

단파(HF)대역 RFID 리더안테나에 의한 인체유도전류의 등가 안테나 모형 연구

문상곤, 강원준, 이종건, 변진규\*, 최형도\*\*, 천창율\*\*\*, 이병제, 정용식  
 광운대학교, 송실대학교\*, 한국전자통신연구원\*\*, 서울시립대학교\*\*\*

Research on An Equivalent Antenna Model for Induced Human Body Current by RFID Reader Antenna of HF Band

Sang-Gon Moon, Won-June Kang, Jong-Gun Lee, Jin-Kyu Byun\*, Hyung-Do Choi\*\*, Chang-yul Cheon\*\*\*, Byungje Lee, Young-Seek Chung

Kwangwoon University, Soongsil University\*, Electronics and Telecommunications Research Inst\*\*, University of Seoul\*\*\*

**Abstract** - 전자파가 인체에 미치는 영향에 대한 연구중 SAR(Specific Absorption Ratio)에 관한 연구는 매우 활발하게 이루어지고 있으나 단파(High Frequency)대역에 의한 인체유도전류에 대한 연구는 미흡한 편이다. 본 연구에서는 근거리장에서 단파대역 RFID 리더 안테나에 의한 인체에 유도되는 전류를 측정하고 이를 등가화 할 수 있는 수직교차루프 형태의 인체등가 모형을 제시하여 인체의 유도전류량과 비교하였다.

1. 서 론

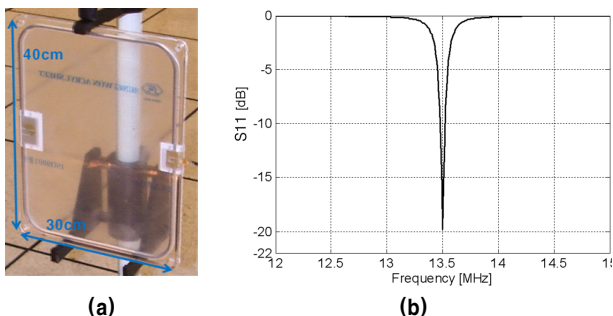
최근 RFID 장비의 활발한 도입으로 단파대역의 RFID에 의한 인체영향에 대한 관심이 매우 커지고 있다. 특히 근거리 장에서 사용이 활발한 13.56MHz의 단파대역 전자파는 인체의 길이에 비해 매우 긴 파장을 가지므로 파장이 작은 VHF나 UHF대역의 전자파보다 침투도가 강하여 인체전신에 유도전류를 형성하게 된다. 이러한 단파 대역의 RFID 장비가 교통 및 대형마트 등 많은 부분에 보급됨에 따라 이를 측정하고 평가할 수 있는 새로운 전자파 보호 기준을 필요로 한다. 강한 전자파에 대한 인체 실험은 위험성이나 기능면에서 인체유도전류와 유사한 특성을 갖는 등가 안테나를 통해 이루어 질 수 있으며 이를 위한 연구가 필요하다. 또한 인체를 등가 모형으로 대체함으로써 인체에 대한 영향을 양적, 질적으로 파악하고 측정의 실용성과 범위를 넓힐 수 있다.

기존의 원거리 장 영역 인체 등가 모형으로 사용된 실린더형의 등가 모형은 인체를 모노폴 안테나와 같은 전계 공진형태로 해석하고 등가화하였으며 spheroidal형의 등가모형은 유전율을 가지는 인체와 흡사한 크기의 구조로 등가화 하였으므로 인체와 유사한 크기의 다양한 물질로의 제작이 필요했다[4~5]. 하지만 구면파를 갖는 근거리 장에서는 방사 안테나의 특성에 따라 전계 또는 자계를 효과적으로 이용하여 등가 모형을 설계 할 수 있으므로 근접하게 커플링 구조의 단파대역 안테나에 대해 근거리에서 상대적으로 강한 자계를 이용하는 방법이 효과적이다[6]. 본 논문에서는 RFID 리더 안테나의 중앙을 기준으로 하여 전자계 특성을 고려하였으며 RFID장비를 가장 빈번히 사용되게 되는 인체의 위치에 대해 측정 하고 인체 영향을 분석하여 인체등가 모형의 선정과 등가 모형의 유도전류 실험을 하였다.

2. 본 론

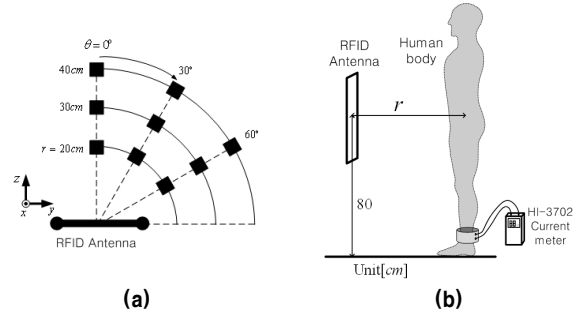
2.1 RFID 리더 안테나와 인체유도 전류 측정

본 논문에서 사용한 RFID 리더 안테나는 30X40cm의 크기를 갖는 루프 안테나의 형태를 가지고 있으며 RF 전력 공급기로부터 18dBm의 전력을 공급받아 안테나 내부의 정합단을 거쳐 안테나로 방사하게 된다. 그림 1은 실험에 사용한 RFID 리더 안테나의 사진과 S11특성을 보여주고 있다. 대상 안테나는 13.56 MHz의 파장에 대하여 도선루프의 크기가 매우 작으므로 전류량이 비교적 균일한 small loop로 생각할 수 있다.



〈그림 1〉 단파대역 RFID 리더안테나 (a)사진 (b)S11

인체의 유도전류 및 인체 등가 모형의 유도전류는 RFID 리더 안테나의 중앙을 기준으로 하여 측정하였다. 유도전류의 측정은 클램프형의 측정기인 Holaday사의 HI-3702 전류측정기를 이용하였으며 인체의 경우 발목에 채워 각 위치에서의 인체 유도전류를 측정하였고 등가모형의 경우 지면에 접지되는 부분에 루프를 만들어 전류측정기를 채워 측정하였다[7]. 인체는 신발을 신고 있지 않고 있는 최악의 경우(worst case)를 기준으로 하였으므로 인체의 발과 등가모형을 모두 동관에 접지한 상태로 측정하였다. 그림 2는 인체와 인체등가모형 측정에서 측정위치(■)와 RFID 리더 안테나의 측면위치(●)를 나타낸다. 인체에 유기되는 전류를 측정하기 위하여 접지면에서 RFID 리더 안테나의 중앙 높이를 0.8 m에 두고 측정하였다.



〈그림 2〉 (a) RFID 리더 안테나 정면 기준의 측정 위치 (b) 인체유도전류 측정

인체유도전류의 측정은 각 경우에 대하여 그림 2에서 보는 것과 같이 각각 20, 30, 40 cm 거리와 RFID 리더 안테나 정면을 0°로 보았을 때 0°, 30°, 60°에 대하여 9곳의 위치를 측정하였다. RFID 리더 안테나에 대한 인체의 영향을 알기 위하여 기준이 되는 인체의 유도전류를 측정하였으며 그림 3은 단파대역 RFID 리더 안테나와 인체의 측정 위치와 클램프 위치를 보여준다.

표 1은 인체에 유기되는 유도전류의 양을 보여준다. 파장에 비하여 인체가 1/10보다 작으므로 실험 대상 인체에 부착하는 시계나 목걸이 등의 산란 영향은 무시하였고 측정 환경적으로 영향이 있는 주변 산란체는 최소로 하여 측정하였다. 인체의 체형, 키나 자세 등에 의해 영향이 있을 것을 고려하여 20대 남성 10명의 유도전류량을 측정하여 평균을 취하였으며 재현성 실험에서도 인체의 유도전류량은 0.5 mA이하의 오차를 가지고 있었음을 확인하였다. 60° 측면에서는 인체의 위치가 RFID 리더 안테나와 근접하게 되며 도선에 의한 전계 영향을 많이 받게 되므로 강한 유도 전류량을 보이며 전계가 약한 0°부분에서는 자계의 영향이 있음을 보여준다. 또한 거리에 따른 유도전류 감소량이 측면보다 중앙부분에서 빠른 감소량을 가지는 것을 볼 수 있다.

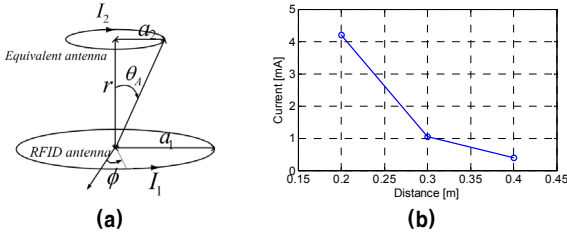
〈표 1〉 인체 유도전류(mA)

	0°	30°	60°
20cm	2.75	3.68	3.93
30cm	2	2.9	3.55
40cm	1.45	2.25	2.75

2.2 루프형 등가안테나의 설계

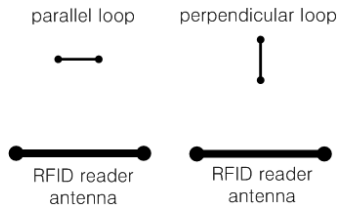
그림 3의 (a)에서와 같은 근거리 장에서 미소루프 안테나는 r방향과 θ방향의 자계와 ϕ방향의 전계가 생성되고 RFID 리더 안테나 0°에서도 인체유도전류가 생기므로 중앙부분의 자계와 측면의 자계를 흡수할 수

있는 루프형태의 등가안테나가 효과적일 것으로 판단할 수 있다[6]. 수직 교차 루프형 등가모형의 설계를 위하여 단일 등가 루프에 대한 반지름에 대한 흡수량을 확인하였다. 그림 4에서  $r$ 은 거리이며  $a_2$ 는 루프형 등가안테나의 반지름이다.



<그림 3> (a)루프형 등가안테나의 배치 (b)루프의 유도전류

그림 3의 (b)는 단일 루프 등가안테나의 반지름이 5 cm일 때의 정면 거리에 따른 유도 전류량을 보여 주고 있다. 평행하게 배치된 단일루프에 유기되는 전류량을 알 수 있으므로 RFID 리더 안테나와 수직방향으로 배치된 루프의 각도와 거리에 따른 유도전류의 양은 상용 프로그램인 Numerical Electromagnetic Code(NEC)를 이용하여 전류량을 예상하였다. 그림 4는 평행방향과 직교방향 단일루프의 배치를 보여준다. 이러한 배치에서 각도와 거리에 따른 전류량은 표2이며 이 전류량은 앞의 정면방향 시뮬레이션으로 표준화시킨 결과이다.



<그림 4> 단일 루프의 배치

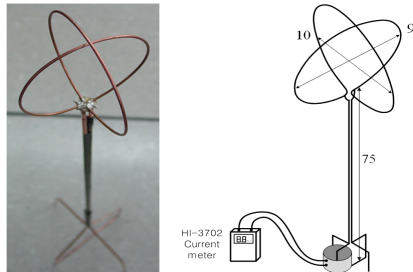
평행방향의 루프는 정면방향에서 가장 강한 전류량을 보이며 직교방향은 측면에서 가장 강한 전류량을 보이는 것을 볼 수 있으며 이러한 영향은 방향과 방향의 자계가 각각 영향을 주는 것으로 볼 수 있다.

<표 2>. 각도와 거리에 따른 유도전류(mA)

	평행방향루프			직교방향루프		
	0°	30°	60°	0°	30°	60°
20cm	2.75	2.77	2.38	5e-4	0.39	1.47
30cm	1	0.86	0.66	4e-4	0.21	0.52
40cm	0.5	0.41	0.26	2e-4	0.1	0.2

2.3 인체 등가모형 제작 및 측정

인체 등가모형은 1 cm반지름을 갖는 동선을 병렬로 연결하여 제작하였으며 평행방향의 루프는 4.5 cm ,직교방향의 루프는 5 cm의 반지름을 갖도록 제작하였다.



<그림 5> 수직교차루프 등가 안테나

그림 5는 수직교차루프 등가 안테나를 보여준다. 지지대는 접지면과 연결되는 클램프 체결 루프까지 병렬로 연결된 두 개의 도선이 연결되지 않도록 분리한 두 개의 동관을 이용하여 제작하였다. 수직교차루프 등가안테나의 측정은 인체의 측정과 동일한 위치 각도에서 측정하였으며 동일한 조건에서 측정하였다. 표 3은 인체와 수직교차루프 등가모형의 유도전류의 양을 보여준다.

<표 3> 인체와 인체등가모형의 유도전류(mA)

	0°		30°		60°	
	인체	루프	인체	루프	인체	루프
20cm	2.75	3.71	3.68	4	3.93	4.2
30cm	2	2.8	2.9	3	3.55	3.6
40cm	1.45	1.8	2.25	2.3	2.75	2.4

평행방향의 단일루프는 측면으로 갈수록 전류량이 작은 값을 가지지만 수직교차형의 등가안테나는 직교방향의 루프 반지름을 증가시켜 인체의 유도전류량과 흡사한 크기의 유도전류량을 가지게 될 수 있음을 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 단파대역 RFID 리더 안테나의 근거리장 특징을 이용한 수직교차 루프 등가 안테나를 이용하여 인체의 전류량과 유사한 등가모형을 제작하고 검증하였다. 근거리장의 특징을 이용한 등가화를 통하여 등가모형의 다양성과 기능성을 확장시킬 수 있음을 볼 수 있었다. 이러한 등가화 연구는 앞으로 주어질 여러 가지 전자파 환경에 대한 인체 등가화 방향을 제시하고 인체등가모형을 개발하는데 기반자료로써 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

[참 고 문 헌]

[1] "Electromagnetic fields(300Hz to 300GHz)", World Health Organization, Geneva, 1993. ch. 5  
 [2] IEEE Std. C95.1-2005, "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz," IEEE, pp 18-23, 2006.  
 [3] 정보통신부 고시 제2000-91호, 전자파인체보호기준", 2000.  
 [4] Durney CH, Massouni H, Iskander MF, "Radiofrequency Radiation Dosimetry Handbook", 4th ed., The University of Utah, Salt Lake City, 1986  
 [5] D. Poljak, C. Y. Tham, O. Gandhi, A. Sarolic, "Human equivalent antenna model for transient electromagnetic exposure", IEEE Trans. EMC, Vol. 45, No. 1, pp 141 - 145, Feb. 2003  
 [6] C. A. Balanis, Antenna theory: Analysis and design 3rd, Wiley-interscience, pp. 231-275, 2005  
 [7] ETS-Lindgren, "Clamp-on Induced Current Meter User Manual", pp.1-47