



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0037755
(43) 공개일자 2015년04월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/04 (2006.01) H04B 7/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7035132
(22) 출원일자(국제) 2013년07월08일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년12월15일
(86) 국제출원번호 PCT/KR2013/006040
(87) 국제공개번호 WO 2014/007591
국제공개일자 2014년01월09일
(30) 우선권주장
61/668,451 2012년07월06일 미국(US)

(71) 출원인
엘지전자 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)
(72) 발명자
김영태
경기도 안양시 동안구 흥안대로81번길 77, 엘지전자 특허센터 (호계동)
김기준
경기도 안양시 동안구 흥안대로81번길 77, 엘지전자 특허센터 (호계동)
박중현
경기도 안양시 동안구 흥안대로81번길 77, 엘지전자 특허센터 (호계동)
(74) 대리인
김용인, 방해철

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템에서 하향링크 신호를 수신 또는 전송하기 위한 방법 및 이를 위한 장치

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 단말이 하향링크 신호를 수신하기 위한 방법에 있어서, 상기 방법은 특정 기지국의 N개의 안테나 중 M개의 안테나(N>M, N과 M은 모두 양의 정수)를 선택하기 위한 안테나 선택 인덱스와 상기 M개의 안테나에 적합한 프리코딩 매트릭스 지시자(precoding matrix indicator; PMI)를 서빙 기지국으로 전송하는 단계; 및 상기 안테나 선택 인덱스와 상기 프리코딩 매트릭스 지시자에 기반하여 결정된 프리코딩 매트릭스를 이용하여 프리코딩이 수행된 하향링크 신호를 상기 특정 기지국으로부터 수신하는 단계를 포함하고, 상기 안테나 선택 인덱스는 상기 특정 기지국의 N개의 안테나 중 적어도 하나를 선택하기 위한 모든 안테나 선택 벡터 또는 상기 모든 안테나 선택 벡터의 부분 집합(subset)으로 구성된 안테나 선택 코드북에 속한 안테나 선택 벡터 중 하나를 지시할 수 있다.

명세서

청구범위

청구항 1

무선 통신 시스템에서 단말이 하향링크 신호를 수신하기 위한 방법에 있어서,

특정 기지국의 N개의 안테나 중 M개의 안테나(N>M, N과 M은 모두 양의 정수)를 선택하기 위한 안테나 선택 인덱스와 상기 M개의 안테나에 적합한 프리코딩 매트릭스 지시자(precoding matrix indicator; PMI)를 서빙 기지국으로 전송하는 단계; 및

상기 안테나 선택 인덱스와 상기 프리코딩 매트릭스 지시자에 기반하여 결정된 프리코딩 매트릭스를 이용하여 프리코딩이 수행된 하향링크 신호를 상기 특정 기지국으로부터 수신하는 단계를 포함하고,

상기 안테나 선택 인덱스는 상기 특정 기지국의 N개의 안테나 중 적어도 하나를 선택하기 위한 모든 안테나 선택 벡터 또는 상기 모든 안테나 선택 벡터의 부분 집합(subset)으로 구성된 안테나 선택 코드북에 속한 안테나 선택 벡터 중 하나를 지시하는 것을 특징으로 하는, 하향링크 신호 수신 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 전송하는 단계는:

상기 N개의 안테나에 적합한 PMI를 상기 서빙 기지국으로 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 하향링크 신호 수신 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 M이 상기 N의 약수인 경우 상기 프리코딩 매트릭스(PM_{new})는 다음과 같이 결정되며,

$$PM_{new} = A_1 \times PM_1,$$

여기서, A_1 는 $diag(a)$ 에서 제로(0) 벡터인 열을 제거한 매트릭스고, $diag(a)$ 는 상기 안테나 선택 인덱스가 지시하는 안테나 선택 벡터 a 의 원소들을 대각 원소 값으로 갖는 대각 매트릭스고, PM_1 은 상기 M개의 안테나에 적합한 PMI에 의해 지시되는 프리코딩 매트릭스인 것을 특징으로 하는, 하향링크 신호 수신 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 M이 상기 N의 약수가 아닌 경우 상기 프리코딩 매트릭스(PM_{new})는 다음과 같이 결정되며,

$$PM_{new} = M \times A_2 \times PM_2,$$

여기서, A_2 는 $diag(a)$ 에 해당하며, $diag(a)$ 는 상기 안테나 선택 인덱스가 지시하는 안테나 선택 벡터 a 의 원소들을 대각 원소 값으로 갖는 대각 매트릭스고, PM_2 는 상기 M개의 안테나에 적합한 PMI에 의해 지시되는 프리코딩 매트릭스이며, M 은 노말라이즈 값인 것을 특징으로 하는, 하향링크 신호 수신 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

$$M = \sqrt{\frac{E\{tr(PM_2^H \times PM_2)\}}{E\{tr(PM_2^H \times A_2^H \times A_2 \times PM_2)\}}} \text{ 이고,}$$

여기서, $E\{\}$ 는 평균값을 나타내며, $tr()$ 은 대각 원소의 합을 나타내고, H 는 에리미트(Hermit) 행렬을 나타내는 것을 특징으로 하는, 하향링크 신호 수신 방법.

청구항 6

무선 통신 시스템에서 기지국에서 하향링크 신호를 전송하기 위한 방법에 있어서,

상기 기지국의 N개의 안테나 중 M개의 안테나(N>M, N과 M은 모두 양의 정수)를 선택하기 위한 안테나 선택 인덱스와 상기 M개의 안테나에 적합한 프리코딩 매트릭스 지시자(precoding matrix indicator; PMI)를 단말로부터 또는 다른 기지국으로부터 수신하는 단계;

상기 안테나 선택 인덱스와 상기 프리코딩 매트릭스 지시자에 기반하여 프리코딩 매트릭스를 결정하는 단계; 및
상기 결정된 프리코딩 매트릭스를 이용하여 프리코딩된 하향링크 신호를 상기 단말로 전송하는 단계를 포함하고,

상기 안테나 선택 인덱스는 상기 기지국의 N개의 안테나 중 적어도 하나를 선택하기 위한 모든 안테나 선택 벡터 또는 상기 모든 안테나 선택 벡터의 부분 집합(subset)으로 구성된 안테나 선택 코드북에 속한 안테나 선택 벡터 중 하나를 지시하는 것을 특징으로 하는, 하향링크 신호 전송 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 수신하는 단계는:

상기 N개의 안테나에 적합한 PMI를 상기 단말 또는 상기 다른 기지국으로부터 수신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 하향링크 신호 전송 방법.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 M이 상기 N의 약수인 경우 상기 프리코딩 매트릭스(PM_{new})는 다음과 같이 결정되며,

$$PM_{new} = A_1 \times PM_1,$$

여기서, A₁는 diag(a)에서 제로(0) 벡터인 열을 제거한 매트릭스고, diag(a)는 상기 안테나 선택 인덱스가 지시하는 안테나 선택 벡터 a의 원소들을 대각 원소 값으로 갖는 대각 매트릭스고, PM₁은 상기 M개의 안테나에 적합한 PMI에 의해 지시되는 프리코딩 매트릭스인 것을 특징으로 하는, 하향링크 신호 전송 방법.

청구항 9

제6항에 있어서, 상기 M이 상기 N의 약수가 아닌 경우 상기 프리코딩 매트릭스(PM_{new})는 다음과 같이 결정되며,

$$PM_{new} = M \times A_2 \times PM_2,$$

여기서, A₂는 diag(a)에 해당하며, diag(a)는 상기 안테나 선택 인덱스가 지시하는 안테나 선택 벡터 a의 원소들을 대각 원소 값으로 갖는 대각 매트릭스고, PM₂는 상기 M개의 안테나에 적합한 PMI에 의해 지시되는 프리코딩 매트릭스이며, M은 노말라이즈 값인 것을 특징으로 하는, 하향링크 신호 전송 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

$$M = \sqrt{\frac{E\{tr(PM_2^H \times PM_2)\}}{E\{tr(PM_2^H \times A_2^H \times A_2 \times PM_2)\}}} \text{ 이고,}$$

여기서, E{ }는 평균값을 나타내며, tr()은 대각 원소의 합을 나타내고, ^H는 에리미트(Hermit) 행렬을 나타내는 것을 특징으로 하는, 하향링크 신호 전송 방법.

청구항 11

무선 통신 시스템에서 하향링크 신호를 수신하도록 구성된 단말에 있어서,

무선 주파수(radio frequency, RF) 유닛; 및

상기 RF 유닛을 제어하도록 구성된 프로세서를 포함하되,

상기 프로세서는:

특정 기지국의 N개의 안테나 중 M개의 안테나($N > M$, N과 M은 모두 양의 정수)를 선택하기 위한 안테나 선택 인덱스와 상기 M개의 안테나에 적합한 프리코딩 매트릭스 지시자(precoding matrix indicator; PMI)를 서빙 기지국으로 전송하고, 상기 안테나 선택 인덱스와 상기 프리코딩 매트릭스 지시자에 기반하여 결정된 프리코딩 매트릭스를 이용하여 프리코딩이 수행된 하향링크 신호를 상기 특정 기지국으로부터 수신하도록 구성되며,

상기 안테나 선택 인덱스는 상기 특정 기지국의 N개의 안테나 중 적어도 하나를 선택하기 위한 모든 안테나 선택 벡터 또는 상기 모든 안테나 선택 벡터의 부분 집합(subset)으로 구성된 안테나 선택 코드북에 속한 안테나 선택 벡터 중 하나를 지시하는 것을 특징으로 하는, 단말.

청구항 12

무선 통신 시스템에서 하향링크 신호를 수신하도록 구성된 기지국에 있어서,

무선 주파수(radio frequency, RF) 유닛; 및

상기 RF 유닛을 제어하도록 구성된 프로세서를 포함하되,

상기 프로세서는:

상기 기지국의 N개의 안테나 중 M개의 안테나($N > M$, N과 M은 모두 양의 정수)를 선택하기 위한 안테나 선택 인덱스와 상기 M개의 안테나에 적합한 프리코딩 매트릭스 지시자(precoding matrix indicator; PMI)를 단말로부터 또는 다른 기지국으로부터 수신하고, 상기 안테나 선택 인덱스와 상기 프리코딩 매트릭스 지시자에 기반하여 프리코딩 매트릭스를 결정하며, 상기 결정된 프리코딩 매트릭스를 이용하여 프리코딩된 하향링크 신호를 상기 단말로 전송하도록 구성되며,

상기 안테나 선택 인덱스는 상기 기지국의 N개의 안테나 중 적어도 하나를 선택하기 위한 모든 안테나 선택 벡터 또는 상기 모든 안테나 선택 벡터의 부분 집합(subset)으로 구성된 안테나 선택 코드북에 속한 안테나 선택 벡터 중 하나를 지시하는 것을 특징으로 하는, 기지국.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 무선 통신 시스템에 관한 것으로서, 구체적으로 무선 통신 시스템에서 하향링크 신호를 수신 또는 전송하기 위한 방법 및 이를 위한 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기기간(Machine-to-Machine, M2M) 통신과, 높은 데이터 전송량을 요구하는 스마트폰, 태블릿 PC 등의 다양한 장치 및 기술이 출현 및 보급되고 있다. 이에 따라, 셀룰러 망에서 처리될 것이 요구되는 데이터 양이 매우 빠르게 증가하고 있다. 이와 같이 빠르게 증가하는 데이터 처리 요구량을 만족시키기 위해, 더 많은 주파수 대역을 효율적으로 사용하기 위한 반송파 집성(carrier aggregation) 기술, 인지무선(cognitive radio) 기술 등과, 한정된 주파수 내에서 전송되는 데이터 용량을 높이기 위한 다중 안테나 기술, 다중 기지국 협력 기술 등이 발전하고 있다. 또한, 사용자기기가 주변에서 액세스할 수 있는 노드의 밀도가 높아지는 방향으로 통신 환경이 진화하고 있다. 노드라 함은 하나 이상의 안테나를 구비하여 사용자기기와 무선 신호를 전송/수신할 수 있는 고정된 지점(point)을 말한다. 높은 밀도의 노드를 구비한 통신 시스템은 노드들 간의 협력에 의해 더 높은 성능의 통신 서비스를 사용자기기에 제공할 수 있다.

[0003] 복수의 노드에서 동일한 시간-주파수 자원을 이용하여 사용자기기와 통신을 수행하는 이러한 다중 노드 협력 통신 방식은 각 노드가 독립적인 기지국으로 동작하여 상호 협력 없이 사용자기기와 통신을 수행하는 기존의 통신 방식보다 데이터 처리량에 있어서 훨씬 우수한 성능을 갖는다.

[0004] 다중 노드 시스템은 각 노드가, 기지국 혹은 액세스 포인트, 안테나, 안테나 그룹, 무선 리모트 헤드(radio remote header, RRH), 무선 리모트 유닛(radio remote unit, RRU)로서 동작하는, 복수의 노드를 사용하여 협력 통신을 수행한다. 안테나들이 기지국에 집중되어 위치해 있는 기존의 중앙 집중형 안테나 시스템과 달리, 다중 노드 시스템에서 상기 복수의 노드는 통상 일정 간격 이상으로 떨어져 위치한다. 상기 복수의 노드는 각 노드의 동작을 제어하거나, 각 노드를 통해 송/수신될 데이터를 스케줄링하는 하나 이상의 기지국 혹은 기지국 컨트롤

러(controller)에 의해 관리될 수 있다. 각 노드는 해당 노드를 관리하는 기지국 혹은 기지국 컨트롤러와 케이블 혹은 전용 회선(dedicated line)을 통해 연결된다.

[0005] 이러한 다중 노드 시스템은 분산된 노드들이 동시에 서로 다른 스트림을 송/수신하여 단일 또는 다수의 사용자 기기와 통신할 수 있다는 점에서 일종의 MIMO(multiple input multiple output) 시스템으로 볼 수 있다. 다만, 다중 노드 시스템은 다양한 위치에 분산된 노드들을 이용하여 신호를 전송하므로, 기존의 중앙 집중형 안테나 시스템에 구비된 안테나들에 비해, 각 안테나가 커버해야 하는 전송 영역이 축소된다. 따라서, 중앙 집중형 안테나 시스템에서 MIMO 기술을 구현하던 기존 시스템에 비해, 다중 노드 시스템에서는 각 안테나가 신호를 전송하는 데 필요한 전송 전력이 감소될 수 있다. 또한, 안테나와 사용자기기 간의 전송 거리가 단축되므로 경로 손실이 감소되며, 데이터의 고속 전송이 가능하게 된다. 이에 따라, 셀룰러 시스템의 전송 용량 및 전력 효율이 높아질 수 있으며, 셀 내의 사용자기기의 위치에 상관없이 상대적으로 균일한 품질의 통신 성능이 만족될 수 있다. 또한, 다중 노드 시스템에서는, 복수의 노드들에 연결된 기지국(들) 혹은 기지국 컨트롤러(들)이 데이터 전송/수신에 협력하므로, 전송 과정에서 발생하는 신호 손실이 감소된다. 또한, 일정 거리 이상 떨어져 위치한 노드들이 사용자기기와 협력 통신을 수행하는 경우, 안테나들 사이의 상관도(correlation) 및 간섭이 줄어들게 된다. 따라서, 다중 노드 협력 통신 방식에 의하면, 높은 신호 대 잡음비(signal to interference-plus-noise ratio, SINR)이 얻어질 수 있다.

[0006] 이와 같은 다중 노드 시스템의 장점 때문에, 차세대 이동 통신 시스템에서 기지국 증설 비용과 백홀(backhaul) 망의 유지 비용을 줄이는 동시에, 서비스 커버리지의 확대와 채널용량 및 SINR의 향상을 위해, 다중 노드 시스템이 기존의 중앙집중형 안테나 시스템과 병행 혹은 대체하여 셀룰러 통신의 새로운 기반으로 대두되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 무선 통신 시스템에서 하향링크 신호를 효율적으로 수신 또는 전송하기 위한 방안을 제안하고자 한다.

[0008] 또한, 본 발명은 LTE(-A) 시스템에서 기정의된 코드북 기반 프리코딩에 대한 유연성을 제공하기 위한 방안을 제안하고자 한다.

[0009] 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 상기 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 단말이 하향링크 신호를 수신하기 위한 방법에 있어서, 상기 방법은 특정 기지국의 N 개의 안테나 중 M 개의 안테나(N>M, N 과 M 은 모두 양의 정수)를 선택하기 위한 안테나 선택 인덱스와 상기 M 개의 안테나에 적합한 프리코딩 매트릭스 지시자(precoding matrix indicator; PMI)를 서빙 기지국으로 전송하는 단계; 및 상기 안테나 선택 인덱스와 상기 프리코딩 매트릭스 지시자에 기반하여 결정된 프리코딩 매트릭스를 이용하여 프리코딩이 수행된 하향링크 신호를 상기 특정 기지국으로부터 수신하는 단계를 포함하고, 상기 안테나 선택 인덱스는 상기 특정 기지국의 N 개의 안테나 중 적어도 하나를 선택하기 위한 모든 안테나 선택 벡터 또는 상기 모든 안테나 선택 벡터의 부분 집합(subset)으로 구성된 안테나 선택 코드북에 속한 안테나 선택 벡터 중 하나를 지시할 수 있다.

[0011] 바람직하게는, 상기 전송하는 단계는: 상기 N개의 안테나에 적합한 PMI를 상기 서빙 기지국으로 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 바람직하게는, 상기 M 이 상기 N 의 약수인 경우 상기 프리코딩 매트릭스(PM_{new})는 다음과 같이 결정되며, PM_{new}= A1×PM1, 여기서, A1 는 diag(a)에서 제0(0) 벡터인 열을 제거한 매트릭스고, diag(a)는 상기 안테나 선택 인덱스가 지시하는 안테나 선택 벡터 a의 원소들을 대각 원소 값으로 갖는 대각 매트릭스고, PM1 은 상기 M 개의 안테나에 적합한 PMI 에 의해 지시되는 프리코딩 매트릭스일 수 있다.

[0013] 바람직하게는, 상기 M 이 상기 N 의 약수가 아닌 경우 상기 프리코딩 매트릭스(PM_{new})는 다음과 같이 결정되며, PM_{new}= M×A2×PM2, 여기서, A2 는 diag(a)에 해당하며, diag(a)는 상기 안테나 선택 인덱스가 지시하는 안테나 선택 벡터 a 의 원소들을 대각 원소 값으로 갖는 대각 매트릭스고, PM2 는 상기 M 개의 안테나에 적합한 PMI 에

의해 지시되는 프리코딩 매트릭스이며, M 은 노말라이즈 값일 수 있다.

[0014]
$$M = \sqrt{\frac{E\{tr(PM_2^H \times PM_2)\}}{E\{tr(PM_2^H \times A_2^H \times A_2 \times PM_2)\}}}$$
 이고, 여기서, E{}는 평균값을 나타내며, tr()은 대각 원소의 합을 나타내고, H 는 에리미트(Hermit) 행렬을 나타낼 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 기지국에서 하향링크 신호를 전송하기 위한 방법에 있어서, 상기 방법은 상기 기지국의 N 개의 안테나 중 M 개의 안테나(N>M, N 과 M 은 모두 양의 정수)를 선택하기 위한 안테나 선택 인덱스와 상기 M 개의 안테나에 적합한 프리코딩 매트릭스 지시자(precoding matrix indicator; PMI)를 단말로부터 또는 다른 기지국으로부터 수신하는 단계; 상기 안테나 선택 인덱스와 상기 프리코딩 매트릭스 지시자에 기반하여 프리코딩 매트릭스를 결정하는 단계; 및 상기 결정된 프리코딩 매트릭스를 이용하여 프리코딩된 하향링크 신호를 상기 단말로 전송하는 단계를 포함하고, 상기 안테나 선택 인덱스는 상기 기지국의 N 개의 안테나 중 적어도 하나를 선택하기 위한 모든 안테나 선택 벡터 또는 상기 모든 안테나 선택 벡터의 부분 집합(subset)으로 구성된 안테나 선택 코드북에 속한 안테나 선택 벡터 중 하나를 지시할 수 있다.

[0016] 바람직하게는, 상기 수신하는 단계는 상기 N 개의 안테나에 적합한 PMI 를 상기 단말 또는 상기 다른 기지국으로부터 수신하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 바람직하게는, 상기 M 이 상기 N 의 약수인 경우 상기 프리코딩 매트릭스(PMnew)는 다음과 같이 결정되며, PMnew= A1×PM1, 여기서, A1 는 diag(a)에서 제로(0) 벡터인 열을 제거한 매트릭스고, diag(a)는 상기 안테나 선택 인덱스가 지시하는 안테나 선택 벡터 a의 원소들을 대각 원소 값으로 갖는 대각 매트릭스고, PMI 은 상기 M 개의 안테나에 적합한 PMI 에 의해 지시되는 프리코딩 매트릭스일 수 있다.

[0018] 바람직하게는, 상기 M 이 상기 N 의 약수가 아닌 경우 상기 프리코딩 매트릭스(PMnew)는 다음과 같이 결정되며, PMnew= M×A2×PM2, 여기서, A2 는 diag(a)에 해당하며, diag(a)는 상기 안테나 선택 인덱스가 지시하는 안테나 선택 벡터 a 의 원소들을 대각 원소 값으로 갖는 대각 매트릭스고, PM2 는 상기 M 개의 안테나에 적합한 PMI 에 의해 지시되는 프리코딩 매트릭스이며, M 은 노말라이즈 값일 수 있다.

[0019]
$$M = \sqrt{\frac{E\{tr(PM_2^H \times PM_2)\}}{E\{tr(PM_2^H \times A_2^H \times A_2 \times PM_2)\}}}$$
 이고, 여기서, E{}는 평균값을 나타내며, tr()은 대각 원소의 합을 나타내고, H 는 에리미트(Hermit) 행렬을 나타낼 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 하향링크 신호를 수신하도록 구성된 단말에 있어서, 상기 단말은 무선 주파수(radio frequency, RF) 유닛; 및 상기 RF 유닛을 제어하도록 구성된 프로세서를 포함하되, 상기 프로세서는 특정 기지국의 N 개의 안테나 중 M 개의 안테나(N>M, N 과 M 은 모두 양의 정수)를 선택하기 위한 안테나 선택 인덱스와 상기 M 개의 안테나에 적합한 프리코딩 매트릭스 지시자(precoding matrix indicator; PMI)를 서빙 기지국으로 전송하고, 상기 안테나 선택 인덱스와 상기 프리코딩 매트릭스 지시자에 기반하여 결정된 프리코딩 매트릭스를 이용하여 프리코딩이 수행된 하향링크 신호를 상기 특정 기지국으로부터 수신하도록 구성되며, 상기 안테나 선택 인덱스는 상기 특정 기지국의 N 개의 안테나 중 적어도 하나를 선택하기 위한 모든 안테나 선택 벡터 또는 상기 모든 안테나 선택 벡터의 부분 집합(subset)으로 구성된 안테나 선택 코드북에 속한 안테나 선택 벡터 중 하나를 지시할 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 하향링크 신호를 수신하도록 구성된 기지국에 있어서, 상기 기지국은 무선 주파수(radio frequency, RF) 유닛; 및 상기 RF 유닛을 제어하도록 구성된 프로세서를 포함하되, 상기 프로세서는 상기 기지국의 N 개의 안테나 중 M 개의 안테나(N>M, N 과 M 은 모두 양의 정수)를 선택하기 위한 안테나 선택 인덱스와 상기 M 개의 안테나에 적합한 프리코딩 매트릭스 지시자(precoding matrix indicator; PMI)를 단말로부터 또는 다른 기지국으로부터 수신하고, 상기 안테나 선택 인덱스와 상기 프리코딩 매트릭스 지시자에 기반하여 프리코딩 매트릭스를 결정하며, 상기 결정된 프리코딩 매트릭스를 이용하여 프리코딩된 하향링크 신호를 상기 단말로 전송하도록 구성되며, 상기 안테나 선택 인덱스는 상기 기지국의 N 개의 안테나 중 적어도 하나를 선택하기 위한 모든 안테나 선택 벡터 또는 상기 모든 안테나 선택 벡터의 부분 집합(subset)으로 구성된 안테나 선택 코드북에 속한 안테나 선택 벡터 중 하나를 지시할 수 있다.

[0022] 상기 과제 해결방법들은 본 발명의 실시예들 중 일부에 불과하며, 본원 발명의 기술적 특징들이 반영된 다양한 실시예들이 당해 기술분야의 통상적인 지식을 가진 자에 의해 이하 상술할 본 발명의 상세한 설명을 기반으로

도출되고 이해될 수 있다.

발명의 효과

- [0023] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 본 발명은 무선 통신 시스템에서 하향링크 신호를 효율적으로 수신 또는 전송할 수 있다.
- [0024] 또한, 본 발명은 LTE(-A) 시스템에서 기정의된 코드북 기반 프리코딩에 대한 유연성을 제공할 수 있다.
- [0025] 본 발명에서 얻은 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 본 발명에 관한 이해를 돕기 위해 상세한 설명의 일부로 포함되는, 첨부 도면은 본 발명에 대한 실시예를 제공하고, 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 설명한다.
 - 도 1 무선 통신 시스템에서 사용되는 무선 프레임 구조의 일 예를 나타낸 것이다.
 - 도 2 는 무선 통신 시스템에서 하향링크/상향링크(DL/UL) 슬롯 구조의 일례를 나타낸 것이다.
 - 도 3 은 3GPP LTE/LTE-A 시스템에서 사용되는 하향링크(downlink, DL) 서브프레임 구조를 예시한 것이다.
 - 도 4 는 3GPP LTE/LTE-A 시스템에서 사용되는 상향링크(uplink, UL) 서브프레임 구조의 일례를 나타낸 것이다.
 - 도 5 는 3GPP LTE/LTE-A 시스템에서 사용되는 MIMO(Multi-Input Multi-Output) 블록도를 도시한다.
 - 도 6 은 코드북 기반 프리코딩 동작을 설명한다.
 - 도 7 은 CoMP (Coordinated Multiple Point transmission and reception) 동작이 적용된 무선 통신 시스템의 예를 도시한다.
 - 도 8 은 3D-MIMO 기법의 예를 도시한다.
 - 도 9 는 본 발명의 실시예(들)에 따른 동작을 도시한다.
 - 도 10 은 본 발명의 실시예(들)에 따른 동작을 도시한다.
 - 도 11 은 본 발명의 실시예(들)에 따른 동작을 도시한다.
 - 도 12 는 본 발명의 실시예(들)에 따른 동작을 도시한다.
 - 도 13 은 본 발명의 실시예(들)을 구현하기 위한 장치의 블록도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] **발명의 실시를 위한 형태**
- [0028] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시 형태를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부된 도면과 함께 이하에 개시될 상세한 설명은 본 발명의 예시적인 실시형태를 설명하고자 하는 것이며, 본 발명이 실시될 수 있는 유일한 실시형태를 나타내고자 하는 것이 아니다. 이하의 상세한 설명은 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해서 구체적 세부사항을 포함한다. 그러나, 당업자는 본 발명이 이러한 구체적 세부사항 없이도 실시될 수 있음을 안다.
- [0029] 몇몇 경우, 본 발명의 개념이 모호해지는 것을 피하기 위하여 공지의 구조 및 장치는 생략되거나, 각 구조 및 장치의 핵심기능을 중심으로 한 블록도 형식으로 도시될 수 있다. 또한, 본 명세서 전체에서 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하여 설명한다.
- [0030] 본 발명에 있어서, 사용자기기(user equipment, UE)는 고정되거나 이동성을 가질 수 있으며, 기지국(base station, BS)와 통신하여 사용자데이터 및/또는 각종 제어정보를 송수신하는 각종 기기들이 이에 속한다. UE 는 단말(Terminal Equipment), MS(Mobile Station), MT(Mobile Terminal), UT(User Terminal), SS(Subscribe Station), 무선기기(wireless device), PDA(Personal Digital Assistant), 무선 모뎀(wireless modem), 휴대기기(handheld device) 등으로 불릴 수 있다. 또한, 본 발명에 있어서, BS 는 일반적으로 UE 및/또는 다른 BS 와

통신하는 고정국(fixed station)을 말하며, UE 및 타 BS 와 통신하여 각종 데이터 및 제어정보를 교환한다. BS 는 ABS(Advanced Base Station), NB(Node-B), eNB(evolved-NodeB), BTS(Base Transceiver System), 액세스 포인트(Access Point), PS(Processing Server) 등 다른 용어로 불릴 수 있다. 이하의 본 발명에 관한 설명에서는, BS 를 eNB 로 통칭한다.

[0031]

본 발명에서 노드(node)라 함은 사용자기기와 통신하여 무선 신호를 전송/수신할 수 있는 고정된 지점(point)을 말한다. 다양한 형태의 eNB 들이 그 명칭에 관계없이 노드로서 이용될 수 있다. 예를 들어, BS, NB, eNB, 피코-셀 eNB(PeNB), 홈 eNB(HeNB), 릴레이, 리피터 등이 노드가 될 수 있다. 또한, 노드는 eNB 가 아니어도 될 수 있다. 예를 들어, 무선 리모트 헤드(radio remote head, RRH), 무선 리모트 유닛(radio remote unit, RRU)가 될 수 있다. RRH, RRU 등은 일반적으로 eNB 의 전력 레벨(power level) 보다 낮은 전력 레벨을 갖는다. RRH 혹은 RRU 이하, RRH/RRU는 일반적으로 광 케이블 등의 전용 회선(dedicated line)으로 eNB 에 연결되어 있기 때문에, 일반적으로 무선 회선으로 연결된 eNB 들에 의한 협력 통신에 비해, RRH/RRU 와 eNB 에 의한 협력 통신이 원활하게 수행될 수 있다. 일 노드에는 최소 하나의 안테나가 설치된다. 상기 안테나는 물리 안테나를 의미할 수도 있으며, 안테나 포트, 가상 안테나, 또는 안테나 그룹을 의미할 수도 있다. 노드는 포인트(point)라고 불리기도 한다. 안테나들이 기지국에 집중되어 위치하여 하나의 eNB 컨트롤러(controller)에 의해 제어되는 기존의(conventional) 중앙 집중형 안테나 시스템(centralized antenna system, CAS)(즉, 단일 노드 시스템)과 달리, 다중 노드 시스템에서 복수의 노드는 통상 일정 간격 이상으로 떨어져 위치한다. 상기 복수의 노드는 각 노드의 동작을 제어하거나, 각 노드를 통해 송/수신될 데이터를 스케줄링(scheduling)하는 하나 이상의 eNB 혹은 eNB 컨트롤러에 의해 관리될 수 있다. 각 노드는 해당 노드를 관리하는 eNB 혹은 eNB 컨트롤러와 케이블(cable) 혹은 전용 회선(dedicated line)을 통해 연결될 수 있다. 다중 노드 시스템에서, 복수의 노드들로부터의 통한 신호 전송/수신에는 동일한 셀 식별자(identity, ID)가 이용될 수도 있고 서로 다른 셀 ID 가 이용될 수도 있다. 복수의 노드들이 동일한 셀 ID 를 갖는 경우, 상기 복수의 노드 각각은 하나의 셀의 일부 안테나 집단처럼 동작한다. 다중 노드 시스템에서 노드들이 서로 다른 셀 ID 를 갖는다면, 이러한 다중 노드 시스템은 다중 셀(예를 들어, 매크로-셀/매크로-셀/피코-셀) 시스템이라고 볼 수 있다. 복수의 노드들 각각이 형성한 다중 셀들이 커버리지에 따라 오버레이되는 형태로 구성되면, 상기 다중 셀들이 형성한 네트워크를 특히 다중-계층(multi-tier) 네트워크라 부른다. RRH/RRU 의 셀 ID 와 eNB 의 셀 ID 는 동일할 수도 있고 다를 수도 있다. RRH/RRU 가 eNB 가 서로 다른 셀 ID 를 사용하는 경우, RRH/RRU 와 eNB 는 모두 독립적인 기지국으로서 동작하게 된다.

[0032]

이하에서 설명될 본 발명의 다중 노드 시스템에서, 복수의 노드와 연결된 하나 이상의 eNB 혹은 eNB 컨트롤러가 상기 복수의 노드 중 일부 또는 전부를 통해 UE 에 동시에 신호를 전송 혹은 수신하도록 상기 복수의 노드를 제어할 수 있다. 각 노드의 실체, 각 노드의 구현 형태 등에 따라 다중 노드 시스템들 사이에는 차이점이 존재하지만, 복수의 노드가 함께 소정 시간-주파수 자원 상에서 UE 에 통신 서비스를 제공하는 데 참여한다는 점에서, 이들 다중 노드 시스템들은 단일 노드 시스템(예를 들어, CAS, 종래의 MIMO 시스템, 종래의 중계 시스템, 종래의 리피터 시스템 등)과 다르다. 따라서, 복수의 노드들 중 일부 또는 전부를 사용하여 데이터 협력 전송을 수행하는 방법에 관한 본 발명의 실시예들은 다양한 종류의 다중 노드 시스템에 적용될 수 있다. 예를 들어, 노드는 통상 타 노드와 일정 간격 이상으로 떨어져 위치한 안테나 그룹을 일컫지만, 후술하는 본 발명의 실시예들은 노드가 간격에 상관없이 임의의 안테나 그룹을 의미하는 경우에도 적용될 수 있다. 예를 들어, X-pol(Cross polarized) 안테나를 구비한 eNB 의 경우, 상기 eNB 가 H-pol 안테나로 구성된 노드와 V-pol 안테나로 구성된 노드를 제어한다고 보고 본 발명의 실시예들이 적용될 수 있다.

[0033]

복수의 전송(Tx)/수신(Rx) 노드를 통해 신호를 전송/수신하거나, 복수의 전송/수신 노드들 중에서 선택된 적어도 하나의 노드를 통해 신호를 전송/수신하거나, 하향링크 신호를 전송하는 노드와 상향링크 신호를 수신하는 노드를 다르게 할 수 있는 통신 기법을 다중-eNB MIMO 또는 CoMP(Coordinated Multi-Point TX/RX)라 한다. 이러한 노드 간 협력 통신 중 협력 전송 기법은 크게 JP(joint processing)과 스케줄링 협력(scheduling coordination)으로 구분될 수 있다. 전자는 JT(joint transmission)/JR(joint reception)과 DPS(dynamic point selection)으로 나뉘고 후자는 CS(coordinated scheduling)과 CB(coordinated beamforming)으로 나뉠 수 있다. DPS 는 DCS(dynamic cell selection)으로 불리기도 한다. 다른 협력 통신 기법에 비해, 노드 간 협력 통신 기법들 중 JP 가 수행될 때, 보다 더 다양한 통신환경이 형성될 수 있다. JP 중 JT 는 복수의 노드들이 동일한 스트림을 UE 로 전송하는 통신 기법을 말하며, JR 은 복수의 노드들이 동일한 스트림을 UE 로부터 수신하는 통신 기법을 말한다. 상기 UE/eNB 는 상기 복수의 노드들로부터 수신한 신호들을 합성하여 상기 스트림을 복원한다. JT/JR 의 경우, 동일한 스트림이 복수의 노드들로부터/에게 전송되므로 전송 다이버시티(diversity)에 의해 신호 전송의 신뢰도가 향상될 수 있다. JP 중 DPS 는 복수의 노드들 중 특정 규칙에 따라 선택된 일 노드를 통해

신호가 전송/수신되는 통신 기법을 말한다. DPS 의 경우, 통상적으로 UE 와 노드 사이의 채널 상태가 좋은 노드가 통신 노드로서 선택되게 될 것이므로, 신호 전송의 신뢰도가 향상될 수 있다.

[0034]

한편, 본 발명에서 셀(cell)이라 함은 하나 이상의 노드가 통신 서비스를 제공하는 일정 지리적 영역을 말한다. 따라서, 본 발명에서 특정 셀과 통신한다고 함은 상기 특정 셀에 통신 서비스를 제공하는 eNB 혹은 노드와 통신하는 것을 의미할 수 있다. 또한, 특정 셀의 하향링크/상향링크 신호는 상기 특정 셀에 통신 서비스를 제공하는 eNB 혹은 노드로부터의/로의 하향링크/상향링크 신호를 의미한다. UE 에게 상/하향링크 통신 서비스를 제공하는 셀을 특히 서빙 셀(serving cell)이라고 한다. 또한, 특정 셀의 채널 상태/품질은 상기 특정 셀에 통신 서비스를 제공하는 eNB 혹은 노드와 UE 사이에 형성된 채널 혹은 통신 링크의 채널 상태/ 품질을 의미한다. 3GPP LTE-A 기반의 시스템에서, UE 는 특정 노드로부터의 하향링크 채널 상태를 상기 특정 노드의 안테나 포트(들)이 상기 특정 노드에 할당된 채널 CSI-RS(Channel State Information Reference Signal) 자원 상에서 전송하는 CSI-RS(들)을 이용하여 측정할 수 있다. 일반적으로 인접한 노드들은 서로 직교하는 CSI-RS 자원을 상에서 해당 CSI-RS 자원들을 전송한다. CSI-RS 자원들이 직교한다고 함은 CSI-RS 를 나르는 심볼 및 부반송파를 특정하는 CSI-RS 자원 구성(resource configuration), 서브프레임 오프셋(offset) 및 전송 주기(transmission period) 등에 의해 CSI-RS 가 할당된 서브프레임들을 특정하는 서브프레임 구성(subframe configuration), CSI-RS 시퀀스 중 최소 한가지가 서로 다름을 의미한다.

[0035]

본 발명에서 PDCCH(Physical Downlink Control Channel)/PCFICH(Physical Control Format Indicator Channel)/PHICH((Physical Hybrid automatic retransmit request Indicator Channel)/PDSCH(Physical Downlink Shared Channel)은 각각 DCI(Downlink Control Information)/CFI(Control Format Indicator)/하향링크 ACK/NACK(ACKnowledgement/Negative ACK)/하향링크 데이터를 나르는 시간-주파수 자원의 집합 혹은 자원요소의 집합을 의미한다. 또한, PUCCH(Physical Uplink Control Channel)/PUSCH(Physical Uplink Shared Channel)/PRACH(Physical Random Access Channel)는 각각 UCI(Uplink Control Information)/상향링크 데이터/랜덤 액세스 신호를 나르는 시간-주파수 자원의 집합 혹은 자원요소의 집합을 의미한다. 본 발명에서는, 특히, PDCCH/PCFICH/PHICH/PDSCH/PUCCH/PUSCH/PRACH 에 할당되거나 이에 속한 시간-주파수 자원 혹은 자원요소(Resource Element, RE)를 각각 PDCCH/PCFICH/PHICH/PDSCH/PUCCH/PUSCH/PRACH RE 또는 PDCCH/PCFICH/PHICH/PDSCH/PUCCH/PUSCH/PRACH 자원이라고 칭한다. 이하에서 사용자기기가 PUCCH/PUSCH/PRACH 를 전송한다는 표현은, 각각, PUSCH/PUCCH/PRACH 상에서 혹은 통해서 상향링크 제어정보/상향링크 데이터/랜덤 액세스 신호를 전송한다는 것과 동일한 의미로 사용된다. 또한, eNB 가 PDCCH/PCFICH/PHICH/PDSCH 를 전송한다는 표현은, 각각, PDCCH/PCFICH/PHICH/PDSCH 상에서 혹은 통해서 하향링크 데이터/제어정보를 전송한다는 것과 동일한 의미로 사용된다.

[0036]

도 1 무선 통신 시스템에서 사용되는 무선 프레임 구조의 일 예를 나타낸 것이다. 특히, 도 1(a)는 3GPP LTE/LTE-A 시스템에서 사용되는 주파수분할듀플렉스(frequency division duplex, FDD)용 프레임 구조를 나타낸 것이고, 도 1(b)는 3GPP LTE/LTE-A 시스템에서 사용되는 시분할듀플렉스(time division duplex, TDD)용 프레임 구조를 나타낸 것이다.

[0037]

도 1 을 참조하면, 3GPP LTE/LTE-A 시스템에서 사용되는 무선프레임은 10ms(307200 · Ts)의 길이를 가지며, 10 개의 균등한 크기의 서브프레임(subframe, SF)으로 구성된다. 일 무선프레임 내 10 개의 서브프레임에는 각각 번호가 부여될 수 있다. 여기에서, Ts 는 샘플링 시간을 나타내고, Ts=1/(2048*15kHz)로 표시된다. 각각의 서브프레임은 1ms 의 길이를 가지며 2 개의 슬롯으로 구성된다. 일 무선프레임 내에서 20 개의 슬롯들은 0 부터 19 까지 순차적으로 넘버링될 수 있다. 각각의 슬롯은 0.5ms 의 길이를 가진다. 일 서브프레임을 전송하기 위한 시간은 전송시간간격(transmission time interval, TTI)로 정의된다. 시간 자원은 무선프레임 번호(혹은 무선 프레임 인덱스라고도 함)와 서브프레임 번호(혹은 서브프레임 번호라고도 함), 슬롯 번호(혹은 슬롯 인덱스) 등에 의해 구분될 수 있다.

[0038]

무선 프레임은 듀플렉스(duplex) 모드에 따라 다르게 구성(configure)될 수 있다. 예를 들어, FDD 모드에서, 하향링크 전송 및 상향링크 전송은 주파수에 의해 구분되므로, 무선 프레임은 특정 주파수 대역에 대해 하향링크 서브프레임 또는 상향링크 서브프레임 중 하나만을 포함한다. TDD 모드에서 하향링크 전송 및 상향링크 전송은 시간에 의해 구분되므로, 특정 주파수 대역에 대해 무선 프레임은 하향링크 서브프레임과 상향링크 서브프레임을 모두 포함한다.

[0039]

표 1 은 TDD 모드에서, 무선 프레임 내 서브프레임들의 DL-UL 구성(configuration)을 예시한 것이다.

표 1

DL-UL configuration	Downlink-to-Uplink Switch-point periodicity	Subframe number									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

[0040]

[0041]

표 1 에서, D 는 하향링크 서브프레임을, U 는 상향링크 서브프레임을, S 는 특이(special) 서브프레임을 나타낸다. 특이 서브프레임은 DwPTS(Downlink Pilot TimeSlot), GP(Guard Period), UpPTS(Uplink Pilot TimeSlot)의 3 개 필드를 포함한다. DwPTS 는 하향링크 전송용으로 유보되는 시간 구간이며, UpPTS 는 상향링크 전송용으로 유보되는 시간 구간이다. 표 2 는 특이 서브프레임의 구성(configuration)을 예시한 것이다.

표 2

Special subframe configuration	Normal cyclic prefix in downlink			Extended cyclic prefix in downlink				
	DwPTS	UpPTS		DwPTS	UpPTS			
		Normal cyclic prefix in uplink	Extended cyclic prefix in uplink	ee	Normal cyclic prefix in uplink	Extended cyclic prefix in uplink		
0	6592·T _s	2192·T _s	2560·T _s	7680·T _s	2192·T _s	2560·T _s		
1	19760·T _s			20480·T _s				
2	21952·T _s			23040·T _s				
3	24144·T _s			25600·T _s				
4	26336·T _s			7680·T _s				
5	6592·T _s	4384·T _s	5120·T _s	20480·T _s	4384·T _s	5120·T _s		
6	19760·T _s			23040·T _s				
7	21952·T _s			-			-	-
8	24144·T _s			-			-	-

[0042]

[0043]

도 2 는 무선 통신 시스템에서 하향링크/상향링크(DL/UL) 슬롯 구조의 일례를 나타낸 것이다. 특히, 도 2 는 3GPP LTE/LTE-A 시스템의 자원격자(resource grid)의 구조를 나타낸다. 안테나 포트당 1 개의 자원격자가 있다.

[0044]

도 2 를 참조하면, 슬롯은 시간 도메인에서 복수의 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 심볼을 포함하고, 주파수 도메인에서 다수의 자원블록(resource block, RB)을 포함한다. OFDM 심볼은 일 심볼 구간을

의미하기도 한다. 도 2 를 참조하면, 각 슬롯에서 전송되는 신호는 $N_{RB}^{DL/UL} * N_{sc}^{RB}$ 개의 부반송파

(subcarrier)와 $N_{symp}^{DL/UL}$ 개의 OFDM 심볼로 구성되는 자원격자(resource grid)로 표현될 수 있다. 여기서,

N_{RB}^{DL} 은 하향링크 슬롯에서의 자원블록(resource block, RB)의 개수를 나타내고, N_{RB}^{UL} 은 UL 슬롯에서의 RB

의 개수를 나타낸다. N_{RB}^{DL} 와 N_{RB}^{UL} 은 DL 전송 대역폭과 UL 전송 대역폭에 각각 의존한다. N_{symp}^{DL} 은 하향링크

크 슬롯 내 OFDM 심볼의 개수를 나타내며, N_{symb}^{UL} 은 UL 슬롯 내 OFDM 심볼의 개수를 나타낸다. N_{sc}^{RB} 는 하나의 RB 를 구성하는 부반송파의 개수를 나타낸다.

[0045]

OFDM 심볼은 다중 접속 방식에 따라 OFDM 심볼, SC-FDM 심볼 등으로 불릴 수 있다. 하나의 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 채널 대역폭, CP 의 길이에 따라 다양하게 변경될 수 있다. 예를 들어, 표준(normal) CP 의 경우에는 하나의 슬롯이 7 개의 OFDM 심볼을 포함하나, 확장(extended) CP 의 경우에는 하나의 슬롯이 6 개의 OFDM 심볼을 포함한다. 도 2 에서는 설명의 편의를 위하여 하나의 슬롯이 7 OFDM 심볼로 구성되는 서브프레임을 예시하였으나, 본 발명의 실시예들은 다른 개수의 OFDM 심볼을 갖는 서브프레임들에도 마찬가지로 적용될 수 있다. 도 2 를 참조하면, 각 OFDM 심볼은, 주파수 도메인에서, $N_{RB}^{DL/UL} * N_{sc}^{RB}$ 개의 부반송파를 포함한다. 부반송파의 유형은 데이터 전송을 위한 데이터 부반송파, 참조신호의 전송을 위한 참조신호 부반송파, 가드밴드(guard band) 및 DC 성분을 위한 널 부반송파로 나뉠 수 있다. DC 성분을 위한 널 부반송파는 미사용인 채널 남겨지는 부반송파로서, OFDM 신호 생성 과정 혹은 주파수 상향변환 과정에서 반송파 주파수(carrier frequency, f0)로 맵핑된다. 반송파 주파수는 중심 주파수(center frequency)라고도 한다.

[0046]

일 RB 는 시간 도메인에서 $N_{symb}^{DL/UL}$ 개(예를 들어, 7 개)의 연속하는 OFDM 심볼로서 정의되며, 주파수 도메인에서 N_{sc}^{RB} 개(예를 들어, 12 개)의 연속하는 부반송파에 의해 정의된다. 참고로, 하나의 OFDM 심볼과 하나의 부반송파로 구성된 자원을 자원요소(resource element, RE) 혹은 톤(tone)이라고 한다. 따라서, 하나의 RB 는 $N_{symb}^{DL/UL} * N_{sc}^{RB}$ 개의 자원요소로 구성된다. 자원격자 내 각 자원요소는 일 슬롯 내 인덱스 쌍 (k, l)에 의해 고유하게 정의될 수 있다. k 는 주파수 도메인에서 0 부터 $N_{RB}^{DL/UL} * N_{sc}^{RB} - 1$ 까지 부여되는 인덱스이며, l 은 시간 도메인에서 0 부터 $N_{symb}^{DL/UL} - 1$ 까지 부여되는 인덱스이다.

[0047]

일 서브프레임에서 N_{sc}^{RB} 개의 연속하는 동일한 부반송파를 점유하면서, 상기 서브프레임의 2 개의 슬롯 각각에 1 개씩 위치하는 2 개의 RB 를 물리자원블록(physical resource block, PRB) 쌍(pair)이라고 한다. PRB 쌍을 구성하는 2 개의 RB 는 동일한 PRB 번호(혹은, PRB 인덱스(index)라고도 함)를 갖는다. VRB 는 자원할당을 위해 도입된 일종의 논리적 자원할당 단위이다. VRB 는 PRB 와 동일한 크기를 갖는다. VRB 를 PRB 로 맵핑하는 방식에 따라, VRB 는 로컬라이즈(localized) 타입의 VRB 와 분산(distributed) 타입의 VRB 로 구분된다. 로컬라이즈 타입의 VRB 들은 PRB 들에 바로 맵핑되어, VRB 번호(VRB 인덱스라고도 함)가 PRB 번호에 바로 대응된다. 즉, $n_{PRB}=n_{VRB}$ 가 된다. 로컬라이즈 타입의 VRB 들에는 0 부터 $N_{VRB}^{DL} - 1$ 순으로 번호가 부여되며, $N_{VRB}^{DL}=N_{RB}^{DL}$ 이다. 따라서, 로컬라이즈 맵핑 방식에 의하면, 동일한 VRB 번호를 갖는 VRB 가 첫 번째 슬롯과 두 번째 슬롯에서, 동일한 PRB 번호의 PRB 에 맵핑된다. 반면, 분산 타입의 VRB 는 인터리빙을 거쳐 PRB 에 맵핑된다. 따라서, 동일한 VRB 번호를 갖는 분산 타입의 VRB 는 첫 번째 슬롯과 두 번째 슬롯에서 서로 다른 번호의 PRB 에 맵핑될 수 있다. 서브프레임의 두 슬롯에 1 개씩 위치하며 동일한 VRB 번호를 갖는 2 개의 PRB 를 VRB 쌍이라 칭한다.

[0048]

도 3 은 3GPP LTE/LTE-A 시스템에서 사용되는 하향링크(downlink, DL) 서브프레임 구조를 예시한 것이다.

[0049]

도 3 을 참조하면, DL 서브프레임은 시간 도메인에서 제어영역(control region)과 데이터영역(data region)으로 구분된다. 도 3 을 참조하면, 서브프레임의 첫 번째 슬롯에서 앞부분에 위치한 최대 3(혹은 4)개의 OFDM 심볼은 제어 채널이 할당되는 제어영역(control region)에 대응한다. 이하, DL 서브프레임에서 PDCCH 전송에 이용가능한 자원 영역(resource region)을 PDCCH 영역이라 칭한다. 제어영역으로 사용되는 OFDM 심볼(들)이 아닌 남은 OFDM 심볼들은 PDSCH(Physical Downlink Shared CHannel)가 할당되는 데이터영역(data region)에 해당한다. 이하, DL 서브프레임에서 PDSCH 전송에 이용가능한 자원 영역을 PDSCH 영역이라 칭한다. 3GPP LTE 에서 사용되는 DL 제어 채널의 예는 PCFICH(Physical Control Format Indicator Channel), PDCCH(Physical Downlink Control Channel), PHICH(Physical hybrid ARQ indicator Channel) 등을 포함한다. PCFICH 는 서브프레임의 첫 번째 OFDM 심볼에서 전송되고 서브프레임 내에서 제어 채널의 전송에 사용되는 OFDM 심볼의 개수에 관한 정보를 나른다. PHICH 는 UL 전송에 대한 응답으로 HARQ(Hybrid Automatic Repeat Request) ACK/NACK(acknowledgment/negative-acknowledgment) 신호를 나른다.

[0050]

PDCCH 를 통해 전송되는 제어 정보를 상향링크 제어 정보(downlink control information, DCI)라고 지칭한다. DCI 는 UE 또는 UE 그룹을 위한 자원 할당 정보 및 다른 제어 정보를 포함한다. 예를 들어, DCI 는 DL 공유 채널(downlink shared channel, DL-SCH)의 전송 포맷 및 자원 할당 정보, UL 공유 채널(uplink shared channel, UL-SCH)의 전송 포맷 및 자원 할당 정보, 페이징 채널(paging channel, PCH) 상의 페이징 정보, DL-SCH 상의 시스템 정보, PDSCH 상에서 전송되는 임의의 접속 응답과 같은 상위 계층(upper layer) 제어 메시지의 자원 할당 정보, UE 그룹 내의 개별 UE 들에 대한 전송 전력 제어 명령(Transmit Control Command Set), 전송 전력 제어(Transmit Power Control) 명령, VoIP(Voice over IP)의 활성화(activation) 지시 정보, DAI(Downlink Assignment Index) 등을 포함한다. DL 공유 채널(downlink shared channel, DL-SCH)의 전송 포맷(Transmit Format) 및 자원 할당 정보는 DL 스케줄링 정보 혹은 DL 그랜트(DL grant)라고도 불리며, UL 공유 채널(uplink shared channel, UL-SCH)의 전송 포맷 및 자원 할당 정보는 UL 스케줄링 정보 혹은 UL 그랜트(UL grant)라고도 불린다. 일 PDCCH 가 나르는 DCI 는 DCI 포맷에 따라서 그 크기와 용도가 다르며, 부호화율에 따라 그 크기가 달라질 수 있다. 현재 3GPP LTE 시스템에서는 상향링크용으로 포맷 0 및 4, 하향링크용으로 포맷 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 2, 2A, 2B, 2C, 3, 3A 등의 다양한 포맷이 정의되어 있다. DCI 포맷 각각의 용도에 맞게, 호핑 플래그, RB 할당(RB allocation), MCS(modulation coding scheme), RV(redundancy version), NDI(new data indicator), TPC(transmit power control), 순환 천이 DMRS(cyclic shift demodulation reference signal), UL 인덱스, CQI(channel quality information) 요청, DL 할당 인덱스(DL assignment index), HARQ 프로세스 넘버, TPMI(transmitted precoding matrix indicator), PMI(precoding matrix indicator) 정보 등의 제어정보가 취사 선택된 조합이 하향링크 제어정보로서 UE 에게 전송된다.

[0051]

일반적으로, UE 에 구성된 전송 모드(transmission mode, TM)에 따라 상기 UE 에게 전송될 수 있는 DCI 포맷이 달라진다. 다시 말해, 특정 전송 모드로 구성된 UE 를 위해서는 모든 DCI 포맷이 사용될 수 있는 것이 아니라, 상기 특정 전송 모드에 대응하는 일정 DCI 포맷(들)만이 사용될 수 있다.

[0052]

PDCCH 는 하나 또는 복수의 연속된 제어 채널 요소(control channel element, CCE)들의 집성(aggregation) 상에서 전송된다. CCE 는 PDCCH 에 무선 채널 상태에 기초한 부호화율(coding rate)를 제공하기 위해 사용되는 논리적 할당 유닛(unit)이다. CCE 는 복수의 자원 요소 그룹(resource element group, REG)에 대응한다. 예를 들어, 하나의 CCE 는 9 개의 REG 에 대응되고 하나의 REG 는 4 개의 RE 에 대응한다. 3GPP LTE 시스템의 경우, 각각의 UE 을 위해 PDCCH 가 위치할 수 있는 CCE 세트를 정의하였다. UE 가 자신의 PDCCH 를 발견할 수 있는 CCE 세트를 PDCCH 탐색 공간, 간단히 탐색 공간(Search Space, SS)라고 지칭한다. 탐색 공간 내에서 PDCCH 가 전송될 수 있는 개별 자원을 PDCCH 후보(candidate)라고 지칭한다. UE 가 모니터링(monitoring)할 PDCCH 후보들의 모음은 탐색 공간으로 정의된다. 3GPP LTE/LTE-A 시스템에서 각각의 DCI 포맷을 위한 탐색 공간은 다른 크기를 가질 수 있으며, 전용(dedicated) 탐색 공간과 공통(common) 탐색 공간이 정의되어 있다. 전용 탐색 공간은 UE-특정(specific) 탐색 공간이며, 각각의 개별 UE 를 위해 구성(configuration)된다. 공통 탐색 공간은 복수의 UE 들을 위해 구성된다. 다음은 탐색 공간들을 정의하는 집성 레벨들을 예시한다.

표 3

Type	Search Space		Number of PDCCH candidates $M^{(L)}$
	Aggregation Level	Size [in CCEs]	
UE-specific	L		
	1	6	6
	2	12	6
	4	8	2
Common	8	16	2
	4	16	4
	8	16	2

[0053]

[0054]

하나의 PDCCH 후보는 CCE 집성 레벨(aggregation level)에 따라 1, 2, 4 또는 8 개의 CCE 에 대응한다. eNB 는 탐색 공간 내의 임의의 PDCCH 후보 상에서 실제 PDCCH (DCI)를 전송하고, UE 는 PDCCH (DCI)를 찾기 위해 탐색

공간을 모니터링한다. 여기서, 모니터링이라 함은 모든 모니터링되는 DCI 포맷들에 따라 해당 탐색 공간 내의 각 PDCCH 의 복호(decoding)를 시도(attempt)하는 것을 의미한다. UE 는 상기 복수의 PDCCH 를 모니터링하여, 자신의 PDCCH 를 검출할 수 있다. 기본적으로 UE 는 자신의 PDCCH 가 전송되는 위치를 모르기 때문에, 매 서브프레임마다 해당 DCI 포맷의 모든 PDCCH 를 자신의 식별자를 가진 PDCCH 를 검출할 때까지 PDCCH 의 복호를 시도하는데, 이러한 과정을 블라인드 검출(blind detection)(블라인드 복호(blind decoding, BD))이라고 한다.

[0055] eNB 는 데이터영역을 통해 UE 혹은 UE 그룹을 위한 데이터를 전송할 수 있다. 상기 데이터영역을 통해 전송되는 데이터를 사용자데이터라 칭하기도 한다. 사용자데이터의 전송을 위해, 데이터영역에는 PDSCH(Physical Downlink Shared Channel)가 할당될 수 있다. PCH(Paging channel) 및 DL-SCH(Downlink-shared channel)는 PDSCH 를 통해 전송된다. UE 는 PDCCH 를 통해 전송되는 제어정보를 복호하여 PDSCH 를 통해 전송되는 데이터를 읽을 수 있다. PDSCH 의 데이터가 어떤 UE 혹은 UE 그룹에게 전송되는지, 상기 UE 혹은 UE 그룹이 어떻게 PDSCH 데이터를 수신하고 복호해야 하는지 등을 나타내는 정보가 PDCCH 에 포함되어 전송된다. 예를 들어, 특정 PDCCH 가 "A"라는 RNTI(Radio Network Temporary Identity)로 CRC(cyclic redundancy check) 마스크(masking)되어 있고, "B"라는 무선자원(예, 주파수 위치) 및 "C"라는 전송형식정보(예, 전송 블록 사이즈, 변조 방식, 코딩 정보 등)를 이용해 전송되는 데이터에 관한 정보가 특정 DL 서브프레임을 통해 전송된다고 가정한다. UE 는 자신이 가지고 있는 RNTI 정보를 이용하여 PDCCH 를 모니터링하고, "A"라는 RNTI 를 가지고 있는 UE 는 PDCCH 를 검출하고, 수신한 PDCCH 의 정보를 통해 "B"와 "C"에 의해 지시되는 PDSCH 를 수신한다.

[0056] UE 가 eNB 로부터 수신한 신호의 복조를 위해서는 데이터 신호와 비교될 참조신호 참조신호(reference signal, RS)가 필요하다. 참조신호라 함은 eNB 가 UE 로 혹은 UE 가 eNB 로 전송하는, eNB 와 UE 가 서로 알고 있는, 기 정의된 특별한 파형의 신호를 의미하며, 파일럿(pilot)이라고도 불린다. 참조신호들은 셀 내 모든 UE 들에 의해 공유되는 셀-특정(cell-specific) RS 와 특정 UE 에게 전용되는 복조(demodulation) RS(DM RS)로 구분된다. eNB 가 특정 UE 를 위한 하향링크 데이터의 복조를 위해 전송하는 DM RS 를 UE-특정적(UE-specific) RS 라 특별히 칭하기도 한다. 하향링크에서 DM RS 와 CRS 는 함께 전송될 수도 있으나 둘 중 한 가지만 전송될 수도 있다. 다만, 하향링크에서 CRS 없이 DM RS 만 전송되는 경우, 데이터와 동일한 프리코더를 적용하여 전송되는 DM RS 는 복조 목적으로만 사용될 수 있으므로, 채널측정용 RS 가 별도로 제공되어야 한다. 예를 들어, 3GPP LTE(-A)에서는 UE 가 채널 상태 정보를 측정할 수 있도록 하기 위하여, 추가적인 측정용 RS 인 CSI-RS 가 상기 UE 에게 전송된다. CSI-RS 는 채널상태가 상대적으로 시간에 따른 변화도가 크지 않다는 사실에 기반하여, 매 서브프레임마다 전송되는 CRS 와 달리, 다수의 서브프레임으로 구성되는 소정 전송 주기마다 전송된다.

[0057] 도 4 는 3GPP LTE/LTE-A 시스템에서 사용되는 상향링크(uplink, UL) 서브프레임 구조의 일례를 나타낸 것이다.

[0058] 도 4 를 참조하면, UL 서브프레임은 주파수 도메인에서 제어영역과 데이터영역으로 구분될 수 있다. 하나 또는 여러 PUCCH(physical uplink control channel)가 상향링크 제어 정보(uplink control information, UCI)를 나르기 위해, 상기 제어영역에 할당될 수 있다. 하나 또는 여러 PUSCH(physical uplink shared channel)가 사용자 데이터를 나르기 위해, UL 서브프레임의 데이터영역에 할당될 수 있다.

[0059] UL 서브프레임에서는 DC(Direct Current) 부반송파를 기준으로 거리가 먼 부반송파들이 제어영역으로 활용된다. 다시 말해, UL 전송 대역폭의 양쪽 끝부분에 위치하는 부반송파들이 상향링크 제어정보의 전송에 할당된다. DC 부반송파는 신호 전송에 사용되지 않고 남겨지는 성분으로서, 주파수 상향변환 과정에서 반송파 주파수 f_0 로 맵핑된다. 일 UE 에 대한 PUCCH 는 일 서브프레임에서, 일 반송파 주파수에서 동작하는 자원들에 속한 RB 쌍에 할당되며, 상기 RB 쌍에 속한 RB 들은 두 개의 슬롯에서 각각 다른 부반송파를 점유한다. 이와 같이 할당되는 PUCCH 를, PUCCH 에 할당된 RB 쌍이 슬롯 경계에서 주파수 호핑된다고 표현한다. 다만, 주파수 호핑이 적용되지 않는 경우에는, RB 쌍이 동일한 부반송파를 점유한다.

[0060] PUCCH 는 다음의 제어 정보를 전송하는데 사용될 수 있다.

[0061] - SR(Scheduling Request): 상향링크 UL-SCH 자원을 요청하는데 사용되는 정보이다. OOK(On-Off Keying) 방식을 이용하여 전송된다.

[0062] - HARQ-ACK: PDCCH 에 대한 응답 및/또는 PDSCH 상의 하향링크 데이터 패킷(예, 코드워드)에 대한 응답이다. PDCCH 혹은 PDSCH 가 성공적으로 수신되었는지 여부를 나타낸다. 단일 하향링크 코드워드에 대한 응답으로 HARQ-ACK 1 비트가 전송되고, 두 개의 하향링크 코드워드에 대한 응답으로 HARQ-ACK 2 비트가 전송된다. HARQ-ACK 응답은 포지티브 ACK(간단히, ACK), 네거티브 ACK(이하, NACK), DTX(Discontinuous Transmission) 또는 NACK/DTX 를 포함한다. 여기서, HARQ-ACK 이라는 용어는 HARQ ACK/NACK, ACK/NACK 과 혼용된다.

[0063] - CSI(Channel State Information): 하향링크 채널에 대한 피드백 정보(feedback information)이다. MIMO(Multiple Input Multiple Output)-관련 피드백 정보는 RI(Rank Indicator) 및 PMI(Precoding Matrix Indicator)를 포함한다.

[0064] UE 가 서브프레임에서 전송할 수 있는 상향링크 제어정보(UCI)의 양은 제어정보 전송에 가용한 SC-FDMA 의 개수에 의존한다. UCI 에 가용한 SC-FDMA 는 서브프레임에서 참조 신호 전송을 위한 SC-FDMA 심볼을 제외하고 남은 SC-FDMA 심볼을 의미하고, SRS(Sounding Reference Signal)가 구성된 서브프레임의 경우에는 서브프레임의 마지막 SC-FDMA 심볼도 제외된다. 참조 신호는 PUCCH 의 코히런트(coherent) 검출에 사용된다. PUCCH 는 전송되는 정보에 따라 다양한 포맷을 지원한다.

[0065] 표 4 는 LTE/LTE-A 시스템에서 PUCCH 포맷과 UCI 의 맵핑 관계를 나타낸다.

표 4

PUCCH format	Modulation scheme	Number of bits per subframe, M_{bit}	Usage	Etc.
1	N/A	N/A	SR (Scheduling Request)	
1a	BPSK	1	ACK/NACK or SR + ACK/NACK	One codeword
1b	QPSK	2	ACK/NACK or SR + ACK/NACK	Two codeword
2	QPSK	20	CQI/PMI/RI	Joint coding ACK/NACK (extended CP)
2a	QPSK+BPSK	21	CQI/PMI/RI + ACK/NACK	Normal CP only
2b	QPSK+QPSK	22	CQI/PMI/RI + ACK/NACK	Normal CP only
3	QPSK	48	ACK/NACK or SR + ACK/NACK or CQI/PMI/RI + ACK/NACK	

[0066] 표 4 를 참조하면, PUCCH 포맷 1 계열은 주로 ACK/NACK 정보를 전송하는 데 사용되며, PUCCH 포맷 2 계열은 주로 CQI/PMI/RI 등의 채널상태정보(channel state information, CSI)를 나르는 데 사용되고, PUCCH 포맷 3 계열은 주로 ACK/NACK 정보를 전송하는 데 사용된다.

[0068] 도 5 는 다중안테나를 갖는 무선 통신 시스템의 구성도이다.

[0069] 도 5(a)에 도시된 바와 같이 송신 안테나의 수를 N_T 개로, 수신 안테나의 수를 N_R 개로 늘리면, 송신기나 수신기에서만 다수의 안테나를 사용하게 되는 경우와 달리 안테나 수에 비례하여 이론적인 채널 전송 용량이 증가한다. 따라서, 전송 레이트를 향상시키고 주파수 효율을 획기적으로 향상시킬 수 있다. 채널 전송 용량이 증가함에 따라, 전송 레이트는 이론적으로 단일 안테나 이용시의 최대 전송 레이트(R_0)에 레이트 증가율(R_i)이 곱해진 만큼 증가할 수 있다.

수학식 1

[0070]
$$R_i = \min(N_T, N_R)$$

[0071] 예를 들어, 4 개의 송신 안테나와 4 개의 수신 안테나를 이용하는 MIMO 통신 시스템에서는 단일 안테나 시스템에 비해 이론상 4 배의 전송 레이트를 획득할 수 있다.

[0072] 다중안테나 시스템에서의 통신 방법을 수학적 모델링을 이용하여 보다 구체적으로 설명한다. 상기 시스템에는 N_T 개의 송신 안테나와 N_R 개의 수신 안테나가 존재한다고 가정한다.

[0073] 송신 신호를 살펴보면, N_T 개의 송신 안테나가 있는 경우 전송 가능한 최대 정보는 N_T 개이다. 전송 정보는 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

[0074]
$$\mathbf{s} = [s_1, s_2, \dots, s_{N_T}]^T$$

[0075] 각각의 전송 정보 s_1, s_2, \dots, s_{N_T} 는 전송 전력이 다를 수 있다. 각각의 전송 전력을 P_1, P_2, \dots, P_{N_T} 라고 하면, 전송 전력이 조정된 전송 정보는 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

[0076]
$$\hat{\mathbf{s}} = [\hat{s}_1, \hat{s}_2, \dots, \hat{s}_{N_T}]^T = [P_1 s_1, P_2 s_2, \dots, P_{N_T} s_{N_T}]^T$$

[0077] 또한, $\hat{\mathbf{s}}$ 는 전송 전력의 대각행렬 P 를 이용해 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

[0078]
$$\hat{\mathbf{s}} = \begin{bmatrix} P_1 & & & 0 \\ & P_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & P_{N_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_{N_T} \end{bmatrix} = \mathbf{P}\mathbf{s}$$

[0079] 전송전력이 조정된 정보 벡터 $\hat{\mathbf{s}}$ 에 가중치 행렬 W 가 적용되어 실제 전송되는 N_T 개의 송신신호 x_1, x_2, \dots, x_{N_T} 가 구성되는 경우를 고려해 보자. 가중치 행렬 W 는 전송 정보를 전송 채널 상황 등에 따라 각 안테나에 적절히 분배해 주는 역할을 한다. x_1, x_2, \dots, x_{N_T} 는 벡터 \mathbf{x} 를 이용하여 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

[0080]
$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1N_T} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{i1} & w_{i2} & \dots & w_{iN_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N_T1} & w_{N_T2} & \dots & w_{N_TN_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{s}_1 \\ \hat{s}_2 \\ \vdots \\ \hat{s}_j \\ \vdots \\ \hat{s}_{N_T} \end{bmatrix} = \mathbf{W}\hat{\mathbf{s}} = \mathbf{W}\mathbf{P}\mathbf{s}$$

[0081] 여기에서, w_{ij} 는 i 번째 송신 안테나와 j 번째 정보간의 가중치를 의미한다. W 는 프리코딩 행렬이라고도 불린다.

[0082] 수신신호는 N_R 개의 수신 안테나가 있는 경우 각 안테나의 수신신호 y_1, y_2, \dots, y_{N_R} 은 벡터로 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 6

[0083]
$$\mathbf{y} = [y_1, y_2, \dots, y_{N_R}]^T$$

[0084] 다중안테나 무선 통신 시스템에서 채널을 모델링하는 경우, 채널은 송수신 안테나 인덱스에 따라 구분될 수 있다. 송신 안테나 j 로부터 수신 안테나 i 를 거치는 채널을 h_{ij} 로 표시하기로 한다. h_{ij} 에서, 인덱스의 순서가 수신 안테나 인덱스가 먼저, 송신 안테나의 인덱스가 나중에 의미한다.

[0085] 한편, 도 5(b)는 N_T 개의 송신 안테나에서 수신 안테나 i 로의 채널을 도시한 도면이다. 상기 채널을 묶어서 벡터 및 행렬 형태로 표시할 수 있다. 도 5(b)에서, 총 N_T 개의 송신 안테나로부터 수신 안테나 i 로 도착하는 채널은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

[0086]
$$\mathbf{h}_i^T = [h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{iN_T}]$$

[0087] 따라서, N_T 개의 송신 안테나로부터 N_R 개의 수신 안테나로 도착하는 모든 채널은 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 8

[0088]
$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{h}_1^T \\ \mathbf{h}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{h}_i^T \\ \vdots \\ \mathbf{h}_{N_R}^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{i1} & h_{i2} & \dots & h_{iN_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \dots & h_{N_RN_T} \end{bmatrix}$$

[0089] 실제 채널에는 채널 행렬 \mathbf{H} 를 거친 후에 백색잡음(AWGN; Additive White Gaussian Noise)이 더해진다. N_R 개의 수신 안테나 각각에 더해지는 백색잡음 n_1, n_2, \dots, n_{N_R} 은 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 9

[0090]
$$\mathbf{n} = [n_1, n_2, \dots, n_{N_R}]^T$$

[0091] 상술한 수학적 모델링을 통해 수신신호는 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 10

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_{N_R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{i1} & h_{i2} & \cdots & h_{iN_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \cdots & h_{N_RN_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_j \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_i \\ \vdots \\ n_{N_R} \end{bmatrix} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{n}$$

[0092]

[0093]

한편, 채널 상태를 나타내는 채널 행렬 H의 행과 열의 수는 송수신 안테나의 수에 의해 결정된다. 채널 행렬 H에서 행의 수는 수신 안테나의 수 N_R 과 같고, 열의 수는 송신 안테나의 수 N_T 와 같다. 즉, 채널 행렬 H는 행렬이 $N_R \times N_T$ 된다.

[0094]

행렬의 랭크(rank)는 서로 독립인(independent) 행 또는 열의 개수 중에서 최소 개수로 정의된다. 따라서, 행렬의 랭크는 행 또는 열의 개수 보다 클 수 없다. 채널 행렬 H의 랭크(rank(H))는 다음과 같이 제한된다.

수학식 11

$$\text{rank}(\mathbf{H}) \leq \min(N_T, N_R)$$

[0095]

[0096]

랭크의 다른 정의는 행렬을 고유치 분해(Eigen value decomposition) 하였을 때, 0 이 아닌 고유치들의 개수로 정의할 수 있다. 유사하게, 랭크의 또 다른 정의는 특이치 분해(singular value decomposition) 하였을 때, 0 이 아닌 특이치들의 개수로 정의할 수 있다. 따라서, 채널 행렬에서 랭크의 물리적인 의미는 주어진 채널에서 서로 다른 정보를 보낼 수 있는 최대 수라고 할 수 있다.

[0097]

코드북 기반 프리코딩 기법

[0098]

다중 안테나 전송을 지원하기 위하여 전송 정보를 각각의 안테나에 채널 상황 등에 따라 적절하게 분배해주는 프리코딩(precoding)을 적용할 수 있다. 코드북(Codebook) 기반의 프리코딩 기법은, 송신단과 수신단에서 프리코딩 행렬의 집합을 미리 정하여 두고, 수신단이 송신단으로부터의 채널정보를 측정하여 가장 알맞은 프리코딩 행렬이 무엇인지(즉, 프리코딩 행렬 인덱스(Precoding Matrix Index; PMI)를 송신단에게 피드백하여 주고, 송신단은 PMI 에 기초하여 적절한 프리코딩을 신호 전송에 적용하는 기법을 말한다. 미리 정해진 프리코딩 행렬 집합 중에서 적절한 프리코딩 행렬을 선택하는 방식이므로, 항상 최적의 프리코딩이 적용되는 것은 아니지만, 실제 채널 정보에 최적의 프리코딩 정보를 명시적으로(explicitly) 피드백하는 것에 비하여 피드백 오버헤드를 줄일 수 있는 장점이 있다.

[0099]

도 6 은 코드북 기반 프리코딩의 기본 개념을 설명하기 위한 도면이다.

[0100]

코드북 기반 프리코딩 방식에 따른 경우, 송신단과 수신단은 전송 랭크, 안테나 개수 등에 따라 미리 정해진 소정 개수의 프리코딩 행렬들을 포함하는 코드북 정보를 공유하게 된다. 즉, 피드백 정보가 유한한(finite) 경우에 프리코딩 기반 코드북 방식이 사용될 수 있다. 수신단은 수신 신호를 통해 채널 상태를 측정하여, 상술한 코드북 정보를 기반으로 유한한 개수의 선호하는 프리코딩 행렬 정보(즉, 해당 프리코딩 행렬의 인덱스)를 송신단에 피드백할 수 있다. 예를 들어, 수신단에서는 ML(Maximum Likelihood) 또는 MMSE(Minimum Mean Square Error) 방식으로 수신 신호를 측정하여 최적의 프리코딩 행렬을 선택할 수 있다. 도 22 에서는 수신단이 송신단에 프리코딩 행렬 정보를 코드워드별로 전송하는 것을 도시하고 있으나, 이에 한정될 필요는 없다.

[0101]

수신단으로부터 피드백 정보를 수신한 송신단은 수신된 정보에 기반하여 코드북으로부터 특정 프리코딩 행렬을 선택할 수 있다. 프리코딩 행렬을 선택한 송신단은 전송 랭크에 대응하는 개수의 레이어 신호에 선택된 프리코딩 행렬을 곱하는 방식으로 프리코딩을 수행하며, 프리코딩이 수행된 전송 신호를 복수의 안테나를 통해 전송할 수 있다. 프리코딩 행렬에서 행(row)의 개수는 안테나의 개수와 동일하며, 열(column)의 개수는 랭크 값과 동일하다. 랭크 값은 레이어의 개수와 동일하므로, 열(column)의 개수는 레이어 개수와 동일하다. 예를 들어, 전송

안테나의 개수가 4 이고 전송 레이어의 개수가 2 인 경우에는 프리코딩 행렬이 4×2 행렬로 구성될 수 있다. 프리코딩 행렬을 통하여 각각의 레이어를 통해 전송되는 정보가 각각의 안테나에 매핑될 수 있다.

[0102] 송신단에서 프리코딩되어 전송된 신호를 수신한 수신단은 송신단에서 이루어진 프리코딩의 역처리를 수행하여 수신 신호를 복원할 수 있다. 일반적으로 프리코딩 행렬은 $U \cdot U^H = I$ 와 같은 유니터리 행렬(U) 조건을 만족하는 바, 상술한 프리코딩의 역처리는 송신단의 프리코딩에 이용된 프리코딩 행렬(P)의 에르미트(Hermit) 행렬 (P^H) 을 수신 신호에 곱하는 방식으로 이루어질 수 있다.

[0103] 예를 들어, 다음의 표 5 는 3GPP LTE 릴리즈-8/9 에서 2 전송 안테나를 사용한 하향링크 전송에 사용되는 코드북을 나타내는 것이고, 표 6 은 3GPP LTE 릴리즈-8/9 에서 4 전송 안테나를 사용한 하향링크 전송에 사용되는 코드북을 나타내는 것이다.

표 5

Codebook index	Number of rank	
	1	2
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	-

표 6

Codebook index	u_n	Number of layers ν			
		1	2	3	4
0	$u_0 = [1 \ -1 \ -1 \ -1]^T$	$W_0^{(1)}$	$W_0^{(14)} / \sqrt{2}$	$W_0^{(124)} / \sqrt{3}$	$W_0^{(1234)} / 2$
1	$u_1 = [1 \ -j \ 1 \ j]^T$	$W_1^{(1)}$	$W_1^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_1^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_1^{(1234)} / 2$
2	$u_2 = [1 \ 1 \ -1 \ 1]^T$	$W_2^{(1)}$	$W_2^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_2^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_2^{(3214)} / 2$
3	$u_3 = [1 \ j \ 1 \ -j]^T$	$W_3^{(1)}$	$W_3^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_3^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_3^{(3214)} / 2$
4	$u_4 = [1 \ (-1-j)/\sqrt{2} \ -j \ (1-j)/\sqrt{2}]^T$	$W_4^{(1)}$	$W_4^{(14)} / \sqrt{2}$	$W_4^{(124)} / \sqrt{3}$	$W_4^{(1234)} / 2$
5	$u_5 = [1 \ (1-j)/\sqrt{2} \ j \ (-1-j)/\sqrt{2}]^T$	$W_5^{(1)}$	$W_5^{(14)} / \sqrt{2}$	$W_5^{(124)} / \sqrt{3}$	$W_5^{(1234)} / 2$
6	$u_6 = [1 \ (1+j)/\sqrt{2} \ -j \ (-1+j)/\sqrt{2}]^T$	$W_6^{(1)}$	$W_6^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_6^{(134)} / \sqrt{3}$	$W_6^{(1324)} / 2$
7	$u_7 = [1 \ (-1+j)/\sqrt{2} \ j \ (1+j)/\sqrt{2}]^T$	$W_7^{(1)}$	$W_7^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_7^{(134)} / \sqrt{3}$	$W_7^{(1324)} / 2$
8	$u_8 = [1 \ -1 \ 1 \ 1]^T$	$W_8^{(1)}$	$W_8^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_8^{(124)} / \sqrt{3}$	$W_8^{(1234)} / 2$
9	$u_9 = [1 \ -j \ -1 \ -j]^T$	$W_9^{(1)}$	$W_9^{(14)} / \sqrt{2}$	$W_9^{(134)} / \sqrt{3}$	$W_9^{(1234)} / 2$
10	$u_{10} = [1 \ 1 \ 1 \ -1]^T$	$W_{10}^{(1)}$	$W_{10}^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_{10}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{10}^{(1324)} / 2$
11	$u_{11} = [1 \ j \ -1 \ j]^T$	$W_{11}^{(1)}$	$W_{11}^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_{11}^{(134)} / \sqrt{3}$	$W_{11}^{(1324)} / 2$
12	$u_{12} = [1 \ -1 \ -1 \ 1]^T$	$W_{12}^{(1)}$	$W_{12}^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_{12}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{12}^{(1234)} / 2$
13	$u_{13} = [1 \ -1 \ 1 \ -1]^T$	$W_{13}^{(1)}$	$W_{13}^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_{13}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{13}^{(1324)} / 2$
14	$u_{14} = [1 \ 1 \ -1 \ -1]^T$	$W_{14}^{(1)}$	$W_{14}^{(13)} / \sqrt{2}$	$W_{14}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{14}^{(3214)} / 2$
15	$u_{15} = [1 \ 1 \ 1 \ 1]^T$	$W_{15}^{(1)}$	$W_{15}^{(12)} / \sqrt{2}$	$W_{15}^{(123)} / \sqrt{3}$	$W_{15}^{(1234)} / 2$

[0106] 상기 표 6 에서, $W_n^{(s)}$ 는 $W_n = I - 2u_n u_n^H / u_n^H u_n$ 와 같이 표현되는 수학적식으로부터 구성되는 세트 {s} 로 얻어진다. 이 때, I 는 4×4 단일행렬을 나타내고 u_n 는 표 6 에서 주어지는 값이다.

[0107] 상기 표 5 에서 나타내는 바와 같이, 2 개의 송신안테나에 대한 코드북의 경우 총 7 개의 프리코딩 벡터/행렬을

가지고 있으며 여기서, 단일 행렬은 개-루프(open-loop) 시스템을 위한 것이므로, 폐-루프(loop) 시스템의 프리코딩을 위한 프리코딩 벡터/행렬은 총 6 개가 된다. 또한, 상기 표 6 과 같은 4 개의 송신안테나에 대한 코드북의 경우 총 64 개의 프리코딩 벡터/행렬을 가지고 있다.

[0108]

위와 같은 코드북은 일정 모듈러스(Constant modulus; CM) 특성, 네스티드 특성(Nested property), 제한된 알파벳(Constrained alphabet) 등의 공통적인 특성을 가진다. CM 특성은 코드북 내의 모든 프리코딩 행렬의 각각의 요소(element)는 '0' 을 포함하지 않으며, 같은 크기를 가지도록 구성되는 특성이다. 네스티드 특성은, 낮은 랭크의 프리코딩 행렬이 높은 랭크의 프리코딩 행렬의 특정 열의 서브셋(subset) 으로 구성되도록 설계된 것을 의미한다. 제한된 알파벳 특성은, 코드북 내의 모든 프리코딩 행렬의 각각의 요소(element)가 제한되는 것을 의미한다. 예를 들어, 프리코딩 행렬의 각각의 요소가 BPSK(Binary Phase Shift Keying)에 사용되는 요소(± 1)로만 제한되거나, QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 에 사용되는 요소($\pm 1, \pm j$)로만 제한되거나, 또는 8-PSK

에 사용되는 요소($\pm 1, \pm j, \pm \frac{(1+j)}{\sqrt{2}}, \pm \frac{(-1+j)}{\sqrt{2}}$)로만 제한될 수 있다. 상기 표 6 의 코드북의 예시에서는 코드북

내의 모든 프리코딩 행렬의 각각의 요소(element)의 알파벳이 $\left\{ \pm 1, \pm j, \pm \frac{(1+j)}{\sqrt{2}}, \pm \frac{(-1+j)}{\sqrt{2}} \right\}$ 으로 구성되므로, 제한된 알파벳 특성을 가진다고 표현할 수 있다.

[0109]

CoMP (Coordinated Multiple Point transmission and reception) 일반

[0110]

3GPP LTE-A 시스템의 개선된 시스템 성능 요구조건에 따라서, CoMP 송수신 기술(co-MIMO, 공동(collaborative) MIMO 또는 네트워크 MIMO 등으로 표현되기도 함)이 제안되고 있다. CoMP 기술은 셀-경계(cell-edge)에 위치한 UE 의 성능을 증가시키고 평균 섹터 수율(throughput)을 증가시킬 수 있다.

[0111]

일반적으로, 주파수 재사용 인자(frequency reuse factor)가 1 인 다중-셀 환경에서, 셀-간 간섭(Inter-Cell Interference; ICI)으로 인하여 셀-경계에 위치한 UE 의 성능과 평균 섹터 수율이 감소될 수 있다. 이러한 ICI 를 저감하기 위하여, 기존의 LTE 시스템에서는 UE 특정 전력 제어를 통한 부분 주파수 재사용(fractional frequency reuse; FFR)과 같은 단순한 수동적인 기법을 이용하여 간섭에 의해 제한을 받은 환경에서 셀-경계에 위치한 UE 가 적절한 수율 성능을 가지도록 하는 방법이 적용되었다. 그러나, 셀 당 주파수 자원 사용을 낮추기 보다는, ICI 를 저감하거나 ICI 를 UE 가 원하는 신호로 재사용하는 것이 보다 바람직할 수 있다. 위와 같은 목적을 달성하기 위하여, CoMP 전송 기법이 적용될 수 있다.

[0112]

하향링크의 경우에 적용될 수 있는 CoMP 기법은 크게 조인트-프로세싱(joint processing; JP) 기법 및 조정 스케줄링/빔포밍(coordinated scheduling/beamforming; CS/CB) 기법으로 분류할 수 있다.

[0113]

JP 기법은 CoMP 협력 단위의 각각의 포인트(기지국)에서 데이터를 이용할 수 있다. CoMP 협력 단위는 협력 전송 기법에 이용되는 기지국들의 집합을 의미하고, CoMP 집합으로도 지칭될 수 있다. JP 기법은 조인트 전송(Joint Transmission) 기법과 동적 셀 선택(Dynamic cell selection) 기법으로 분류할 수 있다.

[0114]

조인트 전송 기법은, PDSCH 가 한번에 복수개의 포인트(CoMP 협력 단위의 일부 또는 전부)로부터 전송되는 기법을 말한다. 즉, 단일 UE 로 전송되는 데이터는 복수개의 전송 포인트로부터 동시에 전송될 수 있다. 조인트 전송 기법에 의하면, 코히어런트하게(coherently) 또는 넌-코히어런트하게(non-coherently) 수신 신호의 품질이 향상될 수 있고, 또한, 다른 UE 에 대한 간섭을 능동적으로 소거할 수도 있다.

[0115]

도 7 은 조인트 전송 기법의 일 예를 도시한다.

[0116]

동적 셀 선택 기법은, PDSCH 가 한번에 (CoMP 협력 단위의) 하나의 포인트로부터 전송되는 기법을 말한다. 즉, 특정 시점에서 단일 UE 로 전송되는 데이터는 하나의 포인트로부터 전송되고, 그 시점에 협력 단위 내의 다른 포인트는 해당 UE 에 대하여 데이터 전송을 하지 않으며, 해당 UE 로 데이터를 전송하는 포인트는 동적으로 선택될 수 있다.

[0117]

한편, CS/CB 기법에 의하면 CoMP 협력 단위들이 단일 UE 에 대한 데이터 전송의 빔포밍을 협력적으로 수행할 수 있다. 여기서, 데이터는 서빙 셀에서만 전송되지만, 사용자 스케줄링/빔포밍은 해당 CoMP 협력 단위의 셀들의 조정에 의하여 결정될 수 있다.

[0118]

한편, 상향링크의 경우에, 협력 또는 조정(coordinated) 다중-포인트 수신은 지리적으로 떨어진 복수개의 포인트들의 조정에 의해서 전송된 신호를 수신하는 것을 의미한다. 상향링크의 경우에 적용될 수 있는 CoMP 기법은

조인트 수신(Joint Reception; JR) 및 조정 스케줄링/빔포밍(coordinated scheduling/beamforming; CS/CB)으로 분류할 수 있다.

[0119] JR 기법은 PUSCH 를 통해 전송된 신호가 복수개의 수신 포인트에서 수신되는 것을 의미하고, CS/CB 기법은 PUSCH 가 하나의 포인트에서만 수신되지만 사용자 스케줄링/빔포밍은 CoMP 협력 단위의 셀들의 조정에 의해 결정되는 것을 의미한다.

[0120] 아울러, UL 포인트(즉, 수신 포인트(receiving point; RP))가 복수가 되는 경우를 UL CoMP 라고 지칭하며, DL 포인트(즉, 전송 포인트(transmitting point; TP))가 복수가 되는 경우를 DL CoMP 라고 지칭할 수도 있다.

[0121] **3D-MIMO 일반**

[0122] LTE Rel-12 이후의 무선 통신 시스템에서는 능동 안테나 시스템(active antenna system: 이하 AAS)의 도입이 고려되고 있다. 신호의 위상 및 크기를 조절할 수 있는 증폭기와 안테나가 분리되어 있는 기존의 수동 안테나 시스템과 달리, AAS 는 각각의 안테나가 증폭기와 같은 능동 소자를 포함하도록 구성된 시스템을 의미한다. 상기 AAS 는 능동 안테나 사용에 따라 증폭기와 안테나를 연결하기 위한 별도의 케이블, 커넥터, 기타 하드웨어 등이 필요하지 않고, 따라서 에너지 및 운용 비용 측면에서 효율성이 높은 특징을 갖는다. 특히 상기 AAS 는 각 안테나 별 전자식 빔 제어(electronic beam control) 방식을 지원하기 때문에 빔 방향 및 빔 폭을 고려한 정교한 빔 패턴 형성 또는 3 차원 빔 패턴을 형성하는 등의 진보된 MIMO 기술을 가능하게 한다.

[0123] 상기 AAS 등의 진보된 안테나 시스템의 도입으로 다수의 입출력 안테나와 다차원 안테나 구조를 갖는 대규모 MIMO 구조 또한 고려되고 있다. 일례로 기존의 일자형 안테나 배열과 달리 2 차원 안테나 배열을 형성할 경우, AAS 의 능동 안테나에 의해 3 차원 빔 패턴을 형성할 수 있다. 송신 안테나 관점에서 상기 3 차원 빔 패턴을 활용할 경우, 빔의 수평 방향뿐만 아니라 수직 방향으로의 준-정적 또는 동적인 빔 형성을 수행할 수 있으며 일례로 수직 방향의 섹터 형성 등의 응용을 고려할 수 있다. 또한 수신 안테나 관점에서는 대규모 수신 안테나를 활용하여 수신 빔을 형성할 때, 안테나 배열 이득(antenna array gain)에 따른 신호 전력 상승 효과를 기대할 수 있다. 따라서 상향링크의 경우, 기지국이 다수의 안테나를 통해 단말로부터 전송되는 신호를 수신할 수 있으며 이때 단말은 간섭 영향을 줄이기 위해 대규모 수신 안테나의 이득을 고려하여 자신의 송신 전력을 매우 낮게 설정할 수 있는 장점이 있다. 도 8 은 상기 예를 도식화 한 것으로 기지국 또는 단말이 AAS 기반의 3D 빔 형성이 가능한 다수의 송/수신 안테나를 갖고 있는 시스템을 도식화한 것이다.

[0124] 기존의 LTE(-A) 시스템에서 UE 는 자신의 서빙 eNB 에게 자신의 DL 채널에 적합한 프리코딩 매트릭스 지시자(precoding matrix indicator; PMI), 랭크 지시자(rank indicator; RI) 그리고 PMI 와 RI 가 적용되었을 때 채널 정보인 채널 품질 지시자(channel quality indicator; CQI)를 보고한다. UE 가 코드북에서 자신에게 적합한 PMI 를 선택할 때, 만약 그 대상이 연속적인 PMI 를 모두 포함한다면 문제가 없겠으나, 현실적으로는 코드북 내에 몇 개의 PMI 중에서 선택할 수 밖에 없어, 반드시 코드북이 가지는 granularity 에 대한 문제가 발생하게 된다. 이러한 granularity 에 대한 문제가 없다면, 다중안테나(MIMO)의 기본적인 공식에 기초하여, 많은 안테나를 가진 시스템이 반드시 좋은 성능을 낼 수 밖에 없다. 그러나, 현 시스템에서 사용하는 코드북은 granularity 에 대한 문제를 가지고 있고, 이에 따라 반드시 eNB 의 모든 안테나를 사용하는 것이 유리하지는 않을 것이다.

[0125] 덧붙여 이야기하면, UE 는 eNB 로부터 내려오는 채널과 가장 적합한 PMI 를 선택하여야 하는데, 현재 eNB 가 사용하고 있는 안테나의 수를 감소시켰을 때, 좀더 상기 UE 에게 적합한 PMI 가 있을 수 있다는 것이다. 따라서, 본 명세서에서는 좀더 적합한 코드북을 찾기 위해 안테나를 감소시킬 수 있는 요청에 대한 피드백 기법을 제안한다.

[0126] 본 명세서에서는 UE 가 PMI 를 선택할 때 코드북이 본래 가지고 있는 granularity 의 문제를 고려하여, UE 가 eNB 의 안테나 중 일부를 선택할 것을 요청하고, 그에 따라 eNB 가 안테나의 수를 감소시키는 방법을 제안한다. 본 명세서에서, 안테나의 일부를 사용하지 않는다는 표현은 기지국이 UE-특정한 정보를 송신할 때 지정된 안테나들에서 전력이 zero(0)임을 의미한다. 따라서, 셀-특정한 정보, 예를 들어, 채널상태정보-참조 신호(reference signal)와 같은 정보의 송신에는 지정되었던 안테나들을 사용할 수 있다. 하지만, 셀-특정한 정보의 송신도 기지국의 판단에 따라 지정된 안테나를 사용하지 않을 수 있다.

[0127] 도 9 는 본 발명의 일 실시예에 따른 동작을 도시한다.

[0128] 본 발명의 일 실시예에 따라, UE 는 서빙 eNB 가 사용하지 않았으면 하는 안테나 정보에 대하여 모두 알려줄 수도 있고, 오버헤드를 고려하여 일부의 서브셋(subset) 내에서 선택될 수도 있다. 이러한 안테나 정보는 안테나 선택을 위한 "안테나 선택 코드북" 으로 정의할 수 있다. UE 는 상기 안테나 선택 코드북을 통해 현재 채널 상

태에 가장 적합한 안테나 정보를 eNB 로 피드백해 줄 수 있다. 예를 들어, 안테나 정보를 모두 알려준다면, eNB 의 안테나 개수가 N 개일 때, N 비트가 필요할 것이다. 이 때, 상기 안테나 선택 코드북 $a=[a_1, a_2, \dots, a_N]$ 로 표현할 수 있는데, a 벡터에서 i 번째 안테나의 값인 a_i 는 0 또는 1 의 값을 가질 수 있다. '0' 은 안테나를 사용하지 않음을 의미하고, '1' 은 안테나를 사용함을 의미한다. 한편, 모든 안테나를 사용하지 않음을 나타내는 $a=[0, 0, \dots, 0]$ 는 사용하지 않는다. 여기서 상기 안테나 선택 코드북으로 나타낼 수 있는 안테나 선택의 경우는 총 2^N-1 개이며, UE 는 이 중에 한 개의 값을 피드백해줄 수 있다. 즉, UE 는 상기 안테나 선택 코드북 중 하나를 지시하는 인덱스를 피드백할 수 있다.

[0129] 이 때, N 비트의 오버헤드를 줄이기 위해, a 벡터가 가질 수 있는 전체 집합을 사용하지 않고, 몇 개의 서브셋 내에서 선택하여 피드백할 수 있다. 간단하게 예를 들어, 8 개의 안테나를 가진 eNB 에 대하여, 그 eNB 의 안테나 정보로서 1 비트의 피드백이 가능하다면, 상기 안테나 선택 코드북을 $a_0=[1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]$ 과 $a_1=[1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0]$ 두 개로 정의하고, 각각은 인덱스 0 과 1 을 갖는다. UE 는 이러한 인덱스 0 또는 1 을 피드백할 수 있다.

[0130] 이러한 안테나 선택 코드북이 어떤 집합을 가지고 사용할지에 대한 정보는 사전에 미리 약속되어 있거나, RRC 시그널링으로 eNB 와 UE 들간에 정보가 교환될 수 있다.

[0131] 본 발명의 일 실시예에 따라 eNB 가 사용할 안테나의 수가 감소될 경우, eNB 와 UE 는 사용할 PM 을 정의하기 어려울 수 있다. 예를 들어, eNB 가 4 개의 안테나를 사용하는 경우, UE 가 3 개의 안테나를 사용하길 요청한다면, eNB 는 UE 에게 3 개의 안테나에 적합한 코드북에서 PM 을 선택해야 할 것이다. 그러나 이러한 PM 또는 코드북은 현재 LTE 에서 지원되지 않기 때문에 임의로 만들어서 사용되어야 한다.

[0132] 이러한 상황을 위해 본 발명의 일 실시예에서는 두 가지 방식에 의해 기존의 코드북을 조절 또는 변환한다.

[0133] 첫 번째 방식은, eNB 가 사용할 안테나의 개수를 UE 가 이용하는 무선시스템에서 사용되는 코드북이 존재하는 안테나 개수까지만 감소시키는 것이다. 예를 들어, 현재 LTE(-A)에서는 1, 2, 4 또는 8 개의 안테나의 개수만을 고려한 코드북이 존재하므로, 상기 안테나 선택 코드북 a 또는 이의 서브셋을 이에 맞추어 생성할 수 있다. 다시 말해, eNB 의 안테나의 개수가 1, 2, 4 또는 8 개 중에 하나에 속하도록 안테나의 개수를 감소시킬 수 있다. 이를 다시 표현하면, 감소될 안테나의 수를 현재 eNB 가 사용하는 안테나의 수(일반적으로, eNB 의 전체 전송 안테나의 수)의 약수로 한정시킬 수 있다.

[0134] 이렇게 되면, eNB 는 UE 의 요청대로 안테나의 일부만을 사용한다 할지라도, 기존의 코드북을 이용하여 프리코딩을 적용할 수 있다. UE 는 기존의 코드북을 고려하여 자신에게 적합한 상기 안테나 선택 코드북에 대한 인덱스와 PMI 를 eNB 로 피드백하게 되고, eNB 는 이를 이용하여 프리코딩 매트릭스를 결정하고 결정된 프리코딩 매트릭스에 기인하여 프리코딩을 수행하며 프리코딩된 신호를 UE 로 전송할 수 있다.

[0135] 이 때 UE 가 eNB 에게 프리코딩해 주길 원하는 값은 다음과 같이 표현할 수 있다.

수학식 12

[0136]
$$PM_{new} = A_1 \times PM_1$$

[0137] 수학식 12 에서 새로운 프리코딩 매트릭스 PM_{new} 는 감소된 안테나 수에 대한 정보인 안테나 선택 매트릭스 A_1 와 기존의 PM 을 위한 코드북에서 선택된 감소된 안테나 수(즉, 2 개)에 맞는 PM_1 과의 곱으로 표현된다. 즉, 본 실시예에서 eNB 의 안테나를 4 개에서 2 개로 감소시키고자 하는 경우, 상기 A_1 는 안테나 4 개 중 2 개를 선택하기 위한 매트릭스, 상기 PM_1 은 기존의 안테나 2 개를 위한 코드북 내에서 현재 채널 상태에 적합한 PM 일 수 있다. 여기서, 상기 안테나 선택 매트릭스 A_1 는 $diag(a)$ 내에서 '0' 벡터인 컬럼을 제거한 매트릭스이다. 또한, $diag(a)$ 는 a 벡터의 원소들을 대각(diagonal) 값으로 갖는 대각 매트릭스를 지칭한다. 예를 들어, 벡터 $a = [1, 0, 0, 1]$ 로 주어졌다면, 안테나 선택 매트릭스 A_1 는 다음과 같다.

수학식 13

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0138]

[0139]

상기 안테나 선택 매트릭스 A_1 는 eNB 가 4 개의 안테나를 가지고 있고, UE 는 현재 1 번과 4 번 안테나만 사용하기를 요청함을 나타낸다. 수학식 13 에서 이러한 안테나 선택 매트릭스 A_1 는 기지국의 2 번과 3 번을 사용하지 않게 만들면서 2 개의 열로 이루어져 있다. 따라서, 선택된 안테나 개수에 따라 위에서 설명한대로 안테나 선택 매트릭스 A_1 의 열의 크기를 변화시켜 여러 가지의 크기를 가진 PM 코드북에서 PM_1 이 선택될 수 있도록 가변이 가능하다. 결국, 기지국은 PM_{new} 를 이용하여, 감소된 수의 안테나를 사용할 수 있고, 또한 감소된 안테나에 적합한 프리코딩도 함께 적용할 수 있다.

[0140]

앞에서 설명한 첫 번째 방식에서 기존의 코드북은 전력에 맞게 잘 설계되어 있다고 가정한다. 다시 말해, 모든 코드북에 대하여 $E\{tr(PM^H \times PM)\} = \alpha$ 라는 고정값을 가짐을 의미한다. 여기서, $tr(\cdot)$ 은 "trace" 를 의미, 즉 매트릭스의 대각 성분의 총합을 의미하고, $E\{\cdot\}$ 는 평균값을 의미한다. 만약, 코드북에 따라, α 값이 다르다면, 노말라이즈(normalization)를 적용할 수 있다.

[0141]

두 번째 방식은 UE 가 이용하는 무선시스템에서 사용하는 코드북과 관계없이 안테나 선택 코드북을 생성하는 것이다. 즉, 감소될 안테나의 수를 현재 eNB 가 사용하는 안테나의 수(일반적으로, eNB 의 전체 전송 안테나의 수)의 약수가 아니도록 한정할 수 있다.

[0142]

이런 경우, eNB 는 UE 의 요청대로 안테나의 수를 감소시키게 되면, 그 때 사용할 코드북이 새롭게 필요하게 된다. 이 때, 기존의 코드북을 감소된 수의 안테나에 맞게 수정하여 새로운 코드북을 만드는 방식이다. 이렇게 되면, 안테나의 수를 감소시키면서 수정된 코드북은 기존의 코드북보다 더 나은 PM 을 포함하고 있을 수 있고, 이로 인해 앞에서 설명된 granularity 에 대한 문제를 해결하는데 도움을 줄 수 있다.

[0143]

두 번째 방식인 코드북 수정방법에 대하여 좀 더 설명하면, eNB 에서 현재 사용하는 안테나 개수에 맞춘 코드북에서 UE 의 요청에 따라 사용되지 않는 안테나와 연결되는 PM 의 원소는 '0' 으로 설정하고 이로 인해 낮아진 파워는 노말라이즈를 적용하도록 한다. 물론, 안테나 각각의 전력을 고려하여, 노말라이즈 없이 사용할 수도 있다. 이렇게 감소된 수의 안테나와 PM 을 하나의 수식으로 표현하게 되면 다음과 같다.

수학식 14

$$PM_{new} = M \times A_2 \times PM_2$$

[0144]

[0145]

새로운 프리코딩 매트릭스 PM_{new} 는 안테나 선택 매트릭스 A_2 와 eNB 의 안테나 수(즉, 4개)에 맞는 코드북 내에서 eNB 의 감소된 안테나 수(즉, 3개)를 고려하여 선택된 PM_2 의 곱으로 표현된다. 여기서, A_2 는 $diag(a)$ 로 간단히 표현된다. M 은 노말라이즈 값으로 이를 통해 노말라이즈가 적용되거나 '1' 로 셋팅할 수 있다. '1' 이 아닐 때의 M 의 값은 다음의 수식으로 계산가능하다.

수학식 15

$$M = \sqrt{\frac{E\{tr(PM_2^H \times PM_2)\}}{E\{tr(PM_2^H \times A_2^H \times A_2 \times PM_2)\}}}$$

[0146]

- [0147] 위에서 설명한대로 감소된 안테나 수(즉, A_2 를 지시)와 PMI(PM_2 를 지시)를 연계해서 피드백할 경우, 만약, eNB 가 안테나를 제한하는 요청을 들어주지 않는다면, eNB 에서 수신된 PM_2 는 감소된 안테나 수와 연관되므로, 그 PM 또한 필요없는 정보가 되어 eNB 가 프리코딩을 적용하기 어려울 수 있다. 이를 방지하기 위하여, UE 는 eNB 의 안테나의 수를 감소시키지 않는다고 가정하고 선택한 PMI 도 함께 피드백할 수도 있다.
- [0148] eNB 는 위에서 설명한대로 안테나와 PMI 에 대한 피드백 정보를 수신한 뒤, DL 전송을 위한 안테나의 수를 감소 시키거나, 또는 상기 피드백 정보를 무시할 수 있다. 이 때, eNB 는 UE 에게 감소된 안테나 수에 대한 정보를 알려주지 않은 채 전송을 위한 안테나의 개수를 감소시켜도 된다.
- [0149] 그러나, 채널 피드백을 위한 참조 신호(reference signal), 즉 채널상태 정보-참조 신호는 감소시키지 않은 안테나 수에 대하여 전송하게 되어, 현재 eNB 의 셀 내에 있는 UE 들은 이러한 참조 신호에 기반하여 전체 채널을 추정할 수 있고, 각각의 UE 들에 적합한 안테나 수와 PMI 를 피드백할 수 있다. UE 는 이와 더불어, RI 와 CQI 같은 피드백 정보를 함께 피드백한 뒤, eNB 는 이를 토대로 스케줄링을 하게 된다. 그 이후, 선택된 UE 가 요청한 안테나 정보에 따라 eNB 는 안테나의 수를 감소시키거나, 그 정보를 무시할 수 있다.
- [0150] 또는, eNB 는 감소된 안테나 수에 대한 정보를 UE 들에게 알려줄 수도 있다. 이 때, 감소된 안테나 수는 CSI-RS 구성(configuration)과 같은 채널 피드백을 위한 참조 신호에 대한 구성 정보를 통하여 UE 들에게 알려줄 수 있다.
- [0151] 위에서 설명된 본 발명의 일 실시예는 UE 의 요청에 따라 이루어지지만, 상황에 따라 eNB 가 전력을 절약하기 위하여, 일부의 안테나를 사용하지 않고자 할 때 이용될 수도 있다. 이럴 경우에는, 위에서 설명한 기존의 코드북을 줄여나가는 방식을 사용하게 된다. eNB 에서는 현재 사용하는 안테나 수에 맞춘 코드북에서 전력을 절약하기 위해 사용되지 않는 안테나와 연결되는 PM 의 원소는 '0' 으로 설정하되, 전력을 절약하기 위한 목적이므로, 노말라이즈는 적용하지 않는다. 이 때, 감소된 안테나의 수는 CSI-RS 구성(configuration)과 같은 채널 피드백을 위한 참조 신호에 대한 구성을 통하여 셀 내의 UE 들에게 알려줄 수 있다.
- [0152] **제 2 실시예**
- [0153] 본 발명의 일 실시예를 이용하여, 인접 셀로부터의 간섭을 줄이기 위해 인접 셀이 사용할 안테나의 수를 제한할 수 있다. 제안 방식에서 UE 는 인접 셀이 사용하지 않았으면 하는 안테나 정보에 대하여 모두 알려줄 수도 있고, 그 안테나 정보는 오버헤드를 고려하여 일부의 서브셋 내에서 선택될 수도 있다. 상기 안테나 정보는 위에서 설명된 안테나 선택 벡터 a 를 이용하여 UE 가 서빙 셀에게 피드백하고, 그 정보는 상기 서빙 셀로부터 인접 셀에게 전달된다.
- [0154] 본 발명의 일 실시예에서 인접 셀의 사용할 안테나의 수가 감소될 경우, 인접 셀에서는 사용할 PM 을 정의하기 어려울 수 있다. 이러한 상황을 위해 본 발명에서는 위에서 설명된 두 가지 방식에 의해 코드북을 조절할 수 있다.
- [0155] **제 3 실시예**
- [0156] 또한, 본 발명의 일 실시예는 CoMP 방식에서도 적용 가능하다. CS/CB 방식에서 CoMP 에 참여한 UE 는 인접 셀의 전송 프리코딩 매트릭스 (PM) 또는 빔포밍 벡터를 제한시킴으로써 인접 셀로부터의 간섭을 줄여 서빙 셀로부터의 수신 성능을 향상시킬 수 있다. 도 10 은 본 발명의 일 실시예에 따른 CoMP 방식에서 수행되는 동작을 예시한다.
- [0157] 본 발명의 일 실시예에서 CoMP 상황에서 적용할 제안 방식은 기본적으로 인접 셀에서 사용할 PM 을 제한하는 방식과 더불어 사용될 수 있다. PM 을 제한하는 방식은 현재 대표적으로 3 가지 방법이 있다. 첫 번째는 인접 셀이 사용하지 않기를 바라는 최악(worst)의 PMI 를 피드백하는 방법이고, 두 번째는 인접 셀이 사용하기를 바라는 추천(recommended) PMI 를 피드백하는 방법이다. 마지막 방법은 인접 셀이 사용해주기를 원하는 PM 을 알려주기 위하여 코드북내에서 특정한 서브셋을 지정하고 상기 서브셋 내의 PM 들에 대하여 비트맵 지시자(bitmap indicator)를 피드백하여 사용하기를 원하는 PM 인지 아닌지 개별적으로 지정하여 알려주는 방법이다. 본 발명의 일 실시예는 두 번째 방법 또는 마지막 방법과 함께 다음과 같이 활용될 수 있다.
- [0158] 본 발명에서 인접 셀이 사용하기를 바라는 추천 PMI 를 피드백하는 두 번째 방법을 함께 사용하면 다음과 같다. 먼저, CoMP UE 는 안테나 선택 벡터 a 의 집합을 이루는 모든 매트릭스 또는 벡터에 대하여 가장 간섭이 약한 PMI 들을 선택한 뒤, 각각의 a 와 선택된 PMI 가 이루는 간섭을 비교한다. 그 뒤, 가장 간섭을 감소시키는데 용

이한 a 와 PMI 를 피드백 한다. 인접 셀의 eNB 는 이 정보를 이용하여, 위에서 제시된 수학적 식 12 또는 14 를 이용하여 사용하는 안테나의 수를 감소시킨 뒤, 인접 셀의 UE 에게 프리코딩할 수 있다.

[0159] 본 발명에서 인접 셀이 사용해줄기를 원하는 추천 PM 을 알려주기 위해, 코드북내에서 특정한 서브셋을 지정한 뒤 상기 서브셋 내의 PMI 들을 개별적으로 알려주는 세 번째 방법을 함께 사용하면 다음과 같다. CoMP UE 는 안테나 선택 벡터 a 의 집합을 이루는 모든 매트릭스 또는 벡터에 대하여 코드북의 서브셋 내의 PM 들에 대하여 사용해줄기를 원하는 PM 인지 아닌지를 지정한다. 그리고 각각의 a 와 그에 해당하는 PM 들에 대한 정보를 비교하여 간섭을 줄여주는 a 와 PM 에 대한 정보를 피드백 한다. 인접 셀의 기지국은 피드백 받은 PM 들 중에 적합한 PM 을 선택하고, 위에서 제시된 수학적 식 12 또는 14 를 이용하여 사용하는 안테나의 수를 감소시킨 뒤, 인접 셀의 UE 에게 프리코딩할 수 있다.

[0160] 위와 같이 CoMP 환경에서 PMI 와 연계하여 피드백할 경우, 인접 셀이 안테나를 제한하는 요청을 들어주지 않는다면, 인접 셀의 PM 을 제한하는 정보가 감소된 안테나 수에 대한 정보와 연관되므로, 그 PM 또한 필요없는 정보가 될 것이다. 이를 방지하기 위하여, UE 는 인접 셀의 안테나 수를 감소시키지 않는다고 가정하고 선택된 PM 을 제한하는 정보를 함께 보낼 수도 있다.

[0161] 인접 셀은 위에서 설명한대로 안테나와 PMI 를 제한하는 피드백 정보를 받은 뒤, 자신의 안테나의 수를 조절할 수 있다. 이 때, 인접 셀의 eNB 는 인접 셀 내의 UE 들에게 감소된 안테나 수에 대한 정보를 현재 LTE(-A) 시스템의 CSI-RS 구성(configuration)과 같은 채널 피드백을 위한 참조 신호에 대한 구성을 통하여 알려줄 수 있다.

[0162] **제 3 실시예**

[0163] 본 발명의 일 실시예는 2 차원 활성 안테나 시스템(2-dimension active antenna system; 2D-AAS)을 사용하는 eNB 에서도 이용될 수 있다. 2D-AAS 를 사용할 경우, 1D-AAS 에서 기존의 수평방향 빔을 조절하는 것에 추가로 수직방향으로도 조절가능하다. 이로 인해, 도 11 에 도시된 2D-AAS 처럼 안테나의 일부가 하나의 섹터를 구성할 수 있다. 도 11 에는 안테나 윗부분의 12 개의 안테나(이하, "안테나 A 그룹" 으로 지칭함)는 섹터 A 를 구성하고, 안테나 중간부분의 12 개의 안테나(이하, "안테나 B 그룹" 으로 지칭함)는 섹터 B 를 구성하며, 안테나 아랫부분의 12 개의 안테나(이하, "안테나 C 그룹" 으로 지칭함)는 섹터 C 를 구성한다. 각각의 섹터는 그 섹터 내의 UE 들을 지원하게 된다.

[0164] 도 11 을 참조하면, 섹터 A 에 위치한 UE 가 섹터 B 에 매우 근접해 있어, 섹터 B 로 인한 간섭에 노출되어 있다. 이러한 경우, 현재 LTE(-A) 시스템의 CoMP CS/CB 처럼 상기 안테나 A 그룹과 상기 안테나 B 그룹이 서로 협력하여 섹터 A 의 UE 를 지원한다면, 상기 안테나 B 그룹은 섹터 A 의 UE 를 향한 간섭을 줄이면서 자신의 UE 를 지원하려 할 것이다. 이 때 섹터 B(또는 상기 안테나 B 그룹)로부터 오는 간섭을 좀 더 잘 제어하기 위하여 상기 안테나 B 그룹 중 몇 개의 안테나를 끄고 동작할 수 있고, 이렇게 감소된 상기 안테나 B 그룹의 안테나에 의해 기존의 고정된 안테나 수에 의한 코드북의 granularity 문제를 해결하는데 도움을 준다.

[0165] 이러한 2D-AAS 를 이용한 3D-MIMO 상황에서 본 발명을 이용하고자 한다. 먼저, 협력을 하는 섹터들을 UE 를 지원하는 "서빙 섹터" 와 상기 서빙 섹터로의 간섭만을 제어해주는 "인접 섹터" 로 나누어 볼 수 있다. 제안 방식에서 UE 는 인접 섹터가 사용하지 않았으면 하는 안테나 정보에 대하여 모두 알려줄 수도 있고, 오버헤드를 고려하여 일부의 서브셋 내에서 선택하여 알려줄 수도 있다. 상기 안테나 정보는 위에서 설명된 안테나 선택 벡터 a 를 이용하여 UE 가 서빙 섹터에게 피드백하고, 그 정보는 인접 섹터에게 전달된다.

[0166] 본 발명의 일 실시예에서 인접 섹터의 사용할 안테나의 수가 줄어들 경우, 인접 섹터에서는 사용할 PM 을 정의하기 어려울 수 있다. 이러한 상황을 위해 본 발명에서는 위에서 설명된 두 가지 방식에 의해 코드북을 조절할 수 있다.

[0167] 3D-MIMO 환경에서 본 발명이 제안하는 방식은 기본적으로 인접 섹터에서 사용할 PM 을 제한하는 방식과 더불어 사용될 수 있다. 이 때 사용할 수 있는 두 가지 방법은 다음과 같다.

[0168] 본 발명의 일 실시예에서 인접 섹터가 사용해줄기를 바라는 추천 PMI 를 피드백하는 방법과 인접 섹터의 안테나의 수를 감소시키는 방법을 함께 사용하면, 다음과 같다. 먼저, 섹터 A 와 섹터 B 의 협력을 받는 UE 는 위에서 설명된 안테나 선택 매트릭스 또는 벡터

[0169] 상기 UE 는 안테나 선택 벡터 a 의 집합을 이루는 모든 벡터에 대하여 가장 간섭이 약한 PMI 들을 선택한 뒤, 각각의 a 와 선택된 PMI 가 이루는 간섭을 비교한 뒤, 가장 간섭을 줄이는데 용이한 a 와 PMI 를 eNB 로 피드백할 수 있다. 상기 eNB 는 인접 섹터를 담당하는 안테나 그룹에 대하여, 상기 피드백되는 정보에 기반하여 위에

서 제시된 수학적 식 12 또는 14 를 이용하여 사용하는 안테나의 수를 감소시킨 뒤, 인접 섹터의 UE 에게 프리코딩할 수 있다.

[0170] 본 발명의 일 실시예에서 인접 섹터가 사용해주기를 원하는 PM 을 알려주기 위해, 코드북 내에서 특정한 서브셋을 지정한 뒤 상기 서브셋 내의 PMI 들을 개별적으로 알려주는 방법과 안테나의 수를 감소시키는 방법을 함께 사용하면 다음과 같다. 섹터 A 와 섹터 B 의 협력을 받는 UE 는 a 의 집합을 이루는 모든 벡터에 대하여 코드북의 서브셋 내의 PM 들에 대하여 사용하기를 원하는 PM 인지 아닌지를 지정한다. 그리고 상기 UE 는 각각의 a 와 그에 해당하는 PM 들에 대한 정보를 비교하여 간섭을 줄여주는 a 와 PM 에 대한 정보를 eNB 로 피드백할 수 있다. 상기 eNB 는 인접 섹터를 담당하는 안테나 그룹에 대하여, 상기 피드백된 PM 들 중에서 적합한 PM 을 선택하고 위에서 제시된 수학적 식 12 또는 14 를 이용하여 사용하는 안테나의 수를 감소시킨 뒤, 인접 섹터의 UE 에게 프리코딩할 수 있다.

[0171] 위와 같이 3D-MIMO 환경에서 PMI 와 연계하여 피드백할 경우, 인접 섹터에 대하여 상기 안테나를 제한하는 요청을 들어주지 않는다면, 인접 섹터의 PM 을 제한하는 정보가 감소된 안테나 수에 대한 정보와 연관되므로, 그 PM 또한 필요없는 정보가 될 것이다. 이를 방지하기 위하여, UE 는 인접 섹터의 안테나를 감소시키지 않는다고 가정하고 선택한 PM 을 제한하는 정보를 함께 보낼 수도 있다.

[0172] eNB 는 상기 인접 섹터에 대하여, 위에서 설명한대로 안테나와 PMI 를 제한하는 피드백 정보를 수신한 뒤, 상기 인접 섹터에 대한 안테나의 수를 조절할 수 있다. 이 때, 상기 eNB 는 상기 인접 섹터 내의 UE 들에게 감소된 안테나 수에 대한 정보를 현재 LTE(-A) 시스템의 CSI-RS 구성과 같은 채널 피드백을 위한 참조 신호에 대한 구성을 통하여 알려줄 수 있다.

[0173] 추가적으로, 3D-MIMO 상황에서 본 발명의 일 실시예를 다음과 같이 이용할 수도 있다.

[0174] 3D-MIMO 환경에서 2D-AAS 가 적용된 eNB 에서 다수의 안테나가 한 구역을 담당하게 된다. 이 때, 일 구역을 담당하는 안테나의 수를 'N' 이라 하면, 상기 일 구역 내의 UE 들은 N 개의 채널에 대한 채널 추정을 하고(UE 의 안테나 수에 따라 경우에 따라 더 많은 채널을 추정함), 그 채널 추정 값을 상기 eNB 로 피드백하게 될 것이다. 이럴 경우, N 개의 안테나가 좋은 성능을 보장받으려면, 매우 많은 수의 채널 피드백 정보(예를 들어 N=64 이면, 적어도 64 개의 채널에 대한 피드백 정보가 필요)를 요구하게 될 것이고, 시스템이 감당할 수 없는 오버헤드가 발생할 수 있다.

[0175] 그러나, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이러한 오버헤드를 줄일 수 있다. 먼저, 한 개의 구역을 담당하는 안테나들에 관하여, 위에서 정의한 안테나 선택 코드북에서 안테나 수의 최대값을 N_M 이라고 정의하고, 이 값을 지정할 수 있다. 그리고, 상기 안테나 선택 코드북을 이에 맞추어 만들 수 있다. 다시 말해, 안테나 선택 코드북에서 벡터 a 는 '1' 의 값을 가진 원소를 N_M 개 이하로 갖게 될 것이다. 이러한 최대값을 만족하는 모든 벡터 a 를 사용할 수도 있고, 앞서 설명한 것처럼 모든 벡터 a 의 집합의 서브셋을 지정해서 사용할 수도 있다.

[0176] 이러한 안테나 선택 코드북이 어떤 집합(N_M 에 대한 정보는 이에 포함되어 있음)을 포함할지에 대한 정보는 사전에 미리 약속되어 있거나, RRC 시그널링으로 eNB 와 UE 들간에 정보를 교환할 수 있다.

[0177] 이 때, 한 개의 구역을 담당하는 안테나를 여러 개의 그룹으로 나눌 수 있다. UE 는 그 중에 한 개의 그룹을 선택하거나, 또는 선택된 그룹 내에서 어떤 안테나를 사용할지에 대한 정보를 벡터 a 를 통해 피드백할 수 있다. 예를 들어, 도 12 는 N=64 개의 안테나가 $N_M=8$ 을 가정하여, 8 개의 그룹으로 나누어져 있다. 이 때, UE 는 벡터 a 를 통해, 한 개의 그룹을 선택하거나, 또는 그룹내에서 몇 개의 안테나만을 선택하는 정보를 피드백할 수 있다.

[0178] 이렇게 안테나에서 그룹이 나뉘었을 때, N_M 은 일 구역을 담당하는 안테나 수인 N 의 약수가 아닐 수도 있다. 그렇기에 그룹을 지을 경우, 각 그룹은 서로 같은 안테나를 공유할 수도 있다.

[0179] 이러한 목적으로 본 발명을 사용할 때, eNB 는 PM 을 사용하기 위해 다양한 안테나 수에 맞는 코드북이 필요할 것이다. 이러한 상황을 위해 본 발명에서는 위에서 설명된 두 가지 방식에 의해 코드북을 조절할 수 있다.

[0180] eNB 는 위에서 설명한대로 안테나에 대한 정보와 PMI 에 대한 피드백 정보를 받은 뒤, 적절한 안테나를 선택할 수 있다. 이 때, eNB 는 UE 에게 선택된 안테나에 대한 정보를 알려주지 않은 채 안테나를 선택해도 된다. 그러나, 채널 피드백을 위한 참조 신호는 전체 안테나를 통해 전송되므로, 현재 eNB 의 셀 커버리지 내에 있는 UE 들은 이러한 참조 신호에 기반하여 전체 채널을 추정할 수 있고, 각자 자신에게 적합한 안테나에 대한 정보와

PMI 를 피드백할 수 있다. UE 는 이와 더불어, RI 와 CQI 같은 피드백 정보를 함께 피드백한 뒤, eNB 는 이를 토대로 스케줄링을 행하게 된다.

[0181] 도 13 은 본 발명의 실시예들을 수행하는 전송장치(10) 및 수신장치(20)의 구성요소를 나타내는 블록도이다. 전송장치(10) 및 수신장치(20)는 정보 및/또는 데이터, 신호, 메시지 등을 나르는 유선 및/또는 무선 신호를 전송 또는 수신할 수 있는 RF 유닛(13, 23)과, 무선통신 시스템 내 통신과 관련된 각종 정보를 저장하는 메모리(12, 22), 상기 RF 유닛(13, 23) 및 메모리(12, 22)등의 구성요소와 동작적으로 연결되어, 상기 구성요소를 제어하여 해당 장치가 전송한 본 발명의 실시예들 중 적어도 하나를 수행하도록 메모리(12, 22) 및/또는 RF 유닛(13,23)을 제어하도록 구성된 프로세서(11, 21)를 각각 포함한다.

[0182] 메모리(12, 22)는 프로세서(11, 21)의 처리 및 제어를 위한 프로그램을 저장할 수 있고, 입/출력되는 정보를 임시 저장할 수 있다. 메모리(12, 22)가 비퍼로서 활용될 수 있다. 프로세서(11, 21)는 통상적으로 전송장치 또는 수신장치 내 각종 모듈의 전반적인 동작을 제어한다. 특히, 프로세서(11, 21)는 본 발명을 수행하기 위한 각종 제어 기능을 수행할 수 있다. 프로세서(11, 21)는 컨트롤러(controller), 마이크로 컨트롤러(microcontroller), 마이크로 프로세서(microprocessor), 마이크로 컴퓨터(microcomputer) 등으로도 불릴 수 있다. 프로세서(11, 21)는 하드웨어(hardware) 또는 펌웨어(firmware), 소프트웨어, 또는 이들의 결합에 의해 구현될 수 있다. 하드웨어를 이용하여 본 발명을 구현하는 경우에는, 본 발명을 수행하도록 구성된 ASICs(application specific integrated circuits) 또는 DSPs(digital signal processors), DSPDs(digital signal processing devices), PLDs(programmable logic devices), FPGAs(field programmable gate arrays) 등이 프로세서(400a, 400b)에 구비될 수 있다. 한편, 펌웨어나 소프트웨어를 이용하여 본 발명을 구현하는 경우에는 본 발명의 기능 또는 동작들을 수행하는 모듈, 절차 또는 함수 등을 포함하도록 펌웨어나 소프트웨어가 구성될 수 있으며, 본 발명을 수행할 수 있도록 구성된 펌웨어 또는 소프트웨어는 프로세서(11, 21) 내에 구비되거나 메모리(12, 22)에 저장되어 프로세서(11, 21)에 의해 구동될 수 있다.

[0183] 전송장치(10)의 프로세서(11)는 상기 프로세서(11) 또는 상기 프로세서(11)와 연결된 스케줄러로부터 스케줄링되어 외부로 전송될 신호 및/또는 데이터에 대하여 소정의 부호화(coding) 및 변조(modulation)를 수행한 후 RF 유닛(13)에 전송한다. 예를 들어, 프로세서(11)는 전송하고자 하는 데이터 열을 역다중화 및 채널 부호화, 스크램블링, 변조과정 등을 거쳐 K 개의 레이어로 변환한다. 부호화된 데이터 열은 코드워드로 지칭되기도 하며, MAC 계층이 제공하는 데이터 블록인 전송 블록과 동가이다. 일 전송블록(transport block, TB)은 일 코드워드로 부호화되며, 각 코드워드는 하나 이상의 레이어의 형태로 수신장치에 전송되게 된다. 주파수 상향 변환을 위해 RF 유닛(13)은 오실레이터(oscillator)를 포함할 수 있다. RF 유닛(13)은 N_t 개(N_t 는 1 보다 이상의 양의 정수)의 전송 안테나를 포함할 수 있다.

[0184] 수신장치(20)의 신호 처리 과정은 전송장치(10)의 신호 처리 과정의 역으로 구성된다. 프로세서(21)의 제어 하에, 수신장치(20)의 RF 유닛(23)은 전송장치(10)에 의해 전송된 무선 신호를 수신한다. 상기 RF 유닛(23)은 N_r 개의 수신 안테나를 포함할 수 있으며, 상기 RF 유닛(23)은 수신 안테나를 통해 수신된 신호 각각을 주파수 하향 변환하여(frequency down-convert) 기저대역 신호로 복원한다. RF 유닛(23)은 주파수 하향 변환을 위해 오실레이터를 포함할 수 있다. 상기 프로세서(21)는 수신 안테나를 통하여 수신된 무선 신호에 대한 복호(decoding) 및 복조(demodulation)를 수행하여, 전송장치(10)가 본래 전송하고자 했던 데이터를 복원할 수 있다.

[0185] RF 유닛(13, 23)은 하나 이상의 안테나를 구비한다. 안테나는, 프로세서(11, 21)의 제어 하에 본 발명의 일 실시예에 따라, RF 유닛(13, 23)에 의해 처리된 신호를 외부로 전송하거나, 외부로부터 무선 신호를 수신하여 RF 유닛(13, 23)으로 전달하는 기능을 수행한다. 안테나는 안테나 포트도 불리기도 한다. 각 안테나는 하나의 물리 안테나에 해당하거나 하나보다 많은 물리 안테나 요소(element)의 조합에 의해 구성될 수 있다. 각 안테나로부터 전송된 신호는 수신장치(20)에 의해 더 이상 분해될 수 없다. 해당 안테나에 대응하여 전송된 참조신호(reference signal, RS)는 수신장치(20)의 관점에서 본 안테나를 정의하며, 채널이 일 물리 안테나로부터의 단일(single) 무선 채널인지 혹은 상기 안테나를 포함하는 복수의 물리 안테나 요소(element)들로부터의 합성(composite) 채널인지에 관계없이, 상기 수신장치(20)로 하여금 상기 안테나에 대한 채널 추정을 가능하게 한다. 즉, 안테나는 상기 안테나 상의 심볼을 전달하는 채널이 상기 동일 안테나 상의 다른 심볼이 전달되는 상기 채널로부터 도출될 수 있도록 정의된다. 복수의 안테나를 이용하여 데이터를 송수신하는 다중 입출력(Multi-Input Multi-Output, MIMO) 기능을 지원하는 송수신 유닛의 경우에는 2 개 이상의 안테나와 연결될 수 있다.

[0186] 본 발명의 실시예들에 있어서, UE 는 상향링크에서는 전송장치(10)로 동작하고, 하향링크에서는 수신장치(20)로 동작한다. 또한, 본 발명의 실시예들에 있어서, eNB 는 상향링크에서는 수신장치(20)로 동작하고, 하향링크에서

는 전송장치(10)로 동작한다.

[0187] 상기 전송 장치(10) 또는 상기 수신장치(20)는 앞서 설명한 본 발명의 실시예들 중 적어도 하나 또는 둘 이상의 실시예들의 조합을 수행할 수 있다.

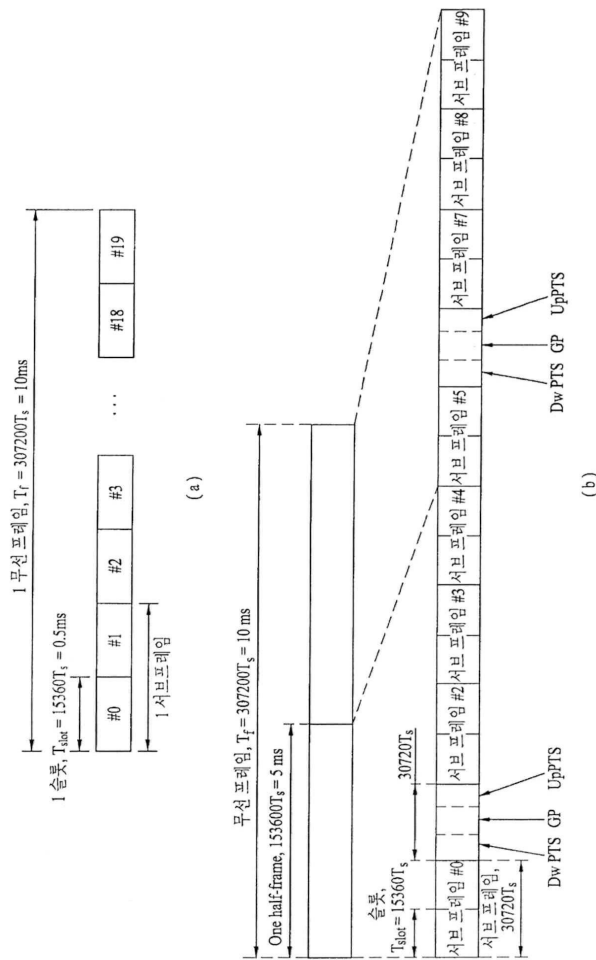
[0188] 상술한 바와 같이 개시된 본 발명의 바람직한 실시예들에 대한 상세한 설명은 당업자가 본 발명을 구현하고 실시할 수 있도록 제공되었다. 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명은 여기에 나타난 실시형태들에 제한되려는 것이 아니라, 여기서 개시된 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 최광의 범위를 부여하려는 것이다.

산업상 이용가능성

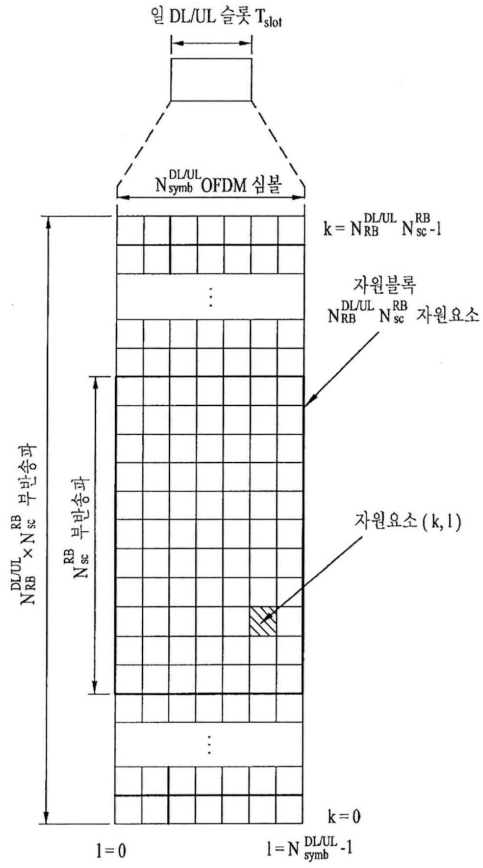
[0189] 본 발명은 단말, 릴레이, 기지국 등과 같은 통신 장치에 사용될 수 있다.

도면

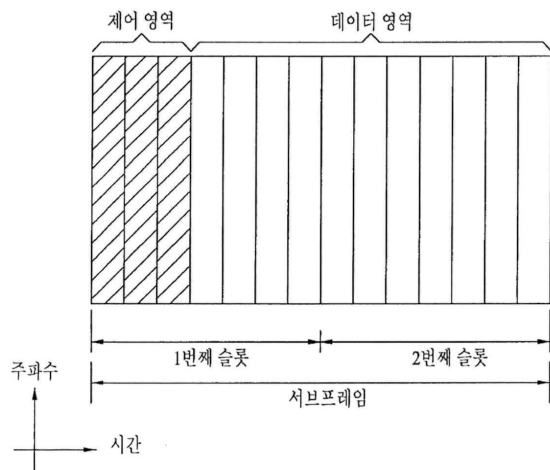
도면1



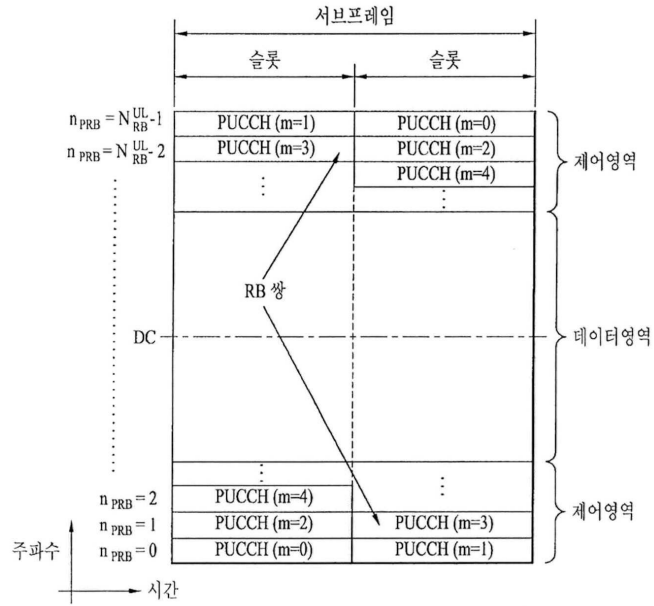
도면2



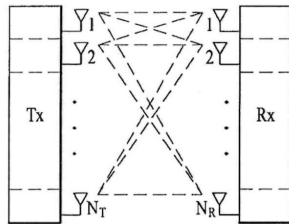
도면3



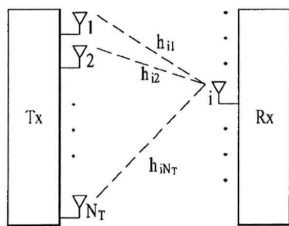
도면4



도면5

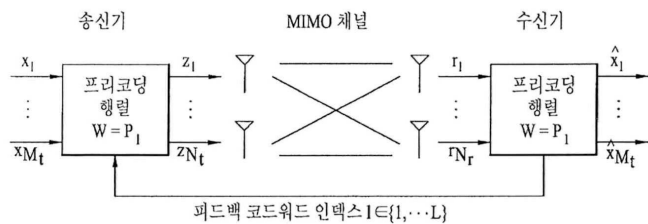


(a)

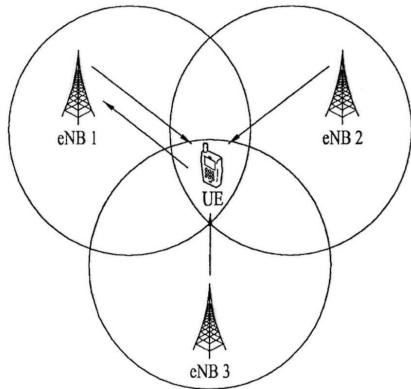


(b)

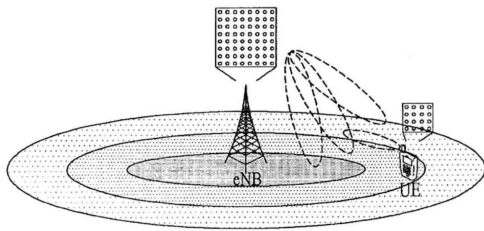
도면6



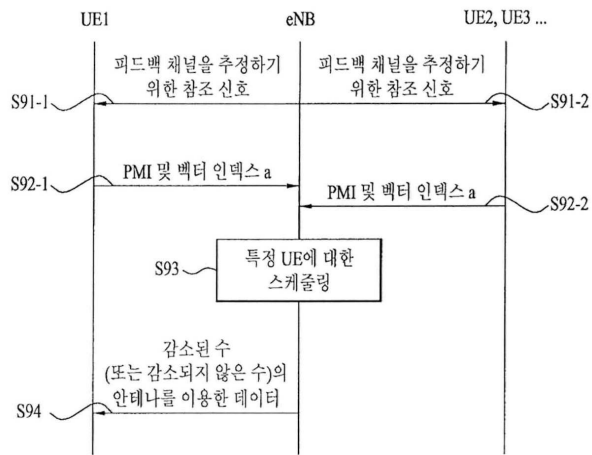
도면7



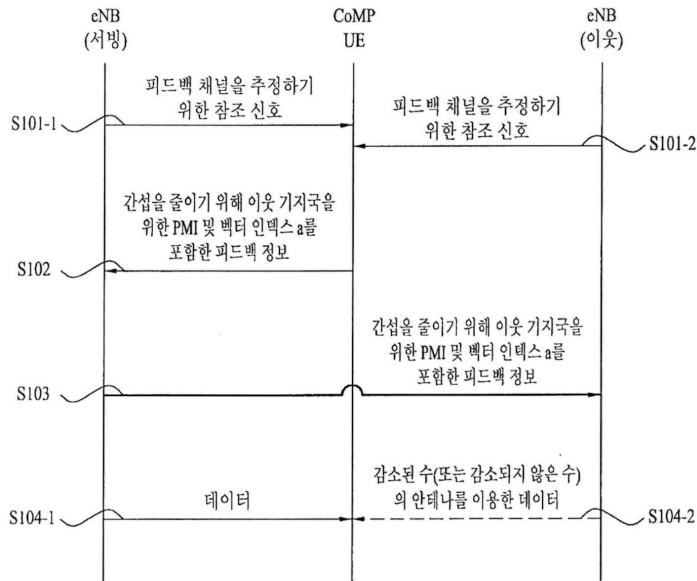
도면8



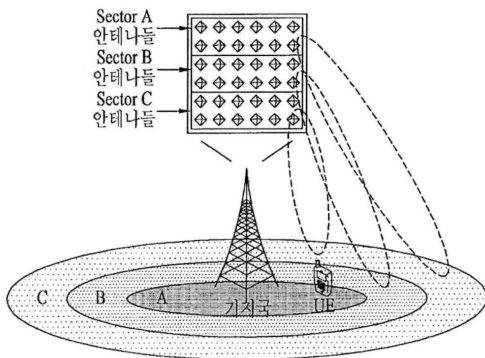
도면9



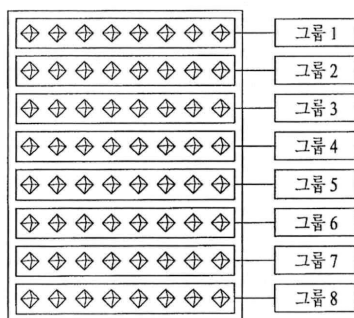
도면10



도면11



도면12



도면13

