

# 무선전력전송에서 최적화를 이용한 인체 안전성 증대

김호열<sup>\*</sup>, 남상욱  
 서울대학교 전기정보공학부  
 뉴미디어통신공동연구소  
 hykim@ael.snu.ac.kr

## 1. 서론

요즘 IoT, 드론, 휴대용 기기 등이 많이 상용화되면서 무선전력전송의 필요성이 증가되고 있다. 지금까지는 근거리 무선전력전송의 연구가 활발히 이루어졌다. 하지만 거리, 위치의 자유도에 한계가 있기 때문에 장거리에서 무선전력전송을 하고자 하는 노력이 계속 되고 있다. 그 중에 최근에 많이 연구되고 사용하는 방법으로 **time-reversal(TR)** 방법이 있다. **Pilot** 신호를 이용하여 원하는 위치에 무선전력전송을 할 수 있다는 장점이 있지만 주변의 전기장 분포를 조절할 수 없다는 단점이 있다. 무선전력전송 시스템을 사용하는 상황에서 전기장의 크기를 조절하지 못할 경우 건강에 위험을 준다. 따라서 인체 영향을 줄이기 위하여 최적화 이론을 무선전력전송에 적용시켜 주변의 전기장 크기를 줄이고 원하는 위치에만 에너지를 집중시키는 연구를 진행하였다. 또한 최적화 이론을 적용시킨 방법과 TR 방법을 비교하였다

## 2. 본론

그림 1 과 같은 무선전력전송 시스템, 안테나가 **target** 을 원으로 둘러싸고 있는 상황에서 최적화를 하였다. 원하는 위치에만 전기장의 크기를 최대화 하고 주변 전기장의 크기를 정해진 크기 이하로 하였다. 또한 전송 파워에 제한을 두었다. 안테나들에 의해서 만들어지는 전기장을 (1)과 같이 **unitary excitation** 이 되었을 때 **n** 번째 안테나가 만드는 전기장과 **n** 번째 안테나에 인가되는 전류의 **linear combination** 형태로 표현한다.

$$E(r) = \sum_{n=1}^N I_n \phi_n(r) \quad (1)$$

최적화 문제 형태는 (2)와 같다.

$$\begin{aligned} & \max \quad \text{Re}[E(\text{target})] \\ & \text{subject to} \quad \text{Im}[E(\text{target})] \\ & \quad |E(\text{undesired})|^2 \leq UB(\text{undesired}) \\ & \quad \sum_{n=1}^N |I_n|^2 R \leq P_{TX} \end{aligned} \quad (2)$$

성능을 판단하기 위해 **Figure of merit** 을 정의하였다. **Focusing efficiency** 는 **target** 에 모이는 전기장의 크기와 **transmitter** 에서 나가는 파워의 비율이다. **Undesired focusing ratio** 는 **target** 에 모이는 전기장의 크기와 주변에 생기는 원하지 않는 **peak** 의 전기장 크기의 비율이다. 이 두 가지 정보를 한 번에 보기 위하여 **FOM** 을 **Focusing efficiency/Undesired focusing**

**ratio** 로 정의하였다. 최적화와 **TR** 을 사용하였을 때 **Focusing point** 주변의 전기장 분포를 비교한 결과는 그림 2 와 같다. 각각의 **FOM** 은 17200, 15600 으로 최적화 방법을 사용하면 약 10%가 증가한다. 다른 위치에서도 최적화를 이용한 방법이 **TR** 보다 좋은 결과가 나옴을 확인하였다.

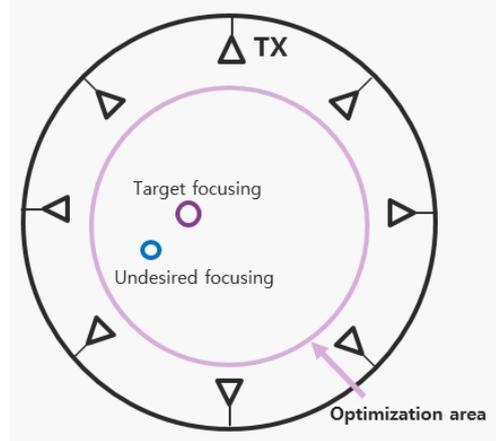


그림 1 무선전력전송 시스템

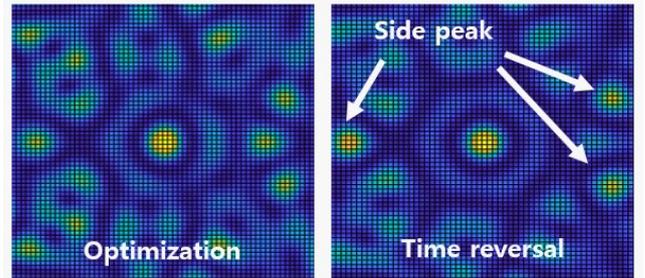


그림 2 Focusing point 주변의 전기장 분포

## 3. 결론

다중 안테나를 이용하여 무선전력전송을 하는 경우 최적화이론을 사용하게 되면 **TR** 보다 인체 안전성을 높임과 동시에 효율을 높일 수 있다. 앞으로 이러한 방식을 무선전력전송에 적용하여 연구를 한다면 안전성과 효율을 동시에 높일 수 있는 좋은 방안으로 사용될 수 있을 것이라 생각된다.

## ACKNOWLEDGEMENT

이 성과는 2019 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2016R1E1A1A01943375).

## 4. 참고 문헌

- [1] D. A. M. Iero, T. Isernia and L. Crocco, "Focusing Time-Harmonic Scalar Fields in Complex Scenarios: A Comparison," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 12, pp. 1029-1032, 2013.