

# UHF 대역 장거리용 RFID 태그에 관한 연구

## A Study on the Long Range RFID Tag in the UHF Band

정 재 영 · 염 경 환\*

Jae-Young Jung · Kyung-Whan Yeom\*

### 요 약

RFID 기술은 각 사물에 전자 태그를 부착하고, 사물의 고유 ID를 무선으로 인식하여, 해당 정보를 수집, 저장, 가공, 추적하는 기술로 다양한 분야에 적용되고 있다. 이러한 RFID 시스템을 설계하는데 있어 리더가 태그 정보를 인지할 수 있는 인식 거리는 중요한 파라미터 중 하나이다. 본 논문에서는 UHF 대역 RFID 시스템의 장거리 인식 거리에 요구되는 태그를 설계하는 새로운 방법을 제안하였다. 제안한 방법에 따른 태그는 순방향 인식 거리를 확장하기 위해 전지 지원형 형태로 설계되었으며, 역방향 인식 거리를 확장하기 위해 역산란 변조 신호를 증폭하였다. 제작된 태그의 최소 문턱 전력은 -23 dBm, 역산란 증폭 이득은 28 dB임을 측정 결과를 통해 확인하였으며, 이는 시뮬레이션 결과와 일치한다. 본 논문에서 제안한 태그의 인식 거리는 상용 태그와 비교하여 2배 이상 향상되었다.

### Abstract

RFID technologies, which allow collecting, storing, processing, and tracking information by wirelessly recognizing the inherent ID of object through an attached electronic tag, have a variety of application areas. One of the important parameters in designing such RFID systems is the read range within which the system recognizes the electronic tag. We present a novel method of designing an RFID tag required for long read range of RFID systems. The tag designed by the proposed method is battery-assisted to increase its forward-link read range and simultaneously, has backscattering modulation amplified to increase its reverse-link read range. We experimentally confirm that the minimum threshold power of the tag is -23 dBm and the backscattering modulation gain is 28 dB, which is consistent with our simulation results. We also verify that the tag in this paper improves more than 2 times in terms of the read range compared to the existing commercial tags.

Key words : RFID, Long Range Tag, Battery-Assisted Tag

### I. 서 론

최근 각광을 받고 있는 RFID(Radio Frequency Identification) 기술은 기존의 바코드를 대체하여 상품 관리를 네트워크화 및 지능화함으로써 유통 및 물품 관리뿐만 아니라 보안, 안전, 환경 관리 등에 혁신을 선도할 것으로 전망되며, 이전에 존재하지

않았던 거대한 새로운 시장을 형성할 것으로 기대된다.

UHF 대역 RFID 시스템은 태그(tag or transponder)와 리더(reader or interrogator)로 구성되며, 호스트를 통하여 인터넷 망에 연동되어 응용 서비스를 제공한다. 태그를 부착한 물체가 리더의 인식 영역(read zone)에 놓이게 되면 리더는 태그에게 질문(interroga-

한국전자통신연구원(Electronics and Telecommunications Research Institute)

\*충남대학교 전파공학과(Department of Radio Science and Engineering, Chungnam National University)

· 논문 번호 : 20090302-023

· 수정완료일자 : 2009년 5월 6일

tion)을 보내고, 태그는 리더의 질문에 응답한다. 리더는 특정 주파수를 가지는 연속적인 전자파(continuous electromagnetic wave)를 변조하여 태그에게 질문 신호(interrogating signal)를 송출하고, 태그는 내부 메모리에 저장된 자신의 정보를 리더에게 전달하기 위하여, 리더로부터 송출된 전자파를 역산란 변조(backscattering modulation)시켜 리더에게 되돌려 보낸다. 역산란 변조란 리더로부터 송출된 전자파를 태그가 산란시켜 리더에게 되돌려 보낼 때, 그 산란되는 전자파의 크기나 위상을 변화시켜서 태그의 정보를 보내는 방법이다<sup>[1]</sup>.

이때 리더가 태그의 정보를 인식할 수 있는 거리를 인식 거리(read range)라 하며, 이는 UHF 대역 RFID 시스템에서 중요한 변수 중 하나이다. 인식 거리는 크게 리더에서 태그까지의 순방향 인식 거리(forward-link read range)와 태그에서 리더까지의 역방향 인식 거리(reverse-link read range)로 분류할 수 있으며, UHF 대역 RFID 시스템의 인식 거리는 순방향 인식 거리와 역방향 인식 거리 중 작은 값에 의해 결정된다<sup>[2],[3]</sup>. 여기서 순방향 인식 거리란 리더의 송신 신호로부터 태그가 전력을 공급 받아 역산란할 수 있는 최대 거리를 의미하며, 역방향 인식 거리란 태그의 역산란된 신호를 리더가 복조할 수 있는 최대 거리를 의미한다. UHF 대역 RFID 시스템에서 인식 거리는 크게 2가지 요소에 의해 제한되는데, 순방향 인식 거리는 태그 칩을 정상적으로 구동하기 위하여 필요한 최소 문턱 전력(minimum threshold power)에 의해 결정되며, 역방향 인식 거리는 리더의 수신 감도(sensitivity)에 의해 결정된다.

본 논문에서는 UHF 대역 RFID 시스템의 리더와 태그간 인식 거리 확장을 위한 순방향 및 역방향 링크 특성을 분석하고, 시뮬레이션을 통해 링크 특성을 만족하는 시스템 사양을 결정하였다. 현재 상용 태그 칩의 경우 최소 문턱 전력이 -14 dBm 내외인 것에 반해, 설계 및 제작된 태그의 최소 문턱 전력은 -23 dBm, 역산란 증폭 이득은 28 dB임을 측정 결과로 확인하였으며, 이는 시뮬레이션 결과와 일치한다. 마지막으로 제작된 태그와 상용 리더와의 통신을 통해 인식 거리가 20 m 이상임을 확인하였다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 순방향 및 역방향 인식 거리 확장을 위한 링크 특성을 유도하고, 이를 시

뮬레이션하기 위한 RFID 시스템 환경을 구축하였다. 3장에서는 시뮬레이션 결과를 바탕으로 RFID 시스템을 설계 및 제작하였으며, 계측기 및 상용 리더기를 통해 인식 거리를 측정하였다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺었다.

## II. 장거리용 RFID 링크 특성

UHF 대역 RFID 시스템에서 리더와 태그간 인식 거리는 전송거리가 짧기 때문에 Friis의 자유공간 경로 손실 공식(Friis free-space propagation equation)에 의해 결정된다. Friis 자유공간 경로 손실 모델 수식은 무선 통신 시스템이 어떠한 장애물이나 경로로 인한 전파에 영향을 주는 지형이 존재하지 않는 LOS(Line of Sight) 경로에 대한 수신 신호의 세기를 예측하는데 사용되는 전파 모델로 아래 식 (1) 및 (2)와 같다.

$$P_{TX,tag} = P_{TX,reader} G_{reader} G_{tag} \left( \frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 T_b \quad (1)$$

$$P_{RX,reader} = P_{TX,reader} T_b G_{reader}^2 G_{tag}^2 \left( \frac{\lambda}{4\pi r} \right)^4 \quad (2)$$

여기서  $P_{TX,tag}$ : 태그 수신 전력,  $P_{TX,reader}$ : 리더 송신 전력,  $G_{reader}$ : 리더 송신 안테나 이득,  $G_{tag}$ : 태그 수신 안테나 이득,  $T_b$ : 역산란 전송 손실,  $\lambda$ : 파장,  $P_{RX,reader}$ : 리더 수신 전력이다<sup>[4],[5]</sup>.

그림 1은 일반적인 UHF 대역 RFID 시스템의 자유 공간 경로 손실을 나타낸 것으로, 국내 기술 기준에 명시된 리더 송신 전력이 1 W[watt], 송신 안테나 이득이 6 dBi인 4 W EIRP(Equivalent Isotropically Radiated Power)의 방사 전력이 송출되는 경우에 거리에 따른 경로 손실을 보여준다.

표 1은 RFID 시스템의 순방향 및 역방향의 링크 특성을 나타낸 것으로, 인식 거리의 변화에 따른 태그 및 리더의 수신 전력을 보여준다.

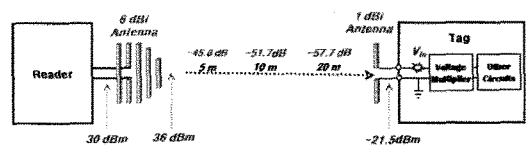


그림 1. RFID 시스템의 링크 특성  
Fig. 1. Link budget of RFID system.

표 1. 인식 거리에 따른 링크 버짓

Table 1. Link budget for read range.

거리[m]	5	10	15	20
경로 손실[dB]	-45	-51	-54	-57
태그 수신 전력[dBm]	-9	-15	-18	-21
리더 수신 전력[dBm]	-58	-70	-76	-82

UHF 대역 RFID 시스템에서 리더와 태그간 정보를 인식하는 인식 거리는 순방향 인식 거리와 역방향 인식 거리로 분류되며, 아래와 같은 이유로 인식 거리 제한이 발생한다.

우선 순방향 인식 거리 관점에서 보면 현재 UHF 대역 수동형 RFID 국제 표준은 ISO/IEC 18000-6C<sup>[6]</sup>로 태그는 별도의 전지(battery)를 가지고 있지 않으며, 자신의 동작 전력을 얻기 위하여 리더로부터 송출되는 전자파를 정류하여 자신의 전원으로 이용한다. 즉, 수동형 태그가 정상적으로 동작하기 위해서는 태그가 놓인 위치에서 리더로부터 송출된 전자파의 세기가 특정한 값 이상이 되어야 한다.

그림 2에서 태그 수신 전력은 리더의 송신 전력에 비례하여 증대한다. 리더 전자파 신호를 받아 동작하는 태그의 경우 순방향 인식 거리는 주로 태그의 최소 문턱 전력에 의해 결정되는데, 현재 Alien Higgs IC의 경우 -14 dBm 내외로 알려져 있다<sup>[7]</sup>. 만일 4 W의 EIRP의 리더 방사 전력이 송출되는 경우 태그의 순방향 인식 거리는 그림 2에서 보듯이 910 MHz에서 9 m로 제한된다.

다음으로 역방향 인식 거리 관점에서 살펴보면 태그의 최소 문턱 전력이 -21 dBm 이하이라고 가정할 때, 그림 2에서 보듯이 20 m 떨어진 태그로부터 역산란 변조되는 신호 세기는 -80 dBm 이하가 된다. 즉, 리더의 수신 감도가 -80 dBm 이하가 될 때 태그와 리더간의 통신이 가능하다. 하지만 일반적인 통신 시스템과 달리 동일한 송/수신 주파수를 가지는 RFID 시스템은 리더의 송/수신부를 써큘레이터(circulator) 혹은 방향성 결합기(directional coupler)를 통해 안테나와 결합된다. 이때 송신부로부터 출력되는 전자파는 완벽한 격리도(isolation)을 확보하지 못한 써큘레이터 혹은 방향성 결합기를 통해 송신 신호의 일부가 수신부로 유입되게 된다. 즉, 리더 송신부의 큰 전자파 신호가 리더 수신부로 넘어가는 경우 리더는 미약한 태그 역산란 변조 신호를 복조하기가 어렵다. 누설 전력을 차단하기 위해 써큘레이터 대신 송신과 수신을 분리하기 위한 두 개의 안테나를 사용하는 경우도 있는데, 안테나 사이의 상호 결합이 존재하므로 개념적으로는 동일하게 된다. 이러한 이유로 역방향 인식 거리가 대폭 감소될 수 있으며 이를 해결하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다<sup>[8]</sup>.

본 논문에서는 순방향 인식 거리 및 역방향 인식 거리 제한에 의해 10 m 이내로 제한된 UHF 대역 RFID 시스템의 인식 거리를 20 m 이상으로 확장하기 위해 전지 지원형 태그(battery-assisted tag)와 역산란 신호 증폭 태그를 제안한다.

### III. 장거리용 RFID 태그 설계

#### 3-1 전지 지원형 태그

전지 지원형 태그는 기존 수동형 RFID 태그에 자체 전원 공급을 위한 전지를 부착하여, 수동형 태그의 최대 문제점인 순방향 인식 거리를 향상시킬 수 있는 기술이다. 전지 지원형 태그는 전지를 사용하여 대기 상태에 있다가 리더로부터 활성화 명령어(activation command)를 받았을 때만 깨어나서 리더의 명령어를 수행하며, 태그의 데이터 전송 방식은 수동형 태그와 동일하게 역산란 변조 방식을 이용하여 전송한다. 이러한 기술은 현재 국제 표준화 단체인 ISO/IEC JTC1의 SC31에서 RFID 기술 표준화 작

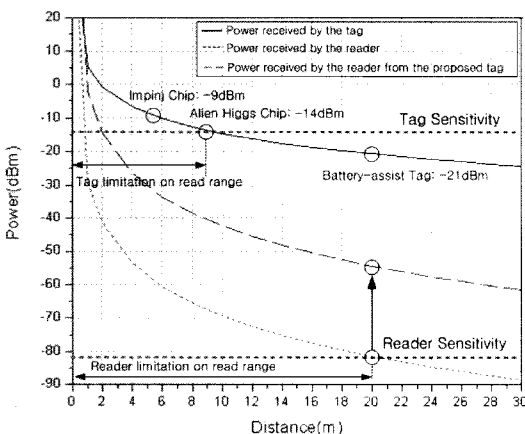


그림 2. 인식 거리에 따른 순방향 및 역방향 링크  
Fig. 2. Forward and reverse link in RFID system.

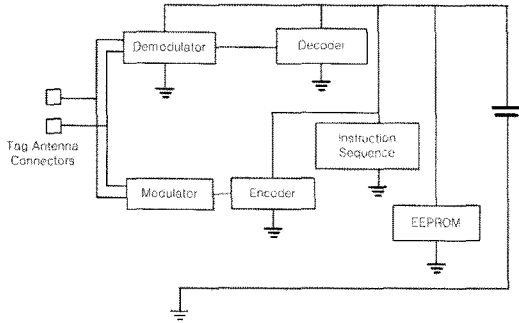


그림 3. 전지 지원형 태그 블록도  
Fig. 3. Battery-assisted tag block.

업을 진행하고 있다<sup>9)</sup>. 태그 구동에 적합한 전지는 초소형, 경량이면서 대용량을 가지는 것이 중요하다. 태그 제작에 사용된 전지는 리튬 1차 전지로 3.6 V 작동 전압, 550 mA/h의 용량을 가지며, 최소 2년 이상의 수명을 유지한다.

그림 3은 전지 지원형 태그의 구성도 예를 나타낸 것으로 수동형 태그인 경우 자신의 동작 전력을 얻기 위해 정류회로를 이용하지만, 전지 지원형 태그는 자신의 전원을 이용한다. 순방향 인식 거리가 20 m 되는 전지 지원형 태그의 입/출력 신호 특성을 고찰하기 위해 시뮬레이션 환경은 ADS를 사용하였으며, 주요 파라미터는 국내 규격을 기준으로 표 2와 같이 설정하였다.

RFID 시스템은 리더, 태그 및 무선 채널로 구성된다. 그림 4는 순방향 인식 거리 계산을 위한 RFID 시스템의 시뮬레이션 구성도이다. 시뮬레이션 환경을 살펴보면 리더 시스템의 송신부는 UHF 대역 RFID 프로토콜 규격을 만족하는 PIE 40 kbps로 부호화

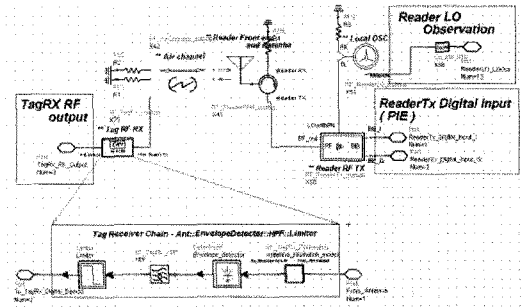


그림 4. 순방향 인식 거리 계산을 위한 시뮬레이션  
Fig. 4. Simulation to calculate forward-link read range.

(encoding)된 리더 명령어 신호를 리더 안테나를 통하여 4 W EIRP의 전자파 세기로 방사하며, 경로 손실은 Friis 자유공간 전파 경로 수식을 적용하여 모델링하였다. 리더 명령어 신호를 받은 태그 안테나는 ASK 전파 신호를 detector 회로를 통해 검파하고, 필터와 리미터(limiter) 회로를 지나 복조된다. 이때 리더 명령어 신호는 Agilent Ptolemy를 사용하여 구현하였다.

시뮬레이션 결과를 살펴보면 PIE 40 kbps로 부호화된 리더 명령어 신호는 그림 5(a)와 같고, 20 m 떨어진 태그의 수신 기저대역(baseband) 신호는 그림 5(b)와 같다. 그림 5(c)는 리더 송신부의 스펙트럼 신호로 m1은 리더 전자파 신호의 세기가 30 dBm, m2는 PIE 40 kbps로 부호화된 리더 명령어 신호를 보여준다. 그림 5(d)의 m3과 m4는 리더로부터 20 m 떨어진 태그 수신부의 스펙트럼 신호로 m3의 -21 dBm은 앞서 살펴본 Friis 수식 결과와 일치한다.

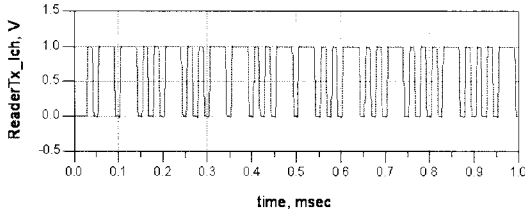
### 3-2 역산란 신호 증폭 태그

그림 6은 제안한 태그의 역산란 변조 원리를 설명한다. 동작 원리를 살펴보면 그림 6(a)는 수동형 태그의 역산란 변조 원리로 안테나의 부하 임피던스를 스위칭에 의해서 변경 시 반사되는 전력량을 제어하는 개념을 보여준다<sup>10)</sup>. 그림 6(b)는 제안한 역산란 신호 증폭 태그의 동작 원리로 리더로부터 송출된 전자파는 태그 안테나를 통해 서큘레이터 포트 1번으로 들어온다. 이때 태그의 임피던스 스위칭 동작에 의해 포트 2번의 반사계수가 변화하면 반사된 출력은 서큘레이터의 3번 포트로 출력되며, 이것은 증폭되어 안테나를 통해 송출된다. 그림 2에서 20 m의

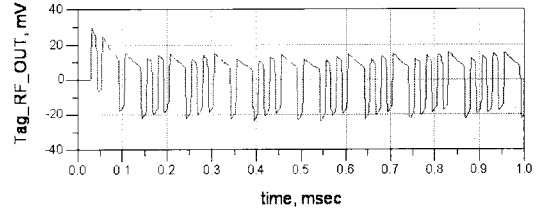
표 2. 순방향 인식 거리 계산을 위한 시뮬레이션 파라미터

Table 2. Simulation parameters to calculate forward link read range.

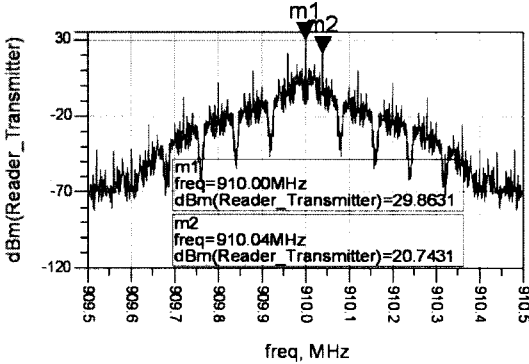
Parameters	Values
Center frequency	910 MHz
Transmit EIRP	4 W
Modulation/Encoding	DSB-ASK/PIE
Data rate	40 kbps
Reader antenna gain	6 dBi
Tag antenna gain	1 dBi



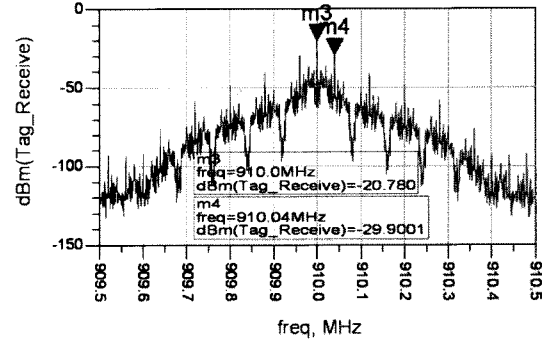
(a) 시간 영역에서의 리더 명령어  
(a) Reader command in time domain



(b) 시간 영역에서의 태그 수신 신호  
(b) Tag received signal in time domain



(c) 주파수 영역에서의 리더 명령어  
(c) Reader command in frequency domain



(d) 주파수 영역에서의 태그 수신 신호  
(d) Tag received signal in frequency domain

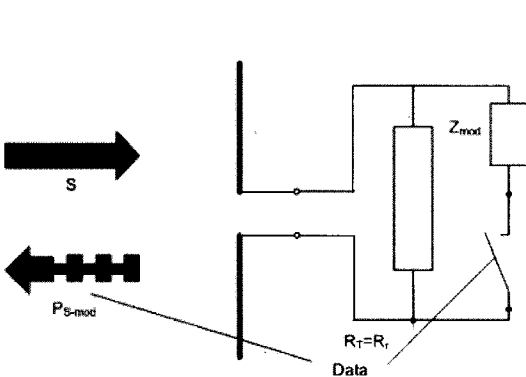
그림 5. 순방향 인식 거리 시뮬레이션 결과  
Fig. 5. Simulation results of forward-link read range.

역방향 인식 거리를 얻기 위해 리더 수신 감도는  $-80$  dBm 이하가 요구되지만 제안한 방법을 적용하면 리더의 수신 감도를 향상시키지 않아도 역방향 인식 거리를 확장할 수 있다.

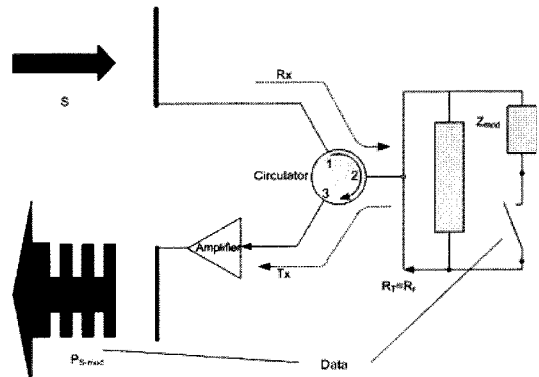
그림 7은 역방향 인식 거리 계산을 위한 시뮬레이

션 구성도이다.

시뮬레이션 환경을 살펴보면 리더 시스템의 송신부는 리더 안테나를 통하여  $4$  W EIRP의 전자파를 방사하며, 경로 손실은 Friis 자유공간 전파 경로 수식을 적용하여 모델링하였다.



(a) 역산란 변조 태그의 원리  
(a) Principle of backscattering modulation tag



(b) 제안된 역산란 신호 증폭 태그 원리  
(b) Principle of proposed backscattering signal amplification tag

그림 6. 역산란 변조 태그 원리  
Fig. 6. Principle of backscattering modulation tag.

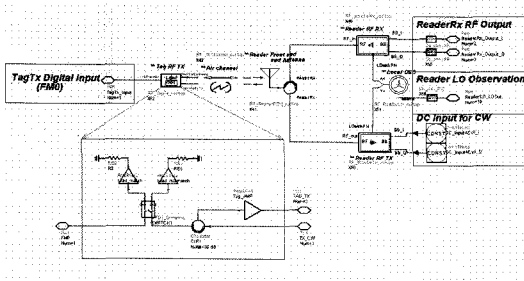


그림 7. 역방향 인식 거리 계산을 위한 시뮬레이션  
Fig. 7. Simulation to calculate reverse-link read range.

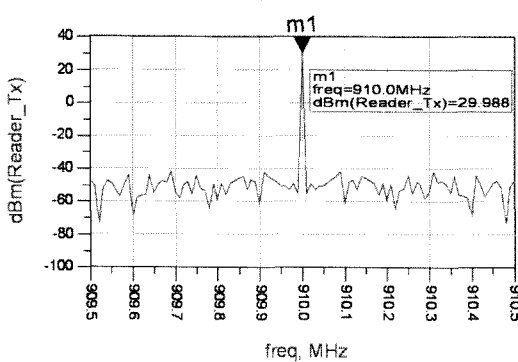
리더 신호(continuous wave)를 받은 태그는 FM0 40 kbps의 프로토콜 규격을 만족하는 태그 데이터를 생성한 후 역산란 변조 통신 방식을 통해 동일한 자유 경로를 지나 RFID 리더 시스템의 수신부로 전달된다. 여기서 FM0 부호화란 매 범위(boundary)마다 신호가 천이되면 data-0이 되고, 천이가 되지 않으면

data-1이 되는 것으로, Agilent Ptolemy를 사용하여 구현하였다. 그림 8(a)에서 리더 송신 신호가 30 dBm인 경우 리더로부터 20 m 떨어진 태그 수신 신호는 -21 dBm이 됨을 그림 8(b)를 통해 확인할 수 있다. 그림 8(c)는 UHF 대역 수동형 태그의 역산란 신호를 보여주는 것으로 20 m 떨어진 태그로부터 역산란되어 리더 수신부에 도착되는 신호는 -83 dBm 정도가 된다. 마지막으로 그림 8(d)는 본 논문에서 제안한 역산란 신호 증폭 태그의 스펙트럼 결과로 역산란 증폭기 이득이 28 dB인 경우 리더 수신부에 도달되는 태그 데이터 레벨은 -55 dBm이 된다.

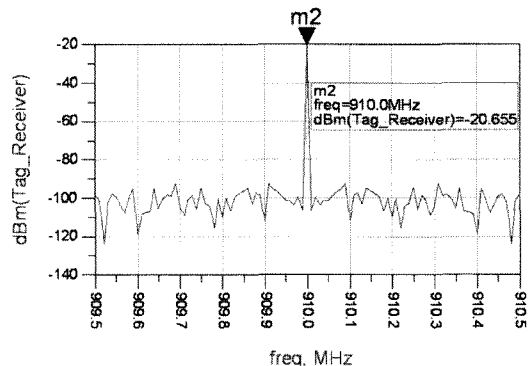
#### IV. 제작 및 측정

그림 9는 제작된 태그의 사진으로 전체 크기는  $5.3 \times 5.3 \text{cm}^2$ 이다.

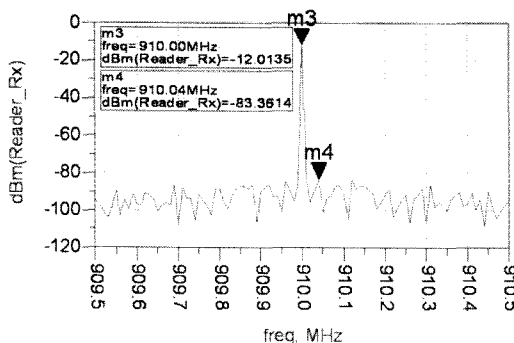
그림 9(a)는 태그의 앞면으로 아날로그, 디지털 및



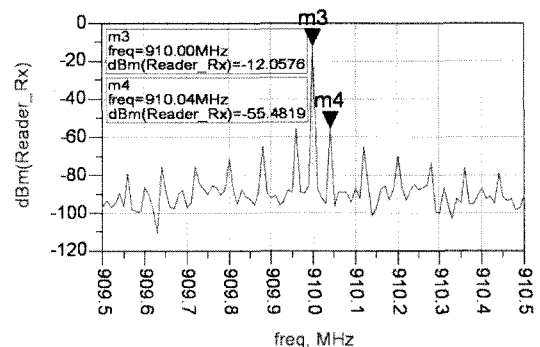
(a) 주파수 영역에서의 리더 CW 송신  
(a) Reader CW spectrum



(b) 주파수 영역에서의 태그 수신  
(b) Tag received signal spectrum



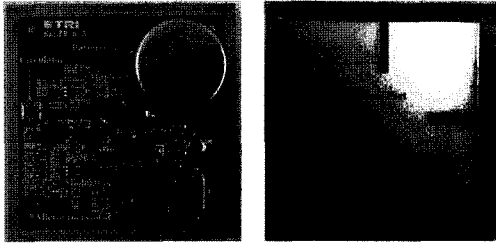
(c) 주파수 영역에서의 태그 역산란 신호  
(c) Passive tag backscattering signal



(d) 주파수 영역에서의 태그 역산란 증폭 신호  
(d) The proposed tag backscattering signal spectrum

그림 8. 역방향 인식 거리 시뮬레이션 결과

Fig. 8. Simulation results of reverse-link read range.



(a) 앞면 (a) Front panel  
(b) 뒷면 (b) Back panel

그림 9. 제작된 태그의 사진  
Fig. 9. Photograph of the fabricated tag.

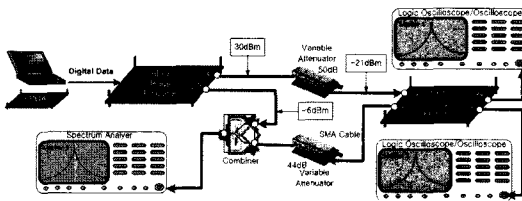
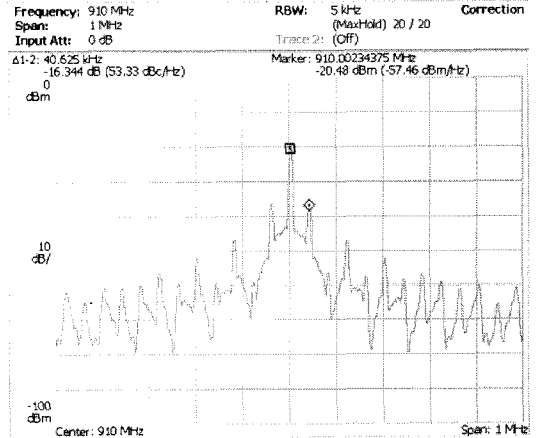


그림 10. 제작된 태그 측정 셋업 블록도  
Fig. 10. The fabricated tag measurement setup.

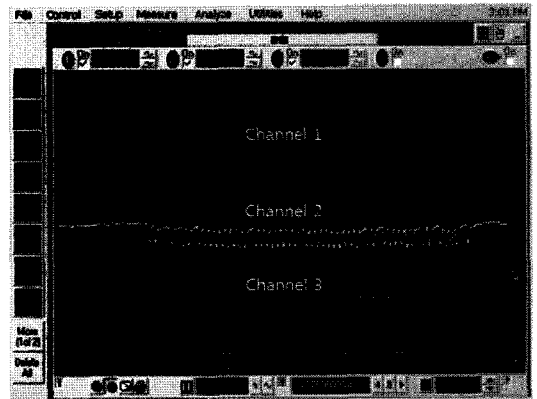
전지를 포함하며, 그림 9(b)는 태그의 뒷면으로 안테나이다. 제작에 사용된 서클레이터는 사용주파수: 908 ~ 915 MHz, 삽입 손실: 0.6 dB, 격리도: 28 dB를 가지며, 증폭기 이득은 최대 30 dB인 소자를 사용하였다. 태그 안테나는 태그의 송/수신 분리도를 개선하기 위해서 송신단과 수신단이 별도로 구성되었으며, 직교하는 두 선형 편파를 사용하였다. 제작된 안테나 방사 패치에 형성된 4개의 슬릿은 안테나 소형화와 공진 주파수 변경의 용이성을 위해 형성된 것이다.

그림 10은 제작된 태그 측정을 위한 실험 환경이다. 실험 환경을 살펴보면 순방향 인식 거리 측정을 위해 리더 에뮬레이터 보드는 PIE 40 kbps로 부호화된 리더 명령어 신호를 1 W의 전자파 세기로 방사하며, 경로 손실은 가변감쇄기로 대체한다. 이때 가변감쇄기 값을 20 m 자유공간 경로 손실에 해당하는 50 dB로 설정하면 태그 수신 전력 세기는 -21 dBm이 된다.

순방향 인식 거리 측정 결과를 살펴보면 그림 11(a)는 태그 수신부에서 측정된 리더 명령어의 주파수 영역 결과를 보여준다. 그림 11(b)는 리더와 태그의 기저대역 신호로 채널 1 파형은 PIE 40 kbps로 부호화된 리더 명령어 신호이며, 채널 2 파형은 제



(a) 주파수 영역 측정 결과  
(a) Measured result in frequency domain

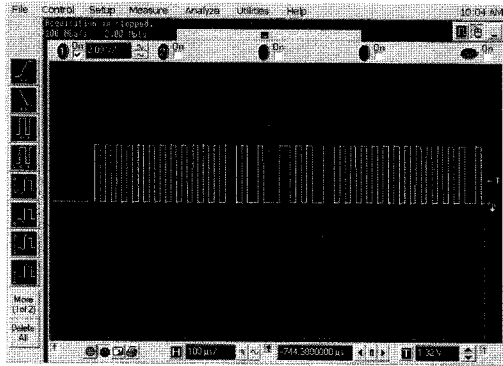


(b) 시간 영역 측정 결과  
(b) Measured result in time domain

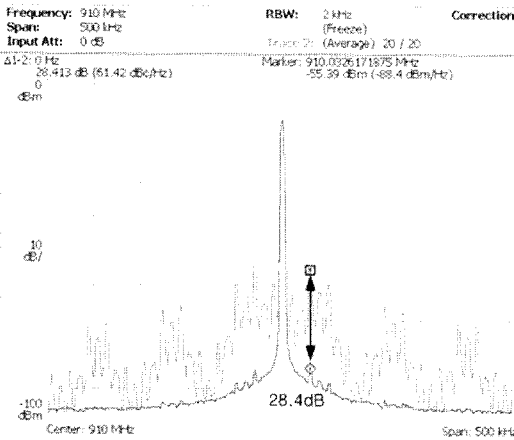
그림 11. 제작된 태그의 순방향 측정 결과  
Fig. 11. Forward-link measurement of the fabricated tag.

작된 태그 포락선 검파기(envelope detector) 회로 출력 신호이며, 마지막으로 채널 3 파형은 태그 리미터 회로 출력 신호이다. 실제 측정 결과를 통해 제작된 태그의 문턱 전력은 -23 dBm임을 알 수 있다.

제작된 태그의 역방향 인식 거리 측정을 위해 그림 10의 실험 환경에서 리더 에뮬레이터 보드는 1 W의 연속파를 방사하면, 전자파를 수신한 태그는 FM0 40 kbps로 부호화된 태그 데이터를 생성한 후 역산란 변조 신호를 내보낸다. 이때 리더 송/수신간 격리도 40 dB를 적용하기 위해 리더 로컬 오실레이터 신호의 일부를 분기하여 태그 역산란 신호와 결합시키면 리더 수신기에 -10 dBm의 누설 전력이 발생한다.



(a) 시간 영역 측정 결과  
(a) Measured result in time domain



(b) 주파수 영역 측정 결과  
(b) Measured result in frequency domain

그림 12. 제작된 태그의 역방향 측정 결과  
Fig. 12. Reverse-link measurement of the fabricated tag.

그림 12(a)는 시간 영역의 태그 데이터 생성 신호이며, 그림 12(b)는 주파수 영역의 태그 역산란 변조 신호이다. 20 m의 역방향 인식 거리에서 일반 태그의 측정된 역산란 변조 신호는  $-83$  dBm인데 대해, 제안한 태그의 역산란 증폭 신호는 28 dB가 높은  $-55$  dBm이 된다.

그림 13은 제작된 태그와 UHF 대역 상용 리더인 SAMsys<sup>[11]</sup>와 통신 시험을 위한 실험 구성이다.

그림 14는 태그 수신부에 도달한 리더 명령어의 신호 세기가  $-21$  dBm인 경우 그림에서 알 수 있듯이 역산란 신호 증폭 기술이 적용된 태그는 그렇지 않은 태그에 비해 28 dB 증폭된 신호가 나타남을 보여준다.

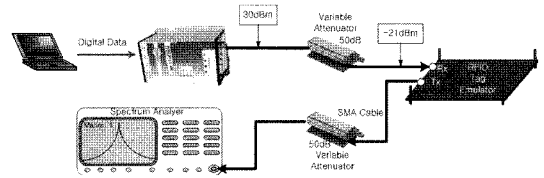


그림 13. 제작된 태그와 상용 리더 측정 셋업  
Fig. 13. Measurement setup of the fabricated tag using the commercial reader.

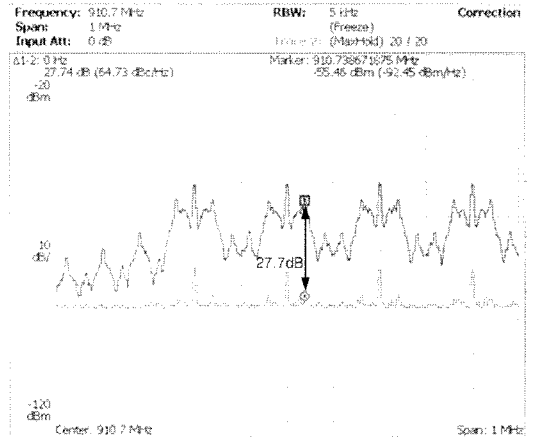


그림 14. 상용 리더를 이용한 태그의 역산란 신호  
Fig. 14. The backscattering signal of the fabricated tag using the commercial reader.

실험에 사용된 SAMsys 리더는 최대 1 W RF 파워를 가지며, 902~928 MHz 사이에서 주파수 호핑을 한다. 측정된 역산란 변조 신호를 살펴보면 UHF 대역 RFID 시스템에서 20 m의 역방향 인식 거리를 갖기 위한 리더 수신 감도는  $-80$  dBm 이상이 요구되

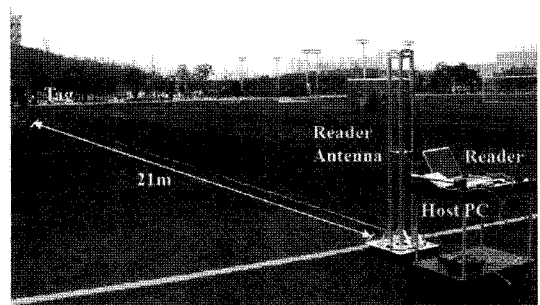


그림 15. 인식 거리 측정  
Fig. 15. Read range measurement in outdoor environment.



지만, 제안한 태그는 일반 태그에 비해 역산란 신호 세기가 28 dB 높기 때문에 리더에 요구되는 수신 감도는 -55 dBm 이하가 된다.

실제 상용 SAMsys 리더와 상용 Alien 태그간 인식 거리는 LOS 환경에서 9 m인 것에 반해, 제작된 태그와의 인식 거리는 21 m까지 확장됨을 확인하였다.

### V. 결 론

본 논문에서는 UHF 대역 RFID 시스템의 장거리 인식 거리에 요구되는 태그를 설계하는 새로운 방법을 제안하였다. 제안한 방법에 따른 태그는 순방향 인식 거리를 확장하기 위해 전지 지원형 형태로 설계되었으며, 역방향 인식 거리를 확장하기 위해 역산란 변조 신호를 증폭하였다. 본 논문에서는 장거리 인식 거리에 요구되는 순방향 및 역방향 링크 특성을 분석하였으며, 제안한 태그의 설계 사양을 RFID 시스템 시뮬레이션을 통해 도출하였다. 제작된 태그의 최소 문턱 전력은 -23 dBm, 역산란 증폭 이득은 28 dB임을 측정 결과로 확인하였으며, 이는 시뮬레이션 결과와 일치한다. 본 논문에서 제안한 태그의 인식 거리는 상용 태그와 비교하여 2배 이상 향상되었다.

### 참 고 문 헌

[1] K. Finkenzeller, *RFID Handbook*, Second Edition, John Wiley & Sons, 2003.

[2] H. G. Yoon, B. J. Jang, "Link budget calculation for UHF RFID systems", *Microwave Journal*, pp. 64-

74, Dec. 2008.

[3] 장병준, 박준석, 조흥구, 임재봉, "UHF RFID 시스템의 순방향 및 역방향 인식 거리에 관한 연구", *한국전자과학회논문지*, 18(11), pp. 1243-1253, 2007년 11월.

[4] H. T. Friss, "A note on a simple transmission formula", *Proceeding of the IRE and Wave and Electrons*, vol. 34, pp. 254-256, May 1946.

[5] D. M. Dobkin, *The RF in RFID, Passive UHF RFID in Practice*, Elsevier, 2008.

[6] ISO/IEC 18000-6C, Part 6C: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz, Jan. 2005.

[7] Alien homepage.[Online]. Available: <http://www.alien-technology.com>

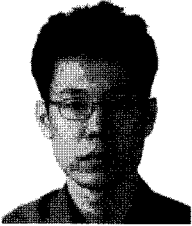
[8] W. K. Kim, M. -Q. Lee, J. -H. Kim, H. -S. Lim, J. -W. Yu, B. -J. Jang, and J. -S. Park, "A passive circulator with high isolation using a directional coupler for RFID", *2006 International Microwave Symposium*, pp. 1177-1180, Jun. 2006.

[9] 정재영, 여준호, 이형섭, 표철식, "센서태그 기술 동향", *전자통신동향분석*, 22(3), pp. 39-45, 2007년 6월.

[10] 표철식, 채종석, 김창주, "RFID시스템기술", *한국전자과학회지 전자과기술*, 15(2), pp. 21-31, 2004년 4월.

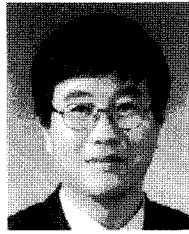
[11] SAMsys homepage.[Online]. Available: <http://old.samsys.com>

정 재 영



1999년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)  
 2001년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2001년 1월~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원  
 [주 관심분야] RFID 시스템 설계, 초고주파 능동회로 및 시스템

염 경 환



1976년~1980년: 서울대학교 전자공학과 (공학사)  
 1980년~1982년: 한국과학기술원 전기 및 전자과 (공학석사)  
 1982년~1988년: 한국과학기술원 전기 및 전자과 (공학박사)  
 1988년 3월: 금성전기(주) 소재부품연구소 선임연구원 (MIC팀 팀장)  
 1990년 3월: 금성전기(주) 소재부품연구소 책임연구원  
 1991년 5월: 금성정밀(주) 기술연구소 연구1실 책임연구원  
 1991년 8월: (주)LTI  
 1999년 10월~현재: 충남대학교 전자공학과 교수  
 [주 관심분야] 초고주파 능동회로 및 시스템, MMIC 설계