

전처리를 활용한 고해상도 영상을 위한 효율적인 영상 스티칭

배정은 · 유훈*

Efficient image-stitching using preprocessing for a super resolution image

JoungEun Bae · Hoon Yoo*

Department of Media Software, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea

요 약

본 논문은 전처리를 이용하여 고해상도 영상을 얻어내는 효율적인 이미지 스티칭 기술을 제안한다. 2D스캐너는 문서처리를 위해 다양한 분야에서 꾸준히 사용되고 있으나 용지 크기 및 재질의 제한을 가지고 있다. 이런 한계를 저가 시스템으로 극복하기 위해서, 본 논문에서는 고해상도의 파노라마 영상을 생성하기 위한 효율적인 영상 스티칭 방법을 제안한다. 크기가 큰 문서를 모바일폰을 이용하여 스캔하기 위해서, 촬영 높이를 고정해줄 간단한 휴대형 거치대를 이용하여 입력 영상 집합을 준비한다. 영상 정합 성능을 개선하기 위해서 전처리를 적용한 후, 연결 포인트를 검색한다. 알파 블렌딩으로 고해상도의 파노라마 이미지를 생성한다. 제안하는 기술은 기존 기술인 Open CV가 제공하는 영상 스티칭 기술보다 빠르고 간편하게 결과 영상을 제공한다. 실험 결과는 제안하는 기술이 기존 방법보다 약 3배 빠르며 성능 또한 더 우수함을 보여준다.

ABSTRACT

This paper presents an efficient image stitching method using preprocessing in order to generate a super resolution image. Two-dimensional (2D) scanners are consistently used in various areas but they have limitations such as paper sizes and materials. To overcome these problem with low-cost, an efficient imaging stitching method is proposed for producing a super resolution panorama image. To scan a very large sized paper using mobile phones, a simple portable cradle which fixes height is employed producing an input image set. To improve matching performance, a preprocessing method is introduced before searching correspondences. Then alpha blending is applied to an input image set to produce a super resolution panorama image. The proposed method is faster and easier than the existing method which is employed by Open CV. Experiment results show that the proposed method is three times faster and performs better than the existing method.

키워드 : 고해상도 영상, 이미지 스티칭 방법, 2D 스캐너

Key word : Super resolution image, Image Stitching, 2D scanner

Received 17 October 2016, Revised 20 October 2016, Accepted 07 November 2016

* Corresponding Author Hoon Yoo(E-mail:hunie@smu.ac.kr, Tel:+82-2-2287-5494)

Department of Media Software, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.9.1738>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

2D스캐너는 문서처리를 위한 기계로 꾸준히 사용되고 있다. 하지만 휴대 불가, 고비용, 문서대상 용지의 크기 및 재질 제한 등의 단점을 가지고 있다. 고해상도 영상으로 스캔하기 위해서는 위의 단점들을 극복할 필요가 있다. 휴대가 가능한 거치대로 좁은 영역을 스캔하고 이를 파노라마 영상으로 만들어주는 이미지 스티칭 기술을 적용하여 기존의 단점들을 극복한다. 이미지 스티칭 기술은 이미 광범위하게 연구되어왔고[1-13] 이를 바탕으로 넓은 분야에서 적용되고 있다. 상업적으로도 사용되고 있는 기술로써 휴대 가능한 기기에도 적용되고 있다[14-16]. 이미지 스티칭 기술은 영상들이 겹쳐지는지에 대한 상관관계를 찾아내는 영상 정렬 단계와 그 관계를 바탕으로 영상들의 파노라마를 생성하기 위해 합성하는 단계가 있다. 또한, 흐릿함이나 흔들림 등의 잠재적인 문제를 다룬다[1]. 최적의 합성 위치를 찾기 위한 방법에는 픽셀을 기반으로 한 직접적인 방법과 [2-5] 불변의 특징을 기반으로 한 정렬 방법[6,7]인 두 가지 방법이 있다. 불변의 특징을 이용하는 Open CV의 이미지 스티칭 기술[8]은 사용자의 초기 설정이 없어도 자동으로 파노라마 영상을 제공한다는 장점이 있다. 하지만 이 기술은 고해상도 영상을 생성하는 경우에는 사용자에게 결과 영상을 제공하는 데 시간이 오래 걸린다는 단점을 가지고 있었다.

본 논문에서 제안하려는 이미지 스티칭 기술은 휴대용 스캐너에 적용하기 위한 기술로 사용자에게 빠르게 파노라마 영상을 제공한다. 이때 높이와 흔들림을 고정해주는 간단한 휴대용 거치대를 통해 영상을 제공하므로 입력 영상의 순서와 방향 등이 일정하다. 제안하는 이미지 스티칭 기술에는 합성 위치를 찾기 위해 픽셀을 기반으로 한 방식을 적용하였다. 성능을 높이기 위해 전처리를 적용하였으며 속도 증진을 위해 샘플링 검색 방법을 적용하였다. 이를 통해 Open CV보다 빠르고 간편하게 파노라마 영상을 제공한다.

II. 기존 방법

그림 1은 Open CV가 제공하는 이미지 스티칭 기술이다. 이 방법은 불변의 특징을 이용하여 자동으로 파

노라마 영상을 생성하여 제공한다 [8-10]. 무순서인 n개의 영상들이 입력되면 각각의 영상에서 불변의 특징 변환 크기(Scale Invariant Feature Transform)를 추출한다. k-d tree를 이용하여 각각의 특징의 k-최근접 이웃 특징을 찾는다. 이것을 이용하여 각각의 영상에게 특징이 잘 매칭되는 m개의 후보 영상들을 선택한다. 후보 영상들 중에서 공간정보가 일치하는 특징을 가지는 영상들을 찾는다. 이 단계가 이미지 매칭이다. 그 후 여러 보완 단계와 Blend단계를 거치면 파노라마 영상이 완성된다.

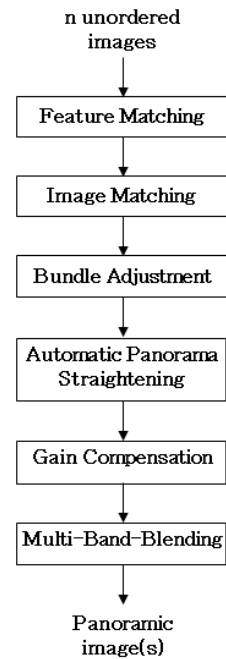


Fig. 1 The existing image-stitching method proposed by OpenCV

10장의 무순서의 영상 집합인 그림2(a)에 이 기술을 적용한 결과는 그림2(b)이다. 이 기술은 자동 이미지 스티칭을 위해 불변 지역 특징을 이용하여 접근하므로 사용자의 초기화가 제공되지 않아도 된다. 입력 영상들의 순서, 방향, 크기, 빛의 변화에 상관없이 가능하며 파노라마의 일부가 아닌 영상들을 가려내거나 순서쌍이 맞지 않는 영상 데이터들도 자동으로 처리할 수 있다. 하지만 고해상도 파노라마 영상을 제공하는데 걸리는 시간이 매우 오래 걸리는 단점이 있다.

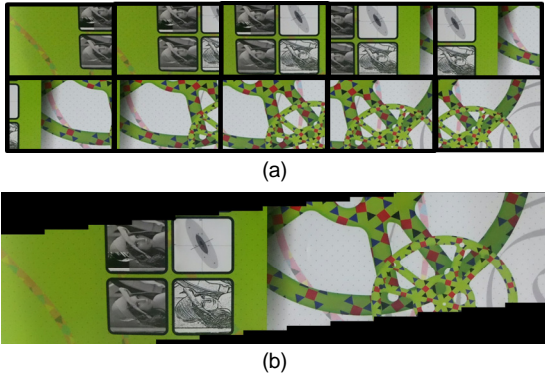


Fig. 2 result image (a) Input image set (b) Panorama image

III. 제안하는 방법

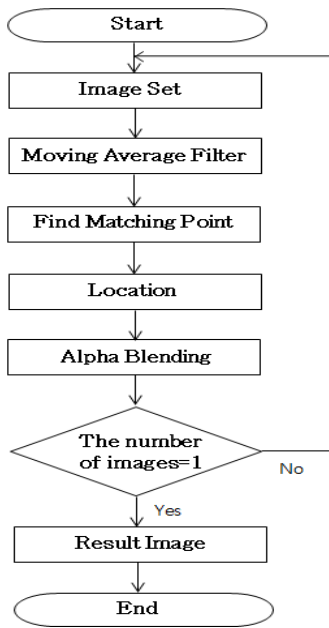


Fig. 3 The proposed image-stitching method

그림 3은 본 논문이 제안하는 이미지 스티칭 기술의 과정이며 파노라마 영상을 결과 영상으로 생성한다. 이 기술은 간단한 휴대형 거치대 위에 카메라를 장착시키고 1.5cm/sec의 속도로 움직이며 스캔하여 입력 영상 집합을 얻는다. 입력 영상 집합 중에서 선입선출 방식으로 두 개의 영상을 추출해서 이 기술에 입력한다. 결과 영상은 입력 영상의 개수가 하나 남을 때 까지 입력

영상 집합의 맨 앞에 레퍼런스 이미지로 삽입되어 위의 과정을 반복한다. 입력 영상 집합이 무작위인 경우에는 기존 방법을 사용하는 것이 유리하겠지만 이 기술은 촬영 높이가 늘 일정한 휴대형 거치대를 통해 스캔하며 스캔 된 영상들은 차례대로 입력되기 때문에 특징을 찾아서 스캔할 필요가 없으므로 새로운 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 기존 방법보다 더 간단하며 속도가 빠르다.

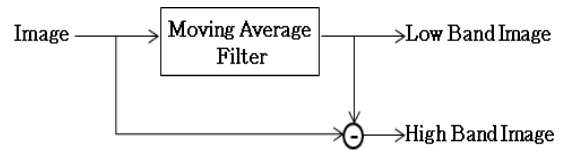


Fig. 4 A method of obtaining a low-band image and a high-band image

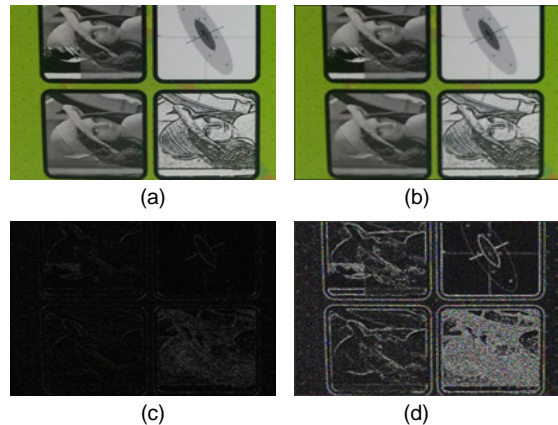


Fig. 5 Preprocessing (a) Source image (b) 5-tap low band image (c) 3-tap high band image (d) 5-tap high band image

3.1. 전처리 단계

일치하는 지점 찾는 단계(Find matching point) 전에 전처리로 필터를 적용하였다. 전처리를 한 경우와 안한 경우를 실험하였을 때 전처리 단계를 거친 경우가 성능이 더 높았다. 전처리로 얻은 고대역 영상과 저대역 영상을 비교하여 실험을하였다. 그림 4는 저대역 영상과 고대역 영상을 얻는 과정이다. 저대역 영상을 얻기 위해서 이동평균 필터를 적용하였으며 고대역 영상은 이를 원본 영상과의 차를 이용해서 구한다. 그림 5는 원본영상인 그림5(a)에 전처리를 적용한 결과이다.

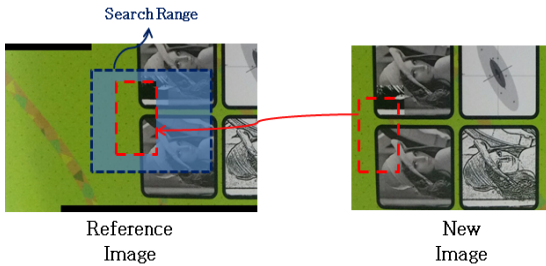


Fig. 6 The proposed method of finding a matching point

3.2. 일치하는 지점 찾는 단계

일치하는 지점 찾는 단계(Find matching point)에서는 블록을 이용하여 매칭하는 기법을 사용하였다. 영상 전체를 가지고 매칭하는 것 보다는 블록을 추출하여 매칭함으로써 속도를 높인다. 그림 6은 입력 영상 집합에서 추출한 레퍼런스 영상과 새 영상이다. 레퍼런스 영상의 검색범위에서 새 영상에서 추출한 블록과 가장 비슷한 블록을 찾는다. 비교하는 블록은 레퍼런스의 정해진 검색 범위 내에서 한 픽셀씩 움직이면서 복사된다. 검색 범위는 손의 흔들림을 고려해서 상하 방향으로 20 픽셀씩 움직임을 줘서 검색한다. 가장 정확한 블록의 위치를 찾는 것은 두 개의 블록의 차이가 가장 적은 위치를 찾는 것이다.

방금 설명한 방법은 한 픽셀씩 움직이므로 전체 검색 방법이다. 이는 성능이 높지만, 속도가 느리다는 단점을 가진다. 이때 속도 증진을 위하여 검색 범위 내에서 움직이는 픽셀을 2 이상씩 점프하여 움직이는 방식을 적용하였다. 이와 같은 방식으로 검색 범위를 샘플링 하였으며, n 픽셀씩 점프하면서 검색한 결과인 위치에서 $\pm n-1$ 인 범위에서 한 번 더 전체 검색을 하여 정확한 위치를 찾는 방법이다. 속도대비 성능이 높은 적절한 n 픽셀을 실험을 통해 찾고 이를 최종적으로 적용하였다.

정확한 위치를 찾기 위해 두 개의 블록의 차이를 구하기 위해 사용된 가격 함수는 두 가지가 있다. 절대값을 사용하는 SAD(Sum of Absolute Difference)와 제곱을 사용하는 SSD(Sum of Square Difference)가 있다. 블록을 복사해서 각각의 메모리인 $b_1(i)$ 과 $b_2(i)$ 에 저장한다. 가장 알맞은 위치인 (k_1, k_2) 를 찾기 위해 $b_1(i)$ 와 $b_2(i)$ 를 SAD와 SSD를 이용하여 가장 작은 차이를 구한다. 두 방식 모두 테이블을 적용하였기 때문에 속

도의 차이는 별로 없었지만, 성능이 다르기 때문에 실험을 통해 성능이 높은 방식을 최종적으로 적용하였다. 각각의 수식은 다음(1), (2)와 같다.

$$SAD: \sum_{i=0}^M |b_1(i) - b_2(i)| = e(k_1, k_2) \quad (1)$$

$$SSD: \sum_{i=0}^M (b_1(i) - b_2(i))^2 = e(k_1, k) \quad (2)$$

$(M = BlockSize)$

3.3. 알파블렌딩

일치하는 지점 찾는 단계(Find matching point)를 통해 얻은 위치를 이용하여 입력 영상인 레퍼런스 영상과 새 영상을 합성하여 하나의 파노라마 영상인 결과 영상을 생성한다. 이 단계가 알파 블렌딩이며 수식은 (3)과 같다. 영상을 영상 집합의 맨 앞에 삽입시킨 후 영상 집합의 영상 개수가 하나 남을 때까지 이미지 스티칭 기술을 적용한다. 최종적으로 처음의 영상 집합에 있던 영상들이 하나의 파노라마 영상이 되는 결과를 얻을 수 있다.

$$Y[i, j] = \alpha X_1[i, j] + (1 - \alpha) X_2[i, j] \quad (3)$$

$(0 \leq \alpha \leq 1)$

Table. 1 Experiment table

Preprocessing	Search method	Cost function
Low pass filter	Full	SSD
High pass filter	Sampling of search range	SAD

이 기술은 스캐너에 적용되기 때문에 사용자에게 빠르게 파노라마 영상을 제공하여야 한다. 그러므로 성능 대비 속도가 빨라야 한다. 가장 좋은 성능과 빠른 속도를 결과로 내는 방식을 찾기 위해 표 1이 적용된 실험을 하였다. 실험 방식은 두 개의 영상에 스티칭 기술을 적용하며 결과 영상이 정확한 위치에서 알파 블렌딩이 되었는지의 유무이다. 실험 대상의 영상은 55장이며 실험 횟수는 50번이다.

IV. 실험 결과

전체 검색방식과 샘플링 검색 방식에 각각 가격함수인 SAD와 SSD를 적용한 결과의 성능과 소요시간은 표 2와 같다.

Table. 2 Performances and lead times of search methods and cost functions in use

	Full	2 pixel jump	3 pixel jump
SAD	100%	92%	98%
SSD	100%	92%	96%
Lead time	1300ms	320ms	150ms

표 2는 전처리를 적용하지 않고 실험을 한 결과이다. 전체 검색 방식을 사용하는 경우 100%의 정확한 위치를 찾는 성능을 얻을 수 있지만, 소요시간 감소를 통한 속도 증진이 필요하다. 검색 범위를 샘플링하는 검색 방식은 2픽셀씩 점프하는 방식과 3픽셀씩 점프하는 방식을 실행하였고 점프하는 픽셀의 수가 늘어날수록 속도가 빨라졌다. 반면에 성능은 전체 검색 방식보다 좋지 않았다.

Table. 3 Result of the preprocessing

	Filter	Full	2 pixel jump	3 pixel jump
SAD	3tap HB	100%	100%	92%
	5tap HB	100%	96%	36%
	5tap LB	100%	100%	100%
SSD	3tap HB	100%	100%	90%
	5tap HB	100%	96%	56%
	5tap LB	100%	100%	100%

성능 증진을 위해서 전처리 단계의 필터를 적용한 결과는 표 3이다. 3탭과 5탭 고대역 영상과 5탭 저대역 영상을 이용하였다. 고대역 영상의 경우 3탭 고대역 영상인 경우에만 성능향상의 효과가 있었다. 5탭 고대역 영상은 오히려 정확한 위치를 찾지 못하였다. 반면에 5탭 저대역 영상은 2단계 검색 방식에서 100%의 성능을 냈다. 5탭 저대역 영상은 4픽셀씩 점프할 때도 100% 위치를 찾는 성능을 가졌다.

최종적으로 입력 이미지에 5탭 저대역 영상을 이용하여 3픽셀씩 점프하여 검색범위를 샘플링하는 검색 방식을 통해 위치를 찾을 때 속도 대비 성능이 가장 좋다. 또한, 하드웨어의 성능을 고려하여 곱셈 연산이 필요 없는 SAD를 선택하였다. 이때 걸리는 시간은 필터를 적용하는 시간인 20ms를 더한 170ms이다.

비교 대상인 기존 방법을 적용과 비교한 결과는 표 4이다. 기존 방법으로 두 개의 영상에 스티칭 기술을 적용하였는데 이 기술의 경우에는 소요시간이 일정하지

않기 때문에 평균 소요시간을 구했으며 이는 제안하는 방법과 약 3.4배 차이가 난다. 또한, 기존 방법은 입력 영상 집합의 크기가 작다는 이유로 파노라마 영상을 생성하지 못하는 예러가 발생하였으며 이를 바탕으로 한 기존 방법의 성능은 88%로 제안하는 방법보다 낮다. 그림 7은 제안하는 기술이 적용된 결과 영상으로 그림 2(a)의 영상 집합을 입력한 경우이며 기존방법의 결과 영상인 그림2(b)와 비교했을 때 뒤떨어지지 않는 우수함을 가진다.

Table. 4 Results of the proposed method and existing method

	Proposed method	Existing method [8]
Lead time	170ms	576ms
Performance	100%	88%

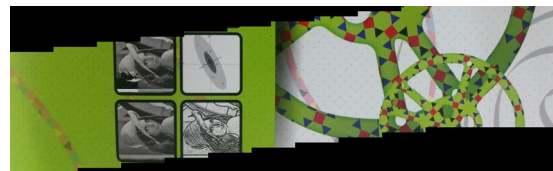


Fig. 7 The proposed method's result image

V. 결론

본 논문은 고해상도의 파노라마 영상을 제공하는 스캐너에 적용하기 위한 이미지 스티칭 방법을 제안한다. 이 방법은 높이가 일정하고 흔들림이 보정되는 휴대형 거치대를 통해 순서가 있는 영상 집합이 입력되기 때문에 기존방법보다 빠르고 간편하게 고해상도 파노라마 영상을 제공한다. 정확한 위치를 찾기 위해 전처리 단계를 거친 저대역 영상을 이용하며 속도 증진을 위하여 샘플링 검색 방식을 적용하였다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by a 2016 Research Grant from Sangmyung University.

REFERENCES

[1] R. Szeliski, "Image alignment and stitching: A tutorial," Technical Report MSR-TR-2004-92, Microsoft Research, Dec. 2004.

[2] R. Szeliski, and S.Kang, "Direct methods for visual scene reconstruction," *IEEE Workshop on Representations of Visual Scenes*, Cambridge, MA, pp. 26-33, 1995

[3] A. Zisserman, and R. Szeliski, "Vision algorithms: Theory and practice," *LNCS 1883*, pp.267-277, Springer-Verlag, Corfu, Greece, Sept. 1999.

[4] H. Sawhney and R. Kumar, "True multi-image alignment and its application to mosaicing and lens distortion correction," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 21, no. 3, pp.235-243, Mar. 1999.

[5] H. Shum and R. Szeliski, "Construction of panoramic mosaics with global and local alignment," *International Journal of Computer Vision*, vol. 36, no. 2, pp.101-130, Feb. 2000.

[6] D. Capel and A. Zisserman, "Automated mosaicing with super-resolution zoom," *Proceedings of the International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR98)*, Santa Barbara, CA, pp. 885-891, 1998.

[7] P. McLauchlan and A. Jaenicke, "Image mosaicing using sequential bundle adjustment," *Image and Vision Computing*, vol. 20, no.9-10, pp.751-759, Aug. 2002.

[8] M. Brown and D. G. Lowe "Automatic panoramic image stitching using invariant features," *International Journal of Computer Vision*, vol.74, no.1, pp.59-73, Aug. 2007.

[9] Y. H. Zhang, X. Jin, and Z. J. Wang, "A new modified panoramic UAV image stitching model based on the GA-SIFT and adaptive threshold method," *Springer Memetic Computing*, vol.9, no.3, pp.231-244, Sep. 2017.

[10] F. B. Wang, B. Fu, C. Wu, L. Chen, and D. Feng, "Multi-image mosaic with SIFT and vision measurement for microscale structures processed by femtosecond laser," *Elsevier Optics and Lasers in Engineering*, vol.100, pp.124-130, Jan. 2018.

[11] H. Yoo, "Axially moving a lenslet array for high-resolution 3D images in computational integral imaging," *OSA Optics Express*, vol. 21, no. 7, pp. 8876-8887, 3 Apr. 2013.

[12] Y. Lee and H. Yoo, "Adaptive thresholding for two-dimensional barcode images using two thresholds and the integral image," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol.16, no.11, pp.2453-2458, Nov. 2012.

[13] K. Lee, H. Yoo, "Fast 3D mesh generation using projection for line laser-based 3D Scanners," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol.20, no.3, pp.513-518, Mar. 2016.

[14] Realviz [Internet]. Available: <http://www.realviz.com>.

[15] Microsoft Digital Image Pro. [Internet]. Available: <http://www.microsoft.com/products/imaging>.

[16] K. Lin, S. Liu, L.-F. Cheong, and B. Zeng, "Seamless video stitching from hand held camera inputs," *Computer Graphics Forum*. vol. 35, no. 2, pp. 479-487, May 2016.



배정은(JoungEun Bae)

2014년 4월~현재: 상명대학교 미디어소프트웨어학과 학석사과정
 ※관심분야: 영상처리, 2D Scanner



유 훈(Hoon Yoo)

1990~1997 : 한양대학교 전자통신공학과 공학사
 1997~1999 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 공학석사
 1999~2003 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 공학박사
 2003~2005 : 삼성전자 무선사업부 책임연구원
 2005~2008 : 동서대학교 컴퓨터정보공학부 조교수
 2008~2012 : 상명대학교 디지털미디어학부 조교수
 2012. 09~현재 : 상명대학교 미디어소프트웨어학과 부교수
 1997.2.26. : 제3회 삼성전자 휴먼테크 논문상 대회 입상
 2003~2005 : 삼성전자 위성DMB 폰, 지상파DMB 폰 개발 및 양산
 ※주요관심분야: 영상처리, 3차원 집적 영상 처리