

전도성 고분자 RFID 안테나 설계 기술

김남영 · 이상열

1. 서론

RFID(radio frequency identification)는 RF 신호를 이용하는 무선 인식 시스템을 의미 한다.¹ RFID는 비접촉식(contact-less)이고 비가시선(non-line of sight)의 데이터를 수취하는 기술로써 초소형 IC칩에 식별정보를 입력하고 무선 주파수를 이용하여 이 칩을 지닌 물체, 동물, 사람 등을 판독·추적 및 관리할 수 있기 때문에 M2M(machine to machine)에서 위치 추적 및 상황인식을 가능케 하는 역할을 하게 되므로, 이러한 새로운 개념의 비즈니스 개념을 실현시켜 줄 수 있는 핵심이 된다.²

최근 기술동향을 보면, RFID가 소형화·지능화 되는데 비하여 가격은 수 센트로 저가화가 실현되면서 물류, 유통뿐만 아니라 동물 관리, 환경, 재해예방, 의료관리, 식품관리 등 실생활에서의 활용이 확대될 전망이다.³

RFID에 통신 기능이 부가되고 점차 주위환경을 감지하는 센싱(sensing) 기능이 부가되어 능동적으로 정보를 처리하는 지능화 초소형 네트워크가 가속화 될 전망이다.

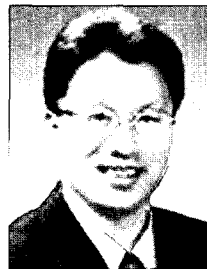
자동 인식 시스템에는 바코드, 광학문자인식(OCR), 생체인식, 스마트 카드 그리고 RFID 시스템이 있다. 이중 RFID 시스템은 스마트 카드와 밀접한 관련이 있다. 스마트 카드 시스템과 같이 데이터는 데이터 운반 장치인 트랜스폰더(transponder)에 저장 된다. 그러나 데이터 운반 장치와 리더(reader or integrator) 사이의 데이터 교환이 전기적 접촉 없이 자계 또는 전자계 영역을 이용하여 이루어진다는 점이 스마트 카드와 다르다. 다른 인식 시스템에 비해 많은 장점이 있는 RFID 시

스템은 새로운 대량생산 시장을 장악하기 시작했다.

RFID의 경우 태그(tag)에서 사용되는 주 전원은 유도성 결합방식을 주로 이용한다. 유도성 결합 트랜스폰더의 경우, 일반적으로 단일 마이크로 칩의 전자 데이터 전송기와 안테나로 동작하는 큰 면적의 코일로 이루어진다.

유도성 결합 트랜스폰더는 대부분 수동형으로 동작하며, 이는 외부의 전원 없이 리더가 마이크로 칩의 동작을 위한 모든 에너지를 제공하는 것을 의미한다.

이러한 연유로 리더의 경우 안테나 코일은 강하고 높은 주파수의 전자계를 발생해야 한다. 이렇게 발생된



김남영

1986 광운대학교 (학사)
1991 뉴욕주립대학교(석사)
1994 뉴욕주립대학교(박사)
1994~ 광운대학교 교수
현재
2000~ RFIC 센터장
현재



이상열

2005 광운대학교 (학사)
2006~ 광운대학교 석사과정
현재 RFIC 연구원

RFID Antenna Technique Using Conductive Polymer

광운대학교 전자공학부 RFIC Center (Nam-Young Kim and Sang-Yul Lee, RFIC Center, Kwangwoon University, Bimakwan 447-1 Wolgye-Dong, Nowon-Ku, Seoul 139-701 Korea) e-mail : nykim@daisy.kwangwoon.ac.kr

필드의 일부가 일정 거리를 둔 트랜스폰더 안테나 코일을 통과할 때, 트랜스폰더 안테나 코일에 의해 발생한 전압은 정류되고, 마이크로 칩 용 전원으로 제공된다. 이 코일에는 병렬로 연결된 커패시터(capacitor)가 존재하는데 이는 리더의 전송 주파수와 일치하는 공진 주파수를 얻기 위함이다.

리더기의 안테나는 ISO14443과 15693의 국제 표준에 근거하여 최소 1.5 A/m의 자계를 유지하여야 리더와 트랜스폰더 간의 원활한 데이터 송수신을 이룰 수 있다.

따라서 안테나의 경우 최적 반경을 갖고 있어야 한다. 안테나의 반경이 지나치게 클 경우 거리가 0인 지점에서 필드가 매우 작게 나올 수 있고, 반대로 너무 작을 경우 적용하려는 범위 내에서 거리의 세계급에 비례하여 필드의 크기가 줄어들기 때문이다.

이러한 안테나 제작의 경우 대량생산에 따른 저가 생산을 목표로 하지만 구리와 같은 전도성 높은 금속물을 최대한 얇게 압축시키는 방식에 한계를 갖기 때문에 본 기술 서에서는 보다 저렴한 전도성 고분자 프린팅 방식을 제안하고, 가능성을 제시하고자 한다.

2. 본론

안테나(antenna)는 눈에 보이지 않는 파동신호를 감지하는 막대기라는 의미로 곤충의 더듬이에서 유래되었다.⁴ 유선이 아닌 무선통신의 전송은 자유공간(free space)을 통해서 이루어진다. 안테나는 자유공간에서 신호를 방사하고 그 방사된 신호를 받아들이는 역할을 한다.

일반적인 전기적 신호는 전위차와 전하의 일정한 흐름으로 전달되므로 절연체로 볼 수 있는 자유공간에서는 전달이 불가능하다. 그러나 전자기파는 이러한 유전체에서 E-field와 H-field를 이루면서 방향성을 띄며 진행할 수 있다.

회로를 통해 출력되는 전기적인 신호를 자유공간에서 전달이 가능한 형태로 변환해주는 것이 바로 안테나이다. 송신에 해당하는 전자의 경우와 반대로 자유공간에 떠다니는 무수히 많은 전자기파 중에서 원하는 것만을 회로에서 필요한 전기적인 신호로 복원시키는 것 또한 안테나의 역할이다.

안테나는 사용목적, 주파수 범위, 동작원리 그리고 특성에 따라서 다양하게 분류할 수 있지만 이번 보고서에 참고한 안테나는 스파이럴(spiral) 형태의 루프

(loop) 안테나로 일종의 마이크로스트립(microstrip) 안테나이다. 이는 일반적인 수동형 RFID 태그의 경우 일정 방향으로의 신호 방사와 더불어 태그 내부의 회로를 구동하기 위한 전원을 안테나를 이용하여 확보해야 하기 때문에 대부분 루프 형태의 유도성 코일(coil)을 안테나로 사용한다. 리더에서 발생한 교류 자계의 에너지로부터 유도성 결합 트랜스폰더로의 전원공급을 간략히 나타내면 **그림 1**과 같다.

일반적으로 사용되는 구리 기반의 안테나와의 비교를 위해 Zeland사의 IE3D EM Simulation Tool을 이용하여, 그 방사 패턴과 동일하게 디자인한 폴리머 안테나의 유효 필드의 거리를 비교하였다.

먼저 안테나 패턴은 **그림 2**와 같이 일반적인 태그 리더에서 사용하는 사각형 루프 형태를 이용하였으며, 시뮬레이션 패턴의 경우 30×25 mm²의 크기로 0.3 mm 두께, 0.3 mm의 라인 간격을 유지하며 총 7회를 감은 루프(loop) 형태를 갖는다.

시뮬레이션에서 입력한 기판 정보는 **그림 3**처럼 FR4로 제작 시와 동일한 layer를 구성하였으며, 코일에 해당하는 라인은 구리의 전도도 5.8e+007 S/m을 기입

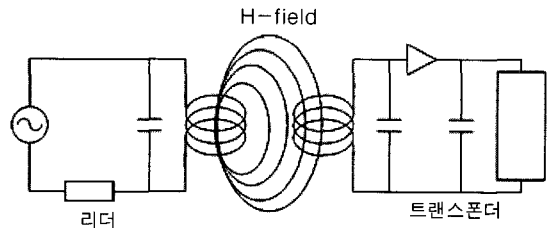


그림 1. 유도성 결합으로 전원 공급.

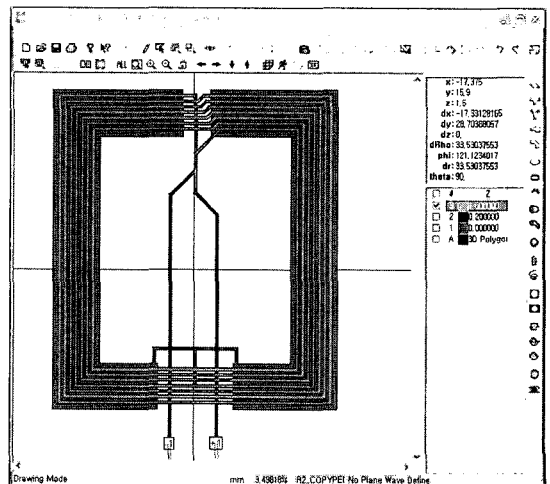


그림 2. 사각형 루프안테나.

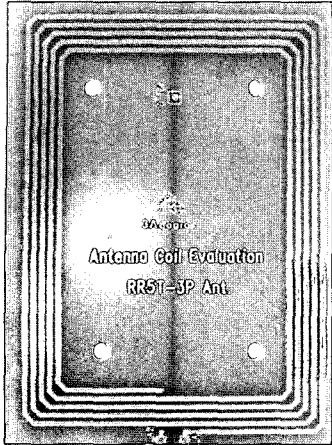


그림 3. 제작된 PCB 안테나.

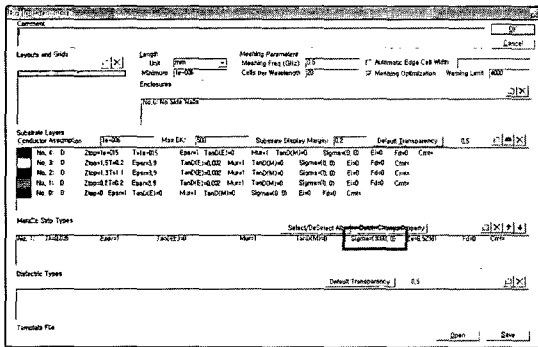


그림 4. 기판정보(구리).

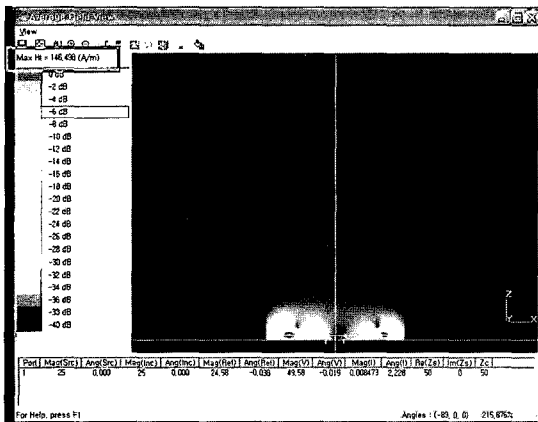


그림 5. 3차원 분석.

하였다(그림 4).

유전 물질의 경우 FR4와 동일하게 4.2로 하고, 0.002의 loss를 갖도록 하였다. 이때 Y=0인 면의 자계를 보면 다음 그림 5와 같이 약 147 A/m의 H-field를 갖는 것을 알 수 있다.

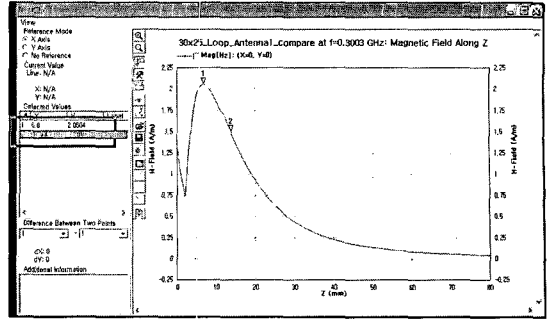


그림 6. Z축 기준 2차원 분석.

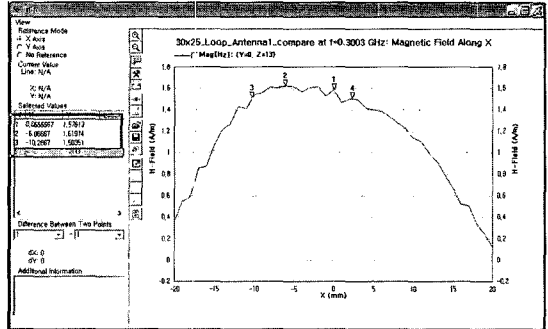


그림 7. X축 기준 2차원 분석.

3차원 시뮬레이션 조건은 Z축으로 80 mm까지의 결과를 분석한 것으로, 구리로 제작한 안테나의 경우 크기에 비해 차이는 있었지만 수 백 A/m의 H-field의 크기를 확인 할 수 있었다. 이를 Z축을 따라서 각 위치에서 H-field의 크기를 그림 6과 같이 2차원 상에서 확인하였다.

Z축을 따라서 2차원 시뮬레이션을 한 이유는 코일의 반경에 따라 차이가 있겠지만 일반적으로 패턴의 정 가운데에서 H-field가 가장 크게 나타나기 때문이다. Z축으로의 경향을 보면 일정거리까지는 증가하다가 최고점부터는 급속하게 H-field가 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 이때 유효 거리는 13 mm 정도로 이 거리 내에서는 태그와 리더의 데이터 송수신이 가능하다.

같은 H-field 크기를 Z=13 mm인 면에서의 H-field 크기를 확인해 보면 그림 7처럼 에너지는 가운데로 집중되고, Z축을 기준으로 중심에서 거리가 멀어질수록 필드의 크기가 급격하게 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

급속한 구리뿐만 아니라 금속의 전도성에 비금속은 전도성 고분자의 경우, 일반적인 RFID 안테나의 제작과 같은 공정이 아닌 고분자 프린팅 기술을 이용하여 유사한 특성을 확인할 수 있다.

또한 이 고분자 프린팅 기술은 안테나뿐만 아니라 전

체 시스템에도 적용이 가능하다. 유기물 반도체 RFID 태그는 유기물 반도체 트랜지스터를 이용하여 태그를 구현하는 것으로, 유기물 반도체 트랜지스터의 전하이동도가 아직 $0.1 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{Sec}$ 이하이고, 동작전압이 20 V 이므로 유기물 RFID 태그에 관한 기술 수준은 아직 세계적으로 연구 초기 단계라고 말할 수 있다.

이에 국립 순천대학교에서 진행되고 있는 고분자 연구에 기초한 데이터를 바탕으로 앞의 구리와 동일한 패턴을 시뮬레이션하였다. 고분자 프린팅 방식의 경우 플라스틱 필름 위에 프린팅 해야 하는 제작상의 한계로 일반 PCB 방식에 비해 절연층이 균일하지 못하다는 단점이 있지만 전도성 고분자의 전도도에 따른 비교를 위해 절연층의 유전율을 제외하고는 동일한 조건으로 하였다.

그림 8은 라인의 두께를 늘리고 감은 횟수를 줄인 루프 패턴의 실제 제작된 사진이다. 또한 전도성 고분자의 정보를 입력한 기판 정보는 **그림 9**에 도시되어 있다. 레이어(layer) 간 거리나 유전물질에 대한 자료는 순천대학교에서 제공하는 정보를 기초로 하여 시뮬레이션이 이루어졌다.

시뮬레이션에 사용한 고분자의 전도도는 3000 S/m

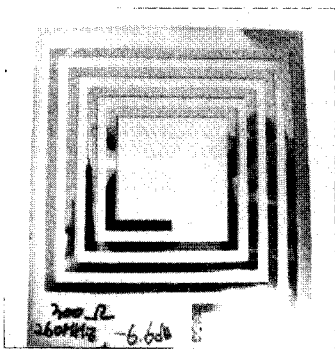


그림 8. 전도성 고분자 프린팅 안테나.

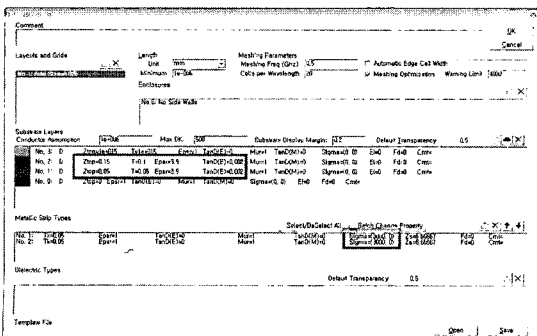


그림 9. 기판정보(전도성고분자).

로 설정하였고, 절연층의 유전율은 제작상 환경에 따라 spottering 방식으로 제작되는 유전율 3.9로 기입하였다. 이를 3차원 분석하여 전자의 경우처럼 $Y=0$ 인 면으로 보았을 때 H-field는 **그림 10**과 같이 동일한 조건에서 11 A/m로 측정되었다. 수직 다면을 본 것이라 그 수치가 절대적인 영향력이라 단정 지을 수 없지만 상대적인 추세는 유추해 볼 수 있다.

구리로 제작된 패턴과의 3차원 분석상의 차이는 H-field가 상대적으로 매우 작다는 것과, 중앙으로 들어가는 신호 입력과 출력 포트를 보았을 때 구리의 경우 실질적인 루프 영역에서 H-field의 크기가 크게 보이는 반면 전도성 고분자로 제작된 경우 라인 저항으로 인해 실질적인 루프 영역보다 입·출력단의 포트 근처에서 자계가 더 크게 나타나는 것을 볼 수 있었다.

이를 높이에 따른 자계를 분석하기 위해 2차원 분석한 결과는 **그림 11**과 같다. 수직상의 최소 자계 유지거리를 측정하는 것으로 실제 제작 시에 사용 가능한 인식거리에 비례한다.

예상대로 거리가 멀어짐에 따라 자계는 급격히 작아지는 것을 확인하였다. RFID 표준에 적용되는 최소필

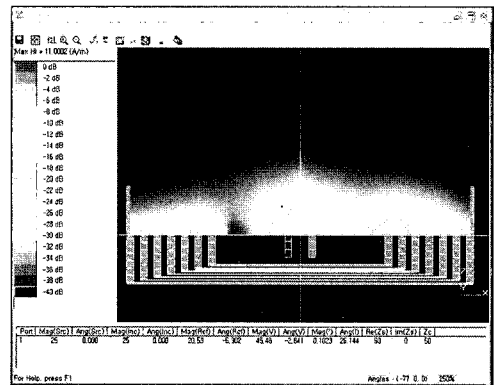


그림 10. 3차원 분석.

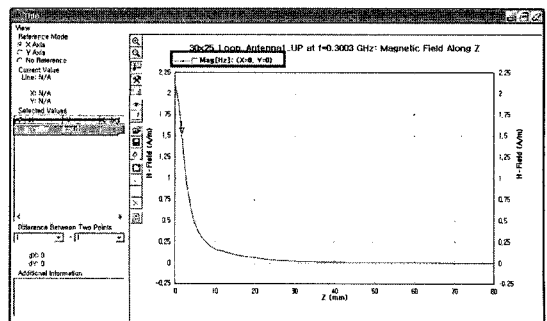


그림 11. Z축 기준 2차원 분석.

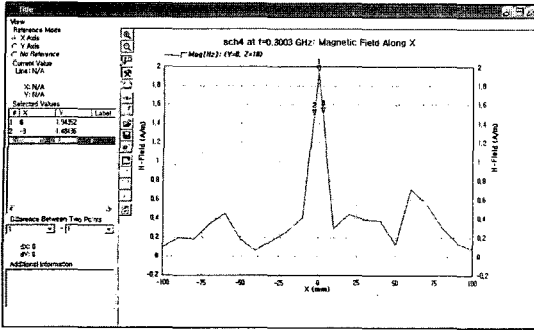


그림 12. X축 기준 2차원 분석.

표 1. 결과비교

	Copper	Conductive polymer
전도도 [S/m]	5.8e+007	3000
가관유전율	4.2	3.9
H-field(Ht) [A/m]	146.497	11
인식거리 [mm]	13.7	12.4

드의 크기인 1.5 A/m는 12.4 mm까지 측정되었다. 이를 높이 10 mm인 점에서의 단면에 따른 자계의 크기는 그림 12와 같이 좌우 대칭이다.

표 1은 앞서 시행된 시뮬레이션 결과의 요약을 볼 수 있다.

3. 결론

지금까지 고분자와 금속 기반의 안테나 제작에 따른 특성을 확인하였다. 이러한 시뮬레이션을 통하여 앞서 언급한 바와 같이 프린팅 방식으로 RFID 안테나를 제작 시 기존의 구리 기반의 안테나와 객관적인 수치로의 비교이다. 표 1과 같이 아주 작은 크기인 30×25 mm²의 비교만 하였으나 인식거리가 짧게나마 나온 것을 감안할 때 고분자의 전기 전도도가 크게 개선되고 패턴의 반경이 좀 더 커진다면 구리 기반의 안테나와 같이 태그로 사용될 코일을 대체할 수 있는 충분한 잠재력을 갖는다.

현재 프린팅 방식을 통한 RFID 태그 제작이 기존의 금속을 이용한 공정과 유사한 특성을 갖게 된다면 그 제작에 대한 비용은 크게 줄어들 것이다. 지금까지의 RFID 태그의 큰 문제점 중 하나인 제작비용의 점진적 저하로 지금의 바코드를 저렴한 가격으로 대체할 수 있다.

현재 이러한 전도성 물질을 이용한 연구가 활발히 진행 중이다. 기존의 태그 관련 기술이 선진국의 일부 기업에 의해 독점형태로 공급되고 있는 실정에서 독자적

인 전도성 고분자를 이용한 제작 기술이 개발 된다면 그 기술의 시너지 효과는 엄청날 것이다.

향후, 이러한 전도성 고분자가 태그 단전 시스템을 구성할 만큼의 특성만 갖춘다면 현재 CMOS 공정의 대량생산을 통해 제작되는 태그의 시스템 칩과 안테나를 고분자 프린팅 기술로 한 번에 제작이 가능해 질 수 있다는 성장 잠재력을 갖는다. 이는 태그 당 제작비용을 최소화 할 수 있는 것으로 물류·유통에 획기적 파급효과를 가져올 것이다.

참고문헌

1. 김시호, IDEC Newsletter, Vol.103, Jan., 2006.
2. K. Finkenzeller, RFID handbook : Radio-frequency identification fundamentals and applications 2nd Edition, 이근호, 한호현, 강병권, 조영빈 공역, 영진닷컴, Seoul, 2005.
3. 김은수, 디지털방송공학 강의자료, 광운대학교 3DRC 센터, 2005.
4. RF Design House, <http://rfdh.com>
5. 이상훈, 이근호, 최상신, 이계영, 이종철, 이병제, 김종현, 김남영, 한국 ITS학회 1회 학술대회 논문지, pp 189~192, Nov., 2002.
6. Delphine Bechevet, student IEEE Member외, Antennas and Propagation Society International Symposium, 2005 IEEE, Vol. 2B, pp 345~348, July, 2005.
7. Pavel V. Nikitin, Sander Lam, and K. V. S. Rao, Antennas and Propagation Society International Symposium, 2005 IEEE, Vol. 2B, pp 353~356, July, 2005.
8. S. Cichos, J. Haberland, H. Reichl, POLYTRONIC 2002. 2002 IEEE, pp 120~124, June, 2002.
9. Sherestha B, S. H. Lee, G. H. Lee, S. H. Seo, J. Y. Lee, J. C. Lee, J. H. Kim, and N.Y. Kim, APMC2003, TC4-4, Vol. 2, pp 949~952, Nov., 2003.
10. 임심교, 최상신, 이종철, 김종현, 이병제, and 김남영, 하계통신학회, July, 2004.
11. 한국전자과학회지, Vol.16, No.5 (2005).
12. K. Chang, RF and Microwave Wireless Systems, Wiley-Interscience Publication, New Jersey, United States, 2000.
13. 이근호 and 김길영, 한국전자과학회지, 12, 43 (2001).
14. IE3D User's Manual, Release10.2, Zeland Software, Inc.