

논문 2006-43TC-1-1

13.56MHz RFID 리더 안테나의 자계 필드 개선에 관한 연구

(A Study on the Magnetic Field Improvement for 13.56MHz
RFID Reader Antenna)

김 혁 진*, 양 운 균**, 유 홍 준***

(Hyuck Jin Kim, Woon Geun Yang, and Hong Jun Yoo)

요 약

새로운 형태의 RFID(Radio Frequency IDentification) 리더용 안테나 구조를 제안하였다. 기존의 RFID 리더용 안테나는 단일 루프 안테나를 사용한다. 리더용 단일 루프 안테나는 통상 트랜스폰더에 비하여 큰 사이즈를 가지며 이와 같은 경우 루프 안테나의 가운데 부분에는 자계 필드가 약하다. 본 논문에서는 병렬 루프 안테나를 제안하고, 단일 루프 안테나와 직렬 루프 안테나 그리고 병렬 루프 안테나를 전산모의실험 및 측정하였다. 전산모의실험 결과 안테나의 중앙부분에서 단일 루프 안테나의 경우 약 0.40A/m 로 가장 낮은 수치를 보였고, 직렬 급전 다중 루프 안테나의 경우 약 0.68A/m 로 단일 루프 안테나에 비해 약간 높은 수치를 보였으며, 병렬 급전 다중 루프 안테나의 경우 약 1.98A/m 로 단일 루프 안테나와 직렬 급전 다중 루프 안테나에 비해 상당히 높은 자계 필드를 보였다. 구현한 각각의 안테나에 저항을 직렬로 연결하여 20Vp-p 의 입력 전압을 인가하고, 무선인식 카드의 경우와 유사하게 비교하기 위해 넓이가 $79\text{mm} \times 48\text{mm}$ 인 측정용 태그에 유도된 전압을 각 안테나의 중앙부분에서 거리를 증가시키면서 측정하였다. 본 논문에서 제안하는 병렬 급전 다중 루프 안테나는 안테나의 중앙부분에서 유도전압이 약 4.04V 로서 단일 루프 안테나의 약 0.76V , 직렬 급전 다중 루프 안테나의 약 1.45V 보다 높은 유도 전압을 보였다. 실험결과에서 볼 수 있듯이 제안된 병렬급전 다중 루프 안테나는 유도되는 전압이 상대적으로 높아 가독거리가 증가될 수 있다.

Abstract

In this paper, we suggested a new antenna structure for the RFID(Radio Frequency IDentification) reader. The conventional RFID reader uses a loop antenna. The central area of a loop antenna shows a low magnetic field strength, especially for the case of a large loop antenna diameter. We proposed a parallel-fed multiple loop antenna. Simulation and measurement were carried out for a single loop antenna, series-fed and parallel-fed multiple loop antennas. Simulation results show that we can obtain 0.40A/m , 0.68A/m , 1.98A/m of magnetic field strengths at the central point of a reader antenna for a single loop antenna, series-fed and parallel-fed multiple loop antennas, respectively. We measured the $79\text{mm} \times 48\text{mm}$ tag area averaged induced voltages with applying 20Vp-p same source signals to reader antennas through the resistors. Measured tag area averaged induced voltages at the central point of a reader antennas were 0.76V , 1.45V , 4.04V for a single loop antenna, series-fed and parallel-fed multiple loop antennas, respectively. The results show that we can get high induced voltage which can guarantee a longer reading distance with a proposed parallel-fed multiple loop antenna.

Keywords : RFID reader, parallel-fed, multiple loop antenna, magnetic field strength

I. 서 론

* 학생회원, ** 정회원, 인천대학교 전자공학과
(Dept. of Electronics Engineering, University of Incheon)
*** 정회원, 주식회사 제이티 (JT Corporation)
접수일자 : 2005년12월15일, 수정완료일 : 2005년1월19일

RFID(Radio Frequency IDentification) 카드 시스템은 우리나라의 경우 주로 대중교통 요금징수 시스템으로서 사용되고 있으며, 그 활용 범위가 출입통제, 요금 징수, 전자화폐 및 건강카드 분야로 확산되고 있다. 또 일반 RFID 시스템의 저가격화와 기술 발전에 따라 물류정보시스템과 같은 거대시장을 형성할 수 있는 분야로까지 그 활용범위가 증가하고 있다^[1].

국내에 전국적으로 보급된 RFID 시스템은 주로 13.56MHz를 사용하는 ISO(International Standardization Organization) / IEC(International Electrotechnical Commission) 14443 규격을 사용한다. 유도성으로 결합된 근접 카드(PICC, Proximity IC Card)의 전력은 전송 주파수 13.56MHz에서 리더(PCD, Proximity Coupling Device)의 자계 교류 필드로부터 공급된다^[2]. ISO/IEC 14443 규격에서 RFID 리더 안테나는 $1.5A/m < H < 7.5A/m$ 에 해당하는 자계 필드를 형성하게 된다^[3]. 무선인식 카드의 경우 가장 중요한 관심사항 중 하나는 인식거리를 최대한 멀리하고자 하는 것이다^{[4][5]}.

본 논문에서는 안정적인 인식거리를 확보를 위하여 병렬 급전 다중 루프 안테나를 제안한다. 기존의 RFID 안테나인 단일 루프 안테나와 직렬 급전 다중 루프 안테나의 특성을 Zeland사의 전산모의실험용 소프트웨어인 IE3D를 이용하여 분석하며 제안된 안테나와 비교하였다. 또한 각 안테나들을 구현하고 유도전압을 측정하여 성능을 비교한다.

II장에서는 리더 안테나의 공진에 대하여 언급한 후 제안하는 안테나의 구조에 대하여 기술하고, III장에서는 전산모의실험 결과 및 실제 구현된 안테나의 측정 결과를 분석하며, IV장에서 결론을 맺는다.

II. 병렬 급전 다중 루프 안테나

1. 리더 안테나의 공진

보통 리더 안테나는 큰 면적의 코일로 이루어진다. 코일은 원래 인덕턴스를 얻기 위해 사용되는 것이지만, 도선의 저항과 분포용량도 필연적으로 따르게 된다.

주파수가 낮을 때에는 부유용량의 영향이 적기 때문에 코일은 대체로 R과 L로 구성된 직렬회로로 생각할 수 있다.

그림 1은 손실이 있는 실제 리더 안테나의 코일을 등가회로로 나타낸 그림이다. 이 회로의 어드미턴스는 식

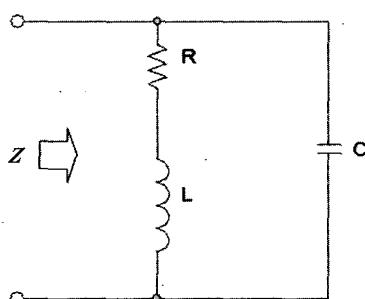


그림 1. 코일의 등가회로 모델
Fig. 1. Equivalent circuit of coil.

(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y = \frac{1}{R + j\omega L} + j\omega C = \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2} + j\left(\omega C - \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}\right) \quad (1)$$

이 헤수부가 0이 되는 주파수, 즉 공진주파수를 ω_r 이라 하면 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \omega_r &= \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2} \\ &= \omega_0 \sqrt{1 - \left(\frac{R}{\omega_0 L}\right)^2} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{Q_c^2}} \end{aligned} \quad (2)$$

위에서 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 이며, Q_c 는 코일의 ω_0 에서의 Q 값으로 식(3)과 같다.

$$Q_c = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (3)$$

$\omega = \omega_r$ 일 때, 식(1)에서 실수부만 남으므로 여기에 식(2)를 대입하면 식(4)와 같이 표현된다.

$$Y = \frac{RC}{L} + j0 \quad (\text{공진주파수 } \omega_r \text{에서}) \quad (4)$$

대부분의 경우 $Q_c \gg 1$ ($R \ll \omega_0 L$)이며, 이 때의 공진 주파수는 식(5)와 같게 된다.

$$\omega_r \approx \omega_0 \quad (Q_c \gg 1 \text{ 일 때}) \quad (5)$$

식(5)에 의해서 병렬 공진회로의 공진주파수는 식(6)으로 계산할 수 있다^[6].

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (6)$$

2. 병렬 급전 다중 루프 안테나

일반적으로 최대 크기가 파장의 10분의 1보다 작은 폐루프를 소형 루프 안테나(small loop antenna)라고 한다. 루프 둘레 길이가 전기적으로 작다면 루프를 따라 분포된 전류의 크기와 위상이 상수가 되기 때문에 소형 루프의 방사는 루프면 방향으로 최대가 된다. 이러한 소형 루프 안테나의 방사장은 루프의 형태와는 무관하며 단지 전류와 면적에만 관계된다^[7]. RFID 리더와 트랜스폰더에는 루프 안테나를 많이 사용하고 있다. 보통

의 경우 단일 권선군으로 구성하며 다수의 권선군을 직렬로 연결하여 사용하는 경우도 있다.

단일 권선군으로 된 루프 안테나의 경우, 원거리에서의 판독을 위해서는 안테나의 반경(R)을 크게 하는 방법을 사용하는데, 안테나의 반경이 커질수록 아주 먼 거리($z > R$)에서 반경이 작은 안테나보다 자계 강도가 높다. 송신 안테나의 반경을 R 이라 하고 여기에 일정한 코일 전류 I 를 흘릴 때 송신 안테나로부터의 일정한 거리 z 에서의 자계 필드 세기 H 를 크게 하는 z 에 대한 안테나의 반경 R 은 다음과 같은 관계를 보인다^[2].

$$R = z \cdot \sqrt{2} \quad (7)$$

단일 루프의 경우를 보면 루프 부근에서 장의 세기가 높고 루프의 중심부분에서는 세기가 낮은 모양을 보인다. 안테나의 반경이 커질수록 안테나 중심에서의 장의 세기 H 는 더욱 낮게 된다.

본 논문에서는 중심부분에서 장의 세기를 보강하는 방법으로서 그림 2와 같은 병렬 급전 다중 루프 안테나를 제안한다. 먼 거리에서도 태그가 인식될 수 있도록 단일 루프 안테나 안에 병렬로 작은 루프 안테나를 연결하였다. 안쪽 루프와 바깥쪽 루프는 동일한 방향으로 권선된다. 이는 안테나의 지향성을 개선하여 RFID 리더에서 좀 더 긴 인식거리를 확보하고자 하는 것이다. 다중 루프 안테나 형태로 구성할 경우 단일 루프 안테나에 비하여 동일한 턴 수에서는 인덕턴스값이 낮아질 수 있다. 인덕턴스를 기준의 경우와 같이 할 경우에는 턴 수를 많이 할 수 있다.

그림 2의 경우 2개의 권선군을 보이고 있는데 권선군의 개수는 안테나의 크기와 응용 용도에 따라 다양하게 구성될 수 있다.

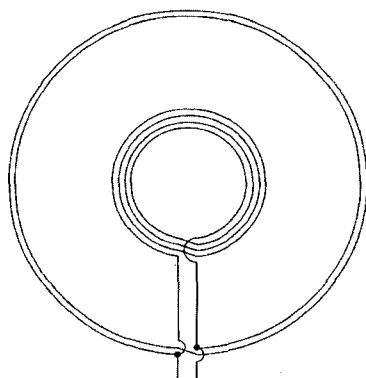


그림 2. 제안된 병렬 루프 안테나의 구조

Fig. 2. The proposed structure of a parallel-fed multiple loop antenna.

3. 병렬 급전 다중 루프 안테나 설계

먼 거리에서도 태그의 인식이 가능한 병렬 급전 다중 루프 안테나를 설계하였다. 제안된 안테나는 외부 루프 안테나에 내부 루프 안테나를 병렬로 연결, 지향성을 추구하여 먼 거리에서 자기장의 세기가 보강되는 구조로 되어 있다.

그림 3은 전산모의실험용 소프트웨어인 Zeland사의 IE3D로 모델링한 병렬 급전 다중 루프 안테나이다. 최외각 직경 180mm인 2턴의 외부 루프 안테나와 최외각 직경 80mm인 4턴의 내부 루프 안테나를 갖는 병렬 급전 다중 루프 안테나이다.

그림 4은 병렬 급전 다중 루프 안테나의 등가 회로도이다. 외부 안테나와 내부 안테나가 병렬로 연결되어 있기 때문에 태그가 리더 안테나로 접근 시 상호간의 영향을 줄여줄 수 있다^[8].

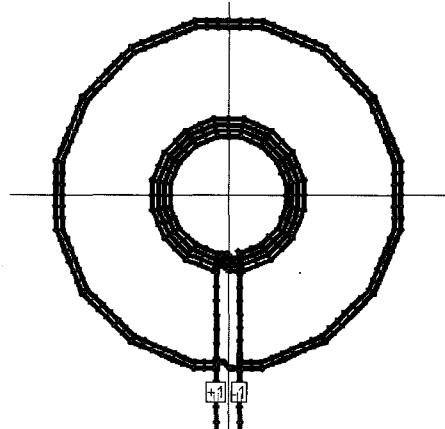


그림 3. 병렬 급전 다중 루프 안테나의 설계

Fig. 3. Design of a parallel-fed multiple loop antenna.

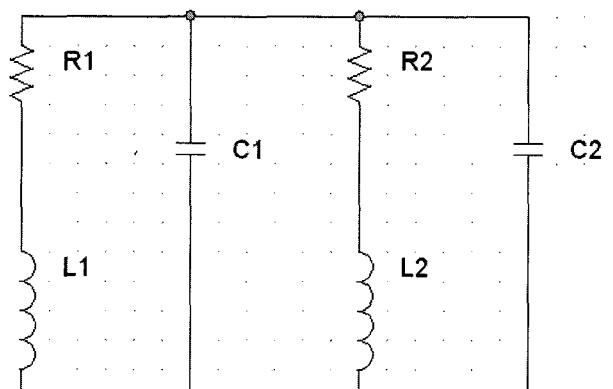


그림 4. 병렬 급전 다중 루프 안테나의 등가 회로도

Fig. 4. Equivalent circuit of a parallel-fed multiple loop antenna.

III. 전산모의실험 및 측정

제안된 안테나는 음영 구역의 발생없이 긴 인식거리를 갖는 리더용 안테나에 적용하도록 설계하였다. Zeland사의 IE3D로 같은 크기의 소스를 인가하여 전산모의실험 하였으며, HP4195A 네트워크 분석기로 구현된 안테나를 측정하였다.

1. 전산모의실험

긴 인식거리를 갖기 위한 병렬 급전 다중 루프 안테나의 파라미터의 비교치로서 외부 루프의 턴수는 2턴에 최외각 직경은 180mm, 내부 루프의 턴수는 4턴에 최외각 직경은 80mm로 하였다. 동선의 넓이는 1.5mm, 동선간의 간격은 1mm로 전체적인 루프 안테나의 모양은 원형으로 제작하였다. 또한 비교 실험을 위한 단일 루프 안테나는 외부 루프의 턴수 2턴만으로 구성하였고, 직렬 급전 다중 루프 안테나의 경우는 외부 루프의 턴수는 2턴에 최외각 직경은 180mm, 내부 루프의 턴수는 1턴에 최외각 직경은 80mm의 형태이다.

그림 5는 단일 루프 안테나의 전산모의실험 결과이다. 특정세기로 인가한 소스에 대하여 전산모의실험결과를 보면 그림 5(a)에서 루프 근처에서는 세기가 크게 나타나고 중앙에서 낮음을 알 수 있다. 그림 5(a)의 안테나 중앙에서 안테나면에 수직한 방향으로의 자계 강도(Hz)는 약 0.40A/m로 양쪽 루프면 위의 약 2.50A/m에 비해서 상당히 작은 값을 나타냈다. 그림 5(b)는 트랜스폰더 사이즈의 면적을 평균한 값으로 평균 자계 강도 분포를 보여준다. 안테나 중앙에서 세기가 약하다는 것을 알 수 있다.

그림 6은 직렬 급전 다중 루프 안테나의 전산모의실험 결과이다. 그림 6(a)의 z방향 자계 강도 분포가 안테나 면에 수직한 방향으로 좀 더 균일한 형태로 분포되며, 그림 6(a)에서 안테나 중앙에서의 Hz는 약 0.68A/m로 단일 루프 안테나보다는 약 0.28A/m 높은 값을 나타낸다. 또한 그림 6(b)에서 평균 자계 강도를 통하여 균일한 형태로 자계가 분포하는 것을 확인 할 수 있다.

그림 7은 병렬 급전 다중 루프 안테나의 전산모의실험 결과이다. 그림 7(a)에서 안테나 중앙에서의 Hz는 약 1.98A/m로 단일 루프 안테나와 직렬 급전 다중 루프 안테나보다 상당히 큰 값을 가지며, 이것은 그림 7(b)의 평균 자계 강도를 통하여 확실히 알 수 있다. 또한 그림 7(c)의 z방향 자계 강도 분포에서는 안테나 중앙부분의 자계가 보강되어 더 먼 거리까지 전달됨을 나타내고 있다.

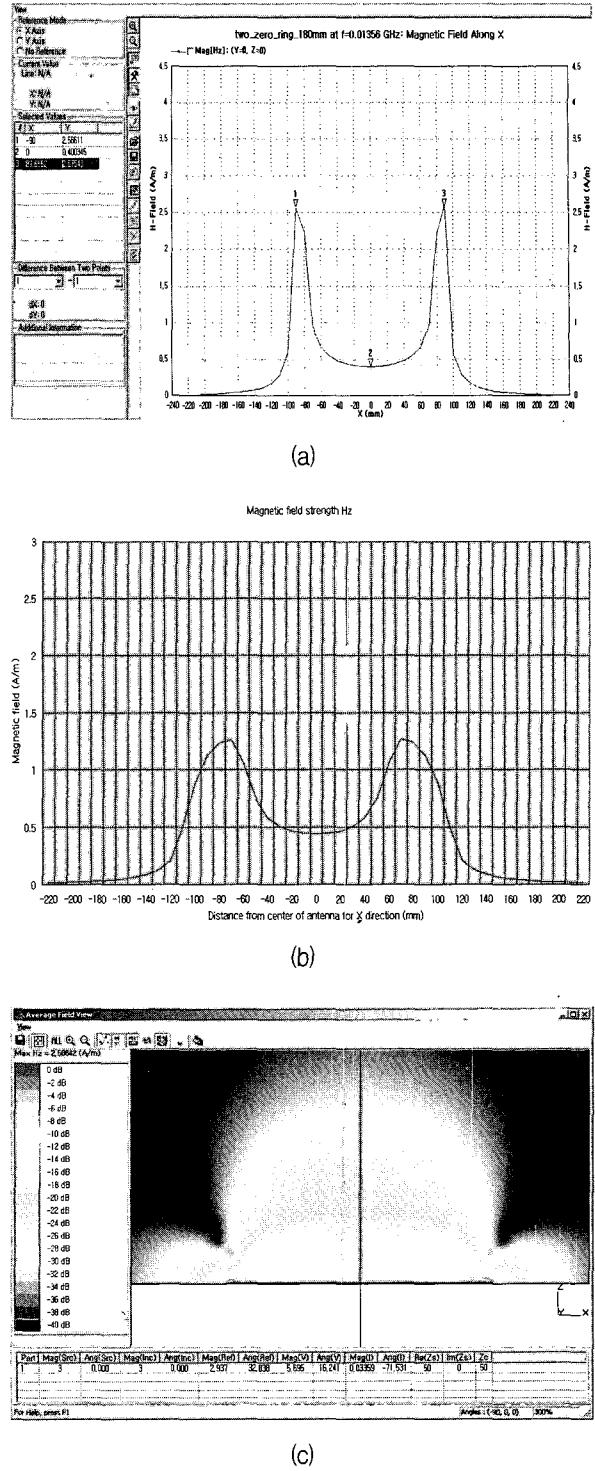
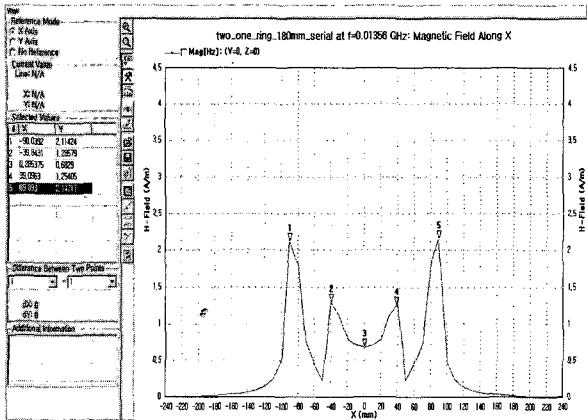
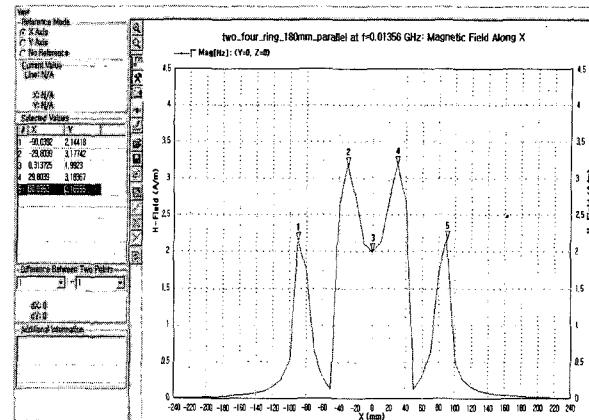


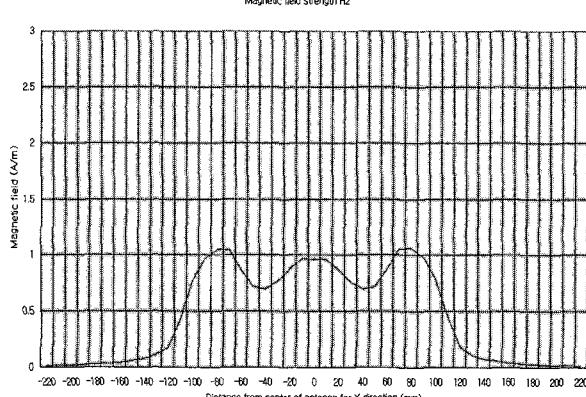
그림 5. 단일 루프 안테나의 전산모의실험 결과
 (a) 자계 강도,
 (b) 트랜스폰더 사이즈의 평균 자계 강도 분포,
 (c) z방향 자계 강도 분포
 Fig. 5. Simulation results of a single loop antenna.
 (a) Magnetic field strength,
 (b) Typical card area averaged magnetic field strength,
 (c) Magnetic field strength distribution for z direction.



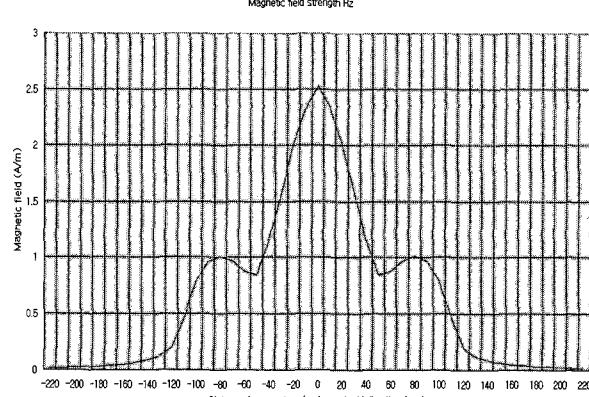
(a)



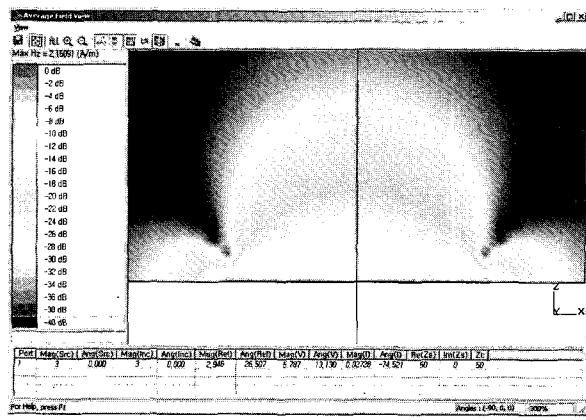
(a)



(b)



(b)



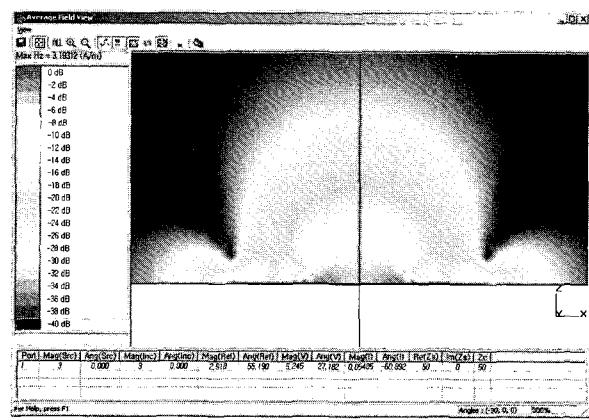
(c)

그림 6. 직렬 급전 다중 루프 안테나의 전산모의 실험 결과

- (a) 자계 강도,
- (b) 트랜스폰더 사이즈의 평균 자계 강도 분포,
- (c) z방향 자계 강도 분포

Fig. 6. Simulation results of a series-fed multiple loop antenna.

- (a) Magnetic field strength,
- (b) Typical card area averaged magnetic field strength,
- (c) Magnetic field strength distribution for z direction.



(c)

그림 7. 병렬 급전 다중 루프 안테나의 전산모의 실험 결과

- (a) 자계 강도,
- (b) 트랜스폰더 사이즈의 평균 자계 강도 분포,
- (c) z방향 자계 강도 분포

Fig. 7. Simulation results of a parallel-fed multiple loop antenna.

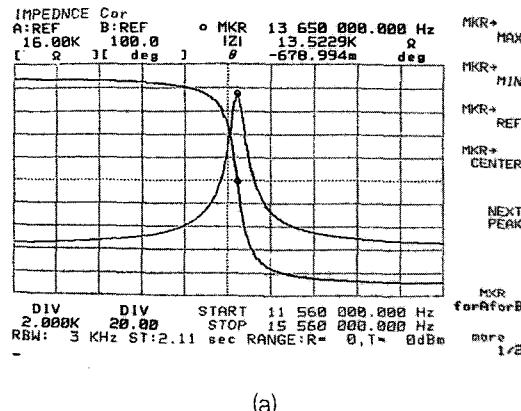
- (a) Magnetic field strength,
- (b) Typical card area averaged magnetic field strength,
- (c) Magnetic field strength distribution for z direction.

그림 7은 병렬 급전 다중 루프 안테나의 전산모의실험 결과이다. 그림 7(a)에서 안테나 중앙에서의 Hz는 약 1.98A/m로 단일 루프 안테나와 직렬 급전 다중 루프 안테나보다 상당히 큰 값을 가지며, 이것은 그림 7(b)의 평균 자계 강도를 통하여 확실히 알 수 있다. 또한 그림 7(c)의 z방향 자계 강도 분포에서는 안테나 중앙부분의 자계가 보강되어 더 먼 거리까지 전달됨을 나타내고 있다.

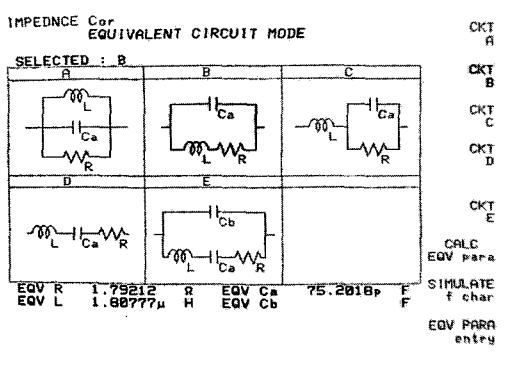
2. 측정결과

전산모의실험한 각 안테나들을 FR4 기판을 사용하여 제작하였다. 각 안테나들의 등가회로 모델이 다르기 때문에 HP4195A 네트워크 분석기를 사용하여 임피던스를 측정하여 등가회로 모델을 추출하였다. 그리고 2장에서 언급한 식(6)을 이용하여 적절한 캐패시터를 외부에 안테나와 병렬로 연결하여 13.56MHz 근처에서 공진하도록 하였다.

그림 8, 9, 10은 단일 루프 안테나, 직렬 급전 다중 루



(a)

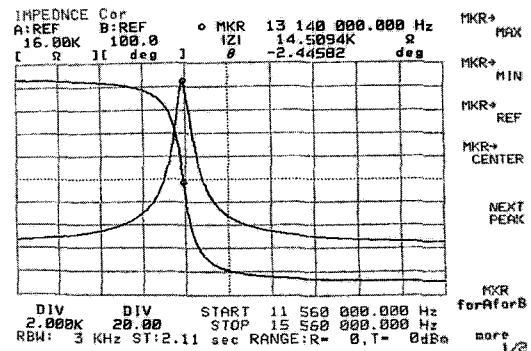


(b)

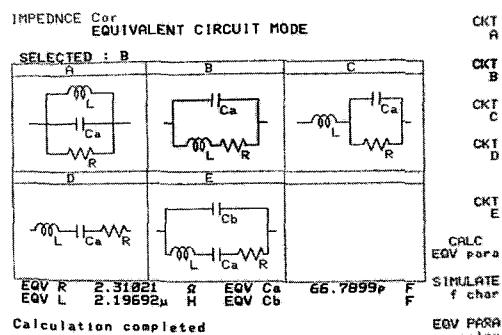
그림 8. 단일 루프 안테나의 측정 결과

- (a) 임피던스 곡선,
- (b) 등가회로 모델

Fig. 8. Measured results of a single loop antenna.
(a) Impedance curve,
(b) Equivalent circuit model.



(a)



(b)

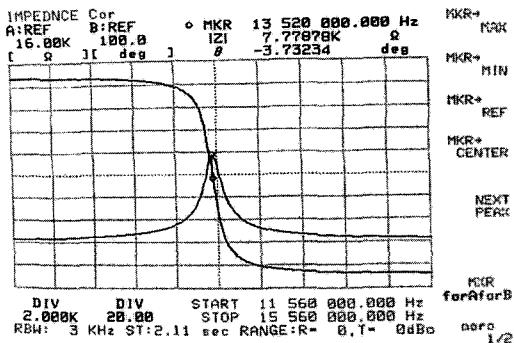
그림 9. 직렬 급전 다중 루프 안테나의 측정 결과

- (a) 임피던스 곡선,
- (b) 등가회로 모델.

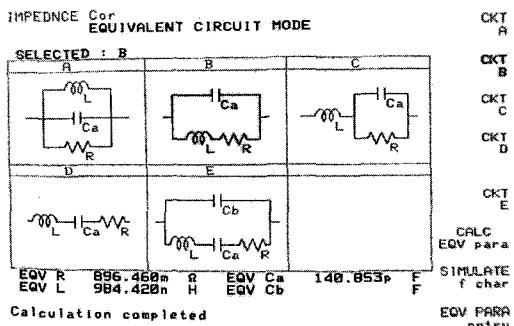
Fig. 9. Measured results of a series-fed multiple loop antenna.
(a) Impedance curve,
(b) Equivalent circuit model.

프 안테나, 병렬 급전 다중 루프 안테나의 측정결과로 임피던스 곡선과 등가회로 모델을 보여주고 있다. 외부에 안테나와 병렬로 연결된 캐패시터에 의하여 13.56MHz 근처에서 공진이 이루어지는 것을 알 수 있다.

그림 11은 리더 안테나에 저항을 직렬로 연결하여 20Vp-p의 입력 전압을 인가하고, 무선인식 카드의 경우와 유사하게 비교하기 위해 넓이가 79mm × 48mm 인 측정용 태그에 유도된 전압을 측정한 결과이다. 안테나의 반경이 커질수록 안테나 중심에서의 장의 세기 H가 작아져서 유도전압이 작아지기 때문에 단일 루프 안테나는 안테나 중앙에서 약 0.76V의 낮은 전압이 유도되었다. 직렬 급전 다중 루프 안테나는 약 1.45V로 안테나 면적에 걸쳐서 일정한 전압을 유도하지만 높은 전압을 유도해내지는 못했다. 그러나 병렬 급전 다중 루프 안테나의 경우는 안테나 중앙에서의 자계 강도가



(a)



(b)

그림 10. 병렬 급전 다중 루프 안테나의 전산모의 실험 결과

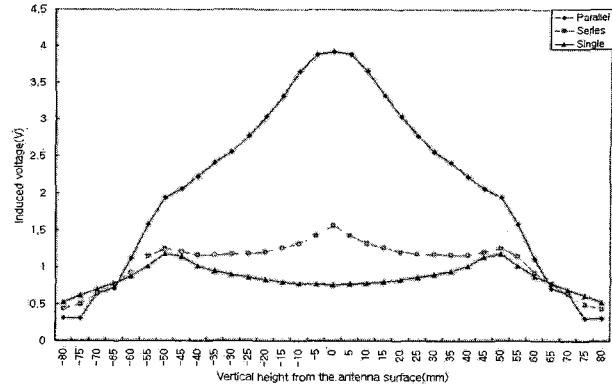
- (a) 임피던스 곡선,
- (b) 등가회로 모델

Fig. 10. Measured results of a parallel-fed multiple loop antenna.

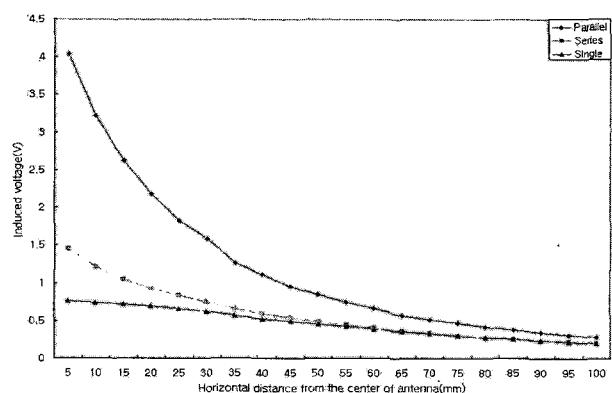
- (a) Impedance curve,
- (b) Equivalent circuit model.

보강되어 약 4.04V로 다른 안테나들보다 약 3배에서 5배까지 높은 유도 전압을 보였다. 또한 그림 11(b)에서 알 수 있듯이 더 먼 거리까지 높은 전압을 유도해내고 있음을 확인할 수 있었다. 내부 루프의 크기를 조정하여 지향성을 좀 더 향상시킬 수 있으며, 또한 직렬 급전 다중 루프 안테나처럼 안테나 면적에 걸쳐서 일정한 전압을 유도할 수도 있다.

제안된 병렬 급전 다중 루프 안테나는 기존의 단일 루프 안테나와 비교할 때 사용거리가 멀어져서 루프의 반경이 커지게 되는 경우 특히 효과적이다. 식(7)에서 보이는 바와 같이 사용거리가 멀어질수록 루프의 반경이 커지게 되고 이 경우 단일 루프 안테나에서는 루프의 중심에서 자계 세기는 전산모의 실험 및 측정결과에서 보이는 바와 같이 몹시 낮아지게 된다. 그러나 제안된 병렬 급전 다중 루프 안테나는 중앙에서 충분한 자



(a)



(b)

그림 11. 각 안테나별 거리에 따른 유도전압 측정결과
(a) z=0에서 안테나를 가로 자르는 방향,
(b) z방향

Fig. 11. Measured induced voltage for each antenna.

- (a) x direction with distance z=0,
- (b) z direction.

계 세기를 제공하여 결과적으로 안정적으로 인식 거리를 크게 할 수 있다. 기존의 단일 루프 안테나와 비교할 때 제안된 병렬 급전 다중 루프 안테나의 경우 안테나 중심부에서 자계 세기가 약 5배 정도 큰 값으로 되었으며 유도 전압면에서 우수한 성능을 보여 인식거리를 크게 할 수 있음을 볼 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 RFID 리더용 병렬 급전 다중 루프 안테나를 제안하였으며, 일 예로 구현한 안테나 전체구조는 최외각 직경 180mm의 외부 루프 2턴과 최외각 직경 80mm의 내부 루프 4턴의 병렬 결합된 형태이다.

특정 크기의 소스를 인가한 전산모의 실험결과 제안하는 병렬 급전 다중 루프 안테나의 중앙에서 Hz는 약 1.98A/m로서 기존 RFID 안테나인 단일 루프 안테나의 약 0.40A/m와 직렬 급전 다중 루프 안테나의 약

0.68A/m비해 상당히 큰 자계 강도를 나타내었다. 또한 유도 전압을 측정하여 성능을 비교한 결과에서도 기존 RFID 안테나인 단일 루프 안테나의 약 0.76V, 직렬 급전 다중 루프 안테나의 약 1.45V에 비해 제안하는 병렬 급전의 경우 약 4.04V로서 우수한 성능을 보였으며, 인식거리가 증대되었다.

제안된 안테나는 RFID 서비스가 증가하는 시점에서 사업자의 제품 상용화 및 사용자의 편리성 증대로 많은 활용이 기대된다.

=====
본 내용은 특허 출원중임을 밝혀둡니다.

참 고 문 현

- [1] 이근호, 김길영, “RFID 기술동향”, 한국전자파학회지, 제 12권, 제 4호, pp.43-49, 2001.
- [2] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook, 2nd ed., John Wiley & Sons, pp.41-65, 2003.

- [3] ISO/IEC 14443-2, *Identification cards Contactless integrated circuit(s) cards Proximity cards Part 2: Radio frequency power and signal interface*.
- [4] 박용주, 김혁진, 한상준, 양운근, 김정호, “13.56MHz RFID 리더용 병렬 급전 다중 루프 안테나 설계 및 구현”, 전자파기술 하계 종합학술발표회 논문집, pp.38-41, 2004.
- [5] Woon Geun Yang, Yong Ju Park, Hyuck Jin Kim, Jung Min Cho, and Jung Ho Kim, “Parallel-fed Multiple Loop Antenna for 13.56MHz RFID Reader”, The Proc. of ICEIC, pp.334-338, 2004.
- [6] 박송배, 신희로이론 제3판, pp.256-265, 2001.
- [7] Warren L. Stutzman and Gary A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, pp.68-76, 1998.
- [8] Hyuck Jin Kim, Woon Geun Yang, Hong Jun Yoo, “Measurement and Computer Simulation for 13.56MHz RFID Tag-Antenna Optimization”, *Proc. of ITC-CSAC 2005*, pp.845-846, 2005.

저 자 소 개



김 혁 진 (학생회원)
2005년 인천대학교 전자공학과
학사
2005년~현재 인천대학교
전자공학과 석사
<주관심분야 : RFID, 이동통신,
Antenna>



양 운 근 (정회원)
1983년 서울대학교 전자공학과
학사
1985년 서울대학교 전자공학과
공학 석사
1994년 서울대학교 전자공학과
공학 박사
2000년 한국통신학회 산하 부호 및 정보이론
연구회 위원장
2001년 5월 29일~2002년 2월 28일 한국전자통신
연구원, 무선방송 연구소 초빙 연구원
2002년 3월 1일~현재 (주)JT 기술자문교수
2004년 2월 1일~2005년 1월 31일 (주)LG전자
자문교수



유 흥 준 (정회원)
1996년 서강대학교 경영회계연수
원 최고 경영자 수료
2003년 고려대학교 공과대학원
반도체최고위 과정수료
1981년~1986년 삼성전자(주)
자동화장비개발팀장
1986년~1989년 동양반도체(주) 자동화장비
개발부장
1990년 준텍 설립
2002년~현재 상호변경 (주)제이티 대표이사
1996년 IR52장영실상 수상(과학기술처)
2000년 우수벤처기업대상 국무총리상 수상
2002년 우수경영자상 수상(한국반도체협회)
2003년 우수벤처기업대상 산업자원부장관상 수상
<주관심분야 : 자동화, 반도체 장비, RFID>

Listed in the 20th ed.(2003), 21st ed.(2004), 22nd ed.(2005) of Marquis "Who's Who in the World"
Listed in the 8th ed.(2005-2006) of Marquis "Who's Who in Science and Engineering"
Listed in the "2000 Outstanding Scientist of the 21st Century" of International Biographical Centre
<주관심분야 : 이동통신, RFID, 안테나, 부호이론,
ITS 관련분야>