

# 스마트 기기 신호 간섭에 의한 수동형 UHF 대역 RFID 태그의 인식 거리 감소에 관한 연구

## Read Range Reduction in Passive UHF RFID Tag by Smart Device Signal Interference

권 종 원 · 송 태 승 · 조 원 서

Jongwon Kwon · Taeseung Song · Wonseo Cho

### 요 약

현재 단품 단위 태깅(Item-level tagging)을 위한 UHF 대역 RFID Tag는 원거리 인식 거리와 저가 등의 장점들 때문에 유통산업 현장에서 폭발적으로 확대·보급되고 있다. 그러나 스마트폰과 태블릿 시장의 확대에 따라 실제 현장에서는 RFID 태그와 스마트 기기 간의 신호 간섭 문제가 예상된다. 이로 인해 RFID 태그는 인식을 및 인식 거리 감소 등 성능 저하가 발생하고 있다. 특히 KT에서는 최근 900 MHz 대역의 LTE 주파수와 구형 RFID 기술의 심각한 간섭 문제를 시연회를 통해 강조하였다. 이에 따라 본 논문에서는 스마트 기기로부터 송신되는 신호로부터 수동형 UHF 대역 RFID 태그의 간섭 내성 측정 방법을 제안한다. 또한, 시중에 유통 중인 3개의 RFID 태그용 인레이(Inlay)를 선정하여 신호 간섭에 따른 인식 거리 감소 결과를 PCR 지수를 이용하여 정량적으로 비교 평가하였다. 그 결과, 신호 간섭 영향 측면에서 WCDMA 시스템에 비해 LTE 시스템이 약 3배 정도 강하며, 일부 태그의 인식 거리 성능은 약 60 % 저하되었다.

### Abstract

The passive UHF RFID tags for item-level tagging are now explosively used in the supply chain and retail applications as they have several advantages, the two most relevant are cost and a longer read range. However, the signal interference problem between RFID tags and smart devices in real world is expected according to the smart-phone and tablet market growth together. The performance of RFID tags can be significantly less. The popular examples are the read-success rates and read range reduction. Especially, KT Corp. recently emphasized the serious signal interference at 900 MHz of LTE and old RFID frequencies through their public demonstration. By popular demands, this paper suggests the interference tolerance measurement method between the passive UHF RFID tag and the transmitted signal from a smart device. In addition, we selected three passive UHF RFID tags(Inlay) available on the market and quantitatively evaluated read range reduction results by interference signals using the PCR(Performance Change Rates) index. As a result, the LTE system is about three times as effective as the WCDMA system in terms of interference effects, and the read range performance of two RFID tags about 60 % drop.

Key words: Passive UHF RFID Tag, Interference Tolerance, Measurement, Read Range

「본 연구는 한국산업기술진흥원의 산업융합기반구축사업에 의하여 추진 중인 『무선인식기술 제품 품질 비교 분석 및 산업화 지원 기반 구축』 지원 사업(과제번호: N0000406)의 일환으로 연구되었음.」

한국산업기술시험원 정보통신본부(ICT Division, Korea Testing Laboratory)

· Manuscript received August 23, 2013 ; Revised January 9, 2014 ; Accepted January 13, 2014. (ID No. 20130823-17S)

· Corresponding Author: Taeseung Song(e-mail: tssong@ktl.re.kr)

## I. 서 론

현재 전 세계적으로 RFID 기술에 대한 관심이 증가하면서 우리의 일상생활 속에서 교통카드, 자산관리, 재고관리 등 다양한 산업 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 특히 의약품 관리, 의류 재고 관리 등 단품 단위 태깅(Item-level Tagging)에 대한 관심이 급부상하고 있다. 이에 따라 우리 정부에서도 RFID 산업 활성화를 위하여 2015년까지 2조 원의 RFID 시장 창출을 위한 정책을 추진하고 있다. 특히, 제약·주류·패션·식품·택배·가전·자동차 7대 전략 분야를 지정하여 유통 물류 분야를 중심으로 향후 국방, 환경, 의료, 항공, IT 등 다양한 산업 분야에 RFID 기술을 적용할 계획을 제시하였다<sup>[1]</sup>.

특히 RFID 기술 중 수동형 UHF RFID 시스템은 기존의 스마트 카드와 같은 HF RFID 시스템에 비하여 긴 인식 거리와 태그 제작 가격에 있어서 유리한 장점이 있어, 전 세계적으로 유통, 물류 등의 용도에 가장 적합하다고 평가되고 있으며, 특히 최근 단품 단위 태깅에 적극적으로 활용되고 있다. 예를 들어 미국의 월마트와 아메리칸 어퍼럴 등과 같은 대형 유통회사 및 대형 패션 업체에서는 이미 RFID 기술을 도입하여 물품 도난 방지부터 실시간 재고 관리, 물품 위치 추적 관리 등을 통해 유통 선진화를 이끌어 내어 업무 시간 절감, 매출 증대 등 명확한 ROI를 확인하고 있다.

우리 정부도 전 산업에 RFID 기술을 성공적으로 정착시키고자 2005년부터 활발히 기술 경쟁력을 키워왔으며, 정부 주도의 IT 확산 사업을 통해 RFID 서비스 확대를 가속화하였으나, 주변 적용 환경에 따른 태그 인식률 및 인식 거리 저하, 이에 따른 태그 수명 단축 등 RFID 기술의 품질 및 신뢰성 부재로 인하여 RFID 확산에 장애요소로 작용하고 있는 것이 현실이다. 특히 RFID 기술 중 RFID 태그는 매우 중요한 요소 기술로, 태그와 리더 간의 인식 거리 제한, 태그 가격 절감 및 크기 축소 한계 등의 문제 해결이 먼저 필요하다<sup>[2]</sup>.

본 논문에서는 스마트폰과 태블릿 PC와 같은 스마트 기기들이 보급이 급증하고, 이에 따라 데이터 사용량이 폭발적으로 증가하고 있는 추세에 맞춰 LTE 시스템과 WCDMA 시스템서 송출되는 신호가 수동형 UHF RFID

태그의 인식 거리 성능에 어느 정도의 영향을 미치는지 확인하고자 간섭 내성 시험 방법을 제안하고, 시중에 유통 중인 3종의 RFID 태그를 선정하여 각각의 신호 간섭에 대한 내성을 정량적으로 평가하기 위하여 PCR(Performance Change Rates) 지수를 활용하여 비교 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 수동형 UHF RFID 시스템에서 발생하는 간섭에 대하여 설명하고, 간섭 영향력을 정량적으로 비교 평가할 수 있는 성능지표로 PCR 개념을 제시한다. 3장에서는 간섭 내성 시험 환경 및 조건에 대해 시험품 선정부터 인식 거리 측정 방법, 간섭 신호 인가 방법까지 시험의 재현성을 위해 세부적으로 기술하였다. 4장에서는 각 제품 별로 간섭 신호 인가 전후의 인식 거리를 측정하여 PCR 지수로 계산하고, 각 제품의 간섭 내성을 비교 분석하였다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺었다.

## II. 수동형 UHF RFID 간섭 모델 및 관련이론

수동형 UHF RFID 시스템은 원하는 정보를 송수신하기 위해 RFID 리더와 고유한 ID 값을 저장하고 있는 수동형 RFID 태그로 그림 1과 같이 구성된다<sup>[3]</sup>. 수동형 UHF RFID 시스템의 신호전달 과정은 순방향 링크와 역방향 링크로 구분된다. 순방향 링크는 RFID 리더가 태그로부터 원하는 정보를 얻기 위해 수행하는 모든 준비 과정을 의미하며, 역방향 링크는 명령 신호 및 태그의 전원을 공급하는 CW(Continuous Wave) 신호의 전송부터 태그의 고유한 ID 값을 역산란 과정을 통해 리더로 전달하는 과정을 의미한다<sup>[8]</sup>.

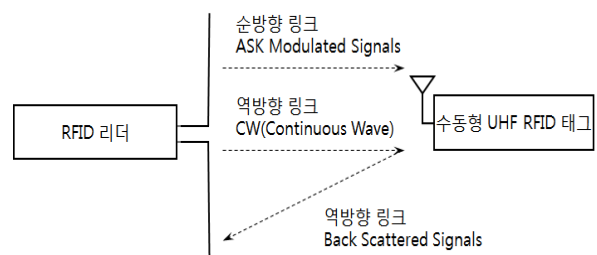


그림 1. 수동형 UHF RFID 시스템의 구성 및 통신 방식  
Fig. 1. Components of passive UHF RFID system and communication method.

일반적으로 수동형 UHF 대역의 RFID의 경우, 순방향 인식 거리와 역방향 인식 거리 중 작은 값에 의해 결정된다. 만약 자유공간을 가정하면 순방향 링크의 인식 거리는 수 km까지 신호가 전달되고, 역방향 링크의 인식 거리의 경우 수 m만 전달될 수 있다. 즉, 순방향 링크와 역방향 링크의 가역성이 성립하지 않는 것이 기존 통신 방식과 가장 큰 차이점이다. 따라서 하나의 RFID 리더로부터 송신되는 신호는 다른 리더 및 태그 간의 통신에 간섭을 발생시킬 수 있는 리더 간 간섭과 리더의 인식영역이 중복된 곳에 태그가 위치할 경우 발생할 수 있는 다중 리더에 의한 태그 간섭이 발생할 수 있다<sup>[9],[11]</sup>.

본 논문에서 사용한 RFID, LTE 시스템과 WCDMA 시스템의 통신 주파수는 표 1과 같다. 수동 RFID 고정 리더의 경우, 917~920.9 MHz 대역을 사용하고 있으며 2, 5, 8, 11, 14, 17 채널은 수 m의 인식 거리를 얻기 위해 최대 4 W의 고출력이 가능하도록 규정되어 있다. 이동형의 경우, 920.9~923.5 MHz 대역을 사용하고, 20~32 채널까지 수십 cm의 인식 거리를 만족하기 위해 최대 200 mW 출력을 사용할 수 있도록 규정에 명시되어 있다. 특히, RFID는 200 kHz 간격으로 중심 주파수가 지정되어 있고, 그 이상의 대역폭이 필요한 경우는 여러 채널을 붙여 활용할 수 있다. 반면, LTE의 주파수의 경우, 3GPP 36.101 스펙에 따라 Band 1부터 Band 44까지 구분된다. 본 논문에서는 RFID 대역과 가장 인접한 Band 5(824~894 MHz) 대역과의 간섭 영향을 평가하였다. WCDMA는 국내 보편적으로 많이 사용되고 있는 1,920~2,170 MHz에 대해 평가하였다.

표 1. RFID, LTE 시스템과 WCDMA 시스템의 통신 주파수  
Table 1. Operating frequency of RFID, LTE and WCDMA system.

구분		동작 주파수
RFID	고정형	917~920.9 MHz
	이동형	920.9~923.5 MHz
LTE	송신 (TX)	824~839 MHz
	수신 (RX)	869~884 MHz
WCDMA	송신 (TX)	1,922.8~1,977.2 MHz
	수신 (RX)	2,112.8~2,167.2 MHz

각 통신 시스템의 동작 주파수들은 모두 직접적으로 중첩되지는 않지만, RFID 시스템은 주변에서 많이 사용되고 있는 인접 전자파 신호에 대해 영향을 받을 것으로 예상된다. 본 논문에서는 동작 주파수 중첩에 의한 간섭 영향보다 주변 환경에서 쉽게 노출될 수 있는 이동통신 관련 전자파 신호 간섭에 의해 얼마만큼의 인식 거리 변화가 발생하는지에 초점을 두고 있다.

그림 2는 스마트 기기와 수동형 UHF RFID 태그 간의 간섭 모델을 정의하기 위하여, 리더 간 간섭 모델을 바탕으로 다시 정의한 간섭 모델이다<sup>[2]</sup>. 하나의 RFID 태그는 RFID 리더의 인식 영역 안에 위치하고, 인접 주파수 영역에서 동작하는 LTE 시스템과 다른 주파수 영역에서 동작하는 WCDMA 시스템은 RFID 태그에 영향을 줄 수 있는 범위에 위치한다. RFID 리더와 간섭원 사이의 거리는  $d$  이고,  $R_{max}$ 는 간섭원이 없는 경우 리더가 태그를 인식할 수 있는 거리이다. 이때, 리더는 무지향성 안테나로 가정하여 그림 2와 같이 인식 거리는 원형의 형태를 갖는다. 이때 간섭원이 간섭 신호를 인가할 경우, RFID 태그에서 전송된 *Back-scattered Signal*은 영향을 받아 인식 거리가 *Rreduction*으로 줄게 된다.

다음은 RFID 리더와 수동형 UHF RFID 태그 간의 인식 거리를 계산하기 위한 원리에 대해 살펴본다. 수동형 UHF RFID 태그의 인식 거리 성능을 계산하기 위해서는 우선 태그가 동작하기 위한 최소 전력을 측정해야 한다.

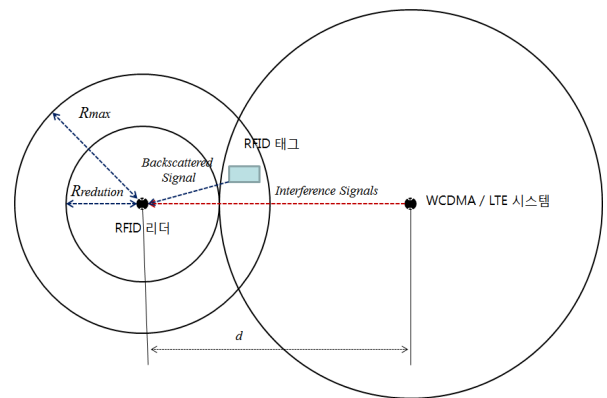


그림 2. 스마트 기기와 수동형 UHF RFID 태그 간의 간섭 모델

Fig. 2. Interference model between smart device and passive UHF RFID tag.

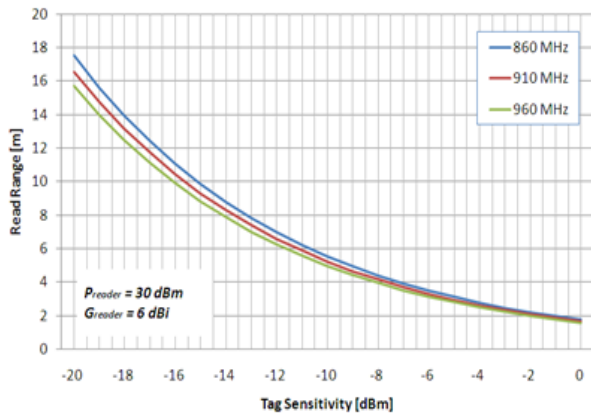


그림 3. RFID 태그 수신감도와 인식 거리의 관계<sup>[4]</sup>  
 Fig. 3. Relation between RFID tag sensitivity and reading range<sup>[4]</sup>.

이는 RFID 태그 측에서의 최소 전력을 구하기 때문에 순방향 링크에 해당되며, 이 경우 리더에서 송출된 반송파는 자유공간의 경로손실 모델인 Friis 공식에 따라 거리의 제곱에 반비례하여 전자기장 에너지가 급격히 저하된다. RFID 태그 안테나의 최소 수신 전력은 다음 식 (1)과 같이 정의된다<sup>[5]</sup>.

$$\begin{aligned}
 S_{tag} &= P_{reader} \times G_{reader} \times G_{tag} \times \left( \frac{\lambda}{4\pi R_{read}} \right)^2 \\
 &= EIRP \times G_{tag} \times \left( \frac{\lambda}{4\pi R_{read}} \right)^2
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기에서,  $S_{tag}$ 는 태그 안테나의 최소 수신 전력,  $P_{reader}$ 는 리더의 송신 전력,  $G_{reader}$ 는 리더 안테나의 이득,  $\lambda$ 는 파장,  $R_{read}$ 는 리더와 태그 간의 인식 거리이다. 이에 따라 태그의 최소 수신 전력과 인식 거리의 관계를 식 (1)로부터 그림 3과 같이 도출할 수 있다. 이때 인식 거리를 산출하기 위해  $S_{tag}$ 는 0 dBm부터 -20 dBm까지 단계적으로 증가시켰으며, 리더의 송신 전력  $P_{reader}$ 는 30 dBm, 리더 안테나 이득  $G_{reader}$ 는 6 dBi, 태그 안테나 이득  $G_{tag}$ 는 1.5 dBi,  $\lambda$ 는 각 주파수 대역별로 860 MHz는 0.35 m, 910 MHz는 0.33 m, 960 MHz는 0.31 m로 가정하여 계산하였다<sup>[4]</sup>. 일반적으로 이상적인 다이폴 안테나의 이득은 2.13 dBi이지만, 본 논문에서 사용한 태그의 안테나는 유사한 다이폴 형태를 가지므로 태그 안테나의 이득

$G_{tag}$ 를 1.5 dBi로 가정하였다. 또한, 각 태그의 IC 성능이 각기 상이하지만 태그 IC의 감도(Sensitivity)는 동일한 것으로 간주한다.

마지막으로 본 논문에서는 RFID 리더와 태그 간의 인식 거리 성능 변화를 정량적으로 평가하기 위하여 PCR (Performance Change Rates)을 정의하였다. PCR 계산은 간섭원의 영향을 받지 않은 상태에서 인식 거리 성능 ( $R_{before}$ )에서 간섭원의 신호를 인가하여 간섭을 발생시킨 후 인식 거리 성능( $R_{after}$ )을 뺀 다음 절대 값을 취한 후, 원래의 간섭원의 영향을 받지 않은 상태에서의 인식 거리 성능으로 나누어 주면 된다. 식 (2)는 PCR 산출 계산식을 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 PCR &= \frac{|R_{before} - R_{after}|}{R_{before}} \\
 \text{단, } R_{before} - R_{after} &\leq 0 \text{ 면 PCR}=0\text{임.}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

만일, 식 (2)의 PCR이 0이라면 RFID 태그 간섭원으로 부터 간섭을 받지 않음을 나타내며, 마찬가지로 PCR이 1이라면 RFID 태그가 간섭원으로부터의 영향에 의해 RFID 리더가 전혀 인식할 수 없음을 의미한다.

### III. 간섭내성 시험환경 및 조건

#### 3-1 시험품 선정

본 절에서는 시중에 유통 중인 수동형 UHF RFID 태그 (인레이)에 대하여 간섭 내성 특성을 비교 분석하기 위하여 국내의 3종의 제품을 선정하였다. 그림 4는 선정된 태

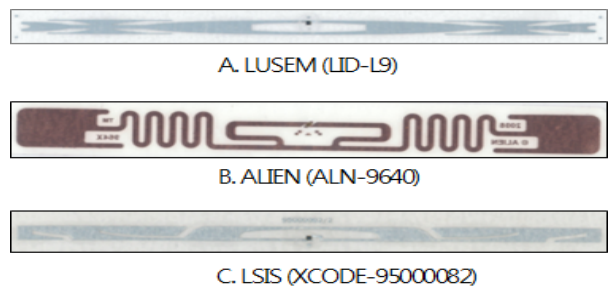


그림 4. 선정된 수동형 UHF RFID 태그(인레이) 3종  
 Fig. 4. 3 Types of selected passive UHF RFID tags.

표 2. 선정된 수동형 UHF RFID 태그의 사양  
Table 2. Specifications of selected passive UHF RFID tags.

제품명	태그 제조사	적용 chip 모델	안테나 사이즈(mm)
LID-L9	루셈	Inpinj(TI), Monza 3	95×3
ALN-9640	Alien Technology	Alien, Higgs3	94.8×8.1
XCODE-95000082	LS 산전	Inpinj(TI), Monza 3	95×3

그 3종을 보여주고 있으며, 표 2에서 볼 수 있듯이 선정된 수동형 UHF RFID 태그 제품은 유사한 다이폴 안테나 형태를 가지고 있으며, EPCglobal Class-1 Gen-2 프로토콜을 지원하는 각기 다른 Chip으로 구성된다. 또한, 안테나 사이즈는 가로 길이가 약 95 mm인 제품들을 선정하였다.

### 3-2 시험환경

수동형 UHF RFID 태그 인식 거리 시험환경은 ISO 18000-6 Type A, B, C와 EPCglobal UHF Class-1 Gen-2 규격<sup>[12],[14]</sup>을 만족하는 RFID 에뮬레이터와 신호생성기, 스펙트럼분석기, 전파무반사실(Anechoic Chamber)로 구성된다. 그림 5는 EPCglobal의 Tag Performance Parameters and Test Methods (Version 1.1.3) 표준 문서에 정의된 수동형 UHF RFID 태그 인식 거리 시험 구성도를 보여준다. RFID 에뮬레이터는 오스트리아 CICS社의 RFID MeETS

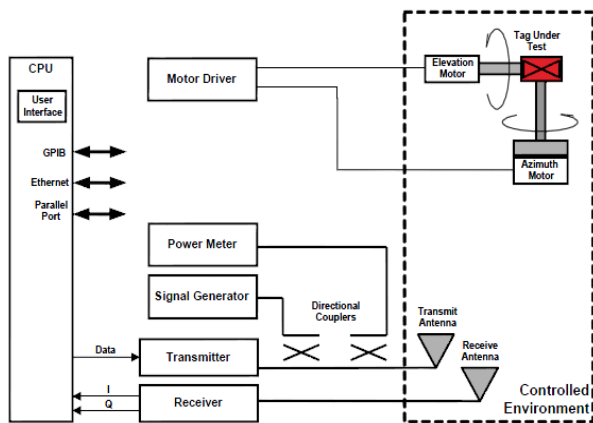


그림 5. RFID 태그 인식 거리 시험 구성도  
Fig. 5. RFID tag read range test configuration.

제품을 활용하였고, 전파 무반사실은 안테나 등 전파를 방사하는 장치를 측정하기 위한 방으로, 벽면에 전파 흡수체를 발라 내부에서 방출한 전파가 반사하지 않도록 하는 공간을 말하며, EPCglobal에서 인정받은 국내 최초 공인 성능시험기관인 한국산업기술시험원 무선인식기술센터에서 시험하였다. 이 공간의 시험환경은  $23^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 의 온도로 20 %에서 60 %의 습도 상태로 엄격하게 제어된다<sup>[6],[7],[9],[10]</sup>.

수동형 UHF RFID 태그의 간섭 내성 시험을 위한 전파 무반사실 내부 환경 설정은 EPCglobal 표준에 만족되는 인식 거리 시험환경 중 간섭 내성 시험을 위해 WCDMA 통신과 LTE 통신 환경을 구축하기 위해 두 종류의 신호 발생기를 설치하였다. WCDMA 신호 발생을 위해 R&S社의 CMU200 Call Box를 이용하였고, LTE 신호 발생을 위해 R&S사의 CMW500 Call Box를 이용하였다. 이들 장비는 다양한 무선 기술 환경의 DUT(Device Under Test)의 성능을 측정할 수 있도록 기지국 역할을 할 수 있도록 설계되어 있다. 마지막으로 Call Box 장비들과 통신연결을 위한 스마트 기기로서 두 가지 통신방식을 모두 지원하는 삼성전자의 갤럭시 탭 10.1을 활용하였다. 스마트 기기는 전파무반사실 내에 위치하며, WCDMA 통신 시 스마트 디바이스는 태그로부터 RFID 안테나와 같은 방향으로 3 cm 이격되어 위치하고, LTE 통신 시 태그와 직각 방향으로 3 cm 이격시켜서 측정하였다. 그림 6은 전파 무반사실 내부 구성도를 보여주며, 그림 7은 간섭 내성 시험환경 사진을 보여준다.

### 3-3 시험 방법

간섭 내성 시험 방법은 EPCglobal의 Tag Performance Parameters and test Method 표준문서<sup>[13]</sup> 8절에 기술된 시험 방법에 따라 인식 거리 시험을 진행하였으며, 수정된 부분은 측정의 정밀도를 높이기 위해 리더의 EIRP Power Step 0.25 dB에서 0.1 dB로 변경하여 진행하였다. 인식 거리 시험 절차는 다음과 같이 6단계로 요약될 수 있다.

- ① 시험 대상 RFID 태그를 스치로폼 재질로 된 테이블 위에 Rx 안테나와 직선상에 위치시킨다.
- ② 신호의 크기는 태그의 응답을 받을 수 있는 최소의

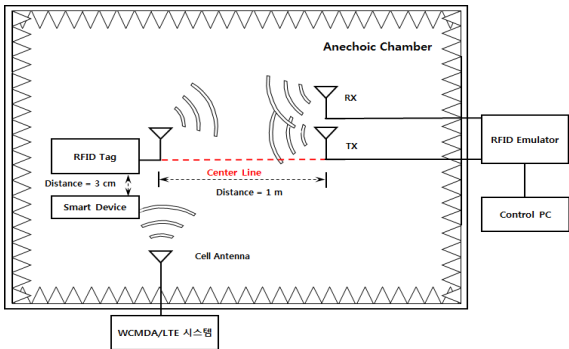


그림 6. 간섭 내성 시험을 위한 전파 무반사실 내부 구성도  
 Fig. 6. Anechoic chamber internal configuration for interference tolerance test.

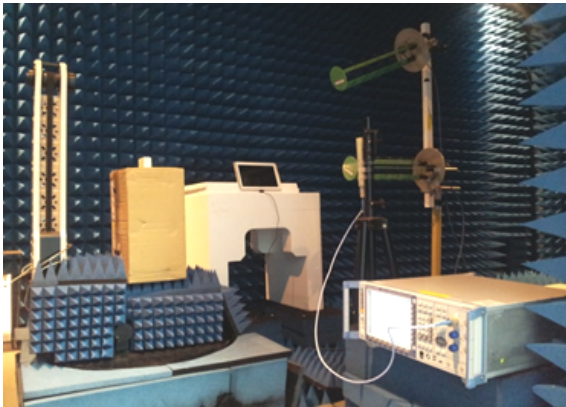


그림 7. 간섭 내성 시험 환경  
 Fig. 7. Interference tolerance test environment.

EIRP로 전송한다.

- ③ 성공 인식률을 읽고 모니터링하기 위해서 설정된 주파수의 PR-ASK 신호를 반복적으로 전송한다.
- ④ EIRP는 0.1 dB 단위로 성공 인식률이 50%가 될 때까지 단계적으로 증가시킨 후 그 시점의 EIRP를 기록한다.
- ⑤ ④에서 기록된 EIRP에 1 dB를 증가시킨 후, 0.1 dB 단위로 성공 인식률이 50%가 될 때까지 단계적으로 감소시킨 후 그 시점의 EIRP를 기록한다.
- ⑥ 위에서 기록된 두 개의 EIRP 값의 평균을 계산하고, 다음과 같은 식 (3)에 따라 인식 거리를 계산한다.

$$\text{인식 거리(m)} = r \times 10^{\left(\frac{35 - \overline{EIRP}_{TX}}{20}\right)} \quad (3)$$

여기서,  $r$ 은 태그와 Rx 안테나 간의 거리(m)  
 $\overline{EIRP}_{TX}$ 는 전송 EIRP의 평균(dBm)

#### IV. 간섭내성 측정 결과

먼저 WCDMA와 LTE 시스템으로부터 방사되는 전자파에 의해 발생하는 간섭 영향을 측정하기 전 RFID 태그의 대표 동작 주파수를 선택하기 위해 수행되었다. 그 결과, 그림 8과 같이 동작 주파수에 따라 태그의 인식 거리 성능 측면에서 크게 차이가 나고 있지 않음을 확인할 수 있으며, 이에 따라 국내 RFID 기술기준에 의거하여 현장에서 주로 많이 활용되고 있는 920 MHz 동작 주파수에서의 인식 거리 성능 변화를 대표적으로 살펴본다.

다음 그림 9부터 그림 11까지는 동작 주파수 920 MHz

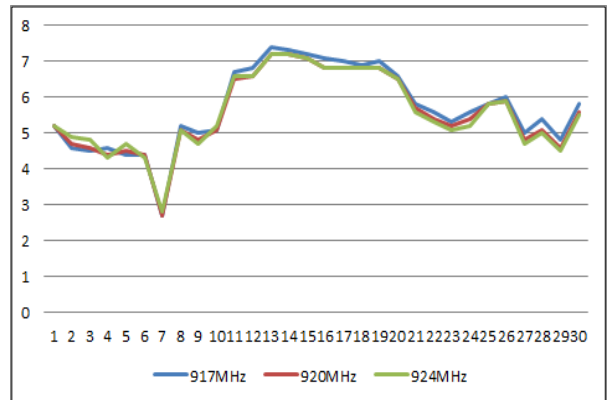


그림 8. 동작 주파수 별 인식 거리 편차  
 Fig. 8. Read range deviation by operating frequency.

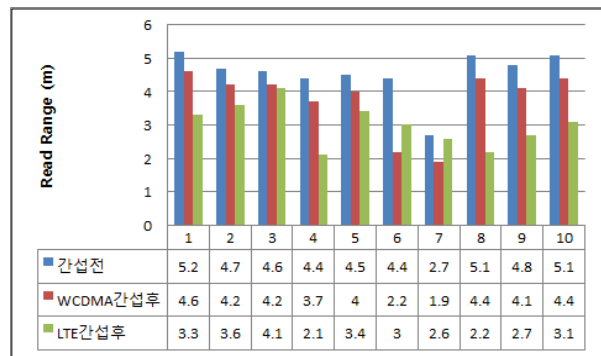


그림 9. A 태그의 인식 거리 변화  
 Fig. 9. Change of read range in A tags.

표 3. RFID 태그 별 사전 사후 평균 인식 거리  
Table 3. Mean of read range by RFID tags.

평균	전자파간섭 전			전자파간섭 후 (WCDMA)			전자파간섭 후 (LTE)		
	Read range (m)			Read range (m)			Read range (m)		
	917 MHz	920 MHz	924 MHz	917 MHz	920 MHz	924 MHz	917 MHz	920 MHz	924 MHz
A	4.57	4.55	4.60	3.84	3.77	3.76	3.06	3.01	2.96
B	7.00	6.83	6.84	5.70	5.53	5.46	2.10	2.00	2.19
C	5.51	5.35	5.26	4.57	4.36	4.21	1.94	1.90	1.93

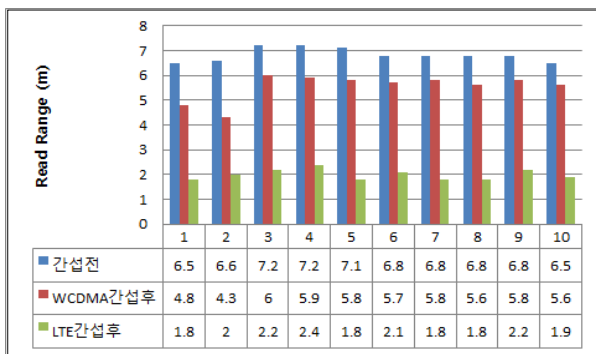


그림 10. B 태그의 인식 거리 변화  
Fig. 10. Change of read range in B tags.

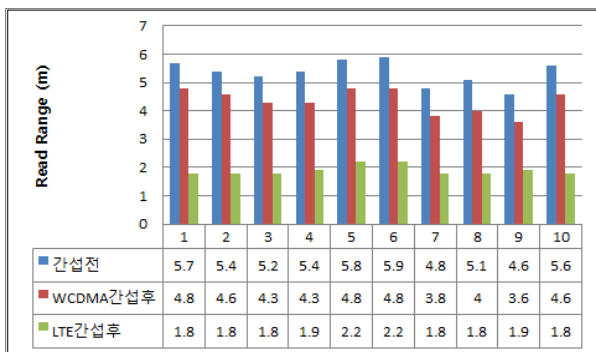


그림 11. C 태그의 인식 거리 변화  
Fig. 11. Change of read range in C tags.

대역에서의 간섭 신호에 따른 각 태그별 인식 거리 성능 변화를 비교하여 보여준다. 그 결과, WCDMA 시스템에서 방사되는 전자파보다 LTE 시스템에서 방사되는 전자파에 대해 두 배 이상의 영향을 받고 있음을 확인할 수 있다. 또한, 각 태그의 특성에 따라 간섭 신호 내성 특성에서 차이가 남을 알 수 있다. 지금까지의 시험 결과를 종합

하면 RFID 태그는 WCDMA, LTE 등 다양한 간섭 신호에 영향을 받는 것을 알 수 있으며, 이러한 신호원들은 사람이 필수 불가결하게 몸에 지니고 다니는 모바일 기기의 신호원에 해당되기 때문에 RFID 태그 공정 시 설계 마진에 반드시 반영되어야 하는 항목임을 알 수 있다.

표 3은 3개의 태그 제품에 대하여 태그 별 각각 10개씩 동작 주파수 별로 간섭 전 인식 거리를 측정하고, WCDMA와 LTE 신호 간섭에 노출시킨 상태에서의 동일한 방법으로 인식 거리를 측정한 평균 값이다. A 태그의 경우, WCDMA 신호 간섭에 약 12 %, LTE 신호 간섭의 경우 약 20 %의 인식 거리 저하를 보이고 있다. B 태그의 경우, WCDMA 신호 간섭에 약 20 %, LTE 신호 간섭의 경우, 약 62 %의 인식 거리 저하를 보였으며, C 태그의 경우, WCDMA 간섭 신호에 약 12 %, LTE 간섭 신호의 경우, 약 56 %의 인식 거리 저하를 보였다.

표 4는 3개의 태그 제품에 대하여 태그 별 간섭 내성에 대한 PCR 지수를 산출한 결과이다. 그 결과, WCDMA 신호 간섭에 비해 LTE 신호 간섭이 더 큰 것을 확인할 수 있으며, B와 C 제품이 특히 취약함을 알 수 있다.

표 4. RFID 태그 별 간섭 내성 PCR 지수  
Table 4. PCR index for interference tolerance by RFID tags.

구분	전자파 간섭후 (WCDMA)			전자파 간섭후 (LTE)		
	917 MHz	920 MHz	924 MHz	917 MHz	920 MHz	924 MHz
A	0.160	0.171	0.183	0.330	0.338	0.357
B	0.186	0.190	0.202	0.700	0.707	0.680
C	0.171	0.185	0.200	0.648	0.645	0.633

## V. 결 론

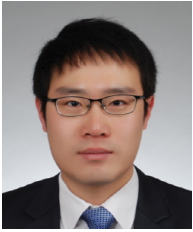
본 논문에서는 시중에 유통 중인 UHF 대역 RFID 태그 3종에 대하여 스마트 기기와의 주파수 간섭 영향을 정량적으로 분석하였다. 간섭 영향을 정량적으로 분석하기 위하여 간섭 모델 및 시험 방법을 제시하고, PCR 값을 산출하여 비교분석하였다. 본 논문에서 제시한 PCR 값은 RFID 시스템 설치 시 발생하는 스마트 기기와의 간섭뿐만 아니라 리더 간 간섭의 양을 정량적으로 제시할 수 있으며, 이는 실제 실험환경을 무반사실에서 구축함으로써 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과는 UHF 대역 RFID 시스템에서 발생하는 주파수 간섭 문제를 정량적으로 분석한 논문으로서 국내 RFID 도입 및 산업 활성화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

## References

- [1] 윤현구, 강민수, 장병준, "908.5~914 MHz 대역에서 RFID와 USN 시스템의 주파수 공유 조건에 관한 연구", 한국전자과학회논문지, 19(6), pp. 647-656, 2008년 6월.
- [2] 장병준, 최선웅, 윤현구, "비면허 기기 간 주파수 공동 사용을 위한 MAC 계층 기반의 간섭 분석 및 간섭 완화 정책", 한국전자과학회논문지, 24(8), pp. 841-848, 2013년 8월.
- [3] 윤현구, 장병준, "국내 RFID/USN 대역에서 PHY/MAC 계층을 모두 고려한 주파수 공동사용 분석 방법", 한국전자과학회논문지, 24(1), pp. 73-81, 2013년 1월.
- [4] 김진원, 채윤경, "의약분야 RFID 태그 성능평가에 관한 연구", 한국통신학회 동계종합학술발표회, pp. 870-871, 2013년.
- [5] 지식경제부, "+α 산업 육성전략-RFID 확산 전략", 2011년.
- [6] 주해중, 김영춘, 이의수, 조문택, "RFID emulator를 이용한 Tag 인식 거리 시험 연구", 한국산학기술학회논문지, 12(10), pp. 4536-4542, 2011년.
- [7] H. Yojima, Y. Tanaka, Y. Umeda, O. Takyu, M. Nakayama, and K. Kodama, "Analysis of read range for UHF passive RFID tags in close proximity with dynamic impedance measurement of tag ICs", *Radio and Wireless Symposium(RWS), 2011 IEEE*, pp. 110, 113, Jan. 2011.
- [8] K. Finkenzeller, *RFID Handbook: Radio-Frequency Identification Fundamentals and Applications*, Wiley, 2004.
- [9] Y. Tanaka, Y. Umeda, O. Takyu, M. Nakayama, and K. Kodama, "Change of read range for UHF passive RFID tags in close proximity", *RFID, 2009 IEEE International Conference on*, pp. 338, 345, Apr. 2009.
- [10] W. Strauss, S. Kraus, M. Hartmann, C. Grabowski, and J. Bernhard, "Read range measurements of UHF RFID transponders in mobile anechoic chamber", *RFID, 2009 IEEE International Conference on*, pp. 48, 55, Apr. 2009.
- [11] Jae-Young Jung, Hyunseok Kim, Heyung-Sub Lee, and Kyung-Whan Yeom, "An UHF RFID tag with long read range", *Microwave Conference, 2009. EuMC 2009. European*, pp. 1113, 1116, Sep. 2009-Oct. 2009.
- [12] ISO/IEC 18000-6 Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz.
- [13] EPCglobal의 Tag Performance parameters and test methods Version 1.1.3.
- [14] ISO/IEC 18046-3, Information technology radio frequency identification device conformance test methods-part 6.



권 중 원



2005년: 서울과학기술대학교 전자정보공학  
학과 (공학사)  
2008년: 서울시립대학교 전자전기컴퓨터  
공학부 (공학석사)  
2012년: 서울시립대학교 전자전기컴퓨터  
공학부 (공학박사)  
2012년 10월~현재: 한국산업기술시험원

ICT기반기술센터 선임연구원  
[주 관심분야] RFID, DLNA, M2M/IoT

조 원 서



2000년 8월: 중앙대학교 전자공학과 (공학  
박사)  
1991년 8월~현재: 한국산업기술시험원 수  
석연구원, 정보통신본부장  
2004년 9월~현재: IEC CISPR/F, CISPR/H  
Project Leader/Expert  
2008년 4월~현재: ISO TC104/SC4 Ad hoc

Group Leader  
[주 관심분야] EMI/EMC 및 RFID 국제 표준화, 근거리 통신  
기술

송 태 승



1997년: 충남대학교 전자공학과 (공학사)  
1999년: 충남대학교 전자공학과 (공학석  
사)  
2009년: 충남대학교 전자공학과 (공학박  
사)  
2012년 1월~현재: 한양대학교 겸임교수  
2005년 1월~현재: 국가기술표준원 자동

차 EMC/전기자동차/반도체분야 표준전문위원회 위원  
2000년 5월~현재: 한국산업기술시험원 ICT 기반기술센터장/  
책임연구원  
[주 관심분야] EMI/EMC, EMP, 전기자동차, ICT 융합