(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0013396
(43) 공개일자 2013년02월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 17/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0075020
(22) 출원일자 2011년07월28일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
김남윤
서울특별시 용산구 이촌로 181, 102동 2102호 (이촌동, 한강대우아파트)
권상욱
경기도 성남시 분당구 장안로25번길 28, 113동 901호 (분당동, 건영아파트)
박윤권
경기도 동두천시 생연로 10, 105동 1105호 (지행동, 현진에버빌)
(74) 대리인
특허법인무한

전체 청구항 수 : 총 17 항

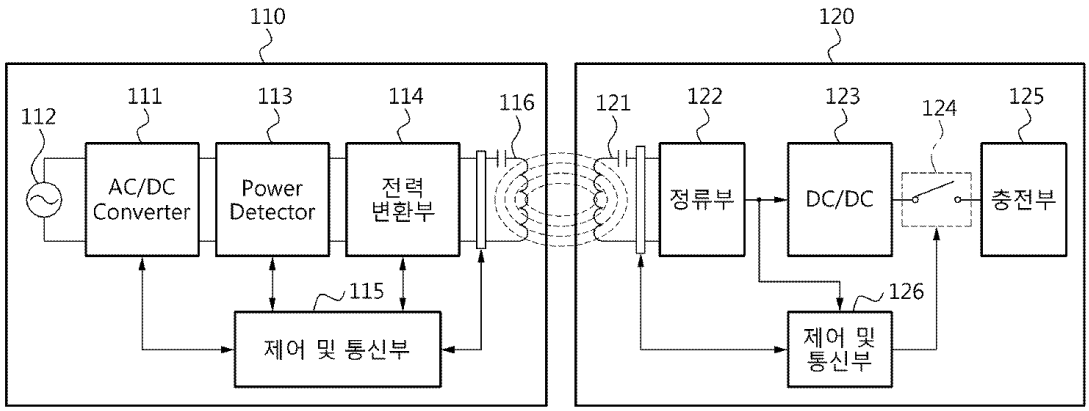
(54) 발명의 명칭 **무선 전력 전송 시스템, 무선 전력 전송 시스템에서 공진 주파수 트래킹 방법 및 장치**

(57) 요 약

무선 전력 전송 시스템, 무선 전력 전송 시스템에서 공진 주파수 트래킹 방법 및 장치를 개시한다.

무선 전력은, 마그네틱 커플링을 통해 무선 전력 전송 장치로부터 무선 전력 수신 장치로 전달되는 에너지를 의미한다. 따라서, 무선 전력 전송 및 충전 시스템은, 전력을 무선으로 전송하는 소스 디바이스와 전력을 무선으로 수신하는 타겟 디바이스를 포함한다. 이때, 소스 디바이스는 무선 전력 전송 장치라 칭할 수 있다. 또한, 타겟 디바이스는 무선 전력 수신 장치라 칭할 수 있다.

대 표 도



특허청구의 범위

청구항 1

소스 디바이스의 소스 공진기와 마그네틱 커플링을 형성하는 타겟 공진기;

상기 마그네틱 커플링에 의해 상기 소스 디바이스로부터 수신되는 전력을 디바이스 로드(device load)로 제공하는 전력 공급부;

상기 소스 공진기와 상기 타겟 공진기의 공진 주파수를 매칭하기 위한 캘리브레이션 로드(Calibration Load); 및

컨트롤 신호에 따라서 상기 타겟 공진기의 출력 신호를 상기 전력 공급부 또는 상기 캘리브레이션 로드로 연결하는 경로 제어부를 포함하고,

상기 캘리브레이션 로드의 임피던스는 상기 디바이스 로드의 임피던스에 기초하여 설정되는,

무선 전력 전송 시스템의 타겟 디바이스.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 공진 주파수를 매칭하기 위한 캘리브레이션 모드 또는 상기 전력을 상기 디바이스 로드로 제공하기 위한 전력 충전 모드를 선택하고, 선택된 모드에 따라서 상기 컨트롤 신호를 생성하는 제어 및 통신부를 더 포함하는,

무선 전력 전송 시스템의 타겟 디바이스.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제어 및 통신부는,

상기 캘리브레이션 모드에서 상기 캘리브레이션 로드에 흐르는 전류 및 전압에 기초하여 전력 효율에 대한 정보를 생성하고, 상기 전력 효율에 대한 정보를 상기 소스 디바이스로 전송하는,

무선 전력 전송 시스템의 타겟 디바이스.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 캘리브레이션 로드의 임피던스는 상기 디바이스 로드의 임피던스와 동일한 값이고, 상기 캘리브레이션 로드의 소비 전력량은 상기 디바이스 로드의 소비 전력량 보다 작은,

무선 전력 전송 시스템의 타겟 디바이스.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 캘리브레이션 로드의 임피던스는 실수 값 및 허수값으로 설정되는,

무선 전력 전송 시스템의 타겟 디바이스.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 캘리브레이션 로드의 임피던스는 상기 디바이스 로드의 임피던스 변화를 고려하여 가변 가능한,

무선 전력 전송 시스템의 타겟 디바이스.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 전력 공급부는,

교류 전압을 정류하여 DC 전압을 생성하는 정류부; 및

상기 생성된 DC 전압의 레벨을 조정하는 DC/DC 컨버터를 포함하는,

무선 전력 전송 시스템의 타겟 디바이스.

청구항 8

소스 디바이스의 소스 공진기와 마그네틱 커플링을 형성하는 타겟 공진기;

상기 타겟 공진기로부터 출력되는 교류 전압을 정류하여 DC 전압을 생성하는 정류부;

상기 생성된 DC 전압의 레벨을 조정하고, 레벨이 조정된 DC 전압을 디바이스 로드로 제공하는 DC/DC 컨버터;

상기 소스 공진기와 상기 타겟 공진기의 공진 주파수를 매칭하기 위한 캘리브레이션 로드(Calibration Load); 및

컨트롤 신호에 따라서 상기 생성된 DC 전압을 상기 DC/DC 컨버터 또는 상기 캘리브레이션 로드로 연결하는 경로 제어부를 포함하고,

상기 캘리브레이션 로드의 임피던스는 상기 디바이스 로드의 임피던스에 기초하여 설정되는,

무선 전력 전송 시스템의 타겟 디바이스.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 캘리브레이션 로드의 임피던스는 실수 값으로 설정되는,

무선 전력 전송 시스템의 타겟 디바이스.

청구항 10

소스 디바이스가 타겟 디바이스에게 공진 주파수를 매칭하기 위한 캘리브레이션 모드의 진입을 요청하는 단계;

상기 타겟 디바이스로부터 요청에 대한 응답을 수신하는 단계;

상기 타겟 디바이스로 공진 주파수 매칭을 위한 캘리브레이션 전력을 전송하는 단계; 및

상기 캘리브레이션 전력에 대한 반사파에 기초하여 상기 공진 주파수를 매칭하는 단계를 포함하는,

무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법.

청구항 11

제11항에 있어서,

상기 타겟 디바이스에게 상기 캘리브레이션 모드에서 충전 모드로 전환하도록 요청하는 단계; 및

상기 매칭된 공진 주파수를 이용하여 상기 타겟 디바이스의 충전을 위한 충전 전력을 상기 타겟 디바이스로 전송하는 단계를 더 포함하는,

무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법.

청구항 12

소스 디바이스가 타겟 디바이스에게 공진 주파수를 매칭하기 위한 캘리브레이션 모드의 진입을 요청하는 단계;

상기 타겟 디바이스로부터 캘리브레이션 로드의 연결에 대한 응답을 수신하는 단계;

상기 타겟 디바이스로 공진 주파수 매칭을 위한 캘리브레이션 전력을 전송하는 단계; 및

상기 캘리브레이션 전력에 대한 전송 효율에 기초하여 상기 공진 주파수의 매칭을 수행하는 단계를 포함하는,

무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 타겟 디바이스에게 상기 캘리브레이션 모드에서 충전 모드로 전환하도록 요청하는 단계; 및

상기 매칭된 공진 주파수를 이용하여 상기 타겟 디바이스의 충전을 위한 충전 전력을 상기 타겟 디바이스로 전송하는 단계를 더 포함하는,

무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법.

청구항 14

타겟 디바이스가 소스 디바이스로부터 캘리브레이션 모드의 진입을 요청 받는 단계;

컨트롤 신호에 기초하여 상기 캘리브레이션 모드로 진입하는 단계;

상기 요청에 대한 응답을 상기 소스 디바이스로 전송하는 단계;

상기 소스 디바이스로부터 공진 주파수 매칭을 위한 캘리브레이션 전력을 수신하는 단계;

상기 소스 디바이스에서 상기 공진 주파수의 매칭이 수행된 후, 상기 소스 디바이스의 요청에 따라서 캘리브레이션 모드에서 충전 모드로 전환하는 단계; 및

상기 소스 디바이스로부터 상기 타겟 디바이스의 충전을 위한 충전 전력을 수신하는 단계를 포함하는,

무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 캘리브레이션 로드의 임피던스는 디바이스 로드의 임피던스와 동일한 값이고, 상기 캘리브레이션 로드의 소비 전력량은 상기 디바이스 로드의 소비 전력량 보다 작고,

상기 디바이스 로드는 전력을 소비하는 유닛(unit)에 의해 형성되는 로드인,

무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법.

청구항 16

타겟 디바이스가 소스 디바이스로부터 캘리브레이션 모드의 진입을 요청 받는 단계;

컨트롤 신호에 기초하여 상기 캘리브레이션 모드로 진입하는 단계;

상기 요청에 대한 응답을 상기 소스 디바이스로 전송하는 단계;

상기 소스 디바이스로부터 공진 주파수 매칭을 위한 캘리브레이션 전력을 수신하는 단계;

상기 수신된 캘리브레이션 전력의 전력량에 대한 정보를 상기 소스 디바이스에 알려주는 단계;

상기 소스 디바이스에서 상기 공진 주파수의 매칭이 수행된 후, 상기 소스 디바이스의 요청에 따라서 캘리브레이션 모드에서 충전 모드로 전환하는 단계; 및

상기 소스 디바이스로부터 상기 타겟 디바이스의 충전을 위한 충전 전력을 수신하는 단계를 포함하는,

무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 캘리브레이션 로드의 임피던스는 디바이스 로드의 임피던스와 동일한 값이고, 상기 캘리브레이션 로드의 소비 전력량은 상기 디바이스 로드의 소비 전력량 보다 작고,

상기 디바이스 로드는 전력을 소비하는 유닛(unit)에 의해 형성되는 로드인,

무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 기술 분야는 무선 전력 전송 시스템, 무선 전력 전송 시스템에서 공진 주파수 트래킹 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 무선 전력은, 마그네틱 커플링을 통해 무선 전력 전송 장치로부터 무선 전력 수신 장치로 전달되는 에너지를 의미한다. 따라서, 무선 전력 충전 시스템은, 전력을 무선으로 전송하는 소스 디바이스와 전력을 무선으로 수신하는 타겟 디바이스를 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 resonator)를 구비한다. 소스 공진기와 타겟 공진기 사이에 마그네틱 커플링 또는 공진 커플링이 형성될 수 있다.

[0004] 무선 환경의 특성 상, 소스 디바이스와 타겟 디바이스 사이의 거리가 변하거나, 소스 공진기와 타겟 공진기의 매칭 조건이 변할 수 있다. 소스 디바이스와 타겟 디바이스 사이의 거리가 변하거나, 소스 공진기와 타겟 공진기의 매칭 조건이 변하면, 전력 전송 효율이 변할 수 있다. 따라서, 전력 전송 효율을 일정하게 유지하기 위한 방법이 필요하다. 전력 전송 효율을 일정하게 유지하기 위해서는 공진 주파수를 정확하게 트래킹하는 것이 필요하다. 또한, 전력 사용량이 큰 타겟 디바이스에서 효율적으로 공진 주파수를 트래킹하기 위한 방법이 필요하다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0005] 일 측면에 있어서, 무선 전력 전송 시스템의 타겟 디바이스는, 소스 디바이스의 소스 공진기와 마그네틱 커플링을 형성하는 타겟 공진기와, 상기 마그네틱 커플링에 의해 상기 소스 디바이스로부터 수신되는 전력을 디바이스 로드(device load)로 제공하는 전력 공급부와, 상기 소스 공진기와 상기 타겟 공진기의 공진 주파수를 매칭하기 위한 캘리브레이션 로드(Calibration Load) 및 컨트롤 신호에 따라서 상기 타겟 공진기의 출력 신호를 상기 전력 공급부 또는 상기 캘리브레이션 로드로 연결하는 경로 제어부를 포함한다. 여기서, 상기 캘리브레이션 로드의 임피던스는 상기 디바이스 로드의 임피던스에 기초하여 설정된다.

[0006] 다른 일 측면에 있어서, 무선 전력 전송 시스템의 타겟 디바이스는, 소스 디바이스의 소스 공진기와 마그네틱 커플링을 형성하는 타겟 공진기와, 상기 타겟 공진기로부터 출력되는 교류 전압을 정류하여 DC 전압을 생성하는 정류부와, 상기 생성된 DC 전압의 레벨을 조정하고, 레벨이 조정된 DC 전압을 디바이스 로드로 제공하는 DC/DC 컨버터와, 상기 소스 공진기와 상기 타겟 공진기의 공진 주파수를 매칭하기 위한 캘리브레이션 로드(Calibration Load) 및 컨트롤 신호에 따라서 상기 생성된 DC 전압을 상기 DC/DC 컨버터 또는 상기 캘리브레이션 로드로 연결하는 경로 제어부를 포함한다. 여기서, 상기 캘리브레이션 로드의 임피던스는 상기 디바이스 로드의 임피던스에 기초하여 설정된다.

[0007] 일 측면에 있어서, 무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법은, 소스 디바이스가 타겟 디바이스에게 공진 주파수를 매칭하기 위한 캘리브레이션 모드의 진입을 요청하는 단계와, 상기 타겟 디바이스로부터 요청에 대한 응답을 수신하는 단계와, 상기 타겟 디바이스로 공진 주파수 매칭을 위한 캘리브레이션 전력을 전송하는 단계 및 상기 캘리브레이션 전력에 대한 반사파에 기초하여 상기 공진 주파수를 매칭하는 단계를 포함한다.

[0008] 다른 일 측면에 있어서, 무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법은, 소스 디바이스가 타겟 디바이스

에게 공진 주파수를 매칭하기 위한 캘리브레이션 모드의 진입을 요청하는 단계와, 상기 타겟 디바이스로부터 캘리브레이션 로드의 연결에 대한 응답을 수신하는 단계와, 상기 타겟 디바이스로 공진 주파수 매칭을 위한 캘리브레이션 전력을 전송하는 단계 및 상기 캘리브레이션 전력에 대한 전송 효율에 기초하여 상기 공진 주파수의 매칭을 수행하는 단계를 포함한다.

[0009] 다른 일 측면에 있어서, 무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법은, 타겟 디바이스가 소스 디바이스로부터 캘리브레이션 모드의 진입을 요청 받는 단계와, 컨트롤 신호에 기초하여 상기 캘리브레이션 모드로 진입하는 단계와, 상기 요청에 대한 응답을 상기 소스 디바이스로 전송하는 단계와, 상기 소스 디바이스로부터 공진 주파수 매칭을 위한 캘리브레이션 전력을 수신하는 단계와, 상기 소스 디바이스에서 상기 공진 주파수의 매칭이 수행된 후, 상기 소스 디바이스의 요청에 따라서 캘리브레이션 모드에서 충전 모드로 전환하는 단계 및 상기 소스 디바이스로부터 상기 타겟 디바이스의 충전을 위한 충전 전력을 수신하는 단계를 포함한다.

[0010] 다른 일 측면에 있어서, 무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법은, 타겟 디바이스가 소스 디바이스로부터 캘리브레이션 모드의 진입을 요청 받는 단계와, 컨트롤 신호에 기초하여 상기 캘리브레이션 모드로 진입하는 단계와, 상기 요청에 대한 응답을 상기 소스 디바이스로 전송하는 단계와, 상기 소스 디바이스로부터 공진 주파수 매칭을 위한 캘리브레이션 전력을 수신하는 단계와, 상기 소스 디바이스에서 상기 공진 주파수의 매칭이 수행된 후, 상기 소스 디바이스의 요청에 따라서 캘리브레이션 모드에서 충전 모드로 전환하는 단계 및 상기 소스 디바이스로부터 상기 타겟 디바이스의 충전을 위한 충전 전력을 수신하는 단계를 포함한다.

[0011] 다른 일 측면에 있어서, 무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법은, 타겟 디바이스가 소스 디바이스로부터 캘리브레이션 모드의 진입을 요청 받는 단계와, 타겟 공진기의 출력 신호를 상기 캘리브레이션 로드로 연결하는 단계와, 상기 요청에 대한 응답을 상기 소스 디바이스로 전송하는 단계와, 상기 소스 디바이스로부터 공진 주파수 매칭을 위한 캘리브레이션 전력을 수신하는 단계와, 상기 수신된 캘리브레이션 전력의 전력량을 상기 소스 디바이스에 알려주는 단계와, 상기 소스 디바이스에서 상기 공진 주파수의 매칭이 수행된 후, 상기 소스 디바이스의 요청에 따라서 캘리브레이션 모드에서 충전 모드로 전환하는 단계 및 상기 소스 디바이스로부터 상기 타겟 디바이스의 충전을 위한 충전 전력을 수신하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0012] 무선 전력 전송 및 충전 시스템에서, 공진 주파수의 제어에 의해 별도의 매칭 회로 없이 전송 전력의 손실을 줄일 수 있다.

[0013] 무선 전력 전송 및 충전 시스템에서, 전력 전송 효율을 고려하여 공진 주파수를 제어할 수 있다.

[0014] 전력 사용량이 큰 타겟 디바이스에서 효율적으로 공진 주파수의 트래킹이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 및 충전 시스템을 나타낸다.

도 2는 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 및 충전 시스템의 적용 예를 나타낸다.

도 3은 다른 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 및 충전 시스템의 적용 예를 나타낸다.

도 4는 일 실시예에 따른 타겟 디바이스의 구성을 나타내는 도면이다.

도 5a 및 도 5b는 다른 일 실시예에 따른 타겟 디바이스의 구성을 나타내는 도면이다.

도 6은 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법을 나타낸다.

도 7은 다른 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법을 나타낸다.

도 8은 일 실시예에 따른 공진기 및 피더에서 자기장의 분포를 나타낸다.

도 9는 일 실시예에 따른 공진기 및 피더의 구성을 나타낸 도면이다.

도 10은 일 실시예에 따른 피딩부의 피딩에 따른 공진기의 내부에서 자기장의 분포를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0017] 도 1은 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 및 충전 시스템을 나타낸다.

[0018] 도 1을 참조하면, 일 실시 예에 따른 무선 전력 전송 및 충전 시스템은 소스 디바이스(110) 및 타겟 디바이스(120)를 포함한다.

[0019] 소스 디바이스(110)는 AC/DC 컨버터(111), Power Detector(113), 전력변환부(114), 제어 및 통신부(115) 및 소스 공진기(116)을 포함한다.

[0020] 타겟 디바이스(120)는 타겟 공진기(121), 정류부(122), DC/DC 컨버터(123), 스위치부(124), 충전부(125) 및 제어 및 통신부(126)를 포함한다.

[0021] AC/DC 컨버터(111)는 Power Supply(112)로부터 출력되는 수십 Hz 대역의 AC 전압을 정류하여 DC 전압을 생성한다. AC/DC 컨버터(111)는 일정한 레벨의 DC 전압을 출력하거나, 제어 및 통신부(115)의 제어에 따라 DC 전압의 출력 레벨을 조정할 수 있다.

[0022] Power Detector(113)는 AC/DC 컨버터(111)의 출력 전류 및 전압을 검출하고, 검출된 전류 및 전압에 대한 정보를 제어 및 통신부(115)로 전달한다. 또한, Power Detector(113)는 전력변환부(114)의 입력 전류 및 전압을 검출할 수 도 있다.

[0023] 전력변환부(114)는 수 MHz ~ 수십 MHz 대역의 스위칭 펄스 신호에 의하여 일정한 레벨의 DC 전압을 AC 전압으로 변환함으로써 전력을 생성할 수 있다. 즉, 전력변환부(114)는 기준 공진 주파수 FRef를 이용하여 전력 증폭부에 공급되는 직류 전압을 교류 전압으로 변환함으로써, 복수의 타겟 디바이스들에서 사용되는 통신용 전력 또는 충전용 전력을 생성할 수 있다. 여기서, 통신용 전력은 0.1~1mWatt의 작은 전력을 의미하고, 충전용 전력은 타겟 디바이스의 디바이스 로드에서 소비되는 1mWatt~200Watt의 큰 전력을 의미한다. 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. 예를 들어, "충전 전력"은 타겟 디바이스의 배터리를 충전하는데 필요한 전력 또는 타겟 디바이스의 동작에 소비되는 전력을 의미한다. 여기서, 유닛(unit) 또는 요소(element)는 예를 들어 배터리, 디스플레이, 음성 출력 회로, 메인 프로세서, 각종 센서들을 포함한다.

[0024] 한편, 본 명세서에서 "기준 공진 주파수"는 소스 디바이스(110)가 기본적으로 사용하는 공진 주파수의 의미로 사용된다. 또한, "트래킹 주파수"는 기 설정된 방식에 따라 조정된 공진 주파수의 의미로 사용된다.

[0025] 제어 및 통신부(115)는 "통신용 전력" 또는 "충전용 전력"에 대한 반사파를 검출하고, 검출된 반사파에 기초하여 상기 타겟 공진기(121)와 상기 소스 공진기(116) 사이의 미스매칭(mismatching)을 검출한다. 제어 및 통신부(115)는 반사파의 엔벨롭(envelop)을 검출함으로써, 미스 매칭을 검출하거나 반사파의 전력량을 검출함으로써 미스 매칭을 검출할 수 있다. 제어 및 통신부(115)는 소스 공진기(116) 또는 전력 변환부(114)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. 또한, 제어 및 통신부(115)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.

[0026] 또한, 제어 및 통신부(115)는 스위칭 펄스 신호의 주파수를 조정할 수 있다. 제어 및 통신부(115)의 제어에 의하여 스위칭 펄스 신호의 주파수가 결정될 수 있다. 제어 및 통신부(115)는 전력변환부(114)를 제어함으로써, 타겟 디바이스(120)에 전송하기 위한 변조 신호를 생성할 수 있다. 즉, 제어 및 통신부(115)는 인-밴드 통신"을 통해 상기 타겟 디바이스에 다양한 메시지를 전송할 수 있다. 또한, 제어 및 통신부(115)는 반사파를 검출하고, 반사파의 포락선을 통해 타겟 디바이스로부터 수신되는 신호를 복조할 수 있다.

[0027] 제어 및 통신부(115)는 다양한 방법을 통해, 인-밴드 통신을 수행하기 위한 변조 신호를 생성할 수 있다. 제어 및 통신부(115)는 스위칭 펄스 신호를 온/오프 함으로써, 변조신호를 생성할 수 있다. 또한, 제어 및 통신부(115)는 델타-시그마 변조를 수행하여, 변조신호를 생성할 수 있다. 제어 및 통신부(115)는 일정한 포락선을 가지는 펄스폭 변조신호를 생성할 수 있다.

[0028] 한편, 제어 및 통신부(115)는 통신 채널을 이용하는 아웃-밴드 통신을 수행할 수 도 있다. 제어 및 통신부(115)는 Zigbee, Bluetooth 등의 통신 모듈을 포함할 수 있다. 제어 및 통신부(115)는 아웃-밴드 통신을 통해 타겟 디바이스(120)와 데이터를 송수신 할 수 있다.

[0029] 소스 공진기(116)는 전자기(electromagnetic) 에너지를 타겟 공진기(121)로 전달(transferring)한다. 즉, 소스 공진기(116)는 타겟 공진기(121)와의 마그네틱 커플링을 통해 "통신용 전력" 또는 "충전용 전력"을 타겟 디바이스(120)로 전달한다.

[0030] 타겟 공진기(121)는 소스 공진기(116)로부터 전자기(electromagnetic) 에너지를 수신한다. 즉, 타겟 공진기(121)는 소스 공진기(116)와의 마그네틱 커플링을 통해 소스 디바이스(110)로부터 "통신용 전력" 또는 "충전용 전력"을 수신한다. 또한, 타겟 공진기(121)는 인-밴드 통신을 통해 상기 소스 디바이스로부터 다양한 메시지를 수신할 수 있다.

[0031] 정류부(122)는 교류 전압을 정류함으로써, DC 전압을 생성한다. 즉, 정류부(122)는 타겟 공진기(121)에 수신된 교류 전압을 정류한다.

[0032] DC/DC 컨버터(123)는 정류부(122)에서 출력되는 DC 전압의 레벨을 충전부(125)의 용량에 맞게 조정한다. 예를 들어, DC/DC 컨버터(123)는 정류부(122)에서 출력되는 DC 전압의 레벨을 3~10Volt로 조정할 수 있다.

[0033] 스위치부(124)는 제어 및 통신부(126)의 제어에 따라 온/오프 된다. 스위치부(124)가 오프되는 경우, 소스 디바이스(110)의 제어 및 통신부(115)는 반사파를 검출하게 된다. 즉, 스위치부(124)가 오프되는 경우, 소스 공진기(116)와 타겟 공진기(121) 사이의 마그네틱 커플링이 제거 될 수 있다.

[0034] 충전부(125)는 배터리를 포함할 수 있다. 충전부(125)는 DC/DC 컨버터(123)로부터 출력되는 DC 전압을 이용하여 배터리를 충전할 수 있다.

[0035] 제어 및 통신부(126)는 공진 주파수를 이용하여 데이터를 송수신하는 인-밴드 통신을 수행할 수 있다. 이때, 제어 및 통신부(126)는 타겟 공진기(121)과 정류부(122) 사이의 신호를 검출하여 수신 신호를 복조하거나, 정류부(122)의 출력 신호를 검출하여 수신 신호를 복조할 수 있다. 즉, 제어 및 통신부(126)는 인-밴드 통신을 통해 수신된 메시지를 복조할 수 있다. 또한, 제어 및 통신부는 타겟 공진기(121)의 임피던스를 조정함으로써, 소스 디바이스(110)에 전송하는 신호를 변조할 수 있다. 또한, 제어 및 통신부는 스위치부(124)의 온/오프를 통해 소스 디바이스(110)에 전송하는 신호를 변조할 수 도 있다. 간단한 예로, 제어 및 통신부(126)는 타겟 공진기(121)의 임피던스를 증가 시킴으로써, 소스 디바이스(110)의 제어 및 통신부(115)에서 반사파가 검출되도록 할 수 있다. 반사파의 발생 여부에 따라, 소스 디바이스(110)의 제어 및 통신부(115)는 이진수 "0" 또는 "1"을 검출할 수 있다.

[0036] 제어 및 통신부(126)는 "해당 타겟 디바이스의 제품의 종류", "해당 타겟 디바이스의 제조사 정보", "해당 타겟 디바이스의 모델명", "해당 타겟 디바이스의 Battery type", "해당 타겟 디바이스의 충전 방식", "해당 타겟 디바이스의 Load의 임피던스 값", "해당 타겟 디바이스의 Target 공진기의 특성에 대한 정보", "해당 타겟 디바이스의 사용 주파수 대역에 대한 정보", "해당 타겟 디바이스의 소요되는 전력량", "해당 타겟 디바이스의 고유의 식별자", 또는 "해당 타겟 디바이스의 제품의 버전 또는 규격 정보"를 포함하는 응답 메시지를 상기 무선 전력 전송 장치로 전송할 수 있다.

[0037] 한편, 제어 및 통신부(126)는 통신 채널을 이용하는 아웃-밴드 통신을 수행할 수 도 있다. 제어 및 통신부(126)는 Zigbee, Bluetooth 등의 통신 모듈을 포함할 수 있다. 제어 및 통신부(126)는 아웃-밴드 통신을 통해 소스 디바이스(110)와 데이터를 송수신 할 수 있다.

[0038] 제어 및 통신부(126)는 무선 전력 전송 장치로부터 웨이크-업 요청 메시지를 수신하고, 상기 타겟 공진기에 수신되는 전력의 양을 검출하고, 상기 타겟 공진기에 수신되는 전력의 양에 대한 정보를 무선 전력 전송 장치로 전송할 수 있다. 이때, 타겟 공진기에 수신되는 전력의 양에 대한 정보는, "상기 정류부(122)의 입력 전압 값 및 전류 값", "상기 정류부(122)의 출력 전압 값 및 전류 값" 또는 "DC/DC(123) 출력 전압 값 및 전류 값"이다.

[0039] 도 1에서, 제어 및 통신부(115)는 소스 공진기(116)의 공진 대역폭(Resonance Bandwidth)을 설정할 수 있다. 소스 공진기(116)의 공진 대역폭(Resonance Bandwidth)의 설정에 따라서, 소스 공진기(116)의 Q-factor(Q_S)가 결정될 수 있다.

[0040] 또한, 제어 및 통신부(126)는 타겟 공진기(121)의 공진 대역폭(Resonance Bandwidth)을 설정할 수 있다. 타겟

공진기(121)의 공진 대역폭(Resonance Bandwidth)의 설정에 따라서, 타겟 공진기(121)의 Q-factor가 결정될 수 있다. 이때, 소스 공진기(116)의 공진 대역폭은 타겟 공진기(121)의 공진 대역폭 보다 넓거나 좁게 설정될 수 있다. 통신을 통해, 소스 디바이스(110)와 타겟 디바이스(120)는 소스 공진기(116) 및 타겟 공진기(121) 각각의 공진 대역폭에 대한 정보를 공유할 수 있다. 타겟 디바이스(120)로부터 기준값 보다 높은 전력(High Power)이 요구되는 경우, 소스 공진기(116)의 큐-펙터 Q_S는 100 보다 큰 값으로 설정될 수 있다. 또한, 타겟 장치(120)로부터 기준 값 보다 낮은 전력(Low Power)이 요구되는 경우, 소스 공진기(116)의 큐-펙터 Q_S는 100보다 작은 값으로 설정될 수 있다.

[0041] 공진 방식의 무선 전력 전송에서, 공진 대역폭은 중요한 factor이다. 소스 공진기(116)와 타겟 공진기(121) 사이의 거리 변화, 공진 임피던스의 변화, 임피던스 미스 매칭, 반사 신호 등을 모두 고려한 Q-factor를 Qt라 할 때, Qt는 수학식 1과 같이 공진 대역폭과 반비례 관계를 갖는다.

[0042] [수학식 1]

[0043]
$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{Qt}$$

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

[0044] 수학식 1에서, f0는 중심주파수, Δf는 대역폭, $\Gamma_{S,D}$는 공진기 사이의 반사 손실, BW_S는 소스 공진기(116)의 공진 대역폭, BW_D는 타겟 공진기(121)의 공진 대역폭을 나타낸다.

[0045] 한편, 무선 전력 전송에 있어서, 무선 전력 전송의 효율 U는 수학식 2와 같이 정의될 수 있다.

[0046] [수학식 2]

[0047]
$$U = \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_S \Gamma_D}} = \frac{\omega_0 M}{\sqrt{R_S R_D}} = \frac{\sqrt{Q_S Q_D}}{Q_\kappa}$$

[0048] 여기서, K는 소스 공진기(115)와 타겟 공진기(121) 사이의 에너지 커플링에 대한 결합 계수, Γ_S는 소스 공진기(115)에서의 반사계수, Γ_D는 타겟 공진기(121)에서의 반사계수, ω_0는 공진 주파수, M은 소스 공진기(116)와 타겟 공진기(121) 사이의 상호 인덕턴스, R_S는 소스 공진기(116)의 임피던스, R_D는 타겟 공진기(121)의 임피던스, Q_S는 소스 공진기(116)의 Q-factor, Q_D는 타겟 공진기(121)의 Q-factor, Q_K는 소스 공진기(116)와 타겟 공진기(121) 사이의 에너지 커플링에 대한 Q-factor이다.

[0049] 상기 수학식 2를 참조하면, Q-factor는 무선 전력 전송의 효율과 관련이 높다.

[0050] 따라서, 무선 전력 전송의 효율을 높이기 위하여 Q-factor는 높은 값으로 설정된다. 이때, Q_S 와 Q_D가 각각 지나치게 높은 값으로 설정된 경우, 에너지 커플링에 대한 결합 계수 K의 변화, 소스 공진기(116)와 타겟 공진기(121) 사이의 거리 변화, 공진 임피던스의 변화, 임피던스 미스 매칭 등에 의하여 무선 전력 전송의 효율이 감소하는 현상이 발생할 수 있다.

[0051] 또한, 무선 전력 전송의 효율을 높이기 위해, 소스 공진기(116)와 타겟 공진기(121) 각각의 공진 대역폭을 지나치게 좁게(narrow) 설정하면, 외부의 작은 영향에도 임피던스 미스매칭 등이 쉽게 발생할 수 있다. 임피던스 미스 매칭을 고려하면, 수학식 1은 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

[0052] [수학식 3]

[0053] $$\frac{\triangle f}{f_0} = \frac{\sqrt{VSWR}-1}{Qt\sqrt{VSWR}}$$

[0054] 소스 공진기(115)와 타겟 공진기(121) 간의 공진 대역폭 또는 임피던스 매칭 주파수의 대역폭을 불평형(unbalance) 관계로 유지하는 경우, 결합 계수 K의 변화, 소스 공진기(116)와 타겟 공진기(121) 사이의 거리 변화, 공진 임피던스의 변화, 임피던스 미스 매칭 등에 의하여 무선 전력 전송의 효율이 감소하는 현상이 감소할 수 있다. 수학식 1 및 수학식 3에 따르면, 소스 공진기(116)와 타겟 공진기(121) 간의 공진 대역폭 또는 임피던스 매칭 주파수의 대역폭을 불평형(unbalance) 관계로 유지하면, 소스 공진기(116)의 큐-펙터와 타겟 공진기(121)의 큐-펙터는 서로 불평형(unbalance) 관계가 유지된다.

[0055] 도 2는 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 및 충전 시스템의 적용 예를 나타낸다.

[0056] 도 2를 참조하면, 무선 전력 전송 및 충전 시스템은 룸(room) 환경과 같은 실내 환경에 적용될 수 있다. 룸 환경에서 타겟 디바이스는 Television 또는 mobile Device를 포함한다. 또한, 룸 환경에서 타겟 디바이스는 각종 전자 디바이스를 포함할 수 있다.

[0057] 도 3은 다른 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 및 충전 시스템의 적용 예를 나타낸다.

[0058] 도 3을 참조하면, 무선 전력 전송 및 충전 시스템은 실외 환경에 적용될 수 있다. 실외 환경에서 타겟 디바이스는 차량(310)에 구비될 수 있다. 이때, 차량(310)에 구비된 타겟 디바이스는 대용량 소스 디바이스로부터 차량용 배터리를 충전하기 위한 전력을 수신할 수 도 있다.

[0059] 도 4는 일 실시예에 따른 타겟 디바이스의 구성을 나타내는 도면이다.

[0060] 도 4를 참조하면, 타겟 디바이스(400)는 타겟 공진기(410), 전력 공급부(420), 캘리브레이션 로드(Calibration Load)(440), 경로 제어부(450) 및 제어 및 통신부(460)를 포함한다. 타겟 디바이스(400)는 전력을 소비하는 디바이스 로드(device load)(460)를 더 포함할 수 있다. 여기서, 디바이스 로드(device load)(460)는 전력을 소비하는 유닛에 의해 형성되는 로드이다. 디바이스 로드(device load)(460)는 배터리, 디스플레이, 음성 출력 회로, 메인 프로세서, 각종 센서들을 포함할 수 있다.

[0061] 타겟 공진기(410)는 소스 디바이스의 소스 공진기와 마그네틱 커플링을 형성한다.

[0062] 전력 공급부(420)는 마그네틱 커플링에 의해 상기 소스 디바이스로부터 수신되는 전력을 디바이스 로드(device load)로 제공한다. 전력 공급부(420)는 정류부(421) 및 DC/DC 컨버터(423)를 포함할 수 있다. 정류부(421)는 교류 전압을 정류하여 DC 전압을 생성한다. DC/DC 컨버터(423)는 생성된 DC 전압의 레벨을 조정한다. 즉, DC/DC 컨버터(423)는 정류부(421)에서 출력되는 DC 전압의 레벨을 디바이스 로드(device load)(460)에서 필요한 DC 전압의 레벨로 조정한다.

[0063] 캘리브레이션 로드(Calibration Load)(440)는 소스 공진기와 상기 타겟 공진기의 공진 주파수를 매칭하기 위한 로드이다. 이때, 캘리브레이션 로드(440)의 임피던스는 상기 디바이스 로드(460)의 임피던스에 기초하여 설정된다. 예를 들어, 캘리브레이션 로드(440)의 임피던스는 상기 디바이스 로드(430)의 임피던스와 동일한 값이고, 상기 캘리브레이션 로드(440)의 소비 전력량은 상기 디바이스 로드(460)의 소비 전력량 보다 작을 수 있다. 타겟 공진기(410)의 출력 신호는 교류 전압이다. 따라서, 캘리브레이션 로드(440)의 임피던스는 실수값 및 허수값으로 설정될 수 있다. 즉, 캘리브레이션 로드(440)의 임피던스는 저항 성분 및 리액턴스 성분으로 설정될 수 있다.

[0064] 캘리브레이션 로드(440)의 임피던스는 디바이스 로드(440)의 임피던스 변화를 고려하여 가변될 수 있다. 즉, 캘리브레이션 로드(440)의 임피던스는 저항 성분 또는 리액턴스 성분의 크기에 따라서 가변될 수 있다.

[0065] 경로 제어부(450)는 컨트롤 신호에 따라서 상기 타겟 공진기(410)의 출력 신호를 상기 전력 공급부(420) 또는

상기 캘리브레이션 로드(440)로 연결한다. 즉, 상기 타겟 공진기(410)의 출력 신호가 전력 공급부(420)로 연결되면, 상기 타겟 공진기(410)의 출력 신호는 캘리브레이션 로드(440)로 연결되지 않는다. 마찬가지로, 타겟 공진기(410)의 출력 신호가 캘리브레이션 로드(440)로 연결되면, 타겟 공진기(410)의 출력 신호는 전력 공급부(420)로 연결되지 않는다.

[0066] 제어 및 통신부(460)는 공진 주파수를 매칭하기 위한 캘리브레이션 모드 또는 상기 전력을 상기 디바이스 로드로 제공하기 위한 전력 충전 모드를 선택하고, 선택된 모드에 따라서 상기 컨트롤 신호를 생성한다. 즉, 제어 및 통신부(460)는 캘리브레이션 모드에서 타겟 공진기(410)의 출력 신호가 캘리브레이션 로드(440)로 연결되도록 상기 컨트롤 신호를 생성한다. 또한, 제어 및 통신부(460)는 충전 모드에서 타겟 공진기(410)의 출력 신호가 전력 공급부(420)로 연결되도록 상기 컨트롤 신호를 생성한다.

[0067] 제어 및 통신부(460)는 캘리브레이션 모드에서 상기 캘리브레이션 로드(440)에 흐르는 전류 및 전압에 기초하여 전력 효율에 대한 정보를 생성한다. 즉, 제어 및 통신부(460)는 캘리브레이션 로드(440)에 흐르는 전류 및 전압을 검출하고, 검출된 전류 및 전압을 이용하여 수신 전력량을 계산할 수 있다. 이때, 전력 효율에 대한 정보는 수신 전력량일 수 있다. 제어 및 통신부(460)는 전력 효율에 대한 정보를 상기 소스 디바이스로 전송할 수 있다. 소스 디바이스는 수신 전력량 및 전송 전력량에 기초하여 전력 전송 효율을 계산할 수 있다.

[0068] 도 5a 및 도 5b는 다른 일 실시예에 따른 타겟 디바이스의 구성을 나타내는 도면이다.

[0069] 도 4의 구성과 도 5a 및 도 5b의 구성을 비교하면, 캘리브레이션 로드(440) 및 캘리브레이션 로드(Calibration Load)(550, 551)의 위치가 상이하다. 한편, 도 4에서 캘리브레이션 로드(440)의 임피던스는 저항 성분 및 리액턴스 성분을 모두 포함한다. 도 5a 및 도 5b에서 캘리브레이션 로드들(550, 551) 각각의 임피던스들은 저항 성분만으로 설정될 수 있다.

[0070] 도 5a를 참조하면, 타겟 디바이스(500)는 타겟 공진기(510), 정류부(520), DC/DC 컨버터(530), 캘리브레이션 로드(Calibration Load)(550), 경로 제어부(550) 및 제어 및 통신부(570)를 포함한다. 타겟 디바이스(500)는 전력을 소비하는 디바이스 로드(device load)(540)를 더 포함할 수 있다. 여기서, 디바이스 로드(device load)(540)는 배터리, 디스플레이, 음성 출력 회로, 메인 프로세서, 각종 센서들을 포함할 수 있다.

[0071] 타겟 공진기(510)는 소스 디바이스의 소스 공진기와 마그네틱 커플링을 형성한다.

[0072] 정류부(520)는 교류 전압을 정류하여 DC 전압을 생성한다.

[0073] DC/DC 컨버터(530)는 생성된 DC 전압의 레벨을 조정한다. 즉, DC/DC 컨버터(530)는 정류부(520)에서 출력되는 DC 전압의 레벨을 디바이스 로드(device load)(540)에서 필요한 DC 전압의 레벨로 조정한다.

[0074] 캘리브레이션 로드 (550)는 소스 공진기와 상기 타겟 공진기의 공진 주파수를 매칭하기 위한 로드이다. 이때, 캘리브레이션 로드(550)의 임피던스는 상기 디바이스 로드(540)의 임피던스에 기초하여 설정된다. 예를 들어, 캘리브레이션 로드(550)의 임피던스는 상기 디바이스 로드(540)의 임피던스와 동일한 값이고, 상기 캘리브레이션 로드(550)의 소비 전력량은 상기 디바이스 로드(540)의 소비 전력량 보다 작을 수 있다. 정류부(520)의 출력 신호는 직류 전압이다. 따라서, 캘리브레이션 로드 (550)의 임피던스는 실수 값으로 설정될 수 있다. 즉, 캘리브레이션 로드(550)의 임피던스는 저항 성분으로 설정될 수 있다.

[0075] 캘리브레이션 로드(550)의 임피던스는 디바이스 로드(540)의 임피던스 변화를 고려하여 가변될 수 있다. 즉, 캘리브레이션 로드(550)의 임피던스는 저항 성분의 크기에 따라서 가변될 수 있다.

[0076] 경로 제어부(560)는 컨트롤 신호에 따라서 정류부(520)에서 생성된 DC 전압을 상기 DC/DC 컨버터(530) 또는 상기 캘리브레이션 로드(550)로 연결한다.

[0077] 제어 및 통신부(570)는 공진 주파수를 매칭하기 위한 캘리브레이션 모드 또는 상기 전력을 상기 디바이스 로드로 제공하기 위한 전력 충전 모드를 선택하고, 선택된 모드에 따라서 상기 컨트롤 신호를 생성한다. 즉, 제어 및 통신부(570)는 캘리브레이션 모드에서 정류부(520)의 출력 신호가 캘리브레이션 로드(550)로 연결되도록 상기 컨트롤 신호를 생성한다. 또한, 제어 및 통신부(570)는 충전 모드에서 정류부(520)출력 신호가 DC/DC 컨버터(530)로 연결되도록 상기 컨트롤 신호를 생성한다.

[0078] 제어 및 통신부(570)는 캘리브레이션 모드에서 상기 캘리브레이션 로드(550)에 흐르는 전류 및 전압에 기초하여 전력 효율에 대한 정보를 생성한다. 즉, 제어 및 통신부(570)는 캘리브레이션 로드(550)에 흐르는 전류 및 전

압을 검출하고, 검출된 전류 및 전압을 이용하여 수신 전력량을 계산할 수 있다. 이때, 전력 효율에 대한 정보는 수신 전력량일 수 있다. 제어 및 통신부(570)는 전력 효율에 대한 정보를 상기 소스 디바이스로 전송할 수 있다.

[0079] 도 5b를 참조하면, 경로 제어부(561)는 컨트롤 신호에 따라서 DC/DC 컨버터(530)에서 출력되는 DC 전압을 디바이스 로드(540) 또는 캘리브레이션 로드(551)로 연결할 수 있다.

[0080] 도 6은 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법을 나타낸다.

[0081] 도 6을 참조하면, 610단계에서 소스 디바이스는 타겟 디바이스에게 공진 주파수를 매칭하기 위한 캘리브레이션 모드의 진입을 요청한다.

[0082] 620 단계에서 타겟 디바이스는 컨트롤 신호에 기초하여 캘리브레이션 모드에 진입한다. 즉, 620 단계에서 타겟 디바이스는 캘리브레이션 모드로 동작하기 위한 컨트롤 신호를 생성하고, 생성된 컨트롤 신호에 따라 경로 제어부를 제어한다.

[0083] 630단계에서 타겟 디바이스는 상기 요청에 대한 응답을 소스 디바이스로 전송한다.

[0084] 640단계에서 소스 디바이스는 타겟 디바이스로 공진 주파수 매칭을 위한 캘리브레이션 전력을 전송한다. 여기서, 캘리브레이션 전력의 전력량은 통신용 전력의 전력량과 동일하게 설정될 수 있다.

[0085] 650단계 내지 670단계에서 소스 디바이스는 캘리브레이션 전력에 대한 반사파에 기초하여 상기 공진 주파수를 매칭한다. 즉, 650단계에서 소스 디바이스는 반사파를 검출하고, 660단계에서 공진 주파수를 조정한다. 670단계에서 소스 디바이스는 매칭이 완료되었는지를 판단한다. 여기서, 매칭이 완료되었는지의 여부는 전압정재파비가 기 설정된 값보다 크거나 같은지를 통해 결정될 수 있다. 소스 디바이스는 매칭이 완료될 때까지 640단계 내지 670 단계를 반복하여 수행할 수 있다.

[0086] 매칭이 완료되면, 680단계에서 소스 디바이스는 타겟 디바이스에게 상기 캘리브레이션 모드에서 충전 모드로 전환하도록 요청한다.

[0087] 즉, 690단계에서 타겟 디바이스는 공진 주파수의 매칭이 수행된 후, 상기 소스 디바이스의 요청에 따라서 캘리브레이션 모드에서 충전 모드로 전환한다.

[0088] 695단계에서 타겟 디바이스는 충전 모드로 전환 되었음을 소스 디바이스에게 알려 준다.

[0089] 697단계에서 소스 디바이스는 매칭된 공진 주파수를 이용하여 상기 타겟 디바이스의 충전을 위한 충전 전력을 상기 타겟 디바이스로 전송한다.

[0090] 도 7은 다른 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 시스템의 공진 주파수 트래킹 방법을 나타낸다.

[0091] 도 7을 참조하면, 710단계에서 소스 디바이스는 타겟 디바이스에게 공진 주파수를 매칭하기 위한 캘리브레이션 모드의 진입을 요청한다.

[0092] 720 단계에서 타겟 디바이스는 컨트롤 신호에 기초하여 캘리브레이션 모드에 진입한다. 즉, 720 단계에서 타겟 디바이스는 캘리브레이션 모드로 동작하기 위한 컨트롤 신호를 생성하고, 생성된 컨트롤 신호에 따라 경로 제어부를 제어한다.

[0093] 730단계에서 타겟 디바이스는 상기 요청에 대한 응답을 소스 디바이스로 전송한다.

[0094] 740단계에서 소스 디바이스는 타겟 디바이스로 공진 주파수 매칭을 위한 캘리브레이션 전력을 전송한다. 여기서, 캘리브레이션 전력의 전력량은 통신용 전력의 전력량과 동일하게 설정될 수 있다.

[0095] 745단계에서 타겟 디바이스는 수신된 캘리브레이션 전력의 전력량에 대한 정보를 상기 소스 디바이스에 알려준다. 여기서, 수신된 캘리브레이션 전력의 전력량은 캘리브레이션 로드에 흐르는 전류 및 캘리브레이션 로드에 걸리는 전압의 곱으로 계산될 수 있다.

[0096] 740단계 내지 755단계를 반복 수행함으로써, 소스 디바이스는 캘리브레이션 전력에 대한 전송 효율에 기초하여 상기 공진 주파수의 매칭을 수행할 수 있다.

[0097] 750단계에서 소스 디바이스는 전력 전송 효율을 계산한다. 이때 전력 전송 효율은 전송 전력량 및 수신 전력량의 비율로 계산될 수 있다. 이때, 전송 전력량은 소스 디바이스의 파워 증폭기에 흐르는 전류 및 파워 증폭기에 걸리는 전압의 곱으로 계산될 수 있다.

[0098] 755단계에서 소스 디바이스는 전력 전송 효율이 기준값 이상 인지를 판단한다. 전력 전송 효율이 기준값 이상이 아닌 경우, 760단계에서 소스 디바이스는 공진 주파수를 조정하고, 740단계 내지 755단계를 반복 수행한다.

[0099] 전력 전송 효율이 기준값 이상인 경우, 소스 디바이스는 매칭이 완료된 것으로 판단한다.

[0100] 765단계에서 소스 디바이스는 타겟 디바이스에게 상기 캘리브레이션 모드에서 충전 모드로 전환하도록 요청한다.

[0101] 770 단계에서 타겟 디바이스는 공진 주파수의 매칭이 수행된 후, 상기 소스 디바이스의 요청에 따라서 캘리브레이션 모드에서 충전 모드로 전환한다.

[0102] 775단계에서 타겟 디바이스는 충전 모드로 전환 되었음을 소스 디바이스에게 알려 준다.

[0103] 780단계에서 소스 디바이스는 매칭된 공진 주파수를 이용하여 상기 타겟 디바이스의 충전을 위한 충전 전력을 상기 타겟 디바이스로 전송한다.

[0104] 도 8 내지 도 10에서 "공진기"는 소스 공진기 및 타겟 공진기를 포함한다.

[0105] 도 8은 일 실시예에 따른 공진기 및 피더에서 자기장의 분포를 나타낸다.

[0106] 별도의 피더를 통해 공진기가 전력을 공급받는 경우에는 피더에서 자기장이 발생하고, 공진기에서도 자기장이 발생한다.

[0107] 도 8의 (a)를 참조하면, 피더(810)에서 입력 전류가 흐름에 따라 자기장(830)이 발생한다. 피더(810) 내부에서 자기장의 방향(831)과 외부에서 자기장의 방향(833)은 서로 반대 위상을 가진다. 피더(810)에서 발생하는 자기장(830)에 의해 공진기(820)에서 유도 전류가 발생한다. 이때 유도 전류의 방향은 입력 전류의 방향과 반대이다.

[0108] 유도 전류에 의해 공진기(820)에서 자기장(840)이 발생한다. 자기장의 방향은 공진기(820)의 내부에서는 동일한 방향을 가진다. 따라서, 공진기(820)에 의해 피더(810)의 내부에서 발생하는 자기장의 방향(841)과 피더(810)의 외부에서 발생하는 자기장의 방향(843)은 동일한 위상을 가진다.

[0109] 결과적으로 피더(810)에 의해서 발생하는 자기장과 공진기(820)에서 발생하는 자기장을 합성하면, 피더(810)의 내부에서는 자기장의 세기가 약화되고, 피더(810)의 외부에서는 자기장의 세기가 강화된다. 따라서, 도 8과 같은 구조의 피더(810)를 통해 공진기(820)에 전력을 공급하는 경우에, 공진기(820) 중심에서 자기장의 세기가 약하고, 외곽에서 자기장의 세기가 강하다. 공진기(820) 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.

[0110] 도 9는 일 실시예에 따른 공진기 및 피더의 구성을 나타낸 도면이다.

[0111] 도 9의 (a)를 참조하면, 공진기(910)는 캐패시터(911)를 포함할 수 있다. 피딩부(920)는 캐패시터(911)의 양단에 전기적으로 연결될 수 있다.

[0112] (b)는 (a)의 구조를 좀 더 구체적으로 표시한 도면이다. 이때, 공진기(910)는 제1 전송선로, 제1 도체(941), 제2 도체(942), 적어도 하나의 제1 캐패시터(950)를 포함할 수 있다.

[0113] 제1 캐패시터(950)는 제1 전송 선로에서 제1 신호 도체 부분(931)과 제2 신호 도체 부분(932) 사이에 위치에 직렬로 삽입되며, 그에 따라 전계(electric field)는 제1 캐패시터(950)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(931)과 제2 신호 도체 부분(932)로 나누어 부르고, 제1 전송 선로의 하부에 있

는 도체를 제1 그라운드 도체 부분(933)으로 부르기로 한다.

[0114] (b)에 도시된 바와 같이, 공진기는 2 차원 구조의 형태를 갖는다. 제1 전송 선로는 상부에 제1 신호 도체 부분(931) 및 제2 신호 도체 부분(932)을 포함하고, 하부에 제1 그라운드 도체 부분(933)을 포함한다. 제1 신호 도체 부분(931) 및 제2 신호 도체 부분(932)과 제1 그라운드 도체 부분(933)은 서로 마주보게 배치된다. 전류는 제1 신호 도체 부분(931) 및 제2 신호 도체 부분(932)을 통하여 흐른다.

[0115] 또한, (b)에 도시된 바와 같이 제1 신호 도체 부분(931)의 한쪽 단은 제1 도체(941)와 접지(short)되고, 다른 쪽 단은 제1 캐패시터(950)와 연결된다. 그리고, 제2 신호 도체 부분(932)의 한쪽 단은 제2 도체(942)와 접지되며, 다른 쪽 단은 제1 캐패시터(950)와 연결된다. 결국, 제1 신호 도체 부분(931), 제2 신호 도체 부분(932) 및 제1 그라운드 도체 부분(933), 도체들(941, 942)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 갖는다고 함은' 전기적으로 닫혀 있다는 것을 의미한다.

[0116] 제1 캐패시터(950)는 전송 선로의 중단부에 삽입된다. 보다 구체적으로, 제1캐패시터(950)는 제1 신호 도체 부분(931) 및 제2 신호 도체 부분(932) 사이에 삽입된다. 이 때, 제1 캐패시터(950)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.

[0117] 제1 캐패시터(950)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 갖는다. 자연계에 존재하는 모든 물질들의 전자기 특성은 고유의 유전율 또는 투자율을 가지며, 대부분의 물질들은 양의 유전율 및 양의 투자율을 갖는다.

[0118] 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.

[0119] 이 때, 집중 소자로서 삽입된 제1 캐패시터(950)의 캐패시턴스가 적절히 정해지는 경우, 소스 공진기는 메타물질의 특성을 가질 수 있다. 특히, 제1 캐패시터(950)의 캐패시턴스를 적절히 조절함으로써, 소스 공진기는 음의 투자율을 가질 수 있으므로, 소스 공진기는 MNG 공진기로 불려질 수 있다. 제1 캐패시터(950)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 영번째 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 갖도록 하는 전제 등이 있을 수 있고, 상술한 전제들 중 적어도 하나의 전제 아래에서 제1 캐패시터(950)의 캐패시턴스가 정해질 수 있다.

[0120] MNG 공진기는 전파 상수(propagation constant)가 0일 때의 주파수를 공진 주파수로 갖는 영번째 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 가질 수 있다. MNG 공진기는 영번째 공진 특성을 가질 수 있으므로, 공진 주파수는 MNG 공진기의 물리적인 사이즈에 대해 독립적일 수 있다. 즉, 아래에서 다시 설명하겠지만, MNG 공진기에서 공진 주파수를 변경하기 위해서는 제1 캐패시터(950)를 적절히 설계하는 것으로 충분하므로, MNG 공진기의 물리적인 사이즈를 변경하지 않을 수 있다.

[0121] 또한, 근접장(near field)에서 전계는 전송 선로에 삽입된 제1 캐패시터(950)에 집중되므로, 제1 캐패시터(950)로 인하여 근접 필드에서는 자기장(magnetic field)이 도미넌트(dominant)해진다. 그리고, MNG 공진기는 집중 소자의 제1 캐패시터(950)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.

[0122] 또한, (b)에 도시되지 아니하였으나, MNG 공진기를 관통하는 마그네틱 코어가 더 포함될 수 있다. 이러한 마그네틱 코어는 전력 전송 거리를 증가시키는 기능을 수행할 수 있다.

[0123] (b)를 참조하면, 피딩부(920)는 제2 전송선로, 제3 도체(971), 제4 도체(972), 제5 도체(981) 및 제6 도체(982)를 포함할 수 있다.

[0124] 제2 전송 선로는 상부에 제3 신호 도체 부분(961) 및 제4 신호 도체 부분(962)을 포함하고, 하부에 제2 그라운드 도체 부분(963)을 포함한다. 제3 신호 도체 부분(961) 및 제4 신호 도체 부분(962)과 제2 그라운드 도체 부분(963)은 서로 마주보게 배치된다. 전류는 제3 신호 도체 부분(961) 및 제4 신호 도체 부분(962)을 통하여 흐른다.

[0125] 또한, (b)에 도시된 바와 같이 제3 신호 도체 부분(961)의 한쪽 단은 제3 도체(971)와 접지(short)되고, 다른 쪽 단은 제5 도체(981)와 연결된다. 그리고, 제4 신호 도체 부분(962)의 한쪽 단은 제4 도체(972)와 접지되며, 다른 쪽 단은 제6 도체 (982)와 연결된다. 제5 도체(981)는 제1 신호 도체 부분(931)과 연결되고, 제6 도체(982)는 제2 신호 도체 부분(932)과 연결된다. 제5 도체(981)와 제6 도체(982)는 제1 캐패시터(950)의 양단에 병렬로 연결된다. 이때, 제5 도체(981) 및 제6 도체(982)는 RF신호를 입력받는 입력 포트로 사용될 수 있다.

[0126] 결국, 제3 신호 도체 부분(961), 제4 신호 도체 부분(962) 및 제2 그라운드 도체 부분(963), 제3 도체(971), 제4 도체(972), 제5 도체(981), 제6 도체(982) 및 공진기(910)는 서로 연결됨으로써, 공진기(910) 및 피딩부(920)는 전기적으로 닫혀 있는 루프 구조를 갖는다. 여기서, '루프 구조'는 원형 구조, 사각형과 같은 다각형의 구조 등을 모두 포함한다. 제5 도체(981) 또는 제6 도체(982)를 통하여 RF 신호가 입력되면, 입력 전류는 피딩부(920) 및 공진기(910)에 흐르게 되고, 입력 전류에 의해 발생하는 자기장에 의하여, 공진기(910)에 유도 전류가 유도 된다. 피딩부(920)에서 흐르는 입력 전류의 방향과 공진기(910)에서 흐르는 유도 전류의 방향이 동일하게 형성됨으로써, 공진기(910)의 중앙에서는 자기장의 세기가 강화되고, 공진기(910)의 외곽에서는 자기장의 세기가 약화된다.

[0127] 공진기(910)와 피딩부(920) 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 네트워크가 사용되는 경우에도, 피딩부(920)의 크기를 조절함으로써, 입력 임피던스를 결정할 수 있기 때문에, 매칭 네트워크의 구조는 단순해질 수 있다. 단순한 매칭 네트워크 구조는 매칭 네트워크의 매칭 손실을 최소화한다.

[0128] 제2 전송 선로, 제3 도체(971), 제4 도체(972), 제5 도체(981), 제6 도체(982) 는 공진기(910)와 동일한 구조를 형성할 수 있다. 즉, 공진기(910)가 루프 구조인 경우에는 피딩부(920)도 루프 구조일 수 있다. 또한, 공진기(910)가 원형 구조인 경우에는 피딩부(920)도 원형 구조일 수 있다.

[0129] 도 10은 일 실시예에 따른 피딩부의 피딩에 따른 공진기의 내부에서 자기장의 분포를 나타낸 도면이다.

[0130] 무선 전력 전송에서 피딩은, 소스 공진기에 전력을 공급하는 것을 의미한다. 또한, 무선 전력 전송에서 피딩은, 정류부에 AC 전력을 공급하는 것을 의미할 수 있다. 도 10의 (a)는 피딩부에서 흐르는 입력 전류의 방향 및 소스 공진기에서 유도되는 유도 전류의 방향을 나타낸다. 또한, 도 10의 (a)는 피딩부의 입력 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향 및 소스 공진기의 유도 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향을 나타낸다. 도 10의 (a)는 도 9의 공진기(910) 및 피딩부(920)를 좀 더 간략하게 표현한 도면이다. 도 10의 (b)는 피딩부와 공진기의 등가회로를 나타낸다.

[0131] 도 10의 (a)를 참조하면, 피딩부의 제5 도체 또는 제6 도체는 입력 포트(1010)로 사용될 수 있다. 입력 포트(1010)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(1010)에서 입력된 RF 신호는 피딩부에 흐르는 입력 전류의 형태로 표시될 수 있다. 피딩부를 흐르는 입력 전류는 피딩부의 전송선로를 따라 시계방향으로 흐른다. 그런데, 피딩부의 제5 도체는 공진기와 전기적으로 연결된다. 좀 더 구체적으로, 제5 도체는 공진기의 제1 신호 도체 부분과 연결된다. 따라서 입력 전류는 피딩부 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. (a)에서 피딩부 및 공진기에 흐르는 입력 전류는 실선으로 표시되고, 공진기에 흐르는 유도 전류는 점선으로 표시되었다.

[0132] 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향은 오른나사의 법칙을 통해 알 수 있다. 피딩부 내부에서, 피딩부에 흐르는 입력 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(1021)과 공진기에 흐르는 유도 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(1023)은 서로 동일하다. 따라서, 피딩부 내부에서 자기장의 세기가 강화된다.

[0133] 또한, 피딩부와 공진기 사이의 영역에서, 피딩부에 흐르는 입력 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(1033)과 소

스 공진기에 흐르는 유도 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(1031)은 서로 반대 위상이다. 따라서, 피딩부와 공진기 사이의 영역에서, 자기장의 세기는 약화된다.

[0134] 루프 형태의 공진기에서는 일반적으로 공진기의 중심에서는 자기장의 세기가 약하고, 공진기의 외곽부분에서는 자기장의 세기가 강하다. 그런데 (a)를 참조하면, 피딩부가 공진기의 캐패시터 양단에 전기적으로 연결됨으로써 공진기의 유도 전류의 방향과 피딩부의 입력 전류의 방향이 동일해 진다. 공진기의 유도 전류의 방향과 피딩부의 입력 전류의 방향이 동일하기 때문에, 피딩부의 내부에서는 자기장의 세기가 강화되고, 피딩부의 외부에서는 자기장의 세기가 약화된다. 결과적으로 루프 형태의 공진기의 중심에서는 피딩부로 인하여 자기장의 세기가 강화되고, 공진기의 외곽부분에서는 자기장의 세기가 약화될 수 있다. 그러므로 공진기 내부에서는 전체적으로 자기장의 세기가 균일해질 수 있다.

[0135] 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.

[0136] (b)를 참조하면, 피딩부(1040) 및 공진기(1050)는 등가회로로 표현될 수 있다. 피딩부(1040)에서 공진기 측을 바라볼 때 보이는 입력 임피던스 Zin은 다음의 수식과 같이 계산될 수 있다.

[0137] $$Z_{in} = \frac{(\omega M)^2}{Z}$$

[0138] 여기서, M은 피딩부(1040)와 공진기(1050) 사이의 상호 인덕턴스를 의미하고, ω 는 피딩부(1040)와 공진기(1050) 간의 공진 주파수를 의미하고, Z는 공진기(1050)에서 타겟 디바이스 측을 바라볼 때 보이는 임피던스를 의미한다. Zin은 상호 인덕턴스 M에 비례한다. 따라서, 피딩부(1040)와 공진기(1050) 사이에 상호 인덕턴스를 조절함으로써 Zin을 제어할 수 있다. 상호 인덕턴스 M은 피딩부(1040)와 공진기(1050) 사이 영역의 면적에 따라 조절될 수 있다. 피딩부(1040)의 크기에 따라 피딩부(1040)와 공진기(1050) 사이 영역의 면적이 조절될 수 있다. Zin은 피딩부(1040)의 크기에 따라 결정될 수 있으므로, 전력 증폭기의 출력 임피던스와 임피던스 매칭을 수행하기 위해 별도의 매칭 네트워크가 필요하지 않다.

[0139] 무선 전력 수신 장치에 포함된 타겟 공진기 및 피딩부도 위와 같은 자기장의 분포를 가질 수 있다. 타겟 공진기는 소스 공진기로부터 마그네틱 커플링을 통하여 무선 전력을 수신한다. 이때 수신되는 무선 전력을 통하여 타겟 공진기에서는 유도 전류가 생성될 수 있다. 타겟 공진기에서 유도 전류에 의해 발생한 자기장은 피딩부에 다시 유도 전류를 생성할 수 있다. 이때, (a)의 구조와 같이 타겟 공진기와 피딩부가 연결되면, 타겟 공진기에서 흐르는 전류의 방향과 피딩부에서 흐르는 전류의 방향은 동일해진다. 따라서, 피딩부의 내부에서는 자기장의 세기가 강화되고, 피딩부와 타겟 공진기 사이의 영역에서는 자기장의 세기가 약화될 수 있다.

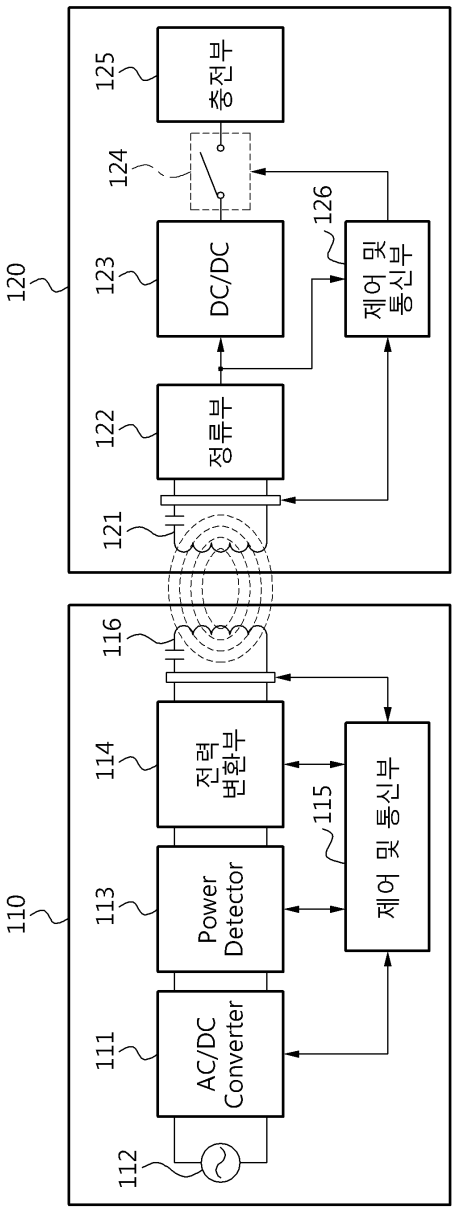
[0140] 본 발명의 실시 예에 따른 방법들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[0141] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

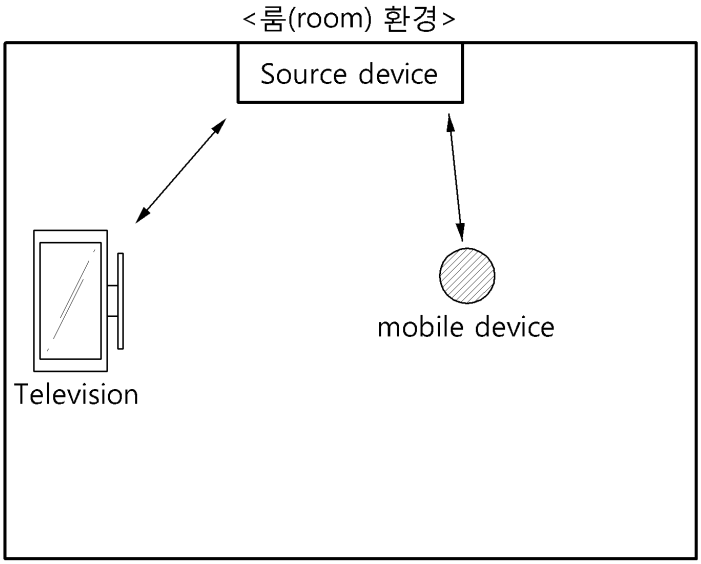
[0142] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

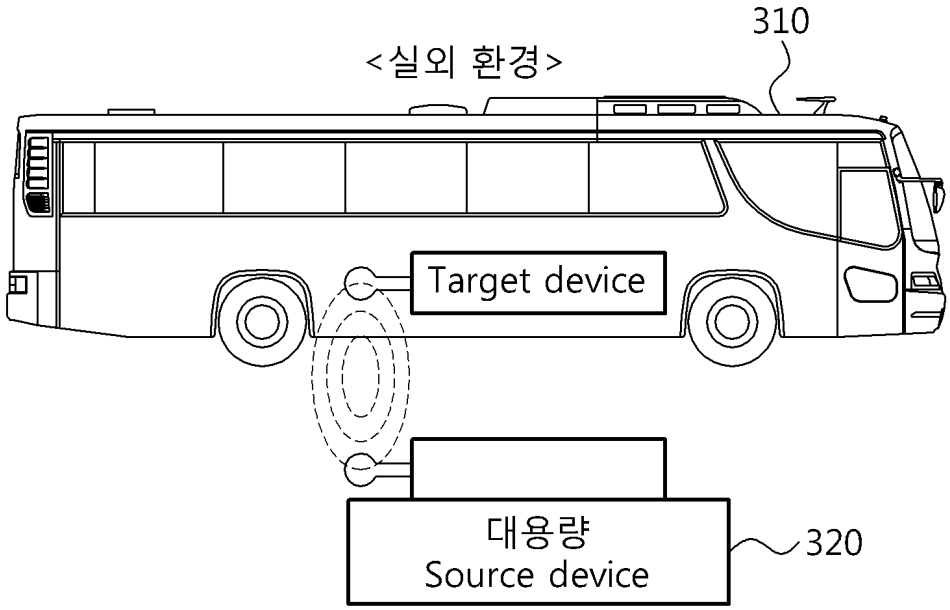
도면1


120
125
충전부
124
123
DC/DC
126
제어 및 통신부
122
정류부
121
110
116
114
전력 변환부
115
113
Power Detector
111
AC/DC Converter
112
제어 및 통신부

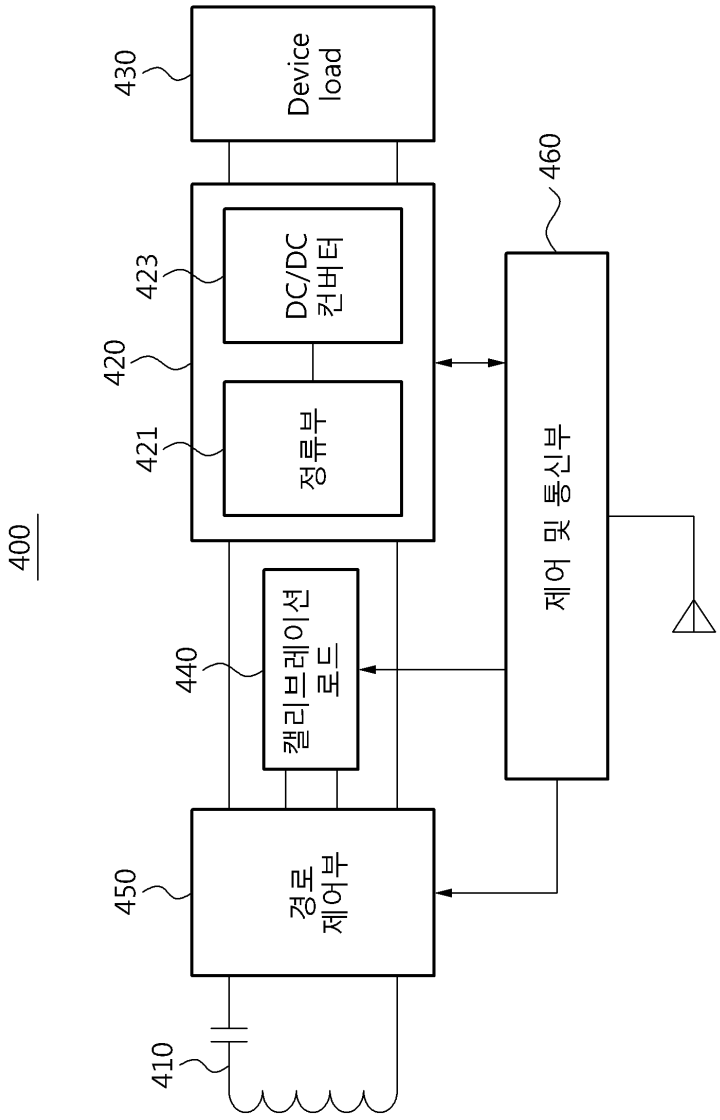
도면2


<룸(room) 환경>
Source device
mobile device
Television

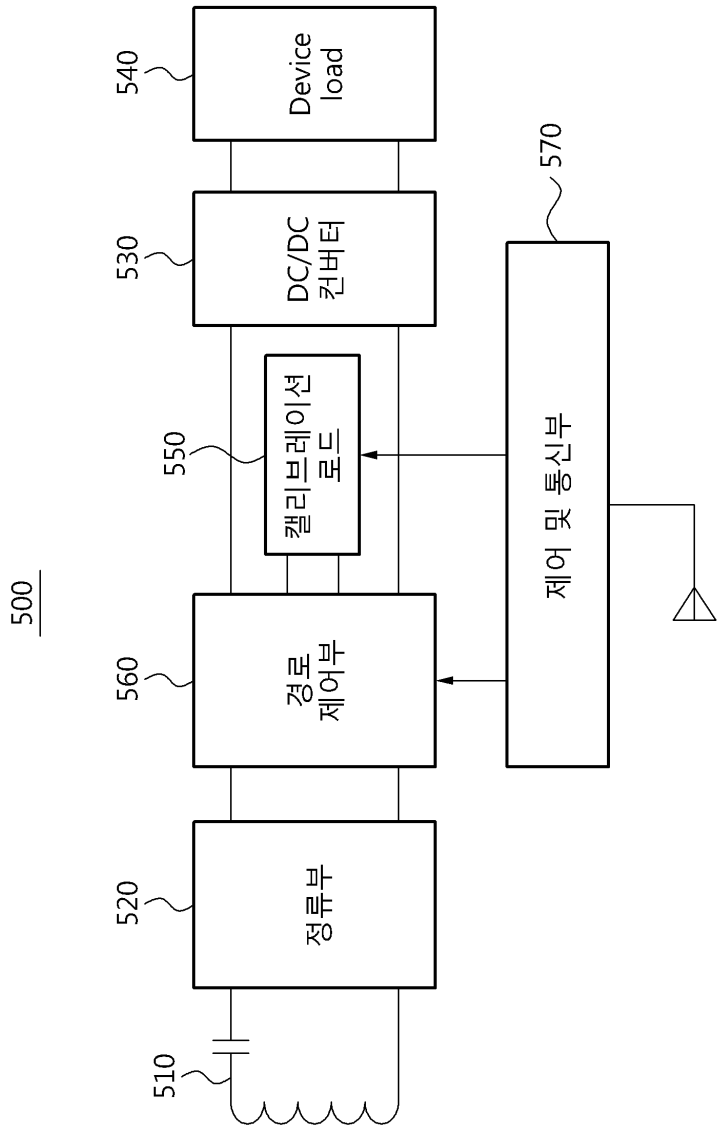
도면3


310
<실외 환경>
Target device
대용량
Source device
320

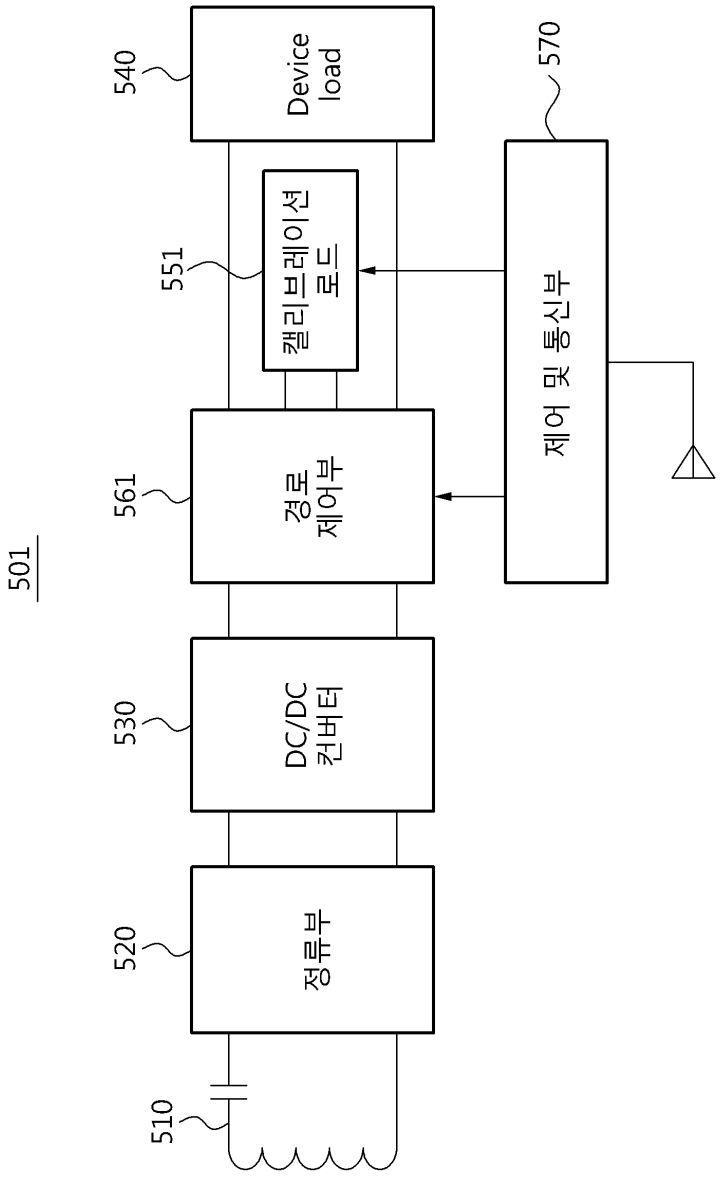
도면4


400
410
420
421
423
430
440
450
460
Device load
DC/DC 컨버터
정류부
캘리브레이션 로드
경로 제어부
제어 및 통신부

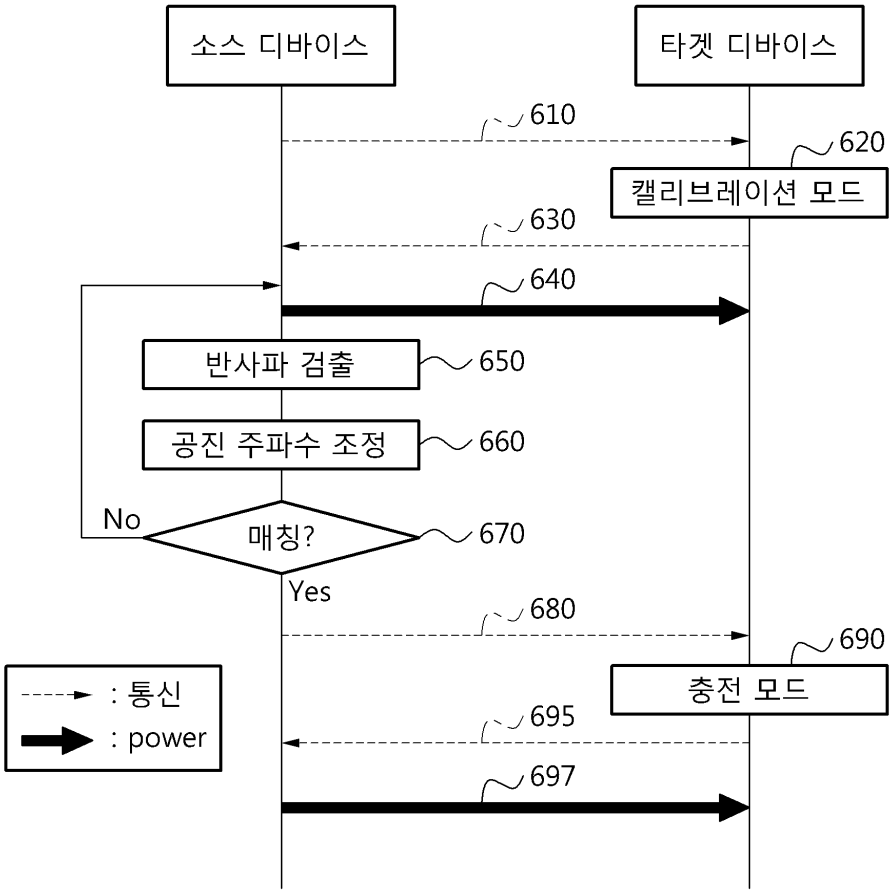
도면5a


500
510
520
정류부
560
경로 제어부
550
캘리브레이션 로드
530
DC/DC 컨버터
540
Device load
570
제어 및 통신부

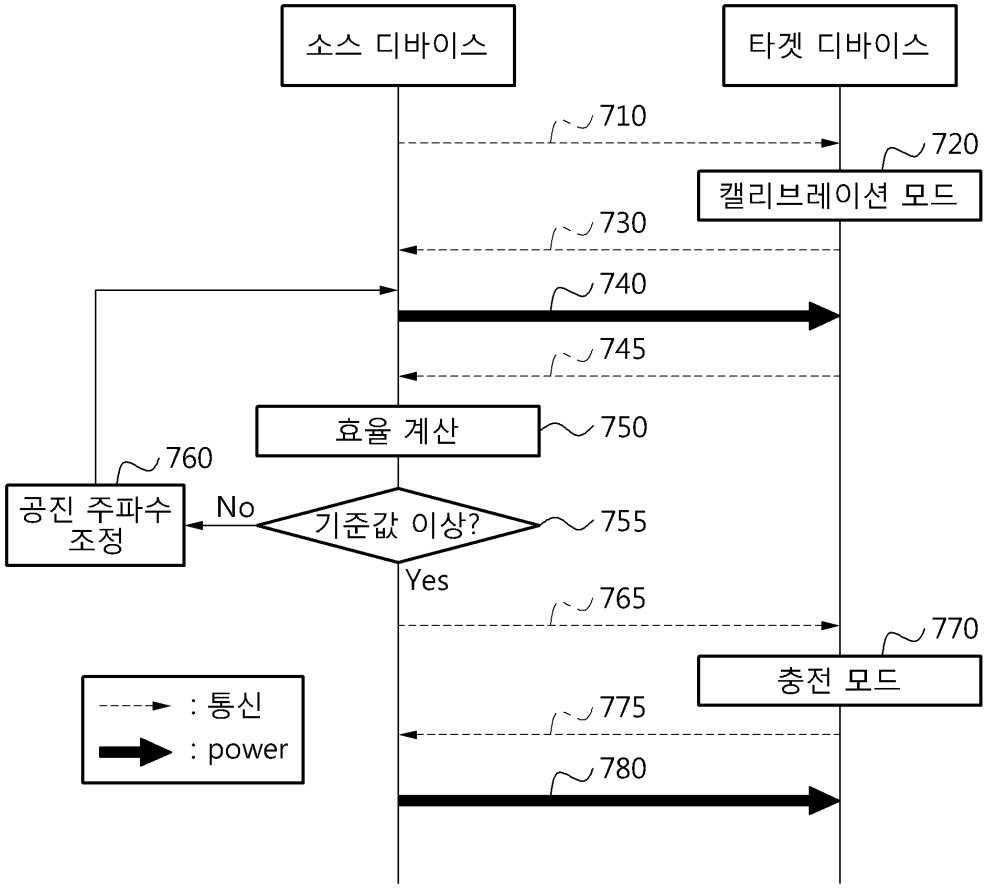
도면5b


501
510
520
정류부
530
DC/DC 컨버터
561
경로 제어부
551
캘리브레이션 로드
540
Device load
570
제어 및 통신부

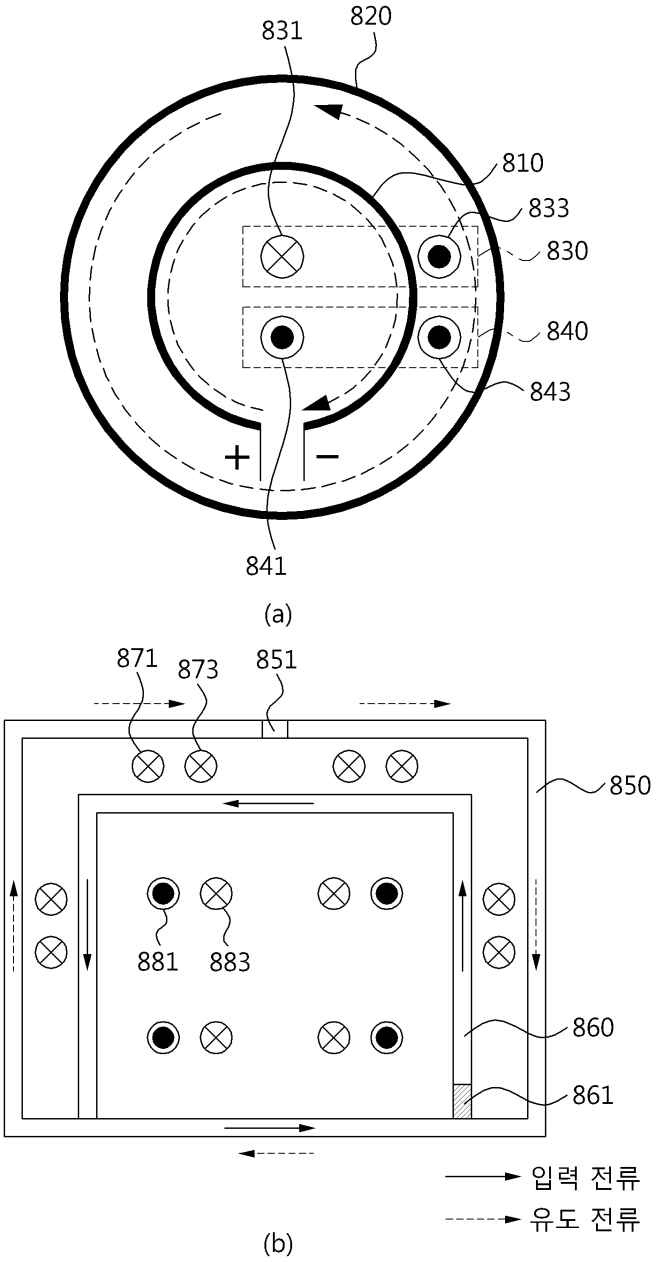
도면6


소스 디바이스
타겟 디바이스
610
620
캘리브레이션 모드
630
640
반사파 검출
650
공진 주파수 조정
660
No
매칭?
670
Yes
680
690
충전 모드
: 통신
: power
695
697

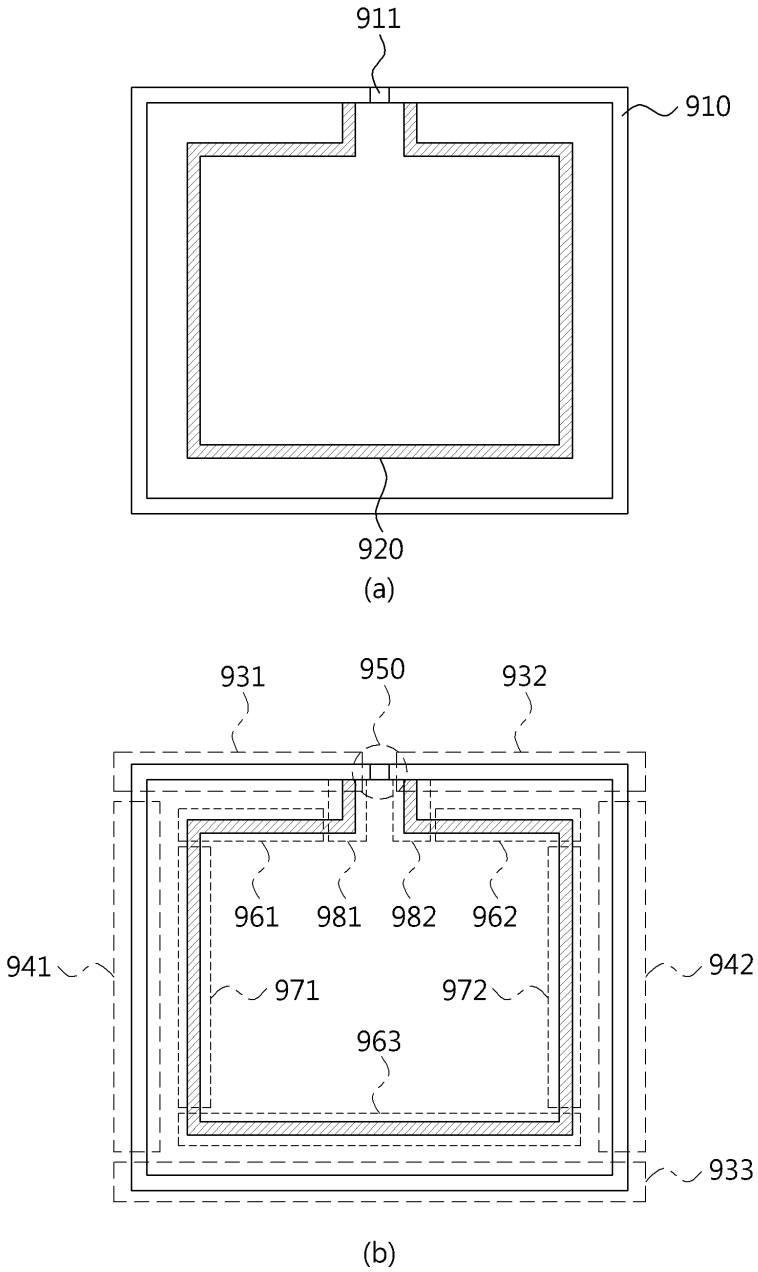
도면7


소스 디바이스
타겟 디바이스
710
720
캘리브레이션 모드
730
740
745
효율 계산
750
760
공진 주파수 조정
No
기준값 이상?
755
Yes
765
770
충전 모드
: 통신
: power
775
780

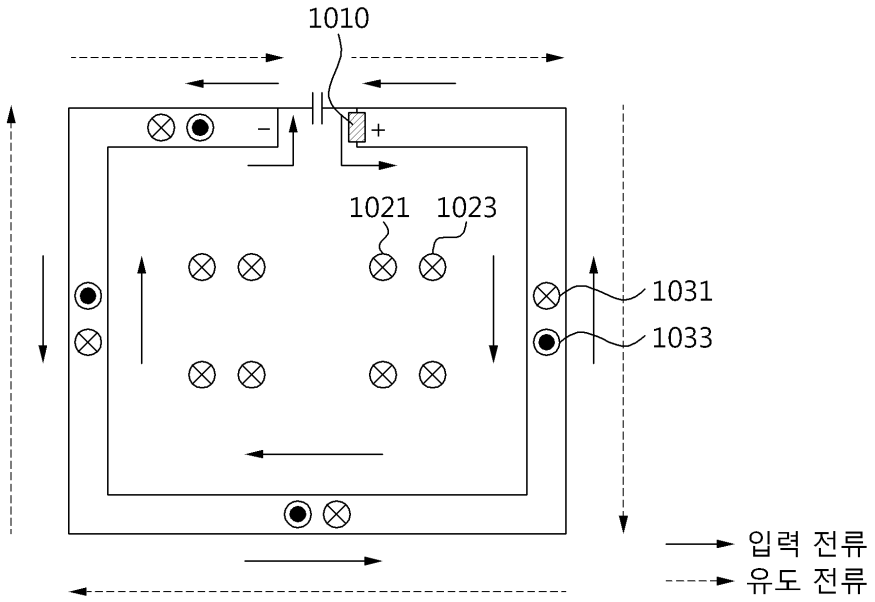
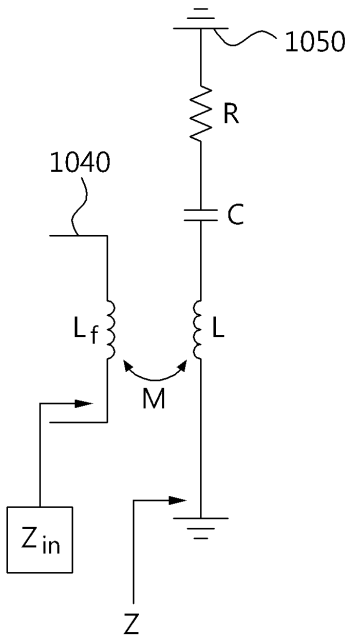
도면8


831
820
810
833
830
840
843
841
+
−
(a)
871
873
851
850
881
883
860
861
입력 전류
유도 전류
(b)

도면9


911
910
920
(a)
931
950
932
961
981
982
962
941
971
972
942
963
933
(b)

도면10



(a)