

Input Device of Non-Touch Screen Using Vision

서 효 동* · 주 영 훈†
(Hyo Dong Seo · Young Hoon Joo)

Abstract - This paper deals with an input device without the touch. The existing touch screens have some problems such as the week durability by frequent contact and the high cost by complex hardware configuration. In this paper, a non-touch input device is proposed to overcome these problems. The proposed method uses a skin color generated by the HCBcR color model and a hand region obtained by the labeling technique. In Addition, the skeleton model is employed to improve the recognition performance of the hand motion. Finally, the experiment results show the applicability of the proposed method.

Key Words : Non-touch screen, HCI, MMI, Hand skeleton, Input device

1. 서 론

현대 사회에서 컴퓨터 정보기술의 발전으로 정보기기 사용이 보편화됨에 따라 사용기와 인간 사이에, 자연스러운 상호작용(HCI : Human-Computer Interaction)의 중요성이 증가하고 있다[1-3]. 이에 따라 정보기기는 Text 위주의 인터페이스에서, 인간의 다양한 제스처 등을 사용하고 사용자 경험(UX : User Experience)을 중요시 하는 MMI (Multimodal Interface) 방식으로 발전하고 있다[4-7]. 그 중에서도 터치스크린은 사용자 경험을 고려하는 대표적인 장치로서 스마트폰, 태블릿PC, 게임 등에 많이 이용되고 있다 [8,9]. 이러한 방식은 직관적인 도구인 손을 이용하여 직접 정보를 입력하기 때문에 별도의 입력 장치가 필요하지 않고 사용자 훈련 여부와 관계없이 사용할 수 있다는 장점이 있다. 기존의 터치스크린은 구원원리와 동작 방법에 따라 저항막(감압) 방식, 정전용량 방식, 적외선 방식, 초음파 방식 등의 다양한 방식으로 구분된다. 저항막 방식은 손가락 뿐만 아니라 스타일러스 펜, 손에 짤 수 있는 거의 모든 것을 이용해 화면을 터치할 수 있다. 그러나 화면 선명도가 떨어지고 충격에 약하다는 단점이 있다. 정전용량 방식은 화면을 살짝 스치듯 만져도 터치 입력이 가능하며 화질 저하도 없다. 하지만 손가락처럼 전자를 유도하는 물질이 아닐 경우 터치 입력이 불가능하고 작은 손상에도 터치스크린이 오작동할 가능성이 높다. 그 밖에도 적외선 방식, 초음파 방식

등은 고비용 및 내구성의 문제로 많이 쓰이지는 않는다. 이러한 기존 문제점 외에도 대형화 되어가는 터치스크린이나 높은 곳에 위치한 스크린은 손이 닿지 않는 사각지역이 발생하여 터치 입력의 어려움이 있다[10]. 이를 극복하기 위해서 비전 기반의 손 동작 인식을 이용한 시스템 개발이 필요하다[11]. 손 동작 인식은 글러브 데이터를 이용하는 방법과, 비전을 이용하는 방법으로 구분할 수 있다. 글러브 데이터를 사용하는 방법은 손의 각 부위에 광센서 또는 굴절계측기를 장착한 장갑의 출력 값을 이용하는 기기 기반의 측정 방식으로 손동작에 대한 정확한 위치를 얻을 수 있다. 하지만 고가의 센서와 사람과 센서간의 연결선이 필요하기 때문에 사용이 불편하고 손동작의 행동 반경이 제한되는 단점이 있다. 비전을 이용하는 방법은 별도의 기계적인 장치를 직접 사용하지 않고, 카메라를 이용한다. 하지만 조도의 변화에 민감하며 다양한 환경에서의 손 형상만을 추출하여 인식하기 어렵다. 다양한 환경에서의 손 영역을 추출하기 위한 알고리즘이 필요하며 실시간에서의 응용을 위한 빠른 검출 속도를 필요로 한다. 본 논문에서는 손 동작 인식에 대한 기존연구의 문제점을 개선하여 비전 방식의 비접촉 스크린 입력장치를 제안한다. 빠른 손 영역을 추출하고 스켈레톤 모델을 생성 후, 입력 장치로 인식시키기 위해 다음과 같은 처리 과정을 거친다. 조도 변화에 민감한 2차원 이미지를 HCBcR 컬러 모델을 이용하여 피부를 검출하고 레이블링 기법을 이용해 손을 추출한다. 손 무게 중심과 손 끝점을 생성하고 이를 이용하여 스켈레톤 모델을 생성한다. 손가락의 구부러진 각도를 계산하여 클릭 동작을 인식하고 각 손가락에 이벤트를 부여하여 터치 동작을 수행하는 입력장치로 인식시킨다. 비전을 이용한 비접촉 스크린 입력장치는, 스크린에 손의 직접적인 터치가 없이 터치 하는 동작만으로 원거리 제어가 가능함을 목표로 한다.

* 준 회원 : 군산대학교 제어로봇공학과 석사과정
† 교신저자, 시니어회원 : 군산대학교 제어로봇공학과 교수
E-mail : yhjoo@kunsan.ac.kr
접수일자 : 2011년 7월 8일
최종완료 : 2011년 9월 15일

2. 비접촉 스크린 입력장치 시스템 개요

본 논문에서는 별도의 하드웨어 조작없이 사용자의 손을 이용한 비전방식의 비접촉 스크린 입력 장치를 제안한다. 제안하는 시스템의 구성은 그림 1과 같다.

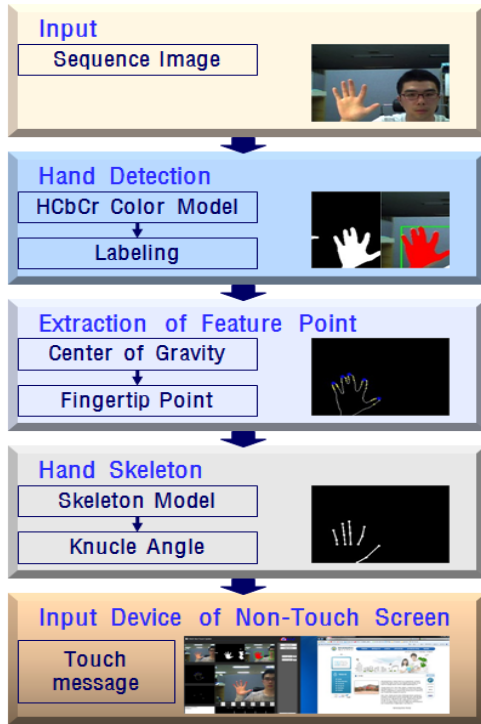


그림 1 비접촉 스크린 입력장치 시스템
Fig. 1 Input device of non-touch screen system

웹 카메라로부터 입력받은 RGB 색상정보는, 조도의 변화에 강인한 HCbCr 컬러 모델로 변환하여 피부 영역을 추출한다. 피부 이외의 잡음들을 제거하기 위해 모폴로지 필터링을 수행한다. 손 영역을 추출하기 위해서 레이블링 기법으로 객체를 생성 한 후, 일정 크기 이 객체는 필터링을 거쳐 최종적인 손 영역을 추출한다. 손 영역의 특징점은 무게 중심법과 굴곡 기법을 이용하여 추출한다. 각 특징점들을 이용하여 손 스켈레톤 모델을 생성하고 손가락의 구부러진 각도를 이용하여 터치 이벤트를 부여한다.

3. 손 영역 추출 및 손 동작 인식

3.1 HCbCr 컬러 모델 생성

손 후보 영역을 추출하기 위한 첫 번째 작업은 피부 영역을 추출하는 것이다. 전체 컬러 공간에서의 피부는 매우 적은 영역만을 차지하고 있다. 피부색만의 분포를 적절한 모델로 근사화 하여 배경색과 피부색의 구분이 가능하다. 본 논문에서는 HSI 및 YCbCr 컬러 모델 중에서, 조도 변화에 강인한 색상 정보인 H값, Cb값 및 Cr값만을 추출하여 새로운 HCbCr 컬러 모델을 생성한다. HCbCr 컬러 모델을 구하는 방법은 식(1)와 같다.

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2} [(R-G) + (R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right] \quad (1)$$

$$Cb = -0.16874R - 0.33126G + 0.50000B$$

$$Cr = 0.50000R - 0.41869G - 0.08131B$$

3.2 레이블링

손 후보 영역에서 최종적인 손 영역을 추출하기 위해서 레이블링을 이용한다. 레이블링 기법은 이진영상에서 수행되는 영역 구분 방법이다. 그림 2의 (a)에서는 이진영상 내에서 이웃 화소로 뭉쳐있는 영역을 검출하고 (b)에서 모든 픽셀에 고유한 번호를 붙여 하나의 객체라고 규정한다. 한 화소가 다른 화소들에 연결되어 있는지를 알기 위하여 8-이웃화소를 통해 손 후보 영역을 레이블링 한다.

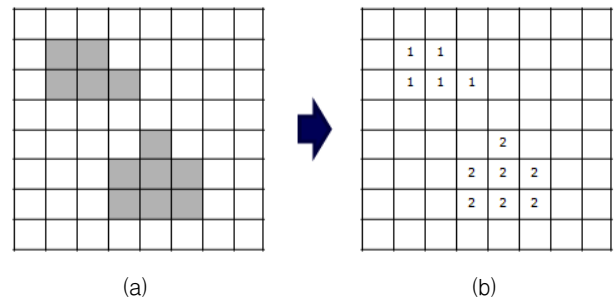


그림 2 레이블링
Fig. 2 Labeling

레이블링 된 영상에서 손 영역 크기 이하의 레이블은 식 (2)에 의해 잡음으로 판단하여 제거한다.

$$f(x) = \begin{cases} 255, & \text{labelsize} \geq \text{threshold} \\ 0, & \text{other} \end{cases} \quad (2)$$

3.3 손 영역 특징점 추출

추출된 손 영역에서 스켈레톤을 생성하기 위해서는 손 끝 특징점 및 무게 중심이 필요하다. 다섯 손가락의 손 끝 추출 방법은 손 영역의 외곽선 정보를 검출하고 외곽선을 따라 일정 거리 이상의 점 내적을 취한다. 그림 3과 같이 손 외곽선 점들의 i 번째 점을 p_i 로 정의하고, p_i 점의 k 만큼의 변위를 가지는 두 점 (p_{i+k}, p_{i-k}) 과 각각 잇는다.

$$\theta_i(p_i) = \frac{\overrightarrow{p_i p_{i-k}} \cdot \overrightarrow{p_i p_{i+k}}}{\|p_i p_{i-k}\| \|p_i p_{i+k}\|} \quad (3)$$

이은 두 벡터들의 사이각을 식 (3)을 통해 구할 수 있다. 여기서, k 는 5에서 25 사이의 모든 정수값을 포함한다. 따라서 벡터 $p_i p_{i+k}$ 와 벡터 $p_i p_{i-k}$ 의 사이각이 일정 문턱 값 이하면 점 p_i 는 손가락 끝의 후보점으로 결정된다.

손 영역의 무게중심은, 식 (4)와 식 (5)를 이용하여 손 면적과 1차 모멘트를 구하고, 1차 모멘트를 이용하여 식 (6)으로 중심점을 구한다.

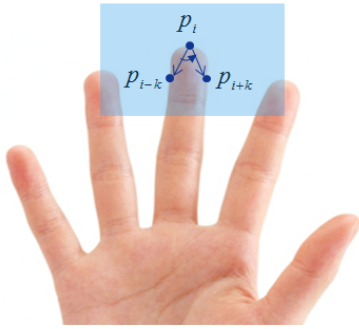


그림 3 손 끝점 추출
Fig. 3 Extraction of fingertip point

$$M_{00} = \sum_z \sum_y I(x,y) \quad (4)$$

$$M_{10} = \sum_z \sum_y xI(x,y), M_{01} = \sum_z \sum_y yI(x,y) \quad (5)$$

$$x_c = \frac{M_{10}}{M_{00}}, y_c = \frac{M_{01}}{M_{00}} \quad (6)$$

3.4 손 영역 스켈레톤 생성

스켈레톤 모델은 손가락 움직임의 중요한 관절 위치만으로 표현한 특징 벡터 방식이다. 인간의 손 DB를 이용하여 손의 구조적 비례 정보를 구하고, 막대형 특징점 추출 방식인 스켈레톤 모델 형태를 사용한 손 영역 스켈레톤 모델을 생성한다. 막대형 특징점을 추출하기 위하여 앞 절에서 추출한 손 끝 특징점과 손의 무게중심을 이용한다. 그림 4는 특징점과 특징점 사이를 이어 손 영역 스켈레톤 모델을 생성한 모습이다. F_1 부터 F_{16} 까지는 16개의 특징점을 나타내며 각 특징점 간의 거리는 S_1, \dots, S_{15} 로 표현된다.

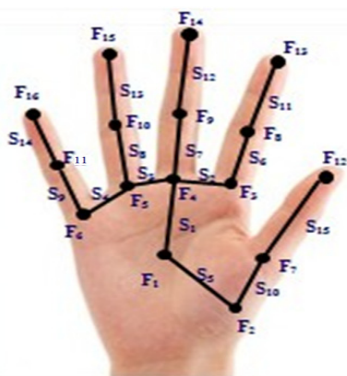


그림 4 손 영역 스켈레톤 모델
Fig. 4 Hand region skeleton model

특징점과 특징점 사이의 거리는 손 비례 정보를 이용하여 계산되며 다음 식 (7)과 같다. 여기서, S_i 는 10명의 DB로부터 손 비례 정보를 이용하여 얻은 대략적인 관절 간의 거리, 즉 특징 점간의 거리이다. h_w 는 손의 면적을 말한다.

$$S_1 = \frac{27}{54}h_w, S_2 = S_3 = S_4 = S_9 = S_{10} = \frac{35}{54}h_w \quad (7)$$

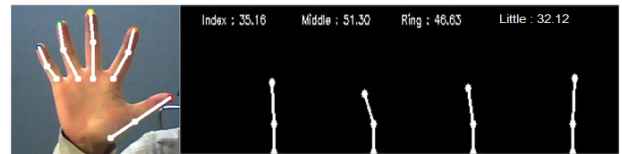
$$S_5 = S_{11} = S_{12} = S_{13} = \frac{33}{54}h_w, S_6 = S_8 = \frac{17}{54}h_w$$

$$S_7 = S_{15} = \frac{20}{54}h_w$$

4. 운영체제와의 연동

4.1 터치 판단 방법

비접촉 스크린에서 손 스켈레톤 모델은 입력장치로써 손가락의 터치 유무를 인식 한다. 터치 판단 방법은 각 손가락에 추출된 3개의 특징점을 이용하여, 코사인 제2법칙으로 손가락의 구부림에 따른 각도를 계산한다. 계산된 각도는 임계값 이상의 각도가 되면 터치로 판단되며 터치되는 좌표는 손 영역의 중심에 해당한다.



(a) 손가락을 폈을 때의 각도



(b) 손가락을 구부렸을 때의 각도

그림 5 손가락의 각도 측정

Fig. 5 Measure the angle of fingers

그림 5는 손 영역 스켈레톤 모델을 적용하고 손가락을 폈을 때와 구부렸을 때의 손가락 각도를 나타내었다. 각도의 차이를 수치를 통해 비교 할 수 있다.

4.2 운영체제와의 연동

비접촉 스크린 입력장치를 운영체제와 연동시키기 위해 윈도우7 멀티터치 플랫폼을 이용한다. 애플리케이션은 가공되지 않은 터치 메시지 WM_TOUCH와 기본적인 제스처 메시지 WM_GESTURE 둘 중 하나만을 받게 된다. 본 논문에서는 새로운 터치명령을 정의하기 때문에 WM_TOUCH 메시지만을 받게 된다. 윈도우의 WndProc 함수에서 WM_TOUCH 메시지를 처리하며 메시지를 받고 나면 해석하고 터치 지점을 풀어낸다. 터치 지점들은 처리해야 할 데이터를 포함한다. 단일 터치 입력 구조체인 TOUCHINPUT은 WinUser.h에 정의 되어 있으며 터치 지점에 대한 필요한 정보 모두가 들어 있다. 기본적으로 터치 지점의 (x, y) 좌표가 있으며 dwFlags에는 터치 지점의 상태를 나타내는 비트 플래그가 포함되어 있다. TOUCHEVENTF_DOWN, TOUCHEVENTF_UP, TOUCHEVENTF_MOVE는 각각 접촉 시작, 접촉 끝, 접촉을 유지하고 위치바꿈을 나타낸다.

터치 동작이 인식되면 윈도우7은 터치 메시지를 애플리케이션으로 전송하고 명령을 수행한다. 각 손가락의 터치 명령은 표 1과 같다.

표 1 손가락의 터치 명령

Table 1 Touch command of the fingers

손가락	터치 명령
엄지	창 전환
검지	기본 클릭
중지	뒤로 가기
약지	스크롤 다운
소지	스크롤 업

5. 실험 및 결과 고찰

본 연구에 사용된 하드웨어 시스템은 IBM 호환 컴퓨터 (CPU : Intel Q6600, RAM : 4GB)이며 1440*900의 해상도를 갖는 모니터 2대가 사용되었다. 입력 영상은 640 × 480의 해상도를 가지는 24bit RGB 영상이고 웹 카메라로 실시간 처리하였다.

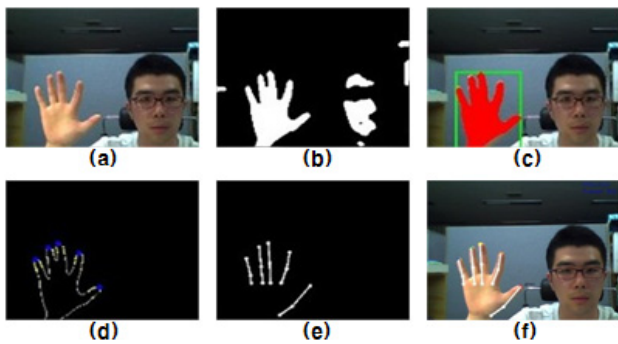


그림 6 (a) 입력 영상 (b) HCBcR 컬러모델 (c) 레이블링 (d) 특징점 (e) 스켈레톤모델 (f) 결과 영상

Fig. 6 (a) Input image (b) HCBcR color model (c) Labeling (d) Feature points (e) Skeleton model (f) Result image

그림 6에서 (a)는 입력 영상이며 이를 바탕으로 (b)와 (c)에서 HCBcR 컬러 모델을 생성하여 피부를 검출하고 레이블링을 적용하여 손을 추출한다. (d)에서는 추출된 손의 특징점을 찾고 (e)에서 스켈레톤을 생성하였다. (f)는 입력 영상에 손 영역의 스켈레톤을 적용한 모습이다.

한편, 표 2는 손과 웹 카메라 간의 거리에 따른 스켈레톤 인식률을 나타내었다. 손 영역 스켈레톤이 생성되는가의 여부를 3단계로 나누어 판단하였으며 스켈레톤이 계속 유지되면 좋음, 10초 이내에 재생성되면 보통, 생성되지 않으면 나쁨으로 판단하였다. 이 실험은 높은 곳에 위치한 스크린이나 대형 스크린에서의 사각지대 터치 유용성을 확인하기 위해 실행하였다.

실험 결과 40cm에서 180cm 사이의 거리에서는 좋은 인식률을 나타내는 것을 알 수 있다.

표 2 손과 카메라의 거리에 따른 인식률

Table 2 Recognition rate the distance of hand and camera

거리(cm)	인식률
40 ~ 60	보통
60 ~ 80	좋음
80 ~ 100	좋음
100 ~ 120	좋음
120 ~ 140	좋음
140 ~ 160	좋음
160 ~ 180	좋음
180 ~	나쁨

다음 그림은 어플리케이션에서의 비접촉 스크린 입력장치를 실행한 결과이다. 손 중심에 터치 포인트가 생성되며 검지, 중지, 약지, 소지에는 각각 기본 터치, 뒤로 가기, 스크롤 다운 및 스크롤 업 등의 동작들이 실행 가능하다.



그림 7 클릭 및 뒤로 가기
Fig. 7 Click and backward

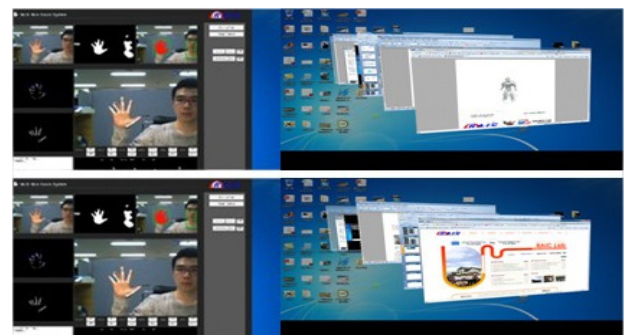


그림 8 창 전환
Fig. 8 Change window

그림 7은 검지 및 중지를 이용하여 클릭과 뒤로가기를 실행한 모습이고, 그림 8은 엄지를 이용하여 창을 전환하는 모습이다.

6. 결 론

기존의 터치스크린이 가지고 있던 문제점인 낮은 내구성과 복잡한 하드웨어 구성으로 인한 비용 상승 등을 해결하기 위해, 본 논문에서는 비전을 이용한 비접촉 스크린 입력

장치를 제안하였다. 별도로 손에 부착하는 마키나 센서 없이 일반 모니터와 웹 카메라만을 사용하며, 입력된 영상에 HCr 컬러 모델을 이용하여 피부를 검출하였다. 레이블링을 이용하여 손 영역만을 추출하고 손 끝 특징점 및 중심점을 이용하여 손 영역 스켈레톤 모델을 생성하였다. 손가락의 구부러진 각도를 이용하여 터치 동작을 인식시키고 각각의 손가락에 이벤트를 부여한다. 제안하는 입력 방법과 윈도우 7 멀티터치 플랫폼을 연동한 실험을 통해, 기본 클릭, 뒤로 가기, 스크롤 다운, 스크롤 업, 창 전환 등 다양한 컴퓨터 어플리케이션의 조작성이 가능함을 보였다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 교육과학기술부 한국연구재단 지역혁신인력양성사업에 의해 지원된 연구로서, 관계 부처에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] R. Cowie, "Emotion Recognition In Human-Computer Interaction," *Signal Processing Magazine, IEEE*, Vol.18 pp. 32-80, January 2001.

[2] T. Huang, and V. Pavloic, "Hand Gesture Modeling, Analysis, and Synthesis," *International Workshop on Automatic Face and Gesture-Recongnition*, pp. 73-79, June 1995.

[3] F. Karray, M. Alemzadeh, J. Saleh, and M. Arab, "Human-Computer Interaction: Overview on State of the Art," *Intl. Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, Vol.1, no.1, pp. 137-159, March 2008.

[4] J. Han, "Low-Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection," *In Proceedings of the 18th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 115-118, 2005.

[5] S. Oviatt, "Advances In Robust Multimodal Interface Design," *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.23 pp. 62-68, September-October 2003.

[6] C. Spence, "Crossmodal Attention and Multisensory Integration: Implications for Multimodal Interface Design," *International Conference on Multimodal Interfaces*, Vol.5, November 2003.

[7] M. Kolsch, R. Bane, T. Hollerer, and M. Turk, "Multimodal Interaction with a Wearable Augmented Reality System," *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.26, no.3 pp. 62-71, May-Jun 2006.

[8] M. Kim, and J. Yoon, "Implementation of Mobile Game Interface through an Operating Interface Analysis of Touchscreen Devices," *Journal of Society of Design Science*, No.81, pp. 231-244, 2009.

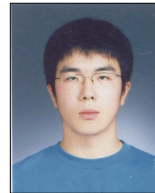
[9] J. Rantala, R. Raisamo, J. Lylykangas, V. Surakka, J.

Raisamo, K. Salminen, T. Pakkanen, and A. Hippula, "Methods for Presenting Braille Characters on a Mobile Device with a Touchscreen and Tactile Feedback," *IEEE Trans. on Haptics*, Vol. 2, no. 1, pp. 28-39, 2009.

[10] F. Wang, H. Deng, K. Ki, and Q. Ting, "A Study on Image Splicing Algorithm for Large Screen Multi-touch Technique," *Machine Vision and Human-Machine Interface*, pp. 526-529, April 2010.

[11] Z. Pan, "A Real-time-cue Hand Tracking Algorithm Based On Computer Vision," *IEEE Virtual Reality Conference*, pp. 219-222, March 2010.

저 자 소 개



서 효 동 (徐 孝 東)

2010년 군산대 전자정보공학부 졸업.
2010년~현재, 동 대학원 전자정보공학부 석사과정. 관심분야는 지능형 로봇, 인간 로봇간 상호작용, 지능제어
Tel : 063-469-4706
E-mail : kinelian@kunsan.ac.kr



주 영 훈 (周 永 焄)

1982년, 1984년, 1995년 연세대학교 전기공학과 졸업 (공학사, 공학석사, 공학박사). 1986-1995년 삼성전자(주) 생산기술센터 팀장, 1995년~현재 군산대학교 전자정보공학부 정교수. 1998~1999년 미국 휴스턴대학 박사후과정, 2008~2009년 한국 지능시스템학회 회장, 2010년 현재, 대한전기학회 정보제어부문회 편집위원장, Int. Journal of Control, Automation, and Systems(IJCAS) Editor.
Tel : 063-469-4706
E-mail : yhjoo@kunsan.ac.kr