

마이크로파 무선전력전송을 위한 인체 영향을 고려한 최적화 알고리즘

김호열^{*1} · 남상욱^{2,*}

¹서울대학교 · ²서울대학교

전기정보공학부 뉴미디어통신공동연구소

Optimization algorithm considering human safety

for microwave wireless power transfer

Hoyeol Kim¹ · Sangwook Nam^{2,*}

¹ Seoul National University · ²Seoul National University

Dept. of electrical and computer engineering, Institute of New Media and Communication

E-mail : hykim@ael.snu.ac.kr / snam@snu.ac.kr

요 약

본 연구에서는 마이크로파 무선전력전송 (MPT)에서 최대 전력을 수신기로 전송하기 위한 최적화 알고리즘을 구현하였다. MPT는 오랫동안 연구되어 왔으며 현재는 무선 장비의 광범위한 사용으로 인해 점점 더 많은 관심을 끌고 있다. 일반적으로 시간 역전 (TR)은 실제 상황에서 인체 영향 문제를 고려하지 않으면 최대 효율을 가지므로 MPT에서 최상의 방식이다. 그러나 전자기파는 신체에 열을 발생시켜 인체에 위험을 초래할 수 있기 때문에 MPT 시스템 설계 과정에서 인간의 안전을 고려해야 한다. 이를 위하여 인체 영향을 고려한 최적화 알고리즘을 설계하였고 시간 역전 방법과 비교하였다.

ABSTRACT

In this study, we have proposed optimization algorithm for transfer maximum power to receiver in microwave wireless power transfer (MPT). MPT has been researched for decades and is nowadays attracting increasing attention owing to the widespread use of wireless devices, such as mobile phones, Internet-of-Things device, and sensors. Generally, time-reversal technique is optimal solution in MPT if we do not consider human safety because it has maximum efficiency. The human safety, however, must be considered during MPT system design procedure because electromagnetic wave causes thermal heating in the body and may be hazardous to humans. Therefore, we propose a optimization algorithm that can control the electric field in the body not to exceed the SAR limit and transfer maximum power to the receiver.

키워드

Microwave wireless power transfer, Optimization, Time-Reversal, Human Safety

* corresponding author

I. 서론

마이크로파 무선전력전송 (MPT)는 오랫동안 연구되어 왔으며 현재는 무선 장비의 광범위한 사용으로 인해 점점 더 많은 관심을 끌고 있다 [1]. MPT 연구의 목표는 최대 전력을 송신기에서 수신기로 전송하는 것이다. 일반적으로 시간 역전 (TR)은 실제 상황에서 인체 영향 문제를 고려하지 않으면 최대 효율을 가지므로 MPT에서 최상의 방식이다 [2], [3]. 그러나 전자파는 신체에 열을 발생시켜 인체에 위험을 초래할 수 있다. 따라서 MPT 시스템 설계 과정에서 인간의 안전을 고려해야 한다. 이를 위하여 인체 영향을 고려한 최적화 알고리즘을 설계하였고 시간 역전 방법과 비교하였다.

II. 본론

이 연구에서 제안한 최적화 문제는 식 (1)-(3)과 같다. 목적 함수는 수신기에서 받는 파워의 스케일이다. 또한 제한 조건은 총 송신 파워와 인체 내부의 전자파 흡수율(SAR)이다. 여기서 S는 구하고자 하는 각 안테나에서의 송신 신호이다. VR(S)는 S와 수신기와 송신기 사이의 channel response를 곱하여 구한다. E(r,S)는 인체 내부의 전자장으로 S와 송신기의 각 안테나에서의 그린 함수의 곱으로 표현된다. 처음 세워진 식은 convex 문제의 형태가 아니기 때문에 convex 형태로 변환하기 위하여 여러 과정을 거쳐야 한다. 이 논문에서 관련 내용은 생략하겠다.

$$\max |V_R(\mathbf{S})|^2 \quad (1)$$

$$\text{subject to } \frac{\|\mathbf{S}\|_F^2}{R} \leq P \quad (2)$$

$$\frac{\sigma |E(r,\mathbf{S})|^2}{\rho} \leq SAR, r \in \Psi. \quad (3)$$

제안된 마이크로파 무선전력전송 시나리오는 그림 1과 같다. 그림 1의 시나리오에 최적화 알고리즘과 TR 방식을 적용시켜 결과를 비교하였다.

III. 결론

시간 역전 방식과 최적화 알고리즘을 사용하였을 때 송신 파워에 따른 수신 파워와 인체 내에서의 최대 SAR를 비교한 결과가 그림 2이다. 최적화 알고리즘을 사용하면 수신 파워를 TR보다 24% 이상 받을 수 있다. 따라서 최적화 알고리즘은 인체 영향을 고려할 때 많은 파워를 보낼 수 있는 방법이다.

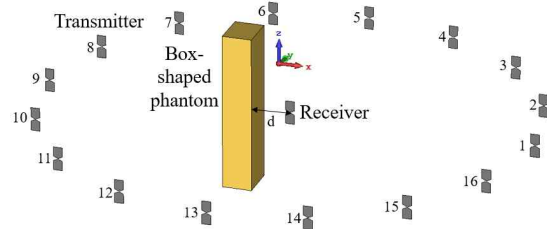


그림 1. 제안된 마이크로파 무선전력전송 시나리오

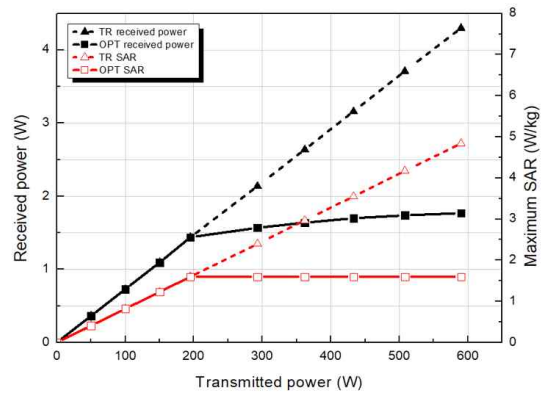


그림 2. 송신 파워에 따른 수신 파워와 인체 내에서의 최대 SAR

Acknowledgement

이 논문은 2020년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단(No.2016R1E1A1A01943375)의 지원에 의함.

References

- [1] B. Strasner and K. Chang, "Microwave Power Transmission: Historical Milestones and System Components," in Proceedings of the IEEE, vol. 101, no. 6, pp. 1379-1396, June 2013.
- [2] W. Geyi, Foundations of Applied Electrodynamics, USA, NY, New York:Wiley, 2010
- [3] J. Kim, Y. Lim and S. Nam, "Efficiency Bound of Radiative Wireless Power Transmission Using Practical Antennas," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 67, no. 8, pp. 5750-5755, Aug. 2019.