

Copy-Paste 영상 위조의 하이브리드 검출 알고리즘

최용수*, Ayalneh Dessalegn Atnafu**, 이달호***

요약

디지털 이미지는 인터넷 환경에서 수많은 편리함을 제공해준다. 디지털 도서관, Stock Image, 개인 사진, 중요정보 등 수많은 응용에서 디지털 이미지를 필요로 하고 있다. 하지만 디지털 이미지는 파일로 되어있어 조작이 매우 쉽다는 치명적 결점을 가지고 있다. 디지털 이미지 위조는 영상 편집 소프트웨어의 쉬운 접근성과 높은 기능성 덕분에 심각한 문제들로 부상되고 있다. 복사-이동 위조는 영상의 일부를 복사하고 동일 영상 내의 다른 위치에 붙여넣기 하는 동작은 포함하는 가장 간단한 형태의 위조이다. 복사-붙여넣기 위조를 검출하는 많은 방법들이 있지만 대부분 한계점을 가지고 있다. 본 논문에서는 시각적, 비시각적 특성에 기반한 위조를 검출하는 방법들이 비교되었다. 분석의 결과는 위의 두 가지 방법이 서로 보완할 수 있는 장점과 단점이 있음을 보였다. 그러므로 시각적, 비시각적 특성에 기반한 하이브리드 위조 검출 방법을 제안하였다. 실험을 통해 제안한 알고리즘이 각각의 기술의 단독 사용에 비해 향상된 성능을 보임을 증명하였다. 더욱이, 복사-복제 영역을 구분하는 것과 같은 위조 검출 기법에 대해 많은 정보들을 제공한다.

키워드 : 위조 검출, 포렌식, 복사-붙여넣기

Hybrid Detection Algorithm of Copy-Paste Image Forgery

YongSoo Choi*, Ayalneh Dessalegn Atnafu**, DalHo Lee***

Abstract

Digital image provides many conveniences at the internet environment recently. A great number of applications, like Digital Library, Stock Image, Personal Image and Important Information, require the use of digital image. However it has fatal defect which is easy to be modified because digital image is only electronic file. Numerous digital image forgeries have become a serious problem due to the sophistication and accessibility of image editing software. Copy-Move forgery is the simplest type of forgery that involves copying portion of an image and paste it on different location within the image. There are many approaches to detect Copy-Move forgery, but all of them have their own limitations. In this paper, visual and invisible feature based forgery detection techniques are tested and analyzed. The analysis shows that pros and cons of these two techniques compensate each other. Therefore, a hybrid of visual based and invisible feature based forgery detection that combine the merits of both techniques is proposed. The experimental results show that the proposed algorithm has enhanced performance compared to individual techniques. Moreover, it provides more information about the forgery, like identifying copy and duplicate regions.

Keywords : Forgery Detection, Forensics, Copy-Move

1. 서론

※ Corresponding Author : Ayalneh Dessalegn Atnafu

Received : March 12, 2015

Revised : May 22, 2015

Accepted : June 20, 2015

* Liberal Arts & Teaching(Multimedia), Sungkyul University

Tel: +82-10-9131-7383

email: ciechoi@sungkyul.ac.kr

** Graduate School of Information & Security, Korea University

email: Dessalegn_atne@korea.ac.kr

*** Dept. of Electronics, GaChon University.

email: dhlee@gachon.ac.kr

■ 이 논문은 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2013R1A1A1013410)

컴퓨터의 발전과 함께 파일을 이용하였고 통신을 통해 서로 간에 메시지, 파일과 같은 정보의 교환이 가능하게 되었다. 그 중에서도 디지털 이미지는 멀티미디어데이터 중에서 가장 많이 사용되는 파일 형태라 할 수 있다. 디지털 라이브러리, Stock Image와 같은 응용은 디지털 이미지를 등록하고 이용/판매 하는 등 교환 매개 공간이다. 하지만 디지털 이미지조차도 전자적인 데이터의 덩어리 파일로 만들어지며 변형이 매우 쉽게 이루어진다. 특히 최근 몇 년 동안 디지털 편집용 툴이 많이 대중화되어졌고 높은 수준의 기능들을 포함하고 최근 디지털 이미지 위·변조에 큰 문제점을 야기시키고 있다.

위조(Forgery)는 속임수의 의도를 가지고 디지털 콘텐츠에 변형을 가하는 것을 말한다. 위조의 분류에는 몇 가지 있으며 본 연구에서는 영상 retouching, splicing, copy-move 위조 3가지로 분류한다. 사진의 보정은 특정 용도를 위해 더 매력적, 뚜렷하게 그리고 편리하게 하려는 목적으로 영상 향상을 수행하는 과정을 말한다. 또 이러한 작업은 연예, 오락과 같은 방송에서 광범위하게 사용되어진다. 반면, 짜깁기는 속임수를 목적으로 영상의 내용을 변경함으로써 다른 영상들을 묶는 작업을 말한다. 즉, 기준 영상이 하나 존재하고 다른 영상의 일부분들이 기준 영상의 곳곳에 사용된다. 복사-이동은 영상의 일부를 복사하고 동일 영상내의 다른 영역에 붙여넣기 하는 매우 간단한 방법이다. 실제에서는 검출 불가능한 변조 영상을 생성하기 위해 세 가지 기법들을 혼용해서 사용하기도 한다[9-13].

이와같은 상황별 위조 검출의 오류를 감소시키는 위해 본 논문에서는 시각적, 비시각적 혼용 방법을 제안하여 2장에서는 관련연구를 3장에서는 제안된 알고리즘에 대하여 설명한다. 4장에서는 제안알고리즘에 의한 위조 검출 오류의 수정 등 결과를 보이고 있으며 5장에서 결론을 맺고 향후 연구에 대해 서술한다.

2. 관련연구

영상을 캡처하거나 저장할 때 디지털 시그니처나 워터마크와 같은 검증 코드를 삽입하는 것이 항상 가능하지는 않다. 인증은 영상이 배포된

이후에 필요할 것이다. 배포가 되어진 경우 우리는 수동적 또는 원본 없는 위조 검출 기법을 필요로 한다. 존재하는 수동적 기법은 시각적 특징 기반과 비시각적 특징 기반 검출 기법 두 가지로 나누어진다. 수동적 기법은 능동적 기법보다 그리 정확하지 않다는 것이다. 수동적 기법들이 몇 가지 제안되어 왔으나 모든 경우에 효과적인 방법은 아직 없다.

시각적 특징 기법 검출기법: SIFT[1-4], SURF[5], HOG[6], LBP[7] 등과 같은 지역적 영상 기술자(Local Image Descriptor) 알고리즘들이 컴퓨터비전에서 많이 사용되는 객체 인식 방법들이다[8].

비시각적 특징 기반 검출기법: 영상은 위조 검출에 해 영향을 주는 특징들이 많으며 이러한 변화는 우리 눈에 의해 감지되지 않는다. 그러한 특징들로는 픽셀 값 통계, 손실 압축에 의한 블록화 효과, 영상 획득 장치의 특성, 카메라간의 상호영향, 객체와 빛 등과 같은 많은 요인들이 있다.

2.1 JPEG Block Artifact Grid(BAG)

BAG는 압축 동작의 특징에 기반한 일반적 복사-이동 위조 검출 알고리즘 중의 하나이다. 이 기법에서는 사람의 눈이 영상의 고주파 성분에서의 변화에 덜 민감하다는 데에서 기인한다. JPEG 압축은 8X8 픽셀 블록으로 나누고 DCT 연산에 의해 주파수 영역으로 변환된다.

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u)C(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos\left[\frac{\pi(2x+1)u}{16}\right] \cos\left[\frac{\pi(2y+1)v}{16}\right] \quad \text{수식 1}$$

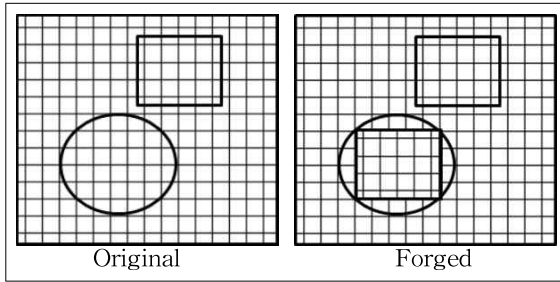
$$\text{where, } C(k) = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & \text{for } k=0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

얻어진 주파수 성분 값들은 양자화 되어지는데 양자화는 JPEG 압축과정 중 손실을 일으키는 부분이며 DCT 계수들은 양자화 계수로 나누어지므로 실수는 정수화 되어진다. 양자화 테이블은 Bottom-Right으로 갈수록 값이 커지는 형태로 되어져 있어 양자화에 기인하여 높은 DCT 계수들이 추적 가능한 0으로 축소되어 블록 주변으로 배치되는 것을 알 수 있다. .

(그림 1)에서는 Copy-Move 위조에 의해 BAG가 틀려지는지를 보인다. 영상이 변형이 되

지 않은 상태라면 BAG는 영상 전체에 대해서 같을 것이지만 (그림 1)의 (b)와 같이 변형이 되어졌다면 Copy-Paste된 복제 영역의 BAG가 나머지 영상블록들과 틀려지는 경우가 98.44%이다. 하지만 공간영역과 주파수 영역 모두 BAG 효과를 잘 보여주지는 못한다. 그러므로 grid 효과를 증폭할 수 있는 검출 식이 필요하게 된다.

(그림 1) 복사-붙여넣기 위조의 BAG 불일치 검출



(Figure 1) BAG mismatch in Copy-Move Forgery

Li 등은 DCT계수에 기반한 LE(Local Effect)라 불리는 매트릭을 제안하였다(그림 2 (A)).

(그림 2) LE 계산을 위한 8x8 선택 영역 윈도우

1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(A) Old Window (B) Proposed Window
(Figure 2) Windows used to select portion of 8x8 DCT coefficients in LE computation

LE에서는 주파수계수 블록의 Bottom Row 그리고 Right Column에 있는 계수들의 양수 값을 모두 더한 후 일반화를 수행한다.

$$LE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 (S_{ij} * W)^2}{S_{11}^2}} \quad \text{수식 2}$$

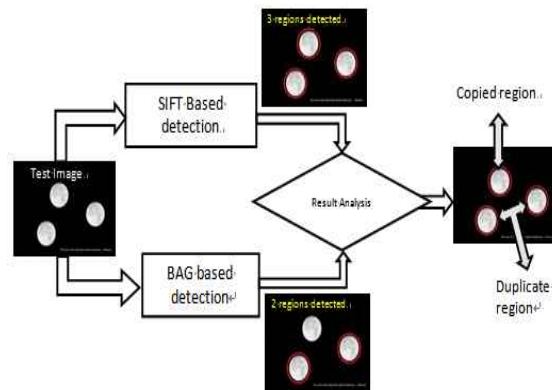
여기서 W는 (그림 2)와 같은 8X8 matrix 윈도우.

영상은 오버랩을 허용하는 8X8크기의 블록으로 나누어지고 (N-8)X(M-8)개의 LE 값을 추정할 수 있다. LE 값은 8X8 블록크기로 구분한 후 각각의 블록에서 최소 값을 찾고 그 점은 그리드의 위치가 된다. BAG를 그렸을 때 불일치 그리드는 복제 영역이 되는 것이다. 이 방법은 스무딩 영역을 포함한 영상에서 효과적이지만 복잡 영상에서는 높은 FN(False Negative) 오류를 생성한다. 본 논문은 (그림 2)와 같이 하위 Anti-Triangular 매트릭을 구성하여 개선된(낮은) FN를 생성하도록 하였다.

3. 제안된 검출 알고리즘

본 논문에서는 시각적, 비시각적 특성의 합성을 통해 검출 정확도를 높일 수 있는 방법을 제안하였다. (그림 3)과 같이 첫 번째 단계에서 SIFT와 같은 시각적 특성을 이용해 Copy-Paste 위조를 검출한다. 이 과정의 출력으로 의심스러운 복제 영역을 알 수 있다. 다음으로 BAG와 같은 비시각적 특성을 이용하여 위조를 검출한다. 이 단계에서는 의심 영역만 입력으로 사용된다.

(그림 3) 하이브리드 복제검출 알고리즘



(Figure 3) Hybrid Copy-Paste Detection Algorithm

각 영의 BAG가 계산되고 BAG가 일치하는 영역은 온전함을 뜻하고 온전하게 일치하는 반대의 경우 Copy-Paste에 의해 위조된 영역이라고 할 수 있다. 시스템의 출력이 긍정(위조)이라면 복사 영역은 Copy-Paste영역을 BAG 일치

영역을 영상의 나머지 영역과 검증함으로써 확인이 가능하다. 실험 영상은 SIFT와 BAG 각각에 입력으로 사용되었으며 각 알고리즘의 출력은 비교되고 위조 검출의 최종 판정을 위해 대조되었다. 알고리즘을 통해 다음과 같은 경우에 기반한 결정이 가능하다.

1. SIFT가 N개의 유사영역을 검출하였고 BAG가 N-p개의 일치하는 영역을 검출하였다면 N-p 영역은 복제된 것으로 검출되고 p개의 영역은 복제된 영역이다.
2. SIFT가 한 쌍의 영역 또는 그 이상을 검출하고 BAG는 검출하지 못했다면 위조 영역은 없다고 할 수 있다.
3. SIFT가 서로 이웃한 작은 영역 쌍을 검출하였고 BAG는 SIFT로부터의 영역중의 하나와 중첩(Overlap)되는 더 큰 영역을 검출하였다면 영상의 영역은 복사되고 붙여 넣은 것으로 판단할 수 있다.
4. SIFT는 검출영역이 없고 BAG만 일부 영역을 검출했다면 위조가 있지만 Copy-Paste가 아닌 Splicing에 의한 위조일 것이다.

4. 제안된 검출 알고리즘

본 논문BAG 위조 검출알고리즘은 매트랩 프로그래밍을 구현하였으며 SIFT기반 위조 검출 검출은 OpenCV를 통한 SIFT구현과 매트랩을 통한 Key-Point Descriptor Matching을 구현하여 통합함으로써 완성하였다.

4.1 시나리오 I

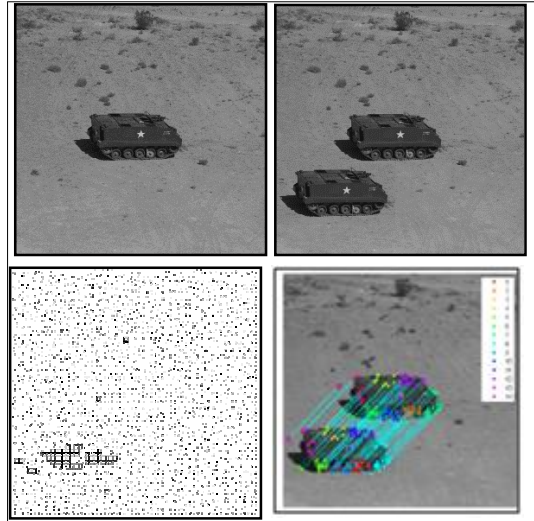
사막 풍경의 원본 영상에 전차가 한 대 있다, SIFT 검출기는 두 대의 탱크를 유사하다고 검출하였으며 BAG알고리즘에서는 Bottom-Left의 전차가 위조된 것이라고 검출하였다. 즉 제안방법은 정확한 결정을 내린 것이다.

4.2 시나리오 II

(그림 5)에서 원본 영상은 트럭의 온전한 두 개의 타이어와 다른 차량의 타이어 일부를 포함하고 있다. 영상은 진본이지만 SIFT 알고리즘은 세 개의 타이어가 Copy-Paste 위조 영역이라고

검출한다. 반면 BAG는 위조영역이 없다고 판단한다. 결국 SIFT에 의해 3영역이 유사하다고 하였지만 제안된 알고리즘에서는 위조가 아닌 것으로 판명하게 된다.

(그림 4) 영상 내 복제된 영역 검출



(Figure 4) Detection of Copied Object within Image

4.3 시나리오 III

(그림 6)의 건축물 영상은 각 영역들이 매우 유사하다. 공격자는 4가구를 복사하고 왼쪽 옆으로 이동 붙여넣기 하였다. SIFT는 복제된 영역만을 검출하였다. 반면 BAG는 복제된 영역과 오버랩된 부적절한 영역을 포함한 전체를 검출하였다. 즉, 제안된 알고리즘은 BAG에 의해 검출된 영역은 오버랩 되지 않은 SIFT 영역으로부터 붙여넣기 되었음을 알 수 있다.

(그림 5) 위조 오류의 정정

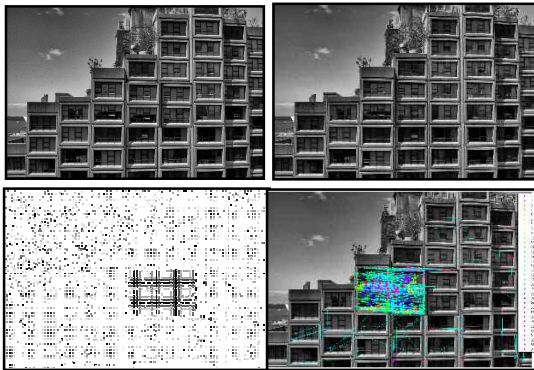




(Figure 5) Correction of missed Forgery Detection

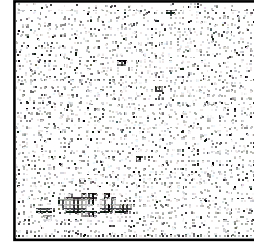
4.4 시나리오 IV

(그림 6) SIFT 미검출 영역의 검출



(Figure 6) Detection of undetected area by SIFT

(그림 7) 스플라이싱 위조의 검출



(Figure 7) Detection of Splicing Forgery

(그림 7)의 Top-Right은 위의 (그림 3)에서 일부 복사-붙여넣기 되었다. 훼손 영상에서 유사한 객체는 없다. 그러므로 SIFT와 BAG 모두 일치하는 Key-Point descriptor를 찾지 못한다. 그러므로 제안 알고리즘은 이 영역이 다른 영상에서 붙여넣기 된 걸로 판단한다.

실험결과는 제안하는 방법이 시각적, 비시각적 특징 기반 위조 검출 알고리즘의 장점을 모두 포함함을 보여주었다. 기존의 알고리즘 보다 위조 검출에 우수하며 풍부한 분석정보를 보여줄 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

시각적 특징 기반과 비시각적 특징 기반 Copy-Paste 위조 검출 알고리즘은 각각 장단점을 가지고 있다. 시각적 특징기반 알고리즘은 Affine 변환, 손실 압축, 부가 잡음 등에 강인하다. 반면 비시각적 특징 기반 기법은 이러한 변환에 취약하다. 전자의 방법에서의 한계는 복사된 영역과 복제된 영역을 구분하기 어렵다는 것이다. 또 영상 내의 유사한 객체는 FP(False Positive)오류를 보인다. 또한 복사되거나 일부 옮겨졌거나 붙여넣기 되어진 영역을 검출하지 못한다. 이러한 한계는 비시각적 특징 기반 위조 검출기법을 적용함으로써 극복된다. 본 논문에서는 두 가지 특징 기반 방법이 서로 보상할 수 있도록 병합하였다. 제안된 방법은 1. 영상내의 유사객체와 복제영역을 구분하는 것을 가능케 하므로 개선된 복제영역 검출 성능을 보인다. 2. 복제되고 붙여넣기 되어진 영역은 복제된 영역이 복사된 원본 영역의 대부분을 덮고 있다라도 검출이 가능하다. 실험 결과는 제안된 알고리즘이 각각의 알고리즘이 단독적으로 쓰였을 때보다 향상된 검출 성능을 보임을 증명하였다.

향후 더욱 다양한 종류의 영상과 계획(신호처리된 복제영역 등)된 복제 객체를 삽입하여 알고리즘의 강건성 테스트의 범용성을 높이는 연구가 필요할 것이다.

References

[1] Huang, Hailing, Weiqiang Guo, and Yu Zhang. "Detection of copy-move forgery in digital images using SIFT algorithm." Computational Intelligence and Industrial Application, PACIIA'08. Pacific-Asia Workshop on, vol. 2, pp. 272-276., Dec. 2008

[2] Pan, Xunyu, and Siwei Lyu. "Detecting image region duplication using SIFT features." In Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP), IEEE International Conference on, pp. 1706-1709, March 2010.

[3] Amerini, Irene, Lamberto Ballan, Roberto Caldelli, Alberto Del Bimbo, and Giuseppe Serra. "A SIFT-based forensic method for copy - move attack detection and transformation recovery." Information Forensics and Security, IEEE Transactions on 6, no. 3, pp. 1099-1110, 2011

[4] Amerini, Irene, Lamberto Ballan, Roberto Caldelli, Alberto Del Bimbo, Luca Del Tongo, and Giuseppe Serra. "Copy-move forgery detection and localization by means of robust clustering with J-Linkage." Signal Processing: Image Communication 28, no. 6, pp. 659-669, 2013

[5] Bo, Xu, Wang Junwen, Liu Guangjie, and Dai Yuewei. "Image copy-move forgery detection based on SURF." Multimedia Information Networking and Security (MINES), 2010 International Conference on, pp. 889-892, 2010

[6] Subramanyam, A. V., and Sabu Emmanuel. "Video forgery detection using HOG features and compression properties." Multimedia Signal Processing (MMSp), 2012 IEEE 14th International Workshop on, pp. 89-94, 2012.

[8] Lowe, David G. "Distinctive image features from scale-invariant keypoints." International journal of com-

puter vision 60, no. 2 pp. 91-110, 2004

[9] Farid, Hany. "Image forgery detection." Signal Processing Magazine, IEEE 26, no. 2 pp. 16-25, 2009

[10] Li, Weihai, Nenghai Yu, and Yuan Yuan. "Doctored JPEG image detection." Multimedia and Expo, 2008 IEEE International Conference on, pp. 253-256, 2008

[11] Ayalneh, Dessalegn Atnafu, Hyoung Joong Kim, and Yong Soo Choi. "JPEG copy paste forgery detection using BAG optimized for complex images." Advanced Communication Technology (ICACT), 2014 16th International Conference on, pp. 181-185, 2014

[12] Li, Weihai, Yuan Yuan, and Nenghai Yu. "Passive detection of doctored JPEG image via block artifact grid extraction." Signal Processing 89, no. 9, pp. 1821-1829, 2009

[13] Ki-Bum Kim and Kyoung-Soo Kim, "A Study on UCC Video Editing for Sensibility Delivery," Journal of Digital Contents Society, Vol. 12, No. 5, pp. 449-456, 2011

최용수



1998년 강원대학교
제어계측공학과 공학사

2000년 강원대학교
제어계측공학과 공학석사

2006년 강원대학교
제어계측공학과 공학박사

2006년~2007년 연세대학교 첨단융합건설연구단 연구교수

2007년~2013년 고려대학교 정보보호대학원 연구교수

2013년~현재 성결대학교 교양교직부 (멀티미디어) 조교수

관심분야 : Multimedia Hashing, Information Hiding, Watermarking, Steganography, Image Forensics, Forgery Detection 등

Ayalneh Dessalegn

Atnafu



2003년 : Defence University,
Electrical Engineering
(B.Tech)

2008년 : Addis Ababa University,
Computer Engineering
(MSc)

관심분야 : 정보보호(Personal Information), 유비쿼터스 컴퓨팅(AR), 디지털저작권(DRM) 등

2012년~현재: Ph.D. Candidate, Korea University,
Information Security Grad. School

관심분야 : Digital Forensics, Information Hiding,
Convergence Technology 등

이 달 호



1982년 서울대학교
제어계측공학과 공학사

1985년 서울대학교
제어계측공학과 공학석사

1992년 서울대학교
제어계측공학과 공학박사

1992년~현재 가천대학교 전자공학과 교수

관심분야 : 시스템 식별, 필터링 기법, INS 응용,
Data Hiding