

# 수동형 태그 기반 RFID 리더기의 성능 개선

정희원 이승학\*, 천종훈\*\*, 박종안\*

## Performance Improvement in Passive Tag Based RFID Reader

Seung-Hak Rhee\*, Jong-Hun Chun\*\*, Jong-An Park\* *Regular Members*

### 요약

본 논문에서는 수동형 태그 기반 908.5~914MHz RFID 리더기의 수신 감도를 개선하고자 수신부에 서큘레이터, LNA 그리고 SAW필터를 사용하는 개선된 수신부 시스템을 설계하였다. 그리고 시뮬레이션을 통하여 동작 주파수 및 리더기와 태그 상호간 특성에 따른 수신부 성능을 분석하였다. 분석결과 상용 시스템은 24개의 캐패시터스(C)와 6개의 인덕터(L)를 사용함으로써 감도 손실을 가져왔으나, 본 연구에서는 설계된 시스템은 서큘레이터 사용에 의해 상호 간섭을 최소화할 뿐만 아니라 LNA 사용으로 수신 감도를 크게 향상시키는 결과를 얻을 수 있었다. 또한 SAW 필터에 의해 송·수신부 간섭을 최적화시킴으로써 시스템 감도가 더욱 개선되었음을 확인하였다.

**Key Words** : RFID Reader, Passive Tag, "908.5~914MHz", Circulator, LNA, SAW Filter

### ABSTRACT

In this paper, we have designed a RFID reader receiver system for improving the performance of the passive Tag based 908.5~914Mhz RFID reader, and analyzed the system performance according to the frequency, the reader, and tag properties.

The commercial receive system causes a loss in sensitivity because of 24 capacitors and 6 inductors. So we have designed an improved system using a circulator, LNA and a SAW filter. The experimental results show that the use of a circulator to separate the Tx/Rx paths eliminates interference, the LNA improves the sensitivity of the Rx module and SAW filter eliminates the noise and spurious components in the received signal.

### I. 서론

RFID는 정보통신부 7대 핵심 과제 중의 하나로써 사물의 정보를 확인하고 주변 상황정보를 감지하는 전자태그 및 감지 기술이다. RFID는 바코드보다 훨씬 많은 정보를 교환할 수 있으므로, 물류재고관리 도난방지 등에 적용할 수 있다. 나아가 스마트카드 등과 연계하여 사용하면 보안통제와 같은 더욱 다양한 분야에 응용할 수 있다<sup>[1-2]</sup>.

표준화 RFID 주파수의 경우 현재 5개 주파수 대역을 중심으로 총 14종의 표준안이 논의되고 있는데,

현재, 미국, 유럽 등 대부분의 국가에서 13.5KHz이하, 13.56MHz, 433MHz, 2.45MHz 대역에서 RFID를 사용하고 있으며, 향후 860~930MHz대역이 전세계적 표준화에 적합한 주파수 대역으로 수렴될 전망이다. 미국은 902~928MHz대역을 RFID대역으로 사용 중이며, 유럽의 경우 865~868MHz 대역을 RFID 주파수로 추가 허용할 것을 검토하고 있다. 우리나라와 일본의 경우 860~930MHz 대역을 이동통신용으로 사용하고 있어 일본의 경우 950~956MHz 대역을 RFID용으로 할당하고 2.45MHz 대역은 유비쿼터스 기반으로 활용할 예정이다. 우리나라의 경우에는 기

\* 본 연구는 문화관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소(CT)육성사업의 연구결과로 수행되었음.  
\* 조선대학교 전자정보공과대학 정보통신공학과 (japark@chosun.ac.kr), \*\* 전남도립남도대학 컴퓨터정보통신공학과  
논문번호 : KICS2006-09-368, 접수일자 : 2006년 9월 4일, 최종논문접수일자 : 2006년 10월 26일

존 시터폰에 할당하였던“918.5~914MHz”대역을 RFID 용으로 2004년12월경 정통부로부터 할당되었다<sup>3-5</sup>.

한편, EPC 0, EPC 1에서 EPC Gen 2 표준으로 구현된 제품(리더기, 태그, 프린터 등)을 대상으로 한 하드웨어 프로그램은, EPC Gen 2 제품이 본격적으로 출시되어 EPC global에서 제공하게 될 것이다. 하지만 EPC 0, EPC 1이 EPC Gen 2와 상호간에 호환될 가능성과 EPC Gen 2와 ISO/IEC 18000-6 표준과의 호환 가능성에 대해서도 미정인 상태이다<sup>6</sup>.

본 논문에서는 수동형 태그 기반 “908.5~914MHz” RFID 리더기의 수신부에 서클레이터와 LNA 그리고 SAW필터를 갖는 시스템을 개발하여 수신부 감도를 개선하고자 한다. 이를 위하여 II장에서 RFID 시스템에 대하여 살펴보고 III장에서 “908.5~914Mhz” RFID 시스템 설계한다. 그리고 IV장에서 RFID 시뮬레이션 및 실험을 통하여 분석하고 V장에서 결론을 맺는다.

## II. RFID 시스템

908.5~914MHz 대역 수동형 RFID 리더는 물품 등 관리할 사물에 태그를 부착하고 5m 이내의 거리에서 무선으로 다수의 사물의 정보 확인 및 주변 환경 정보를 인식하여 각 사물의 정보를 수집 및 저장하여, 호스트와 의 통신을 통해 얻어진 정보를 제공 한다. 그림 1은 RFID 시스템의 무선접속 방식을 보여주고 있는데, 상호유도방식과 전자기파방식으로 나눌 수 있다. 상호유도 방식은 근거리(1m 이내), 전자기파 방식은 중장거리용 RFID로 사용되며, 상호유도 방식은 코일 안테나를 이용하여 전자기파 방식은 고주파 안테나를 이용하여 서로 무선접속을 한다<sup>7</sup>.

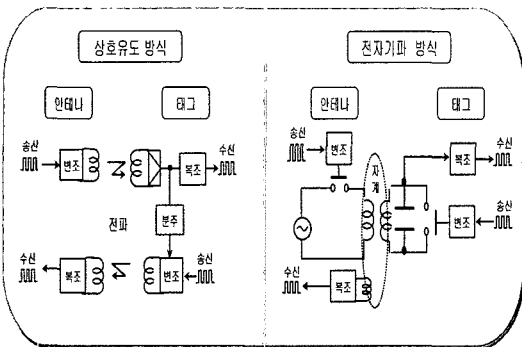


그림 1. RFID의 무선통신 접속방식

RFID 종류에는 크게 능동형과 수동형으로 나눌 수 있으며 능동형 특징으로는 태그에서 자체 RF신호 송신 가능하며, 배터리에서 전원 공급을 해주어야 한다. 장점으로는 장거리(3M)이상 전송가능하며, 센서와 결합 가능하다. 단점으로는 배터리에 의한 가격 상승과 배터리로 인하여 크기가 커진다는 것과 동작시간에 대하여 제한을 받는다. 반면에 수동형 특징으로는 리더기의 신호를 변형 반사하고, 리더기의 전파 신호로부터 전원 공급을 받아 동작한다. 장점으로 배터리 없으므로 저가격 구현가능하며, 배터리 교체 비용 없다. 단점으로는 장거리 전송 제한을 받는다. 즉 감도의 성능이 떨어진다<sup>8-10</sup>.

MPR-2010AR 리더기의 860~914MHz RFID 시스템은 안테나가 내장된 일체형으로 EPC Class1, Class0, ISO-18000-6 Type B, EM Micro 규격의 태그를 인식 및 관독이 가능하며, 주로 공급망 관리와 자산 관리 분야에 사용하도록 개발된 리더기이다<sup>11-12</sup>.

## III. 908.5~914 Mhz RFID 시스템 설계

RFID 동작은 리더기로부터 신호를 받으면 태그는 리더와의 동기를 맞추기 위해 동기신호를 전송한다. 동기신호가 맞지 않으면 반복적으로 전력신호와 동기신호를 계속해서 전송한다. 전송신호 중 동기신호가 맞으면 태그의 특정 주소 데이터를 읽어 태그의 ID데이터를 확인한다. 리더에서 태그로 보내는 명령과 데이터 신호를 전송하여 통신한다. 그림 2는 수동형 RFID 리더기 전체 구성도이다.

LC 필터는 차수가 높아지면 필터링이 샤프해져서 통과/저지특성이 좋아지지만 삽입손실이나 군지

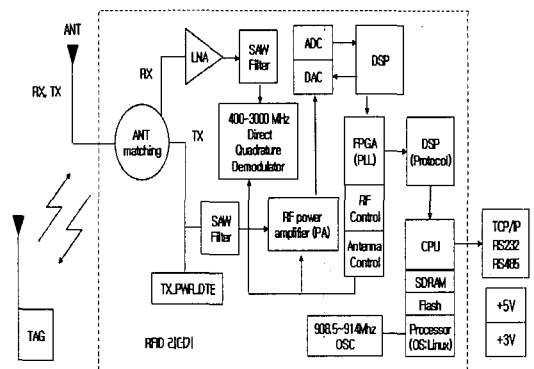


그림 2. 수동형 RFID 리더기 전체 구성도

연이 나빠지고 필터의 크기도 커지게 된다. 그렇기 때문에 SAW 필터를 사용하였다. SAW 필터는 LC 필터에 비하여 좁은 대역폭으로 필터링 하므로 주파수 선택특성이 우수하고 크기가 매우 작아 하드웨어 구성 및 수신부 성능 개선에 우수하기 때문에 SAW 필터를 사용하였다.

SAW 필터는 주파수 신호처리용도의 핵심부품으로써 GHz 주파수 대역에 이르기까지 광범위하게 사용되고 있다. 특히 SAW 필터가 가지는 양산성, 선택성, 안정성 등의 우수한 특성으로 인해 RF 이동통신용 응용소자로 폭 넓게 사용하고 있다. 특히 통과대역필터 특성을 가지는 수동소자의 특징으로 우수한 전기적 특성, 우수한 재현성, 초소형 및 초경량, 우수한 신뢰성을 가지고 있다. 그러므로 SAW 필터를 사용하여 잡음을 제거하였다. 표1은 RF SAW 필터(SA915CM) 규격이다.

한쪽 포트에서 전력이 입력되면, 왼쪽 혹은 오른쪽 포트 중에서 어느 한쪽 포트에만 전력이 전달되고 나머지 포트는 전력이 전달되지 않는다. 그림3은 포트1에 전력이 들어간 경우와 같이, 결국 서큘레이터는 한쪽 방향으로 신호가 회전하듯이 방향성을 갖고 전달된다.

표 1. RF SAW 필터(SA915CM) 규격

파라미터	규격
Center Frequency	915 MHz
Insertion Loss(902~928 MHz)	2.5 dB
Amplitude Ripple	0.7 dB
VSWR	1.45
Attenuation	
DC~800 MHz	60 dB
800~845 MHz	55 dB
845~880 MHz	50 dB
950~990 MHz	31 dB
990~1200 MHz	58 dB
1200~200 MHz	58 dB

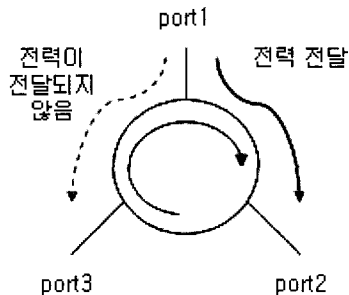


그림 3. 포트에 전력이 들어간 경우

표 2. 서큘레이터(MAFRIN461) 규격

파라미터	규격
Frequency Range	902~928 MHz
Insertion Loss	0.21 dB
Isolation	29 dB
Return Loss	28 dB

표 3. LNA(RF2442) 규격

파라미터	규격
Gain	20 dB
OIP3	27 dBm
Isolation	2.5 dB
Return Loss	24 dB

RX와 TX 신호의 상호 간섭 및 불필요한 신호를 제거하기 위하여 서큘레이터를 사용하였다. 즉 RFID 시스템 송·수신단에 서큘레이터를 사용함으로써 역방향으로 들어오는 전력을 제거, 불필요한 혼변조를 막아서 통신변조성능을 향상시킨다. 그러므로 파워 앰프 출력단의 불필요한 출력 VSWR(Voltage Standing Wave Ratio)을 보정해줌으로써 소자의 파괴를 막아주며, 뒷단 외부 소자(duplexer, antenna)에 대한 민감도를 떨어뜨려서 파워 앰프(PA)동작을 안정화 시킨다. 표2는 서큘레이터(MAFRIN461)규격이다.

RF 수신단에서 수신된 전력은 감쇄 및 잡음의 영향으로 인해 매우 낮은 전력레벨을 갖고 있다. 그렇기 때문에 반드시 증폭이 필요한데, 이미 외부에서 많은 잡음을 포함해서 날아온 신호이기 때문에 무엇보다도 잡음을 최소화하는 증폭기능이 필요하다. 그러므로 저잡음증폭기(LNA:Low Noise Amplifier)를 사용하여 잡음을 최대한으로 적게 하고, 이득은 최대로 하였다. 표 3은 LNA(RF2442) 규격이다.

#### IV. RFID 시뮬레이션 및 실험

RFID 리더기의 수신감도 및 데이터 분석을 하기 위하여 먼저 ADS2004A 시뮬레이터를 사용하였다. 그림 4는 태그에서 리더기로 수신된 데이터로써 “0”과 “1”일 때 각각 약 0.5msec와 0.3msec로 정보를 인식하였다.

제작된 RFID 리더기와 기존 제품 리더기 비교 측정 분석을 하기위해서 일단 기존 제품 리더기 부분을 제거하고 미들웨어 부분에 제작된 RFID 리더기를 연결하여 데이터 분석 및 파형을 측정 하였다. 또한 개발된 RFID 리더기 TX 단과 기존 제품 리더기 RX Local을 연결해 TX 데이터 측정시 기

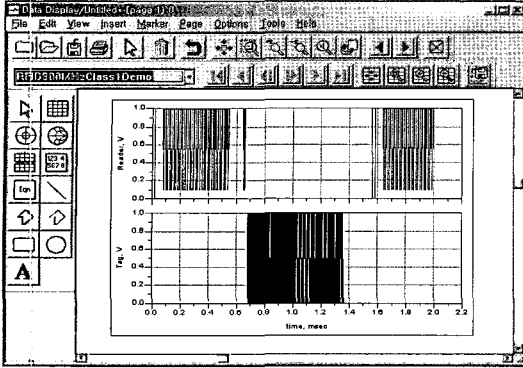


그림 4. RFID 리더기, 태그 시뮬레이터 동작 결과

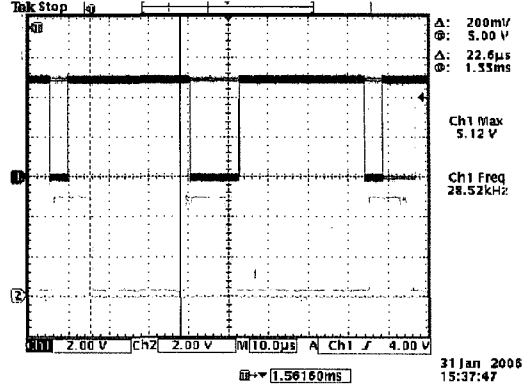


그림 6. 리더기 및 태그 데이터 분석

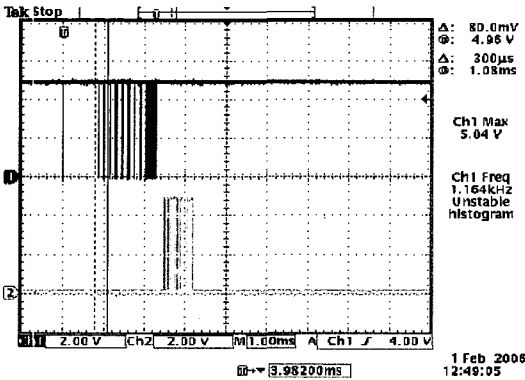


그림 5. RFID 리더기가 Power ON 되고 Read 명령이 있을 때 분석 파형(기존 제품)

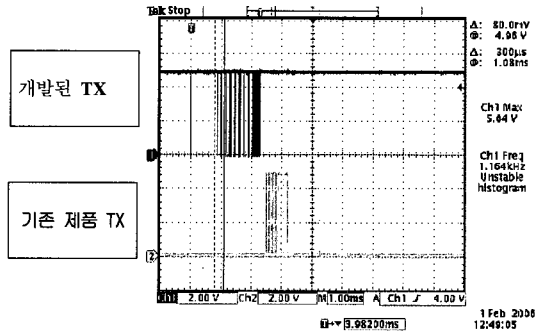


그림 7. 제작된 RFID 리더기와 기존 제품 RFID 리더기 비교 파형 분석

존 제품 리더기 쪽에서 동작하는지 연결하여 데이터를 측정 하였다.

최초 RFID 리더기가 Power ON 되고 Read 명령이 있을 때 파형 분석 화면이다. 리더기가 Power ON 되고 Read 명령이 있을 때 Class "0"일 때 파형이다. Read명령이 있게 되면 최초 리더기에서 리셋(HIGH), OSC Cal 신호, Data Cal 을 하게 된다. 그림 5는 오실로스코프로 측정한 결과로 RFID 리더기가 Power ON되고 Read 명령이 있을 때 분석한 파형이다.

그림 6은 제작된 RFID 리더기 및 태그 대기상태의 데이터 분석 파형이다. Read 명령후 태그가 인식되면 리더기에서 태그 데이터를 분석하게 된다. 태그 인식후 리더기에선 "0" 또는 "1"의 데이터를 내보내면서 태그 데이터의 펄스 갯수(시간)를 가지고 "1"또는 "0"으로 신호로 전송 한다.

그림 7은 제작된 RFID 리더기와 기존 제품의 RFID 리더기 출력을 오실로스코프 측정하여 비교 분석한 파형이다. 개발된 리더기가 다른 제품의 리더기에서도 동작 가능 여부를 확인하기 위하여 기

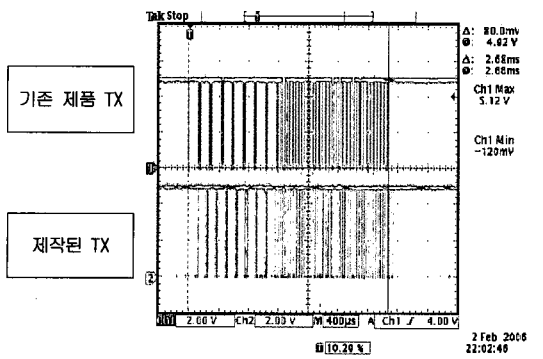


그림 8. 제작된 TX와 기존 제품 TX 비교 파형

존 제품 리더기 TX 부분을 제거하고 개발된 TX 부분을 RX Local에 연결하여 TX 데이터를 기존 제품 리더기에서 데이터를 인가하여 동작한 파형이다.

그림 8은 오실로스코프를 이용하여 측정한 파형으로 제작된 TX와 기존 제품 TX 비교 제작된 RFID 리더기가 동작함을 알 수 있다.

그림 9는 오실로스코프로 측정한 파형으로 파워 앰프 Enable 신호에서 TX 데이터 신호를 전송 한다.

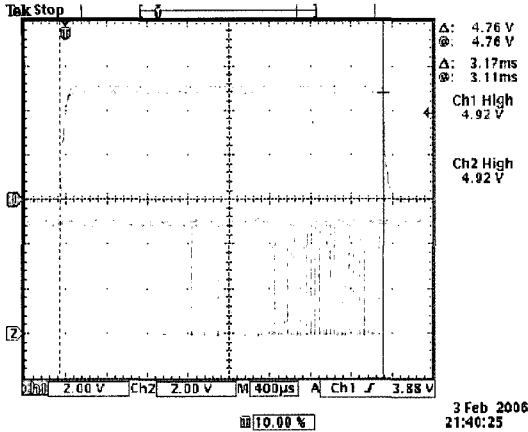


그림 9. 파워앰프 Enable 신호

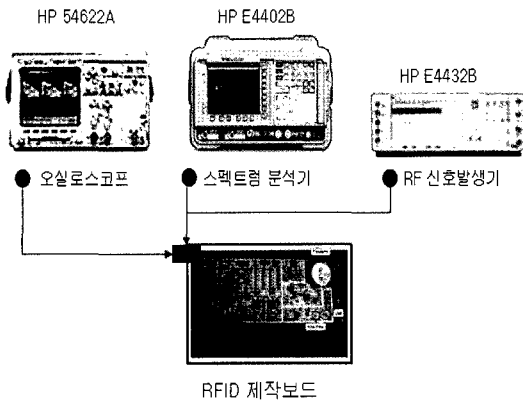


그림 10. 실험 구성도

Shield Room(-118dBm@3GHz) 환경에서 그림 10과 같이 구성을 하였으며, RFID 제작보드에서 ASK 신호를 발생시켜 스펙트럼 분석기(HP E4402B)로 송신 출력 및 수신 신호를 측정하고 태그에서 전송된 데이터를 오실로스코프로 측정하도록 하였다. 또한 RF 신호 발생로부터 주파수 908.5~914MHz 범위에서 +15dBm로부터-15dBm까지 가변하여 수신감도를 측정하도록 하였다.

그림 11은 RFID 수신부 시스템 회로 분석한 결과로 기존 제품의 RFID는 6개의 인덕터(L)과 24개의 캐패시턴스(C)를 사용하여 감도 특성이 떨어지는 단점을 가지고 있다.

안테나 RX, TX의 ANT matching, CTRL\_ANT1, CTRL\_ANT0, Direct Quadrature Demodulator 측정 결과 수신부의 -108.8dBm 손실을 가져 왔다. 그림 12는 RFID 시스템 블록 다이어그램(기존 제품)이다.

RFID 리더기 수신부 출력 파형에서 ①~⑥의 특성을 분석한 결과는 그림 13~그림 17과 같은 RF\_OUT 출력으로 나타난다.

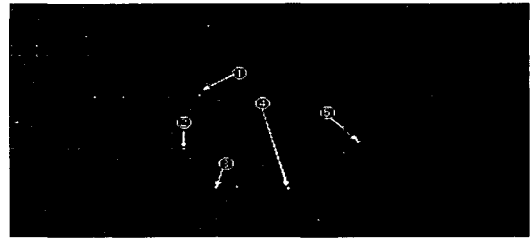


그림 13. RFID 리더기 출력 파형(기존 제품)

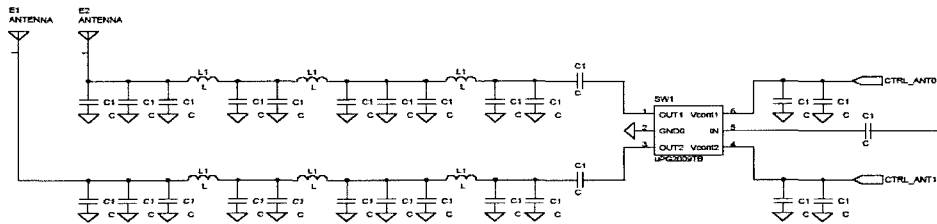


그림 11. RFID 수신부 회로도 (기존 제품)

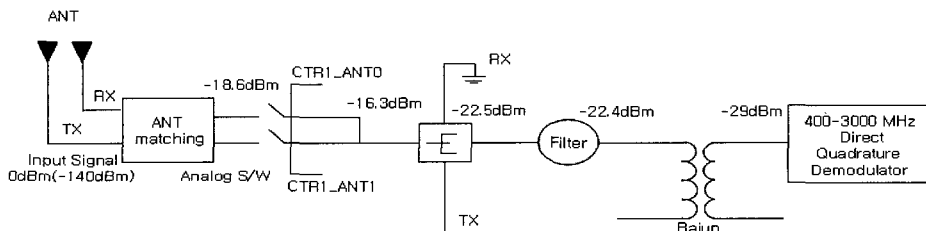


그림 12. RFID 송·수신부 시스템 블록도 (기존 제품)

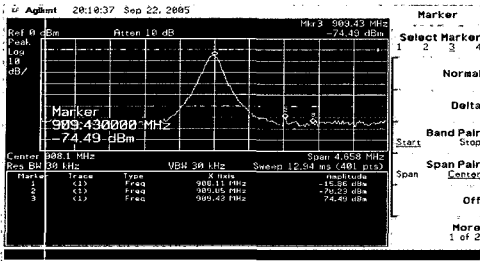


그림 14. ① RF\_OUT 출력파형

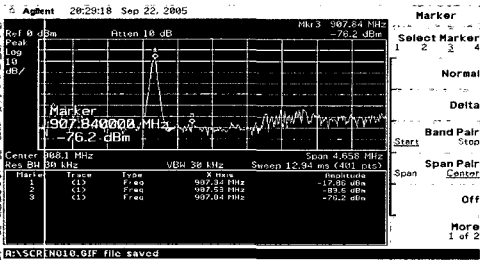


그림 15. ② RF\_OUT 출력파형

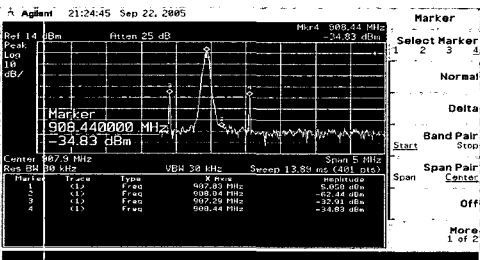


그림 16. ④ RF\_OUT 출력파형

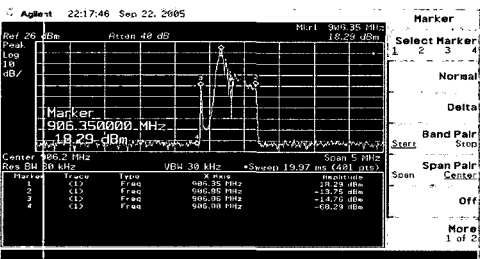


그림 17. ⑥ RF\_OUT 출력파형

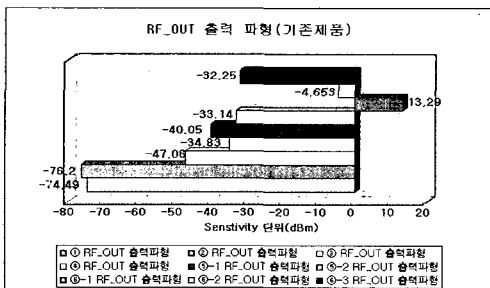


그림 18. RF\_OUT 출력 파형(기존 제품)

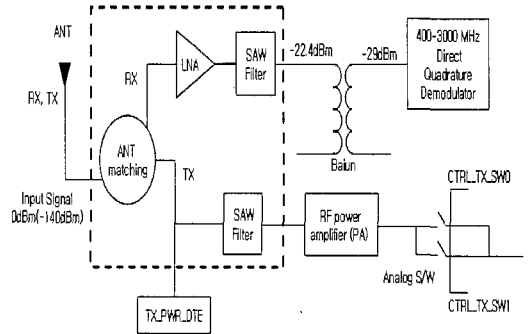


그림 19. 설계된 RFID 송·수신부 블록 다이어그램

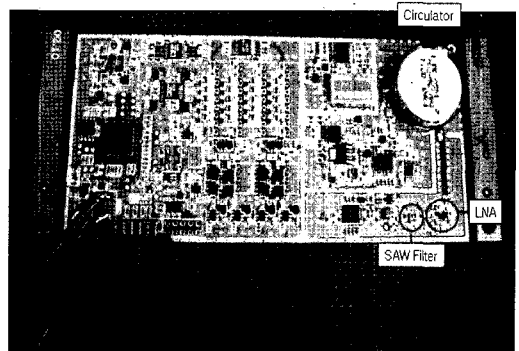


그림 20. 개발된 908.5~914MHz RFID 리더기

그림 18. RF\_OUT 출력 파형은 기존 제품의 수신부 감도를 특성이다.

그림 19는 서클레이터(MAFRIN461), RF SAW 필터 (SA915CM), LNA(RF2442)를 기반으로 설계한 RFID 수신부 블록 다이어그램이다.

그림 20은 설계된 908.5~914MHz RFID 리더기에 서클레이터(MAFRIN461), RF SAW 필터 (SA915CM), LNA(RF2442)를 사용한 실제 PCB를 제작한 그림이다.

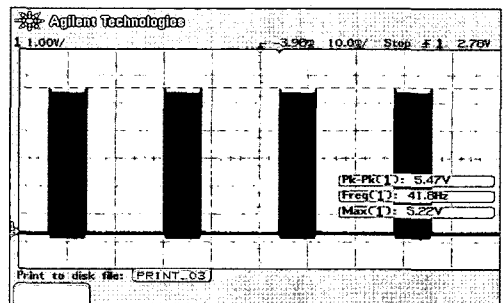


그림 21. RX 데이터 측정(RXD0)

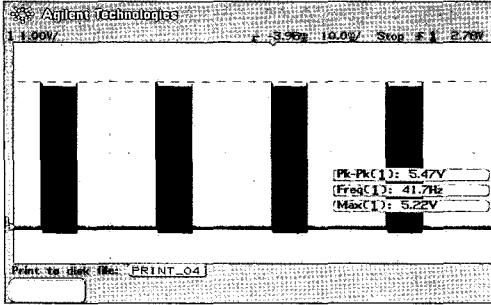


그림 22. RX 데이터 측정(RXD1)

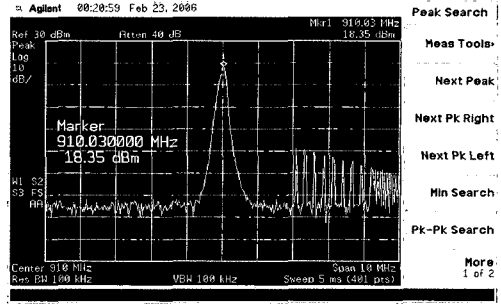


그림 26. TX(U108-15,OUTPUT)출력

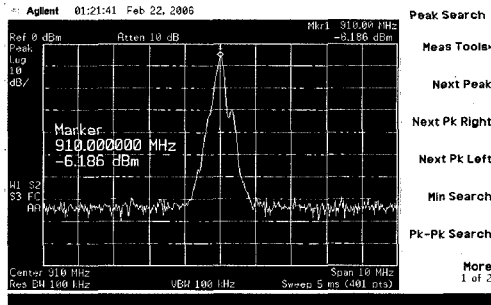


그림 23. Local 주파수 출력

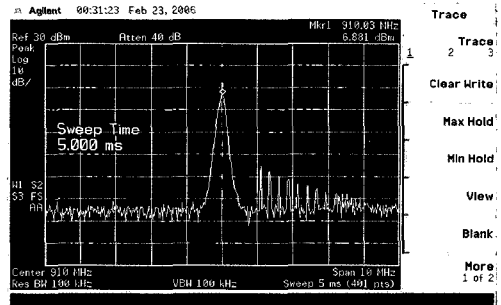


그림 27. TX 안테나 출력

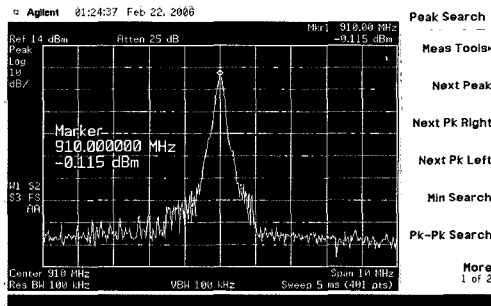


그림 24. TX (U106-8-PIN)출력

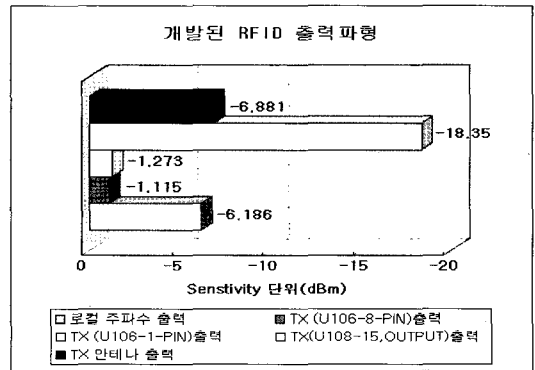


그림 28. 개발된RFID 출력 파형

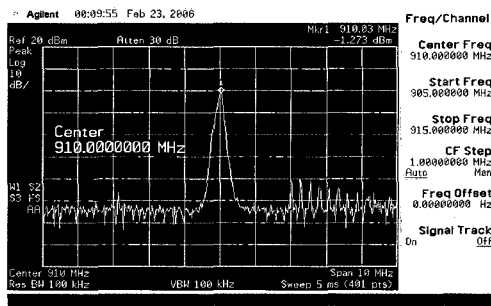


그림 25. TX (U108-1-PIN)출력

RX 특성은 오실로스코프를 사용하여 그림21 및 그림22와 같은 파형을 확인하였다. TX 데이터 특성 분석을 위해 스펙트럼 분석기를 사용하였으며 그림

23, 그림 24, 그림 25, 그림 26 그리고 그림 27과 같은 출력을 확인하였다.

그림28은 설계된 RFID 리더기 TX 출력 파형의 수신부 감도 특성으로 -33.805dBm 손실을 가져 왔다.

## V. 결론

본 논문에서는 수동형 태그 기반 908.5~914MHz RFID 리더기의 수신부 감도 성능을 개선하고자 서큘레이터, LNA 그리고 SAW필터를 사용하는 수신부 시스템을 설계하였고 시뮬레이션을 통하여 동작 주파수, 리더기, 태그 특성에 대하여 개선된 성능을

확인하였다. 분석결과 상용되고 있는 시스템은 24개의 캐패시턴스(C)와 6개의 인덕터(L)를 사용하여 dBm 손실을 가져왔으나, 설계된 시스템은 서클레이터 사용에 의한 상호 간섭의 최소화 LNA 사용에 의한 수신 감도 향상 그리고 SAW 필터에 의해 송·수신부 잡음을 감소시킴으로써 시스템 감도가 크게 개선되었음을 확인하였다.

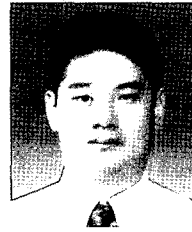
설계된 RFID 시스템으로 향후에 보안시스템, 물류 관리, 놀이 공원, 도서관, 유통, 유비쿼터스 센서 네트워크 등 다양한 분야로 응용이 가능하다. 특히 네트워크를 이용한 보안 및 근대 관리 시스템에 적용 가능할 것이다.

**참 고 문 헌**

- [1] 유망전자기기·부품 현황분석, 산업자원부 pp. 250~300, 2005.
- [2] 류덕열, 전파식별(RFID), TTA 저널 No. pp. 170~176, 1999.
- [3] 정민화, RFID 글로벌표준과 산업화 2004.
- [4] 유승화, RFID 표준화 동향 및 전략 2004.
- [5] 신상철, IT839 시범사업 추진현황, 한국통신학회지, 제22권 2호, pp. 13~22, 2005.
- [6] 박승창, RFID/USN 기술 및 시장의 최근 국내 동향과 미래, 주간기술동향 통권 1183호, pp. 16~30, 2005.
- [7] K. Finkenzeller, RFID Handbook, New York : john wiley & Sonns Ltd, 2nd ed, 2003
- [8] Peter H. Cole, Fundamentals in Radio Frequency Identification, 2003.
- [9] MCRF355/360 Reader Reference Design, Microchip Technology Inc, 2001
- [10] Design criteria for the RF section of UHF and microwave passive RFID transpondersDe Vita, G. Iannaccone, G.;Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on Volume 53, Issue 9,Sept. 2005 Page(s):2978 - 2990
- [11] <http://www.hansetel.com>
- [12] <http://www.intermec.com>

**이 승 학 (Seung-Hak Rhee)**

정회원



위성통신

2001년 2월 조선대학교 공과대학 전자공학과 공학사  
 2003년 2월 조선대학교 공과대학 전자공학과 석사  
 2003년 3월~현재 조선대학교 정보통신공학과 박사과정  
 <관심분야> 정보통신, 무선통신,

**천 종 훈 (Jong-Hun Chun)**

정회원



신 통신연구소 책임연구원

1999년~현재 남도대학 컴퓨터정보통신학과 부교수  
 <관심분야> 무선데이터통신, 위성통신, 무선통신

1986년 2월 조선대학교 공과대학 전자공학과 공학사  
 1990년 2월 조선대학교 공과대학 전자공학과 공학석사  
 1990년 2월 조선대학교 공과대학 전자공학과 공학박사  
 1997년~1999년 (주)한화 정보통신

**박 종 안 (Jong-An Park)**

중신회원



1990년~1991년 영국 Surrey 주립대학 전기 & 전자공학과 객원교수

1975년~현재 조선대학교 전자정보공과대학 정보통신공학과 교수  
 <관심분야> 디지털신호처리, 멀티미디어 영상처리

1975년 2월 조선대학교 공과대학 전자공학과 공학사  
 1978년 2월 조선대학교 공과대학 전기공학과 공학석사  
 1986년 2월 조선대학교 공과대학 전기공학과 공학박사  
 1983년~1984년 미국 Massachusette 주립대학 전기&전자공학과 객원교수