

# 무선전력전송 기반 무선통신 기술 연구동향

이경재<sup>1</sup> · 김동완<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한밭대학교, <sup>2</sup>동아대학교

## A Review on Wireless Power Transferred Communication Technologies

Kyoung-Jae Lee<sup>1</sup> · Dongwan Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hanbat National University, <sup>2</sup>Dong-A University

E-mail : kyoungjae@hanbat.ac.kr / dongwankim@dau.ac.kr

### 요 약

무선 RF(radio frequency) 신호는 기존의 무선통신과 같이 정보를 전달할 뿐만 아니라, 무선 신호에 담겨져 있는 전력을 모아 에너지원으로 사용할 수 있다. 이러한 무선 전력 전송은 전자기기의 이동성과 소형화 측면에서 새로운 가능성을 보여주며 활발히 연구되고 있다. 본 논문에서는 무선 통신 시스템 측면에서 무선 전력 전송을 고려한 기존 문헌들을 조사하고 현재 연구동향을 분석한다.

### I. 서 론

무선 전력 전송은 전력 도달 거리에 따라 다양한 방법이 연구되고 있으며, 단거리용으로는 자기 유도 방식과 자기 공명 방식을 이용한 무선 전력 전송이 기술적으로 성숙되는 단계이며, 원거리 전력 전송의 경우 무선 전파 신호에 담겨 있는 에너지를 수확하여 이용하는 방법의 실용화를 위하여 다양한 관점의 노력이 지속되고 있다[1]. 이 경우 무선 전파의 주파수 자원은 무선 통신뿐만 아니라 무선 전력 전송의 자원으로도 동시에 활용될 수 있다. 또한 무선 전력 전송은 이동 중에도 언제 어디서나 충전이 가능하기 때문에 무선 통신 기기의 이동성을 배가시킬 수 있다. 한편 최근 전자 부품들의 경우 고도의 집적화가 가능하지만, 에너지 저장장치의 경우는 소형화가 어려워 이동통신 단말의 무게와 부피를 줄이는데 있어서 가장 큰 어려움 중 하나이다. 무선 전력 전송이 가능할 경우 상시 충전이 가능하여 에너지 저장장치의 용량을 줄일 수 있어 이동통신 기기의 소형화에 기여를 할 수 있을 것으로 보인다[2]. 따라서 무선 통신 시스템에서 무선으로 전송된 전력을 이용하여 통신 시스템에서 이용하고자 하는 기술이 많은 문헌들을 통해 연구가 진행되었다[3]-[8]. 본 논문에서는 기존 문헌들에서 보여지고 있는 무선 전력 전송 기반 무선 통신 시스템의 연구 동향을 분석하고 새로운 연구 방향을 제시하고자 한다.

### II. 본론

#### 가. 정보 및 전력 동시 전송 방식

무선 전파 RF(radio frequency) 신호는 정보를 전

달할 뿐만 아니라 전력을 동시에 전송할 수가 있다. 수신단에서는 수신된 신호로부터 송신 정보를 검출하거나 동시에 수신 신호에 담겨 있는 전력을 모을 수 있다. 이러한 방법은 SWIPT(simultaneous wireless information and power transfer)로 알려져 있으며, RF 신호의 전력을 나누거나 수신 시간을 분할하는 방법을 이용한다[3][4]. 이 때 분할되는 수신 전력 또는 시간의 비율을 조정하여 수신 데이터 용량과 전력 수확량 사이에서 최적의 값을 찾을 수 있다[4].

이러한 SWIPT 기법을 기존의 다양한 무선통신 시스템에 적용하려는 연구가 진행되었다. [4]에서는 다중 사용자 하향 전송 채널에서의 데이터 용량 및 전력 수확량 사이의 최적화 알고리즘이 제안되었다. 또한 간섭 채널에서 SWIPT를 적용한 상황에서의 최적 전송기법이 연구되었다[5][6].

한편 릴레이 시스템에서 무선전력전송 방식을 도입하는 연구가 관심을 받고 있다. 특히 D2D(device to device) 통신에서는 다양한 단말기들이 릴레이의 역할을 할 수 있는 환경이 고려될 수 있다. 그러나 신호 중계를 도와주는 단말은 배터리 전력량에서 손해를 감수해야만 한다. 이러한 경우 SWIPT 방식을 통해 협력 노드에 전력을 공급한다면, 휴지기에 있는 단말들에게 전력을 공급하는 대신 중계 통신에 참여하도록 유도할 수 있게 된다[7][8]. [9]에서는 SWIPT를 이용하여 하향 채널에서 송신단에서 수신단으로 정보와 전력을 동시에 전송하고, 이 때 수신단에서 수확된 전력으로 상향 통신까지 수행하는 방식을 연구하였다. 이 경우 하향 통신과 상향 통신 데이터 용량을 동시에 최적화하는 구하는 문제를 고려할 수 있다.

나. 전력 전송 후 통신 방식

무선 전력과 무선 통신을 같은 주파수 대역과 시간에 동시에 수행하지 않고 먼저 무선전력을 송신한 후 얻어진 전력을 이용하여 정보를 전달하는 방식이 고려될 수 있다. [10]에서는 셀룰러 시스템에서 랜덤하게 분포하고 있는 무선 전력 송출기를 이용한 에너지 수확 특성에 관한 연구가 진행되었다. 한편 다중 사용자들을 고려할 때 시간분할 다중 접속 방식을 이용한 무선 전력 전송 기반의 통신 방식이 연구되었다[11]. 이때 에너지 저장 장치의 특성에 따라서 전송 시간과 전송 전력을 최적화는 문제가 고려될 수 있다. 또한 전력 신호의 경우 정보를 포함하지 않기 때문에 미리 약속된 고정된 신호를 송출하면 되고 수신단에서 채널 정보만 정확히 추정할 수 있다면 간섭 신호를 수신 신호에서 제거할 수 있다. 이렇게 전력신호 간섭제거 기법에 기반한 full duplex 통신이 가능하게 되며, 이에 대한 연구가 [11]에서 진행되었다.

다. 향후 연구 방향

기본적으로 무선 전력 전송에 기반한 통신시스템 연구는 다중 안테나를 이용하는 multiple-input multiple output(MIMO) 상황과 orthogonal frequency division multiplexing(OFDM) 방식을 적용하여 subcarrier별로 다른 채널 환경으로의 확장이 고려할 수 있다. 또한 기존에 강한 간섭 신호를 가지는 환경은 수신단에서 전력 수확을 가능하게 하므로, 강한 간섭 환경에서 수확전력을 이용하는 연구가 고려될 수 있다. 한편 다중안테나의 개수를 매우 크게 하는 경우 간단한 matched filter 만으로도 간섭이 제거되는 직교 신호를 만들 수 있게 된다. 이를 이용한 massive MIMO 기법을 무선전력 전송에 이용하는 경우에 대한 연구도 흥미로울 것으로 보인다. RF 신호를 이용한 무선 전력에 있어서 가장 큰 문제점은 높은 전력을 송출하는 전파로 인한 전자파 문제이다. 인체가 전자파를 흡수하는 정도를 제한하면서 데이터 용량을 최대화하는 전송 기법에 관한 연구를 무선 전력 전송 기반의 통신 시스템에서 고려하는 것이 필요해 보인다. 또한 실제로 무선 전파 에너지 수확시에 모아지는 전력량은 정확히 송신 전력에 비례하지 않으며 비선형적인 특성이 나타난다. 이러한 비선형성을 고려한 연구가 추가적으로 이루어질 것으로 보인다.

III. 결론

무선 전파를 이용한 통신과 무선 전력 전송의 결합은 전자기기의 이동성 관점에서 이용의 편의성을 증대시킬 뿐만 아니라, 에너지 저장장치의 수명을 개선시킬 수 있어 셀룰러 시스템뿐만 아니라 센서 네트워크 등의 다양한 분야에서 기대되는 기술 중 하나이다. 본 논문에서는 지금까지 연구되었던 내용들을 살펴보고 향후 확장 가능한 연구 주

제들을 간단히 다루었다.

Acknowledgement

This work was partly supported by Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) grant funded by the Korea government (MOTIE) (20001056, Development of Low-Power Massive MISO SWIPT for IoT Wearable).

References

- [1] M. M. Tentzeris and Y. Kawahara, "Design Optimization and Implementation for RF Energy Harvesting Circuits," *IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems*, pp. 24–33, March 2012.
- [2] M. Piuella, P. D. Mitcheson, and S. Lucyszyn, "Ambient RF Energy Harvesting in Urban and Semi-Urban Environments," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 61, pp. 2715–2726, July 2013.
- [3] C. K. Ho and R. Zhang, "Optimal Energy Allocation for Wireless Communications With Energy Harvesting Constraints," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 60, pp. 4808–4818, September 2012.
- [4] R. Zhang and C. K. Ho, "MIMO Broadcasting for Simultaneous Wireless Information and Power Transfer," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 12, pp. 1989–2001, May 2013.
- [5] J. Park and B. Clerckx, "Joint Wireless Information and Energy Transfer in a Two-User MIMO Interference Channel," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 12, pp. 4210–4221, August 2013.
- [6] H. Lee, S.-R. Lee, K.-J. Lee, and I. Lee, "Optimal Beamforming Designs for Wireless Information and Power Transfer in MISO Interference Channels," submitted to *IEEE Transactions on Wireless Communications*
- [7] A. A. Nasir, X. Zhou, S. Durrani, and R. A. Kennedy, "Relaying Protocols for Wireless Energy Harvesting and Information Processing," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 12, pp. 3622–3636, July 2013.
- [8] S. Mahama and K.-J. Lee, "A Relay Selection Method for Relaying Systems With Simultaneous Wireless Information and Power Transfer", in *Proc. International Conference on Electronics, Information and Communication (ICEIC) '15*, Jan. 2015
- [9] T. Lee, P. Fan, and K. B. Letaief, "Wireless Communication System with RF-Based Energy Harvesting: From Information Theory to Green System," *arXiv:1411.6087v1*, Nov. 2014.
- [10] K. Huang, "Enabling Wireless Power Transfer in Cellular Networks: Architecture, Modeling and Deployment," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 13, no. 2, pp. 902–912, Feb. 2014
- [11] H. Ju and R. Zhang, "Optimal Resource Allocation in Full-Duplex Wireless-Powered Communication Network," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 62, no. 10, pp. 3528–3540, Oct. 2014.