

마이크로파 무선전력전송을 위한 인체 영향을 고려한 최적화 알고리즘

김호열, °남상욱

서울대학교 전자전기공학부 뉴미디어통신공동연구소

hykim@ael.snu.ac.kr, snam@snu.ac.kr

I. 서론

최근 마이크로파 무선전력전송 (MPT)는 무선 장치의 광범위한 사용으로 인해 점점 많은 관심을 끌고 있다 [1]. MPT 연구의 목표는 송신기에서 수신기로 최대 전력을 전송하는 것이다. 일반적으로 시간 역전 (TR) 방식은 인체 영향 문제를 고려하지 않으며 수신기가 1개일 때 최대 효율을 가진다 [2]. 하지만 전자기파는 신체에 열을 발생시켜 인체에 위험을 초래할 수 있으므로 MPT 시스템 설계 과정에서 인간의 안전성을 고려해야 한다. 이를 위하여 MPT의 인체 영향을 고려한 최적화 알고리즘에 대한 연구를 진행하였다.

이 논문에서는 수신기가 인체 근처에 위치할 때 전자파 흡수율 (SAR) 한계를 초과하지 않고 수신기에 최대 전력을 전달하도록 인체의 전기장을 제어할 수 있는 블록 최적화 알고리즘을 제안하였다. 또한, 제안된 최적화 방식의 성능, 수신 전력 및 파워 전송 효율 (PTE)를 TR 방식과 비교한 결과를 분석하여 제안한 알고리즘의 타당성을 증명하였다.

II. 본론

본 논문에서 제안한 최적화 문제의 목적 함수는 수신기에서 받는 파워와 비례한 함수로 정의하였다. 또한 제한 조건은 총 송신 파워와 인체 내부의 SAR이다. 따라서 최적화 문제는 식 (1)-(3)으로 표현된다.

$$\max P_R(\mathbf{S}) \tag{1}$$

$$\text{s.t. } \frac{\|\mathbf{S}\|_F^2}{R} \leq P \tag{2}$$

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

여기서 \mathbf{S} 는 최적화 문제에서 구하고자 하는 각 안테나에서의 송신 신호이다. $P_R(\mathbf{S})$ 은 수신기에서 받는 수신 파워이며, 수신기에서 받는 전압의 제곱으로 표현된다. 수신된 전압은 \mathbf{S} 에 송신기와 수신기 사이의 channel response를 곱하여 얻어진다. $\mathbf{E}(r, \mathbf{S})$ 는 인체 내부의 전자장으로써 \mathbf{S} 와 송신기의 각 안테나에서의 그린 함수의 곱으로 표현된다. 식 (1)-(3)은 convex 문제가 아니므로 convex 문제로 변형시켜 사용하였다. 이를 그림 1과 같이 16개의 안테나로 이루어진 송신기, 수신기, 인체를 모사한 팬텀이 있는 시나리오에

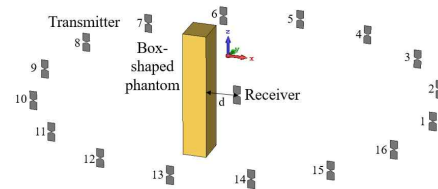


그림 1. 제안된 마이크로파 무선전력전송 시나리오

Distance between receiver and phantom	Time-Reversal		Optimization	
	Maximum Received Power (W)	PTE (%)	Maximum Received Power (W)	PTE (%)
40 mm	1.43	0.73	1.76	0.29
100 mm	3.93	1.34	4.86	0.62
200 mm	3.70	1.22	15.6	0.87

그림 2. 팬텀과 수신기 사이 거리에 따른 최대 수신 파워와 PTE

적용하였다. TR 방식과 제안한 최적화 알고리즘을 사용했을 때 팬텀과 수신기 거리에 따른 최대 수신 파워와 PTE를 비교한 결과가 그림 2이다.

III. 결론

인체 영향을 고려하였을 때, 최적화 알고리즘을 사용할 경우 TR보다 많은 파워를 수신할 수 있음을 확인하였다. 따라서 인체 영향을 고려한 MPT를 디자인할 때 제안한 최적화 알고리즘을 사용하면 유리함을 보여주었다.

ACKNOWLEDGMENTS

본 연구는 삼성전자의 지원(no. IO201209-07909-01)을 받아 수행된 결과임

참고문헌

- [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.