

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.6.137>

143IIBC 2017-6-18

음향 신호기와 연동하는 시각 장애인을 위한 스마트 지팡이

Smart Cane for the blind interworking with Sound Signal Generator

이승주*, 김석훈*, 장원석*, 좌정우**, 김순환*

Seong-Joo Lee*, Seok-Hoon Kim*, Won-Seok Jang*,
JeongWoo Jwa**, Soon-Whan Kim*

요약 횡단보도와 교차로에서 시각 장애인을 위한 보행 안전시설은 부족하다. 시각 장애인을 위해 인도에 점자 블록이 설치되고 교차로에 RF 원격 제어 시스템으로 제어되는 신호등과 음향 신호기가 설치되어 있다. RF 원격 제어 시스템은 하나의 주파수를 사용하여 교차로에서 인접한 신호등과 음향 발생기들을 동시에 동작시키는 문제가 있다. 본 논문은 비콘을 사용하여 교차로에 설치된 시각 장애인을 위한 신호등과 음향 신호기를 식별하고 진행 방향의 신호등과 음향 신호기를 적외선 통신으로 동작시키는 스마트 지팡이를 개발하였다. 본 논문에서 개발한 스마트 지팡이는 블루투스 통신을 통해 모바일 앱과 연동하여 시각 장애인을 위한 보행자 내비게이션을 제공 할 수 있다.

Abstract Facilities for pedestrian safety of the visually impaired are scarce on the walkway and crosswalk. Braille blocks are installed on the walkways and RF controlled signal lights and sound generators are installed on the crosswalk at the main intersection for the visually impaired. An RF remote control system using one frequency has a problem of simultaneously operating nearby signal lamps and sound generators at an intersection. In this paper, we develop the smart cane that uses a beacon to identify the signal lamp and sound generators installed on the crosswalk at intersections and to operate the signal lamps and sound generators in the direction of the walk by IR communication. The developed smart cane is able to provide the pedestrian navigation for the blind by interworking with mobile apps through Bluetooth communication.

Key Words : Smart cane, Location-based service (LBS), Beacon, IR communication, Arduino.

1. 서 론

LTE와 5G 이동통신시스템 개발로 사물인터넷(IoT) 서비스에 관한 연구가 많이 진행되고 있다^[1]. 사물인터넷

서비스로 다양한 센서를 이용하는 장애인을 위한 보조 장치 개발에 관한 관심이 높아지고 있다. 본 논문은 시각 장애인에게 안전한 보행을 제공할 수 있는 스마트 지팡이를 제안한다. 시각 장애인에게 위험한 장애물은 고정

*준희원, 제주대학교 통신공학과

**정희원, 제주대학교 통신공학과 (교신저자)

접수일자: 2017년 10월 16일, 수정완료: 2017년 11월 16일

게재확정일자: 2017년 12월 8일

Received: 16 October, 2017 / Revised: 16 November, 2017 /

Accepted: 8 December, 2017

**Corresponding Author: lcr02@jejunu.ac.kr

Dept. of Telecommunication Engineering, Jeju National University, Korea

형과 이동형으로 분류할 수 있다. 고정형 장애물에는 울타리, 벽, 나무와 같은 장애물이 있다. 이동형 장애물에는 반대편에서 오는 사람부터 자동차까지 다양한 형태의 장애물이 있다. 기존 스마트 지팡이에 관한 연구는 보행 장애물을 감지하는데 초점을 맞추어 이루어졌다^[2]. 고정형 장애물이나 인도에서 저속으로 움직이는 이동형 장애물을 감지하기 위해 초음파 센서를 사용한다. 또한 이를 스마트 폰 앱을 이용하여 위치기반의 안내를 개발되고 있다^{[3][4]}.

시각 장애인의 보행 편의를 위해 인도에는 점자 블록이 설치되고 횡단보도에는 신호등과 연동되는 음향 신호기가 설치되고 있다. 신호등 전주에 부착된 음향신호기는 시각 장애인이 직접 작동하기 어렵다는 문제가 있다. 이와 같은 문제는 시각 장애인에게 불안감을 유발시키고 보행 중 사고의 원인이 된다. 음향 신호기는 전주의 부착된 버튼으로 동작되지만 시각 장애인의 보행 편의를 위해 RF(Radio Frequency) 통신 방식으로 동작하는 리모컨이 제공된다^{[5][6]}. RF 통신 방식의 리모컨은 358.5 MHz의 주파수를 사용하여 음향 신호기를 작동시킨다. RF 통신 방식의 리모컨을 사용할 때 문제점은 하나의 주파수를 사용하여 리모컨 서비스 반경 내의 모든 신호등과 음향 신호기들이 작동된다는 것이다. RF 통신 방식의 리모컨을 누르면 서비스 반경 내 여러 개의 음향 신호기들로부터 안내 음성이 겹쳐서 들리게 되고 연동되는 신호등들이 켜지게 된다.

본 논문은 이와 같은 문제를 해결하기 위해 사용자가 설정한 신호등과 음향 신호기만 작동시키는 스마트 지팡이를 개발하였다. 개발된 스마트 지팡이는 비콘을 사용하여 교차로의 횡단보도에 설치된 신호등과 음향 신호기를 식별하고 적외선 통신을 사용하여 선택한 신호등을 동작시킨다. 스마트 지팡이와 블루투스로 연동되는 시각 장애인을 위한 안드로이드 모바일 앱을 개발하였다^{[7][8]}.

II. 스마트 지팡이 관련 통신 기술

1. 비콘

비콘은 무선 통신 기반의 근거리 위치 기술로서 저전력 블루투스4.0 즉 Bluetooth Low Energy(BLE) 프로토콜 기반의 근거리 무선통신 장치이다. 최대 70m 이내의 장치들과 교신할 수 있고, 5 ~ 10cm 단위의 거리를 구별

할 수 있을 정도의 정확성을 가지고 있다. 또한 전력 소모가 적어 사물인터넷과 관련된 시스템을 구현하기에 적합하다^{[9][10]}. 비콘은 MAC 주소, UUID, MAJOR, MINOR, RSSI 값을 전송한다. 스마트 폰에서 이를 통해 위치를 감지하고 신호 강도를 측정 할 수 있다^[11]. 루브르 박물관에서는 비콘을 이용하여 관람자의 위치에 따라 예술 작품 안내 서비스를 제공하고 있다. 비콘은 일반적으로 스마트 폰과 통신을 목적으로 개발되어 아두이노에 사용할 수 있는 수신기가 많지 않다. 본 논문에서는 HM-10 블루투스 모듈을 사용한다.

2. 적외선 통신

적외선 통신은 37 ~ 42 kHz의 주파수 대역을 사용한다. 주파수 프레임 유형에 따라 다양한 통신 형식을 가지고 있다. IR 통신은 주로 근거리 통신에 사용되며 여러 사용자가 있을 때 단일 수신기와 N : 1 통신에 적합하다. 음향 신호기는 RF(Radio Frequency) 통신 방식을 사용하고 있다. RF 통신은 주파수 라이선스를 받아야 하고 전용 RF 회로를 구성해야하기 때문에 사용이 쉽지 않다. 적외선 통신은 추가적인 라이선스를 발급받을 필요가 없기 때문에 상대적으로 이용하기 쉽다. 본 논문은 신호등과 음향 신호기를 선택적으로 작동시키기 위해 적외선 통신 방식을 사용한다.

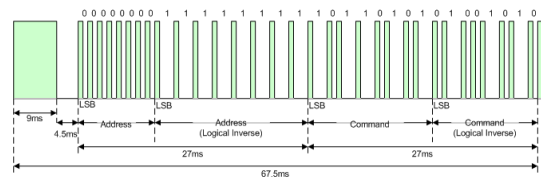


그림 1. 적외선 NEC 인코딩/디코딩 데이터 형식
Fig. 1. IR NEC encoding/decoding data format

그림 1은 NEC 적외선 인코딩과 디코딩 데이터 형식을 나타낸 것이다^[10]. 적외선 통신에서 NEC 인코딩과 디코딩 방식은 펄스 거리 간격으로 1과 0 신호로 구분한다. 본 논문에서는 IRRemote.h 라이브러리를 사용한다.

III. 비콘과 적외선 통신을 이용한 스마트 지팡이

음향 신호기는 시각 장애인의 보행 안전을 위해 신호

등과 같이 횡단보도에 설치되는 시설물이다. 음향 신호기는 음성과 멜로디로 시각 장애인에게 위치와 방향 정보를 제공한다. 현재 설치되어 있는 일반적인 음향 신호기를 작동시키기 위해서는 신호등 전주에 부착되어 있는 버튼을 눌러야 한다. 일반적으로 신호등과 버튼은 도로에 가깝게 설치되어 있기 때문에 시각 장애인이 직접 사용하기에는 위험하다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 시각 장애인을 위한 음향 신호기용 RF 리모컨이 제공되고 있다. RF 리모컨은 서비스 반경 내의 모든 음향 신호기들을 작동시켜 음향 신호기들로 소리들이 겹쳐 들려 분간하기 어려워져 시각 장애인에게 혼란을 초래한다.

본 논문은 이와 같은 문제를 해결하기 위해 아두이노와 비콘을 갖는 블루투스 모듈(HM-10)을 사용하여 스마트 지팡이를 개발하였다. 스마트 지팡이는 신호등에 부착된 비콘의 MAC 주소로 음향 신호기를 구분한다. 스마트 지팡이는 신호등에 설치된 비콘의 MAC 주소 정보를 미리 저장하여 신호등을 구분하고 스마트 지팡이에 부착한 진동 센서를 이용해 사용자에게 해당 신호등에 도착했음을 알린다^{[13][14]}.



그림 2. 신호등 전주에 이중으로 설치된 음향 신호기 수동 조작 버튼
 Fig. 2. Signal lamp with two sound signal generator's operating button

그림 2는 신호등 전주에 설치된 버튼들을 나타낸 것으로 좌/우 버튼의 방향으로 횡단보도가 있다^[13]. 이 경우 하나의 신호등 전주에 양쪽 방향에 해당되는 음향 신호기들이 설치된다. 비콘의 MAC 주소를 사용하여 좌/우 방향의 음향 신호기를 구분할 수 있다.

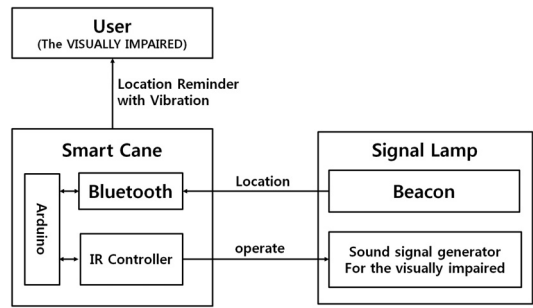


그림 3. 스마트 지팡이와 음향 신호기의 동작 구성도
 Fig. 3. Functional block diagram of the developed smart cane and the signal lamp

그림 3은 개발한 스마트 지팡이와 신호등, 신호 발생 시간 동작 과정을 나타낸 것이다. 스마트 지팡이는 아두이노와 블루투스 모듈을 통해 신호등에 설치된 비콘으로부터 MAC 주소를 포함한 정보를 수신한다. 수신된 비콘의 MAC 주소가 사용자가 설정한 MAC 주소와 일치하면 사용자에게 지팡이의 진동 센서를 통해 신호등에 도착했음을 알린다. 사용자는 해당 음향 신호기를 작동시키기 위해 스마트 지팡이의 버튼을 누른다. 스마트 지팡이는 적외선 통신을 통해 음향 신호기와 신호등을 작동시킨다^[15].

신호등에 설치된 비콘으로부터 스마트 지팡이가 정보를 수신하는 과정은 그림 4와 같다. 스마트 지팡이는 사용자에게 알리는 진동의 주기와 횟수 등을 이용하여 주변 신호등과 음향 신호기들을 구분할 수 있도록 한다^[16].

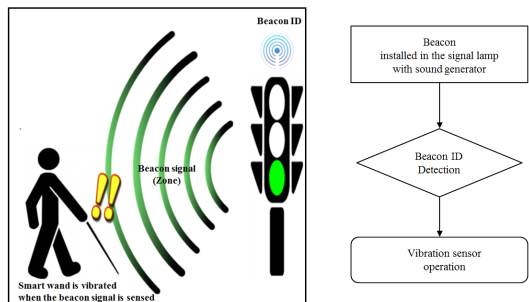


그림 4. 비콘 ID를 이용한 사용자의 위치 알림
 Fig. 4. User's location notification using beacon ID

표 1은 신호등에 설치된 비콘 정보를 수신하여 사용자가 설정한 비콘 MAC 주소인지 확인하는 아두이노 소스 코드를 나타낸 것이다. “AT + DISC?”는 HM-10 블루투스 모듈이 지원하는 블루투스 제어문으로 주변 블루투스

기기를 탐색한다. "AT + DISC?"의 결과로 비콘의 MAC 주소를 "AT + DISC : (MAC 주소)"형태로 출력한다. 이 결과에서 MAC 주소만 분리하여 지정된 비콘의 MAC 주소와 비교한다. 감지된 비콘의 MAC 주소가 사용자가 미리 지정한 MAC 주소와 일치하면 사용자가 지정한 벨 소리 또는 음성 안내와 같은 방법을 통해 해당 신호등에 도착했음을 사용자에게 알린다. 본 논문에서는 스마트 지팡이가 비콘 정보를 수신하면 사용자에게 100msec 주기로 3회 짧은 진동과 2초 주기 1회 긴 진동으로 알린다.

표 1. 비콘 탐지를 위한 아두이노 소스 코드
Table 1. Arduino source code for the beacon detection

```
String macadd="";
char atcmd[30];
char list[12];

int j=100;
int index = 0;

void loop()
{
    ...

    if (mySerial.available())
    {
        if (working == false)
        {
            mySerial.write("AT+DISC?");
            working = true;
        }
    }
    while (mySerial.available())
    {
        atcmd[index] = mySerial.read();
        if( index == 30 ) index = 0;
        if( j < 12 )
        {
            list[j] = atcmd[index];

            if( j== 12 )
            {
                list[j] = NULL;
                macadd += list;
                Serial.println(macadd);
                delay(10);
            }
            ...
        }

        if(atcmd[index] == ':') j = 0;

        index++;
    }
    index = 0;
}
```

그림 5는 개발된 스마트 지팡이에서 우측 신호등과 좌측 신호등을 구분하기 위해 두 종류의 진동을 사용하는 것을 나타낸 것이다. 그림 6은 스마트 지팡이를 이용해 음향 신호기와 신호등을 동작 시키는 과정을 나타낸 것이다. 사용자는 스마트 지팡이로부터 진동을 감지하여 신호등과 음향 신호기에 대한 정보를 습득한 후 적외선 송신 버튼을 눌러 음향 신호기와 지팡이를 선택하여 동작시킬 수 있다.

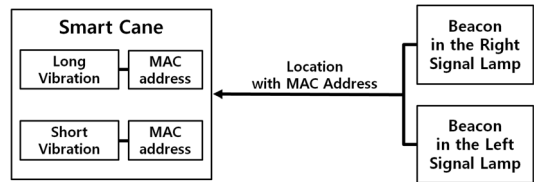


그림 5. 짧은 진동 혹은 긴 진동을 이용한 위치 알림
Fig. 5. The notification using the short or long vibration

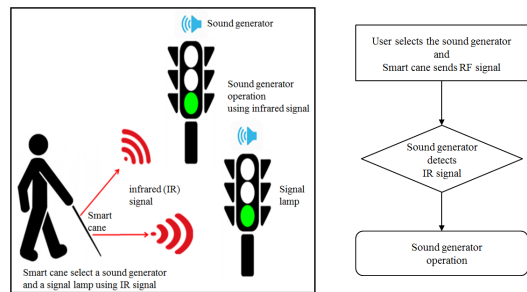


그림 6. 스마트 지팡이의 적외선 통신을 이용한 음향 신호기 작동
Fig. 6. The smart cane operates the sound generator using IR communication

표 2는 스마트 지팡이에서 신호등과 음향 신호기로 적외선 신호를 전송하는 아두이노 소스 코드를 나타낸 것이다. 사용자는 신호등과 음향 신호기를 작동시키기 위해 스마트 지팡이의 버튼을 눌러 적외선 신호를 전송한다. 짧은 시간동안 버튼을 누르면 오른쪽 신호등을 선택하고 긴 시간동안 버튼을 누르면 왼쪽 신호등을 선택하여 작동시킨다^[12]. 스마트 지팡이의 적외선 통신 버튼을 누르는 시간은 표 2와 같이 300msec를 기준으로 나눈다. 300msec 이상 버튼을 누르면 16진수 32비트의 '00FF6897'를 전송한다. 좌측 신호등에서는 설치된 아두이노와 적외선 수신 모듈을 통해 이를 수신 받는다.

표 2. 스마트 지팡이의 아두이노 소스 코드
Table 2. Arduino source code of the smart cane

```
if (reading == LOW && millis() - time > debounce )
{
  time2 = millis();
} else
{
  time = millis();
}
if ( time - time2 >= 300 )
{
  irsend.sendNEC(0x00FF6897, 32);
  digitalWrite(3, HIGH);
} else if ( time-time2 < 300 && time-time2 > debounce ) {
  irsend.sendNEC(0x00FF1234, 32);
  digitalWrite(3, LOW);
}
```

표 3은 좌측 음향 신호기에 대한 적외선 수신 코드이다. 사용된 적외선 코드의 인코딩 방식은 NEC 형식이다. 수신된 코드가 전송된 16진수의 32비트 신호 '00FF6897'와 동일 할 때 음향 신호기를 동작 시킨다.

표 3. 신호등에서의 아두이노 코드
Table 3. Arduino source code in the signal lamp

```
if (irrecv.decode(&result )
{
  if (result.decode_type == NEC )
  {
    switch(results.value)
    {
      case 0x00FF6897:
        for (i = 0; i <= 4; i++)
        {
          digitalWrite(one, HIGH);
          delay(500);
          digitalWrite(one, LOW);
          delay(500);
        }
      }
    }
  }
```

IV. 결론

시각 장애인을 위해 주 교차로의 횡단보도에 설치되어 있는 음향 신호기의 RF 리모컨은 358.5 MHz의 주파수를 사용한다. RF 통신 방식은 교차로에서 좌/우 신호등을 구별 할 수 없다는 문제가 있다. 본 논문은 이와 같은

문제를 해결하기 위해 시각 장애인을 위해 아두이노, 비콘, 적외선 통신 모듈을 사용하는 스마트 지팡이를 개발하였다. 개발된 시스템에서 신호등과 음향 신호기는 비콘의 MAC 주소로 식별한다. 스마트 지팡이는 신호를 자동으로 감지하고 비콘의 MAC 주소를 사용하여 신호등과 음향 신호기를 구별한다. 스마트 지팡이는 사용자가 설정한 MAC 주소로 신호등과 음향 신호기를 인식하고 이를 진동을 통해 사용자에게 알린다. 사용자는 스마트 지팡이의 진동으로 해당 신호등과 음향 신호기에 도착했음을 알게 되고 적외선 통신 버튼을 눌러 신호등과 음향 신호기를 선택적으로 작동시킬 수 있다.

비콘은 일반적으로 스마트 폰 통신용으로 개발되어 아두이노에서 비콘을 사용하는 데 제한이 있다. 본 논문은 신호등과 음향 신호기의 위치를 비콘 UUID, Major 및 Minor로 구분하였다. 사용하는 모듈에서 비콘의 RSSI 값이 지원되지 않았기 때문에 스마트 지팡이와 신호등 사이의 거리를 정확하게 측정 할 수 없었다. 향후에는 다양한 값을 사용할 수 있는 블루투스 모듈로 교체하여 신호등 사이에서의 위치를 표기하는 등의 다양한 기능을 제공할 수 있을 것이다. 또한 이러한 기능 외에도 TTS (Text-to-Speech)와 GPS를 사용하여 위치 기반 스마트 오디오 가이드를 제공하는 스마트 지팡이와 연동되는 모바일 앱을 개발할 계획이다.

References

- [1] Hee-Jin Kim, Yun-Seon Park, "Korea's Development Strategy through 5G Network Global Status Analysis", JCCT. pp 44-48 May, 2017.
- [2] G. A. Mutiara, G. I. Hapsari, R. Rijalul, "SmartGuide Extension for Blind Cane", International Conference on Information and Communication Technologies (ICoICT), pp.1-6, May 2016.
<https://doi.org/10.1109/ICoICT.2016.7571896>
- [3] Ho-Soo Lee, "Haptic Navigation System Based on Smart Phone for The Blind Institute of Control", Robotics and Systems, pp. 506-507, May 2013.
<https://doi.org/10.1109/ICAT.2007.10>
- [4] Yoon Chang-Ho and Park Jae-Gwon, "Walking

- assist cane and navigation for the visually impaired”, Korea Information Science Society, pp. 2060-2061, June 2015.
<http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE06394645>
- [5] Yong-Seok Lee and Soung-Min Son, “Smart system using Arduino for blind”, Korea Information Science Society, pp. 2108-2110, June 2015. <http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE06394645>
- [6] National Police Agency, Audio Guide System for Visually Impaired Specification, March 2017. <https://www.police.go.kr/portal/bbs/view.do?nttId=19275&bbsId=B0000002&menuNo=200066>
- [7] Young Chung, Sanghag Kim and Kang Hyeon Rhee, “The Smart Cane Utilizing a Smart Phone for the Visually Impaired Person”, IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp.106-107, Oct. 2014.
<https://doi.org/10.1109/GCCE.2014.7031333>
- [8] R. K. Megalingam, A. Nambissan, A. Thambi, A. Gopinath, M. Nandakumar, “Sound and Touch based Smart Cane: Better Walking Experience for Visually Challenged”, Humanitarian Technology Conference - (IHTC), pp.1-4, June, 2014.
<https://doi.org/10.1109/IHTC.2014.7147543>
- [9] B. H. Cho, “Design of Restaurant Advertisement and Order System using Bluetooth 4.0 Technology”, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (JIIBC), pp.69-76, Feb, 2015,
<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2015.15.1.69>
- [10] Ji-seong Kim, Yong-kab Kim and Geun-chang Hoang, “A Study on Indoor Position-Tracking System Using RSSI Characteristics of Beacon”, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(IIBC), pp85-90, Vol.17, No. 5,
<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.5.85>
- [11] Hyung-Seo Kang and In-Soo Koo, “Beacon Node Based Localization Algorithm Using Received Signal Strength(RSS) and Path Loss Calibration for Wireless Sensor”, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), pp15-21, Vol11, No. 1,
<http://www.earticle.net/article.aspx?sn=139762>
- [12] The Altium,
<http://techdocs.altium.com/display/FPGA/NEC+Infrared+Transmission+Protocol#>.
- [13] Don Dong Min Jang and Jung Yoon Ham, “Indoor location-based services for the visually impaired and the hearing impaired using Bluetooth low energy beacon”, University of Seowon, Republic of Korea, K-ICT Co.,Ltd., pp. 362-363, 2017.
<http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE07125800>
- [14] Arai, M., Mitsuke, H., Ikeda, M., Xia, J.-X., Kikuchi, T., Satake, M., and Shimizu, T., ConPred II: a consensus prediction method for obtained transmembrane topology models with high reliability. Nucleic Acids Res., 32 (2004), W390-W393. <https://doi.org/10.1093/nar/gkh380>
- [15] The Headline Jeju,
<http://www.headlinejeju.co.kr/?mod=news&act=articleView&idxno=258079>.
- [16] M.F. Saaid, A. M. Mohammad, M. S. A. Megat Ali, “Smart Cane with Range Notification for Blind People”, 2016 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS), pp.225 - 229 Oct. 2016.
<https://doi.org/10.1109/I2CACIS.2016.7885319>

저자 소개

이 승 주(준회원)



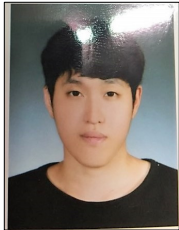
• 2014년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 통신공학과 학사과정

김 석 훈(준회원)



- 2011년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 통신공학과 학사과정

장 원 석(준회원)



- 2011년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 통신공학과 학사과정

좌 정 우(정회원)



- 1985년 2월 : 한양대학교 전자공학과 공학사
- 1987년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학석사
- 2001년 8월 : 한국과학기술원 정보및통신공학과 공학박사
- 1987년 3월~1996년 12월 : KT 무선통신연구소
- 1997년 1월~2002년 9월 : KTF 무선인터넷사업본부
- 2002년 10월~현재 : 제주대학교 통신공학과 교수

김 순 환(준회원)



- 1980년 2월 : 한양대학교 통신공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 한양대학교 대학원 통신공학과 (공학석사)
- 1981년 3월~1984년 8월 : 삼성전자
- 1984년 9월~2002년 8월 : 한국휴렛팩커드 임원
- 2002년 9월~2012년 8월 : (주)ITpro/ITinno 대표이사
- 2012년 9월~현재 : 제주대학교 교수

※ 이 논문은 2017학년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었음