(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0007495
(43) 공개일자 2016년01월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/06 (2006.01) *H04B 7/04* (2006.01)
H04L 5/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/0626 (2013.01)
H04B 7/0482 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7028581
(22) 출원일자(국제) 2014년03월14일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2015년10월12일
(86) 국제출원번호 PCT/KR2014/002195
(87) 국제공개번호 WO 2014/142618
국제공개일자 2014년09월18일
(30) 우선권주장
61/781,009 2013년03월14일 미국(US)

(71) 출원인
엘지전자 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
박종현
서울특별시 서초구 양재대로11길 19
김병훈
서울특별시 서초구 양재대로11길 19
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김용인, 방해철

전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **무선 통신 시스템에서 채널 상태 정보를 보고하는 방법 및 이를 위한 장치**

(57) 요 약

무선 통신 시스템에서 채널 상태 정보를 보고하는 방법 및 이를 위한 장치가 개시된다. 본 발명의 일례에 따른 무선 통신 시스템에서 단말이 채널상태정보(CSI)를 전송하는 방법은, 피드백 안테나 포트 구성에 대한 정보를 기지국으로부터 수신하는 단계; 및 N(N≥2)개의 보고 자원의 각각에서 K(K≥1)개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI를 상기 기지국으로 전송하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트는 M(M≥2)개의 안테나 포트의 일부일 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI는 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보를 포함할 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보는, 기준 안테나 포트에 대한 위상 차이를 가정하여 결정될 수 있다.

(52) CPC특허분류
H04B 7/0639 (2013.01)
H04L 5/0023 (2013.01)
H04L 5/0026 (2013.01)
H04L 5/0053 (2013.01)
(72) 발명자
성지훈
서울특별시 서초구 서초중앙로 29길 28 302동 301호
성원진
서울특별시 서초구 잠원로 4길 34-11 101동 1508호
김기준
서울특별시 서초구 양재대로11길 19

명 세 서

청구범위

청구항 1

무선 통신 시스템에서 단말이 채널상태정보(CSI)를 전송하는 방법에 있어서,

피드백 안테나 포트 구성에 대한 정보를 기지국으로부터 수신하는 단계; 및

N(N≥2)개의 보고 자원의 각각에서 K(K≥1)개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI를 상기 기지국으로 전송하는 단계를 포함하고,

상기 K개의 피드백 안테나 포트는 M(M≥2)개의 안테나 포트의 일부이고,

상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI는 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보를 포함하고,

상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보는, 기준 안테나 포트에 대한 위상 차이를 가정하여 결정되는, CSI 전송 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 기준 안테나 포트는 상기 N개의 보고 자원에서 동일하게 설정되는, CSI 전송 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 기준 안테나 포트가 상기 N개의 보고 자원에서 상이하게 설정되는 경우, 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보는 상기 기준 안테나 포트에 대한 위상 정렬을 가정하여 결정되는, CSI 전송 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 N개의 보고 자원 별로 또는 보고 자원 그룹 별로, 서로 다른 해상도의 코드북이 적용되는, CSI 전송 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 N개의 보고 자원에서 상기 M개의 안테나 포트의 각각에 대한 CSI가 하나 이상 포함되는, CSI 전송 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 M개의 안테나 포트 중에서 특정 안테나 포트의 위상 정보는, 상기 N개의 보고 자원에서 전송되는 상기 특정 안테나 포트에 대응하는 위상 정보의 누적 및 가중 평균 중의 하나 이상을 가정하여 결정되는, CSI 전송 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 피드백 안테나 포트 구성에 대한 정보는, 상기 N의 값, 상기 K의 값, 상기 M의 값, 및 상기 N개의 보고 자원의 각각에 할당되는 상기 K개의 피드백 안테나 포트의 인덱스 정보 중의 하나 이상을 포함하는, CSI 전송 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 K개의 안테나 포트는, 상기 N개의 보고 자원에서 서로 다른 안테나 포트 인덱스의 안테나 포트를 하나 이상 포함하는, CSI 전송 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 N개의 보고 자원은, 하나 이상의 시간 자원 및 하나 이상의 주파수 자원의 조합으로 설정되는, CSI 전송 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 CSI는 상기 단말의 수신 안테나 포트 인덱스 정보를 더 포함하는, CSI 전송 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 CSI는 주기적으로 또는 비주기적으로 보고되는, CSI 전송 방법.

청구항 12

무선 통신 시스템에서 기지국이 채널상태정보(CSI)를 수신하는 방법에 있어서,

피드백 안테나 포트 구성에 대한 정보를 단말에게 전송하는 단계; 및

N(N≥2)개의 보고 자원의 각각에서 K(K≥1)개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI를 상기 단말로부터 수신하는 단계를 포함하고,

상기 K개의 피드백 안테나 포트는 M(M≥2)개의 안테나 포트의 일부이고,

상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI는 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보를 포함하고,

상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보는, 기준 안테나 포트에 대한 위상 차이를 가정하여 결정되는, CSI 수신 방법.

청구항 13

무선 통신 시스템에서 채널상태정보(CSI)를 전송하는 단말 장치에 있어서,

전송 모듈;

수신 모듈; 및

프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는, 피드백 안테나 포트 구성에 대한 정보를 기지국으로부터 수신하도록 상기 수신 모듈을 제어하고; N(N≥2)개의 보고 자원의 각각에서 K(K≥1)개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI를 상기 기지국으로 전송하도록 상기 전송 모듈을 제어하도록 설정되며,

상기 K개의 피드백 안테나 포트는 M(M≥2)개의 안테나 포트의 일부이고,

상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI는 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보를 포함하고,

상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보는, 기준 안테나 포트에 대한 위상 차이를 가정하여 결정되는, CSI 전송 단말 장치.

청구항 14

무선 통신 시스템에서 채널상태정보(CSI)를 수신하는 기지국 장치에 있어서,

전송 모듈;

수신 모듈; 및

프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는, 피드백 안테나 포트 구성에 대한 정보를 단말에게 전송하도록 상기 전송 모듈을 제어하고; N(N≥2)개의 보고 자원의 각각에서 K(K≥1)개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI를 상기 단말로부터 수신하도록 상기 수신 모듈을 제어하도록 설정되며,

상기 K개의 피드백 안테나 포트는 M(M≥2)개의 안테나 포트의 일부이고,

상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI는 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보를 포함하고,

상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보는, 기준 안테나 포트에 대한 위상 차이를 가정하여 결정되는, CSI 수신 기지국 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 무선 통신 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 무선 통신 시스템에서 채널 상태 정보를 보고하는 방법 및 이를 위한 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 본 발명이 적용될 수 있는 무선 통신 시스템의 일례로서 3GPP LTE (3rd Generation Partnership Project Long Term Evolution; 이하 "LTE"라 함) 통신 시스템에 대해 개략적으로 설명한다.

[0003] 도 1은 무선 통신 시스템의 일례로서 E-UMTS 망구조를 개략적으로 도시한 도면이다. E-UMTS(Evolved Universal Mobile Telecommunications System) 시스템은 기존 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)에서 진화한 시스템으로서, 현재 3GPP에서 기초적인 표준화 작업을 진행하고 있다. 일반적으로 E-UMTS는 LTE(Long Term Evolution) 시스템이라고 할 수도 있다. UMTS 및 E-UMTS의 기술 규격(technical specification)의 상세한 내용은 각각 "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network"의 Release 7과 Release 8을 참조할 수 있다.

[0004] 도 1을 참조하면, E-UMTS는 단말(User Equipment; UE)과 기지국(eNode B; eNB, 네트워크(E-UTRAN)의 종단에 위치하여 외부 네트워크와 연결되는 접속 게이트웨이(Access Gateway; AG)를 포함한다. 기지국은 브로드캐스트 서비스, 멀티캐스트 서비스 및/또는 유니캐스트 서비스를 위해 다중 데이터 스트림을 동시에 전송할 수 있다.

[0005] 한 기지국에는 하나 이상의 셀이 존재한다. 셀은 1.25, 2.5, 5, 10, 15, 20Mhz 등의 대역폭 중 하나로 설정돼 여러 단말에게 하향 또는 상향 전송 서비스를 제공한다. 서로 다른 셀은 서로 다른 대역폭을 제공하도록 설정될 수 있다. 기지국은 다수의 단말에 대한 데이터 송수신을 제어한다. 하향링크(Downlink; DL) 데이터에 대해 기지국은 하향링크 스케줄링 정보를 전송하여 해당 단말에게 데이터가 전송될 시간/주파수 영역, 부호화, 데이터 크기, HARQ(Hybrid Automatic Repeat and reQuest) 관련 정보 등을 알려준다. 또한, 상향링크(Uplink; UL) 데이터에 대해 기지국은 상향링크 스케줄링 정보를 해당 단말에게 전송하여 해당 단말이 사용할 수 있는 시간/주파수 영역, 부호화, 데이터 크기, HARQ 관련 정보 등을 알려준다. 기지국간에는 사용자 트래픽 또는 제어 트래픽 전송을 위한 인터페이스가 사용될 수 있다. 핵심망(Core Network; CN)은 AG와 단말의 사용자 등록 등을 위한 네트워크 노드 등으로 구성될 수 있다. AG는 복수의 셀들로 구성되는 TA(Tracking Area) 단위로 단말의 이동성을 관리한다.

[0006] 무선 통신 기술은 WCDMA를 기반으로 LTE까지 개발되어 왔지만, 사용자와 사업자의 요구와 기대는 지속적으로 증가하고 있다. 또한, 다른 무선 접속 기술이 계속 개발되고 있으므로 향후 경쟁력을 가지기 위해서는 새로운 기술 진화가 요구된다. 비트당 비용 감소, 서비스 가용성 증대, 융통성 있는 주파수 밴드의 사용, 단순구조와 개방형 인터페이스, 단말의 적절한 파워 소모 등이 요구된다.

[0007] 최근 3GPP는 LTE에 대한 후속 기술에 대한 표준화 작업을 진행하고 있다. 본 명세서에서는 상기 기술을 'LTE-A'라고 지칭한다. LTE-A 시스템은 최대 100MHz의 광대역을 지원할 것을 목표로 하고 있으며, 이를 위해 복수의 주파수 블록을 사용하여 광대역을 달성하는 반송파 병합(carrier aggregation; CA) 기술을 사용하도록 하고 있다. CA는 보다 넓은 주파수 대역을 사용하기 위하여 복수의 주파수 블록을 하나의 커다란 논리 주파수 대역으로

사용하도록 한다. 각 주파수 블록의 대역폭은 LTE 시스템에서 사용되는 시스템 블록의 대역폭에 기초하여 정의될 수 있다. 각각의 주파수 블록은 콤포넌트 캐리어(CC) 또는 셀(Cell)이라고 칭할 수 있다.

[0008] 또한, 다중 입출력(Multi-Input Multi-Output; MIMO) 기술은 한 개의 송신 안테나와 한 개의 수신 안테나를 사용했던 것에서 탈피하여 다중 송신 안테나와 다중 수신 안테나를 사용하여 데이터의 송수신 효율을 향상시키는 기술이다. 단일 안테나를 사용하면 수신단은 데이터를 단일 안테나 경로(path)를 통해 수신하지만, 다중 안테나를 사용하면 수신단은 여러 경로를 통해 데이터를 수신한다. 따라서, 데이터 전송 속도와 전송량을 향상시킬 수 있고, 커버리지(coverage)를 증대시킬 수 있다.

[0009] MIMO 동작의 다중화 이득을 높이기 위해서 MIMO 수신단으로부터 채널 상태 정보(Channel Status Information; CSI)를 피드백 받아 MIMO 송신단에서 이용할 수 있다.

[0010] 사용자 기기의 크기 증가, 기술 발전, 및 비용 감소의 결과로 MIMO 송신측(예를 들어, 기지국)은 물론 MIMO 수신측(예를 들어, 단말)에도 복수개의 안테나(또는 기존에 비하여 증가된 개수의 안테나)가 구비되는 등의 MIMO 시스템의 확장 발전이 예측되고 있다. 송신측 및/또는 수신측의 안테나 포트의 개수가 증가할 경우 CSI 보고를 위해 소요되는 시간 및 주파수 자원이 큰 폭으로 증가해 전송 효율이 현저히 감소하는 문제가 발생할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 상술한 바와 같은 논의를 바탕으로 이하에서는 무선 통신 시스템에서 채널 상태 정보를 보고하는 방법 및 이를 위한 장치를 제안하고자 한다.

[0012] 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 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

[0013] 상기의 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른

[0014] 무선 통신 시스템에서 단말이 채널상태정보(CSI)를 전송하는 방법은, 피드백 안테나 포트 구성에 대한 정보를 기지국으로부터 수신하는 단계; 및 N(N≥2)개의 보고 자원의 각각에서 K(K≥1)개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI를 상기 기지국으로 전송하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트는 M(M≥2)개의 안테나 포트의 일부일 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI는 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보를 포함할 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보는, 기준 안테나 포트에 대한 위상 차이를 가정하여 결정될 수 있다.

[0015] 상기의 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 기지국이 채널상태정보(CSI)를 수신하는 방법은, 피드백 안테나 포트 구성에 대한 정보를 단말에게 전송하는 단계; 및 N(N≥2)개의 보고 자원의 각각에서 K(K≥1)개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI를 상기 단말로부터 수신하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트는 M(M≥2)개의 안테나 포트의 일부일 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI는 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보를 포함할 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보는, 기준 안테나 포트에 대한 위상 차이를 가정하여 결정될 수 있다.

[0016] 상기의 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 채널상태정보(CSI)를 전송하는 단말 장치는, 전송 모듈; 수신 모듈; 및 프로세서를 포함할 수 있다. 상기 프로세서는, 피드백 안테나 포트 구성에 대한 정보를 기지국으로부터 수신하도록 상기 수신 모듈을 제어하고; N(N≥2)개의 보고 자원의 각각에서 K(K≥1)개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI를 상기 기지국으로 전송하도록 상기 전송 모듈을 제어하도록 설정될 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트는 M(M≥2)개의 안테나 포트의 일부일 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI는 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보를 포함할 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보는, 기준 안테나 포트에 대한 위상 차이를 가정하여 결정될 수 있다.

[0017] 상기의 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 채널상태정보(CSI)를 수신하는 기지국 장치는, 전송 모듈; 수신 모듈; 및 프로세서를 포함할 수 있다. 상기 프로세서는, 피

드백 안테나 포트 구성에 대한 정보를 단말에게 전송하도록 상기 전송 모듈을 제어하고; N(N≥2)개의 보고 자원의 각각에서 K(K≥1)개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI를 상기 단말로부터 수신하도록 상기 수신 모듈을 제어하도록 설정될 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트는 M(M≥2)개의 안테나 포트의 일부일 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 CSI는 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보를 포함할 수 있다. 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보는, 기준 안테나 포트에 대한 위상 차이를 가정하여 결정될 수 있다.

[0018] 상기 본 발명에 따른 실시예들에 있어서 이하의 사항이 적용될 수 있다.

[0019] 상기 기준 안테나 포트는 상기 N개의 보고 자원에서 동일하게 설정될 수 있다.

[0020] 상기 기준 안테나 포트가 상기 N개의 보고 자원에서 상이하게 설정되는 경우, 상기 K개의 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보는 상기 기준 안테나 포트에 대한 위상 정렬을 가정하여 결정될 수 있다.

[0021] 상기 N개의 보고 자원 별로 또는 보고 자원 그룹 별로, 서로 다른 해상도의 코드북이 적용될 수 있다.

[0022] 상기 N개의 보고 자원에서 상기 M개의 안테나 포트의 각각에 대한 CSI가 하나 이상 포함될 수 있다.

[0023] 상기 M개의 안테나 포트 중에서 특정 안테나 포트의 위상 정보는, 상기 N개의 보고 자원에서 전송되는 상기 특정 안테나 포트에 대응하는 위상 정보의 누적 및 가중 평균 중의 하나 이상을 가정하여 결정될 수 있다.

[0024] 상기 피드백 안테나 포트 구성에 대한 정보는, 상기 N의 값, 상기 K의 값, 상기 M의 값, 및 상기 N개의 보고 자원의 각각에 할당되는 상기 K개의 피드백 안테나 포트의 인덱스 정보 중의 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0025] 상기 K개의 안테나 포트는, 상기 N개의 보고 자원에서 서로 다른 안테나 포트 인덱스의 안테나 포트를 하나 이상 포함할 수 있다.

[0026] 상기 N개의 보고 자원은, 하나 이상의 시간 자원 및 하나 이상의 주파수 자원의 조합으로 설정될 수 있다.

[0027] 상기 CSI는 상기 단말의 수신 안테나 포트 인덱스 정보를 더 포함할 수 있다.

[0028] 상기 CSI는 주기적으로 또는 비주기적으로 보고될 수 있다.

[0029] 본 발명에 대하여 전술한 일반적인 설명과 후술하는 상세한 설명은 예시적인 것이며, 청구항 기재 발명에 대한 추가적인 설명을 위한 것이다.

발명의 효과

[0030] 본 발명의 실시예에 따르면 무선 통신 시스템에서 채널 상태 정보를 정확하고 효율적으로 보고할 수 있다.

[0031] 본 발명에서 얻을 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

[0032] 본 명세서에 첨부되는 도면은 본 발명에 대한 이해를 제공하기 위한 것으로서 본 발명의 다양한 실시형태들을 나타내고 명세서의 기재와 함께 본 발명의 원리를 설명하기 위한 것이다.

도 1은 무선 통신 시스템의 일례로서 E-UMTS 망구조를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 2는 3GPP 무선 접속망 규격을 기반으로 한 단말과 E-UTRAN 사이의 무선 인터페이스 프로토콜(Radio Interface Protocol)의 제어평면(Control Plane) 및 사용자평면(User Plane) 구조를 나타내는 도면이다.

도 3은 3GPP 시스템에 이용되는 물리 채널들 및 이들을 이용한 일반적인 신호 전송 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 LTE 시스템에서 사용되는 무선 프레임의 구조를 예시하는 도면이다.

도 5는 LTE 시스템에서 사용되는 하향링크 무선 프레임의 구조를 예시하는 도면이다.

도 6은 LTE 시스템에서 사용되는 상향링크 서브프레임의 구조를 도시하는 도면이다.

도 7은 일반적인 다중안테나(MIMO) 통신 시스템의 구성도이다.

도 8 및 도 9는 4개의 안테나를 이용한 하향링크 전송을 지원하는 LTE 시스템에서의 하향링크 참조 신호의 구조를 도시하는 도면이다.

도 10은 현재 3GPP 표준문서에서 정의하고 있는 하향링크 DM-RS 할당 예를 도시하는 도면이다.

도 11은 현재 3GPP 표준문서에서 정의된 하향링크 CSI-RS 설정 중 일반 CP인 경우의 CSI-RS 설정 #0을 예시한다.

도 12는 대규모 MIMO 기술의 개념도를 도시한다.

도 13 및 도 14는 본 발명에 따른 CSI 피드백 동작을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 15는 본 발명에 따른 반복적 CSI 피드백 방식을 설명하기 위한 도면이다.

도 16은 각각의 전송 프레임에서 보고되는 안테나 포트 별 위상 정보를 개념적으로 나타내는 도면이다.

도 17 내지 도 19는 본 발명에 따른 피드백 안테나 포트 구성 방안의 예시들을 나타내는 도면이다.

도 20은 본 발명이 적용되는 경우와 기존 빔포밍 기법이 적용되는 경우의 평균 상관 전력을 비교한 표이다.

도 21은 본 발명이 적용되는 경우와 LTE 시스템의 8Tx 코드북이 적용되는 경우의 평균 상관 전력을 비교한 결과이다.

도 22 및 도 23은 잡음이 존재하는 채널에서 본 발명이 적용되는 경우와 LTE 시스템의 8Tx 코드북이 적용되는 경우의 평균 상관 전력을 비교한 결과이다.

도 24는 사용자 전송률 및 신호 대 간섭 잡음비(SINR) 실험 환경을 설명하기 위한 도면이다.

도 25 및 도 26은 기지국의 총 안테나 포트 개수가 16개인 환경에서 SINR과 사용자 전송률을 비교한 결과이다.

도 27은 본 발명에 따른 단말 장치 및 기지국 장치의 바람직한 실시예의 구성을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 설명된 본 발명의 실시예들에 의해 본 발명의 구성, 작용 및 다른 특징들이 용이하게 이해될 수 있을 것이다. 이하에서 설명되는 실시예들은 본 발명의 기술적 특징들이 3GPP 시스템에 적용된 예들이다.

[0034] 본 명세서는 LTE 시스템 및 LTE-A 시스템을 사용하여 본 발명의 실시예를 설명하지만, 이는 예시로서 본 발명의 실시예는 상기 정의에 해당되는 어떤 통신 시스템에도 적용될 수 있다. 또한, 본 명세서는 FDD 방식을 기준으로 본 발명의 실시예에 대해 설명하지만, 이는 예시로서 본 발명의 실시예는 H-FDD 방식 또는 TDD 방식에도 용이하게 변형되어 적용될 수 있다.

[0035] 또한, 본 명세서에서 기지국의 명칭은 RRH(remote radio head), eNB, TP(transmission point), RP(reception point), 중계기(relay) 등을 포함하는 포괄적인 용어로 사용될 수 있다. 또한, 반송파 병합이 적용되는 경우에는, 본원 발명에서 설명하는 기지국의 동작은 콤포넌트 캐리어(CC) 또는 셀에 대해서 적용될 수도 있다.

[0036] 도 2는 3GPP 무선 접속망 규격을 기반으로 한 단말과 E-UTRAN 사이의 무선 인터페이스 프로토콜(Radio Interface Protocol)의 제어평면(Control Plane) 및 사용자평면(User Plane) 구조를 나타내는 도면이다. 제어평면은 단말(User Equipment; UE)과 네트워크가 호를 관리하기 위해서 이용하는 제어 메시지들이 전송되는 통로를 의미한다. 사용자평면은 애플리케이션 계층에서 생성된 데이터, 예를 들어, 음성 데이터 또는 인터넷 패킷 데이터 등이 전송되는 통로를 의미한다.

[0037] 제1계층인 물리계층은 물리채널(Physical Channel)을 이용하여 상위 계층에게 정보 전송 서비스(Information Transfer Service)를 제공한다. 물리계층은 상위에 있는 매체접속제어(Medium Access Control) 계층과는 전송채널(Transport Channel)을 통해 연결되어 있다. 상기 전송채널을 통해 매체접속제어 계층과 물리계층 사이에 데이터가 이동한다. 송신 측과 수신 측의 물리계층 사이는 물리채널을 통해 데이터가 이동한다. 상기 물리채널은 시간과 주파수를 무선 자원으로 활용한다. 구체적으로, 물리채널은 하향링크에서 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 방식으로 변조되고, 상향링크에서 SC-FDMA(Single Carrier Frequency Division Multiple Access) 방식으로 변조된다.

[0038] 제2계층의 매체접속제어(Medium Access Control; MAC) 계층은 논리채널(Logical Channel)을 통해 상위계층인

무선링크제어(Radio Link Control; RLC) 계층에 서비스를 제공한다. 제2계층의 RLC 계층은 신뢰성 있는 데이터 전송을 지원한다. RLC 계층의 기능은 MAC 내부의 기능 블록으로 구현될 수도 있다. 제2계층의 PDCP(Packet Data Convergence Protocol) 계층은 대역폭이 좁은 무선 인터페이스에서 IPv4나 IPv6와 같은 IP 패킷을 효율적으로 전송하기 위해 불필요한 제어정보를 줄여주는 헤더 압축(Header Compression) 기능을 수행한다.

[0039] 제3계층의 최하부에 위치한 무선 자원제어(Radio Resource Control; RRC) 계층은 제어평면에서만 정의된다. RRC 계층은 무선베어러(Radio Bearer)들의 설정(Configuration), 재설정(Re-configuration) 및 해제(Release)와 관련되어 논리채널, 전송채널 및 물리채널들의 제어를 담당한다. 무선 베어러는 단말과 네트워크 간의 데이터 전달을 위해 제2계층에 의해 제공되는 서비스를 의미한다. 이를 위해, 단말과 네트워크의 RRC 계층은 서로 RRC 메시지를 교환한다. 단말과 네트워크의 RRC 계층 사이에 RRC 연결(RRC Connected)이 있을 경우, 단말은 RRC 연결 상태(Connected Mode)에 있게 되고, 그렇지 못할 경우 RRC 휴지 상태(Idle Mode)에 있게 된다. RRC 계층의 상위에 있는 NAS(Non-Access Stratum) 계층은 세션 관리(Session Management)와 이동성 관리(Mobility Management) 등의 기능을 수행한다.

[0040] 기지국(eNB)을 구성하는 하나의 셀은 1.25, 2.5, 5, 10, 15, 20Mhz 등의 대역폭 중 하나로 설정되어 여러 단말에게 하향 또는 상향 전송 서비스를 제공한다. 서로 다른 셀은 서로 다른 대역폭을 제공하도록 설정될 수 있다.

[0041] 네트워크에서 단말로 데이터를 전송하는 하향 전송채널은 시스템 정보를 전송하는 BCH(Broadcast Channel), 페이징 메시지를 전송하는 PCH(Paging Channel), 사용자 트래픽이나 제어 메시지를 전송하는 하향 SCH(Shared Channel) 등이 있다. 하향 멀티캐스트 또는 방송 서비스의 트래픽 또는 제어 메시지의 경우 하향 SCH를 통해 전송될 수도 있고, 또는 별도의 하향 MCH(Multicast Channel)을 통해 전송될 수도 있다. 한편, 단말에서 네트워크로 데이터를 전송하는 상향 전송채널로는 초기 제어 메시지를 전송하는 RACH(Random Access Channel), 사용자 트래픽이나 제어 메시지를 전송하는 상향 SCH(Shared Channel)가 있다. 전송채널의 상위에 있으며, 전송채널에 매핑되는 논리채널(Logical Channel)로는 BCCH(Broadcast Control Channel), PCCH(Paging Control Channel), CCCH(Common Control Channel), MCCH(Multicast Control Channel), MTCH(Multicast Traffic Channel) 등이 있다.

[0042] 도 3은 3GPP 시스템에 이용되는 물리 채널들 및 이들을 이용한 일반적인 신호 전송 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0043] 단말은 전원이 켜지거나 새로이 셀에 진입한 경우 기지국과 동기를 맞추는 등의 초기 셀 탐색(Initial cell search) 작업을 수행한다(S301). 이를 위해, 단말은 기지국으로부터 주 동기 채널(Primary Synchronization Channel; P-SCH) 및 부 동기 채널(Secondary Synchronization Channel; S-SCH)을 수신하여 기지국과 동기를 맞추고, 셀 ID 등의 정보를 획득할 수 있다. 그 후, 단말은 기지국으로부터 물리 방송 채널(Physical Broadcast Channel)를 수신하여 셀 내 방송 정보를 획득할 수 있다. 한편, 단말은 초기 셀 탐색 단계에서 하향링크 참조신호(Downlink Reference Signal; DL RS)를 수신하여 하향링크 채널 상태를 확인할 수 있다.

[0044] 초기 셀 탐색을 마친 단말은 물리 하향링크 제어 채널(Physical Downlink Control Channel; PDCCH) 및 상기 PDCCH에 실린 정보에 따라 물리 하향링크 공유 채널(Physical Downlink Control Channel; PDSCH)을 수신함으로써 좀더 구체적인 시스템 정보를 획득할 수 있다(S302).

[0045] 한편, 기지국에 최초로 접속하거나 신호 전송을 위한 무선 자원이 없는 경우 단말은 기지국에 대해 임의 접속 과정(Random Access Procedure; RACH)을 수행할 수 있다(단계 S303 내지 단계 S306). 이를 위해, 단말은 물리 임의 접속 채널(Physical Random Access Channel; PRACH)을 통해 특정 시퀀스를 프리앰블로 전송하고(S303 및 S305), PDCCH 및 대응하는 PDSCH를 통해 프리앰블에 대한 응답 메시지를 수신할 수 있다(S304 및 S306). 경쟁 기반 RACH의 경우, 추가적으로 충돌 해결 절차(Contention Resolution Procedure)를 수행할 수 있다.

[0046] 상술한 바와 같은 절차를 수행한 단말은 이후 일반적인 상/하향링크 신호 전송 절차로서 PDCCH/PDSCH 수신(S307) 및 물리 상향링크 공유 채널(Physical Uplink Shared Channel; PUSCH)/물리 상향링크 제어 채널(Physical Uplink Control Channel; PUCCH) 전송(S308)을 수행할 수 있다. 특히 단말은 PDCCH를 통하여 하향링크 제어 정보(Downlink Control Information; DCI)를 수신한다. 여기서 DCI는 단말에 대한 자원 할당 정보와 같은 제어 정보를 포함하며, 그 사용 목적에 따라 포맷이 서로 다르다.

[0047] 한편, 단말이 상향링크를 통해 기지국에 전송하는 또는 단말이 기지국으로부터 수신하는 제어 정보는 하향링크/상향링크 ACK/NACK 신호, CQI(Channel Quality Indicator), PMI(Precoding Matrix Index), RI(Rank Indicator) 등을 포함한다. 3GPP LTE 시스템의 경우, 단말은 상술한 CQI/PMI/RI 등의 제어 정보를 PUSCH 및/또

는 PUCCH를 통해 전송할 수 있다.

[0048] 도 4는 LTE 시스템에서 사용되는 무선 프레임의 구조를 예시하는 도면이다.

[0049] 도 4를 참조하면, 무선 프레임(radio frame)은 10ms(327200×T_s)의 길이를 가지며 10개의 균등한 크기의 서브프레임(subframe)으로 구성되어 있다. 각각의 서브프레임은 1ms의 길이를 가지며 2개의 슬롯(slot)으로 구성되어 있다. 각각의 슬롯은 0.5ms(15360×T_s)의 길이를 가진다. 여기에서, T_s 는 샘플링 시간을 나타내고, Ts=1/(15kHz×2048)=3.2552×10^{-8}(약 33ns)로 표시된다. 슬롯은 시간 영역에서 복수의 OFDM 심볼을 포함하고, 주파수 영역에서 복수의 자원블록(Resource Block; RB)을 포함한다. LTE 시스템에서 하나의 자원블록은 12개의 부반송파×7(6)개의 OFDM 심볼을 포함한다. 데이터가 전송되는 단위시간인 TTI(Transmission Time Interval)는 하나 이상의 서브프레임 단위로 정해질 수 있다. 상술한 무선 프레임의 구조는 예시에 불과하고, 무선 프레임에 포함되는 서브프레임의 수 또는 서브프레임에 포함되는 슬롯의 수, 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 다양하게 변경될 수 있다.

[0050] 도 5는 하향링크 무선 프레임에서 하나의 서브프레임의 제어 영역에 포함되는 제어 채널을 예시하는 도면이다.

[0051] 도 5를 참조하면, 서브프레임은 14개의 OFDM 심볼로 구성되어 있다. 서브프레임 설정에 따라 처음 1 내지 3개의 OFDM 심볼은 제어 영역으로 사용되고 나머지 13~11개의 OFDM 심볼은 데이터 영역으로 사용된다. 도면에서 R1 내지 R4는 안테나 0 내지 3에 대한 기준 신호(Reference Signal(RS) 또는 Pilot Signal)를 나타낸다. RS는 제어 영역 및 데이터 영역과 상관없이 서브프레임 내에 일정한 패턴으로 고정된다. 제어 채널은 제어 영역 중에서 RS가 할당되지 않은 자원에 할당되고, 트래픽 채널도 데이터 영역 중에서 RS가 할당되지 않은 자원에 할당된다. 제어 영역에 할당되는 제어 채널로는 PCFICH(Physical Control Format Indicator CHannel), PHICH(Physical Hybrid-ARQ Indicator CHannel), PDCCH(Physical Downlink Control CHannel) 등이 있다.

[0052] PCFICH는 물리 제어 포맷 지시자 채널로서 매 서브프레임 마다 PDCCH에 사용되는 OFDM 심볼의 개수를 단말에게 알려준다. PCFICH는 첫 번째 OFDM 심볼에 위치하며 PHICH 및 PDCCH에 우선하여 설정된다. PCFICH는 4개의 REG(Resource Element Group)로 구성되고, 각각의 REG는 셀 ID(Cell IDentity)에 기초하여 제어 영역 내에 분산된다. 하나의 REG는 4개의 RE(Resource Element)로 구성된다. RE는 하나의 부반송파×하나의 OFDM 심볼로 정의되는 최소 물리 자원을 나타낸다. PCFICH 값은 대역폭에 따라 1 내지 3 또는 2 내지 4의 값을 지시하며 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)로 변조된다.

[0053] PHICH는 물리 HARQ(Hybrid - Automatic Repeat and request) 지시자 채널로서 상향링크 전송에 대한 HARQ ACK/NACK을 나르는데 사용된다. 즉, PHICH는 UL HARQ를 위한 DL ACK/NACK 정보가 전송되는 채널을 나타낸다. PHICH는 1개의 REG로 구성되고, 셀 특정(cell-specific)하게 스크램블(scrambling) 된다. ACK/NACK은 1 비트로 지시되며, BPSK(Binary phase shift keying)로 변조된다. 변조된 ACK/NACK은 확산인자(Spreading Factor; SF) = 2 또는 4로 확산된다. 동일한 자원에 매핑되는 복수의 PHICH는 PHICH 그룹을 구성한다. PHICH 그룹에 다중화되는 PHICH의 개수는 확산 코드의 개수에 따라 결정된다. PHICH (그룹)은 주파수 영역 및/또는 시간 영역에서 다이버시티 이득을 얻기 위해 3번 반복(repetition)된다.

[0054] PDCCH는 물리 하향링크 제어 채널로서 서브프레임의 처음 n개의 OFDM 심볼에 할당된다. 여기에서, n은 1 이상의 정수로서 PCFICH에 의해 지시된다. PDCCH는 하나 이상의 CCE로 구성된다. PDCCH는 전송 채널인 PCH(Paging channel) 및 DL-SCH(Downlink-shared channel)의 자원할당과 관련된 정보, 상향링크 스케줄링 그랜트(Uplink Scheduling Grant), HARQ 정보 등을 각 단말 또는 단말 그룹에게 알려준다. PCH(Paging channel) 및 DL-SCH(Downlink-shared channel)는 PDSCH를 통해 전송된다. 따라서, 기지국과 단말은 일반적으로 특정한 제어 정보 또는 특정한 서비스 데이터를 제외하고는 PDSCH를 통해서 데이터를 각각 전송 및 수신한다.

[0055] PDSCH의 데이터가 어떤 단말(하나 또는 복수의 단말)에게 전송되는 것이며, 상기 단말들이 어떻게 PDSCH 데이터를 수신하고 디코딩(decoding)을 해야 하는지에 대한 정보 등은 PDCCH에 포함되어 전송된다. 예를 들어, 특정 PDCCH가 "A"라는 RNTI(Radio Network Temporary Identity)로 CRC 마스킹(masking)되어 있고, "B"라는 무선자원(예, 주파수 위치) 및 "C"라는 DCI 포맷 즉, 전송 형식 정보(예, 전송 블록 사이즈, 변조 방식, 코딩 정보 등)를 이용해 전송되는 데이터에 관한 정보가 특정 서브프레임을 통해 전송된다고 가정한다. 이 경우, 셀 내의 단말은 자신이 가지고 있는 RNTI 정보를 이용하여 검색 영역에서 PDCCH를 모니터링, 즉 블라인드 디코딩하고, "A" RNTI를 가지고 있는 하나 이상의 단말이 있다면, 상기 단말들은 PDCCH를 수신하고, 수신한 PDCCH의 정보를 통해 "B"와 "C"에 의해 지시되는 PDSCH를 수신한다.

[0056] 도 6은 LTE 시스템에서 사용되는 상향링크 서브프레임의 구조를 도시하는 도면이다.

[0057] 도 6을 참조하면, 상향링크 서브프레임은 제어정보를 나르는 PUCCH(Physical Uplink Control CHannel)가 할당되는 영역과 사용자 데이터를 나르는 PUSCH(Physical Uplink Shared CHannel)가 할당되는 영역으로 나눌 수 있다. 서브프레임의 중간 부분이 PUSCH에 할당되고, 주파수 영역에서 데이터 영역의 양측 부분이 PUCCH에 할당된다. PUCCH 상에 전송되는 제어정보는 HARQ에 사용되는 ACK/NACK, 하향링크 채널 상태를 나타내는 CQI(Channel Quality Indicator), MIMO를 위한 RI(Rank Indicator), 상향링크 자원 할당 요청인 SR(Scheduling Request) 등이 있다. 한 단말에 대한 PUCCH는 서브프레임 내의 각 슬롯에서 서로 다른 주파수를 차지하는 하나의 자원블록을 사용한다. 즉, PUCCH에 할당되는 2개의 자원블록은 슬롯 경계에서 주파수 호핑(frequency hopping)된다. 특히 도 6은 m=0인 PUCCH, m=1인 PUCCH, m=2인 PUCCH, m=3인 PUCCH가 서브프레임에 할당되는 것을 예시한다.

[0058] 이하 MIMO 시스템에 대하여 설명한다. MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)는 복수개의 송신안테나와 복수개의 수신안테나를 사용하는 방법으로서, 이 방법에 의해 데이터의 송수신 효율을 향상시킬 수 있다. 즉, 무선 통신 시스템의 송신단 혹은 수신단에서 복수개의 안테나를 사용함으로써 용량을 증대시키고 성능을 향상 시킬 수 있다. 이하 본 문헌에서 MIMO를 '다중 안테나'라 지칭할 수 있다.

[0059] 다중 안테나 기술에서는, 하나의 전체 메시지를 수신하기 위해 단일 안테나 경로에 의존하지 않는다. 그 대신 다중 안테나 기술에서는 여러 안테나에서 수신된 데이터 조각(fragment)을 한데 모아 병합함으로써 데이터를 완성한다. 다중 안테나 기술을 사용하면, 특정된 크기의 셀 영역 내에서 데이터 전송 속도를 향상시키거나, 또는 특정 데이터 전송 속도를 보장하면서 시스템 커버리지(coverage)를 증가시킬 수 있다. 또한, 이 기술은 이동통신 단말과 중계기 등에 폭넓게 사용할 수 있다. 다중 안테나 기술에 의하면, 단일 안테나를 사용하던 종래 기술에 의한 이동 통신에서의 전송량 한계를 극복할 수 있다.

[0060] 일반적인 다중 안테나(MIMO) 통신 시스템의 구성도가 도 7에 도시되어 있다. 송신단에는 송신 안테나가 N_T개 설치되어 있고, 수신단에서는 수신 안테나가 N_R개가 설치되어 있다. 이렇게 송신단 및 수신단에서 모두 복수개의 안테나를 사용하는 경우에는, 송신단 또는 수신단 중 어느 하나에만 복수개의 안테나를 사용하는 경우보다 이론적인 채널 전송 용량이 증가한다. 채널 전송 용량의 증가는 안테나의 수에 비례한다. 따라서, 전송 레이트가 향상되고, 주파수 효율이 향상된다 하나의 안테나를 이용하는 경우의 최대 전송 레이트를 R_o라고 한다면, 다중 안테나를 사용할 때의 전송 레이트는, 이론적으로, 아래 수학식 1과 같이 최대 전송 레이트 R_o에 레이트 증가율 R_i를 곱한 만큼 증가할 수 있다. 여기서 R_i는 N_T와 N_R 중 작은 값이다.

[0061] [수학식 1]

[0062] $$R_i = \min(N_T, N_R)$$

[0063] 예를 들어, 4개의 송신 안테나와 4개의 수신 안테나를 이용하는 MIMO 통신 시스템에서는, 단일 안테나 시스템에 비해 이론상 4배의 전송 레이트를 획득할 수 있다. 이와 같은 다중 안테나 시스템의 이론적 용량 증가가 90 년대 중반에 증명된 이후, 실질적으로 데이터 전송률을 향상시키기 위한 다양한 기술들이 현재까지 활발히 연구되고 있으며, 이들 중 몇몇 기술들은 이미 3 세대 이동 통신과 차세대 무선랜 등의 다양한 무선 통신의 표준에 반영되고 있다.

[0064] 현재까지의 다중안테나 관련 연구 동향을 살펴보면 다양한 채널 환경 및 다중접속 환경에서의 다중안테나 통신 용량 계산 등과 관련된 정보 이론 측면 연구, 다중안테나 시스템의 무선 채널 측정 및 모형 도출 연구, 그리고 전송 신뢰도 향상 및 전송률 향상을 위한 시공간 신호 처리 기술 연구 등 다양한 관점에서 활발한 연구가 진행되고 있다.

[0065] 다중 안테나 시스템에 있어서의 통신 방법을 보다 구체적인 방법으로 설명하기 위해 이를 수학적으로 모델링 하는 경우 다음과 같이 나타낼 수 있다. 도 7에 도시된 바와 같이 N_T개의 송신 안테나와 N_R개의 수신 안테나가 존재하는 것을 가정한다. 먼저, 송신 신호에 대해 살펴보면, N_T개의 송신 안테나가 있는 경우 최대 전송 가능한 정보는 N_T개이므로, 전송 정보를 하기의 수학식 2와 같은 벡터로 나타낼 수 있다.

[0066] [수학식 2]

$$\mathbf{s} = \left[s_1, s_2, \cdots, s_{N_T}\right]^T$$

[0067]

[0068] 한편, 각각의 전송 정보 $s_1, s_2, \cdots, s_{N_T}$ 에 있어 전송 전력을 다르게 할 수 있으며, 이때 각각의 전송 전력을 $P_1, P_2, \cdots, P_{N_T}$ 라 하면, 전송 전력이 조정된 전송 정보를 벡터로 나타내면 하기의 수학식 3과 같다.

[0069] [수학식 3]

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

[0070]

[0071] 또한, $\hat{\mathbf{s}}$ 를 전송 전력의 대각행렬 P를 이용하여 나타내면 하기의 수학식 4와 같다.

[0072] [수학식 4]

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

[0073]

[0074] 한편, 전송전력이 조정된 정보 벡터 $\hat{\mathbf{s}}$ 에 가중치 행렬 W 가 적용되어 실제 전송되는 N_T 개의 송신신호 (transmitted signal) $x_1, x_2, \cdots, x_{N_T}$ 가 구성되는 경우를 고려해 보자. 여기서, 가중치 행렬은 전송 정보를 전송 채널 상황 등에 따라 각 안테나에 적절히 분배해 주는 역할을 수행한다. 이와 같은 전송신호 $x_1, x_2, \cdots, x_{N_T}$ 는 벡터 X 를 이용하여 하기의 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 W_{ij} 는 i 번째 송신안테나와 j 번째 정보 간의 가중치를 의미한다. W 는 가중치 행렬(Weight Matrix) 또는 프리코딩 행렬(Precoding Matrix)이라고 불린다.

[0075] [수학식 5]

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

[0076]

[0077] 일반적으로, 채널 행렬의 랭크의 물리적인 의미는, 주어진 채널에서 서로 다른 정보를 보낼 수 있는 최대 수라

고 할 수 있다. 따라서 채널 행렬의 랭크(rank)는 서로 독립인(independent) 행(row) 또는 열(column)의 개수 중에서 최소 개수로 정의되므로, 행렬의 랭크는 행(row) 또는 열(column)의 개수보다 클 수 없게 된다. 수식적으로 예를 들면, 채널 행렬 H의 랭크(rank(H))는 수학식 6과 같이 제한된다.

[0078] [수학식 6]

[0079] $$rank(\mathbf{H}) \le \min(N_T, N_R)$$

[0080] 또한, 다중 안테나 기술을 사용해서 보내는 서로 다른 정보 각각을 '전송 스트림(Stream)' 또는 간단하게 '스트림' 으로 정의하기로 하자. 이와 같은 '스트림' 은 '레이어 (Layer)' 로 지칭될 수 있다. 그러면 전송 스트림의 개수는 당연히 서로 다른 정보를 보낼 수 있는 최대 수인 채널의 랭크 보다는 클 수 없게 된다. 따라서, 채널 행렬 H는 아래 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

[0081] [수학식 7]

[0082] $$\#\ of\ streams \le rank(\mathbf{H}) \le \min(N_T, N_R)$$

[0083] 여기서 "# of streams"는 스트림의 수를 나타낸다. 한편, 여기서 한 개의 스트림은 한 개 이상의 안테나를 통해서 전송될 수 있음에 주의해야 한다.

[0084] 한 개 이상의 스트림을 여러 개의 안테나에 대응시키는 여러 가지 방법이 존재할 수 있다. 이 방법을 다중 안테나 기술의 종류에 따라 다음과 같이 설명할 수 있다. 한 개의 스트림이 여러 안테나를 거쳐 전송되는 경우는 공간 다이버시티 방식으로 볼 수 있고, 여러 스트림이 여러 안테나를 거쳐 전송되는 경우는 공간 멀티플렉싱 방식으로 볼 수 있다. 물론 그 중간인 공간 다이버시티와 공간 멀티플렉싱의 혼합(Hybrid)된 형태도 가능하다.

[0085] 이하에서는, 참조 신호에 관하여 보다 상세히 설명한다.

[0086] 일반적으로 채널 측정을 위하여 데이터와 함께 송신 측과 수신 측 모두가 이미 알고 있는 참조 신호가 송신 측에서 수신 측으로 전송된다. 이러한 참조 신호는 채널 측정뿐만 아니라 변조 기법을 알려주어 복조 과정이 수행되도록 하는 역할을 수행한다. 참조 신호는 기지국과 특정 단말을 위한 전용 참조 신호(dedicated RS; DRS), 즉 단말 특정 참조 신호와 셀 내 모든 단말을 위한 셀 특정 참조 신호인 공통 참조 신호(common RS 또는 Cell specific RS; CRS)로 구분된다. 또한, 셀 특정 참조 신호는 단말에서 CQI/PMI/RI 를 측정하여 기지국으로 보고하기 위한 참조 신호를 포함하며, 이를 CSI-RS(Channel State Information-RS)라고 지칭한다.

[0087] 도 8 및 도 9는 4개의 안테나를 이용한 하향링크 전송을 지원하는 LTE 시스템에서의 참조 신호의 구조를 도시하는 도면이다. 특히 도 8은 일반(normal) 순환 전치(Cyclic Prefix)인 경우를 도시하며, 도 9는 확장(extended) 순환 전치인 경우를 도시한다.

[0088] 도 8 및 도 9를 참조하면, 격자에 기재된 0 내지 3은 안테나 포트 0 내지 3 각각에 대응하여 채널 측정과 데이터 복조를 위하여 송신되는 셀 특정 참조 신호인 CRS(Common Reference Signal)를 의미하며, 상기 셀 특정 참조 신호인 CRS는 데이터 정보 영역뿐만 아니라 제어 정보 영역 전반에 걸쳐 단말로 전송될 수 있다.

[0089] 또한, 격자에 기재된 'D'는 단말 특정 RS인 하향링크 DM-RS(Demodulation-RS)를 의미하고, DM-RS는 데이터 영역 즉, PDSCH를 통하여 단일 안테나 포트 전송을 지원한다. 단말은 상위 계층을 통하여 상기 단말 특정 RS인 DM-RS의 존재 여부를 시그널링 받는다. 도 8 및 도 9는 안테나 포트 5에 대응하는 DM-RS를 예시하며, 3GPP 표준문서 35.211에서는 안테나 포트 7 내지 14, 즉 총 8개의 안테나 포트에 대한 DM-RS 역시 정의하고 있다.

[0090] 도 10은 현재 3GPP 표준문서에서 정의하고 있는 하향링크 DM-RS 할당 예를 도시한다.

[0091] 도 10을 참조하면, DM-RS 그룹 1에는 안테나 포트 {7, 8, 11, 13}에 해당하는 DM-RS가 안테나 포트 별 시퀀스를 이용하여 매핑되며, DM-RS 그룹 2에는 안테나 포트 {9, 10, 12, 14}에 해당하는 DM-RS가 마찬가지로 안테나 포트 별 시퀀스를 이용하여 매핑된다.

[0092] 한편, 상술한 CSI-RS 는 CRS와 별도로 PDSCH에 대한 채널 측정을 목적으로 제안되었으며, CRS와 달리 CSI-RS는 다중 셀 환경에서 셀 간 간섭(inter-cell interference; ICI)를 줄이기 위하여 최대 32가지의 서로 다른 CSI-RS 설정(configuration)으로 정의될 수 있다.

[0093] CSI-RS 설정은 안테나 포트 개수에 따라 서로 다르며, 인접 셀 간에는 최대한 다른 CSI-RS 설정으로 정의되는

CSI-RS가 송신되도록 구성된다. CSI-RS는 CRS와 달리 최대 8개의 안테나 포트까지 지원하며, 3GPP 표준문서에서는 안테나 포트 15 내지 22까지 총 8개의 안테나 포트를 CSI-RS를 위한 안테나 포트로 할당한다. 아래 표 1 및 표 2는 3GPP 표준문서에서 정의하고 있는 CSI-RS 설정을 나타내며, 특히, 표 1은 일반(Normal CP)인 경우를, 표 2는 일반(Extended CP)인 경우를 나타낸다.

[0094] [표 1]

	CSI reference signal configuration	Number of CSI reference signals configured					
		1 or 2		4		8	
		(k',l')	$n_s \bmod 2$	(k',l')	$n_s \bmod 2$	(k',l')	$n_s \bmod 2$
Frame structure type 1 and 2	0	(9,5)	0	(9,5)	0	(9,5)	0
	1	(11,2)	1	(11,2)	1	(11,2)	1
	2	(9,2)	1	(9,2)	1	(9,2)	1
	3	(7,2)	1	(7,2)	1	(7,2)	1
	4	(9,5)	1	(9,5)	1	(9,5)	1
	5	(8,5)	0	(8,5)	0		
	6	(10,2)	1	(10,2)	1		
	7	(8,2)	1	(8,2)	1		
	8	(6,2)	1	(6,2)	1		
	9	(8,5)	1	(8,5)	1		
	10	(3,5)	0				
	11	(2,5)	0				
	12	(5,2)	1				
	13	(4,2)	1				
	14	(3,2)	1				
	15	(2,2)	1				
	16	(1,2)	1				
	17	(0,2)	1				
	18	(3,5)	1				
	19	(2,5)	1				
Frame	20	(11,1)	1	(11,1)	1	(11,1)	1
	21	(9,1)	1	(9,1)	1	(9,1)	1
	22	(7,1)	1	(7,1)	1	(7,1)	1
	23	(10,1)	1	(10,1)	1		
	24	(8,1)	1	(8,1)	1		
	25	(6,1)	1	(6,1)	1		
	26	(5,1)	1				
	27	(4,1)	1				
	28	(3,1)	1				
	29	(2,1)	1				
	30	(1,1)	1				
	31	(0,1)	1				

[0095]

[0096] [표 2]

	CSI reference signal configuration	Number of CSI reference signals configured					
		1 or 2		4		8	
		(k',l')	n_s mod2	(k',l')	n_s mod2	(k',l')	n_s mod2
Frame structure type 1 and 2	0	(11,4)	0	(11,4)	0	(11,4)	0
	1	(9,4)	0	(9,4)	0	(9,4)	0
	2	(10,4)	1	(10,4)	1	(10,4)	1
	3	(9,4)	1	(9,4)	1	(9,4)	1
	4	(5,4)	0	(5,4)	0		
	5	(3,4)	0	(3,4)	0		
	6	(4,4)	1	(4,4)	1		
	7	(3,4)	1	(3,4)	1		
	8	(8,4)	0				
	9	(6,4)	0				
	10	(2,4)	0				
	11	(0,4)	0				
	12	(7,4)	1				
	13	(6,4)	1				
	14	(1,4)	1				
	15	(0,4)	1				
Frame structure type 2 only	16	(11,1)	1	(11,1)	1	(11,1)	1
	17	(10,1)	1	(10,1)	1	(10,1)	1
	18	(9,1)	1	(9,1)	1	(9,1)	1
	19	(5,1)	1	(5,1)	1		
	20	(4,1)	1	(4,1)	1		
	21	(3,1)	1	(3,1)	1		
	22	(8,1)	1				
	23	(7,1)	1				
	24	(6,1)	1				
	25	(2,1)	1				
	26	(1,1)	1				
	27	(0,1)	1				

[0097]

[0098] 표 1 및 표 2에서, (k',l') 는 RE 인덱스를 나타내며, k' 는 부반송파 인덱스를, l' 는 OFDM 심볼 인덱스를 나타낸다. 도 11은 현재 3GPP 표준문서에서 정의된 CSI-RS 설정 중 일반 CP인 경우의 CSI-RS 설정 #0을 예시한다.

[0099] 또한, CSI-RS 서브프레임 설정이 정의될 수 있으며, 이는 서브프레임 단위로 표현되는 주기(T_{CSI-RS})와 서브프레임 오프셋(Δ_{CSI-RS})으로 구성된다. 아래 표 3은, 3GPP 표준문서에서 정의하고 있는 CSI-RS 서브프레임 설정을 나타낸다.

[0100] [표 3]

CSI-RS-SubframeConfig I_{CSI-RS}	CSI-RS periodicity T_{CSI-RS} (subframes)	CSI-RS subframe offset Δ_{CSI-RS} (subframes)
0 - 4	5	I_{CSI-RS}
5 - 14	10	$I_{CSI-RS}-5$
15 - 34	20	$I_{CSI-RS}-15$
35 - 74	40	$I_{CSI-RS}-35$
75 - 154	80	$I_{CSI-RS}-75$

[0101]

[0102] 개선된 CSI 피드백

[0103] 수신측(예를 들어, 단말)에서는 송신측(예를 들어, 기지국)의 안테나 포트의 각각에 의해서 형성된 채널의 상태를 측정하여 그 결과를 보고할 수 있다. 여기서, 수신측은 채널 상태의 측정을 위해서 송신측의 각각의 안테나 포트의 RS를 이용하여, RI, PMI 및/또는 CQI를 결정 또는 계산할 수 있다. 여기서, PMI는 수신측의 입장에서 측정되는 채널에 대해서 적절한 프리코딩 행렬을 지시하는 인덱스 값으로 정의되고, 송신측과 수신측 사이에서 미

리 결정되어 공유하고 있는 프리코딩 행렬의 후보들의 집합 중에서 상기 적절한 프리코딩 행렬이 선택 또는 결정될 수 있다. 여기서, 상기 프리코딩 행렬의 후보들의 집합을 코드북이라고 칭한다. PMI는 특정 랭크에서 적절한 프리코딩 행렬을 지시할 수 있다.

[0104] 한편, 차세대 무선 통신 시스템에서는 능동 안테나 시스템(active antenna system; AAS)의 도입이 고려되고 있다. 신호의 위상 및 크기를 조정할 수 있는 증폭기와 안테나가 분리되어 있는 기존의 수동 안테나와 달리, 능동 안테나는 각각의 안테나가 증폭기와 같은 능동 소자를 포함하도록 구성된 것을 의미한다. 능동 안테나 시스템은 증폭기와 안테나를 연결하기 위한 별도의 케이블, 커넥터, 기타 하드웨어 등이 필요하지 않고, 에너지 및 운용 비용 측면에서 효율성이 높은 특징을 갖는다. 특히 능동 안테나 시스템은 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.

[0105] 이와 같이, 능동 안테나와 같은 진보된 안테나 시스템의 도입으로 다수의 입출력 안테나와 다차원 안테나 구조를 갖는 대규모 MIMO (massive MIMO) 구조 또한 고려되고 있다. 일례로 기존의 일자형 안테나 배열 (혹은 1 차원 안테나 배열)과 달리 2-차원 안테나 배열을 형성할 경우, 능동 안테나 시스템의 능동 안테나에 의해 3-차원 빔 패턴을 형성할 수 있다.

[0106] 도 12는 대규모 MIMO 기술의 개념도를 도시한다. 특히, 도 12는, 기지국 또는 단말이 능동 안테나 시스템 기반의 3D 빔 형성이 가능한 다수의 송/수신 안테나를 갖고 있는 시스템을 도식화한 것이다.

[0107] 도 12를 참조하면, 송신 안테나 관점에서 3-차원 빔 패턴을 활용할 경우, 빔의 수평 방향뿐만 아니라 수직 방향으로의 준-정적 또는 동적인 빔 형성을 수행할 수 있으며, 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.

[0108] 이러한 대규모 MIMO 시스템에서 3 차원 빔포밍을 수행하기 위해서는, 기존의 CSI에 비하여 보다 정교한 CSI를 피드백하는 것이 요구된다. 또한, 대규모 MIMO 시스템과 같이 증가된 개수의 안테나 포트를 지원하기 위해서는 새로운 코드북의 정의되거나 추가되어야 한다. 이에 따라, 피드백 오버헤드가 높아지는 문제가 발생하게 된다. 또한, 안테나 포트의 개수가 증가할수록 각각의 안테나 포트를 구분하는 RS의 개수도 증가하게 되고, 이에 따라 RS의 전송을 위한 자원(예를 들어, 시간, 주파수 및/또는 코드 자원)의 사용량이 많아지면서, 전체 시스템의 자원 중에서 데이터를 위해서 사용할 자원의 양은 줄어들 수 있다. 즉, 증가된 안테나 포트 개수를 지원하기 위한 오버헤드가 증가하는 반면, 이에 따라 사용자 데이터 처리율은 낮아질 수도 있다.

[0109] 이러한 문제를 해결하기 위해서, 대규모 MIMO 기법이 적용된 시스템에서 MIMO 전송 효율을 최대화 하는 CSI 피드백 방안이 요구된다. 본 발명에서는 CSI 피드백의 개선 방안으로서, 증가된 안테나 포트(또는 안테나 요소) 개수를 지원하는 대규모 MIMO 시스템을 위한 코드북을 설계하고, 이에 기반한 CSI 보고의 피드백 오버헤드를 저감 또는 완화하는 방안을 제안한다. 또한, 본 발명에서 제안하는 CSI 피드백 방안에 따라 수신측이 보내는 CSI 피드백 정보를 송신측에서 이용하는 방안에 대해서도 제안한다. 구체적으로, 본 발명에서는 피드백 안테나 포트 구성 방안, 반복적 피드백을 통한 채널 정보의 획득 방안, 제한된 해상도(resolution)의 코드북에 기초하여 보다 정밀한 해상도의 위상 정보를 구성 및 피드백하는 방안 등에 대해서 제안한다.

[0110] 이하의 본 발명의 예시들에서는 MIMO 전송의 송신측(즉, 피드백 정보의 수신측)은 기지국으로, MIMO 전송의 수신측(즉, 피드백 정보의 송신측)은 단말을 예로 들어 설명하지만, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0111] 피드백 안테나 포트의 구성 동작에 있어서, 위상 정보의 기준이 되는 안테나 포트를 소정의 자원 단위 별로 고정하는 방식과 변경하는 방식을 고려할 수 있다.

[0112] 여기서, 상기 소정의 자원 단위는, 시간 자원 단위(예를 들어, 무선 프레임, 서브프레임, 슬롯, 또는 OFDM 심볼)일 수도 있고, 주파수 자원 단위(예를 들어, 자원블록그룹(RBG), RB 또는 부반송파)단위일 수도 있으며, 또는 시간-주파수 상에서 정의되는 단위일 수도 있다. 이하에서는 설명의 편의성 및 명료성을 위하여 상기 소정의 자원 단위를 전송 프레임(또는 프레임)으로 표현하지만, 이 용어는 상기 시간 및/또는 주파수 상에서 정의되는 소정의 자원 단위로서 이해되어야 한다.

[0113] 채널 정보 획득 동작에 있어서, 피드백 안테나 포트 별 위상 정보를 단말이 주기적으로(예를 들어, 소정의 횟수에 걸쳐서) 또는 비주기적으로(예를 들어, 기지국으로부터의 트리거링에 의해) 보고할 수 있으며, 기지국은 이

러한 위상 정보를 포함하는 CSI를 획득할 수 있다. 채널 정보 획득 동작은, 단말이 보고하는 위상 정보를 기지국이 종합하여 가중 평균을 통해서 최종적인 위상 정보를 결정하는 동작을 포함한다.

[0114] 도 13 및 도 14는 본 발명에 따른 CSI 피드백 동작을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0115] 도 13의 예시에서 기지국은 피드백 정보(또는 위상 정보)를 받을 안테나 포트를 구성하여 단말에게 알려줄 수 있다 (S1310). 단말은 이에 따라 피드백 안테나 포트 별로 채널 상태를 생성하여 기지국으로 피드백 보고할 수 있고, 기지국은 이러한 피드백 정보를 수신할 수 있다 (S1320). 기지국은 보고 받은 채널의 기준 안테나 포트에 대비한(또는 기준 안테나 포트를 기준으로 한) 위상 차이를 결정 또는 계산할 수 있다 (S1330). 기지국은, 복수회(예를 들어, N회)의 피드백 사이클 동안 기준 안테나 포트에 대비한 위상 차이의 가중 평균을 결정하여 업데이트할 수 있다 (S1340). 기지국은 누적된 위상 차이를 반영한 특성을 가지는 채널을 결정할 수 있다 (S1350).

[0116] 도 13은 기준 안테나 포트(즉, 위상 정보의 기준이 되는 안테나 포트)가 고정된 경우에 대한 것이고, 도 14는 기준 안테나 포트가 전송 프레임 별로 변경 가능한 경우에 대한 것이다. 도 14의 예시에서는 도 13의 예시에 비하여 위상 정렬 단계(S1430)가 추가되는 것이 특징이다. 그 외, 도 14의 단계 S1410 내지 S1420은 도 13의 S1310 내지 S1320에 대응하고, 도 14의 단계 S1440 내지 S1460은 도 13의 단계 S1330 내지 S1350에 대응하므로, 중복되는 설명은 생략한다.

[0117] 도 13 또는 도 14에서 설명하는 예시적인 방법은 설명의 간명함을 위해서 동작의 시리즈로 표현되어 있지만, 이는 단계가 수행되는 순서를 제한하기 위한 것은 아니며, 필요한 경우에는 각각의 단계가 동시에 또는 상이한 순서로 수행될 수도 있다. 또한, 본 발명에서 제안하는 방법을 구현하기 위해서 도 13 또는 도 14에서 예시하는 모든 단계가 반드시 필요한 것은 아니다.

[0118] 도 15는 본 발명에 따른 반복적 CSI 피드백 방식을 설명하기 위한 도면이고, 도 16은 각각의 전송 프레임에서 보고되는 안테나 포트 별 위상 정보를 개념적으로 나타내는 도면이다.

[0119] 본 발명에서 반복적 CSI 피드백 방식이란 전체 CSI를 다수개의 부분들로 나누어 상이한 전송 프레임에서 피드백 보고한다는 의미이다. 즉, 본 발명의 반복적 CSI 피드백은, 부분 CSI의 피드백이 반복(또는 누적)됨으로써 전체 CSI가 보고된다는 특징을 가진다. 각각의 부분 CSI는 상이한 CSI 피드백 정보일 수도 있지만, 동일한 CSI 피드백 정보인 것을 배제하는 것은 아니다. 또한, 어떤 부분 CSI의 일부분은 다른 부분 CSI의 일부분과 중복될 수도 있다.

[0120] 도 15의 예시에서 기지국은 총 8개의 안테나 포트를 포함하고, 각각의 전송 프레임 마다 4 개의 피드백 안테나 포트를 구성(또는 설정, 또는 할당)하는 경우를 가정한다. 기지국의 총 안테나 포트의 개수는 기지국의 물리적 안테나의 개수에 의해 제한될 수 있다.

[0121] 첫 번째 전송 프레임에서 단말은 기지국의 8개의 안테나 포트(예를 들어, 안테나 포트 인덱스 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 및 7) 중에서 선택된 처음 4개의 안테나 포트(예를 들어, 안테나 포트 인덱스 0, 1, 2 및 3)에 대해서 측정된 채널 상태에 기초한 위상 정보를 보고할 수 있다.

[0122] 두 번째 전송 프레임에서 단말은 기지국의 8개의 안테나 포트 중에서 선택된 마지막 4개의 안테나 포트(예를 들어, 안테나 포트 4, 5, 6 및 7)에 대해서 측정된 채널 상태에 기초한 위상 정보를 보고할 수 있다.

[0123] 세 번째 전송 프레임에서 단말은 기지국의 8개의 안테나 포트 중에서 선택된 가운데 4개의 안테나 포트(예를 들어, 안테나 포트 2, 3, 4 및 5)에 대해서 측정된 채널 상태에 기초한 위상 정보를 보고할 수 있다.

[0124] 네 번째 전송 프레임에서 단말은 기지국의 8개의 안테나 포트 중에서 선택된 처음과 마지막 4개의 안테나 포트(예를 들어, 안테나 포트 0, 1, 6 및 7)에 대해서 측정된 채널 상태에 기초한 위상 정보를 보고할 수 있다.

[0125] 만약 안테나 포트 인덱스가 1부터 시작되는 경우에는, 본 발명에 대한 안테나 포트 인덱스 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 및 7에 대한 설명은, 안테나 포트 인덱스 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 및 8로 대체될 수 있다. 다만, 안테나 포트 인덱스는 단지 예시적인 것이며, 서로 다른 안테나 포트를 구분하는 의미로서 이해되어야 한다.

[0126] 단말은 위와 같은 안테나 포트 구성에 따른 전송 프레임의 사이클 동안에 동일한 과정을 반복할 수도 있다. 또한, 각각의 전송 프레임에서 보고되는 위상 정보는, 4 전송 안테나(4Tx)를 위해서 설계된 코드북 내에서 단말이 선호하는 프리코딩 행렬을 나타내는 인덱스(즉, PMI)에 해당할 수 있다.

[0127] 이하에서는 본 발명에서 제안하는, 피드백 안테나 포트 구성 방안, 반복적 피드백을 통한 채널 정보의 획득 방안, 제한된 해상도(resolution)의 코드북에 기초하여 보다 정밀한 해상도의 위상 정보를 구성 및 피드백하는 방

안에 대해서 구체적으로 설명한다.

[0128] 피드백 안테나 포트 구성

[0129] 본 발명에서는 증가된 안테나 포트 개수를 지원하는 CSI 피드백에 있어서 피드백 오버헤드의 증가를 방지하기 위해서, 기지국의 안테나 포트의 개수에 비하여 적은 개수의 피드백 안테나 포트를 구성하는 방안에 대해서 제안한다.

[0130] 이하의 설명에서는, 총 M 개의 안테나 포트가 존재하는 경우, 매 전송 프레임 별로 K 개의 피드백 안테나 포트가 설정되고, N 개의 전송 프레임이 하나의 CSI 피드백 사이클로 설정되는 경우를 가정한다.

[0131] 전술한 바와 같이, 피드백 안테나 포트 구성에 있어서, 고정된 기준 안테나 포트를 사용하는 방안과, 전송 프레임 별로 기준 안테나 포트를 변경하는 방안이 적용될 수 있다.

[0132] 예를 들어, 단말이 N 번째 전송 프레임에서 총 M 개의 안테나 포트 중에서 1번 안테나 포트부터 K번 안테나 포트까지의 위상 정보를 피드백 보고하는 경우라면, 위상 정보의 집합을 $\Theta^{(N)}$ 이라고 표현하고, $\Theta^{(N)} = \{\theta_1^{(N)}, \theta_2^{(N)}, \ldots, \theta_K^{(N)}\}$, 라고 표현할 수 있다. 여기서, $\theta_i^{(N)}$는 N 번째 전송 프레임에서의 안테나 포트 인덱스 i에 대한 위상 정보를 의미한다.

[0133] 고정된 하나의 기준 안테나 포트가 설정되는 경우, 모든 전송 프레임에서 특정 하나의 안테나 포트는 항상 K 개의 안테나 포트에 포함된다. 예를 들어, 총 M 개의 안테나 포트 중에서 1번 안테나 포트가 기준 안테나 포트로 설정되고, K=2인 경우라면, 각 전송 프레임에 대해 피드백 되는 위상 정보는 $\Theta^{(1)} = \{\theta_1^{(1)}, \theta_2^{(1)}\}$, $\Theta^{(2)} = \{\theta_1^{(2)}, \theta_3^{(2)}\}$, $\Theta^{(3)} = \{\theta_1^{(3)}, \theta_4^{(3)}\}, \ldots$ 와 같이 구성될 수 있다.

[0134] 기준 안테나 포트가 변경되는 경우에는, 특정 안테나 포트에 대한 위상 정보가 매 전송 프레임에서 피드백될 필요는 없다. 예를 들어, 어떤 전송 프레임의 피드백 안테나 포트의 일부가 다른 전송 프레임의 피드백 안테나 포트의 일부와 중복될 수도 있다. 예를 들어, $\Theta^1 = \{\theta_1^{(1)}, \theta_2^{(1)}\}$, $\Theta^{(2)} = \{\theta_2^{(2)}, \theta_3^{(2)}\}$, $\Theta^{(3)} = \{\theta_3^{(3)}, \theta_4^{(3)}\}, \ldots$와 같이 구성될 수도 있다. 또는, 매 전송 프레임의 피드백 안테나 포트가 중복되지 않을 수도 있다. 예를 들어, $\Theta^1 = \{\theta_1^{(1)}, \theta_2^{(1)}\}$, $\Theta^{(2)} = \{\theta_3^{(2)}, \theta_4^{(2)}\}, \ldots$ 와 같이 구성될 수도 있다.

[0135] 이러한 피드백 안테나 포트 구성 방안에 있어서, 전체 안테나 포트에 대한 위상 정보 또는 일부 안테나 포트에 대한 위상 정보가 1회 이상 피드백되도록, CSI 피드백 사이클을 구성할 수도 있다.

[0136] 도 17 내지 도 19는 본 발명에 따른 피드백 안테나 포트 구성 방안의 예시들을 나타내는 도면이다.

[0137] 도 17의 예시는 총 안테나 포트가 4개인 경우, 하나의 전송 프레임에서 2 개의 안테나 포트에 대한 위상 정보가 피드백되도록 하는 방안들을 나타낸다. 즉, M=4 및 K=2인 경우의 예시들을 나타낸다.

[0138] 도 17(a)는 N=3이고 고정된 기준 안테나 포트가 적용되는 경우에 대한 예시이다. 예를 들어, 고정된 하나의 기준 안테나 포트가 안테나 포트 인덱스 0일 수 있다. 이 경우, 첫 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0 및 1에 대한, 두 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0 및 2에 대한, 세 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0 및 3에 대한 위상 정보가 피드백 보고될 수 있다.

[0139] 또한, 도 17(a)의 예시에서 한 번의 전송 프레임에서 2 개의 안테나 포트에 대한 PMI를 보고하는 피드백 오버헤드가 2 비트라고 가정하면, 3 번의 전송 프레임 동안 6 비트의 피드백 오버헤드가 발생할 수 있다.

[0140] 예를 들어, 양자화된 위상 정보에 해당하는 코드북이 사용되고, 코드북 내의 최적의 프리코딩 행렬을 지시하는 PMI가 보고된다고 가정한다. 예를 들어, 안테나 포트 2 개인 경우의 코드북(즉, 랭크-2 코드북)은 1, j, -1, -j을 이용하여, 각각 기준 안테나 포트에 대비하여 동일한 위상, 0.5π 라디안 차이의 위상, π 라디안 차이의 위상, 1.5π 라디안 차이의 위상을 가지는 채널에 대하여 피드백이 가능하다. 이 경우 0.5π 라디안의 해상도(resolution)를 갖는 위상 정보를 보고할 수 있다고 할 수 있다. 이러한 랭크-2 코드북은 총 4개의 프리코딩 행렬(또는 프리코딩 벡터) 후보를 포함하고, 그 중에서 어느 하나를 지시하기 위해서는 2비트가 필요하다. 이하의 예시들에서는 전체 피드백 오버헤드의 양을 단순 비교하기 위해서 이와 같은 가정이 적용되는 것으로 하지만, 본 발명의 범위가 2 안테나 포트에 대한 실제의 PMI 피드백 오버헤드가 2 비트인 경우로 제한되는 것은 아니다.

[0141] 도 17(b)는 N=3이고 기준 안테나 포트가 고정되지 않는 경우에 대한 예시이다. 예를 들어, 첫 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0 및 1에 대한, 두 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 1 및 2에 대한, 세 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 2 및 3에 대한 위상 정보가 피드백 보고될 수 있다. 도 17(b)의 경우에는 3 번의 전송 프레임 동안 6 비트의 피드백 오버헤드가 발생할 수 있다.

[0142] 도 17(c)는 N=6이고 각각의 안테나 포트 별로 3 번의 전송 프레임에서 위상 정보가 보고될 수 있도록 하는 피드백 안테나 포트 구성 방안을 나타낸다. 이 경우, 각각의 안테나 포트에 대한 위상 정보를 누적하여, 기지국에서 해당 안테나 포트에 대한 최종적인 위상 정보의 결정에 이용할 수 있다. 예를 들어, 첫 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0 및 1에 대한, 두 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0 및 2에 대한, 세 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0 및 3에 대한, 네 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 2 및 3에 대한, 다섯 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 1 및 3에 대한, 여섯 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 1 및 2에 대한 위상 정보가 피드백 보고될 수 있다. 도 17(c)의 경우에는 6 번의 전송 프레임 동안 12 비트의 피드백 오버헤드가 발생할 수 있다.

[0143] 도 18의 예시는 총 안테나 포트가 8개인 경우, 하나의 전송 프레임에서 4개의 안테나 포트에 대한 위상 정보가 피드백되도록 하는 방안들을 나타낸다. 즉, M=8 및 K=4인 경우의 예시들을 나타낸다.

[0144] 도 18(a)는 N=7이고 고정된 기준 안테나 포트가 적용되는 경우에 대한 예시이다. 예를 들어, 고정된 하나의 기준 안테나 포트가 안테나 포트 인덱스 0일 수 있다. 이 경우, 첫 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 1, 2 및 3에 대한, 두 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 4, 5 및 6에 대한, 세 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 1, 2 및 7에 대한, 네 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 3, 4 및 5에 대한, 다섯 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 1, 6 및 7에 대한, 여섯 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 2, 3 및 4에 대한, 일곱 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 5, 6 및 7에 대한 위상 정보가 피드백 보고될 수 있다. 도 18(a)의 경우에는 7 번의 전송 프레임 동안 28 비트의 피드백 오버헤드가 발생할 수 있다.

[0145] 도 18(b)는 N=7이고 기준 안테나 포트가 고정되지 않는 경우에 대한 예시이다. 예를 들어, 첫 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 1, 2 및 3에 대한, 두 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 2, 3, 4 및 5에 대한, 세 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 4, 5, 6 및 7에 대한, 네 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 1, 6 및 7에 대한, 다섯 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 1, 2, 5 및 6에 대한, 여섯 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 3, 4 및 7에 대한, 일곱 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 1, 2 및 4에 대한 위상 정보가 피드백 보고될 수 있다. 도 18(b)의 경우에는 7 번의 전송 프레임 동안 28 비트의 피드백 오버헤드가 발생할 수 있다.

[0146] 도 18(b)의 경우에는 안테나 포트 0, 1, 2 및 4에 대해서는 4번의 전송 프레임에서의 위상 정보가 누적되고, 안테나 포트 3, 5, 6 및 7에 대해서는 3번의 전송 프레임에서의 위상 정보가 누적될 수 있다. 기지국은 좀더 정밀한 위상 정보가 필요한 안테나 포트에 대해서 다른 안테나 포트에 비하여 더 많은 전송 프레임에서 위상 정보를 보고하도록, 피드백 안테나 포트를 구성하고 단말에게 알려줄 수 있다.

[0147] 도 19의 예시는 총 안테나 포트가 16개인 경우, 하나의 전송 프레임에서 4개의 안테나 포트에 대한 위상 정보가 피드백되도록 하는 방안을 나타낸다. 즉, M=16 및 K=4인 경우의 예시들을 나타낸다.

[0148] 도 19의 예시에서는 N=5이고 고정된 기준 안테나 포트가 적용되는 경우에 대한 예시이다. 예를 들어, 고정된 하나의 기준 안테나 포트가 안테나 포트 인덱스 0일 수 있다. 이 경우, 첫 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 1, 2 및 3에 대한, 두 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 4, 5 및 6에 대한, 세 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 7, 8 및 9에 대한, 네 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 10, 11 및 12에 대한, 다섯 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 0, 13, 14 및 15에 대한 위상 정보가 피드백 보고될 수 있다. 도 19의 경우에는 5 번의 전송 프레임 동안 20 비트의 피드백 오버헤드가 발생할 수 있다.

[0149] 이하에서는, 피드백 안테나 포트의 구성에 대한 정보를 기지국이 단말에게 알려주는 방안에 대해서 설명한다.

[0150] 4세대 무선 이동통신 표준 기술인 LTE-Advanced 에서 채널 상태 정보 획득 목적의 CSI-RS에 대하여 3GPP TS 36.213 v. 11.1.0 문서의 7.2.5절에서 아래와 같이 정의하고 있다: "전송 모드 9(TM9)로 설정된 UE와 서빙 셀에서 UE는 한 개의 CSI-RS 자원을 사용하도록 설정될 수 있다. 전송 모드 10(TM10)으로 설정된 UE에서는 UE는 하나 또는 그 이상의 CSI-RS 자원을 사용하도록 설정될 수 있다. 상위 레이어로부터 다음과 같은 파라미터들이 설정될 수 있다: a)UE가 TM10으로 설정된 경우, CSI-RS 자원 설정 아이덴티티. b) CSI-RS 포트의 개수. c) CSI-RS 설정. d) CSI-RS 서브프레임 설정."

[0151] 여기서, 본 발명에서 정의하는 파라미터 K(즉, 하나의 전송 프레임에서 위상 정보가 전송되는 대상이 되는 안테나 포트의 개수)는 CSI-RS 포트의 개수에 대한 정보에 실려서 전달될 수 있다.

[0152] 또한, 본 발명에서 정의하는 파라미터 M(즉, 총 안테나 포트 개수), 파라미터 N(즉, 피드백 안테나 포트 구성에서 하나의 사이클을 구성하는 전송 프레임의 개수) 및/또는 피드백 안테나 포트 구성 패턴에 대한 정보가 CSI-RS 자원 설정 정보에 포함될 수 있다.

[0153] 또한, 다양한 형태의 피드백 안테나 포트 구성 패턴(예를 들어, 상기 도 15 내지 19의 예시)은 사전에 미리 정의될 수도 있고, 상위 계층 신호(예를 들어, RRC 시그널링)에 의해서 단말에게 준-정적(semi-static)으로 설정 또는 변경될 수 있다.

[0154] 즉, 기존의 CSI-RS 자원 설정 정보에 피드백 안테나 포트 구성 정보(예를 들어, 파라미터 K, M, N, 및/또는 패턴 정보)를 포함시켜 단말에게 전달할 수 있다. 이에 따라, 단말이 전송 프레임 별로 피드백 정보를 계산 및 보고할 때에, 어떤 안테나 포트에 대한 위상 정보를 계산 및 보고하여야 하는지 결정할 수 있다.

[0155] 다음으로, 상기 도 13에서의 단계 S1330 (즉, 보고된 채널의 기준 안테나 포트 대비 위상 차이 계산) 또는 상기 도 14에서의 단계 S1430 (즉, 전송 프레임 별로 보고된 위상 정보를 기준 안테나 포트에 대해서 정렬) 및 단계 S1440 (즉, 보고된 채널의 기준 안테나 포트 대비 위상 차이 계산) 동작은 기지국에서 수행되는 것으로 설명하였지만, 이러한 기지국의 계산을 단말 측에서 보조하기 위한 단말 동작이 설정될 수도 있다.

[0156] 예를 들어, 단말은 기지국에서 위상 정렬 또는 위상 차이 계산 등의 동작을 수행하는 것을 가정하여 최적의 피드백 정보(특히, 위상 정보)를 계산할 수 있다. 즉, 단순히 각각의 안테나 포트 별 위상 정보를 계산 또는 PMI를 선택하는 것이 아니라, 전체 안테나 포트 중의 해당 안테나 포트에 대한 위상 정보라는 관점에서 적절한 PMI를 선택할 수도 있다. 또는, 단말이 직접 위상 정렬 및/또는 위상 차이 계산을 수행하여, 기지국에게 그 결과값을 알려주는 방식으로 동작할 수도 있다. 또는, 소정의 기준 위상 정보를 기지국과 단말 사이에서 미리 정해두고, 단말이 보고하는 위상 정보는 상기 기준 위상 정보에 대비한 차이값만을 보고하는 방식으로 피드백 오버헤드를 더 줄일 수도 있다.

[0157] 또한, 전술한 본 발명의 예시들에서는 기지국에서 복수개의 전송 안테나를 구비하는 경우에 대해서, 각각의 안테나 포트에 대한 CSI 피드백하는 방안에 대해서 주로 설명하였지만, 본 발명에서는 단말이 2 개 이상의 안테나를 구비하는 경우에 유사한 원리가 적용되는 방안도 포함한다. 즉, 단말의 수신 안테나 포트가 복수개인 경우에, 피드백 안테나 구성의 패턴을 구성함에 있어서 특정 전송 안테나 포트와 특정 수신 안테나 포트의 조합으로 구성할 수 있다. 예를 들어, 단말이 2 개의 수신 안테나 포트를 구비한 경우, N 개의 전송 프레임 중에서 처음 N/2 개의 전송 프레임에서는 첫 번째 수신 안테나 포트에 대한 위상 정보를, 다음 N/2 개의 전송 프레임에서는 두 번째 수신 안테나 포트에 대한 위상 정보를 피드백 보고할 수 있다. 또한, 단말은 기지국에게 다수의 수신 안테나 포트에 대한 CSI 피드백임을 알리는 제어 정보를 보고할 수도 있다.

[0158] 나아가, 기지국의 전송 안테나 포트가 달라짐에 따라 단말에서의 수신 빔포밍이 달라지기 때문에, 기지국 입장에서는 특정 안테나 포트(들)에 대한 CSI 피드백 정보를 취합하더라도 전체 안테나 포트에 대한 CSI를 정확하게 예측하는 것은 어려울 수 있다. 따라서, 부분 CSI들을 취합하여 전체 CSI를 정확하게 결정하도록 하기 위해서는, 부분 CSI들을 생성할 때에 가정하는 수신 빔 방향을 하나로 고정하는 방안을 적용할 수도 있다.

[0159] 반복적 피드백 방안

[0160] 이하에서는 CSI 피드백을 나르는 전송 프레임을 반복적으로 전송함으로써 통하여 MIMO 송신단에서 채널 정보를 획득하는 방안에 대해서 설명한다.

[0161] 본 발명에 따르면, 셀룰러 이동통신 시스템에서 코드북 기반 채널 위상 정보를 획득하는 과정에 있어서, 일부 안테나 포트의 채널 위상 정보를 나누어 복수개의 전송 프레임을 통해서 피드백 받음으로써, 전체 안테나 포트에 채널 위상 정보가 획득될 수 있다.

[0162] 예를 들어, 상기 도 15와 같이 각각의 전송 프레임에서 위상 정보가 보고되도록 할당된 안테나 포트의 개수가 기지국의 총 안테나 포트의 개수보다 적은 상황에서, 복수개의 전송 프레임에 걸쳐서 피드백되는 채널 위상 정보들을 획득하여, 기지국에서 사용할 최종적인 위상 정보의 결정에 이용할 수 있다. 이를 위하여 반복적인 피드백을 통한 채널 정보를 기지국에서 획득하는 것이 요구된다. 예를 들어, N 회의 사이클 동안에 각각의 전송 프레임에서 피드백되는 CSI에 기반하여 기지국은 위상 정보를 누적하고, 누적된 결과에 기반하여 최적의 프리코딩 행렬이 무엇인지를 결정할 수 있다.

[0163] 기존에 비하여 증가된 안테나 포트 개수를 지원하는 시스템에서, 하나의 전송 프레임에 할당되는 안테나 포트의 개수는 기존의 시스템에서 정의된 최대 안테나 포트의 개수 이하일 수 있다. 예를 들어, 기존의 시스템에서는 최대 8 개의 전송 안테나 포트에 대한 코드북이 설계되어 있는데, 16 개의 전송 안테나 포트를 지원하는 시스템에서 하나의 전송 프레임에서는 4 개의 전송 안테나 포트에 대한 CSI를 보고하는 것으로 설정될 수 있다. 이 경우, 하나의 전송 프레임에서 보고되는 안테나 포트에 대한 위상 정보(또는 PMI)는 기존의 시스템에서 4 개의 전송 안테나 포트를 위한 코드북(즉, 랭크-4 코드북)을 이용하여 PMI를 선택 및 보고할 수 있다.

[0164] 이와 같이 기존 시스템의 코드북을 활용하여 채널 위상 정보를 피드백하는 경우, 전송 프레임 구조의 변화 또는 신규 코드북에 대한 정의가 필요하지 않으므로, 증가된 안테나 포트 개수를 지원하는 기지국(예를 들어, 대규모 MIMO 기지국)을 새롭게 설치하더라도 레거시(legacy) 사용자의 동작을 지원가능한 역방향 호환성(backward compatibility)을 가질 수 있다.

[0165] 또는, 증가된 안테나 포트 개수를 보다 적절하게 지원할 수 있도록 새롭게 설계된 코드북을 이용할 수도 있다.

[0166] 나아가, 전송 프레임 별로 상이한 코드북을 미리 정의하거나, 각각의 전송 프레임에서 사용해야 할 코드북이 무엇인지 상위 계층 신호(예를 들어, RRC 시그널링)을 통하여 단말에게 설정 정보를 제공하여 줄 수도 있다.

[0167] 이에 따라, 단말은 특정 전송 프레임에서 어떤 코드북이 적용 또는 할당되는 것인지 결정하고, 해당 코드북에서 현재 채널 상황을 가장 잘 반영하는 위상 정보에 해당하는 PMI를 선택하여 피드백 보고할 수 있다.

[0168] 최종 위상 정보 결정

[0169] 전술한 바와 같은 피드백 안테나 포트 구성 및 반복적 피드백 방안에 따라서 각각의 안테나 포트에 대한 채널 정보(특히, 위상 정보)를 피드백 받은 기지국이, 획득한 채널 정보를 처리하여 송신 빔포밍에 사용할 위상 정보(이하, 코드 벡터라고 칭함)를 생성하는 방안에 대해서 설명한다. 이와 같이 부분 CSI 정보들에 기초하여 위상 정보를 획득하는 방안을 코드 벡터의 확장 생성 방안이라고도 칭할 수 있다.

[0170] 이러한 코드 벡터 확장 생성 동작은 상기 도 13 및 도 14를 참조하여 설명한 바와 같이 기지국에서 수행될 수도 있지만, 본 발명은 이에 제한되는 것이 아니라 단말에서 코드 벡터 확장 생성 동작을 직접 수행하거나 이를 보조하는 동작을 수행할 수도 있다. 예를 들어, 단말은 각각의 전송 프레임에서 피드백할 채널 정보를 계산함에 있어서, 기지국이 특정 코드 벡터 확장 방식을 적용할 것을 가정한 상태에서, 채널 정보를 계산 또는 생성할 수 있다. 여기서, 단말이 가정하는 기지국의 코드 벡터 확장 방식은, 기지국이 상위 계층 신호를 통해서 단말에게 설정 또는 변경할 수도 있다.

[0171] 본 발명에서 제안하는 CSI 피드백 방안에 있어서, 위상 정렬 동작(예를 들어, 도 14의 단계 S1430) 및/또는 위상 차이 계산 동작(예를 들어, 도 13의 단계 S1330 또는 도 14의 단계 S1440)을 단말이 직접 수행하거나 이를 보조하는 동작을 수행하는 것으로 가정한다. 이러한 경우, 피드백 정보의 계산을 위해서 사용할 코드북을, 전송 프레임 단위로 (또는 전송 프레임 그룹 단위로) 설정하여 줄 수 있다. 이에 따라, 각각의 전송 프레임 별로(또는 전송 프레임 그룹 별로) 보다 최적화된 피드백이 수행될 수 있으며, 이러한 방식은 다중-레벨 빔포밍(multi-level beamforming)에 활용할 수 있다.

[0172] 예를 들어, N 번의 횟수로 구성되는 CSI 피드백 사이클에 있어서, n 개의 전송 프레임에서 사용할 제 1 코드북과, 나머지 N-n 개의 전송 프레임에서 사용할 제 2 코드북이 별도로 설정될 수 있다. 제 1 코드북은 제 2 코드북에 비하여 상대적으로 해상도가 낮게 (즉, 제 2 코드북은 제 1 코드북에 비하여 해상도가 높게) 설계될 수 있다. 코드북의 해상도가 낮다는 것은 코드북 내의 요소들(즉, 프리코딩 행렬들 또는 프리코딩 벡터들)에 의해서 형성될 빔의 방향이 듬성한(coarse) 것으로 표현될 수 있고, 해상도가 높다는 것은 촘촘한(fine) 것으로 표현될 수 있다. 이에 따라, n 개의 전송 프레임에서 피드백된 채널 정보에 기초하여 최적의 빔 방향을 대략적으로 파악하고, 나머지 N-n 개의 전송 프레임에서 피드백된 채널 정보에 기초하여 최적의 빔 방향을 최종적으로 결정할 수 있다.

[0173] 이와 같이 최적의 빔 방향이 서로 다른 레벨의 코드북을 사용하여 결정되는 방식은, 기지국이 직접 수행하거나, 단말이 직접 수행할 수도 있다. 또는, 단말이 적어도 기지국이 이러한 방식으로 빔 방향을 결정한다는 것을 가정한 상태에서, 피드백할 정보를 계산 또는 생성할 수도 있다.

[0174] 상기 예시에서는 명료성을 위해서 n 개의 전송 프레임에서의 피드백과, N-n개의 전송 프레임의 피드백으로 크게 2-레벨의 빔포밍 및 피드백을 예시하였지만, 본 발명의 범위가 이에 제한되는 것은 아니고, 3-레벨 이상의 코드북을 사용하는 빔포밍 및 피드백 방안도 포함한다.

[0175] 이하에서는, 복수개의 전송 프레임을 통하여 획득된 안테나 포트 별 위상 정보에 기초하여 (예를 들어, 이들의 누적 및/또는 가중 평균을 적용하여) 전체 안테나 포트에 대한 최적의 위상 정보(또는 빔 방향)을 결정하는 방안에 대해서 설명한다.

[0176] 먼저, 피드백 안테나 포트 구성에 있어서 전송 프레임 별로 기준 안테나 포트가 고정되는 경우를 가정하여 설명하며, 만약 기준 안테나 포트가 변경되는 경우에는 최종 코드 벡터를 결정하면서 기준 안테나 포트에 대한 위상 정렬을 추가적으로 고려해야 한다.

[0177] 상기 도 16의 예시를 다시 참조하여, 특정 피드백 안테나 포트에 대한 위상 정보를 바탕으로 확장된 코드 벡터를 구성하는 방안에 대해서 설명한다. 총 8 개의 안테나 포트(예를 들어, 안테나 포트 인덱스가 1부터 시작하는 경우, 안테나 포트 인덱스 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 및 8)를 구비한 기지국을 가정하고, 각각의 전송 프레임 별로 4 개의 피드백 안테나 포트가 할당되는 것을 가정한다. 각각의 전송 프레임에서 사용하는 코드북은 0.5π라디안의 해상도를 가지는 것으로 가정한다.

[0178] 이 경우, 첫 번째 전송 프레임에는 4 개의 안테나 포트(예를 들어, 안테나 포트 인덱스 1, 2, 3 및 4)에 대한 위상 정보가 피드백되고, 두 번째 전송 프레임에는 나머지 4개의 안테나 포트(예를 들어, 안테나 포트 인덱스 5, 6, 7 및 8)에 대한 위상 정보가 피드백된다.

[0179] 이 때, 첫 번째 및 두 번째 전송 프레임에서 피드백되는 (즉, 기지국이 획득한) 위상 정보는 서로 다른 (또는 독립된) 기준 안테나 포트를 기반으로 추정한 것이다. 예를 들어, 첫 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 인덱스 1을 기준으로 나머지 안테나 포트들(즉, 안테나 포트 인덱스 2, 3 및 4)의 상대적인 위상을 알 수 있고, 두 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 인덱스 5를 기준으로 나머지 안테나 포트들(즉, 안테나 포트 인덱스 6, 7 및 8)의 상대적인 위상을 알 수 있다. 그러나, 각각의 전송 프레임에서의 기준 안테나 포트는 상대적으로 어떤 위상 관계를 가지는 것인지는 알 수 없기 때문에, 기지국이 최적의 빔포밍 방향을 결정하기 위해서는 이에 대한 정보가 추가적으로 피드백되어야 한다.

[0180] 따라서, 세 번째 전송 프레임에서는 첫 번째 및 두 번째 전송 프레임에서 피드백되는 안테나 포트의 일부와 중첩되도록 피드백 안테나 포트가 구성되는 것이 바람직하다. 예를 들어, 세 번째 전송 프레임에서는 안테나 포트 인덱스 3, 4, 5 및 6에 대한 위상 정보가 피드백될 수 있다.

[0181] 세 번째 전송 프레임까지의 피드백을 받은 기지국에서는 전체 안테나 포트에 대해서 적용될 코드 벡터의 형성을 위해서, 특정 기준 안테나 포트(예를 들어, 안테나 포트 인덱스 1)를 기준으로 위상 정렬을 수행할 수 있다. 예를 들어, 도 16의 예시에서, 세 번째 전송 프레임에서 피드백된 위상 정보를, 첫 번째 전송 프레임의 안테나 포트 인덱스 3의 위상(즉, 안테나 포트 인덱스 3의 안테나 포트 인덱스 1에 대한 상대적인 위상)에 기초하여 위상 정렬을 수행할 수 있다. 이러한 위상 정렬 동작을 수학식으로 표현하면 아래와 같다.

[0182] [수학식 8]

[0183] $$\hat{\Theta}^{(3)}_{aligned} = f(\theta^{(1)}_3, \hat{\Theta}^{(3)}) = \left\{\theta^{(1)}_3 + \theta^{(3)}_3, \theta^{(1)}_3 + \theta^{(3)}_4, \theta^{(1)}_3 + \theta^{(3)}_5, \theta^{(1)}_3 + \theta^{(3)}_6\right\}$$

[0184] 상기 수학식 8에서 $\hat{\Theta}^{(N)}_{aligned}$ 는 N번째 전송 프레임에서 피드백되는 위상 정보에 대한 위상 정렬이 적용된 결과를 나타낸다. $f(\theta^{(N_1)}_i, \hat{\Theta}^{(N_2)})$ 는 N_1 번째 전송 프레임에서의 안테나 포트 인덱스 i의 위상 값(즉, $\theta^{(N_1)}_i$)을 기준으로 하여, N_1 번째 전송 프레임에서 피드백되는 위상 정보 집합(즉, $\hat{\Theta}^{(N_2)}$)에 대한 위상 정렬을 적용하는 동작을 함수로 표현한 것이다.

[0185] 나아가, 두 번째 전송 프레임에서 피드백된 위상 정보를, 세 번째 전송 프레임의 안테나 포트 인덱스 5의 위상에 기초하여 위상 정렬을 수행할 수 있다. 여기서, 세 번째 전송 프레임의 안테나 포트 인덱스 5의 위상은 안테나 포트 인덱스 3을 기준으로 한 상대적인 위상이며, 안테나 포트 인덱스 5의 안테나 포트 인덱스 1에 대한 상대적인 위상은 위 관계(즉, $\theta^{(1)}_3 + \theta^{(3)}_5$)에 기초하여 결정될 수 있다. 이러한 위상 정렬 동작을 수학식으로 표현하면 아래와 같다.

[0186] [수학식 9]

[0187] $$\hat{\Theta}^{(2)}_{aligned} = f(\theta^{(1)}_3 + \theta^{(3)}_5, \hat{\Theta}^{(2)}) = \left\{\theta^{(1)}_3 + \theta^{(3)}_5 + \theta^{(2)}_5, \theta^{(1)}_3 + \theta^{(3)}_5 + \theta^{(2)}_6, \theta^{(1)}_3 + \theta^{(3)}_5 + \theta^{(2)}_7, \theta^{(1)}_3 + \theta^{(3)}_5 + \theta^{(2)}_8\right\}$$

[0188] 이와 같이, 각각의 전송 프레임에서 피드백되는 위상 정보에 대한 위상 정렬은, 크기가 동일한 서로 다른 벡터의 합에 의해서 생성되는 벡터의 방향과 동일한 의미를 가진다.

[0189] 나아가, 본 발명에 따르면, 피드백 정보 누적 및/또는 가중 평균을 통해 제한된 코드북의 해상도를 보완하는 효과를 얻을 수도 있다. 예를 들어, 원래 설계된 코드북의 해상도는 0.5π 라디안의 해상도만으로 제한되지만, 본 발명의 반복적 피드백을 통해서 획득된 위상 정보를 이용하여 보다 정밀한 해상도(예를 들어, 0.25 π 라디안의 해상도)로 위상 정보를 결정할 수 있다.

[0190] 예를 들어, 도 16의 네 번째 전송 프레임에서의 피드백을 기지국이 추가적으로 획득하더라도, 기존에 피드백된 안테나 포트가 아닌 새로운 안테나 포트에 대한 위상 정보가 획득되는 것은 아니다. 그러나, 첫 번째 내지 세 번째 전송 프레임에서의 피드백 정보만을 고려하는 것에 비하여, 추가적으로 네 번째 전송 프레임의 피드백 정보를 더 고려하여 코드 벡터를 결정하는 경우, 위상 정보가 업데이트되는 효과 또는 제한된 코드북의 해상도를 극복하고 정밀한 위상 정보를 결정할 수 있다.

[0191] 구체적으로, 첫 번째 내지 세 번째 전송 프레임에서 획득된 위상 정보에 의해서 결정된 위상 정보 집합은 $\hat{\Theta}_{old} = \{\theta_1, \theta_2, \cdots, \theta_7, \theta_8\}$ 으로 표현된다고 가정한다. 이 경우, 네 번째 전송 프레임에서 $\hat{\Theta}^{(4)} = \left\{\theta^{(4)}_1, \theta^{(4)}_2, \theta^{(4)}_7, \theta^{(4)}_8\right\}$ 의 위상 정보 집합을 추가적으로 고려하여 (또는 가중 평균을 적용하여) 위상 정보의 정밀화 또는 위상 정보의 업데이트를 수행할 수 있다.

[0192] 만약 네 번째 전송 프레임에서의 피드백 위상 정보의 기준 안테나 포트가 상이한 경우에는 위상 정렬이 추가로 수행될 수 있다. 도 16의 예시에서는 네 번째 전송 프레임의 기준 안테나 포트가 안테나 포트 인덱스 1이며, 이는 첫 번째 내지 세 번째 전송 프레임의 위상 정보를 누적하여(또는 위상 정렬을 수행하여) 계산된 결과의 기준 안테나 포트와 동일하므로 별도의 위상 정렬이 필요하지는 않다.

[0193] 본 실시예에서의 가중 평균 동작을 $\hat{\Theta}_{new} = g(\hat{\Theta}^{(N)}, \hat{\Theta}_{old})$ 으로 표현할 수 있다. 여기서, $\hat{\Theta}_{new}$ 는 가중 평균에 따라서 업데이트되는 새로운 위상 정보 집합을 의미한다. 또한, $g(\hat{\Theta}^{(N)}, \hat{\Theta}_{old})$ 는 N 번째 전송 프레임에서의 피드백 정보(즉, $\hat{\Theta}^{(N)}$)를 이용하여 기존의 위상 정보 집합(즉, $\hat{\Theta}_{old}$)을 업데이트하는 동작(또는 누적하여 가중 평균을 취하는 동작)을 함수로 표현한 것이다. 이에 따라 업데이트된 위상 정보 집합(또는 최종 위상 정보 집합)은 아래의 수학식과 같이 표현될 수 있다.

[0194] [수학식 10]

[0195] $$\hat{\Theta}_{new} = \left\{\frac{\theta_1 + \theta^{(4)}_1}{2}, \frac{\theta_2 + \theta^{(4)}_2}{2}, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6, \frac{\theta_7 + \theta^{(4)}_7}{2}, \frac{\theta_8 + \theta^{(4)}_8}{2}\right\}$$

[0196] 상기 수학식 10에서 나타내는 바와 같이, 안테나 포트 인덱스 1, 2, 7 및 8에 대응하는 기존의 위상 정보(즉, θ_1, θ_2, θ_7, θ_8)에 대해서만 4 번째 전송 프레임에서 피드백되는 위상 정보(즉, $\theta^{(4)}_1$, $\theta^{(4)}_2$, $\theta^{(4)}_7$, $\theta^{(4)}_8$)를 각각 합하여 평균을 취한 값으로 업데이트되는 것을 알 수 있다.

[0197] 다음으로, 도 17(a)의 예시에서는, M=4, K=2, N=3인 경우의 피드백 안테나 포트 구성 패턴의 일례이다. 이 예시에서는 각각의 전송 프레임에서 기준 안테나 포트가 동일하므로 별도의 위상 정렬 단계를 수행하지 않게 된다. 3 개의 전송 프레임을 통해서 수신된 위상 정보들을 누적하면, 최종적으로 생성되는 코드 벡터의 위상 정보는 $\hat{\Theta} = \left\{\theta^{(1)}_1, \theta^{(1)}_2, \theta^{(2)}_3, \theta^{(3)}_4\right\}$ 로 표현될 수 있다.

[0198] 도 17(b)의 예시에서는 M=4, K=2, N=3인 경우의 피드백 안테나 포트 구성 패턴의 다른 일례이며, 각각의 전송 프레임에서 기준 안테나 포트가 변경된다. 따라서, 최종 코드 벡터 생성을 위해서는 각각의 전송 프레임에서 피드백되는 위상 정보에 대한 위상 정렬이 수행되어야 한다. 예를 들어, 두 번째 전송 프레임의 피드백 정보를 고

려하여, $f(\theta_2^{(1)},\hat{\Theta}_2)$ 과 같은 위상 정렬이 수행될 수 있다. 3 개의 전송 프레임을 통해서 수신된 위상 정보들을 누적하면, 최종적으로 생성되는 코드 벡터의 위상 정보는 $\hat{\Theta}=\{\theta_1^{(1)},\theta_2^{(1)},\theta_2^{(1)}+\theta_3^{(2)},\theta_2^{(1)}+\theta_3^{(2)}+\theta_4^{(3)}\}$ 로 표현될 수 있다.

[0199] 도 17(b)의 예시에서는 M=4, K=2, N=6인 경우의 피드백 안테나 포트 구성 패턴의 일례를 나타낸다. 이 예시에서는 기준 안테나 포트(예를 들어, 안테나 포트 인덱스 1)를 제외한 3개의 안테나 포트에 대하여 채널 위상 정보를 누적해 코드 벡터를 생성할 수 있도록 피드백 안테나 포트를 구성한 것이다. 이에 따라, 안테나 포트 별로 다수 전송 프레임에 걸쳐 피드백 된 위상 정보와 평균을 통하여 코드 벡터의 해상도를 높일 수 있다.

[0200] 도 18(a)의 예시에서는 M=8, K=4, N=7인 경우의 피드백 안테나 포트 구성 패턴의 일례를 나타낸다. 이 예시에서는 안테나 포트 인덱스 1을 기준 안테나 포트로 설정하여, 매 전송 프레임마다 인접한 3 개의 피드백 안테나 포트를 순환해가며 할당한 형태라고 할 수 있다. 이에 따라, 각각의 전송 프레임에서 기준 안테나 포트가 동일하므로 별도의 위상 정렬 단계를 수행하지 않게 되고, 기준 안테나를 제외한 나머지 안테나 포트의 각각에 대해서 총 3 회의 위상 정보 누적이 가능하며, 누적된 정보의 평균을 이용하여 코드 벡터의 해상도 및 위상 정확도를 높일 수 있다.

[0201] 도 18(b)의 예시에서는 M=8, K=4, N=7인 경우의 피드백 안테나 포트 구성 패턴의 다른 일례를 나타낸다. 이 예시에서는 최종 코드 벡터를 생성할 때 기준 안테나 포트를 맞추기 위해서 각 단계에서 획득한 피드백 정보에 대하여 위상 정렬을 수행해야 한다. 7회의 전송 프레임 동안 각 안테나 포트가 기준 안테나 포트가 되었던 전송 프레임을 제외하고, 각 안테나 포트에 대해서 3회의 위상 정보를 누적할 수 있다.

[0202] 도 19의 예시에서는 M=16, K=4, N=5인 경우의 피드백 안테나 포트 구성 패턴의 일례를 나타낸다. 이 예시에서는 안테나 포트 인덱스 1을 기준 안테나 포트로 설정하여, 매 전송 프레임마다 인접한 3 개의 피드백 안테나 포트를 순환해가며 할당한 형태라고 할 수 있다.

[0203] 전술한 바와 같은 다양한 실시예들에 따라서 CSI 피드백의 하나의 사이클이 구성될 수 있고, 채널 위상의 변화를 업데이트하거나 생성되는 코드벡터의 해상도를 높이기 위해서, 이러한 사이클이 동일하게 반복되거나, 또는 매 사이클마다 다른 패턴의 피드백 안테나 포트가 구성될 수도 있다. 만약 동일한 피드백 안테나 포트 패턴에 따른 CSI 피드백 사이클이 반복되는 경우, 기준 안테나 포트를 제외한 나머지 안테나 포트의 위상 정보의 누적은 사이클 반복 횟수와 동일하다.

[0204] 멀티 레이어 전송

[0205] 이하에서는 멀티 레이어 전송 환경에서 본 발명에 따른 코드북 확장 기법의 적용 방안에 대하여 설명한다.

[0206] 무선 이동통신 시스템, 예를 들어 LTE와 같은 통신 시스템에서는 한 개 이상의 송신 안테나와 한 개 이상의 수신 안테나 사이에 생성된 채널 행렬의 랭크가 1을 초과하는 경우 멀티 레이어 전송(또는 다중 랭크 전송)을 지원한다. 멀티 레이어 전송을 위해 송신기에서 채널 행렬 H를 정확하게 파악해야 하며 이를 위해 PMI 보고를 할 때 랭크 별로 다른 코드(즉, 프리코딩 행렬 또는 프리코딩 벡터)를 보고하도록 되어 있다. 코드북 확장을 위한 PMI 보고에서 단말은 항상 랭크 1인 코드를 사용하여 보고할 경우, 기지국은 한 번에 랭크가 2 이상인 채널 행렬에 대하여 파악할 수 없다.

[0207] 이를 극복하기 위해서, 다수개의 안테나를 장착한 단말에서 PMI 보고를 위해 수신 안테나 선택 기법을 적용할 수 있다. 구체적으로, 단말에서 채널 보고를 위해 복수개의 수신 안테나 중에서 어느 하나를 선택하여, 특정 피드백 사이클 동안 선택된 한 개의 수신 안테나에 대한 PMI 보고를 수행한 뒤, 다른 피드백 사이클 동안에는 나머지 하나의 수신 안테나에 대한 PMI 보고를 수행할 수 있다.

[0208] 예를 들어, 채널 행렬을 H = USV로 특이치 분해(singular value decomposition)하는 경우, 두 개의 수신 안테나를 가지고 있는 단말의 경우에 U = [1; 0] 또는 U = [0; 1]로 설정함으로써 각각 하나의 수신 안테나를 선택할 수 있다.

[0209] 즉, 단말이 다수개의 수신 안테나를 장착한 경우에 있어서는, 전술한 본 발명에서 제안한 다양한 방식들이 단말의 각 수신 안테나 별로 수행되도록 할 수 있다. 이를 위해 단말은 다음 정보들 중에 적어도 하나를 상기 특정 피드백 보고에 포함하여(또는 특정 시간 단위로, 또는 특정 시간 간격으로 별도로) 기지국에 피드백 할 수 있다: a) 단말의 수신 안테나 인덱스. b) 상기 채널 행렬 H = USV로 특이값 분해한 결과인 행렬 U를 특정 형태

로 양자화한 후보 행렬들 중의 하나를 지시하는 정보.

[0210] 여기서, 행렬 U를 지시하는 방안의 구체적인 예시로서, U를 특정 형태로 양자화한 후보 행렬들을 U(1), U(2), …, U(Q)로 표현할 수 있고, 이러한 행렬들이 사전에 미리 정의되거나, 상위 계층 신호(예를 들어, RRC 시그널링)를 통해 단말에게 준-정적으로 설정된 상태에서, 단말이 U(1), U(2), …, U(Q) 중의 어느 하나를 지시하는 정보(또는 인덱스 값)로서 구성될 수 있다.

[0211] 나아가, 이러한 수신 안테나 인덱스(또는 수신 빔포밍 정보)는 RI, PMI, CQI, PTI(Precoder Type Indicator)와 같은 다른 피드백 정보와 함께 조인트 인코딩되어 피드백 보고될 수도 있다.

[0212] 성능 분석

[0213] 전술한 본 발명의 예시들의 효과는 컴퓨터 시뮬레이션의 결과로 분석 가능하다. 성능 평가는 일련의 피드백 과정이 완료된 뒤 생성된 코드 벡터와 실제 채널의 평균 상관 전력 μ의 확인을 통하여 분석 가능하다. 평균 상관 전력은 실제 채널과 코드 벡터의 위상 일치 정도를 평가할 수 있는 지표로서, 서비스될 단말과 기지국의 안테나 사이에 생성된 채널 벡터 h, 빔포밍에 사용할 코드 벡터를 w라 할 때, $\mu = E\{|hw|^2\}$로 정의할 수 있다.

[0214] 도 20은 본 발명이 적용되는 경우와 기존 빔포밍 기법이 적용되는 경우의 평균 상관 전력을 비교한 표이다.

[0215] 도 20에서 이론적 상한인 채널 행렬의 에르미트 행렬을 바탕으로 빔포밍을 수행하는 MF (matched filtering) 기법 대비 μ 값의 비율을 나타냈다. 기존 빔포밍 기법에서 All은 코드 벡터의 원소가 90도의 위상차를 갖는 모든 조합을 코드북으로 정의하여 PMI 피드백을 수행한 것이다. 랜덤 빔포밍의 경우 코드 벡터의 모든 원소가 1의 값을 가진 경우로 정의하였으며, DFT의 경우 코드북으로 DFT 행렬을 사용한다. LTE의 경우 랭크 1인 LTE 코드북을 사용하는 경우를 가정하였다.

[0216] 또한, 도 20에서 총 안테나 개수 M=4인 경우의 확장1, 확장2 및 확장3은 각각 도 17(a), 도 17(b) 및 도 17(c)의 피드백 안테나 포트 구성에 따라서 시뮬레이션한 결과이다. 또한, 총 안테나 개수 M=8인 경우의 확장1 및 확장2는 각각 도 18(a) 및 도 18(b)의 피드백 안테나 포트 구성에 따라서 시뮬레이션한 결과이다.

[0217] 도 20에서 나타내는 바와 같이, 본 발명에 따른 CSI 피드백 방안에 따르면 기존의 LTE 시스템에서 정의된 코드북을 활용하여 빔포밍을 수행하는 것에 비하여 우수한 채널 상관 전력을 가지는 것을 알 수 있다. 또한, 이론적인 상한인 MF에 대비하여 M=8에서 확장 2 방안을 사용하였을 경우, 최저 60.3%에서 M=4인 경우 확장 3 방안을 사용한 경우 최대 81.0%의 채널 상관 전력을 나타낸다.

[0218] 도 21은 본 발명이 적용되는 경우와 LTE 시스템의 8Tx 코드북이 적용되는 경우의 평균 상관 전력을 비교한 결과이다.

[0219] 도 21은 잡음이 없는 채널에서 $M = 8$, $K = 4$인 상황에서 도 18(a), 도 18(b)의 피드백 안테나 포트 구성을 통해 코드 벡터를 확장했을 경우 전송 프레임 별 평균 상관 전력을 기존 LTE 8-Tx와 비교한 그래프이다. 세 번째 전송 프레임 이후 LTE 코드북보다 평균 상관 전력이 우수해짐을 알 수 있다.

[0220] 도 22 및 도 23은 잡음이 존재하는 채널에서 본 발명이 적용되는 경우와 LTE 시스템의 8Tx 코드북이 적용되는 경우의 평균 상관 전력을 비교한 결과이다.

[0221] 도 22는 도 18(a)의 피드백 안테나 포트 구성을 통해 코드 벡터를 확장했을 경우, 도 23은 도 18(b)의 피드백 안테나 포트 구성을 통해 코드 벡터를 확장했을 경우의 전송 프레임 별 평균 상관 전력을 기존 LTE 8-Tx와 비교한 그래프이다. 도 22 및 도 23에서 나타내는 바와 같이, 잡음이 추가되는 경우라도 세 번째 전송 프레임 이후 LTE 코드북보다 평균 상관 전력이 우수해짐을 알 수 있다.

[0222] 도 23은 기지국의 총 안테나 개수가 16개인 환경에서 본 발명에 따른 피드백 방안이 적용되는 경우의 평균 상관 전력을 나타내는 결과이다.

[0223] 도 23은 도 19의 피드백 안테나 포트 구성 예시에 따른 시뮬레이션 결과로, 전송 프레임에 따른 평균 상관 전력을 나타내는 그래프이다. 잡음이 없는 채널에서 모든 안테나 포트에 대한 위상 정보를 획득하는 다섯 번째 프레임부터 우수한 성능을 나타낸다.

[0224] 이와 같이, 본 발명에 따른 확장 기법은 LTE 4-Tx 코드북을 PMI 피드백 과정에 사용하여 반복적 피드백을 통해 확장함으로써, 새로운 코드북을 정의하지 않고, 또한 피드백 안테나 포트의 증가 없이(또는 하나의 전송 프레임에서의 피드백 오버헤드의 증가 없이) 16개의 안테나를 설치한 환경에서 우수한 성능의 CSI 피드백이 가능함을

알 수 있다.

[0225] 도 24는 사용자 전송률 및 신호 대 간섭 잡음비(SINR) 실험 환경을 설명하기 위한 도면이다.

[0226] 도 24의 예시에서는, 간섭 기지국(Interfering eNB)과 서비스 기지국(Serving eNB)이 500m의 간격으로 각각 한 개씩 존재하고 4개의 사용자 단말이 동일한 위치에 배치된 환경을 가정한다. 신호 대 간섭 잡음비는 k번째 단말에 대하여 $SINR_k = |h_k w_k|^2 / (\Sigma_{i \neq k} |h_k w_i|^2)$ 와 같이 정의할 수 있으며 이 때 순간 전송률 $R_k = \log_2(1+ SINR_k)$ 을 바탕으로 사용자 전송률을 $T_k[n] = (1-t_c^{-1}) T_k[n-1] + t_c^{-1} R_k[n]$ 과 같이 정의한다. 이 때, n은 실험이 진행되는 타임 슬롯의 번호를 의미하며 t_c 는 이동 평균의 윈도우 크기를 의미한다. 채널 정보를 완벽하게 알고 있는 상황에서 ZF (zero forcing) 기법을 적용하여 전송한 경우인 Perfect CSIT (ZF)와 LTE 8-Tx 코드북을 ZF, MF기법을 적용하여 전송한 성능을 기준으로 하였다.

[0227] 도 25 및 도 26은 기지국의 총 안테나 포트 개수가 16개인 환경에서 SINR과 사용자 전송률을 비교한 결과이다.

[0228] 전술한 본 발명의 예시에서 도 17(a)의 피드백 사이클이 완료된 후 생성되는 코드 벡터의 성능을 기존의 기법과 비교하여 보면, 도 25에서와 같이 기존 LTE 코드북을 활용하는 경우보다 SINR 측면에서 우수한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다. 또한 도 26에서 나타내는 바와 같이, 본 발명의 예시가 적용되는 경우 LTE 코드북을 사용하는 경우보다 최대 2.62bps/Hz의 성능 향상이 있음을 알 수 있다.

[0229] 이상에서 설명한 본 발명의 제안 기술은 CSI-RS 기반으로 CSI 측정을 수행하는 경우나, 다른 참조 신호, 예를 들어 CRS, SRS, TRS(tracking RS), DMRS, 혹은 다른 형태의 셀 특정 참조 신호 혹은 단말 특정 참조 신호에 기초하여 CSI 측정을 수행하고 CSI 피드백을 수행하는 경우에 대해서도 동일하게 혹은 유사하게 확장 적용될 수 있다.

[0230] 전술한 바와 같은 본 발명의 다양한 예시들은 독립적으로 적용되거나 또는 2 이상의 실시예가 동시에 적용되도록 구현될 수 있다.

[0231] 도 27은 본 발명에 따른 단말 장치 및 기지국 장치의 바람직한 실시예의 구성을 도시한 도면이다.

[0232] 도 27을 참조하여 본 발명에 따른 기지국 장치(10)는, 송신기(11), 수신기(12), 프로세서(13), 메모리(14) 및 복수개의 안테나(15)를 포함할 수 있다. 송신기(11)는 외부 장치(예를 들어, 단말)로의 각종 신호, 데이터 및 정보를 전송할 수 있다. 수신기(12)는 외부 장치(예를 들어, 단말)로부터의 각종 신호, 데이터 및 정보를 수신할 수 있다. 프로세서(13)는 기지국 장치(10) 전반의 동작을 제어할 수 있다. 복수개의 안테나(15)는 예를 들어 2-차원 안테나 배치에 따라서 구성될 수 있다.

[0233] 본 발명의 일례에 따른 기지국 장치(10)의 프로세서(13)는, 본 발명에서 제안하는 예시들에 따라서 채널상태정보를 수신하도록 구성될 수 있다. 기지국 장치(10)의 프로세서(13)는 그 외에도 기지국 장치(10)가 수신한 정보, 외부로 전송할 정보 등을 연산 처리하는 기능을 수행하며, 메모리(14)는 연산 처리된 정보 등을 소정시간 동안 저장할 수 있으며, 버퍼(미도시) 등의 구성요소로 대체될 수 있다.

[0234] 도 27을 참조하여 본 발명에 따른 단말 장치(20)는, 송신기(21), 수신기(22), 프로세서(23), 메모리(24) 및 복수개의 안테나(25)를 포함할 수 있다. 복수개의 안테나(25)는 MIMO 송수신을 지원하는 단말 장치를 의미한다. 송신기(21)는 외부 장치(예를 들어, 기지국)로의 각종 신호, 데이터 및 정보를 전송할 수 있다. 수신기(22)는 외부 장치(예를 들어, 기지국)로부터의 각종 신호, 데이터 및 정보를 수신할 수 있다. 프로세서(23)는 단말 장치(20) 전반의 동작을 제어할 수 있다.

[0235] 본 발명의 일례에 따른 단말 장치(20)의 프로세서(23)는, 본 발명에서 제안하는 예시들에 따라서 채널상태정보를 송신하도록 구성될 수 있다. 단말 장치(20)의 프로세서(23)는 그 외에도 단말 장치(20)가 수신한 정보, 외부로 전송할 정보 등을 연산 처리하는 기능을 수행하며, 메모리(24)는 연산 처리된 정보 등을 소정시간 동안 저장할 수 있으며, 버퍼(미도시) 등의 구성요소로 대체될 수 있다.

[0236] 위와 같은 단말 장치(10)의 구체적인 구성은, 전술한 본 발명의 다양한 실시예에서 설명한 사항들이 독립적으로 적용되거나 또는 2 이상의 실시예가 동시에 적용되도록 구현될 수 있으며, 중복되는 내용은 명확성을 위하여 설명을 생략한다.

[0237] 또한, 본 발명의 다양한 실시예들을 설명함에 있어서, 하향링크 전송 주체(entity) 또는 상향링크 수신 주체는 주로 기지국을 예로 들어 설명하였고, 하향링크 수신 주체 또는 상향링크 전송 주체는 주로 단말을 예로 들어

설명하지만, 본 발명의 범위가 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 기지국에 대한 설명은 셀, 안테나 포트, 안테나 포트 그룹, 원격무선헤드(RRH), 전송 포인트, 수신 포인트, 액세스 포인트, 중계기 등이 단말로의 하향링크 전송 주체가 되거나 단말로부터의 상향링크 수신 주체가 되는 경우에 동일하게 적용될 수 있다.

[0238] 또한, 중계기가 단말로의 하향링크 전송 주체가 되거나 단말로부터의 상향링크 수신 주체가 되는 경우, 또는 중계기가 기지국으로의 상향링크 전송 주체가 되거나 기지국으로부터의 하향링크 수신 주체가 되는 경우에도 본 발명의 다양한 실시예를 통하여 설명한 본 발명의 원리가 동일하게 적용될 수도 있다.

[0239] 상술한 본 발명의 실시예들은 다양한 수단을 통해 구현될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 실시예들은 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어 또는 그것들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다.

[0240] 하드웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 실시예들에 따른 방법은 하나 또는 그 이상의 ASICs(Application Specific Integrated Circuits), DSPs(Digital Signal Processors), DSPDs(Digital Signal Processing Devices), PLDs(Programmable Logic Devices), FPGAs(Field Programmable Gate Arrays), 프로세서, 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.

[0241] 펌웨어나 소프트웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 실시예들에 따른 방법은 이상에서 설명된 기능 또는 동작들을 수행하는 모듈, 절차 또는 함수 등의 형태로 구현될 수 있다. 소프트웨어 코드는 메모리 유닛에 저장되어 프로세서에 의해 구동될 수 있다. 상기 메모리 유닛은 상기 프로세서 내부 또는 외부에 위치하여, 이미 공지된 다양한 수단에 의해 상기 프로세서와 데이터를 주고 받을 수 있다.

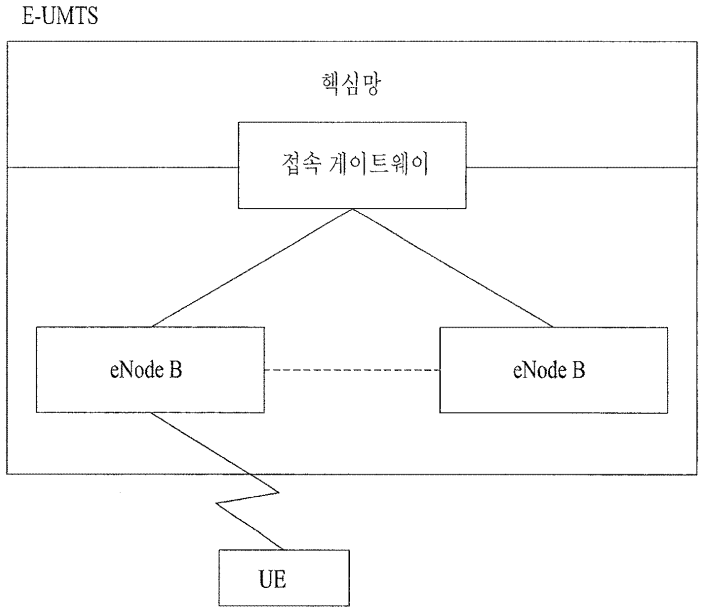
[0242] 상술한 바와 같이 개시된 본 발명의 바람직한 실시형태에 대한 상세한 설명은 당업자가 본 발명을 구현하고 실시할 수 있도록 제공되었다. 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 형태를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명은 여기에 나타난 실시형태들에 제한되려는 것이 아니라, 여기서 개시된 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 최광의 범위를 부여하려는 것이다.

산업상 이용가능성

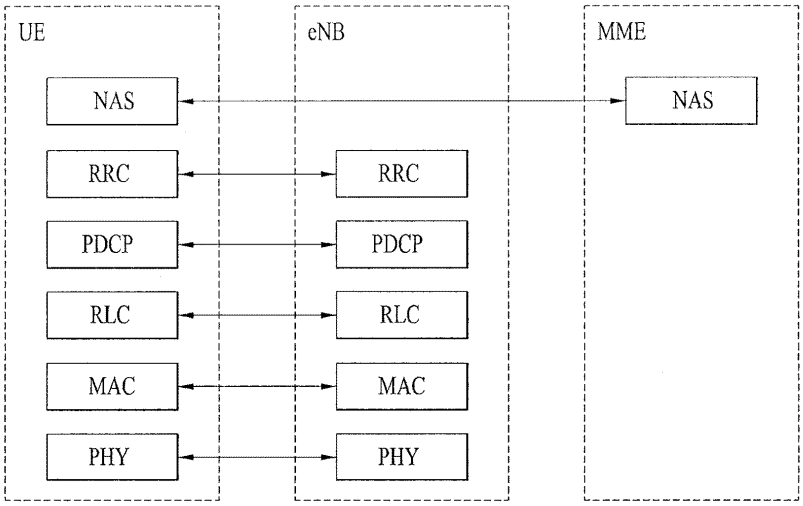
[0243] 상술한 바와 같은 무선 통신 시스템에서 3-차원 빔포밍을 위한 채널 상태 정보를 보고하는 방법 및 이를 위한 장치는 3GPP LTE 시스템에 적용되는 예를 중심으로 설명하였으나, 3GPP LTE 시스템 이외에도 다양한 무선 통신 시스템에 적용하는 것이 가능하다.

도면

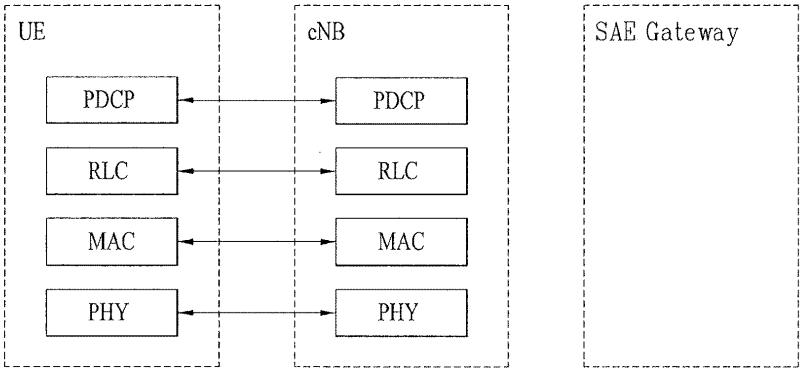
도면1



도면2

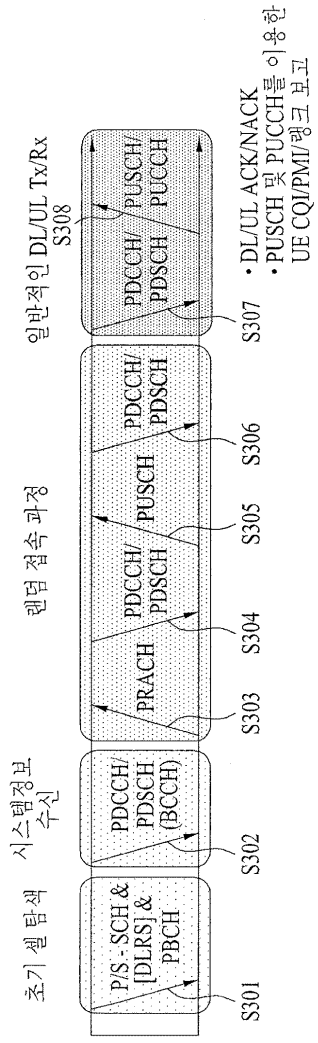


(a) 제어-평면 프로토콜 스택

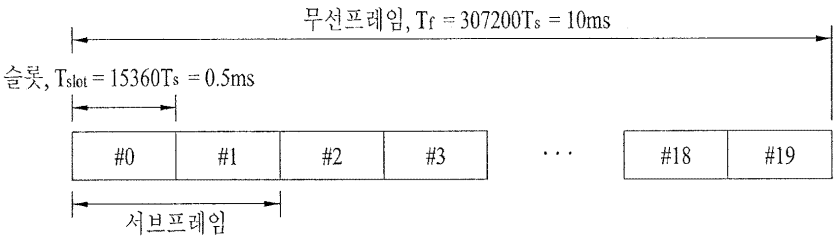


(b) 사용자-평면 프로토콜 스택

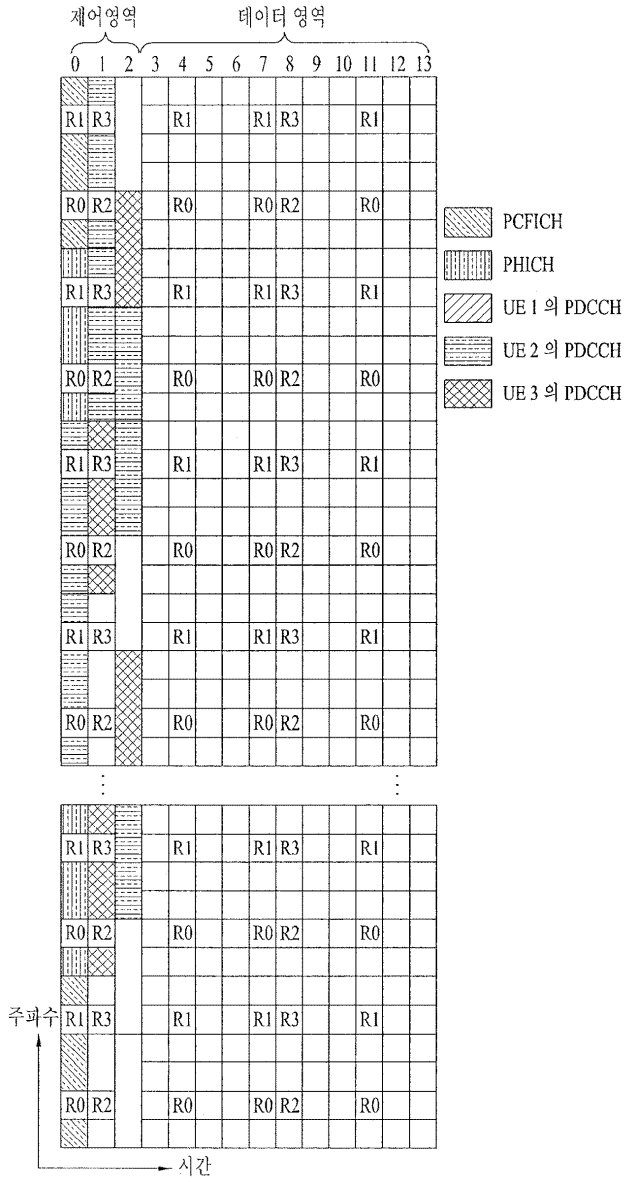
도면3


초기 셀 탐색
시스템정보 수신
랜덤 접속 과정
일반적인 DL/UL Tx/Rx
S308
P/S - SCH & [DLRS] & PBCH
PDCCH/ PDSCH (BCCH)
PRACH
PDCCH/ PDSCH
PUSCH
PDCCH/ PDSCH
PDCCH/ PDSCH
PUSCH/ PUCCH
S301
S302
S303
S304
S305
S306
S307
• DL/UL ACK/NACK
• PUSCH 및 PUCCH를 이용한 UE CQI/PMI/랭크 보고

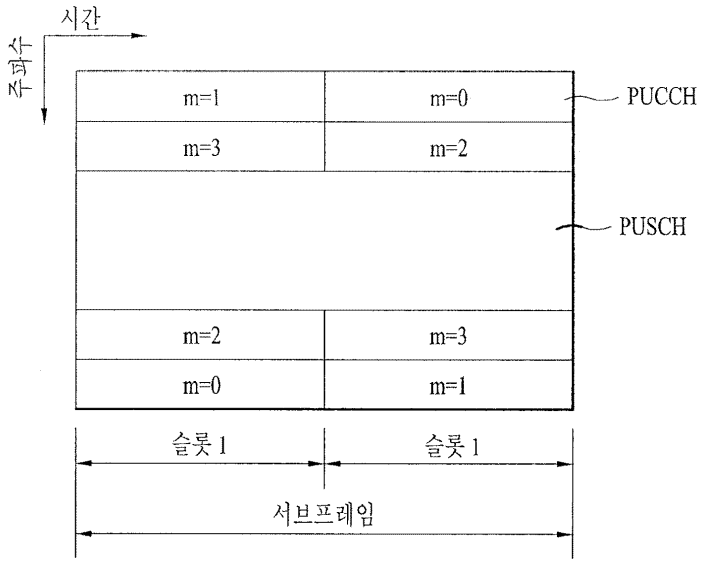
도면4


무선프레임, Tf = 307200Ts = 10ms
슬롯, Tslot = 15360Ts = 0.5ms
#0
#1
#2
#3
· · ·
#18
#19
서브프레임

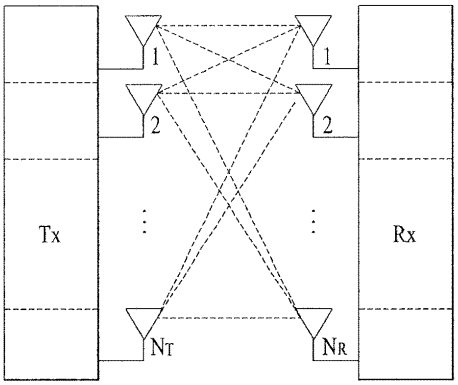
도면5


제어영역
데이터 영역
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
R1 R3
R0 R2
PCFICH
PHICH
UE 1 의 PDCCH
UE 2 의 PDCCH
UE 3 의 PDCCH
주파수
시간

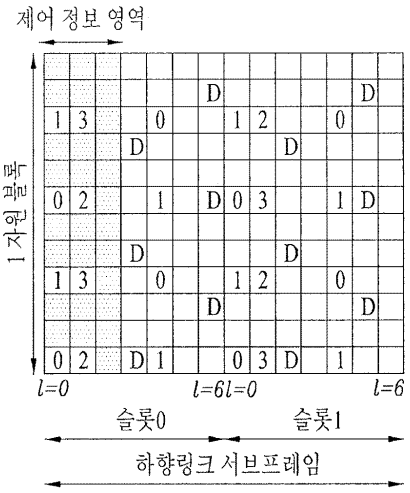
도면6


시간
주파수
m=1
m=0
PUCCH
m=3
m=2
PUSCH
m=2
m=3
m=0
m=1
슬롯 1
슬롯 1
서브프레임

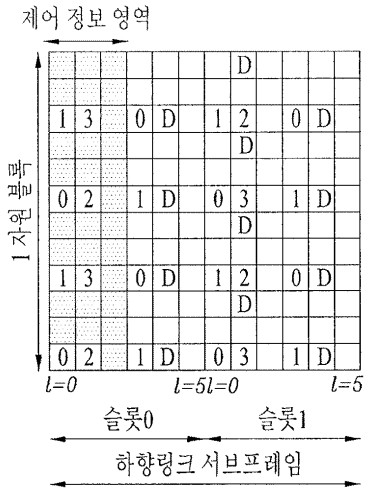
도면7


Tx
Rx
1
2
NT
NR

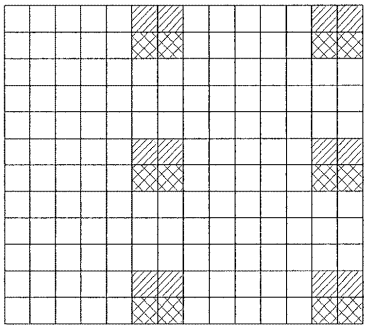
도면8


제어 정보 영역
1 자원 블록
l=0
l=6
l=0
l=6
슬롯0
슬롯1
하향링크 서브프레임

도면9



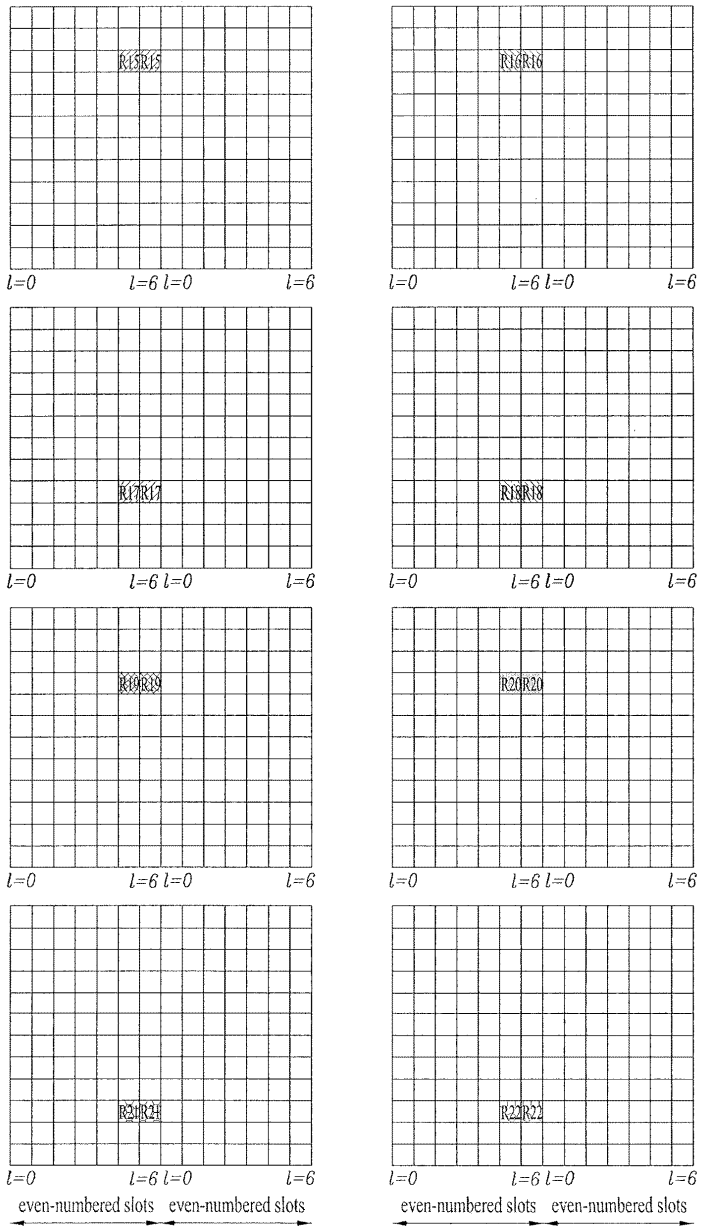
도면10



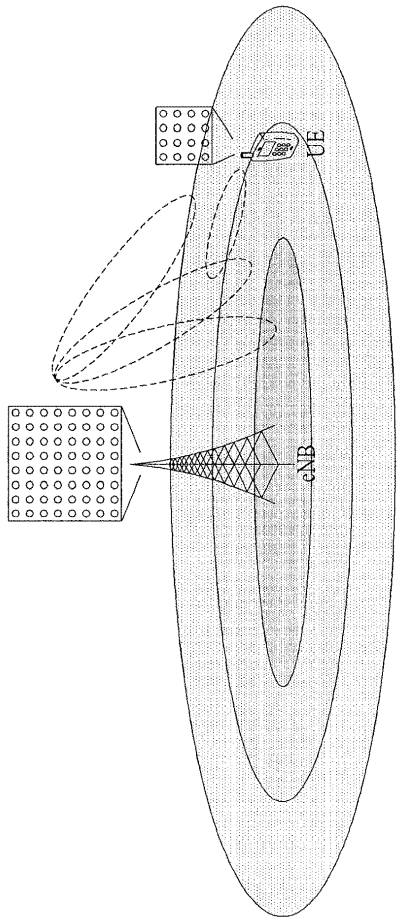
: DMRS 그룹 1

: DMRS 그룹 2

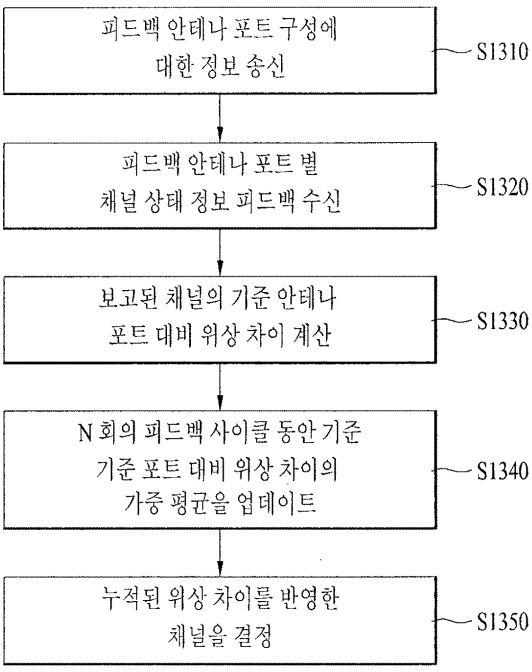
도면11


R15R15
R16R16
R17R17
R18R18
R19R19
R20R20
R21R21
R22R22
l=0
l=6 l=0
l=6
even-numbered slots
even-numbered slots

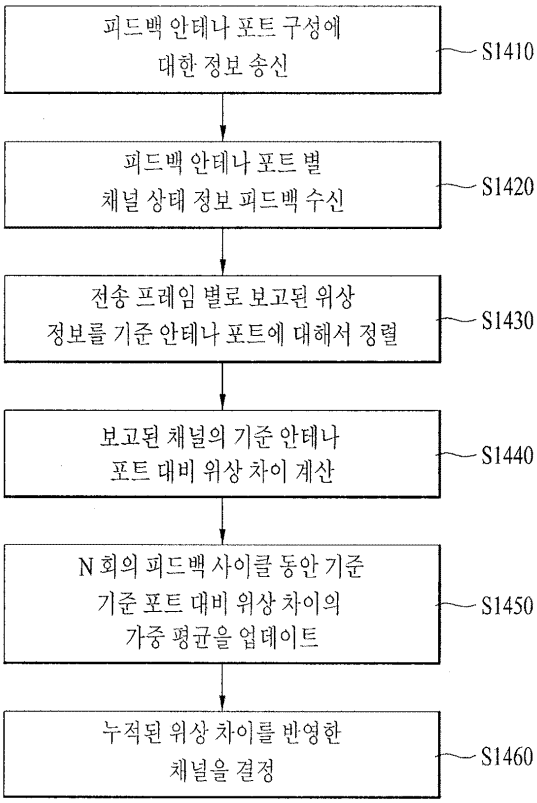
도면12


UE
eNB

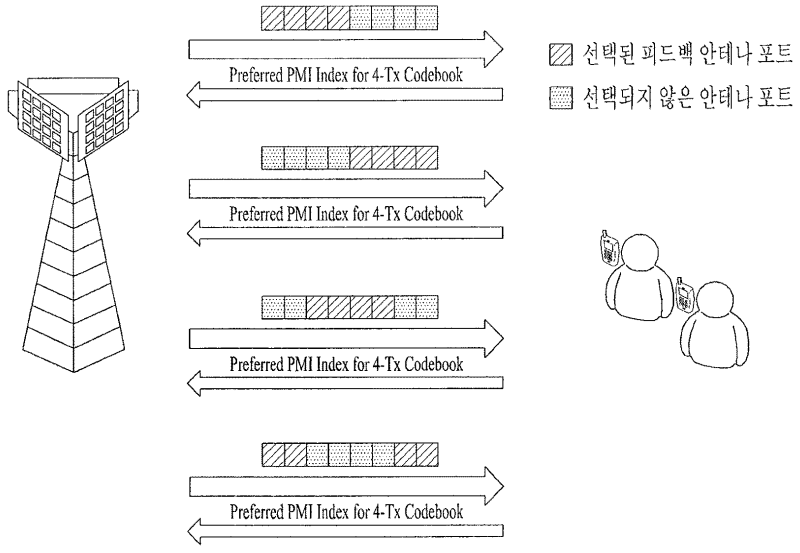
도면13


피드백 안테나 포트 구성에 대한 정보 송신
S1310
피드백 안테나 포트 별 채널 상태 정보 피드백 수신
S1320
보고된 채널의 기준 안테나 포트 대비 위상 차이 계산
S1330
N 회의 피드백 사이클 동안 기준 기준 포트 대비 위상 차이의 가중 평균을 업데이트
S1340
누적된 위상 차이를 반영한 채널을 결정
S1350

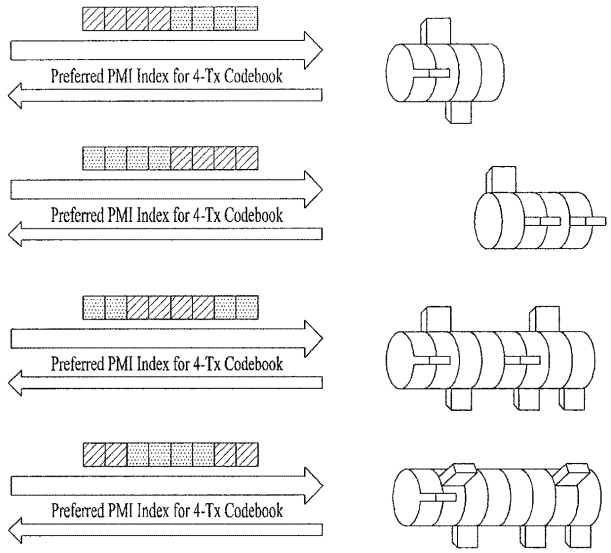
도면14


피드백 안테나 포트 구성에 대한 정보 송신
S1410
피드백 안테나 포트 별 채널 상태 정보 피드백 수신
S1420
전송 프레임 별로 보고된 위상 정보를 기준 안테나 포트에 대해서 정렬
S1430
보고된 채널의 기준 안테나 포트 대비 위상 차이 계산
S1440
N 회의 피드백 사이클 동안 기준 기준 포트 대비 위상 차이의 가중 평균을 업데이트
S1450
누적된 위상 차이를 반영한 채널을 결정
S1460

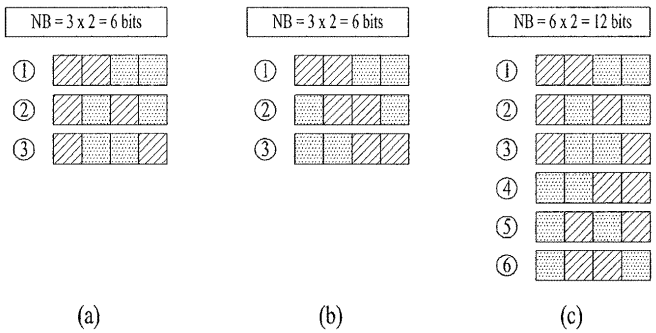
도면15


Preferred PMI Index for 4-Tx Codebook
Preferred PMI Index for 4-Tx Codebook
Preferred PMI Index for 4-Tx Codebook
Preferred PMI Index for 4-Tx Codebook
선택된 피드백 안테나 포트
선택되지 않은 안테나 포트

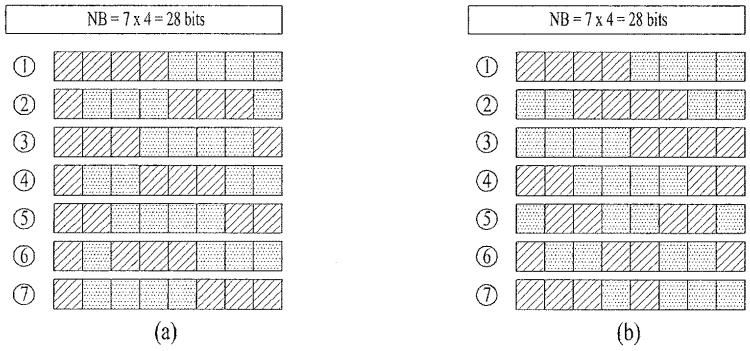
도면16



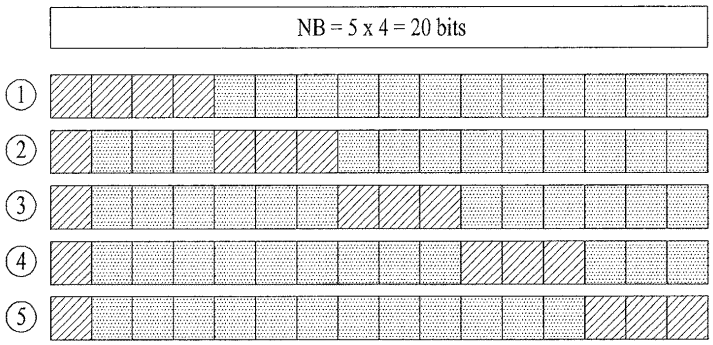
도면17



도면18



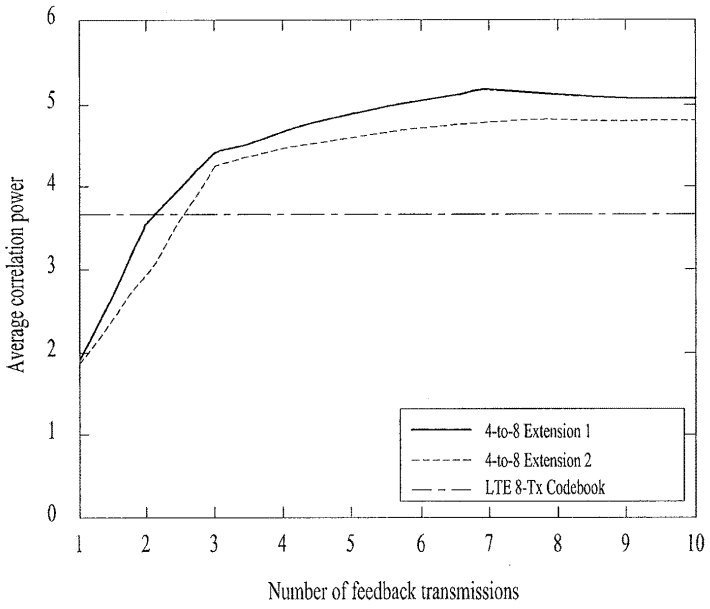
도면19



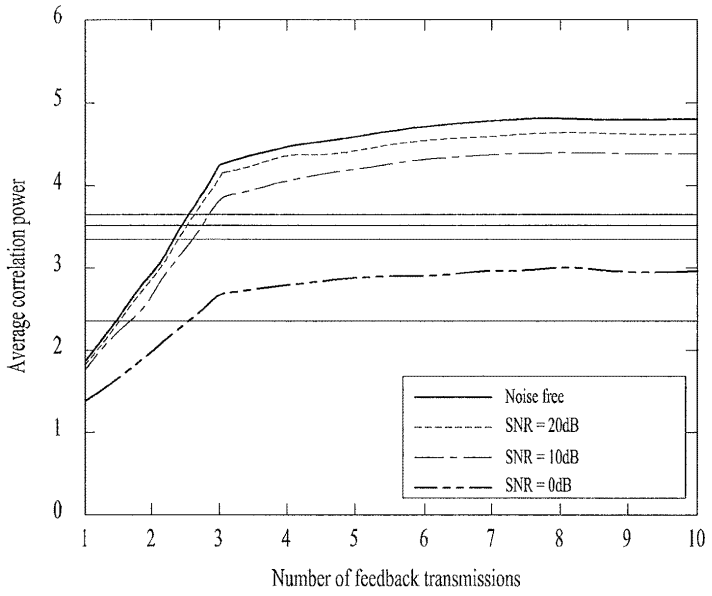
도면20

Code	Codebook size	# of feedback bits	M = 2		M = 4		M = 8	
			μ	Ratio	μ	Ratio	μ	Ratio
MF	Infinite	Infinite	2.00	100.0%	4.00	100.0%	8.00	100.0%
All	4^{M-1}	2(M-1)	1.68	84.0%	3.10	77.7%	5.80	72.5%
랜덤	1	0	0.99	49.5%	1.00	25.1%	1.02	12.8%
DFT	M	$\log_2 M$	1.47	73.5%	2.09	52.4%	2.73	34.1%
LTE	$O(M^2)$	M	1.68	84.0%	2.68	67.2%	3.62	45.3%
확장 1	M^N	-			3.06	76.7%	5.06	63.3%
확장 2	M^N	-			3.02	75.7%	4.82	60.3%
확장 3	M^N	-			3.23	81.0%		

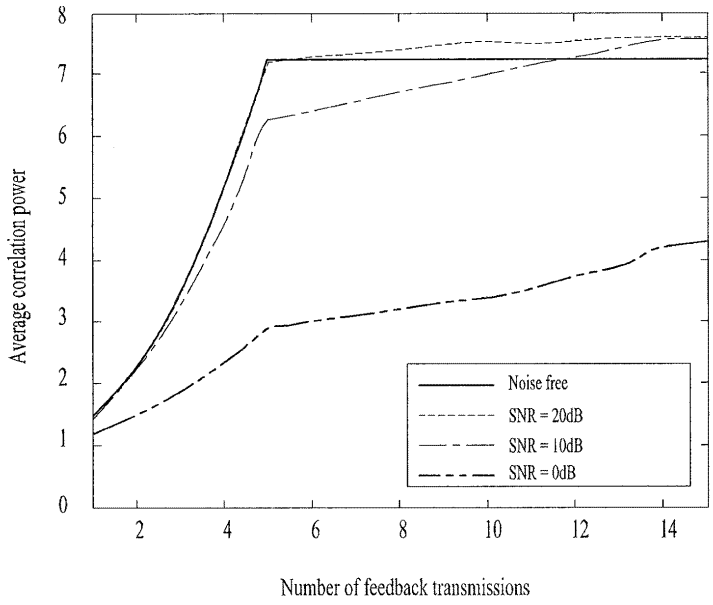
도면21



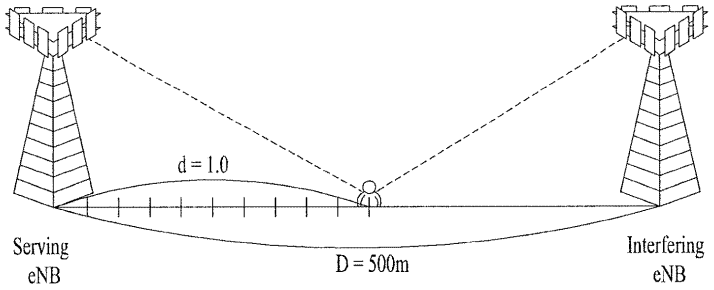
도면22


Average correlation power
Number of feedback transmissions
Noise free
SNR = 20dB
SNR = 10dB
SNR = 0dB

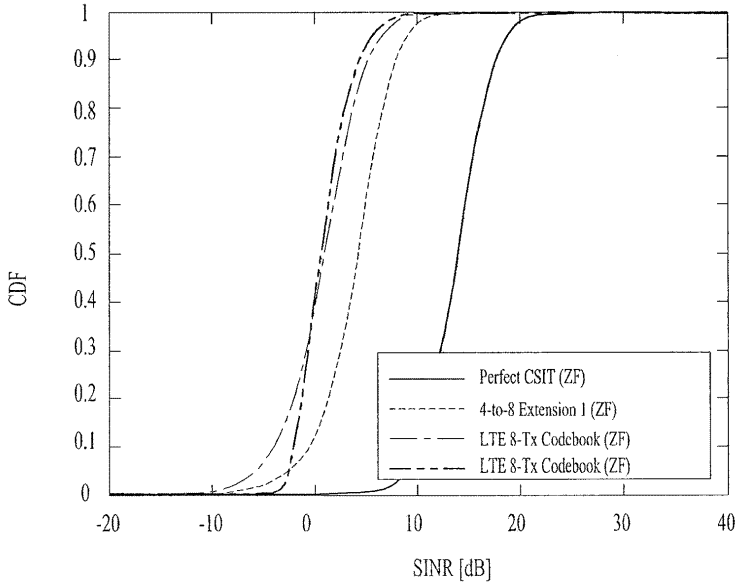
도면23


Average correlation power
Number of feedback transmissions
Noise free
SNR = 20dB
SNR = 10dB
SNR = 0dB

도면24



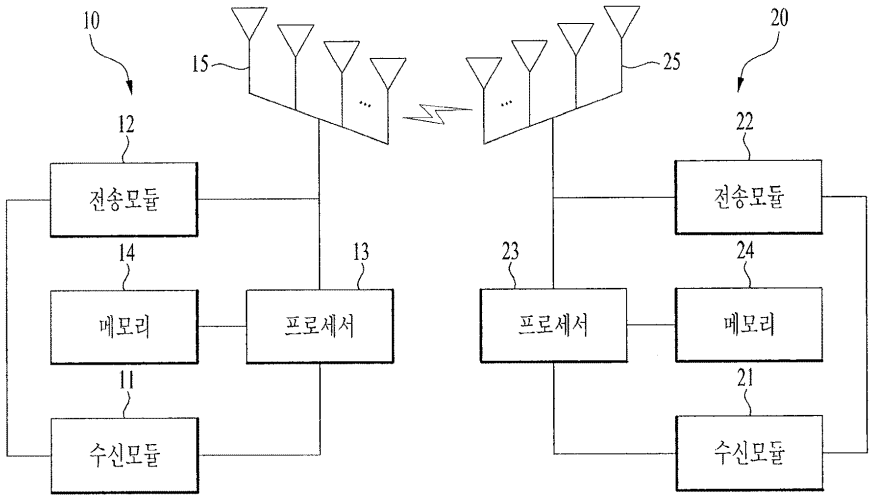
도면25



도면26

Code	Sum T_k [bps/Hz]
Perfect CSIT (ZF)	18.70
4-to-8 Extension 1 (ZF)	7.49
LTE 8-Tx codebook (ZF)	4.94
LTE 8-Tx codebook (MF)	4.87

도면27


10
15
25
20
12
22
전송모듈
전송모듈
14
13
23
24
메모리
프로세서
프로세서
메모리
11
21
수신모듈
수신모듈