

# 스마트공장 구축을 위한 무선통신용 RF 모듈 설계 및 개발

김진홍, 이영재, 임길택  
한국전자통신연구원

{jinhong, lyj4295, ktl}@etri.re.kr

## Design and Development of Wireless Communication RF Module for Smart Factory

Jinhong Kim, Young-Jae Lee, Kil-Taek Lim  
Electronics and Telecommunications Research Institute

### 요 약

본 논문은 스마트공장을 구축함에 있어 공장에서 생성되는 데이터를 효율적으로 수집하기 위해 저전력 광역 네트워크 기술을 바탕으로 비면허 주파수 대역에서 동작하는 무선통신용 RF 모듈을 설계 및 개발한 내용에 대하여 설명한다. RF 모듈에는 MCU, RF 칩, 파워 앰프를 하나의 칩에 내장한 SoC 를 적용함으로써 소비전력과 생산비용을 절감하면서도 적절한 성능과 높은 신뢰성을 제공하도록 한다. 그리고 개발한 RF 모듈의 송신과 수신성능을 전송출력과 입력 매칭을 통해 확인한다.

### I. 서 론

최근 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능과 같은 다양한 기반기술의 발전에 힘입어 4 차 산업혁명이 현실화되고 있다. 이와 같은 새로운 패러다임이 산업계 전반에 퍼지는 가운데, 특히 제조업 분야에서는 발전된 기반기술을 활용하여 효율적이면서 유연한 생산을 가능케 하는 스마트공장이 많은 관심을 받고 있다. 스마트공장은 제조과정의 전부 또는 일부과정에서 사람, 장비, 재료, 방법 등 공정 및 작업과 관련된 데이터를 수집하고 수집된 데이터를 분석하여 제조과정을 최적화함으로써 제품의 생산비용과 시간을 절감한다. 따라서 스마트공장을 구축함에 있어 가장 먼저 수행해야 하는 일은 공장의 작업현장에서 발생하는 다양한 형태의 데이터를 효과적으로 수집하는 것이다[1].

공장에서 수집할 수 있는 다양한 데이터 중에서 작업환경 주변의 온도, 습도와 같이 전송지연에 민감하지 않고 데이터 수집장치의 이동성에 대한 지원이 중요하지 않으며 전송할 데이터의 크기가 크지 않은 특성을 지닌 데이터는 저전력 광역 네트워크(low-power wide-area network)기술을 활용하면 매우 효율적으로 수집할 수 있다. 저전력 광역 네트워크 기술은 WiFi, LTE, 5G 와 같은 고속 및 대용량의 데이터 전송을 위한 통신기술에 비해 적은 소비전력을 바탕으로 한 높은 배터리 효율이 가장 큰 특징으로, 외부에서의 전원 공급이 원활하지 않아 제한된 배터리 자원만으로 동작하면서 긴 전송거리에 기반하여 넓은 영역에 서비스를 제공하는데 특화되어있다. 또한, 장거리 전송 능력 및 경량 프로토콜 사용에 따른 장치 개발과 인프라 구축 비용의 절감 등을 통해 비교적 낮은 가격에 저전력 광역 네트워크를 구축할 수 있는 장점이 있다[2].

저전력 광역 네트워크 기술은 사용하는 주파수의 면허 여부에 따라 LoRaWAN, Sigfox, Wi-SUN 과 같은

비면허대역을 이용하는 기술과 LTE-M(Long Term Evolution for Machines), NB-IoT(Narrow Band IoT)와 같은 면허대역을 이용하는 기술로 구분할 수 있다. 면허대역을 사용하는 기술을 이용하기 위해서는 통신사업자에 장치를 등록하고 정액 또는 데이터 사용량에 따라 금액을 지불해야 하는 비용적인 부담과 함께 사용하는 기술의 표준화된 통신 프로토콜 뿐만 아니라 통신사업자의 네트워크에 접속하기 위한 인증 절차와 관련된 부분을 모두 개발해야 하는 부담이 존재한다. 반면에 비면허 대역을 사용하는 기술을 이용하는 경우 주파수 사용에 따른 비용이 발생하지 않고 통신사업자와는 독립된 네트워크를 구축하여 별도의 서비스를 운영 및 제공할 수 있다. 게다가 제공하는 서비스 또는 업체의 요구사항에 따라서는 비면허 대역을 이용하는 기술의 통신 프로토콜 전체 계층을 모두 구현하지 않고 필요한 부분만을 구현 및 적용함으로써 서비스 개발기간을 단축하고 개발비용을 절감할 수 있다. 하지만 비면허 대역을 이용하는 통신 기술의 일부 통신 계층만 이용하거나 특정 계층의 일부 동작을 수정하여 사용하기 위해서는 전체 통신 프로토콜이 내장되어 동작하는 완제품 형태의 RF 모듈이 아닌 개발자가 필요로 하는 기능만을 설치 및 개발할 수 있는 RF 모듈이 필요하다.

국내법 상 센서에서 수집된 데이터와 음성데이터를 전송할 때 이용할 수 있는 대표적인 비면허 주파수 대역은 400MHz 대역과 900MHz 대역이 존재한다. 그 중에서 900MHz 대역은 400MHz 대역에 비해 좀 더 넓은 채널 대역폭을 사용하여 보다 많은 데이터를 전송할 수 있다는 장점이 있다. 물론 주파수의 물리적 특성에 따라 400MHz 대역에 비해 전송거리에 있어서는 비교적 불리한 면이 있으나 이는 필요에 따라 라우팅을 통한 멀티 홉 전송 등 적절한 상위 계층의 기술을 적용함으로써 극복할 수 있다.

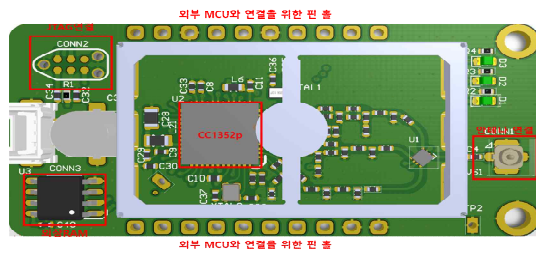


그림 1. RF 모듈 PCB 설계 및 부품 배치

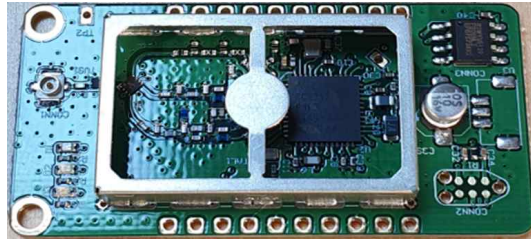


그림 2. 개발한 RF 모듈 사진

본 논문에서는 900MHz 비면허 대역에서 동작하는 무선통신용 RF 모듈을 설계 및 개발한 내용에 대하여 설명한다. 개발한 RF 모듈은 통신 계층 중에서 가장 밑의 계층인 물리계층만 RF 모듈의 하드웨어 수준에서 지원하며 나머지 계층은 RF 모듈을 이용하는 서비스 요구사항에 따라 적절한 계층을 탑재 및 개발하면 된다.

## II. RF 모듈 설계 및 개발

최근 반도체 설계 및 생산 기술이 발전함에 따라 MCU(Microcontroller), RF(Radio Frequency), PA(Power Amplifier), DSP(Digital Signal Processor), RAM 및 ROM 과 같은 메모리, 외부 인터페이스 등과 같은 다양한 모듈이 하나의 칩(chip) 안에 내장된 SoC(System on Chip)가 출시되고 있다. 본 논문에서는 TI(Texas Instruments)사에서 개발 및 판매하고 있는 CC1352P SoC 를 이용하여 RF 모듈을 개발하였다. TI CC1352P 의 가장 큰 특징은 저전력으로 동작하면서도 RF 칩과 함께 파워 앰프로 내장하고 있어 단독으로도 최대 20dBm 의 전송출력을 낼 수 있다는 점이다. 또한, 사용자가 원할 경우 900MHz 주파수 대역을 이용하는 프로토콜뿐만 아니라 2.4GHz 주파수 대역을 이용하는 프로토콜도 구현하여 동시에 동작시킬 수 있다. 그리고 멀티 프로토콜 동작을 지원하기 위해 플래시 메모리와 RAM 도 각각 352KB 와 80KB 로 비교적 넉넉하게 배치되어 있다.

개발한 RF 모듈은 다양한 서비스에 활용할 수 있도록 외부 MCU 가 설치된 PCB 와 연동하여 동작하는 상황을 고려하여 설계하였다. 따라서 RF 모듈은 그림 1 과 같이 외부 PCB 와의 연동을 위한 핀 홀이 RF 모듈 양 가장자리에 위치하고 있으며 RF 모듈에 펌웨어를 다운로드하기 위한 JTAG 연결부와 외부 안테나와의 연결을 위한 SMA 커넥터가 배치되어 있다. 실제로 개발된 RF 모듈의 모습은 그림 2 를 통해 확인할 수 있다.

## III. RF 모듈 성능측정



그림 3. 개발한 RF 모듈의 전송출력

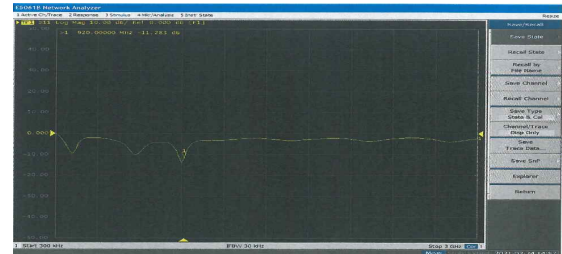


그림 4. 개발한 RF 모듈의 입력 매칭

개발한 RF 모듈의 성능은 전송성과 수신성능으로 구분하여 각각 전송출력과 입력 매칭(Input Matching)이라는 성능지표를 통해 확인하였다. 전송출력과 입력 매칭 모두 RF 모듈이 동작하게 될 920MHz 주파수에서 측정하였다. 전송출력은 RF 모듈의 펌웨어에 20dBm 출력이 나오도록 설정한 다음 H/W 의 전송출력이 설정한 만큼 되는지를 확인하였다. 그 결과 그림 3 과 같이 파워미터를 통해 920MHz 주파수에서 20dBm 의 전송출력이 생성되는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 RF 모듈을 수신상태로 설정한 다음 네트워크 분석기를 통해 920MHz 주파수에서의 입력 매칭이 -11dB 이상 되는 것을 확인할 수 있었다.

## IV. 결론

본 논문에서는 공장에서 전송지연에 민감하지 않고 이동성에 대한 요구가 크지 않으며 크기가 작은 데이터를 수집하기 위한 900MHz 비면허 대역에서 저전력 광역 네트워크 기술을 지원하는 무선통신용 RF 모듈을 설계 및 개발하였다. 개발한 RF 모듈은 TI 사의 SoC 인 CC1352P 를 적용함으로써 저전력으로 동작하면서도 920MHz 주파수에서 펌웨어 설정에 따라 최대 20dBm 의 전송출력과 -11dB 이상의 입력 매칭을 지원하는 것을 확인할 수 있었다.

## ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 한국전자통신연구원 기본사업의 일환으로 수행되었음[21ZD1120, 지역산업연계 인공지능 응용 기술 개발]

## 참고 문헌

- [1] Giuseppe Aceto, Valerio Persico, Antonio Pescapé. "A Survey on Information and Communication Technologies for Industry 4.0: State-of-the-Art, Taxonomies, Perspectives, and Challenges," IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 21, No. 4, Fourth Quarter 2019, pp. 3467-3501.
- [2] Franck Muteba, Karim Djouani, Thomas Olwal, "A comparative Survey Study on LPWA IoT Technologies: Design, considerations, challenges and solutions", Procedia Computer Science Vo. 155, 2019, pp. 636-641