

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(10) 국제공개번호

(43) 국제공개일

2020 년 4 월 23 일 (23.04.2020)

WIPO | PCT

WO 2020/080629 A1

(51) 국제특허분류:

H04B 7/06 (2006.01)

H02J 50/23 (2016.01)

H04B 17/336 (2014.01)

H02J 50/40 (2016.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2019/005399

(22) 국제출원일:

2019 년 5 월 7 일 (07.05.2019)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2018-0124348 2018 년 10 월 18 일 (18.10.2018) KR

(71) 출원인: 고려대학교 산학협력단 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION)
[KR/KR]: 02841 서울시 성북구 안암로 145, Seoul (KR).

(72) 발명자: 이인규 (LEE, Inkyu); 06080 서울시 강남구 영동대로 640 웨스트동 3303호(삼성동, 아이파크삼성), Seoul (KR). 장석주 (JANG, Seokju); 02477 서울시 동대문구 약령시로 5-7 402호 (제기동), Seoul (KR).

(74) 대리인: 윤귀상 (YUN, Kuisang); 08511 서울시 금천구 디지털로 9길 47 804호(가산동, 한신IT타워2차), Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

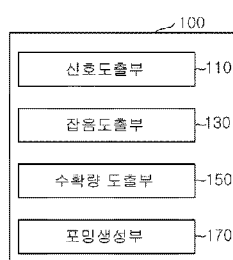
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: BEAMFORMING GENERATION METHOD IN SYSTEM FOR SIMULTANEOUSLY TRANSMITTING WIRELESS INFORMATION AND POWER, AND RECORDING MEDIUM AND APPARATUS FOR PERFORMING SAME

(54) 발명의 명칭: 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법, 이를 수행하기 위한 기록매체 및 장치



110 ... Signal deriving unit
130 ... Noise deriving unit
150 ... Harvesting amount deriving unit
170 ... Forming generation unit

(57) Abstract: A beamforming generation method in a system for simultaneously transmitting wireless information and power, and an apparatus for performing same can derive a transmission signal to be transmitted from a base station having an N_T (wherein, N_T is a natural number) number of antennas to a plurality of information users and a plurality of energy users, derive the signal-to-interference-plus-noise-ratio (SINR) of each i th (wherein, i is a natural number) information user included in an m th (wherein, m is a natural number) cell by using noise power of the i th (wherein, i is a natural number) information user, derive the energy harvesting amount, of a j th (wherein, j is a natural number) energy user, included in the m th (wherein, m is a natural number) cell, and generate beamforming by using transmission signal power at the base station and the total energy harvesting amount of the plurality of energy users that receive the transmission signal from the base station. Therefore, effects of satisfying quality of service (QoS) of an information user and a transmission power limitation and, simultaneously, minimizing the transmission power of a base station while maximizing the energy harvesting amount of energy users can be improved.

(57) 요약서: 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법 및 이를 수행하기 위한 장치는, N_T (여기서, N_T 는 자연수)개의 안테나를 가진 기지국에서 다수의 정보유저와 다수의 에너지유저에게 전송하는 송신신호를 도출하고, m (여기서, m 은 자연수)번째 셀에 포함된 상기 i (여기서, i 는 자연수)번째 정보유저의 잡음파워를 이용하여 각 i (여기서, i 는 자연수)번째 정보유저의 잡음비(SINR)를 도출하고, m (여기서, m 은 자연수)번째 셀에 포함된 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저의 에너지 수확량을 도출하고, 기지국에서의 송신신호 전력과 기지국으로부터 송신신호를 수신하는 다수의 에너지유저의 총 에너지 수확량을 이용하여 빔포밍을 생성할 수 있다. 이에 따라, 정보유저의 QoS(Quality of Service)와 송신파워 제한을 만족시킴과 동시에 에너지유저들의 에너지 수확량을 최대화시키면서 기지국의 송신파워를 최소화시키는 효과를 향상시킬 수 있다.



WO 2020/080629 A1

명세서

발명의 명칭: 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법, 이를 수행하기 위한 기록매체 및 장치

기술분야

- [1] 본 발명은 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법, 이를 수행하기 위한 기록매체 및 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 송신기와 수신기 간 RF(Radio Frequency) 신호를 주고받는 무선 통신 네트워크 환경에서 효율적인 빔포밍을 생성할 수 있는 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법, 이를 수행하기 위한 기록매체 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근 에너지 제약적(energy constrained) 무선 네트워크에 있어서 무선 에너지 전송 기술을 적용하려는 시도가 활발하게 이루어지고 있다.
- [3] 그 일환으로 송신기에 의해 방사된 신호로 사용자 단말들을 무선으로 충전시키며, 사용자 단말들은 수확된 에너지를 사용하여 정보 신호들을 송신할 수 있는 구조의 무선 전력 통신 네트워크(WPCN: wireless powered communication network system)에 대한 연구가 진행되고 있다.
- [4] 이에 따라, 정보 유저의 QoS(quality of service)를 만족시킴과 동시에 에너지를 수확하는 에너지유저들의 총 수확된 에너지를 최대화하기 위한 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에 대한 실험도 진행되고 있다.
- [5] 하지만, 기존의 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서는 기지국에서 소비하는 전력을 고려하여 최적화하지 않고, 에너지유저의 효율은 고려하지 않고, 비선형 모델을 고려하지 않는 등 다양한 문제점이 있다.
- [6] [특허문헌]
- [7] (특허문헌 1) 한국공개특허 제10-2017-0112746호
- [8] (특허문헌 2) 한국등록특허 제10-1887526호
- [9] (특허문헌 3) 미국등록특허 US 9408155 B2
- [10] (특허문헌 4) 한국등록특허 제10-1697431호
- [11] [비특허문헌]
- [12] (비특허문헌 1) MIMO broadcasting for simultaneous wireless information and power transfer, R. Zhang and C. K. Ho, IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 12, No. 5, pp. 1989-2001, May 2013.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [13] 본 발명의 일측면은 RF 신호를 이용한 에너지 수확 기술을 통신 시스템에 접목시킨 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법, 이를 수행하기 위한 기록매체 및 장치를 제공한다.

- [14] 본 발명의 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [15] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법은, 각 셀에 포함된 N_T (여기서, N_T 는 자연수)개의 안테나를 가진 m 번째(여기서, m 은 자연수) 기지국에서 다수의 정보유저와 다수의 에너지유저에게 전송하는 송신신호를 도출하고, m (여기서, m 은 자연수)번째 셀에 포함된 i (여기서, i 는 자연수)번째 정보유저의 잡음파워를 이용하여 상기 각 i (여기서, i 는 자연수)번째 정보유저의 잡음비(SINR)를 도출하고, 상기 m (여기서, m 은 자연수)번째 기지국에 포함된 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저의 에너지 수확량을 도출하고, 상기 기지국에서의 송신신호 전력과 상기 기지국으로부터 송신신호를 수신하는 상기 다수의 에너지유저의 총 에너지 수확량을 이용하여 빔포밍을 생성한다.
- [16] 상기 에너지 수확량을 도출하는 것은, 상기 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저를 선형모델에 적용하여 선형 에너지 수확량을 도출하고, 상기 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저를 비선형모델에 적용하여 비선형 에너지 수확량을 도출하고, 상기 도출된 선형 및 비선형 에너지 수확량을 이용하여 상기 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저에 대한 에너지 수확량을 도출할 수 있다.
- [17] 상기 선형 에너지 수확량을 도출하는 것은, 상기 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저의 수신신호 전력(p_{jm}^E) 및 전력 변환 효율(η_{jm})을 이용하여 도출할 수 있다.
- [18] 상기 비선형 에너지 수확량을 도출하는 것은, 상기 비선형모델의 파라미터인 상기 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저의 최대 에너지 수확량(M_{jm}), 충전속도(a_{jm}) 및 민감도(b_{jm})를 이용하여 도출할 수 있다.
- [19] 상기 빔포밍을 생성하는 것은, 상기 기지국의 송신신호 전력과 상기 에너지유저의 총 에너지 수확량을 상기 정보유저의 서비스(QoS: Quality of Service)를 기반으로 하여 비선형적으로 최적화할 수 있다.
- [20] 본 발명의 다른 실시예에 따른 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체에는 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록되어 있다.
- [21] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 장치는, 각 셀에 포함된 N_T (여기서, N_T 는 자연수)개의 안테나를 가진 m 번째(여기서, m 은 자연수) 기지국에서 다수의 정보유저와 다수의

에너지유저에게 전송하는 송신신호를 도출하는 신호도출부; m (여기서, m 은 자연수)번째 셀에 포함된 i (여기서, i 는 자연수)번째 정보유저의 잡음과워를 이용하여 상기 각 i (여기서, i 는 자연수)번째 정보유저의 잡음비(SINR)를 도출하는 잡음도출부; 상기 m (여기서, m 은 자연수)번째 기지국에 포함된 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저의 에너지 수확량을 도출하는 수확량도출부; 및 상기 신호도출부에서 도출한 송신신호 전력과 상기 수확량도출부에서 도출한 에너지 수확량으로부터 도출되는 상기 다수의 에너지유저의 총 에너지 수확량을 이용하여 빔포밍을 생성하는 포밍생성부;를 포함한다.

[22] 상기 수확량도출부는, 상기 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저를 선형모델에 적용하여 선형 에너지 수확량을 도출하는 제1도출부; 상기 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저를 비선형모델에 적용하여 비선형 에너지 수확량을 도출하는 제2도출부; 및 상기 도출된 선형 및 비선형 에너지 수확량을 이용하여 상기 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저에 대한 에너지 수확량을 도출하는 결합부;를 포함할 수 있다.

[23] 상기 제1도출부는, 상기 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저의 수신신호 전력(P_{jm}^E) 및 전력 변환 효율(η_{jm})을

이용하여 도출할 수 있다.

[24] 상기 제2도출부는, 상기 비선형모델의 파라미터인 상기 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저의 최대 에너지 수확량(M_{jm}), 충전속도(a_{jm}) 및 민감도(b_{jm})를 이용하여 도출할 수 있다.

[25] 상기 포밍생성부는, 상기 기지국의 송신신호 전력과 상기 에너지유저의 총 에너지 수확량을 상기 정보유저의 서비스(QoS: Quality of Service)를 기반으로 하여 비선형적으로 최적화할 수 있다.

발명의 효과

[26] 상술한 본 발명의 일측면에 따르면, 기지국에서 소비하는 전력을 고려하고, 선형 모델뿐만 아니라 비선형 모델에 적용한 에너지 수확량을 도출하여 보다 효율적인 빔포밍을 생성할 수 있다.

[27] 또한, 정보유저의 QoS(Quality of Service)와 송신파워 제한을 만족시킴과 동시에 에너지유저들의 에너지 수확량을 최대화시키면서 기지국의 송신파워를 최소화시키는 효과를 기대할 수 있다.

[28] 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[29] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 장치를 도시한 블록도이다.

- [30] 도 2는 도 1의 수확량 도출부를 자세히 도시한 블록도이다.
- [31] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법을 개략적으로 도시한 흐름도이다.
- [32] 도 4는 도 3의 에너지 수확량을 도출하는 과정을 자세히 도시한 흐름도이다.
- [33] 도 5는 본 발명이 제안하는 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 장치를 적용한 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템의 예를 나타낸 예시도이다.
- [34] 도 6은 본 발명에 따른 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법 중 선형모델에 적용하여 선형에너지 수확량을 도출한 결과를 나타낸 도면이다.
- [35] 도 7은 본 발명에 따른 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법 중 비선형모델에 적용하여 비선형 에너지 수확량을 도출한 결과를 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [36] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예와 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.
- [37] 이하, 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 보다 상세하게 설명하기로 한다.
- [38] 본 발명은 선형 모델뿐만 아니라 비선형 모델에 적용한 에너지 수확량을 도출하여 보다 효율적인 빔포밍을 생성할 수 있는 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 장치이다.
- [39] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 장치의 개략적인 구성이 도시된 도면이다.
- [40] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 장치(100, 이하 빔포밍 생성 장치)는 신호도출부(110), 잡음도출부(130), 수확량 도출부(150) 및 포밍생성부(170)를 포함할 수 있다.
- [41] 신호도출부(110)는 각 셀에 포함된 N_T (여기서, N_T 는 자연수)개의 안테나를

가진 m 번째(여기서, m 은 자연수) 기지국(BS, Base Station)에서 다수의 정보유저와 다수의 에너지유저에게 전송하는 송신신호를 도출할 수 있다.

[42] 여기서, 셀은 m (여기서, m 은 자연수)개로 구성될 수 있으며, N_T (여기서, N_T 는 자연수)개의 안테나를 가진 하나의 기지국, 다수의 정보유저 및 다수의 에너지유저를 포함할 수 있다.

[43] 기지국은 N_T (여기서, N_T 는 자연수)의 안테나를 이용하여 단일 안테나를 가진 다수의 정보유저와 다수의 에너지유저에게 각각 정보와 전력을 동시에 전송할 수 있다.

[44] m 번째(여기서, m 은 자연수) 기지국에서 정보유저와 에너지유저에게 전송하는 송신신호(x_m)는 아래 [수학식 1]을 통하여 도출할 수 있다.

[45] [수식1]

$$x_m = \sum_{i \in U_m^I} w_{im} s_{im}^I + \sum_{j \in U_m^E} v_{jm} s_{jm}^E$$

[46] 여기서,

w_{im}

은 m 번째 기지국에서 정보를 수신한 i 번째 정보유저를 위한 빔포밍을 의미할 수 있고,

v_{jm}

는 m 번째 기지국에서 에너지를 수신한 j 번째 에너지유저를 위한 빔포밍을 의미할 수 있다.

[47] 또한,

s_{im}^I

는 m 번째 셀의 i 번째 정보유저를 위한 심볼을 의미할 수 있고,

s_{jm}^E

는 m 번째 셀의 j 번째 에너지유저를 위한 심볼을 의미할 수 있고,

u_m^I

는 m 번째 셀의 다수의 정보유저의 집합을 의미할 수 있고,

u_m^E

는 m 번째 셀의 다수의 에너지유저의 집합을 의미할 수 있다.

[48] m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 i (여기서, i 는 자연수)번째 정보유저가 수신한 수신신호(

y_{im}^I

)는 아래 [수학식 2]로부터 도출할 수 있고, m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의

j(여기서, j는 자연수)번째 정보유저가 수신한 수신신호(

$$y_{jm}^E$$

)는 아래 [수학식 3]으로부터 도출할 수 있다.

[49] [수식2]

$$y_{im}^I = \underbrace{h_{imm}^H w_{im} s_{im}^I}_{\text{desired signal}} + \underbrace{\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I \setminus \{i\}} h_{imm}^H w_{km} s_{km}^I}_{\text{intra-cell interference}} + \underbrace{\sum_{n \in \mathcal{M} \setminus \{m\}} \sum_{k \in \mathcal{U}_n^I} h_{imn}^H w_{kn} s_{kn}^I}_{\text{inter-cell interference}} + \underbrace{\sum_{n \in \mathcal{M}} \sum_{j \in \mathcal{U}_n^E} h_{imn}^H v_{jn} s_{jn}^E}_{\text{interference induced by energy signals}} + n_{im}$$

[50] [수식3]

$$y_{jm}^E = \sum_{n \in \mathcal{M}} \sum_{k \in \mathcal{U}_n^E} g_{jmn}^H w_{kn} s_{kn}^I + \sum_{n \in \mathcal{M}} \sum_{l \in \mathcal{U}_n^E} g_{jmn} v_{ln} s_{ln}^E + n_{jm}$$

[51] 여기서,

$$h_{imn}$$

은 n번째(여기서, n은 자연수) 기지국과 m번째 셀의 i번째 정보유저와의 채널을 의미할 수 있고,

$$g_{jmn}$$

은 n번째(여기서, n은 자연수) 기지국과 m번째 셀의 j번째 에너지유저와의 채널을 의미할 수 있고,

$$n_{im}^I$$

는 m번째 셀의 i번째 정보유저의 잡음을 의미할 수 있고,

$$n_{jm}^E$$

는 m번째 셀의 j번째 에너지유저의 잡음을 의미할 수 있다.

[52] 잡음도출부(130)는 m(여기서, m은 자연수)번째 셀에 포함된 다수의 정보유저 중 i(여기서, i는 자연수)번째 정보유저의 수신신호로부터 잡음을 추출할 수 있고, 추출된 잡음으로부터 잡음파워(

$$\sigma_{im}^2$$

)를 도출할 수 있다.

[53] 잡음도출부(130)는 도출된 잡음파워를 아래 [수학식 4]에 적용하여 각 m번째(여기서, m은 자연수) 셀의 i(여기서, i는 자연수)번째 정보유저의 잡음비(

$$SINR_{im}$$

, signal-to-interference-plus-noise ratio)를 도출할 수 있다.

[54] [수식4]

$$\text{SINR}_{im} = \frac{|h_{imm}^H \mathbf{w}_{im}|^2}{\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I \setminus \{i\}} |h_{imm}^H \mathbf{w}_{km}|^2 + \sum_{n \in \mathcal{M} \setminus \{m\}} \sum_{k \in \mathcal{U}_n^I} |h_{imn}^H \mathbf{w}_{kn}|^2 + \sum_{n \in \mathcal{M}} \sum_{j \in \mathcal{U}_n^E} |h_{imn}^H \mathbf{v}_{jn}|^2 + \sigma_{im}^2}$$

[55] 수확량 도출부(150)는 m(여기서, m은 자연수)번째 셀에 포함된 j(여기서, j는 자연수)번째 에너지유저의 선형 에너지 수확량(

$$E_{jm}^{\text{Linear}}$$

) 및 비선형 에너지 수확량(

$$E_{jm}^{\text{Non-linear}}$$

)을 이용하여 총 에너지 수확량(

$$E_{jm}$$

)을 도출할 수 있다.

[56] 수확량 도출부(150)는 아래 [수학식 5]를 이용하여 선형 에너지 수확량(

$$E_{jm}^{\text{Linear}}$$

)을 도출할 수 있다.

[57] [수식5]

$$E_{jm}^{\text{Linear}} = \eta_{jm} P_{jm}^{\text{EH}}$$

[58] 여기서,

$$\eta_{jm}$$

는 수신한 RF 신호를 전력으로 바꾸는 효율을 나타내는 0과 1사이의 양수로서 m번째 셀의 j번째 에너지유저의 전력 변환 효율을 의미할 수 있고,

$$P_{jm}^{\text{EH}}$$

는 m번째 셀의 j번째 에너지유저의 수신신호의 전력을 의미할 수 있다.

[59] 수확량 도출부(150)는 아래 [수학식 6]를 이용하여 비선형 에너지 수확량(

$$E_{jm}^{\text{Non-linear}}$$

)을 도출할 수 있다.

[60] [수식6]

$$E_{jm}^{\text{Nonlinear}} = \frac{\frac{M_{jm}}{1 + \exp(-a_{jm}(P_{jm}^{\text{EH}} - b_{jm}))} - M_{jm}\Omega_{jm}}{1 - \Omega_{jm}}$$

[61] 여기서,

$$M_{jm}$$

는 m번째 셀의 j번째 에너지유저의 최대 에너지 수확량(maximum harvested

power)을 의미할 수 있다.

[62] 또한,

a_{jm}

는 m번째 셀의 j번째 에너지유저의 충전속도(charging rate)를 의미할 수 있고,

b_{jm}

는 m번째 셀의 j번째 에너지유저의 민감도(sensitivity)를 의미할 수 있고,

Ω_{jm}

은

a_{jm}

과

b_{jm}

을 이용한 [수학식 7]을 이용하여 산출될 수 있다.

[63] [수식7]

$$\Omega_{jm} \triangleq \frac{1}{1 + \exp(a_{jm} b_{jm})}$$

[64] 에너지를 수신한 m번째 셀의 j번째 에너지유저의 수신신호의 전력인

P_{jm}^{EH}

는 아래 [수학식 8]을 이용하여 도출할 수 있다.

[65] [수식8]

$$P_{jm}^{EH} \triangleq \mathbb{E} \left[|y_{jm}^E|^2 \right] = \sum_{n \in \mathcal{M}} \left(\sum_{k \in \mathcal{U}_n^I} |g_{jmn}^H \mathbf{w}_{kn}|^2 + \sum_{l \in \mathcal{U}_n^E} |g_{jmn}^H \mathbf{v}_{ln}|^2 \right)$$

[66] 포밍 생성부(170)는 신호도출부(110)에서 도출한 송신신호의 전력(

P_{total}

)과 수확량 도출부(150)에서 도출한 총 에너지 수확량(

E_{jm}

)으로부터 도출되는 다수의 에너지유저의 총 에너지 수확량을 이용한 [수학식 9]를 이용하여 에너지 수확 효율 (EHE, Energy Harvesting Efficiency)를 최대화하는 빔포밍을 생성할 수 있다.

[67] [수식9]

$$\max \text{ EHE} = \frac{\text{에너지유저들의 총 에너지 수확량} \quad \sum_{m \in \mathcal{M}} \sum_{j \in \mathcal{U}_m^E} E_{jm}}{\text{기지국에서의 송신파워} \quad P_{total}}$$

[68] 여기서 송신신호의 전력(

P_{total}

)은 아래 [수학식 10]을 이용하여 도출할 수 있다.

[69] [수식10]

$$P_{total} = \sum_{m \in \mathcal{M}} \left(\sum_{i \in \mathcal{U}_m^I} \|\mathbf{w}_{im}\|^2 + \sum_{j \in \mathcal{U}_m^E} \|\mathbf{v}_{jm}\|^2 + P_{C,m} \right)$$

[70] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 빔포밍 생성 장치(100)의 최대 에너지 효율적인 빔포밍은 기지국에서의 송신파위에 대한 에너지유저들의 총 에너지 수확량을 의미할 수 있다.

[71] 도 2는 도 1의 수확량 도출부를 자세히 도시한 블록도이다.

[72] 본 발명이 제안하는 빔포밍 생성 장치(100)의 수확량 도출부(150)는 제1 도출부(151), 제2 도출부(155) 및 결합부(159)를 포함할 수 있다.

[73] 제1 도출부(151)는 에너지 신호를 수신한 m번째(여기서, m은 자연수) 셀의 j번째(여기서, j는 자연수) 에너지유저를 전술한 [수학식 5]와 같은 선형모델에 적용하여 선형 에너지 수확량(

$$E_{jm}^{Linear}$$

)을 도출할 수 있다.

[74] 제1 도출부(151)가 선형 에너지 수확량(

$$E_{jm}^{Linear}$$

)을 도출하는 과정은 Centralized 알고리즘을 이용한 선형모델에 적용하여 도출할 수 있다.

[75] 먼저, Centralized 알고리즘을 이용하여 전술한 [수학식 5]에 따라 선형모델에 적용하여 도출된 선형 에너지 수확량(

$$E_{jm}^{Linear}$$

)의 최대값을 아래 [수학식 11]를 이용하여 산출할 수 있다.

[76] [수식11]

$$\begin{aligned} & \max_{\{\bar{\mathbf{w}}_{km}, \bar{\mathbf{v}}_{lm}\}, \alpha} \sum_{m \in \mathcal{M}} \left(\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \bar{\mathbf{w}}_{km}^H \mathbf{G}_m \bar{\mathbf{w}}_{km} + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \bar{\mathbf{v}}_{lm}^H \mathbf{G}_m \bar{\mathbf{v}}_{lm} \right) \\ & s.t. \quad \overline{\text{SINR}}_{im} \geq \gamma_{im}, \forall i \in \mathcal{U}_m^I, \forall m \in \mathcal{M}, \\ & \quad \sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \|\bar{\mathbf{w}}_{km}\|^2 + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \|\bar{\mathbf{v}}_{lm}\|^2 \leq \alpha P_{T,m}, \forall m \in \mathcal{M}, \\ & \quad \sum_{m \in \mathcal{M}} \left(\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \|\bar{\mathbf{w}}_{km}\|^2 + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \|\bar{\mathbf{v}}_{lm}\|^2 + \alpha P_{C,m} \right) = 1 \end{aligned}$$

[77] 여기서,

$$\mathbf{G}_m$$

은

$$G_m \triangleq$$

$$\sum_{n \in M} \sum_{j \in \mathcal{U}_n^E} \eta_{jn} g_{jnm} g_{jnm}^H,$$

$$\forall m \in M, \gamma_{im}$$

으로 정의될 수 있다.

[78] 또한,

$$\overline{w_{km}}$$

은

$$\sqrt{\alpha} w_{km}$$

을 의미할 수 있고,

$$\overline{v_{lm}}$$

은

$$\sqrt{\alpha} v_{lm}$$

을 의미할 수 있고,

$$\forall l \in \mathcal{U}_m^I, \forall m \in M$$

을 의미할 수 있고,

$$\overline{SINR_{im}}$$

은 아래 [수학식 12]으로 정의될 수 있다.

[79] [수식 12]

$$\overline{SINR_{im}} = \frac{|\mathbf{h}_{imm}^H \bar{\mathbf{w}}_{im}|^2}{\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I \setminus \{i\}} |\mathbf{h}_{imm}^H \bar{\mathbf{w}}_{km}|^2 + \sum_{n \in \mathcal{M} \setminus \{m\}} \sum_{k \in \mathcal{U}_n^I} |\mathbf{h}_{imn}^H \bar{\mathbf{w}}_{kn}|^2 + \sum_{n \in \mathcal{M}} \sum_{l \in \mathcal{U}_n^E} |\mathbf{h}_{imn}^H \bar{\mathbf{v}}_{ln}|^2 + \sigma_{im}^2 \alpha}$$

[80] [수학식 11]로부터 얻어지는 최종 수학식은 [수학식 13]를 의미할 수 있다.

[81] [수식 13]

$$\max_{\{\bar{\mathbf{w}}_{km}, \bar{\mathbf{v}}_{lm}\}, \alpha} f_1(\{\bar{\mathbf{w}}_{km}, \bar{\mathbf{v}}_{lm}\}, \alpha) \triangleq \frac{\sum_{m \in \mathcal{M}} \left(\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \bar{\mathbf{w}}_{km}^H \mathbf{G}_m \bar{\mathbf{w}}_{km} + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \bar{\mathbf{v}}_{lm}^H \mathbf{G}_m \bar{\mathbf{v}}_{lm} \right)}{\sum_{m \in \mathcal{M}} \left(\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \|\bar{\mathbf{w}}_{km}\|^2 + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \|\bar{\mathbf{v}}_{lm}\|^2 + \alpha P_{C,m} \right)}$$

$$s.t. \quad \overline{SINR_{im}} \geq \gamma_{im}, \forall i \in \mathcal{U}_m^I, \forall m \in \mathcal{M},$$

$$\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \|\bar{\mathbf{w}}_{km}\|^2 + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \|\bar{\mathbf{v}}_{lm}\|^2 \leq \alpha P_{T,m}, \forall m \in \mathcal{M}$$

[82] 여기서, rank(

$$\overline{W_{km}}$$

)가 1보다 작거나 같고, rank(

$$\overline{v_{lm}}$$

)가 1보다 작거나 같을 때 [수학식 11]는 아래 [수학식 14]와 같이 나타낼 수 있다.

[83] [수식14]

$$\begin{aligned} & \max_{\{\bar{W}_{km} \geq 0, \bar{V}_{lm} \geq 0\}, \alpha} \sum_{m \in \mathcal{M}} \left(\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \text{tr}(\mathbf{G}_m \bar{\mathbf{W}}_{km}) + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \text{tr}(\mathbf{G}_m \bar{\mathbf{V}}_{lm}) \right) \\ & \text{s.t.} \quad \overline{\text{SINR}}_{im}^{\text{SDR}} \geq \gamma_{im}, \forall i \in \mathcal{U}_m^I, \forall m \in \mathcal{M}, \\ & \quad \sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \text{tr}(\bar{\mathbf{W}}_{km}) + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \text{tr}(\bar{\mathbf{V}}_{lm}) \leq \alpha P_{T,m}, \forall m \in \mathcal{M}, \\ & \quad \sum_{m \in \mathcal{M}} \left(\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \text{tr}(\bar{\mathbf{W}}_{km}) + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \text{tr}(\bar{\mathbf{V}}_{lm}) + \alpha P_{C,m} \right) = 1 \end{aligned}$$

[84] 여기서,

$$H_{imn}$$

은

$$h_{inm} h_{inm}^H$$

으로 정의될 수 있고,

$$\forall i \in \mathcal{U}_m^I, \forall m, n \in \mathcal{M}$$

,

$$\mathbf{X} \geq 0$$

을 의미할 수 있고,

$$\overline{\text{SINR}}_{im}^{\text{SDR}}$$

은 아래 [수학식 15]으로 정의될 수 있다.

[85] [수식15]

$$\overline{\text{SINR}}_{im}^{\text{SDR}} = \frac{\text{tr}(\mathbf{H}_{imm} \bar{\mathbf{W}}_{im})}{\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I \setminus \{i\}} \text{tr}(\mathbf{H}_{imm} \bar{\mathbf{W}}_{km}) + \sum_{n \in \mathcal{M} \setminus \{m\}} \sum_{k \in \mathcal{U}_n^I} \text{tr}(\mathbf{H}_{imn} \bar{\mathbf{W}}_{kn}) + \sum_{n \in \mathcal{M}} \sum_{l \in \mathcal{U}_n^E} \text{tr}(\mathbf{H}_{imn} \bar{\mathbf{V}}_{ln}) + \sigma_{im}^2 \alpha}$$

[86] 제2 도출부(155)는 에너지 신호를 수신한 m번째(여기서, m은 자연수) 셀의 j번째(여기서, j는 자연수)번째 에너지유저를 전송한 [수학식 6]과 같은 비선형모델에 적용하여 비선형 에너지 수확량

$$E_{jm}^{\text{Non-linear}}$$

)을 도출할 수 있다.

[87] 제2 도출부(155)가 비선형 에너지 수확량(

$$E_{jm}^{Non-linear}$$

)을 도출하는 과정은 Centralized 알고리즘을 이용한 비선형모델에 적용하여 도출할 수 있다

[88] 먼저, Centralized 알고리즘을 이용하여 전술한 [수학식 6]에 따라 선형모델에 적용하여 도출된 비선형 에너지 수확량(

$$E_{jm}^{Non-linear}$$

)의 최대값 산출하기 위해 아래 [수학식 16]를 이용하여 산출할 수 있다.

[89] [수식16]

$$\begin{aligned} \max_{\{\mathbf{w}_{km}, \mathbf{v}_{lm}\}} & \frac{\sum_{m \in \mathcal{M}} \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \frac{M_{lm}}{1 - \Omega_{lm}} \left(\frac{1}{1 + \exp(-a_{lm}(P_{lm}^{EH} - b_{lm}))} - \Omega_{lm} \right)}{\sum_{m \in \mathcal{M}} \left(\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \|\mathbf{w}_{km}\|^2 + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \|\mathbf{v}_{lm}\|^2 + P_{C,m} \right)} \\ s.t. & \quad \text{SINR}_{im} \geq \gamma_{im}, \forall i \in \mathcal{U}_m^I, \forall m \in \mathcal{M}, \\ & \quad \sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \|\mathbf{w}_{km}\|^2 + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \|\mathbf{v}_{lm}\|^2 \leq P_{T,m}, \forall m \in \mathcal{M}, \end{aligned}$$

[90] [수학식 16]은 아래 [수학식 17] 및 [수학식 18]로 나타낼 수 있고, 이를 이용하여 [수학식 19]을 이용하여 비선형 에너지 수확량(

$$E_{jm}^{Non-linear}$$

)를 도출할 수 있다.

[91] [수식17]

$$\hat{q}^* = \frac{U(\{\mathbf{w}_{km}^*, \mathbf{v}_{lm}^*\})}{U_{TP}(\{\mathbf{w}_{km}^*, \mathbf{v}_{lm}^*\})} = \max_{\{\mathbf{w}_{km}, \mathbf{v}_{lm}\} \in \mathcal{F}} \frac{U(\{\mathbf{w}_{km}, \mathbf{v}_{lm}\})}{U_{TP}(\{\mathbf{w}_{km}, \mathbf{v}_{lm}\})}$$

[92] 여기서, [수학식 16]과 마찬가지로 각 분자 및 분모의 조건은 $U(\{$

w_{km}, v_{lm}

$\})$

> 0

,

U_{TP}

$$\begin{aligned}
&(\{ \\
&w_{km}, v_{lm} \\
&\}) \\
&\geq 0
\end{aligned}$$

로 정의될 수 있다.

[93] [수식18]

$$T(\hat{q}^*) = \max_{\{\mathbf{w}_{km}, \mathbf{v}_{lm}\} \in \mathcal{F}} U(\{\mathbf{w}_{km}, \mathbf{v}_{lm}\}) - \hat{q}^* U_{TP}(\{\mathbf{w}_{km}, \mathbf{v}_{lm}\}) = 0$$

[94] 이로부터, EHE

$\hat{q}^*$
의 최대값은 T(
 $\hat{q}^*$
)가 0일때를 의미할 수 있다.

[95] [수식19]

$$\begin{aligned}
&\max_{\{\mathbf{w}_{km}, \mathbf{v}_{lm}\}} U(\{\mathbf{w}_{km}, \mathbf{v}_{lm}\}) - \hat{q} U_{TP}(\{\mathbf{w}_{km}, \mathbf{v}_{lm}\}) \\
&s.t. \quad \text{SINR}_{im} \geq \gamma_{im}, \forall i \in \mathcal{U}_m^I, \forall m \in \mathcal{M}, \\
&\quad \sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \|\mathbf{w}_{km}\|^2 + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \|\mathbf{v}_{lm}\|^2 \leq P_{T,m}, \forall m \in \mathcal{M}
\end{aligned}$$

[96] [수학식 19]은 아래 [수학식 20]과 같이 나타낼 수도 있다.

[97] [수식20]

$$\begin{aligned}
&\max_{\{\mathbf{w}_{km}, \mathbf{v}_{lm}, \rho_{lm}\}} \sum_{m \in \mathcal{M}} \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \hat{U}(\rho_{lm}) - \hat{q} U_{TP}(\{\mathbf{w}_{km}, \mathbf{v}_{lm}\}) \\
&s.t. \quad \sum_{n \in \mathcal{M}} \left(\sum_{k \in \mathcal{U}_n^I} |\mathbf{g}_{jmn}^H \mathbf{w}_{kn}|^2 + \sum_{l \in \mathcal{U}_n^E} |\mathbf{g}_{jmn}^H \mathbf{v}_{ln}|^2 \right) \geq \rho_{jm}, \forall j \in \mathcal{U}_m^E, \forall m \in \mathcal{M} \\
&\quad \text{SINR}_{im} \geq \gamma_{im}, \forall i \in \mathcal{U}_m^I, \forall m \in \mathcal{M}, \\
&\quad \sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \|\mathbf{w}_{km}\|^2 + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \|\mathbf{v}_{lm}\|^2 \leq P_{T,m}, \forall m \in \mathcal{M}
\end{aligned}$$

[98] 여기서,

$$\hat{U}(\rho_{lm}) \triangleq$$

$$\frac{M_{lm}}{1 - \Omega_{lm}}$$

$$\left(\frac{1}{1 + \exp(-a_{lm}(\rho_{lm} - b_{lm}))} - \Omega_{lm} \right)$$

을 의미할 수 있다.

[99] 이로부터, [수학식 21]가 산출될 수 있다.

[100] [수식21]

$$\max_{\{\mathbf{W}_{km}, \mathbf{V}_{lm}, \rho_{lm}\}} \sum_{m \in \mathcal{M}} \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \hat{U}_{LB}^{(t)}(\rho_{lm}) - \hat{q} U_{TP}(\{\mathbf{W}_{km}, \mathbf{V}_{lm}\})$$

$$s.t. \quad \widehat{\text{SINR}}_{im}^{SDR} \geq \gamma_{im}, \forall i \in \mathcal{U}_m^I, \forall m \in \mathcal{M},$$

$$\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \text{tr}(\mathbf{W}_{km}) + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \text{tr}(\mathbf{V}_{lm}) \leq P_{T,m}, \forall m \in \mathcal{M},$$

$$\sum_{n \in \mathcal{M}} \left(\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \text{tr}(\hat{\mathbf{G}}_{jmn} \mathbf{W}_{kn}) + \sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \text{tr}(\hat{\mathbf{G}}_{jmn} \mathbf{V}_{ln}) \right) \geq \rho_{jm}, \forall j \in \mathcal{U}_m^E, \forall m \in \mathcal{M}$$

[101] 여기서,

$$\mathbf{w}_{km} \triangleq \mathbf{w}_{km} \mathbf{w}_{km}^H$$

을 의미할 수 있고,

$$\mathbf{v}_{lm} \triangleq \mathbf{v}_{lm} \mathbf{v}_{lm}^H$$

을 의미할 수 있고,

$$U_{TP}$$

({

$$\mathbf{w}_{km}, \mathbf{v}_{lm}$$

})

$$\triangleq$$

$$\sum_{m \in \mathcal{M}} (\sum_{k \in \mathcal{U}_m^I} \text{tr}(\mathbf{w}_{km}) +$$

$$\sum_{l \in \mathcal{U}_m^E} \text{tr}(\mathbf{v}_{lm}) + P_{C,m})$$

을 의미할 수 있고,

$$\hat{\mathbf{G}}_{jm} \triangleq \mathbf{g}_{jmn} \mathbf{g}_{jmn}^H$$

,

$$\forall l, j \in \mathcal{U}_m^E$$

$$\forall m, n \in M$$

을 의미할 수 있고,

$$\widehat{SINR}_{im}^{SDR}$$

은 아래 [수학식 22]을 이용하여 산출할 수 있다.

[102] [수식22]

$$\widehat{SINR}_{im}^{SDR} = \frac{\text{tr}(\mathbf{H}_{imm} \mathbf{W}_{im})}{\sum_{k \in \mathcal{U}_m^L \setminus \{i\}} \text{tr}(\mathbf{H}_{imm} \mathbf{W}_{km}) + \sum_{n \in \mathcal{M} \setminus \{m\}} \sum_{k \in \mathcal{U}_n^L} \text{tr}(\mathbf{H}_{imn} \mathbf{W}_{kn}) + \sum_{n \in \mathcal{M}} \sum_{l \in \mathcal{U}_n^E} \text{tr}(\mathbf{H}_{imn} \mathbf{V}_{ln}) + \sigma_{im}^2}$$

[103] 이로부터, 정리된 Centralized 알고리즘은 아래 [표 1]과 같다.

[104] [표1]

Algorithm 1 : Centralized algorithm for the non-linear EH model

- 1: Set $\hat{q} = 0$.
 - 2: Initialize $t = 0$ and $\{\rho_{lm}^{(t)}\} = 0$.
 - 3: Let $t \leftarrow t + 1$. Solve the problem [수학식 22] for a given $\hat{q}$, and obtain $\{\rho_{lm}^{(t)}\}$.
 - 4: If $\{\rho_{lm}^{(t)}\}$ converge, return $\{\mathbf{W}_{km}^*\}$ and go to step 5. Otherwise, go back to step 3.
 - 5: Compute $\{\mathbf{w}_{km}^*\}$ by EVD of $\{\mathbf{W}_{km}^*\}$ and set $\{\mathbf{v}_{lm}^*\} = 0$.
 - 6: If $U(\{\mathbf{w}_{km}^*, \mathbf{v}_{lm}^*\}) - \hat{q} U_{TP}(\{\mathbf{w}_{km}^*, \mathbf{v}_{lm}^*\})$ converges, return $\{\mathbf{w}_{km}^*, \mathbf{v}_{lm}^*\}$ and then stop.
Otherwise, update $\hat{q} = \frac{U(\{\mathbf{w}_{km}^*, \mathbf{v}_{lm}^*\})}{U_{TP}(\{\mathbf{w}_{km}^*, \mathbf{v}_{lm}^*\})}$ and go back to step 2.
-

[105] $\hat{q} = 0$ 으로 설정하고, $t=0$, $\{\rho_{lm}^{(t)}\}=0$ 으로 초기화한 뒤 t 값을 '1'씩 증가시키면서

[수학식 21]를 풀어나갈 수 있고, 만약 $\{\rho_{lm}^{(t)}\}$ 가 수렴되면, 5단계를 수행하여 $\{\mathbf{W}_{km}^*\}$ 을 풀어나갈 수 있으나 그렇지 않으면 3단계를 재수행할 수 있다.

[106] 5단계 수행 후 $U(\{\mathbf{w}_{km}^*, \mathbf{v}_{lm}^*\}) - \hat{q} U_{TP}(\{\mathbf{w}_{km}^*, \mathbf{v}_{lm}^*\})$ 가 수렴된다면

해당 수학식의 풀이를 중단할 수 있으나 그렇지 않다면 2단계로 돌아가

$$\hat{q} = \frac{U(\{\mathbf{w}_{km}^*, \mathbf{v}_{lm}^*\})}{U_{TP}(\{\mathbf{w}_{km}^*, \mathbf{v}_{lm}^*\})} \text{를 업데이트할 수 있다.}$$

[107] 결합부(159)는 제1 도출부(151)에서 도출한 선형 에너지 수확량(E_{jm}^{Linear})과

제2 도출부에서 도출한 비선형 에너지 수확량($E_{jm}^{Non-linear}$)을 이용하여 총

에너지 수확량(E_{jm})을 도출할 수 있다.

[108]

[109] 이하에서는, 도 3 및 도4를 참조하여 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법을 구체적으로 설명하도록 한다.

- [110] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법을 개략적으로 도시한 흐름도이다.
- [111] 각 셀에 포함된 N_T (여기서, N_T 는 자연수)개의 안테나를 가진 기지국(BS, Base Station)에서 다수의 정보유저와 다수의 에너지유저에게 전송하는 송신신호를 도출할 수 있다(S1100).
- [112] 여기서, 셀은 m (여기서, m 은 자연수)개로 구성될 수 있으며 N_T (여기서, N_T 는 자연수)개의 안테나를 가진 하나의 기지국, 다수의 정보유저 및 다수의 에너지유저를 포함할 수 있다.
- [113] 기지국은 N_T (여기서, N_T 는 자연수)개의 안테나를 이용하여 단일 안테나를 가진 다수의 정보유저와 다수의 에너지유저에게 각각 정보와 전력을 동시에 전송할 수 있다.
- [114] m (여기서, m 은 자연수)번째 기지국에서 정보 신호 및 에너지 신호를 수신하는 정보유저 및 에너지유저들은 각각 안테나로부터 수신된 수신신호(y_{im}^I, y_{jm}^E)를 도출할 수 있다.
- [115] m (여기서, m 은 자연수)번째 기지국에서 정보 신호를 수신하는 다수의 정보유저 중에서 i (여기서, i 는 자연수)번째 정보유저의 잡음은 도출된 수신신호(y_{im}^I)로부터 추출할 수 있다.
- [116] 추출된 잡음으로부터 m 번째 셀의 i 번째 정보유저의 수신신호에 대한 잡음파워(σ_{im}^2)를 도출할 수 있고, 도출된 잡음파워(σ_{im}^2)를 이용하여 m 번째 셀의 i 번째 정보유저의 잡음비($SINR_{im}$, signal-to-interference-plus-noise ratio)를 도출할 수 있다(S1500).
- [117] 한편, m (여기서, m 은 자연수)번째 기지국에서 에너지 신호를 수신하는 다수의 에너지유저 중에서 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저의 수신신호(y_{jm}^E)를 이용하여 에너지 수확량을 도출할 수 있다(S1500).
- [118] 여기서, 에너지유저의 에너지 수확량은 m (여기서, m 은 자연수)번째 셀의 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저의 선형 에너지 수확량(E_{jm}^{Linear}) 및 비선형 에너지 수확량($E_{jm}^{Non-linear}$)을 이용하여 도출할 수 있다.
- [119] N_T (여기서, N_T 는 자연수)개의 안테나를 가진 기지국들의 송신신호의 전력(P_{total})과 에너지유저의 총 에너지 수확량(E_{jm})을 이용하여 에너지 효율적인 빔포밍(EHE, Energy Harvesting Efficiency)을 생성할 수 있다(S1700).
- [120] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 빔포밍 생성 장치(100)의 최대 에너지 효율적인 빔포밍은 기지국에서의 송신파워에 대한 에너지유저들의 총 에너지 수확량을

의미할 수 있다.

- [121] 도 4는 도 3의 에너지 수확량을 도출하는 과정을 자세히 도시한 흐름도이다.
- [122] 에너지 신호를 수신받은 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 다수의 에너지유저 중에서 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저를 선형모델에 적용할 수 있다(S1310).
- [123] m 번째 셀의 j 번째 에너지유저가 안테나로부터 수신되는 수신신호의 전력(p_{jm}^{EH}) 및 전력 변환 효율(η_{jm})을 이용하여 선형 에너지 수확량(E_{jm}^{Linear})을 도출할 수 있다(S1330).
- [124] 여기서, 전력 변환 효율(η_{jm})은 m 번째 셀의 j 번째 에너지유저가 안테나로부터 수신한 RF 신호(radio frequency signal)를 전력으로 바꾸는 효율을 나타내는 0과 1사이의 양수를 의미할 수 있다.
- [125] 선형 에너지 수확량(E_{jm}^{Linear})을 도출한 후, 에너지 신호를 수신받은 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 다수의 에너지유저 중에서 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저를 비선형모델에 적용할 수 있다(S1350).
- [126] m 번째 셀의 j 번째 에너지유저의 최대 에너지 수확량(M_{jm}), 충전속도(a_{jm} , charging rate) 및 민감도(b_{jm} , sensitivity)를 이용하여 비선형 에너지 수확량($E_{jm}^{Non-linear}$)을 도출할 수 있다(S1370).
- [127] 도출된 선형 에너지 수확량 및 비선형 에너지 수확량($E_{jm}^{Non-linear}$)을 이용하여 m 번째 셀의 j 번째 에너지유저에 대한 총 에너지 수확량(E_{jm})을 도출할 수 있다(S1390).
- [128]
- [129] 이하에서는, 도 5 내지 도 7을 참조하여 본 발명이 제안하는 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법의 실시예를 설명하기로 한다.
- [130] 도 5는 본 발명이 제안하는 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템(10)에서의 빔포밍 생성 장치를 적용한 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템(10)의 예를 나타낸 예시도이다.
- [131] 본 발명은 다중사용자 무선 정보 및 전력 동시전송 시스템(10)을 고려한 빔포밍 생성 장치(100)로서, N_T (여기서, N_T 는 자연수)개의 안테나를 가진 기지국은 단일안테나를 가진 다수의 정보유저와 다수의 에너지유저에게 각각 정보와 에너지를 동시에 전송할 수 있다.
- [132] 즉, N_T (여기서, N_T 는 자연수)개의 안테나를 포함한 기지국은 m (여기서, m 은 자연수)개의 기지국(50a, ..., 50m)들로 구성될 수 있고, 각 기지국(50a, ..., 50m)는 정보 신호 또는 에너지 신호를 송신할 수 있는 범위에 포함하는 다수의

정보유저(70a, ..., 70i) 또는 에너지유저(30a, ..., 30j)에게 정보 신호 또는 에너지 신호를 송신할 수 있다.

[133] 예를 들어, 하나의 기지국(50a)는 정보 신호를 송신할 수 있는 범위에 포함된 정보유저의 집합(U_1^I ID user)에 포함된 i (여기서, i 는 자연수)개의 정보유저($70a_1, \dots, 70i_1$)에 정보 신호를 송신할 수 있다.

[134] 하나의 기지국(50a)는 에너지 신호를 송신할 수 있는 범위에 포함된 에너지유저의 집합(U_1^E EH user)에 포함된 j (여기서, j 는 자연수)개의 에너지유저($30a_1, \dots, 30j_1$)에 에너지 신호를 송신할 수 있다

[135] 또한, 본 발명은 정보유저의 QoS(quality of service)를 만족시키면서, 송신전력을 고려하여 에너지유저의 성능을 최대화할 수 있고, 에너지 수확량을 도출함에 있어서 선형모델뿐만 아니라 비선형모델을 고려하여 도출할 수 있다.

[136] 에너지 수확량을 도출하기 위하여 에너지유저의 수신신호를 선형모델과 비선형모델에 적용한 결과는 도 6 및 도 7을 참조하여 설명하기로 한다.

[137] 도 6 및 도 7은 본 발명이 제안하는 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템(10)에서의 빔포밍 생성 방법을 각각 선형모델 및 비선형모델에 적용한 결과를 나타낸 도면이다.

[138] 도 6을 참조하면, 본 발명이 제안하는 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템(10)에서의 빔포밍 생성 방법과 max-HE([수학식 9]의 EHE의 분자만 최대화 시키는 기법)이 유사하게 생성되는 것을 확인할 수 있다.

[139] 그러나, 송신파워가 증가할수록 본 발명에서 제안하는 기법이 max-EH기법보다 성능이 좋음을 확인할 수 있다.

[140] 또한, 도 7을 참조하면, 본 발명이 제안하는 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템(10)에서의 빔포밍 생성 방법과 빔포밍 생성 최대값(max-HE)이 유사하지 않게 생성되는 것을 확인할 수 있다.

[141] 본 발명이 제안하는 빔포밍 생성 방법으로 도출한 비선형 에너지 수확량($E_{jm}^{Non-linear}$)이 max-HE기법보다 큰 값으로 생성되는 이유는 안테나의 송신신호의 전력을 송신함에 있어서 max-HE기법이 본 발명에서 제안된 기법보다 소비하는 전력이 크기 때문이다.

[142] 전술한 바와 같이, 본 발명의 빔포밍 생성 방법은 정보유저의 QoS(Quality of Service)와 송신파워 제한을 만족시킴과 동시에 에너지유저들의 에너지 수확량을 최대화시키면서 기지국의 송신파워를 최소화시키는 효과를 향상시킬 수 있다.

[143] 이와 같은, 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법은 어플리케이션으로 구현되거나 다양한 컴퓨터 구성요소를 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령어의 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에

기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체는 프로그램 명령어, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다.

[144] 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록되는 프로그램 명령어는 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나와 컴퓨터 소프트웨어 분야의 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[145] 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체의 예에는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM, DVD 와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령어를 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다.

[146] 프로그램 명령어의 예에는, 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드 뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드도 포함된다. 상기 하드웨어 장치는 본 발명에 따른 처리를 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[147] 이상에서는 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

[148] [부호의 설명]

[149] 10: 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템

[150] 100: 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 장치

[151] 110: 신호도출부

[152] 130: 잡음도출부

[153] 150: 수확량 도출부

[154] 151: 제1 도출부

[155] 155: 제2 도출부

[156] 159: 결합부

[157] 170: 포밍생성부

[158] 30a, ... , 30j: 에너지유저

[159] 50a, ... , 50m: 안테나

[160] 70a, ... , 70i: 정보유저

청구범위

- [청구항 1] 각 셀에 포함된 N_T (여기서, N_T 는 자연수)개의 안테나를 가진
 기지국에서 다수의 정보유저와 다수의 에너지유저에게 전송하는
 송신신호를 도출하고,
 m (여기서, m 은 자연수)번째 셀에 포함된 i (여기서, i 는 자연수)번째
 정보유저의 잡음파워를 이용하여 상기 각 i (여기서, i 는 자연수)번째
 정보유저의 잡음비(SINR)를 도출하고,
 상기 m (여기서, m 은 자연수)번째 셀에 포함된 j (여기서, j 는 자연수)번째
 에너지유저의 에너지 수확량을 도출하고,
 상기 기지국에서의 송신신호 전력과 상기 기지국으로부터 송신신호를
 수신하는 상기 다수의 에너지유저의 총 에너지 수확량을 이용하여
 빔포밍을 생성하는, 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍
 생성 방법.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
 상기 에너지 수확량을 도출하는 것은,
 상기 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 j (여기서, j 는 자연수)번째
 에너지유저를 선형모델에 적용하여 선형 에너지 수확량을 도출하고,
 상기 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 j (여기서, j 는 자연수)번째
 에너지유저를 비선형모델에 적용하여 비선형 에너지 수확량을 도출하고,
 상기 도출된 선형 및 비선형 에너지 수확량을 이용하여 상기
 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저에
 대한 에너지 수확량을 도출하는, 무선 정보 및 전력 동시 전송
 시스템에서의 빔포밍 생성 방법.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서,
 상기 선형 에너지 수확량을 도출하는 것은,
 상기 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 j (여기서, j 는 자연수)번째
 에너지유저의 수신신호 전력(p_{jm}^E) 및 전력 변환 효율(η_{jm})을 이용하여
 도출하는, 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법.
- [청구항 4] 제 2 항에 있어서,
 상기 비선형 에너지 수확량을 도출하는 것은,
 상기 비선형모델의 파라미터인 상기 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의
 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저의 최대 에너지 수확량(M_{jm}),
 충전속도(a_{jm}) 및 민감도(b_{jm})를 이용하여 도출하는, 무선 정보 및 전력
 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 방법.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,

상기 빔포밍을 생성하는 것은,
 상기 기지국의 송신신호 전력과 상기 에너지유저의 총 에너지 수확량을
 상기 정보유저의 서비스(QoS: Quality of Service)를 기반으로 하여
 비선형적으로 최적화하는, 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의
 빔포밍 생성 방법.

[청구항 6] 제 1 항에 따른 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성
 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한
 기록 매체.

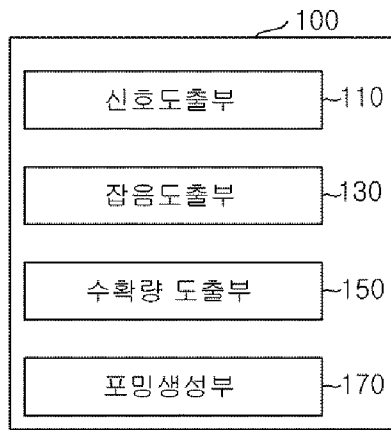
[청구항 7] 각 셀에 포함된 N_T (여기서, N_T 는 자연수)개의 안테나를 가진
 기지국에서 다수의 정보유저와 다수의 에너지유저에게 전송하는
 송신신호를 도출하는 신호도출부;
 m (여기서, m 은 자연수)번째 셀에 포함된 i (여기서, i 는 자연수)번째
 정보유저의 잡음파워를 이용하여 상기 각 i (여기서, i 는 자연수)번째
 정보유저의 잡음비(SINR)를 도출하는 잡음도출부;
 상기 m (여기서, m 은 자연수)번째 셀에 포함된 j (여기서, j 는 자연수)번째
 에너지유저의 에너지 수확량을 도출하는 수확량 도출부; 및
 상기 신호도출부에서 도출한 송신신호 전력과 상기 수확량 도출부에서
 도출한 에너지 수확량으로부터 도출되는 상기 다수의 에너지유저의 총
 에너지 수확량을 이용하여 빔포밍을 생성하는 포밍생성부;를 포함하는,
 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 장치.

[청구항 8] 제 7 항에 있어서,
 상기 수확량 도출부는,
 상기 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 j (여기서, j 는 자연수)번째
 에너지유저를 선형모델에 적용하여 선형 에너지 수확량을 도출하는 제1
 도출부;
 상기 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 j (여기서, j 는 자연수)번째
 에너지유저를 비선형모델에 적용하여 비선형 에너지 수확량을 도출하는
 제2 도출부; 및
 상기 도출된 선형 및 비선형 에너지 수확량을 이용하여 상기
 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저에
 대한 에너지 수확량을 도출하는 결합부;를 포함하는, 무선 정보 및 전력
 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 장치.

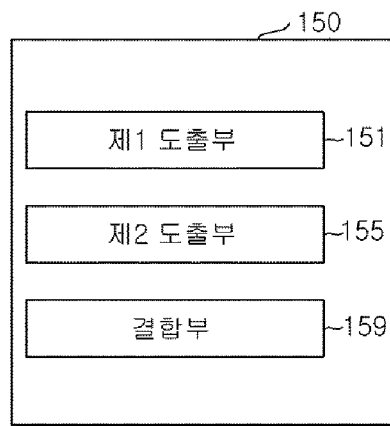
[청구항 9] 제 8 항에 있어서,
 상기 제1 도출부는,
 상기 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 j (여기서, j 는 자연수)번째
 에너지유저의 수신신호 전력(p_{jm}^E) 및 전력 변환 효율(η_{jm})을 이용하여

- [청구항 10] 도출하는, 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 장치.
제 8 항에 있어서,
상기 제2 도출부는,
상기 비선형모델의 파라미터인 상기 m 번째(여기서, m 은 자연수) 셀의 j (여기서, j 는 자연수)번째 에너지유저의 최대 에너지 수확량(M_{jm}),
충전속도(a_{jm}) 및 민감도(b_{jm})를 이용하여 도출하는, 무선 정보 및 전력
동시 전송 시스템에서의 빔포밍 생성 장치.
- [청구항 11] 제 1 항에 있어서,
상기 포밍생성부는,
상기 기지국의 송신신호 전력과 상기 에너지유저의 총 에너지 수확량을
상기 정보유저의 서비스(QoS: Quality of Service)를 기반으로 하여
비선형적으로 최적화하는, 무선 정보 및 전력 동시 전송 시스템에서의
빔포밍 생성 장치.

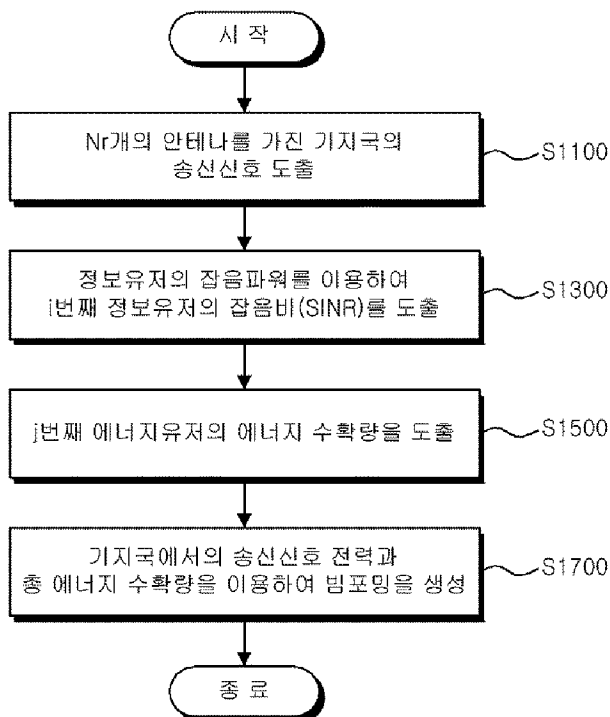
[도1]



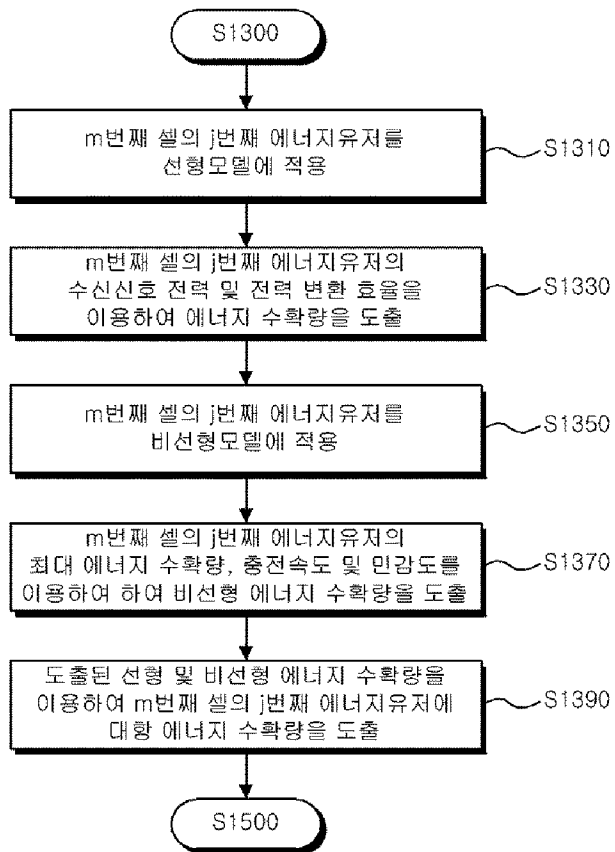
[도2]



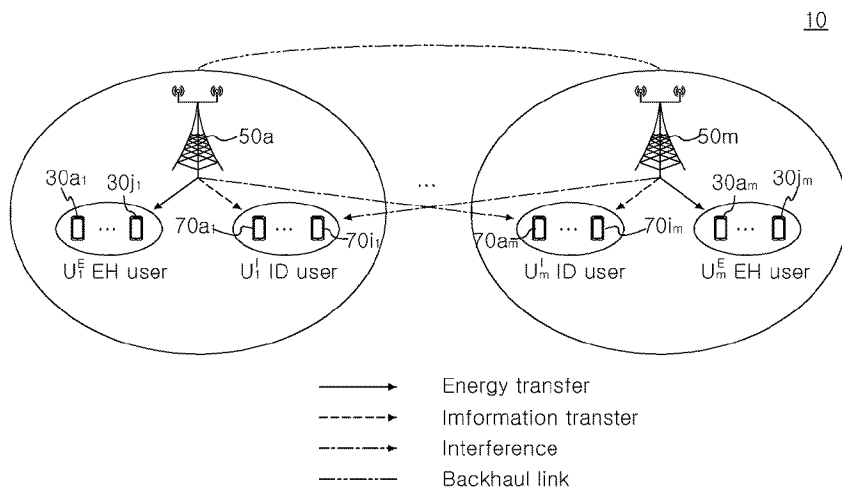
[도3]



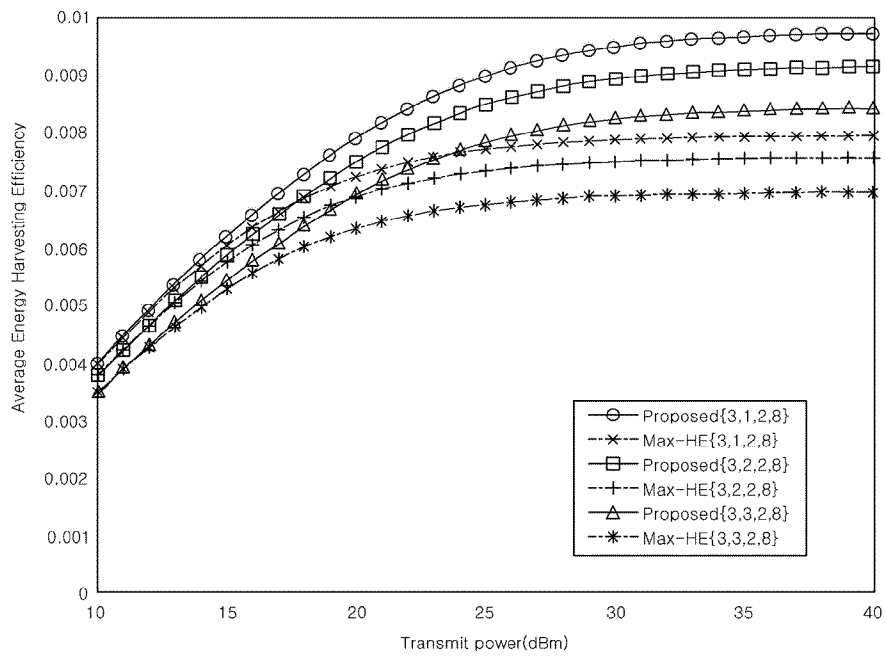
[도4]



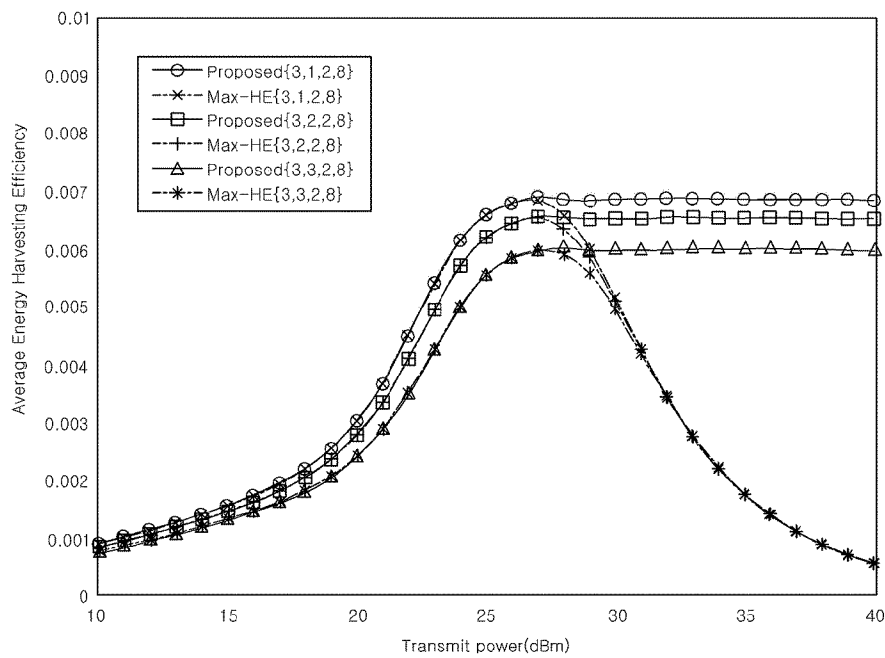
[도5]



[도6]



[도7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/005399

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/06(2006.01)i, H04B 17/336(2014.01)i, H02J 50/23(2016.01)i, H02J 50/40(2016.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B 7/06; H04L 25/02; H04L 27/26; H04B 17/336; H02J 50/23; H02J 50/40

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above

Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: access point(AP), cell, information user, energy user, signal to interference plus noise ratio(SINR), transmission signal, power, harvest, beamforming

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JANG, Seokju et al. Energy Efficient SWIPT Systems in Multi-cell MISO Networks. DOI 10.1109/TWC.2018.2874646. IEEE Transactions on Wireless Communications. 16 October 2018 See pages 1-13.	1-11
X	XU, Jie et al. Multiuser MISO Beamforming for Simultaneous Wireless Information and Power Transfer. arXiv:1303.1911v3. [cs.IT]. 16 January 2014 See abstract; and pages 1-30.	1,6-7
A	WANG, Shuai et al. Space-Time Signal Optimization for SWIPT: Linear Versus Nonlinear Energy Harvesting Model. IEEE COMMUNICATIONS LETTERS. VOL. 22, Issue 2, February 2018 [retrieved on 04 July 2019]. Retrieved from the Internet: <http://hub.hku.hk/bitstream/10722/259295/1/content.pdf>. See pages 408-411.	1-11
A	BOSHKOVSKA, Elena. Practical Non-Linear Energy Harvesting Model and Resource Allocation for SWIPT Systems. arXiv:1602.00833. [cs.IT]. 02 February 2016 See pages 1-29.	1-11
A	KR 10-2018-0010057 A (RESEARCH & BUSINESS FOUNDATION SUNGKYUNKWAN UNIVERSITY) 30 January 2018 See paragraphs [0021]-[0056]; and figure 1.	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 AUGUST 2019 (06.08.2019)

Date of mailing of the international search report

06 AUGUST 2019 (06.08.2019)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2019/005399

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2018-0010057 A	30/01/2018	KR 10-1829625 B1 US 2018-0026820 A1	19/02/2018 25/01/2018

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H04B 7/06(2006.01)i, H04B 17/336(2014.01)i, H02J 50/23(2016.01)i, H02J 50/40(2016.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H04B 7/06; H04L 25/02; H04L 27/26; H04B 17/336; H02J 50/23; H02J 50/40

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 기지국(AP), 셀(cell), 정보유저(information user), 에너지유저(energy user), 잡음비(SINR), 송신신호(transmission signal), 전력(power), 수확량(harvest), 빔포밍(beamforming)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	SEOKJU JANG 등, `Energy Efficient SWIPT Systems in Multi-cell MISO Networks`, DOI 10.1109/TWC.2018.2874646, IEEE Transactions on Wireless Communications, 2018.10.16 페이지 1-13 참조.	1-11
X	JIE XU 등, `Multiuser MISO Beamforming for Simultaneous Wireless Information and Power Transfer`, arXiv:1303.1911v3, [cs.IT], 2014.01.16 요약; 및 페이지 1-30 참조.	1,6-7
A	SHUAI WANG 등, `Space-Time Signal Optimization for SWIPT: Linear Versus Nonlinear Energy Harvesting Model`, IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, VOL. 22, Issue 2, 2018.02 [retrieved on 2019.07.04]. Retrieved from the Internet: <http://hub.hku.hk/bitstream/10722/259295/1/content.pdf>. 페이지 408-411 참조.	1-11
A	ELENA BOSHKOVSKA, `Practical Non-Linear Energy Harvesting Model and Resource Allocation in SWIPT Systems`, arXiv:1602.00833, [cs.IT], 2016.02.02 페이지 1-29 참조.	1-11
A	KR 10-2018-0010057 A (성균관대학교산학협력단) 2018.01.30 단락 [0021]-[0056]; 및 도면 1 참조.	1-11

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2019년 08월 06일 (06.08.2019)

국제조사보고서 발송일

2019년 08월 06일 (06.08.2019)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

강희국

전화번호 +82-42-481-8264



국제조사보고서에서
인용된 특허문헌

공개일

대응특허문헌

공개일

KR 10-2018-0010057 A

2018/01/30

KR 10-1829625 B1

2018/02/19

US 2018-0026820 A1

2018/01/25