

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(10) 국제공개번호

(43) 국제공개일
2019년 7월 18일 (18.07.2019) WIPO | PCT

WO 2019/139197 A1

- (51) 국제특허분류:
H04B 7/155 (2006.01) H04B 17/336 (2014.01)
H04B 7/06 (2006.01) H02J 50/20 (2016.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2018/001000
- (22) 국제출원일: 2018년 1월 23일 (23.01.2018)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2018-0004620 2018년 1월 12일 (12.01.2018) KR
- (71) 출원인: 한밭대학교 산학협력단 (HANBAT NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION) [KR/KR]; 34158 대전시 유성구 동서대로 125, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 이경재 (LEE, Kyoung-Jae); 34207 대전시 유성구 학하로 33, 107동 2402호, Daejeon (KR). 아시두테크 콤팩트 (ASIEDU, Derek Kwaku Pobi); 34159 대전시 유성구 학하로121번길 165, 106호, Daejeon (KR).
- (74) 대리인: 이은철 (LEE, Un Cheol); 06133 서울시 강남구 테헤란로 123, 11층 5T국제특허법률사무소, 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.

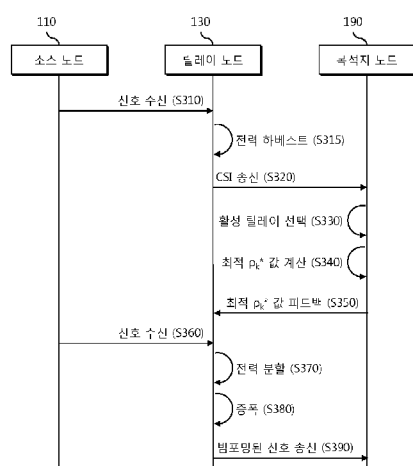
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, 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 APPARATUS AND METHOD FOR SIMULTANEOUS WIRELESS INFORMATION AND POWER TRANSFER FOR MULTIPLE RELAYS

(54) 발명의 명칭: 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치 및 방법



110 ... Source node
130 ... Relay node
190 ... Destination node
S310, S360 ... Receive signal
S315 ... Harvest power
S320 ... Transmit CSI
S330 ... Select active relay
S340 ... Calculate optimal p_k^* value
S350 ... Feedback optimal p_k^* value
S370 ... Split power
S380 ... Amplify
S390 ... Transmit beamformed signal

(57) Abstract: Disclosed is a beamforming scheme for simultaneous wireless information and power transfer for multiple relays. The present invention relates to a beamforming scheme for simultaneous wireless information and power transfer (SWIPT) in an amplify-and-forward (AF) multiple relay system, the scheme comprising the steps of: (a) selecting K relay nodes for which a destination node is activated; (b) calculating an optimal power split ratio of each relay node for which the destination node is activated; (c) feeding back the optimal power split ratio to each relay node for which the destination node is activated; and (d) power splitting and amplifying a signal transmitted from a source node by using the optimal power split ratio that each relay node has received from the destination node, and then transmitting the signal to the destination node. According to the present invention, a good channel capacity can be obtained by optimizing a power split ratio (PS ratio) for the SWIPT in the AF multiple relay system.

(57) 요약서: 본 발명에서는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 기법을 개시한다. 본 발명은, 증폭 후 전달(AF) 다중 릴레이 시스템에서 무선전력 및 정보 동시전송(SWIPT)을 위한 빔포밍 기법에 있어서, (a) 목적지 노드가 활성화된 K 개의 릴레이 노드를 선택하는 단계와, (b) 목적지 노드가 활성화된 각 릴레이 노드의 최적 전력분할비율을 계산하는 단계와, (c) 목적지 노드가 활성화된 각 릴레이 노드로 최적 전력분할비율을 피드백하는 단계와, (d) 각 릴레이 노드가 목적지 노드로부터 전달받은 최적 전력분할비율을 이용하여, 소스 노드로부터 전송된 신호를 전력분할하고 증폭한 후 목적지노드로 전송하는 단계를 포함한다. 본 발명에 의하면, AF 다중 릴레이 시스템에서 SWIPT를 위해 전력분할비율(PS ratio)을 최적화하여 양호한 채널용량을 얻을 수 있다.

WO 2019/139197 A1

명세서

발명의 명칭: 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치 및 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 AF 다중 릴레이 시스템에서 SWIPT를 위해 전력분할비율(PS ratio)을 최적화하여 양호한 채널용량을 얻을 수 있는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치 및 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명에서는 서브그래디언트 방법을 이용하여 양호한 SNR을 얻을 수 있어서 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍에 유용하게 활용될 수 있다.

배경기술

- [2] 무선 통신에서 릴레이는 셀룰러 네트워크의 통신영역을 확장시키고, 성능을 향상시키기 위한 유망한 솔루션으로 여겨진다.
- [3] 릴레이 노드로 때로는 비활성 중인 고객 단말기를 이용할 수 있다. 이러한 경우, 릴레이 노드(relay node)로 동작하도록 선택된 고객 단말기는 소스 노드(source node)와 목적지 노드(destination node) 간의 통신을 위해 자신의 전력을 소비하게 된다. 그러나 선택된 고객은 단말기의 배터리 에너지를 희생하는 것을 원하지 않기 때문에, 무선으로 전력도 전송될 필요가 있다.
- [4] 한편, 무선 전력 통신 네트워크(wireless powered communication network; WPCN)에서는 릴레이 노드의 배터리는 무선 전력 전송(wireless powered transfer; WPT)에 의해 충전될 수 있다. 주기적 배터리 교환 또는 무선 통신 노드에서 재충전을 제외하고, WPCN은 기기 수명을 향상시키고, 네트워크 에너지 소비를 줄이고, 결과적으로 종래의 무선통신 네트워크보다 고성능을 얻을 수 있다.
- [5] WPCN에서 무선통신 노드가 전력과 정보를 동시에 전송하는 기술을 무선전력 및 정보 동시전송(simultaneous wireless information and power transfer; SWIPT)이라 한다. WPCN, WPT 및 SWIPT 시스템의 구현과 이러한 시스템의 잠재적 이익을 이용하기 위한 연구개발이 진행되고 있다.
- [6] 최근, SWIPT의 아이디어는 비재생성(non-regenerative) 및 재생성(regenerative) 릴레이 시스템으로 확장되고 있다. 비재생성 릴레이 시스템의 경우, 각 릴레이는 받은 신호를 디코딩하지 않고 그대로 전달한다. 재생성 릴레이 시스템의 경우, 각 릴레이는 받은 신호를 우선 디코딩하고, 디코딩된 메시지를 기반으로 전송신호를 생성한다.
- [7] 비재생성 및 재생성 릴레이 시스템의 협조에 대한 연구는 증폭 후 전달(amplify-and-forward; AF) 및 복호 후 전달(decode-and-forward; DF) 규약으로 집중된다. AF와 DF 시스템에 대해, 시간 전환(time switching; TS)과 전력

분할(power splitting; PS)에 기반한 릴레이 규약이 특별히 연구되고 있다.

- [8] Y. Jing and H. Jafarkhani, "Network beamforming using relays with perfect channel information," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 55, pp. 2499-2517, June 2009.에서는 SWIPT 시스템이 아닌 다중 릴레이 시스템에서의 빔포밍이 개시되었다. 채널상태정보(channel state information; CSI)와 노이즈 전력에 기초하여 각 릴레이 노드에서의 전송 전력을 조정함으로써, 목적지 노드에서 신호대 잡음비(signal-to-noise ratio; SNR)를 최대화한다.
- [9] 한국등록특허공보 제10-1710012호 "수신기에서의 에너지 하베스팅 방법 및 상기 방법을 사용하는 수신기, 및 이를 위한 블라인드 변조방식 검출 방법 및 장치"에서는 SWIPT 시스템의 수신기에서의 에너지 하베스팅(energy harvesting; EH) 방법이 개시되었다.
- [10] 그러나 SWIPT 시스템을 이용한 AF 다중 릴레이 시스템에 대해서는 추가적인 연구가 필요한 실정이다.
- [11] [선행기술문헌]
- [12] [특허문헌]
- [13] (특허문헌 1) 한국등록특허공보 제10-1710012호 "수신기에서의 에너지 하베스팅 방법 및 상기 방법을 사용하는 수신기, 및 이를 위한 블라인드 변조방식 검출 방법 및 장치"
- [14] [비특허문헌]
- [15] (비특허문헌 1) Y. Jing and H. Jafarkhani, "Network beamforming using relays with perfect channel information," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 55, pp. 2499-2517, June 2009.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [16] 본 발명의 목적은, 우수한 채널용량을 가지는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치 및 방법을 제공하는 것이다.
- [17] 본 발명의 다른 목적은, 릴레이 수의 증가하여도 적용할 수 있는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치 및 방법을 제공하는 것이다.
- [18] 본 발명의 목적은 이상에서 언급된 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [19] 상기 목적을 이루기 위한 하나의 양태에 따르면, 본 발명은 다중 릴레이 시스템에서 목적지 노드의 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 방법에 있어서, (a) 활성화된 각 릴레이 노드의 채널상태정보를 이용하여 최적 전력분할비율을 계산하는 단계; 및 (b) 활성화된 각 릴레이 노드가 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 빔포밍 신호를 생성하도록, 상기 최적 전력분할비율을 각 릴레이 노드로 송신하는 단계;를 포함한다.

- [20] 상기 (a)단계는, (a-1) 활성화된 각 릴레이 노드에 대해, 전력 조절 요소(α_k) 값을 1로 설정하는 단계; (a-2) 활성화된 각 릴레이 노드에 대해서, 전력분할비율(ρ_k) 초기값으로 전력분할비율 벡터(Δ_0)를 초기화하는 단계; 및 (a-3) 전력분할비율 벡터(Δ_n)에 대해, 신호대 잡음비 $\gamma(\Delta_n)$ 를 최대화 시키도록 경사하강법을 적용하여 최적의 전력분할비율(ρ_k^*)을 구하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [21] 상기 전력분할비율(ρ_k) 초기값은, 다음 식을 만족할 수 있다.
- [22]
- $$\frac{P_{C,k}}{\beta_k P_T |h_k|^2} < \rho_k < 1$$
- [23] (여기에서, $P_{C,k}$ 는 정보인식(ID)을 위해 소모되는 회로의 전력이고, β_k 는 에너지 하베스트(EH) 효율을 나타내고 $0 \leq \beta_k \leq 1$ 이며, P_T 는 소스 노드 S 에서 전송된 전력이고, h_k 는 소스 노드 S 에서 k 번째 릴레이 R_k 로 전송되는 채널 정보이다.)
- [24] 상기 빔포밍 신호는, 릴레이 노드가 소스 노드로부터 전송받은 신호를 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 전력분할한 후, 증폭하여 전송하는 신호일 수 있다.
- [25] 상기 목적을 이루기 위한 다른 양태에 따르면, 본 발명은 다중 릴레이 시스템에서 릴레이 노드의 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 방법에 있어서, (c) 목적지 노드로부터 채널상태정보를 이용한 최적 전력분할비율을 수신하는 단계; 및 (d) 목적지 노드로 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 생성된 빔포밍 신호를 송신하는 단계;를 포함한다.
- [26] 상기 최적 전력분할비율은, 활성화된 각 릴레이 노드에 대해, 전력 조절 요소(α_k) 값을 1로 설정하고, 전력분할비율(ρ_k) 초기값으로 전력분할비율 벡터(Δ_0)를 초기화하고, 전력분할비율 벡터(Δ_n)에 대해 신호대 잡음비 $\gamma(\Delta_n)$ 를 최대화 시키도록 경사하강법을 적용하여 구할 수 있다.
- [27] 상기 전력분할비율(ρ_k) 초기값은, 다음 식을 만족할 수 있다.
- [28]
- $$\frac{P_{C,k}}{\beta_k P_T |h_k|^2} < \rho_k < 1$$
- [29] (여기에서, $P_{C,k}$ 는 정보인식(ID)을 위해 소모되는 회로의 전력이고, β_k 는 에너지 하베스트(EH) 효율을 나타내고 $0 \leq \beta_k \leq 1$ 이며, P_T 는 소스 노드 S 에서 전송된 전력이고, h_k 는 소스 노드 S 에서 k 번째 릴레이 R_k 로 전송되는 채널 정보이다.)
- [30] 상기 빔포밍 신호는, 소스 노드로부터 전송받은 신호를 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 전력분할한 후, 증폭하여 전송하는 신호일 수 있다.
- [31] 상기 목적을 이루기 위한 또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 다중 릴레이 시스템에서 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍을 수행하는 목적지 노드 장치에 있어서, 활성화된 각 릴레이 노드의 채널상태정보를 이용하여 최적

전력분할비율을 계산하는 연산부; 및 활성화된 각 릴레이 노드가 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 빔포밍 신호를 생성하도록, 상기 최적 전력분할비율을 각 릴레이 노드로 송신하는 송신부;를 포함한다.

- [32] 상기 연산부는, 활성화된 각 릴레이 노드에 대해, 전력 조절 요소(α_k) 값을 1로 설정하고, 전력분할비율(ρ_k) 초기값으로 전력분할비율 벡터(Δ_0)를 초기화하고, 전력분할비율 벡터(Δ_n)에 대해 신호대 잡음비 $\gamma(\Delta_n)$ 를 최대화 시키도록 경사하강법을 적용하여 최적의 전력분할비율(ρ_k^*)을 구할 수 있다.

- [33] 상기 전력분할비율(ρ_k) 초기값은, 다음 식을 만족할 수 있다.

$$[34] \quad \frac{P_{C,k}}{\beta_k P_T |h_k|^2} < \rho_k < 1$$

- [35] (여기에서, $P_{C,k}$ 는 정보인식(ID)을 위해 소모되는 회로의 전력이고, β_k 는 에너지 하베스트(EH) 효율을 나타내고 $0 \leq \beta_k \leq 1$ 이며, P_T 는 소스 노드 S 에서 전송된 전력이고, h_k 는 소스 노드 S 에서 k 번째 릴레이 R_k 로 전송되는 채널 정보이다.)

- [36] 상기 빔포밍 신호는, 릴레이 노드가 소스 노드로부터 전송받은 신호를 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 전력분할한 후, 증폭하여 전송하는 신호일 수 있다.

- [37] 상기 목적을 이루기 위한 또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 다중 릴레이 시스템에서 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍을 수행하는 릴레이 노드 장치에 있어서, 목적지 노드로부터 최적 전력분할비율을 수신하는 수신부; 및 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 목적지 노드로 전송하는 빔포밍 신호를 생성하는 제어부;를 포함한다.

- [38] 상기 최적 전력분할비율은, 활성화된 각 릴레이 노드에 대해, 전력 조절 요소(α_k) 값을 1로 설정하고, 전력분할비율(ρ_k) 초기값으로 전력분할비율 벡터(Δ_0)를 초기화하고, 전력분할비율 벡터(Δ_n)에 대해 신호대 잡음비 $\gamma(\Delta_n)$ 를 최대화 시키도록 경사하강법을 적용하여 구할 수 있다.

- [39] 상기 전력분할비율(ρ_k) 초기값은, 다음 식을 만족할 수 있다.

$$[40] \quad \frac{P_{C,k}}{\beta_k P_T |h_k|^2} < \rho_k < 1$$

- [41] (여기에서, $P_{C,k}$ 는 정보인식(ID)을 위해 소모되는 회로의 전력이고, β_k 는 에너지 하베스트(EH) 효율을 나타내고 $0 \leq \beta_k \leq 1$ 이며, P_T 는 소스 노드 S 에서 전송된 전력이고, h_k 는 소스 노드 S 에서 k 번째 릴레이 R_k 로 전송되는 채널 정보이다.)

- [42] 상기 제어부는, 소스 노드로부터 전송받은 신호를 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 전력분할한 후, 증폭하여 빔포밍 신호를 생성할 수 있다.

발명의 효과

[43] 본 발명에 따른 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치 및 방법은 최적화 성능이 우수하여, 우수한 채널용량을 얻을 수 있다.

[44] 본 발명에 따른 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치 및 방법은 모든 릴레이의 상태를 고려하여, 릴레이의 개수가 늘어도 우수한 SNR 성능을 보인다.

도면의 간단한 설명

[45] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 빔포밍 방법을 이용하는 다중 릴레이 시스템을 나타내는 개념도이다.

[46] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 빔포밍 방법을 이용하는 릴레이 노드의 동작을 나타내는 개념도이다.

[47] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 빔포밍 방법을 실행하는 흐름도이다.

[48] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 최적 전력분할비율을 구하는 순서도이다.

[49] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 목적지 노드와 릴레이 노드의 구성요소를 나타낸 구성도이다.

[50] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 최적화 방법과 기존 방법들의 전송 SNR에 대한 평균 대역폭 효율을 나타낸 그래프이다.

[51] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 최적화 방법과 기존 방법들의 릴레이 수에 대한 평균 대역폭 효율을 나타낸 그래프이다.

[52] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 최적화 방법과 기존 방법들의 수행 전력에 대한 평균 대역폭 효율을 나타낸 그래프이다.

[53] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 최적화 방법과 기존 방법들의 전송 SNR의 변화에 따른 평균 비트오류율 변화를 나타낸 그래프이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[54] 이하, 첨부한 도면들 및 후술되어 있는 내용을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예들을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시 예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되어지는 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다. 한편, 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급되지 않는 한 복수형도 포함된다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자가 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[55] 이하, 도 1 내지 도 9를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치 및 방법에 대하여 상세히

설명하기로 한다.

- [56] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 빔포밍 방법을 이용하는 다중 릴레이 시스템을 나타내는 개념도이다.
- [57] 도 1을 참조하면, 소스 노드(110)와 목적지 노드(190) 사이에는 총 L 개의 전체 릴레이 노드들이 있다. 소스 노드와 목적지 노드 사이의 통신과 관련된 K 개의 릴레이 노드들(131, 132, ...)은 활성 릴레이 노드(130)이고, 나머지 릴레이 노드들(121, 122, ...)은 비활성 릴레이 노드(120)이다. 소스노드와 목적지 노드 사이에 직접적인 연결은 없다고 가정한다.
- [58] 이하에서 특별한 언급이 없는 경우, 릴레이 노드는 활성 릴레이 노드(130)를 의미한다.
- [59] R_k 는 k 번째 릴레이 노드(130)를 나타내고, h_k 는 소스 노드와 릴레이 노드 사이의 $S-R_k$ 채널을 나타내고, 그리고 g_k 는 릴레이 노드와 목적지 노드 사이의 R_k-D 채널을 나타낸다.
- [60] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 빔포밍 방법을 이용하는 릴레이 노드의 동작을 나타내는 개념도이다.
- [61] 릴레이 노드(130)는 SWIPT PS 시스템을 구비하고 있다. 소스 노드(130)에서 전송된 무선정보 신호는 릴레이 노드(130) R_k 로 전송된다. 무선정보 신호는 릴레이 노드(130) R_k 의 수신 안테나(210)로 수신된다. 수신된 무선 정보 신호는 안테나 노이즈 $n_{A,k}$ 와 결합(215)되어, 입력신호 $x_{in,k}$ 가 입력된다. 릴레이 노드 R_k 는 전송받은 신호를 목적지 노드(190)로 전송하기 위하여, RF신호에서 전력을 하베스트해야 한다.
- [62] 입력된 신호 중 전력분할비율(PS ratio) ρ_k 만큼은 에너지 하베스트 모듈(230)로 입력되어 에너지를 생성한다. 나머지 $1 - \rho_k$ 만큼의 신호는 정보인식(ID) 모듈(220)로 입력된다. 정보인식(ID) 모듈을 가동시키기 위해 필요한 전력 $P_{C,k}$ 는 에너지 하베스트 모듈(230)에서 공급된다. RF밴드를 기준밴드 신호로 변환하는 과정에서 추가적인 노이즈 $n_{p,k}$ 가 결합(225)되어, 재전송을 위한 정보 신호 $x_{id,k}$ 가 형성된다.
- [63] 릴레이 노드(130) R_k 에서 목적지 노드(190)로 정보신호 $x_{id,k}$ 를 재전송하기 위해, 하베스트된 에너지 중에서 정보인식(ID) 모듈에서 사용된 전력 $P_{C,k}$ 를 제외한 나머지 전력 Q_k 를 이용하여 믹싱(240)한다. 최종 출력신호 $x_{out,k}$ 는 전력 조절 요소(power control factor) α_k 와, 위상 맞춤 요소(phase alignment factor) θ_k 를 이용하여 믹싱(250)하여 형성된다. 릴레이 노드는 송신 안테나(260)를 통해서 목적지 노드(190)로 출력신호를 전송한다.
- [64] 이상의 과정을 수학적식을 이용하여 자세히 살펴보면 다음과 같다.
- [65] 소스 노드(110)로부터 릴레이 노드(130) R_k 에 전달된 신호 $x_{in,k}$ 는 수학적식 1로 표현할 수 있다.
- [66] [수학적식 1]

[67]
$$x_{in,k} = \sqrt{P_T} h_k s + n_{A,k}$$

[68] 여기서, P_T 는 소스 노드(110) S 에서 전송된 전력이고, h_k 는 소스 노드 S 에서 k 번째 릴레이 노드(130) R_k 로 전송되는 S - R_k 채널 정보이고, s 는 소스 노드에서 전송되는 신호이고, $n_{A,k}$ 는 소스노드 S 와 릴레이노드 R_k 사이의 안테나 노이즈이다.

[69] 릴레이 노드(130) R_k 에서 수신된 RF신호로부터 재전송을 위해 얻어질 수 있는 하베스트된 전력 Q_k 는 수학식 2와 같이 된다.

[70] [수학식 2]

[71]
$$Q_k = \beta_k \rho_k P_T |h_k|^2 - P_{C,k}$$

[72] 여기서, β_k 는 에너지 하베스트(EH) 효율을 나타내고 $0 \leq \beta_k \leq 1$ 이며, ρ_k 는 전력분할비율(PS ratio)을 나타내고 $0 \leq \rho_k \leq 1$ 이며, $P_{C,k}$ 는 정보인식(ID)을 위해 소모되는 회로의 전력이다.

[73] 만약, 릴레이 노드 R_k 에서 하베스트된 전력이 $P_{C,k}$ 보다 작다면, 즉 $Q_k \leq 0$ 인 경우, 릴레이 노드 R_k 는 동작하지 않게 된다.

[74] 따라서, 활성 릴레이 노드(130)는 다음 식을 만족하여야 하므로, 활성 릴레이 노드(130) 개수 K 는 전체 릴레이 개수 L 보다 작거나 같다($K \leq L$).

[75]
$$\frac{P_{C,k}}{\beta_k P_T |h_k|^2} \leq \rho_k \leq 1$$

[76] 전력분할(PS) 후에 재전송을 위한 정보 신호의 비율은 수학식 3과 같다.

[77] [수학식 3]

[78]
$$x_{id,k} = \sqrt{1 - \rho_k} x_{in,k} + n_{P,k}$$

[79] 여기서, $n_{P,k}$ 는 RF밴드를 기준밴드 신호로 변환할 때 발생하는 추가적인 노이즈이다.

[80] 수학식 1에 수학식 3을 대입하면, 다음 수학식 4를 얻을 수 있다.

[81] [수학식 4]

[82]
$$x_{id,k} = \sqrt{(1 - \rho_k) P_T} h_k s + n_{T,k}$$

[83] 여기서, $n_{T,k}$ 는 전체 노이즈이며, 다음 식으로 주어진다.

[84]
$$n_{T,k} = \sqrt{(1 - \rho_k)} n_{A,k} + n_{P,k}$$

[85] 다중 릴레이 빔포밍을 위해, 비특허문헌 1에서 제시된 빔포밍 디자인을 사용하면, 릴레이 노드(130) R_k 에서 목적지 노드(190) D 로 전송되는 신호는 수학식 5로 나타낼 수 있다.

[86] [수학식 5]

[87]

$$\begin{aligned}
 x_{out,k} &= \frac{\sqrt{P_{R,k}}}{\sqrt{(1-\rho_k)P_T|h_k|^2 + \sigma_{T,k}^2}} x_{id,k} \\
 &= \frac{\alpha_k e^{j\theta_k} \sqrt{Q_k}}{\sqrt{(1-\rho_k)P_T|h_k|^2 + \sigma_{T,k}^2}} \{ \sqrt{(1-\rho_k)P_T} h_k s + n_{T,k} \}
 \end{aligned}$$

[88] 여기서, α_k 와 θ_k 는 네트워크 빔포밍을 위해 비특허문헌 1에서 정의된 것으로, α_k 는 전력 조절 요소(power control factor)이고, θ_k 는 위상 맞춤 요소(phase alignment factor)이다. 그리고 $P_{R,k}$ 는 릴레이 노드 R_k 에서 수신된 신호를 목적지 노드 D 로 재전송하는 전력으로 $P_{R,k} = \alpha_k^2 Q_k$ 이다.

[89] 그리고, 전체 노이즈 편차 $\sigma_{T,k}^2$ 는 다음 식으로 주어진다.

[90]

$$\sigma_{T,k}^2 = (1-\rho_k)\sigma_{A,k}^2 + \sigma_{P,k}^2$$

[91] 여기서, $\sigma_{A,k}^2$ 는 안테나 노이즈의 편차이고, $\sigma_{P,k}^2$ 는 프로세싱 노이즈의 편차이다.

[92] 결과적으로, 목적지 노드(190) D 에서 수신되는 신호(information signal)는 수학식 6과 같다.

[93] [수학식 6]

[94]

$$\begin{aligned}
 y &= \sum_{k=1}^K g_k x_{out,k} + n_D = \sum_{k=1}^K \overline{g_k} x_{id,k} + n_D \\
 &= \sum_{k=1}^K \sqrt{(1-\rho_k)P_T} h_k \overline{g_k} s + \sum_{k=1}^K \overline{g_k} n_{T,k} + n_D
 \end{aligned}$$

[95] 여기서, $\overline{g_k} = \frac{h_k}{n_{T,k}} e^{j\theta_k}$ 이고, n_D 는 목적지 노드의 노이즈이고, g_k 는 k 번째 릴레이 노드 R_k 에서 목적지 노드로 전송되는 채널 정보이고, 전력 조정된 채널(power scaled channel) g_k 는 수학식 7로 주어진다.

[96] [수학식 7]

[97]

$$\overline{g_k} = \frac{\alpha_k e^{j\theta_k} \sqrt{Q_k} g_k}{\sqrt{(1-\rho_k)P_T|h_k|^2 + \sigma_{T,k}^2}}$$

[98] 최적 위상 맞춤 요소는 모든 릴레이 채널의 위상이 수신기로 정렬되도록 $\theta_k^* = -(\arg h_k + \arg g_k)$ 로 주어진다.

[99] 따라서 다중 릴레이 빔포밍 시스템에서 수신된 신호대 잡음비(SNR)는 수학식 8로 주어진다.

[100] [수학식 8]

[101]

$$\gamma(\{\alpha_k\}, \{\rho_k\}) = \frac{\left(\sum_{k=1}^K \sqrt{(1-\rho_k)P_T} |h_k \overline{g_k}| \right)^2}{\sum_{k=1}^K |\overline{g_k}|^2 \sigma_{T,k}^2 + \sigma_D^2}$$

[102]

$$= \frac{P_T \left(\sum_{k=1}^K \frac{\alpha_k |h_k \overline{g_k}| \sqrt{(1-\rho_k)Q_k}}{\sqrt{\sigma_{P,k}^2 + (1-\rho_k)(\sigma_{A,k}^2 + P_T |h_k|^2)}} \right)^2}{\sigma_D^2 + \sum_{k=1}^K \frac{\alpha_k^2 |g_k|^2 (\sigma_{P,k}^2 + (1-\rho_k)\sigma_{A,k}^2) Q_k}{\sigma_{P,k}^2 + (1-\rho_k)(\sigma_{A,k}^2 + P_T |h_k|^2)}}$$

[103] 여기서, σ_D^2 은 목적지 노드의 노이즈 분산이다.

[104] 목적지 노드(190) D 에서의 전송률 성능(rate performance)을 최대화하기 위하여, 수학식 8의 파라미터들인 $\{\alpha_k\}$ 와 $\{\rho_k\}$ 는 최적화 되어야 한다. 전송률 최대화 문제는 채널용량(achievable rate; 대역폭 효율; 대역폭당 전송률; bps/Hz) 최대화 문제인 수학식 9로 바꿀 수 있다.

[105] [수학식 9]

$$\begin{aligned} \max_{\{\alpha_k\}, \{\rho_k\}} \quad & \log_2(1 + \gamma(\{\alpha_k\}, \{\rho_k\})) \\ \text{subject to} \quad & 0 \leq \alpha_k \leq 1, \forall k \\ & \frac{P_{C,k}}{\beta_k P_T |h_k|^2} \leq \rho_k \leq 1, \forall k \end{aligned}$$

[107] 수학식 9의 채널용량 최대화 문제는 수학식 10과 같이 수신된 신호대 잡음비(SNR) γ 를 최대화시켜서 풀 수 있다.

[108] [수학식 10]

$$\begin{aligned} \max_{\{\alpha_k\}, \{\rho_k\}} \quad & \gamma(\{\alpha_k\}, \{\rho_k\}) \\ \text{subject to} \quad & 1 - \alpha_k \geq 0, \forall k \\ & 1 - \rho_k \geq 0, \forall k \\ & \alpha_k \geq 0, \forall k \\ & \rho_k \geq \frac{P_{C,k}}{\beta_k P_T |h_k|^2}, \forall k \end{aligned}$$

[110] 수학식 10은 연립방정식으로, 통합 최적화(joint optimization)가 필요하다. 수학식 10을 통합 최적화하는 문제는 $\{\alpha_k\}$ 와 $\{\rho_k\}$ 에 대하여 볼록(convex)이므로, KKK 조건(Karush-Kuhn-Tucker condition)을 이용하여 풀 수 있다.

[111] 수학식 10에 대한 KKT 조건은 다음 수학식 11로 표시할 수 있다.

[112] [수학식 11]

$$[113] \quad \frac{\partial \gamma}{\partial \rho_k} = (\Sigma_k - Y_k \Lambda) \Lambda$$

[114] 여기에서, $i = 1, 2, \dots, K$ 이고, Λ 는 수학식 12, Y_i 는 수학식 13, Σ_i 는 수학식 14로 정의된다.

[115] [수학식 12]

$$[116] \quad \Lambda = \frac{\sum_{k=1}^K \frac{\alpha_k |h_k g_k| \sqrt{(1-\rho_k)(\beta_k \rho_k P_T |h_k|^2 - P_{C,k})}}{\sqrt{\sigma_{P,k}^2 + (1-\rho_k)(\sigma_{A,k}^2 + P_T |h_k|^2)}}}{\sigma_D^2 + \sum_{k=1}^K \frac{\alpha_k^2 |g_k|^2 (\sigma_{P,k}^2 + (1-\rho_k)\sigma_{A,k}^2)(\beta_k \rho_k P_T |h_k|^2 - P_{C,k})}{\sigma_{P,k}^2 + (1-\rho_k)(\sigma_{A,k}^2 + P_T |h_k|^2)}}$$

[117] [수학식 13]

$$[118] \quad Y_i = [(|g_i| |h_i| P_T \alpha_i)^2 \{ \beta_i (\sigma_{P,i}^2 + (1-\rho_i)\sigma_{A,i}^2)^2 + \beta_i P_T |h_i|^2 (\sigma_{P,i}^2 + (1-\rho_i)^2 \sigma_{A,i}^2) - P_{C,i} \sigma_{P,i}^2 \}] / [\{ \sigma_{P,i}^2 + (1-\rho_i)(\sigma_{A,i}^2 + P_T |h_i|^2) \}^2]$$

[119] [수학식 14]

$$[120] \quad \Sigma_i = [(|g_i| |h_i| P_T \alpha_i) \{ \beta_i (P_T |h_i|^2 (1-\rho_i))^2 + P_{C,i} \sigma_{P,i}^2 + \beta_i P_T |h_i|^2 ((1-2\rho_i)\sigma_{P,i}^2 + (1-\rho_i)^2 \sigma_{A,i}^2) \}] / [2 \{ \sigma_{P,i}^2 + (1-\rho_i)(\sigma_{A,i}^2 + P_T |h_i|^2) \}^{3/2} \times \{ (1-\rho_i)(\beta_i \rho_i P_T |h_i|^2 - P_{C,i}) \}^{5/2}]$$

[121] $\{\alpha_k\}$ 와 $\{\rho_k\}$ 에 대하여 통합 최적화를 하는 경우에, 최적의 전력 조절 요소(power control factor) α_k 는 모든 k 에 대해 항상 1이 된다.

[122] 따라서, 수학식 10의 통합 최적화 문제는 수학식 15로 단순화 될 수 있다.

[123] [수학식 15]

$$[124] \quad \max_{\{\rho_k\}} \frac{P_T \left(\sum_{k=1}^K \frac{|h_k g_k| \sqrt{(1-\rho_k)(\beta_k \rho_k P_T |h_k|^2 - P_{C,k})}}{\sqrt{\sigma_{P,k}^2 + (1-\rho_k)(\sigma_{A,k}^2 + P_T |h_k|^2)}} \right)^2}{\sigma_D^2 + \sum_{k=1}^K \frac{|g_k|^2 (\sigma_{P,k}^2 + (1-\rho_k)\sigma_{A,k}^2)(\beta_k \rho_k P_T |h_k|^2 - P_{C,k})}{\sigma_{P,k}^2 + (1-\rho_k)(\sigma_{A,k}^2 + P_T |h_k|^2)}}$$

[125] subject to $1 - \rho_k \geq 0, \forall k$

$$\rho_k \geq \frac{P_{C,k}}{\beta_k P_T |h_k|^2}, \forall k$$

[126] 수학식 15는 $\{\rho_k\}$ 에 대해 볼록(convex)이다. 따라서 $\{\alpha_k\}$ 와 $\{\rho_k\}$ 에 대하여 통합 최적화를 하는 경우, 모든 k 에 대해 최적 전력조절요소 α_k^* 는 항상 1이 된다. 모든 k 에 대해 최적의 $\alpha_k^* = 1$ 이므로, 수학식 10에서 신호대 잡음비(SNR)를 최대화 시키는 최적의 전력분할비율(PS ratio) $\{\rho_k^*\}$ 를 찾기 위해, 신호대 잡음비 γ 를 전력분할비율(ρ_k)로 편미분하여 구하는 서브그래디언트(subgradient) $\partial\gamma/\partial\rho_k$ 에 의한 다차원 경사하강법(gradient descent method)을 이용할 수 있다. 여기에서 서브그래디언트는 수학식 11로부터 얻을 수 있으며, 수학식 16과 같이 주어진다.

[127] [수학식 16]

$$\frac{\partial \gamma}{\partial \rho_k} = (\Sigma_k - Y_k \Lambda) \Lambda$$

[129] 통합 최적화는 집중방식(centralized manner)으로 구현될 수 있다. 활성화된 각 릴레이 노드(130)에서 목적지노드로 채널상태정보(CSI)를 전송할 수 있다. 목적지 노드(190)는 활성화된 릴레이의 모든 채널상태정보(global CSI)를 알 수 있으므로, 목적지 노드(190)는 전체 채널상태정보(global CSI)를 안다고 가정하므로, 목적지 노드(190)는 최적의 해를 계산할 수 있다. 목적지 노드(190)는 구해진 전력분할비율(PS ratio) ρ_k 를 각 릴레이 노드(130)로 피드백할 수 있다.

[130] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 빔포밍 방법을 실행하는 흐름도이다.

[131] 먼저, 전체 릴레이 노드가 소스 노드로부터 신호를 전송받는다(S310). 소스 노드(110)로부터 전송받은 신호에서 전력을 하베스트한다(S315). 하베스트된 전력이 $Q_k > 0$ 인 활성화된 K 개의 릴레이 노드(130)가 목적지 노드(190)로 채널상태정보(CSI)를 전송한다(S320). 목적지 노드(190)는 활성화된 각 릴레이 노드의 채널상태정보(CSI)를 저장할 수 있다.

[132] 목적지 노드(190)는 하베스트된 전력 $Q_k > 0$ 인 활성화된 K 개의 릴레이 노드(130)를 선택한다(S330). 목적지 노드는 활성화된 각 릴레이 노드의 최적 전력분할비율(PS ratio) ρ_k^* 값($k = 1, \dots, K$)을 활성화된 모든 릴레이의 채널상태정보(global CSI)를 이용하여 계산한다(S340). 목적지 노드는 각 릴레이 노드의 최적 전력분할비율 ρ_k^* 값($k = 1, \dots, K$)을 각 릴레이 노드로 피드백하는 신호를 전송한다(S350).

[133] 각 릴레이 노드(130)는 목적지 노드로부터 피드백으로 전달받은 최적 전력분할비율을 이용하여, 소스 노드(110)로부터 전송된 신호를(S360) 전력분할하고(S370) 증폭하여(S380) 수학식 6의 $x_{out,k}$ 신호를 빔포밍한다. 각 릴레이 노드(130)는 빔포밍된 신호를 목적지 노드(190)로 전송한다(S390).

- 목적지 노드(190)는 활성화된 각 릴레이 노드(130)가 전송하는 신호를 수신한다.
- [134] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 최적 전력분할비율을 구하는 순서도이다.
- [135] 통합 최적화(joint optimization) 빔포밍 방법은, 목적지 노드(190)에서 다음의 단계들을 거쳐 각 릴레이 노드(130)에 최적인 전력분할비율(PS ratio) ρ_k ($k = 1, \dots, K$)를 구할 수 있다.
- [136] (1) 하베스트된 전력 $Q_k > 0$ 인 K 개의 릴레이 노드에 대해, $k = 1, \dots, K$ 에 대해 전력 조절 요소(power control factor) $\alpha_k = 1$ 로 설정한다(S341).
- [137] (2) 활성화된 K 개의 릴레이 노드에 대해서, 전력분할비율 ρ_k 가
- $$\frac{P_{C,k}}{\beta_k P_T |h_k|^2} < \rho_k < 1$$
- 을 만족하는 초기값으로, 전력분할비율 벡터 $\Delta_0 = [\rho_1, \dots, \rho_K]$ 를 초기화 한다(S342).
- [138] (3) 이미 구해진 전력분할비율 벡터 Δ_n 에 대해, 신호대 잡음비(SNR) $\gamma(\Delta_n)$ 를 계산한다(S343).
- [139] (4) 신호대 잡음비 $\gamma(\Delta_n)$ 를 전력분할비율 ρ_k 로 편미분하여, 서브그라디언트
- $$\Pi = \left[\frac{\partial \gamma(\Delta_n)}{\partial \rho_1}, \dots, \frac{\partial \gamma(\Delta_n)}{\partial \rho_K} \right]$$
- 를 계산한다(S344).
- [140] (5) 전력분할비율 벡터를 $\Delta_{n+1} = \Delta_n + \delta \Pi$ 로 업데이트한다(S345). 여기에서, δ 는 스텝 사이즈(step size)로서 수렴속도를 조절하기 위해 사용한다. 너무 작은 값을 사용하는 경우에는 계산이 늦어지고, 너무 큰 값을 사용하면 발산할 수 있으므로, δ 값은 시스템에 맞추어 적당한 값을 선택하는 것이 바람직하다.
- [141] (6) 업데이트된 전력분할비율 벡터 Δ_{n+1} 를 이용하여, 새로운 신호대 잡음비 $\gamma(\Delta_{n+1})$ 를 계산한다(S346).
- [142] (7) 신호대 잡음비의 수렴 조건 $|\gamma(\Delta_{n+1}) - \gamma(\Delta_n)| \leq \varepsilon$ 을 확인하여(S347), 신호대 잡음비가 수렴하지 않은 경우, (3)단계로 돌아가 반복한다. 여기에서, ε 은 시스템에 따라 적당히 작은 값을 선택하여 사용할 수 있다.
- [143] 이상의 통합 최적화 방법을 이용하면, 다중 릴레이 네트워크에서 전체적으로 최적화된 성능(globally optimal performance)을 얻을 수 있다.
- [144] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 릴레이 노드와 목적지 노드의 구성요소를 나타낸 구성도이다.
- [145] 도 5(a)는 릴레이 노드(130)의 구성요소를 나타낸 구성도이다. 릴레이 노드(130)는 수신부(510), 제어부(520), 송신부(530)로 구성된다.
- [146] 수신부(510)는 목적지 노드로부터 최적 전력분할비율을 수신할 수 있다. 제어부(520)는 수신부로 전달된 최적 전력분할비율을 이용하여 빔포밍 신호를 생성할 수 있다. 송신부(530)는 채널상태정보와 제어부에서 생성한 빔포밍 신호를 목적지 노드로 송신할 수 있다.
- [147] 제어부(520)는, 릴레이 노드가 소스 노드로부터 전송받은 신호를 목적지

노드로부터 수신한 최적 전력분할비율을 이용하여 전력분할한 후, 증폭하여 전송할 수 있다.

- [148] 릴레이 노드는 수신부(510), 제어부(520), 송신부(530) 이외에도 저장부(미도시) 등을 구비할 수 있으며, 이러한 구성요소들은 각각 독립된 모듈로 구성할 수도 있으나, 여러 개를 하나의 모듈에 구현할 수도 있다.
- [149] 도 5(b)는 목적지 노드(190)의 구성요소를 나타낸 구성도이다. 목적지 노드(190)는 수신부(560), 연산부(570), 송신부(580)로 구성된다.
- [150] 연산부(570)는 활성화된 각 릴레이 노드의 최적 전력분할비율을 계산할 수 있다. 송신부(580)는 활성화된 각 릴레이 노드로 연산부에서 구한 최적 전력분할비율을 송신할 수 있다. 수신부(560)는 활성화된 각 릴레이 노드로부터 채널상태정보 및 최적 전력분할비율을 이용하여 생성된 빔포밍 신호를 수신할 수 있다.
- [151] 연산부(570)는, 활성화된 각 릴레이 노드에 대해, 전력 조절 요소(α_k) 값을 1로 설정하고, 전력분할비율(ρ_k) 초기값으로 전력분할비율 벡터(Δ_0)를 초기화하고, 이미 구해진 전력분할비율 벡터(Δ_n)에 대해 신호대 잡음비 $\gamma(\Delta_n)$ 를 계산하고, 신호대 잡음비 $\gamma(\Delta_n)$ 를 전력분할비율(ρ_k)로 편미분하여 서브그래디언트(Π)를 계산하고, 경사하강법에 의해 최적의 전력분할비율(ρ_k^*)을 구할 수 있다. 전력분할비율(ρ_k) 초기값은, 수학식 3을 만족하도록 설정할 수 있다.
- [152] 목적지 노드는 수신부(560), 연산부(570), 송신부(580) 이외에도 저장부(미도시) 등을 구비할 수 있으며, 이러한 구성요소들은 각각 독립된 모듈로 구성할 수도 있으나, 여러 개를 하나의 모듈에 구현할 수도 있다.

[153] 복잡도 계산

[154] [표1]

	Proposed joint optimal	Optimal α_k with fixed ρ_k	Relay selection
계산 복잡도	$5T_1 O(KJ)$	$O(KJ)$	$2 O(KJ)$
Feedback bits	$K i_0 \log K + KB$	$K i_0 \log K + B$	$i_0 + B$
Computing type	집중	집중	집중
필요한 CSI	글로벌 CSIs	글로벌 CSIs	글로벌 CSIs

- [155] 표 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 통합 최적화 방법과 기존 방법들의 계산의 복잡성, 요구되는 채널상태정보(CSI) 등을 정리한 것이다.
- [156] 이하의 표 및 도면에서는, 본 발명의 일 실시예에 따른 통합 최적화(joint optimization) 빔포밍 방법은 Proposed joint optimal 로, 비특허문헌 1에 개시된 빔포밍 방법은 Optimal α_k with fixed ρ_k 로, 릴레이 선택 방법은 Relay selection 으로, α_k 와 ρ_k 값이 모두 고정된 단순한 방법은 Fixed α_k and ρ_k 로, 집중 탐색 방법은 Exhaustive search 로 표시한다.

- [157] 계산을 간단히 하기 위해 모든 최적화 방법에 대하여, 그래디언트 계산, SNR 평가, ρ_k 값 수정, ρ_k 값 계산 등 복잡한 산술 방정식에 대해 최대값 $O(J)$ 이 동일하다고 가정하였다.
- [158] 통합 최적화 방법에 대하여, 최대 반복 횟수를 T_1 라 하면, 반복되는 단계가 5개 이므로, 각 루프에서 수행하는 계산은 $5T_1O(KJ)$ 가 된다.
- [159] 릴레이 선택 방법(relay selection scheme)에서는 중앙의 노드가 각 ρ_k 값 및 SNR 값을 계산하므로 계산 복잡도는 $2O(KJ)$ 가 된다.
- [160] 비특허문헌 1에 개시된 빔포밍 방법인 고정된 ρ_k 값으로 α_k 값을 최적화하는 방법은 모든 릴레이 노드가 α_k 값을 계산해야 하므로 계산의 복잡도는 $O(KJ)$ 가 된다.
- [161] 다른 방법들에 비해 통합 최적화 방법은 보다 정확한 결과를 얻는 대신에 계산의 복잡도가 상대적으로 높고, K 값에 따라 증가한다. 즉, 통합 최적화 방법은 집중된 노드(목적지 노드)에서 최상의 성능을 보이는 대신에 계산의 불이익이 있다.
- [162] 통합 최적화 방법은 모든 릴레이 노드에 대해, 목적지 노드는 각 릴레이의 인덱스와 그들의 최적 전력분할비율(PS ratio)인 ρ_k^* 값을 전파하여야 한다. 이 과정에서 요구되는 비트수는 $I \log K + KH$ 로 계산된다. 여기에서 I 는 릴레이 노드 인덱스이고, H 는 전송되는 실수 ρ_k 를 위한 비트들이다.
- [163] 표 1에서, B 는 실수를 전파하기 위한 비트 수이고, i_0 는 릴레이 노드의 인덱스를 전파하기 위해 필요한 비트들이다.
- [164] 종래의 고정된 ρ_k 값으로 α_k 값을 최적화하는 방법은 하나의 실수와 각 릴레이의 인덱스를 전파하는 것이 필요하다.
- [165] 릴레이 선택 방법에서는 선택된 릴레이의 인덱스와 ρ_k^* 값만 전송된다.
- [166] **최적화 성능 평가**
- [167] L 개의 릴레이 노드가 25 m^2 의 정사각형 영역에 랜덤하게 분포되어 있고, 소스와 목적지 노드는 중앙선 상에 5m 거리를 두고 떨어진 위치에 놓여있다고 가정한다.
- [168] 모든 k 에 대하여 에너지 하베스트(EH) 효율이 70% 인 경우, 즉 $\beta_k = 0.7$ 에 대하여 시뮬레이션 하였다. 모든 k 에 대해 $\sigma_{A,k}^2 = 0.6$, $\sigma_{P,k}^2 = 0.4$, $\sigma_D^2 = 1$ 인 경우, 전송 신호대 잡음비(transmit SNR)는 $P_T = P_T/\sigma_D^2 = P_T/(\sigma_{A,k}^2 + \sigma_{P,k}^2)$ 으로 구할 수 있다.
- [169] 채널 상수 h_k 와 g_k 는 다음 수학식 17에 의해 구할 수 있다.
- [170] [수학식 17]
- [171]
$$h_k = d_{h,k}^{-\varepsilon_h/2} \zeta_{h,k}, \quad g_k = d_{g,k}^{-\varepsilon_g/2} \zeta_{g,k}$$
- [172] 수학식 17에서 $d_{h,k}$ 는 소스와 릴레이간 거리이고, $d_{g,k}$ 는 릴레이와 목적지간 거리이다. 또한, 경로 손실 지수(pathloss exponents)는 $\varepsilon_h = \varepsilon_g = 5$ 이고, $\zeta_{h,k}$ 와 $\zeta_{g,k}$ 는 평균이 0 이고, 분산이 1인 원형 복소 가우스 분포(circularly complex Gaussian

distribution)로 가정한다.

[173] [표2]

Scheme	α_1	α_2	α_3	ρ_1	ρ_2	ρ_3	Rate(bps/Hz)
#1	1	1	1	0.0012	0.1694	0.9597	0.9089
#2	0.0522	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5956
#3	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.1393

[174] 표 2는 활성 릴레이 노드가 3개인 경우($K=3$)에 대해 각 방법의 최적화 값들을 보여준다. #1은 본 발명의 일 실시예인 통합 최적화(joint optimization) 방법이고, #2는 비특허문헌 1의 다중릴레이 빔포밍방법이고, #3은 릴레이 선택방법을 나타낸다.

[175] 표 2에 활성 릴레이 노드가 3개($K=3$)이고, 전송 SNR 이 20dB인 경우에 대해, 여러 방법들의 최적화 값들을 나타냈다.

[176] 통합 최적화 빔포밍 방법(#1)에서는 모든 k 값에 대해 최적화된 전력 조절 요소(power control factor) $\alpha_k^* = 1$ 이며, 순간 대역폭 효율(대역폭당 전송률; bps/Hz)이 0.9089 로 다른 경우보다 높은 것을 확인할 수 있다.

[177] 비특허문헌 1의 최적의 α_k 값과 고정된 ρ_k 값을 가지는 기존의 방법(#2)에서는, ρ_k 값은 최적화되지 않고 0.5로 고정되었으며, α_k 값이 항상 1이 아님을 알 수 있다.

[178] 모든 k 값에 대해 $\alpha_k = 1$ 과 $\rho_k = 0.5$ 로 고정된 단순한 경우(#3)도 비교되었는데, 순간 대역폭당 전송률(bps/Hz)이 0.1393 으로 다른 경우보다 낮았다.

[179] 최적화 시뮬레이션 결과

[180] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 최적화 방법과 기존 방법들의 전송 SNR에 대한 평균 대역폭 효율을 나타낸 그래프이다. 도 6은 다중 릴레이 SWIPT 빔포밍 시스템에 대한 통합 최적화 방법의 최적화 정도를 나타낸다.

[181] 릴레이 개수 $L=3$ 일 때를 살펴보면, 다차원 집중 탐색 방법(exhaustive search method)과 본 발명의 통합 최적화에 의한 결과가 동일하게 우수한 성능을 보임을 알 수 있다. 모든 릴레이들이 협력 네트워크에 참여하기 때문에, 릴레이 선택 방법(relay selection method)의 성능이 가장 낮았다.

[182] 릴레이 개수 $L=3$ 이고, $P_T=30$ dB 인 경우에, 통합 최적화의 결과는, 최적의 α_k 값 과 $\rho_k = 0.5$ 로 고정된 값을 가지는 비특허문헌 1에 개시된 빔포밍 방법, $\alpha_k = 1$ 과 $\rho_k = 0.5$ 로 고정된 값을 가지는 단순한 방법, 그리고 릴레이 선택 방법과 비교할 때, 각각 7%, 14%, 26% 의 향상된 평균 대역폭당 전송률(bps/Hz)을 보인다.

[183] 릴레이 개수 $L=12$ 이고, $P_T=40$ dB 인 경우에, 통합 최적화의 결과는, 최적의 α_k 값 과 $\rho_k = 0.5$ 로 고정된 값을 가지는 비특허문헌 1에 개시된 빔포밍 방법, $\alpha_k = 1$

과 $\rho_k = 0.5$ 로 고정된 값을 가지는 단순한 방법, 그리고 릴레이 선택 방법과 비교할 때, 각각 6%, 18%, 37% 의 향상된 평균 대역폭당 전송률(bps/Hz)을 보인다. 집중 탐색 방법은 릴레이 개수가 많아지는 경우에는 실용적이지 않으므로 제외되었다.

- [184] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 최적화 방법과 기존 방법들의 릴레이 수에 대한 평균 대역폭 효율을 나타낸 그래프이다. 도 7은 전송 신호대 잡음비(transmit SNR)가 30 dB 및 40 dB 인 경우에, 릴레이 노드의 개수 L 에 따른 평균 대역폭 효율(대역폭당 전송률; bps/Hz)의 영향을 보여준다.
- [185] P_T 와 L 이 증가함에 따라서 모든 방법에 의한 성능 이득(performance gain)이 증가함을 알 수 있다.
- [186] 통합 최적화 방법은 모든 경우에 다른 방법들 보다 뛰어난 평균 대역폭당 전송률(bps/Hz)을 보여준다.
- [187] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 최적화 방법과 기존 방법들의 수행 전력에 대한 평균 대역폭 효율을 나타낸 그래프이다. 도 8은 모든 릴레이 노드에 대하여, 수행되는 회로 전력을 $P_{C,k} = P_C$ 로 증가시킨 경우, 평균 대역폭 효율(bps/Hz)의 변화를 나타내는 그래프이다.
- [188] 수행되는 회로 전력이 $P_{C,k} \geq -10\text{dB}$ 인 경우, 활성화된 릴레이 수가 줄어들기 때문에, 평균 대역폭 효율(bps/Hz)은 급격히 감소한다.
- [189] 여전히, 본 발명의 통합 최적화 빔포밍 방법은 다른 방법들에 비해 평균 대역폭당 전송률(bps/Hz)이 높음을 알 수 있다.
- [190] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 최적화 방법과 기존 방법들의 전송 SNR의 변화에 따른 평균 비트오류율 변화를 나타낸 그래프이다. 도 9는 전송 SNR이 증가할 때, 여러 방법들의 평균 비트오류율(bit error rate; BER) 변화를 보여준다.
- [191] 직교 위상 편이 변조(quadrature phase shift keying; QPSK) 신호를 부호화하지 않는(uncoded) 시스템을 고려한다.
- [192] $L = 12$ 이고, 평균 BER이 10^{-2} 인 경우를 고려할 때, 통합 최적화 빔포밍 방법은, 최적의 α_k 값 과 $\rho_k = 0.5$ 로 고정된 값을 가지는 비특허문헌 1에 개시된 빔포밍 방법, $\alpha_k = 1$ 과 $\rho_k = 0.5$ 로 고정된 값을 가지는 단순한 방법, 그리고 릴레이 선택 방법과 비교하여, 각각 1dB, 6dB, 9dB 만큼 이득(gain)의 향상이 있다.
- [193] 본 발명은 다중 릴레이 AF 시스템에서 SWIPT 전송 규약을 설계하기 위한 것으로, 본 발명에 따른 통합 최적화 빔포밍 방법은 기존의 방법들보다 우수한 성능을 보인다.
- [194] 다중 릴레이 빔포밍을 위해서, SWIPT 시스템의 전력 분할 기반 릴레이에서는 최적화된 전력분할비(PS ratio) ρ_k^* 가 전력 제어 요소(power control factor) α_k 의 영향을 커버할 수 있으므로, 전력 제어 요소 α_k 에 대한 최적화는 무시될 수 있다. 즉, 릴레이에서 수확된 전력을 신호를 재전송하는데 최대한 이용하는 것이, 채널과 노이즈 상태와 무관하게 최적의 릴레이 전략이다.
- [195] 이상에서 대표적인 실시 예를 통하여 본 발명에 대하여 상세하게

설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시 예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태에 의하여 정해져야 한다.

- [196] [부호의 설명]
- [197] 110 : 소스 노드 130 : 활성 릴레이 노드
- [198] 190 : 목적지 노드 210 : 수신 안테나
- [199] 220 : 정보인식(ID) 모듈 230 : 에너지 하베스트 모듈
- [200] 260 : 송신 안테나

청구범위

- [청구항 1] 다중 릴레이 시스템에서 목적지 노드의 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 방법에 있어서,
 (a) 활성화된 각 릴레이 노드의 채널상태정보를 이용하여 최적 전력분할비율을 계산하는 단계; 및
 (b) 활성화된 각 릴레이 노드가 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 빔포밍 신호를 생성하도록, 상기 최적 전력분할비율을 각 릴레이 노드로 송신하는 단계;를 포함하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 (a)단계는,
 (a-1) 활성화된 각 릴레이 노드에 대해, 전력 조절 요소(α_k) 값을 1로 설정하는 단계;
 (a-2) 활성화된 각 릴레이 노드에 대해서, 전력분할비율(ρ_k) 초기값으로 전력분할비율 벡터(Δ_0)를 초기화하는 단계; 및
 (a-3) 전력분할비율 벡터(Δ_n)에 대해, 신호대 잡음비 $\gamma(\Delta_n)$ 를 최대화 시키도록 경사하강법을 적용하여 최적의 전력분할비율(ρ_k^*)을 구하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 방법.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
 상기 전력분할비율(ρ_k) 초기값은, 다음 식을 만족하는 것을 특징으로 하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 방법.

$$\frac{P_{C,k}}{\beta_k P_T |h_k|^2} < \rho_k < 1$$

(여기에서, $P_{C,k}$ 는 정보인식(ID)을 위해 소모되는 회로의 전력이고, β_k 는 에너지 하베스트(EH) 효율을 나타내고 $0 \leq \beta_k \leq 1$ 이며, P_T 는 소스 노드 S 에서 전송된 전력이고, h_k 는 소스 노드 S 에서 k 번째 릴레이 R_k 로 전송되는 채널 정보이다.)

- [청구항 4] 제1항에 있어서,
 상기 빔포밍 신호는,
 릴레이 노드가 소스 노드로부터 전송받은 신호를 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 전력분할한 후, 증폭하여 전송하는 신호인 것을 특징으로 하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 방법.
- [청구항 5] 다중 릴레이 시스템에서 릴레이 노드의 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 방법에 있어서,

- (c) 목적지 노드로부터 채널상태정보를 이용한 최적 전력분할비율을 수신하는 단계; 및
- (d) 목적지 노드로 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 생성된 빔포밍 신호를 송신하는 단계;를 포함하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 방법.

[청구항 6] 제5항에 있어서,
상기 최적 전력분할비율은,
활성화된 각 릴레이 노드에 대해, 전력 조절 요소(α_k) 값을 1로 설정하고,
전력분할비율(ρ_k) 초기값으로 전력분할비율 벡터(Δ_0)를 초기화하고,
전력분할비율 벡터(Δ_n)에 대해 신호대 잡음비 $\gamma(\Delta_n)$ 를 최대화 시키도록 경사하강법을 적용하여 구하는 것을 특징으로 하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 방법.

[청구항 7] 제6항에 있어서,
상기 전력분할비율(ρ_k) 초기값은, 다음 식을 만족하는 것을 특징으로 하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 방법.

$$\frac{P_{C,k}}{\beta_k P_T |h_k|^2} < \rho_k < 1$$

(여기에서, $P_{C,k}$ 는 정보인식(ID)을 위해 소모되는 회로의 전력이고, β_k 는 에너지 하베스트(EH) 효율을 나타내고 $0 \leq \beta_k \leq 1$ 이며, P_T 는 소스 노드 S 에서 전송된 전력이고, h_k 는 소스 노드 S 에서 k 번째 릴레이 R_k 로 전송되는 채널 정보이다.)

[청구항 8] 제5항에 있어서,
상기 빔포밍 신호는,
소스 노드로부터 전송받은 신호를 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 전력분할한 후, 증폭하여 전송하는 신호인 것을 특징으로 하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 방법.

[청구항 9] 다중 릴레이 시스템에서 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍을 수행하는 목적지 노드 장치에 있어서,
활성화된 각 릴레이 노드의 채널상태정보를 이용하여 최적 전력분할비율을 계산하는 연산부; 및
활성화된 각 릴레이 노드가 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 빔포밍 신호를 생성하도록, 상기 최적 전력분할비율을 각 릴레이 노드로 송신하는 송신부;를 포함하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치.

[청구항 10] 제9항에 있어서,
상기 연산부는,
활성화된 각 릴레이 노드에 대해, 전력 조절 요소(α_k) 값을 1로 설정하고,

전력분할비율(ρ_k) 초기값으로 전력분할비율 벡터(Δ_0)를 초기화하고, 전력분할비율 벡터(Δ_n)에 대해 신호대 잡음비 $\gamma(\Delta_n)$ 를 최대화 시키도록 경사하강법을 적용하여 최적의 전력분할비율(ρ_k^*)을 구하는 것을 특징으로 하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치.

- [청구항 11] 제10항에 있어서,
상기 전력분할비율(ρ_k) 초기값은, 다음 식을 만족하는 것을 특징으로 하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치.

$$\frac{P_{C,k}}{\beta_k P_T |h_k|^2} < \rho_k < 1$$

(여기에서, $P_{C,k}$ 는 정보인식(ID)을 위해 소모되는 회로의 전력이고, β_k 는 에너지 하베스트(EH) 효율을 나타내고 $0 \leq \beta_k \leq 1$ 이며, P_T 는 소스 노드 S 에서 전송된 전력이고, h_k 는 소스 노드 S 에서 k 번째 릴레이 R_k 로 전송되는 채널 정보이다.)

- [청구항 12] 제9항에 있어서,
상기 빔포밍 신호는,
릴레이 노드가 소스 노드로부터 전송받은 신호를 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 전력분할한 후, 증폭하여 전송하는 신호인 것을 특징으로 하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치.

- [청구항 13] 다중 릴레이 시스템에서 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍을 수행하는 릴레이 노드 장치에 있어서,
목적지 노드로부터 최적 전력분할비율을 수신하는 수신부; 및
상기 최적 전력분할비율을 이용하여 목적지 노드로 전송하는 빔포밍 신호를 생성하는 제어부;를 포함하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치.

- [청구항 14] 제13항에 있어서,
상기 최적 전력분할비율은,
활성화된 각 릴레이 노드에 대해, 전력 조절 요소(α_k) 값을 1로 설정하고, 전력분할비율(ρ_k) 초기값으로 전력분할비율 벡터(Δ_0)를 초기화하고, 전력분할비율 벡터(Δ_n)에 대해 신호대 잡음비 $\gamma(\Delta_n)$ 를 최대화 시키도록 경사하강법을 적용하여 구하는 것을 특징으로 하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치.

- [청구항 15] 제14항에 있어서,
상기 전력분할비율(ρ_k) 초기값은, 다음 식을 만족하는 것을 특징으로 하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치.

$$\frac{P_{C,k}}{\beta_k P_T |h_k|^2} < \rho_k < 1$$

(여기에서, $P_{C,k}$ 는 정보인식(ID)을 위해 소모되는 회로의 전력이고, β_k 는 에너지 하베스트(EH) 효율을 나타내고 $0 \leq \beta_k \leq 1$ 이며, P_T 는 소스 노드 S 에서 전송된 전력이고, h_k 는 소스 노드 S 에서 k 번째 릴레이 R_k 로 전송되는 채널 정보이다.)

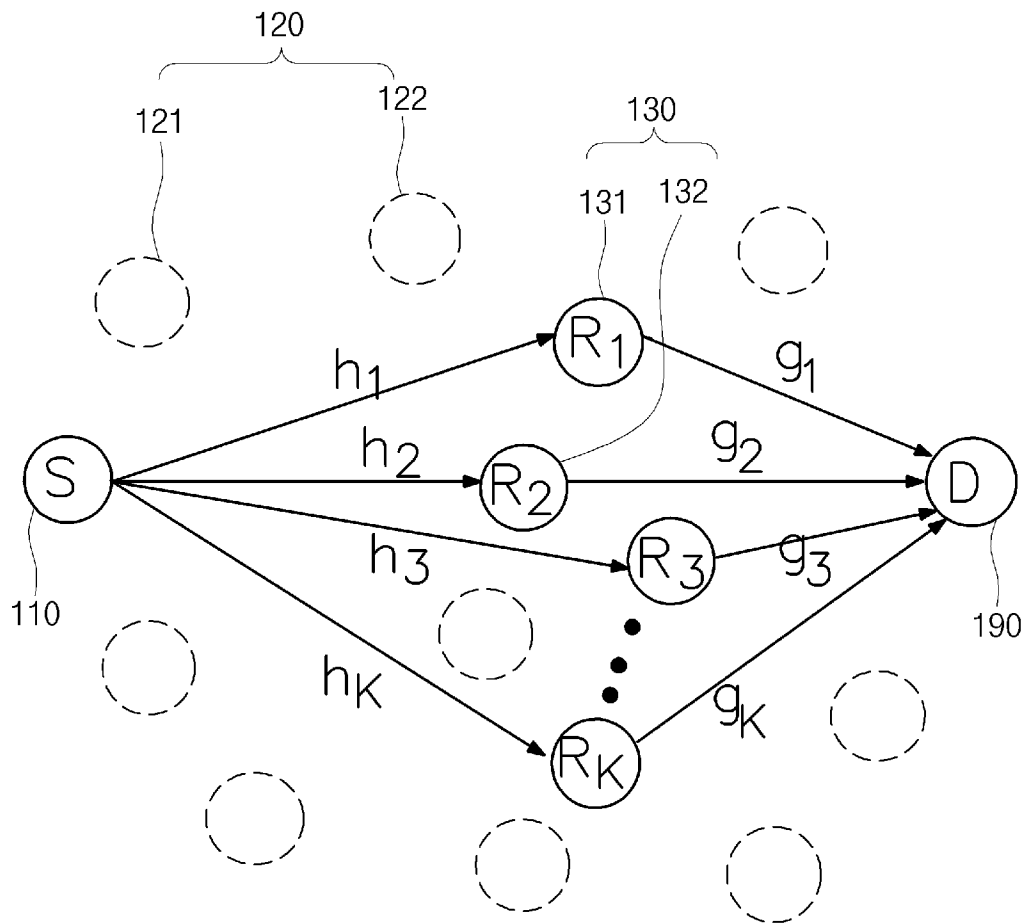
[청구항 16]

제13항에 있어서,

상기 제어부는,

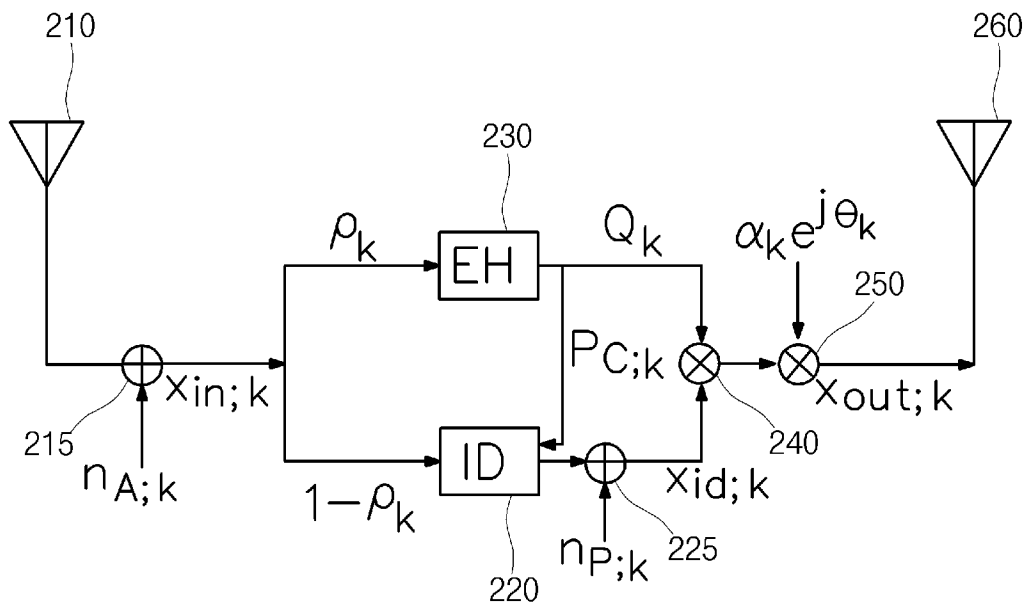
소스 노드로부터 전송받은 신호를 상기 최적 전력분할비율을 이용하여 전력분할한 후, 증폭하여 빔포밍 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 다중 릴레이를 위한 무선전력 및 정보 동시전송 빔포밍 장치.

[도1]

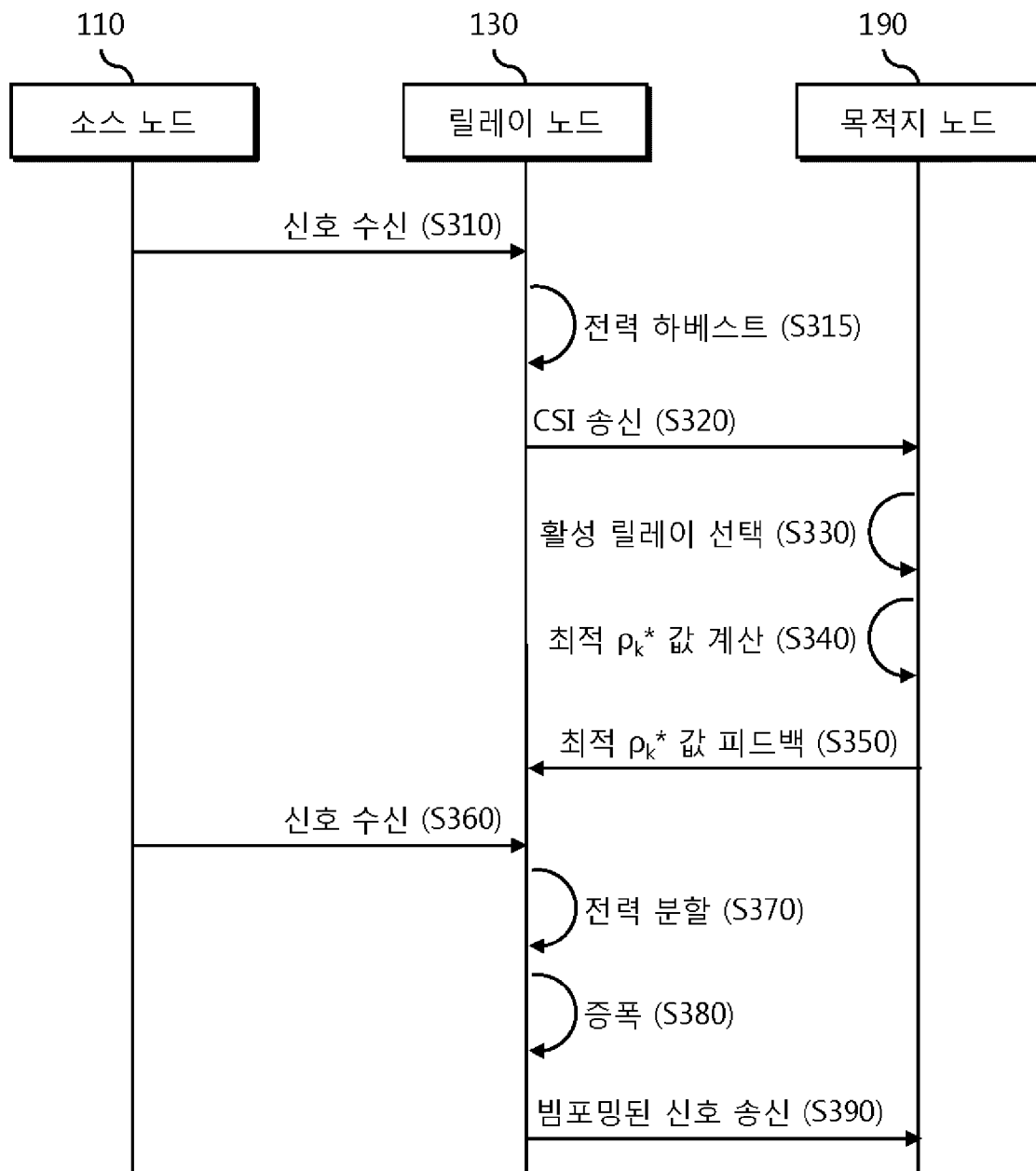


[도2]

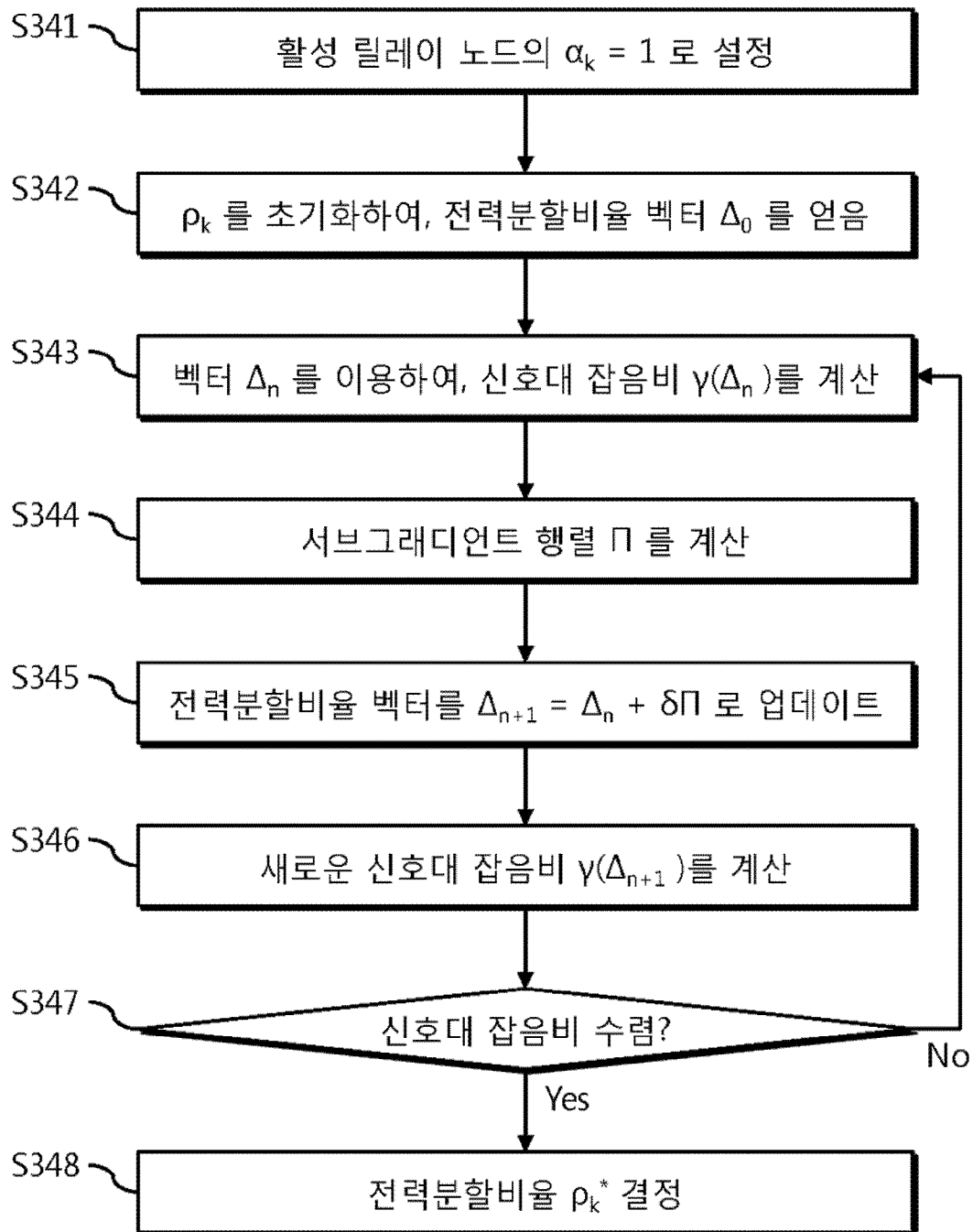
130



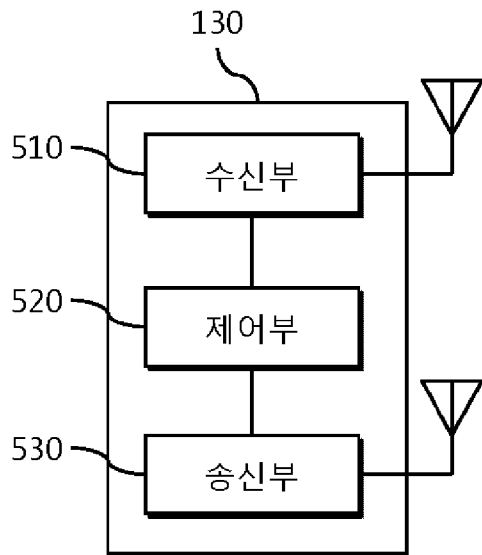
[도3]



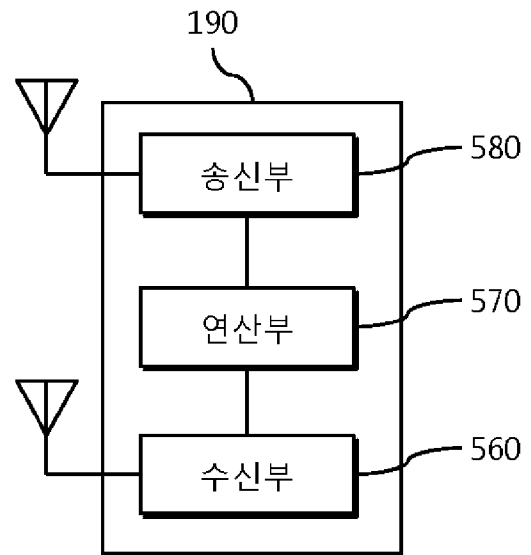
[도4]



[도5]

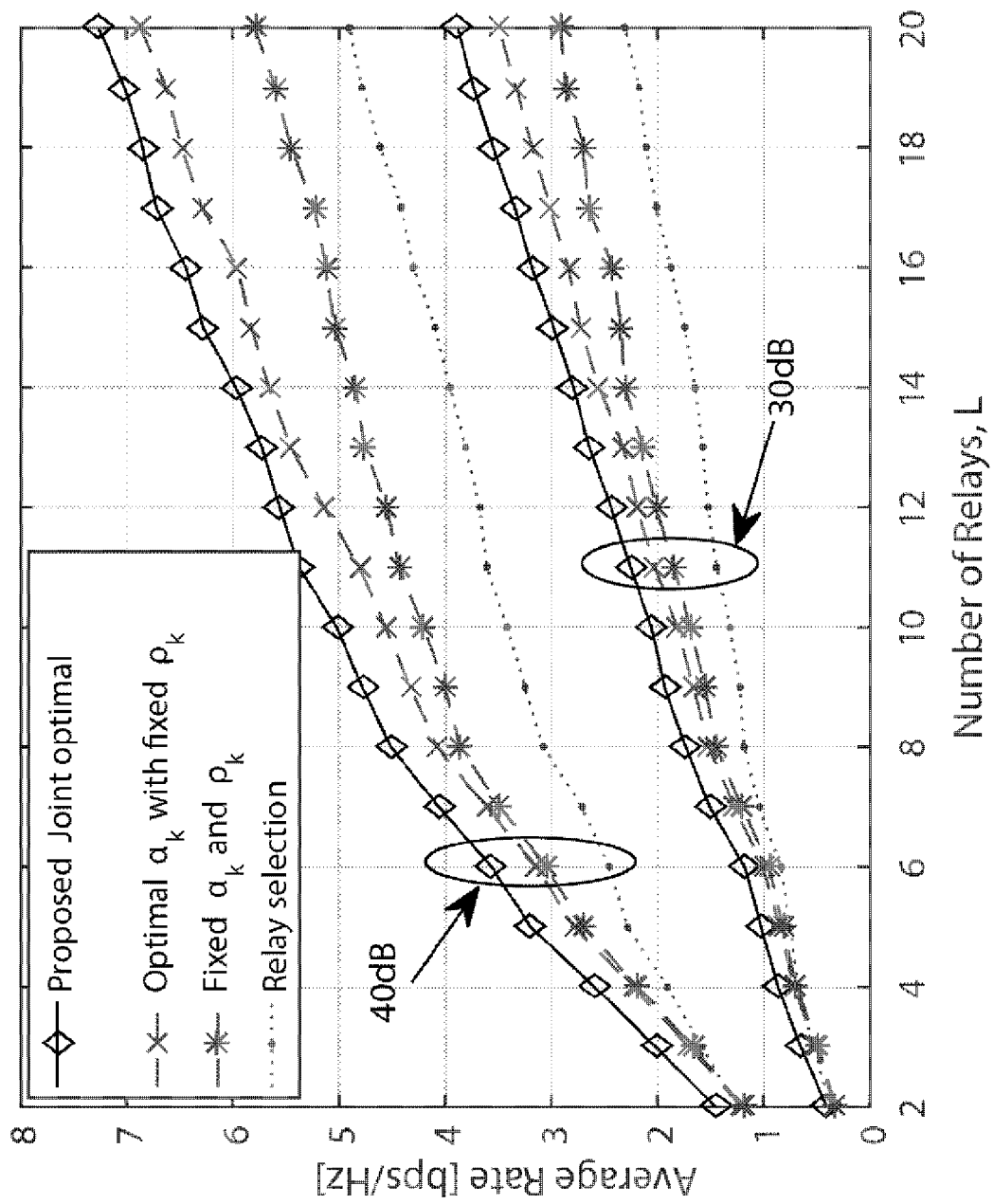


(a)

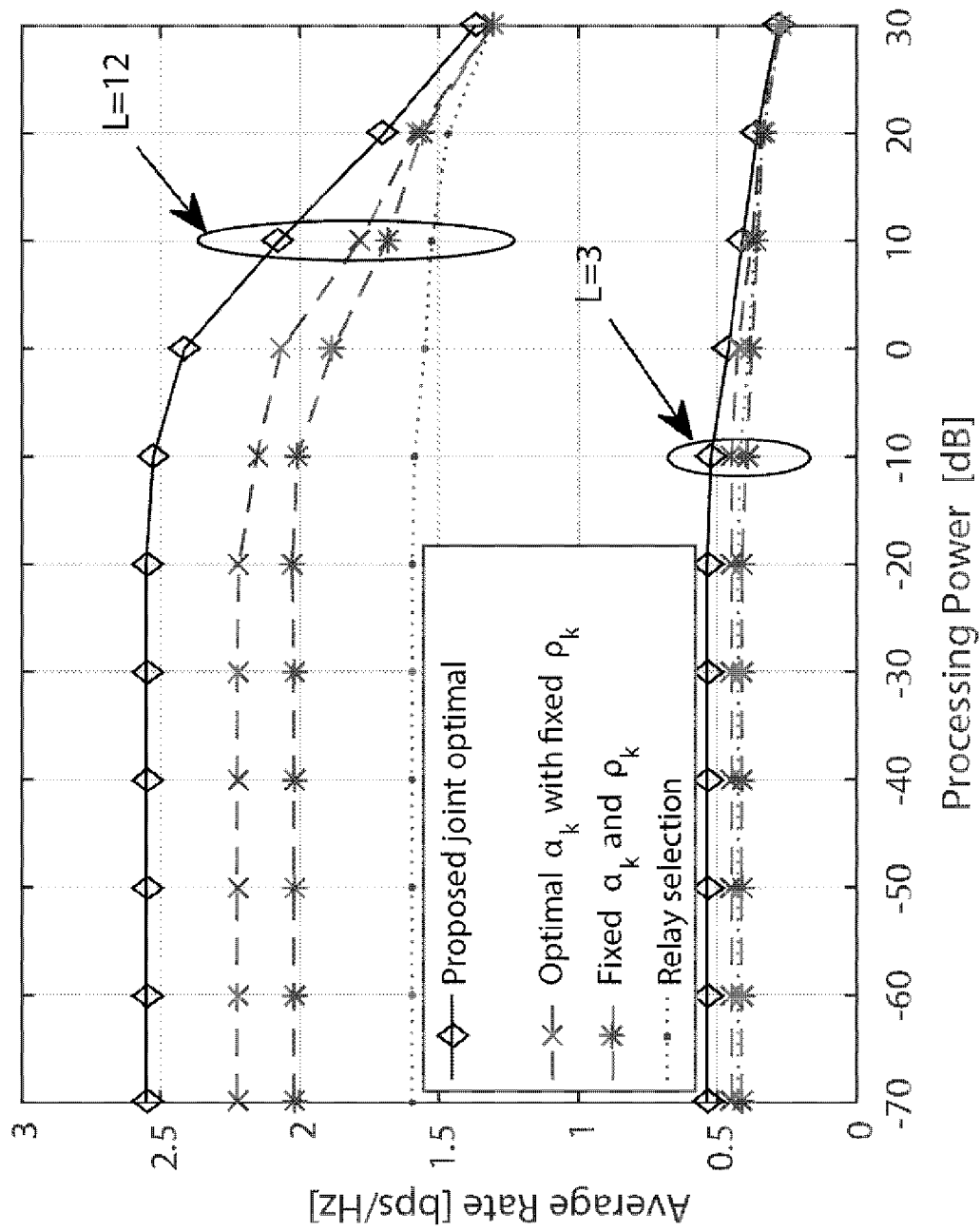


(b)

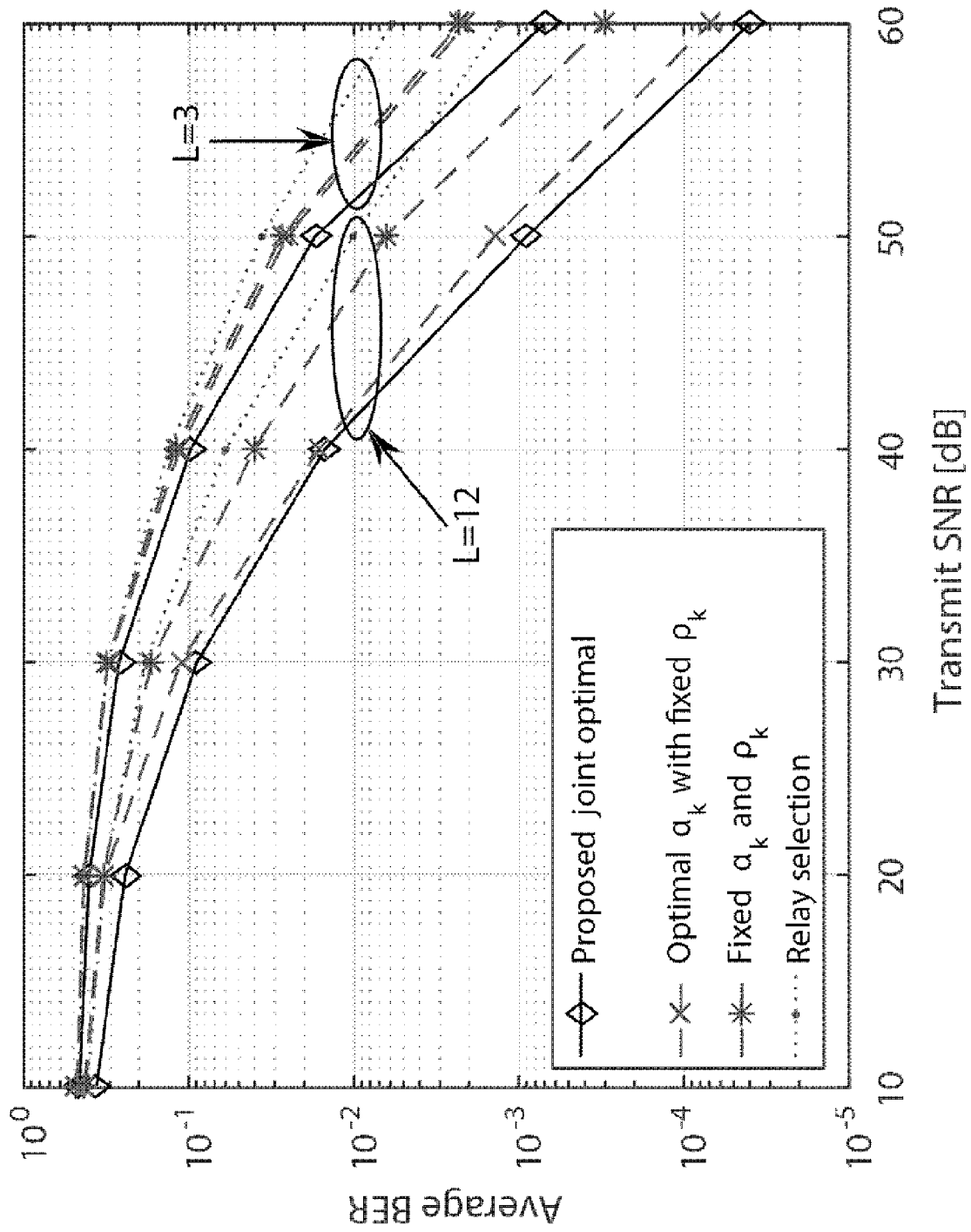
[도7]



[도8]



[도9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2018/001000

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/155(2006.01)i, H04B 7/06(2006.01)i, H04B 17/336(2014.01)i, H02J 50/20(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 7/155; H04B 7/02; H04K 3/00; H04W 40/24; H04B 7/06; H04B 17/336; H02J 50/20

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: relay node, channel state information, PS ratio, beam forming, simultaneous transfer of wireless power and information

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WANG, Fei et al. Relay Selection and Power Allocation for Cooperative Communication Networks with Energy Harvesting. April 2016. Retrieved from (https://www.researchgate.net/publication/220303124_Relay_Selection_and_Power_Allocation_for_Cooperative_Network_Based_on_Energy_Pricing) See sections 1-5.	1,4,5,8,9,12,13,16
A		2,3,6,7,10,11,14,15
Y	LEE, Hoon et al. Optimal Beamforming Designs for Wireless Information and Power Transfer in MISO Interference Channels. In: IEEE Transactions on Wireless Communications. Volume 14, Issue 9, 28 April 2015 Retrieved from (https://ieeexplore.ieee.org/document/7097097/) See sections 1-5; and figure 4.	1,4,5,8,9,12,13,16
A	KR 10-1629108 B1 (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 21 June 2016 See paragraphs [0101]-[0163]; and figures 4-6.	1-16
A	KR 10-1754413 B1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 07 July 2017 See paragraphs [0027]-[0038]; and figure 5.	1-16



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

10 OCTOBER 2018 (10.10.2018)

Date of mailing of the international search report

11 OCTOBER 2018 (11.10.2018)

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

International application No.

PCT/KR2018/001000

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015-0124696 A1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 07 May 2015 See paragraphs [0049]-[0108]; and figure 1.	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2018/001000

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1629108 B1	21/06/2016	None	
KR 10-1754413 B1	07/07/2017	CN 102484528 A	30/05/2012
		CN 102484528 B	08/06/2016
		CN 105827368 A	03/08/2016
		EP 2453589 A2	16/05/2012
		KR 10-1884338 B1	01/08/2018
		KR 10-2017-0081155 A	11/07/2017
		KR 10-2018-0088615 A	06/08/2018
		US 2012-0170619 A1	05/07/2012
		US 2016-0329952 A1	10/11/2016
		US 2017-0279518 A1	28/09/2017
		US 9397744 B2	19/07/2016
		US 9680558 B2	13/06/2017
		US 9973259 B2	15/05/2018
		WO 2011-005045 A2	13/01/2011
		WO 2011-005045 A3	14/04/2011
US 2015-0124696 A1	07/05/2015	CN 102860083 A	02/01/2013
		CN 102860083 B	19/08/2015
		CN 104968025 A	07/10/2015
		EP 2501181 A2	19/09/2012
		EP 2501181 B1	20/12/2017
		JP 05645948 B2	24/12/2014
		JP 2013-511192 A	28/03/2013
		KR 10-1754098 B1	07/07/2017
		KR 10-2011-0053175 A	19/05/2011
		US 2013-0034045 A1	07/02/2013
		US 8964628 B2	24/02/2015
		US 9516574 B2	06/12/2016
		WO 2011-059188 A2	19/05/2011
		WO 2011-059188 A3	01/09/2011

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H04B 7/155(2006.01)i, H04B 7/06(2006.01)i, H04B 17/336(2014.01)i, H02J 50/20(2016.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H04B 7/155; H04B 7/02; H04K 3/00; H04W 40/24; H04B 7/06; H04B 17/336; H02J 50/20

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: 릴레이 노드, 채널 상태 정보, 전력분할비율, 빔포밍, 무선전력 및 정보 동시 전송

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	FEI WANG 등, 'Relay Selection and Power Allocation for Cooperative Communication Networks with Energy Harvesting', 2016.04 (https://www.researchgate.net/publication/220303124_Relay_Selection_and_Power_Allocation_for_Cooperative_Network_Based_on_Energy_Pricing) 섹션 1-5 참조.	1,4,5,8,9,12,13,16
A		2,3,6,7,10,11,14,15
Y	HOON LEE 등, 'Optimal Beamforming Designs for Wireless Information and Power Transfer in MISO Interference Channels', In: IEEE Transactions on Wireless Communications, Volume 14, Issue 9, 2015.04.28 (https://ieeexplore.ieee.org/document/7097097/) 섹션 1-5; 및 도면 4 참조.	1,4,5,8,9,12,13,16
A	KR 10-1629108 B1 (한국과학기술원) 2016.06.21 단락 [0101]-[0163]; 및 도면 4-6 참조.	1-16
A	KR 10-1754413 B1 (한국전자통신연구원) 2017.07.07 단락 [0027]-[0038]; 및 도면 5 참조.	1-16

☒ 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

2018년 10월 10일 (10.10.2018)

국제조사보고서 발송일

2018년 10월 11일 (11.10.2018)

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



C(계속). 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	US 2015-0124696 A1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 2 015.05.07 단락 [0049]-[0108]; 및 도면 1 참조.	1-16

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1629108 B1	2016/06/21	없음	
KR 10-1754413 B1	2017/07/07	CN 102484528 A CN 102484528 B CN 105827368 A EP 2453589 A2 KR 10-1884338 B1 KR 10-2017-0081155 A KR 10-2018-0088615 A US 2012-0170619 A1 US 2016-0329952 A1 US 2017-0279518 A1 US 9397744 B2 US 9680558 B2 US 9973259 B2 WO 2011-005045 A2 WO 2011-005045 A3	2012/05/30 2016/06/08 2016/08/03 2012/05/16 2018/08/01 2017/07/11 2018/08/06 2012/07/05 2016/11/10 2017/09/28 2016/07/19 2017/06/13 2018/05/15 2011/01/13 2011/04/14
US 2015-0124696 A1	2015/05/07	CN 102860083 A CN 102860083 B CN 104968025 A EP 2501181 A2 EP 2501181 B1 JP 05645948 B2 JP 2013-511192 A KR 10-1754098 B1 KR 10-2011-0053175 A US 2013-0034045 A1 US 8964628 B2 US 9516574 B2 WO 2011-059188 A2 WO 2011-059188 A3	2013/01/02 2015/08/19 2015/10/07 2012/09/19 2017/12/20 2014/12/24 2013/03/28 2017/07/07 2011/05/19 2013/02/07 2015/02/24 2016/12/06 2011/05/19 2011/09/01