

# 13.56MHz & 2.45GHz Dual-band RFID Base Station System 개발에 관한 연구

이 태 윤\* · 김 응 섭\*\* · 최 문 승\*\* · 한 운 수\*\* · 조 용 철\*\*\* · 권 대 우\* · 이 창 호\*  
\*인하대학교 산업공학과 · \*\* (주)키스콤 · \*\*\*한국항만연수원 인천연수원

## A Study on Development of Base Station System for 13.56MHz & 2.45GHz Dual-band RFID

Tae-yun Lee\* · Woong-sub Kim\*\* · Moon-seung Choi\*\* · Woon-soo Han\*\*  
Yong-chul Jho\*\*\* · Dae-woo Kwon\* · Chang-ho Lee\*

\*Department of Industrial Engineering, INHA University

\*\*KISCOM, Inc. · \*\*\*Korea Port Training Institute Incheon

### Abstract

Ubiquitous application is in need of high-level technology to meet various requests for ubiquitous service. In order to adopt ubiquitous technology in not only pilot projects but also regional services, many projects like u-City are implemented in and outside the country. RFID has been known as one of the important technology to provide with core benefits of Ubiquitous services. Because each band of RFID technology has merits and demerits concurrently, single-band RFID system has limitations for various RFID services. Thus, we developed dual-band RFID system enable to provide with 13.56MHz and 2.45GHz RFID service at the same time to compensate the shortage of single-band RFID system. Also we have considered the way that the firmware would control signals without collision, studied battery life and range for tag, and made hardware for dual-band RFID service.

**Keywords :** u-City, u-Zone, RFID, Firmware, Dual band RFID

### 1. 서 론

유비쿼터스 환경의 중심 기술 중 하나인 RFID(Radio Frequency IDentification) 기술은 여러 분야의 산업 및 일상생활에 큰 편의를 제공하는 기술로 각광받고 있다.

최근에는 그동안의 시범사업의 수준에서 벗어나 지방자치단체별 다양한 u-City 구축 등의 지역 수준의 유비쿼터스 사업에도 활발히 적용되고 있다.

RFID는 무선 주파수를 활용하여 객체를 식별하는 기술로서 주파수 대역별로 다양한 분야에서 활용되고 있고 각각의 대역별로 서로 다른 장단점을 가지고 있다.

RFID에 대한 사용자의 요구가 다양해짐에 따라 단일 대역의 RFID 시스템은 이러한 요구를 충족시키는 부분에서 현실적으로 제약이 따르기 때문에 최근에는 Dual-band RFID 기술을 적용한 시스템들에 대한 요구가 증가하고 있다[6][8].

다국적 무역이나 다자간 물류에서 국가별 사용 주파수 대역의 차이 혹은 관계자 간 주파수 대역의 차이로 인해 두 개의 Tag를 사용해야 할 때, 또는 하나의 RFID 시스템 내에서 다양한 대역의 특성을 활용하는 복합적인 서비스를 제공하고자 할 때 Dual-band RFID 기술을 활용한 RFID 시스템은 비용 측면에서나 업무 효율성 측면에서 그 효과가 매우 클 것으로 기대된다.

† 본 연구는 인천정보산업진흥원의 지원에 의하여 연구되었음.

† 교신저자: 이창호, 인천시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

M · P: 010-3761-2995, E-mail: lch5601@inha.ac.kr

2009년 10월 20일접수; 2009년 12월 4일 수정본 접수; 2009년 12월 10일 게재확정

본 연구는 단일 대역의 RFID가 가지는 한계를 극복하고 두 무선 주파수 대역을 동시에 지원하는 Dual RFID 시스템의 개발을 목적으로 하였다.

지역 기반의 유비쿼터스 서비스 환경인 u-Zone을 설정하여, 다양한 디지털 콘텐츠를 제공할 수 있는 “위치정보기반 개방형 모바일 서비스 시스템 개발 사업” 중 13.56MHz와 2.45GHz 대역을 사용하는 Dual-band RFID Base Station H/W를 개발하고자 한다[3].

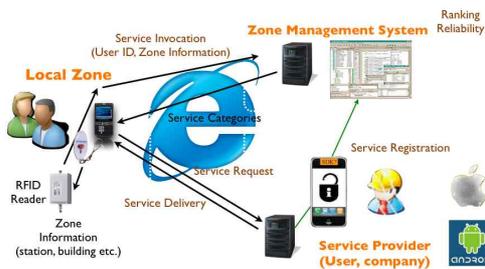
## 2. Base Station 개발

### 2.1 Base Station System 개요

본 연구의 u-Zone 서비스는 일반인이 사용하는 스마트폰과 핸드폰등의 일반적인 단말기를 이용하여 시스템이 구축된 지역에 사용자가 진입하면 해당 지역의 Zone Service를 즉시 실행 할 수 있는 맞춤형 지역기반 서비스로서, 웹기반의 SDK(Software Development Kit)를 통해 일반 사용자가 손쉽게 모바일 서비스의 제작과 적용이 가능한 서비스 체계를 말한다[3].

Base Station System은 이러한 u-Zone 서비스를 위하여 근거리·원거리 지원을 위해 각각 13.56MHz 수동형 방식 및 2.45GHz 능동형 방식의 RFID Reader를 탑재 및 Zone 정보를 할당하고, u-Zone 서버에 데이터를 전송하는 기능을 담당하는 Embedded Board로 구성된다.

또한, ISO 15693, 14443A, u-Zone 서비스 등의 규격을 지원함으로써 많이 사용하는 교통카드기능의 이용이 가능하며, 다채널 Multi Communication을 지원하는 회로와 프로토콜로 개발하였다[7].



[그림 1] u-Zone 서비스 개념도



[그림 2] Base Station System

### 2.2 u-Zone 2.45GHz RFID Reader H/W모듈

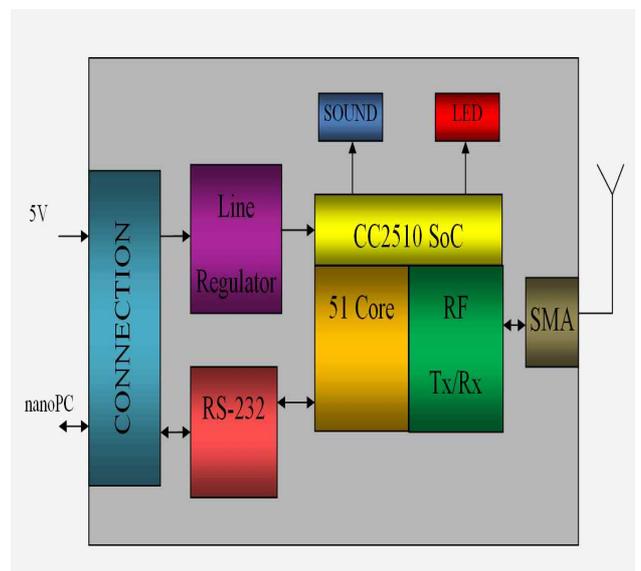
Base Station System에 탑재되는 2.45GHz Active RFID Reader는 Tag 식별능력과 추적능력을 높이기 위해 내장 Chip Component 대신 SMA Connector가 부착되어 있어, 외부 옴니 지향성 안테나를 연결하면 설치조건에 따라 5미터 이하에서 100미터까지 인식거리를 정확하게 조정하여 적용할 수 있도록 제작하였다.

특히 전력 소비를 최소화하기 위해 향상된 TI CMOS SoC(System-on-Chip)인 CC2510Fx를 사용하였으며, Data Server와의 무선 통신을 위해 802.11 무선 커뮤니케이션 표준을 지원하도록 하였다. [그림 3]은 u-Zone 2.45GHz RFID Reader Block diagram을 나타낸 것이다.

CC2510Fx은 저전력·고성능의 8051 MCU가 내장된 마이크로컨트롤러와 8051 Core를 적용하여 높은 활용도를 가진다. Two-wire Serial Interface로 In-circuit Debugging을 IAR Embedded Workbench를 이용하여 지원하며, 약 1000회의 쓰기/지우기가 가능한 내구력을 가지는 플래시 메모리를 가지고 있다. 산업표준인 I2S Interface를 적용하여 음성을 디지털 데이터로 전달하며, 모노와 스테레오를 지원한다.

주변장치로는 DMA(Direct Memory Access) 기능과 파워 온 리셋/브라운 아웃 탐지기능을 가진다. 8개의 Input ADC 채널, 프로그램 가능한 감시타이머, 16-bit 타이머 1개, 8-bit 타이머 2개, MAC 타이머 1개, Sleep 타이머 1개를 포함한다.

전력 소비를 줄이기 위하여 4종류의 Power 모드를 유연하게 사용한다.



[그림 3] u-Zone 2.45GHz RFID Reader Block diagram

- Sleep 타이머가 만기되었을 때나 외부 인터럽트를 이용하여 시스템 Wake up 가능
- PM2모드시 0.5uA 소비전력, 외부 인터럽트 또는 Sleep 타이머로 Wake up 가능
- PM3모드시 0.3uA 소비전력, 외부 인터럽트로 Wake up 가능
- Low-power Static SMOS 디자인

시스템 클럭 소스는 High speed crystal oscillator(24~27 MHz for CC2510Fx) 또는 High speed RC oscillator(12~13.5 MHz for CC2510Fx)를 지원한다.

Ultra-low power operation은 low-power RC oscillator와 선택적으로 32.768kHz로 동작이 가능하다.

2.45GHz 신호기반의 기저 대역 모뎀은 CC2500 라디오 코어를 기본으로 사용하며, 외부 필터나 RF 스위치 없이 동작이 가능하고, DMA를 사용하여 RX(Receive)와 TX(Transmit)를 높은 데이터율로 지원한다.

### 2.3 u-Zone 2.45GHz RFID Reader S/W모듈

본 연구에서는 2.45GHz Reader 펌웨어 개발을 위하여 프로젝트 매니저, 에디터, C/C++ 컴파일러, 어셈블러, 링커(linker), librarian, 디버거 툴을 포함하고 있는 IAR Embedded Workbench v7.20 에디션을 사용하였다.

SoC의 PCBs의 디자인을 위해서 in-circuit emulation과 debugging tool을 사용하는 pin header와 test points를 포함하였다. SoC CC2510Fx32는 USB 인터페이스를 통해 프로그래밍 할 수 있다.

Firmware는 KUL(K사의 Utility Layer), HPL (Hardware Programming Layer), 접근제어 소프트웨어를 포함한다.

KUL은 정보와 환경설정 명령이 송수신 되는 것을 허용하면서, 어플리케이션 프로그래머에게 u-Zone Base Station과의 통신 메커니즘을 제공한다. 소프트웨어의 KUL과 HUL layers는 2.45GHz Reader를 작업상태로 초기화 하는데 간단한 방법을 제공한다. 또한, KUL은 실행되고 있는 하드웨어와 코드에서 올바른 작동을 파악하는 자가진단 기능을 수행할 수 있다. KUL은 소프트웨어 모듈들로 구성되어 CC2510F32 chip을 위해 유용한 기능성을 제공하도록 고안된 라이브러리를 지원한다.

HPL은 u-Zone 2.45GHz RFID Reader 하드웨어에 대한 기본적인 접근을 제공하고, 하드웨어 레지스터 및 u-Zone 2.45GHz RFID Reader의 환경설정과 작동을 간단하게 할 수 있도록 라이브러리를 지원한다. 이것은 라이브러리의 기능이나 매크로를 포함하여 다른 사용자의 특정 프로그램 요소와의 충돌 가능성을 최소화 한다.

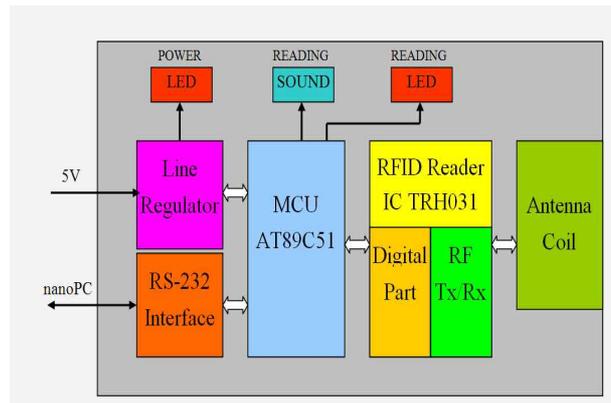
접근제어 소프트웨어는 C51과 ASM51 두 가지 프로그래밍 언어를 기반으로 개발되었다. 이 서브루틴은 보통 더 높은 레벨의 경로들을 위해 사용된다. 프로그래밍 언어 ASM51은 서브루틴의 생성과 Dual Tag의 빠른 반응을 제어하기 위해 사용된다.

### 2.4 u-Zone 13.56MHz RFID Reader H/W모듈

본 연구에서 개발한 13.56MHz RFID Reader는 AT89C51을 이용하여 Tag와 근거리에서 통신하도록 하였다. [그림 4]는 13.56MHz RFID Reader의 다이어그램이고, 세부규격은 <표 1>과 같다.

### 2.5 u-Zone 13.56MHz RFID Reader S/W모듈

u-Zone 13.56MHz RFID Reader V1.0 Firmware는 AT89C51ED2 프로세스 칩과 3ALogicTRH031 Reader 칩을 내장하고, 집약적이고 효율적으로 디자인된 프로토콜 제공한다. 저전력 RFID 어플리케이션을 사용하여 개발하였고, 8051 MCU 산업표준에 따르는 침단 멀티 프로토콜 Reader IC와 결합한다.



[그림 4] u-Zone 13.56MHz RFID Reader V1.0 Block Diagram

<표 1> u-Zone 13.56MHz RFID Reader V1.0 Specification

Specification		
Size	89 X 55 X 25 mm	
Power Supply	DC 5V 300mA	
Interface	RS-232C	
Operation Frequency	13.56MHz	
Air Interface	ISO 15693, ISO 14443A	
Read Range	ISO 15693	5 Cm 이하
	ISO 14443A	6 ~ 8 Cm

u-Zone 13.56MHz RFID Reader V1.0는 AT89C51ED2와 TRH031M을 주요한 구성요소로 포함한다.

AT89C51ED2는 높은 성능을 내는 CMOS Flash인 80C51 CMOS single 칩을 사용하는 마이크로컨트롤러로서 코드와 데이터를 위한 64Kbyte 플래시 메모리 블록을 포함한다. 64Kbyte 플래시 메모리는 ISP capability이나 소프트웨어에서 병렬 모드와 직렬 모드로 프로그램될 수 있다. 이 칩은 ISO14443 Type A, Type B, ISO 15693 통신 프로토콜 표준을 모두 지원하여 내장된 송신기 부분은 추가적인 능동회로 없이 100mm 정도의 거리의 근접작업으로 디자인된 안테나를 제어할 수 있다.

TRH031M은 ISO 15693 mode의 추가적인 전력 증폭기를 사용하여 1.5m까지 통신이 가능하다.

TRH031M의 수신기 부분은 ISO14443 Type A, Type B, ISO 15693의 compatible cards 기준의 신호 검파와 디코딩 회로를 수행하는 기능을 제공하며, 3V 전압으로 작동한다. TRH031M의 Digital 부분은 완전한 framing과 오류 검사를 제어하며 8-bit u-Processor에 직접 접속할 수 있는 직렬·병렬 인터페이스를 지원한다.

13.56MHz 펌웨어는 KUL, HPL, 접근제어 소프트웨어를 포함한다. HPL의 간단한 설치로 주변장치의 사용이 가능하며, KUL은 ISO14443 Type A, Type B, ISO 15693 표준을 따르는 RFID 프로토콜을 제공한다.

KUL과 HPL은 2.45GHz의 펌웨어와 동일한 작업을 수행하며, 13.56MHz의 KUL의 경우 AT89C51ED2 chip을 위해 유용한 기능성을 제공하도록 고안된 라이브러리를 지원한다.

접근 제어 소프트웨어는 2.45GHz와 동일하게 C51과 ASM51 두 가지 프로그래밍 언어를 기반으로 개발되었고 동일한 기능을 수행한다.

### 3. RFID Dual Tag의 개발

#### 3.1 u-Zone 13.56MHz Tag

u-Zone TG-13 V1.0 - 13.56MHz Tag는 Dual RFID 대역에서의 테스트 및 사용을 위해 개발되었다. Tag는 2 Layer PCB로 구성되어 있고 코일과 NXP MIFARE classic family standard card IC가 부착되어 있다.

u-Zone TG-13 V1.0 Tag 안에 포함된 MF1 IC S50는 PCB에 코일과 턴을 내장하고 있다. MF1 IC S50 칩은 1Kbyte EEPROM, RF-interface, Digital Control Energy와 turn으로 구성되어 MF1 IC S50에 직접 연결된 안테나를 경유하도록 구성되었다.

<표 2> u-Zone TG-13 V1.0 Tag Specification

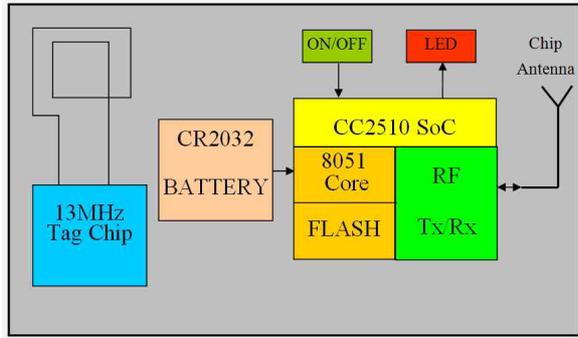
RF Interface	ISO/IEC 14443A (MIFARE RF Interface)
Operating Frequency	13.56MHz
Data transfer rate	106kbps
High data integrity	16 bit CRC, parity, bit coding, bit counting
Anti-collision	True anticollision
Typical ticketing transaction	< 100 mS
Memory	1 Kbyte
Operating distance	0.5 ~ 5cm
Dimension	25mm x 22mm x 3mm

<표 3> u-Zone TG-DUO V2.0 Tag Specification

2.4GHz Specification	
Frequency	2400~2483.5 MHz ISM/SRD band systems
Range	0~50 m
RF Output Power	0 dBm
Receiver Sensitivity	-90dBm (@540 kHz digital channel filter BW)
RSSI	0~255 (optional)
Modulation	FSK; [GFSK/MSK (differential offset QPSK)-optional]
Data Rate	250 kbps; [1.2~500 kBaudoptional]
Mode	Beacon (Default); [Tagreading/ writing-optionalsupport]
Transmission Interval	2.8 Sec. (Default) [1~255Sec. (optional)]
POWER	Battery 3V, CR2032
R	Idle current 0.5µA
13.56MHz Specification	
u-Zone TG-13 V1.0 Tag Specification과 동일함	

#### 3.2 u-Zone 2.45GHz Tag

2.45GHz를 지원하는 Tag로는 u-Zone TG-24 V1.0, V1.2, V1.3의 세 가지 버전을 개발하였다. 이러한 Tag들은 Dual Tag의 기능을 수행하기 위해 u-Zone TG-13 V1.0과의 물리적인 결합을 통해 각 주파수를 지원하는 보드층을 구현함으로써 Dual Tag의 기능을 하게 되었다. 이런 Tag들은 물리적으로 명확한 한계를 가질 수밖에 없었고, 그러한 단점을 보완하기 위해 Dual



[그림 5] u-Zone TG-DUO V2.0 Block diagram

Tag인 u-Zone TG-DUO V2.0를 개발하였다. [그림 5]는 u-Zone TG-DUO V2.0 Tag의 블록 다이어그램이고, 세부 규격은 <표 3>과 같다.

### 4. 능동형 RFID Tag 배터리 수명

#### 4.1 2.45GHz 저전력 RFID 배터리 수명과 범위

저전력 RF 휴대용 제품들은 무선 기술을 선택할 때 중대한 영향을 미치는 배터리 수명과 범위를 만족시켜야 한다[9]. 선택할 수 있는 2.45GHz 무선 기술의 표준과 재산권이 많지만 어플리케이션의 변화에 따라 배터리의 수명과 범위를 측정하기 어렵다. 무선 임베디드 컨트롤 어플리케이션은 자료 전송 속도(250 kbps)가 낮고, 저전력이며, 일반적으로 10~50m 범위에서 작동한다. 배터리 수명을 오래 유지하기 위해서는 전력소모와 범위를 정확하게 평가하여 가동 중지 시간을 최대화하고, 재시도를 최소화하고, 간섭을 피하기 위해 전류 분석을 활용할 필요가 있다.

#### 4.2 전력

일반적인 전파 간섭 환경 하에서 전력소모의 최적화를 위해 전력에 크게 영향을 미치는 매개변수를 선별한다. 일반적인 범위의 기준은 출력수준이 15mA에서 60mA인 전송/수신 전류와 sub-1μA에서 30μA에 해당하는 가동 중지상태/대기상태 전류이다.

전송/수신 모드를 제외하고는, 여러 공급자들이 Off, Hibernate, Doze, Idle, Sleep, Standby, Standby-I, Standby-II, Power Down을 포함하여 작동모드에 대해 다른 이름을 쓴다. 이러한 각각의 모드들은 칩마다 다른 기능을 가지기 때문에, 어떤 무선장비가 예상하는 성능을 제공할 것인지에 대해 알기 어렵다[10]. 각각의

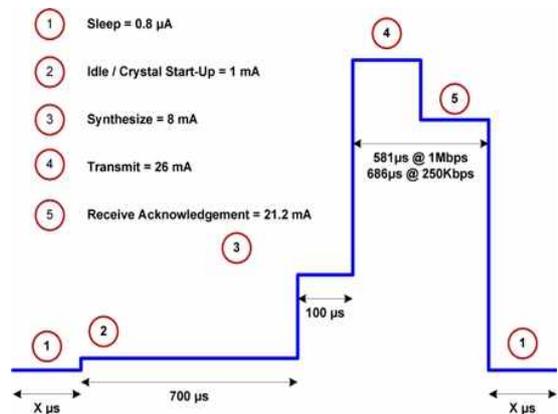
작동 모드는 다양한 수준의 전류 소모를 보이고, 무선 장치들은 각각의 모드에서 시간의 소요량이 다양하기 때문에 무선장치들을 비교할 때에는 한 번의 완전한 전송주기 동안의 평균 전력 소모를 계산하는 것이 더욱 신뢰성 있는 정보를 준다.

### 4.3 평균 전력 소비량 계산

칩 제조자들이 제공하는 하드웨어의 전력 소모량은 현실적으로 평균 전력 소모량에 대한 정보를 제공하지 않기 때문에 이를 계산하기 위해서 [그림 6]과 같이 고성능의 송수신기의 전류 분석을 도식화 하는 것이 유용하다.

[그림 6]과 같이 성능이 좋은 무선 장치가 전송을 완료하는데 보통 2ms 미만의 시간을 소요하고, 대부분의 시간은 반도체 구동과 합성 모드에 소요된다. 무선 장치는 대기 중에서 전송될 때 518μs 이하의 시간이 소요되고, 재합성할 필요가 없이 반도체를 on 상태로 두고 전송하기 위해 다음 패킷을 로딩한다. 합성 모드는 100μs의 시간을 소요하는데, 대부분의 무선장치들에서 합성기를 세팅하는데 대부분 200μs에서 400μs 정도의 필요로 한다. 전류 분석을 이용하여 무선장치들을 비교하는 것은 전력 수행을 보다 정확하지만, 전체적인 측면을 판단하기 위해서는 재전송을 고려하여야 한다.

[그림 6]의 예와 같이 전송/수신 시의 전류는 가동 중지 상태 전류에 비해 20,000배 가량 높기 때문에 2.4GHz 저전력 RF무선 장치도 전송/수신 및 휴면 모드에서의 전류를 고려하여야 한다[10]. 무선장치는 재전송 전력의 소모가 많기 때문에 지능형 프로토콜의 사용을 고려하여 가능한 가동 중지 상태를 오래 유지할 수 있고, 가동 중지 상태일 때 최소 전력을 소모하는 Radio Chip을 선택한다.



[그림 6] 송수신기의 전류분석 도식

### 4.4 범위의 영향

어플리케이션에 의한 차이와 노이즈, 다중경로 같은 환경조건하에서 통신 거리를 예측하는 것은 어렵고, 특히 물체나 무선 노드가 이동할 때 범위의 변동성이 더욱 크기 때문에 범위의 측면에서 무선 장비를 객관적으로 비교하기 위해 link budget을 사용한다.

$$\text{LINK BUDGET} = \text{최대 TX 전력} - \text{RX 민감도}$$

수신기(RX) 민감도는 반비례하기 때문에 link budget은 항상 양수 값을 갖는다. RX 민감도가 높을 때 무선 장치가 더욱 미세한 신호를 잡을 수 있기 때문에 TX 전력보다 RX 민감도가 더 중요하게 적용된다.

같은 출력의 전력에서는 더 높은 민감도를 가진 무선 장치가 보다 큰 link budget 값을 가지고, TX 전력을 극도로 제한하는 영역에서 무선 제품의 범위를 증명하는데 유용하다. <표 4>는 상용되고 있는 일부 무선 장치의 TX 전력과 RX 민감도를 분석한 표이고, link budget은 객관적인 비교를 위해 계산되었다.

각 제품의 제조사 들은 서로 다른 민감도 측정법을 제공하지만, <표 4>에서와 Link Budget 값과 같이 RX 민감도에 따라 대부분 결과 값이 달라진다.

높은 Link Budget으로 신호를 선택하는 것은 원하는 범위를 획득하기에는 좋으나, 칩의 명세서만 참고할 경우 정확한 결과를 얻을 수 없어 범위에 영향을 끼치는 칩 이외의 요소들인 Board 형태, 외장전력 증폭기, 안테나 디자인, matching network 등을 고려한다.

노이즈가 발생하는 다변하는 현실에서의 실제 어플리케이션을 테스트하는 것이 범위와 전지의 수명을 예상하는데 최선의 방법이며, 이러한 테스트를 통해 주어진 장비에서 노이즈가 전지의 수명에 얼마나 많은 영향을 끼치는지 알 수 있다. 신호와 프로토콜의 조합이 좋다면 노이즈가 발생하여도 상대적으로 일정하고 예상 가능한 평균 전력 소비를 하기 때문에 좋은 프로토콜을 만드는 것은 신호의 특징을 최적화 하는데 중요하다[7]. 전파가 방해 받는 환경을 극복하기 위해서 신호 beacon 프로토콜중 하나가 선택된다.

### 4.5 배터리 수명 측정

데이터 패킷을 송신하는 beacon 프로토콜에서 저전력 어플리케이션과 TI CC2510F SoC Tag에 사용되는 일반적인 배터리인 CR2032를 대상으로 배터리 수명 시간을 <표 5>의 전류소비를 기준으로 계산한다.

<표 4> 주요 부품의 특징표

RADIO	MAX TX POWER	RX SENSITIVITY	LINK BUDGET
Nordic nRF24L01	0 dBm	-82 dBm GFSK 2Mbps -94 dBm GFSK 250kbps (Bit Error Rate)	94 dBm 250kbps
TI CC2510	0 dBm	-90 dBm	90 dBm
Freescale MC13192	+4 dBm	-92 dBm	96 dBm
Atmel ATR2406	+4 dBm	-93 dBm	97 dBm
Cypress CYRF7936	+4 dBm	-93 dBm DSSS 250kbps -84 dBm GFSK 1Mbps	97 dBm 88 dBm
Microchip MRF24J40	0 dBm	-95 dBm	95 dBm

<표 5> SONY 리튬-망간 배터리 CR2032의 특징

규격 전압	3V
규격 용량 (2V cutoff)	220 mAh
표준 Discharge Current(under load)	0.2 mA
Discharge Load	100 Ohm/15sec

Beacon 사이클 전송에서 전류 평균소비 정의:

$$\begin{aligned} IAVRG &= (IPM2 * TPM2 + TWU * IACT - LA + TACT - TX * IACT - TX + TLED - ON * (IACT - LA + ILED)) / (TPM2 + TWU + TACT - TX + TLED - ON) \\ &= (0.5 E-3 * 3 + 100 E-6 * 4.8 + 686 E-6 * 26 + 3 E-3 * (4.8 + 2)) / (3 + 100 E-6 + 686 E-6 + 3 E-3) \\ &= (1.5 E-3 + 0.48 E-3 + 17.836 E-3 + 20.4 E-3) / (3.003786) \\ &= 40.216 / 3.003786 = 13.3884 E-3(mA) \\ &= 13.3884 \mu A \end{aligned}$$

따라서 배터리 수명 시간 TLIFE는 2년 가까운 시간이 산출된다.

$$\begin{aligned} TLIFE &= CBAT / IAVRG \\ &= 792000(mAS) / 13.3884 E-3(mA) = 59.155687 E+06 (S) \\ &= 16432 (h) = 684.67 (days) \end{aligned}$$

<표 6> TI CC2510F 칩 작업 모드에 따른 전류소비 계산

I <sub>ACT-TX</sub> , TX에서 활성화 모드로 신호, - 6dBm Output Power	18.5mA
I <sub>ACT-TX</sub> , TX에서 활성화 모드로 신호, 0dBm Output Power	26mA
T <sub>ACT-TX</sub> , TX 활성화 모드 시간	686µs
I <sub>ACT-LA</sub> , 활성화 모드, 최고 속도, Low CPU사용	4.8mA
I <sub>LED</sub> , LED current	2mA
T <sub>LED-ON</sub> , 활성화 모드 시간, Low CPU, LED-ON	3mS
T <sub>WU</sub> , Wake-Up 시간, PM2/3 -> 활성화 모드	100µs
I <sub>PM2</sub> , Sleep 모드 PM2	0.5mA
T <sub>PM2</sub> , Sleep mode 시간 (PM2)	3Sec.

### 5. 결론

본 연구에서는 최근의 유비쿼터스 서비스 요구의 증가에 따라 업무상 편의 증대와 다양한 서비스 개발을 위하여 13.56MHz와 2.45GHz 대역을 모두 지원하는 Dual Tag와 Base Station을 개발하였다. Dual 대역을 사용하여 Base Station은 근거리와 원거리를 모두 지원하고, 인식한 Tag 정보를 u-Zone 서버에 전송한다.

Base Station에서 2.45GHz RFID Reader 저전력 CC2510Fx를 사용하였고, 옴니 지향성 안테나를 연결 시 5m~100m까지의 범위를 조정하도록 제작하였다.

13.56MHz 펌웨어는 KUL, HPL, 접근제어 소프트웨어를 포함하며, KUL의 경우 ISO14443 Type A, Type B, ISO 15693 표준을 따르는 RFID 프로토콜로 개발하였다. AT89C51ED2 프로세스 칩과 3ALogicTRH031 Reader 칩을 내장하였고, 8051 MCU 산업표준에 따르는 멀티 프로토콜 Reader IC와 결합하도록 제작하였다.

Dual Tag에서 2.45GHz를 사용하기 때문에 일반적인 능동형 Tag에서 주요 이슈가 되는 배터리 수명과 범위에 대한 연구를 하였고, 이를 이용하여 Dual Tag의 배터리 수명을 측정하였다.

본 연구에서는 13.56MHz와 2.45GHz Tag를 각각 개발하였고, 단순 결합 형태인 TG-24 V1.3 Tag를 거쳐 최종적으로 단일 보드 형태인 TG-DUO V2.0을 개발하였다.

추후 연구과제로는 본 연구에서 개발한 Dual Tag의 배터리 수명을 연장 시키는 방법과 Dual 대역의 RFID 시스템과 다른 무선 센서들과의 시스템 연계를 통한 보다 입체적인 정보제공과 서비스제공 가능한 시스템 개발이 필요하다.

### 6. 참고 문헌

- [1] 강봉수, 임정현, 김홍수, 양두영, "RFID 프로토콜 (iso 18000-6) 에서의 충돌방지 알고리즘 성능 분석", 전자공학회, 44권, CI편, 5호, 2007. 09.
- [2] 기술표준원, "RFID기술표준 및 실용화 전략 가이드", 기술표준원, 2006.
- [3] 인천정보산업진흥원, "위치정보기반 개방형 모바일 서비스 시스템 개발", 인천정보산업진흥원, 2009. 01.
- [4] 박해권, "13.56MHz RFID 를 이용한 ISM대역의 무선 데이터 통신 시스템 설계 및 구현", 동국대학교 석사학위논문, 2004. 12.
- [5] 변상기, 성낙선 외 4인, "이중대역RFID 태그", 공개특허 10-2006-0094738, 2006. 08.
- [6] 심재희, 이용주, 이용석, "RFID Dual-band 리더 시스템의 디지털 코덱 설계", 한국통신학회, 32권, 10호, 2007. 10.
- [7] 안광덕, 이경일, 김지곤, 조정현, 김시호, "HF/UHF 멀티밴드 RFID 리더의 SiP 설계 및 구현", 전자공학회, 45권, 10호, 2008. 10.
- [8] 조용철, 이종석, 이태운, 한운수, 이창호, "RFID Dual-band 소프트웨어 모듈과 데이터 프로토콜 적용에 관한 연구", 대한안전경영과학회 2008 추계학술대회, 2008. 11.
- [9] 황인덕, 김성일, "저전력소모 2.4GHz 단일칩 송수신 MMIC", 대전대학교 산업기술연구소, 9권, 1998.
- [10] Finkenzeller, "RFID Handbook - 2/E", Wiley, 2003. 05.
- [11] IDTechEx, "Item Level RFID - Forecasts 2006-2016, Technology, Standards", IDTechEx, 2007.
- [12] Ilan Kirschenbaum, and Avishai Wool, "How to Build a Low-Cost, Extended-Range RFID Skimmer", 15th USENIX Security Symposium, 2006. 05.
- [13] P.Villard, C.Bur, E.Dallard, D.Lattard, J.de Pontcharra, G.Robat, S.Roux, "A Low-voltage Mixed-mode CMOS/SOI Integrated Circuit for 13.56 MHz RFID Applications", 2002 IEEE International SOI Conference, 2002. 10.
- [14] S.Jeon, Y.Yu and J.Choi, "Dual-band Slot-coupled Dipole Antenna for 900MHz and 2.45GHz RFID Tag Application", Electronics letters, Vol.42, No.22, 2006. 10.

### 저자 소개

#### 이 태 윤



현재 인하대학교 대학원 산업공학과 석사 과정 중. 안양대학교 경영학과 학사 취득. 주요 관심분야는 SCM, RFID 관련 물류관리 시스템 개발, 항공물류 RFID 시스템 개발, RFID Middleware 등.

주소: 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

#### 조 용 철



한국항공만연수원 인천연수원 교수로 재직 중. 인하대학교 산업공학과 공학사, 공학석사 취득. 동 대학원에서 공학 박사 취득. 주요 관심분야는 ERP, SCM, 항만물류, RFID, EPCglobal Network 등.

주소: 인천광역시 중구 항동 7가 1-31 한국항공만연수원 인천연수원

#### 김 웅 섭



현재 (주)키스컴 정보통신 연구소 연구원으로 재직 중. 관심분야는 u-City, RFID/USN, u-Process & Embedded System 등.

주소: 서울시 구로구 구로동 235 한신IT타워 101호

#### 권 대 우



현재 인하대학교 대학원 산업공학과 석사과정 중. 동 대학교 산업공학과 학사 취득. 주요 관심분야는 경영공학, SCM, RFID를 활용한 물류관리시스템 개발, EPCglobal Network 등.

주소: 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

#### 최 문 승



현재 (주)키스컴 정보통신 연구소 책임 연구원(이사)로 재직 중. 주요 관심분야는 u-City, RFID/USN, u-Process & Embedded System 등.

주소: 서울시 구로구 구로동 235, 한신IT타워 101호

#### 이 창 호



인하대학교 산업공학과에서 학사 취득. 한국과학기술원에서 산업공학과 석사, 경영과학과 공학박사 취득. 현재 인하대학교 교수로 재직 중. 주요 관심분야는 물류, RFID, SCM 등.

주소: 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

#### 한 운 수



현재 (주)키스컴 대표이사로 재직 중. 인하대학교 산업공학과 공학사, 한국과학기술원 테크노경영대학원 AVM 과정 수료. 서울대학교 행정대학원 AIC 과정 수료. 관심분야는 AIDC 및 유비쿼터스 기술 등.

주소: 인천광역시 남구 도화동 592-5번지 인천IT타워 7층