

# 무선 전력 전송의 새로운 시작

## MPWG 기술 동향

손수동 ((유)한림포스텍)

### I. 서론

MPWG(Medium Power Work Group)은 WPC(Wireless Power Consortium) 산하 기관 중 무선 전력 표준의 기술적 사양 정립을 담당하고 있는 SWG(Specification Work Group)에 속한 중전력용 무선 전력 전송 기술 개발 그룹이다.<sup>[1]</sup> 2008년 12월 홍콩에서의 1차 회의를 시작으로 설립된 WPC는 현재, 정회원과 준회원을 포함하여 120여개 업체가 참가한 무선 전력 전송 분야의 국제 표준을 추진하는 대표적인 표준화 기구로 자리 잡아가고 있다.

SWG 그룹에 속한 work group에는 LPWG, MPWG, AAG(Automotive Application Group), KAG(Kitchen Application Group) 등이 활동 중에 있으며, 휴대단말용 무선 전력 전송의 표준인 LPWG(Low Power Work Group) 표준은 이미 표준화 작업을 마친 상태에서 상용화가 급속히 진행되고 있다. 이에 반해, MPWG의 표준화 작업은 아직 진행 중에 있고, 풀어야 할 많은 숙제를 안고 있다.

이 글에서는 노트북이나 태블릿 PC, 그 외 많은 중전력을 필요로 하는 제품 개발에 필요한 기술 표준의 동향과 현재 진행 중인 MPWG 기술표준에 관한 이슈 사항 등을 소개하고자 한다.

### II. 관련 기술 동향

#### 1. 표준의 차이점

MPWG에서 기술표준에서 정의한 Medium Power와 휴대단말용 저전력 무선 전력 전송의 표준인 LPWG 기술표준과

〈표 1〉 전력 전송 성능

	Rx	Low Power	Medium Power			
Tx	Power	5W	30W	65W	90W	120W
Low Power	5W					
Medium Power	30W					
	65W					
	90W					
	120W					

의 차이점은 크게 2가지로 나뉜다.

첫째는 전력 협상(Power Negotiation) 단계가 추가 된다는 점과 두 번째는 기존의 수신부에서 송신부로 단방향 통신 방식에서 송·수신부간 양방향 통신으로의 전환과 양방향 통신을 위한 통신 인터페이스가 추가 된다는 점이다. 2가지 모두 전력 수신부의 다양한 요구에 대응하기 위한 것이라는 점에서는 동일하다.

〈표 1〉에서와 같이 Medium Power에 사용되는 기기는 그 용도에 따라 30W, 65W, 90W, 120W의 4가지 레벨(태블릿 PC를 위한 10~15W 레벨도 추가 검토 중)로 분류되어 진행되고 있다.<sup>[2]</sup> 각 레벨의 전력 전송 성능은 상호 독립적으로 정의되며, 〈표 1〉의 초록색 부분은 전력 레벨에 따른 전력을 보내는 송신부(이하 송신부)의 제공 가능한 최대 수신 전력을 나타내고, 노란색 부분은 전송된 전력을 소비하는 수신부(이하 수신부)의 수신 전력을 감소시켜 전송 가능한 옵션 부분을 나타낸다.

#### 2. Power Negotiation

〈표 1〉에 나타난 바와 같이 Medium Power에서는 각 레벨

간 전력 전송을 위해 기존 LPWG 표준에 전력 협상(Power Negotiation) 단계가 추가 된다.

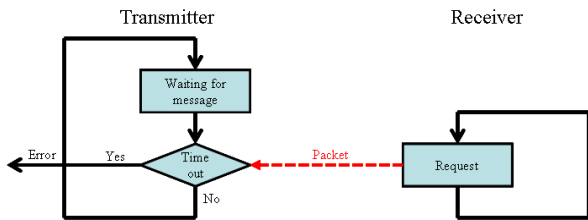
이 단계는 수신부와 송신부간 전력 협상 단계를 통해 전송 가능한 전력레벨을 유지하는 것을 목적으로 수신부의 요구 전력에 대한 송신부의 응답을 통해 보장전력을 전송하는 방식이다.

〈그림 1〉은 LPWG에서 사용된 전력 전송 순서를 나타낸다. 〈그림 1〉에서와 같이 기존 5W급의 전력 전송 단계에서는 별도의 전력 협상 단계를 필요로 하지 않는다. 하지만 Medium Power에서는 다양한 수신부 요구 전력에 맞는 송신 전력을 결정해야 할 필요가 있다.

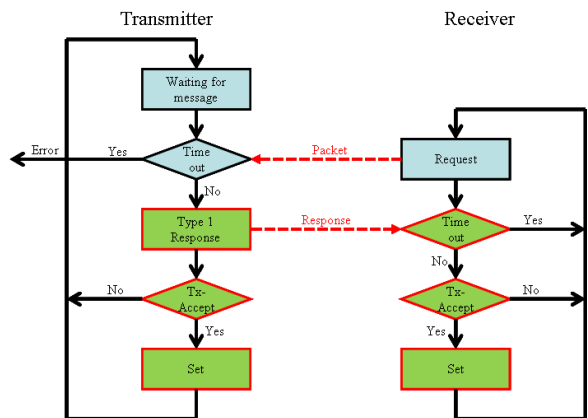
이에 MPWG에서는 2가지 방식(Type 1, Type 2)의 전력 협상 방식을 표준화 제정 검토 중에 있다. 〈그림 2〉는 2가지 방식 중 하나인 single bit를 이용한 전력 협상 방식의 순서를 나타낸다.

이 방식(Type 1)은 아래 설명된 예와 같이 수신부가 자신의 요구 전력을 송신부로 알리고 송신부의 응답을 기다리는 방식이다. 이 때, 송신부의 응답이 없으면 수신부는 요구 전력을 감소시킨 후, 재응답을 기다리게 되고, 송신부로부터 응답이 있으면 전력 협상 단계가 완료되어 다음 단계로 넘어 간다.

Rx → Tx : do you support 65W?  
Tx → Rx : no response



〈그림 1〉 LPWG 전력 전송 순서<sup>[3]</sup>



〈그림 2〉 single bit를 이용한 전력 협상 순서 (Type1)<sup>[3]</sup>

Rx → Tx : do you support 30W?  
Tx → Rx : single bit response means yes

Type 2는 수신부가 응답을 기다리는 대신, 송신부에게 얼마만큼의 전력을 전송할 수 있는지를 묻는 패킷을 전력 협상 단계에서 보내게 된다. 수신부는 요구에 맞지 않은 경우, 패킷 전송을 중단하거나 요구 전력을 송신부가 보낸 보장 전력에 맞게 감소시킨 후, 다음 단계로 넘어 가는 방식이다.

〈그림 3〉은 이러한 동작 순서를 설명한 그림이다.

Rx → Tx : Which level do you support?  
Tx → Rx : packet response 30W

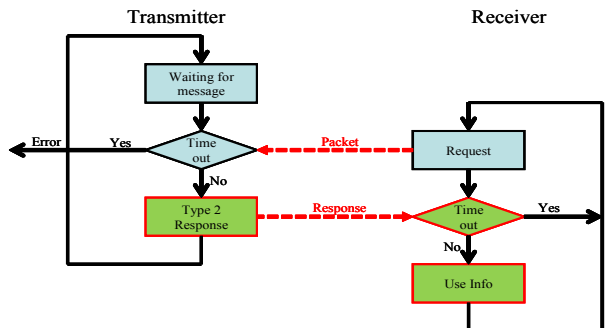
이러한 전력 협상에 필요한 패킷 또는 Bit는 아래 나타낸 기존 LPWG 표준 통신 프로토콜과 호환성을 유지하는 것이 가장 큰 숙제로 남아 있다. 앞서 〈표 1〉에서 설명한 바와 같이 각 레벨의 Medium Power 송신기와 수신기는 기존 Low Power 송,수신기와 통신 및 전력 전달 과정에서 호환성을 유지해야만 하기 때문이다.

- 1) Ping phase
- 2) Identification & Configuration phase
- 3) Power transfer phase

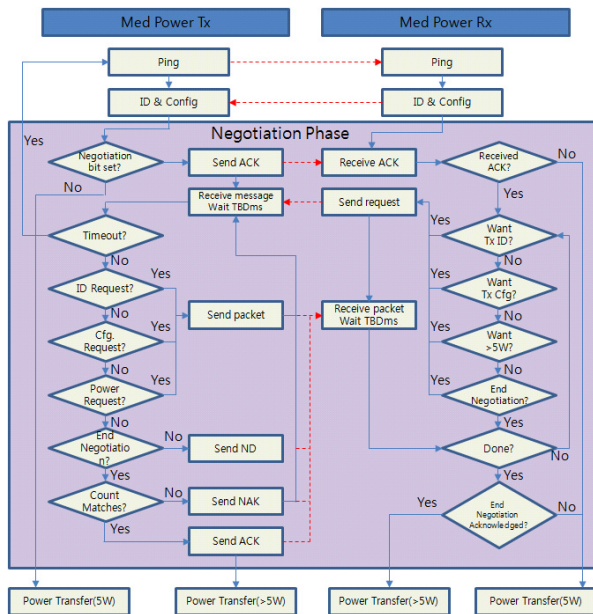
호환성 유지를 위한 현재까지의 결론은 Identification & Configuration 단계 바로 다음에 Negotiation 단계를 위치 시켜 기존 LPWG 통신 프로토콜을 유지하는 방향으로 나아가고 있다. 이러한 전력 협상 단계가 없는 경우, 즉 송신부로부터 응답 신호가 없는 경우이거나 수신부로부터 보내어진 패킷에 Negotiation 단계가 없는 경우는 모두 Low Power (5W) 기기로 간주 된다.

〈그림 4〉는 현재 WPC에서 제안된 Negotiation 단계의 통신 프로토콜 흐름도를 나타낸다.<sup>[4]</sup>

위의 흐름도에서 보이는 바와 같이 송신부는 수신부의 요



〈그림 3〉 packet을 이용한 전력 협상 순서 (Type 2)<sup>[3]</sup>



〈그림 4〉 전력 협상 단계 흐름도

청에 의해서만 응답신호를 전송하게 된다. 협상단계에서 송신부의 응답신호는 ACK(Approve)/ NCK(Deny)/ ND(Not Desition), Tx ID, Tx Config packets으로 3가지이고 수신부의 요청사항은 ID request, Config request, Guaranteed Power request, End Negotiation request로 4가지이다. 협상단계 완료 후 다음단계인 전력전송단계로 진행하게 된다.

### 3. Communication Interface

MPWG 기술 표준의 변화된 부분 중 다른 하나는 통신 방식의 변화이다. 기존 LPWG 기술 표준은 〈그림 1〉에서처럼 수신부에서 송신부로 일방적으로 패킷을 보내는 단방향 통신을 사용하였다. 하지만 MPWG 기술 표준에서는 송·수신부 간 전력 협상을 통한 전력 레벨을 결정할 필요가 발생하였고, 이를 위해서 수신부는 송신부의 상태(ID, Config, Guaranteed power 등)를 진단하기 위한 데이터가 필요하게 되었다. 이러한 이유로 WPC는 MPWG 기술 표준에 송·수신부 간 양방향 통신 방식을 적용하였다. 또한 기존 LPWG 기술 표준에서 사용하던 ASK(Amplitude Shift Keying)방식 외에 FSK(Frequency Shift Keying)와 PSK(Phase Shift Keying) 또는 이 둘을 혼합한 형태의 변조 방식을 추가로 제안하여 검토 중이다.

기존 LPWG 기술 표준에서의 통신인터페이스는 수신부에서 송신부로의 통신으로 ASK변조방식을 적용하였다. 하지만 MPWG 기술 표준에서는 통신인터페이스가 수신부에서 송신부로의 통신인터페이스와 송신부에서 수신부로의 통신인터페이스 2가지 통신인터페이스가 존재하며, 각 통신인터페이스의 변조방식 또한 기존 변조방식을 유지하면서 새로운 변

조 방식을 추가로 포함할 예정이다.

현재 MPWG에서 추가로 제안하여 검토 중인 각 인터페이스의 변조방식을 보면, 먼저 수신부에서 송신부로의 통신방식은 기존의 ASK방식을 유지하며 PSK 변조방식을 추가로 검토 중이다. 또한 송신부에서 수신부로의 통신방식은 FSK 방식을 기본으로 하는 통신인터페이스가 진행, 검토 중에 있으며, 향후 다른 변조방식이 추가될 것으로 보인다.

다음은 제안된 방식들의 사례를 예로 들어 살펴보기로 한다.

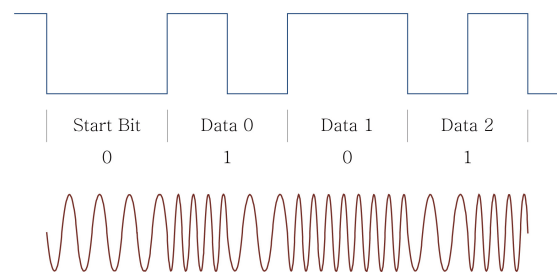
〈그림 5〉는 WPC에서 사용 중인 Bi-Phase Mark Code에 2진 FSK 변조 방식을 접목시킨 파형을 나타낸다. 연속된 데이터 전송 시 에러 발생률을 감소시키기 위해 2진 신호의 위상이 변화할 때마다 주파수를 변화시키는 형태로서 송신부의 출력 주파수에 맞춰 데이터 주기를 바꿔주는 방식이 검토되고 있다.

이러한 FSK 변조 방식은 수신부의 부하 변동에 따라 송신부 주파수를 가변하는 현 WPC 방식의 무선 전력 전송에서는 변조 지수를 신중하게 선택해야만 한다. 알려진 바와 같이 WPC는 부하에 따라 송신부의 주파수를 가변하므로 가변된 주파수와 FSK 변조 지수 사이의 상관관계가 맞지 않을 경우, 수신부 정류 출력 전압의 불안정을 가져올 수 있다.

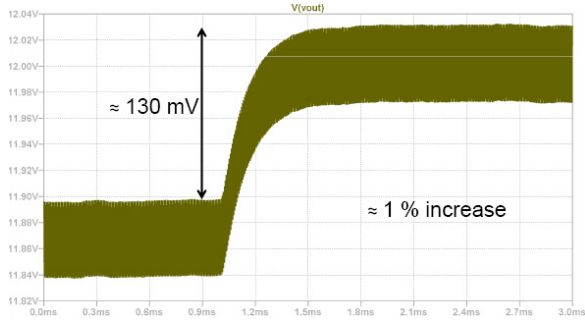
예를 들어, 아래 〈그림 6〉,〈그림 7〉과 같이 동일한 부하 상태에서 같은 변조 지수를 갖는 시스템에서는 송신부의 주파수에 따라 수신부의 출력 전압 변화량이 달라지는 것을 알 수 있다.

〈그림 6〉과 〈그림 7〉은 32ohm의 동일 부하 조건에서 변조 지수를 0.6으로 했을 때, 수신에 나타나는 전압의 과 같이 동일한 부하 상태에서 같은 변조 지수를 갖는 시스템에서는 송신부의 주파수에 따라 수신부의 출력 전압 변화량이 달라지는 것을 시뮬레이션을 통해 알 수 있다.

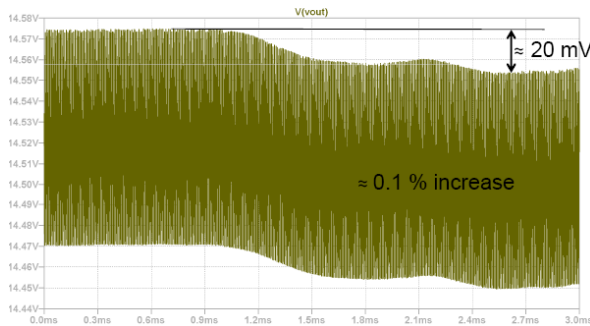
시뮬레이션 결과를 통해 알 수 있듯이 수신부 부하에 따른 동작 주파수와 FSK 변조 지수 사이의 상관관계에 따라 통신 에러 발생률과 출력 전압의 리플 특성은 많은 영향을 받게 될 것이다. MPWG에서는 이런 조건들의 최적화 작업을 최우선 과제로 삼고 활발히 연구 중이며, 그에 따른 결과들이 최근 들어 하나씩 나타나고 있다.



〈그림 5〉 FSK 변조 신호



〈그림 6〉  $\Delta f = 1\text{kHz} @ 175\text{kHz}$  [5]

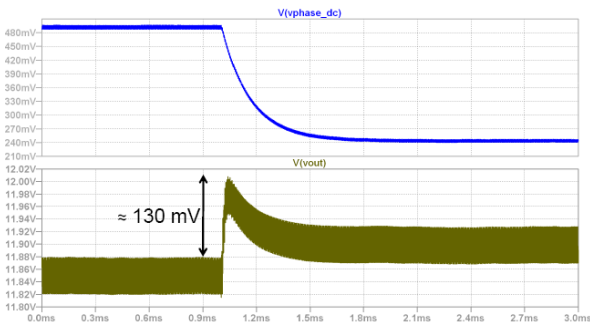


〈그림 7〉  $\Delta f = 0.5\text{kHz} @ 120\text{kHz}$  [5]

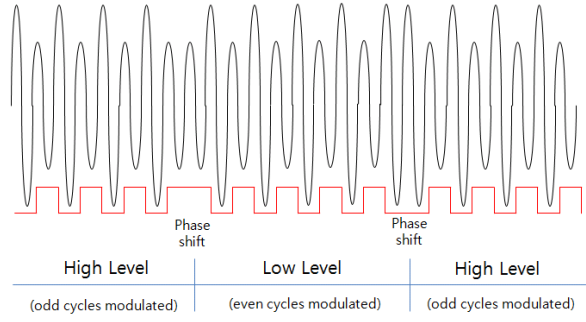
더불어 Medium Power 무선 전력 전송의 변조 방식으로 검토되고 있는 PSK 변조 방식은 FSK과는 또 다른 과제를 안고 있다. 아래 〈그림 8〉은 동작 주파수 175kHz에서 PSK 변조 신호의 위상차를 90도로 시뮬레이션 했을 때, 출력 전압의 리플을 나타낸다.

시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이, 단순한 위상 천이에 의한 변조 과정은 수신부 출력 전압 특성에 나쁜 영향을 미칠 수 있다. 이러한 문제점들을 개선하기 위해 최근 들어 많은 연구가 진행 중이며, 아래 〈그림 9〉는 그 결과 중의 하나로 기본 개념은 다음과 같다.

〈그림 9〉에 나타난 변조 방식은 수신부에서 송신부로의 통신 인터페이스의 변조 방식에 추가로 검토 중인 PSK 변조 방식의 신호파형을 나타낸다. 이 방식은 Cycle 제어를 통한 통신 방식으로써 Medium Power 전송 시, 현재 사용 중인 ASK 변



〈그림 8〉 PSK 변조 신호 vs. 출력 전압 Ripple 특성 [5]



〈그림 9〉 AM-PSK 변조 신호 [6]

조 방식에서 발생 할 수 있는 통신 에러와 전력 손실을 줄이기 위한 목적으로 검토되고 있다.

### Ⅲ. 향후 연구 진행 방향

지금 까지 현재 연구되어 발표되고 있는 MPWG 기술 표준 동향들에 대해 알아보았다. WPC는 2012년 6월에 System Description Wireless Power Transfer Volume II의 Part 1과 Part 2 version 0.5를 회원사에 배포하였고, 2012년 10월경에 version 0.9가 발표될 예정이다.

앞서 살펴본 MPWG 기술동향에서 알 수 있듯이 MPWG 기술 표준의 가장 큰 이슈는 Power Negotiation과 Communication Interface 2가지로 볼 수 있다.

Power Negotiation은 표준 정립 단계에 들어선 것으로 볼 수 있지만, Communication Interface는 아직 해결해야 할 부분이 적지 않음을 알 수 있다.

Communication Interface에서 해결해야 할 부분을 정리하면 다음과 같다.

- 기존 표준 기술과의 호환성
- 통신 에러율 향상
- 전력 전송 손실 개선
- 상품화에 적합한 구현의 용이성

이 밖에도 하드웨어의 구성이나 Coil 또는 Core 구조 등에 대한 연구와 표준화 작업도 함께 해 나가야 할 중요한 과제이다. 소개된 내용에서도 보다 새로운 개념이나 구현 방식 등에 대한 연구도 꾸준히 진행되어야 할 부분이다.

이러한 연구를 통해 중전력을 필요로 하는 수많은 제품 개발에 대한 기술력을 확보하고 새로운 시장 창출과 생활의 편의성을 더할 수 있는 기술로 발전해 나가야 할 것이다.

### 참고문헌

- [1] <http://www.wirelesspowerconsortium.com>
- [2] MPWG Proposal : Guaranteed Power, November 2011 Fulton Innovation
- [3] Philips Research, 2012 April 25, Power Negotiation.
- [4] MPWG Proposal : Simplified Communication & Negotiation, August 2012 Fulton Innovation
- [5] Philips Research, January 2012.
- [6] MPWG Proposal : Communication Interface Rx to Tx, November 2011 Fulton Innovation



손 수 동

1996년 2월 금오공과대학교 학사.  
2002년 2월 금오공과대학교 석사.  
1996년 3월~2002년 6월(주)KEC,  
2005년 6월~2009년 8월(주)지이스스템 책임연구원.  
2009년 9월~(주)한림포스텍 수석연구원.  
<관심분야> RF H/W, 전자기 유도, 공진방식 무선 전력 전송