



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0062185
(43) 공개일자 2015년06월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/14 (2006.01) H04B 15/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0145926
(22) 출원일자 2013년11월28일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
서중수
서울 송파구 석촌호수로 169, 113동 904호 (잠실동, 레이크팰리스)
한재신
서울 서대문구 연세로 50, 제3공학관 230호 (신촌동, 연세대학교)
최정민
충남 천안시 동남구 성남면 봉양5길 92,
(74) 대리인
민영준

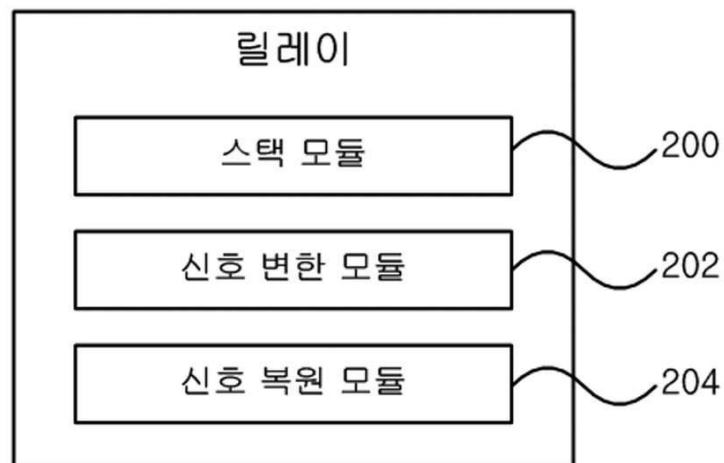
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 전이중 릴레이 시스템에 사용되는 릴레이 및 전이중 릴레이 시스템에서의 간섭 제거 방법

(57) 요약

전이중 릴레이 시스템에 사용되는 릴레이 및 전이중 릴레이 시스템에서의 간섭 제거 방법이 개시된다. 개시된 릴레이는, 수신되는 데이터 프레임에 미리 설정된 스택 인덱스까지 스택에 저장하는 스택 모듈; 상기 수신되는 데이터 프레임에 미리 설정된 복원 매트릭스를 이용하여 복원하는 복원 모듈; 및 상기 송신할 신호에 직교 매트릭스의 엘리먼트를 곱하여 신호를 변환하여 송신하는 신호 변환 모듈을 포함하되, 상기 송신할 신호는 상기 복원 모듈에 의해 복원되는 데이터 프레임이고, 상기 스택 인덱스는 통신 시스템에 포함된 총 중계기의 수에 의해 결정된다. 개시된 릴레이에 의하면, 송신 신호를 간단히 변환하는 것에 의해 루프 백 간섭을 제거할 수 있는 장점이 있다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415128746

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 정보통신산업진흥원

연구사업명 대학 IT 연구센터 육성지원사업

연구과제명 디지털 방송장비 연구

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2013.01.01 ~ 2013.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

수신되는 데이터 프레임들 미리 설정된 스택 인덱스까지 스택에 저장하는 스택 모듈;

상기 수신되는 데이터 프레임들 미리 설정된 복원 매트릭스를 이용하여 복원하는 복원 모듈; 및

상기 송신할 신호에 직교 매트릭스의 엘리먼트를 곱하여 신호를 변환하여 송신하는 신호 변환 모듈을 포함하되,
상기 송신할 신호는 상기 복원 모듈에 의해 복원되는 데이터 프레임이고, 상기 스택 인덱스는 통신 시스템에 포함된 총 중계기의 수에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 전이중 시스템에 사용되는 중계기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 직교 매트릭스는 N X N의 사이즈를 가지는 정방형의 매트릭스이며, 상기 직교 매트릭스의 사이즈는 통신 시스템에 포함된 총 중계기의 수에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 전이중 시스템에 사용되는 중계기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 신호 변환을 위한 직교 매트릭스에 의해 변환 후 수신되어 스택 인덱스별로 저장되는 데이터 프레임은 다음의 수학적식과 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 다중 전이중 시스템에 사용되는 중계기.

$$\underbrace{\begin{bmatrix} U_{i1}^k \\ \vdots \\ U_{iM_1}^k \end{bmatrix}}_{U_e^k} = \underbrace{\begin{bmatrix} \alpha_{11}\sqrt{E_{SR_i}}\Lambda_{2,i1}^k & \alpha_{21}\sqrt{E_{RR_i}}\Lambda_{4,i1}^k & \alpha_{31}\sqrt{E_{IR_1}}\Lambda_{5,11}^k & \cdots & \alpha_{M_11}\sqrt{E_{IR_{M-1}}}\Lambda_{5,(M-1)1}^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{1M_1}\sqrt{E_{SR_i}}\Lambda_{2,i1}^k & \alpha_{2M_1}\sqrt{E_{RR_i}}\Lambda_{4,i1}^k & \alpha_{3M_1}\sqrt{E_{IR_1}}\Lambda_{5,11}^k & \cdots & \alpha_{M_1M_1}\sqrt{E_{IR_{M-1}}}\Lambda_{5,(M-1)1}^k \end{bmatrix}}_{\Lambda_e^k} \times \underbrace{\begin{bmatrix} d^k \\ \vdots \\ d^k \end{bmatrix}}_{d_e^k} + \underbrace{\begin{bmatrix} Q_{Dn_{R_{i1}}}^k \\ \vdots \\ Q_{Dn_{R_{iM_1}}}^k \end{bmatrix}}_{n_{R_e}^k} \quad (6)$$

위 수학적식에서, α_{11} 내지 $\alpha_{M_1M_1}$ 는 신호 변환을 위한 직교 매트릭스의 엘리먼트를 의미하고,

$\sqrt{E_{SR_i}}$, $\sqrt{E_{RR_i}}$ 및 $\sqrt{E_{IR_p}}$ 각각은 단말기에서 중계기로의 수신 신호 에너지, 중계기에서 다른 중계기로의 수신 신호 에너지 및 중계기 자기 간섭에 의한 수신 신호 에너지를 각각 의미하며, Q_b 는 D X D 패스트 푸리에 트랜스폼을 의미하고, d_k 는 싸이클릭 프리펙스가 제거된 송신 신호를 의미하고, k는 k

번째 송신 시간을 의미하며, $Q_{Dn_{R_{ij}}}^k$ 는 화이트 가우시안 노이즈의 푸리에 트랜스폼을 의미하고, i는 중계기

번호, j 는 스택 인덱스를 의미하며, $\Lambda_{2,ij}^k, \Lambda_{4,ij}^k, \Lambda_{5,pj}^k$ 는 기지국-릴레이 링크, 자기 간섭 릴레이 링크 및 릴레이에서 다른 릴레이로의 링크로부터의 채널 아이젠 값으로 구성되는 대각(Diagonal) 매트릭스를 의미하고, M_1 은 총 중계기 수(M)에 1을 더한 값을 의미함.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 직교 매트릭스는 다음의 수학적식과 같이 설정되는 것을 특징으로 하는 전이중 시스템에 사용되는 중계기.

$$M_{M_1=2^m} = M_2 \otimes \begin{bmatrix} M_{2^{(m-1)}} & M_{2^{(m-1)}} \\ M_{2^{(m-1)}} & -M_{2^{(m-1)}} \end{bmatrix}$$

위 수학적식에서 M_2 는 다음과 같이 정의됨.

$$M_2 = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{21} \\ \alpha_{12} & -\alpha_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 릴레이 및 간섭 제거 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 전이중 릴레이 시스템에 사용되는 릴레이 및 전이중 릴레이 시스템의 간섭 제거 방법에 관한 것이다.

[0002]

배경 기술

[0003] 전이중 릴레이 네트워크는 기지국, 릴레이 및 단말기로 이루어지는 통신 시스템에서 기지국 및 단말기가 동시에 릴레이로 신호를 전송하고, 릴레이가 기지국 및 단말기에 동시에 신호를 전송하도록 동작하는 네트워크이다.

[0004] 전이중 릴레이 네트워크에서는 기지국 및 단말기가 릴레이에 신호를 송신하는 동작 및 릴레이가 기지국 및 단말기에 신호를 송신하는 동작이 동시에 발생하게 된다.

[0005] 다수의 릴레이가 네트워크에 포함되어 있을 경우 릴레이가 송신하는 신호는 릴레이 자신이 수신하는 신호 및 다른 릴레이가 수신하는 신호에 대한 간섭으로 작용하게 된다. 이와 같은 종류의 간섭을 루프 백 간섭이라고 하며, 전이중 릴레이 시스템에서는 이와 같은 종류의 간섭이 필수적으로 발생하게 된다.

[0006] 그러나, 종래의 전이중 릴레이 네트워크에서는 이러한 종류의 루프 백 간섭을 효율적으로 제거할 수 없었으며, 매우 복잡한 간섭 제거 알고리즘이 요구되는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명에서는 단순한 방식으로 전이중 릴레이 네트워크에서 루프 백 간섭을 제거할 수 있는 방법 및 그 방법을 사용하는 릴레이를 제안한다.

[0008] 또한, 본 발명은 송신 신호를 간단히 변환하는 것에 의해 루프 백 간섭을 제거할 수 있는 방법 및 그 방법을 사용하는 릴레이를 제안한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 수신되는 데이터 프레임을 미리 설정된 스택 인덱스까지 스택에 저장하는 스택 모듈; 상기 수신되는 데이터 프레임을 미리 설정된 복원 매트릭스를 이용하여 복원하는 복원 모듈; 및 상기 송신할 신호에 직교 매트릭스의 엘리먼트를 곱하여 신호를 변환하여 송신하는 신호 변환 모듈을 포함하되, 상기 송신할 신호는 상기 복원 모듈에 의해 복원되는 데이터 프레임이고, 상기 스택 인덱스는 통신 시스템에 포함된 총 중계기의 수에 의해 결정되는 전이중 시스템에 사용되는 중계기가 제공된다.

[0010] 상기 직교 매트릭스는 $N \times N$ 의 사이즈를 가지는 정방형의 매트릭스이며, 상기 직교 매트릭스의 사이즈는 통신 시스템에 포함된 총 중계기의 수에 의해 결정된다.

[0011] 상기 신호 변환을 위한 직교 매트릭스에 의해 변환 후 수신되어 스택 인덱스별로 저장되는 데이터 프레임은 다음의 수학적식과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} U_{i1}^k \\ \vdots \\ U_{iM_1}^k \end{bmatrix} &= \underbrace{\begin{bmatrix} \alpha_{11}\sqrt{E_{SR_i}}\Lambda_{2,i1}^k & \alpha_{21}\sqrt{E_{RR_i}}\Lambda_{4,i1}^k & \alpha_{31}\sqrt{E_{IR_1}}\Lambda_{5,11}^k & \cdots & \alpha_{M_11}\sqrt{E_{IR_{M-1}}}\Lambda_{5,(M-1)1}^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{1M_1}\sqrt{E_{SR_i}}\Lambda_{2,i1}^k & \alpha_{2M_1}\sqrt{E_{RR_i}}\Lambda_{4,i1}^k & \alpha_{3M_1}\sqrt{E_{IR_1}}\Lambda_{5,11}^k & \cdots & \alpha_{M_1M_1}\sqrt{E_{IR_{M-1}}}\Lambda_{5,(M-1)1}^k \end{bmatrix}}_{\Lambda_e^k} \\ &\times \underbrace{\begin{bmatrix} d^k \\ \vdots \\ d^k \end{bmatrix}}_{d_e^k} + \underbrace{\begin{bmatrix} Q_{Dn_{R_{i1}}^k} \\ \vdots \\ Q_{Dn_{R_{iM_1}}^k} \end{bmatrix}}_{n_{R_e}^k} \end{aligned} \quad (6)$$

[0012]

[0013] 위 수학적식에서, α_{11} 내지 $\alpha_{M_1M_1}$ 는 신호 변환을 위한 직교 매트릭스의 엘리먼트를 의미하고,

$\sqrt{E_{SR_i}}$, $\sqrt{E_{RR_i}}$ 및 $\sqrt{E_{IR_p}}$ 각각은 단말기에서 중계기로의 수신 신호 에너지, 중계기에서 다른 중계기로의 수신 신호 에너지 및 중계기 자기 간섭에 의한 수신 신호 에너지를 각각 의미하며, Q_b 는 $D \times D$ 패스트 푸리에 트랜스폼을 의미하고, d_k 는 싸이클릭 프리펙스가 제거된 송신 신호를 의미하고, k 는 k

번째 송신 시간을 의미하며, $Q_{Dn_{R_{ij}}^k}$ 는 화이트 가우시안 노이즈의 푸리에 트랜스폼을 의미하고, i 는 중계기

번호, j 는 스택 인덱스를 의미하며, $\Lambda_{2,ij}^k, \Lambda_{4,ij}^k, \Lambda_{5,pj}^k$ 는 기지국-릴레이 링크, 자기 간섭 릴레이 링크 및 릴레이에서 다른 릴레이로의 링크로부터의 채널 아이젠 값으로 구성되는 대각(Diagonal) 매트릭스를 의미하고, M_1 은 총 중계기 수(M)에 1을 더한 값을 의미한다.

[0014] 상기 직교 매트릭스는 다음의 수학적식과 같이 설정될 수 있다.

$$M_{M_1=2^m} = M_2 \otimes \begin{bmatrix} M_{2^{(m-1)}} & M_{2^{(m-1)}} \\ M_{2^{(m-1)}} & -M_{2^{(m-1)}} \end{bmatrix}$$

[0015]

[0016] 위 수학적식에서 M_2 는 다음과 같이 정의된다.

$$M_2 = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{21} \\ \alpha_{12} & -\alpha_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

[0017]

발명의 효과

[0018] 본 발명에 의하면, 송신 신호를 간단히 변환하는 것에 의해 루프 백 간섭을 제거할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 적용되는 다중 전이중 릴레이 시스템을 도시한 도면.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 제거 방식이 적용되는 릴레이의 구조를 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0021] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0022] 도 1은 본 발명의 적용되는 다중 전이중 릴레이 시스템을 도시한 도면이다.

[0023] 도 1을 참조하면, 본 발명이 적용되는 다중 전이중 릴레이 시스템은 기지국(100), 다수의 릴레이(102a, 102b, 102c) 및 단말기(104)를 포함한다.

[0024] 다수의 릴레이(102a, 102b, 102c)는 기지국(100)으로부터 수신된 신호를 단말기(104)에 전송하며 단말기(104)는 채널 추정 및 기타의 신호 처리 방식을 이용하여 다수의 릴레이 링크로 전달되는 신호를 수신한다.

[0025] 다수의 릴레이(102a, 102b, 102c) 각각은 기지국(100)으로부터 수신한 신호를 증폭한 후 단말기(104)에 전달한다.

[0026] 본 발명이 적용되는 다중 릴레이 시스템은 전이중 방식으로 동작한다. 전이중 방식은 반이중 방식과는 달리 릴레이에서 송신 및 수신이 동시에 이루어지는 방식을 의미한다.

[0027] 이러한 전이중 방식은 송신 및 수신이 동시에 이루어지기 때문에 신호의 고속 처리가 가능한 시스템이나 어느 하나의 릴레이에서 송신된 신호가 자신 및 다른 릴레이에도 제공되어 루프 백(Loop-back) 간섭이 발생하는 문제점이 있었다.

[0028] 예를 들어, 제1 릴레이(102a)에서 단말기로 송신되는 신호는 기지국(100)으로부터 제1 릴레이(102a) 자신에게 수신되는 신호에 대한 간섭으로 작용할 뿐만 아니라 다른 릴레이들(102b, 102c)이 기지국(100)으로부터 수신하

는 신호에 대해서도 간섭으로 작용하게 된다.

- [0029] 본 발명은 이와 같이 송신과 수신이 동시에 이루어지는 전이중 릴레이 방식에서 루프 백 간섭을 제거하는 방법에 관한 것이다.
- [0030] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 간섭 제거 방식이 적용되는 릴레이의 구조를 도시한 도면이다.
- [0031] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 릴레이는 스택 모듈(200), 신호 변환 모듈(202) 및 신호 복원 모듈(204)을 포함한다.
- [0032] 스택 모듈(200)은 릴레이로 수신되는 신호들을 스택에 저장하는 기능을 한다. 스택 모듈은 각 타임슬롯마다 수신되는 데이터 프레임을 일시적으로 스택에 저장하는 기능을 하는 것이다. 스택에 저장하는 횟수는 미리 설정되며 일례로 다중 전이중 릴레이 시스템에 포함된 중계기의 수에 의해 결정될 수 있다.
- [0033] 스택 모듈(200)은 미리 설정된 횟수까지 각 타임슬롯마다 수신되는 데이터 프레임을 저장하며, 각 타임슬롯별로 스택에 저장된 데이터 프레임에 대해 스택 인덱스가 부여된다. 예를 들어, 제1 타임 슬롯에 수신된 데이터 프레임에 대해서는 스택 인덱스 1이 부여되고, 제2 타임 슬롯에 수신된 데이터 프레임에 대해서는 스택 인덱스 2가 부여된다.
- [0034] 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 스택에 데이터 프레임을 저장하는 횟수는 중계기의 수에 1을 더한 값일 수 있다.
- [0035] 신호 변환 모듈(202)은 송신 신호를 변환하는 기능을 한다. 여기서 송신 신호는 스택에 저장된 후 이후 설명하는 복원 방식에 의해 복원되는 데이터 프레임을 변환하는 기능을 한다. 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 미리 설정된 직교 매트릭스를 이용하여 송신 신호(복원된 데이터 프레임)를 변환한다. 직교 매트릭스를 이용하여 변환된 신호는 안테나를 통해 외부로 방사된다.
- [0036] 본 발명은 신호 변환 모듈(202)에서 직교 매트릭스를 이용하여 단순히 송신 신호를 변환하는 것에 의해 용이하게 간섭을 제거할 수 있으며, 간섭을 제거하는 방식은 추후 상세하게 설명된다.
- [0037] 신호 복원 모듈(204)은 수신 신호를 복원하는 기능을 한다. 직교 매트릭스를 이용한 신호 변환은 모든 중계기 및 기지국에 의해 이루어지며, 신호 복원 모듈(204)은 변환되어 송신된 신호를 복원하는 기능을 한다. 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 복원 매트릭스를 이용하여 변환되어 송신된 수신 신호를 변환하며 복원 매트릭스의 상세한 형태는 추후 설명하기로 한다.
- [0038] 종래의 간섭 제거 방식은 간섭 신호를 원 신호에서 차감하는 것에 의해 이루어지는 것이 일반적이었다. 본 발명에서는 신호 변환 모듈(202)에 의해 송신 신호를 변환하고 이를 신호 복원 모듈(204)에 의해 복원함으로써 인해 간섭 신호를 제거하지 않고 루프 백 간섭을 제거할 수 있다.
- [0039] 이하에서는 본 발명의 신호 변환 및 복원에 의해 간섭이 제거되는 원리에 대해 더욱 상세히 살펴보기로 한다.
- [0040] 신호 변환을 위한 직교 매트릭스가 적용되어 송신된 신호에 대해 각 중계기에서 수신되는 신호는 다음의 수학적 1과 같이 정의될 수 있다.

수학적 1

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{r}}_{ij}^k = & \underbrace{\sqrt{E_{SR_i}} \tilde{\mathbf{H}}_{2,ij}^k \tilde{\mathbf{P}}_{ij}^k \mathbf{x}^k}_{S \rightarrow R_i} + \underbrace{\sqrt{E_{RR_i}} \tilde{\mathbf{H}}_{4,ij}^k \tilde{\mathbf{P}}_{ij}^k \mathbf{x}^k}_{R_i \rightarrow R_i} \\ & + \underbrace{\sum_{p=1, p \neq i}^{M-1} \sqrt{E_{IR_p}} \tilde{\mathbf{H}}_{5,pj}^k \tilde{\mathbf{P}}_{ij}^k \mathbf{x}^k + \tilde{\mathbf{n}}_{R_{ij}}^k}_{\text{Interference and Noise}} \end{aligned}$$

[0041]

[0042]

이 수학적식 1에서, i 는 릴레이 넘버이고, j 는 스택 인덱스이며, k 는 전송 시간을 의미한다. 따라서, $\tilde{\mathbf{r}}_{ij}^k$ 는 i 번째 중계기에서 j 번째로 스택에 저장된 데이터 프레임에 대한 k 번째 전송 시간에서 수신된 신호를 의미한다.

[0043]

$\tilde{\mathbf{H}}_{2,ij}^k$ 는 기지국으로부터 i 번째 릴레이 링크로의 채널 콘볼루션 매트릭스이고, $\tilde{\mathbf{P}}_{ij}^k$ 는 신호 변환에 이용되는 직교 매트릭스의 엘리먼트를 의미하며, \mathbf{x}^k 는 k 번째 전송 시간에 대한 송신 심볼 벡터를 의미하고, $\tilde{\mathbf{H}}_{4,ij}^k$ 는 i 번째 릴레이로부터 i 번째 릴레이로의 자기 간섭에 대한 채널 콘볼루션 매트릭스이며, $\tilde{\mathbf{H}}_{5,pj}^k$ 는 p 번째 릴레이로부터 i 번째 릴레이로의 간섭에 대한 릴레이간 간섭 채널을 의미하고, $\tilde{\mathbf{n}}_{R_{ij}}^k$ 는 부가적인 화이트 가우시안 노이즈를 의미한다.

[0044]

또한, $\sqrt{E_{SR_i}}$, $\sqrt{E_{RR_i}}$ 및 $\sqrt{E_{IR_p}}$ 각각은 단말기에서 중계기로의 수신 신호 에너지, 중계기에서 다른 중계기로의 수신 신호 에너지 및 중계기 자기 간섭에 의한 수신 신호 에너지를 각각 의미한다.

[0045]

위 수신 신호로부터 송신 신호에 직교 매트릭스의 특정 엘리먼트가 곱해져 송신 신호가 변환되었다는 점을 확인할 수 있다.

[0046]

싸이클릭 프리픽스(Cyclic Prefix)가 제거된 후의 수신 신호는 다음의 수학적식 2와 같이 표현된다.

수학적식 2

$$\mathbf{r}_{ij}^k = \sqrt{E_{SR_i}} \mathbf{H}_{2,ij}^k \mathbf{P}_{ij}^k \mathbf{Q}_D^\dagger \mathbf{d}^k + \sqrt{E_{RR_i}} \mathbf{H}_{4,ij}^k \mathbf{P}_{ij}^k \mathbf{Q}_D^\dagger \mathbf{d}^k + \sum_{p=1, p \neq i}^{M-1} \sqrt{E_{IR_p}} \mathbf{H}_{5,pj}^k \mathbf{P}_{ij}^k \mathbf{Q}_D^\dagger \mathbf{d}^k + \mathbf{n}_{R_{ij}}^k$$

[0047]

위 수학적식 2에서, \mathbf{r}_{ij}^k 는 싸이클릭 프리픽스가 제거된 수신 신호이고, $\mathbf{H}_{2,ij}^k$ 는 기지국-중계기로의 순환 채널 매트릭스이고, $\mathbf{H}_{4,ij}^k$ 는 중계기 자기 간섭에 의한 순환 채널 매트릭스이며, $\mathbf{H}_{5,pj}^k$ 는 중계기에서 다른 중계기로의 순환 채널 매트릭스를 의미한다.

[0049]

\mathbf{Q}_D 는 $D \times D$ 패스트 푸리에 트랜스폼을 의미하며, \mathbf{d}_k 는 싸이클릭 프리픽스가 제거된 송신 신호를 의미한다.

[0050]

이때 싸이클릭 프리픽스가 제거된 수신 신호에 대해 패스트 푸리에 트랜스폼을 적용하면 다음의 수학적식 3과 같다.

수학식 3

$$U_{ij}^k = Q_{Dr_{ij}}^k = \sqrt{E_{SR_i}} P_{ij}^k \Lambda_{2,ij}^k d^k + \sqrt{E_{RR_i}} P_{ij}^k \Lambda_{4,ij}^k d^k + \sum_{p=1, p \neq i}^{M-1} \sqrt{E_{IR_p}} P_{ij}^k \Lambda_{5,pj}^k d^k + Q_{Dn_{R_{ij}}}^k$$

[0051]

[0052] 위 수학식 3에서, $\Lambda_{2,ij}^k, \Lambda_{4,ij}^k, \Lambda_{5,pj}^k$ 는 기지국-릴레이 링크, 자기 간섭 릴레이 링크 및 릴레이에서 다른 릴레이로의 링크로부터의 채널 아이젠 값으로 구성되는 대각(Diagonal) 매트릭스이다.

[0053] 스택킹은 중계기 숫자에 의해 정해지며, 중계기 숫자가 M이고 M1=(M+1)이라고 정의할 때 스택킹은 1에서 M1까지 이루어진다.

[0054] 이때, i번째 릴레이에서 각 스택 인덱스에 상응하는 수신 신호는 다음의 수학식 4와 같이 정의된다.

수학식 4

$$\underbrace{\begin{bmatrix} U_{i1}^k \\ \vdots \\ U_{iM_1}^k \end{bmatrix}}_{U_e^k} = \underbrace{\begin{bmatrix} \alpha_{11} \sqrt{E_{SR_i}} \Lambda_{2,i1}^k & \alpha_{21} \sqrt{E_{RR_i}} \Lambda_{4,i1}^k & \alpha_{31} \sqrt{E_{IR_1}} \Lambda_{5,11}^k & \cdots & \alpha_{M_1 1} \sqrt{E_{IR_{M-1}}} \Lambda_{5,(M-1)1}^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{1M_1} \sqrt{E_{SR_i}} \Lambda_{2,i1}^k & \alpha_{2M_1} \sqrt{E_{RR_i}} \Lambda_{4,i1}^k & \alpha_{3M_1} \sqrt{E_{IR_1}} \Lambda_{5,11}^k & \cdots & \alpha_{M_1 M_1} \sqrt{E_{IR_{M-1}}} \Lambda_{5,(M-1)1}^k \end{bmatrix}}_{\Lambda_e^k} \times \underbrace{\begin{bmatrix} d^k \\ \vdots \\ d^k \end{bmatrix}}_{d_e^k} + \underbrace{\begin{bmatrix} Q_{Dn_{R_{i1}}}^k \\ \vdots \\ Q_{Dn_{R_{iM_1}}}^k \end{bmatrix}}_{n_{R_e}^k} \quad (6)$$

[0055]

[0056] 위 수학식 4에서, α_{11} 내지 $\alpha_{M_1 M_1}$ 는 신호 변환을 위한 직교 매트릭스의 엘리먼트를 의미한다. 일례로, 신호 변환을 위한 직교 매트릭스는 다음의 수학식 5와 같이 2 X 2의 형태를 가질 수 있다.

수학식 5

$$M_2 = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{21} \\ \alpha_{12} & -\alpha_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

[0057]

[0058] 직교 매트릭스의 사이즈는 중계기의 수에 의해 결정된다. 예를 들어, 중계기의 수가 3개인 경우 4 X 4의 직교 매트릭스를 이용하여 신호를 변환하며, 중계기의 수가 7개인 경우 8 X 8의 직교 매트릭스를 이용하여 신호를 변환한다. 다만, 직교 매트릭스는 N X N 형태를 가지되 여기서 N은 2의 자승에 해당되는 값이어야 한다.

[0059] 전체 릴레이의 개수의 1을 더한 값이 2의 자승 형태가 아닐 경우 송신기 또는 릴레이 중 적어도 하나의 안테나 개수를 조절하여 총 송신되는 신호의 개수가 2의 자승에 1을 더한 값이 되도록 할 수 있다.

[0060] 신호 변환을 위한 직교 매트릭스의 보다 일반적인 형태는 다음의 수학식 6과 같이 정의된다. 아래 수학식 6에서 m은 정수이다.

수학식 6

$$M_{M_1=2^m} = M_2 \otimes \begin{bmatrix} M_{2^{(m-1)}} & M_{2^{(m-1)}} \\ M_{2^{(m-1)}} & -M_{2^{(m-1)}} \end{bmatrix}$$

[0061]

[0062] 즉, 어느 릴레이의 스택에 저장되어 있는 데이터 프레임에 직교 매트릭스의 엘리먼트 중 하나가 곱해져 데이터 프레임이 변환되며 이러한 변환을 통해 수신된 신호는 다음의 수학식 6의 복원 매트릭스에 의해 변환된다.

수학식 7

$$(M_{M_1}^\dagger M_{M_1})^{-1} M_{M_1}^\dagger$$

[0063]

[0064] 수학식 7의 복원 매트릭스를 통해 복원되는 신호는 간섭이 제거되어 복원되며, 이는 다음의 수학식 8을 통해 확인할 수 있다.

수학식 8

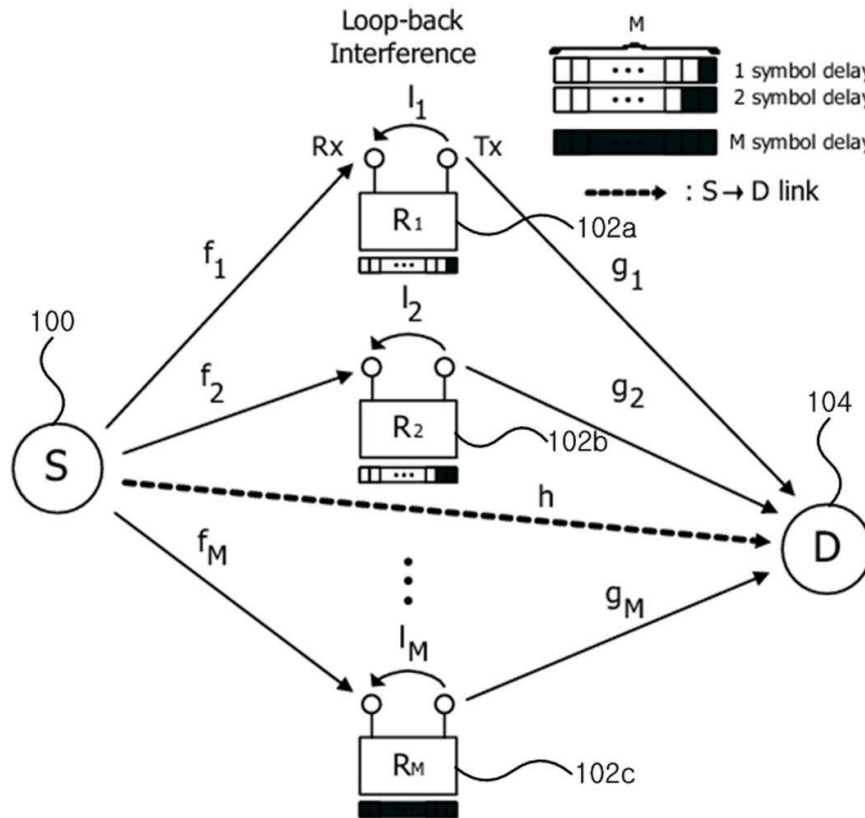
$$Z_e^k = \text{diag}[\sqrt{E_{SR_i}} \Lambda_{2,i1}^k, \sqrt{E_{RR_i}} \Lambda_{4,i1}^k, \sqrt{E_{IR_1}} \Lambda_{5,11}^k, \dots, \sqrt{E_{IR_{M-1}}} \Lambda_{5,(M-1)1}^k] d_e^k + (M_{M_1}^\dagger M_{M_1})^{-1} M_{M_1}^\dagger n_{R_e}^k$$

[0065]

[0066] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

도면1



도면2

