



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0058343
(43) 공개일자 2012년06월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 7/06 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0120075

(22) 출원일자 2010년11월29일

심사청구일자 2010년11월29일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

심병효

서울특별시 용산구 원효로 40, 강변삼성아파트
103동 1002호 (원효로4가)

이병주

서울특별시 양천구 목동서로 100, 목동3단지아파트
318동 108호 (목동)

박정용

광주광역시 북구 당포로 16-22 (중흥동)

(74) 대리인

이건주, 김정훈

전체 청구항 수 : 총 12 항

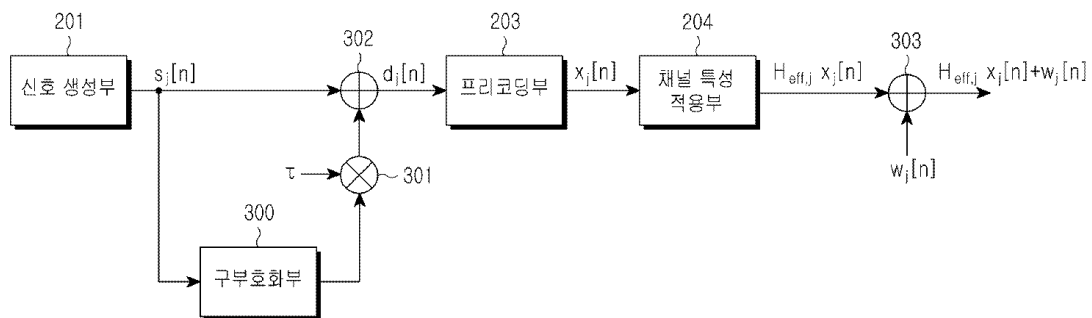
(54) 발명의 명칭 다중 사용자 다중 입력 다중 출력 시스템에서 데이터를 송신하기 위한 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 다중 사용자 다중 입력 다중 출력 시스템에서 데이터를 송신하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

이를 위해 본 발명은 벡터 섭동을 위해 사용되는 벡터 섭동 정보를 생성하고, 원 신호에 상기 생성된 벡터 섭동 정보를 적용하여 벡터 섭동 신호를 생성하며, 생성된 벡터 섭동 신호에 프리코딩을 수행하여 프리코딩 신호를 생성한 후 프리코딩된 신호에 역 채널 특성 정보를 적용한 송신 신호를 생성하여 출력함으로써 수신 장치의 데이터 연산량 및 시스템 구성의 복잡성을 줄일 수 있다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

다중 사용자 다중 입력 다중 출력 시스템에서 데이터를 송신하기 위한 장치에 있어서,

백터 선택을 위해 사용되는 백터 선택 정보를 미리 생성하고, 원 신호에 상기 미리 생성된 백터 선택 정보를 적용하여 백터 선택 신호를 생성하는 백터 선택부와,

상기 생성된 백터 선택 신호에 프리코딩을 수행하여 프리코딩 신호를 생성하는 프리코딩부와,

수신 장치와의 전송 채널에 대한 채널 특성을 추정하고, 상기 추정된 채널 특성에 대한 역 채널 특성을 산출한 후 상기 수신 장치에 전송하고자 하는 신호를 제외한 나머지 신호들을 제거하는 역 채널 특성 정보를 생성하는 채널 특성 적용부를 포함하고,

상기 채널 특성 적용부가 상기 프리코딩된 신호에 상기 생성된 역 채널 특성 정보를 적용한 송신 신호를 생성하여 출력하는 것을 특징으로 하는 데이터 송신 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 백터 선택 정보는,

선택 백터, 상기 프리코딩 신호, 전력 정규화를 위한 인수값을 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 송신 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 백터 선택부는,

상기 원 신호가 입력되면 선택 상수와 상기 선택 백터를 승산하고, 상기 원 신호에 상기 선택 상수가 승산된 선택 백터를 가산하여 상기 백터 선택 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 데이터 송신 장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 프리코딩부는,

상기 백터 선택 신호에 간섭을 포함하는 라그랑지안 인수를 승산하여 상기 프리코딩 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 데이터 송신 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 채널 특성 적용부는,

상기 전송 채널에 대한 채널 특성 행렬을 산출하고, 상기 산출된 채널 특성 행렬의 역 채널 특성 행렬을 산출한 후 상기 산출된 역 채널 특성 행렬에 QR 분해를 수행하는 것을 특징으로 하는 데이터 송신 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 채널 특성 적용부는,

상기 프리코딩 신호에 상기 QR 분해한 역 채널 특성 행렬을 승산하여 상기 송신 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 데이터 송신 장치.

청구항 7

다중 사용자 다중 입력 다중 출력 시스템에서 데이터를 송신하기 위한 방법에 있어서,

수신 장치와의 전송 채널에 대한 채널 특성을 추정하고, 상기 추정된 채널 특성에 대한 역 채널 특성을 산출한 후 상기 수신 장치에 전송하고자 하는 신호를 제외한 나머지 신호들을 제거하는 역 채널 특성 정보를 생성하는 과정과,

백터 선택을 위해 사용되는 백터 선택 정보를 생성하는 과정과,

원 신호에 상기 생성된 벡터 선택 정보를 적용하여 벡터 선택 신호를 생성하는 과정과,
상기 생성된 벡터 선택 신호에 프리코딩을 수행하여 프리코딩 신호를 생성하는 과정과,
상기 프리코딩된 신호에 상기 생성된 역 채널 특성 정보를 적용한 송신 신호를 생성하여 출력하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 데이터 송신 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 벡터 선택 정보는,
선택 벡터, 상기 프리코딩 신호, 전력 정규화를 위한 인수값을 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 송신 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 벡터 선택 신호를 생성하는 과정은,
상기 원 신호가 입력되면 선택 상수와 상기 선택 벡터를 승산하는 과정과,
상기 원 신호에 상기 선택 상수가 승산된 선택 벡터를 가산하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 데이터 송신 방법.

청구항 10

제7항에 있어서, 상기 프리코딩 신호를 생성하는 과정은,
상기 벡터 선택 신호에 간섭을 포함하는 라그랑지안 인수를 승산하는 과정임을 특징으로 하는 데이터 송신 방법.

청구항 11

제7항에 있어서, 상기 역 채널 특성 정보를 생성하는 과정은,
상기 전송 채널에 대한 채널 특성 행렬을 산출하는 과정과,
상기 산출된 채널 특성 행렬의 역 채널 특성 행렬을 산출하는 과정과,
상기 산출된 역 채널 특성 행렬에 QR 분해를 수행하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 데이터 송신 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 송신 신호를 생성하여 출력하는 과정은
상기 프리코딩 신호에 상기 QR 분해한 역 채널 특성 행렬을 승산하여 출력하는 과정임을 특징으로 하는 데이터 송신 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 다중 사용자 다중 입력 다중 출력 시스템에서의 데이터 송신 장치 및 방법에 관한 것으로, 송신 장치에서 블록 다각화 및 MMSE 벡터 프리코딩(Minimum Mean Square Error Vector Precoding)을 이용하여 데이터를 송신하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

배경기술

[0002] 다중 사용자 다중 입력 다중 출력 하향 링크 시스템(Multiuser Multi-Input Multi-Output Downlink system, 하기에서 ‘다중 사용자 MIMO 시스템’이라고 칭함)은 다중 안테나의 기지국이 하나 이상의 수신 안테나를 가지는 다중 이동 사용자들에게 데이터 스트림을 전송하는 시스템을 의미한다.

[0003] 다중 사용자 MIMO 시스템은 두 가지 카테고리로 일반화될 수 있는데, 업링크 및 다운링크 각각을 위한 MIMO 방송 채널과 MIMO 다중 액세스 채널을 이용하는 시스템이다. 이때, MIMO 다운링크 환경에서는 AP가 송신부이

고, 사용자가 수신부인데, MIMO 업링크 환경에서는 AP가 수신부이고, 사용자가 송신부가 된다.

- [0004] 이러한 다중 사용자 MIMO 시스템에서 다중 사용자가 동시에 서비스를 받을 경우 다중 사용자 간섭이 발생된다. 이러한 간섭을 해결하기 위해서, 다중 사용자 MIMO 시스템에서는 DPC(Dirty Paper Coding)을 이용하여 간섭 문제를 해결한다.
- [0005] 예를 들어, 복수의 송신 안테나를 구비하는 송신 장치는 복수의 수신 안테나를 구비하는 적어도 하나의 수신 장치로 신호를 전송할 시 송신 장치와 수신 장치들간의 전송 채널 특성에 따라 간섭이 발생하게 된다. 이때, 전송 채널의 특성은 송신 장치에서 복수의 수신 장치 각각에 신호를 전송하기 때문에 서로간의 신호들에 의한 간섭 또는 외부 환경에 의한 간섭이 있을 수 있다.
- [0006] 이러한 간섭에 의해서 손상된 신호를 복원하기 위해서 수신 장치에서는 채널 특성을 예측하여 예측된 채널에 대한 간섭 및 노이즈를 필터링하여 제거한다.
- [0007] 또한, 블록 대각화 프리코딩은 다중 사용자 MIMO 방송 채널에서 합계 용량을 성취하기 위한 기술이다. 이러한 블록 대각화 프리코딩은 모든 수신부에서 글로벌 채널 상태 정보 또는 추가적인 컨트롤 오버헤드(control overhead), 추가적인 시스템 플래닝(system planning)을 요구하는 추가적인 트레이닝 단계가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 상기와 같이 종래의 다중 사용자 MIMO 시스템은 송신부와 수신부 각각에 하나 이상의 안테나를 구비하여 무선 통신의 전송 용량을 높이도록 하는 기술이다.
- [0009] 하지만, 종래의 다중 사용자 MIMO 시스템은 수신부에서 채널 특성을 예측하고, 예측된 채널 특성에 대한 간섭 및 노이즈를 필터링하기 위한 추가적으로 트레이닝 단계가 필요하기 때문에 수신부의 구성이 복잡해지는 문제점이 있다.
- [0010] 뿐만 아니라, 종래의 다중 사용자 MIMO 시스템은 송신부와 수신부 모두에 신호 처리 알고리즘을 수행하기 때문에 시스템의 크기가 커지는 번거로움이 있다.
- [0011] 따라서, 본 발명은 다중 사용자 MIMO 시스템에서 송신 장치가 채널 특성을 예측하고, 예측된 채널 특성을 상쇄되도록 신호를 가공하여 전송하기 위한 송신 장치 및 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상술한 바를 달성하기 위한 본 발명은 다중 사용자 다중 입력 다중 출력 시스템에서 데이터를 송신하기 위한 장치에 있어서, 벡터 섭동을 위해 사용되는 벡터 섭동 정보를 미리 생성하고, 원 신호에 상기 미리 생성된 벡터 섭동 정보를 적용하여 벡터 섭동 신호를 생성하는 벡터 섭동부와, 상기 생성된 벡터 섭동 신호에 프리코딩을 수행하여 프리코딩 신호를 생성하는 프리코딩부와, 수신 장치와의 전송 채널에 대한 채널 특성을 추정하고, 상기 추정된 채널 특성에 대한 역 채널 특성을 산출한 후 상기 수신 장치에 전송하고자 하는 신호를 제외한 나머지 신호들을 제거하는 역 채널 특성 정보를 생성하는 채널 특성 적용부를 포함하고, 상기 채널 특성 적용부가 상기 프리코딩된 신호에 상기 생성된 역 채널 특성 정보를 적용한 송신 신호를 생성하여 출력하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 또한, 본 발명은 다중 사용자 다중 입력 다중 출력 시스템에서 데이터를 송신하기 위한 방법에 있어서, 수신 장치와의 전송 채널에 대한 채널 특성을 추정하고, 상기 추정된 채널 특성에 대한 역 채널 특성을 산출한 후 상기 수신 장치에 전송하고자 하는 신호를 제외한 나머지 신호들을 제거하는 역 채널 특성 정보를 생성하는 과정과, 벡터 섭동을 위해 사용되는 벡터 섭동 정보를 생성하는 과정과, 원 신호에 상기 생성된 벡터 섭동 정보를 적용하여 벡터 섭동 신호를 생성하는 과정과, 상기 생성된 벡터 섭동 신호에 프리코딩을 수행하여 프리코딩 신호를 생성하는 과정과, 상기 프리코딩된 신호에 상기 생성된 역 채널 특성 정보를 적용한 송신 신호를 생성하여 출력하는 과정을 포함함을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명은 블록 대각화 기반의 QR 분해와 최소 평균 제곱 오류 방식의 벡터 섭동을 결합한 알고리즘을 이용함으로써 추가적인 트레이닝 단계를 줄이고, 수신 장치의 구성에 대한 복잡성을 줄일 수 있다는 이점이 있다.

[0015] 또한, 본 발명은 무선 통신 시스템의 크기를 줄이고, 무선 통신 시스템의 이동 통신 사용자에게 대한 서비스의 질을 개선할 수 있다는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 다중 사용자 MIMO 시스템의 구성도를 나타내는 도면,
 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 다중 사용자 MIMO 시스템의 송신 장치의 구성도를 나타내는 도면,
 도 3은 본 발명의 실시 예에 따라 송신 장치의 상세한 구성도를 나타내는 도면,
 도 4는 본 발명의 실시 예에 따라 송신 장치에서 각 수신 장치로 송신하고자 하는 송신 신호를 생성하는 과정을 나타내기 위한 흐름도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 하기 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0018] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 다중 사용자 MIMO 시스템의 구성을 나타낸 도면이다.

[0019] 도시된 바와 같이, 본 발명의 다중 사용자 MIMO 시스템은 송신 장치와 적어도 하나의 수신 장치를 포함한다.

[0020] 도 1은 도시된 바와 같이 N_T 개의 다중 송신 안테나를 가지는 송신 장치(1)와, $N_{R,j} (\geq 1)$ 개의 다중 수신 안테나를 가지는 수신 장치 간에 K개의 무선 다운링크로 통신을 하는 시스템이다. 여기서, 모든 수신 안테나의 총 개수는 $N_R = \sum_{i=1}^K N_{R,i}$ 이 된다.

[0021] 도 2는 본 발명의 실시 예에서 다중 사용자 MIMO 시스템에서의 송신 장치의 구성도를 나타내는 도면이다.

[0022] 도 2에 도시된 바와 같이, 송신 장치(200)는 신호 생성부(201), 벡터 성동부(202), 프리코딩부(203), 채널 특성 적용부(204), 복수의 송신 안테나를 포함한다.

[0023] 신호 생성부(201)는 수신 장치에 송신하고자 하는 원 신호를 생성한다.

[0024] 벡터 성동부(202)는 송신 장치와 수신 장치간의 최소 평균 제곱 오류(Minimum Mean Square Error, MMSE, 이하 '벡터 성동'이라 일컬음) 값을 가지도록 하기 위해 벡터 성동을 위해 사용되는 요소들을 미리 산출하고, 미리 산출된 요소들을 이용하여 벡터 성동된 신호를 생성한다. 여기서, 성동은 전송된 신호의 에너지를 감소하기 위해 데이터 심벌에 정수 오프셋 벡터를 가산하여 신호를 전송하는 것을 의미한다.

[0025] 프리코딩부(203)는 벡터 성동부(202)에서 생성된 벡터 성동된 신호를 프리코딩한 프리코딩 신호를 생성한다.

[0026] 채널 특성 적용부(204)는 각 송신 안테나를 통해서 송신하고자 하는 송신 신호에 대한 채널 특성을 추정하고, 추정된 채널 특성에 대한 역 채널 특성을 미리 산출한 후 산출된 역 채널 특성을 QR 분해하여 각 수신 장치에 송신할 신호를 제외한 나머지 신호들을 제거한 송신 채널 특성을 산출한다.

[0027] 또한, 채널 특성 적용부(204)는 생성된 프리코딩 신호에 생성된 송신 채널 특성을 적용하여 송신 신호를 생성한다.

[0028] 상기의 송신 장치에 대해서 구체적으로 도 3을 참조하여 설명하도록 한다.

[0029] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 송신 장치의 상세한 구성도를 나타내는 도면이다.

[0030] 도 3에 따르면, 신호 생성부(201)는 복수의 수신 장치 각각에 송신하고자 하는 원 신호 $s_j[n]$ 을 생성한다.

[0031] 채널 특성 적용부(204)는 송신 장치와 복수의 수신 장치간의 생성된 채널에 대한 특성을 추정하고, 추정된 각 채널의 특성에 따른 채널 특성 행렬에 대한 채널 특성 역 행렬 $\hat{\mathbf{H}}_j$ 를 산출한다. 이때, $\hat{\mathbf{H}}_j$ 는 $\hat{\mathbf{H}} = \mathbf{H}^H(\mathbf{H}\mathbf{H}^H)^{-1} = [\hat{\mathbf{H}}_1 \ \hat{\mathbf{H}}_2 \ \cdots \ \hat{\mathbf{H}}_K]$ 로 나타낼 수 있다.

[0032] 채널 특성 적용부(204)는 산출된 $\hat{\mathbf{H}}_j$ 에 대해서 QR 분해를 수행하여 복수의 송신 장치 각각에 송신하고자 하

는 신호를 제외한 나머지 신호 성분들을 모두 제거한 $\mathbf{H}_{\text{eff},j}$ 행렬을 산출한다. 즉, 채널 특성 적응부(204)는 수학적 식 1과 같이 $\hat{\mathbf{H}}_j$ 를 QR 분해한 $\mathbf{H}_{\text{eff},j}$ 행렬을 산출할 수 있다.

수학적 식 1

$$\hat{\mathbf{H}}_j = \hat{\mathbf{Q}}_j \hat{\mathbf{R}}_j$$

$$\mathbf{F}_j = \hat{\mathbf{Q}}_j$$

$$\mathbf{H}_{\text{eff},j} = \mathbf{H}_j \mathbf{F}_j$$

여기서, $j = 1, \dots, K$ 이고, $\hat{\mathbf{H}}_j$ 는 $N_T \times N_{R,j}$ 행렬이다.

또한, $\hat{\mathbf{R}}_j$ 은 $N_{R,j} \times N_{R,j}$ 상위 삼각 행렬이고, $\hat{\mathbf{Q}}_j$ 은 $\hat{\mathbf{H}}_j$ 의 정규직교 기반의 형태를 가지는 $N_T \times N_{R,j}$ 행렬이다.

다시 말해서, $\hat{\mathbf{H}}_j$ 는 수신 장치에서 생성하는 $\mathbf{H}$ 보다 적은 행렬 수를 가지기 때문에 본 발명은 채널 특성에 따른 연산량을 줄이고, 시스템의 복잡성을 줄이는 효과가 있다.

구부호화부(300)는 송신 장치와 수신 장치간의 오류값에 대한 차이값이 가장 최소값을 가지는 최소 평균 제곱 오류값이 되도록 하기 위해서 사용되는 요소들을 산출한다. 이때, 산출되는 요소들은 섹터 벡터 $\mathbf{p}_j[n]$, 프리 코딩된 신호 $\mathbf{x}_j[n]$, 전력 정규화를 위한 인수 $\sqrt{\mathbf{g}_j}$ 이다.

상기의 요소들을 산출하기 위해서 구부호화부(300)는 하기의 수학적 식 2를 이용할 수 있다.

수학적 식 2

$$\varepsilon(\mathbf{p}_j[n], \mathbf{x}_j[n], \sqrt{\mathbf{g}_j}) = \sum_{n=1}^{N_B} E\{\|\hat{\mathbf{d}}_j[n] - \mathbf{d}_j[n]\|^2\}$$

여기서, $\mathbf{d}_j[n]$ 는 원하는 섹터 신호를 나타내고, $\hat{\mathbf{d}}_j[n]$ 는 수신된 섹터 신호를 나타낸다.

이후 구부호화부(300)는 상기의 수학적 식 2를 전력 정규화(power normalize)를 위한 최적화 식으로 변경하면 하기의 수학적 식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 3

$$(\mathbf{p}_j[n], \mathbf{x}_j[n], \sqrt{\mathbf{g}_j}) = \arg \min \varepsilon(\mathbf{p}_j[n], \mathbf{x}_j[n], \sqrt{\mathbf{g}_j})$$

$$\sum_{n=1}^{N_B} \mathbf{x}_j^H[n] \mathbf{x}_j[n] = P_T$$

이때, $\sum_{n=1}^{N_B} \mathbf{x}_j^H[n] \mathbf{x}_j[n] = P_T$ 은 전력 $\sum_{n=1}^{N_B} \mathbf{x}_j^H[n] \mathbf{x}_j[n]$ 을 특정 값 P_T 로 정규화하는 것을 나타낸다. 만약 전송 채널의 상태가 좋지 않으면 송신 신호의 질이 떨어지기 때문에 본 발명은 전력이 특정 값을 가지도록 전력

정규화를 수행하여 송신 신호의 질을 유지시킬 수 있게 된다.

[0046] 구부호화부(300)는 상기의 수학식 3과 같은 최적화 식을 라그랑지안 함수(Lagrangian function)를 이용하여 하기의 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$f(\mathbf{p}_j[n], \mathbf{x}_j[n], \sqrt{\mathbf{g}_j}) \\ = \varepsilon(\mathbf{p}_j[n], \mathbf{x}_j[n], \sqrt{\mathbf{g}_j}) + \lambda \left(\sum_{n=1}^{N_B} \mathbf{x}_j^H[n] \mathbf{x}_j[n] - P_T \right)$$

[0047]

[0048] 이후 구부호화부(300)는 상기의 수학식 4을 이용하여 섭동 벡터 $\mathbf{p}_j[n]$, 프리코딩된 신호 $\mathbf{x}_j[n]$, 전력 정규화를 위한 인수값 $\sqrt{\mathbf{g}_j}$ 을 산출한다.

[0049] 먼저, 구부호화부(300)는 하기의 수학식 5와 같은 $\mathbf{x}_j[n]$ 을 산출한다.

수학식 5

$$\mathbf{x}_j[n] = \mathbf{A}_j \mathbf{d}_j[n] \\ = \frac{1}{\sqrt{\mathbf{g}_j}} \mathbf{H}_{\text{eff},j}^H (\mathbf{H}_{\text{eff},j} \mathbf{H}_{\text{eff},j}^H + \xi \mathbf{I})^{-1} \mathbf{d}_j[n]$$

[0050]

[0051] 여기서, $\xi \mathbf{I}$ 는 간섭을 나타내며, 본 발명에서는 송신 신호에 이러한 간섭을 남겨둠으로써 $\xi \mathbf{I}$ 를 더해줘서 간섭을 완전히 제거 하지 않고 조금 남겨둠으로써 채널의 상태가 좋지 않을 때 $\sqrt{\mathbf{g}_j}$ 이 커져서 수신률을 나쁘게 하는 것을 방지한다.

[0052] 구부호화부(300)는 상기의 수학식 5를 이용하여 전력 정규화 인수 $\sqrt{\mathbf{g}_j}$ 를 하기의 수학식 6과 같이 산출한다.

수학식 6

$$\sqrt{\mathbf{g}_j} = \sqrt{\frac{1}{P_T} \sum_{n=1}^{N_B} \mathbf{d}_j^H[n] \mathbf{H}_{\text{eff},j} (\mathbf{H}_{\text{eff},j}^\dagger)^{-2} \mathbf{H}_{\text{eff},j}^H \mathbf{d}_j[n]}$$

[0053]

[0054] 여기서, $\mathbf{H}_{\text{eff},j}^\dagger$ 는 $\mathbf{H}_{\text{eff},j} \mathbf{H}_{\text{eff},j}^H + \xi \mathbf{I}$ 이고, ξ 는 $N_B \text{tr}(\mathbf{R}_n)/P_T$ 를 의미한다.

[0055] 구부호화부(300)는 상기의 수학식 6을 이용하여 하기의 수학식 7과 같이 섭동 벡터 $\mathbf{p}_j[n]$ 을 산출한다.

수학식 7

$$\mathbf{p}_j^{\text{opt}}[n] = \arg \min_{\mathbf{p}_j[n]} \|\mathbf{L}_j(\mathbf{s}_j[n] + \tau \mathbf{p}_j[n])\|^2$$

[0056]

[0057] 상기와 같이 $\mathbf{p}_j[n]$, $\mathbf{x}_j[n]$, $\sqrt{\mathbf{g}_j}$ 이 산출된 후 신호 생성부(201)로부터 $\mathbf{s}_j[n]$ 가 출력되면 구부호화부(300)로

부터 출력된 $\mathbf{p}_j[n]$ 에 승산기(301)를 통해서 $\mathcal{T}$ 를 곱하고, 가산기(302)를 통해서 $\mathbf{s}_j[n]$ 와 $\tau \mathbf{p}_j[n]$ 를 합하여 $\mathbf{d}_j[n]$ 을 출력한다. 여기서, $\mathcal{T}$ 는 섭동 상수(perturbation constant)로써 $\mathcal{T} > 0$ 이다.

[0058] 프리코딩부(203)는 입력된 $\mathbf{d}_j[n]$ 에 $\mathbf{A}_j$ 를 곱한 $\mathbf{A}_j \mathbf{d}_j[n]$, 즉, 프리코딩된 신호 $\mathbf{x}_j[n]$ 을 출력한다.

[0059] 채널 특성 적용부(204)는 대각 블록화 기반의 QR 분해된 $\mathbf{H}_{\text{eff},j}$ 에 프리코딩 신호 $\mathbf{x}_j[n]$ 를 곱한 송신 신호 $\mathbf{H}_{\text{eff},j} \mathbf{x}_j[n]$ 를 출력한다.

[0060] 송신 신호 $\mathbf{H}_{\text{eff},j} \mathbf{x}_j[n]$ 는 전송 채널을 통해서 수신 장치로 송신되면서 도면부호 303과 같이 노이즈 $\mathbf{w}_j[n]$ 가 결합되어 수신 장치로 송신된다.

[0061] 이때, 수신 장치에서 수신하는 수신 신호 $\mathbf{y}_j[n]$ 는 하기의 수학적 식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 8

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_j[n] &= \mathbf{H}_{\text{eff},j} \mathbf{x}_j[n] + \mathbf{w}_j[n] \\ &= \frac{1}{\sqrt{\mathbf{g}_j}} \mathbf{H}_{\text{eff},j} \mathbf{H}_{\text{eff},j}^H (\mathbf{H}_{\text{eff},j}^\dagger)^{-1} \mathbf{d}_j[n] + \mathbf{w}_j[n] \\ &\approx \frac{1}{\sqrt{\mathbf{g}_j}} (\mathbf{s}_j[n] + \tau \mathbf{p}_j[n]) + \mathbf{w}'_j[n]. \end{aligned}$$

[0062]

[0063] 여기서, $\mathbf{w}'_j$ 는 추가적인 백색 가우시안 잡음(Additive White Gaussian Noise) $\mathbf{w}_j$ 와 조정화된 인수 $\xi^{\mathbf{I}}$ 의 의해 전해진 간섭을 포함한다.

[0064] 이러한 신호를 수신한 수신 장치는 모듈 동작에 의한 스케링일에 의해서 $\frac{1}{\sqrt{\mathbf{g}_j}}$ 및 $\tau \mathbf{p}_j$ 의 결과를 삭제하여 $\mathbf{s}_j[n] + \mathbf{w}'_j[n]$ 와 같이 원 신호를 얻게 된다.

[0065] 상기와 같이 본 발명에서는 수신 장치가 채널 특성에 따라 변화된 수신 신호로부터 원 신호를 얻기 위해서 채널 특성을 제거하기 위한 채널 특성 행렬을 산출하거나 송신 장치로부터 수신 신호와 함께 채널 특성 행렬에 대한 정보를 수신할 필요가 없기 때문에 수신 장치의 데이터 연산량을 줄이고, 시스템 구성을 단순하게 구현할 수 있다는 이점이 있다.

[0066] 이와 같이 본 발명은 송신 장치에서 전송 채널에 대한 채널 특성을 상쇄하기 위한 채널 특성 역 행렬을 이용하여 각 수신 장치에 송신할 신호를 제외한 신호들을 제거한 후 송신 장치와 수신 장치간의 오류를 최소화시킨 송신 신호를 송신함으로써 수신 장치의 연산량 및 시스템의 복잡성을 줄일 수 있게 된다.

[0067] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 송신 장치에서 각 수신 장치에 송신하고자 하는 송신 신호를 생성하는 과정을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0068] 400단계에서 채널 특성 적용부(204)는 전송 채널의 채널 특성을 추정하고, 추정된 채널 특성에 따른 역 채널 특성을 산출한다. 본 발명의 송신 장치에서는 수신 장치에서 수신된 신호의 채널 특성을 상쇄시키기 위한 동작을 하지 않도록 하기 위해서 채널 특성을 상쇄시키기 위한 역 채널 특성을 미리 산출하는 것이다. 이를 통해서 수신 장치는 채널 특성을 위한 연산량을 줄이고, 구성의 복잡성도 줄일 수 있게 된다.

[0069] 402단계에서 채널 특성 적용부(204)는 산출된 역 채널 특성을 QR 분해하여 각 수신 장치에 송신하고자 하는 송신 신호를 제외한 나머지 신호들을 제거한다. 이를 통해서 송신 장치는 각 수신 장치에 송신될 송신 신호 이외의 다른 신호의 간섭을 줄일 수 있다.

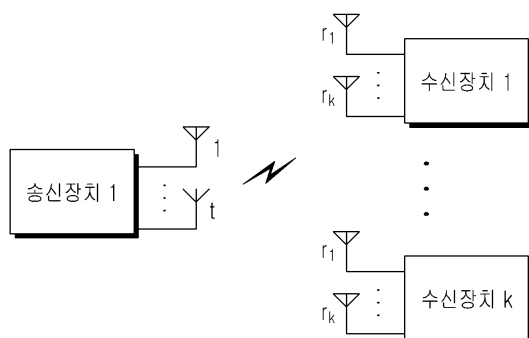
- [0070] 404단계에서 벡터 성동부(202)는 송신 장치와 수신 장치간의 오류 차이값이 최소값을 가지기 위해서 벡터 성동 시 사용되는 벡터 성동 인수들을 산출한다. 여기서, 벡터 성동 인수들은 성동 벡터, 프리코딩된 신호, 전력 정규화를 위한 인수값을 포함한다.
- [0071] 상기에서 도 3을 설명한 바와 같이 벡터 성동부(202)는 수학식 5, 6, 7과 같은 성동 벡터, 프리코딩된 신호, 전력 정규화를 위한 인수값을 산출한다.
- [0072] 406단계에서 벡터 성동부(202)는 산출된 벡터 성동 인수들을 이용하여 원 신호를 벡터 성동하여 벡터 성동 신호로 생성한다. 다시 말해서, 벡터 성동부(200)는 성동 벡터 $\mathbf{p}_j[n]$ 에 $\mathcal{T}$ 를 곱하고, 원 신호 $\mathbf{s}_j[n]$ 와 $\mathcal{T} \mathbf{p}_j[n]$ 를 합하여 벡터 성동 신호 $\mathbf{d}_j[n]$ 를 생성한다.
- [0073] 408단계에서 프리코딩부(203)는 벡터 성동 신호를 프리코딩하여 프리코딩 신호를 생성한다. 다시 말해서, 벡터 성동 신호 $\mathbf{d}_j[n]$ 와 $\mathbf{A}_j$ 를 곱한 $\mathbf{A}_j \mathbf{d}_j[n]$, 즉, 프리코딩된 신호 $\mathbf{x}_j[n]$ 을 생성한다.
- [0074] 410단계에서 채널 특성 적용부(204)는 프리코딩 신호와 상기에서 QR 분해한 역 채널 특성을 적용시켜 송신 신호를 생성한다. 즉, 채널 특성 적용부(204)는 대각 블록화 기반의 QR 분해된 채널 특성 역 행렬 $\mathbf{H}_{\text{eff},j}$ 에 프리코딩 신호 $\mathbf{x}_j[n]$ 를 곱한 송신 신호 $\mathbf{H}_{\text{eff},j} \mathbf{x}_j[n]$ 를 생성한다.
- [0075] 412단계에서 채널 특성 적용부(204)는 복수의 송신 안테나를 통해서 각 수신 장치로 생성된 송신 신호를 전송한다. 여기서, 송신 신호 $\mathbf{H}_{\text{eff},j} \mathbf{x}_j[n]$ 는 전송 채널을 통해서 수신 장치로 송신되면서 도면부호 303과 같이 노이즈 $\mathbf{w}_j[n]$ 가 결합된다. 그리하여 수신 장치는 수신 신호 $\mathbf{y}_j[n] = \mathbf{H}_{\text{eff},j} \mathbf{x}_j[n] + \mathbf{w}_j[n]$ 를 수신한다.
- [0076] 이와 같이 본 발명은 송신 장치에서 전송 채널에 대한 채널 특성을 상쇄하기 위한 채널 특성 역 행렬을 이용하여 각 수신 장치에 송신할 신호를 제외한 신호들을 제거한 후 송신 장치와 수신 장치간의 오류를 최소화시킨 송신 신호를 송신함으로써 수신 장치의 연산량 및 시스템의 복잡성을 줄일 수 있게 된다.

부호의 설명

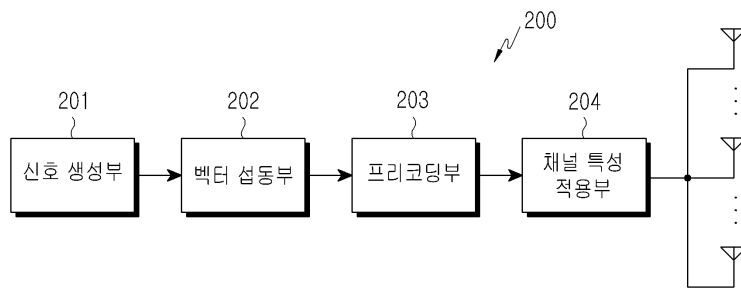
- [0077] 200: 송신장치
201: 신호 생성부
202: 벡터 성동부
203: 프리코딩부
204: 채널 특성 적용부

도면

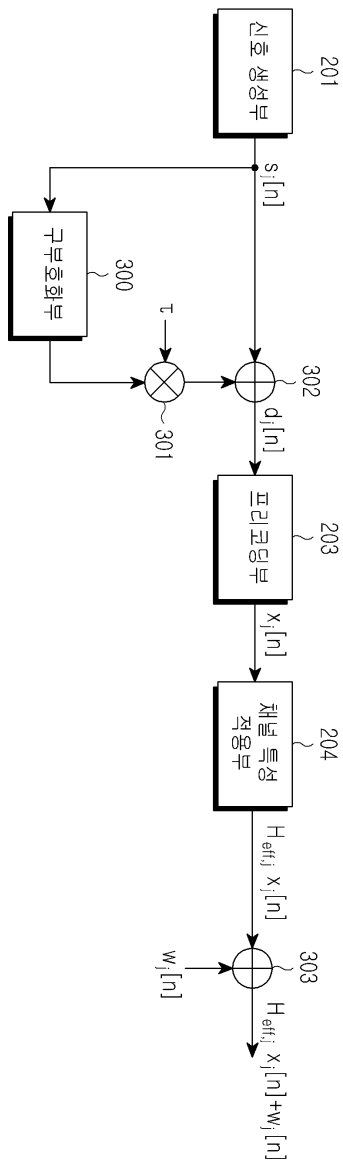
도면1



도면2



도면3



도면4

