Chipless Tag 기술

이 재 현
충남대학교 전파공학과

Ⅰ. 서 론

무칩 태그(chipless tag)란 마이크로 칩(microchip)을 포함하지 않는 것으로 저가(low cost)의 RFID (Radio Frequency IDentification) 태그이다. '저가 RFID'라는 용어가 사용되기 시작한 것은 비교적 최근으로, 태그의 정보를 인식할 수 있는 거리가 1 m 이하인 경우는 $1 이하, 그 이상의 거리에서는 $5 이하인 경우를 일반적으로 저가 RFID라고 한다[1].

반면에, 칩 태그(chip tag)는 칩에 많은 데이터를 저장할 수 있지만, 칩을 제작하는 공정 및 주 재료인 실리콘(silicon)의 가격 때문에 상대적으로 고가이다. 백 만개 정도의 수량으로는 가격을 10 센트 이하로 낮출 수 없다. 하지만, 무칩 태그의 가격은 재료의 가격에 의해서만 제약을 받으므로 훨씬 저렴하다. 십 만개 정도의 수량으로도 1~20 센트 대의 가격을 유지할 수 있다. 현재도 수 십 억개의 수량에 인식거리가 밀리미터(mm)인 경우 무칩 태그의 가격은 0.1~1 센트 정도이다. 따라서, 많은 정보량을 처리하여야 하는 경우는 칩 태그를 선택하고, 매우 값싼 제품에 일회용 태그를 사용하여야 하는 경우는 태그 가격이 중요하므로 무칩 태그를 사용하여야 할 것이다.

무칩 태그의 장점은 다음과 같다.

- 쉽게 부서지지 않음
- 스파크, 전기적 복사 또는 세탁 과정에 의하여 변화되지 않음
- 매우 춥거나 매우 뜨거운 상황에서도 동작함.
- 견고함
- 칩 태그보다 훨씬 얇고 작으며, 일반적인 인식거리는 3 cm에서 1 m임

한편, 무칩 태그 기술의 단점은 다음과 같다.

- 원격 인식-기록을 할 수 없음
- 메모리가 거의 없음
- 표준이 없음
- 인식거리에 제한이 있음

본 논문에서는 이와 같이 대량 수요 및 초저가형에 적합한 무칩 RFID 태그 개발에 사용되고 있는 기술들에 대하여 설명하고, 각 기술별 대표적인 업체들의 현황에 대하여 기술한다.

Ⅱ. 무칩 기술

무칩 기술을 <표 1>과 같이 분류할 수 있다.

2-1 Remote Magnetics

원격자계(remote magnetic) 방식은 물질 기반의 시스템으로 전자회로를 포함하지 않는다. 이들은 일반적으로 포일(foils)과 와이어(wires)의 형태이며 자왜(magetostrictive), 전자파(electromagnetic), 박하우젠(Barkhausen), 마이크로파 반사기(microwave reflector) 현상 등을 이용한다. 원격자계 형태는 얇은 마그네틱 필름을 기반으로 한다. 전자기장과 자기적으로 간섭을 일으켜, 정보를 갖고 있는 물체를 멀리 떨어진 곳에서 확인하고 데이터를 인식한다. 그러나 모든 이와 같은 데이터 태그는 여러가지 자기 현상을 이용하지만, 태그에 강력한 영구자석을 사용하지 않기 때문에, 이들 태그는 지갑 또는 핸드백 속에 있는 신용카드에 문제를 일으키지 않는다.

2-1-1 Simple Electromagnetics

〈표 1〉 무칩 스마트 라벨의 기술 분류[2]

Category	Sub category	Features	Supplier/ Licensor Country	Typical Bits Stored	Range [m]	Frequency
Remote magnetics	Simple electro-magnetic	Very small and Very low cost, Short-range	Flying Null, UK	36	0.4(aperture antenna) 1 cm sidescan	5 kHz
	Barkhausen electro-magnetic	Very secure and Fairly low cost, Short-range	HID, Germany			
	Magneto-strictive	Large, Low cost, Medium range	Remoso, Netherlands	64	2	3 Hz plus
			Scientific Generies, UK	24	1	2.45 GHz 5 kHz
	Magnetic fibers	Short rang	NHK Spring, Japan			
Microwave reflector	Aluminized silica fibers	Small, Fairly low cost but only unique signature, Short-range	Inkode, USA	Unique signature only	0.1 (0.5 being developed)	21 GHz
Transistor-less circuits	Diode circuits	Might be printed one day, unproven. Medium or long range	Bugging a bug UK			
	Diode-antenna	Medium range, Unique signature	Universities only	-	-	-
	Inductor-capacitor array (LC array)	Higher memory than above types so far, Medium range but large and not the lowest cost	CW over solutions, USA	64	1~ 2	Sweeping 1~100 MHz
			Miyake, Japan	14	0.1	Sweeping 5~55 MHz
			RFCode, USA	100	3	Sweeping 2~13.56 MHz
			Navitas, Japan			
			Checkpoint, USA			
Flat transistor circuits	Silicon thin film	Unproven, Should add the advantages of chips e.g., high data, read-write, battery boost where needed yet cheaper, more robust, flexible but larger, Long range				
	Polymer thin film		Philips Polymeric RFID, Netherland			
			Plastic Logic, UK			

* Short range: Under 50 cm, Medium range: 50 cm~3 m, Long range: Over 3 m.

전자파 RFID 태그는 제품의 외관을 따라 변형을 시키더라도 동작에는 이상이 없다. 이와 같은 구조는 비용이 적게 들고(능동 물질과 보호용 코팅도 적게 소요됨) 고장도 적다. 일반적으로 필름은 증착되어, 포일은 지지용 기판이 없이도 자신의 무게를 지지할 수 있다. 필름은 거의 재료를 사용하지 않기 때문에 재료비용도 매우 적게 든다. 그러나, 상대적으로 크기가 작기 때문에 원거리에서 인식하는 것이 어렵다. 필름과 포일외에 사람 머리카락보다 더 얇은 마이크로 와이어(microwire)를 사용한다. 두께는 20 ㎛ 정도로 작아서 데이터 집적도가 높으며 가격도 저렴하다.

□ Flying Null[2],[3]

Flying Null Ltd(영국)는 Scientific Generics(영국)에서 분사된 회사이다. 두개의 유사한 자계 사이에서 형성되는 자계 공백 영역(null)을 자성소자가 통과할 때 그 자성소자를 인식하는 원격 자계(무칩) RFID 태그이다.

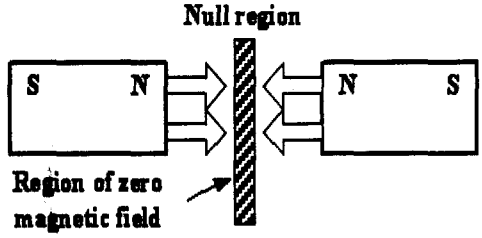
간섭때문에 기본적인 형태로는 0.5 m 이상의 거리에서는 인식이 어렵다. 태그를 후프(hoop) 안테나에 통과시키는 것이 인식에 효과적이다. FN 태그 시스템은 몇 비트 정도의 데이터를 후프 안테나로는 0.5 m 반경에서, 사이드 스캔(sidescan) 판독기로는 수 cm 거리에서 인식할 수 있음이 증명되었다. 일부의 FN 태그는 접촉방식에 의하여 재기록할 수 있으며, 여러 개의 층으로 특별히 설계된 경우는 원거리에서 삭제도 가능하다. 태그는 저가이므로, 수량이 매우 많을 때는 1 센트 이하로도 공급이 가능할 것으로 IDTechEx Ltd.는 전망하고 있다[2]. 판매되고 있는 것으로는 가장 얇은 것으로 이제까지 활용하기 어려운 곳이었던 종이에도 적용할 수 있는 스마트 라벨이다. 안테나와 기타 전자장치들도 비싸지는 않다. 태그는 플래스틱 리본 기판을 포함하여 두께가 25 ㎛를 넘지 않기 때문에, 포장에 활용하더라도 돌출부 없이 안보이게 삽입할 수 있다.

ISO(International Organization for Standardization) 신용카드에 사용되는 FN 줄무늬는 1 cm 거리에서 16 비트, 3 cm 거리에서 8 비트를 인식할 수 있다. 현재 FN은 매우 저가의 시스템을 연구하고 있는데, 8 mm 거리에서 인식할 수 있는 작은 판독기와 인식전용 리본 태그로 구성된다.

FN 시스템의 동작원리는 다음과 같다. 두 개의 영구자석의 동일 극을 서로 마주보게 한다. 이때 형성되는 자계는 [그림 1]과 같다.

각각 자극(그림의 경우 N극)으로부터 동일한 거리에 있는 영역은 자력이 서로 상쇄되어 존재하지 않는 부분이다. 이 경우 막대자석의 위치를 알고 있으므로 자계공백 영역의 위치를 정확하게 계산하고 측정할 수 있다. 이렇게 자계공백 영역이 형성되었을 때, 자계공백 영역과 크기가 유사한 연자성(soft magnetic) 물질 조각을 두 자석 사이를 통과시키면 연자성 물질 조각은 영구자석 사이의 영역 어느 곳에서나 포화가 된다. 하지만 자계의 세기가 자성 물질의 포화레벨 이하인 중앙의 자계공백 영역에서는 예외이다.

자성소자가 자계공백 영역에서 움직이면 작은 진폭의 교류장(AC interrogation field)이 나타나므로 원격 탐지할 수 있다. 이 특성을 이용하여 자성소자, 즉 그것이 부착된 물체의 위치를 측정할 수 있다. 이런 FN의 원리가 동작하기 위하여 자성소자는 낮은 항자기성(coercivity) (즉, 연자성)과 높은 투자율



[그림 1] 자계 공백 영역의 형성

을 갖고 있어야 한다. 이런 물질은 현재도 마그네틱 기술을 기반으로 하는 물품 도난 방지용 핀에 사용되고 있다.

[그림 1]은 영구자석을 이용하여 자계를 발생시키는 것이었다. 영구자석을 사용하는 대신에 전자석을 이용하여 바이어스 전자장을 만들 수 있다면, 전자계 코일에 흐르는 전류를 변화시켜 자계공백 영역을 일정한 범위 내에서 스캔하도록 하여 연자성 소자를 찾아낼 수 있다[그림 2]. 이와 같은 FN 시스템의 경우 스캔된 범위 내에서 물체의 위치에 관계없이 여러 개의 자성체 위치를 탐지할 수 있다.

소자의 위치를 파악하게 되면 개념을 확장하여 여러 개의 소자들에 대하여 생각할 수 있으며, 이것은 광학 바코드의 자성적 등가로 생각할 수 있다. 광학 바코드와 마찬가지로 FN 태그는 1-D 또는 2-D가 있다.

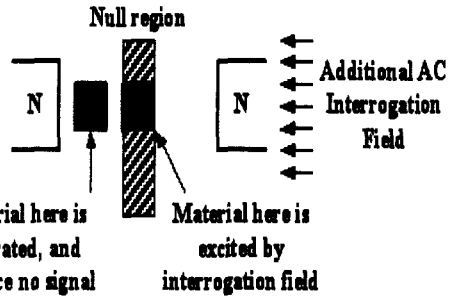
1-D 태그는 [그림 3]과 같다. 1-D 자성 바코드는 각각의 자성 소자들을 약 25 ㎛ 두께의 PET(Poly Ethylene Terephthalate) 층 위에 배치한다. 이 방식은 제작이 어렵기 때문에 태그에 기록하기가 곤란하다.

제작의 편의성을 도모하고 기록을 할 수 있도록 하기 위하여 [그림 4]의 구조가 제안되었다. 균일한 FN 물질 층에 PET 필름을 코팅하고 그 위에 항자기성이 높은 자성물질 층을 코팅한다. 이 방식은 현재도 신용카드에 사용되고 있다.

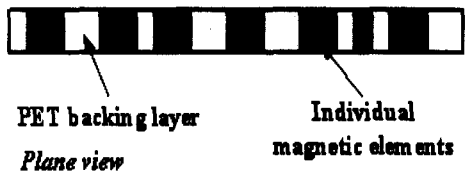
태그 코팅은 다음과 같이 한다. 필요한 코드의 역을 항자기성이 높은 층에 기록한다. 기록과정은 항자기성이 높은 층에 높은 자계 영역을 생성시키고 근접해 있는 FN 물질 영역을 포화시킨다. 항자기성이 높은 층에 기록하는 것은 자기 테이프에 음성이나 영상을 기록하는 기술과 동일한 것을 이용한다. FN 물질이 포화영역에 있으면 FN 판독기로 데이터를 읽을 수 없고 포화되지 않은 영역에 있는 경우만 읽을 수 있다.

위의 설명은 1-D 기술에 대한 것이었다. 이와 같은 간단한 선형 태그를 확장하여 [그림 5]와 같이 2차원 구조를 만들 수 있다. 2D 태그에서 각 소자들은 세로로 배열된다. 이렇게 하면 선형 태그에 비하여 전체 길이를 감소시킬 수 있는 장점은 있지만, 보다 복잡한 판독기가 필요하게 된다.

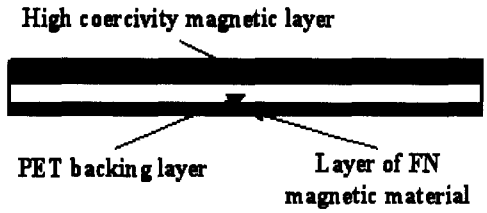
따라서, FN 기술은 1, 2, 또는 3차원적으로 자성물질의 위치를 측정할 수 있는 원격(비접촉식) 방법을 제공한다. 측정의 정확도는 10~30 cm 거리에서 약 1 mm 이하이다. 인식거리와 각 자성소자의 길이 사이에 선형적 관계가 있다. 인식거리가 증가하면



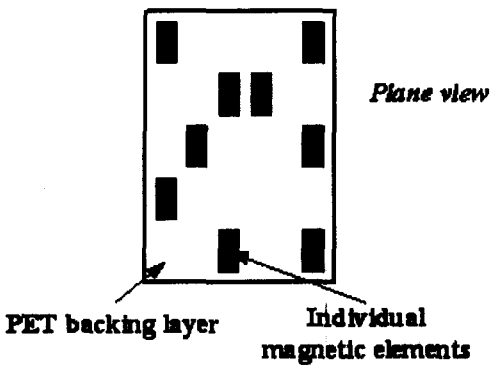
[그림 2] FN의 기본 기술



[그림 3] 간단한 1-D 자기 바코드



[그림 4] 태그에 기록이 가능한 FN 구조



[그림 5] 2-D 자기 바코드

그에 비례하여 자성소자의 크기도 증가시킬 필요가 있다.

FN의 기술적 특성으로 인하여 다양한 곳에 활용할 수 있다. 크기가 작고 제품 내에 숨길 수 있는 특성때문에 제품의 안전성을 필요로 하는 분야에 적합하다. 또한 다양한 물질에 삽입이 용이하다는 것이다. 견고하므로 플래스틱 또는 종이에도 박판 형태로 사용이 가능하다. 일단 삽입이 되면 코드를 변경하거나 태그를 제거하는 것은 불가능하다. 한편 광학 바코드, 홀로그램 등과 같은 다른 기술들과 공존하며 기능을 한다. FN 기술을 디지털 암호화와 연계하는 기술 개발도 생각할 수 있다.

2-1-2 Barkhausen Electromagnetics

강자성체의 자화반전(magnetization reversal)은 외부자기장 하에서 일련의 불연속적이고 갑작스런 점프들로 진행된다. 이런 박하우젠(Barkhausen) 현상은 코일 내에 위치한 시료의 자화가 갑자기 변화하면서 코일에 유도되는 전류에 의해 발생하는 잡음을 1919년에 박하우젠이 측정함으로서 알려졌다.

□ HID[2],[4]

HID Inc는 세계에서 유일한 자성체 무칩 RFID 시스템의 양산업체이다. 보안 접속용 플래스틱 카드에 삽입되는 와이어로 이루어진 행에서의 박하우젠 효과를 이용한다. 박하우젠 효과를 이용한 Wiegand 카드는 2.5 cm에서도 동작이 가능하지만, 현재 주로 사용되는 인식거리는 1 mm이다. 스마트 카드보다는 저렴하지만 개당 가격이 $2~3이므로 저가 RFID는 아니다. HID는 매년 7~8백만개를 생산한다. 영국 공항에서 공항 관계자들의 항공기 이착륙관련 지역 접근을 관리하기 위하여 승인된 유일한 보안 시스템이다.

Wiegand 효과를 이용한 기술은 특별히 가공된 작은 직경의 페로마크네틱 와이어(ferromagnetic wire)의 독특한 자성을 이용한다. 이 와이어의 자계를 갑자기 역으로 하면 전압 펄스가 발생된다. 이 펄스를 Wiegand 펄스라고 한다. 이 효과를 이용하는 센서는 Wiegand 펄스를 만들 수 있는 몇 개의 간단한 부품만을 필요로 한다. 이들 센서는 짧은 길이의 Wiegand 와이어, 센싱 코일, 일반적으로 작은 영구자석으로부터 유도되는 교류 자계로 구성된다. 주요 장점은 다음과 같다.

- 외부 전력이 필요 없음
- 두개의 와이어로 동작
- 가혹한 환경에서도 동작
- 비접촉 시스템, 비 기계적 마모
- 와이어 배열로 부호화된 펄스 열 발생
- 펄스 속도는 20 kHz까지
- 고 준위 출력 전압 펄스
- 10 μs의 펄스 폭
- 광범위한 동작 온도 범위

2-1-3 Magnetostrictive

자기 필름의 크기를 변경시킬 수 있지만, 한계가 있다. 태그가 커지고 안테나가 커질수록 인식거리가 멀어지지만, 일반적으로 0.5 m까지이다. 거리가 더 멀어지면 전자파 잡음 때문에 인식이 곤란하다. 그러므로 거리를 증가시킬 수 있는 기술인 샌드위치

형태의 자왜(magnetostrictive) 포일(Scientific Generics PMR, 영국)과 마이크로 와이어(REMOSO, 네덜란드)에 대한 시장이 형성되었다. 이들은 음향적 공명을 이용하며 인식거리는 1 m 이상이다. 그러나 이들은 20 센트 이상으로 고가이며, 인식거리는 최고 성능의 정자계 태그와 가장 저가의 장거리 칩 태그의 중간이다. 사실 이들은 수백만개 규모의 시장에서 무칩의 디지털 부호화된 저가 RFID의 유일한 형태이다. REMOSCO의 제품은 아직 출시되지는 않았으나 2 m 거리에서 동작하고 원격으로 데이터를 소거시킬 수도 있다. 이 두 가지 특징은 현재의 전자파 기술로는 얻을 수 없는 장점이다.

2-1-4 Magnetic Fibers

□ NHK Spring[5]

NHK Spring은 전자파적으로 고유한 응답특성을 나타내는 마그네틱 파이버(magnetic fiber)를 포함하는 잉크에 대한 특허를 갖고 있다. 이들은 고유한 랜덤 신호를 생성시켜 카드와 서류에 마그네틱 파이버를 인쇄한다. 수 백만개의 여권에 보안 인쇄용으로 사용되고 있다.

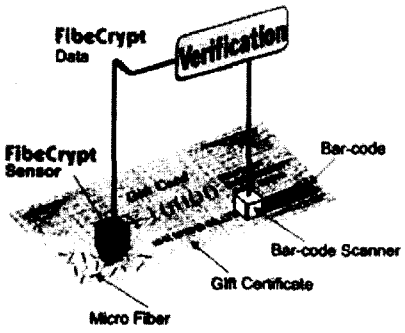
두 개의 자기 센서를 카드 위를 통과시키면, 한 센서가 마그네틱 파이버의 고유한 자기 패턴을 기록하여 암호화한 후, 그 데이터를 다른 센서에 전달하고, 다른 센서는 전달받은 데이터를 마그네틱 줄무늬(바코드) 형태로 기록한다. [그림 6]은 마그네틱 파이버가 인쇄된 상품권을 인식하여 검증하는 과정을 나타낸 것이다.

2-2 Microwave Reflector

2-2-1 Aluminized Silica Fibers

□ Inkode[6]

극히 작은 구조의 공진기를 물체 삽입하여 물체에 전자파가 입사되면 매우 적은 전력으로 공진기가 미리 정해진 형태로 반응을 한다. 이것을 taggents



[그림 6] FibeCrypt(Fiber Cryptosystem)의 이용 예

(=tag+agent)라고 하며 3 m 이상의 거리에서 인식할 수 있다. 공진기는 종이, 유리, 고무, 플래스틱 등 거의 모든 물질에 삽입이 가능하다.

Inkode의 목표는 우표정도의 크기에, 2 m 이상의 인식거리를 가지며, 표준 바코드의 정보밀도를 가지며, 1 비트에 1센트 이하의 가격이며, 바코드처럼 종이나 상품의 표면에 인쇄가 가능하며, 배터리나 큰 안테나가 필요 없는 수동형이고, 바코드와 달리 가시권에 있지 않아도 인식이 가능하여야 함이다.

2-3 Transistorless Circuits

무트랜지스터 회로란 일반적으로 코일과 캐패시터로 구성된 회로를 말하며, 향후에는 인쇄된 다이오드와 저항 등이 포함된 회로도 여기에 속할 것이다. 수동회로라는 것이 배터리가 필요 없는 회로이기도 하고, 트랜지스터가 없어서 증폭기능도 없고 트랜지스터를 구동하는 배터리도 없는 회로를 의미하기도 하므로 혼동을 막기 위하여 위와 같이 무트랜지스터 회로로 표현한다. 이들은 특정 주파수에서 공진하도록 구성되며, 공진은 안테나에 의하여 쉽게 파악할 수 있다. 공진주파수가 변화하면 데이터 비트가 다르다는 것을 의미한다. 공진주파수의 차이는 코일의 감은 수나 캐패시터 값을 변화시켜 발생시킨다. 아니면 다이오드-안테나 회로가 신호를 2배의 주

파수로 재 구성한다. 서로 다른 안테나를 갖는 다이오드 배열이 데이터 비트들을 생성한다. 대학에서 연구가 진행중인 단계로, 아직 실용화되지 않았으며, 비교적 값도 비싸다.

공진회로가 다이오드를 포함하면 훨씬 값싸고 작은 칩으로 될 수 있어서 편리하다. 다이오드 기반의 공진회로는 주파수가 훨씬 정확하지만 부품을 개별적으로 사용하여 RFID 태그에 두께가 증가한다. 보안 문서나 종이 포장에 넣기에는 적합하지 않다.

2-3-1 Inductor-Capacitor Array(LC array)

가장 오래된 RFID의 형태로 인덕터(즉, 코일)를 이용하여 동조된 병렬의 인덕터-캐패시터를 센싱한다. 이것은 EAS(Electronic Article Surveillance)에서는 광범위하게 사용된다. 작은 코일의 행들이 데이터 비트들을 구성하고 어레이에 있는 인덕터나 캐패시터의 일부를 파괴하여 영구히 데이터를 기록한다. 10년 전에 Motorola 등의 회사에서 비용을 절약하기 위하여 스크린 인쇄된 구리 코일로 실험을 하였으나 다음과 같은 이유로 포기하였다.

- 방향이 맞지 않은 경우 거의 사용이 불가능함
- 크기가 큼
- 데이터 매우 적음
- 재기록을 할 수 없음

그러나, 현재는 몇 개의 회사들이 단점을 보완하여 아래와 같은 측면에서 원격자계 태그보다는 우수한 성능을 보이고 있다고 말하고 있다.

- 4 비트까지 재기록 가능
- 신용카드 크기로 몇 개의 비트를 1 m에서 인식

□ CW Over Solutions[7]

C.W. Over solutions는 항공기 수화물용에 적합한 LC array RFID 기술을 1995년에 특허를 냈다. 'Secur-Link'라는 태그를 양산하고 있고, 각 태그는 컴퓨터 제어되는 레이저 에칭기에 의하여 독특한 표시를 한다. 이들 표시가 각 태그에서 인식하는 수자가 된다. 표준 수화물 바코드에 숨겨진 태그의 인식거리는 1 m로 12 비트를 읽는다. 미국 정부는 Federal Aviation Administration의 William J Hughes Technical Center를 통하여 기술을 더 발전시키는 계약을 체결하였다.

1997년 7월 US Airways가 현재의 자동화된 in-bound/out-bound 분류 시스템에서 시험을 하였는데 기존의 바코드보다 인식률 및 인식속도가 우수한 것으로 확인되었다. 현재는 상용화가 완료되어 판매준비를 하고 있다(2002년 기준). 벤처회사 'ITLink'를 2000년에 설립하여 스마트 라벨을 수화물에 이용하는 사업을 시작하였다.

□ Navitas[8]

Navitas는 일본 제일의 인쇄 및 라벨 제작 기계 생산업체 중에 하나이다. 오사카 대학과 공동으로 무칩 태그를 개발하고 있다. 읽기-쓰기가 가능한 무칩 태그로는 최초인 LC 어레이 태그를 개발하였다. 4개의 캐패시터와 하나의 안테나를 갖고 있다. 이들 캐패시터들을 사용하지 않을 수도 있고, 기록기 신호에 의하여 전자적으로 재설치가 가능하다. 각 캐패시터는 1 비트를 나타내고 태그는 5~11 MHz 범위에서 RF를 스위프하여 동작한다.

판독기/기록기의 크기는 23×21×6 cm이고 안테나 크기는 7×11×3 cm이다. 5채널 주파수 인식 기능을 갖고 있다. 값은 약 $800이다. 10 cm에서 태그를 인식할 수 있고 기록 거리는 3 cm이다.

사용할 때마다 4개의 비트 중에서 하나만을 사용한다면 최대 4번까지 재활용할 수 있다. 데이터량이 적고 보안성이 적절하고 일회용이면서 원격조정도 가능하다. 일반적인 수량에서는 10센트 이하로 판매할 수 있다. 현재의 신용카드 크기의 태그(85×53 mm)를 2/3이나 1/2로 감소시키며, 10 비트로 데이터를 확장하려 한다.

□ Checkpoint[9]

Checkpoint는 "Binary encoded Multiple Frequency RF Identification Tag" (USP5218189)를 몇 년 전에 발표하였다. 여러 개의 캐패시터를 코일에 직렬병렬 연결한다. C.W. Over 제품처럼 대부분의 다른 RFID 태그 시스템에 비하여 면적과 주파수를 많이 차지한다. 약 2 MHz를 스위프(sweep) 하여야 하는데, 주파수를 스위프 하는 것은 송신시 허가를 받아야 하고 간섭을 일으킬 수 있는 문제를 야기한다. "Express Trak"이라는 제품으로 2001년 중반에 출시되었다. 양산시 10 센트 이하의 가격이다.

2-4 Flat Transistor Circuits

실리콘 칩의 가장 큰 제한은 비용이다. 제조 방법이 비싸다는 것은 조단위 수량의 대형 시장에는 공급을 할 수 없다는 것이다. 대형시장이란 상표를 보호하고, 문서들을 보관하고 대부분의 바코드를 대체하는 것이다. 실리콘 칩에 대한 또 다른 제한은 다음과 같다.

- 부서지기 쉬움
- 두께 - 일부 포장에서 칩이 돌출되어 범인들로 하여금 이 보안장치를 회피할 수 있게 함
- 모양과 크기 제한
- 스파크, 습기 및 전자기적 간섭에 민감

많은 회사들이 상기한 문제점들을 개선할 수 있는 트랜지스터 회로를 연구하고 있다. 이 연구의 대부분은 유연한 엷은 층을 생산할 목적이다. 이것은 RFID에서 매우 중요한 것으로, 그런 견고함과 외양의 변경이 저렴한 가격과 함께 필요로 하는 것이다.

2-4-1 Polymer Thin Film

플래스틱 전자공학(plastic electronics)은 25년전에 도전성 중합체(polymer)의 발견으로부터 자연스럽게 발달되어 왔다. 3M, Motorola, Intermec, Philips 등이 대표적인 기업이다. 중합체의 엷은 필름으로 트랜지스터와 LED(Light Emitting Diode)를 만들고 있다. 실리콘 칩을 중합체 회로로 대체함으로써 다음의 장점들을 얻을 수 있다.

- 불편한 위치에서 유연하고, 훨씬 튼튼한 접합부 형성
- 저렴한 가격 - 수량이 적거나 중간 정도인 경우 제작 비용이 저렴함
- 시장의 잠재력 개발 - 10억 달러에 이르는 제작 공장을 건설하지 않고 누구나 값싼 기계로 제작이 가능
- 얇고 가벼움
- 쉽게 재생됨
- 투명성 - 제품과 패키징에 넣기에 우수함

그러나 플래스틱은 결점을 갖고 있다. 이들은 실리콘과 마찬가지로 전도성이 없다. 전류를 운반하는 전하는 보다 천천히 움직이므로, 전자회로의 속도를 더 낮추게 된다. 유기 중합체는 성능 저하는 플래스틱 전자회로의 보관기간을 제한다.

□ Philips Polymeric RFID[2]

필립스는 20년동안 중합체 전자부품을 연구해 오고 있다. 1998년 2월에 폴리머 RFID 스마트 라벨을 시연하였다. 안테나는 기존의 에칭된 구리 안테나이나, 기존의 실리콘 칩을 완전한 고주파수 중합체 회로로 대치하였다. 스마트 라벨이 기능적이라 할지라도 인식 속도가 너무 느려서(10~100 bps) 상업적으로 사용할 수 없다. 실리콘을 대체하기 위하여 사용되는 복잡한 유기 분자들은 시간이 경과함에 따라 성능이 저하되어 몇 달 안에 기능을 멈춘다.

그럼에도 불구하고 유통기간이 짧은 소비재에 이들을 사용할 수 있다. 일부는 약 1,000개의 트랜지스터를 성공적으로 사용한다. 스마트 라벨용 중합체 전자부품을 개발하려는 필립스의 목적은

- 생산 비용을 감소시키고
- 집적회로의 복잡성을 증가시키고
- 동작주파수의 범위를 증가시키는 것으로

캐리어 이동도를 증가시키고, 중합체 회로의 측면 크기를 줄여서 이것을 달성하려 한다.

□ Plastic Logic[2],[10]

Plastic Logic는 영국 캠브리지대학 캐번디시 연구실에서 2000년 11월에 만든 회사이다. Plastic Logic은 산업용 잉크젯 프린터와 유사한 장치를 이용하여 기판 위에 탄소 기반 물질의 작은 방울들을 분사시켜 플래스틱으로 이루어진 반도체 소자를 만드는 것이다[11]. 회사는 필립스의 스핀 코팅보다 빠른 생산 공정을 만들기 위하여 중합체의 잉크젯 프린팅에 연구를 집중하고 있다. 잉크젯은 현재 약 25 ㎛ 구조만을 만들 수 있다.

반도체용 잉크젯 프린팅을 하기 위하여 과학자들은 여러 종류의 화학물질을 한번에 주사하여 연속적인 프린팅 과정을 얻어내려 한다. 실험실 수준에서 이것을 성공한 곳은 Plastic Logic가 처음이다. 1.5 센트의 RFID 스마트 라벨이 가능할 것이라고 한다.

중합체는 부도체에 가깝기 때문에 대부분의 스마트 라벨에 의하여 사용된 주파수에서 동작시키기 위해서는 플래스틱 칩의 크기를 감소시킬 필요가 있으며 전도성을 증가시킬 필요도 있다. 그러나, 이것은 칩 제작비용을 상당히 증가시켜서, 실리콘 칩의 가격에 비교될 정도이다. 하지만, Plastic Logic는 플래스틱 칩을 전혀 다른 방법으로 만들기 때문에 저가

〈표 2〉 무칩 기술의 상세 비교

	LC array	MR sensor soft or hard mag stripe	Flying Null	Magneto Acoustic	Microwave Reflector Fiber
Small cheap reader		●			
Remote read write		●			
Remote read wipe		●	●		
Anticollision software	●				
No need to move tag to read	●	●		●	●
Cheapest tag	●	●	●		●
Tolerance of electrical interference		●	●	●	●
Highest security		●			●
High bit capacity					
Fast bit read rate					●
Tag does not need to vibrate	●	●	●		●
Small size tag		●			●
Can give accurate position			●		
Exceptional environment tolerance when laminated	●	●	●		●
Digitally encoded	●	●	●	●	
Range over 1 cm possible	●		●	●	●

로 고 해상도를 얻을 수 있다.

회사는 2,400만 유로 규모의 플래스틱 전자공학에 관한 EU 프로젝트('PolyApply'[12])에 참여한다고 2004년 3월 11일 발표하였다. 이 프로젝트는 EU가 자금의 50 %를 지원하고 20개사 참여하는 종합 프로젝트로 차세대 저가 소자 개발을 목표로 한다. RFID의 비접촉식 통신 기술과 계산, 센싱 및 정보저장 등을 포함하는 기술을 종합화 하는 프로젝트이다.

Ⅲ. 결 론

광학 바코드는 가까운 거리에서만 인식이 가능하며 가시권에서만 탐지가 가능하다. 신용카드에 사용되고 있는 마그네틱 시스템은 마그네틱 물질과 접촉이 필요하거나 마그네틱 줄무늬가 사전에 정해진 방향으로 있어야 한다. 한편, RFID는 상대적으로 높은 정보밀도를 가지며 원격 데이터 수집이 가능하다. 직선거리에 대한 제한도 없으며 보다 먼 거리에서 데이터를 읽을 수 있다.

2장에서 설명한 기술들의 특징을 정리하면 〈표 2〉와 같다.

무칩 태그는 수십만개 정도의 수량이면 이미 개당 0.1~20 센트 정도로 저가이다. 무칩 태그의 얇음과 매우 낮은 가격으로 인하여 현재의 대부분의 바코드를 대체할 수 있을 유일한 대안이다. 또한, 재료가 거의 들지 않는 특성상 생산 용량은 거의 무한정이다.

참 고 문 헌

[1] http://www.idtechex.com -An Introduction to RFID and Tagging Technologies, IDTechEx 2004, RFID Explained.

[2] P. J. Harrop and R. Das, *The Smart Label Revolution*, IDTechEx Ltd, 2002.

[3] http://www.flying-null.com/

[4] http://www.hidcorp.com/products/wiegand_readers_cards.html

[5] http://www.nhkspg.co.jp/info-sec/eng/e_index.html

[6] http://www.inkode.com/

[7] http://www.cwosrfid.com/

[8] http://www.navitas.co.jp/

[9] http://www.checkpointsystems.com/

[10] http://www.plasticlogic.com/

[11] H. Sirringhaus et al., "High-resolution inkjet printing of all-polymer transistor circuits", *Science*, 290, pp. 2123-2126, 2000.

[12] http://www.polyapply.org/

≡ 필자소개 ≡

이 재 현

1982년 2월: 인하대학교 전자공학과 (공학사)

1985년 2월: 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학석사)

1993년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)

1991년 2월~2001년 2월: 한국전자통신연구원 책임연구원

2001년 2월~현재: 충남대학교 전파공학과 조교수

[주 관심분야] 초고주파신호처리소자, 위성통신 시스템 및 부품, EMC