

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2016년 4월 28일 (28.04.2016)



(10) 국제공개번호
WO 2016/064113 A1

- (51) 국제특허분류:
H04B 7/14 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2015/010584
- (22) 국제출원일: 2015년 10월 7일 (07.10.2015)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2014-0142679 2014년 10월 21일 (21.10.2014) KR
- (71) 출원인: 경상대학교산학협력단 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION GYEONGSANG NATIONAL UNIVERSITY) [KR/KR]; 52828 경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동), Gyeongsangnam-do (KR).
- (72) 발명자: 정방철 (JUNG, Bang Chul); 53073 경상남도 통영시 서충정 3길 21-18, 101호 (봉평동), Gyeongsangnam-do (KR). 양현중 (YANG, Hyun Jong); 44920 울산시 울주군 범서읍 대리로 15-7, 707동 1002호 (구영 우미린 2차 아파트), Ulsan (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 무한 (MUHANN PATENT & LAW FIRM); 06044 서울시 강남구 학동로 3길 9, 5층 (논현동, 명림빌딩), Seoul (KR).

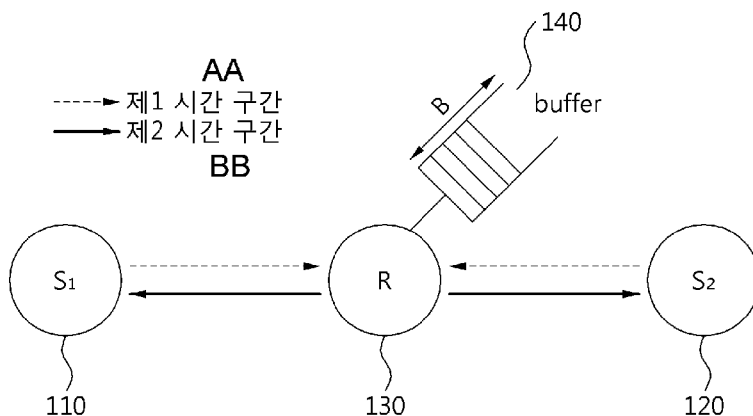
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, 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 제 21 조(3))

(54) Title: BUFFER-BASED TWO-WAY RELAY COMMUNICATION SYSTEM USING LATTICE CODES

(54) 발명의 명칭: 격자코드를 활용한 버퍼 기반 양방향 릴레이 통신 시스템



140 ... Buffer
AA ... First time interval
BB ... Second time interval

(57) Abstract: Disclosed is a relay node. An embodiment of the present invention comprises: a receiver for receiving transmission signals which a plurality of source nodes transmit during a first time interval and storing reception signals including the transmission signals; a processor for generating corresponding signals corresponding to the reception signals on the basis of a codeword selected from the lattices of a lattice code, performing lattice decoding on the corresponding signals to generate a relay symbol, and encoding the relay symbol to generate a relay broadcasting signal; and a transmitter for transmitting the relay broadcasting signal to the plurality of source nodes during a second time interval.

(57) 요약서: 릴레이 노드가 개시된다. 일 실시예는 제 1 시간 구간 동안 복수 개의 소스 노드들이 전송한 전송 신호를 수신하고, 상기 전송 신호들을 포함하는 수신 신호를 버퍼에 저장하는 수신기, 격자 코드의 격자에서 선택된 코드워드를 기초로 상기 수신 신호와 대응하는 대응 신호를 생성하고, 상기 대응 신호에 격자 디코딩을 수행하여 릴레이 심볼을 생성하고, 상기 릴레이 심볼을 인코딩하여 릴레이 방송 신호를 생성하는 프로세서, 및 상기

릴레이 방송 신호를 제 2 시간 구간 동안 상기 복수의 소스 노드들로 전송하는 전송기를 포함한다.

명세서

발명의 명칭: 격자코드를 활용한 버퍼 기반 양방향 릴레이 통신 시스템

기술분야

- [1] 아래 실시예들은 무선 중계 네트워크의 물리 계층 기술에 관한 것으로, 보다 구체적으로 양방향 릴레이 통신 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 양방향 중계 기술은 단방향 중계 기법에 비해 최대 2배의 주파수 효율을 기대할 수 있는 기술 중 하나로, 차세대 무선 통신 시스템에서 고려될 예정이다. 그러나, 기존의 양방향 중계 기술은 네트워크를 구성하고 있는 채널들의 신호 대 잡음 비 (Signal-to-noise-ratio, SNR)가 서로 차이가 날 때 성능이 크게 저하된다. 양방향 중계 기법을 실제 시스템에 도입하기 위해서는 이러한 문제점을 반드시 극복해야 한다.
- [3] 관련 선행기술로, 한국 공개특허공보 제10- 2010-0107915호가 있다. 상기 공개특허공보에는 다수의 안테나들을 구비한 기지국의 동작 방법이 개시되고, 기지국의 동작 방법은 중계기로부터 상기 기지국의 송신 심벌 벡터 및 단말의 송신 심벌 벡터를 포함하는 중계 신호를 수신하는 과정, 상기 단말의 송신 심벌 벡터로서 가능한 모든 심벌 벡터들 각각에 대응되는 전력 차이값들을 산출하는 과정, 상기 전력 차이값들을 이용하여 상기 단말의 송신 심벌 벡터 또는 비트별 LLR(Log Likelihood Ratio)을 결정하는 과정을 포함한다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 본 발명의 실시예들은 소스 신호를 저장함으로써 비대칭 SNR로 인해 발생하는 문제점을 극복할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들은 격자 코드를 사용함으로써 기존의 양방향 릴레이 통신 시스템에 비해 높은 성능을 나타낼 수 있다.

과제 해결 수단

- [5] 일 측에 따른 릴레이 노드는 제1 시간 구간 동안 복수 개의 소스 노드들이 전송한 전송 신호를 수신하고, 상기 전송 신호들을 포함하는 수신 신호를 버퍼에 저장하는 수신기; 격자 코드의 격자에서 선택된 코드워드를 기초로 상기 수신 신호와 대응하는 대응 신호를 생성하고, 상기 대응 신호에 격자 디코딩을 수행하여 릴레이 심볼을 생성하고, 상기 릴레이 심볼을 인코딩하여 릴레이 방송 신호를 생성하는 프로세서; 및 상기 릴레이 방송 신호를 제2 시간 구간 동안 상기 복수의 소스 노드들로 전송하는 전송기를 포함한다.
- [6] 상기 프로세서는, 상기 격자 코드의 복수의 격자에서 상기 복수 개의 소스 노드들 각각에 대응하여 선택된 코드워드들의 합을 기초로 상기 대응 신호를

생성한다.

- [7] 상기 수신기는, 상기 수신 신호 ()를 나타내는

$$y_R^{(i)}$$

를 상기 버퍼에

$$y_R^{(i)} = h_{1R}^{(i)} s_1^{(i)} + h_{2R}^{(i)} s_2^{(i)} + z_R^{(i)}$$

저장하고, 상기 프로세서는, 상기 코드워드를 기초로 상기 수신 신호와 대응하는 대응 신호 ()를 생성하고, $z_R^{(i)}$ 은 노이즈를 나타내고,

$$x_1^{(i)} + x_2^{(i)} + z_R^{(i)}$$

및 $s_2^{(i)}$ 는 복수 개의 소스 노드들이 전송한 전송 신호이고,

및 $h_{2R}^{(i)}$ 는 복수 개의 소스 노드들 각각과 릴레이 노드 사이에

$$h_{1R}^{(i)}$$

형성된 채널이고, 및 각각은 복수 개의 격자들 (Λ_1 및

$$x_1^{(i)} \quad x_2^{(i)} \quad \Lambda_1$$

Λ_2) 각각에서 선택된 코드워드이고, i 는 제1 시간 구간의 i 번째 시간 슬롯의

인덱스이다.

- [8] 상기 프로세서는, 수학식

$$s_1^{(i)} = \frac{x_1^{(i)}}{h_{1R}^{(i)}}, \quad s_2^{(i)} = \frac{x_2^{(i)}}{h_{2R}^{(i)}} \quad \text{에 따라 상기}$$

전송 신호를 획득하고, 상기 전송 신호 및 상기 수신 신호에 미리 정의된 조건을 적용하여 상기 대응 신호를 획득한다.

- [9] 상기 미리 정의된 조건은, $|h_{1R}^{(i)}| \geq |h_{2R}^{(i)}|$, $\Lambda_1 \subset \Lambda_2$, 및

이다.

$$|s_1^{(i)}|^2 \leq 1, \quad |s_2^{(i)}|^2 \leq 1$$

- [10] 상기 프로세서는, 상기 대응 신호에 상기 격자 디코딩의 적용을 기초로 상기 릴레이 심볼($x_R^{(i)}$)을 생성하고, 이다.

$$x_R^{(i)} = \left[x_1^{(i)} + x_2^{(i)} \right]_{\Lambda_1}$$

- [11] 상기 전송부는, 상기 제2 시간 구간의 시간 슬롯에서 상기 복수 개의 소스 노드들로 동일한 릴레이 방송 신호를 전송한다.
- [12] 상기 복수 개의 소스 노드들은 제1 소스 노드 및 제2 소스 노드를 포함하고, 상기 제1 소스 노드는, 상기 릴레이 노드로 전송된 상기 릴레이 방송 신호를 수신하고, 상기 수신한 릴레이 방송 신호에서 상기 제1 소스 노드가 전송한 전송 신호를 이용하여 상기 제2 소스 노드가 전송한 데이터를 검출한다.
- [13] 상기 버퍼의 사이즈는 상기 제1 시간 구간에 포함된 시간 슬롯의 개수와 대응한다.
- [14] 상기 제1 시간 구간의 듀레이션 및 상기 제2 시간 구간의 듀레이션은 상기 버퍼를 기초로 적응적으로 조절된다.
- [15] 일 측에 따른 소스 노드는 제1 시간 구간 동안 상기 릴레이 노드로 전송 신호를 전송하는 전송기; 제2 시간 구간 동안 상기 릴레이 노드로부터 릴레이 방송 신호를 수신하는 수신기; 및 상기 릴레이 방송 신호에서 상기 전송 신호를 이용하여 상기 상대 소스 노드가 전송한 데이터를 검출하는 프로세서를 포함한다.
- [16] 상기 프로세서는, 제1 시간 구간 동안 상기 소스 노드 및 상기 상대 소스 노드로부터 수신한 신호들의 모듈로 합을 기초로 상기 릴레이 노드에서 생성된 릴레이 심볼을 상기 릴레이 방송 신호에서 검출하고, 상기 모듈로 합으로부터 상기 전송 신호를 이용하여 상기 데이터를 검출한다.
- [17] 상기 프로세서는, 상기 릴레이 방송 신호에서 릴레이 심볼 $x_R^{(i)}$ 를 검출하고,

수학식 $\left[x_R^{(i)} - x_1^{(i)} \right]_{\Lambda_1}$ 에 따라 상기 상대 소스 노드가 전송한 데이터를

$$\left[x_R^{(i)} - x_1^{(i)} \right]_{\Lambda_1}$$

검출하고, $x_R^{(i)}$ 은 릴레이 심볼을 나타내고, $x_1^{(i)}$ 은 상기 전송 신호와 대응하는

데이터 심볼을 나타내고, i 는 제1 시간 구간에 포함된 복수의 시간 슬롯 중 i 번째 시간 슬롯의 인덱스를 나타낸다.

- [18] 일 측에 따른 릴레이 노드의 동작 방법은 제1 시간 구간 동안 복수 개의 소스 노드들이 전송한 전송 신호를 수신하는 단계; 상기 전송 신호들을 포함하는 수신

신호를 버퍼에 저장하는 단계; 네스티드 격자 코드를 이용하여 버퍼에 저장된 수신 신호에서 상기 복수의 노드들 각각이 전송한 전송 신호를 획득하는 단계; 상기 획득된 전송 신호들을 기초로 상기 버퍼에 저장된 수신 신호를 프로세싱하는 단계; 상기 프로세싱된 신호에 격자 디코딩을 수행하여 릴레이 심볼을 생성하고, 상기 릴레이 심볼을 인코딩하여 릴레이 방송 신호를 생성하는 단계; 및 상기 릴레이 방송 신호를 제2 시간 구간 동안 상기 복수의 소스 노드들로 전송하는 단계를 포함한다.

- [19] 상기 프로세싱하는 단계는, 상기 네스티드 격자 코드의 복수의 격자에서 상기 복수 개의 소스 노드들 각각에 대응하여 선택된 코드워드들의 합을 기초로 상기 버퍼에 저장된 수신 신호를 프로세싱한다.
- [20] 상기 버퍼의 사이즈는 상기 제1 시간 구간의 타임 슬롯의 개수와 대응한다.
- [21] 상기 제1 시간 구간의 듀레이션 및 상기 제2 시간 구간의 듀레이션은 상기 버퍼를 기초로 적응적으로 조절된다.

발명의 효과

- [22] 본 발명의 일 실시예는 기존의 릴레이 통신 시스템이 비해 합 데이터 레이트가 증가된다. 또한, 본 발명의 일 실시예는 기존의 릴레이 통신 시스템보다 주파수 효율성이 높을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [23] 도 1은 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- [24] 도 2는 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템의 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [25] 도 3은 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템에 포함된 릴레이 노드를 설명하기 위한 도면이다.
- [26] 도 4는 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템에 포함된 소스 노드를 설명하기 위한 도면이다.
- [27] 도 5는 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템에 포함된 릴레이 노드의 동작 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [28] 도 6은 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템에 포함된 소스 노드의 동작 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [29] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [30] 아래 설명하는 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있다. 아래 설명하는 실시예들은 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 이들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [31] 실시예에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 실시예를 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다"

또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[32] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[33] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[34]

[35] 도 1은 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

[36] 도 1을 참조하면, 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템은 복수의 소스 노드들(110 및 120), 릴레이 노드(130), 및 버퍼(140)를 포함한다.

[37] 다중 접속 페이즈(Multiple-access phase)(또는, 제1 시간 구간)에서 릴레이 노드(130)는 복수의 소스 노드들(110 및 120)로부터 신호를 수신할 수 있다. 제1 시간 구간은 B개의 시간 슬롯을 포함할 수 있다. 릴레이 노드(130)는 수신한 신호를 버퍼(140)에 저장한다. 릴레이 노드(130)가 제1 시간 구간의 i번째 시간 슬롯에서 수신한 신호는 수학식 1과 같다. 즉, 버퍼(130)에는 수학식 1의 수신 신호가 저장될 수 있다.

[38]

[39] [수학식 1]

[40]

$$y_R^{(i)} = h_{1R}^{(i)} s_1^{(i)} + h_{2R}^{(i)} s_2^{(i)} + z_R^{(i)}$$

[41]

[42] $s_1^{(i)}$ 은 소스 노드(110)가 전송한 전송 신호를 나타내고, $s_2^{(i)}$ 는 소스

은 소스 노드(110)에서 릴레이 노드(130)로 형성된 채널의 채널 계수를

$$h_{1R}^{(i)}$$

나타내고, $h_{2R}^{(i)}$ 는 소스 노드(120)에서 릴레이 노드(130)로 형성된 채널의 채널

$$h_{2R}^{(i)}$$

계수를 나타낸다. $z_R^{(i)}$ 은 릴레이 노드(130)에서의 노이즈(예를 들어, Additive

White Gaussian Noise(AWGN))를 나타내고, i 는 제1 시간 구간에 포함된 복수의 시간 슬롯 중 i 번째 시간 슬롯의 인덱스를 나타낸다.

[43] 릴레이 노드(130)는 복수의 소스 노드들(110 및 120)이 전송한 전송 신호를 획득할 수 있다. 릴레이 노드(130)가 획득한 전송 신호는 수학식 2와 같다.

[44]

[45] [수학식 2]

[46]

$$s_1^{(i)} = \frac{x_1^{(i)}}{h_{1R}^{(i)}}, \quad s_2^{(i)} = \frac{x_2^{(i)}}{h_{2R}^{(i)}}$$

[47]

[48] 은 격자 코드(lattice code)의 격자 Λ_1 에서 선택된 코드워드를

$$x_1^{(i)}$$

나타내고, $x_2^{(i)}$ 는 격자 코드의 격자 Λ_2 에서 선택된 코드워드를

$$x_2^{(i)}$$

$$\Lambda_2$$

나타낸다. 여기서, 격자 코드는 네스티드 격자 코드(nested lattice code)일 수 있다. 릴레이 노드(130)는 소스 노드(110)와 대응하는 코드워드 $x_1^{(i)}$ 를 선택할 수

$$x_1^{(i)}$$

있고, 소스 노드(120)와 대응하는 코드워드 $x_2^{(i)}$ 를 선택할 수 있다.

$$x_2^{(i)}$$

[49] 수학식 2에서,

[50]

$$\left| h_{1R}^{(i)} \right| \geq \left| h_{2R}^{(i)} \right|, \quad \Lambda_1 \subset \Lambda_2, \quad \text{및} \quad \left| s_1^{(i)} \right|^2 \leq 1, \quad \left| s_2^{(i)} \right|^2 \leq 1$$

가 적용되는 경우, 릴레이 노드(130)가 제1 시간 구간의 i번째 시간 슬롯에서 수신한 신호는 수학식 3으로 표현될 수 있다. 여기서,
 는 복수의 소스 노드들(110 및 120)이 전송한

$$\left| s_1^{(i)} \right|^2 \leq 1, \quad \left| s_2^{(i)} \right|^2 \leq 1$$

전송 신호의 파워가 단위 전송 파워라는 것을 나타낼 수 있다.

[51]

[52] [수학식 3]

[53]

$$y_R^{(i)} = x_1^{(i)} + x_2^{(i)} + z_R^{(i)}$$

[54]

[55] 즉, 수학식 1로 표현되는 수신 신호가 수학식 3으로 표현될 수 있다. 릴레이 노드(130)는 수학식 1로 표현된 수신 신호를 수학식 3으로 표현된 수신 신호로 변환할 수 있다. 릴레이 노드(130)는 수학식 1로 표현된 수신 신호를 기초로 수학식 3으로 표현된 신호를 생성할 수 있다.

[56] 릴레이 노드(130)는 수학식 3으로 표현된 수신 신호에 격자 디코딩을 수행한다. 릴레이 노드(130)는 수학식 4로 표현되는 릴레이 심볼을 획득할 수 있다.

[57]

[58] [수학식 4]

[59]

$$x_R^{(i)} = \left[x_1^{(i)} + x_2^{(i)} \right]_{\Lambda_1}$$

[60]

[61] $x_R^{(i)}$ 은 제1 시간 구간의 i번째 시간 슬롯에서 수신한 신호를 기초로 생성된

릴레이 심볼을 나타낸다.

[62] 제1 시간 구간이 지난 후, 릴레이 노드(130)는 생성된 릴레이 심볼을 저장할 수 있다.

[63] 방송 페이즈(Broadcast phase)(또는, 제2 시간 구간)에서 릴레이 노드(130)는 복수의 소스 노드들(110 및 120)로 릴레이 방송 신호를 전송한다.

[64] 릴레이 노드(130)는 저장된 릴레이 심볼의 시퀀스, 즉, $x_R^{(i)}, i=1, \dots, B$

로부터 릴레이 방송 신호를 생성할 수 있다. 여기서, B는 제1 시간 구간에 포함된 시간 슬롯의 총 개수를 나타낸다. 릴레이 방송 신호는 수학식 5로 표현된다.

[65]

[66] [수학식 5]

[67]
$$(s_R^{(1)}, \dots, s_R^{(B)}) = f(x_R^{(1)}, \dots, x_R^{(B)})$$

[68]

[69] 수학식 5에서 f는 인코딩 함수를 나타낸다. 제2 시간 구간의 j번째 시간 슬롯에서 복수의 소스 노드들(110 및 120)이 수신하는 신호는 수학식 6과 같다.

[70]

[71] [수학식 6]

[72]
$$y_1^{(j)} = h_{R1}^{(j)} s_R^{(j)} + z_1^{(j)}$$

$$y_2^{(j)} = h_{R2}^{(j)} s_R^{(j)} + z_2^{(j)}$$

[73]

[74] 수학식 6을 살펴보면, 릴레이 노드(130)는 제2 시간 구간의 j번째 시간 슬롯에서 복수의 소스 노드들(110 및 120)로 동일한 신호 ($s_R^{(j)}$)를 전송한다. $s_R^{(j)}$ 는 제2

시간 구간의 j번째 시간 슬롯에서 릴레이 노드(130)가 전송한 릴레이 방송 신호를 나타내고, $y_1^{(j)}$ 는 제2 시간 구간의 j번째 시간 슬롯에서 소스 노드(110)가

수신하는 수신 신호를 나타내며, $y_2^{(j)}$ 는 제2 시간 구간의 j번째 시간 슬롯에서

소스 노드(120)가 수신하는 수신 신호를 나타낸다. 또한, $z_1^{(j)}$ 는 소스

노드(110)에서의 노이즈(예를 들어, AWGN)를 나타내고, $z_2^{(j)}$ 는 소스

노드(120)에서의 노이즈(예를 들어, AWGN)를 나타낸다. 또한, $h_{R1}^{(j)}$ 는 릴레이

노드(130)에서 소스 노드(110)로 형성된 채널의 채널 계수를 나타내고, $h_{R2}^{(j)}$ 는

릴레이 노드(130)에서 소스 노드(120)로 형성된 채널의 채널 계수를 나타낸다.

[75] 소스 노드(110)는 수학식 7을 통해 제2 시간 구간 동안 수신한 $y_1^{(j)}$ ($j=1, \dots$

B)에서 $x_R^{(i)}, i=1, \dots, B$ 를 획득할 수 있다.

[76]

[77] [수학식 7]

[78]

$$f^{-1}\left(y_1^{(1)}, \dots, y_1^{(B)}\right) = \left(x_R^{(1)}, \dots, x_R^{(B)}\right)$$

[79]

[80] 수학식 7에서 f^{-1} 는 디코딩 함수를 나타낸다.

[81] 소스 노드(110)는 $x_R^{(i)}, i=1, \dots, B$ 를 미리 알고 있기 때문에 수학식

8을 통해 소스 노드(120)가 전송한 데이터를 추출할 수 있다. 소스 노드(120)는 모듈로 합으로부터 상기 데이터를 추출할 수 있다.

[82]

[83] [수학식 8]

[84]

$$\left[x_R^{(i)} - x_1^{(i)}\right]_{\Lambda_1} = \left[\left[x_1^{(i)} + x_2^{(i)}\right]_{\Lambda_1} - x_1^{(i)}\right]_{\Lambda_1} = x_2^{(i)}$$

[85]

[86] (i=1, ... B)

[87]

[88] 소스 노드(120)도 $y_2^{(j)}(j=1, \dots, B)$ 를 통해 소스 노드(110)가 전송한 데이터를

획득할 수 있다.

[89] 네스티드 격자 코드가 이용되는 경우, 제1 시간 구간(또는, 다중 접속 페이즈)의 i번째 시간 슬롯에서 달성될 수 있는 레이트(achievable rate)는 수학식 9로 표현될 수 있다.

[90]

[91] [수학식 9]

[92]

$$\text{Rate (S1} \rightarrow \text{R)} = \log \left(\frac{|h_{1R}^{(i)}|^2}{|h_{1R}^{(i)}|^2 + |h_{2R}^{(i)}|^2} + \frac{|h_{1R}^{(i)}|^2}{N_0} \right)$$

$$\text{Rate (S2} \rightarrow \text{R)} = \log \left(\frac{|h_{2R}^{(i)}|^2}{|h_{1R}^{(i)}|^2 + |h_{2R}^{(i)}|^2} + \frac{|h_{2R}^{(i)}|^2}{N_0} \right)$$

[93]

[94] $\text{Rate (S1} \rightarrow \text{R)}$ 는 제1 시간 구간의 i 번째 시간 슬롯에서 소스 노드(110)로부터 릴레이 노드(130)로의 데이터 레이트를 나타내고, $\text{Rate (S2} \rightarrow \text{R)}$ 는 제1 시간 구간의 i 번째 시간 슬롯에서 소스 노드(120)로부터 릴레이 노드(130)로의 데이터 레이트를 나타낸다.

[95] 제2 시간 구간(또는, 방송 페이즈)에서 달성될 수 있는 데이터 레이트는 $\log(1 + \text{SNR})$ 를 기초로 계산될 수 있다. 여기서, SNR은 릴레이

노드(130)로부터 복수의 소스 노드들(110 및 120) 각각으로 형성된 채널에 대한 SNR이다.

[96] 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템의 average achievable sum-rate(C)는 수학식 10으로 나타낼 수 있다.

[97]

[98] [수학식 10]

[99]

$$C = \frac{1}{B} \min \left\{ \sum_{i=1}^B C_{1R}^{(i)}, \sum_{j=B+1}^{2B} C_{R2}^{(j)} \right\} + \frac{1}{B} \min \left\{ \sum_{i=1}^B C_{2R}^{(i)}, \sum_{j=1+B}^{2B} C_{R1}^{(j)} \right\}$$

[100]

[101] 수학식 10에서, $C_{1R}^{(i)}$ 은 제1 시간 구간의 i 번째 시간 슬롯에서 소스 노드(110)로부터 릴레이 노드(130)로의 데이터 레이트를 나타내고, $C_{R2}^{(j)}$ 는 제2 시간 구간의 j 번째 시간 슬롯에서 릴레이 노드(130)로부터 소스 노드(120)로의 데이터 레이트를 나타낸다. 또한, $C_{2R}^{(i)}$ 은 제1 시간 구간의 i 번째 시간 슬롯에서 소스 노드(120)로부터 릴레이 노드(130)로의 데이터 레이트를 나타내고, $C_{R1}^{(j)}$ 은

제2 시간 구간의 j번째 시간 슬롯에서 릴레이 노트(130)로부터 소스 노트(110)로의 데이터 레이트를 나타낸다. $C_{1R}^{(i)}$, $C_{R2}^{(j)}$, $C_{2R}^{(i)}$ 및 $C_{R1}^{(j)}$ 을 수학식 11로 표현할 수 있다.

[102]

[103] [수학식 11]

[104]

$$C_{1R}^{(i)} = \log \left(\frac{|h_{1R}^{(i)}|^2}{|h_{1R}^{(i)}|^2 + |h_{2R}^{(i)}|^2} + \frac{|h_{1R}^{(i)}|^2}{N_0} \right)$$

$$C_{R2}^{(j)} = \log \left(1 + \frac{|h_{R2}^{(j)}|^2}{N_0} \right)$$

$$C_{2R}^{(i)} = \log \left(\frac{|h_{2R}^{(i)}|^2}{|h_{1R}^{(i)}|^2 + |h_{2R}^{(i)}|^2} + \frac{|h_{2R}^{(i)}|^2}{N_0} \right)$$

$$C_{R1}^{(j)} = \log \left(1 + \frac{|h_{R1}^{(j)}|^2}{N_0} \right)$$

[105]

[106] 수학식 10에서 B가 증가하는 경우, 수학식 10은 수학식 12로 표현될 수 있다.

[107]

[108] [수학식 12]

[109]

$$\lim_{B \rightarrow \infty} C = \min \{E\{C_{1R}\}, E\{C_{R2}\}\} \\ + \min \{E\{C_{2R}\}, E\{C_{R1}\}\}$$

[110]

[111] 수학식 12에서,

$$E\{C_{1R}\}, E\{C_{R2}\} E\{C_{2R}\}, E\{C_{R1}\}$$

$C_{1R}^{(i)}$, $C_{R2}^{(j)}$, $C_{2R}^{(i)}$ 및 $C_{R1}^{(j)}$ 각각의 앙상블 평균(ensemble averages)을 나타낼 수 있다.

[112] 도 2를 참조하면, B가 증가할수록 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템의 average achievable sum-rate(C)는 증가할 수 있다.

[113] 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템은 버퍼를 이용하여 릴레이 노드가 수신하는 페이즈(Multiple Access phase, MA phase)와 전송하는 페이즈(Broadcast phase, BC phase)의 듀레이션(duration)을 조절한다. 특히, 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템은 격자코드를 사용하므로, unstructured 채널 코드를 이용하는 릴레이 통신 시스템보다 주파수 효율성이 높을 수 있다.

[114]

[115] 도 3은 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템에 포함된 릴레이 노드를 설명하기 위한 도면이다.

[116] 릴레이 노드(300)는 수신기(310), 프로세서(320), 및 전송기(330)를 포함한다.

[117] 수신기(310)는 제1 시간 구간 동안 복수 개의 소스 노드들(예를 들어, 제1 소스 노드 및 제2 소스 노드)이 전송한 전송 신호를 수신하고, 전송 신호들을 포함하는 수신 신호를 버퍼(340)에 저장한다. 일 실시예에 있어서, 버퍼(340)는 릴레이 노드(300)에 포함될 수 있다. 또는, 버퍼(340)는 릴레이 노드(300)의 외부에 위치할 수 있다. 제1 시간 구간은 B개의 시간 슬롯을 포함할 수 있다.

[118] 제1 시간 구간의 i번째 시간 슬롯에서 수신기(310)가 수신한 수신 신호($y_R^{(i)}$)는

$$y_R^{(i)} = h_{1R}^{(i)} s_1^{(i)} + h_{2R}^{(i)} s_2^{(i)} + z_R^{(i)}$$

를 버퍼(340)에 저장한다. 여기서,

$$h_{1R}^{(i)} s_1^{(i)} + h_{2R}^{(i)} s_2^{(i)} + z_R^{(i)}$$

$s_1^{(i)}$ 는 제1 소스 노드가 전송한 제1 전송 신호일 수 있고, $s_2^{(i)}$ 는 제2

소스 노드가 전송한 제2 전송 신호일 수 있다. 또한, $h_{1R}^{(i)}$ 는 제1 소스

$$h_{1R}^{(i)}$$

노드에서 릴레이 노드(300)로 형성된 채널의 채널 계수일 수 있고, $h_{2R}^{(i)}$ 는

제2 소스 노드에서 릴레이 노드(300)로 형성된 채널의 채널 계수일 수 있다. $z_R^{(i)}$

은 릴레이 노드(300)에서의 노이즈를 나타낼 수 있다.

- [119] 프로세서(320)는 격자 코드의 격자에서 선택된 코드워드를 기초로 수신 신호와 대응하는 대응 신호를 생성한다. 보다 구체적으로, 프로세서(320)는 격자()에서 제1 소스 노드와 대응하는 코드워드 를 선택할 수 있고,

$$\Lambda_1 \quad x_1^{(i)}$$

격자()에서 제2 소스 노드와 대응하는 코드워드 를 선택할 수

$$\Lambda_2 \quad x_2^{(i)}$$

있다. 프로세서(320)는 선택된 코드워드들을 이용하여 제1 전송 신호

$$s_1^{(i)} = \frac{x_1^{(i)}}{h_{1R}^{(i)}} \quad s_2^{(i)} = \frac{x_2^{(i)}}{h_{2R}^{(i)}} \quad \text{를 획득할 수 있고, 제2 전송 신호}$$

- [120] 프로세서(320)는 $s_1^{(i)} = \frac{x_1^{(i)}}{h_{1R}^{(i)}}$ 및 $s_2^{(i)} = \frac{x_2^{(i)}}{h_{2R}^{(i)}}$ 에 미리 정의된 조건을

적용하여 버퍼에 저장된 수신 신호와 대응하는 대응 신호를 생성할 수 있다. 미리 정의된 조건은 $|h_{1R}^{(i)}| \geq |h_{2R}^{(i)}|$, $\Lambda_1 \subset \Lambda_2$, 및

일 수 있다. 이에 따라, 프로세서(320)는 대응

$$|s_1^{(i)}|^2 \leq 1, \quad |s_2^{(i)}|^2 \leq 1$$

신호 $x_1^{(i)} + x_2^{(i)} + z_R^{(i)}$ 를 생성할 수 있다. 제1 시간 구간의 i번째 시간

슬롯에서 릴레이 노드(300)가 수신한 신호는 $x_1^{(i)} + x_2^{(i)} + z_R^{(i)}$ 으로 표현될

수 있다.

- [121] 프로세서(420)는 대응 신호 $x_1^{(i)} + x_2^{(i)} + z_R^{(i)}$ 에 격자 디코딩을 수행할 수

있고, 격자 디코딩의 수행에 따라 릴레이 심볼 $x_R^{(i)}$ 을 생성할 수 있다.

이다. 릴레이 심볼은 제1 소스 노드와

$$x_R^{(i)} = \left[x_1^{(i)} + x_2^{(i)} \right]_{\Lambda_1}$$

대응하는 코드워드 및 제2 소스 노드와 대응하는 코드워드를 기초로 생성될 수 있다.

- [122] 프로세서(420)는 릴레이 심볼을 인코딩하여 릴레이 방송 신호를 생성할 수 있다. 프로세서(420)는 릴레이 심볼의 시퀀스($x_R^{(i)}, i=1, \dots, B$)에 인코딩

함수를 적용하여 릴레이 방송 신호를 생성할 수 있다. 수학식

$$(s_R^{(1)}, \dots, s_R^{(B)}) = f(x_R^{(1)}, \dots, x_R^{(B)})$$

은 릴레이 방송 신호의 생성을

나타내는 수학식으로, 수학식에서 좌변은 제2 시간 구간의 1번째 시간 슬롯 내지 B번째 시간 슬롯에서 전송되는 릴레이 방송 신호이다.

- [123] 전송기(430)는 릴레이 방송 신호를 제2 시간 구간 동안 제1 소스 노드 및 제2 소스 노드로 전송할 수 있다.
- [124] 릴레이 노드(300)는 제2 시간 구간의 j번째 시간 슬롯에서 제1 소스 노드 및 제2 소스 노드로 릴레이 방송 신호 $s_R^{(j)}$ 를 전송한다. 즉, 제2 시간 구간의 j번째 시간 슬롯에서 제1 소스 노드 및 제2 소스 노드로 전송되는 릴레이 방송 신호는 서로 동일할 수 있다.

- [125] 제2 시간 구간의 j번째 시간 슬롯에서 제1 소스 노드가 수신하는 신호($y_1^{(j)}$)는 $h_{R1}^{(j)} s_R^{(j)} + z_1^{(j)}$ 이고, 제2 소스 노드가 수신하는 신호($y_2^{(j)}$)는

$$h_{R2}^{(j)} s_R^{(j)} + z_2^{(j)}$$

이다. 여기서, $z_1^{(j)}$ 는 제1 소스 노드에서의 노이즈를

나타내고, $z_2^{(j)}$ 는 제2 소스 노드에서의 노이즈를 나타낸다. 또한, $h_{R1}^{(j)}$ 는

릴레이 노드(300)에서 제1 소스 노드로 형성된 채널의 채널 계수를 나타내고,

$h_{R2}^{(j)}$ 는 릴레이 노드(300)에서 제2 소스 노드로 형성된 채널의 채널 계수를

나타낸다.

- [126] 제2 시간 구간 동안 제1 소스 노드가 수신하는 신호는

$$y_1^{(1)}, \dots, y_1^{(B)}$$

이다. 제1 소스 노드는

에 디코딩 함수를 적용할 수 있고,

$$y_1^{(1)}, \dots, y_1^{(B)}$$

- [127] 디코딩 함수의 적용을 기초로

[128] $x_R^{(1)}, \dots, x_R^{(B)}$ 를 획득할 수 있다. 제1 소스 노드는 B개의 릴레이 심볼을

획득할 수 있다.

[129] 제1 소스 노드는 $\left[x_R^{(i)} - x_1^{(i)} \right]_{\Lambda_1}$ 를 이용하여 제2 소스 노드가 전송한

데이터를 검출할 수 있다. 앞서 살펴본 바와 같이,

$$x_R^{(i)} = \left[x_1^{(i)} + x_2^{(i)} \right]_{\Lambda_1} \quad \text{이므로} \quad \left[x_R^{(i)} - x_1^{(i)} \right]_{\Lambda_1} \text{는}$$

$$\left[\left[x_1^{(i)} + x_2^{(i)} \right]_{\Lambda_1} - x_1^{(i)} \right]_{\Lambda_1} \quad \text{으로 표현될 수 있다.}$$

$$\left[\left[x_1^{(i)} + x_2^{(i)} \right]_{\Lambda_1} - x_1^{(i)} \right]_{\Lambda_1} \text{는} \quad x_2^{(i)} \quad \text{이므로, 제1 소스 노드는}$$

$$\left[\left[x_1^{(i)} + x_2^{(i)} \right]_{\Lambda_1} - x_1^{(i)} \right]_{\Lambda_1} \quad \text{의 연산을 통해 제2 소스 노드가 제1}$$

시간 구간의 i번째 시간 슬롯에서 전송한 데이터를 획득할 수 있다. 마찬가지로, 제2 소스 노드는 제1 소스 노드가 제1 시간 구간의 i번째 시간 슬롯에서 전송한 데이터를 획득할 수 있다.

[130] 도 1 내지 도 2를 통해 기술된 사항들은 도 3을 통해 기술된 사항들에 적용될 수 있으므로, 상세한 설명은 생략한다.

[131]

[132] 도 4는 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템에 포함된 소스 노드를 설명하기 위한 도면이다.

[133] 소스 노드(400)는 릴레이 노드를 통해 상대 소스 노드로부터 데이터를 수신하고, 상대 소스 노드로 데이터를 전송한다.

[134] 소스 노드(400)는 전송기(410), 프로세서(420), 및 수신기(430)를 포함한다.

[135] 전송기(410)는 제1 시간 구간 동안 릴레이 노드로 전송 신호를 전송한다.

[136] 수신기(430)는 제2 시간 구간 동안 릴레이 노드로부터 릴레이 방송 신호를 수신한다.

[137] 프로세서(420)는 릴레이 방송 신호에서 전송 신호를 이용하여 상대 소스 노드가 전송한 데이터를 검출한다.

[138] 프로세서(420)는 제1 시간 구간 동안 상기 소스 노드 및 상기 상대 소스 노드로부터 수신한 신호들의 모듈로 합을 기초로 상기 릴레이 노드에서 생성된 릴레이 심볼을 상기 릴레이 방송 신호에서 검출한다. 또한, 프로세서(420)는 상기 모듈로 합으로부터 상기 전송 신호를 이용하여 상기 데이터를 검출한다

[139] 보다 구체적으로, 프로세서(420)는 릴레이 방송 신호에서 릴레이 심볼 $x_R^{(i)}$ 를

검출한다. 프로세서(420)는 수학식 $\left[x_R^{(i)} - x_1^{(i)} \right]_{\Lambda_1}$ 에 따라 상기 상대

소스 노드가 전송한 데이터를 검출한다. 전송한 바와 같이,
이고,

$$x_R^{(i)} = \left[x_1^{(i)} + x_2^{(i)} \right]_{\Lambda_1}$$

$\left[\left[x_1^{(i)} + x_2^{(i)} \right]_{\Lambda_1} - x_1^{(i)} \right]_{\Lambda_1} = x_2^{(i)}$ 이므로 프로세서(420)는

상대 소스 노드가 전송한 데이터를 검출할 수 있다.

[140] 도 1 내지 도 3을 통해 기술된 사항들은 도 4를 통해 기술된 사항들에 적용될 수 있으므로, 상세한 설명은 생략한다.

[141]

[142] 도 5는 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템에 포함된 릴레이 노드의 동작 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[143] 릴레이 노드는 제1 시간 구간 동안 복수 개의 소스 노드들이 전송한 전송 신호를 수신한다(510). 제1 시간 구간은 B개의 시간 슬롯을 포함할 수 있다.

[144] 릴레이 노드는 전송 신호들을 포함하는 수신 신호를 버퍼에 저장한다(520).

[145] 릴레이 노드는 네스티드 격자 코드를 이용하여 버퍼에 저장된 수신 신호에서 복수의 노드들 각각이 전송한 전송 신호를 획득한다(530).

[146] 릴레이 노드는 획득된 전송 신호들을 기초로 버퍼에 저장된 수신 신호를 프로세싱한다(540). 예를 들어, 버퍼에 저장된 수신 신호가

$$h_{1R}^{(i)} s_1^{(i)} + h_{2R}^{(i)} s_2^{(i)} + z_R^{(i)}$$

$$h_{1R}^{(i)} s_1^{(i)} + h_{2R}^{(i)} s_2^{(i)} + z_R^{(i)} \text{를 } x_1^{(i)} + x_2^{(i)} + z_R^{(i)} \text{으로}$$

프로세싱할 수 있다.

- [147] 릴레이 노드는 프로세싱된 수신 신호에 격자 디코딩을 수행하여 릴레이 심볼을 생성한다(550)
- [148] 릴레이 노드는 릴레이 심볼을 인코딩하여 릴레이 방송 신호를 생성한다(560).
- [149] 릴레이 노드는 릴레이 방송 신호를 제2 시간 구간 동안 상기 복수의 소스 노드들로 전송한다(570).
- [150] 도 1 내지 도 3을 통해 기술된 사항들은 도 5를 통해 기술된 사항들에 적용될 수 있으므로, 상세한 설명은 생략한다.
- [151]
- [152] 도 6은 일 실시예에 따른 릴레이 통신 시스템에 포함된 소스 노드의 동작 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [153] 소스 노드는 제1 시간 구간 동안 릴레이 노드로 전송 신호를 전송한다(610).
- [154] 소스 노드는 제2 시간 구간 동안 릴레이 노드로부터 릴레이 방송 신호를 수신한다(620).
- [155] 소스 노드는 릴레이 방송 신호에서 릴레이 심볼 $x_R^{(i)}$ 를 검출한다(630).

- [156] 소스 노드는 수학식 $\left[x_R^{(i)} - x_1^{(i)} \right]_{\Lambda_1}$ 에 따라 상대 소스 노드가 전송한

데이터를 검출한다(640). 전송한 바와 같이,

$$x_R^{(i)} = \left[x_1^{(i)} + x_2^{(i)} \right]_{\Lambda_1}$$

이므로, 소스 노드는 수학식 $\left[x_R^{(i)} - x_1^{(i)} \right]_{\Lambda_1}$ 를 통해 상대 소스 노드가

제1 시간 구간의 i번째 시간슬롯에서 전송한 데이터를 검출할 수 있다.

- [157] 도 1 내지 도 3을 통해 기술된 사항들은 도 6을 통해 기술된 사항들에 적용될 수 있으므로, 상세한 설명은 생략한다.
- [158]
- [159] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른

어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

- [160] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [161] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [162] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나,

해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

- [163] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

청구범위

- [청구항 1] 제1 시간 구간 동안 복수 개의 소스 노드들이 전송한 전송 신호를 수신하고, 상기 전송 신호들을 포함하는 수신 신호를 버퍼에 저장하는 수신기;
 격자 코드의 격자에서 선택된 코드워드를 기초로 상기 수신 신호와 대응하는 대응 신호를 생성하고, 상기 대응 신호에 격자 디코딩을 수행하여 릴레이 심볼을 생성하고, 상기 릴레이 심볼을 인코딩하여 릴레이 방송 신호를 생성하는 프로세서; 및
 상기 릴레이 방송 신호를 제2 시간 구간 동안 상기 복수의 소스 노드들로 전송하는 전송기
 를 포함하는 릴레이 노드.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 프로세서는,
 상기 격자 코드의 복수의 격자에서 상기 복수 개의 소스 노드들 각각에 대응하여 선택된 코드워드들의 합을 기초로 상기 대응 신호를 생성하는,
 릴레이 노드
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
 상기 수신기는,
 상기 수신 신호(

$$y_R^{(i)}$$

를 상기 버퍼에

$$y_R^{(i)} = h_{1R}^{(i)} s_1^{(i)} + h_{2R}^{(i)} s_2^{(i)} + z_R^{(i)}$$

저장하고,

상기 프로세서는,

상기 코드워드를 기초로 상기 수신 신호와 대응하는 대응 신호(

$$x_1^{(i)} + x_2^{(i)} + z_R^{(i)})$$

를 생성하고,
 $z_R^{(i)}$ 은 노이즈를 나타내고, $s_1^{(i)}$ 및 $s_2^{(i)}$ 는 복수 개의 소스

노드들이 전송한 전송 신호이고, $h_{1R}^{(i)}$ 및 $h_{2R}^{(i)}$ 는 복수 개의 소스

$$h_{1R}^{(i)} \quad h_{2R}^{(i)}$$

노드들 각각과 릴레이 노드 사이에 형성된 채널이고, $x_1^{(i)}$ 및 $x_2^{(i)}$

각각은 복수 개의 격자들(Λ_1 및 Λ_2) 각각에서 선택된

코드워드이고, i 는 제1 시간 구간의 i 번째 시간 슬롯의 인덱스 인,
릴레이 노드.

[청구항 4]

제3항에 있어서,

상기 프로세서는,

수학식

$$s_1^{(i)} = \frac{x_1^{(i)}}{h_{1R}^{(i)}}, \quad s_2^{(i)} = \frac{x_2^{(i)}}{h_{2R}^{(i)}} \quad \text{에 따라 상기 전송 신호를}$$

획득하고, 상기 전송 신호 및 상기 수신 신호에 미리 정의된 조건을
적용하여 상기 대응 신호를 획득하는,
릴레이 노드.

[청구항 5]

제4항에 있어서,

상기 미리 정의된 조건은,

$$\left| h_{1R}^{(i)} \right| \geq \left| h_{2R}^{(i)} \right|, \quad \Lambda_1 \subset \Lambda_2, \quad \text{및}$$

인,

$$\left| s_1^{(i)} \right|^2 \leq 1, \quad \left| s_2^{(i)} \right|^2 \leq 1$$

릴레이 노드.

[청구항 6]

제3항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 대응 신호에 상기 격자 디코딩의 적용을 기초로 상기 릴레이 심볼(

$x_R^{(i)}$)을 생성하고,

인,

$$x_R^{(i)} = \left[x_1^{(i)} + x_2^{(i)} \right]_{\Lambda_1}$$

릴레이 노드.

- [청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 전송부는,
상기 제2 시간 구간에 포함된 복수 개의 시간 슬롯들 각각에서 상기 복수 개의 소스 노드들로 동일한 릴레이 방송 신호를 전송하는,
릴레이 노드.
- [청구항 8] 제1항에 있어서,
상기 복수 개의 소스 노드들은 제1 소스 노드 및 제2 소스 노드를 포함하고,
상기 제1 소스 노드는,
상기 릴레이 노드로 전송된 상기 릴레이 방송 신호를 수신하고, 상기 수신한 릴레이 방송 신호에서 상기 제1 소스 노드가 전송한 전송 신호를 이용하여 상기 제2 소스 노드가 전송한 데이터를 검출하는,
릴레이 노드.
- [청구항 9] 제1항에 있어서,
상기 버퍼의 사이즈는 상기 제1 시간 구간에 포함된 시간 슬롯의 개수와 대응하는,
릴레이 노드.
- [청구항 10] 제1항에 있어서,
상기 제1 시간 구간의 듀레이션 및 상기 제2 시간 구간의 듀레이션은 상기 버퍼를 기초로 적응적으로 조절되는,
릴레이 노드.
- [청구항 11] 릴레이 노드를 통해 상대 소스 노드로부터 데이터를 수신하는 소스 노드에 있어서,
제1 시간 구간 동안 상기 릴레이 노드로 전송 신호를 전송하는 전송기;
제2 시간 구간 동안 상기 릴레이 노드로부터 릴레이 방송 신호를 수신하는 수신기; 및
상기 릴레이 방송 신호에서 상기 전송 신호를 이용하여 상기 상대 소스 노드가 전송한 데이터를 검출하는 프로세서
를 포함하는 소스 노드.
- [청구항 12] 제11항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 제1 시간 구간 동안 상기 상대 소스 노드로부터 수신한 신호들의 모듈로 합을 기초로 상기 릴레이 노드에서 생성된 릴레이 심볼을 상기

릴레이 방송 신호에서 검출하고, 상기 모듈로 합으로부터 상기 전송 신호를 이용하여 상기 데이터를 검출하는, 소스 노드.

[청구항 13] 제11항에 있어서, 상기 프로세서는, 상기 릴레이 방송 신호에서 상기 릴레이 심볼 $x_R^{(i)}$ 를 검출하고, 수학적

$\left[x_R^{(i)} - x_1^{(i)} \right]_{\Lambda_1}$ 에 따라 상기 상대 소스 노드가 전송한 데이터를

검출하고,

$x_R^{(i)}$ 은 릴레이 심볼을 나타내고, $x_1^{(i)}$ 은 상기 전송 신호와 대응하는

데이터 심볼을 나타내고, i 는 제1 시간 구간에 포함된 복수의 시간 슬롯 중 i 번째 시간 슬롯의 인덱스를 나타내는, 소스 노드.

[청구항 14] 제1 시간 구간 동안 복수 개의 소스 노드들이 전송한 전송 신호를 수신하는 단계;
상기 전송 신호들을 포함하는 수신 신호를 버퍼에 저장하는 단계;
네스티드 격자 코드를 이용하여 버퍼에 저장된 수신 신호에서 상기 복수의 노드들 각각이 전송한 전송 신호를 획득하는 단계;
상기 획득된 전송 신호들을 기초로 상기 버퍼에 저장된 수신 신호를 프로세싱하는 단계;
상기 프로세싱된 신호에 격자 디코딩을 수행하여 릴레이 심볼을 생성하고, 상기 릴레이 심볼을 인코딩하여 릴레이 방송 신호를 생성하는 단계; 및
상기 릴레이 방송 신호를 제2 시간 구간 동안 상기 복수의 소스 노드들로 전송하는 단계
를 포함하는 릴레이 노드의 동작 방법.

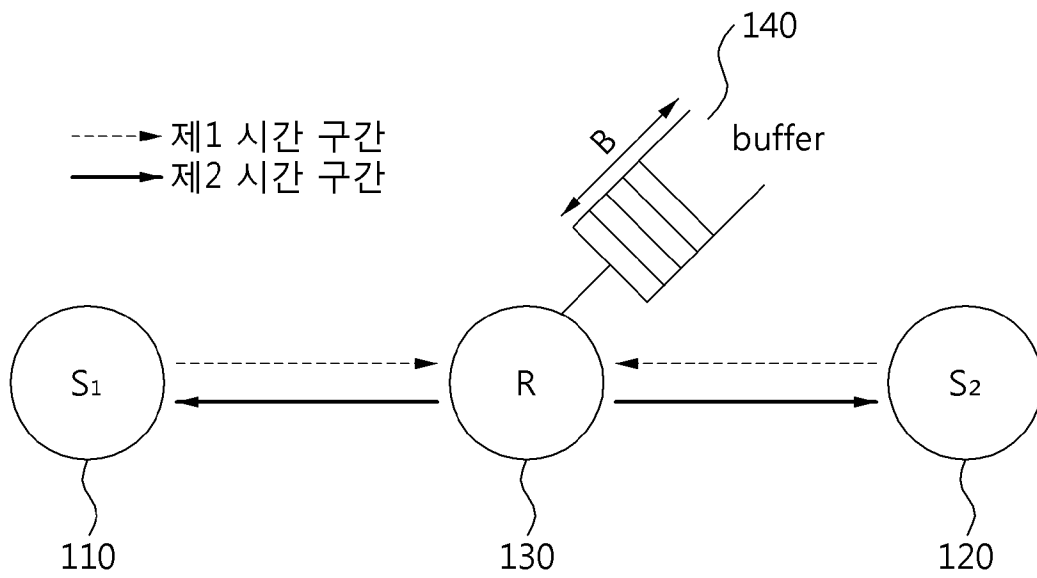
[청구항 15] 제14항에 있어서, 상기 프로세싱하는 단계는, 상기 네스티드 격자 코드의 복수의 격자에서 상기 복수 개의 소스 노드들 각각에 대응하여 선택된 코드워드들의 합을 기초로 상기 버퍼에 저장된 수신 신호를 프로세싱하는, 릴레이 노드의 동작 방법.

[청구항 16] 제14항에 있어서,

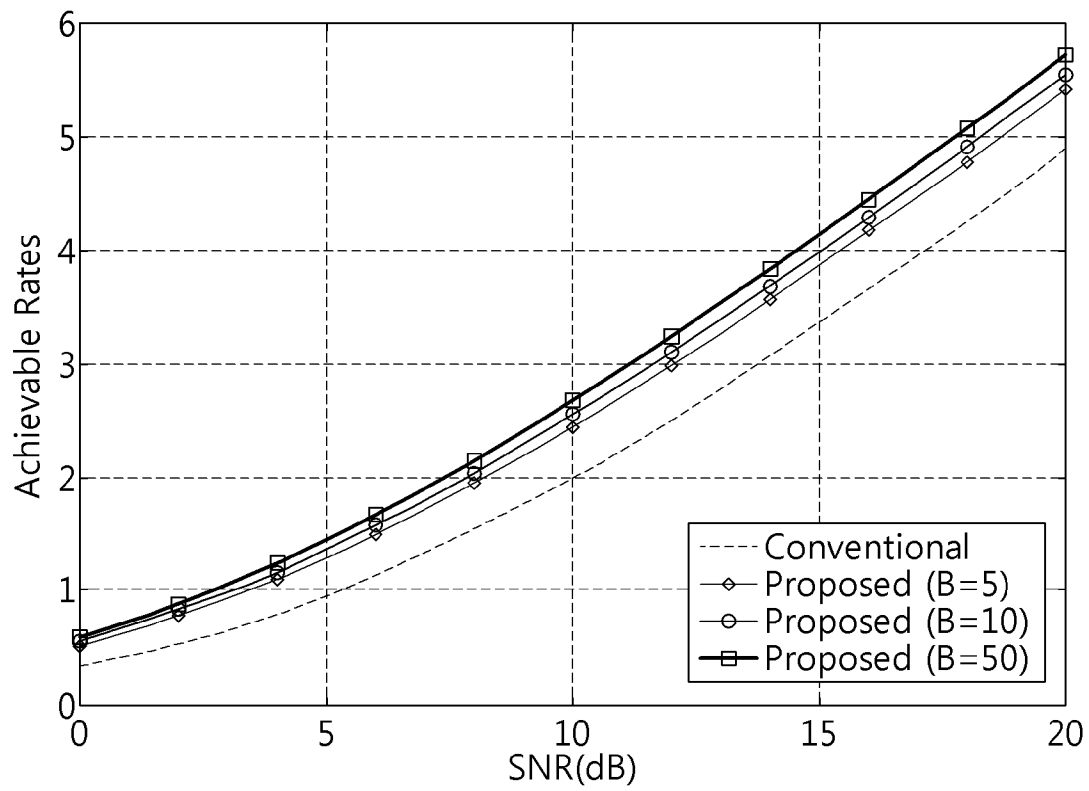
상기 버퍼의 사이즈는 상기 제1 시간 구간의 타임 슬롯의 개수와 대응하는,
릴레이 노드의 동작 방법.

- [청구항 17] 제14항에 있어서,
상기 제1 시간 구간의 듀레이션 및 상기 제2 시간 구간의 듀레이션은 상기 버퍼를 기초로 적응적으로 조절되는,
릴레이 노드의 동작 방법.

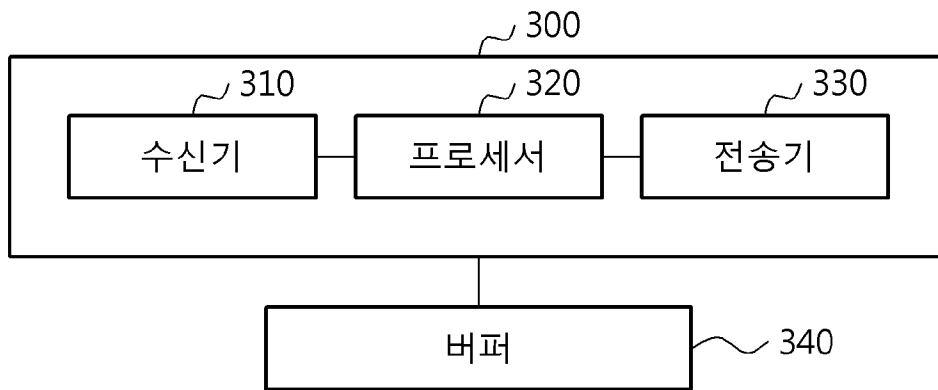
[도1]



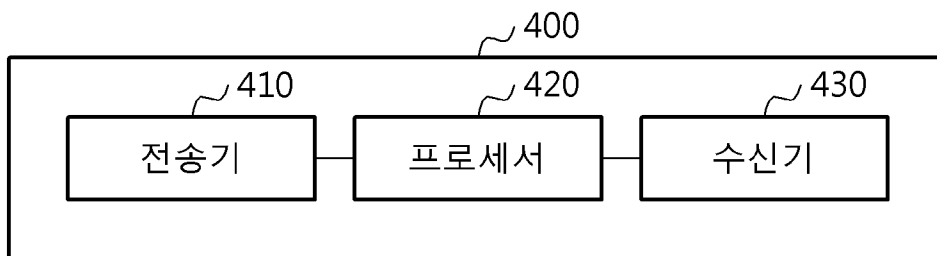
[도2]



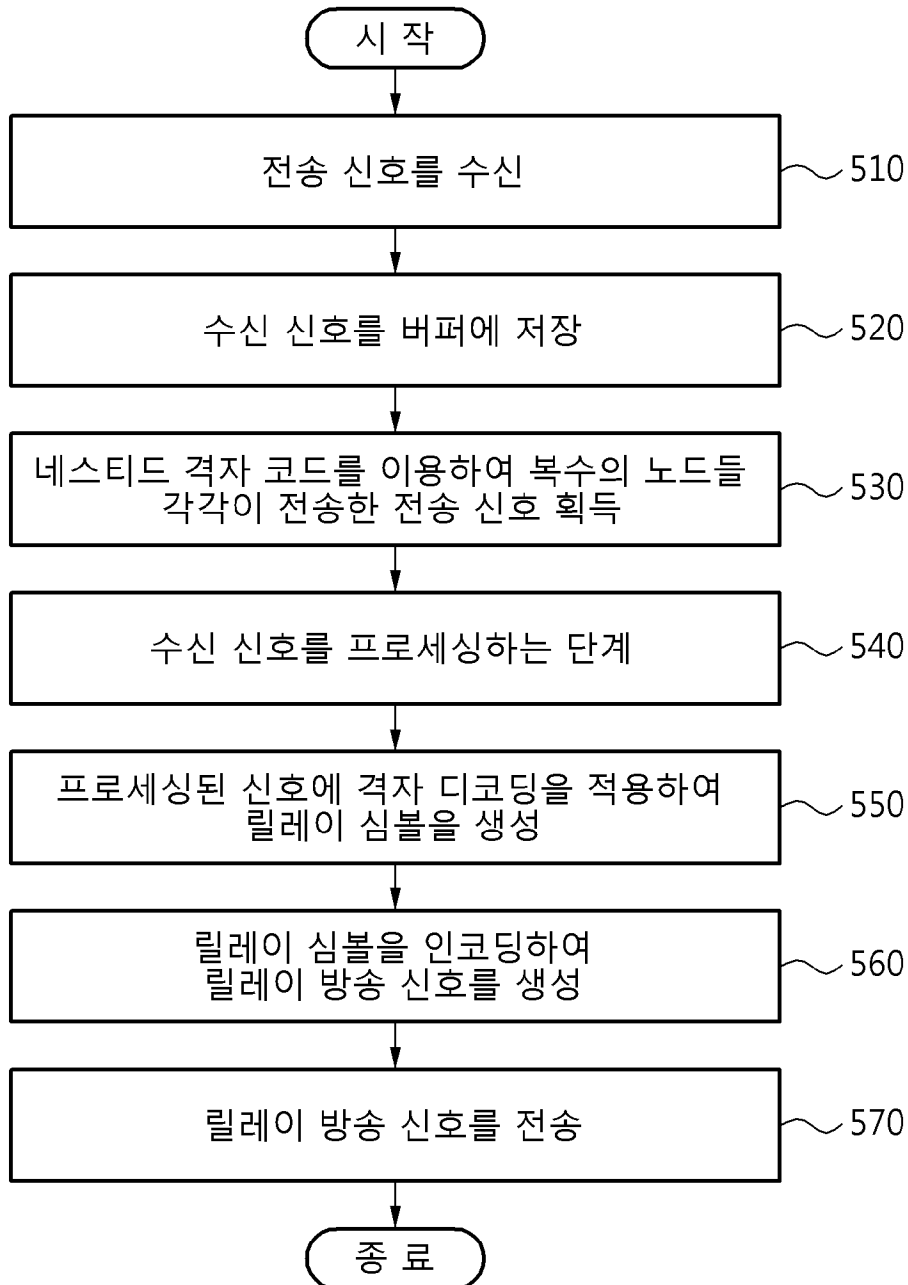
[도3]



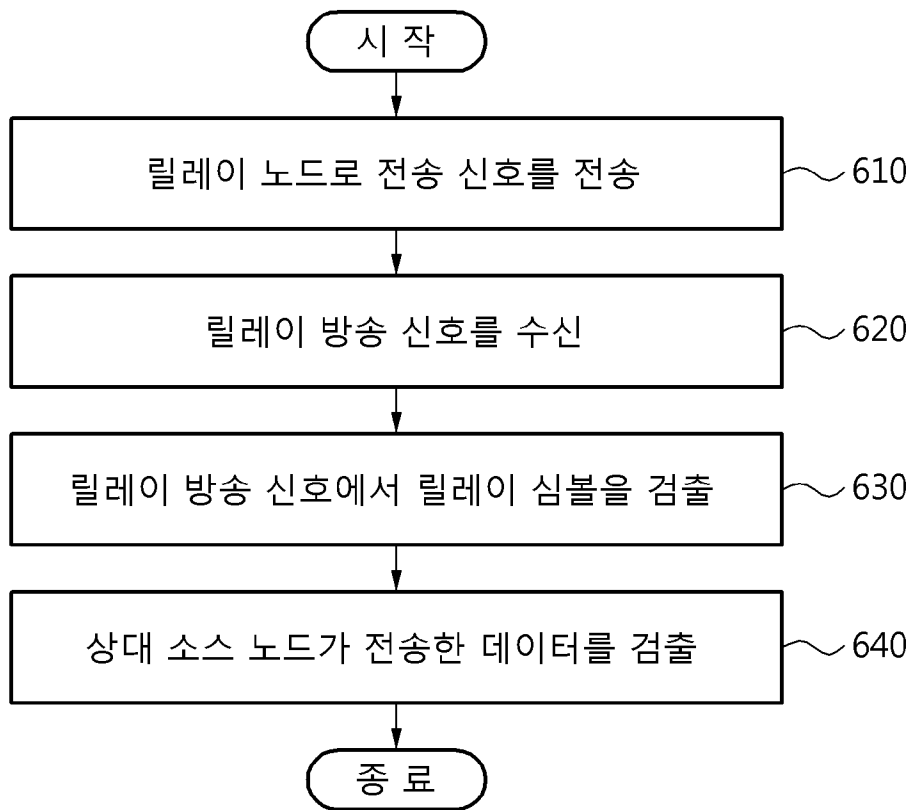
[도4]



[도5]



[도6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2015/010584**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H04B 7/14(2006.01)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 7/14; H04W 16/26; H04W 72/12; H04B 7/02; H04B 15/02; H04B 7/04

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: source node, buffer, lattice, codeword, corresponding signal, symbol, relay, source node

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	HYUN JONG YANG et al., Asymptotic Capacity of the Separated MIMO Two-Way Relay Channel, IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY, November 2011, Vol. 57, No. 11, p. 7542-7554. See pages 7543-7548; and figure 1.	1,11,14
A		2-10,12-13,15-17
Y	HYUN JONG YANG et al., Achievable Sum-Rate of MU-MIMO Cellular Two-way Relay Channels: Lattice Code-Aided Linear Precoding, IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, September 2012, Vol. 30, No. 8, p. 1304-1318. See pages 1307-1309; and figure 1.	1,11,14
Y	KR 10-2014-0021813 A (INDUSTRIAL COOPERATION FOUNDATION CHONBUK NATIONAL UNIVERSITY) 21 February 2014 See claims 1-4; and figure 1.	1,11,14
A	WO 2012-008666 A1 (INDUSTRIAL COOPERATION FOUNDATION CHONBUK NATIONAL UNIVERSITY) 19 January 2012 See paragraphs [0157]-[0161]; and figure 1.	1-17
A	WO 2010-095883 A2 (LG ELECTRONICS INC.) 26 August 2010 See paragraphs [0042]-[0044]; and figure 3.	1-17



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

19 JANUARY 2016 (19.01.2016)

Date of mailing of the international search report

19 JANUARY 2016 (19.01.2016)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2015/010584

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2014-0021813 A	21/02/2014	NONE	
WO 2012-008666 A1	19/01/2012	KR 10-1081317 B1 US 2012-0008702 A1 US 8743979 B2	08/11/2011 12/01/2012 03/06/2014
WO 2010-095883 A2	26/08/2010	KR 10-2011-0122114 A WO 2010-095883 A3	09/11/2011 25/11/2010

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))**H04B 7/14(2006.01)i****B. 조사된 분야**

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H04B 7/14; H04W 16/26; H04W 72/12; H04B 7/02; H04B 15/02; H04B 7/04

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: 소스 노트, 버퍼, 격자, 코드워드, 대응 신호, 심볼, 릴레이, 소스 노트

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	HYUN JONG YANG 등, Asymptotic Capacity of the Separated MIMO Two-Way Relay Channel, IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY, 2011. 11., Vol. 57, No. 11, p. 7542-7554. 페이지 7543-7548; 및 도면 1 참조.	1, 11, 14
A		2-10, 12-13, 15-17
Y	HYUN JONG YANG 등, Achievable Sum-Rate of MU-MIMO Cellular Two-way Relay Channels: Lattice Code-Aided Linear Precoding, IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, 2012. 09., Vol. 30, No. 8, p. 1304-1318. 페이지 1307-1309; 및 도면 1 참조.	1, 11, 14
Y	KR 10-2014-0021813 A (전북대학교산학협력단) 2014.02.21 청구항 1-4; 및 도면 1 참조.	1, 11, 14
A	WO 2012-008666 A1 (전북대학교산학협력단) 2012.01.19 단락 [0157]-[0161]; 및 도면 1 참조.	1-17
A	WO 2010-095883 A2 (엘지전자 주식회사) 2010.08.26 단락 [0042]-[0044]; 및 도면 3 참조.	1-17

☐ 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

2016년 01월 19일 (19.01.2016)

국제조사보고서 발송일

2016년 01월 19일 (19.01.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

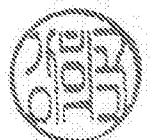
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관

강희국

전화번호 +82-42-481-8264



국제조사보고서에서
인용된 특허문헌

공개일

대응특허문헌

공개일

KR 10-2014-0021813 A

2014/02/21

없음

WO 2012-008666 A1

2012/01/19

KR 10-1081317 B1

2011/11/08

US 2012-0008702 A1

2012/01/12

US 8743979 B2

2014/06/03

WO 2010-095883 A2

2010/08/26

KR 10-2011-0122114 A

2011/11/09

WO 2010-095883 A3

2010/11/25