

## 무선충전장치 차폐재료의 전자기적 해석과 측정 결과 비교

김상원\*, 김성식\*, 김영배\*, 신판석\*  
홍익대\*

### A Comparison of Analysis and Measurements of the Electromagnetic Shielding Material for Wireless Charging Devices

Sang-Won Kim\*, Sung-Sik Kim\*, Young-Bae Kim\*, Pan-Seok Shin\*  
Hong-ik University\*

**Abstract** - 본 논문은 소형 무선충전장치 등에 충전기 기능을 비접촉(무선)방식으로 구현할 때 발생하는 차폐 재료의 전자기적 해석과 측정 결과를 비교한 것으로 전자차폐 재료의 투자율, 두께, 부하크기, 차폐층의 크기 등을 변수로 하여 전자기적 특성을 전자장해석프로그램(FLUX)을 이용하여 해석·분석하여 실험 장치를 이용하여 측정결과를 계산결과와 비교한 것으로 무선충전장치 차폐 재료 개발에 정보를 제공하는 것이다.

#### 1. 서 론

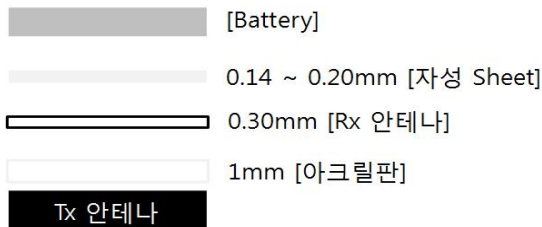
최근 다중통신 기술의 발달, 이동 물체의 전자 유도 기술의 고도화 등, 전자공학 및 통신 공학의 급격한 발달로 인한 RF 이용의 급격한 증가에 따라 사용 전자파의 주파수는 점차로 높아진 반면, 전자 장비간의 설치 간격은 점차로 좁혀졌다. 이에 따라 이웃의 전자 장비에 간섭 신호나 잡음이 발생하여 해로운 영향을 주거나 또는 이웃 장비로부터 영향을 받는 현상이 자주 발생하게 되었다. 이러한 전자파 간섭(EMI)이 없도록 하고 또 전자파 간섭에 대해서도 적절한 내성(EMC)을 가지도록 전자장비를 설계 및 제작하는 것이 최근 필수적인 요건이 되었고, 이를 위해서 측정평가의 정확성을 높이고 불요 복사 방지 등에 필요한 차폐 재료 및 차폐 기술 개발의 필요성이 요구되고 있다.

본 논문은 무선충전장치에서 충전 과정에서 차폐 재료에 따른 전자차폐(Magnetic shield)의 영향에 대해서 분석하고 차폐 재료의 유무에 따라 전달되는 자계를 전자장해석 프로그램인 Flux 2D를 이용하여 전자기적 특성에 대하여 분석하고 전자 차폐 재료가 시스템에서 미치는 전자기적 특성에 대하여 해석 연구하였다. 차폐층의 해석결과 검증을 위하여 무선충전장치의 실험 설비를 제작하고 모의실험을 수행하여 계산결과와 비교하여 차폐 재료의 성능과 설계에 대한 정보를 제공하게 된다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 전자파의 영향과 차폐 재료의 소개

차폐는 복사되는 에너지를 특정 지역 내에 국한시키거나 또는 특정 지역에 진입을 막는 것을 그 목적으로 한다. 차폐(Shield)는 고형체(Solid), 비교형체, 케이블등과 같은 편도체의 형태들이 있을 수 있다.[1] 그림 1은 자기 유도 무선 충전시스템을 FEM해석모델로 표현한 것이다. 자기 유도 무선 충전 시스템은 송신단(Tx 안테나)과 수신부(Rx 안테나)



〈그림 1〉 자기유도 무선충전시스템의 해석 모델

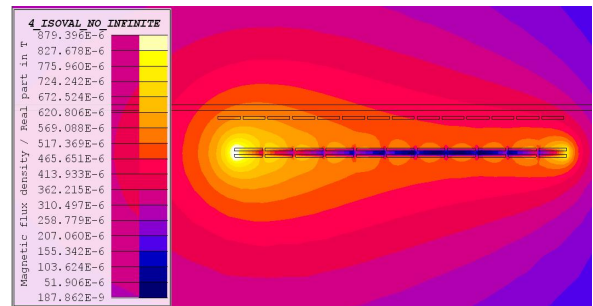
를 포함한다. 전원부로부터 에너지를 전달받은 송신단(Tx 안테나)에 공진주파수로 진동하는 자기장을 생성하여 동일한 공진 주파수로 설계된 수신단(Rx 안테나)에 전력을 전송하게 되는 구조이다. FEM해석모델에서 1mm 아크릴판은 소형 무선기기의 케이스 커버를 모형화하여 나타낸 것이며, 전기기기의 수신 부분(Rx 안테나)은 두께를 얇게 하기 위해, 코일에 금속분말 페이스트를 인쇄하여 형성된 평면코일로서 0.3mm로 증가시키고, 평면 코일과 자성시트를 사용하여 결합을 강화하는 구조로 무선 충전 시스템을 구성하였으며, 해석모델에서 자성시트는 1차, 2차 코일간의 결합을 강화하기 위한 코어재료로서 특성해석을 하기 위하여 다양한 모델을 사용하였다.[2]

##### 2.2 무선 충전 시스템의 차폐재료 유무에 따른 전자계 해석

본 논문에서는 무선충전시스템에 차폐층의 유무에 따른 자체특성을 해석하고 2차측 전압과 전류를 계산하여 차폐재료의 특성을 분석하였다. 차폐층이 삽입될 경우 각 자성체 재료의 비 투자율과 두께의 변화에 따른 2차측 전압과 전류를 비교하였다.

무선충전장치의 해석 모델은 축대칭(Axi-symmetric 조건)[단위:mm]이며, 해석은 정상자계의 교류자계해석(AC Magnetics)를 이용하였다. 1차코일의 입력 조건은 5V, 200mA의 정전원으로 가정하였고, 2차코일은 14턴으로 산정하였다. 해석 내용은 차폐재료의 물질 특성, 두께 및 크기에 따른 영향을 조사하기 위하여 재료의 비 투자율(1,10, 20, 30, 40, 50), 저항율(표면저항=1x10<sup>8</sup>), 두께 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.0 mm)를 변화시키면서 2차 측의 전압과 전류를 계산하였다.

##### 2.3 차폐층이 없는 경우의 전자계 해석 결과



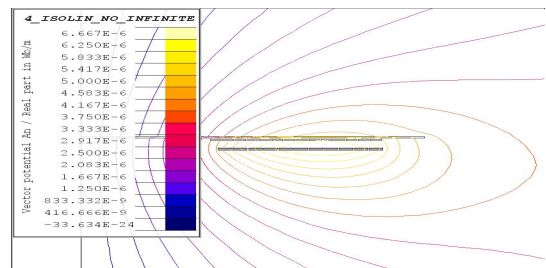
〈그림 2〉 자속밀도 분포 (차폐층이 없는 경우)

그림2는 차폐층이 없는 경우의 자속밀도분포로서 1차측 코일의 전류에 의해서 2차측 코일에 자속이 쇄교됨을 알 수 있다.(차폐층을 air로 설정) 자성체가 없을 때 1차 측과 2차 측 코일에서 발생하는 전자기장은 모두 공기 중으로 전파된다. 2차 측으로 가는 전압은 일정하게 전송이 되나 공극과 코어에서 발생하는 와전류 손실로 인하여 전류 손실이 발생하게 된다.

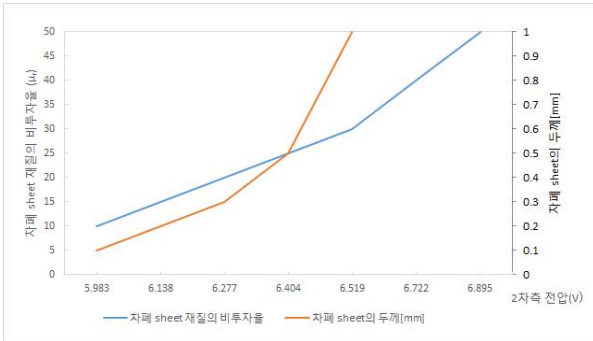
〈표 1〉 1차 측 전압 전류와 2차 측 전압 전류

1차측 전압	5.0V
1차측 전류	0.2A
2차측 전압	4.99V
2차측 전류	0A

##### 2.4 차폐층이 있는 경우의 전자계 해석 결과

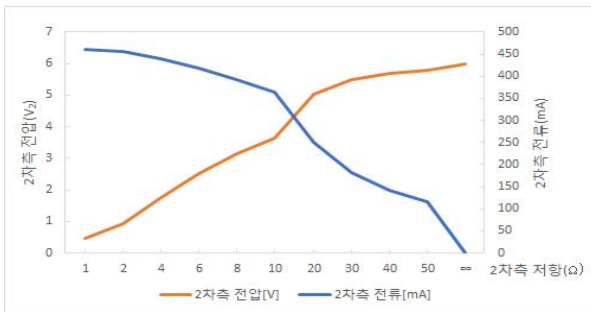


〈그림 3〉 차폐층( $\mu_r=20$ , 두께=0.2mm)인 경우의 자기력 선도



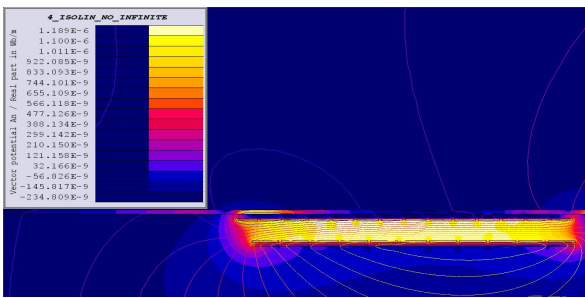
**<그림 4> 비투자율과 차폐층의 두께에 따른 2차측 전압 비교**

그림3과 그림4는 차폐층( $\mu_r=20$ , 두께=0.2mm)이 있는 경우의 자속밀도분포와 자속선도로서 그림2와 비교해보면 차폐층으로 많은 량의 자속이 흐르고 있음을 알 수 있으며, 차폐의 효과가 있음을 알 수 있다. 그림4는 차폐 재료의 비 투자율이 증가와 차폐 두께의 변화에 따라 2차 코일에 유도되는 전압의 크기를 각각 계산한 것이다. 투자율이나 차폐두께가 증가하면 차폐층에 더 많은 자속이 흐르게 되고 2차 측에 유기되는 전압은 증가하게 됨을 알 수 있다.



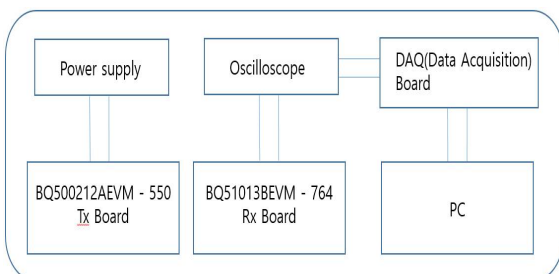
**<그림 5> 2차측 저항 변화에 대한 2차측 전압과 전류비교 ( $\mu_r=10$ , 두께=0.2mm)**

그림 5는 수신단 부하변화에 따라 2차 측에 유도되는 전압과 전류를 비교한 것으로 부하가 증가함에 따라 전압은 증가하고 전류는 감소하므로 전력전송의 안정을 위한 회로설계가 필요함을 알 수 있다.

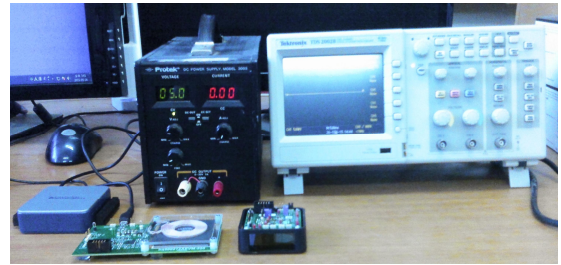


**<그림 6> 차폐층( $\mu_r=10$ , 두께=0.2mm)과 부하가 있는 경우의 자속선도 (2차측 저항: 1Ω )**

**2.5 무선충전 시험 설비와 측정 설비 구성**



**<그림 7> 무선충전 시험설비 Block Diagram**



**<그림 8> 실험 설비 사진**

그림 7은 무선충전 시험설비의 과정을 블록다이어그램으로 나타낸 것이며, 그림 8은 실제 측정 설비에 관한 사진을 촬영하여 나타낸 것으로, 전원, 송수신장치, 오실로스코프, DAQ보드, PC 등으로 구성되어 있다. 이와 같이 실험측정설비를 갖춘 다음 무선충전장치에서 전송 단에서 발생하는 전압 및 전류를 수신 단에서 차폐 재료의 효과로 얼마만큼 전압 및 전류를 수신하는지 실험하고 결과를 비교분석하기 위하여 실험 중에 있다. 표2는 무선충전시스템 실험설비 사양으로, Power Supply는 Tx Board단에 전원을 공급하고 이 때 Tx Board(송신단)에서 발생하는 자계로 인하여 송신되는 전압과 전류를 Rx Board(수신단)으로 수신을 하게 된다. 이때 측정 장비인 Digital Oscilloscope로 전압과 전류를 측정하고 계측용 Labview DAQ Board로 실시간 데이터로 수집하고 모의해석결과와 비교 분석하고자 한다.

**<표 2> 무선충전시스템 실험 설비 사양**

장치명	사 양	용 도
Power Supply	DC 60V, 100MHz	전원 공급
Digital Oscilloscope	40MHz 대역폭, LCD display, usb port	전송 전압과 전류와 수신 전압과 전류 측정
Tx Board BQ500212AEVM-550	입력 5V, 200mA	무선충전전송모듈
Rx Board BQ51013BEVM-764	출력 5V, 스위칭 주파수 110~205kHz	무선충전수신모듈
계측용 Labview DAQ 보드 NI USB-6002	최대 대역폭, 300kHz 5kS/s업데이트 속도	실시간 데이터 수집 장치

**3. 요약**

본 논문에서는 무선충전장치에서 차폐 재료에 따른 전자계특성을 전자장해석프로그램(FLUX)을 이용하여 해석하고 분석한 것이다. 무선충전장치 차폐 재료의 비 투자율, 두께에 따라 수신단(2차측)의 출력전압과 전류가 크게 영향을 받는다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 자기유도 무선충전시스템에서 차폐층이 추가됨으로써 자속의 흐름이 크게 변화되고, 자성체내부에 와전류가 발생하여 내부의 자속의 감소함으로써, 전자기적으로 2차 자기회로에 왜곡 자속량이 감소하여 2차측 전압이 낮아지는 것으로 분석할 수 있다. 무선 충전 실험 장치를 갖추고 FLUX2D를 이용하여 모의 해석한 결과와 측정결과를 비교 분석한 자료는 차폐층의 설계와 재료개발에 이용하게 될 것이다.

본 연구는 추가적으로 고주파에 대한 회로특성을 분석하고 3차원 모델을 이용하여 정밀한 해석결과를 도출하고, 정확한 모의실험세트를 개발하여 차폐 재료의 설계에 도움을 줄 수 있는 정보를 제공하게 될 것이다.

**[참 고 문 헌]**

- [1] 박병권의 4명, "1GHz~18GHz대역의 전자파 차폐물질 측정방법 연구", 한국전자과학회, p.p 1-2, 2010. 11. 19.
- [2] 김상원의 3명, "소형 무선 충전 장치의 전자 차폐 재료에 대한 전자기적 특성 해석", 대한전기학회, 대한전기학회 전기기기 및 에너지변환시스템분회 춘계학술대회 논문집, p.p 111-113, 2015

**[감사의 글]**

본 논문은 2014년도 미래창조과학부의 재원으로 과학벨트기능지구 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (2014K000198).