

RFID 다기능 복합 카드용 UHF 대역 소형 태그 안테나 개발

정희원 변종헌*, 성봉근*, 최은정*, 주대근*, 유대원*, 종신회원 조병록**

Development of UHF Band Tag Antenna using Radio Frequency Identification Multipurpose Complex Card

Byun Jong Hun*, Sung Bong Geun*, Choi Eun Jung*, Ju Dae Geun*,
Yoo Dae Won*, *Regular Members*, Cho Byung Lok** *Lifelong Member*

요약

본 논문에서는 다기능 복합 카드용 극초단파(UHF) 대역 소형 태그 안테나를 제안하였다. 현재 일반적으로 HF 대역 태그와 UHF 대역 태그가 장착된 듀얼 카드가 사용되고 있다. 본 논문에서는 기존 듀얼 카드에 지문인식 시스템이 탑재됨으로써 발생하는 공간상 제약 및 주변 도체로 인한 RFID 태그 인식거리 성능 저하를 최소화한 다기능 복합 카드용 극초단파 대역 RFID 소형 태그 안테나를 제안하였다. 제안된 극초단파 대역 RFID 소형 태그 안테나는 HF 태그 및 지문인식 시스템이 탑재된 제한된 공간에 적용 가능한 다기능 복합 카드용이며 테이퍼트, 미앤더 라인 및 루프 구조를 변형시킴으로써 소형화 및 태그 칩 매칭을 가능하게 하였다. 제안된 소형 태그 안테나는 카드 재질 특성 및 주변 회로를 감안하여 설계하였으며 작은 크기(50×15 mm)로 PET필름에 제작되었다. RFID 소형 태그 측정 방법은 무반사실에서 EPCglobal Static Test 장비를 이용하여 측정하였으며 기존 사용 중인 듀얼 카드와 차량 내부 및 지갑을 이용해서 다양한 비교 측정을 하였다. 측정 결과 EPCglobal Static Test 결과 인식거리는 3.8 m, 필드테스트 결과 차량 내부에서 최대 인식거리 7.6 m로 양호한 결과를 확인하였으며 제안된 태그 안테나는 지자체에서 주차통제보안시스템에 사용될 예정이다.

Key Words : RFID(Radio Frequency Identification), Multipurpose Complex Card, UHF Band, Small Tag Antenna, Parking Control Security System

ABSTRACT

In this paper, Our proposed Multipurpose Complex Card UHF band RFID small-size Tag antenna. Multi purpose Complex Card UHF band RFID small-size Tag antenna that is to minimize the low efficiency of RFID Tag Read Range that generates space limitation and a conductor surrounded by inducing fingerpring system with dual(HF, UHF) Card is presented. Our proposed UHF band RFID small-size Tag antenna is for the Multipurpose Complex Card that is mounted on the fingerpring system as well as the HF Tag. It also enables to minimize and facilitates Tag chip matching by adjusting Tapered, Meander line and Loop structure. Given the card substance properties and periphery circuit, the proposed small-size Tag antenna, in this report, is designed with PET film with size of 50×15mm. The RFID small-size Tag method for measurements is used by EPCglobal Static Test instrument in Anechoic Chamber, which is tested with dual Card, within the car and in wallet. It is found that Read Range is 3.8m from the EPCglobal Static Test, Maximum Read Range within the car from the field test results in 7.6m. Proposed Tag antenna is will be used in the parking control security system.

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신 연구진흥원의 지원을 받아 수행된 연구결과임(09-기반, 산업원천기술개발사업)

* (재)광양만권 u-IT 연구소 (jhbyun@ugii.re.kr), ** 순천대학교 (blcho@sunchon.ac.kr)

논문번호: KICS2009-10-521, 접수일자: 2009년 10월 31일, 최종논문접수일자: 2009년 12월 10일

I. 서 론

RFID(Radio Frequency IDentification) 기술은 각 사물에 전자 태그를 부착하고, 사물의 고유 ID를 무선으로 인식하여, 해당 정보를 수집, 저장, 가공, 추적함으로써 사물에 대한 측위, 원격 관리 및 사물 간 정보 교환 등의 서비스를 제공하는 기술이다. 최근 RFID 시스템은 제조 및 물류, 출입관리 자동화와 원격관리 등의 다양한 분야에서 사용되고 있으며 우리나라에서는 정부, 지자체 및 대기업위주로 RFID 도입이 활성화 되고 있다. RFID 시스템은 사용 주파수대역에 따라서 구분할 수 있으며, 특히 UHF대역(860~960 MHz)의 RFID 시스템은 전계를 이용해 정보를 전달하기 때문에 다른 대역의 시스템보다 통신거리가 길고 저가 생산이 가능하며 RFID 태그에 대용량 고유정보를 저장할 수 있고 반영구적인 사용이 가능하다는 장점으로 인해 UHF 대역 RFID에 대한 분야별 요구가 증가하고 있다. RFID 시스템은 크게 리더와 태그로 구분이 되며 리더 시스템에서 태그의 전파를 복사하면 태그 칩에 저장된 고유 정보를 역산란 방식을 통하여 태그 안테나로부터 되돌려 받게 된다. 동작 주파수가 UHF 대역으로 높아짐에 따라 인식거리와 같은 시스템의 성능을 최대화하기 위해서는 RFID 태그 및 리더 안테나의 설계가 더욱 중요해지며 특히 수동형 RFID 태그의 경우 안테나의 최적 설계가 매우 중요하다. 수동형 UHF 대역 RFID 태그는 내부에 별도의 전원을 가지고 있지 않으며, 리더로부터 송출된 전자파를 정류하여 자신의 동작 전원을 얻는다. 따라서 수동형 태그의 안테나는 가능한 최대의 전력을 손실 없이 태그 칩으로 전달하여야 하며, 이를 위하여 우수한 방사특성과 함께 태그 칩과의 완벽한 정합이 이루어져야 한다.^{[1]-[4]}

RFID 시스템의 응용 분야 중 하나인 다기능 복합카드는 하나의 카드에 다양한 응용 서비스(신용카드, 자원봉사 관리, 할인 카드, 출입 자동화, 출입 보안 등)를 제공하는 카드로 UHF 대역 RFID 태그는 원거리 인식이 필요한 응용서비스에 사용된다. 현재는 일반적으로 개인 출입 통제용으로 사용되는 HF 대역 태그와 차량 관리용으로 사용되는 UHF 대역 RFID 태그가 삽입된 듀얼 카드가 출입 관리 및 차량 통제용으로 사용되고 있다. 그러나 기존 듀얼카드는 도난 및 분실 시 도용 가능성 및 개인 출입여부를 확인 할 수 없기 때문에 관공서 및 지자체, 항만 출입, 은행같이 보안이 요구되는 장소에

서 도입하는데 문제점을 가지고 있다. 이런 문제점은 지문인식 시스템과 같은 개인 인식용 시스템을 사용함으로써 해결할 수 있지만 하나의 카드에 응용 서비스의 증가로 인해 공간상의 제약이 매우 심해져서 UHF 대역 RFID 태그의 소형화가 절실히 요구된다.

현재 다기능 복합카드 중 HF 대역 태그, 지문인식시스템과 UHF 대역 RFID 태그가 결합된 카드는 도입된 사례가 없다. HF 대역 태그와 지문인식시스템에 UHF 대역 RFID 태그를 적용하려면 카드 재질에 적합한 임피던스 매칭이 필요하며 공간상의 제약 및 주변 회로의 도체에 의한 영향으로 인해 성능저하가 발생되지 않는 적합한 RFID 소형 태그 안테나의 설계가 되어야 한다. 또한 RFID 소형 태그 안테나 타입은 카드에 사용하기 위해 라벨(Label) 태그로 제작이 되어야 하며 라벨태그에 일반적으로 사용되는 다이폴 구조에 소형화 및 주변 환경의 영향을 고려한 태그 안테나로 설계되어져야 한다.

본 논문 구성은 II장에서는 UHF 대역 소형 태그 안테나 구조 및 시뮬레이션 결과를 소개한다. III장, IV장에서는 EPCglobal Static Test 측정 방법 및 측정결과와 RFID 소형 태그 안테나 필드테스트 방법 및 측정결과에 대해 기술하고 V장에서 결론을 내렸다.

II. 제안된 UHF 대역 RFID 소형 태그 안테나 구조

수동형 RFID 태그는 제작 단가 및 제작상의 문제로 인하여 안테나와 태그 칩의 직접적인 정합이 필요하다. 수동형 UHF 대역 RFID 태그 칩은 쇼트키(Shottky) 다이오드와 커패시터를 이용한 정류 및 검파 회로로 구성되어 있다. 따라서 회로의 특성상 UHF 대역에서 수 Ω 의 작은 저항 성분과 수백 Ω 의 큰 용량성 리액턴스 성분을 가진다. 따라서 태그 칩과 태그 안테나의 공역 정합을 위해서는 태그 안테나의 임피던스는 수 Ω 의 작은 저항 성분과 수백 Ω 의 큰 유도성 리액턴스 성분을 가져야 한다.

제안된 UHF 대역 RFID 소형태그 안테나는 HF 대역 태그와 지문인식시스템의 영향으로 받는 공간상 제약 및 지문인식시스템의 주변 회로의 영향을 고려한 변형된 다이폴 안테나 구조에 테이퍼드, 급전부의 루프, 미앤더 라인의 턴 수를 이용해서 효율적으로 임피던스 정합을 하는 구조로 설계하였다.

UHF 대역 RFID 태그가 부착 될 수 있는 공간이 52×17 mm으로 제한되어 있는 상태이기 때문에 태그 안테나를 소형화가 필요하며 이를 위해 미앤더 라인을 사용하였다. 미앤더 라인을 사용하면 안테나가 소형화가 가능하지만 방사 저항이 작아지게 되며 임피던스 궤적은 커지게 된다. 또한 효율이 떨어지고 리액턴스가 커지면서 대역폭이 감소하게 된다. 이를 개선하기 위해서 정합회로를 사용하여야 하며 제안된 RFID 소형 태그 안테나는 급전부의 루프구조를 이용해서 안테나의 방사 저항을 증가시키고, 입력임피던스의 리액턴스를 변화시킴으로써 안테나의 임피던스 정합을 유도하였다.^{[5]-[7]}

그림 1은 제안된 UHF 대역 RFID 소형 태그 안테나 구조 및 세부적인 치수이다. RFID 소형 태그 안테나 전체크기는 50×15 mm로 소형화 하였다. RFID 태그 칩은 Alien Higgs3 Strap IC를 사용하였고, W3, L2, 미앤더 라인의 턴수의 변화를 이용해서 태그 칩의 공액 정합을 하였다. 시뮬레이션을 통해 그림 2, 그림 3와 같은 최적의 Smith Chart와

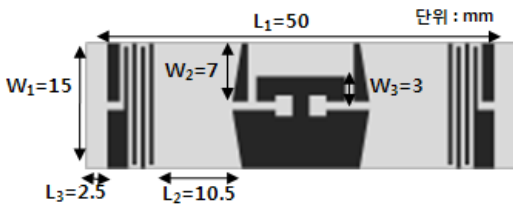


그림 1. 제안된 UHF대역 RFID 소형 태그 안테나 구조

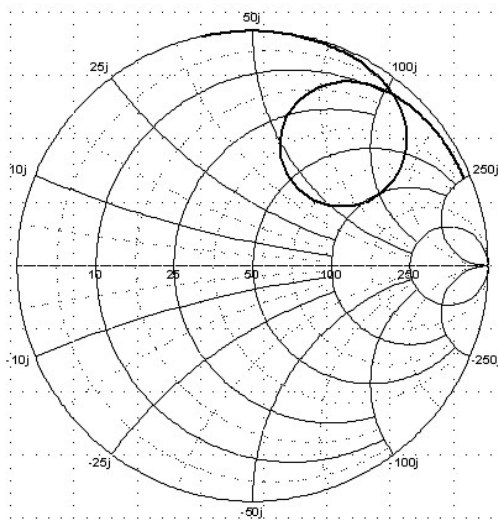


그림 2. 제안된 UHF대역 RFID 소형 태그 안테나 Smith Chart

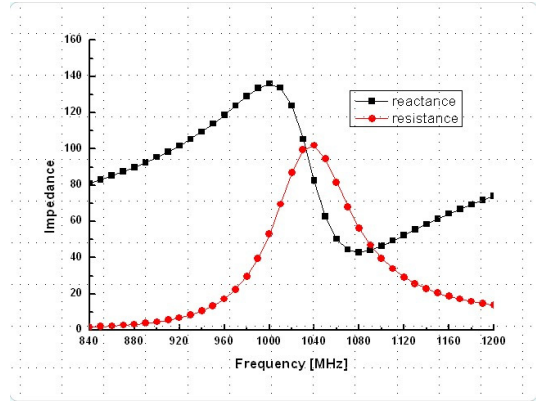


그림 3. 제안된 UHF대역 RFID 소형 태그 안테나 임피던스 특성

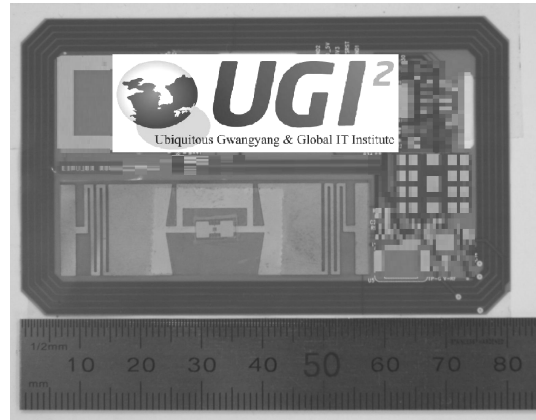


그림 4. 제안된 UHF대역 RFID 소형태그 안테나 제작사진

임피던스 특성을 확인하였다. 지문인식 시스템에 실장 되는 칩, 접지 라인 및 HF 대역 태그 같은 인접한 도체를 감안하여 시뮬레이션 하였으며 결과는 예측하기 어려운 주변 회로의 영향을 고려해서 높은 주파수에 공진 주파수를 형성시켰으며 제작 및 튜닝 작업을 통해서 최적의 결과를 얻었다.

그림 4와 같이 지문인식시스템과 HF 대역 태그가 있는 제약된 공간 및 주변 회로 도체가 존재하는 환경에 삽입되었다. 태그 안테나의 구성은 PET ($\epsilon=3.2$) 필름에 다기능 복합카드 커버는 PVC($\epsilon=3.4$)의 양쪽 커버로 구성되어 있다.

III. UHF 대역 RFID 소형 태그 안테나 EPCglobal Static Test 방법 및 측정결과

일반적으로 안테나는 식(1)과 (2)를 사용해서 임

피턴스 및 정재파비 특성을 계산할 수 있다.

$$\Gamma = \frac{Z_A - Z_C}{Z_A + Z_C} \quad (1)$$

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2)$$

그러나 태그 칩 임피던스가 공액 값을 가지고 있기 때문에 직접적으로 네트워크 분석기(vector network analyzer)에 연결을 할 수가 없다. 따라서 태그 안테나를 별도로 SMA 커넥터에 연결해서 임피던스를 측정할 값을 태그 칩 임피던스에 정규화하는 방법으로 정합 정도를 나타낸다. 그러나 이런 방법으로 측정된 결과 값은 태그 안테나와 태그 칩 임피던스의 대략적인 정합 정도를 나타낼 수는 있지만 실제 환경적용에 적합한 결과 값으로 보기 힘들다. 실제 환경에서 적용하려면 RFID 리더에서 송신된 신호에 대해서 RFID 태그의 응답을 확인하는 인식거리 측정방법이 적합한 방법일 것이다.

제안된 UHF 대역 RFID 소형 태그 측정은 그림 5와 같은 EPCglobal Static Test 태그 성능 측정 구성도를 가지는 Agilent Tag Performance Test System을 사용해서 그림 6과 같이 9 m급 무반사실에서 중심주파수 911.25 MHz 리더 안테나와 태그 사이의 간격은 0.8 m에서 인식거리를 측정하였다. 이때 인식거리 측정은 UHF 대역 한국 RFID 중심주파수에서 태그의 감도를 측정하는 것이며 측정 방법은 표 2와 같다. 같은 방법으로 현재 항만 출입관리용으로 보급되어 사용 중인 A, B, C 타입의 듀얼 카드를 측정하였으며 측정결과는 표 3에 나타내었다.

측정결과 제안된 RFID 소형 태그 안테나의 인식

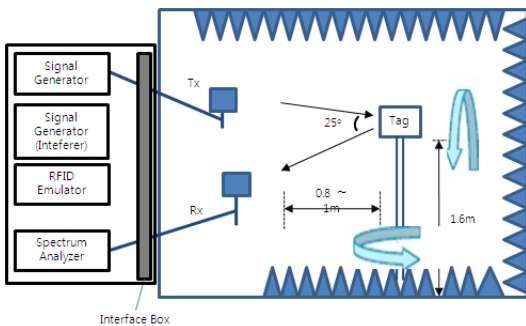


그림 5. EPCglobal Static test 구성도

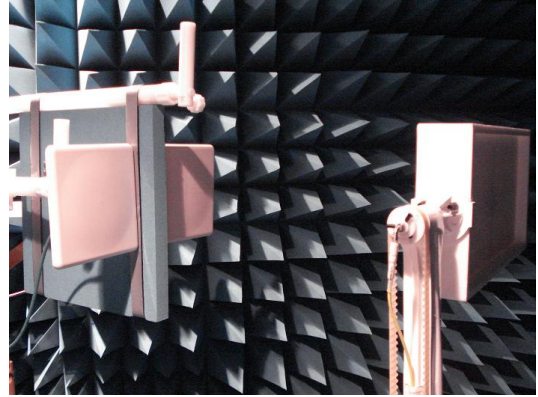


그림 6. EPCglobal Tag Performance System

표 2. EPCglobal Static Test 인식거리 측정방법

측정방법	
1	UHF대역 중심주파수(911.25MHz)에서PR-ASK 신호를 방출
2	신호의 크기는 태그 응답을 받을 만한, 최소의 EIRP로 방출
3	해당 신호의 크기에서 태그가 응답이 없을 시 EIRP를 0.25dB step 단위로 증가시켜 Success read rate가 50% 되는 지점의 EIRP를 기록
4	위의 EIRP에서 1dB를 더 증가 시킨 후 0.25dB step 단위로 감소시키면서 Success read rate가 50% 이상 되는 지점의 EIRP를 기록
5	$\text{Read Range(Meter)} = r \times 10^{\left(\frac{35 - \text{EIRP}_{\text{Tx}}}{20}\right)}$ r = transmitter 단에서부터 tag 까지의 거리 EIRP _{tx} = 3번과 4번 결과의 평균값

표 3. EPCglobal Static test 인식거리 측정결과

측정대상	인식거리(m)
A	4.20
B	3.42
C	2.19
제안된 소형 태그	3.82

거리는 3.82 m로 기존의 듀얼카드의 UHF 대역 태그에 비해 소형이며 지문인식시스템이 추가된 상태에서 비교해 볼 때 양호한 인식거리 성능을 얻었다.

IV. UHF 대역 RFID 소형 태그 안테나 필드테스 방법 및 측정 결과

UHF 대역 RFID 시스템의 문제점 중 한 가지는

실제 시스템 적용 시 적용 환경(태그 부착 재질, 위치, 주변 환경)의 영향으로 인한 태그 성능의 감소가 문제점으로 대두되고 있다. 본 논문에서는 이런 문제점을 보완하기 위해서 실제 적용 환경과 유사한 환경을 구축하고 다양한 방법으로 필드테스트를 시행하였다.

그림 8과 그림 9와 같이 리더 안테나를 기준으로 차량의 정면 및 측면에서 차량 내부에서 인식거리를 측정하였다. 이때 측정대상은 현재 항만출입관리용으로 동일하게 사용 중인 A, B, C 타입의 기존 듀얼 카드와 제안된 RFID 소형 태그를 대상으로 측정하였으며 태그위치는 운전석 핸들 5 cm위에서 차량 정면을 바라본 상태에서 측정하였다. 측정환경은 차량 내부에서 운전자가 카드를 손에 든 상태와 운전자의 편의를 고려하여 지갑 속에 카드를 넣고 지갑을 손에 든 상태에서 각각 측정하였다.

측정 장비는 Impinj Speedway RFID 리더와 LS AU9003 UHF 리더안테나를 이용하여 넓은 공간에서 필드테스트를 시행하였다.

필드 테스트 측정결과는 표 4, 표 5, 표 6에 나



그림 7. 차량 정면 필드테스트



그림 8. 차량 측면 필드테스트

표 4. 필드테스트 외부 측정결과

측정대상	인식거리(m)
A	6.1
B	4.19
C	3.1
제안된 소형 태그	5

표 5. 필드테스트 자동차 내부 측정결과

측정대상	인식거리(m)	
	정면	측면
A	8	3.1
B	6.7	2.3
C	5.3	1.9
제안된 소형 태그	7.6	2.8

표 6. 필드테스트 자동차 내부 지갑내 측정결과

측정대상	인식거리(m)	
	정면	측면
A	6.7	4.1
B	4.4	2.5
C	3.1	2
제안된 소형 태그	5.5	3.2

타냈었다. 표 4는 외부에서 다기능 복합카드용 UHF 대역 RFID 태그에 대한 최대 인식거리를 측정 한 결과이다. 제안된 RFID 소형 태그의 인식거리는 5 m이다. 표 5는 리더 안테나 기준 차량 정면 및 측면에서 차량 내부 운전자가 카드를 손에 든 상태에서의 최대 인식거리를 나타내었다. 제안된 태그의 경우 차량 정면에서 최대 인식거리 7.6 m, 측면에서 2.8 m로 양호한 성능을 가짐을 확인할 수 있다. 또한 듀얼 카드 및 다기능 복합 카드를 지갑 속에 넣고 측정할 결과는 표 6에 나타내었으며 이때 최대 인식거리는 정면에서 5.5 m, 측면 3.2 m이다. 필드 테스트 측정결과 제안된 RFID 소형 태그가 실제 적용하는데 있어서 우수한 인식거리 특성을 나타내고 있음을 확인할 수 있다.

태그 인식거리가 EPCglobal Static Test에 비해 전반적으로 증가한 이유로는 측정 환경에 영향이 크다고 볼 수 있다. 필드 테스트에서 차량의 금속 및 운전석 앞 유리, 인체에 대한 영향으로 인해 반사 및 산란의 영향이 인식거리의 증가한 요인으로

사료된다.

V. 결 론

본 논문은 제약된 공간 및 주변에 도체의 영향에서도 실제 환경 적용에 적합한 다기능 복합 카드용 UHF 대역 RFID 소형 태그 안테나를 제안, 설계, 제작 및 측정을 하였다. 제안된 UHF 대역 RFID 소형 태그 안테나는 RFID 태그 칩과의 효율적인 임피던스 정합을 위해서 테이퍼드 구조, 급전부의 루프, 미앤더 라인의 턴 수의 변화를 사용하였다. 단일태그 성능시험인 EPCglobal Static Test와 필드 테스트를 다양한 방법으로 측정함으로써 제안된 RFID 소형 태그 안테나가 실제 적용 환경에서 적합함을 확인하였다. 제안된 RFID 소형 태그는 주차장에서 출입관리 및 개인 출입 보안용으로 사용될 계획이며 향후 다양한 응용분야에 적용되어 실제 사용될 계획이다.

향후 제안된 다기능 복합 카드에 은행업무 같은 다른 응용분야에 사용하려면 보다 소형화된 UHF 대역 RFID 태그가 필요하고 향상된 인식거리 성능을 가지는 태그가 개발되어야 할 것이다. 이를 만족시킬 수 있는 UHF 대역 초소형 태그 개발이 과제로 남아있다.

참 고 문 헌

- [1] F.Finkensteller, "RFID Handbook: Radio-Frequency Identification Fundamentals and Application", John Wiley and Sons 1999.
- [2] P.R. Foster and R.A. Burberry, "Antenna problem in RFID systems," RFID Technology(Ref. No. 1999/123), IEE Colloquium, October 1999
- [3] V.D. Hunt, A Puglia and M. Puglia, "A Guide to Radio Frequency Identification", Willey, 2007.
- [4] 손해원, "UHF RFID 안테나 기술" 한국전자과학회지, RFID/USN 기술, 산업의 현황과 전망, pp.40-49, 2008
- [5] G.Marrocco, A.Fonte, and F.Bardati, "Evolutionary design of miniaturized meander-line antenna for RFID applications", IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Vol.2, pp. 362-365, Jun. 2002

- [6] J.V.Nieke, F.C. Dacus, "Matching loop antennas to short-range radio", Microwave & RF, 72-84, Aug. 2002.
- [7] Ki-Hun Chang, Young-Joong Yoon, "A triple-band printed antenna using plastic elements for mobile wireless services", J, of the KEES, Vol.4, No.8-16, mar. 2004.

변 종 헌 (Jong-Hun Byun)

정회원



2004년 2월 광운대학교 전파공학과 석사
2004년 9월~2007년 5월 DB정보통신 기술 연구소 재직
2008년 9월~현재 (재)광양만권 u-IT 연구소 재직

<관심분야> 전파공학, RFID 태그, RFID 리더 안테나, RFID/USN 시스템

성 봉 근 (Bong-Geun Sung)

정회원



2009년 2월 순천대학교 전자공학과 공학사
2008년 9월~현재 (재)광양만권 u-IT 연구소 재직
<관심분야> 전파공학, RFID, 소형 안테나

최 은 정 (Eun-Jung Choi)

정회원

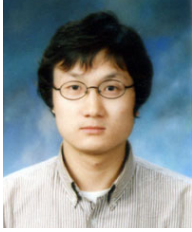


2003년 2월 순천대학교 화학과 석사
2005년 9월 화학연구원 재직
2007년 2월 RIC 재직
2007년 5월~현재 (재)광양만권 u-IT 연구소 재직

<관심분야> 화학, RFID 태그, 패키징 기술

주 대 근 (Dae-Geun Ju)

정회원



2008년 2월 충남대학교 전자공학과 석사
2007년12월~현재 (재)광양만권 u-IT 연구소 재직
<관심분야> 전자공학, RFID 태그, 안테나

조 병 록 (Byung-Lok Cho)

중신회원



1987년 2월 성균관대학교 전자공학과 공학사
1990년 2월 성균관대학교 전자공학과 석사
1994년 2월 성균관대학교 전자공학 박사
1994년~현재 순천대학교 전자공학과 교수

1987년~1988년 삼성전자 재직

1996년~1997년 ETRI 초빙연구원

2001년~2003년 UC, Davis 방문연구원

2004년~2006년 순천대학교 산학협력중심대학 육성사업단 부단장

2006년~현재 (재)광양만권 u-IT 연구소 소장

<관심분야> 전자공학, RFID/USN 시스템, UWB

유 대 원 (Dae-Won Yoo)

정회원



1997년 2월 순천향대학교 전자공학 공학사
1999년 2월 순천향대학교 전자공학 석사
2005년 2월 경기대학교 전자재료공학 박사 수료
2007년 10월~현재 (재)광양만

권 u-IT 연구소 재직

<관심분야> 전자공학, RFID 리더, RFID/USN 시스템