

미앤더 라인을 이용한 RFID 태그용 원형 루프 안테나의 소형화

Miniaturization of Circular Loop Antenna Using Meander Line for RFID Tag Applications

류 흥 균 · 우 종 명

Hong-Kyun Ryu · Jong-Myung Woo

요 약

본 논문에서는 UHF 대역(908.5~914 MHz)에 사용되는 RFID 태그용 소형 안테나를 원형 루프 안테나로 설계 및 제작하였다. 원형 루프 구조를 미앤더 라인 구조로 변형시킴으로써 원형 루프 안테나의 소형화를 가능하게 하였다. 2단 미앤더 라인 구조를 이용한 소형 원형 루프 안테나의 경우, 안테나 직경이 40 mm로 일반 원형 루프 안테나에 비해 83 %의 크기 축소를 얻었으며, S_{11} -11.9 dB, -10 dB 대역폭 12 MHz(1.3 %), 최대 이득 -1.18 dBd의 특성을 얻었다. 또한 알루미늄으로 코팅된 과자 봉지와 같은 평면형 도체에 부착 가능하도록 태그 안테나를 2단 미앤더 라인 구조를 이용하여 반파장 원형 루프 안테나에 적용시킨 반파장 소형 원형 루프 안테나를 고안, 제작하였다. 이 안테나는 접지면을 제외하고 92.1 %의 크기 축소를 얻었으며, S_{11} -16.5 dB, -10 dB 대역폭 48 MHz(5 %), 최대 이득 -0.58 dBd의 특성을 얻었다. 방사 패턴은 z-y면에서 무지향성 패턴 특성을 나타내었다. 이로써 본 논문에서 제안된 미앤더 라인 구조의 원형 루프 안테나가 RFID 태그 안테나의 소형화에 적합함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, the miniaturized radio frequency identification(RFID) tag antennas used in UHF band(908.5~914 MHz) are designed and fabricated by using the circular loop antenna(CLA). Miniaturization of CLA was possible to transform the structure of circular loop into the structure of meander line. In the case of double meander line CLA is reduced up to 83 % compared with the general type CLA. The S_{11} , -10 dB bandwidth, and gain of double meander line CLA were -11.9 dB, 12 MHz(1.3 %), and -1.18 dBd. Also, a small half-wavelength CLA using double meander line is designed and fabricated for flat snack bag coated aluminum. The antenna is reduced up to 92.1 % except ground. It shows the S_{11} of -16.5 dB, -10 dB bandwidth of 48 MHz(5 %) and gain of -0.58 dBd. The radiation pattern shows omni-directional pattern in z-y plane(x-axis pol.). Through this result, we can confirm that miniaturized type CLAs using meander lines are suitable for miniaturized RFID tag antennas with the UHF band.

Key words : Loop Antenna, RFID Tag, Meander Line, Miniaturization

I. 서 론

바코드 인식 시스템을 대체하고 있는 RFID(Radio

Frequency Identification) 시스템은 초소형 IC 칩이 부착된 태그에 정보를 담아 사물의 정보를 인식, 수집, 추적이 가능한 시스템이다^[1].

「본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITA-2006-(C1090-0603-0034)(해외과건).」

충남대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Chungnam National University)

· 논문 번호 : 20070115-008

· 수정완료일자 : 2007년 6월 8일

전 세계적으로 유통, 물류 등의 용도에 이용되어 지고 있는 UHF(860~960 MHz) 대역 RFID 시스템은 전자파 복사 방식을 사용하여 인식 거리가 길고 전원을 리더기에서 방사되는 전자파를 이용하는 수동형 방식을 채택하기 때문에 제작 가격 등에 유리한 면이 있다. 현재 한국에서는 이 대역에 908.5~914 MHz (대역폭 5.5 MHz)을 분배하였다^[2].

전 세계적으로 물류 유통에 사용되는 RFID 태그는 안테나 성능 열화를 최소화 시키면서 어떤 물품에도 쉽게 부착될 수 있도록 소형화되는 것이 유리하다. 태그에 사용되는 칩은 IC 기술의 발달로 인하여 초소형화 되어 있는데 반해, 안테나는 파장에 따라 크기가 결정되므로 소형화에 어려움이 있다. 따라서 RFID 태그 안테나는 구조가 간단한 다이폴 안테나, 폴디드 다이폴 안테나와 같은 선형 안테나가 주로 이용되고 있다. 또한, 루프 안테나를 이용한 RFID 태그용 안테나도 연구되어져 왔다. 루프 안테나를 소형화하기 위해 참고문헌 [3]에서는 fractal 구조를 적용하여 안테나를 소형화하는 연구를 하였다. 그리고 참고문헌 [4]에서는 Hilbert curve를 이용하여 fractal 구조의 RFID 태그용 루프 안테나를 75×45 mm(0.22×0.14 λ)의 크기로 소형화 하였다.

본 논문에서는 한국 UHF RFID 대역(설계 주파수 911.25 MHz)에서 구조가 간단하고 저가로 구현할 수 있는 1 λ(λ: 파장, 329 mm) 원형 루프 안테나(Circular Loop Antenna: CLA)를 이용하여 소형 RFID 태그용 안테나를 설계한다. 먼저 원형 루프 안테나의 임피던스 매칭을 위해 직렬 급전 구조^[5]를 사용하여 급전 구조 위치에 따른 특성 변화를 파악한다. 그 다음 미앤더 라인^[6]을 사용하여 공진 길이가 증가되는 효과를 이용하여, 미앤더 라인 구조를 루프 내부로 삽입하고 루프의 직경을 줄임으로서 안테나를 소형화 시키고자 한다. 마지막으로 접지면을 이용한 반파장 원형 루프 안테나에 미앤더 라인 구조를 삽입하여 원형 루프 안테나를 소형화 하고자 한다.

보통의 RFID 태그 안테나는 RFID 칩과 복소 임피던스 매칭^[1]이 되도록 태그 안테나의 임피던스를 결정하는데 본 논문에서는 안테나의 임피던스를 50 Ω으로 설계하였으며, 급전구조와 미앤더 라인 개수, 루프 직경 등의 파라미터를 이용하여 어떠한 칩 임피던스에도 복소 임피던스 매칭을 시킬 수 있음을

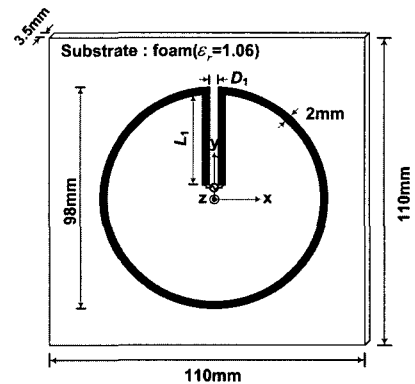
보이고자 한다. 이들 결과들에 대해 기술하고자 한다.

II. 소형 원형 루프 안테나 설계

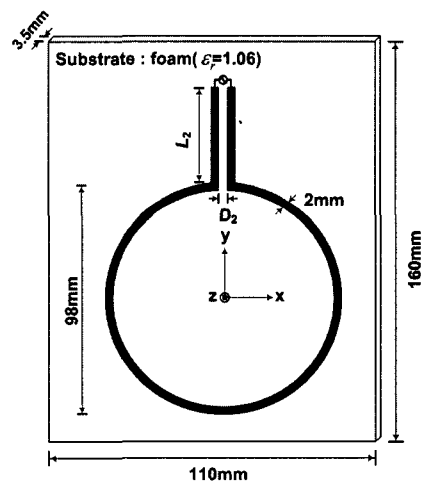
2-1 원형 루프 안테나의 급전 특성

그림 1에 폭 2 mm의 평면 도선을 이용하여 제작된 프린트형 기본 원형 루프 안테나의 구조를 나타내었다. 이때 평면 도선은 두께 0.05 mm의 구리를 이용하였다. RFID 태그 안테나는 물품에 쉽게 부착돼야 하기 때문에 평면 형태의 안테나가 적합하다.

본 연구에서는 기관의 유전율에 의한 안테나의 손실을 최소화하고 실험적으로 안테나 지지를 쉽게



(a) 내부 급전
(a) Inner feed



(b) 외부 급전
(b) Outer feed

그림 1. 원형 루프 안테나의 급전 구조
Fig. 1. Feed structure of CLAs.

하기 위해 공기와 유전율이 비슷한 foam ($\epsilon_r=1.06$)을 이용하였다. 설계 중심 주파수 911.25 MHz에서 제작된 원형 루프 안테나의 지름을 98 mm(원주 : 0.93λ)로 고정하였으며, 이때의 루프 둘레 길이가 한 파장과 비슷하였다.

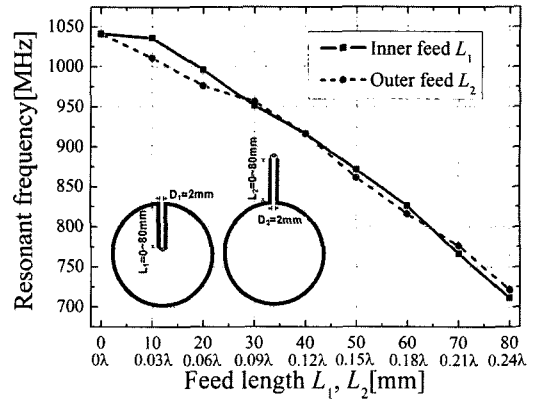
보통의 원형 루프 안테나는 그림 1(b)와 같이 급전 구조가 외부에 위치해 있는 구조를 사용한다^[7]. 하지만 이 구조는 급전 길이까지 안테나의 크기에 포함되어 소형화에 한계가 있으므로 그림 1(a)의 내부 급전이 소형화에 더욱 적합하다. 따라서 급전 구조가 루프 내부로 들어가는 구조와 루프 외부에 있는 구조에 대해 급전 길이(L_1, L_2), 급전 간격(D_1, D_2) 변화에 따른 임피던스 특성 및 방사 패턴을 비교 분석하였다.

그림 1에 나타난 원형 루프 안테나의 구조에서 급전 간격 D_1, D_2 를 2 mm(0.006λ)로 고정시키고 급전 길이 L_1, L_2 변화에 따른 공진 주파수 및 임피던스 변화 특성을 그림 2에 나타내었다.

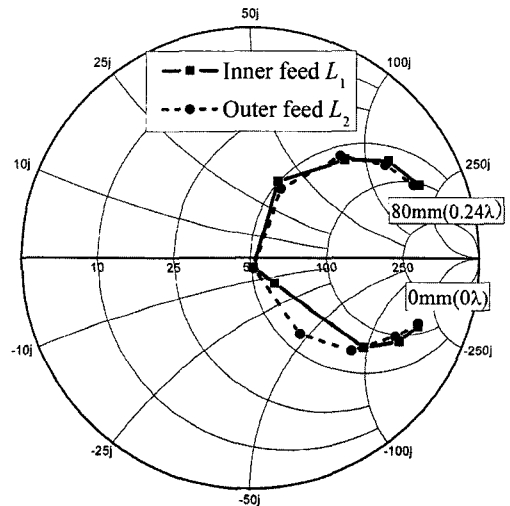
그림 2(a)에서 나타난 바와 같이 급전 길이 L_1, L_2 를 0 mm(0λ)에서 80 mm(0.24λ)까지 10 mm(0.03λ) 간격으로 변화시킬 때 공진 주파수는 L_1 의 경우 1,041 ~ 711 MHz, L_2 는 1,041 ~ 721 MHz로 선형적인 저하 특성이 나타났으며, 중심 주파수 911.25 MHz에서 그림 2(b)와 같은 임피던스 궤적 특성을 나타내었다. 이는 급전선의 길이가 길어지면 급전선 자체에 실리는 전류 분포가 안테나 전 길이에 영향을 주므로 나타나는 현상이다. 또한 안테나 자체 임피던스를 부하 임피던스로 본다면 부하로부터 입력점 위치 변화에 따른 임피던스 특성이 회전 궤적으로 나타난 것으로 해석된다.

만일, 급전 길이 L_1, L_2 를 39 mm(0.12λ)를 중심으로 리액턴스 특성을 고찰하면, 길이가 짧게 될 경우 캐패시턴스 성분을, 길게 될 경우 인덕턴스 성분을 나타내게 된다. 이는 루프의 원주가 길어지는 효과로도 해석될 수 있다. 또한 두 구조 모두 동일한 특성을 나타내었다.

그림 3에는 급전 길이 L_1, L_2 를 39 mm(0.12λ)로 고정시키고 급전 간격 D_1, D_2 를 각각 0.5 mm(0.0015λ)에서 3.5 mm(0.01λ)까지 0.5 mm(0.0015λ) 간격으로 변화시켰을 시 공진 주파수 및 임피던스 변화 특성을 나타내었다. 급전 간격을 0.5 mm(0.0015λ)



(a) 공진 주파수
(a) Resonant frequency

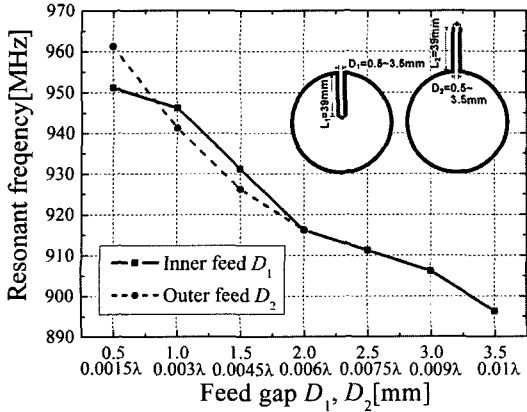


(b) 임피던스(911.25 MHz)
(b) Impedance(911.25 MHz)

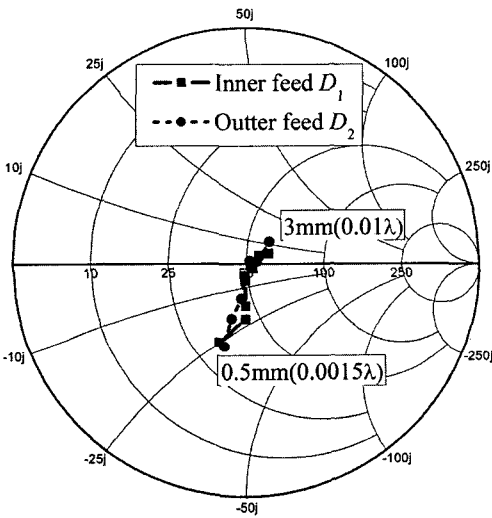
그림 2. 급전 길이(L_1, L_2) 특성
Fig. 2. Characteristics of feed length(L_1, L_2).

에서 3.5 mm(0.01λ)로 변화시킬 때 공진 주파수는 각각 956 ~ 896 MHz(D_1), 961 ~ 896 MHz(D_2)로 선형적인 저하 특성이 나타났다. 임피던스 특성은 D_1, D_2 가 커짐에 따라 인덕턴스 성분이 증가되고 있다. 이러한 특성은 D_1, D_2 가 커지면 급전 선로의 역할보다는 각 선로가 독립적인 안테나로 일부 역할을 하게 되기 때문이다. 특히 그림 3(b)에 나타난 바와 같이 급전 선로 간격이 벌어져 두 선로 간 캐패시턴스 성분이 작아지면서 루프 안테나가 길어 보이는 효과에 의해 주파수가 저하되는 특성이 나타났다.

이 두 결과를 바탕으로 급전 길이와 간격을 조절



(a) 공진 주파수
(a) Resonant frequency



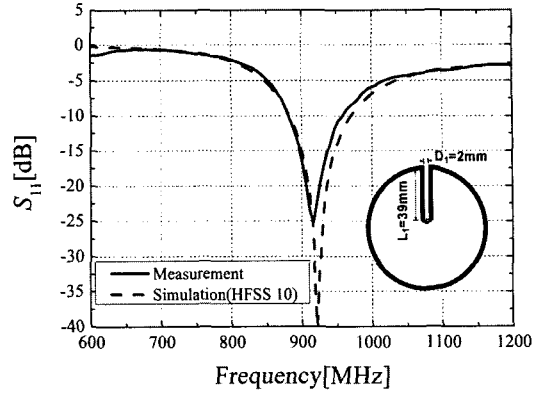
(b) 임피던스(911.25 MHz)
(b) Impedance(911.25 MHz)

그림 3. 급전 길이(D_1 , D_2) 특성
Fig. 3. Characteristics of feed gap(D_1 , D_2).

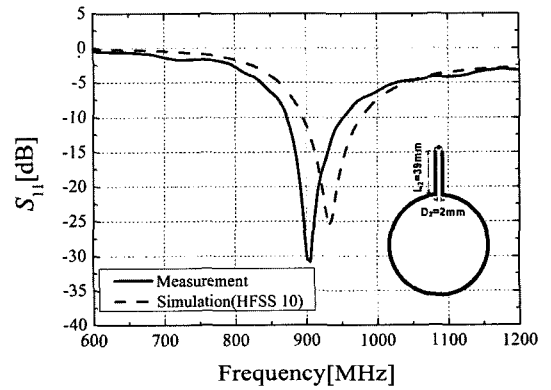
하여 공진 주파수 911.25 MHz에서 50 Ω으로 임피던스 매칭을 시켰다. 그림 4에 측정 결과와 시뮬레이션(HFSS 10) 결과를 비교하여 나타내었다.

내부 급전, 외부 급전 구조 모두 급전 길이 39 mm (0.12λ)와 급전 간격 2 mm(0.006λ)에서 국내 UHF RFID 대역 중심 주파수인 911.25 MHz에서 $S_{11} -10$ dB 이하의 특성을 나타내었다.

내부 급전의 경우, -23.4 dB의 S_{11} 과 81 MHz(8.8%)의 -10 dB 대역폭 특성을 얻었다. 외부 급전은 $S_{11} -24.5$ dB, -10 dB 대역폭 70 MHz(7.6%)로 나



(a) 내부 급전
(a) Inner feed



(b) 외부 급전
(b) Outer feed

그림 4. 내부 급전 구조와 외부 급전 구조의 S_{11}
Fig. 4. S_{11} of inner feed and outer feed structure.

타났다. 시뮬레이션 결과 내부 급전의 S_{11} 은 -21 dB, -10 dB 대역폭은 90 MHz(9.8%)의 특성을 얻었으며, 외부 급전은 $S_{11} -14$ dB, 90 MHz(9.8%)의 -10 dB 대역폭 특성을 나타내었다. 두 구조 모두 동일한 경향을 나타내었다.

두 급전 구조의 방사 영향을 확인하기 위해 방사 패턴을 측정하였으며, 그림 5에 방사 패턴을 나타내었다. 측정 결과 내부 급전의 경우 0.48 dBd, 외부 급전의 경우 0.74 dBd의 최대 이득 특성을 얻었으며, z-x면의 HPBW는 각각 92° , 93° 의 특성을 얻었다. 또한, z-y면에서 전 방향의 타원 패턴이 형성되었으며, 이것은 루프 내부의 공간 위상차(0.29λ)에 기인된 것으로, z-y면의 90° , 270° 에서 내부 급전 레벨의 경우 각각 1.99 dB, 3.28 dB, 외부 급전의 경우 각각

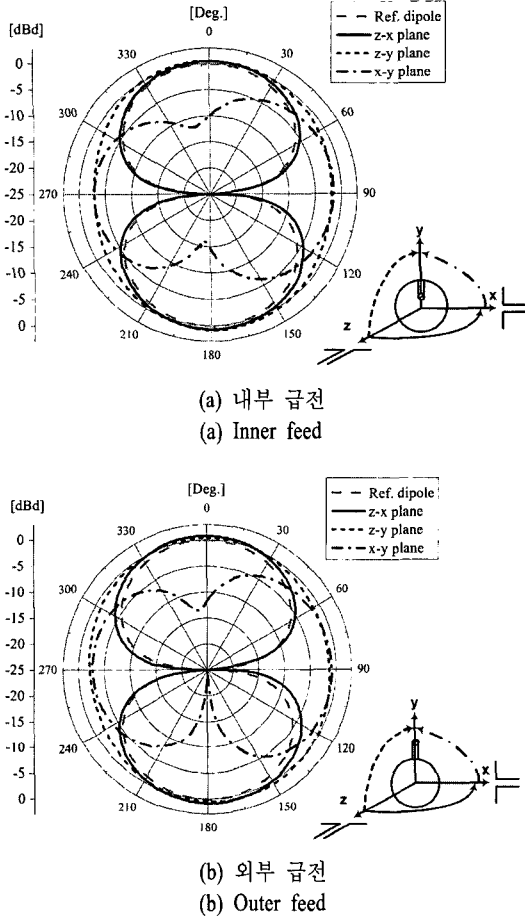


그림 5. 내부 급전과 외부 급전의 방사 패턴
Fig. 5. Radiation patterns of inner feed and outer feed structure.

1.55 dB, 3.51 dB 레벨이 저하되었다.

시뮬레이션 결과, 방사 패턴의 형태는 거의 동일하였으며 내부 급전의 경우 이득은 0.4 dBd, z-x면의 HPBW는 90°, 외부 급전의 이득 0.24 dBd, z-x면의 HPBW 98°의 특성을 얻었다. 두 구조 모두 비슷한 결과를 얻었다. 이 결과들을 표 1에 정리하였다.

위의 결과들로부터 급전 구조를 루프 내부에 위치(그림 1(a))시키거나 외부에 위치(그림 1(b))시켰을 때의 안테나 특성 변화가 없음을 확인하였으며, 외부 급전의 경우 급전 구조가 안테나의 크기로 포함됨으로 안테나의 소형화를 위해서는 내부 급전 구조를 채택하는 것이 안테나의 소형화에 유리함을 확인하였다. 따라서 RFID 태그용 안테나를 소형화하기 위해 내부 급전을 선택하였다.

표 1. 내부 급전과 외부 급전 구조의 특성 비교
Table 1. Comparison of characteristics on inner feed and outer feed structure.

Antenna Item	Measurement		Simulation	
	Inner feed	Outer feed	Inner feed	Outer feed
Freq. [MHz]	911.25			
S_{11} [dB]	-23.4	-24.5	-21	-14.6
-10 dB BW [MHz]	81 (8.8 %)	70 (7.6 %)	90 (9.8 %)	90 (9.8 %)
Gain [dBd]	0.48	0.74	0.4	0.24
HPBW [°] (z-x plane)	92	93	90	98

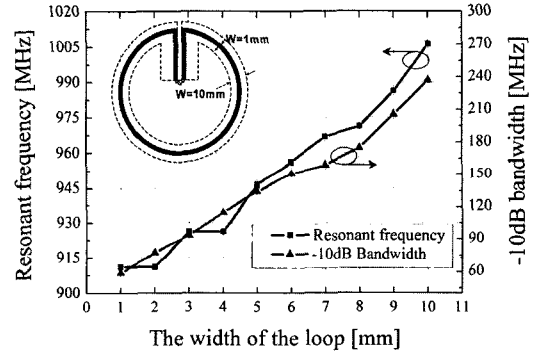


그림 6. 루프 폭에 따른 특성
Fig. 6. Characteristics according to the width of loop.

그림 6에는 도선 폭(W) 중심점을 기준으로 1 mm에서 10 mm까지 변화시켰을 시 공진 주파수 변화 및 대역폭 변화 특성을 나타내었다. 공진 주파수는 911.25(1 mm)~1,006 MHz(10 mm)까지 상향되며 -10 dB 대역폭은 58.9(1 mm)~236 MHz(10 mm)로 증가되는 특성을 얻었다. 이는 도선 폭이 넓어지면 상대적으로 루프 내부 쪽 원주 길이가 짧아져 주파수가 상향되며, 도선 넓이에 비례하여 전류 경로가 다양하게 형성됨으로 대역폭이 증가되었다고 판단된다. 이 결과로 안테나를 소형화하기 위해서 도선의 폭을 좁게 하면 대역폭이 좁아질 것이라는 것을 예상할 수 있다.

2-2 미앤더 라인을 이용한 원형 루프 안테나의 소형화

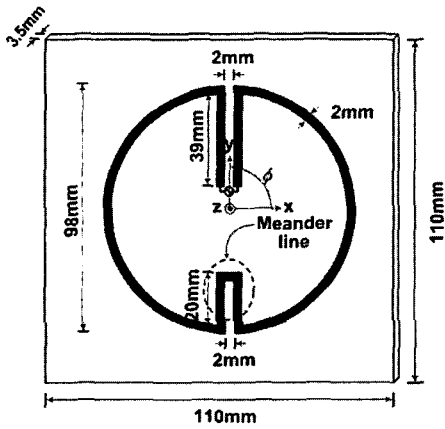
본 절에서는 루프 안테나에 미앤더 라인 하나를 삽입하였을 때의 공진 주파수 특성을 분석하고 미앤더 라인의 위치별 방사 영향을 확인하고자 한다.

루프 도체 상에 미앤더 라인을 루프 내부 방향으로 삽입하였을 시 공진 주파수 변화 특성을 그림 7에서 확인할 수 있다. 미앤더 라인의 길이는 20 mm (0.06 λ, 총길이 42 mm 0.12 λ)이며 미앤더 라인 선간 거리가 2 mm 일 때, 공진 주파수가 911.25 MHz에서 881.25 MHz로 30 MHz(3.3 %) 하향되었다.

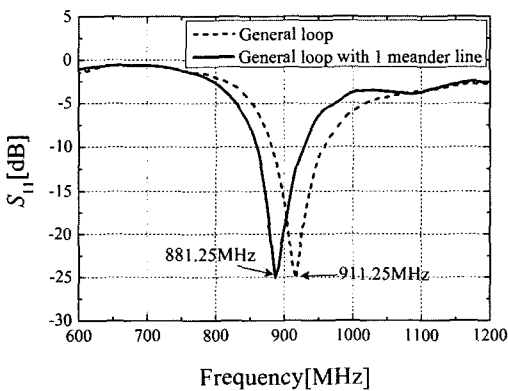
이는 미앤더 라인을 따라 전류가 분포되며 전체 루프 길이의 13 %가 증가된 것이며, 이에 의해 인덕

턴스 성분이 증가되어 공진 주파수가 하향되게 된다. 또한, 미앤더 라인이 삽입됨으로써 루프의 직경이 길어지는 효과로도 볼 수 있다. 만일 동일 주파수로 공진시킨다면 전체적인 루프의 직경이 작아질 것이며, 따라서 루프 안테나 자체가 부착되는 미앤더 라인에 의해 소형화가 됨을 확인할 수 있었다.

그림 9와 표 2에서는 미앤더 라인 위치에 따른 방사 패턴 영향을 확인하기 위해서 미앤더 라인을 $\phi=270^\circ$ 에서 $\phi=45^\circ$ 까지 45° 간격으로 위치 변화시켰을 시 패턴 특성을 나타내었다.



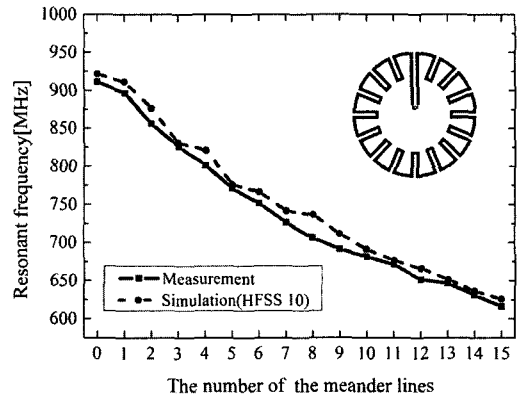
(a) 구조
(a) Structure



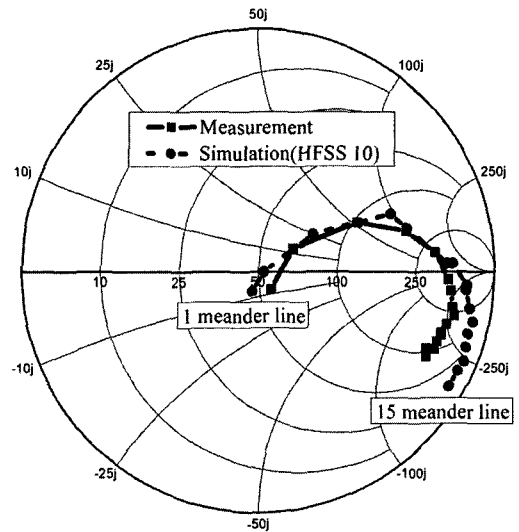
(b) S_{11}
(b) S_{11}

그림 7. 미앤더 라인 1개가 삽입되었을 때의 구조와 특성

Fig. 7. Structure and S_{11} of CLA with 1 meander line.



(a) 공진 주파수
(a) Resonant frequency



(b) 임피던스(911.25 MHz)
(b) Impedance(911.25 MHz)

그림 8. 미앤더 라인 개수에 따른 특성

Fig. 8. Characteristics according to the number of the meander line.

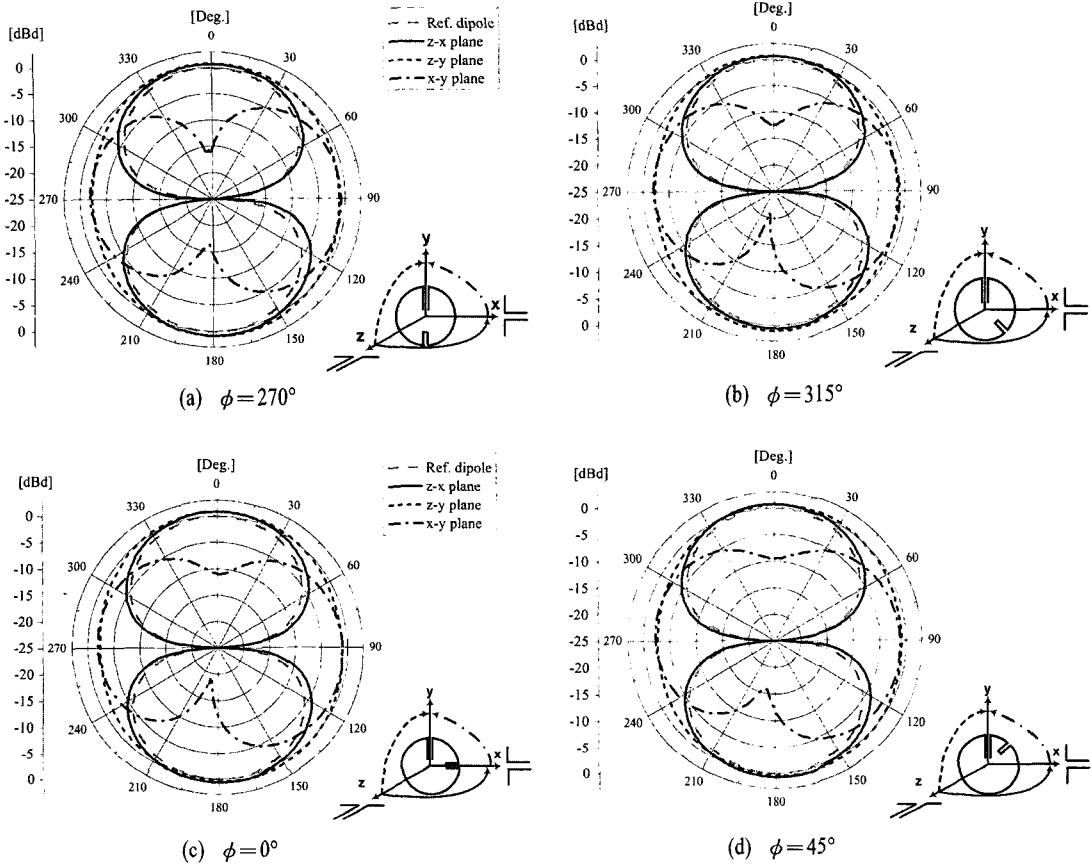


그림 9. 미앤더 라인 위치에 따른 방사 패턴
 Fig. 9. Radiation patterns according to the position of meander line.

미앤더 라인 위치에 따른 안테나 이득은 z-x면에서 평균 0.725 dBd이고 x-y면에서 평균 -0.91 dBd로 미앤더 라인 위치에 따라 이득 및 HPBW 변화가 거의 없다. 따라서 미앤더 라인의 위치에 따른 패턴 특성에는 변화가 없어 미앤더 라인을 복수로 구성할 경우 방사 특성을 유지하면서 소형화 시킬 수 있음을 예상할 수 있다.

그림 8에서는 그림 7(a)와 같은 직경 크기의 루프 안테나에 미앤더 라인 개수 증가에 따른 공진 주파수 및 임피던스 변화 특성을 나타내었다.

전술된 바와 같이 미앤더 라인 개수가 증가할 때 마다 거의 선형적으로 공진 주파수가 저하되며, 미앤더 라인이 15개일 때 공진 주파수는 616.25 MHz로 기본형 원형 루프 안테나보다 295 MHz(32%)의 주파수 저하 특성을 얻었다. 따라서 루프 내 미앤더 라인을 이용한 주파수 저하율은 루프 내 미앤더 라

표 2. 미앤더 라인 위치에 따른 특성
 Table 2. Characteristics according to the position of the meander line.

Position of the meander line ϕ [°]	Gain [dBd]		HPBW [°]
	z-x plane	x-y plane	
270	0.68	-0.76	93
315	0.68	-0.98	92
0	0.83	-0.87	93
45	0.71	-1.03	94
Average	0.725	-0.91	93

인 길이에 의한 주파수 저하율(그림 7에서 3.3%)×갯수로 예측이 가능하다.

임피던스는 전류 경로 증가 효과에 의한 인덕턴스 성분이 증가 후 다시 캐패시턴스 성분이 증가되는 특성을 나타내었다. 이는 원형 루프 안테나의 루

프 길이가 한 파장 근처에서의 임피던스 변화 특성^[8]과 일치하고 있다.

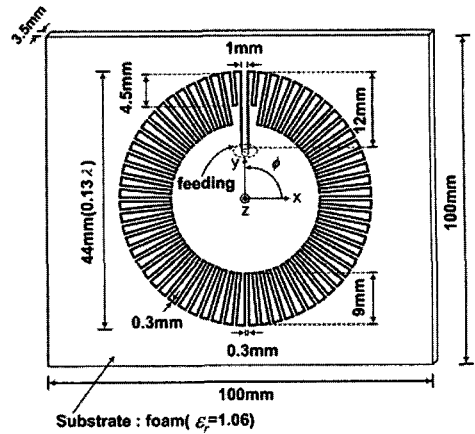
따라서 본 논문에는 루프 안테나를 소형화하기에 적합한 길이의 미앤더 라인 구조를 루프 내로 최대한 구성시켜 안테나를 소형화하고자 하였다.

2-3 소형 미앤더 라인 원형 루프 안테나

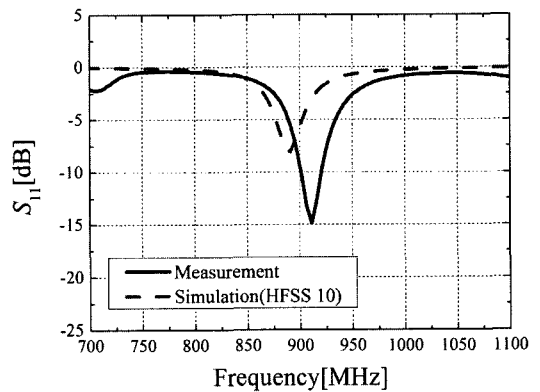
본 절에서는 앞 절의 결과를 이용하여 세 종류의 소형화된 원형 루프 안테나를 설계 및 제작하였다. 그 첫 번째 구조로 단일 구조의 미앤더 라인^[9]을 이용하여 소형화된 안테나 구조와 S_{11} 을 그림 10(a), (b)에 나타내었다. 앞 절에서 설명한 바와 같이 한 파장 원형 루프 안테나를 소형화 하기 위해 63개의 미앤더 라인을 루프 내부로 삽입시켜 루프의 직경을 줄임으로써 안테나를 소형화 하였다. 그림 10(a)의 소형화된 안테나는 두께 3.5 mm의 foam 위에 제작되었다. 안테나의 직경은 44 mm(0.13 λ)로, 기준이 되는 인쇄 평면형 루프 안테나(직경 98 mm)보다 79.8 %의 크기 축소율을 나타내었다. 이때 안테나의 전체 길이는 3.8 λ (1,269 mm)이다. S_{11} 은 설계 주파수 911.25 MHz에서 -15 dB이고 -10 dB 대역폭은 소형화와 루프의 선로 폭이 0.3 mm로 줄어든 효과로 인해 19.3 MHz(2.1 %)로 나타났다. 대역폭은 국내 UHF RFID 대역폭(5.5 MHz)을 충분히 수용할 수 있다.

그림 10(c)에는 방사 패턴을 나타내었으며 방사 패턴은 안테나가 소형화 되어도 동일한 패턴 특성을 유지하였다. 루프의 직경이 44 mm로 줄어들어 루프 내의 공간 위상차는 0.13 λ 로 되었다. 이로 인해 기본형 원형 루프 안테나에서 나타났던 z-y면의 타원 패턴이 거의 원형의 무지방향성 패턴으로 형성되었다. z-x면 패턴에 있어서 측정된 안테나의 최고 이득은 -0.96 dBd, HPBW는 95°로 양호한 특성을 얻었다. 시뮬레이션 된 방사 패턴은 최고 이득 -0.94 dBd, HPBW 88°로 측정과 거의 동일한 특성을 나타내었다.

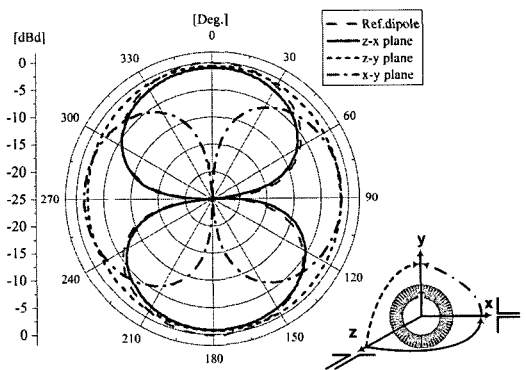
단일 미앤더 라인을 이용하여 소형화된 안테나를 더욱 소형화하기 위해 2단 미앤더 라인^[10]을 이용하여 911.25 MHz에서 최적화된 안테나를 제작하였다. 보통 선형 안테나는 안테나의 길이가 공진 주파수를 결정한다. 따라서 최대한 선로를 길게 하기 위해서 길이가 11.5 mm의 미앤더 라인과 7 mm의 미앤더 라인을 루프 내에 교번으로 삽입시켰다.



(a) 구조
(a) Structure



(b) S_{11}
(b) S_{11}

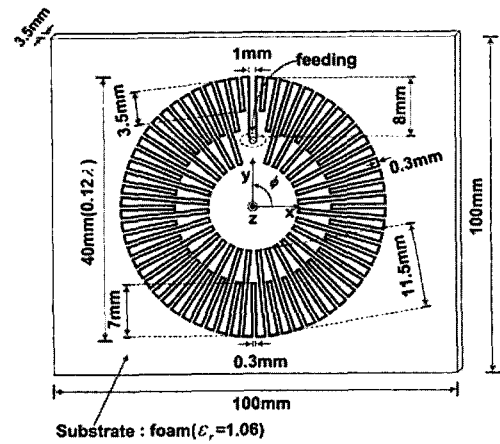


(c) 방사 패턴
(c) Radiation pattern

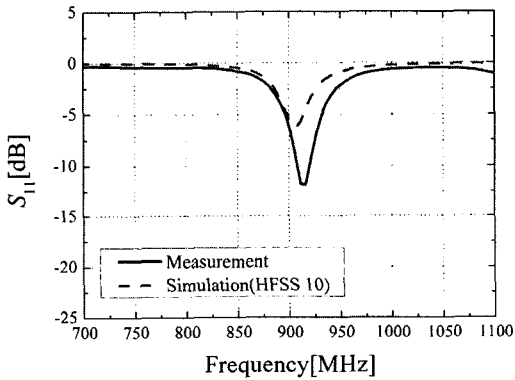
그림 10. 단일 미앤더 라인 소형 원형 루프 안테나의 방사 패턴

Fig. 10. Small CLA using single meander line.

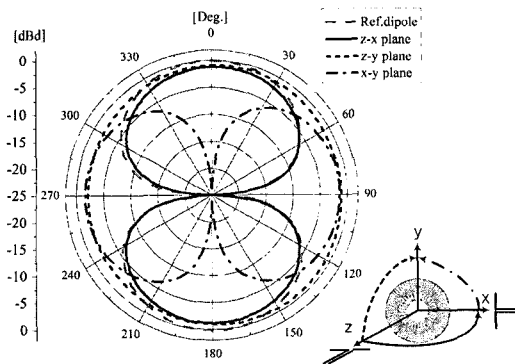
그림 11(a)에 2단 미앤더 라인을 이용하여 최적화



(a) 구조
(a) Structure



(b) S_{11}
(b) S_{11}



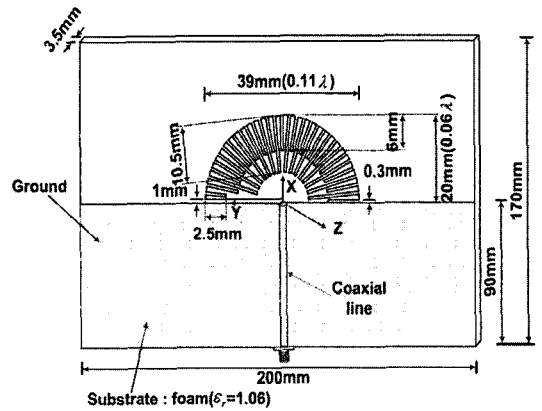
(c) 방사 패턴
(c) Radiation pattern

그림 11. 2단 미앤더 라인 소형 원형 루프 안테나
Fig. 11. Small CLA using double meander line.

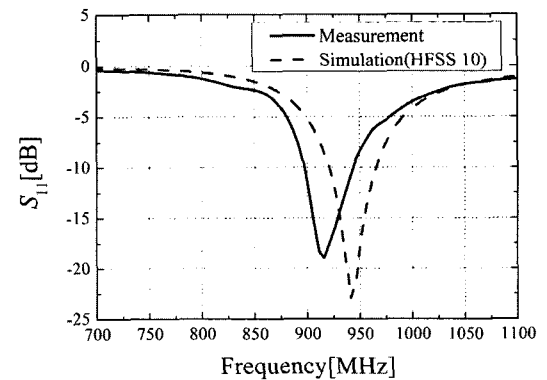
된 안테나를 나타내었다. 안테나의 직경은 40 mm

(0.12λ)로, 기준이 되는 인쇄 평면형 루프 안테나 (직경 98 mm)보다 83 %의 크기 축소율을 나타내었다. 도선의 전체 길이는 3.9λ (1,281 mm)이다.

측정된 S_{11} 은 설계 주파수(911.25 MHz)에서 -11.9 dB이고 -10 dB 대역폭은 12 MHz(1.3 %)로 나타났다. 측정된 방사 패턴(그림 11(c))은 z-y면에서 무지향성 특성을 유지하였고 최대이득은 -1.18 dBd, HPBW(z-x면) 95° 로 나타났다. 시뮬레이션의 최대이득은 -1.61 dBd, HPBW(z-x면) 88° 의 특성을 얻었다. 측정 결과에서 볼 수 있듯이 2단 미앤더 라인 구조의 안테나가 단일 미앤더 라인을 이용한 안테나보다 안테나의 소형화로 인해 이득이 다소 줄어들었다.



(a) 구조
(a) Structure



(b) S_{11}
(b) S_{11}

그림 12. 2단 미앤더 라인 반파장 소형 원형 루프 안테나

Fig. 12. Small half-wavelength CLA using double meander line.

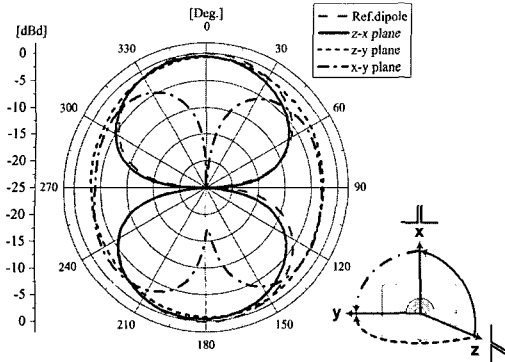


그림 13. 2단 미앤더 라인 반 파장 소형 원형 루프 안테나의 방사 패턴
 Fig. 13. Radiation pattern of the small half-wavelength CLA using double meander line.

한편, 그림 12(a)에는 알루미늄과 같은 금속 재질로 코팅이 되어 있는 과자 봉지와 같은 평면형 도체의 끝에 부착이 가능한 RFID 태그 안테나를 설계 및 제작하였다^[11]. 앞서 2단 미앤더 라인을 이용한 한파장 원형 루프 안테나를 반파장 형태로 유한한 크기(200×90 mm)의 평면 접지면을 과자 봉지로 가정하고 제작하였다. 이렇게 제작된 안테나의 크기는 접지면을 제외하고 39×20 mm(0.11×0.06 λ)로 기준 한파장 원형 루프 안테나에 비해 92.1 %의 면적 축소를 얻었다. 설계 주파수(911.25 MHz)에서의 S₁₁은

-16.5 dB로 나타났고 -10 dB 대역폭은 접지면의 영향으로 인해 48 MHz(5 %)로 소형화된 한 파장 원형 루프 안테나에 비해 대역폭이 확장되었다.

방사 패턴은 그림 13에서 알 수 있듯이 평면 형태의 접지면을 사용하였기 때문에 빔이 상향되는 효과는 없었으며 앞의 결과들과 동일하게 z-y면에서 무지향성 방사 특성을 나타내었다. 측정된 최대 이득은 접지면 때문에 다소 향상된 -0.58 dBd의 특성을 얻었고 HPBW(z-x면)는 87°로 나타났다. 시뮬레이션의 최대 이득은 0.09 dBd, HPBW(z-x면)은 77°의 특성을 얻었다.

이러한 결과들로부터 제안된 반파장 소형 루프 안테나가 평면형 금속 도체에 부착이 충분히 가능하며 RFID 태그 안테나로써 충분히 유효하리라 예상된다.

위의 특성 결과들을 표 3에 정리하였다.

III. 결 론

본 논문에서는 UHF 대역(908.5~914 MHz)에서 사용되는 RFID 태그 안테나를 루프 안테나를 이용하여 소형화시키는 연구를 하였다.

원형 루프 안테나를 소형화시키기 위해서 미앤더 라인을 루프 내부 방향으로 삽입하였고 루프의 직경을 줄여 안테나를 소형화 하였다. 그 결과 3가지 구

표 3. 기본 원형 루프 안테나와 소형화된 안테나 비교(측정치)
 Table 3. Comparison of general CLA and miniaturized CLA(Measurement).

Antenna		General CLA	Small CLA using single meander line	Small CLA using double meander line	Small half-wavelength CLA using double meander line
Item					
Frequency [MHz]		911.25			
Diameter [mm]		98	44	40	39
Size reduction ratio [%]		Ref.	79.8	83	92.1
S ₁₁ [dB]		-22.5	-15	-11.9	-16.5
-10 dB bandwidth [MHz]		77.46 (8.5 %)	19.3 (2.1 %)	12 (1.3 %)	48 (5 %)
Gain [dBd]	z-x plane (x-axis pol.)	0.48	-0.96	-1.18	-0.58
HPBW [Deg.]	z-x plane (x-axis pol.)	92	95	95	87
	x-y plane (x-y plane pol.)	108	96	97	119

조의 안테나를 설계하였다.

단일 미앤더 라인 구조를 적용하여 소형화된 원형 루프 안테나는 직경이 44 mm(0.12 λ)로 기본형에 비해 79.9 %의 크기 축소율을 얻었고, 최대 이득 -0.96 dBd의 특성을 얻었다. 2단 미앤더 라인 구조를 이용하여 소형화된 안테나는 면적 축소율이 83 %로 나타났고, 최대 이득은 -1.18 dBd의 특성을 얻었다. 또한 알루미늄 코팅이 되어 있는 과자 봉지와 같은 평면형 도체에 태그 안테나를 부착하기 위해서 소형화된 반파장 구조의 원형 루프 제작하였다. 이 안테나의 크기 축소율은 92.1 %이고, 최대 이득은 -0.58 dBd로 나타났다.

따라서 본 논문에서 제안한 미앤더 라인을 이용하여 루프 안테나를 소형화하는 방법이 안테나 소형화에 확실한 효과가 있음을 확인하였고, 본 논문에서 기술한 응용 예 이외에도 안테나의 소형화 특성이 요구되는 분야에 활용 가능성이 높을 것이라 사료된다.

참 고 문 헌

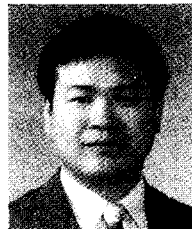
- [1] Klaus Finkenzeller, *RFID Handbook*, Wiley, 2003.
- [2] 표철식, 채종석, "RFID 기술 및 표준화 동향", TTA 저널, 95권, pp. 37-46, 2004.
- [3] Hassan M. Elkamchouchi, Mona N. Abd El-Salam, "Square loop antenna miniaturization using fractal geometry", *Proceedings of the Twentieth National Radio Science Conference*, pp. B4-1-8, Mar. 2003.
- [4] Andrey S. Andrenko, "Conformal fractal loop antennas for RFID tag applications", *18th International Conference on Applied Electromagnetics and Communications*, pp. 167-170, Oct. 2005.
- [5] R. King, "The shunt-driven circular loop antenna", *IEEE Trans. on Antenna and Propagation*, vol. 19, pp. 692-694, Sep. 1971.
- [6] G. S. Smith, *Loop Antennas, Chapter 5 in Antenna Engineering Handbook*, third edition, McGraw-Hill Book Co., 1996.
- [7] Steven R. Best, Jarrett D. Morrow, "Limitations of inductive circuit model representation of meander line antennas", *IEEE AP-S International Symposium*, no. 1, pp. 852-855, Jun. 2003.
- [8] J. E. Storer, "Impedance of thin-wire loop antennas", *AIEE Trans.(Part I. Communication and Electronics)*, vol. 75, pp. 606-619, Nov. 1956.
- [9] 류홍균, 우종명, "Meander 구조를 이용한 RFID 태그용 원형 루프 안테나 소형화", 추계 마이크로파 및 전파학술대회, 28(2), pp. 271-274, 2005년 9월.
- [10] 류홍균, 우종명, "단락 Stub를 이용한 UHF 대역 RFID 태그용 원형 루프 안테나", 한국통신학회 하계종합학술대회, 33권, p. 259, 2006년 7월.
- [11] H. K. Ryu, J. M. Woo, "Miniaturisation of circular loop antenna using short stub for RFID system", *Electronics Letters*, vol. 42, no. 17, pp. 955-957, Aug. 2006.

류 홍 균



2005년 2월: 목원대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2007년 2월: 충남대학교 전파공학과 (공학석사)
 [주 관심분야] 안테나

우 종 명



1985년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학사)
 1990년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학석사)
 1993년 3월: 일본 니혼대학 전자공학과 (공학석사)
 1996년 3월: 일본 니혼대학 전자공학과 (공학박사)

1996년 9월~현재: 충남대학교 전파공학과 부교수
 [주 관심분야] 안테나