

논문 2017-54-7-6

페라이트를 이용한 자기장 무선전력전송 안테나

(Magnetic Wireless Power Transfer Antenna Using Ferrite)

고 낙 영*, 이 본 영*, 송 성 규*, 박 우 진*, 서 석 태*, 변 영 재**

(Nak-Young Ko, Bon-Young Lee, Seong-Kyu Song, Woo-Jin Park,
Seok-Tae Seo, and Franklin Bien[©])

요 약

본 연구에서 페라이트를 이용한 자기장 무선전력전송 안테나를 제안하였다. 기존에 추가접지가 있어야 자기장 무선전력전송이 가능하였던 점을 페라이트의 특성을 이용하여 추가접지 없이 자기장 무선전력전송이 가능하게 하였다. 페라이트는 자기장의 차폐효과가 있고 누설전력을 줄여주어 전송효율을 높여준다. 페라이트를 이용하여 자기장 무선전력전송을 위한 안테나를 제안하였고 실험을 통해 5W 자기장 무선전력전송 되는 것을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 무선전력전송은 금속을 매개로 하는 자기장 무선전력전송으로 사물인터넷 분야에 다양하게 응용 될 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose magnetic field wireless power transfer antenna using Ferrite. It is possible to transfer magnetic field wireless power without independent ground by using characteristic of ferrite in the point that conventional magnetic field wireless power transfer was possible with independent grounding. Ferrite has a shielding effect of magnetic field and reduces leakage power, thereby improving transfer efficiency. We propose an antenna for magnetic field wireless power transfer using ferrite and confirmed that it is transmitted by 5W magnetic field wireless power through experiments. The wireless power transfer proposed in this paper can be applied variously to the Internet of things by using the magnetic field wireless power transfer through the metal.

Keywords : Internet of things, Electromagnetic, Sensors, Ferrite, Wireless power transfer

I. 서 론

사물인터넷 기술은 주변에 있는 모든 사물을 인터넷으로 연결하는 차세대 인터넷 패러다임으로 지능형 기

* 학생회원, ** 정회원, 울산과학기술원 전기전자공학과 (Department of Electronics and Computer Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology)
© Corresponding Author (E-mail : bien@unist.ac.kr)

※ 이 논문은 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 대학CT연구센터육성 지원사업(MTP-2017-2012-0-00641) 및 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구(선도연구센터)사업(NRF-2017R1A5A1015596)의 연구결과로 수행되었음.

Received ; June 8, 2017

Revised ; July 4, 2017

Accepted ; July 11, 2017

술 및 서비스이다. 모든 사물에 인터넷을 연결하려면 사물마다 인터넷 연결을 위한 배터리가 있어야하고 배터리 사용이 끝나면 매번 배터리를 바꾸어 주어야하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 무선으로 전력을 전송하는 기술이 필요하다. 본 논문에서는 사물인터넷 센서에 접목할 수 있는 자기장 무선전력전송 안테나를 제안하고자 한다.

최근에 무선전력전송 시스템에서 터치 및 근접 센서에 기반한 무선전력전송 센싱 시스템의 개념이 등장하였다. 사람이나 물체의 접근으로 유전율이 바뀌어 전력 전송에 변화가 생기는데 이를 이용하여 접근도와 민감도 센싱을 하게 된다. 무선전력전송시 수신단 안테나에 독립접지 철판을 연결해야 되는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 페라이트 물성을 이용하여 독립접지 상태로 자기장 무선전력 전송하는 것을 제안하고자 한다.

또한 무선전력전송에 있어 전자파로 인한 인체유해성이 중요한 이슈인데 이를 해결하기 위해 전자기파를 차폐하는 성질을 가지는 페라이트 물질을 이용하여 ICNIRP 기준을 통과하는 것을 확인하였다^[17].

본 논문은 다음과 같이 구성 되어 있다. 2장에서는 기존에 연구된 터치 및 근접 센서에 기반한 무선전력전송 센싱 시스템과 그 한계에 대해 다루고, 3장에서는 자기장 차폐에 효과가 있는 페라이트를 이용한 안테나 설계를 보여주고, 4장에서는 5W급 자기장 무선전력전송 실험결과와 인체 유해성을 나타내는 EMF(Electric and Magnetic Field) 측정결과로 구성되어 있다. 그리고 5장에서는 결론으로 논문을 마무리한다.

II. 관련 연구

가. 터치 및 근접 센서에 기반한 무선전력전송 센싱 시스템

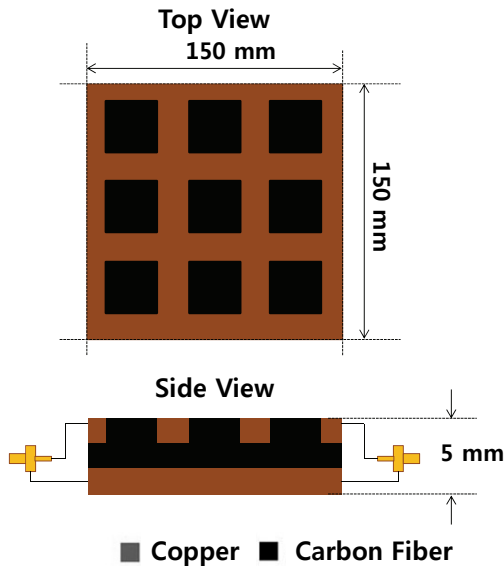


그림 1. 안테나 설계 파라미터
Fig. 1. Antenna design parameters.

그림 1은 송수신 안테나를 보여주고 크기는 150 mm × 150 mm × 0.5 mm 이다. 안테나는 구리 재질의 접지층, 탄소 섬유의 유전체층, 구리 재질의 격자층으로 구성된 2 포트 장치이다. 격자층 구조는 전자기장을 안테나 내부 공간에 가두어둘 수 있다. 안테나 내부에서 전자기파의 속도가 주변의 환경보다 느리기 때문에 2차원 시트형 도파관은 evanescent 파형을 생성한다.

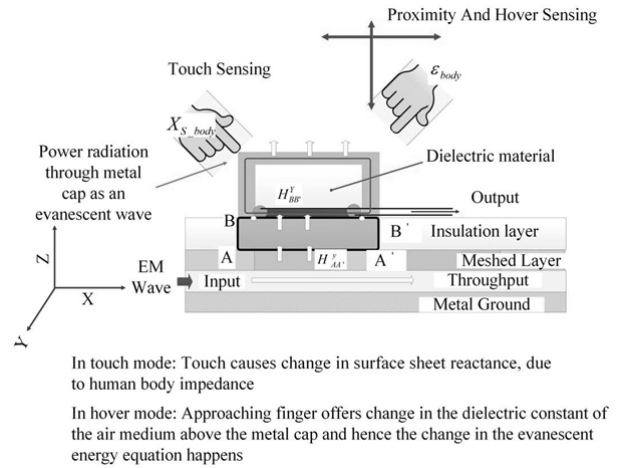


그림 2. 터치센서와 민감도 센싱으로 동작하는 무선전력전송시스템
Fig. 2. WET system as touch sensor-touch and hover sensing.

그림 2는 터치 및 근접 센서에 기반한 무선전력전송 센싱 시스템의 개념을 보여준다. 터치센싱에서 터치 센서가 감지할 수 있는 물체는 제한적이다. 자기장의 y축 성분은 격자모양 층에 수직으로 발생한다. 안테나는 금속과 유전체 사이에서 evanescent 전자기파를 만든다. 지문이나 손의 접근으로 유전율 변화로 전력전송에 변화가 생기는데 이를 이용하여 접근도와 민감도 센싱을 하게 된다. 민감도 모션 센싱은 현재의 많은 시스템에 비해 설계가 상대적으로 간단하고 비용 면에서 효율적인 대안이고 실현 가능하다^[1].

나. 터치 및 근접 센서에 기반한 무선전력전송 센싱 시스템의 한계점

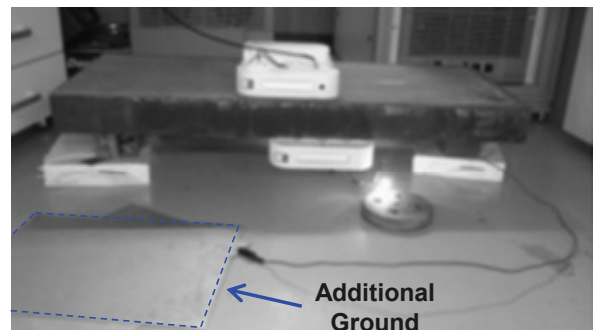


그림 3. 기존 무선전력전송 시스템의 한계
Fig. 3. Limitation of wireless power transfer system.

그림 3은 기존 시스템에서 수신단 안테나에 추가접지 철판을 연결해야 무선전력전송이 되는 문제가 있었

다. 이를 해결하기 위해 페라이트 물성을 이용하여 독립접지 상태로 무선전력전송을 제안하고자 한다. 여기서 독립접지는 수신단에 추가접지가 없는 상태를 의미한다.

III. 페라이트 기반 자기장 무선전력전송 안테나 설계

가. 페라이트의 특성

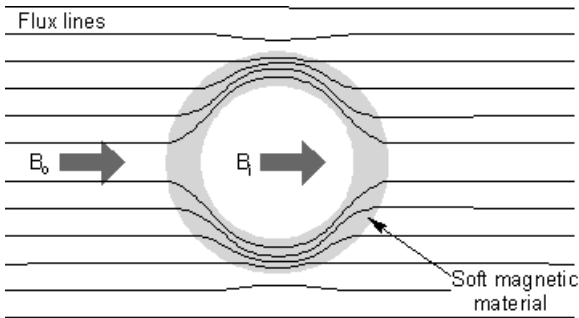


그림 4. 연자성 재료의 특성
Fig. 4. Property of soft magnetic materials.

연자성 재료는 외부 교류 자기장의 위상변화에 따라 재료 내부의 자화 방향이 용이하게 반응하는 재료이다^[18]. 그림 4는 연자성 재료 주변 자기장의 분포를 나타내며 그림과 같이 공간에 분포하는 자기장을 연자성 재료 내부에 높은 밀도의 자력선속을 갖게 만든다. 자력선속은 자성소재의 투자율만큼 높아지게 되는데 소재 주변의 자기장을 끌어 들여 누설 자기장을 최소화하게 된다. 페라이트는 교류 전자기장을 효과적으로 차폐하여 무선전력전송 효율을 높이고 에너지 누설을 최소화할 수 있는 물질이다.

나. 페라이트를 이용한 안테나

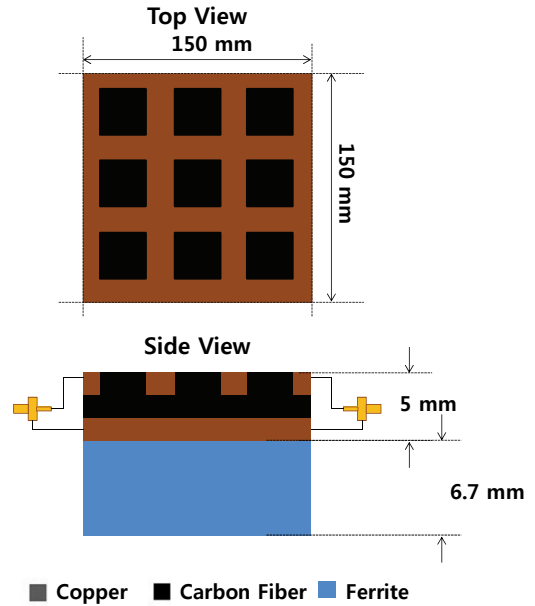


그림 5. 연자성 재료의 특성
Fig. 5. Property of soft magnetic materials.

그림 5는 페라이트를 이용한 안테나를 보여주고 크기는 150 mm × 150 mm × 11.7 mm 이다. 안테나는 구리 재질의 접지층, 탄소 섬유층의 유전체층, 구리 재질의 격자층, 페라이트층으로 구성되어 있다. 페라이트는 교류 전자기장을 효과적으로 차폐하여 무선전력전송 효율을 높여주는 역할을 한다.

IV. 안테나 실험 및 성능 분석

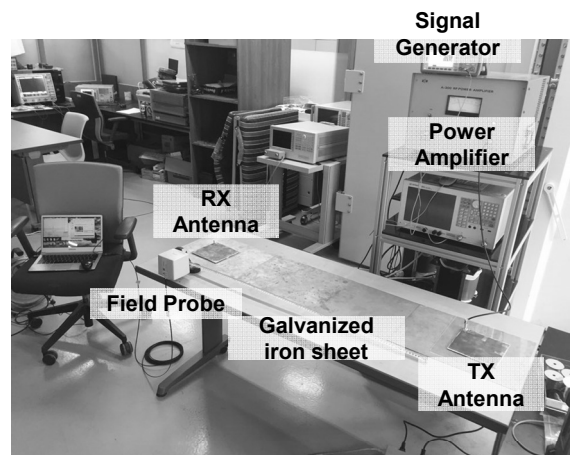


그림 6. EMF 측정환경
Fig. 6. Measurement environment of EMF.

그림 6은 EMF(Electric and Magnetic Field) 측정환경을 나타낸다.

철판을 매개로 하는 무선전력전송이므로 철판위에 송신기 안테나, 수신기 안테나가 있다. 그리고 송신기 안테나에 전력을 보내기 위해 신호발생기와 전력증폭기를 이용하였다. 철판은 Galvanized iron sheet를 사용하였다. 인체유해성을 나타내는 ICNIRF기준^[17]을 만족하는지 확인하기 위해 측정을 진행하였다. EMF를 측정하기 위해 Narda EMF-100장비를 사용하였다.

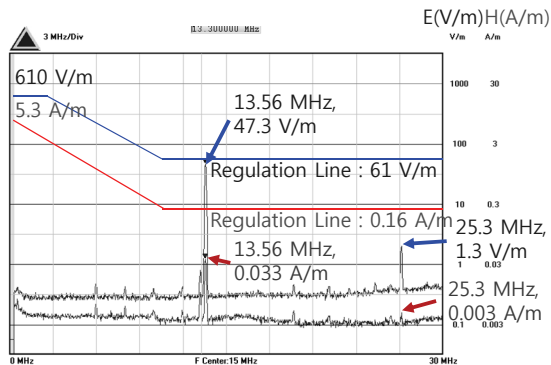


그림 7. EMF 측정결과

Fig. 7. Measurement result of EMF.

그림 7은 EMF 측정결과를 나타낸다. E-field는 13.56MHz에서의 기준인 61V/m보다 낮은 47.3 V/m이고 H-field는 13.56MHz에서의 기준인 0.16 A/m보다 낮은 0.33 A/m로 측정되었다. ICNIRF기준보다 낮은 것을 확인할 수 있어 인체에 유해하지 않음을 확인하였다.

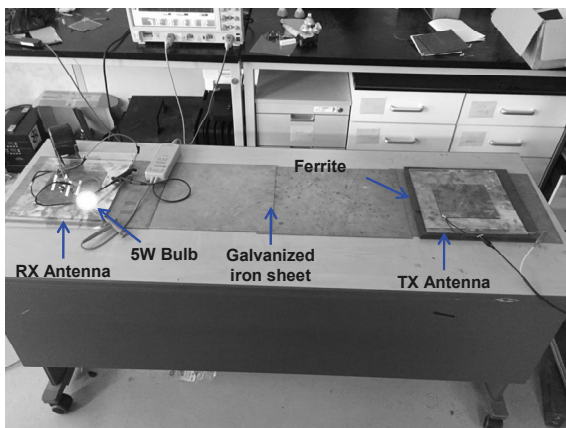


그림 8. 무선전력전송 측정

Fig. 8. Measurement result of wireless power transfer.

그림 8은 페라이트 물질을 이용하여 무선전력전송이 되어 5W 전구가 불이 켜지는 것을 보여준다. 수신단 안테나 아래에 페라이트 물질을 배치하여 교류 전자장을 효과적으로 차폐하였고 에너지 누설이 최소화 되는 것을 확인하였다.

IV. 결 론

본 연구에서 페라이트를 사용한 자기장 무선전력전송 안테나를 제안하였다. 기존 연구에서 추가접지가 있어야 자기장 무선전력전송이 가능하였으나 페라이트의 특성을 이용하여 추가접지 없이 독립접지 상태로 무선전력전송이 가능함을 확인하였다. 페라이트의 특성을 이용하여 자기장 차폐효과를 최대한 높이고 누설전력을 줄여주어 효율을 높였다. 페라이트를 이용한 자기장 무선전력전송을 통해 5W 무선전력전송 되는 것을 확인하였다. 또한 제안된 자기장 무선전력전송은 EMF 기준 중 하나인 ICNIRF기준을 만족하여 인체에 유해하지 않음을 확인하였다.

REFERENCES

- [1] S. K. Oruganti, S. H. Heo, M. G. Ma, and F. Bien, "Wireless Energy Transfer: Touch/Proximity/Hover Sensing for Large Contoured Displays and Industrial Applications," *IEEE Sensors J.*, vol. 16, no. 4, pp. 2062-2068, Apr. 2015.
- [2] B. Jeon and J. Jeong, "Blocking artifacts reduction in image compression with block boundary discontinuity criterion," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol. 8, no. 3, pp. 345-357, June 1998.
- [3] W. G. Jeon and Y. S. Cho, "An equalization technique for OFDM and MC-CDMA in a multipath fading channels," in *Proc. of IEEE Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing*, pp. 2529-2532, Munich, Germany, May 1997.
- [4] C. Hong, L. Chu, W. Lai, A.-S. Chiang, and W. Fang, "Implementation of a new capacitive touch sensor using the nanoporous anodic aluminum oxide (np-AAO) structure," *IEEE Sensors J.*, vol. 11, no. 12, pp. 3409-3416, Dec. 2011.
- [5] W. H. Ko and W. Qiang, "Touch mode capacitive pressure sensors," *Sens. Actuators A, Phys.*, vol. 75, no. 3, pp. 242-251, 1999.
- [6] E. So, H. Zhang, and Y.-S. Guan, "Sensing contact with analog resistive technology," in *Proc. IEEE Int. Conf. Syst., Man, Cybern. IEEE SMC*, vol. 2, Oct. 12-15, 1999, pp. 806-811.
- [7] S. Lee and S. Zhai, "The performance of touch screen soft buttons," in *Proc. SIGCHI Conf. Human Factors Comput. Syst.*, 2009, pp. 309-318.
- [8] G. Barrett and O. Ryomei, "Projected-capacitive

- touch technology,” *Inf. Display*, vol. 26, no. 3, pp. 16-21, 2010.
- [9] S. G. Lee, H. Hoang, Y. H. Choi, and F. Bien, “Efficiency improvement for magnetic resonance based wireless power transfer with axialmisalignment,” *Electron. Lett.*, vol. 48, no. 6, pp. 339-340, Mar. 2012.
- [10] H. Hoang, S. Lee, Y. Kim, Y. Choi, and F. Bien, “An adaptive technique to improve wireless power transfer for consumer electronics,” *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 58, no. 2, pp. 327-332, May 2012.
- [11] J. Huh, S. Lee, C. Park, G.-H. Cho, and C.-T. Rim, “High performance inductive power transfer system with narrow rail width for on-line electric vehicles,” in *Proc. IEEE Energy Convers. Congr. Expo. (ECCE)*, Sep. 2010, pp. 647-651.
- [12] S. K. Oruganti and F. Bien, “Flexible wireless energy transfer systems by carbon fiber as a dielectric material: Study and experiments,” in *Proc. IEEE Wireless Power Transf. (WPT)*, May 2013, pp. 159-162.
- [13] E. Kunsun and H. Arai, “Wireless power transfer using sheet-like waveguide,” in *Proc. 3rd Eur. Conf. Antennas Propag. (EuCAP)*, Mar. 2009, pp. 3038-3041.
- [14] A. Noda and H. Shinoda, “Selective proximity power transmission using low leakage ribbon waveguide and high-Q resonant coupler,” in *Proc. SICE Annu. Conf. (SICE)*, Sep. 2011, pp. 836-841.
- [15] Seok Hyon Kang and Chang Won Jung, “Analysis and Design of Planar Textile Resonator for Wearable Magnetic Resonance-Wireless Power Transfer,” *Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 53, no. 8, pp. 119-126, August, 2016.
- [16] Yeonghwan Kim, Kuhyung Kwon, and Chungyong Lee, “Distributed Antenna System for Intra-vehicle Wireless Energy Transfer,” *Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 54, no. 2, pp. 3-8, February, 2017.
- [17] ICNIRP Guidelines, “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields(up to 300 GHz),” *Health Phys.*, vol. 74, no. 4, 1998, pp. 494-522.
- [18] Seok Bae, Don-Chul Choi, Soon-Young Hyun, and Sang Won Lee, “Electromagnetic wave Shielding Materials for the Wireless Power Transfer Module in Mobile Handset,” *Journal of the Korean Magnetics Society*, vol. 23, issue 2, pp. 68-76, April, 2013.

저 자 소 개



고 낙 영(학생회원)
2014년 홍익대학교 전기전자공학부
학사 졸업
2016년~현재 울산과학기술원 전기
전자컴퓨터공학부 석박사
통합과정

<주관심분야: 무선전력전송, RF 회로 설계>



박 우 진(학생회원)
2016년 단국대 전자전기공학부 학
사 졸업
2016년~현재 울산과학기술원 전기
전자컴퓨터공학부 석박사
통합과정

<주관심분야: 무선전력전송, RF 회로설계>



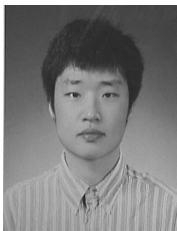
이 본 영(학생회원)
2016년 울산과학기술원 전기전자
컴퓨터공학부 학사 졸업
2016년~현재 울산과학기술원 전기
전자컴퓨터공학부 석박사
통합과정

<주관심분야: 무선전력전송, RF 회로설계>



서 석 태(학생회원)
2016년 울산과학기술원 전기전자컴
퓨터공학부 학사 졸업
2016년~현재 울산과학기술원 전기
전자컴퓨터공학부 석박사
통합과정

<주관심분야: 무선전력전송, RF 회로설계>



송 성 규(학생회원)
2016년 광운대학교 전자공학과 학
사 졸업
2016년~현재 울산과학기술원 전
기전자컴퓨터공학부 석사
과정

<주관심분야: 무선전력전송, 안테나 설계>



변 영 재(정회원)
1997년 연세대학교 학사 졸업
2000년 조지아공과대학교 석사학위
취득
2006년 조지아공과대학교 박사학위
취득

2000년 5월~2002년 12월 Agilent Technologies,
IC Design Engineer
2003년 1월~2004년 12월 Quellan, Inc. Senior IC
Design Engineer
2007년 1월~2009년 2월 Staccato Communications,
Senior Analog/Mixed-signal IC Design
Engineer
2009년 3월~현재 울산과학기술원 부교수/대외협
력처장

<주관심분야: Mixed Signal IC Design, 체내이식
형 무선센서 및 통신기기, Touch Screen Readout
IC, Electrical Vehicle IC>