



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0100877
(43) 공개일자 2009년09월24일

(51) Int. Cl.

H04B 7/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0026382

(22) 출원일자 2008년03월21일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 매탄동 416

충주대학교 산학협력단

충청북도 충주시 이류면 검단리 123 충주대학교

(72) 발명자

한기영

경기 용인시 수지구 상현1동 수지센트럴아이파크
106동 701호

문철

경기 수원시 영통구 영통동 황골마을1단지아파트
131동 303호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

권혁록, 이정순

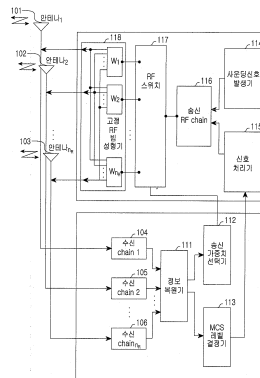
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 다중 입출력 무선통신 시스템에서 상향링크 빔 성형 및 공간분할 다중 접속 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 다중 입출력 무선통신 시스템에서 빔 성형을 하고, 빔 성형에 기반하여 상향 링크 공간분할 다중접속을 하기 위한 데이터 송수신 장치 및 방법에 관한 것으로 하향 링크 신호 수신시, 다수의 수신 안테나로부터 수신된 신호들을 다수의 RF 체인을 통하여 다수의 데이터 신호들을 처리하고, 상향 링크 송신시, 선택된 단일 송신 RF 체인을 통해 하나의 데이터 신호를 전송함으로써 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR : Signal to Interference Noise Ratio)를 최대화할 수 있다. 게다가, 상기 단말기는 상기 빔 성형에 기반하여 상향 링크 공간분할 다중접속을 실행함으로써 상향 링크의 전송용량을 극대화할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

이상우

경기 고양시 일산동구 백석동 1194 흰돌마을 금호
타운 101-2606

문준

서울 서대문구 남가좌1동 삼성래미안2차APT.
102-1001

이병하

서울 영등포구 신길5동 미성빌라2동 208호

특허청구의 범위

청구항 1

다중 입출력 무선통신 시스템에서 동작하는 단말기 장치에 있어서,
 상향링크 신호를 발생하는 발생기와,
 상기 발생기로부터의 기저대역 신호를 RF대역의 신호로 변환하는 하나의 송신 RF체인과,
 상기 하나의 송신 RF체인으로부터의 RF신호를 복수의 빔 성형기들 중 하나로 스위칭하는 RF스위치와,
 상기 복수의 빔 성형기들을 포함하며,
 상기 복수의 빔 성형기들 중 하나가, 상기 RF스위치로부터의 RF신호와 해당 가중치 벡터를 곱해 복수의 안테나들을 통해 송신하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,
 기지국으로부터 최적의 가중치 벡터 및 SINR을 포함하는 제어정보를 수신하는 수신부와,
 상기 최적의 가중치 벡터에 근거해서 상기 RF스위치의 스위칭 동작을 제어하는 가중치 선택기와,
 상기 SINR을 이용해서 상향링크 데이터의 MCS레벨을 결정하는 결정기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 3

상향링크 신호에 대해 RF단에서 빔성형을 수행하는 다중 입출력 무선통신 시스템에서 기지국의 동작 방법에 있어서,
 각 단말로부터 서로 다른 가중치 벡터들이 적용된 상향링크 신호들을 수신하는 과정과,
 상기 수신된 상향링크 신호들 각각에 대해 유효채널 벡터를 추정하는 과정과,
 상기 기지국의 수신안테나 개수를 고려해서, SDMA를 위한 가능한 모든 경우의 단말 집합들을 구성하는 과정과,
 상기 구성된 단말 집합들 각각에 대해 가능한 모든 경우의 가중치 벡터 집합들을 구성하는 과정과,
 상기 추정된 유효채널 벡터들을 이용해서, 상기 구성된 가중치 벡터 집합들 각각에 대한 스케줄링 순위(priority)를 계산하는 과정과,
 상기 계산된 스케줄링 순위들 중 최대에 해당하는 단말 집합 및 가중치 벡터집합을 선택하는 과정과,
 상기 선택된 단말 집합에 속한 단말들 각각으로 상기 결정된 해당 가중치 벡터 및 SINR을 송신하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 상향링크 신호는 사운딩 신호, 파일럿 신호 중 하나인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,
 상기 단말 집합의 크기는 상기 기지국의 수신안테나 개수보다 작거나 같은 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제3항에 있어서,
 상기 스케줄링 순위는 해당 가중치 벡터 집합에 대한 총 전송률(sum throughput)인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

상향링크 신호에 대해 RF단에서 빔성형을 수행하는 다중 입출력 무선통신 시스템에서 기지국의 동작 방법에 있어서,

각 단말로부터 서로 다른 가중치 벡터들이 적용된 상향링크 신호들을 수신하는 과정과,

상기 수신된 상향링크 신호들 각각에 대해 유효채널 벡터를 추정하는 과정과,

상기 추정된 유효채널 벡터들 각각에 대해 SINR을 계산하는 과정과,

각 단말에 대해 SINR을 최대로 하는 최적 가중치 벡터를 선택하는 과정과,

상기 각 단말의 최적 가중치 벡터를 가지고 스케줄링하여 서비스할 단말을 선택하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 선택된 단말로 상기 최적 가중치 벡터와 SINR을 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 서비스할 단말은 하기 <수학식 8>와 같이 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

수학식 7

$$k^* = \arg \max_{k=1, \dots, K} \frac{R_k(\gamma_k)}{\overline{R}_k}$$

여기서, $R_k(\gamma_k)$ 은 k번째 단말의 상향 링크에서 최적 가중치 $W_{k,n}$ 을 통해 전송가능한 현재 데이터 전송률을 나타내고, $\overline{R}_k$ 는 k번째 단말기의 상향 링크의 평균 데이터 전송률을 나타냄.

청구항 10

다중 입출력(MIMO : Multi-Input Multi-Output) 무선통신 시스템에서 단말의 동작 방법에 있어서,

상향링크 신호를 발생하는 과정과,

상기 상향링크 신호를 하나의 송신 RF채인을 통해 RF대역의 신호로 변환하는 과정과,

상기 RF대역의 신호를 RF스위치를 이용해 복수의 빔 성형기들 중 하나로 스위칭하는 과정과,

상기 복수의 빔 성형기들 중 하나가, 상기 스위칭 된 RF대역의 신호를 해당 가중치 벡터로 빔성형하는 과정과,

상기 빔성형된 신호를 복수의 안테나들을 통해 송신하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 RF스위치를 제어하여 서로 다른 빔성형 가중치 벡터가 적용된 사운딩 신호들을 기지국으로 전송하는 과정과,

상기 기지국으로부터 최적의 가중치 벡터 및 SINR을 포함하는 제어정보를 수신하는 과정과,

상기 최적의 가중치 벡터에 근거해서 상기 RF스위치의 스위칭 동작을 제어하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 SINR을 이용해서 상향링크 데이터의 MCS레벨을 결정하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

상향링크 신호에 대해 RF단에서 빔성형을 수행하는 다중 입출력 무선통신 시스템에서 기지국 장치에 있어서,

각 단말로부터 서로 다른 빔 성형 가중치 벡터가 적용된 상향링크 신호들을 수신하는 수신부와,

상기 수신된 상향링크 신호들 각각에 대해 채널벡터들을 추정하는 채널 추정기와,

상기 추정된 채널벡터들 각각에 대해 SINR을 추정하고, 각 단말에 대해 SINR을 최대로 하는 최적 가중치 벡터를 선택하며, 상기 각 단말의 최적 가중치 벡터를 가지고 스케줄링하여 서비스할 단말을 선택하는 통신제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 선택된 단말로 최적 가중치 벡터와 SINR을 포함하는 제어정보를 전송하는 송신부를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 통신 제어기는, 상기 서비스할 단말을 하기 <수학식 8>와 같이 선택하는 것을 특징으로 하는 장치.

수학식 8

$$k^* = \arg \max_{k=1, \dots, K} \frac{R_k(\gamma_k)}{\bar{R}_k}$$

여기서, $R_k(\gamma_k)$ 은 k번째 단말기의 상향 링크에서 최적 가중치 $W_{k,n}$ 을 통해 전송가능한 현재 데이터 전송률을 나타내고, $\bar{R}_k$ 는 k번째 단말기의 상향 링크의 평균 데이터 전송률을 나타냄.

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 상향링크 신호는 사운딩 신호, 파일럿 신호 중 하나인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 17

상향링크 신호에 대해 RF단에서 빔성형을 수행하는 다중 입출력 무선통신 시스템에서 기지국 장치에 있어서,

각 단말로부터 서로 다른 빔 성형 가중치 벡터가 적용된 상향링크 신호들을 수신하는 수신부와,

상기 수신된 상향링크 신호들 각각에 대해 채널벡터들을 추정하는 채널 추정기와,

상기 기지국의 수신안테나 개수를 고려해서 SDMA를 위한 가능한 모든 경우의 단말 집합들을 구성하고, 상기 구성된 단말 집합들 각각에 대해 가능한 모든 경우의 가중치 벡터 집합들을 구성하며, 상기 추정된 채널벡터들을 이용해서 상기 구성된 가중치 벡터 집합들 각각에 대한 스케줄링 우위를 계산하고, 상기 계산된 스케줄링 우위들 중 최대에 해당되는 단말 집합 및 가중치 벡터 집합을 선택하는 통신제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 결정된 단말 집합에 속한 단말들 각각으로 상기 결정된 해당 가중치 벡터 및 SINR을 송신하는 송신부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 상향링크 신호는 사운드 신호, 파일럿 신호 중 하나인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 20

제17항에 있어서,

상기 단말 집합의 크기는 상기 기지국의 수신안테나 개수보다 작거나 같은 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 21

제17항에 있어서,

상기 스케줄링 우위는 해당 가중치 벡터 집합에 대한 총 전송률(sum throughput)인 것을 특징으로 하는 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 다중 입출력 무선통신 시스템에서 상향링크 빔 성형을 하고, 빔 성형에 기반하여 상향 링크 공간분할 다중접속을 하기 위한 데이터 송수신 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 무선 이동통신 시장의 급성장으로 인하여 무선 환경에서 다양한 멀티미디어 서비스가 요구된다. 따라서 최근에는 상기 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 전송 데이터의 대용량화 및 데이터 전송의 고속화가 진행되면서 한정된 주파수를 효율적으로 사용할 수 있는 다중 입출력(MIMO : Multiple Input Multiple Output ; 이하 MIMO라 칭함) 무선통신 시스템의 연구가 진행되고 있다.
- <3> 상기 다중 입출력 무선통신 시스템은 안테나별로 서로 독립적인 채널을 이용하여 신호를 전송하여 추가적인 주파수나 송신 전력 할당 없이도 단일 입출력 안테나 시스템에 비해 전송 신뢰도와 전송률을 증가시킬 수 있다. 또한, 상기 다중 안테나 입출력 시스템은 다중 사용자를 지원하는 다중 사용자 환경의 다중 입출력 안테나 시스템으로 확장할 수 있다. 즉, 상기 다중 사용자 환경의 다중 입출력 안테나 시스템은 상기 다중 안테나를 통해 확보한 공간자원을 동시에 여러 명의 사용자가 공유하여 주파수 효율을 더욱 높일 수 있다.
- <4> 상기 다중 입출력 무선통신 시스템 기술중 공간 다중화 (spatial multiplexing, SM) 기술은 하나의 송신기와 하나의 수신기 간에 다수의 공간적인 부 채널(spatial subchannel)들을 동시에 형성하여 각 공간적인 부 채널 별로 독립적으로 데이터를 전송함으로써 각 링크에서의 데이터 전송용량을 증가시키는 방법이다. 또한, 공간분할 다중접속(SDMA : Space Division Multiple Access) 기술은 다수의 수신기들에게 동시에 데이터 신호들을 전송함으로써 시스템의 전송 용량을 증가시킬 수 있다. 기지국(BTS : Base Tranceiver Station)에서 N_T 개의 송/수신 안테나와 단말기(AT : Access Terminal)에서 N_R 개의 송/수신 안테나를 사용하는 MIMO 시스템을 가정할 경우, 하향 링크 공간 다중화 및 공간분할 다중접속을 위해 기지국에서 N_T 개의 송신 안테나와 단말기에서 N_R 개의 수신 안테나를 사용하고, 상향 링크 공간 다중화 및 공간분할 다중접속을 위해 단말기에서 N_R 개의

송신 안테나와 기지국에서 N_T 개의 수신안테나를 사용할 수 있다.

- <5> 그러나 전력사용이 자유로운 기지국과는 달리 단말기는 전력사용에 제한이 있기 때문에, 단말기는 전력사용 효율의 극대화를 위하여 전력증폭기와 같이 많은 전력을 소모하는 RF 송신 체인을 동시에 다수 개를 사용할 수 없다. 따라서 단말기의 경우에는 하향 링크 신호 수신시, N_R 개의 수신 안테나로부터 수신된 신호들을 N_R 개의 RF 체인을 통하여 다수의 데이터 신호들을 처리하고, 상향 링크 송신시, 선택된 단일 수신 RF 체인을 통해 하나의 데이터 신호를 전송하는 장치 및 방법이 요구된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <6> 본 발명은 상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 도출된 것으로서, 본 발명의 목적은, 다중 입출력 무선 통신 시스템에서 상향 링크 신호 전송용량을 극대화하기 위한 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <7> 본 발명의 다른 목적은, 다중 입출력 무선통신 시스템에서 상향 링크 신호 전송을 위한 빔 성형을 하고, 빔 성형에 기반하여 상향 링크 공간분할 다중접속을 하기위한 데이터 송수신 장치 및 방법을 제공함에 있다.

과제 해결수단

- <8> 상술한 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 제 1 견지에 따르면, 다중 입출력 무선통신 시스템에서 동작하는 단말기 장치는, 상향링크 신호를 발생하는 발생기와, 상기 발생기로부터의 기저대역 신호를 RF대역의 신호로 변환하는 하나의 송신 RF체인과, 상기 하나의 송신 RF체인으로부터의 RF신호를 복수의 빔 성형기들 중 하나로 스위칭하는 RF스위치와, 상기 복수의 빔 성형기들을 포함하며, 상기 복수의 빔 성형기들 중 하나가, 상기 RF스위치로부터의 RF신호와 해당 가중치 벡터를 곱해 복수의 안테나들을 통해 송신하는 것을 특징으로 하는 장치를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <9> 상술한 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 제 2 견지에 따르면, 상향링크 신호에 대해 RF단에서 빔성형을 수행하는 다중 입출력 무선통신 시스템에서 기지국의 동작 방법은, 각 단말로부터 서로 다른 가중치 벡터들이 적용된 상향링크 신호들을 수신하는 과정과, 상기 수신된 상향링크 신호들 각각에 대해 유효채널 벡터를 추정하는 과정과, 상기 기지국의 수신안테나 개수를 고려해서, SDMA를 위한 가능한 모든 경우의 단말 집합들을 구성하는 과정과, 상기 구성된 단말 집합들 각각에 대해 가능한 모든 경우의 가중치 벡터 집합들을 구성하는 과정과, 상기 추정된 유효채널 벡터들을 이용해서, 상기 구성된 가중치 벡터 집합들 각각에 대한 스케줄링 순위(priority)를 계산하는 과정과, 상기 계산된 스케줄링 순위들 중 최대에 해당하는 단말 집합 및 가중치 벡터집합을 선택하는 과정과, 상기 선택된 단말 집합에 속한 단말들 각각으로 상기 결정된 해당 가중치 벡터 및 SINR을 송신하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <10> 상술한 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 제 3 견지에 따르면, 상향링크 신호에 대해 RF단에서 빔성형을 수행하는 다중 입출력 무선통신 시스템에서 기지국의 동작 방법에 있어서, 각 단말로부터 서로 다른 가중치 벡터들이 적용된 상향링크 신호들을 수신하는 과정과, 상기 수신된 상향링크 신호들 각각에 대해 유효채널 벡터를 추정하는 과정과, 상기 추정된 유효채널 벡터들 각각에 대해 SINR을 계산하는 과정과, 각 단말에 대해 SINR을 최대로 하는 최적 가중치 벡터를 선택하는 과정과, 상기 각 단말의 최적 가중치 벡터를 가지고 스케줄링하여 서비스할 단말을 선택하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <11> 상술한 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 제 4 견지에 따르면, 다중 입출력(MIMO : Multi-Input Multi-Output) 무선통신 시스템에서 단말의 동작 방법은, 상향링크 신호를 발생하는 과정과, 상기 상향링크 신호를 하나의 송신 RF체인을 통해 RF대역의 신호로 변환하는 과정과, 상기 RF대역의 신호를 RF스위치를 이용해 복수의 빔 성형기들 중 하나로 스위칭하는 과정과, 상기 복수의 빔 성형기들 중 하나가, 상기 스위칭된 RF대역의 신호를 해당 가중치 벡터로 빔성형하는 과정과, 상기 빔성형된 신호를 복수의 안테나들을 통해 송신하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <12> 상술한 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 제 5 견지에 따르면, 상향링크 신호에 대해 RF단에서 빔성형을 수행하는 다중 입출력 무선통신 시스템에서 기지국 장치는, 각 단말로부터 서로 다른 빔 성형 가중치 벡터가 적용된 상향링크 신호들을 수신하는 수신부와, 상기 수신된 상향링크 신호들 각각에 대해 채널벡터들을 추정하는 채널

추정기와, 상기 추정된 채널벡터들 각각에 대해 SINR을 추정하고, 각 단말에 대해 SINR을 최대로 하는 최적 가중치 벡터를 선택하며, 상기 각 단말의 최적 가중치 벡터를 가지고 스케줄링하여 서비스할 단말을 선택하는 통신제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- <13> 상술한 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 제 6 견지에 따르면, 하향 링크 신호에 대해 RF단에서 빔성형을 수행하는 다중 입출력 무선통신 시스템에서 기지국 장치는, 각 단말로부터 서로 다른 빔 성형 가중치 벡터가 적용된 상향링크 신호들을 수신하는 수신부와, 상기 수신된 상향링크 신호들 각각에 대해 채널벡터들을 추정하는 채널 추정기와, 상기 기지국의 수신안테나 개수를 고려해서 SDMA를 위한 가능한 모든 경우의 단말 집합들을 구성하고, 상기 구성된 단말 집합들 각각에 대해 가능한 모든 경우의 가중치 벡터 집합들을 구성하며, 상기 추정된 채널벡터들을 이용해서 상기 구성된 가중치 벡터 집합들 각각에 대한 스케줄링 우위를 계산하고, 상기 계산된 스케줄링 우위들 중 최대에 해당되는 단말 집합 및 가중치 벡터 집합을 선택하는 통신제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치를 포함하는 것을 특징으로 한다.

효 과

- <14> 상술한 바와 같이 본 발명은 다중 입출력 무선통신 시스템에서 단말기는 빔 성형을 함으로써, 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR : Signal to Interference Noise Ratio)를 최대화할 수 있고, 특히, 상기 단말기는 상기 빔 성형에 기반하여 상향 링크 공간분할 다중접속을 실행함으로써 상향 링크의 전송용량을 극대화할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <15> 이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면의 참조와 함께 상세히 설명한다. 그리고 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단된 경우 그 상세한 설명은 생략한다.
- <16> 이하 발명에서는 다중 입출력 무선통신 시스템에서 빔 성형을 하고, 빔 성형에 기반하여 상향 링크 공간분할 다중접속 송수신 장치 및 방법에 관하여 설명할 것이다.
- <17> 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 다중 입출력 무선통신 시스템에서 단말기의 구조를 도시한 도면이다. 상기 도 1을 참조하면, 상기 단말기는 다수의 송수신 안테나들(101 내지 103), 다수의 수신 체인들(104 내지 106), 정보 복원기(111), 통신 제어기(112), MCS(Modulation and Coding Scheme)레벨 결정기(113), 사운딩 신호 발생기(114), 신호 처리기(115), 송신 RF 체인(116), RF 스위치(117), 고정 RF 빔 성형기(118)를 포함하여 구성된다.
- <18> 상기 다수의 송수신 안테나들(101 내지 103)은 기지국으로부터 하향 링크 신호를 수신하여 다수의 수신 체인들(104 내지 106)로 제공하고, 상기 고정 RF 빔 성형기(118)에서 빔 성형된 상향 링크 신호를 기지국으로 전송한다.
- <19> 상기 다수의 수신 체인들(104 내지 106)은 상기 다수의 송수신 안테나들(101 내지 103)로부터 제공받은 다수의 하향 링크 신호들을 기저대역 신호들로 변환하고, 상기 기저대역 신호들을 상기 정보 복원기(111)로 제공한다.
- <20> 상기 정보 복원기(111)는 상기 다수의 수신 체인들(104 내지 106)로부터 제공받은 상기 기저대역 신호들을 비트열로 변환한다. 그리고, 상기 정보 복원기(111)는 비트열 내의 정보들 중 최적 송신 가중치 벡터 인덱스 n^* 를 확인하여 통신 제어기(112)로 제공한다. 그리고, 상기 정보 복원기(111)는 상기 단말기에 대한 최적 송신 가중치의 신호 대 간섭 및 잡음 비(SINR : Signal to Interference Noise Ratio ; 이하 MIMO라 칭함) γ_{k^*} 를 확인하여 상기 MCS 레벨 결정기(113)로 제공한다.
- <21> 상기 통신 제어기(112)는 상기 RF 스위치(117)를 제어함으로써 송신경로를 선택한다. 특히, 본 발명에 따라, 상기 통신 제어기(112)는 상기 정보 복원기(111)로부터 제공된 상기 단말기에 대한 최적 송신 가중치 벡터의 인덱스 n^* 로 송신경로를 설정하도록 상기 RF 스위치(117)를 제어한다.
- <22> 상기 MCS 레벨 결정기(113)는 상기 정보 복원기(111)로부터 제공된 상기 단말기에 대한 최적 송신 가중치의 SINR γ_{k^*} 에 대응되는 MCS 레벨을 결정한다. 그리고, 상기 MCS 레벨 결정기(113)는 상기 결정된 MCS 레벨에 대한 상기 정보를 신호 처리기(115)로 제공한다.

- <23> 상기 사운딩 신호 발생기(114)는 사운딩 신호를 발생시킨다. 상기 사운딩 신호는 상향 링크 채널을 추정하기 위하여 사용되는 약속된 신호이다. 이후, 상기 발생한 사운딩 신호는 송신 RF 체인(116)으로 제공된다. 여기서, 상기 시스템이 사운딩 신호가 필요한 이유로, 상기 시스템에서 하향 링크 채널정보만을 이용하여 역방향 링크에서의 SINR을 최대화하는 상향 링크 빔 성형 가중치를 결정하는 것은 시분할 시스템인 경우에도 불가능하다. 더구나, 동일 셀 내 간섭이 존재하는 공간분할 다중접속의 경우, 각 단말기별로 수신하는 하향 링크 채널 정보만을 이용하여 동일 셀 간섭을 최소화하는 동시에 전송될 가중치들을 결정하는 것이 불가능하다. 따라서, 시분할 다중화 시스템이라 하더라도, 하향 링크 채널 추정을 통하여, 역방향 링크 SINR을 최대로 하는 최적의 가중치와 그에 따른 역방향 링크 수신 SINR을 단말기에서 추정하는 것은 불가능하다. 결과적으로, 시분할 다중화 시스템의 상향 링크와 하향 링크 채널간 상호성을 이용할 수 없기 때문에, 기지국에서 상향 링크 채널 추정을 수행하고 이를 바탕으로 기지국에서 최적의 가중치를 결정하는 방식을 사용하기 위하여 사운딩 신호를 활용한다.
- <24> 상기 신호 처리기(115)는 트래픽 데이터를 부호화 및 변조함으로써 송신될 데이터 신호를 생성하여 상기 송신 RF 체인(116)에 제공한다. 단, 상기 신호 처리기(115)는 상기 MCS 레벨 결정기(113)에서 제공된 수신 SINR γ_{k^*} 에 대응되는 상기 MCS 레벨을 이용하여 트래픽 데이터를 부호화 및 변조한다.
- <25> 상기 송신 RF 체인(116)은 상기 신호 처리기(115)에서 제공된 트래픽 데이터 신호와 상기 사운딩 신호 발생기(114)에서 제공된 사운딩 신호등의 기저대역 신호를 RF 대역신호로 변환한다. 상기 송신 가중치가 결정되기 이전에는, 상기 송신 RF 체인(116)은 상기 사운딩 신호 발생기(114)에서 제공된 상기 사운딩 신호를 상기 RF 스위치(117)로 제공한다. 그리고, 상기 송신 가중치가 결정된 이후에는, 상기 송신 RF 체인(116)은 상기 신호 처리기(115)에서 제공된 트래픽 데이터 신호를 상기 RF 스위치(117)로 제공한다.
- <26> 상기 RF 스위치(117)는 빔 성형을 하기 위한 하나의 가중치 벡터를 선택한다. 다시 말해, 상기 RF 스위치(117)는 상기 송신 RF 체인(116)에서 제공된 사운딩 신호 혹은, 상기 트래픽 데이터 신호가 다수의 빔 성형 가중치들 중 하나를 통해 빔 성형이 되도록 경로를 스위칭한다. 여기서, 상기 RF 스위치(117)는 상기 송신 가중치가 결정되기 이전에는, 상기 송신 RF 체인(116)으로부터 제공된 상기 사운딩 신호를 입력받아 RF 빔 성형기(118)로 제공하여 모든 가중치를 순차적으로 적용하여 빔 성형이 되도록 경로를 스위칭한다. 그리고, 상기 RF 스위치(117)는 상기 송신 가중치가 결정된 이후에는, 상기 송신 RF 체인(116)으로부터 제공된 트래픽 데이터 신호를 입력받아 RF 빔 성형기(118)로 제공하고 상기 송신 가중치를 유지하도록 하여 빔 성형이 되도록 한다.
- <27> 상기 고정 RF 빔 성형기(118)는 다수의 빔 성형 가중치들을 포함하며, 상기 다수의 빔 성형 가중치들 중 하나를 이용하여 빔 성형을 하고 n_R 개의 안테나를 통하여 기지국으로 빔 성형 된 상기 신호를 전송한다. 여기서, 상기 고정 RF 빔 성형기(118)는 상기 송신 가중치가 결정되기 이전에는, 상기 RF 스위치(117)로부터 상기 사운딩 신호를 입력받아 순차적으로 빔 성형 가중치를 적용하여 빔 성형을 하고, 빔 성형 된 모든 가중치를 통해 순차적으로 상기 사운딩 신호를 전송한다. 그리고 상기 고정 RF 빔 성형기(118)는 상기 송신 가중치가 결정된 이후에는, 상기 RF 스위치(117)로부터 트래픽 데이터 신호를 입력받아 상기 최적 송신 가중치 벡터의 인덱스를 빔 성형 가중치 벡터로 유지하여 송신신호에 대한 빔 성형을 수행한다. 다시 말해, n_R 개의 상기 빔 성형 가중치 벡터들을 이용하여 n_R 개의 상기 빔 성형 가중치 벡터들 중에서 상기 RF 스위치(117)가 선택한 빔 성형 가중치 벡터에 의해 상기 신호 처리기(115)에서 제공된 트래픽 데이터 신호를 전송한다. 여기서, 고정 RF 빔 성형기(118)의 $n_R \times 1$ 크기의 n_R 개의 수식 SINR을 최대로 하는 가중치 $\{W_n\}_{n=1, \dots, n_R}$ 는 하기 <수학식 1>의 조건을 만족해야한다.

수학식 1

$$W_i^H W_j = \delta_{ij}, \quad i, j = 1, \dots, n_R, \quad \delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } i=j \\ 0, & \text{if } i \neq j \end{cases}$$

- <28>
- <29> 상기 <수학식 1>에서 W_j 는 j번째의 고정 가중치를 말하고, n_R 은 송신 안테나의 개수를 말한다.

- <30> 즉, 고정 빔 성형기에서 구현되는 n^R 개의 상기 수신 SINR을 최대로 하는 고정 가중치 $\{W_n\}_{n=1,\dots,n_s}$ 들은 서로 orthonormal 해야한다.
- <31> 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 다중 입출력 무선통신 시스템에서 기지국의 구조를 도시한 도면이다. 상기 도 2를 참조하면, 상기 단말기는 다수의 송수신 안테나들(201 내지 203), 다수의 수신 체인들(204 내지 206), 통신 제어기(211), 채널 추정기(212), 제어정보 생성기(213), 신호 처리기(214), 다수의 송신 체인들(221 내지 223)를 포함하여 구성된다.
- <32> 상기 다수의 송수신 안테나들(201 내지 203)은 다수의 단말기들로부터 송신된 상향 링크 신호를 수신하여 다수의 수신 체인들(204 내지 206)로 제공하고, 상기 다수의 송신 체인들(221 내지 223)에서 하향 링크 신호를 단말기로 전송한다.
- <33> 상기 다수의 수신 체인들(204 내지 206)은 상기 다수의 안테나들(201 내지 203)로부터 제공된 다수의 상향 링크 신호들을 기저대역 신호로 변환하고, 변환한 상기 기저대역 신호들을 채널 추정기(211)로 제공한다. 만일, 상기 시스템이 기저대역 신호로 변환되기 이전의 신호를 채널추정에 이용하는 시스템이라면, 상기 다수의 수신 체인들은 채널추정을 위한 대역의 신호로 변환할 수 있다.
- <34> 상기 채널 추정기(211)는 상기 다수의 수신 체인들(204 내지 206)로부터 제공받은 상기 신호들 중 사운딩 신호를 이용하여 상향 링크 유효채널벡터 $\{h_{k,n}\}_{n=1,\dots,n_s}$ 들을 추정하여 상기 통신 제어기(212)로 제공한다. 상기 상향링크 채널벡터는 하기 <수학식 2>와 같은 구조로 구성되어있다.

수학식 2

- <35>
$$h_{k,n} = H_k W_n$$
- <36> 상기 <수학식 2>에서 H_k 는 k번째 단말기의 n^R 개의 송신 안테나로부터 기지국의 n^T 개 수신 안테나로의 채널 응답을 나타내는 $n^T \times n^R$ 크기의 행렬이고, W_n 은 송신 가중치 벡터이다. $h_{k,n}$ 는 k번째 단말기가 송신 가중치 벡터 W_n 을 사용할 경우의 상향 링크 채널 벡터이다.
- <37> 상기 통신 제어기(212)는 상향링크 채널벡터 $h_{k,n}$ 와 타 셀 간섭, 수신 잡음 등을 고려하여, 각 단말의 가중치 벡터별로 기지국에서 수신할 수 있는 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR : Signal to Interference and Noise Ratio ; 이하 SINR 이라 칭함) $\{\gamma_{k,n}\}_{n=1,\dots,n_s}$ 들을 추정한다. 즉, 상기 채널 추정기는 각 단말에 대해 가중치 벡터 $\{W_n\}_{n=1,\dots,n_s}$ 개수만큼의 SINR들을 계산한다.
- <38> 상기 통신 제어기(212)는 단말기의 가중치별 SINR들을 이용하여 각 단말기의 상기 SINR을 최대로 하는 최적의 송신가중치 벡터 $\{w_{k,n}\}_{k=1,\dots,K}$ 를 추정하고, 상기 최적의 송신 가중치 벡터에 대응되는 최대 수신 SINR $\{\gamma_k\}_{k=1,\dots,K}$ 를 추정한다. 다시 말해, 상기 통신 제어기(211)는 단말기들 각각의 상향 링크에서 수신 SINR을 최대로 하는 송신 가중치 벡터들 $\{w_{k,n}\}_{k=1,\dots,K}$ 과 해당 최대 수신 SINR들 $\{\gamma_k\}_{k=1,\dots,K}$ 을 추정한다. 상기 단말기들 각각의 상향 링크에서 수신 SINR을 최대로 하는 송신 가중치들은 하기 <수학식 3>과 같이 추정한다.

수학식 3

$$W_{k,n}^* = \arg \max_{\{W_n\}_{n=1, \dots, N_s}} \gamma_{k,n}$$

<39>

상기 <수학식 3>에서 $\gamma_{k,n}$ 은 k번째 단말기의 n번째 가중치 벡터의 SINR을 나타내고 $\{W_n\}_{n=1, \dots, N_s}$ 은 각 단말기에서의 N_s 개의 벡터들을 나타낸다. $W_{k,n}^*$ 는 신호를 전송할 단말기들의 상향 링크에서 수신 SINR을 최대로 하는 송신 가중치들을 나타낸다.

<41>

상기 통신 제어기(212)는 단말별 수신 SINR을 최대로 하는 송신 가중치들을 이용하여 기지국의 스케줄링 알고리즘에 따라 최대 우위(priority)를 갖는 하나의 단말기를 선택한다. 예를 들어, PF(Proportional Fairness) 스케줄러의 경우, 송신가중치 선택기(212)은 다음 하기 <수학식 4>과 같이 상향 링크에서 신호를 전송할 k^* 번째 단말기를 선택한다.

수학식 4

$$k^* = \arg \max_{k=1, \dots, K} \frac{R_k(\gamma_k)}{\bar{R}_k}$$

<42>

상기 <수학식 4>에서 $R_k(\gamma_k)$ 은 k번째 단말기의 상향 링크에서 최적 가중치 $W_{k,n}^*$ 을 통해 가능한 데이터 전송률을 나타내고, $\bar{R}_k$ 는 k번째 단말기의 상향 링크의 평균 데이터 전송률을 나타낸다.

<44>

상기 통신 제어기(212)는 하향 링크 시그널링을 통해 스케줄링을 통해 선택된 k^* 번째 단말기의 상향 링크에서 수신 SINR을 최대로 하는 송신 가중치 벡터의 인덱스 n^* 와 최대 수신 SINR γ_{k^*,n^*} 를 확인하여 제어정보 생성기(214)로 제공한다.

<45>

그리고, 빔 성형에 따른 공간 분할 다중 접속시에는 상향 링크 통신을 수행하고자 하는 다수의 단말기들이 존재하기 때문에, 기지국은 상향 링크 통신을 수행하기 위한 단말기들을 선택해야한다. 이 경우, 상기 통신 제어기(212)는 다중 사용자 스케줄링을 실행한다. 상기 다중 사용자 스케줄링은 스케줄링 기준(criterion)에 만족하도록 상향 링크 신호를 전송할 단말기들과 각 단말기들이 사용할 가중치들을 함께 고려하여 수행된다. 예를 들어, 스케줄링의 기준(criterion)이 시스템의 상향 링크 전송 용량을 최대화하는 것이라고 가정하면, K개의 단말기들 중에서 어떠한 단말기들이 어떠한 상향 링크 빔 성형 가중치들을 사용하여 상향 링크 신호를 전송하는 것이, 시스템 전송 용량을 최대로 할 것 인지가 다중 사용자 스케줄링을 통해 결정된다. 각 단말기들은 각각 하나의 데이터 신호만을 전송하기 때문에 동시에 신호를 전송하는 단말기의 수는 동시에 전송되는 동일 셀 내 상향링크 신호의 수와 같다. 기지국에서 n_T 개의 수신 안테나를 사용하는 상향 링크 공간분할 다중접속에서는 동일 셀 내에서 최대 n_T 개의 데이터 신호를 전송할 수 있다. 즉, 최대 n_T 개의 단말기들이 상향 링크 데이터 신호를 동시에 전송할 수 있다.

<46>

스케줄링 기준(criterion)을 만족하는 최적의 단말기 집합 A^* 와 W^* 에 속한 단말기들이 사용할 최적의 빔 성형 가중치벡터 집합 W^* 는 기지국의 수신 안테나 수 n_T , 셀 내 사용자 수 K, 그리고 상향 링크 채널의 공간 상관도 등에 따라 달라진다. 따라서, 최적의 A^* 와 W^* 를 결정하기 위해서, 스케줄러는 동시에 전송하는 단말기의 수 I 을 1에서 n_T 까지 증가시키면서 모든 가능한 데이터 전송 단말기 집합들을 고려한다. 동시에

신호를 전송하는 단말기의 수가 L 인 모든 가능한 데이터 전송 단말기 집합의 수는 K^C 이며, 이는 K 개의 단말기들 중에서 L 개의 단말기가 선택되는 경우의 수를 나타내며, $K^C = K! / (L!(K-L)!)$ 이다. 따라서, 동시에 신호를 전송하는 단말기의 수가 L 인 경우, 고려해야 할 데이터 전송 단말기 집합들은 $\{A_m^L\}_{m=1, \dots, K^C}$ 이다. 또한, 다중 사용자 스케줄러는 고려하는 전송 단말기 집합 A_m^L 에 대하여, A_m^L 에 속하는 단말기들이 n_R 개의 송신 가중치들 사용할 수 있는 모든 경우를 고려한다. 즉, L 개의 단말기가 신호를 전송하는 경우들 중에서 m 번째 경우의 단말기 집합 A_m^L 에 대해, A_m^L 에 속한 각 단말기가 n_R 개의 송신 가중치 중에서 하나의 송신 가중치를 사용할 수 있기 때문에, 고려해야 할 총 가중치 집합의 수는 n_R^L 이 된다. 즉, A_m^L 에 대해 $\{W_x(A_m^L)\}_{x=1, \dots, n_R^L}$ 의 가중치 집합을 추정해야 한다. 따라서, 공간분할 다중접속을 지원하는 경우 상기 통신 제어기(212)는 공간분할 다중 접속시의 최적의 단말기와 최적의 가중치의 집합을 결정하여 제어정보 생성기(213)로 제공한다. 여기서, 공간분할 다중 접속시에 최적의 단말기와 최적의 가중치의 집합을 결정하기 위한 상기 통신 제어기(212)의 상세한 동작은 이하 도 5를 참조하여 상세히 설명한다.

<47> 상기 제어정보 생성기(213)는 상기 통신 제어기(212)에서 제공된 정보들을 포함하는 제어정보를 생성하여 신호 처리기(214)에 전달한다. 빔 성형에 의해 1개의 단말기가 신호를 전송하는 경우에는 상기 제어정보 생성기(213)는 하나의 최적 송신 가중치 벡터의 인덱스 n^* 정보와 하나의 최대수신 SINR γ_{k^*} 정보를 포함하는 제어정보로 생성한다. 그리고, 공간분할 다중 접속 기법에 의하여 다수의 단말기가 신호를 전송하는 경우에는 상기 제어정보 생성기(213)는 다수의 최적 송신 가중치 집합 W^* 의 정보와 다수의 최적의 단말기 집합 A^* 의 정보를 포함하는 제어정보들로 생성한다.

<48> 상기 신호 처리기(214)는 신호를 부호화 및 변조함으로써 송신될 데이터 신호를 생성하여 상기 다수의 송신 채널들(221 내지 223)에 제공한다. 단, 상기 신호 처리기(214)는 빔 성형에 의해 1개의 단말기가 신호를 전송하는 경우에는 상기 제어정보 생성기(213)로부터 제공된 하나의 최적 송신 가중치 벡터의 인덱스 n^* 와 하나의 최대수신 SINR γ_{k^*} 를 포함하는 제어신호를 부호화 및 변조한다. 그리고, 공간분할 다중 접속 기법에 의하여 다수의 단말기가 신호를 전송하는 경우에는 상기 제어정보 생성기(213)로부터 다수의 최적 송신 가중치 집합 W^* 과 다수의 최적의 단말기 집합 A^* 를 포함하는 제어신호를 부호화 및 변조한다.

<49> 상기 다수의 송신 채널들(221 내지 223)은 제어정보를 하나의 단말기 혹은 다수의 단말기들로 전송한다. 빔 성형에 의해 1개의 단말기가 신호를 전송하는 경우에는 상기 신호 처리기(214)에 의해 제공된 하나의 최적 송신 가중치 벡터의 인덱스 n^* 와 하나의 최대수신 SINR γ_{k^*} 을 포함하는 제어신호를 k^* 번째 단말기로 전송한다. 그리고, 공간분할 다중 접속 기법에 의하여 다수개의 단말기가 신호를 전송하는 경우에는 상기 신호 처리기(214)에 의해 제공된 다수의 최적 송신 가중치 집합 W^* 과 다수의 최적의 단말기 집합 A^* 의 정보를 포함하는 제어신호들을 상기 단말기 집합에 속해 있는 단말기로 전송한다.

<50> 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 다중 입출력 무선통신 시스템에서 단말기의 상향링크 통신의 과정을 도시한 흐름도이다.

<51> 상기 도 3에 따르면, 상기 단말기는 301단계에서 사운딩 신호를 생성 및 전송한다. 다시 말해, 상기 단말기는 사운딩 신호를 생성하고, 다수의 빔 성형 가중치들을 이용하여 상기 사운딩 신호를 빔 성형한다. 그리고 상기

단말기는 빔 성형된 다수의 사운드 신호들을 순차적으로 기지국으로 전송한다.

- <52> 이후, 상기 단말기는 302단계로 진행하여 기지국으로부터의 제어정보가 수신되는지 확인한다. 만일, 상기 제어 정보가 수신되지 않으면 상기 단말기는 302단계로 돌아가 제어정보의 수신 여부를 재확인한다.
- <53> 한편, 상기 제어정보가 수신되면 상기 단말기는 303단계로 진행하여 수신된 제어정보를 통해 기지국에 의해 결정된 최적의 상향 링크 송신 가중치 인덱스 k^* 와 해당 최대 수신 신호대 간섭 및 잡음비(SINR : Signal to Interference and Noise Ratio ; 이하 SINR이라 칭함) γ_{k^*} 를 확인한다.
- <54> 이후, 상기 단말기는 304단계로 진행하여 상기 확인한 최대 수신 SINR γ_{k^*} 을 이용하여 송신될 데이터에 적용될 MCS(Modulation and Coding Scheme) 레벨을 결정한다. 여기서 MCS 레벨 결정은 SINR 대 변조 및 코딩 방식 정보를 포함하는 MCS 테이블을 검색함으로써 수행된다.
- <55> 상기 MCS 레벨을 결정한 후, 상기 단말기는 305단계로 진행하여 결정된 MCS 레벨로 상기 데이터를 부호화 및 변조한다. 즉, 상기 단말기는 상기 데이터를 부호화 및 변조함으로써 기저대역 신호를 구성한다.
- <56> 이후, 상기 단말기는 306단계로 진행하여 상기 303단계서 확인된 최적의 상향 링크 송신 가중치 벡터에 대응되는 경로로 송신경로를 설정한다. 이에 따라, 이후의 전송될 데이터 신호들은 상기 선택된 빔 성형 가중치를 통하여 빔 성형 된다.
- <57> 이후, 상기 단말기는 307단계로 진행하여 데이터를 전송한다. 이때, 상기 단말기는 상기 최적의 송신 가중치 벡터를 이용하여 빔 성형을 수행한다. 그리고, 상기 단말기는 빔 성형 된 데이터 신호를 기지국으로 전송한다.
- <58> 도 4는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 다중입출력 무선통신 시스템에서 기지국의 동작 과정을 도시한 흐름도이다.
- <59> 상기 도 4에 따르면, 상기 기지국은 401단계에서 K개의 단말기의 n_R 개의 가중치 벡터들로부터 사운드 신호들이 모두 수신되는지 확인한다. 여기서, 하나의 단말기당 n_R 개의 가중치 벡터가 사용되므로, 수신되는 총 사운드 신호들의 개수는 $n_R \times K$ 개이다.
- <60> 만일, 상기 K개의 단말기로부터 사운드 신호들이 모두 수신되면, 상기 기지국은 402단계로 진행하여 K개의 단말기들로부터 수신된 사운드 신호들을 이용하여 단말기들 각각의 상향 링크 유효채널 벡터 $\{h_{k,n}\}_{n=1,\dots,n_R}$ 들을 추정한다.
- <61> 이후, 상기 기지국은 403단계로 진행하여 상기 각 단말기로부터 추정된 상기 상향 링크 유효채널 벡터 $\{h_{k,n}\}_{n=1,\dots,n_R}$ 와 타 셀 간섭, 수신잡음 등을 고려하여 각 단말기의 가중치 벡터별 신호대 간섭 및 잡음비(SINR : Signal to Interference and Noise Ratio ; 이하 SINR이라 칭함)들 $\{\gamma_{k,n}\}_{n=1,\dots,n_R}$ 을 추정한다.
- <62> 이후, 상기 기지국은 404단계로 진행하여 단말별 최적의 송신 가중치 벡터 $\{W_{k,n}\}_{k=1,\dots,K}$ 를 추정한다. 다시 말해, 상기 기지국은 각 단말의 SINR을 최대화하는 단말별 최적의 송신 가중치 벡터를 추정한다. 이를 위해, 상기 기지국은 단말별 최대 SINR을 검색하고, 최대 SINR에 대응되는 송신 가중치 벡터를 확인한다. 상기 최적의 송신 가중치 벡터 추정을 수식으로 표현하면 상기 <수학식3>과 같다.
- <63> 이후, 상기 기지국은 405단계로 진행하여 상향 링크 통신을 수행할 k^* 번째 단말기를 선택한다. 이때, 상향 링크 통신을 수행할 k^* 번째 단말기는 기지국의 스케줄링 알고리즘에 따라 최대 순위(priority)를 갖는 단말기를 선택함으로써 수행된다. 예를 들어, PF(proportional fairness) 스케줄러의 경우, 상기 기지국은 상기 <수학식

4>와 같이 상향 링크 통신을 수행할 k^* 번째 단말기를 선택한다.

<64> 이후, 상기 기지국은 406단계로 진행하여 상기 k^* 번째 단말기로 상향 링크에서 상기 SINR을 최대로 하는 최적 송신 가중치 벡터의 인덱스 n^* 의 정보와 해당 최대 수신 SINR γ_{k^*} 의 정보를 포함하는 제어정보를 전송한다.

이로 인해, 상기 제어정보를 수신한 상기 k^* 번째 단말기는 상기 최적의 송신 가중치 인덱스에 해당하는 가중치로 상향링크 통신을 수행한다.

<65> 도 5는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 다중 입출력 무선통신 시스템에서 기지국의 동작 과정을 도시한 흐름도이다.

<66> 상기 도 5에 따르면, 상기 기지국은 501단계에서 K개의 단말기의 n_R 개의 가중치 벡터들로부터 사운딩 신호들이 모두 수신되는지 확인한다. 여기서, 하나의 단말기당 n_R 개의 가중치 벡터가 사용되므로, 수신되는 총 사운딩 신호들의 개수는 $n_R \times K$ 개이다.

<67> 만일, 상기 K개의 단말기로부터 사운딩 신호들이 모두 수신되면, 상기 기지국은 502단계로 진행하여 K개의 단말기들로부터 수신된 사운딩 신호들을 이용하여 단말기들 각각의 상향 링크 유효채널 벡터 $\{h_{k,n}\}_{n=1,\dots,n_R}$ 들을 추정한다.

<68> 이후, 상기 기지국은 503단계로 진행하여 상향링크 통신을 수행할 단말기의 수를 나타내는 변수 l 을 1로 초기화하고, 동시 신호를 송신하는 단말기의 수가 l 인 경우의 가능한 단말기 집합의 인덱스 m 을 1로 초기화한다. 또한, 상기 기지국은 단말기 집합 A_m^l 에 대하여, 고려해야 할 가중치 집합에 대한 인덱스 x 를 1로 초기화한다.

<69> 이후, 상기 기지국은 504단계로 진행하여 단말기 집합 A_m^l 가 가중치 집합 $W_x(A_m^l)$ 를 사용하였을 때, 스케줄링 알고리즘에 따른 스케줄링 순위(priority) $p(A_m^l, W_x(A_m^l))$ 를 계산한다. 예를 들어, 시스템전송 용량을 최대화하는 스케줄링 알고리즘을 사용한다면, 전송 단말기 집합 A_m^l 가 가중치 집합 $W_x(A_m^l)$ 를 사용하였을 때, 동시 전송되는 단말기들에 의해 전송가능한 전송률 총합(sum throughput)을 계산한다. 만일 l, m, x 의 값이 모두 1이라면, 현재의 스케줄링 순위를 최대로 결정한다.

<70> 이후, 상기 기지국은 505단계로 진행하여 계산된 상기 스케줄링 순위(priority) $p(A_m^l, W_x(A_m^l))$ 가 최대인지를 판단한다. 만일, $p(A_m^l, W_x(A_m^l))$ 가 최대값일 경우, 상기 기지국은 506단계로 진행하여 A_m^l 와 $W_x(A_m^l)$ 를 최적의 단말기들의 집합과 최적의 가중치 집합으로 각각 결정한다. 즉, 이러한 최적의 단말기와 가중치집합 결정은 x 와 m , 그리고 l 을 각각 n_R^l 과 k^{C_l} , 그리고 n_T 까지 증가시키면서 수행된다.

<71> 한편, 상기 $p(A_m^l, W_x(A_m^l))$ 가 최대값이 아닐 경우, 상기 기지국은 507단계로 진행하여 x 의 값에 1을 더한 값을 새로운 x 의 값으로 갱신한다.

<72> 이후, 상기 기지국은 508단계로 진행하여 현재의 x 의 값이 고려해야할 총 가중치 집합의 개수 이상인지 판단한

다. 여기서 현재의 x 의 값이 고려해야할 총 가중치 집합의 개수는 nR^i 이 된다, 다시 말해, 상기 기지국은 A_m^i 에 대해 $\{W_x(A_m^i)\}_{x=1, \dots, nR^i}$ 의 가중치 집합을 고려해야 한다. 만일, 상기 x 의 값이 nR^i 의 값 이하인 경우, 상기 기지국은 504단계로 돌아가서 상기 스케줄링 순위(priority) $p(A_m^i, W_x(A_m^i))$ 를 계산한다.

<73> 한편, 상기 x 의 값이 nR^i 의 값 이상인 경우에는, 상기 기지국은 509단계로 진행하여 x 의 값을 1로 초기화하고 m 의 값에 1을 더한 값을 새로운 m 의 값으로 갱신한다.

<74> 이후, 상기 기지국은 510단계로 진행하여 현재의 m 의 값이 모든 가능한 데이터 전송 단말기의 수인 K^{C_i} 이상인지 판단한다. 여기서 K^{C_i} 은 $K^{C_i} = K! / (I! (K-I))$ 이다. 만일, 상기 m 의 값이 K^{C_i} 의 값 이하인 경우, 상기 기지국은 504단계로 돌아가서 상기 스케줄링 순위(priority) $p(A_m^i, W_x(A_m^i))$ 를 계산한다.

<75> 한편, 상기 x 의 값이 K^{C_i} 의 값 이상인 경우, 상기 기지국은 511단계로 진행하여 m 의 값을 1로 초기화하고 1의 값에 1을 더한 값을 새로운 1의 값으로 갱신한다.

<76> 이후, 상기 기지국은 512단계로 진행하여 현재의 1의 값이 기지국의 안테나 수인 n_T 이상이 되는지 여부를 확인한다. 만일, 상기 1의 값이 n_T 의 값 이하임을 확인한 경우에는, 상기 기지국은 504단계로 돌아가서 상기 스케줄링 순위(priority) $p(A_m^i, W_x(A_m^i))$ 를 계산한다.

<77> 한편, 상기 1의 값이 n_T 값 이상임을 확인한 경우에는 상기 기지국은 513단계로 진행하여 상기 각 단말기들이 사용할 상기 최적의 송신 가중치 벡터와 상기 가중치에 해당하는 수신 SINR의 정보를 포함하는 데이터 신호를 상기 단말기 집합에 속해 있는 단말기들로 전송한다.

<78> 도 6은 하나의 단말기와 하나의 기지국만을 고려하는 빔 성형기술의 성능에 대한 모의 실험 결과를 도시한 도면이다.

<79> 상기 도 6에서, 본 발명의 빔 성형 기술의 성능을 분석하기 위해, 다양한 공간 상관도를 갖는 상향 링크 다중 입출력 안테나 채널 환경에서 상향 링크 전송 안테나 선택(TAS : Transmit Antenna Selection) 기술과의 성능을 비교 분석한다. 상기 상향 링크 전송 안테나 선택기술은 상향 링크 채널 추정을 통해 순시적으로 상향 링크 채널 이득을 최대화 하는 단말기의 송신 안테나를 기지국에서 선택하고, 하향 링크 시그널링 채널을 통해 선택된 송신 안테나와 해당 수신 신호 대 간섭 및 잡음 비를 상기 단말기에게 알려주고, 상기 단말기는 선택된 송신 안테나로 트래픽을 전송하는 방법이다. 상기 상향 링크 전송 안테나 선택기술은 본 발명에서 제안하는 상향 링크 빔 성형 방법과 동일한 채널 추정과 시그널링을 사용한다. 따라서, 제안하는 상향 링크 빔 성형 방법은 상기 상향 링크 전송 안테나 선택의 송신 안테나 도메인을 송신 가중치 도메인으로 바꾸어서 사용하는 것이다.

<80> 단말기의 송신 안테나 수 n_R 은 2개이고 안테나 간격이 0.5λ 이며, 기지국 수신 안테나 수 n_T 는 4개이고 안테나 간격이 10λ 인 하나의 송신기와 수신기간의 다중 송수신 안테나 링크를 고려한다. 사용된 상향 링크 빔 성형 가중치 벡터는, 상기 <수학식 1>의 조건을 만족하는 하기 <수학식 5>와 같이 DFT (discrete Fourier transform) 행렬의 두 개의 칼럼 벡터를 이용하였다.

수학식 5

<81>

$$[w_1 \ w_2] = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

<82>

상기 <수학식 5>에서 w_1 와 w_2 는 칼럼 벡터를 나타낸다.

<83>

MIMO 채널 계수를 10,000 번 발생시켜서 얻어진 throughput 을 평균하여 성능 척도로 사용하였다. 채널 계수 발생시, 단말기의 송신단에서의 AOD(angle of departure)와 기지국의 수신단에서의 AOA(angle of arrival)은 $(-60^\circ, 60^\circ)$ 내에서 균일하게 발생시켰다. 또한, 매 채널 발생시는 다음의 <수학식 6>을 이용하여 공간 상관도가 있는 다중 입출력 안테나 채널을 발생시켰으며, 단말기의 송신단에서의 공간상관행렬 R_T 와 단말기의 수신단에서의 공간상관행렬 R_R 은 선형 배열 안테나를 사용하며 각 스펙트럼(angular spectrum)이 AOD와 AOA를 중심으로 각각 Δ_T 와 Δ_R 만큼 균일하게 분포하는 모델을 사용하여 구하였다. k번째 단말기의 상향 링크 채널 행렬은 다음과 같이 구해진다.

수학식 6

<84>

$$H_k = R_R^{\frac{1}{2}} H_w R_T^{\frac{1}{2}}$$

<85>

상기 <수학식 6>에서 R_T 은 단말기의 송신단에서의 공간상관행렬을 나타내고, R_R 은 단말기의 수신단에서의 공간상관행렬을 나타낸다. H_w 는 상관도가 없는 $n_T \times n_R$ 크기의 복소 가우시안 행렬이다. 가시선(LOS : Line Of Sight)과 같이 공간 상관도가 높은 환경을 표현하기 위한 $\Delta_T = \Delta_R = 5^\circ$ 의 경우와 비가시선(NLOS : Non Line Of Sight)과 같이 공간 상관도가 낮은 환경을 표현하기 위한 $\Delta_T = 60^\circ, \Delta_R = 10^\circ$ 의 경우를 고려하였다.

<86>

도 6에 따른 상향 링크 빔 성형은 Δ_T 가 작을수록 높은 이득을 제공하며, 가 상당히 큰 Δ_T 의 경우에도 상향 링크 안테나 선택보다 용량 면에서 약 2dB 이상의 이득을 제공함을 확인할 수 있다.

<87>

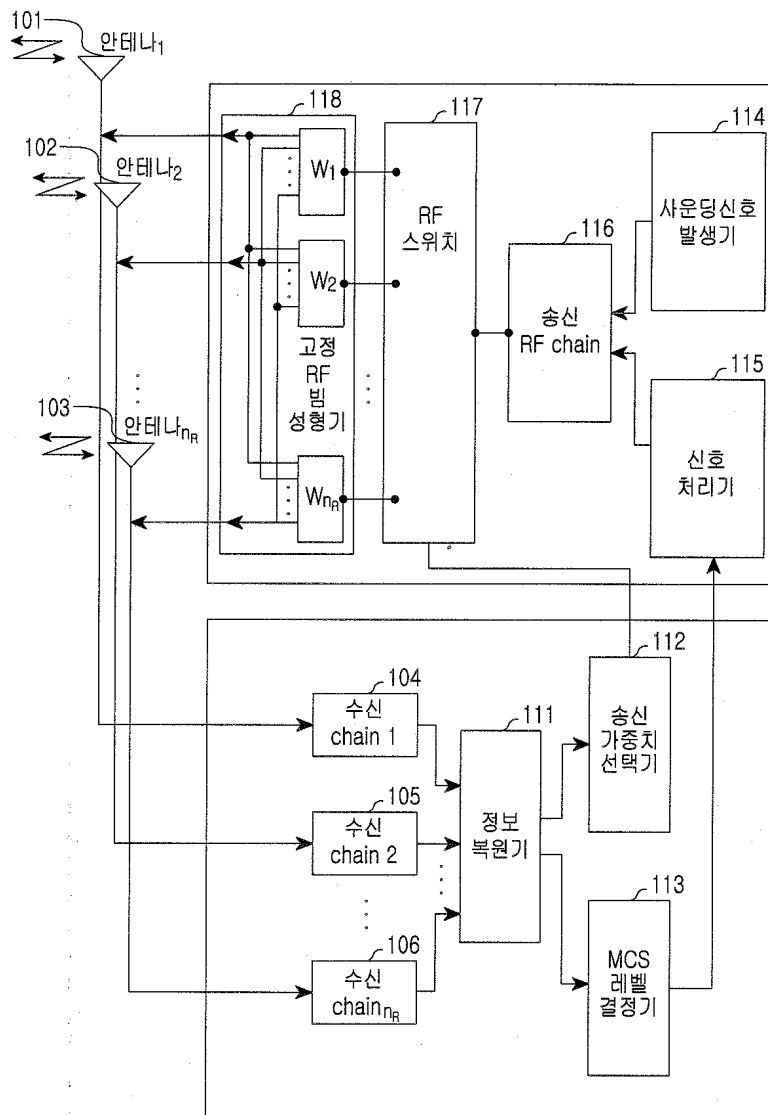
도 7은 본 발명에 따른 빔 성형 기술과 상향 링크 공간분할 다중접속 기술의 평균 셀 용량을 비교한 도면이다. 상기 도 7는 단말기의 송신 안테나 수 n_R 은 2개이고 안테나 간격이 0.5λ 이며, 기지국 수신 안테나 수 n_T 는 4개이고 안테나 간격이 0.5λ 이며, K개의 상향 링크 송신기를 포함하는 하나의 셀을 고려한다. 모든 K개의 상향 링크 송신기들로부터 수신되는 평균 신호 대 간섭 및 잡음 비가 α 로 동일하다고 가정하며, 모든 K개의 상향 링크들에 대해 $\Delta_T = 5^\circ, \Delta_R = 60^\circ$ 로 가정한다. 기지국에서는 MMSE-SIC 수신기를 사용하여, 공간분할 다중접속에서 동시에 전송되는 스트림들 간의 간섭이 없는 것으로 가정하였다. 제안하는 공간분할 다중접속 기술은 K가 5인 경우에, 빔 성형이 K가 5나 15인 경우보다 상당히 높은 용량을 보임을 확인할 수 있다. 더구나, 평균 수신 신호대 간섭 및 잡음 비가 증가할수록 공간분할 다중접속에 의한 용량 이득이 증가하는데, 이는 공간분할 다중접속의 경우 평균 수신 신호 대 간섭 및 잡음 비가 증가할수록 동시에 데이터 스트림을 전송할 수 있는 단말기들의 수가 증가하지만, 빔 성형은 셀 내에서 동시에 전송하는 단말기의 수가 하나로 고정되어 있기 때문이다.

도면의 간단한 설명

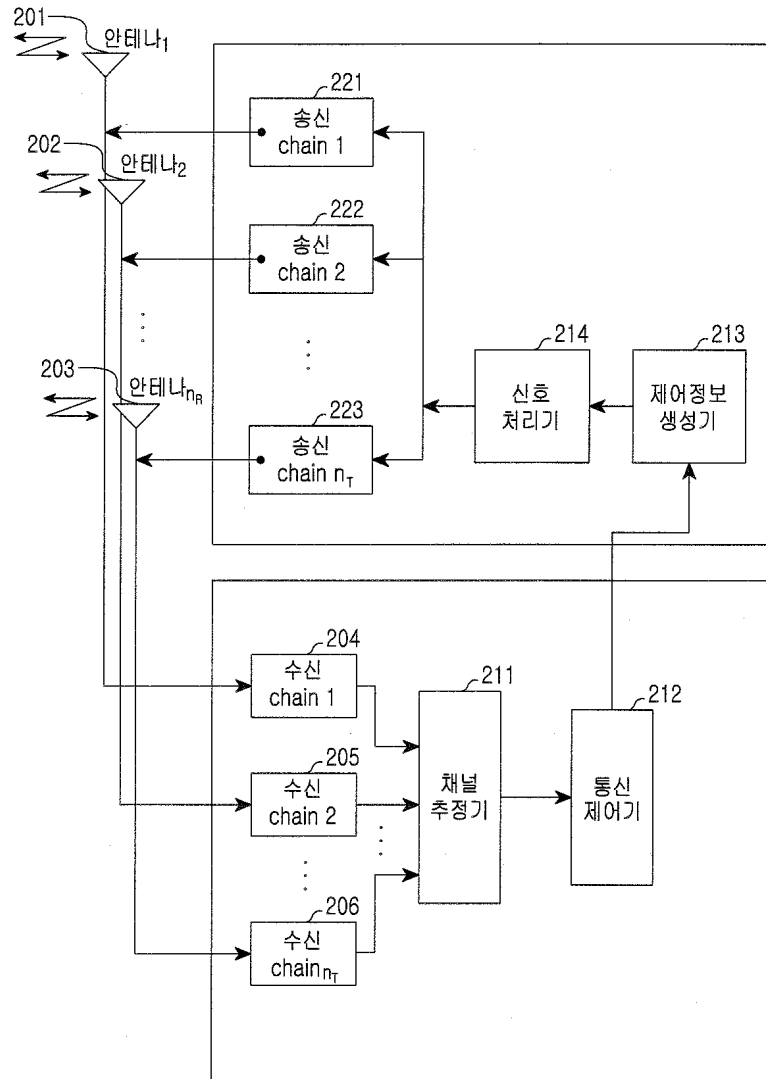
- <88> 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 다중 입출력 무선통신 시스템에서 단말기의 구조를 도시한 도면.
- <89> 도 2는 본 발명에 따른 다중 입출력 무선통신 시스템에서의 기지국의 구조를 도시한 도면.
- <90> 도 3은 단말기에서 빔 성형 및 공간분할 다중접속의 과정을 도시한 흐름도.
- <91> 도 4는 기지국에서 빔 성형과정을 도시한 흐름도.
- <92> 도 5는 기지국에서 빔 성형에 따른 공간분할 다중접속의 과정을 도시한 흐름도.
- <93> 도 6는 하나의 단말기와 하나의 기지국만을 고려하는 빔 성형기술의 성능에 대한 모의 실험 결과를 도시한 도면.
- <94> 도 7은 본 발명에 따른 빔 성형 기술과 상향 링크 공간분할 다중접속 기술의 평균 셀 용량을 비교한 도면.

도면

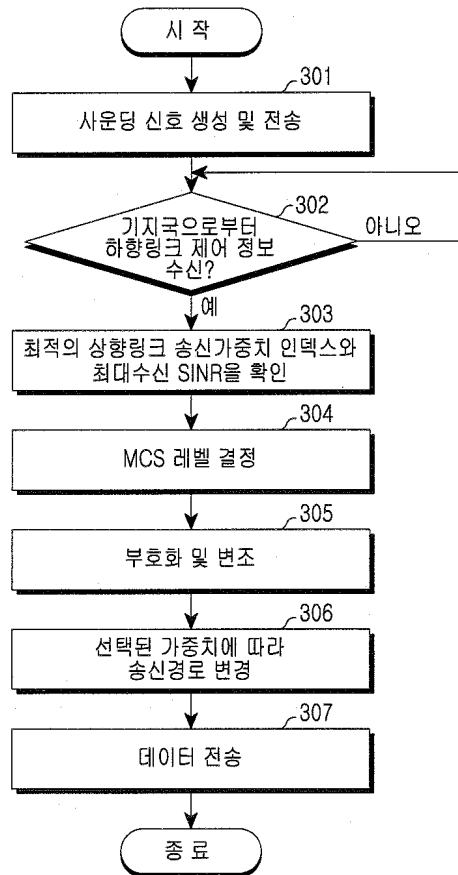
도면1



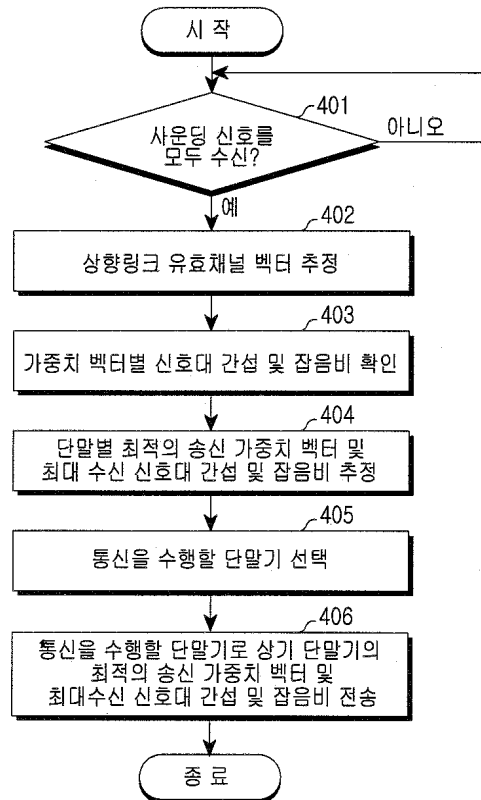
도면2



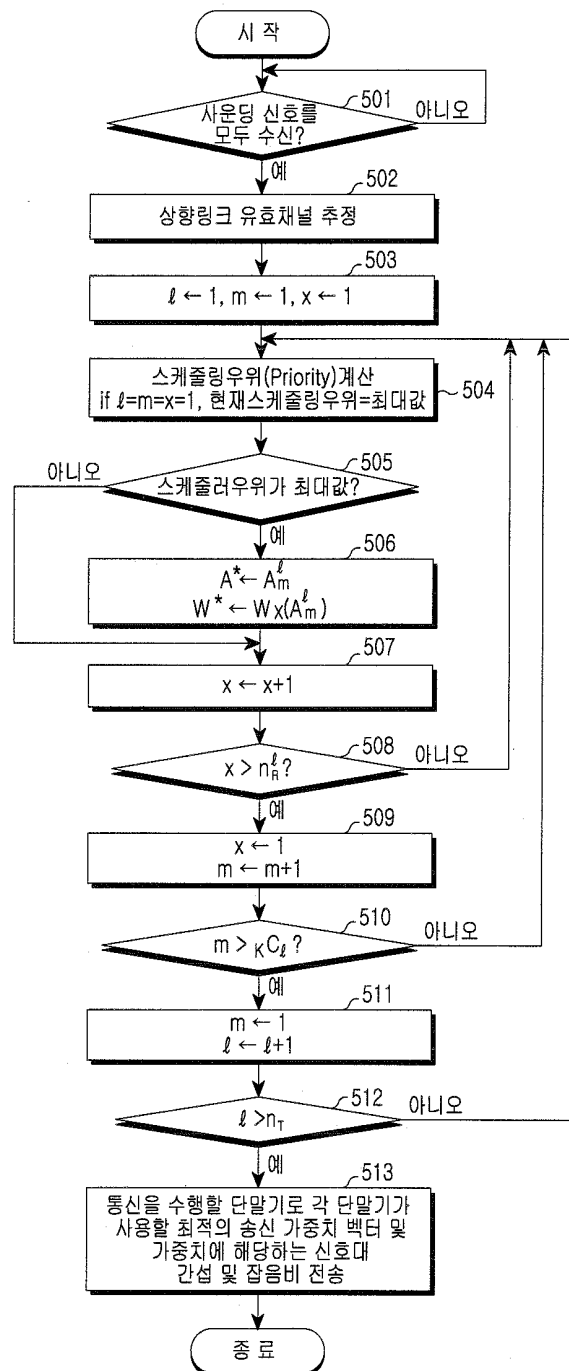
도면3



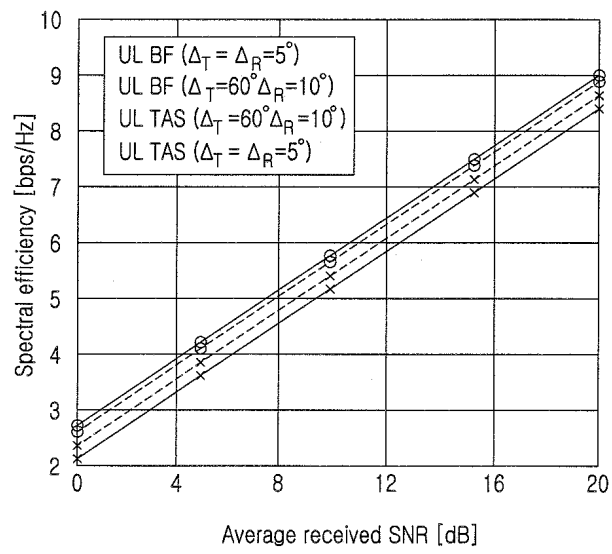
도면4



도면5



도면6



도면7

