

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0122626

(43) 공개일자 2020년10월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 7/06 (2017.01) H04B 17/10 (2014.01)

H04B 7/0408 (2017.01) H04B 7/0417 (2017.01)

(52) CPC특허분류

H04B 7/0617 (2013.01)

H04B 17/102 (2015.01)

(21) 출원번호 10-2019-0045566

(22) 출원일자 2019년04월18일

심사청구일자 2019년04월18일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

이장원

서울특별시 서초구 서초대로 385, 7동 202호(서초동, 진흥아파트)

이현석

경기도 성남시 분당구 내정로 55, 319동 903호(정자동, 상록마을우성아파트)

(74) 대리인

권혁록, 이정순

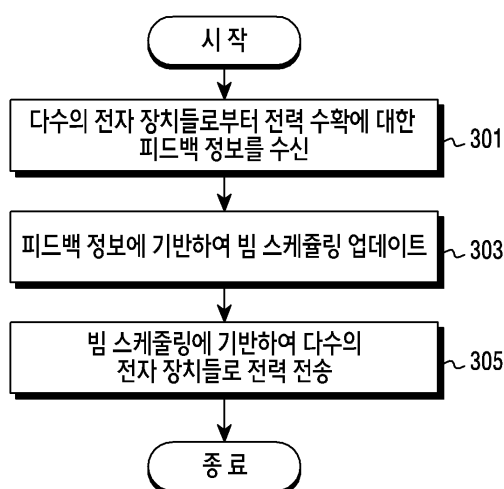
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하기 위한 장치 및 방법

(57) 요약

본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 전력 전송 장치의 동작 방법은, 다수의 전자 장치들로부터 전력 수확에 대한 피드백 정보를 수신하는 과정과, 상기 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하는 과정과, 상기 빔 스케줄링에 기반하여 상기 다수의 전자 장치들로 전력을 적어도 하나의 빔을 통해 전송할 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

H04B 7/0408 (2013.01)

H04B 7/0417 (2013.01)

H04B 7/0639 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

무선 통신 시스템에서 전력 전송 장치의 동작 방법에 있어서,
다수의 전자 장치들로부터 전력 수확에 대한 피드백 정보를 수신하는 과정과,
상기 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하는 과정과,
상기 빔 스케줄링에 기반하여 상기 다수의 전자 장치들로 전력을 적어도 하나의 빔을 통해 전송하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
상기 피드백 정보는 상기 다수의 전자 장치들 각각이 요구 전력 수확량을 만족하는지 여부를 나타내는 정보를 포함하는 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,
상기 피드백 정보는 상기 다수의 전자 장치들 각각의 전력 수확량에 대한 정보를 포함하는 방법.

청구항 4

청구항 2에 있어서,
전자 장치에서 수확된 전력량이 상기 요구 전력 수확량 이상이면, 상기 피드백 정보는 1을 포함하고,
상기 전자 장치에서 수확된 전력량이 상기 요구 전력 수확량 미만이면, 상기 피드백 정보는 0을 포함하는 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,
상기 다수의 전자 장치들로부터 전력 요청 신호를 수신하는 과정과,
상기 전력 요청 신호에 기반하여 특정 정보를 결정하는 과정을 더 포함하는 방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서,
상기 전력 요청 신호는,
상기 다수의 전자 장치들의 장치 별 직교 자원을 이용한 1비트의 전력 요청 신호인 방법.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하는 과정은,

상기 특징 정보 및 상기 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하는 과정을 포함하고,

상기 특징 정보는 적어도 하나의 상기 다수의 전자 장치들의 전력 요청 여부에 대한 정보, 각 빔에 대한 수신 신호의 파형에 대한 정보, 각 빔에 대한 수신 신호의 평균전력에 대한 정보, 또는 각 빔에 대한 수신 신호의 최대 전력에 대한 정보를 포함하는 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 다수의 전자 장치들로부터 연결을 위한 정보를 수신하는 과정을 더 포함하고,

상기 연결을 위한 정보는 적어도 하나의 전자 장치의 식별 정보, 보안 정보, 상기 전자 장치의 요구 전력 수확량 또는 상기 전자 장치의 규격에 대한 정보를 포함하는 방법.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 다수의 전자 장치들에게 시스템 메시지를 송신하는 과정과,

상기 시스템 메시지에 대한 응답 메시지를 수신하는 과정을 더 포함하고,

상기 시스템 메시지는 적어도 하나의 시스템 작동 모드에 대한 정보, 무선 자원 프레임 정보, 전력 요청 신호 자원에 대한 정보, 전력 요청 전송 방식에 대한 정보, 피드백 자원에 대한 정보 또는 피드백에 대한 정보를 포함하는 방법

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하는 과정은,

상기 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링 엔진을 통해 상기 빔 스케줄링을 수행하는 과정을 포함하고,

상기 빔 스케줄링 엔진은 맥락 멀티-암드 밴디트(multi-armed bandit) 기법, 큐-러닝(Q-learning) 기법, 딥 큐-러닝(Deep Q-learning) 기법, Sarsa(state-action-reward-state-action) 기법, 또는 액터-크리틱(actor-critic) 기법을 사용하여 구현되는 방법.

청구항 11

무선 통신 시스템에서 전력 전송 장치에 있어서,

통신부와,

상기 통신부와 연결된 적어도 하나의 프로세서를 포함하며,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

다수의 전자 장치들로부터 전력 수확에 대한 피드백 정보를 수신하고,

상기 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하고,

상기 빔 스케줄링에 기반하여 상기 다수의 전자 장치들로 전력을 적어도 하나의 빔을 통해 전송하는 전력 전송 장치.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 피드백 정보는 상기 다수의 전자 장치들 각각이 요구 전력 수확량을 만족하는지 여부를 나타내는 정보를 포함하는 전력 전송 장치.

청구항 13

청구항 11에 있어서,

상기 피드백 정보는 상기 다수의 전자 장치들 각각의 전력 수확량에 대한 정보를 포함하는 전력 전송 장치.

청구항 14

청구항 12에 있어서,

전자 장치에서 수확된 전력량이 상기 요구 전력 수확량 이상이면, 상기 피드백 정보는 1을 포함하고,

상기 전자 장치에서 수확된 전력량이 상기 요구 전력 수확량 미만이면, 상기 피드백 정보는 0을 포함하는 전력 전송 장치.

청구항 15

청구항 11에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 다수의 전자 장치들로부터 전력 요청 신호를 수신하고,

상기 전력 요청 신호에 기반하여 특징 정보를 결정하는 전력 전송 장치.

청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 전력 요청 신호는, 상기 다수의 전자 장치들의 장치 별 직교 자원을 이용한 1비트의 전력 요청 신호인 전력 전송 장치.

청구항 17

청구항 15에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 특징 정보 및 상기 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하고,

상기 특징 정보는 적어도 하나의 상기 다수의 전자 장치들의 전력 요청 여부에 대한 정보, 각 빔에 대한 수신 신호의 파형에 대한 정보, 각 빔에 대한 수신 신호의 평균전력에 대한 정보, 또는 각 빔에 대한 수신 신호의 최대 전력에 대한 정보를 포함하는 전력 전송 장치.

청구항 18

청구항 11에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 다수의 전자 장치들로부터 연결을 위한 정보를 수신하고,

상기 연결을 위한 정보는 적어도 하나의 전자 장치의 식별 정보, 보안 정보, 상기 전자 장치의 요구 전력 수확량 또는 상기 전자 장치의 규격에 대한 정보를 포함하는 전력 전송 장치.

청구항 19

청구항 11에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 다수의 전자 장치들에게 시스템 메시지를 송신하고,

상기 시스템 메시지에 대한 응답 메시지를 수신하고,

상기 시스템 메시지는 적어도 하나의 시스템 작동 모드에 대한 정보, 무선 자원 프레임 정보, 전력 요청 신호 자원에 대한 정보, 전력 요청 전송 방식에 대한 정보, 피드백 자원에 대한 정보 또는 피드백에 대한 정보를 포함하는 전력 전송 장치.

청구항 20

청구항 11에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링 엔진을 통해 상기 빔 스케줄링을 수행하고,

상기 빔 스케줄링 엔진은 맥락 멀티-암드 밴디트(multi-armed bandit) 기법, 큐-러닝(Q-learning) 기법, 딥 큐-러닝(Deep Q-learning) 기법, Sarsa(state-action-reward-state-action) 기법, 또는 액터-크리틱(actor-critic) 기법을 사용하여 구현되는 전력 전송 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시(disclosure)는 일반적으로 무선 통신 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 빔포밍(beamforming) 기술은 다수의 안테나들을 이용하여 신호의 에너지를 특정 방향에 집중시키는 기술이다. 빔포밍 기술은 일반적으로 파일럿 신호를 통해 획득한 채널 상태 정보(channel state information, CSI)에 기반하여 수행된다. 빔포밍 기술에 있어서, 다수의 안테나들 각각에 대한 채널 상태 정보를 확인하기 위해 필요한 피드백 정보는 큰 오버헤드를 가질 수 있다. 또한, 채널 상태 정보를 추정하기 위해, 높은 계산 복잡도가 요구될 수 있다. 그러나, 무선 전력 전송은 주로 제한된 능력을 갖는 저전력 IoT(internet of things) 장치에 활용된다. 따라서, 저전력 IoT 장치에 무선 전력 전송을 적용하기 위해, 작은 오버헤드 및 낮은 계산 복잡도를 요구하는 빔포밍 기술이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0003] 상술한 바와 같은 논의를 바탕으로, 본 개시(disclosure)는, 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.
- [0004] 또한, 본 개시는, 무선 통신 시스템에서 전자 장치가 요구 전력 수확량을 만족하는지 여부를 나타내는 피드백 정보에 기반하여 효율적인 빔 스케줄링을 수행하는 장치 및 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0005] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 전력 전송 장치의 동작 방법은, 다수의 전자 장치들로부터 전력 수확에 대한 피드백 정보를 수신하는 과정과, 상기 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하는 과정과, 상기 빔 스케줄링에 기반하여 상기 다수의 전자 장치들로 전력을 전송할 수 있다.
- [0006] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 전력 전송 장치는, 통신부와, 상기 통신부와 연결된 적어도 하나의 프로세서를 포함하며, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 다수의 전자 장치들로부터 전력 수확에 대한 피드백 정보를 수신하고, 상기 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하고, 상기 빔 스케줄링에 기반하여 상기 다수의 전자 장치들로 전력을 전송할 수 있다.

발명의 효과

- [0007] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 장치 및 방법은, 용량이 작은 피드백 정보에 기반한 빔 스케줄링을 수행함으로써, 오버헤드를 감소시키고, 계산 복잡도를 낮추면서 기존 빔 스케줄링 기법과 유사한 성능을 가질 수 있다.
- [0008] 본 개시에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0009] 도 1a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하기 위한 전력 전송 장치의 구성을 도시한다.
- 도 1b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 전력 요청 장치의 위치를 고려한 빔 스케줄링에 대한 예를 도시한다.
- 도 2는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하기 위한 전력 요청 장치의 구성을 도시한다.
- 도 3은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하기 위한 흐름도이다.
- 도 4는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하기 위한 신호 교환도이다.
- 도 5a 내지 도 5c는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반한 빔 스케줄링을 사용하여 생성된 빔 패턴들을 도시한다.
- 도 6a 및 도 6b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반한 빔 스케줄링을 사용한 실험 예와 그 결과를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 본 개시에서 사용되는 용어들은 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 다른 실시 예의 범위를 한정하려는 의도가 아닐 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 용어들은 본 개시에 기재된 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가질 수 있다. 본 개시에 사용되는 용어들 중 일반적인 사전에 정의된 용어들은, 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 동일 또는 유사한 의미로 해석될

수 있으며, 본 개시에서 명백하게 정의되지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다. 경우에 따라서, 본 개시에서 정의된 용어일지라도 본 개시의 실시 예들을 배제하도록 해석될 수 없다.

[0011] 이하에서 설명되는 본 개시의 다양한 실시 예들에서는 하드웨어적인 접근 방법을 예시로서 설명한다. 하지만, 본 개시의 다양한 실시 예들에서는 하드웨어와 소프트웨어를 모두 사용하는 기술을 포함하고 있으므로, 본 개시의 다양한 실시 예들이 소프트웨어 기반의 접근 방법을 제외하는 것은 아니다.

[0013] 이하 본 개시는 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 구체적으로, 본 개시는 무선 통신 시스템에서 적은 용량의 피드백 정보에 기반하여 무선 전력 전송의 효율을 향상시키기 위한 기술을 설명한다.

[0014] 이하 설명에서 사용되는 신호를 지칭하는 용어, 피드백 정보를 지칭하는 용어, 제어 정보를 지칭하는 용어, 장치의 구성 요소를 지칭하는 용어 등은 설명의 편의를 위해 예시된 것이다. 따라서, 본 개시가 후술되는 용어들에 한정되는 것은 아니며, 동등한 기술적 의미를 가지는 다른 용어가 사용될 수 있다.

[0016] 도 1a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하기 위한 전력 전송 장치의 구성을 도시한다. 도 1b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 전력 요청 장치의 위치를 고려한 빔 스케줄링에 대한 예를 도시한다.

[0017] 도 1a를 참고하면, 전력 전송 장치 100은 프로세서 120, 통신부 140, 메모리 160를 포함할 수 있다.

[0018] 프로세서 120은 특징 정보 추출부 122와 빔 스케줄링부 124를 포함할 수 있다. 프로세서 120은 전력 전송 장치 100의 전반적인 동작을 제어할 수 있다. 예를 들어, 프로세서 120은 프로세서 120에 연결된 적어도 하나의 다른 구성요소(예: 하드웨어 또는 소프트웨어 구성요소)를 제어할 수 있고, 다양한 데이터 처리 또는 연산을 수행할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 데이터 처리 또는 연산의 적어도 일부로서, 프로세서 120은 다른 구성요소로부터 수신된 명령 또는 데이터를 메모리 160에 로드하고, 메모리 160에 저장된 명령 또는 데이터를 처리하고, 결과 데이터를 메모리 160에 저장할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 프로세서 120은 다수의 전자 장치들로부터 에너지 수확(energy harvest)에 대한 피드백 정보를 수신하고, 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하고, 빔 스케줄링에 기반하여 다수의 전자 장치들로 전력을 전송하도록 제어할 수 있다. 이를 위해, 프로세서 120은 특징 정보 추출부 122, 빔 스케줄링부 124를 포함할 수 있다.

[0019] 특징 정보 추출부 122는 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n으로부터 수신한 전력 요청 신호에 기반하여 특징 정보를 추출할 수 있다. 여기서, 특징 정보는 빔 스케줄링을 수행하기 위해 필요한 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 특징 정보는 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n 각각에 대한 전력 요청 여부에 대한 정보, 각 안테나 또는 빔에 대한 수신 신호의 파형, 각 안테나 또는 빔에 대한 수신 신호의 평균 전력, 각 안테나 또는 빔에 대한 수신 신호의 최대 전력 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0020] 빔 스케줄링부 124는 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n 각각에 대해 무선 전력 전송을 위해 사용되는 빔을 스케줄링할 수 있다. 여기서, 빔 스케줄링은 무선 전력 전송을 위해 적어도 하나의 빔을 선택하는 동작 또는 적어도 하나의 빔에 전송 전력을 할당하는 동작 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 빔 스케줄링부 124는 빔에 대한 스케줄링 엔진을 통해 빔 스케줄링을 수행할 수 있다. 빔 스케줄링부 124는 안테나 모듈 144에 대한 가중치를 조정함으로써 빔 스케줄링을 수행할 수 있다. 또한, 빔 스케줄링부 124는 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n으로부터 수신한 피드백 정보 및/또는 특징 정보 추출부 122에 의해 획득된 특징 정보에 기반하여 빔에 대한 스케줄링을 업데이트할 수 있다. 이러한 빔 스케줄링을 통해 전력 요청 장치에 대한 효율적인 전력 전송이 이루어질 수 있다. 빔 스케줄링 결과의 예들은 도 1b와 같다.

[0021] 예를 들어, 도 1b를 참고하면, 하나의 전력 요청 장치의 위치에 기반한 빔 스케줄링 110의 경우, 빔 스케줄링부 124는 90°에 위치한 전력 요청 장치 200-1에 대해 제1 결과 110과 같이 빔을 스케줄링할 수 있다. 두 개의 전력 요청 장치 200-1, 200-2의 위치에 기반한 빔 스케줄링 130의 경우, 빔 스케줄링부 124는 90°에 위치한 전력 요청 장치 200-1 및 -45°에 위치한 전력 요청 장치 200-2에 대해 제2 결과 130과 같이 빔을 스케줄링할 수 있다. 세 개의 전력 요청 장치 200-1, 200-2, 200-3의 위치에 기반한 빔 스케줄링 150의 경우, 빔 스케줄링부 124는 90°에 위치한 전력 요청 장치 200-1, -45° 근처에 위치한 전력 요청 장치 200-2, 200-3에 제3 결과 150과 같이 빔을 스케줄링할 수 있다. 다양한 실시 예들에 따르면, 빔 스케줄링부 124는 안테나 또는 빔을 스케줄링하

기 위한 엔진을 포함할 수 있다.

- [0022] 통신부 140은 전력 전송 장치 100와 외부 전자 장치(예: 전력 요청 장치 200-1) 또는 서버 간의 직접(예: 유선) 통신 채널 또는 무선 통신 채널의 수립, 및 수립된 통신 채널을 통한 통신 수행을 지원할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 통신부 140은 무선 통신 모듈(예: 셀룰러 통신 모듈, 근거리 무선 통신 모듈, 또는 GNSS(global navigation satellite system) 통신 모듈) 또는 유선 통신 모듈(예: LAN(local area network) 통신 모듈, 또는 전력선 통신 모듈)을 포함할 수 있다. 이들 통신 모듈 중 해당하는 통신 모듈은 제1 네트워크(예: 블루투스, WiFi direct 또는 IrDA(infrared data association) 같은 근거리 통신 네트워크) 또는 네트워크(예: 셀룰러 네트워크, 인터넷, 또는 컴퓨터 네트워크(예: LAN 또는 WAN)와 같은 원거리 통신 네트워크)를 통하여 외부 전자 장치와 통신할 수 있다. 이런 여러 종류의 통신 모듈들은 하나의 구성요소(예: 단일 칩)로 통합되거나, 또는 서로 별도의 복수의 구성요소들(예: 복수 칩들)로 구현될 수 있다. 통신부 140은 전력 전송부 142와 안테나 모듈 144를 포함할 수 있다.
- [0023] 전력 전송부 142는 빔 스케줄링 결과에 기반하여 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n 각각에 대해 안테나 모듈 144를 통해 전력을 무선 전송할 수 있다. 예를 들어, 전력 전송부 142는 빔 스케줄링 결과에 기반하여 미리 정의된 싱글-로브(single-lobe) 빔 패턴들을 조합하고, 조합된 빔 패턴을 이용하여 다수의 전력 요청 장치들에 안테나 모듈 144를 통해 전력을 무선 전송할 수 있다.
- [0024] 안테나 모듈 144는 신호 또는 전력을 외부(예: 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n)로 송신하거나 외부로부터 수신할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 안테나 모듈 144는 서브스트레이트(예: PCB(printed circuit board)) 위에 형성된 도전체 또는 도전성 패턴으로 이루어진 방사체를 포함하는 하나의 안테나를 포함할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 안테나 모듈 144는 다수의 안테나들을 포함할 수 있다. 이런 경우, 통신 네트워크에서 사용되는 통신 방식에 적합한 적어도 하나의 안테나가, 예를 들면, 전력 전송부 142에 의하여 상기 다수의 안테나들로부터 선택될 수 있다. 신호 또는 전력은 상기 선택된 적어도 하나의 안테나를 통하여 외부 전자 장치 간에 송신되거나 수신될 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 방사체 이외에 다른 부품(예: RFIC(radio frequency integrated circuit))이 추가로 안테나 모듈 144의 일부로 형성될 수 있다.
- [0025] 메모리 160은 전력 전송 장치 100의 적어도 하나의 구성요소(예: 프로세서 120)에 의해 사용되는 다양한 데이터를 저장할 수 있다. 데이터는, 예를 들어, 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n 각각에 대한 특징 정보, 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n 각각에 대한 피드백 정보, 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n 각각에 대한 빔 스케줄링 정보 및 이와 관련된 명령에 대한 입력 데이터 또는 출력 데이터를 포함할 수 있다.
- [0027] 도 2는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하기 위한 전력 요청 장치의 구성을 도시한다. 도 2는 전력 요청 장치 200-1의 구성을 예시하나, 다른 전력 요청 장치들 200-2 내지 200-n도 유사한 구성을 가질 수 있다.
- [0028] 도 2를 참고하면, 전력 요청 장치 200-1은 프로세서 220, 통신부 240, 메모리 260, 에너지 수확부 280을 포함할 수 있다.
- [0029] 프로세서 220은 전력 요청 장치 200-1의 전반적인 동작을 제어할 수 있다. 예를 들어, 프로세서 220은 프로세서 220에 연결된 적어도 하나의 다른 구성요소(예: 하드웨어 또는 소프트웨어 구성요소)를 제어할 수 있고, 다양한 데이터 처리 또는 연산을 수행할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 데이터 처리 또는 연산의 적어도 일부로서, 프로세서 220은 다른 구성요소로부터 수신된 명령 또는 데이터를 메모리 260에 로드하고, 메모리 260에 저장된 명령 또는 데이터를 처리하고, 결과 데이터를 메모리 260에 저장할 수 있다. 프로세서 220은 전력 요청 장치 100으로부터 수신한 무선 전력을 수확하고, 수확된 무선 전력에 기반하여 피드백 정보를 생성하도록 제어할 수 있다. 예를 들어, 프로세서 220은 전력 요청 장치 100으로부터 수신한 무선 전력을 수확하고, 수확된 무선 전력이 요구 전력 수확량을 만족하는지 여부를 결정하도록 제어할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 프로세서 220은 전력 전송 장치 100로 전력 수확에 대한 피드백 정보를 송신하고, 전력 전송 장치 100으로부터 업데이트된 빔 스케줄링에 기반하여 무선 전력을 수신하도록 제어할 수 있다.
- [0030] 통신부 240은 안테나 모듈 244을 포함할 수 있다. 통신부 240은 전력 요청 장치 200-1과 외부 전자 장치(예: 전력 전송 장치 100) 또는 서버 간의 직접(예: 유선) 통신 채널 또는 무선 통신 채널의 수립, 및 수립된 통신 채널을 통한 통신 수행을 지원할 수 있다. 통신부 240은 프로세서 220(예: 어플리케이션 프로세서)과 독립적으로

운영되고, 직접(예: 유선) 통신 또는 무선 통신을 지원하는 하나 이상의 커뮤니케이션 프로세서를 포함할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 통신부 240은 무선 통신 모듈(예: 셀룰러 통신 모듈, 근거리 무선 통신 모듈, 또는 GNSS(global navigation satellite system) 통신 모듈) 또는 유선 통신 모듈(예: LAN(local area network) 통신 모듈, 또는 전력선 통신 모듈)을 포함할 수 있다. 이들 통신 모듈 중 해당하는 통신 모듈은 제1 네트워크(예: 블루투스, WiFi direct 또는 IrDA(infrared data association) 같은 근거리 통신 네트워크) 또는 네트워크(예: 셀룰러 네트워크, 인터넷, 또는 컴퓨터 네트워크(예: LAN 또는 WAN)와 같은 원거리 통신 네트워크)를 통하여 외부 전자 장치와 통신할 수 있다. 이런 여러 종류의 통신 모듈들은 하나의 구성요소(예: 단일 칩)로 통합되거나, 또는 서로 별도의 복수의 구성요소들(예: 복수 칩들)로 구현될 수 있다.

[0031] 안테나 모듈 244는 신호 또는 전력을 외부(예: 전력 전송 장치 100)로 송신하거나 외부로부터 수신할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 안테나 모듈 244는 서브스트레이트(예: PCB) 위에 형성된 도전체 또는 도전성 패턴으로 이루어진 방사체를 포함하는 하나의 안테나를 포함할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 안테나 모듈 244는 다수의 안테나들을 포함할 수 있다. 이런 경우, 통신 네트워크에서 사용되는 통신 방식에 적합한 적어도 하나의 안테나가, 예를 들면, 프로세서 220에 의하여 상기 다수의 안테나들로부터 선택될 수 있다. 신호 또는 전력은 상기 선택된 적어도 하나의 안테나를 통하여 외부 전자 장치 간에 송신되거나 수신될 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 방사체 이외에 다른 부품(예: RFIC)이 추가로 안테나 모듈 244의 일부로 형성될 수 있다.

[0032] 메모리 260은 전력 요청 장치 200-1의 적어도 하나의 구성요소(예: 프로세서 220)에 의해 사용되는 다양한 데이터를 저장할 수 있다. 데이터는, 예를 들어, 전력 요청 장치 200-1에 대한 전력 수확량, 전력 요청 장치 200-1에 대한 요구 전력 수확량, 전력 요청 장치 200-1에 대한 피드백 정보 및 이와 관련된 명령에 대한 입력 데이터 또는 출력 데이터를 포함할 수 있다.

[0033] 에너지 수확부 280은 전력 전송 장치 100으로부터 수신된 신호에 기반하여 에너지를 수확할 수 있다. 다시 말해, 에너지 수확부 280은 전력 전송 장치 100으로부터 수신된 신호에 기반하여 순방향 정류에 의해 얻어진 DC 신호 및 역방향 정류에 의해 얻어진 DC 신호의 양 단으로부터 에너지를 수확할 수 있다. 예를 들어, 두 DC 신호들의 전위차가 A이면, A의 진폭 크기를 갖는 DC 신호로부터 에너지가 수확된다.

[0034] 일 실시 예에 따라, 도 2에 도시된 바와 같이, 에너지 수확부 280은 통신부 240과 별도의 구성요소로 전력 요청 장치 200-1 내 존재할 수 있다.

[0035] 하지만, 다른 실시 예에 따라, 에너지 수확부 280은 통신부 240에 포함될 수 있다. 다시 말해, 통신부 240은 전력 전송 장치 100으로부터 신호를 수신하고, 수신된 신호에 기반하여 에너지를 통신부 240을 통해 수확할 수 있다. 예를 들어, 통신부 240은 전력 전송 장치 100으로부터 수신된 신호에 기반하여 에너지 수확부 240을 통해 순방향 정류에 의해 얻어진 DC 신호 및 역방향 정류에 의해 얻어진 DC 신호의 양 단으로부터 에너지를 수확할 수 있다.

[0037] 도 3은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하기 위한 흐름도이다. 도 3은 전력 전송 장치 100의 동작 방법을 예시한다.

[0038] 도 3을 참고하면, 301 단계에서, 전력 전송 장치 100은 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n으로부터 전력 수확에 대한 피드백 정보를 수신할 수 있다. 여기서, 전력 수확에 대한 피드백 정보는 다수의 전력 요청 장치들 각각이 요구 전력 수확량을 만족하는지 여부를 나타내는 정보를 포함할 수 있다.

[0039] 303 단계에서, 전력 전송 장치 100은 수신된 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행할 수 있다. 즉, 전력 전송 장치 100은 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n 각각이 요구 전력 수확량을 만족하는지 여부에 기반하여 빔 스케줄링을 수행할 수 있다. 예를 들어, 전력 전송 장치 100은 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n으로부터 수신된 피드백 정보에 기반하여 전력 전송 장치 100에서 사용되는 빔 스케줄링 엔진을 통해 빔 스케줄링을 수행할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 전력 전송 장치 100은 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n으로부터 수신된 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 업데이트할 수 있다.

[0040] 305 단계에서, 전력 전송 장치 100은 빔 스케줄링에 기반하여 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n으로 전력을 무선으로 전송할 수 있다. 예를 들어, 전력 전송 장치 100은 빔 스케줄링 결과에 기반하여 미리 정의된 싱글-로브(single-lobe) 빔 패턴들을 조합하고, 조합된 빔 패턴을 이용하여 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n에 안테나 모듈 144를 통해 전력을 무선 전송할 수 있다.

- [0041] 도 3의 경우, 전력 전송 장치 100이 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n으로부터 전력 요청 신호를 수신하는 단계와 전력 전송 장치 100이 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n으로부터 수신된 전력 요청 신호에 기반하여 특징 정보를 결정하는 단계가 더 추가될 수 있다. 여기서, 특징 정보는 빔 스케줄링을 수행하기 위해 필요한 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 특징 정보는 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n 각각에 대한 전력 요청 여부에 대한 정보, 각 빔에 대한 수신 신호의 파형, 각 빔에 대한 수신 신호의 평균 전력, 각 빔에 대한 수신 신호의 최대 전력을 포함할 수 있다.
- [0042] 이하 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라, 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 하기 위한 구체적인 동작이 설명된다.
- [0043]
- [0044] 도 4는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행하기 위한 신호 교환도이다. 도 4는 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링 동작에 있어서, 전력 전송 장치 100과 다수의 전력 요청 장치들 200-1, 200-2 내지 200-n 간 신호 교환에 대한 예이다.
- [0045] 빔 스케줄링을 수행하기 위한 준비 단계는 401 단계, 403 단계, 405 단계, 407 단계를 포함할 수 있다.
- [0046] 401 단계에서, 전력 전송 장치 100과 다수의 전력 요청 장치 200-1 내지 200-n은 서로의 존재를 확인하기 위해 탐색할 수 있다. 예를 들어, 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n이 전력 전송 장치 100의 비콘(beacon) 신호를 탐색하거나 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n이 비콘(beacon) 신호를 전송하고 전력 전송 장치 100가 탐색할 수 있다.
- [0047] 403 단계에서, 전력 전송 장치 100과 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n은 무선으로 연결될 수 있다. 전력 전송 장치 100과 다수의 전력 요청 장치 200-1 내지 200-n은 시스템 정보를 송신하거나 수신하기 위한 준비를 수행할 수 있다. 이때, 전력 전송 장치 100과 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n은 연결을 위한 정보를 공유할 수 있다. 여기서, 연결을 위한 정보는 전력 전송 장치 100의 식별 정보, 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n 각각의 식별 정보, 보안 정보, 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n 각각의 요구 전력 수확량 및 장치의 규격에 관한 정보(예: 전력 수확 회로의 효율, 장치의 통신 능력)를 포함할 수 있다.
- [0048] 405 단계에서, 전력 전송 장치 100은 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n으로 전력 요청 장치에서 요구되는 시스템 정보를 전송할 수 있다. 여기서, 시스템 정보는 시스템 작동을 위한 정보를 포함할 수 있고, 예를 들어, 시스템 작동 모드(예: 제1 모드, 제2 모드)에 대한 정보, 무선 자원 프레임 정보, 전력 요청 신호 자원 정보, 전력 요청 전송 방식에 대한 정보(예: 전송 신호, 전송 전력), 피드백 자원 정보, 피드백에 대한 정보(예: 피드백 정보의 의미, 전송 비트 수)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 시스템 작동 모드 중 제1 모드는 이동성이 없는 전력 요청 장치에 대한 빔 스케줄링을 수행하는 모드일 수 있다. 예를 들어, 시스템 작동 모드 중 제2 모드는 이동성이 있는 전력 요청 장치에 대한 빔 스케줄링을 수행하는 모드일 수 있다.
- [0049] 407 단계에서, 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n은 시스템 메시지를 수신함에 대응하여 응답 메시지를 전력 전송 장치 100에 전송할 수 있다. 여기서, 응답 메시지는 시스템 메시지를 수신함을 나타내는 ACK(acknowledgement) 메시지 또는 시스템 메시지를 수신하지 못함을 나타내는 NACK(negative acknowledgement) 메시지일 수 있다.
- [0050] 상술한 빔 스케줄링을 수행하기 위한 준비 단계를 통해 전력 전송 장치 100은 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n의 존재를 확인할 수 있으며, 전력 전송 장치 100은 효율적인 빔 스케줄링을 위한 학습을 수행할 수 있다.
- [0051] 409 단계에서, 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n은 전력 전송 장치 100로 전력 요청 신호를 전송할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 시스템 작동 모드가 제1 모드인 경우, 이동성이 없는 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n은 각각의 장치 별 직교 자원을 통해 1비트(bit)의 전력 요청 신호를 전송할 수 있다. 이때, TDMA(time division multiple access), OFDMA(orthogonal frequency division multiple access), FDMA(frequency division multiple access)와 같은 다중 접속 기능을 이용하여 전력 요청 신호가 전송될 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 시스템 작동 모드가 제2 모드인 경우, 이동성이 있는 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n은 동일한 자원으로 전력 요청 신호를 전송할 수 있다. 이때, 전력 요청 장치 100은 모든 안테나 또는 빔에 대한 전력 요청 신호를 수신할 수 있다.
- [0052] 411 단계에서, 전력 전송 장치 100은 수신된 전력 요청 신호에 기반하여 특징 정보를 결정할 수 있다. 여기서,

특징 정보는 빔 스케줄링을 수행하기 위해 필요한 정보일 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 시스템 작동 모드가 제1 모드인 경우, 전력 전송 장치 100은 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n 각각의 전력 요청 여부를 특징 정보로 결정할 수 있다. 예를 들어, 전력 전송 장치 100은 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n 각각의 전력 요청 여부 $x=(x_1, x_2, \dots, x_N)^T$ 를 수신할 수 있고, 전력 요청 장치 N의 전력 요청 여부 x 는 $x \in \{0, 1\}$ 일 수 있다. 여기서, 0은 전력을 요청하지 않은 것을 나타내는 값이고, 1은 전력을 요청한 것을 나타내는 값이다. 일 실시 예에 따르면, 시스템 작동 모드가 제2 모드인 경우, 전력 전송 장치 100은 각 안테나 또는 빔에 대한 수신 신호로부터 특징 정보를 결정할 수 있다. 예를 들어, 전력 전송 장치 100은 각 안테나 또는 빔에 대한 길이 T의 수신 신호를 수신할 수 있고, 특징 정보는 각 안테나/빔 별 수신 신호 세기, 수신 신호의 형태, 평균 전력, 최대 전력을 포함할 수 있다. 다양한 실시 예들에 따라, 전력 전송 장치 100은 특징 정보를 결정하는 단계 411을 생략할 수 있고, 전력 전송 장치 100은 수신 신호 자체에 기반하여 빔 스케줄링을 수행할 수 있다.

[0053] 413 단계에서, 전력 전송 장치 100은 특징 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행할 수 있다. 여기서, 빔 스케줄링은 적어도 하나의 안테나 또는 적어도 하나의 빔에 전송 전력을 할당하는 것을 포함할 수 있다. 전력 전송 장치 100은 결정된 특징 정보에 기반하여 안테나 또는 빔에 대한 스케줄링 엔진을 통해 빔 스케줄링을 수행할 수 있다. 예를 들어, 스케줄링 엔진은 맥락 멀티-암드 밴디트(multi-armed bandit) 기법, 강화학습(예: Q-learning, Sarsa(state-action-reward-state-action), actor-critic) 기법 또는 심층 강화(Deep Q-learning) 기법을 사용하여 구현될 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 시스템 동작 모드가 제1 모드인 경우, 스케줄링 엔진으로 맥락 멀티-암드 밴디트(multi-armed bandit) 기법이 사용될 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 시스템 동작 모드가 제2 모드인 경우, 스케줄링 엔진으로 심층 강화학습 기법이 사용될 수 있다. 또한, 빔 스케줄링은 3차원 공간을 커버하는 안테나 또는 빔 패턴에 대해 수행될 수 있다.

[0054] 415 단계에서, 전력 전송 장치 100은 빔 스케줄링에 기반하여 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n으로 전력을 전송할 수 있다. 다시 말해, 전력 전송 장치 100은 빔 스케줄링 결과를 이용하여 빔 또는 안테나를 설정하고, 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n으로 전력을 전송할 수 있다. 예를 들어, 전력 전송 장치 100은 빔 스케줄링 결과에 기반하여 미리 정의된 싱글-로브(single-lobe) 빔 패턴들을 조합하고, 조합된 빔 패턴을 이용하여 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n에 안테나 모듈 144를 통해 전력을 무선 전송할 수 있다.

[0055] 417 단계에서, 전력 신호를 수신한 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n은 전력을 수확할 수 있다. 즉, 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n 각각의 장치는 전력 전송 장치 100으로부터 전력 신호를 수신하여 전력을 수확할 수 있다.

[0056] 419 단계에서, 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n은 각각의 장치에 대한 피드백 정보를 전력 전송 장치 100에 전송할 수 있다. 예를 들어, 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n은 요구 전력 수확량을 만족하는지 여부를 결정하고, 요구 전력 수확량을 만족하는지 여부에 대한 피드백 정보를 전력 전송 장치 100에 전송할 수 있다. 요구 전력 수확량은 전력 요청 장치의 수확된 전력량에 대한 미리 정의된 임계값일 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n은 각각의 장치 별 직교 자원으로 1비트(bit) 피드백 정보를 전력 전송 장치 100에 전송할 수 있다. 여기서, 요구 전력 수확량을 만족한 경우에는 1, 요구 전력 수확량을 만족하지 않은 경우에는 0으로 1비트 피드백 정보가 전송될 수 있다. 예를 들어, 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n은 전력 수확량이 미리 정의된 임계값 이상인 경우에는 1로, 전력 수확량이 미리 정의된 임계값 미만인 경우에는 0으로 1비트 피드백 정보를 전송할 수 있다. 또한, 온-오프 변조(on-off keying, OOK)를 사용할 경우, 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n 중 요구 전력 수확량을 만족한 전력 요청 장치만 피드백 정보를 전송할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n은 각 장치의 전력 수확량을 N비트(bit)들로 양자화(quantization)하고, N비트들의 피드백 정보를 전력 전송 장치 100에 전송할 수 있다. 예를 들어, N비트들로 양자화된 피드백 정보는 최소 전력 수확량부터 최대 전력 수확량까지의 범위를 선형 양자화(linear quantization)한 신호, 최소 전력 수확량부터 최대 전력 수확량까지의 범위를 데시벨-스케일(dB-scale)에서 선형 양자화(linear quantization)한 신호 또는 최소 전력 수확량부터 요구 전력 수확량까지의 범위를 양자화(quantization)한 신호를 포함할 수 있다.

[0057] 421 단계에서, 전력 전송 장치 100은 피드백 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 업데이트할 수 있다. 예를 들어, 전력 전송 장치 100은 결정된 특징 정보 및/또는 피드백 정보에 기반하여 스케줄링 엔진을 통해 업데이트를 수행할 수 있다.

[0058] 423 단계에서, 전력 전송 장치 100은 업데이트된 빔 스케줄링에 기반하여 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n에 전력을 전송할 수 있다. 예를 들어, 전력 전송 장치 100은 업데이트된 빔 스케줄링에 기반하여 다수의

전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n 중 요구 전력 수확량을 만족하지 못한 적어도 하나의 전력 요청 장치에 대하여 전력을 무선으로 전송할 수 있다.

[0059] 일 실시 예에 따르면, 전력 전송 장치 100 및 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n은 409 단계 내지 421 단계를 반복하여 수행할 수 있으며, 이러한 반복을 통해 전력 전송 장치 100은 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n에 대한 평균 전력 요청 만족도를 최대화하는 빔 스케줄링을 수행할 수 있다. 예를 들어, 409 단계 내지 412 단계의 반복을 통해 전력 전송 장치 100의 빔 스케줄링 엔진은 최적의 빔 스케줄링을 학습할 수 있고, 이러한 학습에 기반하여 전력 전송 장치 100은 학습된 빔 스케줄링 엔진을 통해 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n에 대한 평균 전력 요청 만족도를 최대화하는 빔 스케줄링을 수행할 수 있다.

[0060] 상술한 빔 스케줄링을 수행하는 방법은 전력 전송 장치 100이 시스템 정보에 포함된 시스템 작동 모드에 대한 정보에 기반하여 제1 모드 또는 제2 모드로 변경할 수 있는 방법을 예시한다. 즉, 도 4를 참고하여 설명한 실시 예에 따르면, 전력 전송 장치 100은 제1 모드 및 제2 모드를 모두 지원하며, 상황에 따라 제1 모드 또는 제2 모드 중 어느 하나에 따라 선택적으로 동작할 수 있다.

[0061] 하지만, 다른 실시 예들에 따르면, 시스템 작동 모드가 제1 모드 또는 제2 모드 중 어느 하나로 미리 고정될 수 있다. 즉, 전력 전송 장치 100은 제1 모드 또는 제2 모드 중 어느 하나만을 지원할 수 있다. 이러한 경우, 미리 고정된 시스템 작동 모드에 따라 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n은 전력 전송 장치 100로 전력 요청 신호를 전송할 수 있다. 전력 전송 장치 100은 수신된 전력 요청 신호에 기반하여 특징 정보를 결정할 수 있고, 결정된 특징 정보에 기반하여 빔 스케줄링을 수행할 수 있다. 시스템 작동 모드가 미리 고정된 경우, 405 단계에 있어서, 시스템 정보에 시스템 작동 모드에 대한 정보가 포함되지 않을 수 있다.

[0062] 다양한 실시 예들에 따르면, 전력 요청 장치가 요구 전력 수확량을 만족하는지 여부에 기반하여 전력 요청 장치의 요구 전력 수확량에 대한 만족도를 최대화하기 위해 1비트 피드백 정보를 이용하는 빔 스케줄링 알고리즘은 이하 <표 1>과 같다.

표 1

Algorithm 1 BW-CLOB

```

1: Input: Total time-slots  $T$ , system parameters  $\tau$  and  $\alpha$ .
2: for  $t = 1, 2, \dots, \tau$  do
3:   Observe  $\mathbf{x}_t$  from the devices
4:   Randomly choose  $\mathbf{a}_t \in \mathcal{A}$ 
5:   Observe and store  $y_{n,t}$  from the devices
6:    $V_{n,t+1} \leftarrow V_{n,t} + x_{n,t} \cdot \mathbf{a}_t \mathbf{a}_t^T, \forall n \in [N]$ 
7: end for
8: for  $t = \tau + 1, \tau + 2, \dots, T$  do
9:   Calculate  $\hat{\mathbf{p}}_{n,t}$  for all  $n \in [N]$  by solving  $\sum_{i=1}^{t-1} x_{n,i} (y_{n,i} - \mu_n(\mathbf{a}_i^T \hat{\mathbf{p}}_{n,i})) \mathbf{a}_i = 0$ 
10:  Observe  $\mathbf{x}_t$  from the devices
11:  Choose  $\mathbf{a}_t \leftarrow \operatorname{argmax}_{\mathbf{a} \in \mathcal{A}} \sum_{n \in [N]} x_{n,t} \mu_n(\mathbf{a}^T \hat{\mathbf{p}}_{n,t} + \alpha \|\mathbf{a}\|_{V_{n,t}^{-1}})$ 
12:  Observe and store  $y_{n,t}$  from the devices
13:   $V_{n,t+1} \leftarrow V_{n,t} + x_{n,t} \cdot \mathbf{a}_t \mathbf{a}_t^T, \forall n \in [N]$ 
14: end for
  
```

[0063]

[0064] 상술한 알고리즘에 있어서, $\mathbf{x}_t = (x_{1,t}, x_{2,t}, \dots, x_{N,t})^T$ 는 타임 슬롯 t 에서 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n의 전력 요청 여부를 나타낸다. 전력 요청 장치 n 의 전력 요청 여부 x 는 $x \in \{0, 1\}$ 일 수 있다. 0은 전력을 요청하지 않은 것을 나타내는 값이고, 1은 전력을 요청한 것을 나타내는 값이다. \mathbf{a}_t 는 타임 슬롯 t 에서 전송하는 빔 패턴을 나타내는 벡터이다. $y_{n,t} \in \{0, 1\}$ 는 타임 슬롯 t 에서 장치 n 의 전력 수확 만족 여부를 나타낸다. $\mathbf{p}_n = (p_{1,n}, p_{2,n}, \dots, p_{K,n})^T$ 는 각 빔 또는 안테나 사용 시 전력 요청 장치 n 의 전력 수확량을 나타낸다. $\hat{\mathbf{p}}_{n,t}$ 는

타임 슬롯 t 에서 p_n 의 학습을 통해 추정된 값을 나타낸다. $V_{n,t}$ 는 $p_{n,t}$ 학습의 신뢰 구간(confidence interval)을 고려하기 위한 변수를 나타낸다.

[0065] 상술한 알고리즘을 통해, 전력 전송 장치 100은 매 타임 슬롯마다 과거의 피드백 정보에 기반하여 각 빔 또는 안테나 사용 시 각 전력 요청 장치의 전력 수확량을 학습하고, 학습한 수확량 정보 및 오차율을 기반으로 신뢰 구간 내에서 최적의 전송 빔 패턴을 계산하고, 계산된 빔 패턴으로 전력을 전송한 후 피드백을 수신하고 저장할 수 있다.

[0066] 다양한 실시 예들에 따르면, N비트들의 전력 수확량에 기반하여 요구 전력 수확량 최대화 또는 전력 수확량 최대화하기 위해 N비트들의 피드백 정보를 이용하는 빔 스케줄링 알고리즘은 이하 <표 2>와 같다.

표 2

Algorithm 2 BW-CLOB	
1:	Input: Total time-slots T , system parameters τ and α .
2:	for $t = 1, 2, \dots, \tau$ do
3:	Observe \mathbf{x}_t from the devices
4:	Randomly choose $\mathbf{a}_t \in \mathcal{A}$
5:	Observe and store $h_{n,t}$ from the devices
6:	$V_{n,t+1} \leftarrow V_{n,t} + x_{n,t} \cdot \mathbf{a}_t \mathbf{a}_t^T, \forall n \in [N]$
7:	$\mathbf{b}_{n,t+1} \leftarrow \mathbf{b}_{n,t} + x_{n,t} \mathbf{a}_t h_{n,t}, \forall n \in [N]$
8:	end for
9:	for $t = \tau + 1, \tau + 2, \dots, T$ do
10:	Calculate $\hat{\mathbf{p}}_{n,t}$ for all $n \in [N]$ as $\hat{\mathbf{p}}_{n,t} = \mathbf{A}_{n,t}^{-1} \mathbf{b}_{n,t}$
11:	Observe \mathbf{x}_t from the devices
12:	Choose $\mathbf{a}_t \leftarrow \operatorname{argmax}_{\mathbf{a} \in \mathcal{A}} \sum_{n \in [N]} x_{n,t} \mu_n(\mathbf{a}^T \hat{\mathbf{p}}_{n,t} + \alpha \ \mathbf{a}\ _{V_{n,t}^{-1}})$
13:	Observe and store $h_{n,t}$ from the devices
14:	$V_{n,t+1} \leftarrow V_{n,t} + x_{n,t} \cdot \mathbf{a}_t \mathbf{a}_t^T, \forall n \in [N]$
15:	$\mathbf{b}_{n,t+1} \leftarrow \mathbf{b}_{n,t} + x_{n,t} \mathbf{a}_t h_{n,t}, \forall n \in [N]$
16:	end for

[0067]

[0068] 상술한 알고리즘에 있어서, x_t 는 타임 슬롯 t 에서 다수의 전력 요청 장치들 200-1 내지 200-n의 전력 요청 여부를 나타낸다. 전력 요청 장치 n 의 전력 요청 여부 x 는 $x \in \{0, 1\}$ 일 수 있다. 0은 전력을 요청하지 않은 것을 나타내는 값이고, 1은 전력을 요청한 것을 나타내는 값이다. \mathbf{a}_t 는 타임 슬롯 t 에서 전송하는 빔 패턴을 나타내는 벡터이다. $y_{n,t} \in \{0, 1\}$ 는 타임 슬롯 t 에서 장치 n 의 전력 수확 만족 여부를 나타낸다. $\mathbf{p}_n = (p_{1,n}, p_{2,n}, \dots, p_{K,n})^T$ 는 각 빔 또는 안테나 사용 시 전력 요청 장치 n 의 전력 수확량을 나타낸다. $p_{n,t}$ 는 타임 슬롯 t 에서 p_n 의 학습을 통해 추정된 값을 나타낸다. $V_{n,t}$ 는 $p_{n,t}$ 학습의 신뢰 구간(confidence interval)을 고려하기 위한 변수를 나타낸다. $\mathbf{b}_{n,t}$ 는 $p_{n,t}$ 학습을 위한 변수를 나타낸다. $h_{n,t}$ 는 N비트들로 표현된 타임 슬롯 t 에서 전력 요청 장치 n 의 전력 수확량을 나타낸다.

[0069] 상술한 알고리즘을 통해, 전력 전송 장치 100은 매 타임 슬롯마다 과거의 피드백 정보에 기반하여 각 빔 또는 안테나 사용 시 각 전력 요청 장치의 전력 수확량을 학습하고, 학습한 수확량 정보 및 오차율을 기반으로 신뢰 구간 내에서 최적의 전송 빔 패턴을 계산하고, 계산된 빔 패턴으로 전력을 전송한 후 피드백을 수신하고 저장할 수 있다.

[0070] 다양한 실시 예들에 따르면, 1비트 또는 N비트들의 피드백 정보를 이용한 빔 스케줄링에 있어서, 학습 수확량 및 신뢰 구간을 기반으로 전송 빔 패턴을 계산하기 위한 최적 스케줄링에 대한 알고리즘은 이하 <표 3>과 같다.

표 3

Algorithm 2 Branch-Reduce-and-Bound Algorithm

```

1:  $M_0 \leftarrow [0, p^{max} \mathbf{e}]$  and  $\mathcal{P} \leftarrow \{M_0\}$ 
2:  $LBD \leftarrow -\infty$  and  $UBD \leftarrow \sum_{n \in [N]} x_n$ 
3: while  $UBD - LBD > \rho$  do
4:    $M^{max} \leftarrow \operatorname{argmax}_{M \in \mathcal{P}} \beta(M)$ 
5:   Branching: Partition  $M^{max}$  into two boxes  $\hat{M}_1$  and  $\hat{M}_2$ 
     as in (11) and (12)
6:   Reduction: Reduce  $\hat{M}_1$  and  $\hat{M}_2$  as in (13)
7:   if  $\sum_{k \in [K]} \hat{x}'_{2,k} \leq p^{max}$  then
8:     Bounding: Calculate  $\overline{LBD}$  and  $\overline{UBD}$  from  $\hat{M}_2$  as
     in (15)
9:      $LBD \leftarrow \max(LBD, \overline{LBD})$ 
10:     $\beta(\hat{M}_2) \leftarrow \min(\beta(\hat{M}_2), \overline{UBD})$ 
11:   else
12:      $\hat{M}_2 = \emptyset$ 
13:   end if
14:    $\mathcal{P} \leftarrow \mathcal{P} \setminus \{M^{max}\} \cup \{\hat{M}_1, \hat{M}_2\}$ 
15:    $UBD = \max_{M \in \mathcal{P}} \beta(M)$ 
16: end while

```

[0071]

[0072]

상술한 최적 스케줄링 알고리즘은 복잡도가 높지만 해당 문제의 최적해(a_t)를 계산할 수 있고, 예를 들어, 모노 토닉 옵티마이제이션(monotonic optimization) 기법에서 알려진 브랜치-리듀스-앤드-바운드(branch-reduce-and-bound) 알고리즘을 사용할 수 있다.

[0073]

다양한 실시 예들에 따르면, 1비트 또는 N비트들의 피드백 정보를 이용한 학습 수확량 및 신뢰 구간을 기반으로 전송 빔 패턴을 계산하기 위한 휴리스틱 스케줄링에 대한 알고리즘은 이하 <표 4>와 같다.

표 4

Algorithm 3 UCB-Based Heuristic Algorithm

```

1:  $\mathcal{N}_{req} = \{n | x_n = 1\}$ ,  $\mathbf{a} = \mathbf{0}$ , and  $a_{res} = p^{max}$ 
2:  $p_{req}(n) = \frac{a_n}{\eta_n}$ ,  $\forall n \in \mathcal{N}_{req}$ ,  $p_{req}(n) = \infty$ ,  $\forall n \in [N] \setminus \mathcal{N}_{req}$ 
3:  $UCB(n, k) = \mathbf{e}_k^\top \hat{\mathbf{p}}_n + \alpha \|\mathbf{e}_k\|_{V_n^{-1}}$ 
4: while  $\mathcal{N}_{req} \neq \emptyset$  and  $\mathcal{Z}_{av} \neq \emptyset$  do
5:    $a_{req}(n, k) \leftarrow \frac{p_{req}(n)}{UCB(n, k)}$ ,  $\forall n \in \mathcal{N}_{req}$ ,  $\forall k \in [K]$ 
6:   Sort  $\{a_{req}(n, k)\}_{n \in \mathcal{N}_{req}}$  in an ascending order and
     denote  $\{a_{req}^{(m)}(k)\}_{m \in [|\mathcal{N}_{req}|]}$  for all  $k \in [K]$  as in (16).
7:    $\mathcal{Z}_{av} \leftarrow \{(m, k) | a_{req}^{(m)}(k) \leq a_{res}\}$ 
8:    $b_{req}(m, k) \leftarrow \frac{a_{req}^{(m)}(k)}{m}$ ,  $\forall (m, k) \in \mathcal{Z}_{av}$ 
9:    $(m^*, k^*) \leftarrow \operatorname{argmin}_{(m, k) \in \mathcal{Z}_{av}} b_{req}(m, k)$ 
10:   $a_{k^*} \leftarrow a_{k^*} + a_{req}^{(m^*)}(k^*)$ 
11:   $p_{req}(n) \leftarrow p_{req}(n) - UCB(n, k^*) a_{req}^{(m^*)}(k^*)$ ,  $\forall n \in \mathcal{N}_{req}$ 
12:   $a_{res} \leftarrow a_{res} - a_{req}^{(m^*)}(k^*)$ 
13:   $\mathcal{N}_{req} \leftarrow \mathcal{N}_{req} \setminus \{n | a_{req}(n, k^*) \leq a_{req}^{(m^*)}(k^*)\}$ 
14: end while
15: if  $a_{res} \neq 0$  then
16:    $\mathbf{a} \leftarrow \mathbf{a} + a_{res} \frac{\mathbf{a}}{\|\mathbf{a}\|}$ 
17: end if

```

[0074]

[0075]

상술한 휴리스틱 스케줄링 알고리즘은 복잡도는 낮지만 서브-옵티멀(sub-optimal) 해를 계산할 수 있고, 학습된 정보를 기반으로 요구 전력 수확량을 만족한 전력 요청 장치를 최대화하는 방향으로 그리디(greedy)하게 스케줄링을 수행할 수 있다.

[0077]

도 5a 내지 5c는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반한 빔 스케줄링을 사용하여 생성된 빔 패턴들을 도시한다.

[0078] 도 5a를 참고하면, 8개의 안테나-어레이 스위치드 빔포밍 시스템(antenna-array switched beamforming system)에 있어서, 전력 전송 장치 100은 미리 정의된 싱글-로브 빔 패턴들의 집합에 기반하여 빔 스케줄링을 수행할 수 있다. 8개의 안테나-어레이 스위치드 빔포밍 시스템은 8개의 싱글-로브 빔 패턴들 510을 포함할 수 있으며, 8개의 싱글-로브 빔 패턴들은 90°, 45°, 0°, -45°, -90°, -135°, 180°, 135° 방향에 대해 최적화된 싱글-로브 빔 패턴일 수 있다.

[0079] 도 5b를 참고하면, 전력 전송 장치 100은 빔 스케줄링의 결과에 기반하여 8개의 싱글-로브 빔 패턴들을 조합할 수 있다. 전력 전송 장치 100은 조합된 임의의 빔 패턴들 520에 기반하여 전력 요청 장치에 무선 전력을 전송할 수 있다. 또한, 임의의 빔 패턴을 생성하는 방식은 동일 전력 모델(equal power model, EQP) 또는 비대칭 전력 모델(asymmetric power model, ASP)일 수 있다. 동일 전력 모델은 사용될 싱글-로브 빔을 선택하고, 선택된 빔에 동일한 전송 전력을 할당하여 빔을 생성하는 모델이다. 비대칭 전력 모델은 각 싱글-로브 빔들에 대해 자유롭게 전송 전력을 할당하는 모델이다. 도 5c를 참고하면, 동일 전력 모델을 사용한 싱글-로브 빔 패턴 530은 90° 및 -45° 싱글-로브 빔이 선택되어 각 빔에 동일한 전송 전력이 할당된다. 비대칭 전력 모델을 사용한 싱글-로브 빔 패턴(540)은 90° 및 -45° 싱글-로브 빔이 선택되어 비대칭 전송 전력이 할당된다.

[0081] 도 6a 및 도 6b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 피드백 정보에 기반한 빔 스케줄링을 사용한 실험 예와 그 결과를 도시한다.

[0082] 도 6a를 참고하면, 8개의 안테나-어레이 스위치드 빔포밍 시스템(antenna-array switched beamforming system)에 있어서, 실험 토폴로지(topology) 610은 전력 전송 장치로부터 15~20m 사이의 동심원에 전력 요청 장치 6개가 임의로 분포된다. 또한, 싱글-로브 빔 패턴 620은 빔 스케줄링에 기반하여 생성된 빔 패턴의 예이다. 시스템 동작 모드가 제1 모드인 경우에는 발생시킨 토폴로지(topology) 별로 실험 예(instance)를 생성하고, 각 전력 요청 장치의 전력 요청 여부를 특징 정보로 사용하여 실험을 수행한다. 시스템 동작 모드가 제2 모드인 경우에는 하나의 실험 예(instance)에서 전력 요청 장치의 위치를 변화시키면서 각 빔 패턴 별 수신 전력을 특징 정보로 사용하여 실험을 수행한다. 여기서, 전력 전송 장치의 전송 전력은 4W이고, 전력 요청 장치의 요구 전력 수확량 100uW일 수 있다. 또한, 본 개시의 빔 스케줄링 기법의 성능과 최적 스케줄링 기법(Optimal), 완벽한 채널 정보 피드백 사용한 스케줄링 기법(BW-Full), 옴니(Omni) 빔 패턴 사용한 기법(BW-Omni)의 성능을 비교한다. 예를 들어, 전력 전송 장치와 전력 요청 장치의 거리가 15m~20m인 경우, 실험결과는 다음 표 5와 같다.

표 5

	요구 전력 수확량 만족도(%)
Optimal	99.6%
BW-Full	99.1%
Proposed mode 1	98.2%
Proposed mode 2	92.6%
BW-Omni	54.7%

[0084] 또한, 전력 전송 장치와 전력 요청 장치의 거리가 20m인 경우, 실험결과는 다음 표 6과 같다.

표 6

	요구 전력 수확량 만족도(%)
Optimal	83.5%
BW-Full	82.1%
Proposed mode 1	81.2%
Proposed mode 2	78.5%
BW-Omni	16.5%

[0086] 또한, 피드백 정보에 기반한 빔 스케줄링을 수행하는 실험 예에 있어서, 시스템 동작 모드가 제1 모드인 경우에는 각 토폴로지 별로 1000번 반복(iteration)을 수행하고, 비대칭 전력 모델(asymmetric power model)을 사용한다. 시스템 동작 모드가 제2 모드인 경우에는 동일 전력 모델(Equal power model)을 사용한다. 이러한 실험 예에 있어서, 패스로스 익스포넨셜(pathloss exponent)은 3.76, 전력 전송 장치의 전송 전력은 4W, 전력 요청

장치의 요구 전력 수확량은 100uW, 전력 변환 효율은 0.5, 최대 빔포밍 이득은 10dB, 옴니-디렉셔널(Omni-directional) 빔포밍 이득은 4dB이다.

[0087] 도 6b를 참고하면, 수확된 전력 임계값(Harvested power threshold)에 따른 만족 가능성(satisfaction probability)에 대한 그래프 630에 있어서, 본 개시에서 제안된 스케줄링 기법(BW-CLOB 및 BW-CLOB-H)은 최적 스케줄링 기법(Optimal), 완벽한 채널 정보 피드백 사용한 스케줄링 기법(BW-Full)과 유사한 성능을 가진다. 또한, 장치의 개수(Number of devices)에 따른 만족 가능성(satisfaction probability)에 대한 그래프 640에 있어서, 본 개시에서 제안된 스케줄링 기법(BW-CLOB 및 BW-CLOB-H)은 최적 스케줄링 기법(Optimal), 완벽한 채널 정보 피드백 사용한 스케줄링 기법(BW-Full)과 유사한 성능을 가진다. 따라서, 본 개시에서 제안된 스케줄링 기법은 피드백 정보로 인한 오버헤드를 감소시키고, 계산 복잡도를 낮추면서 기존 스케줄링 기법과 유사한 성능을 가짐을 알 수 있다.

[0089] 본 개시의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들은 하드웨어, 소프트웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합의 형태로 구현될(implemented) 수 있다.

[0090] 소프트웨어로 구현하는 경우, 하나 이상의 프로그램(소프트웨어 모듈)을 저장하는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체가 제공될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 저장 매체에 저장되는 하나 이상의 프로그램은, 전자 장치(device) 내의 하나 이상의 프로세서에 의해 실행 가능하도록 구성된다(configured for execution). 하나 이상의 프로그램은, 전자 장치로 하여금 본 개시의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들을 실행하게 하는 명령어(instructions)를 포함한다.

[0091] 이러한 프로그램(소프트웨어 모듈, 소프트웨어)은 랜덤 액세스 메모리(random access memory), 플래시(flash) 메모리를 포함하는 불휘발성(non-volatile) 메모리, 롬(read only memory, ROM), 전기적 삭제가능 프로그램가능 롬(electrically erasable programmable read only memory, EEPROM), 자기 디스크 저장 장치(magnetic disc storage device), 콤팩트 디스크 롬(compact disc-ROM, CD-ROM), 디지털 다목적 디스크(digital versatile discs, DVDs) 또는 다른 형태의 광학 저장 장치, 마그네틱 카세트(magnetic cassette)에 저장될 수 있다. 또는, 이들의 일부 또는 전부의 조합으로 구성된 메모리에 저장될 수 있다. 또한, 각각의 구성 메모리는 다수 개 포함될 수도 있다.

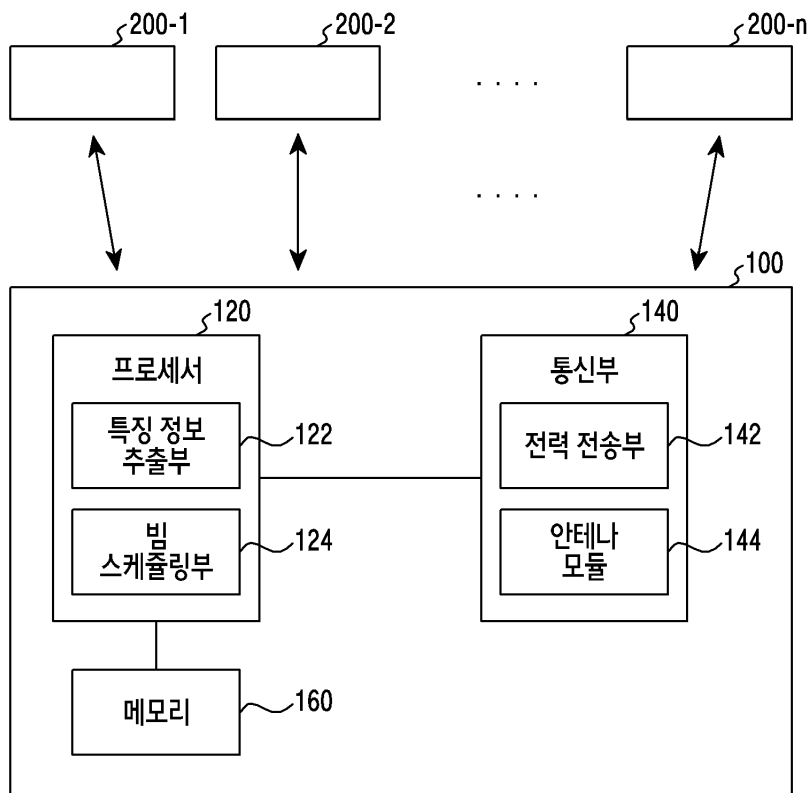
[0092] 또한, 프로그램은 인터넷(Internet), 인트라넷(Intranet), LAN(local area network), WAN(wide area network), 또는 SAN(storage area network)과 같은 통신 네트워크, 또는 이들의 조합으로 구성된 통신 네트워크를 통하여 접근(access)할 수 있는 부착 가능한(attachable) 저장 장치(storage device)에 저장될 수 있다. 이러한 저장 장치는 외부 포트를 통하여 본 개시의 실시 예를 수행하는 장치에 접속할 수 있다. 또한, 통신 네트워크상의 별도의 저장장치가 본 개시의 실시 예를 수행하는 장치에 접속할 수도 있다.

[0093] 상술한 본 개시의 구체적인 실시 예들에서, 개시에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시 예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다. 그러나, 단수 또는 복수의 표현은 설명의 편의를 위해 제시한 상황에 적합하게 선택된 것으로서, 본 개시가 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라 하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.

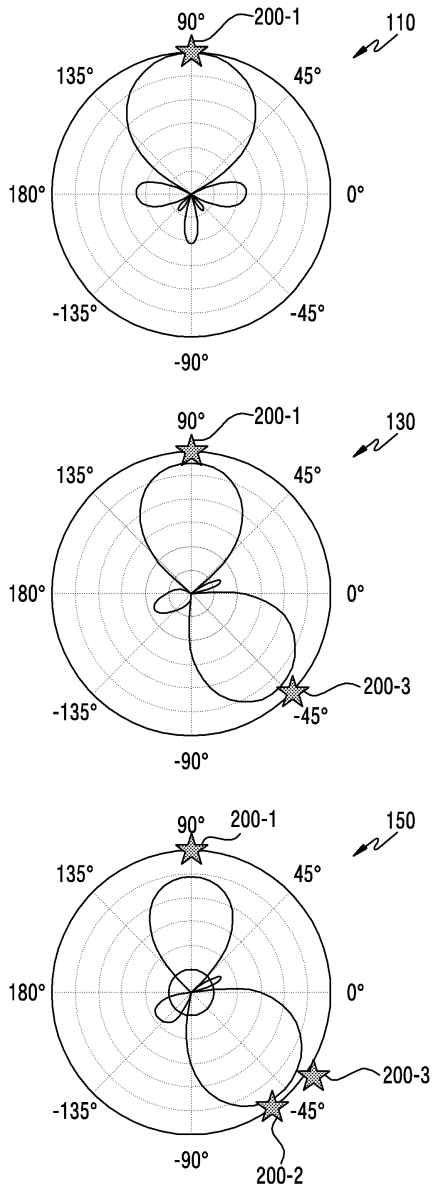
[0094] 한편 본 개시의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 개시의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 개시의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

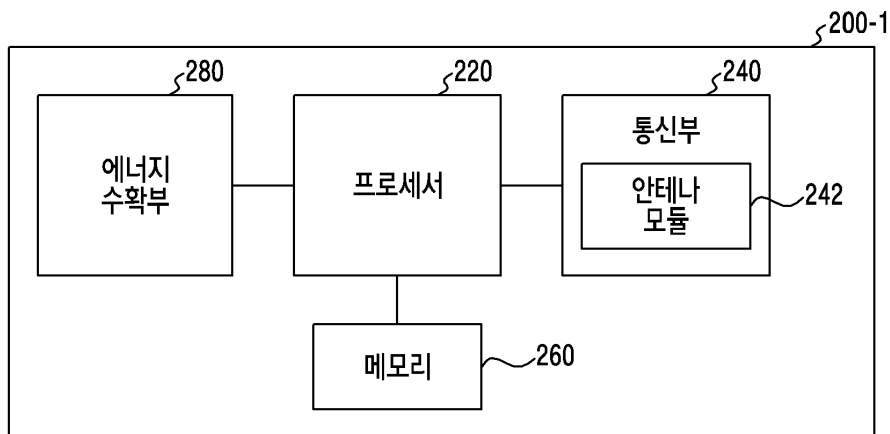
도면1a



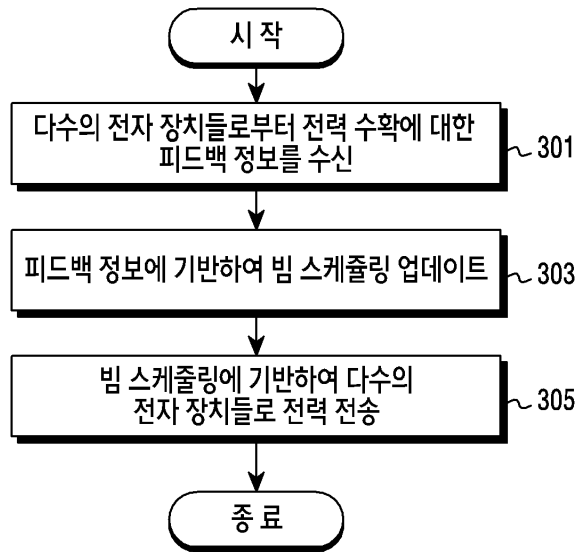
도면1b



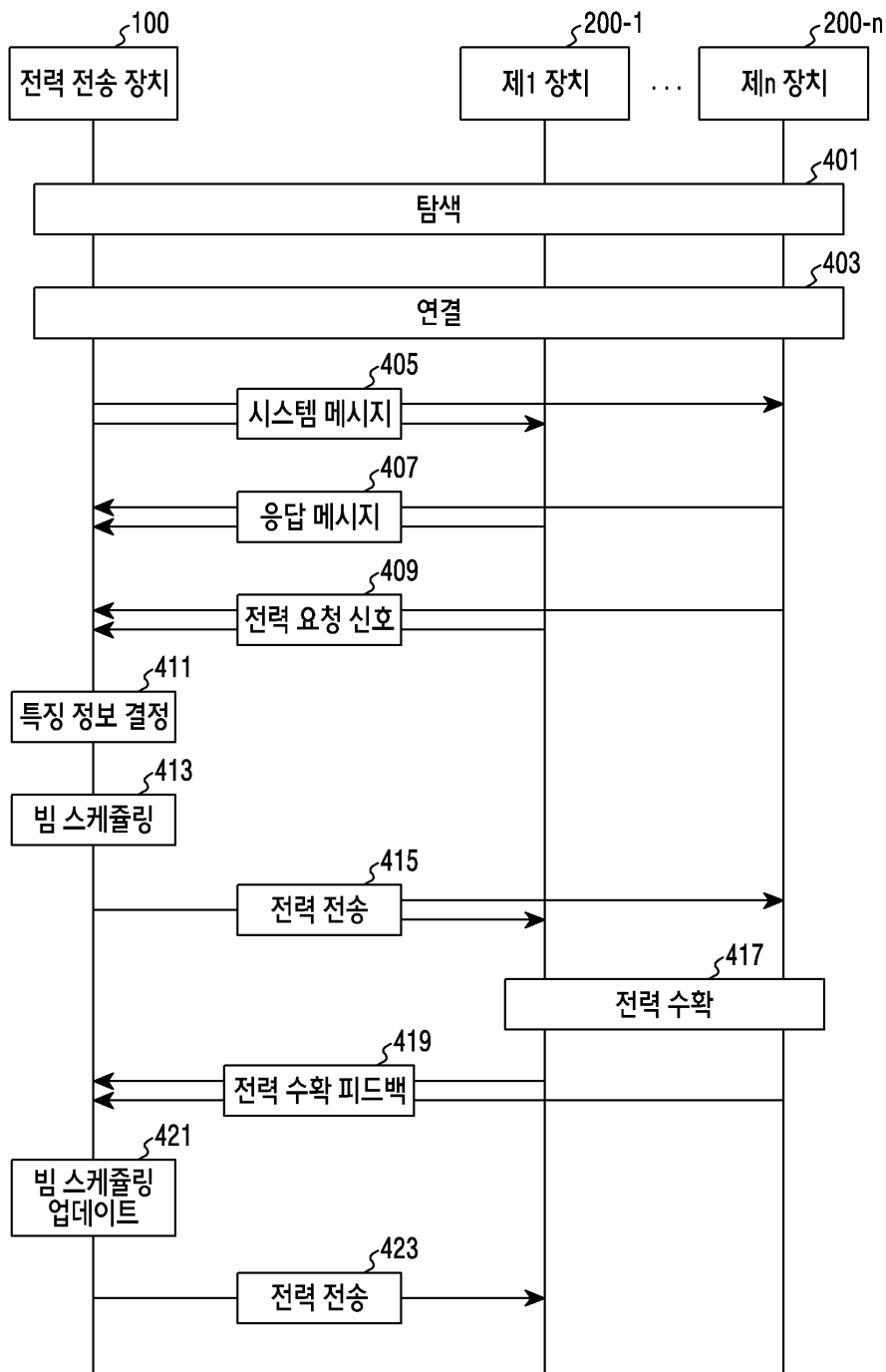
도면2



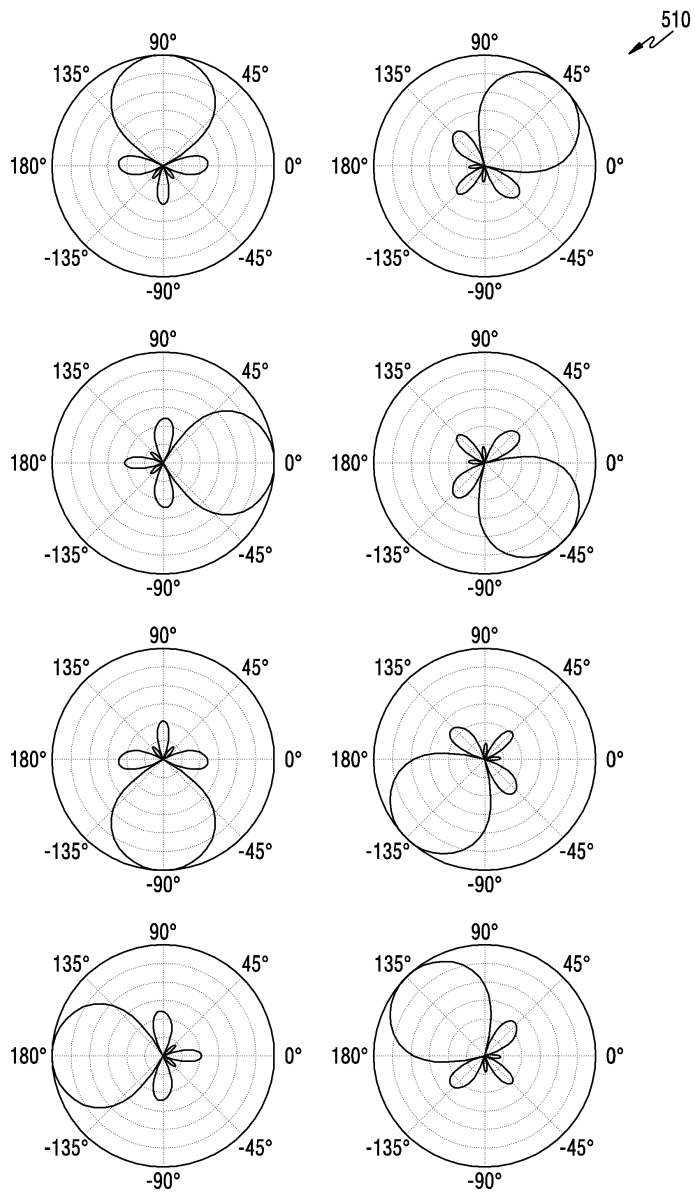
도면3



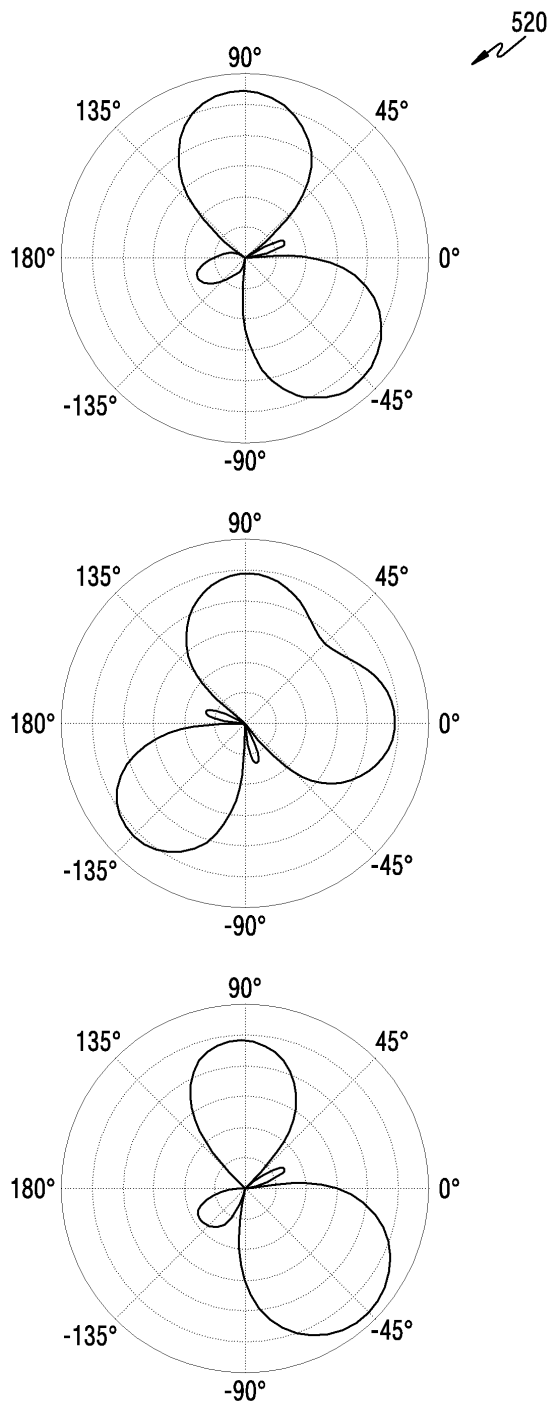
도면4



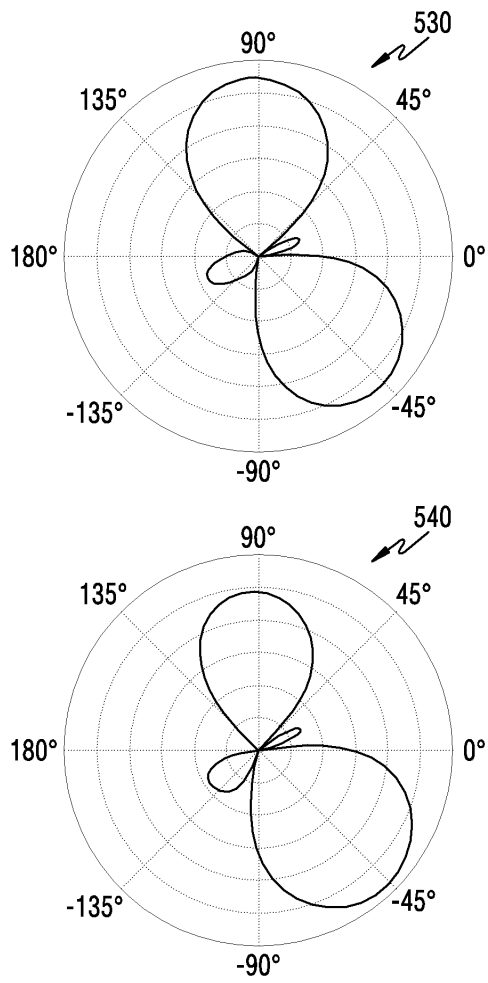
도면5a



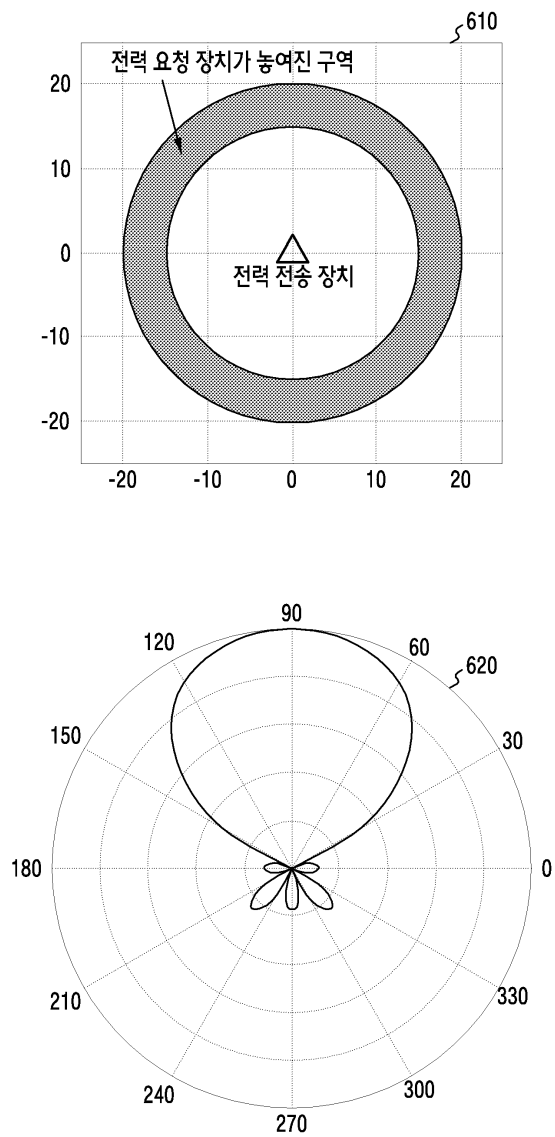
도면 5b



도면5c



도면6a



도면 6b

