

전력자동화시스템용 근거리 무선통신 성능개선에 대한 연구

Improvement of Short Range Communication Performance of the Power Automation System

강 명 모 · 안 재 민*

Myung-Mo Kang · Jae Min Ahn*

요 약

4차 산업혁명시대에 스마트그리드와 함께 전력 자동화의 중요성은 점점 높아지고 있다. 전력계통을 제어·감시하는 전력자동화시스템의 신뢰성이 주요한 성능지표로 자리 잡게 되었다. 이러한 성능을 달성하기 위해서는 주장치뿐만 아니라, 통신회선의 신뢰성 확보가 중요하다. 전력자동화시스템용 통신회선 중 유선(光)이 없는 구간에는 ISM 밴드 주파수(5 GHz)를 활용한 근거리 무선통신방식(DWB)을 개발하여 이용하고 있다. 그러나 신뢰도 저하로 전력자동화운전에 어려움을 겪고 있다. 이를 개선하고자 본 연구에서는 2.5 GHz(Zigbee방식)와 900 MHz(Wi-SUN방식)를 활용하여 주파수 다이버시티를 적용한 AWB(advanced wireless bridge)를 개발하였으며, 기존 방식(DWB) 대비 통신 성공률이 약 20 % 개선되었다.

Abstract

In the era of the 4th industrial revolution, power automation with Smart Grid is becoming increasingly important. The reliability of the power automation system that controls and monitors the power systems has become a major performance indicator. To achieve optimum performance, it is essential to ensure the reliability of the communication network connecting each remote device as well as the main systems. Short range communication methods, such as DWB, using ISM band frequency(5 GHz) have been developed and used for the power automation system in areas without an optical communication network. However, difficulties are encountered during the operation of power automation systems due to lack of reliability. In order to resolve these problems, we developed the advanced wireless bridge(AWB) that implemented frequency diversity with 2.5 GHz(Zigbee) and 900 MHz(Wi-SUN). The AWB improved the communication success rate to 20 % compared to the original DWB method.

Key words: AWB(Advanced Wireless Bridge), WiFi, Wi-SUN, DAS, DWB(DAS Wireless Bridge)

I. 서 론

전력자동화시스템은 전력설비를 감시·제어하며, 발전설비를 감시·제어하는 EMS(energy management system),

송변전 설비용 SCADA(supervisor control and data acquisition), 배전설비용 DAS(distribution automation system) 로 분류된다. 전력자동화시스템은 전력계통을 제어함에 따라 신뢰도가 매우 중요한 관계로 제어시스템의 주장치와

「이 연구는 한전 전력연구원에서 연구비의 지원으로 연구되었음.」

전력연구원 디지털솔루션연구소(Digital Solution Laboratory, KEPRI), 충남대학교 전자전파정보통신공학과 학석사과정

*충남대학교 정보통신공학과(Department of Information and Communication Engineering, Chungnam National University)

· Manuscript received April 17, 2020 ; Revised May 25, 2020 ; Accepted June 26, 2020. (ID No. 20200417-032)

· Corresponding Author: Myung-Mo Kang (e-mail: kangmo@kepco.co.kr)

단말 간 유선통신 회선을 이중으로 구성하여 운영하고 있다. 그러나 DAS의 경우, 배전선로와 분산전원이 산재되어 있어 유선망을 구성할 수 없는 구간에 대하여는 일부 근거리 무선통신망을 구성하여 운영 중이다.

현재 무선통신망으로 TRs(trunked radio system)와 DWB(das wireless bridge)를 개발하여 운영 중이나, TRs는 기지국 수의 제한으로 음영지역 발생과 저속으로 인한 단말 수용의 어려움이 있고, DWB는 5.8 GHz의 주파수를 사용함으로써 전파 도달거리의 제한, 도심지에서 수신감도 저하로 장애가 빈번하게 발생함에 따라 전력 자동화 운전의 어려움을 겪고 있다. 이를 해결하기 위해 서로 다른 주파수 특성을 갖고 있는 ISM 밴드 무선 LAN 주파수인 2.4 GHz와 Wi-SUN 방식의 900 MHz를 하나의 모뎀에 동시 수용하여 주파수 다이버시티를 구성한 후, 수신측에서 선택합성법에 의해 2채널 중 양호한 Packet을 처리토록 개선하여 기존 TRs, DWB 대비 신뢰도를 개선하고자 연구를 진행하였다.

본 논문의 제2장에서 전력자동화시스템용 근거리 무선통신시스템 운영현황과 문제점을 설명하고, 제3장에서는 전력자동화시스템용 근거리 무선통신 시스템의 성능개선 방법에 대하여 설명한다. 제4장에서는 개발된 시스템의 성능검증과 비교결과를 제시하며, 제5장에서는 결론으로 전력자동화시스템용 근거리 무선통신망의 개선 및 발전 방향을 제시하고자 한다.

II. 전력자동화시스템용 무선통신 운영현황 및 문제점

2-1 전력자동화시스템 개요

전력자동화시스템은 전력계통을 안정적으로 운영하기 위하여 전력설비를 실시간 감시 및 제어를 하며, 고객과 양방향 통신을 통한 스마트그리드 구현에 핵심역할을 수행하고 있다^[1]. 전력자동화시스템(EMS, SCADA, DAS, AMI)은 주장치(서버), 전단처리장치(front end processor: FEP), 통신회선(유, 무선), 단말장치(remote terminal unit: RTU)로 구성되어 있다. 주장치는 전력설비를 원격에서 감시·제어하며, 실시간 운전정보를 취득하여 계통해석과 고장 분석을 수행한다. 각 전력자동화시스템은 전력정보를 실시간 연계하여 전체 전력망을 통합운영·관리한다. 전단처리장치는 통신방식 변환 및 통신프로토콜 변경 등의 기능을 수행하며, 통신회선은 전력 운전정보를 실시간 전달하는 역할을 하고 있다(그림 1).

전력자동화시스템용 통신회선은 전력설비 제어·감시 외에 스마트그리드 등에 사용되고 있어 일반 통신회선과 달리 고신뢰성, 보안성, 실시간성(1 ms 이내) 등이 요구되고 있다^[2]. 신뢰성 확보를 위해 통신회선 이중화와 보안성 확보를 위해 한국 암호 모듈 검증제도(KCMVP)를 적용하고 있으며^[3], 전력자동화시스템용 통신회선은 신뢰성, 보안성 등 이러한 요구조건을 우선적으로 만족하여야

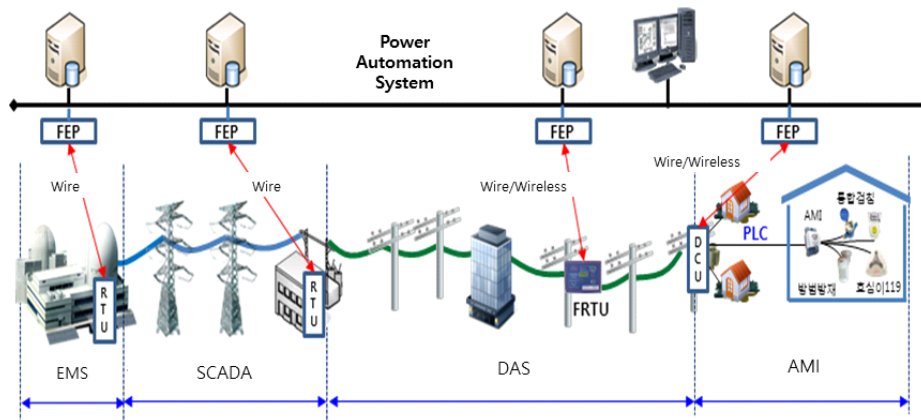


그림 1. 전력자동화시스템 구성도
Fig. 1. Power automation system structure.

한다.

2-2 배전자동화시스템용 무선통신 운영현황

배전자동화시스템(DAS)은 배전설비를 감시·제어하며, 주장치-전단처리장치-통신회선-단말장치로 구성되어 있다. 주장치는 배전설비를 실시간 감시·제어하며, 배전사령실에 운전정보를 제공하고, SCADA 시스템과 정보를 교환하는 역할을 한다. 단말장치는 주장치에서 명령을 받아 설비를 직접 제어(on/off)하거나, 설비운전 정보를 실시간 주장치에 보내는 역할을 한다. 단말장치는 중앙처리부, 통신부, 제어·감시 모듈 등으로 구성되어 있으며, 전력설비가 지중화되면서 보도 위 함체에 설치되거나, 가공선로의 경우, 배전 전주에 설치되어 있다. 현재 배전자동화시스템용 통신회선은 광통신망을 우선적으로 적용하고 있으나, 지중화 구간 및 변두리 지역은 통신망 구성이 불가하여 무선통신망을 일부 운영하고 있으며, 현재 무선통신망에는 TRS와 DWB 방식이 있다. 초기에 도입된 TRS는 면허 대역 주파수(380 MHz) 활용과 커버리지가 약 20 km로 광역에 산재된 단말을 수용할 수 있는 장점을 갖고 있다. DWB는 ISM 밴드의 비 면허 주파수를 활용한 무선 LAN 방식으로 DWB 개발 당시에 2.4 GHz와 5 GHz 중 혼신 위험의 감소와 고속성을 확보하기 위하여 5 GHz

표 1. 배전자동화시스템용 통신회선 현황

Table 1. Current status of communication lines for DAS.

	Freq.	Dist.	Speed	Power	Line ('19)
TRS	380 MHz	20 km	7 kbps	10 W	15,000
DWB	5 GHz	100 m	250 kbps	10 mW	1,000

를 적용하였으며^[4], DAS 주장치에서 단말장치(FRTU) 근처에 있는 광모뎀까지 광통신망을 이용하고, 광모뎀에서 단말장치까지의 구간(last one mile)만 DWB를 구성하여 운영하고 있다(그림 2)(표 1).

DAS 주장치와 FRTU 간 통신프로토콜은 DNP 3.0이며^[5], 무선통신 구간에서는 자체 통신프로토콜을 사용하여 DNP 3.0 프로토콜을 Parsing 하지 않고 전달하는 형태로 통신이 이루어지고 있다. 현재의 무선통신방식의 망 구성 방식은 주로 Star 또는 PTP 방식을 이용하고 있으며, 단일 주파수를 활용하여 무선통신을 수행하고 있다.

2-3 배전자동화시스템용 무선통신의 문제점

DAS용 무선통신방식 중 TRS는 전국에 걸쳐 별도의 기지국을 설치하여 운영 중이나, 기지국 수가 적고(약 150 개) 광역을 담당하고 있어 음영지역이 많이 발생하고 있으며, 특히 눈비가 내릴 경우, 통신장애가 빈번히 발생되

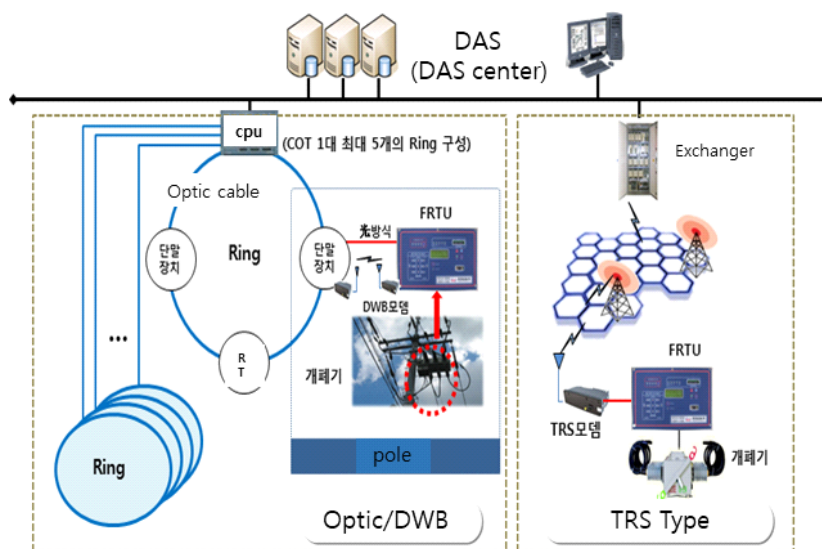


그림 2. 배전지능화시스템(DAS) 구성도

Fig. 2. Configuration of distribution automation system.

어 전력설비 제어·감시에 어려움을 겪고 있다. TRS 음영지역 대체수단으로 2007년에 근거리 무선 LAN 방식을 적용하기 위해 5 GHz 주파수 대역을 이용한 DWB를 개발하여 현장에 설치하여 운영 중이나 다음과 같은 문제점이 발생되고 있다.

첫째, DWB는 5 GHz의 고주파수를 사용함으로써 경로 손실이 커서 전송 거리(100m 이내)가 짧은 단점이 있다. 5,800 MHz의 고주파수에서는 식 (1)과 같이 경로손실이 약 88dB 발생된다^[6].

$$20 \log(100 \text{ m}) + 20 \log(5,800 \text{ MHz}) - 27.55 = 88 \text{ dB} \quad (1)$$

따라서 원거리(100 m 이상)에 설치된 배전설비(FRTU)의 경우, 현재 근거리 무선통신망으로 수용하기에는 어려움이 있다.

둘째, 직진성이 강해 장애물을 잘 통과하지 못함으로써 장애가 빈번하게 발생되고 있다. 5 GHz용 DWB는 전송 거리를 증가시키기 위해 지향성 안테나(19 dBi 출력)를 사용함으로써 LOS(line of sight) 확보 시 통신이 가능하다. 따라서 지중배전설비의 경우, 보도에 설치된 지중배전 제어함체와 도로 건너측 전주에 설치된 통신모뎀과의 통신을 위한 전파가 도로를 횡단함으로써 차량 통과 시 전파간섭을 일으켜 단절 현상이 발생하고 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 DWB 모뎀 간 중계기를 설치하여 운영하고 있으나, 현장의 열악한 환경에서 안테나 각도가 수시로 변하고, 장애물(나뭇가지 등)로 인해 통신장

애가 간헐적으로 발생됨은 물론 설치 및 유지관리에 어려움을 겪고 있다(그림 3).

셋째, DWB는 단일 RF를 사용하여 전송이 이루어지므로 전송과정에서 통신두절 또는 Error 발생 시 Data 손실로 이어진다. 전력 자동화 통신회선은 신뢰성 확보를 위해 이중으로 구성하여야 하나, 주파수 확보와 통신비용 등의 문제점으로 단일 무선통신망을 구성하여 운영하고 있다.

넷째, 통신망 구성 방식도 Star, PTP 방식만을 적용하고 있어 원거리 중계 전송이 불가하고, 네트워크 구성 시 융통성이 저하되고 있다. 산재된 단말장치(FRTU)를 효율적으로 수용하기 위해서는 유연한 통신망 구성(Mesh 등)이 필요하다.

끝으로, 현재의 근거리 무선통신장비는 외부 사이버 해킹에 대한 보안대책이 강구되지 않아 해킹에 노출되어 있다. 이러한 문제점으로 인하여 현재 운영 중인 무선통신망(TRS, DWB)의 통신 성공률이 80%(link outage 약 20%) 이하로 낮고, 보안성이 취약하며, 통신망 유지관리에 어려움이 있어 개선이 필요한 상황이다.

Ⅲ. DAS용 근거리 무선통신 성능개선(AWB 개발)

3-1 AWB(Advanced Wireless Bridge) 개요

AWB는 기존 TRS와 DWB 통신방식의 문제점을 개선하고자 서로 다른 주파수 특성을 가진 2.4 GHz와 900

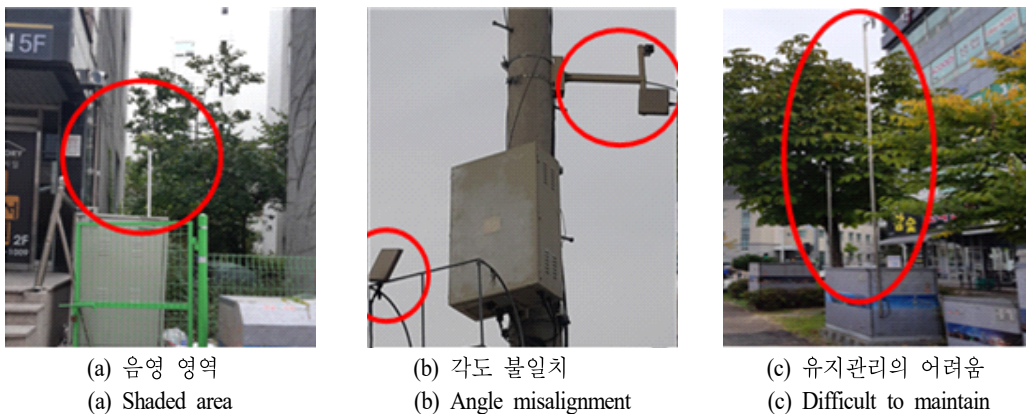


그림 3. DWB 안테나 운영 문제점
Fig. 3. DWB antenna operational issues.



그림 4. DAS 시스템의 구성도
Fig. 4. Configuration of DAS system.

MHz를 동시에 하나의 모뎀에 수용하여 주파수 다이버시티를 구성한 후 수신측에서 선택합성법에 의해 패킷을 처리하는 통신방식으로 전력자동화시스템용 통신망 요구조건(이중화, 고신뢰성 등)에 적합하도록 개발한 배전 자동화(DAS)시스템용 근거리 무선통신방식이다. 그림 4는 2019년 BIXPO 전시회에서 DAS시스템과 연계하여 시연한 AWB 데모 장면이다.

3-2 AWB 구조설계

AWB 메인보드는 그림 5와 같이 900 MHz, 2.4 GHz 통신 모듈, 보안 모듈, MPU, Power Block, Ethernet Block 등으로 구성하였다. 900 MHz 통신 모듈은 Cortex M3 MPU, CC1200 900 MHz RF Transceiver, CC1190 RF Front 부로

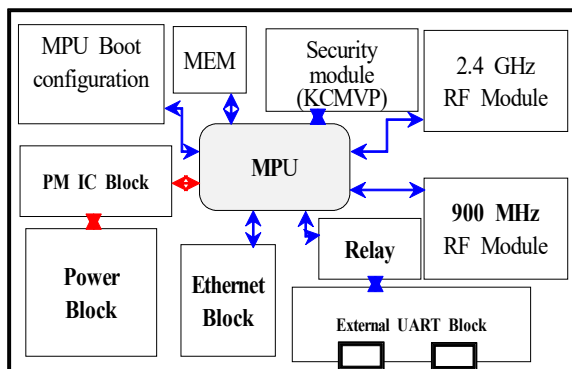


그림 5. AWB 메인보드
Fig. 5. Mainboard of advanced wireless bridge(AWB).

표 2. AWB 메인보드 기능설명

Table 2. Describe the function of the AWB mainboard.

Name	Functions
Power block	Provide DC24V as power supply
PMIC	Power management IC
Ethernet block	Provide interface with outside
External UART	Asynchronous communication with FRTU through serial communication protocol
Relay protection	Switching relay protection to match TTL level
MPU boot configuration	Config setting at OS(linux) boot
Memory	Save OS and device status
MPU	Performs core functions of AWB
RF module	900 MHz, 2.4 GHz RF module
Security module	Encrypt by installing the KCMVP module

구성하였으며, 23 dBm까지 무선 출력이 가능하다. 2.4 GHz 통신 모듈은 Cortex M3 MPU, CC2520 2.4 GHz RF Transceiver, CC2590 RF AMP로 구성하였다.

RF 송수신기는 싱글 칩 무선 송수신기로 기존 SAW, IF 필터를 사용하지 않고 통합필터를 사용함으로써 저전력, 고효율의 가성비가 뛰어난 송수신기를 사용하였다^[7]. 통신 속도는 900 MHz 모듈은 1,250 kbps까지 가능하고, 2.4 GHz 모듈은 250 kbps까지 가능하며, 용도는 AMI, BEMS, 스마트그리드 등 다양한 용도로 사용이 가능하다.

안테나는 전파 수신 성능을 개선하기 위해 배전설비 현장에 적합하게 표 1과 같이 900 MHz의 경우, 안테나 높이를 57.5 cm, 연장케이블은 4 m 일체형으로 제작하였으며, 2.4 GHz는 안테나 높이를 55 cm로 전파환경에 최적화하여 설계하였다.

3-3 무선통신망 설계

AWB는 전력통신망 요구조건(이중화, 고 신뢰성 등)에 부합하도록 2개의 주파수를 활용한 주파수 다이버시티를 구성 · 운영하도록 설계하였다. 주파수 다이버시티 이득을 높이기 위해 두 주파수 간 이격된 주파수를 고려하였다.

기존 DWB에서 사용하던 5 GHz 주파수는 직진성, 짧은 거리 등의 문제점으로 인해 제외하였으며, ISM 밴드

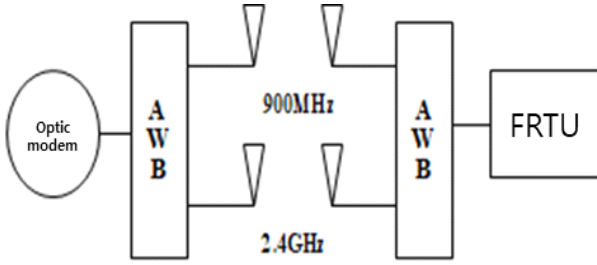


그림 6. Frequency diversity 구성도.
Fig. 6. Conceptual diagram of frequency diversity.

의 무선 LAN 주파수 중 2.4 GHz를 활용한 Zigbee 통신방식(IEEE 802.15.4)을 선정하였다. 또 다른 주파수로 통신 속도는 느리지만 통신거리가 길고 장애물에 강한 특성과 높은 출력(200 mW)을 갖고있는 900 MHz의 Wi-SUN 통신방식(IEEE 802.15.4 G)을 선정하였다. 무선통신망은 그림 6와 같이 Frequency Diversity 이득을 갖도록 설계하였다.

기존 DWB는 하나의 주파수를 활용하여 운영함으로써 통신장애 시 통신두절이 발생하는 문제점이 있었으나, AWB는 동일한 신호를 상관성이 적은 두 개의 채널로 다이버시티를 구성함으로써 주파수 효율은 저하되나, DWB 대비 선택합성이득이 발생하여 통신 신뢰도를 개선토록 설계하였다.

주파수 다이버시티로 인한 선택합성이득(selection diversity gain)은 다음과 같다.

L 개의 다중경로의 조합된(선택된) 순시 SNR은

$$r_{sd} = \max(r_1, r_2, \dots, r_L) \quad (1)$$

경로별 순시 SNR에 대한 확률분포함수는

$$f_r(r_i) = \frac{1}{r_{av}} \cdot e^{-\frac{r_i}{r_{av}}}, \quad r_i \geq 0 \quad (2)$$

r_i : 경로 i 의 순시 SNR

r_{av} : 평균 SNR

합성된 순시 SNR에 대한 link outage(링크단절 확률)의 누적분포함수(CDF)로 변환하면

$$F_r(r_{sd}) = (1 - e^{-r_{sd}/r_{av}})^L \quad (3)$$

r_{sd} : 두 경로의 조합된(선택된) 순시 SNR

식 (1), 식 (2), 식 (3)을 통해 기존 DWB의 Link outage가 약 20 %이고, L (경로수)= $N_r=2$ 가 되므로 그림 7과 같이 약 3.9 dB의 선택합성 이득을 얻는다^[8].

수신측에서 그림 8과 같이 먼저 도착한 패킷을 CRC 검사하여 정상일 경우, 선택합성법을 적용하여 패킷을 처리토록 설계하였다. 이때 지연된 패킷과 Error 패킷은 버리도록 하였으며, 한 채널이 수신 불량 시 ‘채널 고장 Alarm’과 두 채널 모두 불량 시 ‘네트워크 상태확인 Alarm’을 발생시키도록 하였다.

통신망 구성 방식은 산재된 단말장치를 효율적으로 수용하기 위하여 star, mesh, tree 방식을 모두 지원하도록 설계하였다. Mesh는 coordinator, router, end node로 구성되

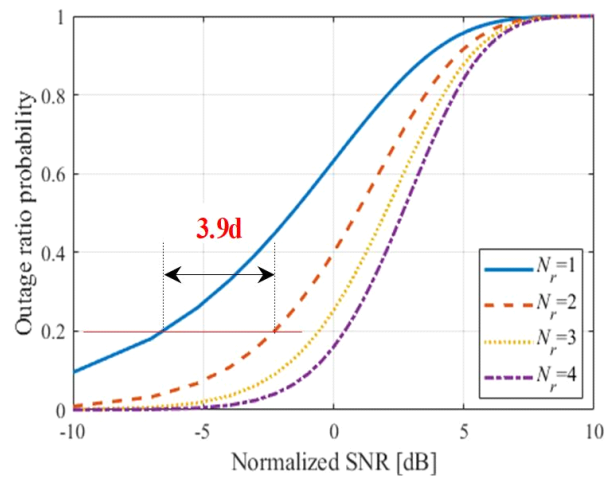


그림 7. 주파수 선택 다이버시티 이득
Fig. 7. Gain of frequency selection diversity.

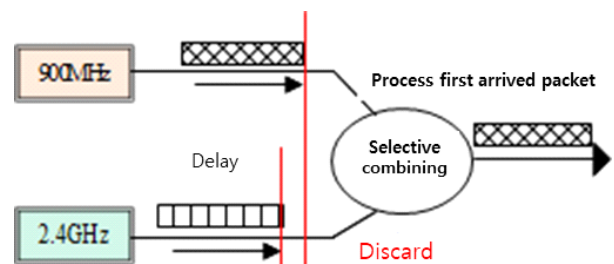


그림 8. 수신 데이터 처리 과정
Fig. 8. Process of receiving data.

어 있으며, coordinator는 사용자 채널과 PAN_ID를 이용하여 네트워크를 형성하도록 하고, router, end node를 통해 네트워크에 참여하도록 설계하였다. Star와 tree 망 구성 방식의 경우, 네트워크 관리자가 미리 정의한 망 구성 방식을 형성하도록 설계하였다.

3.4 AWB 설치 및 시험

AWB 성능 검증을 정확히 추진하기 위해 2개 본부(경기, 전북) 지중, 가공 배전설비 40개소를 전파환경 유형별 선정하여 시범적용하였다. 경기본부의 경우 도심지가 많아 지중설비 위주 설치하였으며, 전북본부의 경우, 가공 원거리 지역이 많아 가공 위주 선정하여 시범 적용하였다(그림 9).

시험 설치된 AWB를 실제 전력자동화 설비에 연계하여 실시간 통신상태 및 통신성공률을 DAS 주장치에서 측정하였다. 아래 그림은 40개소 중 전북 김제의 가공 배전선로 구간에 AWB 마스터 한 대에 단말 2대를 연결하여 시험한 결과를 보여 주고 있다(그림 10).

3.5 주요 성능개선 사항

AWB 현장에 시험 적용 시 나타난 문제점들을 지속적으로 보완한 결과, 다음과 같이 성능이 개선되었다.

첫째, 경로손실은 900 MHz를 채택함으로써 식 (4)와 같이 5 GHz(손실 88 dB) 대비 16 dB 낮아졌으며, 전송 거리 또한 50 % 증대(100 m→150 m)되었다.

$$20 \log(100 \text{ m}) + 20 \log(900 \text{ MHz}) - 27.55 = 72 \text{ dB} \quad (4)$$

둘째, AWB는 서로 다른 특성을 갖는 두 개의 RF(900 MHz, 2.4 GHz)를 사용하여 주파수 다이버시티 구성으로

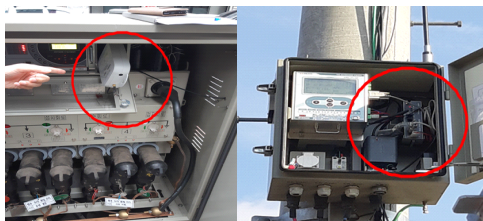


그림 9. AWB 시범설치
Fig. 9. Pilot installation of AWB.

순번	설치일자	본부명	사업소명	설비구분	개폐기명
8	01월 18일	전북	김제	Master	신종간112R26L5L10
			김제	Slave	신종간112R26L5L11 (TRS)
			김제	Slave	신종간112R26L5L8 (미개통)
AWB 장비간 거리		◆ Master / Slave 1: 80m ◆ Master / Slave 2: 35m			
실증 Point		◆ 1:N 통신 성공률 검증 ◆ 분산 전원 검증			
통신 성공률 (2/18현재)		◆ Master: 98.71%, Slave 1: 98.32%, Slave 2: 95.57%			

그림 10. AWB 시험결과
Fig. 10. Test result of AWB.

이득이 약 3.9 dB 개선되었다. 이로 인해 통신 성공률이 전체적으로 약 20 % 향상되었다. 또한, 한 채널에서 장애가 발생되어도 다른 채널로 통신이 가능토록 함으로써 전력통신망 구성요건(회선 이중화)을 만족하게 되었다.

셋째, 통신망 구성 방식을 현재의 star 방식 외 mesh, tree 방식을 추가함으로써 무선망의 운영 효율성이 향상되었다.

넷째, 무지향성 안테나를 적용하여 안테나 틀어짐에 따른 영향을 받지 않도록 하였으며, 시설 및 유지관리 편리성을 증대시켰다.

기타 사항으로 AWB와 배전단말(FRTU) 간 시리얼 통신에서 패킷 frame 간 간격을 100 ms에서 30 ms로 최적화하여 프레임 간 noise가 삽입되는 문제점을 제거하였으며, KCMVP 보안 모듈을 장착하여 무선구간의 보안성을 강화하였다. 또한, EMS(element management system)를 적용하여 통신링크, 장애, 설정관리 등을 원격에서 수행함으로써 사용자의 편리성이 증대되었다.

IV. 성능검증 및 비교

4.1 AWB 성능검증

AWB 성능검증을 위해 그림 11과 같이 송신출력, 통신 거리, 통신 성공률 및 장비 고유기능 등을 측정하였다.

첫째, 송신출력은 시제품 90대의 AWB를 대상으로 테스트 S/W, power supply, 스펙트럼분석기를 이용하여 측정하였으며, 900 MHz는 평균 20.2 dBm, 2.4 GHz는 평균 9.9 dBm으로 송신출력이 기준에 적합하였다.

둘째, AWB master와 slave 간 통신 거리를 측정을 위해

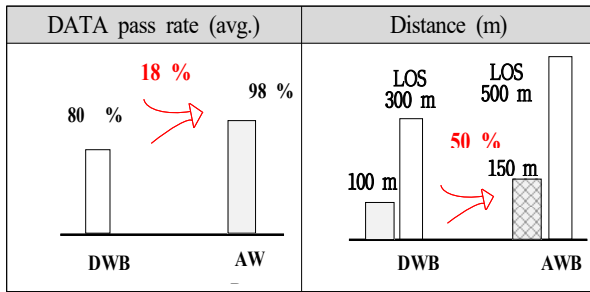


그림 11. 통신 성공률 및 통신거리 비교
Fig. 11. Comparison of communication success rate and LOS.

900 MHz는 LOS 500 m, 2.4 GHz는 150 m 거리에 각각 AWB를 설치 후 300개의 data를 5회 이상 전송하여 통신 성공률(조건: 99 % 이상)이 99.3 % 이상의 결과값을 얻었다.

셋째, AWB 간 통신 성공률 측정을 위해 2019년 2개 사업소의 배전자동화시스템 단말장치에 AWB를 40개 설치 후, 3개월 동안 주장치와 단말장치 간 통신 성공률을 측정하였으며, 그 결과, 그림 11과 같이 평균 98 % 이상 결과 값을 얻었다.

끝으로 AWB에 장착된 보안 모듈의 DAS data 암호·복호화 test 결과, 정상적으로 동작하였으며, AWB의 S/W 기능별 test와 EMS를 통한 고장관리, 구성 및 성능관리 등을 확인결과, 정상적으로 동작함을 확인하였다.

4-2 DWB와 AWB 성능 비교

본 연구를 통해 개발한 AWB와 DWB의 주요 성능 비교는 표 3과 같다. AWB가 주파수 효율, 가격, 크기에서 단점은 있으나, 성능개선 효과 대비 경미한 사항으로 전력자동화시스템에서는 신뢰성을 우선적으로 하고 있다.

V. 결 론

본 연구를 통하여 전력자동화시스템에 적합한 근거리 무선통신망(AWB)을 개발하고, 배전자동화시스템(DAS)에 실증을 통하여 성능을 검증하였다.

개발된 AWB는 기존 TRS 방식과 DWB 방식의 문제점을 개선하고자 주파수 특성이 전혀 다른 2.4 GHz의 Zigbee 방식과 900 MHz의 Wi-SUN 방식을 한 모델에 동시 수용하여 frequency diversity를 구현함으로써 전파환경

표 3. DWB와 AWB 성능 장단점 비교
Table 3. Comparison of AWB and DWB performance.

	DWB	AWB
Distance (LOS)	Omnidirectional 70 m Directivity 100 m	2.4 GHz: 150 m 900 MHz: 500 m
Loss	88 dB(5 GHz)	72 dB(900 MHz)
Gain	-	3.9 dB
Pass rate	80 % ↓	98 % ↑
Rate (max)	3 Mbps	250 kbps ↑
Security	-	Security module(KCMVP)
Maintenance	Difficulty	Easy
Frequency efficiency	Good	-
Size (H/W)	-	Increase (30 %)
Price	-	Increase (20 %)

에 따라 양호한 패킷을 선택 합성하여 처리함으로써 기존 DWB 대비 전송 거리가 약 50 % 증가되었으며, 통신 성공률도 약 20 % 향상되었다. 또한, 보안성이 강화되고 유지관리 편리성이 증대되어 현재 전력자동화시스템뿐만 아니라, 분산전원 등에 활용하고 있다.

또한, 연구수행 과정에서 ISM 밴드의 주파수를 활용하여 전력자동화시스템에 적합한 근거리 무선통신망 구축이 가능하고, 배전지능화시스템(DAS)뿐만 아니라, 다양한 분야에 확대 적용이 가능함을 알게 되었다. 현재 AWB는 2개 사업소에 설치하여 운영 중이며, 다양한 서비스 수용, 통신 거리 확대 및 표준화 등을 위해 2020년에 추가 연구를 진행하고 있다.

우리나라가 4차 산업혁명을 주도해 나가기 위해서는 산재된 IoT 센서들의 정보를 실시간 수집을 통해 빅데이터를 구축하고, 스마트그리드, 스마트시티 등 다양한 분야에 활용할 수 있도록 통신 인프라가 구축되어야 한다.

그러기 위해서는 무엇보다도 다양한 분야의 IoT 센서들과 통신을 위한 신뢰성과 보안성이 확보된 산업용 전용 근거리 무선통신망(PRIVATE 5 G 등)이 필요하다^[9]. 이를 위해 현재의 ISM 밴드 주파수 외 추가 배분을 통하여 산업 분야별 전용 근거리 무선통신망을 구축할 경우, 고품질의 근거리 무선통신서비스 제공이 가능하게 될 것이다.

References

- [1] H. W. Kim, "Technical trends in low power wireless sensor network for smart grid and wireless metering," in *The IEIE Summer Conference*, Jun. 2016, pp. 222-264.
- [2] E. Lee, G. Kwon, S. Kim, and S. Seo, "Security and quality requirements of communication service for Smart-grid," *The Journal of Korean Institute of Communication and Information Sciences*, vol. 7, no. 4, pp. 10-16, Mar. 2010.
- [3] O. Y. Lee, "Analysis of implementations issues for smart grid security," *Telecommunications Review*, vol. 22, no. 6, pp. 801-808, 2012.
- [4] S. Oh, "Review of 5 GHz frequency in domestic and international usage," *The Journal of Korean Institute of Communication and Information Sciences*, vol. 19, no. 5, pp. 54-62, May 2002.
- [5] J. W. Jang, H. K. Kim, "A study on vulnerabilities of serial based DNP in power control fields," *Journal of the Korea Institute of Information Security & Cryptology*, vol. 23, pp. 1143-1156, Dec. 2013.
- [6] J. G. Chairman, "FFC record," *Federal Communications Commission*, Washington, DC, vol. 27, no. 19, pp. 15766-16662, Dec. 2013.
- [7] Texas Instruments, "CC1200 low-power high performance RF transceiver," *Data Sheet, Texas Instruments*, Dallas, TX, Oct. 2014.
- [8] M. Renfors, *Diversity Techniques*, Tampere University of Technology, Tampere, Finland, 2013.
- [9] H. Ahn, "A private wireless network polica in the 5G era," *The Journal of Social Science*, vol. 27, no. 1, pp. 31-48, Mar. 2020.

강 명 모 [한전 전력연구원/책임연구원]

<https://orcid.org/0000-0003-3471-5058>



1986년 호서대학교 정보통신공학과 (공학사)
 1988년 8월~2018년 6월: 한국전력공사
 2019년 3월~현재: 충남대학교 전자전파
 정보통신공학과 석사 과정
 2018년 7월~현재: 한전전력연구원 책임
 연구원

[주 관심 분야] RF, EMC 등

안 재 민 [충남대학교/교수]

<https://orcid.org/0000-0002-6261-0010>



1987년 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1989년 한국과학기술원 전기 및 전자공학
 과 (공학석사)
 1994년 한국과학기술원 전기 및 전자공학
 과 (공학박사)
 1999년~현재 충남대학교 전파전자정보
 통신공학과 교수

[주 관심 분야] 통신신호설계 및 신호처리 등