

Modified SIFT와 블록프로세싱을 이용한 적외선과 광학 위성영상의 자동정합기법

이강훈* · 최태선**

Automatic Registration Method for EO/IR Satellite Image Using Modified SIFT and Block-Processing

Kang-Hoon Lee*, Tae-Sun Choi**

요 약

본 논문에서는 적외선 위성영상과 광학 위성영상을 위한 정합방법을 제안하였다. 적외선 영상은 물체에서 방사하는 열에너지를 측정하는 것으로, 광학 영상과는 다른 정보를 보여주는 장점으로 많은 분야에 응용된다. 하지만 적외선 영상은 대비가 광학 영상에 비해 낮아, 영상 정합을 위한 특징점 추출 및 매칭을 하기가 어렵다. 이를 극복하기 위해, Modified SIFT(Scale Invariant Feature Transform)를 사용하여 특징점을 추출 및 매칭하였다. 또한 특징점의 상대적 변별력을 증가시키기 위해, 영상을 블록화해서 Modified SIFT와 RANSAC (RANdom SAample Concensus)을 적용하였다. 마지막으로 오매칭이 있는 블록의 특징점을 제거하기 위해, 각 블록에서 추출된 특징점을 원 영상의 좌표계로 통합해 RANSAC을 다시 한 번 적용하였다. 실험에 사용된 적외선 영상의 파장대역은 3~5um이며, 실험결과 제안된 방법은 적외선과 광학 영상정합에 강인한 성능을 보였다.

ABSTRACT

A new registration method for IR image and EO image is proposed in this paper. IR sensor is applicable to many area because it absorbs thermal radiation energy unlike EO sensor does. However, IR sensor has difficulty to extract and match features due to low contrast compared to EO image. In order to register both images, we used modified SIFT(Scale Invariant Feature Transform) and block processing to increase feature distinctiveness. To remove outlier, we applied RANSAC(RANdom SAample Concensus) for each block. Finally, we unified matching features into single coordinate system and remove outlier again. We used 3~5um range IR image, and our experiment result showed good robustness in registration with IR image.

Keywords : Image Registration, SIFT, RANSAC, Block Processing, Harris Corner Detector

* 광주과학기술원 기전공학부 신호 및 영상처리 연구실 석사과정 (kangdoli@gist.ac.kr)

** 교신저자 : 광주과학기술원 기전공학부 교수 (tschoi@gist.ac.kr)

접수일자 : 2011년 07월 25일, 수정일자 : 2011년 08월 15일, 심사완료일자 : 2011년 08월 27일

1. 서론

적외선은 전자기파에서 $0.7\mu\text{m}\sim 1\text{mm}$ 에 이르는 파장대역을 의미한다. 적외선 영상은 위 파장대역에서 특정한 부분을 측정된 것으로, 근적외선 중적외선 원적외선 영상으로 나뉜다. 적외선 영상은 광학 영상과는 다른 정보를 주는 장점으로 많은 곳에 쓰인다. 적외선 영상은 물체에서 방사하는 열에너지를 측정하기 때문에, 야간촬영이 가능하고 특정 지역의 온도를 감지 할 수 있다. 따라서 적외선 영상을 광학 영상과 합성하면, 광학영상에서 얻을 수 없는 정보를 얻을 수 있다. 두 영상을 합성하기 위해선, 먼저 영상의 위치정보를 동일하게 맞추어 주는 정합과정이 선행되어야 한다. 그러나 적외선 영상은 광학 영상에 비해 낮은 대비를 갖고, 밝기값에 상관관계가 적다. 더욱이, 두 영상간의 기울기가 반대인 위치도 존재해 정확한 정합이 어렵다.

영상정합방법에는 영역기반방법과 특징점기반방법 두 가지가 있다.[1] 영역기반방법은 밝기값을 기반으로 영상의 변환모델을 추정하는 것으로, 의료영상정합에 많이 쓰인다. 이 방법은 영상 전체의 밝기값을 이용하며 변환모델을 추정하기 때문에, 계산 복잡도가 높아 처리시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 대표적인 방법으로는 Mutual Information, Sum of Difference 등이 있다. 반면에 특징점 기반 방법은 영상에서 특징점을 추출하고 매칭함으로써, 변환모델을 추정한다. 특징점 매칭은 특징점 주변의 픽셀을 비교해서 하기 때문에, 영역기반방법에 비해서 처리시간이 짧은 장점이 있다. 대표적인 특징점 추출 및 매칭 방법으로는 ICP(Iterative Closest Point), SIFT, SURF(Speeded Up Robust Feature) 등이 있다.

적외선 영상과 광학 영상 정합방법에 대한 연구로는, Jae Hak Lee 등이 제안한 Edginess와 Modified Generalized Gradient Vector Flow(GGVF)를 이용해 정합하는 방법[2]과 Enrique Coiras가 제안한 Segment-based registration 방법[3]이 등이 있다. 그러나 위 연구들은 위성영상이 고해상도이고, Line segment를 찾아 매칭하기 힘들기 때문에 적용하기 어렵다.



그림 39. 적외선 위성 영상
Fig. 1 IR Satellite Image



그림 2. 광학 위성 영상
Fig. 2 E Satellite Image

본 논문에서는 특징점 기반방법을 이용해 $3\sim 5\mu\text{m}$ 영역의 중적외선 위성영상을 정합하는 방법을 제안하였다. SIFT에서는 특징점을 추출할 때 Differential of Gaussian(DOG)을 사용하는데, 이를 Harris corner detector로 대체하였다. 또한, 특징점의 변별력을 증가시키기 위해, 영상을 블록화시켜 매칭했다. 마지막으로 매칭된 특징점을 기반으로 변환모델을 추정해서 적외선 영상과 광학영상을 정합했다.

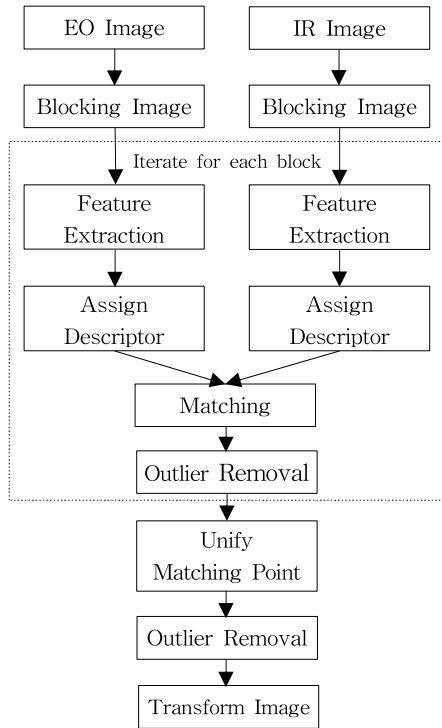


그림 3. 제안된 영상 정합 알고리즘
Fig. 3 Flowchart of proposed method

II. 특징점 추출 및 매칭

본 단원에서는 특징점을 Harris corner detector를 이용해 추출한 뒤, SIFT의 Descriptor를 이용하는 Modified SIFT를 소개한다.

1. 특징점 추출

특징점은 SIFT에서 사용하는 DOG를 사용하지 않고, Harris corner detector를 이용해 추출한다. 그 이유는 DOG는 정확한 Corner를 찾지 않고, Edge를 찾기 때문이다.

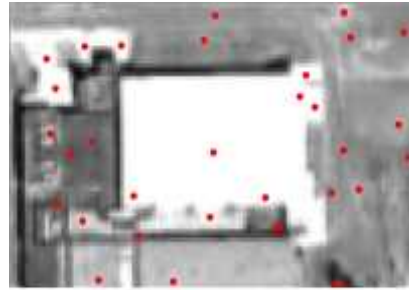


그림 4. DOG로 추출한 특징점
Fig. 4 Keypoints extracted from DOG

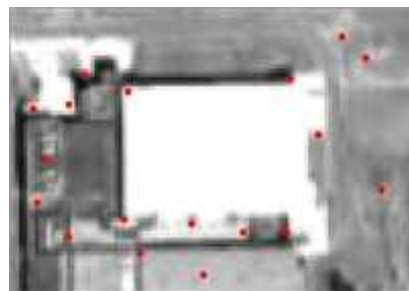


그림 5. Harris로 추출한 특징점
Fig. 5 Keypoints extracted from Harris

그림 4는 DOG를 이용해 추출한 특징점이다. 특징점이 사물의 가장자리에서 추출되지 않았다. 적외선 영상에서 Edge는 좋은 특징점이 아니다. 그 이유는 Descriptor를 구성할 때, 변별력 있게 만들어지지 않기 때문이다. 반면에 그림 5는 Harris corner detector를 이용해 추출한 특징점이다. 특징점이 사물의 가장자리에 분포해 있어서 Descriptor를 부여하면 더욱 변별력이 높다. 또한 위성영상은 위성과 지표면의 위치관계로 인해 scale이 크게 변하지 않기 때문에, Scale space를 구성할 필요가 없다. 따라서 영상에서 Corner를 잘 찾아내는 Harris corner detector를 이용하여, 특징점을 추출한다. Harris corner detector는 아래의 행렬을 계산함으로써 특징점을 추출한다.[4]

$$M = \sum_{x,y} w(x,y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 I_x , I_y 는 각각 x방향, y방향의 그라디언

트값을, $w(x,y)$ 는 Gaussian window이다. 위 행렬로부터 corner는 아래의 식을 통해 구해진다.

$$R = \det(M) - \alpha \text{trace}(M)^2, \alpha = 0.04 \quad (2)$$

R에 적당한 임계값을 취하고, Local maxima를 찾으면 특징점이 추출된다.

2. 특징점 서술자 부여 및 매칭

특징점을 추출 한 후에는 매칭하는 과정이 필요하다. 특징점 매칭은 추출된 특징점에 SIFT의 Descriptor를 부여한 후 수행된다.

추출된 특징점을 중심으로 하는 16x16블록의 그라디언트 크기와 방향을 계산한 후, 36개의 빈을 가지는 Orientation 히스토그램을 구한다. Orientation 히스토그램에서 최대값을 가지는 빈을 방향으로 특징점 주변을 회전시키고, 주변영역의 4x4 그라디언트 윈도우를 계산한 후, 8방향 히스토그램을 구한다. 이러한 특징벡터는 4x4x8=128차원을 가지며, 단위 길이의 벡터로 정규화 된다.[5]

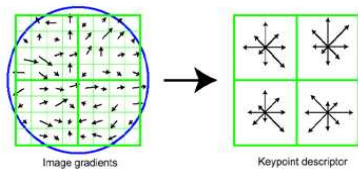


그림 6. SIFT descriptor
Fig. 6. SIFT descriptor

특징점 매칭은 각 Descriptor들의 Euclidean Distance를 구해서 최단거리의 찾음으로써 얻어진다.

3. Outlier 제거

SIFT Descriptor를 이용해 매칭 한 후에는 영상에 따라 outlier가 존재한다. Outlier는 RANdom SAmple Concensus(RANSAC)을 이용해 제거한다. RANSAC은 Homography를 만들며 outlier를 제거하는 방법으로써, inlier가 적으면 적절한 Homography

를 찾을 수 없는 단점이 있지만 적절한 비율의 inlier가 존재한다면 정확히 outlier를 제거해 준다. RANSAC의 수행과정은 아래와 같다.

- 1) 랜덤하게 매칭점에서 샘플을 선택해 초기 Homography모형을 추정한다.
- 2) 나머지 매칭점에서 Homography모형을 이용해 샘플 데이터가 inlier인지 검사한다.
- 3) 샘플데이터가 옳은지 판단하고, 옳지 않다면 위 과정을 반복한다.[6]

III. 블록프로세싱

적외선영상은 광학영상에 비해 대비가 작기 때문에, 특징점을 추출하고 Descriptor를 부여해도 변별력이 강한 점이 적다. 이를 극복하기 위해서 적외선 영상과 광학 영상을 각각 2x2의 블록으로 나누어서 블록내의 특징점끼리 매칭해 변별력을 높인다.

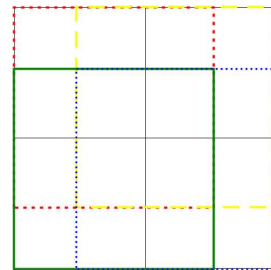


그림 7. 블록오버랩핑(붉은 점선은 첫 번째 블록, 노란 점선은 두 번째 블록, 초록 실선은 세 번째 블록, 파란 점선은 네 번째 블록)
Fig. 7 block overlapping (Red dotted line : 1st block, Yellow dotted line : 2nd block, Green line : 3rd block, Blue dotted line : 4th block)

또한 블록과 블록사이의 비는 공간을 제거해 주기 위해서 블록을 서로 오버랩시키며 나누어 준다. 그림 7은 블록을 50% 오버랩시켜 만든 예이다. 그러나 블록안에서 매칭 할 때, 대비가 낮은 블록은 매칭점이 적어 RANSAC으로 outlier를 제거해 줄 수 없는 경우가 있다. 이 문제를 극복하기 위해, 각각의 블록에서 추출한 매칭점을 원래 영상의 좌표계로 통합하여 다시 한 번 RANSAC을 적용한다. 이 경우 오매칭이 나온 블록의 outlier를 제거해 줄 수 있다. RANSAC을 적용하기 전에는, 블록을 오버랩시키며 발생한 동일 추출점을 필터링해야 한다.

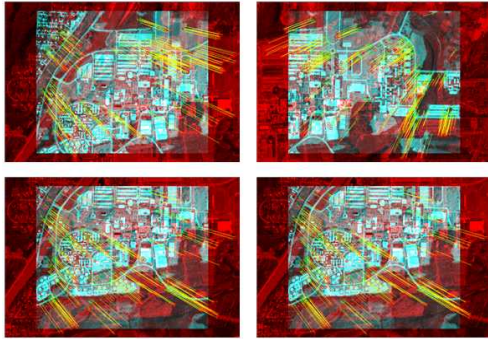


그림 8. 2x2블록에서 매칭된 특징점
Fig. 8 matching point with block-processing

그림 8은 영상에서 50%의 비율로 블록을 오버랩 시켜 블록 내에서 매칭한 것이다. 각 블록의 매칭점을 통합한 그림 9와 블록프로세싱하지 않고 Modified SIFT로 매칭한 그림 10을 비교해 볼 때, 특징점의 수가 61개와 533개로 현저히 차이가 난다.

표 1. 블록프로세싱 비교
Table 1. Comparison of block processing

알고리즘	매칭점 수
Non block-processing	61개
block-processing	533개

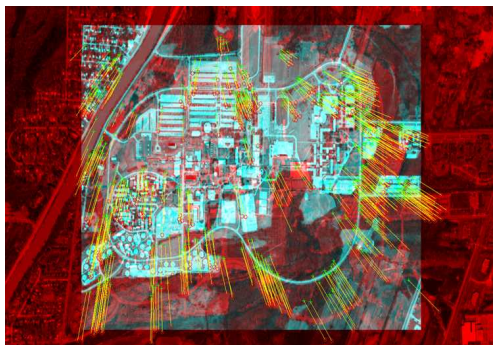


그림 9. 각 블록을 통합한 매칭점
Fig. 9 Unified Matching point



그림 10. 블록프로세싱하지 않은 Modified SIFT
Fig. 10 matching point from modified SIFT without block-processing

IV. 영상 정합

영상 정합은 Projective 변환을 이용해 정합하였다. Projective 변환을 하기 위해서는 최소 4개의 점이 필요하다. 점이 많은 경우에는 최소제곱법을 이용해 변환모델을 추정한다.[7]

$$\begin{bmatrix} h_{01} \\ h_{02} \\ h_{03} \\ h_{04} \\ h_{05} \\ h_{06} \\ h_{07} \\ h_{08} \\ h_{09} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -x'_1 x_1 - x'_1 y_1 - x_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 y_1 & 1 - y'_1 x_1 - y'_1 y_1 - y_1 \\ x_n & y_n & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_n x_n - x'_n y_n - x_n \\ 0 & 0 & 0 & x_n y_n & 1 - y'_n x_n - y'_n y_n - y_n \end{bmatrix}$$

여기서, (x1,y1)은 Reference image의 좌표계이고, (x2,y2)는 Target image의 좌표계이다. h1~h9를 구하고 아래의 식으로 Target image를 변환한다.

$$\begin{bmatrix} x'_i \\ y'_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{01} & h_{02} & h_{03} \\ h_{04} & h_{05} & h_{06} \\ h_{07} & h_{08} & h_{09} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

영상을 변환할 때는, Bilinear interpolation방법을 이용하였다.

V. 실험 및 결과

적외선 영상은 wavelength 3~5nm 파장대역의 중적외선 영상을 이용하였다. 적외선 영상과 광학 영상은 뉴욕의 Rochester Institute of Technology에서 촬영된 것으로 각각 1284x716, 800x600의

해상도를 가진다.

그림 11은 SIFT로 특징점을 추출 및 매칭해서, RANSAC으로 outlier를 제거해 준 그림이다. 매칭된 특징점 중 inlier가 적어서, RANSAC을 적용해도 정확히 outlier를 필터링하지 못했다. 반면 그림 9의 제안된 알고리즘으로 추출된 매칭점은 영상 전반에 걸쳐 고르게 분포해 있다.

알고리즘의 정확도 평가를 위해 제안된 알고리즘으로 정합한 영상과 매뉴얼로 정합한 영상에서 매칭점을 추출해 그 오차를 계산했다. 그림 12와 13은 최종적으로 정합된 결과의 정합도와 영상을 나타낸다. 매뉴얼로 정합한 영상과 제안된 알고리즘으로 얻은 결과에서 매칭 샘플을 추출해 비교했을 때, 1픽셀 미만 오차를 가지는 픽셀이 약 93.29%였다.

표 2. 알고리즘 성능 비교
Table 2. Comparison of Algorithm

알고리즘	특징점 수
SIFT & RANSAC	17개
제안된 방법	533개

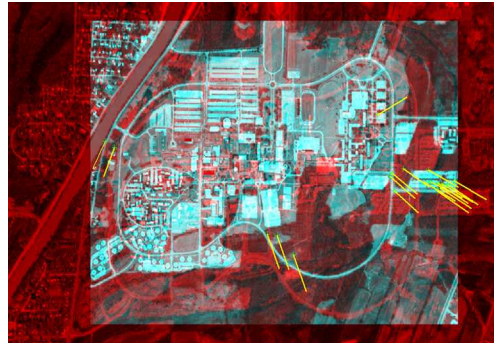


그림 11. SIFT/RANSAC 알고리즘으로 추출한 매칭점
Fig. 11 Matching point from SIFT/RANSAC algorithm

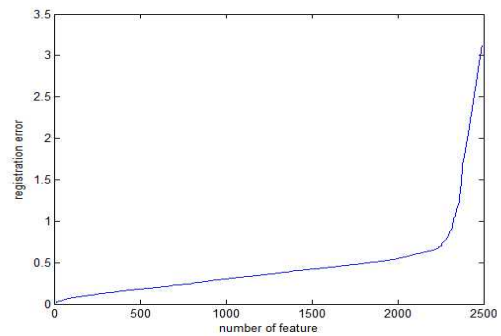


그림 12. 정합 정확도
Fig. 12 Registration correctness

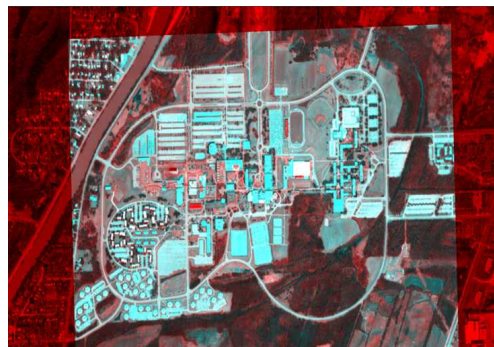


그림 13. 최종 정합 영상
Fig. 13 Final registration result

그림 14는 오버랩 비율에 따른 특징점 개수를 나타낸다. 블록을 오버랩하지 않았을 때의 423개 보다 블록을 오버랩 하였을 때, 특징점이 더욱 추출 되었다. 이는 위성영상에서 발생하는 Relief현상 때문에, 적외선 영상의 블록이 광학 영상의 블록에

모두 포함되지 않기 때문이다. 오버랩을 함으로써, 영상의 Relief현상을 극복했다. 그림 15는 오버랩에 따른 알고리즘의 처리 시간을 나타낸다. 오버랩 비율을 0.4로 했을 때 처리시간이 57.43초로, 블록프로세싱을 하지 않았을 때의 처리시간 55.84초보다 오래 걸렸다. 그러나 오버랩비율이 0.1일 때는 처리시간이 32.12초로 블록프로세싱을 통해 처리속도를 단축하였다.

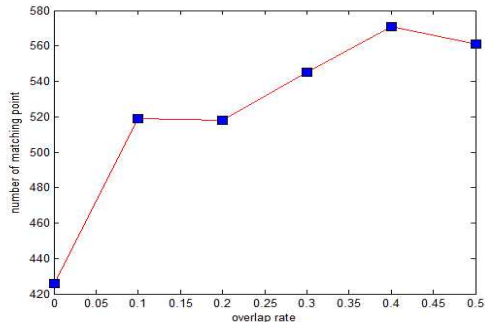


그림 14. 오버랩 비율에 따른 매칭점 수
Fig. 14 Number of matching point with respect to overlap rate

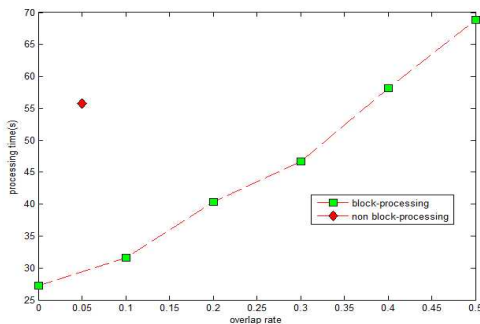


그림 15. 오버랩에 비율에 따른 수행 시간
Fig. 15 Processing time with respect to overlap rate

VI. 결론

본 논문에서는 적외선과 광학 위성영상을 Modified SIFT와 블록프로세싱을 이용해 정합하는 방법을 제안하였다. SIFT에서 특징점을 추출하는 DOG를 Harris corner detector로 대체한 것과 블록프로세싱을 통해 수행시간을 단축시켰다. 또한 특징점의 변별력을 높여 매칭점의 추출수도 증가시

켰다. 실험을 통해 제안된 방법은 적외선 영상과 광학 영상정합에 강인한 특성을 보였으며, 높은 정합 정확도를 나타내었다.

참고 문헌

- [1] B. Zitova, J. Flusser, "Image registration methods: A survey", *Image Vis. Computing*, Vol. 21, pp.977-1000, 2004
- [2] Jae Hak Lee, Yong Sun Kim, "Robust CCD and IR Image REgistration Using Gradient-Based Statistical Information" , *IEEE Signal Processing Letters*. Vol. 17, pp.347-350, April 2010
- [3] Enrique Coiras, Javier Santamaria, "Segment-based registration technique for visual-infrared images", *Opt. Eng*, Vol. 39, pp.. Conf. pp. 282-289, 2000
- [4] C. Harris, M. Stephens, "A combined corner and edge detector", in *proc. Alvey Vis. Conf.* pp. 147-151, 1988
- [5] D. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints", *Int. Journal of Computer Vision*, Vol. 60, pp.91-100, 2004.
- [6] Martin A. Fischler and Robert C. Bolles, "Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography", *Communications of the ACM*, 24, pp.381-395, June 1981
- [7] Richard Hartley, Andrew Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer Vision", CAMBRIDGE, pp.33-36, 2003

저자약력

이 강 훈(Kang-Hoon Lee)

학생회원



2010년 아주대학교
전자공학부(공학사)
2010-현재 광주과학기술원
기전공학부 석사과정

<관심분야> 영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식

최 태 선(Tae-Sun Choi)

정회원



1976년 서울대학교 공과대학
전기공학과(공학사)
1979년 한국과학기술원
전기및전자공학과
(공학석사)
1993년 뉴욕주립대학교
전기공학과(공학박사)
1996-현재 광주과학기술원
기전공학부 교수 재임
2000년 IEEE Third Millennium
Medal 수상
2003년 대한전자공학회 해동상
수상

<관심분야> 영상처리, 머신비전, 의료영상처리,
영상통신