
서베일런스에서 고속 푸리에 변환을 이용한 실시간 특징점 검출

강성관*, 박양재**, 정경용***, 임기욱****, 이정현*****

Real-Time Landmark Detection using Fast Fourier Transform in Surveillance

Sung-Kwan Kang*, Yang-Jae Park**, Kyung-Yong Chung***,
Kee-Wook Rim****, Jung-Hyun Lee*****

요약 본 논문에서는 보다 정확한 물체 인식을 위하여 물체의 특징점 검출 시스템을 제안한다. 물체의 특징점 검출 시스템은 학습 단계와 검출 단계로 구분된다. 학습 단계에서는 각 특징점의 탐색영역을 설정하기 위한 관심영역 모델과 탐색영역에서 특징점을 검출하기 위한 각 특징점별 검출기를 생성한다. 검출 단계에서는 학습 단계에서 생성했던 관심영역모델을 이용하여 입력 영상에서 각각의 특징점의 탐색영역을 설정한다. 시스템에서 검출하고자 하는 특징점 검출 방법은 고속 푸리에 변환을 이용하기 때문에 검출 속도가 빠르며 물체의 추적 시 실패하는 확률이 낮아진다. 제안하는 방법을 개발하여 실험 영상에 적용한 결과 추적하고자 하는 물체가 불규칙적인 속도로 움직일 때에도 안정적으로 추적함을 알 수 있었다. 실험 결과는 기존의 방법들에서 사용되었던 다양한 데이터 집합에 적용하였을 때 우수한 성능을 보여준다.

주제어 : 침입 탐지, 특징점 검출, 고속 푸리에 변환, 물체 추적, 서베일런스

Abstract In this paper, we propose a landmark-detection system of object for more accurate object recognition. The landmark-detection system of object becomes divided into a learning stage and a detection stage. A learning stage is created an interest-region model to set up a search region of each landmark as pre-information necessary for a detection stage and is created a detector by each landmark to detect a landmark in a search region. A detection stage sets up a search region of each landmark in an input image with an interest-region model created in the learning stage. The proposed system uses Fast Fourier Transform to detect landmark, because the landmark-detection is fast. In addition, the system fails to track objects less likely. After we developed the proposed method was applied to environment video. As a result, the system that you want to track objects moving at an irregular rate, even if it was found that stable tracking. The experimental results show that the proposed approach can achieve superior performance using various data sets to previously methods.

Key Words : Intrusion Detection, Landmark Detection, Fast Fourier Transform, Object Tracking, Surveillance

1. 서론

오늘날의 각종 비디오 영상 및 CCTV 영상을 이용한

서베일런스의 실시간 침입탐지 및 추적하는 기술에 대한 필요성이 증가하고 있다. 특히, 융합보안 분야에서 IT용

본 논문은 지식경제부 지역혁신센터사업인 산업기술보호특화센터 지원으로 수행되었음.

*인하대학교 컴퓨터정보공학부 박사과정

**가천대학교 컴퓨터공학과 교수(교신저자)

***상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수

****선문대학교 컴퓨터정보공학부 교수

*****인하대학교 컴퓨터정보공학과 교수

논문접수: 2012년 7월 1일, 1차 수정을 거쳐, 심사완료: 2012년 8월 20일

합기술을 이용한 물체의 검출 및 추적에 관한 연구가 구체적으로 진행되고 있다. IT융합기술의 발달은 고수준 정보화의 초석이 되고 있으며 이러한 기반 위에 컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어의 양적, 질적 향상이 매우 급속도로 이루어지고 있다[1]. 과거에 문자와 단순 하드웨어 기반 사용자 인터페이스가 현재는 실시간 음성 출력을 더한 화려한 3차원 그래픽의 수준까지 이르렀다. 그러나 인간-컴퓨터 상호 작용은 키보드나 마우스 같이 단순하고 정적인 형태에서 정체된 상태이며 진보된 인터페이스에 적용하기에는 많은 제약을 가지고 있다. 따라서 좀 더 인간과 친숙하면서도 기존의 인터페이스와는 구분되는 혁신적인 인터페이스가 요구된다. 진보적인 형태의 인터페이스로서 인간과 가장 친숙한 인터페이스로서 부각될 수 있는 것은 인간과 유사한 형태일 것이며 특히 인체는 친숙도가 매우 높다. 결과적으로 사람의 동작에서 나타나는 정보의 인식을 통해 표현되는 이동형 가상 인터페이스는 컴퓨터-인간 상호작용에 있어서 진보적인 역할을 할 것이다[2].

서베일런스 침입탐지 시스템에서 입력 영상의 특징점이나 특정 영역을 실시간으로 추적하기 위한 기술에는 다양한 방법론이 있다[3][4][6]. 그러나 기존의 연구에서 제안되고 있는 특징점 추적 및 특정 영역 추적 기술은 빠른 시간 안에 특징점을 추적하기에는 부족한 면이 없지 않다[5]. 본 논문에서는 고속 푸리에 변환을 이용한 실시간 추적 방법에 대해 기술한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 물체 검출 및 추적 기술과 문제점에 대해서 기술한다. 3장에서 제안하는 서베일런스에서 고속 푸리에 변환을 이용한 실시간 물체의 특징점 검출에 대해서 기술한다. 4장에서 실험 결과를 기술하고, 5장에서 결론 및 향후 연구에 대하여 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 기존의 실시간 물체의 특징점 검출 기술

서베일런스에서 물체를 추적하는 기술은 기존의 여러 방법으로 연구되어 왔다. 첫 번째로, 광류 기반 방법은 세밀한 광 강도를 가진 두 개의 연속된 영상의 변화를 연속적 흐름으로 나타내는 것으로서 이러한 변화를 광류라고 한다. 광 강도의 값이 시공간적인 패턴으로부터 표면 점

의 3차원 속도의 화상 표면상의 투영인 2차원 운동 상의 근사치를 계산하는 것이다. 이러한 광류를 계산하는 방법은 대부분 광 강도의 미분을 기반으로 하며 다양한 알고리즘이 존재한다[2]. 그러나 이 방법에서는 속도 벡터를 완전하게 명시할 수 없다는 것과 실제 환경, 즉, 영상 간격이 일정 하지 않거나 영상에 잡음이 포함된 경우, 물체의 형태가 변할 경우 좋지 않은 결과를 보인다[3].

두 번째로 능동 윤곽선을 사용한 방법이다. 이는 Kass[4]에 의해 제안된 방법으로서 사용자가 초기 윤곽선을 물체에 가깝게 위치시켜야 하는 단점으로 인해 움직이는 물체에 적용하기 위해서는 초기 윤곽선을 자동으로 물체에 가깝게 위치시킬 수 있는 방법이 필요하다.

세 번째로 차영상을 이용하는 방법으로서 2장 이상의 연속되는 프레임간의 차를 구함으로써 움직임을 추정한다. 카메라는 고정되어 있어야 하며 조명은 일정해야 한다는 환경적인 조건이 있다[5].

마지막으로 블록 정합 방법은 현재 영상에서의 목적 블록과 이전 영상에서의 탐색 윈도우 내에서의 유사성에 기반 한 방법이며 크게 결정 함수 부분과 탐색 알고리즘 부분으로 분리된다. 결정 함수는 블록의 유사성을 결정하는 함수로서 Mean Absolute Difference(MAD), Mean Square Error(MSE) 등이 사용된다[6]. 블록 탐색 알고리즘에는 Coarsely Quantization, 2단계 계층적 탐색, 2차원 로그 탐색, 3 단계 탐색, 직교 탐색, 교차 탐색 등이 있다 [7].

2.2 기존 연구의 문제점

컴퓨터 비전 분야에서 객체 인식의 가장 큰 어려움은 객체의 공통적인 특징을 공식화된 수식에 의하여 특징 벡터로 추출하는 것이다.

특징점의 위치를 검출하는 방법은 텍스처 기반 방법과 모양 기반 방법으로 나눌 수 있다[8]. 텍스처 기반 방법은 주어진 특징점 주변의 지역적인 텍스처를 모델링한다. 예를 들면, 물체 양끝 주변의 작은 영역에 픽셀값을 벡터화하는 것이다[9]. 모양 기반 방법은 물체의 특징점을 원래의 물체 모양으로 간주하고 새로운 물체를 위한 적당한 모양을 찾는다[10]. 텍스처 기반 방법은 신경망 기반의 네트워크에서 물체 특징점 검출, 베이지안과 Gentleboost 방법을 이용한 방법, 계층적 가보 웨이블릿 네트워크를 이용한 두 단계 특징점 검출 방법이 있다 [11]. 모양 기반 방법에는 통계적인 방법을 이용한 ASM

방법, 베이지안 방법을 이용해 물체 형태를 추론한 혼합 모델 방법이 있다[12]. 텍스처와 ASM 방법을 조합한 AAM 방법과 가보제트 검출기와 그래프 구조를 이용해 물체 특징의 분포를 모델링한 EBGM 방법, EBGM 기반으로 유전자 알고리즘을 적용한 방법, ASM 기반 방법으로 특징점과 비 특징점 패턴을 이용한 방법이 있다[13].

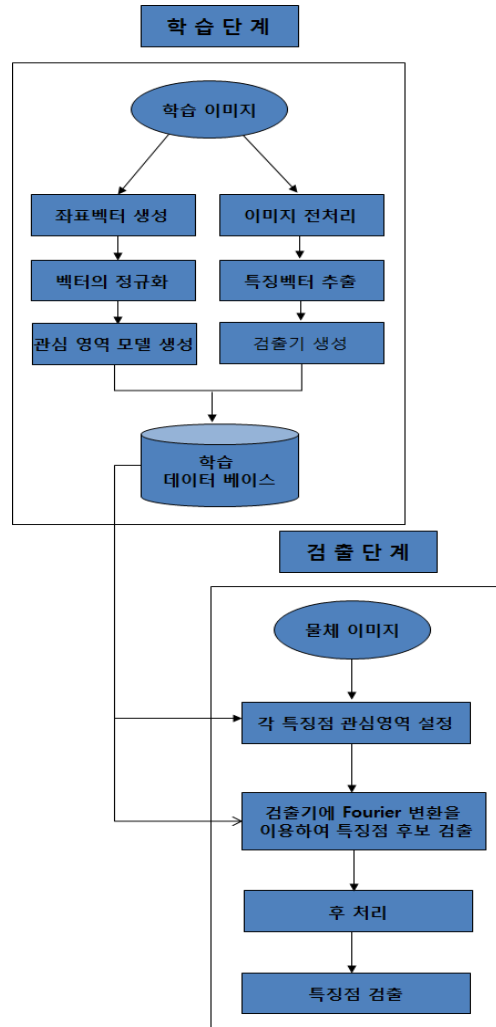
기존의 방법에서 사용하는 단순한 결정 함수를 이용할 경우 잡음 영상이 포함되어 영상의 구별성이 뚜렷하지 않은 대상에 대해서는 물체의 추적 결과가 좋지 않은 경우가 많이 발생한다. 유사한 특징이 많은 영상 내에서는 특징점 검출에 실패할 확률이 높다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 극복하기 위해 물체의 특징점 검출을 위하여 고속 푸리에 변환을 적용하여 사용한다. 이는 서베일런스 침입탐지 시스템에서 5개 이내의 특징점을 실시간으로 추적할 때 물체 추적의 정확도를 높일 수 있다.

3. 고속 푸리에 변환을 이용한 실시간 물체의 특징점 검출

3.1 시스템의 구조도

본 논문에서는 서베일런스에서 고속 푸리에 변환을 이용한 실시간 물체의 특징점 검출을 제안한다. [그림 1]은 제안하는 물체의 실시간 특징점 검출의 흐름도를 나타낸다. 제안하는 특징점 검출 시스템은 크게 학습 단계와 검출 단계로 구성된다. 학습 단계에서는 각 특징점의 탐색 영역을 설정하기 위한 관심 영역 모델과 탐색 영역에서 특징점을 검출하기 위한 각 특징점별 검출기를 생성한다. 검출 단계에서는 학습 단계에서 생성했던 관심 영역 모델을 이용해서 입력 영상에서 각각의 특징점의 탐색 영역을 설정하고, 시스템에서 검출하고자 하는 특징점은 θ 으로 구성된 입력 데이터에 대하여 고속 푸리에 변환을 이용하여 특징점을 검출한다.

따라서 다양하게 변화하는 서베일런스 환경에 대하여 물체의 특징점 검출 및 추적의 정확성 측면에서 기존의 방법보다 우수한 성능을 보인다.



[그림 1] 제안하는 물체의 특징점 검출 흐름도

3.2 고속 푸리에 변환에 의한 특징점 검출

푸리에 변환은 임의의 신호에 포함되어 있는 주파수 성분을 분석하는 도구이며 영상 처리 뿐만 아니라 신호 분석이나 음성 처리에서도 적용되는 기법이다. 푸리에 변환은 다음과 같이 정의된다.

$$F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-j2\pi ux} dx \tag{1}$$

1차원 푸리에 변환과 유사하게 푸리에 스펙트럼 $|F(u,v)|$ 는 식(2)와 같이 나타낼 수 있다. 푸리에 변환 함수의 위상각을 나타내는 $\phi(u,v)$ 그리고 $|F(u,v)|$ 를 제

곱한 값인 파워 스펙트럼 $P(u,v)$ 는 식(3)과 식(4)와 같이 정의될 수 있다.

$$|F(u,v)| = \sqrt{R^2(u,v) + I^2(u,v)} \quad (2)$$

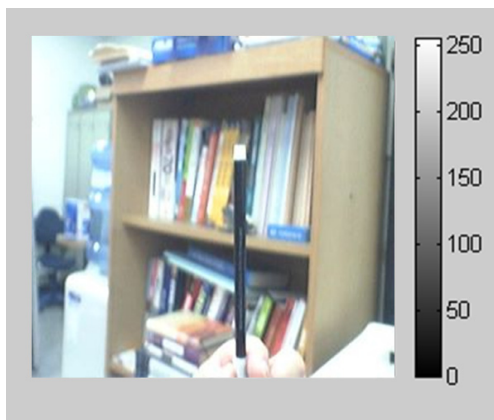
$$\phi(u,v) = \tan^{-1} \frac{I(u,v)}{R(u,v)} \quad (3)$$

$$P(u,v) = |F(u,v)|^2 = R^2(u,v) + I^2(u,v) \quad (4)$$

식(2) 식(3), 식(4)에서 $R(u,v)$ 와 $I(u,v)$ 는 $|F(u,v)|$ 의 실수부와 허수부를 나타낸다. 2 차원 푸리에 변환은 실행 시간이 N^2 이므로 이를 빠르게 수행하는 고속 푸리에 변환을 이용하면 실행 시간은 $M \log_2 N$ 이 된다. 영상의 크기는 항상 2의 승으로 고정되어야 한다. 2^N 의 크기를 가지지 않는 영상에 대해서 크기를 자동적으로 확장하는 방법이 있다.

3.3 푸리에 변환을 통한 특징 영역

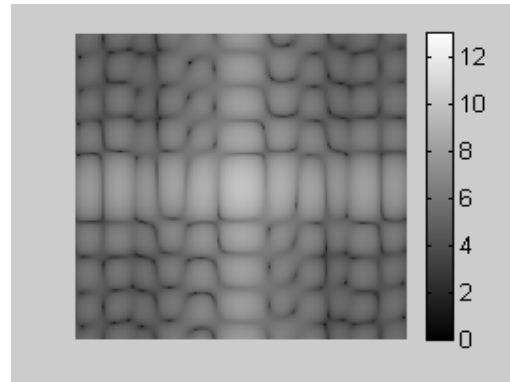
실시간으로 특징점이나 특징 영역을 추적하기 위해서는 주변 영역과의 구별성이 있어야 한다. 이는 특징점 추적 기법에서 중요한 속성으로 간주되는 것이다. 본 논문에서는 이러한 특징 영역의 유일성을 실험을 통해 확인한다. [그림 2]는 256 단계의 흑백 영상으로서 320x240 영상을 256x256 으로 크기를 재조정된 것이다.



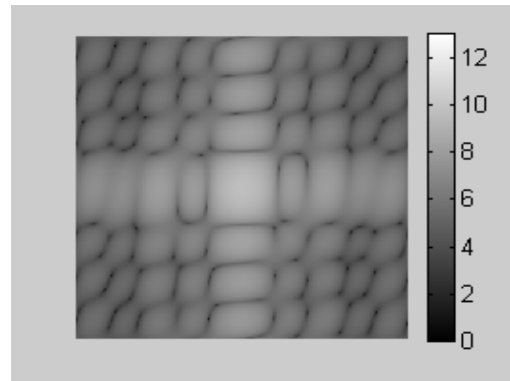
[그림 2] 실험에 사용된 영상

특징 영역은 컴퓨터 마우스를 이용하여 16x16 영역을 지정하고 오른쪽으로부터 약 4픽셀 정도 위치한 16x16

크기의 영역을 지정한다. 그 후에 [그림 3]과 같이 특징 영역의 푸리에 변환을 수행한다. [그림 4]는 선택된 특징 영역의 주변 영역에 대한 푸리에 변환을 수행한 스펙트럼 영상을 보여준다.



[그림 3] 특징 영역에 대한 푸리에 변환



[그림 4] 특징 영역으로부터 오른쪽으로 약 4픽셀 떨어진 곳에 대한 푸리에 변환

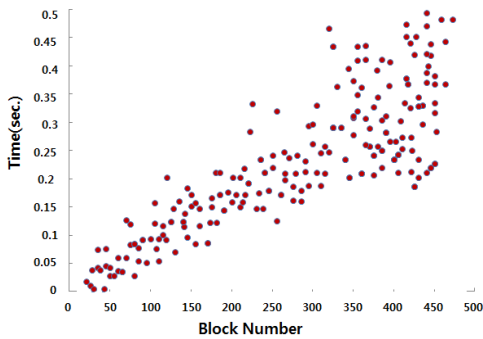
[그림 3]과 [그림 4]에서 나타난 것과 같이 변환 결과 스펙트럼의 형태가 다르게 나타남을 알 수 있다. 서베일런스 침입탐지 플랫폼에 제안하는 방법을 이용하면 특징 영역의 분석은 효율적이다.

4. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 방법을 이용한 특징점 검출 성능을 비교한 실험 결과를 기술한다. 실험은 MS Visual Studio 2010을 사용하여 제안한 방법론을 구현하여 진행한다. 실험 영상은 640x480 해상도를 가지는 256 단계의

흑백 영상으로서 초당 20-30 프레임 비율로 실험 영상을 입력받는다. 특징점 검출 기법에서 푸리에 변환이 실시간으로 수행되기 위해서는 최소한 요구되는 특징점을 모두 추적하면서도 0.5초 안에 결과가 나와야 한다. 제안한 방법이 이러한 조건을 만족하는가에 대한 실험은 C++ 프로그램을 사용하여 구현한다.

영상에서의 픽셀은 하나의 값으로 표현되므로 이를 2차원 벡터로 해석가능하다. 그렇다면 영상에서의 16x16 영역(블록)은 단순히 $16 \times 16 = 256$ 크기를 가진 1차원 배열에 그 값을 할당함으로써 표현될 수 있다. 이렇게 표현된 블록에 대해 푸리에 변환을 수행하여 얻은 시간을 T 라고 할 때 N개의 블록을 비교하기 위한 수행시간은 TN 이 된다. 실험에서는 이러한 개념을 통해 수행 시간을 분석한다.



[그림 5] 비교 블록 개수와 푸리에 변환 시간 관계

[그림 5]에서 X축은 비교 블록의 개수를, Y축은 비교 블록에 대한 시간을 나타내고 있다. 일반적으로 탐색 영역은 12×12 으로 이루어지므로 비교 블록 횟수는 144번이라고 할 수 있으며 이 때 시간은 0.2초가량 소요된다. 이는 과도한 검색의 경우 즉, 최악의 경우일 때의 시간이며 효율적인 블록 탐색 방법을 사용하면 약 0.1초정도 소요될 것이라고 추측한다. 이런 가정에서 서베일런스 침입탐지에서 특징점을 5개 추적한다면 0.5초의 시간이 소요될 것이다.

5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 서베일런스 침입탐지 시스템에서 실시간에 물체의 정확한 특징점 검출을 위하여 관심 영역 모

델과 고속 푸리에 변환을 이용한 물체의 특징점 검출 시스템을 제안하였다. 특징점 검출 시스템은 학습 단계와 검출 단계로 구성되어 있으며, 학습 단계에서는 관심 영역 모델과 베이지안 학습을 통해 검출기를 생성하고, 특징점 검출 단계에서는 학습 단계에서 생성된 관심영역모델을 이용해서 특징점의 탐색영역을 설정하며 고속 푸리에 변환을 이용하여 특징점을 검출하였다. 실험결과 서베일런스 시스템에서 추적하고자 하는 물체에 대해 약 5개 이내의 특징점을 추적할 때 푸리에 변환이 적용될 수 있음을 보였다. 제안된 방법은 서베일런스 침입탐지 플랫폼에서의 객체 지향 기술 및 설계 패턴의 기반 위에 계층적으로 설계되었으므로 향후 침입탐지의 성능 향상에 도움이 된다.

참고 문헌

- [1] 최경호, 강성관, 정경용, 이정현, "의료 정보유출 방지를 위한 네트워크 이중 접근통제 모델 연구", 한국디지털정책학회 디지털정책연구, 제10권, 제6호, pp. 341-347, 2012.
- [2] M.J.T. Reinders, et al., "Locating Facial Features in Image Sequences using Neural Networks", Proc. IEEE Int'l Conf. Face and Gesture Recognition, pp230-235, 1996.
- [3] Danijela Vukadinovic and Maja Pantic "Fully Automatic Facial Feature Point Detection Using Gabor Feature Based Boosted Classifiers", IEEE Conference on System, Man and Cybernetics 2005.
- [4] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snake: active contour models", Proceeding of the First Int. Conf. on Computer Vision, IEEE Comput. Soc. Press, pp. 259-268, 1987.
- [5] R.s. Feris, et al., "Hierarchical Wavelet Networks for Facial Feature Localization", Proc. IEEE Int'l Conf. Face and Gesture Recognition, pp.118-123, 2002.
- [6] T.F. Cootes, C.J.Taylor, D.H. Cooper, and J. Graham "Active Shape Models-Their Training and Application", Computer vision and Image understanding Vol. 61, No.1, pp.38-59, 1995.
- [7] T.F. Cootes, G.J. Edwards and C.J. Taylor "Active Appearance Models", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 23, No.

June 2001.

- [8] L. Wiskott, et al., "Face recognition by elastic bunch graph matching", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, no. 7, pp. 775-779, 1997.
- [9] K. K. Sung and Tomaso Poggio, "Example-Based Learning for View-Based Human Face Detection", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No.1, 1998.
- [10] C. Papageorgiou, T. Poggio, "A Trainable System for Object Detection", International Journal of Computer Vision, Vol. 38. No. 1, pp. 15-33, 2000.
- [11] H. Z. Sun, T. Feng, T. N. Tan, "Robust Extraction of Moving Objects from Image Sequences", Proc. of the Conference on Computer Vision, pp. 961-964, 2008.
- [12] T. Kadir, M. Brady, "Scale, Saliency and Image Description", International Journal of Computer Vision, Vol. 45, No. 2, pp. 83-105, 2001.
- [13] A. Jaimes, N. Sebe, "Multimodal Human Computer Interaction: A Survey", Computer Vision and Image Understanding, Vol. 108, Issue 1-2, pp. 116-134, 2007.

강 성 관



- 2001년 인하대학교 컴퓨터공학부 (학사)
- 2005년 인하대학교 정보통신공학과 (석사)
- 2006년~현재 인하대학교 컴퓨터정보공학부(박사과정)
- 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전,

HCI

· E-mail : kskk1111@empas.com

박 양 재



- 1983년 인하대학교 전자공학과(학사)
- 1990년 인하대학교 정보공학과(석사)
- 2003년 인하대학교 전자계산공학과 (박사)
- 1993년~현재 가천대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : 이동 컴퓨팅, U-헬스케어,

HCI, 컴퓨터비전

· E-mail : parkyj@gachon.ac.kr

정 경 용



- 2000년 인하대학교 전자계산공학과 (학사)
- 2002년 인하대학교 컴퓨터정보공학과(석사)
- 2005년 인하대학교 컴퓨터정보공학과(박사)
- 2006년~현재 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수

· 관심분야 : 지능시스템, 데이터마이닝, 서베일런스, HCI

· E-mail : dragonhci@hanmail.net

임 기 옥



- 1977년 인하대학교 전자공학과(학사)
- 1987년 한양대학교 전자계산학(석사)
- 1994년 인하대학교 전자계산학(박사)
- 1977년~1983년 한국전자기술연구소 선임연구원
- 1983년~1988년 한국전자통신연구소(ETRI) 연구실장
- 1989년~1996년 한국전자통신연구소

시스템연구부장

· 2001년~2003년 한국전자통신연구원 연구소장

· 2000년~현재 선문대학교 컴퓨터정보학부 교수

· 관심분야 : 실시간데이터베이스시스템, 운영체제

· E-mail : rim@sunmoon.ac.kr

이 정 현



- 1977년 인하대학교 전자공학과(학사)
- 1980년 인하대학교 전자공학과(석사)
- 1988년 인하대학교 전자공학과(박사)
- 1979년~1981년 한국전자기술연구소 시스템 연구원
- 1984년~1989년 경기대학교 전자계산학과 교수
- 1989년~현재 인하대학교 컴퓨터공

학부 교수

· 관심분야 : IT융합기술, 서베일런스, HCI,

· E-mail : jhlee@inha.ac.kr