

# Multi-Protocol/Multi-Standard 지원 UHF RFID 휴대용 리더 시스템

## UHF RFID Hand-Held Transceiver System with Multi-protocol and Multi-Standard supplements

박경태\*, 노형환, 박준석  
(Kyong-Tae Park\*, Hyoung-Hwan Roh and Jun-Seok Park)

**Abstract:** This paper presents an advanced RFID reader system implementing multi-protocols and multi-standards at 900MHz. In accordance with the strict regulations specified by ISO 18000-6 B-Type and EPC Global Gen 2, we have designed corresponding systemic factors which meet the domestic radio frequency utilizing bands of 910-914MHz. In addition, we develop numerous crucial factors of system compatibility options including SSB (Single-Side Band) and DSB (Double-Side Band) specifications, also OOK (On-Off Keying), ASK (Amplitude Shift Keying) and PR-ASK (Phase Reversed-Amplitude Shift Keying) modulation formula. Remarkable technical features of system in this paper can be the direct conversion routines using I/Q Modulation/Demodulation respectively, and Full-Duplex formulation operating at identical frequency bands.

**Keywords:** RFID System, UHF RFID, Reader, Sallen-Key Filter, Spectrum Mask

### I. 서론

최근 전파를 이용한 RFID(Radio Frequency IDentification)에 대한 관심이 집중 되고 있다. 그리고 RFID의 파급효과가 지대하여 전자태그 관련 세계 시장은 2010년 최대 310조원 규모로 성장이 전망되며, 전세계적으로 RFID를 활용한 관련 산업들의 지속적인 성장세가 예상된다.[1]

기존의 제작 발표 되었던 리더의 변조방식은 OOK방식을 사용하였다. 그러나, EPC계열 태그의 프로토콜을 만족하기 위해서는, 태그로 보내지는 리더의 변조방식이 OOK뿐만 아니라, 변조지수 조절이 가능한 ASK, PR-ASK의 지원이 가능해야 하며, 또한 SSB, DSB의 스펙트럼 지원이 가능해야 한다. 그리고 채널의 대역폭이 40KHz에 불과하므로, RF단에서는 Spectrum Mask만족을 위한 Channel Shaping이 불가능하므로 기저대역에서의 Channel Shaping이 필요하다. 또한, 각 프로토콜은 순/역방향이 동일한 주파수를 사용하는 Full-Duplex 방식이므로, 리더 시스템에 심각한 영향을 미칠 수 있는 송신단과 수신단 간의 상호격리는 시스템 설계의 이슈가 된다.

본 논문에서는 리더를 실제 제작하기 전에 회로 시뮬레이션 툴인 ADS(2005A)를 이용하여 전체 시스템의 규격을 예측하였으며, 이를 바탕으로 설계 및 제작하였다.

### II. 기술적 고려 사항

제안된 Multi-protocol/Multi-standard용 리더는 다양한 변조 방식에 적용할 수 있도록 하기 위하여 I/Q변조를 이용한 직접변조방식을 사용하였다. I/Q변조방식을 사용함으로써 SSB 및 PR-ASK를 지원하게 되고, 필요에 따라 I 혹은 Q 패스만 사용함으로써 OOK나 ASK 역시 완벽하게 지원할 수 있다. ISO 18000-6[2] 또는 EPC와 같은 RFID 규격에는 없지만,

Local regulation으로 정해진 주파수 대역은, 국내는 200KHz, 북미는 500KHz이다. 900MHz대역에서 사용되는 시스템의 경우, 위와 같이 반송 주파수에 비해 아주 협소한 대역을 사용해야 함으로 고주파 대역에서의 Channel shaping이 사실상 불가능하다. 따라서 본 논문에서 개발된 RFID리더는 기저대역에서 Channel Shaping을 행한 후, 직접변조방식으로 spectrum mask를 만족시켰다. 태그와 리더의 환경에 따라 규격이 상이 하지만 태그와 리더의 밀집도가 높은 환경에서 사용채널은 인접채널에 -30dBch이상 그리고 다음 인접채널에는 -60dBch 이상의 전력 차이를 두어야 한다.

제안된 리더는 직접변조방식을 사용하여 시스템의 구성이 간단하나 송신단과 수신단이 동일한 주파수를 사용하는 Full Duplex 방식을 적용해야 하므로 송신단에서 수신단으로 누설(leakage)되어 들어오는 신호의 전력 차단 기술이 주요 고려 사항이다. 따라서, 송신단과 수신단을 높은 격리도를 가지는 방향성 결합기를 적용하여 만족시킬 수 있었다.

표 1은 제작한 리더의 기술 규격이다.

표 1. 제작된 리더의 기술 규격

Table 1. Technical Specifications of Reader System

항 목	규 격	비 고
태그 프로토콜	ISO 18000-6 Type-B/Class-A & C	
동작주파수 범위	910MHz ~ 914MHz (FH-18ch)	Frequency Hopping
점유채널 대역폭	200kHz	
변조방식	ASK-DSB (ASK-SSB, PR-ASK, OOK 지원가능)	
변조지수	18 ~ 100% (Analog scale)	
데이터 속도	50MHz (100MHz 지원)	
변/복조방식	IQ-direct Mod./Demod.	
통신방식	Full-Duplex	Single-Ant.
채널 수	27Ch.(max 18Ch in case of hopping)	

\* 책임저자(Kyong-Tae Park 박경태)

논문접수 : 20xx. x. x., 채택확정 : 200x. x. xx.

박경태, 노형환, 박준석 : 국민대학교 전자공학부 UCRC실험실  
(ktpark@kookmin.ac.kr, hhroh@kookmin.ac.kr, jspark@kookmin.ac.kr)

※ 본 연구는 2006년도 ETRI의 RFID 시스템 고도화 기술 개발 과제 의 일환으로 수행되었음. (2006-S-023-1)

III. 900MHz RFID 시스템 블록 설계 및 시뮬레이션

그림 1은 본 논문에서 제안한 900MHz RFID 시스템의 블록도를 나타낸 그림이다.

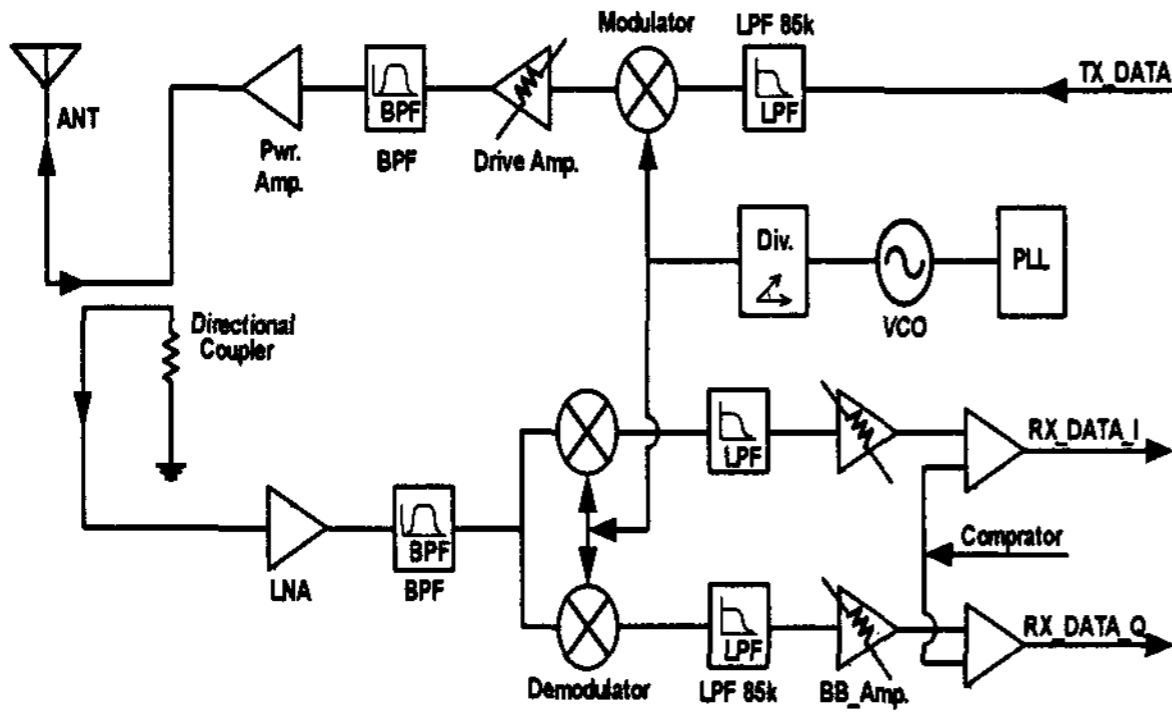


그림 1. 900MHz RFID 시스템의 블록도  
Fig. 1. Block Diagram of the Entire front-end system

제안한 900MHz RFID 시스템은 수신부, 송신부 그리고 국부발진부 블록으로 나뉘어져 있다. 수신부는 직접변조방식을 사용하였다. 수신부의 구성은 저역통과 여파기와 I/Q 플롯을 생성하기 위해 2개의 하향변환 주파수 혼합기를 사용하였으며, 국제 규격에 맞는 Spectrum Mask를 만족하기 위한 저역통과 여파기를 사용하였다. 저역통과 여파기를 통해 나온 신호는 가변이득 증폭기를 통해 증폭된 후 데이터 처리를 위해 비교기를 거쳐 CPU로 들어가게 된다. 송신부 역시 직접변조방식을 사용하였다. 송신부의 구성은 CPU에서 나온 데이터를 국제 규격에 맞는 Spectrum Mask를 만족하기 위해 저역통과 여파기를 사용하였다. 저역통과 여파기를 통해 나온 신호는 상향변환 주파수 혼합기를 통해 고주파로 천이되고, 고주파 신호는 구동 증폭기와 전력 증폭기를 통해 증폭된 후 안테나를 통해 방사되게 된다.

그림 2는 리더와 태그 사이에 무선 환경을 실제 송·수신 환경과 유사하게 모델링한 ADS 시뮬레이션 블록도이다. 설계 방법은 전체 시스템의 BER(Bit Error Rate)값을 거리의 변화에 따라 시뮬레이션한 후 각 블록의 최적화 된 규격을 찾았으며, 그 규격을 바탕으로 설계하였다. 시뮬레이션 결과 설계된 리더는 약 3m에서 0.001의 BER을 나타내었다.

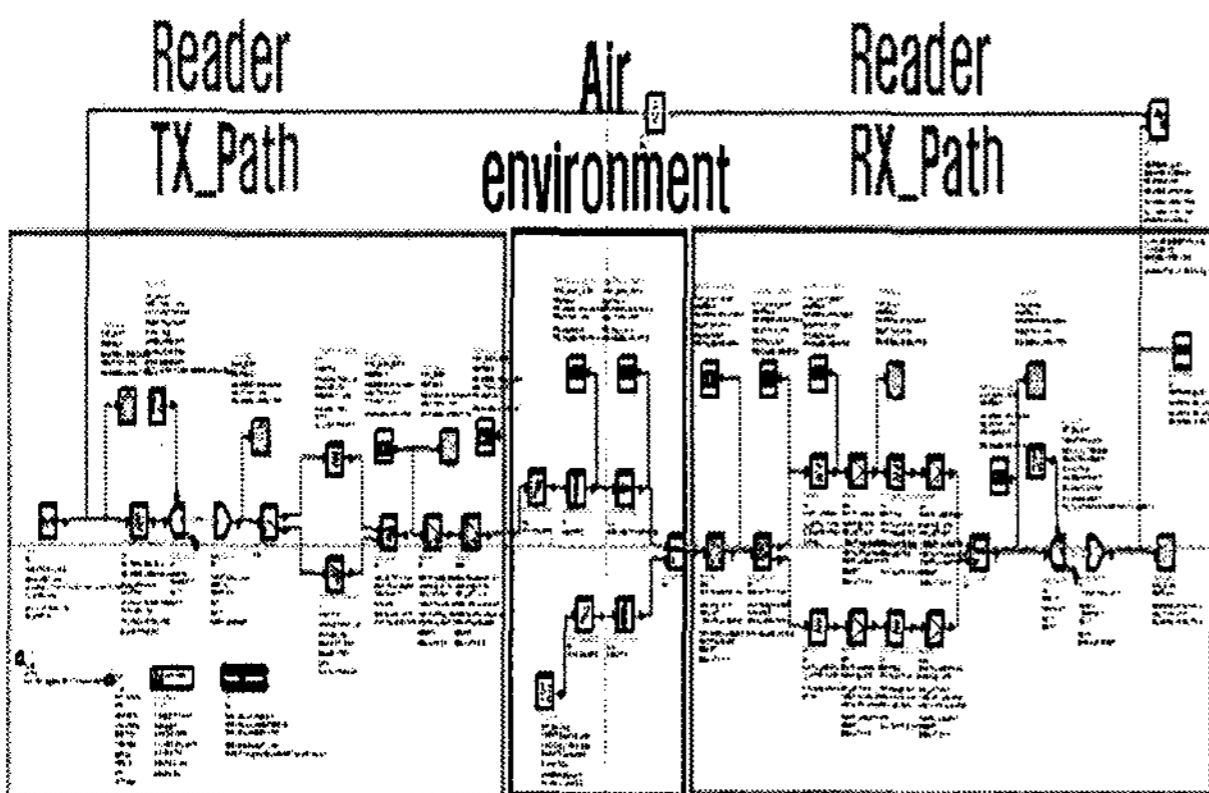


그림 2. 900MHz RFID 시스템의 시뮬레이션 회로도  
Fig. 2. Block Diagram for Simulating each Session of Reader System

시스템은 국제 규격의 Spectrum Mask를 만족시키기 위해 Sallen-Key 저역통과 여파기를 구현/ 적용하였다.[3]

그림 3은 Sallen-Key 저역통과 여파기의 회로도이다.

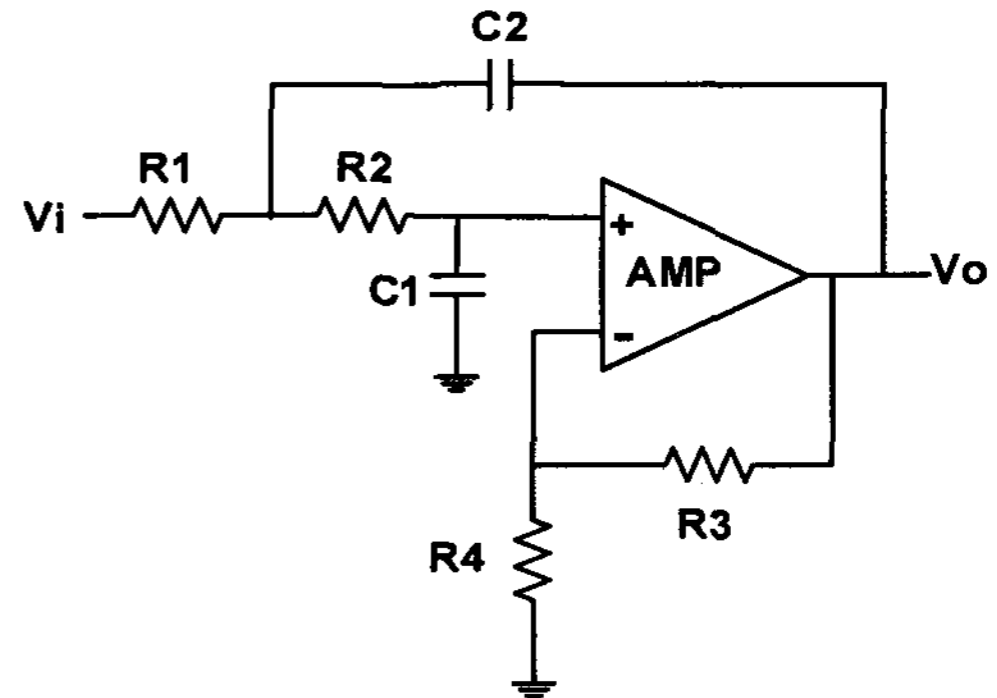


그림 3. 시스템에 적용한 Sallen-Key LPF의 회로도  
Fig. 3. Equivalent Circuit diagram Including Sallen-Key LPF applied for Reader System

Sallen-Key 저역통과 여파기의 전압이득 식은 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{K}{s^2(R_1R_2C_1C_2) + s(R_1C_1 + R_2C_1 + R_1C_2(1-K)) + 1} \quad (1)$$

이때  $K = 1 + \frac{R_4}{R_3}$  이다.

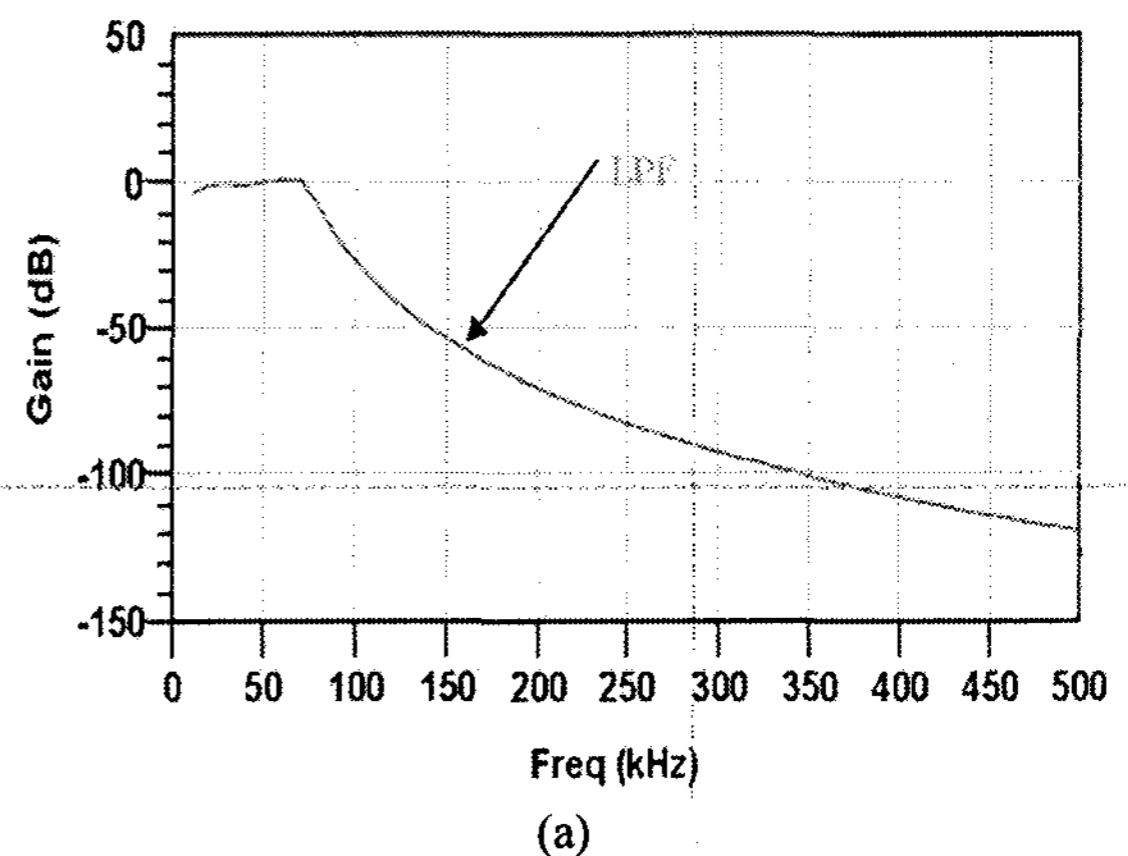
위 회로도에서  $R_1 = mR, R_2 = R, C_1 = C, C_2 = nC$  라고 한다면, 차단 주파수와 Quality factor 식은 식(2)과 식(3)와 같이 나타낼 수 있다.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{mn}} \quad (2)$$

$$Q = \frac{\sqrt{mn}}{m + 1 + mn(1 - K)} \quad (3)$$

여기서 Q 가 아주 큰 값(∞)일 때  $K = 1 + \frac{R_4}{R_3}$  이다.

위의 Sallen-Key 저역통과 여파기를 사용하여 송신단과 수신단에 적용하였다. 송신단에는 10차, 수신단에는 6차 저역통과 여파기를 적용하였다. 그림 4의 (a), (b)는 송신단과 수신단에 적용된 저역통과 여파기의 시뮬레이션 결과이다.



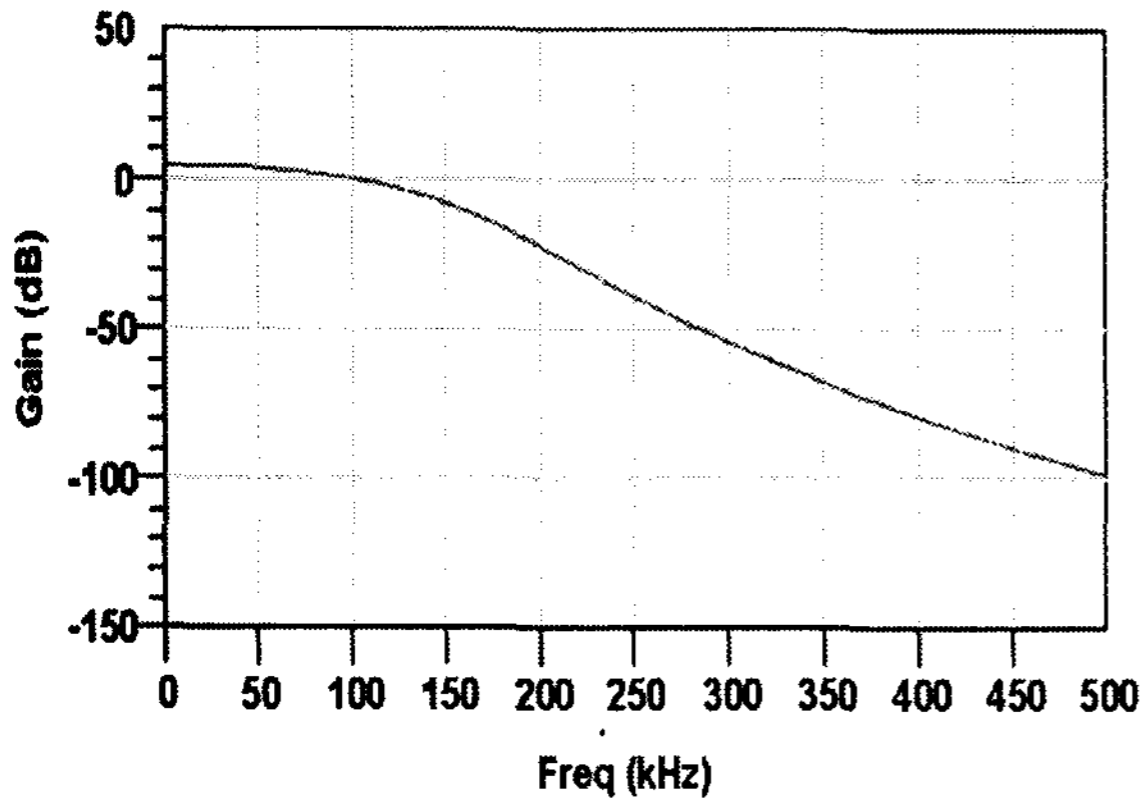


그림 4. 송신단과 수신단에 적용된 Sallen-Key LPF 회로 시뮬레이션 결과 (a) 송신단 (b) 수신단  
 Fig. 4. Simulation Results of Sallen-Key LPF Implemented on the (a) Transceiver and (b) Receiver system, respectively.

그림 5 는 Sallen-Key 저역통과 여파기를 시스템에 적용하기 전과 적용한 후의 시뮬레이션이다. Sallen-Key 저역통과 여파기를 적용한 후 ISO 18000-6 에서 권고하는 Spectrum Mask 특성을 만족시켰다.

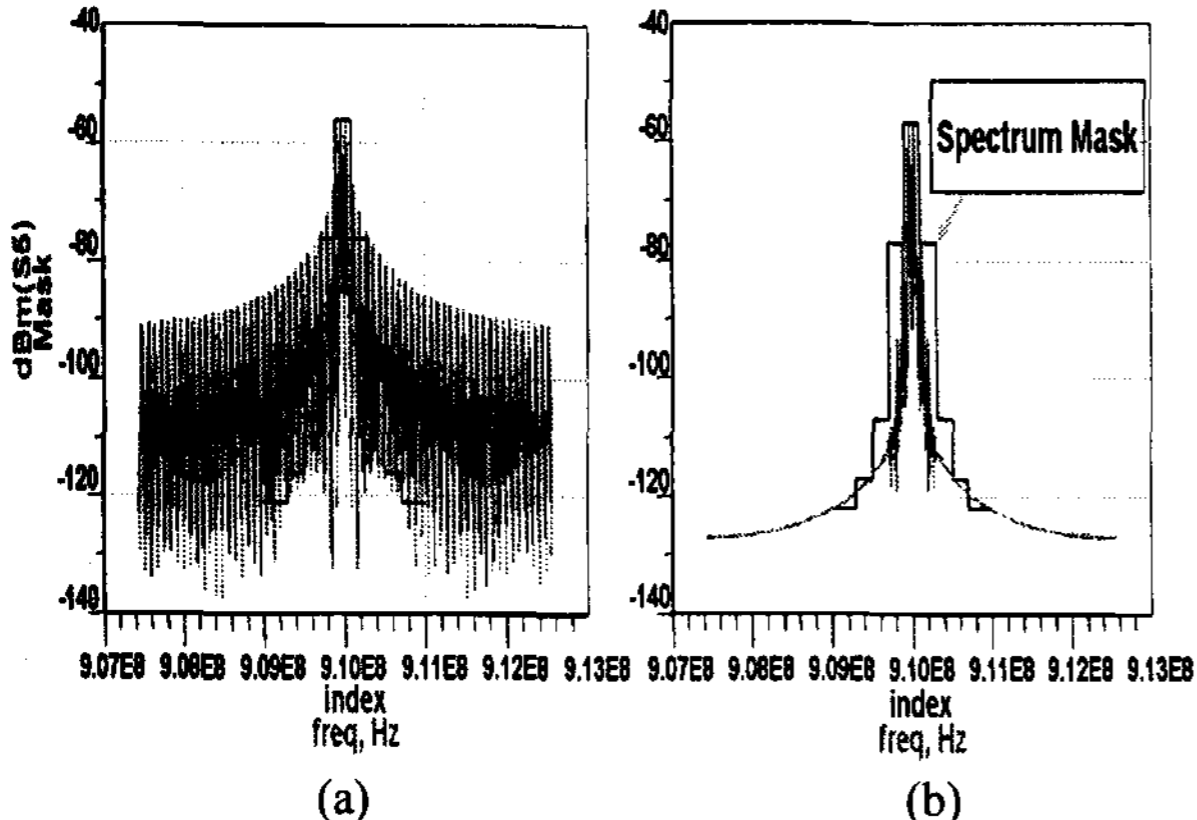


그림 5. 시스템에 Sallen-Key LPF의 적용 유무에 관한 시뮬레이션 결과 (a) 적용 전 (b) 적용 후  
 Fig. 5. Simulation results comparison dependent upon the availability of Sallen-Key LPF (a) Before and (b) After applying corresponding system.

IV. 900MHz RFID 시스템 제작 및 측정

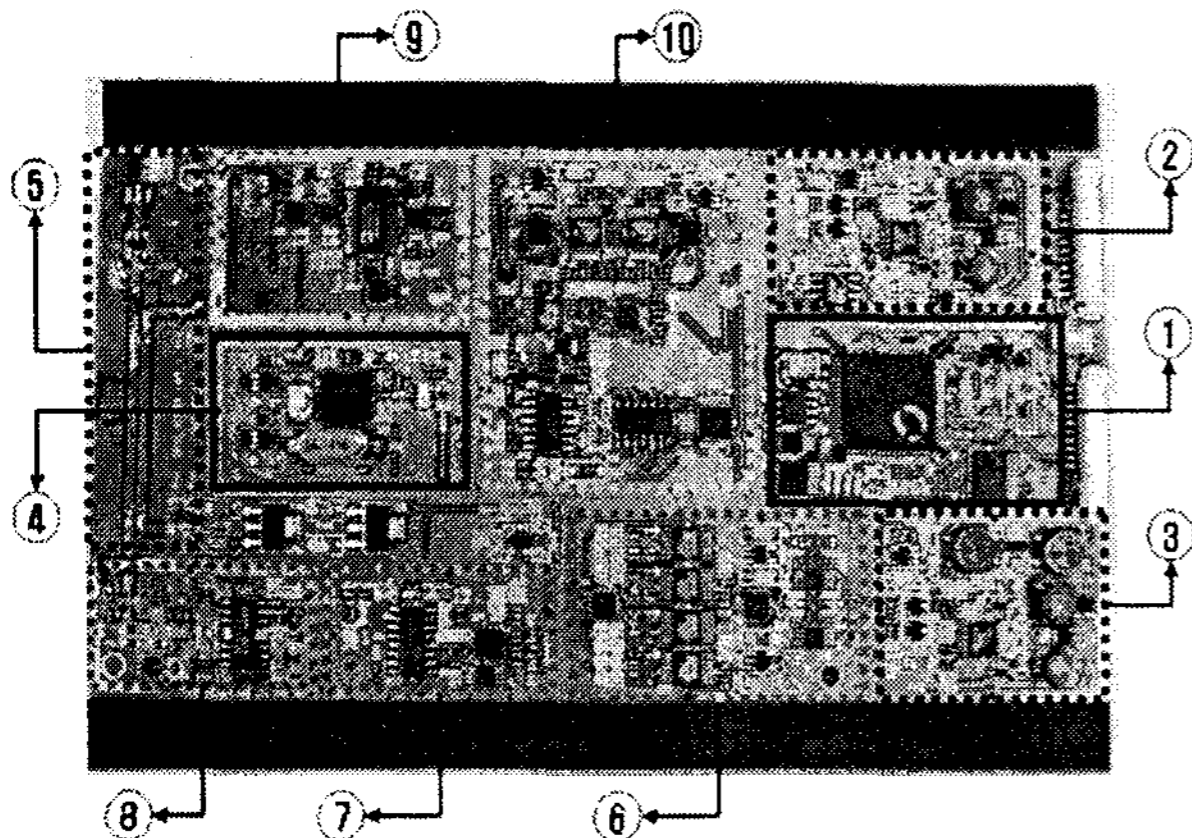
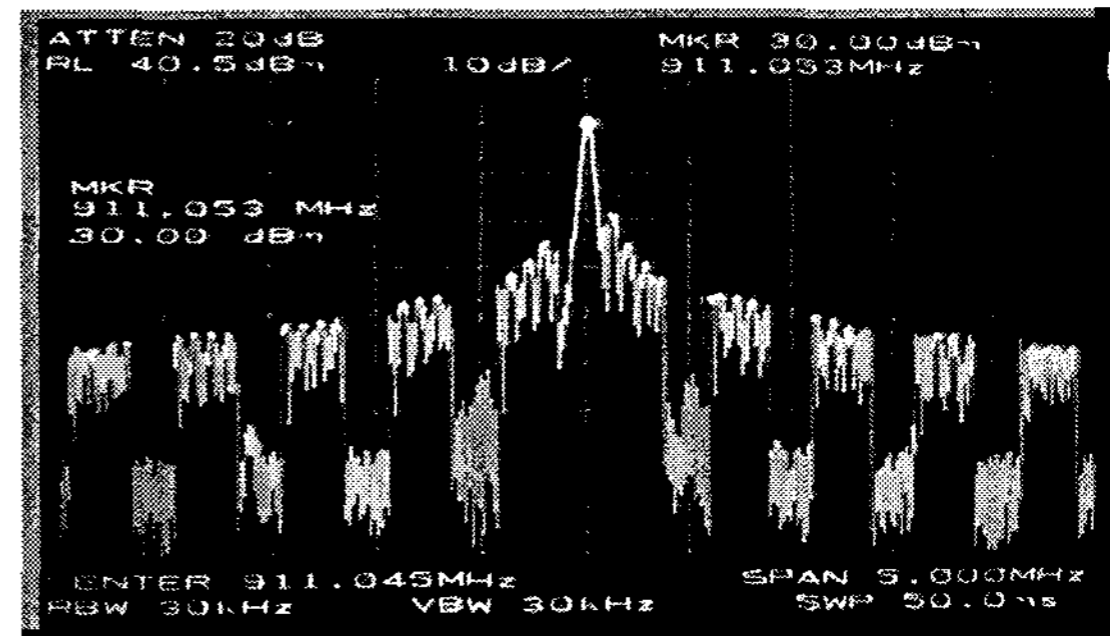


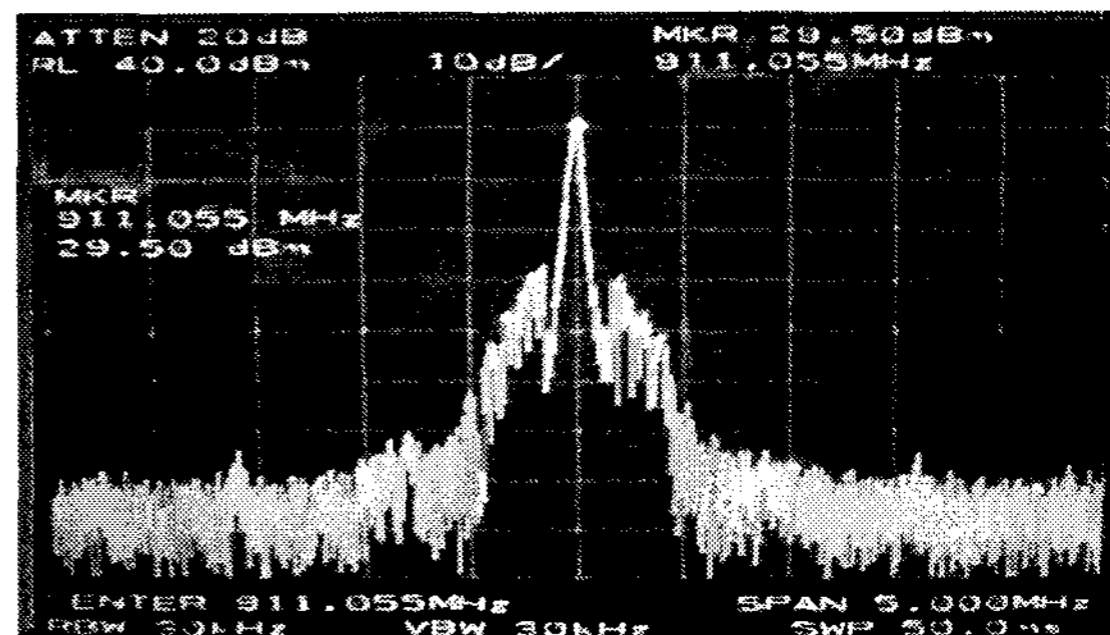
그림 6. 시스템 리더 보드  
 Fig. 6. Picture of Reader prototype.

그림 6은 제안한 900MHz RFID 시스템 리더 보드의 사진이다. 1번 파트는 제어 및 신호 처리부로 리더에서 태그로 신호를 송신하거나 태그에서 리더로 수신하는 응답 신호를 제어한다. 2번과 3번 파트는 전원부로 제작된 RFID 시스템 보드는 7.2V 전원을 사용한다. 입력 전압 7.2V를 +/-3V와 +/-5V로 변환하여 각 파트에 필요한 전압을 공급한다. 4번 파트는 국부신호 발생부로 911MHz에서 0dBm의 출력신호를 발생시킨다. 5번 파트는 순방향 출력과 역방향 입력부로 송신단과 수신단 간의 격리도 보장을 위해 집중소자를 사용하여 15dB 방향성 결합기를 적용하였으며, 격리도는 45dB가 되도록 설계하였다. 6번 파트는 순방향 기저대역부이며, 차단주파수 80KHz 특성을 가지는 Sallen-Key 저역통과 여파기가 적용되었다. 7번 파트는 순방향 변조부이며, I/Q 플롯 방식을 사용하여 OOK, ASK-DSB 변조방식을 동시에 만족하도록 설계하였다. 또한 구동 증폭기는 RF 신호를 On/Off가 가능하고 전압이득을 조절 할 수 있도록 설계하였다. 8번 파트는 전력 증폭부로 최대 31dBm까지 출력이 가능하며, On/Off제어가 가능하도록 설계하였다. 9번 파트는 역방 향 복조부이며, I/Q 플롯을 복조할 수 있도록 설계하였고, IP1dB가 -2dBm의 값을 가진다. 10번 파트는 역방향 기저대역부로 차단 주파수 85KHz 특성을 가지는 Sallen-Key 저역통과 여파기가 적용되었다. 또한 기저대역부로부터 증폭된 신호가 CPU에 적합한 신호 모양을 보내기 위해 비교기가 적용되었다.

그림 7은 Sallen-Key 저역통과 여파기를 시스템 보드에 적용하기 전과 적용한 후의 파형이다. 결과 파형을 얻기 위해 HP 8920A RF Communication Test Set을 사용하여 측정하였다.



(a)



(b)

그림 7. 시스템 리더 보드에서 Sallen-Key LPF의 적용 유무에 따른 결과 파형 (a)적용 전 (b)적용 후  
 Fig. 7. Spectral Resulting forms extracted from experiments showing the effect of Sallen-Key LPF applications on Reader system (a) Before and (b) After.

그림 8는 송신부에서 송신된 신호가 태그로 후방산란 되어서 수신부로 되돌아온 신호를 기저대역부에서 측정된 파형이다.

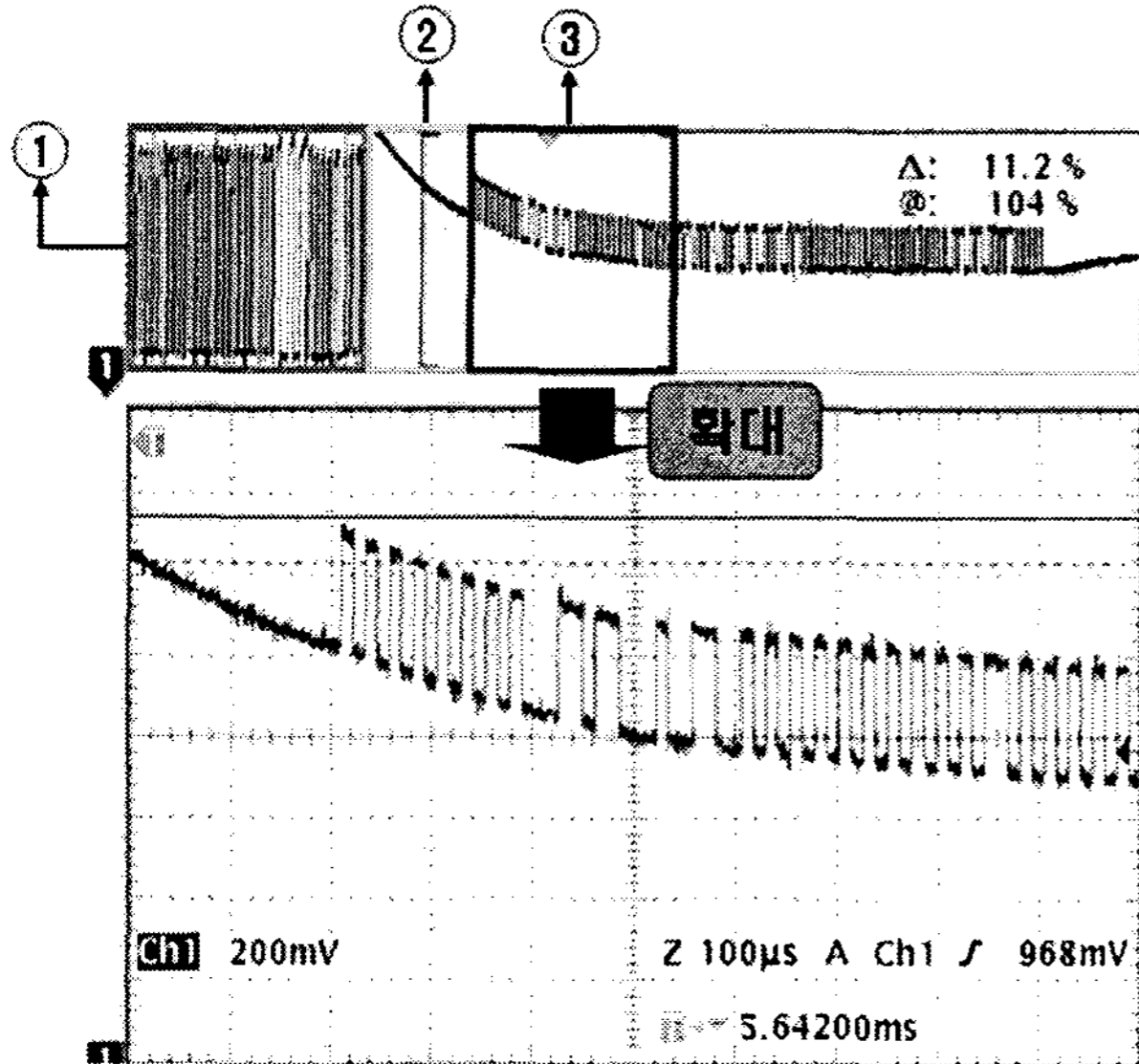


그림 8. 시스템 리더 보드에서 태그로부터 수신된 신호  
Fig. 8 Measured Backscatters from Tags heading toward Reader system.

1번 파형은 송신된 후방산란 신호이다. 2번 파형은 태그의 응답신호를 인식하기 전까지 400us가 걸린 파형이다. 3번 파형은 태그의 응답신호이고, 아래에 확대한 파형을 나타내었다. 본 파형들을 측정하기 위하여 Lecroy wavesurfer 424 장비를 사용하였다.

V. 결론

본 논문에서는 다양한 응용 분야에 적용을 목적으로 한 multi-protocol 및 multi-standard를 지원하는 고성능 리더 기술 개발에 관하여 기술하였다. 리더의 각 부분과 전체 시스템의 특성 예측을 위해 시뮬레이션을 선행하였다. 이를 통하여 주요 블록의 규격을 정의하고, 리더의 전체 시스템을 설계하였다. 설계된 리더는 ISO 18000-6 type B를 기준으로 하여, type A 및 EPC의 프로토콜을 지원할 수 있는 ASK-DSB, ASK-SSB, PR-ASK, OOK의 변조 방식이 사용 가능하며, 변조지수는 18~100%까지 가능하다. 동작 주파수 범위는 910MHz~914MHz, 통신방식은 Frequency Hopping, Full Duplex방식이며, 최대 데이터 속도는 100MHz까지 지원한다.

제작된 리더는 3m에서 평균 BER이  $10^{-3}$ 이었으며, 평균 4m까지 태그(ISO18000-6 type B)의 인식이 가능하였으며, 최대 출력은 1W, 이때 사용 전류는 900mA이다.

앞으로의 연구방향은 여러 가지 응용분야의 적용을 위한 저전력, 소형화 등의 개선이다.

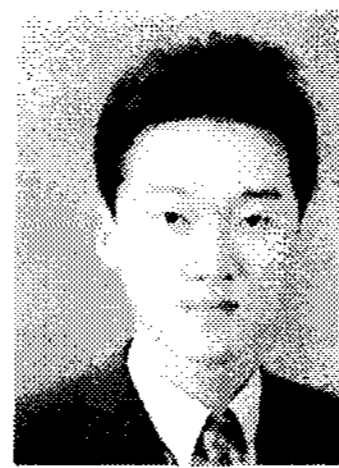
참고문헌

- [1] ETRI/IDTechEX/VDC 추정, 2004.11
- [2] ISO/IEC FDIS 18000-6, "Parameters for air interface communication at 860MHz to 960MHz"
- [3] R.P.Sallen and E.L.Key, "A practical method of designing RC active filter", IRE Trans. CT, vol. T-2, no. 1, pp.74-85, Mar. 1955.



박경태

2007년 2월 국민대학교 공학사 졸업  
2007년 3월~현재 국민대학교 전자공학과 (공학석사과정)  
관심분야는 RFIC



노형환

2005년 국민대학교 공학사 졸업  
2007년 2월 국민대학교 공학석사 졸업  
2007년 3월~현재 국민대학교 전자공학과 공학박사과정  
관심분야는 RFIC, EMC



박준석

1987년 국민대학교 공학사 졸업  
1993년 국민대학교 공학석사 졸업  
1996년 국민대학교 공학박사 졸업  
이후 University of California at Los Angeles Ph. D 과정 수료  
현 국민대학교 전자공학부 부교수