(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0116956
(43) 공개일자 2016년10월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/08 (2006.01) *H04B 7/06* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/088 (2013.01)
H04B 7/0619 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0045433
(22) 출원일자 2015년03월31일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
고영채
서울특별시 송파구 잠실로 62 트리지움아파트 327동 702호
김명진
강원도 철원군 김화읍 청양로 365
(74) 대리인
이건주, 김정훈

전체 청구항 수 : 총 14 항

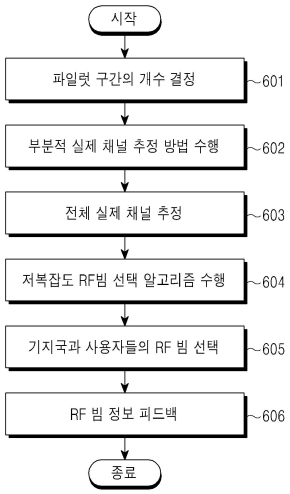
(54) 발명의 명칭 **다중 안테나를 사용하는 시스템에서 채널을 추정하여 RF 빔을 선택하는 방법 및 장치**

(57) 요 약

본 개시는 LTE와 같은 4G 통신 시스템 이후 보다 높은 데이터 전송률을 지원하기 제공될 5G 또는 pre-5G 통신 시스템에 관련된 것이다.

다중 안테나를 사용하여 송신 장치로부터 신호를 수신하는 시스템에서 RF(radio frequency) 빔을 선택하는 방법은, 상기 송신 장치로부터 파일럿 시퀀스가 송신되는 파일럿 구간의 개수를 상기 송신 장치의 개수에 근거하여 결정하는 과정, 상기 파일럿 구간의 개수만큼 부분적 실제 채널 정보 추정을 반복하여 전체의 실제 채널 정보를 추정하는 과정, 및 상기 전체의 실제 채널 정보를 이용하여 수신 RF 빔 및 상기 송신 장치의 송신 RF 빔을 선택하는 과정을 포함한다.

대 표 도 - 도6



(52) CPC특허분류
H04B 7/0695 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

다중 안테나를 사용하여 송신 장치로부터 신호를 수신하는 시스템에서 RF(radio frequency) 빔을 선택하는 방법에 있어서,

상기 송신 장치로부터 파일럿 시퀀스가 송신되는 파일럿 구간의 개수를 상기 송신 장치의 개수에 근거하여 결정하는 과정;

상기 파일럿 구간의 개수만큼 부분적 실제 채널 정보 추정을 반복하여 전체의 실제 채널 정보를 추정하는 과정; 및

상기 전체의 실제 채널 정보를 이용하여 수신 RF 빔 및 상기 송신 장치의 송신 RF 빔을 선택하는 과정을 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 파일럿 구간의 개수는,

상기 시스템에 구비되는 RF 체인 별 안테나 개수에 근거하여 결정됨을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 부분적 실제 채널 정보 추정은,

상기 파일럿 구간 동안 상기 RF 체인에 포함되는 다수의 안테나 중 하나만을 동작시킴으로써 수행됨을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 전체의 실제 채널 정보를 이용하여 상기 수신 RF 빔 및 상기 송신 RF 빔을 선택하는 과정은,

상기 전체의 실제 채널 정보, 상기 송신 장치의 아날로그 빔 포밍 벡터, 및 상기 시스템의 아날로그 빔 포밍 벡터로 표현되는 유효 채널 벡터를 이용하여 상기 수신 RF 빔 및 상기 송신 RF 빔을 선택하는 과정임을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 전체의 실제 채널 정보를 이용하여 상기 수신 RF 빔 및 상기 송신 RF 빔을 선택하는 과정은,

상기 유효 채널 벡터를 최대로 하는 상기 수신 RF 빔 및 상기 송신 RF 빔을 선택하는 과정임을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 전체의 실제 채널 정보를 이용하여 상기 수신 RF 빔 및 상기 송신 RF 빔을 선택하는 과정은:

다수의 송신 장치들 중 상기 유효 채널 벡터의 값을 최대로 하는 제1 송신 장치를 선택하는 제1 과정;

상기 제1 송신 장치와의 시스템 전송률 메트릭을 최대로 하는 제2 송신 장치를 선택하는 제2 과정;

상기 제1 과정 및 상기 제2 과정을 반복하여 상기 시스템 전송률 메트릭을 최대로 하는 상기 수신 RF 빔 및 상기 송신 RF 빔을 선택하는 과정임을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 선택된 상기 송신 장치의 송신 RF빔을 상기 송신 장치에게 송신하는 과정을 더 포함하는 방법.

청구항 8

다중 안테나를 사용하여 송신 장치로부터 신호를 수신하는 수신 장치에 있어서,

상기 송신 장치로부터 파일럿 시퀀스가 송신되는 파일럿 구간의 개수를 상기 송신 장치의 개수에 근거하여 결정하고, 상기 파일럿 구간의 개수만큼 부분적 실제 채널 정보 추정을 반복하여 전체의 실제 채널 정보를 추정하는 실제 채널 추정부, 및

상기 전체의 실제 채널 정보를 이용하여 수신 RF 빔 및 상기 송신 장치의 송신 RF 빔을 선택하는 RF 빔 선택부를 포함하는 수신 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 실제 채널 추정부는,

상기 파일럿 구간의 개수가 상기 수신 장치에 구비되는 RF 체인 별 안테나 개수에 근거하여 결정됨을 특징으로 하는 수신 장치.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 실제 채널 추정부는,

상기 파일럿 구간 동안 상기 RF 체인에 포함되는 다수의 안테나 중 하나만을 동작시킴으로써 상기 부분적 실제 채널 정보를 추정함을 특징으로 하는 수신 장치.

청구항 11

제8항에 있어서, 상기 RF 빔 선택부는,

상기 전체의 실제 채널 정보, 상기 송신 장치의 아날로그 빔 포밍 벡터, 및 상기 시스템의 아날로그 빔 포밍 벡터로 표현되는 유효 채널 벡터를 이용하여 상기 수신 RF 빔 및 상기 송신 RF 빔을 선택함을 특징으로 하는 수신 장치.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 RF 빔 선택부는,

상기 유효 채널 벡터를 최대로 하는 상기 수신 RF 빔 및 상기 송신 RF 빔을 선택함을 특징으로 하는 수신 장치.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 RF 빔 선택부는,

다수의 송신 장치들 중 상기 유효 채널 벡터의 값을 최대로 하는 제1 송신 장치를 선택하고, 상기 제1 송신 장치와의 시스템 전송률 메트릭을 최대로 하는 제2 송신 장치를 선택하고, 상기 선택들을 반복하여 상기 시스템 전송률 메트릭을 최대로 하는 상기 수신 RF 빔 및 상기 송신 RF 빔을 선택함을 특징으로 하는 수신 장치.

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 선택된 상기 송신 장치의 송신 RF빔을 상기 송신 장치에게 송신하는 피드백부를 더 포함하는 수신 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 다중 안테나를 사용하는 시스템에서 채널을 추정하여 RF 빔을 선택하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 4G 통신 시스템 상용화 이후 증가 추세에 있는 무선 데이터 트래픽 수요를 충족시키기 위해, 개선된 5G 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템을 개발하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 이러한 이유로, 5G 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템은 4G 네트워크 이후 (Beyond 4G Network) 통신 시스템 또는 LTE 시스템 이후 (Post LTE) 이후의 시스템이라 불리어지고 있다.

[0003] 높은 데이터 전송률을 달성하기 위해, 5G 통신 시스템은 초고주파(mmWave) 대역 (예를 들어, 60기가(60GHz) 대역과 같은)에서의 구현이 고려되고 있다. 초고주파 대역에서의 전파의 경로손실 완화 및 전파의 전달 거리를 증가시키기 위해, 5G 통신 시스템에서는 빔포밍(beamforming), 거대 배열 다중 입출력(massive MIMO), 전차원 다중입출력(Full Dimensional MIMO: FD-MIMO), 어레이 안테나(array antenna), 아날로그 빔형성(analog beamforming), 및 대규모 안테나 (large scale antenna) 기술들이 논의되고 있다.

[0004] 또한 시스템의 네트워크 개선을 위해, 5G 통신 시스템에서는 진화된 소형 셀, 개선된 소형 셀 (advanced small cell), 클라우드 무선 액세스 네트워크 (cloud radio access network: cloud RAN), 초고밀도 네트워크 (ultra-dense network), 기기 간 통신 (Device to Device communication: D2D), 무선 백홀 (wireless backhaul), 이동 네트워크 (moving network), 협력 통신 (cooperative communication), CoMP (Coordinated Multi-Points), 및 수신 간섭제거 (interference cancellation) 등의 기술 개발이 이루어지고 있다.

[0005] 이 밖에도, 5G 시스템에서는 진보된 코딩 변조(Advanced Coding Modulation: ACM) 방식인 FQAM (Hybrid FSK and QAM Modulation) 및 SWSC (Sliding Window Superposition Coding)과, 진보된 접속 기술인 FBMC(Filter Bank Multi Carrier), NOMA(non orthogonal multiple access), 및SCMA(sparse code multiple access) 등이 개발되고 있다.

[0006] 다중 안테나를 사용하나 상기 다중 안테나의 개수만큼 아날로그 디지털 컨버터(analog digital converter; ADC)가 존재하지 않는 시스템의 경우, 상기 다중 안테나에서 수신한 다수의 신호들이 결합되어 ADC로 입력된다. 따라서, 한번에 상기 다중 안테나에 대한 모든 채널 정보를 얻는 것은 불가능하다. 그러나, 시스템의 성능을 최적화하기 위하여는 상기 채널 정보가 필요하기 때문에 채널 정보를 획득할 수 있는 방법이 필요하다.

[0007] 실제 채널에 무선 주파수(RF: radio frequency) 빔(beam)의 팩터(factor)가 곱해진 형태의 유효 채널을 이용하는 시스템에서는 RF 빔의 선택에 따라서 시스템의 성능이 결정되게 된다. 다수의 RF 빔 중에 선택하여 사용할 수 있는 송신 장치와 수신 장치는 최적의 성능을 가져다 주는 RF 빔을 찾기 위해 모든 가능한 경우에 대하여 고려할 수 있다. 그러나, 송신 장치 및 수신 장치가 모든 가능한 RF 빔을 고려하게 될 경우, 복잡도가 너무 높아져 상당한 시간을 소요하게 된다. 따라서, 시스템의 복잡도가 너무 높지 않으며, 최적의 성능을 가져다 주는 RF 빔을 찾는 방법이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 개시는 다중 안테나를 사용하는 시스템에서 수신 장치가 무선 주파수(RF: radio frequency) 빔을 선택함에 있어서, 실제 채널을 계산하고, 상기 계산한 값을 이용하여 상기 수신 장치 및 송신 장치가 사용할 RF 빔을 선택하는 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0009] 다중 안테나를 사용하여 송신 장치로부터 신호를 수신하는 시스템에서 RF(radio frequency) 빔을 선택하는 방법에 있어서, 상기 송신 장치로부터 파일럿 시퀀스가 송신되는 파일럿 구간의 개수를 상기 송신 장치의 개수에 근거하여 결정하는 과정, 상기 파일럿 구간의 개수만큼 부분적 실제 채널 정보 추정을 반복하여 전체의 실제 채널 정보를 추정하는 과정, 및 상기 전체의 실제 채널 정보를 이용하여 수신 RF 빔 및 상기 송신 장치의 송신 RF 빔을 선택하는 과정을 포함한다.

[0010] 다중 안테나를 사용하여 송신 장치로부터 신호를 수신하는 수신 장치는, 상기 송신 장치로부터 파일럿 시퀀스가

송신되는 파일럿 구간의 개수를 상기 송신 장치의 개수에 근거하여 결정하고, 상기 파일럿 구간의 개수만큼 부분적 실제 채널 정보 추정을 반복하여 전체의 실제 채널 정보를 추정하는 실제 채널 추정부, 및 상기 전체의 실제 채널 정보를 이용하여 수신 RF 빔 및 상기 송신 장치의 송신 RF 빔을 선택하는 RF 빔 선택부를 포함한다.

발명의 효과

[0011] 본 개시는 다중 사용자 환경에서 실제 채널 정보를 획득하는 방법과, 송신 장치와 수신 장치가 최적의 RF 빔을 선택함에 있어 비교적 낮은 복잡도를 가지면서도 최적에 가까운 성능을 제공하는 알고리즘을 제공한다. 본 개시에 따라 설계된 메트릭을 이용하여 RF 빔을 선택하는 알고리즘을 구현하는 수신 장치는 모든 가능한 경우를 고려하지 않으므로 복잡도가 낮으면서도 최적에 근접하는 성능으로 RF 빔을 선택할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1는 본 개시에 따른 실시예를 적용할 수 있는 다중 사용자 환경,

도 2는 본 개시에 따른 실시예로, 송신 장치의 아날로그 빔 포밍부 구조를 도시한 도면,

도 3는 본 개시에 따른 실시예로, 수신 장치가 하이브리드 빔 포밍 구조일 경우의 일 예를 도시한 도면,

도 4는 본 개시에 따른 실시예로, 부분적으로 실제 채널을 추정하는 방법을 도시한 도면,

도 5는 본 개시에서 제안하는 저복잡도 RF 빔 선택 알고리즘을 나타낸 순서도,

도 6은 본 개시의 일 실시예에 따른 수신 장치의 동작을 도시한 순서도,

도 7는 본 개시에 따른 일 실시예로 송신 장치와 수신 장치간의 동작 흐름을 설명하기 위한 흐름도, 및

도 8은 본 개시에 따른 일 실시예로 RF 빔 선택 알고리즘을 구현하기 위한 시스템을 도시한 블럭도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 개시의 바람직한 실시예에 대한 동작 원리를 상세히 설명한다. 도면상에 표시된 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 참조번호로 나타내었으며, 다음에서 본 개시를 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 개시의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 개시에서의 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.

[0014] 도 1는 본 개시에 따른 실시예를 적용할 수 있는 다중 사용자 환경을 나타낸 것이다.

[0015] 도 1에 따르면, 하나의 기지국(101)은 적어도 하나의 사용자 단말(102)과 통신할 수 있다. 상기 기지국(101)은 상기 적어도 하나의 사용자 단말(102)과 통신하기 위하여 다수의 안테나(즉, 다중 안테나)를 가질 수 있으며, 상기 적어도 하나의 사용자 단말(102)도 상기 기지국(101)과 통신하기 위하여 다수의 안테나를 가질 수 있다.

[0016] 다수의 안테나를 가지는 기지국 및 사용자 단말의 구성은 이하에서 자세히 설명하기로 한다.

[0017] 이하의 실시예에서는, 송신 장치와 수신 장치를 예로 설명할 것이다. 상기 송신 장치와 상기 수신 장치는, 상황에 따라 각각, 기지국과 사용자 단말, 사용자 단말과 기지국이 될 수 있다. 또한, 상기 송신 장치와 상기 수신 장치는, 각각, 기지국과 중계국(RS: relay station), 중계국과 사용자 단말, 사용자 단말과 다른 사용자 단말도 될 수 있다.

[0018] 도 2는 본 개시에 따른 실시예로, 송신 장치의 아날로그 빔 포밍부의 구조를 도시한 도면이다.

[0019] 송신 장치는 디지털 아날로그 컨버터(DAC: digital analogue converter, 이하 'DAC')(201)를 이용해 송신하고자 하는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변경하여, 상기 변경된 아날로그 신호를 아날로그 빔 포밍부(202)로 입력한다. 상기 아날로그 빔 포밍부(202)로 입력된 상기 변경된 아날로그 신호는 안테나(205)를 이용한 빔 포밍에 사용된다. 상기 아날로그 빔 포밍부(202)는 일 예로 믹서(mixer)(203), 위상 변환기(phase shifter)(207), 파워 앰프 (PA: power amplifier, 이하 'PA')(204), 및 배열 안테나(205) 등을 포함할 수 있다. 상기 배열 안테나(205)에 위치한 요소 안테나(206)는 각각 상기 PA(204)와 연결될 수 있다.

[0020] 이하에서, 상기 송신 장치는 N_{user} 개의 안테나를 가지고 아날로그 빔 포밍을 하는 것으로 가정될 것이다.

[0021] 도 3은 본 개시에 따른 실시예로, 수신 장치가 하이브리드 빔 포밍 구조일 경우의 일 예를 도시한 도면이다.

[0022] 도 3의 수신 장치의 구조와 같이, 디지털 빔 포밍부와 아날로그 빔 포밍부가 합쳐진 구조를 하이브리드 구조라고 한다.

[0023] 도 3을 참조하면, 수신 장치는 디지털 빔 포밍부(DBF: digital beam forming)(301)와 아날로그 빔 포밍부(ABF: analog beam forming)(302)를 포함할 수 있다.

[0024] 수신 장치는 송신 장치가 송신한 무선 주파수(RF: radio frequency, 이하 'RF') 신호를 다수의 안테나로 수신할 수 있다. 상기 수신 장치가 N_s 개의 RF 체인을 갖고 각 RF 체인이 N_{BS}^{RF} 개의 안테나를 갖는다면, 상기 수신 장치는 총 $N_{BS}=N_S\times N_{BS}^{RF}$ 개의 안테나를 갖게 된다. 또한, 상기 수신 장치는 N_s 개(즉, RF 체인 개수만큼)의 송신 장치로부터 서로 다른 RF 신호를 수신하여, 데이터를 복호화할 수 있다. 여기서, RF 체인은 RF 신호를 수신하여 RF 처리를 수행하고 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 일련의 구성부를 의미한다. 예를 들어, 하나의 RF 체인은 아날로그 빔포밍 모듈과 상응하는 적어도 하나의 ADC 모듈을 포함할 수 있다.

[0025] 상기 수신장치에서 N_{BS} 개의 안테나(309)를 통해 수신된 RF 신호는 상기 아날로그 빔 포밍부(302)의 PA(304), 위상 변환기(phase shifter)(310), 믹서(305) 등에서 처리된 후, 상기 디지털 빔 포밍부(301)의 아날로그 디지털 컨버터(ADC: analog digital converter, 이하 'ADC')(306)로 입력된다. 디지털 신호로 변환된 RF 신호는 상기 디지털 빔 포밍부(301)내의 기저대역 필터(BB filter: baseband filter)(307), MIMO 디코더(MIMO decoder: multi-input multi-output decoder)(308)등에 의해 처리된다.

[0026] 이하에서는, 일 예로 도 3의 수신 장치를 거치는 동안 RF 신호가 변화하는 과정을 수학식을 이용해 설명한다.

[0027] 먼저, 다수의 송신 장치 중 i번째 송신 장치가 송신하는 신호는 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0028] $$\mathbf{x}_i = \mathbf{t}_i s_i$$

[0029] 여기서 s_i 는 상기 i번째 송신 장치의 데이터 스트림을 나타내며, $\mathbf{t}_i = \begin{bmatrix} t_1 & \cdots & t_{N_{user}} \end{bmatrix}^T$ 는 상기 i번째 송신 장치의 아날로그 빔 포밍 벡터를, N_{user} 는 상기 i번째 송신 장치가 가지는 안테나의 개수를 나타낸다. 각 송신 장치는 $\|\mathbf{x}_i\|^2 \le P$ 의 전력 제약 조건이 있다.

[0030] 수신 장치가 서로 다른 K개의 RF 신호를 동시에 수신하여 처리하는 경우, 상기 수신 장치가 수신하는 신호는 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

[0031] $$\mathbf{y} = \sum_{i=1}^{K} \mathbf{H}_i \mathbf{x}_i + \mathbf{n} = \sum_{i=1}^{K} \mathbf{H}_i \mathbf{t}_i s_i + \mathbf{n}$$

[0032] 여기서 $\mathbf{H}_i$ 는 상기 수신 장치와 상기 i번째 송신 장치 사이의 실제 채널 행렬을 나타내고, $\mathbf{n}$은 평균이 0이

고 분산이 σ^2 인 잡음을 나타낸다.

[0033] 상기 수신 장치로 수신된 신호(y)는 상기 수신 장치의 RF 체인(예를 들어, 303)에 의해 처리되게 된다.

[0034] 상기 수신 장치의 모든 RF 체인을 수학식으로 나타내기 위하여, 상기 수신 장치의 l번째 RF 체인의 j번째 안테나에 대한 위상 변이 값을 b_j^l 라고 한다면 상기 l번째 RF 체인에 해당하는 아날로그 빔 포밍 벡터 $\mathbf{b}_l$ 은 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

[0035]
$$\mathbf{b}_l = \begin{bmatrix} b_1^l \\ \vdots \\ b_{N_{BS}^{RF}}^l \end{bmatrix}$$

[0036] 여기서 N_{BS}^{RF} 는 상기 수신 장치의 l번째 RF 체인이 가지는 안테나의 개수를 나타낸다.

[0037] 따라서, 상기 수신 장치의 모든 RF 체인에 대한 아날로그 빔 포밍 벡터 B 는 수학식 4와 같이 나타낼 수 있으며, $mat[\mathrm{b}]$ 로 정의하기로 한다.

수학식 4

[0038]
$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_1^T & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{b}_{N_s}^T \end{bmatrix} = mat[\mathbf{b}]$$

[0039] 여기서 b는 상기 수신 장치의 모든 위상 변이의 값들로 이루어진 벡터(즉, $\mathbf{b} = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_1^T & \cdots & \mathbf{b}_{N_s}^T \end{bmatrix}^T$ 를 나타내며, $\mathrm{N_s}$ 는 상기 수신 장치의 RF 체인의 개수를 나타낸다.

[0040] 상기 수학식 4를 이용하여, 상기 수신 장치 내의 아날로그 빔 포밍부(302) 및 디지털 빔 포밍부(301)의 ADC(306), 즉 RF 체인에 의해 처리된 신호($\bar{y}$)는 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 5

[0041]
$$\bar{\mathbf{y}} = \mathbf{B}\sum_{i=1}^{K}\mathbf{H}_i\mathbf{t}_i s_i + \mathbf{B}\mathbf{n} = \sum_{i=1}^{K}\mathbf{h}_i^{eff} s_i + \bar{\mathbf{n}} = \begin{bmatrix} \mathbf{h}_1^{eff} & \cdots & \mathbf{h}_K^{eff} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} s_1 \\ \vdots \\ s_K \end{bmatrix} + \bar{\mathbf{n}} = \mathbf{H}^{eff}\mathbf{s} + \bar{\mathbf{n}}$$

[0042] 여기서 $\mathbf{h}_i^{eff}$ 는 상기 i번째 송신 장치와 상기 수신 장치 사이의 유효 채널로, 실제 채널($\mathbf{H}_i$), 상기 수신 장치의 아날로그 빔 포밍 벡터(B) 및 상기 i번째 송신 장치의 아날로그 빔 포밍 벡터($\mathbf{t}_i$)가 곱해진 형태($\mathbf{h}_i^{eff} = \mathbf{B}\mathbf{H}_i\mathbf{t}_i$)로 나타낼 수 있다.

[0043] RF 체인 이후의 신호에 관한 설명은 본 개시의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있어 생략될 것이다.

[0044] 상기 수학식 5로부터, $\bar{y}$ (시스템의 성능으로 판단될 수 있는 파라메터)는 유효 채널($\mathbf{h}_i^{eff}$)에 의해서 결정될 수 있음을 알 수 있다. 즉, 시스템 성능을 최대로 하는 RF빔의 선택은 유효 채널을 최대로 하는 RF 빔을 선택으로 표현될 수 있다. 상기 수신 장치는, 상기 유효 채널을 계산하기 위해 실제 채널($\mathbf{H}_i$)을 추정해야하므로, 실제 채널 정보를 획득하는 방법이 필요하다.

[0045] 실제 채널 정보를 획득할 수 있는 방법의 일 예로, 수신 장치는 상기 수신 장치의 각 RF 체인의 안테나들을 차례로 작동시켜가며 실제 채널을 추정할 수 있다. 즉, 상기 수신 장치는 부분적으로 실제 채널을 추정하는 작업을 반복하여 전체 실제 채널 정보를 획득할 수 있다.

[0046] 도 4는 본 개시에 따른 실시예로, 부분적으로 실제 채널을 추정하는 방법을 도시한 도면이다. 구체적으로, 도 4는 2개의 안테나(404a, 404b)를 갖는 i번째 송신 장치와, 3개의 RF 체인(403a, 403b, 403c)을 갖는 수신 장치를 나타내고 있다. 상기 수신 장치의 RF 체인 각각은 2개의 안테나를 갖는다.

[0047] 부분적으로 실제 채널을 추정하기 위해, 상기 수신 장치가 먼저 하나의 파일럿 구간 동안 각 RF 체인에서 얻고자 하는 채널 계수에 해당하는 하나의 안테나(예를 들어, 401a, 401b, 401c)만 작동시키고 나머지 안테나(예를 들어, 402a, 402b, 402c)는 동작을 정지시킨 상태에서, 상기 i번째 송신 장치는 제1 안테나(404a)만을 사용하여 파일럿 시퀀스를 보낸다. 송신 장치가 다수(K개) 존재하는 경우, 상기 각 송신 장치에 대한 실제 채널 정보를 추정하기 위해서 상기 파일럿 시퀀스의 길이(τ), 즉 파일럿 시퀀스의 엘리멘트(element)의 개수 τ 는 상기 송신 장치의 개수(K)보다 크거나 같을 수 있다.

[0048] 상기 파일럿 구간 동안, 상기 수신 장치가 수신하여 아날로그 빔 포밍부에 의해 처리된 신호($\bar{\mathbf{Y}}$)는 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

[0049]
$$\bar{\mathbf{Y}} = \sum_{i=1}^{K} \mathbf{B}\mathbf{H}_i\mathbf{t}_i\mathbf{p}_i^T + \bar{\mathbf{N}} = \sum_{i=1}^{K} \begin{bmatrix} \mathbf{b}_1^T & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{b}_2^T & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{b}_3^T \end{bmatrix} \mathbf{H}_i \begin{bmatrix} t_1^i \\ t_2^i \end{bmatrix} \mathbf{p}_i^T + \bar{\mathbf{N}} = \sum_{i=1}^{K} \begin{bmatrix} b_1^1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_1^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & b_1^3 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{H}_i \begin{bmatrix} t_1^i \\ 0 \end{bmatrix} \mathbf{p}_i^T + \bar{\mathbf{N}}$$

$$\mathbf{p}_i = \begin{bmatrix} p_1^i \\ \vdots \\ p_\tau^i \end{bmatrix}$$

[0050] 여기서 는 i번째 송신 장치의 파일럿 시퀀스를 나타낸다. 수학식 6은, 구체적으로 도 4를 반영하여, 상기 수신 장치의 RF 체인의 개수를 3개, 상기 각각의 RF 체인의 안테나 개수는 2개 및 상기 i번째 송신 장치의 안테나 개수를 2개로 나타낸 것이다. 따라서, 여기서 상기 i번째 송신 장치의 실제 채널 행렬($\mathbf{H}_i$)는

$\begin{bmatrix} h_{11}^i & h_{12}^i \\ h_{21}^i & h_{22}^i \\ h_{31}^i & h_{32}^i \\ h_{41}^i & h_{42}^i \\ h_{51}^i & h_{52}^i \\ h_{61}^i & h_{62}^i \end{bmatrix}$ 와 같이 나타낼 수 있다. 여기서, 예를 들어 h_{21}^i는 i번째 송신 장치의 제1 안테나로 RF 신호를 송신하고 수신 장치의 제2 안테나로 상기 RF 신호를 수신할 때 실제 채널 값을 나타낸다. 또 다른 예로, h_{42}^i는 i번째 송신 장치의 제2 안테나로 RF 신호를 송신하고 수신 장치의 제4 안테나로 상기 RF 신호를 수신할 때 실제 채널 값을 나타낸다.

[0051] 상기 송신 장치들 간의 서로 다른 파일럿 시퀀스들을 서로 직교하게 하는 경우, 상기 수신 장치는, 수학식 7과 같은 방식으로, 상기 i번째 송신 장치의 부분적인 실제 채널($\hat{h}_{11}^i$, $\hat{h}_{31}^i$, $\hat{h}_{51}^i$)을 획득할 수 있다.

수학식 7

[0052]
$$\begin{bmatrix} \hat{h}_{11}^i \\ \hat{h}_{31}^i \\ \hat{h}_{51}^i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{b_1^1 t_1^i} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{b_1^2 t_1^i} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{b_1^3 t_1^i} \end{bmatrix} \bar{\mathbf{Y}}\left(\mathbf{s}_i^T\right)^H = \begin{bmatrix} \frac{1}{b_1^1 t_1^i} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{b_1^2 t_1^i} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{b_1^3 t_1^i} \end{bmatrix} \left(\sum_{i=1}^{K} \begin{bmatrix} b_1^1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_1^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & b_1^3 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{H}_i \begin{bmatrix} t_1^i \\ 0 \end{bmatrix} \mathbf{p}_i^T + \bar{\mathbf{N}} \right) = \begin{bmatrix} h_{11}^1 \\ h_{31}^1 \\ h_{51}^1 \end{bmatrix} + \tilde{\mathbf{n}}$$

[0053] 즉, 상기 수신 장치는 상기 송신 장치(들)의 RF 빔의 정보, 즉 파일럿 시퀀스를 알고 있기 때문에, 상기 수학식 7을 이용해서 한 번의 파일럿 구간 동안 N_S (상기 수신 장치의 RF 체인 개수)개의 실제 채널 계수($\hat{h}_{11}^i$, $\hat{h}_{31}^i$, $\hat{h}_{51}^i$)를 계산할 수 있다. 하지만, 상기 수신 장치가 전체 실제 채널 계수를 알아내기 위해서는 총 송신 장치의 안테나 개수 x 수신 장치의 안테나 개수 (즉, $N_{BS} \times N_{user}$)(개)의 채널 계수를 필요로 한다. 그러므로, 상기 수신 장치는 다음 파일럿 구간 동안 상기 동작 중인 안테나(401a, 401b, 401c)의 작동을 정지시키고, 작동이 정지되어 있던 나머지 안테나(402a, 402b, 402c)는 동작시켜 얻지 못했던 나머지 채널 계수($\hat{h}_{21}^i$, $\hat{h}_{41}^i$, $\hat{h}_{61}^i$)를 계산할 수 있다. 이와 같은 방식으로, 상기 i번째 송신 장치는 제2 안테나(404b)만을 사용하여 다음(next)의 파일럿 시퀀스를 전송함으로써, 실제 채널 계수($\hat{h}_{12}^i$, $\hat{h}_{22}^i$, $\hat{h}_{32}^i$, $\hat{h}_{42}^i$, $\hat{h}_{52}^i$, $\hat{h}_{62}^i$)를 계산할 수 있다.

[0054] 따라서, 상기 수신 장치는 모든 송신 장치의 실제 채널 정보를 얻기 위해서 $\frac{N_{BS} \times N_{user}}{N_S} = \frac{N_S \times N_{BS}^{RF} \times N_{user}}{N_S} = N_{BS}^{RF} \times N_{user}$ 개의 파일럿 구간이 필요하며, 상기 파일럿 구간들이 가지는 시퀀스의 총 길이는 $N_{BS}^{RF} \times N_{user} \times \tau$ 이상이 되어야 한다.

[0055] 수신 장치는 상기와 같은 부분적으로 채널 정보를 획득하는 방법을 이용해, 전체 실제 채널에 대한 정보를 획득한 후에, 송신 장치들과 신호를 송수신하기 위한 최적의 RF 빔 즉, 위상 변환기(phase shifter)의 값을 선택하여야 한다. 즉, RF 빔을 선택한다는 것은 위상 변환기의 설정 값을 선택한다는 것을 의미한다. 또한, 위상 변환기의 설정 값 즉, 위상 변이 값은 아날로그 빔 포밍 벡터로 표현되므로, RF 빔을 선택한다는 것은 아날로그 빔 포밍 벡터를 결정하는 것을 의미할 수 있다.

[0056] 모든 가능한 경우(일 예로, 모든 위상 변환기의 값)를 비교하여 최적의 성능을 제공하는 RF 빔을 찾는 것은 시

스템의 복잡도를 높이게 된다. 때문에, 본 개시는, 모든 가능한 경우가 아니라, 일부의 경우만 비교하여서도 최적의 성능을 찾아낼 수 있는 알고리즘을 제공하고자 한다.

[0057] 이하는, 상기 알고리즘을 표현하기 위하여 필요한 수식들을 나타낸다.

[0058] 상기 수신 장치내의 상기 아날로그 빔 포밍부에 의해 처리된 신호($\overline{\mathbf{Y}}$)는 디지털 빔 포밍부에 의해 처리된다. 상기 수신 장치내의 상기 디지털 빔 포밍부에서는, 계산의 편의를 위하여, 상기 처리된 신호에서 상기 i 번째 송신 장치의 데이터 스트림 s_i 만을 남겨두는 절차 즉, 제로 포싱(zero forcing)을 고려할 수 있다. 상기 디지털 빔 포밍부에 의해 처리된 신호($\tilde{\mathbf{y}}$)는 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

[0059]
$$\tilde{\mathbf{y}} = \mathbf{W}\overline{\mathbf{y}} = \left(\mathbf{H}^{eff^H}\mathbf{H}^{eff}\right)^{-1}\mathbf{H}^{eff^H}\overline{\mathbf{y}} = \begin{bmatrix} s_1 \\ \vdots \\ s_K \end{bmatrix} + \left(\mathbf{H}^{eff^H}\mathbf{H}^{eff}\right)^{-1}\mathbf{H}^{eff^H}\overline{\mathbf{n}}$$

[0060] 상기 디지털 빔 포밍부에서는 제로 포싱이 고려되었기 때문에, 제로 포싱을 위한 행렬($\mathbf{W}$)는 $\mathbf{W} = \left(\mathbf{H}^{eff^H}\mathbf{H}^{eff}\right)^{-1}\mathbf{H}^{eff^H}$ 으로 나타낼 수 있다.

[0061] 송신 장치와 수신 장치를 갖는 시스템에서, 송신 장치가 두 개(i = 1, 2) 존재할 경우, 상기 시스템의 총 전송률(R)은 수학식 9와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 9

[0062]
$$R = \sum_{i=1}^{2}\log_2\left(1+\frac{P}{N_{user}\times N_{BS}^{RF}\times\sigma^2\times\left[\mathbf{H}^{eff^H}\mathbf{H}^{eff}\right]_{i,i}^{-1}}\right)$$
$$= \log_2\left(1+\frac{P\left\|\mathbf{h}_1^{eff}\right\|^2\sin\theta_{12}}{N_{user}\times N_{BS}^{RF}\times\sigma^2}+\frac{P\left\|\mathbf{h}_2^{eff}\right\|^2\sin\theta_{12}}{N_{user}\times N_{BS}^{RF}\times\sigma^2}+\frac{P^2\left\|\mathbf{h}_1^{eff}\right\|^2\left\|\mathbf{h}_2^{eff}\right\|^2\sin\theta_{12}^{\,2}}{N_{user}\times N_{BS}^{RF}\times\sigma^2\times N_{user}\times N_{BS}^{RF}\times\sigma^2}\right)$$

[0063] 여기서 θ_{12} 는, 1 번째 송신 장치와 상기 수신 장치 사이의 유효 채널 벡터 $\mathbf{h}_1^{eff}$ 와 2 번째 송신 장치와 상기 수신 장치 사이의 유효 채널 벡터 $\mathbf{h}_2^{eff}$ 사이의 각도를 의미한다.

[0064] 시스템의 전송률을 최대로 하기 위한 RF 빔 선택시, 수학식 9를 이용할 수 있다. 벡터 $\mathbf{h}_1^{eff}$ 와 $\mathbf{h}_2^{eff}$ 로 표현된 수학식 9의 일부를 수학식 10과 같이 벡터 $\mathbf{a}$, $\mathbf{b}$ 에 대해 시스템 전송률 메트릭 $f(a, b)$ 으로 정의할 수 있다. 따라서, RF 빔 선택시 계산의 복잡도를 낮추기 위하여 수학식 10을 이용할 수 있다.

수학식 10

$$f(\mathbf{a},\mathbf{b}) = \frac{P\|\mathbf{a}\|^2 \sin\theta_{ab}}{N_{user} \times N_{BS}^{RF} \times \sigma^2} + \frac{P\|\mathbf{b}\|^2 \sin\theta_{ab}}{N_{user} \times N_{BS}^{RF} \times \sigma^2} + \frac{P^2\|\mathbf{a}\|^2\|\mathbf{b}\|^2 \sin\theta_{ab}^{\ 2}}{N_{user} \times N_{BS}^{RF} \times \sigma^2 \times N_{user} \times N_{BS}^{RF} \times \sigma^2}$$

[0065]

[0066] 상기 수신 장치는 미리 정해진 (N_{BS}^{BSS} ; a number of beams set S for a base station)개의 빔들 중에서 하나를 수신 RF 빔으로 정하게 된다. N_{BS}^{BSS} 개의 RF 빔으로 이루어진 집합($\mathbf{G}_{BS}$)은 수학식 11과 같이 표현될 수 있다.

수학식 11

$$\mathbf{G}_{BS} = \left\{ \mathbf{g}_1, \quad \cdots, \quad \mathbf{g}_{N_{BS}^{BSS}} \right\}$$

[0067]

[0068] 상기 각 송신 장치는 미리 정해진 N_{user}^{BSS} (; a number of beam set S for a user equipment)개의 빔들 중에서 하나를 송신 RF 빔으로 정하게 된다. N_{user}^{BSS} 개의 RF 빔으로 이루어진 집합($\mathbf{C}_{user}$)은 수학식 12와 같이 표현될 수 있다.

수학식 12

$$\mathbf{C}_{user} = \left\{ \mathbf{c}_1, \quad \cdots, \quad \mathbf{c}_{N_{user}^{BSS}} \right\}$$

[0069]

[0070] 상기 수신 장치와 i번째 송신 장치가 각각 $\mathbf{g}_m$ 와 $\mathbf{c}_n$ 를 RF 빔으로 선택하였을 경우, 유효 채널 벡터($\mathbf{h}_i^{eff}$)는 수학식 13과 같이 표현될 수 있다.

수학식 13

$$\mathbf{h}_i^{eff}(\mathbf{g}_m, \mathbf{c}_n) = mat[\mathbf{g}_m]\mathbf{H}_i\mathbf{c}_n = \mathbf{G}_m\mathbf{H}_i\mathbf{c}_n$$

[0071]

[0072] 이상의 수학식들을 이용하여, 이하에서는 RF 빔 선택 알고리즘에 대하여 설명한다.

[0073] 도 5는 본 개시에서 제안하는 수신 장치의 RF 빔 선택 알고리즘을 나타낸 순서도이다.

[0074] 본 개시의 일 실시예에 따른 수신 장치는 상기 수신 장치의 RF 빔을 하나씩 바꾸어 가면서 총 전송률을 비교하여 총 전송률이 가장 큰 경우에 해당하는 상기 수신 장치의 RF 빔과 각 송신 장치의 RF 빔을 선택할 수 있다.

[0075] 501단계는 상기 수신 장치가 필요한 변수를 초기화하는 단계이다. 전송률을 나타내기 위한 변수인 R_{THR}을 0으로 초기화하고, 수신 장치가 지원하는 RF 빔의 개수를 세기 위한 변수인 m을 0으로 초기화한다.

[0076] 502단계에서 상기 수신 장치는 상기 변수 m을 증가시킨다. 502단계의 수행은 상기 수신 장치가 상기 수신 장치의 RF 빔 선택($\mathbf{g}_m$)을 의미한다.

[0077] 503단계에서 상기 수신 장치는 송신 장치에 대한 유효 채널 벡터의 최대값($\mathbf{x_i}$) 및 상기 최대값을 갖는 송신 장치의 인덱스(i)를 구한다. 구체적으로, 집합 Ω 는 송신 장치들의 인덱스 집합을 의미하며(일 예로, K개의 송신 장치가 있다고 가정한다), 집합 S 는 선택된 송신 장치의 인덱스를 이동시켜 놓기 위한 집합이다. 따라서, 집합 Ω 는 모든 송신 장치들의 인덱스를 원소로 갖으며, 집합 S 는 공집합이 된다. 상기 모든 송신 장치 중에서 유효 채널 벡터가 가장 큰 송신 장치를 찾아 상기 찾은 송신 장치의 인덱스(i)를 집합 Ω 에서 삭제하고, 집합 S 에 추가한다.

[0078] 504단계에서 상기 수신 장치는 집합 S 에 속하는 송신 장치들에 대한 가중치 유효 채널과 집합 Ω 에 남아있는 송신 장치의 유효 채널 벡터의 메트릭 $f(a, b)$ 을 계산하여 가장 큰 값을 가지는 사용자와 그에 해당하는 RF 빔을 선택하게 된다.

[0079] 505단계에서 상기 수신 장치는 선택된 송신 장치의 수($|S|$)가 수신 장치의 RF 체인의 수($\mathbf{N_s}$)보다 작은지 확인한다. 상기 송신 장치의 수가 상기 수신 장치의 RF 체인의 수보다 작다면 상기 수신 장치는 504단계를 다시 수행하며, 그렇지 않다면 506단계를 수행한다.

[0080] 506단계에서 상기 수신 장치는 선택된 RF 빔들에 대하여 전송률(R_{NEW} , 수학식 9)을 계산한다.

[0081] 507단계에서 상기 수신 장치는 506단계에서 계산한 전송률(R_{NEW})이 R_{THR} 보다 큰지 확인한다. 상기 R_{NEW} 이 R_{THR} 보다 크다면 상기 수신 장치는 509단계를 수행하고, 그렇지 않다면 508단계를 수행한다.

[0082] 508단계에서 상기 수신 장치는 503단계부터 507단계 또는 509단계까지의 단계를 포함하는 하나의 프로세스(또는 그룹, 또는 싸이클) 수행(또는 반복) 횟수와 수신 장치가 지원하는 RF 빔의 개수(N_{BS}^{BSS})를 비교한다. 상기 수행 횟수와 상기 RF 빔의 개수가 동일하다면, 상기 수신 장치가 지원하는 모든 RF 빔에 대한 선택이 완료되었으므로 상기 수신 장치는 상기 RF 빔 선택 알고리즘의 수행을 끝마친다. 그러나, 상기 수행 횟수가 상기 RF 빔의 개수보다 부족하다면, 상기 수신 장치가 지원하는 모든 RF 빔에 대한 선택이 미완료된 상태이므로, 상기 수신 장치는 502단계부터 다시 수행한다.

[0083] 509단계에서 상기 수신 장치는 R_{THR} 을 R_{NEW} 로 갱신한다. 또한, 상기 수신 장치는, 수신 아날로그 빔 포밍 벡터($\widehat{\mathbf{B}}$)는 $\mathrm{mat}[g_m]$ 으로 설정하고, 각 송신 장치(i)의 송신 아날로그 빔 포밍 벡터($\hat{\mathbf{t}}_i$)는 $\mathbf{x_i}$ 로 설정한다.

[0084] 상기와 같은 방법으로 상기 수신 장치는 각 송신 장치 별로 최적의 RF 빔을 선택하게 된다.

[0085] 도 6은 본 개시의 일 실시예에 따른 수신 장치의 동작을 도시한 순서도이다.

[0086] 601단계에서 수신 장치는 송신 장치의 수에 근거하여 파일럿 구간의 개수를 결정한다.

[0087] 602단계에서 상기 수신 장치는 RF 체인의 안테나를 하나씩만 작동시킴으로써 부분적인 실제 채널을 추정한다.

[0088] 603단계에서는 602단계와 같은 방식으로 상기 파일럿 구간의 개수에 해당하는 횟수 만큼 부분적 실제 채널을 추정함으로써, 상기 수신 장치는 전체 실제 채널을 추정한다.

[0089] 604단계에서 상기 수신 장치는 도 5에서 설명한 RF 빔 선택 알고리즘을 수행하게 된다.

[0090] 605단계에서 상기 수신 장치는, 604단계의 상기 RF 빔 선택 알고리즘 수행 결과에 따라, 상기 수신 장치와 송신 장치들이 사용할 RF 빔을 선택하게 된다.

[0091] 606단계에서 상기 수신 장치는, 605단계에서 상기 송신 장치가 사용할 RF 빔으로 선택된, RF 빔에 대한 정보를 상기 송신 장치로 전송한다.

[0092] 선택된 RF 빔을 사용하여 상기 송신 장치와 상기 수신 장치는 통신을 할 수 있다.

[0093] 도 7는 본 개시에 따른 일 실시예로 송신 장치와 수신 장치간의 동작 흐름을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0094] 703단계에서 각 송신 장치(701-1, ..., 701-K)는 수신 장치로 전송할 파일럿 신호(또는 참조 신호)를 생성한다.

[0095] 704단계 및 705단계에서 상기 각 송신 장치(701-1, ..., 701-K)는 순서대로 상기 수신 장치로 상기 생성한 파일럿 신호를 전송한다.

[0096] 706단계에서 상기 수신 장치는 수신된 상기 파일럿 신호를 이용하여 채널 정보를 추정한다.

[0097] 707단계에서 상기 수신 장치는 도 5에서 설명한 RF 빔 선택 알고리즘을 사용하여 상기 송신 장치들에 최적인 RF 빔을 선택한다.

[0098] 708단계에서 상기 수신 장치는 상기 각 송신 장치로 피드백 할 RF 빔 선택 정보를 생성한다.

[0099] 709단계에서 상기 수신 장치는 상기 생성한 RF 빔 선택 정보를 상기 각 송신 장치로 송신한다.

[0100] 710단계에서는 상기 각 송신 장치는 수신한 상기 RF 빔 선택 정보를 바탕으로 RF 빔을 선택한다.

[0101] 도 8은 본 개시에 따른 일 실시예로 RF 빔 선택 알고리즘을 구현하기 위한 시스템을 도시한 블럭도이다.

[0102] 각 송신 장치(801)는 RF 빔 선택부(802), 피드백 수집부(803) 등으로 구성되며, 수신 장치(810)는 실제 채널 추정부(811), RF 빔 선택부(812), 피드백부(813) 등으로 구성될 수 있다. 또한, 상기 각 송신 장치(801)와 상기 수신 장치는 제어부, 송수신부 등으로 구성될 수 있다.

[0103] 구체적으로 도 4와 도 5를 참조하면, 수신 장치(810)는 본 개시에 따른 실제 채널을 추정하는 실재 채널 추정부(811)와, 본 개시에서 제안하는 RF 빔 선택 알고리즘으로 송신 장치(801)와 상기 수신 장치(810)가 사용할 RF 빔을 선택하는 RF 빔 선택부(812), 및 상기 RF 빔 선택부에 의해 선택된 RF 빔을 상기 송신 장치(801)로 전송하는 피드백부(813) 등으로 구성될 수 있다.

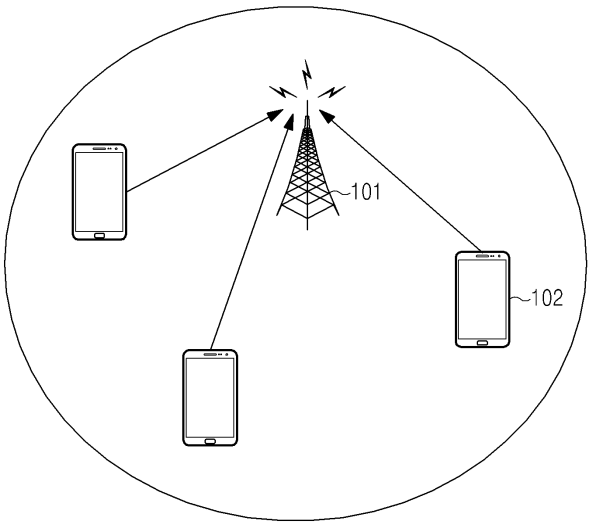
[0104] 송신 장치(801)는 상기 수신 장치(810)로부터 상기 선택된 RF 빔 정보를 수신하는 피드백 수집부(803)와 상기 선택된 빔 정보를 이용하여 RF 빔을 선택하는 RF 빔 선택부(802) 등으로 구성될 수 있다.

[0105] 상기 송신 장치(801)와 상기 수신 장치(810)는 별도의 구성부로 도시하였으나, 하나의 구성부로 구현될 수도 있을 것이다.

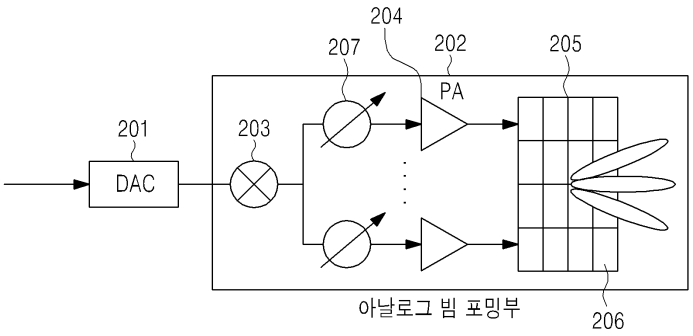
[0106] 한편 본 개시의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예에 관해 설명하였으나, 본 개시의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 개시의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

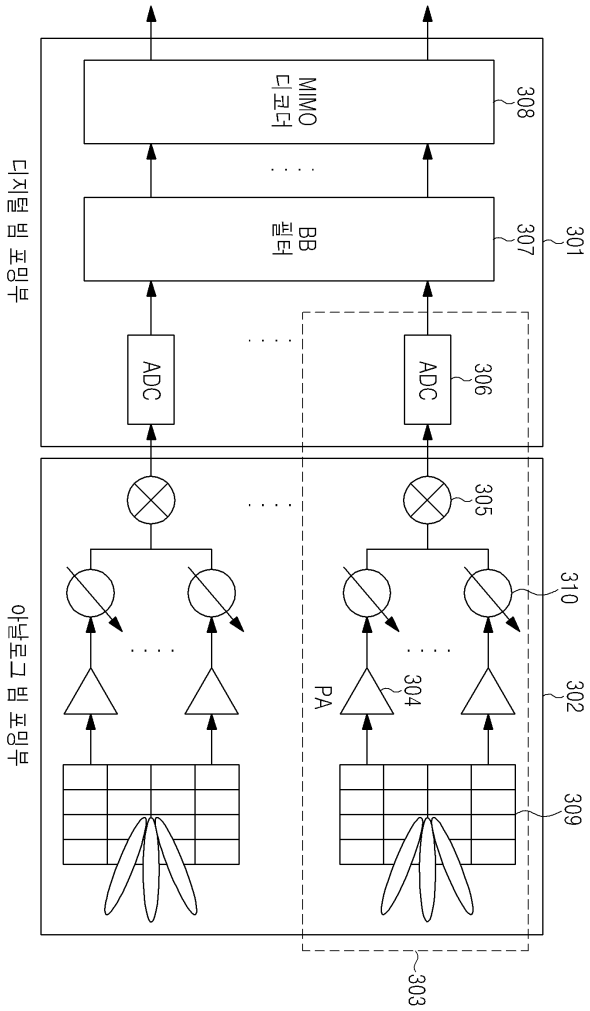
도면1



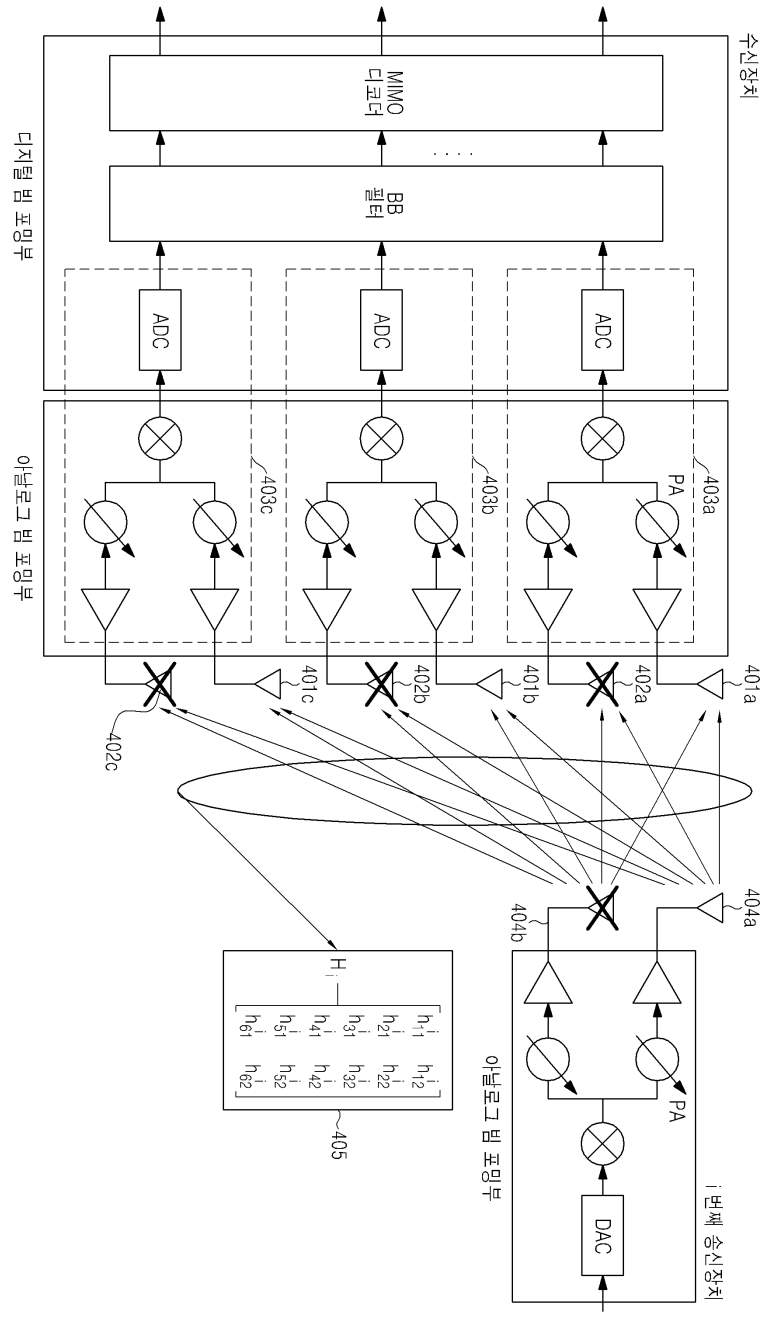
도면2



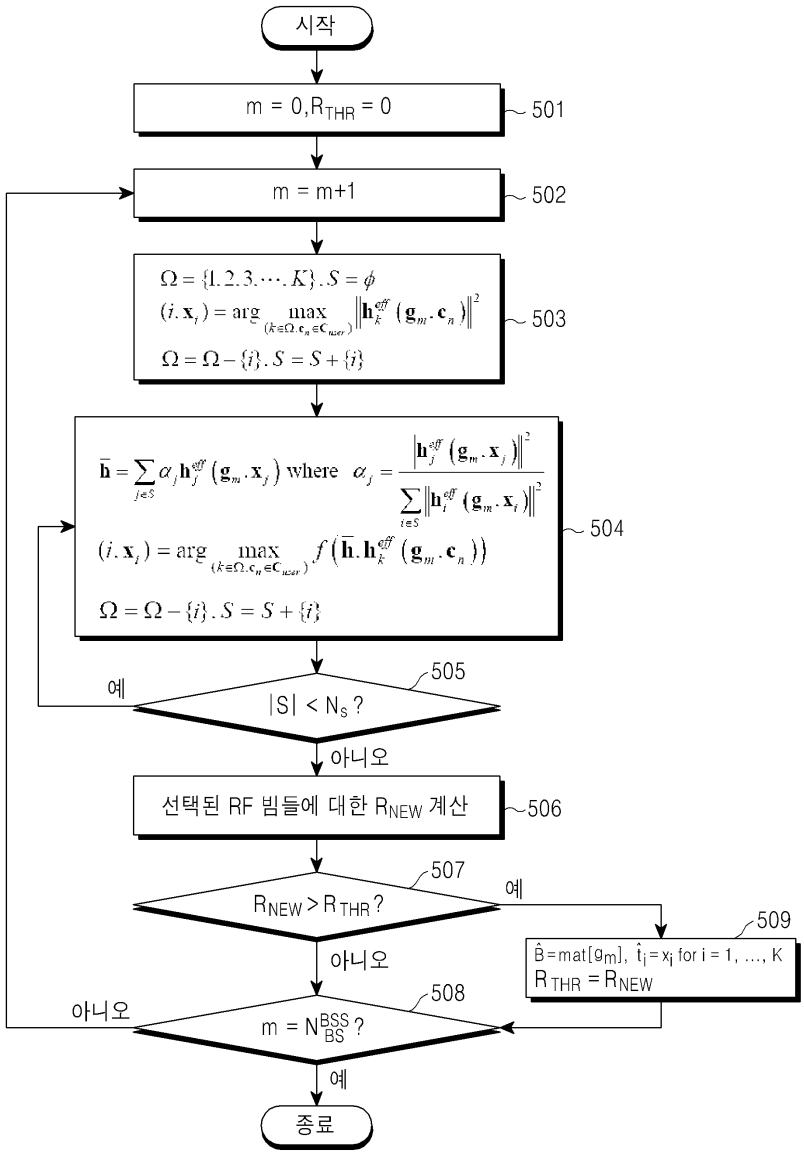
도면3


디지털 빔 포밍부
MIMO 디코더
308
BB 필터
307
301
ADC
ADC
306
305
310
아날로그 빔 포밍부
PA
304
302
309
303

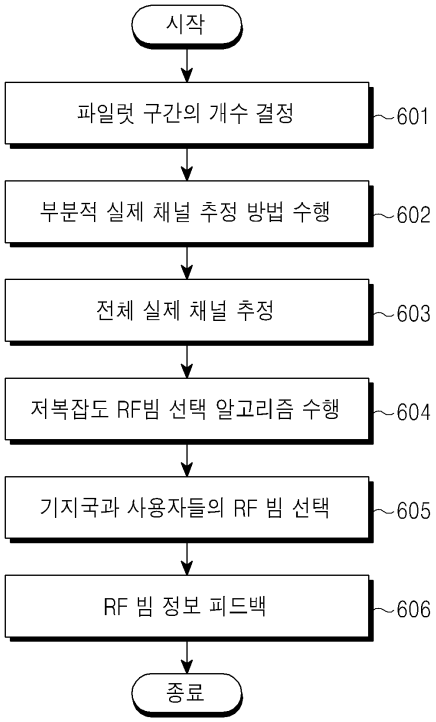
도면4


수신장치
MIMO 디코더
BB 필터
ADC
ADC
ADC
디지털 빔 포밍부
아날로그 빔 포밍부
403c
403b
403a
PA
401c
402b
401b
402a
401a
402c
404b
404a
H
405
아날로그 빔 포밍부
PA
DAC
i 번째 송신장치

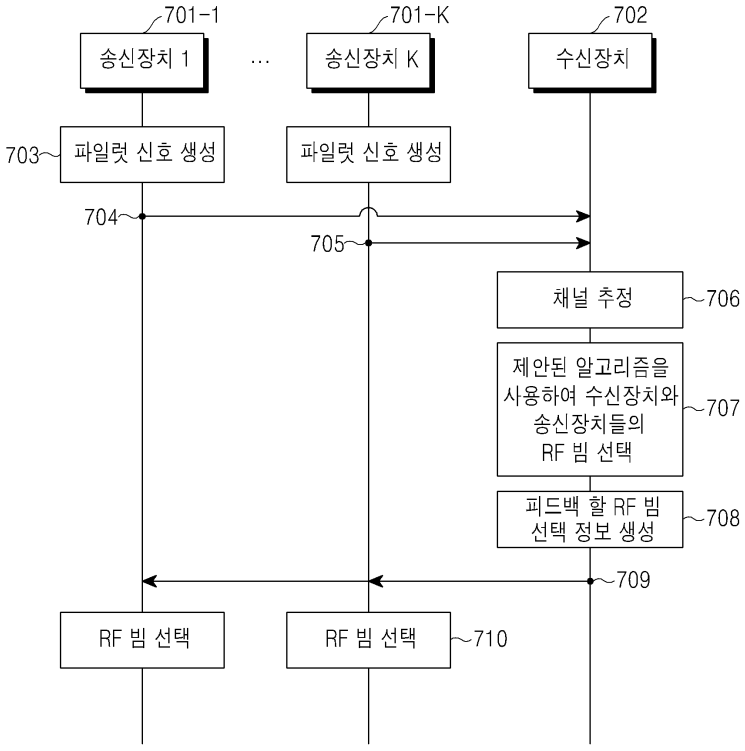
도면5


시작
m = 0,R_THR = 0
501
m = m+1
502
Ω = {1, 2, 3, ···, K}, S = φ
(i, x_i) = arg max_{(k∈Ω, c_n∈C_user)} ||h_k^eff (g_m, c_n)||^2
Ω = Ω − {i}, S = S + {i}
503
h̄ = Σ_{j∈S} α_j h_j^eff (g_m, x_j) where α_j = ||h_j^eff (g_m, x_j)||^2 / Σ_{i∈S} ||h_i^eff (g_m, x_i)||^2
(i, x_i) = arg max_{(k∈Ω, c_n∈C_user)} f(h̄, h_k^eff (g_m, c_n))
Ω = Ω − {i}, S = S + {i}
504
505
예
|S| < N_S ?
아니오
선택된 RF 빔들에 대한 R_NEW 계산
506
507
R_NEW > R_THR ?
예
509
B̂ = mat[g_m], t̂_i = x_i for i = 1, ..., K
R_THR = R_NEW
아니오
508
아니오
m = N_BS^BSS ?
예
종료

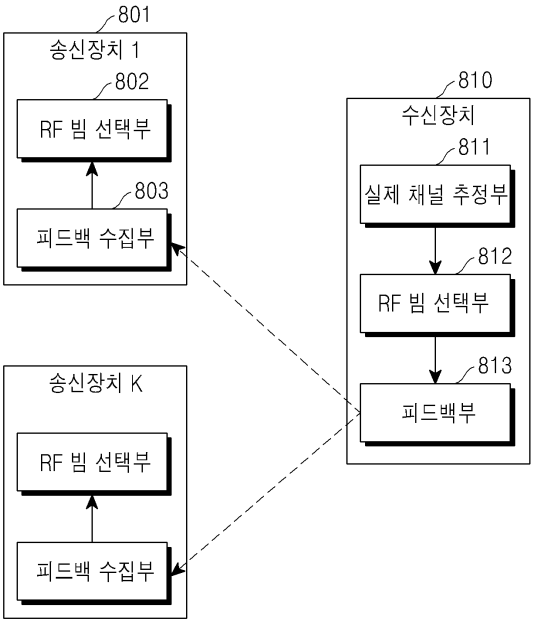
도면6


시작
파일럿 구간의 개수 결정
601
부분적 실제 채널 추정 방법 수행
602
전체 실제 채널 추정
603
저복잡도 RF빔 선택 알고리즘 수행
604
기지국과 사용자들의 RF 빔 선택
605
RF 빔 정보 피드백
606
종료

도면7


701-1
송신장치 1
...
701-K
송신장치 K
702
수신장치
703
파일럿 신호 생성
파일럿 신호 생성
704
705
채널 추정
706
제안된 알고리즘을 사용하여 수신장치와 송신장치들의 RF 빔 선택
707
피드백 할 RF 빔 선택 정보 생성
708
709
RF 빔 선택
RF 빔 선택
710

도면8


801
송신장치 1
802
RF 빔 선택부
803
피드백 수집부
송신장치 K
RF 빔 선택부
피드백 수집부
810
수신장치
811
실제 채널 추정부
812
RF 빔 선택부
813
피드백부