



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년06월11일
(11) 등록번호 10-0963333
(24) 등록일자 2010년06월04일

(51) Int. Cl.
H04B 7/04 (2006.01) H04L 7/02 (2006.01)
H01Q 3/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0016823
(22) 출원일자 2008년02월25일
심사청구일자 2008년02월25일
(65) 공개번호 10-2009-0066179
(43) 공개일자 2009년06월23일
(30) 우선권주장
1020070133660 2007년12월18일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020070056161 A*
JP2007318728 A
KR1020010030605 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국전자통신연구원
대전 유성구 가정동 161번지
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416
(72) 발명자
송영석
대전광역시 유성구 하기동 송림마을3단지 305동 602호
권동승
대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 204동 1304호
(74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 17 항

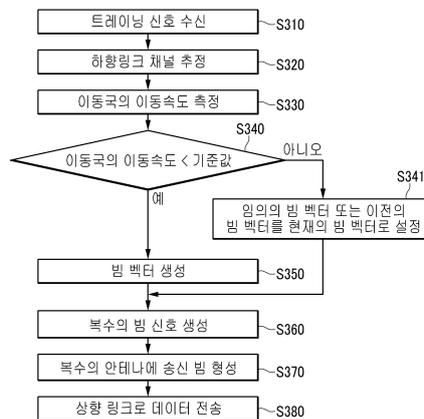
심사관 : 김병균

(54) 다중 안테나를 이용한 빔 형성 방법

(57) 요약

이동국은 복수의 기지국 안테나로부터 독립적인 적어도 하나의 트레이닝 신호를 수신하는 복수의 이동국 안테나를 포함하고, 독립적인 적어도 하나의 트레이닝 신호를 이용하여 복수의 기지국 안테나 각각과 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널을 추정한다. 이동국은 하향링크 채널을 이용하여 빔 벡터를 생성하고, 빔 벡터를 이용하여 복수의 이동국 안테나에 상향 링크로 신호를 전송하기 위한 송신 빔을 형성한다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

TDD(Time Division Duplex) 시스템에서 이동국의 빔 형성 방법에 있어서,
 복수의 이동국 안테나를 이용하여 적어도 하나의 트레이닝 신호를 복수의 기지국 안테나로부터 수신하는 단계;
 상기 적어도 하나의 트레이닝 신호를 이용하여 상기 복수의 기지국 안테나 각각과 상기 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널을 추정하는 단계;
 상기 상기 복수의 기지국 안테나 각각과 상기 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널을 이용하여 상향링크 채널에 대응하는 빔 벡터를 생성하는 단계 및
 상기 빔 벡터를 상기 복수의 이동국 안테나에 적용하여 상향링크로 신호를 전송하기 위한 빔을 형성하는 단계를 포함하는 빔 형성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 빔 벡터를 생성하는 단계는,
 상기 복수의 기지국 안테나 중에서 가장 큰 이득으로 하향링크 채널을 구성하는 하나의 기지국 안테나를 선택하는 단계 및
 상기 하나의 기지국 안테나와 상기 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널에 해당하는 복수의 위상을 이용하여 상기 빔 벡터를 생성하는 단계를 포함하는 빔 형성 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 빔 벡터는 상기 복수의 이동국 안테나 각각에 대응하는 복수의 빔 계수를 가지고,
 상기 복수의 빔 계수 각각은 동일한 이득을 가지는 빔 형성 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 복수의 빔 계수의 위상은 상기 복수의 위상의 음수에 각각 해당하는 빔 형성 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,
 상기 빔을 형성하는 단계는,
 상기 복수의 빔 계수를 기저대역의 신호에 각각 적용하여 복수의 빔 신호를 생성하는 단계;
 상기 복수의 빔 신호를 무선 대역의 신호로 주파수 변환하여 무선 대역의 복수의 빔 신호를 생성하는 단계 및
 상기 무선 대역의 복수의 빔 신호를 상기 복수의 이동국 안테나에 각각 인가하여 빔을 형성하는 단계를 포함하는 빔 형성 방법.

청구항 6

제3항에 있어서,
 상기 복수의 빔 계수의 위상은 상기 복수의 이동국 안테나 중 하나와 상기 하나의 기지국 안테나에 의한 하향링크 채널의 위상과 상기 복수의 위상 각각의 차에 각각 해당하는 빔 형성 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 빔을 형성하는 단계는,

상기 복수의 빔 계수를 무선 대역의 신호에 각각 적용하여 복수의 빔 신호를 생성하는 단계 및

상기 복수의 빔 신호를 상기 복수의 이동국 안테나에 각각 인가하여 빔을 형성하는 단계를 포함하는 빔 형성 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 빔 벡터를 생성하는 단계는,

상기 복수의 이동국 안테나에 각각 대응하는 복수의 빔 계수를 각각 포함하는 복수의 후보 빔 벡터를 생성하는 단계;

상기 복수의 후보 빔 벡터 및 상기 복수의 기지국 안테나 각각과 상기 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 하향 링크 채널을 이용하여 상기 복수의 후보 빔 벡터에 각각 대응하는 복수의 이득을 계산하는 단계;

상기 복수의 이득 중 가장 큰 이득을 검출하는 단계 및

상기 복수의 후보 빔 벡터 중 상기 가장 큰 이득에 대응하는 하나의 빔 벡터를 선택하여 상기 빔 벡터로 생성하는 단계를 포함하고,

상기 복수의 후보 빔 벡터의 개수는 상기 복수의 이동국 안테나의 개수에 해당하는 빔 형성 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 복수의 빔 계수의 위상 각각은 상기 후보 빔 벡터의 인덱스 및 상기 빔 계수와 대응하는 이동국 안테나의 인덱스에 비례하고,

상기 복수의 빔 계수의 이득은 상기 복수의 이동국 안테나의 개수의 제곱근의 역수인 빔 형성 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 빔 벡터를 생성하는 단계는

상기 이동국의 이동 속도가 임의의 기준 속도 이상이면, 랜덤하게 생성되는 임의의 빔 벡터 또는 이전에 빔을 형성하기 위하여 복수의 이동국 안테나에 적용된 빔 벡터를 상기 빔 벡터로 생성하는 단계를 포함하는 빔 형성 방법.

청구항 11

TDD(Time Division Duplex) 시스템에서 이동국의 빔 형성 방법에 있어서,

복수의 이동국 안테나를 이용하여 트레이닝 신호를 하나의 기지국 안테나로부터 수신하는 단계;

상기 트레이닝 신호를 이용하여 상기 하나의 기지국 안테나와 상기 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널을 추정하는 단계;

상기 하향링크 채널을 이용하여 상향링크 채널에 대응하는 빔 벡터를 생성하는 단계; 및

상기 빔 벡터를 상기 복수의 이동국 안테나에 적용하여 상향링크로 신호를 전송하기 위한 빔을 형성하는 단계를 포함하는 빔 형성 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 빔 벡터를 생성하는 단계는,

상기 하향링크 채널에 해당하는 복수의 위상을 이용하여 상기 빔 벡터를 생성하는 단계를 포함하고,

상기 빔 벡터는 상기 복수의 이동국 안테나 각각에 대응하는 복수의 빔 계수를 가지며,

상기 복수의 빔 계수 각각은 동일한 이득을 가지는 빔 형성 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 복수의 빔 계수의 위상은 상기 복수의 위상의 음수에 각각 해당하는 빔 형성 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 빔을 형성하는 단계는,

상기 복수의 빔 계수를 기저대역의 신호에 각각 적용하여 복수의 빔 신호를 생성하는 단계;

상기 복수의 빔 신호를 무선 대역의 신호로 주파수 변환하여 무선 대역의 복수의 빔 신호를 생성하는 단계 및

상기 무선 대역의 복수의 빔 신호를 상기 복수의 이동국 안테나에 각각 인가하여 빔을 형성하는 단계를 포함하는 빔 형성 방법.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 복수의 빔 계수의 위상은 상기 복수의 이동국 안테나 중 하나와 상기 하나의 기지국 안테나에 의한 하향링크 채널의 위상과 상기 복수의 위상 각각의 차에 각각 해당하는 빔 형성 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 빔을 형성하는 단계는,

상기 복수의 빔 계수를 무선 대역의 신호에 각각 적용하여 복수의 빔 신호를 생성하는 단계 및

상기 복수의 빔 신호를 상기 복수의 이동국 안테나에 각각 인가하여 빔을 형성하는 단계를 포함하는 빔 형성 방법.

청구항 17

제11항에 있어서,

상기 빔 벡터를 생성하는 단계는,

상기 이동국의 이동 속도가 임의의 기준 속도 이상이면, 랜덤하게 생성되는 임의의 빔 벡터 또는 이전에 빔을 형성하기 위하여 복수의 이동국 안테나에 적용된 빔 벡터를 상기 빔 벡터로 생성하는 단계를 포함하는 빔 형성 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 다중 안테나를 이용한 빔 형성 방법에 관한 것이다. 특히 본 발명은 시분할 듀플렉스(Time Division Duplex) 시스템에서 상향 링크로 신호를 전송하기 위한 빔을 형성하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 무선 전송 방법에 있어서, 다중 안테나를 이용하여 섹터 처리량(throughput)을 향상시키기 위한 기술들이 연구되고 있다.
- [0003] 다중 안테나를 이용하는 기술로는 스마트 안테나 기술, 다이버시티(diversity) 기술 또는 공간 다중화(Spatial Multiplexing: SM) 기술을 예로 들 수 있다. 여기서 스마트 안테나 기술은 복수의 안테나에서 빔을 형성시켜서 SNR(Signal to Noise Ratio)을 높인 신호를 송수신함으로써 이득을 얻는 기술이다. 그리고 다중 안테나를 이용하는 다이버시티(diversity) 기술은 채널의 상관도가 낮을 경우에 신호 경로를 다중화하여 낮은 SNR을 갖는 신호의 수신 확률을 낮춤으로써 이득을 얻는 기술이다. 또한 공간 다중화(Spatial Multiplexing: SM) 기술은 SNR이 높은 경우에 복수의 안테나에 각각 다른 신호를 전송함으로써 다중 이득(multiplexing gain)을 얻는 기술이다.
- [0004] 기지국이 무선 신호를 전송하는 경우에 다중안테나를 이용하여 방향성 수신빔 형성 방법 또는 다른 사용자의 간섭을 피하기 위한 MMSE(Minimum Mean Square Error) 방법등이 많이 사용되고 있다. 그러나 단말기가 무선 신호를 전송하는 경우에는 단말기의 크기 증가, 소비 전력의 증가 등의 문제로 인하여, 한 개의 송신 안테나를 이용하는 것이 일반적이었다.
- [0005] 최근 표준화 동향을 살펴보면, 상향링크로의 무선 신호 전송시에도 다수의 송신 안테나를 사용하는 공간 다중화(SM) 전송 방법 또는 송신 다이버시티(Space Time coded Transmit Diversity: STTD) 방법이 제안되고 있다. 또한 다중 안테나에 송신 빔을 형성하여 SNR을 높이는 방법도 연구되고 있다. 이와 같은 예로는, 복수의 단말기가 동시에 자원을 공유하여 상향 링크 신호를 하나의 기지국으로 전송하는 SDMA(space Division Multiple Access) 기술이 있다. SMDA 기술은 한 개의 송신 안테나를 각각 포함하는 복수의 단말기 또는 2개 이상의 송신 안테나를 포함하는 단말기에도 적용될 수 있다.
- [0006] 이와 같이, 다중 안테나를 이용하여 송신 빔을 형성하는 것은, SM 방법 및 SDAM 방법뿐만 아니라 SISO(Single Input Single Output) 방법에서 섹터 용량을 증가시키기 위하여 필요한 부분이다. 그런데, 이동국이 다중 안테나를 이용하여 상향링크로 신호를 전송하는 경우, 이동국의 소모 전력이 증가되는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0007] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 다중 안테나를 이용하여 상향 링크로 신호를 전송하는 경우에 이동국의 소모 전력의 증가를 방지할 수 있는 빔 형성 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

- [0008] 이와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 한 특징에 따른 빔 형성 방법은, 복수의 이동국 안테나를 이용하여 적어도 하나의 트레이닝 신호를 복수의 기지국 안테나로부터 수신하는 단계; 상기 적어도 하나의 트레이닝 신호를 이용하여 상기 복수의 기지국 안테나 각각과 상기 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널을 추정하는 단계; 상기 상기 복수의 기지국 안테나 각각과 상기 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널을 이용하여 빔 벡터를 생성하는 단계 및 상기 빔 벡터를 상기 복수의 이동국 안테나에 적용하여 빔을 형성하는 단계를 포함한다.
- [0009] 상기 빔 벡터를 생성하는 단계는, 상기 복수의 기지국 안테나 중에서 가장 큰 이득으로 하향링크 채널을 구성하는 하나의 기지국 안테나를 선택하는 단계 및 상기 하나의 기지국 안테나와 상기 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널에 해당하는 복수의 위상을 이용하여 상기 빔 벡터를 생성하는 단계를 포함한다.
- [0010] 여기서, 상기 빔 벡터는 상기 복수의 이동국 안테나 각각에 대응하는 복수의 빔 계수를 가지고, 상기 복수의 빔 계수 각각은 동일한 이득을 가진다. 상기 복수의 빔 계수의 위상은 상기 복수의 위상의 음수에 각각 해당한다. 그리고, 상기 빔을 형성하는 단계는, 상기 복수의 빔 계수를 기저대역의 신호에 각각 적용하여 복수의 빔 신호를 생성하는 단계; 상기 복수의 빔 신호를 무선 대역의 신호로 주파수 변환하여 무선 대역의 복수의 빔 신호를 생성하는 단계 및 상기 무선 대역의 복수의 빔 신호를 상기 복수의 이동국 안테나에 각각 인가하여 빔을 형성하는 단계를 포함한다.
- [0011] 또는, 상기 복수의 빔 계수의 위상은 상기 복수의 이동국 안테나 중 하나와 상기 하나의 기지국 안테나에 의한

하향링크 채널의 위상과 상기 복수의 위상 각각의 차에 각각 해당한다. 그리고, 상기 빔을 형성하는 단계는, 상기 복수의 빔 계수를 무선 대역의 신호에 각각 적용하여 복수의 빔 신호를 생성하는 단계 및 상기 복수의 빔 신호를 상기 복수의 이동국 안테나에 각각 인가하여 빔을 형성하는 단계를 포함한다.

[0012] 또한, 상기 빔 벡터를 생성하는 단계는, 상기 복수의 이동국 안테나에 각각 대응하는 복수의 빔 계수를 각각 포함하는 복수의 후보 빔 벡터를 생성하는 단계; 상기 복수의 후보 빔 벡터 및 상기 복수의 기지국 안테나 각각과 상기 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널을 이용하여 상기 복수의 후보 빔 벡터에 각각 대응하는 복수의 이득을 계산하는 단계; 상기 복수의 이득 중 가장 큰 이득을 검출하는 단계 및 상기 복수의 후보 빔 벡터 중 상기 가장 큰 이득에 대응하는 하나의 빔 벡터를 선택하여 상기 빔 벡터로 생성하는 단계를 포함한다. 여기서, 상기 복수의 후보 빔 벡터의 개수는 상기 복수의 이동국 안테나의 개수에 해당한다.

[0013] 상기 복수의 빔 계수의 위상 각각은 상기 후보 빔 벡터의 인덱스 및 상기 빔 계수와 대응하는 이동국 안테나의 인덱스에 비례하고, 상기 복수의 빔 계수의 이득은 상기 복수의 이동국 안테나의 개수의 제곱근의 역수이다.

[0014] 또한 상기 빔 벡터를 생성하는 단계는 상기 이동국의 이동 속도가 임의의 기준 속도 이상이면, 랜덤하게 생성되는 임의의 빔 벡터 또는 이전에 빔을 형성하기 위하여 복수의 이동국 안테나에 적용된 빔 벡터를 상기 빔 벡터로 생성하는 단계를 포함한다.

[0015] 본 발명의 다른 특징에 따른 빔 형성 방법은 복수의 이동국 안테나를 이용하여 트레이닝 신호를 하나의 기지국 안테나로부터 수신하는 단계; 상기 트레이닝 신호를 이용하여 상기 하나의 기지국 안테나와 상기 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널을 추정하는 단계; 상기 하향링크 채널을 이용하여 빔 벡터를 생성하는 단계 및 상기 빔 벡터를 상기 복수의 이동국 안테나에 적용하여 빔을 형성하는 단계를 포함한다.

[0016] 상기 빔 벡터를 생성하는 단계는, 상기 하향링크 채널에 해당하는 복수의 위상을 이용하여 상기 빔 벡터를 생성하는 단계를 포함하고, 상기 빔 벡터는 상기 복수의 이동국 안테나 각각에 대응하는 복수의 빔 계수를 가지며, 상기 복수의 빔 계수 각각은 동일한 이득을 가진다.

[0017] 상기 복수의 빔 계수의 위상은 상기 복수의 위상의 음수에 각각 해당한다.

[0018] 상기 빔을 형성하는 단계는, 상기 복수의 빔 계수를 기저대역의 신호에 각각 적용하여 복수의 빔 신호를 생성하는 단계; 상기 복수의 빔 신호를 무선 대역의 신호로 주파수 변환하여 무선 대역의 복수의 빔 신호를 생성하는 단계 및 상기 무선 대역의 복수의 빔 신호를 상기 복수의 이동국 안테나에 각각 인가하여 빔을 형성하는 단계를 포함한다.

[0019] 상기 복수의 빔 계수의 위상은 상기 복수의 이동국 안테나 중 하나와 상기 하나의 기지국 안테나에 의한 하향링크 채널의 위상과 상기 복수의 위상 각각의 차에 각각 해당한다.

[0020] 상기 빔을 형성하는 단계는, 상기 복수의 빔 계수를 무선 대역의 신호에 각각 적용하여 복수의 빔 신호를 생성하는 단계 및 상기 복수의 빔 신호를 상기 복수의 이동국 안테나에 각각 인가하여 빔을 형성하는 단계를 포함한다.

[0021] 상기 빔 벡터를 생성하는 단계는, 상기 이동국의 이동 속도가 임의의 기준 속도 이상이면, 랜덤하게 생성되는 임의의 빔 벡터 또는 이전에 빔을 형성하기 위하여 복수의 이동국 안테나에 적용된 빔 벡터를 상기 빔 벡터로 생성하는 단계를 포함한다.

효과

[0022] 본 발명에 따르면, 다중 안테나를 이용하여 상향 링크로 신호를 전송하므로, BER(Bit Error Ratio) 성능 및 섹터 처리량(throughput)을 향상시킬 수 있다. 또한 다중 안테나를 이용하여 상향 링크로 신호를 전송하기 위한 빔을 효율적으로 형성할 수 있으므로, 이동국의 소모 전력이 다중 안테나에 의해 증가하는 것을 방지할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0023] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를

붙였다.

- [0024] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0025] 본 명세서에서 이동국(Mobile Station, MS)은 단말(terminal), 이동 단말(Mobile Terminal, MT), 가입자국(Subscriber Station, SS), 휴대 가입자국(Portable Subscriber Station, PSS), 사용자 장치(User Equipment, UE), 접근 단말(Access Terminal, AT) 등을 지칭할 수도 있고, 단말, 이동 단말, 가입자국, 휴대 가입자국, 사용자 장치, 접근 단말 등의 전부 또는 일부의 기능을 포함할 수도 있다.
- [0026] 본 명세서에서 기지국(Base Station, BS)은 접근점(Access Point, AP), 무선 접근국(Radio Access Station, RAS), 노드B(Node-B), eNB(Evolved Node-B), 송수신 기지국(Base Transceiver Station, BTS), MMR(Mobile Multihop Relay)-BS 등을 지칭할 수도 있고, 접근점, 무선 접근국, 노드B, eNB, 송수신 기지국, MMR-BS 등의 전부 또는 일부의 기능을 포함할 수도 있다.
- [0027] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 빔 형성 방법에 대하여 첨부한 도면을 참고로 하여 상세히 설명한다.
- [0028] 본 발명의 실시예는, TDD(Time Division Duplex) 시스템에서, 이동국이 다중 안테나를 이용하여 상향 링크를 통해 기지국으로 데이터를 전송하기 위한 빔을 형성하는 방법에 관한 것이다.
- [0029] 여기서, TDD 시스템은 하나의 주파수 대역을 이용하여 이동국과 기지국 사이의 양방향 통신을 제공하며, 이동국과 기지국 사이의 무선 자원을 시간 축에서 상향 링크와 하향 링크로 구분한다. 상향링크는 이동국이 기지국으로 신호를 전송하기 위하여 사용되는 무선 자원이고, 하향링크는 기지국이 이동국으로 신호를 전송하기 위하여 사용되는 무선 자원이다.
- [0030] 기지국은 복수의 송수신 안테나(이하, "기지국 안테나"라 함)를 포함하며, 복수의 기지국 안테나를 이용하여 다중 입력 다중 출력(Multiple Input Multiple Output: MIMO)을 수행할 수 있다. 그리고 이동국은 복수의 송수신 안테나(이하, "이동국 안테나"라 함)를 포함하며, 복수의 이동국 안테나를 이용하여 다중 입력 다중 출력(MIMO)을 수행할 수 있다.
- [0031] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 TDD 시스템에서 복수의 기지국 안테나 각각과 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널을 나타낸 도면이다.
- [0032] 도 1에 도시한 바와 같이, M개의 기지국 안테나(도 1에서, "AB₀, AB₂, ..., AB_{M-1}"으로 도시함) 각각과 N개의 이동국 안테나(도 1에서, "AM₀, AM₂, ..., AM_{N-1}"으로 도시함)에 의하여 (NxM)의 하향링크 MIMO 채널이 발생된다.
- [0033] 기지국은 M개의 기지국 안테나 중 적어도 하나를 이용하여 독립적인 적어도 하나의 프리엠펀 신호를 이동국으로 전송하거나 또는 M개의 기지국 안테나 각각을 이용하여 독립적인 M개의 프리엠펀 신호를 이동국으로 전송한다. 여기서 프리엠펀 신호는 프레임의 동기를 이동국에 알리기 위한 것이다.
- [0034] 기지국은 M개의 기지국 안테나 중 적어도 하나를 이용하여 데이터 신호와 함께 파일럿 신호를 이동국으로 전송한다. 여기서 파일럿 신호는 다중 경로 감쇄에 의해 왜곡되는 데이터 신호의 크기와 위상을 보상하기 위한 하향링크 채널 추정에 이용된다.
- [0035] 또한, 기지국은 데이터 신호와 파일럿 신호를 전송하는 중에 M개의 기지국 안테나 중 적어도 하나를 이용하여 미드엠펀블(midamble) 신호를 이동국으로 더 전송할 수 있다. 여기서 미드엠펀블 신호는 M개의 기지국 안테나 각각을 구별하기 위한 것이다.
- [0036] 이상과 같이, 프리엠펀 신호, 파일럿 신호 및 미드엠펀블 신호는 기지국과 이동국 사이에 미리 약속된 구조 또는 형태를 갖는 신호로써, 이하에서 "트레이닝 신호"라 지칭한다.
- [0037] 이동국은 N개의 이동국 안테나 각각을 이용하여 독립적인 적어도 하나의 트레이닝 신호를 수신하며, 독립적인 적어도 하나의 트레이닝 신호를 이용하여 하향링크 MIMO 채널 상태를 추정한다.
- [0038] 한편, TDD 시스템에 따르면 상향링크 채널과 하향 링크 채널은 동일한 주파수 대역이고 가역성이 있으며 시간 축으로 가깝게 위치하므로, 이동국의 이동속도가 낮은 경우에 하향링크 채널로부터 상향링크 채널을 추정할 수 있다.

[0039] 그러나, 기지국 안테나의 이득, 기지국 회로에서의 증폭, 단말기 안테나의 이득 및 단말기 회로에서의 증폭 등에 의해, 이동국이 독립적인 적어도 하나의 트레이닝 신호를 이용하여 추정된 하향링크 채널과 상향링크 채널은 완전히 동일하지 않다.

[0040] 즉, M개의 기지국 안테나 중 i번째 기지국 안테나와 N개의 이동국 안테나 중 j번째 이동국 안테나에 의한 상향링크 채널 상태($h_{j,i}$)는 아래의 수학적 식 1과 같이 i번째 기지국 안테나와 j번째 이동국 안테나에 의한 하향링크 채널($h_{i,j}$)를 이용하여 나타낼 수 있다.

수학적 식 1

[0041]
$$h_{j,i} = \alpha * h_{i,j}$$

[0042] 수학적 식 1에 나타낸 바와 같이, 상향링크 채널 상태($h_{j,i}$)는 하향링크 채널 상태($h_{i,j}$)와 상수(α)의 비율로 비례한다. 여기서, 상수(α)는, 기지국 안테나의 이득, 기지국 회로에서의 증폭과 단말기 안테나의 이득 및 단말기 회로에서의 증폭에 의한 하향링크 채널 상태와 상향링크 채널 상태 사이의 비율을 의미한다.

[0043] 한편, 본 발명의 실시예에 따르면, 복수의 기지국 안테나 각각과 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 절대적인 전파(propagation) 채널의 값을 추정할 필요는 없다. 그러므로 본 발명의 실시예에 따르면, 이동국은 독립적인 적어도 하나의 트레이닝 신호를 이용하여 추정된 하향링크 채널을 이용하여 상향링크 채널을 추정한다. 이때, 이동국은 적어도 한 개의 하향링크 채널 슬롯마다 하향링크 채널 상태를 추정하고, 하향링크 채널 상태를 추정할 때마다 상향링크 채널을 하향링크 채널과 동일하게 추정한다. 이와 같이 하면, TDD 시스템에 따른 하향링크 채널과 상향링크 채널 사이의 가역성을 최대한 이용할 수 있으므로, 상향링크 채널의 추정 성능을 향상시킬 수 있다.

[0044] 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 이동국의 블록도를 나타낸 도면이다. 도 2는 본 발명의 제1 실시예를 설명하기 위해 필요한 이동국의 일부 블록만을 도시한 것이다.

[0045] 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제1 실시예에 따른 이동국은 N개의 이동국 안테나(210, 도 2에서 "AM₀, AM₂, ..., AM_{N-1}"으로 도시함), 하향링크 채널 추정부(220), 빔 벡터 생성부(230), 상향 빔 형성부(240) 및 RF 체인(250)을 포함한다.

[0046] 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 빔 형성 방법의 순서도를 나타낸 도면이다.

[0047] 도 3에 도시한 바와 같이, N개의 이동국 안테나(210)는 하향링크 채널을 통해 독립적인 적어도 하나의 트레이닝 신호를 복수의 기지국 안테나 중 적어도 하나로부터 수신한다(S310). 이때, 트레이닝 신호는 프리앰블 신호, 파일럿 신호 또는 미드앰블 신호 중 어느 하나일 수 있다.

[0048] 하향링크 채널 추정부(220)는 N개의 이동국 안테나(210) 각각이 수신하는 적어도 한 개의 트레이닝 신호를 이용하여 하향링크 채널 상태를 추정한다(S320). 여기서 하향링크 채널 상태는 하향링크 채널값인 하향링크 채널의 이득과 하향링크 채널의 위상 등을 포함한다. 그리고 하향링크 채널 추정부(220)는 MMSE(Minimum mean-square error estimation) 방법 등을 이용하여 하향링크 채널 상태를 추정할 수 있다. 이와 같이 트레이닝 신호를 이용하여 하향링크 채널 상태를 추정하는 방법은 당업자가 용이하게 알 수 있으므로, 이에 대한 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0049] 제1 실시예에 따르면, 독립적인 트레이닝 신호의 개수에 따라 구분되는 아래의 두가지 경우에서 하향링크 채널 추정부(220)는 다른 방법으로 하향링크 채널을 추정한다.

[0050] 첫번째 경우는, 기지국이 M개의 기지국 안테나 중 하나를 이용하여 하나의 트레이닝 신호를 이동국으로 전송하고, 이동국이 하향링크 채널 추정을 위하여 하나의 기지국 안테나로부터 전송된 하나의 트레이닝 신호만을 이용할 수 있는 경우이다. 첫번째 경우에서, 하향링크 채널 추정부(220)는 하나의 기지국 안테나와 N개의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널을 추정하여, N개의 하향링크 채널값을 생성한다.

[0051] 두번째 경우는, 기지국이 M개의 기지국 안테나 각각을 이용하여 M개의 기지국 안테나 각각에 대응하는 독립적인 M개의 트레이닝 신호를 이동국으로 전송하는 경우이다. 두번째 경우에서, 하향링크 채널 추정부(220)는 M개의 기지국 안테나 각각과 N개의 이동국 안테나 각각에 의한 (NxM)행렬의 하향링크 MIMO 채널 상태를 추정한다. 이때, 하향링크 채널 추정부(220)는 M개의 기지국 안테나 중에서 가장 좋은 상태의 하향링크 채널에 대응하는 하

나의 기지국 안테나를 검색한다. 여기서, 가장 좋은 상태의 하향링크 채널은 가장 높은 이득을 가지는 하향링크 채널일 수 있다.

[0052] 즉, 하향링크 채널 추정부(220)는 M개의 기지국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널의 이득을 각각 계산하고, 최고 이득을 갖는 하나의 기지국 안테나에 의한 하향링크 채널을 검색한다. 수학적 식 2는 임의의 기지국 안테나(AB_i)에 대응하는 N개의 하향링크 채널의 이득을 계산하는 식이다.

수학적 식 2

$$gain_i = \sum_{j=0}^{N-1} h_{i,j} h_{i,j}^*$$

[0053] , $0 \leq i \leq M-1$

[0054] 수학적 식 2에서, $gain_i$ 은 기지국 안테나(AB_i)에 의한 하향링크 채널의 이득을 나타낸다. 그리고, $h_{i,j}$ 는 기지국 안테나(AB_i)와 이동국 안테나(AM_j)에 의한 하향링크 채널 상태를 의미하고, $h_{i,j}^*$ 는 기지국 안테나(AB_i)와 이동국 안테나(AM_j)에 의한 하향링크 채널 상태의 켈레복소수를 의미한다.

[0055] 하향링크 채널 추정부(220)는 수학적 식 2를 이용하여 M개의 기지국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널의 이득을 각각 계산하고, 최고 이득을 검색한다. 그리고 하향링크 채널 추정부(220)는 최고 이득을 나타내는 하나의 기지국 안테나에 의한 하향링크 채널을 선택한다. 또한 하향링크 채널 추정부(220)는 최고 이득을 나타내는 하나의 기지국 안테나와 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널에 대응하여 N개의 하향링크 채널값을 생성한다.

[0056] 이상과 같이, 하향링크 채널 추정부(200)는 트레이닝 신호를 전송하는 하나의 기지국 안테나 또는 최고 이득으로 채널을 구성하는 하나의 기지국 안테나에 의한 하향링크 채널에 대응하여 N개의 하향링크 채널값을 생성한다. 이때, N개의 하향링크 채널값은 M개의 기지국 안테나 중 어느 하나에 의해 구성되는 벡터 채널에 해당하는 상향링크 채널을 추정하기 위하여 사용된다.

[0057] 한편, 이동국이 매우 빠른 속도로 이동하는 경우, 현재 시간 슬롯의 하향링크 채널과 다음 시간 슬롯의 상향링크 채널 사이의 차이가 크게 발생한다. 이에 따라, 이동국의 이동속도를 상향링크 채널 추정에 반영하기 위하여, 하향링크 채널 추정부(220)는 이동국의 이동속도를 측정한다(S330).

[0058] 다음, 빔 벡터 생성부(230)는 하나의 기지국 안테나와 N개의 이동국 안테나에 의한 하향링크 채널에 대응하는 N개의 하향링크 채널값 및 이동국의 이동속도를 하향링크 채널 추정부(220)로부터 수신하여, 이동국의 이동속도와 기준값을 비교한다(S340). 여기서 기준값은 상향링크 채널과 하향링크 채널 사이의 동일성을 보장할 수 없을 정도의 이동속도를 의미하며, 이와 같은 기준값은 당업자가 용이하게 알 수 있으므로, 이에 대한 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0059] 이때, 이동국의 이동속도가 기준값 이상이면, 빔 벡터 생성부(230)는, N개의 하향링크 채널값과 관계없이, 현재 시간 슬롯의 상향링크 채널에 대응하는 빔 벡터(이하, "현재의 빔 벡터"라 함)를 생성한다. 즉, 빔 벡터 생성부(230)는 랜덤하게 생성하는 임의의 빔 벡터 또는 이전의 빔 벡터 중 어느 하나를 현재의 빔 벡터로 선택한다(S341). 여기서 이전의 빔 벡터는 이전 시간 슬롯의 상향링크 채널에 대응하는 송신 빔을 형성하기 위해 N개의 이동국 안테나(210)에 적용된 빔 벡터를 의미한다.

[0060] 그리고, 이동국의 이동속도가 기준값 미만이면, 빔 벡터 생성부(230)는 N개의 하향링크 채널값을 이용하여 빔 벡터를 생성한다(S350). 여기서, 빔 벡터 생성부(230)는 하향링크 채널 추정부(220)가 하향링크 채널을 추정하는 시점마다 빔 벡터를 생성한다. 이와 같이 하면, 상향링크 채널과 하향링크 채널 사이의 가역성을 최대한 이용하여 상향링크 채널 상태를 추정할 수 있다.

[0061] 아래의 수학적 식 3은 빔 벡터를 나타내는 식이다.

수학적 식 3

$$c = [a_0 e^{j\theta_0}, a_1 e^{j\theta_1}, a_2 e^{j\theta_2}, \dots, a_{N-1} e^{j\theta_{N-1}}]$$

[0062]

[0063] 수학적 식 3에서, c는 빔 벡터를 의미하고, 빔 벡터(c)는 N개의 이동국 안테나(210)에 각각 대응하는 N개의 빔 계

수를 포함한다.

[0064] 제1 실시예에 따르면, N개의 빔 계수 각각의 이득($a_0 \sim a_{N-1}$)은 1로 동일하게 설정된다. 또한, N개의 빔 계수 각각의 위상(θ_0 내지 θ_{N-1})은 아래의 수학적 식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 4

[0065]
$$\theta_n = -(\phi_n - \phi_0), \quad 0 \leq n \leq N-1,$$

[0066] 수학적 식 4에서, θ_n 은 n번째 이동국 안테나에 대응하는 n번째 빔 계수의 위상을 의미한다. 그리고 ϕ_n 은 N개의 하향링크 채널값 중에서 하나의 기지국 안테나와 n번째 이동국 안테나에 의한 하향링크 채널의 위상을 의미하고, ϕ_0 은 N개의 하향링크 채널값 중에서 하나의 기지국 안테나와 0번째 이동국 안테나(210)에 의한 하향링크 채널의 위상을 의미한다. 여기서, 하나의 기지국 안테나는 트레이닝 신호를 전송하는 하나의 기지국 안테나 또는 가장 좋은 이득을 가지는 하향링크 채널을 구성하는 하나의 기지국 안테나를 의미한다.

[0067] 수학적 식 4에 나타낸 바와 같이, n번째 이동국 안테나에 대응하는 n번째 빔계수의 위상(θ_n)은 하나의 기지국 안테나와 0번째 이동국 안테나에 의한 하향링크 채널의 위상(ϕ_0)과 하나의 기지국 안테나와 n번째 이동국 안테나에 의한 하향링크 채널의 위상(ϕ_n)의 차로 나타낼 수 있다. 또한, 수학적 식 4에 의하여, 0번째 이동국 안테나에 대응하는 0번째 빔 계수의 위상(θ_0)은 0이 된다.

[0068] 이상과 같이, 빔 벡터 생성부(230)는 빔 벡터를 생성하여, 빔 벡터를 상향 빔 형성부(240)로 출력한다.

[0069] 상향 빔 형성부(240)는 RF 체인(250)의 출력신호 및 빔 벡터를 이용하여 N개의 빔 신호를 생성한다(S360).

[0070] 여기서, 제1 실시예에 따르면, RF 체인(250)은 상향 빔 형성부(240)를 통해 N개의 이동국 안테나(210)와 공통으로 연결된다. 즉, 도 2에 도시한 바와 같이, RF 체인(250)은 상향 빔 형성부(240)의 전단에 위치되며, 기지국으로 전송할 신호(이하, "전송 신호"라 함)를 기저대역에서 RF 대역으로 주파수 변환하고, 전송 신호를 상향링크 채널을 통해 송신 가능한 정도의 크기로 증폭시킨다. 이와 같이 RF 체인(250)은 전송 신호를 RF 대역으로 주파수 변환하고 소정 이득으로 증폭하여, RF 신호를 상향 빔 형성부(240)로 출력한다.

[0071] 상향 빔 형성부(240)는 RF 신호와 빔 벡터를 이용하여 N개의 빔 신호를 생성한다(S360).

[0072] 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 RF 체인, 상향 빔 형성부 및 복수의 이동국 안테나 각각의 구성도를 나타낸 도면이다.

[0073] 도 4에 도시한 바와 같이, 상향 빔 형성부(240)는 복수의 곱셈기(241)를 포함한다. 여기서, 제1 실시예에 따르면, N개의 빔 계수 각각의 이득은 1이므로 복수의 곱셈기(241) 각각은 위상천이기로 대체될 수 있다.

[0074] 복수의 곱셈기(241)는 0번째 이동국 안테나를 제외한 (N-1)개의 이동국 안테나에 각각 대응한다. 여기서, 상향 빔 형성부(240)가 0번째 이동국 안테나에 대응하는 곱셈기를 포함하지 않을 수 있는 이유는, 수학적 식 4에 의해 0번째 이동국 안테나(AM_0)에 대응하는 0번째 빔 계수의 위상(θ_0)은 0이고 이에 따라 0번째 빔 계수가 1이므로, 0번째 이동국 안테나(AM_0)에 인가되는 빔 신호는 RF 분할 신호와 동일하기 때문이다.

[0075] 한편, 상향 빔 형성부(240)에 입력되는 RF 신호는 N개의 이동국 안테나와 각각 연결되는 N개의 브랜치에 1/N로 균등하게 배분되어 인가된다. 그리고, 복수의 곱셈기(241)는 RF 신호를 1/N로 분할한 신호(이하, "RF 분할 신호"라 함)에 빔 계수를 각각 적용하여 N개의 이동국 안테나에 각각 대응하는 복수의 빔 신호를 생성한다. 즉, n번째 이동국 안테나(AM_n)에 대응하는 n번째 곱셈기(241)는 n번째 이동국 안테나(AM_n)에 대응하는 n번째 빔 계수를 이용하여 RF 분할 신호를 위상천이하고, n번째 빔 계수에 따라 위상천이된 RF 분할 신호(이하, "빔 신호"라 함)를 n번째 이동국 안테나(AM_n)에 인가한다.

[0076] 이와 같이, 제1 실시예에 따른 상향 빔 형성부(240)는 빔 벡터와 RF 분할 신호를 이용하여 N개의 빔 신호를 생성하고, N개의 빔 신호를 N개의 이동국 안테나(210)로 각각 출력한다.

[0077] 다음, 도 3을 이어서 설명한다.

[0078] N개의 이동국 안테나(210)는 상향 빔 생성부(240)로부터 수신한 N개의 빔 신호를 이용하여 송신 빔을 형성한다

(S370). 그리고, 이동국은 복수의 이동국 안테나(210)에 형성되는 송신 빔을 이용하여 기지국으로 전송할 데이터를 상향 링크 채널로 전송한다(S380).

- [0079] 이상과 같이, 본 발명의 제1 실시예에 따른 상향 빔 생성부(240)는 하나의 RF 체인(250)로부터 RF 신호를 받는다. 이와 같이 하면, 전송 신호를 소정이득으로 증폭하기 위하여 높은 전력을 소모하는 RF 체인(250)의 개수를 최소화할 수 있으므로, N개의 이동국 안테나를 이용하여 상향 빔을 형성하는 이동국의 전력 소모가 하나의 이동국 안테나를 이용하여 상향 빔을 형성하는 이동국의 전력 소모 수준으로 감소될 수 있다.
- [0080] 다음, 본 발명의 제2 실시예를 설명한다.
- [0081] 도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 이동국의 블록도를 나타낸 도면이다.
- [0082] 도 5에 도시한 바와 같이, 제2 실시예에 따른 이동국은 N개의 이동국 안테나(210, 도 5에서 "AM₀, AM₁, ..., AM_{N-1}"으로 도시함), 하향링크 채널 추정부(220), 빔 벡터 생성부(230), 상향 빔 형성부(240) 및 RF 체인부(260)를 포함한다. 여기서, RF 체인부(230)는 복수의 RF 체인을 포함한다.
- [0083] 제2 실시예에 따른 이동국은 제1 실시예에 따른 이동국과 유사하므로, 이하에서 중복되는 설명은 간략하게 줄이거나 생략하도록 한다.
- [0084] 도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 빔 형성 방법의 순서도를 나타낸 도면이다.
- [0085] 도 6에 도시한 바와 같이, N개의 이동국 안테나(210)는 하향링크 채널을 통해 독립적인 적어도 하나의 트레이닝 신호를 복수의 기지국 안테나 중 적어도 하나로부터 수신한다(S610). 이때, 트레이닝 신호는 프리앰블 신호, 파일럿 신호 또는 미드앰블 신호 중 어느 하나일 수 있다.
- [0086] 하향링크 채널 추정부(220)는 N개의 이동국 안테나(210) 각각이 수신하는 적어도 한 개의 트레이닝 신호를 이용하여 하향링크 채널 상태를 추정한다(S620).
- [0087] 제2 실시예에 따르면, 아래의 세가지 경우에서 하향링크 채널 추정부(220)는 다른 방법으로 하향링크 채널을 추정한다.
- [0088] 첫번째 경우는, 기지국이 M개의 기지국 안테나 중 하나를 이용하여 하나의 트레이닝 신호를 이동국으로 전송하고, 이동국이 하향링크 채널 추정을 위하여 하나의 기지국 안테나로부터 전송된 하나의 트레이닝 신호만을 이용할 수 있는 경우이다. 제1 실시예와 마찬가지로, 첫번째 경우에서 하향링크 채널 추정부(220)는 하나의 기지국 안테나와 N개의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널을 추정하여, N개의 하향링크 채널값을 생성한다.
- [0089] 두번째 경우는 기지국이 M개의 기지국 안테나 각각을 이용하여 M개의 기지국 안테나 각각에 대응하는 독립적인 M개의 트레이닝 신호를 이동국으로 전송하는 경우이다. 제1 실시예와 마찬가지로, 두번째 경우에서 하향링크 채널 추정부(220)는 M개의 기지국 안테나 각각과 N개의 이동국 안테나 각각에 의한 (NxM)행렬의 하향링크 MIMO 채널 상태를 추정하고, M개의 기지국 안테나 중에서 가장 좋은 상태의 하향링크 채널을 형성하는 하나의 기지국 안테나를 선택한다. 여기서, 가장 좋은 상태의 하향링크 채널을 가장 높은 이득을 가지는 하향링크 채널일 수 있다.
- [0090] 즉, 제1 실시예와 마찬가지로, 하향링크 채널 추정부(220)는 수확식 2를 이용하여 M개의 기지국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널의 이득을 각각 계산하고, 최고 이득을 갖는 하나의 기지국 안테나에 의한 하향링크 채널을 검색한다. 그리고, 하향링크 채널 추정부(220)는 최고 이득을 갖는 하나의 기지국 안테나에 의한 하향링크 채널에 대응하여 N개의 하향링크 채널값을 생성한다.
- [0091] 이상과 같이, 제2 실시예에 따르면, 첫번째 경우와 두번째 경우에서, 하향링크 채널 추정부(220)는 하향링크 채널 추정부(200)는 트레이닝 신호를 전송하는 하나의 기지국 안테나 또는 최고 이득으로 채널을 구성하는 하나의 기지국 안테나에 의한 하향링크 채널에 대응하여 N개의 하향링크 채널값을 생성한다. 이때, N개의 하향링크 채널값은 M개의 기지국 안테나 중 어느 하나에 의해 구성되는 벡터 채널에 해당하는 상향링크 채널을 추정하기 위하여 사용된다.
- [0092] 또한, 제1 실시예에서와 마찬가지로, 하향링크 채널 추정부(220)는 이동국의 이동속도를 측정하고(S630), 이동국의 이동속도와 N개의 하향링크 채널값을 빔 벡터 생성부(230)로 출력한다.
- [0093] 다음, 빔 벡터 생성부(230)는 이동국의 이동속도와 기준값을 비교한다(S640).
- [0094] 여기서, 이동국의 이동속도가 기준값 이상이면, 빔 벡터 생성부(230)는, N개의 하향링크 채널값과 관계없이, 현

재의 빔 벡터를 생성한다. 즉, 빔 벡터 생성부(230)는 랜덤하게 생성하는 임의의 빔 벡터 또는 이전의 빔 벡터 중 어느 하나를 현재의 빔 벡터로 선택한다(S641).

[0095] 또는, 이동국의 이동속도가 기준값 미만이면, 빔 벡터 생성부(230)는 N개의 하향링크 채널값을 이용하여, 수학식 3과 같은 빔 벡터를 생성한다(S650). 여기서, 제1 실시예에서와 마찬가지로, 빔 벡터 생성부(230)는 하향링크 채널 추정부(220)가 하향링크 채널을 추정하는 시점마다 빔 벡터를 생성한다. 이와 같이 하면, 상향링크 채널과 하향링크 채널 사이의 가역성을 최대한 이용하여 상향링크 채널 상태를 추정할 수 있다.

[0096] 수학식 3에 나타난 바와 같이, 제2 실시예에 따른 빔 벡터(c)는 N개의 이동국 안테나(210)에 각각 대응하는 N개의 빔 계수를 포함한다. 아래의 수학식 5는 제2 실시예에 따른 빔 계수를 나타내는 식이다.

수학식 5

$$a_n e^{j\theta_n} = \frac{1}{\sqrt{N}} \times e^{-j\phi_n}$$

[0097]

[0098] 수학식 5에서, $e^{j\theta_n}$ 는 n번째 이동국 안테나에 대응하는 n번째 빔 계수를 의미하고, ϕ_n 는 N개의 하향링크 채널값 중에서 하나의 기지국 안테나와 n번째 이동국 안테나에 의한 하향링크 채널의 위상을 의미한다. 여기서, 하나의 기지국 안테나는 트레이닝 신호를 전송하는 하나의 기지국 안테나 또는 가장 좋은 이득을 가지는 하향링크 채널을 구성하는 하나의 기지국 안테나를 의미한다.

[0099] 수학식 5에 나타난 바와 같이, 제2 실시예에 따르면, N개의 빔 계수 각각의 이득($a_0 \sim a_{N-1}$)은 $\frac{1}{\sqrt{N}}$ 로 동일하게 설정된다. 그리고, n번째 이동국 안테나에 대응하는 n번째 빔계수의 위상(θ_n)은 하나의 기지국 안테나와 n번째 이동국 안테나에 의한 하향링크 채널의 위상(ϕ_n)의 역수로 나타낼 수 있다.

[0100] 다음, 세번째 경우에서 제2 실시예에 따른 하향링크 채널 추정부(220)가 하향링크 채널을 추정하는 방법을 설명한다.

[0101] 세번째 경우는, 두번째 경우와 마찬가지로, 기지국이 M개의 기지국 안테나 각각을 이용하여 M개의 기지국 안테나 각각에 대응하는 독립적인 M개의 트레이닝 신호를 이동국으로 전송하는 경우이다. 세번째 경우에서, 제2 실시예에 따르면, 빔 벡터 생성부(230)는 동일한 이득을 가지는 복수의 빔 계수를 각각 포함하는 복수의 후보 빔 벡터를 생성하고, 다음 시간 슬롯의 상향링크 MIMO 채널 상태를 적용시에 가장 높은 이득을 갖는 하나의 후보 빔 벡터를 선택하여 빔 벡터를 생성한다.

[0102] 즉, 세번째 경우에서, 하향링크 채널 추정부(220)는 M개의 기지국 안테나 각각과 N개의 기지국 안테나 각각에 의한 (NxM)행렬의 하향링크 MIMO 채널 상태를 추정한다. 그리고 (NxM)행렬의 하향링크 MIMO 채널에 대응하는 (MxN)개의 하향링크 채널값을 빔 벡터 생성부(230)로 출력한다.

[0103] 그리고, 빔 벡터 생성부(230)는 아래의 수학식 6과 같이 N개의 후보 빔 벡터를 생성한다.

수학식 6

$$c_n = \frac{1}{\sqrt{N}} \left[1, e^{j\frac{2\pi m}{N}}, e^{j2\frac{2\pi m}{N}}, e^{j3\frac{2\pi m}{N}}, \dots, e^{j(N-1)\frac{2\pi m}{N}} \right], 0 \leq n \leq N-1$$

[0104]

[0105] 수학식 6에서, c_n 은 N개의 후보 빔 벡터 중 n번째 후보 빔 벡터를 의미한다. N개의 후보 빔 벡터 각각은 N개의 이동국 안테나($AM_0 \sim AM_{N-1}$)에 각각 대응하는 N개의 빔 계수를 포함한다.

[0106] 수학식 6에 나타난 바와 같이, n번째 후보 빔 벡터(c_n)에 포함되는 N개의 빔 계수 각각의 이득은 $\frac{1}{\sqrt{N}}$ 으로 동일하게 설정된다. 그리고, N개의 빔 계수 각각의 위상은 후보 빔 벡터의 인덱스 및 각각의 빔 계수에 대응하는 이동국 안테나의 인덱스와 비례한다. 즉, n번째 후보 빔 벡터에 포함되는 x 번째 빔 계수는 N개의 이동국 안테나

중 x 번째 이동국 안테나(AM_x)에 대응하며, x 번째 빔 계수의 위상은 후보 빔 벡터의 인덱스(n) 및 x 번째 이동국 안테나(AM_x)의 인덱스(x , $0 \leq x \leq N-1$)에 대응한다.

[0107] 그리고, 빔 벡터 생성부(230)는 아래의 수학적 식 7을 이용하여 N 개의 후보 빔 벡터에 대하여 N 개의 이동국 안테나와 M 개의 기지국 안테나에 의한 다음 시간 슬롯의 상향링크 MIMO 채널을 적용한 경우의 이득을 각각 계산한다.

수학적 식 7

[0108]
$$gain_n = \|Hc_n\|^2, 0 \leq n \leq N-1$$

[0109] 수학적 식 7에서, H 는 N 개의 이동국 안테나와 M 개의 기지국 안테나에 의한 ($M \times N$)행렬의 상향링크 MIMO 채널을 의미한다. 여기서, TDD 시스템에 따르면, 이동국의 이동속도가 기준값 미만인 경우, 다음 시간 슬롯의 상향링크 채널은 현재 시간 슬롯의 하향링크 채널과 동일한 것으로 추정할 수 있다. 따라서, 제2 실시예에 따르면, 빔 벡터 생성부(230)는 하향링크 채널 추정부(220)로부터 수신하는 ($N \times M$)개의 하향링크 채널값을 H 에 적용하여 N 개의 후보 빔 벡터 각각의 이득을 계산한다.

[0110] 그리고, 빔 벡터 생성부(230)는 N 개의 후보 빔 벡터 중에서 다음 시간 슬롯의 상향링크 MIMO 채널을 적용시에 가장 높은 이득을 나타내는 하나의 후보 빔 벡터를 선택하고, 선택한 하나의 후보 빔 벡터를 현재의 빔 벡터로 생성한다.

[0111] 이상과 같이, 제2 실시예에 따르면, 세가지 경우 각각에서, 빔 벡터 생성부(230)는 빔 벡터를 생성하고, 생성한 빔 벡터를 상향 빔 형성부(240)로 출력한다.

[0112] 다음, 상향 빔 형성부(240)는 전송 신호 및 빔 벡터를 이용하여 N 개의 이동국 안테나에 각각 대응하는 N 개의 출력 신호(이하, "예비 빔 신호"라고도 함)를 생성한다(S660). 그리고 RF 체인부(260)는 N 개의 출력 신호를 RF 대역으로 주파수 변환하고 소정 이득으로 증폭하여 복수의 빔 신호를 각각 생성한다(S670). 여기서, 전송 신호는 기저대역 신호로서 기지국으로 전송할 신호를 의미한다.

[0113] 도 7은 본 발명의 제2 실시예에 따른 상향 빔 형성부, RF 체인부 및 복수의 이동국 안테나 각각의 구성도를 나타낸 도면이다.

[0114] 도 7에 도시한 바와 같이, 제2 실시예에 따른 상향 빔 형성부(240)는 N 개의 이동국 안테나에 각각 대응하는 복수(N 개)의 곱셈기(242)를 포함한다.

[0115] 제2 실시예에 따르면, N 개의 곱셈기(242)는 전송 신호에 빔 계수를 각각 적용하여 N 개의 이동국 안테나에 각각 대응하는 N 개의 출력 신호를 생성한다. 즉, n 번째 이동국 안테나(AM_n)에 대응하는 n 번째 곱셈기(242)는 n 번째

이동국 안테나(AM_n)에 대응하는 n 번째 빔 계수($e^{j\theta_n}$)와 전송 신호를 곱하여 n 번째 이동국 안테나(AM_n)에 대응하는 n 번째 출력 신호를 생성한다. 이때, N 개의 출력 신호는 기저대역 신호에 해당한다.

[0116] RF 체인부(260)는 N 개의 이동국 안테나에 각각 대응하는 복수(N 개)의 RF 체인(261)을 포함한다.

[0117] N 개의 RF 체인(261)은 N 개의 곱셈기(242)와 N 개의 이동국 안테나 사이에 각각 연결된다. 즉, n 번째 이동국 안테나에 대응하는 n 번째 RF 체인(261)은 n 번째 이동국 안테나에 대응하는 n 번째 곱셈기(242)와 n 번째 이동국 안테나 사이에 연결된다.

[0118] 제2 실시예에 따르면, N 개의 RF 체인(261)은 복수의 출력 신호를 RF 대역으로 주파수 변환하고 상향 링크를 통해 전송가능한 정도의 크기로 증폭하여 N 개의 이동국 안테나로 각각 인가한다. 즉, n 번째 이동국 안테나에 대응하는 n 번째 RF 체인(261)은 n 번째 출력 신호를 RF 대역으로 주파수 변환하고 소정 이득으로 증폭하여 n 번째 이동국 안테나에 인가한다.

[0119] 이상과 같이, 제2 실시예에 따르면, 상향 빔 형성부(240)는 빔 벡터와 전송 신호를 이용하여 N 개의 출력 신호를 생성한다. 그리고 RF 체인부(260)는 N 개의 출력 신호를 각각 주파수 변환 및 증폭하여, N 개의 이동국 안테나에 각각 인가한다.

[0120] 다음, 도 6을 이어서 설명한다.

[0121] N개의 이동국 안테나(210)는 RF 체인부(260)로부터 수신한 N개의 신호를 이용하여 송신 빔을 형성한다(S680). 그리고, 이동국은 복수의 이동국 안테나(210)에 형성되는 송신 빔을 이용하여 기지국으로 전송할 데이터를 상향 링크 채널로 전송한다(S690).

[0122] 이상과 같이, 본 발명의 제2 실시예에 따르면, 이동국은 N개의 이동국 안테나에 각각 대응하는 N개의 RF 체인을 포함하고, N개의 이동국 안테나에 각각 대응하는 N개의 빔 계수의 이득을 $\frac{1}{\sqrt{N}}$ 로 설정한다. 이와 같이 하면, N개의 출력 신호를 각각 증폭하기 위한 N개의 RF 체인 각각의 전력 소모는 서로 동일하게 되므로, N개의 이동국 안테나를 사용하는 이동국의 전력 소모가 단일 안테나를 사용하는 이동국의 전력 소모에 비해 크게 증가하지 않게 된다.

[0123] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예는 장치 및 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하는 프로그램 또는 그 프로그램이 기록된 기록 매체를 통해 구현될 수도 있으며, 이러한 구현은 앞서 설명한 실시예의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야의 전문가라면 쉽게 구현할 수 있는 것이다.

[0124] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0125] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 TDD 시스템에서 복수의 기지국 안테나 각각과 복수의 이동국 안테나 각각에 의한 하향링크 채널을 나타낸 도면이다.

[0126] 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 이동국의 블록도를 나타낸 도면이다.

[0127] 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 빔 형성 방법의 순서도를 나타낸 도면이다.

[0128] 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 상향 빔 형성부, RF 체인부 및 복수의 이동국 안테나의 구성도를 나타낸 도면이다.

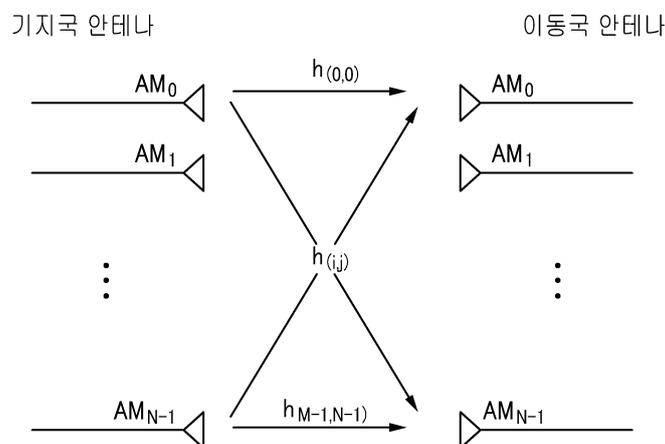
[0129] 도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 이동국의 블록도를 나타낸 도면이다.

[0130] 도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 빔 형성 방법의 순서도를 나타낸 도면이다.

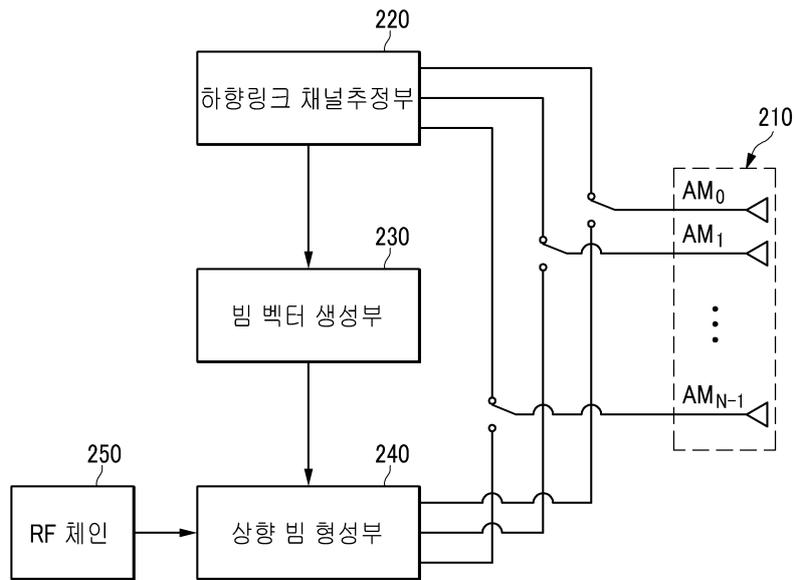
[0131] 도 7은 본 발명의 제2 실시예에 따른 상향 빔 형성부, RF 체인부 및 복수의 이동국 안테나 각각의 구성도를 나타낸 도면이다.

도면

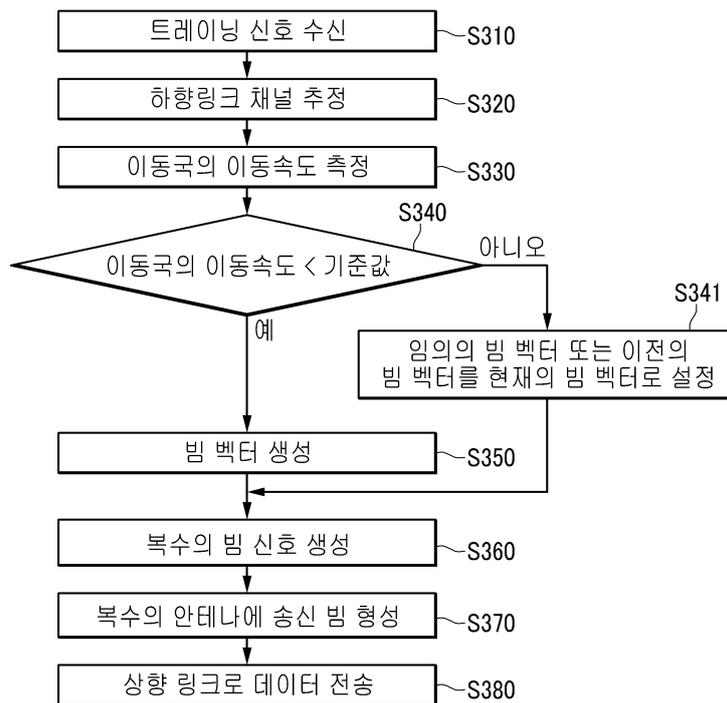
도면1



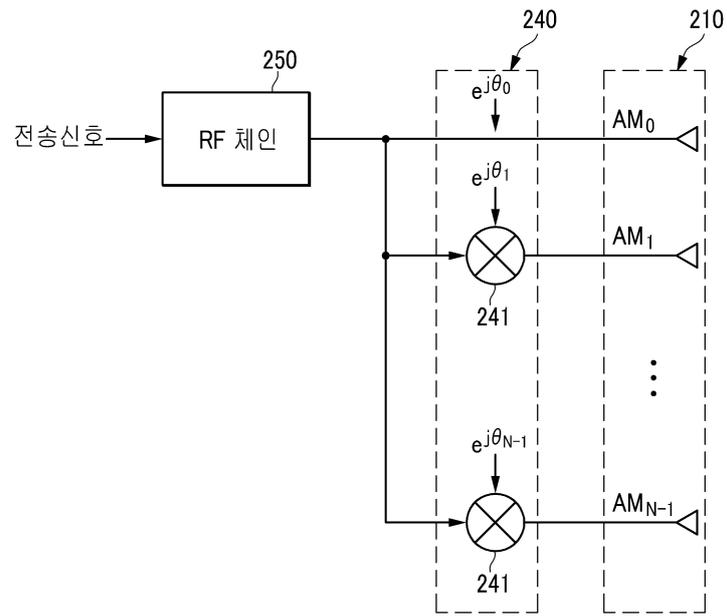
도면2



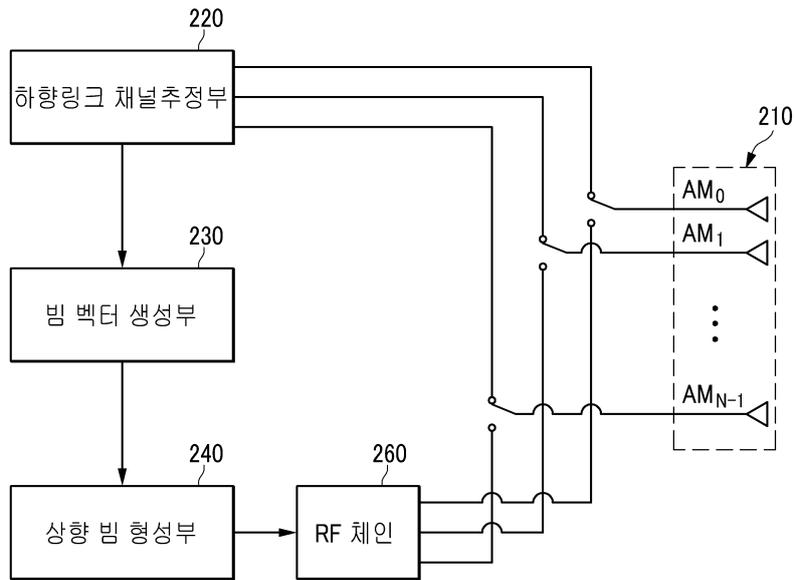
도면3



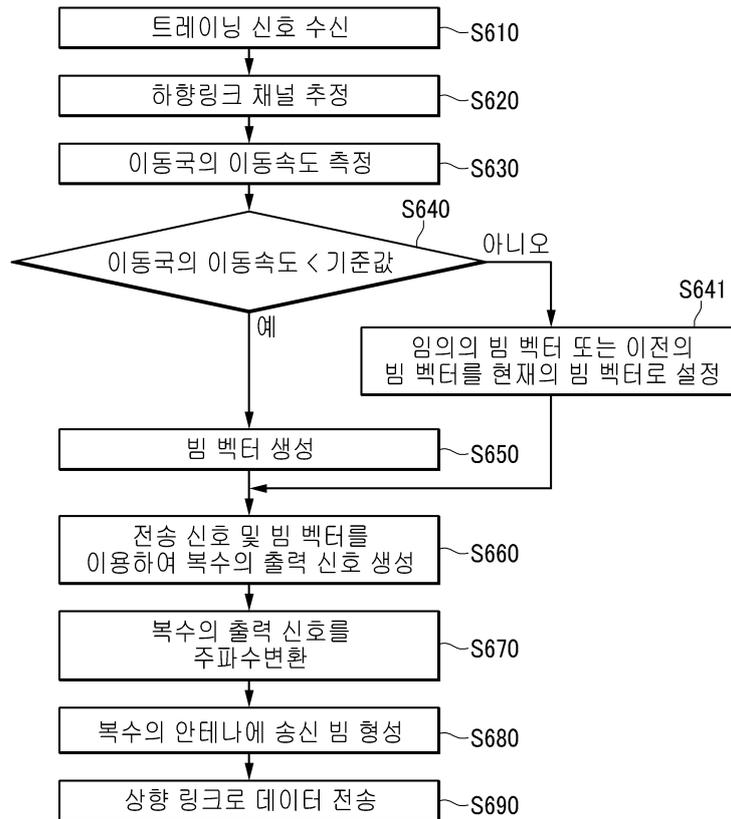
도면4



도면5



도면6



도면7

