

900 MHz RFID 리더를 위한 RF 모듈 제작

홍영곤*, 이영준*, 송경원*, 김형남*
*부산대학교 전자전기공학과

Implementation of the RF module for 900 MHz RFID reader

Young-Gon Hong*, Young-Jun Lee*, Kyoung-won Song*, and Hyoung-Nam Kim*
*Dept. of Electronics and Electrical Engineering, Pusan National University
hnkim@pusan.ac.kr

Abstract: 본 논문에서는 900 MHz RFID 리더를 위한 RF 모듈을 설계 및 제작하였다. 제작된 프로토타입 RF 모듈은 노이즈 제거 특성이 우수하며 모든 900 MHz RFID 표준 프로토콜에 적용 가능한 장점이 있다. 제작된 RF 모듈을 검증하기 위해 다양한 측정 장비를 이용해 주요 블록의 출력파형을 관찰하였다.

Keywords: RFID, RF module, UHF, implementation

I. 서론

Radio Frequency Identification (RFID) 시스템은 유비쿼터스 사회 구현을 위한 핵심 기술 중 하나로서, IT839 전략에 포함되어 우리나라의 중추적 성장 동력으로 주목 받고 있는 차세대 자동인식 기술이다. RFID 시스템은 사용하는 주파수 대역에 따라 그 용도가 구분되는데, 그 중에서도 900MHz RFID 시스템은 물류 및 유통 산업에서 기존의 바코드 시스템을 대체할 획기적인 차세대 자동 인식 기술로서 각광받고 있다. 그러나 기존의 바코드 시스템에 비해 비싼 구현 가격과 100%에 미치지 못하는 인식률로 인해 기존의 바코드 시스템을 완벽하게 대체하기에는 무리가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 저가격 태그 설계 및 리더 구현, 데이터 처리 최적화, 태그 및 리더 충돌방지 알고리즘 등 다양한 분야에서 활발한 연구가 이루어지고 있으나, 이러한 연구들은 대부분 태그 응답 (tag response)이 안정적으로 수신된다는 가정하에 이루어지고 있는 맹점이 있다.

근본적으로 RFID 시스템의 성능과 신뢰성을 높이기 위해서는 안정적인 무선신호를 송·수신할 수 있는 RF 모듈의 개발이 요구된다. 특히 900 MHz RFID 시스템에서 요구되는 RF 모듈은 태그로부터 수신되는 신호가 매우 미약하기 때문에 노이즈 제거 특성이 우수해야 하며, 복수의 프로토콜에 적용 가능하도록 설계되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 요구사항을 충족하는 900 MHz RFID 시스템에서 사용할 수 있는 프로토타입 RF 모듈을 설계 및 제작하고, 스펙트럼 분석기 (spectrum analyzer)와 디지털 오실로스코프를 이용해 블록별 파형들을 측정함으로써 제작된 RF 모듈을 검증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서 기본적인 RFID 시스템의 구성에 대해 살펴보고, 제 3 장에서는 설계된 프로토타입 RF 모듈의 각 블록별 기능 및 특징에 대해 살펴본다. 제 4장에서는 여러 가지 측정장비를 사용하여 제작된 프로토타입 RF 모듈의 출력 파

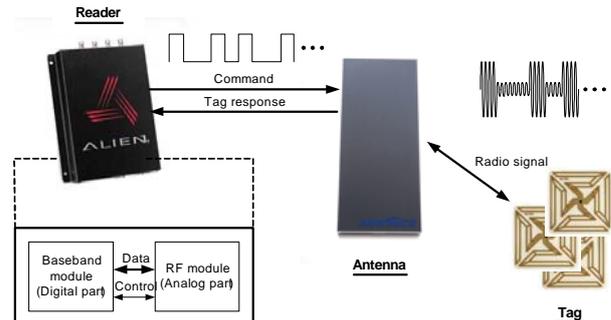


그림 1. 900 MHz UHF RFID 시스템 구성도.

형을 관찰하고, 마지막으로 제 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 900 MHz UHF RFID 시스템

900 MHz UHF RFID 시스템은 그림 1과 같이, 사물에 부착되어 정보를 담고 있는 태그와 태그의 정보를 읽어내는 리더로 구성되며 [1], 리더는 크게 디지털 데이터 처리를 위한 기저대역 파트 (digital part)와 태그와의 무선 통신을 위한 RF 파트 (analog part)로 나뉘어진다. 기저대역 파트는 시스템의 전체적인 동작 흐름을 제어해 상황에 맞게 명령어를 인코딩한 후 RF 파트로 신호를 전달하고, 수신된 태그 응답 (tag response)을 디코딩해 정보를 추출하는 역할을 수행한다. RF 파트는 기저대역 파트에서 인코딩된 명령어를 상향변환 (up-converting)시켜 아날로그 RF 신호로 변환한 후 안테나를 통해 방사하거나, 역산란 (back-scattering) 방식으로 응답하는 태그 신호를 하향변환 (down-converting)시켜 기저대역에서 처리 가능한 디지털 신호로 변환하는 기능을 수행한다.

900 MHz RFID 시스템에서 다양한 태그와 리더들이 정보를 원활히 주고 받기 위해서는 공통된 통신규약 (protocol)이 요구되는데, 이러한 통신규약은 ISO/IEC 18000-6 Type A, B, 및 C (EPC Class-1 Generation 2)로 명명된 표준안에 정의되어 있다. 그러나 3개의 복수 표준안들은 그러나 표 1과 2에서 보듯이 상이한 데이터 전송률, 데이터 인코딩 방식 등을 사용하고 있어 상호호환이 되지 않는 문제점이 있다 [2], [3]. 그러나 변조 방식과 태그 응답은 공통적으로 ASK와 FMO 코드를 사용하고 있으므로, 본 논문에서는 이를 이용해 간

표 1. ISO/IEC 18000-6 Forward link

Parameter	Reader to Tag		
	Type-A	Type-B	Type-C
Data coding	PIE	Manchester	PIE
Data Rate (kbps)	33	10 or 40	26.7 to 128
Bit period (us)	0=20, 1=40 SOF=EOF=80	25	6.25, 12.5, 25
Modulation	ASK	ASK	DSB/SSB/PR-ASK
Preamble	No	9bit	Fixed
Error detection	CRC-5,16	CRC-16	CRC-5,16

표 2. ISO/IEC 18000-6 Return link

Parameter	Tag to Reader		
	Type-A	Type-B	Type-C
Data coding	FM0	FM0	Baseband: FM0 Subcarrier: Miller
Data Rate (kbps)	40	40 or 160	FM0: 40 to 640 Miller: 5 to 320
Modulation	backscatter	backscatter	ASK or PSK
Preamble	16bit	16bit	Fixed format
Error detection	CRC-16	CRC-16	CRC-16

단한 조작만으로 모든 표준에서 사용 가능하도록 RF 모듈을 설계하였다.

III. 900 MHz UHF 프로토타입 RF 모듈 제작

ISO/IEC 18000-6 표준안들은 모두 변조방식으로 ASK를 사용하고 있으나, 실제적으로 사용하는 변조도 (modulation depth)와 신호대역 (bandwidth)이 각각 다르다. 따라서 모든 표준에 사용 가능한 RF 모듈을 설계하기 위해서는 해당 파라미터들의 조정이 가능하도록 시스템을 설계해야 한다. 이러한 설계 조건을 만족하기 위해 수동 소자로 구성된 5차 pulse shaping filter (PSF)를 채택하여 신호대역을 가변적으로 설정할 수 있게 하였으며, modulator의 입력 기준신호에 가변저항을 추가하여 변조도의 조정이 가능하도록 하여 모든 표준에서 RF 모듈을 공통적으로 사용할 수 있게 하였다. 이외에도 각 단 사이에 여러 DNI (Do Not Intubate) 패드를 배치해 두어 간단한 회로조작이 용이하도록 하였으며, 다중 안테나 사용을 고려하여 송·수신 포트를 여러 개 배치하였다. 그리고 수신 측 VGA 단에 추가로 2개의 수신라인을 설계함으로써 사용자의 용도에 맞게 수정 가능하도록 설계가 되었다.

그림 2는 설계된 900 MHz 프로토타입 RF 모듈의 전체 블록도 (block diagram)이다. 제작된 RF 모듈은 크게 송신부와 수신부로 나누어지며, 송신부에서는 기저대역 파트에서 인코딩된 명령어를 각 표준에 제시된 신호대역 (bandwidth)을 만족시키기 위해 필터링한 후 상향변환한다. 변조된 신호는 증폭기를 통해 전력을 높

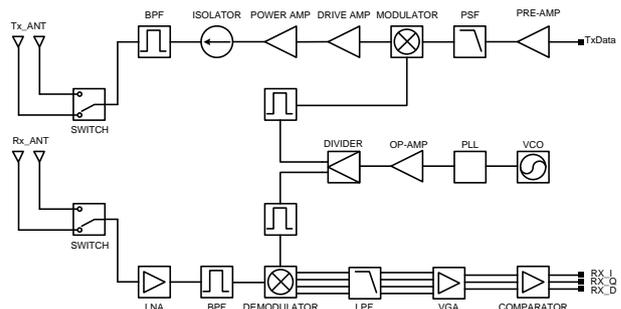


그림 2. 설계된 프로토타입 RF 모듈 블록도.

이고, 스펙트럼 마스크를 만족시키기 위해 대역통과 필터 (band pass filter)를 통과 시킨 후 안테나를 통해 방사한다. 수신부는 안테나를 통해 들어온 태그 응답을 위의 역 과정을 거쳐 최종적으로 high or low level의 이진 아날로그 신호로 변환시켜 기저대역 파트로 전달한다. 송신부와 수신부 설계 시 고려된 각 블록의 기능 및 특징은 다음과 같다.

1. RF 송신부

- 전치증폭기 (pre-amp)

기저대역 보드에서 RF 모듈로 신호가 전달될 때 입력신호의 스위칭 또는 원인미상의 surge 등으로 인해서 다른 회로가 파괴되는 경우가 종종 발생한다. 이러한 회로 파괴를 방지하기 위해 기저대역 파트와 RF 모듈 사이에 완충역할을 수행하는 voltage-follower 형식의 buffer amp를 두고, 인코딩된 기저대역 신호를 RF 모듈에 전달함으로써 회로의 안정성을 보장한다.

- Pulse shaping filter (PSF)

ISO/IEC 18000-6 각 표준에서 정의하는 신호대역을 만족시키기 위해 PSF를 통과시키며, 수동소자들을 교체해 표준안에 따라 가변적으로 설정할 수 있도록 설계하였다. 실험에서는 ISO/IEC 18000-6 Type C의 밀집 리더 전송 마스크 (dense-interrogator transmit mask)를 가짐에 차단주파수가 125 kHz인 5차 Butterworth 필터를 사용하였다.

- 변조기 (Modulator)

변조기는 일반적으로 중간 주파수 (intermediate frequency)를 거쳐 전송 주파수 (carrier frequency)로 상향시키는 슈퍼 헤테로다인 (super-heterodyne) 방식이 사용되고 있으나, 본 논문에서는 리더의 소형화 및 저전력 구현을 위해 기저대역 신호를 중간과정 없이 전송주파수로 상향시키는 직접변환 (direct-converting)을 채택하였다. ISO/IEC 1800-6 Type C에서는 PR (phase reversal)-ASK도 사용가능 하다고 명시되어 있으나, 회로구조를 단순화하기 위해 SSB/DSB-ASK 변조 방식만을 사용하였다.

- Drive amp & Power amp

Drive amp와 Power amp의 총 이득은 입력신호의 전력이 낮게 인가되는 경우를 감안하여 52 dB를 가지도록 설계하였다. 그러나 RFID 시스템은 다른 시스템과의 간섭을 방지하기 위해 방사 허용전력 (effective radiated power, ERP)이 1 W (30 dBm) 이하로 엄격히 제한되므로, 두 amp 사이에 저항 3개로 구성된 Π

-type의 감쇠기를 삽입하여 여러 상황에서 유동적으로 이득을 조절할 수 있도록 구현하였다.

- Isolator & S/W

Power amp의 경우 외부 임피던스에 쉽게 영향을 받으므로, 안정적인 출력을 보장하기 위해서는 power amp에 대한 외부 영향을 최소화해야 한다. 이를 위해 외부 포트와 power amp 사이에 isolator를 배치하여 power amp를 보호하도록 하였으며, 단일 리더에 복수 개의 안테나가 연결되는 최근의 추세에 대응하기 위해 SPDT (Single Pole Double Throw) S/W를 두어 2개의 포트에 안테나를 연결할 수 있게 하였다. 이를 통해 보다 다양한 환경에서 안정적인 테스트 수행이 가능하며, 추가 안테나 포트의 확보도 용이하도록 하였다.

2. RF 수신부

- S/W

송신단과 동일하게 SPDT S/W로 두 개의 포트에 안테나를 연결할 수 있도록 설계되었다

- 대역통과 필터 (Band Pass Filter, BPF)

906 MHz를 중심으로 25 MHz의 대역폭을 가지는 dielectric 필터로 설계되었다.

- 복조기 (Demodulator)

송신단의 변조기에 대응되는 소자로서, RF 신호를 기저대역 신호로 직접변환 (direct-converting)시키는 I, Q 복조기를 사용하였다. 복조기는 동상 (in-phase, I)와 이상 (quadrature, Q) 성분을 분리해내고 각각의 성분 에 대해서 위상이 반대인 신호 (I^+ , I^- , Q^+ , Q^-)를 만들어 출력한다. 따라서 demodulator에서는 I^+ , I^- , Q^+ , Q^- 의 4가지 신호가 출력되며, 이들 출력을 독립적으로 또는 I, Q 쌍으로 사용할 수 있도록 하였다.

- 저잡음 증폭기 (Low noise amp, LNA)

수동형 태그를 기반으로 하는 900 MHz UHF RFID 시스템에서는 태그로부터 수신되는 전파의 세기가 -80 dBm 전후로 매우 미약하다. 이 경우 신호를 단순 증폭하면 잡음도 같이 증폭되어 신호복원이 어려지므로, 수신단 최 전단에 LNA를 설치하여 수신감도를 향상시켜 신호복원이 용이하도록 하였다.

- VGA (Variable Gain Amplifier)

VGA단은 차동증폭기 (differential amp)와 저역통과 필터 (low pass filter, LPF), 그리고 증폭기로 구성된다. VGA단에서는 우선 PCB 등에서 발생한 잡음을 효과적으로 제거하면서 신호를 증폭하기 위해 복조기의 출력인 I^+ , I^- 쌍과, Q^+ , Q^- 쌍을 각각 차동증폭기 (differential amp)에 입력한다. 차동증폭기에서 증폭된 I, Q 신호에서 zero-crossing 부분만을 추출하기 위해, 차동증폭기의 출력을 태그 응답 신호의 첫 번째 하모닉스 (1st order harmonics)만을 추출하도록 설계된 LPF에 통과시킨다. 이렇게 추출된 신호는 3단으로 구성된 증폭기를 거쳐 충분한 크기의 신호로 증폭된 후 비교기 (comparator)로 전달된다.

- 비교기 (Comparator)

VGA 단을 거치면서 증폭된 태그의 응답은 비교기의 기준 신호 레벨에 의해 low 또는 high로 판별된다. 사용된 비교기는 5 V 단일전원을 사용하고 있으며 기준 레벨로 2.3 V 하여 최종적으로 기저대역 단으로 신호를

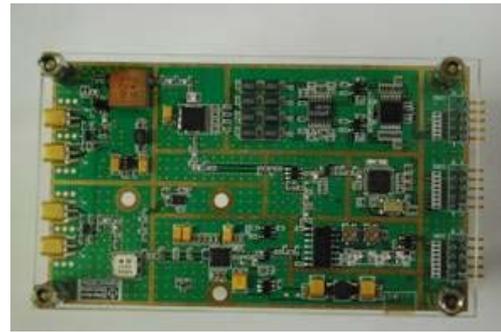


그림 3. 제작된 900MHz UHF 프로토타입 RF 모듈.

표 3. 제작한 RF module의 특징

Parameter	CSPL UHF RF ver.3.0
Frequency	860MHz - 930MHz
ERP (max)	1 W(30 dBm)
Received sig. level	-90dBm(min)
Modulation	SSB-ASK, DSB-ASK
Power	5 V / 2.8 A (max)
Size	55 mm x 90 mm
Temperature	-40°C ~ 85°C
Tx / Rx port	2 / 2
Reading Range	0 ~ 6.5 m
Available Protocol	ISO/IEC 18000-6 Type A, B, C (EPC class-1 generation2)

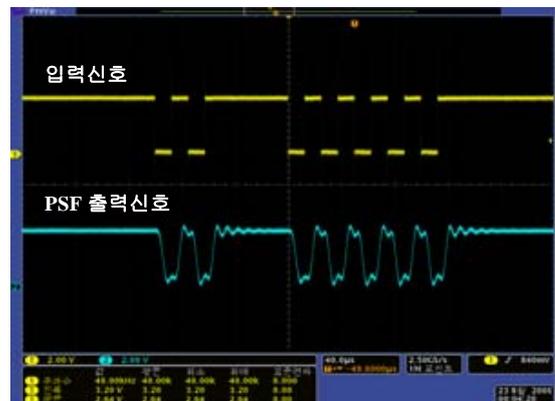


그림 4. 입력 파형과 PSF 통과한 후의 파형.

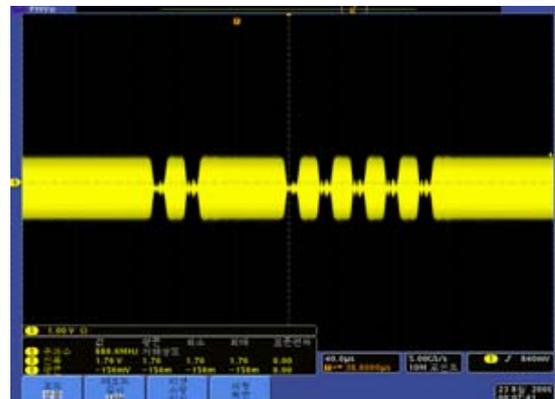


그림 5. 안테나 출력파형.

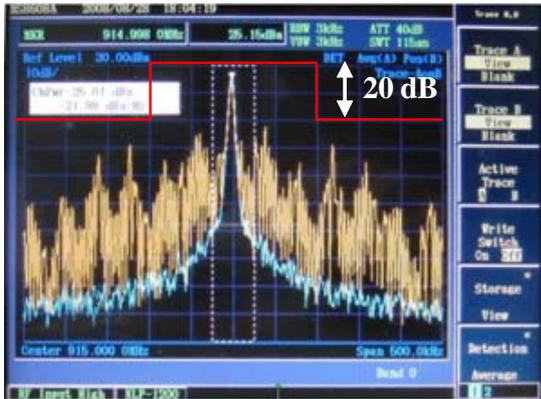


그림 6. 송신 출력 스펙트럼.

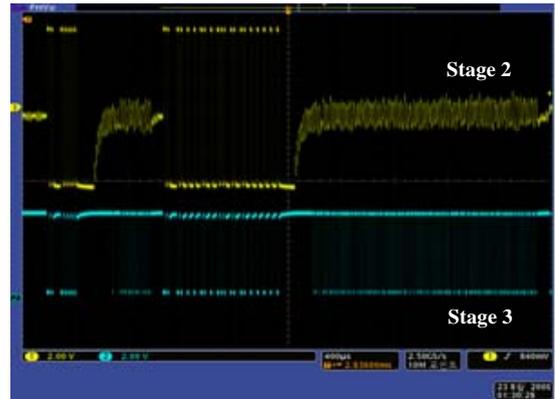


그림 8. VGA stage 2 & stage 3의 출력파형.



그림 7. 복조 된 I+, I-신호와 차등증폭 된 파형.

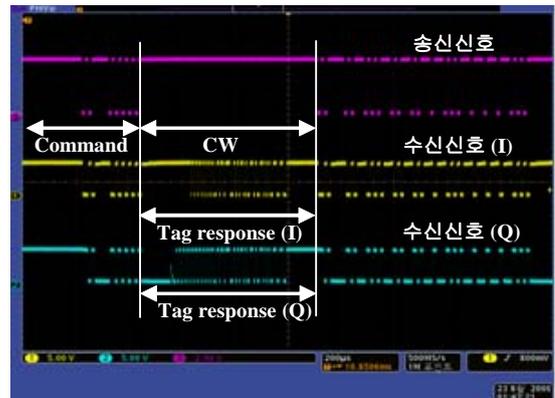


그림 9. I, Q채널의 최종 수신된 파형

전달해준다. I, Q 각각의 쌍으로 만들어진 두 개의 기본 출력 이외에도 2개의 출력이 추가로 존재해 다른 기준 레벨을 설정하여 사용하거나 다른 경로의 신호를 받아 사용하는 것이 가능하다.

IV. 측정결과

제작된 프로토타입 RF 모듈을 검증하기 위해 스펙트럼 분석기와 디지털 오실로스코프를 이용하여 각 단계별 주요 입, 출력 파형을 관찰하였다. 최종적으로 제작된 RF 모듈은 그림 3에 도시되어 있으며, 표 3은 RF 모듈의 특성을 나타낸다. 그림 4는 RF 모듈의 입력 파형과 PSF 통과 후 파형을, 그림 5는 송신안테나에서 측정된 파형이다. 전송 스펙트럼 마스크를 만족여부를 확인하기 위해, 송신출력의 스펙트럼 분석기를 통해 측정된 결과는 그림 6에 제시되어 있다. 그림 6에서 보듯이 송신 스펙트럼이 중심 주파수로부터 100 kHz를 벗어나면 20 dB이하가 됨을 확인할 수 있다. 그림 7은 복조기를 통과한 후의 신호를 보여주고 있다. 500 mV 정도 크기의 I⁺, I⁻ 파형에서는 태그의 응답이 쉽게 관찰되지 않지만, 차등증폭 후 태그의 응답을 보다 쉽게 확인할 수 있다. 그림 8은 VGA단을 통과하면서 신호가 증폭되는 과정을 보여주고 있으며, 그림 9는 비교기에서 low 또는 high로 판별된 출력을 보여주고 있다. 그림 9에서 보듯이 미약한 수신신호가 수신단을 거치면서 기저대역에서 처리가 용이하도록 복원됨을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 900 MHz RFID 시스템을 위한 프로

토타입 RF 모듈을 제작하였다. 제작된 RF 모듈은 모든 900 MHz RFID 표준에 적용가능하며 안테나 출력 파워, 필터 및 VGA단의 수정이 용이하게 설계되었다. 제작된 RF 모듈은 물리계층에서 발생할 수 있는 다양한 문제점 등을 파악할 수 있게 함으로써 이론적 연구에만 국한되었던 여러 충돌방지 알고리즘들의 실질적 성능향상 및 문제해결에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] Klaus Finkenzeller, *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*, John Wiley & Sons, 2003.

[2] International Standard: ISO/IEC FDIS 18000-6 for RFID Item Management, 2004.

[3] EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860 MHz - 960 MHz Version 1.2.0, January 2007.

[4] B. Razavi, "Design Considerations for Direct Conversion Receivers," *IEEE Transactions on Circuits and Systems-II: Analog and digital Signal Processing*, vol.44, no.6, pg428-435, June 1997.

[5] <http://www.rfdh.com>.