

# RFID Emulator를 이용한 Tag 인식거리 시험 연구

주해종<sup>1</sup>, 김영춘<sup>2\*</sup>, 이의수<sup>1</sup>, 조문택<sup>3</sup>

<sup>1</sup>동국대학교 공과대학 <sup>2</sup>국립공주대학교 기계자동차공학부 <sup>3</sup>대원대학교 전기전자계열

## The study of RFID Tag read range test with RFID Emulator

Hae-Jong Joo<sup>1</sup>, Young-Choon Kim<sup>2\*</sup>, Eu-Soo Lee<sup>1</sup> and Moon-Taek Cho<sup>3</sup>

<sup>1</sup>College of Engineering, Dongguk University

<sup>2</sup>Machine Car Engineering, Kongju National University

<sup>3</sup>Electrical & Electronics Engineering, Daewon University College

**요 약** RFID 기술은 사물에 부착된 태그로부터 전파를 이용하여 사물의 정보 및 주변 환경을 인식하여 각 사물의 정보를 수집, 저장, 가공, 추적함으로써 사물에 대한 측위, 원격 처리, 관리 및 사물간 정보 교환 등 다양한 서비스 영역 적용에 가능하다. 또한, 다양한 서비스가 활성화 되기 위해서는 RFID Tag 성능 시험이 중요하다. 하지만 RFID 국제 시험 환경을 구성하기 위한 RFID에뮬레이터기술을 보유하고 있는 국내 업체가 드물고, 국제 표준에서 요구 하는 정확한 RFID 시험 기준 및 요구 사항을 인식하고 있는 RFID Tag 제조업체 또한 많지 않은 실정이다. 따라서 본 논문에서는 EPCglobal 또는 ISO/IEC에서 요구 하는 시험 환경 구성 및 시험 방법을 제시 하고 RFID 성능 시험 항목 중 우선시 되는 RFID 인식거리 시험 방안을 제시하여 RFID Tag의 제품의 품질을 검증 하고, 시장에서는 검증된 제품을 활용한 RFID시스템 구축 및 서비스 활성화를 촉진할 수 있도록 하고자 한다.

**Abstract** RFID technology uses communication through the use of radio waves to transfer data between a reader and an electronic tag attached to an object for the purpose of identification and tracking. RFID technology can be applied to the various service areas such as, position determination technology, remote processing management and information exchange between objects by collecting, storing, processing, and tracing their informations from the tag attached to the objects using electronic wave by recognizing the information and environment of those objects. However, to revitalize these various services, it is important to test the RFID tag performance. But There are few instructions which have and hold the RFID emulator technology for organizing the RFID international test environment. Also there are not many manufacturing companies which recognize about the exact RFID test standard and requirements for the International Standards. In this paper, a construction of Tag Performance test environments and test methods are suggested which are required by EPCglobal or ISO/IEC. Details about RFID Tag performance test items proposed by ISO/IEC FDIS 18046-3 are explained, performed RFID Tag performance test through the performing test against each measured item, and draw a result for the RFID Tag performance of International Standards.

**Key Words** : RFID Tag, RFID Emulator, RFID Tag Performance Test

### 1. 서론

RFID 기술[1]은 사물에 부착된 태그로부터 전파를 이용하여 사물의 정보 및 주변 환경을 인식하여 각 사물의 정보를 수집, 저장, 가공, 추적함으로써 사물에 대한 측

위, 원격 처리, 관리 및 사물간 정보 교환 등 다양한 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 기술은 기존의 바코드를 대체하여 물품 관리를 네트워크화 및 지능화함으로써 유통 및 물품 관리뿐만 아니라 보안, 안전, 환경 관리 등에 혁신을 선도할 것으로 전망되며, 이전에 존재하지 않았던

\*교신저자 : 김영춘(yckim59@kongju.ac.kr)

접수일 11년 09월 27일

수정일 11년 10월 05일

게재확정일 11년 10월 06일

거대한 새로운 시장을 형성할 것으로 기대하고 있다.

국내에서는 13.56MHz대역의 수동형 RFID는 비접촉식교통카드, 출입증 등을 통해 이미 널리 사용되어 왔으며, 인식거리가 보다 긴 900MHz대역의 수동형 RFID 기술도입을 통해 광범위한 응용 분야 적용을 모색 하는 시점에 와 있다.

이에 따라 RFID 기술의 확산을 위해서 반드시 뒤따라야 할 ‘표준적합성’, ‘상호운용성’ 및 ‘성능’에 대한 시험 인증의 필요성이 더욱 증대 되고 있으며, 본 논문에서는 RFID Tag Protocol 적합성 시험 및 RFID 인식거리 측정에 필요한 RFID Emulator 기능 및 Emulator를 이용하여 국제 인증 센터에서 요구 하는 시험 환경을 구성하여 RFID 표준에서 요구 하는 시험 방법과 시험 절차에 따라 RFID Tag의 인식 거리를 시험 하고자 한다.

## 2. RFID 시험 인증 동향

### 2.1 국제 RFID 시험 인증 동향

860~96MHz 대역 수동형 RFID 표준화 동향을 살펴보면, 국제표준화기구 ISO(International Standard Organization)에서는 그동안 EPCglobal에서 제안한 EPC Gen 2 규격을 ISO/IEC 18000-6 Type C[2]로 표준을 채택 하였다.

다음으로 900MHz 대역 RFID 시험에 대한 국제 표준을 살펴보면, ISO에서는 ISO/IEC 18000-6에서는 표준적합성시험(Conformance Test) 방법을 ISO/IEC TR 18047-6에서 제시하고 있으며, 성능 시험(Performance Test) 가이드라인을 ISO/IEC TR 18046에서 제시하고 있다.

### 2.2 국내 RFID 시험 인증 동향

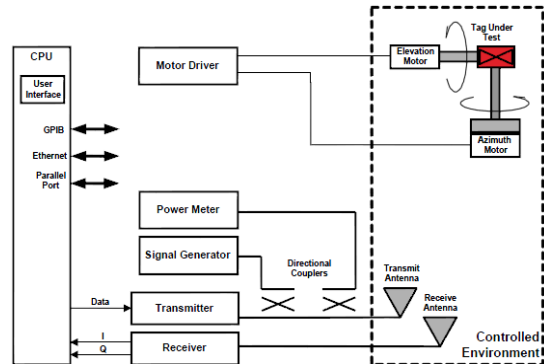
TTA[3]에서는 유통(물류, 교통, u-City, 홈네트워크등)에 적용되는 900MHz 대 RFID 리더 (고정형, 핸드헬드형) 및 태그의 품질평가 기준을 마련하여 국내 RFID 장비에 대한 인증[2]을 제공하게 되었다.

9000MHz대 수동형 RFID 장비의 인증 범위와 시험환경은 에서 보는바와 같다. DUT (Device Under Test)인 리더 또는 태그 모델별로 표준적합성 상호운용성 및 성능을 평가한 후 인증하고 있으며, 표준적합성에서는 국내 RFID 기술기준과 ISO 18000-6 표준[3]에 적합하게 구현되었는가를 평가 하고, 성능에서는 기준 리더와 기준태그를 사용하여 인식 능력을 평가 하고 있다.

## 3. RFID Tag 인식거리시험

### 3.1 RFID Tag 인식거리 시험 환경 구성 요소

RFID Tag 인식거리 시험 환경은 그림 1과 같이 ISO 18000-6 type C규격을 만족하는 RFID 에뮬레이터와 Signal Generator, Spectrum Analyzer, 전파무반사실 (anechoic Chamber)로 구성되어 진다.



[그림 1] RFID Tag 인식거리 시험 구성도  
[Fig. 1] RFID Tag read range test configuration

#### 3.1.1 RFID 에뮬레이터

가상의 리더 또는 태그로 동작하기 위해서는 DSP보드에 Visual DSP 프로그램을 이용하여 리더/태그 명령어, 데이터 encoding/decoding, modulation / Demodulation 기능을 포함 하고 있다.

DSP 보드를 이용한 가상의 리더와 태그 에뮬레이터 시스템 구현[4]에서 ISO 18000-6 type C 표준에 정의된 규격을 만족하는지 시험을 통하여 검증 하였고 표 1에서는 측정 결과를 보여 주고 있다.



[그림 2] RFID 에뮬레이터 내부 구성도  
[Fig. 2] RFID emulator internal configuration

[표 1] ISO 18000-6 만족 규격 사항

[Table 1] ISO 18000-6 satisfaction specification matters

항목	규격요구사항	측정결과	만족여부
Tari	6.25 $\mu$ s to 25 $\mu$ s	24.8 $\mu$ s	만족
ASK modulation	Min 80% ~ 90%	95.27%	만족
RF Pulsewidth	Min: 0.265 tark, 2 $\mu$ s Max:0.525Tari	10.422 $\mu$ s	만족
Rise time	Max 500 $\mu$ s	4.9058 $\mu$ s	만족
Fall time	Max 500 $\mu$ s	5.1353 $\mu$ s	만족
T2 time	Min 3 Tari < T2 >Max 20 Tari	200 $\mu$ s	만족
T4 time	T4 > 2 RTcal	732.36 $\mu$ s	만족

### 3.1.2 Signal Generator

RFID 에뮬레이터로부터 송출 되는 waveform을 RF로 송출하기 위해 사용 되며, 본 논문에서는 Agilent의 signal generator를 사용 하였다.

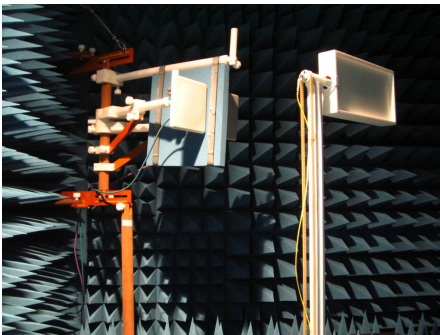
본 논문에서는 RFID 인식거리만을 시험하기 때문에 EPCglobal에서 요구[5]하는 interference tolerance 시험은 수행하지 않아 signal generator2는 사용되지 않는다.

### 3.1.3 Spectrum Analyzer

RFID 에뮬레이터로부터 RF신호가 송출 되면 Tag로부터 Back scattling되어 입력되는 신호의 수신 및 분석에 사용 되어 지고, 수신된 신호를 RFID 에뮬레이터로 보내주는 역할을 수행 한다.

### 3.1.4 전파무반사실(anechoic Chamber)

안테나 등 전파를 방사하는 장치 또는 물건을 측정하기 위한 방으로 벽면에 전파 흡수체를 발라 내부에서 방출한 전파가 반사하지 않도록 하는 공간.



[그림 3] 전파무반사실

[Fig. 3] Electric wave anechoic chamber

## 3.2 RFID Tag 인식거리 시험조건

### 3.2.1 시험조건

시험 조건은 EPCglobal의 Tag Performance Parameters and test Methods Version 1.1.3[5]에 따라 다음과 같은 조건을 만족 하여야 한다.

#### ① 시험에 사용 되어 지는 Tag의 수

1000개의 Sample 중에서 30개를 임의로 선택하여 Test를 수행 하며, 30개 중에서 가장 성능이 좋은 27개 (90%)를 최종 값으로 보고한다.

#### ② Tag 초기화

모든 Tag의 EPC코드는 "3034125BB024C34123456789"로 초기화 시켜야 하며, EPC Memory는 unlock 상태로 하고 kill passwords와 access password를 0으로 초기화해야 한다.

#### ③ 시험 환경

모든 시험은 23 $\pm$ 5 $^{\circ}$ C의 온도로20%에서 60%의 습도 상태에서 시험을 진행 한다.

#### ④ Pre-Conditioning

시험을 수행 할 tag는 시험 전에 ③의 시험환경에서 24시간 동안 안정화 과정을 거쳐야 한다.

#### ⑤ default tolerance

각 시험 장비 및 시험 항목에 대해서  $\pm$ 5% default tolerance를 갖는다.

#### ⑥ Signaling

Transmitter의 요구 사항들은 표 2와 같다.

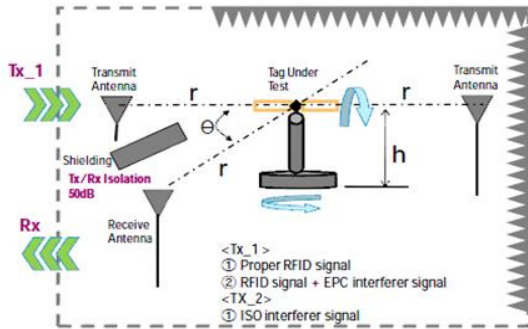
[표 2] Transmitter 요구 사항

[Table 2] Transmitter requirement

Parameter	Value	Description
Tari	25 $\mu$ s	
PIE	2:1	Data-1=50 $\mu$ s
DR	64/3	
Miller subcarrier	4	
BLF	256kHz	
TRExt	1	Extended Preamble
Sel	All	
Session	S1	
Target	A->B	

Transmitter는 Tag의 EPC response를 받은 후에 다음 Query command를 보낼 때 까지 적어도 200 $\mu$ s를 기다려야 하며, 기다리는 동안에 CW 신호를 보내거나 Power cycle을 할 수 있는 option이 있어야 한다.

### 3.2.2 무반사실 (Anechoic Chamber)내부 구성



[그림 4] 무반사실 내부 구성도  
[Fig. 4] Anechoic chamber internal configuration

- 두 개 이상의 안테나를 가진 Tag나 Sensitivity degradation을 측정 하는 경우에는 CP antenna를 사용 하며, 그 외의 경우에는 LP antenna를 사용 한다.[6]
- LP antenna의 axial ratio는 1dB 이하여야 한다.

무반사실 내부 환경 설정은 표 3에서와 같이 표준에서 요구 하는 조건에 적합하게 설치되어야 하기 때문에, 본 시험에서는 EPCglobal 표준을 만족하는 광양만권 u-IT cluster Center의 무반사실을 이용 하였다.

[표 3] 규격에 따른 무반사실 내의 설정 값  
[Table 3] Anechoic chamber default value Based on specifications

Description	EPCglobal	ISO/IEC	
		18046-3	18047-6
Antenn	RHCP(Tx), LHCP(Rx)	LP or CP	
Axial ratio	Min 1dBi	Min 1dBi	
Gain	5~7 dBi		2~8dBi
VSWR	1:1.4	1:1.5	
안테나와 DUT 사이 거리	0.8 ~ 1m		
Tx & Rx 와 DUT 사이의 각도	25도		15도 이하

### 3.3 RFID Tag 인식거리 시험방법

#### 3.3.1 시험 설정 요구 사항

RFID Tag 인식 거리 시험을 위해 EPCglobal ‘Tag Performance Parameters and Test Methods’ [5]에서 요구 하는 내용 중 Antenna는 광양만권 u-IT cluster center에서 보유 하고 있는 Antenna를 사용 하였으며, Transmitter, Receiver 및 시스템 조건은 직접 제어 하여 시험 환경을 구성 하였다.

표준에서 요구 하는 설정 값은 표 4에서 기술된 것과 같다.

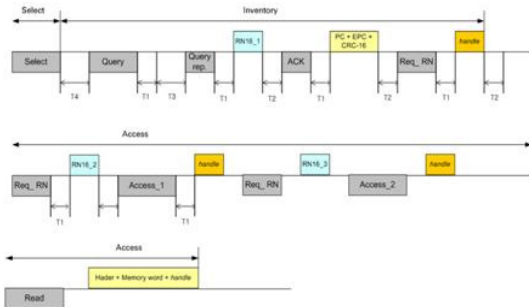
[표 4] 시험설정 요구사항  
[Table 4] Test establishment requirement

Requirement	Min	Type	Max	units	comment
<b>Antenna</b>					
Frequency	860		960	MHz	
Polarization		RHCP			Transmit
		LHCP			Receive
Gain	5		7	dBi	On-boardsight, measured along major axis
Axial ratio			1	dB	
3dB Beamwidth	50			deg	Two sided, azimuth & elevation
Input VSWR			1.4:1		
<b>Transmitter</b>					
Frequency	860		960	MHz	Static frequency
frequency accuracy	-10		10	ppm	
output power	7		27	dBm	
Power adjust step		0.25		dB	
Signaling		PR-ASK			
1dB compression	33			dBm	
Interfere signaling		CW			
Interfere output power	-3		27	dB	Measured at transmitter output
<b>Receiver</b>					
Demodulator					Quadrature demodulator with vector output
Frequency	860		960	MHz	
frequency accuracy	-10		10	ppm	
Sensitivity			-70	dBm	
Noise figure			35	dB	
1dB compression	-10		10	dBm	

Output bandwidth	1		1.5	MHz	
Output sampling rate	1.5			Msp	
IQ phase imbalance			3	deg	
IQ amplitude imbalance			0.1	dB	
IQ offset			0.5	dB	
<b>System</b>					
Range to tag(r)	0.8		1	m	
Mast height(h)	1			m	
Tx to Rx angle			25	deg	

### 3.3.2 Read command 절차

Tag 인식거리 측정을 하기 위해 국제 표준 'ISO/IEC 18046-3'[6]을 만족 하도록 RFID 에뮬레이터에서는 그림 5와 같은 절차에 따라 read command를 송출 하고 Tag로부터 응답되어지는 신호를 수신하여 Tag 인식거리를 측정 한다.



[그림 5] Read command 절차  
[Fig. 5] Read command steps

### 3.3.3 RFID Tag 인식거리 시험 방법

RFID Tag 인식거리 시험 방법은 EPCglobal의 Tag Performance Parameters and test Methods[7]표준 문서의 8절에 기술 되어 있으며 측정 방법은 아래와 같다.

- ① 정해진 주파수와 PR-ASK Signal로 신호를 방출한다.
- ② 신호의 크기는 태그의 응답을 받을 만한 최소의 EIRP로 방출 한다.
- ③ EIRP는 0.25dB step단위로 증가시켜 성공 read rate가 50%이상 되는 지점의 EIRP를 기록해 둔다.
- ④ ③의 EIRP를 1dB더 증가 시킨 후 0.25dB 단위로 감소시키면서 성공 Read rate가 50% 이상 되는 지

점의 EIRP를 기록해 둔다.

- ⑤ 인식거리는 아래와 같은 수식에 따라 계산된다.

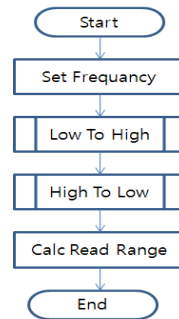
$$\text{Read Range (Meter)} = r * 10^{\left(\frac{35 - \text{EIRP}_{Tx}}{20}\right)}$$

$r$  = transmitter 단에서부터 tag 까지 거리  
 $\text{mean}(\text{EIRP}_{Tx})$  = 3번과 4번 결과의 평균값

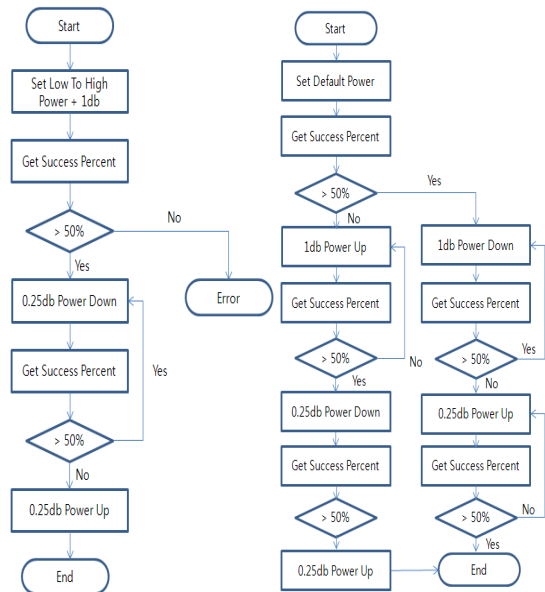
- ⑥ 시험한 각 Tag의 EIRP의 ③번과 ④번 값의 평균값을 명시 하고, 시험한 Tag의 인식거리를 명시 한다.

### 3.3.4 RFID Tag 인식거리 Flow chart

본 논문에서 RFID Tag 인식거리를 측정하기 위한 전체 시험 흐름도는 그림 6과 그림 7에서 보여 주는 것과 같다.



[그림 6] RFID Tag 인식거리 시험 Flow chart  
[Fig. 6] RFID Tag read range test flow chart



[그림 7] Low to high & high to low 시험 흐름도  
[Fig. 7] Low to high & high to low test flow chart

## 4. RFID Tag 인식거리 시험결과

### 4.1 시험 시료

본 논문에서는 RFID Tag 인식거리 시험에 사용되어지는 Tag는 일반적으로 많이 사용 되어지는 Tag 만을 선택 하였다.

[표 5] RFID Tag 인식거리 시험 시료

[Table 5] RFID Tag read range test sample

제조사	Test 주파수	수량
A사	911.25 MHz	3
B사	911.25 MHz	3
C사	911.25 MHz	3

### 4.2 시험 방법

본 논문에서 Tag인식거리 측정을 위해 3.3절에 기술 되어 있는 EPCglobal의 Tag Performance Parameters and test Methods에 정의된 절차를 따라 시험을 진행 하였으며, Tag 인식률은 100번 Read command를 송출하여 Tag ID를 50%이상 인식하였을 경우만을 성공으로 간주 하였다.

### 4.3 시험 결과

#### 4.3.1 제조사 별 동일 종류 Tag 인식거리 결과

RFID Tag 인식거리 시험 절차에 따라 측정한 각 Tag 제조사 별 주파수 인식거리는 표 6과 같다.

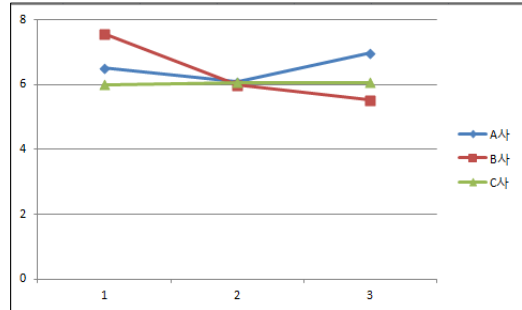
[표 6] RFID Tag 인식거리 시험 결과

[Table 6] RFID Tag read range test result

Tag	EIRP(dBm)			인식거리 (m)
	low to high	high to low	Mean	
A사-1	18.09	18.05	18.07	6.52
A사-2	18.55	18.82	18.68	6.08
A사-3	17.46	17.51	17.49	6.97
B사-1	16.79	16.79	16.79	7.56
B사-2	18.83	18.83	18.83	5.98
B사-3	19.52	19.52	19.52	5.52
C사-1	18.79	18.80	18.80	6.00
C사-2	18.59	18.82	18.71	6.06
C사-3	18.57	18.84	18.70	6.06

각 Tag 별로 동일 주파수에서의 평균 인식 거리를 살펴보면 아래와 같다.

- A사 Tag 평균 인식거리: 6.52m
- B사의 Tag 평균 인식거리: 6.35m
- C사의 Tag 평균 인식거리: 6.04m



각 적용 범위 별 Tag 인식 거리는 표 7과 같다.

[표 7] 적용 분야별 Tag 인식거리 시험 결과

[Table 7] RFID Tag read range test result of the applications fields

Tag	EIRP(dBm)			인식거리 (m)
	low to high	high to low	Mean	
차량용	18.09	18.05	18.07	6.52
영어 상황인식	20.52	20.51	20.51	4.92
천일염	21.26	21.26	21.26	4.52

본 논문에서는 동일한 주파수에서 어떠한 간섭을 받지 않는 환경 (무반사실)에서 제조사 별 Tag인식거리는 크게 차이가 나지 않는 것을 확인해 보았으며, 적용 범위별 Tag 인식거리는 4.52m에서 6.52m로 분야별 차이가 있음을 보여 주고 있다.

## 5. 결론

본 논문은 RFID 에뮬레이터를 이용하여 EPCglobal[5]에서 요구 RFID Tag 인식거리 시험을 하기위한 시험 환경을 구성하는데 필요한 요소들을 설명 하였고, 국내 및 국제 표준에서 요구 하는 시험 방법 및 절차에 따라 RFID Tag 인식거리를 측정 하였다.

RFID 기반 산업이 활성화 되고 RFID가 보편화 되어질 경우 다양한 형태 및 종류에 따라 Tag의 인식거리 성능에 대한 시험이 필수 요소가 될 것으로 판단된다.

본 논문에서는 Tag 인식거리 시험만을 기술 하였지만 향후 추가 연구를 통해 EPCglobal에서 요구 하고 있는 Orientation Tolerance, Frequency Tolerance, Interference Tolerance, Backscatter Range, Write range, Write Time, Tag Proximity 시험을 추가 하여 국내 표준 및 국제 표준에 부합되는 성능 시험을 통해 국내 및 해외에서 요구 하는 우수한 성능의 RFID Tag 제품개발[8] 및 우수한 성능의 RFID Tag를 활용한 시스템을 구축 할 수 있도록 기여 할 수 있을 것으로 기대 한다.

### References

- [1] RFID technology and standards trend, electronics and telecommunications trends, vol.22, 2007.
- [2] ISO/IEC 18000-6 Parameters for air interface communications at 860MHz to 960MHz
- [3] EPCglobal의 Tag Performance Parameters and test Methods Version 1.1.3
- [4] ISO/IEC 18046-3 , Information Technology Radio frequency identification device conformance test methods-part 6
- [5] Klaus Finkenzeller “RFID Handbook Second Edition” WILEY
- [6] Agilent “PSA and ESA Series Spectrum Analyzer Measurement Guide and Programming Examples

### 주 해 중(Hae-Jong Joo)

[정회원]



- 2008년 6월 : (美)Cumberland University (컴퓨터교육학박사)
- 2010년 2월 : 명지대학교 컴퓨터 공학과 (공학박사)
- 1997년 3월 ~ 2005년 2월 : 대원대학 멀티미디어과 조교수
- 2010년 1월 ~ 현재 : 동국대학교 산학전담교수

<관심분야>

데이터엔지니어링, IT융합기술, 유비쿼터스 컴퓨팅

### 김 영 춘(Young-Choon Kim)

[정회원]



- 1989년 8월 : 명지대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 :명지대학교 전기공학과(공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수

<관심분야>

전기자동차전력변환, 전장제어, 하이브리드 자동차

### 이 의 수(Eu-Soo Lee)

[정회원]



- 1978년 2월 : 서울대학교 화학공학과 (공학사)
- 1980년 2월 : 한국과학기술원 화학공학과 (공학석사)
- 1988년 12월 :Purdue University 화학학과(공학박사)
- 1994년 3월 ~ 현재 : 동국대학교 화공생물학과 교수

<관심분야>

정보재료, 공정통합시스템, 공정정보 모니터링 및 분석

### 조 문 택(Moong-Taek Cho)

[정회원]



- 1988년 2월 : 명지대학교 전기공학과 (공학사)
- 1990년 2월 : 명지대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1999년 2월 :명지대학교 전기공학과(공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 대원대학교 전기전자계열 부교수

<관심분야>

신재생에너지, 시뮬레이션