

무선전력전송에서 자계 다이폴을 이용한 공진체 근역장 해석

전상봉, 문정익, 김성민, 권종화, 조인귀  
한국전자통신연구원

Analysis of Near-Magnetic Field in Wireless Power Transfer Using Magnetic Dipole

Sang-Bong Jeon, Jung-Ick Moon, Seong-Min Kim, Jong-Hwa Kwon, In-Kui Cho  
Electronics and Telecommunications Research Institute

**Abstract** - 본 논문에서는 무선충전 시스템에서 공진체의 근역장 특성을 분석하였다. 지면상의 공진체는 파장에 비해 매우 작으므로 자계 다이폴로 가정하고 영상법을 적용하여 근역장 특성을 간단히 해석하였다. 이러한 결과는 무선충전 시스템의 응용분야에 따라서 각각 다른 평가환경이 필요함을 보여 주고 있다.

1. 서 론

2007년 무선전력전송 기술에 대한 논문 발표 이후에 세계적으로 무선 전력전송과 무선충전에 대한 연구 및 산업화가 활발히 이루어지고 있다 [1-2]. 초기에는 자기유도와 자기공명 기술을 명확히 구분하고 이에 따른 상품개발에 열을 올렸으나, 현재의 상품화는 적용 기술의 구분 없이 성능 위주로 진행되는 분위기이다. 특히, 휴대폰 무선충전과 관련하여 민간표준 단체들이 표준 규격을 발표하고 있고 이에 준하는 다양한 상품들이 출시되고 있다[3,4]. 또한, 수W급의 소형 응용분야에서 전기 자동차 충전을 위한 수백kW급의 응용분야로 다양화 되었다[5]. 전기 자동차, 로봇 등과 같이 전송 전력이 100W가 넘는 중출력 이상이 경우는 충전 시스템의 공진체를 대부분 지면에 가까운 곳에 두게 된다. 그에 반해 무선충전 시스템의 전자파 방사특성을 평가하기 위한 방법은 '가정용 무선전력전송기기 장애방지 시험방법'에 준해 10W미만의 기기에 대해서만 정해져 있다[6]. 따라서 중출력 이상의 응용분야에 대한 전자파 시험방법을 고려하기에 앞서 공진체가 지면상 위치에 따른 주변 전자기장의 변화를 분석할 필요가 있다.

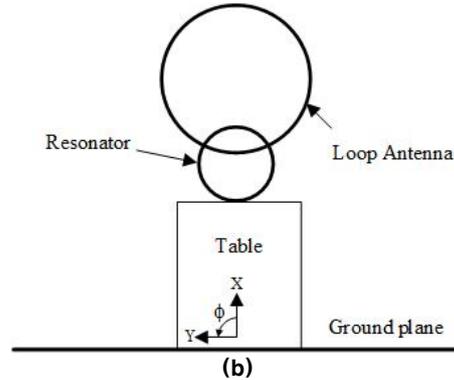
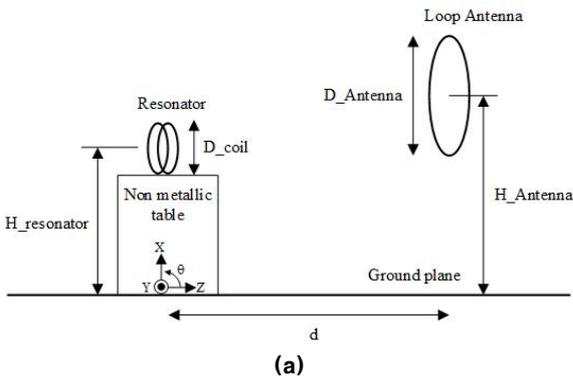
본 논문에서는 자기공명을 이용하는 무선충전 시스템에서 자계 다이폴을 이용한 공진체의 근역장 특성을 분석하여 응용분야에 알맞은 평가환경이 필요함을 보여준다.

2. 본 론

2.1 무선충전 시스템의 근역장 평가

다음 그림 1은 무선충전 시스템을 위한 근역장 특성을 평가하기 위한 환경을 보여주고 있다.

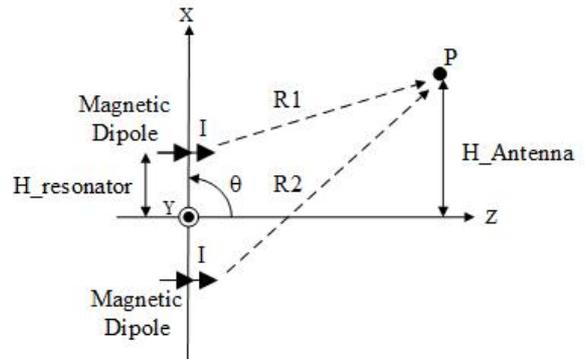
변수(d)는 공진체와 수신 루프 안테나간 거리를 의미하며 3m로 설정하였다. 그리고 송수신 공진체는 높이가 0.8m인 비금속 테이블에 위치해 있다. 수신 루프 안테나의 높이(H\_Antenna)와 직경(D\_Antenna)은 각각 1.3m, 0.6m이며 일반적으로 수신 안테나에서 최대 자계가 검출되도록 x, y, z축에 대해 회전을 한다.



<그림 1> 무선충전 시스템 평가를 위한 근역장 시험 환경

2.2 무선전력전송에서 근역장 해석

공진체는 전송파장에 비해 매우 작고 송신 공진체의 중심을 잇는 축이 접지면에 나란할 경우, 그리고 접지면이 매우 크다고 가정할 경우 자계 다이폴로 간주하여 해석하는게 편리하다. 그림 2는 접지면상의 공진체를 자계 다이폴과 표현한 것이다[7,8].



<그림 2> 자계 다이폴과 영상법을 적용한 접지면상의 공진체

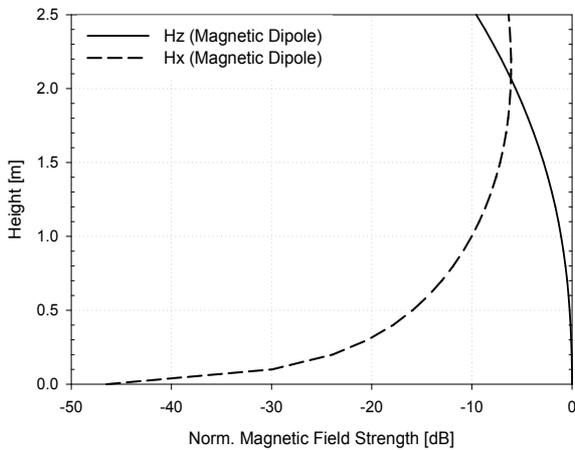
공진체에서 발생하는 자계는 다음과 같이 간단히 표현할 수 있다.

$$H_R = -\frac{j\omega\mu_0}{4\pi\eta_0}\beta^2 2\cos\theta \left[ \frac{1}{(j\beta R)^2} + \frac{1}{(j\beta R)^3} \right] e^{-j\beta R} \quad (1)$$

$$H_\theta = -\frac{j\omega\mu_0}{4\pi\eta_0}\beta^2 \sin\theta \left[ \frac{1}{j\beta R} + \frac{1}{(j\beta R)^2} + \frac{1}{(j\beta R)^3} \right] e^{-j\beta R} \quad (2)$$

여기서  $\beta = \omega\sqrt{\mu_0\epsilon_0}$  이고 자계 다이폴 모멘트  $m = j\beta$ 가 된다. 50옴 정합 시스템에서 자계 다이폴에 흐르는 전류는 일정하고 송수신 공진체의 입력전력과 삽입손실에서 구할 수 있다

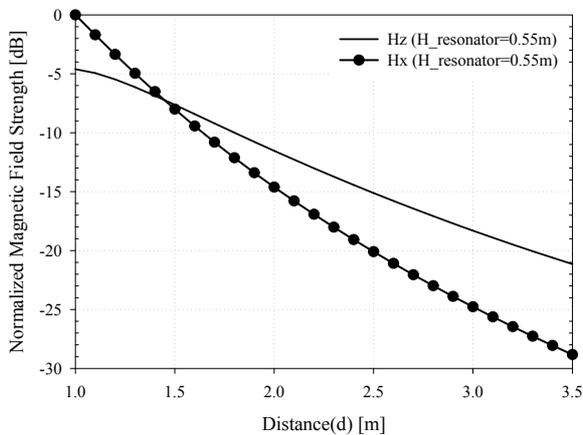
공진체 주변의 정확한 자계는 공진체의 임피던스와 직경에 따라서 구할 수 있으나, 본 논문에서는 편의상 정규화된 값을 사용하여 특성을 살펴 보았다.



〈그림 3〉 수신 안테나 높이에 따른 공진체의 정규화 자기 세기( $d=3m$ ,  $\phi = 0deg$ )

그림 3은 수신 안테나의 높이가 변화 시키고 안테나 중심에서 수신된 자계의 크기를 정규화하여 나타내고 있다. 안테나와 거리는 3m인 경우이다. 전송주파수는 6.78MHz, 전송전력 1W이며 송수신 공진기 간 삽입손실은 0.66dB 이다.

다음으로 그림 4는 공진체와 수신 안테나간의 거리에 따른 자계의 변화를 보여주고 있다. 중전력 또는 대전력 무선전력전송에서는 공진체의 위치가 대부분 접지면에 근접해 있다. 그러므로 상기한 자계 다이폴 특성을 이용하여 공진체 높이에 따른 결과를 살펴볼 수 있다.



〈그림 4〉 공진체와 수신 안테나간 거리에 따른 공진체의 정규화 자기 세기(공진체 높이=0.55m,  $\phi = 0deg$ )

### 3. 결 론

본 논문에서는 자기 다이폴을 이용하여 무선충전 시스템의 공진체에서 발생하는 자계 특성을 분석하였다. 중전력 및 대전력 무선전력전송에서 공진기는 지면에 근접하게 되고 이러한 경우 직관적인 자계 해석을 위해 자계 다이폴 해석을 적용할 경우 유용할 것으로 본다.

### [Acknowledge]

본 연구는 미래창조과학부와 ETRI가 지원한 2015년 ICT R&D 프로그램으로 수행되었음

### [참 고 문 헌]

[1] K.S. Lee and D.H. Cho, "Simultaneous Information and Power Transfer Using Magnetic Resonance," ETRI Journal, vol. 36, no. 5, pp. 808-818, Oct. 2014.  
 [2] S.M. Kim, I.K. Cho, J.I. Moon, J.H. Yoon, W.J. Byun and H.D. Choi, "System level power control algorithm in wireless power transmission for reducing EMF," in Wireless Power Transfer Conference (WPTC), IEEE, pp.193-196, 2014 .

[3] "A4WP Rezenca Baseline System Specification v1.2," Jan. 2014; www.rezenca.com.  
 [4] "Qi low power consortium," 2014; http://www.wirelesspowerconsortium.com/downloads/wireless-power-specification-part-1.html.  
 [5] "Wireless charging company WiTricity scaling up EV charging capability as well as itself," Sep. 2014; http://witricity.com/news-resources/  
 [6] ICNIRP, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields," ICNIRP, 1998  
 [7] H.J. Shim, J.M. Park and S.W. Nam, "A Method of Prediction and Analysis of Electromagnetic Interference(EMI) in Wireless Power Transfer System Operating at 13.56MHz," The Journal of KIEES, vol.24, no. 9, pp. 873-882, Sep. 2013.  
 [8] David K. Cheng, "Field and Wave Electromagnetics," Addison Wesley, ch. 11, Nov. 1992.