

## 실드 박스 내 다수의 휴대 단말기 사이의 전기장 균일도 개선

### Improvement of Field Uniformity between Multiple Mobile Phones in a Shield Box

박 현 호 · 권 인 수\*

Hyun Ho Park · In-Soo Kwon\*

#### 요 약

본 논문에서는 실드 박스를 이용하여 다수의 휴대 단말기의 무선 성능을 시험할 경우, 발생하는 실드 박스 내 전기장 불균일 현상을 시뮬레이션을 통해 분석하였고, 전기장 균일도를 개선하기 위해서 두 가지 방법을 제시하였다. 제시한 방법들이 단말기 사이의 전기장 균일도를 크게 개선할 수 있음을 확인하였다.

#### Abstract

In this paper, during radio-frequency performance testing in a shield box, the non-uniform electric field distribution between multiple mobile phones is examined by numerical simulation, and two ways to improve the field uniformity among mobile phones under test are proposed. The results demonstrate that the proposed methods can greatly improve the field uniformity.

Key words: Field Uniformity, Shield Box, Mobile Phones

#### I. 서 론

LTE, 5G 등 통신기술의 지속적인 발전으로, 최근 스마트폰과 같은 휴대 단말기는 다양한 통신 주파수 대역을 채용하고 있다. 이러한 휴대 단말기의 무선 성능을 측정하기 위해서는 현장시험(field test)이 필요한데, 이는 많은 시간과 비용이 소요된다. 실험실 레벨에서 단말기의 무선 성능을 시험하기 위해서는 잔향(reverberation) 챔버가 널리 사용된다<sup>[1]</sup>. 챔버 내 전기장 균일도를 확보하기 위해 회전 스테러(stirrer)를 사용하며, 800 MHz의 낮은 주파수에서도 모드(mode) 수를 충분히 확보하기 위해서는 챔버 크기가 1 m<sup>3</sup> 이상은 되어야 한다. 최근에는 단말기의 무선

성능시험을 위해 흡수체가 부착된 1 m<sup>3</sup> 이하의 크기의 소형 실드 박스를 사용하기도 한다<sup>[2]</sup>. 실드 박스는 시설비용이나 시험시간 측면에서 매우 효과적인 방법이지만, 실드 박스 내 전기장 균일도를 확보하기 어려운 단점이 있다. 또한 실드 박스에 다수의 단말기를 넣고 한 번에 시험할 경우에는 전자파가 단말기에 의해 산란되어 전기장 균일도를 더욱 저하시켜 무선 성능 시험의 측정 신뢰도를 떨어뜨리게 된다.

본 논문에서는 소형 실드 박스 내 다수의 휴대 단말기에 의한 전기장 불균일 현상을 상용 시뮬레이터<sup>[3]</sup>를 이용하여 분석하였고, 각 단말기 위치에서의 전기장 균일도를 개선하기 위해서 두 가지 방법을 제시하였다.

수원대학교 전기전자공학부(School of Electric & Electronic Engineering, University of Suwon)

\*이노와이어리스(Innowireless Co., Ltd)

· Manuscript received September, 8, 2017 ; Revised October, 11, 2017 ; Accepted October, 25, 2017. (ID No. 20170908-094)

· Corresponding Author: Hyun Ho Park (e-mail: hhpark@suwon.ac.kr)

## II. 시뮬레이션 구조

그림 1은 실드 박스를 이용한 휴대 단말기 무선 성능시험 구성을 보여준다. 실드 박스는 일반 랙에 들어갈 수 있는 크기로 376.8×376.8×550 mm이며, 흡수체는 두께가 4 mm인 평판형 페라이트 시트로 구성되었다. 송신 안테나로는 95 mm 길이를 갖는 두 개의 모노폴 안테나를 사용하였다. 안테나 위치는 실드 박스의 뒷면(안테나 ①)과 바닥면(안테나 ②)에 있는 경우에 대해서 각각 분석하였다. 실드 박스 내 전기장 분포에 단말기 본체가 주는 영향을 고려하기 위해서 단말기 본체를 단순한 도체판으로 모델링하였다. 단말기는 바닥면으로부터 136 mm 높이를 갖는 스티로폼 지그 위에 놓여 있으며, 안테나를 기준으로 좌우측에 각각 10대씩 비스듬히 배치되어 있다. 좌우측에 있는 단말기는 서로 대칭이기 때문에 좌측의 단말기 위치에서만 전기장 분포를 분석하였다. 전기장 검출을 위해 상용 시뮬레이터<sup>[3]</sup>의 전기장 프루브 기능을 이용하였으며, 그림 1에서 보듯이 전기장 프루브는 각 단말기의 하단부 중간 지점에 위치해 있다. 이는 LTE 안테나가 주로 휴대 단말기의 아래쪽에 배치되어 있는 것을 고려한 것이다.

## III. 실드 박스 내 전기장 균일도 분석

본 연구에서는 LTE 대역의 4개 주파수(0.8 GHz, 1.8 GHz, 2.1 GHz, 2.6 GHz)에서 실드 박스 내 전기장 균일도를 분석하였다. 그림 2는 그림 1의 구조에 대한 전기장 시뮬레이션 결과를 보여주는데, 두 송신 안테나에 1 W의 전력을 공급했을 때 각 단말기 하단부 중간 지점에서의 전기장의 세기를 보여준다. 단말기가 없는 경우 위치별 전기장의 편차는 대략 5~10 dB 정도이며, 이는 주파수에 따라 상이함을 알 수 있다. 안테나 ①과 안테나 ②를 비교해 보면 0.8 GHz를 제외한 나머지 주파수 대역에서 안테나 ② 구조에서의 전기장이 세게 측정된다. 이는 안테나 ①보다 안테나 ②가 단말기와 가깝기 때문이다. 단말기가 있는 경우에는 전기장의 세기가 더 커짐을 알 수 있는데, 이는 도체판에 의해 실드 박스 내에서 전자파 산란이 일어나 흡수체에서의 손실 효과가 떨어지기 때문이다.

그림 3에서는 전기장의 분포에 대한 표준편차를 보여준다. 단말기가 있으면 위치별 전기장 분포의 표준편차가

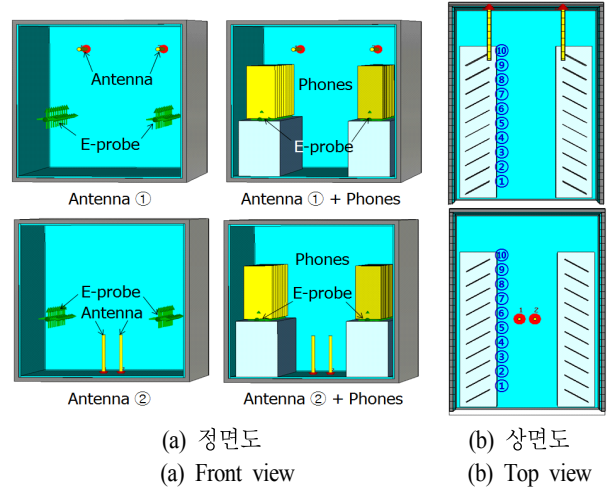


그림 1. 실드 박스를 이용한 휴대 단말기 무선시험 구성  
Fig. 1. Configuration of RF test for mobile devices using shield box.

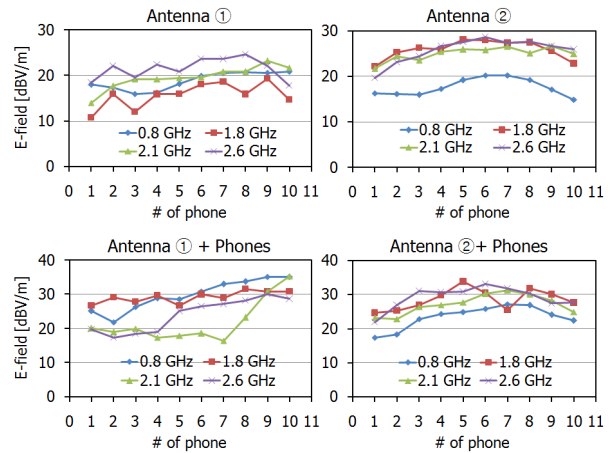


그림 2. 휴대 단말기 위치에서의 전기장 분포  
Fig. 2. Electric field distribution at mobile devices.

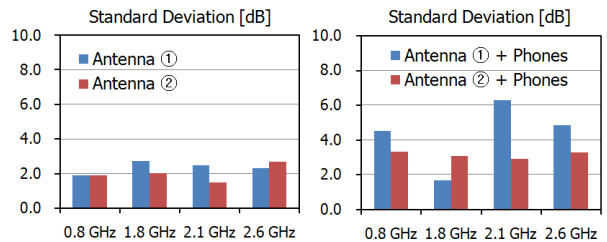


그림 3. 전기장 분포에 대한 주파수별 표준편차  
Fig. 3. Standard deviation of electric field distribution.

증가함을 알 수 있다. 그리고 1.8 GHz를 제외하면 안테나 ①이 안테나 ②보다 표준편차가 크을 알 수 있다.

#### IV. 전기장 균일도 개선 방법

본 절에서는 실드 박스 내에 다수의 휴대 단말기로 인해 각 단말기 간에 발생하는 전기장 편차를 개선할 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 첫 번째 개선 방법은 실드 박스 크기에 비해 비교적 저주파수 대역인 0.8 GHz에서 효과적인 방법이다.

그림 4(a)에서는 0.8 GHz에서의 단말기가 있는 경우 안테나 ①과 안테나 ②에서의 전기장 분포를 비교하였다. 안테나 ①의 경우 안테나가 단말기들로부터 한쪽 면에 위치해 있기 때문에 전기장이 거리에 따라 선형에 가까운 변화를 가진다. 따라서 안테나 ①의 경우 단말기 위치에 따라 전기장의 세기를 선형 보정을 해 주면 단말기 간 전기장 균일도를 쉽게 개선할 수 있다. 10번 위치의 단말기의 전기장 값을 기준으로 각 위치에서 전기장 값과의 차이를 보정값,  $\Delta$ [dB]로 정의하여 그림 4(b)에서 파란색 선으로 나타내었다. 이를 단순 직선으로 근사하면 빨간색 선으로 나타난다. 이 선형 보정값을 원래 측정된 각 단말기 위치에서의 전기장 값에 단순히 더해 주면, 그림 5(a)의 빨간색 선으로 나타난다. 보정전의 전기장 분포(파란색 선)와 비교하면 위치 간 전기장의 편차가 줄었음을 알 수 있다. 그림 5(b)에서 표준편차를 비교하였는데, 선형 보정을 해주면 4.52 dB에서 1.25 dB로 표준편차가 크게

줄어듦을 알 수 있다.

두 번째 개선 방법은 안테나 ②일 때 단말기의 배치를 변경하여 단말기 간 전기장 균일도를 개선하는 방법이다. 일반적으로 더 많은 휴대 단말기를 동시에 시험하기 위해서 그림 1에서처럼 단말기를 일렬로 배치하는 경우가 일반적이다. 하지만, 송신 안테나가 하단 면에 놓여 있는 안테나 ②에 대해서 그림 6(a)와 같이 안테나를 중심으로 단말기를 원형으로 배치하면 안테나와 단말기 간 거리가 동일해져 그림 6(b)에서 보듯이 1.8 GHz를 제외하면 각 단말기에서의 전기장 값의 편차는 줄어들게 된다. 1.8 GHz에서 오히려 표준편차가 증가하는 이유는 단말기 도체판을 원형 배치할 경우 1.8 GHz에서 공진이 발생하기 때문이다.

전기장 균일도를 더욱 개선하기 위해서, 원형 배치된 단말기를 안테나를 중심으로 회전시켜 그림 7에서처럼 0도, 100도, 285도의 세 회전 각도에서 전기장의 값을 측정하여 평균을 취하는 방법을 검토하였다.

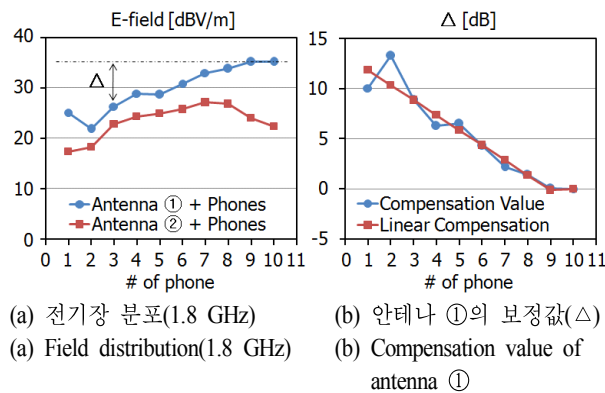


그림 4. 안테나에 따른 선형성 비교  
Fig. 4. Comparison of linearity.

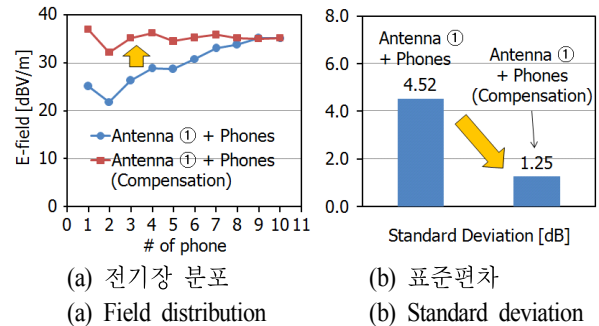


그림 5. 선형 보정에 의한 전기장 균일도 개선  
Fig. 5. Uniformity improvement by linear compensation.

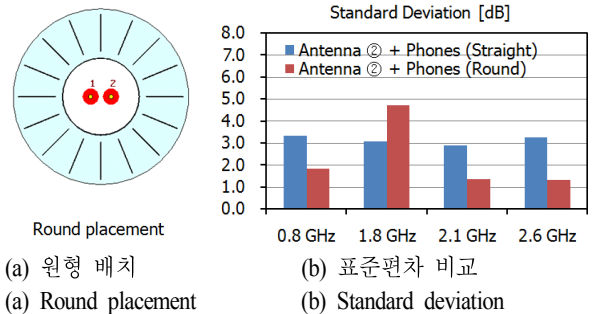


그림 6. 원형 배치에 의한 전기장 균일도 개선  
Fig. 6. Uniformity improvement by round placement.

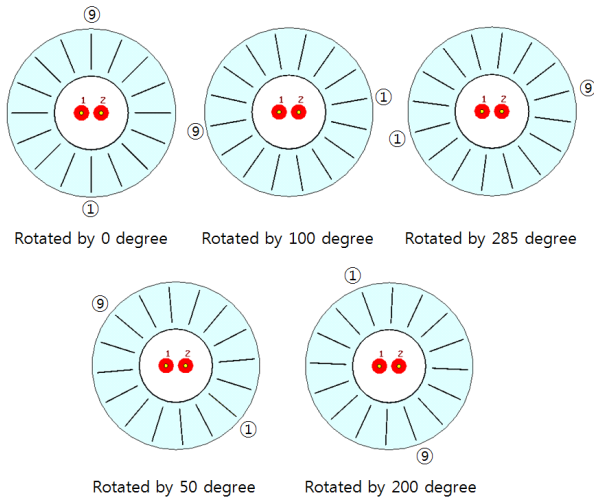


그림 7. 원형 배치된 단말기를 회전하는 경우  
Fig. 7. Rotation of the round zig with respect to antennas.

그림 8에서는 0.8 GHz와 2.6 GHz에서의 각 회전 각도에서의 전기장 분포를 나타낸다. 각 단말기에서 각도별로 랜덤한 값을 가지는데, 이들을 평균하게 되면 단말기 위

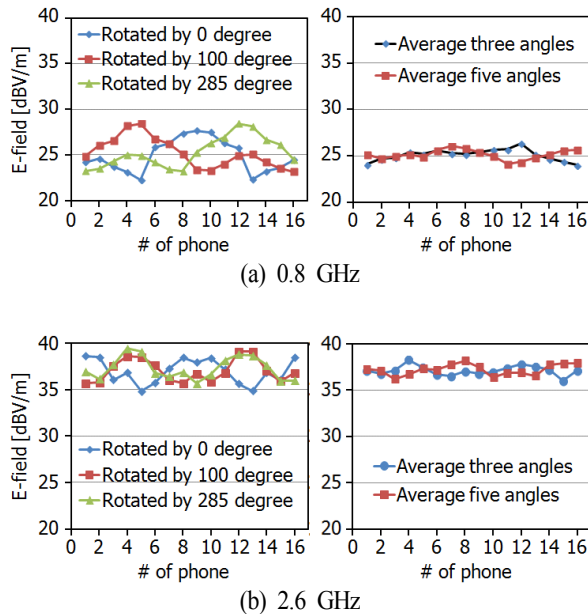


그림 8. 회전각도에 대한 평균값을 이용하여 단말기 간 전기장 균일도 개선  
Fig. 8. Uniformity improvement by using average value among rotation angles.

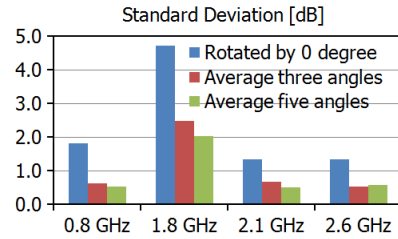


그림 9. 회전각도 수의 증가에 의한 표준편차 감소  
Fig. 9. Reduction of standard deviation by increasing rotation angles.

치에 상관없이 거의 균일한 전기장 값을 가짐을 알 수 있다. 또한 회전 각도를 50도와 200도를 추가하여 다섯 각도에서의 값을 평균하게 되면 균일도는 더욱 개선됨을 알 수 있다. 그림 9에서는 표준편차를 비교하였다. 원형 배치된 단말기들을 안테나를 중심으로 회전시켜 각 각도에서의 측정값을 평균해 주면 표준편차 0.5 dB 이하로 줄일 수 있음을 알 수 있다. 물론 측정시간은 증가할 수 있지만 실드 박스 내 다수의 단말기를 동시에 측정할 경우 측정값에 대한 신뢰도를 크게 향상시킬 수 있을 것이다.

## V. 결 론

본 논문에서는 실드 박스 내 다수의 휴대 단말기에 의한 전기장 불균일 현상을 시뮬레이션을 통해 분석하였고, 각 단말기 위치에서의 전기장 균일도를 개선하기 위해서 두 가지 방법을 제시하였다. 제시된 방법들은 시뮬레이션을 통해 그 효과를 확인하였다.

## References

- [1] W. J. Krzysztofik, S. Wolny, "Design of small reverberation chamber for handsets testing," in *MIKON 2008 - 17th International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications*, Wroclaw, May 2008, pp. 1-4.
- [2] ETS-Lindgren, *Wireless Test Enclosures: Shield RF Test Enclosure*. Available: <http://www.ets-lindgren.com>.
- [3] CST, *Microwave Studio(MWS)*, 2012. Available: <http://www.cst.de>.