

# 게임 이론 기반 무선 전력 거래 시스템에 관한 연구조사

이충현, 오준석, 권구락\*, 조성래

중앙대학교, \*조선대학교

{chlee, jsoh}@uclab.re.kr, \*grkwon@chosun.ac.kr, srcho@cau.ac.kr

## A Study on Wireless Power Trading System based on Game Theory

Chunghyun Lee, Junsuk Oh, Goorak kwon\*, Sungrae Cho

Chung-Ang Univ., \*Chosun Univ.

### 요약

본 논문은 최근 주목받고 있는 무선 전력 충전 기술에 대해 분석하고 이를 상용화된 전력 거래 시장에서 확장하여 무선으로 개인 간 전력 거래 시스템을 구성하는 시스템을 제안하였다. 또한, 제안하는 시스템의 성능을 최적화하기 위하여 해결해야 되는 과제가 무엇인지 분석하였다.

### I. 서론

전력 거래 시장은 재생 가능한 에너지(Renewable Energy)의 보급으로 인해 자체적으로 전력을 생산하고 소비할 수 있는 프로슈머(Prosumer)가 등장함에 따라 개인 간 거래가 가능할 정도로 그 범위가 확장되었다 [1-2].

그러나, 기존의 전력 거래 시장은 생산된 전력을 유선망을 통한 전송을 통해서만 거래가 가능하기 때문에 전력망의 환경에 따라 거래 가능 여부가 불확실하다. 특히, 통신 인프라가 부족한 지역이나 재난 지역 등 통신망의 보급이 부족한 지역에 대해서는 전력 자원이 충분하더라도 거래가 불확실하다. 이를 해결하기 위해서는 개인 간 거래를 위한 거래 모델을 구성하고, 무선 전력 거래를 위한 무선 전력 송신 기술을 적용하여 유선 통신망이 없어 전력 거래가 불가능하더라도 무선을 통한 전력 거래 시스템을 통해 필요한 개체에 전력을 공급 및 소비할 필요가 있다.

따라서, 본 논문에서는 최근 주목받고 있는 무선 전력 충전기술을 활용한 게임 이론 기반 무선 전력 거래 시스템을 제안한다.

### II. 본론

개인 간 전력 거래를 위한 거래 모델로써 게임 이론적 거래 모델이 많이 사용되고 있다. 게임 이론적 거래 모델은 참여자들이 각각 혹은 공동의 목표를 달성하기 위하여 행동에 따른 이익을 최대화하는 합리적인 최적화 이론이다. 이는 전력을 단순히 전송하는 것이 아닌 합리적인 비용을 지불하여 거래하는 모델이므로 전력 구매가 목적인 사용자와 거래 비용을 통한 이익이 목적인 사용자 간 무선 전력 거래가 가능하다 [3].

또한, 최근 상당한 수준의 무선 전송 기술을 기반으로 무선 전력 전송 시장이 2024년에 64억 달러에 이르렀으며, 2029년에는 연평균 20.3%의 성장률을 보이며 160억 달러에 이를 것으로 추정된다 [4]. 이를 가능하게 한 무선 전력 기술들의 발전으로 전력 기기들의 무선 충전 효율이 증가하였다. 그럼에도 불구하고, 개인 간 전력거래에 있어 무선 전력 전송은 유선에 비해 그 손실률이 매우 높기 때문에 이러한 패널티 함수와 비용 함수를 적절하게 섞어 목적함수를 설계해야 한다 [5].

따라서, 무선 전력 전송에서 발생하는 전력 손실 함수를 패널티 함수  $P$ 로

설정하고 거래에 사용된 전력 또는 비용을 통해 발생하는 이익을 이익 함수  $B$ 라고 할 때, 각 사용자의 목적함수  $G$ 는 다음과 같이 설계될 수 있다.

$$\arg \max_{c,p,l} G(c,p,l) = \max(B(c,p), B(p,c)) - P(c,p,l)$$

이 때,  $c,p,l$ 은 각각 거래를 통해 변경된 보유 금액, 보유 전력, 그리고 전송 간 발생한 전력 손실을 의미한다.

### III. 결론

본 논문에서는 유선망을 통한 전력 거래를 확장하여 무선 전송 기술을 활용한 전력 거래 시스템을 제안하였다. 게임 이론 모델을 통해 무선 전력 거래 모델을 설계하고 효율적인 무선 전송 기술을 채택하여 각 사용자가 자신의 이익을 위해 전력을 거래하는 목적함수를 설계하였다. 이 때, 사용자들의 이익이 필요한 전력을 구매 또는 남는 전력을 판매하는 상황에 따라 목적함수에 사용되는 이익 함수가 달라지는 것과 무선 전력 송신에 따라 발생하는 전력 손실을 동시에 고려하였을 때 사용자의 이익을 최대화할 수 있는 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 방법을 기반으로 실제 무선 전력망에서 다양한 전력기기 간 전력 거래 알고리즘을 설계할 수 있을 것으로 전망한다.

### ACKNOWLEDGMENT

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터사업의 연구결과로 수행되었음" (IITP-2024-RS-2022-00156353, IITP-2024-RS-2023-00258639)

### 참고 문헌

- [1] C. Lee, L. Park, and S. Cho, "Light-Weight Stackelberg Game Theoretic Demand Response Scheme for Massive Smart Manufacturing Systems," IEEE Access, vol. 6, no. 1, pp. 23316-23324, April 2018.

- [2] L. Park, Y. Jang, S. Cho, and J. Kim, "Residential Demand Response for Renewable Energy Resources in Smart Grid Systems," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 13, no. 6, pp. 3165-3173, December 2017.
- [3] "무선 전력 전송 시장", 연구개발특구진흥재단, March 2019.
- [4] "Wireless Charging Market: Global Forecast to 2029 (BN)," Markets and Markets, Report Code: SE 2963, January 2024.
- [5] D. Lee, C. Lee, G. Jang, W. Na, and S. Cho, "Energy-Efficient Directional Charging Strategy for Wireless Rechargeable Sensor Networks," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 9, no. 19, pp. 19034-19048, October 2022.