

RFID UHF 대역의 태그 위치추적 응용모델 설계

Designation of an Application Model for Tag-Position Tracking in the RFID UHF Band

신경철, 김우성*, 오용선
목원대학교, 호세대학교*

Kyung-Chul Shin, Woo-Sung Kim*,
Yong-Sun Oh
Mokwon Univ., Hoseo Univ.*

요약

본 논문에서는 휴대가 편리하고 배터리 소모와 같은 유지관리가 필요 없는 RFID 활용방안을 제안하고, 900Mhz 대역 중거리 타깃의 RFID 태그(Tag)를 읽는 방식으로 일정한 공간 안에 있는 다중 검출기 간의 신호차를 이용한 위치추적 기능을 부여하는 RFID 응용모델을 설계한다. 하나의 검출기 안에 다중 ID태그가 있을 경우, 동시에 리턴 되는 ID에 의하여 검출이 불가해지는 문제점을 해결하기 위하여 TDMA 방식으로 접근하고, ALOHA 프로시저의 단점을 극복하기 위한 태그에게 인식 우선순위를 부여하는 Management Sensor를 부착하여 태그의 순차적 검출을 가능케 하는 것이다. 본 논문에서 제안하는 응용모델은 활용분야가 광범위하고 다양하여, 원아 안전관리 모델 및 장비 위치 확인 시스템 등으로 활용 가능하고, 궁극적으로 응급호출 시스템으로 발전시킬 수 있을 것으로 본다.

Abstract

In this paper, we propose an application model of RFID that needs not be worried about battery degradation problems and offers convenience of hand-carry. We design the RFID application model which can track medium distance target RFID Tag and detect the signal difference between multi-detectors in a room area using 900MHz frequency band. In the case of multi-ID Tag in one detector, we approach TDMA scheme

I. 서론

RFID(Radio Frequency IDentification)는 비 접촉 무선인식 기술로 기존의 바코드의 느린 인식속도, 인식율, 저장능력의 한계를 극복하여 제품에 붙이는 RFID 태그(Tag)에 생산, 유통, 보관, 소비의 과정에 대한 정보를 담고 자체 안테나를 갖고 있으며, 리더(Reader)로 하여금 무선으로 이 정보를 읽고 이동통

신망과 연계하여 정보시스템과 통합하여 사용되는 활동, 또는 칩을 말한다. 이는 기업물류활동에 혁신적 변화를 가져올 기술로 주목받고 있으며, 동시에 USN(Ubiquitous Sensor Network)의 센서기능을 담당하는 핵심기술이다.

본문은 RFID 장치의 여러 대역중 인식거리가 넓고 많은 적용분야를 갖을 수 있는 UHF 900Mhz 대역의 응용모델로 다중태그의 인식과 다중 리더기간의 태

그의 위치추적기능을 부여하여 RFID 의 다양한 응용 방향을 제시하겠다.

II. 본 론

1. UHF RFID

UHF 태그는 인식거리가 긴 RFID 시스템 수요측 면에서 국제표준화 과정에 가장 관심 있게 고려되고 있다. RFID 대역별 특성은 <표1>과 같다.

[표 1] RFID 주파수 대역별 특성비교

주 파 수	저주파 (LF)	고주파 (HF)	극초단파 (UHF)		마이크로파
	125KHz, 134KHz	13.56Mhz	433.92 Mhz	860~960 Mhz	
인식 거리	< 60cm	약 60cm	50~100m	3.5~10m	약 1m
일반 특성	.비교적 고가 .환경성능 저하없음	.저주파보다 저가 .짧은인식거리와 다중태그인식	.긴인식거리 .실시간 추적, .온도 습도 충격 센싱	.가장저가생산 .다중태그 및 인식거리	.900대역과 비슷 .환경영향이 가장 큼
동작 방식	수동형	수동형	능동형	능동/수동	능동/수동
적용 분야	.공정자동 .출입통제 .통물관리	.수화물 .대여물품 .교통카드 .출입통제	.컨테이너 .실시간위치 추적	.공급망관리 장동통행료	.위조방지
인식 속도	저속 <-----> 고속				
환경 영향	강인 <-----> 민감				
태그 크기	대형 <-----> 소형				

UHF 대역은 433.92Mhz와 860~960Mhz 두 가지가 있지만 우리나라는 433Mhz 대역을 아마추어무선 (HAM)용으로 사용하기 있기 때문에 향후 ISO/IEC18000-7 표준안으로 제정될 경우 주파수 재조정이나 주파수 공유기술 없이 국내 도입은 어려운 상황이다.

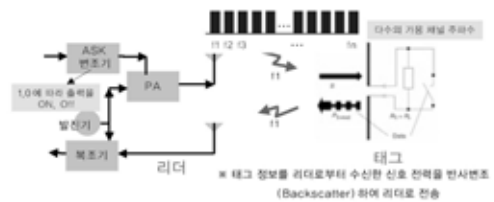
900MHz 대역의 RFID는 최근 정부의 주파수 재분배가 완료되어 894~960Mhz 의 주파수대별 분배에 RFID/USN K90B 가 추가되었다. 국내에서는 해

외와 달리 할당대역이 910~914Mhz 로 좁은 만큼 해외의 RFID 출력범위 상한선 10mA 을 1~2A 까지 늘 수 있도록 조정할 방침이다.

2. 860~960MHz 대역 태그/리더 무선전송 개념

900MHz 대역 수동형 RFID 리더와 태그간 통신개 념을 설명하기 위한 블록 도는 <그림 1>에서 보는 바와 같다. 리더와 태그간 통신을 위한 국제 주파수 대역은 860~960MHz 대역이며 태그의 동작 주파수는 860~960MHz 대역이고 리더의 주파수 내에서 각 국의 전파규정에 따르도록 되어 있다. 리더기는 정보를 보내기 위해 각국의 규정에 따라 특정 시간에 리더가 점유할 수 있는 채널 주파수를 결정하여 Low State 신호를 보낼 때는 선택된 주파수의 송신 RF 신호를 off, High State 신호를 보낼 경우에는 송신 RF 신호를 On하는 ASK(Amplitude Shift Keying) 변조에 의해 태그로 전송한다. 태그는 리더의 신호를 수신하여 RF전력을 정류/체배하여 공급전원으로 사용하며, 정보를 보내기 위해 리더로부터 수신한 주파수 신호를 반사 변조(Backscatter Modulation)하여 전송한다.

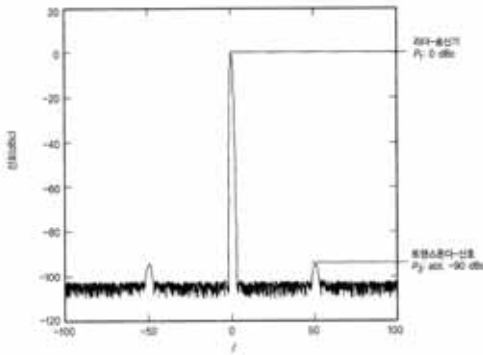
860 ~ 960MHz 대역은 전 세계적인 유통, 물류 등의 용도에 가장 적합한 대역으로 인식되고 있는 RFID 주파수 대역으로 리더와 태그간 전송규격에 대하여 ISO/IEC JTC1/SC31의 WG4에서 국제표준을 제정 중에 있다



▶▶ 그림 1. 900MHz 수동형 RFID 리더와 태그간 주파수 이용 및 전송방식

데이터의 송신을 위해 리더의 반송파는 트랜스폰더에 의해 반사되며 신호가 변조된다. <그림2>는 변조

과정의 부분으로서 반사전력 P_s 가 반사된 신호와 두 개의 측파대로 분할되는 것과 관계있다. 이론적인 변조율 100%를 갖는 ASK 변조에서 양측파대는 각각 전력 P_s 의 25% 이고 정보를 포함하지 않고 반사된 반송파는 P_s 의 약 50% 이다 이 반송파는 전송신호와 동일한 주파수로 P_s 에 의해 가려진다. 트랜스폰더가 사용하는 전력은 P_s 의 약 25%를 사용한다.

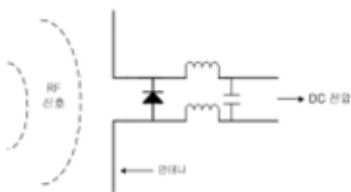


▶▶ 그림 2. 리더의 레벨관계의 예

3. 태그(트랜스폰더)의 요소기술

1.1 정류회로

Passive 태그는 배터리가 없는 구조 이므로 태그칩이 동작하기 위해서는 리더에서 송출되는 전파에 의해 태그칩이 동작하기 위한 직류전원을 생성해야한다. 이것은 그림8과 같이 안테나에 정류회로가 구성된 렉테나(Rectena)로부터 얻는다. 렉테나의 설계는 고주파측이 직류측의 임피던스가 전력레벨에 따라 변화하는 요소가 있기 때문에 최적의 설계가 요구된다. 태그는 렉테나가 받는 전력이 작기 때문에 Schottky 다이오드의 동작 전류가 작아 RF-DC의 변환효율이 낮기 때문에 저전력 소모 회로 설계가 매우 중요하다.



▶▶ 그림 3. 정류회로

1.2 태그의 변조방식

Passive 태그는 배터리 없이 리더에서 송출되는 전파의 일부를 정류하여 동작하는데 고주파 회로는 큰 전력을 소비하기 때문에 저전력 소모 고주파 회로 구현이 필요하다. 태그칩은 자체 발전기가 없이 리더에서 송출되는 전파를 이용하여 칩의 메모리에 입력된 정보를 변조신호로 사용하여 리더의 반사전파에 정보를 전송하는데 이런 방식을 Backscatter 변조방식이라 한다.

ASK 나 PSK 변조방식은 안테나로부터 입력된 반송파의 반사측의 전송선로 끝에 같은 임피던스의 부하로 중단하면 거기에서는 반사가 일어나지 않는다. 그런데 전송선로의 끝을 개방하면 같은 전파가 단락하면 반대의 신호가 반사된다. 즉 안테나의 반대측 전송선로 중단에 RFID칩의 메모리에 기억된 신호레벨에 의해 단락/개방이 되는 스위치를 설치함에 의해 PSK 방식의 변조가 가능하고, 이와 같은 방식의 임피던스 정합과 개방을 이용한 ASK 변조도 가능하다.

1.3 태그 메모리

RFID 태그칩은 메모리로 read-only 칩인 경우 ROM 이 사용되며 R/W 칩은 EEPROM 또는 flash 메모리로 구성하여 태그를 제작한다. 최근 기술 추세는 태그가 단순한 인식소자 이상의 데이터 저장기능을 요구함으로 R/W 태그가 본격적으로 개발되고 있다. 이러한 고기능 chip은 LSI 반도체 기술 발달로 초소형사이즈 칩에 class 1,2 수준의 고용량 정보저장 수준 메모리 구조를 채용한 태그가 활용될 전망이다.

1.4 안테나

태그 칩과 안테나에 변조회로와 DC전원재생 회로로 렉테나가 구현된다. 전원재생회로에서는 안테나와 임피던스 정합/부정합이 요구된다. 입력전파의 공진주파수 동작상태에서 만일 안테나단자가 단락상태가 되면 안테나 유효단면적은 4배가 되는 효과를 받

생한다. 이 경우에는 안테나전류 i_i , $-i_i$ 가 2배가 되어 backscatter 전반사 에너지가 6배 증가한다. 개방안테나단자의 경우에는 안테나가 2개의 반사기로 분리되어 제2고조파에서 공진한다. 이 경우에 기본파에서는 2개의 전도체 안테나를 흐르는 전류가 매우 작기 때문에 반사단면적이 거의 0이 된다. 결과적으로 이와 같은 변조기 다이오드에 의한 개방 또는 단락회로 임피던스 스위칭 방식은 안테나단자에 나타나는 부하 임피던스 Z 를 72Ω 또는 0Ω 으로 스위칭 하게 되며 이로 인하여 변조된 backscatter 전반사 에너지는 4~6db의 변화를 발생한다.

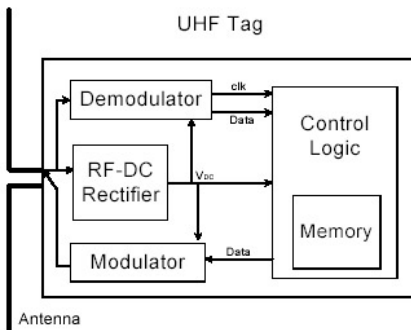
1.5 태그

수신용 슬롯루프 안테나에서 수신된 RF신호는 전력검출회로에 의해 검파되어 태그를 대기모드에서 구동모드로 전환시키게 되고 저장된 고유ID는 ASK/PSK 변조회로를 거쳐 송신용 안테나로 전송하는 구조이다.

4. UHF RFID one chip

1) 구조

<그림 4 >은 UHF one chip의 내부구조이다.



▶▶ 그림 4

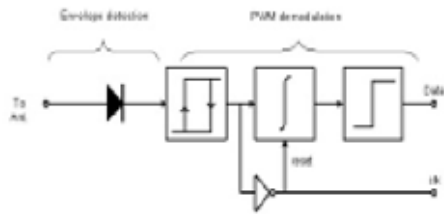
변조방식은 backscatter 방식을 이용한다. IC의 입력 임피던스가 변화함으로써 backscatter된 신호를

안테나를 이용해 변조한다.

태그 출력은 PSK,ASK backscatter 된 신호에 따라 안테나 단 입력 용량값이 변화한다. PSK방식은 ASK 방식에 비하여 SNR과 BER이더 좋기 때문에 고효율과 큰 변조신호 파워를 갖는다. 따라서 PSK 방식을 많이 사용하나 리더기의 회로가 복잡해진다.

2) 복조방식

리더에서 태그로 송신되는 forward link 에서는 PWM 방식을 사용한다. 펄스폭은 수 us 정도로서 데이터 전송속도를 결정한다. 펄스폭이 작으면 태그에 공급되는 전력이 충분하나 대역폭 규정에 따라 제한되기 때문에 펄스폭을 길게 한다. 태그에서는 <그림5 >과 같이 envelop detector와 pulse width demodulation를 사용한다.



▶▶ 그림 5. UHF RFID칩의 복조기 구조

III. 태그 위치추적 기반기술

1. 다중접속과 충돌방지

1) ALOHA 프로시저

RFID 는 종종 많은 트랜스폰더가 하나의 리더의 전송영역 내에 동시에 존재하는 상황에서 발생한다. 리더에서 트랜스폰더로 데이터를 전송할 때는 방송(broadcast) 로 동시에 전송하기 때문에 문제가 없지만 트랜스폰더가 리더에게 데이터를 보낼 때 모든 통신채널은 정의된 채널용량을 갖는데 이용 가능한 채널용량은 각 개별 단말간에 나누어 주어야 하며 이때

몇 개의 트랜스폰더로부터 하나의 리더로 전송되는 데이터가 상호 간섭(충돌)없이 전송될 수 있어야 한다. 이러한 다중접속을 위한 방법은 SDMA, TDMA, FDMA, CDMA 방식이 있는데 RFID 에서는 TDMA 프로시저를 가장 자주 사용한다.

충돌방지 프로시저로 ALOHA 프로시저가 있다. ALOHA 프로시저는 긴 휴지기간에 비해 짧은 전송을 하는 RFID의 특성상 데이터를 랜덤한 시간에 전송하는 방식이다. 하지만 때때로 발생하는 충돌과 처리량이 많아질수록 충돌은 빈번해지고 결과적으로 처리량이 0으로 떨어지는 단점이 있다.

이의 개선으로 슬롯 ALOHA 프로시저로 트랜스폰더 모두가 시간적으로 동기된 시간에 맞춰 데이터를 보내 ALOHA 프로시저에 비해 충돌로 버려지는 시간이 많이 줄 수 있다.

하지만 여전히 충돌빈도는 존재하기 때문에, 각각의 트랜스폰더를 제어하여 충돌을 일으킨 트랜스폰더를 중지시킬 수 있도록 개선된 동적 S-ALOHA 프로시저가 있다.

2) 이진검색 알고리즘

맨체스터 코드로 다중 트랜스폰더가 전송한 ID의 중복비트를 체크할 수 있다. 중복비트가 있다는 것은 다중의 트랜스폰더가 존재한다는 것이고, 계속적인 요청으로 최종적으로 하나의 ID를 검출해 낼 수가 있다.

이진검색 알고리즘을 도입하기위해선 선행되어야 할 조건이 있다. 모든 트랜스폰더는 동기된 일시에 데이터를 전송하여야 하고, 트랜스폰더가 처리해야할 몇 개의 명령어를 갖고 있어야 한다.

RFID가 8자리로 가정했을 때 최초 리더가 REQUEST 용 신호 11111111을 전송하여 모든 트랜스폰더가 동작하도록 한다. 이로서 리턴 되어오는 ID를 맨체스터코드로 오류비트를 체크할 수 있게 된다. 이중 첫 번째 오류난 비트부터 하나씩 제거하면서 계속 REQUEST 신호를 보낸다면 최종적으로 하나의

ID가 남게 된다. 이 작업의 반복으로 리더 영역내의 다중 ID를 검출해 낼 수 있다.

2. 다중 리더간의 태그 위치추적

하나의 트랜스폰더가 2개 이상의 리더기 사이에 있다면 트랜스폰더의 위치를 찾아낼 수 있다. 이를 위해서는 선행되어야할 순서가 있다.

- 1) 모든 리더기간의 위치는 제어된 거리 안에 고정되어있어야 한다. 리더기의 위치가 수시로 변한다면 최종적으로 계산되는 결과 값에도 반영하여야 할 것이다.
- 2) 위치추적을 위해서는 우선 추적하고자 하는 트랜스폰더 ID를 알아야 한다. 이것은 리더기 안의 트랜스폰더를 찾는 작업이 먼저 선행되어야 한다. 이진검색 알고리즘을 사용하면 찾아낼 수 있다.
- 3) 두개 이상의 리더기 전송영역 안에 트랜스폰더가 존재하여야 한다. 특히 900MHz UHF 방식의 트랜스폰더는 전송영역이 10m 이내이기 때문에 짧은 거리 내에 리더기의 배열이 존재하여야 한다. 때문에 건물 안이나 좁은 방에서만 사용 가능하고 개활지에서의 추적은 active 방식이거나 433Mhz 대역의 UHF 방식을 사용하여야 한다.
- 4) 추적하고자 하는 트랜스폰더의 ID로 요청신호를 보낸 후 리더로 돌아오는 반송파의 신호 크기(dB)를 잰다.
방사된 전자기파(P_{ERP})는 거리제곱(r^2)에 반비례하여 감소하고 트랜스폰더 위치에 도달하는 방사밀도 S는 (식1)을 사용하여 계산될 수 있다. 트랜스폰더에 의해 반사되는 전력 P_s 는 전력밀도 S와 레이더단면적 σ 에 비례하여 반사한다. (식2) 트랜스폰더로부터 반사되어 되돌아온 전력은 리더에서 송신된 전력의 4제곱근에 비례하는 식 (식3)에 따른다.

$$S = \frac{P_{EIRP}}{4\pi r^2} \quad (\text{식 1})$$

$$P_s = \sigma \cdot S \quad (\text{식 2})$$

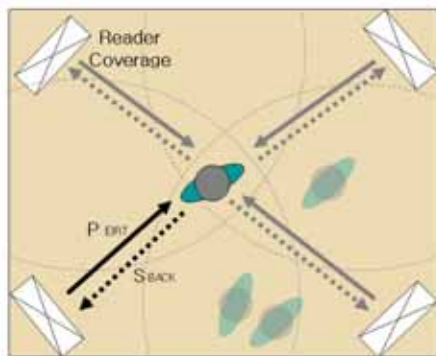
$$\begin{aligned} S_{Back} &= \frac{P_s}{4\pi r^2} = S \cdot \frac{\sigma}{4\pi r^2} = \frac{P_{EIRP}}{4\pi r^2} \cdot \frac{\sigma}{4\pi r^2} \\ &= \frac{P_{EIRP} \cdot \sigma}{(4\pi)^2 \cdot r^4} \quad (\text{식 3}) \end{aligned}$$

- 5) 각각의 리더기에서 수집된 신호의 크기를 중앙 컴퓨터에서 공간상 배열에 배치한다.
- 6) 수집된 리더기간 신호크기와 리더기간의 거리에 비례한 공간상에 배치하면 트랜스폰더의 위치를 알 수 있다.

IV. 위치추적을 이용한 응용모델

1. 원아안전관리모델

교육 및 안전문제에 관한 원아들의 현재위치와 상태를 쉽게 파악할 수 있도록 하기 위한 RFID 응용모델 원아의 예측할 수 없는 행동 및 이동, 위험요소 노출 등의 예방 차원에서 원아안전관리모델로서의 응용이 가능하다.



▶▶ 그림 6. 원아 위치추적모델

1) 구성요소

- 유아용 ID 태그의 정보는 유아의 이름, 생년월일, 주소, 평소 습관 및 식습관, 성적 등을 넣어 쉽게 구분이 가능하게 한다.
- 유아는 그 활발한 활동으로 인해 쉽게 망가지는 것을 대비한 부드러운 재질의 팔찌형 트랜스폰더를 사용한다.
- 각 거점에 RFID 리더를 설치하여 아동의 이동경로 및 움직임을 고려한 최적의 위치에 고정한다.
- RFID 리더의 Data를 전송하기 위한 무선랜망 구축 및 리더간 네트워크 구축으로 쉽게 정보를 주고 받을 수 있게 한다.

2) 응용방법

- 트랜스폰더의 위치추적을 위해서는 최소한 2개 이상의 리더의 전송영역에 있어야 함으로 리더의 영역이 겹쳐질 수 있는 격자 형태 및 통로의 경우 지그재그 형태로 배치한다.
- 리더는 용도에 따라 패치 안테나 및 옴니 안테나로 제작되어 천장 및 벽에 걸 수 있도록 한다.
- 리더는 일정 시간마다 태그의 목록 갱신을 위한 scan을 하여야 한다.
- 도어 및 이동 통로에 설치된 Movement Sensor에 의해 움직임을 감지될 경우 리더는 태그를 파악하여 태그의 이동경로를 추적할 수 있도록 한다.
- 허락 외의 위험 및 출입금지지역에 감지된 ID에 대해서 중앙통제장치 및 원생지도자에게 송신되어 즉시 지도할 수 있도록 한다.
- 긴급 상황 발생시 즉시 모든 원생의 위치를 가족 및 친지에게 전송할 수 있도록 하여야 한다.

2. 의료포탈 모델

RFID 기반의 병원용 애플리케이션으로 모바일 응급호출 및 의료장비 확인, 의료인/환자 위치확인 가능한 모델이다.

1) 구성요소

- 장비 및 환자, 의료인에 맞는 ID tag 체계 구축
- 병원전체를 중심으로 추적하기위한 세밀한 배치 없이 리더의 감지영역과 영역이 서로 맞붙도록 한 배치로도 커버 가능
- RFID 네트워크망과 연동한 긴급호출 서비스와 장비위치확인 서비스

2) 응용방법

- 수동형 태그에 비해 다양한 기능 및 센싱 기능이 필요함으로 능동형 태그를 사용한다.
- 의료인/환자 위치확인을 위해 배치하는 리더는 특정 장소 및 이동경로만 지정할 수 있으면 됨
- 리더는 넓은 지역을 커버할 수 있는 옴니 안테나 및 천장에 설치할 수 있는 패치형 안테나로 제작되어진다.
- 환자에게 제공되는 트랜스폰더 태그는 팔찌나 목걸이 형태로 긴급호출 버튼이 있어 긴급호출시 가장 가까운 의료인에게 호출이 갈수 있도록 네트워크 되어있어야 한다.
- 의료인의 호출이 필요할 때 실시간 위치확인이 가능하다.
- 주의 관찰이 필요한 환자에게는 환자의 상태를 체크할수 있는 센싱 기능이 있는 트랜스폰더 태그를 제공하여 심박수 및 고열 들 이상 징후 감지시 자동으로 긴급호출이 되도록 구성된다.
- 의료장비 의 위치확인으로 불필요한 이동 및 분실이 방지된다.
- RFID 네트워크와 인터넷 모바일 시스템과 상호 작용 하여 모바일 및 원거리에서 응급호출 가능하도록 시스템을 연동시킨다.

만한 능력을 갖고 있지만.. 그것은 RFID 의 극히 일부 기능일 뿐이다. 통합적으로 USN (Ubiquitous Sensor Network) 의 일부로서 센싱 기능이 핵심이고, 초소형에 초저전력의 소비임에도 불구하고 수많은 다양 용도로 사용가능한 RFID 는 '제2의 정보화 혁명'을 주도할 수 있는 뜨는 기술이다. 우리나라도 고주파대의 RFID 시스템은 많은 보급과 응용이 이루어지고 있으나 UHF 대역의 극초단파의 RFID 는 이제 막 주파수 분배를 마친 새내기 이다. 이 900MHz 대역은 인식거리가 우수하고, 빠르고 안정적인 데이터 전송이 가능하여 다양한 플랫폼에 응용이 가능하다. 이로서 가까운 시일 내에 살기 좋은 u-Life 실현이 가능할 것이다.

■ 참고문헌 ■

- [1] 이근호 "유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심 RFID handbook", 영진,
- [2] 한국 전자과학회 "2004 RFID Workshop" 전자과학회 스펙트럼연구회
- [3] 한국콘텐츠학회 "2004 춘계종합학술대회"
- [4] 표철식 "UHF RFID" 표준기술동향
- [5] 표철식 "U-life 실현을 위한 RFID 기반의 USN 기술" ETRI
- [6] 김동석 "U-센서 네트워크 구축을 위한 정책추진방향" 정보통신전파방송관리국
- [7] 기사 "RFID 기술 및 표준화 동향"
- [8] 한양대 정보통신대학 "RFID 주파수 표준화 현황"
- [9] 이근호 "무선식별(RFID) 기술 R&BD대표컨설턴트
- [10] 정보통신부 고시 제 2004-34호 "대한민국 주파수 분배표준 개정" 정보통신부장관
- [11] naver 뉴스 "RFID 출력 허용치 늘릴 것" 디지털 타임즈
- [12] 테마기사 "각국의 RFID 비즈니스 적용사례"
- [13] 정보통신부 정책사업 "제4편 지식정보사회 기반강화" 정책사업

V. 결 론

RFID는 이미 슈퍼마켓 상품관리만을 위한 것이 아닙니다. 저렴한 태그의 대량생산으로 바코드를 대체할