

https://doi.org/10.7236/JIIBC.2020.20.3.25  
JIIBC 2020-3-4

## 5G 이동통신용 간이 방향탐지시스템 구현에 관한 연구

### A Study on the Implementation of simple Portable Directional Finding System for 5G Mobile Communication

노조원\*, 조응영\*\*, 김진태\*\*\*, 이성화\*\*\*\*

Jowon Noh\*, Eungyoung Joh\*\*, Jin-Tea Kim\*\*\*, Sunghwa Lee\*\*\*\*

**요약** 본 연구는 무선환경에서 가입자 및 무선통신 이용자들에게 양질의 이동통신 서비스를 제공해 주기 위한 연구로서, 장애가 발생한 무선국을 조기에 처리하여 통화의 품질을 확보하는 방안에 대한 것이다. 본 연구의 목표는 5G이동통신에서 발생하는 혼신 및 불법무선국을 조기에 탐지 및 해결하기 위한 방안으로 이동통신 환경에 적합하며 휴대가 가능한 방향탐지 시스템을 설계하고 구현하는 것이다. 휴대용 방향탐지 시스템의 기본 구성을 설계하였으며, 제작 및 실험을 통하여 장애가 발생한 무선국을 빠른 시간에 찾아내어 유지보수를 진행할 수 있는 방안을 제안하였다.

**Abstract** This study is to provide high-quality mobile communication service to subscribers and wireless communication users in a Mobile communication environment. It is about a method to secure the quality of a call by early processing a faulty radio station. The purpose of this study is to design and implement a direction detection system suitable for a mobile communication environment and portable as a method for early detection and resolution of interference and illegal wireless stations occurring in 5G mobile communication. The basic configuration of a portable direction detection system was designed, and a method was proposed to find and repair a faulty wireless station in a short time through manufacturing and experimentation.

**Key Words** : Direction Detection, 5G, Oscillation, Mobile Communication, Directional Antenna

#### 1. 서론

최근 이동통신환경에서는 고속 데이터 전송에 대한 요구와 많은 사용자들의 동시 접속의 요구가 커지면서 새로운 주파수 대역을 활용한 5G 이동통신서비스가 시작하였다. 전파의 이용량이 급증하면서 전파 이용질서 확립의 필요성이 절실해졌으며 이동통신사에서는 가입자 및

무선통신 이용자들에게 양질의 이동통신 서비스를 제공해 주기 위한 연구가 계속 진행되어 오고 있다<sup>[1]</sup>.

현재 이동통신사의 유지보수팀이 장애가 발생한 현장에 도착하면 스펙트럼 분석기, 지향성안테나 및 삼각대를 가지고 수동으로 방향을 측정하고 있다. 측정의 기준을 육안에 의하여 스펙트럼의 레벨을 확인하고 있어 측정의 정확성이 결여된다. 또 측정횟수의 기준이 없어 많은 시

\*정회원, 건국대학교 정보통신대학원 융합정보기술학과  
접수일자 2020년 4월 22일, 수정완료 2020년 5월 22일  
게재확정일자 2020년 6월 5일

Received: 22 April, 2020 / Revised: 22 May, 2020 /  
Accepted: 5 June, 2020

\*Corresponding Author: sking7@naver.co.kr  
Department of Convergence Information Technology  
Graduate School of Information and Telecommunications,  
Konkuk University, Korea

간이 소요된다.

본 논문에서는 5G이동통신에서 발생하는 혼신 및 불법무선국을 조기에 탐지 및 해결하기 위한 방안으로 고가, 고성능의 방향탐지 시스템이 아닌 휴대용 방향탐지 시스템의 기본 구성을 설계하였으며, 제작 및 실험을 통하여 이동통신사에서 바로 현장에 적용하여 사용할 수 있음을 알 수 있었다. 실 환경 실험으로 10회의 방향탐지를 수행하였으며 80% 이상의 정확도를 확인 할 수 있었다. 또 1회 방향탐지에 수행하는 시간이 20초 이내기에 인력에 의한 수동으로 방향을 찾는 방법 대비 현저하게 시간을 줄일 수 있어 방향탐지의 효율이 증대되는 것을 확인하였다. 향후 다양한 시스템에 적용하여 효율적인 방향탐지를 할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

## II. 본 론

### 1. 방향탐지의 원리 및 특성

방향탐지란 기준방향에 대한 전파의 수신 방향이나 방위각을 파악하기 위한 시스템으로 다음과 같은 특징을 가진다. 조난신호, 미등록주파수, 혼신원, 송신원 식별이다. 전파 송신원을 정확히 찾기 위한 방법으로 3단계 방향탐지 기법을 연계하여 사용할 수 있다. 첫째 고정용 방향탐지, 둘째 이동용 방향탐지, 셋째 휴대용 방향탐지이다.<sup>[2]</sup>

휴대용 방향탐지는 휴대용 스펙트럼 분석기 및 지향성 안테나를 이용하여 신호원을 탐지하는 방법으로 100m 이내의 송신원 탐지가 가능하다. 차량을 이용한 이동용 방향탐지를 우선으로 수행하며 최종적으로 3단계 휴대용 방향탐지로 인력에 의한 송신원 위치의 파악이 가장 중요하다.

### 2. 방향탐지 방법

방향탐지 시스템은 요구되는 운용환경과 대상 위협 신호의 종류 및 형태에 따라 다양하게 발전하였고, 전자파의 도래 방향을 탐지하는 알고리즘 또한 다양하게 연구되었다. 그 중 대표적으로 사용되는 알고리즘은 신호의 세기(진폭)를 기반으로 하는 진폭 비교방식과 위상 또는 시간 차이를 기반으로 하는 위상 비교방식이 있다.<sup>[3]</sup>

방향탐지 시스템의 유형은 안테나 시스템을 통하여 입사 신호로부터 정보를 얻은 후 이러한 정보를 연속적으로 처리하는 방법에 따라 크게 스칼라 방향탐지 시스템과 벡터 방향탐지 시스템으로 분류한다. 스칼라 방향탐지

시스템은 오직 대상 신호의 스칼라값만 이용하고 벡터 방향탐지 시스템은 이러한 신호에 대한 벡터값을 이용한다. 즉 스칼라 시스템은 진폭, 위상 혹은 시간을 이용하여 신호를 처리하고 벡터 시스템은 진폭과 위상 모두를 이용한다.<sup>[4]</sup>

표 1. 방향탐지 방식별 비교

Table 1. Comparison by Direction Detection Methods

탐지방식	Wullenweber (1세대)	Pseudo-Doppler DF (1세대)	Watson-Watt (1세대)	Interferometer (2세대)	MUSIC (3세대)	Hybrid (3세대)
주파수	HF	HF	HF	HF/UHF /SHF	V/UHF	V/UHF/SHF
탐지속도	느림	느림	빠름	빠름	보통	빠름
감도 (LOW SNR)	LOW	LOW	LOW	MID	GOOD	GOOD
적용시스템	나주, 강릉 HF장비		Telegon12	Telegon12/ 당진전파관리소 국통사	CRMS고정방탐 /이동통감 국통사, 공군	국방과학연구소 (안동중립시험장)
Robust to multipath	MID	LOW	LOW	LOW	MID	GOOD
신호분리도	불가	불가	불가	불가	가능	가능
단점	스케일방식으로 탐지속도 느림	스케일방식으로 탐지속도 느림	주파수에 따라 모호성 발생가능	신호분리 어려움	복잡한 계산식 연산시간	다양방식

표 1은 방향탐지의 방식별 비교이다. 방향탐지시스템은 현재 사용하고 있는 시스템을 기준으로 비교하였다. 무선통신방식이 복잡해지고 도심지에서 고층건물에 의한 페이딩이 발생하고 있어 방향탐지의 정확성이 높은 장비가 필요하다. 방향탐지의 속도가 빠르며 신호의 감도가 높은 시스템이 적용되고 있다.<sup>[4]</sup>

방향탐지 정보는 군사적 목적뿐만 아니라 민간분야에서 다양하게 사용되며 특히 이동통신분야에서 신뢰도를 높이기 위해 사용되고 있다.<sup>[5]</sup>

### 3. 이동통신에서 방향탐지 시스템의 문제점

다양한 무선국 장비들이 혼재되고 있는 상황에서 노후된 무선국에서 장애 발생이 늘고 있으며, 그중 가장 많은 장애 원인이 무선국 장비의 발전 현상이다. 또한, 복잡한 도심지에 무선국 장비들이 집중하여 있는데 복잡한 도심지에서 발생하는 다중경로 페이딩 현상으로 통화의 품질이 떨어지고 있다.

발전 현상은 주로 오래된 무선국에서 나타나는데 발전이 발생하면 인접 채널은 거의 사용을 하지 못하게 되며 이로 인하여 통화의 품질에 중대한 영향을 끼치게 된다.

유지관리업무에서 발전이 발생한 무선국을 찾기 위해 사용하는 방법은 지향성 안테나와 스펙트럼 분석기에만 의존하여 찾고 있다. 이러다 보니 유지관리업무를 수행하는 시간이 늘어날 수밖에 없고, 이것은 온전히 서비스가 용자에게는 장애로 이어지며, 통화의 품질이 나빠지는 원인이 되고 있다.

### III. 시스템 설계

#### 1. H/W 설계

5G 이동통신용 휴대용 방향탐지 시스템의 하드웨어 구성도는 그림 1과 같다. 시스템은 지향성 안테나 8개의 입력을 받아서 1개의 출력으로 구성된다. 출력되는 신호는 각각 입력되는 신호의 선택이 가능하도록 구성하며, 고성능의 RF 스위치를 동작하여 안테나를 선택하므로 마치 하나의 지향성 안테나를 들고 회전하는 특성을 가지며, 시스템의 정확성 향상을 위해서 안테나를 추가 및 확장할 수 있다.

미약한 신호를 측정하기 위해 안테나 선택장치에서 저잡음 증폭기 LNA(Low Noise Amplifier)를 사용하여 신호의 증폭이 가능하도록 하였으며, 안테나 선택장치는 LAN 통신방식으로 제어를 하고, 또한 RS-232 통신방식으로도 제어가 가능하다. 인입된 신호는 RF 스위치에 의하여 포트별로 스위칭을 하며, 인입된 신호를 스펙트럼 분석기로 전달을 한다.

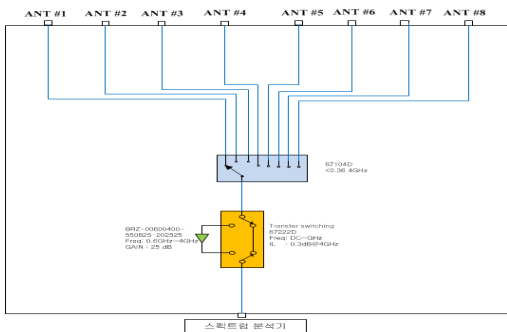


그림 1. 시스템 구성도  
 Fig. 1. Digagram of System Configuration

본 연구에서는 지향성 안테나를 사용하며, 5G 이동통신용 주파수 대역인 3GHz 대역을 포함하는 AARONIA사의 HyperLOG® 7040모델을 적용하였다.

본 시스템은 8개의 지향성 안테나를 수직편파 및 수평편파를 모두 받을 수 있도록 구현하였으며, 일반적으로 수평편파를 주로 받을 수 있도록 한다. 운용의 편의성을 위하여 안테나는 탈부착이 가능한 형태로 제작하며 각각의 안테나는 동일 제품의 안테나를 사용한다. 탈부착이 용이하도록 시스템의 밑면에 자석을 장착하였고, 차량의 지붕에 시스템을 부착하여 사용할 수 있도록 하였다.

#### 2. S/W 설계

본 시스템은 내부의 스위치를 이용하여 원하는 안테나를 선택할 수 있도록 설계하였다.

안테나의 선택은 ANT#1부터 ANT#8까지 순차적으로 선택이 가능하며, 수동으로 동작할 경우 원하는 안테나를 선택적으로 설정을 할 수 있도록 한다. 각 안테나를 설정하여 운용하는 시간은 각각 안테나별로 가능하도록 하며, 이때 수집되는 RF 신호를 저장하도록 한다.

미약한 신호일 경우에는 시스템 내부의 LNA를 동작하여 신호를 증폭할 수 있으며, 기본적으로는 BY-PASS 모드로 동작을 수행한다.

본 시스템의 알고리즘의 구성은 그림 2와 같으며, 시스템 운용을 시작하면 다음과 같은 순서로 확인한다.

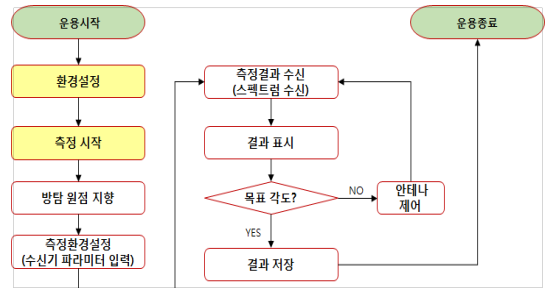


그림 2. 방향탐지 측정 알고리즘  
 Fig. 2. Algorithm of Direction Detection Measurement

방향탐지 알고리즘은 측정이 용이하도록 구성하며, 측정의 결과를 자동 저장하여 운용자가 장애가 발생한 무선국을 쉽게 찾을 수 있도록 기능을 제공한다.

#### 3. 실험 및 고찰

본 연구에서는 신호 발생기를 이용하여 모의 신호를 발사하여 측정하는 방식을 채택하였다. 송신 신호의 특성은 다음과 같다.

- 중심 주파수 : 1865MHz
- 대역폭 : 3MHz
- 송신 출력 : 0dBm
- 송신형태 : 연속파
- 송신부의 방위각 : 245도(1번 안테나 기준방위각)

실험은 그림 3과 같이 간이 무선국(송신부)에서 신호를 발사하고 방향탐지 시스템을 이용하여 안테나를 스위칭하여 신호를 측정하는 방식으로 진행한다. 송신부의 이동측정 시 수신부와 같은 거리를 유지하도록 100m를 이격하여 측정을 하였다. 지향성 안테나 8식을 45°씩 이격

하여 설치하였으며, 각각의 안테나를 전기적으로 스위칭하여 측정 안테나를 선택할 수 있도록 제작하였다. 또한 신호레벨이 낮을 경우를 대비하여 저잡음 증폭기(LNA)를 사용할 수 있도록 하였다. 각각의 측정결과를 기록하여 가장 수신 신호 레벨이 높은 방향을 확인하고, 성능분석은 수신 신호의 레벨을 가지고 분석을 한다.

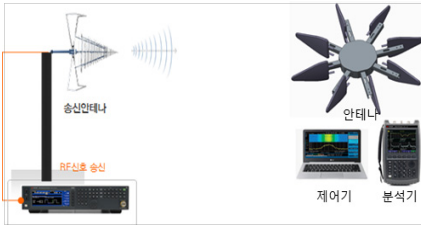
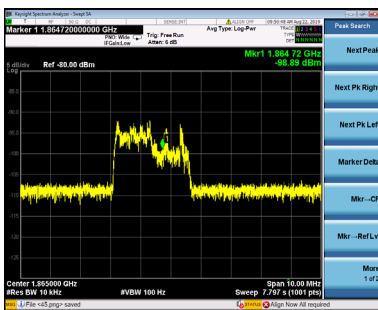


그림 3. 안테나 스위칭에 의한 실험 구성도  
Fig. 3. Diagram of Test Configuration by Antenna Switching

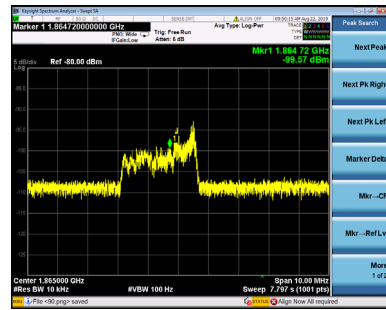
위 실험의 측정 기록은 마커를 찍어 놓고, 마커의 레벨을 가지고 기록하였다. 측정 및 방향탐지의 신뢰성을 획득하기 위하여 10회의 실험한 결과를 가지고 분석을 하였다. 측정의 실험절차는 다음과 같다.

- 가. 신호발생기 주파수→1865MHz, BW : 3MHz
- 나. 신호발생기 출력 설정→0dBm
- 다. 송신 안테나 방향 확인
- 라. 수신 주파수 설정→1865MHz, BW : 10MHz
- 마. 수신 신호 확인
- 바. marker 설정→1864.72MHz
- 사. marker 값 기록
- 아. 수신 안테나 변경
- 자. marker 값 기록

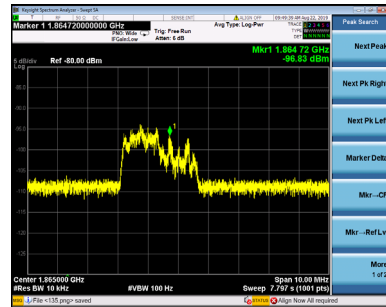
이와 같은 순서로 8기의 안테나를 순차적으로 측정하였으며, 측정된 결과는 다음과 같다.



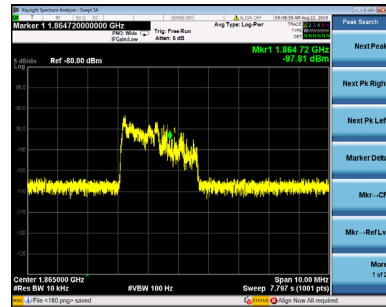
(a) 25. 0° (ANT1)



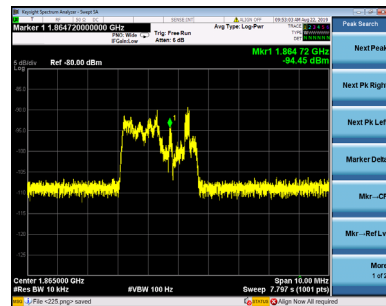
(b) 45° (ANT2)



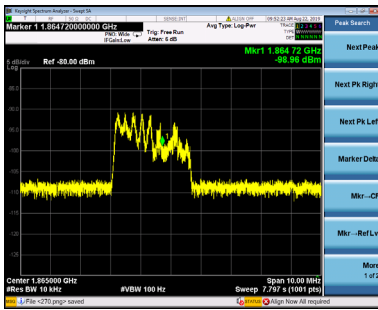
(c) 90° (ANT3)



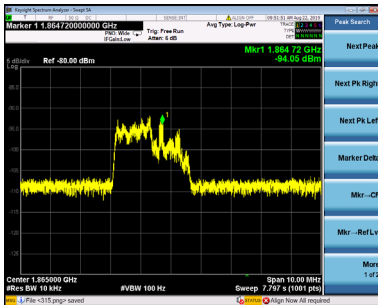
(d) 135° (ANT4)



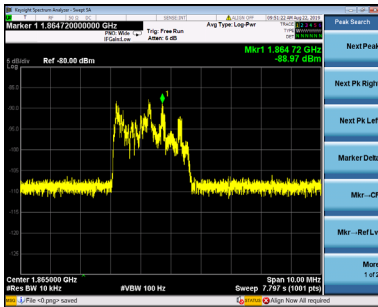
(e) 180° (ANT5)



(f) 225° (ANT6)



(g) 270° (ANT7)



(h) 315° (ANT8)

그림 4. 방향탐지 실험 결과  
 Fig. 4. Result of Direction Detection Test

실제 측정된 레벨은 측정결과의 신뢰성을 보장하기 위하여 동일 측정을 10회 수행하여 각각의 안테나별로 최대의 수신 레벨을 기준으로 표기하였다.

표 2에서 보는 것처럼, 레벨이 가장 높은 경우가 안테나 7에서 4번 수신되었고, 안테나 6에서 6번 수신되었다. 안테나 6이 225°이고 안테나 7이 270°이므로 대략적인 송신원의 위치가 250° 정도임을 알 수 있다.

본 실험에서는 송신 위치를 1번 안테나를 기준으로 245° 방향에서 송신하였고, 측정 결과에서 송신원의 위치는 1번 안테나를 기준으로 대략 250° 방향에 있음을 확인하였다.

표 2. 방향탐지 종합시험 결과

Table 2. Result of Direction Detection Comprehensive Test

실험 차수	방향탐지 지시	최대수신 레벨(dBm)	비고
#1	안테나 7	-94.08	방향탐지 지시
#2	안테나 6	-90.6	방향탐지 지시
#3	안테나 6	-88.7	방향탐지 지시
#4	안테나 7	-87.2	방향탐지 지시
#5	안테나 6	-87.4	방향탐지 지시
#6	안테나 6	-91.9	방향탐지 지시
#7	안테나 7	-89.6	방향탐지 지시
#8	안테나 7	-88.5	방향탐지 지시
#9	안테나 6	-92.4	방향탐지 지시
#10	안테나 6	-92.5	방향탐지 지시

본 연구에서는 개선된 5G 이동통신용 방향탐지 시스템의 실 환경 실험을 통하여 1회 측정하는데 20초 이내의 시간이 소요되었으며, 정확도를 높이기 위해 10회를 측정하였을 때 210초가 걸렸다. 탐지의 정확도 또한 80% 이상이어서 이동통신사는 발진 기지국을 찾는 시간을 줄일 수 있고, 탐지의 정확도를 올릴 수 있어서 전체적인 OPEX 비용을 줄이는 방법으로 적용 가능하다고 하겠다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 5G 이동통신용 휴대용 방향탐지에 적합한 시스템을 제안하였고, 제안 시스템의 성능을 설계 및 제작, 실험을 통하여 입증하였다.

현재 이동통신사에서 장애가 발생한 무선국을 찾는 데 소요되는 시간은 통상 최소 10분에서 최대 60분 정도 걸리는 경우가 많은데, 본 연구를 통하여 무선국의 발진 현상을 확인하고 장애가 발생한 무선국을 기준 처리하는 것보다 10분 이상 빠른 시간에 찾아서 장애를 처리할 수 있고, 정확도는 80% 이상 높이는 방안을 제안하였다.

본 연구에서 제안한 시스템은 측정 대역을 700MHz ~ 4000MHz로 하여 이동통신의 주파수 대역을 모두 수용이 할 수 있도록 하였으며, 이동통신용 주파수를 신규로 할당을 받아도 본 제안 시스템의 적용이 가능하도록 확장성을 감안하였다.

본 연구에서 제안한 휴대용 방향탐지 시스템은 일반적인 방향탐지 시스템에서 요구하는 방향탐지 시스템의 정

확도 3° RMS를 제공하지는 않기 때문에 대략적인 송신원의 위치를 지시해 주는 간이 방향탐지 목적으로 적합하다고 판단한다.

끝으로 본 논문의 연구 및 관련 기술이 이동통신 분야에서 유지보수 업무에 도입될 수 있는 토대가 마련되기를 바라며 향후 늘어나는 IoT 환경에서도 본 연구가 사용될 수 있도록 휴대용 방향탐지 시스템의 확장 적용이 가능할 것으로 기대된다.

## References

- [1] Young-soo Kim, "A study on the technology for estimating the direction of propagation of a band-confirmed signal (II)", National Radio Research Agency, p.21, 1996
- [2] Sun-Ho Jeong, "Development of the latest direction detection equipment" Defense and Technology No. 272, p.58-63, 2001.10
- [3] Yeong-pal Jeong "Selection of the Optimal Spot for HF Direction Finding Equipment." p.1, Hanyang University Graduate School Doctoral dissertation, 2015
- [4] Ki-pyeong Woo, "Research on advanced technology for radio wave monitoring", p.327-329, Central Radio Monitoring Office, 1995.
- [5] Jae-Woo Chung, Young-Kil Kim, "A study on improving the low capability of direction finding by interfered phase difference at circular array antennas" Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engine, Volume 14 Issue 9, Pages.2157-2163, 2010  
<https://doi.org/10.6109/ikiice.2010.14.9.2157>
- [6] Seunghun Jeon, Cheol-Soo Park, Jin-Tea Kim, Sunghwa Lee, "A Study on the performance improvement of 3GPP User Data Convergence", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC) Vol. 19, No. 2, pp.53-58, Apr. 30, 2019. p.ISSN 2289-0238, eISSN 2289-0246

## 저 자 소 개

### 노 조 원(Jo-Won Noh)



- 2002년 2월 : 광운대학교 전자공학과 (공학사)
- 2020년 2월: 건국대학교 정보통신대학원 석사
- 2014년 ~ 현재 : 라온시스템즈(주) 재직 중
- 2019년 ~ 현재 : 부천대학교 정보통신과 겸임교수
- 관심분야 : 정보통신, 전파환경감시, 방향탐지, IoT

### 조 응 영(Eung-Young Cho)



- 1999년 3월~7월 : 서울지방철도청 재직
- 1999년 8월~현재 : 서울교통공사 재직 중
- 2020년 2월 : 건국대학교 정보통신대학원 석사
- 관심분야 : IP-MPLS, LTE-R, NB-IoT, Intelligent CCTV

### 김 진 태(정회원)



- 1991년 : 건국대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
- 1993년 : 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1999년 : 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 2004년~현재 : ㈜파이브텍 대표이사
- 1999년~현재 : 건국대학교 정보통신 대학원 정보통신학과 겸임교수
- 주관심분야 : Real-Time System and Mobile IoT System

### 이 성 화(중신회원)



- 1989년 : 건국대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
- 1991년 : 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1998년 : 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1991년~1993년 : 롯데전자(주) 연구원
- 1999년~현재 : 제주한라대학교 정보통신과 교수
- 주관심분야 : IoT, Bigdata, AI