논문 2008-45CI-5-25

능동형 RFID의 표준적합성 시험용 에뮬레이터 설계 및 구현

(Design and Implementation of Emulator for Standard Conformance Test of Active RFID)

송 태 승*, 김 태 연*, 유 준**

(Taeseung Song, Taeyeon Kim, and Joon Lyou)

요 약

능동형 RFID 시스템은 금속재질에 취약한 수동형의 단점을 극복하는 동시에 인식거리가 길고, 인식률이 좋아 항만물류나 국방 분야에서 사용이 확대되고 있다. 하지만 동일한 표준으로 개발된 제품의 서로 간에 인식이 불가능한 사례가 보고되고 있으며, 국제적으로 정확한 평가방법 및 장치가 정립되지 않아 개발된 제품들 간의 상호 운용성 및 표준 적합성 평가에 대한 어려움이 존재한다. 본 논문에서는 능동형 RFID 시스템의 적합성 평가를 위한 에뮬레이터의 하드웨어 및 소프트웨어를 설계하고 제작하였다. 설계된 장치는 Matlab의 Simulink를 통한 시뮬레이션으로 성능을 분석하였고, 실제 능동형 RFID 태그의 표준 적합성 평가를 통해 에뮬레이터의 적용 가능성을 검증하였다.

Abstract

An active RFID system has the advantages of a long identification distance and a good identification rate as well as overcoming the passive RFID's drawback such as the lowering of identification rate on metal materials. So, the development of an active RFID system has been gradually increasing in harbor logistics and the national defense area. On the other hand, some identification failures between products developed under the same standards have been reported, and there are difficulties in evaluating the interoperability between developed products and standard conformance test, because an accurate evaluation method and equipment has not been established at the international level. Motivated by these, this study presents a realization of the hardware and software of emulator to evaluate the standard conformance of an active RFID system. Performances of the designed system are then analyzed by means of simulations of Matlab/Simulink, and the applicability of the emulator is verified by evaluating the standard conformance of a real active RFID tag.

Keywords: active RFID, emulator, standard conformance test, RF characteristic, reader, tag

I. 서 론

RFID(Radio Frequency IDentification)는 일정한 주파수 대역을 이용하여 무선방식으로 각종 인식정보를 주고받을 수 있는 기술로서, 태그, 판독기 및 데이터 수집 시스템으로 구성된다. RFID 태그는 제품에 대한 정보를 포함하고 있는 작은 컴퓨터칩이며, 제품의 내부 또는 표면에 부착할 수 있다. 판독기는 태그로 신호를 전송하거나 응답을 받는 호출 시스템이며, 태그로부터의 정보는 데이터 수집 시스템에 전송된다. 마지막으로 데이터 수집 시스템은 데이터 프로세스를 운영하는 컴퓨터로 구성되며, 네트워크에 연결되어 있다. 여기서 RFID 태그는 배터리의 유무에 따라 크게 수동형과 능동형으로 구분되며, 수동형은 판독기로부터 받은 RF 신호를 에너지로 이용하기 때문에 인식거리가 짧으며, 가격이 싸고, 반영구적으로 사용할 수 있는 장점이 있다. 반면에, 능동형은 수동형에 비하여 가격이 비싸고, 태그 내부에 있는 전원부의 수명이 유한하기 때문에 태그의 수명이 유한해지는 단점이 있지만 인식거리 및 인식률이 좋은 장점을 가진다. 항만물류분야에서 컨테이너 관리에 주로 사용되는 능동형 RFID 기술은 컨테이너 내

* 학생회원, ** 평생회원-교신저자, 충남대학교 전자공학과
(Dept. of Electronics Engineering, Chungnam National University)
접수일자 : 2008년7월21일, 수정완료일: 2008년9월8일

용물에 관한 정보를 담고 있는 데이터 태그와 컨테이너의 봉인 여부를 관리하는 전자봉인(e-Seal) 태그로 응용된다. 여기서 데이터 태그는 국제표준인 ISO/IEC 18000-7을 따라 UHF(433 MHz) 대역을 사용하며, 전자봉인 태그의 경우 2007년 5월 부산에서 개최된 국제표준화기구 기술위원회(ISO TC104) 회의에서 UHF(433 MHz)와 M/W(2.45 GHz) 대역을 동시에 지원하는 듀얼밴드 태그로 표준이 확정되어 이 표준을 만족하는 제품이 개발되고 있다[1~6].

그런데 기술개발 초기에 있는 능동형 RFID 시스템의 경우 수동형과 다르게 개발된 제품 상호간에 호환성이 제대로 이루어지지 않아 실제로 동일한 표준으로 개발되어도, 해당 기업 엔지니어의 표준에 대한 이해도에 따라 달리 설계되어 서로 간에 인식이 불가능한 사례가 발생되고 있는 실정이다[7~8]. 따라서 재현성을 유지하며 표준의 적합성을 평가할 수 있는 에뮬레이터가 반드시 필요하다. 하지만 900 MHz 대역 수동형 RFID 시스템의 에뮬레이터에 대한 연구사례는 보고되고 있으나[9~10], 433 MHz 대역 능동형 RFID 시스템의 에뮬레이터에 관한 연구는 아직까지 이루어지고 있지 않다.

본 논문에서는 능동형 RFID 판독기 및 태그의 표준적합성 시험을 효율적이고 신뢰성을 가질 수 있도록 하기 위한 에뮬레이터의 하드웨어 및 소프트웨어를 설계하고 구현된 결과를 제시한다. 구현된 시스템의 성능검증을 위해 Matlab을 이용한 시뮬레이션을 수행하고, 또한 실제 능동형 RFID 태그를 전자파 무반사실에서의 표준적합성 시험을 통해 에뮬레이터 장치의 활용 가능성을 타진한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 능동형 RFID 에뮬레이터를 설계하고, Matlab을 이용한 모의실험으로 성능을 분석한다. Ⅲ장에서는 제안하는 설계에 따라 시스템을 구현하고, 실제 적합성 평가를 통해 활용가능성을 보인다. 마지막 Ⅳ장에서는 결론 및 향후 연구로 마무리한다.

Ⅱ. 능동형 RFID 에뮬레이터 설계

1. 시스템 구조

능동형 RFID 에뮬레이터는 주파수 변조 방식(FSK; Frequency Shift Keying)을 갖는 직접변환송수신기(Direct Conversion Receiver) 구조를 갖는다. 송신과 수신은 동일 주파수를 사용하기 때문에 시분할 듀플렉스(TDD; Time Division Duplex)를 통해 송수신 신호를 구분하게 된다. 그림 1에 능동형 RFID 에뮬레이터

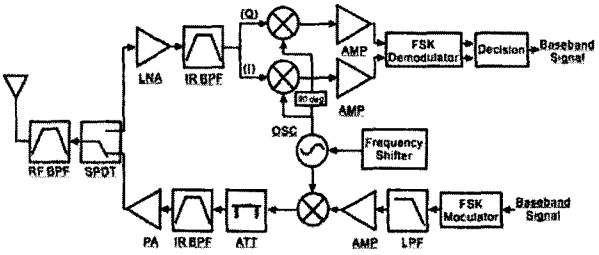


그림 1. 능동형 RFID 에뮬레이터의 송수신기 구조
Fig. 1. A structure of transceiver for active RFID emulator.

의 송수신기 구조를 나타내었다.

2. 시스템 요구사항

수신 전력은 안테나의 공중선 전력이 0 dBi 일 때 수신기는 5.6 dBm 이하의 첨두 전력을 가지도록 설계된다. 능동형 RFID 태그의 유효방사전력(P_{EIRP})이 5.6 dBm 일 때, 자유공간상에서 d 만큼 떨어진 거리에서 얻을 수 있는 RFID 판독기의 수신 전력(P_{rec})은 식(1)과 같다. 이때, G_{rec}는 수신기의 이득, λ는 반송파의 파장이다. 따라서 거리에 따른 수신 전력은 그림 2와 같다.

$$P_{rec} = P_{EIRP} G_{rec} \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (1)$$

위 그림 2에서 송신기에서 5.6 dBm의 송신전력을 가질 때, 100 m 거리에서 수신되는 전력은 -60 dB를 가짐을 알 수 있다. 따라서 최소 100 m 이상의 인식거리를 갖기 위해 수신부는 -60 dBm 이상의 수신 감도가 요구된다. 수신감도는 수신 기기의 출력에서 신호대잡음비(SNR) 혹은 비트 에러율(BER) 등이 규정한 값이 되기 위한 최소 신호 입력을 말한다. 즉, 수신기가 얼마

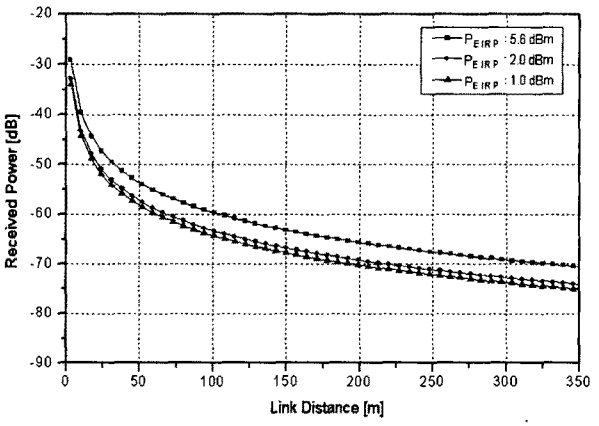


그림 2. 거리에 따른 수신전력
Fig. 2. The receiving power depending on distance.

나 작은 신호까지 충분히 복원할 수 있는가를 나타내는 특성 항목이다. 수신 감도는 수신기의 입력 저항에 따른 열잡음 전력(N), 내부 잡음의 정도를 나타내는 잡음지수(NF), 수신기의 잡음 대역폭(B = 500 kHz), 요구되는 출력의 신호대잡음비(SNR)에 의해 식 (2), (3)과 같이 결정된다.

$$MDS = (N_{in})_{\mathrm{dBm}} + (NF)_{\mathrm{dB}} + (10\log B)_{\mathrm{dB}} \quad (2)$$

$$(P_{min})_{\mathrm{dBm}} = (MDS)_{\mathrm{dB}} + (CNR)_{\mathrm{dB}} \quad (3)$$

최소감지신호(MDS; Minimum Detectable Signal)는 시스템의 잡음지수(NF)가 10 dB 일 경우, -107 dB가 된다. 3 dB의 반송파대잡음비(CNR)를 갖는 수신감도는 최소 -104 dBm이 된다.

$$N_{in} = kT = (1.38\times10^{-23} joules/\mathrm{K})\times 290\mathrm{K} = -174\ \mathrm{dBm} \quad (4)$$

$$(NF)_{\mathrm{dB}} = (SNR_{in})_{\mathrm{dB}} - (SNR_{out})_{\mathrm{dB}} = 10\log F \quad (5)$$

$$F_{total} = F_1 + \frac{(F_2-1)}{G_1} + \frac{(F_3-1)}{G_1 G_2} + \cdots \quad (6)$$

또한 반송파대잡음비(CNR)는 식(7)로 표현된다.

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{\mathrm{dB}} = 10\log\left(\frac{R\times E_b}{B\times N_0}\right) = \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{\mathrm{dB}} - (PG)_{\mathrm{dB}} \quad (7)$$

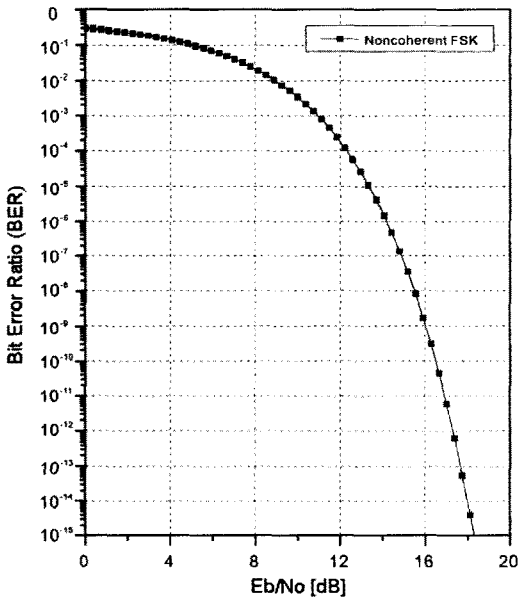


그림 3. Noncoherent FSK 시스템의 BER 특성 그래프
Fig. 3. A graph of BER characteristic for Noncoherent FSK system.

여기서 E_b/N_0는 데이터 1 비트당 신호전력과 잡음전력의 비(dB)를 나타낸다. R은 데이터 전송률, B는 대역폭이며, Noncoherent FSK 시스템의 경우, 비트 에러의 확률은 식(8)과 같다.

$$P_E = \frac{1}{2}e^{-\frac{E_b}{N_0}} \quad (8)$$

본 논문에서 설계하고자 하는 능동형 RFID의 적합성 평가용 에뮬레이터는 대역폭(B)이 500 kHz, 데이터전송률(R)이 27.7 kbps 이다. 그림 3과 같이 능동형 RFID와 같은 Noncoherent FSK 시스템의 BER 특성 그래프에서 비트에러율(BER)이 10^{-6} 일 때, E_b/N_0는 대략 14 dB가 요구된다. 따라서 요구되는 반송파대잡음비(CNR)는 1.435 dB가 된다[11].

3. 송수신부 성능분석

본 논문에서 제안하는 능동형 RFID 시스템의 성능분석은 국제규격인 ISO/IEC 18000-7의 에어인터페이스를 바탕으로 제시된 값을 참고하여 분석하고자 한다. 자세한 내용은 표 1과 같다[12~13].

송신부는 코드화 된 정보에 최소의 왜곡으로 원하는 신호를 RF 캐리어로 변조하여 증폭하는 것이다. 본 논문에서는 성능을 나타내는 여러 파라미터 중에 시스템 특성상 출력 전력에 중점을 맞추어 생각해 보고자 한다. 그림 4와 같이 기저대역으로부터 받은 신호의 크기가 peak-to-peak 전압으로 200 mV일 경우, 대략 -10 dBm의 크기를 가지며, 각 단을 거친 출력 전력은 아래 표 2와 같이 계산된다.

그림 5에 나타낸 RF 수신부의 목적은 수신되는 에너지를 최소한의 왜곡으로 유용한 신호로 처리하는데 있다. 수신부가 얼마나 기능을 잘 수행하는지는 내부 회로와 작업 환경이 시스템 설계의 주요한 함수가 되는

표 1. ISO/IEC 18000-7 규격에 따른 링크 변수
Table 1. A link parameter according to ISO/IEC 18000-7.

변수	값
Carrier Frequency	433.92 MHz
Operating Frequency Accuracy	20 ppm
Modulation Type	FSK
Frequency Deviation	± 50 kHz
Symbol LOW	Fc + 50 kHz
Symbol HIGH	Fc - 50 kHz
Modulation rate	27.7 kHz
Minimum Receiver Bandwidth	500 kHz

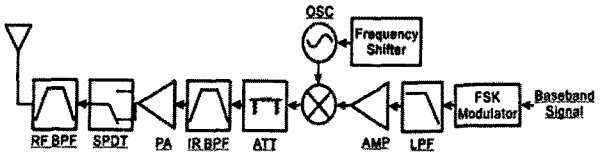


그림 4. 능동형 RFID 에뮬레이터의 송신부 구조
Fig. 4. A structure of transmitter for active RFID emulator.

표 2. 송신부 성능분석
Table 2. The performance analysis of transmitter.

Signal [dB]	In	LPF	AMP	Mixer	ATT	IR BPF	PA	SPDT	RF BPF	Tx Ant	Out
Gain		-0.01	13.53	-19.12	-6.24	-0.30	28.54	-0.80	-0.01	0.01	
Running Gain		-0.01	13.52	-5.61	-11.85	-12.15	16.40	15.60	15.59	15.60	
Running Signal	-10	-10.01	3.52	-15.61	-21.85	-22.15	6.40	5.60	5.59	5.60	5.60

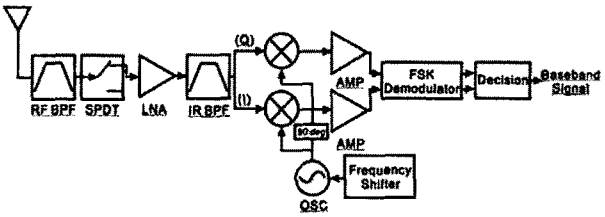


그림 5. 능동형 RFID 에뮬레이터의 수신부 구조
Fig. 5. A structure of receiver for active RFID emulator.

표 3. 수신부 성능분석
Table 3. The performance analysis of receiver.

Signal	In	RF BPF	SPDT	LNA	IR BPF	Mixer	AMP	Out
Gain [dB]		-0.01	-0.80	20.30	-0.30	-19.12	13.57	
NF [dB]		0.01	0.80	0.90	0.30	14.00	1.80	
Running Gain [dB]		-0.01	-0.81	19.49	19.19	0.07	13.64	
Running Signal [dBm]	-60.00	-60.01	-60.81	-40.51	-40.81	-59.93	-46.36	-46.36
Running NF [dB]		0.01	0.81	1.71	1.71	2.49	3.58	
MDS [dB]	-113.43	- NF : Noise Figure - CNR : Carrier to Noise Ratio - MDS : Minimum Detection Signal - Sensitivity (dB) = MDS (dB) + CNR (dB)						
Required CNR [dB]	1.44							
Sensitivity [dB]	-112.00							

이유이다. 주로 사용되는 수신부 성능 요소는 수신 감도, 수신 선택도, 스퓨리어스 응답 제한, 상호 변조 제한 등이 있으며, 본 시스템의 성능 분석에서는 수신 감도에 대해서 살펴본다. 수신 감도는 수신부가 얼마나 약한 신호 레벨에 감응하는지를 나타낸다. 아날로그 통신에서는 수신부 출력에서 적정 신호대잡음비를 보장하는 수신부 입력의 최소 RF 전력을 말하며, 디지털 통신에서는 수신부 출력에서의 수용 가능한 최대 비트에러율(*BER*)을 보장하는 수신부 입력의 최소 RF 전력을 말한다. 여기서 최소값의 기준은 열잡음으로 한다.

수신부의 감도는 27.7 kbps의 데이터 전송률을 가질 때, 요구되는 *C/N*을 대략 9.43 dB를 만족하는 수신 감도는 식(9)의 계산과 같다. 따라서 외부잡음을 제외한 열잡음만을 고려하여 계산된 수신감도는 아래 표 3과 같이 -112 dBm이다.

$$\begin{aligned}(P_{min})_{\mathrm{dBm}} &= N_{\mathrm{dB}} + B_{\mathrm{dB}} + NF_{\mathrm{dB}} + CNR_{\mathrm{dB}} \\ &= -174 + 57 + 3.58 + 1.44 \\ &= -111.98\end{aligned} \tag{9}$$

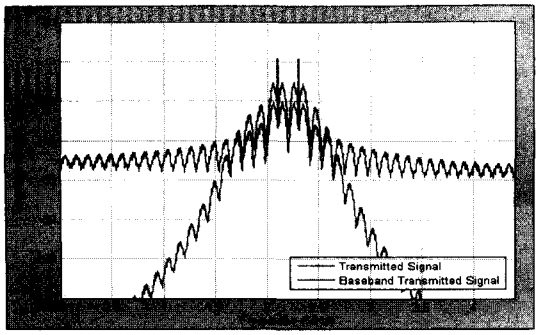
4. 모의실험

433 MHz 능동형 RFID 에뮬레이터의 시스템 분석을 위해 Matlab의 Simulink를 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 구현하였다. 구현된 각각의 통신 블록은 실제 제작되는 평가 장치의 부품과 유사하도록 모델링하고, 특히 그림 6과 같이 아날로그 부품인 Mixer의 경우는 특성 파라미터를 직접 측정하여 측정된 값을 시뮬레이션에 적용하였다.

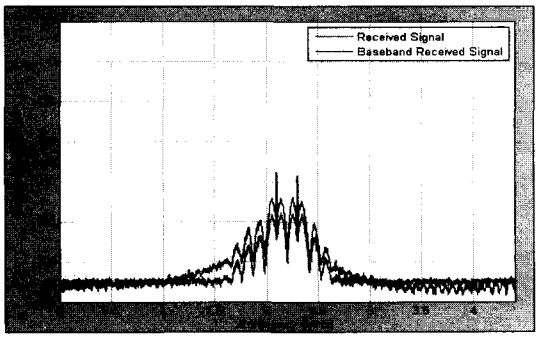
이번 시뮬레이션에서는 맨체스터 코딩을 갖는 랜덤 신호를 생성하여 FSK 변조 후 송신되며, 송신된 신호는 자유공간 손실을 고려하여 복조한 후, 생성된 신호와 비교를 통해 에러율을 계산하도록 구성된다. 이때, 데이터 전송률은 27.7 kbps를 갖는다. 50 kHz의 주파수 편이를 갖도록 FSK 변조를 한 후, 저역통과여파기를 통과한 신호는 RF 송신단에 입력되어, 중심주파수 433.92 MHz를 갖으며, 200 kHz의 점유주파수 대역폭을 갖는 송신신호를 생성한다. 생성된 송신신호는 안테나 이득이 0 dBi 일 때, 국내 규정에 따라 수신 전력이 5.6 dBm을 넘지 않도록 한다. 그림 7은 수행된 시뮬레이션에서 생성된 송신 및 수신신호의 스펙트럼을 나타낸다.

수신된 신호의 복조과정은 포락선 검파를 통해 수행된다. 이때 자유공간 경로 손실은 433.92 MHz 주파수

그림 6. Mixer의 특성 파라미터 측정 장면
Fig. 6. A measuring scene of characteristic parameter for mixer.



(a) 송신신호



(b) 수신신호

그림 7. 송신 및 수신신호의 스펙트럼 분석
Fig. 7. A spectrum analysis of TX and RX signal.

에서 100 m 떨어진 거리에서 대략 65 dB를 갖으며 포락선 검파를 통해 얻어진 신호는 비교기를 통해 '0'과 '1'을 구분하여 복조된다. 복조된 신호파형은 생성된 신호와 비교하며, 에러를 확인할 수 있다.

Ⅲ. 시스템 구현 및 검증

1. 하드웨어 및 소프트웨어 제작

능동형 RFID 평가용 에뮬레이터의 구성은 크게 무선신호 전달을 위한 RF 모듈, 측정된 데이터를 처리하고, 가공하는 FPGA 모듈과 평가 장치에 운영체제 탑재를 위한 CPU 모듈로 나눌 수 있다. 전체 시스템의 개략적은 구성은 그림 8과 같다. RF 모듈은 크게 송신블록, 수신블록, 주파수 생성블록으로 구성되며, 안테나, 디지털부 및 전원부와 인터페이스를 가진다. FPGA 모듈은 CPU로부터의 제어명령 판별하여 RF 모듈을 송·수신 모드로 제어하며 데이터를 처리한다. 마지막으로 CPU 모듈은 송신 및 수신을 완료 후 완료 메시지 및 데이터를 제어용 컴퓨터에 전송한다. 그림 9에서는 RF 모듈 및 FPGA, CPU 모듈간의 데이터 전송관계를 나타내고,

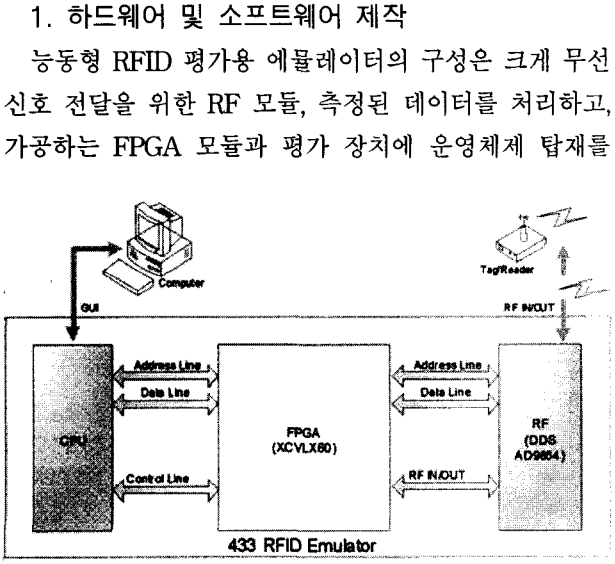


그림 8. 에뮬레이터 시스템 전체 구성도
Fig. 8. A schematic view of the overall system.

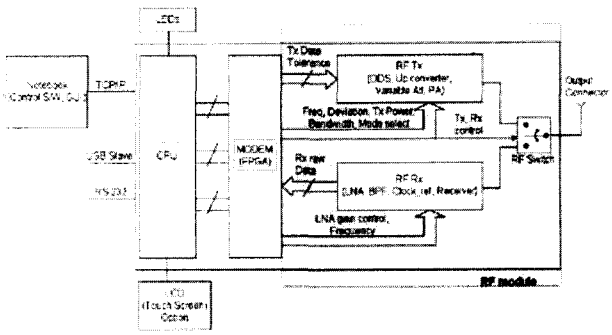


그림 9. 에뮬레이터 모듈간의 데이터 전송관계
Fig. 9. A data flow of the emulator modules.

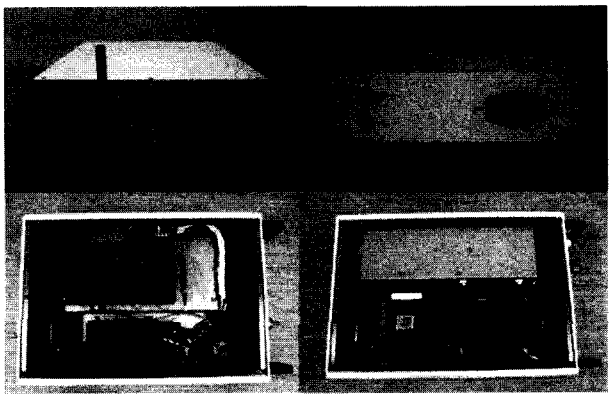


그림 10. 제작된 능동형 RFID 평가용 에뮬레이터
Fig. 10. A view of the overall system.

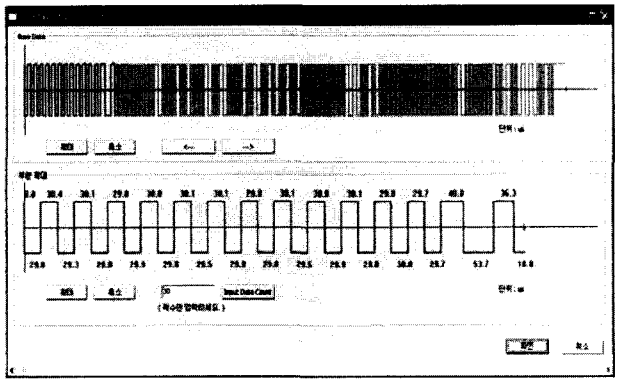


그림 11. 소프트웨어의 물리적인 데이터 화면
Fig. 11. A picture of physical data in the software.

그림 10은 제작된 에뮬레이터의 실제 모습이다.

본 논문에서 C-언어를 이용하여 작성된 제어 소프트웨어는 433 MHz 능동형 RFID 에뮬레이터의 사용자 프로그램으로서 태그 모드 및 판독기 모드 두 가지 기능을 가지고, ISO/IEC 18000-7 규격에 의한 표준 적합성 시험에 활용된다. 소프트웨어는 초기 구동에서 평가 대상의 어드레스 및 포트를 설정할 수 있으며 하드웨어적인 설정값을 입력한다. 또한 그림 11과 같이 물리적인 데이터를 화면에서 직접 확인 및 계산하므로서 측정자가 정확하고 편리하게 표준 규격의 부합여부를 판단할 수 있다.

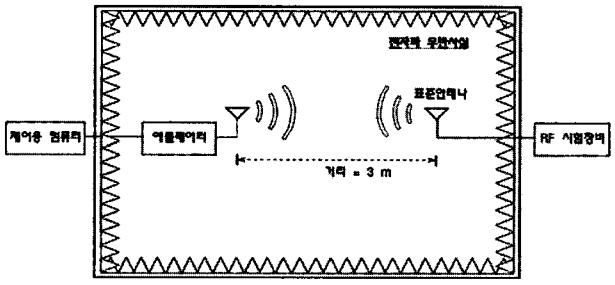
2. 실험 및 고찰

본 논문에서 설계한 능동형 RFID용 에뮬레이터의 성능을 평가하기 위해 그림 12와 같은 시험 환경을 전자파 무반사실에 구성했다.

에뮬레이터로부터 생성되는 carrier, wakeup 및 preamble 송신 신호는 수신 안테나로 수신되고, 스펙트럼 분석기 등의 RF 시험 장비를 통해 계측된다. 측정된 송신 신호의 정확도를 분석하여, 제작된 에뮬레이터의 성능을 평가했다. 본 논문에서 제안하는 에뮬레이터는 시험대상인 능동형 RFID 태그 및 판독기가 국제표준인 ISO/IEC 18000-7에 부합여부를 판단해야 하므로 동작주파수 정확도가 표준에서 명시된 ± 20 ppm보다 더욱 정확해야 하고, FM 편차 및 비트 주기 등이 조정 가능해야 한다. 표 4는 제작된 에뮬레이터의 성능평가 결과

표 4. 에뮬레이터의 성능평가 결과 요약
Table 4. A summary of performance evaluation of emulator.

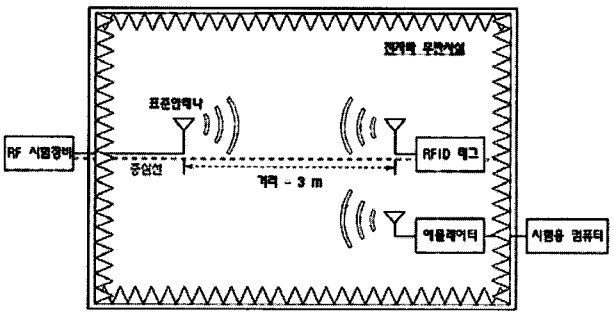
변수	사양	
	표준 규격	에뮬레이터
동작주파수	433.92 MHz	433.92 MHz
동작주파수 정확도	± 20 ppm	± 1 ppm
점유대역폭	200 kHz	200 kHz
최소수신대역폭	500 kHz	500 kHz
FM 편차	± 50 kHz	± 50 kHz
FM 편차 조정	불가능	가능
비트 주기	200 ppm	200 ppm
비트 주기 조정	불가능	가능
무변조 신호 생성	불가능	가능
송신출력 설정 및 조정	불가능	가능
wake-up 신호 생성	불가능	가능
각종 명령어 생성	불가능	가능



(a) 구성도

(b) 실제 측정 장면

그림 12. 능동형 RFID용 에뮬레이터의 성능평가
Fig. 12. A performance evaluation of active RFID emulator.



(a) 구성도

(b) 실제 측정 장면

그림 13. 능동형 RFID 태그의 표준적합성 시험
Fig. 13. A conformance testing of active RFID tag.

를 요약한 내용으로 국제표준에서 제시된 사양 이상의 성능 결과를 얻었다.

따라서 우리는 제작된 에뮬레이터를 이용하여 실제 능동형 RFID 태그 20개에 대해 적합성 평가를 수행하여 활용 가능함을 판단했다. 평가를 수행한 항목은 먼저 송신출력시험으로 능동형 RFID 시스템의 안테나 복사전력(EIRP)이 최대 5.6 dBm 미만임을 확인한다. 측정대상인 능동형 RFID 태그의 경우, 패키징 후 안테나 단자가 외부로 돌출되지 않아 분해하지 않는 한 전도성 송신출력 측정이 불가능하다. 따라서 제작된 에뮬레이터를 통해 송신된 wake-up 신호에 대한 태그의 응답을 수신안테나를 통해 측정하여 분석하였다. 다음은 동작주파수 정확도 시험으로 능동형 RFID 시스템의 송신 주파수 안정도를 평가하기 위한 시험 항목으로 측정된 주파수가 설정된 주파수 대비 오차가 ± 20 ppm 즉 ± 8.6784 kHz 이내인지 확인하였다. 마지막으로 주파수 편이 시험은 RFID 태그의 FSK 변조 주파수의 편이(deviation)를 측정하는 시험으로 측정된 신호를 얻어 RMS 주파수 편차가 (40~55) kHz 이내임을 측정하고 분석하였다. 그림 13은 능동형 RFID 태그의 표준 적합성 시험을 위한 구성을 나타내며, 그림 14부터 16은 평가된 20개의 태그에 대한 결과를 요약한 그래프이다. 시험 결과 본 논문을 통해 설계되고 제작된 에뮬레이터를 실제 능동형 RFID 시스템의 표준 적합성 평가에 충분히 활용 가능함을 보였다.

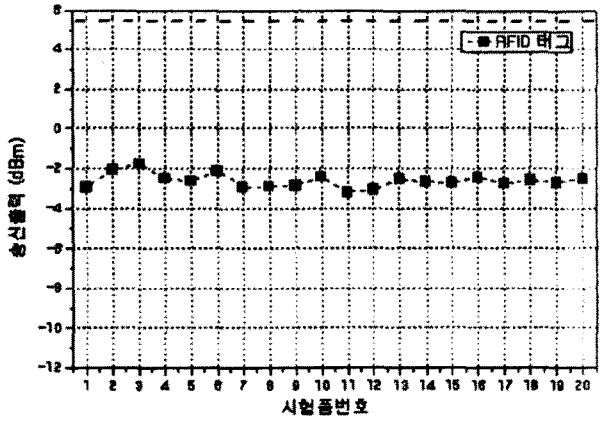


그림 14. 송신출력 측정결과
Fig. 14. Test results of transmitting power.

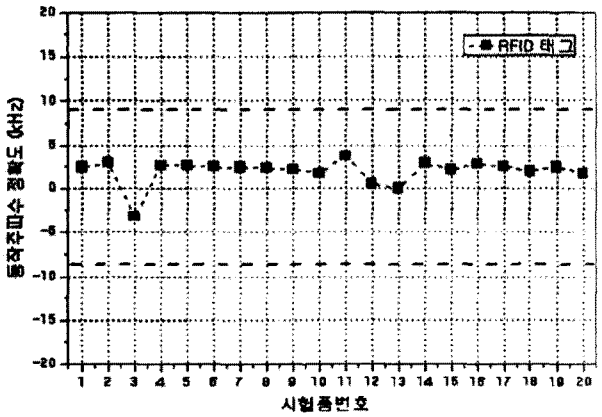


그림 15. 동작주파수 정확도 측정결과
Fig. 15. Test results of operating frequency accuracy.

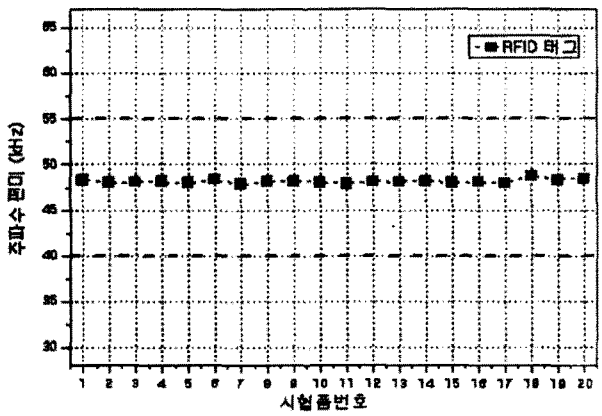


그림 16. 주파수 편이 측정결과
Fig. 16. Test results of frequency deviation.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 능동형 RFID의 표준적합성 시험용 에뮬레이터를 설계하고 구현하였다. 개발된 에뮬레이터는 표준적합성 시험을 위한 재현성을 갖는 표준 신호 발생기로서 에뮬레이터에서 시험대상 판독기 및 태그에 명령을 제공하고, 또는 응답할 수 있도록 설계되었으며, 표준 신호를 통한 판독기 및 태그의 오동작을 확인할 수 있다. 또한, 평가 장치에 임의의 기능변경(송신 출력, 주파수 편이, 비트율 정확도 등)을 통해 시험품이 갖고 있는 각종 에러 및 이상동작을 확인하고, 이를 통해 개선하도록 하였다.

또한 제작된 에뮬레이터의 성능평가를 통해 동작 주파수를 최대 ± 1 ppm 까지 정확히 가변이 가능함을 검증하였고, 실제 능동형 RFID 태그의 표준적합성 평가를 통해 에뮬레이터의 적용 가능성을 타진하였다. 향후 연구과제로는 제작된 에뮬레이터를 활용하여 실제 판독기 및 태그의 표준 적합성 평가에서 여러 시험항목에 대한 평가방법을 개선하고, 측정 불확도를 향상하는 것이다.

참 고 문 헌

[1] K. Finkenzeller, RFID Handbook, Fundamentals and applications in contactless smart cards and identification, Second Edition, Wiley, 2003.

[2] 황기현, 장원태, 심현준, "PXA255 ARM칩을 활용한 임베디드 RFID R/W 시스템 개발," 전자공학회 논문지, 제43권 SC편, 제6호, 61~67쪽, 2006.

[3] 박인정, 현택영, "RFID를 이용한 작업관리 시스템," 전자공학회 논문지, 제44권 CI편, 제2호, 31~36쪽, 2007.

[4] 정원수, 박용민, 오영환, "임베디드 기반의 RFID 도서관리 시스템," 전자공학회 논문지, 제44권 TC편, 제4호, 72~79쪽, 2007.

[5] H. Cho, Y. Baek, "Design and implementation of an active RFID system platform," IEEE SAINT Workshops, 2006.

[6] 최종희, 김수엽, 이호춘, 항만물류 선진화를 위한 RFID 기술 도입 방안, 한국해양수산개발원, 2007.

[7] W. Yoon, S. Chung, S. Lee, "Implementation of a 433 MHz active RFID system for U-Port," IEEE Conference on ACT, vol. 1, pp. 106~109, 2007.

[8] 이왕상, 송태승, 고병각, 이수연, 능동형 RFID 기기에 대한 상호운용성 검증 대회 결과보고서, 한국산업기술시험원, 2006.

[9] R. Redemske, R. Fletcher, "Design of UHF RFID emulators with applications to RFID testing and data transport," IEEE Workshop on AIAT, pp. 193~198, 2005.

[10] 임형무, 양진길, 문영주, 배성우, "상용 툴 및 계측장비를 이용한 가상의 리더와 태그 애뮬레이터 시스템 구현," 한국 RFID/USN 협회 연구논문 공모전 논문집, 2005.

[11] B. Sklar, Digital Communications: Fundamentals and Applications, 2nd Ed., Prentice Hall, 2001.

[12] ISO/IEC 18000-7, Information technology-Radio frequency identification for item management-Part 7: Parameters for active air interface communications at 433 MHz, ISO/IEC, 2006.

[13] ISO/IEC 18047-7, Information technology-Radio frequency identification for item management-Part 7: Parameters for active air interface communications at 433 MHz, ISO/IEC, 2004.

저 자 소 개

송 태 승(학생회원)

1997년 충남대학교 전자공학과 학사 졸업.

1999년 충남대학교 대학원 전자공학과 석사 졸업.

2007년 충남대학교 대학원 전자공학과 박사 수료.

2000년~현재 한국산업기술시험원 전자파팀 선임연구원.

<주관심분야 : RFID/USN, 전자파적합성(EMC)>

김 태 연(학생회원)

2006년 충남대학교 전자공학과 학사 졸업.

2006년~현재 충남대학교 대학원 전자공학과 석박사과정.

<주관심분야 : RFID/USN, 제어시스템, 자율이동로봇 등>

유 준(평생회원)

1978년 서울대학교 전자공학과 학사 졸업.

1980년 한국과학기술원 전기전자공학과 석사 졸업.

1984년 한국과학기술원 전기전자공학과 박사 졸업.

1984년 9월~현재 충남대학교 전기정보통신공학부 교수.

1989년 2월~1990년 2월 미쉬건 주립대학교 객원 교수.

1993년12월~1994년 2월 독일 후라운호퍼 생산공학 및 자동화(IPA) 연구소 방문연구원.

1997년 2월~1998년 2월 캘리포니아 주립대학교 (데이비스) 객원교수.

<주관심분야 : 산업공정제어, 센서신호처리, IT 기반 로봇, 항법시스템 등>