

# 1:N 다중접속 경량 정보전력 동시전송(SWIPT) MAC에 관한 연구

박용주, 유혜빈, 유호균, \*임용석

\*한국전자기술연구원

suede8247@keti.re.kr, hyebin0218@keti.re.kr, ghy1675@keti.re.kr, \*busyatom@keti.re.kr

## A Study on the Simultaneous Wireless Information and Power Transmission (SWIPT) with 1:N Multiple Access Lightweight MAC

Yongju Park, Hyebin Yoo, Ho-Gyun You, \*Yongseok Lim

\*Korea Electronics Technology Institute

### 요약

본 논문에서는 정보전력 동시전송 시에 다수 채널을 효과적으로 이용하여 IoT 디바이스로의 전력 및 데이터 전송 전력 수신 효율 향상을 위한 최적 자원 할당 스케줄링에 관하여 연구하였다. 특히, 정보전력 동시전송 기술 구현을 위해서 IEEE 802.15.4-2015에서 제안하는 DSME 방식을 사용하여 전력 전송을 할 때, 각 채널에 실시간으로 무선전력전송과 통신 구간을 할당하였다. 이때, 채널 혼잡도를 계산하여 특정 채널과 GTS를 변경하는 기법을 제안하여 혼잡한 구간에서의 정보전력 동시전송 시에 발생할 수 있는 통신 오류 등을 최소화하여 무선전력전송과 통신 간의 간섭을 최소화하였다.

### I. 서론

미래 IoT 산업은 기존 산업은 전 세계적으로 높은 성장세를 보일 것으로 예측하고 있다. 이러한 IoT 제품을 위해서 긴 동작 시간이 가장 중요한 상황이므로, 배터리 없이 디바이스를 동작시킬 수 있는 전력과 정보 전송을 동시에 할 수 있는 높은 효율의 정보전력 동시전송 (이하 SWIPT, Simultaneous Wireless Information and Power Transmission) 기술의 필요성이 증대되고 있다. 이미, 학계에서는 SWIPT 기술에 관한 알고리즘 연구가 많이 진행되고 있지만, IoT 디바이스에 충전 가능한 유효한 전력을 얻기는 매우 어려운 상황이다. 따라서 본 논문에서는 전력 전송과 통신과의 간섭을 최소화하는 기법을 연구하기 위해서 IEEE 802.15.4-2015에서 정의된 DSME(Deterministic and synchronous multi-channel extension) 방식을 이용하여 실시간으로 분할된 주파수에 데이터 전송과 전력 전송을 GTS(Guaranteed Time Slot)에 할당하는, 정보전력 동시전송을 위한 송수신단 간의 스케줄링 제어 방법을 제안하였다. [1, 2]

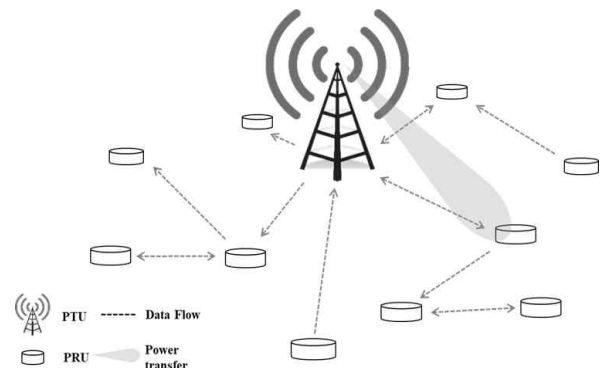


그림 1. 정보·전력 동시전송 기술(SWIPT) 동작 개념도

### II. 본론

RF 무선전력전송(RF WPT)은 RF 전파를 이용하여 센서 및 설비에 무선으로 방사하는 방식으로 전력을 전송하는 방법을 의미한다. 전자기파 빔 방식의 무선전력전송은 무선통신과 같이 안테나로 전자기파를 방사(Radiation)시켜 전력을 보낼 수 있다. 송신단(PTU, Power Transmitting Unit) 측에서는 전자기파 발진기의 전력을 안테나를 사용하여 송신시키고 수신단(PRU, Power Receiving Unit) 측에서는 안테나로 마이크로파를 받아 정류용 반도체 다이오드(Rectifier)를 통해 직류 전원으로 변환시켜 전력을 얻는다. [3, 4, 5] 그림 1에 제시한 것처럼, 정보전력 동시전송을 위해서는 특정 각도로의 보강 혹은 상쇄 간섭을 이용하여 지향성 빔 패턴을 형성하여 한정적인 대상에만 무선전력을 전송하고, 동시에 분할된 주파수를 활용하여 다수 PRU 간에는 실시간 통신을 지원해야 한다.

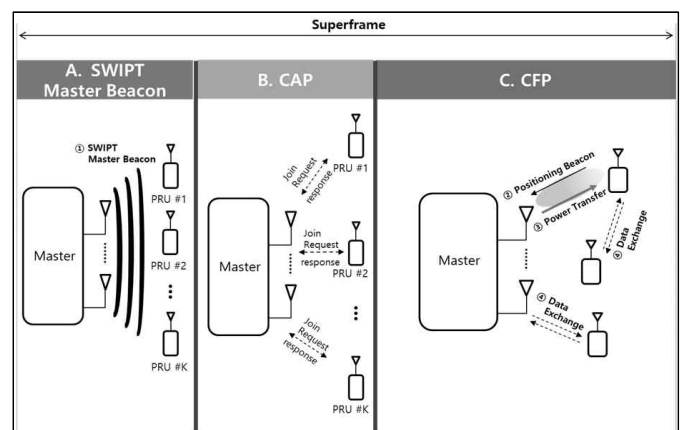


그림 2. SWIPT를 위한 다중 스케줄링 개념도

또한, 이를 위해서 그림 2에서 보는 것처럼, 하나의 PTU에서 하나의 PRU를 충전하면서, 동시에 다수의 PRU 간의 정보 전송을 지원하는 방법을 고안하였다. PRU들은 PTU에서 SWIPT를 위해서 정의한 특정

SWIPT Master Beacon이 주변에 보내는 신호를 수신하여 해당 통신 결합(Coordination)에 접속하게 된다. SWIPT Master Beacon에 의해 시스템에 들어오게 된 PRU들은 CAP(Contention Access Period) 구간을 거쳐서 특정 시간과 특정 주파수의 GTS(Guaranteed Time Slot)를 할당받아 정보 교환 혹은 전력을 수신할 수 있게 된다.

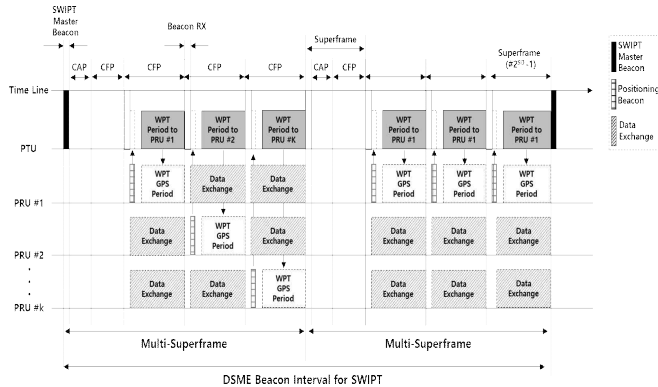


그림 3. SWIPT의 다중 스케줄링을 위한 Multi-Superframe 제안

위 SWIPT 동작을 위해서 IEEE 802.15.4-2015에서 사용하고 있는 DSME의 Superframe 구조를 응용하였다. 하나의 Superframe은 16개의 Slot ID(0~15)와 16개의 물리적 채널(11~26번, DSME 방식과 다른 방식의 ZigBee 통신 Superframe과 구별하기 위함)로 구성되며, 하나의 Superframe 구간은 시간별로 Beacon Period, CAP, CFP 구간으로 구별된다. 본 DSME Superframe 구조를 사용하여, 그림 3에서 보는 것처럼 하나의 PTU에서 하나의 PRU를 충전함과 동시에 다수 PRU 간의 정보 전송을 지원하는 방법을 제안하였다. 이를 위하여 PRU들은 PTU에서 SWIPT를 위해서 정의한 특정 SWIPT Master Beacon이 주변에 보내는 신호를 수신하여 해당 통신 결합에 접속하게 된다. SWIPT Master Beacon에 의해 시스템에 들어오게 된 PRU들은 CAP 구간을 거쳐서 특정 시간과 특정 주파수의 GTS를 할당받아 정보 교환 혹은 지향성 무선전력을 수신할 수 있게 된다.

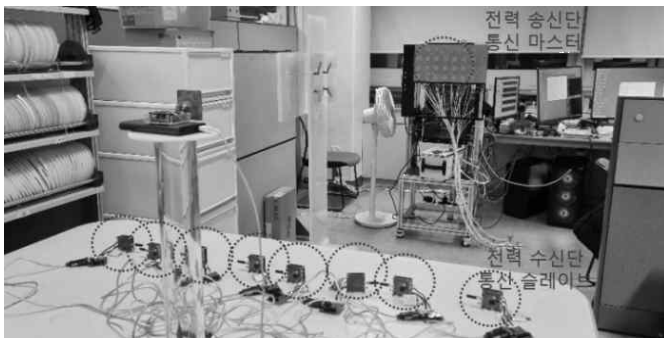


그림 4. SWIPT 다중접속 경량 MAC 검증

본 스케줄링 개발 결과를 확인하기 위하여, 그림 4처럼 PTU 1대와 PRU 8대의 정보전력 동시전송 테스트를 진행하였다. 본 실험에서는 전력 전송 GTS를 할당받은 PRU는 power beacon을 전송해 현재 자신의 위치를 알려주고, 할당된 전력 전송 GTS 동안 PTU가 송신한 전력을 수신하고, 각 PRU는 PTU 혹은 특정 PRU와의 통신을 진행하는 실험을 하였다.

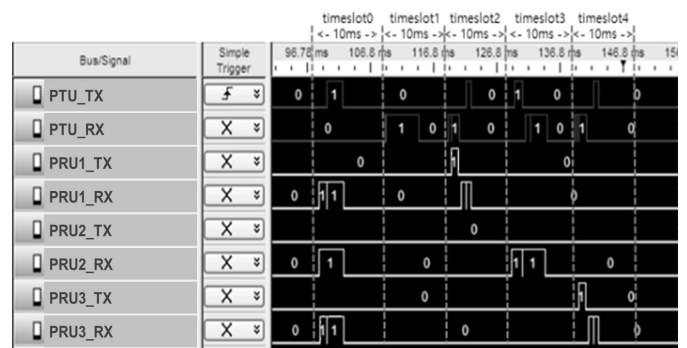


그림 5. SWIPT 데이터 통신 결과

그 결과, PTU가 PRU 1대를 충전하고 있을 때 다른 PRU들에 통신 GTS를 할당하여 통신도 동시 수행을 확인하였다. 그리고 이때 그림 5에서 제시한 것처럼, 각 할당 받은 GTS일 때, PTU로부터 데이터를 수신한 이후에 Ack 패킷을 다시 PTU에 전송하는 결과를 확인하였다.

### III. 결론

본 논문에서는 SWIPT 기술을 위해서 DSME 방식을 이용한 실시간으로 주파수가 분할된 데이터 통신과 전력 전송을 동시에 수행하였다. 이러한 전자기파를 이용하는 무선전력전송의 경우에는 전파의 세기가 물리적으로 거리의 네 제곱으로 반비례하는 경향이 있고, ISM 밴드 통신과 같은 주파수에서 수행되는 만큼 발생할 수 있는 문제점들을 해결하기 위한 다양한 아이디어와 노력이 필요하다. 본 논문에서 제안하는 방법처럼 무선 네트워크 통신에 무선전력전송 기술인 빔포밍을 적용하여 기존 전력 수신단 디바이스의 전력 공급 문제를 해결함과 동시에 효율적 채널 변경 방식을 통해 정보·전력 데이터 송수신의 간섭을 회피하게 함으로써, SWIPT 기술의 효율성을 더욱 높일 수 있을 것으로 판단한다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2021 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가 관리원(KEIT) 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 20011611, 저전력 모바일 기기의 정보·에너지 동시 송수신 기술의 국제표준 개발)

### 참 고 문 헌

- [1] IEEE Standard for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), IEEE Std 802.15.4-2015 (Revision of IEEE Std 802.15.4-2011), April, 2016.
- [2] Kim, S. "IoT를 위한 IEEE 802.15.4q 기반 TASK 물리 계층 설계," 디지털산업정보학회논문지. 디지털산업정보학회, 16(1), pp. 11 - 19. doi: 10.17662/KSDIM.2020.16.1.011.
- [3] Y. Park, "International standardization status of wireless power transmission technology", TTA Journal Vol. 153, TTA, 2018.
- [4] Y. Lim, "Wireless power transfer latest trends and trend changes", KEIT PD Issue Report Vol. 17-12, KEIT, 2017.
- [5] IEC 62980, "Parasitic communication protocol for radio-frequency wireless power transmission", IEC, 2018.