

평판 코어가 부착된 강인하고 안정한 유비쿼터스 모바일 기기용 무선전력전송 기술

이은수, 최수용, 태춘반, 임춘택
카이스트 원자력 및 양자공학과

Robust and Safe Wireless Power Transfer Technology for Ubiquitous Mobile Devices with Plate Core

Eun Soo Lee, Su Yong Choi, Thai Xuan Van, Chun Taek Rim
Dept. of Nuclear and Quantum Engineering, KAIST

ABSTRACT

본 논문에서는 나선형 코일이 장착된 평판코어를 이용한 유비쿼터스 모바일 무선전력전송 (Wireless Power Transfer, WPT) 기술을 제안하였다. 집전장치에 나선형 코일이 부착된 평판코어를 사용함으로써 어떠한 도체가 접근하더라도 코일의 인덕턴스가 거의 변하지 않아 최대전력전달이 가능한 공진 조건을 보장하고, 사용자는 자기장이 일정 유해 수준을 넘지 않는 환경에서 안전하게 모바일기기를 사용할 수 있다. 실험 결과, 평판 코어 앞면에서는 상대적으로 매우 작은 자기장이 발생하였으며, 도체를 집전장치에 접근시킬 경우의 인덕턴스 변화 측정결과 평판 코어를 사용하지 않은 것에 비해 10배 이상 적은 것을 확인하였다.

1. 서 론

스마트폰 및 테블릿 컴퓨터와 같은 모바일기기 사용이 증가함에 따라 전세계적으로 사용자의 편의를 위해 모바일기기에 부착된 배터리 사이즈를 축소하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다.^{[1] [4]} 이러한 방법 중 한가지로 무선충전을 이용하는 방법이 있으며, 이를 통해 배터리 사이즈를 대폭 줄이고 충전과 동시에 사용자가 자유롭게 이동할 수 있는 편의를 제공한다.

최근 무선충전방식 중 하나인 IPT (Inductive Power Transfer)를 이용하여 5 m의 거리에서 209 W의 전력을 전송하였으며^[1], 20 cm의 air gap을 가지는 무선전력시스템에서 27 kW의 대전력을 전송하는데 성공하였다.^[2] 반면 공진방식을 이용한 CMR (Coupled Magnetic Resonance) 기술을 이용하여 2 m의 거리에서 60 W의 전력을 전송한 연구결과도 있다.^[3] 이 두 가지 방법 중 집전장치의 방향성 및 장거리 무선전력의 특성을 고려할 경우, 모바일 기기용 무선충전시스템을 구현하기 위해서는 IPT 기술이 더 적합한 방법으로 볼 수 있다.

모바일기기의 무선충전은 그림 1과 같이 1차측 권선 및 코어를 이용하여 균등한 자기장이 방출되는 유비쿼터스 IPT 시스템에서 구현할 수 있다. 충전시 사용자는 인체보호를 위해 ICNIRP 가이드라인에서 제시하는 27 μT 이하의 자속밀도하에 무선충전용 모바일기기를 사용해야 하며^[6], 기기 사용중 사용자의 인체와 같은 도체가 접근할 경우 인덕턴스가 변하는 것을 최소화해야 한다.

본 논문에서는 도체 접근과 같은 외부환경에 강인하고 자기장에 의한 사용자의 안전을 확보할 수 있는 유비쿼터스 모바일기기용 무선전력전송 기술을 제안한다. 실험을 위해 그림 2와 같이 다이폴 코일을 이용하여 급전용 무선충전시스템을 구현하였다.

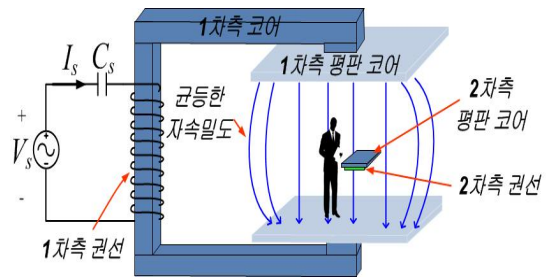


그림 1 제안하는 WPT 시스템의 동작원리

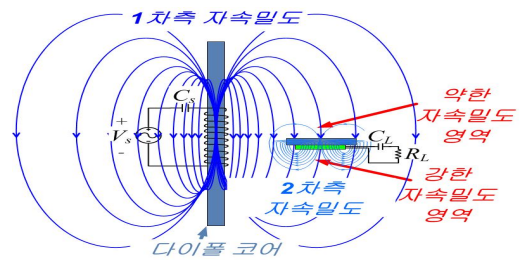


그림 2 급전측 다이폴 코일과 무선충전용 모바일 기기의 집전장치가 제시된 제안하는 WPT 시스템

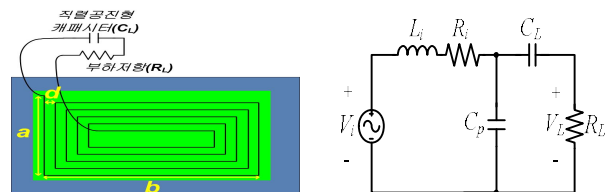


그림 3 제안하는 무선충전용 모바일기기의 집전장치(왼쪽) 및 등가회로(오른쪽)

2. 무선충전용 모바일 집전장치

제안하는 무선충전용 모바일기기 집전장치는 그림 3의 왼쪽과 같이 나선형 코어, 평판코일로 구성되어 있다. 그림 3 오른쪽의 등가회로에서는 코일의 인덕턴스 L_i , 코일의 내부저항 R_i , 코일 선간의 기생 캐패시터 C_p , 직렬공진형 캐패시터 C_L , 부하저항 R_L 로 구성되어 있다. C_L 은 아래의 식을 통해 용량을 선정할 수 있다.

$$C_L = \frac{1}{\omega_s^2 L_i} = \frac{1}{(2\pi f_s)^2 L_i} \quad (1)$$

표 1 디자인 파라미터 값

a (width)	200 mm	L_i	1.75 mH
b (length)	175 mm	R_i	3.0 Ω
d (gap)	0.6 mm	C_p	28 pF
N (turns)	80 turns	C_L	35 nF
f_s	20.43 kHz	R_L	3.0 Ω

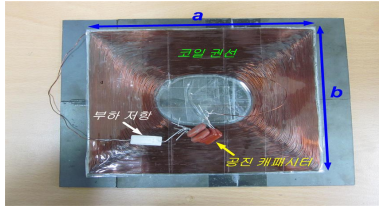


그림 4 실험용 모바일 충전용 집전장치 세트

식 (1)에서 f_s 는 동작주파수이며 실험에서는 20.43 kHz로 선정하였다. 그림 3에서 제시된 파라미터 중 L_i , R_i , C_p 는 집전장치 설계시 결정되는 고정된 값이며 C_L , R_L 만 변경가능하다. C_L 은 식 (1)을 통해 용량을 선정하였고, 최대전력전달을 위해 R_L 은 R_i 과 동일한 값을 선정하였다. 실험을 위해 아이패드 크기와 동일하게 제작된 실험세트는 그림 4와 같으며, 집전장치 디자인에 따른 각 파라미터를 표 1에 정리하였다.

3. 실험결과

제안하는 집전장치를 이용하여 평판 코어의 앞면 및 뒷면의 인덕턴스의 변화량을 측정하기 위해 그림 2와 같이 다이폴 코어를 가지는 무선전력시스템을 실험세트로 구성하여 실험하였다. 실험은 실제 평판 코어에 부착된 모바일기기와 도전율이 높은 철판을 집전장치에 접근시킴으로써 거리에 따른 인덕턴스를 LCR 미터를 이용하여 측정하였다.

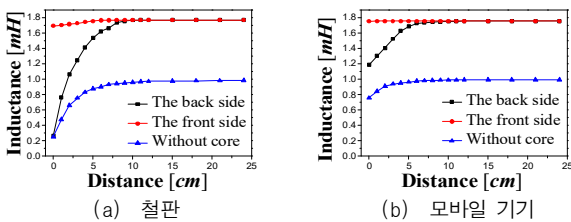


그림 4 집전장치로부터의 거리에 따른 인덕턴스 변화량 측정

실험결과, 사용자 쪽으로 향하는 평판코어 앞면에서는 인덕턴스 변화량이 매우 작은 반면, 나선형 코일이 부착된 뒷면과 코어가 없는 경우는 접근거리에 따라 인덕턴스 변화량이 큰 것을 확인할 수 있다.

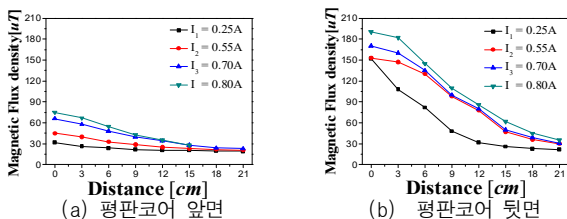


그림 5 집전장치로부터의 거리 및 전류에 따른 자속밀도 측정

그림 5는 집전장치로부터의 거리변화에 따른 자기장의 크기를 측정한 결과이며, L_i 과 C_L 의 직렬공진 조건하에 부하저항 값을 조절하여 집전장치에 흐르는 전류를 변화시켰다. 측정결과, 전류가 작을수록 주위에 방사되는 자기장의 크기가 작으며, 사용자가 위치하게 될 평판코어 앞면은 평판코어 뒷면에 비해 자속밀도가 상대적으로 크게 감소하는 것을 확인하였다.

이러한 실험결과를 통해 제안하는 모바일 무선충전기기는 충전중 도체접근에 따른 인덕턴스 변화량이 매우 작아 최대전력전달을 위한 직렬공진조건을 강인하게 유지할 수 있을뿐만 아니라 인체쪽으로 방출되는 자기장의 크기를 대폭 감소시켜 사용자의 안전을 확보할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 무선충전용 모바일 어플리케이션에서 사용할 수 있는 나선형 코일이 부착된 평판코일을 이용한 유비쿼터스 무선전력전송 기술을 제안하였다. 제안하는 집전장치를 이용하여 사용자가 높은 자기장에 노출되지 않도록 자기장의 크기를 대폭 감소시킬 수 있으며, 모바일 기기 및 철판과 같은 도체접근시 평판 코어 앞면의 인덕턴스 변화량은 매우 적어 외부환경에서도 공진조건이 벗어나지 않도록 강인하게 동작할 수 있다.

본 연구는 교육과학기술부에서 지원한 자기장 공진기반 과제사업(2010 0029179)의 일환으로 진행되었다.

참고 문헌

- [1] C. B. Park, S. W. Lee, and C. T. Rim, "5m off long distance inductive power transfer system using optimum shaped dipole coils," *Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC)*, Jun. 2012, vol. 2, pp. 1137-1142.
- [2] J. Huh, S.W. Lee, W.Y. Lee, G.H Cho, and Chun T. Rim, "Narrow width inductive power transfer system for on line electrical vehicles," *Power Electronics, IEEE Transactions on*, vol. 26, pp.3666-3679, Dec. 2011
- [3] A. Kurs, A. Karalis, R. Moffatt, J. D. Joannopoulos, P. Fisher, and M. Soljacic, "Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances," *Science*, vol. 317, no. 5834, pp. 83-86, Jul. 2007.
- [4] Huy Hoang, Seunggyu Lee, Youngsu Kim, Yunho Choi, Bien, F., "An adaptive technique to improve wireless power transfer for consumer electronics," *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, pp. 327-332, May 2012.
- [5] <http://www.icnirp.de/documents/LFGdl.pdf>, "International commission on non ionizing radiation protection (ICNIRP) Guidelines," 2010.