



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월15일
(11) 등록번호 10-2227504
(24) 등록일자 2021년03월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 17/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0093689
(22) 출원일자 2013년08월07일
심사청구일자 2018년07월04일
(65) 공개번호 10-2015-0017807
(43) 공개일자 2015년02월23일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020130060355 A*
US201110109167 A1*
KR1020100130618 A*
KR1020130020542 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
박재현
경기 용인시 기흥구 새천년로 40, 408동 1203호
(신갈동, 녹원마을새천년그린빌4단지아파트)
유영호
경기 용인시 기흥구 고매로43번길 32-2, 105동
203호 (공세동, 불곡마을벽산블루밍)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 15 항

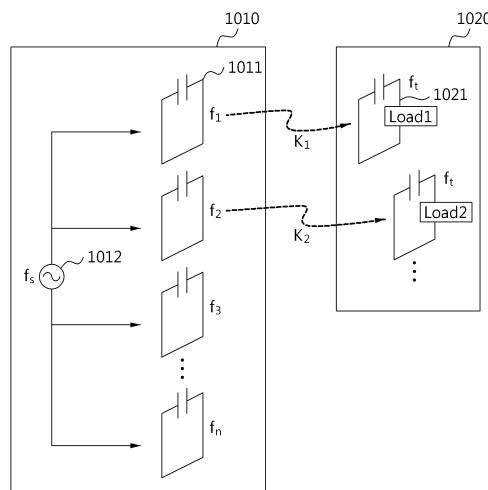
심사관 : 박형준

(54) 발명의 명칭 복수의 무선 전력 수신 장치에 대해 안정적으로 전력을 송신하는 무선 전력 송신 방법 및 장치

(57) 요약

복수의 송신 공진기에 대한 무선 전력 송신 장치 및 방법이 제공된다. 일 실시예에 따르면, 무선 전력 송신 장치는 수신 공진기와 매칭되는 공진 주파수를 가지도록 설계된 송신 공진기를 적어도 둘 이상 포함하는 다중 공진기, 다중 공진기로 입력 주파수의 전력을 인가하는 급전부 및 수신 공진기가 수신하는 전력이 안정적으로 공급되도록 입력 주파수를 제어하는 주파수 제어부를 포함한다.

대표도 - 도10



(72) 발명자

권상욱

경기 성남시 분당구 장안로25번길 28, 113동 901호
(분당동, 건영아파트)

김기영

경기 용인시 수지구 성북1로 222, 102동 802호 (성북동, 용인성북아이파크아파트)

김남윤

서울 강동구 동남로79길 26, 110동 1403호 (고덕동, 고덕아이파크)

김동조

경기 용인시 수지구 심곡로 81, 103동 801호 (상현동, 삼성쉐르빌)

김봉철

서울특별시 서초구 서운로 11, 1215호 (서초동, 서초대우디오빌)

박윤권

경기 동두천시 생연로 10, 107동 702호 (지행동, 현진에버빌)

송금수

서울특별시 서초구 효령로77길 20 1202호 (서초동, 현대ESA아파트)

안치형

경기 수원시 영통구 영통로173번길 37, 104동 802호 (망포동, 쌍용1차아파트)

이병희

경기 용인시 수지구 법조로 252, 201동 301호 (상현동, 광고마을광고웅진스타클래스2단지)

명세서

청구범위

청구항 1

적어도 하나의 수신 공진기와 입력 주파수로 공진하여 상기 적어도 하나의 수신 공진기로 전력을 무선 송신하는 복수의 송신 공진기; 및

급전부가 상기 복수의 송신 공진기 각각으로 공급하는 전력의 입력 주파수를 제어하는 주파수 제어부를 포함하고,

상기 복수의 송신 공진기의 모두는 서로 병렬로 연결되고 서로 다른 공진 주파수에서 동작하며,

상기 급전부에 루프 형태의 공진기가 연결되고, 상기 루프 형태의 공진기가 인덕티브 커플링을 통해 상기 복수의 송신 공진기와 연결되며,

상기 주파수 제어부는, 상기 적어도 하나의 수신 공진기가 수신하는 전력이 안정적으로 공급되게 상기 적어도 하나의 수신 공진기 중 결합 계수가 미리 정한 계수보다 낮은 수신 공진기에 대한 무선 전력 효율이 증가하도록 상기 입력 주파수를 트래킹(tracking)하고,

상기 복수의 송신 공진기의 각각은 상기 트래킹된 입력 주파수에 기초하여 상기 적어도 하나의 수신 공진기로 무선 전력 전송하는,

무선 전력 송신 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 주파수 제어부는,

상기 적어도 하나의 수신 공진기를 포함하는 무선 전력 수신 장치로부터 수신한 전력 전송 정보가 미리 정한 임계값 이상이 되도록 상기 입력 주파수를 제어하는,

무선 전력 송신 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 전력 전송 정보는,

상기 적어도 하나의 수신 공진기의 전류, 전압, 및 전력 중 적어도 하나와 관련된 정보

를 포함하는 무선 전력 송신 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 주파수 제어부는,

상기 적어도 하나의 수신 공진기를 포함하는 무선 전력 수신 장치로부터 수신한 전력 전송 정보에 기초하여 산출한 전력 전송 효율이 미리 정한 효율 이상 유지되도록 상기 입력 주파수를 제어하는,

무선 전력 송신 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 전력 전송 효율은,

상기 복수의 송신 공진기에 대한 상기 적어도 하나의 수신 공진기의 전류비, 전압비, 및 전력비 중 적어도 하나를 포함하는 무선 전력 송신 장치.

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 주파수 제어부는,

상기 적어도 하나의 수신 공진기 중 모든 수신 공진기에 대한 무선 전력 전송 효율이 미리 정한 효율 이상이 되도록 상기 입력 주파수를 제어하는,

무선 전력 송신 장치.

청구항 8

수신 공진기와 매칭되는 공진 주파수를 가지도록 설계된 복수의 송신 공진기를 포함하는 다중 공진기; 및 입력 주파수에서 상기 다중 공진기에 포함된 상기 복수의 송신 공진기의 각각에 전력을 인가하는 급전부를 포함하고,

상기 다중 공진기에 포함된 상기 복수의 송신 공진기의 모두는 서로 병렬로 연결되고 서로 다른 공진 주파수에서 동작하며,

상기 급전부에 루프 형태의 공진기가 연결되고, 상기 루프 형태의 공진기가 인덕티브 커플링을 통해 상기 복수의 송신 공진기와 연결되며,

상기 복수의 송신 공진기의 각각의 상기 입력 주파수는 상기 수신 공진기가 수신하는 전력이 안정적으로 공급되게 상기 수신 공진기 중 결합 계수가 미리 정한 계수보다 낮은 수신 공진기에 대한 무선 전력 효율이 증가하도록 트래킹되고,

상기 복수의 송신 공진기의 각각은 상기 트래킹된 입력 주파수에서 상기 수신 공진기와 공진하며, 상기 트래킹된 입력 주파수에서 상기 수신 공진기로 무선 전력 전송하는

무선 전력 송신 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 급전부는,

상기 복수의 송신 공진기의 각각에 상기 전력의 입력 주파수가 동일하도록 상기 전력을 인가하고,

상기 송신 공진기는,

상기 송신 공진기와 상기 수신 공진기 간의 상호 공진이 형성된 후의 상기 공진 주파수가 상기 수신 공진기와 매칭되도록 설계된,

무선 전력 송신 장치.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 다중 공진기에 포함되는 상기 복수의 송신 공진기의 모두는 평면적으로 배열된, 무선 전력 송신 장치.

청구항 14

복수의 송신 공진기로부터 적어도 하나의 수신 공진기로 전력이 안정적으로 공급되게 하는 입력 주파수를 트래킹(tracking)하는 단계; 및

상기 트래킹된 입력 주파수를 통해 상기 적어도 하나의 수신 공진기로 무선 전력 전송을 수행하는 단계를 포함하고,

상기 복수의 송신 공진기의 모두는 서로 병렬로 연결되고 서로 다른 공진 주파수에서 동작하며,

급전부에 루프 형태의 공진기가 연결되고, 상기 루프 형태의 공진기가 인덕티브 커플링을 통해 상기 복수의 송신 공진기와 연결되며,

상기 입력 주파수를 트래킹하는 단계는,

상기 적어도 하나의 수신 공진기가 수신하는 전력이 안정적으로 공급되게 상기 적어도 하나의 수신 공진기 중 결합 계수가 미리 정한 계수보다 낮은 수신 공진기에 대한 무선 전력 전송 효율이 증가되는 상기 입력 주파수를 트래킹하는 단계를 포함하는,

무선 전력 송신 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 입력 주파수를 트래킹하는 단계는,

상기 적어도 하나의 수신 공진기를 포함하는 무선 전력 수신 장치로부터 수신한 전력 전송 정보가 미리 정한 임계값 이상이 되는 상기 입력 주파수를 트래킹하는 단계

를 포함하는 무선 전력 송신 방법.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 입력 주파수를 트래킹하는 단계는,

상기 적어도 하나의 수신 공진기의 전류, 전압, 및 전력 중 적어도 하나와 관련된 정보에 기초하여 상기 입력 주파수를 트래킹하는 단계

를 포함하는 무선 전력 송신 방법.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 입력 주파수를 트래킹하는 단계는,

상기 적어도 하나의 수신 공진기를 포함하는 무선 전력 수신 장치로부터 수신한 전력 전송 정보에 기초하여 전

력 전송 효율을 산출하는 단계; 및
 상기 전력 전송 효율에 기초하여 상기 입력 주파수를 트래킹하는 단계
 를 포함하는 무선 전력 송신 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,
 상기 전력 전송 효율에 기초하여 상기 입력 주파수를 트래킹하는 단계는,
 상기 송신 공진기에 대한 상기 적어도 하나의 수신 공진기의 전류비, 전압비, 및 전력비 중 적어도 하나에 기초
 하여 상기 입력 주파수를 트래킹하는 단계
 를 포함하는 무선 전력 송신 방법.

청구항 19

삭제

청구항 20

제14항에 있어서,
 상기 입력 주파수를 트래킹하는 단계는,
 상기 적어도 하나의 수신 공진기 중 모든 수신 공진기에 대한 무선 전력 전송 효율이 미리 정한 효율 이상이 되
 는 상기 입력 주파수를 트래킹하는 단계
 를 포함하는 무선 전력 송신 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래의 설명은 무선 전력 전송 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 무선 전력은, 마그네틱 커플링을 통해 무선 전력 전송 장치로부터 무선 전력 수신 장치로 전달되는 에너지를 의
 미한다. 따라서, 무선 전력 충전 시스템은, 전력을 무선으로 전송하는 소스 디바이스(source device)와 전력을
 무선으로 수신하는 타겟 디바이스(target device)를 포함한다. 이때, 소스 디바이스는 무선 전력 전송 장치라
 칭할 수 있다. 또한, 타겟 디바이스는 무선 전력 수신 장치라 칭할 수 있다.

[0003] 소스 디바이스는 소스 공진기(source resonator)를 구비하고, 타겟 디바이스는 타겟 공진기(target resonato
 r)를 구비한다. 소스 공진기와 타겟 공진기 사이에 마그네틱 커플링 또는 공진 커플링이 형성될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0004] 일 실시예에 따르면, 적어도 하나의 수신 공진기와 입력 주파수로 공진하여 적어도 하나의 수신 공진기로 전력
 을 무선 송신하는 복수의 송신 공진기, 및 적어도 하나의 수신 공진기가 수신하는 전력이 안정적으로 공급되도
 록 입력 주파수를 제어하는 주파수 제어부를 포함하는 무선 전력 송신 장치가 제공된다.

[0005] 다른 일 실시예에 따르면 주파수 제어부는, 적어도 하나의 수신 공진기를 포함하는 무선 전력 수신 장치로부터
 수신한 전력 전송 정보가 미리 정한 임계값 이상이 되도록 입력 주파수를 제어하는, 무선 전력 송신 장치가 제
 공된다.

- [0006] 또 다른 일 실시예에 따르면 전력 전송 정보는, 적어도 하나의 수신 공진기의 전류, 전압, 및 전력 중 적어도 하나와 관련된 정보를 포함하는 무선 전력 송신 장치가 제공된다.
- [0007] 또 다른 일 실시예에 따르면 주파수 제어부는, 적어도 하나의 수신 공진기를 포함하는 무선 전력 수신 장치로부터 수신한 전력 전송 정보에 기초하여 산출한 전력 전송 효율이 미리 정한 효율 이상 유지되도록 입력 주파수를 제어하는, 무선 전력 송신 장치가 제공된다.
- [0008] 또 다른 일 실시예에 따르면 전력 전송 효율은, 복수의 송신 공진기에 대한 적어도 하나의 수신 공진기의 전류비, 전압비, 및 전력비 중 적어도 하나를 포함하는 무선 전력 송신 장치가 제공된다.
- [0009] 또 다른 일 실시예에 따르면 주파수 제어부는, 적어도 하나의 수신 공진기 중 결합 계수가 미리 정한 계수보다 낮은 수신 공진기에 대한 무선 전력 전송 효율이 증가하도록 입력 주파수를 제어하는, 무선 전력 송신 장치가 제공된다.
- [0010] 또 다른 일 실시예에 따르면 주파수 제어부는, 적어도 하나의 수신 공진기 중 모든 수신 공진기에 대한 무선 전력 전송 효율이 미리 정한 효율 이상이 되도록 입력 주파수를 제어하는, 무선 전력 송신 장치가 제공된다.
- [0011] 일 실시예에 따르면 수신 공진기와 매칭되는 공진 주파수를 가지도록 설계된 복수의 송신 공진기를 포함하는 다중 공진기, 및 다중 공진기에 포함된 복수의 송신 공진기의 각각에 전력을 인가하는 급전부를 포함하는 무선 전력 송신 장치가 제공된다.
- [0012] 다른 일 실시예에 따르면 급전부는, 복수의 송신 공진기의 각각에 전력의 입력 주파수가 동일하도록 전력을 인가하고, 송신 공진기는, 송신 공진기와 수신 공진기 간의 상호 공진이 형성된 후의 공진 주파수가 수신 공진기와 매칭되도록 설계된, 무선 전력 송신 장치가 제공된다.
- [0013] 또 다른 일 실시예에 따르면 급전부는, 인덕티브 커플링을 통해 다중 공진기로 전력을 인가하는, 무선 전력 송신 장치가 제공된다.
- [0014] 또 다른 일 실시예에 따르면 다중 공진기에 포함되는 복수의 송신 공진기의 모두는 서로 병렬로 연결되고, 급전부는, 다중 공진기와 직렬로 연결되어, 다중 공진기로 전력을 인가하는, 무선 전력 송신 장치가 제공된다.
- [0015] 또 다른 일 실시예에 따르면 다중 공진기에 포함되는 복수의 송신 공진기의 모두는 서로 직렬로 연결되고, 급전부는, 다중 공진기와 병렬로 연결되어, 다중 공진기로 전력을 인가하는, 무선 전력 송신 장치가 제공된다.
- [0016] 또 다른 일 실시예에 따르면 다중 공진기에 포함되는 복수의 송신 공진기의 모두는 평면적으로 배열된, 무선 전력 송신 장치가 제공된다.
- [0017] 일 실시예에 따르면 복수의 송신 공진기로부터 적어도 하나의 수신 공진기로 전력이 안정적으로 공급되는 입력 주파수를 트래킹(tracking)하는 단계, 및 트래킹된 입력 주파수를 통해 적어도 하나의 수신 공진기로 무선 전력 전송을 수행하는 단계를 포함하는 무선 전력 송신 방법이 제공된다.
- [0018] 다른 일 실시예에 따르면 입력 주파수를 트래킹하는 단계는, 적어도 하나의 수신 공진기를 포함하는 무선 전력 수신 장치로부터 수신한 전력 전송 정보가 미리 정한 임계값 이상이 되는 입력 주파수를 트래킹하는 단계를 포함하는 무선 전력 송신 방법이 제공된다.
- [0019] 또 다른 일 실시예에 따르면 입력 주파수를 트래킹하는 단계는, 적어도 하나의 수신 공진기의 전류, 전압, 및 전력 중 적어도 하나와 관련된 정보에 기초하여 입력 주파수를 트래킹하는 단계를 포함하는 무선 전력 송신 방법이 제공된다.
- [0020] 또 다른 일 실시예에 따르면 입력 주파수를 트래킹하는 단계는, 적어도 하나의 수신 공진기를 포함하는 무선 전력 수신 장치로부터 수신한 전력 전송 정보에 기초하여 전력 전송 효율을 산출하는 단계, 및 전력 전송 효율에 기초하여 입력 주파수를 트래킹하는 단계를 포함하는 무선 전력 송신 방법이 제공된다.
- [0021] 또 다른 일 실시예에 따르면 전력 전송 효율에 기초하여 입력 주파수를 트래킹하는 단계는, 송신 공진기에 대한 적어도 하나의 수신 공진기의 전류비, 전압비, 및 전력비 중 적어도 하나에 기초하여 입력 주파수를 트래킹하는 단계를 포함하는 무선 전력 송신 방법이 제공된다.
- [0022] 또 다른 일 실시예에 따르면 입력 주파수를 트래킹하는 단계는, 적어도 하나의 수신 공진기 중 결합 계수가 미리 정한 계수보다 낮은 수신 공진기에 대한 무선 전력 전송 효율이 증가되는 입력 주파수를 트래킹하는 단계를 포함하는 무선 전력 송신 방법이 제공된다.

[0023] 또 다른 일 실시예에 따르면 입력 주파수를 트래킹하는 단계는, 적어도 하나의 수신 공진기 중 모든 수신 공진기에 대한 무선 전력 전송 효율이 미리 정한 효율 이상이 되는 입력 주파수를 트래킹하는 단계를 포함하는 무선 전력 송신 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 시스템을 도시한다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 공진기 및 피더에서 자기장의 분포를 도시한다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 공진기 및 피더의 구성을 도시한다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 피더의 피딩에 따른 공진기의 내부에서 자기장의 분포를 도시한다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 전기 자동차 충전 시스템(electric vehicle charging system)을 도시한다.
- 도 6 및 도 7은 일 실시예에 따른 무선 전력 수신 장치 및 무선 전력 전송 장치가 탑재될 수 있는 어플리케이션들을 도시한다.
- 도 8은 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 장치 무선 전력 수신 장치의 구성 예를 도시한다.
- 도 9는 여러 개의 송신 공진기 및 급전부를 포함하는 무선 전력 송신 장치를 도시한 도면이다.
- 도 10은 일 실시예에 따른 무선 전력 송신 장치를 포함한 무선 전력 전송 시스템을 도시한 도면이다.
- 도 11 내지 도 13은 일 실시예에 따른 다중 공진기 및 급전부의 연결 방식을 도시한 도면이다.
- 도 14 및 도 15는 일 실시예에 따른 다중 공진기 및 급전부가 인덕티브 커플링 방식으로 연결된 경우의 예를 도시한 도면이다.
- 도 16은 일 실시예에 따른 무선 전력 송신 방법을 도시한 흐름도이다.
- 도 17은 일 실시예에 따른 무선 전력 송신 장치의 세부적인 구성을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0026] 소스(source)와 타겟(target) 간에 통신을 수행하는 방식은 인 밴드 통신 방식과 아웃 밴드 통신 방식을 포함할 수 있다. 인 밴드 통신 방식은 소스와 타겟이 전력의 전송에 이용하는 주파수와 동일한 주파수에서 통신하는 방식이고, 아웃 밴드 통신 방식은 소스와 타겟이 전력 전송에 이용되는 주파수와는 다른 별도의 주파수를 이용하여 통신하는 방식이다.
- [0027] 도 1은 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 시스템을 나타낸다.
- [0028] 도 1을 참조하면, 일 실시 예에 따른 무선 전력 전송 시스템은 소스(110) 및 타겟(120)을 포함할 수 있다. 소스(110)는 무선 전력을 공급하는 디바이스를 의미하며, 디바이스에는 페드, 단말, TV 등 전력을 공급할 수 있는 모든 전자기기가 포함될 수 있다. 타겟(120)은 무선 전력을 공급받는 디바이스를 의미하며, 디바이스에는 단말, TV, 자동차, 세탁기, 라디오, 전등 등 전력을 필요로 하는 모든 전자기기가 포함될 수 있다.
- [0029] 소스(source)(110)는 가변 SMPS(Variable SMPS)(111), 전력 증폭기(power amplifier)(112), 매칭 네트워크(matching network)(113), Tx 제어부(Tx control logic)(114) 및 통신부(115)를 포함할 수 있다.
- [0030] 가변 SMPS(Variable Switching Mode Power Supply)(111)는 전력 공급기(power supply)로부터 출력되는 수십 Hz 대역의 AC 전압을 스위칭하여 DC 전압을 생성할 수 있다. 가변 SMPS(Variable SMPS)(111)는 일정한 레벨의 DC 전압을 출력하거나 Tx 제어부(Tx control logic)(114)의 제어에 따라 DC 전압의 출력 레벨을 조정할 수 있다.
- [0031] 전력 검출기(power detector)(116)는 가변 SMPS(Variable SMPS)(111)의 출력 전류 및 전압을 검출하고, 검출된 전류 및 전압에 대한 정보를 Tx 제어부(114)로 전달할 수 있다. 또한, 전력 검출기(power detector)(116)는 전력 증폭기(power amplifier)(112)의 입력 전류 및 전압을 검출할 수도 있다.
- [0032] 전력 증폭기(112)는 수 MHz ~ 수십 MHz 대역의 스위칭 펄스 신호에 의하여 일정한 레벨의 DC 전압을 AC 전압으

로 변환함으로써 전력을 생성할 수 있다. 예를 들어, 전력 증폭기(112)는 기준 공진 주파수 F_{Ref} 를 이용하여 전력 증폭기(112)에 공급되는 직류 전압을 교류 전압으로 변환함으로써, 복수의 타겟 디바이스들에서 사용되는 통신용 전력 또는 충전용 전력을 생성할 수 있다.

- [0033] 여기서, 통신용 전력은 0.1~1mWatt의 작은 전력을 의미하고, 충전용 전력은 타겟 디바이스의 디바이스 로드에서 소비되는 1mWatt~200Watt의 큰 전력을 의미할 수 있다. 본 명세서에 있어서, "충전"이라는 용어는 전력을 충전하는 유닛(unit) 또는 요소(element)에 전력을 공급하는 의미로 사용될 수 있다. 또한, "충전"이라는 용어는 전력을 소비하는 유닛(unit) 또는 요소(element)에 전력을 공급하는 의미로도 사용될 수 있다. 여기서, 유닛(unit) 또는 요소(element)는, 예를 들어 배터리, 디스플레이, 음성 출력 회로, 메인 프로세서, 각종 센서들을 포함한다.
- [0034] 한편, 본 명세서에서 "기준 공진 주파수"는 소스(110)가 기본적으로 사용하는 공진 주파수일 수 있다. 또한, "트래킹 주파수"는 기 설정된 방식에 따라 조정된 공진 주파수일 수 있다.
- [0035] Tx 제어부(Tx control logic)(114)는 "통신용 전력" 또는 "충전용 전력"에 대한 반사파를 검출하고, 검출된 반사파에 기초하여 타겟 공진기(target resonator)(133)와 소스 공진기(source resonator)(131) 사이의 미스매칭(mismatching)을 검출할 수 있다. Tx 제어부(114)는 반사파의 포락선(envelop)을 검출함으로써 미스매칭을 검출하거나, 또는 반사파의 전력량을 검출함으로써 미스매칭을 검출할 수 있다.
- [0036] 매칭 네트워크(matching network)(113)는 Tx 제어부(114)의 제어에 따라 소스 공진기(131)와 타겟 공진기(133) 간의 임피던스 미스매칭을 최적의 매칭으로 보상할 수 있다. 매칭 네트워크(113)는 캐패시터 또는 인덕터의 조합으로 Tx 제어부(114)의 제어에 따라 스위치를 통해 연결될 수 있다.
- [0037] Tx 제어부(114)는 소스 공진기(131) 또는 전력 증폭기(power amplifier)(112)의 출력 전압의 레벨 및 상기 반사파의 전압 레벨에 기초하여 전압정재파비(VSWR, Voltage standing wave ratio)를 계산하고, 상기 전압정재파비가 기 설정된 값보다 작으면 상기 미스매칭이 검출된 것으로 결정할 수 있다.
- [0038] 또한, Tx 제어부(114)는 상기 전압정재파비가 기 설정된 값보다 작으면 기 설정된 N개의 트래킹 주파수 각각에 대한 전력 전송 효율을 계산하고, 상기 N개의 트래킹주파수 중 전력 전송 효율이 가장 좋은 트래킹 주파수 F_{Best} 를 결정하고, 상기 F_{Ref} 를 상기 F_{Best} 로 조정할 수 있다.
- [0039] 또한, Tx 제어부(114)는 스위칭 펄스 신호의 주파수를 조정할 수 있다. Tx 제어부(114)의 제어에 의하여 스위칭 펄스 신호의 주파수가 결정될 수 있다. Tx 제어부(114)는 전력 증폭기(power amplifier)(112)를 제어함으로써, 타겟(120)에 전송하기 위한 변조 신호를 생성할 수 있다. 예를 들어, 통신부(115)는 인-밴드 통신을 통해 타겟(120)에 다양한 데이터(140)를 전송할 수 있다. 또한, Tx 제어부(114)는 반사파를 검출하고, 반사파의 포락선을 통해 타겟(120)으로부터 수신되는 신호를 복조할 수 있다.
- [0040] Tx 제어부(114)는 다양한 방법을 통해, 인-밴드 통신을 수행하기 위한 변조 신호를 생성할 수 있다. Tx 제어부(114)는 스위칭 펄스 신호를 온/오프 함으로써, 변조신호를 생성할 수 있다. 또한, Tx 제어부(114)는 델타-시그마 변조를 수행하여, 변조신호를 생성할 수 있다. Tx 제어부(114)는 일정한 포락선을 가지는 펄스폭 변조신호를 생성할 수 있다.
- [0041] 한편, 통신부(115)는 통신 채널을 이용하는 아웃-밴드 통신을 수행할 수도 있다. 통신부(115)는 지그비(Zigbee), 블루투스(Bluetooth) 등의 통신 모듈을 포함할 수 있다. 통신부(115)는 아웃-밴드 통신을 통해 타겟(120)에 데이터(140)를 전송할 수 있다.
- [0042] 소스 공진기(131)는 전자기 에너지(electromagnetic energy)(130)를 타겟 공진기(133)로 전송(transferring)한다. 예를 들어, 소스 공진기(131)는 타겟 공진기(133)와의 마그네틱 커플링을 통해 "통신용 전력" 또는 "충전용 전력"을 타겟(120)으로 전달할 수 있다.
- [0043] 타겟(target)(120)은 매칭 네트워크(matching network)(121), 정류기(rectifier)(122), DC/DC 컨버터(DC/DC converter)(123), 통신부(124) 및 Rx 제어부(Rx control logic)(125)를 포함할 수 있다.
- [0044] 타겟 공진기(133)는 소스 공진기(131)로부터 (electromagnetic energy)(130)를 수신한다. 예를 들어, 타겟 공진기(133)는 소스 공진기(131)와의 마그네틱 커플링을 통해 소스(110)로부터 "통신용 전력" 또는 "충전용 전력"을 수신할 수 있다. 또한, 타겟 공진기(133)는 인-밴드 통신을 통해 소스(110)로부터 다양한 데이터(140)를 수신할 수 있다.

- [0045] 매칭 네트워크(121)는 소스(110) 측으로 보이는 입력 임피던스와 부하(Load)측으로 보이는 출력 임피던스를 매칭시킬 수 있다. 매칭 네트워크(121)는 캐패시터와 인덕터의 조합으로 구성될 수 있다.
- [0046] 정류기(122)는 교류 전압을 정류함으로써, DC 전압을 생성한다. 예를 들어, 정류기(122)는 타겟 공진기(133)에 수신된 교류 전압을 정류할 수 있다.
- [0047] DC/DC 컨버터(123)는 정류기(122)에서 출력되는 DC 전압의 레벨을 부하(Load)에서 필요로 하는 용량에 맞게 조정할 수 있다. 예를 들어, DC/DC 컨버터(123)는 정류기(122)에서 출력되는 DC 전압의 레벨을 3~10Volt로 조정할 수 있다.
- [0048] 전력 검출기(power detector)(127)는 DC/DC 컨버터(123)의 입력단(126)의 전압과 출력단의 전류 및 전압을 검출(detect)할 수 있다. 검출된 입력단(126)의 전압은 소스에서 전달되는 전력의 전송 효율을 계산하는데 사용될 수 있다. 검출된 출력단의 전류 및 전압은 제어부(Rx Control Logic)(125)가 부하(Load)에 전달되는 전력을 계산하는데 사용될 수 있다. 소스(110)의 Tx 제어부(114)는 부하(Load)의 필요전력과 부하(Load)에 전달되는 전력을 고려하여, 소스(110)에서 전송해야 할 전력을 결정할 수 있다.
- [0049] 통신부(124)를 통해 계산된 출력단의 전력이 소스(110)로 전달되면, 소스(110)는 전송해야 할 전력을 계산할 수 있다.
- [0050] 통신부(124)는 공진 주파수를 이용하여 데이터를 송수신하는 인-밴드 통신을 수행할 수 있다. 이때, Rx 제어부(Rx control logic)(125)는 타겟 공진기(133)과 정류기(122) 사이의 신호를 검출하여 수신 신호를 복조하거나, 정류기(122)의 출력 신호를 검출하여 수신 신호를 복조할 수 있다. 예를 들어, Rx 제어부(Rx control logic)(125)는 인-밴드 통신을 통해 수신된 메시지를 복조할 수 있다. 또한, Rx 제어부(Rx control logic)(125)는 매칭 네트워크(121)를 통하여 타겟 공진기(133)의 임피던스를 조정함으로써, 소스(110)에 전송하는 신호를 변조할 수 있다. 간단한 예로, Rx 제어부(Rx control logic)(125)는 타겟 공진기(133)의 임피던스를 증가 시킴으로써, 소스(110)의 Tx 제어부(114)에서 반사파가 검출되도록 할 수 있다. 반사파의 발생 여부에 따라, 소스(110)의 Tx 제어부(114)는 이진수 "0" 또는 "1"을 검출할 수 있다.
- [0051] 통신부(124)는 "해당 타겟의 제품의 종류", "해당 타겟의 제조사 정보", "해당 타겟의 모델명", "해당 타겟의 배터리 유형(battery type)", "해당 타겟의 충전 방식", "해당 타겟의 로드(Load)의 임피던스 값", "해당 타겟의 타겟 공진기의 특성에 대한 정보", "해당 타겟의 사용 주파수 대역에 대한 정보", "해당 타겟의 소요되는 전력량", "해당 타겟의 고유의 식별자" 및 "해당 타겟의 제품의 버전 또는 규격 정보" 중 적어도 하나를 포함하는 응답 메시지를 소스(110)의 통신부(115)로 전송할 수 있다. 응답 메시지에 포함되는 정보의 종류는 구현에 따라 변경될 수 있다.
- [0052] 한편, 통신부(124)는 통신 채널을 이용하는 아웃-밴드 통신을 수행할 수도 있다. 통신부(124)는 지그비(Zigbee), 블루투스(Bluetooth) 등의 통신 모듈을 포함할 수 있다. 통신부(124)는 아웃-밴드 통신을 통해 소스(110)와 데이터(140)를 송수신 할 수 있다.
- [0053] 통신부(124)는 소스(110)로부터 웨이크-업 요청 메시지를 수신하고, 전력 검출기(power detector)(127)는 타겟 공진기(133)에 수신되는 전력의 양을 검출하며, 통신부(124)는 타겟 공진기(133)에 수신되는 전력의 양에 대한 정보를 소스(110)로 전송할 수 있다. 이때, 타겟 공진기(133)에 수신되는 전력의 양에 대한 정보는, "정류기(122)의 입력 전압 값 및 전류 값", "정류기(122)의 출력 전압 값 및 전류 값" 또는 "DC/DC 컨버터(123)의 출력 전압 값 및 전류 값"이다.
- [0054] 도 1에서, Tx 제어부(114)는 소스 공진기(131)의 공진 대역폭(resonance bandwidth)을 설정할 수 있다. 소스 공진기(131)의 공진 대역폭(resonance bandwidth)의 설정에 따라서, 소스 공진기(131)의 큐-팩터(Q-factor) Q_s 가 결정될 수 있다.
- [0055] 또한, Rx 제어부(Rx control logic)(125)는 타겟 공진기(133)의 공진 대역폭(resonance bandwidth)을 설정할 수 있다. 타겟 공진기(133)의 공진 대역폭(resonance bandwidth)의 설정에 따라서, 타겟 공진기(133)의 큐-팩터(Q-factor) Q_s 가 결정될 수 있다. 이때, 소스 공진기(131)의 공진 대역폭은 타겟 공진기(133)의 공진 대역폭보다 넓거나 좁게 설정될 수 있다.
- [0056] 통신을 통해, 소스(110)와 타겟(120)은 소스 공진기(131) 및 타겟 공진기(133) 각각의 공진 대역폭에 대한 정보를 공유할 수 있다. 타겟(120)으로부터 기준값 보다 높은 전력(high power)이 요구되는 경우, 소스 공진기

(131)의 큐-팩터 Q_s 는 100 보다 큰 값으로 설정될 수 있다. 또한, 타겟(120)으로부터 기준 값 보다 낮은 전력 (low power)이 요구되는 경우, 소스 공진기(131)의 큐-팩터 Q_s 는 100보다 작은 값으로 설정될 수 있다.

[0057] 공진 방식의 무선 전력 전송에서, 공진 대역폭은 중요한 팩터(factor)이다. 소스 공진기(131)와 타겟 공진기(133) 사이의 거리 변화, 공진 임피던스의 변화, 임피던스 미스매칭, 반사 신호 등을 모두 고려한 큐-팩터(Q-factor)를 Q_t 라 할 때, Q_t 는 수학식 1과 같이 공진 대역폭과 반비례 관계를 갖는다.

수학식 1

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{Q_t}$$

$$= \Gamma_{S,D} + \frac{1}{BW_S} + \frac{1}{BW_D}$$

[0058]

[0059] 수학식 1에서, f_0 는 중심주파수, Δf 는 대역폭, $\Gamma_{S,D}$ 는 공진기 사이의 반사 손실, BW_S 는 소스 공진기(131)의 공진 대역폭, BW_D 는 타겟 공진기(133)의 공진 대역폭을 나타낼 수 있다.

[0060] 한편, 무선 전력 전송에 있어서, 무선 전력 전송의 효율 U 는 수학식 2와 같이 정의될 수 있다.

수학식 2

$$U = \frac{K}{\sqrt{\Gamma_S \Gamma_D}} = \frac{\omega_0 M}{\sqrt{R_S R_D}} = \frac{\sqrt{Q_S Q_D}}{Q_K}$$

[0061]

[0062] 여기서, K 는 소스 공진기(131)와 타겟 공진기(133) 사이의 에너지 커플링에 대한 결합 계수, Γ_S 는 소스 공진기(131)에서의 반사계수, Γ_D 는 타겟 공진기(133)에서의 반사계수, ω_0 는 공진 주파수, M 은 소스 공진기(131)와 타겟 공진기(133) 사이의 상호 인덕턴스, R_S 는 소스 공진기(131)의 임피던스, R_D 는 타겟 공진기(133)의 임피던스, Q_s 는 소스 공진기(131)의 Q-factor, Q_0 는 타겟 공진기(133)의 Q-factor, Q_k 는 소스 공진기(131)와 타겟 공진기(133) 사이의 에너지 커플링에 대한 Q-factor일 수 있다.

[0063] 상기 수학식 2를 참조하면, 큐-팩터(Q-factor)는 무선 전력 전송의 효율과 관련이 높다.

[0064] 따라서, 무선 전력 전송의 효율을 높이기 위하여 큐-팩터(Q-factor)는 높은 값으로 설정될 수 있다. 이때, Q_s 와 Q_0 가 각각 지나치게 높은 값으로 설정된 경우, 에너지 커플링에 대한 결합 계수 K 의 변화, 소스 공진기(131)와 타겟 공진기(133) 사이의 거리 변화, 공진 임피던스의 변화, 임피던스 미스 매칭 등에 의하여 무선 전력 전송의 효율이 감소하는 현상이 발생할 수 있다.

[0065] 또한, 무선 전력 전송의 효율을 높이기 위해, 소스 공진기(131)와 타겟 공진기(133) 각각의 공진 대역폭을 지나치게 좁게(narrow) 설정하면, 외부의 작은 영향에도 임피던스 미스매칭 등이 쉽게 발생할 수 있다. 임피던스 미스매칭을 고려하면, 수학식 1은 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{\sqrt{VSWR}-1}{Qt \sqrt{VSWR}}$$

[0066]

[0067]

[0068]

[0069]

[0070]

[0071]

[0072]

[0073]

[0074]

[0075]

[0076]

[0077]

소스 공진기(131)와 타겟 공진기(133) 간의 공진 대역폭 또는 임피던스 매칭 주파수의 대역폭을 불평형 (unbalance) 관계로 유지하는 경우, 결합 계수 K의 변화, 소스 공진기(131)와 타겟 공진기(133) 사이의 거리 변화, 공진 임피던스의 변화, 임피던스 미스매칭 등에 의하여 무선 전력 전송의 효율이 감소하는 현상이 발생할 수 있다.

수학식 1 및 수학식 3에 따르면, 소스 공진기(131)와 타겟 공진기(133) 간의 공진 대역폭 또는 임피던스 매칭 주파수의 대역폭을 불평형(unbalance) 관계로 유지하면, 소스 공진기(131)의 큐-팩터와 타겟 공진기(133)의 큐-팩터는 서로 불평형(unbalance) 관계가 유지된다.

도 1에서, 소스(110)는 타겟(120)의 웨이크-업을 위한 웨이크 업 전력을 무선으로 전송하고, 무선 전력 전송 네트워크를 구성하기 위한 구성 신호(configuration signal)를 브로드캐스트할 수 있다. 소스(110)는 상기 구성 신호(configuration signal)의 수신 감도 값을 포함하는 서치 프레임을 상기 타겟(120)으로부터 수신하고, 상기 타겟(120)의 조인을 허락하고, 무선 전력 전송 네트워크에서 상기 타겟(120)을 식별하기 위한 식별자를 상기 타겟(120)으로 전송하고, 전력 제어를 통해 충전 전력을 생성하고, 상기 충전 전력을 무선으로 상기 타겟(120)에 전송할 수 있다.

또한, 타겟(120)은 복수의 소스 디바이스들 중 적어도 하나로부터 웨이크 업 전력을 수신하고, 상기 웨이크-업 전력을 사용하여 통신 기능을 활성화하고, 상기 복수의 소스 디바이스들 각각의 무선 전력 전송 네트워크를 구성하기 위한 구성 신호를 수신하고, 상기 구성 신호의 수신 감도에 기초하여 소스(110)를 선택하고, 상기 선택된 소스(110)로부터 전력을 무선으로 수신할 수 있다.

도 2 내지 도 4에서 "공진기"는 소스 공진기 및 타겟 공진기를 포함할 수 있다.

도 2는 일 실시예에 따른 공진기 및 피더에서 자기장의 분포를 나타낸다.

별도의 피더를 통해 공진기가 전력을 공급받는 경우에는 피더에서 자기장이 발생하고, 공진기에서도 자기장이 발생한다.

도 2의 (a)를 참조하면, 피더(210)에서 입력 전류가 흐름에 따라 자기장(230)이 발생한다. 피더(210) 내부에서의 자기장의 방향(231)과 외부에서의 자기장의 방향(233)은 서로 반대 위상을 가질 수 있다. 피더(210)에서 발생하는 자기장(230)에 의해 공진기(220)에서 유도 전류가 발생할 수 있다. 이때 유도 전류의 방향은 입력 전류의 방향과 반대일 수 있다.

유도 전류에 의해 공진기(220)에서 자기장(240)이 발생한다. 자기장의 방향은 공진기(220)의 내부에서는 동일한 방향을 가진다. 따라서, 공진기(220)에 의해 피더(210)의 내부에서 발생하는 자기장의 방향(241)과 피더(210)의 외부에서 발생하는 자기장의 방향(243)은 동일한 위상을 가진다.

결과적으로 피더(210)에 의해서 발생하는 자기장과 공진기(220)에서 발생하는 자기장을 합성하면, 피더(210)의 내부에서는 자기장의 세기가 약화되고, 피더(210)의 외부에서는 자기장의 세기가 강화된다. 따라서, 도 2과 같은 구조의 피더(210)를 통해 공진기(220)에 전력을 공급하는 경우에, 공진기(220) 중심에서 자기장의 세기가 약하고, 외곽에서 자기장의 세기가 강하다. 공진기(220) 상에서 자기장의 분포가 균일(uniform)하지 않은 경우, 입력 임피던스가 수시로 변화하므로 임피던스 매칭을 수행하는 것이 어렵다. 또한, 자기장의 세기가 강한 부분에서는 무선 전력 전송이 잘되고, 자기장의 세기가 약한 부분에서는 무선 전력 전송이 잘 되지 않으므로, 평균적으로 전력 전송 효율이 감소한다.

도 2의 (b)는 소스 공진기(250)와 피더(260)가 공통의 접지를 가진 무선 전력 전송 장치의 구조를 도시한다. 소스 공진기(250)는 캐패시터(251)를 포함할 수 있다. 피더(260)는 포트(261)를 통하여, RF 신호를 입력 받을 수 있다. 피더(260)에는 RF 신호가 입력되어, 입력 전류가 생성될 수 있다. 피더(260)에 흐르는 입력 전류는

자기장을 생성하고, 상기 자기장으로부터 소스 공진기(250)에 유도 전류가 유도될 수 있다. 또한, 소스 공진기(250)를 흐르는 유도 전류로부터 자기장이 발생한다. 이때, 피더(260)에 흐르는 입력 전류의 방향과 소스 공진기(250)에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대 위상을 가진다. 따라서, 소스 공진기(250)와 피더(260) 사이의 영역에서, 입력 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향(271)과 유도 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향(273)은 동일한 위상을 가지므로, 자기장의 세기가 강화된다. 반면에, 피더(260)의 내부에서는, 입력 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향(281)과 유도 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향(283)은 반대 위상을 가지므로, 자기장의 세기가 약화된다. 결과적으로 소스 공진기(250)의 중심에서는 자기장의 세기가 약해지고, 소스 공진기(250)의 외곽에서는 자기장의 세기가 강화될 수 있다.

[0078] 피더(260)는 피더(260) 내부의 면적을 조절하여, 입력 임피던스를 결정할 수 있다. 여기서 입력 임피던스는 피더(260)에서 소스 공진기(250)를 바라볼 때, 보이는 임피던스를 의미한다. 피더(260) 내부의 면적이 커지면 입력 임피던스는 증가하고, 내부의 면적이 작아지면 입력 임피던스는 감소한다. 그런데, 입력 임피던스가 감소하는 경우에도, 소스 공진기(250) 내부의 자기장 분포는 일정하지 않으므로, 타겟 디바이스의 위치에 따라 입력 임피던스 값이 일정하지 않다. 따라서, 전력 증폭기의 출력 임피던스와 상기 입력 임피던스의 매칭을 위해 별도의 매칭 네트워크가 필요하다. 입력 임피던스가 증가하는 경우에는 큰 입력 임피던스를 작은 출력 임피던스에 매칭시키기 위해 별도의 매칭 네트워크가 필요할 수 있다.

[0079] 타겟 공진기가 소스 공진기(250)와 같은 구성이고, 타겟 공진기의 피더가 피더(260)와 같은 구성인 경우에도 별도의 매칭 네트워크가 필요할 수 있다. 타겟 공진기에서 흐르는 전류의 방향과 타겟 공진기의 피더에서 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대 위상을 가지기 때문이다.

[0080] 도 3은 일 실시예에 따른 공진기 및 피더의 구성을 나타낸 도면이다.

[0081] 도 3의 (a)를 참조하면, 공진기(310)는 캐패시터(311)를 포함할 수 있다. 피더(320)는 캐패시터(311)의 양단에 전기적으로 연결될 수 있다.

[0082] 도 3의 (b)는 도 3의 (a)의 구조를 좀 더 구체적으로 표시한 도면이다. 이때, 공진기(310)는 제1 전송선로, 제1 도체(341), 제2 도체(342), 적어도 하나의 제1 캐패시터(350)를 포함할 수 있다.

[0083] 제1 캐패시터(350)는 제1 전송 선로에서 제1 신호 도체 부분(331)과 제2 신호 도체 부분(332) 사이에 위치에 직렬로 삽입되며, 그에 따라 전계(electric field)는 제1 캐패시터(350)에 갇히게 된다. 일반적으로, 전송 선로는 상부에 적어도 하나의 도체, 하부에 적어도 하나의 도체를 포함하며, 상부에 있는 도체를 통해서는 전류가 흐르며, 하부에 있는 도체는 전기적으로 그라운드 된다(grounded). 본 명세서에서는 제1 전송 선로의 상부에 있는 도체를 제1 신호 도체 부분(331)과 제2 신호 도체 부분(332)로 나누어 부르고, 제1 전송 선로의 하부에 있는 도체를 제1 그라운드 도체 부분(333)으로 부르기로 한다.

[0084] 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이, 공진기는 2 차원 구조의 형태를 가질 수 있다. 제1 전송 선로는 상부에 제1 신호 도체 부분(331) 및 제2 신호 도체 부분(332)을 포함하고, 하부에 제1 그라운드 도체 부분(333)을 포함한다. 제1 신호 도체 부분(331) 및 제2 신호 도체 부분(332)과 제1 그라운드 도체 부분(333)은 서로 마주보게 배치된다. 전류는 제1 신호 도체 부분(331) 및 제2 신호 도체 부분(332)을 통하여 흐른다.

[0085] 또한, 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이 제1 신호 도체 부분(331)의 한쪽 단은 제1 도체(341)와 접지(short)되고, 다른 쪽 단은 제1 캐패시터(350)와 연결될 수 있다. 그리고, 제2 신호 도체 부분(332)의 한쪽 단은 제2 도체(342)와 접지되며, 다른 쪽 단은 제1 캐패시터(350)와 연결될 수 있다. 결국, 제1 신호 도체 부분(331), 제2 신호 도체 부분(332) 및 제1 그라운드 도체 부분(333), 도체들(341, 342)은 서로 연결됨으로써, 공진기는 전기적으로 닫혀 있는 루프 구조를 갖는다. 여기서, '루프 구조'는 원형 구조, 사각형과 같은 다각형의 구조 등을 모두 포함하며, '루프 구조를 갖는다'고 함은 전기적으로 닫혀 있다는 것을 의미한다.

[0086] 제1 캐패시터(350)는 전송 선로의 중단부에 삽입된다. 보다 구체적으로, 제1 캐패시터(350)는 제1 신호 도체 부분(331) 및 제2 신호 도체 부분(332) 사이에 삽입된다. 이 때, 제1 캐패시터(350)는 집중 소자(lumped element) 및 분산 소자(distributed element) 등의 형태를 가질 수 있다. 특히, 분산 소자의 형태를 갖는 분산된 캐패시터는 지그재그 형태의 도체 라인들과 그 도체 라인들 사이에 존재하는 높은 유전율을 갖는 유전체를 포함할 수 있다.

[0087] 제1 캐패시터(350)가 전송 선로에 삽입됨에 따라 소스 공진기는 메타물질(metamaterial)의 특성을 가질 수 있다. 여기서, 메타물질이란 자연에서 발견될 수 없는 특별한 전기적 성질을 갖는 물질로서, 인공적으로 설계된 구조를 가질 수 있다. 자연계에 존재하는 모든 물질들의 전자기 특성은 고유의 유전율 또는 투자율을 가지

며, 대부분의 물질들은 양의 유전율 및 양의 투자율을 갖는다.

- [0088] 대부분의 물질들에서 전계, 자계 및 포인팅 벡터에는 오른손 법칙이 적용되므로, 이러한 물질들을 RHM(Right Handed Material)이라고 한다. 그러나, 메타물질은 자연계에 존재하지 않는 유전율 또는 투자율을 가진 물질로서, 유전율 또는 투자율의 부호에 따라 ENG(epsilon negative) 물질, MNG(mu negative) 물질, DNG(double negative) 물질, NRI(negative refractive index) 물질, LH(left-handed) 물질 등으로 분류된다.
- [0089] 이 때, 집중 소자로서 삽입된 제1 캐패시터(350)의 캐패시턴스가 적절히 정해지는 경우, 소스 공진기는 메타물질의 특성을 가질 수 있다. 특히, 제1 캐패시터(350)의 캐패시턴스를 적절히 조절함으로써, 소스 공진기는 음의 투자율을 가질 수 있으므로, 소스 공진기는 MNG 공진기로 불려질 수 있다. 제1 캐패시터(350)의 캐패시턴스를 정하는 전제(criterion)들은 다양할 수 있다. 소스 공진기가 메타물질(metamaterial)의 특성을 가질 수 있도록 하는 전제(criterion), 소스 공진기가 대상 주파수에서 음의 투자율을 갖도록 하는 전제 또는 소스 공진기가 대상 주파수에서 영변재 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 갖도록 하는 전제 등이 있을 수 있고, 상술한 전제들 중 적어도 하나의 전제 아래에서 제1 캐패시터(350)의 캐패시턴스가 정해질 수 있다.
- [0090] MNG 공진기는 전파 상수(propagation constant)가 0일 때의 주파수를 공진 주파수로 갖는 영변재 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 가질 수 있다. MNG 공진기는 영변재 공진 특성을 가질 수 있으므로, 공진 주파수는 MNG 공진기의 물리적인 사이즈에 대해 독립적일 수 있다. 예를 들어, 아래에서 다시 설명하겠지만, MNG 공진기에서 공진 주파수를 변경하기 위해서는 제1 캐패시터(350)를 적절히 설계하는 것으로 충분하므로, MNG 공진기의 물리적인 사이즈를 변경하지 않을 수 있다.
- [0091] 또한, 근접장(near field)에서 전계는 전송 선로에 삽입된 제1 캐패시터(350)에 집중되므로, 제1 캐패시터(350)로 인하여 근접 필드에서는 자기장(magnetic field)이 도미넌트(dominant)해진다. 그리고, MNG 공진기는 집중 소자의 제1 캐패시터(350)를 이용하여 높은 큐-팩터(Q-Factor)를 가질 수 있으므로, 전력 전송의 효율을 향상시킬 수 있다. 참고로, 큐-팩터는 무선 전력 전송에 있어서 저항 손실(ohmic loss)의 정도 또는 저항(resistance)에 대한 리액턴스의 비를 나타내는데, 큐-팩터가 클수록 무선 전력 전송의 효율이 큰 것으로 이해될 수 있다.
- [0092] 또한, 도 3의 (b)에 도시되지 아니하였으나, MNG 공진기를 관통하는 마그네틱 코어가 더 포함될 수 있다. 이러한 마그네틱 코어는 전력 전송 거리를 증가시키는 기능을 수행할 수 있다.
- [0093] 도 3의 (b)를 참조하면, 피더(320)는 제2 전송선로, 제3 도체(371), 제4 도체(372), 제5 도체(381) 및 제6 도체(382)를 포함할 수 있다.
- [0094] 제2 전송 선로는 상부에 제3 신호 도체 부분(361) 및 제4 신호 도체 부분(362)을 포함하고, 하부에 제2 그라운드 도체 부분(363)을 포함할 수 있다. 제3 신호 도체 부분(361) 및 제4 신호 도체 부분(362)과 제2 그라운드 도체 부분(363)은 서로 마주보게 배치될 수 있다. 전류는 제3 신호 도체 부분(361) 및 제4 신호 도체 부분(362)을 통하여 흐른다.
- [0095] 또한, 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이 제3 신호 도체 부분(361)의 한쪽 단은 제3 도체(371)와 접지(short)되고, 다른 쪽 단은 제5 도체(381)와 연결될 수 있다. 그리고, 제4 신호 도체 부분(362)의 한쪽 단은 제4 도체(372)와 접지되며, 다른 쪽 단은 제6 도체(382)와 연결될 수 있다. 제5 도체(381)는 제1 신호 도체 부분(331)과 연결되고, 제6 도체(382)는 제2 신호 도체 부분(332)과 연결될 수 있다. 제5 도체(381)와 제6 도체(382)는 제1 캐패시터(350)의 양단에 병렬로 연결될 수 있다. 이때, 제5 도체(381) 및 제6 도체(382)는 RF 신호를 입력 받는 입력 포트로서 사용될 수 있다.
- [0096] 결국, 제3 신호 도체 부분(361), 제4 신호 도체 부분(362) 및 제2 그라운드 도체 부분(363), 제3 도체(371), 제4 도체(372), 제5 도체(381), 제6 도체(382) 및 공진기(310)는 서로 연결됨으로써, 공진기(310) 및 피더(320)는 전기적으로 단혀 있는 루프 구조를 가질 수 있다. 여기서, '루프 구조'는 원형 구조, 사각형과 같은 다각형의 구조 등을 모두 포함한다. 제5 도체(381) 또는 제6 도체(382)를 통하여 RF 신호가 입력되면, 입력 전류는 피더(320) 및 공진기(310)에 흐르게 되고, 입력 전류에 의해 발생하는 자기장에 의하여, 공진기(310)에 유도 전류가 유도된다. 피더(320)에서 흐르는 입력 전류의 방향과 공진기(310)에서 흐르는 유도 전류의 방향이 동일하게 형성됨으로써, 공진기(310)의 중앙에서는 자기장의 세기가 강화되고, 공진기(310)의 외곽에서는 자기장의 세기가 약화된다.
- [0097] 공진기(310)와 피더(320) 사이 영역의 면적에 의해 입력 임피던스가 결정될 수 있으므로, 전력 증폭기의 출력 임피던스와 상기 입력 임피던스의 매칭을 수행하기 위해 별도의 매칭 네트워크는 필요하지 않다. 매칭 네트워크

크가 사용되는 경우에도, 피더(320)의 크기를 조절함으로써, 입력 임피던스를 결정할 수 있기 때문에, 매칭 네트워크의 구조는 단순해질 수 있다. 단순한 매칭 네트워크 구조는 매칭 네트워크의 매칭 손실을 최소화한다.

[0098] 제2 전송 선로, 제3 도체(371), 제4 도체(372), 제5 도체(381), 제6 도체(382)는 공진기(310)와 동일한 구조를 형성할 수 있다. 예를 들어, 공진기(310)가 루프 구조인 경우에는 피더(320)도 루프 구조일 수 있다. 또한, 공진기(310)가 원형 구조인 경우에는 피더(320)도 원형 구조일 수 있다.

[0099] 도 4는 일 실시예에 따른 피더의 피딩에 따른 공진기의 내부에서 자기장의 분포를 나타낸 도면이다.

[0100] 무선 전력 전송에서 피딩은, 소스 공진기에 전력을 공급하는 것을 의미한다. 또한, 무선 전력 전송에서 피딩은, 정류기에 AC 전력을 공급하는 것을 의미할 수 있다. 도 4의 (a)는 피더에서 흐르는 입력 전류의 방향 및 소스 공진기에서 유도되는 유도 전류의 방향을 도시한다. 또한, 도 4의 (a)는 피더의 입력 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향 및 소스 공진기의 유도 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향을 나타낸다. 도 4의 (a)는 도 4의 공진기(410) 및 피더(420)를 좀 더 간략하게 표현한 도면이다. 도 4의 (b)는 피더와 공진기의 등가회로를 나타낸다.

[0101] 도 4의 (a)를 참조하면, 피더의 제5 도체 또는 제6 도체는 입력 포트(410)로 사용될 수 있다. 입력 포트(410)는 RF 신호를 입력 받는다. RF 신호는 전력 증폭기로부터 출력될 수 있다. 전력 증폭기는 타겟 디바이스의 필요에 따라 RF 신호의 진폭을 증감시킬 수 있다. 입력 포트(410)에서 입력된 RF 신호는 피더에 흐르는 입력 전류의 형태로 표시될 수 있다. 피더를 흐르는 입력 전류는 피더의 전송선로를 따라 시계방향으로 흐른다. 그런데, 피더의 제5 도체는 공진기와 전기적으로 연결될 수 있다. 좀 더 구체적으로, 제5 도체는 공진기의 제1 신호 도체 부분과 연결될 수 있다. 따라서 입력 전류는 피더 뿐만 아니라 공진기에도 흐르게 된다. 공진기에서 입력 전류는 반시계 방향으로 흐른다. 공진기에 흐르는 입력 전류에 의하여 자기장이 발생하고, 상기 자기장에 의해 공진기에 유도 전류가 생성된다. 유도 전류는 공진기에서 시계방향으로 흐른다. 이때 유도 전류는 공진기의 캐패시터에 에너지를 전달할 수 있다. 또한, 유도 전류에 의해 자기장이 발생한다. 도 4의 (a)에서 피더 및 공진기에 흐르는 입력 전류는 실선으로 표시되고, 공진기에 흐르는 유도 전류는 점선으로 표시되었다.

[0102] 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향은 오른나사의 법칙을 통해 알 수 있다. 피더 내부에서, 피더에 흐르는 입력 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(421)과 공진기에 흐르는 유도 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(423)은 서로 동일하다. 따라서, 피더 내부에서 자기장의 세기가 강화된다.

[0103] 또한, 피더와 공진기 사이의 영역에서, 피더에 흐르는 입력 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(433)과 소스 공진기에 흐르는 유도 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(431)은 서로 반대 위상이다. 따라서, 피더와 공진기 사이의 영역에서, 자기장의 세기는 약화된다.

[0104] 루프 형태의 공진기에서는 일반적으로 공진기의 중심에서는 자기장의 세기가 약하고, 공진기의 외곽부분에서는 자기장의 세기가 강하다. 그런데 도 4의 (a)를 참조하면, 피더가 공진기의 캐패시터 양단에 전기적으로 연결됨으로써 공진기의 유도 전류의 방향과 피더의 입력 전류의 방향이 동일해진다. 공진기의 유도 전류의 방향과 피더의 입력 전류의 방향이 동일하기 때문에, 피더의 내부에서는 자기장의 세기가 강화되고, 피더의 외부에서는 자기장의 세기가 약화된다. 결과적으로 루프 형태의 공진기의 중심에서는 피더로 인하여 자기장의 세기가 강화되고, 공진기의 외곽부분에서는 자기장의 세기가 약화될 수 있다. 그러므로 공진기 내부에서는 전체적으로 자기장의 세기가 균일해질 수 있다.

[0105] 한편, 소스 공진기에서 타겟 공진기로 전달되는 전력 전송의 효율은 소스 공진기에서 발생하는 자기장의 세기에 비례하므로, 소스 공진기의 중심에서 자기장의 세기가 강화됨에 따라 전력 전송 효율도 증가할 수 있다.

[0106] 도 4의 (b)를 참조하면, 피더(440) 및 공진기(450)는 등가회로로 표현될 수 있다. 피더(440)에서 공진기 측을 바라볼 때 보이는 입력 임피던스 Z_{in} 은 다음의 수학적 식 4와 같이 계산될 수 있다.

수학적 식 4

$$Z_{in} = \frac{(\omega M)^2}{Z}$$

[0107]

- [0108] 여기서, M은 피더(440)와 공진기(450) 사이의 상호 인덕턴스를 의미하고, ω 는 피더(440)와 공진기(450) 간의 공진 주파수를 의미하고, Z는 공진기(450)에서 타겟 디바이스 측을 바라볼 때 보이는 임피던스를 의미할 수 있다.
- [0109] Z_{in} 은 상호 인덕턴스 M에 비례할 수 있다. 따라서, 피더(440) 및 공진기(450) 간의 상호 인덕턴스를 조절함으로써 Z_{in} 을 제어할 수 있다. 상호 인덕턴스 M은 피더(440)와 공진기(450) 사이 영역의 면적에 따라 조절될 수 있다. 피더(440)의 크기에 따라 피더(440)와 공진기(450) 사이 영역의 면적이 조절될 수 있다. Z_{in} 은 피더(440)의 크기에 따라 결정될 수 있으므로, 전력 증폭기의 출력 임피던스와 임피던스 매칭을 수행하기 위해 별도의 매칭 네트워크가 필요하지 않다.
- [0110] 무선 전력 수신 장치에 포함된 타겟 공진기 및 피더도 위와 같은 자기장의 분포를 가질 수 있다. 타겟 공진기는 소스 공진기로부터 마그네틱 커플링을 통하여 무선 전력을 수신할 수 있다. 이때 수신되는 무선 전력을 통하여 타겟 공진기에서는 유도 전류가 생성될 수 있다. 타겟 공진기에서 유도 전류에 의해 발생한 자기장은 피더에 다시 유도 전류를 생성할 수 있다. 이때, 도 4의 (a)의 구조와 같이 타겟 공진기와 피더가 연결되면, 타겟 공진기에서 흐르는 전류의 방향과 피더에서 흐르는 전류의 방향은 동일해진다. 따라서, 피더의 내부에서는 자기장의 세기가 강화되고, 피더와 타겟 공진기 사이의 영역에서는 자기장의 세기가 약화될 수 있다.
- [0111] 도 5는 일 실시예에 따른 전기 자동차 충전 시스템(electric vehicle charging system)을 도시한다.
- [0112] 도 5를 참조하면, 전기 자동차 충전 시스템(500)은 소스 시스템(510), 소스 공진기(520), 타겟 공진기(530), 타겟 시스템(540) 및 전기 자동차용 배터리(550)를 포함할 수 있다.
- [0113] 전기 자동차 충전 시스템(500)은 도 1의 무선 전력 전송 시스템과 유사한 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 전기 자동차 충전 시스템(500)은 소스 시스템(510) 및 소스 공진기(520)로 구성되는 소스를 포함할 수 있다. 또한, 전기 자동차 충전 시스템(500)은 타겟 공진기(530) 및 타겟 시스템(540)로 구성되는 타겟을 포함할 수 있다.
- [0114] 이때, 소스 시스템(510)은 도 1의 소스(110)와 같이, 가변 SMPS(Variable SMPS), 전력 증폭기(power amplifier), 매칭 네트워크, Tx 제어부 및 통신부를 포함할 수 있다. 이때, 타겟 시스템(540)은 도 1의 타겟(120)과 같이, 매칭 네트워크, 정류기, DC/DC 컨버터, 통신부 및 Rx 제어부를 포함할 수 있다.
- [0115] 전기 자동차용 배터리(550)는 타겟 시스템(540)에 의해 충전 될 수 있다.
- [0116] 전기 자동차 충전 시스템(500)은 수 KHz~수십 MHz의 공진 주파수를 사용할 수 있다.
- [0117] 소스 시스템(510)은 충전 차량의 종류, 배터리의 용량, 배터리의 충전 상태에 따라 전력을 생성하고, 생성된 전력을 타겟 시스템(540)으로 공급할 수 있다.
- [0118] 소스 시스템(510)은 소스 공진기(520) 및 타겟 공진기(530)의 정렬(alignment)를 맞추기 위한 제어를 수행할 수 있다. 예를 들어, 소스 시스템(510)의 제어부는 소스 공진기(520)와 타겟 공진기(530)의 정렬(alignment)이 맞지 않은 경우, 타겟 시스템(540)으로 메시지를 전송하여 정렬(alignment)을 제어할 수 있다.
- [0119] 이때, 정렬(alignment)이 맞지 않은 경우란, 타겟 공진기(530)의 위치가 마그네틱 공진(magnetic resonance)이 최대로 일어나기 위한 위치에 있지 않은 경우일 수 있다. 예를 들어, 차량이 정확하게 정차되지 않은 경우, 소스 시스템(510)은 차량의 위치를 조정하도록 유도함으로써, 소스 공진기(520)와 타겟 공진기(530)의 정렬(alignment)이 맞도록 유도할 수 있다.
- [0120] 소스 시스템(510)과 타겟 시스템(540)은 통신을 통해, 차량의 식별자를 송수신할 수 있고, 각종 메시지를 주고 받을 수 있다.
- [0121] 도 1 내지 도 4에서 설명된 내용들은 전기 자동차 충전 시스템(500)에 적용될 수 있다. 다만, 전기 자동차 충전 시스템(500)은 수 KHz~수십 MHz의 공진 주파수를 사용하고, 전기 자동차용 배터리(550)를 충전하기 위해 수십 watt이상의 전력 전송을 수행할 수 있다.
- [0122] 도 6 및 도 7은 일 실시예에 따른 무선 전력 수신 장치 및 무선 전력 전송 장치가 탑재될 수 있는 어플리케이션들을 도시한다.
- [0123] 도 6을 참조하면, 도 6의 (a)는 패드(610)와 모바일 단말(620) 간의 무선 전력 충전을 나타내고, 도 6의 (b)는 패드들(630, 640)과 보청기들(650, 660) 간의 무선 전력 충전을 나타낸다.

- [0124] 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 장치는 패드(610)에 탑재될 수 있다. 일 실시예에 따른 무선 전력 수신 장치는 모바일 단말(620)에 탑재될 수 있다. 이때, 패드(610)는 하나의 모바일 단말(620)을 충전할 수 있다.
- [0125] 일 실시예에 따른 2개의 무선 전력 전송 장치는 제1 패드(630) 및 제2 패드(640) 각각에 탑재될 수 있다. 보청기(650)는 왼쪽 귀의 보청기를 나타내고, 보청기(660)는 오른쪽 귀의 보청기를 나타낼 수 있다. 일 실시예에 따른 2개의 무선 전력 수신 장치는 보청기(650) 및 보청기(660) 각각에 탑재될 수 있다.
- [0126] 도 7을 참조하면, 도 7의 (a)는 인체에 삽입된 전자기기(710)와 모바일 단말(720) 간의 무선 전력 충전을 나타내고, 도 7의 (b)는 보청기(730)와 모바일 단말(740) 간의 무선 전력 충전을 나타낸다.
- [0127] 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 장치 및 일 실시예에 따른 무선 전력 수신 장치는 모바일 단말(720)에 탑재될 수 있다. 일 실시예에 따른 무선 전력 수신 장치는 인체에 삽입된 전자기기(710)에 탑재될 수 있다. 인체에 삽입된 전자기기(710)는 모바일 단말(720)로부터 전력을 수신하여 충전될 수 있다.
- [0128] 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 장치 및 일 실시예에 따른 무선 전력 수신 장치는 모바일 단말(740)에 탑재될 수 있다. 일 실시예에 따른 무선 전력 수신 장치는 보청기(730)에 탑재될 수 있다. 보청기(730)는 모바일 단말(740)로부터 전력을 수신하여 충전될 수 있다. 보청기(730)뿐만 아니라, 블루투스 이어폰과 같은 다양한 저전력 전자기기들도 모바일 단말(740)로부터 전력을 수신하여 충전될 수 있다.
- [0129] 도 8은 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 장치 무선 전력 수신 장치의 구성 예를 나타낸다.
- [0130] 도 8에서 무선 전력 전송 장치(810)는 도 6의 제1 패드(630) 및/또는 제2 패드(640) 각각에 탑재될 수 있다. 또한, 도 8에서 무선 전력 전송 장치(810)는 도 7의 모바일 단말(720) 및/또는 모바일 단말(740)에 탑재될 수 있다.
- [0131] 도 8에서 무선 전력 수신 장치(820)는 도 6의 보청기(650) 및/또는 보청기(660) 각각에 탑재될 수 있다.
- [0132] 무선 전력 전송 장치(810)는 도 1의 무선 전력 전송 장치(110)와 유사한 구성을 포함할 수 있다. 예를 들어, 무선 전력 전송 장치(810)는 마그네틱 커플링을 이용하여 전력을 전송하기 위한 구성을 포함할 수 있다.
- [0133] 도 8에서 통신 및 트래킹부(811)는 무선 전력 수신 장치(820)와 통신을 수행하고, 무선 전력 전송 효율을 유지하기 위한 임피던스 제어 및 공진 주파수 제어를 수행할 수 있다. 예를 들어, 통신 및 트래킹부(811)는 도 1의 Tx 제어부(114) 및 통신부(115)와 유사한 기능을 수행할 수 있다.
- [0134] 무선 전력 수신 장치(820)는 도 1의 무선 전력 수신 장치(120)와 유사한 구성을 포함할 수 있다. 예를 들어, 무선 전력 수신 장치(820)는 전력을 무선으로 수신하여 배터리를 충전하기 위한 구성을 포함한다. 무선 전력 수신 장치(820)는 타겟 공진기(target resonator)(또는 Rx 공진기(Rx resonator)), 정류기(rectifier), DC/DC 컨버터(DC/DC converter), 충전기 회로(charger circuit)를 포함할 수 있다. 또한, 무선 전력 수신 장치(820)는 통신 및 제어부(823)를 포함할 수 있다.
- [0135] 통신 및 제어부(823)는 무선 전력 전송 장치(810)와 통신을 수행하고, 과전압 및 과전류 보호를 위한 동작을 수행할 수 있다.
- [0136] 무선 전력 수신 장치(820)는 청각기기 회로(821)를 포함할 수 있다. 청각기기 회로(821)는 배터리에 의해 충전될 수 있다. 청각기기 회로(821)는 마이크, 아날로그-디지털 변환기, 프로세서, 디지털-아날로그 변환기 및 리시버를 포함할 수 있다. 예를 들어, 청각기기 회로(821)는 보청기와 동일한 구성을 포함할 수 있다.
- [0137] 도 9는 여러 개의 송신 공진기 및 급전부를 포함하는 무선 전력 송신 장치를 도시한 도면이다.
- [0138] 이하에서는 소스 디바이스를 무선 전력 송신 장치(910), 타겟 디바이스를 무선 전력 수신 장치(920)로 나타낼 수 있다. 소스 공진기는 송신 공진기(911), 타겟 공진기는 수신 공진기(921)로 나타낼 수 있다. 일 실시예에 따르면 무선 전력 송신 장치(910)는 송신 공진기(911)를 포함하고, 무선 전력 수신 장치(920)는 수신 공진기(921)를 포함할 수 있다.
- [0139] 무선 전력 전송을 이용하면 하나의 무선 전력 송신 장치(910)를 통해 여러 대의 기기나 여러 종류의 기기에 대해 동시에 전력을 공급할 수 있다. 예를 들면, 각 기기는 기기의 종류 및 상황에 따라 요구되는 전력 수준이 다를 수 있다. 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 시스템은 다수의 기기나 다양한 종류의 기기로 전력을 동시에 안정적으로 무선 전송할 수 있다. 예를 들면, 각 기기들이 요구하는 전력을 안정적으로 수신하는 무선 전력 수신 장치(920)로서, 휴대용 전자기기와 같이 배터리가 내장되어있는 장치 및 가정, 사무실, 공장 등에 설치되어

배터리 없이 무선으로 전력공급이 필요한 장치에도 적용할 수 있다.

- [0140] 예를 들면, 다수의 기기를 충전하기 위해서 패드(pad) 형태(이를테면, 평면 내지 2D 형태)의 무선 전력 송신 장치(910) 위에 여러 개의 충전기기를 위치시키고 충전할 수 있다. 이 경우, 기기가 요구하는 전력을 안정적으로 공급하기 위해서는 무선 전력 송신 장치(910) 위의 임의의 위치에 기기가 놓이더라도 송수신 공진기(911, 921)의 결합(coupling) 계수 값을 일정하게 유지해야 할 수 있다. 이 때, 송신 공진기(911)와 수신 공진기(921)의 크기의 차이가 발생하면, 송신 공진기(911) 및 수신 공진기(921)의 크기가 서로 비슷한 경우보다 결합 계수가 작아질 수 있다. 결합 계수가 작아지면 무선 전력 전송 시스템의 효율이 낮아질 수 있다. 또한, 충전이 필요한 무선 전력 수신 장치(920)의 개수가 많아질수록 무선 전력 송신 장치(910)의 크기도 증가함으로써, 송수신 공진기(911, 921)의 크기 차이가 커지므로 전력 전송 효율이 더 낮아질 수 있다. 일 실시예에 따르면, 무선 전력 송신 장치(910)의 크기에 따른 결합 계수의 감소를 완화하여 전력 전송 효율을 극대화할 수 있다.
- [0141] 다른 예를 들면, 입체적 형태(이를테면, 3D 형태)의 무선 전력 송신 장치(910)는 주변에 위치하는 무선 전력 수신 장치(920)로 전력을 무선으로 송신할 수 있다. 상술한 패드 형태의 무선 전력 송신 장치(910)와 달리, 입체적 형태의 무선 전력 송신 장치(910)는 무선 전력 수신 장치(920)의 위치, 배열, 및 거리 등에 따라 결합 계수의 값의 차이가 크게 변화할 수 있다. 또한, 각 무선 전력 수신 장치(920)마다 송수신 공진기(911, 921) 사이의 결합 계수가 다를 경우, 무선 전력 송신 장치(910)는 각 무선 전력 수신 장치(920)가 요구하는 전력을 송신하는 것이 어려울 수 있다. 일 실시예에 따르면, 각 무선 전력 수신 장치(920)에 대한 결합 계수가 서로 다르더라도, 매칭 네트워크(913)를 통해 무선 전력 송신 장치(910)를 구성하는 공진기에 흐르는 전류를 제어하여 유효 결합(effective coupling)계수를 변화시킴으로써, 무선 전력 수신 장치(920)가 요구하는 전력을 안정적으로 공급할 수 있다.
- [0142] 도 9에 도시된 바와 같이, 패드 형태 및 입체적 형태의 무선 전력 송신 장치(910)는 다수의 송신 공진기(911) 및 각 송신 공진기(911)에 전력을 인가하는 다수의 전력 증폭기(PA, power-amplifier)를 이용할 수 있다.
- [0143] 일 실시예에 따르면, 하기 도 10과 같이, 하나의 급전부(912)로 복수의 송신 공진기(911)에 전력을 인가할 수 있다. 이를 통해 무선 전력 송신 장치(910)에 필요한 전력 증폭기의 개수가 감소하므로 제품 단가가 감소하며, 송신 공진기(911) 간의 격리도(isolation)가 용이하게 확보되어 전력 전송 효율이 증가할 수 있다.
- [0144] 도 10은 일 실시예에 따른 무선 전력 송신 장치(1010)를 포함한 무선 전력 전송 시스템을 도시한 도면이다. 무선 전력 송신 장치(1010)는 급전부(1012), 복수의 송신 공진기(1011)로 구성된 다중 공진기를 포함할 수 있다. 무선 전력 수신 장치(1020)는 적어도 하나 이상의 수신 공진기(1021)를 포함할 수 있다.
- [0145] 급전부(1012)는 송신 공진기(1011)로 전력을 인가할 수 있다. 여기서, 급전부(1012)는 트래킹된 입력 주파수로 송신 공진기(1011)에 전력을 인가할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 급전부(1012)는 다중 공진기에 포함된 복수의 송신 공진기(1011)의 각각에 전력을 인가할 수 있다. 예를 들면, 급전부(1012)는 복수의 송신 공진기(1011)의 각각에 전력의 입력 주파수가 동일하도록 전력을 인가할 수 있다.
- [0146] 다중 공진기는 무선 전력 수신 장치(1020)에 전력을 전송하기 위한 n개의 송신 공진기(1011)를 포함할 수 있다. 여기서, n은 2 이상의 정수일 수 있다. 도 10에 도시된 바와 같이 각 송신 공진기(1011)의 공진 주파수는 각각 f_1, f_2, \dots, f_n 로 설계될 수 있다. 또한, 다중 공진기는 수신 공진기(1021)와 매칭되는 공진 주파수를 가지도록 설계된 송신 공진기(1011)를 적어도 둘 이상 포함할 수 있다.
- [0147] 예를 들면, 적어도 둘 이상의 송신 공진기(1011)의 공진 주파수는 수신 공진기(1021)의 공진 주파수의 20% 내외로 설계될 수 있다. 다른 예를 들면, 송신 공진기(1011)는, 송신 공진기(1011)와 수신 공진기(1021) 간의 상호 공진이 형성된 후, 송신 공진기(1011)의 공진 주파수가 수신 공진기(1021)의 공진 주파수와 매칭되도록 설계될 수 있다. 구체적으로 무선 전력 수신 장치(1020)를 무선 전력 송신 장치(1010)와 근거리에 배치하는 경우를 고려한 송신 공진기(1011)의 공진 주파수는 하기 도 14와 같이 설계될 수 있다.
- [0148] 무선 전력 수신 장치(1020)는 적어도 하나 이상의 수신 공진기(1021)를 포함할 수 있다. 예를 들면, 수신 공진기(1021)의 공진 주파수는 f_t 일 수 있으나, 반드시 이로 한정하는 것은 아니고, 각 수신 공진기(1021)의 공진 주파수는 서로 다른 값을 가질 수 있다. 여기서, 송신 공진기(1011)와 수신 공진기(1021)는 공진을 통해 서로 결합되어 전력을 전달할 수 있다. 예를 들면, 결합계수 K_1, K_2 등으로 결합되어 전력을 전달할 수 있다.
- [0149] 일 실시예에 따르면 전력이 소모되는 부하 저항(예를 들면, load1, load2)은 각 무선 전력 수신 장치(1020)마다 안정적인 전력을 소모하기 위한 등가저항을 나타낼 수 있다. 다른 일 실시예에 따르면, 도 10에 도시되진 않았으나, 무선 전력 송수신 장치(1010, 1020)의 송수신 공진기(1011, 1021)와 급전부(1012) 및 부하 저항을 정합하

기 위한 정합회로를 포함할 수 있다. 주파수 제어부는 무선 전력 송신 장치(1010) 단에서의 정합 회로를 포함할 수 있다. 여기서 정합 회로는 매칭 네트워크일 수 있다. 예를 들면 주파수 제어부는 급전부를 제어함으로써 무선 전력 송수신 장치(1010, 1020)의 송수신 공진기(1011, 1021)와 급전부(1012) 및 부하 저항을 정합할 수 있다.

- [0150] 일 실시예에 따르면 송신 공진기(1011)에서 수신 공진기(1021)를 거쳐 부하(load)에 전력을 효율적으로 전달하기 위해서 정합회로가 필요할 수 있다. 예를 들면, 송수신 공진기(1011, 1021) 사이의 거리, 위치 및 방향이 임의로 고정되어 있는 경우(이를테면, 결합 계수 K1, K2 등이 고정된 상태)에는 정합회로가 간단할 수 있다. 다른 예를 들면, 하기 도 11 내지 도 15에 도시된 무선 전력 송신 장치(1010)의 구조와, 하기 도 16에 도시된 입력 신호의 주파수를 조절하는 방법을 통해, 다수의 무선 전력 수신 장치(1020)에 안정적으로 전력을 공급하기 위한 정합회로를 최소화할 수 있다.
- [0151] 도 11 내지 도 13은 일 실시예에 따른 다중 공진기 및 급전부의 연결 방식을 도시한 도면이다. 무선 전력 송신 장치(1110, 1210, 1310)는 복수의 송신 공진기(1111, 1211, 1311)로 구성되는 다중 공진기, 급전부(1112, 1212, 1312) 및 매칭 네트워크(1213, 1313)를 포함할 수 있다.
- [0152] 도 11에서 급전부(1112)는, 인덕티브 커플링을 통해 다중 공진기로 전력을 인가할 수 있다. 도 12에서 다중 공진기에 포함되는 복수의 송신 공진기(1211)의 모두는 서로 병렬로 연결되고 급전부(1212)는 다중 공진기와 직렬로 연결되어, 다중 공진기로 전력을 인가할 수 있다. 도 13은 다중 공진기에 포함되는 복수의 송신 공진기(1311)의 모두는 서로 직렬로 연결되고, 급전부(1312)는, 다중 공진기와 병렬로 연결되어, 다중 공진기로 전력을 인가할 수 있다.
- [0153] 상술한 도 11 내지 도 13에 도시된 다중 공진기 및 급전부(1112, 1212, 1312)의 연결 방식에 따르면, 송수신 공진기 사이의 결합 계수 값이 지속적으로 바뀌는 상태에서 정합회로에 스위칭 소자가 비교적 적게 필요하게 되어 가격이 하락하고, 각 소자에서 발생하는 손실이 감소함으로써 전력 전송 효율이 향상될 수 있다.
- [0154] 도 14 및 도 15는 일 실시예에 따른 다중 공진기 및 급전부(1412, 1512)가 인덕티브 커플링 방식으로 연결된 경우의 예를 도시한 도면이다. 여기서 도 14는 다중 공진기에 포함되는 복수의 송신 공진기(1411)의 모두는 평면적으로 배열된 형태, 도 15는 송신 공진기(1511)가 입체적 형태로 배열된 다중 공진기를 도시한다.
- [0155] 도 14 및 도 15은 각각 송신 공진기(1411, 1511)의 개수가 4개인 경우를 예시하는 도면으로서, 각각의 송신 공진기(1411, 1511)가 급전부(1412, 1512)의 신호에 유도되어 작동되는 경우를 가정할 수 있다.
- [0156] 일 실시예에 따르면 송신 공진기들(1411, 1511)의 공진 주파수는 서로 같게 설계할 수 있다. 무선 전력 수신 장치가 위치하지 않아 사용되지 않는 송신 공진기는 스위치/릴레이 등을 이용하여 공진 주파수를 조정하거나 오프(off)시킴으로써, 사용 중인 송신 공진기로 전력을 안정적으로 공급할 수 있다.
- [0157] 도 14는 패드형 송신 공진기(1411)를 도시한 것으로서, 스위치/릴레이를 사용하지 않을 수 있다. 예를 들면, 무선 전력 수신 장치는 도체로 구성되어 있으므로, 송신 공진기(1411)에 가깝게 위치하면 송신 공진기(1411)의 공진 주파수가 이동(shift)할 수 있다. 이 경우, 수신 공진기의 배치에 따라 송신 공진기(1411)의 공진 주파수가 이동될 것을 고려하여, 이동된 후의 송신 공진기(1411)의 공진 주파수가 수신 공진기의 공진 주파수와 비슷한 공진 주파수를 갖도록 설계할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 무선 전력 수신 장치가 송신 공진기(1411) 위에 놓인 때, 송신 공진기(1411)와 수신 공진기의 공진 주파수가 서로 일치하게 되므로, 해당 공진 주파수로 입력주파수를 설정하면 무선 전력 수신 장치로 전력이 효율적으로 공급될 수 있다.
- [0158] 상술한 무선 전력 송신 장치 상에, 다른 무선 전력 수신 장치가 추가적으로 놓이게 되면, 그 위치에 해당하는 송신 공진기(1411)의 주파수는 위의 경우와 다르게 설정될 수 있다. 주파수가 같더라도 결합 계수가 다를 수 있다. 일 실시예에 따르면, 하기 도 16에 도시된 입력 주파수 트래킹을 이용하여 두 무선 전력 수신 장치가 요구하는 전력을 안정적으로 공급할 수 있다.
- [0159] 도 16은 일 실시예에 따른 무선 전력 송신 방법을 도시한 흐름도이다. 도 17은 일 실시예에 따른 무선 전력 송신 장치(1710)의 세부적인 구성을 도시한 도면이다. 여기서 무선 전력 송신 장치(1710)는 송신 공진기(1711), 급전부(1712) 및 주파수 제어부(1713)를 포함할 수 있다. 무선 전력 수신 장치(1720)는 수신 공진기(1721)를 포함할 수 있고, 무선 전력 송신 장치(1710)로 전력 전송 정보를 송신할 수 있다. 여기서 전력 전송 정보는 무선 전력 수신 장치(1720)에서 검출된 전력과 관련된 정보일 수 있다. 일 실시예에 따르면, 무선 전력 송수신 장치(1710, 1720)는 무선 통신(예를 들면, Wi-Fi, 지그비, 블루투스 등)을 통해 전력 전송 정보를 송수신할 수

있다.

- [0160] 단계(1610)에서는 주파수 제어부(1713)가 복수의 송신 공진기(1711)에 대한 입력 주파수를 트래킹할 수 있다. 구체적으로 주파수 제어부(1713)는 상술한 도 8의 통신 및 트래킹부(811) 및 도 1의 Tx 제어부(114) 및 통신부(115)와 유사한 기능을 수행함으로써 입력 주파수를 트래킹할 수 있다. 구체적으로는 일정 범위의 N개 주파수 중, 수신 공진기(1721)로 전력을 안정적으로 공급할 수 있는 입력 주파수를 트래킹할 수 있다. 예를 들면, N개의 주파수 중, 하기와 같이 전력 전송 정보가 미리 정한 임계값 이상이 되는 주파수, 전력 전송 효율이 미리 정한 효율 이상이 되는 주파수 등을 트래킹하여 입력 주파수를 제어할 수 있다. 다른 예를 들면, 적어도 하나의 수신 공진기 중 모든 수신 공진기에 대한 무선 전력 전송 효율이 미리 정한 효율 이상이 되도록 입력 주파수를 N개의 주파수 중 하나로 제어할 수 있다.
- [0161] 여기서 주파수 제어부(1713)는, 트래킹된 주파수가 되도록, 입력 주파수를 제어할 수 있다. 이를테면, 주파수 제어부(1713)는 수신 공진기(1721)의 공진 주파수의 20% 내외에서 입력신호의 주파수(예를 들면, 입력 주파수)를 트래킹할 수 있다.
- [0162] 예를 들면, 주파수 제어부(1713)는 수신 공진기(1721)를 포함하는 무선 전력 수신 장치(1720)로부터 수신한 전력 전송 정보가 미리 정한 임계값 이상이 되는 입력 주파수를 트래킹할 수 있다. 여기서 전력 전송 정보는, 수신 공진기(1721)의 전류, 전압, 전력 중 적어도 하나와 관련된 정보를 포함할 수 있다. 예를 들면, 미리 정한 임계값은 각 무선 전력 수신 장치(1720)가 필요로 하는 전류, 전압, 전력 등의 최소값일 수 있다.
- [0163] 다른 예를 들면, 주파수 제어부(1713)는 적어도 하나의 수신 공진기(1721)를 포함하는 무선 전력 수신 장치(1720)로부터 수신한 전력 전송 정보에 기초하여 전력 전송 효율을 산출하고, 전력 전송 효율에 기초하여 입력 주파수를 트래킹할 수 있다. 여기서 전력 전송 효율은, 무선 전력 송신 장치(1710)에서 검출된 전력 관력 정보 및 무선 전력 수신 장치(1720)로부터 수신한 전력 전송 정보의 비율일 수 있다. 예를 들면, 전력 전송 효율은 송신 공진기(1711)에 대한 수신 공진기(1721)의 전류비, 전압비, 전력비 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 구체적으로는 주파수 제어부(1713)는 산출한 전력 전송 효율이 미리 정한 효율 이상 유지되도록 입력 주파수를 제어할 수 있다. 예를 들면, 미리 정한 효율은 각 무선 전력 수신 장치(1720)가 필요로 하는 전력량을 수신할 수 있도록 보장되는 효율일 수 있다.
- [0164] 또 다른 예를 들면, 주파수 제어부(1713)는 적어도 하나의 수신 공진기(1721) 중 결합 계수가 미리 정한 계수보다 낮은 수신 공진기(1721)에 대한 무선 전력 전송 효율이 증가되는 입력 주파수를 트래킹할 수 있다.
- [0165] 그리고 단계(1620)에서는 송신 공진기(1711)가 입력 주파수를 통해 수신 공진기(1721)로 무선 전력 전송을 수행할 수 있다. 여기서 적어도 둘 이상의 송신 공진기(1711)는 적어도 하나의 수신 공진기(1721)와 입력 주파수로 공진하여, 수신 공진기(1721)로 전력을 무선 송신할 수 있다.
- [0166] 일 실시예에 따르면, 주파수 트래킹을 통해 송수신 공진기 간의 공진 주파수를 정합할 수 있다. 또한, 다수의 무선 전력 수신 장치에 대해 전력을 안정적으로 공급할 수 있다.
- [0167] 일 실시예에 따르면 다수의 무선 전력 수신 장치로 전력을 안정적으로 분배할 수 있다. 또한, 적은 수 정합회로만으로도 효율적인 전력전송이 가능하여, 스위칭소자 및 능동 소자가 적게 필요하므로 무선 전력 송신 장치의 단가가 하락하고 전력 전송 효율이 향상될 수 있다.
- [0168] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0169] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의

조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로 (collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

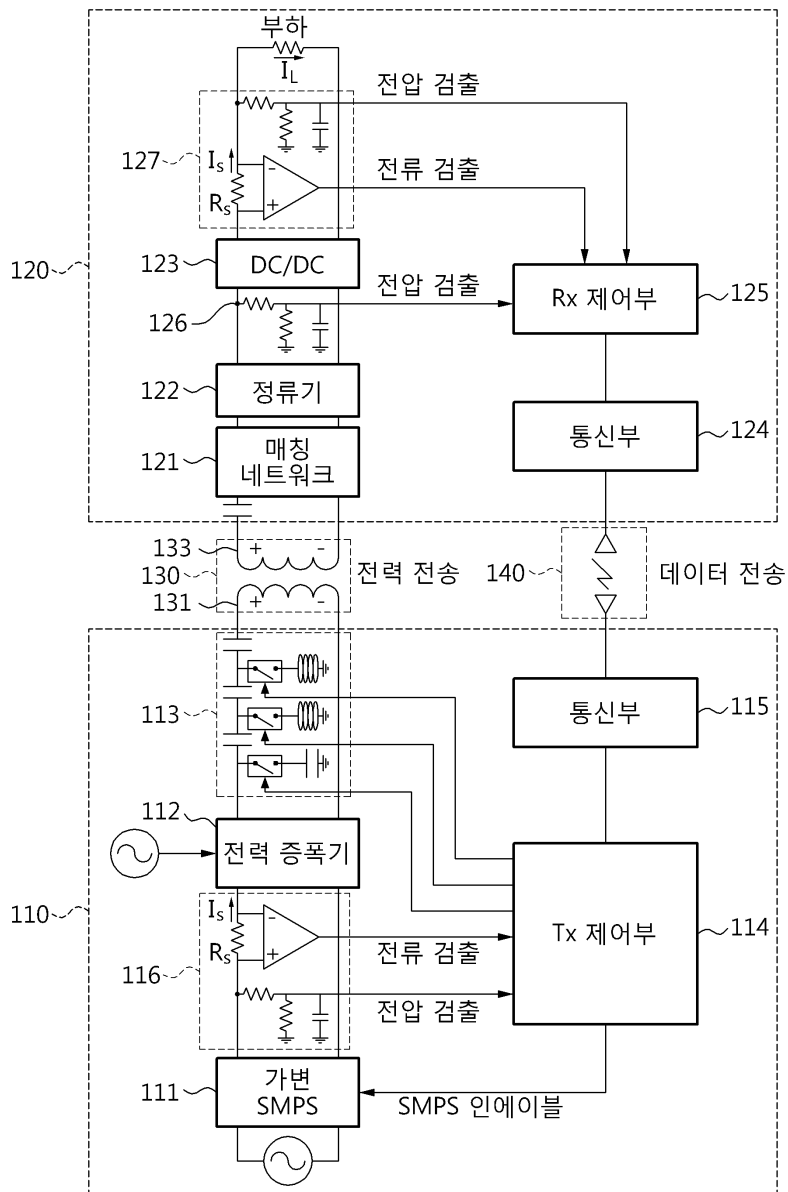
[0170] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0171] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

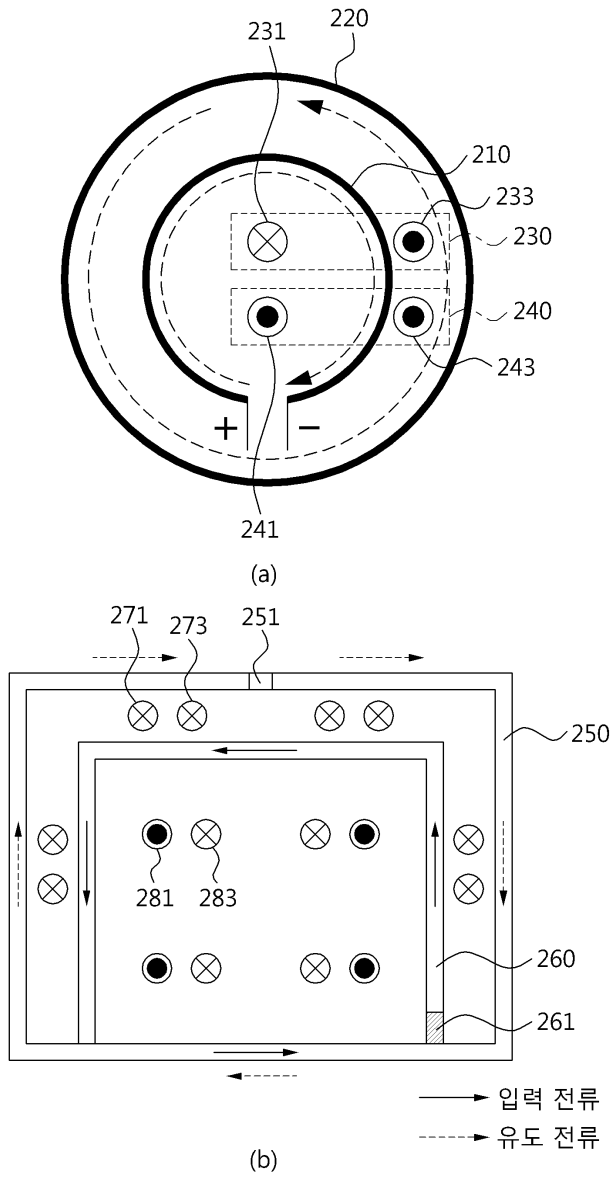
[0172] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

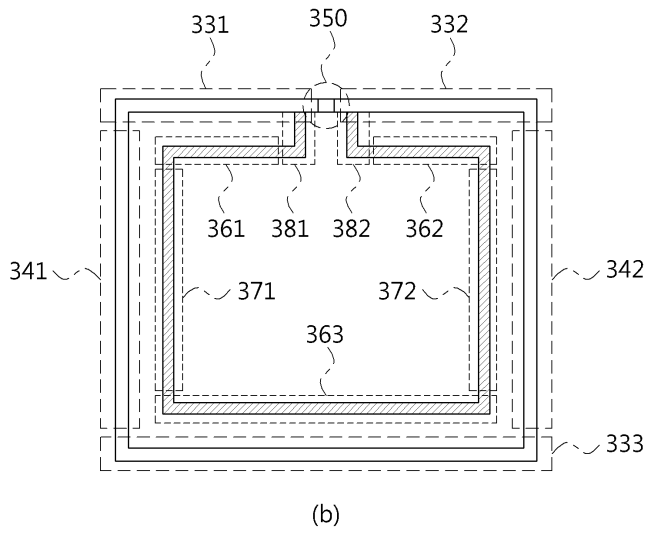
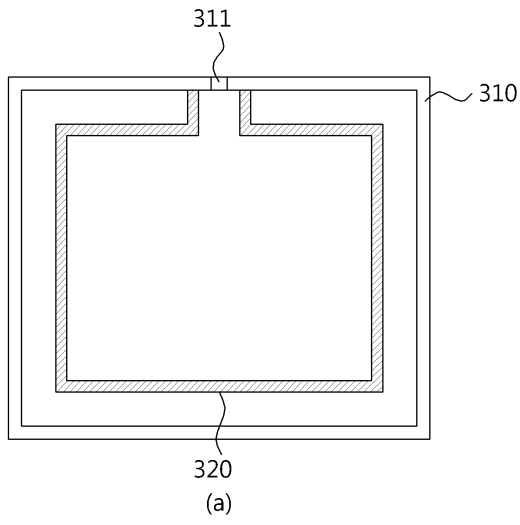
도면1



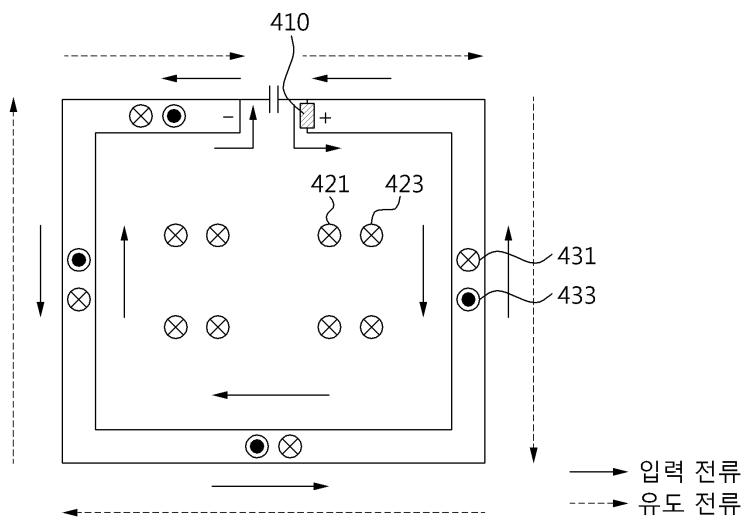
도면2



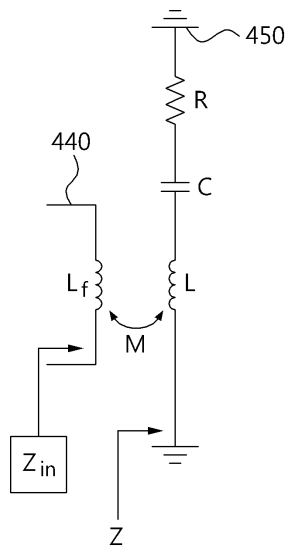
도면3



도면4

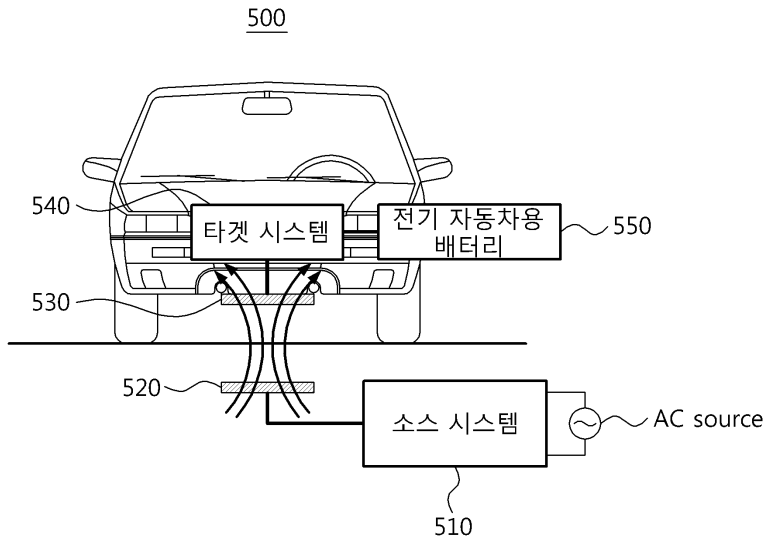


(a)

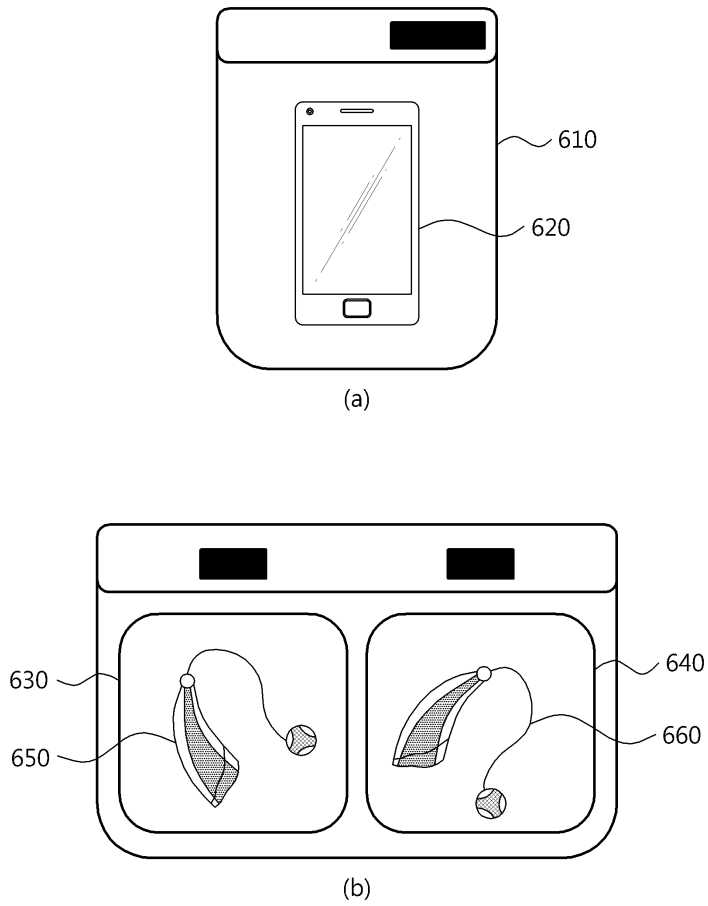


(b)

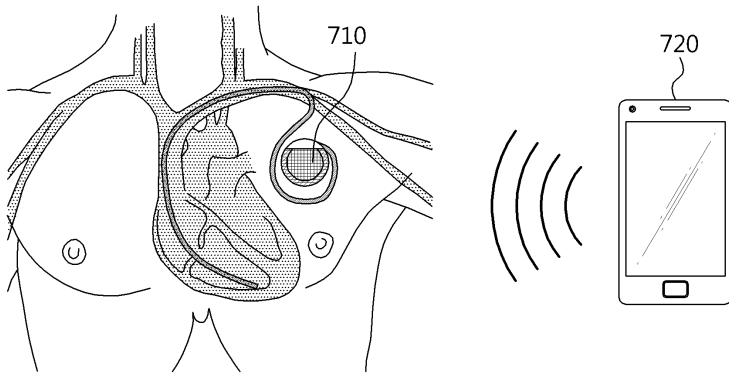
도면5



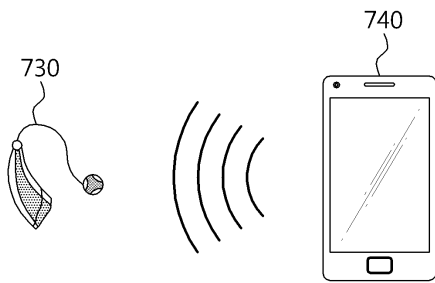
도면6



도면7

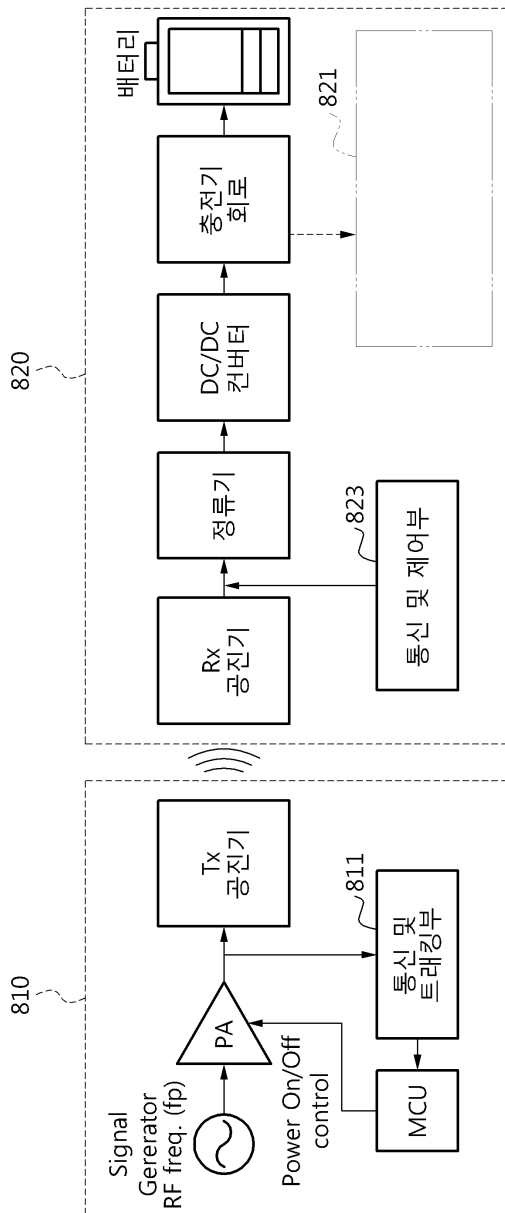


(a)

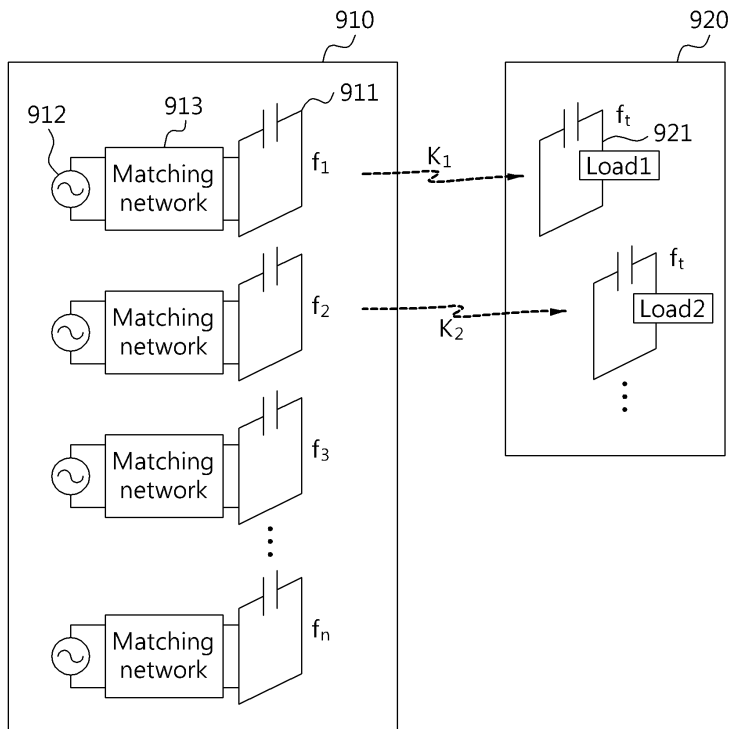


(b)

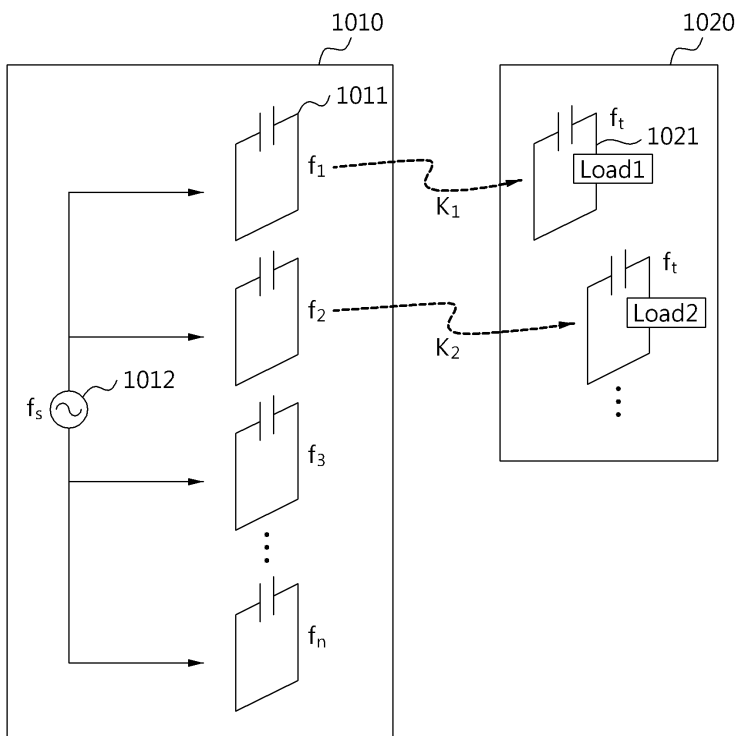
도면8



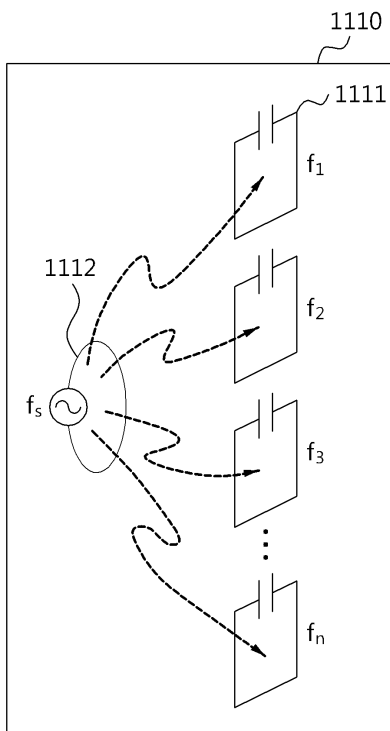
도면9



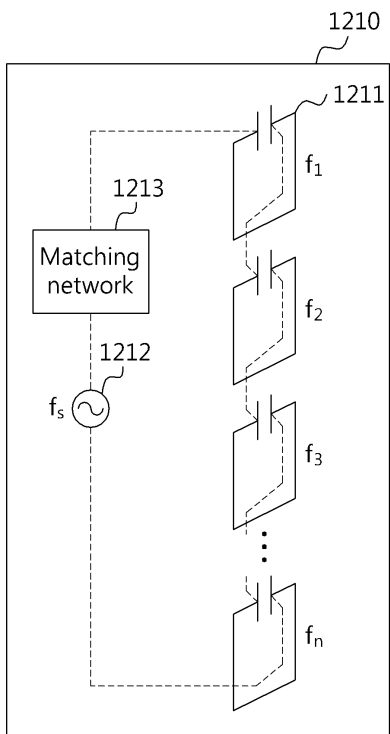
도면10



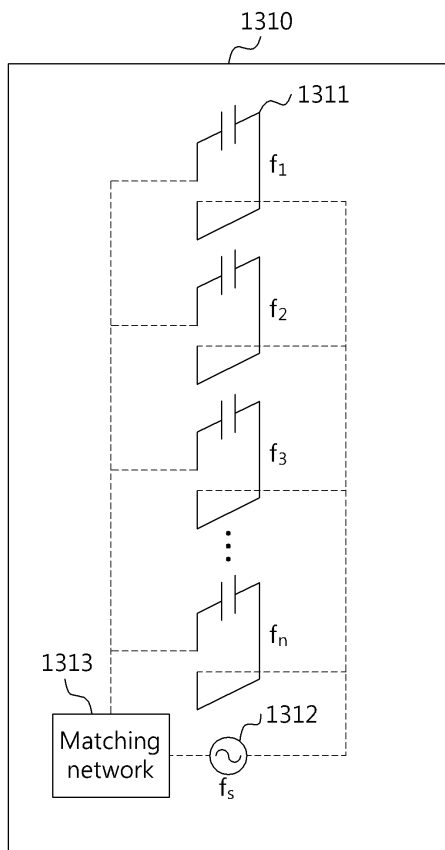
도면11



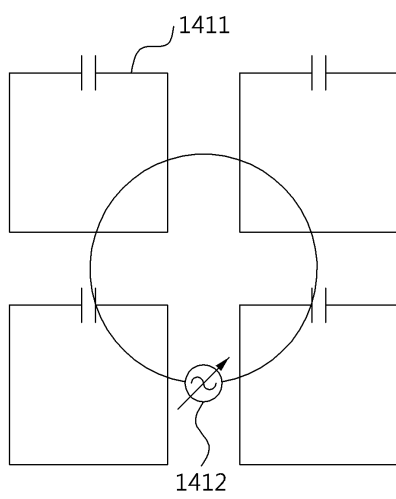
도면12



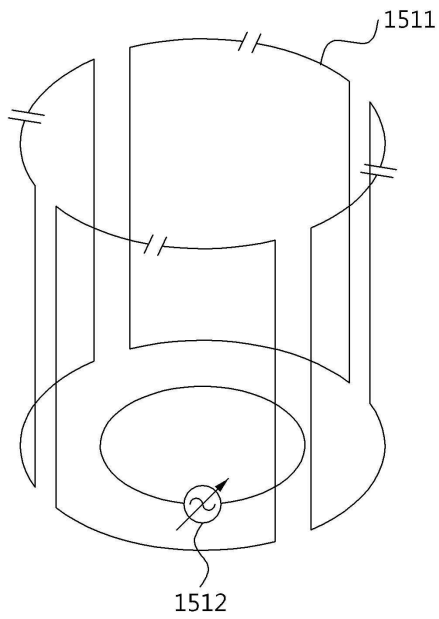
도면13



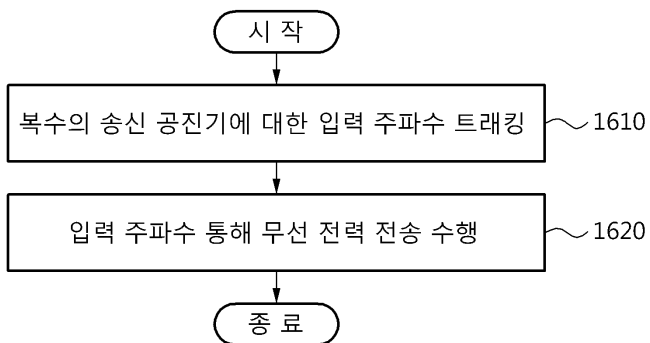
도면14



도면15



도면16



도면17

