

IR-UWB 센서 기반의 에어컨 서비스 알고리즘

김종민¹, 강태형², 류갑상^{3*}

¹동신대학교 컴퓨터공학과 박사과정, ²조인트리 수석연구원, ³동신대학교 컴퓨터공학과 교수

Algorithm for Air Conditioning Service Based on IR-UWB Sensor

Jong-Min Kim¹, Tae-Hyung Kang², Gab-Sang Ryu^{3*}

¹Doctoral Course, Dept. of Computer Engineering, Dongshin University

²Chief Researcher, R&D Division, JOINTREE

³Professor, Dept. of Computer Engineering, Dongshin University

요약 현재 스마트 가전의 새로운 시장수요를 만족하기 위해 IoT 기술을 이용한 제품의 기술 차별화(센서, AI 등)가 많은 호응을 얻고 있다. 그러나 에어컨 제품은 융합기술의 초기 단계에 있다. 따라서 에어컨 제품은 IoT를 넘어 정보 생산, 수집, 처리, 저장 및 서비스 개발의 ICT 기술이 필요한 분야이다. 우리가 제안하는 기술은 IR-UWB를 이용한 비접촉방식의 생체신호를 수집 및 저장한다. 생체신호에 따라 에어컨의 방향을 제어하고 사용자의 수면을 모니터링하여 최적의 숙면 환경을 제공한다. 그리고 불쾌지수 환경에 따라 에어컨의 최적조건과 감성조명의 변화로 쾌적함과 안락함을 제공할 수 있는 서비스 알고리즘을 제안한다. 본 연구를 통하여 생체신호, 불쾌지수 및 감성조명의 ICT 기술을 에어컨 서비스를 사용자들이 이용할 수 있도록 알고리즘을 연구하였다.

주제어 : 정보통신기술, 스마트 에어컨, 생체신호, IR-UWB, 플랫폼

Abstract Recently, technological differentiation(sensor, AI) of products using IoT technology to satisfy consumer needs in the mature market for smart home appliances has received a lot of positive responses. However, air conditioner products are in the early stages of convergence technology. Therefore, air conditioner products are fields that require ICT technologies for information production, collection, processing, storage, and service development beyond IoT. In this paper, we collect and store contactless bio-signal using IR-UWB radar technology. The blowing direction of the air conditioning is controlled according to bio-signal and user's sleep is monitored to provide an optimal sleep environment. In addition, we propose a service algorithm that can provide comfort with changes in the optimal conditions of air conditioning and emotional lighting depending on the discomfort index environment. Through this study, we developed an intelligent smart air conditioning service platform with ICT technology of bio-signal, discomfort index, and emotional lighting.

Key Words : ICT, Smart air conditioner, Bio-signal, IR-UWB, Platform

*교신저자 : 류갑상(gsryu@dsh.ac.kr)

접수일 2021년 9월 28일 수정일 2021년 11월 22일 심사완료일 2021년 11월 26일

1. 서론

최근 스마트 가전 산업은 높은 보급률이 지속되고 있고 기업들의 무한 경쟁의 결과로 연평균성장률 1.8%의 저성장산업에 도래하였다[1]. 에어컨은 연평균성장률 0.6%로 더욱 취약한 분야이다[1]. 그래서 가전기업들은 과감한 R&D 투자를 통해 가전산업에서 프리미엄 가전, 스마트 가전 등 새로운 기술을 적용하는 성장동력을 찾고 있다. 특히 에어컨 분야에서는 ICT(Information and Communication Technology)를 접목하여 운전정보를 수집하고 스마트 기술로 스스로 운전하는 기능이 탑재되고 있다. 에어컨 사용자의 정보 획득을 위해 카메라를 사용하였으나 개인정보 보안 문제가 제기되고 있는 상태이다.

현재 개인 보안 문제 해결은 물론 무구속, 무자각으로 생체신호(호흡수, 움직임)를 측정하기 위해 도플러 효과를 이용한 IR-UWB (Impulse-Radio Ultra Wideband) 방식이 대두되고 있다. 군사용 무선기술에 이용되던 IR-UWB 레이더 기술은 최근 재실 탐지, 혼잡도 측정, 보안 시스템, 의료기기, 수면 검사, 위치추적 등 다양한 분야에서 연구되고 있다.

본 연구에서는 IR-UWB 방식의 기술을 활용하여 생체신호(호흡수, 움직임)를 수집하고 쾌적한 생활환경과 수면환경을 제공하는 에어컨 서비스 알고리즘과 제품을 개발하고 불쾌지수 환경에 따라 에어컨의 최적조건과 감성조명의 변화로 쾌적함과 안락함을 제공할 수 있는 지능형 스마트 에어컨 서비스 플랫폼을 제안한다.

우리 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 지능형 스마트 에어컨 서비스 플랫폼에 적용될 기술과 알고리즘에 대해서 알아본다. 3장에서는 스마트 에어컨 서비스 플랫폼의 제안 방법을 제시한다. 4장에서는 서비스를 위한 제안 기술과 알고리즘을 기반으로 제품을 개발한다. 마지막, 5장은 결론을 정리하고 향후의 연구에 대한 주제를 논의한다.

2. 관련연구

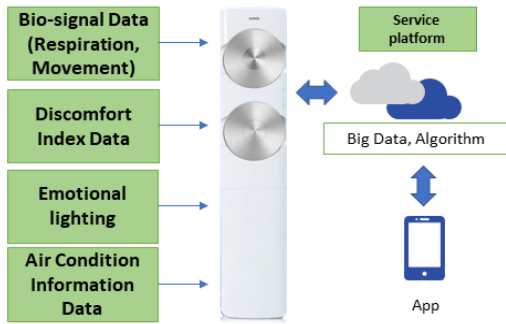
스마트 서비스는 서비스 플랫폼, 네트워크 인터페이스, IoT(Internet of Things) 센서, 지능형 알고리즘 서비스 기술을 기반으로 구축되고 있다. IoT 기술 발달로 스마트 앱을 활용하여 가전, 홈, 헬스케어, 자동차 IoT 등 다양한 분야에서 알고리즘이 탑재된 플랫폼 서비스가

적용되고 있다. Choi 등은 oneM2M, Alljoyn, IoTivity, Fog Computing과 같은 IoT 플랫폼 기술동향을 리뷰하였다[2]. 또한 스마트홈 분야에서 실시간 사용자 서비스가 가능한 기술이 제안되고 있다[3]. 삼성, LG, 위니아딧채 등 대형 가전기업에서는 스마트 에어컨 서비스 운전을 위한 IoT 센서 기술확보 및 빅데이터를 기반으로 자체 플랫폼을 구축하여 운영하고 있다.

에어컨 가전에 카메라를 설치하고 영상처리와 분석을 통해 사람의 위치를 감지하여 바람의 방향과 강도를 조절하는 서비스를 개발하였으나 개인정보 보안문제로 기술이 적용되지 않고 있다[4,5]. 그러나 사생활 침해 없이 비접촉 방식으로 생체신호(실내 위치추적)를 측정하는 도플러 효과를 이용한 IR-UWB 레이더 기술이 연구되고 있다. 최근 IR-UWB 레이더 기술을 이용한 비접촉 방식의 실시간 심박수 추정기술이 제안되고 있으며, Polysomography, Actigraphy, Sleep apnea, Respiration rate, Survivor detection, Occupancy detection에 적용할 수 있다[6-8]. Choi. 등은 IR-UWB 레이더 기술을 이용한 실내 위치추적 및 생체신호 시스템 기초연구를 수행하였고[9], Choi. 등은 일정 거리 내 IR-UWB 레이더 센서에 기초한 수면 효율 측정 알고리즘을 제안하였다[10]. Lee.는 수면상황의 안전을 도모하기 위해 음성 센서와 압력 센서를 이용해 수면 무호흡을 관리하기 위한 스마트 베개 시스템을 설계하였다[11]. Lee. 등은 감정인식을 위해 심박과 호흡 사이의 연결성을 분석하고 유의하게 연결된 변수를 찾기 위해 노력하였다[12]. [13][14]에는 온도, 습도, 미세먼지 센서로 실내환경을 측정하고 설정값과 비교하여 각 가전제품이 On/Off 되도록 동작하는 시스템을 연구하였다 [13,14].

3. 제안 방법

지능형 스마트 에어컨 서비스는 에어컨, 서비스 플랫폼, 스마트 앱으로 구성된다. 에어컨에는 IR-UWB 센서가 탑재되어 생체신호(호흡수, 움직임)를 수집하고 감성조명이 설치되어 서비스 플랫폼 알고리즘에 따라 동작한다. 또한 스마트 에어컨 서비스를 위한 사용자의 운전 정보 및 실내 환경정보가 수집되어 HTTP 프로토콜을 이용한 JSON 방식으로 빅데이터 플랫폼에 전송한다.



[Fig. 1] Smart air conditioning service platform

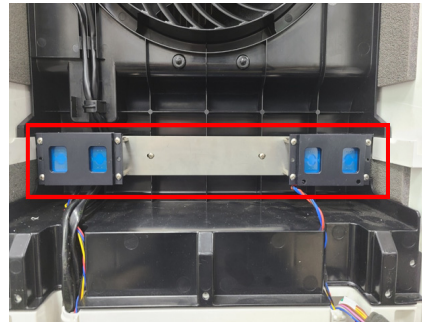
서비스 플랫폼은 에어컨에서 전송되는 데이터와 불쾌 지수 산출을 위한 온습도 데이터를 수집 및 저장하고, 수면상태 모니터링 알고리즘, 생체신호에 따른 감성조명 및 에어컨 제어 서비스 알고리즘, 불쾌지수에 따른 쾌적 운전 서비스 알고리즘이 동작하며 사용자가 앱을 이용하여 서비스를 선택할 수 있도록 하였다. [그림 1]은 생체신호와 에어컨 운영정보를 모니터링 및 수집하고 서비스가 운영될 수 있는 알고리즘이 탑재된 스마트 에어컨 서비스 플랫폼을 나타내고 있다.

4. 에어컨 서비스 알고리즘

4.1 IR-UWB 센서

대한민국의 전파법 제9조 주파수 분배, K125B 분배표 주석에 UWB 통신을 위한 주파수를 3.735~4.8 GHz와 7.2~10.2 GHz로 사용하고 있다. 3.735~4.8 GHz의 대역은 간섭회피기술(DAA, Detect And Avoid)이나 간섭경감기술(LDC, Low Duty Cycle)로 규정되어 있기 때문에 우리의 IR-UWB 레이더 센서는 후자의 주파수 대역을 선택하였다.

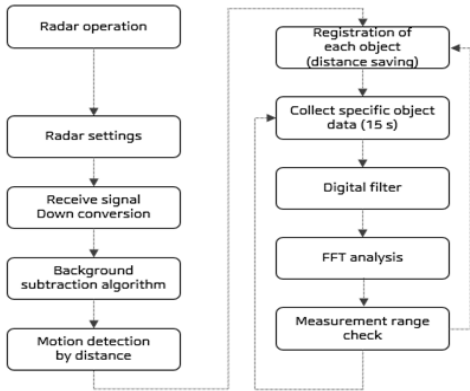
생체신호를 측정하기 위해 IR-UWB 센서 모듈은 전원 회로부 및 송수신 트랜시버 시스템으로 구성한다. 전원부는 5.0V의 DC 전압을 3.3V로 스텝다운 시켜 디지털 컨트롤부 전원 공급, 레이더의 송신부와 수신부 단위 모듈에 전원을 공급하도록 설계한다. 생체신호 측정 및 수집을 위한 IR-UWB 센서 모듈은 안테나의 주파수 영역은 6.0-8.5 GHz, 안테나의 수직/수평 각은 65°로 설계한다. 수신부에서는 트랜시버 내부의 저잡음 증폭기(LNA, Low Noise Amplifier)와 대상체와의 거리가 멀수록 수신신호의 크기가 감소하므로 외부 LNA 추가하여 2단 형식으로 수신율을 향상시킨다.



[Fig. 2] IR-UWB sensor

또한 내부의 EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)의 사용으로 초기 설정 및 구동 시 보안을 위해 일련번호와 보안 코드 등을 설정하였다. 트랜시버의 내부에 사용된 부품은 NOVELDA사의 Single chip impulse radar transceiver(X2 Transceiver)를 사용하였고, 송신 주파수 신호는 가우시안 펄스를 적용하고 중심 주파수 영역은 7.2GHz 사용한다. 스테레오 방식으로 2개의 IR-UWB 레이더 센서가 200mm 간격으로 에어컨에 설치되어 8m 떨어진 곳에서도 대상체를 추적할 수 있도록 하였다. IR-UWB 레이더 센서의 평균 전력은 최대 주파수 대역 7.05GHz에서 -42.58dBm/MHz로 측정되었다. [그림 2]는 호흡수(0~40), 위치추적(8m)의 성능을 갖는 IR-UWB 레이더 센서를 보여주고 있으며 센서는 200mm 간격으로 2개가 탑재되어 있다. 제작된 센서는 에어컨의 중심부에 설치한다.

레이더 센서의 가우시안 펄스의 중심 주파수는 7.2GHz이며 호흡수를 측정하기 위해서는 낮은 주파수 프레임으로 2Hz로 설정한다. 대상체의 측정거리는 최대 8m로 설정하고 다운 변환을 이용하여 수집되는 데이터 수를 감소시킨다. 송신되는 1펄스 당 수집되는 레이더의 최대 데이터수는 1536개이며, 용량 및 처리시간 단축을 위해 300개 이하로 다운 변환 처리하였다. 수신된 원시 데이터는 다운 변환 후 배경 차분 알고리즘을 이용하여 고정되어 있는 배경 신호는 가중치에 맞게 소멸 시간이 조절되도록 하였다. 수신된 레이더 데이터를 분석하여 이동하는 사물의 거리를 기록한다. 기록된 사물의 거리에서 일정시간 스캔 방식으로 호흡수를 측정한다. 호흡수를 측정하기 위해 기록된 사물의 거리에서 15초 동안 데이터를 수집한 후, 디지털 필터, FFT 연산을 적용하여 측정치를 연산한다.



[Fig. 3] Respiration rate measurement algorithm

[그림 3]은 사물의 위치와 호흡수를 측정하기 위해 배경차분 기반의 신호 측정 알고리즘을 나타내고 있다.

움직임을 추적하는 알고리즘으로는 두 개의 원의 교차점을 지나는 원의 방정식으로 좌표를 계산하였다. 200mm 간격으로 이격되어 설치된 각 센서의 중심으로 부터 두 원의 거리를 측정하고 두 원의 방정식으로 x, y 좌표를 계산하여 알고리즘에 적용한다.

4.2 감성조명

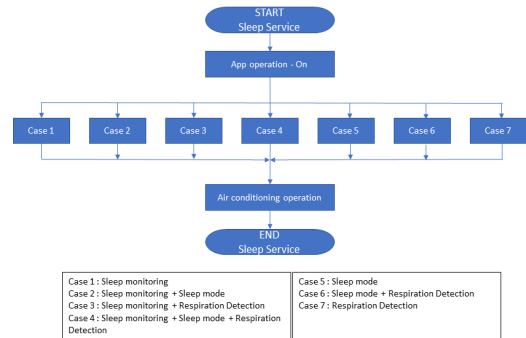
생체신호와 불쾌지수를 활용한 에어컨 서비스 알고리즘에 감성 콘텐츠를 추가하여 정서적 안정과 빛의 테라피 효과를 제공하기 위해 감성조명을 설계 및 구현하여 에어컨에 설치하였다. Warm white LED(20개), Cool white LED(20개), RGB LED(20개)를 사용하여 감성조명 모듈을 설계 및 제작하였고 2개의 모듈을 에어컨에 탑재하였다. 감성조명 모듈의 제어는 PWM 제어를 통해 LED의 Dimming 기능, 색의 조합 등이 가능하도록 개발하였고 색상 조합은 RED, GREEN, BLUE 각각의 색상을 8bit(0~255), 총 24bit 조합으로 데이터를 전송하여 16,581,375개 색상을 제어할 수 있도록 설계하였다. [그림 4]는 설계 및 구현된 감성조명 모듈을 나타내고 있다.



[Fig. 4] Emotional lighting module

4.3 수면상태 모니터링 알고리즘

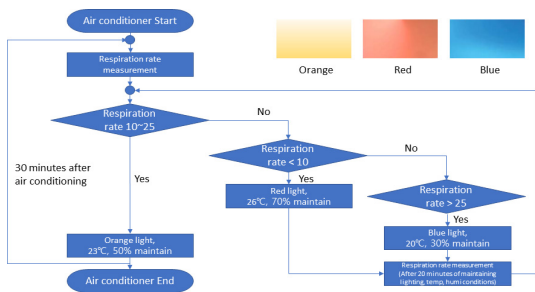
에어컨에서 사용자의 수면 상태를 모니터링하기 위해 플랫폼에 알고리즘이 저장되어 있다. 앱에서 모니터링 기능 선택 시 호흡, 거리, 온도, 습도 정보가 날짜와 시간에 따라 저장되며 취침모드 선택시 안정적 호흡을 나타내는 온도와 습도로 에어컨이 구동된다. 15~20회/분 호흡을 유지하는 온도와 습도 조건으로 구동되며 플랫폼에 저장된 빅데이터에 따라 사용자 환경이 유지된다. 또한 취침모드 선택시 호흡감지 기능을 추가로 선택할 경우 3분 동안 호흡감지가 없으면 앱에서 알람이 발생하여 수면 무호흡증으로 인한 인명의 안전사고를 사전예방할 수 있도록 하였다. [그림 5]는 수면 모니터링 서비스 알고리즘을 나타내고 있다. 앱에서 수면 모니터링, 취침 모드, 호흡감지의 3가지 기능들이 혼합된 7가지 경우의 서비스를 선택할 수 있도록 하였고 선택 기능에 따라 에어컨이 구동되고 사용자에게 쾌적한 환경과 안전을 제공할 수 있도록 하였다.



[Fig. 5] Sleep monitoring service algorithm

4.4 생체신호를 이용한 서비스 알고리즘

에어컨에 탑재된 IR-UWB 센서로 사용자의 움직임을 측정하고 이동방향에 따라 송풍방향을 제어한다. 또한 생체신호(호흡수)의 측정으로 호흡의 정도에 따라 감성 조명 및 에어컨이 동작하도록 알고리즘을 구현한다. 10~25회 호흡수 구간은 안정상태로 휴식, 평화, 즐거움의 상태를 유지하기 위해 노랑색 조명을 제공하고 에어컨은 $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, $(50 \pm 10)\%\text{R.H.}$ 의 온습도 조건으로 동작하여 쾌적한 환경을 유지한다[16]. 호흡수 10회 이하는 불안정 상태로 활력, 생동감, 생명력의 상태를 제공하기 위해 빨강색 조명을 제공하며 26°C , 70%의 온습도 조건이 유지되도록 동작한다.

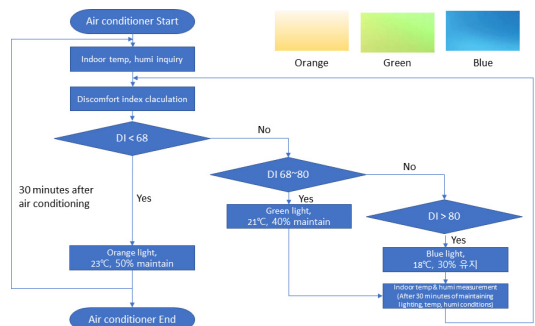


[Fig. 6] Service algorithm using Bio-signal

호흡수 25회 이상의 경우 불안정 상태로 안정, 완화, 침착의 상태를 제공하기 위해 파랑색 조명을 제공하고 20℃, 30%의 온습도 조건이 유지되도록 동작하여 사용자에게 쾌적한 환경은 물론 육체적 안정을 유지할 수 있는 환경을 제공한다. [그림 6]은 생체신호를 이용한 에어컨 서비스 알고리즘을 나타낸다.

4.5 불쾌지수를 이용한 서비스 알고리즘

실내의 온도와 상대습도에 따라 플랫폼에서 불쾌지수를 산출하고 불쾌지수의 범위에 따라 에어컨을 제어하여 실내 환경을 쾌적하게 유지하는 서비스 알고리즘을 제안한다. [그림 7]은 불쾌지수를 이용한 에어컨 서비스 알고리즘을 나타내고 있다.



[Fig. 7] Service algorithm using Discomfort Index

불쾌지수 산출방법은 1959년 미국 기상국의 E.C. Thom 방법의 식(1)을 적용하였다[15].

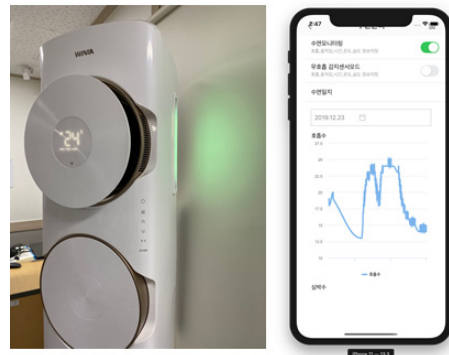
$$DI = \frac{9}{5} T - 0.55 \left(1 - \frac{RH}{100} \right) \left(\frac{9}{5} T - 26 \right) + 32 \quad (1)$$

DI: Discomfort Index

T: Temperature

RH: Realtive Humidity

불쾌지수에 따른 쾌적 조건을 유지하기 위해 에어컨 가동 후 온습도를 조회하고 불쾌지수를 산출하여 지수범위에 따라 감성조명을 제공하며 에어컨의 쾌적조건으로 동작한다. 불쾌지수 68이하는 쾌적함을 느끼는 구간으로 안정감 있는 주황색 조명과 23℃, 50%의 온습도 조건이 유지되도록 동작한다. 불쾌지수 68~80 구간은 불쾌감을 나타내기 시작하므로 편안한 녹색 조명과 21℃, 40%의 온습도 조건이 유지되도록 동작한다. 마지막으로 80이상의 불쾌지수 구간은 불쾌감이 나타나고 수분섭취 등의 육체적 피로감을 느끼게 되므로 시원한 느낌의 파랑색 조명과 18℃, 30%의 온습도 조건이 유지되도록 동작하여 실내의 쾌적한 환경을 유지할 수 있는 서비스 알고리즘에 따라 구동한다. [그림 8]은 수면 모니터링, 생체신호를 이용한 서비스, 불쾌지수를 이용한 서비스 알고리즘이 탑재되어 운전되는 지능형 스마트 에어컨 서비스를 나타내고 있다.



[Fig. 8] Intelligent smart air conditioning service

5. 결론

현재 백색가전 시장의 과열경쟁과 저속 성장으로 인한 산업의 어려움이 지속되고 있어서 가전기업들은 신성장 동력이 되는 신기술에 투자하고 있다. 하지만 에어컨 분야에서는 주목할 만한 결과가 논의되고 있지 않아서 본 논문에서 서비스 기술들을 제시하였다.

본 논문에서 제안한 스마트 에어컨 서비스는 IR-UWB 레이더 센서, 감성조명 기술이 에어컨에 탑재되었고 획득된 정보는 HTTP 프로토콜 기반의 JSON 방식으로 서비스 플랫폼에 전송되어 저장되고, 플랫폼에 탑재된 수면상태 모니터링 서비스, 생체신호를 이용한 서비스, 불쾌지수를 이용한 서비스 알고리즘이 동작하여 사용자에게

게 쾌적하며 안전한 실내 환경을 제공할 수 있도록 설계 및 구현하였다.

제안한 서비스 플랫폼 기술이 에어컨에 적용되어 기업은 가전 시장의 경쟁력을 확보할 수 있을 것이며, 사용자에게 쾌적하고 안전한 실내 생활공간이 제공될 수 있을 것이다. 향후에는 다양한 IoT 센서(미세먼지, 냄새, 산소, 이산화탄소, 조도, 파장측정 등)를 탑재하여 다양하고 많은 데이터를 수집해야 할 것이며, 수집한 에어컨 빅데이터 정보를 이용하여 실내 환경이 쾌적하며 안전한 상태를 제공할 수 있도록 딥러닝을 기반으로 운전되는 스마트한 인공지능 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] J.H.Ryu, "Industry status and prospect - Home Appliance Industry : Focusing on White Goods," KEA, 2017. <http://www.gokea.org>.
- [2] J.H.Choi, J.W.Choi & Y.I.Yoon, "IoT Platform Technology Review," Korea Information Processing Society, Vol.23, No.3, pp.19-24, 2016.
- [3] L.Min, G.Wenbin, C.Wei, H.Yeshen, W.Yannian, Z. Yiyang, et al, "Smart Home: Architecture, Technologies, and Systems," Procedia Computer Science, Vol.131, pp.393-400, 2018.
- [4] J.H.Hong, & K.H.Lee, "A Scheme on Object Tracking Techniques in Multiple CCTV IoT Enviroments," Journal of The Korea Internet of Things Society, Vol.5, No.1, pp.7-11, 2019.
- [5] T.K.Kim, "IoT-based Indoor Localization Scheme," Journal of The Korea Internet of Things Society, Vol.2, No.4, pp.35-39, 2016.
- [6] S.S.Byun, "A Non-contact Realtime Heart Rate Estimation Using IR-UWB Radar," Journal of Embedded Systems and Applications, Vol.14, No.3, pp.123-131, 2019.
- [7] A.Q.Javid, C.M.Noble, R.Rosenberg, & M.A.Weitnauer, "Towards Sleep Apnea Screening with an Under-the-mattress IR-UWB Radar Using Machine Learning," Proceedings of IEEE International Conference on Machine Learning and Applications, pp.837-842, 2015.
- [8] Y.J.Park, H.S.Cho, & H.K.Lyu, "A method of detection of respiration rate on Android using UWB Impulse Radar," ICT Express, Vol.2, No.4, pp.145-149, 2016.
- [9] K.W.Choi, C.S.Kim, C.S.Yang, & J.G.Lee, "A study on a target-tracking and noncontact type biosignal measurement system Using IR-Radar and Pan-Tilt system," The Journal of the Korean Institute of Information and Communication Engineering, Vol.18, No.9, pp.2237-2242, 2014.
- [10] J.W.Choi, Y.N.Lee, S.H.Cho, & Y.H.Lim, "Sleep Efficiency Measurement Algorithm Using an IR UWB Radar Sensor," The Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol.42, No.1, pp.214-217, 2017.
- [11] J.C.Lee, "Design of Smart Pillow System for Managing Sleep Apnea," Journal of the Korea Convergence Society, Vol.11, No.1, pp.33-39, 2020.
- [12] D.W.Lee, S.I.Park, & M.C.Whang, "Emotion Recognition Method Using Heart-Respiration Connectivity," Korean Society for Emotion and Sensibility, Vol.20, No.3, pp.61-70, 2017.
- [13] Y.J.An, D.H.Kim, J.H.Lee, & B.J.Lee, "Indoor Environment Control System Utilizing The Internet of Things," Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol.12, No.4, pp.645-650, 2017.
- [14] D.H.Ryu, & T.W.Choi, "Development of Open IoT platform based on Open Source Hardware & Cloud Service," Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol.11, No.5, pp.1065-1070, 2016.
- [15] E.C.Thom, "The Discomfort Index," Weatherwise, Vol.12, No.2, pp.57-61, 1959.
- [16] Wikipedia. Respiratory rate. <https://ko.wikipedia.org>

김 종 민(Jong-Min Kim) [정회원]



- 2008~2016 : (주)해건 대표이사
- 2017~현재 : (주)조인트리 부사장
- 2021년 2월 : 동신대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 컴퓨터공학과 박사과정

<관심분야>

정보통신, 인공지능, 스마트 플랫폼

강 태 형(Tae-Hyung Kang) [정회원]



- 2002년 2월 : 전남대학교 산업공학과 (공학석사)
- 2008년 2월 : 전남대학교 산업공학과 (공학박사)
- 2008년 9월 ~ 2015년 5월 : 한국광기술원 시험 연구원
- 2018년 11월 ~ 현재 : (주)조인트리 수석연구원

<관심분야>

인공지능, 딥러닝, 스마트 플랫폼

류 갑 상(Gab-Sang Ryu)

[종신회원]



- 1991년 12월 : 정보처리기술사
(전자계산기조직응용)
- 1985년 3월 ~ 1996년 2월 : 한
국기계연구원, 선임연구원
- 1996년 3월 ~ 현재 : 동신대학교
컴퓨터공학과 교수

<관심분야>

블록체인, SW품질, 정보처리