

지능형 감시를 위한 객체추출 및 추적시스템 설계 및 구현

장태우*, 신용태*, 김종배^o

A Study on the Object Extraction and Tracking System for Intelligent Surveillance

Tae-woo Jang*, Yong-tae Shin*, Jong-bae Kim^o

요약

최근 보안 관제를 위한 인원부족 및 감시 능력의 한계로 자동화된 지능형 관제 시스템에 대한 요구가 증가하고 있다. 이 논문에서는 지능형 감시시스템의 구축을 위하여 자동화된 객체추출 및 추적 시스템, 그리고 이상행위를 인지하는 이상행위 검출 시스템을 설계하고 구현하였다. 각 모듈은 기존의 연구 결과를 바탕으로 실제 환경에서 적용되고 상용화가 가능하도록 알고리즘의 성능을 높였으며, 구현 후 다양한 테스트를 통해 그 성과를 검증하였다. 특히, 배회 또는 도주와 같은 이상행위의 경우 1초 이내에 검출할 수 있었다.

Key Words : security, surveillance, CCTV, intelligent, event detection, loitering detection

ABSTRACT

The agents for security surveillance are not enough for monitoring CCTV system, so the intelligent automatic surveillance system is needed. In this paper, object detection, tracking and abnormal event detection system is implemented for intelligent CCTV system. Each modules are tested on the real CCTV environment and promoted for commercialization. Abnormal event detection module and loitering detection and sudden running detection function and it's detection time is under 1 second which is satisfied level.

1. 서론

2010년을 기준으로 절도 269,410건, 성폭력 20,364건으로 전년도 대비 각각 5.1%, 11.0% 정도가 증가하고[1] 있는 등 흉포화 된 범죄가 연이어 발생하고 있어, 이의 예방과 즉각적인 대응에 대한 필요성이 대두하고 있다. 이에 각 지자체 및 경찰은 CCTV를 활용한 감시를 강화하고 있는데, 서울지역에서 발생한 5대 범죄의 경우 전체 456개 동 중 CCTV가 상대적으로 적게 설치된 133개 동에 집중

[2]되어 있어, CCTV의 설치 및 활용이 범죄 억제와 직접 관련이 있음을 알 수 있다.

그러나, 관제요원이 육안으로 영상을 감시하는 수동형 CCTV를 통한 관제의 경우 그 효과가 떨어질 수밖에 없는데, 보스턴 테러의 경우 사제폭탄을 제작하여 군중이 모여 있는 곳에 가방에 놓아 방치한 후 폭발시키는 방법을 사용하였지만 사건 발생 전에 이를 알아차리지 못하고 사건 발생 후 CCTV 분석을 통하여 용의자를 식별 하는데 그쳤고, 우리나라의 경우 경찰 및 지자체에서는 3만대가 넘는

※본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 수행되었습니다.

◆ 주저자 : 경찰청, twjang@police.go.kr, 정회원

o 교신저자 : 숭실대학교 소프트웨어특성화대학원, kjb123@ssu.ac.kr, 정회원

* 숭실대학교, shin@ssu.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2013-05-224, 접수일자 : 2013년 5월 27일, 최종논문접수일자 : 2013년 7월 9일

CCTV를 운영하고 있으며 차량 등에 설치된 카메라까지 약 20만대가 넘는 수를 보이고 있으나[13], 오원춘 사건의 경우 CCTV에 거동 수상자가 현장을 배회하는 장면이 잡혔으나 역시 사전에 이상 행위를 알아차리지 못하였다. 현재 서울지역의 경우 관제요원 1명이 최소 45대의 카메라를 모니터링하고 있으며[14], 강남구청의 경우 관제요원 1인이 관리하는 카메라 수는 50대에 근접[3]하고 있는데, 사람이 12분 이상 CCTV를 모니터링 할 경우 실제 발생하는 이벤트의 45% 이상을 검지하지 못한다[15]는 연구의 결과에서 나타난 것처럼 소수의 관제요원으로 효과를 기대하기는 어려운 상황이다.

한편, 최근에는 수동형 CCTV 관제시스템의 한계를 극복하고자 CCTV의 영상을 사전에 탐지, 분석하여 범죄, 사건을 예방할 수 있도록 도와주는 지능형 감시시스템이 연구되고 있으나, 실제 현장에서 발생하는 흔들림, 전송 노이즈, 기상상황에 따른 영상 흐림 등의 문제들을 해결하기에는 여전히 한계가 있다.

따라서 본 논문에서는 현장상황에 따른 영상 판독의 어려움을 해결하기 위한 전처리 기능, 영상 내에서 필요한 객체를 검출해내는 객체 검출 기능, 검출된 객체의 이동 경로 및 속도 등의 정보를 얻는 객체 추적 기능, 얻어진 궤적 및 속도정보를 활용한 이상행위 검출 기능 등을 설계하고, 구현한다. 또한, 이를 실제 환경에서 테스트함으로써 범죄 징후 검출에 효과가 있음을 검증한다.

II. 관련 연구

초기의 지능형 영상 보안 시스템은 모션디텍션(Motion detection) 기능을 가지는 장비였으나 최근에는 객체 검출 및 추적 기능이 요구되고 있다.

먼저, 객체 검출을 위한 영상 보정 작업으로, 경계선 정보를 개선함으로써 CCTV의 화질을 개선하는 영상 복원기술을 사용하고 있다. 이는 에지(Edge) 정보에 기반 하여 경계선 프로파일을 이용하는 학습기반 영상 개선 방법이다^[4]. 홍콩 과기대와 MS연구소(Microsoft Research, MSR)에서는 노이즈(Noise)가 존재하는 영상에서 블러(Image Blur)를 제거하기 위하여, 이득조절 방법을 사용하여 두장의 영상에서 노이즈 커널을 획득하여 영상 복원시에 많이 발생하는 링잉 현상(Ringing Artifact)을 줄였다^[5].

한편, 객체 검출을 위한 대표적인 방법으로 쓰쿠바

대학(Tusukuba)에서 연구한 다중문턱값(Multiple Threshold)을 이용하는 방법이 있는데, 이는 배경 객체를 분리하는데 사용되는 기술로, 장시간 배경을 검색하여 모델링한 뒤 평균값과 표준편차를 이용하여 배경을 분리[6]하는 방법이다. 국내에서는 컬러의 채널 특성을 고려한 확률기반 배경분리 기법이 연구되고 있는데, 각 컬러 채널의 특성을 고려하여 RGB 컬러 모델을 이용하였다.

미국 UCLA에서는 이상행위에 관한 연구로서 운전자와 행인들의 갑작스런 행동을 감지하는 연구를 진행하였는데, 도시환경에서 무단횡단 또는 비정상적인 움직임을 검출할 수 있다. 또, BRS Labs(Behavioral Recognition Systems, Inc.)의 AISight는 실시간으로 동작을 파악하여 범인을 추적할 수 있는 기술로 수백 대의 카메라를 자동으로 모니터링하여 인공지능 기반으로 행동을 분석한 후 비정상적 동작을 경보해 준다^[7].

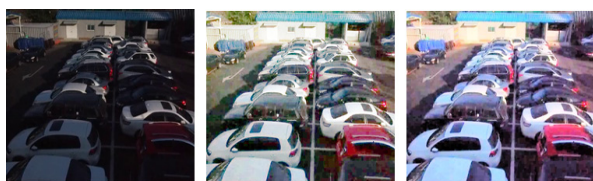
국내에서 지능형 보안 시스템을 적용한 예로서 안산시를 들 수 있는데, 안산시는 방범용 CCTV를 169대, 불법주정차 단속용 27대, 재난/재해 감시용 12대, 쓰레기 투기 감시용 16대, 어린이 보호용 211대 등 총 435대의 CCTV를 통합 운영하기 위하여 고성능 메가픽셀급 카메라를 설치하여 필요 시 번호판 인식 등 다양한 기능이 포함된 시스템을 운영하고 있고, 광명시는 범죄 예방을 위한 시스템으로 경찰청 데이터베이스에 연계한 범피차량 검거 시스템을 운용함으로써 검지된 범죄 차량의 위치를 파악하여 경찰서 지령실을 통해 범죄 차량을 추적하고 있다^[8]. 또, 자체 VMS(Video Management Sever)를 보유하고 있는 ITX 시큐리티[9], IBM 스마트감시 시스템[10]을 이용하고 있는 인천경제자유구역, 보안감시와 원격모니터링 기술을 보유하고 있는 엑시스 커뮤니케이션즈(Axis)[11] 등이 있다.

III. 지능형 감시를 위한 객체추출 및 추적 시스템

3.1. 영상 보정 시스템

영상의 흔들림, 노이즈, 기상악화에 따른 흐림 등의 문제를 해결하기 위하여 영상 보정이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 먼저 영상의 평활화를 위하여 컬러 데이터의 평활화를 실시하였다. 흑백영상의 기법을 RGB 컬러에 직접 적용하지 않고 새로운 색상계인 KCELAB 색상계를 이용하였다. 그림 1에서 보는 바와 같이 영상의 밝기 유지를 위하여 독립채널 변환 후에 영상을 후보정하여 영상의 화질을 유

지하였다.



(a) 입력 영상 (b) 독립 채널 변환 (c) 밝기유지 변환
 (a) Reference image (b) Channel compensation
 (c) Luminance compensation
 그림 1. 컬러 히스토그램 평활화 결과
 Fig. 1. Color histogram equalization

CCTV에서 발생하는 흔들림 보정을 위하여 움직임 예측, 보상 단계 및 보정단계를 통하여 움직임 영상을 보정하였다. 먼저 움직임벡터를 연산, 분석하여 안정화 영상을 그림 2와 같이 생성하였다.



그림 2. 영상 안정화 결과
 Fig. 2. Image stabilization

3.2. 객체 추출 및 추적 시스템

배경 영상을 추출하기 위해서는 혼합가우시안 (Mixture of Gaussian, MoG) 기법을 사용하였다. MoG 방법은 가우스 밀도(Gaussian density)를 포함한 것으로써 야외환경에서 좋은 성능을 보인다. 이는 가우시안 혼합(Mixture Gaussian) 분포로 각 화소점들의 색상 분포를 나타낸 것으로 t 시각에 강도 I_t 인 픽셀의 확률은 식 (1)로 정의 된다.

$$P(I_t) = \sum_{j=1}^K w_{j,t} \cdot \eta(I_t, \mu_{j,t}, \sum_{j,t}) \quad (1)$$

여기서 $\eta(I_t, \mu_{j,t}, \sum_{j,t})$ 는 Gaussian 확률 분포

함수를 나타내며 다음 식(2)로 표현할 수 있다.

$$\eta(I_t, \mu_{j,t}, \sum_{j,t}) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{d}{2}} \left| \sum_{j,t} \right|^{\frac{1}{2}}} W \quad (2)$$

where, $W = e^{-\frac{1}{2}(I_t - \mu_{j,t})^T \sum_{j,t}^{-1} (I_t - \mu_{j,t})}$

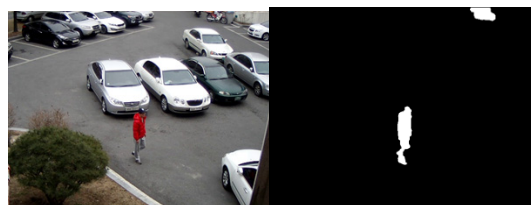
여기서 $w_{j,t}$ 와 $\mu_{j,t}$ 는 t 시각에서 j 개의 분포의 가중치(0에서 1사이의 값을 가짐)와 평균 분포를 나타내며, $\sum_{j,t}$ 는 확률밀도함수를 정의하는 파라미터로써, Gaussian 분포의 공분산 행렬이다.

배경 화소의 모델을 구하는 방법은 다음과 같다.

- 1) 각 Gaussian 분포의 우선순위 값 w/σ 을 구한다.
- 2) 우선순위에 의하여 각 Gaussian 분포를 내림차순으로 배열한다.
- 3) K 개의 Gaussian 분포에서 B 개의 Gaussian 분포를 배경 모델이라 하면, B 는 식 (3)과 같다.

$$B = \operatorname{argmin}_b \left(\sum_{K=1}^b w_k > T \right) \quad (3)$$

배경 모델링 기법을 이용하여 전경을 분리하고 미디언 필터 및 모폴로지 연산을 통하여 전경에 대한 잡음을 제거한다. 이후 문턱값을 이용하여 그림 3과 같이 전경 영역을 추출한다. 추출된 전경영역에서 영역(rectangle)을 설정하고 영역이 상대적으로 작거나, 갑자기 출현한 객체의 개수가 많거나 할 경우 오류일 가능성이 있으므로 이에 대한 대비를 한다.



(a) 입력 영상 (b) 전경 추출 영상
 (a) Reference image (b) Foreground extraction

그림 3. 전경 영역 추출
 Fig. 3. 전경 영역 추출

객체 추적 방법은 기존 BGS(Background Subtraction) 방법의 경우 흔들림에 취약한 단점이 있다. 이를 보완하기 위하여 HoG Descriptor 방법 및 BWH(Background Weighted Histogram) 방법을 적용하였다. 컬러 히스토그램을 이용한 객체 추적 방법으로 흔들림에 강건하며 색상 및 크기 변화에 강건한 결과를 보인다. 강건한 결과를 위하여 융합된 하이브리드 기법을 최종 적용하였다.

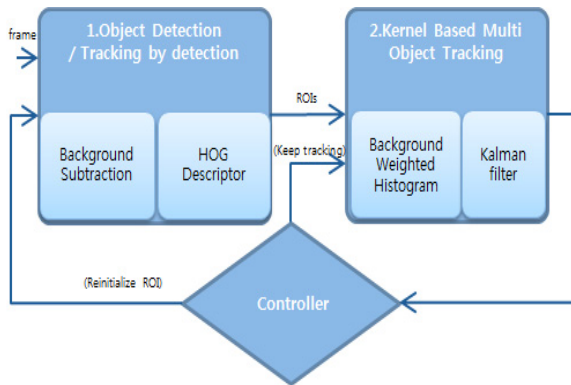


그림 4. 객체 추적을 위한 하이브리드 기법
Fig. 4. Hybrid method for object tracking

3.3. 이벤트 추출 시스템

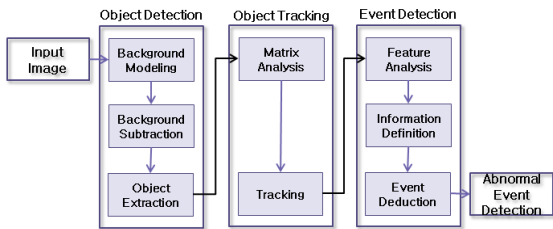


그림 5. 제안하는 비정상 이벤트 검출 알고리즘의 흐름도
Fig. 5. Unusual event detection algorithm block diagram

본 연구에서는 이벤트를 추출하기 위하여 기존의 단순히 패턴을 검출하는 방법에서 벗어나 베이지안 네트워크(Baysian network)를 구성하였다. 베이지안 네트워크는 불확실성에 강인한 확률 모델이며 베이즈 규칙(Bayes rule)을 기반으로 노드(node)로 표현되는 각 변수의 확률적 의존 관계를 통해 관찰정보(evidence)에 대한 각 노드들의 신뢰도를 모델링 할 수 있는 모델이다^[12].

다음으로 PETS 데이터를 활용하여 이상 물체를 검출하는 이벤트를 설정하였다. 대표적으로 활용되

는 PETS 2006 데이터를 활용하였으며 비정상적으로 폭발물과 같은 물체를 남겨놓는 상황을 설정하였다.

본 논문에 활용된 데이터의 해상도는 360 x 288 이고, 초당 25프레임이다. 참 영상으로는 이벤트의 경고 시간을 제공한다. CAVIAR 데이터는 가방을 놓고 나가는 데이터를 활용하였다. 데이터의 해상도는 PAL 표준의 절반인 384 x 288이고, 초당 25 프레임이다.



(a) 객체 검출 (a) Object detection
(b) 객체의 궤적 (b) Trajectory of object

그림 6. 배회 검출 결과
Fig. 6. Loitering detection result

배회의 경우는 영상 내에서 방향성 없이 주변을 돌아다니는 경우 이벤트를 발생하도록 하였으며, 일정 영역에 연속으로 존재하는 경우 배회로 가정하였다. 본 논문의 배회는 시간적 요소 및 영역적 요소를 모두 포함하여 배회라고 판단하고 있으며 영역의 블록화를 통하여 일정 영역에 반복적으로 객체가 존재하면 배회로 가정하였다. 그림 7의 (b)에 그 결과를 보였다.



(a) 보행 객체 데이터 (a) Object tracking data
(b) 도주 행위 검출 영상 (b) Sudden running detection

그림 7. 도주 행위 검출 결과
Fig. 7. Sudden running detection result

도주는 영상 내부 및 외부에서 빠른 속도로 이동하는 경우이며 보행 중 빠른 속도로 이동하는 경우도 도주로 간주하였다. 객체의 평균속도를 검출하여 현재 속도 변화를 이용하여 도주를 검출하였으며 빠른 속도 변화가 있을 경우 경보를 전달한다.

IV. 적용 및 실험

본 연구 결과의 검증을 위하여 사용한 테스트 셋은 그림 8과 같다. 공인 데이터베이스, 자체제작 영상 및 실제 CCTV환경에서의 영상을 사용하였다.



(a) PETS (b) 자체 획득 데이터 (c) 승인초등학교 데이터
 (a) PETS (b) Captured data set1 (c) Captured data set2
 그림 8. 테스트 데이터 셋
 Fig. 8. Tested data sets

이상행위를 검출하여 정확성을 추출해 내기 위하여 영국정부에서 주관 설립한 인증기관인 iLIDS의 방식과 같이 정확도를 검출하였다^[16]. iLIDS의 검출 방식에서는 그림 9와 같이 발생후 5초 이내에 발생한 최초의 이벤트를 유효한 이벤트로 정의하였으며 그 이후 발생하는 알람은 무시되거나 False Positive로 정의하였다^[17]. 따라서 본 연구결과에서 5초 이내 발생한 이벤트를 유효이벤트로 하여 아래 10개 테스트 영상에 대해 결과를 도출하였다.

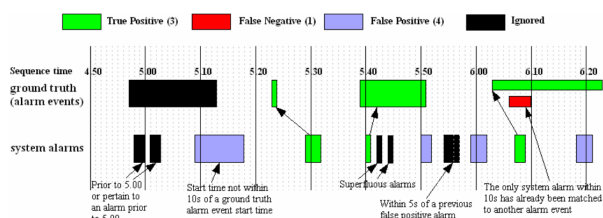


그림 9. iLIDS의 결과 검출 방식
 Fig. 9. Result calculation method of iLIDS

표 1. 배회 및 도주 검출 결과
 Table 1. Result of loitering and sudden running detection

	Data Number	Frame	Ground Truth	Detection Frame	Error Time (sec)
E V E N T	Loitering 1	2585	1240	1244	+0.13
	Loitering 2	2356	1036	1048	+0.40
	Loitering 3	4062	1000	1005	+0.16
	Loitering 4	3137	1355	1352	-0.10
	Loitering 5	1154	730	719	-0.36
D E T E C T	Sudden Running	2585	1500	1511	+0.36

I O N	6				
	Sudden Running 7	2356	1110	1111	+0.03
R E S U L T	Sudden Running 8	1987	1888	1895	+0.23
	Sudden Running 9	2082	1982	1983	+0.03
	Sudden Running 10	3667	2609	2618	+0.30

본 연구의 결과는 표 1에 보였다. 배회, 도주 등의 이상행위를 설정하였으며 이상행위 발생에 대하여 검출 결과를 보였다. 모든 데이터에서 검출을 1초 이내에 진행하였으며 오검출은 존재하지 않았다. 이는 iLIDS의 검출 결과 이벤트 도출 방법에 의하여 100% 검출결과를 보이는 것이다. 검출하고자 하는 이상행위는 설치된 카메라의 위치 목적에 따라 다르다. 또한 공인된 데이터셋이 존재하지 않으므로 유사한 연구결과를 이용하여 비교할 수 있다. 지하철 무임승차와 관련한 연구로서 무임승차 및 진출입 승객감시의 경우 100%의 검출은 보인 사례가 있으며 이는 배회 또는 도주 등의 단순한 이벤트에 대해서는 높은 검출 성능을 보이는 것을 알 수 있다^[18].

V. 결론

본 논문에서는 지능형 감시 시스템을 위한 객체 추출 기술 구현 및 추적 시스템을 구현하였다. 지능형 감시 시스템은 객체 추출, 객체 추적 및 이벤트 검출부로 나뉘며 본 연구에서는 최종적으로 이벤트 검출 결과를 테스트 하였으며 모든 이벤트에서 1초 이내에 검출되는 결과를 보였다.

지능형 감시시스템을 활용하기 위해서는 다양한 환경에서 다양한 이벤트를 적용하여야 한다. 따라서 제한된 이벤트 개수를 환경에 맞는 이벤트로 확장하여야 하며 향후 행동인식 알고리즘을 포함하여 이상행위를 인지하는 연구가 추가되어야 한다.

References

[1] Ministry of Police, *The police white paper*, pp. 353, Sep., 2010.
 [2] W. J. Kim, "CCTV market flow and estimation," EIC, Jul. 2011.

- [3] C. Y. Jung and J. W. Han, "Intelligent image analysis event detection technology trend," *Electron. Telecommun. Trends*, vol. 27, no. 4, pp. 114-122, Aug. 2012.
- [4] M. Cetin, W. C. Karl, and A. S. Willsky, "Edge-preserving image reconstruction for coherent imaging applications," in *Proc. 2002 Int. Conf. Image Process.*, vol. 2, pp. 481-484, Rochester, U.S.A., Sep. 2002.
- [5] Z. Lin, "Using dynamic wavelets to reduce the ringing artifacts in NMR images," *Pattern Recognition and Artificial Intell.*, vol. 12, no. 3, pp. 320-324, May 1999.
- [6] H. Kim, R. Sakamoto, I. Kitahara, T. Toriyama, and K. Kogure, "Robust foreground segmentation from color video sequences using background subtraction with multiple thresholds," *IEIC Tech. Report*, vol. 106, no. 376, pp. 135-140, Nov. 2006.
- [7] A. Bissacco, P. Saisan, and S. Soatto, "Gait recognition using dynamic affine invariants," in *Proc. Int. Symp. Math. Theory Networks Syst. (MTNS'04)*, Leuven, Belgium, July 2004.
- [8] S. Lee, 400 CCTV installed in An-san U-city in 2nd stage, Retrieved Nov, 11, 2012, from <http://cctvnews.co.kr/>.
- [9] ITX, Retrieved June, 30, 2013, from <http://www.itxsecurity.co.kr/>.
- [10] IBM, Retrieved June, 30, 2013, from <http://www-935.ibm.com/services/us/iss/html/security-solutions-for-a-smarter-planet.html>
- [11] AXIS Communications, Retrieved June, 30, 2013, from <http://www.axis.com/>
- [12] E. Auvinet, E. Grossmann, C. Rougier, M. Dahmane, and J. Meunier, "Left-luggage detection using homographies and simple heuristics," in *Proc. IEEE Int. Workshop Performance Evaluation Tracking Surveillance (PETS)*, pp. 51-58, New York, U.S.A., June 2006.
- [13] Newsis, *CCTV 300million era*, Retrieved Oct., 2011, from <http://www.newsis.com>.
- [14] YTN, *Lack of CCTV Agents*, Retrieved Sep., 2011, from <http://www.ytn.co.kr>.
- [15] S. Fleck and W. Straber, "Privacy sensitive surveillance for assisted living a smart camera approach," *Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments*, Springer, pp 985-1014, 2010.
- [16] British Home Office, *Imagery Library for Intelligent Detection Systems*, Retrieved June, 30th, 2012, from <https://www.gov.uk/imagery-library-for-intelligent-detection-systems#event-detection-scenario>.
- [17] Center for the protection of national infrastructure (CPNI), *The i-LIDS User Guide*, British Home Office, 2011.
- [18] J. H. Jeon, T. K. An, H. M. Kim, K. Y. Park, and G. M. Park, "A field test and analysis for intelligent urban transit surveillance system," in *Proc. KICS Summer Conf. 2011*, pp. 624-625, Jeju Island, Korea, June 2011.

장 태 우 (Tae-woo Jang)



1998년 2월 연세대학교 공학
대학원 전자계산학 석사
2003년~현재 숭실대학교 대학
원 IT정책경영학과 박사과정
2006년~현재 경찰청 정보통신
관리관실 정보통신2과장
<관심분야> 지능형영상분석,
모바일시스템, 보안컨설팅 등

신 용 태 (Yong-tae Shin)



1985년 2월 한양대학교 산업
공학과 학사
1990년 Univ. of Iowa 컴퓨
터학과 석사
1994년 Univ. of Iowa 컴퓨
터학과 박사
1994년~1995년 Michigan
State Univ. 전산학과 객원교수
1995년 3월~현재 숭실대학교 컴퓨터학부 교수
<관심분야> 멀티캐스트, 그룹통신, 인터넷 보안, 이
동 인터넷 통신

김 종 배 (Jong-bae Kim)



2002년 8월 송실대 대학원 석사

2006년 8월 송실대 대학원 박사

2001년~2012년 (주)이엔터프라이즈 대표이사

2004년~2006년 남서울대학

교 컴퓨터학과 겸임교수

2006년~2012년 서울여대 컴퓨터학부 겸임교수

2009년~2011년 (사)해킹보안협회 학술연구위원장

2012년~현재 송실대 소프트웨어특성화대학원 교수

<관심분야> 소프트웨어 개발 방법론, 정보보호, 오픈소스소프트웨어