

듀얼밴드 무선통신기술을 이용한 지능형 자명식(自鳴式) 도난방지시스템 개발

최연석^{1*}, 김금석²

¹호서대학교 교양학부, ²(주)유니콤티디

Development of Intelligent Self-alarmed EAS System Using Dual-band Wireless Communication

Yeon-Suk Choi^{1*} and Keum-Seog Kim²

¹Department of Liberal Arts, Hoseo University, ²UnicomTD Co., Ltd

요약 유통매장에서는 상품 도난을 방지하기위하여 상품에 전자식 식별장치를 부착하는 도난방지시스템을 많이 사용하고 있다. 특히 고가의 상품을 판매하는 곳에서는 자기장 통신을 이용한 능동형 자명식(自鳴式) 도난방지 시스템을 사용하고 있다. 그러나 자기장 통신의 단일밴드방식의 자명식 도난방지시스템은 금속성분이 많은 설치환경에서는 오보 발생이 빈번하여 제공된 시스템을 충분히 활용하지 못하고 있다. 본 논문은 자기장 통신 주파수인 VLF대역과 UHF대역의 듀얼밴드 무선통신을 이용하여 설치환경에 대한 자기장신호 수신 성능향상 과 오보 발생 빈도를 개선한 지능형 자명식 도난방지시스템 구현 방안을 제시하였다. 태그 수신부의 VLF 수신코일 회로 변경설계 및 공진 회로 개선연구를 통해 태그의 인식범위 향상 및 수신특성이 개선되어 졌다. 또한 태그에 UHF대역 무선통신기술을 결합하여 통신거리 증대 및 데이터 무결성을 향상시킴으로써 오보발생 빈도가 최소화됨을 실험을 통하여 검증하였다. 본 연구의 결과물을 이용하여 다수개의 출구를 가진 사이트에 경제적인 시스템 구축 및 낮은 오보발생을 가진 고 신뢰성 고가상품용 도난방지 시스템 구현이 가능하다.

Abstract This paper will show how self-alarmed EAS(Electronic Article Surveillance) system can improve its receiving performance of magnetic field signal and reduce false alarm using dual-band wireless communication. Our research improved the receiving performance and the areas of recognition of magnetic signal through the change of VLF receiving circuit and alarm transmitting method. In addition, we verified the reduction of false alarm by improvement of integrity and distance between tag and receiver through experiment. Thanks to our research, we can build the high performance and economical EAS with low false alarm on the multi gate store.

Key Words : EAS, Magnetic-Field Communication, RFID

1. 서론

현재까지 유통기업들은 도난에 의한 상품 손해금액의 최소화를 위해 판매매장에 CCTV, DVR(Digital Video Recorder), 출입통제시스템, 무인경비시스템, RFID시스템들을 구축하고 있다. 이러한 도난 방지 및 예방 시스템들은 적용 대상 및 설치장소에 따라 다양한 기술의 제품들이 적용되어진다.[1-3] 이러한 기술들 중 가장 기본적

인 도난방지 방안으로는 상품에 RFID기술을 응용한 태그를 부착하여 불법적으로 상품을 반출하고자하는 행위를 차단하는 EAS(Electronic Article Surveillance, 전자식 상품 도난방지)시스템이 활용되고 있다[4,5].

현재 까지 시장에 적용된 RFID기술을 응용한 EAS 시스템들은 판매 매장의 출입구에 설치된 전용 감응장치가 상품에 부착된 기능성재료로 만들어진 태그에 반응하는 방식이다. 따라서 현재까지 EAS 시스템의 성능 향상을

*교신저자 : 최연석(changwah@hoseo.edu)

접수일 10년 01월 28일

수정일 10년 03월 19일

계재확정일 10년 05월 13일

위한 연구대상은 주로 태그에 적용되는 기능성 재료의 개발 및 성능향상에 대한 것이었다.[5,6]

EAS시스템을 RFID의 분류에 따라 분류하면, 중저가의 상품들을 관리하기위하여 별도의 전원이 필요 없는 Passive(수동형)방식의 EAS시스템 과 고가의 상품들을 관리하기위하여 별도의 MCU(Micro Controller Unit)와 전원공급을 필요로 하는 Active(능동형)방식의 EAS시스템으로 이원화 할 수 있다.[7]

Passive방식의 EAS시스템들을 사용하면 경제적인 도난방지시스템 구성이 가능하다. 그러나 고가의 상품·명품을 취급하는 매장에서는 상품의 훼손 없이 도난방지용 태그를 설치하여야 하는 어려움과 도난방지기 태그를 매장의 출구에서 감지하기위한 감지장치의 노출로 인한 고객의 위화감 해소를 위해 Passive방식의 EAS시스템 대신 상품의 훼손이 적고 감지기의 은닉이 가능한 Active방식의 EAS시스템을 도입하여 설치하고 있다. 현재의 고가상품용 Active방식의 EAS시스템들은 도난방지 태그에 자체 경보 기능이 내장되어 있어 자명식(Self-alariming) EAS시스템이라고도 한다.

현재, 자명식 EAS시스템에 적용된 자기장 통신기술은 설치되어지는 장소의 환경요소에 따라 불균일한 자기장 신호 수신 과 빈번한 오보가 발생되어지는 기술적인 한계점들을 가지고 있다. 또한 인식거리가 짧아 다수개의 출구에 대한 경제적인 시스템 구성 과 감지된 상품의 실시간 상품내역구분이 어렵다.

본 논문은 우선 VLF(Very Low Frequency, 초장파)대역의 자기장통신과 UHF(Ultra High Frequency, 극초단파)대역의 무선통신을 융합하여 환경에 대한 자기장신호 수신 성능향상 과 오보 발생빈도가 개선된 듀얼밴드 자명식 EAS시스템 구현 방안을 제시하였다. 구현된 시스템들은 태그 수신부의 VLF 수신코일 회로 변경설계 및 공진회로 개선연구를 통해 태그의 인식범위 향상 및 수신 특성 개선이 이루어 졌는지 실험을 통하여 검증하였다. 또한 UHF대역 무선통신기술을 태그 통신부에 구현함으로써 통신거리 증대 및 데이터 무결성 향상, 오보 발생 빈도가 최소화 되는지 실험을 통하여 검증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다.

먼저 2장에서는 EAS시스템의 개략적인 내용을 소개 하였으며 3장에서는 구현한 도난방지 시스템의 설치 및 구성에 대해서, 4장에서 6장까지는 기존의 자명식 EAS 시스템의 문제점들을 해결하기위해 지능형 자명식 EAS 시스템의 태그 및 수신기, 송신장치 순으로 연구개발한 내용들을 기술한다. 7장에서는 구현된 시스템에 대하여 실험 및 성능 분석한 결과를 기술한다. 마지막으로 8장에서는 듀얼밴드 무선통신방식을 이용한 자명식 EAS시스

템의 검증실험 결과를 토대로 결론과 함께 향후 연구방향에 대해 기술한다.

2. EAS 시스템

2.1 EAS 시스템 개요

EAS 시스템이란 전자식 상품도난방지시스템을 의미하며 국내에서는 도난방지시스템이라 한다. 각종 매장내의 상품에 태그를 부착하여 도난의 예방과 입/출점 고객 계수서비스들에 응용되고 있으며 2004년 영국 IDTechEx의 조사결과에 따르면 세계 도난방지시스템 시장규모는 약 20억 달러로 시장규모가 크다.

이러한 EAS시스템은 상품에 부착되어지는 태그의 전원사용 유무에 따라 Passive방식 과 Active방식으로 구분되어 지며, Passive방식에는 EM, RF, AM방식이 적용되어진다. 표 1에 각 적용방식별 기술의 원리 및 특징을 기술하였다.[4,7]

[표 1] Passive방식의 EAS 분류

적용 방식	점유주 파수	원리 및 특징
EM 방식	10~20K Hz	교류 자장 내에 연자성 아모르필스 금속이 놓일 때 교류자장이 변화되어 발생하는 고조파를 감지하는 원리를 이용. 라벨종이가 가장 간단하고 저가임. 도서나 문서 보안용으로 공급.
RF 방식	8.2MHz 9.5MHz	폴리머필름에 금속을 코팅하고 특정 LC값을 갖도록 하여 특정 주파수에서 공진할 때 강한 전기신호를 발생하는 원리를 이용. MHz의 넓은 주파수대역을 사용.
AM 방식	58kHz	Acoustic Magnetic방식은 송신기로부터 수 kHz의 고유 주파수가 발신되고 일정한 간격을 유지한 센서가 공명 진동할 때 순간적으로 송신신호가 단절된 시스템에서 센서의 공명주파수를 감지하는 기술을 이용.

그리고 Passive방식의 EAS시스템과 태그에 자체 경보 기능이 내장되어 있어 자명식(Self-alariming) EAS시스템이라고도 하는 Active방식의 EAS시스템과의 기술비교는 표 2에 정리하였다.

[표 2] Passive방식 과 Active방식 EAS 비교

구분	Passive방식 EAS	Active방식 EAS (자명식 EAS)
적용 기술	EM, RF, AM방식	자기장통신방식 (22 KHz~37.5 KHz 사용)

적용 형태	Flap 라벨, 종이 라벨, 하드플라스틱 형태, 소스 태깅(Source Tagging) 방식으로 제품에 집착 하거나 핀 형태로 고정	고리(Wire)형, 클립형, 핀 형태로 제품의 내부에 고정처럼 걸어서 고정함, 자체 전원(배터리) 내장 적용은 [그림 1]참조
장점 및 단점	생산할 때 부착하여 출고, 가격이 저렴하고 기능이 단순함. 오보방지 기능이 적음. 판매 시 대부분 일회성임.	재활용성이 높다. 제품의 훼손이 매우 적다. 감지기 은닉성이 좋다. 배터리 교환 작업이 필요하다(2~3년 주기)
도난 방지 기능	감지기 통과 시 감지기 알람 (1 Point Alarm)	상품에서 분리 시 알람, 감지기 통과 시 태그자체 알람 및 감지기 알람 (3 Point Alarm)

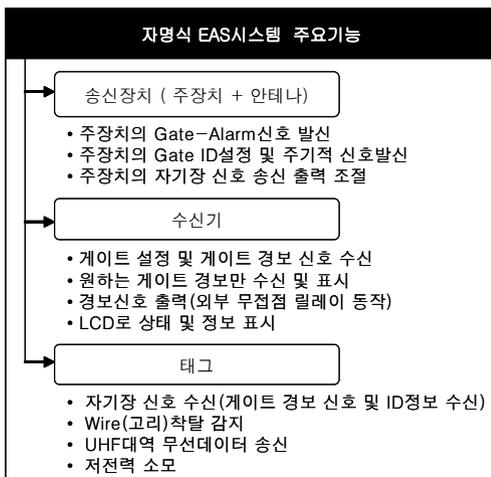


[그림 1] 자명식의 매립형 송신장치(좌) 및 태그(우)

3. 시스템의 구성

3.1 시스템 분류 및 주요 기능정의

본 논문에서 구현할 자명식 도난방지시스템은 송신장치 및 태그, 수신기로 크게 3가지형태로 나누어진다. 3가지로 분류된 자명식 EAS(도난방지)시스템의 운영 및 주요 기능은 그림 2와 같다. 3가지로 분류된 시스템의 세부 분류는 다음과 같다. 송신장치에는 매장의 출입구 게이트에 설치되어 자기장 신호를 발신하는 주장치와 상품

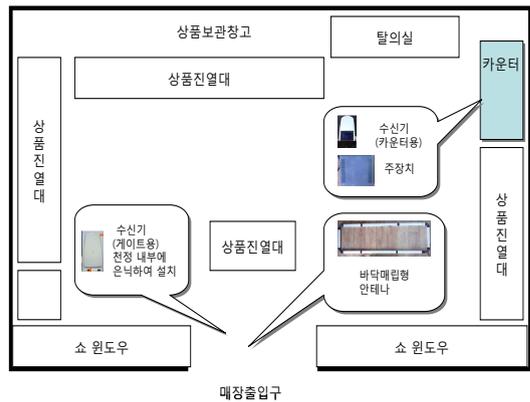


[그림 2] 자명식 EAS시스템 주요기능

을 판매하는 시점에 경보설정을 해제하는 해제 매트기가 있으며, 주장치는 설치의 유연성을 위하여 본체와 안테나가 분리되어진다. 태그는 상품에 WIRE(고리)를 이용하여 거는 형태의 태그, 클립으로 고정하는 태그, 핀으로 고정하는 태그로 분류된다. 수신기는 각 매장의 게이트에 설치되는 수신기와 상품매장의 카운터부분에 설치되는 수신기로 이원화하여 구성하였다.

3.2 현장 검증용 시스템 구성

시스템의 현장검증을 위하여 설치한 매장의 레이아웃은 그림 3과 같다.



[그림 3] 현장 검증을 위한 시스템 설치도

설치 내용은 각 진열대의 상품에는 태그가 개별적으로 설치되며, 매장 출입구의 바닥에는 송신장치의 안테나 매립 및 매장내의 카운터에는 수신기가 설치된다. 바닥에 매립된 안테나는 매립된 간선으로 주장치와 연결한다. 구현시스템의 태그, 수신기, 송신장치별 설치방안은 표 3에 나타내었다.

[표 3] 현장 검증 시스템의 설치 방안

분류	설치방안
태그	태그의 WIRE(고리)를 진열상품의 라벨에 걸어서 부착한다.
수신기	수신기를 원하는 위치에 설치하고, 전원 Adaptor를 연결한다.
송신장치 (주장치 & 안테나)	사이트 출입구에 안테나를 설치한다. 간선을 주장치가 설치된 장소까지 확장하여 매설한다. 간선을 연결한다.

구현한 시스템을 설치하여 검증한 매장의 현장사진은 그림 4와 같으며, 매장 내 시스템의 구성제품들은 소비자

에게 가시적인 위압감이나 부담이 없도록 매장의 출입구 바닥 및 천정 속에 숨겨져 있도록 하였다.



[그림 4] 사이트 적용사례

4. 자명식 EAS 태그

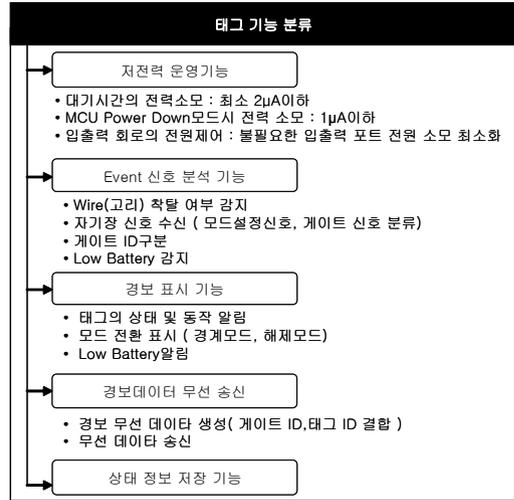
4.1 태그 시스템 구현 방향

도난방지시스템에서는 매장의 출입구를 통해 불법적으로 유출되는 상품을 감지하는 성능이 주요한 성능지수로 작용한다. 따라서 구현된 자명식 태그는 매장 출입구 자기장신호의 수신 성능 개선 및 매장 출입구에서의 경보 수신에 대한 오보 최소화, 태그의 유지보수 작업자의 편의를 위한 배터리 관리기능 개선, 시스템 운영시간 증대 요구를 만족하도록 설계되어졌다.

본 연구의 게이트 입구에서의 자기장 신호 수신 성능 개선을 위한 하드웨어적인 설계사항은 다음과 같다. 자기장 신호 송신기 안테나에 평행한 균일자계로 이루어진 자기 영역 안, 특히 매장의 출입구 게이트부분의 자기영역에서 유도되는 기전력을 증대시키기 위하여 태그시스템의 페라이트 코어의 기구 및 권선의 방향을 실제 매장의 운영을 고려하여 정해진 자기장 신호 감지영역에서 최대의 자기장 수신이 이루어지도록 설계하였다. 또한 수신회로 부분에서의 자기장 신호의 전송 주파수와의 정합을 위한 설계도 고려하였다.

신호처리부분의 설계에서는 주변 환경의 영향으로 인한 자기장 신호의 뒤틀림 과 위상변화에 의한 신호왜곡 특성이 최소화되도록 신호처리 기술을 설계하였다. 또한, 매장 게이트에서의 경보수신에 대한 오보를 줄이기 위해서는 기존의 자기장 송신 방식이 아닌 신뢰성 있는 통신 방식의 무선기술들을 검토하였고, 그 결과 장애물이 많은 실내 환경에서 저 전력으로 최소 10m이상의 거리를 송신할 수 있는 무선 방식을 설계하였다. 태그의 유지보수의 편의를 위하여 배터리 용접 방식에서 배터리 교환을 용이하게 하도록 홀더부분의 기구를 설계하였고, 태그시스템이 경보상황 감지를 위해 대기상태(슬립모드운영)에

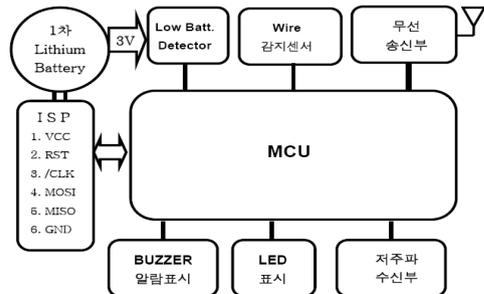
노출된 시기가 전체 전력운영시간의 75%이상을 차지하는바 대기상태에서의 최소의 전력 소모가 소요되는 CPU의 선정과 불필요한 포트감시전류 소모를 최소화 하기위한 전류사용 최소화 운영로직을 설계하였다. 구현된 태그의 주요 기능들은 그림 5에 나타내었다.



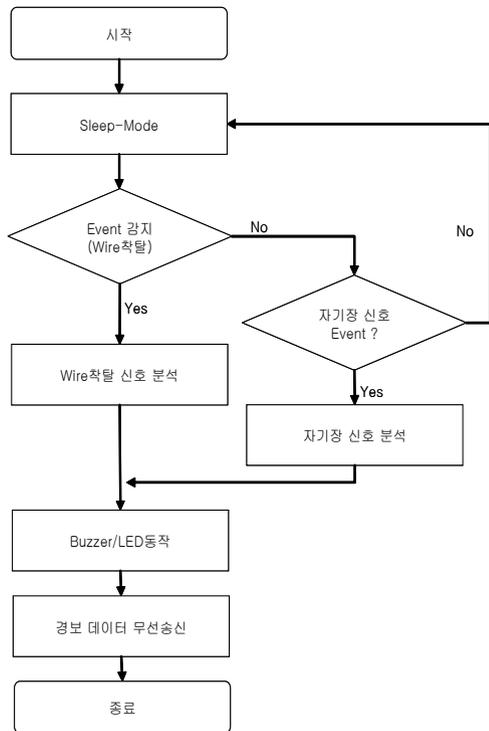
[그림 5] 자명식 태그의 기능 분류

4.2 태그 시스템 구성

자명식 태그는 전원부, MCU, 입력부, 출력부, 무선 송신부로 구성되어지며 본 연구를 통해 구현한 하드웨어 부분의 회로구성은 그림 6과 같다. 그림 7에서는 고리 착탈 과 자기장 신호 이벤트를 구분, 초절전 전력 운영 기능을 구현하기 위한 태그의 기능 흐름도가 도시 되었다. 태그는 기본적으로 배터리 소모를 최소로 하기위해 슬립모드를 유지하면서 대기하며, 출입구에 설치된 주장치의 자기장 신호로 태그의 수신코일부에 유도 기전력이 인가 되면 작동모드로 전환하는 이벤트 트리거 방식의 웨이크업 로직과 경보의 정보가 정확할 경우에만 무선송신 전력을 사용하는 지능화된 운영로직으로 구성하였다.



[그림 6] 태그의 회로 구성도



[그림 7] 태그의 기능 흐름도

4.3 태그 시스템 구현

분석한 기능 리스트에 따라 하드웨어 구현은 표 4와 그림 6의 구성으로 회로를 구성하며, 능동화된 저전력 운영모드는 그림 7에 따라 구현하였다. 그리고 외부환경에 의한 오보발생을 줄이기 위해 기존의 37.5KHz VHF 단일 밴드 방식 대신 자기장 신호의 수신은 기존의 37.5KHz VHF 대역을 사용하고, 경보 송신은 400MHz UHF대역을 사용하는 듀얼밴드 방식을 구현하였다. 400MHz의 UHF 대역을 채택한 이유는 UHF대역의 주파수가 RFID에 사용되는 주파수중 인테리어 구조물과 실내 건축물이 많은 상품매장의 환경 영향이 가장 적고, 인식거리가 출력에 따라 실내에서 최대 50~100m까지 이르는 중장거리 통신 특성을 가지고 있기 때문이다.[8]

태그의 배터리 용량의 최대 활용 및 생산 단가 절감을 위하여 RF원칩 대신 L, R, C 및 3체배 회로를 내장한 447MHz 크리스털(X-Tal)을 적용하여 디스크리트 회로로 RF 회로를 구현하였다. 또한 국내 무선기기의 형식승인을 위하여 447MHz대역을 사용하였고, 특정 소출력 무선기기 인증규격에 적합한 구성을 하였다.[9] 표 5에 적용된 인증규격의 주요사항을 나타내었다.

[표 4] 태그의 하드웨어 사양

구성항목	설 명
MCU	ATmega88V, 8kB Flash, 4kB RAM
Power	3.0V 240mAh, Lithium 1차 전지
입력	Wire 감지센서, Low-Battery 감지
출력	Buzzer알람, LED표시
무선 송신	447.675MHz X-Tal, 3체배 회로 사용
저주파 수신	Coil-antenna와 TR 증폭회로

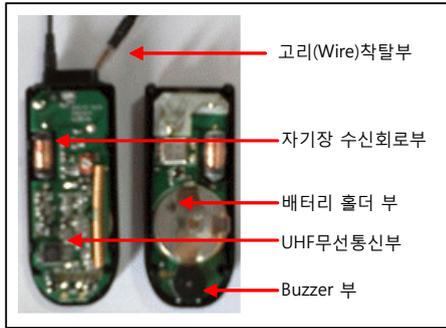
[표 5] 적용된 무선기기 주요 사양

주요항목	설 명
주파수	447.675MHz (국내 MIC인증 주파수)
공중선 전력	5mW이하
전파형식	F1D
점유주파수 대역폭	8.5KHz이하
온도/습도	-10 ~ 50℃, 95%(50℃)

태그의 저주파 수신부는 자기장 신호를 감지하는 수신 코일(Coil-Antenna)과 신호 증폭부, AD변환부로 구성되어 있다. 자기장 신호 송신기 안테나에 평행한 균일자계로 이루어진 시스템 구성모델에서 자기장 신호의 수신 성능을 향상시키기 위해서 수신코일과 송신기 안테나의 방향이 평행해지도록 수신 코일의 페라이트 기구부분을 재설계 하였다. 회로 부분에서의 구현을 통한 신호 수신 감도 향상은 수신코일의 공진 주파수가 송신기의 자기장 신호 전송 주파수에 정확히 정합되도록 하였다. 이때 태그의 제조 과정에서의 허용오차를 위하여 수신부 코일회로에 추가적인 평활커패시터를 부착하였다.

신호처리부분의 구현에서는 자기장 신호에 대한 패턴의 유-무만을 구분하는 1bit기능의 경보 구분방식의 처리 기술 대신 신호의 뒤틀림과 위상변화에 의한 신호왜곡 특성이 최소화되도록 자기장 신호에 최대 256가지의 고유한 ID를 실어 보내는 데이터 변복조방식의 신호처리 기술을 적용함으로써 수신신호의 무결성을 강화하였다.

기구의 특징으로는 고리형태로 상품에 고정하는 방식으로 설계하여 도난방지 태그의 착탈 작업이 간단하고, 태그 부착으로 인한 상품의 변형이나 손상을 최소화 줄여주도록 제작하였다. 본 연구를 통하여 구현된 태그는 그림 8에 나타내었으며, 기타 구성요소로는 Wire(고리)의 고정 및 착탈 모듈과 경보표시를 위한 LED램프, 부저소리가 울리는 부저 홀, 유지보수의 편이를 위한 배터리를 더 부가적으로 구현하였다.



[그림 8] 구현된 자명식 EAS 태그

5. 자명식 EAS 수신기

5.1 수신기 시스템 구현 방향

본 연구에서 구현된 자명식 EAS 수신기는 447MHz의 UHF대역(국내 무선기기 형식승인규약에 따름)의 RF 데이터통신을 지원하는 수신기로 구현되어진다.[9] 기존의 자명식 EAS 시스템은 자기장 신호를 경보신호로 송·수신하는 방식을 사용하였는데, 수신기의 안테나의 설치 주변에 금속물질 또는 철골구조물이 있는 경우에는 수신안테나에 인가되는 유도 기전력이 낮아지고 수신신호 감쇄 및 왜곡이 일어남으로써 알람 오경보가 빈번하게 발생되었다. 따라서 수신기 시스템에서는 기존의 자기장 신호를 송신하는 무선회로 부분을 UHF대역의 무선회로로 구성하였다. 태그 시스템 구현과는 다르게 무선회로는 UHF 주파수 대역의 무선신호의 수신 및 무선신호 수신감도 감시, 무선통신 부하의 분산을 위하여 RF 원칩을 적용하였다.

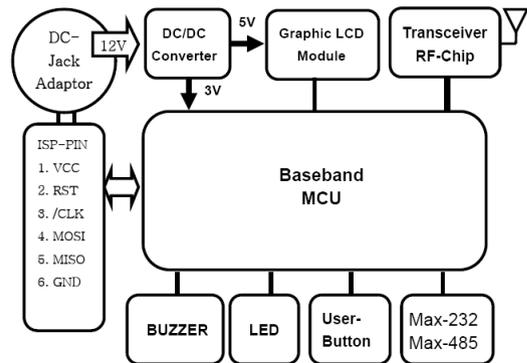
5.2 수신기 시스템 설계

자명식 태그와 수신기의 무선통신 프로토콜은 표 6과 같이 설계되어진다. 연구되어진 프로토콜에서 프리앰블(Preamble)은 태그와의 데이터 송수신율의 최대화 및 비동기 특성을 가지도록 데이터 패턴을 설계하였다. 또한 구현된 프로토콜은 태그 배터리 소모량을 최소화 하기 위해 최소한의 정보로만 구성하였다. 또한 다수개의 매장, 다수개의 게이트를 구분하도록 최대 256개의 고유 코드로 SHOP ID 및 GATE ID가 사용자에게 의하여 자유롭게 설정할 수 있는 사용자 조정기능들이 고려되어 운영로직이 설계되어졌다.

[표 6] 무선데이터통신용 데이터 패킷

필드 명	길이 (byte)	설 명
Preamble	5	무선신호의 안정시간까지 처음 3바이트 이상을 규칙적인 패턴을 사용함
Start of Frame	2	데이터의 시작을 알림.
STATUS	1	태그의 상태정보 데이터
SHOP-ID	1	각 매장의 고유번호, 매장을 구분하는데 사용, (최대 256개)
GATE-ID	1	주장치 에서 받은 주장치 고유번호, (최대 256개)
Temp	1	Reserved
CRC	1	Exclusive-OR check-sum
gBatt-Level	1	배터리의 전압레벨

구현한 수신기의 회로구성은 그림 9와 같으며, 전원부, MCU, 입력부, 출력부, 무선 통신부, 유선 통신부로 구성되었다.



[그림 9] 자명식 EAS 수신기의 회로 구성도

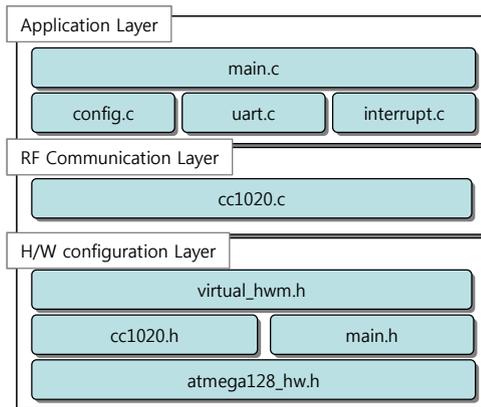
적용된 주요 하드웨어는 정의된 기능의 입출력 포트의 수용과 무선데이터의 무결성 처리, 저전력 지원, 시스템 확장성을 만족하는 ATmega-128과 국내 무선규격인 협대역(narrow band) 무선통신에 적합한 Chipcon의 CC1020이다.[10,11] 수신기의 그래픽 LCD는 태그로부터 무선으로 수신된 데이터를 관리자가 실시간으로 확인할 수 있도록 제공한다. 또한 자체 부저와 릴레이를 통한 외부 제어용 단자를 지원하고, 외부와의 연계를 위하여 RS-232 시리얼방식의 호스트 인터페이스를 구비하였다. 이러한 호스트 인터페이스는 원격지에서 매장에 설치된 수신기 시스템들의 제어와 중앙에서의 원격업무처리를 요하는 고객들의 기존 전산 시스템과의 연동에 쉽게 적용되도록 설계 되어 졌다. 설계사양에 따라 수신기에 적용된 소프트웨어 모듈내역은 표 8에 나타내었고, 수신기에 적용된 운영소프트웨어의 구성은 그림 10에 도시하였다.

[표 7] 수신기의 하드웨어 사양

항 목	사 양
MCU	ATmega128V, 128kb Flash
Power	12V 0.5A, DC-Adaptor
입력	Dip-Switch 2개, Reset버튼
출력	LED, Relay제어
무선 통신	CC1020 Transceiver, 수신주파수 447.675MHz UHF대역
유선 통신	RS-232C, 19200bps
LCD 출력	128x64 그래픽 LCD

[표 8] 소프트웨어 모듈내역

모듈 명	주요 내역
main.c	Main program
main.h	Header file of main program
atmega128_hw.h	Hardware setting of ATmega128
cc1020.c	Function library for CC1020
cc1020.h	Header file of CC1020 function
uart.c	RS232 or serial communication
interrupt.c	Interrupt handler
config.c	Configuration of the MCU, cc1020



[그림 10] 수신기의 소프트웨어 모듈 구조

5.3 수신기 시스템 구현

도난방지 태그에서 발생하는 무선신호는 데이터 통신의 신뢰성을 위하여 FM 모듈레이션방식 과 NRZ 코딩방식을 선정 하였다. 수신된 태그의 무선정보를 유선정보로 변환 가공하는 기능을 주요 기능으로 하며, 동일 장소에서 매장 분류 적용을 위한 표 6의 SHOP-ID 설정 기능 동일 매장의 멀티 게이트들을 분류하는 GATE-ID를 설정하는 사용자 인터페이스 부분도 구현하였다. 또한, 태그와

FM 무선 통신을 할 때 전파간섭으로부터 표 6의 패킷 손실 최소화 및 보정을 위하여 Preamble의 구성과 상태비트의 길이를 조정하며, 구분자를 삽입하는 캡슐화 로직을 구현하였다. 이 로직을 이용하여 수신기에서는 태그가 송신한 신호가 일부 손상된 미약신호라도 도난 경보 정보를 온전하게 추론할 수 있도록 하였다.

그림 11은 본 연구를 통해 설계 및 구현 EAS 수신기의 내부 회로 및 LCD가 장착된 외부 모습을 보여준다.



[그림 11] 구현된 자명식 EAS 수신기

6. 지능형 자명식 EAS 송신장치

6.1 송신장치 시스템 설계 및 구현

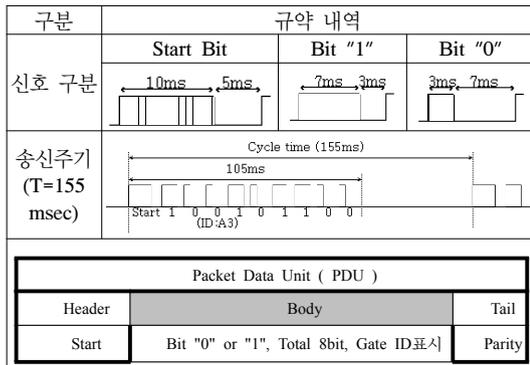
송신장치시스템은 매장의 출입구 바닥에 매립되어 설치되어져 매장 내부 와 외부 공간을 구분하는 기능을 담당하고 있다. 자기장 무선신호를 발신하는 송신장치의 안테나는 매립되어지는 건물바닥의 구조 및 주변 건축물에 의하여 임피던스의 변화가 발생되어진다. 이러한 환경에 의한 임피던스의 변화에 따라 현장에 설치할 때 조정 작업을 수행하는 불편함이 있었다. 따라서 본 연구에서는 설치 작업자의 편리와 시공 공정의 단순화를 위하여 환경에 의한 임피던스변화에 자동적으로 적응하는 임피던스 정합회로를 설계하였다. 또한 다수개의 출입구를 가지는 매장에서 기존에는 개별 출입구마다의 송수신 기능이 필요하였지만, 본 연구를 통해 수행되어진 듀얼밴드 무선통신기능을 가지는 자명식 EAS시스템에서는 하나의 수신기에서 다수개의 게이트 경보를 처리할 수 있도록 자명식 EAS 송신장치에서 각 장치마다의 고유한 정보를 송신하는 주파수 변복조 회로 및 프로토콜이 설계되어졌다.

설계방향에 따라 주장치는 송신장치의 안테나(또는 Loop Antenna라고도 함)의 매립된 형상 및 안테나 주변 환경에 의한 안테나의 임피던스변화를 측정하며, 스스로 임피던스의 변화 상황을 판단하여 자율적으로 임피던스

의 조절이 자동으로 이루어지는 상황 판단 제어가 가능한 지능형 시스템이 되도록 구현 하였다. 환경요인으로 변화하는 인덕턴스의 값에 대하여 커패시터의 값의 조절이 자동으로 이루어지는 커패시터 모듈 제어 회로구성이 자명식 EAS시스템 지능화 기능의 주요 포인트가 된다.

자기장 신호의 발생모듈에서는 단순한 감지영역 시그널 전송방식이 아니라 각 장치마다의 고유한 ID를 고유 송신 주파수에 변조하여 실는 회로구성을 하였다. 자기장 신호의 전파특성을 고려하여 설계한 시그널 구조는 표 9의 디지털 신호처리 규약으로 세분화하고 주장치의 자기장 송신신호에 대한 종류들은 표 10에 명기하였다. 자기장 송신신호 송출은 외부환경에 민감한 자기장 신호의 특성을 고려하여 송신기의 고유 ID값을 Start Bit, Bit "1", Bit "0"으로 표현되는 단위 신호들로 조합하여 송출하도록 하였다. 또한 정보보안을 위해서 Packet Data Unit (PDU)의 Body부분을 스크램블 처리하도록 하였고, 송신

【표 9】 자기장 신호의 규약 설계



【표 10】 자기장 신호의 종류

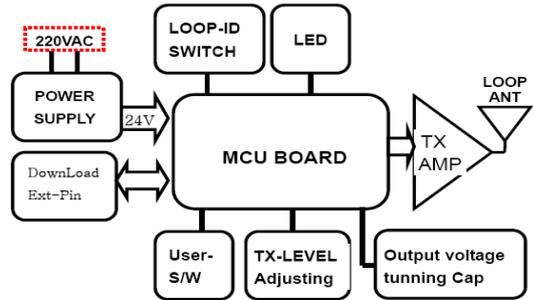
신 호	설 명
게이트 ID	각 송신장치에 설정된 ID 번호
게이트 알람	태그가 게이트 통과하면 받는 알람신호
알람 해제	태그의 알람을 해제하는 신호
방법 설정	태그의 경계모드 전환을 강제로 설정
코드 설정	태그의 각 사이트 코드를 설정

기 코일 과 태그의 수신코일 사이의 거리 및 그 사이의 주변 환경에 따라 발생되어지는 신호 왜곡현상에 대한 강인성 향상을 위하여 각 데이터 비트의 패킷처리 마진은 ±15% 여유분을 가지도록 설계 및 구현하였다.

6.2 송신장치 시스템 구성

본 논문에서 사용된 자기장 신호의 송신장치의 회로 구성은 그림 12와 같이 전원부와 MCU, 입력부, 출력부, 저주파신호 증폭부, 루프안테나(Loop Antenna)로 구성되

었다. 또한 구현된 송신장치의 사양은 표 11과 같다.



【그림 12】 송신장치의 회로 구성도

【표 11】 송신장치의 하드웨어 사양

구분	분류	설 명
주장치	Power Voltage	Input AC 85 ~ 264V, 20W
	Power Frequency	50Hz / 60Hz
	Power Dissipation	20W (Max, 조절 가능)
	Transmission Area	Horizontal direction : 2.5m (Max) Vertical direction : 2.5m (Max)
	Magnetic-Field	Magnetic-Field Signal under Very Low Frequency (22KHz~37.5KHZ)
안테나	전선 재질	AWG NO.32, 0.2pi, 36turns, 외경 3pi, 회색의 고무절연체
	외관 형태	1000x300mm, 직사각형(기본)
	감은 횟수	9 Turns(평균, 2600mm/1 Turn)

구현된 송신장치를 설치할 때에는 주장치와 루프 안테나의 간선 거리는 최대한 짧은 거리를 유지해야 간선에 의한 출력신호의 왜곡을 줄일 수 있다. 실제 매장의 건축 환경이 인테리어 및 건축재질에 따라 다양하기 때문에 간선의 길이를 최대 10m이하로 제한하고 있다. 간선의 길이는 설치되는 환경에 따라 시공자가 자유롭게 조절이 가능하며, 그림 13은 본 연구를 통해 구현된 자명식 EAS 송신장치의 주장치에 루프 안테나가 연결된 모습을 보여준다.

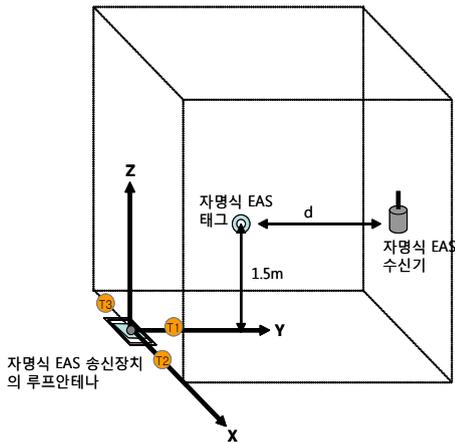


【그림 13】 주장치와 안테나

7. 결과 및 성능분석

7.1 자기장 신호 수신 성능 실험

구현된 태그의 자기장신호 수신 성능향상 및 오보 발생 빈도에 대한 검증은 자기장 신호의 수신거리와 데이터 수신율을 기록하는 실험을 수행하였다. 실험을 위한 측정모형은 그림 14에 도시하였다. 좌표의 원점은 매장의 출입구에 설치된 송신장치의 루프안테나 중심점으로 하며, X축은 출입구 폭 방향, Y축은 매장 내부와 외부에서 출입구를 향한 방향, Z축은 X-Y평면으로 정의되는 바닥면으로부터 공간상에 위치한 자명식 태그의 높이를 나타낸다. 각 축 방향에서의 측정값들은 Z축이 태그의 수신감도 성능을, Y축은 매장 내부의 태그에 영향을 미치는 정도를, X축은 출입구 근처의 태그에 영향을 미치는 정도를 의미한다. 그리고 매장 내부 및 외부에 위치한 태그로부터 매장 내부에 고정되어 설치된 자명식 EAS수신기까지의 거리는 d 로 표기하였다.



[그림 14] 자기장 신호를 수신하는 태그의 측정모형

주장치의 자기장 신호출력은 태그의 측정모형의 좌표 원점에서 최대 출력의 80%로 조정한다. 신호출력이 높아질수록 도난방지 성능도 향상되지만 매장 내부에 정상적으로 장착되어 있는 태그에서 오경보가 발생할 수 있으므로 출입구에서만 태그가 인식이 되도록 송신출력을 조정하였다.

자기장 신호의 인식방향별 수신감도 실험결과는 표 12에, 태그 100개의 경보데이터 수신율에 대한 실험결과는 표 13에 기록하였다.

[표 12] 인식 방향별 태그 수신감도 실험

인식방향	기존의 태그	구현된 태그	비고
Z (X, Y=0)	+1.2m(max)	+1.7m(max)	17.64% 증가
Y (Z=1.5m)	±0.8m(max)	±0.4m(max)	50.00% 감소
X (Z=1.5m)	±0.9m(max)	±0.7m(max)	22.20% 감소

표 12의 Z축의 실험데이터는 연구결과와 태그가 기존 태그보다 17.64%의 감지거리 증가가 이루어짐을 보여준다. 또한 태그를 Z축 방향 +1.5m로 유지하는 조건에서 매장출입방향에 따른 실험결과는 Y축 데이터로 기술하였고, 진입구의 폭 방향으로의 실험결과는 X축 데이터로 표시하였다. X축과 Y축의 데이터는 매장 내부에 미치는 송신장치의 오보 영향 정도를 나타낸다. X 및 Y의 값이 클수록 오보율도 높아지며, 매장에서 상품 진열 공간도 적어지게 된다.

[표 13] 자기장 신호영역에서의 경보신호 수신

측정 지역	측정 위치(원점기준)	기존제품 수신율(%)	본 연구 수신율(%)
T1 포인트	+0.4m(X축)	85	100
T2 포인트	+0.6m(Y축)	80	100
T3 포인트	-0.6m(Y축)	80	100

표 13에서는 표 12의 결과를 참고하여 기존 시스템과 연구 개발된 시스템 모두 신호를 수신할 수 있는 자기장 신호영역인 T1, T2, T3포인트에서 태그가 Z=1.5m인 조건을 유지하면서 자명식 EAS송신장치의 자기장 신호를 수신하여 알람정보를 송신하고, 수신 장치에서는 태그에서 송신되는 알람 정보를 표출하는 성능 실험 결과를 표시하고 있다. 기존 제품은 자기장 신호 수신기를 사용한 수신율이며 본 연구결과로 구현된 자명식 EAS수신기로 태그의 알람신호를 수신한 실험결과이다.

7.2 무선데이터 통신 거리 성능실험

태그와 수신기사이의 도난경보신호의 수신거리 감소 및 신호 왜곡현상은 인테리어 전등, 철재 구조물, 인테리어 가구, 내벽등과 같은 건축 환경요소들에 기인하여 발생되어진다. 본 실험은 구현된 태그와 수신기의 UHF대역의 무선데이터통신에 대한 성능을 실제 상품매장에서 측정하여, 기존 자명식 시스템의 자기장 통신으로 인한 송신거리의 한계극복 및 신호의 왜곡 문제점 해결이 가

능한지를 검증하는데 목적이 있다.

실험 방법은 수신기를 매장 내부에 고정하고 태그를 매장 내부에서 외부로 이동하면서 거리별로 RF 신호를 100회 송신하고 무선데이터 수신율을 테스트하고 표 14에 그 결과를 기술하였다. 표 14의 실험결과에 따르면 수신기 하나당 인식영역은 반경 10m로 설치하여야 오경보가 없다는 것을 보여준다.

[표 14] 수신기와의 거리에 따른 수신정도

수신기 와 태그 거리(d)	전 방향 수신율
5m	100%
10m	100%
15m	90%
30m	85%

7.3 멀티게이트에서 송신장치의 아이디 인식

실험 방법은 출입구가 2개 이상일 때, 송신장치를 2대 이상 설치하고 송신장치의 아이디를 각각 다르게 설정하여 태그가 각 출입구의 아이디를 구분하여 인식하는지를 테스트 하였다. 알람이 발생한 위치정보를 인식하는 성능 실험은 도난경보의 수신실험과 병행하여 진행하였고, 다수개의 태그에 대한 동시 인식률도 부가적으로 실험하여 표 15에 인식결과를 나타내었다.

[표 15] 멀티게이트 및 멀티 태그 인식률(%)

실험 조건	인식률(%)	비고
단일 게이트	100	개별 태그, 개별 게이트
멀티 게이트(2곳)	100	개별태그, 멀티 게이트 구분
멀티 게이트(2곳) 멀티 태그(5개)	30	동시 다발적 상황 구현 멀티 태그·게이트

8. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 자기장 통신을 담당하는 VLF 대역과 정보전송을 담당하는 UHF대역의 듀얼밴드 무선통신기술 적용 및 외부환경에 자율적으로 자기장 송신신호 임피던스 조절기능을 가지는 지능형 자명식 도난방지(EAS) 시스템을 구현하였다.

구현된 태그의 자기장 신호의 수신 성능은 기존 시스템보다 인식률이 즉 태그의 수신감도가 17.64%향상되었고, 매장내부 및 출입구 주변에 미치는 영향이 50% 줄어들어 송신장치의 작동에 의한 매장 내부의 오보 발생률을 줄이는 효과를 가지게 되었다. 또한 경보발생시 신호

수신은 자기장 송신장치의 감지영역 안에서는 100%의 수신 성능을 가짐으로써 도난 감지에 대한 오보 발생률이 0%가 됨을 보여주었다. 또한 자명식 EAS시스템의 태그에 송신장치의 고유한 ID정보를 분석할 수 있는 자기장 신호 패턴 분석 기능이 부가되어 다수개의 게이트를 가지는 매장에서 도난방지 경보 지역의 위치정보까지 파악되는 멀티게이트 처리 기능을 가지게 되었다.

이 같은 결과를 바탕으로 본 논문에서 구현한 듀얼밴드 무선통신을 이용한 지능형 자명식 EAS시스템이 다수개의 출구 구분능력 과 낮은 오보발생을 요구하는 고 신뢰성 고가 상품용 도난방지시스템에 유용하게 사용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

향후에는 본 연구에서 미흡한 결과를 가진 멀티게이트와 멀티 태그의 인식률을 높이기 위하여 자명식 EAS 시스템에 최적화된 태그와 수신기간의 Anti-Collision 무선 프로토콜의 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] N. Huber, "Minimizing product shrinkage in the supply chain through the use of radio-frequency identification", Faculty of Informatics-Theses, pp. 13-16, 2006.
- [2] RL DiLonardo, "Defining and Measuring the Economic Benefit of Electronic Article Surveillance", Security Journal, vol.7, no.1, pp. 3-9, April, 1996.
- [3] 이광형, 정용훈 "이중카메라를 이용한 실시간 도난방지 시스템의 구현", 한국산학기술학회논문지, 제10권, 제1호, pp. 158-164, 2009.
- [4] Robin Koh, Edmund W. Schuster, Nhat-So Lam, Mark Dinning, "Prediction, Detection, and Proof: An Integrated Auto-ID Solution to Retail Theft", MIT Auto-ID Center, June, 2003.
- [5] J Landt, "The history of RFID", IEEE potentials, pp. 8-11, OCT/NOV, 2005.
- [6] 박종완, "물류유통 제어시스템용 전자기 기능성 재료의 연구", 한국과학재단, 2002.
- [7] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook", WILEY, 2nd Edition, pp. 29-40, 2002.
- [8] 임상민, 이근왕, "RFID기반의 Reference Tag를 이용한 쇼핑고객 위치추적 및 동선분석에 관한 연구", 한국산학기술학회논문지, 제 10권, 제 1호, pp. 151-157, 2009.
- [9] 방송통신위원회, "방송-해상-항공-전기통신 사업용 외의 기타업무용 무선설비의 기술기준", 「무선설비규

칙」, 제24조 제2항 제5호, 7월, 2007.

[10] ATMEL Inc, "ATmega128 Datasheet", 2009.

[11] Chipcon Inc, "CC1020 Datasheet", 2006.

최 연 석(Yeon-Suk Choi)

[정회원]



- 1990년 2월 : 성균관대학교 기계공학과 (공학사)
- 1992년 2월 : KAIST 기계공학과 (공학석사)
- 1992년 2월 ~ 1995년 8월 : 대우전자 중앙연구소 주임연구원
- 1997년 3월 ~ 2000년 2월 : 경희대학교 전산학과 강사
- 2006년 2월 ~ 2007년 2월 : SUV 임베디드시스템학과 교수
- 2005년 7월 ~ 현재 : 호서대학교 교양학부 조교수

<관심분야>

Active RFID, 자기장통신, u-City, Sustainable City

김 금 석(Keum-Seog Kim)

[정회원]



- 2000년 2월 : 유한대학 전자과 (전문학사)
- 2001년 4월 ~ 2005년 1월 : 아크로텔레콤부설 통신연구소 전임연구원
- 2006년 8월 : 경희사이버대학교 정보통신학과 (공학사)
- 2005년 9월 ~ 2007년 10월 : 신아시스템 기술연구소 전임연구원
- 2007년 11월 ~ 현재 : (주)유니콤터디 연구개발실 과장

<관심분야>

무선통신, 도난방지시스템, 위치인식