



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년04월28일

(11) 등록번호 10-2105338

(24) 등록일자 2020년04월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 7/04 (2017.01)

(21) 출원번호 10-2013-0025313

(22) 출원일자 2013년03월08일

심사청구일자 2018년03월08일

(65) 공개번호 10-2014-0110643

(43) 공개일자 2014년09월17일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020110129481 A*

WO2012104675 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

삼성전자 주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

지형주

서울 강남구 영동대로128길 15, 6동 201호 (삼성동, 홍실아파트)

채찬병

경기 과천시 별양로 12, 315동 903호 (원문동, 래미안슈르)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

윤동열

전체 청구항 수 : 총 10 항

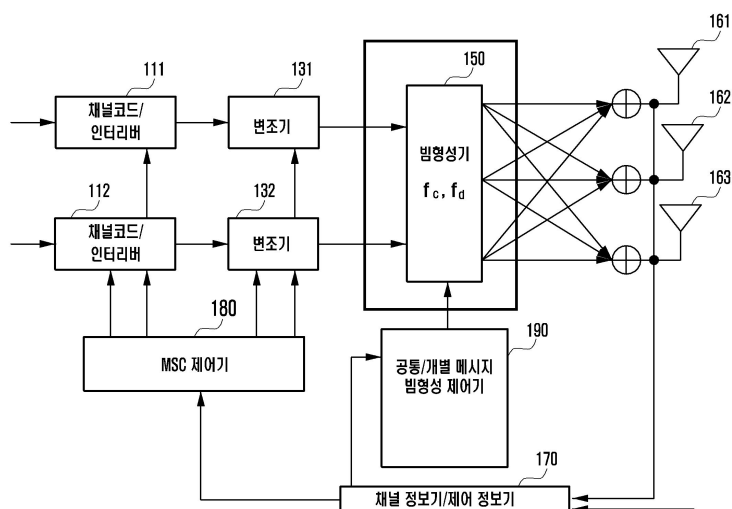
심사관 : 황철규

(54) 발명의 명칭 다중 안테나 시스템의 송수신 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 코드북 기반 페루프 방식의 다중 송수신 안테나 시스템에서 송수신 장치 및 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 코드북 기반의 다중 송수신 안테나 시스템에서 수신 방법은, 자기 채널 및 간섭 채널을 추정하는 단계; 상기 자기 채널, 상기 자기 채널의 허미션 및 상기 간섭 채널을 이용하여 코드북 인덱스를 결정하는 단계; 및 상기 코드북 인덱스를 송신기로 피드백하는 단계;를 포함할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 다중 송수신 안테나 시스템은 단말 수신 안테나 수가 수신 스트림 수보다 많을 경우, 타 셀에서 전송하는 간섭을 제거하고 자기 신호의 이득을 최대화할 수 있고, 상기의 환경에서 그래스매니안 코드북보다 성능이 좋은 저복잡도 코드북 설계가 가능하다.

대표도



(72) 발명자

김윤선

경기 성남시 분당구 내정로 186, 103동 803호 (수내동, 파크타운대림아파트)

이주호

경기 수원시 영통구 매영로 366, 728동 801호 (영통동, 살구골7단지아파트)

이효진

경기 수원시 영통구 영통로331번길 58-7, 래미안 302호 (매탄동)

명세서

청구범위

청구항 1

코드북 기반의 다중 송수신 안테나 시스템에서 수신 방법에 있어서,

자기 채널 및 간섭 채널을 추정하는 단계;

상기 자기 채널의 허미션과 상기 자기 채널의 곱 및 상기 자기 채널의 허미션과 상기 간섭 채널의 곱을 이용하여 코드북 인덱스를 결정하는 단계; 및

상기 코드북 인덱스를 송신기로 피드백하는 단계;

를 포함하는 수신 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 자기 채널, 상기 자기 채널의 허미션 및 상기 간섭 채널을 이용하여 개별 메시지용 수신 필터 및 공통 메시지용 수신 필터를 계산하는 단계; 및

송신기로부터 수신된 데이터를 개별 메시지 및 공통 메시지로 검출하는 단계;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수신 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

개별 메시지용 빔포밍 벡터 및 공통 메시지용 빔포밍 벡터를 추정하는 단계;

상기 개별 메시지용 빔포밍 벡터 및 상기 공통 메시지용 빔포밍 벡터를 이용하여 개별 메시지용 수신 필터 및 공통 메시지용 수신 필터를 계산하는 단계; 및

송신기로부터 수신된 데이터를 개별 메시지 및 공통 메시지로 검출하는 단계;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수신 방법.

청구항 5

코드북 기반의 다중 송수신 안테나 시스템에서 송신 방법에 있어서,

수신기로부터 코드북 인덱스를 수신하는 단계;

상기 코드북 인덱스에 따라 자기 채널의 허미션과 자기 채널의 곱 및 상기 자기 채널의 허미션과 간섭 채널의 곱을 이용하여 개별 메시지용 빔포밍 벡터 및 공통 메시지용 빔포밍 벡터를 계산하는 단계; 및

전송할 데이터에 상기 개별 메시지용 빔포밍 벡터 및 상기 공통 메시지용 빔포밍 벡터를 곱하여 송신하는 단계;

를 포함하는 송신 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제5 항에 있어서,

상기 개별 메시징용 빔포밍 벡터는 자기 채널의 허미션과 간섭 채널의 곱 및 간섭 채널의 허미션과 자기 채널의 곱의 일반화된 고유벡터를 이용하여 계산되고, 상기 공통 메시징용 빔포밍 벡터는 상기 개별 메시징용 빔포밍 벡터, 자기 채널 및 간섭 채널을 이용하여 계산되는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

청구항 8

코드북 기반의 다중 송수신 안테나 시스템의 장치에 있어서,

신호를 송수신하는 복수의 안테나; 및

자기 채널 및 간섭 채널을 추정하고, 상기 자기 채널의 허미션과 상기 자기 채널의 곱 및 상기 자기 채널의 허미션과 상기 간섭 채널의 곱을 이용하여 코드북 인덱스를 결정하고, 상기 코드북 인덱스를 송신기로 피드백하는 제어부를 포함하는 장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

제8 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 자기 채널의 허미션 및 상기 간섭 채널을 이용하여 개별 메시징용 수신 필터 및 공통 메시징용 수신 필터를 계산하고,

상기 장치는 송신기로부터 수신된 데이터를 개별 메시지 및 공통 메시지로 검출하는 수신 필터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 11

제8 항에 있어서,

상기 제어부는 개별 메시징용 빔포밍 벡터 및 공통 메시징용 빔포밍 벡터를 추정하고, 상기 개별 메시징용 빔포밍 벡터 및 상기 공통 메시징용 빔포밍 벡터를 이용하여 개별 메시징용 수신 필터 및 공통 메시징용 수신 필터를 계산하고,

상기 장치는 송신기로부터 수신된 데이터를 개별 메시지 및 공통 메시지로 검출하는 수신 필터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 12

코드북 기반의 다중 송수신 안테나 시스템의 장치에 있어서,

수신기로부터 코드북 인덱스를 수신하고, 상기 코드북 인덱스에 따라 자기 채널의 허미션과 자기 채널의 곱 및 상기 자기 채널의 허미션과 간섭 채널의 곱을 이용하여 개별 메시징용 빔포밍 벡터 및 공통 메시징용 빔포밍 벡터를 계산하고, 전송할 데이터에 상기 개별 메시징용 빔포밍 벡터 및 상기 공통 메시징용 빔포밍 벡터를 곱하여 데이터를 형성하고, 상기 형성된 데이터를 송신하는 제어부; 및

신호를 송수신하는 안테나를 포함하는 장치.

청구항 13

삭제

청구항 14

제12 항에 있어서,

상기 개별 메시징용 빔포밍 벡터는 자기 채널의 허미션과 간섭 채널의 곱 및 간섭 채널의 허미션과 자기 채널의 곱의 일반화된 고유벡터를 이용하여 계산되고, 상기 공통 메시징용 빔포밍 벡터는 상기 개별 메시징용 빔포밍

벡터, 자기 채널 및 간섭 채널을 이용하여 계산되는 것을 특징으로 하는 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 코드북 기반 페루프 방식의 다중 송수신 안테나 시스템에서 송수신 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 무선 통신 환경에서 고품질의 데이터를 고속으로 전송하기 위해 공간 영역의 자원을 활용하는 다중 입력 다중 출력(MIMO: Multiple Input Multiple Output) 시스템에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

[0003] MIMO 시스템은 동일한 시간 및 주파수 자원을 한 사용자가 모두 사용하는 SU-MIMO(Single-User MIMO) 방식과 공간 다중화를 통해 여러 사용자가 동일한 시간 및 주파수 자원을 공유하는 MU-MIMO(Multi-User MIMO) 방식으로 구분할 수 있다.

[0004] 현재 3GPP LTE(Long Term Evolution)의 하향 링크에 적용되는 통신 모드에서, 기지국에서는 단말로부터 PMI(Precoding Matrix Index) 정보, CQI(Channel Quality Indicator) 정보, RI(Rank Indicator) 정보를 수신 받아 유니터리(unitary) 행렬로 이루어진 프리코딩 과정을 수행하여 데이터를 전송한다.

[0005] 한편, 3GPP LTE의 하향 링크에 적용되는 통신 모드에서, 단말은 현재 채널의 상태 및 수신 신호의 품질 정도에 따라 PMI, CQI, RI를 결정하고 이를 기지국으로 피드백한다.

[0006] 종래의 단일 다중 MIMO 시스템에서는 주로 수신 안테나 수와 전송 받는 스트림 수의 같은 경우에 한하여 연구가 이루어졌다. SU-MIMO의 경우 전송 에러율을 낮추거나 전송 용량을 증가시키기 위하여 채널과 단말에 저장된 코드북 중 가장 유사한 후보를 찾아 송신기로 전송하며, 이때 그래스매니안(Grassmannian) 코드북을 사용하여 왔다. 그래스매니안 코드북은 SU-MIMO에서 이론적 최고 성능을 달성할 수 있다.

[0007] MU-MIMO의 경우 채널 정보가 송신기에 완벽히 알려져 있지 않은 경우 사용자간 간섭 신호로 인하여 최대의 멀티플렉싱 이득을 얻지 못한다. 그러나, 기지국에서 완벽한 채널 정보 획득이 어려우므로 여전히 코드북 기반의 MU-MIMO 기술이 사용된다. 이 때 그래스매니안 코드북 또는 직교(orthogonal) 코드북이 주로 사용된다.

[0008] 직교 코드북의 경우 채널의 특성이 반영되어 설계된 코드북이 아니고 코드북 안에서 후보 벡터끼리 최대한 상관관계가 없도록 만들어지는 것이 특징이며, 후보 사용자가 많을 경우 좋은 성능을 보일 수 있다.

[0009] 그래스매니안 코드북의 경우 채널 자체의 방향에 가장 가까운 후보 벡터를 피드백하는 방식으로 채널의 양자화 작업이다. 후보 사용자 수가 많지 않은 경우 그래스매니안 코드북은 직교 코드북보다 좋은 성능을 나타낼 수 있으나, 임의의 크기에 대하여 코드북을 형성하는 것이 어렵다는 단점이 있다.

[0010] 또한, SU-MIMO 또는 MU-MIMO에서는 한 셀에서 주파수/시간 자원을 한 사용자 또는 다중 사용자에게 할당하는 방식이다. 또한 여러 셀 환경에서의 연구도 별도로 이루어져 왔다. Multi-cell MIMO(다중셀 MIMO)는 3GPP 표준에서 많이 논의되고 있으며, joint processing, coordinated beamforming 등의 기술이 연구되고 있다. 상기 기술들은 주로 각 사용자들이 개별 메시지를 송신 받는 환경을 고려하고 있다.

[0011] 그러나 상기 다중셀 기술은 주로 그래스매니안 코드북, 직교 코드북 바탕으로 설계되었으며, 여전히 수신 안테나 수와 수신 스트림 수가 같은 경우에 초점이 맞춰져 왔다. 수신 안테나가 스트림 수보다 큰 경우 송수신기가 동시에 최적화 되어야 하며 일반적인 상황에서는 '반복연산(iteration)'을 필요로 하며 때에 따라서 발산의 위험성이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명에서는 상기에 언급된 기존 기술의 문제점을 해결하는데 그 목적을 둔다. 본 발명의 핵심은 다음과 같다.

[0013] 단말 수신 안테나 수가 수신 스트림 수보다 많을 경우, 타 셀에서 전송하는 간섭을 제거하고 자기 신호의 이득을 최대화하는 송수신기 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0014] 또한, 다중 송신기로부터 공통 메세지, 개별 메세지를 수신하여 처리하는 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0015] 또한 상기의 환경에서 그래스매니안 코드북보다 성능이 좋은 저복잡도 코드북 설계 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0016] 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0017] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명의 일 실시예에 따른 코드북 기반의 다중 송수신 안테나 시스템에서 수신 방법은, 자기 채널 및 간섭 채널을 추정하는 단계; 상기 자기 채널, 상기 자기 채널의 허미션 및 상기 간섭 채널을 이용하여 코드북 인덱스를 결정하는 단계; 및 상기 코드북 인덱스를 송신기로 피드백하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 본 발명의 일 실시예에 따른 코드북 기반의 다중 송수신 안테나 시스템에서 송신 방법은, 수신기로부터 코드북 인덱스를 수신하는 단계; 상기 코드북 인덱스로부터 개별 메시지용 빔포밍 벡터 및 공통 메시지용 빔포밍 벡터를 계산하는 단계; 및 전송할 데이터에 상기 개별 메시지용 빔포밍 벡터 및 상기 공통 메시지용 빔포밍 벡터를 곱하여 송신하는 단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 따른 다중 송수신 안테나 시스템은 단말 수신 안테나 수가 수신 스트림 수보다 많을 경우, 타 셀에서 전송하는 간섭을 제거하고 자기 신호의 이득을 최대화할 수 있다.

[0020] 또한 상기의 환경에서 그래스매니안 코드북보다 성능이 좋은 저복잡도 코드북 설계가 가능하다.

[0021] 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 발명의 일 실시예에 따른 블록 구성도를 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 송신기의 구조를 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기 구조를 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기에서 코드북을 형성하는 과정을 도시한 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 송신기에서 데이터를 전송하는 과정을 도시한 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기에서 수신 필터를 계산하여 공통 메시지 및 개별 메시지를 수신하는 과정을 도시한 흐름도이다.

도 7 내지 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 송수신기의 성능을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 하기에서 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예를 설명하기로 한다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0024] 본 발명에 따른 송수신기는 복수개의 안테나를 사용하며, 복수개의 송신기에서 공동 메세지(여러 사용자에게 똑같은 정보 송신)와 개별 메세지(사용자마다 다른 정보 송신)를 전송한다. 송신기에서 송신 방법 연산을 위하여

수신기로부터 유한한 크기의 코드북을 전송받는다.

[0025] 도 1은 발명의 일 실시예에 따른 블록 구성도를 도시한 도면이다.

[0026] 도 1을 참고하면, 적어도 두 개의 송신기(100: 101, 102)가 존재하며 각 송신기(101, 102)가 적어도 두 개의 수신기(200: 201, 202)에게 개별 메시지(xd) 및 공통 메시지를(xc)를 전송할 수 있다. 여기서 제1 송신기(101)와 제1 수신기(201) 간의 채널은 H1이며, 제2 송신기(102)와 제2 수신기(202)와의 채널은 H2 이다. 제1 송신기(101)에서 제2 수신기(202) 까지의 채널은 G2, 제2 송신기(102)에서 제1 수신기(201) 까지의 채널은 G1이다. 도면에는 두 개의 수신기 및 두 개의 송신기만이 도시되어 있으나 수신기 및 송신기의 수가 더 많을 수 있고, 각각의 송신기 사이 또는 송신기와 수신기 사이의 채널은 H_k 또는 G_k로 주어질 수 있다.

[0027] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 송신기의 구조를 도시한 도면이다.

[0028] 도 2를 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 송신기(100)는 채널코드/인터리버(111, 112), 변조기(131, 132), 빔형성기(150), MCS 제어기(180), 공통/개별 메시지 빔형성 제어기(190), 채널 정보기/제어 정보기(170) 및 송신 안테나(161, 162, 163) 등을 포함할 수 있다.

[0029] 상기 송신기(100)는 개별 메시지(xd)와 공통 메시지(xc)를 수신기(200)에게 전송할 수 있다. 이때, 빔형성기(150)는 개별 메시지용 빔포밍 벡터인 fd 빔포밍 벡터를 개별 메시지(xd)에 곱하고, 공통 메시지용 빔포밍 벡터인 fc 빔포밍 벡터를 공통 메시지(xc)에 곱하여 복수개의 송신 안테나(161, 162, 163)를 통해 전송한다. 도면에는 송신 안테나(161, 162, 163)가 3개 도시되어 있으나, 2개의 안테나 또는 4개 이상의 안테나가 있을 수 있다.

[0030] 공통/개별 메시지 빔형성 제어기(190)는 단말(200)로부터 피드백 받은 채널 정보를 바탕으로 빔형성기(150)의 개별 메시지용(xd) fd 빔포밍 벡터와 공통 메시지용(xc) fc 빔포밍 벡터를 계산한다. 실시예에 따라 상기 fc 빔포밍 벡터 및 fd 빔포밍 벡터의 계산의 다음과 같이 이루어질 수 있다. 여러 사용자에게 공통적인 정보인 공통

메시지(xd)의 전송을 위한 fd 빔포밍 벡터는 $H_k^* G_l \quad G_k^* H_l$ 의 일반화된 고유벡터(generalized eigenvector)를 사용하여 계산할 수 있다. 사용자마다 다른 정보인 개별 메시지(xc)의 전송을 위한 fc 빔포밍 벡터의 경우 $A \quad B$ 의 일반화된 고유벡터(generalized eigenvector)를 사용하여 계산할 수 있다. 이 때, A와 B는 다음과 같이 정의된다.

[0031]
$$A = (f_{d,k}^* H_k^* H_k)^{-1} (f_{d,k}^* H_k^* G_\ell)$$

[0032]
$$B = (f_{d,\ell}^* H_\ell^* H_\ell)^{-1} (f_{d,\ell}^* H_\ell^* G_k)$$

[0033] 채널 정보기/제어 정보기(170)는 단말 또는 수신기(200)로부터 피드백 받은 정보를 바탕으로 채널을 재구성한다. 상기 채널 정보/제어 정보부(170)의 상세 동작은 하기 수신기(200)의 채널추정기/양자화기(250)과 함께 설명하기로 한다.

[0034] 채널코드/인터리버(111, 112), 변조기(131, 132), MCS 제어기(180) 등의 경우, 종래 기술에 따른 송신기의 채널코드/인터리버, 변조기, MCS 제어기 등과 유사한 동작을 수행하며, 자세한 설명은 생략하도록 한다.

[0035] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기 구조를 도시한 도면이다.

[0036] 도 3을 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기(200)는 후처리 제어기(210), 수신 필터(230), 채널추정기/양자화기(250), 복조기(270), 디인터리버/채널디코더(290) 및 수신 안테나(261, 262) 등을 포함할 수 있다.

[0037] 상기 후처리 제어기(210)는 수신 후처리 연산을 위하여 필요로 하는 수신 필터를 계산한다. 본 발명에서는 수신 스트림 수보다 수신 안테나의 수가 많으므로 별도의 컴바이닝 연산이 필요하게 되며, 개별 메시지용, 공통 메시지용 수신 필터를 하향 채널의 값을 활용하여 계산한다. 한가지 예로 다음과 같이 동작할 수 있다.

[0038] 개별 메시지용 수신 필터:
$$w_{d,k} = \frac{H_k f_{d,k}}{\|H_k f_{d,k}\|}$$

[0039] 공통 메시지용 수신 필터:
$$w_{c,k} = \frac{\alpha H_k f_{c,k} + \beta G_\ell f_{c,\ell}}{\|\alpha H_k f_{c,k} + \beta G_\ell f_{c,\ell}\|}$$
, 여기서 알파와 베타는 가중 상수이다.

- [0040] 수신 필터(230)는 상기 후처리 제어기(210)에서 연산된 W_d , W_c 를 수신 신호에 적용하여 개별 메시지(x_d)와 공통 메시지(x_c)를 구분한다.
- [0041] 채널 추정기 및 양자화기(250)에서는 하향 신호의 자기 채널 H 와 간섭 채널 G 를 추정하여 송신기(100)로 양자화된 정보를 보낸다. 채널 추정기 및 양자화기(250)에서는 기존의 그래스매니안 코드북, 직교 코드북과 달리 새로운 방법을 사용한다. 또한, 자기 신호 H 를 피드백하는 것이 아니라, 자기 신호의 허미션 버전 즉, $H_k^* H_k$, 그리고 자기 신호와 간섭 신호의 혼합 버전인 $H_k^* G_\ell$ 를 양자화 한다. H 와 G 자체를 양자화 하는 것이 아니고, 두 매트릭스의 곱을 피드백하므로, 혼합 버전의 각 항목을 스칼라로 양자화 한다. 레일리(Rayleigh) 채널의 경우 각 항목은 (수신 안테나 수, (송신 안테나 수 -1)*수신안테나수)파라미터를 갖는 베타 분포를 갖게 된다. 따라서, 레일리 채널의 경우 비균일(non-uniform) 스칼라 양자화를 수행한다. 따라서, 기존의 발명과 달리 그래스매니안 코드북, 직교 코드북이 아닌 새로이 설계된 -0.5~0.5 사이의 값을 갖는 스칼라를 송신기로 피드백한다.
- [0042] 복조기(270), 디인터리버/채널디코더(290) 등의 경우, 종래 기술에 따른 수신기의 복조기, 디인터리버/채널디코더 등과 유사한 동작을 수행하며, 자세한 설명은 생략하도록 한다.
- [0043] 이상에서는 본 발명에 일 실시예에 따른 송신기 및 수신기의 구조에 대하여 살펴보았다.
- [0044] 이하에서 본 발명의 일 실시예에 따른 송신기 및 수신기의 동작에 대하여 살펴보도록 한다.
- [0045] 본 발명의 일 실시예에 따른 송신기(100) 및 수신기(200)의 동작은 다음과 같을 수 있다. 통신이 시작되면 송신기(100)는 송신기 안테나 수 등 제어 정보를 수신기(200)로 송신하고 되고, 수신기(200) 역시 수신 안테나 개수 등 제어 정보를 송신기(100)로 송신한다. 이 후 본격적인 통신 단계에서 단말 또는 수신기(200)는 하향 링크의 자기 채널 간섭 채널을 추정하게 되고 이를 바탕으로 코드북 인덱스를 결정하고, 송신기(100)에 선택된 코드북 인덱스를 피드백한다. 송신기(100)에서는 상기 코드북 인덱스를 수신하여 빔포밍 벡터를 계산하여 데이터를 전송하고, 수신기(200)에서 수신 필터를 계산하여 공통 메시지 및 개별 메시지를 수신하여 통신을 끝내게 된다.
- [0046] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기에서 코드북 인덱스를 형성하는 과정을 도시한 흐름도이다.
- [0047] 도 4를 참고하면, 단계 410에서 수신기(200) 또는 수신 단말기는 채널 추정기 및 양자화기(250)에서 자기 해당 기지국 또는 송신기(100)와의 채널 정보인 H_k 그리고 인접 간섭 기지국과의 채널 정보인 G_ℓ 를 추정한다. 수신기(200)는 상기 추정된 H_k 및 G_ℓ 로 $H_k^* H_k$ 와 $H_k^* G_\ell$ 를 연산할 수 있다. 단계 430에서 수신기(200)는 콘트롤 채널을 통하여 기지국으로부터 전송 받은 기지국 안테나 수와 수신 단말의 안테나 수, 그리고 기지국과 단말기 사이에 채널 정보를 주고 받을 피드백 채널 크기가 고려된 코드북 사이즈를 고려하여 코드북을 형성할 수 있다. 본 코드북은 시스템 사용될 때 시스템 정보를 바탕으로 한 번 계산한 후 그 뒤 데이터 전송 시에는 같은 값을 사용할 수 있다. 그러나 단말의 안테나 수가 유동적으로 변하거나 송신기 안테나 수가 유동적으로 변할 경우 그 때 그 때 상황에 맞는 코드북을 재계산할 수 있다. 그 뒤 단계 450에서는 수신기(200)는 상기 채널 양자화 방법을 사용하여 계산된 스칼라 양자 값인 $H_k^* H_k$ 와 $H_k^* G_\ell$ 항목의 코드북 인덱스를 기지국으로 피드백할 수 있다.
- [0048] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 송신기에서 데이터를 전송하는 과정을 도시한 흐름도이다.
- [0049] 도 5를 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 송신기(100)는 상기 수신기(200)에서 단계 450을 통하여 피드백된 $H_k^* H_k$ 와 $H_k^* G_\ell$ 항목의 코드북 인덱스를 수신할 수 있다. 상기 송신기(100)는 단계 510에서 상기 송신기(100)로부터 수신한 피드백 값을 바탕으로 기지국(100)에서 저장하고 있는 코드북을 활용하여 $H_k^* H_k$, $H_k^* G_\ell$ 를 재형성할 수 있다. 이후, 기지국(100)은 단계 530에서, 재형성된 자기 채널, 간섭 채널 정보를 바탕으로 공통/개별 메시지 빔형성 제어기(190)에서 개별 메시지용 f_d 빔포밍 벡터 및 공통 메시지에용 f_c 빔포밍 벡터를 계산할 수 있다. 이후 단계 550에서 송신기(100)는 빔형성기(150)에서 f_d 빔포밍 벡터(개별 메시지에용), f_c 빔포밍 벡터(공통 메시지에용)를 적용하여 데이터를 송신기(200)로 송신할 수 있다.
- [0050] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기에서 수신 필터를 계산하여 공통 메시지 및 개별 메시지를 수신하는 과정을 도시한 흐름도이다.
- [0051] 도 6을 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기(200)는 상기 송신기(100)에서 상기 단계 550을 통해 단말(200)로 전송된 정보를 검출할 수 있다. 단계 610에서, 후처리 제어기(210)를 통하여 추정된 개별 메시지에용 f_d 빔포밍 벡터와 공통 메시지에용 f_c 빔포밍 벡터를 바탕으로 공통 메시지에용 수신필터 w_c 및 개별 메시지에용 수신필터

터 wd를 계산할 수 있다. 단계 630에서 수신기(200)는 수신 필터(230)를 통하여 데이터를 수신하여 개별 메시지(xd)와 공통 메세지(xc)를 구분하여 검출할 수 있다.

이상에서 본 발명의 일 실시예에 따른 송신기 및 수신기의 동작에 대하여 살펴보았다.

이하에서 본 발명의 일 실시예에 따른 송수신기의 성능에 대하여 살펴보도록 한다.

도 7 내지 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 송수신기의 성능을 설명하는 도면이다.

기존의 채널 피드백은 채널 자체를 송신기로 보내는 것이 주 목적이었기에, 그래스메니안 코드북 또는 직교 코드북을 사용하였다. 그러나, 상기에서 언급된 채널 즉, $H_k^*G_k$ 등은 채널 자체 H 혹은 G와 특성이 달라지게 된다. 도 7은 수신 안테나가 2개일 경우 $H_k^*G_k$ 중 하나의 성분(element)를 히스토그램으로 표현한 것이다. 도 7에서 보는 바와 같이 히스토그램은 균일 분포를 갖지 않고 0에 집중되어 있음을 확인할 수 있다.

도 8은 수신 안테나가 10개일 경우 $\mathbf{H}_k^* \mathbf{G}_\ell$ 중 하나의 성분(element)의 히스토그램이다. 기존 채널 피드백 방법이면 수신 안테나 수에 상관 없이 같은 코드북이 피드백 되나, 본 도면에서는 수신 안테나에 따라 채널 특성이 달라짐을 확인할 수 있다.

도 9는 수신 안테나를 10000개로 가정하였을 경우 $\mathbf{H}_k^* \mathbf{G}_\ell$ 중 하나의 성분(element)의 히스토그램이다. 도 9에 도시된 바와 같이 수신 안테나의 수가 2개, 10개인 경우에 비하여 수신 안테나의 수가 10000개인 경우 랜덤 특성이 줄어들음을 확인할 수 있다. 따라서, massive MIMO와 같이 안테나 수가 충분히 많을 경우 기존의 피드백 방법을 사용하면 성능이 열화될 수 있다.

도 10은 본 발명의 송수신기 시스템과 기존 시스템과의 성능을 비교한 도면이다. 도 10에 도시된 그래프는 개별 메시지(xd), 공통 메시지(xc)에 독립 빔포밍 벡터를 적용하여 얻을 수 있는 합계 비율(sum rate)을 비교한 것이다. 간섭 제거 상한(Interference-Free Upper Bound)은 이론적으로 간섭을 완전히 제거하고 자기 신호를 최대화한다는 가정 하에서의 결과를 나타낸 것이다. 간섭 무시(Interference Ignorant)는 단말에서 간섭 신호를 잡음으로 처리하여 데이터를 수신하는 기존의 방식에 따른 결과를 도시한 것이다. 또한 Grassmanian CB은 그래스매니안 코드북을 사용하였을 때의 결과이며 이 경우 6비트 코드북을 사용한 것이다. 본 발명은 Proposed이며, Perfect CSIT는 코드북 크기가 무한대일 경우의 결과를 도시한 것이다. Proposed 6bit CB는 6비트 코드북을 사용하였을 때의 결과이다. 도 10에서 확인할 수 있는 바와 같이, 수신 안테나 수가 스트림 수보다 클 경우 그래스매니안 코드북 보다 본 발명에 따른 송수신 시스템이 월등히 좋은 성능을 보임을 확인할 수 있다. 즉, 본 결과를 통하여 그래스매니안 코드북은 복수개의 수신 안테나가 쓰이는 다중 셀 환경에 적합하지 않음을 확인할 수 있다.

본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시예들은 본 발명의 기술 내용을 쉽게 설명하고 본 발명의 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것일 뿐이며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

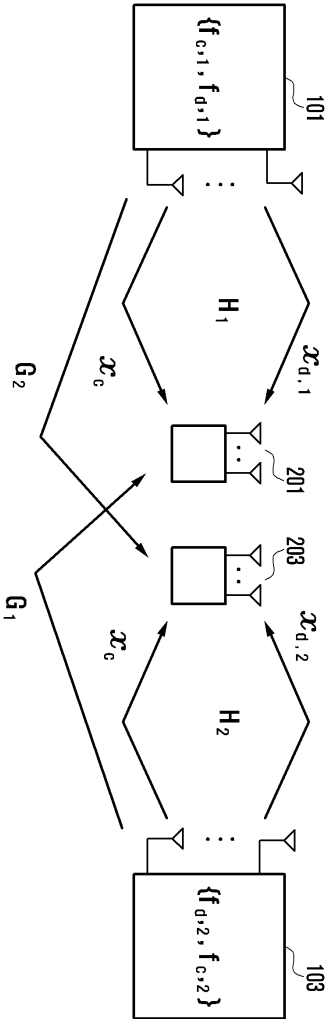
따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

부호의 설명

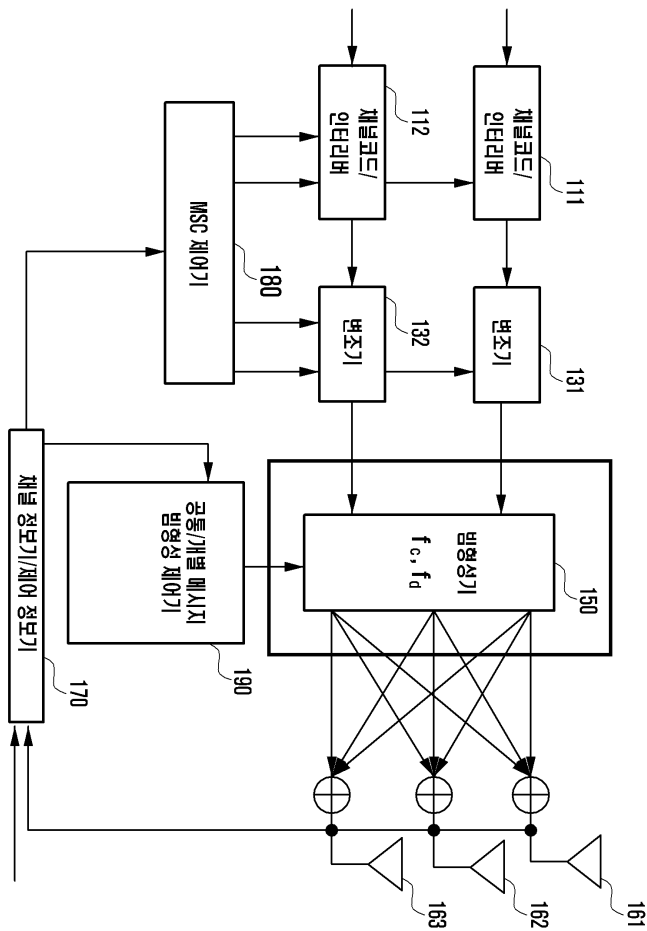
| | |
|--------------------|------------------------|
| 100: 송신기 | 150: 빔형성기 |
| 170: 채널 정보기/제어 정보기 | 190: 공통/개별 메시지 빔형성 제어기 |
| 200: 수신기 | 210: 후처리 제어기 |
| 230: 수신 필터 | 250: 채널 추정기/양자화기 |

도면

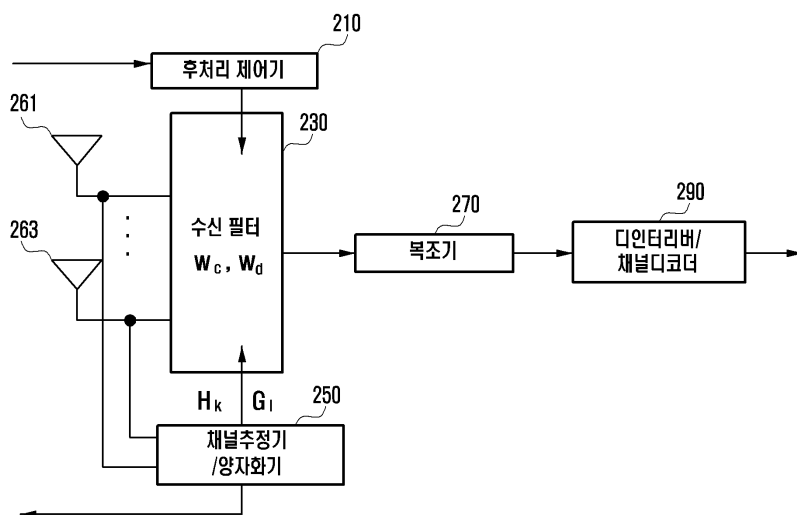
도면1



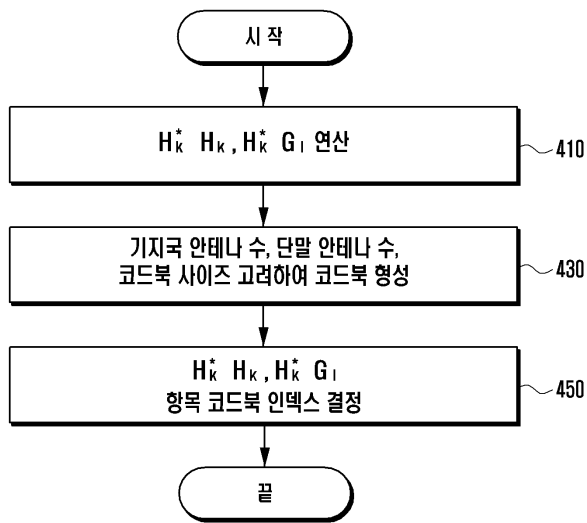
도면2



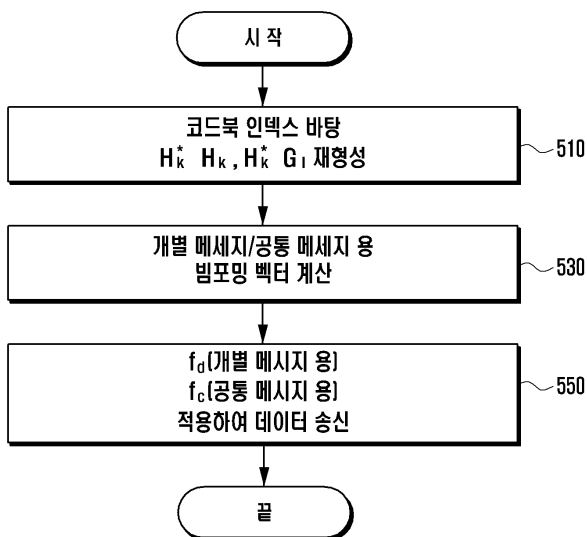
도면3



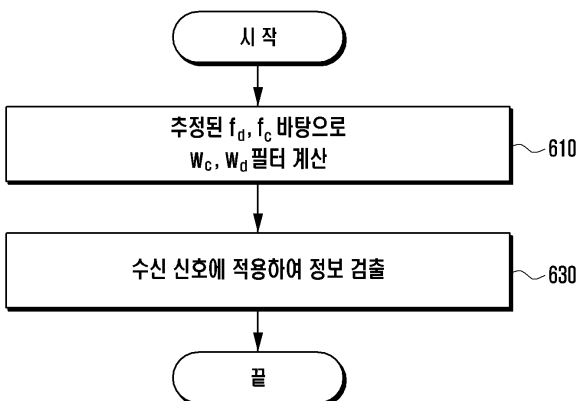
도면4



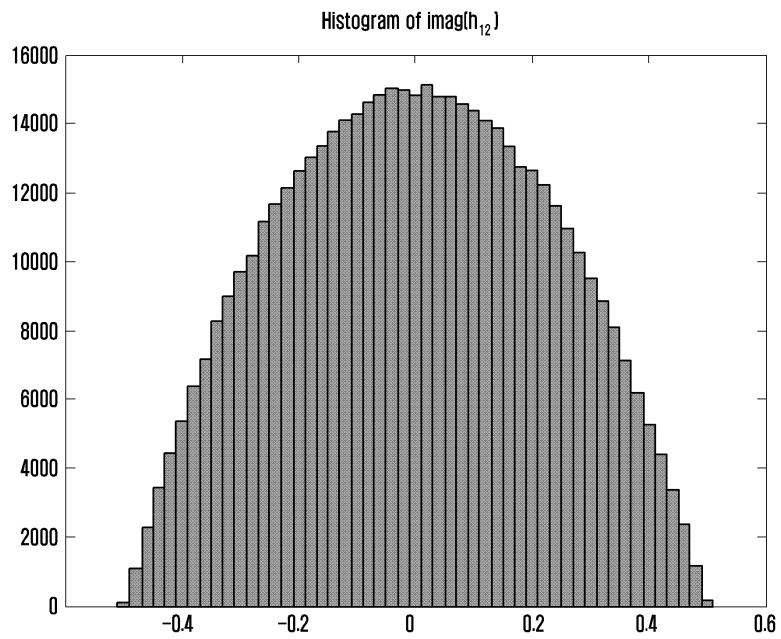
도면5



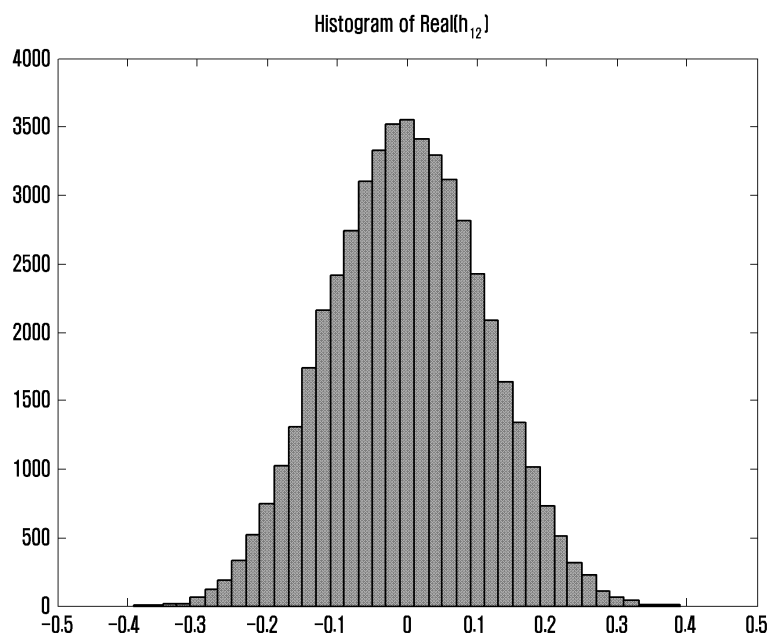
도면6



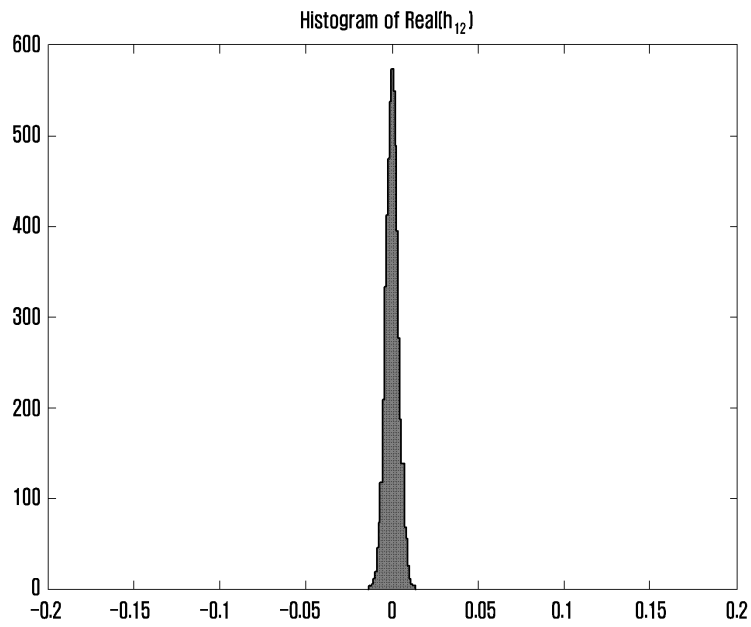
도면7



도면8



도면9



도면10

