresolution using Papoulis-Gerchberg Algorithm, EE392J-Digital Video Processing, Stanford University, Stanford, CA, <http://www.stanford.edu/class/ee392j/Winter2004/projects/Deepesh/ee392j-project.doc>(accessed Dec., 24, 2017).
- [5] M. Irani and S. Peleg, "Improving resolution by image registration," *CVGIP: Graphical Models and Image Proc.*, vol. 53, pp. 231-239, 1991.
- [6] A. Zomet, A. Rav-Acha and S. Peleg, "Robust Super-Resolution," *IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 645-650, 2001.
- [7] A. M. Tekalp, *Digital Video Processing*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995.
- [8] T. Q. Pham, L. J. van Vliet and K. Schutte, "Robust fusion of irregularly sampled data using adaptive normalized convolution", *EURASIP J. Appl. Signal Process.*, vol. 2006, pp. 1-12, 2006.
- [9] C. Harris and M. Stephens. "A combined corner and edge detector," In *Alvey Vision Conference*, pp. 147-151, 1988.
- [10] D. Tsai and C. Lin, "Fast normalized cross correlation for defect detection," *Pattern Recognit. Lett.* vol. 24, no. 15, pp. 2625 - 2631, 2003.
- [11] P. H. S. Torr and A. Zisserman, "MLESAc: A New Robust Estimator with Application to Estimating Image Geometry", *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 78, pp. 138-156,

2000.

- [12] S. B. Jang and I. h. Jee, "A study on fast stereo matching algorithm using Belief Propagation in multi-resolution domain," Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (JIIBC) No, 4, pp. 67-73, Aug. 2008.

### 저자 소개

#### 이 스 라 엘(정회원)



- 2005년 : 영상대학교 컴퓨터공학과 학사졸업.
  - 2011년 : 충남대학교 정보통신공학과 석사졸업.
  - 2011년 : 충남대학교 정보통신학과 박사과정.
- <주관심분야 : 병렬처리, 영상처리>

#### 고 경 식(정회원)



- 1986년 : 동국대학교 전자계산학과 학사졸업.
  - 2006년 : 충남대학교 정보통신공학과 석사졸업.
  - 2006년 : 충남대학교 정보통신학과 박사과정.
- <주관심분야 : 병렬처리, 영상처리>

#### 박 중 원(정회원)



- 1979년 : 충남대학교 전자공학과 학사졸업.
  - 1981년 : 한국과학기술원 전산학과 석사졸업.
  - 1991년 : 한국과학기술원 전산학과 박사졸업.
  - 1983 ~ 1993년 : 충남대학교 전산학과 부교수
  - 1994년 ~ 현재 : 충남대학교 정보통신학과 교수
- <주관심분야 : 병렬처리, 영상처리, 의학영상처리>

※ 이 연구는 충남대학교 학술연구비에 의해 지원되었음.