
One-Sheet Inlay 패턴을 이용한 RF/UHF RFID 태그 안테나 설계에 관한 연구

황기현*

A Study on Design of RF/UHF RFID Tag Antenna Using One-Sheet Inlay Pattern

Gi-Hyun Hwang*

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된
기초연구사업(No. 2009-0070595)과 2010년도 동서대학교 학술연구조성비 지원과제의 연구결과로
수행되었음.

요 약

본 논문에서는 하나의 층에 두 가지의 주파수 대역을 내장해서 인레이를 구성하는 One-Sheet Inlay 패턴을 이용한 RFID 태그 안테나를 개발하였다. One-Sheet Inlay RFID 태그 안테나는 이중의 RFID 안테나를 하나의 카드에 내장해서 사용하는 방법이 아니라 하나의 시트에 13.56MHz와 900MHz RFID 태그 안테나를 구현하였다. 제안한 방법을 유용성을 입증하기 위하여 실험 장치를 구성하였고, 6개의 패턴을 설계하여 각각의 패턴에 대해서 인식거리를 평가하였다. 설계한 One-Sheet Inlay RFID 태그 안테나 중에서 패턴 5가 13.56MHz RFID 태그에 대해서는 인식거리 3.5cm이고, 900MHz RFID 태그에 대해서는 인식거리 5.34m로 우수한 성능을 나타내었다.

ABSTRACT

In this paper, we developed a RFID tag antenna using one-sheet inlay pattern which consist of two different frequencies in one layer. The antenna in one-sheet inlay RFID tag does not use different kind RFID antennas in a card but implement 13.56MHz and 900MHz RFID tag antennas in one sheet. In order to evaluate the usability of proposed method, we configured test equipments and designed 6 different patterns and test the recognition distance of each pattern. Among the one-sheet inlay RFID tag antenna designs, the pattern no.5 has good performance with recognition distance of 5.34m at 900MHz and 3.5m at 13.56MHz.

키워드

에칭, 13.56MHz+900MHz RFID 태그, One-Sheet Inlay, 주파수 간섭

Key word

Etching, 13.56MHz+900MHz RFID Tag, One-Sheet Inlay, Frequency Interference

* 동서대학교 컴퓨터정보공학부 (hwanggh@gdsu.dongseo.ac.kr)

접수일자 : 2010. 04. 16

심사완료일자 : 2010. 05. 14

I. 서 론

RFID/USN 시대에서 우리 IT 산업이 세계적인 경쟁력을 갖도록 육성하기 위해서는 RFID 안테나 설계와 관련된 기술 개발을 위한 연구와 개발 투자가 가장 우선되어야 할 과제라고 본다[1]. RFID 관련 태그(Tag)를 100% 우리 기술로 양산하지 못한다면 결국 핵심 설계 기술을 모두 수입에 의존할 것이고, 우리에게 남는 기술은 S/W와 응용 서비스 기술밖에는 없게 되는데, 우리가 상대적으로 S/W 분야에서 선진국에 비해 사회 구조적으로 취약하기 때문에 세계 경쟁에서 우위를 점할 수가 없게 된다. 지금 무엇보다 시급한 것은 국내의 반도체 설계 및 제조 기술을 활용하여 RFID 태그의 핵심기술인 안테나 설계 및 애칭(Etching)기술을 국내 기술로 개발하는 것에 대한 연구 개발에 집중하는 것이라고 하겠다.

일반적으로 13.56MHz의 RFID 안테나 구현에 관해서는 이미 많은 연구가 진행되었고, 형태별, 기능별로 상당 부분에 대해서도 상용화가 이루어지고 있는 실정이다 [2,3]. 이러한 관점에서 13.56MHz와 900MHz RFID 안테나를 One-Sheet Inlay로 사용했을 때 효율성을 최대로 할 수 있는 안테나 설계에 대해서 연구가 필요하다. One-Sheet Inlay로 안테나를 구현했을 때 전제 조건은 13.56MHz RFID가 단독으로 사용될 때의 효율성이 최대가 될 수 있는 안테나 설계가 필요하다.

최근 다양한 형태의 900MHz RFID의 안테나 패턴이 제작되고 있다[4-9]. 900MHz RFID 안테나의 중앙에 있는 공간은 칩 본딩(Chip Bonding)을 통해 칩과의 접점을 이룰 수 있는 공간이다. 그리고 안테나 설계 시, 안테나의 패턴뿐만 아니라 크기 또한 RFID의 성능에 큰 영향을 미치게 된다.

이종의 RFID 태그 안테나를 하나의 카드에 내장해서 사용하는 연구는 이미 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만 그 연구는 Inlay의 구성에 있어서, 주파수대별로 다른 층에 안테나를 내장하여 주파수의 간섭을 최소화 하려는 연구를 하였다. 따라서, 본 논문에서는 하나의 층에 두 가지의 주파수 대역을 내장해서 Inlay를 구성하는 One-Sheet Inlay 패턴을 이용한 RFID 태그 안테나를 개발하였다.

II. RF/UHF RFID 태그 설계 방법

2.1 13.56MHz RFID 태그 안테나 구현

본 논문에서 개발하고자하는 13.56MHz와 900MHz RFID 태그 안테나를 하나의 시트에 구현하기에 앞서 13.56MHz RFID 태그 안테나를 먼저 설계해야 한다. 그리고 13.56MHz RFID 태그 안테나를 단독으로 사용할 때에 효율성이 최대가 될 수 있는 안테나 설계가 필요하다.

본 논문에서 개발하고자하는 13.56MHz RFID 태그의 프로토콜은 ISO14443A-type으로 설정하였다. 이처럼 범위를 정하는 것은 현재 사용되고 있는 프로토콜에 따른 안테나 설계의 차이가 거의 없고, 그 때문에 많은 프로토콜을 같이 연구하는 것은 큰 의미가 없기 때문이다. 현재 널리 사용되고 있는 13.56MHz RFID 태그 안테나 패턴은 카드형태, 직사각형, 정사각형, 원형 등 수많은 패턴들이 있다.

본 논문에서는 완제품의 크기나 형태보다는 각 주파수대별 안정적인 통신과 주파수 간섭을 최소화하는 기술적인 측면을 주안점으로 두었다. 이런 이유로 현재 사용되고 있는 패턴 중 가장 안정적으로 통신을 할 수 있도록 그림 1과 같은 형태로 설계하였다.

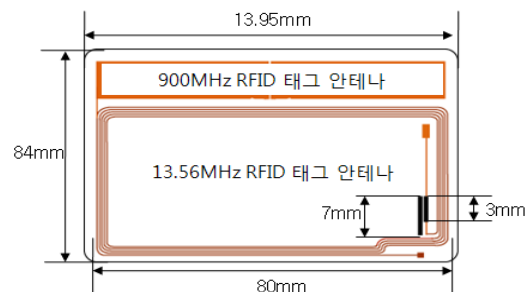


그림 1 13.56MHz RFID 태그 안테나 설계
Fig. 1 Design of 13.56MHz RFID tag antenna

그림 1에서 보는 것처럼, 900MHz의 경우 태그 안테나 설계에 따라서 인식 거리 등 성능에 현격한 차이를 보이지만, 13.56MHz의 경우에는 900MHz의 교신에 영향을 받지 않고, 안정적으로 통신을 할 수 있는 설계 조건을 찾아야 하고, 그림 1과 같은 하나의 패턴 형태로 개발하였다. 하지만 여기서 주의할 점은 안테나가 감겨있는 권선수의 조정은 필요하다. 그림 1의 패턴은 루프가 5점으로 구성되어 있지만, 900MHz와의 주파수 간섭을 최소화

화하기 위해서는 4겹 ~ 7겹 등의 조정을 거쳐서 시제품을 제작하였다.

2.2 900MHz RFID 태그 안테나 구현

900MHz RFID 태그 안테나 설계 기술은 다양한 현장 경험을 바탕으로 많은 패턴을 개발하였다. 하지만 본 논문에서는 900MHz RFID 태그 안테나의 단독 사용이 아니기 때문에, 기본 패턴으로 정한 13.56MHz의 크기를 뺀 면적을 사용하여 설계를 하여야 한다. 따라서, 900MHz RFID 태그 안테나는 13.56MHz 안테나 부분을 제외한 나머지 공간에서 구현해야 하고, 그림 1에서 보는 것처럼, 전체 크기는 13.95mm×85.6mm이고, 공정에서의 펀칭(Punching) 크기를 고려한다면 13mm×84mm안에 900MHz RFID 태그 안테나를 구현해야 한다.

900MHz RFID 태그의 경우에는 이미 많은 연구가 진행되었고 상용화가 되어 있는 13.56MHz RFID와는 다르게 안테나의 설계에 신중을 기할 필요가 있다. 이는 안테나 자체 패턴의 문제도 있겠지만, 칩(Chip) 임피던스에 따라서 인식 거리, 통신 속도 등의 성능에 많은 차이를 보이기 때문이다. 그래서 900MHz RFID 태그의 안테나를 설계하기 위해서는 칩의 임피던스 값을 정확히 이해해야 한다. 이런 과정을 거친 후 안테나와 칩과의 접점 구성을 Single-ended, Two Single-ended 또는 Shunt Connection으로 구성할 것인지를 결정하게 된다.

또한 본 논문은 900MHz 주파수 대역의 프로토콜 중 "ISO18000-6C" gen2 지원하는 칩을 사용하였다. 앞서 13.56MHz RFID 태그 안테나 설계에서도 언급한 바와 같이 프로토콜에 따른 각 안테나 패턴을 연구하는 것이 불필요하기 때문이다.

앞서 기술한 13.56MHz RFID 태그 안테나 도면 설계와 마찬가지로 900MHz RFID 태그 안테나 도면도 CAD로 작업해서 설계하였다. 900MHz RFID 태그 안테나 설계의 경우에는 앞에서 언급한 것과 같이 칩에 따른 특성과 기 설계된 13.56MHz와의 주파수 간섭의 문제를 해결할 수 있는 설계가 필요하다. 이런 이유로 인해서 900MHz의 설계는 서로 다른 패턴이 적용되어야 하고, 이 설계를 통해서 다른 조합의 One-Sheet Inlay 패턴이 구성되어야 한다.

900MHz RFID의 성능을 최대화하고, 주파수의 간섭을 최소화할 수 있는 조합을 고려해서 다양한 형태의 태그 패턴을 설계하였다. 그림 2는 900MHz RFID 태그 안

테나 패턴을 나타내었다. 그림 2에서 보는 것처럼, 칩의 임피던스 값에 따른 설계의 변경을 나타낸 것이다. 이는 Single-ended 구성을 나타낸 것으로, 칩의 성능을 최대화하고 그로 인해서 RFID 리더기와의 통신을 극대화시킬 수 있는 접점의 변경을 나타낸 것이다. 안테나 구현에서 설계의 과정이 필요한 것은 이 때문이라 할 수 있다.

III. One-Sheet Inlay RF/UHF RFID 태그 설계

3.1 주파수 간섭 최소화 기술

이종의 RFID를 하나의 카드에 내장해서 사용하는 연구는 이미 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만 그 연구는 Inlay의 구성에 있어서, 주파수대별로 다른 층에 안테나를 내장하여 주파수의 간섭을 최소화하였다. 본 논문은 하나의 층에 두 가지의 주파수 대역을 내장을 해서 Inlay를 구성하는 One-Sheet Inlay 패턴을 이용한 RFID 태그 안테나를 개발하였다.

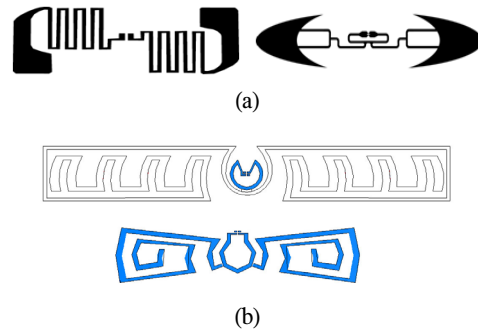


그림 2 900MHz RFID 태그 안테나 패턴
(a) 칩 임피던스 값 변경전의 패턴 (b) 칩 임피던스 값 변경 후의 패턴

Fig. 2 The pattern of 900MHz RFID tag antenna
(a) Chip impedance value before pattern change (b) Chip impedance value after pattern change

안테나에 대한 주파수 간섭의 기초 원리는 사용하고 자하는 제품에 대한 이해를 필수 조건으로 보아야 한다. 그림 3에서와 같이 기본적인 안테나의 대역별로 배치 구도를 형성하고 주파수 대역의 서로 간섭에 대한 일차적인 유효전력과 무효전력에 대하여 주파수의 함수로서 각 사인파의 주파수 성분의 진폭, 또는 진폭 및 위상을 확인한다.

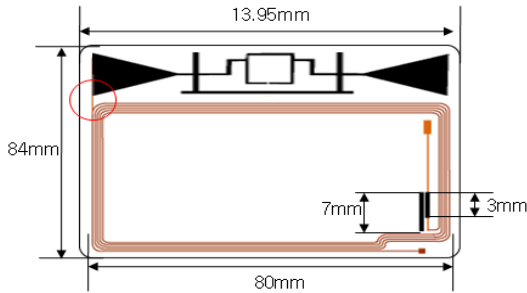


그림 3 안테나의 대역별 배치 구성도
Fig. 3 The configuration of 13.56MHz and 900MHz RFID tag antenna

다음으로 대역별 서로의 전력 사용은 안테나 패턴이나 위치 그리고 주파수별 안테나 형태변경을 통하여 간섭에 대한 문제를 해결하였다. 하지만 이것만은 간섭의 문제점을 완전하게 해소할 수는 없다. 실 예의 안테나 설계와 리더의 통신 장애 부분으로 설치된 리더기로부터 안테나의 반응에 있어 유효전력에 대한 주파수 우선순위의 리더 속도의 변화를 가져 온다.

위의 간섭적인 부분의 문제 해결 방안으로 본 논문에서 선택한 One-Sheet Inlay 안테나 구현으로 유효 공간 전류를 효율적인 분배를 함으로써 이러한 문제를 해결하였다. 또한 본 논문의 안테나는 독립적인 구동이 아닌 일체 연결 방식을 사용하였고, One-Sheet Inlay 패턴을 이용한 RFID 태그 안테나 구성도는 그림 4에 나타내었다.

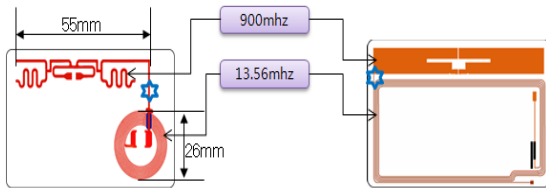


그림 4 One-Sheet Inlay RFID 태그 안테나 구성도
Fig. 4 The Configuration of One-Sheet Inlay RFID tag antenna

주파수 간섭을 최소화할 수 있는 기술의 연구를 바탕으로 총 6종의 Inlay 패턴을 개발하였다. 각 주파수대별 칩 사용에 있어서 13.56MHz RFID 경우에는 Philips사의 ISO14443A-type을 사용하고 900MHz의 경우에는 Impinj Gen2 형태의 칩을 사용하였다. 900MHz RFID의 경우 칩의 임피던스 값을 고려해서 접점의 설계를 변경하여 적

용하였다. 그림 5는 기존의 900MHz RFID 태그를 단독으로 설계할 경우와는 다르게 접점 설계를 Single-ended 방식으로 적용하였고, 주파수 간섭을 최소화, 혹은 증폭시키기 위해서 두 가지기 대역의 안테나를 하나의 시트에 일체형으로 구성하는 방식으로 설계하였다.

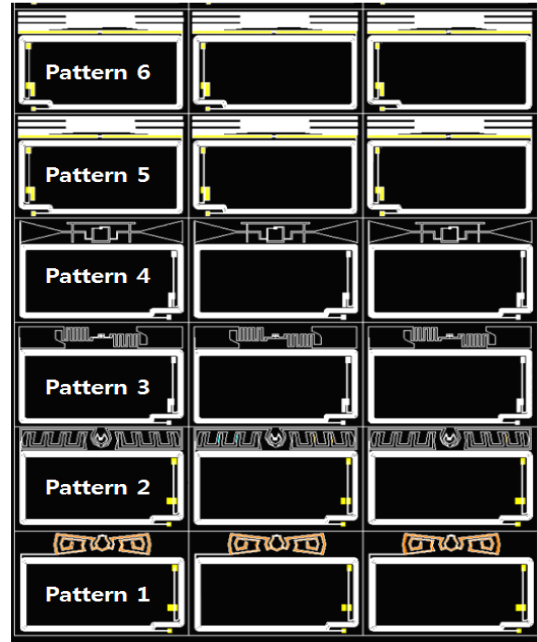


그림 5 One-Sheet Inlay RFID 태그 안테나 패턴
Fig. 5 The Pattern of One-Sheet Inlay RFID tag antenna

3.2 에칭(Etching) 방식

에칭 방식이라고 하는 것은 박막제조공정(Thin Film Process) 중의 마지막 공정을 얘기하는데, 전체 공정은 다음과 같다.

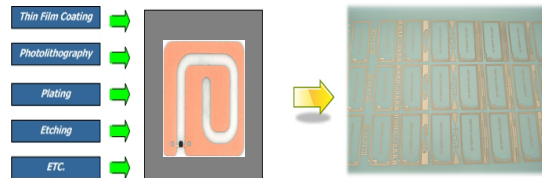


그림 6 에칭 공정
Fig. 6 Etching process

박막제조공정이란 증착(Thin Film Deposition), 사진식각(Photolithography), 도금(Plating) 및 에칭기술을 이용하

여 원하는 패턴을 형성하는 일련의 과정을 말한다. 이 중 식각 공정 즉, 에칭 공정을 말하자면, 궁극적으로 기판 상에 미세패턴을 형성하는 과정으로서 현상공정을 통해 형성된 PR 패턴과 동일한 금속(Metal) 패턴을 만든다. 식각 공정은 그 방식에 따라 크게 습식 에칭(Wet Etching)과 건식에칭(Dry Etching)으로 구분하는데, 습식에칭이라 함은 금속 등과 반응하여 부식시키는 산(Acid) 계열의 화학 약품을 이용하여 박막제조 인레이의 노출되어 있는(PR 패턴이 없는) 부분을 녹여 내는 것을 말하며, 건식에칭은 이온을 가속시켜 노출부위의 물질을 떼어냄으로서 패턴을 형성하는 것을 말한다. 또한 각각의 에칭 방식은 선택적(Selective) 에칭과 비선택적(Nonselective) 에칭으로 나뉘는데 선택적 에칭이라 함은 여러 층 중에서 다른 층에는 영향을 주지 않고 표면의 층에만 반응을 하여 식각하는 것이고, 비선택적 에칭은 기타 다른 층과도 반응하여 여러 층을 동시에 식각하는 것을 말한다. 습식에칭에서의 선택적 에칭은 특정 물질에만 반응하도록 몇몇 화학약품을 조합하여 etchant를 만들어 사용함으로써 가능하며, 건식에칭의 경우 특정 물질에만 반응하는 반응성 가스(Gas)를 주입함으로써 가능해진다. 요약해서, 박막제조에 얇은 막을 씌운 후에 안테나 패턴대로 에칭 공정을 통해서 구현하는 방식이다. 본 논문에서 습식에칭 방식을 통해서 안테나를 구현하였다.

IV. 실험 결과

그림 7은 본 논문에서 개발한 One-Sheet Inlay 패턴을 이용한 RFID 태그 안테나를 나타내었다, 그림 7에서 보는 것처럼 One-Sheet Inlay RFID 태그 안테나는 총 6개의 패턴으로 설계하였다. 설계된 RF/UHF RFID 패턴은 인식거리면에서 각 패턴에 대한 성능을 평가하였다.

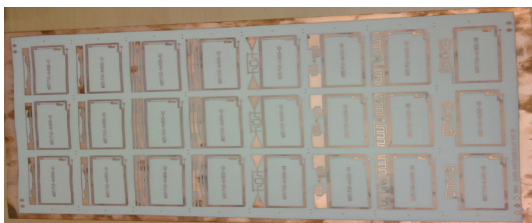


그림 7 One-Sheet Inlay RFID 태그 안테나 시제품
Fig. 7 Prototype of One-Sheet Inlay RFID tag antenna

그림 8은 본 논문에서 개발한 One-Sheet Inlay RFID 태그에 대한 성능평가를 위한 실험장치에 대한 구성을 나타내었다.



그림 8 실험장치 구성도
Fig. 8 The configuration of experimental equipment

그림 8에서 보는 것처럼 위의 성능평가를 위하여 실험 장치를 구성하였고, 그 실험 장치를 바탕으로 각각에 패턴에 대해서 실험을 실시하였다. 성능평가에 사용된 13.56MHz와 900MHz RFID 단말기는 SRT-3000과 Mercury4를 사용하였다.

표 1은 One-Sheet Inlay RFID 태그 안테나에 대한 성능 평가 결과를 나타내었다. 표 1에서 보는 것처럼, 6개의 패턴에 대해서 각각의 인식거리는 차이가 남을 알 수 있고, 13.56MHz RFID 태그는 유사한 성능을 나타내지만, 900MHz RFID 태그는 각각 패턴에 대해서 인식거리가 최소 1.5m에서 최대 5.34m까지 차이가 남을 알 수 있다. 900MHz RFID 태그 패턴에 대해서는 패턴 3이 인식거리가 1.5m로 가장 적고, 패턴 5가 5.34m로 인식거리가 우수한 성능을 보였다.

표 1 One-Sheet Inlay RFID 태그 성능 평가결과
Table 1 The results of One-Sheet Inlay RFID tag antenna

구분	13.56MHz		900MHz 인식거리	
	시험방법	인식거리(cm)	시험방법	인식거리(m)
Pattern 1	SRT-3000	3.2	Mecury4	1.8
Pattern 2	SRT-3000	3.4	Mecury4	3.6
Pattern 3	SRT-3000	3.1	Mecury4	1.5
Pattern 4	SRT-3000	3.2	Mecury4	2.2
Pattern 5	SRT-3000	3.5	Mecury4	5.34
Pattern 6	SRT-3000	3.4	Mecury4	3.2

표 1에서 인식거리면에서 가장 우수한 성능을 나타낸 One-Sheet Inlay RFID 태그 패턴은 그림 9에 보였다. 그림 10은 그림 9의 패턴 5에 대한 Smith Chart를 나타내었다. 그림 10에서 보는 것처럼, 912MHz 주파수 대역에서 -25dB의 이득을 가지며 임피던스 값은 48[Ω]으로 50[Ω] 근처에서 매칭 되어 있음을 알 수 있다.



그림 9 최적의 성능을 나타낸 RFID 태그 안테나
Fig. 9 The RFID tag antenna with optimal performance

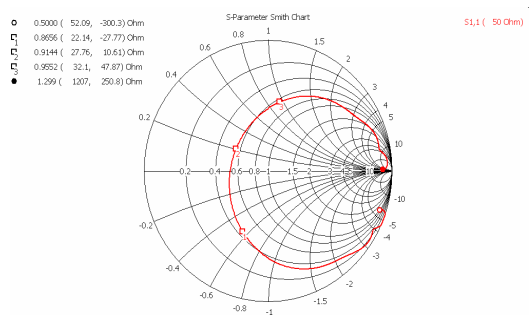


그림 10 Pattern 5에 대한 스미스 차트
Fig. 10 The Smith chart of Pattern 5

V. 결론

본 논문에서는 하나의 층에 두 가지의 주파수 대역을 내장해서 Inlay를 구성하는 One-Sheet Inlay 패턴을 이용한 RFID 태그 안테나를 개발하였다. One-Sheet Inlay RFID 태그 안테나는 이중의 RFID 안테나를 하나의 카드에 내장해서 사용하는 방법이 아니라 하나의 시트에 13.56MHz와 900MHz 태그 안테나를 구현하였다.

제안한 방법을 유용성을 입증하기 위하여 시험장치를 구성하였고, 6개의 패턴에 대해서 인식거리를 평가하였다. 설계한 One-Sheet Inlay RFID 태그 안테나 중에서, 패턴 5가 13.56MHz 인식거리 3.5cm, 900MHz 인식거리 5.34m로 우수한 성능을 나타내었다.

향후에는 One-Sheet Inlay RFID 태그 안테나를 이용하여 RFID 카드를 제작하여 성능테스트 수행할 것이고, 그 결과를 바탕으로 다양한 분야에 적용하여 그 우수성을 입증하고자 한다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2009-0070595)과 2010년도 동서대학교 학술연구조성비 지원과제의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

- [1] 김상태, "RFID 기술개요 및 국내외 동향 분석", IITA, 2003. 8
- [2] Huault, G. , "How Did They Do That? Play Tag With RFID Manufacturers, retailers, shipping companies, and even government officials are either using or implementing the use of RFID tags to better identify, track, and manage products. We show you how RFID tags work", SMART COMPUTING , Vol.15 No.4, 2004
- [3] Currier, D. S. , "RFID Manufacturers advised to roll out RFID tags now", COMPUTER WEEKLY, Vol.62 No.16, 2004

- [4] W. T. Jang, G. H. Hwang, "Development RFID Tag-Band of Environment Material using the Management of Hospital Patient" The Journal of The Korea Institute of Maritime Information and Communication Sciences, pp. 1519-1525, Vol. 12, No. 8, 2008
- [5] 지유강, 조미남, 홍성수, 박수봉 "RFID 충돌 비트를 이용한 다중 태그 인식 알고리즘", 한국해양정보통신학회논문지, 제 12권 6호, 2008
- [6] 정분도, 장기영, "RFID/USN을 이용한 u-물류/유통 모델", 한국해양정보통신학회논문지, 제 11권 10호, 2007
- [7] 황기현, 차경환, "HFSS를 이용한 UHF RFID 세라믹 안테나 개발", 한국해양정보통신학회논문지, 제 13권 1호, 2009
- [8] 신명순, 안성수, 이준, "그리드 환경에서 SP분할 알고리즘을 이용한 확장성 있는 RFID 태그 판별", 한국해양정보통신학회논문지, 제 13권 10호, 2009
- [9] 황기현, 장원태, "AT91SAM7S256을 이용한 UHF RFID R/W 전용단말기 개발에 관한 연구" 한국해양정보통신학회논문지, 제 12권 7호, 2008

저자소개



황기현(Gi-Hyun, Hwang)

1996년 부산대학교 전기공학과 석사 졸업.

2000년 부산대학교 전기공학과 박사 졸업.

2003년 현재까지 동서대학교 컴퓨터정보공학부 교수

※ 관심분야 : RFID/USN, 임베디드 시스템, 영상처리, 진화연산, 지능제어