

비접촉 생체신호 측정 기반 헬스케어 시스템 설계 및 구현

홍성표*

Design and Implementation of Healthcare System Based on Non-Contact Biosignal Measurement

Seong-Pyo Hong*

요 약

급격한 노령화가 의료 시설의 부족과 이로 인한 국민 건강의 질적 하락을 가져올 가능성이 점차 높아지고 있으며 의료비 상승의 부담을 해소하기 위해 선진국에서는 서비스 단가를 낮추기 위한 의료 기관들의 원격의료가 확대되고 있는 추세이다. 유헬스케어는 인체에서 발생하는 물리적, 화학적 현상의 변화를 감지하여 처리 가능한 전기적 신호로 변환하고 측정된 신호 중에서 원하는 정보만을 선택하기 위한 분석과정, 시각화 과정을 통해 결과를 피드백하여 관련정보, 경고, 알람 등을 사용자에게 제공하는 과정을 통해 서비스되고 있다.

하지만 센서를 신체에 직접 부착하는 전통적인 생체계측 방법은 일상생활에 불편을 주고 거부감이 발생할 수 있다. 따라서 일상생활에 불편함을 주지 않고 지속적으로 생체 정보를 측정할 수 있는 방법이 필요하다.

본 논문에서는 일상생활에 불편을 주지 않고 지속적으로 생체정보를 모니터링 할 수 있는 IR-UWB 기반의 비접촉, 무구속적인 호흡측정 시스템을 제안한다.

ABSTRACT

The rapid aging is increasing as the shortage of medical facilities and the resulting of decline in the quality of public health. In order to ease the burden of rising medical expenses, advanced medical institutions are expanding their remote medical care to lower the cost of services. U-healthcare detects the changes in physical and chemical phenomena occurring in the human body and converts them into electrical signals that can be processed and feeds back to the results through analytical and visualization processes to select only the desired information from the measured signals. The service is provided through a process of providing an alarm to a user. However, traditional biometric methods of attaching sensors directly to the body can be annoying and rejected in daily life. Therefore, there is a need for a method of continuously measuring biometric information without causing inconvenience to daily life.

In this paper, we propose an IR-UWB-based non-contact and non-responsive respiratory measurement system that can continuously monitor biological information without any inconveniences to daily life.

키워드

U-healthcare, IR-UWB, non-contact biometric methods, vital signs
유헬스케어, 임펄스 라디오 초광대역 통신, 비접촉 생체 계측, 생체 신호

* 교신저자: 조선대학교 SW융합교육원 연구교수
• 접수일 : 2019. 12. 107
• 수정완료일 : 2020. 01. 14
• 게재확정일 : 2020. 02. 15

• Received : Dec. 13, 2019, Revised : Jan. 14, 2020, Accepted : Feb. 15, 2020
• Corresponding Author : Seong-Pyo Hong
SW Convergence Education Institute, Chosun University,
Email : hongsp@chosun.ac.kr

I. 서론

고령화 사회의 웰빙 트렌드와 생활습관에 의해서 의료서비스는 병원중심의 치료서비스에서 개인과 의료인이 상호 긴밀하게 협력하여 질병의 예방, 관리, 건강증진 등을 제공하는 유비쿼터스(Ubiquitous) 의료 서비스 트렌드로 급속히 변화되고 있다. 즉, 환자의 질병을 진단하고 치료하는 기존 의료 서비스에서 질병을 예방하고 관리하는 방향으로 서비스의 요구가 변화되고 있는 것이다. 최근 Bio Technology(BT), Information Technology(IT)의 발달은 다양한 소형 센서 및 기기 개발을 가능하게 하고 있으며, 이렇게 측정된 환자의 데이터를 병원 및 의사에게 전달하여 언제 어디서나 검사와 진료가 가능한 유비쿼터스 헬스케어, 즉 U-healthcare 서비스가 확산되고 있다[1].

개인의 기본 건강정보 수집을 위한 생체신호 획득 방법은 크게 접촉식 측정방법과 비접촉식 측정 방법으로 분류할 수 있다. 접촉식 측정방법은 측정 대상자의 몸에 측정 장치를 부착하여 생체신호를 획득하는 방법이고, 비접촉식 측정 방법은 측정 대상자의 몸에 측정 장치를 부착하지 않고 측정 대상자 주변에서 생체신호를 획득하는 방식이다. 접촉식 측정방법은 센서나 측정을 위한 부수적인 매개체를 측정 대상자의 몸에 부착해야만 신호를 측정할 수 있어 분실 및 도난, 이물감으로 인한 착용거부 등의 문제점이 발생할 수 있는 반면, 비접촉 측정방법은 별도의 장치 없이 생체신호를 측정할 수 있는 장점이 있다. 기존의 측정기기는 대부분 인체 접촉식이나 침습식이어서 환자 상태에 따라 불편함과 거부감이 존재하는데, 이의 예로 신생아, 중환자, 화상환자 등은 접촉식 기기를 부착하여 건강 정보를 획득하기가 위험요소가 많다. 이러한 이유로 비접촉식 측정방법을 선호함에 따라 혈압, 혈당, 맥박, 호흡 등의 주요 헬스케어 정보를 측정하는 기술은 기존의 접촉식 센서에서 비접촉식으로 기술이 빠르게 변화하고 있다[2][3].

본 논문에서는 일상생활에 불편을 주지 않고 지속적으로 생체정보를 모니터링 할 수 있는 IR-UWB 기반의 비접촉, 무구속적인 호흡측정 시스템을 제안한다.

II. 관련 연구

2.1 IR-UWB

UWB는 그림 1과 같이 중심 주파수의 20% 이상의 점유 대역폭을 가지거나 500MHz 이상의 대역폭을 갖는 무선전송기술로 정의 한다. 초기 UWB 레이더 기술은 군사적 목적으로 개발되었으며, 기존의 무선통신 시스템 운영에 지장을 준다는 이유로 상업적인 사용을 금지 하였다. 2002년 미국의 Federal Communications Commission(FCC)에서 상업적 목적 사용을 허용 하였으며, 이후 IEEE 802.15.3a와 IEEE 802.15.4a에서 상업적 이용을 위한 표준화가 시작되어 WiMedia Alliance, USB Implementer Forum, 그리고 IEEE 802.15.4a에서 완성되었다[4]. UWB는 전송 방식에 따라 3.1 ~ 10.6GHz 대역에서 100 Mbps 이상의 고속으로 데이터 전송이 가능하며, 낮은 소비전력으로 에너지 효율성을 높일 수도 있다. 또한 넓은 스펙트럼 대역에 걸쳐있어 다중경로 페이딩에 강하며, IR-UWB의 경우 펄스가 매우 짧아 수 센티미터의 정밀도로 거리 측정이 가능하여 위치기반 응용에 활용도가 높다[5][6].

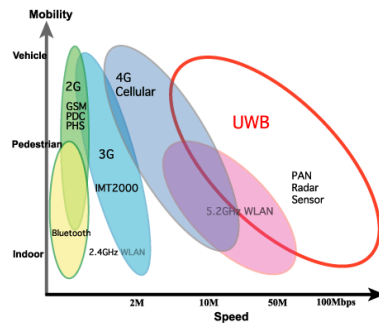


그림 1. UWB 기술의 특징
Fig. 1 Features of UWB technology

IR-UWB 레이더는 펄스의 폭이 짧을수록 거리 측정의 정밀도를 높일 수 있으며, 측정 가능한 탐지 거리는 평균유효 방사전력과 목표물 응답, 전파 매질과 클러터에 의해 특성이 좌우된다. 여기서 클러터는 주변 환경에 따른 방해전파 이다. 이때의 평균 방사전력은 안테나 이득, 듀티비(Duty Cycle), 전송전력에 의해 특성이 결정 된다. 또 다른 IR-UWB 레이더의 장점으로 탐지 물체의 정밀도 향상과 함께 눈과 비, 안

개와 같은 자연 환경에 대한 영향이 적다는 특징도 갖고 있다. 또한 외부 기기로부터 협대역 전자파나 잡음에 대한 우수한 감내성을 가지고 있으며, 신호의 특성을 변화시켜 아주 좁은 안테나 패턴 제작이 가능하다. 이처럼 IR-UWB 레이더 기술은 기존의 펄스 레이더나 연속파 레이더가 갖는 제한적인 성능을 개선할 수 있는 기술로 평가 받고 있다[7][8].

2.2 생체신호 측정

1) 접촉식 생체신호 측정

최근 유비쿼터스 헬스케어의 발전으로 일상생활에 사용자의 의도적인 행위 없이 생체신호를 측정하는 방법으로 기술이 변화되고 있다. 특히 웨어러블 분야는 유비쿼터스 헬스케어와 접목되어 빠른 기술의 적용과 확산이 이루어지고 있다. 웨어러블 디바이스는 유형에 따라 크게 휴대형, 부착형, 이식/복용형으로 분류 될 수 있다.

휴대형 웨어러블 디바이스는 스마트폰과 같이 휴대하는 형태의 제품으로 안경 및 시계, 팔찌 형태로 사용되며, 수면패턴, 섭취/소모 칼로리 양, 사용자의 심리상태, 이동거리 등을 기록하고 앱 기술의 발전에 따라 스마트폰과 연동하여 정보를 저장하고 공유할 수 있다. 또한 스마트 의류는 그림 2와 같이 사용자의 생체리듬이나 혈류의 변화 등을 측정함으로써 건강상태를 체크하고 지속적인 모니터링 할 수 있는 차세대 웨어러블 디바이스로 주목 받고 있다. 부착형 웨어러블 디바이스는 패치(patch)와 같이 피부에 직접 부착할 수 있는 형태이며, 이식/복용형 웨어러블 디바이스는 인체에 직접 이식하거나 복용할 수 있는 형태로, 무선 센서를 피부 안에 이식하여 당뇨병 환자의 혈당 수치 변화를 외부에서 실시간으로 파악할 수 있는 기술 또한 개발된 상태이다[9][10].

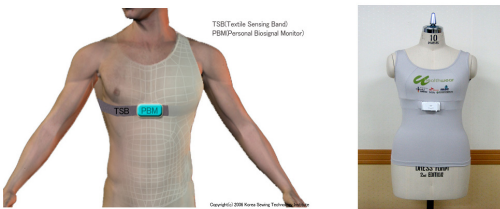


그림 2. 생체신호 센서, TSB(한국봉제기술연구소)
Fig. 2 Bio signal sensor, TSB

2) 비접촉식 생체신호 측정

비접촉식 생체신호 측정시스템은 인체에 접촉하지 않아 환자나 사용자가 전혀 인식하지 못하는 상태에서 생체신호를 측정하는 기술로 활발한 개발이 이루어짐에 따라, 유비쿼터스 헬스케어와 연계하여 일상적인 건강 검진 모니터링 체계 구축이라는 새로운 단계로 진화하고 있다. 측정 가능한 생체신호는 다양하지만, 대부분 비접촉 생체신호 측정시스템은 심장 박동과 맥박 측정에 초점을 맞추고 있다. 심박 및 맥박 측정을 위해 현재 개발이 진행 중인 기술은 LED, 화학처리, 가속도 센서, 전파 등 크게 네 가지로 분류된다 [11].

1970년대 등장한 바이오 레이더 시스템은 부피가 크고 측정거리도 수cm에 불과해 초기에는 상용화하는데 문제점이 있었다. 하지만, 최근 반도체와 RF 및 통신기술의 발달로 저렴하고 휴대 가능한 바이오 레이더 시스템이 사용되고 있다. 바이오 레이더 시스템은 무선신호를 송신하여 심박 및 호흡의 변위량을 측정하는 시스템으로, 사람이 호흡하는 동안에는 가슴 혹은 배가 호흡주기와 동일한 주기로 움직이게 되기 때문에 그 움직임의 변화를 측정하여 분석하면 사람의 호흡 패턴을 분석 할 수 있다. 즉 몸의 움직임은 숨을 들이쉴 때 폐의 팽창과 내설 때의 수축으로 몸의 변위차가 발생하며, 또한 심장의 수축과 이완 시 몸의 움직임이 발생한다. 그림 3은 이러한 기술개발에 따른 IR-UWB를 이용한 인체 호흡 및 심박측정 예로, IR-UWB 레이더 송신신호에 대해 신체의 미세 변위차를 측정하여 수신하는 방법이다[12].

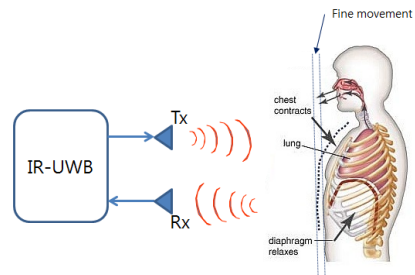


그림 3. 바이오 레이더 기반 생체신호 측정
Fig. 3 Bio Radar based biosignal measurement

III. 시스템 설계 및 구현

3.1 IR-UWB 기반의 비접촉, 무구속적인 호흡 측정 시스템 제안

본 논문에서 제안하는 IR-UWB를 이용한 비접촉, 무구속적인 호흡 측정 시스템은 생체신호 측정을 위해 그림 4와 같이 IR-UWB RADAR 신호를 목표물을 향해 발신하고 이를 수신하여 제어부에서 MCU가 처리하여 호흡 상태를 확인한다. 또한 위기상황 발생 시 통신부를 통해 외부에 알리게 된다.

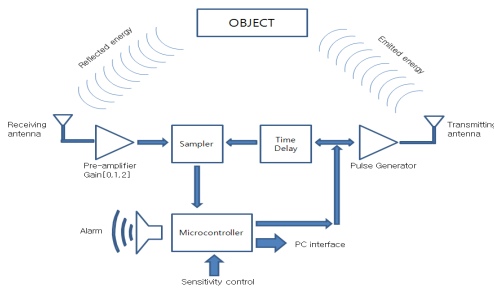


그림 4. 제안 시스템(호흡 측정) 블록도
Fig. 4 Proposed system (breath measurement) block diagram

IR-UWB 레이더 모듈은 Novelda 사의 IR-UWB 칩 NVA6100 기반인 X2M200 모듈을 사용하였고, MCU는 Cortex M4칩을 내장하고 있는 Arduino due를 사용하였다. UWB 레이더 모듈과 MCU는 USART통신으로 데이터를 주고받는다. UWB 레이더를 통해 받은 데이터는 MCU에서 가공하여 PC로 전송한다.

NVA6100은 CPU로부터 설정된 세팅 값에 맞춰 일정한 파형을 PRF 주기로 송신하며, 사물에 부딪혀 반사된 신호를 수신하여 quantization, sampling 과정을 거쳐 수신 파형을 디지털화한 후, 다시 CPU로 넘긴다. NVA6100은 한 Frame 당 총 512 sample로 구성되며, 대략 2m의 측정 범위를 보이므로 한 sample 당 3.9mm의 분해능을 보인다.

IR-UWB 외부는 그림 5와 같이 임펄스 파형을 생성하고 수신하는 역할을 담당하는 Transceiver와 Transceiver의 송신 출력을 증폭시키기 위한 Power Amp, 수신 감도를 향상시키기 위한 LNA(Low Noise

Amplifier), Transceiver로부터 넘어온 수신 파형에서 목표물 신호를 검출하고 목표물의 위치 추정의 역할을 수행하는 신호처리 단, 얻어진 거리 정보들로부터 호흡 여부를 판단하여 서비스를 제공하는 Application 단으로 구성된다.

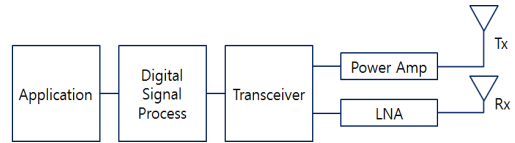


그림 5. IR-UWB 외부 구성도
Fig. 5 IR-UWB external configuration

IR-UWB 내부 신호처리단은 그림 6과 같이 Thresholder, High Speed Sampler, Sweep Controller, DAC, Timing Controller, DSP 등으로 구성된다.

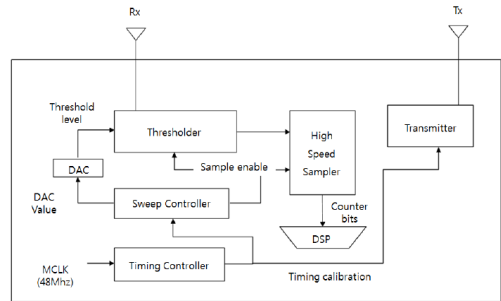


그림 6. UWB 칩 블록 다이어그램
Fig. 6 UWB chip block diagram

호흡 및 움직임 측정은 IR-UWB 센서에서 임펄스 (Impulse) 신호를 송신하여 물체에 반사되어 수신되는 신호사이의 시간적 차이(T_i)를 이용하여 판단한다. IR-UWB에서 수신된 신호($R(t)$)는 식 과 같이 해당 목표물의 신호 $R_t(t)$, 다른 물체에 반사되어 수신된 클러터 신호 $R_c(t)$, 노이즈 신호 $n(t)$ 로 구성된다.

$$R(t) = R_t(t) + R_c(t) + n(t) \quad (1)$$

식 (1)의 IR-UWB 신호를 토대로 목표물의 거리를 추정하기 위해서는 샘플링, 배경잡음 제거, 신호강화,

목표물 감지, ToA(Time of Arrival) 추정 등의 5가지의 과정이 필요하다.

측정 대상의 호흡측정 방법은 그림 7과 같이 가슴 부위의 몸의 움직임을 측정하는 것으로, 몸의 움직임은 호흡 시 움직임과 심박동 시 움직임이 포함 되어 있다. 측정 대상 호흡측정을 위해 사용한 IR-UWB 레이더 모듈은 분해능이 3.9mm이므로 측정 대상의 미세한 움직임을 측정할 수 있다. 최종 호흡 데이터는 MCU에 전송되어 호흡신호와 움직임 신호에 따른 현재 측정 대상의 상태를 파악하게 된다.

그림 8은 호흡 상태별 현재 측정 대상자의 상태를 파악하는 흐름도이다. 일반적인 성인 호흡의 수는 1분에 8~16회이며, 이보다 빠르면 빈호흡으로, 호흡수가 증가하고 호흡깊이는 늘어난 상태를 말하며, 호흡 곤란이 동반된다. 서호흡은 8~16회 미만의 호흡을 나타낸다.

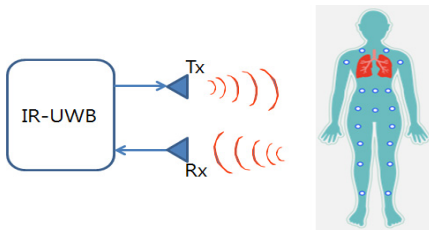


그림 7. 호흡 및 움직임 측정
Fig. 7 Breathing and movement measurement

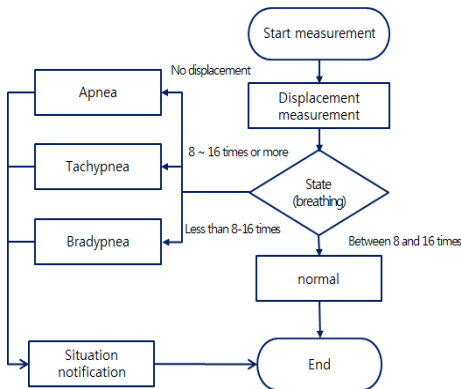


그림 8. 변위차를 이용한 호흡상태 확인 방법
Fig. 8 Respiratory status verification using displacement difference

그림 9는 제안된 시스템을 통해 측정자의 호흡을 측정된 것으로 이를 통해 시간당 측정 대상의 호흡수를 측정 할 수 있으며, 호흡의 진폭, 크기 등을 비교하여 서호흡, 빈호흡, 무호흡을 구별하여 측정대상의 현재 상태를 파악할 수 있다.

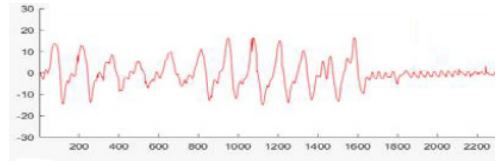


그림 9. 호흡 및 비호흡 상태 그래프
Fig. 9 Respiratory and non-respiratory status graphs

IV. 결 론

유비쿼터스 헬스케어 산업의 도입으로 보건의료 환경이 지능화 및 네트워크화 되어 언제, 어디서나 개인 맞춤형 접근이 가능해진 보건의료 서비스산업의 새로운 패러다임이 발생한 것이다.

개인의 기본 건강정보 수집을 위한 생체신호 획득 방법은 크게 접촉식 측정방법과 비접촉식 측정 방법으로 분류할 수 있다. 접촉식 측정방법은 센서나 측정을 위한 부수적인 매개체를 측정 대상자의 몸에 부착해야만 신호를 측정할 수 있어 분실 및 도난, 이물감으로 인한 착용거부 등의 문제점이 발생할 수 있다.

이에 본 논문에서는 일상생활에 불편을 주지 않고 지속적으로 생체정보를 모니터링 할 수 있는 IR-UWB 기반의 비접촉, 무구속적인 호흡측정 시스템을 제안하고 설계 및 구현하였다. 본 시스템은 UWB 레이더를 통하여 병원 혹은 개인 생활공간에서 환자나 독거노인, 영유아 등 개인의 호흡주기를 효율적으로 관찰할 수 있으므로 그 활용도가 높다.

References

[1] J. C. Y. Lai, Y. Xu, E. Gunawan, E. C-P. Chua, A. Maskooki, Y. L. Guan, K-S. Low, C. B. Soh, and C-L Poh, "Wireless Sensing of Human Respiratory Parameters by Low-Power

- Ultrawideband Impulse Radio Radar," *IEEE Transaction on instrumentation and measurement*, vol. 60, no. 3, Mar. 2011, pp. 928-923.
- [2] I. Immoreev and P.G.S.D. Fedotov, "Ultra wideband radar systems: advantages and disadvantages," In *Proc. of the IEEE conf. on Ultra Wideband Systems and Technologies. Digest of Paper*, Baltimore, USA, May 2002, pp. 201-205.
- [3] K. Ota, Y. Ota, M. Otsu, and A. Kajiwara, "Elderly-Care Motion Sensor Using UWB-IR," *Sensors Applications Symposium(SAS)*, 2011, pp. 159-162.
- [4] I. Baek, J. Kim, and S. Cho, "Clutter signal subtraction algorithm for detecting target in IR-UWB Radar system," *2012 Korea Information and Communications Society Conference*, Yeosu, South Korea, Apr. 2012, pp. 338-339.
- [5] J.-M. Kang, D.-W Lim, J.-H. Lee, C. In, H.-M. Kim, S.-C. Woo, and C. Kim, "Reliable estimation of respiration rate using UWB impulse radar," *Proc. 2013 Asia-Pacific Microwave Conf.*, Seoul, South Korea, Nov. 2013, pp. 997-999.
- [6] A. Q. Javaid, C. M. Noble, R. Rosenberg, and M. A. Weitnauer, "Towards sleep apnea screening with an under-the-mattress IR-UWB radar using machine learning," *Proc. IEEE Int. Conf. on Machine Learning and Applications*, Miami, USA, Dec. 2015, pp. 837-842.
- [7] S. Kim and J. Song, "Miniaturized UWB BPF design that is applicable to Ultrafast Wireless Communication Systems," *Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol. 5, no. 6, 2010, pp. 620-624.
- [8] J. Sim, "A MAC Design for Collision Avoidance in Wireless USB Home Networks," *Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol. 8, no. 1, 2013, pp. 55-64.
- [9] H. Lee and J. Oh, "Design and Implementation of Non-contact IoT Ringer Replacement Automatic Notification System," *Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol. 13, no. 6, 2018, pp. 1405-1410.
- [10] G. Fedele, E. Pittella, S. Pisa, M. Cavagnaro, R. Canali, and M. Biagi, "Sleep-apnea detection with UWB active sensors," *Proc. IEEE Int. Conf. on Ultra-Wideband*, Montreal, Canada, Oct. 2015, pp. 1-5.
- [11] J. Choi, Y. Lee, S. Cho, Y.-H. Lim, and S. Cho, "Sleep Efficiency Measurement Algorithm Using an IR-UWB Radar Sensor," *Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, vol. 42, no. 1, 2017, pp. 214-217.
- [12] H. Park, "Respiration Rate Estimation using IR-UWB Radar Signals Robust to Body-Rocking," *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 49, no. 9, 2012, pp. 49-54.

저자 소개



홍성표(Seong-Pyo Hong)

2001년 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2005년 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

2006년 조선대학교 산학협력단 연구교수

2016년 조선대학교 IT융합대학 컴퓨터공학과 초빙
 객원교수

2018년 ~현재 조선대학교 SW융합교육원 연구교수

※ 관심분야 : 정보보호, 사물인터넷, 임베디드시스템