

모바일 RFID 리더 기술

구지훈 | 민영훈 | 장기수
삼성전자

요약

RFID(Radio Frequency Identification) 기술은 사물에 전자 태그를 부착하여 무선 인터페이스를 통해 사물의 정보를 자동으로 취득할 수 있는 기술이다. 물류의 재고관리나 자동화 처리를 위해 주로 사용되었으나 최근에는 Cellular phone, PDA 등 휴대용기기에 RFID 리더가 탑재되어 기존의 응용 이외에 다양한 서비스를 만들어 내려는 시도들이 나타나고 있다[1],[2]. 이는 궁극적으로는 모든 사물에 컴퓨팅 및 통신 기능을 부여하여 언제, 어디서, 무엇이든 통신이 가능한 환경을 구현함으로써 이제까지 사람 중심(Person to Person)에서 사물 중심(Machine to Machine) 정보화 사회로의 새로운 변화 시도이며 RFID 기술은 진정한 Ubiquitous 세상이 만들어지기 위한 주요 기술로서 지속적으로 발전되고 적용되어야 할 기술임이 분명하다. 이러한 사회적인 요구에 만족하기 위해서 RFID 기술도 변화하고 있고 새로운 기술적 이슈들이 나타나게 되었다.

본고에서는 RFID 기술의 변화를 알아보고, 특히 UHF 대역 RFID 리더가 Cellular phone에 내장되기 위해 소형화 및 저전력화가 되면서 발생하는 문제와 이의 해결방안을 살펴보고자 한다.

1. 서론

RFID 기술은 자동 인식 시스템의 하나로서, 전자 태그와

이를 인식할 수 있는 리더로 구성된다. 리더는 응용분야에 따라 태그의 ID 정보와 위치 정보 등을 인식하고 태그의 ID 정보를 이용하여, 태그가 부착된 상품의 가격, 생산지, 생산일자 등의 다양한 정보를 사용자에게 제공할 수 있다.

RFID 기술은 1980년대 Tracking & Access application에서 처음 활용되어 태그가 부착된 움직이는 물체를 인식할 수 있다는 장점 때문에 많은 주목을 받게 되었다[1]. 최근에는 유비쿼터스 컴퓨팅이 주목 받게 되면서 RFID 기술이 이를 구성하는 기반 기술 중 하나로 인식되고 있다. 물류의 응용 분야를 넘어서 Homecare system이나 Healthcare system 및 소개하게 될 모바일 RFID service 등의 새로운 분야로 그 활용이 확대되어 가고 있다.

즉, RFID 리더를 탑재한 인터넷이 가능한 휴대폰은 모바일 통신 분야에 새로운 서비스를 제시하게 되었다. 응용 예로서, RFID 리더가 탑재된 휴대폰을 이용하여 태그가 부착된 영화포스터로부터 미리 보기, 극장 정보 등의 추가 정보를 얻는 것도 가능하고, 음반이나 공연티켓 등으로부터 가수, 출연자에 대한 정보도 얻을 수 있게 된다.

RFID는 기존의 SCM(Supply Chain Management)이나 재고 관리 및 출입관리에서 활용되던 것과 더불어 2000년대 접어들면서, 새로운 응용분야가 시도되고 있다. 현재 모바일 RFID 기술과 개념이 유사한 기술로 13.56MHz의 NFC(Near Field Communication) 방식을 채택한 휴대폰이 최근 Nokia에서 출시된 상태이며, 900MHz 대역의 RFID 기술을 채택한 휴대폰은, 현재 제품화된 사례는 없으나, 2007년에 삼성전자를 통해서 개발되었다. 900MHz 대역의 RFID 기술의 경우, 2005년 EPC Class 1 Gen2 기술의 국제 표준화가 완성되

<표 1> RFID 응용분야 및 제품 형태의 변화

응용분야	제품 형태
기존 응용 분야 및 제품 (1980년대 이후)	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Logistics ■ SCM ■ Access control 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Cost : a few thousand dollars ■ Size : about 6×6 inches ■ weigh : 1-2 kilograms ■ Power consumption 10 watts,
신규 응용 분야 및 제품 (2006년 이후)	
<ul style="list-style-type: none"> ■ 전자 지불 ■ 영화 정보 ■ 음반 정보 	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Cost : below US\$100 ■ Size : name card size ■ weigh : less than 100 grams ■ Power consumption : a watt

고 ISO/IEC에서 모바일 RFID 기술의 국제표준화가 진행되고 있어서 관련 태그 및 리더 등 제품이 활발히 출시될 것으로 예측되고 있으며 현 시점에서 휴대폰에 UHF대역의 RFID리더를 내장함으로써 사물에 내장된 RFID 정보를 개인이 활용할 수 있도록 하는 것은 기술적인 측면이나 정책적인 측면에서 적절한 시도라고 할 수 있다.

<표 2>는 모바일 RFID 서비스를 위한 국내외의 개발 사례이다. Nokia와 NFC(Near Field Communication), 그리고 일본의 KDDI와 달리 우리나라는 900MHz대역의 주파수를 채택하였으며, 비교적 장거리 인식 능력으로 인해 종합적인 서비스 및 사업적 특성이 뛰어나다. 국내에서는 2006년에 단말 내장용 리더 칩을 개발 완료하여 2006년 10월에 모바일 RFID 시범사업을 실시하였으며 상용 서비스를 계획 중이다[3].

최근 들어 사회적 요구에 맞게, 리더의 소형화 기술도 최근 들어 급속히 발전하고 있다. 2005년까지만 해도 그 크기가 수kg을 넘었고 수천 달러에 달했지만, 최근 소형화가 가속됨에 따라 수십 달러 수준의 리더까지 출현하고 있다. 특히, 최근 2006년부터 2007년 사이에 인텔과 삼성 등의 칩 제조사에서 리더 핵심 칩을 상용화하기 시작했으며, 이로 인해

<표 2> 국내외 모바일 RFID 기술[3]

	Nokia	KDDI	KDDI	NFC	Korea
주파수	13.56MHz	2.45GHz	315MHz	13.56MHz	908.5~914MHz
인식 거리	2~3 cm	~5cm	~10cm	~10cm	~1m
표준	ISO 14443A	-	-	ISO/IEC 18092	ISO/IEC 18000-6B/C

서 기존 리더기 부품의 90% 이상을 칩 안에 내장 할 수 있게 되었다[4]. 따라서 모바일 RFID리더의 상용화가 더욱 가깝게 되었다.

그러나, RFID응용형태가 다양해지고 특히 모바일 Service를 비롯한 신규 응용분야에 대해 새로운 기술적 문제들이 이슈화 되고 있다. RFID기술이 가지고 있던 고질적인 기술 문제 중 하나인 Tx leakage에 의한 수신율 저하는 해당 기술이 소형화, 저전력화 되면서 더욱 해결하기 어려운 문제로 부각 되고, 휴대폰과 같은 작은 공간을 활용한 안테나기술 또한 극복해야 할 문제이다.

본고에서는 모바일 RFID활용을 위한 소형화, 저전력화로 인해 수반되는 기술적 문제를 다루고자 한다. II장에서는 고정형 리더와는 다른 모바일 RFID리더 기술의 전반적인 내용을 알아보고, III장에서는 모바일 RFID에 활용 할 수 있는 안테나와 이의 기술적 한계, IV장에서는 모바일 RFID 리더의 Tx leakage 영향과 해결 방안을 제시하고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺고자 한다.

RFID 리더는 태그의 정보를 읽어 내기 위해 태그와 송수신하는 기기이며 태그로부터 수집된 정보를 호스트로 전송하는 기능을 수행하며 안테나 및 변복조기, 모뎀 및 프로토콜 프로세서 등으로 구성된다.

안테나는 리더기의 인식거리에 가장 영향을 많이 주는 부분 중의 하나로서, 물류용으로 활용 시에는 인식범위를 제한하고, 인식거리를 향상시키고, 타 리더기간의 간섭을 최소화 하기 위해서 패치 형태의 방향성 안테나가 주로 활용되고 있다. 물류용 리더의 경우에는 이러한 방향성 특성을 더욱 개선시키고 모바일의 경우에는 작은 크기로 안테나 이

득을 개선하는 것이 이슈이다.

변복조기는 무전원으로 동작하는 수동형 태그에 무선으로 전원을 공급하고, 이와 함께 프로토콜 규약에 맞는 데이터를 변조 및 복조 하는 역할을 한다. 수동형RFID 태그는 발진 소자를 가지고 있지 않아서 송수신 주파수 채널이 동일 하며, 전원을 공급받기 위해서 리더로부터 RF를 수신하는 상태에서 송출 단은 끊임 없이 반송파를 송출해야 한다는 특징을 가지고 있다. 이로 인해 리더의 수신단은 태그로부터의 반송신호와 더불어 많은 양의 Tx leakage가 유입되게 된다. 이를 분리 할 수 있는 것이 변 복조기의 핵심 기술이라고 할 수 있다.

모뎀은 송신기와 수신기로 구분될 수 있으며, 송신기의 경우는 태그 규약에 정의된 명령어를 송신한다. 주로 Manchester, PIE(Pulse Interval Encoding) 방법을 활용한다. 이때 각국의 주파수 규약을 고려하여 필터링 해야 한다. 수신기의 경우, 복조기를 거친 태그 응답 신호를 디지털 정보로 복원하는 기능을 가지고 있다. FMO 나 Miller sub-carrier를 활용하며 FMO의 경우, 11.9[dB] SNR의 복원 성능을 갖는다[5].

프로토콜 프로세서는 크게 두 가지 기능으로 분류된다. 첫 번째는 태그와 리더간의 무선 통신 프로토콜을 관장하는 부분으로 다중 태그인식기술과, 리더간 간섭을 최소화 하기 위한 기술이 사용된다. 이를 위해서 900 MHz 대역의 RFID 프로토콜은 ISO/IEC 18000-6 Type A와 B가 있으며, EPCglobal의 Class 1 Generation 2를 받아들인 Type C가 존재한다. 두 번째는 리더와 호스트간의 통신을 위한 규약으로 물류용, 모바일용에 따라서 서로 다른 규약이 사용된다. 물류용의 경우 EPCglobal에서 LLRP(Low Level Reader Protocol)를 정의하고 있고[6], 모바일 RFID의 경우에는 한국 모바일 RFID 포럼에서 리더 인터페이스 프로토콜 규격을 정의 하고 있다[7].

RFID 시스템에서 인식거리에 영향을 주는 요소를 나열하면 <표 3>과 같이 다양하게 분석된다. 본고에서는 RFID리더 기술의 핵심요소인, 안테나와 수신 민감도에 가장 영향을 주는 Tx leakage의 보완 방법에 대해서 알아 보도록 한다.

<표 3> RFID 인식거리 요인 분석[8]

	Factors	Relation of read range
Tag side	Tag antenna gain	higher gain → increase read range
	Tag chip sensitivity	low sensitivity → increase read range
	Tag impedance match	Conjugate matching is required
	Tag location	Depend on the case
Reader side	Tx power	higher Tx power → increase read range Max.Lim. - EIRP 4W
	Reader antenna gain	Higher gain → increase read range
	Reader sensitivity	Low sensitivity → increase read range
	Hand-held effect	Depend on the case
Others	Polarization match	Co-polarization case → max. read range
	Air space loss	Basic air space loss and multi-reflection environment should be considered
	Environment noise	Need to reduce environment noise
	Detection Algorithm	Detection/ Multi-tag/reader case

III. 모바일 RFID 안테나

모바일 RFID 안테나의 요건은, 첫째 휴대폰의 외형에 영향을 주지 않고 내부에 실장 가능해야만 한다. 이러한 크기의 제약으로 안테나 이득이 낮아지게 되고 이로 인한 인식거리의 감소가 나타난다. 둘째는 Cellular주파수 대역을 만족 할 수 있어야 한다. 그렇게 되지 못한다면, Cellular 안테나와 RFID 안테나 두 개를 모두 실장 해야 하며, 이로 인한 외형 증가가 발생할 수 있다.

모바일 RFID의 최소 인식거리는 응용서비스에 따라서 조금씩 달라질 수 있겠지만, 통상 40 ~ 60cm 정도를 요구한다. 너무 긴 인식거리는 보안문제를 야기 할 수도 있기 때문에, 인식거리는 송출파워 및 안테나설계에 의해 조절될 수 있다.

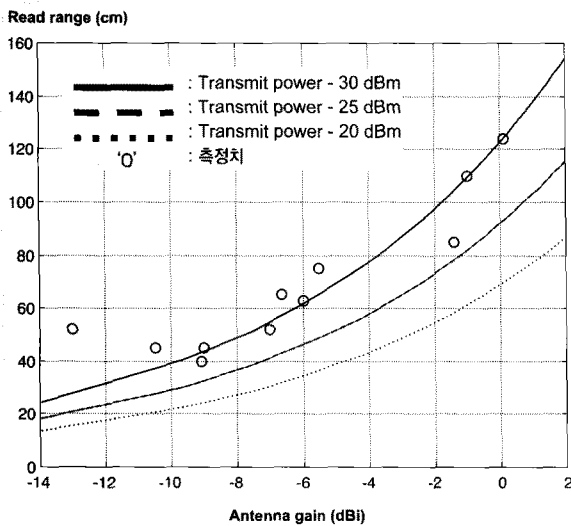
한편, 배터리로 구동하는 모바일 RFID 에서는 전력소모가 가능한 적도록 하는 것이 중요하다. 제한된 송출파워에서 리더기의 수신성능을 좌우하는 것은 리더기 자체의 수신감도뿐만 아니라 안테나가 중요한 부분을 차지하게 된다.

공간상의 제약이 따르는 모바일 기기의 경우 주파수 밴드 폭을 만족시키는 조건에서, 안테나 이득은 -10dBi 에서 최대 0dBi 정도가 되는데 일반적으로 -6dBi 이하가 대부분이다.

예를 들어, 20dBm의 출력을 위해서 리더기의 출력을 26dBm, 안테나 이득을 -6dBi로 하는 경우와 리더기 출력을 20dBm, 안테나 이득을 0dBi로 하는 경우, 태그에 도달하는 RF의 세기와 리더기 안테나에 되돌아가는 반송파의 세기는 같지만 리더기의 수신부 측면에서는 안테나 이득에 의해 앞의 경우가 6dB 더 작은 신호를 수신해야 한다.

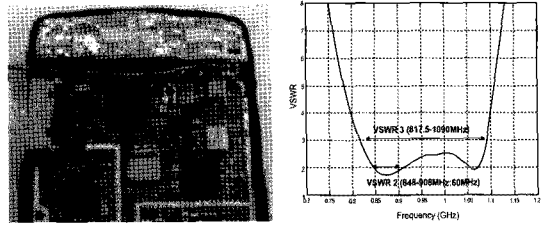
따라서 모바일 기기의 제한된 공간에서, 높은 이득을 갖는 안테나 설계가 중요하며, 여기에다 모바일 기기를 사용자가 파지(grab)했을 경우, 임피던스가 틀어져 수신감도가 떨어지는 점도 고려한 안테나 설계가 이루어져야 한다.

(그림 1)과 (그림 2)는 삼성전자의 프로토타입 모바일 RFID 폰 개발을 위해서 삼성종합기술원에서 진행된 모바일용 안테나의 연구결과를 나타낸다[8]. (그림 1)에서는 리더기 출력과 안테나 이득에 따른 최대 인식거리를 보여주고 있다. 인식거리 추정을 위해서 RCS(Radar Cross Section)상수가 고려된 레이더 방정식을 사용하였다[9]. 실선은 출력 RF전력 별 인식거리의 추정 그래프이며, 'o'으로 표기된 점은 실제 제작된 다양한 모바일 폰 내장형 안테나를 이용한 실측 인식거리를 나타낸다.



(그림 1) 안테나 별 인식거리 측정치 및 추정치 인식거리 비교[8]

내장형 RFID를 구현할 때, cellular 대역을 만족하지 못한다면, 각기 두 개의 안테나가 실장 되어야 함으로 협소한 공간을 활용 할 수 밖에 없으나, 만약 cellular 대역을 만족 할



(a) 내장형 RFID 안테나 (b) VSWR특성 (그림 2) mRFID 내장 안테나[8]

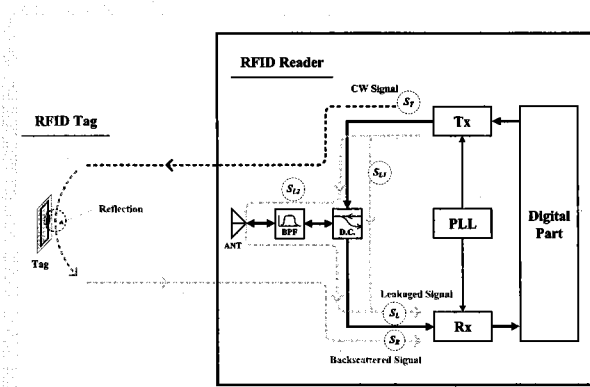
수 있다면 좀더 넉넉한 공간을 활용하여 내장형 안테나를 구성할 수 있다. (그림 2)는 프로토타입 내장안테나와 결과를 보여준다. (a)는 위의 실험에 사용된 내장형 안테나 중에서 FIPA type으로 설계된 안테나이며, (b)의 VSWR(Voltage Standing Wave Ratio)특성을 보듯이 국내 Cellular 대역을 만족하고 있음을 알 수 있다.

IV. Tx leakage 제거 기술

Tx leakage란, 의도하지 않은 송신단의 송출신호가 수신단에 전달되는 것을 말한다. 수신상태의 RFID 리더의 신호 흐름을 도식화 하면 (그림 3)과 같다. 무전원 상태의 태그를 동작시켜야 하기 때문에 수신 상태에서 송신단은 끊임없이 높은 전력의 CW(Continuous Wave)를 송출하여만 하고, 이 신호는 리더 내부 혹은 접합기, 안테나 등을 통해서 수신단으로 유입된다. 유입된 신호의 량에 비례하여 수신기의 성능이 저하되기 때문에 이를 최소화 하는 것이 필요하다.

고정형 리더의 경우, 안테나 설계 시 안테나의 반사 신호 특성을 최소화 하거나 두 개의 분리된 안테나를 이격하여 사용해서 S_{L2} 를 최소화 하고, 고성능의 방향성 커플러를 사용하여 S_{L1} 을 최소화 할 수 있다.

그러나, 모바일 RFID리더의 경우, 외형상의 크기 제약으로 두 개의 안테나를 활용하는 것이 불가능하며, 방향성 커플러 또한 고성능의 부품을 쓰는 것이 공간상의 제약으로 불가능하다. 여기서는 삼성전자 S3C4RU1을 이용한 모바일 RFID 회로를 근간으로 Tx leakage 정도와 영향을 알아 보도록 한다[10]. 또한, 리더 안테나와 태그안테나의 이득 합은 -



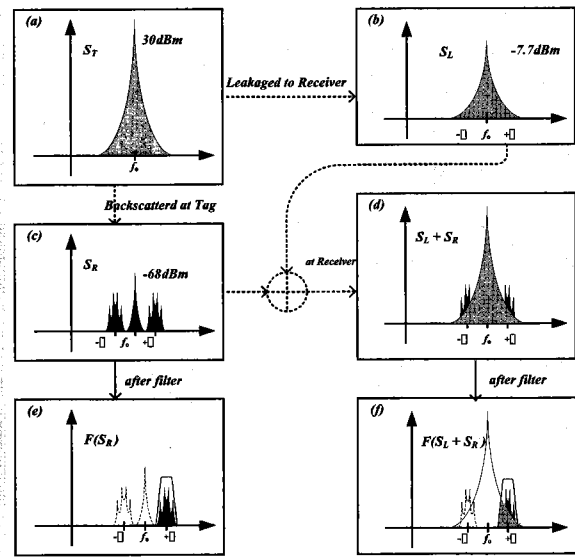
(그림 3) RFID 리더의 신호 흐름도

8dBi, 송출 RF전력은 국내 규정의 최대값인 30dBm을 가정하도록 한다 [11].

회로[10]에 명시된 소형 14.7dB 방향성 커플러의 isolation 37.7dB이므로, 안테나로부터의 S_L 를 제외하고더라도 -7.7dBm의 Tx 누설신호가 수신단으로 유입된다. 이때 태그로부터의 응답신호의 크기는 태그와 리더간의 거리를 50cm 일 때 약 -51dBm이하의 RF전력이 리더 안테나에 수신되며 14.7dB 방향성 커플러를 통과하면 수신단에 인가되는 태그의 응답 수신 전력은 약 -68dBm이 된다. 즉, 누설 신호가 태그로부터 수신되는 신호보다 60dB 이상 큰 셈이 된다. 이를 주파수 도메인에서 도식화 하면 (그림 4)와 같이 나타낼 수 있다. Tx leakage의 악 영향은 여러 단에서 나타난다. 우선 수신 초단에 사용되는 LNA (Low Noise Amplifier)나 복조기의 신호 수신 범위를 포화시켜 태그 수신율을 감소시키며, 태그 응답신호의 주파수 대역폭이 작은 경우, (그림 4)의 (f)에서 보듯이 주파수 생성기의 위상잡음과 중첩되어 수신신호의 SNR(Signal to Noise Ratio)을 낮아지게 한다.

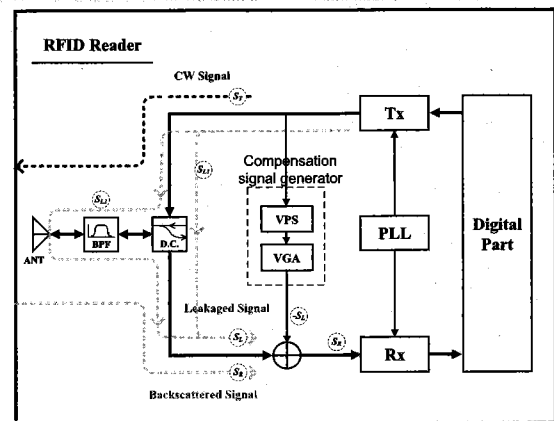
RFID의 이러한 특징 때문에 다른 통신 시스템에 비해 수신부 설계에 많은 어려움이 있다. 이를 극복하기 위한 방법은 크게 두 가지가 있다.

첫째는 수신부의 P1dB(1dB 이득압축점)를 높게 확보하고 수신 가능 신호 범위를 충분히 확보되도록 설계하는 것이다. 또한 동시에 위상잡음은 태그 응답 신호가 충분히 수신되도록 낮게 설계되어야 한다. 이러한 특징을 갖게 하기 위해서 SiGe공정에 5[V 동작 조건으로 수신기 칩을 만들기도 한다[12].



(그림 4) 주파수 도메인에서의 Tx leakage 영향

두 번째 방법은 Tx leakage를 검출하여 이를 수신단에서 제거하는 방법이다. 첫 번째 방법이 누설신호에 대해서 안정된 수신기를 만드는 것이라면, 두 번째 방법은 능동적으로 이를 제거하는 방법에 해당된다. 여기서는 기존 레이다 시스템에서부터 활용되어 왔던, 역 위상 신호를 이용한 보상 기법을 제시한다.



(그림 5) 역상신호 보상을 갖는 RFID 리더

(그림 5)는 역상신호 보상을 갖는 RFID 리더를 보여주고 있다. 누설신호 S_L 을 제거하기 위해서 보상신호 생성기를

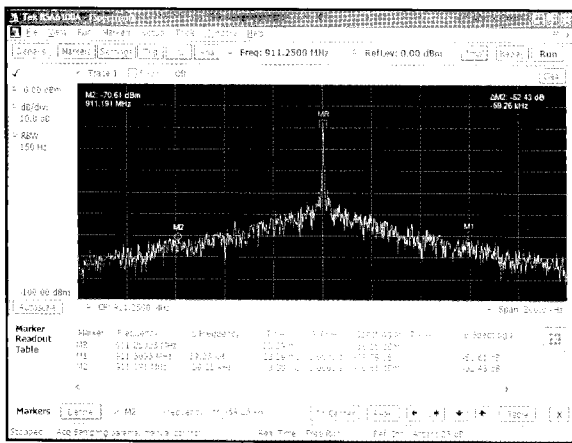
통해 크기가 같고 180° 위상차를 갖는 S_L 을 생성하고 이를 수신단에서 더해주면 태그로부터의 응답신호 S_R 만을 수신할 수 있다. RFID에 적용된 역상 신호 보상기의 성능을 알아보기 위하여, 삼성전자의 RFID 리더 칩인 S3C4RU1를 이용하였으며, VGA(Variable Gain Amplifier)와 VPS(Variable Phase Shifter)는 외부 소자를 이용하여 보드상에 구성하였다[10]. 또, 누설 신호의 측정과 제어는 S3C4RU1에 실장된 알고리즘을 이용하였다.

31.16dB감쇠된 것을 볼 수 있다. 또한, (a)에서는 위상잡음으로 인해 분간하기 힘들었던 태그응답신호가 (b)에서는 위상잡음과 확연히 분리되어 식별 가능한 것을 볼 수 있다.

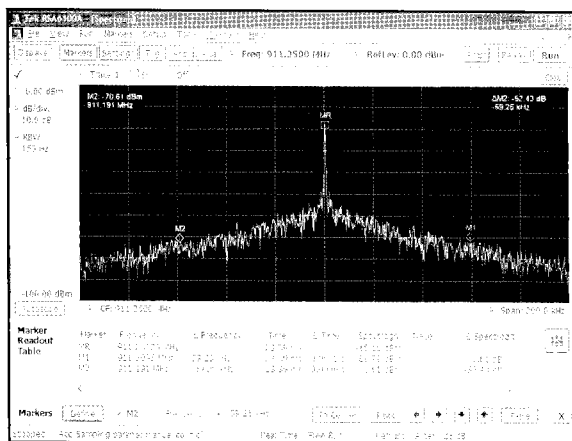
V. 결 론

지금까지 모바일 RFID 리더가 갖는 기술 문제 중 하나인 안테나와 Tx leakage 영향 및 보완방법에 대해서 인식거리에 대한 시뮬레이션과 제작된 안테나의 실측 결과를 통해서 해결가능성과 한계를 살펴 보았다. 그리고, 고정형 리더보다 모바일 RFID 리더에서 더욱 문제가 되는 Tx leakage 영향을 살펴보고 그것의 해결 방법 중 한가지인 역상신호 보상방법에 대한 가능성을 살펴보았다.

두 실험 결과를 통해서 모바일 RFID 리더가 -8(dBi)안테나를 이용하여 50cm)이상의 인식거리를 확보할 수 있음을 알 수 있었고, 또, 공간적 제약 및 소비전력의 제한이 많은 모바일 폰 환경에서도 Tx leakage를 효과적으로 제거하여 수신기의 성능확보가 가능함을 알 수 있었다.



(a) 제거 전



(b) 제거 후

(그림 6) 역상신호 보상기의 측정 결과




(그림 6)은 제거 전후의 측정 결과를 보여주고 있다. 측정을 위해서 수신부 입력 단에 방향성 커플러를 사용하였다. 방향성 커플러로부터 측정된 Tx leakage양이 (a)에서 보듯이 -18.18dBm였으며, 제거가 된 (b)에서는 -49.34dBm으로

참 고 문 헌

- [1] EPIC, Radio Frequency Identification (RFID) Systems, <http://www.epic.org/privacy/rfid/>, 2006
- [2] Rho Jun-hyong, "Dynamic Ubiquitous Korea," <http://www.mic.or.kr>, 2006
- [3] 한국전파진흥협회, "신규 무선통신서비스의 기술적 조건 연구", 한국전파진흥협회, 2007
- [4] Mary Catherine O' Connor, "Intel Announces UHF 리더 Radio Chip", <http://www.rfidjournal.com>, 2007
- [5] Yifeng Han, Qiang Li, Hao Min, "System Modeling and Simulation of RFID", Auto-ID Labs Research Workshop, 2004
- [6] EPCglobal inc., "Low Level 리더 Protocol (LLRP) Standard", <http://www.epcglobalinc.org>, 2007

- [7] 모바일RFID포럼, “모바일 RFID 리더제어 프로토콜”, <http://www.mrf.or.kr>, 2006
- [8] Yongjin Kim, Ick-Jae Yoon, and Youngeil Kim, “Internal antenna design of 900 MHz-band mobile radio frequency identification system”, Microwave and Optical Technology Letters, vol. 49, issue 11, pp. 2079-2082, Sep. 2007
- [9] Yongjin Kim, Byung-Tae Yoon, Ick-Jae Yoon, Youngeil Kim, “Read range measurement and estimation of 900-MHz-band mobile radiofrequency identification (mRFID) system” Microwave and Optical Technology Letters, vol. 49, issue 11, pp. 2753-2755, Nov. 2007
- [10] Samsung Electronics Co., “S3C4RU1 Application Note”, 2007
- [11] 정보통신부, “정보통신 고시 제2006-45호 제5조 RFID/USN용 기기”, 2006
- [12] I. Kipnis, S. Chiu, M. Loyer, J. Carrigan, J. Rapp, P. Johansson, D. Westberg, J. Johansson, “A 900MHz UHF RFID Reader Transceiver IC”, IEEE International Solid-State Circuits Conference, 2007

약

	2000년 인하대학교 학사 2002년 인하대학교 석사 2002년 - 현재 삼성전자 근무 관심분야: RFID System/Modem
구 지 훈	
	1987년 서울대학교 학사 1986년 한국과학기술원 석사 2000년 서울대학교 학사 1987년 - 현재 삼성전자 근무 관심분야: RFID Reader / Tag
민 형 훈	
	1985년 연세대학교 학사 1997년 한국과학기술원 석사 2006년 정보통신대학원(ICI)박사과정수료 1985년 - 현재 삼성전자 근무 관심분야: WPAN Solution개발 Ad-hoc/Mesh Network 구조
장 기 수	

