

# Wi-Fi 기반의 무선단말기와 ESL Tag간의 간섭영향 연구

윤혜주\*, 종신회원, 이일규\*\*

## A Study on the Interference Impact between Wi-Fi Cellular Phone and Electronic Shelf Label system of Tag

Hyeju Yun\*, Lifelong Member, Ilkyoo Lee\*\*

### 요 약

최근 전 세계적으로 전자가격 표시기 시스템이 매장 및 유통업체에서 활성화됨에 따라 2.4GHz의 동일 대역을 사용하는 무선단말기의 Wi-Fi 통신과 간섭현상이 발생하게 되었다. 무선단말기에 의한 전자가격표시기 시스템의 간섭영향을 분석하기 위해 간섭시나리오와 확장된 하타 전파모델을 설정하였다. 심켓을 적용하여 시뮬레이션을 수행하여 무선단말기 간섭으로부터 전자가격표시기 시스템의 태그를 보호하기 위한 이격거리를 도출하였다.

**Key Words** : Industrial Scientific Medical, Electronic Shelf Label, Wi-Fi, Zigbee, SEAMCAT.

### ABSTRACT

As ESL(Electronic Shelf Label) system is increased at the market in the world, the interference between ESL system and Wi-Fi(Wireless Fidelity) Cellular Phone at 2.4GHz becomes issue. The interference scenario and propagation of the Extended HATA Model were established to analyze the interference from Wi-Fi Cellular Phone into ESL system. Through simulation results based on SEAMCAT(Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool), separation distance was obtained to protect ESL system from Wi-Fi Cellular Phone interference.

## I. 서 론

21세기는 사회구조가 고도로 세분화되고 복잡하게 구성됨에 따라 사람들의 경제적, 문화적, 사회적 요구를 만족시키기 위해 각 개인의 성향과 개성 및 창의성을 더욱 중시하는 방향으로 발전하고 있다.

또한 많은 무선기기들이 출현하여 우리 생활에 쾌적하고 편리하며 안락한 생활을 추구하는 삶의 질 향상이 확산되고 있다. 특히 무선통신시장에서의 다양한 애플리케이션 활용과 멀티미디어 서비스 지원을 통해 스마트폰 사용자가 증가하고 이에 따라 무선인터넷을 사용하는 이용자도 증가하였다[1].

그림1과 같이 2013년 모바일 인터넷 접속방법의 경우 Wi-Fi를 통한 인터넷 접속이 73.4%로 가장 높은 퍼센트를 나타남을 통해 Wi-Fi 기술이 스마트폰 시장에서 빠르게 성장하고 있음을 확인할 수 있다[2].

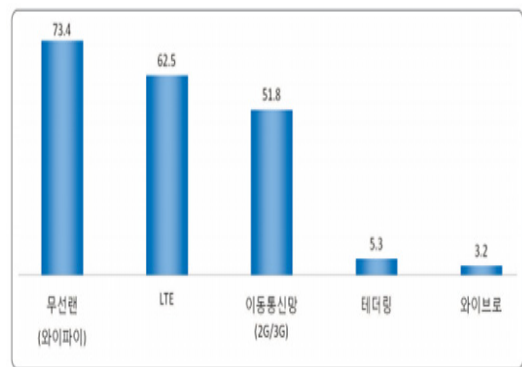


그림 1. 모바일 인터넷 접속 방법

최근 IEEE.804.15의 Zigbee통신을 기반으로 한 ESL(Electronics Shelf Label)시스템도 유럽 유통업체를 중심으로 글로벌화 되고 있다. ESL시스템은 유통매장에서 각 상품별로 가격표시를 위한 전자가격표시기를 선반에 설치하

\* 이 논문은 그린카기술연구소의 재원으로 공주대학교 산학협력단의 지원을 받아 수행된 연구 결과임

\*\*공주대학교 전기전자제어공학과 나노무선시스템연구실 (hyeju4413@kongju.ac.kr)

\*\*\*공주대학교 전기전자제어공학과 부교수(leeik@kongju.ac.kr), 교신저자 : 이일규

접수일자 : 2014년 5월 20일, 수정완료일자 : 2014년 6월 3일, 최종 게재확정일자 : 2014년 6월 9일

고 가격변동과 할인정보를 실시간 전송하여 소비자가 실시간으로 상품의 정보를 받도록 하는 시스템으로 유럽과 한국의 유통업계를 중심으로 급부상중 아이템이다[3].

본 연구에서는 다양한 ISM(Industrial, Scientific and Medical)기기 중에서 대표적인 Wi-Fi(Wireless Fidelity) 통신기기인 무선단말기와 Zigbee통신기반의 ESL시스템 사이의 간섭영향을 심켓(Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool; SEAMCAT)을 이용하여 시뮬레이션 분석하였다.

## II. 간섭모델의 기능과 파라미터

### 1. ESL시스템

ESL시스템은 Server, Manager, Tag로 구성된다. Server는 사용자 편의 GUI(Graphical User Interface) 및 상품정보와 가격정보를 바탕으로 데이터 및 장치 운영시스템으로 가격에 필요한 데이터를 보관하는 기능을 한다. Manager는 Server에 보관된 데이터를 중간에서 Tag로 전달하고, 또한 Tag의 데이터를 Server로 전달하는 송·수신 역할로써 Zigbee통신의 정보전달의 신뢰성 및 전송거리를 늘리기 위한 중계기 역할을 담당하고 있다. Tag는 제품의 정보를 시각적으로 소비자에게 제시하는 역할을 한다[3].

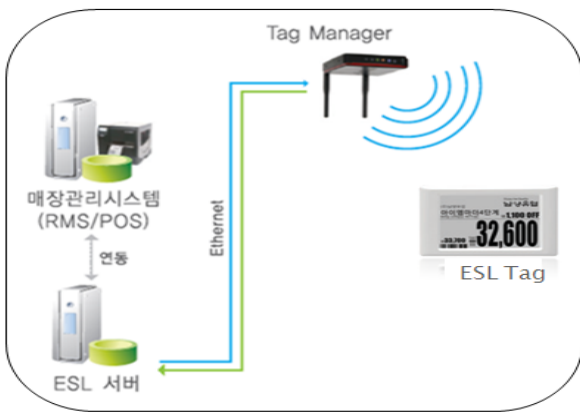


그림 2. ESL시스템의 구성요소

본 연구에서는 표 1과 같이 ESL시스템에 내장되어 있는 Zigbee통신 기반의 트랜시버 시스템을 실험 파라미터로 선정하였다. Zigbee통신은 IEEE. 802.15.4에서 표준화가 진행되며, Dual PHY 형태로 주파수대역은 2.4GHz 및 868~915MHz 대역에서 사용한다. 특히, 2.4GHz 대역은 무선 개인영역 통신망 규격으로, 통상 50m 이내의 거리에 떨어져 있는 주변 장치들 간에 최고 250kbps의 데이터 전송속도로 주고받을 수 있다[4].

표 1. ESL시스템의 실험 파라미터

Parameters	Value	Unit
Physical Standard	IEEE 802.15.4	
Frequency	2435	MHz
Thermal Noise	-110	dBm/Hz
Transmit Power	5	dBm
Bandwidth	2	MHz
Sensitivity	-98	dBm
Modulation	DSSS/O-QPSK	
Data rate	250	kbps
Antenna height	Tx : 3 Rx : 1.5	m

또한 트랜시버의 파라미터특성을 고려한 블로킹마스크를 그림 3과 같이 설정하였다.

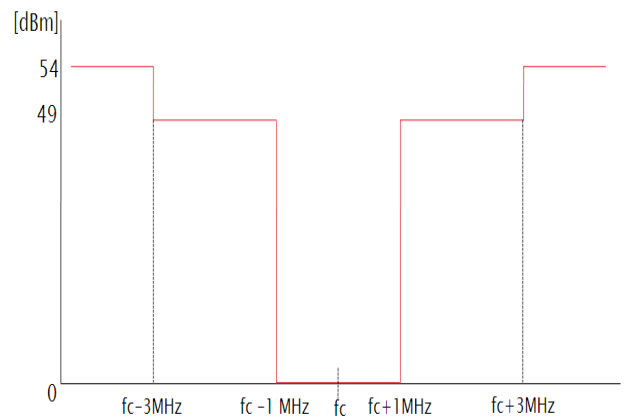


그림 3. 트랜시버의 블로킹마스크

### 2. Wi-Fi 통신 기반의 무선단말기

Wi-Fi에서 사용되는 2.4GHz 대역은 ISM대역으로 비면허 대역에 해당하여 다양한 무선기기들이 함께 주파수를 사용하고 있다. 다양한 Wi-Fi통신기기 중 대표적인 무선단말기를 실험대상으로 선정하였으며, 무선단말기 성능 파라미터를 표 2에 나타내었다[5].

표 2. 무선단말기의 성능 파라미터

Parameters	Value	Unit
Physical Standard	IEEE 802.11b	
Frequency	2412	MHz
Thermal Noise	-100	dBm/Hz
Transmit Power	10	dBm
Bandwidth	22	MHz
Sensitivity	-88	dBm
Modulation	DSSS	
Data rate	2	Mbps
Emission Mask	Emission Power level of IEEE.802.11b Wi-Fi	

간섭원의 송신기에 IEEE.802.11b의 표준에 의한 방사전력 레벨로 그림 4와 같은 방사마스크를 설정해주었다[6].

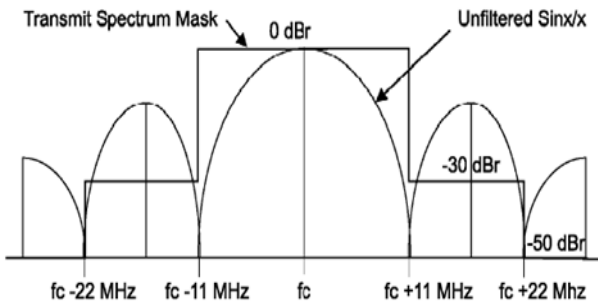
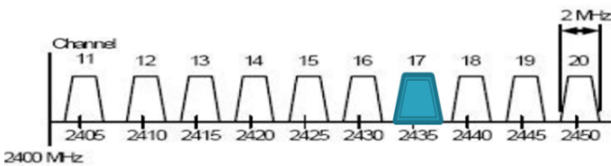


그림 4. IEEE.802.11b Wi-Fi의 방사전력레벨

Zigbee통신과 Wi-Fi통신의 채널의 주파수 분배 현황은 그림 5에 나타내었다. 주파수를 선정하는 과정에서 채널이 중첩되면, 전파간섭이 크게 일어나서 통신이 되지 않으므로, 인접할 채널을 선택하였으며 본 연구에서는 Wi-Fi 1번 채널과 Zigbee 17번 채널을 선정하였다.

### Zigbee 채널



### WiFi 채널

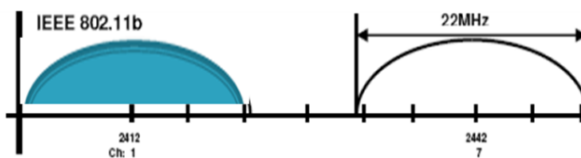


그림 5. Zigbee채널과 Wi-Fi 채널 설정

## Ⅲ. 간섭시나리오

ESL시스템과 Wi-Fi 무선단말기 사이의 간섭분석 시나리오는 그림 6과 같이 간섭원을 Wi-Fi 무선단말기로 하고, 희생원을 ESL시스템으로 두어 간섭원의 송신기( $I_t$ )인 무선단말기가 희생원의 수신기( $V_r$ )인 ESL Tag에 미치는 간섭영향을 분석하도록 설정하였다.

희생원인 ESL 시스템의 송·수신기 사이의 거리를 60m, 15m, 5m로 나누어 세 가지 경우(Worst/Normal/Best case)를 고려하였다. 각 거리에서 요구되는 무선단말기와 ESL Tag의 거리 즉, 간섭원과 희생원 사이의 간섭확률이 5%이하를 만족하는 보호거리를 도출하였다[7].

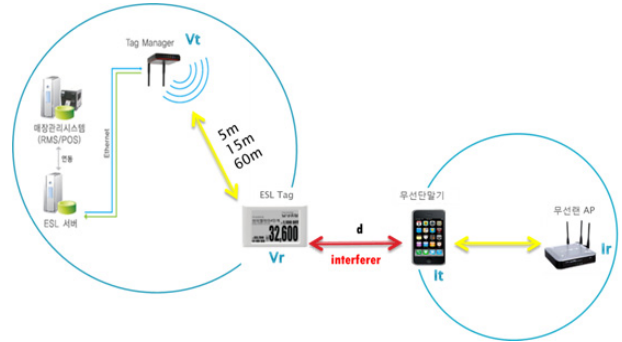


그림 6. ESL시스템과 무선단말기 사이의 간섭 시나리오

희생원인 ESL 시스템의 송·수신기 사이의 거리를 60m, 15m, 5m로 나누어 설정한 이유는 60m의 경우 아무 간섭이 없을 때 셀 반경 최대의 거리를 의미하고, 15m는 실제 환경을 고려하여 최대로 산정한 거리이고, 5m는 ESL시스템 안 정권에 위치할 때의 경우를 고려한 것이다.

## Ⅳ. 시뮬레이션 및 결과

### 1. 심켓 시뮬레이션

심켓은 최적의 스펙트럼 관리를 위해 유럽에서 주로 사용되는 통계적 분석 방법의 시뮬레이션툴로써 그림 7과 같이 분석할 시스템을 희생원과 간섭원으로 구분하고, 개별 시스템을 구성하는 송수신기의 위치, 안테나 높이, 안테나 이득, 전파 모델 등을 설정하는 기능을 가지고 있다. 또한 심켓이 채택하는 성능 평가 척도로는 간섭확률, 용량, 전송효율 등이 있다[8].

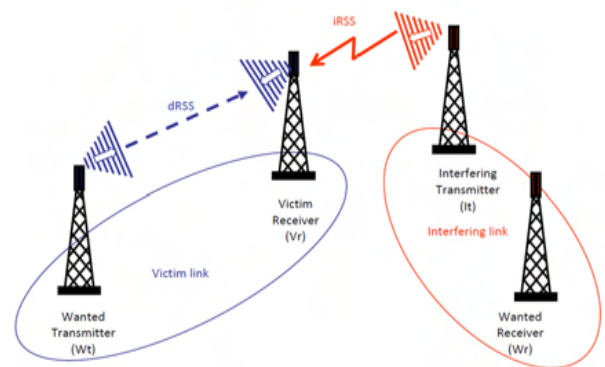


그림 7. 희생원과 간섭원의 관계

심켓을 이용한 시뮬레이션은 여러 번의 반복 시행을 통하여 각 시행마다  $dRSS$ (desire Receive Signal Strength)와  $iRSS$ (interfere Receive Signal Strength)의 비를 구하고  $C/I$ (Carrier to interference)와 비교하여 간섭여부를 판정하고, 전체 이벤트 횟수에서 간섭 상황이 발생하는 횟수를 확인하여 간섭확률을 구하는 것으로  $C/I$ 는 12dB로 설정하였다.

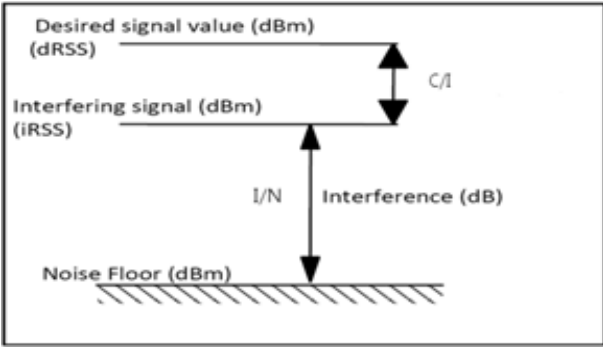


그림 8. 문턱값 C/I의 비교

그림 8과 식 1은 간섭을 판정하는 과정으로 각각의 시행에서 생성된 원하는 신호(C)와 간섭 신호(I)의 비율은 통신이 가능한 기준으로 설정된 C/I를 초과하는지 비교한다[9].

$$P = P\left(\frac{dRSS}{iRSS} > \frac{C}{I} \mid dRSS > \text{Sensitivity}\right) \quad (1)$$

간섭 확률은 식 2와 같이 식 1에서 앞서 구한 통신이 가능한 확률을 뺀 값으로 계산된다.

$$\text{Interference rate} = 1 - P \quad (2)$$

전파모델은 식 3,4에 제시한 Indoor Hata model을 사용하였다[9].

$$L(\text{indoor} - \text{indoor}) = -27.6 + 20 \log(d) + 20 \log(f) + \text{fix}\left(\frac{d}{d_{\text{room}}}\right) * L_{\text{wi}} + k_f \left[ \frac{k_f + 2}{k_f + 1} - b \right] L_f \quad (3)$$

$$k_f = \text{fix}\left(\frac{|h_2 - h_1|}{h_{\text{floor}}}\right) \quad (4)$$

표 3. Indoor Hata model의 파라미터

Parameters	mean	Unit
d	distance between transmitter and receiver	km
f	frequency	MHz
L <sub>wi</sub>	loss of wall	dB
b	empirical parameter	
d <sub>room</sub>	size of the room	m
L <sub>f</sub>	loss between adjacent floor	dB
h <sub>floor</sub>	height of each floor	m
h1	transmitter antenna height (above ground)	m
h2	receiver antenna height (above ground)	m

## 2. ESL시스템과 무선단말기 사이의 간섭분석 결과

간섭시나리오의 세 가지 경우 중 Normal case인 희생원인 ESL시스템의 송·수신기의 거리를 15m로 가정하였을 경우를 심켓으로 시뮬레이션을 하면 그림 9의 시나리오 outline을 확인할 수 있다.

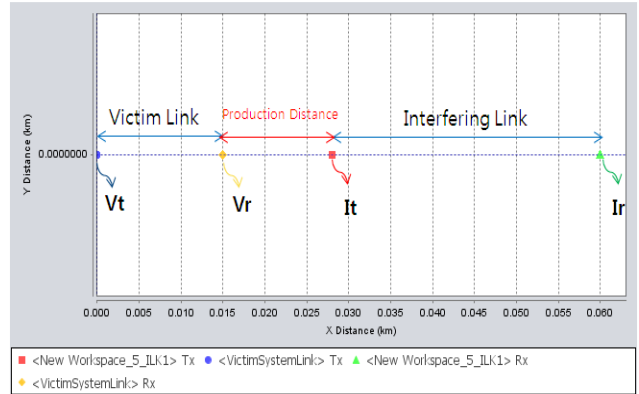


그림 9. 시나리오 OUTLINE

본 연구에서는 총 10,000회의 반복 시행을 통해 심켓 시뮬레이션이 진행되었으며, 아래의 그림 10,11은 반복 시행 100회까지의 dRSS와 iRSS의 신호전력 값을 그래프로 나타낸 것이다. 또한 그림 10,11의 그래프도 Normal case의 시나리오를 바탕으로 얻어진 값이다.

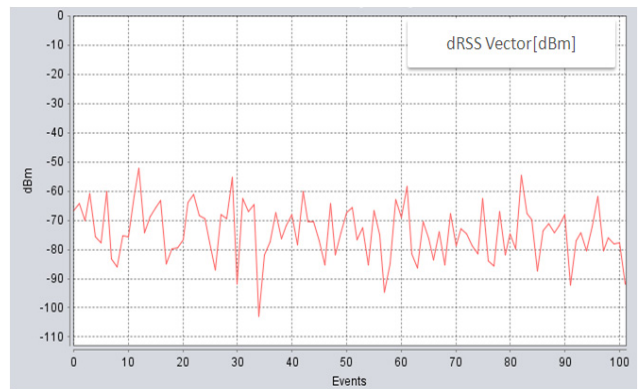


그림 10. dRSS Vector [dBm]

dRSS는 원하는 수신 신호의 세기로 희생원의 ESL Tag의 수신 신호 세기를 의미한다. dRSS의 최대값은 -43.84dBm, 최소값은 -103.37dBm, 평균 -73.57dBm을 나타내었다.

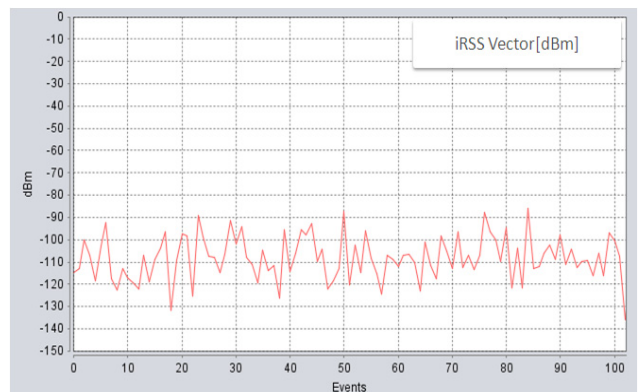


그림 11. iRSS Vector [dBm]

iRSS는 간섭 수신 신호의 세기로 간섭원의 무선단말기의 수신 신호 세기를 의미한다. iRSS의 경우 최대값은 -75.15dBm, 최소값은 -142.02dBm, 평균 -109.04dBm을 나타내었다.

위의 그래프에서 얻어진 결과처럼 각 시행마다 dRSS와 iRSS의 비를 구하고 C/I(Carrier to interference)와 비교하여 간섭여부를 판정하고, 전체 시행 횟수에서 간섭 상황이 발생하는 횟수를 확인하여 간섭확률을 구하는 과정을 통하여 간섭확률이 5%이하를 만족하는 보호거리를 도출하였다.

간섭시나리오를 바탕으로 Best/Normal/Worst Case의 심켓 시뮬레이션을 한 결과, 희생원인 ESL시스템과 간섭원인 무선단말기 사이의 간섭확률이 5%이하를 만족하는 보호거리는 다음과 같다.

표 4. ESL Tag와 무선단말기 사이의 보호거리

	Worst Case	Normal Case	Best Case
Vt-Vr distance	60m	15m	5m
Protection distance (It-Vr distance)	20m	13m	4m

Worst case에서는 ESL Tag는 무선단말기로부터 최소 20m의 보호거리가 필요하고, Normal case에서는 13m, Best case에서는 4m의 보호거리를 도출하였다.

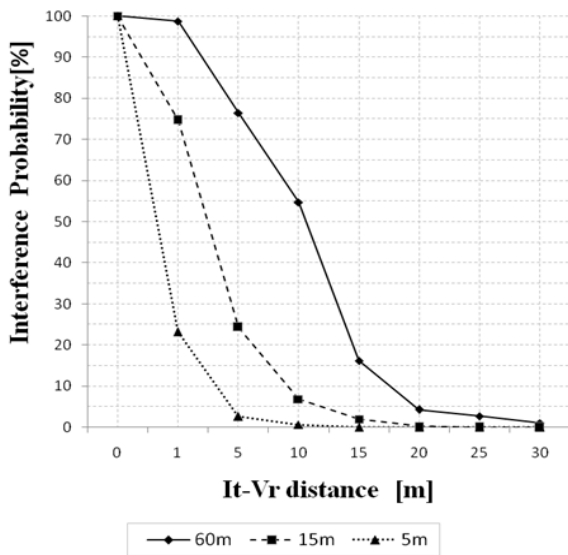


그림 12. ESL 시스템과 무선단말기 사이의 간섭확률

그림 12는 ESL Tag와 무선단말기 사이의 거리를 0~30m로 하였을 때, 각 환경에서의 간섭확률을 그래프로 표현하였다.

## V. 결론

ESL시스템에 내장된 Zigbee통신과 Wi-Fi 무선단말기 모두 2.4GHz의 ISM대역을 사용하고 있으며, 본 논문에서는 동일 주파수대역의 사용으로 간섭현상이 야기될 것으로 예상되어 ESL Tag와 무선단말기 간의 간섭영향을 연구하였다.

실내 도심지의 전파환경을 모델로 한 확장된 Indoor Hata 형식의 전파모델을 배경으로 설정하여, 분석 틀인 심켓을 기반으로 한 시뮬레이션 실험을 통하여 Worst/Normal/Best case에서의 ESL시스템과 Wi-Fi 무선단말기 사이의 보호거리를 도출하였다.

본 논문은 현재 대중화되어 보편적으로 사용하고 있는 Wi-Fi통신기기로부터 새로 등장한 ESL시스템을 보호하기 위한 방안을 마련하는 기초 자료로 활용 가능할 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

- [1] 김동, 지그비 기술/ 시장동향과 TRM 및 응용사례, ITComin Mailzine No.5, 2008.
- [2] 한국인터넷진흥원, 2012년\_무선인터넷이용실태조사, 2012.
- [3] CEST, 무선통신 전자가격표시기 국내 첫 백화점 설치, etnews, 2010.
- [4] CC2520 DATASHEET 2.4 GHZ IEEE 802.15.4/ZIGBEE RF TRANSCEIVER SWRS068 - DEC, 2007.
- [5] MRF24WB0MA/MRF24WB0MB Data Sheet 2.4 GHz IEEE 802.11b.
- [6] Tanim M. Taher, Symbol Shaping for Barker Spread Wi-Fi Communications, IEEE International Conference, Jun, 2007.
- [7] 김성권, Monte-Carlo 기반의 간섭분석에 관한 연구, 한국전자통신학회, Vol.3, no.2, pp58-64, 2008.
- [8] 박상준 외 2명, SEAMCAT 기반 전파 간섭 평가 도구 개발, 대한전자공학회, 추계학술대회, pp266-pp269, 2013.
- [9] ECO, "SEAMCAT Handbook", CEPT, 2013.

## 저자

윤혜주 (Hyeju Yun)



- 2013년 2월 : 공주대학교 전기전자 제어 공학부 나노정보공학과 (공학사)
- 2013년 3월~현재 : 공주대학교 대학원 전기전자 제어공학과 (공학석사과정)

<관심분야> : 스펙트럼 공학, RF시스템, 전파 간섭분석

**이 일 규(Ilkyoo Lee)**



**정회원**

- 1994년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2003년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1997년~2004년 : ETRI 선임연구원
- 2007년~2008년 : 조지아텍 교환교수
- 2012년 3월~2013년 1월 : 조지아텍 교환교수
- 2004년 9월~현재 : 공주대학교 전기전자제어공학부 부교수  
<관심분야> RF 시스템, 스펙트럼 공학, 이동통신 시스템, 전파간섭