

# 심전도 신호를 이용한 개인 바이오인증 기술 융합과 smart key 기능이 탑재된 wearable device 개발

방걸원

광주대학교 AI자동차학과 교수

## Development of wearable device with smart key function and convergence of personal bio-certification and technology using ECG signal

Gul-Won Bang

Professor, AI-Automotive Engineering, Gwangju University

요 약 심전도(ECG, electrocardiogram) 신호를 이용한 본인 인증기술은 기존의 바이오 인증을 대체할 수 있는 본인 인증기술로 주목받고 있다. 디지털 전자키를 인식하는 장치를 차량에 탑재하여 자동차와 무선으로 데이터를 송수신할 수 있게 하고, 스마트폰 등을 활용해 자동차의 차 문을 잠금 또는 해제하거나, 시동을 걸 수 있는 기능을 스마트폰을 통해 차량 제어할 수 있다. 그러나 스마트키는 보안에 취약하여 이를 해결하고 운전자의 편의성을 제공하기 위해 바이오 인증기술을 적용한 스마트키를 연구하였다. 심전도를 이용한 개인인증 알고리즘을 시계 형태의 웨어러블 디바이스에 탑재하여 바이오인증을 하고 개인인증이 완료되면 자동차의 스마트키 기능을 할 수 있었다. 인증율 95%를 달성하였다. 운전자는 스마트키를 소지할 필요가 없고, 분실 및 해킹에 안전하게 보호할 수 있는 대안으로 스마트키를 제안한다. 심전도를 이용한 개인 인증기술을 활용한 스마트키는 개인인증을 통해 다양한 분야에 적용이 가능하고 향후 심전도를 이용한 본인확인 장치 등에 적용할 수 있는 방법을 연구할 계획이다.

주제어 : 심전도, 개인인증, 보안, 웨어러블, 스마트자동차키

Abstract Self-authentication technology using electrocardiogram (ECG) signals is drawing attention as a self-authentication technology that can replace existing bio-authentication. A device that recognizes a digital electronic key can be mounted on a vehicle to wirelessly exchange data with a car, and a function that can lock or unlock a car door or start a car by using a smartphone can be controlled through a smartphone. However, smart keys are vulnerable to security, so smart keys applied with bio-authentication technology were studied to solve this problem and provide driver convenience. A personal authentication algorithm using electrocardiogram was mounted on a watch-type wearable device to authenticate bio, and when personal authentication was completed, it could function as a smart key of a car. The certification rate was 95 per cent achieved. Drivers do not need to have a smart key, and they propose a smart key as an alternative that can safely protect it from loss and hacking. Smart keys using personal authentication technology using electrocardiogram can be applied to various fields through personal authentication and will study methods that can be applied to identification devices using electrocardiogram in the future.

Key Words : ECG, Personal authentication, Security, Wearable, Smart Car Key

\*This Study was conducted by Research funds from Gwangju University in 2022.

\*Corresponding Author : Gul-Won Bang(bgcom@gwangju.ac.kr)

Received April 25, 2022

Revised April 27, 2022

Accepted May 20, 2022

Published May 28, 2022

## 1. 서론

개인인증의 확실성을 위해 최근 빠르게 발전하고 있는 바이오인증 분야에서도 위변조와 제3자 공여 및 양도가 일어나고 있는 상황으로 기존 신체 외부에서 취득하는 바이오인증 기술에 대한 보안 안전성을 강화한 기술이 필요하다. 바이오인증 기술의 한계점인 위변조의 위험성을 극복할 수 있는 방안으로 심전도 인식 기술을 기반으로 한, 본인 확인 시스템의 구축과 활용의 필요성 강조되고 있다. 최근 심전도(ECG, electrocardiogram) 신호를 이용한 본인 인증기술은 기존의 바이오 인증기술을 대체할 수 있는 인증기술로 많은 연구가 진행되고 있다. 심전도 신호는 생존하는 모든 사람에게서 측정 가능하며 인체에서 측정되는 심전도 신호의 파형 패턴은 크게 변하지 않아 한번 등록하면 자주 갱신 하지 않아도 되고, 생체적으로 개인 고유의 특성이 있어 개개인 간의 구별이 가능하다[1][2]. 자동차 스마트키는 최근 차량에 필수적으로 적용하여 운전자가 소지만으로 시동, 문의 잠금 설정 및 해제, 시동, 트렁크 열고, 단음의 기능을 할 수 있다. 이런 기능을 위해 운전자는 항상 스마트키를 소지하여야 하고, 분실 등의 위험이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 웨어러블 디바이스에 차량용 스마트키를 내장하는 연구를 진행하였다. 이 연구를 통해 스마트키를 운전자가 항상 소지하여야 하는 불편이 없어지고, 심전도를 이용해 본인 인증 후 사용함으로써 위변조 방지와 도난으로부터 보호할 수 있다[3]. 차량용 스마트키는 차량 내부에 있는 안테나에 의해 감지되고 설정된 ID가 일치하면 자동차는 스마트키를 인식하게 되어 통신할 수 있는 조건이 된다. 자동차 스마트키의 인식은 낮은 주파수의 전파를 사용하여 차량에 근접하였는지를 인식하고 인식이 되면 높은 주파수의 전파를 활용 차량을 제어한다[4][5].

## 2. 관련연구

### 2.1 심전도(ECG)

심장은 온몸에 혈액을 순환시키기 위해 심장 근육의 수축과 이완을 반복적으로 수행한다. 심장 근육의 수축과 이완은 탈분극과 재분극으로 반복되는 고유한 리듬을 지닌 심장의 전기적 신호에 맞춰 이루어진다. 이러한 기계적 활동은 자율신경계의 지배를 받는 특징이 있지만, 신경의 지배를 받지 않은 상황에서도 자율적으로 일어난다[6]. 심장 내부에는 지속적이면서도 주기적인 심장 박동을 위해 자동적으로 활동 전압을 생성시켜 전기적 자극을 가해주는 부위가 존재한다. 또한 발생된 활동 전압을 전도하는 시스템이 존재한다. 심장 내에서 주기적인 활동 전압의 발생 및 전도를 담당하는 부분은 심장의 특수 전도계라고 한다. 심방에서 활동 전압은 동방결절, 심방근육 방실결절, 히스다발, 푸르킨에 섬유, 심실근육 순으로 전달된다. 특수 전도계 상의 각 부위별 심근세포에서의 활동 전압을 시간 기준으로 중첩하여 더하면 심전도를 얻을 수 있다. 심전도(electrocardiogram, ECG)는 심장의 전기적 신호를 체표면에서 측정된 것을 말한다[7].

심전도는 심장 활동의 한주기 내에서 특징적인 전기적 활동에 따라 여러 가지 형태의 파형으로 나타난다. Fig. 1은 심전도 파형과 파(특징점)를 나타낸 것으로 각 파의 명칭은 P, Q, R, S, T로 불린다. 심전도 신호는 형태학적으로 구분되는 기저선(baseline), 분절(segment), 간격(interval)으로 나누어 해석한다. 기저선은 등전위선(isoelectric line)이라고 하며, 탈분극과 재분극이 일어나지 않는 시점에서 기록한 신호 파형으로 특징적인 전기적 활동이 관찰되지 않으므로 심전도를 측정하기 위한 기준신호가 된다. 분절은 P파, QRS군, T파를 포함하지 않으면서 각 파형 사이의 시간 간격을 의미한다[8].

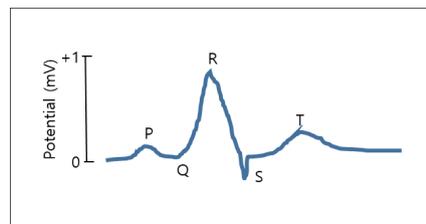


Fig. 1. ECG waveforms and waves.

### 2.2. 자동차 스마트키

자동차는 시동이 걸려야 움직일 수 있다. 이는 자동차의 엔진 동작해서 동력을 전달해야 움직인다. 시동을 걸기 위해서는 시동모터를 작동하여 엔진 힘을 가할 때 시동이 된다. 시동모터를 작동하기 위해 시동모터에 전기 에너지가 가해져야 한다. 최근에는 무선 통신을 이용한 시동방식이 도입되고 시동방법 또한 기존에 자동차 키를 돌려 시동을 거는 방식에서 원터치 버튼을 이용하는 방식으로 전환되고 있다. 이러한 원터치 시동방식의 도입으로 운전자의 편의성을 높이기 위해 차량용 스마트 키 시스템이 도입되고 있다. 운전자가 스마트키를 소지하고

차량에 탑승하면, 차량내의 안테나에 의해 키를 인식하고, 시동이 가능하도록 시동장치가 활성화된다. 시동장치가 활성화되면 시동 버튼을 눌러 시동을 동작시킨다. 스마트키 시스템은 근거리 위치추적 시스템(RTLS, Real-Time Location System)을 응용한 것으로, 주로 실내나 제한된 공간에서 사용된다. 이러한 특성을 가진 위치추적 시스템은 자동차뿐만 아니라 다양한 분야에서 응용되고, 출입통제 등 보안이 요구되는 장소에서 유용하게 사용된다. 차량용 스마트키는 양방향 통신을 통해 연결된다[9-11]. 이때 사용되는 주파수는 315MHz, 433MHz, 455MHz 등을 사용한다[12]. 낮은 주파수는 주로 125KHz 주파수를 사용한다. 스마트키 시스템(Smart Key System)은 차량을 운전할 운전자가 자동차 키를 사용하지 않고 차량에 접근하면 차량의 도어를 잠금 또는 해제할 수 있는 기능과 자동차 키를 사용하지 않고 시동을 걸 수 있는 기능이 있다. 이러한 기능은 무선 통신을 통해 가능해진다. 무선을 통해 차량의 제어의 종류는 차량의 도어 잠금, 해제, 트렁크의 Open 또는 Close, 차량의 시동 등이 있고 부가적으로 비상라이트를 동작하는 기능이 있어 차량을 주차 후 주차위치의 식별하기 위한 수단으로 사용되는 기능도 있다. 차량의 각 곳 곳에는 여러 개의 안테나가 있고 안테나를 통해 스마트키의 접근과 위치를 파악한다[13].

### 2.3 OPT(One Time Password)

OTP는 One Time Password의 약자로, 일반적으로 설정된 암호와 다르게 사용할 때마다 암호를 변경해서 만들어 준다. 사용자 인증을 위한 하나의 방법으로 사용하기 편리하고 보안성이 높은 특징이 있다. [14]. 아이디와 패스워드가 노출 되었을 때, 2차 본인 확인 수단으로 보안성이 있다. 2차 본인 확인 서비스인 OTP의 패스워드를 유출되더라도, 예측 불가능한 특성으로 인해 보안이 유지될 수 있다. OTP는 해쉬 함수를 사용하여 임의의 값(난수)을 추출하기 때문에 실제 입력값을 알아내기 어렵다. 악의적인 방법(해커)으로 패스워드를 스니핑 되어도 원래의 패스워드를 알아내기 불가능하다. 이는 1회용으로 한번 사용하고 폐기되는 일회용 패스워드이기 때문이다. 기존 방식의 아이디와 패스워드, 공인인증서 등은 분실 및 유출 가능성이 있고 사용 방식이 복잡하며, 휴대성도 좋지 않다. 그러나 OTP는 사용자가 소유 가능하며, 동적인 정보를 이용할 수 있고, 휴대 및 관리가 편리하다 [14].

### 3. 연구방법

심전도 신호를 이용한 개인인증 smart key wearable device 시스템은 smart key 기능을 수행할 수 있는 wearable device, 심전도 인증용 wearable device에 smart key 기능인 모듈과 통신 및 제어프로그램을 내장한 장치, RF/LF 송수신시스템과 해킹 방지를 위한 OTP 암호화 알고리즘이 필요하고, 1:1 인증이 가능한 심전도 개인 인증용 wearable device에 RF module을 탑재하여 차량과 통신 가능한 기기 상태 구현과 심전도 인증 웨어러블 디바이스 센싱 및 생체신호 취득할 수 있는 장비를 제작하여 바이오인증 알고리즘을 탑재한다. ECG 인증 방법은 Fig. 2와 같이 사용자 등록과 사용자 인증 두 가지 모드로 동작한다[15, 16].

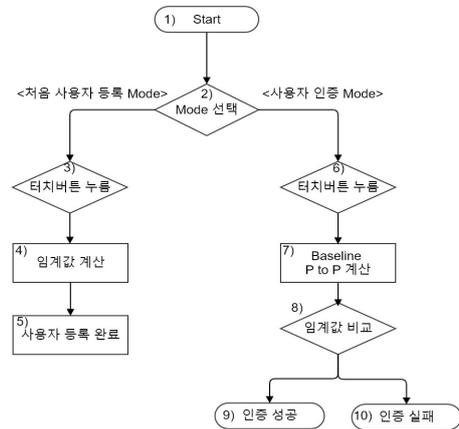


Fig. 2. ECG bio-certified Flow-chart

심전도용 웨어러블 디바이스의 외형은 Fig. 3과 같이 설계하였다. 심전도를 측정하기 위한 전극이 있고 시간을 표시하는 디스플레이 및 스마트 키의 기능을 할 수 있는 버튼 2개로 구성되었다. 전극은 웨어러블 디바이스의 안쪽에 위치하여 손목과의 접촉을 통해 심전도를 측정하고 또한 노이즈를 감소하는 효과가 있다[15].

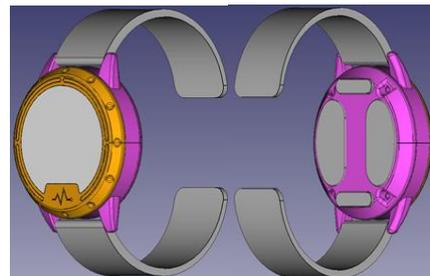


Fig. 3. 웨어러블 디바이스 외형

심전도 인증용 wearable device에 smart key 기능인 모듈과 통신 및 제어프로그램을 내장한 장치로 기존 RF/LF 송수신시스템과 해킹 방식을 위한 OTP 암호화 알고리즘 탑재하였다[14]. 또한 OPT방식을 채택하여 보안성을 높였다. 웨어러블 디바이스는 심전도 측정장치, OPT코드 발생기, UHF 송수신 장치 등으로 구성하고, 심전도 측정장치에는 심전도의 특징점을 추출하여 저장하는 저장공간이 있고, 이를 비교 분석하는 비교 분석기가 있다. OPT코드 발생기는 시간 동기화 방법을 사용하여 현재의 시간을 수신기로 보내 시간 동기화를 먼저 시행한다. 현재의 시간으로 난수를 발생하여 수신된 PIN 코드와 수신기에서 생성된 PIN 코드가 일치하는지 판단한다. 웨어러블 디바이스는 시간정보를 수신장치에 송신하여 시간을 동기화하고, OPT에서 생성된 일회용 비밀번호를 다시 수신장치에 보낸다[14]. 수신장치는 PIN 번호로 인해 비밀번호를 찾고 생성된 일회용 패스워드가 웨어러블디바이스에서 보낸 PIN번호와 일치 하는지를 판단한다. 이때, 웨어러블 디바이스와 수신장치의 시간이 일치하지 않으면 즉, 시간동기화가 되지 않으면, 사용자 인증 실패, 일치하면 인증 성공으로 판단한다. 이런 방식은 일회용 비밀번호를 서버로부터 받지 않는 장점이 있다. 433Mhz 대의 UHF 무선 송수신 장치는 웨어러블 디바이스와 차량용 수신장치와의 데이터 전송 역할을 하며 통신방식은 RF 통신방식을 사용한다.

차량에 수신장치를 설치하고 보조키를 제어기에 삽입하면 보조키는 비활성화된다. 웨어러블 디바이스에서 UHF 통신을 통해 신호를 송신하면 수신장치의 제어기가 수신한다. 웨어러블 디바이스에서 OTP코드를 발생하여 RF 송신 칩을 통해 송신하면 제어기의 OTP 코드가 활성화되고 수신된 OPT코드와 비교해서 일치하는지 판단하고 일치하면 제어기가 활성화된다. 제어기가 활성화되면 웨어러블 디바이스에서 보내는 제어 기능을 수행한다. 웨어러블 디바이스에서 좌측 버튼은 도어 잠금, 우측 버튼 도어 잠금 해제, 좌측과 우측 버튼을 동시에 누르면 비상등 작동 등의 기능을 수행한다[9]. 도어가 열림 상태에서 보조키를 활성화하여 시동을 걸 수 있게 한다[10]. 차량용 수신장치에서 보조키를 제거하면 보조키의 전원이 투입되도록 설계하였다. 보조키에 전원이 투입되면 발렛파킹 등 타인에게 운전을 시킬 때 사용할 수 있게 하였다. 다시 수신장치에 보조키를 삽입하면보조키는 자체 전원이 차단되어 비활성화되고 수신장치에서 신호 수신에 의해 차량의 제어기능을 수행하게 하였다. Fig. 4는 차량용 수신장치의 구성도를 나타낸 것이다.

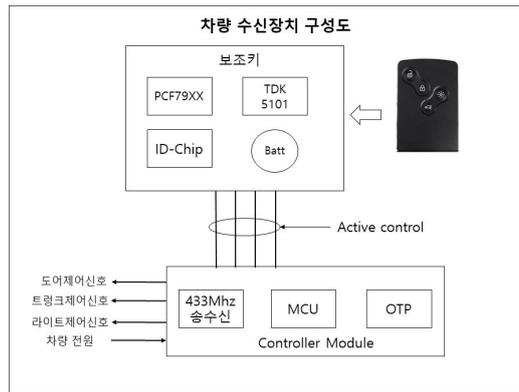


Fig. 4. Vehicle Receiver Diagram

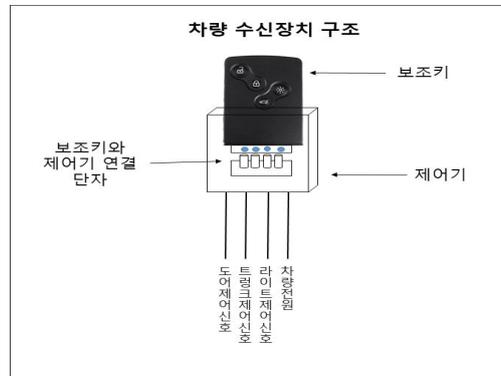


Fig. 5. Vehicle Receiver Constitution

Fig. 5. 는 차량 수신장치의 구조로 보조키와 제어기와의 연결 방식을 나타낸 것으로 보조키가 수신기에 장착되면 수신기는 전원이 차단되고 비활성화가 되고 보조키가 수신기와 분리되면 보조키의 전원이 공급되어 보조키가 활성화되는 구조이다.

#### 4. 실험결과

심전도 신호 측정에 있어 센서의 noise 발생으로 인증에 문제가 있었으나, 3차에 걸친 인증 SW 개선으로 정확도 90% 달성하였다. smart key와 차량의 해킹에 대한 통신 보안에 대한 문제는 OTP 방식의 기술을 적용하여 해결하고, 대리주차 시 문제점이 발생하였으나, 이에 대한 해결방안으로 차량 구동 시스템에 암호(일회용 password)로 특정 조건에서만 구동할 수 있게 하는 방법과 대역은 개인인증이 필요 없이 사용자의 APP 설정에서 사용 권한을 부여할 수 있게 하는 방식과 보조키의

활성화와 비활성화를 통해 해결방식 등의 두가지 모드로 해결되었다. 심전도를 개인인증하기 위해 개인의 심전도를 측정하여 등록을 하여야 한다, 등록은 개인별로 차이가 있으나 평균 1분이 소요되었고 인증시간은 10초 이내로 측정되었다. 등록된 개인 심전도를 이용해 1,000회의 인증을 시도하여 인증 성공율이 95%로 측정되었다. 웨어러블 디바이스는 항상 전원이 투입된 상태로 배터리의 용량이 중요하고 사용시간이 중요한 측정 요소로 1회 충전 시 48시간 작동하였다. 수신기와 자동차의 도어의 열림과 잠금, 트렁크도어의 열림과 잠금, 시동 등의 기능을 수신기에 부착된 LED의 점등으로 상태를 확인할 수 있었고, 실제 동작 여부는 수신기와 자동차 전장과의 인터페이스를 통해 시연하여 동작여부를 확인하였다. 통신거리는 자동차와 웨어러블 디바이스 간의 거리로 작동 가능한 거리를 측정하였으며, 통신이 가능한 범위로 100m 이내에서 동작하는 것을 확인하였다. 웨어러블 디바이스와 수신기 간의 RF통신을 통해 작동 및 오작동 여부를 측정하여 오작동율이 5%이내로 성능이 측정되었고, 웨어러블 디바이스의 방수기능은 IPX4 기준에 적합하게 측정되었다.

## 5. 결론

최근 바이오 인증기술을 이용한 응용 분야가 확대되고 있으나 위변조가 가능한 지문이나 안면인식 등 신체 외부로 유출된 생체정보를 이용하는 경우가 많고, 손바닥 장막 등을 이용하여 FinTech에 활용하는 사례도 있으나, 현재까지 응용 분야는 한계를 가지고 있으며 사람이 직접 개입하지 않고 매개체를 활용하는 경우는 거의 없어 바이오 인증기술의 한계를 극복 할 수 있는 방안으로 신뢰도 높은 인증기술과 방법을 통해 사회적 신뢰 확보가 중요하게 되었다. 바이오인증 관련 산업의 분야 확대를 통해 동 분야의 활발한 성장을 기대할 수 있고, 복제의 위험이 없는 안정된 개인 보안을 통해 사회적 신뢰의 기반을 마련할 수 있는 기술이 심전도를 통한 개인인증이라는 바이오인증 기술의 접목 측면에서 근본적 차이를 가지고 있으며, 이후 응용단계를 통하여 다양한 분야에 활용 가능한 기술로 발전될 수 있다. 심전도 정점 주기를 이용한 개인인증 방법은 심전도 정보를 취득하고, 1:1 매칭 방식으로 개인을 인증할 수 있는 임베디드 디바이스를 웨어러블 watch 형태로 심전도 개인인증을 통해 출입/보안 관리 시스템과 multi 활용으로 Smart key에 적

용하여 바이오 인증기술의 새로운 분야로의 발전에 기여할 수 있다. 또한 스마트폰 스마트키 등 스마트키의 편리성과 보안성이 강조되고 있는 현시점에서 개인의 심전도를 이용한 손목시계형 스마트키를 통해 배타적 활용 가능성과 편의성 등의 역할을 수행할 수 있다. 향후 기존의 스마트워치를 활용한 스마트 키를 개발할 계획이다.

## REFERENCES

- [1] Young-Joo, Chung. (2011). An Efficient VEB Beats Detection Algorithm Using the QRS Width and RR Interval Pattern in the ECG Signals. The Korea Institute of Convergence Signal Processing, 12(2),69-101.
- [2] Jae-Wook Heo & Jinsun Woo & Moon Seog Jun. (2019). Implementation and Evaluation of ECG Authentication System Using Wearable Device. The Korea Academia-Industrial cooperation Society. 20(10), 1-6.
- [3] Jang Won Kim. (2020). A Study on Smart Door Lock using Internet of Things. Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology.13(6), 539-544.
- [4] Sangraeg Lee & Jin-Tae Park & Byoung-Hyoun Woo & CHOI HAN GO. (2014). Video Digital Doorlock System for Recognition and Transmission of Approaching Objects. KIPS Transactions on Software and Data Engineering (KTSDE).3(6), 237-242.
- [5] Gul-Won Bang & Yong-ho Kim.(2018). Panorama laser lane system based IoT. International Journal of Engineering & Technology, 7(2), 46-49.
- [6] Soo-bum Kwon & Jun-Hyoun Shin. (2018). A Guide to Placement of Electrocardiogram (ECG) Electrodes on Body and Implementation of a New ECG System with Changeable ECG Channel Electrodes. The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences.43(4), 702-706.
- [7] Young-Joo Chung.(2011). An Efficient VEB Beats Detection Algorithm Using the QRS Width and RR Interval Pattern in the ECG Signals. The Journal of Korea Institute of Convergence Signal Processing. 12(2), 96-101.
- [8] Young-Joo Chung.(2010). Development of QRS Detection Algorithm for Real-time ECG Monitoring System. Journal of Korean Institute of Information Technology. 8(5), 153-163.
- [9] DENSO KOREA CORPORATION.(2016). WEARABLE SMART-KEY SYSTEM FOR VEHICLE. <http://kpat.kipris.or.kr/kpat/biblioa.do?method=biblioFrame&applno=1020150097463>.
- [10] DENSO KOREA CORPORATION.(2016). WEARABLE

SMART-KEY SYSTEM FOR VEHICLE.  
<http://kpat.kipris.or.kr/kpat/biblioa.do?method=biblioFrame&applno=1020150097462>.

- [11] DENSO KOREA CORPORATION.(2016). WEARABLE SMART-KEY SYSTEM FOR VEHICLE.  
<http://kpat.kipris.or.kr/kpat/biblioa.do?method=biblioFrame&applno=11020150097468>.
- [12] Seung-Woo Kim & Dea-woo Park,(2020). Hacking attack and vulnerabilities in vehicle and smart key RF communication. *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*. 24(8), 1052-1057.
- [13] Yun-Sub Lee & Kyeong-Seob Kim & Jeong-Hee Yun & Sang-Bang Choi.(2009). The Design and Implementation of Automotive Smart-key System Using general-purpose RFID. *The institute of Electronics Engineers of Korea*. 46(4), 42-50.
- [14] ITgom.(2018). *Cryptography - OTP Password Algorithm*.  
<http://itqomcom.blogspot.com/2018/03/otp.html>
- [15] Hyundai Autron Co., Ltd.(2014). *System and Method for Searching Smart Key of Vehicle*.  
<http://kpat.kipris.or.kr/kpat/biblioa.do?method=biblioFrame&applno=1020120144781>.
- [16] lboon.(2019). *How do I distinguish my car from a smart key that looks the same?*.  
<https://content.v.daum.net/v/5c457e50ed94d20001c90b31>.

방 걸 원(Gul-Won Bang)

[장학원]



- 1987년 9월 : 광주대학교 전자계산학과(이학사)
- 2002년 8월 : 전남대학교 소프트웨어공학(공학석사)
- 2008년 2월 : 전남대학교 소프트웨어공학(공학박사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 광주대학교 AI

자동차학과 교수

- 관심분야 : 사물인터넷, 센서
- E-Mail : bgcom@gwangju.ac.kr