

역방향 전류를 이용한 UHF 대역 근거리장용 RFID 리더 안테나 설계

조치현*, 류정기**, °추호성*, 박익모***

*홍익대학교 전자전기공학부, 서울시 마포구 상수동 72-1

**LS 산전, 텔레메틱스 랩, 경기도 안양시 효계동 533 번지

***아주대학교 전자공학부, 경기도 수원시 영통구 원천동 산 5

Design of a UHF RFID reader antenna for a near-field communication using opposite-directed currents

Chihyun Cho*, Jeongki Ryoo**, Hosung choo*, and Ikmo Park***

*School of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University, Seoul, Korea

** Telemetrics Research Lab., Central R&D Center, LS Industrial Systems

*** School of Electrical and Computer Engineering, Ajou University, Suwon, Korea

E-mail: hschoo@hongik.ac.kr

Abstract

In this paper, we demonstrate that a strong and relatively uniform magnetic field can be obtained using opposite-directed electric currents with different amplitudes. Then we apply this concept to the design of a novel RFID reader antenna for a near field communication where the reader antenna should exhibit a uniform magnetic field to detect small loop-typed tags without any failure at a certain location. The proposed antenna achieves a maximum reading range of about 15 cm with an increased reading zone of 550 cm² while a conventional loop reader shows the reading range of only 10 cm.

I. 서론

최근 근거리장을 이용한 개별상품 인식용 (item level tagging) RFID에 관한 다양한 연구가 진행 중이다. 이중 UHF 대역 근거리장용 RFID는 기존의 HF 대역 RFID에 비해 태그와 리더 안테나의 소형화가 용이하며, 인식거리와 인식속도를 증가시킬 수 있고, 또한 기존의 UHF 대역 원거리용 RFID 시스템을 그대로 사용할 수 있는 장점이 있다.

일반적으로 HF 대역 근거리장용 리더 안테나로는 주변 유전체에 영향을 받지 않으며 태그를 인식하기 위해 강한 자계를 형성할 수 있는 루프 구조가 많이 사용되었다[1]. HF 대역에서는 안테나의 크기가 파장에 비해 매우 작아 루프에 동일 방향의 전류를 유도하여 강한 자계를 얻을 수 있지만, UHF 대역에서는 루프의 길이가 15 cm ($1/2 \lambda$) 보다 커지면 여러파장의 전류가

유기되므로 자계가 고르게 형성되지 못하고 급격히 자계세기가 감소하는 지점이 발생되어 태그의 안정적인 인식을 어렵게 한다.

본 논문에서는 역방향의 전류를 근접시켜 넓은 범위에서 강한 자계를 고르게 형성시킬 수 있으며 또한 임피던스 정합이 용이한 간단한 구조의 리더 안테나를 제안하였다. 개발된 리더 안테나는 기존 루프 안테나에 비해 약 30% 증가된 인식거리를 보이며, 약 550 cm²의 넓은 인식영역을 가진다.

II. 역방향 근접 전류에 의한 자계분포

근거리 자계장을 이용한 RFID의 경우 태그와 리더의 강한 자계 결합을 위해 일반적으로 소형 루프 안테나가 많이 이용되고 있으며, 특히 태그가 리더 안테나와 수평으로 놓이는 경우가 많으므로 리더 안테나와 수직 방향의 자계(H_z)가 가능한 강해야 한다. 또한 리더 안테나는 안정적인 인식을 위해 인식영역 내에서 자계가 급격히 감소하는 부분이 없어야 하며, 다양한 응용에 따라 적절한 인식영역을 가질 수 있도록 자계의 분포 조절이 용이해야 한다. 본 논문에서는 이러한 설계 조건을 만족하기 위해 역방향의 근접 전류를 이용한 자계 형성 방법을 제안하였다.

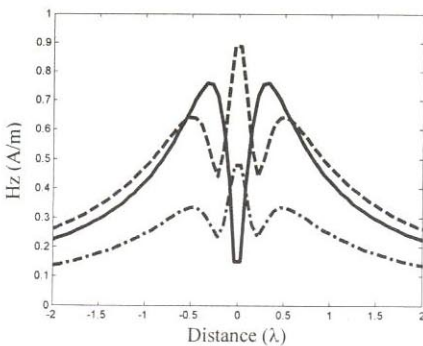


그림 1. 순방향 전류(—)와 역방향의 근접 전류(--- (0.1 λ), --- (0.2 λ))에 의한 자계.

그림 1은 $\lambda/2$ 길이의 분포를 가지는 전류에 의한 자계와 이와 역방향으로 흐르는 전류를 근접시켰을 때의 자계 분포를 보여준다. 실선은 반파장 전류에 의한 근접 자계를, 일점 쇄선과 점선은 동일한 세기를 가지지만 역방향으로 흐르는 전류가 순방향 반파장 전류로부터 각각 0.1λ 와 0.2λ 떨어져 있을 때의 근접 자계를 나타낸다. 단일 반파장 전류의 경우에는 전류원으로부터 약 $\lambda/2$ 의 거리에서 강한 H_z 가 형성되며, 서로 반대 방향으로 흐르는 전류는 두 전류의 간격에 따라 H_z 의 세기가 달라지며 순방향 단일 전류보다 H_z 의 세기를 더욱 강하게 할 수 있다. 또한 역방향의 전류를 서로 근접시켜 자계를 형성시키는 경우에는 순방향 단일 전류보다 거리에 따른 변화율이 작아 안정적인 인식영역의 확보가 유리하다.

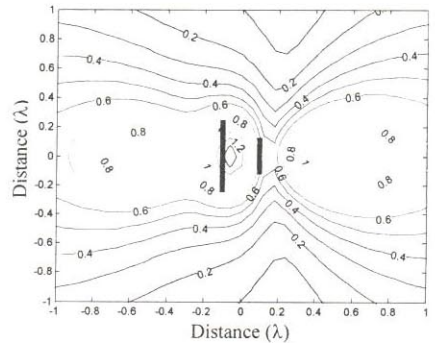


그림 2. 역방향 근접전류의 세기와 길이 조절에 따른 근접자계 세기.

그림 2는 역방향 근접 전류의 세기와 길이를 조절하였을 경우의 근접자계 분포를 나타내며, 각 전류의 위치는 선으로 표시하였다. 순방향 전류는 반파장의 전류 분포를 가지며 역방향 전류는 순방향 전류에 비해 길이가 1/2로 축소되고 약 60% 증가된 세기를 가진다. 각각의 전류가 동일한 크기와 세기를 가질 경우에는 대칭적인 자계 분포를 보이지만, 역방향 전류의 세기와 길이를 축소하였을 경우에는 강한 자계가 오른쪽에서 넓게 나타난다. 따라서 역방향의 근접 전류를 이용하면 강한 자계를 형성할 수

있을 뿐만 아니라, 전류의 조절을 통해 자계의 분포를 보다 용이하게 바꿀 수 있음을 보여준다.

III. 역방향 근접 전류를 이용한 리더 안테나 설계

그림 3은 앞 절에서 설명한 역방향의 근접 전류를 이용한 근거리장용 리더 안테나 구조를 나타낸다. 다이폴 구조를 이용하여 반파장 전류를 형성하기 위해서는 밸런 등의 추가적인 정합회로가 요구된다. 따라서 기존의 동축 케이블을 이용하여 반파장 전류를 유도할 수 있도록 대칭 구조의 inverted-L 안테나를 급전 구조로 사용하였다. 서로 가깝게 위치한 inverted-L 안테나의 한쪽은 동축 케이블로 급전이 이루어지며 다른 한쪽은 접지면과 단락되어 있다. 또한 대칭 구조의 inverted-L 안테나로부터 일정 거리 떨어진 곳에 기생 복사체(parasitic radiator)를 위치시켜 급전 안테나에 흐르는 전류와 역방향의 전류가 유도될 수 있도록 하였다. 각 안테나들과 기생 복사 소자는 FR-4 기판($\epsilon_r = 4.2$, $\tan\delta = 0.02$)위에 인쇄되었으며, 300 mm × 300 mm의 접지면을 사용하였다.

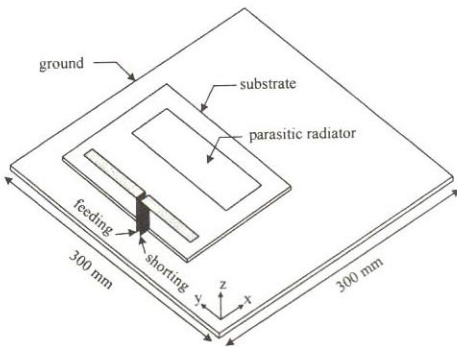


그림 3. 역방향 근접 전류를 이용한 리더 안테나.

안테나의 구체적 설계 변수들은 Pareto 유전자 알고리즘[3]과 FEKO EM 시뮬레이터[4]를 이용하여 최적화하였으며, 다음의 비용평가 함수(cost function)를

이용하였다.

$$\text{Cost1} = 1 - \frac{\int |Hz| ds}{S}$$

$$\text{Cost2} = 1 - \frac{\max(|Hz|) - \min(|Hz|)}{\max(|Hz|)}$$

Cost1은 목표 인식영역 (300 × 300 mm) 내에서 평균 H_z 의 세기를 증가시키기 위해 사용된 함수이며, Cost2는 인식영역 내에서 H_z 의 위치에 따른 변화율을 최소화하기 위해 사용된 함수이다.

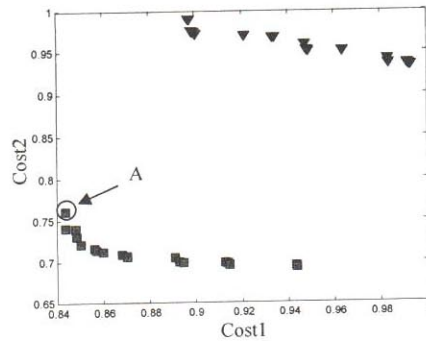


그림 4. 제안된 리더 안테나(■)와 기생 복사체가 없는 구조(▼)의 최적화 결과.

그림 4는 제안된 리더 안테나의 최적화 결과를 보여주며, 성능 비교를 위해 기생 복사체가 생략된 안테나의 최적화된 결과를 함께 나타내었다. 기생 복사체를 이용하여 역방향 근접전류가 형성된 리더 안테나는 기생 복사체가 없는 안테나에 비해 강한 자계를 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 목표 인식영역 내에서 자계의 변화가 적어 안정적인 인식이 가능하다. 최적화 결과를 검증하기 위해 표본 안테나 A를 제작하여 성능을 측정하였다.

그림 5는 최적화된 리더 안테나의 H_z 분포를 나타내며, 리더 안테나의 위치와 목표 인식영역은 점선으로 표시하였다. 수직방향의 근접 자계는 inverted-L 안테나와 기생 복사체 사이에서 강하게

발생되며, 또한 기생 복사체 오른쪽으로도 넓게 형성된다. inverted-L 안테나와 기생 복사체에는 서로 역방향의 전류가 유도되어 그 사이에서 강한 수직 방향의 자계가 발생된 것이며, 또한 H_z 가 대칭적인 구조를 보이지 않고 목표 인식영역인 오른쪽으로 넓게 형성되는 것은 각 전류가 적절히 조절되어 한쪽으로 H_z 가 집중되었기 때문이다.

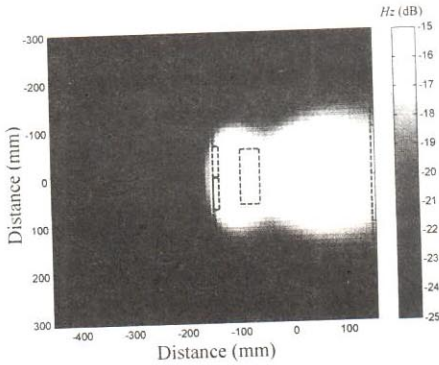


그림 5. 제안된 리더 안테나의 근접 자계 분포.

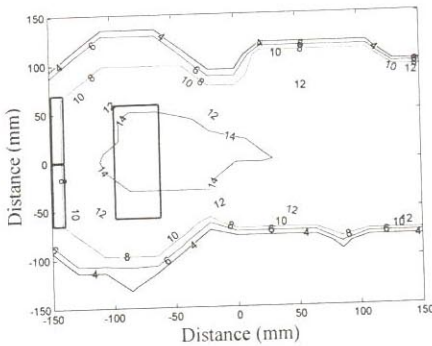


그림 6. 제안된 리더 안테나의 인식거리.

마지막으로 상용 RFID 시스템을 이용하여 제안된 리더 안테나의 인식거리를 측정된 결과를 그림 6에 나타내었다. 태그는 약 2 cm * 2 cm 의 사각 루프와 Alien의 Gen2 태그 칩으로 구성되었으며, 리더 시스템은 Samsys의 MP-9320을 이용하였다. 기존의

상용 리더 안테나[2]는 약 10 cm의 최대 인식거리와 530 cm²의 인식영역을 보이는데 반해 제안된 리더안테나는 약 15 cm 최대 인식거리와 550 cm²의 인식영역 범위에서 태그의 인식이 가능하다.

IV. 결론

본 논문에서는 역방향의 근접 전류를 이용하여 수직 방향의 강한 자계를 형성하는 방법을 설명하고, 전류의 조절을 통하여 자계 분포를 특정 영역으로 집중시키는 방법을 제안하였다. 제안된 방법을 응용하여 UHF대역 근거리장용 리더 안테나를 설계하고 근거리 자계장 분포와 인식거리를 확인하였다. 개발된 리더 안테나는 15 cm의 최대 인식거리를 가지며 550 cm²의 인식영역에서 태그가 고르게 인식되는 것을 확인하였다.

참고문헌

- [1] K. Finkenzeller, *RFID Handbook*, 2nd ed., West Sussex, England: Wiley, 2003.
- [2] <http://www.convergence.com.hk>, "CS-777 Brickyard™ Near-Field Antenna."
- [3] Y. Rahmat-Samii and E. Michielssen, *Electromagnetic Optimization by Genetic Algorithms*, New York: Wiley, 1999.
- [4] <http://www.feko.info>, EM Software & Systems, "FEKO Suite 5.3."