



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0069904  
(43) 공개일자 2016년06월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 7/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0176091

(22) 출원일자 2014년12월09일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

에스케이텔레콤 주식회사

서울특별시 중구 을지로 65 (을지로2가)

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

박해성

서울특별시 중구 을지로 65 SK T-타워

김덕경

서울특별시 강남구 선릉로 222, 109동 302호 (대치동, 대치아이파크아파트)

권도일

전라북도 전주시 완산구 삼천천변3길 20, 106동 506호 (삼천동1가, 호반리젠시빌아파트)

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

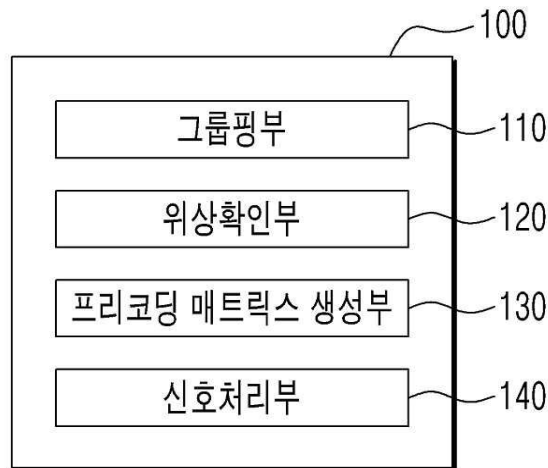
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 기지국장치 및 기지국장치의 동작 방법

(57) 요약

본 발명은, 멀티유저 다중입출력(MU-MIMO) 방식으로 신호를 송수신하는 환경에서, 단말 간의 신호 간섭을 해결할 뿐 아니라, 간섭으로 작용하던 신호가 신호세기 보강으로 작용될 수 있도록 하는 기지국장치 및 기지국장치의 동작 방법을 제안한다.

대표도 - 도2



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

다수의 단말 각각에 대한 신호위상을 확인하는 위상확인부;

상기 다수의 단말 별로, 단말로 전송하게 될 신호가 다른 단말의 채널에서는 상기 다른 단말의 신호위상과 동일해지도록 하는 프리코딩매트릭스(precoding Matrix)를 생성하는 프리코딩매트릭스생성부; 및

상기 다수의 단말 각각으로 전송하는 신호에 상기 다수의 단말 별로 생성한 프리코딩매트릭스를 반영하여, 상기 다수의 단말 각각으로 전송되는 신호가 다른 단말의 신호에 간섭이 아닌 신호세기의 보강으로 작용될 수 있도록 하는 신호처리부를 포함하는 것을 특징으로 하는 기지국장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 프리코딩매트릭스생성부는,

상기 다수의 단말 중 특정 단말에 대하여, 상기 특정 단말로 전송하게 될 신호가 상기 다수의 단말 중 상기 특정 단말을 제외한 다른 단말의 채널에서는 상기 다른 단말의 신호위상과 동일해지도록 하는 특정 프리코딩매트릭스를 생성하는 것을 특징으로 하는 기지국장치.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 프리코딩매트릭스생성부는,

상기 다수의 단말 각각의 신호위상에 기초하여, 상기 특정 단말로 전송하게 될 신호가 상기 특정 단말 및 상기 다른 단말 각각에 미치는 신호세기를 확인하고,

상기 확인한 신호세기 및 상기 다수의 단말 각각에 대한 채널정보를 기반으로, 상기 특정 단말에 대한 상기 특정 프리코딩매트릭스를 생성하는 것을 특징으로 하는 기지국장치.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 기지국장치에 접속된 전체 단말 중에서 단말그룹을 그룹핑하는 그룹핑부를 더 포함하며;

상기 다수의 단말 별로 생성한 프리코딩매트릭스는,

기 설정된 송신전력 제한을 만족시키기 위해, 프리코딩매트릭스의 크기에 따라 정규화되며,

상기 그룹핑부는,

상기 전체 단말 각각에 대한 채널정보를 기초로, 상기 전체 단말 중에서 단말그룹으로 그룹핑할 경우 프리코딩매트릭스의 크기가 최소가 되도록 하는 상기 다수의 단말을 선정하여 그룹핑하는 것을 특징으로 하는 기지국장치.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 그룹핑부에서 기초로 하는 상기 전체 단말 각각에 대한 채널정보는,

채널정보에 포함된 채널이득정보를 제거한 상태의 정보인 것을 특징으로 하는 기지국장치.

#### 청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 다수의 단말 별로 생성한 프리코딩매트릭스의 크기는,

상기 다수의 단말 각각에 대한 채널정보를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스의 고유값과 비례하며,

상기 그룹핑부는,

상기 전체 단말 중에서 단말그룹으로 그룹핑할 경우 채널정보매트릭스의 고유값이 최소가 되도록 하는 상기 다수의 단말을 선정하는 것을 특징으로 하는 기지국장치.

#### 청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 다수의 단말 별로 생성한 프리코딩매트릭스의 크기는,

상기 다수의 단말 각각에 대한 채널정보를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스의 행렬식(determinant)과 비례하며,

상기 그룹핑부는,

상기 전체 단말 중에서 단말그룹으로 그룹핑할 경우 채널정보매트릭스의 행렬식(determinant)이 최소가 되도록 하는 상기 다수의 단말을 선정하는 것을 특징으로 하는 기지국장치.

#### 청구항 8

다수의 단말 각각에 대한 신호위상을 확인하는 위상확인단계;

상기 다수의 단말 별로, 단말로 전송하게 될 신호가 다른 단말의 채널에서는 상기 다른 단말의 신호위상과 동일해지도록 하는 프리코딩매트릭스(precoding Matrix)를 생성하는 프리코딩매트릭스생성단계; 및

상기 다수의 단말 각각으로 전송하는 신호에 상기 다수의 단말 별로 생성한 프리코딩매트릭스를 반영하여, 상기 다수의 단말 각각으로 전송되는 신호가 다른 단말의 신호에 간섭이 아닌 신호제거의 보강으로 작용될 수 있도록 하는 신호처리단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 기지국장치의 동작 방법.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 프리코딩매트릭스생성단계는,

상기 다수의 단말 중 특정 단말에 대하여, 상기 특정 단말로 전송하게 될 신호가 상기 다수의 단말 중 상기 특정 단말을 제외한 다른 단말의 채널에서는 상기 다른 단말의 신호위상과 동일해지도록 하는 특정 프리코딩매트릭스를 생성하는 것을 특징으로 하는 기지국장치의 동작 방법.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 프리코딩매트릭스생성단계는,

상기 다수의 단말 각각의 신호위상에 기초하여, 상기 특정 단말로 전송하게 될 신호가 상기 특정 단말 및 상기 다른 단말 각각에 미치는 신호제거를 확인하고,

상기 확인한 신호제거 및 상기 다수의 단말 각각에 대한 채널정보를 기반으로, 상기 특정 단말에 대한 상기 특정 프리코딩매트릭스를 생성하는 것을 특징으로 하는 기지국장치의 동작 방법.

#### 청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 기지국장치에 접속된 전체 단말 중에서 단말그룹을 그룹핑하는 그룹핑단계를 더 포함하며;

상기 다수의 단말 별로 생성한 프리코딩매트릭스는,

기 설정된 송신전력 제한을 만족시키기 위해, 프리코딩매트릭스의 크기에 따라 정규화되며,

상기 그룹핑단계는,

상기 전체 단말 각각에 대한 채널정보를 기초로, 상기 전체 단말 중에서 단말그룹으로 그룹핑할 경우 프리코딩 매트릭스의 크기가 최소가 되도록 하는 상기 다수의 단말을 선정하여 그룹핑하는 것을 특징으로 하는 기지국장치의 동작 방법.

## 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 그룹핑단계에서 기초로 하는 상기 전체 단말 각각에 대한 채널정보는,

채널정보에 포함된 채널이득정보를 제거한 상태의 정보인 것을 특징으로 하는 기지국장치의 동작 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 기지국장치 및 기지국장치의 동작 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 멀티유저 다중입출력(MU-MIMO) 방식으로 신호를 송수신하는 환경에서, 단말 간의 신호 간섭을 해결할 뿐 아니라, 간섭으로 작용하던 신호가 신호세기 보강으로 작용될 수 있도록 하는 기지국장치 및 기지국장치의 동작 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 최근, 무선 통신 환경에서는 음성 서비스를 및 멀티미디어 서비스를 포함하는 다양한 통신서비스를 제공하는데 있어서, 고품질 및 고속의 데이터 전송을 지원하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다. 이러한 연구의 일환으로 공간영역의 채널을 이용하는 다중입출력(MIMO : Multiple Input Multiple Output) 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0003] 이러한 다중입출력(MU-MIMO) 시스템은, 통신서비스를 제공하는 사용자(user)의 수에 따라, 단일사용자(또는, 싱글유저) 다중입출력(Single User MIMO) 및 다중 사용자(또는, 멀티유저) 다중입출력(Multi User MIMO)로 분류할 수 있다.

[0004] 여기서, MU-MIMO 시스템의 경우는, 같은 자원을 동시에 여러 사용자에게 전달하는 방식이다.

[0005] 따라서 MU-MIMO 시스템의 경우는, 단일 사용자에게 대한 신호가 아닌 여러 사용자의 신호를 동시에 송신하기 때문에, 각 사용자의 채널 간 신호 간섭(Co-Channel Interference)이 심각하다.

[0006] 이를 해결하기 위해, 기지국에서는, 각 사용자에게 전송하고자 하는 신호에 해당 사용자의 채널과 관련하여 생성한 프리코딩매트릭스(precoding Matrix)를 곱한 후 송신함으로써, 각 사용자의 채널 간 신호 간섭을 제거하고 있다.

[0007] 즉, 기존 신호 간섭 제거 방식은, 간섭 신호를 상대 사용자의 영공간(채널)으로 사영(Projection)시켜 간섭을 제거하는 원리이다.

[0008] 현대, 이와 같은 기존의 신호 간섭 제거 방식은, 송신되는 신호의 간섭 신호 뿐만 아니라 자기 신호까지도 상대 사용자의 영공간으로 사영되기 때문에, 비록 간섭 신호를 완전히 제거할 수 있지만 자기 신호의 신호세기 역시 감소할 수 있다.

[0009] 이때, 사용자 간의 채널 상관관계(channel correlation)가 작다면 자기 신호가 사영되는 정도가 미미하여 큰 문제가 없겠지만, 사용자 간의 채널 상관관계가 크다면 사영된 후 자기 신호의 신호세기가 크게 감소하여 결국 낮은 신호 대비 잡음 비율을 야기하는 문제가 발생할 수 있다.

[0010] 그렇다고 많은 사용자들을 동시에 서비스해야 하는 MU-MIMO 시스템에서, 채널 상관관계가 작은 사용자들 즉 채널의 직교성(orthogonality) 높은 사용자들만 선별해 내는 것은, 사실 상 불가능하다고 볼 수 있다.

[0011] 결국, MU-MIMO 시스템에서, 각 사용자의 채널 간 신호 간섭을 제거하면서도 간섭 제거로 인해 자기 신호의 신호세기가 감소되는 것을 막을 수 있는 방안이 필요하다.

[0012] 따라서, 본 발명에서는, MU-MIMO 환경에서 각 사용자의 채널 간 신호 간섭을 제거하면서도 간섭 제거로 인해 자기 신호의 신호세기가 감소되는 것을 막을 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상기한 사정을 감안하여 창출된 것으로서, 본 발명에서 도달하고자 하는 목적은, 멀티유저 다중입출력(MU-MIMO) 방식으로 신호를 송수신하는 환경에서, 각 사용자의 채널 간 신호 간섭(단말 간의 신호 간섭)을 해결할 뿐 아니라, 간섭으로 작용하던 신호가 신호세기 보강으로 작용될 수 있도록 하는 기지국장치 및 기지국장치의 동작 방법을 제공하는데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0014] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 제 1 관점에 따른 기지국장치는, 다수의 단말 각각에 대한 신호위상을 확인하는 위상확인부; 상기 다수의 단말 별로, 단말로 전송하게 될 신호가 다른 단말의 채널에서는 상기 다른 단말의 신호위상과 동일해지도록 하는 프리코딩매트릭스(precoding Matrix)를 생성하는 프리코딩매트릭스생성부; 및 상기 다수의 단말 각각으로 전송하는 신호에 상기 다수의 단말 별로 생성한 프리코딩매트릭스를 반영하여, 상기 다수의 단말 각각으로 전송되는 신호가 다른 단말의 신호에 간섭이 아닌 신호세기의 보강으로 작용될 수 있도록 하는 신호처리부를 포함한다.

[0015] 바람직하게는, 상기 프리코딩매트릭스생성부는, 상기 다수의 단말 중 특정 단말에 대하여, 상기 특정 단말로 전송하게 될 신호가 상기 다수의 단말 중 상기 특정 단말을 제외한 다른 단말의 채널에서는 상기 다른 단말의 신호위상과 동일해지도록 하는 특정 프리코딩매트릭스를 생성할 수 있다.

[0016] 바람직하게는, 상기 프리코딩매트릭스생성부는, 상기 다수의 단말 각각의 신호위상에 기초하여, 상기 특정 단말로 전송하게 될 신호가 상기 특정 단말 및 상기 다른 단말 각각에 미치는 신호세기를 확인하고, 상기 확인한 신호세기 및 상기 다수의 단말 각각에 대한 채널정보를 기반으로, 상기 특정 단말에 대한 상기 특정 프리코딩매트릭스를 생성할 수 있다.

[0017] 바람직하게는, 상기 기지국장치에 접속된 전체 단말 중에서 단말그룹을 그룹핑하는 그룹핑부를 더 포함하며; 상기 다수의 단말은, 하나의 단말그룹으로 그룹핑된 단말일 수 있다.

[0018] 바람직하게는, 상기 다수의 단말 별로 생성한 프리코딩매트릭스는, 기 설정된 송신전력 제한을 만족시키기 위해, 프리코딩매트릭스의 크기에 따라 정규화되며, 상기 그룹핑부는, 상기 전체 단말 각각에 대한 채널정보를 기초로, 상기 전체 단말 중에서 단말그룹으로 그룹핑할 경우 프리코딩매트릭스의 크기가 최소가 되도록 하는 상기 다수의 단말을 선정하여 그룹핑할 수 있다.

[0019] 바람직하게는, 상기 그룹핑부에서 기초로 하는 상기 전체 단말 각각에 대한 채널정보는, 채널정보에 포함된 채널이득정보를 제거한 상태의 정보이다.

[0020] 바람직하게는, 상기 다수의 단말 별로 생성한 프리코딩매트릭스의 크기는, 상기 다수의 단말 각각에 대한 채널정보를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스의 고유값과 비례하며, 상기 그룹핑부는, 상기 전체 단말 중에서 단말그룹으로 그룹핑할 경우 채널정보매트릭스의 고유값이 최소가 되도록 하는 상기 다수의 단말을 선정할 수 있다.

[0021] 바람직하게는, 상기 다수의 단말 별로 생성한 프리코딩매트릭스의 크기는, 상기 다수의 단말 각각에 대한 채널정보를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스의 행렬식(determinant)과 비례하며, 상기 그룹핑부는, 상기 전체 단말 중에서 단말그룹으로 그룹핑할 경우 채널정보매트릭스의 행렬식(determinant)이 최소가 되도록 하는 상기 다수의 단말을 선정할 수 있다.

[0022] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 제 2 관점에 따른 기지국장치의 동작 방법은, 다수의 단말 각각에 대한 신호위상을 확인하는 위상확인단계; 상기 다수의 단말 별로, 단말로 전송하게 될 신호가 다른 단말의 채널에서는 상기 다른 단말의 신호위상과 동일해지도록 하는 프리코딩매트릭스(precoding Matrix)를 생성하는 프리코딩매트릭스생성단계; 및 상기 다수의 단말 각각으로 전송하는 신호에 상기 다수의 단말 별로 생성한 프리코딩매트릭스를 반영하여, 상기 다수의 단말 각각으로 전송되는 신호가 다른 단말의 신호에 간섭이 아닌 신호세기의 보강으로 작용될 수 있도록 하는 신호처리단계를 포함한다.

[0023] 바람직하게는, 상기 프리코딩매트릭스생성단계는, 상기 다수의 단말 중 특정 단말에 대하여, 상기 특정 단말로

전송하게 될 신호가 상기 다수의 단말 중 상기 특정 단말을 제외한 다른 단말의 채널에서는 상기 다른 단말의 신호위상과 동일해지도록 하는 특정 프리코딩매트릭스를 생성할 수 있다.

[0024] 바람직하게는, 상기 프리코딩매트릭스생성단계는, 상기 다수의 단말 각각의 신호위상에 기초하여, 상기 특정 단말로 전송하게 될 신호가 상기 특정 단말 및 상기 다른 단말 각각에 미치는 신호세기를 확인하고, 상기 확인한 신호세기 및 상기 다수의 단말 각각에 대한 채널정보를 기반으로, 상기 특정 단말에 대한 상기 특정 프리코딩매트릭스를 생성할 수 있다.

[0025] 바람직하게는, 상기 기지국장치에 접속된 전체 단말 중에서 단말그룹을 그룹핑하는 그룹핑단계를 더 포함하며; 상기 다수의 단말은, 하나의 단말그룹으로 그룹핑된 단말일 수 있다.

[0026] 바람직하게는, 상기 다수의 단말 별로 생성한 프리코딩매트릭스는, 기 설정된 송신전력 제한을 만족시키기 위해, 프리코딩매트릭스의 크기에 따라 정규화되며, 상기 그룹핑단계는, 상기 전체 단말 각각에 대한 채널정보를 기초로, 상기 전체 단말 중에서 단말그룹으로 그룹핑할 경우 프리코딩매트릭스의 크기가 최소가 되도록 하는 상기 다수의 단말을 선정하여 그룹핑할 수 있다.

[0027] 바람직하게는, 상기 그룹핑단계에서 기초로 하는 상기 전체 단말 각각에 대한 채널정보는, 채널정보에 포함된 채널이득정보를 제거한 상태의 정보이다.

### 발명의 효과

[0028] 이에, 본 발명의 기지국장치 및 기지국장치의 동작 방법에 의하면, 멀티유저 다중입출력(MU-MIMO) 방식으로 신호를 송수신하는 환경에서, 단말 간의 신호 간섭을 해결할 뿐 아니라, 간섭으로 작용하던 신호가 신호세기 보강으로 작용될 수 있도록 하는 효과를 도출할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기지국장치를 포함하는 통신시스템을 나타내는 구성도이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기지국장치의 구성을 나타내는 블록도이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기지국장치의 동작 방법을 나타내는 동작 흐름도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명한다.

[0031] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기지국장치가 포함되는 통신시스템을 도시한 도면이다.

[0032] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 기지국장치(100)는, 자신의 셀 커버리지(C1) 내에서 자신에 접속된 여러 사용자의 단말(=전체 단말)에 통신서비스를 제공한다.

[0033] 이하에서는, 설명의 편의를 위해, 셀 커버리지(C1) 내에서 기지국장치(100)에 접속된 전체 단말로서, 도 1에 도시된 바와 같이 단말1,2...7을 언급하도록 하겠다.

[0034] 이러한 기지국장치(100)는, 다중입출력(MIMO) 방식 특히 멀티유저 다중입출력(MU-MIMO) 방식을 통해 전체 단말(예 : 단말1,2...7)에 통신서비스를 제공할 수 있는 기지국이다.

[0035] 이처럼 MU-MIMO 방식을 채택한 기지국장치(100)에서는, 단일 사용자(단말)에 대한 신호가 아닌 여러 사용자(단말)의 신호를 동시에 송신하게 때문에, 각 사용자(단말)의 채널 간 신호 간섭(Co-Channel Interference)이 심각하다.

[0036] 이를 해결하기 위해, 기지국장치(100)에서는, 각 사용자(단말)에게 전송하고자 하는 신호에 해당 사용자(단말)의 채널과 관련하여 생성한 프리코딩매트릭스(precoding Matrix)를 곱한 후 송신함으로써, 각 사용자(단말)의 채널 간 신호 간섭을 제거하고 있다.

[0037] 즉, 기존 신호 간섭 제거 방식은, 간섭 신호를 상대 사용자의 영공간으로 사영(Projection)시켜 간섭을 제거하는 원리이다.

[0038] 기존의 신호 간섭 제거 방식의 원리를 조금 더 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0039] 먼저, 기지국장치(100)는  $N_t$  개의 송신안테나를 보유하고, 단말(예 : 단말1,2...7)은  $N_r$  개의 안테나를 보유한다고 가정하며, 기지국장치(100)에 접속된 전체 사용자(단말)의 수를 K로 정의한다.

[0040] 그리고, MU-MIMO 방식으로 동작하는 기지국장치(100)에서, k번째 단말에 전송할 신호(signal vector)를  $s_k$  라고 정의하고, k번째 단말에 할당된 채널의  $N_t \times N_r$  프리코딩매트릭스(precoding matrix)를  $W_k$  라고 한다. 그리고 기지국장치(100)로부터 k번째 단말 사이의  $N_t \times N_r$  채널 매트릭스를  $H_k$  라고 한다.

[0041] 이 때, k번째 단말에서 수신하게 되는 신호는 다음의 수신1과 같다.

[0042] 수식1.

$$Y_k = H_k W_k s_k + H_k \sum_{i=1}^K W_i s_i + N_k$$

[0044] 위의 수식1에서  $N_k$   $H_k \sum_{i=1}^K W_i s_i$  는 i번째 단말로 송신된 신호에 의해 k번째 단말에서 수신하게 되는 간섭 신호들의 합이며,  $N_k$  는 k번째 단말에서 수신하게 되는 잡음에 해당한다.

[0045] 이때, 기존의 신호 간섭 제거 방식은,  $w_i$   $H_k W_i = 0$  을 만족시키는  $w_i$  를 생성하여 결과적으로 간섭 신호

인  $H_k \sum_{i=1}^K W_i s_i$  를 k번째 단말의 영공간(채널)로 사영(Projection)시켜 간섭을 제거하는 원리이다.

[0046] 현재, 이와 같은 기존의 신호 간섭 제거 방식은, 송신되는 신호의 간섭 신호 뿐 만 아니라 자기 신호까지도 사영되기 때문에, 비록 간섭 신호를 완전히 제거할 수 있지만 자기 신호의 신호세기 역시 감소할 수 있다.

[0047] 이때, 사용자(단말) 간의 채널 상관관계(channel correlation)가 작다면 자기 신호가 사영되는 정도가 미미하여 큰 문제가 없겠지만, 사용자(단말) 간의 채널 상관관계가 크다면 사영된 후 자기 신호의 신호세기가 크게 감소하여 결국 낮은 신호 대비 잡음 비율을 야기하는 문제가 발생할 수 있다.

[0048] 그렇다고 많은 사용자들을 동시에 서비스해야 하는 MU-MIMO 시스템에서, 채널 상관관계가 작은 사용자들 즉 채널의 직교성(orthogonality) 높은 사용자들만 선별해 내는 것은, 사실 상 불가능하다고 볼 수 있다.

[0049] 결국, MU-MIMO 시스템에서, 각 사용자의 채널 간 신호 간섭을 제거하면서도 간섭 제거로 인해 자기 신호의 신호세기가 감소되는 것을 막을 수 있는 방안이 필요하다.

[0050] 이에, 본 발명에서는, MU-MIMO 환경에서, 각 사용자의 채널 간 신호 간섭을 제거하면서도 간섭 제거로 인해 자기 신호의 신호세기가 감소되는 것을 막을 수 있는 방안을 제안하며, 보다 구체적으로는 이를 달성하는 기지국 장치를 제안하고자 한다.

[0051] 즉, 본 발명의 기지국장치(100)는, 전술한 바와 같이 MU-MIMO 방식을 채택하여, MU-MIMO 방식을 통해 전체 단말(예 : 단말1,2...7)에 통신서비스를 제공하는 기지국인 것을 전제로 한다.

[0052] 이러한 기지국장치(100)는, 다수의 단말 각각에 대한 신호위상을 확인한다.

[0053] 이때, 다수의 단말이란, 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 모두일 수도 있고, 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 중 일부일 수도 있다.



- [0054] 이후, 기지국장치(100)는, 다수의 단말 별로, 단말로 전송하게 될 신호가 다른 단말의 채널에서는 다른 단말의 신호위상과 동일해지도록 하는 프리코딩매트릭스(precoding Matrix)를 생성한다.
- [0055] 즉, 본 발명의 기지국장치(100)는, 예컨대  $\mathbf{W}_i$  생성 시  $\mathbf{H}_k \mathbf{W}_i = 0$  을 만족시키는  $\mathbf{W}_i$  를 생성하는 기존의 신호 간섭 제거 방식과 달리,  $\mathbf{W}_i$  생성 시  $\mathbf{H}_k \mathbf{W}_i \mathbf{s}_i$  가 자기 신호인  $\mathbf{H}_k \mathbf{W}_k \mathbf{s}_k$  에 신호세기의 보강으로 작용될 수 있도록 하는  $\mathbf{W}_i$  를 생성하는 것이다.
- [0056] 그리고, 기지국장치(100)는, 다수의 단말 각각으로 전송하는 신호에 전술과 같이 다수의 단말 각각에 대하여 생성한 프리코딩매트릭스를 반영하여, 다수의 단말 각각으로 전송되는 신호가 다른 단말의 신호에 간섭이 아닌 신호세기의 보강으로 작용될 수 있도록 한다.
- [0057] 이에, 본 발명에서 제안하는 기지국장치(100)에 의하면, MU-MIMO 환경에서, 각 사용자의 채널 간 신호 간섭(단말 간의 신호 간섭)을 해결할 뿐 아니라, 간섭으로 작용하던 신호가 신호세기 보강으로 작용될 수 있도록 하는 효과를 도출해낼 수 있다.
- [0058] 이하에서는, 도 2를 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기지국장치의 구성을 구체적으로 설명하겠다.
- [0059] 본 발명의 기지국장치(100)는, 전술한 바와 같이 MU-MIMO 방식을 통해 전체 단말(예 : 단말1,2...7)에 통신서비스를 제공하는 기지국인 것을 전제로 한다.
- [0060] 이러한 기지국장치(100)는, 다수의 단말 각각에 대한 신호위상을 확인하는 위상확인부(120)와, 상기 다수의 단말 별로, 단말로 전송하게 될 신호가 다른 단말의 채널에서는 상기 다른 단말의 신호위상과 동일해지도록 하는 프리코딩매트릭스(precoding Matrix)를 생성하는 프리코딩매트릭스생성부(130)와, 상기 다수의 단말 각각으로 전송하는 신호에 상기 다수의 단말 별로 생성한 프리코딩매트릭스를 반영하여, 상기 다수의 단말 각각으로 전송되는 신호가 다른 단말의 신호에 간섭이 아닌 신호세기의 보강으로 작용될 수 있도록 하는 신호처리부(140)를 포함한다.
- [0061] 이때, 다수의 단말은, 기지국장치(100)에 접속된 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 모두일 수 있다.
- [0062] 한편, 다수의 단말은, 기지국장치(100)에 접속된 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 중 일부일 수도 있다.
- [0063] 보다 구체적으로 설명하면, 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 기지국장치(100)는, 기지국장치(100)에 접속된 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 중에서 단말그룹을 그룹핑하는 그룹핑부(110)를 더 포함하는 것이 바람직하다.
- [0064] 이 경우, 전술한 다수의 단말은, 그룹핑부(110)에 의해 하나의 단말그룹으로 그룹핑된 단말을 의미한다.
- [0065] 예컨대, 그룹핑부(110)가 전체 단말(예 : 단말1,2...7)을 단말1,2,3,4의 단말그룹1과 단말5,6,7의 단말그룹2로 그룹핑할 수 있다.
- [0066] 이 경우라면, 전술한 다수의 단말은, 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 중 일부로서, 단말그룹1을 언급할 경우 단말1,2,3,4를 의미할 것이고, 단말그룹2를 언급할 경우 단말5,6,7를 의미할 것이다.
- [0067] 그룹핑부(110)에서 단말그룹을 그룹핑하는 과정에 대해서는 후술에서 구체적으로 언급하겠다.
- [0068] 먼저, 위상확인부(120)는, 다수의 단말 각각에 대한 신호위상을 확인한다.
- [0069] 즉, 위상확인부(120)는, 단말그룹 별로, 해당 단말그룹으로 그룹핑된 다수의 단말 각각에 대한 신호위상을 확인하게 되며, 전술한 단말그룹1,2로 그룹핑된 경우라면 단말그룹1에 대해서는 단말1,2,3,4 각각에 대한 신호위상을 확인하고 단말그룹2에 대해서는 단말5,6,7 각각에 대한 신호위상을 확인할 것이다.
- [0070] 이하에서는, 설명의 편의를 위해, 그룹핑부(110)가 전체 단말(예 : 단말1,2...7)을 단말1,2,3,4의 단말그룹1과 단말5,6,7의 단말그룹2로 그룹핑한 경우로 가정하고, 단말그룹1 및 단말그룹2 중 단말그룹1을 예로서 언급하여 이를 중심으로 설명하겠다.
- [0071] 다시 말해, 위상확인부(120)는, 다수의 단말 즉 단말그룹1의 단말1,2,3,4 각각에 대한 신호위상을 확인한다.



[0072] 구체적인 설명에 앞서, 기지국장치(100)는  $N_t=4$ 개의 송신안테나를 보유하고, 단말1,2,3,4는 각각  $N_r=1$ 개의 안테나를 보유한다고 가정하며, 다수의 단말 수를  $K=4$ 인 것으로 정의한다.

[0073] 그리고 위상확인부(120)에서 단말1,2,3,4 각각에 대한 신호위상을 확인하는 과정을 설명하면, 다음과 같다.

[0074] 위상확인부(120)는, 단말1,2,3,4 각각에 대하여,  $-\pi(-180^\circ)$  부터  $\pi(180^\circ)$  내의 임의의 각도를 결정하여, 각 신호위상을 확인할 수 있다.

[0075] 예컨대, 위상확인부(120)는, 다수의 단말1,2,3,4에 대하여, 각 단말에 다음과 같은 임의의 각도를 결정하여, 각 신호위상을 확인할 수 있다.

[0076]  $\varphi_1 = \frac{\pi}{4}(45^\circ)$ ,  $\varphi_2 = \frac{\pi}{6}(30^\circ)$ ,  $\varphi_3 = -\frac{\pi}{3}(-60^\circ)$ ,  $\varphi_4 = \frac{\pi}{2}(90^\circ)$

[0077] 프리코딩매트릭스생성부(130)는, 다수의 단말 별로, 단말로 전송하게 될 신호가 다른 단말의 채널에서는 상기 다른 단말의 신호위상과 동일해지도록 하는 프리코딩매트릭스를 생성한다.

[0078] 구체적으로, 프리코딩매트릭스생성부(130)는, 다수의 단말 중 특정 단말에 대하여, 특정 단말로 전송하게 될 신호가 상기 다수의 단말 중 상기 특정 단말을 제외한 다른 단말의 채널에서는 상기 다른 단말의 신호위상과 동일해지도록 하는 특정 프리코딩매트릭스를 생성하는 것이다.

[0079] 이때, 특정 단말은 다수의 단말 각각을 의미하며, 특정 프리코딩매트릭스는 다수의 단말 각각에 대하여 생성한 프리코딩매트릭스를 의미한다.

[0080] 전술과 같이 다수의 단말로서 단말1,2,3,4를 예시한 경우라면, 프리코딩매트릭스생성부(130)는, 다수의 단말 1,2,3,4 중 특정 단말 즉 단말1에 대하여, 단말1로 전송하게 될 신호가 다수의 단말1,2,3,4 중 단말1을 제외한

다른 단말2,3,4의 채널에서는 다른 단말2,3,4의 신호위상과 동일해지도록 하는 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 생성할 수 있다.

[0081] 이와 마찬가지로, 프리코딩매트릭스생성부(130)는, 다수의 단말1,2,3,4 중 특정 단말 즉 단말2에 대하여, 단말2로 전송하게 될 신호가 다수의 단말1,2,3,4 중 단말2를 제외한 다른 단말1,3,4의 채널에서는 다른 단말1,3,4의

신호위상과 동일해지도록 하는 프리코딩매트릭스( $W_2$ )를 생성하고, 이와 같은 방식으로 단말3,4에 대해서도 프리코딩매트릭스( $W_3, W_4$ )를 생성할 것이다.

[0082] 이하에서는, 특정 단말로서 다수의 단말1,2,3,4 중 단말1을 언급하여, 프리코딩매트릭스생성부(130)에서 단말1에 대하여 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 생성하는 과정을 설명하면, 다음과 같다.

[0083] 프리코딩매트릭스생성부(130)는, 다수의 단말1,2,3,4 각각의 신호위상에 기초하여, 특정 단말 즉 단말1로 전송하게 될 신호가 단말1 및 다른 단말2,3,4 각각에 미치는 신호세기  $b_{j,i} = u \cdot e^{j2\pi\varphi_k}$ 를 확인한다.

[0084]  $b_{1,1}$ ,  $b_{2,1}$ ,  $b_{3,1}$ ,  $b_{4,1}$

[0085] 이때,  $b_{j,i}$ 는, i번째 단말로 송신된 신호에 의해 j번째 단말에서 수신하게 되는 (간섭) 신호의 신호세기를 의미하며, 본 발명의 관점에서 말하자면 각 사용자(단말, j)의 자기 신호에 신호세기의 보강으로 작용하게 될 상대 사용자(단말, i)의 (간섭) 신호의 신호세기를 의미한다. 이때, 전술과 같이 특정 단말이 단말1인 경우

라면  $j$ 는 단말1,2,3,4을 의미하고  $j$ 는 단말1을 의미하며,  $u$ 는  $b_{1,1}$ ,  $b_{2,1}$ ,  $b_{3,1}$ ,  $b_{4,1}$  각각에 대하여 0부터 1 사이의 임의의 실수로 결정한 신호세기를 의미한다.

[0086]

예를 들어, 프리코딩매트릭스생성부(130)는,  $b_{1,1}(=H_1W_1s_1)$ 에 대하여  $u$ 로서 0부터 1 사이의 임의의 실수(예 : 0.4)를 결정하여, 위상확인부(120)에서 확인한 단말1( $j=1$ )의 신호위상  $\varphi_1 = \frac{\pi}{4}(45^\circ)$ 를 기초로 단말1( $i=1$ )로 전송하게 될 신호가 단말1( $j=1$ ) 미치는 신호세기  $b_{1,1} = 0.4e^{j\frac{\pi}{4}}$ 를 확인할 수 있다.

[0087]

또한, 프리코딩매트릭스생성부(130)는,  $b_{2,1}(=H_2W_1s_1)$ 에 대하여  $u$ 로서 0부터 1 사이의 임의의 실수(예 : 0.7)를 결정하여, 위상확인부(120)에서 확인한 단말2( $j=2$ )의 신호위상  $\varphi_2 = \frac{\pi}{6}(30^\circ)$ 를 기초로 단말1( $i=1$ )로 전송하게 될 신호가 단말2( $j=2$ ) 미치는 신호세기  $b_{2,1} = 0.7e^{j\frac{\pi}{6}}$ 를 확인할 수 있다.

[0088]

또한, 프리코딩매트릭스생성부(130)는,  $b_{3,1}(=H_3W_1s_1)$ 에 대하여  $u$ 로서 0부터 1 사이의 임의의 실수(예 : 0.2)를 결정하여, 위상확인부(120)에서 확인한 단말3( $j=3$ )의 신호위상  $\varphi_3 = -\frac{\pi}{3}(-60^\circ)$ 를 기초로 단말1( $i=1$ )로 전송하게 될 신호가 단말3( $j=3$ ) 미치는 신호세기  $b_{3,1} = 0.2e^{-j\frac{\pi}{3}}$ 를 확인할 수 있다.

[0089]

또한, 프리코딩매트릭스생성부(130)는,  $b_{4,1}(=H_4W_1s_1)$ 에 대하여  $u$ 로서 0부터 1 사이의 임의의 실수(예 : 0.9)를 결정하여, 위상확인부(120)에서 확인한 단말4( $j=4$ )의 신호위상  $\varphi_4 = \frac{\pi}{2}(90^\circ)$ 를 기초로 단말1( $i=1$ )로 전송하게 될 신호가 단말4( $j=4$ ) 미치는 신호세기  $b_{4,1} = 0.9e^{j\frac{\pi}{2}}$ 를 확인할 수 있다.

[0090]

이와 같이, 프리코딩매트릭스생성부(130)는, 단말1( $i=1$ )로 전송하게 될 신호가 단말1 자신에게 미치는 신호  $(b_{1,1}(=H_1W_1s_1), j=1)$ 의 신호세기  $b_{1,1} = 0.4e^{j\frac{\pi}{4}}$  및 다른 단말2,3,4 각각에 미치는 신호( $b_{j,1}(=H_jW_1s_1), j=2,3,4$ )의 신호세기  $b_{2,1} = 0.7e^{j\frac{\pi}{6}}, b_{3,1} = 0.2e^{-j\frac{\pi}{3}}, b_{4,1} = 0.9e^{j\frac{\pi}{2}}$ 를 확인하게 된다.

[0091]

결국, 전술과 같이 확인된 각  $b_{j,1}$ 는,  $i(=j)$ 번째 사용자(단말)의 자기 신호인  $b_{i,i}$ 와 보강으로 작용될 되도록 하는 모든 신호들이다. 예를 들면,  $b_{2,1} = 0.7e^{j\frac{\pi}{6}}$ 은  $b_{2,2}$ 의 위상이  $\varphi_2 = \frac{\pi}{6}(30^\circ)$ 으로 확인되어 있기 때문에,  $b_{2,2}$

의 신호세기와 상관없이  $b_{2,1}$   $b_{2,2}$  은 와 보강으로 작용될 것이다. 마찬가지로  $b_{3,1}$   $b_{4,1}$  과 역시 각각  $b_{3,3}$   $b_{4,4}$  와 보강으로 작용될 것이다.

[0092] 프리코딩매트릭스생성부(130)는, 전술과 같이 확인한 신호세기  $b_{1,1} = 0.4e^{j\frac{\pi}{4}}$  ,  $b_{2,1} = 0.7e^{j\frac{\pi}{6}}$   $b_{3,1} = 0.2e^{-j\frac{\pi}{3}}$  ,  $b_{4,1} = 0.9e^{j\frac{\pi}{2}}$  및 다수의 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보를 기반으로, 특정 단말 즉 단말1에 대한 특정 프리코딩매트릭스 즉 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 생성한다.

[0093] 보다 구체적으로 설명하면, 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보는, 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보로서의  $N_r \times N_t$  채널 매트릭스인  $H_1$   $H_2$   $H_3$   $H_4$  이다.

[0094] 이에, 프리코딩매트릭스생성부(130)는, 전술과 같이 확인한 신호세기  $b_{1,1} = 0.4e^{j\frac{\pi}{4}}$   $b_{2,1} = 0.7e^{j\frac{\pi}{6}}$  ,  $b_{3,1} = 0.2e^{-j\frac{\pi}{3}}$   $b_{4,1} = 0.9e^{j\frac{\pi}{2}}$  를 이용하여 신호세기 매트릭스  $b_1 = [b_{1,1}, \dots, b_{4,1}]^T$  를 정의할 수 있다.

[0095] 또한, 프리코딩매트릭스생성부(130)는, 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보 즉  $H_1$   $H_2$   $H_3$   $H_4$  를 이용하여  $H = [H_1, \dots, H_4]^T$  를 정의할 수 있다.

[0096] 이에, 프리코딩매트릭스생성부(130)는,  $b_1 = [b_{1,1}, \dots, b_{4,1}]^T$  및  $H = [H_1, \dots, H_4]^T$  를 기반으로, 특정 단말 즉 단말1에 대한 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 생성한다.

[0097] 예를 들면,  $b_i$  는 다음의 수식2와 같이 정의할 수 있다.

[0098] 수식2.

$$b_i = HW_i s_i$$

[0100] 위의 수식2를  $W_i$  에 대해 다시 정리하면, 다음의 수식3과 같다.

[0101] 수식3.

$$W_i = H^{-1} b_i (s_i^H s_i)^{-1} s_i^H$$

[0103] 여기서, 전술한 실시예에서는 단말1에 대한 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 생성하는 과정을 설명하고 있으므로, 결국

프리코딩매트릭스생성부(130)는, 다음과 같은 수식4를 통해 단말1의 프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_1$ )를 생성할 수 있다.

[0104] 수식4.

$$\mathbf{W}_1 = \mathbf{H}^{-1} \mathbf{b}_1 (\mathbf{s}_i^H \mathbf{s}_i)^{-1} \mathbf{s}_i^H$$

프리코딩매트릭스생성부(130)는, 전술과 마찬가지로, 단말1 외에도 단말2,3,4 각각에 대하여 프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_2, \mathbf{W}_3, \mathbf{W}_4$ )를 생성할 수 있다.

[0107] 현대, 수식4와 같이 생성(계산)한 프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_1, \mathbf{W}_2, \mathbf{W}_3, \mathbf{W}_4$ )은 송신전력 제한을 위배하게 된다. 즉,

송신전력 제한을 위해 기 설정한  $\text{trace}\{|\mathbf{W}_k|^2\} \leq N_r$  를 만족해야 하는데, 수식4를 통해 생성(계산)한 프리코딩

매트릭스의 경우는 이를 만족시키지 못하여 송신전력 제한을 위배하게 된다( $|\mathbf{W}_1|^2 \neq \frac{N_r}{K}$ ). 여기서  $\text{trace}\{\mathbf{A}\}$  는

임의의 매트릭스  $\mathbf{A}$  의 대각 성분의 합을 의미한다.

[0108] 이에, 본 발명에서는 기 설정된 송신전력 제한( $\text{trace}\{|\mathbf{W}_k|^2\} \leq N_r$ )을 만족시키기 위해, 전술의 수식4를 통해

생성(계산)한 프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_1, \mathbf{W}_2, \mathbf{W}_3, \mathbf{W}_4$ )를 해당 프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_1, \mathbf{W}_2, \mathbf{W}_3, \mathbf{W}_4$ )의 크기에 따라 정규화하는 것이 바람직하다.

[0109] 구체적으로 설명하면, 프리코딩매트릭스생성부(130)는, 전술의 수식3을 통해 생성(계산)한 프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_1, \mathbf{W}_2, \mathbf{W}_3, \mathbf{W}_4$ )를 정규화를 시켜준다.

[0110] 단말1의 프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_1$ )를 언급하여 정규화 과정을 설명하면 다음과 같다.

[0111] 프리코딩매트릭스생성부(130)는, 수식4를 통해 단말1의 프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_1$ )를 생성(계산)한 후, 프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_1$ )를 해당 프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_1$ )의 크기로 나누어 준다. 이때,  $\mathbf{W}_1$ 의 크기는  $\sqrt{(\mathbf{b}_1)^H (\mathbf{H}\mathbf{H}^H)^{-1} \mathbf{b}_1}$

이다. 따라서, 프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_1$ )를 프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_1$ )의 크기인  $\sqrt{(\mathbf{b}_1)^H (\mathbf{H}\mathbf{H}^H)^{-1} \mathbf{b}_1}$ 로 나눈 후에는,

프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_1$ )의 크기가 1이 된다.

[0112] 이에, 프리코딩매트릭스생성부(130)는, 프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_1$ )를 프리코딩매트릭스( $\mathbf{W}_1$ )의 크기인

$\sqrt{(b_1)^H(HH^H)^{-1}b_1}$  로 나눈 후  $\sqrt{\frac{N_r}{K}}$  를 곱해주어, 그 결과로서의 프리코딩매트릭스( $W_1$ )가 송신전력 제한  $|W_1|^2 = \frac{N_r}{K}$  를 만족하도록 할 수 있다.

[0113] 이와 같은 같은 방식으로, 프리코딩매트릭스생성부(130)는, 프리코딩매트릭스( $W_1, W_2, W_3, W_4$ )를 정규화를 시킬 수 있다.

[0114] 신호처리부(140)는, 전술과 같이 프리코딩매트릭스생성부(130)에서 다수의 단말1,2,3,4 각각에 대한 프리코딩매트릭스( $W_1, W_2, W_3, W_4$ )가 생성(정규화)되면, 다수의 단말1,2,3,4 각각으로 전송하는 신호에 각 프리코딩매트릭스( $W_1, W_2, W_3, W_4$ )를 반영한다.

[0115] 즉, 신호처리부(140)는, 단말1로 전송하는 신호에 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 곱하여 송신하고, 단말2로 전송하는 신호에 프리코딩매트릭스( $W_2$ )를 곱하여 송신하고, 단말3으로 전송하는 신호에 프리코딩매트릭스( $W_3$ )를 곱하여 송신하고, 단말4로 전송하는 신호에 프리코딩매트릭스( $W_4$ )를 곱하여 송신한다.

[0116] 이에, 본 발명의 기지국장치(100)에서 생성 및 정규화된 프리코딩매트릭스( $W_1, W_2, W_3, W_4$ )를 반영하여 단말 1,2,3,4의 신호를 송신하였을 때, k번째 단말(k=1,2,3,4)에서 수신하게 되는 신호는 다음의 수식5와 같이 나뉠 수 있다.

[0117] 수식5.

$$Y_k = \frac{\sqrt{N_r}}{\sqrt{K}} \sum_{k=1}^K \frac{b_{k,i}}{(b_i)^H(HH^H)^{-1}b_i}$$

[0118]

[0119] 이때, 다수의 단말1,2,3,4 별로 생성된 프리코딩매트릭스( $W_1, W_2, W_3, W_4$ )는, 해당 단말로 전송하게 될 신호가 다른 단말의 채널에서는 다른 단말의 신호위상과 동일해지도록 생성되어 있기 때문에, 이러한 프리코딩매트릭스( $W_1, W_2, W_3, W_4$ )가 반영(곱)되어 송신되는 단말1,2,3,4 각각의 신호는, 자신이 아닌 다른 단말의 신호에 간섭이 아닌 신호세기의 보강으로 작용될 것이다.

[0120] 이와 같이, 본 발명에 따른 기지국장치(100)는, MU-MIMO 환경에서,  $W_i$  생성 시  $H_k W_i = 0$  을 만족시키는  $W_i$  를 생성하는 기존의 신호 간섭 제거 방식과 달리,  $W_i$  생성 시  $H_k W_i s_i$  가 자기 신호인  $H_k W_k s_k$  에 신호세기의 보강으로 작용될 수 있도록 하는  $W_i$  를 생성함으로써, 단말 간의 신호 간섭을 해결할 뿐 아니라, 간섭으로 작용하던 신호

가 신호세기 보강으로 작용될 수 있도록 하는 효과를 도출할 수 있다.

[0121] 전술한 바와 같이, 본 발명에서는, 단말 간의 신호 간섭을 제거하는 대신, 단말 간의 신호 간섭으로 작용하던 (간섭) 신호가 오히려 자기 신호의 신호세기 보강으로 작용될 수 있도록 함으로써 단말 간 신호 간섭을 해결하는 방식(알고리즘)을 제안하고 있다.

[0122] 이러한 본 발명의 제안 방식(알고리즘)은, 기존의 신호 간섭 제거 방식의 경우 채널 상관관계가 작은 사용자(단말)들을 그룹핑할 수록 간섭 제거 성능이 좋았던 것과 달리, 본 발명 제안 방식(알고리즘)의 성능 향상에 적합한 새로운 그룹핑 방식을 필요로 한다.

[0123] 이는, 본 발명 제안 방식(알고리즘)의 경우, 단말 간의 신호 간섭을 제거하는 것이 아니라, 단말 간의 신호 간섭으로 작용하던 (간섭) 신호가 자기 신호의 신호세기 보강으로 작용될 수 있도록 하는 원리이기 때문에, 채널 상관관계가 너무 작은 사용자(단말)들을 그룹핑할 경우 자기 신호의 신호세기 보강 정도가 미미해질 것임에 기인한다.

[0124] 이하에서는, 전술에서 간략하게 언급한 그룹핑부(110)에서 단말그룹을 그룹핑하는 과정에 대해서 구체적으로 설명하겠다.

[0125] 그룹핑부(110)는, 전술한 전체 단말 즉 기지국장치(100)에 접속된 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 각각에 대한 채널정보를 기초로, 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 중에서 단말그룹으로 그룹핑할 경우 프리코딩매트릭스의 크기가 최소가 되도록 하는 다수의 단말을 선정하여 그룹핑한다.

[0126] 전술한 수식5에서 알 수 있듯이, 프리코딩매트릭스(  $w_i$  ) 생성 시 정규화를 위해 나눠 주는 값 즉 프리코딩매트릭스(  $w_i$  )의 크기와 대응한 값인  $(b_i)^H(HH^H)^{-1}b_i$  가 클수록, k번째 단말에서 수신하게 되는 신호의 신호세기가 감소하게 된다. 이점을 감안할 때, k번째 단말의 수신 신호의 신호세기를 최대화시키기 위해서는,  $(b_i)^H(HH^H)^{-1}b_i$  값을 작게 만들어줄 필요가 있다.

[0127] 이에, 그룹핑부(110)는, 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 각각에 대한 채널정보를 기초로, 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 중에서 단말그룹으로 그룹핑할 경우 프리코딩매트릭스(  $w_i$  )의 크기 즉  $(b_i)^H(HH^H)^{-1}b_i$  값이 최소가 되도록 하는 다수의 단말을 선정하여 하나의 단말그룹으로 그룹핑하는 것이 바람직할 것이다.

[0128] 이때,  $(b_i)^H(HH^H)^{-1}b_i$  값이 최소가 되도록 하는 다수의 단말을 선정하는 방법으로서,  $b_i$  를 기준으로 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 중  $b_i$  값이 최소가 되는 다수의 단말을 선정하는 방법1과,  $(HH^H)^{-1}$  를 기준으로 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 중  $(HH^H)^{-1}$  값이 최소가 되는 다수의 단말을 선정하는 방법2를 생각해 볼 수 있다.

[0129] 현재, 방법1의 경우는 그룹핑부(110)에서, 각  $b_{1,i}, \dots, b_{K,i}$  들이 확인될 때마다  $(b_i)^H(HH^H)^{-1}b_i$  값이 큰지 작은지 확인 해 봐야 하는데, 이는 너무 복잡하여 비효율적이다.

[0130] 이에, 본 발명에서는  $(b_i)^H(HH^H)^{-1}b_i$  값이 최소가 되도록 하는 다수의 단말을 선정하는 방법으로서, 전술의 방법2를 채택하도록 한다.



[0131] 이하에서, 방법2를 채택하여  $(b_i)^H(HH^H)^{-1}b_i$  값이 최소가 되도록 하는 다수의 단말을 선정하는 과정에 대해, 보다 구체적으로 설명하겠다.

[0132] 전술과 같이, 기지국장치(100)는  $N_t=4$ 개의 송신안테나를 보유하고, 전체 단말(예 : 단말1,2...7)은 각각  $N_r=1$ 개의 안테나를 보유한다고 가정한다. 이 경우 그룹핑부(110)에서 하나의 단말그룹으로 그룹핑할 수 있는 최대 단말 수는 4개이다.

[0133] 이에, 그룹핑부(110)는, 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 중에서, 최대 4개의 단말로 구성되는 단말그룹, 3개의 단말로 구성되는 단말그룹, 및 2개의 단말로 구성되는 단말그룹을, 기 지정된 그룹핑률에 따라 규칙적으로 또는

임의로 그룹핑하는 과정을 반복함으로써, 하나의 단말그룹으로 그룹핑할 경우 프리코딩매트릭스( $w_i$ )의 크기 즉  $(HH^H)^{-1}$  값이 최소가 되도록 다수의 단말을 선정하여 하나의 단말그룹으로 그룹핑할 수 있다.

[0134] 이때, 매트릭스(행렬)의 특성 상,  $(HH^H)^{-1}$  값은  $(HH^H)^{-1}$ 의 고유값(eigen values)에 비례하기 때문에,  $(HH^H)^{-1}$  값이 최소가 되는 단말그룹을 찾기 위해서는  $(HH^H)^{-1}$ 의 고유값이 최소가 될 수 있도록 하는  $H$  채널

정보매트릭스(그룹핑된 각 단말의 채널 매트릭스( $H_i$ ) 결합)를 구성할 수 있는 다수의 단말을 선정하여 하나의 단말그룹으로 그룹핑하면 된다.

[0135] 현재,  $(HH^H)^{-1}$ 의 고유값은,  $H$  채널정보 매트릭스를 구성하는 각 단말의 채널이득과 비례하기 때문에,  $(HH^H)^{-1}$ 의 고유값이 최소가 되도록 하는  $H$  채널정보매트릭스를 구성할 수 있는 다수의 단말을 선정하다 보면, 채널 이득이 작은 단말만을 선정하게 될 우려가 있다.

[0136] 이에, 그룹핑부(110)에서 단말그룹 그룹핑 시 기초로 하는 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 각각에 대한 채널정보는, 채널정보에 포함된 채널이득정보를 제거한 상태의 정보인 것이 바람직하다.

[0137] 이렇게 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 각각에 대한 채널정보에서 채널이득정보를 제거하면, 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 각각에 대한 채널정보에는 채널방향성정보가 남게 된다.

[0138] 따라서, 본 발명에서는, 단말그룹을 그룹핑할 때,  $H$  채널정보매트릭스가 아닌 각 단말의 채널이득정보를 제거한  $\bar{H}$  (방향성)를 이용함으로써, 전술의 단말그룹 그룹핑 시 채널 이득이 작은 단말만을 선정하게 될 우려를 해결할 수 있다.

[0139] 이에, 그룹핑부(110)는, 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 중에서, 최대 4개의 단말로 구성되는 단말그룹, 3개의 단말로 구성되는 단말그룹, 및 2개의 단말로 구성되는 단말그룹을, 기 지정된 그룹핑률에 따라 규칙적으로 또는

임의로 그룹핑하는 과정을 반복함으로써, 하나의 단말그룹으로 그룹핑할 경우 프리코딩매트릭스( $w_i$ )의 크기 즉

$$(\bar{H}\bar{H}^H)^{-1}$$

값이 최소가 되도록 다수의 단말을 선정하여 하나의 단말그룹으로 그룹핑할 수 있다.

[0140] 이하에서는, 설명의 편의 상 그룹핑부(110)에서 기 지정된 그룹핑률에 따라 규칙적으로 또는 임의로 그룹핑하는 과정을 반복하는 그룹핑 반복 과정 중에, 단말1,2,3,4를 하나의 단말그룹으로 그룹핑하고 단말5,6,7을 하나의 단말그룹으로 그룹핑한 경우를 언급하여 설명하겠다.

[0141] 이 경우라면, 전술한 바와 같이, 하나의 단말그룹으로 그룹핑된 다수의 단말1,2,3,4 별로 생성한 프리코딩매트

릭스( $\begin{matrix} w_i \\ (b_i)^H(HH^H)^{-1}b_i \end{matrix}$ ,  $i=1,2,3,4$ )의 크기 즉

는, 다수의 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보(채널이득정보 제거, 채널방향성정보 포함)를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스( $\begin{matrix} \bar{H} \\ (\bar{H}\bar{H}^H)^{-1} \end{matrix}$ )의 고유값(예 : 모든 고유값의 평균)과 비례할 것이다.

[0142] 또한, 하나의 단말그룹으로 그룹핑된 다수의 단말5,6,7 별로 생성한 프리코딩매트릭스( $\begin{matrix} w_i \\ (b_i)^H(HH^H)^{-1}b_i \end{matrix}$ ,  $i=5,6,7$ )의 크기 즉

는, 다수의 단말5,6,7 각각에 대한 채널정보(채널이득정보 제거, 채널방향성정보 포함)를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스( $\begin{matrix} \bar{H} \\ (\bar{H}\bar{H}^H)^{-1} \end{matrix}$ )의 고유값(예 : 모든 고유값의 평균)과 비례할 것이다.

[0143] 따라서, 그룹핑부(110)는, 다수의 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보(채널이득정보 제거, 채널방향성정보 포

함)를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스( $\begin{matrix} \bar{H} \\ (\bar{H}\bar{H}^H)^{-1} \end{matrix}$ )의 고유값(예 : 모든 고유값의 평균) 및 다수의 단말

5,6,7 각각에 대한 채널정보(채널이득정보 제거, 채널방향성정보 포함)를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스

( $\begin{matrix} \bar{H} \\ (\bar{H}\bar{H}^H)^{-1} \end{matrix}$ )의 고유값(예 : 모든 고유값의 평균)을 계산하고, 계산한 고유값(평균)이 그룹핑 반복 과정 중에 그룹핑한 다른 단말그룹에 대하여 계산한 고유값(평균)들과 비교하여 최소값이라면, 다수의 단말1,2,3,4를 선정하여 하나의 단말그룹 및 다수의 단말5,6,7을 선정하여 하나의 단말그룹으로 최종 그룹핑할 수 있다.

[0144] 한편, 매트릭스(행렬)의 특성 상, 매트릭스의 행렬식(determinant)는 그 매트릭스의 모든 고유값들의 곱으로 표현할 수 있다.

[0145] 전술한 예의 경우라면, 하나의 단말그룹으로 그룹핑된 다수의 단말1,2,3,4 별로 생성한 프리코딩매트릭스( $\begin{matrix} w_i \\ (b_i)^H(HH^H)^{-1}b_i \end{matrix}$ ,  $i=1,2,3,4$ )의 크기 즉

는, 다수의 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보(채널이득정보 제거, 채널방향성정보 포함)를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스( $\begin{matrix} \bar{H} \\ (\bar{H}\bar{H}^H)^{-1} \end{matrix}$ )의 행렬식(determinant)와 비례할 것이다.

[0146] 또한, 하나의 단말그룹으로 그룹핑된 다수의 단말5,6,7 별로 생성한 프리코딩매트릭스( $\begin{matrix} w_i \\ (b_i)^H(HH^H)^{-1}b_i \end{matrix}$ ,  $i=5,6,7$ )의 크기 즉

는, 다수의 단말5,6,7 각각에 대한 채널정보(채널이득정보 제거, 채널방향성정보 포함)를 기

초로 구성되는 채널정보매트릭스( $\tilde{H}$ )의 행렬식(determinant)와 비례할 것이다.

[0147] 따라서, 그룹핑부(110)는, 다수의 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보(채널이득정보 제거, 채널방향성정보 포함)를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스( $\tilde{H}$ )의 행렬식(determinant) 및 다수의 단말5,6,7 각각에 대한 채널정보(채널이득정보 제거, 채널방향성정보 포함)를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스( $\tilde{H}$ )의 행렬식(determinant)를 계산하고, 계산한 행렬식(determinant)가 그룹핑 반복 과정 중에 그룹핑한 다른 단말그룹에 대하여 계산한 행렬식(determinant)들과 비교하여 최소값이라면, 다수의 단말1,2,3,4를 선정하여 하나의 단말그룹 및 다수의 단말5,6,7을 선정하여 하나의 단말그룹으로 최종 그룹핑할 수 있다.

[0148] 이때, 고유값(평균)을 비교하는 방식의 단말그룹 그룹핑 보다, 행렬식(determinant)를 비교하는 방식의 단말그룹 그룹핑의 경우가, 최종 그룹핑을 결정하는 과정에서의 계산량 및 복잡성 측면에서 효율적일 것이다.

[0149] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 기지국장치(100)는, MU-MIMO 환경에서, 단말 간의 신호 간섭을 제거하는 대신, 단말 간의 신호 간섭으로 작용하던 (간섭) 신호가 오히려 자기 신호의 신호세기 보강으로 작용될 수 있도록 하는, 단말 간의 신호 간섭 해결 및 자기 신호의 신호세기 보강의 효과를 도출하며, 더욱이 본 발명 제안 방식(알고리즘)의 성능 즉 신호 간섭 해결 및 신호의 신호세기 보강 성능 향상에 적합한 최적의 그룹핑을 가능하게 한다.

[0150] 결국, 본 발명에 따른 기지국장치에 의하면, MU-MIMO 환경에서, 단말 간의 신호 간섭을 해결할 뿐 아니라, 간섭으로 작용하던 신호가 신호세기 보강으로 작용될 수 있도록 하는 효과를 도출한다.

[0151] 이하에서는, 도 3를 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기지국장치의 동작 방법을 설명하도록 한다. 설명의 편의를 위해 전술한 도 1 내지 도 2의 참조번호를 언급하여 설명하겠다.

[0152] 먼저, 본 발명의 기지국장치(100)는, 전술한 바와 같이 MU-MIMO 방식을 채택하여, 도 1에 도시된 바와 같이 MU-MIMO 방식을 통해 전체 단말(예 : 단말1,2...7)에 통신서비스를 제공하는 기지국인 것을 전제로 한다.

[0153] 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 전술한 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 각각에 대한 채널정보를 기초로, 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 중에서 단말그룹으로 그룹핑할 경우 프리코딩매트릭스의 크기가 최소가 되도록 하는 다수의 단말을 선정하여 그룹핑한다(S100).

[0154] 예를 들어, 전술과 같이, 기지국장치(100)는  $N_t$ 개의 송신안테나를 보유하고, 전체 단말(예 : 단말1,2...7)은 각각  $N_r$ 개의 안테나를 보유한다고 가정한다. 이 경우 기지국장치(100)에서 하나의 단말그룹으로 그룹핑할 수 있는 최대 단말 수는 4개이다.

[0155] 이에, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 중에서, 최대 4개의 단말로 구성되는 단말그룹, 3개의 단말로 구성되는 단말그룹, 및 2개의 단말로 구성되는 단말그룹을, 기 지정된 그룹핑률에 따라 규칙적으로 또는 임의로 그룹핑하는 과정을 반복함으로써, 하나의 단말그룹으로 그룹핑할 경우 프리코딩매트릭스( $w_i$ )의 크기 즉  $(HH^H)^{-1}$  값이 최소가 되도록 다수의 단말을 선정하여 하나의 단말그룹으로 그룹핑할 수 있다.

[0156] 이때,  $(HH^H)^{-1}$ 의 고유값은, 채널정보매트릭스를 구성하는 각 단말의 채널이득과 비례하기 때문에,  $(HH^H)^{-1}$ 의 고유값이 최소가 되도록 하는 채널정보매트릭스를 구성할 수 있는 다수의 단말을 선정하다 보면, 채널 이득이 작은 단말만을 선정하게 될 우려가 있다.

[0157] 이에, 본 발명에 따른 기지국장치(100)에서 단말그룹 그룹핑 시 기초로 하는 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 각각

에 대한 채널정보는, 채널정보에 포함된 채널이득정보를 제거한 상태의 정보인 것이 바람직하다.

[0158] 이렇게 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 각각에 대한 채널정보에서 채널이득정보를 제거하면, 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 각각에 대한 채널정보에는 채널방향성정보가 남게 된다.

$H$

[0159] 따라서, 본 발명에서는, 단말그룹을 그룹핑할 때, 채널정보매트릭스가 아닌 각 단말의 채널이득정보를 제거한  $\bar{H}$

(방향성)를 이용함으로써, 전술의 단말그룹 그룹핑 시 채널 이득이 작은 단말만을 선정하게 될 우려를 해결할 수 있다.

[0160] 이에, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 전체 단말(예 : 단말1,2...7) 중에서, 최대 4개의 단말로 구성되는 단말그룹, 3개의 단말로 구성되는 단말그룹, 및 2개의 단말로 구성되는 단말그룹을, 기 지정된 그룹핑률에 따라 규칙적으로 또는 임의로 그룹핑하는 과정을 반복함으로써, 하나의 단말그룹으로 그룹핑할 경우

$$w_i (\bar{H}\bar{H}^H)^{-1}$$

프리코딩매트릭스( )의 크기 즉 값이 최소가 되도록 다수의 단말을 선정하여 하나의 단말그룹으로 그룹핑할 수 있다(S100).

[0161] 이하에서는, 설명의 편의 상 본 발명에 따른 기지국장치(100)에서 기 지정된 그룹핑률에 따라 규칙적으로 또는 임의로 그룹핑하는 과정을 반복하는 그룹핑 반복 과정 중에, 단말1,2,3,4를 하나의 단말그룹으로 그룹핑하고 단말5,6,7을 하나의 단말그룹으로 그룹핑한 경우를 언급하여 설명하겠다.

[0162] 이 경우라면, 전술한 바와 같이, 하나의 단말그룹으로 그룹핑된 다수의 단말1,2,3,4 별로 생성한 프리코딩매트

$$w_i (b_i)^H (HH^H)^{-1} b_i$$

릭스( , i=1,2,3,4)의 크기 즉 는, 다수의 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보(채널이득정보

$$\bar{H} (\bar{H}\bar{H}^H)^{-1}$$

제거, 채널방향성정보 포함)를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스(~ )의 고유값(예 : 모든 고유값의 평균)과 비례할 것이다.

$w_i$

[0163] 또한, 하나의 단말그룹으로 그룹핑된 다수의 단말5,6,7 별로 생성한 프리코딩매트릭스( , i=5,6,7)의 크기 즉  $(b_i)^H (HH^H)^{-1} b_i$

는, 다수의 단말5,6,7 각각에 대한 채널정보(채널이득정보 제거, 채널방향성정보 포함)를 기

$$\bar{H} (\bar{H}\bar{H}^H)^{-1}$$

초로 구성되는 채널정보매트릭스(~ )의 고유값(예 : 모든 고유값의 평균)과 비례할 것이다.

[0164] 따라서, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 다수의 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보(채널이득정

$$\bar{H} (\bar{H}\bar{H}^H)^{-1}$$

보 제거, 채널방향성정보 포함)를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스(~ )의 고유값(예 : 모든 고유값의 평균) 및 다수의 단말5,6,7 각각에 대한 채널정보(채널이득정보 제거, 채널방향성정보 포함)를 기초로 구

$$\bar{H} (\bar{H}\bar{H}^H)^{-1}$$

성되는 채널정보매트릭스(~ )의 고유값(예 : 모든 고유값의 평균)을 계산하고, 계산한 고유값(평균)이 그룹핑 반복 과정 중에 그룹핑한 다른 단말그룹에 대하여 계산한 고유값(평균)들과 비교하여 최소값이라면, 다수의 단말1,2,3,4를 선정하여 하나의 단말그룹 및 다수의 단말5,6,7을 선정하여 하나의 단말그룹으로 최종 그룹핑할 수 있다.

[0165] 한편, 매트릭스(행렬)의 특성 상, 매트릭스의 행렬식(determinant)는 그 매트릭스의 모든 고유값들의 곱으로 표현할 수 있다.

$w_i$

[0166] 전술한 예의 경우라면, 하나의 단말그룹으로 그룹핑된 다수의 단말1,2,3,4 별로 생성한 프리코딩매트릭스( ,

$$(b_i)^H(HH^H)^{-1}b_i$$

i=1,2,3,4)의 크기 즉  $\bar{H}$  는, 다수의 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보(채널이득정보 제거, 채널방향성정보 포함)를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스( $(\bar{H}\bar{H}^H)^{-1}$ )의 행렬식(determinant)와 비례할 것이다.

[0167] 또한, 하나의 단말그룹으로 그룹핑된 다수의 단말5,6,7 별로 생성한 프리코딩매트릭스( $w_i$ , i=5,6,7)의 크기 즉  $(b_i)^H(HH^H)^{-1}b_i$  는, 다수의 단말5,6,7 각각에 대한 채널정보(채널이득정보 제거, 채널방향성정보 포함)를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스( $(\bar{H}\bar{H}^H)^{-1}$ )의 행렬식(determinant)와 비례할 것이다.

[0168] 따라서, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 다수의 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보(채널이득정보 제거, 채널방향성정보 포함)를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스( $(\bar{H}\bar{H}^H)^{-1}$ )의 행렬식(determinant) 및 다수의 단말5,6,7 각각에 대한 채널정보(채널이득정보 제거, 채널방향성정보 포함)를 기초로 구성되는 채널정보매트릭스( $(\bar{H}\bar{H}^H)^{-1}$ )의 행렬식(determinant)을 계산하고, 계산한 행렬식(determinant)가 그룹핑 반복 과정에서 그룹핑한 다른 단말그룹에 대하여 계산한 행렬식(determinant)들과 비교하여 최소값이라면, 다수의 단말1,2,3,4를 선정하여 하나의 단말그룹 및 다수의 단말5,6,7을 선정하여 하나의 단말그룹으로 최종 그룹핑할 수 있다.

[0169] 이때, 고유값(평균)을 비교하는 방식의 단말그룹 그룹핑 보다, 행렬식(determinant)를 비교하는 방식의 단말그룹 그룹핑의 경우가, 최종 그룹핑을 결정하는 과정에서의 계산량 및 복잡성 측면에서 효율적일 것이다.

[0170] 이하에서는, 설명의 편의를 위해, S100단계에서 전체 단말(예 : 단말1,2...7)을 단말1,2,3,4의 단말그룹1과 단말5,6,7의 단말그룹2로 그룹핑한 것으로 가정하여 설명하겠다.

[0171] 이후, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 단말그룹 별로, 해당 단말그룹으로 구성된 다수의 단말 각각에 대한 신호위상을 확인한다(S110).

[0172] 즉, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 단말그룹 별로, 해당 단말그룹으로 그룹핑된 다수의 단말 각각에 대한 신호위상을 확인하게 되며, 전술한 단말그룹1,2로 그룹핑된 경우라면 단말그룹1에 대해서는 단말1,2,3,4 각각에 대한 신호위상을 확인하고 단말그룹2에 대해서는 단말5,6,7 각각에 대한 신호위상을 확인할 것이다.

[0173] 이하에서는, 설명의 편의를 위해, 단말그룹1 및 단말그룹2 중 단말그룹1을 예로서 언급하여 이를 중심으로 설명하겠다.

[0174] 다시 말해, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 다수의 단말 즉 단말그룹1의 단말1,2,3,4 각각에 대한 신호위상을 확인한다.

[0175] 예컨대, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 단말1,2,3,4 각각에 대하여,  $-\pi(-180^\circ)$  부터  $\pi(180^\circ)$  내의 임의의 각도를 다음과 같이 결정하여, 각 신호위상을 확인할 수 있다.

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{4}(45^\circ), \varphi_2 = \frac{\pi}{6}(30^\circ), \varphi_3 = -\frac{\pi}{3}(-60^\circ), \varphi_4 = \frac{\pi}{2}(90^\circ)$$

[0177] 그리고, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 단말그룹 별로, 해당 단말그룹으로 그룹핑된 다수의 단말 각각에 대하여, 단말로 전송하게 될 신호가 다른 단말의 채널에서는 상기 다른 단말의 신호위상과 동일해 지도록 하는 프리코딩매트릭스를 생성한다(S120).

[0178] 전술과 같이 단말그룹1 및 단말그룹2 중 단말그룹1을 예로서 언급하여 설명하면, 본 발명에 따른 기지국장치

(100)의 동작 방법은, 다수의 단말1,2,3,4 중 특정 단말 즉 단말1에 대하여, 단말1로 전송하게 될 신호가 다수의 단말1,2,3,4 중 단말1을 제외한 다른 단말2,3,4의 채널에서는 다른 단말2,3,4의 신호위상과 동일해지도록 하

는 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 생성할 수 있다.

[0179] 이와 마찬가지로, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 다수의 단말1,2,3,4 중 특정 단말 즉 단말

2,3,4 각각에 대해서도 프리코딩매트릭스( $W_2, W_3, W_4$ )를 생성할 것이다.

[0180] 이하에서는, 특정 단말로서 다수의 단말1,2,3,4 중 단말1을 언급하여, 단말1에 대하여 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 생성하는 과정을 설명하면, 다음과 같다.

[0181] 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 다수의 단말1,2,3,4 각각의 신호위상에 기초하여, 특정 단말

즉 단말1로 전송하게 될 신호가 단말1 및 다른 단말2,3,4 각각에 미치는 신호세기  $b_{ji} = u \cdot e^{j2\pi\varphi_k}$ 를 확인한다.

[0182]  $b_{1,1}, b_{2,1}, b_{3,1}, b_{4,1}$

[0183] 예를 들어, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은,  $b_{1,1}(=H_1W_1s_1)$ 에 대하여 u로서 0부터 1 사이의

임의의 실수(예 : 0.4)를 결정하여, S110단계에서 확인한 단말1(j=1)의 신호위상  $\varphi_1 = \frac{\pi}{4}(45^\circ)$ 를 기초로 단말 1(i=1)로 전송하게 될 신호가 단말1(j=1) 미치는 신호세기  $b_{1,1} = 0.4e^{j\frac{\pi}{4}}$ 를 확인할 수 있다.

[0184] 또한, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은,  $b_{2,1}(=H_2W_1s_1)$ 에 대하여 u로서 0부터 1 사이의 임의

의 실수(예 : 0.7)를 결정하여, S110단계에서 확인한 단말2(j=2)의 신호위상  $\varphi_2 = \frac{\pi}{6}(30^\circ)$ 를 기초로 단말 1(i=1)로 전송하게 될 신호가 단말2(j=2) 미치는 신호세기  $b_{2,1} = 0.7e^{j\frac{\pi}{6}}$ 를 확인할 수 있다.

[0185] 또한, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은,  $b_{3,1}(=H_3W_1s_1)$ 에 대하여 u로서 0부터 1 사이의 임의

의 실수(예 : 0.2)를 결정하여, S110단계에서 확인한 단말3(j=3)의 신호위상  $\varphi_3 = -\frac{\pi}{3}(-60^\circ)$ 를 기초로 단말 1(i=1)로 전송하게 될 신호가 단말3(j=3) 미치는 신호세기  $b_{3,1} = 0.2e^{-j\frac{\pi}{3}}$ 를 확인할 수 있다.

[0186] 또한, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은,  $b_{4,1}(=H_4W_1s_1)$ 에 대하여 u로서 0부터 1 사이의 임의

의 실수(예 : 0.9)를 결정하여, S110단계에서 확인한 단말4(j=4)의 신호위상  $\varphi_4 = \frac{\pi}{2}(90^\circ)$ 를 기초로 단말



1(i=1)로 전송하게 될 신호가 단말4(j=4) 미치는 신호세기  $b_{4,1} = 0.9e^{j\frac{\pi}{2}}$  를 확인할 수 있다.

[0187] 이와 같이, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 단말1(i=1)로 전송하게 될 신호가 단말1 자신에게 미치는 신호( $b_{1,1}(=H_1W_1s_1)$ , j=1)의 신호세기  $b_{1,1} = 0.4e^{j\frac{\pi}{4}}$  및 다른 단말2,3,4 각각에 미치는 신호( $b_{j,1}(=H_jW_1s_1)$ , j=2,3,4)의 신호세기  $b_{2,1} = 0.7e^{j\frac{\pi}{6}}$ ,  $b_{3,1} = 0.2e^{-j\frac{\pi}{8}}$ ,  $b_{4,1} = 0.9e^{j\frac{\pi}{2}}$  를 확인하게 된다.

[0188] 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 전술과 같이 확인한 신호세기  $b_{1,1} = 0.4e^{j\frac{\pi}{4}}$ ,  $b_{2,1} = 0.7e^{j\frac{\pi}{6}}$ ,  $b_{3,1} = 0.2e^{-j\frac{\pi}{8}}$ ,  $b_{4,1} = 0.9e^{j\frac{\pi}{2}}$  및 다수의 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보를 기반으로, 특정 단말 즉 단말1

에 대한 특정 프리코딩매트릭스 즉 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 생성한다.

[0189] 보다 구체적으로 설명하면, 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보는, 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보를 기초로 구성되는 매트릭스, 즉  $N_t \times N_r$  채널 매트릭스인  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ ,  $H_4$ 이다.

[0190] 이에, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 전술과 같이 확인한 신호세기  $b_{1,1} = 0.4e^{j\frac{\pi}{4}}$ ,  $b_{2,1} = 0.7e^{j\frac{\pi}{6}}$ ,  $b_{3,1} = 0.2e^{-j\frac{\pi}{8}}$ ,  $b_{4,1} = 0.9e^{j\frac{\pi}{2}}$  를 이용하여 신호세기 매트릭스  $b_1 = [b_{1,1}, \dots, b_{4,1}]^T$  를 정의할 수 있다.

[0191] 또한, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 단말1,2,3,4 각각에 대한 채널정보 즉  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ ,  $H_4$ 를 이용하여  $H = [H_1, \dots, H_4]^T$  를 정의할 수 있다.

[0192] 이에, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은,  $b_1 = [b_{1,1}, \dots, b_{4,1}]^T$  및  $H = [H_1, \dots, H_4]^T$  를 기반으로, 특정 단말 즉 단말1에 대한 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 생성한다.

[0193] 예를 들면,  $b_i$  는 전술의 수식2와 같이 정의할 수 있고, 수식2를  $W_i$  에 대해 다시 정리한 수식3을 참조하면, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 전술한 수식4를 통해 단말1의 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 생성할 수 있다.

[0194] 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 전술과 마찬가지로, 단말1 외에도 단말2,3,4 각각에 대하여 프리코딩매트릭스( $W_2, W_3, W_4$ )를 생성할 수 있다.



[0195] 이후, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 기 설정된 송신전력 제한( $\text{trace}\{|W_k|^2\} \leq N_r$ )을 만족시

키기 위해, 전술의 수식3를 통해 생성(계산)한 프리코딩매트릭스( $W_1, W_2, W_3, W_4$ )를 정규화를 시키는 것이 바람직하다.

[0196] 단말1의 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 언급하여 정규화 과정을 설명하면 다음과 같다.

[0197] 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 수식4를 통해 단말1의 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 생성(계산)한 후, 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 해당 프리코딩매트릭스( $W_1$ )의 크기로 나누어 준다. 이때,  $W_1$ 의 크기는  $\sqrt{(b_1)^H(HH^H)^{-1}b_1}$ 이다. 따라서, 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 프리코딩매트릭스( $W_1$ )의 크기인  $\sqrt{(b_1)^H(HH^H)^{-1}b_1}$ 로 나눈 후에는, 프리코딩매트릭스( $W_1$ )의 크기가 1이 된다.

[0198] 이에, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 프리코딩매트릭스( $W_1$ )의 크기인  $\sqrt{(b_1)^H(HH^H)^{-1}b_1}$ 로 나눈 후  $\sqrt{\frac{N_r}{K}}$ 를 곱해주어, 그 결과로서의 프리코딩매트릭스( $W_1$ )가 송신전력 제한  $|W_1|^2 = \frac{N_r}{K}$ 를 만족하도록 할 수 있다.

[0199] 이와 같은 방식으로, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 프리코딩매트릭스( $W_1, W_2, W_3, W_4$ )를 정규화를 시킬 수 있다.

[0200] 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 전술과 같이 S120단계에서 다수의 단말1,2,3,4 각각에 대한 프리코딩매트릭스( $W_1, W_2, W_3, W_4$ )가 생성(정규화)되면, 다수의 단말1,2,3,4 각각으로 전송하는 신호에 각 프리코딩매트릭스( $W_1, W_2, W_3, W_4$ )를 반영한다(S130).

[0201] 즉, 본 발명에 따른 기지국장치(100)의 동작 방법은, 단말1로 전송하는 신호에 프리코딩매트릭스( $W_1$ )를 곱하여 송신하고, 단말2로 전송하는 신호에 프리코딩매트릭스( $W_2$ )를 곱하여 송신하고, 단말3으로 전송하는 신호에 프리코딩매트릭스( $W_3$ )를 곱하여 송신하고, 단말4로 전송하는 신호에 프리코딩매트릭스( $W_4$ )를 곱하여 송신한다.

[0202] 이에, 본 발명의 기지국장치(100)에서 생성 및 정규화된 프리코딩매트릭스( $W_1, W_2, W_3, W_4$ )를 반영하여 단말

1,2,3,4의 신호를 송신하였을 때, k번째 단말(k=1,2,3,4)에서 수신하게 되는 신호는 전술의 수식5와 같이 나타낼 수 있다.

[0203] 이때, 다수의 단말1,2,3,4 별로 생성된 프리코딩매트릭스( $W_1, W_2, W_3, W_4$ )는, 해당 단말로 전송하게 될 신호가 다른 단말의 채널에서는 다른 단말의 신호위상과 동일해지도록 생성되어 있기 때문에, 이러한 프리코딩매트릭스( $W_1, W_2, W_3, W_4$ )가 반영(곱)되어 송신되는 단말1,2,3,4 각각의 신호는, 자신이 아닌 다른 단말의 신호에 간섭이 아닌 신호세기의 보강으로 작용될 것이다.

[0204] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에 따른 기지국장치의 동작 방법은, MU-MIMO 환경에서, 단말 간의 신호 간섭을 해결할 뿐 아니라, 간섭으로 작용하던 신호가 신호세기 보강으로 작용될 수 있도록 하는 효과를 도출한다.

[0205] 본 발명의 일실시예에 따른 기지국장치의 동작 방법은, 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0206] 지금까지 본 발명을 바람직한 실시 예를 참조하여 상세히 설명하였지만, 본 발명이 상기한 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 이하의 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 또는 수정이 가능한 범위까지 본 발명의 기술적 사상이 미친다 할 것이다.

### 산업상 이용가능성

[0207] 본 발명에 따른 기지국장치 및 기지국장치의 동작 방법에 따르면, MU-MIMO 환경에서, 단말 간의 신호 간섭을 해결할 뿐 아니라, 간섭으로 작용하던 신호가 신호세기 보강으로 작용될 수 있도록 하는 점에서, 기존 기술의 한계를 뛰어 넘음에 따라 관련 기술에 대한 이용만이 아닌 적용되는 장치의 시판 또는 영업의 가능성이 충분할 뿐만 아니라 현실적으로 명백하게 실시할 수 있는 정도이므로 산업상 이용가능성이 있는 발명이다.

### 부호의 설명

[0208] 1,2...7 : 단말

100 : 기지국장치

110 : 그룹핑부

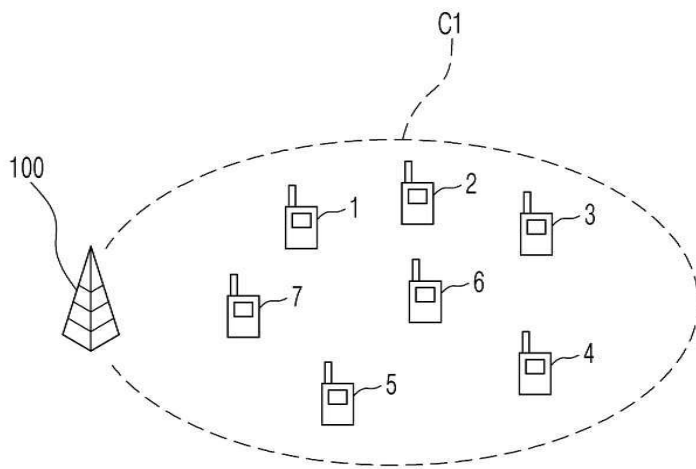
120 : 위상확인부

130 : 프리코딩매트릭스생성부

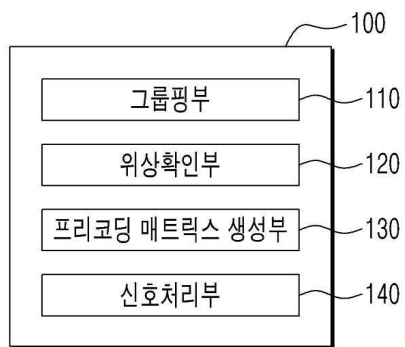
140 : 신호처리부

도면

도면1



도면2



도면3

