

프랙탈 구조를 이용한 RFID 안테나

김기찬*, 고영호*
전북대학교 전기공학과*

RFID Antenna using Fractal structure

Ki-Chan Kim*, Young-Ho Ko*
Dept. of Electric Engineering, Chonbuk Nat'l Univ.*

Abstract - In this paper, a This paper presents the Hilbert curve Fractal Antenna has properties of Self-similarity and Plane-Filling. In case of fractal antenna is very useful to be small and multiple resonant. The antenna has a resonant frequency of 910MHz and 2450MHz base on RFID(Radio Frequency IDentification). In particular, we designed tag antenna by the 4th repeat. According to the repeated number of fractal structures, resonance frequency became looking downward. Theses presented Frequency, Such as 910MHz and 2450MHz, at S_{11} is -31dB and -19dB, bandwidth 120MHz and 90MHz to VSWR 2:1

1. 서 론

최근 정보통신 분야는 물론 문화, 교육 등 생활 속 여러 분야에서 유비쿼터스화(Ubiquitous)^[1]가 급속히 도래됨을 알 수 있다. 유비쿼터스가 구현되기 위해서는 모든 사물에 외부와 통신 기능이 있는 컴퓨터가 내장되어야 하는데, 기존의 바코드 마그네틱(MSR), IC-Card등을 대체 하면서 유비쿼터스화의 단초가 되는 핵심 기술이 바로 RFID(Radio Frequency IDentification)이다. RFID는 자동인식 기술의 한 분야로서 초단파나 장파를 이용하여 기록된 정보를 무선으로 인식하는 방식으로 RFID시스템은 고유정보를 저장하는 태그(Tag), 판독 및 해독기능을 하는 리더(Reader), 호스트 컴퓨터(Server), 네트워크 응용프로그램(ERP,SCM)으로 구성되어 있다.

현재 RFID는 상용화가 되어 있던 하지만 그 사용 용도와 범위가 제한적이다. 그 이유로 지적되는 문제점은 태그의 대량생산을 위한 저가격과 소형화 이고, 부분 전도성 물질에 부착 가능한 태그 개발이다. 현재 전도성 물질에 부착 가능한 태그는 개발이 되어 있지만 높은 가격과 부피가 커짐으로 인해 태그를 부착할 수 있는 분야는 한정되어 있는 실정이다. 본 논문에서는 태그의 요구사항인 저가격과 소형화를 이루기 위해 PCB기판에 프린트된 형태로 Hilbert Curve를 이용한 프랙탈 구조(Fractals structure) 안테나를 한국 모바일 UHF 대역인 908~914MHz와 RFID 주파수 대역인 2450MHz에서 이중 공진 하도록 안테나를 설계 하였다. 사용된 상용 시뮬레이션 툴은 Ansoft사의 HFSS로 모의 실험을 하였고 안테나의 측정은 HP8720(500KHz~20GHz)네트워크 분석기를 사용하여 S_{11} 특성과 VSWR에 대한 값을 측정하였다.

2. 본 론

2.1 RFID 동작원리 및 종류

RFID 시스템의 동작원리는 리더에서 RF필드에 무선신호를 생성하고 전파하면 RF필드를 통과하는 태그는 적합한 무선신호를 수신하게 되고 무선 신호는 태그의 자체 안테나에서 수신하게 되면 태그의 칩은 에너지를 공급받고 사전 프로그램된 데이터를 전송한다. 태그에서 전송된 데이터의 무선 신호의 일부가 변조되어서 리더에 반향된 신호를 보내게 되면 리더는 반향된 신호를 변화(Decode)하고 데이터 수집 장치와 서버로 전달하게 된다.

RFID 태그 내부의 전원 유무에 따라서 수동형 태그와 능동형 태그로 분류된다. 능동형의 경우 태그에서 자체 RF신호 송신이 가능하며 장거리(3M)이상 전송가능 하지만 내부 전원에 의한 가격 상승과 소형화가 어렵다. 수동형의 경우 리더기의 신호를 변형 반사하여 리더기의 전파신호로 전원을 공급하므로 내부 전원이 불필요하기에 저가와 소형화의 요구조건을 충족시킬 수 있지만, 능동형처럼 긴 인식거리는 갖지 못한다.

2.1.1 전자 유도 방식

수동형 RFID 태그는 주파수에 따라서 물리적 동작원리가 다르다. 13.56MHz 이하의 주파수에서는 리더 안테나와 태그 안테나가 서로 유

도 결합하여 트랜스포머(Transformer)를 구성하게 된다. 태그는 트랜스포머를 통하여 전달되는 전력을 정류하여 동작에 필요한 전원을 발생하며 리더의 명령에 응답 하고자 할 때는 스위치를 키고 끄에 따라서 내부의 저항을 변경함으로써 리더와 태그의 결합 LC 공진회로의 Q값을 변경하여 리더에 정보를 전달하는 방식을 Load modulation^[2]이라 한다.

2.1.2 마이크로파 방식

UHF대역 이상에서는 안테나 간에 트랜스포머를 구성하지 못하고 리더에서 특정 주파수를 가지는 연속적인 전자파를 변조하여 태그에게 질문 신호를 송출하고, 태그는 내장된 칩의 데이터를 리더에게 전달하기 위해 리더로부터 송출된 전자파를 태그가 산란시켜 리더에게 되돌려 보내게 되고 리더에서는 그 산란된 전자파의 크기를 변화시켜서 태그의 정보를 보내게 된다. 이는 리더의 동작원리와 유사한 역산란(Back scatter)^[3]방식이다.

2.2 프랙탈 안테나

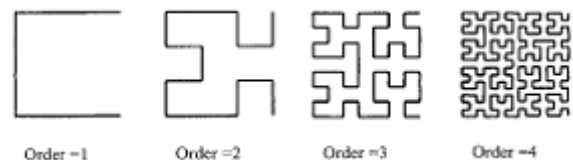
프랙탈 기하학(Fractal geometry)은 1975년 Mandelbrot가 소개한 기하학이다. 유클리드 기하학(Euclidian geometry)이 설명할 수 없었던 자연구조에 대해 수학적 해법을 제시하였다. 표 1은 유클리드와 프랙탈 기하학을 비교하여 나타냈다.^[4]

〈표 1〉 유클리드 기하학과 프랙탈 기하학의 요약

Fractal Geometry	Euclidean Geometry
반복 규칙으로 정의	공식에 의해 정의
자기 유사성을 가짐	자기유사성이 없음
분수 차원 가능	정수 차원
넓은 범위의 상호관계	변수 상호관계
나뭇가지, 잎, 곡선으로 표현	등각으로 표현

2.2.1 Hilbert Curve

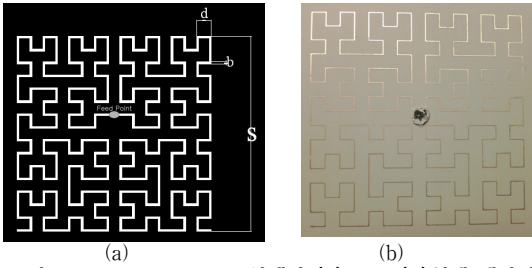
프랙탈 구조를 가진 Hilbert Curve는 프랙탈 특성이 자기 유사성 외에도 공간채움이라는 특성을 가지고 있고 안테나 해석은 미앤더 라인 안테나의 공진 값에서 근사적인 해를 찾고 있다. 그림 1은 Hilbert Curve 프랙탈 안테나를 4차까지의 반복을 보여주고 있다.



〈그림 1〉 1차부터 4차까지 반복시킨 Hilbert Curve 안테나

2.3 안테나 제작 및 측정

Hilbert Curve 설계의 기본은 공진 미앤더 라인 안테나이다. 미앤더 라인 안테나의 인덕턴스를 구하는 식으로부터 유도한 식은 평행한 두 개의 선로인 단락회로를 고려하여 인덕턴스의 총합과 입력된 용량성 리액턴스(Capacitive reactance)값을 유추 할 수 있고 이 값으로부터 안테나 설계 파라미터를 찾을 수 있다. 그림 2의 (a)에서 전체높이를 S, 프랙탈 반복 차수는 n, 각 선의 선분의 길이를 d라고 했을때 상사 차원은



〈그림 2〉 Hilbert Curve 안테나 (a)CAD (b)실제 제작된 안테나

D이다. 안테나의 공진 주파수를 구하기 위하여 총 인덕턴스 값 L이 반

$$m = 4^{n-1} \quad (1)$$

$$s = (2^{2n-1} - 1)d \quad (2)$$

$$d = \frac{l}{2^n - 1} \quad (3)$$

$$D = \frac{\log\left[\frac{(4^n - 1)(4^{n-1} - 1)}{(2^n - 1)(2^{n-1} - 1)}\right]}{\log\left[\frac{4^n / (4^{n-1} - 1)}{2^n / (2^{n-1} - 1)}\right]} \approx (\text{for largen}) \frac{\log\left[\frac{4^n}{2^n}\right]}{\log 2} = \frac{\log 4}{\log 2} = 2 \quad (4)$$

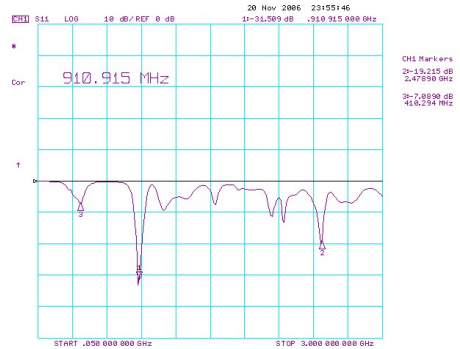
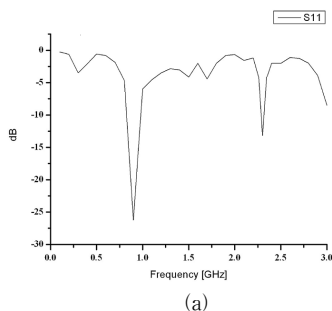
과장 공진 다이폴 안테나와 같다고 하면 Hilbert Curve 안테나의 초기 공진조건을 식 (5) 와 같이 끌어 낼 수 있다.

$$m \frac{\eta}{\pi\omega} \log \frac{2d}{b} \tan \beta d + \frac{\mu_0}{\pi} s \left(\log \frac{8s}{b} - 1 \right) = \frac{\mu_0}{\pi} \frac{\lambda}{4} \left(\log \frac{2\lambda}{b} - 1 \right) \quad (5)$$

식 (5)의 공진 길이와 관련된 항들을 바꿔줌으로써 다중 대역 Hilbert Curve 프랙탈 안테나의 공진 주파수를 얻을 수 있다. 그 결과로 식 (6) 으로부터 공진주파수를 얻을 수 있다. 여기서 k는 기정수 이다.

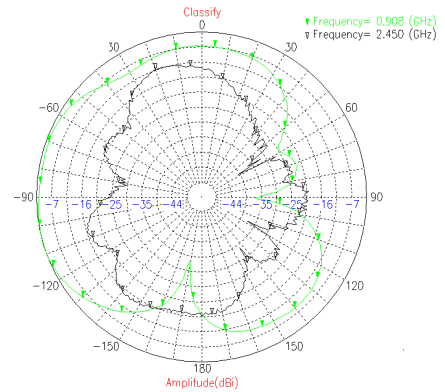
$$m \frac{\eta}{\pi\omega} \log \frac{2d}{b} \tan \beta d + \frac{\mu_0}{\pi} s \left(\log \frac{8s}{b} - 1 \right) = \frac{\mu_0}{\pi} \frac{\lambda k}{4} \left(\log \frac{8 \kappa \lambda}{b} - 1 \right) \quad (6)$$

위 식들에서 s, m, d의 항들은 프랙탈 반복에 대한 항이면서 안테나 설계 파라미터 값이므로 매우 중요하다. 위의 식들은 앞에서 언급했듯이 미앤더 라인 안테나의 공진 값에서 근사적인 해를 찾는 것이기 때문에 식을 통해 얻은 파라미터들을 가지고 상용 시뮬레이션 툴인 Ansoft사의 HFSS를 통해 최적화 값을 찾았다. 시뮬레이션을 통해 최적화된 안테나의 파라미터는 다음과 같고 제작된 실제 안테나는 그림 2의 (b)이다. 유전율 10인 기판을 사용하였고 d=3.2mm, b=0.9mm, s=35.4mm D=3th 값을 가진다.



〈그림 3〉 S11 (a)시뮬레이션 (b)측정값

〈그림 3〉 S11 (a)시뮬레이션 (b)측정값



〈그림 3〉 방사패턴 측정값

그림 3의 (a), (b) 각각 S11값을 시뮬레이션과 측정된 값이고 (c)는 방사 패턴을 측정된 그림이다. S11 값은 시뮬레이션 결과에서는 910MHz에서 -27dB 2450MHz에서 -13dB가 나왔고 실제 네트워크 분석기로 측정시 각각 -31dB와 -19dB가 측정 되어 시뮬레이션과 거의 동일한 값을 보여줬다.

3. 결 론

본 논문에서는 기존의 RFID 태그 안테나에서 요구되는 조건이 적가와 소형화와 저가를 만족 시키기 위해 프린팅 형식의 Hilbert Curve 프랙탈 안테나를 사용하여 910MHz와 2450MHz에서 공진하는 이중 공진 안테나를 제안하였다. 3차 반복을 통해 동일한 주파수의 다이폴 안테나의 비해 38%의 축소율을 보였다. 향후 다중 공진에 대한 연구도 진행할 계획이다. 현재 가장 상용화 되어있는 13.56MHz 대역의 태그 안테나의 소형화도 가능할 것이라 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이근호, "무선식별(RFID) 기술", TTA 저널, 제 89호, 한국과학기술정보연구원, 2003
- [2] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook", Wiley, 2003
- [3] Keizo Watanabe, et AL. "Musen IC Tag No Subete", Nikkei Business Publication, Inc, 2004
- [4] C. Puente, J. Romeu, and A. Carsama, "Fractal shaped antennas", in Frontiers in Electromagnetics. D.H. Werner and R. Mittra(Eds.)Ch. 2, New York, IEEE Press, 1999
- [5] Jaume Anguera, Carles Puente, Jordi soler, "Miniature Monopole Antenna based on the Fractal Hilbert Curve," Antennas and Propagation Society International Symposium, 2002.IEEE,vol.4,pp.546-549,2002.
- [6] Steven R. Best and Jarrett D. Morrow, "The Effectiveness of Space-Filling Fractal Geometry in Lowering Resonant Frequency," Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 1, pp. 112-115, 2002.