



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0051581
(43) 공개일자 2011년05월18일

(51) Int. Cl.

H04B 7/14 (2006.01) H04B 7/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0108224

(22) 출원일자 2009년11월10일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

엘지전자 주식회사

서울특별시 영등포구 여의도동 20번지

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

서한별

경기도 안양시 동안구 호계동 533번지 LG제1연구
단지

이인규

서울시 강남구 논현동 35-3

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박장원

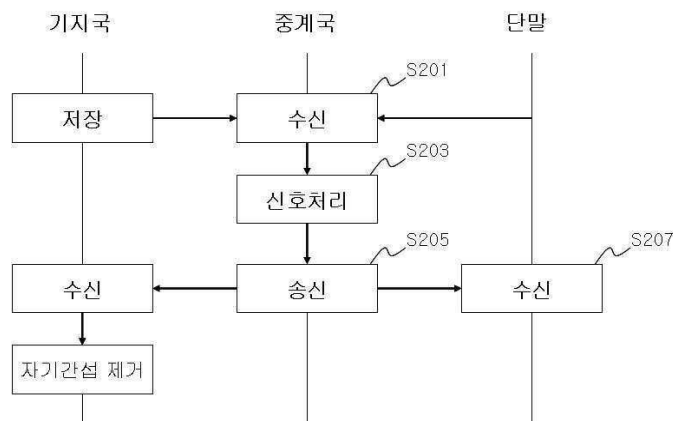
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 양방향 다중입출력 릴레이 시스템에서 자기간섭제거 기능이 없는 단말을 지원하기 위한 데이터 중계 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 자기간섭제거 기능이 없는 단말을 지원하기 위한 릴레이 시스템의 데이터 중계 방법 및 장치에 관한 것으로서, 중계국(relay station)의 데이터 중계 방법에 있어서, 기지국 및 단말로부터 신호 S_A 및 S_B 를 수신하는 단계; 수신신호를 단말 및 기지국으로 중계하기 위한 신호처리 단계; 및 신호처리된 신호를 기지국 및 단말로 중계하는 단계를 포함하며, 단말로부터 중계국의 순방향 채널을 G 라 하고, 단말로부터 중계국의 역방향 채널을 $\overline{G}$ 라 하고, 중계국의 전력조절 상수를 γ 라 하고, 중계국의 필터를 F 라 할 때, 상기 신호처리 단계는 신호 S_A 가 단말과 중계국의 역방향 채널 $\overline{G}$ 을 통해서 단말로 재수신되는 단말의 자기간섭신호 성분 $\gamma \overline{G} F G S_A$ 가 제거되도록 필터 F 를 통해서 필터링(filtering)하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

이경재

서울시 노원구 공릉3동 371-5 고려빌라 205호

김영태

서울시 중랑구 묵동 신내대림아파트 512동 1004호

특허청구의 범위

청구항 1

다중입출력(MIMO) 방식의 양방향(two-way) 릴레이(relay) 시스템에 있어서, 중계국(relay station)의 데이터 중계 방법에 있어서,

기지국 및 단말로부터 신호 S_A 및 S_B 를 수신하는 단계;

상기 수신신호를 상기 단말 및 기지국으로 중계하기 위한 신호처리 단계; 및

상기 신호처리된 신호를 상기 기지국 및 단말로 중계하는 단계를 포함하며,

상기 단말로부터 상기 중계국의 순방향 채널을 G 라 하고, 상기 단말로부터 상기 중계국의 역방향 채널을 $\overline{G}$ 라 하고, 상기 중계국의 전력조절 상수를 γ 라 하고, 상기 중계국의 필터를 F 라 할 때, 상기 신호처리 단계는 상기 S_A 가 상기 채널 $\overline{G}$ 을 통해서 상기 단말로 재수신되는 자기간섭신호 성분 $\gamma \overline{G} F G S_A$ 가 제거되도록 상기 필터 F 를 통해서 필터링(filtering)하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 중계 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 필터 F 는,

상기 기지국으로부터 상기 중계국의 순방향 채널을 H 라 하고, 상기 기지국으로부터 상기 중계국의 역방향 채널을 $\overline{H}$ 라 하고, 채널 잡음을 n 이라 하고, 상기 기지국이 상기 중계국을 통해서 전달받는 신호 y_A 및 상기 단말이 상기 중계국을 통해서 전달받는 신호 y_B 가 다음 식,

$$\begin{bmatrix} y_B \\ y_A \end{bmatrix} = \gamma \begin{bmatrix} \overline{G} \\ \overline{H} \end{bmatrix} [F] \begin{bmatrix} G & H \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_B \\ S_A \end{bmatrix} + \gamma \begin{bmatrix} \overline{G} \\ \overline{H} \end{bmatrix} [F] [n]$$

과 같이 주어질 때,

상기 기지국 및 단말에서 보여지는 유효 채널(effective channel)은 $\begin{bmatrix} \overline{G} \\ \overline{H} \end{bmatrix} [F] \begin{bmatrix} G & H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{G} F G & \overline{G} F H \\ \overline{H} F G & \overline{H} F H \end{bmatrix}$ 로 표현되며, 상기 유효 채널에서 상기 단말의 자기간섭 신호 채널 $\overline{G} F G$ 가 null이 되도록 설계된 것을 특징으로 하는 데이터 중계 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 필터 F 는 상기 유효 채널에 대한 행렬이 right lower triangular 행렬이 되도록 구성된 MMSE 삼각화(Minimum Mean-Square Error triangularization) 필터인 것을 특징으로 하는 데이터 중계 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

X 는 치환행렬이며, ρ 는 SNR(signal to Noise Ratio) 값이며, Q_A 및 Q_B 는 다음 식,

$$\begin{bmatrix} [H \ G] \\ \frac{1}{\rho_A} I_{2M} \end{bmatrix} = \overline{Q}_A R_A, \quad \begin{bmatrix} \overline{G} \\ \frac{1}{\rho_R} I_{2M} \end{bmatrix}^H = \overline{Q}_B R_B$$

을 통해서 MMSE (Minimum Mean-Square Error) 기반으로 확장된 QR 분해(QR decomposition)로부터 구해지는 값이라고 할 때, 상기 필터 F 는 다음 식,

$$F = Q_B X Q_A^H$$

으로 구성되는 것을 특징으로 하는 데이터 중계 방법.

청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 필터 F 는 상기 유효 채널에 대한 행렬 right lower block triangular 행렬이 되도록 구성된 블록 삼각화(block-triangularization) 필터인 것을 특징으로 하는 데이터 중계 방법.

청구항 6

제 5항에 있어서,

$U_{\overline{G}}$ 와 $V_{\overline{G}}$ 는 채널 G 와 $\overline{G}$ 의 특이값 분해 (Singular Value Decomposition; SVD)를 통해서 계산되는 단위행렬(unitary matrix)이라 할 때, 상기 필터 F 는 다음 식,

$$F = V_{\overline{G}} X U_G^H$$

으로 구성되는 것을 특징으로 하는 데이터 중계 방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 기지국은 자기 간섭 제거 기능이 있으며 상기 단말은 자기 간섭 제거 기능이 없는 것을 특징으로 하는 데이터 중계 방법.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 중계국은 상기 기지국 및 단말로부터 동시에 신호를 수신 및 송신하는 것을 특징으로 하는 데이터 중계 방법.

청구항 9

다중입출력(MIMO) 방식의 양방향(two-way) 릴레이(relay) 시스템에 있어서,

기지국 및 단말로부터 신호를 수신하는 수신부;

상기 수신부로부터 수신된 신호 중 상기 단말의 자기간섭 신호가 제거되도록 필터 처리하는 신호처리부; 및

상기 신호처리부로부터 상기 단말의 자기간섭 신호가 제거되도록 필터 처리된 수신 신호를 상기 기지국 및 단말로 전달하는 송신부를 포함하며,

상기 신호처리부는 상기 수신부로부터 수신된 신호에서 상기 단말의 자기간섭 신호 채널이 null 값이 되도록 하는 필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 중계 장치.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 필터는 MMSE 삼각화 (Minimum Mean-Square Error triangularization) 필터 또는 블록 삼각화(block-triangularization) 필터인 것을 특징으로 하는 데이터 중계 장치.

청구항 11

다중입출력(MIMO) 방식의 양방향(two-way) 릴레이(relay) 시스템에 있어서, 중계국(relay station)의 데이터 중계 방법에 있어서,

기지국 또는 단말로부터 단말의 자기간섭 제거 기능 지원 여부에 대한 정보를 전달받는 단계;

상기 기지국 및 단말로부터 전송된 신호 S_A 및 S_B 를 수신하는 단계;

상기 수신신호를 상기 단말 및 기지국으로 중계하기 위한 신호처리 단계; 및

상기 신호처리된 수신신호를 상기 기지국 및 단말로 중계하는 단계를 포함하며,

상기 단말로부터 상기 중계국의 순방향 채널을 G 라 하고, 상기 단말로부터 상기 중계국의 역방향 채널을 $\overline{G}$ 라 하고, 상기 중계국의 전력조절 상수를 γ 라 할 때, 상기 신호처리 단계는 상기 단말이 송신한 신호 S_A 가 상기 단

말과 상기 중계국의 역방향 채널 $\overline{G}$ 을 통해서 상기 단말로 재수신되는 상기 단말의 자기간섭신호 성분 $\gamma \overline{G} F G S_A$ 가 제거되도록 상기 필터 F 를 통해서 필터링(filtering)하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 중계 방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 기지국 또는 단말로부터 단말의 자기간섭 제거 기능 지원 여부에 대한 정보를 전달받는 단계에서, 상기 기지국 또는 단말로부터 단말의 자기 간섭 제거 기능 지원 가능에 대한 정보를 전달받은 경우,

상기 단말의 자기 간섭 제거 기능 활성화 또는 비활성에 대한 지시를 전달하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 중계 방법.

청구항 13

제 11항에 있어서, 상기 필터 F 는,

상기 기지국으로부터 상기 중계국의 순방향 채널을 H 라 하고, 상기 기지국으로부터 상기 중계국의 역방향 채널을 $\overline{H}$ 라 하고, 채널 잡음을 n 이라 하고, 상기 기지국이 상기 중계국을 통해서 전달받는 신호 y_A 및 상기 단말이 상기 중계국을 통해서 전달받는 신호 y_B 가 다음 식,

$$\begin{bmatrix} y_B \\ y_A \end{bmatrix} = \gamma \begin{bmatrix} \overline{G} \\ \overline{H} \end{bmatrix} [F] \begin{bmatrix} G & H \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_B \\ s_A \end{bmatrix} + \gamma \begin{bmatrix} \overline{G} \\ \overline{H} \end{bmatrix} [F] [n]$$

과 같이 주어질 때,

상기 기지국 및 단말에서 보여지는 유효 채널(effective channel)은
$$\begin{bmatrix} \bar{G} \\ \bar{H} \end{bmatrix} [F] [G \ H] = \begin{bmatrix} \bar{G}FG & \bar{G}FH \\ \bar{H}FG & \bar{H}FH \end{bmatrix}$$
로 표현되며, 상기 유효 채널에서 상기 단말의 자기간섭 신호 채널 $\bar{G}FG$ 가 null이 되도록 설계된 것을 특징으로 하는 데이터 중계 방법.

청구항 14

제 13항에 있어서,

상기 필터 F는 상기 유효 채널에 대한 행렬이 right lower triangular 행렬이 되도록 구성된 MMSE 삼각화(Minimum Mean-Square Error triangularization) 필터인 것을 특징으로 하는 데이터 중계 방법.

청구항 15

제 13항에 있어서,

상기 필터 F는 상기 유효 채널에 대한 행렬 right lower block triangular 행렬이 되도록 구성된 블록 삼각화(block-triangularization) 필터인 것을 특징으로 하는 데이터 중계 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 양방향 다중입출력 릴레이 시스템에 관한 것으로서, 자기간섭 제거 기능이 없는 단말을 지원하기 위한 릴레이 시스템의 데이터 중계 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적인 셀룰러 네트워크는 기지국이 커버하는 셀 내에서 기지국과 단말간의 직접링크(direct link)를 통하여 통신이 이루어진다. 그러나, 최근 통신망은 서비스 주파수 대역이 점점 높아지고 있으며 고속 통신 및 증대되는 통화량을 수용하기 위해 셀들이 반경이 점차 작아지는 추세인 바, 직접링크를 통한 셀룰러 무선망 방식을 향후에도 그대로 운용하기에는 많은 문제점이 발생한다.

[0003] 이와 같은 문제점을 해결하고자 차세대 통신시스템에서는 분산적으로 제어되고 구축되면서도, 새로운 기지국의 추가와 같은 환경 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 릴레이(relay) 시스템이 제안되었다.

[0004] 릴레이 시스템은 셀 영역 내에서 발생하는 부분적인 음영 지역을 커버하여 셀 서비스 영역을 넓힐 수 있으며, 시스템 용량을 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라, 서비스 요구가 적은 초기 상황을 릴레이를 이용함으로써 초기 설치 비용에 대한 부담을 줄일 수 있는 장점이 있다.

[0005] 상기 릴레이 시스템에서 양방향(Two-way) 릴레이 방식은 기지국과 단말로 동시에 양방향 통신이 가능하기 때문에 일방향(one-way) 릴레이 방식과 비교하여 채널용량을 획기적으로 향상시킬 수 있다.

[0006] 양방향 릴레이 기술을 SISO (Single-Input Single-Output) 방식으로 릴레이 시스템에 적용할 경우, 릴레이(이하, '중계국'이라 함)는 단순히 받은 신호를 상수배 증폭하여 수신단으로 보내는 역할을 하게 된다.

[0007] 그러나 SISO 방식과 달리 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 방식의 양방향 릴레이 기법을 적용할 경우, 중계국이 다수의 안테나를 사용함으로써 스펙트럼 효율을 높일 수 있으며 고속의 데이터 중계가 가능하다.

[0008] 상기 MIMO 방식의 양방향 릴레이 방식에 있어서, 중계국은 수신된 다중 신호를 필터 처리하여 다중출력을 구성하여야 하기 때문에, 중계국의 필터 설계가 시스템 성능의 중요한 요소로 작용하게 된다.

[0009] 또한, 기지국과 단말은 자신이 전송한 신호를 저장할 수 있는 저장매체가 필요하며, 채널상에서 목적인 수신신호가 아닌 자신이 전송한 신호가 되돌아올 경우 자기간섭 신호로 작용하기 때문에 자기간섭신호와 연관된 채널

에 대한 정확한 정보가 필요하며, 이를 통해 자기간섭을 제거하는 기능이 요구된다.

- [0010] 그러나 단말의 경우 배터리 성능 및 크기와 같이 하드웨어적인 제한으로 인해 자기간섭 제거 기능이 존재하지 않을 수도 있는바, 이와 같은 경우에도 중계국의 필터 설계가 더욱 중요하다고 할 수 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0011] 본 발명은 종래 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 방식의 양방향 릴레이 시스템에서, 자기간섭 기능이 존재하지 않는 단말에 대해서 데이터 중계를 지원할 수 없는 문제점을 해결하기 위한 양방향 다중입출력 릴레이 시스템의 데이터 중계 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

- [0012] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 데이터 중계 방법은, 중계국(relay station)의 데이터 중계 방법에 있어서, 기지국 및 단말로부터 전송된 신호 S_A 및 S_B 를 수신하는 단계; 수신신호를 단말 및 기지국으로 중계하기 위한 신호처리 단계; 및 신호처리된 수신신호를 기지국 및 단말로 중계하는 단계를 포함하

며, 단말로부터 중계국의 순방향 채널을 G 라 하고, 단말로부터 중계국의 역방향 채널을 $\overline{G}$ 라 하고, 중계국의 전력조절 상수를 γ 라 하고, 중계국의 필터를 F 라 할 때, 상기 신호처리 단계는 단말이 송신한 신호 S_A 가 단말과 중계국의 역방향 채널 $\overline{G}$ 을 통해서 단말로 재수신되는 단말의 자기간섭신호 성분 $\gamma \overline{GFGS_A}$ 가 제거되도록 필터 F 를 통해서 필터링(filtering)하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0013] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 데이터 중계 장치는, 다중입출력(MIMO) 방식의 양방향(two-way) 릴레이(relay) 시스템에 있어서, 기지국 및 단말로부터 신호를 수신하는 수신부; 상기 수신부로부터 수신된 신호 중 상기 단말의 자기간섭 신호가 제거되도록 필터 처리하는 신호처리부; 및 상기 신호처리부로부터 상기 단말의 자기간섭 신호가 제거되도록 필터 처리된 수신 신호를 상기 기지국 및 단말로 전달하는 송신부를 포함하며, 상기 신호처리부는 상기 수신부로부터 수신된 신호에서 상기 단말의 자기간섭 신호 채널이 null 값이 되도록 하는 필터를 포함하는 것을 특징으로 한다.

효과

- [0014] 본 발명에 따르면 자기간섭 기능이 존재하지 않는 단말에 대해서도 데이터 중계를 지원할 수 있는 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 방식의 양방향 릴레이 시스템이 제공된다.
- [0015] 또한, 본 발명의 릴레이 시스템을 적용하면 자기간섭 기능을 단말에 추가할 필요가 없기 때문에 기존의 legacy 단말을 그대로 시스템에 이용할 수 있는 효과가 발생 된다.
- [0016] 또한, 단말에 있어서도 자기간섭 기능이 존재하지 않고서도 릴레이 시스템에 적용이 가능하므로 단말의 복잡도가 줄어드는 효과가 발생 된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명의 사상을 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 발명의 사상이 제한되는 것으로 해석되어서는 아니 됨을 유의해야 한다.

- [0018] 이하, 단말이라는 용어가 사용되나, 상기 단말은 SS(Subscriber Station), UE(User Equipment), ME(Mobile Equipment), MS(Mobile Station)로 불릴 수 있다. 또한, 상기 단말은 휴대폰, PDA, 스마트 폰(Smart Phone), 노트북 등과 같이 통신 기능을 갖춘 휴대 가능한 기기일 수 있거나, PC, 차량 탑재 장치와 같이 휴대 불가능한 기기일 수 있다.

[0019] 도 1은 MIMO 방식의 양방향 다중입출력 릴레이 시스템에서 데이터 중계 과정을 도시한 도면이다.

[0020] 도 1을 참조하면, 기지국(103)으로부터 중계국(101)의 순방향 채널을 H 라 하고, 기지국(103)으로부터 중계국(101)의 역방향 채널을 $\overline{H}$ 라 하고, 단말(105)로부터 중계국(101)의 순방향 채널을 G 라 하고, 단말(105)로부터 중계국(101)의 역방향 채널을 $\overline{G}$ 라 하고, 중계국(101)의 필터를 F 라 가정한다.

[0021] 우선, 기지국(103)과 단말(105)이 모두 자기간섭(Self-Interference)을 제거할 수 있는 기능이 존재하는 것을 가정할 경우 데이터 중계 과정을 설명한다.

[0022] 도 1에 도시된 바와 같이, MIMO 방식의 양방향 릴레이 통신이 가능한 중계국(101)은 첫번째 시간(t_1)에서 기지국(103) 및 단말(105)로부터 각각 s_A 및 s_B 를 동시에 수신하고, 두번째 시간(t_2)에서 기지국(103) 및 단말(105)로부터 수신된 신호를 필터링한 신호 x ($x=Fr$)를 기지국 및 단말로 동시에 전달한다.

[0023] 이때, 기지국(103) 및 단말(105)이 수신하는 신호를 각각 y_A 및 y_B 라 하면, 기지국(103)이 수신하는 신호 y_A 는 하기 수학식 1과 같다.

수학식 1

$$y_A = \gamma \overline{HFH} s_A + \gamma \overline{HFG} s_B + \gamma \overline{HF} n + z_A$$

[0024] 수학식 1을 참조하면, 기지국(103)이 수신하는 신호 y_A 에서 첫번째 신호 성분인 $\gamma \overline{HFH} s_A$ 는 t_1 에서 기지국(103)이 전송한 신호 s_A 가 다시 기지국(103)으로 되돌아온 신호 성분으로서 기지국의 자기간섭 신호에 해당된다. 상기 자기간섭 신호 성분 $\gamma \overline{HFH} s_A$ 은 기지국(103)의 자기 간섭신호 제거 능력이 존재하는 것으로 가정한 바, 기지국(103)에서 자체적으로 제거가 가능하다. 상기 수학식 1에서 γ 는 중계국(101)의 전력(Power) 조절 상수값에 해당된다.

[0025] 수학식 1의 두번째 신호 성분인 $\gamma \overline{HFG} s_B$ 는 단말(105)이 송신한 신호 s_B 가 중계국(101)에 의해 릴레이되어 기지국(103)으로 전달되는 목적된 신호 성분에 해당된다.

[0026] 수학식 1의 세번째 신호 성분인 $\gamma \overline{HF} n$ 은 t_1 에서 중계국(101) 내에 발생한 채널 잡음(noise) 성분이 전달된 것에 해당되며, 수학식 1의 네번째 신호 성분인 z_A 는 t_2 에서 기지국(103)내에 자체적으로 발생하는 잡음 성분에 해당된다.

[0027] 한편, 단말(105)이 t_2 에서 수신하는 신호 y_B 는 하기 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$y_B = \gamma \overline{GFH} s_A + \gamma \overline{GFG} s_B + \gamma \overline{GF} n + z_B$$

[0028] 수학식 2를 참조하면, 단말(105)이 수신하는 신호 y_B 에서 첫번째 신호 성분인 $\gamma \overline{GFH} s_A$ 는 기지국(103)이 송신한 신호 s_A 가 중계국(101)에 의해 릴레이되어 단말(105)로 전달되는 목적된 신호 성분에 해당된다.

[0031] 또한, 수학식 2의 두번째 신호 성분인 $\gamma \overline{GFG} s_B$ 는 단말(105)이 전송한 신호 s_B 가 다시 단말(105)로 되 돌아온 신호 성분으로서, 단말의 자기간섭 신호에 해당된다. 상기 자기간섭 신호 성분 $\gamma \overline{GFG} s_B$ 은 단말 (105)의 자기 간섭신호 제거 능력이 존재하는 것으로 가정한 바, 단말(105)에서 자체적으로 제거가 가능하다.

[0032] 또한, 수학식 2의 세번째 신호 성분인 $\gamma \overline{GF}n$ 은 채널 잡음(noise) 성분에 해당되며, 수학식 2의 네번째 신호 성분인 z_B 는 t2에서 단말(105)내에 자체적으로 발생하는 잡음 성분에 해당된다.

[0033] 따라서 기지국(103) 및 단말(105)에서 자기 간섭 신호 성분을 제거하면, 기지국(103) 및 단말(105)이 수신하는 신호 y_A 및 y_B 는 하기 수학식 3과 같다.

수학식 3

[0034]
$$y_A = \gamma \overline{HFG} s_B + \gamma \overline{HF}n + z_A$$

[0035]
$$y_B = \gamma \overline{GFH} s_A + \gamma \overline{GF}n + z_B$$

[0036] 이때, 중계국(101)에서 단순중복(AF) 방식으로 데이터를 릴레이 한다면, MIMO 방식의 양방향 다중입출력 릴레이 시스템에 있어서 중계국(101) 필터 F는 자기 행렬 (identity matrix) I의 상수배인 하기 수학식 4와 같이 나타 낼 수 있다.

수학식 4

[0037]
$$F = \gamma I$$

[0038] 한편, 단말(105)이 자기간섭(Self-Interference)을 제거할 수 있는 기능이 없을 경우, 수학식 3의 기지국(103) 및 단말(105)이 수신하는 신호 y_A 및 y_B 는 하기 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 5

[0039]
$$y_A = \gamma \overline{HFG} s_B + \gamma \overline{HF}n + z_A$$

[0040]
$$y_B = \gamma \overline{GFH} s_A + \gamma \overline{GFG} s_B + \gamma \overline{GF}n + z_B$$

[0041] 상기 수학식 5와 같이 단말(105)의 경우는, 자기 간섭 신호에 해당되는 $\gamma \overline{GFG} s_B$ 신호를 제거할 수 없 는 바, 본 발명에서 제안하는 중계국(101) 필터 F의 최적화 설계를 통해서 단말(105)의 자기간섭 신호 성분이 제거되도록 하여, 양방향 릴레이 통신의 최적화를 수행한다.

[0042] 이하에서는, 중계국(101)에서 필터 F의 최적화를 통한 단말의 자기간섭 신호 제거를 위한 신호처리 방법을 상세 히 설명한다.

[0043] 앞서 설명한 양방향 릴레이 방식의 채널에서 자기 간섭 신호를 제거하기 전의 기지국(103) 및 단말(105)에서 수 신한 신호를 전체 채널에 대한 행렬식으로 표현하면 다음 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$\begin{bmatrix} y_B \\ y_A \end{bmatrix} = \gamma \begin{bmatrix} \overline{G} \\ \overline{H} \end{bmatrix} [F] \begin{bmatrix} G & H \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_B \\ s_A \end{bmatrix} + \gamma \begin{bmatrix} \overline{G} \\ \overline{H} \end{bmatrix} [F] [n] + \begin{bmatrix} z_B \\ z_A \end{bmatrix} \\ = \gamma \begin{bmatrix} \overline{GFG} & \overline{GFH} \\ \overline{HFG} & \overline{HFH} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_B \\ s_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma \overline{GF}n + z_B \\ \gamma \overline{HF}n + z_A \end{bmatrix}$$

[0044]

[0045] 상기 수학식 6에서 $A = \begin{bmatrix} H & G \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} \overline{G} & \overline{H} \end{bmatrix}^T$ 라고 정의하면, 수신단에서 보여지는 유효 채널에서 단말(105)의 자기간섭신호 채널 $\overline{GFG}$ 이 제거되도록 중계국(101) 필터 F가 설계되어야 한다. 이때,

수신단에서 보여지는 유효 채널은 BFA로 정의되며 수학식 6의 행렬식 $\begin{bmatrix} \overline{GFG} & \overline{GFH} \\ \overline{HFG} & \overline{HFH} \end{bmatrix}$ 로 표현된다.

[0046] 본 발명의 제1 실시예에 따르면, 중계국 필터 F는 하기 수학식 7과 같이 수신단에서 보여지는 유효 채널을 right lower triangular 행렬로 구성한다.

수학식 7

$$\mathbf{BFA} = \begin{bmatrix} \overline{GFG} & \overline{GFH} \\ \overline{HFG} & \overline{HFH} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \triangle \\ \triangle & \triangle \end{bmatrix}$$

[0047]

[0048] 따라서, 제1 실시예에서 제안하는 중계국 필터 F는 다음 수학식 8과 같이 주어진다.

수학식 8

$$F = Q_B X Q_A^H$$

[0049]

[0050] 상기 수학식 8에서 X는 하기 수학식 9와 같은 치환행렬을 나타낸다.

수학식 9

$$X = \begin{bmatrix} & & 1 \\ & \dots & \\ 1 & & \end{bmatrix}$$

[0051]

[0052] 또한, 상기 수학식 8에서 Q_A 및 Q_B 는 하기 수학식 10과 같이, MMSE (Minimum Mean-Square Error) 기반으로 확장된 QR decomposition으로부터 구해진다.

수학식 10

$$\begin{bmatrix} \begin{bmatrix} H & G \end{bmatrix} \\ \frac{1}{\rho_A} I_{2M} \end{bmatrix} = \overline{Q}_A R_A, \quad \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} \overline{G} \\ \overline{H} \end{bmatrix} \\ \frac{1}{\rho_R} I_{2M} \end{bmatrix}^H = \overline{Q}_B R_B$$

[0053]

[0054] 상기 수학식 10에서 ρ 는 SNR(Signal to Noise Ratio) 값이며, $\overline{Q}_A$ 와 $\overline{Q}_B$ 의 첫번째 NxN 서브 행렬(submatrix)을 각각 Q_A 와 Q_B 로 사용한다.

[0055] 본 발명의 제2 실시예에 따르면, 중계국 필터 F는 하기 수학식 11과 같이 수신단에서 보여지는 유효 채널을 right lower block triangular 행렬로 구성한다.

수학식 11

$$\mathbf{BFA} = \begin{bmatrix} \overline{\mathbf{G}}\mathbf{F}\mathbf{G} & \overline{\mathbf{G}}\mathbf{F}\mathbf{H} \\ \mathbf{H}\mathbf{F}\mathbf{G} & \mathbf{H}\mathbf{F}\mathbf{H} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \square \\ \square & \square \end{bmatrix}$$

[0056]

[0057] 따라서, 제2 실시예에서 제안하는 중계국 필터 F는 다음 수학식 12와 같이 주어진다.

수학식 12

$$\mathbf{F} = \mathbf{V}_{\overline{\mathbf{G}}} \mathbf{X} \mathbf{U}_{\mathbf{G}}^H$$

[0058]

[0059] 상기 수학식 12에서 unitary 행렬 $\mathbf{U}_{\overline{\mathbf{G}}}$ 와 $\mathbf{V}_{\overline{\mathbf{G}}}$ 는 하기 수학식 13과 같이 단말(105)와 연관된 채널 G와 $\overline{\mathbf{G}}$ 의 특이값 분해(Singular Value Decomposition; SVD)를 통해서 계산될 수 있다.

수학식 13

$$\mathbf{G} = \mathbf{U}_{\mathbf{G}} \mathbf{\Sigma}_{\mathbf{G}} \mathbf{V}_{\mathbf{G}}^H, \quad \overline{\mathbf{G}} = \mathbf{U}_{\overline{\mathbf{G}}} \mathbf{\Sigma}_{\overline{\mathbf{G}}} \mathbf{V}_{\overline{\mathbf{G}}}^H$$

[0060]

[0061] 또한, 치환행렬 X는 앞서 살펴본 수학식 9와 동일하게 주어진다.

[0062] 제2 실시예에 따른 중계국 필터 F는 단지 단말(105)과 연관된 채널 G와 $\overline{\mathbf{G}}$ 의 정보만을 이용한다. 따라서 제2 실시예에 따른 중계국 필터 F는 실제 구현상에 있어서 기지국(103)과 연결된 채널 정보가 없더라도 구할 수 있기 때문에 전체 시스템의 오버헤드(overhead)를 줄일 수 있는 특징이 있다.

[0063] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 릴레이 시스템에서 데이터 중계 과정을 순차적으로 도시한 구성도이다.

[0064] 단말(105)은 자기간섭 제거 능력이 있는지 여부를 사전에 중계국(101) 또는 기지국(103)으로 알려주며, 경우에 따라서는 기지국(103)에서 중계국(101)의 특정 시점에 특정 자원을 활용하는 양방향 릴레이 동작을 위한 중계기 필터를 결정하기 위하여 중계국(101)으로 해당 양방향 릴레이 동작에 참여하는 단말(105)의 자기간섭 제거 능력 존재 여부를 알려줄 수도 있다.

[0065] 중계국(101)은 첫번째 시간(t_1)에서 기지국(103) 및 단말(105)로부터 각각 S_A 및 S_B 를 수신한다(S201).

[0066] 중계국(101)에서는 수신된 신호를 설계된 필터 F를 통하여 신호처리하여 단말의 자기간섭 신호를 제거한다(S203).

[0067] 이때, 상기 단말의 자기간섭 신호 제거를 위한 신호 처리는, 앞서 수학식 7 및 수학식 11을 통해 설명한 바와 같이, 수신단에서 보여지는 유효채널에서 단말의 자기간섭 신호 채널 $\overline{\mathbf{G}}\mathbf{F}\mathbf{G}$ 가 null 값이 되도록 설계된 필

터 F를 통해서 필터링(filtering) 한다. 단말의 자기간섭 신호 채널 $\overline{GFG}$ 가 null 값이 되도록 처리하는 방법은 수신단에서 보여지는 유효 채널을 right lower triangular 행렬로 구성하거나 right lower block triangular 행렬로 구성할 수 있다.

[0068] 중계국(101) 필터 F를 통하여 단말의 자기간섭 신호가 제거되도록 처리한 후, 중계국(101)은 처리된 신호를 각 기지국(103) 및 단말(105)로 전달한다(S205).

[0069] 이때, 중계국(101)은 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 방식의 양방향 릴레이가 가능하므로 동시에 기지국(103) 및 단말(105)로 신호를 수신하거나 송신하는 것이 가능하다.

[0070] 자기간섭 제거 기능이 없는 단말(105)은 중계국(101)으로부터 단말의 자기간섭 신호 성분이 제거되도록 필터 처리된 신호를 수신하며(S207), 이때 단말(105)이 수신하는 신호 y_B 는 하기 수학식 14와 같다.

수학식 14

$$y_B = \gamma \overline{GFH} s_A + \gamma \overline{GF} n + z_B$$

[0071]

[0072] 이후, 단말(105)은 채널 잡음 성분 및 단말에서 발생된 잡음 성분을 제거하고 기지국(103)이 전송한 신호 s_A 를 복호한다.

[0073] 기지국(103)의 경우 자기간섭 신호를 제거하는 기능이 존재하는 바, 중계국(101)으로부터 전달되는 신호 y_A 는 앞서 설명한 수학식 1과 같다.

[0074] 따라서 기지국(103)은 자신이 중계국(101)으로 t1에 전송한 신호 s_A 를 사전에 저장할 필요가 있으며, 상기 저장된 신호를 활용하여 자기간섭 신호 성분을 제거할 수 있다.

[0075] 본 발명의 다른 실시예에 따르면 단말(105)에서 자기간섭 제거 기능이 지원되는 경우라 하더라도 상황에 따라서 적응적으로 단말의 자기간섭 동작을 수행할지 여부를 결정하여 그에 따른 중계국(101)의 릴레이를 위한 필터 신호처리를 적응적으로 수행하도록 하는 것도 가능하다.

[0076] 따라서 기지국(103) 또는 중계국(101)은 단말(105)이 특정 시점에 특정 자원을 활용하여 전송되는 신호를 검출할 때, 단말의 자기간섭 제거 동작을 수행할지 여부를 알리는 신호를 단말(105)로 전송할 수 있다.

[0077] 또는 신호의 오버헤드를 줄이기 위해서 기지국(103) 또는 중계국(101)은 특정 단말이 신호 검출 시 자기 간섭 제거 동작을 수행할지 여부를 상위 계층 신호로 semi-static 하게 설정할 수 있다.

[0078] 중계국(101)은 상기 설명한 신호 교환을 토대로 기지국과 단말 사이에서 단말의 자기 간섭 제거 기능 지원 및 활성화 여부에 따라 적응적으로 양방향 릴레이 동작을 수행할 수 있다.

[0079] 이와 같은 적응적 동작을 통해서, 중계국(101)은 단말의 자기 간섭 제거 가능 여부 및 특정 시점에서 단말(105)의 자기간섭 제거 동작의 활성화 여부에 따라 중계 필터 설계를 다르게 수행할 수 있다.

[0080] 이상 살펴본 바와 같이, 제안하는 양방향 릴레이 방식은 기존의 양방향 릴레이 방식과 달리 단말(105)에서 자기 간섭 제거 기능이 없다는 것을 가정하기 때문에, 기존에 사용되던 legacy 단말을 그대로 사용할 수 있다는 장점을 가진다.

[0081] 제안하는 방식은 중계국(101)에서 단말(105)에서 보여지는 자기간섭신호를 제거시키기 때문에 기존의 릴레이 기법을 그대로 적용하는 것과 비교하여 큰 성능향상을 기대할 수 있다.

[0082] 도 3은 중계국(101)의 안테나 개수가 4개라고 가정할 때, 종래기술과 본 발명에 따른 sum-rate 성능을 비교한 그래프이다.

[0083] 도 3에서는 기지국(103), 중계국(101) 및 단말(105)의 안테나 개수가 각각 2개, 4개 및 2개로 가정할 때, 종래 중계국의 필터 신호처리하는 방식의 sum-rate과 본 발명에서 제안하는 2가지 실시예의 중계국 필터를 통한 신호 처리 방식의 sum-rate을 비교하였다.

[0084] 도 3의 그래프를 살펴보면, 본 발명에 따른 MMSE(Minimum Mean-Square Error)-triangularization 필터 (제1 실

시에에 따른 필터 F)와 block-triangularization 필터 (제2 실시예에 따른 필터 F)는 종래 양방향 naive AF 방식 필터를 통해 얻는 sum-rate 보다 향상된 성능을 보여준다.

[0085] 또한, 종래 일방향(one-way) 방식의 최대 capacity와 비교해도 본 발명에 따른 필터가 큰 성능 이득을 얻는 것을 확인할 수 있다.

[0086] sum-rate 성능의 이론적인 최대치는 널리 알려진 최적화 기법 중 하나인 GD(gradient descent) 기법이지만, 도 3의 성능 비교 그래프를 참조하면, 본 발명에서 제안하는 2가지 릴레이 필터 방법은 상기 GD를 이용하여 얻은 성능 최대치에 상당히 근접하는 것을 확인할 수 있다. 그러나, GD 기법은 반복적인 계산을 통해 필터를 구현해야 하기 때문에 매우 복잡도가 높아 실제 구현상에 어려움이 있지만, 본 발명에서 제안된 2가지 필터 기법은 중계국에서 간단한 closed-form 연산을 통해 적용할 수 있다.

[0087] 또한, 제안하는 block-triangularization 필터 기법의 경우는 릴레이 필터를 계산하기 위한 채널정보는 단말과 연관된 채널정보만을 필요로 하기 때문에 시스템 overhead를 상대적으로 줄일 수 있다는 장점을 가진다.

[0088] 도 4는 중계국의 안테나 개수를 3개로 가정할 경우, 종래기술과 본 발명의 sum-rate 성능을 비교한 그래프이다.

[0089] 도 4의 성능 비교 그래프는 기지국(103), 중계국(101) 및 단말(105)의 안테나가 각각 2개, 3개 및 2개라고 가정할 경우의 sum-rate을 비교하였다. 본 발명에서 제안하는 2가지 방식에 따른 성능은, 도 3의 성능 비교 결과와 유사하며, 따라서 제안된 방식의 sum-rate 이득이 뛰어난 것을 확인할 수 있다.

[0090] 여기까지 설명된 본 발명에 따른 방법은 소프트웨어, 하드웨어, 또는 이들의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 본 발명에 따른 방법은 저장 매체(예를 들어, 단말 내부 메모리, 플래쉬 메모리, 하드 디스크, 기타 등등)에 저장될 수 있고, 프로세서(예를 들어, 단말 내부 마이크로 프로세서)에 의해서 실행될 수 있는 소프트웨어 프로그램 내에 코드들 또는 명령어들로 구현될 수 있다.

[0091] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시적으로 설명하였으나, 본 발명의 범위는 이와 같은 특정 실시 예에만 한정되는 것은 아니므로, 본 발명은 본 발명의 사상 및 특허청구범위에 기재된 범주 내에서 다양한 형태로 수정, 변경, 또는 개선될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0092] 도 1은 MIMO 방식의 양방향 다중입출력 릴레이 시스템에서 데이터 중계 과정을 도시한 도면이다.

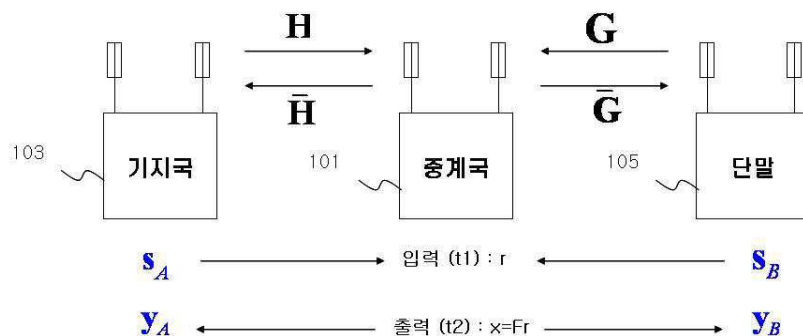
[0093] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 릴레이 시스템에서 데이터 중계 과정을 순차적으로 도시한 구성도이다.

[0094] 도 3은 중계국의 안테나 개수가 4개일때 종래기술과 본 발명을 대비한 sum-rate 성능 비교 그래프이다.

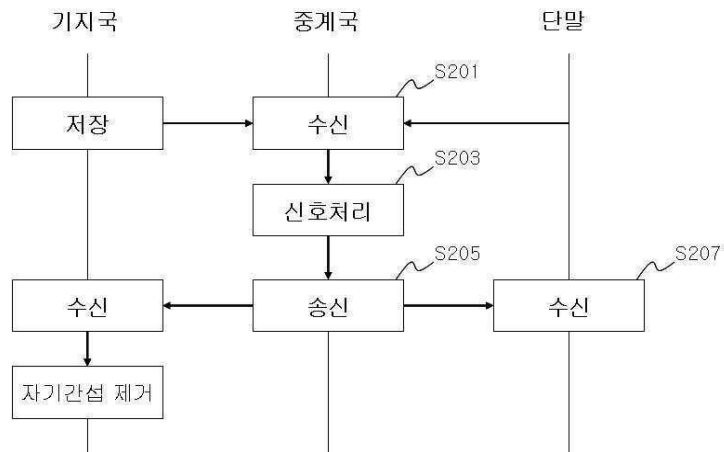
[0095] 도 4는 중계국의 안테나 개수가 3개일때 종래기술과 본 발명을 대비한 sum-rate 성능 비교 그래프이다.

도면

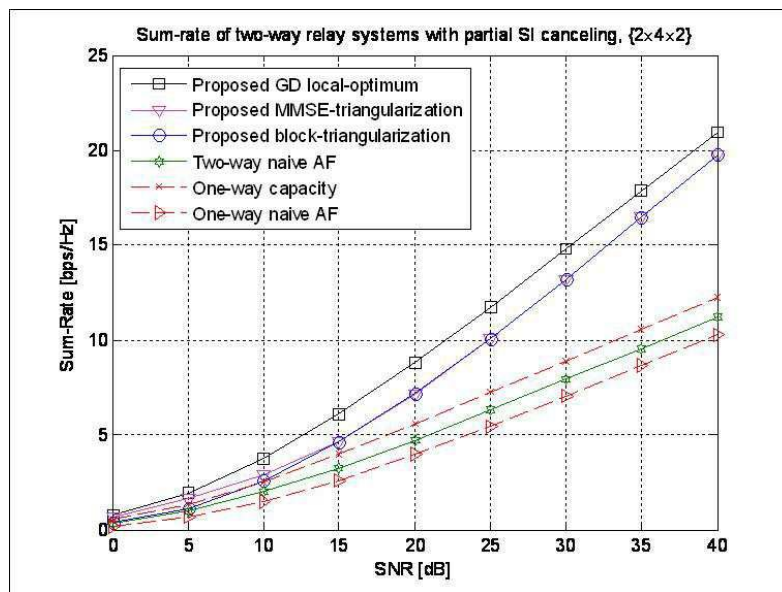
도면1



도면2



도면3



도면4

