

UHF대역 수동형 RFID 시스템의 측정기반 실증적 채널 모델링 연구

정회원 장 성 진*, 김 종 배**

A Empirical Study of Measurement based Channel Modeling for UHF band Passive RFID System

Sung Jin Jang*, Jong Bae Kim**
Regular Members

요 약

무선 환경에서 채널 모델링 연구는 가장 기초가 되는 분야이다. UHF 대역 수동형 RFID 시스템의 서비스 품질 향상을 위하여 태그와 리더 사이의 무선링크의 성능 및 간섭분석과 채널 모델링 과정은 반드시 필요하다. 본 논문에서는 UHF 대역 Class-1 Generation-2 RFID 기반으로 전파 환경의 채널 모델링을 수행하였다. 실제 측정을 통하여 수동형 RFID 전파 특성을 측정하고 채널 파라미터를 도출하였다. 시뮬레이션 분석을 통하여 파라미터(CIRs, Taps, Coffe, Delay)를 생성하고 채널 에뮬레이터에 의하여 IR 파일로 변환 및 생성 과정의 채널 에뮬레이션을 실행하였다.

Key Words : Ubiquitous Tagging, UHF band RFID, Backscatter, Channel Modeling, Measurements

ABSTRACT

In wireless environment, the research of channel modeling is the most fundamental issue. In order to meet the quality of service, interference analysis and channel modeling of radio link between tags and a reader are required. In this paper we performed channel modeling for UHF band Class-1 Generation-2 RFID system. In this paper, We produced channel parameters through actual experiments that are measured under the radio propagation environment in passive RFID system. We designed effective interrogators and tags in passive RFID systems by the actual experiments parameters. Parameters(CIRs, Taps, Coffe, Delay) obtained through analysis of Simulation are converted to IR files and it is used to generate and emulate the Channel Model by Channel emulator.

I. 서 론

Ubiquitous Tagging 분야의 한 종류인 RFID 시스템은 물류와 유통분야에 적용을 시작으로 다양한 산업분야에 급속하게 보급되고 있다. 이를 활용하여 의료, 항공, 국방, 환경, 공공분야 등 모든 산업 분야에서 RFID 시스템을 사용하고 있다. 일반적인 RFID 태그는 부착한 사물의 인식코드와 통신을 가능하게 하는 안테나를 포함한 통신 모듈로 구성되

어 있다. 리더의 인식 거리에 위치한 태그는 리더의 요청에 의하여 고유의 식별코드를 UHF 대역 무선으로 전송한다. 리더는 통신 모듈의 처리에 따라 반송파를 무선으로 전송하고 이와 동시에 태그에 포함된 안테나와 주변회로의 입력 임피던스를 변경하여 수신된 반송파를 전달하고 역산란(Backscatter)시켜 인식코드를 리더에 전송하여 인식과정을 수행한다. 이러한 과정을 통하여 리더는 태그의 정보를 획득 하게 된다. 태그의 정보는 리더에 연결된 데이

* 대림대학교(jangs@daelim.ac.kr), ** 숭실대학교 대학원(kjb123@empas.com) (° : 교신저자)

논문번호 : 12017-0511, 접수일자 : 2012년 5월 11일, 게재확정일자 : 2012년 6월 2일

터 처리 시스템을 통하여 미들웨어로 전달되고 인식 및 처리 알고리즘을 통하여 최종적으로 관리 시스템에서 태그의 정보를 인식하게 된다^[1]. 수동형 RFID 시스템의 무선 환경 특성을 이해하고 시스템의 효과적인 동작을 위하여 다양한 잡음원과 다중 경로 간섭등이 혼재하는 실제 환경에서 전파특성을 측정하고 채널 모델링을 수행하였다. 다중경로에 의해 송신된 전파는 전력손실과 시간지연으로 인하여 신호가 왜곡된다. 그러므로 시스템 설계자는 주변 환경에 의한 왜곡을 고려하여 수동형 RFID 송수신기를 설계하고 위치설정을 효율적으로 하기 위한 채널 환경에 대한 정확한 이해가 필요하다. 본 논문에서는 실제 환경의 신호채널을 실험실 환경에서 시뮬레이션 함으로써 실제 환경의 채널 특성을 고려한 수동형 RFID 제품 설계 시 보다 우수한 제품설계를 가능하게 한다. 이를 위하여 UHF 대역인 860 MHz ~ 960MHz 실제의 서비스 환경에서 전파환경을 측정하여 모델링하고 실제 채널 환경 특성을 고려하여 획득한 채널모델을 사용하여 그 결과를 바탕으로 수동형 RFID 태그에 대한 무선 성능을 실험실 환경에서 시뮬레이션하고 모델링하고 채널 파라미터를 도출하였다. 이 결과를 바탕으로 Indoor 환경에서 미리 예측한 채널 특성을 주파수 대역 측면과 RFID 시스템 설계 측면에서 RFID 시스템의 서비스 향상을 위한 방법으로 활용하였다.

II. 무선통신 채널 모델링

수동형 RFID 시스템에서 사용하는 860 MHz ~ 960MHz UHF 주파수 대역은 태그와 리더의 위치와 주변 통신환경의 영향에 따라 무선전송의 관점에서 매우 불리한 점을 내포하고 있다. 하나의 리더로부터 송신되는 반송파는 태그 주변에 위치한 다양한 물체들에 의한 영향을 받아 다양한 간섭을 포함하여 전달된다. 주변의 다양한 물체와 움직임이 있는 물체의 영향으로 리더가 수신하는 전자파는 실시간으로 달라진다. 리더에 동시에 수신된 태그의 정보는 역산란(backscatter)된 전자파를 포함하여 모든 간섭이 더해지게 된다^[2]. 이러한 예기치 못한 역산란 현상과 태그의 신호가 합성되어 중요한 성능저하를 가져오는 간섭의 원인으로 작용한다^[3]. RFID 태그와 리더간의 서비스의 품질을 만족시키기 위해서는 무선전송 구간에 대한 시스템의 인식 속도, 인식거리, 인식능력등이 확보 되어야 한다. 또한 UHF 대역 수동형 RFID 시스템의 물리계층에서

의 전파성능에 대한 신뢰도가 먼저 확보되어야 한다. 이를 위하여 Out-door 환경에서와 같은 실제 서비스 환경에서 태그와 리더간 무선 전파환경을 측정하고 다음 모델링하고 그 결과 취득한 채널모델을 사용하여 시뮬레이션 후 UHF 대역 수동형 RFID에 대한 전자파 전파환경의 성능시험을 수행하여 효과적인 시스템의 성능열화 문제에 대한 체계적인 원인을 분석하고 개선하기 위하여 필요한 과정이다.

2.1. 무선 채널모델 특징

무선통신시스템은 송수신기들 사이에서 무선전파 채널을 포함하며 신호레벨의 감쇄와 페이딩을 포함하는 다중경로전파는 전파채널에서의 송신기 및 수신기 안테나, 간섭, 잡음 및 재밍 등에 의한 영향들이 있다. 그래서 무선 통신시스템에 대한 실험실 환경 하에서의 테스트는 매우 중요하다. 원하는 신호에 간섭 및 잡음, 재밍 등과 같은 방해신호들을 추가하는 것은 지연경로와 진폭, 위상 등의 빠른 변화 때문에 매우 복잡하다. 또한 실질적인 무선환경 하에서, 경로의 수는 단말기 또는 스캐터 들이 움직일 때 항상 변화한다. 표준 채널모델들은 표1 과 같은 진폭분포와 도플러 스펙트럼을 갖는 페이딩 프로세스들이 사용된다^[4].

표 1. 무선채널 모델분류

Model name	Amplitude distribution	Doppler Spectrum
Constant	Constant	None
Classical	Rayleigh	Jakes
Rice	Rice	Jakes+Pure Doppler
Flat	Rayleigh	Flat
Pure Doppler	Constant	PureDoppler
Nakagami	Nakagami	Typical spectrum for Nakagami model
Lognormal	Lognormal	Butterworth
Gaussian	Rayleigh	Gaussian

2.2. 다중경로 전파현상

F신호들은 송신안테나로부터 서로 다른 많은 방향으로 전송된다. 많은 다른 신호성분들은 지면이나 빌딩 등에 의하여 반사되어 수신안테나에 도달하게 된다. 각기 다른 도달경로에 의한 다른 지연시간이

나 위상 차로 인하여, 수신기에서의 신호레벨은 주파수와 무선 단말기의 위치에 따라 달라진다. 이와 같은 상황은 이동체 또는 반사표면, 또는 두 가지 모두가 빠르게 움직일 때 변화한다. 다중경로전파전파로 인한 신호레벨의 변화를 다중경로 페이딩이라 한다.

2.3. 임펄스 응답 모델링

선채널은 시간에 대하여 변화하는 임펄스응답 $h(t, \tau)$ 에 의하여 모델링 된다. 만일, 수신기가 이동하게 되면, 임펄스응답은 수신기의 위치에 따라 달라진다. 식(1)은 임펄스응답(h)를 나타낸다.

$$h(t, \tau) = \sum_{i=1}^L \beta_i(t) e^{-j\phi_i(t)} \delta[\tau - \tau_1(t)] \quad (1)$$

$\beta_i(t)$ 와 $\phi_i(t)$ 는 시간 t 에서 시간지연 을 갖는 진폭과 위상일 때 수식 1은 실내 및 실외의 무선 전파환경에서 정적인 채널 모델링을 하는데 널리 사용된다. 수신신호 $y(t)$ 는 전송신호 $x(t)$ 와 시스템의 임펄스응답 $h(t, \tau)$ 를 사용하여 산출된다. 식(2)는 수신신호 $y(t)$ 가 $x(t)$ 와 $h(t, \tau)$ 의 컨볼루션임을 보여준다.

$$y(t) = x(t) * h(t, \tau) \quad (2)$$

2.4. 컨스턴트(Constant)

컨스턴트 분포는 페이딩과 도플러가 없다. 복소 경로의 계수가 일정하다. I와 Q성분들은 아래의 오일러(Euler)의 공식에서와 같이 진폭과 위상에 비례한다. A는 진폭이고 θ 는 위상편이 이다.

$$c = I + jQ = A[\cos\theta + jsin\theta] \quad (3)$$

2.5. 순수 도플러(Pure Doppler)

순수 도플러 분포는 페이딩은 없지만, 도플러 주파수편이를 포함한다. 도플러는 계수들의 위상을 회전시킴으로써 구현된다. 위상회전은 이동체의 속도와 반송 주파수 그리고 수평면에서의 이동방향과 입사각에 의해서 결정된다. 순수 도플러 모델은 페이딩이 없는 가시 거리계(LOS, Line of Sight) 전파환경을 시뮬레이션 하는데 사용된다.

$$f_d = \frac{v}{c} f_c \cos\alpha \quad (4)$$

2.6. 클래식(레이리)

클래식 모델은 모든 다중경로 성분들이 동일한 지연시간을 가지고, 시계일직선 상의 신호가 없는 환경을 시뮬레이션 한다. 실수 및 허수부 모두에서 가우시안 분포로 복소 백색잡음이, 요구되는 도플러 스펙트럼을 얻기 위하여 디지털 스펙트럼 성형필터에 의해 필터링 된다. 이와 같은 시도는 매 반과장마다 평균적으로 깊은 페이드 특성을 갖는 레이리 진폭분포를 나타낸다. 진폭 r 에 대한 레이리 확률밀도 함수는 다음과 같다.

$$P_{Ra}(r) = \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{\sigma^2}\right) \quad (5)$$

클래식모델은 모든 입사각에 대하여 동일한 발생을 가정으로, 다음과 같은 도플러 파워스펙트럼공식과 그래프를 생성 할 수 있다.

$$S(f) = \frac{1}{\pi f_d \sqrt{1 - \left(\frac{f}{f_d}\right)^2}} \quad (6)$$

f_d 는 최대 도플러주파수편이이고, $f_d = f_c \left(\frac{v}{c}\right)$ 이다.

2.7. 플랫(Flat)

플랫모델은 도플러 파워스펙트럼의 모양을 제외하고 클래식모델과 동일하며, 진폭분포는 레이리분포를 가진다. 클래식모델의 경우, 모든 수평각도로 부터 수신되는 전파가 일정한 확률로 도달한다고 가정한다. 대조적으로 실내에서의 전파전파와 관련하여 더욱 높은 확률의 가정은 전파가 모든 수평 및 수직방향으로부터 일정한 확률로 도달한다고 가정하는 것이다. 플랫모델은 $-fd$ 에서 fd 까지 플랫한 진폭응답을 가지며, 그 밖의 대역에서는 "0"의 응답 특성을 갖는 직사각형의 스펙트럼 형상을 나타낸다. f_d 는 최대 도플러 주파수편이이고 송수신 채널측정을 위한 서비스 모델은 실제 UHF대역 수동형 RFID 송수신 채널 측정하고 실제 환경에서 모델링 하기 위하여 다음과 같은 채널 측정계획, 실제 채널 환경 측정 그리고 측정된 데이터를 분석하고 모델링 하여 실제 적용하는 단계를 수행한다^[6].

2.8 라이스(Rice)

라이스모델은 클래식모델과 순수 도플러 모델의 합성이다. 즉, 스캐터들에 의해 반사되어 들어오는

전파에 강한 신호세기를 갖는 성분이 합하여진 것이다. LOS와 NLOS의 전력비를 라이시안 K라고 하며, 다음과 같이 정의한다.

$$K = \frac{\gamma s^2 / 2}{\delta^2} = \frac{\gamma s^2}{2\delta^2} \quad (7)$$

γ_s 는 LOS성분의 크기이고, 은 컴포넌트 자체의 실수 및 허수부에 대한 편차이다.

III. 채널 측정 및 모델링

RFID 태그와 리더간 무선 링크의 성능을 분석하기 위하여 전자파 전파채널에 대한 모델링 작업은 필수적인 요소이며 전파채널을 모델링 하는 방법은 크게 실험적인 방법과 해석적인 방법으로 나눌 수 있다. 대부분의 경우에 두 방법을 결합하여 모델링 하는 것이 일반적이다. 실험적인 방법은 곡선 맞춤 (curve fitting)이나 측정 데이터를 이용하여 새로운 수식을 찾는 방법으로 현재까지 알려진 것과 알려지지 않은 모든 전파(propagation) 요소들까지 고려할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 모델이 유도된 주파수 대역과 전파환경이 다른 경우에는 모델에 대한 추가적인 실험적 검증이 필요하므로 사용이 제한적이다^{11,12}. 해석적인 방법은 전자기학 필드 이론에 기초하여 수신안테나에 도착하는 신호를 계산하는 방법으로 실험적 방법보다 시간과 노력이 적게 들지만 전파환경에 대한 정확한 전자기적 특성을 알고 있어야 모델의 신뢰성이 높아진다. 두 방법은 상호 보완적이어서 정확한 채널 모델을 유도하기 위해서는 어느 한 가지 방법만 사용하기 보다는 두 방법을 결합하여 전파채널을 모델링하는 것이 권장된다⁴. 채널 모델링 순서는 먼저 채널 파라미터를 추출 후 채널 모델링 작업을 거친 다음 실제 측정된 측정 데이터를 분석하여 측정 채널모델의 모사 생성을 하며 시나리오 별 채널모델의 비교하게 된다. 본 논문에서는 채널측정 및 모델링을 위하여 하나의 송신안테나와 하나의 수신안테나를 사용하여 채널을 측정하는 SISO(Single Input Single Output)측정 방법을 수행하였다. 무선 환경 시뮬레이션은 수동형 UHF 대역 RFID 사용주파수 대역 내에서 전파의 신호세기를 시뮬레이션 하였다. 실내 또는 근거리에서의 무선 채널측정은 Network 분석기와 안테나, 전력증폭기 등을 사용하여 수행하고 데이터 후 처리 및 분석은 측정된 데이터를 후 처리하여 채널 모델링에 요구되는 경로손실, 웨도우

페이딩, 전력지연 프로파일, 지연확산, 최대지연, K factor, 도플러, 지연분포 파라미터를 분석 추출 하였다.

IV. 실제 측정 무선환경 시뮬레이션

반적인 사무실 환경으로 건물내부에서의 무선 트래픽 신호와 더불어 외부의 신호가 미약하게 건물 내부로 들어올 수 있는 환경을 고려하여 무선 환경 시뮬레이션 S/W를 사용하여 실 측정 장소의 실측 도면을 바탕으로 무선환경 시뮬레이션 작업을 수행 하였다. 이후 시뮬레이션 소프트웨어 결과를 바탕으로 한 실 환경에서 안테나 위치 선정할 수 있었다. 그림1의 네트워크 분석기는 신호를 발생하여 측정 주파수 대역을 스위핑 하고 수신안테나에서 수신되는 신호를 측정하여 저장한다. 주파수 영역에서 측정된 데이터는 전력지연프로파일(PDP, Power Delay Profile)을 얻기 위하여 시간영역으로 역 푸리에 트랜스폼(IFFT, Inverse Fourier Transform)을 수행 하였다. 분석된 데이터를 통하여 얻을 수 있는 파라미터에는 채널임펄스의 수와 지배적인 경로신호, 신호의 위상 및 지연, 전력지연프로파일 등이 있다. 결과 값은 *.ir 형태의 파일 로 EB PropSim C8 채널에뮬레이터를 사용하여 측정된 전파환경을 에뮬레이션을 수행 하였다^{7,8}.

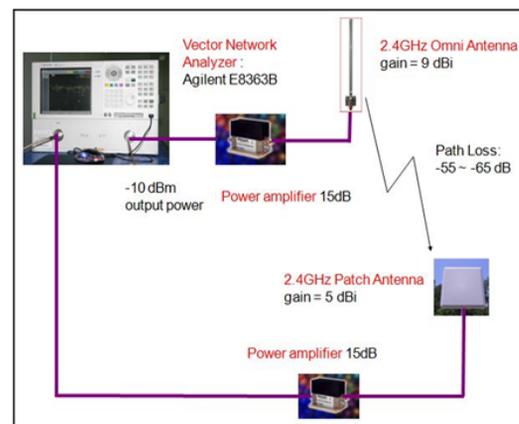


그림 1. 채널 측정 시스템 실제구성

경로손실 및 전계강도에 대하여 무선환경 시뮬레이션을 수행하였으며 송신부와 수신부는 LOS 전파환경 하에 있는 경우 건물벽면과 실내 환경에서 전자파 전파를 반사시키는 다양한 물질이 존재해 있기 때문에 송신 안테나로부터 60m 까지 경로 손

실이 발생하였다. 또한 송신부와 수신부가 NLOS 전파환경으로 되어 있는 경우는 건물 벽면과 유리에 의한 경로 손실이 다수 발생 하며 송신 안테나로부터 30m 떨어진 지점부터 경로 손실이 발생되었다. 즉 LOS 및 반사체들에 의한 전계강도에 비하여 손실이 더 크게 발생하는 것을 알 수 있었다. 무선 환경 시뮬레이션 결과는 실제 환경에서 UHF 대역 RFID 채널 측정 후 측정 사이트 별로 수집된 측정데이터를 주파수영역에서 시간영역의 임펄스 응답으로 변환하기 위하여 MatLab 프로그램을 사용하였다¹⁴⁾.

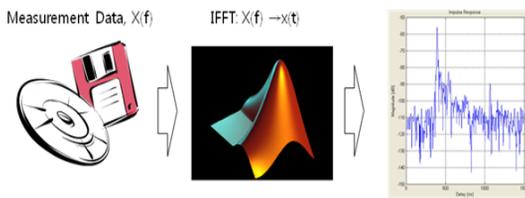


그림 2. 채널 측정 후 데이터 처리 및 분석

여기서 도출된 데이터를 통하여 그림3과 같은 채널파라미터 추출 할 수 있으며 채널 모델파일을 통하여 그림4와 같은 임펄스 응답 특성 그래프를 추출 하였다.

- 1) CIRs: 채널임펄스응답의 수
- 2) Tap: 전파경로의 수
- 3) Coefficient: 수신신호의 위상 (Real & Imaginary)
- 4) Delay: 송수신안테나간의 경로지연(ns)

```

**** Header ****
112 CIRs
2 Taps/CIR
2A00000000 Carrier_Frequency
Route_Closed
12.5 Delay_Resolution
64 Sample_Density
**** Tap data ****
Delay Re In Delay Re In
0.000000 0.208963 -0.266247 12.500000 -0.271599 0.233318
0.000000 0.208774 -0.265683 12.500000 -0.271167 0.232992
0.000000 0.210455 -0.267490 12.500000 -0.273155 0.234742
0.000000 0.208922 -0.265211 12.500000 -0.270970 0.232981
0.000000 0.209261 -0.265305 12.500000 -0.271205 0.233136
0.000000 0.208660 -0.264208 12.500000 -0.274215 0.232314
0.000000 0.210201 -0.265945 12.500000 -0.272113 0.233971
0.000000 0.208247 -0.264278 12.500000 -0.270519 0.232624
0.000000 0.210375 -0.265369 12.500000 -0.271735 0.233691
0.000000 0.210464 -0.265158 12.500000 -0.271602 0.233597
0.000000 0.212283 -0.267184 12.500000 -0.273695 0.235418
0.000000 0.210727 -0.264068 12.500000 -0.271403 0.233493
0.000000 0.210901 -0.264786 12.500000 -0.271397 0.233481
0.000000 0.210020 -0.263407 12.500000 -0.270016 0.232310
0.000000 0.211340 -0.264782 12.500000 -0.271445 0.233551
    
```

그림 3. 채널 모델파일

수집된 채널 측정데이터를 채널임펄스응답으로 변환하기 위하여 FFT변환 프로그램을 사용하였다. 주파수 응답신호를 임펄스 응답특성으로 변환 할 수 있도록 프로그램 작성하였다. 이후 측정 데이터

를 로드하여 임펄스 응답으로 변환하고 채널 임펄스 응답 데이터에서 채널파라미터 추출하여 채널의 임펄스 응답특성을 분석하였다. Matlab에서 IR 응답을 통해서 생성된 *.ASC 파일을 Channel Emulator에서 호환이 가능한 *.ir로 변환 하였다^{19,10)}. Simulation Editor는 Input, Channel Model Output 시험을 구성하고 각각을 설정하며 Channel Model에 생성된 *IR 파일을 적용함으로써 Simulation을 설정하여 최종적으로 시험 하고자 하는 Simulation Model을 생성하게 된다. Simulation Editor에서 시험 구성으로 생성된 Channel Model을 Emulation 하고 CIR (Channel Impulse Response) Graph를 확인할 수 있었다^{17,8)}.

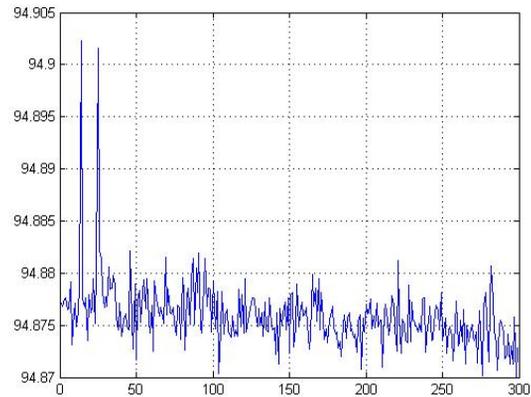


그림 4. Matlab으로 분석된 채널 임펄스 응답

V. 결 론

무선통신 시스템은 Out-door환경에서의 다양한 전파와 전파 환경에 따라 전파의 반사 굴절 및 회절에 의해 다중경로가 발생하고 페이딩을 일으킨다. 다중경로에 의해 송신된 전파는 전력손실과 지연시간으로 인해 신호가 왜곡된다. 그러므로 시스템 설계자는 주변 환경에 의한 왜곡을 고려하여 UHF 대역 RFID 송수신기를 설계해야 하며 보다 정확한 안테나 위치를 설정해서 효율적으로 통신을 할 수 있도록 통신 채널 환경에 대한 정확한 이해가 필요하다. 본 논문에서는 UHF대역 RFID 채널 성능을 분석하기 위하여 실험적인 방법을 사용하여 실제 측정환경에서 UHF 대역 RFID 전파 특성을 측정하고 모델링 하였다. 채널 측정과정을 거치고 다중 경로에 의한 시간 지연과 전력 손실을 측정한 후 이를 바탕으로 채널 파라미터를 추출하고 채널모델링

작업을 거친 후 실제 측정된 데이터를 분석하여 채널 모델을 모사 생성하고 시나리오별 채널모델을 생성하였다. 실험적인 방법으로 도출된 파라미터를 바탕으로 시뮬레이션을 수행하여 최적화된 송수신기의 위치를 설정하며 예측된 결과를 바탕으로 보다 효과적인 UHF 대역 수동형 RFID 시스템 서비스 품질 향상을 위한 송수신기 설계에 기여 할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] Yifeng Han, Hao Min, "System Modeling and Simulation of RFID" Auto-ID Labs at Fudan University, Shanghai, 2004

[2] D. Kim, M. A. Ingram, and W. W. Smith, "Measurements of small-scale fading and path loss for long range RF tags", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 51, no. 8, pp. 1740-1749, Nov. 2003

[3] Antennas and Propagation in UHF RFID Systems Pavel V. Nikitin, Senior Member, IEEE, and K. V. S. Rao, Senior Member, IEEE

[4] Nicolai Czink. The Random-Cluster Model A Stochastic MIMO Channel for Broadband Wireless Communication Systems of the 3rdGeneration and Beyond. December2007

[5] Nicolai Czink, Bernd Bandemer, Gonzalo Vazquez-Vilar, Louay Jalloul, Arogyaswami Paulraj, 'Standford July 2008 Radio Channel Measurement Campaign', 2008

[6] S. Haykin, Cognitive Radio : brain-empowerdwireless communications. Selected Areas in Communications, IEEE Journal, Feb. 2005.

[7] EB Prosim C8. Wideband Multichannel Simulator

[8] EB Propsound CS. Measurement Campaign

[9] 문영주 외 7인 UHF 대역 RFID 전파경로에서의 전파간섭 모델링 및 채널 운용방안 제안 Trans. KIEE. Vol. 57, No. 11, NOV, 2008

[10] 장필선, 이석희, 고영은 방성일, '실내에서 I-UWB 시스템의 채널 모델링 및 검증' 전자공학회 논문지, 05.2007

[11] 김도윤, 장병준, 윤현구 박준석, 육종관 UHF대

역 RFID 리더의 순방향 링크 신호 특성에 관한 연구 한국전파학회 논문지 제18권 제6호 2007년 6월

[12] 장병준,박준석,조홍구,임재봉 UHF RFID 시스템의 순방향 및 역방향 인식 거리에 관한 연구 한국전파학회 논문지 제18권 제11호 2007년 11월

[13] 한상섭, 안중석, 센서네트워크에서의 채널 모델링, 한국정보과학회 가을 학술발표논문집, 2003

[14] RFID/USN 전파성능테스트를 위한 측정기반의 채널모델링 Comtel Technologies, 2009. 12

장 성 진 (Sung Jin Jang)

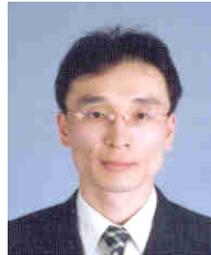


정회원

2000년 8월 건국대학교 일반대학원 전자정보통신공학과 (공학석사)
2003년 2월 한양대학교 일반대학원 전자통신전파공학과 (공학박사수료)
2000년~2001년 대우 고등기술연구원 통신기술센터 연구원

2001년~2006년 팬택&큐리텔 중앙연구소 전임연구원
2007년~2009년 한국물류정보통신 연구소 팀장
2003년~2010년 대림대학교 전자정보통신계열 겸임교수
2011년 3월~현재 대림대학교 전자통신과 교수
<관심분야> RFID/USN, DTN Network, Cognitive adio Network

김 종 배 (Jong Bae Kim)



정회원

2002년 8월 숭실대학교 대학원 석사
2006년 8월 숭실대학교 대학원 박사
2006년 8월 숭실대학교 대학원 박사
2001년~현재 (주)이엔터프라

이즈 대표이사
2004년~2006년 남서울대학교 컴퓨터학과 겸임교수
2006년~현재 서울여자대학교 컴퓨터학부 겸임교수
2009년~현재 (사)해킹보안협회 학술연구위원장
<관심분야> 소프트웨어 개발 방법론, 정보보호, 오픈소스소프트웨어