

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.5.85>

IIBC 2017-5-11

비콘의 RSSI 특성을 이용한 실내 위치 추적 시스템에 관한 연구

A Study on Indoor Position-Tracking System Using RSSI Characteristics of Beacon

김지성*, 김용갑*, 황근창**

Ji-seong Kim*, Yong-kab Kim*, Geun-chang Hoang**

요약 실내 위치 기반서비스는 일상에서 주로 움직이는 사용자를 대상으로, 측정하고 분석하는 지능형 사물인터넷기술 기반으로 발전되어왔다. 다양한 실내 위치 측위 기술들은 별도의 하드웨어를 필요로 하고 통신 프로토콜이 복잡해지는 단점이 있다. 본 논문에서 사용되는 무선 신호의 수신강도를 이용하는 RSSI 기술은 송신 신호의 물리적인 특성 상 거리에 따라 신호 세기의 감소가 일어나는 점에 착안하여, 송신 신호의 강도와 수신 신호의 세기를 측정하여 송신기와 수신기 간의 거리를 측정하는 방법으로 별도의 비용이 들지 않고 측정 구현이 간단한 장점을 이용하였다. 측정되는 RSSI 값의 오차를 줄이기 위해 Feedback 필터링에 대한 계산 값을 산출 적용시켰다. 평균 필터링을 통한 RSSI 값과 Feedback 필터링의 계수 값을 0.5로 설정하여 측정된 RSSI 값이 일반적인 측정에 비해 최대 -61dBm에서 최소 -52.5dBm 으로 약 -2dBm에서 -6dBm 정도 감소하는 것을 확인하였다.

Abstract Indoor location-based services have been developed based on the Internet of Things technologies which measure and analyze users who are moving in their daily lives. These various indoor positioning technologies require separate hardware and have several disadvantages, such as a communication protocol which becomes complicated. Based on the fact that a reduction in signal strength occurs according to the distance due to the physical characteristics of the transmitted signal, RSSI technology that uses the received signal strength of the wireless signal used in this paper measures the strength of the transmitted signal and the intensity of the attenuated received signal and then calculates the distance between a transmitter and a receiver, which requires no separate costs and makes to implement simple measurements. It was applied calculating the value for the average RSSI and the RSSI filtering feedback. Filtering is used to reduce the error of the RSSI values that are measured at long distance. It was confirmed that the RSSI values through the average filtering and the RSSI values measured by setting the coefficient value of the feedback filtering to 0.5 were ranged from -61 dBm to -52.5 dBm, which shows irregular and high values decrease slightly as much as about -2 dBm to -6 dBm as compared to general measurements.

Key Words : Location based service, Bluetooth4.0, RSSI, Feedback filtering, Distance measurement correction algorithm

*김지성, 김용갑 원광대학교 정보통신공학과

**황근창 원광대학교 반도체디스플레이학과

접수일자: 2017년 5월 1일, 수정완료: 2017년 9월 5일

게재확정일자: 2017년 10월 13일

Received: 1 May, 2017 / Revised: 5 September, 2017 /

Accepted: 13 October, 2017

**Corresponding Author: gchoang@wku.ac.kr

Department of Division of Microelectronics and Display
Technology, Wonkwang University, Korea

I. 서 론

오늘날 무선 통신 기술과 스마트 기기의 놀라운 융합 발전으로 인하여 장소와 시간에 제약 없이 정보에 쉽게 접근 할 수 있는 사물인터넷통신 환경이 구축발전 되고 있다. 사물인터넷 통신환경은 위치 정보를 기반으로 다양한 서비스를 제공하여 많은 사람들에게 주목 받고 있는데, 이러한 사물인터넷은 네트워크를 통해 사람-사물, 사물-사물 간의 정보를 소통하고 지능적 서비스를 제공하고 있다^[1]. 사물인터넷 용어를 사용한 P&G사의 케빈 애쉬튼은 “RFID 및 기타센서를 일상 속의 사물과 결합 시킴으로써 사물인터넷이 구축될 것이다”라고 언급하였 다^[2].

이처럼 현대 사회에서 IoT 기술은 다양한 분야와 더불어 빼 놓을 수 없는 핵심적인 기술로 발전해 나가고 있다. 특히 Cloud Computing Bigdata, Mobile Computing 과 더불어 향후 차세대 미래과학의 주축으로 발전되고 있다. 사물인터넷을 통해 기존의 산업 생산성이 높아짐 으로서, 1차, 2차, 3차 산업을 넘어서 4차 산업으로의 경쟁력이 강화될 것으로 기대된다^[2]. 현행 이러한 IoT 시스템이 발전함과 동시에 위치 인식 기술 등, 전반적인 위치 기반 서비스 기술도 함께 발전하고 있는데 사물인터넷의 대표적인 서비스 분야로는 특히 위치 추적, 자동차, 원격 관리, 물류, 보안, 의료 등으로 다양하게 들 수 있다. 특히 3차 산업의 인터넷, Web 기반 기술을 넘어서 4차 산업의 핵심인 IoT 기술의 대표적인 기술 중 하나인 사물인터넷 시스템이 발전함과 동시에, 대표 분야 중 하나로 꼽히는 위치 인식 기술도 함께 발전하고 있다.

실내 위치 인식이 발전하면서 그 용도는 다양하게 확대되고 있는데 미아 또는 노인 위치 추적, 버스나 지하철 도착 알림, 백화점 또는 박물관에서의 안내, 긴급 구조 출동 등을 예로 들 수 있다. 이에 따라 실내공간의 중요성이 부각되고 있으며, 실내공간을 대상으로 제공되는 다양한 형태의 위치 기반 서비스도 주목 받기 시작했다^[3]. 위치 측위에 가장 널리 사용되는 GPS의 경우 5m 내외의 정확도를 보장하지만 별도의 네트워크가 필요하다^[4]. 실내 기반 사용자의 위치를 인식하여 이루어지는 다양한 서비스가 근거리 무선통신기술들에 초점이 맞춰지고 있다.

II. 실내 위치 측위 기반 기술

1. Wi-Fi를 이용한 측위

Wi-Fi를 이용한 측위 방법은 Wi-Fi(Access Point)에서 나오는 RF 신호의 파라미터를 단말기에서 수신하여 단말과 시스템 간 위치측위 결정기술을 사용하여 이용자의 위치를 계산하는 방법이다. Wi-Fi를 이용한 측위의 위치추정 기술로는 Cell-ID, 삼각측량법, Fingerprint 기법이 있다^[5]. Cell-ID 기술은 간단한 측위기술로서 COO(Cell Of Origin)또는 CGI(Cell Global Identity)로 알려져 있다. 이 기술은 기지국마다 위치가 지정된 ID를 부여하고 해당 기지국에 이동국이 등록되면 이를 Cell-ID로 매칭하여 해당 기지국의 위치를 통해 단말기의 위치를 구하는 기술이다. 구현은 용이하지만 셀 밀도가 높아지면 관리가 복잡하고 비용이 증가하는 단점이 존재한다. 위치정확도가 Cell의 반경과 같기 때문에 도심 지역과 외각 지역에 따라 위치 오차가 수백 m ~ 수십 km에 달한다.

삼각측량법은 간단한 기하학적인 방법으로 RTLS(Real Time Locating Service) 시스템에서는 2차원 평면상에서 이동하는 개체의 실시간 위치를 추정하는데 가장 보편적으로 사용되는 방법이다. 이동하는 개체의 실시간 위치를 추정하기 위해서는 최소 3개 이상의 기준점이 필요하다. 수신기로부터 최소 3개의 신호원까지의 절대적인 시간을 계산하여 위치를 추적하는 알고리즘으로 동기식 또는 비동기식으로 계산될 수 있다.

Fingerprint 방식은 RADAR에서 최초로 제안하였으며 신호의 세기를 이용한 거리 측정이 아닌 RP(Reference Point)라는 특정 위치를 지정하고 RP에서의 AP의 RSSI를 측정하여 fingerprint를 이용한 라디오 맵을 만들어 놓은 다음, 실내 위치 측위를 할 때 저장된 핑거프린트와 사용자가 측정한 RSSI 값들을 비교하여 위치를 추정하는 방식이다. fingerprint 방식의 실내 위치 측위 시스템의 단점은 실내 환경에서 다양한 장애물로 인해 거리에 따른 수신신호의 세기가 일정하지 않을 뿐 아니라 수신 세기 값의 변동이 크다. 핑거프린트는 위치에 따라 각각의 다른 신호 데이터를 가지게 된다. 측위를 준비하는 과정이 복잡하고 오래 걸리며 주변 환경이 변할 경우 정보를 다시 입력해야 한다는 단점이 있다.

2. RFID를 이용한 측위

RFID(Radio Frequency IDentification)는 전파 신호를

통해 비접촉식으로 사물에 부착된 얇은 평면 형태의 태그를 식별하여 정보를 처리하는 시스템이다. 마트나 배송, 택배 등에서 물품관리를 위해 쓰이고 있으며, 판독 및 해독 기능을 하는 판독기와 고유 정보를 내장한 전자 식별 태그, 운용 소프트웨어 및 네트워크로 구성된다. 그림 1은 RFID의 통신방법에 대해 나타낸다. RFID는 크게 리더와 태그로 구성되어 있으며 태그에서 미리 저장된 정보를 전송하고 리더에서는 수신하는 방법을 사용한다.

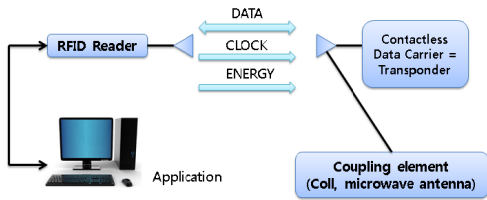


그림 1. RFID 통신 방법
 Fig. 1. RFID Communication Method

RFID 기반 위치 인식 플랫폼의 중요한 특성 중의 하나는 주파수에 따른 태그의 인식거리이다. 동작주파수는 마이크로파의 주파수이며, LF(장파, 30 ~ 300 kHz), HF(고주파, 3 ~ 30 MHz), UHF(초고주파, 300 MHz ~ 3 GHz)의 크게 세 가지 기본 범위로 전송 주파수들이 분류되어 있다. RFID는 기존의 바코드와 비슷한 역할을 하지만 바코드에 비해 많은 정보를 저장할 수 있으며, 부착이 용이하고 장거리 송수신이 가능하다는 등의 장점을 지닌다. RFID는 전원의 공급 유무에 따라 전원을 필요로 하는 능동형과 내부나 외부로부터 직접적인 전원의 공급 없이 리더기의 전자장기에 의해 작동되는 수동형으로 구분된다^[6].

III. RSSI를 이용한 실내 측위

1. 비콘의 RSSI를 이용한 측위

RSSI(Received Signal Strength Indicator)란 수신된 신호강도지표를 의미한다. RSSI는 보통 -99 dBm에서 35 dBm까지의 세기를 송출하며 숫자가 높을수록 신호의 강도가 강하다는 것을 의미한다. 일반적으로 실내에서의 전자신호강도는 사람의 움직임이나 문의 열고 닫음 등에 의해 왜곡된 신호를 가지게 된다^[7]. RSSI를 이용한 거리 측정 방법은 송신 신호의 물리적인 특성상 거리에 따라 신호 세기의 감소가 일어나는 점에 착안하여, 송신신호

를 수신기에서 수신할 때, 송신 신호의 강도와 감쇠되는 수신 신호의 세기를 측정하여 송신기와 수신기 간의 거리를 측정하는 방법이다^[8]. RSSI는 실내 환경의 특성에 따라서 변화가 생기기 때문에 직접적으로 사용하기 어려운 단점이 있다. RSSI 방식을 이용하기 위해서는 사전에 정의된 다양한 지점에서 신호 세기들을 RSSI 표본 수집을 통해 측정하여야 한다. 이러한 과정을 수행하고 나면 비콘의 고정 노드가 신호를 발생시키면 수신 노드에서는 신호를 받고 신호의 수신 강도를 측정한다. 이 수신 신호의 세기는 이론적으로 거리의 제곱에 반비례하기 때문에 수신 강도를 이용하여 고정 노드 간의 거리를 구할 수 있다^[9].

블루투스 비콘은 “위치 및 정보를 알리기 위해 일정한 신호를 전송하는 기기”를 의미한다. 최근의 비콘은 BLE(Bluetooth Low Energy) 기술을 기반으로 신호를 송출한다. BLE는 사용 전력이 적고, 소형화가 가능하며 물리적인 환경에 영향을 받지 않고 설치가 용이하다는 장점을 가지고 있다.

그림 2는 비콘의 동작 원리를 나타낸다. 비콘에서 주기적으로 보내는 신호를 감지한 스마트폰은 해당 비콘의 ID를 비콘 매니저에게 문의하게 된다. 수신한 비콘 ID와 관련된 서비스가 정해진 서비스가 있다면, 해당 서비스를 받거나 어플리케이션에서 해당 서비스를 실행하여 사용자에게 정보를 전달한다. 비콘의 동작원리는 신호 송출 범위 내로 스마트폰을 가진 사용자가 들어오면 특정 ID 값을 전달한다. 스마트폰의 어플리케이션에서는 이러한 값을 수신하여 서버로 해당 정보를 전달한다. 서버는 전달 받은 ID가 등록되어 있는 ID의 유무를 확인하고, 등록되어있으면 비콘이 설치된 위치에 대해 설정된 이벤트 또는 서비스 정보를 스마트폰으로 전송한다. Proximity 기반 서비스를 제공할 때에는 비콘의 ID 값만 활용해도 서비스 제공이 가능하지만 실내 위치 측위를 기반으로 하는 서비스가 제공 될 때에는 비콘의 ID 값과 함께 값도 같이 사용된다.

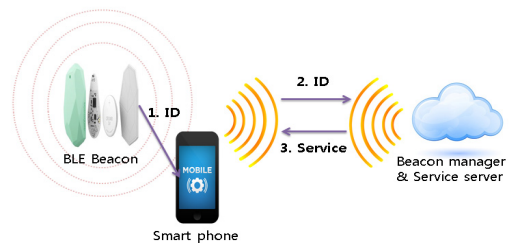


그림 2. 비콘의 동작원리
 Fig. 2. Operation Principle of Beacon

IV. 실험 및 결과

1. 실내 측위 실험 환경

비콘의 설정을 통하여 출력을 조정할 수 있는 값은 표 1과 같다. 비콘의 설정을 통해서 출력 값을 조정할 수 있으며 출력 값에 따라 측정할 수 있는 거리가 다르다. 실험에 쓰이는 비콘의 기본 설정은 0 dBm 이고 측정 거리는 50 m ~ 90 m 까지 측정 할 수 있다.

표 1. 비콘의 설정을 통한 출력 조정 값
Table 1. Output Adjustment Value Through Beacon Setting

Transmission Power Level	Output Power (dBm)	Reference Distance (Maximum)
0	-30	1-2 meters
1	-20	7 meters
2	-16	10 meters
3	-12	12 meters
4	-8	22 meters
5	-4	27 meters
6	0	50-90 meters
7	4	> 200 meters

실험 장소는 그림 3과 같이 실내 환경적인 요소들로 인하여 RSSI의 영향을 확인하기 위하여 강의실로 지정하고 신호의 전달 거리는 이론상으로 70 m까지 가능하나 실제로 유효한 정보는 3 m 내외이기 때문에 거리를 각각 1 m, 2m, 3 m로 설정하고 실험을 진행하였다.

본 논문에서의 실험 조건은 다음과 같다. 비콘의 Power Level을 6, Output Level을 0 dBm으로 동일하게 설정하였다. 0 dBm에서 비콘의 최대 측정 거리는 50 ~ 90 m이지만 실내 위치 측위의 정확도를 위해 최대 3 m까지의 거리만 측정하여 데이터베이스화하였다.



그림 3. 실험 환경 조건
Fig. 3. Experimental Environmental Condition

그림 4는 RSSI 측정을 위한 스마트폰의 어플리케이션을 나타낸다.

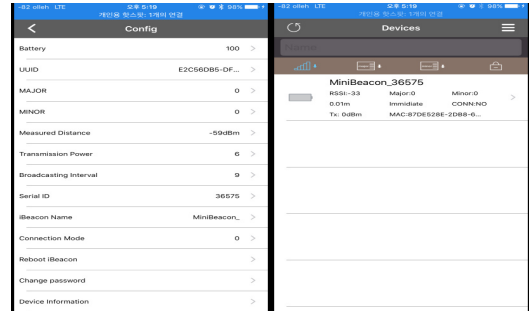


그림 4. RSSI 측정을 위한 어플리케이션
Fig. 4. Application for RSSI Measurement

2. 비콘의 RSSI 필터링

Feedback 방식 필터링은 이전에 수신된 RSSI 값이 이후에 수신된 RSSI 값에 의해 변화되는 형태로 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

$$RSSI_n = a \cdot RSSI_n + (1-a) \cdot RSSI_{n-1} \quad (1)$$

Feedback 방식 필터링은 최근 RSSI 값의 적은 수로도 필터링이 가능하다. Feedback 방식의 필터링은 스무딩 효과는 떨어지지만 이론적인 감쇠곡선에 근접하고 있으며, 계수 a 값의 조절을 통해 감쇠곡선에 더 근접한 결과 값을 도출 할 수 있다^[10]. 적은 수의 RSSI 값으로도 필터링이 가능하나 지연이 발생하는 단점이 존재한다. 계수 a 값에 따른 이전과 이후에 수신된 RSSI 값의 가중치를 부여할 수 있다. 실외에서 필터링 된 RSSI 값은 문제가 없으나 실내 환경에서는 정확도가 떨어지는 문제점을 가지고 있다.

RSSI Feedback 방식 필터링 측정 실험을 위하여 1m의 거리를 유지하고 송출 신호의 세기와 송출 간격을 일정하게 한다. 일반적인 측정을 통한 RSSI 값과 변화되는 형태의 RSSI 값을 비교한다. 식 (1)의 계수 값 a를 0.3과 0.5로 조정하여 변화되는 형태의 RSSI 값을 측정한다.

표 2와 3은 일반적인 측정을 통한 위치 측정 결과와 Feedback 필터링을 통한 위치 측정 결과를 나타낸다. 각 m 별로 측정 거리의 최대값과 최소값을 비교하였으며, 오차는 실제거리와 측정거리의 차이를 의미한다. 일반적인 측정을 통한 위치 측정 결과는 0.49m에서 10.27m의 오차가 측정되었다. Feedback 필터링을 통한 위치 측정 결과에서 오차는 0.5m에서 3.28m가 측정되었다.

Feedback 필터링을 이용한 위치 측정 결과에서는 일반적인 측정 결과에 비해 2m와 3m에서 오차가 최대 7m이상 차이가 나는 것을 확인하였다.

그림 5는 이전에 수신된 RSSI 값이 이후에 수신된 RSSI 값에 의해 변화되는 Feedback 필터링을 이용한 측정결과를 나타낸다. 일반적인 측정을 통한 RSSI 값과 식 (1)의 계수 값 a 를 0.3으로 조정하여 측정된 RSSI 결과를 나타낸다.

그림 6은 일반적인 측정을 통한 RSSI 값과 계수 값 a 를 0.5로 조정하여 측정된 RSSI 결과 값을 나타낸다.

본 논문에서 적용된 거리계산 보정 알고리즘은 실험치 허용범위의 약 5m 이내에서 수신이 좋고 오차가 적기 때문에 사용 적절하였다.

표 2. 일반적인 측정을 통한 위치 측정 결과
 Table 2. Result of Position Measurement Through General Measurement

Actual Distance(m)	Measuring Distance(m)	Error
1	5.97	4.97
1	1.49	0.49
2	4.45	2.45
2	2.81	0.81
3	13.27	10.27
3	5.28	2.28

표 3. Feedback 필터링을 통한 위치 측정 결과
 Table 3. Result of Position Measurement Through Feedback Filtering

Actual Distance(m)	Measuring Distance(m)	Error
1	2.29	1.29
1	1.88	0.88
2	3.66	1.66
2	2.50	0.5
3	6.28	3.28
3	5.59	2.59

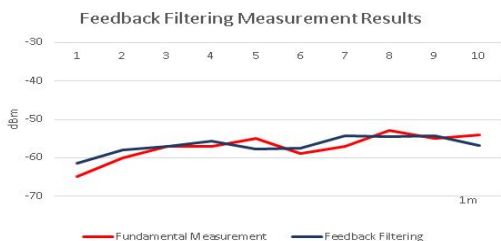


그림 5. Feedback Filtering을 이용한 측정결과 ($a=0.3$)
 Fig. 5. Measurement result of Feedback Filtering ($a=0.3$)

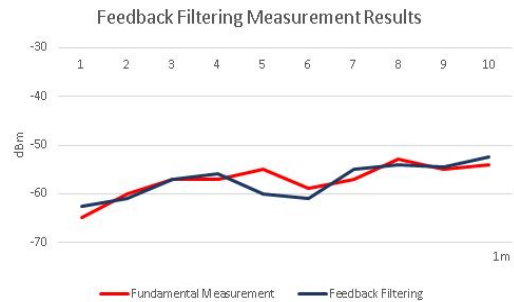


그림 6. Feedback Filtering을 이용한 측정결과 ($a=0.5$)
 Fig. 6. Measurement result of Feedback Filtering ($a=0.5$)

V. 결론

본 논문에서는 블루투스4.0을 이용하는 비콘의 송출 신호인 RSSI 값을 이용해 움직이는 사용자를 대상으로 하는 실내 위치 기반 서비스를 제안하였다. RSSI 기술은 송신 신호의 강도와 수신 신호의 세기를 측정하여 송신기와 수신기 간의 거리 차이를 측정하는 방법으로 별도의 비용이 들지 않고 Wi-Fi, RFID 방법에 비해 측정 구현이 간단한 장점을 이용하여 구현하였다.

불안정한 신호를 보정하기 위해 RSSI Feedback 필터링을 사용하였으며, 필터링을 통해 얻은 RSSI 값을 이용해 거리 계산을 명확히 할 수 있었다. Feedback 필터링의 계수 값을 0.5로 설정하여 측정된 RSSI 값은 일반적인 측정에 비해 약 -2dBm에서 -6dBm 정도 감소하는 것을 확인하였다. 오차가 큰 원거리 측정에 대한 보정값 알고리즘은 최적의 위치과와 설계를 통하여 시행 구현 하였으며, 오차의 범위를 줄이기 위해서는 측정된 거리에 따른 거리계산 보정 알고리즘을 제안 시행하였다. 거리 계산 보정 알고리즘을 통해 위치 측위를 한 결과는 측정 거리 간의 오차가 0.3m에서 최대 7m 까지 줄어드는 것을 확인하였다. 본 논문에 적용된 거리계산 보정 알고리즘은 실험치 허용 범위의 약 5m 이내에서 수신이 좋고 오차가 적기 때문에 사용 적절하며, 또한 정확도가 높아 실내 위치 측위에 적합하리라 판단된다.

References

[1] Jongam Jeon, Naesoo Kim, Jeonkil Go, Taejoon

- Park, Hoyonh Kang, Cheolsick Pyo, "IoT device products and technology trends"
- [2] Hyuk Jeong, Deoho Lee, "Evolution and policy recommendations of IoT", 2014.
- [3] JaeJoon,, "Trends in Technical Development and Standardization of Indoor Location BAsed Services", Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 29, No. 5, pp.51~61, 2014.
- [4] Young-ho Song, "Capacity analysis of bluetooth access point for location based service with mobile phones and bluetooth", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 10, no. 5, pp187-192, Sep. 2010
DOI: <https://doi.org/10.5370/jeet.2013.8.1.183>
- [5] Hyun-Gyu Je, "Realtime multiobject tracking system based on location awareness", Ph. D. Dissertations, Chungang University, Aug. 2013
- [6] Jung-hwan Kim, "Design and Implementation of Bluetooth4.0-based indoor location-based service system", Ph. D. Dissertations, Kwangwon national university, Feb. 2015
- [7] Myung-gwan Kim, "Implementation of indoor location-aware system based on probability distribution of rssi", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 8, no. 4, pp9-14, Aug. 2008
- [8] Min-jeong Kim, "Positioning Estimator design of the smart per on tablet model using RSSI", Ph. D. Dissertations, Yonsei university, 2013
- [9] Il-young Kim, "Indoor location-aware system development using RSSI of mobile node", Ph. D. Dissertations, Chosun university, 2011
- [10] Amodt, K, CC2431 Location Engine. Applications Note A N042, Texas Instrument Incorporated, 2006

저자 소개

김 지 성(정회원)



- 2013년 원광대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
- 2015년 원광대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정(공학석사)

<관심분야 : 블루투스, 실내위치기반서비스, LED조명제어>

김 용 갑(정회원)



- 1988년 아주대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1993년 엘라바마 주립대학교 (공학석사)
- 2000년 노스캐롤라이나 주립대학교 (공학박사)
- 2003년~현재 원광대학교 정보통신공학과 교수

- 2006년~2013년 공과대학 POST-BK21 사업단장
- 2012년~2015년 원광대학교 창업보육센터장
- 2014년~2015년 원광대학교 창업지원단장
- 2012년~현재 LED 인력양성사업단장(전북)

<관심분야 : 가시광통신시스템, 광메모리센서, 전력선통신>

황 근 창(정회원)



- 1981년 고려대학교 물리학과(이학사)
- 1985년 Write State Univ. 물리학과 졸업(이학석사)
- 1989년 Texas Christian Univ. 물리학과 졸업(이학박사)
- 1992년~현재 원광대학교 반도체 디스플레이학과 교수

- 2012년~2014년 원광대학교 자연대학학과장
- 2013년~현재 한국정신과학회회장

<관심분야 : 광학 및 광응용, LED 및 태양광 발전, 레이저 분광학, RF 스퍼터링, 정신과학>

※ 본 연구는 2016학년도 원광대학교의 교비 지원으로 수행됨