

근거리 전송에 적합한 가이딩 코일의 파라미터

*우대웅, *김재희, **이동현, **박경호, *박위상
*포항공과대학교 전자전기공학과
**삼성종합기술원

e-mail : woodw@postech.ac.kr, jaehee@postech.ac.kr

Parameters of a guiding coil for wireless power transfer

*Dae Woong Woo, Jae Hee Kim, **Dong Hyun Lee, Kyung Ho Park,
*Wee Sang Park

*Department of Electronic and Electrical Engineering,
Pohang University of Science and Technology
**Embedded Systems Solution Lab.
Samsung Advanced Institute of Technology

Abstract

We analyzed the structural parameters of a guiding coil and a feeding loop for wireless power transfer in mid-range. The length, diameter, and number of turns of the guiding coil are the major factors to determine the resonant frequency. The separation distance between the coil and the loop also affects the power transfer ratio. This scheme has a greater transmission efficiency than using dipoles.

I. 서론

무선전력전송 (wireless power transfer)은 전송거리 에 따라 3가지로 분류할 수가 있다. 첫째는 inductive coupling을 이용하는 방법[1]으로 파장에 비해 매우 작은 거리에 효율적인 전송이 가능하다. 둘째로 방사에 의한 전력전송방법[2]이며, 파장에 비해 원거리 전송에 적합하다.

셋째는 inductive coupling과 방사에 의한 전력전송의 단점을 극복하는 방법으로 inductive coupling보다는 원거리 전송이 가능하며, 방사에 의한 방법보다는 근거리 전송이 가능한 guiding 코일을 이용한 전력전송 방법이다. 이는 최근에 Soljacic 교수팀[3]에서 가이딩 코일을 제안함으로써 연구가 활기를 띄게 되었다. 가이딩 코일 시스템의 구조를 그림 1에 나타내었다. 급전루프를 통하여 루프에 수직인 자계를 형성시키고 이 자계는 가이딩 코일로 사인(sine)파 형태의 전류를 여기시키며 공진이 발생하게 된다. 가이딩 코일의 전류가 만드는 필드에 의하여 전력이 전송된다. 이 구조는 mid-range에

서 전송효율이 높은 장점을 가진다.

가이딩 코일을 제시한 이 논문에서 코일의 파라미터에 따른 효율은 나타나있지 않다. 본 논문에서는 가이딩 코일의 파라미터 및 구조를 바꾸어보면서 경향을 살펴보았다.

II. 본론

2.1 가이딩 코일의 제작 및 분석

Parameter study에 앞서 기존에 나와 있는 논문의 검증을 위하여 가이딩 코일을 제작하였다. 급전 루프를 지지하기 위한 기판으로 Duroid 5880을 사용하였으며, 기판의 loss tangent는 0.0009이다. 테이프 위에 구리선을 감아서 가이딩 코일을 구성하였다. 실험을 위해 제작한 구조를 그림 1에 나타내었다. 그림 1에서 가이딩 코일의 두께 (t1)는 0.53 mm, 코일간의 간격 (d)은 3 mm, 코일의 반지름 (r1)은 31 mm, 턴 수 (N)는 5.25이다. 급전루프의 반지름 (r2)은 20 mm, 두께 (t2)는 1 mm이며 기판의 유전율은 2.2이다.

전력전송 실험을 위한 측정환경을 그림 2에 나타내었

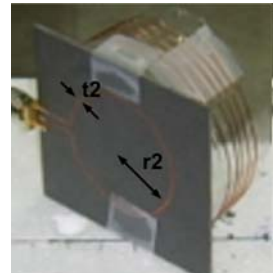
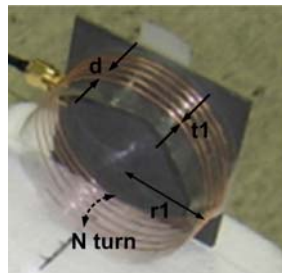


그림 2-(a) 앞면

그림 2-(b) 뒷면

그림 1. 가이딩 코일의 구조

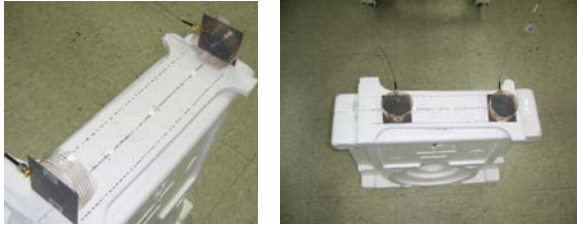


그림 2-(a). 수직구조 그림 3-(b). 수평구조
그림 2. 가이딩 코일 전송효율의 측정환경

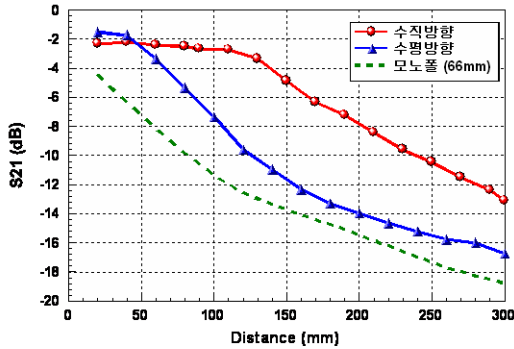


그림 3. 수직구조와 수평구조에서의 전송효율

다. 그림 2-(a)는 두 코일의 윗면이 마주보고 있는 수직구조이며 그림 2-(b)는 두 코일의 옆면이 마주보고 있는 수평구조를 나타내고 있다. 각각의 가이딩 코일을 네트워크 분석기의 각 포트에 연결하고 S21을 측정하였다. 거리에 따른 전송효율(S21)을 그림 3에 도시하였다. 측정거리는 두 가이딩 코일 사이의 가장 가까운 거리를 기준으로 하였다. 수직구조를 사용할 때 수평방향에 비하여 효율적인 전송이 가능하다. 측정결과를 기존의 방법과 비교하기 위하여 크기가 가이딩 코일의 직경과 같은 2개의 모노폴 안테나를 사용하여 거리에 따른 S21을 측정하였다. 300 mm이내의 거리에서는 수직구조와 수평구조 모두 모노폴에 비하여 전송특성이 우수하였다. 일반적인 inductive coupling이 0.02과장 이내에서만 동작하는 것에 비해 가이딩 코일은 보다 먼 거리에서 효율적인 전송이 가능한 것이 장점이다.

2.2 파라미터 및 구조 변화에 따른 전송효율

가이딩 코일에서 여러 가지 파라미터들을 변화시키면서 실험을 수행하였다. 전송효율은 그림 2-(a)의 수직구조를 기준으로 하였다.

먼저 턴 수에 따른 변화를 살펴보았다. Soljagic 교수팀의 논문에서는 5.25턴을 기준으로 하였으므로 이를 고려하여 3턴, 5턴, 8턴을 제작하여 실험하였다. 전체적인 가이딩 코일의 크기를 유지하기 위하여 턴 수를 늘리면서 코일의 피치간격을 줄였다. 턴 수가 증가하였을 때 거리에 따른 전송효율 (S21, dB)을 그림 4에 나타내었다. 턴 수를 늘림에 따라 전송 효율이 더 좋게 나타났다. 이는 턴수가 늘어날수록 가이딩 코일의 공진주파수가 떨어졌으며, 전체적으로 공진주파수에서 전기적인 길이가 감소했기 때문인 것으로 생각된다. 전송효율은 실험조건에 따라 0 에서 1 dB 정도의 차이를 보였다.

다음으로 급전루프의 반경을 늘이거나 턴 수를 조절해 가면서 전송효율을 분석해 보았다. 실험결과 그 효

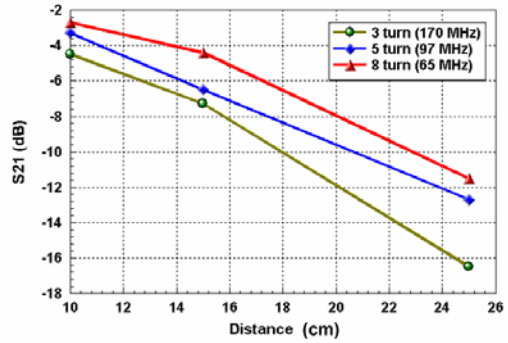


그림 4. 턴 수에 따른 전송효율 비교

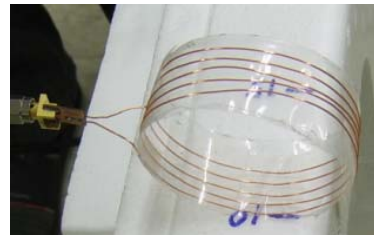


그림 5. 가이딩 코일 가운데로 feeding한 경우

과는 미미하였다. 그 이유는 급전루프는 가이딩 코일에 입력전력을 커플링 시키는 역할을 하는 것으로, 입력 임피던스의 매칭에 관련이 있기 때문이다.

마지막으로 급전루프를 쓰지 않고 가이딩 코일의 중간을 자른 다음, 나누어진 두 라인을 이용하여 직접 급전한 구조를 실험하였다 (그림 5). 급전루프를 이용한 것에 비하여 입력포트에서 매칭이 잘 되지 않았다. 급전루프를 사용한 것과 비교해 공진주파수는 2MHz가 감소하였으며, 10 cm거리에서 S21은 -21 dB이며 전체적으로 기존대비 전송효율이 좋지 않음을 확인하였다.

이 밖에 평면 형태의 가이딩 코일구조가 있는데, 이는 발표할 때에 언급하도록 한다.

III. 결론

Mid range에서의 효율적인 전송이 가능한 가이딩 코일의 각 파라미터가 전송효율에 미치는 영향을 살펴보았다. 턴 수를 늘일수록 전송효율이 좋아지며 급전 방법을 다르게 하는 경우는 전송효율이 더 떨어짐을 알 수가 있었다. 소형화를 위하여 평면 형태의 가이딩 코일을 디자인하였으며 기존의 가이딩 코일이 더 나은 결과를 보여주었다.

참고문헌

[1] Altchev, S, "Efficient Resonant Inductive Coupling Energy Transfer Using New Magnetic and Design Criteria", Power Electronics Specialists Conference, 2005. PESC '05. IEEE 36th 2005, pp.1293 - 1298
 [2] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, "Antenna Theory and Design", Second Edition, 1998
 [3] Andre Kurs, Aristeidis Karalis, Robert Moffatt, J.D.Joannopoulos, Peter Fisher, Marin Soljagic, "Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonance", 2007 Science, vol. 317, pp. 83-86 , JULY 6 2007