(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0128099
(43) 공개일자 2012년11월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 17/00 (2006.01) *H04B 5/02* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0051115
(22) 출원일자 2012년05월14일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
61/485,925 2011년05월13일 미국(US)

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
이경우
서울특별시 송파구 오륜동 올림픽선수촌아파트 251동 503호
변강호
경기도 수원시 영통구 영통2동 벽적골9단지아파트 901동 904호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이건주

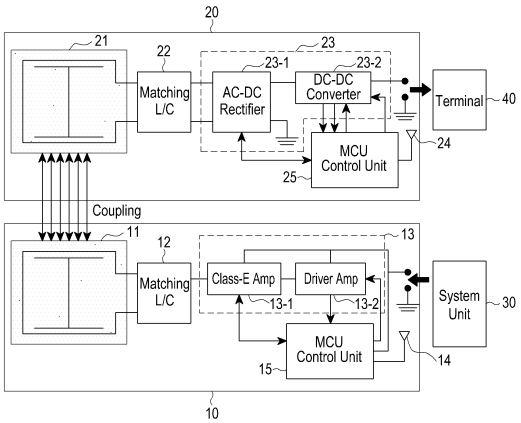
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **무선 전력 송신 시스템에서의 송신기 및 수신기, 상기 장치들의 무선 전력 송수신 방법**

(57) 요 약

본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서의 송신기는, DC 전압을 제1AC 전압으로 변환하고, 변환된 제1AC 전압을 증폭하여 제2AC 전압으로 변환하는 Tx 전력 변환부와, 제2AC 전압을 전송하기 위하여 제2AC 전압을 수신하는 수신기와 임피던스를 매칭하는 Tx 매칭회로와, 제2AC 전압을 수신기에 전송하기 위하여 제2AC 전압을 공명파로 공진하는 Tx 공진기와, 제1AC 전압의 증폭율을 결정하고, 결정된 증폭율에 따라 제1AC 전압을 제2AC 전압으로 변환하도록 Tx 전력 변환부를 제어하는 Tx 제어부를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

박세호

경기도 수원시 영통구 매탄3동 신매탄위브하늘채아파트 117동 203호

이영민

경기도 용인시 수지구 동천동 래미안 이스트 팰리스 1311동 1201호

특허청구의 범위

청구항 1

무선 전력 송신 시스템에서의 송신기에 있어서,

DC 전압을 제1AC 전압으로 변환하고, 변환된 제1AC 전압을 증폭하여 제2AC 전압으로 변환하는 Tx 전력 변환부와,

상기 제2AC 전압을 전송하기 위하여 상기 제2AC 전압을 수신하는 수신기와 임피던스를 매칭하는 Tx 매칭회로와,

상기 제2AC 전압을 수신기에 전송하기 위하여 상기 제2AC 전압을 공명파로 공진하는 Tx 공진기를 포함하고,

상기 제1AC 전압의 증폭율을 결정하고, 결정된 상기 증폭율에 따라 상기 제1AC 전압을 제2AC 전압으로 변환하도록 상기 Tx 전력 변환부를 제어하는 Tx 제어부를 포함하는 무선 전력 시스템에서의 송신기.

청구항 2

무선 전력 송신 시스템에서의 수신기에 있어서,

송신기에 의하여 공명파로써 공진되는 AC 전압을 수신하는 Rx 공진기와,

상기 송신기로부터 상기 AC 전압을 수신하기 위하여 상기 송신기와 임피던스를 매칭하는 Rx 매칭회로와,

상기 AC 전압을 제1DC 전압으로 정류하고, 상기 제1DC 전압을 증폭하여 제2DC 전압으로 변환하는 Rx 전력 변환부와,

상기 제1DC 전압의 증폭율을 결정하고, 결정된 상기 증폭율에 따라 상기 제1DC 전압을 제2DC 전압으로 변환하도록 상기 Rx 전력 변환부를 제어하는 Rx 제어부를 포함하는 무선 전력 시스템에서의 수신기.

청구항 3

무선 전력 송신 시스템에서의 송신기에 있어서,

DC 전압을 제1AC 전압으로 변환하는 Class- 증폭기 및 변환된 제1AC 전압을 증폭하여 제2AC 전압으로 변환하는 드라이버 증폭기를 포함하는 Tx 전력 변환부와,

상기 제2AC 전압을 전송하기 위하여 상기 제2AC 전압을 수신하는 수신기와 임피던스를 매칭하는 Tx 매칭회로와,

상기 제2AC 전압을 수신기에 전송하기 위하여 상기 제2AC 전압을 공명파로 공진하는 Tx 공진기와,

상기 제1AC 전압의 증폭율을 결정하고, 결정된 상기 증폭율에 따라 상기 제1AC 전압을 제2AC 전압으로 변환하도록 상기 Tx 전력 변환부를 제어하는 Tx 제어부를 포함하고,

상기 Tx 제어부는,

상기 Class-E 증폭기에 포함된 트랜지스터의 구동 전압을 모니터링하여 상기 트랜지스터에 인가된 구동 전압으로 인하여 상기 Class-E 증폭기에 과전압, 과전류 및 과온도 중 적어도 하나가 발생하였는지 여부를 판단하고, 판단결과 상기 과전압, 과전류 및 과온도 중 적어도 하나가 발생한 경우 송신기의 동작을 중단시키는 것을 특징으로 하는 무선 전력 시스템에서의 송신기.

청구항 4

무선 전력 송신 시스템에서의 수신기에 있어서,

송신기에 의하여 공명파로써 공진되는 AC 전압을 수신하는 Rx 공진기와,

상기 송신기로부터 상기 AC 전압을 수신하기 위하여 상기 송신기와 임피던스를 매칭하는 Rx 매칭회로와,

상기 AC 전압을 제1DC 전압으로 정류하고, 상기 제1DC 전압을 증폭하여 제2DC 전압으로 변환하는 Rx 전력 변환부와,

상기 제1DC 전압의 증폭율을 결정하고, 결정된 상기 증폭율에 따라 상기 제1DC 전압을 제2DC 전압으로 변환하도

록 상기 Rx 전력 변환부를 제어하는 Rx 제어부를 포함하고,

상기 Rx 제어부는,

상기 Rx 공진기를 통해 수신하는 상기 AC 전압을 모니터링하여 상기 AC 전압으로 인하여 수신기의 적어도 일부에 과전압, 과전류 및 과온도 중 적어도 하나가 발생하였는지 판단하고, 판단결과 상기 과전압, 과전류 및 과온도 중 적어도 하나가 발생한 경우 상기 수신기의 동작을 중단시키는 것을 특징으로 하는 무선 전력 시스템에서의 수신기.

청구항 5

인터페이스에서의 부하 변동을 모니터링하기 위하여 미리 저장된 시간마다 제1전력을 공급하고, 상기 부하 변동을 발생하였는지 여부를 체크하는 검출 단계와,

상기 부하 변동이 발생한 경우, 상기 제1전력보다 큰 제2전력을 상기 인터페이스에 공급하여 상기 제2전력을 수신한 수신기로부터 응답을 수신하면 상기 수신기에 짧은 식별자(SID: Short identification) 및 상기 수신기에 대응하는 타임 슬롯을 할당하는 등록 단계와,

상기 수신기로부터 출력 전압, 출력 전류 중 적어도 하나를 포함하는 정보를 수신하고, 상기 정보에 따라 상기 수신기로부터 요구되는 요구 전력을 계산하고, 상기 요구 전력을 상기 수신기에 전송하여 줄 수 있는지 여부를 판단하는 구성 단계와,

상기 판단 결과 상기 요구 전력을 상기 수신기에 전송하여 줄 수 있는 경우, 상기 수신기에 상기 요구 전력을 전송하는 충전 단계를 포함하는 무선 전력 송신 시스템에서의 송신기의 무선 전력 송수신 방법.

청구항 6

송신기로부터 미리 지정된 시간마다 공급되는 제1전력을 수신하고, 상기 제1전력을 이용하여 상기 송신기에 가입을 요청하는 단계와,

상기 송신기로부터 상기 제1전력보다 큰 제2전력을 공급받아서 상기 송신기에 충전을 요청하는 단계와,

상기 송신기로부터 짧은 식별자(SID: Short identification) 및 타임 슬롯을 할당받고, 출력 전압, 출력 전류 중 적어도 하나를 포함하는 정보를 상기 송신기에 전송하여 요구 전력의 전송을 요청하는 단계와,

상기 송신기로부터 상기 요구 전력을 수신하는 단계를 포함하는 무선 전력 송신 시스템에서의 수신기의 무선 전력 송수신 방법.

청구항 7

무선 전력 송신 시스템에서의 송신기 및 수신기는,

MAC 프레임 헤더와, 프레임 페이로드, 체크썸(Checksum)으로 구성되는 MAC 프레임을 사용하여 데이터를 송수신하는 것을 특징으로 하는 무선 전력 송신 시스템.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 무선 전력 송신 시스템에 관한 것으로, 더욱 자세히는 높은 공진 특성을 가질 수 있는 무선 전력 송신 시스템에서의 송신기 및 수신기, 상기 장치들의 무선 전력 송수신 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 무선통신기술의 발달로 언제 어디서나 누구나 원하는 모든 정보를 주고 받을 수 있는 유비쿼터스 정보환경이 되고 있다. 하지만, 아직까지 통신정보기기들은 대부분 배터리에 의존하고 있고, 유선 전원코드에 의한 전원을 공급받아 통신정보기기의 사용이 제한을 받고 있다. 따라서, 무선정보 네트워크 환경은 단말기 전원에 대한 문제를 해결하지 않고서는 진정으로 자유로워질 수 없다.

[0003] 이런 문제를 해결하기 위하여 무선으로 전력을 전달하기 위한 많은 기술이 개발되고 있다. 우선, 전파(Microwave)를 이용한 전파수신형 기술, 그리고 자기장을 이용한 자기유도형 기술, 또한 자기장과 전기장의 에

너지 전환에 의한 자기공명 기술 등이 대표적이다.

[0004] 여기서, 전파수신형 기술은 안테나를 통해 전파를 공기 중으로 방사함으로써 먼 거리까지 전력전송이 가능하다는 장점이 있으나, 공기 중에서 소모되는 방사손실(Radiation loss)이 매우 커서 전력전송의 효율성에 한계가 있다. 또한, 자기유도형 기술은 송신측 1차 코일과 수신측 2차 코일에 의한 자기 에너지 결합을 이용한 기술로 높은 전력전송의 효율성을 갖는 장점이 있으나, 전력전송을 위해서 송신측 1차 코일과 수신측 2차 코일이 수 mm 정도의 짧은 거리에 인접해 있어야 하며, 송신측 1차 코일과 수신측 2차 코일의 코일정렬에 따라 전력전송의 효율성이 급격히 변하며, 발열량이 크다는 단점이 있다.

[0005] 따라서, 최근에 자기유도형 기술과 유사하나 코일형의 인덕터(L)와 캐패시터(C)에 의한 특정 공진 주파수에 에너지가 집중되게 하여 자기에너지 형태로 전력을 송신하는 자기공명 기술이 개발되고 있다. 비교적 큰 전력을 수 미터까지 보낼 수 있다는 장점이 있으나, 높은 공진 특성(High Quality factor)을 요구한다. 따라서 높은 공진 특성을 가지는 무선 전력 송신 시스템의 설계가 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 높은 공진 특성을 가질 수 있는 무선 전력 송신 시스템에서의 송신기 및 수신기, 상기 장치들의 무선 전력 송수신 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서의 송신기는, DC 전압을 제1AC 전압으로 변환하고, 변환된 제1AC 전압을 증폭하여 제2AC 전압으로 변환하는 Tx 전력 변환부와, 상기 제2AC 전압을 전송하기 위하여 상기 제2AC 전압을 수신하는 수신기와 임피던스를 매칭하는 Tx 매칭회로와, 상기 제2AC 전압을 수신기에 전송하기 위하여 상기 제2AC 전압을 공명파로 공진하는 Tx 공진기를 포함하고, 상기 제1AC 전압의 증폭율을 결정하고, 결정된 상기 증폭율에 따라 상기 제1AC 전압을 제2AC 전압으로 변환하도록 상기 Tx 전력 변환부를 제어하는 Tx 제어부를 포함한다.

[0008] 무선 전력 송신 시스템에서의 수신기는, 송신기에 의하여 공명파로써 공진되는 AC 전압을 수신하는 Rx 공진기와, 상기 송신기로부터 상기 AC 전압을 수신하기 위하여 상기 송신기와 임피던스를 매칭하는 Rx 매칭회로와, 상기 AC 전압을 제1DC 전압으로 정류하고, 상기 제1DC 전압을 증폭하여 제2DC 전압으로 변환하는 Rx 전력 변환부와, 상기 제1DC 전압의 증폭율을 결정하고, 결정된 상기 증폭율에 따라 상기 제1DC 전압을 제2DC 전압으로 변환하도록 상기 Rx 전력 변환부를 제어하는 Rx 제어부를 포함한다.

[0009] 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서의 송신기는, DC 전압을 제1AC 전압으로 변환하는 Class- 증폭기 및 변환된 제1AC 전압을 증폭하여 제2AC 전압으로 변환하는 드라이버 증폭기를 포함하는 Tx 전력 변환부와, 상기 제2AC 전압을 전송하기 위하여 상기 제2AC 전압을 수신하는 수신기와 임피던스를 매칭하는 Tx 매칭회로와, 상기 제2AC 전압을 수신기에 전송하기 위하여 상기 제2AC 전압을 공명파로 공진하는 Tx 공진기와, 상기 제1AC 전압의 증폭율을 결정하고, 결정된 상기 증폭율에 따라 상기 제1AC 전압을 제2AC 전압으로 변환하도록 상기 Tx 전력 변환부를 제어하는 Tx 제어부를 포함하고, 상기 Tx 제어부는, 상기 Class-E 증폭기에 포함된 트랜지스터의 구동 전압을 모니터링하여 상기 트랜지스터에 인가된 구동 전압으로 인하여 상기 Class-E 증폭기에 과전압, 과전류 및 과온도 중 적어도 하나가 발생하였는지 여부를 판단하고, 판단결과 상기 과전압, 과전류 및 과온도 중 적어도 하나가 발생한 경우 송신기의 동작을 중단시키는 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서의 수신기는, 송신기에 의하여 공명파로써 공진되는 AC 전압을 수신하는 Rx 공진기와, 상기 송신기로부터 상기 AC 전압을 수신하기 위하여 상기 송신기와 임피던스를 매칭하는 Rx 매칭회로와, 상기 AC 전압을 제1DC 전압으로 정류하고, 상기 제1DC 전압을 증폭하여 제2DC 전압으로 변환하는 Rx 전력 변환부와, 상기 제1DC 전압의 증폭율을 결정하고, 결정된 상기 증폭율에 따라 상기 제1DC 전압을 제2DC 전압으로 변환하도록 상기 Rx 전력 변환부를 제어하는 Rx 제어부를 포함하고, 상기 Rx 제어부는, 상기 Rx 공진기를 통해 수신하는 상기 AC 전압을 모니터링하여 상기 AC 전압으로 인하여 수신기의 적어도 일부에 과전압, 과전류 및 과온도 중 적어도 하나가 발생하였는지 판단하고, 판단결과 상기 과전압, 과전류 및 과온도 중 적어도 하나가 발생한 경우 상기 수신기의 동작을 중단시키는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서의 송신기의 무선 전력 송수신 방법은, 인터페이스에서의 부하 변동

을 모니터링하기 위하여 미리 저장된 시간마다 제1전력을 공급하고, 상기 부하 변동을 발생하였는지 여부를 체크하는 검출 단계와, 상기 부하 변동이 발생한 경우, 상기 제1전력보다 큰 제2전력을 상기 인터페이스에 공급하여 상기 제2전력을 수신한 수신기로부터 응답을 수신하면 상기 수신기에 짧은 식별자(SID: Short identification) 및 상기 수신기에 대응하는 타임 슬롯을 할당하는 등록 단계와, 상기 수신기로부터 출력 전압, 출력 전류 중 적어도 하나를 포함하는 정보를 수신하고, 상기 정보에 따라 상기 수신기로부터 요구되는 요구 전력을 계산하고, 상기 요구 전력을 상기 수신기에 전송하여 줄 수 있는지 여부를 판단하는 구성 단계와, 상기 판단 결과 상기 요구 전력을 상기 수신기에 전송하여 줄 수 있는 경우, 상기 수신기에 상기 요구 전력을 전송하는 충전 단계를 포함한다.

[0012] 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서의 수신기의 무선 전력 송수신 방법은, 송신기로부터 미리 지정된 시간마다 공급되는 제1전력을 수신하고, 상기 제1전력을 이용하여 상기 송신기에 가입을 요청하는 단계와, 상기 송신기로부터 상기 제1전력보다 큰 제2전력을 공급받아서 상기 송신기에 충전을 요청하는 단계와, 상기 송신기로부터 짧은 식별자(SID: Short identification) 및 타임 슬롯을 할당받고, 출력 전압, 출력 전류 중 적어도 하나를 포함하는 정보를 상기 송신기에 전송하여 요구 전력의 전송을 요청하는 단계와, 상기 송신기로부터 상기 요구 전력을 수신하는 단계를 포함한다.

[0013] 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서의 송신기 및 수신기는, MAC 프레임 헤더와, 프레임 페이로드, 체크썸(Checksum)으로 구성되는 MAC 프레임을 사용하여 데이터를 송수신하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0014] 본 발명에 따르면, 높은 공진 특성을 가질 수 있는 무선 전력 송신 시스템에서의 송신기 및 수신기, 상기 장치들의 무선 전력 송수신 방법을 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 전력 송신 시스템의 송신기 및 수신기의 구성을 도시한 블록도,

도 2a는 저항(R), 커패시터(C) 및 인덕터(L)가 직렬로 연결된 직렬 공진기를 도시한 회로도,

도 2b는 저항(R), 커패시터(C) 및 인덕터(L)가 병렬로 연결된 병렬 공진기를 도시한 회로도,

도 3a는 엡실론-네거티브 회로를 도시한 회로도이고, 도 3b는 뮤-네거티브 회로를 도시한 회로도,

도 4는 공진 주파수의 특성을 나타낸 그래프,

도 5는 메타 물질 MNG 공진기(meta material MNG resonator)의 일 예를 나타낸 도면,

도 6은 본 발명에 따른 2가지 유형의 MNG 공진기들의 구조를 나타낸 도면,

도 7은 본 발명에 따른 Tx 공진기를 일 예를 나타낸 도면,

도 8a 내지 도 8c는 Class-A 증폭기, Class-B 증폭기 및 Class-E 증폭기 각각에 포함된 트랜지스터의 드레인과 소스 사이의 전압 및 전류를 나타낸 그래프,

도 9는 스위칭 타입의 전력 증폭기(Power Amplifier)인 Class-E 증폭기(13-1)를 도시한 회로,

도 10은 도 9의 스위칭 타입 전력 증폭기에서 스위칭 동작을 실행하였을 때의 전압파 및 전류파를 나타낸 그래프,

도 11은 Class-E 증폭기(13-1)에서 FET의 드레인과 소스 간의 내부 커패시턴스(Coss)와 외부 션트 커패시턴스(C's) 사이의 전압을 나타낸 그래프,

도 12는 출력 매칭 회로를 나타낸 회로도,

도 13은 입력 매칭 회로를 나타낸 회로도,

도 14는 도 12 및 도 13의 매칭 회로들을 포함한 Class-E 증폭기(13-1)의 최종 등가 회로를 나타낸 회로도,

도 15는 본 발명에 따라 제조된 Class-E 증폭기(13-1)의 프로토 타입을 나타낸 도면,

도 16은 일반적인 송신기(10)를 나타낸 블록도,

도 17은 전력 추적 SMPS를 포함하는 송신기의 구성을 도시한 블록도,

도 18은 도 17에 도시된 전력 추적 SMPS의 구성을 도시한 블록도,

도 19는 본 발명에 따른 송신기(10)에서의 6.78MHz 주파수를 발생시키기 위한 주파수 발생기의 구성을 도시한 블록도,

도 20은 본 발명에 따른 송신기에 있어서의 과전압 보호 회로의 일 예를 나타낸 회로도,

도 21은 과전압 보호 회로의 기본적인 동작 원리를 나타내기 위한 회로,

도 22는 본 발명에 따른 송신기에서의 보호 회로의 다른 예를 나타낸 회로도,

도 23은 본 발명에 따른 송신기에서의 보호 회로의 또 다른 예를 나타낸 회로도,

도 24는 본 발명에 따른 전력 송신 시스템에서의 송신기(10)로부터 송신되는 DC 전력에 대하여 상기 DC 전력을 수신하는 수신기(20)의 DC 전력을 비율로 나타낸 도면,

도 25는 송신기(10)에 발생하는 손실을 설명하기 위한 회로도,

도 26은 Q값을 높이기 위하여 인덕터들(LP1, LP2, LP3)을 병렬로 연결시킨 회로,

도 27은 전력 증폭기 효율별 출력 전력의 레벨을 나타낸 그래프,

도 28은 6.78MHz의 주파수 발생기와 전력 증폭기를 포함하는 송신기(10)의 효율을 측정하기 위한 회로를 나타낸 회로도,

도 29는 상기 도 28의 전력 증폭기에서 발생하는 고주파의 진폭을 나타낸 그래프,

도 30a 및 도 30b는 본 발명에 따라 구현된 송신기(10) 및 수신기(20)에 포함되는 공진기들(11, 21)을 나타낸 도면,

도 31은 상기 수신기(20)가 싱글 수신기인 경우의 결합 특징 및 송신 효율을 측정하기 위한 측정 셋업을 도시한 도면,

도 32는 Rx 공진기(21)에서의 입력되는 신호를 측정하는 측정 영역을 나타낸 도면,

도 33은 수신기(20)가 다수인 경우, 즉 멀티 수신기인 경우에 수신기(20) 각각에 포함된 Rx 공진기(21)에 입력되는 신호를 측정하는 측정 영역을 도시한 도면,

도 34는 본 발명에 따른 Rx 공진기(21)로 구현될 수 있는 MNG TL 공진기를 도시한 도면,

도 35는 본 발명에 따른 Rx 공진기(21)로써 구현된 MNG TL 공진기를 나타낸 도면,

도 36은 쇼트키 다이오드 및 상기 쇼트키 다이오드의 등가 회로를 나타낸 도면,

도 37a 및 도 37b는 전력 송신 시스템에서 사용할 수 있는 쇼트키 다이오드의 전류 레벨 및 전압 레벨을 나타낸 그래프,

도 38은 전체파(full-wave) 브릿지 다이오드 정류회로를 나타낸 회로도,

도 39 및 도 40은 신호 발생기를 이용하여 전체파 브릿지 정류회로를 테스트하는 회로도,

도 41a 및 도 41b는 각기 다른 회사에서 제조된 듀얼 다이오드의 전압 레벨 및 전류 레벨을 나타낸 그래프,

도 42는 MOS 트랜지스터를 스위치로 이용하는 전체파 활성 정류기의 일 예를 나타낸 회로도,

도 43은 본 발명에 다른 DC/DC 벅 컨버터를 나타낸 회로도,

도 44은 수신기(20) 및 상기 수신기(20)를 보호하기 위한 보호 장치의 일 예를 나타낸 도면,

도 45는 보호 구조를 갖는 최적화된 수신기(20)의 회로를 나타낸 도면,

도 46a는 마스킹제를 사용하지 않는 경우의 자기장 분포를 나타낸 도면이고, 도 46b는 마스킹제를 사용한 경우의 자기장 분포를 나타낸 도면,

도 47a는 공진기와 마스킹제 사이에 공간이 없는 경우를 나타낸 도면이고, 도 47b는 공진기와 마스킹제 사이에

공간이 있는 경우를 나타낸 도면,

도 48a 및 도 48b는 마스킹제 및 장치의 크기와 Rx 공진기(21)의 위치를 도시한 도면,

도 49는 도 48a 및 도 48b에 도시된 마스킹제 및 컨덕터 크기에 따른 각각의 결합 효율을 나타낸 그래프,

도 50은 송신기(10)의 예시적인 기능 블록도,

도 51a 내지 도 51e는 본 발명의 따른 수신기(20)의 Rx 공진기(21)를 나타낸 도면,

도 52는 본 발명에 따른 AC/DC 정류기(23-1)의 효율을 측정하기 위한 측정 셋업을 나타낸 도면,

도 53은 본 발명에 따른 수신기(20)에서의 DC/DC 컨버터(23-2)의 효율을 측정하기 위한 측정 셋업을 도시한 도면,

도 54는 본 발명에 따라 구현된 수신기의 시스템 보드를 나타낸 도면,

도 55는 본 발명에 따라 구현된 수신기를 나타낸 도면,

도 57은 송신기(10)로부터 출력되는 전력이 35.4dBm이고, 부하가 10Ω인 경우, 각 단에서 측정되는 파형을 나타낸 그래프,

도 58a 및 도 58b는 단일 또는 다수의 이동통신 단말기들을 충전하고 있는 무선 전력 송수신 시스템을 나타낸 도면,

도 59는 검출, 등록, 충전 및 대기 상태에서의 무선 전력 송신 시스템에서의 무선 전력 송신 절차에 대한 상태도,

도60은 수신기(Transmitter)(20)가 송신기(10)의 인터페이스(예를 들어, 충전패드) 상에 아직 배치되지 않은 경우의 검출 상태 절차를 나타낸 도면,

도 61은 수신기(Receiver)(20)를 송신기(Transmitter)(10)에 등록(registration)시키는 절차를 나타낸 도면,

도 62는 송신기(Transmitter)(10)가 제1수신기(Receiver 1) 또는 제2수신기(Receiver 2)로부터 발송되는 ACK_Frame 패킷을 수신하지 않은, 패킷 에러 상황의 일 예를 나타낸 도면,

도 63은 금속 물체 또는 비준수 장치(rogue deivce, Non-compliant device)가 송신기(Tranmsmitter)(10)의 인터페이스 상에 놓여져 패킷 에러가 발생한 상황을 나타낸 도면,

도 64은 무선 전력 송신 시스템에서의 구성(configuration) 단계의 정상적 동작 흐름을 나타낸 도면,

도 65는 단일 수신기(20)의 충전 동작을 나타낸 도면,

도 66은 단일 수신기(Reciver)(20)가 충전 상태에서 송신기(Transmitter)(10)의 인터페이스로부터 제거되는 경우의 절차를 나타낸 도면,

도 67은 수신기(Receiver)(20)의 전체 충전(full charge) 또는 재충전(recharge)에 따른 절차를 나타낸 도면,

도 68은 적어도 하나의 수신기(20)(이하, 제1수신기(Receiver 1))가 이미 충전상태에 있을 때, 새로운 수신기(20)(이하, 제2수신기(Receiver 2))가 등록되는 절차를 나타낸 도면,

도 69는 다수의 제1수신기들(Receiver 1)이 이미 충전 상태에 있을 때, 제2수신기(Receiver 2)가 충전 상태에 진입하는 과정을 나타낸 도면,

도 70은 다수의 제1수신기들(Receiver 1)의 충전 과정을 나타낸 도면,

도 71은 송신기(10)에 의하여 충전되고 있던 다수의 수신기들 중 하나의 수신기가 제거되는 과정을 나타낸 도면,

도 72는 제1수신기(Receiver 1) 및 제2수신기(Receiver 2)의 충전 과정에서 제1수신기(Receiver 1)가 재충전되는 과정을 나타낸 도면,

도 73은 다수의 수신기들 간의 SID 교환 과정을 나타낸 도면,

도 74a는 수퍼프레임의 타임 슬롯 구간을 나타낸 도면이고, 74b는 수퍼프레임의 타임 슬롯 구간 및 경쟁 구간을 나타낸 도면,

도 75는 검출(detection) 상태에서의 타이밍 제약을 나타낸 도면,

도 76은 등록 상태에서의 타이밍 제약을 나타낸 도면,

도 77은 구성(configuration) 상태에서의 타이밍 제약을 나타낸 도면,

도 78은 충전(charge) 상태에서의 타이밍 제약을 나타낸 도면,

도 79는 송신기(10)가 과전류로부터 전력 송신 시스템을 보호하는 방법을 나타낸 순서도,

도 80은 송신기(10)가 과전압으로부터 전력 송신 시스템을 보호하는 방법을 나타낸 순서도,

도 81은 송신기(10)가 과온도로부터 전력 송신 시스템을 보호하는 방법을 나타낸 순서도,

도 82는 수신기(20)가 과전압으로부터 전력 송신 시스템을 보호하는 방법을 나타낸 순서도,

도 83은 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서의 송신기와 수신기 간의 통신의 일 예를 도시한 도면,

도 84는 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서의 물리적 프레임 구조를 나타낸 도면,

도 85는 본 발명에 따른 MAC 프레임 구조를 나타낸 도면,

도 86은 본 발명에 따른 Notice_Frame 패킷의 구조를 도시한 도면,

도 87은 본 발명에 따른 Report_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면,

도 88은 standby 상태에서의 Report_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면,

도 89는 Charge 상태에서의 Report_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면,

도 90은 Error 상태에서의 Report_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면,

도 91은 본 발명에 따른 ACK_Frame 패킷의 구조를 도시한 도면,

도 92는 본 발명에 따른 Interactive_Frame 패킷의 일반적인 구조를 나타낸 도면,

도 93은 본 발명에 따른 Interactive_Request_Join_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면,

도 94는 본 발명에 따른 Interactive_Response_Join_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면,

도 95는 본 발명에 따른 Interactive_Request_Charge_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면,

도 96은 본 발명에 따른 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면, 그리고

도 97은 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서의 스타 토폴로지를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 하기 설명에서는 구체적인 구성 소자 등과 같은 특정 사항들이 나타나고 있는데, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위하여 제공된 것일 뿐 이러한 특정 사항들이 본 발명의 범위 내에서 소정의 변형이나 혹은 변경이 이루어질 수 있음은 이 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다 할 것이다.

[0017] 본 발명은 2개의 장치들 간의 공진 결합(resonant coupling)으로 동작하는 무선 전력 송신 시스템에 관한 것이다. 본 발명에 따른 전력 송신 시스템에서, 전력을 공급하는 장치는 전력 송신 플랫폼(Power Transmitting Platform), 즉 송신기(Power Transmitter)으로 정의되고, 전력을 수신하는 장치는 전력 수신부(Power Receiving Unit), 즉 수신기(Power Receiver)로 정의된다. 이하에서는 설명의 편이를 위하여 전력을 공급하는 전력 송신 플랫폼을 '송신기(transmitter)'라 하고, 전력을 수신하는 전력 수신부를 '수신기(Receiver)'라 하기로 한다.

[0018] 공진 결합은 $\lambda/2\pi$의 근거리 범위에 잇는 공진기들 간에 일어나며, 본 발명에서는 상기의 공진 결합 현상을 이용하여 송신기로부터 수신기로 무선 전력이 송신된다. 이로써, 종래의 송신기 및 수신기에 내장되어 있던 전력 케이블을 사용하지 않고도 송신기는 수신기에 전력을 공급할 수 있게 된다. 또한 공진 결합 현상을 이용한 무선 전력 송신 시스템은, 기존의 송신기 및 수신기 간의 유도 결합(inductive coupling)에 비하여 임피던스 매칭(impedance matching)를 위한 임피던스들의 배치가 자유롭다. 뿐만 아니라 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스

템은 다중 충전(multiple charging)이 용이하여 보다 복수 개의 수신기를 한꺼번에 충전함으로써 사용자가 편이를 제공할 수 있다.

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 전력 송신 시스템의 송신기 및 수신기의 구성을 도시한 블록도이다. 도 1에서는 도시되지 않았지만, 송신기(10)는 적어도 하나의 수신기(20)에 전력을 서빙(serve), 즉 전송할 수 있다.

[0020] 송신기(10)는 Tx 공진기(Resonator)(11) 및 Tx 매칭회로(Matching L/C)(12), 전력 증폭기(Power Amplifier)인 Class-E 증폭기Class-E Amp)(13-1) 및 드라이버 증폭기(Driver Amp)(13-2)를 포함하는 Tx 전력 변환부(13), Tx 통신부(14) 및 Tx 제어부(MCU Control Unit)(15)를 포함한다.

[0021] 송신기(10)는 예를 들어, 7-15V의 DC 전압을 출력하는 DC 어댑터(Adaptor)인 시스템 유닛(System Unit)(30)로부터 상기 7-15V의 DC 전압을 입력받는다. DC 전압이 입력되면, Tx 제어부(15)는 Tx 전력 변환부(13)가 상기 DC 전압을 AC 전압으로 변환하고, 변환된 AC 전압을 증폭시키도록 제어한다. 실시예에 따라 Tx 제어부(15)는 Tx 전력 변환부(13)에서의 AC 전압을 증폭율을 조절할 수 있다. 증폭된 AC 전압은 Tx 공진기(11)에 의하여 수신기(20)의 Rx 공진기(21)에 전달된다.

[0022] Tx 제어부(15)는 송신기(10)의 전반적인 동작을 제어한다. 제어부(15)는 시스템 유닛(30)으로부터 DC 전압을 입력받도록 송신기(10)를 제어하고, 전력 변환부(13)를 제어하여 증폭된 AC 전압의 배율을 조절할 수 있다. 또한 수신기(20)의 충전이 완료된 경우, 더 이상의 전력을 수신기(20)에 송신하지 않도록 송신기(10)를 제어할 수도 있다. 또한 실시예에 따라 Tx 제어부(15)는 Tx 매칭회로(12)의 임피던스를 조절함으로써 보다 원활하게 송신기(10)의 전력 송신이 이루어지도록 할 수 있다. Tx 제어부(15)는 송신기(10)로부터 전송되는 전력과, 수신기(20)에 전달되는 전력을 비교하여 전력 효율을 계산할 수 있다. 계산된 전력 효율을 기초로, Tx 제어부(15)는 상기 전력 효율이 최대가 되도록 Tx 매칭회로(12)의 임피던스를 조절할 수 있다.

[0023] Tx 통신부(14)는 송신기(10)의 유선 또는 무선 통신을 수행한다. Tx 통신부(13)는 수신기(20)로부터 전력 공급 요청을 수신하거나 또는 전력 공급 중지 요청을 수신할 수 있다.

[0024] Tx 공진기(11)는 수신기(20)의 Rx 공진기(Resonator)(21)와 커플링되어 AC w전압을 공명파로 공진함으로써 수신기(20)에 전력을 공급한다.

[0025] 수신기(20)는 Rx 공진기(Resonator)(21) 및 Rx 매칭회로(Matching L/C)(22), AC-DC 정류기(Rectifier)(23-1) 및 DC/DC 컨버터(Converter)(23-2)를 포함하는 Rx 전력 변환부(23), Rx 통신부(24) 및 Rx 제어부(MCU Control Unit)(25)를 포함한다.

[0026] Tx 매칭회로(12)의 임피던스와 Rx 매칭회로(22)의 임피던스가 매칭되면, Rx 공진기(21)는 송신기(10)의 Tx 공진기(Resonator)(11)와 커플링되어 상기 송신기(10)로부터 AC 전압을 공급받는다.

[0027] Rx 전력 변환부(23)는 Rx 공진기(21)를 통해 수신한 AC 전압을 AC/DC 정류기(23-1)를 통해 DC 전압으로 변환한다. 또한 Rx 전력 변환부(23)는 상기 변환된 DC 전압을 DC/DC 컨버터(23-2)를 통해 상기 변환된 DC 전압을 증폭시킨다. Rx 전력 변환부(23)는 상기와 같이 변환 및 증폭된 DC 전압을 단말기(40)에 전달함으로써 단말기(40)가 상기 DC 전압을 이용하여 구동되도록 한다.

[0028] Rx 제어부(25)는 수신기(20)의 전반적인 동작을 제어한다. Rx 제어부(25)는 수신기(20)와 연결된 단말기(40)를 구동시키기 위한 DC 전압을 전달하도록 상기 수신기(20)를 제어한다.

[0029] Rx 제어부(25)는 Rx 전력 변환부(23)를 제어하여 증폭되는 DC 전압의 증폭 배율을 조절할 수 있다. 또한 Rx 매칭부(22)의 임피던스를 조절함으로써 보다 원활하게 송신기(10)의 Tx 공진기(11)를 통해 전달되는 전력을 수신할 수 있도록 한다.

[0030] Rx 통신부(24)는 수신기(20)의 유선 또는 무선 통신을 수행한다. Rx 통신부(13)는 송신기(10)로부터 전력 공급을 요청하거나 또는 전력 공급 중지를 요청할 수 있다.

[0031] 본 발명에서, 송신기(10)는 다수의 수신기들(20)에게 전력을 공급할 수 있다. 이를 위하여 송신기(10)는 신중히 고려되어야 할 몇 가지 설계 파라미터들을 포함한다. 상기 설계 파라미터들 중 가장 중요한 것은, 전력 전송을 위한 공진 주파수를 선택하는 것인데, 이는 BOM(bill of material) 비용뿐만 아니라 시스템 성능에도 영향을 끼칠 수 있다. 또한, 수신기(20)에 고효율로 가변 출력 전력을 제공하도록 송신기(10)는 Tx 공진기(11) 또는 Class-E 증폭기(13-1)를 포함하며, 스위칭 모드 전력 공급(SMPS: Switching Mode Power Supply)과 같은 방식을

취할 수 있다.

[0032] (공진 주파수의 선택)

[0033] 이하에서는, Tx 공진기(11)가 Rx 공진기(21)와 공진 결합을 할 수 있도록 하기 위한 공진 주파수를 송신기(10)의 Tx 제어부(15)가 결정하는 방법에 대하여 설명하기로 한다.

[0034] 일반적으로 무선 전력 송신 시스템에서는, 높은 인덕턴스와 낮은 저항을 가지는 페라이트(ferrite), 인덕터(inductor)가 널리 이용되었지만, 상기 페라이트와 인덕터는 주파수가 10 MHz 이상일 경우에는 비용(cost)이 급격히 증가되는 단점이 있다. 그에 따라 본 발명에서는 10 MHz 이하의 공진 주파수를 사용하여 무선 전력 송신 시스템을 구현하기로 한다. 바람직하게, 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서는 6.78 MHz의 주파수를 이용하여 전력을 송수신할 수 있다.

[0035] 일반적으로, 공진 주파수가 높아질수록 더 높은 Q(공진 주파수의 선택성을 나타내는 지표)를 갖는 공진 시스템이 용이하게 달성될 수 있다. 특히나 MHz 주파수들의 범위에서는 6.78MHz, 13.56 MHz 및 27.12 MHz와 같은 ISM(Industrial Scientific Medical band) 대역 주파수가 공진 주파수로서 바람직할 수 있다.

[0036] 효율적인 FET(field effect transistor)에서의 Coss(internal capacitance)값들의 설계를 위해서는 고전력 PA(power amplitude)이 필요하다. Coss는 주파수 값들을 감소시키므로, 낮은 비용의 FET들에 이용 가능하다. FET들의 고유 효율은 고주파수 대역보다 저주파수 대역에서 더 양호하므로, 6.78 MHz 주파수 범위의 효율이 27.12 MHz의 주파수 범위의 효율보다 약 3% 가량 좋다.

[0037] Tx 공진기(11)에서 유도되는 AC 전력은 수신기(20)에 포함된 전력 다이오드 정류기, 즉 AC/DC 정류기(23-1)에 필요하며, 주파수가 높을수록 AC 전력 유도의 효율이 낮아진다. AC/DC 정류기(23-1)에 포함된 다이오드를 이용하여 수신기(20)는 Rx 공진기(21)로부터 상기 AC/DC 정류기(23-1)로 전달되는 AC 전력을 정류할 수 있다. 상기 AC/DC 정류기(23-1)에 포함된 다이오드는, 효율성은 높으나 주파수 특성을 저하시킬 수 있다. 특히나 자기발열(self-heating)은 저주파수에서 증가할 수 있으므로, 자기발열 효과를 고려하여 원래 주파수에서 약 2-3 MHz 이상의 공진 주파수를 이용하여 공진 결합을 유도하는 것이 안전하다. 결론적으로 본 발명에서는 상기의 조건들을 만족시키기 위해 일 예로서 6.78 MHz 대역의 공진 주파수를 이용하기로 한다.

[0038] 본 발명에서 사용하는 Tx 공진기(11)는 저항(resistor), 커패시터(capacitor) 및 인덕터(inductor) 등의 연결 방식에 따라 2가지 타입의 공진기를 고려할 수 있다.

[0039] 먼저 도 2a는 저항(R), 커패시터(C) 및 인덕터(L)가 직렬로 연결된 직렬 공진기를 도시한 회로도이다. 도 2a와 같은 직렬 공진기는, 자기 쌍극자(magnetic dipole)을 갖는 작은 루프 안테나를 갖는 것이 일반적이다.

[0040] 도 2b는 저항(R), 커패시터(C) 및 인덕터(L)가 병렬로 연결된 병렬 공진기를 도시한 회로도이다. 도 2b와 같은 병렬 공진기는, 자기 쌍극자를 갖는 작은 와이어 안테나를 갖는 것이 일반적인 특징이다. 도 2a 또는 도 2b에 도시된 직렬 공진기 또는 병렬 공진기의 공진 주파수는 인덕턴스(L)에 따라 조절될 수 있으며, 공진 주파수의 품질 인자(quality factor)는 아래와 같은 수학식 (1)로 정의될 수 있다.

[0041] $$Q = \frac{R}{\omega L}$$ .....(수학식 1)

[0042] 한편, 무선 전력 송신이 인체에 미치는 영향을 최소화하기 위해서는 근거리에 지배적 자기장(dominant magnetic field)을 갖는 직렬 공진기가 적합하다. 인체 및 거의 세계의 거의 대부분의 물질들이 비자기적 물질이기 때문이다.

[0043] 인공 메타 물질 송신 라인(MTL: Meta material Transmission Line)을 구현하기 위하여 송신기(10)의 송신 라인(미도시)에는 인공 비아 홀(artificial via hole), 갭(gap) 및 스터브(stub)가 상기 송신 라인에 추가될 수 있다. 이하에서는 상기 메타 물질 송신 라인을 이용하여 Tx 공진기(11)를 설계하는 2가지 방법들에 대해 설명하기로 한다. 첫 번째는 엡실론-네거티브(epsilon-negative) MTL이고, 두 번째가 뮤-네거티브(mu-negative) MTL이다.

[0044] 도 3a는 엡실론-네거티브 회로를 도시한 회로도이고, 도 3b는 뮤-네거티브 회로를 도시한 회로도이다.

[0045] 도 3a에 도시된 바와 같이, 엡실론 네거티브(epsilion-negative: ENG) 송신 라인(Epsilon Negative

Transmission Line)은 병렬 인덕턴스(L_L')를 송신 라인 등가 회로에 추가함으로써 달성될 수 있다.

[0046] 또한 도 3b에 도시된 바와 같이, 뮤-네거티브(mu-negative: MNG) 송신 라인(Mu-Negative Transmission Line)은 직렬 커패시턴스(C'_L, C'_R)를 송신 라인 등가 회로에 추가함으로써 달성될 수 있다. 본 발명에 따른 Tx 공진기(11)가 손실이 적은(lose-less) 송신 라인이라고 가정하면, 송신 라인의 전파(propagation) 상수(constant)는 $\gamma = j\beta = \sqrt{Z'Y'}$ 이며, 여기서 Z' 와 Y' 는 각각 단위 길이의 임피던스(impedance)와 어드미턴스(admittance)이다. 전파 상수가 계산되면, 하기와 같은 송신 라인의 투자율(permeability, μ) 및 유전율(permittivity, ε)이 산출된다. 투자율 및 유전율은 아래 수학식 2 및 3으로 나타낼 수 있다.

[0047] $$\mu = \frac{Z'}{j\omega} : \mu_{ENG} = L'_R,\ \mu_{MNG} = L'_R - \frac{1}{\omega^2 C'_L} \quad \text{.....(수학식 2)}$$

[0048] $$\varepsilon = \frac{Y'}{j\omega} : \varepsilon_{MNG} = C'_R,\ \varepsilon_{ENG} = C'_R - \frac{1}{\omega^2 L'_L} \quad \text{.....(수학식 3)}$$

[0049] 상기의 수학식 3에서 확인할 수 있듯이, ENG 송신 라인의 투자율(μ)은 항상 양(positive)의 값인 반면에 유전율(ε)은 주파수에 따라 0, 음의 값 및 양의 값일 수 있다. 마찬가지로 MNG 송신 라인은 ENG 송신 라인처럼 0, 음 및 양의 투자율 값을 갖는다.

[0050] 그에 따라 ENG 및 MNG 송신 라인들 각각은 저주파수에서 종료(stop) 대역을 갖게 된다. 종료 대역을 갖게 되는 것은, 상기 라인들 각각의 주파수가 증가하면서 유전율(ε)과 투자율(μ)이 0이 되기 때문으로, 각 송신 라인의 전파 상수가 0이 될 수 있기 때문이다. 상기와 같이 전파 상수가 0이 됨으로써, 2개의 송신 라인들, 즉 ENG 및 MNG 송신 라인들은 무한값의 파장을 가질 수 있게 된다.

[0051] 이때, Tx 공진기(11)의 공진 주파수는 아래 수학식 4에 나타낸 바와 같다.

[0052] $$\omega_E = \frac{1}{\sqrt{L_L C_R}},\ \omega_M = \frac{1}{\sqrt{L_R C_L}} \qquad \omega_E = \frac{1}{\sqrt{L_L C_R}},\ \omega_M = \frac{1}{\sqrt{L_R C_L}} \quad \text{.....(수학식 4)}$$

[0053] 일반적으로 공진기의 공진 주파수는 공진기의 크기에 의존하므로, 주파수를 조정하고 작은 공진기를 만드는 것이 용이하지 않다. 도 4는 공진 주파수의 특성을 나타낸 그래프이다. 도 4를 참조하면, ENG와 MNG의 0차(zero-th order) 공진을 통해 공진기 크기의 제한 없이 공진기를 설계할 수 있다. 예를 들어, 메타 물질 공진기의 공진 주파수는 공진기의 크기와 독립적이므로, 작은 공진기를 만들고 주파수를 조정하는 것이 용이하다.

[0054] 한편, ENG 및 MNG 송신 라인들에 따른 공진기들은 각각 근거리에서 지배적인 자기장들을 가진다. 그 중에서도 근거리에서 지배적인 자기장을 갖는 MNG 송신 라인에 따른 공진기는 다른 물질들, 특히 인체에 미치는 영향이 적어 무선 전력 송신 시스템에 적합하다.

[0055] (MNG(mu-negative) TL(transmission line) 공진기)

[0056] 메타 물질 공진기의 주요한 장점은, 공진 주파수가 공진기의 실제 크기에 의존하지 않는다는 점이다. 예를 들어, Helix 공진기의 경우 10 MHz를 가지는 공진 주파수를 가지려면, 0.6미터 직경의 공진기가 필요하다. 마찬가지로 나선형 코일 구조의 공진기의 경우에도 동일한 직경의 공진기가 필요하다. 일반적으로 수신기의 공진 주파수를 줄이기 위해서는 공진기의 크기가 증가되어야 한다. 상기와 같은 단점은 휴대 가능한 무선 전력 송신 시스템을 구현하고 하고자 하는 요구와 일치하지 않는다.

[0057] 도 5는 메타 물질 MNG 공진기(meta material MNG resonator)의 일 예를 나타낸 도면이다.

[0058] MNG 공진기는 MNG 송신 라인과 커패시터로 구성될 수 있다. 본 발명에서 커패시터는 MNG 송신 라인의 임의 위치에 배치되고, 전기장은 상기 커패시터에 의해 캡쳐된다. 또한 전류는 MNG 송신 라인을 통해 흐른다. 공진기가 파장보다 훨씬 작으면, 전류는 MNG 송신 라인의 위치에 관계없이 일정해진다. 따라서 전류 방향에 의해 공진기의 중앙으로부터 y축 방향으로 자기장이 강하게 형성될 수 있다.

[0059] 도 5에 도시된 바와 같이, MNG 공진기는 통상적으로 3차원 구조를 갖는다. 그러나 MNG 송신 라인을 x-z 표면에 배치하면, 공진기가 2차원 구조를 가질 수도 있다. 고효율을 가지기 위해서 공진기는 매우 작은 저항(ohmic) 손실을 갖는 구조인 것이 바람직하다. 공진기가 2차원 구조를 가지는 경우, 그로 인한 저항 손실을 줄이기 위하여

공진기의 x축 또는 z축 방향으로 송신 라인의 너비를 증가시키거나 병렬 구조 공진기를 이용할 수 있다.

[0060] 실제 설계에서 커패시터(capacitor)는 집중된(lumped) 요소 또는 분산된 요소에 의해 MNG 송신 라인으로 삽입될 수 있는데, 이 커패시터는 중앙에 높은 유전율 보드(board)를 갖는 인터-디지털 커패시터(inter-digital capacitor) 또는 갭 커패시터(gap captacitor)일 수 있다. MNG 송신 라인으로의 커패시터 삽입은 공진기가 메타 물질의 특성을 가질 수 있도록 한다.

[0061] 공진 주파수는 MNG 송신 라인의 고정 송신 라인 길이와 MNG 공진기의 공진기 크기로 커패시턴스를 변경함으로써 달성될 수 있다. 또한 MNG 공진기는 피드 스루(feed through)에 매칭 장치(matching device)(b1)를 구비하는 것이 바람직하다. 매칭 장치의 루프 크기는 도 5에 도시된 바와 같이, 조정 가능해야 한다. 매칭 장치의 루프 크기를 조정 가능하면, 매칭 장치가 MNG 공진기와의 자기 결합의 세기를 조정할 수 있다. 커넥터(connector)로 입력되는 전류(current)는 매칭 장치를 통해 MNG 공진기로 흐른다.

[0062] 송신기(10) 및 수신기(20) 간의 공진 주파수를 매칭하고 효율을 증가시키기 위하여 본 발명에 따른 공진기에서는, 내부 루프(inside loop)의 맨 위 바(bar)(b_1)를 위 아래로 움직일 수 있도록 한다. 도 6은 본 발명에 따른 2가지 유형의 MNG 공진기들의 구조를 나타낸 도면이다. 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 공진기에서는 내부 루프의 맨 위 바(bar)(b1)가 상하로 움직일 뿐만 아니라 내부 루프의 좌우 바들(b2, b3) 각각이 좌우로 움직일 수 있다.

[0063] 도 7은 본 발명에 따른 Tx 공진기를 일 예를 나타낸 도면이다. 본 발명에 따른 공진기 또한 넓은 매칭 특성을 달성하는 것이 바람직하다. 따라서 Tx 공진기(11)는 도 7에 도시된 바와 같이 클로버(clover)의 형태로 구현될 수 있다. 또한 본 발명에 따른 공진기들의 기계적 및 전기적 파라미터들은 아래 표 1 및 표 2와 같다.

표 1

[0064]

Parameter	Symbol	Value
Material(물질)	-	copper
Width(너비)	d_x	200 mm
Length(길이)	d_y	200 mm
Thickness(두께)	d_z	2 mm
outside loop width (외부 루프 너비)	d_w	10mm
Inside loop width (내부 루프 공간)	d_i	5mm.
Inside-ouside loop space (내부-외부 루프 공간)	d_c	5mm
Capacitor(커패시터)	C	1230pF
Parameter(파라미터)	Symbol	Value

표 2

[0065]

Parameter	Symbol	Value
Material(물질)	-	copper
Width(너비)	d_x	200 mm
Length(길이)	d_y	200 mm
Thickness(두께)	d_z	2 mm
outside loop width (외부 루프 너비)	d_w	10mm
Inside loop width (내부 루프 너비)	d_i	2mm
Inside-ouside loop space (내부-외부 루프 공간)	d_c	3mm

Inner corner width (내부 코너 너비)	d_a	50mm
Inner corner space (내부 코너 공간)	d_b	5mm
Capacitor(커패시터)	C	5700pF

[0066] (전력 증폭기)

[0067] 도 8a 내지 도 8c는 Class-A 증폭기, Class-B 증폭기 및 Class-E 증폭기 각각에 포함된 트랜지스터의 드레인과 소스 사이의 전압 및 전류를 나타낸 그래프이다. 일반적으로, 증폭기의 효율성은 주로 상기 트랜지스터의 드레인과 소스 사이의 전압과 전류의 곱(multiplication)으로 계산될 수 있는 전력 손실로 인해 저하된다. 도 8a 내지 도 8c를 참조하면, 이론적으로는 도 8c에 도시된 Class-E 증폭기에서 최대 100%의 효율성이 달성될 수 있다. 따라서 본 발명에서는 Class-E 증폭기(13-1)를 포함하도록 송신기(10)를 설계하기로 한다.

[0068] 도 9는 스위칭 타입의 전력 증폭기(Power Amplifier)인 Class-E 증폭기(13-1)를 도시한 회로이다. 또한 도 10은 도 9의 스위칭 타입 전력 증폭기에서 스위칭 동작을 실행하였을 때의 전압파 및 전류파를 나타낸 그래프이다. 도 10에 도시된 바와 같이, 스위칭 타입 전력 증폭기인 Class-E 증폭기(13-1)는 스위칭 동작을 수행함으로써 전압파 및 전류파의 중첩을 제거할 수 있으며, 그로 인하여 Class-E 증폭기(13-1)에서의 전력 손실이 최소화될 수 있다. 실시예에 따라 도 9의 Class-E 증폭기(13-1)서는 스위칭 구간 동안 커패시터(C's)에서의 에너지 손실을 줄이기 위해 0-전압 스위칭(zero-voltage switching), 즉 0 전압에서 상기 스위칭이 발생하는 것이 바람직하다.

[0069] 도 11은 Class-E 증폭기(13-1)에서 FET의 드레인과 소스 간의 내부 커패시턴스(Coss)와 외부 션트 커패시턴스(C's) 사이의 전압을 나타낸 그래프이다.

[0070] 도 11을 참조하면, Coss와 C's의 합은 Class-E 증폭기(13-1)의 특징적 커패시턴스로서, 상기 Coss와 C's의 합의 최적 값(Copt)은 아래 수학식 5의 Cs로부터 산출할 수 있다.

[0071] $$C_S = C_{oss} + C_S' = \frac{P_{out}}{\pi \omega V_{DD}^2}$$ .....(수학식 5)

[0072] 그러나 상기 수학식 5를 이용한다 하더라도, V_{DD}의 범위에서 Copt보다 작은 Coss를 가지는 MOSFET를 찾는 것이 용이하지는 않다.

[0073] 예를 들어, 374pF 및 15pF의 Copt는 10W 출력 전력을 가지는 Class-E 증폭기(13-1)를 설계하기 위해서는 V_{DD}가 각각 10V 및 50V여야 한다. 그러나 통상적인 MOSFET는 각각 10V와 50V의 V_{DD}에 대해 1100pF와 250pF의 Coss를 갖는다.

[0074] 이와 같이, MOSFET의 Coss의 값은, 0-전압 스위칭(ZVS: Zero-Voltage-Switching) 동작을 수행하는 경우, Copt의 값보다 더 큰 값을 가진다. 따라서 본 발명에서는 통상적인 MOSFET보다 훨씬 작은 Coss를 갖는 측면 확산 금속 산화물 반도체(LDMOS: latery diffused metal oxide semiconductor)의 일 타입을 이용하였다.

[0075] 이하에서는, 도 9에 도시된 Class-E 증폭기(13-1)에 대해 설명하기로 한다. 우선, RF 쵸크(Choke) 인덕터의 인덕턴스는 공진 주파수에서 충분히 커야 하며, 작은 DCR(direct conversion receiver)의 인덕터가 바람직하다. FET의 항복전압(breakdown voltage)은 아래 수학식 6으로 주어지는 FET의 소스에서의 피크-대-피크 전압보다 커야 한다. 또한 Copt는 아래 수학식 7과 같이 V_{DD} 대신에 Vp로 나타낼 수 있다. 또한 R_{Load}와 L_{Load}는 아래 수학식 8 및 9를 통해 산출될 수 있다.

[0076] $$V_p = 3.562\, V_p$$ .....(수학식 6)

[0077] $$C_s = \frac{P_{out}}{0.2476\, \omega\, V_p^2}$$ .....(수학식 7)

[0078] $$R_{LOAD} = \frac{8}{\pi(\pi^2+4)}\frac{1}{\omega C_s} \quad \text{.....(수학식 8)}$$

[0079] $$L_{LOAD} = \frac{\pi^2-4}{2(\pi^2+4)}\frac{1}{\omega^2 C_s} \quad \text{.....(수학식 9)}$$

[0080] 그러나 50Ω으로 설계된 공진기의 특성 임피던스는 부하(load) 임피던스와 일치하지 않는다. 또한 이와 같이 특성 임피던스와 부하 임피던스가 일치하지 않으면, 공진을 위한 매칭 회로를 설계할 때, Class-E 증폭기(13-1) 파형의 2번째 및 3번째 고주파(harmonics)를 제거하여야 한다. 그에 따라 본 발명에서는 도 12에 도시된 바와 같이 Class-E 증폭기(13-1)와 공진기 사이에 임피던스 매칭 회로를 삽입하였다. 도 12는 본 발명에 따른 Tx 매칭 회로(12), 즉 상기 임피던스 매칭 회로의 일 예를 나타낸 회로도이다. 도 12에 도시된 임피던스 매칭 회로를 통하여 본 발명은 더 높은 효율의 Class-E 증폭기(13-1)를 달성할 수 있다. 도 12는 출력 매칭 회로를 나타낸 회로도이다. 도 12의 각 구성요소들의 값은 아래 수학식들을 통해서 산출될 수 있으며, 특히나 인덕턴스 L_{add}의 값은 수학식 10을 통해 산출할 수 있다.

[0081] $$Z'_{opt} = \frac{R(1-\omega^2 L_1 C_1)}{(1-\omega^2 L_1 C_1)+(\omega R C_1)^2}\left[(1-\omega^2 L_1 C_1) - j\omega R C_1\right]$$

[0082] $$Z'_{opt} = \frac{\frac{3}{4}R}{\frac{9}{16}+(\omega R C_1)^2}\left[\frac{3}{4} - j\omega R C_1\right] = R_{LOAD} + jX_{LOAD} - j\omega L_{add}$$

[0083] $$L_1 C_1 = \frac{1}{(2\pi f_{2nd})^2} = \frac{1}{(2\,\omega)^2}$$

[0084] $$C_1 = \frac{1}{\omega R}\sqrt{\frac{9}{16}\left(\frac{R}{R_{LOAD}}-1\right)}, \quad L_1 = \frac{1}{(2\,\omega)^2 C_1}$$

[0085] $$L_{add} = \frac{X_{LOAD}}{\omega} + \frac{\frac{3}{4}R^2 C_1}{\frac{9}{16}+(\omega R C_1)^2} \quad \text{.....(수학식 10)}$$

[0086] 같은 방식으로, 본 발명에서는 아래 수학식 11에 나타나 바와 같이 전력 증폭기의 효율(power amplifier effiency: PAE)을 증가시키기 위한 입력 매칭이 필요하다. 도 13은 입력 매칭 회로를 나타낸 회로도이다. 도 12에서, 트랜지스터의 게이트에 인가되는 커패시턴스를 커패시터 C_{iss}라 하기로 한다. 공진 입력 구동 회로는 C_{iss}의 영향을 제거하도록 설계된다.

[0087] $$PAE = \frac{(P_{out} - P_{in})}{P_{DC}} \quad \text{.....(수학식 11)}$$

[0088] 도 14는 상기에서 서술한 매칭 회로들을 포함한 Class-E 증폭기(13-1)의 최종 등가 회로를 나타낸 회로도이다. 도 14의 회로에 포함된 구성요소들 각각은 예를 들어, 아래 표 3에 나타난 값을 가질 수 있다. 또한 도 15는 본 발명에 따라 제조된 Class-E 증폭기(13-1)의 프로토 타입을 나타낸 도면이다.

표 3

[0089]

구성요소	값
FET	Freescale, MRF6S9125NRB1
C_T	3.8 nF
C1	603 pF
C2	100 nF
C3	112 pF.
C4, C5	22uF
Cs	230 pF
$L_T + L_{add}$	1 uH

L1	228 nH
L2	1350 nH
L3	22 uH
L4	10 uH

[0090] (전력 추적 SMPS(Power Tracking SMPS))

[0091] 도 16은 일반적인 송신기(10)를 나타낸 블록도이다. 도 16을 참조하면, 송신기(10)는 RF 신호 생성기(RF Signal Generator), 가변 이득 증폭기(Variable Gain Amplifier), 전력 증폭기(Power Amplifier)를 포함하며, 시스템 유닛(30), 예를 들어 SMPS로부터 고정 전압을 공급받을 수 있다.

[0092] 송신기(10)의 Tx 제어부(15)는 수신기(20)로부터 요구되는 출력 전력을 맞추기 위해 Class- E 증폭기(13-1)의 입력 레벨을 조정한다. 스위칭 모드 전력 공급(SMPS: switching mode power supply)로부터 출력되는 고정 전압(fixed supply voltage)은 전력 증폭기(power amplifier)로 제공된다. 송신기(10)의 최대 효율은 일반적으로 최대 출력 전력의 영역 근처에서 얻어진다. 또한 저출력 전력의 영역에서 송신 효율이 급격히 떨어지는 문제점이 있다.

[0093] 상기의 문제를 극복하기 위하여 본 발명에서는, 송신기(10)가 도 17에 도시된 바와 같이 출력 전력의 모든 범위에 걸쳐 높은 효율을 유지하도록 전력 추적(power tracking) SMPS를 포함할 수 있다. 도 17을 참조하면, 송신기(10)는 RF 신호 생성기(RF Signal Generator), 가변 이득 증폭기(Variable Gain Amplifier), Class-E 전력 증폭기(PA: power amplifier)를 포함하며, 전력 추적 SMPS로부터 고정 전압을 공급받을 수 있다. 송신기(10)의 출력 전력은 상기 송신기(10)로부터 전력을 공급받는 수신기들(20)의 수에 따라 변화한다.

[0094] 도 18은 도 17에 도시된 전력 추적 SMPS의 구성을 도시한 블록도이다. 도 18을 참조하면, 전력 추적 SMPS는 정류기(Rectifier) 및 DC/DC 컨버터를 포함할 수 있다. 도 18을 참조하여 설명하면, 60Hz의 220V 직류 전압은 정류기(Rectifier)로 입력되어 교류 전압으로 변환된다. 변환된 교류 전압은 DC/DC 컨버터로 입력되어 다시 직류 전압으로 변환되어 출력된다. 도 18에서 DC/DC 컨버터로부터 출력되는 전압이 V_{DD}로써 5-25V이다.

[0095] 도 19는 본 발명에 따른 송신기(10)에서의 6.78MHz 주파수를 발생시키기 위한 주파수 발생기의 구성을 도시한 블록도이다. 도 19를 참조하면, 주파수 발생기는 PLL(phase locked loop) 블록, 로우 패스 필터(LPF: low pass filter), 드라이버(driver)를 포함한다. PLL 블록에서 발생하는 전력 신호의 주파수는 Tx 제어부(15)에서 송신된 PLL_cont 신호에 의해 제어된다. PLL 블록에서 발생된 RF 신호는 고주파와 잡음을 줄이기 위해 10MHz 차단(cut-off) 주파수를 갖는 LPF에 의해 필터링된다. 필터링된 RF는 신호는 드라이버로 입력된다. 이때 드라이버에는 전력 증폭기, 즉 Class-E 증폭기(13-1)가 충분한 전력을 출력하도록 충분한 전류가 제공될 수 있다.

[0096] (전력 송신 시스템에서의 송신기 또는 수신기의 보호 방법)

[0097] 본 발명에 따른 전력 송신 시스템은 송신기(10)와 수신기(20) 사이의 공진 현상을 이용하여 전력을 송수신한다. 그러나 전력 송신 시스템의 공진 주파수는 원하지 않는 사고나 비정상적인 동작의 영향을 받아서 상기 전력 송신 시스템을 치명적 문제에 빠지게 할 수도 있다. 예를 들면, 부적절한 물체의 유입이나 송신기(10)의 인터페이스(예를 들어, 충전패드(미도시)) 상의 오배치(misplacement)로 인해 결합 특성이 변경되어, 전력 송신의 효율성이 저하될 수 있다. 송신기(10)는 출력 전력을 유지하기 위해 입력 전력을 증가시켜야 하므로, 전력 증폭기, 즉 Class-E 증폭기(13-1)에 포함된 트랜지스터의 구동 전압이 증가되어야 한다. 구동 전압이 증가하면, 상기 트랜지스터가 항복전압에 이를 수도 있다. 그 결과, 상기 트랜지스터에서 증가된 전압이 과전압, 과전류 및 과온도를 유발시켜 송신기(10)에 심각한 문제점들을 야기시킬 수 있다. 따라서 본 발명에서는 전력 송수신 시스템을 보호하기 위한 시스템 보호 기능을 제공한다.

[0098] 도 20은 본 발명에 따른 송신기에 있어서의 과전압 보호 회로의 일 예를 나타낸 회로도이고, 도 21은 과전압 보호 회로의 기본적인 동작 원리를 나타내기 위한 회로이다.

[0099] 도 21을 참조하여 FET 드레인의 DC 바이어스 전압과 공진기의 AC 출력 전압을 살펴보기로 한다. 상기 DC 바이어스 전압 및 AC 출력 전압들은 높은 임피던스 저항 분할기에 의해 전력 증폭기의 성능 손실을 일으키지 않고 샘플링된다. 공진기 전압 모니터링의 경우, AC 샘플링된 출력 전압은 반파 정류기(half rectifier)에 의해 정류되어 DC 전압으로 변환된다. 2개의 모니터링된 전압들, 즉 DC 바이어스 전압 및 AC 출력 전압의 값들은 Tx 제어부

(15)로 송신된다. 이때 모니터링된 전압 레벨들, 즉 DC 바이어스 전압 또는 AC 출력 전압의 전압 레벨들이 각 임계값보다 큰 경우, 보호가 필요하다. 과전압 보호(over-voltage protection: OVP)를 위해, Tx 제어부(15)는 FET의 드레인 바이어스 전압을 줄이기 위한 제어 신호를 SMPS로 송신한다. 송신기(10)는 모니터링 전압 레벨들을 재충전하기 시작하여, 이들이 각 임계값을 초과하는지 모니터링한다. 과전압이 다시 발생하면, Tx 제어부(15)는 송신기(10)의 동작을 중단(shut-down)시킬 수 있다.

[0100] 도 22는 본 발명에 따른 송신기에서의 보호 회로의 다른 예를 나타낸 회로도이다.

[0101] 도 22에 도시된 회로는 과전류로부터 회로를 보호하기 위한 보호 회로의 일 예이다. 전력 장치, 즉 송신기(10)는 온저항(on-resistance)을 가지므로, 상기 전력 장치가 스위치로 동작하는 고효율 전력 증폭기라고 하더라도 스위치-온 상황(regime)에서는 상기 전력 장치에 작은 전압이 인가된다. 이와 같이 전력 장치, 즉 송신기(10)에 인가되는 전압의 전압 레벨은 상기 송신기(10)에 흐르는 전류 레벨에 비례한다. 따라서 송신기(10)에 인가된 전압의 레벨은 과전류가 흐를 때 증가한다. 송신기(10)의 전원이 켜지는 전원 온 상태에서의 전압 레벨을 측정하여야 하므로 본 실시예에서는 상기 전압 레벨을 검출하기 위한 스위치를 포함하여 설계될 수 있다. 스위치는 입력 신호와 동기화된 펄스에 의해 제어되어, 이력현상(hysteresis)을 갖는 비교 장치(미도시)에 의해 바람직한 펄스 온/오프 시간을 제어할 수 있다. 이때 상기 비교 장치는 Tx 제어부(15)에 포함되는 형태로 구현될 수 있다.

[0102] 온 모드(on-mode)에서 저항은 매우 작으므로, 상기 스위치의 출력 전압 레벨도 낮다. 따라서 본 실시예에서는 상기 스위치의 출력 전압을 증폭시키기 위한 증폭기를 더 포함할 수 있다. 증폭기를 통해 증폭된 신호, 즉 스위치의 출력 전압을 이용하여 Tx 제어부(15)는 회로의 보호가 필요한지 여부를 결정한다. 송신기(10)의 피크 전류 레벨이 증가하면, 증폭기를 통해 증폭된 신호, 즉 스위치의 출력 전압의 피크 전압 또한 증가하므로, Tx 제어부(15)는 적절한 이력 임계 레벨을 설정하여 보호 레벨을 설정할 수 있다.

[0103] 도 23은 본 발명에 따른 송신기에서의 보호 회로의 또 다른 예를 나타낸 회로도이다.

[0104] 도 23에 도시된 회로는 과온도 보호 회로를 도시한 회로도이다. 도 23을 참조하면, 회로는 FET 스위치 근처의 온도 센서(예를 들어, 서미스터(thermistor))를 구비하여 송신기(10)의 과온도를 검출한다. 실시예에 따라 상기 온도 센서로서, TMP302B 시리즈 온도 센서 스위치를 이용할 수 있다. FET 스위치 주변의 온도가 미리 설정된 특정 온도까지 올라가면, 온도 센서 스위치의 출력은 하이 레벨에서 로우 레벨로 전환된다. 이와 같이, 온도 센서 스위치의 출력이 로우 레벨이 되면, Tx 제어부(15)는 과온도가 발생하였음을 알아차린다. Tx 제어부(15)는, 아이들 모드 상태 전압(idle mode state voltage)으로서 FET에 인가되는 명령에 해당하는 전압 V_{DD}에 SMPS 제어 신호를 적용하여 송신한다. FET에 인가되는 전압이 감소하면, Tx 제어부(15)는 상기 과온도를 줄이면서 송신기(10)를 보호할 수 있다.

[0105] 실시예에 따라 송신기(10) 외의 다른 오염 물질들이 나타날 수도 있다. 송신기(10) 외의 다른 오염 물질들이 무선 전력 송신 시스템의 Tx 공진기(11)에 나타나고, 상기 Tx 공진기(11)를 통하여 Tx 전력이 수신기(20)로 송신되고 있다고 가정한다. 이와 같이 전력이 송신되고 있을 때 송신기(10)에 와류(Eddy current)가 발생하여 금속의 표면 온도가 올라가고 시스템에 손상을 입힐 수 있다.

[0106] 송신기(10)는 상기 와류가 발생하게 된 원인이 되는 물질, 즉 금속 오염 물질이 외부 물질인지 또는 Rx 공진기(21)인지 여부를 판단하여 전력 송신을 제어하여야 한다. 특정 오염 물체가 Tx 공진기(11)에 나타나면, 상기 오염 물체로 인하여 송신기(10) 내부의 전압 또는 전류가 가변(varying) 공진 임피던스로 인하여 변경될 수 있다. 상기 가변 공진 임피던스의 변화를 인식하면, 송신기(10)는 수신기(20)에 상기 임피던스의 변화를 알리기 위한 제어 신호를 송신한다.

[0107] 또한 수신기(20)는 상기 송신기(10)로부터 전송된 제어 신호 및 전력, 예를 들어 전기 신호를 수신한다. 그러나 상기 오염 물체가 금속 오염물의 경우, 송신기(10)는 제어 신호를 송신할 수 없다. 송신기(10)의 Tx 제어부(15)는 Tx 공진기(11) 상에 배치된 오염 물질이 수신기(20)인지 또는 다른 물질들인지를 판단할 수 있다.

[0108] 실시예에 따라 전력 송신 시스템(1)의 Q값과 공진 주파수는, 특히 Tx 공진기(11)에 포함된 공진 컨덕터 주위의 전자기장을 방해하는 금속에 쉽게 영향을 받을 수 있다. 송신기(10)의 Tx 공진기(11)의 경우, 전자기장의 방해는 상기 Tx 공진기(11)의 성능을 심하게 악화시킬 수 있다. 따라서 송신기(10)에 대한 외부 환경의 영향을 최소화하기 위해서 전자기 차폐 기술을 송신기(10) 또는 수신기(20)에 구현하는 것이 바람직하다.

[0109] (전력 송신 효율(power transfer efficiency: PTE))

[0110] 이하에서는 본 발명에 따른 전력 송신 시스템에서의 송신기(10)의 성능을 확인하기 위하여 위에서 서술한 Class-E 증폭기(13-1)인 전력 증폭기(power amplifier), SMPS 및 Tx 공진기(11)에 대한 시뮬레이션을 수행한 것에 대하여 서술하기로 한다.

[0111] 도 24는 본 발명에 따른 전력 송신 시스템에서의 송신기(10)로부터 송신되는 DC 전력에 대하여 상기 DC 전력을 수신하는 수신기(20)의 DC 전력을 비율로 나타낸 도면이다. 송신기(10)가 수신기(20)로 송신하는 전력을 'DC 송신 전력'이라 하고, 수신기(20)가 상기 DC 송신 전력 중에서 실제로 수신하는 전력을 'DC 수신 전력'이라 하기로 한다.

[0112] 송신기(10)의 송신기 전자 효율(TEE: Transmitter electronic efficiency)은 SMPS로부터 송신기(10)로 입력되는 DC 입력(Tx DC input)에 대한 송신기(10)의 AC 출력(AC output)의 비율로서 정의될 수 있다. 아래 수학식 12는 송신기 전자 효율을 구하기 위한 것이다.

[0113] 또한 공진 결합 효율(RCE: resonance coupling efficiency)은 Tx 공진기(11)와 Rx 공진기(21) 간의 공진 결합, 즉 Tx 공진기(11)로부터 출력되는 AC 전력(Tx AC) 및 Rx 공진기(21)로 입력되는 AC 전력(Rx AC)의 비율로서 정의될 수 있다. 아래 수학식 13은 공진 결합 효율을 산출하기 위한 것이다. 수신기 전자 효율(REE: receiver electronic efficiency)은 수신기(20)로부터 입력되는 AC 전력(Rx AC input)과, 상기 수신기(20)로부터 출력되는 DC 전력(DC output)의 비율로서 정의될 수 있다. 수학식 14는 수신기 전자 효율을 구하기 위한 것이다. 전력 송신 효율(PTE: power transfer efficiency)은 아래 수학식 15에 나타난 바와 같이 TEE, RCE 및 REE의 곱의 함수이다.

[0114] $$TEE = \frac{AC\ output\ power\ @\ TX}{DC\ input\ power\ @\ TX} TEE = \frac{AC\ output\ power\ @\ TX}{DC\ input\ power\ @\ TX}$$ .....(수학식 12)

[0115] $$RCE = \frac{AC\ input\ power\ @\ RX}{AC\ input\ power\ @\ TX}$$ .....(수학식 13)

[0116] $$REE = \frac{DC\ output\ power\ @\ RX}{AC\ input\ power\ @\ RX}$$ .....(수학식 14)

[0117] $$PTE = TEE \times RCE \times REE$$ .....(수학식 15)

[0118] 송신기(10)의 구현 결과로써 전력 증폭기, 즉 Class-E 증폭기(13-1)가 88%의 효율을 가진다고 하여도 여전히 약간의 손실이 발생한다. 도 25는 송신기(10)에 발생하는 손실을 설명하기 위한 회로도이다.

[0119] 입출력 커패시턴스들은 공명 게이트 파생값(resonant gate derive)과 ZVS(zero-voltage switching)에 의하여 제거되지만, 도 25에 도시된 바와 같이 쵸크 인덕터(Lchoke)의 DCR, 트랜지스터의 드레인 및 소스 간의 저항 R_{DS}, 인덕터(L)의 ESR(electron spin resonance)로 인한 손실은 제거되지 않는다. 도 25는 전력 증폭기에서 발생하는 잔여(remaining) 손실을 설명하기 위한 회로도이고, 아래 표 4는 Q값인 L_T에 대응하는 전력 증폭기(PA: power amplifier), 즉 Class-E 증폭기(13-1)의 효율을 나타낸 것이다.

표 4

[0120]

Q 값 L_T	PA 효율
이상적인 값	86 %
70	82 %
30	78 %
10	66 %

[0121] R_{DS}만을 고려하면, Class-E 증폭기(13-1)의 효율은 95%까지의 효율성을 가질 수 있다. 그러나 ESR(electrical series resistance)을 포함한다면 약 86%까지의 효율성을 달성할 수 있다. 전력 증폭기의 효율성을 더 높이기 위하여 Q값($Q = \frac{\omega L}{ESR}$)에 따른 전력 증폭기의 효율성 변화를 확인할 수 있다.

[0122] Q값이 높을수록 전력 증폭기가 높은 효율성을 가질 수 있다. 얇은 두께(15mm 이하)를 유지하면서 직렬 인덕터의 Q값을 증가시키기 위해서는, 도 26에서와 같이 높은 Q값의 인덕터를 병렬로 연결할 수 있다. 도 26은 Q값을 높이기 위하여 인덕터들(L_{P1}, L_{P2}, L_{P3})을 병렬로 연결시킨 회로이다. 도 26과 같이 인덕터들(L_{P1}, L_{P2}, L_{P3})을 병렬로 연결하면, ESR을 줄이고 Q값을 약 5 정도 증가시킬 수 있다. 도 27은 전력 증폭기 효율별 출력 전력의 레벨을 나타낸 그래프이다.

[0123] 이와 같이 도 26과 같은 병렬 인덕터들(L_{P1}, L_{P2}, L_{P3})을 전력 증폭기에 적용하면 ESR에 의한 손실이 줄어들어 상기 전력 증폭기의 효율성이 88%에서 89%까지 증가할 수 있다.

[0124] 한편, Class-E 증폭기(13-1)는 SMPS의 관점에서 16Ω의 부하로 여겨지므로, 출력 부하 16Ω 임피던스를 갖는 출력 전력에 따라 SMPS의 효율을 추정할 수 있다. 예를 들어, SMPS는 9V의 전압이 입력되는 저-모드(low-mode) 동작 구조에서는 약 67%의 효율을 가진다. 또한 SMPS는 15V가 입력되는 고-모드(high-mode) 동작 구조에서는 80% SMPS 효율을 가질 수 있다

[0125] 아래 표 5는 출력 전력(V_{DD})에 따른 SMPS의 효율을 나타낸 것이다.

표 5

[0126]

V_{DD} (V)	I_{DD}(A)	P_{AC}(W)	효율 (%)
8	0.501	6.3	63.61
9	0.569	7.63	67.11
10	0.634	9.18	69.07
11	0.697	10.84	70.72
12	0.761	12.66	72.13
13	0.825	14.47	74.11
14	0.887	16.18	76.74
15	0.95	17.76	80.23

[0127] 도 28은 6.78MHz의 주파수 발생기와 전력 증폭기를 포함하는 송신기(10)의 효율을 측정하기 위한 회로를 나타낸 회로도이고, 도 29는 상기 도 28의 전력 증폭기에서 발생하는 고주파의 진폭을 나타낸 그래프이다.

[0128] 도 28에 도시된 회로도는, 3-10W의 출력 전력 범위 내에서 약 65%의 효율을 가진다. 도 29는 상기 도 28의 회로에서 중앙 주파수가 6.78MHz일 때 상기 6.78MHz의 중앙 주파수의 2배 내지는 3의 주파수를 가지는 출력 고주파들의 진폭을 나타내고 있다. 상술한 출력 고주파는, 제2고주파에서 -52.51dBc이고, 제3고주파에서는 -35.29dB이다.

[0129] 위에서 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 송신기(10)는 저-모드 동작 영역(9V 입력 전압)에서는 약 67%의 SMPS 효율을, 고-모드 동작 영역(15V 입력 전압)에서는 약 80%의 SMPS 효율을 가질 수 있다. 이와 같이, 현재의 전송기(10)에서는 2가지 동작 모드들, 즉 저/고 모드 동작이 존재한다. 표 6은 본 발명에 따른 상기 저-모드 또는 고-모드에 따른 송신기(10) 상의 입력 전압, 입력 전류, 입력 전력을 나타낸 표이다.

표 6

[0130]

모드	입력 전압	입력 전류	입력 전력
저 모드	9V	0.569A	7.63W
고 모드	15V	0.95A	17.76W

[0131] 도 30a 및 도 30b는 본 발명에 따라 구현된 송신기(10) 및 수신기(20)에 포함되는 공진기들(11, 21)을 나타낸 도면이다. 또한 표 7은 도 30a 및 도 30b 에 도시된 송신기(10) 및 수신기(20)의 치수를 나타낸 것이다.

표 7

[0132]

	크기(mm)	f1(MHz)	f2(MHz)	Q	f0(MHz)	Cap(pF)
6시트(0.53mm)	70x40x0.52	6.836	6.563	36.6	6.47	5130
송신기	200X200X2	6.828	6.842	488.6	6.84	1700

[0133] 송신기(10) 및 수신기(20)의 공진기들(11, 21) 모두에서, 총 전기 직렬 저항(ESR: electrical series resistance)값을 줄이기 위해 단일 커패시터를 이용하는 대신, 커패시터들을 병렬로 연결한다. 수신기(20)의 경우, 병렬 컨덕터 구조는 컨덕터의 저항을 줄이는데 이용될 수 있다. 송신기(10) 및 수신기(20)의 공진기들(11, 21)의 크기 및 특성은 표 7과 같다. f0는 공진기(11, 21)의 공진 주파수이다. 3dB 대역폭의 f0의 경우, 하부 및 상부 주파수들을 각각 f1 및 f2로 정의한다. 이때 송신기(10) 및 수신기(20)의 Q값들은 각각 약 '~900' 및 '~200'이다. Q인자는 상기 수신기(20)가 설치되는 장치 중 상기 수신기(20)가 Rx 공진기(21) 상에 놓여질 때 측정될 수 있다

[0134] 도 30b는 이동통신 단말기(mobile communication terminal)에 삽입될 수 있는 수신기(20)에서의 Rx 공진기(21)의 일 예를 도시한 것이다. 도 30b를 참조하여 설명하면, 차폐 시트(shield sheet)(μ=130, μ''=1.15, 유전 손실(loss tangent) = 0.00884)는 Rx 공진기(21) 아래에 배치된다. 마스킹제(masking reagent)의 크기는 수신기(20)의 Rx 공진기(21)보다 2㎜ 더 큰 '74㎜ × 44㎜'일 수 있다. 또한 마스킹제의 두께는 1㎜로 설정될 수 있다.

[0135] 이동통신 단말기 충전의 경우 송신기(10) 및 수신기(20)가 패킹될 때 상기 송신기(10) 및 수신기(20) 간에는 3㎜ 이상의 송신 거리를 두고 결합 특징 및 송신 효율이 측정되는 것이 바람직하다. 또한 이동통신 단말기는, 통신 모듈, 정류기 및 매칭 회로를 상기 이동통신 단말기 내에 삽입하는 형태로 구현될 수 있다.

[0136] 도 31은 상기 수신기(20)가 싱글 수신기인 경우의 결합 특징 및 송신 효율을 측정하기 위한 측정 셋업을 도시한 도면이다. 6.78MHz의 신호 소스 및 전압 V_{DD} 및 전류 I_{DD}가 인가되는 Class-E 증폭기(13-1)와 연결된 Tx 공진기(11)에 Rx 공진기(21)가 결합된다. Rx 공진기(21)에는 Rx 매칭 네트워크(Rx matching network)인 Rx 로드(load) 및 전기적 로더(electrical loader)가 연결된다. 이와 같은 구성 요소들은 도 32에 도시된 바와 같이 이동통신 단말기에 삽입될 수 있다.

[0137] 도 32는 Rx 공진기(21)에서의 입력되는 신호를 측정하는 측정 영역을 나타낸 도면이다. Rx 공진기(21)에서의 공진 강도를 측정하기 위하여, Rx 공진기(21)는 도 32와 같이 대칭적인 부분을 제외한 9개의 영역들((1)~(9))로 나누어진 후에 반으로 분할되어 측정될 수 있다. 이동통신 단말기의 크기와 상기 이동통신 단말기 내에 설치된 Rx 공진기(21)의 위치를 고려하면, 영역 (5), (7) 및 (8)은 수신기(20)의 Rx 공진기(21)가 위치할 수 있는 중앙 위치에 해당한다고 볼 수 있다. 아래 표 8은 Rx 공진기(21)에서의 시뮬레이션된 효율, 측정된 효율 및 전력 증폭기의 효율을 고려한 DC/DC 변환 효율을 도시한 것이다. 단일 수신기(20)의 경우, 효율 분산은 74.35% ~ 91.83%로 측정된다.

표 8

[0138]

위치	측정 효율(%)	
	TRX 공진기	시스템 (PA + 공진기 + RX)
(1)	71.2	38.5
(2)	70.7	38.2
(3)	71.7	38.4
(4)	59.3	32.0
(5)	51.2	28.0
(6)	58.5	31.6

[0139] 도 33은 수신기(20)가 다수인 경우, 즉 멀티 수신기인 경우에 수신기(20) 각각에 포함된 Rx 공진기(21)에 입력되는 신호를 측정하는 측정 영역을 도시한 도면이다. 도 33을 참조하여 설명하면, 도 33에 도시된 측정 영역에서는 3개의 수신기들이 대칭적으로 및 비대칭적으로 위치할 때의 측정 위치를 나타내고 있다. 도 33에서, T는 송신기(10)에 포함된 Tx 공진기(11)의 최상위 위치이고, C는 중앙, B는 최하위를 나타내는 것으로 가정한다. 도 3에서는 Tx 공진기(11)를 기준으로 T1에 위치한 이동통신 단말기, B2에 위치한 이동통신 단말기 및 C3에 위치한 이동통신 단말기를 도시하고 있다. 또한 도 33에서는 측정 영역들 중 중앙에서 에지로의 위치들은 숫자 0부터 7로 나타내었다.

[0140] 아래 표 9는 멀티 수신기인 경우의 각 측정 영역에서의 수신기(20)의 전력 수신 효율 및 전력 분포를 나타낸 것이다.

표 9

[0141]

	측정 효율 (%) (공진기 효율, 시스템 효율)							
위치	(T2)	(T3)	(C1)	(C2)	(C3)	(B1)	(B2)	(B3)
(T1)	(?,?)	(50.5, 27.3)	(?,?)	(?,?)	(50.7, 27.4)	(?,?)	(?,?)	(51.5, 27.8)
(T2)	-	(44.4, 24.0)	(?,?)	(?,?)	(35.0, 18.9)	(?,?)	(?,?)	(24.8, 13.4)
(T3)	-	-	(52.8, 28.5)	(50.4, 27.2)	(?,?)	(45.9, 24.8)	(40.1, 21.7)	(?,?)
(C1)	-	-	-	(?,?)	(56.1, 30.3)	(?,?)	(?,?)	(36.7, 19.8)
(C2)	-	-	-	-	(47.4, 25.6)	(?,?)	(?,?)	(43.0, 23.2)
(C3)	-	-	-	-	-	(42.9, 23.2)	(44.3, 23.9)	(?,?)
(B1)	-	-	-	-	-	-	(?,?)	(50.5, 27.3)
(B2)	-	-	-	-	-	-	-	(25.0, 13.5)

[0142] 표 9에서 알 수 있듯이, 대칭이 되는 멀티 수신기 경우의 시뮬레이션 및 측정 효율은 각각 81.11%~90.53% 및 80.24%~88.1%이고, 이들은 약 8% 이하의 차이를 갖는다. 표 9에 나타난 바와 같이, 전력은 2개의 수신기들(20)에 잘 분포되어 있다. 비대칭이 되는 멀티 수신기의 경우에서도, 전력이 수신되는 총 효율은 84%~86.59%로 측정되고, 전력은 2개의 수신기들(20)에 잘 분산되어 있음을 표 9를 통해 알 수 있다.

[0143] (수신기(Receiver))

[0144] 이하에서는 2개의 공진기들, 즉 송신기(10)의 Tx 공진기(11) 및 수신기(20)의 Rx 공진기(21) 간의 근거리 자기 유도에 기초한 전력 송신 시스템을 설명하고자 한다. 본 발명에 따른 수신기(20)는, 도 1에 도시된 바와 같이 Rx 공진기(21), AC/DC 정류기(23-1), DC/DC 컨버터(23-2), Rx 통신부(24) 및 Rx 제어부(25)를 포함하며, 보호 회로를 더 포함할 수 있다.

[0145] (수신기의 Rx 공진기)

[0146] 본 발명의 일 실시예에 따라 Rx 공진기(21)는 뮤 네거티브 송신 라인(mu-negative transmission line) 공진기로 구현될 수 있다. 구리로 만들어진 MNG TL 공진기는 직렬 커패시터를 갖는 내부 루프(inside loop) 및 외부 루프(outside loop)로 구성된다. 그에 따라 MNG TL 공진기는 더 양호한 공진 효율을 위해 내부 루프 위치를 이동시켜 매칭 특성을 제어할 수 있다.

[0147] 또한 MNG TL 공진기에 포함된 몇 십 개의 직렬 커패시터들이 낮은 등가 직렬 저항을 위해 이용될 수 있다. 송신기(10)의 Tx 공진기(11)처럼, 수신기(20)의 Rx 공진기(21)도 인체의 영향을 피하기 위해서 근거리에 지배적인 자기장을 갖는 자기 쌍극(dipole)을 가지는 것이 바람직하다. 또한, 커패시턴스 값을 통해 주파수를 쉽게 조정할 수 있는 직렬 공진이 수신기(20)의 Rx 공진기(21)에 이용된다.

[0148] 도 34는 본 발명에 따른 Rx 공진기(21)로 구현될 수 있는 MNG TL 공진기를 도시한 도면이다. 도 34의 MNG TL 공진기는 공진 주파수를 매칭하고 공진 효율을 증가시키기 위해, '내부 루프'의 최상위 부분을 위아래로 움직일 수 있다.

[0149] 아래 표 10에는 MNG TL 공진기에 대한 파라미터들이 열거되어 있다. 또한 도 35는 본 발명에 따른 Rx 공진기(21)로써 구현된 MNG TL 공진기를 나타낸 도면이다.

표 10

[0150]

파라미터	심볼	값
재료	-	구리 (구리의 저항 손실을 줄이기 위한 6층 구조)
너비	d_x	78mm
길이	d_y	45mm
두께	d_z	0.53mm
내부 루프 너비	d_i	0.85mm
내부-외부 루프 공간	d_c	2.1mm
커패시터	C	1230pF (병렬로 연결된 20개 이상의 커패시터들)

[0151] (수신기의 AC/DC 정류기)

[0152] 1MHz 또는 더 높은 RF(radio frequency) 대역에서 AC/DC 정류기(23-1)가 90% 이상의 효율을 갖도록 하기 위해서는, 기본적으로 AC/DC 정류기(23-1)에 포함되는 다이오드가 쇼트키 다이오드(Schottky Diode)인 것이 바람직하다. 쇼트키 다이오드는 전하가 다수 캐리어에 의해 전달되므로 소수 캐리어에 의한 전하 축적이 없어 낮은 강하 전압과 빠른 속도를 갖는다. 따라서 1MHz~15MHz RF 대역에서 공진 타입의 무선 전력 수신은 낮은 강하 전압을 갖는 쇼트키 다이오드를 이용하는 것이 바람직하다.

[0153] 도 36은 쇼트키 다이오드 및 상기 쇼트키 다이오드의 등가 회로를 나타낸 도면이다. 쇼트키 다이오드는 아이들 다이오드(ideal diode) 턴 온에 필요한 전압 Von과, 쇼트키 다이오드에 인가되는 전류에 따라 특성이 변하는 저항 Ron으로 구성될 수 있다. 제조 회사 및 제조 공정에 따라 다양한 쇼트키 다이오드가 구현될 수 있다. 본 발명에 따른 고효율 정류기 회로를 설계하기 위해서는 특정 전류 레벨에서 특정값 이하의 강하 전압을 갖는 쇼트키 다이오드를 선택하는 것이 바람직하다.

[0154] 도 37a 및 도 37b는 전력 송신 시스템에서 사용할 수 있는 쇼트키 다이오드의 전류 레벨 및 전압 레벨을 나타낸 그래프이다. 이때 도 37a의 쇼트키 다이오드(이하, 제1쇼트키 다이오드)와 도 37b의 쇼트키 다이오드(이하, 제2쇼트키 다이오드)는 각기 다른 회사에서 제조된 것이다.

[0155] 도 37a 및 도 37b를 참조하면, 전류 레벨이 증가하면서, 강하 전압 또한 증가한다. 도 37a는 제1쇼트키 다이오드의 곡선f_0을 도시하고 있다. 도 37a를 참조하면 전류가 0.5A이면, 제1쇼트키 다이오드의 강하 전압은 0.48V가 된다. 도 37b는 제2쇼트키 다이오드의 곡선 f_0을 도시하고 있다. 제2쇼트키 다이오드의 경우, 0.5A의 전류가 흐르면 제2쇼트키 다이오드에서의 강하 전압은 0.3V이다.

[0156] 도 38은 전체파(full-wave) 브릿지 다이오드 정류회로를 나타낸 회로도이다. 전체파 브릿지 다이오드 정류회로는 한 경로당 2개의 다이오드들을 가지므로, 제1쇼트키 다이오드를 이용하여 구현하면, 0.5A 전류가 흐를 때 강하 전압은 '2 × 0.48 = 0.96V'이 된다. 따라서 제1쇼트키 다이오드에서 소비되는 전력은 '0.96V × 0.5A = 0.48W'이다. 부하에서 2.5W 전력이 소비되고, 수신기(20)의 효율이 80%라고 가정하면, 입력 RF 전력은 '2.5 - 0.8 = 3.125W'이므로, 제1쇼트키 다이오드를 사용한 전체파 브릿지 다이오드 정류회로의 최종 효율은 아래 수학식 16과 같다.

[0157] $$\eta_{(a)rectifier} = \frac{|P_{RF}| - P_{2\times Drop}}{|P_{RF}|} = \frac{3.125 - 0.48}{3.125} = 84.6\,\%$$ ……수학식 (16)

[0158] 또한 제2쇼트키 다이오드를 이용하여 전체파 브릿지 다이오드 정류회로를 구현할 수도 있다. 제2쇼트키 다이오드를 이용한 경우, 제2쇼트키 다이오드에 전류 0.5A가 흐르면 상기 제2쇼트키 다이오드에서의 전압 강하는 '2 × 0.3 = 0.6V'이 된다. 따라서 제2쇼트키 다이오드에서 소비되는 전력은 '0.6V × 0.5A = 0.3W'이다. 부하에서 2.5W 전력이 소비되고, 수신기(20)의 효율이 80%라고 가정하면, 입력 RF 전력은 '2.5 - 0.8 = 3.125W'이므로, 전체파 브릿지 다이오드 정류회로의 최종 효율은 아래 수학식 17과 같다.

[0159] $$\eta_{(b)rectifier} = \frac{|P_{RF}| - P_{2\times Drop}}{|P_{RF}|} = \frac{3.125 - 0.3}{3.125} = 90.4\,\%$$ ……수학식 (17)

[0160] 상기의 수학식 16 및 17을 통해 90% 이상의 효율을 갖는 전체파 브릿지 다이오드 정류회로를 구현하고자 하는 경우에는 제2쇼트키 다이오드를 사용하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

[0161] 도 39 및 도 40은 신호 발생기를 이용하여 전체파 브릿지 정류회로를 테스트하는 회로도이다. 신호 발생기(signal generator)를 이용하여 전체파 브릿지 정류회로를 테스트하는 경우, 도 39에 도시된 바와 같이 신호 발생기로부터의 신호가 전체파 브릿지 정류회로의 접지에 연결되어 차동 신호의 역할을 수행할 수 없다. 따라서 전체파 브릿지 정류회로를 테스트할 때에는 Balun과 같은 지그(Zig) 측정부가 필요하다. 도 40은 상기 지그 측정부를 포함시킨 전체파 브릿지 정류회로를 나타낸다.

[0162] 도 41a 및 도 41b는 각기 다른 회사에서 제조된 듀얼 다이오드의 전압 레벨 및 전류 레벨을 나타낸 그래프이다. 도 41a의 듀얼 다이오드를 '제1듀얼 다이오드'라 하고, 도 41b의 듀얼 다이오드를 '제2듀얼 다이오드'라 하기로 한다. 제1 및 제2듀얼 다이오드는, 병렬 다이오드 즉 듀얼 다이오드를 이용하여 전류를 2개의 경로들로 분리함으로써 강하 전압을 감소시키는 것이다.

[0163] 제1쇼트키 다이오드의 경우, 전류가 0.5A일 때, 제1쇼트키 다이오드의 강하 전압은 0.48V이다. 또한 듀얼 다이오드 전체파 브릿지 정류회로에서 0.25A의 전류가 각 경로에 인가될 때 두 개의 다이오드가 병렬로 연결된 제1듀얼 다이오드를 이용하면, 각 다이오드에 대한 강하 전압은 0.4V가 된다. 듀얼 다이오드 전체파 브릿지 정류회로의 각 경로에 직렬로 연결된 2개의 다이오드들이 존재하므로, 총 강하 전압은 2 × 0.4 = 0.8V이다. 따라서, 다이오드의 전력 소비는 '0.8V × 0.5A = 0.4W'이다. 부하에서 2.5W 전력이 소비되고 수신기(20)의 효율이 80%라고 가정하면, 입력 RF 전력은 '2.5 - 0.8 = 3.125W'이므로, 제1듀얼 다이오드를 사용하는 듀얼 다이오드 전체파 브릿지 정류회로의 전체 효율은 아래 수학식 18과 같다.

[0164] $$\eta_{(a)rectifier2} = \frac{|P_{RF}| - P_{2\times Drop}}{|P_{RF}|} = \frac{3.125 - 0.4}{3.125} = 87.2\,\%$$

[0165] $$\eta_{(a)rectifier2} = \frac{|P_{RF}| - P_{2\times Drop}}{|P_{RF}|} = \frac{3.125 - 0.4}{3.125} = 87.2\,\%$$ ……수학식 (18)

[0166] 또한, 제2쇼트키 다이오드의 경우, 전류가 0.5A이면 제2쇼트키 다이오드의 강하 전압은 0.3V가 된다. 또한 듀얼 다이오드 전체파 브릿지 정류회로의 각 경로에서 0.25A의 전류가 흐를 때 제2듀얼 다이오드를 이용하면, 각 다이오드에 대해 강하 전압은 0.26V가 된다. 듀얼 다이오드 전체파 브릿지 정류회로의 경우 각 경로에 직렬의 2개의 다이오드들이 존재하므로, 총 강하 전압은 '2 × 0.4 × 0.26 = 0.52V'이 된다. 따라서 다이오드의 전력 소비는 '0.52V × 0.5A = 0.26W'이다. 부하에서 2.5W 전력이 소비되고 수신기(20)의 효율이 80%라고 가정하면, 입력 RF 전력은 '2.5 - 0.8 = 3.125W'이므로, 제2듀얼 다이오드를 사용하는 듀얼 다이오드 전체파 브릿지 정류회로의 전체 효율은 아래 수학식 19와 같다.

[0167] $$\eta_{(b)rectifier2} = \frac{|P_{RF}| - P_{2\times Drop}}{|P_{RF}|} = \frac{3.125 - 0.26}{3.125} = 91.6\,\%$$

[0168] $$\eta_{(b)rectifier2} = \frac{|P_{RF}| - P_{2\times Drop}}{|P_{RF}|} = \frac{3.125 - 0.26}{3.125} = 91.6\,\%$$ ……수학식 (19)

[0169] 상기에서 알 수 있듯이, 듀얼 다이오드를 사용하여 정류기가 설계되는 경우 정류기의 효율은 2~3% 증가한다. 제1쇼트키 다이오드를 병렬로 3개 연결한 병렬 다이오드를 이용한다고 가정한다. 제1쇼트키 다이오드의 경우, 0.5A의 전류가 있으면 제1쇼트키 다이오드의 강하 전압은 0.48V이 된다. 전체파 브릿지 정류회로의 각 경로에서 0.17A의 전류가 흐를 때 3개의 병렬 다이오드를 이용하면, 각 다이오드에 대해 강하 전압은 0.38V가 되므로, 전체파 브릿지 정류회로의 전체 효율은 아래 수학식 20과 같다.

[0170] $$\eta_{(a)rectifier3} = \frac{|P_{RF}| - P_{2\times Drop}}{|P_{RF}|} = \frac{3.125 - 0.38}{3.125} = 87.8\,\%$$

[0171] $$\eta_{(a)rectifier3} = \frac{|P_{RF}| - P_{2\times Drop}}{|P_{RF}|} = \frac{3.125 - 0.38}{3.125} = 87.8\,\%$$ ……수학식 (20)

[0172] 또한 제2쇼트키 다이오드를 병렬로 3개 연결한 병렬 다이오드를 이용한다고 가정한다. 0.5A의 전류가 있으면,

제2쇼트키 다이오드의 강하 전압은 0.3V가 되고, 전체파 브릿지 정류회로의 각 경로에 0.17A 전류가 흐를 때 3개의 병렬 다이오드들을 이용하면, 각 다이오드에 대한 강하 전압은 0.25V가 되므로, 전체파 브릿지 정류회로의 전체 효율은 아래 수학식 21과 같다.

[0173] $$\eta_{(b)rectifier3} = \frac{|P_{RF}| - P_{2\times Drop}}{|P_{RF}|} = \frac{3.125 - 0.25}{3.125} = 92\,\%$$

[0174] $$\eta_{(b)rectifier3} = \frac{|P_{RF}| - P_{2\times Drop}}{|P_{RF}|} = \frac{3.125 - 0.25}{3.125} = 92\,\%$$ ……수학식 (21)

[0175] 상기와 같이, 3개의 제1 또는 제2쇼트키 다이오드를 병렬로 연결한 병렬 다이오드들을 이용하면, 듀얼 다이오드의 경우에 비해 효율이 0.4~0.6%만 증가된다. 따라서 칩 크기와 비용 증가를 고려할 때, 3개의 병렬 다이오드들을 이용하는 것은 비효율적일 수 있다. 그러나 위에서 열거한 값들은 이상적인 상태인 경우에 해당하는 것들로써, 실제 측정에서는 많은 기생적 인자들을 고려하여야 한다. 그에 따라 3개의 병렬 다이오드들을 사용하여 전체파 브릿지 정류회로의 전체 효율은 상기에서 열거한 값들과 다를 수 있다.

[0176] 한편, MOS 트랜지스터를 이용하는 활성 정류기는 RFID(radio frequency identification)와 같은 무선 전력 송신 시스템에서 전력 효율을 증가시키기 위해 이용된다. RFID만 최대 몇 십의 mW 전력을 필요로 하므로, 무선 전력 송신 시스템들과는 큰 전력 차이가 존재한다. 그러나 출력 전력 크기를 제외하면, MOS 트랜지스터를 갖는 활성 정류기의 장점은 무선 전력 송신 시스템에도 적용될 수 있다. MOS 트랜지스터를 갖는 활성 정류기는 2개의 카테고리들로 분할될 수 있다. 하나는 MOS 트랜지스터를 다이오드 연결로 이용하는 것이고, 다른 하나는 MOS 트랜지스터를 스위치로 이용하는 것이다. 다이오드 연결을 갖는 MOS 트랜지스터를 이용하는 경우, 통상적인 다이오드가 정류기에 이용될 때와 동일한 문제들이 발생한다. 따라서 전력 효율을 증가시키기 위해서는, MOS 트랜지스터가 스위치로 이용되는 것이 바람직하다.

[0177] 도 42는 MOS 트랜지스터를 스위치로 이용하는 전체파 활성 정류기의 일 예를 나타낸 회로도이다. V_{in}이 $|V_{tp}|$보다 크거나 $-|V_{tp}|$보다 작으면, V_{out}에 대해 전력 공급을 준비하기 위해 M_{p1}와 M_{p2}가 턴온된다. V=0를 가정하면, V_{in}는 0V보다 크고 전압은 시간에 따라 점점 커진다. V_{in}이 $|V_{tp}|$보다 커지면, M_{p1}은 턴온된다. V_{in}은 0V보다 크므로, V_{in2}은 0V보다 작아져서 CMP2의 출력이 하이(HIGH)가 되고 M_{n2}는 턴온된다.

[0178] 이때, V_{in}가 시간에 따라 감소한다고 가정한다. V_{in}은 감소하고, V_{in2}이 0V보다 작아지면, M_{N2}은 턴오프되어야 하지만, CMP2의 출력이 0V가 되기 위해서는 제한된 시간이 필요하다. 한편 M_{p1}과 M_{n2}은 모두 턴온된다. V_{in}은 이미 피크값에서 감소하고 있으므로 V_{out}보다 작은 전압을 갖는다.

[0179] 그에 따라 전류는 V_{out}으로부터 V_{in}으로 흘러 역 누설전류가 발생한다. 역 누설전류의 발생은 전력 효율을 심각하게 감소시키는 문제를 발생시킬 수 있다. 상기의 문제를 해결하기 위해 V는 0V보다 더 높이 설정되어 M_{n2}(M_{n1})이 우선 셧오프(shut-off)되어야 한다. 이와 같은 방식은 전력 효율을 증가시킬 수 있지만, 이러한 방식을 무선 전력 송신 시스템에 적용시키는 데는 많은 제한이 따른다. 무선 전력 송신 시스템으로부터 수신된 전압의 진폭은 다양한 상황들에서 다르므로, 역 누설전류를 제거하기 위해서는 다른 V값을 설정하는 것이 바람직하다.

[0180] 공진 정류기는 정류기의 전력 효율을 증가시키기 위해 이용된다. Class-E 정류기는 공진 정류기의 가장 보편적인 타입일 수 있다. 공진 정류기는 송신측의 Class-E 증폭기(13-1)와 유사한 개념으로 이해할 수 있다. 특정 주파수에서 공진 조건을 만족시키기 위해서 공진 정류기의 입력 임피던스를 설정해야 한다. 입력 임피던스를 설정하기 위해 인덕터가 필요하지만, 이동 시스템의 경우 인덕터를 이용하면, 인덕터의 크기가 MHz 대역에서 매우 커지게 되면서 형태(form) 인자가 증가한다.

[0181] 많은 MOS 트랜지스터 타입들이 있지만, 무선 전력 송신의 정류기 회로에 대해 낮은 R_{on} 저항과 낮은 입력 커패시턴스를 갖는 MOS 트랜지스터를 선택하는 것이 바람직하다.

[0182] (DC/DC 컨버터)

[0183] DC/DC 컨버터(23-2)는 스위칭 조절기(regulator)인 벅 컨버터(buck converter)를 이용한다. DC/DC 컨버터(23-2) 선형 조절기인 LDO로서 이용하면, 부하에 알맞은 전력을 송신기(10)가 송신하므로 단일 장치 충전에는 문제

가 없다. 그러나 다수의 장치를 충전하는 경우에서 몇몇 부하들을 차지하는 큰 전력을 송신기(10)가 송신할 때, 전력 분산이 완벽하지 못하면 하나의 장치의 LDO는 다른 장치들을 충전하기로 되어 있는 모든 전력을 열(heat)로서 소비할 수도 있다. 도 43은 본 발명에 다른 DC/DC 벅 컨버터를 나타낸 회로도이다. 도 43의 DC/DC 벅 컨버터에서는 충전되는 각 장치들 즉 다수의 수신기들(20)을 최적화한다.

[0184] (수신기(20)의 보호 회로)

[0185] 도 44은 수신기(20) 및 상기 수신기(20)를 보호하기 위한 보호 장치의 일 예를 나타낸 도면이다. 도 44에 도시된 바와 같이, RF 배리스터(varistor)와 DC 배리스터가 보호 장치에 이용될 수 있다. 쇼트키 다이오드는 낮은 강하 전압과 빠른 속도를 가지지만, 또한 낮은 역 항복전압을 갖기도 한다. 예를 들어, 1A의 커패시턴스를 갖는 쇼트키 다이오드의 역 항복전압은 약 20~30V이다. 통상적인 충전 구조에서 부하 저항은 약 10ΒΩ이므로 RF 입력 전압은 약 20V가 되지만 충전 구조의 시작 및 끝에서, 부하 임피던스는 몇 KΩ 증가되어 RF 입력 전압이 30V보다 커지게 되며, 그로 인하여 쇼트키 다이오드의 파괴(destruction)가 야기될 수 있다. 다수 장치 충전의 경우에도 일시적으로 큰 전력이 수신되고 RF 입력 전압이 커져서 쇼트키 다이오드가 파괴될 수 있다. 따라서 RF 배리스터가 다른 입력에 걸쳐 삽입됨으로써 쇼트키 다이오드가 서지(surge) 전압으로부터 보호되도록 하는 것이 바람직하다. RF 배리스터는 약 27V의 항복전압을 갖는 동시에, 임피던스에서의 영향을 방지하기 위해서 30pF 이하의 커패시턴스를 갖는 RF 배리스터를 선택되는 것이 바람직하다.

[0186] 또한 정류기에서, 정류기 커패시터는 4㎌ 이상의 커패시턴스를 갖는 작은 크기의 커패시터를 이용하는 것이 바람직하다. 그러나 작은 크기의 세라믹 커패시터는 약 20V의 작은 역 항복전압을 갖는다. RF 배리스터는 특정 레벨의 전압을 예방하므로, 커패시터는 입력 전력에 의해 항복(breakdown)되지 않는다. 그러나 부하가 완전히 충전되면, 임피던스는 몇 kΩ이 되므로, 30V 이상의 서지 전압이 발생하고, 이는 커패시터를 파괴시킬 수 있다. 따라서 약 18V의 항복 전압을 갖는 DC 배리스터가 커패시터를 보호하는데 이용될 수 있다. 도 45는 보호 구조를 갖는 최적화된 수신기(20)의 회로를 나타낸 도면이다.

[0187] 한편 공진 타입의 무선 송신기(10)의 경우, Rx 공진기(11)를 상기 송신기(10) 에 삽입할 때, 송신기(10)의 컨덕터와 Rx 공진기(11)가 인접하여 위치된 경우, 역-상(reverse-phase) 자기장을 유발하는 와류가 발생하여 전력 송신 효율이 감소된다. 또한 와류는 원치 않는 자기장으로 인해 송신기(10)의 열화를 유발할 수 있다. 와류를 예방하기 위해서는 저손실의 자기 마스킹제(masking reagent)가 필요하다.

[0188] 도 46a는 마스킹제를 사용하지 않는 경우의 자기장 분포를 나타낸 도면이고, 도 46b는 마스킹제를 사용한 경우의 자기장 분포를 나타낸 도면이다. 도 46a 및 도 46b를 참조하면 마스킹제가 공기보다 높은 투자율을 가지므로, 마스킹제가 있으면 자기장은 마스킹제로 모인다. 따라서 이전에 언급한 전력 송신 손실을 예방하고, 장치에 대한 원치 않는 영향을 제거할 수 있다. 그러나 손실 요소(loss component)를 갖는 마스킹제는 컨덕터를 가지므로 최소 손실 요소를 갖는 마스킹제를 선택하는 것이 바람직하다.

[0189] 도 47a는 공진기와 마스킹제 사이에 공간이 없는 경우를 나타낸 도면이고, 도 47b는 공진기와 마스킹제 사이에 공간이 있는 경우를 나타낸 도면이다. 도 47b에서 공진기와 마스킹제 사이는 0.6㎜로 가정한다. 또한 표 11은 도 47a에서의 Q값과 도 47b에서의 Q값을 나타낸 것이다.

표 11

[0190]

마스킹제의 두께 (㎜)	Q 값 (마스킹제를 이용하지 않는 경우)	Q 값 (마스킹제를 이용하는 경우)
0	192	192
0.5	150	163
1	155	171
1.5	158	173

[0191] 도 47a 및 도 47b, 표 11은 공진기와 마스킹제 위치에 따른 다양한 Q값들을 도시하고 있다. 마스킹제를 이용하는 경우 자기장의 세기가 증가한다. 자기장은 공진기의 L값에 직접 영향을 미치므로, 마스킹제를 이용하는 경우 L값이 증가하면서 공진 주파수가 감소함을 확인할 수 있다. 또한 마스킹제의 두께가 증가할수록 자기장 세기가 증가하므로 더 큰 L 및 Q값들을 가질 수 있다. 그러나 마스킹제에 손실 요소가 있으므로, 마스킹제를 이용하는 경우의 Q값은 마스킹제를 이용하지 않는 경우의 Q값보다 작다. 또한 공진기와 마스킹제 사이에 공간이 있는 경

우에는 공진기 특성 손실이 더 작음을 알 수 있다.

[0192] 도 48a 및 도 48b는 마스킹제 및 장치의 크기와 Rx 공진기(21)의 위치를 도시한 도면이다. 도 48a는 마스킹제의 크기가 컨덕터보다 큰 경우를 나타낸 것이고, 도 48b는 마스킹제의 크기가 컨덕터와 같은 경우를 나타낸다. Tx 공진기(11)로부터의 자기장이 수신기(20) 및 Rx 공진기(21)로 가까워질수록, 전력 송신 효율이 감소한다.

[0193] 도 49는 도 48a 및 도 48b에 도시된 마스킹제 및 컨덕터 크기에 따른 각각의 결합 효율을 나타낸 그래프이다. 도 49에서는 마스킹제의 두께 및 크기에 따른 효율 차이를 도시하고 있다. 실험에서 이용되는 마스킹제는 'μ=130', 'μ''=115' 및 '유전손실 = 0.00884' 을 갖는다. 이는 마스킹제의 두께가 0일 때 베어 상황(bare situation) 결합 효율을 의미한다. Rx 공진기(21)가 이동통신 단말기에 삽입되는 경우를 고려하여, 마스킹제의 두께 및 크기에 따른 결과를 알 수 있다. 마스킹제의 크기가 컨덕터보다 5㎜ 큰 경우 최대 7%의 효율 증가가 있다. 그리고 마스킹제의 두께가 증가할수록 효율은 베어 케이스(bare case)와 유사해진다.

[0194] (무선 전력 송신 시스템에서의 수신기(20)의 구현)

[0195] 도 50은 송신기(10)의 예시적인 기능 블록도이다. 무선 전력 송신 시스템에서의 수신기(20)는 Rx 공진기(Rx Resonator)(21), AC/DC 정류기(AC-DC Rectifier)(23-1) 및 DC/DC 컨버터(DC-DC Converter)(23-2)를 포함하는 전력 변환부(23) 및 Rx 제어부(MCU Control Unit)(25)를 포함하고, Rx 매칭 회로(matching L/C)(22) 및 Rx 통신부(24)(미도시)를 더 포함할 수 있다. 또한 수신기(20)를 통해 출력되는 전력은 상기 수신기(20)와 연결된 장치, 예를 들어 이동통신 단말기(Phone Load)에 구동 전력으로서 공급될 수 있다.

[0196] Rx 공진기(21)는 전력 송신 효율을 향상시키기 위해 내부 및 외부 루프 라인과 커패시터를 갖는다. 실시예에 따라 Rx 매칭회로(22)의 임피던스가 Tx 매칭회로(12)의 임피던스와 매칭되면, Rx 공진기(21)는 Tx 공진기(12)와 공진 결합하여 송신기(10)로부터 전력을 전달받을 수 있게 된다. 정류회로는 전체-브릿지 구성에서 4개의 쇼트키 배리어 다이오드들을 이용하여 AC 파형의 전체파 정류를 제공한다. 이 때, AC/DC 정류기(23-1) 는 전력 변환부(23)와 Rx 제어부(25)에 DC 전력을 제공할 수 있다. DC/DC 컨버터(23-2)는 AC/DC 정류기(23-1)로부터 출력된 DC 전력을 증폭하여 수신기(20)에 연결된 장치(예를 들어, 수신기(20)에 설치된 이동통신 단말기)에 제공한다. 이와 같이 DC/DC 컨버터(23-2)에 의하여 증폭되는 전력에는 5V가 있을 수 있다. Rx 제어부(25)는 본 발명에 따른 전력 제어 알고리즘들과 프로토콜들을 실행한다. 또한 Rx 제어부(25)는 아날로그 전력 변환 블록(미도시)을 제어하고 몇 개의 센싱 회로(미도시)를 모니터링할 수 있다. 또한 Rx 통신부(24)는 수신기(20)의 통신 동작을 수행한다. Rx 통신부(24)는 Rx 제어부(24)의 제어 하에 수신기(20)가 설치된 장치(예를 들어, 이동통신 단말기) 또는 송신기(10)에 통신하여 후술하는 각종 패킷들을 상기 장치들과 교환할 수 있다.

[0197] 도 51a 내지 도 51e는 본 발명의 따른 수신기(20)의 Rx 공진기(21)를 나타낸 도면이다. 도 51a는 구현된 Rx 공진기(21)의 구조, 도 51b는 구현된 Rx 공진기(21)의 두께, 도 51c는 구현된 Rx 공진기(21)의 병렬 커패시터, 도 51d는 구현된 Rx 공진기(21)의 아웃라인, 도 51e는 구현된 Rx 공진기(21)의 두께 아웃라인을 나타낸다.

[0198] 수신기(20)의 Rx 공진기(21)는 도 51e에서와 같이 1oz(0.034㎜) 구리를 갖는 병렬 구조를 가질 수 있다. 또한 도 51d에서 도시된 바와 같이 다수의 비아 인 캡(via in cap) 부분들을 이용하여, 총 컨덕터 시트가 하나에 연결되어 전류 흐름이 모든 컨덕터에서 동일한 방향을 가질 수 있다. 그에 따라 당업자가 Rx 공진기(21)를 구현하고자 할 경우에는 근거리 효과(near effect)와 컨덕터 저항을 고려하여 최대 Q값을 갖는 시트 수와 두께를 선택할 수 있다. 이때, 컨덕터 저항과 자기장이 통과할 수 있는 영역(결합에서 카파(kappa)값과 연관됨)을 고려하여 가장 높은 송신 효율을 갖는 Rx 공진기(21) 너비(SW)(6㎜: 이동통신 단말기에 삽입된 Rx 공진기(21)의 경우)를 설정하는 것이 바람직하다.

[0199] 표 12는 본 발명에 따른 Rx 공진기(21)의 너비 및 상기 너비에 따른 상기 Rx 공진기(21)에서의 각종 파라미터를 특징을 나타낸 표이다.

표 12

[0200]

공진기의 너비	크기(MM)	f1(MHz)	f2(MHz)	Q	f0(MHz)	Cap(pF)
6시트(0.53㎜)	70x40x0.52	13.5056	13.6189	239.4042	13.5619	1483
4시트(0.32㎜)	70x40x0.34	13.5058	13.627	223.868	13.5663	1460

[0201] 표 12를 참조하면, 주파수 f1은 S21이 3dB인 경우의 저주파수를 나타내고, f2는 고주파수 및 f0은 공진 주파수

를 나타낸다. 각 경우에서, 수신기(20)의 Q값은 약 ~200이다. Rx 공진기(21)의 Q값은 시트가 증가하면서 약간 증가하지만, 수신기(20)에 따라, 0.53mm 너비를 갖는 Rx 공진기(21)인 6시트가 이동통신 단말기에 적용될 수 있다.

[0202] (AC/DC 정류기)

[0203] 도 52는 본 발명에 따른 AC/DC 정류기(23-1)의 효율을 측정하기 위한 측정 셋업을 나타낸 도면이다. 또한 아래 표 13은 상기 도 52의 측정 셋업에 따라 AC/DC 정류기(23-1)의 효율을 측정한 결과를 나타낸다.

표 13

[0204]

	FWD [dBm]	공진기 효율	입력 전력 [mW]	DC V_{out} [V]	DC I_{out} [mA]	전류 미터 손실 [mW]	DC 총 전력 [mW]	RX 시스템 효율
듀얼 다이오드 정류기	35.6	0.83	3020	4.97	509	155	2685	0.89

[0205] 이전에 설명한 바와 같이 전체파 브릿지 정류기는 차동 RF 입력 신호를 필요로 하여 벌룬(Balun)과 같은 측정 지그(Zig)가 요구된다. 그러나 10W보다 높은 전력을 견딜 수 있고 13.56MHz로 동작하는 상업적 벌룬을 찾기는 어려우므로 본 실시예에서는 이하에서 설명하는 공진기를 이용하여 측정 셋업을 설정하도록 한다.

[0206] 본 실시예에서는, '15cm × 15cm' 크기의 Tx 공진기(11)와 '4cm × 6cm' 크기 Rx 공진기(21)를 이용하였다. Tx 공진기(11) 대 Rx 공진기(21)는 50Ω 대 50Ω 매칭을 가지며, 50Ω 대 10Ω으로 변환하는 매칭 회로(matching L/C)가 공진기들(11, 21)에 연결된다. 따라서 50Ω 대 10Ω으로 매칭되는 Tx 공진기(11) 대 Rx 공진기(21)의 효율을 83%으로 고정한다. 여기서 Rx 공진기(21)에 AC/DC정류기(23-1)가 연결하고, 10Ω 부하를 놓으면, DC 대 DC 전압 및 전류를 측정할 수 있다. 35.6dBm의 순방향(forward) 전력이 Class-E 증폭기(13-1)에 제공되면, 상기 전력은 83% 효율의 Tx 공진기(11)를 지나 출력된다. 송신기(10)로부터 출력된 전력은 표 13에 도시된 바와 같이 3020mW로써 AC/DC 정류기(23-1)에 입력한다.

[0207] 한편 수신기(20)에 포함된 부하에 걸친 DC 전압 및 전류는 4.97V 및 509mA이다. DC 전류 미터는 0.6Ω 손실을 가진다. 상기 손실을 보상하면, DC 부하에서의 출력 전력은 2685mW이고, AC/DC 정류기(23-1)의 전체 효율은 약 89%가 된다.

[0208] (DC/DC 컨버터)

[0209] 도 53은 본 발명에 따른 수신기(20)에서의 DC/DC 컨버터(23-2)의 효율을 측정하기 위한 측정 셋업을 도시한 도면이다. 또한 아래 표 14는 도 53의 DC/DC 컨버터(23-2)의 효율을 나타낸 것이다.

표 14

[0210]

Vin	Iin	Win	Iin 손실	Win 합계	Vout	Iout	Wout	Iout 손실	Wout 합계	Eff
5.50	0.38	2.07	0.23	2.29	4.56	0.42	1.90	0.25	2.15	93.59
6.00	0.52	3.12	0.31	3.43	4.83	0.58	2.81	0.35	3.16	92.08
7.00	0.44	3.10	0.27	3.37	4.83	0.58	2.78	0.35	3.13	92.90
8.00	0.39	3.12	0.23	3.35	4.83	0.58	2.78	0.35	3.12	93.09
9.00	0.35	3.13	0.21	3.34	4.83	0.57	2.77	0.34	3.12	93.30
10.00	0.32	3.15	0.19	3.34	4.83	0.57	2.77	0.34	3.11	93.18

[0211] 도 53에서 DC/DC 컨버터(23-2)로 입력되는 입력 전압 레벨은 5.5V~8V라 가정한다. 본 실시예에서는 전원을 이용하여 DC/DC 컨버터(23-2)에 5.5V~10V 전압을 공급하고, 이동 부하를 연결한 후에 상기 DC/DC 컨버터(23-2)로부터 출력되는 출력 DC 전압 및 전류를 측정하기로 한다. 측정 과정에서 발생하는 입력/출력 DC 전류 미터 측정 손실을 보상하면, 표 14에 도시된 바와 같이 입력 전력에 따른 DC/2DC 컨버터(23-2)의 전체 효율은 약 92%이다.

[0212] 도 54는 본 발명에 따라 구현된 수신기의 시스템 보드를 나타낸 도면이고, 도 55는 본 발명에 따라 구현된 수신기를 나타낸 도면이다.

[0213] 수신기(20)의 총 크기는 '47×5×2.6mm'일 수 있다. 또한 도 54에 도시된 시스템 보드의 각 단(stage)에서 수신기(20)의 신호 특성을 확인할 수 있다. 도 54 및 도 55의 수신기(20)에서 가장 두꺼운 구성요소는 Rx 매칭회로(22)를 구성하는 매칭 L, C 및 100㎌ 커패시터이며, 상기 매칭 L, C 및 100㎌ 커패시터의 총 두께는 2mm일 수 있다. 시스템 보드에서의 PCB(printed circuit board)의 두께는 0.6mm로 설정할 수 있으며 그에 따라 시스템 보드의 총 두께는 2.6mm일 수 있다. 실시예에 따라 상기 PCB의 두께를 더 줄일 수도 있다.

[0214] 특히나 도 55에서는 이동통신 단말기의 후면 케이스에 설치되는 수신기(20)를 도시하고 있다. 이동통신 단말기의 후면에는 수신기(20), 통신 모듈 등이 내장되어 있다. 이동통신 단말기의 후면 케이스가 폐쇄되면, 수신기(20)의 DC 출력 포트가 상기 이동통신 단말기에 연결된다.

[0215] 도 56은 수신기(20)의 효율을 측정하기 위한 측정 셋업을 나타낸 도면이다. 또한 아래 표 15는 도 56에서의 수신기(20)의 효율을 측정한 결과를 나타낸 것이다.

표 15

[0216]

	FWD [dBm]	공진기 효율	입력 전력 [mW]	DC V out [V]	DC I out [mA]	전류 미터 손실 [mW]	DC 총 전력 [mW]	RX 시스템 효율
수신기	36.4	0.83	3623.08	4.67	580	201	2909.6	0.803

[0217] 수신기(20)의 효율 측정을 위한 측정 셋업은 AC/DC 정류기(23-1)의 효율을 측정하기 위한 측정 셋업과 유사하다. 도56에 도시된 바와 같이, AC/DC 정류기(23-1)의 효율을 측정하기 위한 회로에서 DC/DC 컨버터(23-2)가 추가되었다. 본 실시예에서는 도 56의 회로를 통하여 수신기(20)의 실제 충전 효율을 이동통신 단말기의 이동 부하(mobile load)와 함께 측정할 수 있다.

[0218] 36.4dBm의 순방향(forward) 전력이 수신기(20)에 입력되면, 83% 효율의 Rx 공진기(21)를 지나 표 15에 도시된 바와 같이 3623mW의 전력이 AC/DC 정류기(23-1)로 입력된다. 이때, 이동 부하에 걸친 DC 전압 및 전류는 4.67V 및 580mA이라 가정한다.

[0219] DC 전류 미터는 0.6Ω 손실을 가지므로, 상기 손실을 보상하면, DC 부하에서의 출력 전력은 2909mW이고 수신기(20)의 효율은 약 80.3%이 된다. 80.3%의 효율은 이전에 측정된 (AC/DC 정류기의 효율 89% x DC/DC 컨버터의 효율 92%)와 유사하다. 수신기(20)의 효율과 (AC-DC 정류기의 효율 x DC/DC 컨버터의 효율) 간의 약간의 차이는 이동 부하 및 다른 입력 전력에 의한 것이다.

[0220] 도 57은 송신기(10)로부터 출력되는 전력이 35.4dBm이고, 부하가 10Ω인 경우, 각 단에서 측정되는 파형을 나타낸 그래프이다.

[0221] RF 입력 매칭 회로의 차동 RF 입력 신호(differential RF input)의 측정 콘센트(outlet)는 상단에 위치한 그래프로서, 0~7V에서 스윙한다. AC/DC 정류기(23-1)의 출력 그래프는 하단에 위치한 그래프로서, 약 5.7V의 전압이 DC/DC 컨버터(23-2)에 입력되고 있다. DC/DC 컨버터(23-2)로부터 출력되는 전력은 약 4.5V이다.

[0222] 도 58a 및 도 58b는 단일 또는 다수의 이동통신 단말기들을 충전하고 있는 무선 전력 송신 시스템을 나타낸 도면이다. 이동통신 단말기들의 수에 따라 본 발명에 따른 전력 송수신 시스템은 전력 레벨을 제어하며, 또한 본 발명에 따른 전력 송수신 시스템에서는 단일 및 다수의 이동통신 단말기들 각각에 대하여 무선 전력을 전송한다.

[0223] 본 발명에 따른 송신기(10)는 무선 전력 송신 제어 및 통신 프로토콜에 기초하여 다수의 장치들의 환경에서도 안전하고 효율적으로 수신기(20)에 전력을 성공적으로 공급할 수 있다. 본 발명에 따른 무선 전력 송신 네트워크의 제어 및 통신 프로토콜은 기본적으로 양방향 & 반(half) 듀플렉스 구조로서 설계된다. 무선 전력 송신 네트워크는 송신기(10)가 마스터(master)이고 다수의 수신기들이 슬레이브들(slaves)인 스타 토폴로지(star topology)를 갖는다. 송신기(10)와 수신기(20)는 장치 준수(device compliance)를 식별하고 전력 협상 정보를 교환하기 위해서 서로 양방향 통신을 수행한다. 송신기(10) 및 수신기(20) 간에 교환되는 통신 패킷을 위한 시간 분할 충돌 방지 알고리즘이 본 발명에 따른 전력 송수신 시스템에 적용될 수 있다. 상기 시간 분할 충돌 방지 알고리즘은 알고리즘은 IEEE802.15.4 슬롯(slotted) 캐리어 센스 다중 접속/충돌 회피(CSMA/CA: Carrier

Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 알고리즘으로부터 수정된 것일 수 있다.

[0224] 이하에서는, 단일의 수신기(20) 및 다수의 수신기들(20) 각각에 대한 송신기(10)의 검출, 등록, 구성, 충전 및 대기 상태에서 어떠한 방식으로 제어 및 통신 프로토콜이 적용되는지를 설명할 것이다. 본 발명에서는 슬롯(slotted) 및 경쟁 구간을 갖는 슈퍼프레임 구조가 송신기(10) 또는 수신기들(20) 간의 통신 패킷의 충돌 방지 알고리즘을 위해 설계된다.

[0225] 또한 이하에서는, 제어 및 통신 프로토콜의 시퀀스 및 타이밍을 각 무선 충전 상태의 경우에 대해 설명한다. 또한 이하에서는 송신기(10) 또는 수신기(20)의 안전을 위한 무선 전력 송수신의 중단(interrupt) 제어 알고리즘 또한 각각 과온도, 과전압 및 과전류의 상황에 대해 설명하기로 한다. 본 발명에서 제어 및 통신 프로토콜은 통보(Notice), 상호작용(Interactive), 보고 및 확인응답(ACK) 프레임으로 구성된다.

[0226] 사용자가 송신기(10)의 전력을 턴온할 때마다, 송신기(10)는 Tx 공진기(11)의 전력 부하를 주기적으로 모니터하고 그 값을 소정의 임계값과 비교한다. 비인가 장치(rogue device)들과 수신기들(20)이 송신기(10)를 턴온하기 전에, 상기 장치들이 송신기(10) 상에 동시에 위치되면 송신기(10)는 상기 비인가 장치들을 상기 수신기들(20)로부터 검증할 수 없다. 이와 같은 경우, 송신기(10)는 Tx 공진기(11)에 전력의 인가를 중단한다. 또한 사용자가 물체를 제거하고 안전을 위해 송신기(10)의 전력 스위치를 턴오프할 때까지, 상기 송신기(10)는 지속적으로 경고 메시지를 송신기(10) 또는 수신기(20)의 사용자 인터페이스에 송신할 수 있다. 따라서 송신기(10)의 인터페이스 상에 타 장치 또는 물체가 없이 송신기(10)가 턴온되는 것이 바람직하다.

[0227] 도 59는 검출, 등록, 충전 및 대기 상태에서의 무선 전력 송신 시스템에서의 무선 전력 송신 절차에 대한 상태도이다.

[0228] 도 59를 참조하면, 검출(detection) 상태에서 송신기(10)는 인터페이스에서의 부하 변동을 모니터하기 위해 짧은 듀티(duty) 시간 동안 Tx 공진기(11)에 작은 전력을 주기적으로 공급한다. 양(positive)의 부하 변동이 소정의 값보다 높은 것으로 검출되면, 송신기(10)는 Tx 공진기(11)에 더 많은 전력을 제공하여 새로운 수신기(20)가 등록(registration) 상태에 진입할 수 있도록 한다. 반면에 수신기(20)로부터 해당 응답이 없으면, 송신기(10)는 검출 상태로 돌아간다.

[0229] 등록 상태에서 새로운 수신기(20)는 자신의 식별자와 기본적 부하 특성을 포함하는 Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신한다. 송신기는 새로운 수신기에 짧은 식별자(SID: short identification)를 할당하고, SID와 타임 슬롯 할당을 포함하는 Interactive_Response_Join_Frame 패킷을 새로운 수신기(20)에 송신한다. 새로운 수신기(20)로부터 응답이 없는 경우, 송신기(10)는 부하 변동이 금속 물체 또는 비준수(non-complying) 장치에 의해 유발된 것으로 인식한다. 금속 물체 또는 비준수 장치가 인식된 경우, 송신기(10)는 사용자에게 경고 메시지를 표시하고, Tx 공진기(11)에 전력의 인가를 중단한다. 이후, 송신기(10)는 소정의 시간이 경과되면 검출 상태로 돌아간다.

[0230] 구성(conifiguration) 상태에서는, 새로운 수신기(20)는 요구하는 출력 전압, 출력 전류 및 전력 송신 효율을 포함하는 Interactive_Request_Charge_Frame 패킷을, 송신기(10)에 송신한다. 송신기(10)는 수신기(20)로부터 전달된 정보에 기초하여 요청된 전력을 계산한다. 송신기(10)는 현재 전력 송신 커패시티가 새로운 수신기(20)로부터 요청된 전력을 만족하는지 여부를 판단한다. 송신기(10)가 충분한 전력을 갖는 경우, 송신기(10)는 허가(Permission) 데이터를 포함하는 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 새로운 수신기(20)로 송신하여, 새로운 수신기(20)가 충전 상태에 진입하도록 한다. 반면에, 요청된 전력을 만족하지 못하는 경우, 송신기(10)는 새로운 수신기(20)로 No Permission 데이터(또는 패킷)을 송신하여, 새로운 수신기(20)가 대기 상태로 진입하도록 한다.

[0231] 충전(charge) 상태에서는 송신기(10)는 각 수신기(20)에 Notice_Frame 패킷을 방송한다. Notice_Frame 패킷은 동기 패킷, 각 수신기에 대한 명령들 및 전체 시스템의 상태를 포함한다. 수신기(20)는 자신에게 할당된 타임 슬롯 동안 각 전력 협상 정보를 갖는 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 주기적으로 송신한다. 송신기(10)는 각 Report_Frame 패킷이 수신된 후 출력 전력을 수신기(20)의 요구 전력 레벨값으로 조정하기 시작한다. 송신기(10)는 하나 또는 다수의 수신기(들)(20)로부터의 전력 협상 정보에 따라 총 전력을 증가시키거나 감소시킬 수 있다. 소정의 시간 동안 특정 수신기(20)로부터 응답이 없으면, 송신기(10)는 수신기(20)가 제거되었음을 인식하고 출력 전력을 줄인다. 이와 같이 수신기(20)가 제거된 경우, 송신기(10)는 나머지 타 수신기(들)(20)에 SID(들)과 타임 슬롯(들)을 재할당할 수 있다.

[0232] 대기(standby) 상태에서, 수신기(20)는 송신기(10)로부터 요구되는 전력을 수신하지 않았을지라도 송신기(10)와

계속 통신한다. 수신기(20)가 대기 상태에 진입하는 경우는 다음의 2가지가 있다.

[0233] 첫 번째로, 수신기(20)의 장치 배터리가 완전히 충전되거나 장치가 어떤 이유로 충전을 유지하는 경우이다. 이때, 수신기(20)는 Charge Status of Complete & Wait 데이터를 포함하는 Report_Frame 패킷을 송신기(10)로 송신하고, 수신기(20)는 대기 상태에 진입한다. 이후 송신기(10)는 대기 상태에서 수신기(20)로의 전력 송신을 중지시키거나 감소시킬 수 있다.

[0234] 둘째로, 송신기(10)의 현재 전력 송신 커패시티가 충전 상태의 다른 수신기(들)(20)뿐만 아니라 새로운 수신기(20)에 대해 총 요구 전력을 만족시키지 못하는 경우이다. 이때 송신기(10)는 No Permission 데이터를 포함하는 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 새로운 수신기(20)로 송신하고, 새로운 수신기(20)는 대기 상태로 진입한다. 송신기(10)의 현재 전력 송신 커패시티가 새로운 수신기(20)로부터 요구되는 전력을 만족시키지 못하면, 송신기(10)는 Permission 패킷을 포함하는 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 새로운 수신기(20)에 송신하고 새로운 수신기(20)는 충전 상태에 진입한다.

[0235] (단일 수신기에 대한 전력 송수신)

[0236] 도60은 수신기(Transmitter)(20)가 송신기(10)의 인터페이스(예를 들어, 충전패드) 상에 아직 배치되지 않은 경우의 검출 상태 절차를 나타낸 도면이다. 송신기(10)는 t_{det}의 검출 시간마다 Tx 공진기(11)에 전력 P_{det}을 주기적으로 인가한다. t_{det} 동안, 송신기(10)는 수신기(20)가 송신기(10)의 인터페이스(예를 들어, 충전 패드(미도시)) 상에 놓여있는지를 확인하기 위해 부하의 변동을 모니터링한다.

[0237] 상기와 같은 검출 단계에서, 부하 변동은 부하의 현재값 및 부하의 미리 설정된 값 사이의 차이로 정의한다. 부하 변동이 미리 설정된 임계값보다 크면, 송신기(10)는 송신기(10)의 인터페이스 상에 놓여진 수신기(20)가 없는 것으로 인식한다. 부하 변동이 소정의 임계값보다 크면, 송신기(10)는 새로운 수신기(20)가 송신기(10)의 인터페이스 상에 놓여져 있다고 인식한다. 상기와 같이 송신기(10)에 의하여 인식되면, 수신기(20)는 등록 상태에 진입할 수 있다.

[0238] 상기와 같이, 본 발명에서는 검출 단계에서 송신기(10)는 검출 시간(t_{det}) 동안에만 전력을 인가하므로, 상기 검출 시간(t_{det}) 이외의 검출 기간(t_{per_det}) 동안의 전력 손실을 줄일 수 있다.

[0239] 도 61은 수신기(Receiver)(20)를 송신기(Transmitter)(10)에 등록(registration)시키는 절차를 나타낸 도면이다.

[0240] 도 61을 참조하면, 수신기(20)가 송신기(10)의 인터페이스(예를 들어, 충전 패드)(미도시) 상에 있으면, 송신기(10)는 수신기(20)가 송신기(10)와 통신할 수 있도록 출력 전력을 증가시켜 수신기(20)에 전달한다. 수신기(20)는 등록 시간(t_{reg}) 내에 송신기(10)에 Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 송신한다. Interactive_Request_Join_Frame 패킷은 수신기(20) 자신의 ID와 부하 특성을 포함한다. 송신기(10)는 수신기(20)의 ID를 수신하자마자, 상기 ID를 상기 ID보다 상대적으로 용량이 적고 길이가 짧은 SID로 변환한다. 수신기(20)로부터 송신기(10)로 전송되는 수신기(20)의 아이디가 길기 때문에 송신기(10)는 수신기(20)를 등록하는 과정에서 수신기(20)에 SID를 발급함으로써 수신기(20)의 관리를 용이하게 할 수 있다. 송신기(10)는, 상기와 같이 새로이 등록되는 수신기(20)의 SID와 부하 특성을 송신기(10)의 장치 제어 표에 등록할 수 있다. 장치 제어 표는 개별적인 수신기(들)(20)의 전력 송신 관리를 위해 설계될 수 있다.

[0241] 표 16은 송신기(10)에 의해 관리되는 장치 제어 표 구조의 일 예를 도시하고 있다.

표 16

[0242]

Allocated ID (Short ID)	ID	Load Characteristic	Current Characteristic	Volatage Characteristic	Efficiency Characteristic	Status	Input Voltage	Input Current	Output Voltage	Output Current
1	0x11111111	25	300mA	5V	75%	Complete & Standby	-	-	5V	300mA

2	0x22222222	30	500mA	3V	70%	Charge (CV mode)	3V	400mA	3V	400mA
3	0x33333333	10	100mA	5V	80%	Charge (CC mode)	5V	100mA	5V	100mA
4	0x44444444	50	500mA	5V	75%	Charge (CCmode)	5V	500mA	5V	500mA
5	0x55555555	100	500mA	12V	75%	Standby	-	-	12V	500mA

[0243] 표 16을 참조하여 설명하면, 장치 제어 표에는 업데이트 여부와, 수신기(20)마다의 현재 전력 송신 정보가 저장된다. 송신기(10)는 새롭게 할당된 SID를 포함한 Interactive_Response_Join_Frame 패킷을 수신기(20)에 송신한다. 그에 대한 응답으로서 수신기(20)는 확인응답(ACK)을 송신기(10)에 송신한다. 송신기(10)가 성공적으로 ACK를 수신하면, 무선으로 전력을 송수신하는 전력 송신 시스템은 구성(configuration) 단계로 이동한다.

[0244] 패킷 충돌, CRC 에러 및 수신기 실패(receiver failure)와 같은 패킷 에러가 발생하는 경우, 수신기(20)로부터 전송되는 Interactive_Request_Join_Frame 패킷은 송신기(10)에 전달되지 못한다.

[0245] 도 62는 송신기(Transmitter)(10)가 제1수신기(Receiver 1) 또는 제2수신기(Receiver 2)로부터 발송되는 ACK_Frame 패킷을 수신하지 않은, 패킷 에러 상황의 일 예를 나타낸 도면이다. 도 62를 참조하면, 송신기(Transmitter)(10)는 t_{reg_ret}의 간격으로 상기 t_{reg_ret}를 (n_{reg_ret} - 1)배 증가시킨 전력 P_{reg}를 제1수신기에 다시 인가할 수 있다. 이러한 절차들 내에서 ACK_Frame 패킷이 제1수신기로부터 송신기(10)로 성공적으로 전달되면, 전력 송수신 시스템은 구성 상태로 진행한다. 그 밖에 송신기(10)가 제1수신기로부터 상기 ACK_Frame 패킷을 전혀 수신하지 못하면, 송신기(10)는 제1수신기에의 전력 인가를 중단한다. 또한 송신기(10)는 사용자 인터페이스(미도시)를 통해 사용자에게 경고 메시지를 송신할 수 있다. 실시예에 따라 상기와 같은 에러를 유발한 수신기(20)가 송신기(10)의 인터페이스로부터 제거된 경우에만, 송신기(10)의 상태가 검출 상태로 돌아갈 수 있다.

[0246] 도 63은 금속 물체 또는 비준수 장치(rogue deivce, Non-compliant device)가 송신기(Tranmsmitter)(10)의 인터페이스 상에 놓여져 패킷 에러가 발생한 상황을 나타낸 도면이다.

[0247] 도 63을 참조하면, 금속 물체 또는 비준수(non-compliant) 장치가 송신기(10)의 인터페이스 상에 놓여져 있으면, 송신기(10)가 수신기(20)로부터 Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 수신할 수 없게 된다. 송신기(10)는 도 63에 도시된 바와 같이 t_{reg_ret}를 (n_{reg_ret} - 1)배 증가시킨 전력 P_{reg}를, 상기 수신기(20)에 재인가한다. 전력 P_{reg}가 재인가된 장치 또는 물체는 비준수 장치 또는 물체이므로, 송신기(10)는 상기 장치 또는 물체로부터 Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 수신할 수 없다. 그에 따라 송신기(10)는 전력 P_{reg}의 인가를 중단하고, 사용자 인터페이스를 통해 사용자에 경고 메시지를 표시할 수 있다. 경고 상태는 비인가 장치 또는 금속 물체들이 송신기(10)의 인터페이스로부터 제거될 때까지 유지될 수 있다. 상기 비인가 장치 또는 금속 물체들이 인터페이스에서 제거되면, 송신기(10)는 검출 상태로 돌아간다.

[0248] 도 64은 무선 전력 송신 시스템에서의 구성(configuration) 단계의 정상적 동작 흐름을 나타낸 도면이다. 도 64를 참조하여 설명하면, 수신기(Receiver)(20)가 등록되면 수신기(20)는 송신기(Transmitter)(10)에 Interactive_Request_Charge_Frame 패킷을 송신한다. Interactive_Request_Charge_Frame 패킷은 전류, 전압 및 전력 송신 효율과 같은 수신기(20)의 전기적 특성을 포함한다. 송신기(10)는 상기 수신기(20)로부터 전달된 정보, 즉 Interactive_Request_Charge_Frame 패킷에 기초하여 수신기(20)로부터 요청된 전력을 계산한다. 송신기(10)는 현재 전력 송신 커패시티가 수신기(20)로부터 요청된 전력을 만족시키는지 여부를 판단한다. 판단결과 송신기(10)가 충분한 전력을 가지면, 송신기(10)는 충전에 대한 Permission 데이터를 포함하는 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 새로운 수신기(20)에 송신한다. Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 수신한 수신기(20)는 곧바로 ACK_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신한다. 그 결과, 수신기(20)는 충전 상태, 즉 송신기(10)로부터 전력을 전달받는 상태에 진입할 수 있다.

[0249] 반면에, 상기 판단결과 송신기(10)가 충분한 전력을 가지고 있지 않으면, 송신기(10)는 상기 수신기(20)로 No Permission 데이터 송신한다. 상기 No Permission 데이터를 수신한 수신기(20)는 대기(standby) 상태로 진입할 수 있다.

[0250] 실시예에 따라 상기의 동작들에는 시간이 제약될 수도 있다. 송신기(10)가 수신기(20)로부터 ACK_Frame 패킷을 수신한 후 t_{req_char} 시간 이내에 상기 수신기(20)로부터 Interactive_Request_Charge_Frame 패킷을 수신하지 못하면, 송신기(10)는 상기 수신기(20)가 송신기(10)의 인터페이스로부터 제거되었다고 인식할 수 있다.

[0251] 수신기(20)가 제거되었다고 판단되면, 송신기(10)는 Interactive_Request_Charge_Frame 패킷을 전송하지 않음으로써 비응답한 수신기(20)의 정보를 장치 제어 표에서 삭제한다. 이후, 송신기(10)는 검출 상태로 돌아간다. 반면에 수신기(20)가 t_{data_res} 시간 내에 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 수신하지 않고 ACK_Frame 패킷을 송신하지 않으면, 송신기(10)는 다시 t_{random} 시간 내에 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 수신기(20)에 송신한다. 송신기(10)는 수신기(20)로부터 ACK_Frame 패킷을 수신하기 위해서 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 수신기(20)로 전송하는 동작을 (n_{reg_ret} -1)번 더 반복할 수 있다. 실시예에 따라 상기의 송신기(10)로부터의 패킷 전송 동작이 n_{reg_ret}번 더 시도한 후에도 여전히 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷이 수신기(20)로 전달되면, 수신기(20)는 검출 상태로 돌아갈 수 있다.

[0252] 송신기(10)가 t_{ack} 시간 내에 수신기(20)로부터 ACK_Frame 패킷을 수신하지 않으면, 송신기(10)는 Permission 데이터를 포함하는 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을, 수신기(20)로 송신하는 동작을 n_{reg_ret}회 반복할 수 있다. 상기의 n_{reg_ret}회의 시도 이후에도 송신기(10)가 수신기(20)로부터 ACK_Frame 패킷을 수신하지 못하면, 송신기(10)는 상기 수신기(20)가 송신기(10)의 인터페이스로부터 제거된 것으로 인식할 수 있다. 상기와 경우, 송신기(10)는 상기와 같이 비응답한 수신기(20)의 정보를 장치 제어 표에서 삭제하고, 검출 상태로 돌아갈 수 있다.

[0253] 실시예에 따라 송신기(10)의 현재 전력 송신 커패시티가 새로이 등록된 수신기에 의해 요구되는 전력을 만족시키지 못하는 경우, 송신기(10)는 Permission 데이터가 없는 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 수신기로 송신하고, 수신기는 대기 상태에 진입한다. 이때 송신기(10)는 과전력 재설정(Reset of Over Power)를 포함하는 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷를 수신기에 송신할 수 있다. 상기와 경우, 송신기(10)는 과전력 커패시티의 해당 경고 메시지를, 송신기(10)의 사용자 인터페이스에 표시할 수 있다. 또한 상기 과전력 재설정(Reset of Over Power)를 포함하는 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 수신한 수신기는 검출 상태로 돌아갈 수 있다.

[0254] 여기서 t_{ack} 시간은 송신기(10)가 수신기(20)로부터 ACK_Frame 패킷을 수신하기 위한 허가 시간 구간이다. 또한 n_{reg_ret}는, 송신기(10)가 수신기(20)로부터 ACK_Frame 패킷의 수신을 대기하기 위해 수신기(20)로 Interactive Response Frame 패킷의 전송을 재시도하는 횟수이다.

[0255] 충전(charge) 상태에서 송신기(Transmitter)(10)는 각 수신기(Receiver)(20)에 Notice_Frame 패킷을 방송하고, 각 수신기(20)는 자신의 상태를 포함하는 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신한다. Notice_Frame 패킷은 타임 슬롯 0으로 할당되고, Report_Frame 패킷의 타임 슬롯 번호는 도 65에 도시된 바와 같이 송신기(10)에 의해 할당된 SID를 갖는 수신기(20)에 할당된다. 도 65는 단일 수신기(20)의 충전 동작을 나타낸 도면이다.

[0256] Notice_Frame 패킷은 충전 시작, 충전 완료, 재설정, 전력 오프 및 SID 변경과 같은 특정 수신기(20)에 대한 명령과 같이 수신기(20)에 대한 다양한 정보를 포함한다. 송신기(10)는 또한 전력 오프, 전력 온, 동기 및 재설정을 위한 명령을 포함하는 Notice_Frame 패킷을 모든 수신기들(20)에 방송할 수도 있다.

[0257] Report_Frame 패킷은 수신기(20)의 충전 상태 및 전력 정보를 포함한다. 수신기(20)의 Report_Frame 패킷은, 상기 수신기(20)에게 할당된 슬롯 내에 상기 송신기(10)에 도달하여야 한다. 그렇지 않으면 다른 수신기(20)의 Report_Frame 패킷과 충돌이 일어날 수도 있다. 따라서 송신기(10)와 수신기(20)는 정확하게 동기 되어야 한다. 송신기(10) 및 수신기(20) 간의 동기화를 위해, 송신기(10)는 수신기(20)가 자신의 클록을 송신기(10)의 클록에 동기화시킬 수 있는 Sub Frame of Synch 데이터를 Notice_Frame 패킷에 포함하여 상기 수신기(20)에 전송할 수 있다.

[0258] 수신기(20)로부터의 Report_Frame 패킷에 포함된 전력 정보에 기초하여, 송신기(10)는 각 수신기(20) 상태에 대응하는 레지스트리의 장치 제어 표를 업데이트한다. 송신기(10)는 수신기들(20)로부터 요구되는 전력의 합을 계산하고, Tx 공진기(11)에 인가되는 전력을 증가시키거나 감소시킨다. 실시예에 따라 상기에서 열거한 절차는

t_{cycle} 시간 간격으로 주기적으로 수행될 수 있다.

[0259] 수신기(20)가 t_{ack} 시간 내에 송신기(10)로부터 ACK_Frame 패킷을 수신하지 못하면, 수신기(20)는 t_{cycle}시간 간격으로 오는 자신의 다음 타임 슬롯 내에 Report_Frame 패킷의 송신을 시도한다. 수신기(20)가 (3 x t_{cycle})의 3개의 슈퍼프레임 구간 동안 ACK_Frame 패킷을 얻지 못하면, 수신기(20)는 Charge Status of Error 데이터를 포함하는 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신하고 등록 상태로 돌아간다.

[0260] 도 66은 단일 수신기(Reciver)(20)가 충전 상태에서 송신기(Transmitter)(10)의 인터페이스로부터 제거되는 경우의 절차를 나타낸 도면이다. 수신기(20)가 충전 상태에서 송신기(10)의 인터페이스(예를 들어 충전패드)(미도시)로부터 제거되면, 송신기(10)는 제거된 수신기(20)로부터 Report_Frame 패킷을 수신할 수 없다. 상기와 같이 수신기(20)가 제거된 경우를 패킷 충돌과 구분하기 위해 송신기(10)는 타임 슬롯 구간 ($n_{absence}$ x t_{cycle}) 동안 제거된 수신기(20)의 Report_Frame 패킷의 수신을 시도한다. 구간 ($n_{absence}$ x t_{cycle})에서 송신기(10)는 수신기(20)에 전송하는 전력(P_{charge})의 전력 레벨을 P_{reg}로 완만하게 줄일 수 있다. 구간 ($n_{absence}$ x tc_{ycle}) 이후에도, 제거된 수신기(20)로부터 Report_Frame 패킷의 전송이 발생하지 않으면, 송신기(10)는 수신기(20)가 제거된 것으로 인식한다. 그에 따라 송신기(10)는 장치 제어 표를 업데이트하고 제거된 수신기(20)로 전송하는 전력을 차단한다. 실시예에 따라 송신기(10)의 인터페이스 상에 위치한 수신기(20)가 없으므로, 송신기(10)는 검출 상태로 돌아간다.

[0261] 도 67은 수신기(Receiver)(20)의 전체 충전(full charge) 또는 재충전(recharge)에 따른 절차를 나타낸 도면이다. 수신기(20)의 장치 배터리가 완전히 충전되면, 수신기(20)는 Charge Status of Complete and Standby 데이터를 포함한 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신한다. 이후 수신기(20)는 대기(standby) 상태에 진입한다. 수신기(20)로부터 상기 Report_Frame 패킷을 수신한 송신기(10)는 장치 제어 표를 업데이트하고, 갑작스러운 전압의 상승 및 하강을 방지하기 위해 상기 수신기(20)로 출력하던 전력을 전력 레벨 P_{reg}로 완만하게 감소시킨다.

[0262] 또한 수신기(20)는 배터리를 재충전하고자 할 때, Charge Status of CC 데이터를 포함하는 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신한다. 이후, 수신기(20)는 충전 상태에 진입할 수 있다. 상기 Report_Frame 패킷을 수신한 송신기(10)는 장치 제어 표를 업데이트하고, 상기 수신기(20)에 전력을 전달하기 위하여 Tx 공진기(11)에 인가된 전력을 증가시킨다.

[0263] (다수의 수신기들에 대한 전력 송수신)

[0264] 도 68은 적어도 하나의 수신기(20)(이하, 제1수신기(Receiver 1))가 이미 충전상태에 있을 때, 새로운 수신기(20)(이하, 제2수신기(Receiver 2))가 등록되는 절차를 나타낸 도면이다. 제2수신기(Receiver)가 경쟁 구간(contention period)에서 송신기(Transmitter)(10)에 Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 송신하면, 각 할당 타임 슬롯에서 송신기(10)와 통신하는 다른 수신기들(20), 즉 제1수신기(Receiver 1)와의 패킷 충돌이 발생하지 않는다. 송신기(10)는 SID와 제2수신기(Receiver 2)의 부하 특성을 장치 제어 표에 등록한다. 송신기(10)는 SID를 포함하는 Interactive_Response_Join_Frame 패킷을 제2수신기(Receiver 2)에 송신한다. 응답으로서, 제2수신기(Receiver 2)는 송신기(10)에 ACK_Frame 패킷을 송신한다.

[0265] 제2수신기(Receiver 1)가 슬롯된 구간, 즉 타 수신기(예를 들어 제1수신기(Receiver 1)에 할당된 타임 슬롯 구간 동안 Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 상기 송신기(10)에 송신하면, 상기 Interactive_Request_Join_Frame 패킷은 제1수신기들(Receiver 1)의 Report_Frame 패킷과 충돌할 수도 있다. 상기 패킷들 간의 충돌로 인하여 제1수신기(Receiver 1)가 t_{data_res}의 응답 시간 내에 송신기(10)로부터 Interactive_Response_Join_Frame 패킷을 수신할 수 없으면, 상기 제2수신기(Receiver 2)는 송신기(10)로부터 Interactive_Respond_Join_Frame 패킷을 수신할 때까지 t_{random}의 시간 간격으로 Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 송신기(10)에 재송신하기를 시도한다.

[0266] 슬롯된 구간에서 패킷들 간의 충돌이 발생하면, 송신기(10)는 현재 충전중인 제1수신기(Receiver 1)로부터 손상된(corrupted) Report_Frame 패킷을 수신할 수 있다. 송신기(10)는 상기 손상된 Report_Frame 패킷을 폐기하고, 다음 사이클에 다시 제1수신기(Receiver 1)로부터 Report_Frame 패킷을 수신한다. 실시예에 따라 제1수신기(Receiver 1)의 Report_Frame 패킷 전달 과정에서 연속 n_{col_ret}번의 충돌이 있는 경우, 송신기(10)는 모든

제1수신기들(Receiver 1) 또는 제2수신기(Receiver 2)로 Reset of Schedule Error 데이터를 포함한 Notice_Frame 패킷을 송신하고 검출 상태로 돌아갈 수 있다.

[0267] 적어도 하나의 수신기들(20), 즉 제1수신기들(Receiver 1)의 충전 중에 비준수 또는 금속 물체가 놓여지면, 송신기(10)는 임계값 이상의 양(+)의 부하 변동을 검출하게 된다. 그로 인하여 송신기(10)는 제1수신기들(Receiver 1)로부터 Report_Frame 패킷을 수신하지 못할 수 있다. 송신기(10)는 (3 x t_{cycle})의 구간 동안만큼 객체로부터 Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 수신하기 위해 대기한다. 상기 객체로부터 어떠한 응답도 없다면, 송신기(10)는 상기 부하의 변동이 비준수 장치 또는 금속 물체에 의해 유발된 것으로 결정할 수 있다. 상기와 같은 경우, 송신기(10)는 Power Off of Abnormal Object Detection 데이터를 포함한 Notice_Frame 패킷을 모든 제1수신기들(Receiver 1)에 송신하고 전력 공급을 중단할 수 있다. 송신기(10)는 상기 비준수 물체 또는 금속 물체를 제거하기 위하여 사용자에게 경고 메시지를 표시할 수 있다. 실시예에 따라 송신기(10)는, 제1수신기(Receiver 1)에의 전력 공급을 중단하고, 사용자에게 경고 메시지를 표시하는 경고 구간 동안에는 전력을 턴오프할 수 있다.

[0268] 송신기(10)가 t_{ack}의 시간 동안 제2수신기(Receiver 2)로부터 ACK_Frame 패킷을 수신하지 못하면, 송신기(10)는 제2수신기(Receiver 2)에 Interactive_Response_Join_Frame 패킷의 송신을 n_{reg_ret}번 반복한다. 그러나 n_{reg_ret}번의 시도 이후에도, 송신기(10)가 제2수신기(Receiver 2)로부터 ACK_Frame 패킷을 수신하지 못하면, 송신기(10)는 제2수신기(Receiver 2)가 송신기(10)의 인터페이스로부터 제거되었음을 인식한다. 이 경우, 송신기는 장치 제어 테이블에서 비응답 수신기의 정보를 삭제한다.

[0269] 제1수신기(Receiver 1)의 수가 송신기(10)의 최대 타임 슬롯 수 이상인 경우, 즉 송신기(10)가 동시에 충전 가능한 최대 수신기(20)의 수 이상인 경우 송신기(10)는 Not Permission of Over Node 데이터를 포함한 Interactive_Response_Frame 패킷을 제2수신기(Receiver 2)에 송신하고 제2수신기(Receiver 2)가 사용자에 의해 제거될 때까지 사용자에게 경고 메시지를 표시한다.

[0270] 도 69는 다수의 제1수신기들(Receiver 1)이 이미 충전 상태에 있을 때, 제2수신기(Receiver 2)가 충전 상태에 진입하는 과정을 나타낸 도면이다.

[0271] 등록 상태 후에, 제2수신기(Receiver 2)는 송신기(10)에 Interactive_Request_Charge_Frame 패킷을 송신한다.

[0272] Interactive_Request_Charge_Frame 패킷은 전류, 전압 및 전력 송신 효율과 같은 제2수신기(Receiver 2)의 전기적 특성을 포함한다. 전력 송신 효율은 기준 송신기 시스템들로 미리 측정된 값이다. 송신기(10)는 현재 전력 송신 커패시티가 제1수신기(Receiver 1)로부터 요청된 전력을 만족하는지 여부를 판단한다. 송신기(10)가 충분한 전력을 가지고 있으면, 송신기(10)는 충전을 위한 Permission 데이터를 포함한 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 제2수신기(Receiver 2)에 송신한다. 판단결과, 충분한 전력을 가지고 있지 않은 경우에는, 송신기(10)는 제2수신기(Receiver 2)로 No Permission 데이터를 송신한다. No Permission 데이터를 수신한 제2수신기(Receiver 2)는 대기 상태에 진입한다.

[0273] Permission 데이터를 수신한 직후, 제2수신기(Receiver 2)는 송신기(10)에 ACK_Frame 패킷을 송신한다. 그 결과 제2수신기(Receiver 2)는 충전 상태에 진입할 수 있다.

[0274] 송신기(10)가 Interactive_Response_Join_Frame 패킷을 전송한 이후 시간 treq_char 내에 제2수신기(Receiver 2)로부터 Interactive_Request_Charge_Frame 패킷을 수신하지 못하면, 송신기(10)는 제2수신기(Receiver 2)가 송신기 인터페이스로부터 제거되었다고 인식한다. 이 경우, 송신기(10)는 장치 제어 표에서 비응답 수신기의 정보를 삭제한다. 그 결과, 송신기(10)는 제2수신기(Receiver 2)에 Interactive_Response_Charge 패킷를 송신하지 않는다. 제2수신기(Receiver 2)는 시간 t_{data_res}내에 송신기(10)로부터 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 수신하지 못하고, tr_{andom}의 시간 간격 후에 검출 상태로 돌아간다.

[0275] 송신기(10)가 t_{ack}의 시간 내에 제2수신기(Receiver 2)로부터 ACK_Frame 패킷을 수신하지 못하면, 송신기(10)는 Permission 데이터를 포함한 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 제2수신기(Receiver 2)에 송신하기 위해 n_{reg_ret}회 반복한다. 그러나, 송신기(10)가 n_{reg_ret}번의 시도 후에도 제2수신기(Receiver 2)로부터 ACK_Frame 패킷을 수신하지 못하면, 송신기(10)는 제2수신기(Receiver 2)가 송신기 인터페이스로부터 제거되었다고 인식한다. 이 경우, 송신기(10)는 장치 제어 표에서 비응답 수신기의 정보를 삭제한다. 제2수신기(Receiver 2)는 충전 상태에 진입할 수 없고, 등록 상태로 돌아간다.

[0276] 송신기(10)의 현재 전력 송신 커패시티가 제2수신기(Receiver 2)에 의해 요구되는 전력에 미치지 못하면, 송신기(10)는 Permission 데이터가 없는 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 제2수신기(Receiver 2)에 송신하고, 제2수신기(Receiver 2)는 대기 상태에 진입한다. 제2수신기(Receiver 2)에 의해 요청된 전력이 송신기(10)의 최대 전체 전력 커패시티를 초과하면, 송신기(10)는 Reset of Over Power 데이터를 포함하는 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 제2수신기(Receiver 2)에 송신한다. 이 경우, 송신기(10)는 사용자 인터페이스에 과전력 커패시티의 해당 경고 메시지를 송신하고, 송신기(10)는 검출 상태로 돌아간다.

[0277] 충전(charge) 상태에서 송신기(10)는 각 타임 슬롯에서 제1수신기(Receiver 1)에 Notice_Frame 패킷을 방송한다. 제1수신기(Receiver 1)는 자신의 상태를 포함하는 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신한다. Notice_Frame 패킷은 타임 슬롯 0에서 할당되고, 제1수신기(Receiver 1)에 할당된 Report_Frame 패킷의 타임 슬롯 번호는 도 70에 도시된 바와 같이 SID와 동일하다. 도 70은 다수의 제1수신기들(Receiver 1)의 충전 과정을 나타낸 도면이다.

[0278] 송신기(10)는 모든 제1수신기들(Receiver 1)에 대한 전력 오프, 전력 온 및 재설정을 위한 명령을 포함하는 Notice_Frame 패킷을 방송한다. Notice_Frame 패킷은 또한 충전 시작, 충전 완료, 재설정, 전력 오프, 동기화 및 슬롯 변경과 같은 특정 수신기에 대한 다양한 명령들도 포함한다.

[0279] Report_Frame 패킷은 제1수신기(Receiver 1)의 충전 상태 및 전력 정보를 포함한다. 송신기(10)는 제1수신기들(Receiver 1) 각각에 할당된 타임 슬롯 내에서 상기 제1수신기들(Receiver 1) 각각으로부터 Report_Frame 패킷을 수신한다. 그렇지 않으면, 제1수신기들(Receiver 1) 간 발송되는 Report_Frame 패킷들의 충돌이 발생할 수 있다. 따라서 송신기(10)와 제1수신기들(Receiver 1)은 정확하게 동기화되는 것이 바람직하다. 정확한 동기화를 위하여 Notice_Frame 패킷은 제1수신기(Receiver 1)가 자신의 클록을 송신기(10)의 클록에 동기화시킬 수 있는 Sub Frame of Synch 데이터를 가질 수 있다.

[0280] 제1수신기(Receiver 1)로부터 전송된 Report_Frame 패킷에 포함된 전력 정보에 기초하여, 송신기(10)는 제1수신기들(Receiver 1) 각각의 상태에 대응하는 레지스트리의 장치 제어 표를 업데이트한다. 송신기(10)는 제1수신기들(Receiver 1)로부터 요구되는 전력의 합계를 계산하고, 상기 계산 결과에 따라 Tx 공진기(11)에 인가된 전력을 증가시키거나 또는 감소시킨다. 상기의 송신기(10)의 동작은 t_{cycle} 시간 간격으로 주기적으로 수행될 수 있다.

[0281] 적어도 하나의 제1수신기(Receiver 1)의 패킷이, 상기 제1수신기(Receiver 1)가 할당받은 타임 슬롯 구간에서 제2수신기들(Receiver 2)의 패킷들 중 적어도 하나와 충돌하면, 제1수신기(Receiver 1)로부터 발송된 패킷, Report_Frame 패킷은 손실된다. 송신기(10)는 상기 제1수신기(Receiver 1) 및 제2수신기(Receiver 2) 중 타임 슬롯을 선점한(preoccupying) 제1수신기(Receiver 1)로부터 수신한, 상기 손실된 Report_Frame 패킷을 폐기한다. 송신기(10)는 다음 슈퍼프레임에서 선점한 제1수신기(Receiver 1)의 Report_Frame 패킷을 재수신한다. 송신기(10)는 충돌이 발생하지 않아 손실되지 않은 Report_Frame 패킷을 수신할 때까지, Report_Frame 패킷을 재수신하는 동작을 최대 n_{col_ret}회 반복할 수 있다. 제1수신기(Receiver 1)가 Report_Frame 패킷을 송신기(10)로 전송하는 과정에서 상기 Report_Frame 패킷이 제2수신기(Receiver 2)의 패킷 등과 연속으로 n_{col_ret}번 충돌하는 경우, 송신기(10)는 Reset of Schedule Error 데이터를 포함한 Notice_Frame 패킷을 모든 제1수신기들(Receiver 1) 또는 제2수신기(Receiver 2)에 송신하고 검출 상태로 돌아간다.

[0282] 제1수신기(Receiver 1)가 t_{ack}시간 내에 송신기(10)로부터 ACK_Frame 패킷을 수신하지 못하면, 제1수신기(Receiver 1)는 t_{cycle}시간 간격으로 오는 자신의 다음 타임 슬롯에서 Report_Frame 패킷의 송신을 시도한다. 제1수신기(Receiver 1)가 $(3 \times t_{cycle})$의 다음에 오는, 3번의 슈퍼프레임 구간 동안 송신기(10)로부터 ACK_Frame 패킷을 수신하지 못하면, 제1수신기(Receiver 1)는 Charge Status of Error 데이터를 포함한 Report_Frame 패킷을 상기 송신기(1)로 송신하고 등록 상태로 돌아간다.

[0283] 도 66에 도시된 바와 같이 충전 상태에서 다수 제1수신기들(Receiver 1) 중 하나의 제1수신기(Receiver 1)가 송신기(10)의 인터페이스로부터 제거된 경우, 송신기는 제거된 제1수신기(Receiver 1)로부터 Report_Frame 패킷을 수신할 수 없다. 도 71은 송신기(10)에 의하여 충전되고 있던 다수의 수신기들 중 하나의 수신기가 제거되는 과정을 나타낸 도면이다. 이하에서는, 제거되지 않는 수신기를 제1수신기(Receiver 1)라 하고, 제거되는 수신기(Receiver 2)를 제2수신기라 한다.

[0284] 상기와 같이 제2수신기(Receiver 2)가 송신기(10)의 인터페이스로부터 제거되는 이벤트를 프레임 충돌과 구별하

기 위해서, 송신기(10)는 구간 ($n_{absence} \times t_{cycle}$) 동안 제2수신기(Receiver 2)로부터의 Report_Frame 패킷을 수신하기 위하여 대기할 수 있다.

[0285] 구간 ($n_{absence} \times t_{cycle}$)에서, 송신기(10)는 제2수신기(Receiver 2)에 인가된 전력을 P_{reg}의 전력 레벨로 완만하게 감소시킬 수 있다. 제2수신기(Receiver 2)의 Report_Frame 패킷 전송을 ($n_{absence} \times t_{cycle}$)회 대기하였음에도 상기 제2수신기(Receiver 2)로부터의 Report_Frame 패킷의 전송이 없으면, 송신기(10)는 제2수신기(Receiver 2)가 제거되었다고 인식한다. 송신기(10)는 장치 제어 표를 업데이트하고, 제거된 제2수신기(Receiver 2)에의 전력 전송을 차단한다.

[0286] 상기와 같이 특정 수신기(20), 즉 제2수신기(Receiver 2)에의 전력 전송이 차단된 경우, 송신기(10)는 나머지 수신기들, 즉 제1수신기(들) (Receiver 1)에 대한 SID(들) 및 타임 슬롯(들)을 재할당할 수 있다. 제2수신기(Receiver 2)의 제거로 인해 송신기(10)가 제1수신기들(Receiver 2) 및 제2수신기(Receiver 2)에 할당하였던 타임 슬롯들 중 빈 슬롯이 발생한다. 점유된 타임 슬롯들 사이에 빈 타임 슬롯을 남기는 것은 효율적이지 않다. 따라서 송신기(10)는 상기 할당된 타임 슬롯들 중 마지막 타임 슬롯을 점유한 제1수신기(Receiver 1)에 제2수신기(Receiver 2)가 사용하던 빈 슬롯을 재할당함으로써, 빈 타임 슬롯을 제거할 수 있다. 송신기(10)는 재할당된 SID를 포함하는 Notice_Frame 패킷을 마지막 타임 슬롯을 점유하고 있던 제1수신기(Receiver 1)에 송신하고, 자신의 장치 제어 표를 업데이트한다. 그에 따라 타임 슬롯이 재할당된 제1수신기(Receiver 1)는 다음 슈퍼프레임 구간에 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신한다.

[0287] 도 72는 제1수신기(Receiver 1) 및 제2수신기(Receiver 2)의 충전 과정에서 제1수신기(Receiver 1)가 재충전되는 과정을 나타낸 도면이다.

[0288] 제1수신기(Receiver 1)의 장치 배터리가 완전히 충전된 경우, 제1수신기(Receiver 1)는 Charge Status of Complete and Standby 데이터를 포함한 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신하고, 제1수신기(Receiver 1)는 대기 상태에 진입한다. 제1수신기(Receiver 1)의 충전이 완료되었으므로, 송신기(10)는 장치 제어 표를 업데이트한다. 또한 송신기(10)는 갑작스러운 전압 변동을 방지하기 위하여 제1수신기(Receiver 1)에 대하여 Tx 공진기(11)에 인가된 전력을 레벨 P_{reg}로 완만하게 줄일 수 있다.

[0289] 제1수신기(Receiver 1)가 배터리를 재충전할 필요가 있을 때, 제1수신기(Receiver 1)는 Charge Status of CC 데이터를 포함한 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신한다. 이로써 제1수신기(Receiver 1)는 충전 상태에 진입할 수 있다. 제1수신기(Receiver 1)로부터 상기 Report_Frame 패킷을 수신한 송신기(10)는 장치 제어 표를 업데이트하고, 제1수신기(Receiver 1)에 대하여 Tx 공진기(11)에 인가되는 전력을 증가시킨다. 도 72에서 제2수신기(Receiver 2)는 지속적으로 충전되고 있는 상태인 것으로 가정한다.

[0290] 도 73은 다수의 수신기들 간의 SID 교환 과정을 나타낸 도면이다.

[0291] 다수 수신기들, 예를 들어 제1수신기(Receiver 1), 제2수신기(Receiver 2), 제3수신기(Receiver 3)가 송신기(10)(Transmitter)의 인터페이스 상에 놓여있을 때, 송신기(10)의 전력 커패시티는 다수 수신기들(제1 내지 제3 수신기)로부터 요구되는 총 전력보다 작을 수 있다. 상기와 같이 수신기들로부터 요구되는 총 전력보다 송신기(10)의 전력 커패시티가 작은 경우, 시간순으로 가장 최근에 가입 또는 등록된 수신기일수록 충전 상태가 아닌 대기 상태에 머무르게 된다.

[0292] 도 73에서는 제1수신기(Receiver 1) 및 제2수신기(Receiver 2)가 충전 상태이고, 제3수신기가 대기 상태에 머무르고 있었다. 또한 제1 내지 제3수신기는 각각 제1타임 슬롯(Slot 1), 제2타임 슬롯(Slot 2), 제3타임 슬롯(Slot 3)을 할당받은 상태이다.

[0293] 도 73을 참조하여 설명하면, 충전 상태에 있던 제1수신기(Receiver 1) 및 제2수신기(Receiver 2) 중 제2수신기(Receiver 2)가 완전히 충전되어 대기 상태에 진입하였다. 송신기(10)는 Charge Start 데이터를 포함한 Notice_Frame 패킷을 대기 중이던 제3수신기(Receiver 3)에 송신한다. 충전 상태의 수신기(20)로부터 전송되는 전력 정보가 더 중요하므로, 송신기(10)는 현재 충전 상태인 2개의 수신기들, 즉 제1수신기(Receiver 1) 또는 제3수신기(Receiver 3)의 SID들을 재할당함으로써 교환해 줄 수 있다. 그에 따라 도 73에 도시된 바와 같이 제3수신기(Receiver 3)는 제2타임 슬롯(Slot 2)을 재할당받는다.

[0294] (슈퍼프레임의 구조)

[0295] 본 발명에 따른 타임 슬롯 및 경쟁 구간을 포함하는 슈퍼프레임은, IEEE 802.15.4 CSMA/CA 알고리즘으로부터 수정된 통신 패킷의 충돌 방지 알고리즘에 의하여 설계될 수 있다. 슈퍼프레임의 시간 길이는 t_{cycle}의 사이클 시간으로서 정의된다.

[0296] 도 74a는 수퍼프레임의 타임 슬롯 구간을 나타낸 도면이고, 74b는 수퍼프레임의 타임 슬롯 구간 및 경쟁 구간을 나타낸 도면이다. 도 74a 및 도 74b에서 t_{cycle}는 슈퍼프레임의 시간 길이(예를 들어, 250ms)이고, t_{slot}은 타임 슬롯의 지속 구간(예를 들어, 5ms)이며, n_{slot}은 송신기(10)에 의해 할당되는 타임 슬롯들의 총 개수이다. 또한 t_{cont}는 경쟁 구간(Contention Period) 동안의 시간 길이를 나타내는 것으로, t_{cont}는 아래 수학식 22와 같다.

[0297] $$t_{cont}=t_{cycle} - (n_{slot} + 1) \times t_{slot} \quad \text{.....(수학식 22)}$$

[0298] 슈퍼프레임은 도 74a 및 도 74b에 도시된 바와 같이, 슬롯 타임 구간과 경쟁 구간의 2부분들로 구성될 수 있다. 수신기(20)는 슬롯 타임 구간에서 자신의 할당 타임 슬롯 동안에만 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신하도록 허가되고, 경쟁 구간에서는 Report_Frame 패킷을 상기 송신기(10)에 송신하도록 허가되지 않는다. 상기와 같이 수신기(20) 각각에 대하여 허락된 슬롯 동안에만 자신의 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 전송하도록 함으로써 다수의 수신기들(20) 간에 발생할 수 있는 통신 패킷들 간의 충돌을 최소화한다.

[0299] 기존의 수신기를 제1수신기(Receiver 1)라 하고, 새로이 가입한 수신기를 제2수신기(Receiver 2)라 가정한다. 제2수신기(Receiver 2)가 타임 슬롯 구간 동안 송신기(10)에 Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 송신하는 경우, 상기 제2수신기(Receiver 2)로부터 전송된 Interactive_Request_Join_Frame 패킷은 적어도 하나의 제1수신기(Receiver 1)로부터 전송되는 패킷들과 충돌을 일으킬 수 있다.

[0300] 상기와 같이 서로 다른 수신기들(제1 및 제2수신기)로부터 전송된 패킷들이 충돌하면, 제1수신기(Receiver 1)는 송신기(10)로부터 ACK_Frame 패킷을 수신하지 못한다. 제1수신기(Receiver 1)는 다음 슈퍼프레임 중 자신에게 할당된 타임 슬롯 구간 동안에 다시 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신한다.

[0301] 제2수신기(Receiver 2)는 또한 t_{cycle}시간 보다 작은, 임의 지연 시간(t_{random}) 동안 송신기(10)에 Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 송신한다. 상기와 같은 방식으로 새로운 수신기, 즉 제2수신기(Receiver 2)는 다른 수신기(제1수신기)들과의 통신 패킷 충돌 없이 송신기(10)에 Report_Frame 패킷을 송신하기 위해 SID와, 타임 슬롯을 할당받을 수 있다. 실시예에 따라 송신기(10)는 경쟁 구간에 제2수신기(Receiver 2)로부터 Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 전송할 수 있다. 경쟁 구간에서는 제1수신기(Receiver 1)가 송신기(10)로 Report_Frame 패킷을 송신하지 않는다. 따라서 송신기는 제2수신기(Receiver 2)로부터 경쟁 구간에 상기 Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 수신함으로써 제1수신기들(Receiver 1) 및 제2수신기(Receiver 2) 간에 발생할 수 있는 패킷 충돌의 가능성이 최소화할 수 있다.

[0302] 슬롯 구간에서, 제로 슬롯(Slot 0)은 송신기(10)로부터 제1수신기(Receiver 1) 또는 제2수신기(Receiver 2)에 Notice_Frame 패킷이 전송되는 구간이다. Notice_Frame 패킷은, 제1수신기(Receiver 1) 또는 제2수신기(Receiver 2)가 송신기(10)와 클록을 동기화하기 위한 클록 동기화 정보 및 SID를 포함한다. 또한 송신기(10)는 Notice_Frame 패킷에 특정 SID를 포함시킴으로써 상기 특정 SID에 해당하는 제1수신기(Receiver 1) 또는 제2수신기(Receiver 2)에 명령을 송신할 수 있다.

[0303] 도 74a를 참조하면, 제1 또는 제2수신기 각각에 대하여 t_{slot}의 타임 슬롯 구간이 할당된다. 실시예에 따라 제1 슬롯(Slot 1)은 첫번째 SID를 갖는 제1 또는 제2수신기, 제2슬롯(Slot 2)는 두번째 SID를 갖는 제1 또는 제2수신기에 할당되며, 이와 같은 방식으로 제N슬롯(Slot N)은 N번째 SID를 갖는 제1 또는 제2수신기에 할당된다. 실시예에 따라 제1 또는 제2수신기에 할당되는 슬롯의 번호는 10 이하가 될 수 있다. 송신기(10)에 의하여 제1 또는 제2수신기에 할당되는 슬롯의 수가 모두 10개라고 가정하면, 타임 슬롯 구간은 약 ($10 \times t_{slot}$)이 된다.

[0304] 제1 또는 제2수신기의 수가 송신기(10)가 할당할 수 있는 최대 타임 슬롯 수 보다 크면, 송신기(10)는 Not Permission of Over Node 데이터를 포함한 Interactive Response Frame 패킷을 새로운 수신기, 즉 제2수신기(Receiver 2)에 송신하고 제2수신기(Receiver 2)가 사용자에 의해 제거될 때까지 송신기(10)의 사용자 인터페이스에 경고 메시지를 표시할 수 있다.

[0305] 본 발명에 따른 전력 송신 시스템의 적절한 동작을 위한 시간 제약은 도 60에 도시된 바와 같다. 도 60 내지 도 74에 도시된 시간 제약은 아래 표 17에 나타난 바와 같다.

표 17

[0306]

타이밍	심볼	값	도면
슈퍼프레임 길이	t_{cycle}	250ms	도 74a, 도 74b
타임 슬롯 지속구간	t_{slot}	5ms	도 74a, 도 74b
검출 시간	t_{det}	5ms	도 70
검출 구간	t_{det_per}	250ms	도 70
등록 시간	t_{reg}	10ms	도 71
등록 재시도 시간	$t_{reg\ ret}$	50ms	도 62
등록 재시도 횟수	$n_{reg\ ret}$	2	도 62
데이터 응답 시간	t_{data_res}	3ms	도 71
확인응답 시간	t_{ack}	1ms	도 71
데이터 응답 시간	t_{data_res}	3ms	도 71
요청 충전 시간	t_{req_char}	10ms	도 72
임의 시간	t_{random}	50ms ~ 240ms	도 62
최대 부재 횟수	$n_{absence}$	2	도 66
연속 충돌 횟수	$n_{collision}$	3	

[0307] 도 75는 검출(detection) 상태에서의 타이밍 제약을 나타낸 도면이다. 도 75에 도시된 바와 같이, 검출 상태에서 송신기(Transmitter)(10)는 양의 부하 변경을 감지하면서 새로운 수신기(20)를 검출하기 위해서 구간 t_{det_per}마다 t_{det}의 시간 동안 전력을 Tx 공진기(11)에 인가한다. 이때, 송신기(10)로부터 출력되는 전력 P_{det}의 값은 송신기(10)의 부하 민감성(sensibility)에 의해 결정될 수 있다.

[0308] 도 76은 등록 상태에서의 타이밍 제약을 나타낸 도면이다. 도 76에 도시된 바와 같이, 송신기(Transmitter)(10)는, 양의 부하 변동이 감지되면 Tx 공진기(11)에 인가된 전력을, 수신기(20)의 Rx 제어부(25)가 웨이크업하는데 충분한 전력, 레벨 P_{reg}까지 증가시킨다. 그러나 이 단계는 충전이 시작되기 전의 단계로서, 수신기(20)는 상기 수신기(20)가 포함된 장치의 배터리 충전 시스템에 송신기(10)로부터 수신한 전력을 공급하지는 않는다. 수신기(20)는 시간 t_{reg}내에 송신기(10)로부터 전송된 Interactive_Request_Join_Frame 패킷에 응답한다. t_{reg}내에 수신기(20)로부터 응답이 없으면, 송신기(10)는 t_{reg_ret}의 시간 간격 동안 Tx 공진기(11)에의 전력 인가를 중단한다. 송신기(10)는 상기의 절차를 n_{reg_ret}회 반복할 수 있다. 수신기(20)로부터 Interactive_Request_Join_Frame 패킷이 n_{reg_ret}회의 재시도 이후에도 수신되지 않으면, 송신기(10)는 Tx 공진기(11)에 전력 P_{reg}의 인가를 중지하고, 검출 상태로 돌아간다.

[0309] 도 77은 구성(configuration) 상태에서의 타이밍 제약을 나타낸 도면이다. 도 77를 참조하면, 수신기(Receiver)(20)는 송신기(Transmitter)(10)로부터 송신된 Interactive_Response_Join_Frame 패킷에 대한 응답으로서, 상기 송신기(10)에 ACK_Frame 패킷를 송신한다. 또한 수신기(20)는 t_{req_char}시간 내에 송신기(10)에 Interactive_Request_Charge_Frame 패킷을 송신한다. 수신기(20)로부터 Interactive_Request_Charge_Frame 패킷을 수신한 송신기(10)는 t_{data_res}시간 내에 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷을 수신기(20)로 송신한다. 수신기(20)는 상기 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷에 대한 응답으로서, t_{ack}시간 내에 송신기(10)로 ACK_Frame 패킷을 송신한다. 상기와 같은 과정을 거쳐 수신기(20)는 충전 상태에 진입하고, 송신기로부터 출력되는 전력을 수신할 수 있게 된다.

[0310] 도 78은 충전(charge) 상태에서의 타이밍 제약을 나타낸 도면이다. 도 78을 참조하여 설명하면, 충전 상태에서 제로 슬롯(Slot 0)은 송신기(10)가 Notice_Frame 패킷을 수신기(Receiver)(20)에 방송하는 타임 슬롯 구간이다. 그에 따라 송신기(10)는 제로 슬롯을 수신기(20)에 할당하지 않는다. 제1슬롯(Slot 1)은 제1수신기

(Receiver 1)에 할당되는 것으로, 제1수신기(Receiver 1)는 t_{data_res} 시간 동안 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 전송한다. 제1수신기(Receiver 1)로부터 Report_Frame 패킷을 수신한 송신기(10)는 t_{ack} 시간 내에 제1수신기(Receiver 1)로 ACK_Frame 패킷을 송신한다. 상기와 같은 방식으로, 송신기(10)와 제1수신기(Receiver 1)는 전압, 전류 및 전력 송신 효율과 같은 전력 협상 정보를 주기적으로 공유할 수 있다. 제1수신기(Receiver 1)가 송신기(10)의 인터페이스(예를 들어 충전패드)로부터 제거되고, 상기 제1수신기(Receiver)로부터의 Report가 없으면(Report_Frame 패킷이 송신기(10)로 전송되지 않으면), 송신기(10)는 상기 제1수신기(Receiver 1)가 제거된 것으로 결정한다. 제1수신기(Receiver 1)가 제거되었으므로, 송신기는 상기 제1수신기(Receiver 1)에 할당되었던 타임 슬롯, 즉 제1슬롯(Slot 1)을 충전 상태에 있던 마지막 수신기에 재할당한다. 상기와 같이 본 발명에 따른 송신기(10)는, 수신기(20)에 할당하는 슬롯 수를 줄이고, 경쟁 구간을 증가시키면서 통신 충돌 가능성을 최소화시킬 수 있다.

[0311] 대기(standby) 상태에서, 타이밍 제약은 충전 상태에서의 타이밍 제약과 동일하다.

[0312] 한편, 수신기(20)가 안전과 연관된 인터럽트를 검출하면, 송신기(10)는 Power Off of Internal Error 데이터를 포함한 Notice_Frame 패킷을 수신기(20)로 송신한다. 그 결과 송신기(10)는 과온도, 과전류 및 과전압 등으로부터 자신의 회로 및 수신기(20)의 손상을 보호하기 위해서 Tx 공진기(11)로의 전력 인가를 중단할 수 있다.

[0313] 도 79는 송신기(10)가 과전류로부터 전력 송신 시스템을 보호하는 방법을 나타낸 순서도이고, 도 80은 송신기(10)가 과전압으로부터 전력 송신 시스템을 보호하는 방법을 나타낸 순서도이며, 도 81은 송신기(10)가 과온도로부터 전력 송신 시스템을 보호하는 방법을 나타낸 순서도이다.

[0314] 본 발명에 따른 수신기(20)는 안전과 관련된 인터럽트를 검출할 수 있다. 상기 언터럽트가 검출되면, 수신기(20)는 Over Current, Over Voltage 데이터 및 Over Temperature 데이터와 같은 Error of corresponding Reason 데이터를 포함하는 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신한다. 그 결과 송신기(10)는 과온도, 과전류 및 과전압 등으로부터 수신기(20)와 송신기(10) 자신의 회로를 보호하기 위하여 Tx 공진기(11)로의 전력 인가를 중단할 수 있다.

[0315] 도 82는 수신기(20)가 과전압으로부터 전력 송신 시스템을 보호하는 방법을 나타낸 순서도이다. 수신기(20)의 과전류 및 과온도로부터 전력 송신 시스템을 보호하는 방법은 도 80 및 도 81에 도시된 송신기(10)의 과전류 및 과온도로부터 전력 송신 시스템을 보호하는 방법과 동일하므로 별도의 설명은 생략하기로 한다.

[0316] (무선 전력 송신 시스템에서의 통신 인터페이스)

[0317] 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템의 통신 프로토콜은 센서 네트워크 환경에 대한 IEEE 802.15.4에 기초한다. 그러나 IEEE 802.15.4가 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에 대해 불필요한 기능들을 가지므로, 본 발명에서는 IEEE 802.15.4 프로토콜을 수정하고 재설계하였다. 특히 본 발명에서는 물리적 계층 기능들 중 일부를 IEEE 802.15.4로부터 제외시키고, 링크 계층을 본 발명에 따른 무선 송신 시스템에 적합하도록 재설계되었다.

[0318] 도 83은 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서의 송신기와 수신기 간의 통신의 일 예를 도시한 도면이다.

[0319] 도 83을 참조하면, 송신기(Transmitter)(10)와 수신기(Receiver)(20)의 통신은 다음과 같이 이루어진다. 송신기(10)는 부하(load)를 감지하고, 수신기(20)가 송신기(10)와 통신을 할 수 있도록 송신기(10)의 통신 IC(integrated circuit)의 작동을 위한 전력을 상기 수신기(20)에 전송한다. 수신기(20)는 Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 송신기(10)에 전송함으로써 송신기(10)에 등록을 요청한다. 송신기(10)는 상기 수신기(20)가 유효한 기기인지 여부를 체크하고, 유효한 기기인 경우 상기 Interactive_Request_Join_Frame 패킷에 포함되어 있던 수신기(20)의 아이디를 짧은 아이디(Short ID), 즉 SID로 교체한다. 송신기(10)는, 상기 Interactive_Request_Join_Frame 패킷에 대한 응답으로써, 수신기(20)에 Interactive_Response_Join_Frame 패킷을 수신기(20)에 전송한다.

[0320] Interactive_Response_Join_Frame 패킷을 수신한 수신기(20)는 송신기(10)로부터의 전력을 공급받기 위한 등록이 승인(permission)된 것으로 판단하고, 설정(Configuration) 상태로 진입할 수 있다. 수신기(20)는 Interactive_Request_Charge_Frame 패킷을 송신기(10)에 전송하여 전력 전송을 송신기(10)에 요청한다. 송신기(10)는 유효 전력(valid power)를 체크한다. 송신기(10)는 유효 전력을 체크하여 수신기(20)로부터 요청된 전력을, 상기 수신기(20)에게 전송하여 줄 수 있는지 여부를 판단한다. 도 83에서는 송신기(10)가, 수신기(20)가 요청한 전력을 전송하여 줄 수 있는 상태인 것으로 가정한다. 송신기(10)는 Interactive_Response_Charge_Frame

패킷을 전송하여 수신기(20)에, 상기 수신기(20)가 요청한 전력을 전송하여 줄 수 있음을 알린다. 수신기(20)는 송신기(10)로부터의 전력을 공급받기 위한 설정이 승인(permission)된 것으로 판단하고, 충전(Charge) 상태로 진입할 수 있다.

[0321] 충전 상태로 진입하면, 송신기(10)는 수신기(20)가 송신기(10)와 싱크(synch)를 맞출 수 있도록 Notice_Synch_Frame 패킷을 전송한다. 수신기(20)는 상기 Notice_Sysnch_Frame 패킷에 따라 싱크를 송신기(10)의 싱크에 맞추고, 수신기(20) 자신에 대한 Report_Frame 패킷을 송신기(10)에 전송한다. 이후 수신기(20)는 송신기(10)로부터 전력을 공급받는 충전 모드(Charge CC mode)가 되어 배터리 충전을 수행한다.

[0322] 충전이 완료되면, 송신기(10)는 수신기(20)로부터 Report_Charge_complete 패킷을 수신할 수 있다. 실시예에 따라 송신기(10)는 수신기(20)의 충전 종료(charge finish)를 결정할 수 있다. 송신기(10)는 미리 정해진 시간 동안 수신기(20)에 전력이 공급되었거나 또는 미리 정해진 전력이 수신기(20)에 공급되었다고 판단되면 수신기(20)에 대한 충전이 완료되었다고 결정할 수 있다. 충전이 완료되면, 송신기(10)는 수신기(20)에 Notice_Charge_Finish_Frame 패킷을 전송한다. 수신기(20)는 충전이 완료되었음을 인식하고, 대기 상태(standby state)로 진입한다.

[0323] 대기 상태에서도 수신기(20)는 송신기(10)에 Report_Frame 패킷을 전송할 수 있다. 수신기(20)는 재충전이 필요한 경우에는 충전을 준비하고(charge ready), 충전이 완료된 상태에서는 단순한 대기 상태를 유지할 수 있다(complete and wait). 재충전이 필요한 경우 송신기(10)는 Notice_Synch_Frame 패킷을 수신기(20)에 전송하며, 이에 응답하여 수신기(20)는 송신기(10)에 Report_Frame 패킷을 전송할 수 있다. 실시예에 따라 송신기(10)는 충전이 완료된 수신기(20)를 송신기(10)의 인터페이스(예를 들어 충전패드)로부터 분리시켜줄 것을 사용자에게 요청할 수 있다.

[0324] 한편 본 발명에 따른 무선 송신 시스템에서는, 바람직하게 통신 표준 IEEE 802.15.4에 기재된 2.4GHz ISM 대역을 주파수로 사용할 수 있다.

[0325] 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템은 IEEE 802.15.4에 정의된 2.4GHz의 주파수를 갖는 16개의 채널들을 이용할 수 있다.

[0326] IEEE 802.15.4에서 CCA(빈 채널 평가: Clear channel assessment)는 CSMA-CA(carrier sense multiple access-collision avoidance) 채널에 신호들이 있는지 여부를 확인하는데 이용된다. 또한 CCA는 CSMA-CA 채널에서와 동일한 목적으로, 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서 이용될 수 있다. 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서는 무선 전력 송신 환경에 최적화된 CSMA-CA 알고리즘을 이용할 것이다.

[0327] (무선 전력 송신 시스템에서 사용하는 패킷들의 프레임 구조)

[0328] 도 84는 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서의 물리적 프레임 구조를 나타낸 도면으로, 본 발명에 따른 물리적 프레임 구조는 도 84에 도시된 바와 같이 IEEE 802.15.4의 물리적 프레임 구조와 동일할 수 있다.

[0329] 도 84를 참조하면, 4 바이트 프리앰블(preamble)은 수신기들(20)이 송신기(10)와 동기화되기 위한 신호이다. Synchronization header는 4 바이트의 preamble과 1 바이트의 Start Frame Delimiter로 구성된다. 1 바이트 SFD(시작 프레임 경계 기호: Start Frame Delimiter)는 프레임의 시작을 선언한다. 프레임의 PHY 헤더는 프레임의 전체 길이를 나타내는 7비트의 Frame Length와 1비트는 Reserved로 구성되고, PHY 페이로드는 MAC header 등을 포함한다.

[0330] 본 발명에 따른 물리적 프레임 구조는, 상기 도 84에 도시된 물리적 프레임 중 맨 왼쪽 필드가 제일 먼저 송신되거나 수신될 수 있다. 모든 다중 바이트 필드들은 최하위 옥텟(octet)부터 송신되거나 수신되고, 각 옥텟은 최하위 비트(LSB)부터 먼저 송신되거나 수신된다. 상기와 같은 송신 순서는 PHY와 MAC 계층 간에 전달되는 데이터 필드들에도 적용 가능하다. 또한 이진법의 정수들과 비트 패턴들은 작은 따옴표들('') 안의 0과 1의 시퀀스들로 표현될 수 있다.

[0331] 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템의 MAC 프레임은 PHY 페이로드에 포함되고, PHY 헤더를 뒤따른다. 도 85는 본 발명에 따른 MAC 프레임 구조를 나타낸 도면이다.

[0332] 도 85를 참조하면, MAC 프레임은 MAC Frame Header, Frame Payload 및 Checksum으로 구성된다. Checksum 필드는 16 비트 ITU-T CRC를 포함한다. MAC Frame Header는 Frame Type 필드, Short ID 필드 및 Sequence Number

필드를 포함한다. Frame Type 필드는 Frame payload에 포함된 프레임을 구별하는데 이용되고, Short ID 필드는 프레임 클래스에 따라 수신기 객체 어드레스 또는 송신기 어드레스로 이용된다.

[0333] 3 비트 Frame Type 필드는 아래 표 18에 정의된 바와 같다.

표 18

[0334]

Frame Type	
Bits (0-2)	Description
000	Notice
001	Report
010	ACK
011	Interactive
100~111	Reserved

[0335] Frame Type 필드는 Notice_Frame 에 대해 000을 할당 받는다. Notice_Frame 패킷은 송신기(10)로부터 수신기(20)로 통보(notice)가 있는 경우에 이용된다. Notice_Frame 패킷은 주기적으로 송신되고, 타임 슬롯 지속구간에서 맨 앞쪽에 위치된다. Frame Type 필드는 Report_Frame 패킷에 대해 001을 할당 받는다. Report_Frame 패킷은 수신기(20)가 자신의 정보를 송신기(10)에 주기적으로 송신할 때 이용된다. Report_Frame 패킷은 Notice_Frame 패킷이 수신된 후에 각 수신기(20)에 대해 할당된 타임 슬롯에서 주기적으로 송신된다. Frame Type 필드는 ACK_Frame 패킷에 대해 010을 할당 받는다. ACK_Frame 패킷은 주어진 프레임 패킷을 수신한 장치가 프레임 패킷이 적절히 수신되었다고 확인한 경우에 이용된다. Frame Type 필드는 Interactive_Frame 패킷에 대해 011을 할당 받는다. Interactive_Frame 패킷은 반대 장치(송신기(10) 또는 수신기(20))가 Notice_Frame 패킷 또는 Report_Frame 패킷과 같이 일방향 정보 제공 목적이 아니라, 어떤 정보를 제공할 것을 요청한 경우에 이용된다.

[0336] 4 비트 Short ID는 아래 표 19에 정의된 바와 같다.

표 19

[0337]

Short ID	
Bits (3-6)	Description
0000	For Targets (No ID)
0001 ~ 1110	Allocated ID for Targets
1111	All Targets

[0338] 도 19를 참조하면, ID 0000은 송신기(10)로부터 Short ID를 할당받지 않은 수신기들에 의해 이용되는 ID이다. 이러한 수신기들(20)은 어드레스 0000을 Request_Join_Frame 패킷으로서 이용하여 송신기(10)에 등록(join)을 요청한다. 어드레스들 0001 내지 1110은 송신기(10)가 수신기들(20)에 할당하기 위해 이용 가능한 어드레스들이다. 어드레스 1111은 송신기(10)가 모든 수신기들(20)에 송신하는 방송 어드레스이다.

[0339] Notice_Frame 패킷은 수신기들과 동기화를 하여 네트워크가 얼라이브(alive)한 상태를 유지하고 수신기들을 관리하기 위한 기능을 갖는다. 도 86은 본 발명에 따른 Notice_Frame 패킷의 구조를 도시한 도면이다.

[0340] Notice_Frame 패킷은 송신기(10)에 의해서만 송신되는 메시지이다. 따라서 4 비트 길이의 Short ID 필드는 MAC Frame 헤더에서 수신기들(20)의 어드레스들로 채워진다. 3 비트 통보 타입 필드는 Notice_Frame 패킷의 클래스를 나타낸다. 3 비트 Notice Info 필드는 Notice Type 필드의 값에 따라 다른 정보를 갖는다. 아래 표 20은 Notice Type의 값과 Notice Info에 포함될 해당 정보를 정의한다.

표 20

[0341]

Sub Frame	Bit(0-2)	Bit(3)	Bits(4-7)
	Notice Type Value	Reserved	Notice Info
Synch	000	Reserved	Slot Number
Reset	001	Reserved	Reset Reason
Power-off	010	Reserved	Power Off Reason

Chnage Short ID	011	Reserved	Change ID
Charge Start	100	Reserved	Reserved
Charge Finish	101	Reserved	Reserved
Reserved	110-111	-	-

[0342] Notice Type 필드의 값이 000일 때, Notice Info 필드는 Slot Number의 값으로 채워진다. Slot Number는 송신기(10)에 의해 관리되는 타임 슬롯들의 수를 의미한다. ID가 할당되지 않은 수신기(20)가 Notice_Synch 프레임을 수신하면, 상기 수신기(20)는 Slot Number의 값을 확인하여 네트워크에서의 Slot Duration의 길이를 알 수 있다. 그에 따라 상기 수신기(20)는 Slot Duration을 피하고, Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신한다. Notice Type 필드의 값이 001이면, Notice Info 필드는 Reset Reason의 값으로 채워진다. Reset Reason의 의미는 아래 표 21에 정의된 바와 같다.

표 21

[0343]

Reset Reason	
Bits(4 - 7)	Description
0000	Unknown
0001	Abnormal Object Dection
0010	ID Error
0011	Power Info Error
0100	Schedule Error
0101 - 1111	Reserved

[0344] Notice Type 필드의 값이 010일 때, Notice Info 필드는 Power off Reason의 값으로 채워진다. Power off Reason의 의미는 아래 표 22에 정의된 바와 같다. Notice Type 필드의 값이 011일 때, Notice Info 필드는 변경될 짧은 ID의 값으로 채워진다. Notice Type 필드의 값이 100 또는 101일 때, Notice Info 필드는 0으로 예비되어 채워진다. Notice Type 필드의 값이 100일 때, MAC Frame 헤더에 Receiver Short ID 어드레스를 갖는 수신기(20)에 충전을 시작할 것을 통보하는데 이용된다. Notice Type 필드의 값이 101일 때, MAC Frame 헤더에 Receiver Short ID 어드레스를 갖는 수신기(20)에 충전을 종료할 것을 통보하는데 이용된다.

표 22

[0345]

Power off Reason	
Bits (4-7)	Description
0000	Unknown
0001	Abnormal Object Dection
0010	Internal Error
0011	Power Info Error
0100 - 1111	Reserved

[0346] Report_Frame 패킷은 수신기(20)가 자신의 정보를 송신기(10)에 주기적으로 송신할 때 이용된다. 도 87은 본 발명에 따른 Report_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면이다.

[0347] Report_Frame 패킷은 네트워크에 참여한 수신기들(20)에 의해서만 이용되는 메시지이다. 따라서 Report_Frame 패킷을 수신한 송신기(10)가, 어떤 수신기(20)가 Report_Frame 패킷을 송신했는지 알도록 하기 위해, 수신기(20)는 4 비트 길이 Short ID 필드를 수신기 자신의 어드레스로 채운다. Charge Status 필드는 3 비트 길이이고, 충전 상태의 정보를 나타낸다. Charge Status 필드는 아래 표 23에서와 같이 정의된다.

표 23

[0348]

Charge Status	
Bits (0-2)	Description
000	Standby
001	Charging CC mode

010	Charging CV mode
011	Complete & Standby
100	Error
101 - 111	Reserved

[0349] Charge Status 필드는 수신기(20) 자체의 충전 상태의 정보를 포함한다. 표 23에 정의된 바와 같이 송신기(10)와 통신을 유지하는 수신기(20)의 충전 상태에는 5가지 종류가 있다. Standby 상태는, 수신기(20)가 충전을 위해 대기하지만 충전이 완료되지는 않은 상태이다. 예를 들어, 송신기(10)가 수신기(20)를 충전할 수는 없지만 수신기(20)와 통신을 유지하고, 송신기가 다른 수신기들(20)을 충전하므로 충전을 위해 대기하는 경우이다.

[0350] Charging CC 모드는 전류와 전압이 충전 동안 정상(regular) 레벨로 유지되는 상태이다. 그리고 Charging CV 모드는 전압은 충전 동안 정상 레벨로 유지되나 전류가 감소되는 상태이다. Complete and Standby 모드는 충전이 완료되었으나, 충전 완료 후에도 통신이 얼라이브한 상태로 유지되는 상태이다.

[0351] Error는 수신기(20)가 단독으로 에러를 검출하고 충전을 중단하는 상태이다. Charge Status 필드가 Error로 설정된 Report_Error_Frame 패킷을 수신한 송신기(10)는 Report_Error_Frame 을 송신한 수신기(20)에 전력 공급을 중단한다. Reason 필드는 4 비트 길이이고, Charge Status 필드가 Error로 설정된 경우에만 이용된다. Reason 필드는 수신기(20)가 단독으로 상태를 Error로 간주한 이유를 포함한다. 표 24는 Reason를 정의한다.

표 24

[0352]

Reason	
Bits (3-6)	Description
0000	Unknown
0001	Internal Fault
0010	Over Voltage
0011	Over Current
0100	Over Temperature
0101	Battery Error
0101	Reserved

[0353] Power Info 필드는 수신기(20)의 전력 정보를 포함하고, Charge Status 필드의 값에 따라 2 바이트 또는 4 바이트이다. Charge Status 필드가 Charge Standby 000 또는 Complete and Standby 011일 때, 수신기(20)는 충전되지 않은 대기 상태이므로, Power Info 필드는 1 바이트의 요구 전압 값과 1 바이트의 요구 전류 값을 갖는다. Charge Status 필드가 Charging CC mode 001 또는 Charging CV mode 010일 때, 수신기(20)가 충전 중인 충전 상태이므로, Power Info 필드는 1 바이트의 요구 전압 값과 1 바이트의 요구 전류 값뿐만 아니라 1 바이트의 입력 전압 값과 1 바이트의 입력 전류 값을 갖는다. Charge Status 필드가 Error일 때, 수신기(20)는 충전을 중단해야 하므로 Power Info 필드는 생략된다.

[0354] 도 88은 standby 상태에서의 Report_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면이고, 도 89는 Charge 상태에서의 Report_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면이고, 도 90은 Error 상태에서의 Report_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면이다.

[0355] ACK_Frame 패킷은 MAC 프레임 헤더와 체크섬을 포함한다. 도 91은 본 발명에 따른 ACK_Frame 패킷의 구조를 도시한 도면이다.

[0356] Interactive_Frame 패킷은 송신기(10)와 수신기(20)가 서로 정보를 교환할 때 이용된다. 또한 Interactive_Frame 패킷은 경쟁 구간들 내에서 이용될 수 있다. 수신기(20)가 Interactive_Frame 패킷을 송신기(10)에 송신할 때, MAC 프레임 헤더에서 4 비트 길이 Short ID 필드는 수신기(20) 자체의 어드레스로 채워진다. 송신기(10)가 수신기(20)에 Interactive_Frame 패킷을 송신할 때, MAC 프레임 헤더에서 4 비트 길이 Short ID 필드는 수신하는 수신기(20)의 어드레스로 채워진다.

[0357] 도 92는 본 발명에 따른 Interactive_Frame 패킷의 일반적인 구조를 나타낸 도면이다. Interactive Type 필드는 3 비트 길이이고, Interactive_Frame 패킷의 타입을 정의한다. 세부사항은 아래 표 25에 정의된 바와 같다. Interactive_Frame 패킷은 Interactive Type 필드의 값에 따라 다양한 프레임 구조를 갖는다.

표 25

[0358]

Interactive Type	
Bits (0-2)	Description
000	Request Join Network
001	Response Join Network
010	Request Charge
011	Response Charge
100 - 111	Reserved

[0359] 표 25를 참조하여 설명하면, Interactive Type 필드의 값이 000이면, Interactive_Frame 패킷은 Interactive_Request_Join_Frame 패킷이다. Interactive_Request_Join_Frame 패킷은 수신기(20)가 송신기(10)에 무선 충전 네트워크들에 참여하도록 요청할 때 이용된다.

[0360] 도 93은 본 발명에 따른 Interactive_Request_Join_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면이다. Interactive_Request_Join_Frame 패킷은 Short ID(SID)를 할당받을 수 없는 수신기(20)에 의해 송신기(10)로 송신되는 것으로, Short ID 필드가 송신을 위해 0000로 설정된다. ID Size Type 필드는 2 비트 길이이고, ID 필드의 길이를 나타낸다. 아래 표 26은 ID Size Type의 값을 정의한다.

표 26

[0361]

ID Size Type	
Bits (3-4)	Description
00	4Byte
01	8Byte
10	12Byte
11	Reserved

[0362] 수신기(20)는 자신의 부하 특성을 1Byte Load Characteristic 필드에 채운다. ID 필드는 고유 수신기 ID로 채워진다. ID 필드의 값을 수신한 송신기(10)는 ID 필드의 값들, 자신에 의해 할당된 Short ID 및 자신의 메모리 내의 수신기들(20)에 대한 다른 관리 파라미터들을 맵핑하고 관리한다.

[0363] Interactive Type 필드의 값이 001이면, Interactive_Frame 패킷은 Interactive_Response_Join_Frame 패킷이다. Interactive_Response_Join_Frame 패킷은 Interactive_Request_Join_Frame 패킷을 수신한 송신기(10)가 수신기(20)에게 수신기(20)가 무선 충전 네트워크들에 참여되었는지에 대해 송신할 때 이용된다.

[0364] 도 94는 본 발명에 따른 Interactive_Response_Join_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면이다. Interactive_Response_Join_Frame 패킷은 송신기(10)에 의해 Short ID를 할당받지 못한 수신기(20)에 송신되는 것으로, Short ID 필드는 송신을 위해 0000로 설정된다. 1 비트 Permission 필드는 송신기(10)가 수신기(20)가 네트워크들에 참여할 것을 허가하는지에 관해 나타낸다. 이 필드가 0으로 설정되면 허가가 부정되고, 1로 설정되면, 허가가 수락된다. Allocated Short ID 필드는 4 비트 길이이고, 송신기(10)가 수신기(20)에 할당한 어드레스를 포함한다. Permission 필드가 0으로 설정되면, Allocated Short ID는 0000으로 설정될 공란(blank)이다. Short ID는 Slot Number를 의미하기도 한다.

[0365] 예를 들어, 하나의 수신기(20)는 Short ID 0011와 Slot Time 5ms를 할당 받는 것으로 가정한다. 이 수신기(20)는 아래의 수학식 23에서와 같이 Notice_Frame 패킷을 수신하고 10ms를 대기한 후 Report_Frame 패킷을 송신할 수 있다.

[0366] (Slot_number(3) - 1) × Slot_time(5ms) = 10ms .....(수학식 23)

[0367] Interactive Type 필드의 값이 010이면, Interactive_Frame 패킷은 Interactive_Request_Charge_Frame 패킷이다. Interactive_Request_Charge_Frame 패킷은 Interactive_Response_Join_Frame 패킷 또는 Notice_Charge_Start 패킷을 수신한 수신기(20)가 송신한 프레임이다. Interactive_Request_Charge_Frame 패킷은 수신기(20)의 충전 특성을 포함하고, 충전 요청을 위해 송신기(10)에 송신된다. 도 95는 본 발명에 따른 Interactive_Request_Charge_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면이다. Power Characteristic은 3 바이트 길이이

고, 수신기의 기준 전류, 기준 전압 및 기준 효율을 포함한다.

[0368] Interactive Type 필드의 값이 011이면, Interactive_Frame 패킷은 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷이다. Interactive_Response_Charge_Frame 패킷은 Interactive_Request_Charge_Frame 패킷을 수신한 송신기(10)가 송신한 프레임이다. 송신기(10)는 이 프레임에 의해 충전이 허가되었는지 여부를 수신기(20)에 알린다. 도 96은 본 발명에 따른 Interactive_Response_Charge_Frame 패킷의 구조를 나타낸 도면이다.

[0369] 1 비트 Permission 필드가 0으로 설정되면 충전이 허가되지 않고, 1로 설정되면, 충전이 허가된다. Reason 필드는 3 비트 길이이고, 충전 허가 또는 금지에 대한 이유를 포함한다. 아래 표 27은 Reason 필드의 값을 정의한다.

표 27

[0370]

Reason	
Bits (4-6)	Description
000	Permission
001	Over Node
010	Over Power
011 - 111	Reserved

[0371] 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템의 네트워크는 전력을 공급하는 송신기(10)와 전력을 수신하는 단일 수신기 또는 다수 수신기들을 포함한다. 송신기(10)는 Report_Frame 패킷에 의해 수신기들의 정보를 수집하고, 요구되는 전력을 결정하고, 수신기들(20)에 전력을 공급한다. 또한 수신기들(20)은 Notice_Frame 패킷에 의해 자신의 정보를 주기적으로 송신기(10)에 송신하고, 동기화 및 네트워크 관리를 위한 정보를 주기적으로 상기 송신기(10)로부터 수신한다. 이러한 트래픽 특성들을 위해 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템의 네트워크들에 대해서는 스타 토폴로지가 바람직하다. 도 97은 본 발명에 따른 무선 전력 송신 시스템에서의 스타 토폴로지를 도시한 도면이다.

[0372] 이외에도 본 발명의 다양한 실시예 또는 변형예가 있을 수 있으며, 따라서 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 의하여 정할 것이 아니고, 청구범위와 청구범위의 균등한 것에 의하여 정하여져야 할 것이다.

부호의 설명

[0373] 10: 송신기 11: Tx 공진기

12: Tx 매칭회로 13: Tx 전력 변환부

13-1: Class-E 증폭기 13-2: 드라이버 증폭기

14: Tx 통신부 15: Tx 제어부

20: 수신기 21: Rx 공진기

22: Rx 매칭회로 23: Rx 전력 변환부

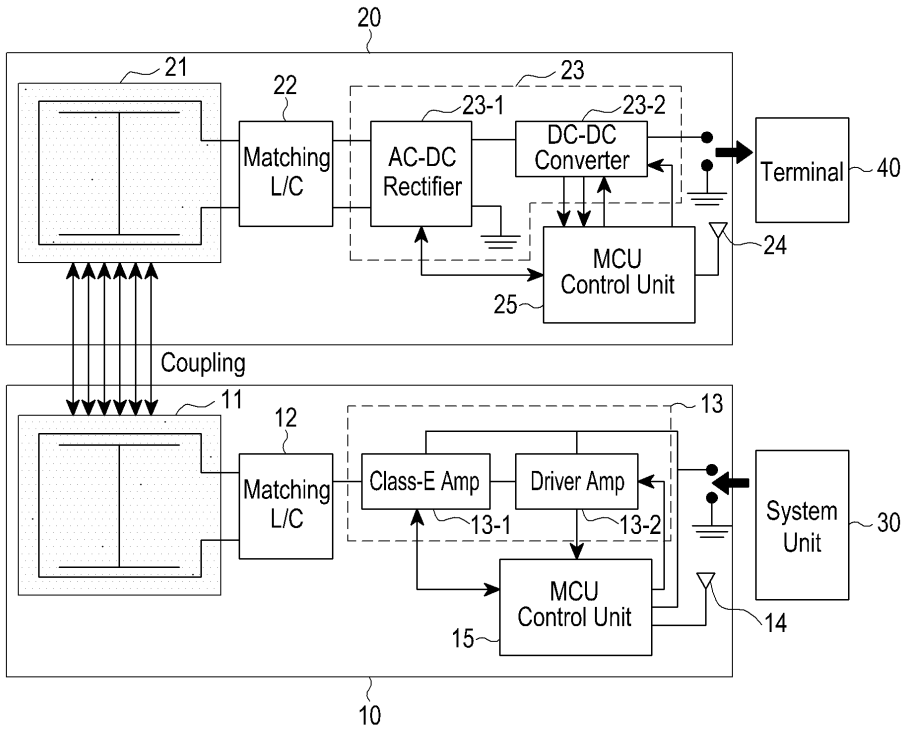
23-1: AC/DC 정류기 23-2: DC/DC 컨버터

24: Rx 통신부 25: Rx 제어부

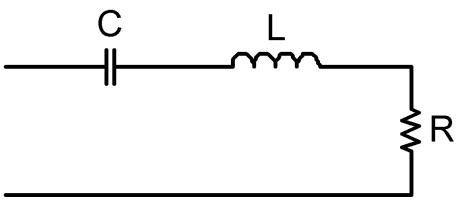
30: 시스템 유닛 40: 단말기

도면

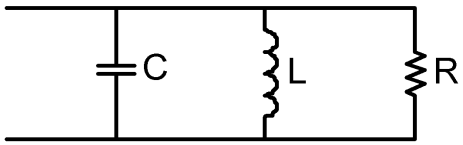
도면1



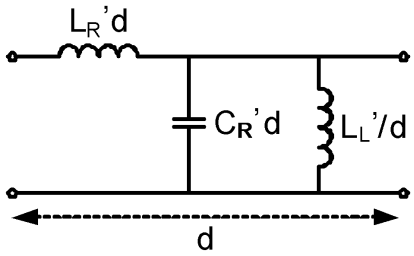
도면2a



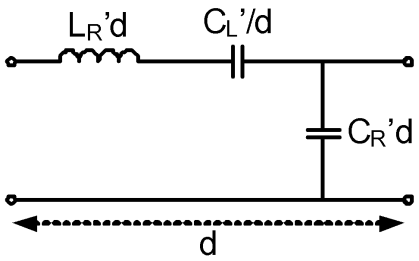
도면2b



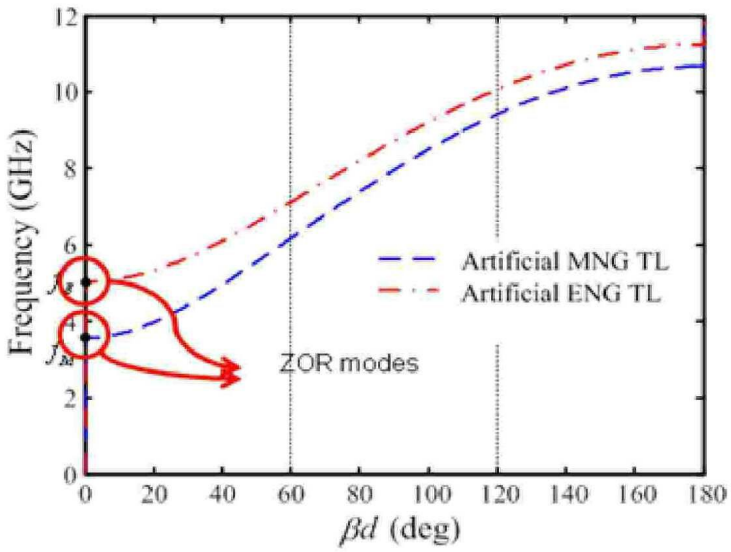
도면3a



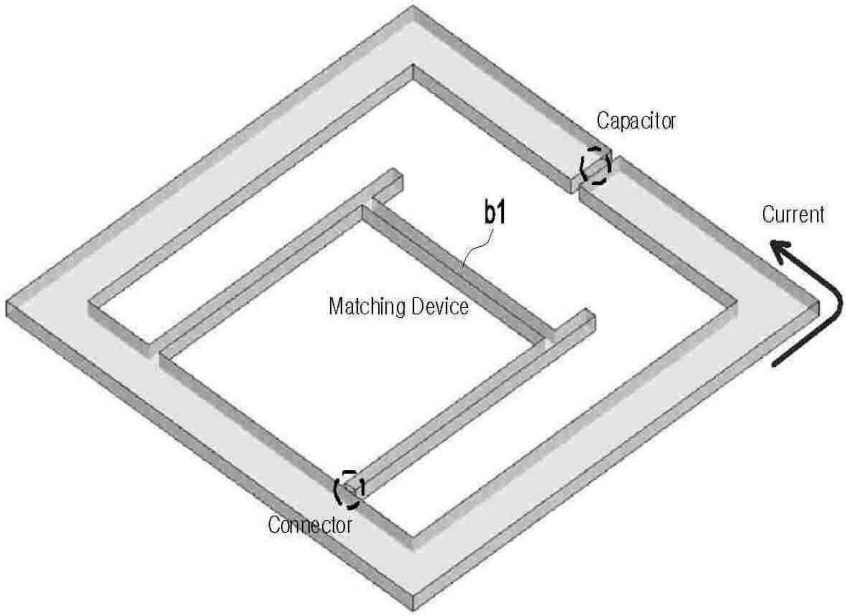
도면3b



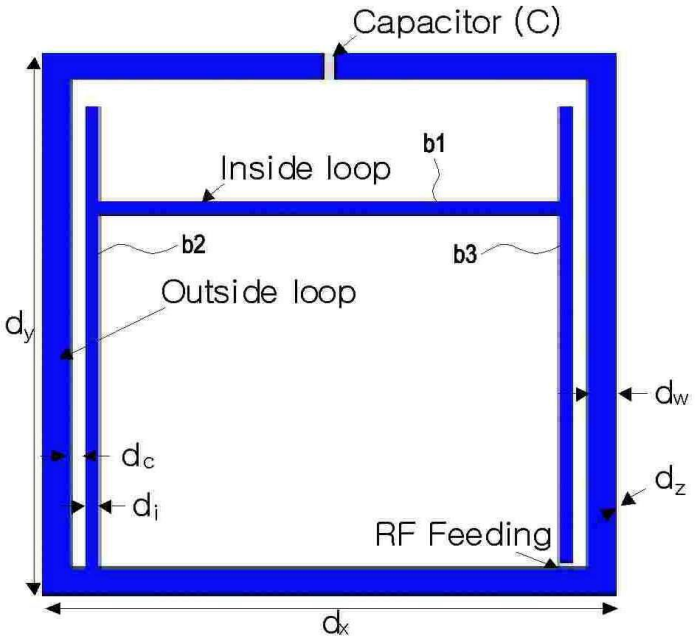
도면4



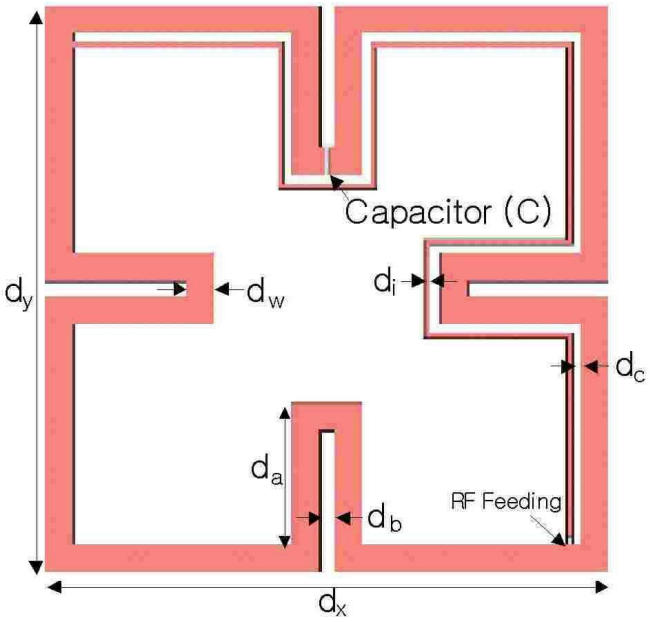
도면5


Capacitor
b1
Current
Matching Device
Connector

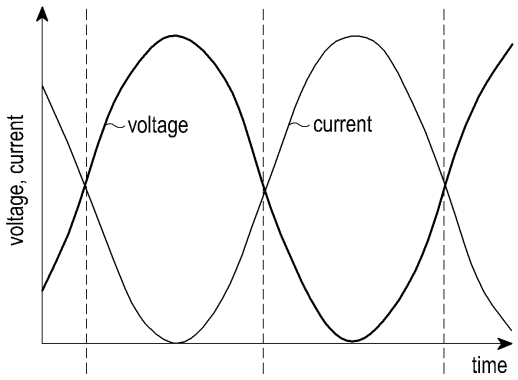
도면6


Capacitor (C)
b1
Inside loop
b2
b3
Outside loop
dy
dw
dc
dz
di
RF Feeding
dx

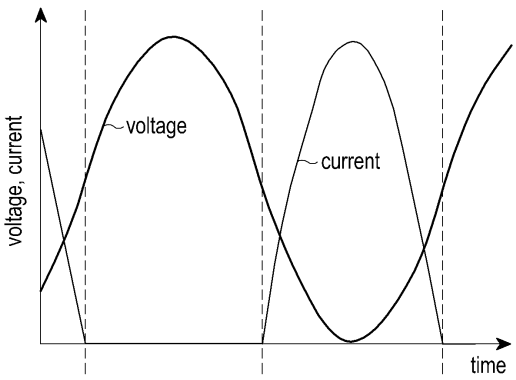
도면7



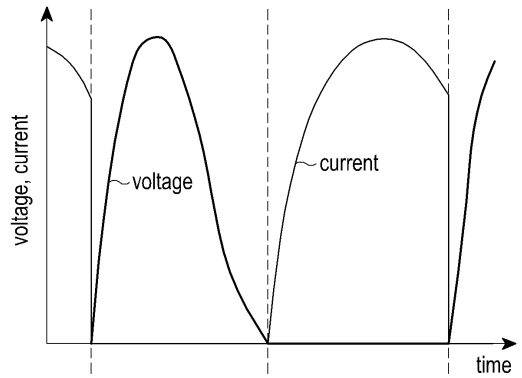
도면8a



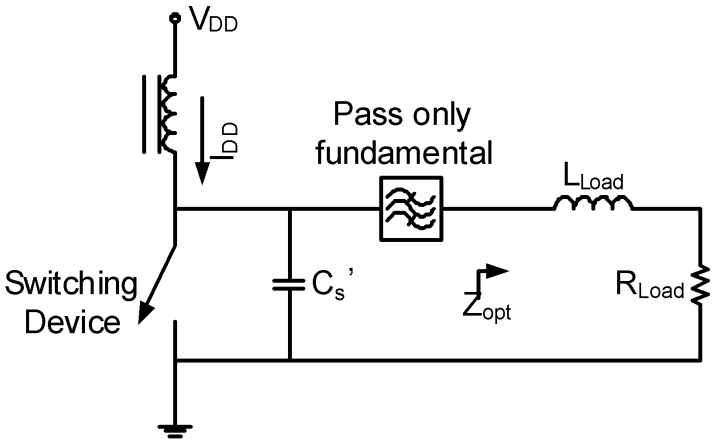
도면8b



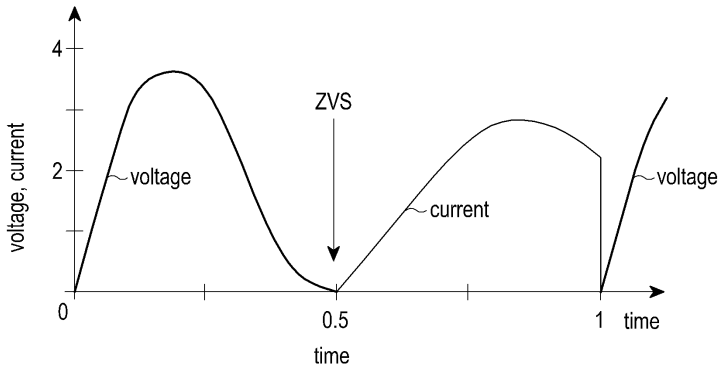
도면8c



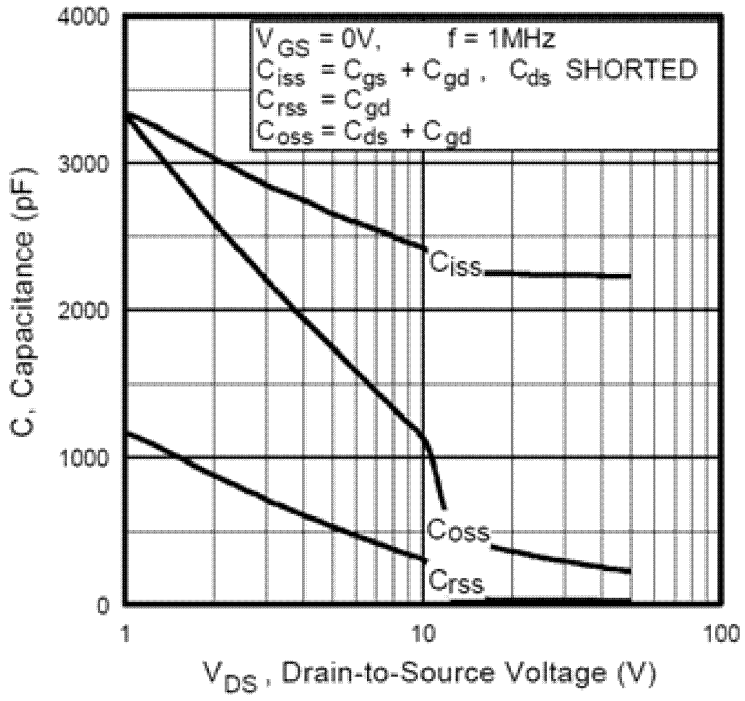
도면9



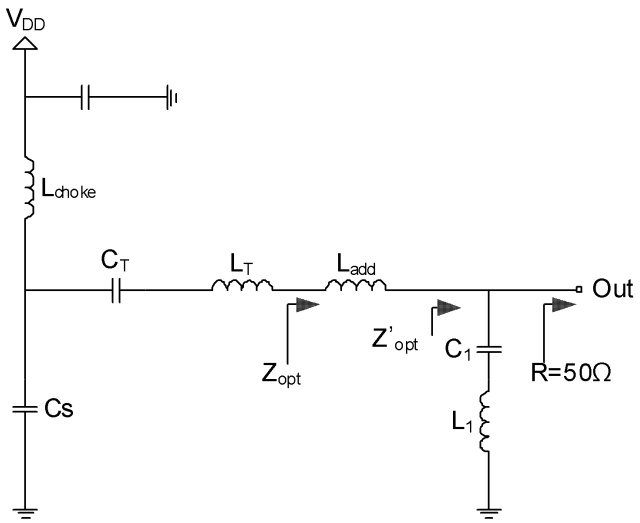
도면10



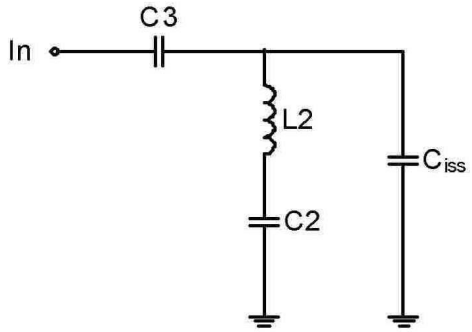
도면11



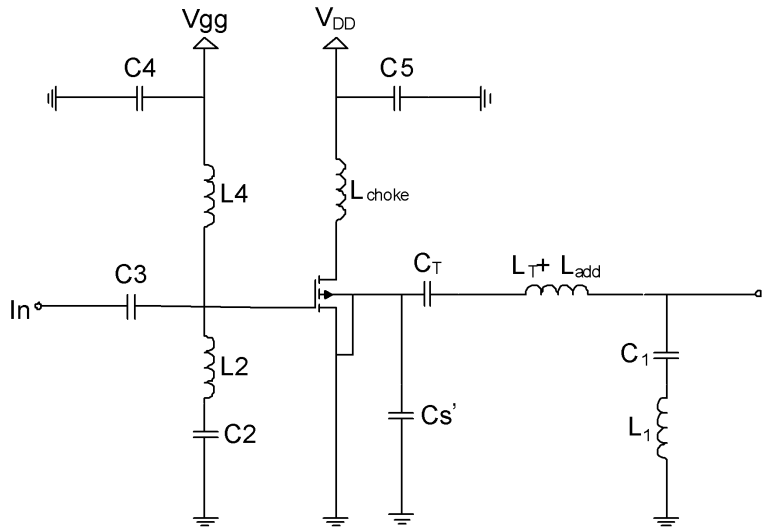
도면12



도면13



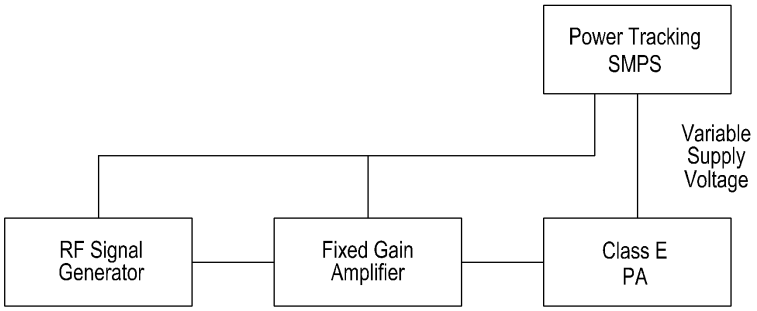
도면14



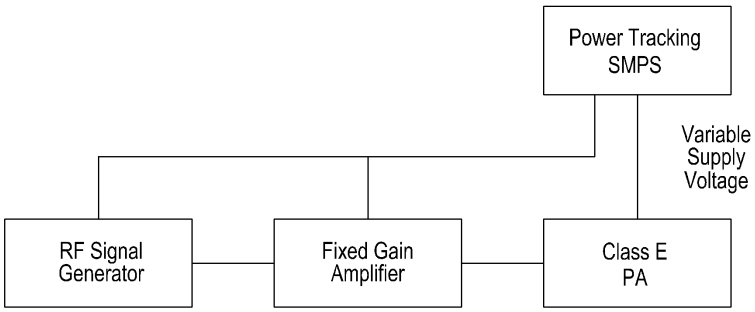
도면15



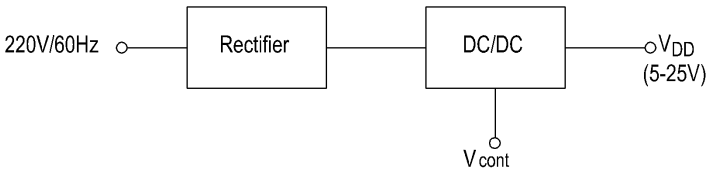
도면16



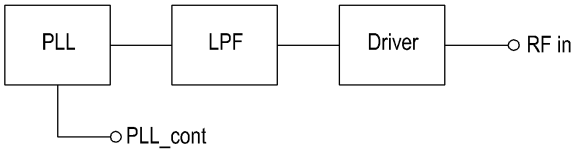
도면17



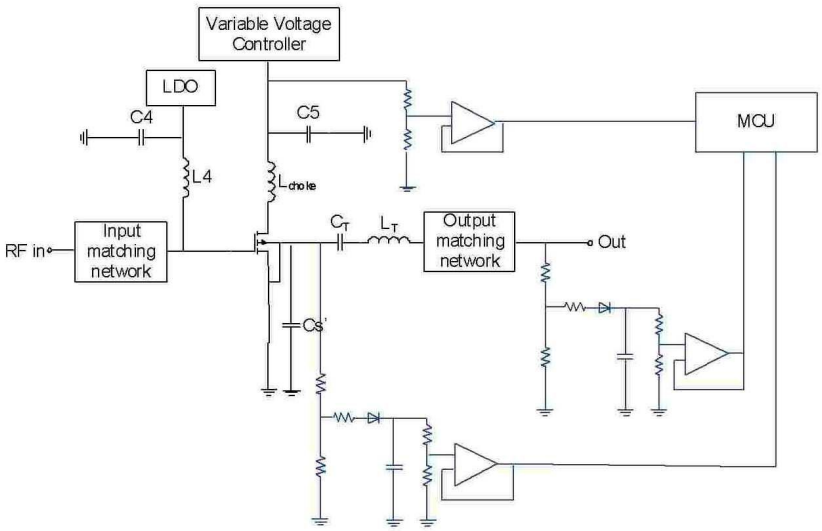
도면18



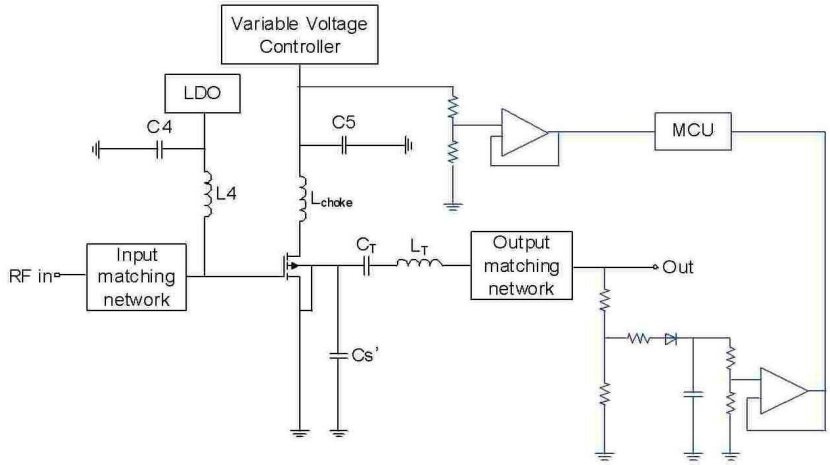
도면19



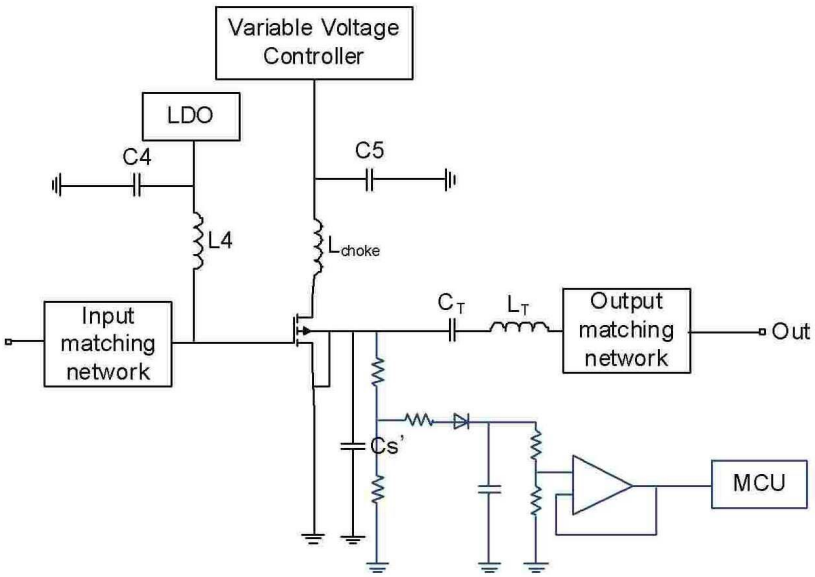
도면20



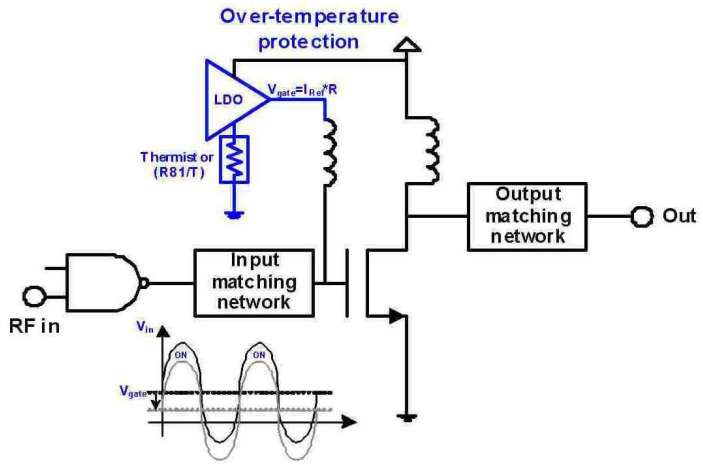
도면21



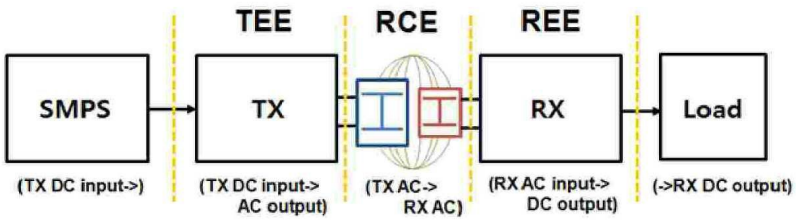
도면22



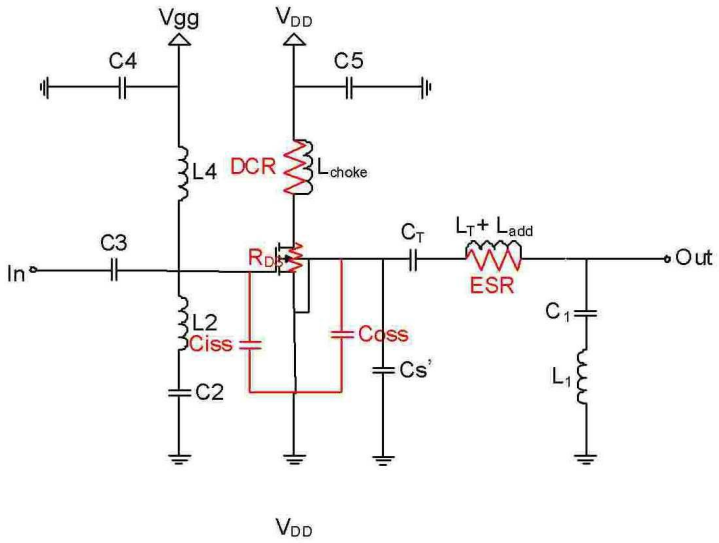
도면23



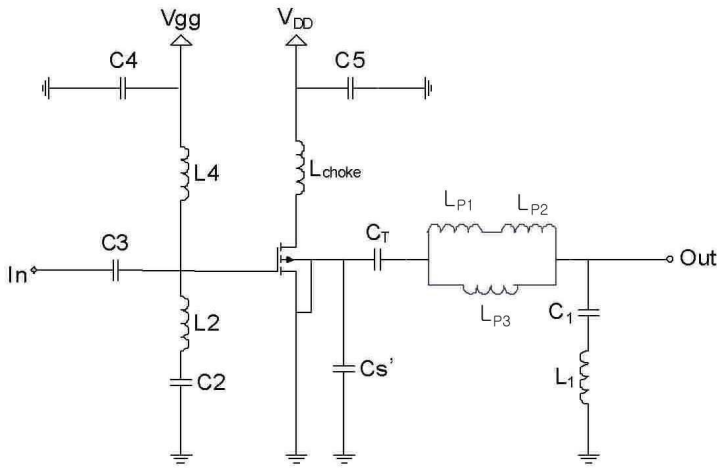
도면24



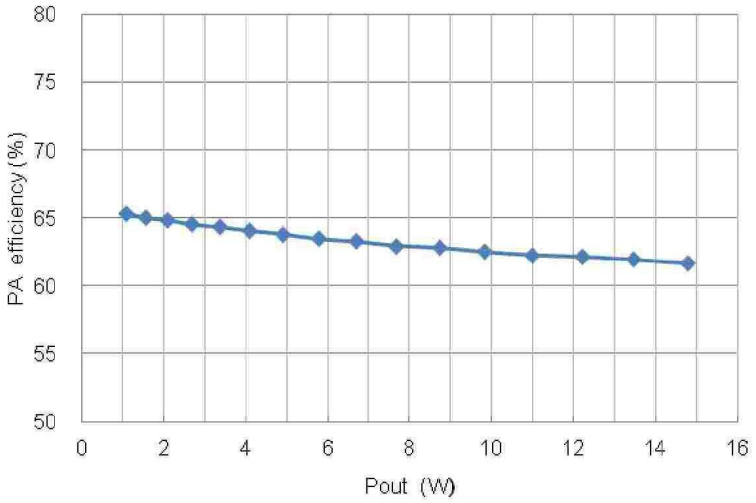
도면25



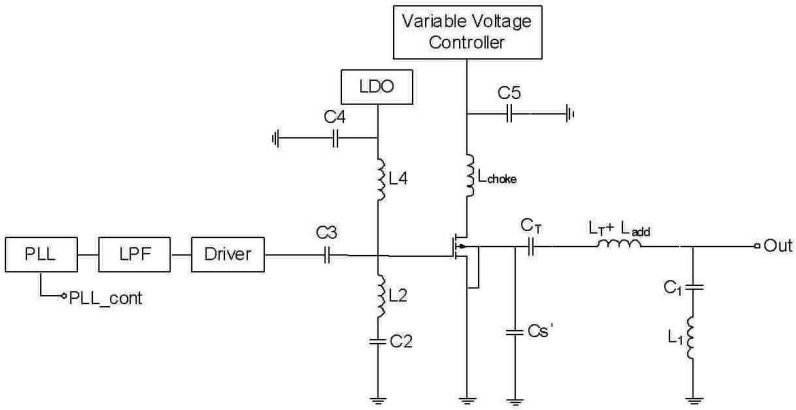
도면26



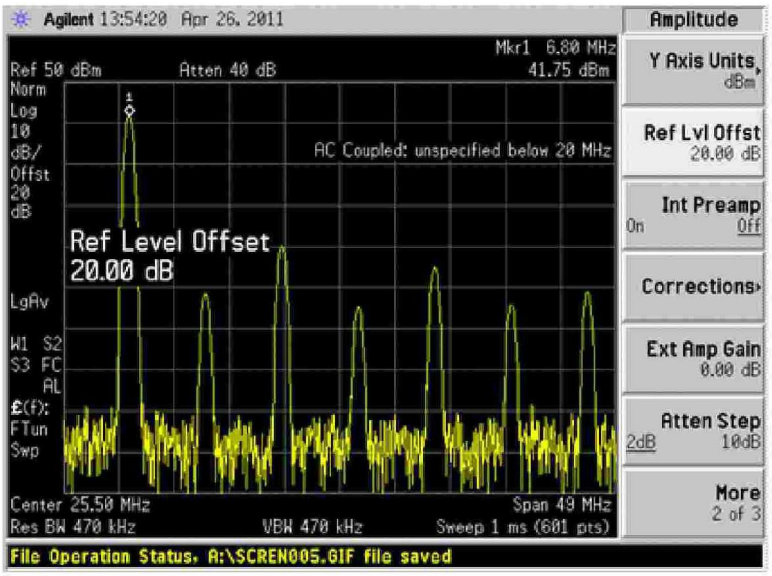
도면27



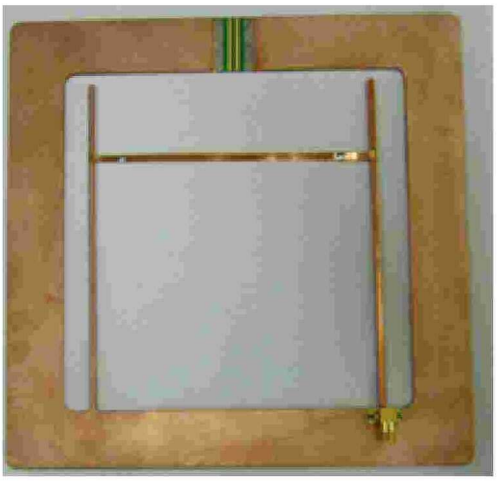
도면28



도면29



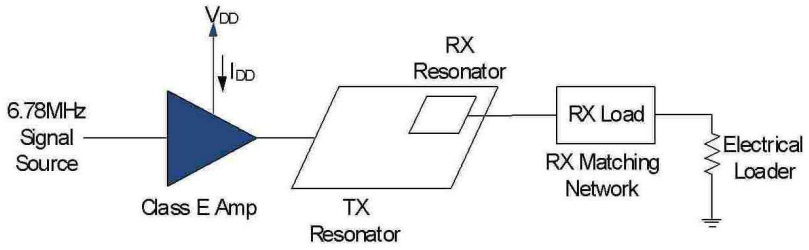
도면30a



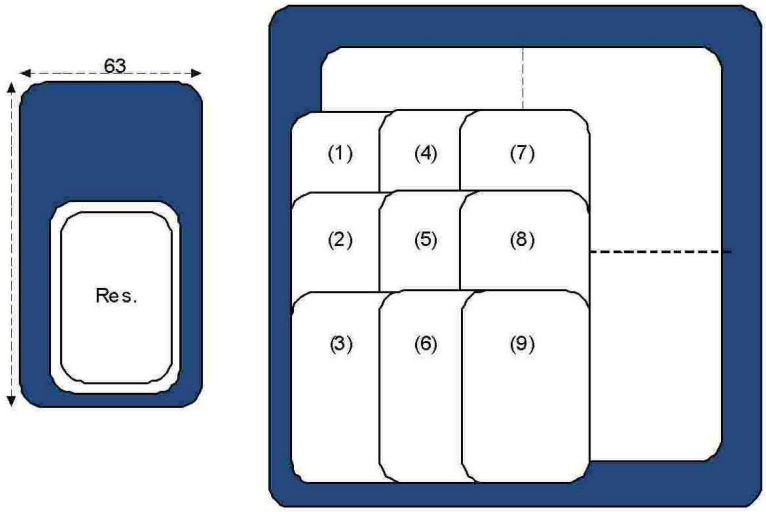
도면30b



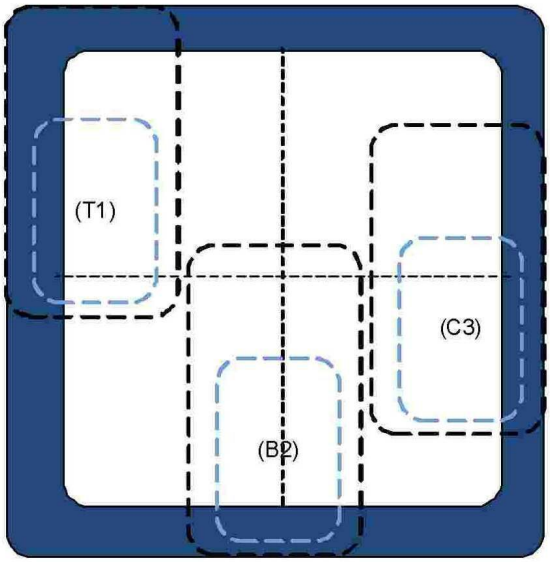
도면31



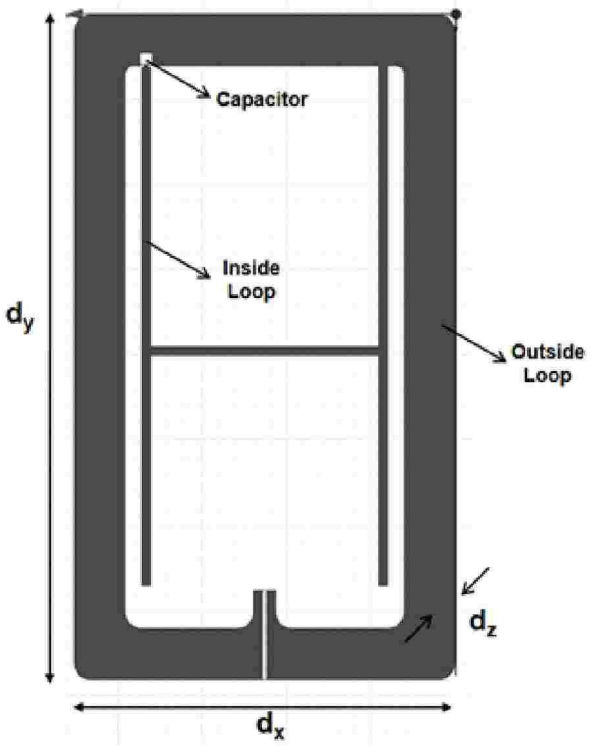
도면32



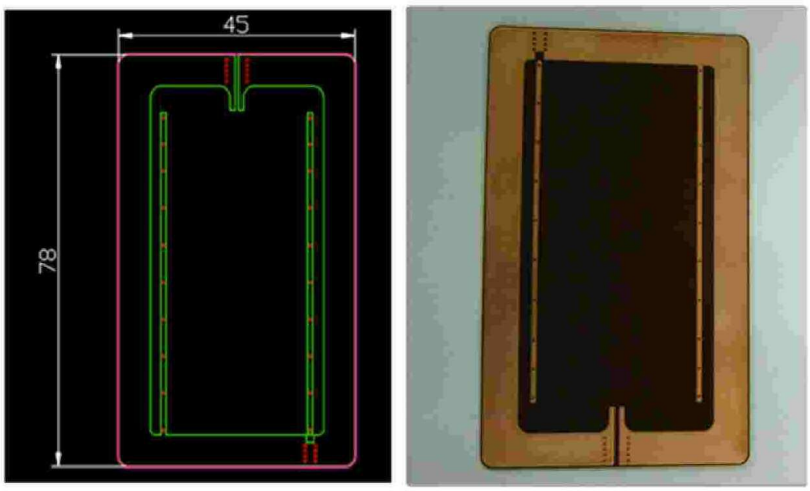
도면33



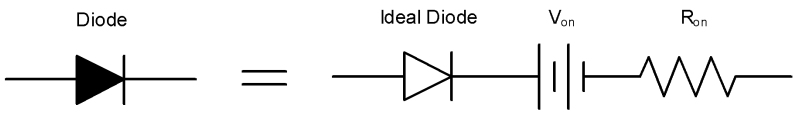
도면34



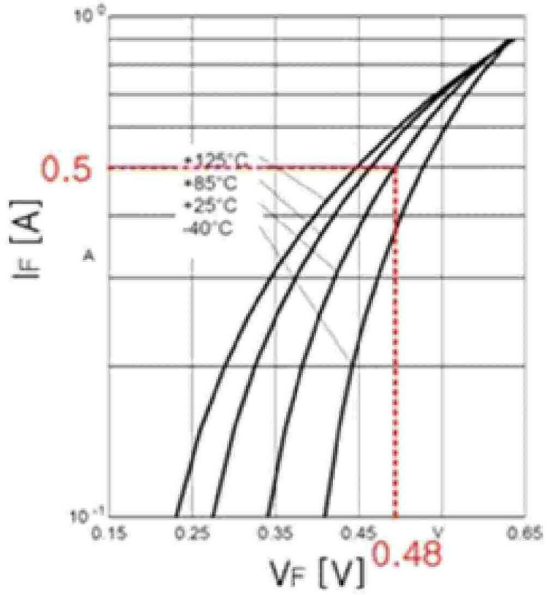
도면35



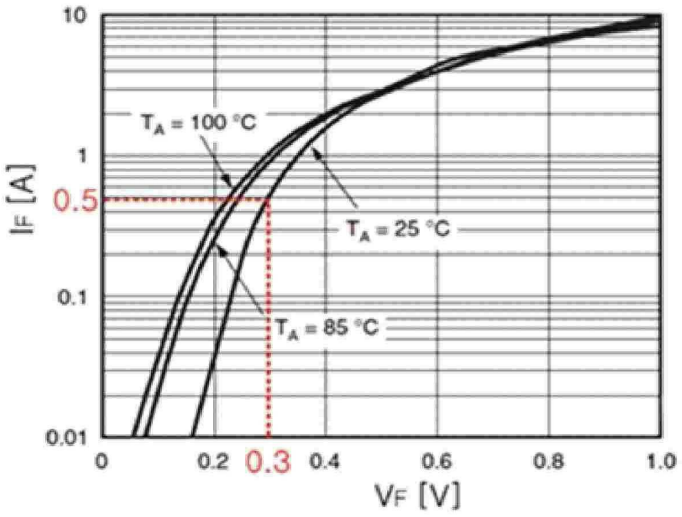
도면36



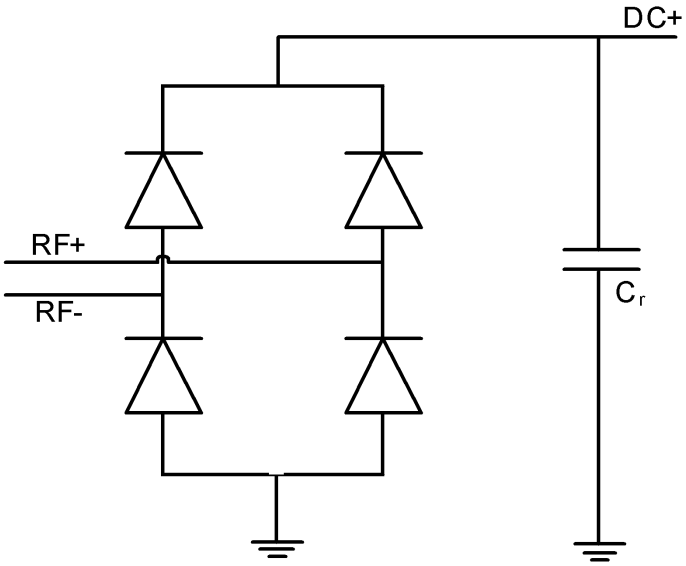
도면37a


0.5
+125°C
+85°C
+25°C
-40°C
IF [A]
A
0.15
0.25
0.35
0.45
V
0.65
VF [V]
0.48

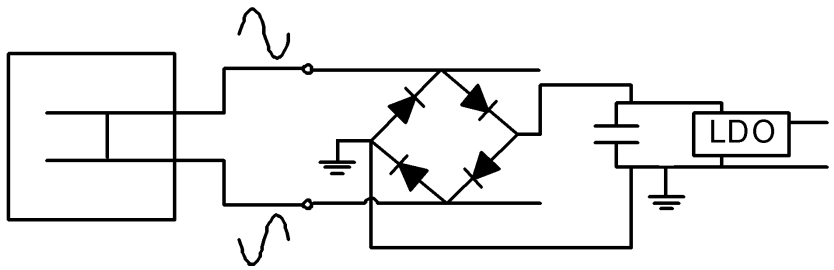
도면37b


10
1
0.5
0.1
0.01
TA = 100 °C
TA = 25 °C
TA = 85 °C
IF [A]
0
0.2
0.3
0.4
0.6
0.8
1.0
VF [V]

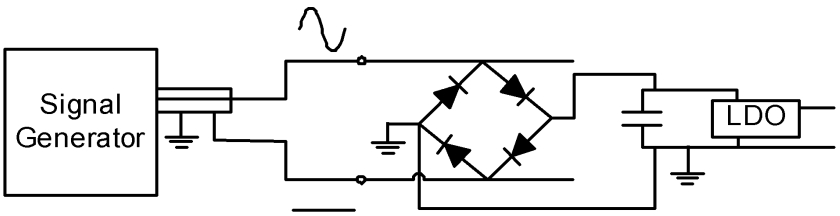
도면38



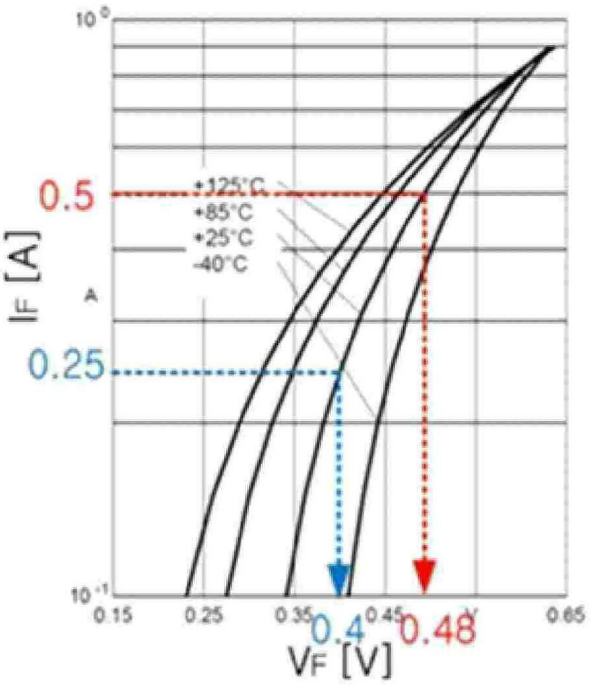
도면39



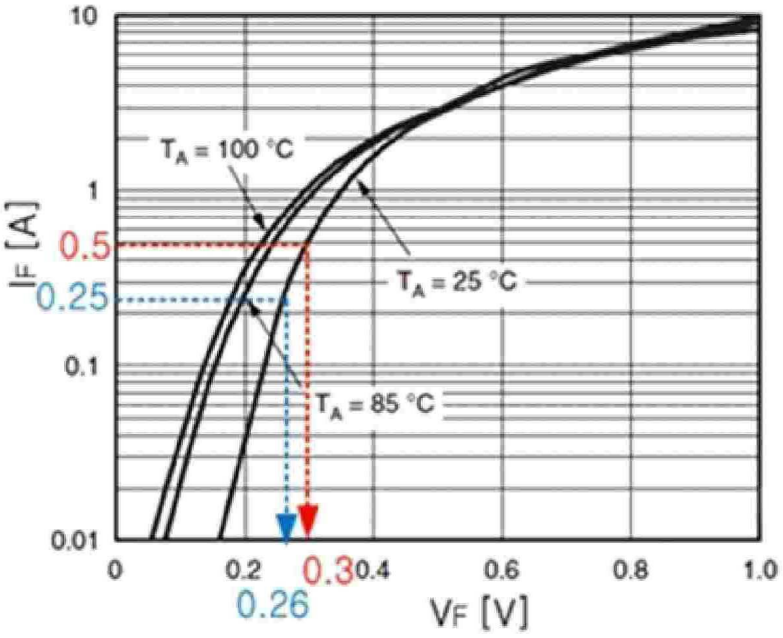
도면40



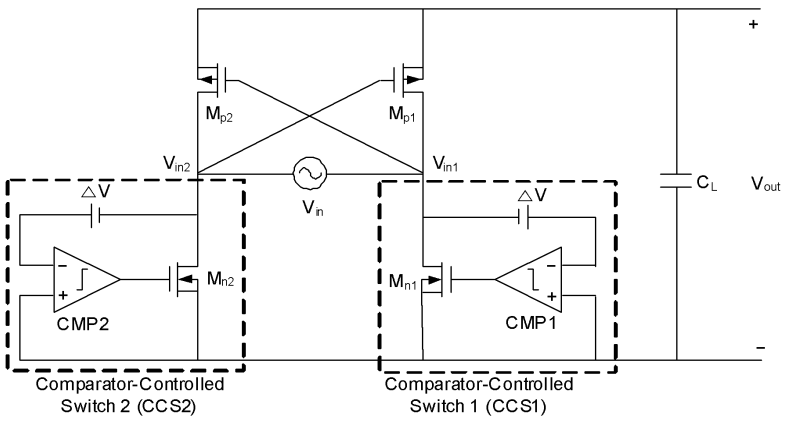
도면41a


10 0
0.5
+125°C
+85°C
+25°C
-40°C
IF [A]
A
0.25
10 -1
0.15
0.25
0.35
0.45
V
0.65
0.4
0.48
VF [V]

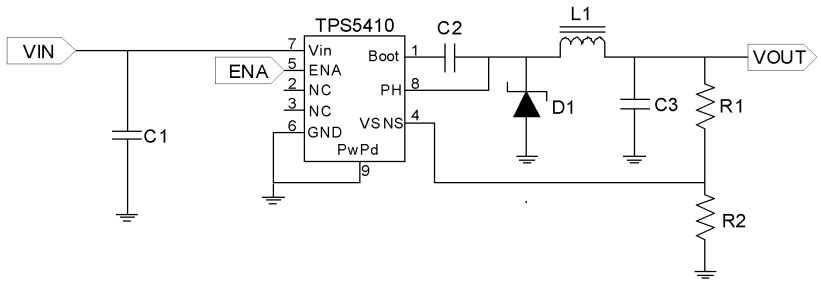
도면41b


10
1
0.5
0.25
0.1
0.01
IF [A]
TA = 100 °C
TA = 25 °C
TA = 85 °C
0
0.2
0.3
0.4
0.6
0.8
1.0
0.26
VF [V]

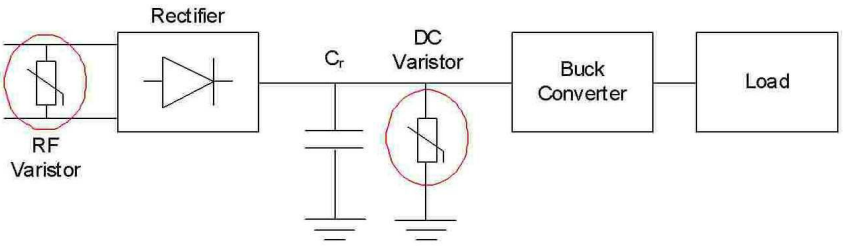
도면42



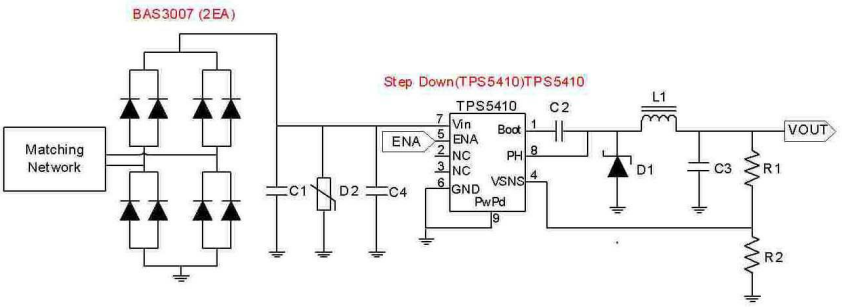
도면43



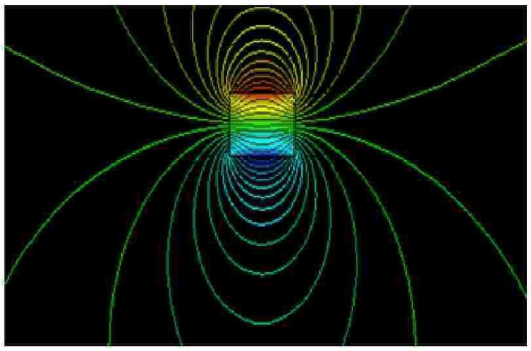
도면44



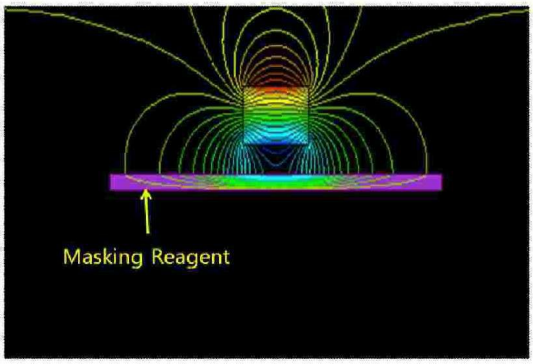
도면45



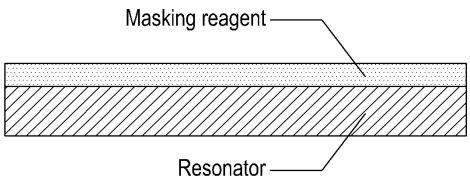
도면46a



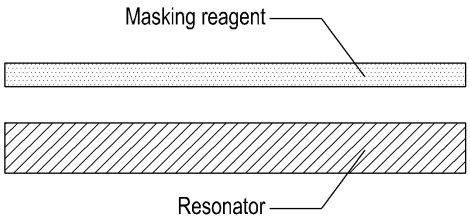
도면46b



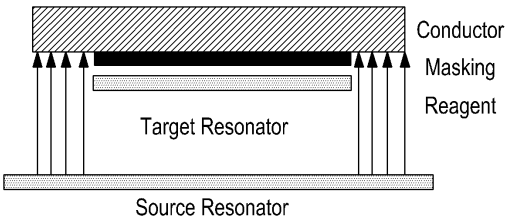
도면47a



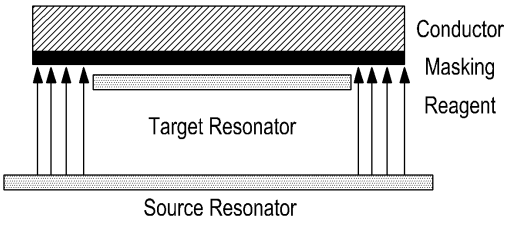
도면47b



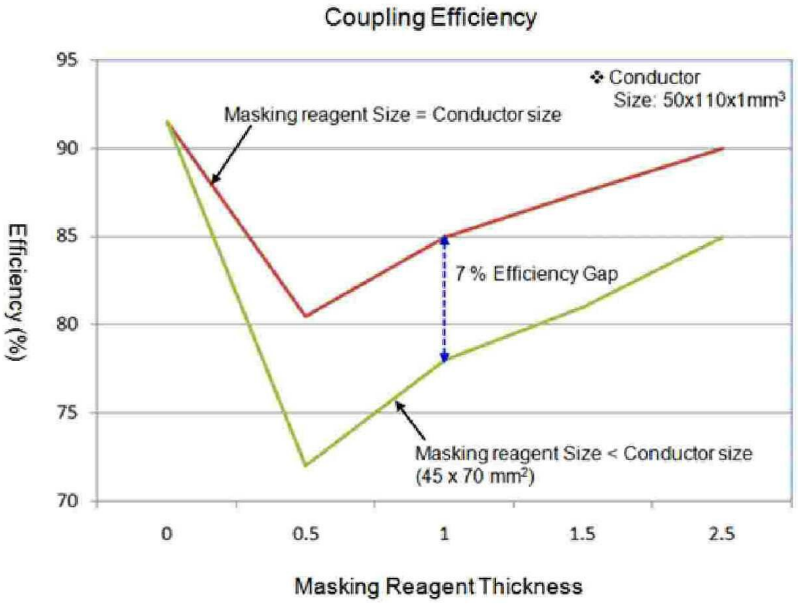
도면48a



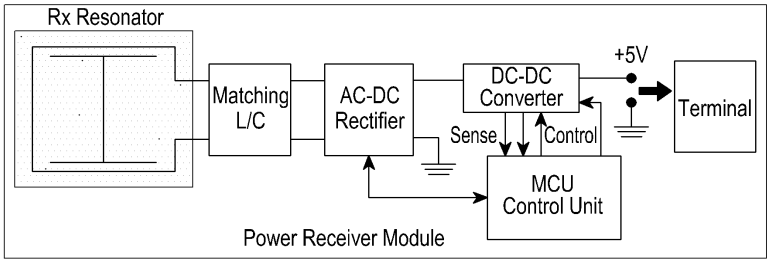
도면48b



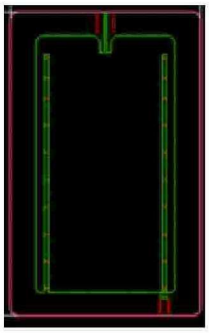
도면49



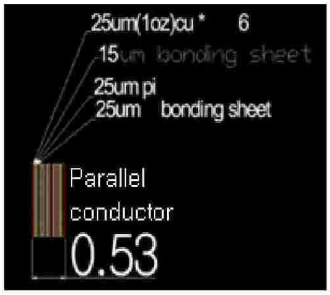
도면50



도면51a



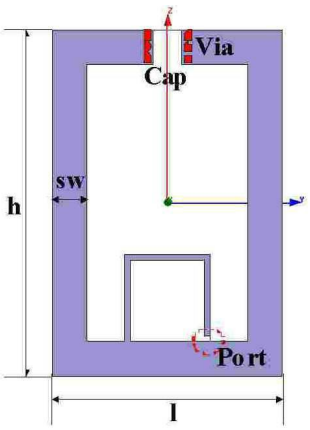
도면51b



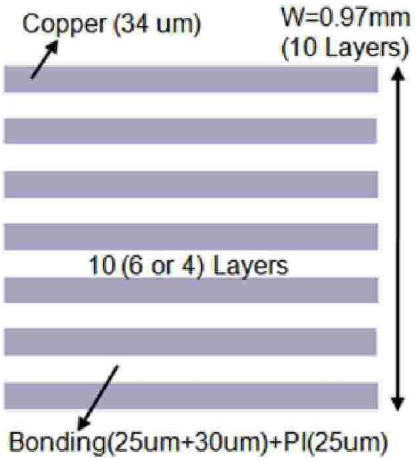
도면51c



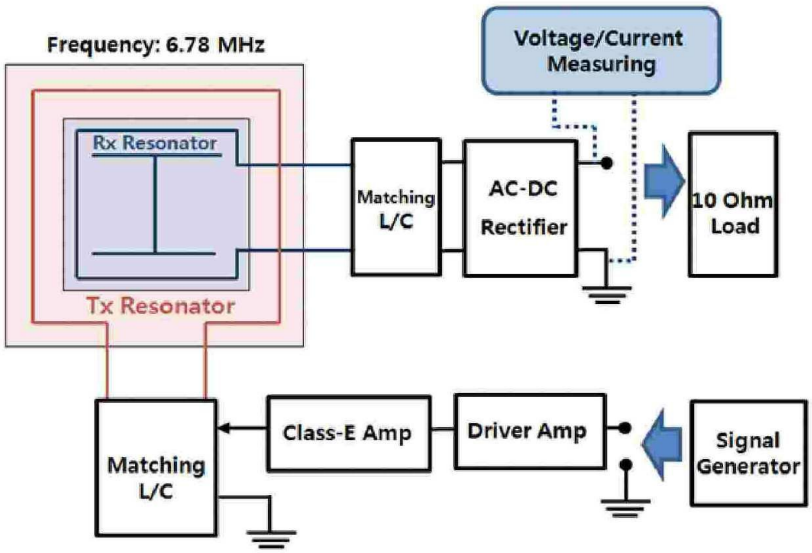
도면51d



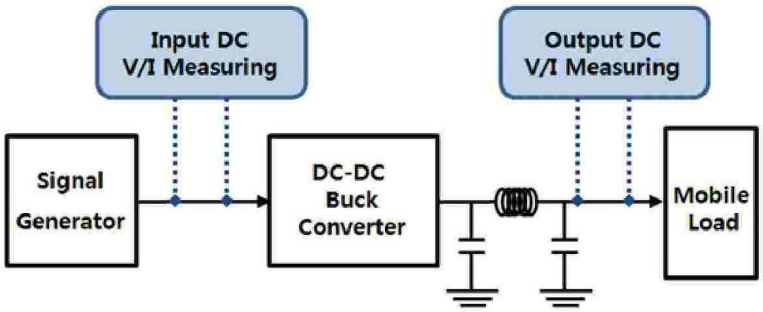
도면51e



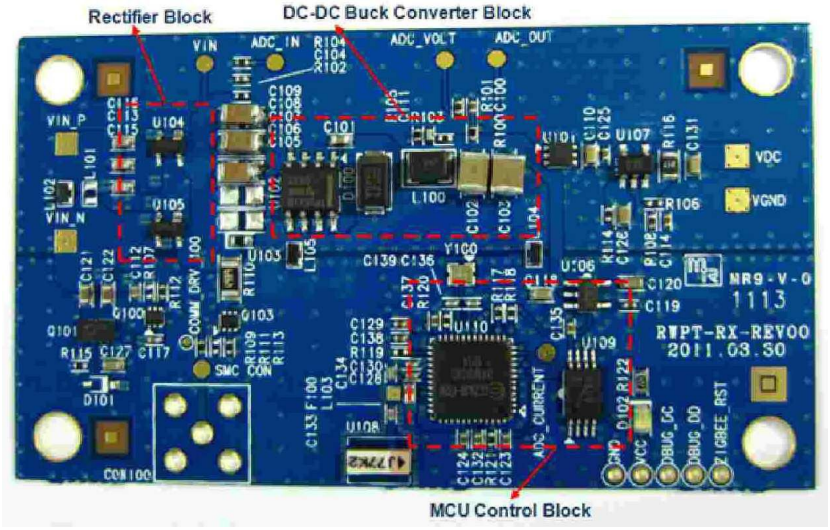
도면52



도면53



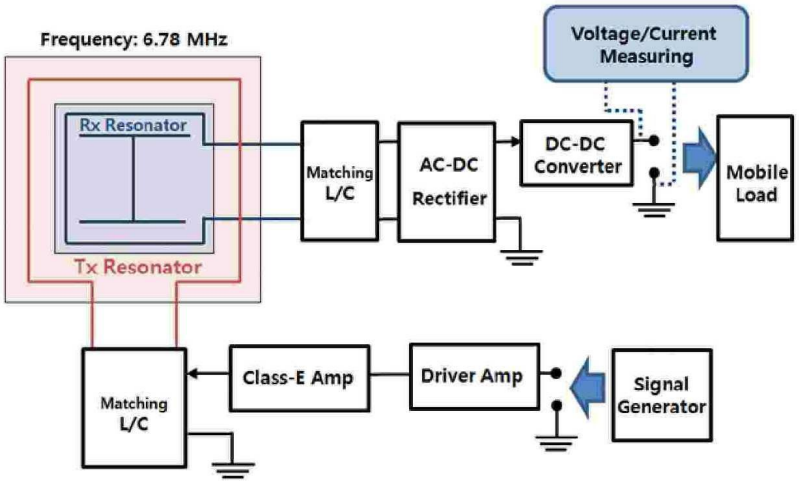
도면54


Rectifier Block
DC-DC Buck Converter Block
MCU Control Block

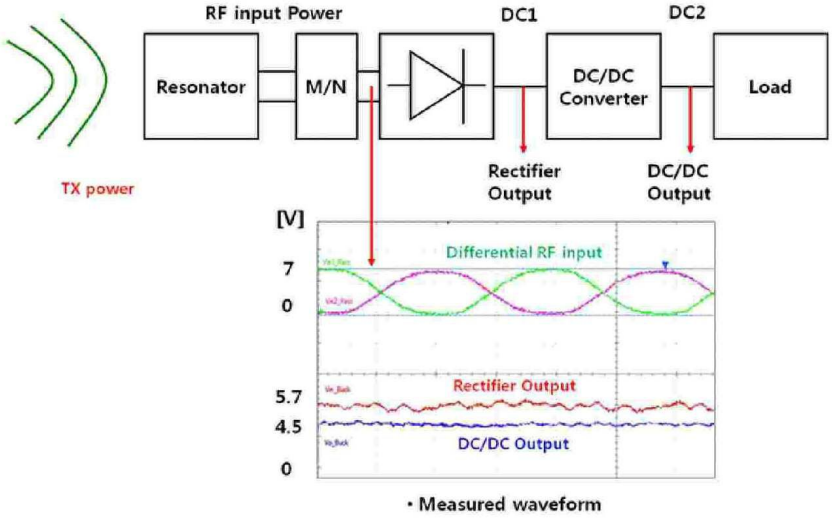
도면55


Outband Communication module
RX System
RX resonator
SAMSUNG

도면56



도면57



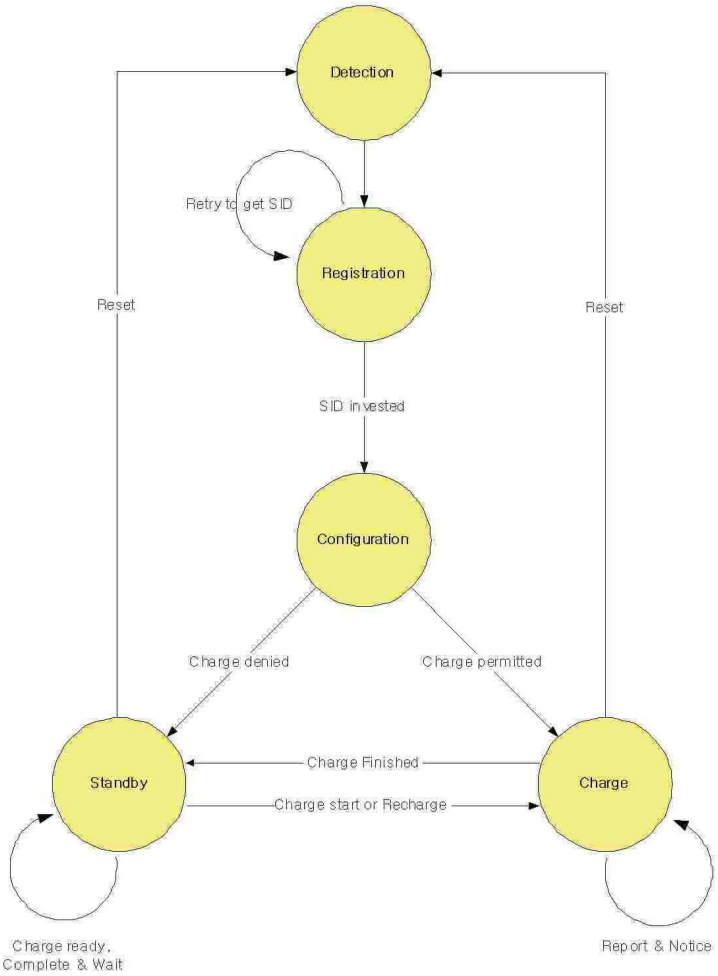
도면58a



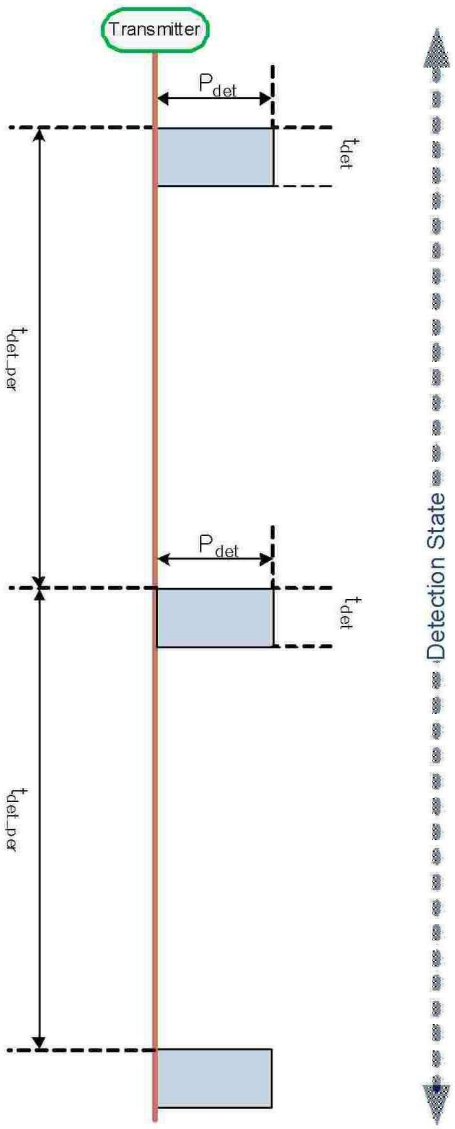
도면58b



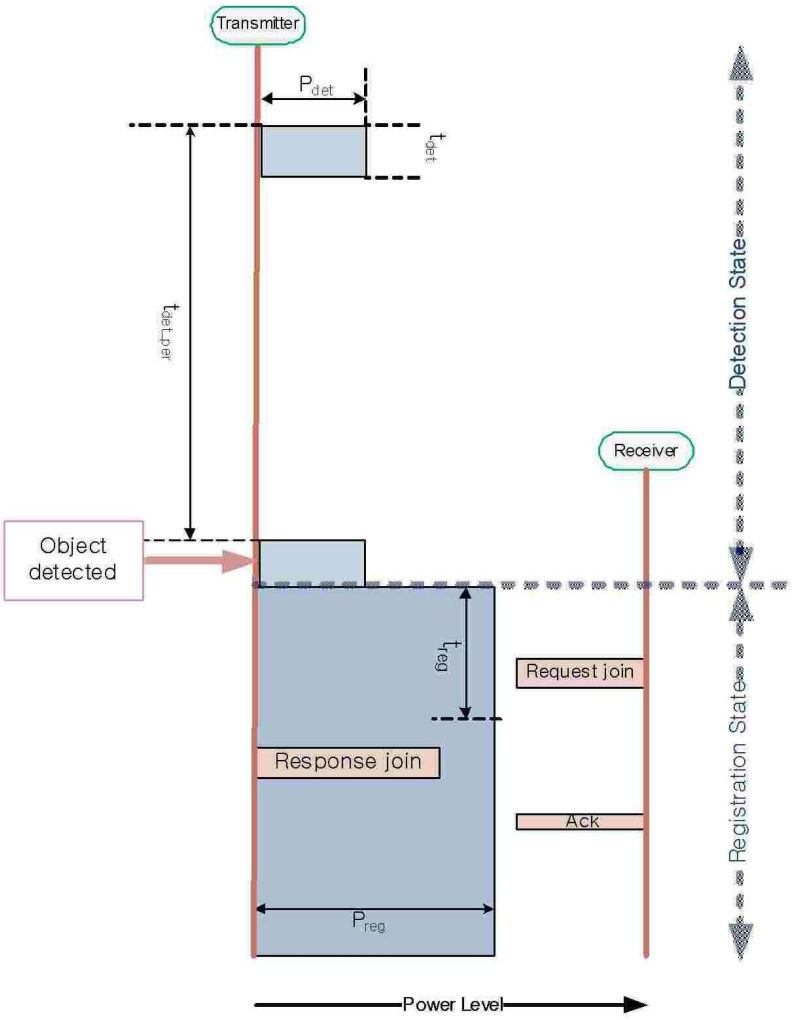
도면59


Detection
Retry to get SID
Registration
Reset
Reset
SID invested
Configuration
Charge denied
Charge permitted
Standby
Charge Finished
Charge start or Recharge
Charge
Charge ready,
Complete & Wait
Report & Notice

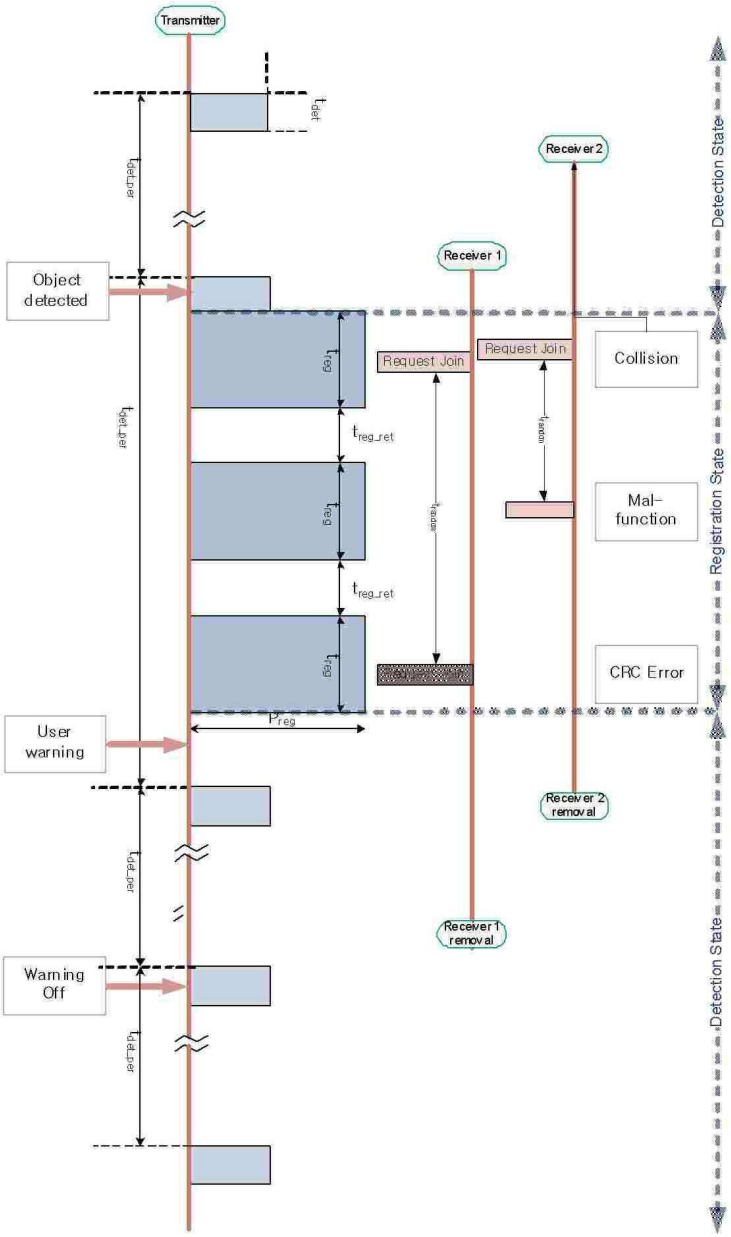
도면60


Transmitter
P det
t det
t det_per
P det
t det
t det_per
Detection State

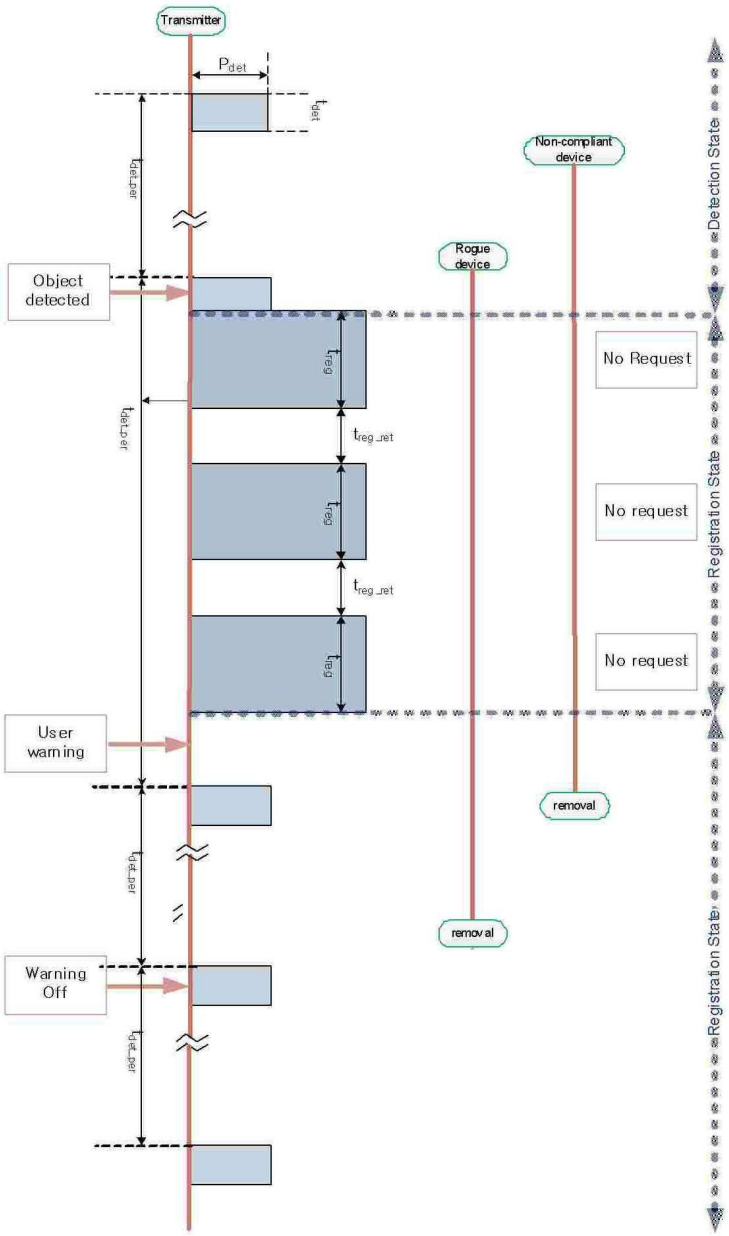
도면61


Transmitter
P_{det}
t_{det}
t_{det_per}
Receiver
Detection State
Object detected
t_{reg}
Request join
Response join
Ack
Registration State
P_{reg}
Power Level

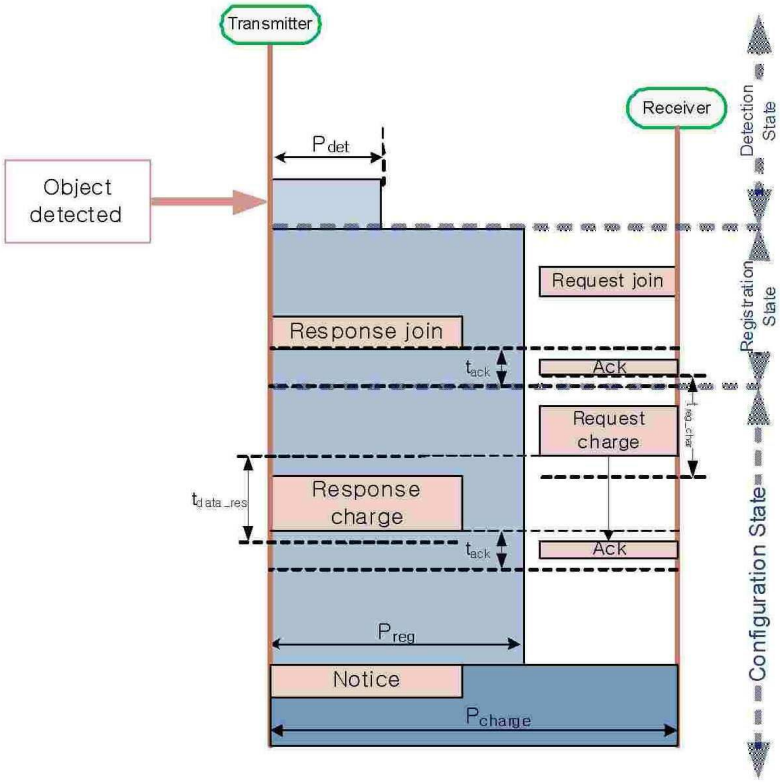
도면62


Transmitter
Receiver 2
Receiver 1
Detection State
Registration State
Detection State
Object detected
Request Join
Request Join
Collision
Mal-function
CRC Error
User warning
Warning Off
Receiver 2 removal
Receiver 1 removal

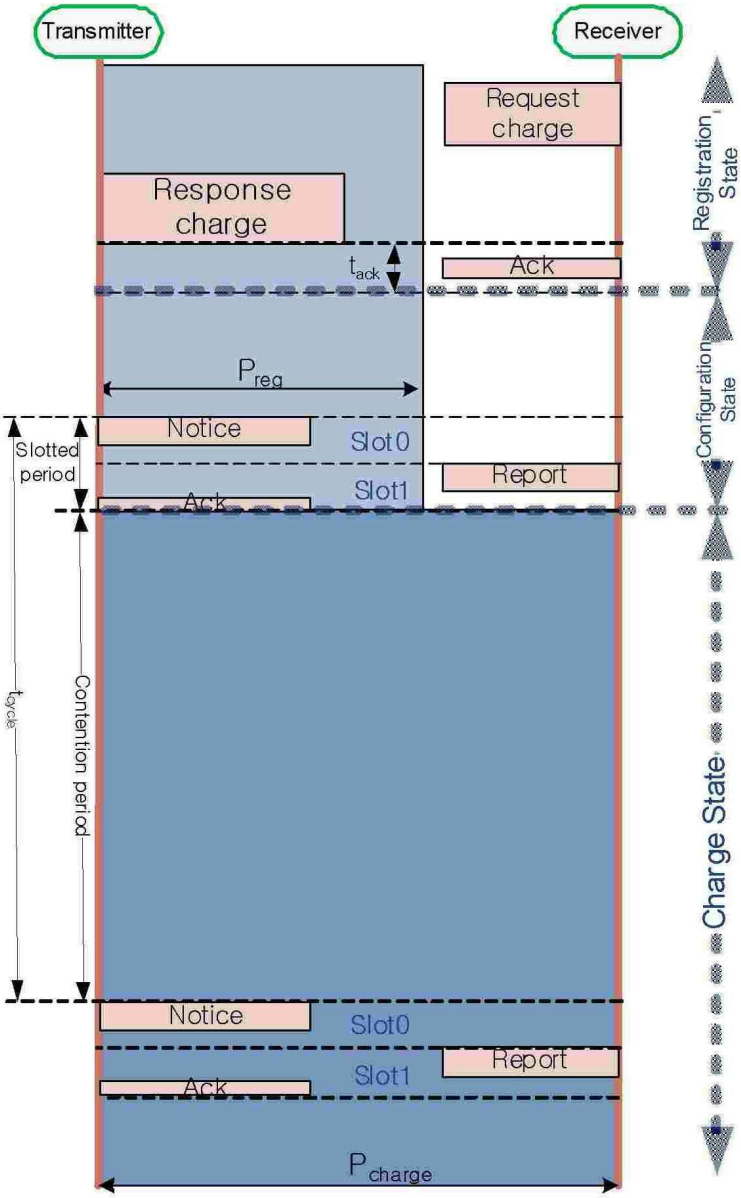
도면63


Transmitter
Pdet
tdet
tdet_per
Object detected
Non-compliant device
Rogue device
Detection State
No Request
treg
treg_ret
tdet_per
No request
treg
treg_ret
No request
treg
User warning
removal
tdet_per
removal
Registration State
Warning Off
tdet_per

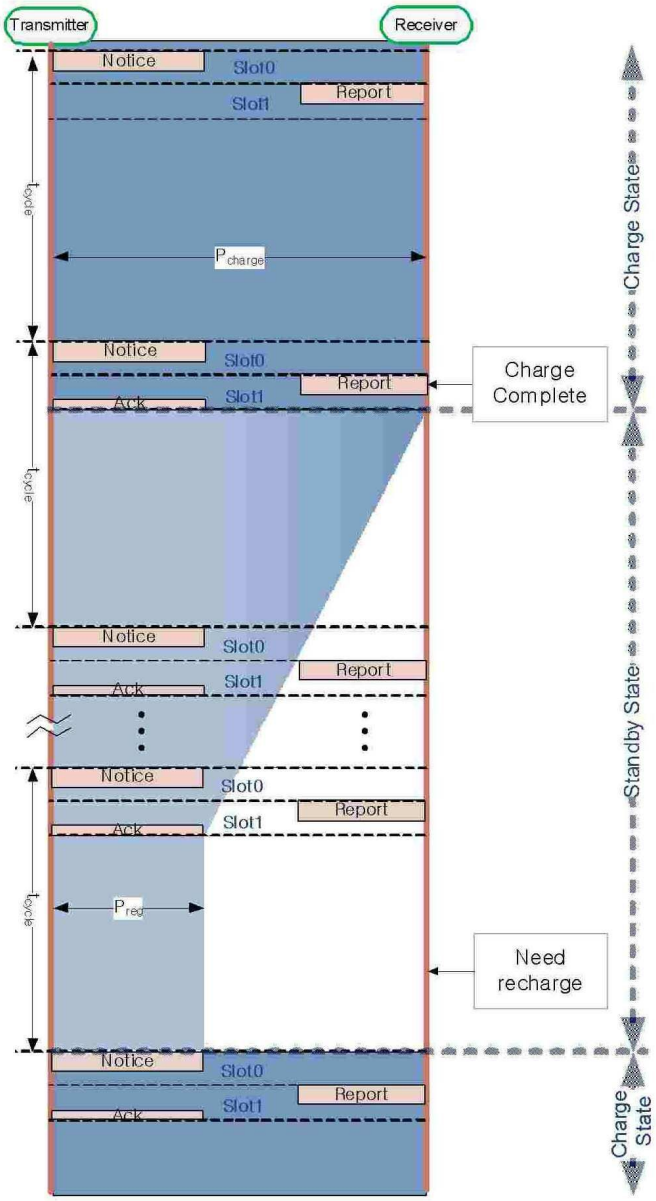
도면64


Transmitter
Receiver
Detection State
Registration State
Configuration State
Object detected
Pdet
Request join
Response join
tack
Ack
Request charge
tdata_req
tdata_res
Response charge
tack
Ack
Preg
Notice
Pcharge

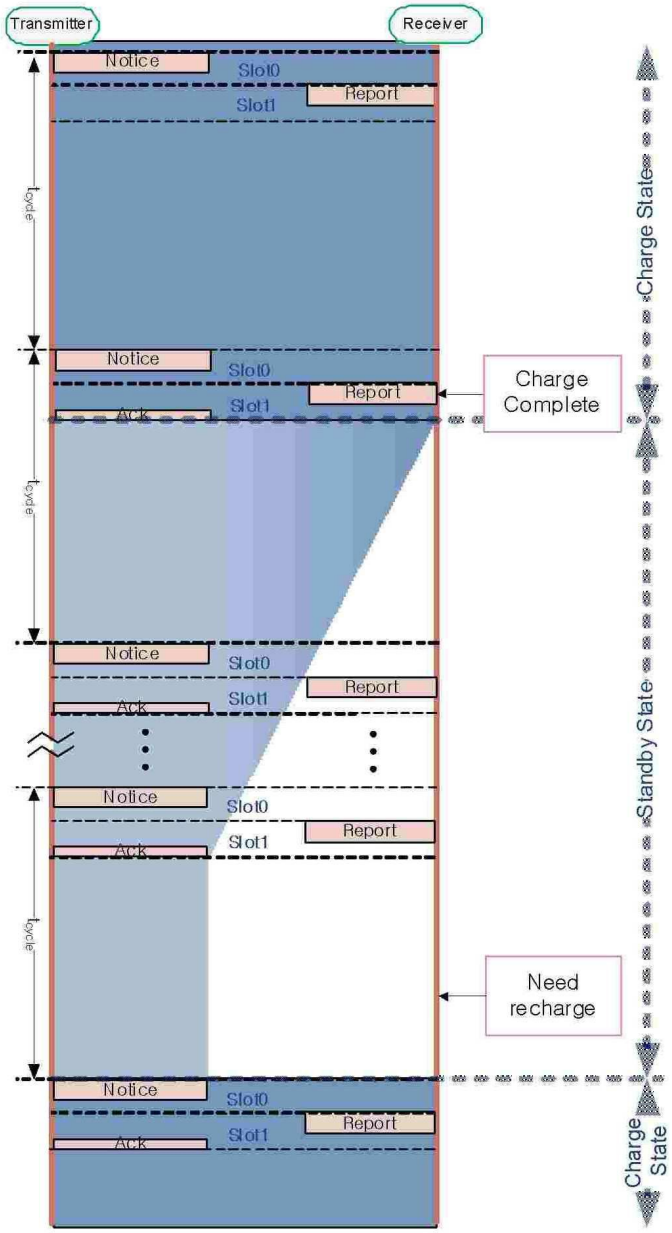
도면65


Transmitter
Receiver
Request charge
Response charge
Registration State
t_{ack}
Ack
P_{reg}
Configuration State
Notice
Slot0
Slotted period
Report
Slot1
Ack
t_{cycle}
Contention period
Charge State
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack
P_{charge}

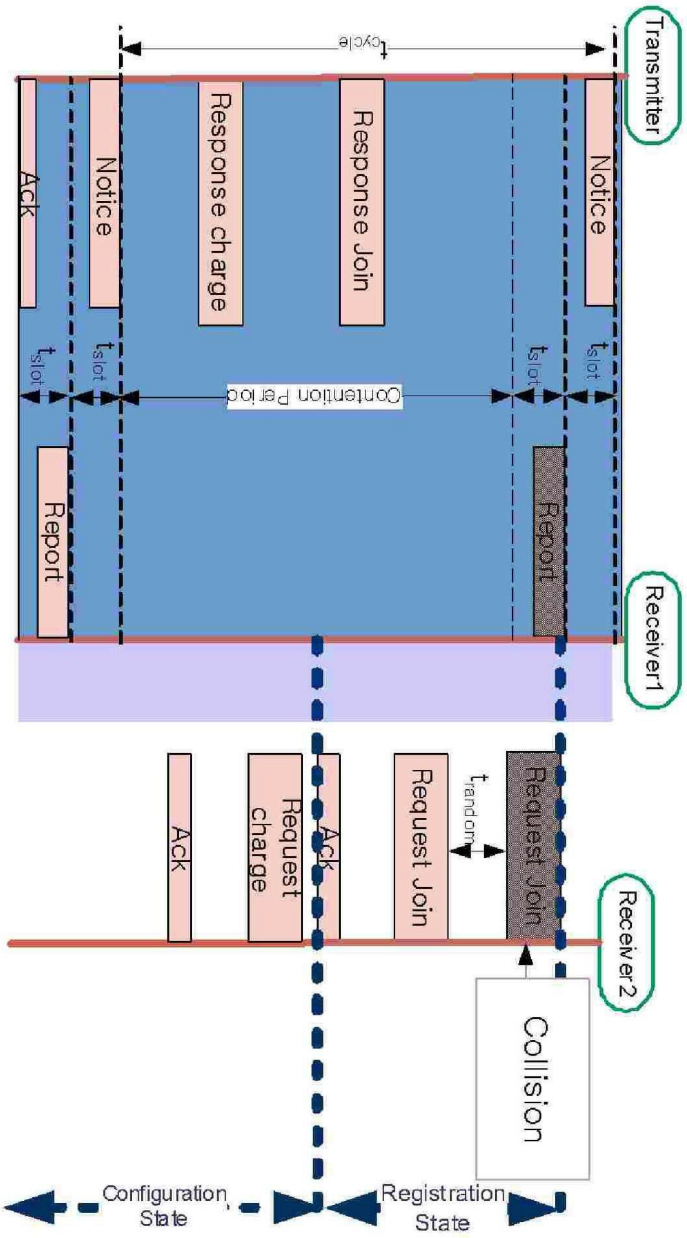
도면66


Transmitter
Receiver
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack
Charge State
Standby State
Charge State
Charge Complete
Need recharge

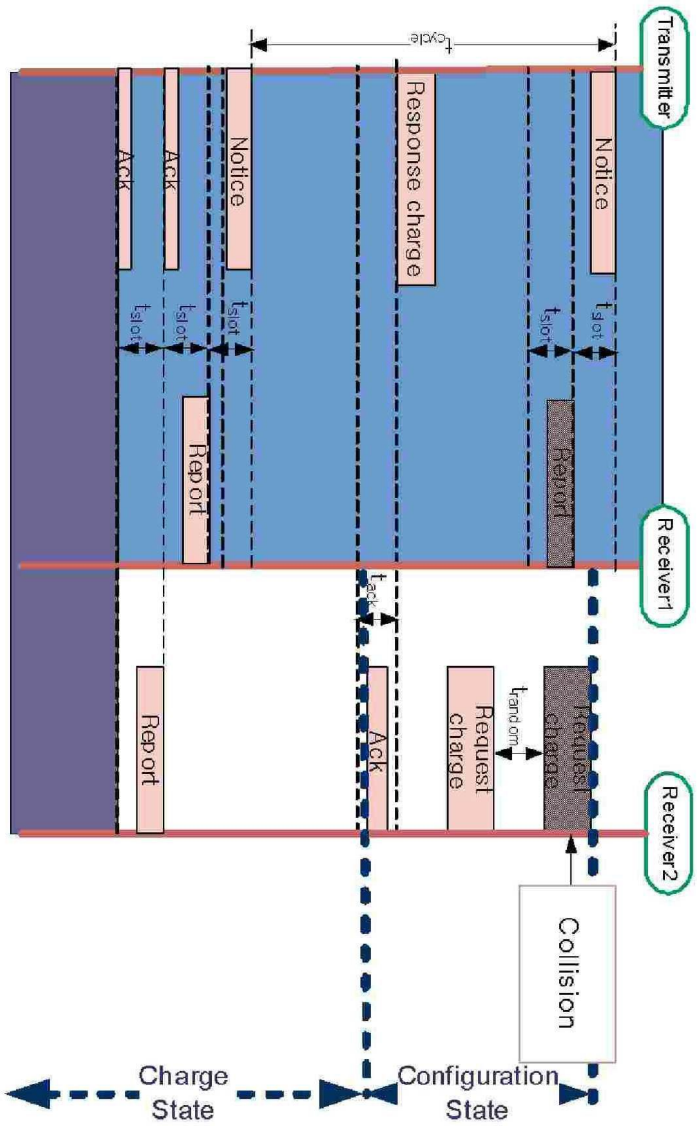
도면67


Transmitter
Receiver
Notice
Slot0
Report
Slot1
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack
Charge Complete
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack
Need recharge
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack
Charge State
Standby State
Charge State

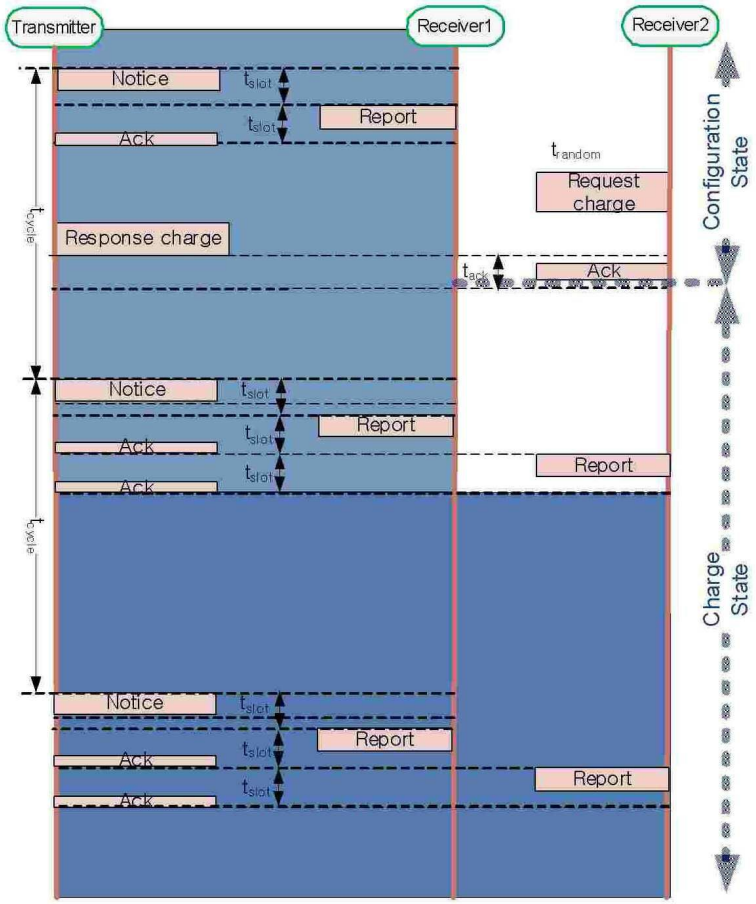
도면68


Transmitter
Receiver1
Receiver2
Ack
Notice
Response charge
Response Join
Notice
Report
Report
Ack
Request charge
Ack
Request Join
Request Join
Collision
Configuration State
Registration State

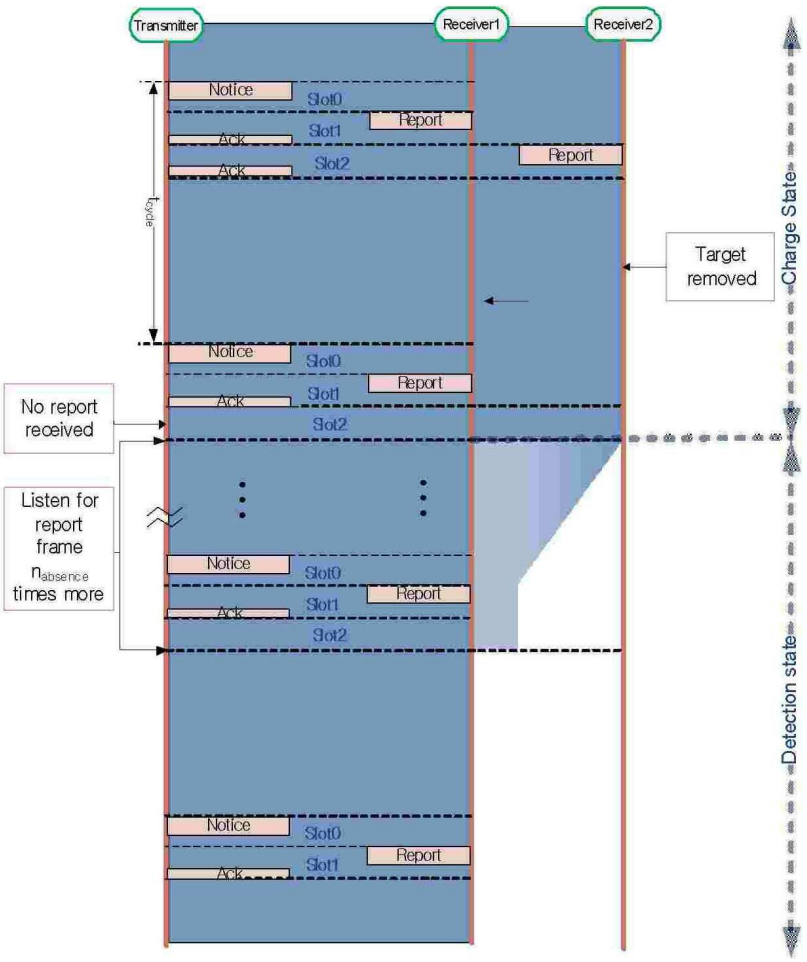
도면69


Transmitter
Receiver1
Receiver2
Notice
Response charge
Notice
Ack
Ack
Report
Report
Report
Ack
Request charge
Request charge
Collision
Charge State
Configuration State

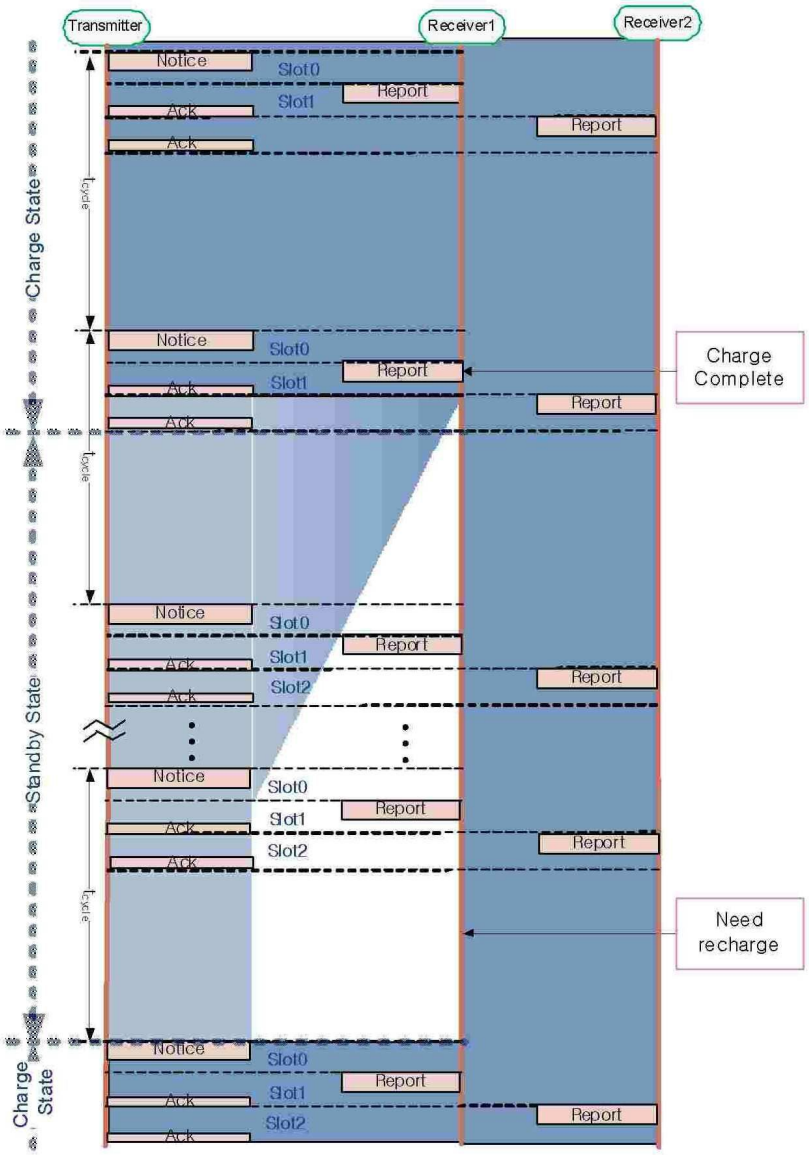
도면70


Transmitter
Receiver1
Receiver2
Notice
t_{slot}
Report
Ack
t_{random}
Request charge
Configuration State
t_{cycle}
Response charge
t_{ack}
Ack
Notice
t_{slot}
Report
Ack
t_{slot}
Report
Ack
t_{slot}
t_{cycle}
Charge State
Notice
t_{slot}
Report
Ack
t_{slot}
Report
Ack
t_{slot}

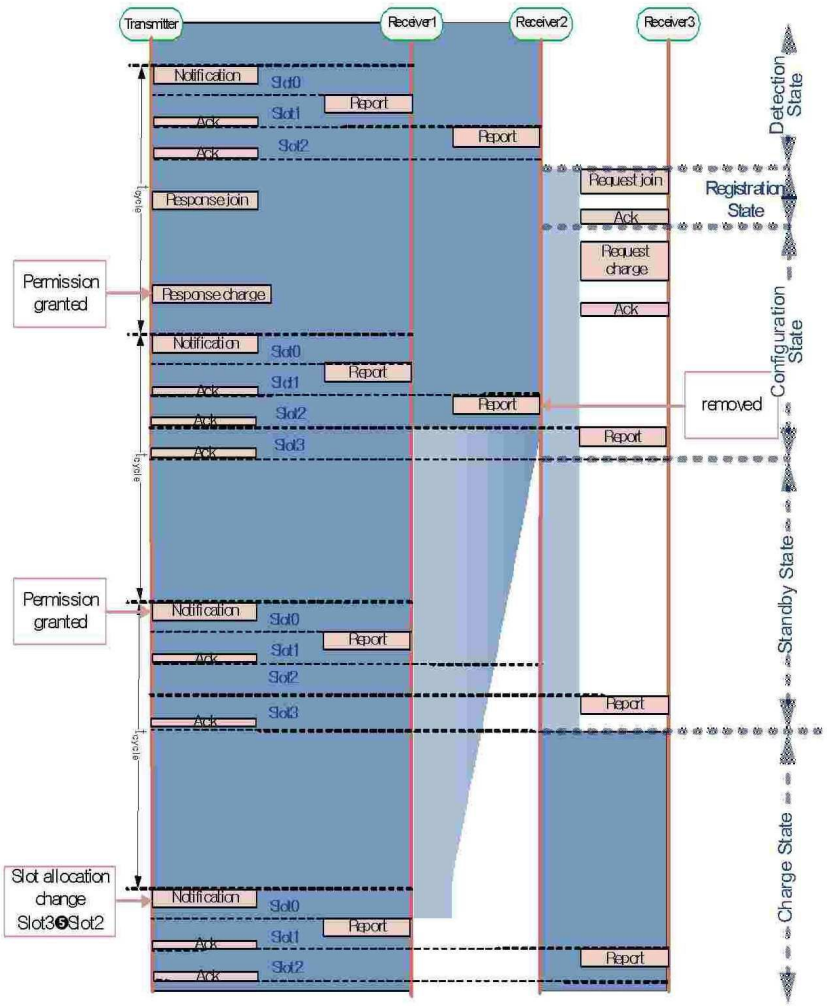
도면71


Transmitter
Receiver1
Receiver2
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack
Report
Ack
Slot2
t_{cycle}
Target removed
Charge State
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack
Slot2
No report received
Listen for report frame $n_{absence}$ times more
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack
Slot2
Detection state
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack

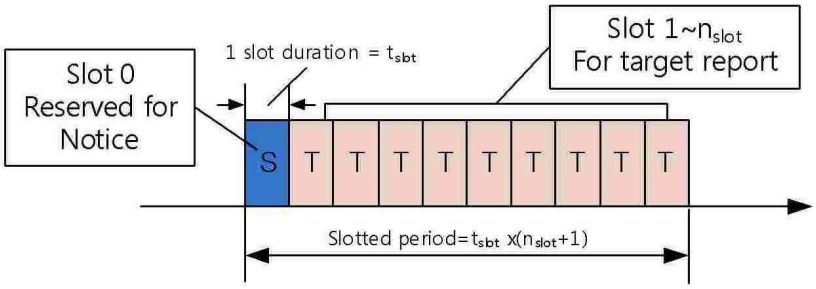
도면72


Transmitter
Receiver1
Receiver2
Charge State
Standby State
Charge State
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack
Report
Ack
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack
Report
Ack
Charge Complete
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack
Report
Slot2
Ack
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack
Report
Slot2
Ack
Need recharge
Notice
Slot0
Report
Slot1
Ack
Report
Slot2
Ack

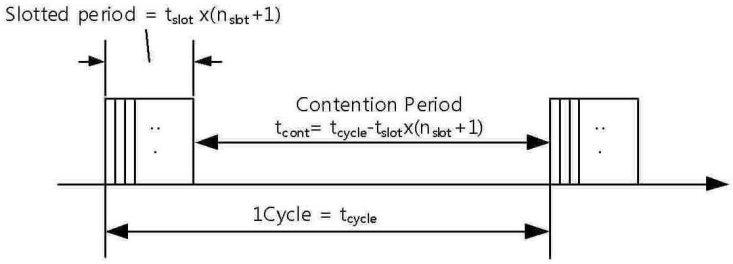
도면73



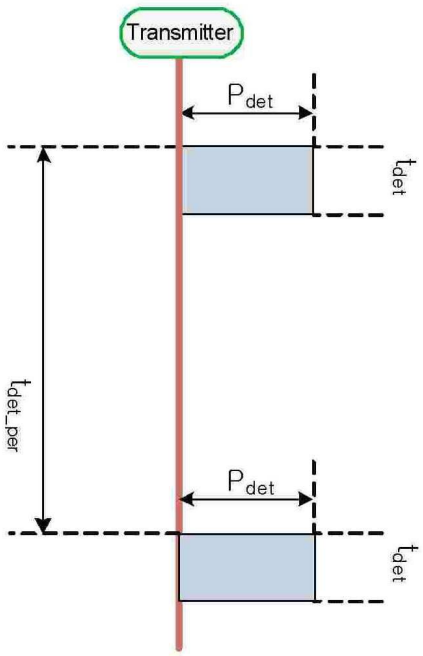
도면74a



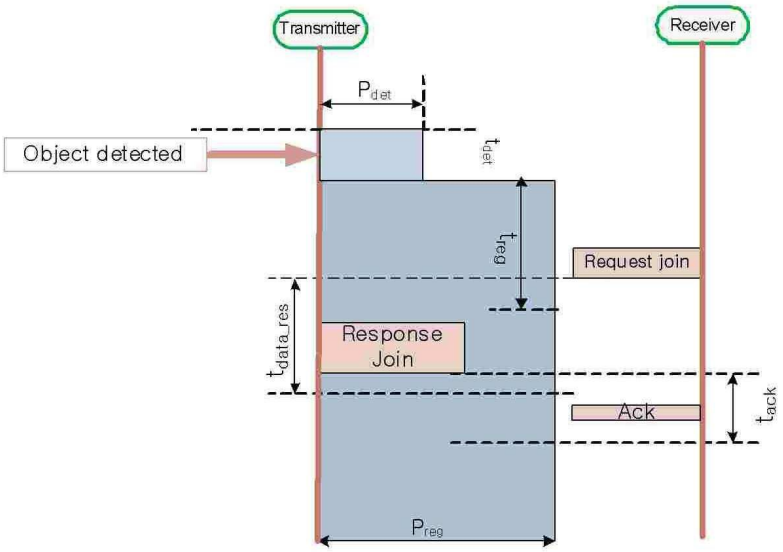
도면74b



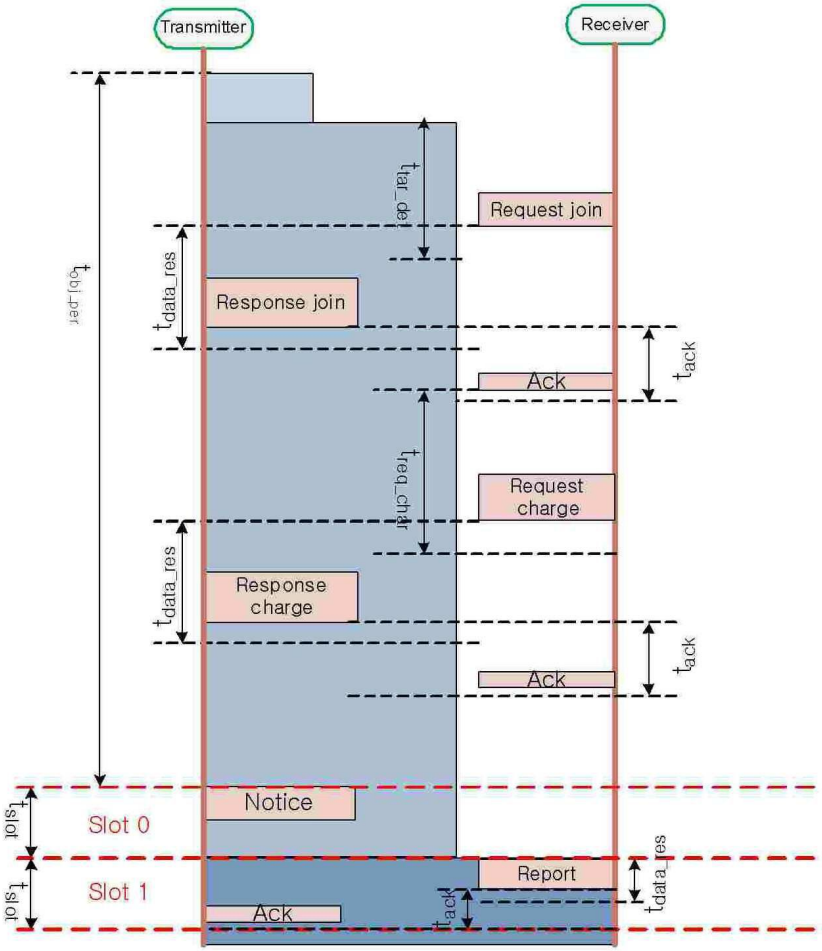
도면75


Transmitter
Pdet
tdet
tdet_per
Pdet
tdet

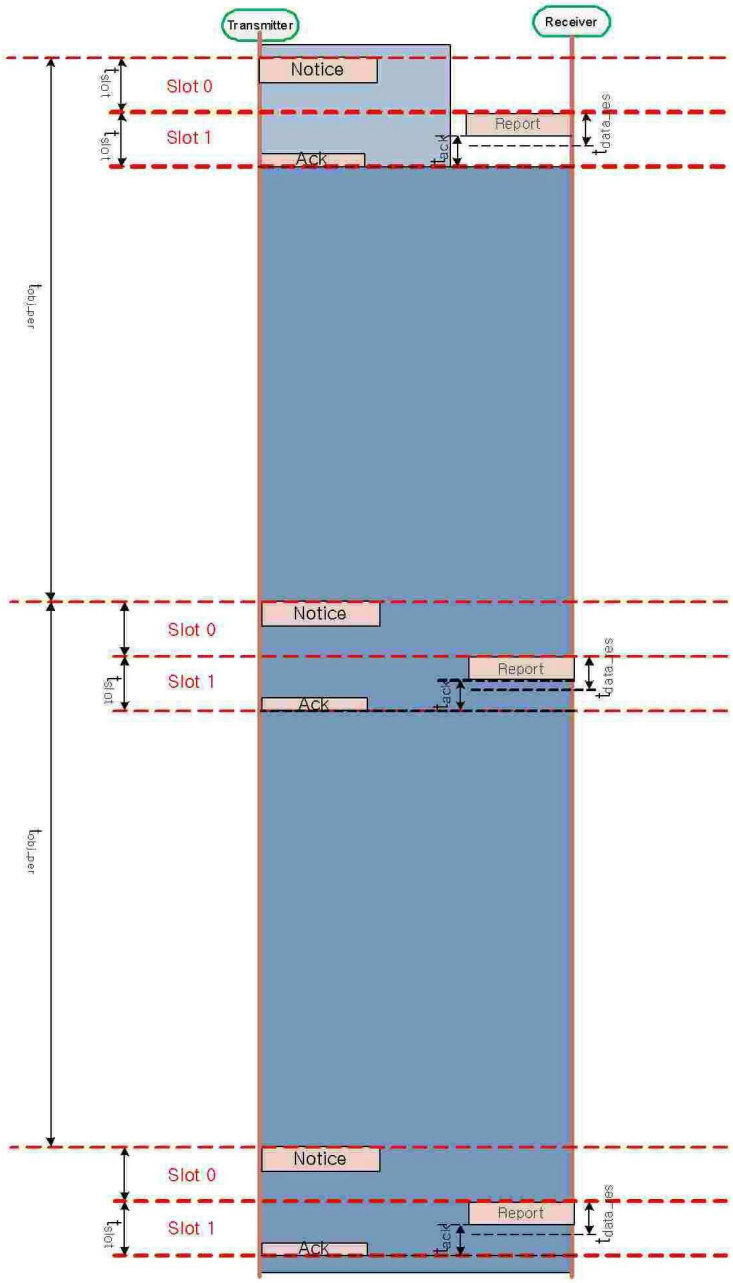
도면76


Transmitter
Receiver
Pdet
tdet
Object detected
treg
Request join
tdata_res
Response
Join
Ack
tack
Preg

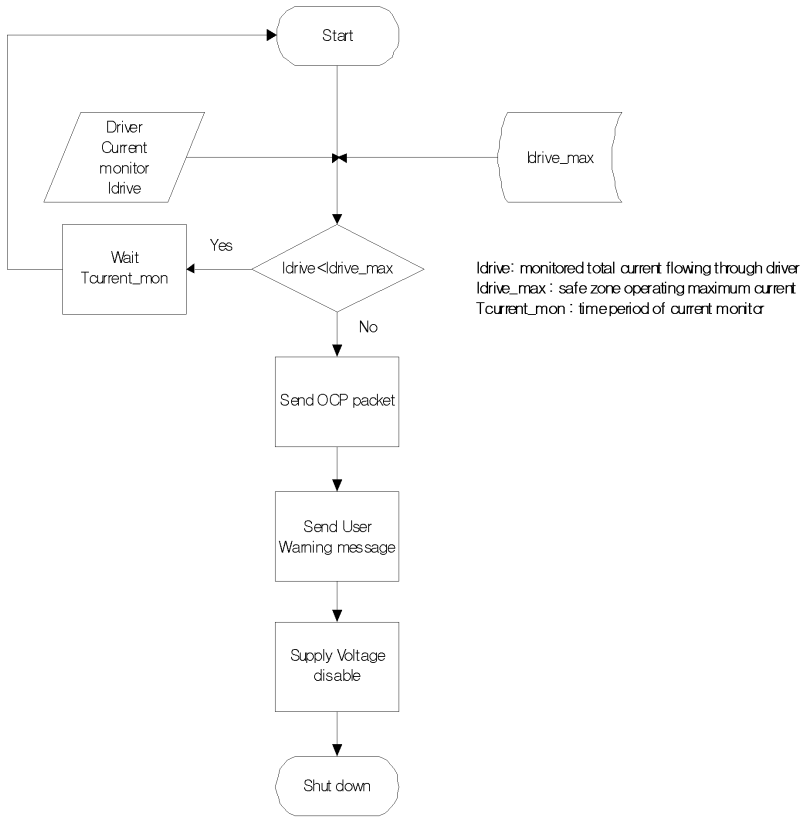
도면77


Transmitter
Receiver
t_{tol_per}
t_{tar_del}
Request join
t_{data_res}
Response join
t_{ack}
Ack
t_{req_cha}
Request charge
t_{data_res}
Response charge
t_{ack}
Ack
t_{slot}
Slot 0
Notice
t_{slot}
Slot 1
Report
t_{data_res}
Ack
t_{ack}

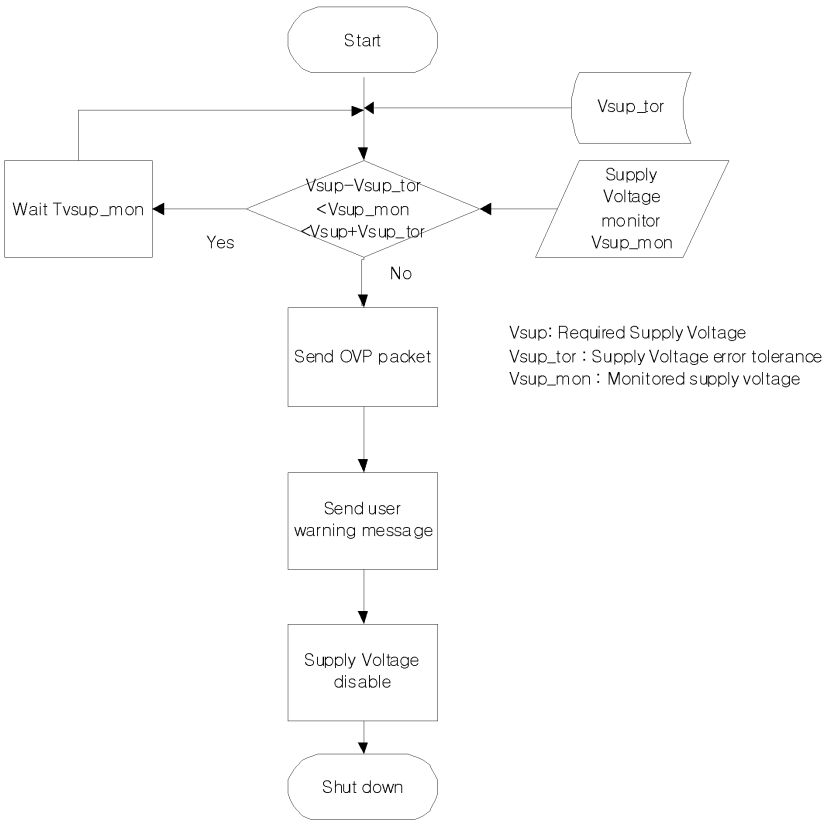
도면78


Transmitter
Receiver
Notice
Slot 0
Slot 1
Report
Ack
t_{slot}
t_{ack}
t_{data_res}
t_{beacon}
Notice
Slot 0
Slot 1
Report
Ack
t_{slot}
t_{ack}
t_{data_res}
t_{beacon}
Notice
Slot 0
Slot 1
Report
Ack
t_{slot}
t_{ack}
t_{data_res}

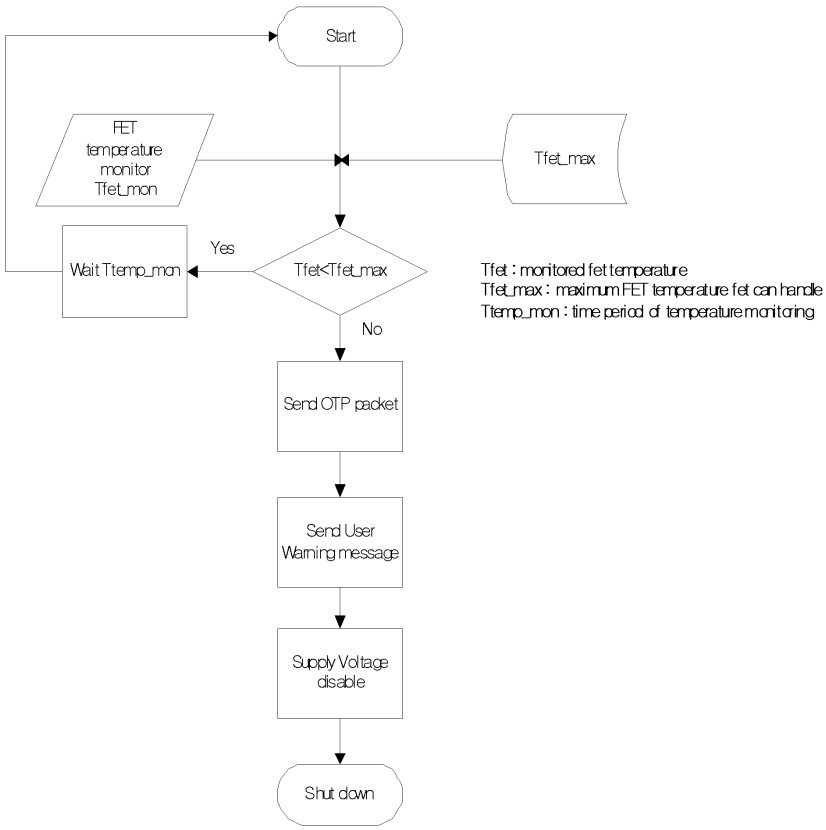
도면79


Start
Driver Current monitor Idrive
Idrive_max
Wait Tcurrent_mon
Yes
Idrive<Idrive_max
No
Send OCP packet
Send User Warning message
Supply Voltage disable
Shut down
Idrive: monitored total current flowing through driver
Idrive_max : safe zone operating maximum current
Tcurrent_mon : time period of current monitor

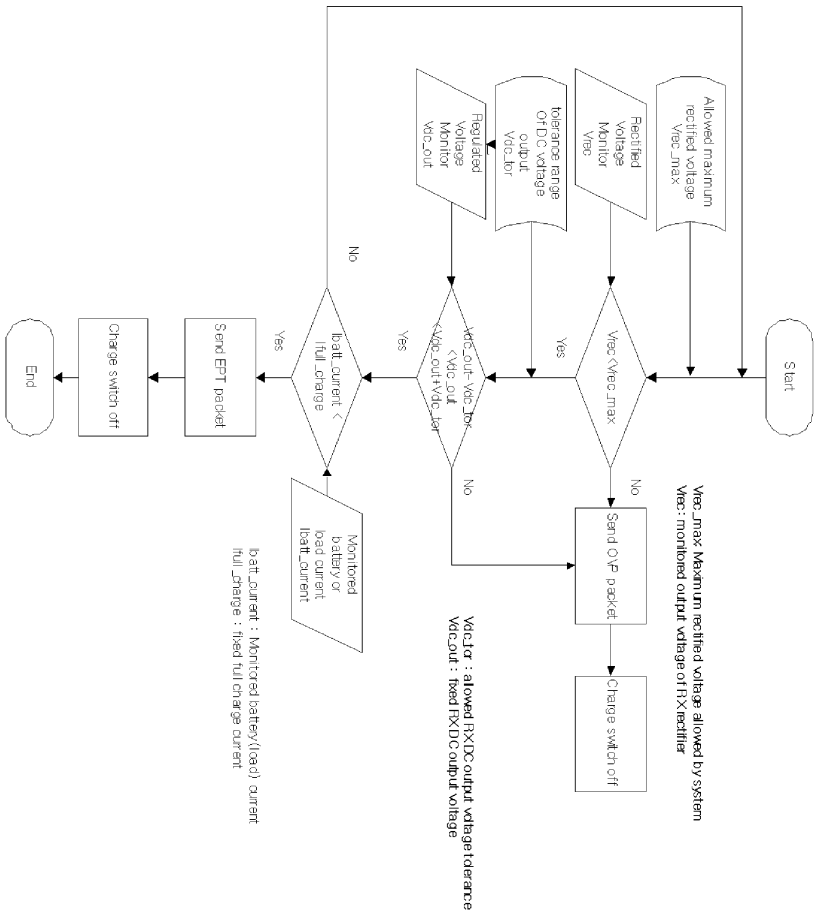
도면80


Start
Vsup_tor
Wait Tvsup_mon
Yes
Vsup-Vsup_tor <Vsup_mon <Vsup+Vsup_tor
Supply Voltage monitor Vsup_mon
No
Send OVP packet
Send user warning message
Supply Voltage disable
Shut down
Vsup: Required Supply Voltage
Vsup_tor : Supply Voltage error tolerance
Vsup_mon : Monitored supply voltage

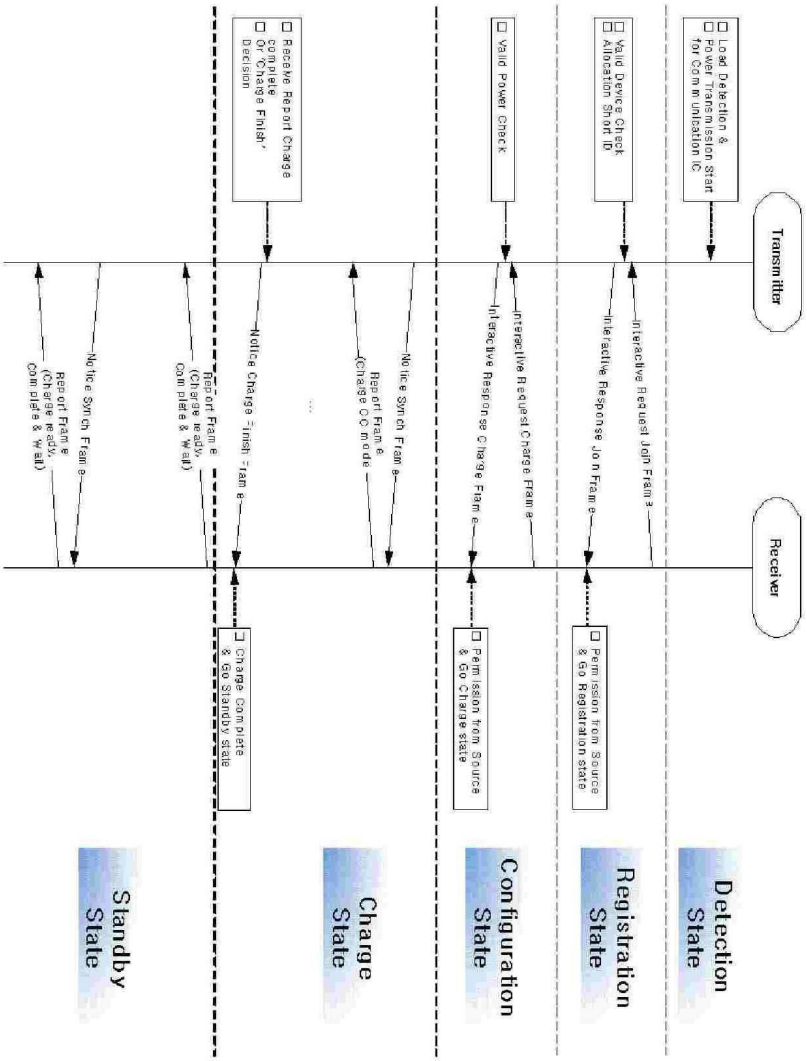
도면81


Start
FET
temperature
monitor
Tfet_mon
Tfet_max
Wait Ttemp_mon
Yes
Tfet<Tfet_max
No
Tfet : monitored fet temperature
Tfet_max : maximum FET temperature fet can handle
Ttemp_mon : time period of temperature monitoring
Send OTP packet
Send User
Warning message
Supply Voltage
disable
Shut down

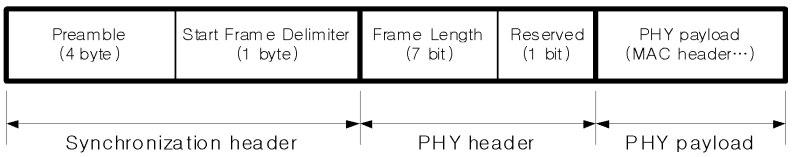
도면82


Start
Allowed maximum rectified voltage Vrec_max
Rectified Voltage Monitor Vrec
tolerance range Of D.C voltage output Vdc_tor
Regulated Voltage Monitor Vdc_out
Vrec <Vrec_max
Yes
No
Vdc_out-Vdc_tor <Vdc_out <Vdc_out+Vdc_tor
Yes
No
Ibatt_current < Ifull_charge
Yes
No
Send EPT packet
Charge switch off
End
Send CEP packet
Charge switch off
Monitored battery or load current Ibatt_current
Vrec_max: Maximum rectified voltage allowed by system
Vrec: monitored output voltage of RX rectifier
Vdc_tor : allowed RX DC output voltage tolerance
Vdc_out : fixed RX DC output voltage
Ibatt_current : Monitored battery(load) current
Ifull_charge : fixed full charge current

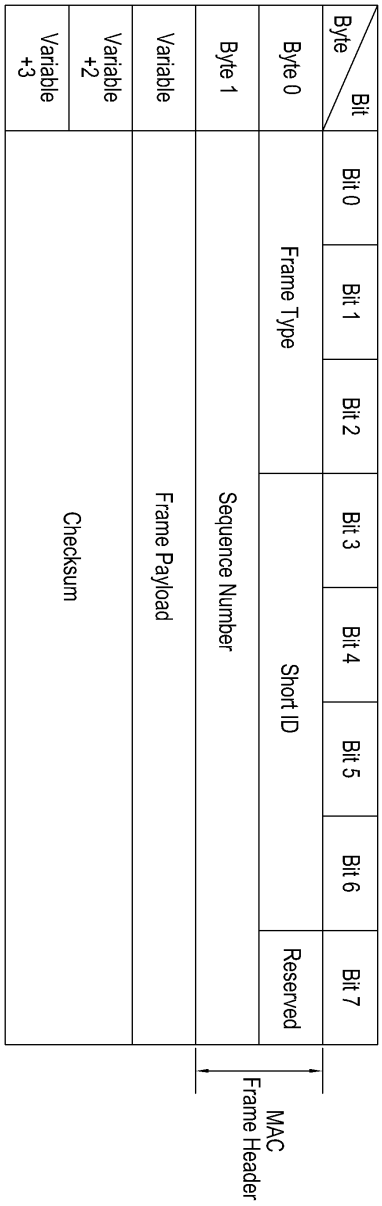
도면83


Transmitter
Receiver
Load Detection & Power Transmission Start for Communication IC
Valid Device Check Allocation Short ID
Valid Power Check
Receive Report Charge Complete Or Charge Finish' Decision
Interactive Request Join Frame
Interactive Response Join Frame
Interactive Request Charge Frame
Interactive Response Charge Frame
Notice Synch Frame
Report Frame (Charge ready, Complete & Wait)
Notice Charge Finish Frame
Report Frame (Charge CC mode)
Notice Synch Frame
Report Frame (Charge ready, Complete & Wait)
Permission from Source & Go Registration state
Permission from Source & Go Charge state
Charge Complete & Go Standby state
Detection State
Registration State
Configuration State
Charge State
Standby State

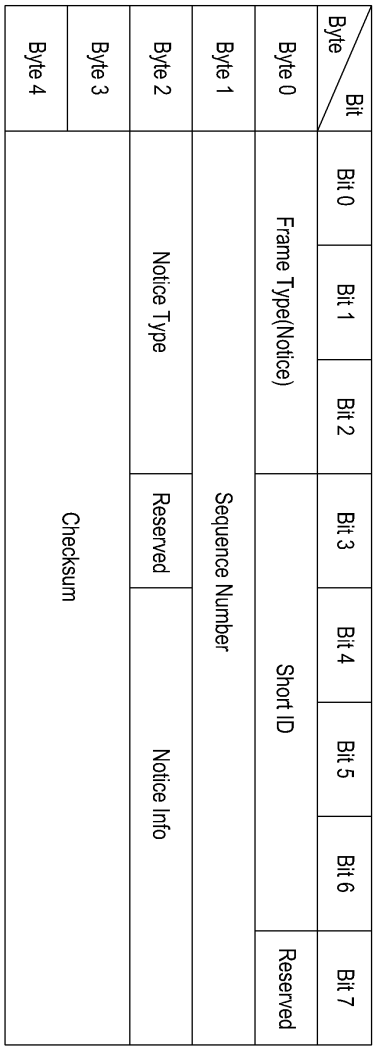
도면84


Preamble (4 byte)
Start Frame Delimiter (1 byte)
Frame Length (7 bit)
Reserved (1 bit)
PHY payload (MAC header…)
Synchronization header
PHY header
PHY payload

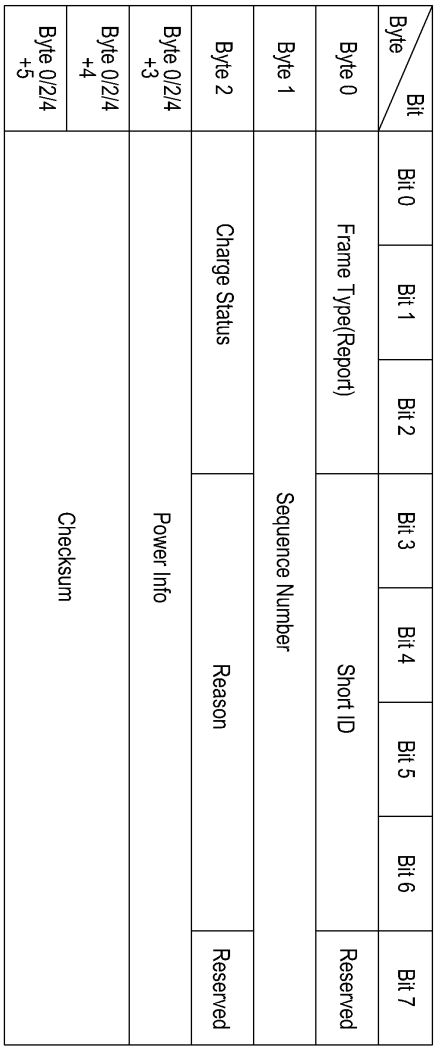
도면85


Byte / Bit
Bit 0
Bit 1
Bit 2
Bit 3
Bit 4
Bit 5
Bit 6
Bit 7
Byte 0
Frame Type
Short ID
Reserved
Byte 1
Sequence Number
Variable
Frame Payload
Variable +2
Variable +3
Checksum
MAC Frame Header

도면86

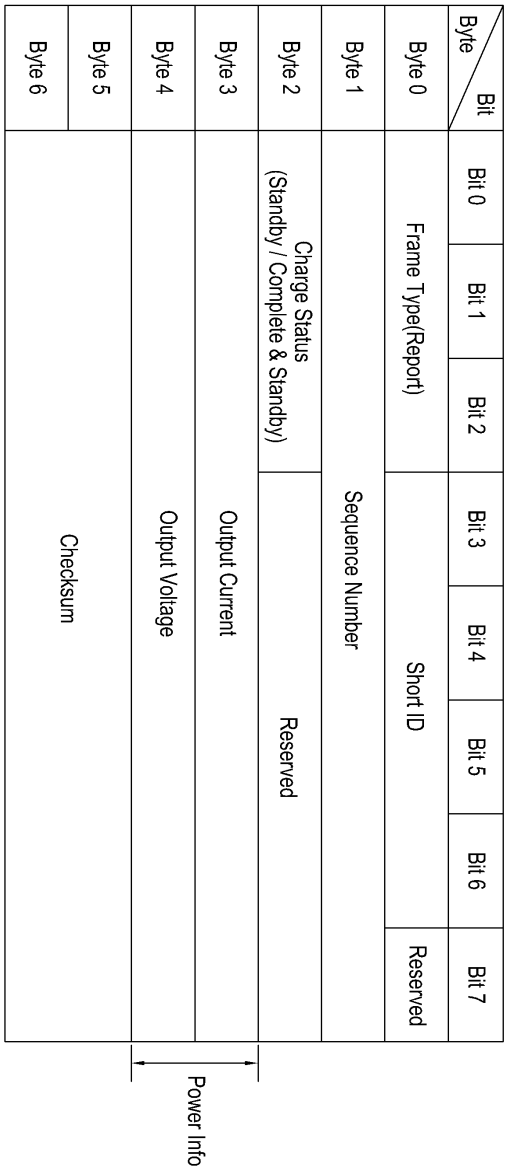

Byte / Bit
Bit 0
Bit 1
Bit 2
Bit 3
Bit 4
Bit 5
Bit 6
Bit 7
Byte 0
Frame Type(Notice)
Short ID
Reserved
Byte 1
Sequence Number
Byte 2
Notice Type
Reserved
Notice Info
Byte 3
Byte 4
Checksum

도면87

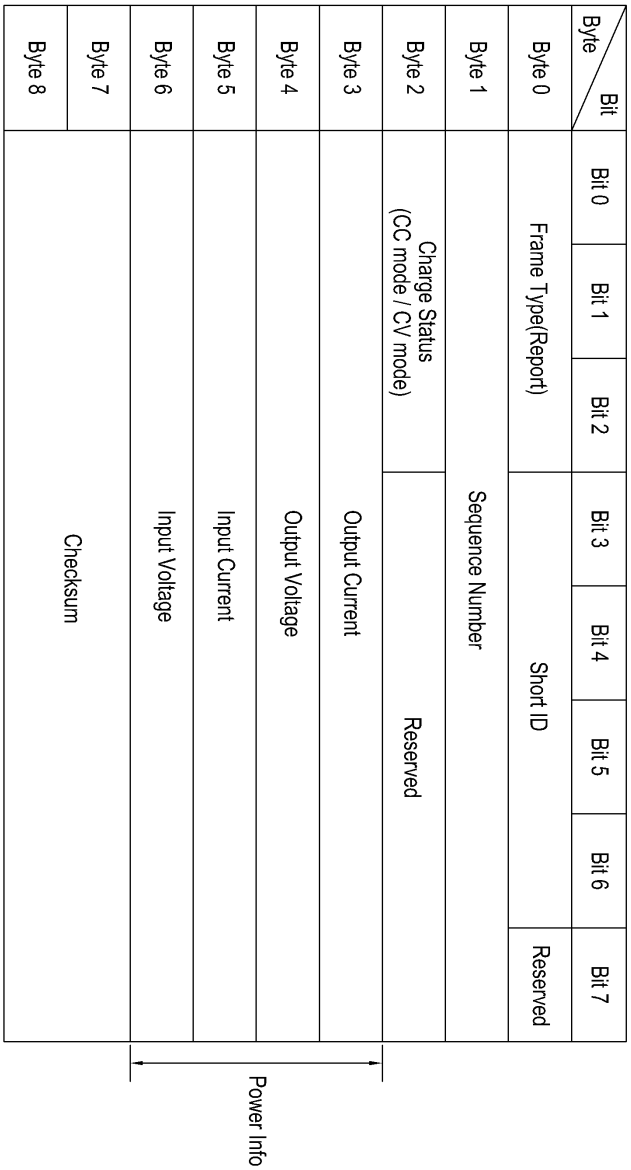


Byte \ Bit	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7
Byte 0	Frame Type(Report)			Short ID				Reserved
Byte 1	Sequence Number							
Byte 2	Charge Status			Reason				Reserved
Byte 0/2/4 +3	Power Info							
Byte 0/2/4 +4	Checksum							
Byte 0/2/4 +5								

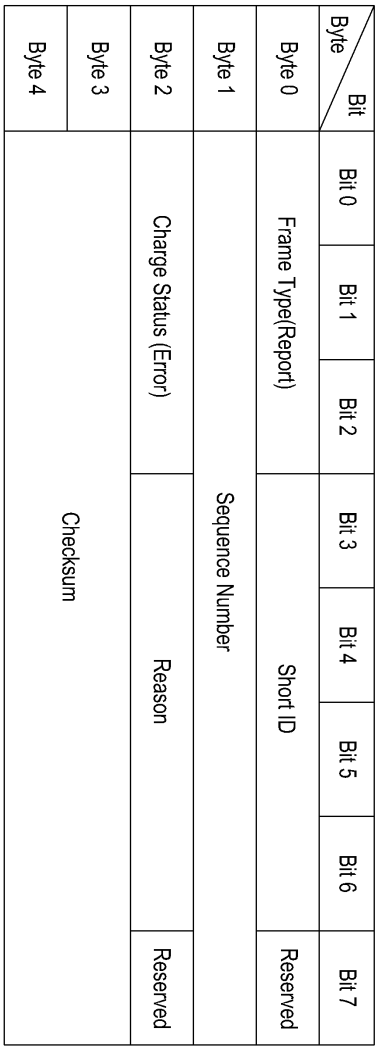
도면88


Byte
Bit
Bit 0
Bit 1
Bit 2
Bit 3
Bit 4
Bit 5
Bit 6
Bit 7
Byte 0
Frame Type(Report)
Short ID
Reserved
Byte 1
Sequence Number
Byte 2
Charge Status
(Standby / Complete & Standby)
Reserved
Byte 3
Output Current
Byte 4
Output Voltage
Byte 5
Checksum
Byte 6
Power Info

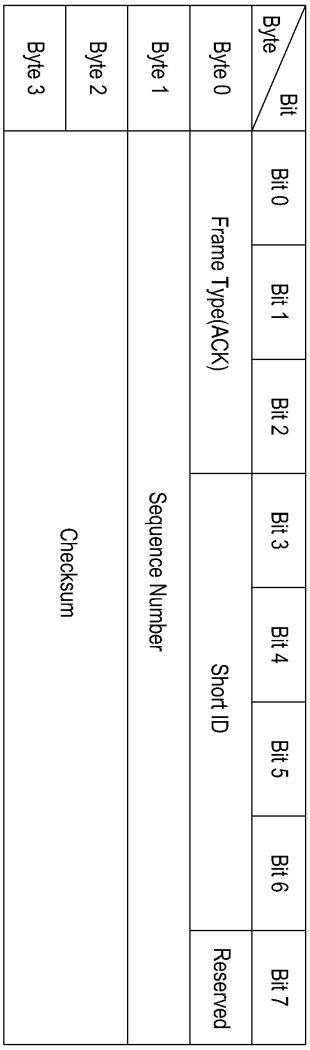
도면89


Byte / Bit
Bit 0
Bit 1
Bit 2
Bit 3
Bit 4
Bit 5
Bit 6
Bit 7
Byte 0
Frame Type(Report)
Short ID
Reserved
Byte 1
Sequence Number
Byte 2
Charge Status (CC mode / CV mode)
Reserved
Byte 3
Output Current
Byte 4
Output Voltage
Byte 5
Input Current
Byte 6
Input Voltage
Byte 7
Checksum
Byte 8
Power Info

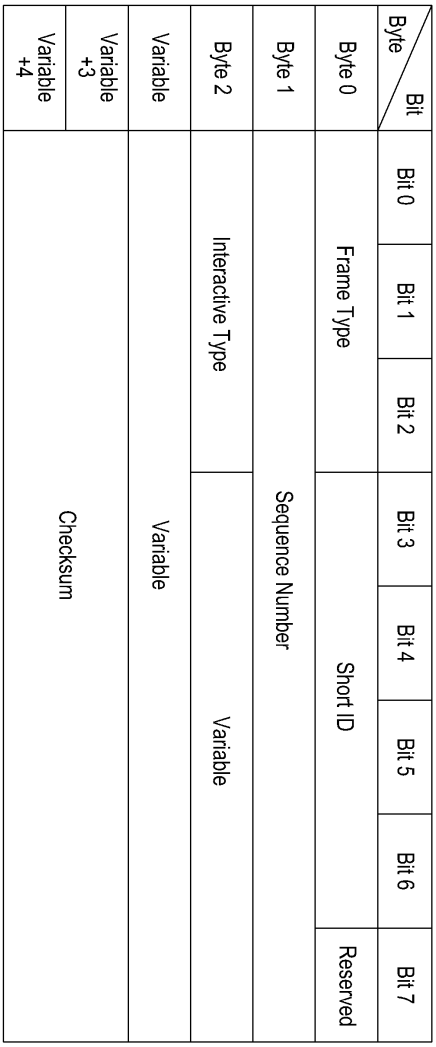
도면90


Byte
Bit
Bit 0
Bit 1
Bit 2
Bit 3
Bit 4
Bit 5
Bit 6
Bit 7
Byte 0
Frame Type(Report)
Short ID
Reserved
Byte 1
Sequence Number
Byte 2
Charge Status (Error)
Reason
Reserved
Byte 3
Checksum
Byte 4

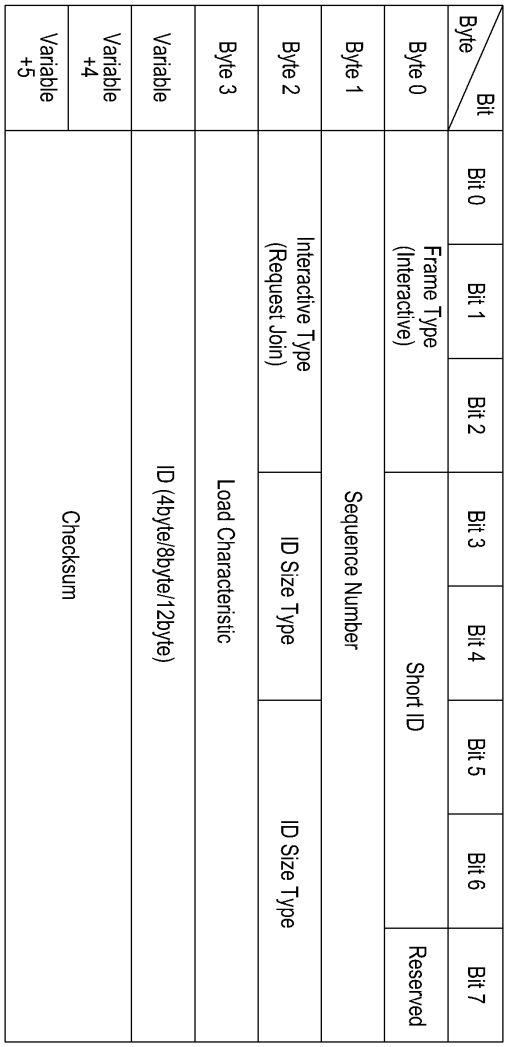
도면91


Byte
Bit
Byte 0
Byte 1
Byte 2
Byte 3
Bit 0
Bit 1
Bit 2
Bit 3
Bit 4
Bit 5
Bit 6
Bit 7
Frame Type(ACK)
Short ID
Reserved
Sequence Number
Checksum

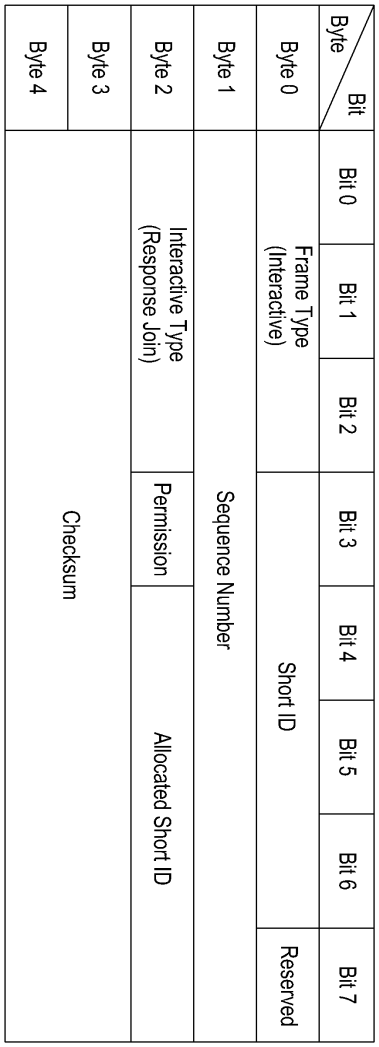
도면92


Byte
Bit
Bit 0
Bit 1
Bit 2
Bit 3
Bit 4
Bit 5
Bit 6
Bit 7
Byte 0
Frame Type
Short ID
Reserved
Byte 1
Sequence Number
Byte 2
Interactive Type
Variable
Variable
Variable
Variable
Checksum
Variable +3
Variable +4

도면93


Byte
Bit
Bit 0
Bit 1
Bit 2
Bit 3
Bit 4
Bit 5
Bit 6
Bit 7
Byte 0
Frame Type (Interactive)
Short ID
Reserved
Byte 1
Sequence Number
Byte 2
Interactive Type (Request Join)
ID Size Type
ID Size Type
Byte 3
Load Characteristic
Variable
ID (4byte/8byte/12byte)
Variable +4
Variable +5
Checksum

도면94


Byte
Bit
Bit 0
Bit 1
Bit 2
Bit 3
Bit 4
Bit 5
Bit 6
Bit 7
Byte 0
Frame Type (Interactive)
Short ID
Reserved
Byte 1
Sequence Number
Byte 2
Interactive Type (Response Join)
Permission
Allocated Short ID
Byte 3
Checksum
Byte 4

도면95

Byte \ Bit	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7
Byte 0	Frame Type (Interactive)			Short ID				Reserved
Byte 1	Sequence Number							
Byte 2	Interactive Type (Request Charge)			Reserved				
Byte 3	Current Characteristic							
Byte 4	Voltage Characteristic							
Byte 5	Efficiency Characteristic							
Byte 6	Checksum							
Byte 7								

도면96

Byte \ Bit	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7
Byte 0	Frame Type (Interactive)			Short ID				Reserved
Byte 1	Sequence Number							
Byte 2	Interactive Type (Response Charge)			Permission	Reason			Reserved
Byte 3	Checksum							
Byte 4								

도면97

