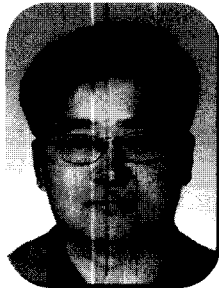


Flexible RFID의 기술 동향



백경갑
대진대
전자공학과 교수



주병권
KIST
마이크로시스템 연구센터 책임연구원

1. 서론

무선인식기술이라고 불리는 RFID(Radio Frequency Identification) 기술은 RF 신호를 이용하여 객체들을 식별하는 비접촉 기술 중의 하나이다. RFID를 사용하여 대상을 인증하는 방법은 여러 가지가 있으나 일반적으로 안테나에 마이크로칩을 부착하여 제품 확인을 위한 일련번호나 다른 정보를 삽입하여 사용한다. RFID는 바코드나 적외선 시스템과 달리 리더와 태그(Tag)간에 가시선이 요구되지 않아 사람이 직접 작업하기 어려운 환경 등에 적합하며, 바코드나 마그네틱 카드처럼 직접 스캐닝 할 필요가 없다. 특히, 인터넷의 지속적인 성장, RFID 태그 칩의 저가적 구현, 상품코드의 국제 표준화 등의 환경변화로 인해 RFID 기술은 다양한 산업분야에서 실용화를 가능하게 만들고 있다. 이러한 예로, TI, 히타치, 인피니온, 필립스와 같은 기업들은 내년 중으로 10센트 이하 가격대의 상용 RFID 칩을 출시한다는 계획을 세우고 있으며 2006년 정도면 바코드 수준의 원가 경쟁력이 확보될 것이라는 전망도 조심스럽게 제기되고 있다. 또한 2004년에는 유통분야에서 RFID의 시범 사업이 주류를 이룬 후 2005년부터는 본격적인 성장기에 돌입할 수 있을 것으로 기대된다. 그래서 우선 RFID의 기능

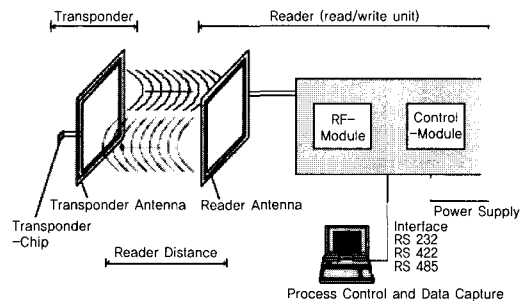


그림 1. 수동형 RFID 시스템의 기능[1].

에 대해 기술하고 다음으로 flexible RFID의 기술동향을 다루려고 한다.

2. RFID의 기능

RFID 시스템은 고유 정보를 저장하는 RFID 태그(Transponder), 판독 및 해독 기능을 수행하는 RFID 리더(Reader), 안테나, 태그로부터 읽어 들인 데이터를 처리할 수 있는 호스트 컴퓨터(서버), 응용 소프트웨어 및 네트워크로 구성된다(그림 1)[1].

태그는 일명 발신자로 알려진 것으로 경로 추적되는 물건에 부착되어 물건에 관계되는 자료를 가지고

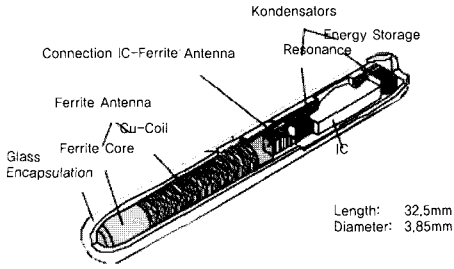


그림 2. Glass transponder의 구조[1].

다니는 역할을 한다. 그림 2는 glass 트랜스폰더를 보여주고 있다. 태그는 다양한 모양의 형태로 만들 수 있으며 플라스틱 원판이나, 원통, 카드, 얇고 유연한 띠, 유리구슬(가운데 구멍이 있는) 등에 집어넣을 수 있다. 개별의 우편물을 추적하는 우정분야에 적용하는 경우 태그가 두껍거나, 딱딱하거나, 무겁지 말아야 하는 것이 중요하며, 자동구분장비에서 반복적으로 처리될 때 손상되지 말아야 한다. 컨테이너나 차량에 부착되는 태그는 극한 온도나, 충격, 진동, 습도 등에 견딜 수 있도록 튼튼해야 한다.

그리고 태그에는 수동형과 능동형이 있다. 수동형(Passive) 태그는 태그에 내장되어 있는 자료를 전송하기 위해 필요한 동력을 리더에서 보내는 무선 신호에서 얻으며, 능동형(Active) 태그는 자체 내장되어 있는 건전지에서 동력을 얻는다. 능동형 태그가 수동형에 비해 더 넓은 읽기/쓰기가 가능한 영역을 갖는다. 태그는 두 가지의 기본 형식이 있다. 읽기만 가능한 형식의 경우, 태그의 내용은 태그가 공장에서 출하될 때 일정한 확인내용(일련번호, 신호)이 메모리에 저장되며, 읽기만 가능한(ROM) 태그는 한번만 메모리에 내용을 저장할 수 있다. 그리고 읽기/쓰기가 가능한 형식은 RF 신호를 통해 여러 번 메모리에 내용을 저장할 수 있다. 단순히 도난 방지용으로 사용되는 1비트 저장용량의 읽기만 가능한 비컨 태그에서, 읽기 전용으로 태그를 구분할 수 있는 고유자료를 가지고 있는 32 또는 64비트 저장용량과 사용자가 메모리의 내용을 임의대로 수정할 수 있는 512 kb 용량의 읽기, 쓰기용 태그가 있다. 물론 저장용량이 커질수록 가격이 비싸진다.

리더는 RF 에너지를 이용해서 태그와 통신을 가능하게 해주는 무선 주파수 유닛을 가지고 있다. 이것은 손으로 휴대할 수 있는 형태나 고정되어 설치되어 있는 형태로 태그로부터 태그의 고유자료를 판독하는 기능을 한다. 읽고, 쓰기가 가능한 태그를 사용하는 경우 리더는 태그에 새로운 정보를 입력할 수 있다. RFID 시스템은 일반적으로 개별국가 마다 사용 가능한 스펙트럼에 따라 일반적인 주파수 영역을 사용한다. 하지만 각 나라마다 다른 RFID 사용주파수 영역대는 다국간에 통합 우정 활동에 장애를 일으키고 있다. 예를 들면 북미의 경우 900 MHz대의 주파수를 사용하지만 이는 유럽이나 일본에서는 사용할 수가 없다. 대부분의 리더는 표준 통신방식을 사용하여 호스트 컴퓨터와 통신을 하며, 하나 또는 그이상의 시설물 간에서 다른 리더나 호스트 컴퓨터와 네트워크를 구성할 수 있다.

안테나는 리더에 연결되어 무선 신호를 발송하거나 태그로부터 신호를 수신한다. 태그와 연관되는 안테나의 판독범위는 사용주파수와 사용 출력에 따라 달라진다. 몇몇 능동형 태그는 리더로부터 100 m를 초과하는 범위에서도 판독이 가능하다. 또 몇몇 수동형 태그인 경우 수cm의 가까운 거리에서만 판독이 되는 경우도 있다.

RFID는 장파에서 마이크로파까지 다양한 주파수대에서 동작하는 시스템이 상용화 되었거나 개발 중에 있으며 사용 주파수에 따라 주요 특징과 용도가 표 1, 2와 같이 상당한 차이를 보인다. 그리고 주파수를 선택할 때 영향지수를 고려해야 한다(그림 3). 또한, RFID 시스템은 여러 형태의 리더 및 태그로 구성되어

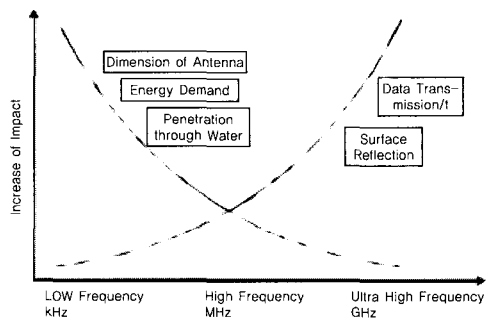


그림 3. RFID 시스템의 주파수 대역에 따른 영향지수[1].

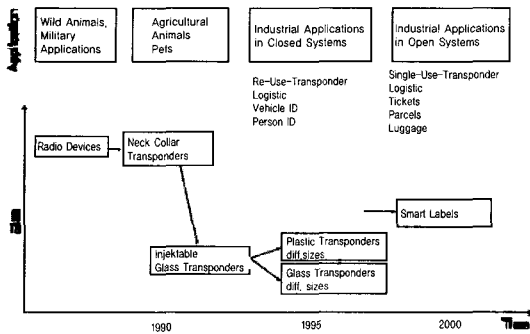


그림 4. RFID 시스템의 발전단계[1].

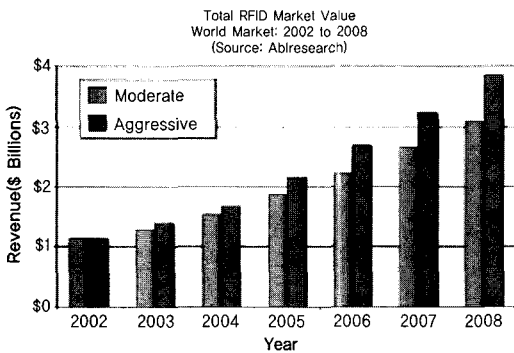


그림 5. RFID 세계시장 전망[2, 3]

무선 송수신 방식에 기반을 두고 있다. 그림 4는 RFID 시스템의 발전단계를 보여 주고 있다.

RFID 시장은 2002년 세계경기가 후퇴하는 상황에서 2000년이래 연간 약 8%의 복합성장률로 확대되었다. 전세계적으로 RFID 시장은 VDC에 따르면 2005년과 2010년에 각각 4조원, 10조원, IDTechEx에 따르면 각각 6조원, 12조원으로 예측하고 있다(그림 5).

3. Flexible RFID의 기술동향

초소형, 초저가의 태그를 구현하기 위한 기술개발이 활발히 전개되고 있는데 초소형화는 나노기술에 의한 반도체 칩 개발로 가능하며, 하나의 칩에 센서, CPU, 메모리, 프로세서, RF, DSP 회로를 넣어 1mm×1mm 정도 크기까지 실현될 것으로 예상하고 있다. 초저가 태그를 위한 기술로는 인피니온, Plastic Logic, OrganicID, 3M 등에서 개발 중인 폴리

머 반도체에 의한 플라스틱 트랜지스터, 미국 Inkoda의 종이나 플라스틱에 매우 얇은 금속 파이버를 내재하여 전파의 투과와 산란을 만들어 내어 고유한 식별이 가능한 1센트 이하의 무칩(chipless) 태그, 그리고 표면탄성파를 이용하여 무선센서와 RFID를 결합한 SAW(Surface Acoustic Wave) 태그(그림 6) 등이 있다.

히다씨는 연성이 강한 0.03mm 두께, 0.3mm×0.3mm 크기의 초소형 RFID 칩 '뮤칩', Alien은 0.35mm×0.35mm 크기의 나노블럭 칩(그림 7)을 개발하였다. 센서 융합형 태그 기술은 능동형 태그의 저가화와 함께 급속한 발전이 예상되는 분야로 피츠버그 대학은 센서와 통합 가능하고 안테나를 칩에 내장한 초소형(2.2mm×2.2mm) PENI Tag(그림 8)를 개발하였으며, 궁극적으로 초소형 태그를 실현하기 위해서는 안테나를 웨이퍼상에 직접 구현하는 Antenna on chip 기술이 요구되며 히다씨는 칩내에 안테나를 내장시키는 기술을 개발했으나 인식 거리가 3mm 이내에 불과하다.

Alien은 초소형 칩과 실버 잉크 및 에칭형 안테나를 결합할 수 있는 폴리머 thick film으로 도체 접착의 chip strap 기술과 FSA(Fluidic Self Assembly)기술을 개발하였으며 900MHz와 2.4GHz 대역에서 사용 가능하다. 필립스는 기존의 flip chip 기술을 사용한 I-connect 패키지를 개발했으며 현재 Alien의 FSA와 유사한 vibratory assembly 기술을 개발 중이며 Matrics 사는 PICA(Parallel Integrated Chip Assembly) 기술을 개발하였다.

RFID 태그용 안테나는 전기적 요구 성능 뿐 만 아니라 칩 및 패키지결합이 용이하고 태그가 부착되는 물질 및 사용되는 환경에 영향을 받지 않아야 한다. 13.56MHz 대역에서는 부하 변조 기능을 할 수 있도록 칩의 제어에 따라 임피던스를 변경할 수 있는 구조와 900MHz 대역의 수동형에서는 전력 변환 효율을 높일 수 있도록 칩의 입력 임피던스와 정합 기술이 필요하다. 태그의 글로벌 사용을 위해 860-960MHz 대역에서 동작하는 소형의 광대역 안테나가 요구되며 제작 비용을 줄이기 위한 단일층 구조와 소형으로 100MHz 대역폭을 만족시키는 새로운 안테나 기술 개발이 필요하며 현재 다이폴 안테나가 주로 사용되고 있으나 소형화를 위해 Fractal 및 Meander Line 안테나 기술이 개발되고 있다. 안테나 제작은 현재의



Surface Acoustic Wave (SAW) RFID Chip

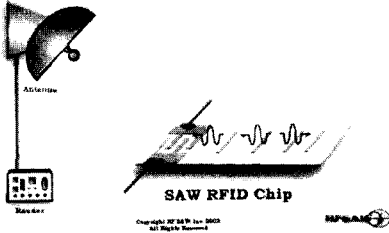
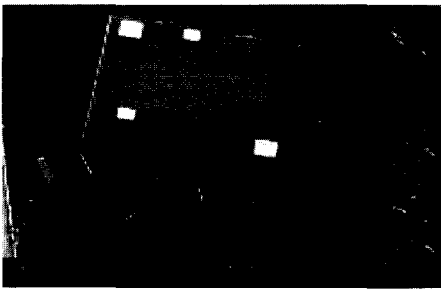


그림 6. RF SAW의 Chipless RFID 기술[4].

그림 7. Alien의 나노블록 IC 칩(하단의 칩 크기는 350 μm^2 , 상단의 칩 크기는 1.3mm 2)[4].

subtractive 에칭을 사용하지 않고 직접 프린팅하는 additive 공정을 사용하는 기술이 필요할 것이다.

현재 RFID의 세계적인 추세는 많은 정보를 먼 거리에서 인식 할 수 있는 UHF 및 2.45 GHz로의 경쟁이 치열하게 전개되고 있다. 초고주파 대역에서는 전자파의 인체영향이나 다른 통신 시스템과의 간섭을 줄이기 위하여 특정 변조방식만을 쓰도록 요구되는데 가장 많이 쓰이는 것이 주파수 확산(spread spectrum, SS) 방식이다. SS방식 중 CDMA 모바일 폰이나 무선랜에 이용되는 DS(direct sequence)와 블루투스에 이용되는 주파수 호핑(frequency hopping, FH)이 주로 사용된다. 이러한 변조방식을 태그에 적용하면 그만큼 복잡한 회로가 필요하여 가격이 상승하므로 실제적으로는 리더만이 이러한 변조방식을 사용하고 태그는 SS의 전체 주파수를 커버하도록 광대역으로 만들고 ASK 등을 이용하여 신호를 전송한다.

한 개의 단말기로 13.56 MHz, UHF, 2.45 GHz 대역의 RFID를 인식할 수 있는 리더, PDA 등에 부착되는 휴대형 리더, 다양한 RFID 제품을 인식할 수 있는 멀티프로토콜 리더 등 향후 복합 기능을 갖는 제품들이

표 1. 전송주파수에 따른 분류[1].

Main Frequency Bands	Energy Supply	Data Exchange	Estimated Costs (Transponder)	Field of Application
100-135 kHz	Passive	R/O, R/W	1-5 Euro	Car enabling systems, Animal ID Logistics in <i>closed</i> systems
13.56 MHz	Passive	R/O, R/W	0,5-2,5 Euro	Card systems, Smart Labels, Logistics in <i>open</i> Systems
2,45 GHz	Passive/Active	R/O, R/W	> 5 Euro	Container- and vehicle-ID Logistics in <i>closed (open)</i> Systems

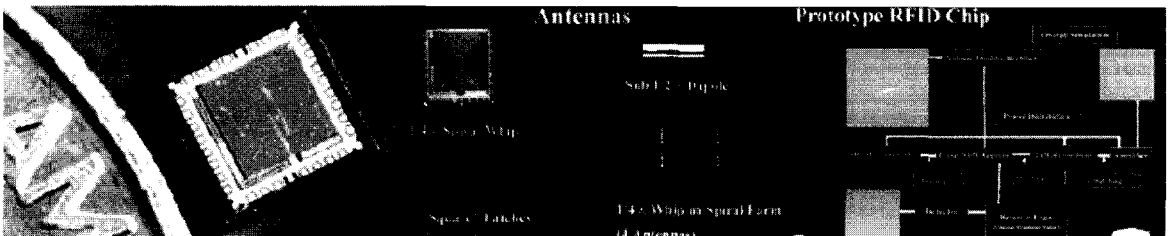


그림 8. PENNI Tag[5].

표 2. 주파수 범위와 응용분야[1].

Application	Technological Requirements						Encapsulation Requirements				Other Factors		
	Frequency	Reading range	Reading speed	Data capacity	R/O R/W	Anti collision	Temperature	H2O Res.	Chem. Res.	Mech. Res.	Re-use	Standard ISO	cost
Animal ID	kHz	1m	3m/s	64 bit	R/O			X				X	X
Vehicle enabling	kHz	< 0.1m	-	64 bit	&&		X	X		X	X		X
Vehicle ID	GHz	1-5m	20m/s	?	R/W		X	X	X	X			X
Material flow (closed System)	kHz	0.1-1m	< 3m/s	64 bit	R/O	(X)		(X)			X		
Personnel ID	kHz	1m	< 3m/s	64 bit	R/O	(X)					(X)		
Airline luggage	MHz	1m	3m/s	256/384*	R/W	X		(X)		X		X	X
Parcel Service	MHz	1m	3m/s	256/384*	R/W	X						X	X
Ticketing	MHz	1m	3m/s	256/384*	R/W	X						(X)	X
Textile tracking	MHz	1m	3m/s	256/384*	R/W	X	X	X	X	X			X

등장할 것으로 전망된다. SAW 기술 등 IC칩이 없는 (Chipless) Elementary Tagging 제품이 저가 RFID 시장을 목표로 등장하고 있다.

4. 결론

지금까지 살펴본 바와 같이 유비쿼터스 시대를 맞이하여 flexible RFID 기술의 개발은 필수적이다. 그리고 전세계적으로 유기반도체를 활용하여 제작된 flexible RFID 칩은 거의 초기 수준이다. 이동도, 주파수, 선폭 등의 수치가 RF 신호를 처리할만한 정도의 수준에 도달하지 못했다. 그래서 재료, 공정 측면에서의 여러 가지 유기물질과 이를 접목한 소자들의 개발이 급선무라고 사료된다.

참고 문헌

[1] C. Kern, "RFID-technology: recent development and future requirements", European Conference on Circuit Theory and Design' 99, 1999.
 [2] M. Liard, "The global markets and applications for radio frequency identification and contactless smart card systems", 4th ed.,

Venture Development Corporation, Jan. 2003.

[3] P. Harrop and R. Da., "The smart label revolution", IDTechEx. Ltd., 2002.
 [4] 이근호, 조영빈, 윤경화, "유비쿼터스 컴퓨팅 구현의 핵심 RFID 기술 개요", 전파 114호 9-10월호, 2003.
 [5] 이근호, "무선식별(RFID) 기술", TTA 저널, 89호.

· 저 · 자 · 약 · 력 ·

성명 : 백경갑

◆ 학력

- 1987년 고려대 전자공학과 공학사
- 1990년 고려대 대학원 전자공학과 공학석사
- 1994년 고려대 대학원 전자공학과 공학박사

◆ 경력

- 1994년 - 현재 대전대 전자공학과 교수
- 2003년 - 2004년 한국과학기술연구원 마이크로시스템 연구센터 방문교수

성명 : 주병권

◆ 학력

- 1995년 고려대 대학원 전자공학과 공학박사

◆ 경력

- 1988년 - 현재 KIST 마이크로시스템 연구센터 책임연구원
- 1996년 Univ. South Australia(Australia) 방문연구원