



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년02월21일
(11) 등록번호 10-1236078
(24) 등록일자 2013년02월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 15/00 (2006.01) H04B 7/14 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0090547
(22) 출원일자 2011년09월07일
심사청구일자 2011년09월07일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020100045391 A
KR1020090078157 A

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
박대영
인천광역시 남동구 구월2동 롯데캐슬골드 2406-1302
최대한
경기도 남양주시 화도읍 먹갓로 47-2, 2차 나동 301호 (천마주택)
(74) 대리인
특허법인무한

전체 청구항 수 : 총 11 항

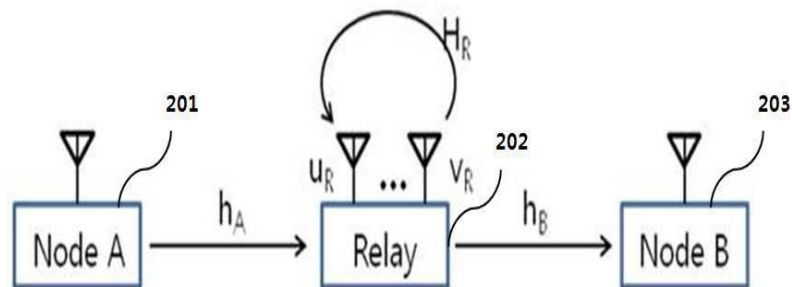
심사관 : 손현웅

(54) 발명의 명칭 효과적으로 자기 간섭을 제거하는 릴레이 시스템 및 필터 설정 방법

(57) 요약

릴레이 시스템 및 필터 설정 방법이 개시된다. 릴레이 시스템은 신호를 동시에 송수신함에 따라 발생하는 자기 간섭을 완전히 제거하는 한편, 수신 노드와 송신 노드 간의 채널에 대한 전송 용량을 최대로 하는 송신 필터 및 수신 필터가 설정된다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R01-2008-000-20333-0

부처명 교육과학기술부

연구사업명 중견연구자 지원사업 핵심연구(공동연구)

연구과제명 다중안테나 이동통신시스템에서의 Cognitive Relay 적용을 위한 무선전송시스템 최적설계
및 용량분석

주관기관 인하대학교산학협력단

연구기간 2008.09.01 ~ 2011.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

송신 노드와 수신 노드 사이에서 신호의 재전송의 역할을 하는 릴레이가 동일한 주파수와 동일한 시간에 신호를 수신하고 송신하는 전이중의 릴레이 시스템에 있어서,

상기 송신 노드로부터 신호를 수신하고 동시에 신호를 수신 노드로 송신함으로써 발생하는 릴레이 시스템의 자기 간섭에 대응하는 자기 간섭 채널 계인을 결정하는 채널 계인 계산부; 및

상기 자기 간섭 채널 계인에 따른 벡터의 직교 관계를 고려하여 릴레이 시스템에서 자기 간섭이 제거되고 전송 용량을 최대로 하기 위한 릴레이 시스템의 수신 필터와 송신 필터를 결정하는 필터 결정부

를 포함하고,

상기 수신 필터는, 상기 송신 노드로부터 수신하는 신호에 적용되고, 상기 송신 필터는 수신 노드에 전달하는 신호에 적용되는 릴레이 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 필터 결정부는,

상기 자기 간섭 채널 계인과 릴레이 시스템의 수신 필터를 곱하여 얻는 벡터가 릴레이 송신 필터에 수직이 되도록 릴레이 시스템의 송신 필터를 결정하는 것을 특징으로 하는 릴레이 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 필터 결정부는,

상기 자기 간섭 채널 계인과 수신 필터의 곱으로 이루어지는 벡터 공간에 수직인 방향으로 투영하는 제1 직교투영행렬을 이용하여 릴레이 시스템과 수신 노드 간의 전송 용량을 최대화하기 위한 릴레이 시스템의 송신 필터를 결정하는 것을 특징으로 하는 릴레이 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 필터 결정부는,

자기 간섭 채널 계인과 수신 필터의 곱으로 이루어지는 벡터 공간에 수직인 방향으로 투영하는 제1 직교투영행렬 및 릴레이 시스템과 수신 노드 간의 채널 계인으로 구성된 정합 필터를 이용하여 릴레이 시스템의 송신 필터를 결정하는 것을 특징으로 하는 릴레이 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 필터 결정부는,

상기 자기 간섭 채널 계인과 릴레이 송신 필터를 곱하여 얻는 벡터가 릴레이 시스템의 수신 필터에 수직이 되도록 릴레이 시스템의 수신 필터를 결정하는 것을 특징으로 하는 릴레이 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 필터 결정부는,

상기 자기 간섭 채널 계인과 송신 필터의 곱으로 이루어지는 벡터 공간에 수직인 방향으로 투영하는 제2 직교투영행렬을 이용하여 송신 노드와 릴레이 시스템 간의 전송 용량을 최대화하기 위한 릴레이 시스템의 수신 필터를 결정하는 것을 특징으로 하는 릴레이 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 필터 결정부는,

상기 자기 간섭 채널 계인과 송신 필터의 곱으로 이루어지는 벡터 공간에 수직인 방향으로 투영하는 제2 직교투영행렬 및 송신 노드와 릴레이 시스템 간의 채널 계인으로 구성된 정합 필터를 이용하여 릴레이 시스템의 수신 필터를 결정하는 것을 특징으로 하는 릴레이 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

릴레이 시스템의 수신 필터의 초기값을 설정하는 초기값 설정부

를 더 포함하는 릴레이 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 초기값 설정부는,

상기 자기 간섭 채널 계인의 특이값 분해를 통해 도출된 특이 벡터를 상기 수신 필터의 초기값으로 설정하는 것을 특징으로 하는 릴레이 시스템.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 초기값 설정부는,

상기 수신 필터와 관련된 볼록 결합(convex combination)에 따라 설정되는 것을 특징으로 하는 릴레이 시스템.

청구항 11

송신 노드와 수신 노드 사이에서 신호의 재전송의 역할을 하는 릴레이가 동일한 주파수와 동일한 시간에 신호를 수신하고 송신하는 전이중의 릴레이 시스템이 수행하는 필터 설정 방법에 있어서,

상기 송신 노드로부터 신호를 수신하고 동시에 신호를 수신 노드로 송신함으로써 발생하는 릴레이 시스템의 자기 간섭에 대응하는 자기 간섭 채널 계인을 결정하는 단계; 및

상기 자기 간섭 채널 계인에 따른 벡터의 직교 관계를 고려하여 릴레이 시스템에서 자기 간섭이 제거되고 전송 용량을 최대로 하기 위한 릴레이 시스템의 수신 필터와 송신 필터를 결정하는 단계

를 포함하고,

상기 수신 필터는, 상기 릴레이 시스템이 송신 노드로부터 수신하는 신호에 적용되고, 상기 송신 필터는 상기 릴레이 시스템이 수신 노드에 전달하는 신호에 적용되는 필터 설정 방법.

명세서

기술분야

본 발명은 효과적으로 자기 간섭을 제거하는 릴레이 시스템 및 필터 설정 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 신호를 동시에 수신하고 전송하는 릴레이 시스템에서 전송 용량을 최대로 하면서도 자기 간섭을 효과적으로 제거할 수 있는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

[0002] 무선 통신 시스템에서 릴레이 시스템은 높은 전송률과 보다 넓은 셀 커버리지와 같은 효과를 위해 채택되었다. 그러나, 종래의 반이중 릴레이 (half duplex relay) 시스템은 송신과 수신에 다른 시간에 이루어지기 때문에, 일반적인 일대일 통신에 비해 송신한 신호가 수신되기까지의 추가적인 시간 자원이 필요하다. 그래서, 반이중 릴레이 시스템에서 낭비되는 시간 자원을 해결하고자 전이중 릴레이 시스템이 제안되었다.

[0003] 전이중 릴레이 시스템은 릴레이 시스템에서 신호의 송신과 수신을 동시에 수행함으로써 추가적인 시간 자원이 낭비되는 것을 방지할 수 있다. 그러나 릴레이 시스템에서 신호의 송신과 수신이 동시에 이루어짐에 따라 발생되는 자기간섭의 크기가 수신하고자 하는 신호의 크기보다 훨씬 크기 때문에 자기 간섭을 완전히 제거해야 할 필요가 있다.

[0004] 자기 간섭을 제거하기 위해 종래의 전이중 릴레이 시스템은 2개의 안테나를 이용하여 송신 필터와 수신 필터를 좌특이벡터와 우특이벡터로 설정하였으나, 송신 링크와 수신 링크의 전송 용량을 최대화할 수 있는 가능성이 작은 문제가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 전이중 릴레이 시스템에서 전송 용량을 최대화하면서도 자기 간섭을 완전히 제거할 수 있는 송신 필터 및 수신 필터를 제안한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일실시예에 따른 릴레이 시스템은 신호를 동시에 송신하고 수신하며, 상기 신호의 송신과 수신에 의해 발생하는 릴레이 시스템의 자기 간섭 채널 계인을 결정하는 채널 계인 계산부; 및 상기 자기 간섭 채널 계인에 기초하여 송신 노드와 연관된 수신 필터와 수신 노드와 연관된 송신 필터를 결정하는 필터 결정부를 포함할 수 있다.

[0007] 본 발명의 일실시예에 따른 릴레이 시스템은 수신 필터의 초기값을 설정하는 초기값 설정부를 더 포함할 수 있다.

[0008] 본 발명의 일실시예에 따른 필터 설정 방법은 상기 신호의 송신과 수신에 의해 발생하는 릴레이 시스템의 자기 간섭 채널 계인을 결정하는 단계; 및 상기 자기 간섭 채널 계인에 기초하여 송신 노드와 연관된 수신 필터와 수신 노드와 연관된 송신 필터를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0009] 본 발명의 일실시예에 따르면, 전이중 릴레이 시스템에서 전송 용량을 최대화하면서도 자기 간섭을 완전히 제거할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 릴레이 시스템의 세부 구성을 도시한 도면이다.
 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 릴레이 시스템을 동작을 설명하기 위한 도면이다.
 도 3은 본 발명의 일실시예에 따라 안테나가 2개일 때 전송 용량을 비교한 결과를 도시한 도면이다.
 도 4는 본 발명의 일실시예에 따라 안테나가 3개일 때 전송 용량을 비교한 결과를 도시한 도면이다.
 도 5는 본 발명의 일실시예에 따라 릴레이 시스템의 안테나 개수에 따른 전송 용량을 비교한 결과를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0012] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 릴레이 시스템의 세부 구성을 도시한 도면이다.

- [0013] 도 1을 참고하면, 릴레이 시스템(101)는 채널 게인 계산부(104), 필터 결정부(105) 및 초기값 설정부(106)를 포함할 수 있다.
- [0014] 채널 게인 계산부(104)는 신호의 송신과 수신에 의해 발생하는 릴레이 시스템(101)의 자기 간섭 채널 게인을 결정할 수 있다. 일례로, 릴레이 시스템(101)은 안테나가 2개 이상이 배치될 수 있다. 또한, 릴레이 시스템(101)은 전이중(full-duplex) 릴레이 시스템일 수 있다. 본 발명의 일실시예들은 안테나가 2개이고 노드 간에 신호를 동시에 송신하고 수신할 수 있는 릴레이 시스템(101)에 적용될 수 있다.
- [0015] 필터 결정부(105)는 자기 간섭 채널 게인에 기초하여 송신 노드와 연관된 수신 필터와 수신 노드와 연관된 송신 필터를 결정할 수 있다. 여기서, 자기 간섭 채널 게인은 송신 노드(102)와 릴레이 시스템(101) 간 신호의 수신과 릴레이 시스템(101)과 수신 노드(103) 간 신호의 송신이 릴레이 시스템(101)에서 동시에 수행됨에 따라 릴레이 시스템(101)에서 발생하는 자기 간섭과 관련된다.
- [0016] 자기 간섭의 크기는 송신 노드(102)로부터 수신하고자 하는 신호에 비해 상대적으로 매우 큰 전력을 가지므로, 릴레이 시스템(101)에서 자기 간섭이 완전히 제거될 필요가 있다.
- [0017] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 자기 간섭을 완전히 제거하면서도 릴레이 시스템의 전송 용량을 최적화하는 방법이 제시된다.
- [0018] 일례로, 필터 결정부(105)는 자기 간섭 채널 게인 및 수신 필터에 기초한 제1 벡터와 송신 필터에 기초한 제2 벡터가 서로 수직일 때의 수신 필터 및 송신 필터를 결정할 수 있다. 이는 릴레이 시스템(101)에서 발생하는 자기 간섭을 완전히 제거하기 위한 조건이다.
- [0019] 이 때, 필터 결정부(105)는 수신 필터에 기초한 제1 직교투영행렬을 이용하여 송신 노드와 릴레이 시스템 간의 전송 용량을 최대화하기 위한 송신 필터를 결정할 수 있다. 구체적으로, 필터 결정부(105)는 수신 필터에 기초한 제1 직교투영행렬 및 릴레이 시스템과 수신 노드 간의 채널 게인으로 구성된 정합 필터를 이용하여 송신 필터를 결정할 수 있다.
- [0020] 그리고, 필터 결정부(105)는 자기 간섭 채널 게인 및 송신 필터에 기초한 제1 벡터와 수신 필터에 기초한 제2 벡터가 서로 수직일 때의 수신 필터 및 송신 필터를 결정할 수 있다. 이 때, 필터 결정부(105)는 송신 필터에 기초한 제2 직교투영행렬을 이용하여 수신 노드와 릴레이 시스템 간의 전송 용량을 최대화하기 위한 수신 필터를 결정할 수 있다. 구체적으로, 필터 결정부(105)는 송신 필터에 기초한 제2 직교투영행렬 및 릴레이 시스템과 수신 노드 간의 채널 게인으로 구성된 정합 필터를 이용하여 수신 필터를 결정할 수 있다.
- [0021] 초기값 설정부(106)는 수신 필터의 초기값을 설정할 수 있다. 수신 필터의 초기값을 어떻게 설정하느냐에 따라 릴레이 시스템의 성능이 결정될 수 있다. 일례로, 초기값 설정부(106)는 자기 간섭 채널 게인의 특이값 분해를 통해 도출된 특이 벡터를 상기 수신 필터의 초기값으로 설정할 수 있다. 또한, 초기값 설정부(106)는 수신 필터와 관련된 볼록 결합(convex combination)에 따라 설정될 수 있다.
- [0022] 도 2에서는, 도 1의 과정을 보다 구체적으로 설명하기로 하겠다.
- [0023] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 릴레이 시스템을 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0024] 도 2를 참고하면, 송신 노드(201), 릴레이 시스템(202) 및 수신 노드(203)가 도시된다. 본 발명의 일실시예에 따르면, 릴레이 시스템(202)은 적어도 2개의 안테나를 가진 전이중 릴레이 시스템이 될 수 있다. 릴레이 시스템(202)은 송신 노드(201)로부터 신호를 수신하는 동작 및 수신 노드(203)에 신호를 수신하는 동작을 동시에 수행하기 때문에 자기 간섭이 발생할 수 있다. 이하에서는 자기 간섭을 완전히 제거하면서도 송신 노드(201)와 수신 노드(203) 간의 채널에 대응하는 전송 용량을 최대로 하는 방법을 구체적으로 설명하기로 한다. 이 때, 송신 노드(201)는 노드 A로, 수신 노드(203)는 노드 B로 지칭하기로 한다.
- [0025] 도 2에서, 릴레이 시스템(201)과 노드 B(203)가 수신하는 신호는 수학식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

$$y_R(t) = h_A x_A(t) + H_R x_R(t) + n_R(t)$$

$$y_B(t) = h_B^H x_R(t) + n_B(t)$$

[0026]

[0027] 여기에서, $x_A \in C, x_R \in C^{N \times 1}$ 는 각각 노드 A(201)가 릴레이 시스템(202)에 전송하는 신호 및 릴레이 시스템(202)이 노드 B에 전송하는 신호이다. 그리고, $h_A \in C^{N \times 1}, h_B \in C^{N \times 1}, H_R \in C^{N \times N}$ 는 각각 (i) 노드 A(201)와 릴레이 시스템(202), 릴레이 시스템(202)과 노드 B(203), 릴레이 시스템(202)에서의 자기간섭 채널 계인이다. $n_R \in C^{N \times 1}, n_B \in C$ 는 가우시안 잡음으로 분산은 1이라고 가정한다.

[0028] 릴레이 시스템(202)에서 노드 A(201)로부터의 수신과 노드 B(203)로의 송신이 동시에 이루어짐에 따라 $H_R x_R(t)$ 이 릴레이 시스템(202)의 간섭으로써 작용한다. 이를 자기간섭 (self interference)이라고 정의한다.

[0029] 자기 간섭의 크기는 노드 A(201)로부터 수신하고자 하는 신호에 비해 굉장히 큰 전력을 가지므로, 릴레이 시스템(202)에서 자기간섭은 완전히 제거되어야 성능감소를 막을 수 있다. 릴레이 시스템(202)에서 다중안테나를 이용한 수신 필터 $u_R \in C^{N \times 1}$ 와 송신 필터 $v_R \in C^{N \times 1}$ 가 수학식 2와 같이 적절하게 선택되어야 자기 간섭이 완전히 제거될 수 있다.

수학식 2

$$u_R^H H_R v_R = 0$$

[0030]

[0031] 여기서, u_R 은 릴레이 시스템(202)의 수신 필터, v_R 은 릴레이 시스템(202)의 송신 필터, H_R 은 자기 간섭 채널 계인을 의미한다.

[0032] 릴레이 시스템(202)에서 노드 B로의 송신되는 신호 x_R 은 수학식 3과 같이 표현된다.

수학식 3

$$x_R(t) = v_R f(u_R^H y_R(t-1))$$

[0033]

[0034] 여기에서 $f(\cdot)$ 은 복조 (demodulation) 와 재변조 (re-modulation) 연산을 의미한다.

[0035] 도 2의 릴레이 시스템(202)의 전송용량은 수학식 4와 같이 표현할 수 있다.

수학식 4

$$C = \min(C_{A,R}, C_{R,B})$$

$$C_{A,R} = \log_2(1 + SNR \|u_R^H h_A\|^2)$$

$$C_{R,B} = \log_2(1 + SNR \|v_R^H h_B\|^2)$$

[0036]

[0037] 수학식 4에 의하면, 릴레이 시스템(202)의 전송 용량은 송신 필터 v_R 과 수신 필터 u_R 에 따라 결정된다. 본 발명의 일실시예에 따르면, 릴레이 시스템(202)의 자기 간섭을 완전히 제거할 뿐만 아니라 전체 시스템 성능(전송 용량)을 향상시킬 수 있는 송신 필터와 수신 필터를 결정할 수 있다.

[0038] 자기 간섭을 완전히 제거하면서도 전송 용량을 최대로 하기 위해서, 릴레이 시스템(202)은 하기 수학식 5를 만족하여야 한다.

수학식 5

$$\begin{aligned} & \text{maximize } \min(\|u_R^H h_A\|^2, \|v_R^H h_B\|^2) \\ & \text{subject to } u_R^H H_R v_R = 0 \\ & \|u_R\|^2 = \|v_R\|^2 = 1. \end{aligned}$$

[0039]

[0040] 여기서, 수학식 2인 $u_R^H H_R v_R = 0$ 을 만족하기 위해서는 u_R 과 $H_R v_R$ 이 서로 수직이거나 또는

v_R 과 $H_R^H u_R$ 이 서로 수직이어야 한다. 즉, 수학식 5에 의하면, 자기 간섭 채널 계인 및 수신 필터에 기초한 제1 벡터와 송신 필터에 기초한 제2 벡터가 서로 수직이어야 한다. 또는, 자기 간섭 채널 계인 및 송신 필터에 기초한 제1 벡터와 수신 필터에 기초한 제2 벡터가 서로 수직이어야 한다.

[0041] 그리고, 송신 필터와 수신 필터는 직교투영행렬(orthogonal projection matrix)을 이용하여 하기 수학식 6과 같이 표현될 수 있다.

수학식 6

$$u_R = P_A u_R$$

$$v_R = P_B v_R$$

[0042]

[0043] 수학식 6에서 사용된 직교투영행렬 P_A 와 P_B 는 수학식 7로 정의될 수 있다.

수학식 7

$$P_A = I_N - \frac{H_R v_R v_R^H H_R^H}{\|H_R v_R\|^2}$$

[0044]

$$P_B = I_N - \frac{H_R u_R u_R^H H_R^H}{\|H_R u_R\|^2}$$

[0045]

[0046] 그러면, 수학식 5에 수학식 6을 적용하면, 하기 수학식 8이 도출된다.

수학식 8

$$\begin{aligned} & \text{maximize } \min (\|u_R^H P_A h_A\|^2, \|v_R^H P_B h_B\|^2) \\ & \text{subject to } \|u_R\|^2 = \|v_R\|^2 = 1. \end{aligned}$$

[0047]

[0048] 수학식 7을 참고하면, P_A 는 v_R 에 의해 유일하게 결정된다. 그리고, 코시-슈바르츠 부등식(Cauchy-Schwarz inequality)을 적용하면, 노드 A(201)와 릴레이 시스템(202) 사이의 전송 용량($\|u_R^H P_A h_A\|^2$)을 최

대화하기 위한 u_R 은 $\|u_R\|^2 = 1$ 이라는 제한 조건 하에 정합필터 (matched filter)인 $u_R = \frac{P_A h_A}{\|P_A h_A\|}$ 로 결정된다.

[0049] 같은 방식으로, 수학식 7을 참고하면, P_B 는 u_R 에 의해 유일하게 결정된다. 그리고, 코시-슈바르츠 부등식(Cauchy-Schwarz inequality)을 적용하면, 릴레이 시스템(202)과 노드 B(203) 사이의 전송 용량

($\|v_R^H P_B h_B\|^2$)을 최대화하기 위한 v_R 은 $\|v_R\|^2 = 1$ 이라는 제한 조건 하에 정합 필터인 $v_R = \frac{P_B h_B}{\|P_B h_B\|}$ 로 결정된다.

[0050] 따라서, 릴레이 시스템(202)에 대한 최적의 송신 필터와 수신 필터는 서로 연관되어 있으며, 아래 표로 요약될 수 있다.

㉠ 1

For a given initial $\tilde{u}_R$

$$P_B \leftarrow I_N - \frac{H_R^H \tilde{u}_R \tilde{u}_R^H H_R}{\|H_R^H \tilde{u}_R\|^2}, v_R \leftarrow \frac{P_B h_B}{\|P_B h_B\|}$$

$$P_A \leftarrow I_N - \frac{H_R v_R v_R^H H_R^H}{\|H_R v_R\|^2}, u_R \leftarrow \frac{P_A h_A}{\|P_A h_A\|}$$

[0051]

[0052] 상기 표에 의하면, 먼저 수신 필터인 $\tilde{u}_R$ 의 초기값을 결정하고, 이를 이용해 P_B 를 결정한다. 그리고

v_R 을 정합필터인 $\frac{P_B h_B}{\|P_B h_B\|}$ 로 결정한다. 그리고, 송신 필터 v_R 도 위에서 언급한 방식과 유사한 방식으로 결정될 수 있다.

[0053] 본 발명의 일실시예에 따른 릴레이 시스템(202)에 대한 송신 필터 및 수신 필터의 설정 방법은 $\tilde{u}_R$ 의 초기값에 따라 릴레이 시스템(202)의 성능을 결정한다. 본 발명의 일실시예에 따르면, 2가지 형태의 초기값 설정 방법을 제공한다.

[0054] 첫 번째 초기값 선택 방법은 자기 간섭 채널 계인의 특이 벡터들 중 하나의 벡터를 수신 필터 $\tilde{u}_R$ 의 초기값으로 설정한다. 이 때, 릴레이 시스템(202)의 안테나 개수에 따라 도출되는 송신 필터와 수신 필터는 다르다.

[0055] 두 번째 초기값 선택 방법은 수학적 9와 같이 $u_{R,1}$ 과 $u_{R,2}$ 의 볼록 결합(convex combination)을 초기값으로 설정한다.

수학적 9

$$\tilde{u}_R = \frac{\alpha u_{R,1} + (1-\alpha)u_{R,2}}{\|\alpha u_{R,1} + (1-\alpha)u_{R,2}\|}$$

[0056]

[0057] 여기서 α 는 $0 \leq \alpha \leq 1$ 의 범위에서 릴레이 시스템(101)의 전송 용량을 최대화하는 값이다. 일례로, 릴레이 시스템(202)의 안테나 개수가 늘어날수록 α 는 0 또는 1 중 어느 하나로 선택될 확률이 증가한다. 따라서

릴레이 시스템(202)의 안테나 개수가 충분하다면 α 의 선택 범위를 0 또는 1로 줄임으로써 릴레이 시스템 (202)의 성능을 최대로 하면서도 알고리즘의 복잡도를 낮출 수 있다.

$u_{R,1}$ 은 노드 A(201)와 릴레이 시스템(202) 간의 전송 용량($\|u_R^H h_A\|^2$)을 최대화하기 위한 정합 필터

인 $\frac{h_A}{\|h_A\|}$ 로 설정된다. 그리고, $u_{R,2}$ 는 $H_R v_{R,1}$ 과 수직인 벡터로 설정된다. 여기서 $v_{R,1}$ 은 릴레이

이 시스템(202)과 노드 B(202) 간의 전송 용량($\|u_R^H h_B\|^2$)을 최대화하기 위한 정합 필터인 $\frac{h_B}{\|h_B\|}$ 이다.

즉, $u_{R,2}$ 는 $\frac{\tilde{P}_A h_A}{\|\tilde{P}_A h_A\|}$ 과 같이 나타낼 수 있다. 여기서 $\tilde{P}_A$ 는 하기 수학식 10으로 표현될 수 있다.

수학식 10

$$\tilde{P}_A = I_N - \frac{H_R v_R v_{R,1}^H H_R^H}{\|H_R v_{R,1}\|^2}$$

도 3은 본 발명의 일실시예에 따라 안테나가 2개일 때 전송 용량을 비교한 결과를 도시한 도면이다. 그리고, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따라 안테나가 3개일 때 전송 용량을 비교한 결과를 도시한 도면이다.

도 3과 도 4는 모든 채널(h_A, H_R, h_B)이 Rayleigh fading으로 가정하고 노드 A, 릴레이 시스템, 노드 B에서의 평균 수신 SNR에 따라 달성 가능한 전송 용량을 비교한 것이다.

도 3과 도 4에서 확인할 수 있듯이 볼록 결합(convex combination)을 통해 수신 벡터의 초기값을 설정하는 방법이 항상 종래 기술보다 우수하다. 특히 릴레이가 3개의 안테나를 이용한 경우, 도 4에서 초기값에 관계없이 릴레이 시스템이 달성할 수 있는 최대 전송용량에 근접하는 것을 확인할 수 있다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따라 릴레이 시스템의 안테나 개수에 따른 전송 용량을 비교한 결과를 도시한 도면이다.

도 5는 도 3과 도 4와 같이 채널을 설정하고, 각 노드들의 평균 수신 SNR을 20dB로 고정된 상태에서 릴레이 시스템의 안테나 개수에 따라 달성할 수 있는 전송 용량을 나타낸다. 도 5에서 확인할 수 있듯이 릴레이 시스템의 안테나 개수가 증가할수록 본 발명의 일실시예에 따른 전송 용량의 상승폭은 종래 기술보다 커서 달성 가능한 최대 전송 용량에 근접하는 것을 확인할 수 있다.

본 발명의 실시예에 따른 방법들은 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 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[0066] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

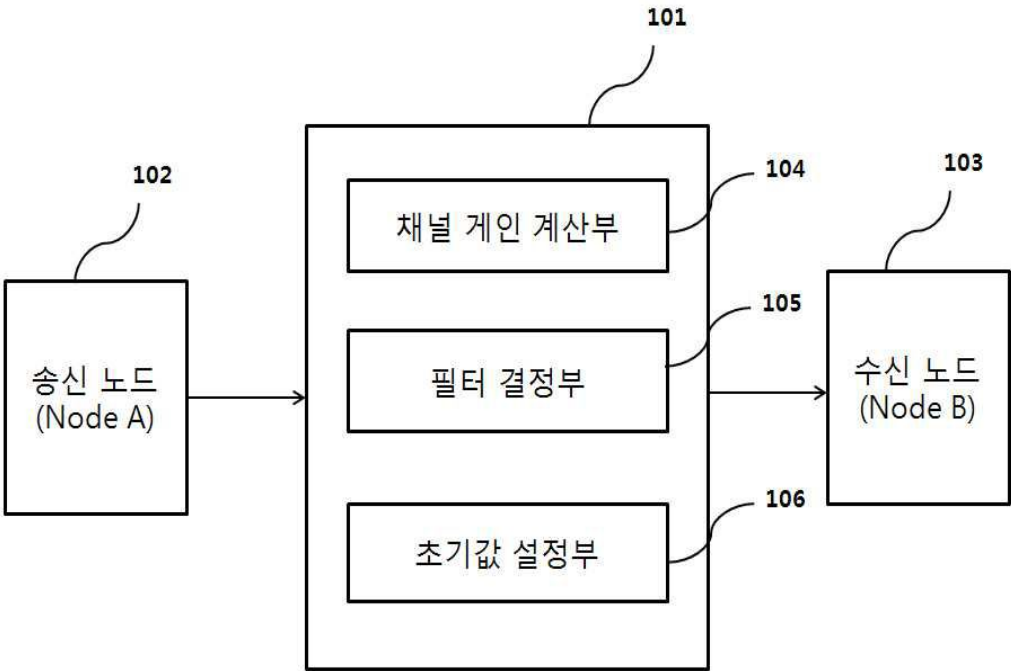
[0067] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

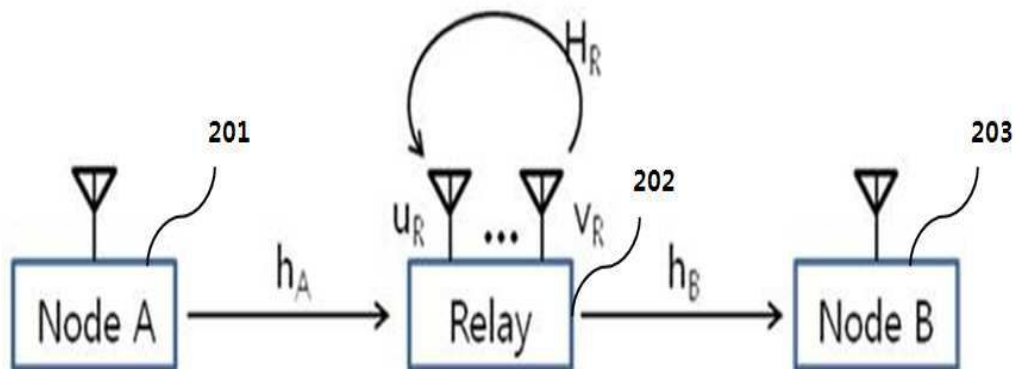
[0068] 201: 노드 A(송신 노드)
202: 릴레이 시스템
203: 노드 B(수신 노드)

도면

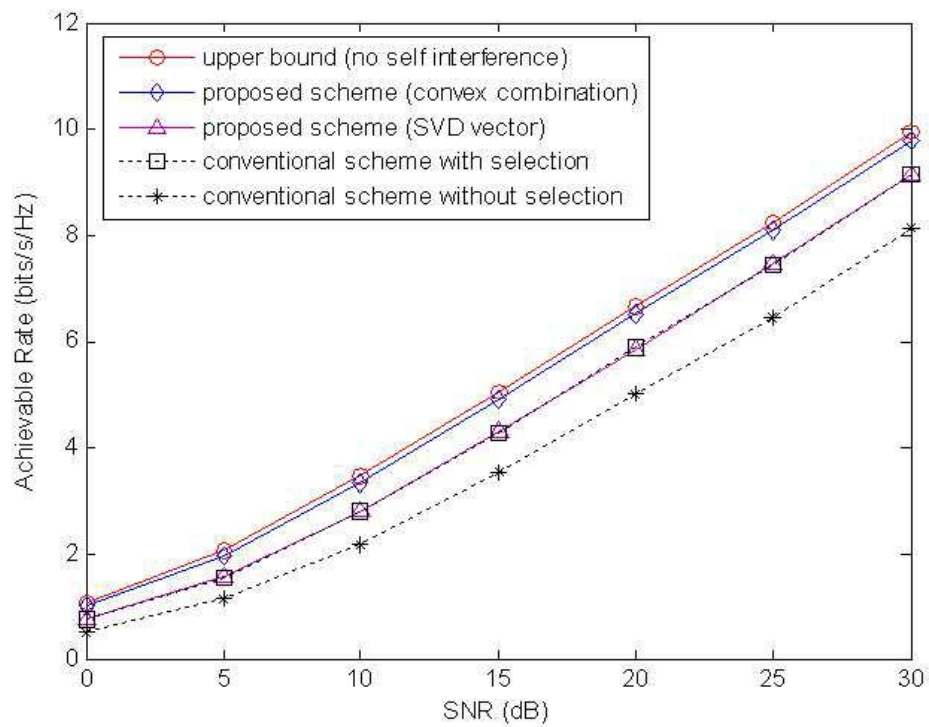
도면1



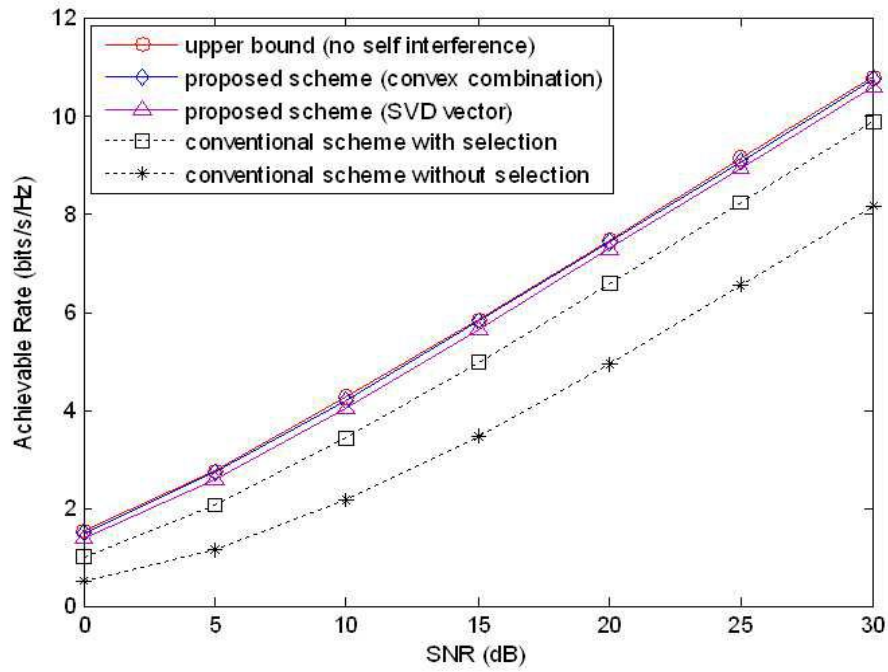
도면2



도면3



도면4



도면5

