



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0064420  
(43) 공개일자 2020년06월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02J 50/12 (2016.01) H02J 50/40 (2016.01)  
H02J 50/90 (2016.01)  
(52) CPC특허분류  
H02J 50/12 (2016.02)  
H02J 50/40 (2016.02)  
(21) 출원번호 10-2018-0150531  
(22) 출원일자 2018년11월29일  
심사청구일자 2018년11월29일

(71) 출원인  
한국과학기술원  
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)  
(72) 발명자  
장인권  
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)  
김민기  
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)  
이승범  
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)  
(74) 대리인  
양성보

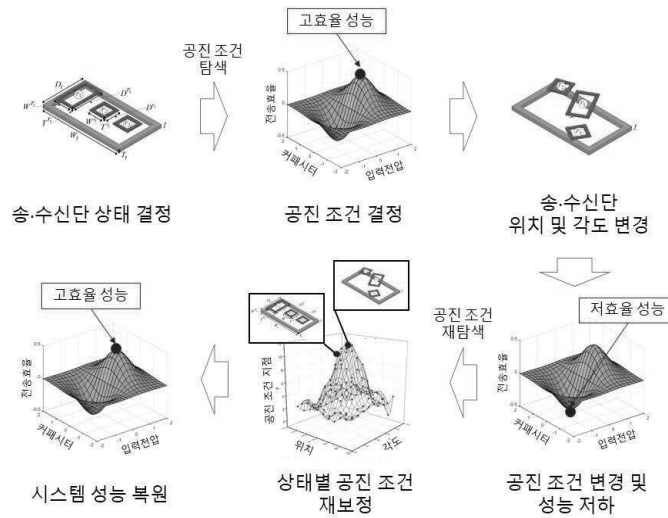
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 다중 장치 무선전력전송 시스템에 대한 자기공진조건 탐색방법

(57) 요약

다중 장치 무선전력전송 시스템에 대한 자기공진조건 탐색방법을 개시한다. 본 발명의 일실시예에 따른 자기공진조건 탐색방법은 무선전력전송 시스템의 다중 송·수신부의 충전 상태(충전 기기의 수, 충전 기기의 상대 위치 등에 따른 상태)에 따른 공진조건을 탐색할 수 있다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류  
*H02J 50/90* (2016.02)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

둘 이상의 수신부로 무선전력전송이 가능한 무선전력전송 시스템을 위한 자기공진조건 탐색방법에 있어서, 상기 무선전력전송 시스템의 적어도 하나의 송신부와 상기 둘 이상의 수신부에 대한 최초 충전 상태를 결정하는 단계; 및

상기 최초 충전 상태에서 상기 무선전력전송 시스템에서의 동작 주파수, 보상 커패시턴스 및 입력 전압 중 적어도 하나의 파라미터를 기설정된 크기로 가변하면서 공진조건을 탐색하는 단계

를 포함하는 자기공진조건 탐색방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 공진조건은 상기 둘 이상의 수신부 각각의 충전용량을 만족시키면서 전송효율을 극대화시키는 상기 적어도 하나의 파라미터의 값을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기공진조건 탐색방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 탐색된 공진조건이 상기 무선전력전송 시스템에 적용되도록 상기 탐색된 공진조건을 상기 무선전력전송 시스템으로 제공하는 단계

를 더 포함하는 자기공진조건 탐색방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 최초 충전 상태에서 다른 충전 상태로의 상태 변경을 탐지하는 단계; 및

상기 다른 충전 상태에서 상기 무선전력전송 시스템에서의 동작 주파수, 보상 커패시턴스 및 입력 전압 중 적어도 하나를 기설정된 크기로 가변하면서 공진조건을 재탐색하는 단계

를 더 포함하는 자기공진조건 탐색방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 상태 변경을 탐지하는 단계는,

상기 무선전력전송 시스템의 송신부의 개수, 상기 무선전력전송 시스템을 통해 무선전력을 전송받는 수신부의 개수, 수신부의 충전용량, 송신부와 수신부간의 상대적 위치 및 충전중인 수신부의 배치 각도 중 적어도 하나의 변경을 탐지하는 것을 특징으로 하는 자기공진조건 탐색방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 적어도 하나의 변경은 상기 무선전력전송 시스템이 포함하는 센서의 출력값에 기반하여 탐지되는 것을 특징으로 하는 자기공진조건 탐색방법.

#### 청구항 7

제4항에 있어서,

상기 재탐색된 공진조건을 통해 상기 무선전력전송 시스템에 적용된 공진조건이 보장되도록 상기 재탐색된 공진 조건을 상기 무선전력전송 시스템으로 제공하는 단계

를 더 포함하는 자기공진조건 탐색방법.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 둘 이상의 수신부 각각은 상기 무선전력전송 시스템으로부터 무선전력을 전송받는 상기 무선전력전송 시스템과는 별도의 충전 기기인 것을 특징으로 하는 자기공진조건 탐색방법.

#### 청구항 9

컴퓨터 장치와 결합되어 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터 장치에 실행시키기 위해 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

#### 청구항 10

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터 장치에 실행시키기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록되어 있는 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

#### 청구항 11

둘 이상의 수신부로 무선전력전송이 가능한 무선전력전송 시스템을 위한 자기공진조건 탐색방법을 수행하는 컴퓨터 장치에 있어서,

상기 컴퓨터 장치에서 판독 가능한 명령을 실행하도록 구현되는 적어도 하나의 프로세서

를 포함하고,

상기 적어도 하나의 프로세서에 의해,

상기 무선전력전송 시스템의 적어도 하나의 송신부와 상기 둘 이상의 수신부에 대한 최초 충전 상태를 결정하고,

상기 최초 충전 상태에서 상기 무선전력전송 시스템에서의 동작 주파수, 보상 커패시턴스 및 입력 전압 중 적어도 하나의 파라미터를 기설정된 크기로 가변하면서 공진조건을 탐색하는 것

을 특징으로 하는 컴퓨터 장치.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 공진조건은 상기 둘 이상의 수신부 각각의 충전용량을 만족시키면서 전송효율을 극대화시키는 상기 적어도 하나의 파라미터의 값을 포함하는 것

을 특징으로 하는 컴퓨터 장치.

#### 청구항 13

제11항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서에 의해,

상기 탐색된 공진조건이 상기 무선전력전송 시스템에 적용되도록 상기 탐색된 공진조건을 상기 무선전력전송 시스템으로 제공하는 것

을 특징으로 하는 컴퓨터 장치.

#### 청구항 14

제11항에 있어서,  
 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해,  
 상기 최초 충전 상태에서 다른 충전 상태로의 상태 변경을 탐지하고,  
 상기 다른 충전 상태에서 상기 무선전력전송 시스템에서의 동작 주파수, 보상 커패시턴스 및 입력 전압 중 적어도 하나를 기설정된 크기로 가변하면서 공진조건을 재탐색하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 장치.

**청구항 15**

제11항에 있어서,  
 상기 무선전력전송 시스템에 포함되어 상기 적어도 하나의 파라미터를 기설정된 크기로 가변하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 장치.

**청구항 16**

제11항에 있어서,  
 상기 무선전력전송 시스템과는 별도의 장치로 구현되어 네트워크를 통해 상기 무선전력전송 시스템과 통신하여 상기 무선전력전송 시스템이 상기 적어도 하나의 파라미터를 기설정된 크기로 가변하도록 제어하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 아래의 설명은 다중 장치 무선전력전송 시스템에 대한 자기공진조건 탐색방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0002] 무선전력전송은 1차 코일(송신부)에 공급된 전기에너지가 자계에너지를 유도하고, 유도된 자계에너지가 2차 코일(수신부)에서 다시 전기에너지를 유도하는 비접촉 전력전송 기술이다. 무선전력전송은 2006년 MIT Soljatic 교수팀의 논문 발표 이후 활발한 연구가 진행되고 있으며, 저전력의 휴대용 전자기기부터 대전력의 기차 시스템까지 다양한 제품군에 적용되고 있다. 현재 관련 시장 규모는 급격히 성장 중이며, 2020년에는 약 120억 달러에 달할 것으로 예측하고 있다.
- [0003] 비방사형 무선전력전송은 자기유도 방식과 자기공진 방식으로 구분된다.
- [0004] 자기유도형 무선전력전송은 1차 코일(송신부)과 2차 코일(수신부) 간의 강한 커플링 효과를 통해 2차 코일에서 효율적으로 전력을 전달받을 수 있다. 예를 들어, 한국공개특허 제10-2013-0071764호는 자기유도 방식의 무선 충전 장치를 개시하고 있다. 다만, 이 방식은 송·수신 코일 간의 공극(airgap)이 극히 제한적(수 mm 내외)이기 때문에 송·수신부 사이의 공극이 증가하거나 코일 간의 부정합(misalignment) 발생 시 전송효율이 급격히 떨어진다는 문제점이 있다.
- [0005] 자기공진형 무선전력전송은 송·수신부 코일 간의 느슨한 커플링 상태(큰 공극 등)에서도 자기공진 효과를 통해 커플링 효과를 극대화함으로써 전송 효율의 향상이 가능하나, 공진조건이 충족되지 못할 경우 전송 효율이 급격히 하락하게 된다는 문제점이 있다.
- [0006] 현재 자기유도형 방식은 소형 가전제품군(휴대폰, 이어폰, 태블릿 PC 등)을 중심으로 상용화가 진행되고 있으며, 자기공진형 방식은 큰 공극과 대전력을 요하는 제품군(자동차, 대형 가전, 모터 등)에 적용 및 시도되고 있다.
- [0007] 유선전송 방식 대비 높은 편리성과 안전성 덕분에 소전력의 소형 가전부터 전자기동차와 같은 대전력의 제품군까지 널리 무선전력전송 기술이 적용되고 있으며, 이미 다수의 제품이 출시되었다. 하지만, 서로 다른 정격용량을 가진 다수의 기기를 동시에 충전 가능하고 전송 거리에 대한 자유도가 높은 무선전력전송 기술(혹은 제품)의 개발이 절실히 요구되고 있다. ITU-T(국제전기통신연합 전기통신표준화부분)의 무선전력전송 표준화 동

항에 따르면, 무선전력전송의 대표 적용 사례로 다수 단말에 대한 동시 충전 서비스를 선정하고 있다. 자기유도형 방식은 상용화 사례가 많지만, 전송 거리를 늘리는 것에 한계가 있으며, 자기공진형 방식은 상대적으로 긴 전송 거리에도 불구하고 공진 현상을 통해 높은 전송효율의 확보가 가능하지만, 공진조건의 만족 여부에 따라 전송효율의 편차가 매우 크다.

[0008] 특히, 단일 송·수신부에 대한 공진조건은 수학적 이론해의 유도가 가능한 것과 달리, 다중 송·수신부에 대한 공진조건은 다수의 코일 간 상호 커플링 효과와 개별 수신부에서 요구하는 상이한 정격 용량 등으로 인해 수학적 이론해의 유도가 불가하며, 또한 다중 송·수신부의 시스템 구성(송·수신부의 개수, 수신부의 충전용량, 송·수신부의 위치, 송·수신부 간의 자기 특성 등)이 변경될 경우 상호 커플링 효과가 달라지며, 이에 따라 공진조건이 변경된다. 자기공진형 방식의 경우, 공진조건이 충족되지 못할 경우 전송 효율이 급격히 하락하게 되므로, 시스템 변경 발생시 이를 반영한 공진보상이 필수적으로 수행되어야 한다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 무선전력전송 시스템의 다중 송·수신부의 충전 상태(충전 기기의 수, 충전 기기의 상대 위치 등에 따른 상태)에 따른 공진조건을 탐색할 수 있는 자기공진조건 탐색방법 및 상기 자기공진조건 탐색방법을 수행하는 컴퓨터 장치, 상기 컴퓨터 장치와 결합되어 상기 자기공진조건 탐색방법을 컴퓨터 장치에 실행시키기 위해 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램 및 그 기록매체를 제공한다.

[0010] 무선전력전송 시스템의 다중 송·수신부의 충전 상태의 변경(충전 기기의 수, 충전 기기의 상대 위치 등의 변경)과 같이 공진조건이 변경되는 경우, 새로운 공진조건을 탐색하여 이를 반영하여 공진보상을 수행함으로써 무선전력전송 시스템이 안정적이고 효율적으로 무선전력을 전송할 수 있도록 서포트할 수 있는 자기공진조건 탐색방법 및 상기 자기공진조건 탐색방법을 수행하는 컴퓨터 장치, 상기 컴퓨터 장치와 결합되어 상기 자기공진조건 탐색방법을 컴퓨터 장치에 실행시키기 위해 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램 및 그 기록매체를 제공한다.

**과제의 해결 수단**

[0011] 둘 이상의 수신부로 무선전력전송이 가능한 무선전력전송 시스템을 위한 자기공진조건 탐색방법에 있어서, 상기 무선전력전송 시스템의 적어도 하나의 송신부와 상기 둘 이상의 수신부에 대한 최초 충전 상태를 결정하는 단계; 및 상기 최초 충전 상태에서 상기 무선전력전송 시스템에서의 동작 주파수, 보상 커패시턴스 및 입력 전압 중 적어도 하나의 파라미터를 기설정된 크기로 가변하면서 공진조건을 탐색하는 단계를 포함하는 자기공진조건 탐색방법을 제공한다.

[0012] 일측에 따르면, 상기 공진조건은 상기 둘 이상의 수신부 각각의 충전용량을 만족시키면서 전송효율을 극대화시키는 상기 적어도 하나의 파라미터의 값을 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0013] 다른 측면에 따르면, 상기 자기공진조건 탐색방법은 상기 탐색된 공진조건이 상기 무선전력전송 시스템에 적용되도록 상기 탐색된 공진조건을 상기 무선전력전송 시스템으로 제공하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0014] 또 다른 측면에 따르면, 상기 자기공진조건 탐색방법은 상기 최초 충전 상태에서 다른 충전 상태로의 상태 변경을 탐지하는 단계; 및 상기 다른 충전 상태에서 상기 무선전력전송 시스템에서의 동작 주파수, 보상 커패시턴스 및 입력 전압 중 적어도 하나를 기설정된 크기로 가변하면서 공진조건을 재탐색하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0015] 또 다른 측면에 따르면, 상기 상태 변경을 탐지하는 단계는, 상기 무선전력전송 시스템의 송신부의 개수, 상기 무선전력전송 시스템을 통해 무선전력을 전송받는 수신부의 개수, 수신부의 충전용량, 송신부와 수신부간의 상대적 위치 및 충전중인 수신부의 배치 각도 중 적어도 하나의 변경을 탐지하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0016] 또 다른 측면에 따르면, 상기 적어도 하나의 변경은 상기 무선전력전송 시스템이 포함하는 센서의 출력값에 기반하여 탐지되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0017] 또 다른 측면에 따르면, 상기 자기공진조건 탐색방법은 상기 재탐색된 공진조건을 통해 상기 무선전력전송 시스템에 적용된 공진조건이 보정되도록 상기 재탐색된 공진조건을 상기 무선전력전송 시스템으로 제공하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 또 다른 측면에 따르면, 상기 둘 이상의 수신부 각각은 상기 무선전력전송 시스템으로부터 무선전력을 전송받는

상기 무선전력전송 시스템과는 별도의 충전 기기인 것을 특징으로 할 수 있다.

- [0019] 컴퓨터 장치와 결합되어 상기 자기공진조건 탐색방법을 컴퓨터 장치에 실행시키기 위해 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 제공한다.
- [0020] 상기 자기공진조건 탐색방법을 컴퓨터 장치에 실행시키기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록되어 있는 컴퓨터 판독 가능한 기록매체를 제공한다.
- [0021] 둘 이상의 수신부로 무선전력전송이 가능한 무선전력전송 시스템을 위한 자기공진조건 탐색방법을 수행하는 컴퓨터 장치에 있어서, 상기 컴퓨터 장치에서 판독 가능한 명령을 실행하도록 구현되는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의해, 상기 무선전력전송 시스템의 적어도 하나의 송신부와 상기 둘 이상의 수신부에 대한 최초 충전 상태를 결정하고, 상기 최초 충전 상태에서 상기 무선전력전송 시스템에서의 동작 주파수, 보상 커패시턴스 및 입력 전압 중 적어도 하나의 파라미터를 기설정된 크기로 가변하면서 공진조건을 탐색하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 장치를 제공한다.

**발명의 효과**

- [0022] 무선전력전송 시스템의 다중 송·수신부의 충전 상태(충전 기기의 수, 충전 기기의 상대 위치 등에 따른 상태)에 따른 공진조건을 탐색할 수 있다.
- [0023] 무선전력전송 시스템의 다중 송·수신부의 충전 상태의 변경(충전 기기의 수, 충전 기기의 상대 위치 등의 변경)과 같이 공진조건이 변경되는 경우, 새로운 공진조건을 탐색하여 이를 반영하여 공진보상을 수행함으로써 무선전력전송 시스템이 안정적이고 효율적으로 무선전력을 전송할 수 있도록 서포트할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0024] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 자기공진조건 탐색방법을 이용한 무선전력 전송 시스템 구축 과정의 예를 도시한 도면이다.
- 도 2은 본 발명의 일실시예에 있어서, 단일 송·수신부 무선전력전송 시스템에 대한 공진조건을 탐색한 예를 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 자기공진조건 탐색방법을 이용하여 다중 송·수신부 무선전력전송 시스템에 대한 공진조건을 탐색한 예를 도시한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 자기공진조건 탐색방법을 이용하여 설정된 공진조건에서 주파수 및 설계 변수의 파라미터를 변화 그래프를 통해 전송효율의 극대화화 수신부의 정격용량의 만족을 확인하는 예를 도시한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 충전 기기들의 부정합(misalignment)으로 인해 전송효율을 포함하는 충전 성능이 변경된 예를 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, 다중 송·수신부의 위치와 각도 변화에 따른 공진조건 재탐색 및 공진보상 과정의 예를 도시한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 컴퓨터 장치의 내부 구성의 예를 도시한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 자기공진조건 탐색방법의 예를 도시한 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0025] 이하, 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0026] 본 발명의 실시예들은 다중 송·수신부를 구성하는 무선전력전송 시스템의 공진조건을 탐색하고, 이를 공진조건 설정에 활용할 수 있는 자기공진조건 탐색방법 및 상기 자기공진조건 탐색방법을 수행하는 컴퓨터 장치, 상기 컴퓨터 장치와 결합되어 상기 자기공진조건 탐색방법을 컴퓨터 장치에 실행시키기 위해 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램 및 그 기록매체에 관한 것이다.
- [0027] 예를 들어, 본 발명의 실시예들에 따른 자기공진조건 탐색방법은 이후 설명되는 적어도 하나의 컴퓨터 장치에 의해 수행될 수 있다. 이때, 컴퓨터 장치에는 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨터 프로그램이 설치 및 구동될 수 있고, 컴퓨터 장치는 구동된 컴퓨터 프로그램의 제어에 따라 본 발명의 실시예들에 따른 자기공진조건 탐색

방법을 수행할 수 있다. 상술한 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 장치와 결합되어 본 발명의 실시예들에 따른 방법을 컴퓨터 장치에 실행시키기 위해 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장될 수 있다.

[0028] 한편, 자기공진조건 탐색방법을 수행하는 컴퓨터 장치는 다중 송·수신부 무선전력전송 시스템에 포함되거나 또는 다중 송·수신부 무선전력전송 시스템과는 별도의 장치로서 다중 송·수신부 무선전력전송 시스템과 네트워크를 통해 연결될 수 있다.

[0029] 이때, 다중 송·수신부 무선전력전송의 공진조건이란 개별 충전 기기의 충전용량을 만족하며 전송효율이 극대화 된 상태를 칭할 수 있다.

[0030] 도 1은 본 발명의 일실시에 따른 자기공진조건 탐색방법을 이용한 무선전력 전송 시스템 구축 과정의 예를 도시한 도면이다. 도 1은 다중 기기 무선충전 상황 설정을 위한 제1 과정(110), 등가회로 구성과 설계 변수 설정을 위한 제2 과정(120), 문제 수식화와 수치적 공진 탐색을 위한 제3 과정(130), 공진조건 결정을 위한 제4 과정(140) 및 안정적인 고효율 다중 무선충전 시스템 구축을 위한 제5 과정(150)을 나타내고 있다.

[0031] 다중 기기의 개별 충전조건을 고려한 공진조건 탐색

[0032] 단일 송·수신부를 구성하는 자기공진형 무선전력전송은 송·수신부의 폐회로 상에서 코일 인덕턴스와 커패시턴스의 보상 조합으로 공진조건을 결정할 수 있으며, 이에 따른 전송효율을 극대화시킬 수 있다.

[0033] 예를 들어, 단일 송·수신부에 대한 공진조건은 송·수신부의 폐회로 상의 작동 주파수( $f$ ), 송·수신부의 인덕턴스( $L$ ), 보상 커패시턴스( $C$ )의 조합으로 아래 수학적 식 1과 같이 유도될 수 있다.

**수학적 식 1**

[0034] 
$$2\pi f = \frac{1}{\sqrt{CL}}$$

[0035] 작동 주파수( $f$ )와 관련하여, 송신부와 수신부 사이의 거리 변화 혹은 수신부의 각도 변화가 생길 경우, 입력 주파수를 가변하여 공진조건을 맞출 수 있다. 인체 내부에서 작동하는 의료기기의 경우에는 조직세포의 변화, 혈관 수축이완과 같은 혈류량 변화 등으로 인해, 송·수신부간의 자기 특성이 바뀌어 전송효율이 떨어질 수 있다. 이때, 입력 주파수를 가변하여 전송효율을 보상할 수 있다.

[0036] 송·수신부의 인덕턴스( $L$ )와 관련하여, 송신부와 수신부 사이에 공명기(Resonator)를 가진 시스템의 경우, 공명기의 위치를 조정하여 개별 송·수신부에서의 인덕턴스 값을 조정함으로써 최적의 효율을 갖도록 할 수 있다.

[0037] 보상 커패시턴스( $C$ )와 관련하여, 각종 규정으로 인한 주파수의 고정이나 인덕턴스 변경 시스템의 복잡성 등으로 인해 작동 주파수( $f$ )를 가변하거나 인덕턴스( $L$ )을 조정하기 어려운 경우, 가변 가능한 커패시터를 이용하여 커패시턴스를 변경함으로써 전송효율의 향상시킬 수 있다.

[0038] 다만, 이러한 작동 주파수( $f$ ), 송·수신부의 인덕턴스( $L$ ), 보상 커패시턴스( $C$ )의 조절을 통한 전송효율의 향상은 단일 송·수신부를 구성하는 자기공진형 무선전력전송 시스템에서의 연구 결과로, 다중 송·수신부를 가진 자기공진형 무선전력전송 시스템의 공진조건 탐색 및 보상에는 직접적인 적용이 불가능하다.

[0039] 다중 송·수신부를 구성하는 자기공진형 무선전력전송의 경우, 안정적인 충전을 위해서 개별 수신부의 회로에 요구 정격전류가 흘러야 하며, 다중 송·수신부 간의 커플링 효과로 인해 개별 송·수신부의 전류 위상차까지 고려해야 한다. 따라서, 전송효율의 극대화와 개별 수신부의 정격용량을 모두 고려한 다중 송·수신부의 공진 탐색은 수신부의 개수가 증가할수록 공진탐색의 난이도와 복잡도가 대폭 증가한다. 이에 본 발명의 실시예들에서는 수학적 접근방법인 아닌, 최적설계 이론 등의 수치적 방법을 통해 다중 송·수신부의 공진조건을 효과적으로 탐색할 수 있다. 예를 들어, 개별 수신부의 정격용량, 송·수신부의 코일 설계와 상대적 위치가 결정될 경우, 최적설계 상의 가용한 설계변수는 송·수신부의 커패시턴스와 송신부의 입력전압이 될 수 있다.

[0040] 다중 송·수신부의 공진조건 결정 기술의 적용 실시예

[0041] 앞서 설명한 바와 같이, 단일 송·수신부에 대한 공진조건은 수학적 이론해의 도출이 가능하다.

[0042] 도 2는 본 발명의 일실시에 있어서, 단일 송·수신부 무선전력전송 시스템에 대한 공진조건을 탐색한 예를 도시한 도면이다. 도 2는 공진조건에 대한 수학적 이론해인 "공진조건 이론값"과 본 발명의 일실시에 따른 자

기공진조건 탐색방법을 이용하여 얻어지는 "공진탐색 결과값"이 거의 동일함을 확인할 수 있다.

- [0043] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 자기공진조건 탐색방법을 이용하여 다중 송·수신부 무선전력전송 시스템에 대한 공진조건을 탐색한 예를 도시한 도면이다.
- [0044] 다중 송·수신부를 가진 무선전력전송 시스템은 개별 수신부에 대해 서로 다른 정격용량을 가질 수 있다. 본 발명의 실시예들은 개별 수신부의 정격용량에 대한 제한조건을 부여함으로써 수신부별 상이한 정격용량을 만족 시키면서 전송효율을 극대화할 수 있다. 예를 들어, 일실시예에 따른 자기공진조건 탐색방법을 수행하는 컴퓨터 장치는 다중 송·수신부에 대한 적용 결과를 검증하기 위해서, 동작 주파수, 보상 커패시턴스, 입력전압을 각각 일정한 크기로 가변하면서 대상 시스템의 거동(전송효율 및 정격용량)을 측정할 수 있다.
- [0045] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 자기공진조건 탐색방법을 이용하여 설정된 공진조건에서 주파수 및 설계 변수의 파라미터를 변화 그래프를 통해 전송효율의 극대화와 수신부의 정격용량의 만족을 확인하는 예를 도시한 도면이다. 도 4에서 수직 점선들은 본 실시예에 따른 자기공진조건 탐색방법을 통해 도출된 공진조건을 나타내고 있다. 도 4의 그래프들에 나타난 바와 같이, 본 실시예에 따른 자기공진조건 탐색방법을 통해 도출한 공진조건들은 개별 정격용량(Rated power)을 모두 만족시키며 전송효율(Power transfer efficiency)을 극대화한 것을 확인할 수 있다. 예를 들어, 도 4의 상단 첫 번째 그래프와 두 번째 그래프는 주파수가 100kHz일 때, 정격용량과 전송효율이 모두 극대화됨을 나타내고 있다.
- [0046] 가변된 충전 환경을 반영한 공진조건 재탐색 및 보정
- [0047] 다중 송·수신부 무선전력전송 시스템은 운영 중 송·수신부 간의 상대적 위치와 송·수신부의 개수, 수신부의 충전용량, 종류 등이 변경될 수 있다.
- [0048] 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 충전 기기들의 부정합(misalignment)으로 인해 전송효율을 포함하는 충전 성능이 변경된 예를 도시한 도면이다. 이러한 충전 환경의 변경시, 송·수신부 코일 간의 커플링 효과가 변동하고, 수신부의 요구 정격용량도 변하기 때문에 공진조건이 변경된다. 따라서 가변된 환경에 따른 변경된 공진조건을 보정하지 않을 경우, 수신부의 요구 정격용량을 만족할 수 없으며, 전송효율 또한 급격히 저하될 수 있다. 반면, 본 발명의 실시예들에서는 가변된 환경에 대한 공진조건도 재탐색이 가능하므로, 이를 반영한 공진보상도 가능해진다.
- [0049] 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, 다중 송·수신부의 위치와 각도 변화에 따른 공진조건 재탐색 및 공진보상 과정의 예를 도시한 도면이다. 예를 들어, 본 실시예에 따른 컴퓨터 장치는 공진 조건 변경에 따른 성능 저하가 탐지되는 경우, 본 실시예에 따른 자기공진조건 탐색방법을 통해 상태별 공진 조건을 재보정하여 제공함으로써, 다중 송·수신부 무선전력전송 시스템의 성능을 복원할 수 있다.
- [0050] 다시 말해, 본 발명의 실시예들에서는 다중 송·수신부 간의 상대적 위치 변경으로 인한 시스템의 성능 저하를 공진 재탐색을 이용하여 복원할 수 있으며, 이를 통해 다중 송·수신부 충전 상태(송·수신부들 각각의 위치 및 각도)의 자유도를 높일 수 있다.
- [0051] 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 컴퓨터 장치의 내부 구성의 예를 도시한 도면이다. 컴퓨터 장치(700)는 도 7에 도시된 바와 같이, 메모리(710), 프로세서(720), 통신 인터페이스(730) 그리고 입출력 인터페이스(740)를 포함할 수 있다. 메모리(710)는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체로서, RAM(random access memory), ROM(read only memory) 및 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치(permanent mass storage device)를 포함할 수 있다. 여기서 ROM과 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치는 메모리(710)와는 구분되는 별도의 영구 저장 장치로서 컴퓨터 장치(700)에 포함될 수도 있다. 또한, 메모리(710)에는 운영체제와 적어도 하나의 프로그램 코드가 저장될 수 있다. 이러한 소프트웨어 구성요소들은 메모리(710)와는 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체로부터 메모리(710)로 로딩될 수 있다. 이러한 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체는 플로피 드라이브, 디스크, 테이프, DVD/CD-ROM 드라이브, 메모리 카드 등의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서 소프트웨어 구성요소들은 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체가 아닌 통신 인터페이스(730)를 통해 메모리(710)에 로딩될 수도 있다. 예를 들어, 소프트웨어 구성요소들은 네트워크(760)를 통해 수신되는 파일들에 의해 설치되는 컴퓨터 프로그램에 기반하여 컴퓨터 장치(700)의 메모리(710)에 로딩될 수 있다.
- [0052] 프로세서(720)는 기본적인 산술, 로직 및 입출력 연산을 수행함으로써, 컴퓨터 프로그램의 명령을 처리하도록 구성될 수 있다. 명령은 메모리(710) 또는 통신 인터페이스(730)에 의해 프로세서(720)로 제공될 수 있다. 예를 들어 프로세서(720)는 메모리(710)와 같은 기록 장치에 저장된 프로그램 코드에 따라 수신되는 명령을 실행

하도록 구성될 수 있다.

- [0053] 통신 인터페이스(730)는 네트워크(760)를 통해 컴퓨터 장치(700)가 다른 장치(일례로, 앞서 설명한 저장 장치들)와 서로 통신하기 위한 기능을 제공할 수 있다. 일례로, 컴퓨터 장치(700)의 프로세서(720)가 메모리(710)와 같은 기록 장치에 저장된 프로그램 코드에 따라 생성한 요청이나 명령, 데이터, 파일 등이 통신 인터페이스(730)의 제어에 따라 네트워크(760)를 통해 다른 장치들로 전달될 수 있다. 역으로, 다른 장치로부터의 신호나 명령, 데이터, 파일 등이 네트워크(760)를 거쳐 컴퓨터 장치(700)의 통신 인터페이스(730)를 통해 컴퓨터 장치(700)로 수신될 수 있다. 통신 인터페이스(730)를 통해 수신된 신호나 명령, 데이터 등은 프로세서(720)나 메모리(710)로 전달될 수 있고, 파일 등은 컴퓨터 장치(700)가 더 포함할 수 있는 저장 매체(상술한 영구 저장 장치)로 저장될 수 있다.
- [0054] 입출력 인터페이스(740)는 입출력 장치(750)와의 인터페이스를 위한 수단일 수 있다. 예를 들어, 입력 장치는 마이크, 키보드 또는 마우스 등의 장치를, 그리고 출력 장치는 디스플레이, 스피커와 같은 장치를 포함할 수 있다. 다른 예로 입출력 인터페이스(740)는 터치스크린과 같이 입력과 출력을 위한 기능이 하나로 통합된 장치와의 인터페이스를 위한 수단일 수도 있다. 입출력 장치(750)는 컴퓨터 장치(700)와 하나의 장치로 구성될 수도 있다.
- [0055] 또한, 다른 실시예들에서 컴퓨터 장치(700)는 도 7의 구성요소들보다 더 적은 혹은 더 많은 구성요소들을 포함할 수도 있다. 그러나, 대부분의 종래기술적 구성요소들을 명확하게 도시할 필요성은 없다. 예를 들어, 컴퓨터 장치(700)는 상술한 입출력 장치(750) 중 적어도 일부를 포함하도록 구현되거나 또는 트랜시버(transceiver), 데이터베이스 등과 같은 다른 구성요소들을 더 포함할 수도 있다.
- [0056] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 자기공진조건 탐색방법의 예를 도시한 흐름도이다. 본 실시예에 따른 자기공진조건 탐색방법은 앞서 설명한 컴퓨터 장치(700)에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 장치(700)의 프로세서(720)는 메모리(710)가 포함하는 운영체제의 코드나 적어도 하나의 프로그램의 코드에 따른 제어 명령(instruction)을 실행하도록 구현될 수 있다. 여기서, 프로세서(720)는 컴퓨터 장치(700)에 저장된 코드가 제공하는 제어 명령에 따라 컴퓨터 장치(700)가 도 8의 방법이 포함하는 단계들(810 내지 830)을 수행하도록 컴퓨터 장치(700)를 제어할 수 있다.
- [0057] 단계(810)에서 컴퓨터 장치(700)는 무선전력전송 시스템의 적어도 하나의 송신부와 둘 이상의 수신부에 대한 최초 충전 상태를 결정할 수 있다. 송신부 및 수신부에 대한 충전 상태는 무선전력전송 시스템의 송신부의 개수, 상기 무선전력전송 시스템을 통해 무선전력을 전송받는 수신부의 개수, 수신부의 충전용량, 송신부와 수신부간의 상대적 위치 및 충전중인 수신부의 배치 각도 중 적어도 하나에 의해 결정될 수 있다.
- [0058] 단계(820)에서 컴퓨터 장치(700)는 최초 충전 상태에서 무선전력전송 시스템에서의 동작 주파수, 보상 커패시턴스 및 입력 전압 중 적어도 하나의 파라미터를 기설정된 크기로 가변하면서 공진조건을 탐색할 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 장치(700)는 도 4의 그래프들에 나타난 바와 같이, 동작 주파수나 보상 커패시턴스, 입력 전압과 같은 파라미터들을 일정 크기로 가변시키면서 공진조건을 만족할 때의 파라미터의 값을 얻을 수 있다. 여기서, 공진조건은 둘 이상의 수신부 각각의 충전용량을 만족시키면서 전송효율을 극대화시키는 적어도 하나의 파라미터의 값을 포함할 수 있다. 일례로, 공진조건은 충전용량을 만족시키면서 전송효율을 극대화시키는 동작 주파수의 값, 보상 커패시턴스의 값 및 입력 전압의 값 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0059] 단계(830)에서 컴퓨터 장치(700)는 탐색된 공진조건이 무선전력전송 시스템에 적용되도록 탐색된 공진조건을 무선전력전송 시스템으로 제공할 수 있다. 무선전력전송 시스템은 제공되는 공진조건, 일례로 동작 주파수의 값, 보상 커패시턴스의 값 및 입력 전압의 값 중 적어도 하나의 값에 따라 동작 주파수, 보상 커패시턴스 및 입력 전압 중 적어도 하나를 설정함으로써, 공진조건을 만족시킬 수 있다.
- [0060] 단계(840)에서 컴퓨터 장치(700)는 최초 충전 상태에서 다른 충전 상태로의 상태 변경을 탐지할 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 장치(700)는 무선전력전송 시스템의 송신부의 개수, 무선전력전송 시스템을 통해 무선전력을 전송받는 수신부의 개수, 수신부의 충전용량, 송신부와 수신부간의 상대적 위치 및 충전중인 수신부의 배치 각도 중 적어도 하나의 변경을 탐지함으로써, 상태 변경을 탐지할 수 있다. 이때, 적어도 하나의 변경은 무선전력전송 시스템이 포함하는 센서의 출력값에 기반하여 탐지될 수 있다. 보다 구체적인 예로, 무선전력전송 시스템은 충전중인 수신부의 개수, 수신부의 충전용량, 충전중인 수신부의 상대적 위치 및 충전중인 수신부의 배치 각도를 센싱하기 위한 센서들을 포함할 수 있으며, 컴퓨터 장치(700)는 이러한 무선전력전송 시스템이 포함하는 센서들의 출력값을 통해 적어도 하나의 변경을 탐지할 수 있다. 예를 들어, 센서들은 근접센서, 압력센서 및/또는 모

센서 등과 같이 충전 위치에 배치되는 수신부의 수, 상대적 위치 및 배치 각도를 센싱하거나 또는 수신부의 수, 상대적 위치 및 배치 각도의 변경을 센싱할 수 있는 센서라면 제한되지 않고 활용될 수 있다.

[0061] 단계(850)에서 컴퓨터 장치(700)는 다른 충전 상태에서 무선전력전송 시스템에서의 동작 주파수, 보상 커패시턴스 및 입력 전압 중 적어도 하나를 기설정된 크기로 가변하면서 공진조건을 재탐색할 수 있다. 이미 설명한 바와 같이, 충전 상태의 변경은 송신부와 수신부 간의 커플링 효과의 변동, 수신부의 요구 정격용량의 변화 등으로 인해 공진조건을 변경을 유발한다. 따라서, 컴퓨터 장치(700)는 충전 상태의 변경에 따라 공진조건을 재탐색할 수 있다.

[0062] 단계(860)에서 컴퓨터 장치(700)는 재탐색된 공진조건을 통해 무선전력전송 시스템에 적용된 공진조건이 보정되도록 재탐색된 공진조건을 무선전력전송 시스템으로 제공할 수 있다. 무선전력전송 시스템은 재탐색된 공진조건을 통해 기 적용된 공진조건을 보정함에 따라 상태 변경에 따라 저하된 성능을 복원할 수 있다.

[0063] 도 8의 실시예에서는 최초 충전 상태에서 다른 충전 상태로의 상태 변경에 따라 공진조건을 재탐색하여 공진조건을 보정하는 예를 설명하였으나, 이러한 공진조건 보정은 충전 상태의 변경시마다 이루어질 수 있다.

[0064] 한편, 컴퓨터 장치(700)는 이미 설명한 바와 같이, 무선전력전송 시스템에 포함된 상태로 구현되거나 또는 무선전력전송 시스템과는 별도의 장치로 구현되어 네트워크를 통해 무선전력전송 시스템과 통신하는 형태로 구현될 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 장치(700)는 무선전력전송 시스템에 포함되어 직접 적어도 하나의 파라미터를 기설정된 크기로 가변하도록 구현될 수도 있으나, 실시예에 따라 무선전력전송 시스템과 통신하여 무선전력전송 시스템이 적어도 하나의 파라미터를 기설정된 크기로 가변하도록 제어하도록 구현될 수도 있다.

[0065] 적용 및 응용 분야

[0066] (a) 전기차에 대한 주차 중 무선충전

[0067] 환경문제로 인해 최근 전기차에 대한 관심과 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 전기차의 충전시스템에 무선전력전송 기술을 적용하면 지정된 장소에 주차하는 것만으로도 충전이 가능하므로, 운전자의 편리성과 안전성이 대폭 증가시킬 수 있다. 이러한 전기차의 충전시스템에 본 발명의 실시예들을 적용할 경우, 다수의 전기차에 대한 동시 충전시, 충전 인프라(인버터, 컨버터 등)를 효율적으로 사용할 수 있으며, 특히 충전 차량 수의 변화나 부정합 등으로 인한 충전 환경 변경시 이를 반영한 공진조건 재탐색 및 보정이 가능해진다.

[0068] (b) 드론에 대한 무선충전

[0069] 최근 드론은 택배, 촬영, 화재 진압 등 다양한 분야에 활용되고 있으나, 배터리 용량 등의 문제로 인해 드론의 운영시간이 제한적이다. 드론의 안정적인 활용을 위해서는 중계지역에 충전장소가 반드시 필요하며, 자율주행과 무선충전을 연계할 경우 더욱 효과적인 운영이 가능해질 수 있다. 다만, 기상 조건에 따라 충전지점에서의 드론의 안정적인 착지가 어려울 수 있는데, 본 발명을 활용할 경우 착지시의 부정합으로 인한 문제를 효과적으로 대처할 수 있다.

[0070] (c) 기타 무인으로 동작하는 제품 및 사용자의 모바일 기기와 같은 다양한 제품에 활용

[0071] 무인 청소기, 무인 물류로봇, 휴대폰, 태블릿 PC, 무선 키보드, 마우스 등 다양한 무인 및 무선 전자제품에 활용될 수 있다.

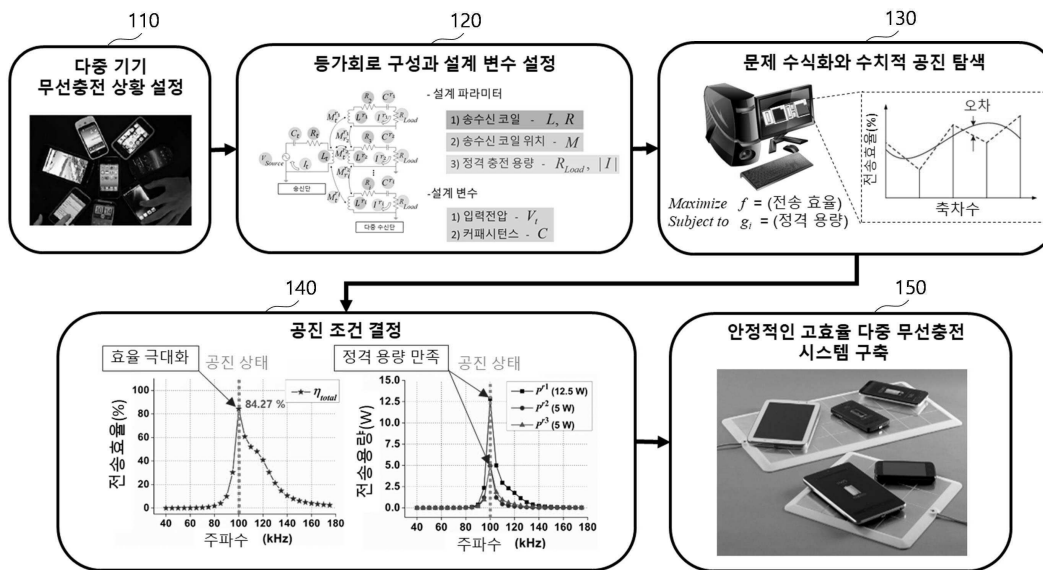
[0072] 이처럼, 기존의 자기공진형 무선전력전송 연구는 단일 송·수신부로 구성된 시스템 위주로 진행되었으나, 본 발명의 실시예들에 따르면, 기존 연구들에 대한 다중 송·수신부 자기공진형 시스템으로의 확장이 용이해질 수 있다. 이때, 다중 송·수신부 자기공진형 시스템을 구축 시, 하나 혹은 소수의 송신부로 다수의 수신부에 전력을 공급할 수 있기 때문에 인프라 구축 비용을 절감할 수 있으며, 자기공진을 통해 전송거리의 향상이 가능해진다. 또한, 자율주행과 본 발명의 실시예들이 적용된 무선전력전송 기술을 결합할 경우 효율적이며 안정적인 전력공급이 가능하므로, 무인청소기나 무인주행 물류로봇 등과 같은 무인화 제품의 기술성과 시장성이 확대될 것으로 기대된다.

[0073] 이와 같이, 본 발명의 실시예들에 따르면, 무선전력전송 시스템의 다중 송·수신부의 충전 상태(충전 기기의 수, 충전 기기의 상대 위치 등에 따른 상태)에 따른 공진조건을 탐색할 수 있다. 또한, 무선전력전송 시스템의 다중 송·수신부의 충전 상태의 변경(충전 기기의 수, 충전 기기의 상대 위치 등의 변경)과 같이 공진조건이 변경되는 경우, 새로운 공진조건을 탐색하여 이를 반영하여 공진보상을 수행함으로써 무선전력전송 시스템이 안정적이고 효율적으로 무선전력을 전송할 수 있도록 서포트할 수 있다.

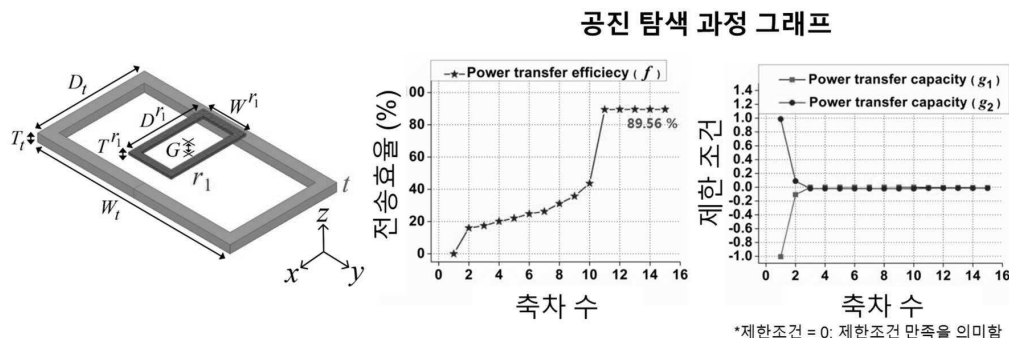
- [0074] 이상에서 설명된 시스템 또는 장치는 하드웨어 구성요소, 또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 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 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 어플리케이션을 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(configuration)도 가능하다.
- [0075] 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 장치에 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록매체에 저장될 수 있다.
- [0076] 실시예에 따른 방법은 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. 매체는 컴퓨터로 실행 가능한 프로그램을 계속 저장하거나, 실행 또는 다운로드를 위해 임시 저장하는 것일 수도 있다. 또한, 매체는 단일 또는 수개 하드웨어가 결합된 형태의 다양한 기록수단 또는 저장수단일 수 있는데, 어떤 컴퓨터 시스템에 직접 접속되는 매체에 한정되지 않고, 네트워크 상에 분산 존재하는 것일 수도 있다. 매체의 예시로는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM 및 DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical medium), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등을 포함하여 프로그램 명령어가 저장되도록 구성된 것이 있을 수 있다. 또한, 다른 매체의 예시로, 어플리케이션을 유통하는 앱 스토어나 기타 다양한 소프트웨어를 공급 내지 유통하는 사이트, 서버 등에서 관리하는 기록매체 내지 저장매체도 들 수 있다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.
- [0077] 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.
- [0078] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

도면

도면1



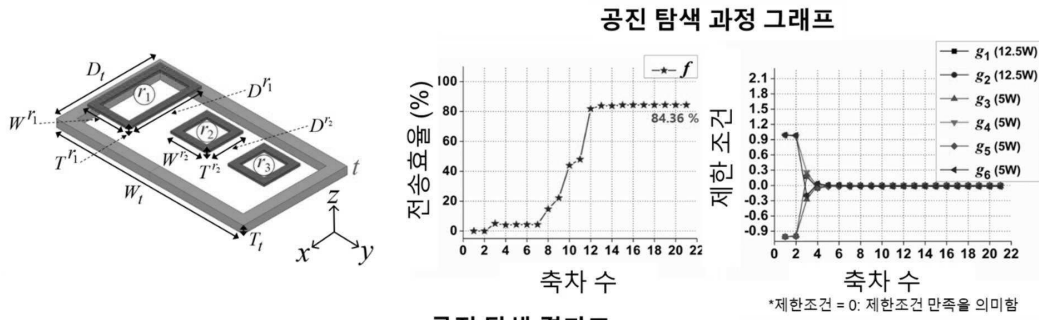
도면2



공진 탐색 결과표

		공진조건 이론값	공진탐색 결과값	오차율 (%)
설계 변수	송신부 커패시턴스 $C_t$ (nF)	10.2	10.19	0.10
	수신부 커패시턴스 $C^{r1}$ (nF)	45.27	45.82	1.21
	입력 전압 $V_t$ (nF)	16.77	16.91	0.83
시스템 성능	수신부 전송 용량 $p^{r1}$ (W)	12.50	12.59	0.72
	전송효율 $\eta_{total}$ (%)	90.10	89.57	0.59

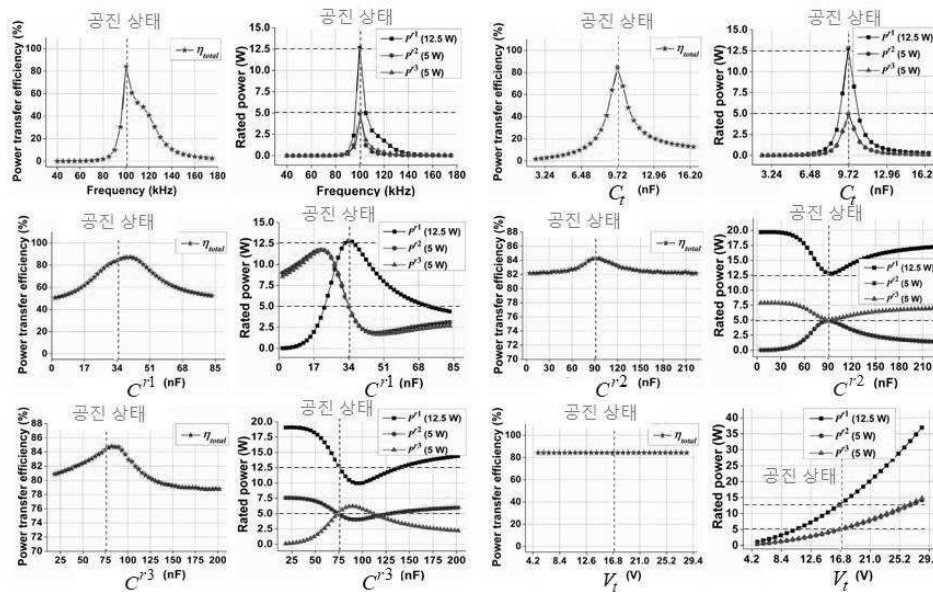
도면3



공진 탐색 결과표

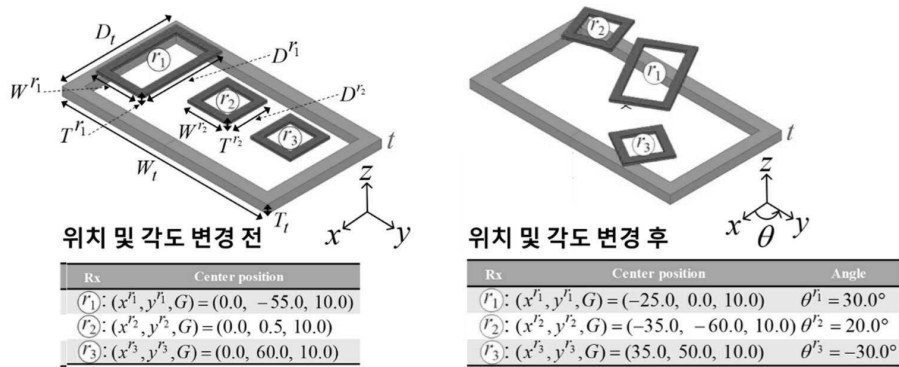
설계변수	송신부 커패시턴스 $C_t$	$r_1$ 수신부 커패시턴스 $C^{r1}$	$r_2$ 수신부 커패시턴스 $C^{r2}$	$r_3$ 수신부 커패시턴스 $C^{r3}$	입력 전압 $V_t$
공진탐색 결과값	9.71nF	33.93nF	90.85nF	74.68nF	16.68V
시스템 성능	송신부 전송 용량 $P_t$	$r_1$ 수신부 전송 용량 $P^{r1}$	$r_2$ 수신부 전송 용량 $P^{r2}$	$r_3$ 수신부 전송 용량 $P^{r3}$	전송 효율 $\eta_{total}$
	27.57W	12.81W	4.93W	5.12W	84.36%

도면4



\* 공진 상태는 정격 용량을 만족하며 효율이 극대화 된 상태

도면5



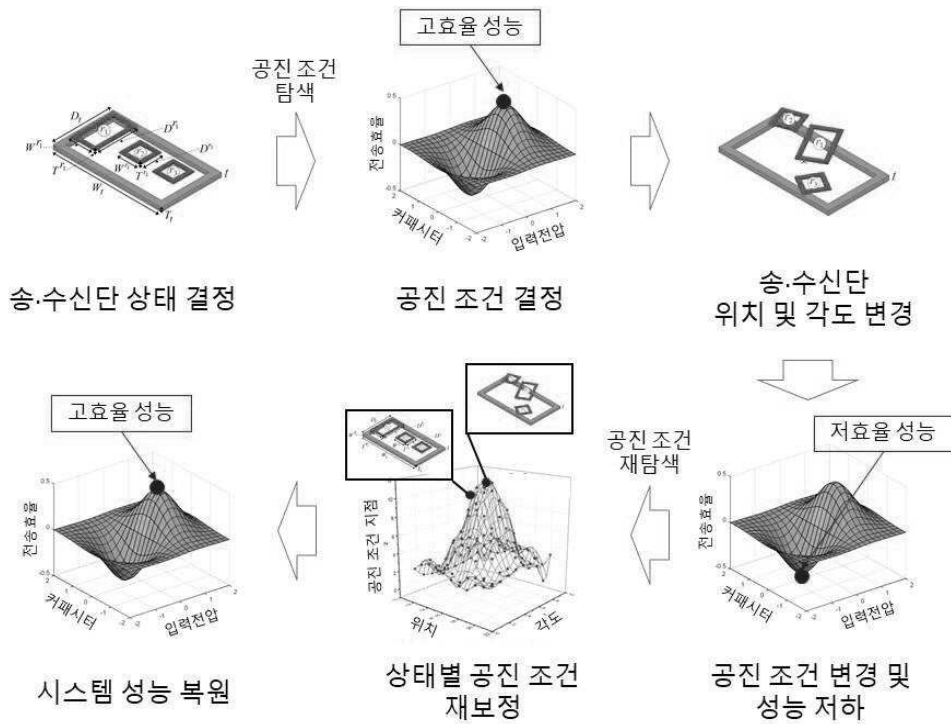
송·수신부 간 상호 인덕턴스 변화

상호 인덕턴스	위치 및 각도 변경 전	위치 및 각도 변경 후
$t-r_1$ 간 $M_{t1}^0$ (uH)	17.44	12.12
$t-r_2$ 간 $M_{t2}^0$ (uH)	5.66	5.47
$t-r_3$ 간 $M_{t3}^0$ (uH)	6.72	5.27
$r_1-r_2$ 간 $M_{r12}^0$ (uH)	-0.57	-0.72
$r_1-r_3$ 간 $M_{r13}^0$ (uH)	-0.08	-0.35
$r_2-r_3$ 간 $M_{r23}^0$ (uH)	-0.32	-0.02

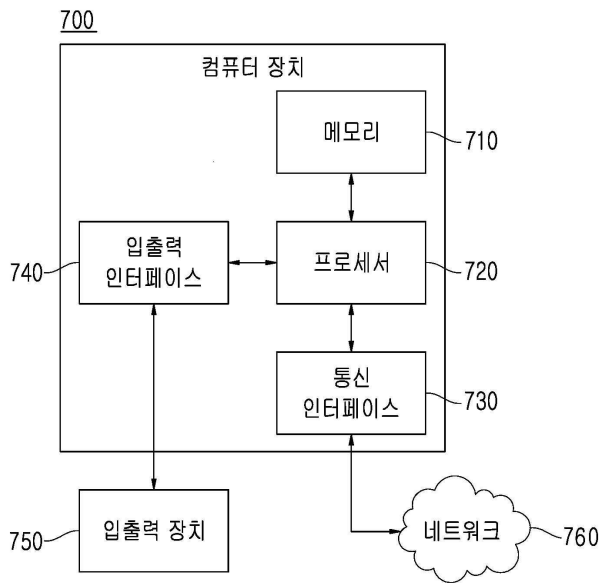
시스템 성능 변화

시스템 성능	위치 및 각도 변경 전	위치 및 각도 변경 후	변화율
송신부 전송용량 $P_{t1}$ (W)	27.57	36.43	32.14%
$r_1$ 수신부 전송용량 $P_{r1}$ (W)	12.81	8.67	32.32%
$r_2$ 수신부 전송용량 $P_{r2}$ (W)	4.93	5.49	11.36%
$r_3$ 수신부 전송용량 $P_{r3}$ (W)	5.12	10.91	113.09%
전송 효율 $\eta_{total}$ (%)	84.36	68.82	18.42%

도면6



도면7



도면8

