

버스정류소 스마트폰 충전대에서 스마트폰의 분실 방지를 위한 LPWA 기반 버스 진입 알림 시스템 개발

Development of LPWA based Bus Entry Notification Systems for Smartphone Loss Prevention at Bus Stop Charging Stand

장원창 · 이명의*

한국기술교육대학교 전기전자통신공학부

Won-Chang Jang · Myung-Eui Lee*

Department of Electrical, Electronics and Communication Engineering, Korea University of Technology and Education, Chungcheongnam-do, 31253, Korea

[요 약]

최근 사람이 다수 붐비는 지역에 스마트폰이나, 태블릿 등을 바로 충전할 수 있는 태양광 모듈이 설치되어 서비스를 제공하고 있다. 하지만 버스출입과 관련된 정보의 연동이 불가능 하여 충전 중인 스마트폰이나, 태블릿 등을 두고 버스에 승차하여 분실하는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위해 LPWA 기술과 BLE의 Advertising mode를 이용하여 버스가 접근 할 때 스마트폰으로 알려주는 시스템을 제안한다. 실험결과 NLOS에서 낮은 위치에 존재하는 수신 단말과 버스에 장착된 단말간 통신거리가 최대 640 m인 것을 확인하였으며 이를 통해 약 2~3분 전에 버스의 도착 알람을 받을 수 있는 것을 확인하였으며, Ble의 서비스 거리가 최대 87 m로 버스 정류장 인근에 있어도 서비스를 제공받을 수 있는 것을 확인하였다.

[Abstract]

Recently, the solar module for charging internet devices is installed in crowded areas to offers services so that people can charge their smartphones or tablets. But this charging module can not be linked with the information related to a bus approach so people are subject to let their belongings such as smartphone, tablet pc at the bus stop while they are still charging it. This paper proposes a system to inform the smart phone when the bus is accessed by using the LPWA technology and BLE technology to resolve such under-failures. This experimental result showed that the power usage of LPWA based bus entry systems is an average of X, confirming that the long period usage of low-power can be possible for low power consumption in this results, enabling information on the bus to be transmitted to smart phones using Advertising mode of BLE.

Key word : Bus stop, Bluetooth low energy, Low-power wide-area, Smart phone charging, Prevent lost.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.6.620>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 22 November 2017; Revised 27 November 2017
Accepted (Publication) 18 December 2017 (30 December 2017)

*Corresponding Author; Won-Chang Jang

Tel: +82-10-6550-4720

E-mail: thou3153@kut.ac.kr

I. 서 론

최근 버스정류장에는 태양광 시스템이 보급이 되어, 태양광의 에너지를 이용하여 버스 도착 시간을 알려주는 버스 정보 안내 단말기를 서비스하고 있다. 또한 다수의 사람이 붐비는 지역에는 높은 에너지를 수집할 수 있는 태양광 모듈을 설치하여 버스 정보 안내 단말 서비스에서 사용되는 에너지의 여분을 이용하여 스마트폰이나, 태블릿 등을 바로 충전할 수 있는 아트벤치를 설치하여 운영하고 있다. 아트벤치의 경우 고효율을 낼 수 있는 752 W급의 태양광 모듈이 설치되어 서비스를 제공하고 있어 다수의 이용자들에게 실시간 충전 서비스를 제공하고 있으나, 현재 버스 정보 시스템은 버스에서 위성항법장치(GPS; global positioning system)로 현재 운행 중인 버스의 위치를 파악하고 이를 무선이동통신(CDMA; code division multiple access)를 통해 각 정류장과 버스 내 단말기에 도착 예정시간, 운행노선 등의 정보를 전송하기 때문에 통신에 높은 에너지를 소모하는 문제로 여분의 전력이 부족한 문제점을 가지고 있다 [1].

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 LPWA(low-power wide-area) 통신을 이용하여 버스의 위치 정보를 전송하고, 버스 정류장으로 진입할 때의 정보를 수신하여 충전중인 사용자에게 최저의 전력으로 알려주는 LPWA 기반 버스 진입 알림 시스템을 제안한다.

제안하는 시스템은 버스에서는 LPWA의 송신 기능을 이용하여 데이터를 인근 버스 정류장 혹은 관제 서버로 전송하는 역할의 단말을 설치하여 위치 정보를 전송하고 관제 서버에서는 버스의 위치를 기존의 통신 시스템으로 제공하며, 버스 정류장에서는 인근의 버스 정보를 수신하여 BLE(bluetooth low energy)의 Advertising mode를 이용하여 스마트폰으로 데이터를 전송하는 시스템이다.

본 논문의 구성은 2장에서는 LPWA와 BLE의 기술에 대해서 설명하고, 3장에서는 LPWA 기반의 버스 진입 알림 시스템을 설계 및 개발하고, 4장에서는 본 논문에서 제안한 시스템의 성능을 평가하고, 마지막 5장에서 결론을 맺는다.



그림 1. 아트벤치의 버스 정보 안내 시스템
Fig. 1. Art bench's bus information systems.

II. LPWA 및 BLE 시스템 기술 분석

2-1 LPWA 시스템 기술 비교 분석

LPWA 기술은 전례 없이 낮은 비용으로 넓은 지역에 분산되어 있는 많은 디바이스에 저전력 통신을 제공하는 기술로서 대표적인 시스템의 기술 규격은 표 1과 같다.

Sigfox는 현재 프랑스, 스페인, 포르투갈, 네덜란드, 룩셈부르크, 아일랜드에 공중 LPWA 네트워크가 전면 설치되었고, 일본, 독일 등의 다수 국가에도 설치될 예정이다. 현재 다양한 응용에 적용되어 있으며, 서비스에 따라 Payload 크기는, GPS 좌표에 6바이트, 온도 보고 서비스에 2바이트, 속도보고와 물품 상태보고에 1바이트, 생존여부 표현에 1바이트를 사용하고 있다. 단말 소비전력의 최적화를 위하여, 상향 데이터를 위한 단순한 구조의 UNB(ultra narrow band)물리계층 기술을 적용하여, 100Hz의 대역폭으로 BPSK 모듈레이션을 사용하여 Broadcast한다. 송신시 100Hz에 비해 충분히 넓은 대역에서의 FH(frequency hopping)과 반복전송으로 송신 신뢰성을 개선한다[2].

LoRaWAN은 LoRa alliance의 규격으로서, 물리계층은 Semtech사의 LoRa 칩 규격을 따른다. LoRaWAN PHY의 CSS(chirp spread spectrum) 기술은 레이더에 사용되던 고전적인 CSS 기술을 통신에 활용한 것으로서, 프랑스 회사에서 개발한 기술은 Semtech사에서 인수하여 LoRa로 사업화하였다. 이 기술은 위에서 설명한 Sigfox의 UNB기술과는 대비되는 접근 방법으로서 DSSS(direct sequence spread spectrum)와 같이 데이터 전송률보다 훨씬 넓은 대역을 사용하여 장거리 전송에 필요한 수신감도에 대한 제한을 완화한 기술이다. 심볼을 수신부와 동일한 시퀀스로 확산하는 DSSS의 경우와 달리, CSS 기술은 하나의 심볼의 전송 중에 지속적인 반송주파수 변화를 통해 확산 효과를 얻는다[3]. 900 MHz 대역의 비인가 주파수 대역에 대한 대한민국의 규정에 의하면 917 MHz부터 923.5 MHz의 대역을 허가 없이 사용할 수 있다. 각 채널은 0.2 MHz의 간격을 가지고 있으며, 총 32개의 채널로 구성되어 있다. 각 채널은 서로 다른 복사전력을 사용하게 된다. 표 2는 917 ~ 923.5 MHz 대역의 주파수를 0.2 MHz 간격으로 표시한 채널당 사용할 수 있는 복사 전력을 나타낸 것이다. 표 3은 LoRaWAN에서 사용하는 비면허대역의 주파수에 따른 End-device와 Gateway의 최대 EIRP 출력을 나타낸다. 특히 921.9 ~ 923.3 MHz의 주파수는 사용할 수 있는 복사 전력이 높아 멀리 전송하기에 적합하지만 LoRaWAN의 전용 주파수로 같은 지역에서 사용할 경우 충돌이 발생할 확률이 높은 단점이 존재한다[4].

2-2 BLE 시스템 기술 비교 분석

현재 근거리 무선통신 기술의 대표주자로 널리 활용되고 있는 블루투스(bluetooth)기술은 2010년 6월 Bluetooth SIG(special interest group)에서 Version 4.0이 채택되었고, 이 표준안에 소

개발 기술 중 하나인 LE(low energy)기술이 적극적으로 연구되어, 다방면으로 사업화가 추진되고 있다.

표 1. LPWA 기술규격

Table 1. LPWA technical specifications.

System	SigFox	LoRa	IEEE		DASH7
			802.15.4k	208.15.4g	
Modulation	GFSK/UNB DBPSK	CSS	DSSS, FSK	MR-(FSK, OFDMA, OQPSK)	
Bandwidth	Sub-GHz ISM(868/902MHz)	Sub-GHz ISM(433/868/915/430MHz)	ISM sub-GHz & 2.4 GHz	ISM sub-GHz & 2.4 GHz	Sub-GHz 433/868/915MHz
Data rate	600/100 bps	0.3~37.5 kbps	1.5 bps ~ 128 kbps	4.8 bps ~ 800 kbps	9.6/55.6 /166.7 kbps
Transmission distance	10 Km/50 Km	5 Km/15 Km	5 Km	A few Km	5 Km
Channel	360 Channel	10(EU) Channel	Depending on the channel / modulation		Different by type / area
FEC	X	O	O	O	O
MAC	unslotted ALOHA	unslotted ALOHA	CSMA/CA, ALOHA, PCA	CSMA/CA A	CSMA/CA
Payload length	8/12 byte	~250 byte	2.047 byte		256 byte
Password authentication	Not supported	AES 128b	AES 128b		AES 128b

표 2. 비면허대역의 채널 당 사용가능한 복사전력

Table 2. Radiant power available per channel in the license-exempt band.

Channel	Radiant power eference value
1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 18	Below 3 mW
2, 5, 8, 11, 14, 17, 19, 20 ~ 25	Below 10 mW
26 ~ 32	Below 25 mW
20 ~ 32 ※ Outdoor fixed point to multipoint wireless devices only	Below 200 mW

표 3. 한국의 LoRaWAN 주파수 밴드

Table 3. LoRaWAN frequency band of Korea.

Center Frequency	Bandwidth	Maximum EIRP output power(dBm)	
		For end-device	For gateway
920.9	125	10	23
921.1	125	10	23
921.3	125	10	23
921.5	125	10	23
921.7	125	10	23
921.9	125	10	23
922.1	125	14	23
922.3	125	14	23
922.5	125	14	23
922.7	125	14	23
922.9	125	14	23
923.1	125	14	23
923.3	125	14	23

표 4. Classic bluetooth 및 BLE의 사양 비교

Table 4. Comparison between classic bluetooth and BLE.

Technical Specification	Classic Bluetooth	Bluetooth Low Energy For end-device
Frequency Band	2400 to 2483.5 MHz	
Modulation	FH/GFSK	
Modulation Index	0.35	0.5
Number of Channels	79	40
Channel Bandwidth	1 MHz	2 MHz
Data Rate	1~3 Mbps	1 Mbps
Node/Active Slaves	7	Unlimited
Power	<30 mA	<15 mA
Topology	Scatter net	Star
Security	56 to 128 bit	128-bit AES
Voice	Capable	Not Capable

BLE기술은 기존의 Classic Bluetooth 기술인 BR(basic rate), EDR(enhanced data rate), 2.0+EDR, 3.0HS(high speed) 등과 비교하여 상대적으로 저속 전송 속도로 동작하며 버튼 셀 배터리를 채용할 경우 1년 이상 동작이 가능할 정도로 전력소모가 적고 저가격으로 생산이 가능하도록 설계되었다.

표 4는 Classic Bluetooth와 BLE의 주요 기술적 특징을 비교한 것이다. 기본적으로 기존의 Classic Bluetooth와 BLE는 동일한 2.4 GHz ISM 대역을 사용하고, FH(frequency hopping) GFSK(gaussian frequency shift keying) 변조 방식을 사용한다. 그러나 변조 지수(modulation index) 측면에서 BLE는 0.5초로 Classic의 0.35보다 커졌다. 이것은 전력 소비를 낮게 하고 동작 범위를 향상시킬 수 있게 하는 기술이다. 또한 기존 Classic 에서는 1 MHz 대역폭 79개 채널을 사용한 반면, BLE는 2 MHz 대역폭 40개 채널을 사용하는데, 이와 같이 상대적으로 대역폭을 넓히고 채널수를 줄임으로써 구현상에 정교함을 낮춰 저렴한 칩셋을 구현할 수 있게 된다.

BLE에 할당된 40개의 채널 중 광고(advertising)라고 부르는 3개의 채널은 BLE를 사용하는 장치 탐색 및 연결 설정에 사용되는데 기존 Wireless LAN 채널간 사이에 할당되어 중복을 피하고 있다. 다른 장치를 찾거나 연결을 원하는 다른 장치에 자신의 존재를 알리는데 사용되며, 다른 장치의 존재를 스캔하는데 0.6 ~ 1.2 ms가 소요된다. 반면에 기존 Classic에서는 32개의 채널을 사용하여 장치를 탐색하며 22.5 ms의 탐색 시간이 소요된다[5]-[6].

III. LPWA 기반 버스 진입 알림 시스템

본 장에서는 위에서 기술한 LPWA 기술과 BLE 기술을 이용

하여 버스가 진입할 때와 버스의 위치를 서버로 전송하는 LPWA 기반 버스 진입 알림 시스템을 설계하고 개발할 것이다.

LPWA 기반 버스 진입 알림 시스템은 그림 2와 같이 송신부와 수신부로 구성이 된다. 송신부는 버스에 부착되며, GPS로부터 위치를 수신 받아 LPWA를 이용하여 서버 및 인근 버스 정류장으로 데이터를 전송하는 역할을 수행한다.

수신부는 각 정류장에 부착되며, 송신부로부터 버스의 위치 데이터를 수신 받아 충전 중 알림서비스를 신청하는 스마트폰에게 버스의 정보를 Beacon 메시지 형식으로 전달하는 역할을 수행한다.

그림 3은 본 논문에서 제안하는 LPWA 기반 버스 진입 알림 시스템의 핵심 주요 기능인 정류장에 배치되는 수신기를 회로도도로 나타낸 것이다. 저 전력을 사용하고 LPWA로부터 데이터를 수신하여 BLE Beacon 메시지를 전송하기 위해 MCU를 Cortex-m4가 들어간 nRF52832 chip을 이용하였으며, LPWA 데이터 통신을 위해 SX1276을 이용하여 회로를 구성하였다.

LPWA 기반 버스 진입 알림 시스템의 송신기는 버스로부터 버스의 ID와 현재 정거장의 위치를 가져오게 되며, 수신기는 버스의 송신기로부터 전달받은 데이터를 이용하여 BLE의 Beacon 메시지를 이용하여 정류장에 접근하는 버스의 정보를 스마트폰과 같은 BLE를 사용하는 모듈에 전송하게 된다.

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 개발한 LPWA 기반 버스 진입 알림시스템의 성능을 평가하기 위해 LPWA와 BLE의 최대 통신거리에 대한 실험을 진행하였다.

그림 4는 본 논문에서 사용한 LPWA 기반 버스 진입 알림 시스템의 송신기 및 수신기이다. 버스에 부착된 LPWA 송신 모듈은 간단한 동작을 수행하므로 SX1276 mbed shield를 NUCLEO 보드에 부착하여 버스의 ID를 전송하게 하였으며, LPWA 기반 버스 진입 알림 시스템 수신기와 통신 채널은 916.1MHz를 사용하도록 하였다.

그림 5는 버스 승강장에 배치한 수신기의 모습이다. 차량에 LPWA 데이터 송신기를 부착시킨 후 차량을 이동시키며 데이터 전송거리에 대해 실험을 진행하였다. 송신 데이터는 버스의 ID를 전송하게 하였으며, 그림 6과 같이 스마트폰 앱을 이용하여 수신된 데이터를 확인하였다. 버스정보를 수신 못하였을 경우는 DJBUSINFO를 표시하게 하였으며, 버스의 정보를 수신하였을 경우 수신된 데이터를 표시하게 하였다. 버스의 ID는 DJBUS701로 전송하였다.

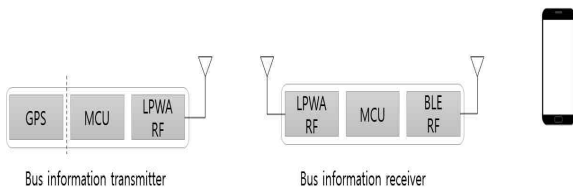


그림 2. LPWA 기반 버스 진입 알림 시스템의 구조
Fig. 2. Structure of bus entry notification systems.



그림 4. 버스 진입 알림 시스템의 송신기와 수신기
Fig. 4. Transmitter and receiver of bus entry notification systems.

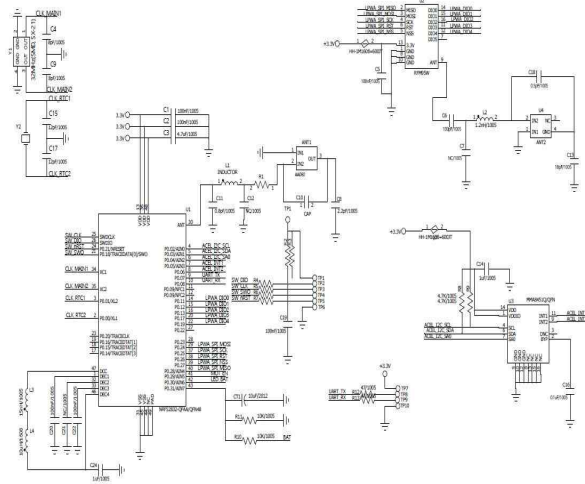


그림 3. LPWA 기반 버스 진입 알림 시스템 수신기 회로
Fig. 3. Circuit diagram of data receiving and beacon transmission module.



그림 5. 수신기의 승강장 배치 사진
Fig. 5. Receiver installation photo at bus stop.

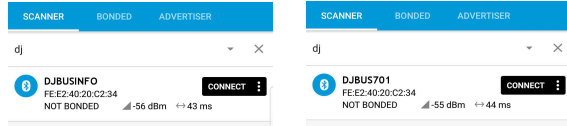


그림 6. 스마트폰 앱에서의 수신 데이터의 확인
 Fig. 6. Received data of smartphone App.

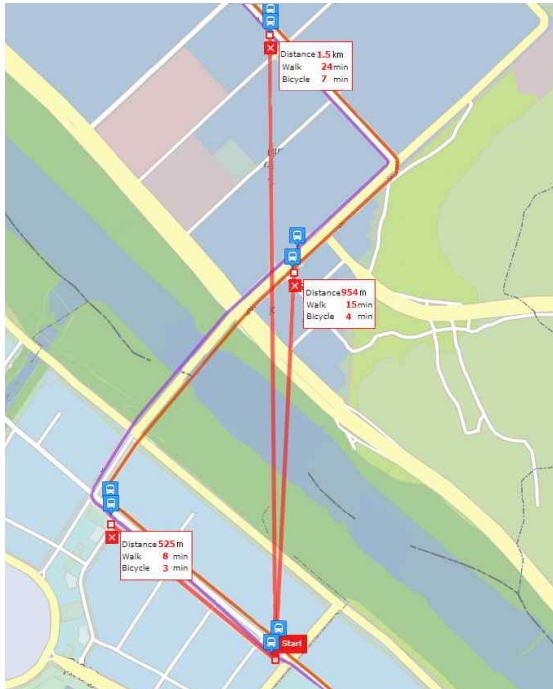


그림 7. 데이터 전송 거리 시험 환경
 Fig. 7. Test environment of data transmission distance.



그림 8. 수신 데이터의 확인
 Fig. 8. Confirmation of received data.



그림 9. BLE 서비스 거리 측정 결과
 Fig. 9. Distance measurement result of BLE service.

데이터의 전송거리를 알아보기 위해 실험을 진행하였다. 그림 7은 실험에 사용된 버스정류장의 정보이다. 시작점을 기준으로 다음 정거장은 약 520 m에 존재하고, 다음 정거장은 954 m, 그 다음 정거장은 1.5 km에 존재한다.

실험결과 그림 8과 같이 처음으로 진입하는 다음 정류장까지의 데이터는 원활하게 들어오는 것을 확인하였다. 그러나 다음 정거장에 진입하기 전에 데이터가 들어오지 않는 것을 확인하여, 데이터 수신이 불가능한 시점에 대해 거리를 좁혀 NLOS(N on line of sight)의 낮은 위치에 존재하는 LPWA 통신의 최대 거리를 측정하였다. 그 결과 640 m되는 지점에서부터 통신이 불가능한 것을 알 수 있었다.

그림 9는 BLE의 통신 거리에 대한 실험을 진행한 결과이다. 실험환경은 그림 7의 시작점과 동일하며, 인근에서 보행하거나 편의점에서 버스의 정보를 수신하는지에 대해 실험을 진행하였다. 실험결과 인근 편의점의 최소 거리 46 m와 옆 편의점 64 m 거리까지 BLE Beacon으로 서비스를 수신할 수 있는 것을 확인하였으며, 최대거리 87 m까지 서비스를 제공할 수 있는 것을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 최근 버스정류장마다 설치되고 있는 태양광 시스템을 이용하여 저 전력으로 다양한 서비스를 도입할 수 있도록 비인가주파수 대역을 사용하는 통신을 이용하여 버스의 정보를 알려주는 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 버스에서 LPWA 통신을 이용하여 데이터를 버스의 정보를 전송하고 버스 승강장 또는 관제 서버에서 버스의 정보를 수신 받는 시스템이다. 실험은 각각의 엔드노드에 대해서 진행하였는데 이는 단말과 단말간 통신에 사용되는 통신출력과 단말과 게이트웨이의 통신에서 사용되는 통신출력은 서로 상이하고, 게이

트웨이에는 넓은 지역의 데이터를 수신하기 위해 높은 장소에 배치되기 때문에 본 논문에서 제안하는 실제 시스템과 약간 다른 형태가 존재하기 때문이다. 실험 결과는 NLOS로 측정하였으며, 수신기의 위치가 상대적으로 매우 낮은 위치에 설치된 형태에서 LPWA는 최대 640 m의 통신을 할 수 있었으며, BLE Beacon의 서비스 범위 실험에서는 최대 87 m까지 서비스를 제공할 수 있었다. 향후 게이트웨이를 중심으로 버스과 승강장 사이에 데이터를 넓은 범위에서 서비스를 진행할 수 있는 연구를 진행할 것이다.

References

- [1] K. Y. Kim, M. W. Lee, and J. S. Cha, "Analysis of indoor localization technology for exhibition services and application method of VLC/RF converged localization," *The Journal of Korea Institute of Communication and Information Sciences*, Vol. 40, No. 01, pp. 217-225, Jan. 2015.
- [2] Y. W. Lee, J. Y. Yu, S. Y. Shin, and S. Chae, "Streetlight management system using LoRaWAN," *The Journal of Korea Institute of Communication and Information Sciences*, Vol. 42, No. 03, pp. 677-685, Mar. 2017.
- [3] H. G. Yoon, J. S. Um, and B. J. Jang, "Performance analysis of a LoRa device on duty cycle local regulation of Korean RFID/USN frequency band," *The Journal of Korea Electromagnetic Engineering Society*, Vol. 28, No. 02, pp. 113-119, Feb. 2017.
- [4] D. H. Yi, and S. C. Kim, "Analysis of computer simulated and field experimental results of LoRa considering path loss under LoS and NLoS environment," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 42, No. 02, pp. 444-452, Feb. 2017.
- [5] H. J. Kwon, M. G. Kim, Y. S. Kim, and S. G. Lee, "Lifetime test of batteries for BLE modules for site identification of vessel's crews and passengers(SIVCP)," *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, Vol. 39, No. 07, pp. 754-759, Sep. 2015.
- [6] J. G. Lee, J. Kim, S. W. Lee, and Y. W. Ko, "A location tracking system using BLE beacon exploiting a double gaussian filter," *KSEE Transactions on Internet and Information Systems*, Vol. 11, No. 02, pp. 1162-1179, Feb. 2017.



장 원 창 (Won-Chang Jang)

2017년 8월: 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 (공학사)
 2017년 9월 ~ 현재: 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 (공학석사)
 ※관심분야: Embedded System



이 명 의 (Myung-Eui Lee)

1985년 2월: 인하대학교 전기공학 (공학사)
 1987년 2월: 인하대학원 기기 및 제어 (공학석사)
 1991년 8월: 인하대학원 기기 및 제어 (공학박사)
 1995년 8월: 현대전자 선임연구원
 2004년 1월 ~ 2005년 1월: U.C.Berkeley 객원교수
 1995년 9월 ~ 현재: 한국기술교육대학교 교수
 ※관심분야: 제어계측 시스템, 시스템 소프트웨어, 위성통신시스템