(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0157821
(43) 공개일자 2021년12월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/026 (2017.01) *H04B 1/59* (2006.01)
H04B 7/155 (2006.01) *H04J 11/00* (2006.01)
H04W 88/04 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/026 (2013.01)
H04B 1/59 (2020.08)
(21) 출원번호 10-2020-0118179
(22) 출원일자 2020년09월15일
심사청구일자 2020년09월15일
(30) 우선권주장
1020200075517 2020년06월22일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
고영채
서울특별시 강남구 일원로 127, 107동 301호(일원동, 가람아파트)
이지호
서울특별시 양천구 신정로13길 38, 105동 201호(신정동, 신정이편한세상아파트)
(74) 대리인
최윤서, 손제관

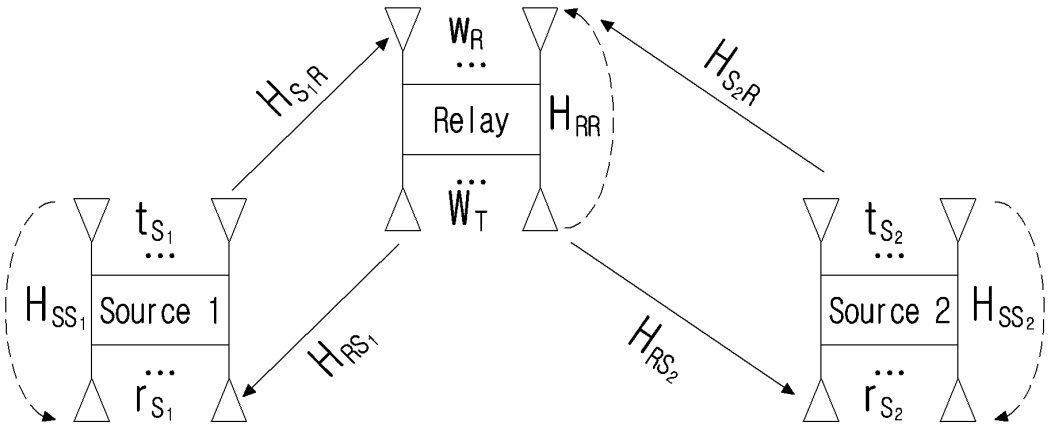
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **전이중 양방향 릴레이 네트워크에서 신호 송수신 방법 및 장치**

(57) 요 약

본 개시는 전이중 양방향 릴레이 네트워크에서 신호 송수신 방법 및 장치에 대한 것이다. 본 개시의 일 실시예에 따른 전이중 양방향 릴레이 네트워크에서 릴레이의 통신 방법은, 제 1 시간 슬롯에서 제 1 소스 노드(S_1)로부터 수신된 제 1 신호(x_{S1}), 제 2 소스 노드(S_2)로부터 수신된 제 2 신호(x_{S2}) 및 상기 릴레이(R)의 자기 간섭 신호를 포함하는 수신 신호($r_{\in}$)를 버퍼에 저장하는 단계; 상기 버퍼에 저장된 신호에 제 1 수신 빔포밍 벡터를 적용하여 상기 릴레이의 자기 간섭 신호 및 상기 제 2 신호의 영향을 제거하여 상기 제 1 신호를 검출하는 단계; 상기 버퍼에 저장된 신호에 상기 검출된 제 1 신호를 제거한 후 제 2 수신 빔포밍 벡터를 적용하여 상기 제 2 신호를 검출하는 단계; 및 상기 검출된 제 1 신호 및 상기 검출된 제 2 신호를 합성한 신호(x_R)를, 제 2 시간 슬롯에서 상기 제 1 소스 노드 및 상기 제 2 소스 노드로 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도5



(52) CPC특허분류
H04B 7/15507 (2013.01)
H04J 11/0023 (2013.01)
H04W 88/04 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711081014
과제번호	20143005520061001
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기술진흥센터
연구사업명	정보통신방송연구개발사업
연구과제명	고성능, 고효율의 차세대 무선랜 무선전송 원천기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

전이중 양방향 릴레이 네트워크에서 릴레이의 통신 방법에 있어서,

제 1 시간 슬롯에서 제 1 소스 노드(S_1)로부터 수신된 제 1 신호(x_{S1}), 제 2 소스 노드(S_2)로부터 수신된 제 2 신호(x_{S2}) 및 상기 릴레이(R)의 자기 간섭 신호를 포함하는 수신 신호($r_{\in}$)를 버퍼에 저장하는 단계;

상기 버퍼에 저장된 신호에 제 1 수신 빔포밍 벡터를 적용하여 상기 릴레이의 자기 간섭 신호 및 상기 제 2 신호의 영향을 제거하여 상기 제 1 신호를 검출하는 단계;

상기 버퍼에 저장된 신호에 상기 검출된 제 1 신호를 제거한 후 제 2 수신 빔포밍 벡터를 적용하여 상기 제 2 신호를 검출하는 단계; 및

상기 검출된 제 1 신호 및 상기 검출된 제 2 신호를 합성한 신호(x_R)를, 제 2 시간 슬롯에서 상기 제 1 소스 노드 및 상기 제 2 소스 노드로 전송하는 단계를 포함하는, 릴레이 통신 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 수신 신호($r_{\in}$)는 아래의 수학식으로 정의되고,

$$r_{\in} = \sqrt{P_{S_1}}\mathbf{H}_{S_1R}\mathbf{t}_{S_1}x_{S_1} + \sqrt{P_{S_2}}\mathbf{H}_{S_2R}\mathbf{t}_{S_2}x_{S_2} + \sqrt{P_R}\mathbf{H}_{RR}\mathbf{W}_T\mathbf{x}_r + \mathbf{n}_R$$
$$= \sqrt{P_{S_1}}\mathbf{h}_{S_1R}x_{S_1} + \sqrt{P_{S_2}}\mathbf{h}_{S_2R}x_{S_2} + \sqrt{P_R}\mathbf{H}_{RR}\mathbf{W}_T\mathbf{x}_r + \mathbf{n}_R$$

여기서, Hab는 a로부터 b로의 채널을 나타내고, a 또는 b는 S_1, S_2, R 중 하나이며, a=b인 a 또는 b의 자기 간섭 신호의 채널을 나타내며,

t_a는 a의 송신 프리코딩 행렬 또는 송신 빔포밍 벡터를 나타내고,

r_a는 a의 수신 프리코딩 행렬 또는 수신 빔포밍 벡터를 나타내고,

W_R은 릴레이의 수신 프리코딩 행렬 또는 수신 빔포밍 벡터를 나타내고,

W_T는 릴레이의 송신 프리코딩 행렬 또는 송신 빔포밍 벡터를 나타내고,

P_a는 a의 송신 전력을 나타내고,

n_a는 a가 검출하는 잡음을 나타내며,

$\mathbf{h}_{S_1R} = \mathbf{H}_{S_1R}\mathbf{t}_{S_1}$ 및 $\mathbf{h}_{S_2R} = \mathbf{H}_{S_2R}\mathbf{t}_{S_2}$를 만족하는, 릴레이 통신 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 검출된 제 1 신호 및 상기 검출된 제 2 신호를 합성한 신호(x_R)는 아래의 수학식과 같이 정의되고,

$$\begin{aligned}\mathbf{x}_R &= \sqrt{\alpha_1}\mathbf{w}_{T,S_1}x_{S_2} + \sqrt{\alpha_2}\mathbf{w}_{T,S_2}x_{S_1} \\ &= \begin{bmatrix}\mathbf{w}_{T,S_1} & \mathbf{w}_{T,S_2}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\sqrt{\alpha_1}x_{S_2} \\ \sqrt{\alpha_2}x_{S_1}\end{bmatrix} \\ &= \mathbf{W}_T\mathbf{x}_r\end{aligned}$$

여기서, α_a 는 릴레이가 a로 전송하는 신호에 대해서 적용되는 합성 비율을 나타내는, 릴레이 통신 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 릴레이로부터 상기 제 1 소스 노드로 전송되고 상기 제 1 소스 노드의 수신 빔포밍 벡터가 적용된 신호(r_{S1})는 아래의 수학식과 같이 정의되고,

$$r_{S_1} = \sqrt{\alpha_1 P_R}\mathbf{r}_{S_1}^H\mathbf{H}_{RS_1}\mathbf{w}_{T,S_1}x_{S_2} + \sqrt{\alpha_2 P_R}\mathbf{r}_{S_1}^H\mathbf{H}_{RS_1}\mathbf{w}_{T,S_2}x_{S_1} + \sqrt{P_{S_1}}\mathbf{r}_{S_1}^H\mathbf{H}_{SS_1}\mathbf{t}_{S_1}x_{S_1} + \mathbf{r}_{S_1}^H\mathbf{n}_{S_1}$$

상기 제 1 소스 노드에서 상기 제 1 신호를 제거한 신호(r_{S1}')는 아래의 수학식과 같이 정의되고,

$$r'_{S_1} = \sqrt{\alpha_1 P_R}\mathbf{r}_{S_1}^H\mathbf{h}_{RS_1}x_{S_2} + \mathbf{r}_{S_1}^H\mathbf{n}_{S_1}$$

여기서, $\mathbf{h}_{RS_1} = \mathbf{H}_{RS_1}\mathbf{w}_{T,S_1}$ 인, 릴레이 통신 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 릴레이로부터 상기 제 2 소스 노드로 전송되고 상기 제 2 소스 노드의 수신 빔포밍 벡터가 적용된 신호(r_{S2})는 아래의 수학식과 같이 정의되고,

$$r_{S_2} = \sqrt{\alpha_1 P_R}\mathbf{r}_{S_2}^H\mathbf{H}_{RS_2}\mathbf{w}_{T,S_1}x_{S_2} + \sqrt{\alpha_2 P_R}\mathbf{r}_{S_2}^H\mathbf{H}_{RS_2}\mathbf{w}_{T,S_2}x_{S_1} + \sqrt{P_{S_2}}\mathbf{r}_{S_2}^H\mathbf{H}_{SS_2}\mathbf{t}_{S_2}x_{S_2} + \mathbf{r}_{S_2}^H\mathbf{n}_{S_2}$$

상기 제 2 소스 노드에서 상기 제 2 신호를 제거한 신호(r_{S2}')는 아래의 수학식과 같이 정의되고,

$$r'_{S_2} = \sqrt{\alpha_2 P_R}\mathbf{r}_{S_2}^H\mathbf{h}_{RS_2}x_{S_1} + \mathbf{r}_{S_2}^H\mathbf{n}_{S_2}$$

여기서, $\mathbf{h}_{RS_2} = \mathbf{H}_{RS_2}\mathbf{w}_{T,S_2}$ 인, 릴레이 통신 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 1 소스 노드의 송신 빔포밍 벡터(t_{S1})는 아래의 수학식과 같이 정의되고,

$$\mathbf{t}_{S_1}^{*} = \arg \max_{\|\mathbf{t}_{S_1}\|^2=1} \left| \mathbf{w}_{R1}^{H} \mathbf{h}_{S_1R} \right|^2 = \arg \max_{\|\mathbf{t}_{S_1}\|^2=1} \| \hat{\mathbf{R}}_{R1} \mathbf{H}_{S_1R} \mathbf{t}_{S_1} \|^2 = \mathbf{u}_{\max} \left(\mathbf{H}_{S_2R}^{H} \hat{\mathbf{R}}_{R1} \mathbf{H}_{S_2R} \right)$$

상기 제 1 수신 빔포밍 벡터(w_{R1})는 아래의 수학식과 같이 정의되고,

$$\mathbf{w}_{R1} = \frac{\hat{\mathbf{R}}_{R1} \mathbf{h}_{S_1R}}{\| \hat{\mathbf{R}}_{R1} \mathbf{h}_{S_1R} \|} = \frac{\hat{\mathbf{R}}_{R1} \mathbf{H}_{S_1R} \mathbf{t}_{S_1}}{\| \hat{\mathbf{R}}_{R1} \mathbf{H}_{S_1R} \mathbf{t}_{S_1} \|}$$

$\hat{\mathbf{R}}_{R1}$ 은 아래의 수학식과 같이 정의되는,

$$\hat{\mathbf{R}}_{R1} = \mathbf{I}_{N_{r_R}} - \mathbf{R}_1 \left(\mathbf{R}_1^{H} \mathbf{R}_1 \right)^{-1} \mathbf{R}_1^{H}$$

$$\mathbf{R}_1 = \left[\mathbf{h}_{S_2R} \quad \mathbf{H}_{RR} \mathbf{W}_T \right]$$

,

릴레이 통신 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제 2 소스 노드의 송신 빔포밍 벡터(t_{S2})는 아래의 수학식과 같이 정의되고,

$$\mathbf{t}_{S_2}^{*} = \arg \max_{\|\mathbf{t}_{S_2}\|^2=1} \left| \mathbf{w}_{R2}^{H} \mathbf{h}_{S_2R} \right|^2 = \arg \max_{\|\mathbf{t}_{S_2}\|^2=1} \| \hat{\mathbf{R}}_{R2} \mathbf{H}_{S_2R} \mathbf{t}_{S_2} \|^2 = \mathbf{u}_{\max} \left(\mathbf{H}_{S_2R}^{H} \hat{\mathbf{R}}_{R2} \mathbf{H}_{S_2R} \right)$$

상기 제 2 수신 빔포밍 벡터(w_{R2})는 아래의 수학식과 같이 정의되고,

$$\mathbf{w}_{R2} = \frac{\hat{\mathbf{R}}_{R2} \mathbf{h}_{S_2R}}{\| \hat{\mathbf{R}}_{R2} \mathbf{h}_{S_2R} \|} = \frac{\hat{\mathbf{R}}_{R2} \mathbf{H}_{S_2R} \mathbf{t}_{S_2}}{\| \hat{\mathbf{R}}_{R2} \mathbf{H}_{S_2R} \mathbf{t}_{S_2} \|}$$

$\hat{\mathbf{R}}_{R2}$ 는 아래의 수학식과 같이 정의되는,

$$\hat{\mathbf{R}}_{R2} = \mathbf{I}_{N_{r_R}} - \mathbf{H}_{RR} \mathbf{W}_T \left(\left(\mathbf{H}_{RR} \mathbf{W}_T \right)^{H} \mathbf{H}_{RR} \mathbf{W}_T \right)^{-1} \left(\mathbf{H}_{RR} \mathbf{W}_T \right)^{H}$$

,

릴레이 통신 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 릴레이의 상기 제 1 소스 노드로의 송신 빔포밍 벡터($w_{T,S1}$)는 아래의 수학식과 같이 정의되고,

$$\mathbf{w}_{T,S_1} = \mathbf{u}_{\max}\left(\mathbf{H}_{RS_1}^{H}\hat{\mathbf{R}}_{S_1}\mathbf{H}_{RS_1}\right)$$

상기 제 1 소스 노드의 수신 빔포밍 벡터(r_{S1})는 아래의 수학식과 같이 정의되고,

$$\mathbf{r}_{S_1} = \frac{\hat{\mathbf{R}}_{S_1}\mathbf{H}_{RS_1}\mathbf{w}_{T,S_1}}{\|\hat{\mathbf{R}}_{S_1}\mathbf{H}_{RS_1}\mathbf{w}_{T,S_1}\|}$$

$\hat{\mathbf{R}}_{S_1}$는 아래의 수학식과 같이 정의되는,

$$\hat{\mathbf{R}}_{S_1} = \mathbf{I}_{N_{rS_1}} - \frac{\mathbf{H}_{SS_1}\mathbf{t}_{S_1}\mathbf{t}_{S_1}^{H}\mathbf{H}_{SS_1}^{H}}{\mathbf{t}_{S_1}^{H}\mathbf{H}_{SS_1}^{H}\mathbf{H}_{SS_1}\mathbf{t}_{S_1}},$$

릴레이 통신 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 릴레이의 상기 제 2 소스 노드로의 송신 빔포밍 벡터($w_{T,S2}$)는 아래의 수학식과 같이 정의되고,

$$\mathbf{w}_{T,S_2} = \mathbf{u}_{\max}\left(\mathbf{H}_{RS_2}^{H}\hat{\mathbf{R}}_{S_2}\mathbf{H}_{RS_2}\right)$$

상기 제 2 소스 노드의 수신 빔포밍 벡터(r_{S2})는 아래의 수학식과 같이 정의되고,

$$\mathbf{r}_{S_2} = \frac{\hat{\mathbf{R}}_{S_2}\mathbf{H}_{RS_2}\mathbf{w}_{T,S_2}}{\|\hat{\mathbf{R}}_{S_2}\mathbf{H}_{RS_2}\mathbf{w}_{T,S_2}\|}$$

$\hat{\mathbf{R}}_{S_2}$는 아래의 수학식과 같이 정의되는,

$$\widehat{\mathbf{R}}_{S_2} = \mathbf{I}_{N_r S_2} - \frac{\mathbf{H}_{SS_2}\mathbf{t}_{S_2}\mathbf{t}_{S_2}^{H}\mathbf{H}_{SS_2}^{H}}{\mathbf{t}_{S_2}^{H}\mathbf{H}_{SS_2}^{H}\mathbf{H}_{SS_2}\mathbf{t}_{S_2}},$$

릴레이 통신 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 릴레이의 송신 빔포밍 행렬(W_T)은 아래의 수학식과 같이 정의되는,

$$\mathbf{W}_T = \left[\sqrt{\frac{1}{2}}\mathbf{w}_{T,S_1} \quad \sqrt{\frac{1}{2}}\mathbf{w}_{T,S_2}\right],$$

릴레이 통신 방법.

청구항 11

전이중 양방향 릴레이 네트워크에서 통신을 수행하는 릴레이 장치로서,

트랜시버;

메모리; 및

프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는,

상기 트랜시버를 통하여 제 1 시간 슬롯에서 제 1 소스 노드(S_1)로부터 수신된 제 1 신호(x_{S1}), 제 2 소스 노드(S_2)로부터 수신된 제 2 신호(x_{S2}) 및 상기 릴레이(R)의 자기 간섭 신호를 포함하는 수신 신호($r_{\in}$)를 상기 메모리에 저장하고;

상기 메모리에 저장된 신호에 제 1 수신 빔포밍 벡터를 적용하여 상기 릴레이의 자기 간섭 신호 및 상기 제 2 신호의 영향을 제거하여 상기 제 1 신호를 검출하고;

상기 메모리에 저장된 신호에 상기 검출된 제 1 신호를 제거한 후 제 2 수신 빔포밍 벡터를 적용하여 상기 제 2 신호를 검출하고;

상기 검출된 제 1 신호 및 상기 검출된 제 2 신호를 합성한 신호(x_R)를, 상기 트랜시버를 통하여 제 2 시간 슬롯에서 상기 제 1 소스 노드 및 상기 제 2 소스 노드로 전송하도록 설정되는,

릴레이 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 무선 통신에 대한 것이며, 구체적으로는 전이중 양방향 릴레이를 포함하는 무선 통신 시스템에서 신호 송수신 방법 및 장치에 대한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전이중(full-duplex) 통신은 동일한 시간 및 주파수 자원을 사용하여 신호를 송수신하는 기술이다. 전이중 통신에서는 디바이스에서 송신한 신호가 해당 디바이스의 수신기에 간섭으로 작용할 수 있으므로, 자기 간섭을 제거하는 방안이 요구된다.

[0003] 양방향 릴레이 통신은 릴레이가 제 1 디바이스로부터 수신된 신호를 제 2 디바이스로 전달하고, 제 2 디바이스로부터 수신된 신호를 제 1 디바이스로 전달함으로써, 두 디바이스 간의 정보 교환을 지원할 수 있다.

[0004] 종래에는 양방향 릴레이를 포함하여 네트워크의 모든 디바이스(또는 노드)들이 전이중 통신을 지원하는 방안은 마련되어 있지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 개시의 기술적 과제는 양방향 전이중 릴레이 통신을 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0006] 본 개시의 추가적인 기술적 과제는 양방향 전이중 릴레이 통신 방법의 자기 간섭을 제거하고 전체 시스템 성능을 높이는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0007] 본 개시에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 개시의 일 양상에 따른 전이중 양방향 릴레이 네트워크에서 릴레이의 통신 방법은, 제 1 시간 슬롯에서 제 1 소스 노드(S_1)로부터 수신된 제 1 신호(x_{S1}), 제 2 소스 노드(S_2)로부터 수신된 제 2 신호(x_{S2}) 및 상기 릴레이(R)의 자기 간섭 신호를 포함하는 수신 신호($r_{\in}$)를 버퍼에 저장하는 단계; 상기 버퍼에 저장된 신호에 제 1 수신 빔포밍 벡터를 적용하여 상기 릴레이의 자기 간섭 신호 및 상기 제 2 신호의 영향을 제거하여 상기 제 1 신호를 검출하는 단계; 상기 버퍼에 저장된 신호에 상기 검출된 제 1 신호를 제거한 후 제 2 수신 빔포밍 벡터를 적용하여 상기 제 2 신호를 검출하는 단계; 및 상기 검출된 제 1 신호 및 상기 검출된 제 2 신호를 합성한 신호(x_R)를, 제 2 시간 슬롯에서 상기 제 1 소스 노드 및 상기 제 2 소스 노드로 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 본 개시의 추가적인 양상에 따른 전이중 양방향 릴레이 네트워크에서 통신을 수행하는 릴레이 장치는, 트랜시버; 메모리; 및 프로세서를 포함할 수 있다. 상기 프로세서는, 상기 트랜시버를 통하여 제 1 시간 슬롯에서 제 1 소스 노드(S_1)로부터 수신된 제 1 신호(x_{S1}), 제 2 소스 노드(S_2)로부터 수신된 제 2 신호(x_{S2}) 및 상기 릴레이(R)의 자기 간섭 신호를 포함하는 수신 신호($r_{\in}$)를 상기 메모리에 저장하고; 상기 메모리에 저장된 신호에 제 1 수신 빔포밍 벡터를 적용하여 상기 릴레이의 자기 간섭 신호 및 상기 제 2 신호의 영향을 제거하여 상기 제 1 신호를 검출하고; 상기 메모리에 저장된 신호에 상기 검출된 제 1 신호를 제거한 후 제 2 수신 빔포밍 벡터를 적용하여 상기 제 2 신호를 검출하고; 상기 검출된 제 1 신호 및 상기 검출된 제 2 신호를 합성한 신호(x_R)를, 상기 트랜시버를 통하여 제 2 시간 슬롯에서 상기 제 1 소스 노드 및 상기 제 2 소스 노드로 전송하도록 설정될 수 있다.

[0010] 본 개시에 대하여 위에서 간략하게 요약된 특징들은 후술하는 본 개시의 상세한 설명의 예시적인 양상일 뿐이며, 본 개시의 범위를 제한하는 것은 아니다.

발명의 효과

[0011] 본 개시에 따르면 양방향 전이중 릴레이 통신을 방법 및 장치가 제공될 수 있다.

[0012] 본 개시에 따르면 양방향 전이중 릴레이 통신 방법의 자기 간섭을 제거하고 전체 시스템 성능을 높이는 방법 및 장치가 제공될 수 있다.

[0013] 본 개시에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은

아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 개시가 적용될 수 있는 전이중 통신을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 개시가 적용될 수 있는 전이중 통신의 자기 간섭 신호를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 개시가 적용될 수 있는 릴레이 네트워크의 예시를 나타내는 도면이다.

도 4는 본 개시가 적용될 수 있는 양방향 통신의 단계들을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 개시가 적용될 수 있는 시스템 모델의 예시를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 개시에 따른 릴레이 장치 및 단말 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

도 7은 본 개시의 예시들과 대비되는 경우의 아웃티지 확률을 나타내는 도면이다.

도 8은 본 개시에 따른 예시들의 경우의 아웃티지 확률을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 개시의 실시예에 대하여 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나, 본 개시는 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

[0016] 본 개시의 실시예를 설명함에 있어서 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 개시의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그에 대한 상세한 설명은 생략한다. 그리고, 도면에서 본 개시에 대한 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙인다.

[0017] 본 개시에 있어서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소와 "연결", "결합" 또는 "접속"되어 있다고 할 때, 이는 직접적인 연결관계 뿐만 아니라, 그 중간에 또 다른 구성요소가 존재하는 간접적인 연결관계도 포함할 수 있다. 또한 어떤 구성요소가 다른 구성요소를 "포함한다" 또는 "가진다"고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 배제하는 것이 아니라 또 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0018] 본 개시에 있어서, 제1, 제2 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용되며, 특별히 언급되지 않는 한 구성요소들 간의 순서 또는 중요도 등을 한정하지 않는다. 따라서, 본 개시의 범위 내에서 일 실시예에서의 제1 구성요소는 다른 실시예에서 제2 구성요소라고 칭할 수도 있고, 마찬가지로 일 실시예에서의 제2 구성요소를 다른 실시예에서 제1 구성요소라고 칭할 수도 있다.

[0019] 본 개시에 있어서, 서로 구별되는 구성요소들은 각각의 특징을 명확하게 설명하기 위한 것이며, 구성요소들이 반드시 분리되는 것을 의미하지는 않는다. 즉, 복수의 구성요소가 통합되어 하나의 하드웨어 또는 소프트웨어 단위로 이루어질 수도 있고, 하나의 구성요소가 분산되어 복수의 하드웨어 또는 소프트웨어 단위로 이루어질 수도 있다. 따라서, 별도로 언급하지 않더라도 이와 같이 통합된 또는 분산된 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다.

[0020] 본 개시에 있어서, 다양한 실시예에서 설명하는 구성요소들이 반드시 필수적인 구성요소들은 의미하는 것은 아니며, 일부는 선택적인 구성요소일 수 있다. 따라서, 일 실시예에서 설명하는 구성요소들의 부분집합으로 구성되는 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다. 또한, 다양한 실시예에서 설명하는 구성요소들에 추가적으로 다른 구성요소를 포함하는 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다.

[0021] 본 개시는 무선 통신 시스템에서 네트워크 노드들 간의 통신에 대한 것이다. 네트워크 노드는, 기지국, 단말 또는 릴레이(relay) 중의 하나 이상을 포함할 수 있다. 기지국(Base Station, BS)이라는 용어는, 고정국(fixed station), Node B, eNodeB(eNB), ng-eNB, gNodeB(gNB), 액세스 포인트(Access Point, AP) 등의 용어로 대체될 수 있다. 단말(terminal)은 UE(User Equipment), MS(Mobile Station), MSS(Mobile Subscriber Station), SS(Subscriber Station), 비-AP 스테이션(non-AP STA) 등의 용어로 대체될 수 있다.

[0022] 무선 통신 시스템은 기지국과 단말 간의 통신을 지원할 수도 있고, 단말간 통신을 지원할 수도 있다. 기지국과 단말 간의 통신에 있어서, 하향링크(Downlink, DL)는 기지국으로부터 단말로의 통신을 의미한다. 상향링크

(Uplink, UL)은 단말로부터 기지국으로의 통신을 의미한다. 단말간 통신은 D2D(Device-to-Device), V2X(Vehicle-to-everything), ProSe(Proximity Service), 사이드링크(sidelink) 통신 등의 다양한 통신 방식 또는 서비스를 포함할 수 있다. 단말간 통신에 있어서 단말은 센서 노드, 차량, 재난 경보기 등의 형태로 구현될 수도 있다.

[0023] 또한, 본 개시의 예시들은 릴레이(relay) 또는 릴레이 노드(RN)을 포함하는 무선 통신 시스템에 대해서 적용될 수 있다. 기지국과 단말 간의 통신에 릴레이가 적용되는 경우, 릴레이는 단말에 대해서 기지국으로서 기능할 수 있고, 릴레이는 기지국에 대해서 단말로서 기능할 수 있다. 한편, 단말간 통신에 릴레이가 적용되는 경우, 릴레이는 각각의 단말에 대해서 기지국으로서 기능할 수 있다.

[0024] 본 개시는 무선 통신 시스템의 다양한 다중 액세스 방식에 적용될 수 있다. 예를 들어, 다중 액세스 방식은 CDMA(Code Division Multiple Access), TDMA(Time Division Multiple Access), FDMA(Frequency Division Multiple Access), OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access), SC-FDMA(Single Carrier-FDMA), OFDM-FDMA, OFDM-TDMA, OFDM-CDMA, NOMA(Non-Orthogonal Multiple Access) 등을 포함할 수 있다. 또한, 본 개시가 적용될 수 있는 무선 통신 시스템은, 상향링크 및 하향링크 통신이 서로 구별되는 시간 자원을 이용하는 TDD(Time Division Duplex) 방식을 지원할 수도 있고, 서로 구별되는 주파수 자원을 이용하는 FDD(Frequency Division Duplex) 방식을 지원할 수도 있다.

[0025] 본 개시에서, 채널을 전송 또는 수신한다는 것은 해당 채널을 통해서 정보 또는 신호를 전송 또는 수신한다는 의미를 포함한다. 예를 들어, 제어 채널을 전송한다는 것은, 제어 채널을 통해서 제어 정보 또는 신호를 전송한다는 것을 의미한다. 유사하게, 데이터 채널을 전송한다는 것은, 데이터 채널을 통해서 데이터 정보 또는 신호를 전송한다는 것을 의미한다.

[0026] 이하에서는, 양방향 전이중 릴레이 통신에 대한 본 개시의 실시예들에 대해서 설명한다.

[0027] 본 개시의 예시들은 전이중 양방향 통신 시스템에서 발생하는 자기 간섭을 제거하고 각 소스 노드들이 효과적으로 정보를 교환하는 방안에 대한 것이다.

[0028] 도 1은 본 개시가 적용될 수 있는 전이중 통신을 설명하기 위한 도면이다.

[0029] 도 2는 본 개시가 적용될 수 있는 전이중 통신의 자기 간섭 신호를 설명하기 위한 도면이다.

[0030] 기존의 무선통신 시스템은 상향링크(uplink) 자원과 하향링크(downlink) 자원을 시간 영역에서 구분하는 시간분할다중화(TDD) 또는 주파수 영역에서 구분하는 주파수분할다중화(FDD)를 통하여 상향링크 신호와 하향링크 신호 간의 간섭을 회피하였다. 최근에는 동일한 시간 및 주파수 자원을 사용하여 신호를 송수신하는 전이중(full duplex) 통신 기술이 제안되었다. 전이중 통신은 반이중(half-duplex) 통신에 비해서 최대 2배의 주파수 사용효율을 달성할 수 있다. 그러나, 전이중 통신을 수행하는 소스(source) 노드의 송신신호가 자신의 수신기에 간섭으로 작용할 수 있다. 이러한 자기 간섭(loopback interference) 신호는, 비교적 거리가 먼 다른 노드들로부터 수신되는 신호에 비하여, 신호의 세기가 매우 크다. 따라서 자기 간섭 신호를 효율적으로 제거하지 못한다면 통신 성능에 심각한 열화를 발생시킨다.

[0031] 도 3은 본 개시가 적용될 수 있는 릴레이 네트워크의 예시를 나타내는 도면이다.

[0032] 도 4는 본 개시가 적용될 수 있는 양방향 통신의 단계들을 설명하기 위한 도면이다.

[0033] 릴레이 노드를 통한 협력 통신은 네트워크의 커버리지를 늘릴 수 있고 높은 전송율과 서비스품질(QoS)을 얻을 수 있다. 더불어, 2개의 시간 슬롯을 사용하는 양방향 통신을 고려하면 주파수 사용 효율을 더욱 높일 수 있다. 이러한 경우 릴레이에서 두 소스 노드인 제 1 소스 노드 및 제 2 소스 노드(source1 및 source2)로부터 오는 신호를 수신하여 처리하고(제 1 단계(phase) 또는 제 1 시간 슬롯), 그 후 다시 두 소스 노드로 신호를 전송하여(제 2 단계 또는 제 2 시간 슬롯), 두 소스 노드들 간의 정보를 교환할 수 있다.

[0034] 도 3의 예시에서 H_{SR}은 소스(source) 노드로부터 릴레이(relay)로의 채널을 나타낸다. H_{RD}는 릴레이(relay)로부터 목적(destination) 노드로의 채널을 나타낸다. H_{SD}는 소스(source) 노드로부터 목적(destination) 노드로의 채널을 나타낸다. 다만, 본 개시에서 소스 노드와 목적 노드 간의 채널을 통한 직접적인 신호 송수신은 고려하지 않고, 릴레이를 경유하여 소스 노드와 목적 노드 간의 신호를 송수신하는 것을 고려하므로, H_{SD} 및 H_{DS} 는 고려하지 않을 수 있다.

[0035] 종래에는 릴레이 노드만 전이중 통신을 지원하고 소스 노드 및 목적 노드는 전이중 통신을 지원하지 못하는 경

우의 단일 방향 릴레이 시스템이 제안되고 있다. 하지만 모든 노드들이 전이중 통신을 지원하고 2개의 타임슬롯을 이용하여 양방향 통신을 하는 경우 주파수 사용 효율을 크게 높일 수 있다.

[0036] 또한, 양방향 통신에서 신호를 처리하는 필터를 설계하는 종래 기술도 제안되고 있다. 하지만 이러한 양방향 통신은 모든 노드들이 전이중 통신을 지원하지 않는 것을 고려하므로, 전이중 통신을 통해서 효율성을 더 높일 수 있다.

[0037] 본 개시에서는 모든 노드들이 전이중 통신을 지원하는 양방향 릴레이 네트워크를 고려한다.

[0038] 릴레이에서 각 노드들로 신호를 전송하는 방법은 DF(Decode and Forward) 릴레이 방식을 고려한다.

[0039] 릴레이는 도 4의 제 1 단계에서 자기 간섭을 제거하는 동시에 각 노드들로부터 수신하는 두 개의 서로 다른 신호를 효과적으로 검출해야 한다.

[0040] 각 소스 노드들이 유사한 전력(power)을 사용하여 신호를 전송하게 될 경우, 전체 시스템의 아웃티지(outage) 확률 성능에서, 높은 신호대잡음비(SNR) 영역에서도 에러 플로어(error floor) 현상이 발생하고 성능이 열화되는 문제점이 있다.

[0041] 이러한 문제점을 해결하기 위해서, 본 개시에서는 릴레이에서 유한한 크기의 버퍼(또는 메모리)를 사용하는 기법을 제안한다.

[0042] 각 노드들에서 자기 간섭을 완벽히 제거하는 동시에 릴레이에서 다른 소스 노드들로부터 수신되는 신호를 효과적으로 검출하고 각 노드 사이 간의 즉시(instantaneous) SNR 또는 신호대잡음및간섭비(SINR)를 최대화하도록 하는 빔포밍(beamforming) 방안을 제안한다.

[0043] 이에 따라, 각 노드들이 유사한 전력을 사용하더라도, 시스템의 아웃티지 확률이 높은 SNR 영역에서 에러 플로어가 존재하지 않고, 안테나 수에 비례하여 다이버시티 차수(diversity order)를 얻을 수 있다.

[0044] 도 5는 본 개시가 적용될 수 있는 시스템 모델의 예시를 나타내는 도면이다

[0045] 도 5에서는 네트워크의 모든 노드들(예를 들어, source 1, relay, source 2)이 전이중 통신을 지원하는 양방향 통신을 가정한다. 또한 본 개시에서는 모든 노드들이 채널을 완벽히 알고 있다고 가정한다.

[0046] 도 5의 예시에서 Hab는 a로부터 b로의 채널을 나타낸다. a 또는 b는, S_1(소스 1), S_2(소스 1), R(릴레이) 중 하나일 수 있다. 만약 a=b인 경우 해당 노드의 자기 간섭 신호가 겪는 채널을 나타낸다.

[0047] 도 5의 예시에서 t_a는 a의 송신 프리코딩 행렬(또는 송신 빔포밍 벡터)을 나타내고, r_a는 a의 수신 프리코딩 행렬(또는 수신 빔포밍 벡터)을 나타낸다.

[0048] 도 5의 예시에서 W_R은 릴레이의 수신 프리코딩 행렬(또는 수신 빔포밍 벡터)을 나타내고, W_T는 릴레이의 송신 프리코딩 행렬(또는 송신 빔포밍 벡터)을 나타낸다.

[0049] 릴레이에서의 수신 신호($r_\in$), 즉, 릴레이에서 수신하는 소스 1으로부터의 신호, 소스 2로부터의 신호, 및 자기 간섭 신호는 아래의 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0050]
$$r_\in = \sqrt{P_{S_1}}\mathbf{H}_{S_1R}\mathbf{t}_{S_1}x_{S_1} + \sqrt{P_{S_2}}\mathbf{H}_{S_2R}\mathbf{t}_{S_2}x_{S_2} + \sqrt{P_R}\mathbf{H}_{RR}\mathbf{W}_T\mathbf{x}_r + \mathbf{n}_R$$
$$= \sqrt{P_{S_1}}\mathbf{h}_{S_1R}x_{S_1} + \sqrt{P_{S_2}}\mathbf{h}_{S_2R}x_{S_2} + \sqrt{P_R}\mathbf{H}_{RR}\mathbf{W}_T\mathbf{x}_r + \mathbf{n}_R$$

[0051] 수학식 1에서 P_a는 노드 a의 송신 전력(power)을 나타낸다. x_a는 노드 a가 송신한 신호(또는 메시지 또는 데이터)를 나타낸다. n_a는 노드 a가 검출하는 잡음을 나타낸다.

[0052] 수학식 1에서 $\mathbf{h}_{S_1R} = \mathbf{H}_{S_1R}\mathbf{t}_{S_1}$ 및 $\mathbf{h}_{S_2R} = \mathbf{H}_{S_2R}\mathbf{t}_{S_2}$를 만족한다.

[0053] 수학식 1의 수신 신호($r_{\in}$)에 릴레이가 수신 빔포밍(w_R)을 적용한 신호(r_R)는 수학식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

[0054]
$$r_R = \mathbf{w}_R^H r_{\in}$$
$$\sqrt{P_{S_1}}\mathbf{w}_R^H \mathbf{h}_{S_1R} x_{S_1} + \sqrt{P_{S_2}}\mathbf{w}_R^H \mathbf{h}_{S_2R} x_{S_2} + \sqrt{P_R}\mathbf{w}_R^H \mathbf{H}_{RR}\mathbf{W}_T \mathbf{x}_r + \mathbf{w}_R^H \mathbf{n}_R$$

[0055] 또한, 수학식 2에서 적절한 수신 빔포밍을 적용함으로써 릴레이에서의 자기 간섭 신호가 완벽히 제거되는 것으로 가정하면, 자기 간섭 신호가 제거된 신호(r_R')은 수학식 3과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

[0056]
$$r_R' = \sqrt{P_{S_1}}\mathbf{w}_R^H \mathbf{h}_{S_1R} x_{S_1} + \sqrt{P_{S_2}}\mathbf{w}_R^H \mathbf{h}_{S_2R} x_{S_2} + \mathbf{w}_R^H \mathbf{n}_R$$

[0057] 릴레이는 수신된 신호에 SIC(Successive Interference Cancellation) 기법을 적용하여 수신 신호를 검출할 수 있다. SIC는 수신 신호의 디코딩 순서에 따라서 성능이 결정된다.

[0058] 릴레이로부터 소스 1까지의 거리가 릴레이로부터 소스 2까지의 거리보다 가깝거나, 또는 소스 2가 이동성을 가지는 등의 상황에서 릴레이와 소스 1 사이의 채널 환경이 릴레이와 소스 2 사이의 채널 환경보다 좋은 경우를 가정할 수 있다. 예를 들어, 릴레이는 소스 2로부터의 신호보다 소스 1으로부터의 신호를 먼저 검출할 수 있다.

[0059] 이 경우, 릴레이에서 각 소스로부터의 신호에 대한 신호대잡음및간섭비(SINR)는 수학식 4와 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

[0060]
$$\gamma_{S_1R} = \frac{\gamma_{x_{S_1}}}{\gamma_{x_{S_2}}+1} = \frac{P_{S_1}\left|\mathbf{w}_R^H \mathbf{h}_{S_1R}\right|^2}{P_{S_2}\left|\mathbf{w}_R^H \mathbf{h}_{S_2R}\right|^2+1}, \quad \gamma_{S_2R} = \gamma_{x_{S_2}} = P_{S_2}\left|\mathbf{w}_R^H \mathbf{h}_{S_2R}\right|^2$$

[0061] 수학식 4에서 γ_{ab}는 노드 a로부터 노드 b가 수신하는 신호에 대한 SINR을 나타낸다.

[0062] 수학식 4에서 나타내는 바와 같이, 릴레이에서 자기 간섭이 완벽히 제거되었다고 하더라도, 소스 2로부터 릴레이가 수신하는 신호의 전력이 크다면, 릴레이가 소스 1로부터 수신하는 신호의 SINR은 성능이 심각하게 저하될 수 있다.

[0063] 이러한 문제를 해결하기 위해서, 본 개시에서는 릴레이에서 버퍼(buffer)를 사용하여 릴레이에서의 자기 간섭 신호와 릴레이가 각 소스로부터 수신하는 신호를 완벽히 분리하는 방안을 제안한다.

[0064] 구체적으로, 릴레이는 버퍼에 수신 신호 $r_{\in}$를 저장한 후, $r_{\in}$ 신호에 적절한 제 1 수신 빔포밍 벡터 w_{R1}을 적용하여 자기 간섭 자기 간섭 신호와 소스 2로부터 수신하는 신호의 영향을 제거할 수 있다. 이 경우, 릴레이가 검출한 소스 1로부터송신된 신호(x_{S1})에 대한 SINR은 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

[0065] $$\gamma_{S_1R,\text{buffer}} = P_{S_1}\left|\mathbf{w}_{R1}^{H}\mathbf{h}_{S_1R}\right|^2$$

[0066] 버퍼에 저장된 $r_{\in}$에서, 릴레이가 검출한 소스 1로부터의 신호에 대한 영향을 제거한 후 자기 간섭 신호를 제거하기 위해서 제 2 수신 빔포밍 벡터 w_{R2}를 적용할 수 있다. 이 경우, 릴레이가 검출한 소스 2로부터 송신된 신호(x_{S2})에 대한 SINR은 수학식 6과 같이 표현될 수 있다.

수학식 6

[0067] $$\gamma_{S_2R,\text{buffer}} = P_{S_2}\left|\mathbf{w}_{R2}^{H}\mathbf{h}_{S_2R}\right|^2$$

[0068] 릴레이가 검출한 두 소스 노드로부터 송신된 신호 x_{S1} 및 x_{S2}를 합성한 신호 x_R은 아래의 수학식 7과 같이 표현될 수 있다. 합성 신호는 각각의 소스로 전송될 수 있다.

수학식 7

[0069] $$\begin{aligned}\mathbf{x}_R &= \sqrt{\alpha_1}\,\mathbf{w}_{T,S_1}x_{S_2} + \sqrt{\alpha_2}\,\mathbf{w}_{T,S_2}x_{S_1}\\ &= \begin{bmatrix}\mathbf{w}_{T,S_1} & \mathbf{w}_{T,S_2}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\sqrt{\alpha_1}x_{S_2}\\ \sqrt{\alpha_2}x_{S_1}\end{bmatrix}\\ &= \mathbf{W}_T\mathbf{x}_r\end{aligned}$$

[0070] 수학식 7에서 α_a 는 릴레이가 노드 a로 전송하고자 하는 신호에 대해서 적용되는 합성 비율을 나타낸다.

[0071] 소스 1에서 자기 간섭을 제거하기 위해 릴레이로부터 수신한 신호에 수신 빔포밍 벡터 r_{S1}을 적용한 신호 r_{S1}은 수학식 8과 같이 표현될 수 있다.

수학식 8

[0072] $$r_{S_1} = \sqrt{\alpha_1 P_R}\,\mathbf{r}_{S_1}^{H}\mathbf{H}_{RS_1}\mathbf{w}_{T,S_1}x_{S_2} + \sqrt{\alpha_2 P_R}\,\mathbf{r}_{S_1}^{H}\mathbf{H}_{RS_1}\mathbf{w}_{T,S_2}x_{S_1} + \sqrt{P_{S_1}}\,\mathbf{r}_{S_1}^{H}\mathbf{H}_{SS_1}\mathbf{t}_{S_1}x_{S_1} + \mathbf{r}_{S_1}^{H}\mathbf{n}_{S_1}$$

[0073] 수학식 8에서, 이전 타임 슬롯에서 소스 1이 릴레이로 송신한 신호 x_{S1}은 소스 1이 이미 알고 있는 신호이기 때문에 그 영향을 제거한 신호 r_{S1}'은 수학식 9와 같이 표현할 수 있다.

수학식 9

[0074] $$r'_{S_1} = \sqrt{\alpha_1 P_R}\mathbf{r}_{S_1}^H \mathbf{h}_{RS_1} x_{S_2} + \mathbf{r}_{S_1}^H \mathbf{n}_{S_1}$$

[0075] 수학식 9에서 $\mathbf{h}_{RS_1} = \mathbf{H}_{RS_1}\mathbf{w}_{T,S_1}$ 이다.

[0076] 또한, 소스 1이 릴레이로부터 수신하는 신호(즉, 제 1 단계에서 소스 2로부터 릴레이로 송신된 신호 x_{S2}가 제 2 단계에서 릴레이로부터 소스 1에게 전달되는 신호)에 대한 SINR은 수학식 10과 같이 표현될 수 있다.

수학식 10

[0077] $$\gamma_{RS_1} = \alpha_1 P_R \left| \mathbf{r}_{S_1}^H \mathbf{h}_{RS_1} \right|^2$$

[0078] 다음으로, 소스 1으로부터 송신된 신호 x_{S1}이 릴레이를 통하여 소스 2에게 전달되는 신호는 전술한 예시와 유사한 방식으로 검출될 수 있다. 즉, 수학식 8 내지 수학식 10에서 소스 1을 기준으로 설명한 사항을 소스 2로 대체하고, 소스 2를 기준으로 설명한 사항을 소스 1로 대체함으로써 소스 2에게 전달되는 신호가 표현될 수 있다.

[0079] 구체적으로, 소스 2에서 자기 간섭을 제거하기 위해 릴레이로부터 수신한 신호에 수신 빔포밍 벡터 r_{S2}를 적용한 신호 r_{S2}는 수학식 11과 같이 표현될 수 있다.

수학식 11

[0080] $$r_{S_2} = \sqrt{\alpha_1 P_R}\mathbf{r}_{S_2}^H \mathbf{H}_{RS_2}\mathbf{w}_{T,S_1} x_{S_2} + \sqrt{\alpha_2 P_R}\mathbf{r}_{S_2}^H \mathbf{H}_{RS_2}\mathbf{w}_{T,S_2} x_{S_1} + \sqrt{P_{S_2}}\mathbf{r}_{S_2}^H \mathbf{H}_{SS_2}\mathbf{t}_{S_2} x_{S_2} + \mathbf{r}_{S_2}^H \mathbf{n}_{S_2}$$

[0081] 수학식 11에서, 이전 타임 슬롯에서 소스 2가 릴레이로 송신한 신호 x_{S2}는 소스 2가 이미 알고 있는 신호이기 때문에 그 영향을 제거한 신호 r_{S2}'은 수학식 12와 같이 표현할 수 있다.

수학식 12

[0082] $$r'_{S_2} = \sqrt{\alpha_2 P_R}\mathbf{r}_{S_2}^H \mathbf{h}_{RS_2} x_{S_1} + \mathbf{r}_{S_2}^H \mathbf{n}_{S_2}$$

[0083] 수학식 12에서 $\mathbf{h}_{RS_2} = \mathbf{H}_{RS_2}\mathbf{w}_{T,S_2}$ 이다.

[0084] 또한, 소스 2가 릴레이로부터 수신하는 신호(즉, 제 1 단계에서 소스 1으로부터 릴레이로 송신된 신호 x_{S1}가 제 2 단계에서 릴레이로부터 소스 2에게 전달되는 신호)에 대한 SINR은 수학식 13과 같이 표현될 수 있다.

수학식 13

$$\gamma_{RS_2} = \alpha_2 P_R \left| \mathbf{r}_{S_2}^H \mathbf{h}_{RS_2} \right|^2$$

[0085]

[0086] 이하에서는 본 개시에 따른 빔포밍 디자인에 대해서 설명한다.

[0087] 아래의 표 1은 본 개시에 따른 릴레이에서 버퍼를 사용했을 경우 전체 시스템의 빔포밍 디자인 방법(또는 알고리즘)을 예시적으로 나타낸다.

표 1

Algorithm Beamforming Design for Buffer-aided Relay

1: Start with arbitrary relay transmit beamforming matrix and S_2 transmit beamforming vector
$\mathbf{W}_T$: $N_{t_R} \times 2$, $\|\mathbf{W}_T\|^2 = 1$. $\mathbf{t}_{S_2}$: $N_{t_{S_2}} \times 1$, $\|\mathbf{t}_{S_2}\|^2 = 1$

2: Begin iteration

3: Null space of SI and IUI at R
$\widehat{\mathbf{R}}_{R1} = \mathbf{I}_{N_{r_R}} - \mathbf{R}_1 \left(\mathbf{R}_1^H \mathbf{R}_1\right)^{-1} \mathbf{R}_1^H$

4: Precoding vector of S_1
$\mathbf{t}_{S_1} = \mathbf{u}_{\max}\left(\mathbf{H}_{S_1R}^H \widehat{\mathbf{R}}_{R1} \mathbf{H}_{S_1R}\right)$

5: First combining vector of R
$\mathbf{w}_{R1} = \frac{\widehat{\mathbf{R}}_1 \mathbf{H}_{S_1R} \mathbf{t}_{S_1}}{\|\widehat{\mathbf{R}}_1 \mathbf{H}_{S_1R} \mathbf{t}_{S_1}\|}$

6: Null space of SI at R
$\widehat{\mathbf{R}}_{R2} = \mathbf{I}_{N_{r_R}} - \mathbf{H}_{RR}\mathbf{W}_T \left((\mathbf{H}_{RR}\mathbf{W}_T)^H \mathbf{H}_{RR}\mathbf{W}_T\right)^{-1} (\mathbf{H}_{RR}\mathbf{W}_T)^H$

7: Precoding vector of S_2
$\mathbf{t}_{S_2} = \mathbf{u}_{\max}\left(\mathbf{H}_{S_2R}^H \widehat{\mathbf{R}}_{R2} \mathbf{H}_{S_2R}\right)$

8: Second combining vector of R
$\mathbf{w}_{R2} = \frac{\widehat{\mathbf{R}}_2 \mathbf{H}_{S_2R} \mathbf{t}_{S_2}}{\|\widehat{\mathbf{R}}_2 \mathbf{H}_{S_2R} \mathbf{t}_{S_2}\|}$

9: Null space of SI at S_1 and S_2
$\widehat{\mathbf{R}}_{S_1} = \mathbf{I}_{N_{r_{S_1}}} - \frac{\mathbf{H}_{SS_1}\mathbf{t}_{S_1}\mathbf{t}_{S_1}^H\mathbf{H}_{SS_1}^H}{\mathbf{t}_{S_1}^H\mathbf{H}_{SS_1}^H\mathbf{H}_{SS_1}\mathbf{t}_{S_1}}$
$\widehat{\mathbf{R}}_{S_2} = \mathbf{I}_{N_{r_{S_2}}} - \frac{\mathbf{H}_{SS_2}\mathbf{t}_{S_2}\mathbf{t}_{S_2}^H\mathbf{H}_{SS_2}^H}{\mathbf{t}_{S_2}^H\mathbf{H}_{SS_2}^H\mathbf{H}_{SS_2}\mathbf{t}_{S_2}}$

10: Precoding vector for S_1 and S_2 at R
$\mathbf{w}_{T,S_1} = \mathbf{u}_{\max}\left(\mathbf{H}_{RS_1}^H \widehat{\mathbf{R}}_{S_1} \mathbf{H}_{RS_1}\right)$
$\mathbf{w}_{T,S_2} = \mathbf{u}_{\max}\left(\mathbf{H}_{RS_2}^H \widehat{\mathbf{R}}_{S_2} \mathbf{H}_{RS_2}\right)$

11: Combining vector of S_1 and S_2
$\mathbf{r}_{S_1} = \frac{\widehat{\mathbf{R}}_{S_1}\mathbf{H}_{RS_1}\mathbf{w}_{T,S_1}}{\|\widehat{\mathbf{R}}_{S_1}\mathbf{H}_{RS_1}\mathbf{w}_{T,S_1}\|}$
$\mathbf{r}_{S_2} = \frac{\widehat{\mathbf{R}}_{S_2}\mathbf{H}_{RS_2}\mathbf{w}_{T,S_2}}{\|\widehat{\mathbf{R}}_{S_2}\mathbf{H}_{RS_2}\mathbf{w}_{T,S_2}\|}$

12: Precoding matrix of R
$\mathbf{W}_T = \left[\sqrt{\frac{1}{2}}\mathbf{w}_{T,S_1} \quad \sqrt{\frac{1}{2}}\mathbf{w}_{T,S_2}\right]$

13: Continue until convergence

[0088]

[0089] 표 1의 단계 1에서, 도 5에서 설명한 바와 같이 $\mathbb{W}_T$는 릴레이에서의 송신 빔포밍 행렬에 해당한다. 본 개시에서는 각각의 소스 노드는 스트림 1개를 사용하여 릴레이로 전송하는 것을 가정하므로, 릴레이에서는 소스 1 및 소

스 2로부터 수신한 2 개의 스트림을 복호한 후 합성할 수 있다. 릴레이가 서로 다른 스트림 2 개를 합성한 후, W_T 빔포밍 행렬을 이용하여 각각의 소스 노드로 전송할 때, 각각의 소스 노드에서 수신하는 스트림의 SINR 값을 최대화하는 동시에 w_R과 연계하여 릴레이에서 자기 간섭 신호를 제거하기 위해서 W_T 및 w_R의 빔포밍 행렬이 각각 설계될 수 있다. 여기서, W_T 빔포밍 행렬의 크기는 $N_{tR}\times 2$인 것으로 가정하고, N_{tR}은 릴레이의 송신 안테나 개수에 해당한다. 또한, t_{S1}은 소스 노드 1에서의 송신 빔포밍 벡터이며, 그 크기는 $N_{tS1}\times 1$인 것으로 가정하고, N_{tS1}은 소스 1의 송신 안테나 개수에 해당한다. 또한, t_{S2}는 소스 노드 2에서의 송신 빔포밍 벡터이며, 그 크기는 $N_{tS2}\times 1$인 것으로 가정하고, N_{tS2}는 소스 2의 송신 안테나 개수에 해당한다.

[0090] 표 2의 단계 2 및 단계 13에서 명시하는 바와 같이, SINR 값을 최대화하고 자기 간섭 신호가 제거되는 빔포밍 행렬 또는 빔포밍 벡터로 수렴될 때까지 단계 3 내지 12의 과정이 반복될 수 있다.

[0091] 릴레이에서 자기 간섭 신호와 x_{S2}에 대한 신호를 제거하기 위해서는 두 채널에 대한 영 공간 (null space)에 해당하는 수신 빔포밍 벡터를 적용하여야 한다. 이에 해당하는 영 공간은 수학식 14와 같이 표현될 수 있다. 수학식 14에서 NrR은 릴레이의 수신 안테나 개수에 해당한다.

수학식 14

[0092]
$$\hat{\mathrm{R}}_{R1}=\mathrm{I}_{N_{r_R}}-\mathrm{R}_1\left(\mathrm{R}_1^H\mathrm{R}_1\right)^{-1}\mathrm{R}_1^H$$
$$\mathrm{R}_1=\left[\mathrm{h}_{S_2R}\quad \mathrm{H}_{RR}\mathrm{W}_T\right]$$

[0093] 표 3의 단계 3에서 릴레이(R)에서의 자기간섭(self interference, SI) 및 사용자간간섭(inter-user interference, IUI)에 대한 영 공간은 수학식 14와 같이 표현될 수 있다. 여기서, R_1은 릴레이의 자기간섭 신호와 소스 2로부터 송신되는(즉, 릴레이가 수신하는) 신호들을 포괄(span)하는 공간에 해당할 수 있다. R_1에 대한 영 공간은 수학식 14의 $\hat{R}_{R1}$과 같이 표현될 수 있다.

[0094] 릴레이에서는 소스 1으로부터 송신되는 신호인 x_{S1}을 복호하기 위해서 w_{R1}을 적용할 수 있다. 여기서, 릴레이에서 x_{S1}을 복호할 때, 자기간섭 신호와 소스 2로부터 수신되는 신호 x_{S2}는 사용자간간섭으로 작용할 수 있다. 이러한 자기간섭 및 사용자간간섭을 제거하기 위한 최적의 수신 빔포밍 행렬 w_R을 설계할 수 있다.

[0095] 표 1의 단계 4에서, 소스 1의 송신 빔포밍 벡터인 t_{S1}은, 릴레이가 소스 1으로부터 수신하는 신호의 SNR이 최대가 되도록 수학식 15와 같이 설계될 수 있다.

수학식 15

[0096]
$$\mathrm{t}_{S_1}^{*}=\arg\max_{\|\mathrm{t}_{S_1}\|^2=1}\left|\mathrm{w}_{R1}^H\mathrm{h}_{S_1R}\right|^2=\arg\max_{\|\mathrm{t}_{S_1}\|^2=1}\left\|\hat{\mathrm{R}}_{R1}\mathrm{H}_{S_1R}\mathrm{t}_{S_1}\right\|^2$$
$$=\mathrm{u}_{\max}\left(\mathrm{H}_{S_2R}^H\hat{\mathrm{R}}_{R1}\mathrm{H}_{S_2R}\right)$$

[0097] 릴레이의 수신 빔포밍 행렬 w_{R1}은 $\hat{R}_{R1}$ 공간 내에서 설계되므로, 소스 1으로부터 릴레이로의 채널에 w_{R1}이 곱해진 유효 채널(effective channel)의 이득이 최대가 되도록 소스 1의 송신 빔포밍 벡터가 설계될 수 있다. 즉, t_{S1}

은 유효 채널 행렬의 최대 고유 값에 해당하는 고유 벡터가 되도록 설계될 수 있다.

[0098] 표 1의 단계 5에서, 수학식 15에서의 w_{R1}은 릴레이가 소스 1으로부터 수신하는 신호의 SNR이 최대가 되도록 설계될 수 있다. 구체적으로, w_{R1}은 $\hat{R}_{R1}$ 공간 내에서, 소스 1의 송신 빔포밍 벡터와, 소스 1으로부터 릴레이로의 채널의 곱인 h_{S1R}에 정렬되도록 설계될 수 있다. 예를 들어, w_{R1}은 수학식 16과 같이 설계될 수 있다.

수학식 16

[0099]
$$\mathbf{w}_{R1}=\frac{\hat{\mathbf{R}}_{R1}\mathbf{h}_{S_1R}}{\|\hat{\mathbf{R}}_{R1}\mathbf{h}_{S_1R}\|}=\frac{\hat{\mathbf{R}}_{R1}\mathbf{H}_{S_1R}\mathbf{t}_{S_1}}{\|\hat{\mathbf{R}}_{R1}\mathbf{H}_{S_1R}\mathbf{t}_{S_1}\|}$$

[0100] 표 1의 단계 4 및 5에서 산출된 소스 1의 송신 빔포밍 벡터인 t_{S1} 및 릴레이에서 소스 1로부터의 수신 빔포밍 행렬인 w_{R1}에 기초하여 소스 1이 릴레이로 송신한 신호 x_{S1}을 복호할 수 있다. 릴레이는 버퍼에 저장된 수신 신호에서 x_{S1}의 영향을 제거한 후 x_{S2}를 복호할 수 있다.

[0101] 릴레이의 버퍼에 저장된 신호에서 x_{S1}의 영향을 제거한 신호에는 여전히 릴레이의 자기 간섭 신호 성분이 존재하며, 이는 x_{S2}를 복호할 때의 간섭으로 작용할 수 있다. 따라서, 릴레이에서 x_{S2}를 복호하기 위한 수신 빔포밍 행렬 w_{R1}의 설계를 위해서 자기 간섭 신호를 제거하는 것을 고려할 수 있다.

[0102] 표 1의 단계 6에서, 릴레이(R)에서의 자기간섭(SI)에 대한 영 공간 $\hat{R}_{R2}$는 수학식 17과 같이 표현될 수 있다.

수학식 17

[0103]
$$\hat{\mathbf{R}}_{R2}=\mathbf{I}_{N_{r_R}}-\mathbf{H}_{RR}\mathbf{W}_T\left((\mathbf{H}_{RR}\mathbf{W}_T)^H\mathbf{H}_{RR}\mathbf{W}_T\right)^{-1}(\mathbf{H}_{RR}\mathbf{W}_T)^H$$

[0104] 표 1의 단계 7에서, 소스 2의 송신 빔포밍 벡터인 t_{S2}는, 릴레이가 소스 2로부터 수신하는 신호의 SNR이 최대가 되도록 수학식 18과 같이 설계될 수 있다.

수학식 18

[0105]
$$\mathbf{t}_{S_2}^{*}=\arg\max_{\|\mathbf{t}_{S_2}\|^2=1}\left|\mathbf{w}_{R2}^H\mathbf{h}_{S_2R}\right|^2=\arg\max_{\|\mathbf{t}_{S_2}\|^2=1}\|\hat{\mathbf{R}}_{R2}\mathbf{H}_{S_2R}\mathbf{t}_{S_2}\|^2$$
$$=\mathbf{u}_{\max}\left(\mathbf{H}_{S_2R}^H\hat{\mathbf{R}}_{R2}\mathbf{H}_{S_2R}\right)$$

[0106] 릴레이의 수신 빔포밍 행렬 w_{R2}는 $\hat{R}_{R2}$ 공간 내에서 설계되므로, 소스 2로부터 릴레이로의 채널에 w_{R2}가 곱해진 유효 채널(effective channel)의 이득이 최대가 되도록 소스 2의 송신 빔포밍 벡터가 설계될 수 있다. 즉, t_{S2}는 유효 채널 행렬의 최대 고유 값에 해당하는 고유 벡터가 되도록 설계될 수 있다.

[0107] 표 1의 단계 8에서, 수학식 18에서의 w_{R2}는 릴레이가 소스 2로부터 수신하는 신호의 SNR이 최대가 되도록 설계될

수 있다. 구체적으로, w_{R2}는 $\hat{R}_{R2}$ 공간 내에서, 소스 2의 송신 빔포밍 벡터와, 소스 2로부터 릴레이로의 채널의 곱인 h_{S2R}에 정렬되도록 설계될 수 있다. 예를 들어, w_{R2}는 수학식 19와 같이 설계될 수 있다.

수학식 19

[0108]
$$\mathbf{w}_{R2} = \frac{\hat{\mathbf{R}}_{R2}\mathbf{h}_{S_2R}}{\|\hat{\mathbf{R}}_{R2}\mathbf{h}_{S_2R}\|} = \frac{\hat{\mathbf{R}}_{R2}\mathbf{H}_{S_2R}\mathbf{t}_{S_2}}{\|\hat{\mathbf{R}}_{R2}\mathbf{H}_{S_2R}\mathbf{t}_{S_2}\|}$$

[0109] 표 1의 단계 7 및 8에서 산출된 소스 2의 송신 빔포밍 벡터인 t_{S2} 및 릴레이에서 소스 2로부터의 수신 빔포밍 행렬인 w_{R2}에 기초하여 소스 2가 릴레이로 송신한 신호 x_{S2}를 복호할 수 있다.

[0110] 각 소스에서의 수신 빔포밍 벡터와 릴레이에서 송신 빔포밍 행렬은 위의 과정과 유사하게 설계될 수 있다.

[0111] 구체적으로, 표 1의 단계 9에서, 단계 3 및 단계 6의 릴레이에서의 영 공간과 유사한 방식으로, 소스 1(S_1) 및 소스 2(S_2)에서 자기 간섭(SI)에 대한 영 공간은 각각 $\hat{\mathbf{R}}_{S_1}$ 및 $\hat{\mathbf{R}}_{S_2}$로 표현될 수 있다. 여기서, N_{rS1} 및 N_{rS2}는 각각 소스 1 및 소스 2의 수신 안테나 개수에 해당할 수 있다.

[0112] 표 1의 단계 10에서, 단계 4 및 단계 7의 소스 1 및 소스 2의 릴레이로의 송신 빔포밍 행렬의 설계와 유사한 방식으로, 릴레이로부터 소스 1로의 송신 빔포밍 행렬 $w_{T,S1}$, 및 릴레이로부터 소스 1로의 송신 빔포밍 행렬 $w_{T,S2}$가 설계될 수 있다.

[0113] 표 1의 단계 11에서, 단계 5 및 단계 8의 릴레이가 소스 1 및 소스 2로부터의 수신 빔포밍 행렬 설계와 유사한 방식으로, 소스 1의 릴레이로부터의 수신 빔포밍 벡터 r_{S1}, 및 소스 2의 릴레이로부터의 수신 빔포밍 벡터 r_{S2}가 설계될 수 있다.

[0114] 표 1의 단계 12에서, 릴레이의 송신 빔포밍 행렬 W_T는, 릴레이로부터 소스 1으로의 송신 빔포밍 행렬 $w_{T,S1}$ 및 릴레이로부터 소스 2로의 송신 빔포밍 행렬 $w_{T,S2}$에 기초하여 설계될 수 있다. 여기서, 본 예시에서는 릴레이로부터 각각의 소스 노드에게 송신할 때 최적화된 전력 할당은 고려하지 않고 동일한 전력이 분배되도록 (즉, $w_{T,S1}$ 및 $w_{T,S2}$에 동일한 계수 값이 곱해지도록) 송신 빔포밍 행렬 W_T가 설계될 수 있다.

[0115] 전술한 본 개시의 실시예들에 따르면, 무선 통신 시스템 내의 노드들이 전이중 통신을 지원하는 양방향 통신 시스템에서, 자기 간섭을 완벽히 제거하며 각 링크의 SNR 이득이 최대가 되도특 각 노드의 송수신 빔포밍 기법이 설계될 수 있다.

[0116] 또한, 모든 노드들이 전이중 통신을 지원하는 양방향 통신 시스템에서 릴레이에서 버퍼를 사용하여 자기 간섭과 두 소스들로부터 오는 신호를 완벽히 분리할 수 있으므로, 릴레이가 버퍼를 사용하지 않는 시스템보다 아웃티지 확률을 비약적으로 향상시킬 수 있다.

[0117] 도 6은 본 개시에 따른 릴레이 장치 및 단말 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

[0118] 릴레이 장치(600)는 프로세서(610), 안테나부(620), 트랜시버(630), 메모리(640)를 포함할 수 있다.

[0119] 프로세서(610)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하며, 상위계층 처리부(611) 및 물리계층 처리부(615)를 포함할 수 있다. 상위계층 처리부(611)는 MAC 계층, RRC 계층, 또는 그 이상의 상위계층의 동작을 처리할 수 있다. 물리계층 처리부(615)는 PHY 계층의 동작(예를 들어, 하향링크 송신 신호 처리, 상향링크 수신 신호 처리 등)을 처리할 수 있다. 프로세서(610)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하는 것 외에도, 릴레이 장치(600) 전반의 동작을 제어할 수도 있다.

[0120] 안테나부(620)는 하나 이상의 물리적 안테나를 포함할 수 있고, 복수개의 안테나를 포함하는 경우 MIMO 송수신

을 지원할 수 있다. 트랜시버(630)는 RF 송신기와 RF 수신기를 포함할 수 있다. 메모리(640)는 프로세서(610)의 연산 처리된 정보, 릴레이 장치(600)의 동작에 관련된 소프트웨어, 운영체제, 애플리케이션 등을 저장할 수 있으며, 버퍼 등의 구성요소를 포함할 수도 있다.

[0121] 릴레이 장치(600)의 프로세서(610)는 본 발명에서 설명하는 실시예들에서의 릴레이의 동작을 구현하도록 설정될 수 있다.

[0122] 물리계층 처리부(515)는 트랜시버(530)를 통하여 제 1 시간 슬롯에서 제 1 단말(S_1)로부터 수신된 제 1 신호(x_{S1}), 제 2 단말(S_2)로부터 수신된 제 2 신호(x_{S2}) 및 릴레이(R)의 자기 간섭 신호를 포함하는 수신 신호($r_{\in}$)를 메모리(540) 또는 버퍼에 저장할 수 있다.

[0123] 물리계층 처리부(515)는 버퍼에 저장된 신호에 제 1 수신 빔포밍 벡터를 적용하여 릴레이의 자기 간섭 신호 및 제 2 신호의 영향을 제거하여 제 1 신호를 검출할 수 있다. 또한, 상위계층 처리부(515)는 버퍼에 저장된 신호에 검출된 제 1 신호를 제거한 후 제 2 수신 빔포밍 벡터를 적용하여 제 2 신호를 검출할 수 있다.

[0124] 물리계층 처리부(515)는 검출된 제 1 신호 및 상기 검출된 제 2 신호를 합성한 신호(x_R)를, 트랜시버(530)를 통하여 제 2 시간 슬롯에서 제 1 단말 및 제 2 단말로 전송할 수 있다.

[0125] 상위계층 처리부(514)는, 예를 들어, 표 1을 참고하여 설명한 빔포밍 디자인 방법에 따라서, 릴레이의 송신 빔포밍 행렬 및 수신 빔포밍 행렬을 결정할 수 있다.

[0126] 단말 장치(650)는 프로세서(660), 안테나부(670), 트랜시버(680), 메모리(690)를 포함할 수 있다.

[0127] 프로세서(660)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하며, 상위계층 처리부(661) 및 물리계층 처리부(665)를 포함할 수 있다. 상위계층 처리부(661)는 MAC 계층, RRC 계층, 또는 그 이상의 상위계층의 동작을 처리할 수 있다. 물리계층 처리부(665)는 PHY 계층의 동작(예를 들어, 하향링크 수신 신호 처리, 상향링크 송신 신호 처리 등)을 처리할 수 있다. 프로세서(660)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하는 것 외에도, 단말 장치(660) 전반의 동작을 제어할 수도 있다.

[0128] 안테나부(670)는 하나 이상의 물리적 안테나를 포함할 수 있고, 복수개의 안테나를 포함하는 경우 MIMO 송수신을 지원할 수 있다. 트랜시버(680)는 RF 송신기와 RF 수신기를 포함할 수 있다. 메모리(690)는 프로세서(660)의 연산 처리된 정보, 단말 장치(650)의 동작에 관련된 소프트웨어, 운영체제, 애플리케이션 등을 저장할 수 있으며, 버퍼 등의 구성요소를 포함할 수도 있다.

[0129] 단말 장치(650)의 프로세서(660)는 본 발명에서 설명하는 실시예들에서의 소스 노드(예를 들어, 소스 1 또는 소스 2) 또는 목적 노드의 동작을 구현하도록 설정될 수 있다.

[0130] 제 1 단말의 물리계층 처리부(565)는 트랜시버(530)를 통하여 제 1 시간 슬롯에서 송신 빔포밍 벡터를 적용하여 제 1 신호를 릴레이로 전송할 수 있다.

[0131] 제 1 단말의 물리계층 처리부(565)는 트랜시버(530)를 통하여 제 2 시간 슬롯에서 릴레이로부터 합성 신호를 수신하고, 수신 빔포밍 벡터를 적용하여 합성 신호로부터 제 2 신호를 검출할 수 있다.

[0132] 제 1 단말의 상위계층 처리부(561)는, 예를 들어, 표 1을 참고하여 설명한 빔포밍 디자인 방법에 따라서, 제 1 단말의 송신 빔포밍 벡터 및 수신 빔포밍 벡터를 결정할 수 있다.

[0133] 제 2 단말의 물리계층 처리부(565)는 트랜시버(530)를 통하여 제 1 시간 슬롯에서 송신 빔포밍 벡터를 적용하여 제 2 신호를 릴레이로 전송할 수 있다.

[0134] 제 2 단말의 물리계층 처리부(565)는 트랜시버(530)를 통하여 제 2 시간 슬롯에서 릴레이로부터 합성 신호를 수신하고, 수신 빔포밍 벡터를 적용하여 합성 신호로부터 제 1 신호를 검출할 수 있다.

[0135] 제 2 단말의 상위계층 처리부(561)는, 예를 들어, 표 1을 참고하여 설명한 빔포밍 디자인 방법에 따라서, 제 2 단말의 송신 빔포밍 벡터 및 수신 빔포밍 벡터를 결정할 수 있다.

[0136] 릴레이 장치(600) 및 단말 장치(650)의 동작에 있어서 본 발명의 예시들에서 릴레이 및 소스 노드에 대해서 설명한 사항이 동일하게 적용될 수 있으며, 중복되는 설명은 생략한다.

[0137] 도 7은 본 개시의 예시들과 대비되는 경우의 아웃티지 확률을 나타내는 도면이다.

[0138] 도 8은 본 개시에 따른 예시들의 경우의 아웃티지 확률을 나타내는 도면이다.

[0139] 도 7 및 도 8의 예시들은 릴레이의 수신 안테나 개수에 따른 다이버시티 차수 비교를 위한 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 릴레이 수신 안테나 개수를 제외한 모든 노드에서 안테나의 수는 4개인 것으로 가정한다. 또한, 릴레이의 전송 전력을 30dB이고, 소스 1의 전송 전력과 소스 2의 전송 전력을 동일한 것으로 가정한다.

[0140] 도 7의 예시는 릴레이에서 버퍼를 사용하지 않은 경우의 아웃티지 확률을 나타내고, 도 8의 예시는 릴레이에서 버퍼를 사용한 경우의 아웃티지 확률을 나타낸다.

[0141] 본 개시의 예시적인 방법들은 설명의 명확성을 위해서 동작의 시리즈로 표현되어 있지만, 이는 단계가 수행되는 순서를 제한하기 위한 것은 아니며, 필요한 경우에는 각각의 단계가 동시에 또는 상이한 순서로 수행될 수도 있다. 본 개시에 따른 방법을 구현하기 위해서, 예시하는 단계에 추가적으로 다른 단계를 포함하거나, 일부의 단계를 제외하고 나머지 단계를 포함하거나, 또는 일부의 단계를 제외하고 추가적인 다른 단계를 포함할 수도 있다.

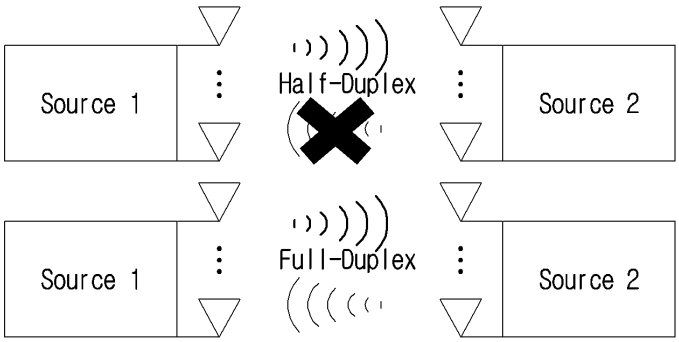
[0142] 본 개시의 다양한 실시예는 모든 가능한 조합을 나열한 것이 아니고 본 개시의 대표적인 양상을 설명하기 위한 것이며, 다양한 실시예에서 설명하는 사항들은 독립적으로 적용되거나 또는 둘 이상의 조합으로 적용될 수도 있다.

[0143] 또한, 본 개시의 다양한 실시예는 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어, 또는 그들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다. 하드웨어에 의한 구현의 경우, 하나 또는 그 이상의 ASICs(Application Specific Integrated Circuits), DSPs(Digital Signal Processors), DSPDs(Digital Signal Processing Devices), PLDs(Programmable Logic Devices), FPGAs(Field Programmable Gate Arrays), 범용 프로세서(general processor), 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.

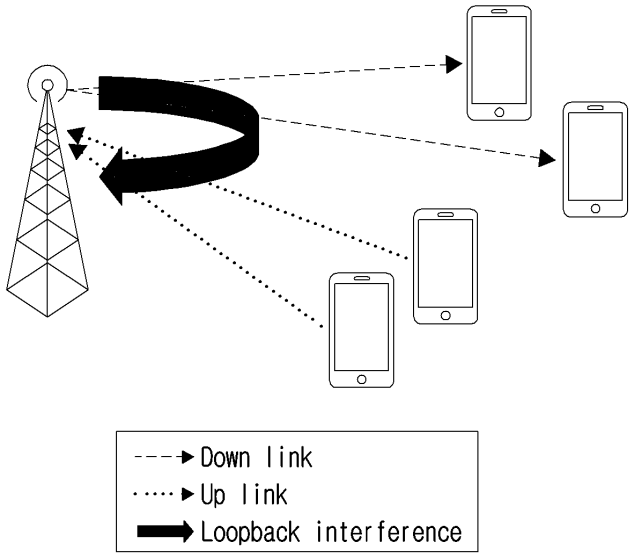
[0144] 본 개시의 범위는 다양한 실시예의 방법에 따른 동작이 장치 또는 컴퓨터 상에서 실행되도록 하는 소프트웨어 또는 머신-실행가능한 명령들(예를 들어, 운영체제, 애플리케이션, 펌웨어(firmware), 프로그램 등), 및 이러한 소프트웨어 또는 명령 등이 저장되어 장치 또는 컴퓨터 상에서 실행 가능한 비-일시적 컴퓨터-판독가능 매체(non-transitory computer-readable medium)를 포함한다.

도면

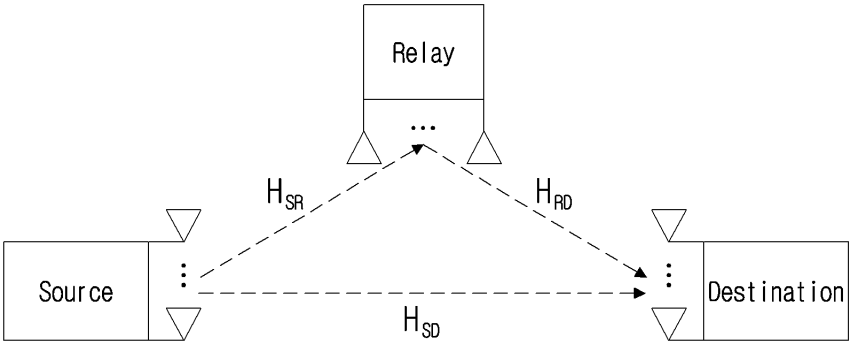
도면1



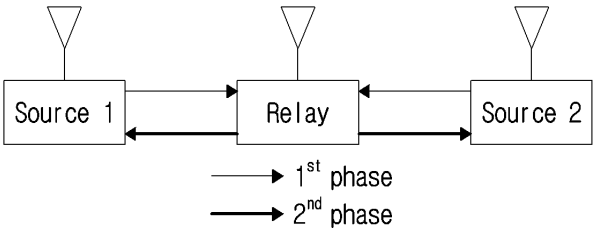
도면2


Down link
Up link
Loopback interference

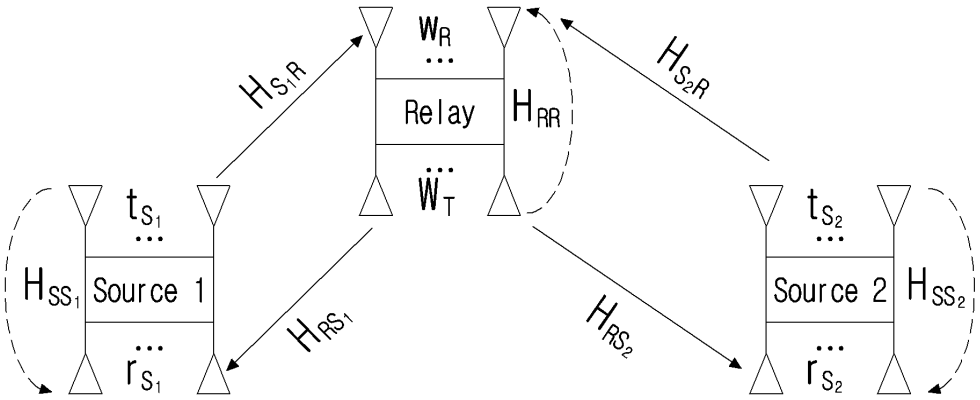
도면3


Relay
H_{SR}
H_{RD}
Source
Destination
H_{SD}

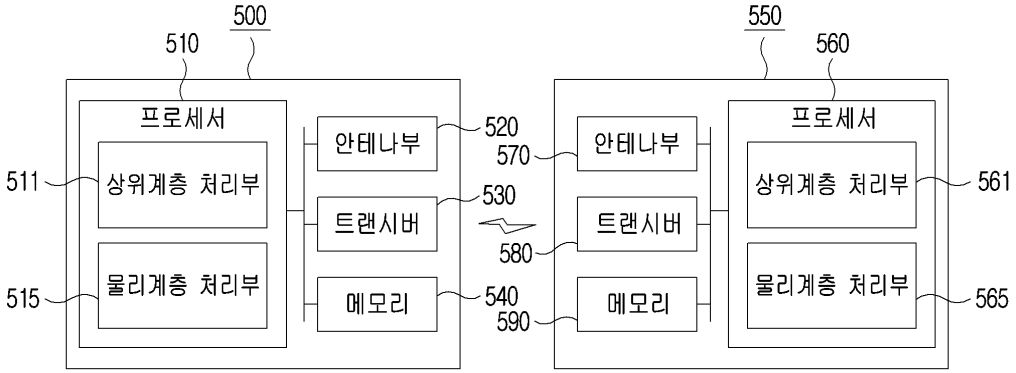
도면4


Source 1
Relay
Source 2
1st phase
2nd phase

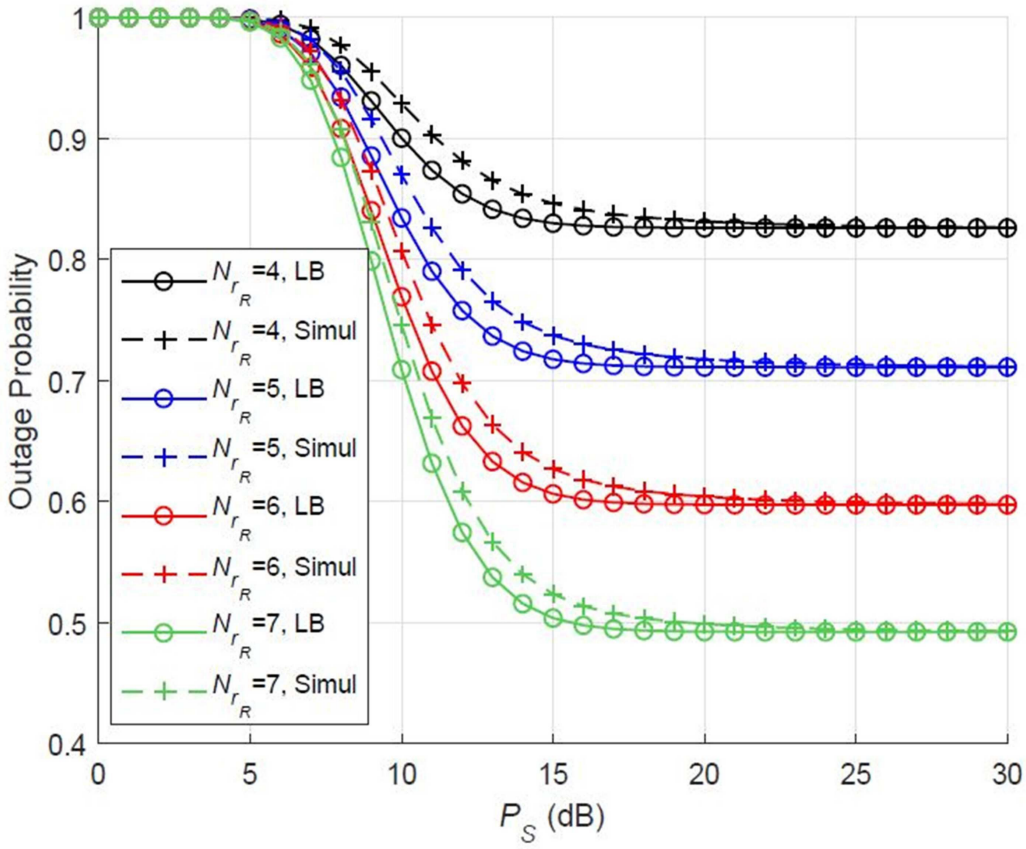
도면5


W_R
Relay
H_RR
W_T
H_S1R
H_S2R
t_S1
Source 1
H_SS1
r_S1
H_RS1
H_RS2
t_S2
Source 2
H_SS2
r_S2

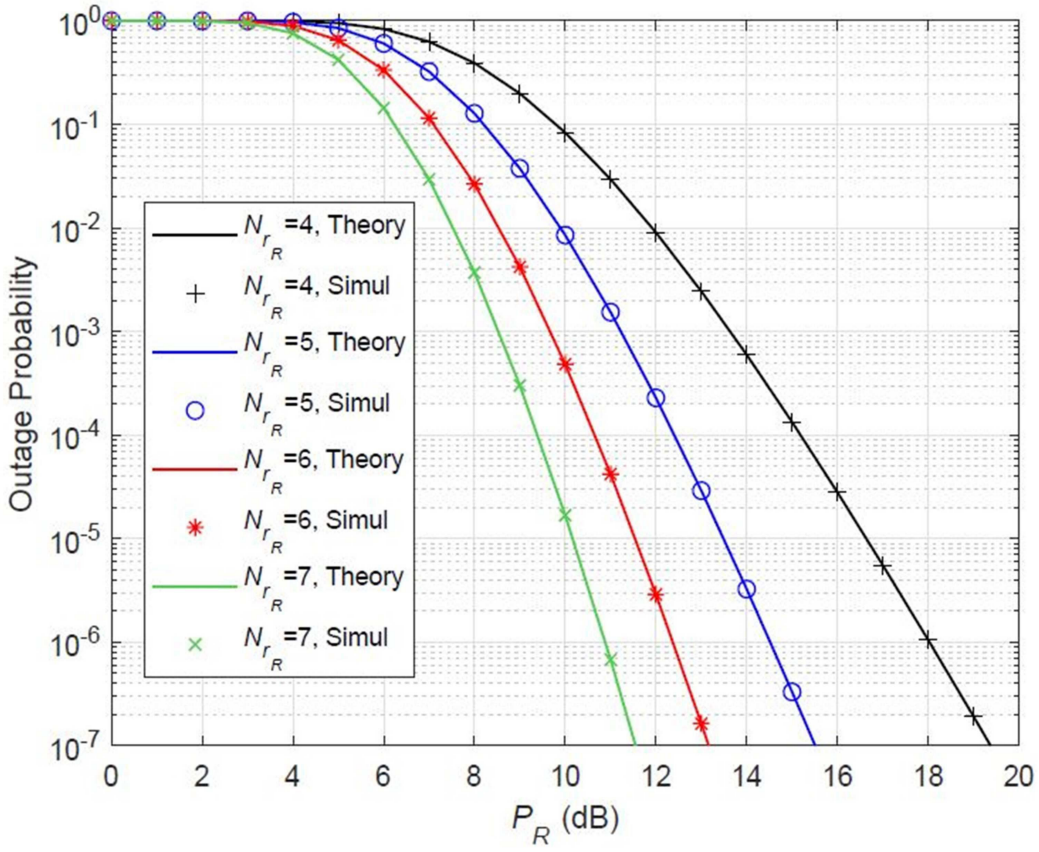
도면6


500
510
프로세서
511
상위계층 처리부
515
물리계층 처리부
안테나부
520
트랜시버
530
메모리
540
550
560
570
580
590
561
565

도면7


Outage Probability
P_S (dB)
N_{r_R} =4, LB
N_{r_R} =4, Simul
N_{r_R} =5, LB
N_{r_R} =5, Simul
N_{r_R} =6, LB
N_{r_R} =6, Simul
N_{r_R} =7, LB
N_{r_R} =7, Simul

도면8


Outage Probability
P_R (dB)
N_{r_R} =4, Theory
N_{r_R} =4, Simul
N_{r_R} =5, Theory
N_{r_R} =5, Simul
N_{r_R} =6, Theory
N_{r_R} =6, Simul
N_{r_R} =7, Theory
N_{r_R} =7, Simul