

스마트 실버 헬스케어를 위한 비접촉 인체감지 IOT 센서 개발

강병욱¹, 김상희^{2*}

¹(주)무림지엔아이 연구소, ²금오공과대학교 메디컬 IT융합공학과

A Development of Non-Invasive Body Monitoring IOT Sensor for Smart Silver Healthcare

Byung Wuk Kang¹, Sang Hee Kim^{2*}

¹Research Division of Moolim G&I Co. ²Dept. of Medical IT Convergence, Kumoh National Institute of Technology

요약 본 논문은 적외선 온도센서를 이용한 재실인원 측정을 통한 출입자 관리 시스템, 방 내부의 움직임 파악하기 위한 PIR센서 모듈, 그리고 취침 상태를 판별하기 위한 스마트 호흡감지 모듈로 구성된다. 센싱부와 알고리즘 구동 부를 일체화 한 임베디드 형태의 센서 모듈과 통신 시스템으로 구성하였다. 고령화 사회가 가속화, 고급화됨에 따라 실버케어에 대한 사회적 비용이 증가하고 프라이버시를 보호하기 위해선 효율적인 실버케어 기기 개발을 통하여 비용 감소가 필요하다. 제안된 비 영상 인체감지 IOT 센서 시스템은 하드웨어와 소프트웨어로 구현하였고 기존의 영상에 의한 감시 방법과 비교하여 우수한 성능을 확인하였다.

• 주제어 : 스마트 실버케어, 비접촉 인체감지, 적외선 온도센서, 도플러 레이더, 호흡센서

Abstract This paper is composed of a passenger management system using a temperature sensing module, a PIR sensor module for detecting movement inside a room, and a smart breath sensing module for determining a sleeping state. An embedded sensor module and a communication system integrated the sensing part and the algorithm driving part. As the aging society is accelerating and becoming more upgraded, the social cost of Silver Care increases, and in order to protect privacy, it is necessary to reduce costs by developing efficient smart silver care devices. The proposed non - image human body detection IOT sensor system is implemented by hardware and software and has superior performance compared with conventional image monitoring method.

• Key Words : Smart Silver Care, Non-invasive Body Monitor, Infrared Temp. Sensor, Doppler Radar, Respiratory Sensor

Received 15 March 2018, Revised 23 March 2018, Accepted 29 March 2018

* Corresponding Author Sang Hee Kim, Dept of Medical IT Convergence, Kumoh National Institute of Technology, 1 Yangho-Dong, Gumi-City, Gyungbuk, Korea. E-mail: shkim@kumoh.ac.kr

I. 서론

우리나라에서 65세 이상 인구는 전체의 13.8%인 657만명으로 다섯 가구 중 한 가구는 고령자 가구이며 3분이 1이 고령자 1인 가구이다. 노년인구 비율은 2015년 13.1%에서 2030년에는 2배인 24.3%, 2060년에는 41%에 이를 전망이다.[1] 초고령 사회에 진입함에 따라 보호 관리가 필요한 독거노인, 의료시설 등이 급속히 증가되며 개인 독립공간에서 대상자의 건강 상태와 비상 상황을 인지하여 지속적으로 상태를 살피고 위급 상황의 인지와 즉각적인 대응 시스템이 필요함에 따라 발 빠른 기술개발이 필요하다.

전 세계적으로 수명 연장에 따른 노인 안전 시스템이 이슈화되고 카메라를 이용하는 모니터링기술이 사용되고 있으나[2] 개인 프라이버시를 침해할 수 있고 그에 따른 비 영상 인체 상태감시를 이용한 스마트 실버케어의 필요성 증대하고 있다. 고령화 사회가 가속화, 고급화됨에 따라 실버케어에 대한 사회적 비용이 증가하고 개인 프라이버시를 보호하기 위해선 효율적인 실버케어기기 개발을 통하여 비용 감소가 필요하다.[3] 고급화되고 있는 실버타운에서는 돌연사 등 위급상황 발생 시 그에 대한 빠른 인지와 즉각적인 대응 시스템의 필요하다.

- 비 영상 스마트 실버케어의 필요성

- 1) 카메라, CCTV 등에 의해 개인 프라이버시가 침해받지 않아야 함
- 2) 외출 상태, 정상 상태, 수면 상태, 그리고 위급 상태를 구분하여 오작동으로 인해 비효율성 감소
- 3) 생활에 불편을 야기하는 신체접촉 인지 센서 회피
- 4) 위험 상황에 대한 빠른 인지와 그에 따른 즉각적 대응이 요구

스마트 실버케어를 위한 비영상 인체감지 IOT센서 시스템은 적외선 온도센서를 이용한 출입자 관리센서 모듈, 방 내부의 움직임 파악하기 위한 PIR센서 모듈, 그리고 취침 상태를 판별하기 위한 스마트 호흡감지 센서모듈과 관리 및 통신시스템으로 구성하였다.

II. 센서 모듈 구성

스마트 실버 헬스케어를 위한 비접촉 인체감지 IOT센서 시스템은 그림 1과 같이 적외선 온도센서 (Thermal Sensor)를 이용한 재실인원 측정을 위한 출입자 관리시스템(Occupancy Level Control), 방 내부의 움직임 파악하기 위한 PIR센서 모듈, 그리고 취침 상태를 판별하기 위한 스마트 호흡감지 레이더 모듈로 구성된다. 센싱부와 알고리즘 구동 부를 일체화 한 임베디드 형태의(Embedded type) 센서모듈과 통신 시스템으로 구성된다.

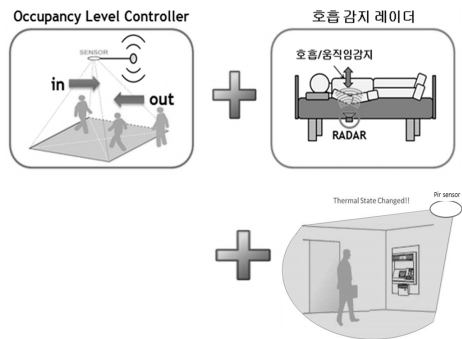


그림 1. 인체 감지 IOT 센서 모듈

Fig. 1. Person Detecting IOT Sensing Modules

- 스마트 실버케어의 기본구성 요소

- 1) 재실 여부 구분 : 재실 인원수를 Count할 수 있는 Occupancy Level Controller 개발 (4x4 * 16point Thermal Sensor를 이용한 비접촉 IOT Sensor System)
- 2) 움직임 감지: 재실 여부를 확인 후 침대 주변 외 다른 부분의 움직임을 Occupancy Level Controller의 PIR 센서를 통해 감지
- 3) 수면과 위급상태 구분 : 호흡 및 심박 수 측정 분석하는 RADAR 호흡감지기 개발
- 4) 위급 상황 인지 : 재실 여부, 모션 센싱, 호흡 데이터를 종합하여 효율적인 위급 상황인지 알고리즘을 개발하여 Occupancy Level Controller에 내장
- 5) 위급상황에 대한 즉각적인 대응 : 위급상황을 관리자에게 알리기 위한 통신시스템 구축

2.1. 적외선 온도센서 출입자 관리 모듈

MEMS(Micro Electro-mechanical System) 기술이 접목된 Thermal Array 센서를 사용하여 그림 2와 같이 천정부에서 해당 영역의 열 정보를 0.1도 단위로 감지한다. 그림 3의 16 point (4x4)의 온도 데이터를 초당 5초 감지하고 감지된 16 point 데이터 array를 인체(열원)가 움직임 정도를 AD 컨버팅하여 기록하여 데이터를 출력한다.

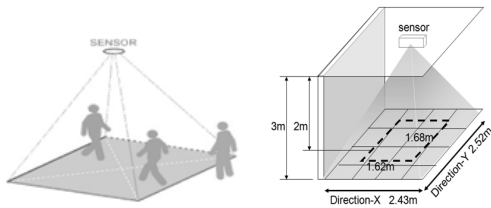


그림 2. 출입자 관리 시스템 모듈
Fig. 2. Occupancy Counting Module

사람이 존재하지 않는 경우의 Thermal Array 데이터를 표준온도로 설정 후 현재 0.2초마다 감지하는 데이터와 비교하여 온도 차 값을 도출한다.

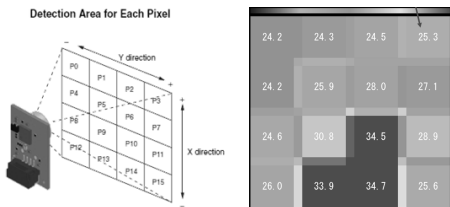


그림 3. 적외선 온도센서(4x4)
Fig. 3. Infra-Red Thermal Sensor(4x4)

외부 기온에 의해 주변 온도 변화가 있다면 표준 온도 데이터를 재설정 (기존 표준온도 데이터와 현재 감지되는 온도를 비교하여 변화가 크지 않을 경우)

2.2 PIR 센서모듈

적외선이 입사가 되면 소자의 표면 부근 온도 상승 발생함에 따라 생기는 초전 효과에 의해 전압변화를 감지하여 사람의 존재 유무를 판단하는 센서이다(그림 4). 2.1 ~ 3.0m의 높이와 15m 이내의 거리에서 높은 정확도를 가지며, 방 내부로부터 입사되는 적외선의 변화량을 0.2msec마다 감지하여 사람이 움

직이고 있는지를 파악하여 데이터 산출한다.

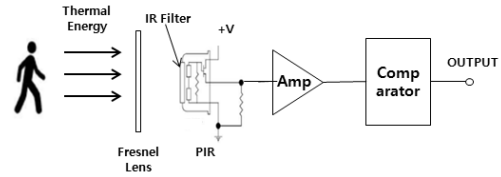


그림 4. PIR 동작 감지센서
Fig. 4. PIR Moving Detection Sensor

2.3. 스마트 호흡감지 IOT 센서모듈

주파수 편이를 측정하여 움직임을 측정하는 센서로 호흡감지 Radar는 인체의 피부를 투과하여 폐, 심장 등 장기에 도달할 수 있는 주파수의 전파를 인체에 방사하여 움직임을 측정한다. 마이크로 웨이브를 이용한 스마트 호흡감지 IOT 센싱모듈로 부터 측정 데이터를 수신한다.(그림 5)

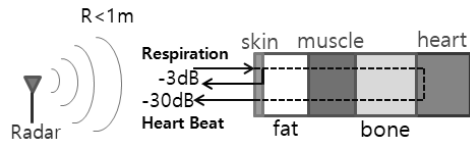


그림 5. Radar을 이용한 호흡감지 센서
Fig. 5. Respiration Sensor using Radar

반사파와 방사파 신호를 Mixing을 통하여 주파수 편이 신호를 분리한다. 방사파 신호를 생성한 발진기의 신호로 반사파 Mixing을 수행함에 따라 거리 상관(Range Correlation) 효과로 발진기 위상 잡음 감소 따라서, 아래의 그림 6과 같이 바이오 레이더 구조를 구현하였다. 바이오 레이더의 원리는 호흡이나 움직임에 의해 반사된 신호는 위상이 변조된 신호로 피사체의 이동 속도에 따라서 주파수 편이량이 달라진다. 전파의 송신 주파수를 f , 대상체의 이동속도를 v , 빛의 속도를 c , λ 는 파장이다. 반사파의 주파수 편이량 f_d 는 다음 수식(1),(2)와 같다[5, 6].

$$f_d(t) = \frac{2f}{c}v(t) = \frac{2v(t)}{\lambda} \quad (1)$$

$$\theta(t) = \frac{2f}{c}(2\pi x(t)) = \frac{4\pi x(t)}{\lambda} \quad (2)$$

수식(2)에서 위상 지연은 $\theta(t)$ 이며 $x(t)$ 는 측정거리이다. 수신 된 전파를 분석하여 주파수 편이량을 확인하면 피사체의 움직임을 감지할 수 있다.

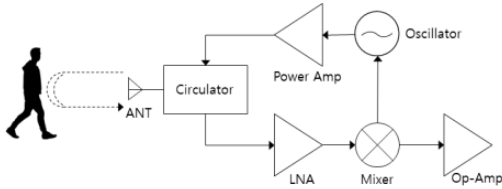


그림 6. 바이오 레이더 구조[4]
Fig. 6. Structure of Bio Radar

그림 6의 바이오 레이더의 구조에서 Oscillator는 2.4GHz RADAR 사용되는 전파를 생성한다. 발진기, PLL, TCXO 등으로 구성되어 안정적인 주파수 신호를 생성한다. Power Amp는 전파의 세기를 증폭하며 증폭 정도에 따라 RADAR의 인식거리가 결정된다. Circulator는 신호 경로를 주기적으로 변경하여, 송신부와 수신부의 상호 간섭을 방지하면서, 하나의 안테나로 송수신을 모두 수행한다. 안테나는 전파를 공간으로 방사하는 역할 및 피사체에서 반사된 전파를 수신하는 역할을 수행한다. LNA(Low Noise Amplifier)는 피사체로부터 반사된 신호는 세기가 매우 미약하기 때문에, 잡음을 최소화하여 증폭 요구된다. Mixer는 수신파의 주파수는 방사한 전파의 주파수에 피사체의 움직임에 의한 주파수 편이가 합해진 것으로 수신 파에서 방사파의 주파수를 제거하여 주파수 편이만 분리한다. Filter는 원하는 신호의 주파수 이외의 대역을 억제하는 부분으로 주변 잡음으로 인한 오동작을 방지하도록 설계하며 본 연구에서 관심영역은 수 Hz 이하의 저주파이므로 60Hz 전원 노이즈 등 저주파 성분의 제거가 요구 된다. Baseband Amp는 주파수 편이 신호를 증폭하며, MCU는 기저대역 신호를 분석하여 피사체 움직임의 유무와 속도를 산출한다.

2.4. 인체감지 IOT 센싱모듈의 모니터링 네트워크 구성

센싱부와 알고리즘 구동 부를 일체화 한 임베디드 형태로 구성하였다. 3개의 센싱 데이터와 알고리즘을 통해 감지, 관찰, 경보의 시나리오로 효율적인 위급

상황 인지하고, 관리자에게 즉각적인 대응을 위해 실시간 위급상황 전파 및 모니터링을 위한 TCP/IP Network와 관리자를 위한 PC에서의 모니터링 프로그램을 구현하였다.(그림 7, 그림 8)

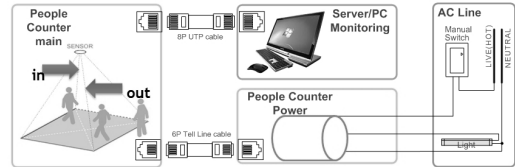


그림 7. 모니터링 시스템
Fig. 7. Monitoring System

III. 실험 및 결과

센서와 PC의 형태가 아닌 센싱 부와 구동부가 일체화 되어 있는 임베디드 형태의 모듈을 그림 8와 같이 설계하였으며, 사람이 지나갈 때 생길 수 있는 가능한 모든 패턴 데이터를 분석하여 대각선 이동 2명의 사람이 연이어 입장 등의 오류를 발생 시킬 수 있는 상황에서 오작동을 방지하기 위한 알고리즘을 구현하여 정확도 개선하였다. 최근 기술 발달로 MEMS [micro eletcro-mechanical systems] 기술이 접목된 Thermal array 센서로 대체 적용해 프라이버시 문제를 해결하고 재실여부에 대한 정확도 및 활용도를 높였다.

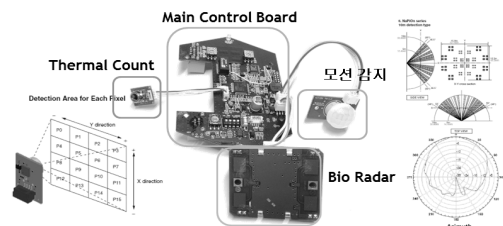


그림 8. IOT 센서 시스템
Fig. 8. IOT Sensor System

3.1. 비접촉 적외선 열 감지 인체 IOT 센싱모듈

스마트 IOT 센싱 모듈이 설치되어 있는 위치 외의 위치를 감지하기 위해 감지 거리가 긴 PIR 센서로 방 내부의 재실여부의 정확도를 높였다.

재실 여부 데이터 + 모션 센싱 데이터
+ 이상 호흡 감지 데이터

- 1) PIR 센서를 이용하여 인체에서 나오는 적외선 변화를 감지하여 재실 중 움직임을 감지
- 2) 센싱부와 알고리즘 구동 부분을 일체화 한 임베디드 형태로 구현
- 3) Thermal 센서를 이용하여 인체를 감지하고 초당 5회의 센싱 데이터를 이용하여 패턴분석 알고리즘을 내장하여 IN/OUT 구별 및 출입인원을 Count Data 산출

Moving trace의 패턴을 분석은 최댓값 이동 알고리즘으로 최댓값이 이동한 방향으로 사람 수를 Count하는 방식(그림 9)과 점유 방식 알고리즘으로 온도 센서의 영역에 차지하고 있는 최댓값 수를 통해 사람의 이동 방향을 분석하고 Count하는 방식(그림 10)을 사용하였다.

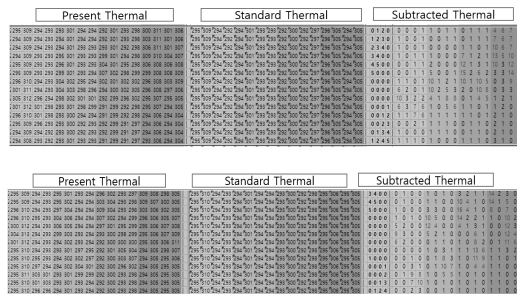


그림 9. 적외선 열감지 센서 출력

Fig. 9. Output of Infra-Red Thermal Sensor

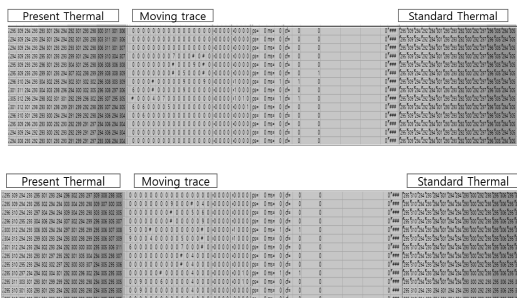


그림 10. 적외선 열감지 센서 출력(이동)

Fig. 10. Output of Infra-Red Thermal sensor(Moving)

3.2. Microwave Radar를 이용한 스마트 호흡감지 IOT 센싱 모듈

신호 1의 세기에 따라 Amp의 증폭세기를 8단계로 조절하여 민감도 조절하였으며, Radar 센서를 통해 조건에 따라 호흡 및 심장박동 감지 알고리즘 구현하였다. 또한, 일정 Saturation시 움직임 감지하고 Occupancy Level Controller와 무선 통신을 위해 Bluetooth통신 구현으로 구현하였다. 그림 11는 호흡 센서의 출력으로 무호흡 상태의 출력이며 그림 12은 호흡상태의 출력을 보이고 있다.

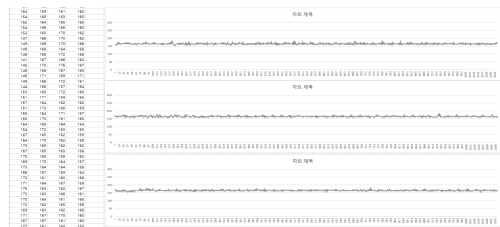


그림 11. 호흡센서 출력(무호흡)

Fig. 11. Output of Breath Sensor(Without Breath)

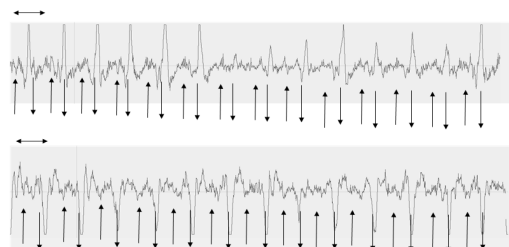


그림 12. 호흡센서 출력(호흡 감지 Radar Pulse)

Fig. 12. Output of Breath Sensor(with Breath)

(가로 화살표 : 2sec, 위 화살표 : 들숨, 아래 화살표 : 날숨)

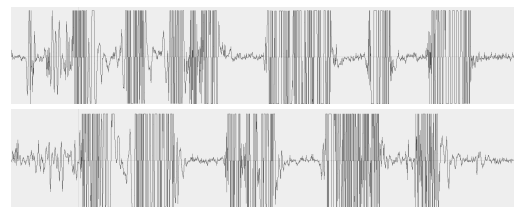


그림 13. 호흡센서 출력(비조정)

Fig. 13. Output of Breath Sensor(Unregulated)

그림 13와 같이 신호가 약한 경우 스마트 호흡 감지 모듈에 내장된 Switch형 Amp(TSSOP14)를 통하여 Radar signal을 8단계의 증폭률로 자동으로 조정(증폭률 : x15 ~ x62)하였다.

- 1) Radar(GH100)의 투과율을 분석하여 수면상태, 심장박동, 움직임, 위급상황 등을 구분하여 인지
- 2) 침대, 욕조, 소파 등 사람이 수면이 가능한 부분에 적용
- 3) 감지된 움직임, 호흡 및 심장박동 데이터는 Occupancy Level Controller에 실시간 전송

호흡과 심장 박동의 Pulse를 구분하는 알고리즘을 통해 횟수를 측정 후 3초마다 Bluetooth통신하여 Occupancy Level Controller로 실시간으로 전송하였다.

3.3. 위급 상황인지 분석 시스템 구성

위급상황 인지분석을 위한 실버케어 시스템의 하드웨어는 그림 14와 같이 구성하였으며, 위급상황의 감지의 과정은 그림 15의 플로우차트와 같이 구성하였다.

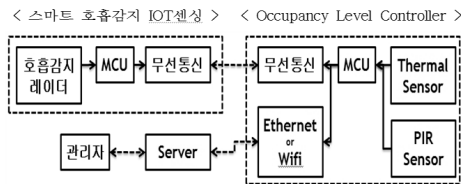


그림 14. 실버케어 시스템 구조

Fig. 14. Structure of Silver Care System

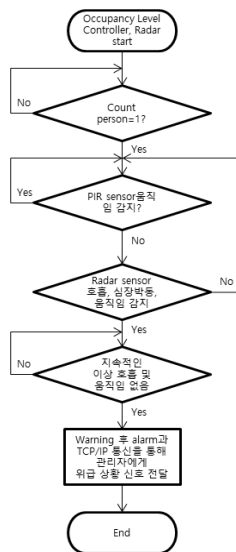


그림 15. 실버케어 시스템의 플로우차트

Fig. 15. Flow Chart of Silver Care System.

- 1) 3개(재실 여부 데이터, Motion 센싱 데이터, 이상 호흡 데이터)의 센싱 데이터를 각 데이터에 따라 효율적인 위급상황 인지
- 2) 외출 중 혹은 2인 이상의 상황이 아닌 경우에 Motion이 없으며 정상호흡 및 정상 심장박동이 아닐 경우에 경보모드(위급상황)로 전환이 되어 관리자에게 대응 신호 전송한다.

IV. 결론

본 논문에서는 스마트 실버 헬스케어를 위한 비접촉 인체감지 IOT센서 개발을 위하여 적외선 온도센서를 이용한 재실인원 측정을 통한 출입자 관리 시스템, 방 내부의 움직임 파악하기 위한 PIR 모션 센싱, 취침 상태를 판별하기 위한 스마트 호흡감지 센서 모듈을 이용한 IOT 센서 시스템의 제작에 관한 방법을 제안하였다. 전 세계적으로 수명 연장에 따른 노인 안전 시스템이 이슈화되고 있으나 카메라를 이용하는 모니터링기술은 개인 프라이버시를 침해할 수 있으므로 비 영상 인체 상태감시를 이용한 스마트 Silver Care시스템을 구성하였다. 제안된 비 영상 인체감지 IOT 센서 시스템은 하드웨어와 소프트웨어로 구현하였고 기존의 영상에 의한 감시 방법과 비교하여 우수한 성능을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENTS

이 연구는 금오공과대학교 학술연구비로 지원되었음 (2016-104-066)

REFERENCES

- [1] Statistics Korea, “Elder people statistics”, 9, 2017.
- [2] Korean Intellectual Property Office, “Wireless camera device for senior care and elderly care system”, Patent publication, 10-2015-0034023, 2015.
- [3] J. Y. Youn, “Implementation of the Multi-channel Vital Signal Monitoring System for Home Healthcare,” *Journal of the Institute of*

Signal Processing and Systems, vol. 11, no. 3, pp. 197-202, Jul. 2010.

- [4] B. W. Kang, "Bed Side Monitoring System using Occupancy sensor and Doppler Radar," M.S. thesis, Abbrev. Graduate program in Biomedical Engineering, Yonsei University, Seoul Korea, Feb. 2018.
- [5] A. D. Droitcour, "Non-contact measurement of heart and respiration rates with a single-chip microwave Doppler Radar.", Ph.D. dissertation, Stanford University, June, 2006.
- [6] J. Lin, "Noninvasive Microwave Measurement of Respiration", Proceeding of the IEEE, 1975, pp. 1530.

저자소개



강 병 옥 (Byung Wuk Kang)

2006년 배재대학교 정보통신공학부 정보통신공학 (학사)

2018년 연세대학교 생체공학협동과정 전기전자공학 전공(석사)

현재 (주)무림지앤아이 IT의료융합기술연구소 수석 연구원

※관심분야: u-Health, X-ray 디텍터, 네트워크 카메라, 스마트 디바이스, 생체인식



김 상 희(Sang Hee Kim)

1992년 8월 Texas A&M Univ. Bioengineering (공학박사)

1993년 3월~2017년 7월 금오공과대학교 전자공학부 교수

2011년 8월~2015년 8월 IT의료융합기술사업단장 (산업부)

2017년 8월~현재 금오공과대학교 메디컬 IT융합공학과 교수

※관심분야: 인공지능, u헬스케어, 의료영상