



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0135549  
(43) 공개일자 2017년12월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04B 7/04 (2017.01) H04B 7/06 (2017.01)  
(52) CPC특허분류  
H04B 7/0456 (2013.01)  
H04B 7/0417 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-0067630  
(22) 출원일자 2016년05월31일  
심사청구일자 없음

(71) 출원인  
삼성전자주식회사  
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
노훈동  
경기도 수원시 영통구 영통로290번길 26, 834동 503호(영통동, 벽적골주공 휴먼시아8단지)  
최수용  
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제2공학관 716호 (신촌동)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
권혁록, 이정순

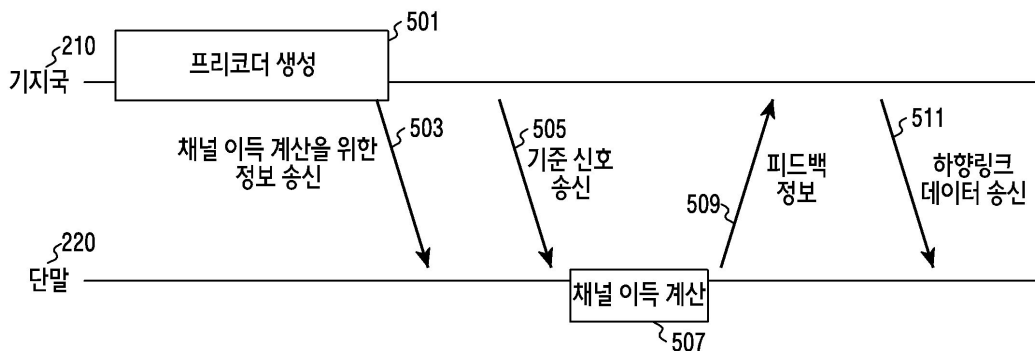
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템에서 프리코더를 결정하기 위한 장치 및 방법

## (57) 요약

본 개시는 LTE(Long Term Evolution)와 같은 4G(4<sup>th</sup> generation) 통신 시스템 이후 보다 높은 데이터 전송률을 지원하기 위한 5G(5<sup>th</sup> generation) 또는 pre-5G 통신 시스템에 관련된 것이다. 무선 통신 시스템에서 기지국의 동작 방법은, 복수의 사용자들 간 간섭을 처리하기 위한 제1 프리코더를 결정하는 과정과, 상기 제1 프리코더가 적용된 적어도 하나의 기준 신호(reference signal)를 상기 단말로 송신하는 과정과, 상기 적어도 하나의 기준 신호를 이용하여 결정된, 스트림 간 간섭을 처리하기 위한 제2 프리코더와 관련된 피드백 정보를 상기 단말로부터 수신하는 과정과, 상기 제1 프리코더 및 상기 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 프리코더를 이용하여 하향 링크 데이터를 상기 단말로 송신하는 과정을 포함한다.

## 대표도



(52) CPC특허분류

**H04B 7/0452** (2013.01)

**H04B 7/063** (2013.01)

**H04B 7/0632** (2013.01)

**H04B 7/0639** (2013.01)

(72) 발명자

**김윤선**

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

**장영록**

서울특별시 서대문구 신촌로9길 61, 301호 (창천동)

**곽영우**

경기도 수원시 영통구 센트럴파크로 34, 6209동 1402호(하동, 광고센트럴타운62단지)

**민경식**

서울특별시 광진구 구의강변로 11, 7동 703호(자양동, 한양아파트)

**김태형**

서울특별시 송파구 백제고분로 279, 310호(석촌동)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

무선 통신 시스템에서 기지국의 동작 방법에 있어서,  
 복수의 단말들 간 간섭을 처리하기 위한 제1 프리코더를 결정하는 과정과,  
 상기 제1 프리코더가 적용된 적어도 하나의 기준 신호(reference signal)를 단말로 송신하는 과정과,  
 상기 적어도 하나의 기준 신호를 이용하여 결정된, 스트림 간 간섭을 처리하기 위한 제2 프리코더와 관련된 피드백 정보를 상기 단말로부터 수신하는 과정과,  
 상기 제1 프리코더 및 상기 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 프리코더를 이용하여 하향링크 데이터를 상기 단말로 송신하는 과정을 포함하는 방법.

#### 청구항 2

제 1항에 있어서,  
 상기 제1 프리코더를 결정하는 과정은,  
 상기 복수의 단말들 중 상기 단말을 제외한 단말들의 고유공간(eigenspace)을 포함하는 행렬을 생성하는 과정과,  
 상기 생성된 행렬을 분해하여 영 공간(null space)을 결정하는 과정과,  
 상기 영 공간에 포함된 적어도 하나의 열 벡터를 선택하는 과정을 포함하는 방법.

#### 청구항 3

제 1항에 있어서,  
 유효 채널(effective channel)들의 이득들을 결정하기 위한 정보를 상기 단말로 송신하는 과정을 더 포함하고,  
 상기 유효 채널들의 상기 이득들을 결정하기 위한 정보는, 상기 기준 신호의 수, 상기 기준 신호의 할당 개수, 상기 제2 프리코더의 후보들의 개수 및 상기 제2 프리코더의 후보들의 랭크(rank), 및 상기 제2 프리코더를 결정하기 위한 코드북(codebook)의 인덱스 중 적어도 하나를 포함하는 방법.

#### 청구항 4

제 1항에 있어서,  
 상기 적어도 하나의 기준 신호를 상기 단말로 송신하는 과정은,  
 상기 단말에 지원되는 랭크들 중에서 적어도 하나의 랭크에 대한 제2 프리코더의 후보(candidate)들을 생성하는 과정과,  
 상기 제2 프리코더 후보들이 적용된 다수의 기준 신호들을 상기 단말로 송신하는 과정을 포함하는 방법.

#### 청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 기준 신호를 상기 단말로 송신하는 과정은,  
상기 제1 프리코더가 적용된 하나의 기준 신호를 송신하는 과정을 포함하는 방법.

#### 청구항 6

제 1항에 있어서,  
상기 적어도 하나의 기준 신호를 상기 단말로 송신하는 과정은,  
상기 제2 프리코더를 결정하기 위한 적어도 하나의 코드북(codebook)의 적어도 하나의 코드워드(codeword)가 적용된 상기 적어도 하나의 기준 신호를 상기 단말로 송신하는 과정을 포함하는 방법.

#### 청구항 7

제 1항에 있어서,  
상기 피드백 정보는, 최대의 유효 채널 이득에 대한 정보를 지시하는 인덱스, 랭크 지시자(rank indicator, RI), 채널 품질 지시자(channel quality indicator, CQI) 및 최대 유효 채널 이득과 관련된 코드북의 코드워드 정보 중 적어도 하나를 포함하는 방법.

#### 청구항 8

무선 통신 시스템에서 단말의 동작 방법에 있어서,  
복수의 단말들 간 간섭을 처리하기 위한 제1 프리코더가 적용된 적어도 하나의 기준 신호(reference signal)를 기지국으로부터 수신하는 과정과,  
상기 적어도 하나의 기준 신호를 이용하여 결정된, 스트림 간 간섭을 처리하기 위한 제2 프리코더와 관련된 피드백 정보를 상기 기지국으로 송신하는 과정과,  
제1 프리코더 및 상기 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 프리코더를 이용하여 하향링크 데이터를 상기 기지국으로부터 수신하는 과정을 포함하는 방법.

#### 청구항 9

제 8항에 있어서,  
상기 적어도 하나의 기준 신호는, 상기 단말에 지원되는 다수의 랭크들 각각을 위한 상기 제2 프리코더의 후보들을 적용한 다수의 기준 신호들을 포함하고,  
상기 다수의 기준 신호들을 이용하여 상기 다수의 랭크들에 대한 유효 채널 이득들을 결정하는 과정을 더 포함하는 방법.

#### 청구항 10

제 8항에 있어서,  
상기 적어도 하나의 기준 신호를 이용하여 상기 단말에 지원되는 랭크들 중 하나의 랭크에 대한 유효 채널 이득들을 결정하는 과정과,  
상기 유효 채널 이득들을 결합함으로써 다른 적어도 하나의 랭크에 대한 유효 채널 이득들을 결정하는 과정을 더 포함하는 방법.

#### 청구항 11

제 8항에 있어서,

유효 채널들의 이득들을 결정하기 위한 정보를 수신하는 과정을 더 포함하고,

상기 유효 채널들의 상기 이득들을 결정하기 위한 정보는, 상기 기준 신호의 수, 상기 기준 신호의 할당 개수, 상기 제2 프리코더의 후보들의 개수 및 상기 제2 프리코더의 후보들의 랭크(rank), 및 상기 제2 프리코더를 결정하기 위한 코드북(codebook)의 인덱스 중 적어도 하나를 포함하는 방법.

#### 청구항 12

제 8항에 있어서,

상기 적어도 하나의 기준 신호에 기초하여, 유효 채널들을 추정하는 과정과,

상기 추정된 유효 채널들을 이용하여 상기 유효 채널들의 이득들을 결정하는 과정을 더 포함하는 방법.

#### 청구항 13

제 8항에 있어서,

상기 제1 프리코더가 적용된 적어도 하나의 기준 신호에 기초하여 상기 제1 프리코더가 적용된 채널을 추정하는 과정과,

코드북에 포함된 코드워드들 각각이 상기 채널에 적용된 유효 채널들을 추정하는 과정과,

상기 추정된 유효 채널들을 이용하여 상기 유효 채널들의 이득들을 결정하는 과정을 더 포함하는 방법.

#### 청구항 14

제 8항에 있어서,

상기 피드백 정보는, 최대의 유효 채널 이득에 대한 정보를 지시하는 인덱스, 랭크 지시자(rank indicator, RI), 채널 품질 지시자(channel quality indicator, CQI) 및 최대 유효 채널 이득과 관련된 코드북의 코드워드 정보 중 적어도 하나를 포함하는 방법.

#### 청구항 15

무선 통신 시스템에서 기지국 장치에 있어서,

복수의 단말들 간 간섭을 처리하기 위한 제1 프리코더를 결정하는 제어부와,

상기 제1 프리코더가 적용된 적어도 하나의 기준 신호(reference signal)를 단말로 송신하고, 상기 적어도 하나의 기준 신호를 이용하여 결정된, 스트림 간 간섭을 처리하기 위한 제2 프리코더와 관련된 피드백 정보를 상기 단말로부터 수신하고, 상기 제1 프리코더 및 상기 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 프리코더를 이용하여 결정된 유효 채널을 통하여 하향링크 데이터를 상기 단말로 송신하는 송수신부를 포함하는 장치.

#### 청구항 16

제 15항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 복수의 단말들 중 상기 단말을 제외한 단말들의 고유공간(eigenspace)을 포함하는 행렬을 생성하고, 상기 생성된 행렬을 분해하여 영 공간(null space)을 결정하고, 상기 영 공간에 포함된 적어도 하나

의 열 벡터를 선택하는 장치.

#### 청구항 17

제 15항에 있어서,

상기 송수신부는 유효 채널(effective channel)들의 이득들을 결정하기 위한 정보를 상기 단말로 송신하고,

상기 유효 채널들의 상기 이득들을 결정하기 위한 정보는, 상기 기준 신호의 수, 상기 기준 신호의 할당 개수, 상기 제2 프리코더의 후보들의 개수 및 상기 제2 프리코더의 후보들의 랭크(rank), 및 상기 제2 프리코더를 결정하기 위한 코드북(codebook)의 인덱스 중 적어도 하나를 포함하는 장치.

#### 청구항 18

제 15항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 단말에 지원되는 랭크들 중에서 적어도 하나의 랭크에 대한 제2 프리코더의 후보(candidate)들을 생성하고,

상기 송수신부는, 상기 제2 프리코더 후보들이 적용된 다수의 기준 신호들을 상기 단말로 송신하는 장치.

#### 청구항 19

제 15항에 있어서,

상기 송수신부는, 상기 제1 프리코더가 적용된 하나의 기준 신호를 송신하는 장치.

#### 청구항 20

제 15항에 있어서,

상기 송수신부는, 상기 제2 프리코더를 결정하기 위한 적어도 하나의 코드북(codebook)의 적어도 하나의 코드워드(codeword)가 적용된 상기 적어도 하나의 기준 신호를 상기 단말로 송신하는 장치.

#### 청구항 21

제 15항에 있어서,

상기 피드백 정보는, 최대의 유효 채널 이득에 대한 정보를 지시하는 인덱스, 랭크 지시자(rank indicator, RI), 채널 품질 지시자(channel quality indicator, CQI) 및 최대 유효 채널 이득과 관련된 코드북의 코드워드 정보 중 적어도 하나를 포함하는 장치.

#### 청구항 22

무선 통신 시스템에서 단말 장치에 있어서,

복수의 단말들 간 간섭을 처리하기 위한 제1 프리코더가 적용된 적어도 하나의 기준 신호(reference signal)를 기지국으로부터 수신하고, 상기 적어도 하나의 기준 신호를 이용하여 결정된, 스트림 간 간섭을 처리하기 위한 제2 프리코더와 관련된 피드백 정보를 상기 기지국으로 송신하고, 제1 프리코더 및 상기 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 프리코더를 이용하여 결정된 유효 채널을 통하여 하향링크 데이터를 상기 기지국으로부터 수신하는 송수신부를 포함하는 장치.

### 청구항 23

제 22항에 있어서,

상기 적어도 하나의 기준 신호는, 상기 단말에 지원되는 다수의 랭크들 각각을 위한 상기 제2 프리코더의 후보들을 적용한 다수의 기준 신호들을 포함하고,

상기 다수의 기준 신호들을 이용하여 상기 다수의 랭크들에 대한 유효 채널 이득들을 결정하는 제어부를 더 포함하는 장치.

### 청구항 24

제 22항에 있어서,

상기 적어도 하나의 기준 신호를 이용하여 상기 단말에 지원되는 랭크들 중 하나의 랭크에 대한 유효 채널 이득들을 결정하고, 상기 유효 채널 이득들을 결합함으로써 다른 적어도 하나의 랭크에 대한 유효 채널 이득들을 결정하는 제어부를 더 포함하는 장치.

### 청구항 25

제 22항에 있어서,

상기 송수신부는, 유효 채널들의 이득들을 결정하기 위한 정보를 수신하고,

상기 유효 채널들의 상기 이득들을 결정하기 위한 정보는, 상기 기준 신호의 수, 상기 기준 신호의 할당 개수, 상기 제2 프리코더의 후보들의 개수 및 상기 제2 프리코더의 후보들의 랭크(rank), 및 상기 제2 프리코더를 결정하기 위한 코드북(codebook)의 인덱스 중 적어도 하나를 포함하는 장치.

### 청구항 26

제 22항에 있어서,

상기 적어도 하나의 기준 신호에 기초하여, 유효 채널들을 추정하고, 상기 추정된 유효 채널들을 이용하여 상기 유효 채널들의 이득들을 결정하는 제어부를 더 포함하는 장치.

### 청구항 27

제 22항에 있어서,

상기 제1 프리코더가 적용된 적어도 하나의 기준 신호에 기초하여 상기 제1 프리코더가 적용된 채널을 추정하고, 코드북에 포함된 코드워드들 각각이 상기 채널에 적용된 유효 채널들을 추정하는 과정과, 상기 추정된 유효 채널들을 이용하여 상기 유효 채널들의 이득들을 결정하는 제어부를 더 포함하는 장치.

### 청구항 28

제 22항에 있어서,

상기 피드백 정보는, 최대의 유효 채널 이득에 대한 정보를 지시하는 인덱스, 랭크 지시자(rank indicator, RI), 채널 품질 지시자(channel quality indicator, CQI) 및 최대 유효 채널 이득과 관련된 코드북의 코드워드 정보 중 적어도 하나를 포함하는 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

- [0001] 일반적으로, 아래의 설명들은 무선 통신 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로 프리코더(precoder)를 결정하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0003] 4G(4<sup>th</sup> generation) 통신 시스템 상용화 이후 증가 추세에 있는 무선 데이터 트래픽 수요를 충족시키기 위해, 개선했던 5G(5<sup>th</sup> generation) 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(Long Term Evolution) 시스템 이후(Post LTE) 시스템이라 불리어지고 있다.
- [0004] 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 다중 입출력(Full Dimensional MIMO, FD-MIMO), 어레이 안테나(array antenna), 아날로그 빔형성(analog beamforming), 및 대규모 안테나(large scale antenna) 기술들이 논의되고 있다.
- [0005] 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.
- [0006] 이 밖에도, 5G 시스템에서는 진보된 코딩 변조(Advanced Coding Modulation, ACM) 방식인 FQAM(Hybrid Frequency Shift Keying and Quadrature Amplitude Modulation) 및 SWSC(Sliding Window Superposition Coding)과, 진보된 접속 기술인 FBMC(Filter Bank Multi Carrier), NOMA(Non Orthogonal Multiple Access), 및 SCMA(Sparse Code Multiple Access) 등이 개발되고 있다.
- [0007] 거대 배열(Massive) MIMO 시스템은 에너지 활용의 효율성, 시간 및 주파수 자원 활용의 효율성, 데이터 처리 복잡도 등 여러 방면에서 우수한 성능을 나타낸다. 거대 배열 MIMO 시스템은 안테나의 수가 증가하는 경우에 다중 사용자 스케줄링된 단말 간의 하향링크 또는 상향링크 신호 간 간섭이 제거되는 효과를 가지게 되므로, 상대적으로 간단한 송수신기 구조를 이용하여 높은 전송 용량(transmission capacity)을 제공할 수 있다.
- [0008] 최근에, 차세대 이동통신 시스템에서 요구하는 대용량의 트래픽(traffic) 및 시간/주파수의 효율을 만족시키기 위하여, 거대 배열 MIMO 시스템은 FD-MIMO 시스템이라는 명칭 하에 표준화 과정이 진행되고 있다. FD-MIMO 시스템은, 2차원 안테나 어레이 구조를 이용하여, 수평 방향 빔포밍에 수직 방향 빔포밍을 추가적으로 고려하는 3차원 빔포밍을 지원할 수 있다.
- [0009] 또한, 단말에서의 MIMO 채널 추정을 위하여, 기지국은 특정 시간/주파수 자원에 대한 채널 상태 정보 기준 신호(channel state information-reference signal, CSI-RS)를 전송한다. FD-MIMO 시스템은 빔포밍된 CSI-RS(beamformed CSI-RS) 전송 방식을 지원하며, 현재 FD-MIMO 시스템에서 지원되는 빔포밍된 CSI-RS 전송 방식은 단일 사용자 전송에 기반하여 설계되어 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0011] 아래의 설명들은 다중 사용자들 간의 간섭을 억제하기 위한 다중 사용자 프리코더를 생성하는 장치 및 방법을 제공하고자 한다.



- [0012] 또한, 다중 사용자 프리코더에 의한 프리코딩만이 수행된 후의 채널인 제2 채널에 대한 프리코더를 결정하기 위한 장치 및 방법을 제공하고자 한다.
- [0013] 또한, 다중 사용자 프리코더와 제2 채널에 대한 프리코더를 이용하여 프리코딩 절차 및 채널 추정에서의 피드백 오버헤드를 줄이기 위한 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0015] 일 실시 예에 따르는, 무선 통신 시스템에서 기지국의 동작 방법은, 복수의 단말들 간 간섭을 처리하기 위한 제1 프리코더를 결정하는 과정과, 상기 제1 프리코더가 적용된 적어도 하나의 기준 신호(reference signal)를 상기 단말로 송신하는 과정과, 상기 적어도 하나의 기준 신호를 이용하여 결정된, 스트림 간 간섭을 처리하기 위한 제2 프리코더와 관련된 피드백 정보를 상기 단말로부터 수신하는 과정과, 상기 제1 프리코더 및 상기 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 프리코더를 이용하여 하향링크 데이터를 상기 단말로 송신하는 과정을 포함한다.
- [0016] 다른 실시 예에 따르는, 무선 통신 시스템에서 단말 장치의 동작 방법은, 복수의 단말들 간 간섭을 처리하기 위한 제1 프리코더가 적용된 적어도 하나의 기준 신호를 상기 기지국으로부터 수신하는 과정과, 상기 적어도 하나의 기준 신호를 이용하여 결정된, 스트림 간 간섭을 처리하기 위한 제2 프리코더와 관련된 피드백 정보를 상기 기지국으로 송신하는 과정과, 제1 프리코더 및 상기 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 프리코더를 이용하여 하향링크 데이터를 상기 기지국으로부터 수신하는 과정을 포함한다.
- [0017] 또 다른 실시 예에 따르는, 무선 통신 시스템에서 기지국 장치에 있어서, 복수의 단말들 간 간섭을 처리하기 위한 제1 프리코더를 결정하는 제어부와, 상기 제1 프리코더가 적용된 적어도 하나의 기준 신호를 상기 단말로 송신하고, 상기 적어도 하나의 기준 신호를 이용하여 결정된, 스트림 간 간섭을 처리하기 위한 제2 프리코더와 관련된 피드백 정보를 상기 단말로부터 수신하고, 상기 제1 프리코더 및 상기 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 프리코더를 이용하여 결정된 유효 채널을 통하여 하향링크 데이터를 상기 단말로 송신하는 송수신부를 포함한다.
- [0018] 또 다른 실시 예에 따르는, 무선 통신 시스템에서 단말 장치에 있어서, 복수의 단말들 간 간섭을 처리하기 위한 제1 프리코더가 적용된 적어도 하나의 기준 신호를 상기 기지국으로부터 수신하고, 상기 적어도 하나의 기준 신호를 이용하여 결정된, 스트림 간 간섭을 처리하기 위한 제2 프리코더와 관련된 피드백 정보를 상기 기지국으로 송신하고, 제1 프리코더 및 상기 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 프리코더를 이용하여 결정된 유효 채널을 통하여 하향링크 데이터를 상기 기지국으로부터 수신하는 송수신부를 포함한다.
- [0019] 상기 실시 예들 및 다른 실시 예들은 이하 서술되는 상세한 설명 및 도면과 함께 이해될 수 있다. 그러나, 이하 서술되는 상세한 설명은 바람직한 실시 예들 및 이들의 다양한 세부 사항을 설명하기 위한 예시적인 수단이며, 범위를 제한하는 것은 아니다. 다양한 변경 및 변화가 상기 실시 예들의 범위 내에서 발생될 수 있다.

### 발명의 효과

- [0021] 다중 입출력 시스템에서의 채널 추정 및 피드백에 대한 오버헤드가 감소될 수 있다. 또한, 다양한 실시 예들에 따른 두 단계(2-stage)의 프리코딩을 통하여 효과적인 프리코딩이 수행될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0023] 보다 완전한 이해를 위해, 첨부된 도면을 참조하여 아래의 설명들이 이루어진다. 도면에서 동일한 참조번호는 동일한 구성요소를 나타낸다.

도 1은 다중 입출력(multiple input and multiple output, MIMO) 무선 통신 시스템을 나타낸다.

도 2는 일 실시 예에 따른 기지국 및 단말들에 대한 시스템을 나타낸다.

도 3은 일 실시 예에 따른 기지국의 블록 구성을 나타낸다.

도 4는 일 실시 예에 따른 단말의 블록 구성을 나타낸다.

도 5는 일 실시 예에 따른 다중 사용자(multiuser) 전송을 위한 신호 흐름을 나타낸다.

도 6은 일 실시 예에 따른 다중 사용자 전송을 위한 기지국의 동작의 흐름을 나타낸다.

도 7은 일 실시 예에 따른 다중 사용자 전송을 위한 단말의 동작의 흐름을 나타낸다.

도 8은 일 실시 예에 따른 다중 사용자 전송을 위한 다중 사용자 프리코더(multiuser precoder)를 생성하는 기지국의 동작의 흐름을 나타낸다.

도 9는 일 실시 예에 따른 코드북(codebook)에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 구체적인 동작의 흐름을 나타낸다.

도 10은 일 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 기지국의 동작의 흐름을 나타낸다.

도 11은 일 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 단말의 동작의 흐름을 나타낸다.

도 12는 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 신호 흐름을 나타낸다.

도 13은 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 기지국의 동작의 흐름을 나타낸다.

도 14는 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 단말의 동작의 흐름을 나타낸다.

도 15는 또 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 신호 흐름을 나타낸다.

도 16은 또 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 기지국의 동작의 흐름을 나타낸다.

도 17은 또 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 단말의 동작의 흐름을 나타낸다.

도 18은 일 실시 예에 따른 코드북에 기반한 다중 사용자 전송을 위한 신호 흐름을 나타낸다.

도 19은 일 실시 예에 따른 코드북에 기반한 다중 사용자 전송을 위한 기지국의 동작의 흐름을 나타낸다.

도 20은 일 실시 예에 따른 코드북에 기반한 다중 사용자 전송을 위한 단말의 동작의 흐름을 나타낸다.

도 21은 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반한 다중 사용자 전송을 위한 신호 흐름을 나타낸다.

도 22는 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반한 다중 사용자 전송을 위한 기지국의 동작의 흐름을 나타낸다.

도 23은 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반한 다중 사용자 전송을 위한 단말의 동작의 흐름을 나타낸다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 개시에서 사용되는 용어들은 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 다른 실시 예의 범위를 한정하려는 의도가 아닐 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 용어들은 본 개시에 기재된 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가질 수 있다. 본 개시에 사용된 용어들 중 일반적인 사전에 정의된 용어들은, 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 동일 또는 유사한 의미로 해석될 수 있으며, 본 개시에서 명백하게 정의되지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다. 경우에 따라서, 본 개시에서 정의된 용어일지라도 본 개시의 실시 예들을 배제하도록 해석될 수 없다.

[0025] 이하에서 설명되는 본 개시의 다양한 실시 예들에서는 하드웨어적인 접근 방법을 예시로서 설명한다. 하지만, 본 개시의 다양한 실시 예들에서는 하드웨어와 소프트웨어를 모두 사용하는 기술을 포함하고 있으므로, 본 개시의 다양한 실시 예들이 소프트웨어 기반의 접근 방법을 제외하는 것은 아니다.

[0026] 이하 본 개시는 다중 사용자 프리코더(multiuser precoder) 및 제2 채널 프리코더(second channel precoder)를 이용한 다중 사용자 전송을 위한 기술에 대하여 설명한다. 제2 채널 프리코더는 제2 채널에 대하여 프리코딩을 수행하기 위한 프리코더, 즉 제2 채널에 대한 프리코더를 의미한다.

[0027] 이하 설명에서 사용되는 신호 처리 수단(예: 프리코더)를 지칭하는 용어, 제어 정보(예: 피드백 정보, 최대 유

효 채널 이득 인덱스(maximum effective channel gain index, MEI), 코드북 인덱스(codebook index, CI)를 지칭하는 용어, 채널을 지칭하는 용어(예: 유효 채널, 제2 채널), 망 객체(network entity)들을 지칭하는 용어, 메시지들을 지칭하는 용어, 장치의 구성 요소를 지칭하는 용어 등은 설명의 편의를 위해 예시된 것이다. 따라서, 본 발명이 후술되는 용어들에 한정되는 것은 아니며, 동등한 기술적 의미를 가지는 다른 용어가 사용될 수 있다.

[0028] 예를 들어, 이하 사용되는 용어 '프리코더'는 신호들을 처리하기 위한 벡터 또는 행렬을 의미하는 것으로, '프리코딩 행렬' 또는 '빔포밍 행렬'로 대체될 수 있다. 또한, 경우에 따라, 용어 '프리코더'는 벡터 또는 행렬을 이용하여 신호를 처리하는 프로세서, 모듈 또는 기능 블록을 의미하는 것으로, '빔포머(beamformer)', '프리코딩부(precoding unit)' 등으로 대체될 수 있다.

[0030] 도 1은 다중 입출력(multiple input and multiple output, MIMO) 무선 통신 시스템을 나타낸다. 도 1을 참고하면, 시스템 100은 송신단 110과 수신단들 120-1 내지 120-k를 포함한다. 송신단 110과 수신단들 120-1 내지 120-k는 사용자 장치 또는 망(network) 장치에 해당될 수 있다. 망 장치는 기지국(base station), 노드 B(nodeB), e노드B(evolved nodeB) 등을 포함할 수 있다. 사용자 장치는 단말(terminal), 이동국(mobile station), 사용자 장비(user equipment) 등을 포함할 수 있다. 예를 들어, 송신단 110은 기지국에 해당되고, 수신단들 120-1 내지 120-k는 단말에 해당될 수 있다. 다른 예를 들어, 송신단 110은 단말에 해당되고, 수신단들 120-1 내지 120-k는 기지국에 해당될 수 있다.

[0031] 각각의 송신단 110 및 수신단들 120-1 내지 120-k는 데이터 통신을 위한 복수의 안테나를 포함한다. 송신단 110은 적어도 하나의 수신단 120-1 내지 120-k로 데이터가 포함된 신호를 송신한다. 예를 들어, 송신단 110은 초고주파(mmWave) 대역(예를 들어, 60GHz 대역)에서 데이터가 포함된 신호를 적어도 하나의 수신단 장치 120-1 내지 120-k로 송신할 수 있다. 송신단 장치 110은 초고주파 대역에서의 전파 경로 손실 완화 및 전파의 전달 거리 증가를 위하여 빔포밍(beamforming), 거대 배열 MIMO, FD-MIMO 기술 등을 이용할 수 있다.

[0032] 상술한 바와 같이, 송신단 110은 기지국 또는 단말이 될 수 있고, 수신단들 120-1 내지 120-k는 단말 또는 기지국이 될 수 있다. 이하 설명의 편의를 위해, 후술되는 다양한 실시 예들에서, 기지국이 송신단 110으로 기능하고, 단말들이 수신단들 120-1 내지 120-k로 기능하는 것이 가정된다. 즉, 후술되는 다양한 실시 예들은 다운링크 통신의 상황을 가정한다. 그러나, 본 발명이 상향링크 통신을 배제하는 것은 아니다. 즉, 이하 다양한 실시 예들은 상향링크 통신에도 적용될 수 있다.

[0034] 도 2는 일 실시 예에 따른 기지국 및 단말들에 대한 시스템을 나타낸다. 도 2를 참고하면, 시스템 200은 기지국 210, 단말들 220-1 내지 220-k, 및 무선 채널을 포함한다. 기지국 210은 스케줄러(scheduler) 201, 다중 사용자 프리코더(multiuser precoder) 203, 제2 채널 프리코더(second channel precoder), 및 M개의 안테나들을 포함한다. 단말들 220-1 내지 220-k 각각은 N개의 안테나들을 포함한다.

[0035] 기지국 210은 스케줄러 201을 통해 시간/주파수 자원 및 공간 자원에 대하여 사용자 스케줄링을 수행한다. 스케줄러 201에 의한 동작 이후, 기지국 210은 스케줄러 201을 통해 스케줄링된 자원들에 대하여 다중 사용자 프리코더 203을 이용하여, 다중 사용자 간의 간섭을 제거하기 위한 다중 사용자를 위한 프리코딩을 수행한다. 도 2에서,  $B_k$ 는 단말 220-k를 위한 다중 사용자 프리코더를 의미한다. 여기서, 다중 사용자 프리코더는 단말 220-k를 위한 2종류의 프리코더들 중 하나로서, '사용자 간 간섭 억제(inter-user interference mitigation) 프리코더', '사용자 레벨 프리코더', '제1(first) 프리코더', '1차(primary) 프리코더' 등으로 지칭될 수 있다. 일 실시 예에서, 다중 사용자 프리코더 203은 단말들 220-1 내지 220-k 각각의 상관 행렬(correlation matrix)를 이용하여 생성된다. 도 2에서,  $U_k$ 는 단말 220-k에 대한 상관 행렬을 의미한다. 다른 실시 예에서, 다중 사용자 프리코더 203은 통계적 정보 또는 롱 텀 정보(long-term)에 기반한 채널을 이용하여 생성된다. 여기에서, 통계적 정보 또는 롱 텀 정보는 일정 시간 동안 측정된 채널에 대한 정보(예: 평균 채널, 단말들 간의 간섭 정도, 단말 별 채널 용량 및 전송률 등)를 의미할 수 있다.

[0036] 다중 사용자 프리코더 203에 의한 동작 이후, 기지국 210은 다중 사용자 프리코더를 통해 스케줄링된 자원들에 대하여 제2 채널 프리코더를 이용하여 프리코딩을 수행한다. 제2 채널 프리코더를 이용한 프리코딩을 통해 단말에서의 스트림 간 간섭 및 송수신 경로(path) 간 간섭을 제거할 수 있다. 제2 채널은 채널에 대하여 다중 사용

자 프리코더 203에 의한 프리코딩 동작이 수행된 후의 각 단말 별 유효 채널을 의미한다. 제2 채널은 2종류의 프리코더들 중 하나의 프리코더에 의한 프리코딩만이 수행된 후의 채널이므로, '중간 채널(intermediate channel)', '중간 유효 채널(intermediate effective channel)', 1차 유효 채널(first effective channel)', '프리-유효 채널(pre-effective channel)' 등으로 지칭될 수 있다. 도 2에서,  $F_k$ 는 단말 220-k를 위한 제2 채널 프리코더를 의미한다. 여기서, 제2 채널 프리코더는 단말 220-k를 위한 2종류의 프리코더들 중 하나로서, '최대 유효 채널 이득(maximum effective channel gain) 프리코더' '스트림 간 간섭 억제 사용자 간 간섭 억제(inter-stream interference mitigation) 프리코더', '스트림 레벨 프리코더', '제2(second) 프리코더', '2차(secondary) 프리코더' 등으로 지칭될 수 있다.

[0037] 여기에서, 다중 사용자 전송을 위한 프리코더는 다중 사용자 프리코더 및 제2 채널 프리코더로 구성된다. 이에 따라, 다중 사용자 전송을 위한 프리코딩은 다중 사용자 프리코더를 이용한 프리코딩 동작과 제2 채널 프리코더를 이용한 프리코딩 동작으로 구성된 2단계의 프리코딩 동작으로 수행될 수 있다.

[0038] 기지국 210은 제2 채널 프리코더를 결정하기 위하여 제2 채널 프리코더 결정과 관련된 정보를 단말들 220-1 내지 220-k로 피드포워드(feedforward)하고, 단말들 220-1 내지 220-k로 기준 신호(reference signal)들을 송신한다.

[0039] 또한, 단말들 220-1 내지 220-k은 피드백 정보를 기지국으로 송신한다. 단말들 220-1 내지 220-k로부터 송신된 피드백 정보는 기지국 210에서 수행되는 사용자 스케줄링, 다중 사용자 프리코더 및 제2 채널 프리코더를 이용하는 프리코딩에 이용된다.

[0040] 무선 채널  $H$ 는 기지국 210과 단말들 220-1 내지 220-k 사이의 데이터 송/수신에 이용되는 채널을 의미한다. 여기서, 단말 220-k에 대한 하향링크 채널을  $H_k$ 라고 지칭하면,  $H_k$ 는 카루넨 루베(Karhunen-Loeve, KL) 변환에 의하여 아래의 <수학식 1>과 같이 다수의 행렬들로 분리될 수 있다.

### 수학식 1

$$H_k = R_k^{1/2} G_k = U_k \Lambda_k^{1/2} G_k$$

[0042] <수학식 1>에서,  $R_k$ 는 단말 220-k에 대한 채널의 공간 상관 행렬(spatial correlation matrix)을 의미하고,  $U_k$ 는 단말 220-k에 대한 공간 상관 행렬의 고유공간(eigenspace)을 의미하고,  $\Lambda_k$ 는 단말 220-k에 대한 공간 상관 행렬의 고유값(eigenvalue)들을 대각 성분으로 가지는 행렬을 의미하고,  $G_k$ 는 단말 220-k에 대한 순시 채널 성분이다.

[0043] 공간 상관 행렬이란, 기지국 210과 단말들 220-1 내지 220-k 사이의 상관도에 대한 정보를 포함하는 행렬을 의미한다. 예를 들어, 기지국 210이 단말 220-1에 대하여 신호를 송신하는 경우, 단말 220-1에 대한 상관도가 1이고 단말 220-2에 대한 상관도가 0.3일 수 있다. 이 경우, 단말 220-2는 해당 신호가 단말 220-1에 대한 것일지라도 0.3만큼 영향을 받게 된다. 이러한 영향에 대하여, 상관이 있다고 표현할 수 있으며, 이러한 상관들에 대한 정보를 포함하는 행렬이 공간 상관 행렬이다. 또한, 고유공간은 무선 채널을 통해 통신을 수행하는 두 객체들(예: 기지국 210 및 단말 220-k)의 통신 경로들의 집합을 의미하며, 고유값들은 통신 경로들 각각의 채널 이득을 의미한다.

[0044] 단말 220-k에 대하여 사용될 프리코더는 아래의 <수학식 2>로 표현될 수 있다.

### 수학식 2

$$W_k = B_k F_k$$

[0046] <수학식 2>에서,  $\mathbf{W}_k$ 는 단말 220-k를 위한 프리코더,  $\mathbf{B}_k$ 는 단말 220-k를 위한 다중 사용자 프리코더,  $\mathbf{F}_k$ 는 다중 사용자 프리코더가 적용된 제2 채널에 대한 단말 220-k를 위한 프리코더를 의미한다. 이에 따라, 단말 220-k에 대하여 사용될 프리코더는 다수의 서브-프리코더(sub-precoder)들, 즉, 다중 사용자 프리코더와 제2 채널 프리코더를 포함한다.

[0047] k번째 단말인 단말 220-k에 대하여 <수학식 2>에 표현된 프리코더  $\mathbf{W}_k$ 를 사용하여 기지국 210이 신호를 송신하는 경우, 단말 220-k에서 수신되는 신호는 아래의 <수학식 3>으로 표현될 수 있다.

### 수학식 3

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_k &= \mathbf{H}_k^H \mathbf{W}_k \mathbf{x}_k + \sum_{j \neq k} \mathbf{H}_k^H \mathbf{W}_j \mathbf{x}_j + \mathbf{n}_k \\ &= \mathbf{G}_k^H \mathbf{\Lambda}_k^{1/2} \mathbf{U}_k^H \mathbf{B}_k \mathbf{F}_k \mathbf{x}_k + \sum_{j \neq k} \mathbf{G}_k^H \mathbf{\Lambda}_k^{1/2} \mathbf{U}_k^H \mathbf{B}_j \mathbf{F}_j \mathbf{x}_j + \mathbf{n}_k \end{aligned}$$

[0048]

[0049] <수학식 3>에서,  $\mathbf{y}_k$ 는 단말 220-k가 수신하는 신호,  $\mathbf{x}_k$ 는 단말 220-k에 대한 기지국 210의 프리코딩 전의 송신 신호,  $\mathbf{x}_j$ 는 단말 220-j에 대한 기지국 210의 프리코딩 전의 송신 신호,  $\sum_{j \neq k} \mathbf{H}_k^H \mathbf{W}_j \mathbf{x}_j$ 는 단말 220-k를 제외한 다른 단말들에 대한 기지국 210의 프리코딩된 송신 신호들이 단말 220-k의 채널을 통해 수신되는 단말 간 간섭 신호,  $\mathbf{n}_k$ 는 잡음(noise)을  $\mathbf{U}_k$ 는 단말 220-k에 대한 공간 상관 행렬의 고유공간,  $\mathbf{\Lambda}_k$ 는 단말 220-k에 대한 공간 상관 행렬의 고유값들을 대각 성분으로 가지는 행렬,  $\mathbf{G}_k$ 는 단말 220-k에 대한 순시 채널 성분,  $\mathbf{B}_k$ 는 단말 220-k를 위한 다중 사용자 프리코더,  $\mathbf{F}_k$ 는 다중 사용자 프리코더가 적용된 제2 채널에 대한 단말 220-k를 위한 프리코더,  $\mathbf{B}_j$ 는 단말 220-j를 위한 다중 사용자 프리코더,  $\mathbf{F}_j$ 는 다중 사용자 프리코더가 적용된 제2 채널에 대한 단말 220-j를 위한 프리코더를 의미한다.

[0051] 도 3은 일 실시 예에 따른 기지국 210의 블록 구성을 나타낸다. 도 3은 기지국 210의 구성을 예시한다. 이하 사용되는 '...부', '...기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 기지국 210은 무선통신부 310, 백홀통신부 320, 저장부 330, 제어부 340를 포함한다.

[0052] 무선통신부 310은 무선 채널을 통해 신호를 송수신하기 위한 기능들을 수행한다. 예를 들어, 무선통신부 310은 시스템의 물리 계층 규격에 따라 기저대역 신호 및 비트열 간 변환 기능을 수행한다. 예를 들어, 데이터 송신 시, 무선통신부 310은 송신 비트열을 부호화 및 변조함으로써 복소 심벌들을 생성한다. 또한, 데이터 수신 시, 무선통신부 310은 기저대역 신호를 복조 및 복호화를 통해 수신 비트열을 복원한다. 또한, 무선통신부 310은 기저대역 신호를 RF(radio frequency) 대역 신호로 상향변환한 후 안테나를 통해 송신하고, 안테나를 통해 수신되는 RF 대역 신호를 기저대역 신호로 하향변환한다. 예를 들어, 무선통신부 310은 송신 필터, 수신 필터, 증폭기, 믹서(mixer), 오실레이터(oscillator), DAC(digital to analog convertor), ADC(analog to digital convertor) 등을 포함할 수 있다.

[0053] 또한, 무선통신부 310은 다수의 RF 체인들을 포함할 수 있다. 나아가, 무선통신부 310은 빔포밍을 수행할 수 있다. 빔포밍을 위해, 무선통신부 310은 다수의 안테나들 또는 안테나 요소(element)들을 통해 송수신되는 신호들 각각의 위상 및 크기를 조절, 즉, 아날로그 빔포밍을 수행할 수 있다. 또는, 무선통신부 310은 디지털 신호에



대한 빔포밍, 즉, 디지털 빔포밍을 수행할 수 있다. 예를 들어, 무선통신부 310는 도 2에 도시된 다중 사용자 프리코더 203 및 제2 채널 프리코더 205의 기능을 수행할 수 있다.

[0054] 무선통신부 310는 상술한 바와 같이 신호를 송신 및 수신한다. 이에 따라, 무선통신부 310는 송신부, 수신부 또는 송수신부로 지칭될 수 있다. 또한, 이하 설명에서, 무선 채널을 통해 수행되는 송신 및 수신은 무선통신부 310에 의해 상술한 바와 같은 처리가 수행되는 것을 포함하는 의미로 사용된다.

[0055] 백홀통신부 320은 다른 노드(node)들과 통신을 수행하기 위한 인터페이스를 제공한다. 즉, 백홀통신부 320은 기지국 210에서 다른 노드, 예를 들어, 다른 접속 노드, 다른 기지국, 코어 망 등으로 송신되는 비트열을 물리적 신호로 변환하고, 다른 노드로부터 수신되는 물리적 신호를 비트열로 변환한다.

[0056] 저장부 330은 기지국의 동작을 위한 기본 프로그램, 응용 프로그램, 설정 정보 등의 데이터를 저장한다. 저장부 330은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리 또는 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리의 조합으로 구성될 수 있다. 또한, 저장부 330은 제어부 340의 요청에 따라 저장된 데이터를 제공한다.

[0057] 제어부 340은 기지국 120의 전반적인 동작들을 제어한다. 예를 들어, 제어부 340은 무선통신부 310를 통해 또는 백홀통신부 320을 통해 신호를 송신 및 수신한다. 또한, 제어부 340은 저장부 330에 데이터를 기록하고, 읽는다. 이를 위해, 제어부 340은 적어도 하나의 프로세서(processor)를 포함할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 제어부 340은 다중 사용자 프리코더를 생성하고, 단말 220으로부터 송신되는 피드백 정보에 기반하여 제2 프리코더를 결정한다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다. 이를 위해, 제어부 340은 제1 프리코더 관리부 341과 제2 프리코더 관리부 343을 포함할 수 있다. 이에 따라, 상기 제어부 340은 상기 기지국 210이 후술하는 다양한 실시 예들에 따르는 절차를 수행하도록 제어한다.

[0059] 도 4는 일 실시 예에 따른 단말 220의 블록 구성을 나타낸다. 도 4는 단말 220의 구성을 예시한다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다. 이하 사용되는 '...부', '...기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 도 4를 참고하면, 단말 220은 통신부 410, 저장부 420, 제어부 430을 포함한다.

[0060] 통신부 410은 무선 채널을 통해 신호를 송수신하기 위한 기능들을 수행한다. 예를 들어, 통신부 410은 시스템의 물리 계층 규격에 따라 기저대역 신호 및 비트열 간 변환 기능을 수행한다. 예를 들어, 데이터 송신 시, 통신부 410은 송신 비트열을 부호화 및 변조함으로써 복소 심벌들을 생성한다. 또한, 데이터 수신 시, 통신부 410은 기저대역 신호를 복조 및 복호화를 통해 수신 비트열을 복원한다. 또한, 통신부 410은 기저대역 신호를 RF 대역 신호로 상향변환한 후 안테나를 통해 송신하고, 안테나를 통해 수신되는 RF 대역 신호를 기저대역 신호로 하향 변환한다. 예를 들어, 통신부 410은 송신 필터, 수신 필터, 증폭기, 믹서, 오실레이터, DAC, ADC 등을 포함할 수 있다.

[0061] 또한, 통신부 410은 다수의 RF 체인들을 포함할 수 있다. 나아가, 통신부 410은 빔포밍을 수행할 수 있다. 빔포밍을 위해, 통신부 410은 다수의 안테나들 또는 안테나 요소들을 통해 송수신되는 신호들 각각의 위상 및 크기를 조절, 즉, 아날로그 빔포밍을 수행할 수 있다. 또는, 통신부 410은 디지털 신호에 대한 빔포밍, 즉, 디지털 빔포밍을 수행할 수 있다.

[0062] 통신부 410은 상술한 바와 같이 신호를 송신 및 수신한다. 이에 따라, 통신부 410은 송신부, 수신부 또는 송수신부로 지칭될 수 있다. 또한, 이하 설명에서 무선 채널을 통해 수행되는 송신 및 수신은 통신부 410에 의해 상술한 바와 같은 처리가 수행되는 것을 포함하는 의미로 사용된다.

[0063] 저장부 420은 단말 220의 동작을 위한 기본 프로그램, 응용 프로그램, 설정 정보 등의 데이터를 저장한다. 저장부 420은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리 또는 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리의 조합으로 구성될 수 있다. 또한, 저장부 420은 제어부 430의 요청에 따라 저장된 데이터를 제공한다.

[0064] 제어부 430은 단말 220의 전반적인 동작들을 제어한다. 예를 들어, 제어부 430은 통신부 410을 통한 신호의 송신 및 수신을 제어한다. 또한, 제어부 430은 저장부 420에 데이터를 기록하고, 읽는다. 이를 위해, 제어부 430은 적어도 하나의 프로세서(processor) 또는 마이크로(micro) 프로세서를 포함하거나, 또는, 프로세서의 일부일 수 있다. 또한, 통신부 410의 일부 및 제어부 430은 CP(communication processor)라 지칭될 수 있다. 일 실시 예에 따라, 제어부 430은 유효 채널 이득(effective channel gain, ECG)을 결정하고, 결정된 ECG에 기초하여 기지국 210으로 송신할 피드백 정보를 생성한다. 이를 위해, 제어부 430은 유효 채널 이득 결정부 431을 포함할

수 있다. 나아가, 제어부 430은 단말 220이 후술하는 다양한 실시 예들에 따른 절차를 수행하도록 제어할 수 있다.

- [0066] 도 5는 본 개시에 따른 다중 사용자(multiuser) 전송을 위한 신호 흐름을 나타낸다.
- [0067] 도 5를 참고하면, 동작의 주체는 기지국 210과 단말 220이다. 여기에서, 단말 220은 단말 220-1 내지 220-k 중 하나이다.
- [0068] 단계 501에서, 기지국은 프리코더를 생성한다. 생성되는 프리코더는 다중 사용자 간의 간섭을 제거하기 위한 것이다. 다시 말해, 단계 501에서 생성되는 프리코더는 사용자들 간의 간섭을 처리하기 위한 서브-프리코더이다. 예를 들어, 기지국은 다수의 단말들에 대한 채널들의 고유공간들, 통계적 정보에 기반한 채널 또는 롱 텀 정보에 기반한 채널을 이용하여 프리코더를 생성할 수 있다. 프리코더의 구체적인 생성 과정은 이하 도 8에서 상세하게 설명된다.
- [0069] 단계 503에서, 기지국 210은 채널 이득 계산을 위한 정보를 송신한다. 일 실시 예에 따라, 코드북(codebook) 방식에 기반하는 경우, 채널 이득 계산을 위한 정보는 사용될 코드북의 인덱스(index)를 포함한다. 다른 실시 예에 따라, 코드북에 기반하지 않는 경우, 채널 이득 계산을 위한 정보는 채널 이득 계산을 위한 기준 신호의 개수, 할당 자원 정보 등을 포함할 수 있다. 다시 말해, 기지국 210은 채널 이득 측정에 대한 구성(configuration) 정보를 송신한다.
- [0070] 단계 505에서, 기지국 210은 적어도 하나의 기준 신호를 송신한다. 기준 신호의 송신은 빔포밍된 채널 상태 정보 기준 신호(beamformed CSI-RS)를 이용하여 수행될 수 있다. 즉, 기지국 210은 빔포밍된, 다시 말해, 적어도 하나의 프리코더에 의해 프리코딩된 기준 신호를 송신한다.
- [0071] 단계 503 및 단계 505에서, 일 실시 예에 따라, 기지국 210은 물리적 하향링크 공유 채널(Physical Downlink Shared Channel, PDSCH)을 이용하여 단말 220으로 채널 이득 계산을 위한 정보 및 기준 신호를 송신할 수 있다. 기지국 210이 PDSCH를 이용하는 경우, 단말 220에서 PDSCH를 위한 채널 추정에 이용되는 복조 기준 신호(demodulation reference signal, DM-RS)를 단말 220으로 송신한다. 이에 따라, 단말 220은 DM-RS를 이용하여 PDSCH를 위한 채널을 추정하고, 그에 따라 PDSCH에 포함된 데이터를 수신할 수 있다. 다른 실시 예에 따라, 기지국 210은 물리적 하향링크 제어 채널(Physical Downlink Control Channel, PDCCH)을 이용하여 단말 220으로 채널 이득 계산을 위한 정보 및 기준 신호를 송신할 수 있다.
- [0072] 단계 507에서, 단말 220은 기지국 210으로부터 수신된 정보 및 적어도 하나의 기준 신호를 이용하여 채널 이득을 계산한다. 일 실시 예에서, 단말 220은 유효 채널 이득(Effective Channel Gain, ECG)을 계산한다. 다른 실시 예에서, 단말 220은 유효 채널을 추정한 후, ECG를 계산한다. 또 다른 실시 예에서, 단말 220은 제2 채널을 추정한 후, ECG를 계산한다.
- [0073] 단계 509에서, 단말 220은 기지국 210으로 피드백 정보를 송신한다. 피드백 정보는 단계 507에서 계산된 채널 이득에 기초하여 생성된다. 피드백 정보는 기지국 210에서 단계 501에서 생성되는 프리코더와는 다른 프리코더를 결정하기 위해 사용되는 정보이다. 피드백 정보는 랭크 지시자(Rank Indicator, RI), 채널 품질 지시자(Channel Quality Indicator, CQI), 채널 이득과 관련된 인덱스 등을 포함할 수 있다. 여기에서, 단말 220은 물리적 상향링크 공유 채널(Physical Uplink Shared Channel, PUSCH)을 이용하여 기지국 210으로 피드백 정보를 송신할 수 있다.
- [0074] 단계 511에서, 기지국 210은 단말 220으로 하향링크(downlink) 데이터를 송신한다. 이때, 기지국 210은, 단계 501에서 생성된 프리코더와 단계 509에서 수신된 피드백 정보에 기초하여 결정된 프리코더를 이용하여 데이터 신호를 프리코딩한 후, 단말 220으로 프리코딩된 데이터 신호를 송신한다.
- [0076] 도 6은 일 실시 예에 따른 다중 사용자 전송을 위한 기지국 210의 동작의 흐름을 나타낸다.
- [0077] 도 6을 참고하면, 단계 601에서, 기지국 210은 제1 프리코더를 생성한다. 제1 프리코더는 다중 사용자 간의 간섭을 제거하기 위한 것으로, 단말에 대한 채널에 적용되는 프리코더이다. 제1 프리코더를 생성하는 과정은 이하 도 8을 참고하여 구체적으로 설명된다.
- [0078] 단계 603에서, 기지국 210은 제1 프리코더가 적용된 적어도 하나의 기준 신호를 단말 220으로 송신한다. 여기에

서, 단말 220은 단말 220-1 내지 220-k 중 하나이다. 일 실시 예에서, 기준 신호는 제1 프리코더가 적용된 제2 채널에 대한 프리코더 후보들을 시간/주파수 자원에 적용한 채널에 대하여 할당될 수 있다. 다른 실시 예에서, 기준 신호는 제1 프리코더를 시간/주파수 자원에 적용한 채널에 대하여 할당될 수 있다.

[0079] 단계 605에서, 기지국 210은 제2 프리코더와 관련된 정보를 포함하는 피드백 정보를 단말 220으로부터 수신한다. 기지국 210은 단말 220으로부터 피드백 정보를 수신하면, 수신된 정보에 기초하여 단말 220에 대하여 적합하다고 판단되는 제2 프리코더를 결정할 수 있다. 다만, 기지국 210은 피드백 정보를 참고하여 제2 프리코더를 결정할 수 있는 것이지, 피드백 정보에 기속되어 제2 프리코더를 결정하는 것이 아니다. 예를 들어, 기지국 210은 피드백 정보에 포함된 단말 220의 선택과 달리, 자체적 채널 상태 판단에 의하여 제2 프리코더를 결정할 수 있다.

[0080] 단계 607에서, 기지국 210은 단말 220으로 하향링크 데이터를 송신한다. 이 경우, 기지국 210은 단계 601에서 생성된 제1 프리코더와 단계 605에서 수신된 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 프리코더를 이용하여 프리코딩된 채널을 이용하여 단말 220으로 하향링크 데이터를 송신한다.

[0082] 도 7은 본 개시에 따른 다중 사용자 전송을 위한 단말 220의 동작의 흐름을 나타낸다. 여기에서, 단말 220은 단말 220-1 내지 220-k 중 하나이다.

[0083] 도 7을 참고하면, 단계 701에서, 단말 220은 제1 프리코더가 적용된 적어도 하나의 기준 신호를 기지국 210으로부터 수신한다. 일 실시 예에서, 기준 신호는 제1 프리코더가 적용된 제2 채널에 대한 프리코더 후보들을 시간/주파수 자원에 적용한 채널에 대하여 할당될 수 있다. 다른 실시 예에서, 기준 신호는 제1 프리코더를 시간/주파수 자원에 적용한 채널에 대하여 할당될 수 있다.

[0084] 단계 703에서, 단말 220은 제2 프리코더와 관련된 정보를 포함하는 피드백 정보를 기지국 210으로 송신한다. 단말 220은 기지국 210으로부터 수신된 기준 신호에 기초하여 채널 이득을 결정한 후, 결정된 채널 이득에 기초하여 피드백 정보를 생성한다.

[0085] 단계 705에서, 단말 220은 기지국 210으로부터 하향링크 데이터를 수신한다. 이 경우, 단말 220은 기지국 210에서 생성된 제1 프리코더와 단계 703에서 송신한 피드백 정보에 기초하여 기지국 210에서 결정된 제2 프리코더를 이용하여 프리코딩된 채널을 이용하여 수신한다.

[0087] 상술한 실시 예들에서, 다중 사용자 간섭을 처리하기 위해 제1 프리코더가 사용된다. 여기서, 제1 프리코더는 다음과 같은 원리에 의해 결정될 수 있다. 효율적인 다중 사용자 전송 기법을 구현하기 위하여는 지정된 단말 (예: k번째 단말인 단말 220-k)에 대한 송신 신호 성분 외에 다른 신호 성분들이 제거되어야 한다. 다른 신호 성분들이 제거되기 위한 조건은 아래의 <수학식 4>로 표현될 수 있다.

#### 수학식 4

$$\mathbf{U}_j^H \mathbf{B}_k = 0, \forall j \neq k$$

[0088]

[0089] <수학식 4>에서,  $\mathbf{U}_j^H$ 는 단말 220-j에 대한 공간 상관 행렬의 고유공간을 의미하고,  $\mathbf{B}_k$ 는 단말 220-k에 대한 다중 사용자 프리코더를 의미한다.

[0090] <수학식 4>에 나타난 것과 같이, 다중 사용자 프리코더  $\mathbf{B}_k$ 는 단말 220-k 이외의 다른 단말 220-j의 공간 상관 행렬의 고유공간인  $\mathbf{U}_j^H$ 와 행렬 간 내적(inner product)을 하는 경우에 0의 값을 갖는 행렬이다. 다시 말해, 다중 사용자 프리코더  $\mathbf{B}_k$ 는  $\mathbf{U}_j^H$ 에 대하여 직교성을 가지는 행렬이다.

[0091] 즉, 일 실시 예에서, 다중 사용자 프리코더는 다른 단말의 공간 상관 행렬의 고유공간과의 내적이 0이 되도록



결정된다. 그러나, 다른 실시 예에 따라, 0이 아닌 임계값 이하의 내적을 가지도록, 다중 사용자 프리코더가 결정될 수 있다. 여기에서, 임계값은 미리 정의되거나, 또는 요구되는 QoS(quality of service)에 따라 동적으로 결정될 수 있다.

[0092] 설명의 편의를 위하여, 내적의 값이 0인 경우에 대하여만 이하 설명한다. 지정된 단말에 대한 송신 신호 성분 외에 다른 단말들과 관련된 신호 성분들을 제거하기 위한 다중 사용자 프리코더  $B_k$ 를 생성하는 과정은 이하 도 8에서 설명된다.

[0094] 도 8은 본 개시에 따른 다중 사용자 전송을 위한 다중 사용자 프리코더를 생성하는 기지국의 동작의 흐름을 나타낸다. 설명의 편의를 위하여, 이하 설명하는 다중 사용자 프리코더는  $k$ 번째 단말인 단말 220-k에 대한 다중 사용자 프리코더를 의미한다.

[0095] 도 8을 참고하면, 단계 801에서, 기지국 210은 각 단말들의 고유공간들을 포함하는 행렬을 생성한다. 여기에서, 각 단말들의 고유 공간이란, 단말 220-k를 제외한 단말들의 공간 상관 행렬들의 고유공간들을 의미한다. 각 단말들에 대한 공간 상관 행렬은 단말들과의 하향링크/상향링크 시그널링 절차를 통하여 기지국에서 추정될 수 있다. 생성되는 단말 220-k를 제외한 단말들의 공간 상관 행렬들의 고유공간들을 포함하는 행렬은 아래의 <수학식 5>로 표현될 수 있다.

### 수학식 5

$$U_{(-k)} = [U_1 \dots U_{k-1} U_{k+1} \dots U_K]$$

[0096]

[0097] <수학식 5>에서,  $U_K$ 는  $K$  번째 단말의 공간 상관 행렬의 고유공간을 의미하고,  $U_{(-k)}$ 는 전체  $K$ 개의 단말 중에서  $k$ 번째 단말인 단말 220-k를 제외한 나머지 다른 단말들의 공간 상관 행렬들의 고유공간들을 포함하는 행렬을 의미한다.  $U_{(-k)}$ 는 단말 220-k를 제외한 다른 단말들의 공간 상관 행렬들의 고유공간들을 열 방향으로 쌓아서 생성된 행렬이다.

[0098] 단계 803에서, 기지국 210은 단계 801에서 생성된 행렬을 분해하여 행렬에 대한 영 공간(null space)를 생성한다. 다중 사용자 프리코더  $B_k$ 가  $U_{(-k)}$ 의 영 공간에 존재하면, 다중 사용자 프리코더  $B_k$  및 단말 220-k를 제외한 모든 단말들의 각각의 공간 상관 행렬들의 고유공간들 간 내적 값이 0이 된다. 영 공간을 구하기 위하여, 기지국 210은 특이값 분해(singular value decomposition, SVD)를 이용하여  $U_{(-k)}$ 를 분해한다.  $U_{(-k)}$ 를 분해한 결과는 아래의 <수학식 6>으로 표현될 수 있다.

### 수학식 6

$$U_{(-k)} = \begin{bmatrix} E_k^{(1)} & E_k^{(0)} \\ \left[ M \times \left( \sum_{j \neq k} r_j \right) \right] & \left[ M \times \left( M - \sum_{j \neq k} r_j \right) \right] \end{bmatrix} \Phi_k Q_k^H$$

[0099]

[0100] <수학식 6>에서,  $E_k^{(1)}$ 는 0이 아닌 고유값에 해당하는 좌측 고유벡터(left eigenvector)를 열 벡터로 포함하는 행렬을 의미하고,  $E_k^{(0)}$ 는 0인 고유값에 해당하는 좌측 고유벡터를 열 벡터로 포함하는 행렬을 의미하고,  $M$

은 전체 행렬의 차원을 의미하고,  $\sum_{j \neq k} r_j$  은 단말 220-k를 제외한 모든 단말들의 랭크(rank) 개수의 합을 의미하고,  $\Phi_k$ 는 고유값들을 대각 성분으로 포함하는 행렬을 의미하고,  $Q_k$ 는 우측 고유벡터(right eigenvector)를 열벡터로 포함하는 행렬을 의미한다. 여기에서 0인 고유값에 해당하는 고유벡터들에 대한 열 벡터인  $E_k^{(0)}$ 는  $U^{(-k)}$ 의 영 공간에 해당할 수 있다. 기지국 210은 분해된  $U^{(-k)}$ 의 성분 중에서  $E_k^{(0)}$ 를 영 공간으로 결정한다.  $E_k^{(0)}$ 는 전체 행렬의 차원 수인  $M$ 에서 단말 220-k를 제외한 모든 단말들의 랭크 개수의 합인  $\sum_{j \neq k} r_j$ 을 제외한 수 만큼의 성분을 포함하는 열 벡터이다.  $E_k^{(0)}$ 는 아래와 같은 <수학식 7>로 표현될 수 있다.

### 수학식 7

$$E_k^{(0)} = \begin{bmatrix} e_{k,1}^{(0)} & e_{k,2}^{(0)} & \dots & e_{k,b}^{(0)} & \dots & e_{k,M-\sum_{j \neq k} r_j}^{(0)} \end{bmatrix}$$

<수학식 7>에서,  $E_k^{(0)}$ 는 0인 고유값에 해당하는 좌측 고유벡터를 열 벡터로 포함하는 행렬을,  $e_{k,b}^{(0)}$ 는 열 벡터  $E_k^{(0)}$ 의 b번째 성분을,  $M$ 은 전체 행렬의 차원을,  $\sum_{j \neq k} r_j$ 은 단말 220-k를 제외한 모든 단말들의 랭크 개수의 합을 의미한다.

단계 805에서, 기지국 210은 행렬에 대한 영 공간에서 일부 요소를 선택한다. k번째 단말인 단말 220-k에 대한 다중 사용자 프리코더  $B_k$ 는 단계 803에서 결정된 열 벡터  $E_k^{(0)}$ 의 일부 열 벡터를 이용하여 생성될 수 있다. 일부 요소의 선택에 의해 생성된  $B_k$ 는 아래의 <수학식 8>로 표현될 수 있다.

### 수학식 8

$$B_k = \begin{bmatrix} e_{k,1}^{(0)} & e_{k,2}^{(0)} & \dots & e_{k,b}^{(0)} \end{bmatrix}$$

<수학식 8>에서,  $B_k$ 는 k번째 단말에 대한 다중 사용자 프리코더를 의미하고,  $b$ 는  $B_k$ 의 총 성분의 수를 의미한다. 따라서, 생성된  $B_k$ 가 적용된 각 단말 별 제2 채널은  $B_k$ 에 의해  $b$ 의 차원을 갖는다. 제2 채널이  $b$ 의 차원을 갖는다는 점은 아래의 <수학식 9>로 표현될 수 있다.

### 수학식 9

$$\bar{H}_k = B_k^H H_k, \bar{H}_k \in \mathbb{C}^{b \times 1}$$

<수학식 9>에서,  $H_k$ 는 단말 220-k에 대한 전체 채널,  $\bar{H}_k$ 는 다중 사용자 프리코더  $B_k$ 가 적용된 제2 채널,

$\mathbb{C}^{b \times 1}$  는  $b \times 1$ 의 차원을 갖는 복소 행렬을 의미한다.

- [0108] 따라서, 다중 사용자 프리코더를 생성하는 경우, 다중 사용자로 동작 가능한 단말의 수와 각 단말 별 레이어(layer)의 수, 다중 사용자 프리코더의 적용 후 결정되는 제2 채널의 차원 등을 고려하여야 한다. 특히, 기지국 210이 다중 사용자로 동작 가능한 단말 220에 대한 모든 랭크를 지원하기 위해서, 제2 채널의 차원은 단말 별 최대 랭크보다 큰 값이어야 한다.
- [0109] 상술한 실시 예에서, 특정 단말(예: 단말 220-k)을 위한 다중 사용자 프리코더는 다른 단말의 공간 상관 행렬의 고유공간과의 내적을 기준으로 결정된다. 다른 실시 예에 따라, 다중 사용자 프리코더는 코드북에 포함된 코드워드들 중 하나를 선택함으로써 결정될 수 있다. 이 경우, 예를 들어, 기지국 210은 0 또는 임계값 이하의 내적을 가지는 프리코더를 산출한 후, 산출된 프리코더와 가장 유사한 코드북 엔트리(entry)를 선택할 수 있다. 또는, 기지국 210은 코드북에 포함된 코드북 엔트리 중 가장 작은 내적을 가지는 하나를 선택할 수 있다.
- [0110] 또 다른 실시 예에 따라, 다중 사용자 프리코더는 통계적 정보 또는 룬 텀 정보에 기반한 채널을 이용하여 결정될 수 있다. 여기에서, 통계적 정보 또는 룬 텀 정보는 일정 시간 동안 측정된 평균 채널 정보, 채널 전송량, 채널 간섭량 등을 의미할 수 있다. 이 경우, 예를 들어, 기지국 210은 통계적 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자들간의 간섭 정도를 파악한 후, 다중 사용자들간의 간섭을 제거 또는 처리할 수 있는 프리코더를 결정할 수 있다.
- [0112] 상술한 바와 같이 다중 사용자 프리코더가 생성되면, 다중 사용자 프리코더가 적용된 제2 채널에 대한 프리코더인 제2 채널 프리코더를 결정한다. 본 개시에서, 제2 채널 프리코더를 결정하는 방식은, 코드북의 이용 여부에 따라, 코드북에 기반하지 않은(Non-codebook) 방식과 코드북(codebook)에 기반한 방식으로 분류된다.
- [0113] 후술되는 설명에서 자주 사용되는 용어인 유효 채널 이득(ECG)은 다중 사용자 프리코더가 적용된 제2 채널에 대한 프리코더를 고려하여, 단말에서 수신되는 신호에 대한 성능 지표를 의미한다. 성능 지표로는 채널 이득(channel gain), 신호 대 잡음 간섭 비(Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio, SINR), 반송파 대 간섭 비(Carrier-to-Interference-plus-Noise Ratio, CINR), 전송 용량(transmission capacity) 등이 될 수 있다. ECG은 피드백 정보에 포함되는 채널 품질 지시자와 유사한 정보를 포함할 수 있다.
- [0114] 또한, 최대 ECG 인덱스(MEI)는 단말에서 기지국으로 송신되는 정보로서, 단말에서 계산한 ECG 중 최대 ECG에 대한 제2 채널의 프리코더 인덱스 또는 최대 ECG를 제공하는 기준 신호의 인덱스를 의미한다. MEI가 지시하는 정보는 제2 채널에 대한 프리코더를 정의하는 방식에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 제2 채널에 대한 프리코더를 벡터로 정의하는 경우에는 MEI가 지시하는 정보는 벡터일 수 있고, 제2 채널에 대한 프리코더를 행렬로 정의하는 경우에는 MEI가 지시하는 정보는 행렬일 수 있다.
- [0115] MEI는 피드백 정보 중 채널 정보를 포함하는 프리코딩 행렬 지시자(Precoding Matrix Indicator, PMI)를 대체할 수 있다. MEI는 적은 비트(bit)에 할당되는 것이 가능하기 때문에(예: 1비트 만으로도 표현이 가능), PMI를 포함하는 피드백 방식보다 오버헤드를 감소시킬 수 있다. MEI는 코드북에 기반하지 않은 방식에서는 최대 ECG에 대한 고유벡터의 인덱스를 의미하며, 코드북에 기반한 방식에서는 최대 ECG에 대한 코드워드(codeword)의 인덱스를 의미한다.
- [0116] 코드북에 기반하지 않은 방식은 기지국이 각 단말로 ECG 트레이닝(training)과정과 단말이 기지국으로 MEI를 포함하는 피드백 정보를 송신하는 과정을 포함한다. ECG 트레이닝은 각 단말에 대한 제2 채널의 프리코더 후보들에 대하여 수행된다. 각 단말에 대한 제2 채널의 프리코더 후보는 각 단말의 제2 채널의 공간 상관 행렬의 고유공간을 이용하여 결정된다.
- [0117] k번째 단말에 대한 다중 사용자 프리코더가 적용된 제2 채널은 카루넨 루베(KL) 변환에 의해 아래와 같은 <수학식 10>으로 표현될 수 있다.

수학식 10

$$\bar{\mathbf{H}}_k = \mathbf{B}_k^H \mathbf{H}_k = \bar{\mathbf{R}}_k^{1/2} \bar{\mathbf{G}}_k = \bar{\mathbf{U}}_k \bar{\mathbf{\Lambda}}_k^{1/2} \bar{\mathbf{G}}_k$$

[0118]

[0119] <수학식 10>에서,  $\bar{\mathbf{H}}_k$ 는 k번째 단말의 제2 채널,  $\mathbf{B}_k^H$ 는 k번째 단말에 대한 다중 사용자 프리코더,  $\mathbf{H}_k$ 는 k번째 단말의 전체 채널,  $\bar{\mathbf{R}}_k$ 는 k번째 단말의 제2 채널에 대한 공간 상관 행렬,  $\bar{\mathbf{U}}_k$ 는 k번째 단말의 제2 채널에 대한 공간 상관 행렬의 고유공간,  $\bar{\mathbf{\Lambda}}_k$ 는 k번째 단말의 제2 채널에 대한 공간 상관 행렬의 고유값을 대각 성분으로 포함하는 행렬,  $\bar{\mathbf{G}}_k$ 는 k번째 단말의 제2 채널의 순시 채널 성분을 의미한다.

[0120] k번째 단말에 대한 ECG 트레이닝은 기지국이 시간/주파수 자원에 k번째 단말에 대한 제2 채널의 프리코더 후보들을 위한 기준 신호를 할당하여 송신함으로써 수행된다. 제2 채널의 프리코더 후보들은 제2 채널의 공간 상관 행렬의 고유벡터로 결정된다. 예를 들어, k번째 단말에 대한 제2 채널의 프리코더 후보들은  $\bar{\mathbf{U}}_k$ 의 성분들로 결정된다. 또한, 제2 채널의 프리코더 후보 개수는 제2 채널의 공간 상관 행렬의 고유값의 크기에 따라 결정되거나, 단말이 최대 지원할 수 있는 랭크 수에 따라 결정될 수 있다.

[0121] 코드북에 기반하지 않은 방식은 제2 채널의 프리코더 후보를 이용하여 ECG 트레이닝을 수행하므로, 채널에 대한 양자화(quantization) 과정이 없으므로, ECG 값에 대한 정확도가 높아질 수 있다.

[0122] 후술되는 도 9 내지 도 17에서, 코드북에 기반하지 않은 방식에 대한 실시 예들이 설명된다.

[0124] 도 9는 일 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 신호 흐름을 나타낸다. 도 9에서, 단말 220에 지원되는 랭크는 최대 4임이 가정된다. 그러나, 도 9의 실시 예는 5 이상의 랭크가 지원되는 경우에도 적용될 수 있다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다.

[0125] 도 9를 참고하면, 기지국 210은 랭크-4까지의 모든 조합들에 대해 ECG 트레이닝을 수행한다. 다시 말해, 기지국 210은 랭크-1, 2, 3, 4에 대한 모든 조합에 대해 ECG 트레이닝을 수행한다.

[0126] 단계 901에서, 기지국 210은 다중 사용자 스케줄링을 수행하고 다중 사용자 프리코더( $B_1$ ,  $B_2$ , 내지  $B_k$ , 여기에서,  $B_k$ 는 k번째 단말에 대한 다중 사용자 프리코더를 의미)를 생성한다. 다중 사용자 스케줄링은 시간/주파수 자원 및 공간 자원을 다중 사용자에게 할당하는 동작을 의미한다. 다시 말해, 다중 사용자 스케줄링은 동일한 자원으로 통신을 수행할 사용자들, 즉, 단말들의 집합을 결정하는 동작을 의미한다. 기지국 210은 각 단말의 공간 상관 행렬의 고유공간( $U_1$ ,  $U_2$ , 내지  $U_k$ , 여기에서,  $U_k$ 는 k번째 단말에 대한 공간 상관 행렬의 고유공간을 의미)을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 생성한다. 예를 들어, 기지국 210은 도 8을 참고하여 설명한 동작 흐름에 따라 다중 사용자 프리코더를 생성할 수 있다. 기지국 210은 다중 사용자 스케줄링을 수행한 후, 생성된 다중 사용자 프리코더를 채널에 적용함에 따라 다중 사용자 간에 발생하는 간섭을 제거할 수 있다. 다른 실시 예에서, 기지국 210은 통계적 정보 또는 룩 업 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다. 예를 들어, 기지국 210은 일정 시간 동안 측정된 평균 채널에 대한 정보에 기반한 채널을 이용함으로써 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다.

[0127] 단계 903에서, 기지국 210은 ECG 트레이닝과 관련된 정보를 단말 220으로 송신한다. 다시 말해, 기지국 210은 ECG 트레이닝과 관련된 정보를 단말 220으로 피드포워드한다. ECG 트레이닝과 관련된 정보는 ECG 트레이닝에 사용될 기준 신호의 수, 기준 신호가 할당될 시간/주파수 정보, 제2 채널의 후보의 수, 제2 채널의 후보의 랭크 수 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0128] 단계 905에서 기지국 210은 단말 220에 대해 ECG 트레이닝을 수행한다. 여기에서, 기지국 210은 단말 220으로 ECG 트레이닝과 관련된 기준 신호를 송신한다. ECG 트레이닝은 기지국 210이 단말 220에 대한 제2 채널의 프리

코더 후보군을 시간/주파수 자원에 할당하고, 할당된 시간/주파수 자원을 통해 프리코더 후보들 각각 또는 프리코더 후보들의 전부 또는 일부의 조합에 의해 프리코딩된 기준 신호들을 송신함으로써 수행된다. 여기에서, 기지국 210은 단말 220이 지원할 수 있는 최대 랭크-4까지의 모든 조합들에 대하여 ECG 트레이닝을 수행한다. ECG 트레이닝 수행을 위한 ECG 트레이닝 행렬 세트는 ECG 트레이닝에 사용되는 제2 프리코더의 후보군을 포함한다. 제2 프리코더의 후보군은 랭크-1에 대한 제2 채널의 프리코더 후보들을 1개, 2개의 조합, 3개의 조합, 4개의 조합으로 구성하여 결정된다. 여기에서, 랭크-1에 대한 제2 채널의 프리코더 후보들의 개수는  $c$ 인 경우가 가정된다. 제2 프리코더의 후보군은 아래의 <수학식 11>로 표현될 수 있다.

### 수학식 11

$$\bar{U}_k^{(c)} = \{\bar{u}_{k,1}, \dots, \bar{u}_{k,c}, \dots, [\bar{u}_{k,c-3} \bar{u}_{k,c-2} \bar{u}_{k,c-1} \bar{u}_{k,c}]\}$$

<수학식 11>에서,  $\bar{U}_k^{(c)}$ 는 제2 프리코더의 후보군을 의미하고,  $\bar{u}_{k,c}$ 는 랭크-1에 대한  $c$ 번째 제2 프리코더 후보를 의미하고,  $k$ 는 랭크-1에 대한 제2 프리코더 후보들의 개수를 의미한다.

랭크-1에 대한 제2 채널의 프리코더 후보들의 개수가  $c$ 인 경우, 결정되는 후보군들의 개수는  $cC_1+cC_2+cC_3+cC_4$ 가 된다. 이 경우, 기지국 210이 단말 220에 대하여 필요한 ECG 트레이닝의 수는  $cC_1+cC_2+cC_3+cC_4$ 가 된다. 다시 말해, 기지국 210은 단말 220에 대한 랭크-1에 대한 제2 채널의 프리코더 후보들을 1개, 2개의 조합, 3개의 조합, 4개의 조합으로 편성하여, 모든 경우들에 대한 ECG 트레이닝을 수행한다.

단계 907-1 내지 907- $n$ 에서, 단말 220은 기지국 210으로부터의 ECG 트레이닝에 대응하여 ECG를 계산한다. 여기에서,  $n$ 은 제2 프리코더 후보군에 포함된 요소들의 개수인  $cC_1+cC_2+cC_3+cC_4$ 를 의미한다. 다시 말해, 단말 220은 총  $n$ 번의 ECG 계산들을 수행한다. 단말 220은 단계 903에서 수신된 ECG 트레이닝 관련 정보와 ECG 트레이닝 중에 수신된 기준 신호에 기초하여 ECG들을 계산한다. 즉, 단말 220은 수신되는 기준 신호들 각각에 대응한 ECG를 계산한다. 여기에서, ECG는 채널 이득, SINR, 채널 용량 등일 수 있다.

단계 909에서, 단말 220은 RI, MEI, CQI 등을 기지국 210으로 피드백한다. 다시 말해, 단말 220은 RI, MEI, CQI를 포함하는 피드백 정보를 기지국 210으로 송신한다. 여기에서, RI는 단말 220에서 데이터 전송률을 최대화할 수 있는 스트림의 개수를 지시하는 정보이다. 또한, MEI는 단말 220에 지원되는 랭크 별로 각각 정해지는 인덱스이다. 단말 220에 지원되는 모든 랭크에 대한 MEI 또는 일부 랭크에 대한 MEI가 피드백 정보에 포함될 수 있다. CQI는 ECG가 가장 큰 MEI가 지시하는 제2 채널 프리코더를 이용하는 경우의 채널 품질을 지시한다. 피드백 정보는 기지국 210에서 제2 채널에 대한 프리코더를 결정하는데 이용된다.

단계 911에서, 기지국 210은 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다. 여기에서, 기지국 210은 단계 901에서 생성된 다중 사용자 프리코더와 단계 909에서 수신된 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 채널에 대한 프리코더를 이용하여 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다.

도 10은 일 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 기지국 210의 동작의 흐름을 나타낸다. 도 10에서, 단말 220에 지원되는 랭크는 최대 4임이 가정된다. 그러나, 도 10의 실시 예는 5 이상의 랭크가 지원되는 경우에도 적용될 수 있다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220- $k$  중 하나이다.

도 10을 참고하면, 기지국 210은 단말 220이 지원하는 모든 랭크에 대한 ECG 트레이닝을 수행한다. 다시 말해, 기지국 210은 단말 220에 지원되는 모든 랭크에 대한 ECG 트레이닝을 지시하는 신호를 단말 220으로 송신한다.

단계 1001에서, 기지국 210은 공간 상관 행렬을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 생성한다. 공간 상관 행렬은 단말들 간의 상관도에 대한 정보를 포함하는 행렬을 의미하며, 단말들과의 하향링크/상향링크 시그널링 절차에 의하여 기지국에서 기추정될 수 있다. 기지국 210은 지정된 단말 이외의 다른 단말들의 공간 상관 행렬에 대한 연산을 수행함으로써, 다중 사용자 프리코더를 생성할 수 있다. 다른 실시 예에서, 기지국 210은 통계적 정보 또는 룩 업 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다.

단계 1003에서, 기지국 210은 모든 랭크의 경우에 대하여 제2 채널 프리코더의 후보군을 생성한다. 기지국 210



은 제2 채널의 공간 상관 행렬의 고유벡터를 이용하여 제2 채널 프리코더 후보군을 생성한다. 기지국 210은 랭크-1에 대한 제2 채널 프리코더 후보들을 조합함으로써 단말 220이 지원할 수 있는 모든 랭크의 경우에 대한 제2 채널 프리코더의 후보군을 생성한다.

- [0140] 단계 1005에서, 기지국 210은 각각의 제2 채널 프리코더에 대한 기준 신호를 단말 220으로 전송한다. 기지국 210은 기준 신호들을 단계 1003에서 생성된 제2 채널 프리코더 후보군에 포함된 각각의 요소들에 대하여 할당하여 송신할 수 있다. 기지국 210은 빔포밍된 CSI-RS를 제2 채널 프리코더 후보군에 대한 기준 신호로 이용할 수 있다.
- [0141] 단계 1007에서, 기지국 210은 CQI, MEI, RI를 포함하는 피드백 정보를 수신한다. 여기에서, 피드백 정보에 포함되는 MEI는 단말 220에 지원되는 모든 랭크에 대한 것일 수 있으며, 또는 RI가 지시하는 랭크의 수 이하의 랭크에 대한 것일 수 있다.
- [0142] 단계 1009에서, 기지국 210은 피드백된 CQI, MEI, RI 등을 기반으로 전송에 사용될 랭크, 제2 채널 프리코더를 선택한다. 기지국 210은 최대 ECG를 갖는 랭크 및 제2 채널 프리코더를 선택하거나, 순시적으로 측정되는 채널 상태에 따라 단말 220이 지원하는 랭크 중에서 최대 ECG를 갖지 않는 랭크 및 제2 채널 프리코더를 선택할 수 있다.
- [0143] 단계 1011에서, 기지국 210은 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다. 예를 들어, 기지국 210은 단계 1001에서 생성된 다중 사용자 프리코더와 단계 1009에서 선택된 제2 채널 프리코더를 이용하여 하향링크 데이터를 송신한다.
- [0145] 도 11은 일 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 단말 220의 동작의 흐름을 나타낸다. 도 11에서, 단말 220에 지원되는 랭크는 최대 4임이 가정된다. 그러나, 도 11의 실시 예는 5 이상의 랭크가 지원되는 경우에도 적용될 수 있다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다.
- [0146] 도 11을 참고하면, 단말 220은 기지국 210이 단말 220에 지원되는 모든 랭크에 대한 ECG 트레이닝을 수행하는 환경에서 동작한다.
- [0147] 단계 1101에서, 단말 220은 기지국 210으로부터 ECG 트레이닝과 관련된 신호를 수신한다. ECG 트레이닝과 관련된 신호는 ECG 트레이닝과 관련된 기준 신호 및 ECG 계산을 위해 사용되는 정보와 관련된 신호를 포함한다.
- [0148] 단계 1103에서, 단말 220은 ECG를 계산한다. 여기에서, 단말 220은 단계 1101에서 수신된 신호에 포함된 정보와 기준 신호에 기초하여 ECG를 계산한다. 단말 220은 수신된 신호에 포함된 정보와 기준 신호에 기초하여 시간/주파수 자원에 할당된 제2 채널에 대한 프리코더의 후보군에 대한 정보를 추출할 수 있다. 단말 220은 추출된 정보를 이용하여 제2 채널에 대한 프리코더의 후보군의 각각의 요소들에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 단말 220은 신호의 세기 측정, 간섭 측정 등을 이용하여 ECG를 계산할 수 있다. 여기에서, 단말 220은 모든 랭크에 대한 ECG들을 계산한다.
- [0149] 단계 1105에서, 단말 220은 후보군 중 ECG를 최대로 하는 MEI를 선택한다. 다시 말해, 단말 220은 제2 프리코더 후보군 중에서 랭크 별 최대의 ECG를 갖는 MEI들을 결정한다. 단말 220은 지원하는 모든 랭크에 대하여 MEI를 결정한다. 예를 들어, 단말 220이 랭크-4를 지원하는 단말이면, 단말 220은 랭크-1에 대한 MEI, 랭크-2에 대한 MEI, 랭크-3에 대한 MEI, 랭크-4에 대한 MEI를 결정한다.
- [0150] 단계 1107에서, 단말 220은 각 랭크 별 MEI에 따른 CQI를 결정한다. 여기에서, 단말 220은 각 랭크 별 MEI 중에서 ECG가 가장 큰 MEI를 이용하여 CQI를 결정한다. 예를 들어, 랭크-1, 2, 3 및 4 중에서 랭크-3에 대한 ECG가 가장 큰 경우, 단말 220은 랭크-3의 MEI를 이용하여 CQI를 결정한다.
- [0151] 단계 1109에서, 단말 220은 단계 1107에서 결정된 CQI, MEI, RI 등을 포함하는 정보를 피드백한다. 다시 말해, 단말 220은 CQI, MEI, RI 등을 포함하는 피드백 정보를 기지국 210으로 송신한다. 여기에서, 포함되는 MEI는 단말 220에 지원되는 모든 랭크 또는 일부 랭크에 대한 것일 수 있다.
- [0153] 상술한 도 9, 10 및 11과 같이, 기지국은 단말이 지원하는 모든 랭크에 대한 제2 채널의 프리코더에 대해 ECG 트레이닝을 수행할 수 있다. 그러나, 기지국은 단말이 지원하는 랭크 중에서 특정한 랭크를 지정하여, 지정된 랭크에 대한 제2 채널의 프리코더에 대해서만 ECG 트레이닝을 수행할 수 있다. 이하 도 12, 13 및 14에서 설명

되는 내용은 기지국이 지정된 랭크에 대한 제2 채널의 프리코더에 대해 ECG 트레이닝을 수행하는 경우에 대한 내용이다.

- [0155] 도 12는 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 신호 흐름을 나타낸다. 도 12에서, 단말 220에 지원되는 랭크는 최대 4임이 가정된다. 그러나, 도 12의 실시 예는 5 이상의 랭크가 지원되는 경우에도 적용될 수 있다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다.
- [0156] 도 12를 참고하면, 기지국 210은 단말 220이 지원하는 랭크 중에서 특정한 랭크를 지정하여, 지정된 랭크에 대한 제2 채널의 프리코더에 대해 ECG 트레이닝을 수행한다. 예를 들어, 도 12의 실시 예에서, 기지국 210은 랭크-1에 대한 제2 채널의 프리코더 후보에 대하여 ECG 트레이닝을 수행한다.
- [0157] 단계 1201에서, 기지국 210은 다중 사용자 스케줄링을 수행하고, 다중 사용자 프리코더( $B_1, B_2, \dots, B_k$ , 여기서,  $B_k$ 는 k번째 단말에 대한 다중 사용자 프리코더를 의미)를 생성한다. 다중 사용자 스케줄링은 동일한 자원으로 통신을 수행할 사용자들, 즉, 단말들의 집합을 결정하는 동작을 의미한다. 다중 사용자 프리코더는 각 단말의 공간 상관 행렬의 고유공간( $U_1, U_2, \dots, U_k$ , 여기서,  $U_k$ 는 k번째 단말에 대한 공간 상관 행렬의 고유공간을 의미)을 이용하여 생성될 수 있다. 기지국 210은 각 단말의 공간 상관 행렬의 고유공간을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 생성한다. 예를 들어, 기지국 210은 도 8을 참고하여 설명한 동작 흐름에 따라 다중 사용자 프리코더를 생성할 수 있다. 기지국 210은 다중 사용자 스케줄링을 수행한 후, 생성된 다중 사용자 프리코더를 전체 채널에 대하여 적용함에 따라 다중 사용자 간에 발생하는 간섭을 제거할 수 있다. 다른 실시 예에서, 기지국 210은 통계적 정보 또는 룩 업 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다. 예를 들어, 기지국 210은 일정 시간 동안 측정된 평균 채널에 대한 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다.
- [0158] 단계 1203에서, 기지국 210은 ECG 트레이닝과 관련된 정보를 단말 220으로 송신한다. 다시 말해, 기지국 210은 ECG 트레이닝과 관련된 정보를 단말 220으로 피드포워드한다. ECG 트레이닝과 관련된 정보는 ECG 트레이닝에 사용될 기준 신호의 수, 기준 신호가 할당될 시간/주파수 정보, 제2 채널의 후보의 수, 제2 채널의 후보의 랭크 수 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0159] 단계 1205에서 기지국 210은 단말 220에 대해 ECG 트레이닝을 수행한다. 여기에서, 기지국 210은 단말 220으로 ECG 트레이닝과 관련된 기준 신호를 송신한다. ECG 트레이닝은 기지국 210이 단말 220에 대한 제2 채널의 프리코더 후보들을 시간/주파수 자원에 할당하여 송신함으로써 수행된다. 여기에서, 기지국 210은 단말 220이 지원하는 랭크-1에 대한 제2 채널 프리코더 후보들에 대하여 ECG 트레이닝을 수행한다. ECG 트레이닝 수행을 위한 ECG 트레이닝 행렬 세트는 랭크-1에 대한 제2 채널 프리코더 후보들을 의미한다. ECG 트레이닝 행렬 세트는 아래와 같은 <수학식 12>로 표현될 수 있다.

## 수학식 12

$$\overline{U}_k^{(c)} = \{\overline{u}_{k,1}, \dots, \overline{u}_{k,c}\}$$

- [0160]
- [0161] <수학식 12>에서,  $\overline{U}_k^{(c)}$ 는 제2 프리코더의 후보군을 의미하고,  $\overline{u}_{k,c}$ 는 랭크-1에 대한 c번째 제2 프리코더 후보를 의미하고, 'c'는 랭크-1에 대한 제2 프리코더 후보들의 개수를 의미한다.
- [0162] 랭크-1에 대한 제2 채널의 프리코더 후보들의 수가 c인 경우, 제2 채널 프리코더 후보들의 수는  $c_1$ 가 된다. 따라서, 기지국 210이 단말 220에 대하여 필요한 ECG 트레이닝의 수는  $c_1$ 이 된다. 다시 말해, 기지국 210은 단말 220에 대하여 c번의 ECG 트레이닝을 수행한다.
- [0163] 단계 1207-1 내지 1207-c에서, 단말 220은 기지국 210으로부터의 ECG 트레이닝에 대응하여 ECG를 계산한다. 여기에서, 단말 220은 총 c 번의 기준 신호를 수신한다. 단말 220은 단계 1203에서 수신된 ECG 트레이닝 관련 정보와 ECG 트레이닝 중에 수신된 기준 신호에 기초하여 ECG들을 계산한다. 즉, 단말 220은 수신되는 기준 신호들

각각에 대응한 ECG를 계산한다. 또한, 단말 220은 ECG 트레이닝을 통해 수신된 기준 신호들 각각에 대한 ECG들을 계산하고, 랭크-1에 대한 제2 프리코더 후보들의 조합들에 대한 ECG들을 계산한다. 여기서, 기준 신호들 각각에 대한 ECG들은 랭크-1의 ECG들이고, 랭크-1에 대한 제2 프리코더 후보들의 조합에 대한 ECG들은 2 이상의 랭크에 대한 ECG이다.

[0164] 단계 1209에서, 단말 220은 RI, MEI, CQI 등을 기지국 210으로 피드백한다. 다시 말해, 단말 220은 RI, MEI, CQI를 포함하는 피드백 정보를 기지국 210으로 송신한다. 여기에서, RI는 단말 220에서 데이터 전송률을 최대화할 수 있는 스트림의 개수를 지시하는 정보이다. 단말 220에 지원되는 모든 랭크에 대한 MEI 또는 일부 랭크에 대한 MEI가 피드백 정보에 포함될 수 있다. CQI는 ECG가 가장 큰 MEI가 지시하는 제2 채널 프리코더를 이용하는 경우의 채널 품질을 지시한다. 피드백 정보는 기지국 210에서 제2 채널에 대한 프리코더를 결정하는데 이용된다.

[0165] 단계 1211에서, 기지국 210은 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다. 여기에서, 기지국 210은 단계 1201에서 생성된 다중 사용자 프리코더와 단계 1209에서 수신된 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 채널에 대한 프리코더를 이용하여 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다.

[0167] 도 13은 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 기지국 210의 동작의 흐름을 나타낸다. 도 13에서, 단말 220에 지원되는 랭크는 최대 4임이 가정된다. 그러나, 도 13의 실시 예는 5 이상의 랭크가 지원되는 경우에도 적용될 수 있다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다.

[0168] 도 13을 참고하면, 기지국 210은 단말 220에 지원되는 랭크들 중에서 특정한 랭크를 지정하여, 지정된 랭크에 대한 제2 채널의 프리코더에 대해 ECG 트레이닝을 수행한다. 예를 들어, 기지국 210은 랭크-1에 대한 제2 채널의 프리코더 후보들에 대하여 ECG 트레이닝을 수행한다. 다시 말해, 기지국 210은 랭크-1에 대한 제2 채널의 프리코더 후보들에 대해 ECG 트레이닝을 지시하는 신호를 단말 220으로 송신한다.

[0169] 단계 1301에서, 기지국 210은 공간 상관 행렬을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 생성한다. 공간 상관 행렬은 단말들 간의 상관도에 대한 정보를 포함하는 행렬을 의미하며, 단말들과의 하향링크/상향링크 시그널링 절차에 의하여 기지국에서 기추정될 수 있다. 기지국 210은 지정된 단말 이외의 다른 단말들의 공간 상관 행렬에 대한 연산을 수행함으로써, 다중 사용자 프리코더를 생성할 수 있다. 다른 실시 예에서, 기지국 210은 통계적 정보 또는 룩 업 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다. 예를 들어, 기지국 210은 일정 시간 동안 측정된 평균 채널에 대한 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다.

[0170] 단계 1303에서, 기지국 210은 랭크-1에 대한 제2 채널 프리코더의 후보군을 생성한다. 기지국 210은 제2 채널의 공간 상관 행렬의 고유벡터를 이용하여 랭크-1에 대한 제2 채널 프리코더 후보들을 생성한다. 본 실시 예에서, 생성된 랭크-1에 대한 제2 채널 프리코더 후보들은 제2 채널 프리코더의 후보군이 된다.

[0171] 단계 1305에서, 기지국 210은 각각의 제2 채널 프리코더에 대한 기준 신호를 단말 220으로 전송한다. 기지국 210은 기준 신호들을 단계 1303에서 생성된 제2 채널 프리코더 후보군에 포함된 각각의 요소들에 대하여 할당하여 송신할 수 있다. 기지국 210은 빔포밍된 CSI-RS를 제2 채널 프리코더 후보군에 대한 기준 신호로 이용할 수 있다.

[0172] 단계 1307에서, 기지국 210은 CQI, MEI, RI를 포함하는 피드백 정보를 수신한다. 여기에서, 피드백 정보에 포함되는 MEI는 단말 220에 지원되는 모든 랭크에 대한 것일 수 있으며, 또는 RI가 지시하는 랭크의 수 이하의 랭크에 대한 것일 수 있다.

[0173] 단계 1309에서, 기지국 210은 피드백된 CQI, MEI, RI 등을 기반으로 전송에 사용될 랭크, 제2 채널 프리코더를 선택한다. 기지국 210은 최대 ECG를 갖는 랭크 및 제2 채널 프리코더를 선택할 수 있다. 또는, 기지국 210은 순시적으로 측정되는 채널 상태에 따라 단말 220이 지원되는 랭크 중에서 최대 ECG를 갖지 않는 랭크 및 제2 채널 프리코더를 선택할 수 있다.

[0174] 단계 1311에서, 기지국 210은 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다. 예를 들어, 기지국 210은 단계 1301에서 생성된 다중 사용자 프리코더와 단계 1309에서 선택된 제2 채널 프리코더를 이용하여 하향링크 데이터를 송신할 수 있다.



- [0176] 도 14는 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 단말 220의 동작의 흐름을 나타낸다. 도 14에서, 단말 220에 지원되는 랭크는 최대 4임이 가정된다. 그러나, 도 14의 실시 예는 5 이상의 랭크가 지원되는 경우에도 적용될 수 있다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다.
- [0177] 도 14를 참고하면, 단말 220은 기지국 210이 단말 220에 지원되는 랭크 중에서 특정한 랭크를 지정하여, 지정된 랭크에 대한 제2 채널의 프리코더에 대해 ECG 트레이닝을 수행하는 환경에서 동작한다.
- [0178] 단계 1401에서, 단말 220은 기지국 210으로부터 ECG 트레이닝과 관련된 신호를 수신한다. ECG 트레이닝과 관련된 신호는 ECG 트레이닝과 관련된 기준 신호 및 ECG 계산을 위해 사용되는 정보와 관련된 신호를 포함한다.
- [0179] 단계 1403에서, 단말 220은 ECG를 계산한다. 여기에서, 단말 220은 단계 1101에서 수신된 신호에 포함된 정보와 기준 신호에 기초하여 ECG를 계산한다. 단말 220은 수신된 신호에 포함된 정보와 기준 신호에 기초하여 시간/주파수 자원에 할당된 제2 채널에 대한 프리코더의 후보군에 대한 정보를 추출할 수 있다. 그 후에, 단말 220은 추출된 정보를 이용하여 제2 채널에 대한 프리코더 후보군의 각각의 요소들에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 단말 220은 신호의 세기 측정, 간섭 측정 등을 이용하여 ECG를 계산할 수 있다.
- [0180] 단말 220은 지정되지 않은 랭크에 대하여 각 스트림(stream) 별 ECG를 이용하여 ECG를 계산할 수 있다. 이 때, 단말 220은 각 스트림 별 ECG를 개별적으로 고려하거나, 또는 스트림들을 결합적으로(jointly) 고려하여 지정되지 않은 랭크에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 여기에서, ECG를 개별적으로 고려하는 것은 단순히 ECG 값들을 합산하는 것을 의미할 수 있다. 이에 반해, 스트림들을 결합적으로 고려하는 것은 ECG 값들을 합산한 후에 스트림들 간의 간섭에 상응하는 값을 제거하는 것을 의미할 수 있다. 여기에서 스트림은 제2 프리코더의 후보를 의미할 수 있다. 예를 들어, 일 실시 예에 따라, 랭크-1이 지정된 경우, 단말 220은 랭크-1에 대한 ECG의 값들 간의 연산을 통하여 랭크-2, 3, 4에 대한 ECG를 계산할 수 있다.
- [0181] 단계 1405에서, 단말 220은 후보군 중 ECG를 최대로 하는 MEI를 선택한다. 다시 말해, 단말 220은 제2 프리코더 후보들 중에서 랭크 별 최대의 ECG를 갖는 MEI들을 결정한다. 단말 220은 단계 1403에서 계산된 ECG를 이용하여 MEI를 결정할 수 있다. 예를 들어, 단계 1403에서, 단말 220이 지정된 랭크(예: 랭크-1)에 대해서만 ECG를 계산한 경우, 단말 220은 랭크-1에 대한 MEI를 결정한다. 만일 단말 220이 지원되는 랭크 중 지정된 랭크 이외에 다른 임의의 랭크에 대해서 ECG를 계산한 경우, 단말 220은 ECG가 계산된 각각의 랭크에 대한 MEI를 결정할 수 있다.
- [0182] 단계 1407에서, 단말 220은 각 랭크 별 MEI에 따른 CQI를 결정한다. 여기에서, 단말 220은 단계 1405에서 결정된 랭크 별 MEI 중에서 ECG가 가장 큰 MEI를 이용하여 CQI를 결정한다. 예를 들어, 랭크-1, 2, 3 중에서 랭크 3에 대한 ECG가 가장 큰 경우, 단말 220은 랭크-3의 MEI를 이용하여 CQI를 결정한다.
- [0183] 단계 1409에서, 단말 220은 단계 1407에서 결정된 CQI, MEI, RI 등을 포함하는 정보를 피드백한다. 다시 말해, 단말 220은 CQI, MEI, RI 등을 포함하는 피드백 정보를 기지국 210으로 송신한다. 여기에서, 포함되는 MEI는 단말 220에 지원되는 모든 랭크 또는 일부 랭크에 대한 것일 수 있다.
- [0185] 도 15는 또 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 신호 흐름을 나타낸다. 도 15에서, 단말 220에 지원되는 랭크는 최대 4임이 가정된다. 그러나, 도 15의 실시 예는 5 이상의 랭크가 지원되는 경우에도 적용될 수 있다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다.
- [0186] 도 15를 참고하면, 기지국 210은 단말 220에 지원되는 랭크 중에서 특정한 랭크를 지정하여, 지정된 랭크에 대한 제2 채널의 프리코더에 대해 ECG 트레이닝을 수행한다. 예를 들어, 도 15의 실시 예에서, 기지국 210은 랭크-1에 대한 제2 채널의 프리코더 후보에 대하여 ECG 트레이닝을 수행한다.
- [0187] 단계 1501에서, 기지국 210은 다중 사용자 스케줄링을 수행하고, 다중 사용자 프리코더( $B_1$ ,  $B_2$ , 내지  $B_k$ , 여기에서,  $B_k$ 는 k번째 단말에 대한 다중 사용자 프리코더를 의미)를 생성한다. 다중 사용자 스케줄링은 동일한 자원으로 통신을 수행할 사용자들, 즉, 단말들의 집합을 결정하는 동작을 의미한다. 다중 사용자 프리코더는 각 단말의 공간 상관 행렬의 고유공간( $U_1$ ,  $U_2$ , 내지  $U_k$ , 여기에서,  $U_k$ 는 k번째 단말에 대한 공간 상관 행렬의 고유공간을 의미)을 이용하여 생성될 수 있다. 도 8을 참고하여 설명한 동작 흐름에 따라, 기지국 210은 각 단말의 공간 상관 행렬의 고유 공간을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 생성할 수 있다. 기지국 210은 다중 사용자 스케줄

링을 수행한 후, 생성된 다중 사용자 프리코더를 전체 채널에 대하여 적용함에 따라 다중 사용자 간에 발생하는 간섭을 제거할 수 있다. 다른 실시 예에서, 기지국 210은 통계적 정보 또는 룩 업 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다. 예를 들어, 기지국 210은 일정 시간 동안 측정된 평균 채널에 대한 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다.

[0188] 단계 1503에서, 기지국 210은 ECG 트레이닝과 관련된 정보를 단말 220으로 송신한다. 다시 말해, 기지국 210은 ECG 트레이닝과 관련된 정보를 단말 220으로 피드포워드한다. ECG 트레이닝과 관련된 정보는 ECG 트레이닝에 사용될 기준 신호의 수, 기준 신호가 할당될 시간/주파수 정보, 제2 채널의 후보의 수, 제2 채널의 후보의 랭크 수 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0189] 단계 1505에서 기지국 210은 단말 220에 대해 ECG 트레이닝을 수행한다. 여기에서, 기지국 210은 단말 220으로 ECG 트레이닝과 관련된 기준 신호를 송신한다. ECG 트레이닝은 기지국 210이 단말 220에 대한 제2 채널의 프리코더 후보들을 시간/주파수 자원에 할당하여 송신함으로써 수행된다. 여기에서, 기지국 210은 단말 220이 지원하는 랭크-1에 대한 제2 채널 프리코더 후보들에 대하여 ECG 트레이닝을 수행한다. ECG 트레이닝 수행을 위한 ECG 트레이닝 행렬 세트는 랭크-1에 대한 제2 채널 프리코더 후보들을 의미한다. ECG 트레이닝 행렬 세트는 아래와 같은 <수학식 13>으로 표현될 수 있다.

### 수학식 13

$$\bar{U}_k^{(c)} = \{\bar{u}_{k,1}, ..., \bar{u}_{k,c}\}$$

[0190]

[0191] <수학식 13>에서,  $\bar{U}_k^{(c)}$ 는 제2 프리코더의 후보군을 의미하고,  $\bar{u}_{k,c}$ 는 랭크-1에 대한 c번째 제2 프리코더 후보를 의미하고, 'c'는 랭크-1에 대한 제2 프리코더 후보들의 개수를 의미한다.

[0192] 랭크-1에 대한 제2 채널의 프리코더 후보들의 수가 c인 경우, 기지국 210이 단말 220에 대하여 필요한 ECG 트레이닝의 수는 c가 된다. 따라서, 기지국 210은 단말 220에 대하여 c번의 ECG 트레이닝을 수행한다.

[0193] 단계 1507에서, 단말 220은 기지국 210의 ECG 트레이닝에 대응하여, 유효 채널을 추정한다. 여기에서, 단말 220은 랭크-1에 대한 제2 프리코더의 후보들 각각에 대하여 유효 채널을 추정한다. ECG 트레이닝에 대응하여 추정되는 유효 채널은 아래와 같은 <수학식 14>로 표현될 수 있다.

### 수학식 14

$$v_i = \bar{H}_k^H \bar{u}_{k,i}, i = 1, ..., C$$

[0194]

[0195] <수학식 14>에서,  $v_i$ 는 i번째 유효 채널을 의미하고,  $\bar{H}_k^H$ 는 k번째 단말에 대한 제2 채널을 의미하고,  $\bar{u}_{k,i}$ 는 i번째 랭크-1에 대한 제2 프리코더의 후보를 의미하고,  $C$ 는 랭크-1에 대한 제2 프리코더의 후보들의 개수를 의미한다.

[0196] 또한, 단말 220은 추정된 유효 채널들을 저장한다. 본 실시 예에서는 단말 220이 단순한 ECG 계산이 아닌 유효 채널을 추정하기 때문에, 단말 220의 동작 복잡도가 증가될 수 있다.

[0197] 단계 1509에서, 단말 220은 단계 1507에서 추정된 유효 채널을 이용하여 ECG를 계산한다. 여기에서, ECG는 채널 이득, SINR, 채널 용량 등일 수 있다. 단말 220은 지정된 랭크에 대한 ECG를 계산하고, 추가적으로 지정된 랭크 이외에 단말 220이 지원하는 다른 랭크에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 즉, 단말 220은 ECG 트레이닝을 통해 수신된 기준 신호들 각각에 대한 ECG들을 계산하고, 유효 채널들의 조합들에 대한 ECG들을 계산한다. 여기서, 기준 신호들 각각에 대한 ECG들은 랭크-1의 ECG들이고, 유효 채널들의 조합에 대한 ECG들은 2 이상의 랭크에 대한

ECG이다.

- [0198] 단계 1511에서, 단말 220은 RI, MEI, CQI 등을 기지국 210으로 피드백한다. 다시 말해, 단말 220은 RI, MEI, CQI를 포함하는 피드백 정보를 기지국 210으로 송신한다. 여기에서, RI는 단말 220에서 데이터 전송률을 최대화할 수 있는 스트림의 개수를 지시하는 정보이다. 단말 220에 지원되는 모든 랭크에 대한 MEI 또는 일부 랭크에 대한 MEI가 피드백 정보에 포함될 수 있다. CQI는 ECG가 가장 큰 MEI가 지시하는 제2 채널 프리코더를 이용하는 경우의 채널 품질을 지시한다. 피드백 정보는 기지국 210에서 제2 채널에 대한 프리코더를 결정하는데 이용된다.
- [0199] 단계 1513에서, 기지국 210은 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다. 여기에서, 기지국 210은 단계 1501에서 생성된 다중 사용자 프리코더와 단계 1511에서 수신된 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 채널에 대한 프리코더를 이용하여 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다.
- [0201] 도 16은 또 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 기지국 210의 동작의 흐름을 나타낸다. 도 16에서, 단말 220에 지원되는 랭크는 최대 4임이 가정된다. 그러나, 도 16의 실시 예는 5 이상의 랭크가 지원되는 경우에도 적용될 수 있다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다.
- [0202] 도 16을 참고하면, 기지국 210은 단말 220에 지원되는 랭크들 중에서 특정한 랭크를 지정하여, 지정된 랭크에 대한 제2 채널의 프리코더에 대해 ECG 트레이닝을 수행한다. 예를 들어, 기지국 210은 랭크-1에 대한 제2 채널의 프리코더 후보에 대하여 ECG 트레이닝을 수행한다.
- [0203] 단계 1601에서, 기지국 210은 공간 상관 행렬을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 생성한다. 공간 상관 행렬은 단말들 간의 상관도에 대한 정보를 포함하는 행렬을 의미하며, 단말들과의 하향링크/상향링크 시그널링 절차에 의하여 기지국에서 기추정될 수 있다. 기지국 210은 지정된 단말 이외의 다른 단말들의 공간 상관 행렬에 대한 연산을 수행함으로써, 다중 사용자 프리코더를 생성할 수 있다. 다른 실시 예에서, 기지국 210은 통계적 정보 또는 룬 텀 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다. 예를 들어, 기지국 210은 일정 시간 동안 측정된 평균 채널에 대한 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다.
- [0204] 단계 1603에서, 기지국 210은 랭크-1에 대한 제2 채널 프리코더의 후보군을 생성한다. 기지국 210은 제2 채널의 공간 상관 행렬의 고유벡터를 이용하여 랭크-1에 대한 제2 채널 프리코더 후보들을 생성한다. 본 실시 예에서, 기지국 210은, 랭크-1에 대한 제2 채널 프리코더 후보들을 결정함에 따라, 제2 채널 프리코더 결정에 이용되는 제2 채널 프리코더의 후보군을 생성한다. 다시 말해, 생성된 랭크-1에 대한 제2 채널 프리코더 후보들은 제2 채널 프리코더의 후보군이 된다.
- [0205] 단계 1605에서, 기지국 210은 각각의 제2 채널 프리코더에 대한 기준 신호를 단말 220으로 전송한다. 기지국 210은 기준 신호들을 단계 1603에서 생성된 제2 채널 프리코더 후보군에 포함된 각각의 요소들에 대하여 할당하여 송신할 수 있다. 기지국 210은 빔포밍된 CSI-RS를 제2 채널 프리코더 후보군에 대한 기준 신호로 이용할 수 있다.
- [0206] 단계 1607에서, 기지국 210은 CQI, MEI, RI를 포함하는 피드백 정보를 수신한다. 여기에서, 피드백 정보에 포함되는 MEI는 단말 220에 지원되는 모든 랭크에 대한 것일 수 있으며, 또는 RI가 지시하는 랭크의 수 이하의 랭크에 대한 것일 수 있다.
- [0207] 단계 1609에서, 기지국 210은 피드백된 CQI, MEI, RI 등을 기반으로 전송에 사용될 랭크, 제2 채널 프리코더를 선택한다. 기지국 210은 최대 ECG를 갖는 랭크 및 제2 채널 프리코더를 선택할 수 있다. 또는, 기지국 210은 순시적으로 측정되는 채널 상태에 따라 단말 220이 지원되는 랭크 중에서 최대 ECG를 갖지 않는 랭크 및 제2 채널 프리코더를 선택할 수 있다.
- [0208] 단계 1611에서, 기지국 210은 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다. 예를 들어, 기지국 210은 단계 1601에서 생성된 다중 사용자 프리코더와 단계 1609에서 선택된 제2 채널 프리코더를 이용하여 하향링크 데이터를 송신할 수 있다.
- [0210] 도 17은 또 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반하지 않은 다중 사용자 전송을 위한 단말 220의 동작의 흐름을

나타낸다. 도 17에서, 단말 220에 지원되는 랭크는 최대 4임이 가정된다. 그러나, 도 17의 실시 예는 5 이상의 랭크가 지원되는 경우에도 적용될 수 있다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다.

- [0211] 도 17을 참고하면, 단말 220은 기지국 210이 단말 220에 지원되는 랭크들 중에서 특정한 랭크를 지정하여, 지정된 랭크에 대한 제2 채널의 프리코더에 대해 ECG 트레이닝을 수행하는 환경에서 동작한다.
- [0212] 단계 1701에서, 단말 220은 기지국 210으로부터 ECG 트레이닝과 관련된 신호를 수신한다. ECG 트레이닝과 관련된 신호는 ECG 트레이닝과 관련된 기준 신호 및 ECG 계산을 위해 사용되는 정보와 관련된 신호를 포함한다.
- [0213] 단계 1703에서, 단말 220은 ECG를 계산한다. 여기에서, 단말 220은 단계 1701에서 수신된 신호에 포함된 정보와 기준 신호에 기초하여 유효 채널을 추정한 후, ECG를 계산한다. 예를 들어, 단말 220은 기지국 210의 ECG 트레이닝에 의하여 제2 채널에 대한 프리코더 후보군에 대한 기준 신호를 수신할 수 있다. 단말 220은 수신된 기준 신호들을 이용하여 추출된 제2 채널에 대한 프리코더 후보군을 제2 채널에 적용함에 따라, 각각의 랭크-1에 대한 제2 채널 프리코더 후보들이 적용된 유효 채널들을 추정할 수 있다. 단말 220은 기지국 210에서 지정된 랭크에 대한 각각의 추정된 유효 채널들을 조합하여 ECG를 계산할 수 있다.
- [0214] 단말 220은 지정되지 않은 랭크에 대하여 각 스트림 별 ECG를 이용하여 ECG를 계산할 수 있다. 이 때, 단말 220은 각 스트림 별 ECG를 개별적으로 고려하거나, 또는 각 스트림 별 유효 채널들을 결합적으로 고려하여 지정되지 않은 랭크에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 여기에서, ECG를 개별적으로 고려하는 것은 단순히 ECG 값들을 합산하는 것을 의미할 수 있다. 이에 반해, 각 스트림 별 유효 채널들 간의 결합을 고려하는 것은 ECG 값들을 합산한 후에 각 스트림 별 유효 채널들 간의 간섭에 상응하는 것을 제거하는 것을 의미할 수 있다. 여기에서 스트림은 제2 프리코더의 후보를 의미할 수 있다. 예를 들어, 본 실시 예와 같이, 랭크-1이 지정된 경우, 단말 220은 랭크-1에 대한 ECG의 값들 간의 연산을 통하여 랭크-2, 3, 4에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 또는 단말 220은 랭크-1에 대한 제2 채널에 대한 프리코더 후보들의 유효 채널들을 함께 고려하여 ECG를 계산할 수 있다.
- [0215] 단계 1705에서, 단말 220은 후보군 중 ECG를 최대로 하는 MEI를 선택한다. 다시 말해, 단말 220은 제2 프리코더 후보들 중에서 랭크 별 최대의 ECG를 갖는 MEI들을 결정한다. 단말 220은 단계 1703에서 계산된 ECG를 이용하여 MEI를 결정할 수 있다. 예를 들어, 단계 1703에서, 단말 220이 지정된 랭크(예: 랭크-1)에 대해서만 ECG를 계산한 경우, 단말 220은 랭크-1에 대한 MEI를 결정한다. 만일 단말 220이 지원하는 랭크 중 지정된 랭크 이외에 다른 임의의 랭크에 대해서 ECG를 계산한 경우, 단말 220은 ECG가 계산된 각각의 랭크에 대한 MEI를 결정할 수 있다.
- [0216] 단계 1707에서, 단말 220은 각 랭크 별 MEI 중 최대 MEI를 가지는 랭크를 결정한다. 다시 말해, 단말 220은 단계 1705에서 결정된 MEI들 중에서 최대 MEI를 가지는 랭크를 선택한다.
- [0217] 단계 1709에서, 단말 220은 단계 1707에서 선택된 랭크에 대한 MEI를 이용하여 CQI를 계산한다. 다시 말해, 단말 220은 단계 1705에서 결정된 MEI들 중 최대 MEI를 이용하여 CQI를 계산한다. 즉, 단말 220은 단계 1705에서 결정된 랭크 별 MEI 중에서 ECG가 가장 큰 MEI를 이용하여 CQI를 결정한다. 예를 들어, 랭크-1, 2, 3 중에서 랭크-3에 대한 ECG가 가장 큰 경우, 단말 220은 랭크-3의 MEI를 이용하여 CQI를 결정한다.
- [0218] 단계 1711에서, 단말 220은 단계 1707에서 결정된 CQI, MEI, RI 등을 포함하는 정보를 피드백한다. 다시 말해, 단말 220은 CQI, MEI, RI 등을 포함하는 피드백 정보를 기지국 210으로 송신한다. 여기에서, 포함되는 MEI는 단말 220에 지원되는 모든 랭크 또는 일부 랭크에 대한 것일 수 있다.
- [0220] 코드북에 기반한 방식은 기지국과 단말이 공유하는 코드북을 이용하는 방식이다. 코드북에 기반한 방식에서는 서로 다른 크기를 갖는 다수의 코드북을 정의할 수 있다. 이에 따라, 기지국은 다중 사용자 프리코더에 의해 결정되는 제2 채널의 차원에 따라 해당하는 크기의 코드북을 이용할 수 있다. 예를 들어, 기지국에서 생성되는 다중 사용자 프리코더의 차원에 따라서, 코드북의 크기, 프리코더 결정을 위한 오버헤드 등이 결정될 수 있다. 따라서, 다중 사용자 프리코더의 차원을 조절함으로써 코드북의 크기, 프리코더 결정을 위한 오버헤드 등을 결정할 수 있다.
- [0222] 도 18은 일 실시 예에 따른 코드북에 기반한 다중 사용자 전송을 위한 신호의 흐름을 나타낸다. 도 18을 참고하면, 기지국 210과 단말 220은 상호간의 채널에 적용되는 프리코더와 관련된 정보를 포함하는 코드북을



공유한다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다.

[0223] 단계 1801에서, 기지국 210은 다중 사용자 스케줄링을 수행하고, 다중 사용자 프리코더( $B_1, B_2, \dots, B_k$ , 여기에서,  $B_k$ 는 k번째 단말에 대한 다중 사용자 프리코더를 의미)를 생성한다. 다중 사용자 스케줄링은 동일한 자원으로 통신을 수행할 사용자들, 즉, 단말들의 집합을 결정하는 동작을 의미한다. 기지국 210은 각 단말의 공간 상관 행렬의 고유공간( $U_1, U_2, \dots, U_k$ , 여기에서,  $U_k$ 는 k번째 단말에 대한 공간 상관 행렬의 고유공간을 의미)을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 생성한다. 예를 들어, 기지국 210은 도 8을 참고하여 설명한 동작 흐름에 따라 다중 사용자 프리코더를 생성할 수 있다. 기지국 210은 다중 사용자 스케줄링을 수행한 후, 생성된 다중 사용자 프리코더를 채널에 적용함에 따라 다중 사용자 간에 발생하는 간섭을 제거할 수 있다. 다른 실시 예에서, 기지국 210은 통계적 정보 또는 룩 업 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다. 예를 들어, 기지국 210은 일정 시간 동안 측정된 평균 채널에 대한 정보에 기반한 채널을 이용함으로써 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다.

[0224] 단계 1803에서, 기지국 210은 코드북의 인덱스 정보를 단말 220으로 송신한다. CI는 기지국 210이 단말 220에서 ECG 계산을 위해 이용되는 코드북을 지시하는 인덱스이다. 일 실시 예에 따라, CI는 특정한 랭크에 대한 코드북의 인덱스일 수 있다. 예를 들어, CI는 단말 220에 지원되는 랭크 중에서 랭크-1에 대한 코드북의 인덱스일 수 있다. 다른 실시 예에 따라, CI는 단말 220에 지원되는 모든 랭크에 대한 코드북들 각각의 인덱스일 수 있다. CI는 기지국 210에서 단말 220이 어떠한 프리코더를 이용할 수 있는지를 알려주기 위해 RI와 PMI를 결합하는 인코딩을 실시하여 단말 220에게 전달하는 T-PMI(Transmit-PMI)의 역할을 대체할 수 있다.

[0225] 단계 1805에서 기지국 210은 단말 220에 대해 제2 채널 트레이닝을 수행한다. 제2 채널은 단말 220에 대한 채널에 다중 사용자 프리코더가 적용된 채널을 의미한다. 다중 사용자 프리코더가 적용된 제2 채널은 아래와 같은 <수학식 15>로 표현될 수 있다.

### 수학식 15

$$\bar{H}_k^H = G_k^H A_k^{1/2} U_k^H B_k$$

[0226]

[0227] <수학식 15>에서,  $\bar{H}_k^H$ 는 k번째 단말에 대한 제2 채널,  $U_k^H$ 는 k번째 단말에 대한 공간 상관 행렬의 고유공간,  $A_k$ 는 k번째 단말에 대한 공간 상관 행렬의 고유값들을 대각 성분으로 가지는 행렬,  $G_k^H$ 는 k번째 단말에 대한 순시 채널 성분,  $B_k$ 는 k번째 단말에 대한 다중 사용자 프리코더를 의미한다.

[0228] 기지국 210은 단말 220으로 제2 채널 추정을 위한 기준 신호를 송신한다. 여기에서, 기지국 210은 빔포밍된 CSI-RS를 제2 채널 추정을 위한 기준 신호로 이용할 수 있다.

[0229] 단계 1807에서, 단말 220은 기지국 210의 제2 채널 트레이닝에 대응하여, 제2 채널을 추정하고, ECG를 계산한다. 여기에서, 단말 220은 단계 1803에서 기지국 210이 송신한 코드북의 인덱스에 대한 코드북의 코드워드 각각에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 즉, 단말 220은 코드북 내의 코드워드들 각각이 제2 채널에 대한 프리코더로서 사용된 경우의 ECG를 계산한다.

[0230] 단계 1809에서, 단말 220은 RI, MEI, CQI 등을 기지국 210으로 피드백한다. 다시 말해, 단말 220은 RI, MEI, CQI를 포함하는 피드백 정보를 기지국 210으로 송신한다. 여기에서, RI는 단말 220에서 데이터 전송률을 최대화할 수 있는 스트림의 개수를 지시하는 정보이다. 또한, MEI는 단말 220에 지원되는 랭크 별로 각각 정해지는 인덱스이다. 단말 220에 지원되는 모든 랭크에 대한 MEI 또는 선택적인 랭크에 대한 MEI가 피드백 정보에 포함될 수 있다. 피드백 정보는 기지국 210에서 제2 채널에 대한 프리코더를 결정하는데 이용된다.

[0231] 단계 1811에서, 기지국 210은 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다. 여기에서, 기지국 210은 단계 1201에서 생성된 다중 사용자 프리코더와 단계 1211에서 수신된 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 채널에 대한 프리

코더를 이용하여 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다.

- [0233] 도 19은 본 개시의 일 실시 예에 따른 코드북에 기반한 다중 사용자 전송을 위한 기지국 210의 동작의 흐름을 나타낸다. 도 19에서, 단말 220에 지원되는 랭크는 최대 4임이 가정된다. 그러나, 도 19의 실시 예는 5 이상의 랭크가 지원되는 경우에도 적용될 수 있다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다.
- [0234] 도 19를 참고하면, 단계 1901에서, 기지국 210은 공간 상관 행렬을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 생성한다. 공간 상관 행렬은 단말들 간의 상관도에 대한 정보를 포함하는 행렬을 의미하며, 단말들과의 하향링크/상향링크 시그널링 절차에 의하여 기지국에서 기추정될 수 있다. 기지국 210은 지정된 단말 이외의 다른 단말들의 공간 상관 행렬에 대한 연산을 수행함으로써, 다중 사용자 프리코더를 생성할 수 있다. 다른 실시 예에서, 기지국 210은 통계적 정보 또는 룬 텀 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다. 예를 들어, 기지국 210은 일정 시간 동안 측정된 평균 채널에 대한 정보에 기반한 채널을 이용함으로써 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다.
- [0235] 단계 1903에서, 기지국 210은 제2 채널의 차원과 일치하는 CI를 단말 220으로 피드포워드한다. 다시 말해, 기지국 210은 제2 채널의 차원과 일치하는 CI에 대한 정보가 포함된 신호를 단말 220으로 송신한다. 송신된 CI는 단말 220에서 제2 채널의 추정 및 ECG 계산에 이용된다. 일 실시 예에서, 기지국 210은 단말 220에 지원되는 랭크들 중에서 특정한 랭크를 지정하여 지정된 랭크에 대한 정보만을 담고 있는 CI를 송신할 수 있다. 다른 실시 예에서, 기지국 210은 단말 220에 지원되는 모든 랭크들에 대한 각각의 CI를 송신할 수 있다.
- [0236] 단계 1905에서, 기지국 210은 제2 채널에 대한 기준 신호를 단말 220으로 전송하고, ECG 트레이닝을 수행한다. 기지국 210은 기준 신호들을 CI가 지시하는 코드북의 코드워드들 각각에 대하여 할당하여 송신할 수 있다. 기지국 210은 빔포밍된 CSI-RS를 제2 채널에 대한 기준 신호로 이용할 수 있다.
- [0237] 단계 1907에서, 기지국 210은 CQI, MEI, RI를 포함하는 피드백 정보를 수신한다. 여기에서, 피드백 정보에 포함되는 MEI는 단말 220에 지원되는 모든 랭크에 대한 것일 수 있으며, 또는 RI가 지시하는 랭크의 수 이하의 랭크에 대한 것일 수 있다.
- [0238] 단계 1909에서, 기지국 210은 피드백된 CQI, MEI, RI 등을 기반으로 전송에 사용될 랭크, 제2 채널 프리코더를 선택한다. 기지국 210은 수신된 피드백 정보를 이용하여 최대 ECG를 갖는 랭크 및 제2 채널 프리코더를 선택할 수 있다. 또는, 기지국 210은 순시적으로 측정되는 채널의 상태에 따라 단말 220이 지원하는 랭크 중에서 최대 ECG를 갖지 않는 랭크 및 제2 채널 프리코더를 선택할 수 있다.
- [0239] 단계 1911에서, 기지국 210은 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다. 예를 들어, 기지국 210은 단계 1601에서 생성된 다중 사용자 프리코더와 선택된 제2 채널 프리코더를 이용하여 하향링크 데이터를 송신한다.
- [0241] 도 20은 일 실시 예에 따른 코드북에 기반한 다중 사용자 전송을 위한 단말 220의 동작의 흐름을 나타낸다. 도 20에서, 단말 220에 지원되는 랭크는 최대 4임이 가정된다. 그러나, 도 20의 실시 예는 5 이상의 랭크가 지원되는 경우에도 적용될 수 있다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다.
- [0242] 도 20을 참고하면, 단계 2001에서, 단말 220은 기지국 210으로부터 ECG 트레이닝과 관련된 신호와 CI를 수신한다. ECG 트레이닝과 관련된 신호는 ECG 트레이닝과 관련된 기준 신호 및 ECG 계산을 위해 사용되는 정보와 관련된 신호를 포함할 수 있다.
- [0243] 단계 2003에서, 단말 220은 ECG를 계산한다. 여기에서, 단말 220은 단계 2001에서 수신된 ECG 트레이닝과 관련된 신호와 CI에 기초하여 제2 채널을 추정한 후, ECG를 계산한다. 예를 들어, 단말 220은 기지국 210의 제2 채널 트레이닝에 대응하여 제2 채널을 추정한다. 단말 220은 추정된 제2 채널에 대하여 연산을 통해 제2 채널에 대한 프리코더의 후보군을 결정할 수 있다. 예를 들어, 단말 220은 KL 변환을 이용하여 추정된 제2 채널을 분해하여 제2 채널의 공간 상관 행렬의 고유공간을 결정한다. 단말 220은 결정된 제2 채널의 공간 상관 행렬의 고유공간을 코드북의 코드워드에 기초하여 양자화함으로써 제2 채널에 대한 프리코더의 후보군을 결정할 수 있다. 단말 220은 수신된 CI에 기초하여, CI가 지시하는 코드북의 코드워드들을 이용하여 결정되는 제2 채널에 대한 프리코더의 후보군의 요소들 각각에 대하여 ECG 계산을 수행할 수 있다.
- [0244] 단말 220은 기지국 210으로부터 수신되는 CI에 기초하여 지정된 랭크 또는 단말 220이 지원하는 랭크 중에서 지

정되지 않은 랭크에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 단말 220은 각 스트림 별 ECG를 이용하여 지정되지 않은 랭크에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 이 때, 단말 220은 각 스트림 별 ECG를 개별적으로 고려하거나, 또는 스트림들을 결합적으로 고려하여 지정되지 않은 랭크에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 여기에서, ECG를 개별적으로 고려하는 것은 단순히 ECG 값들을 합하는 것을 의미할 수 있다. 이에 반해, 스트림들을 결합적으로 고려하는 것은 ECG 값들을 합산한 후에 스트림들 간의 간섭에 상응하는 값을 제거하는 것을 의미할 수 있다. 여기에서 스트림은 제2 프리코더의 후보를 의미할 수 있다. 예를 들어, 일 실시 예에 따라, 랭크-1이 지정된 경우, 단말 220은 랭크-1에 대한 ECG의 값들 간의 연산을 통하여 랭크-2, 3, 4에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 또는 단말 220은 랭크-1에 대한 제2 채널에 대한 프리코더 후보들의 유효 채널들을 함께 고려하여 ECG를 계산할 수 있다.

[0245] 단계 2005에서, 단말 220은 각 랭크 별 코드북에서 ECG를 최대화 하는 MEI를 선택한다. 다시 말해, 단말 220은 각 랭크 별 코드북에서 최대의 ECG를 갖는 MEI를 결정한다. 여기에서, MEI는 코드북에서 최대 ECG를 갖는 코드워드에 대한 정보를 포함한다. 단말 220은 단계 2003에서 계산된 ECG를 이용하여 MEI를 결정할 수 있다. 예를 들어, 단계 2003에서, 단말 220이 지정된 랭크(예: 랭크-1)에 대해서만 ECG를 계산한 경우, 단말 220은 랭크-1에 대한 MEI를 결정한다. 만일 단말 220이 지정된 랭크 이외에 다른 랭크에 대해서 ECG를 계산한 경우, 단말 220은 ECG가 계산된 각각의 랭크에 대한 MEI를 선택할 수 있다.

[0246] 단계 2007에서, 단말 220은 각 랭크 별 MEI 중 최대 MEI를 가지는 랭크를 결정한다. 다시 말해, 단말 220은 단계 2005에서 선택된 MEI들 중에서 최대 MEI에 대응하는 랭크를 선택한다.

[0247] 단계 2009에서, 단말 220은 단계 2007에서 선택된 랭크에 대한 MEI를 이용하여 CQI를 계산한다. 다시 말해, 단말 220은 단계 2005에서 결정된 MEI들 중 최대 MEI를 이용하여 CQI를 결정한다. 예를 들어, MEI가 결정된 랭크-1, 2, 3 중에서 랭크-3에 대한 ECG가 가장 큰 경우, 단말 220은 랭크-3의 MEI를 이용하여 CQI를 결정한다.

[0248] 단계 2011에서, 단말 220은 단계 2007에서 결정된 CQI, MEI, RI 등을 포함하는 정보를 피드백한다. 다시 말해, 단말 220은 CQI, MEI, RI 등을 포함하는 피드백 정보를 기지국 210으로 송신한다. 여기에서, 포함되는 MEI는 단말 220에 지원되는 모든 랭크 또는 일부 랭크에 대한 것일 수 있다.

[0250] 도 21은 다른 실시 예에 따른 코드북에 기반한 다중 사용자 전송을 위한 신호의 흐름을 나타낸다. 도 21을 참고하면, 기지국 210과 단말 220은 상호간의 채널에 적용되는 프리코더와 관련된 정보를 포함하는 코드북을 공유한다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다.

[0251] 단계 2101에서, 기지국 210은 다중 사용자 스케줄링을 수행하고, 다중 사용자 프리코더( $B_1, B_2, \dots, B_k$ , 여기에서,  $B_k$ 는 k번째 단말에 대한 다중 사용자 프리코더를 의미)를 생성한다. 다중 사용자 스케줄링은 동일한 자원으로 통신을 수행할 사용자들, 즉, 단말들의 집합을 결정하는 동작을 의미한다. 기지국 210은 각 단말의 공간 상관 행렬의 고유공간( $U_1, U_2, \dots, U_k$ , 여기에서,  $U_k$ 는 k번째 단말에 대한 공간 상관 행렬의 고유공간을 의미)을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 생성한다. 예를 들어, 기지국 210은 도 8을 참고하여 설명한 동작 흐름에 따라 다중 사용자 프리코더를 생성할 수 있다. 다른 실시 예에서, 기지국 210은 통계적 정보 또는 룩 업 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다. 예를 들어, 기지국 210은 일정 시간 동안 측정된 평균 채널에 대한 정보에 기반한 채널을 이용함으로써 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다.

[0252] 단계 2103에서, 기지국 210은 코드북의 인덱스 정보를 단말 220으로 송신한다. CI는 기지국 210이 단말 220에서 ECG 계산을 위해 이용되는 코드북을 지시하는 인덱스이다. 여기에서, CI는 단말 220이 지원하는 랭크 중에서 하나 이상의 랭크에 대한 코드북의 인덱스일 수 있다. 다시 말해, 일 실시 예에 따라, CI는 특정한 랭크에 대한 코드북의 인덱스일 수 있다. 예를 들어, CI는 단말 220에 지원되는 랭크 중에서 랭크-1에 대한 코드북의 인덱스일 수 있다. 다른 실시 예 따라, CI는 단말 220에 지원되는 모든 랭크에 대한 코드북들 각각의 인덱스일 수 있다.

[0253] 단계 2105에서, 기지국 210은 단말 220에 대해 ECG 트레이닝을 수행한다. 여기에서, 기지국 210은 단말 220으로 ECG 계산을 위한 기준 신호를 송신한다. 기준 신호는 단계 2103에서 송신한 정보에 해당하는 코드북의 코드워드들을 제2 채널에 반영한 값들에 대하여 할당된다. 기지국 210은 빔포밍된 CSI-RS를 제2 채널 추정을 위한 기준 신호로 이용할 수 있다. ECG 트레이닝은 코드북에 포함된 적어도 하나 이상의 코드워드들에 대하여 수행될 수 있다. ECG 트레이닝 행렬은 코드북의 코드워드들로 구성될 수 있다. ECG 트레이닝 행렬은 아래와 같은 <수학식 16>으로 표현될 수 있다.

수학식 16

$$\bar{U}_k = \{C_0, C_1, C_2 \dots\}$$

[0254]

[0255]

<수학식 16>에서,  $\bar{U}_k$ 는 ECG 트레이닝 행렬 세트를 의미하고,  $C$ 는 사용되는 코드북의 코드워드를 의미한다.

[0256]

단계 2107에서, 단말 220은 기지국 210의 ECG 트레이닝에 대응하여, 단계 1803에서 기지국 210이 송신한 코드북의 인덱스에 대한 코드북의 코드워드 각각에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 즉, 단말 220은 코드북 내의 코드워드들 각각이 제2 채널에 대한 프리코더로서 사용된 경우의 ECG를 계산한다. 여기에서, ECG 계산은 단말 220이 지원하는 랭크 중에서 하나 이상의 랭크에 대해 수행될 수 있다.

[0257]

단계 2109에서, 단말 220은 RI, MEI, CQI 등을 기지국 210으로 피드백한다. 다시 말해, 단말 220은 RI, MEI, CQI를 포함하는 피드백 정보를 기지국 210으로 송신한다. 여기에서, RI는 단말 220에서 데이터 전송률을 최대화할 수 있는 스트림의 개수를 지시하는 정보이다. 또한, MEI는 단말 220에 지원되는 랭크 별로 각각 정해지는 인덱스이다. 단말 220에 지원되는 모든 랭크에 대한 MEI 또는 선택적인 랭크에 대한 MEI가 피드백 정보에 포함될 수 있다. 피드백 정보는 기지국 210에서 제2 채널에 대한 프리코더인 제2 프리코더를 결정하는데 이용된다.

[0258]

단계 2111에서, 기지국 210은 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다. 여기에서, 기지국 210은 단계 2101에서 생성된 다중 사용자 프리코더와 단계 2111에서 수신된 피드백 정보에 기초하여 결정된 제2 채널에 대한 프리코더를 이용하여 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다.

[0260]

도 22는 일 실시 예에 따른 코드북에 기반한 다중 사용자 전송을 위한 기지국 210의 동작의 흐름을 나타낸다. 도 22에서, 단말 220에 지원되는 랭크는 최대 4임이 가정된다. 그러나, 도 22의 실시 예는 5 이상의 랭크가 지원되는 경우에도 적용될 수 있다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다.

[0261]

도 22를 참고하면, 단계 2201에서, 기지국 210은 공간 상관 행렬을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 생성한다. 기지국 210은 지정된 단말 220 이외의 다른 단말들의 공간 상관 행렬에 대한 연산을 수행함으로써, 다중 사용자 프리코더를 생성할 수 있다. 다른 실시 예에서, 기지국 210은 통계적 정보 또는 룩 업 정보에 기반한 채널을 이용하여 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다. 예를 들어, 기지국 210은 일정 시간 동안 측정된 평균 채널에 대한 정보에 기반한 채널을 이용함으로써 다중 사용자 프리코더를 결정할 수 있다.

[0262]

단계 2203에서, 기지국 210은 제2 채널의 차원과 일치하는 CI를 단말 220으로 피드포워드한다. 다시 말해, 기지국 210은 제2 채널의 차원과 일치하는 CI에 대한 정보가 포함된 신호를 단말 220으로 송신한다. 송신된 CI는 단말 220에서 ECG 계산에 이용된다. 일 실시 예에서, 기지국 210은 단말 220에 지원되는 랭크들 중에서 특정한 랭크를 지정하여 지정된 랭크에 대한 정보만을 담고 있는 CI를 송신할 수 있다. 다른 실시 예에서, 기지국 210은 단말 220에 지원되는 모든 랭크들에 대한 각각의 CI를 송신할 수 있다.

[0263]

단계 2205에서, 기지국 210은 제2 채널에 코드북의 코드워드들이 적용된 기준 신호들을 단말 220으로 송신함으로써, ECG 트레이닝을 수행한다. 기지국 210은 빔포밍된 CSI-RS를 ECG 계산에 대한 기준 신호로 이용할 수 있다.

[0264]

단계 2207에서, 기지국 210은 CQI, MEI, RI를 포함하는 피드백 정보를 수신한다. 여기에서, 피드백 정보에 포함되는 MEI는 단말 220에 지원되는 모든 랭크에 대한 것일 수 있으며, 또는 RI가 지시하는 랭크의 수 이하의 랭크에 대한 것일 수 있다.

[0265]

단계 2209에서, 기지국 210은 피드백된 CQI, MEI, RI 등을 기반으로 전송에 사용될 랭크, 제2 채널 프리코더를 선택한다. 기지국 210은 수신된 피드백 정보를 이용하여 최대 ECG를 갖는 랭크 및 제2 채널 프리코더를 선택할 수 있다. 또는, 기지국 210은 순시적으로 측정되는 채널의 상태에 따라 단말 220이 지원하는 랭크 중에서 최대 ECG를 갖지 않는 랭크 및 제2 채널 프리코더를 선택할 수 있다.

[0266]

단계 2211에서, 기지국 210은 단말 220으로 하향링크 데이터를 전송한다. 예를 들어, 기지국 210은 단계 2201에서 생성된 다중 사용자 프리코더와 단계 2209에서 선택된 제2 채널 프리코더를 이용하여 하향링크 데이터를 송



신한다.

- [0268] 도 23은 일 실시 예에 따른 코드북에 기반한 다중 사용자 전송을 위한 단말 220의 동작의 흐름을 나타낸다. 도 23에서, 단말 220에 지원되는 랭크는 최대 4임이 가정된다. 그러나, 도 23의 실시 예는 5 이상의 랭크가 지원되는 경우에도 적용될 수 있다. 여기에서, 단말 220은 단말들 220-1 내지 220-k 중 하나이다.
- [0269] 도 23을 참고하면, 단계 2301에서, 단말 220은 기지국 210으로부터 ECG 트레이닝과 관련된 신호와 CI를 수신한다. ECG 트레이닝과 관련된 신호는 ECG 계산을 위해 사용되는 정보와 관련된 신호를 포함할 수 있다. 여기에서, CI는 단말 220에 지원되는 모든 랭크들에 대한 각각의 인덱스들 또는 일부 랭크에 대한 인덱스 일 수 있다.
- [0270] 단계 2303에서, 단말 220은 ECG를 계산한다. 여기에서, 단말 220은 단계 2301에서 수신된 ECG 트레이닝과 관련된 신호에 기초하여 ECG를 계산한다. 예를 들어, 단말 220은 각각의 ECG 트레이닝 신호에 대하여 각각 ECG를 계산할 수 있다.
- [0271] 단말 220은 기지국 210으로부터 수신되는 CI에 기초하여 지정된 랭크 또는 단말 220이 지원하는 랭크 중에서 지정되지 않은 랭크에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 단말 220은 각 스트림 별 ECG를 이용하여 지정되지 않은 랭크에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 이 때, 단말 220은 각 스트림 별 ECG를 개별적으로 고려하거나, 스트림들을 결합적으로 고려하여 지정되지 않은 랭크에 대한 ECG를 계산할 수 있다. 여기에서, ECG를 개별적으로 고려하는 것은 단순히 ECG 값들을 합하는 것을 의미할 수 있다. 이에 반해, 스트림들을 결합적으로 고려하는 것은 ECG 값들을 합산한 후에 스트림들 간의 간섭에 상응하는 값을 제거하는 것을 의미할 수 있다. 여기에서 스트림은 제2 프리코더의 후보를 의미할 수 있다.
- [0272] 단계 2305에서, 단말 220은 각 랭크 별 코드북에서 ECG를 최대로 하는 MEI를 선택한다. 다시 말해, 단말 220은 각 랭크 별 코드북에서 최대의 ECG를 갖는 MEI를 결정한다. 여기에서, MEI는 코드북에서 최대 ECG를 갖는 코드 워드에 대한 정보를 포함한다. 단말 220은 단계 2303에서 계산된 ECG를 이용하여 MEI를 결정할 수 있다. 예를 들어, 단계 2303에서, 단말 220이 지정된 랭크(예: 랭크-1)에 대해서만 ECG를 계산한 경우, 단말 220은 랭크-1에 대한 MEI를 결정한다. 반면에 다수의 랭크들에 대해서 ECG를 계산한 경우, 단말 220은 다수의 랭크들에 대한 MEI를 각각 결정한다.
- [0273] 단계 2307에서, 단말 220은 각 랭크 별 MEI 중 최대 MEI를 가지는 랭크를 결정한다. 다시 말해, 단말 220은 단계 2305에서 선택된 MEI들 중에서 최대 MEI에 대응하는 랭크를 선택한다.
- [0274] 단계 2309에서, 단말 220은 단계 2307에서 선택된 랭크에 대한 MEI를 이용하여 CQI를 계산한다. 다시 말해, 단말 220은 단계 2305에서 결정된 MEI들 중 최대 MEI를 이용하여 CQI를 계산한다.
- [0275] 단계 2311에서, 단말 220은 단계 2307에서 결정된 CQI, MEI, RI 등을 포함하는 정보를 피드백한다. 다시 말해, 단말 220은 CQI, MEI, RI 등을 포함하는 피드백 정보를 기지국 210으로 송신한다. 여기에서, 포함되는 MEI는 단말 220에 지원되는 모든 랭크 또는 일부 랭크에 대한 것일 수 있다.
- [0277] 본 개시의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들은 하드웨어, 소프트웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합의 형태로 구현될(implemented) 수 있다.
- [0278] 소프트웨어로 구현하는 경우, 하나 이상의 프로그램(소프트웨어 모듈)을 저장하는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체가 제공될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 저장 매체에 저장되는 하나 이상의 프로그램은, 전자 장치(device) 내의 하나 이상의 프로세서에 의해 실행 가능하도록 구성된다(configured for execution). 하나 이상의 프로그램은, 전자 장치로 하여금 본 개시의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들을 실행하게 하는 명령어(instructions)를 포함한다.
- [0279] 이러한 프로그램(소프트웨어 모듈, 소프트웨어)은 랜덤 액세스 메모리(random access memory), 플래시(flash) 메모리를 포함하는 불휘발성(non-volatile) 메모리, 롬(ROM: Read Only Memory), 전기적 삭제가능 프로그램가능 롬(EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), 자기 디스크 저장 장치(magnetic disc storage device), 콤팩트 디스크 롬(CD-ROM: Compact Disc-ROM), 디지털 다목적 디스크(DVDs: Digital Versatile Discs) 또는 다른 형태의 광학 저장 장치, 마그네틱 카세트(magnetic cassette)에 저장될 수 있다. 또는, 이들의 일부 또는 전부의 조합으로 구성된 메모리에 저장될 수 있다. 또한, 각각의 구성 메모리는 다수

개 포함될 수도 있다.

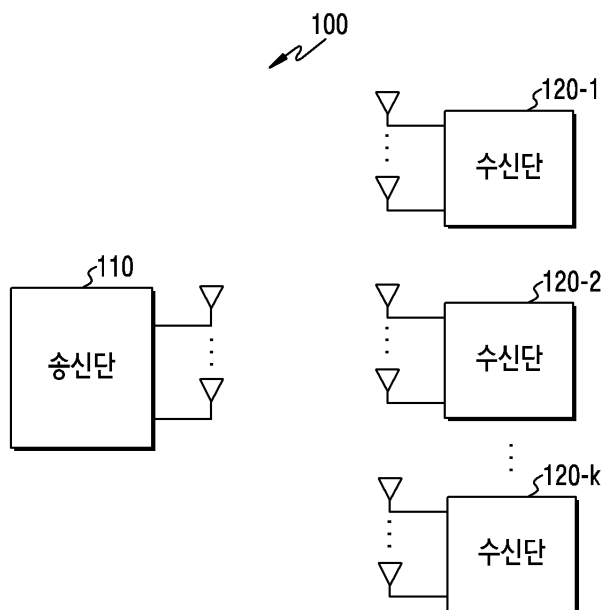
[0280] 또한, 상기 프로그램은 인터넷(Internet), 인트라넷(Intranet), LAN(Local Area Network), WLAN(Wide LAN), 또는 SAN(Storage Area Network)과 같은 통신 네트워크, 또는 이들의 조합으로 구성된 통신 네트워크를 통하여 접근(access)할 수 있는 부착 가능한(attachable) 저장 장치(storage device)에 저장될 수 있다. 이러한 저장 장치는 외부 포트를 통하여 본 개시의 실시 예를 수행하는 장치에 접속할 수 있다. 또한, 통신 네트워크상의 별도의 저장장치가 본 개시의 실시 예를 수행하는 장치에 접속할 수도 있다.

[0281] 상술한 본 개시의 구체적인 실시 예들에서, 개시에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시 예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다. 그러나, 단수 또는 복수의 표현은 설명의 편의를 위해 제시한 상황에 적합하게 선택된 것으로서, 본 개시가 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라 하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.

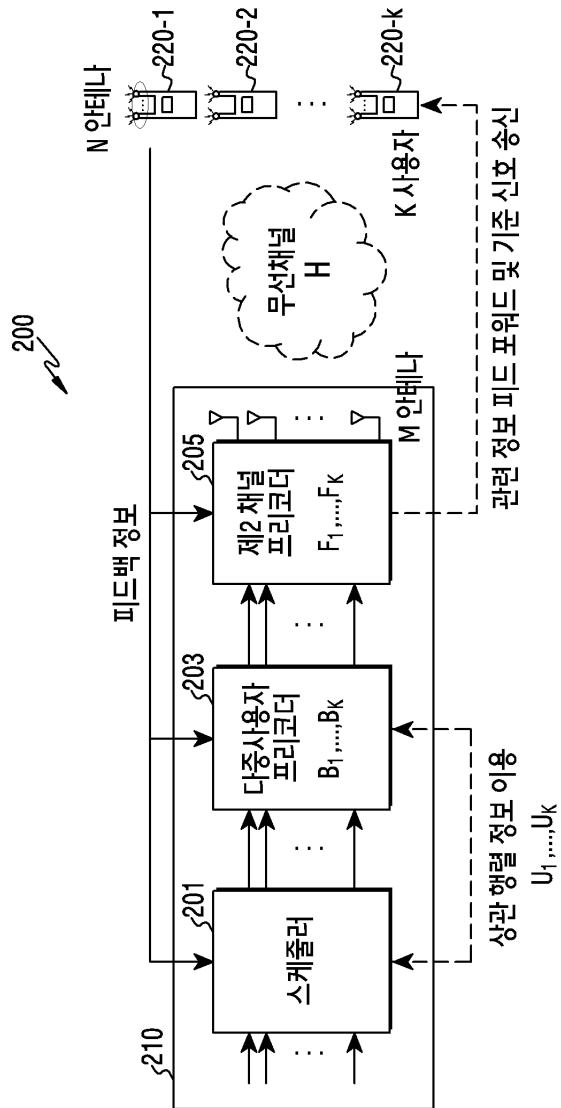
[0282] 한편 본 개시의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 개시의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 개시의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

## 도면

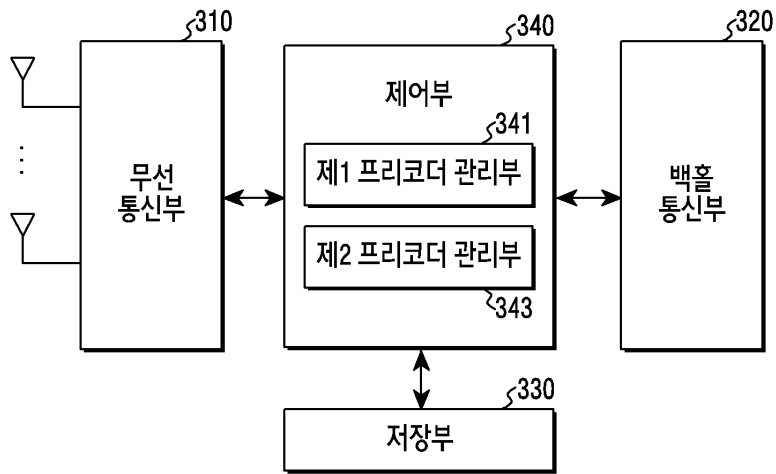
### 도면1



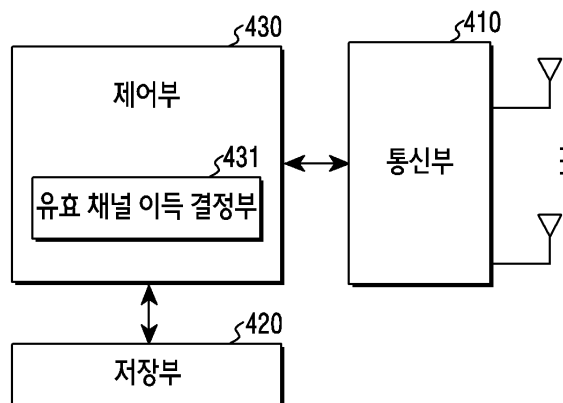
도면2



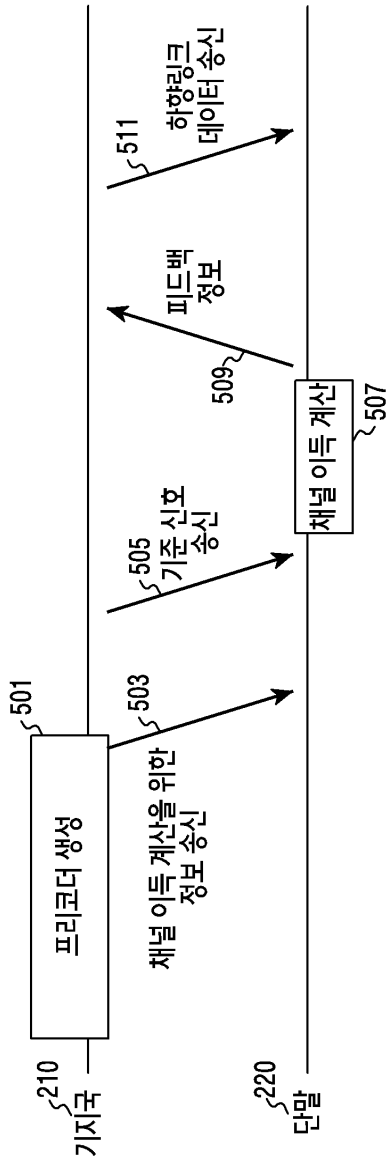
도면3



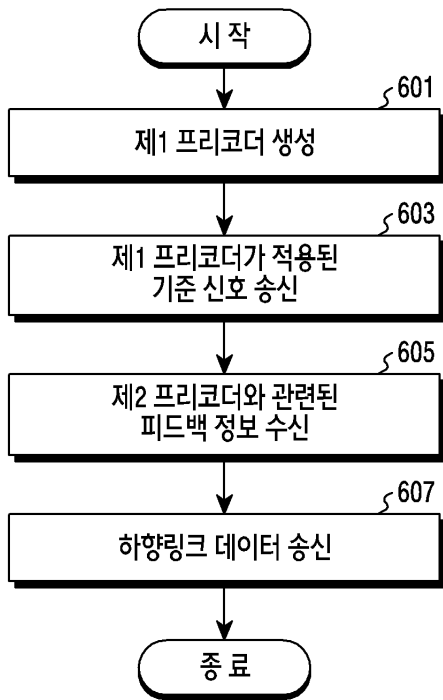
도면4



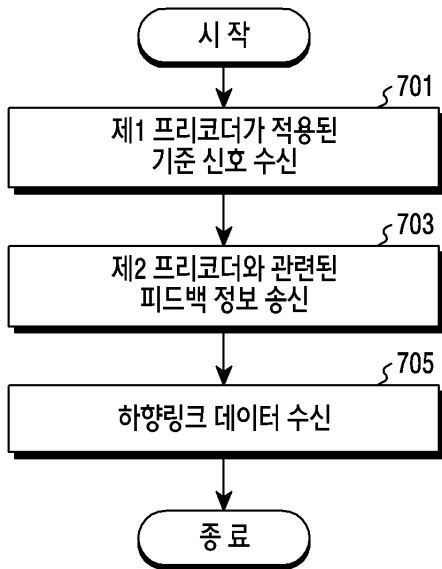
도면5



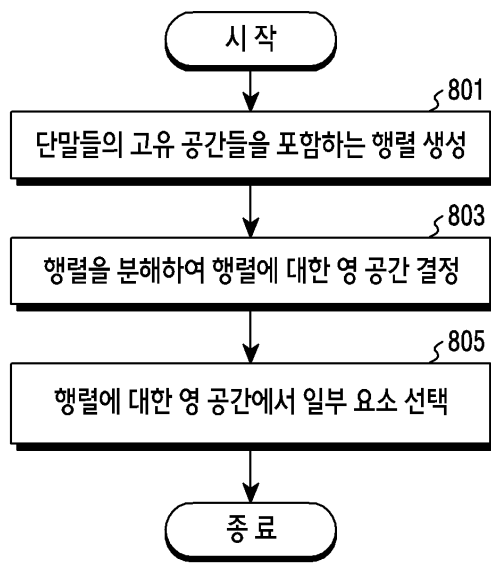
도면6



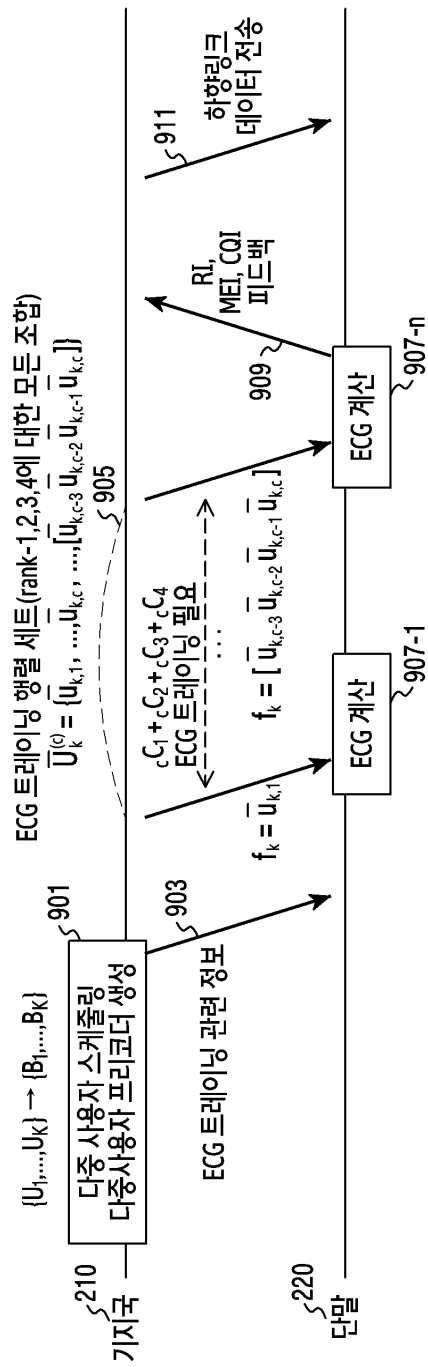
도면7



도면8

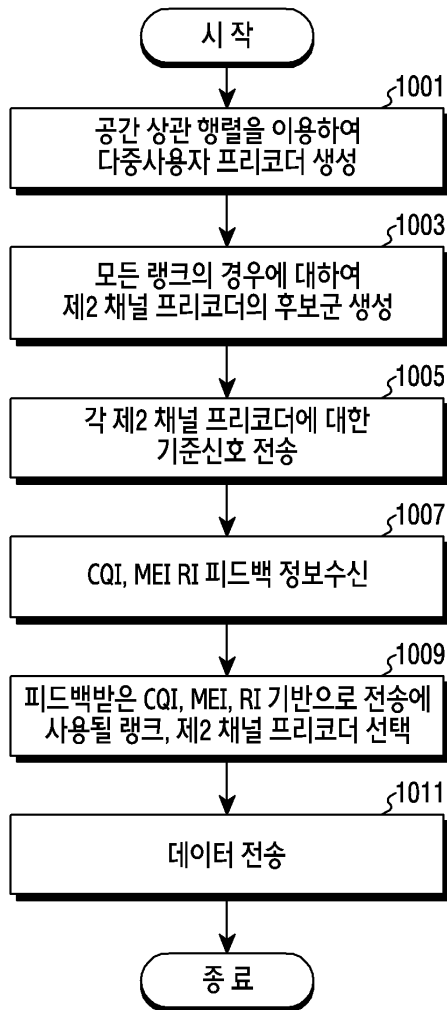


도면9

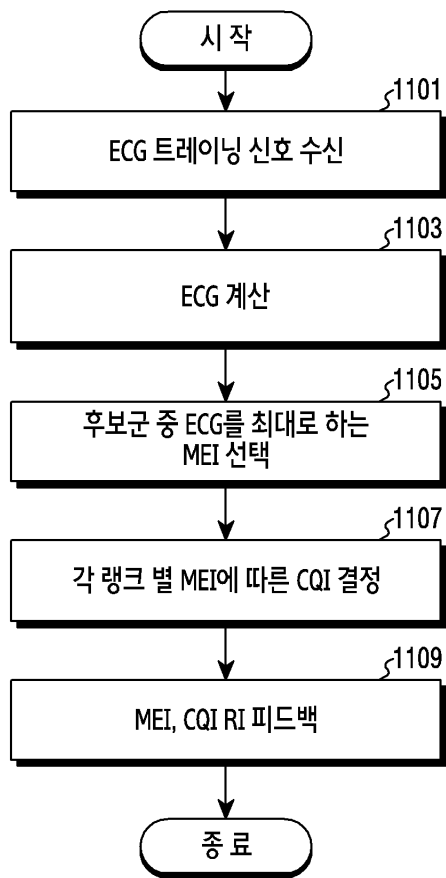




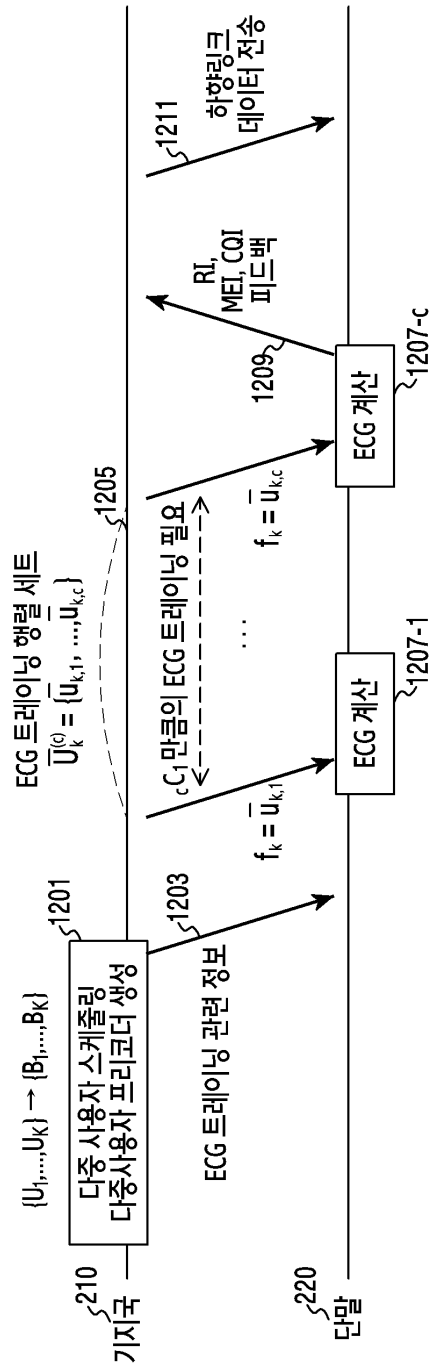
도면10



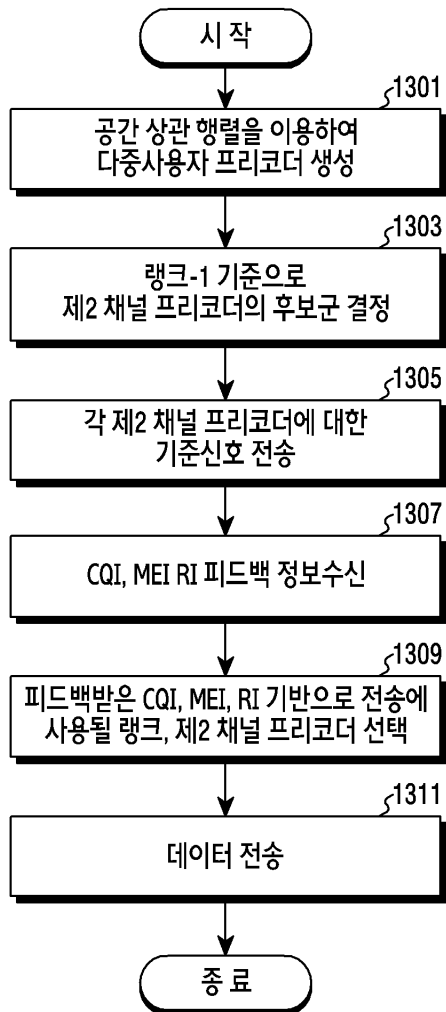
도면11



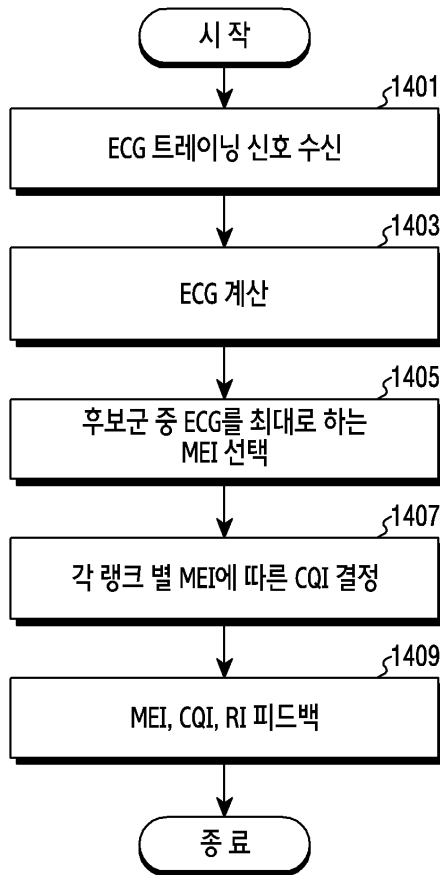
도면12



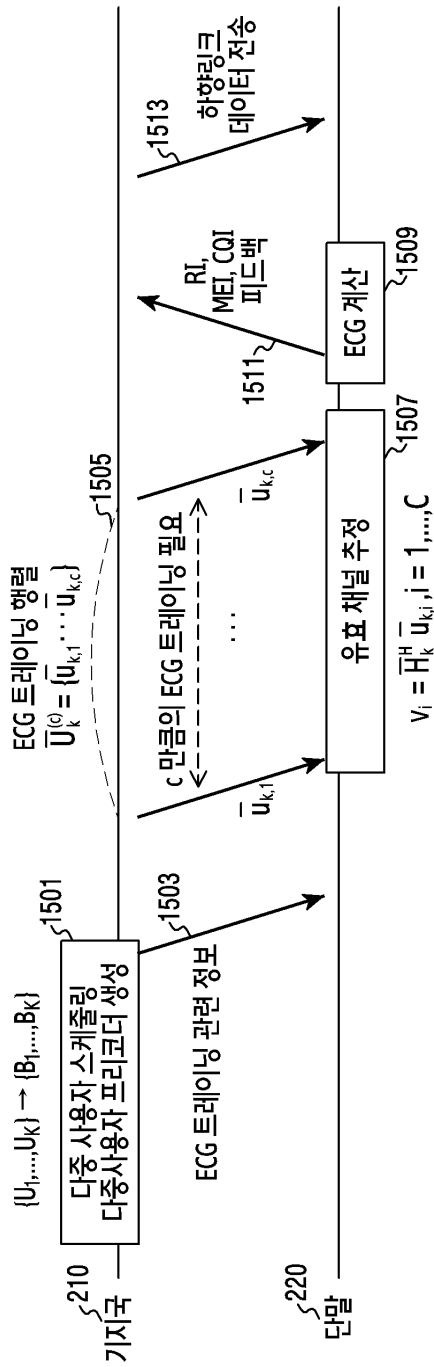
도면13



도면14

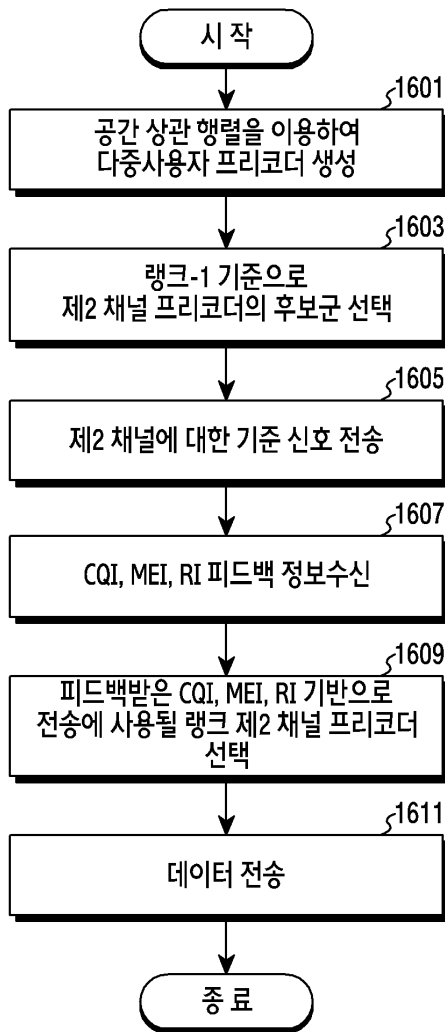


도면15

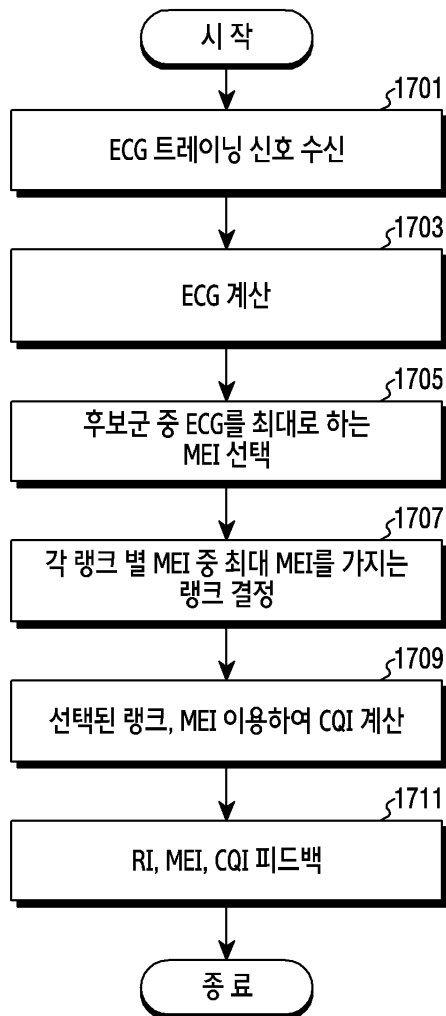




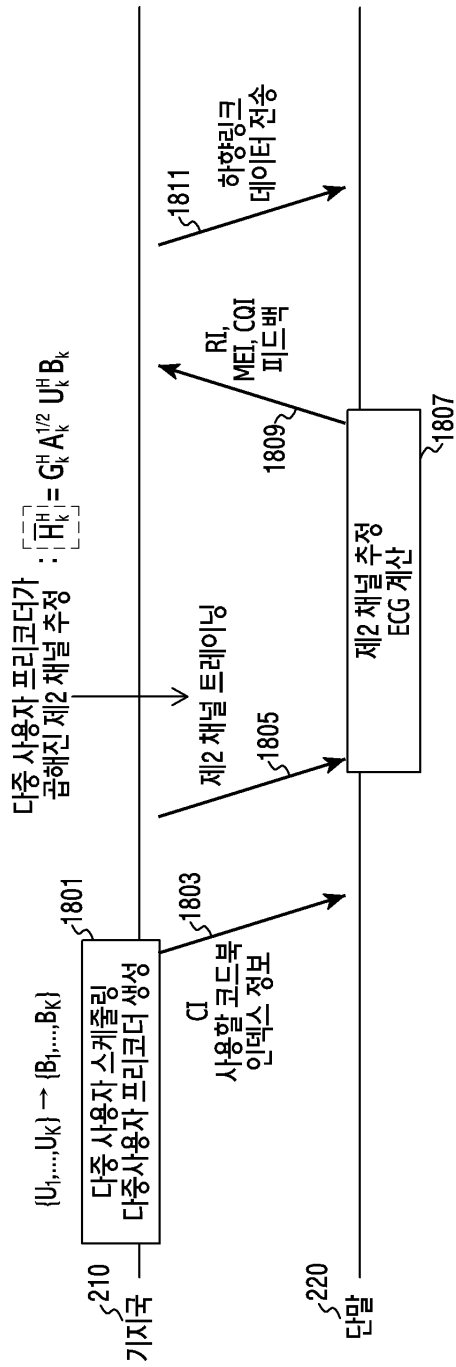
도면16



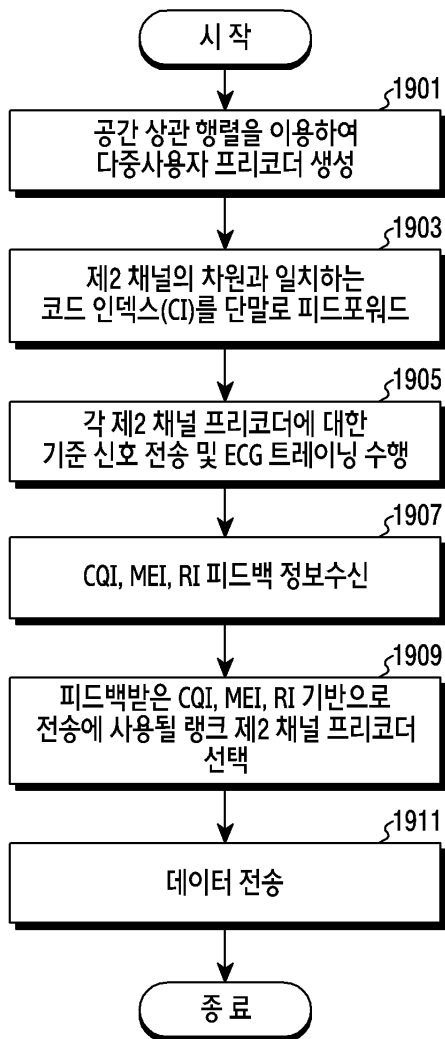
도면17



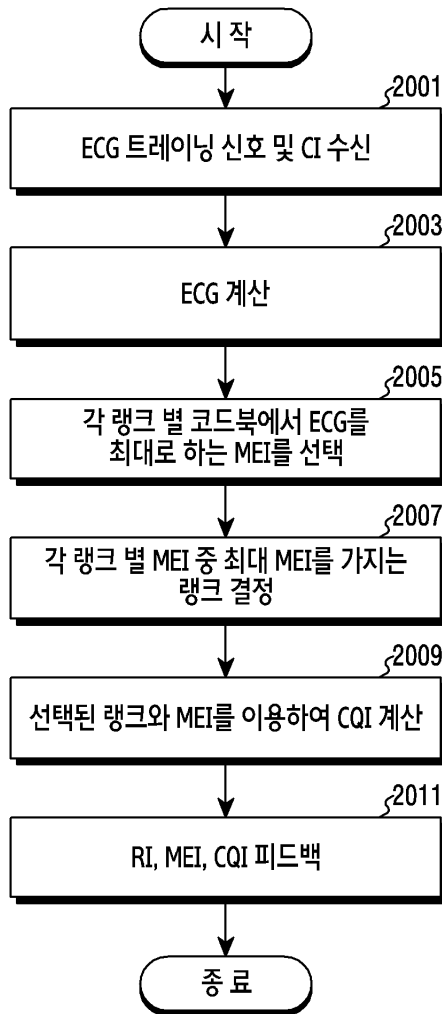
도면18



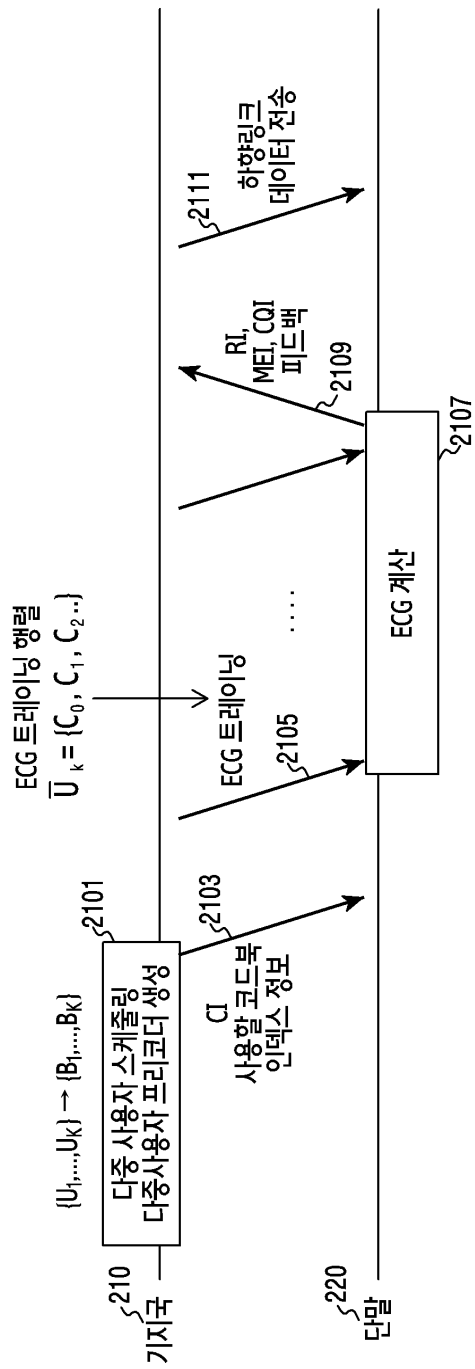
도면19



도면20

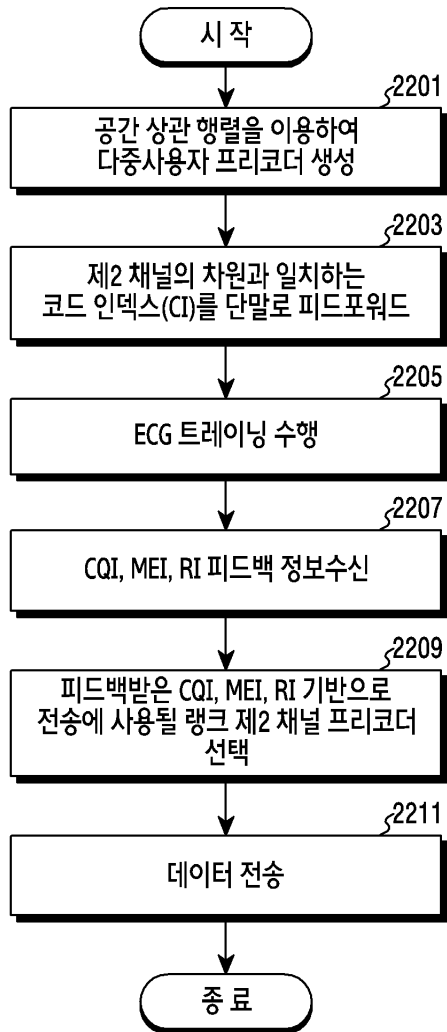


도면21





도면22



도면23

