



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년02월28일

(11) 등록번호 10-2504027

(24) 등록일자 2023년02월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H04L 27/227 (2006.01) H04L 1/06 (2006.01)
 H04L 27/00 (2006.01) H04L 5/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류
 H04L 27/2271 (2013.01)
 H04L 1/0675 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0064228

(22) 출원일자 2016년05월25일

심사청구일자 2021년05월18일

(65) 공개번호 10-2017-0133147

(43) 공개일자 2017년12월05일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020090110867 A*

KR1020130143124 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

노훈동

경기도 수원시 영통구 영통로290번길 26 벽적골주공아파트 834동 503호

이상근

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 2공학관 718호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이건주, 김정훈

전체 청구항 수 : 총 12 항

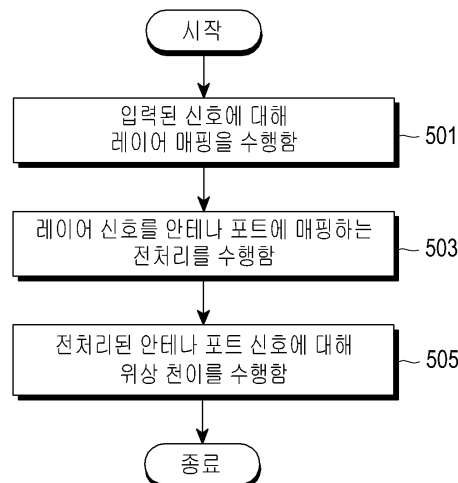
심사관 : 황철규

(54) 발명의 명칭 통신 시스템에서 신호 처리 방법 및 장치

(57) 요약

본 개시는 LTE와 같은 4G 통신 시스템 이후 보다 높은 데이터 전송률을 지원하기 위한 5G 또는 pre-5G 통신 시스템에 관련된 것이다. 본 개시의 실시 예에 따른 통신 시스템에 포함된 기지국에서 신호를 처리하는 방법은, 입력된 신호에 대해 레이어 매핑을 수행하는 과정과, 상기 레이어 매핑된 레이어 신호를 안테나 포트에 매핑하는 전처리를 수행하는 과정과, 상기 전처리된 안테나 포트 신호에 대해 위상 천이를 수행하는 과정을 포함한다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

H04L 5/0048 (2021.01)

H04L 2027/0046 (2013.01)

H04L 2027/0053 (2013.01)

(72) 발명자

김윤선

경기도 성남시 분당구 내정로 186 파크타운대림아파트 103동 803호

이충용

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 2공학관 626호

임성목

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 2공학관 718호

곽영우

경기도 수원시 영통구 센트럴파크로 34 광고센트럴타운62단지아파트 6209동 1402호

명세서

청구범위

청구항 1

FD-MIMO(full dimension multi-input multi-output) 통신 시스템에 포함된 기지국에서 개루프(open-loop) 전처리 방법을 이용하여 신호를 처리하는 방법에 있어서,

입력된 신호에 대해 레이어 매핑을 수행하는 과정과,

상기 레이어 매핑된 레이어 신호를 안테나 포트에 매핑하는 전처리를 수행하는 과정과,

상기 전처리된 안테나 포트 신호에 대해, 순환 지연 스케일링 팩터가 적용된 위상 천이를 위한 대각 행렬을 이용하여 위상 천이를 수행하는 과정을 포함하며,

상기 순환 지연 스케일링 팩터는 하향링크 채널의 주파수 선택성(frequency selectivity)에 대한 정보 및 안테나 포트의 수에 기초하여 상기 기지국에 의해 결정되고, 상기 하향링크 채널의 주파수 선택성은, 단말로부터의 상기 하향링크 채널의 주파수 선택성을 추정하기 위한 피드백 정보 없이, 상기 단말로부터 상향링크 채널을 통해 수신된 사운드링 참조 신호(sounding reference signal : SRS)를 기반으로 획득된 상기 상향링크 채널의 주파수 선택성을 이용하여 추정되며,

상기 순환 지연 스케일링 팩터는 상기 단말로 전송되며,

상기 순환 지연 스케일링 팩터가 적용된 위상 천이를 수행하여 출력된 신호는 아래 수학식 1에 대응하고,

[수학식 1]

$$\left[0, \alpha \frac{N_{\text{FFT}}}{N_T}, \alpha \frac{2N_{\text{FFT}}}{N_T}, \dots, \alpha \frac{(N_T-1)N_{\text{FFT}}}{N_T} \right]$$

여기서, N_T 는 송신 안테나의 개수이고, N_{FFT} 는 FFT(fast fourier transform)의 사이즈이고, α 는 순환 지연 스케

일링 팩터이고, $0 < \alpha < 1$ 로 정의되며, $\alpha \frac{(N_T-1)N_{\text{FFT}}}{N_T}$ 는 N_{FFT} 보다 큰 값을 갖도록 설정되는, 신호 처리 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 위상 천이를 수행하여 출력된 신호를 전송하는 물리 채널에 관한 정보를 포함하는 채널 상태 지시자-기준 신호(channel state indicator-reference signal : CSI-RS)를 단말로 전송하는 과정을 더 포함하는 신호 처리 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상향링크 채널의 주파수 선택성을 기반으로 상기 위상 천이를 수행하여 출력된 신호를 전송하는 유효 채널을 전송하기 위한 자원 요소를 결정하고, 상기 자원 요소에 대한 정보를 단말로 전송하는 과정과,

상기 자원 요소를 통해 상기 유효 채널에 대한 정보를 전송하는 과정을 더 포함하는 신호 처리 방법.

청구항 6

FD-MIMO(full dimension multi-input multi-output) 통신 시스템에 포함된 단말에서 개루프(open-loop) 전처리 방법을 이용하여 신호를 처리하는 방법에 있어서,

기지국으로부터 신호를 수신하는 과정과,

상기 수신된 신호를 복조하는 과정을 포함하며,

상기 수신된 신호는, 상기 기지국에서 안테나 포트에 매핑하는 전처리를 한 후 상기 전처리된 안테나 포트 신호에 대해 순환 지연 스케일링 팩터가 적용된 위상 천이를 위한 대각 행렬을 이용하여 위상 천이를 수행한 신호이고, 상기 순환 지연 스케일링 팩터는 하향링크 채널의 주파수 선택성(frequency selectivity)에 대한 정보 및 안테나 포트의 수에 기초하여 상기 기지국에 의해 결정되고, 상기 하향링크 채널의 주파수 선택성은, 단말로부터의 상기 하향링크 채널의 주파수 선택성을 추정하기 위한 피드백 정보 없이, 상기 단말로부터 상향링크 채널을 통해 수신된 사운드링 참조 신호(sounding reference signal : SRS)를 기반으로 획득된 상기 상향링크 채널의 주파수 선택성을 이용하여 추정되며, 상기 순환 지연 스케일링 팩터는 상기 단말로 전송되며,

상기 순환 지연 스케일링 팩터가 적용된 위상 천이를 수행하여 출력된 신호는 아래 수학식 1에 대응하고,

[수학식 1]

$$\left[0, \alpha \frac{N_{\text{FFT}}}{N_T}, \alpha \frac{2N_{\text{FFT}}}{N_T}, \dots, \alpha \frac{(N_T-1)N_{\text{FFT}}}{N_T} \right]$$

여기서, N_T 는 송신 안테나의 개수이고, N_{FFT} 는 FFT(fast fourier transform)의 사이즈이고, α 는 순환 지연 스케

일링 팩터이고, $0 < \alpha < 1$ 로 정의되며, $\alpha \frac{(N_T-1)N_{\text{FFT}}}{N_T}$ 는 N_{FFT} 보다 큰 값을 갖도록 설정되는, 신호 처리 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 기지국으로부터 상기 위상 천이를 수행하여 출력된 신호를 전송하는 물리 채널에 관한 정보를 포함하는 채널 상태 지시자-기준 신호(channel state indicator- reference signal : CSI-RS)를 수신하는 과정과,

상기 수신된 물리 채널에 관한 정보를 기반으로 유효 채널을 구성하는 과정을 더 포함하는 신호 처리 방법.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 기지국으로부터 상향링크 채널의 주파수 선택성을 기반으로 상기 위상 천이를 수행하여 출력된 신호를 전

송하는 유효 채널을 전송하기 위해 결정된 자원 요소에 대한 정보를 수신하는 과정과,
 상기 기지국으로부터 상기 유효 채널에 대한 정보를 수신하는 과정과,
 상기 자원 요소에 대한 정보 및 상기 유효 채널에 대한 정보를 기반으로 유효 채널을 구성하는 과정을 더 포함하는 신호 처리 방법.

청구항 11

FD-MIMO(full dimension multi-input multi-output) 통신 시스템에서 개루프(open-loop) 전처리 방법을 이용하여 신호를 처리하는 기지국에 있어서,

입력된 신호에 대해 레이어 매핑을 수행하고 상기 레이어 매핑된 레이어 신호를 안테나 포트에 매핑하는 전처리를 수행하고, 상기 전처리된 안테나 포트 신호에 대해 순환 지연 스케일링 팩터가 적용된 위상 천이를 위한 대각 행렬을 이용하여 위상 천이를 수행하는 것을 제어하는 제어부와,

상기 제어부에서 처리된 신호를 단말로 전송하는 송신부를 포함하며,

상기 순환 지연 스케일링 팩터는 하향링크 채널의 주파수 선택성(frequency selectivity)에 대한 정보 및 안테나 포트의 수에 기초하여 상기 기지국에 의해 결정되고, 상기 하향링크 채널의 주파수 선택성은, 단말로부터의 상기 하향링크 채널의 주파수 선택성을 추정하기 위한 피드백 정보 없이, 상기 단말로부터 상향링크 채널을 통해 수신된 사운드링 참조 신호(sounding reference signal : SRS)를 기반으로 획득된 상기 상향링크 채널의 주파수 선택성을 이용하여 추정되며,

상기 순환 지연 스케일링 팩터는 상기 단말로 전송되며,

상기 순환 지연 스케일링 팩터가 적용된 위상 천이를 수행하여 출력된 신호는 아래 수학적 식 1에 대응하고,

[수학적 식 1]

$$\left[0, \alpha \frac{N_{\text{FFT}}}{N_T}, \alpha \frac{2N_{\text{FFT}}}{N_T}, \dots, \alpha \frac{(N_T-1)N_{\text{FFT}}}{N_T} \right],$$

여기서, N_T 는 송신 안테나의 개수이고, N_{FFT} 는 FFT(fast fourier transform)의 사이즈이고, α 는 순환 지연 스케

일링 팩터이고, $0 < \alpha < 1$ 로 정의되며, $\alpha \frac{(N_T-1)N_{\text{FFT}}}{N_T}$ 는 N_{FFT} 보다 큰 값을 갖도록 설정되는, 기지국.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

제 11 항에 있어서, 상기 송신부는,

상기 위상 천이를 수행하여 출력된 신호를 전송하는 물리 채널에 관한 정보를 포함하는 채널 상태 지시자-기준 신호(channel state indicator- reference signal : CSI-RS)를 상기 단말로 전송함을 특징으로 하는 기지국.

청구항 15

제 11 항에 있어서, 상기 제어부는,

상향링크 채널의 주파수 선택성을 기반으로 상기 위상 천이를 수행하여 출력된 신호를 전송하는 유효 채널을 전송하기 위한 자원 요소를 결정하고, 상기 자원 요소에 대한 정보를 상기 단말로 전송하고 상기 자원 요소를 통해 상기 유효 채널에 대한 정보를 상기 단말로 전송하도록 상기 송신부를 제어함을 특징으로 하는 기지국.

청구항 16

FD-MIMO(full dimension multi-input multi-output) 통신 시스템에서 개루프(open-loop) 전처리 방법을 이용하여 신호를 처리하는 단말에 있어서,

기지국으로부터 신호를 수신하는 수신부와,

상기 수신된 신호의 복조를 제어하는 제어부를 포함하며,

상기 수신된 신호는, 상기 기지국에서 안테나 포트에 매핑하는 전처리를 한 후 상기 전처리된 안테나 포트 신호에 대해 순환 지연 스케일링 팩터가 적용된 위상 천이를 위한 대각 행렬을 이용하여 위상 천이를 수행한 신호이고, 상기 순환 지연 스케일링 팩터는 하향링크 채널의 주파수 선택성(frequency selectivity)에 대한 정보 및 안테나 포트의 수에 기초하여 상기 기지국에 의해 결정되고, 상기 하향링크 채널의 주파수 선택성은, 단말로부터의 상기 하향링크 채널의 주파수 선택성을 추정하기 위한 피드백 정보 없이, 상기 단말로부터 상향링크 채널을 통해 수신된 사운드링 참조 신호(sounding reference signal : SRS)를 기반으로 획득된 상기 상향링크 채널의 주파수 선택성을 이용하여 추정되며, 상기 순환 지연 스케일링 팩터는 상기 단말로 전송되며,

상기 순환 지연 스케일링 팩터가 적용된 위상 천이를 수행하여 출력된 신호는 아래 수학적 식 1에 대응하고,

[수학적 식 1]

$$\left[0, \alpha \frac{N_{\text{FFT}}}{N_T}, \alpha \frac{2N_{\text{FFT}}}{N_T}, \dots, \alpha \frac{(N_T-1)N_{\text{FFT}}}{N_T} \right]$$

여기서, N_T 는 송신 안테나의 개수이고, N_{FFT} 는 FFT(fast fourier transform)의 사이즈이고, α 는 순환 지연 스케

일링 팩터이고, $0 < \alpha < 1$ 로 정의되며, $\alpha \frac{(N_T-1)N_{\text{FFT}}}{N_T}$ 는 N_{FFT} 보다 큰 값을 갖도록 설정되는, 단말.

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

제 16 항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 기지국으로부터 상기 위상 천이를 수행하여 출력된 신호를 전송하는 물리 채널에 관한 정보를 포함하는 채널 상태 지시자-기준 신호(channel state indicator-reference signal : CSI-RS)를 수신하도록 제어하고, 상기 수신된 물리 채널에 관한 정보를 기반으로 유효 채널을 구성함을 특징으로 하는 단말.

청구항 20

제 16 항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 기지국으로부터 상향링크 채널의 주파수 선택성을 기반으로 상기 위상 천이를 수행하여 출력된 신호를 전송하는 유효 채널을 전송하기 위해 결정된 자원 요소에 대한 정보를 수신하도록 제어하고, 상기 기지국으로부터

상기 유효 채널에 대한 정보를 수신하도록 제어하며, 상기 자원 요소에 대한 정보 및 상기 유효 채널에 대한 정보를 기반으로 유효 채널을 구성함을 특징으로 하는 단말.

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 통신 시스템에서 신호를 처리하는 방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로 전차원 다중입출력(full dimension multi-input multi-output : FD-MIMO) 시스템에서 신호를 처리하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 4G(4th-generation) 통신 시스템 상용화 이후 증가 추세에 있는 무선 데이터 트래픽 수요를 충족시키기 위해, 개선된 5G(5th-generation) 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템을 개발하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 이러한 이유로, 5G 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템은 4G 네트워크 이후(beyond 4G network) 통신 시스템 또는 LTE(long term evolution) 시스템 이후(post LTE) 시스템이라 불리어지고 있다.

[0004] 높은 데이터 전송률을 달성하기 위해, 5G 통신 시스템은 초고주파(mmWave) 대역(예를 들어, 60기가(60GHz) 대역과 같은)에서의 구현이 고려되고 있다. 초고주파 대역에서의 전파의 경로 손실 완화 및 전파의 전달 거리를 증가시키기 위해, 5G 통신 시스템에서는 빔포밍(beamforming), 거대 배열 다중 입출력(massive multi-input multi-output: massive MIMO), FD-MIMO, 어레이 안테나(array antenna), 아날로그 빔형성(analog beamforming), 및 대규모 안테나(large scale antenna) 기술들이 논의되고 있다.

[0005] 또한 시스템의 네트워크 개선을 위해, 5G 통신 시스템에서는 진화된 소형 셀, 개선된 소형 셀(advanced small cell), 클라우드 무선 액세스 네트워크(cloud radio access network: cloud RAN), 초고밀도 네트워크(ultra-dense network), 기기 간 통신(device to device communication: D2D), 무선 백홀(wireless backhaul), 이동 네트워크(moving network), 협력 통신(cooperative communication), 콤프(coordinated multi-points : CoMP), 및 수신 간섭제거(interference cancellation) 등의 기술 개발이 이루어지고 있다.

[0006] 이 밖에도, 5G 시스템에서는 진보된 코딩 변조(advanced coding modulation: ACM) 방식인 하이브리드 주파수 편이 변조 및 직교 진폭 변조(hybrid frequency shift keying(FSK) and quadrature amplitude modulation(QAM) : FQAM) 및 슬라이딩 윈도우 중첩 코딩(sliding window superposition coding : SWSC)과, 진보된 접속 기술인 필터 뱅크 멀티 캐리어(filter bank multi carrier : FBMC), 비 직교 다중 접속(non orthogonal multiple access : NOMA), 및 스파스 코드 다중 접속(sparse code multiple access : SCMA) 등이 개발되고 있다.

[0007] 상기 5G 통신 시스템 중 Massive MIMO 시스템은 기지국에 다중 안테나를 설치함으로써 전처리부(precoder)에서 단순한 선형 전처리(precoding)만 수행하여도 높은 데이터 효율(data rate)을 만족시킬 수 있다. 또한 Massive MIMO 시스템은 이론적으로 무한대의 안테나를 사용할 경우 잡음(noise), 고속 페이딩(fast fading), 사용자 간 간섭(inter-user interference) 등의 시스템 성능을 제한하는 요소들을 완벽하게 제거할 수 있다는 점에서 차세대

대 통신 시스템의 핵심 기술로 연구되어 왔다. Massive MIMO 시스템에서 기지국이 이러한 장점을 얻기 위해서는 단말과의 채널 정보를 갖고 있는 것이 중요한데, 기존에 이루어진 massive MIMO 시스템과 관련한 연구들은 상향 링크(uplink) 채널로부터 채널 호혜(channel reciprocity)를 이용하여 하향 링크(downlink)의 채널 정보를 획득할 수 있는 시분할 듀플렉스(time-division duplex : TDD) 환경에서 진행된 것이 많았다.

[0008] 하지만 TDD 방식은 기지국과 단말 사이의 거리가 멀거나 상향 링크와 하향 링크의 트래픽 요구량이 비슷할 경우 주파수 분할 듀플렉스(frequency-division duplex : FDD) 방식보다 효율이 떨어지는 단점이 있다. 이러한 이유로 다수의 통신 시스템에서 FDD 방식을 지원하고 있다. 따라서 FDD 방식을 지원하는 환경에서 massive MIMO 시스템을 구현하는 것이 매우 필수적이다.

[0009] 최근에는 이러한 massive MIMO의 구현을 위하여 16개 이상의 안테나 포트를 2차원 배열 구조로 사용하는 FD-MIMO 시스템이 5G 기술의 핵심 기술로 연구되고 있다. FD-MIMO 시스템은 기지국이 평면 어레이 구조(planar array structure)를 사용함으로써 상하 방향 빔포밍(elevation beamforming)이 가능하고, 이에 따라 사용자 특성 빔포밍(user-specific beamforming) 등의 기술을 통해 높은 시스템 성능 이득을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 이러한 FD-MIMO 시스템의 장점을 극대화하기 위하여 FD-MIMO 시스템에서 향상된 성능의 전처리 방안이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 개시의 일 실시 예는 FD-MIMO 시스템에서 개루프 전처리 방법을 기반으로 신호를 처리하는 방법 및 장치를 제공한다.

[0012] 또한 본 개시의 일 실시 예는 FD-MIMO 시스템에서 순환 지연 다이버시티(cyclic delay diversity)를 기반으로 신호를 처리하는 방법 및 장치를 제공한다.

[0013] 또한 본 개시의 일 실시 예는 FD-MIMO 시스템에서 개루프 전처리 방법을 기반으로 처리된 신호를 복조하는 방법 및 장치를 제공한다.

[0014] 또한 본 개시의 일 실시 예는 FD-MIMO 시스템에서 순환 지연 다이버시티를 기반으로 처리된 신호를 복조하는 방법 및 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 개시의 일 실시 예에서 제안하는 방법은; 통신 시스템에 포함된 기지국에서 신호를 처리하는 방법에서, 입력된 신호에 대해 레이어 매핑을 수행하는 과정과, 상기 레이어 매핑된 레이어 신호를 안테나 포트에 매핑하는 전처리를 수행하는 과정과, 상기 전처리된 안테나 포트 신호에 대해 위상 천이를 수행하는 과정을 포함한다.

[0017] 또한 본 개시의 일 실시 예에서 제안하는 방법은; 통신 시스템에 포함된 기지국에서 신호를 처리하는 방법에 있어서, 입력된 신호에 대해 레이어 매핑을 수행하는 과정과, 상기 레이어 매핑된 레이어 신호를 안테나 포트에 매핑하는 전처리를 수행하는 과정과, 상기 전처리된 안테나 포트 신호에 대해 위상 천이를 수행하는 과정을 포함한다.

[0018] 또한 본 개시의 일 실시 예에서 제안하는 장치는; 통신 시스템에서 신호를 처리하는 기지국에 있어서, 입력된 신호에 대해 레이어 매핑을 수행하고 상기 레이어 매핑된 레이어 신호를 안테나 포트에 매핑하는 전처리를 수행하고, 상기 전처리된 안테나 포트 신호에 대해 위상 천이를 수행하는 것을 제어하는 제어부와, 상기 제어부에서 처리된 신호를 단말로 전송하는 송신부를 포함한다.

[0019] 또한 본 개시의 일 실시 예에서 제안하는 장치는; 통신 시스템에서 신호를 처리하는 단말에 있어서, 기지국으로부터 신호를 수신하는 수신부와, 상기 수신된 신호의 복조를 제어하는 제어부를 포함하며, 상기 수신된 신호는, 상기 기지국에서 안테나 포트에 매핑하는 전처리를 한 후 상기 전처리된 안테나 포트 신호에 대해 위상 천이를 수행한 신호임을 특징으로 한다.

[0021] 본 개시의 다른 측면들과, 이득들 및 핵심적인 특징들은 부가 도면들과 함께 처리되고, 본 개시의 바람직한 실시 예들을 개시하는, 하기의 구체적인 설명으로부터 해당 기술 분야의 당업자에게 자명할 것이다.

[0022] 하기의 본 개시의 구체적인 설명 부분을 처리하기 전에, 이 특허 문서를 통해 사용되는 특정 단어 및 구문들

에 대한 정의들을 설정하는 것이 효과적일 수 있다: 상기 용어들 "포함하다(include)" 및 "포함하다(comprise)"와 그 파생어들은 한정없는 포함을 의미하며; 상기 용어 "혹은(or)"은 포괄적이고, "및/또는"을 의미하고; 상기 구문들 "~와 연관되는(associated with)" 및 "~와 연관되는(associated therewith)"과 그 파생어들은 포함하고(include), ~내에 포함되고(be included within), ~와 서로 연결되고(interconnect with), 포함하고(contain), ~내에 포함되고(be contained within), ~에 연결하거나 혹은 ~와 연결하고(connect to or with), ~에 연결하거나 혹은 ~와 연결하고(couple to or with), ~와 통신 가능하고(be communicable with), ~와 협조하고(cooperate with), 인터리빙하고(interleave), 병치하고(juxtapose), ~로 가장 근접하고(be proximate to), ~로 ~할 가능성이 크거나 혹은 ~와 ~할 가능성이 크고(be bound to or with), 가지고(have), 소유하고(have a property of) 등과 같은 내용을 의미하고; 상기 용어 "제어기"는 적어도 하나의 동작을 제어하는 임의의 디바이스, 시스템, 혹은 그 부분을 의미하고, 상기와 같은 디바이스는 하드웨어, 펌웨어 혹은 소프트웨어, 혹은 상기 하드웨어, 펌웨어 혹은 소프트웨어 중 적어도 2개의 몇몇 조합에서 구현될 수 있다. 어떤 특정 제어기와 연관되는 기능성이라도 집중화되거나 혹은 분산될 수 있으며, 국부적이거나 원격적일 수도 있다는 것에 주의해야만 할 것이다. 특정 단어 및 구문들에 대한 정의들은 이 특허 문서에 걸쳐 제공되고, 해당 기술 분야의 당업자는 많은 경우, 대부분의 경우가 아니라고 해도, 상기와 같은 정의들이 종래 뿐만 아니라 상기와 같이 정의된 단어 및 구문들의 미래의 사용들에도 적용된다는 것을 이해해야만 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0024]

도 1은 통신 시스템에서 페루프 전처리 방법을 이용하는 경우와 개루프 전처리 방법을 이용하는 경우의 기지국과 단말의 신호 흐름을 나타낸 도면,

도 2는 통신 시스템에서 기지국이 CDD 전처리 방법을 적용하는 경우의 일 예를 나타낸 도면,

도 3 및 도 4는 본 개시의 실시 예가 적용되는 통신 시스템을 간략히 나타낸 도면,

도 5는 본 개시의 제1 실시 예에 따라 기지국(300)에서 Port level LD-CDD 방식을 기반으로 하여 신호를 처리하는 방법을 나타낸 도면,

도 6은 CDD 방식에 본 개시의 제2 실시 예에 따른 순환 지연 스케일링 방식을 적용하는 경우의 순환 지연 특성을 나타낸 도면,

도 7은 본 개시의 제2 실시 예에 따라 Port level LD-CDD 방식에 순환 지연 스케일링 방식을 적용하는 일 예를 나타낸 도면,

도 8은 본 개시의 제2 실시 예에 따라 기지국(300)에서 LD-CDD 방식에 순환 지연 스케일링 방식을 적용하여 신호를 처리하는 방법을 나타낸 도면,

도 9는 본 개시의 실시 예에 따른 단말(400)이 전처리가 수행된 신호를 복조하기 위한 유효 채널을 구성하는 제1 유효 채널 구성 방법의 일 예를 나타낸 도면,

도 10은 본 개시의 실시 예에 따른 단말(400)이 전처리가 수행된 신호를 복조하기 위한 유효 채널을 구성하는 제2 유효 채널 구성 방법의 일 예를 나타낸 도면,

도 11은 본 개시의 실시 예에 따른 제2 유효 채널 구성 방법에서 단말(400)이 유효 채널을 재구성하는 과정(1011)의 일 예를 나타낸 도면,

도 12는 본 개시의 실시 예에 따른 통신 시스템에서 신호를 처리하는 기지국(300)의 내부 구성을 간략히 나타낸 도면,

도 13은 본 개시의 실시 예에 따른 통신 시스템에서 신호를 처리하는 단말(400)의 내부 구성을 간략히 나타낸 도면,

도 14는 기지국에서 종래 Layer level CDD 방식을 적용한 경우와 본 개시의 제1 실시 예에 따른 port level CDD 방식을 적용한 경우의 안테나 포트의 수에 따른 성능을 나타낸 도면,

도 15는 기지국에서 종래 Layer level CDD 방식을 적용한 경우와 본 개시의 제1 실시 예에 따른 port level CDD 방식을 적용한 경우의 비트 오류율(bit error rate : BER) 성능을 나타낸 도면,

도 16은 기지국에서 종래 Layer level CDD 방식을 적용한 경우와 본 개시의 제1 실시 예에 따른 port level

CDD 방식을 적용한 경우의 채널 상태에 따른 BER 성능을 나타낸 도면.

상기 도면들을 통해, 유사 참조 번호들은 동일한 혹은 유사한 엘리먼트들과, 특징들 및 구조들을 도시하기 위해 사용된다는 것에 유의해야만 한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 첨부되는 도면들을 참조하는 하기의 상세한 설명은 청구항들 및 청구항들의 균등들로 정의되는 본 개시의 다양한 실시 예들을 포괄적으로 이해하는데 있어 도움을 줄 것이다. 하기의 상세한 설명은 그 이해를 위해 다양한 특정 구체 사항들을 포함하지만, 이는 단순히 예로서만 간주될 것이다. 따라서, 해당 기술 분야의 당업자는 여기에서 설명되는 다양한 실시 예들의 다양한 변경들 및 수정들이 본 개시의 범위 및 사상으로부터 벗어남이 없이 이루어질 수 있다는 것을 인식할 것이다. 또한, 공지의 기능들 및 구성들에 대한 설명은 명료성 및 간결성을 위해 생략될 수 있다.
- [0026] 하기의 상세한 설명 및 청구항들에서 사용되는 용어들과 단어들은 문헌적 의미로 한정되는 것이 아니라, 단순히 발명자에 의한 본 개시의 명료하고 일관적인 이해를 가능하게 하도록 하기 위해 사용될 뿐이다. 따라서, 해당 기술 분야의 당업자들에게는 본 개시의 다양한 실시 예들에 대한 하기의 상세한 설명은 단지 예시 목적만을 위해 제공되는 것이며, 첨부되는 청구항들 및 상기 청구항들의 균등들에 의해 정의되는 본 개시를 한정하기 위해 제공되는 것은 아니라는 것이 명백해야만 할 것이다.
- [0027] 또한, 본 명세서에서 명백하게 다른 내용을 지시하지 않는 "한"과, "상기"와 같은 단수 표현들은 복수 표현들을 포함한다는 것이 이해될 수 있을 것이다. 따라서, 일 예로, "컴포넌트 표면(component surface)"은 하나 혹은 그 이상의 컴포넌트 표현들을 포함한다.
- [0028] 또한, 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 개시의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0029] 또한, 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 개시를 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0030] 또한, 별도로 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 이해되어야만 한다.
- [0031] 통신 시스템에서 기지국에 포함된 전처리부는 개루프 전처리(open-loop precoding) 방법과 폐루프 전처리(closed-loop precoding) 방법 중 미리 정해진 하나의 방법을 이용하여 입력된 신호에 대하여 전처리를 수행한다.
- [0032] 도 1은 통신 시스템에서 폐루프 전처리 방법을 이용하는 경우와 개루프 전처리 방법을 이용하는 경우의 기지국과 단말의 신호 흐름을 보이고 있다.
- [0033] 도 1을 참조하면, 기지국(110)이 폐루프 전처리 방법을 이용하여 전처리를 수행하는 경우(a), 기지국(110)은 단말(130)에게 채널에 전송을 위한 기준 신호(reference signal)를 전송한다(151). 여기서, 상기 기준 신호는 채널 기준 신호(channel reference signal : CRS) 및 채널 상태 지시자-기준 신호(channel state indicator-reference signal : CSI-RS)를 포함한다.
- [0034] 그리고 단말(130)은 상기 기지국(110)으로부터 기준 신호를 수신하면, 기지국(110)과 단말(130) 사이의 채널을 추정하여 추정된 채널에 대한 정보를 기지국(153)으로 피드백(feedback) 한다(153). 여기서, 상기 추정된 채널에 대한 정보는 기본적으로 변조 코딩 구성(modulation and coding scheme: MCS)을 위한 채널 품질 지시자

(channel quality indicator: CQI), 랭크 지시자(rank indicator : RI) 를 포함한다. 추가적으로 단말(130)이 페루프 전처리 방법을 이용하는 기지국(110)으로부터 신호를 전송받는 경우, 기지국(110)으로 CQI와 RI 이외에도 채널 행렬(matrix)에 대한 정보로 전처리 행렬 지시자(precoding matrix indicator: PMI) 를 피드백한다.

[0035] 이후, 기지국(110)은 피드백 받은 PMI, CQI 및 RI를 기반으로 입력된 신호에 대하여 페루프 전처리를 수행한다(155). 그리고 상기 기지국(110)은 페루프 전처리가 수행된 신호를 단말(130)로 전송한다(157). 그러면 상기 단말(130)은 기지국(110)으로부터 수신된 신호를 복조한다(159).

[0036] 반면, 기지국(110)이 개루프 전처리 방법을 이용하여 전처리를 수행하는 경우(b), 기지국(110)은 단말(130)에게 CRS를 전송하고(171), 단말(130)로 부터 추정된 채널에 대한 정보(즉, CQI 및 RI)를 피드백 받는다(173). 그러나, 기지국(110)은 단말(130)로 부터 피드백 받은 정보를 기반으로 전처리를 수행하지 않고, 단말(130)과 시간 주파수 영역에서 사전에 약속된 개루프 전처리 방법을 이용하여 신호를 처리한다(175). 그리고 상기 기지국(110)은 개루프 전처리가 수행된 신호를 단말(130)로 전송한다(177). 그러면 상기 단말(130)은 기지국(110)으로부터 수신된 신호를 사전에 약속된 개루프 전처리 방법을 이용하여 복조한다(179).

[0037] 일 예로, 기지국(110)에서 LTE 시스템에서 사용하고 있는 전송 모드(transmission mode) 중, 개루프 전처리를 수행하기 위한 전송 모드 3을 이용하여 단말(130)을 지원하고자 하는 경우, 기지국(110)은 부반송파(subcarrier) 마다 전처리를 수행한다. 그리고 단말(130)은 부반송파 인덱스(index)를 기반으로 전처리를 수행하여 수신된 신호를 복조할 수 있다.

[0038] 이러한 개루프 전처리 방법은, 기지국에서 단말로부터 피드백 받은 채널 정보를 기반으로 하는 페루프 전처리 방법에 비하여 성능의 손실이 존재한다. 그러나 개루프 전처리 방법은 이동성이 높은 단말이나 시간에 따라 급격하게 변하는 채널을 지원하기에 적합하다. 특히 개루프 전처리 방법은 유동적인 안테나 가상화(antenna virtualization)가 가능한 FD-MIMO 시스템에 적용될 경우 다양한 상태의 단말을 지원 가능하다는 점에서 FD-MIMO 시스템의 장점을 극대화할 수 있다. 또한 매우 많은 안테나를 가정하는 FD-MIMO 시스템에서 단말이 채널 정보를 기지국으로 피드백 하는 것은 제한된 피드백(limited feedback) 환경에서 매우 어려울 수 있으므로, 개루프 전처리 방법은 채널 정보의 피드백을 필요로 하는 페루프 전처리 방법에 비하여 성능 대비 필요로 하는 피드백 오버헤드(overhead) 측면에서 이점이 있다.

[0039] 상기와 같은 개루프 전처리 방법의 이점을 고려하여, 본 개시의 실시 예들에서는 FD-MIMO 시스템에 적합한 개루프 전처리 방법의 이점을 더욱 향상(enhancement) 시킬 수 있는 방안에 대하여 제안한다. 특히, 본 개시의 실시 예에서는 순환 지연 다이버시티(cyclic delay diversity : CDD) 방식을 기반으로 하는 개루프 전처리 방법(이하, CDD 전처리 방법)을 제안한다. 상기 CDD 전처리 방법은 별도의 피드백 없이 링크 안정성(link reliability) 측면에서 성능 이득을 획득할 수 있는 방법으로, 도 2를 기반으로 상세히 설명하기로 한다.

[0040] 도 2는 통신 시스템에서 기지국이 CDD 전처리 방법을 적용하는 경우의 일 예를 보이고 있다. 도 2에서는 통신 시스템이 직교 주파수 분할 다중(orthogonal frequency division multiplexing : OFDM) 시스템인 경우를 일 예로 도시하고 있으나, 도 2를 기반으로 설명하는 CDD 전처리 방법은 다른 통신 시스템에도 적용이 가능함은 물론이다.

[0041] 도 2를 참조하면, OFDM 시스템에서 전처리와 관련된 유닛은 전처리부(230) 및 역 고속 푸리에 변환(inverse fast fourier transform : IFFT)부(250)를 포함한다.

[0042] 상기 전처리부(230)는 각 부반송파에 실리는 송신 신호(210)에 부반송파 인덱스에 비례하는 위상 천이(phase shift)를 수행하여 IFFT부(250)로 전달한다. 그러면 IFFT부(250)는 아래 <수학식 1>과 같이 시간 영역에서 순환지연(cyclic delay)을 가지는 신호를 출력할 수 있다.

[0043] <수학식 1>

$$\frac{1}{\sqrt{N_{\text{FFT}}}} \sum_{k=0}^{N_{\text{FFT}}-1} \left(X(k) e^{-j \frac{2\pi}{N_{\text{FFT}}} k \delta} \right) e^{j \frac{2\pi}{N_{\text{FFT}}} k l} = \frac{1}{\sqrt{N_{\text{FFT}}}} \sum_{k=0}^{N_{\text{FFT}}-1} X(k) e^{j \frac{2\pi}{N_{\text{FFT}}} k (l-\delta)} \\ = x[(l-\delta) \bmod N_{\text{FFT}}]$$

[0044]

[0045] 여기서 δ 는 순환 지연 값(cyclic delay value), N_{FFT} 는 IFFT의 FFT 사이즈(size), k 는 부반송파 인덱스, $X(k)$ 는 부반송파 k 에 실리는 주파수 영역의 송신 신호, l 은 시간 인덱스(time index), $x[l]$ 은 시간 인덱스 l 에 해당

하는 시간 영역의 송신 신호이다.

- [0046] 상기와 같이 다중 안테나를 사용하는 기지국이 복수 개의 순환 지연 값을 사용하게 되면(즉, CDD 전처리 방식을 사용하면), 전처리 과정 이후의 유효 채널(effective channel)의 주파수 영역에서 주파수 선택성(frequency selectivity)을 증가시킬 수 있다. 또한 상기 기지국에서 주파수 선택성을 증가시킬 수 있으므로, 이를 통해 채널 부호화 이득(channel coding gain)도 증대시킬 수 있다.
- [0047] 도 2와 같은 CDD 전처리 방법을 적용하는 통신 시스템은 도 3 및 도 4와 같이 구성될 수 있다. 도 3 및 도 4는 본 개시의 실시 예가 적용되는 통신 시스템을 간략히 나타낸 것으로, 특히 도 3은 통신 시스템에서 기지국의 구성을 보이고 있는 것이고, 도 4는 통신 시스템에서 단말의 구성을 보이고 있다. 이하에서 설명하는 CDD 전처리 방법에 대한 개괄적인 설명과 본 개시의 실시 예들에 대한 설명은 도 3 및 도 4를 참조하기로 한다.
- [0048] 도 3을 참조하면, 통신 시스템에서 기지국(300)은 하향링크를 통해 하나 이상의 코드워드(code work : CW)를 전송할 수 있다. 즉, 하나 이상의 CW 각각은 해당 스크램블러(301-1~301-n) 및 변조 매핑(303-1~303-n)을 통해 복소 심볼로서 처리된다. 이후, 복소 심볼은 레이어(layer) 매핑(305)에 의해 복수 개의 레이어들에 맵핑되며, 각 레이어에 맵핑된 심볼은 전처리부(307)에 의해 각 전송 안테나 포트에 맵핑하는 전처리가 수행된다.
- [0049] 이와 같이 처리된 각 안테나 포트 별 전송 신호는 각각 자원 요소 맵핑(309-1~309-n)에 의해 전송에 이용될 시간-주파수 자원 요소에 맵핑되며, OFDM 신호 생성기(311-1~311-n)를 통해 각 OFDM 신호로 처리된다. 그리고 상기 각 OFDM 신호는 IFFT기(315-1~315-n) 및 사이클릭 프리픽스(cyclic prefix : CP) 삽입기(315-1~315-7)를 거쳐 각 안테나 포트를 통해 전송될 수 있다.
- [0050] 특히, 상기 전처리부(307)는 아래 <수학식 2>를 기반으로 CDD 전처리를 수행한다.
- [0051] <수학식 2>
- [0052]
$$\mathbf{s}(i) = \mathbf{W}(i)\mathbf{D}(i)\mathbf{U}\mathbf{x}(i)$$
- [0053] 상기 <수학식 2>에서 $\mathbf{s}(i)$ 는 주파수 영역에서 안테나 포트 신호(antenna port signal)를 나타낸 것이다. 여기서 i 는 레이어 인덱스(layer index), \mathbf{s} 는 안테나 포트 신호, \mathbf{x} 는 레이어 신호(layer signal), \mathbf{U} 는 레이어 다중화 행렬(layer multiplexing matrix), \mathbf{D} 는 위상 천이(phase shift)를 위한 대각 행렬(diagonal matrix), \mathbf{W} 는 전처리 행렬을 나타낸다.
- [0054] 즉, 도 3의 전처리부(307)는 레이어 신호를 안테나 포트 신호로 매핑하여 전처리를 수행하고, 전처리된 안테나 포트 신호에 대해 위상 천이를 위한 대각 행렬을 적용하여 위상 천이를 수행할 수 있다. 여기서, 상기 전처리된 안테나 포트 신호에 위상 천이를 위한 대각 행렬을 적용하는 동작은, 전처리부(307) 이후의 별도의 유닛에서 처리될 수 있다.
- [0055] 다음으로, 도 4를 참조하면, 기지국(300)은 물리하향링크공유채널(physical downlink shared channel: PDSCH)을 기반으로 단말(400)로 신호를 송신한다. 이때, 기지국(300)으로부터 송신된 신호는 MIMO 채널 환경을 겪은 후 단말(400)에서 수신된다. 단말(400)에서 수신된 신호는 CP 제거기(401-1~401-n) 및 FFT기(403-1~403-n)를 통해 주파수 영역의 신호로 변환된다. 이때, 상기 주파수 영역의 신호로 변환된 신호는 아래 <수학식 3>과 같이 나타낼 수 있다.
- [0056] <수학식 3>
- [0057]
$$\begin{aligned} \mathbf{y}(i) &= \mathbf{H}(i)\mathbf{s}(i) + \mathbf{n}(i) \\ &= \mathbf{H}(i)\mathbf{W}(i)\mathbf{D}(i)\mathbf{U}\mathbf{x}(i) + \mathbf{n}(i) \end{aligned}$$
- [0058] 여기서, $\mathbf{s}(i)$ 는 상기 <수학식 3>에서 나타낸 기지국(300)의 안테나 포트 신호이고, $\mathbf{y}(i)$ 는 레이어 인덱스 i 에 해당하는 단말(400)의 수신 신호이고, $\mathbf{H}(i)$ 는 MIMO 채널이며, $\mathbf{n}(i)$ 는 수신 과정에서의 잡음 신호(noise signal)를 의미한다. 상기 <수학식 3>에 나타낸 모든 신호는 주파수 영역의 신호이다.
- [0059] 이후, 상기 주파수 영역의 신호는 MIMO 검출부(detector)(405)를 거쳐서 복조기(407-1~407-n)를 통해 복조된다.
- [0060] 도 3 및 도 4와 같은 통신 시스템의 전처리부(307)에서 수행되는 CDD 전처리 방법은 순환 지연의 정도에 따라 큰 지연(large delay) CDD(이하, LD-CDD) 방식을 기반으로 하는 전처리 방법과 작은 지연(small delay) CDD(이

하, SD-CDD) 방식을 기반으로 하는 전처리 방법으로 구분이 가능하다. 설명의 편의상 이하에서는 CDD 전처리 방법이 LD-CDD 방식임을 가정하여 설명하지만 이에 한정되는 것은 아니며, 본 개시의 실시 예는 LD-CDD 방식에도 적용 가능하다.

[0061] 이하, 본 개시의 실시 예에 따른 전처리 방법에서는 LD-CDD 방식을 적용함을 가정한다. 그리고 본 개시의 실시 예에서 적용하는 상기 LD-CDD 방식은 각 안테나에서 송신하는 신호가 N_{FFT}/D 만큼의 순환 지연 차이를 갖는다고 가정한다. 여기에서 D 는 행렬 \mathbf{D} 의 행/열의 크기이다. 이때 D 가 레이어의 수와 같으면 레이어 레벨(layer level) CDD, 안테나 포트의 수와 같으면 포트 레벨(port level) CDD라고 정의한다. 현재 표준에서는 최대 4개의 레이어를 지원하는 layer level LD-CDD 방식을 사용하고 있으며, 이를 위하여 상기 <수학식 2>와 <수학식 3>에서 $\mathbf{D}(i)$ 로 표현된 위상 천이를 위한 대각 행렬은 아래 <수학식 4>의 $\mathbf{D}_{\text{layer}}(i)$ 와 같이 나타낼 수 있다.

[0062] <수학식 4>

$$\mathbf{D}_{\text{layer}}(i) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & e^{j\frac{2\pi}{v}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & e^{j\frac{2\pi}{v} \frac{v-1}{v}} \end{bmatrix}$$

[0063]

[0064] 여기서 v 는 레이어의 수이다.

[0065] D 에 따른 LD-CDD 방식을 기반으로 하는 전처리 방법(이하, LD-CDD 전처리 방법)의 효과는, 부반송파 인덱스에 비례하여 각 부반송파에 가해지는 위상 천이가 늘어는 것이다. 즉, LD-CDD 전처리 방법의 경우 아래 <수학식 5>와 같이 D 개의 부반송파마다 송신 신호에 같은 위상 천이가 가해짐을 확인할 수 있다.

[0066] <수학식 5>

$$\mathbf{D}(k+D) = \mathbf{D}(k)$$

[0067]

[0068] 상기 <수학식 5>에서와 같이, 송신 신호에 같은 위상 천이가 가해진다는 것은 두 유효 채널의 주파수 선택성의 변화 양상이 같음을 의미한다. 따라서 CDD 전처리 방법으로 인한 유효 채널의 상관도(correlation)의 변화는, 인접한 $2D-2$ 개의 부반송파에 해당하는 유효 채널에 대하여 일어난다고 할 수 있다. 이러한 CDD 전처리 방법의 특성에 기반하여, 본 개시의 실시 예에서는 다음 두 가지의 FD-MIMO 시스템에 적합한 CDD 전처리 방법을 제안한다.

[0069] 먼저, 본 발명의 제1 실시 예는 기지국(300)에서 Port level LD-CDD 방식을 기반으로 하는 신호 처리 방법을 수행하는 것이다.

[0070] 현재 3GPP LTE 표준에서 사용하는 CDD 전처리 방법은 각 레이어에 위상 천이를 가함으로써 CDD 이득을 획득한다. 그러나 기지국(300)이 매우 많은 수의 안테나를 사용하는 FD-MIMO 시스템에서는 그 이득을 충분히 획득할 수 가 없다. 그리고 LD-CDD 전처리 방법 인접한 $2D-2$ 개의 부반송파의 유효 채널 간의 상관도를 줄이므로 위상 천이를 위한 대각 행렬의 크기가 커질수록 상관도를 줄일 수 있는 부반송파의 수가 증가한다. 이는 곧 평균적인 유효 채널의 상관도의 감소를 의미하므로 채널 코딩에 대한 이득(channel coding gain)의 증가를 기대할 수 있다. 이러한 측면에서 안테나 포트의 수가 레이어의 수보다 많은 상황에서는 layer level LD-CDD 방식을 기반으로 하는 전처리 방법에 비하여 안테나 포트 신호에 위상 천이를 가하는 port level LD-CDD 방식을 기반으로 하는 전처리 방법이 더 높은 성능 이득을 기대할 수 있다. 그리고 port level LD-CDD 방식을 기반으로 하는 전처리 방법은 매우 많은 수의 안테나 포트의 사용이 가능한 FD-MIMO 시스템에 보다 적합할 것으로 예상된다.

[0071] 도 3을 참조하면, 상기 port level LD-CDD 방식은 위상 천이를 위한 대각 행렬의 크기가 안테나 포트의 수와 같은 경우를 의미한다. 따라서, 본 개시의 제1 실시 예에 따른 기지국(300)은 레이어 신호를 안테나 포트 신호에 매핑하여 전처리를 수행한 이후 전처리된 신호에 위상 천이를 위한 대각 행렬을 적용하는 것이다.

[0072] 일 예로, 본 개시의 제1 실시 예에 따른 기지국(300)은 아래 <수학식 6>을 기반으로 입력되는 레이어 신호를 안테나 포트 신호에 매핑하는 전처리를 수행하고 전처리된 안테나 포트 신호에 대해 위상 천이를 수행할 수 있다.

[0073] <수학식 6>

$$\mathbf{s}(i) = \mathbf{D}_{\text{port}}(i) \mathbf{W}(i) \mathbf{x}(i)$$

[0074]

[0075] 여기서, 행렬 \mathbf{D}_{port} 는 안테나 포트 신호이다. 이에 상기 기지국(300)은 아래 <수학식 7>을 기반으로, 상기 <수학식 6>의 행렬 \mathbf{D}_{port} 에 위상 천이를 위한 대각 행렬을 적용하여 위상 천이를 수행한다. 한편, 상기 <수학식 6>은 전처리부(307)에서 port level LD-CDD 방식을 기반으로 하는 전처리 방법의 일 예이며, 안테나 포트 신호에 다중화를 위한 행렬을 추가하는 등의 구조로 변경이 가능하다.

[0076] <수학식 7>

$$\mathbf{D}_{\text{port}}(i) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & e^{j\frac{2\pi}{P}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & e^{j2\pi\frac{P-1}{P}} \end{bmatrix}$$

[0077]

[0078] 여기서 행렬 \mathbf{D}_{port} 의 크기 D 는 안테나 포트의 수 P 와 같다.

[0079] 상기 본 개시의 제1 실시 예에 따른 Port level LD-CDD 방식을 기반으로 하는 신호 처리 방법은, 안테나 포트의 수가 레이어의 수보다 많을 경우 layer level LD-CDD 방식 대비 순환 지연의 수를 늘려서 대역 내 부반송파의 유효 채널 간 상관도의 평균적인 감소를 획득할 수 있다.

[0080] 이하, 도 5를 참조하여 기지국(300)과 단말(400)이 시간 주파수 영역에서 사전 약속된 전처리 방법이, 본 개시의 제1 실시 예에 따른 Port level LD-CDD 방식을 기반으로 하는 신호 처리 방법인 경우 기지국(300)의 동작에 대하여 설명하기로 한다.

[0081] 도 5는 본 개시의 제1 실시 예에 따라 기지국(300)에서 Port level LD-CDD 방식을 기반으로 하여 신호 처리를 수행하는 방법을 보이고 있다.

[0082] 도 5를 참조하면, 기지국(300)은 입력된 신호에 대해 레이어 매핑을 수행한다(501). 그리고 상기 기지국(300)은 상기 레이어 매핑된 레이어 신호를 안테나 포트에 매핑하는 전처리를 수행한다(503).

[0083] 이후, 상기 기지국(300)은 전처리된 안테나 포트 신호에 대해 위상 천이를 위한 대각 행렬을 적용하여 위상 천이를 수행한다(505).

[0084] 일 예로, 상기 기지국(300)은 상기 <수학식 6> 및 <수학식 7>을 기반으로 적어도 하나의 레이어 신호에 안테나 포트 신호를 매핑하여 전처리를 수행한 후, 전처리된 안테나 포트 신호에 위상 천이를 위한 대각 행렬을 적용할 수 있다.

[0085] 따라서, 기지국(300)과 단말(400)이 전처리 방법으로 본 개시의 제1 실시 예에 따른 Port level LD-CDD 방식을 기반으로 하는 신호 처리 방법을 이용할 것을 사전에 약속한 경우, 기지국(300)은 단말(400)과 사전 약속된 Port level LD-CDD 방식을 기반으로 처리를 수행하고 처리된 신호를 단말(400)로 전송한다. 여기서, 상기 처리된 신호는 전처리가 수행된 이후, 위상 천이된 신호를 의미한다. 그러면, 상기 단말(400)도 기지국(300)에서 처리한 전처리 방법을 미리 알고 있으므로 기지국(300)과 추가적인 정보를 송수신하지 않고, 사전 약속된 Port level LD-CDD 방식을 기반으로 수신된 신호를 복조할 수 있다.

[0086] 상기에서는 본 개시의 제1 실시 예에 따른 Port level LD-CDD 방식을 기반으로 하는 신호 처리 방법에 대하여 설명하였으며, 이하에서는 본 개시의 제2 실시 예에 따른 신호 처리 방법에 대하여 설명하기로 한다.

[0087] 본 개시의 제2 실시 예는 전처리부(307)에서 전처리를 수행할 때, CDD 방식에 순환 지연 스케일링(cyclic delay scaling) 방식을 적용하는 것이다. 이러한 본 개시의 제2 실시 예는 본 개시의 제1 실시 예에 따른 신호 처리 방법이 수행된 이후에 적용되거나, 또는 본 개시의 제1 실시 예에 따른 신호처리 방법을 수행하지 않고 종래 방식의 전처리 방법에 적용될 수 있다.

[0088] 본 개시의 제2 실시 예에서 CDD 방식에 적용하는 상기 순환 지연 스케일링 방식은 순환 지연 값이 $M_{\text{FFT}}-1$ 을 최대

값으로 갖는 순환 값이라는 점을 이용하여 불규칙한 순환 지연 값을 생성하는 방식이다. 상세하게, 본 개시의 제2 실시 예에 따라 CDD 방식에 적용하는 상기 순환 지연 스케일링 방식은 기지국(300)에 의해 일 예로 아래 <수학식 10>과 같이 수행될 수 있다.

[0089] 즉, 종래 layer level CDD 방식은 각 레이어 별로 아래 <수학식 8>과 같은 신호를 출력하고, 본 개시의 제1 실시 예에 따른 Port level CDD 방식은 각 안테나 포트 별로 <수학식 9>와 같은 신호를 출력한다.

[0090] <수학식 8>

$$\left[0, \frac{N_{\text{FFT}}}{v}, \frac{2N_{\text{FFT}}}{v}, \dots, \frac{(v-1)N_{\text{FFT}}}{v} \right]$$

[0091] 여기서, v는 레이어의 개수이다.

[0092] <수학식 9>

$$\left[0, \frac{N_{\text{FFT}}}{N_T}, \frac{2N_{\text{FFT}}}{N_T}, \dots, \frac{(N_T-1)N_{\text{FFT}}}{N_T} \right]$$

[0093] 여기서, N_T는 송신 안테나의 개수이다.

[0094] 일 예로, 본 개시의 제2 실시 예에 따른 순환 지연 스케일링 방식을 본 개시의 제1 실시 예에 따른 Port level CDD 방식에 적용하는 경우, 기지국(300)은 다음 <수학식 10>과 같은 신호를 출력할 수 있다.

[0095] <수학식 10>

$$\left[0, \alpha \frac{N_{\text{FFT}}}{N_T}, \alpha \frac{2N_{\text{FFT}}}{N_T}, \dots, \alpha \frac{(N_T-1)N_{\text{FFT}}}{N_T} \right]$$

[0096] 여기서, α는 순환 지연 스케일링 팩터로, 0<α<N_T로 정의되고, $\alpha \frac{(N_T-1)N_{\text{FFT}}}{N_T}$ 는 N_{FFT}보다 큰 값을 가진다.

[0097] 상기 <수학식 10>은 도 6에서와 같이 이용될 수 있다.

[0100] 도 6은 CDD 방식에 본 개시의 제2 실시 예에 따른 순환 지연 스케일링 방식을 적용하는 경우의 순환 지연 특성을 보이고 있다. 도 6에서는 전처리부(307)에서 본 개시의 제1 실시 예에 따른 port level LD-CDD 방식을 기반으로 하는 신호 처리 방법을 사용하고, 안테나 포트의 수가 4개이며, 순환 지연 스케일링 요소(cyclic delay scaling factor, α)가 3/2인 경우를 가정한다.

[0101] 도 6을 참조하면, 기지국(300)이 Port level LD-CDD 방식을 기반으로 전처리를 수행하는 경우, (a)에서와 같이 각 안테나 포트 별로 N_{FFT}/4 만큼의 순환 지연 차이가 존재함을 확인할 수 있다. 추가적으로, 기지국(300)이 전처리를 수행한 후, 본 개시의 제2 실시 예에 따라 Port level LD-CDD 방식에 순환 지연 스케일링 팩터를 적용하면, (b)에서와 같이 안테나 포트 별 순환 지연 차이를 3N_{FFT}/8 으로 늘릴 수 있다. 이로부터 본 개시의 제2 실시 예에 따라 기지국(300)이 Port level LD-CDD 방식에 순환 지연 스케일링 팩터를 적용하는 경우, 순환 지연 스케일링 팩터를 적용하지 않는 경우에 비하여, 순환 지연 특성이 불규칙해지고 특히 안테나 포트 별 순환 지연 차이의 최대값이 7N_{FFT}/8로 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 안테나 포트 별 순환 지연 차이의 최대값이 증가하는 현상은 유효 채널의 주파수 선택성을 증가시키고, 채널 코딩 이득도 증가함을 기대할 수 있다.

[0102] 일 예로, 본 개시의 제2 실시 예에 따른 전처리 방법을 수행하는 기지국(300)이, 본 개시의 제 1 실시 예에서 설명한 <수학식 7>에 도 6의 가정을 적용하면, 도 7과 같은 행렬을 출력할 수 있다.

[0103] 도 7은 본 개시의 제2 실시 예에 따라 Port level LD-CDD 방식에 순환 지연 스케일링 방식을 적용하는 일 예를 보이고 있다. 그리고 도 7은 상기 안테나 포트 별 순환 지연 차이의 최대값이 증가하는 현상을 주파수 영역의

두 유효 채널 간 상관도 측면에서 순환 지연 스케일링 방식을 적용하지 않는 경우(a)와, 순환 지연 스케일링 방식을 적용한 경우(b)의 차이를 나타내고 있다.

[0105] 도 7을 참조하면, 본 개시의 제2 실시 예에 따라, 전처리부(307)가 Port level LD-CDD 방식(a)에, 순환 지연 스케일링 방식을 적용하기 위한 순환 지연 스케일링 팩터(α)를 적용하면, (b)와 같은 행렬 D를 출력할 수 있다. 따라서, 본 개시의 제2 실시 예에 따른 전처리 방법은 (b)와 같이 유효 채널의 상관도가 줄어드는 인접한 부반송파의 수를 증가시켜 평균적인 유효 채널 간 상관도를 줄일 수 있다. 이때, 위상 천이를 위한 대각 행렬은, 상기 <수학식 5>와 같이 D개의 부반송파마다 반복됨을 확인할 수 있다.

[0106] 따라서, 본 개시의 제2 실시 예에 따른 전처리 방법은 LD-CDD 방식에 순환 지연 스케일링 방식을 적용하는 것으로, 전처리 과정을 통한 성능 이득을 높일 수 있다. 이때, 본 개시의 제2 실시 예에 따른 전처리 방법은, LD-CDD 방식에 적용되는 순환 지연 스케일링 팩터에 따라 획득 가능한 성능 이득이 다르게 나타난다. 따라서 기지국(300)은 안테나 포트의 수 및 현재 채널의 상태 중 적어도 하나를 기반으로 순환 지연 스케일링 팩터를 결정해야 한다. 그리고 순환 지연 스케일링 팩터는 기지국(300)과 단말(400) 간에 사전 약속된 파라미터가 아니므로, 상기 기지국(300)은 단말(400)로 상기 결정된 순환 지연 스케일링 팩터를 전송해야 한다. 상세하게, 도 8을 참조하여 본 개시의 제2 실시 예에 따른 전처리 방법을 수행하는 기지국(300)의 동작을 설명하기로 한다.

[0107] 도 8은 본 개시의 제2 실시 예에 따라 기지국(300)에서 LD-CDD 방식에 순환 지연 스케일링 방식을 적용하여 전처리를 수행하는 방법을 보이고 있다.

[0108] 먼저, CDD 전처리 방법은 유효 채널의 채널 선택성이 성능에 중요한 영향을 미치기 때문에, 기지국(300)은 순환 지연 스케일링 팩터를 결정하는 과정에서 물리 채널의 주파수 선택성에 대한 정보가 필요하다. 하지만 현재의 CDD 전처리 방법을 사용하는 기지국(300)은 채널의 주파수 선택성을 추정하기 위한 정보를 획득할 수 있는 피드백 신호가 존재하지 않는다. 따라서, 기지국(300)은 채널의 주파수 선택성을 추정하기 위한 정보를 획득하기 위하여 단말(400)로부터 전송되는 상향링크 사운딩 참조 신호(sounding reference signal : SRS)를 이용한다.

[0109] 즉, 도 8을 참조하면, 기지국(300)은 단말(400)로부터 상향링크 SRS를 수신한다(801). 그리고 상기 기지국(300)은 상향링크 채널과 하향링크 채널의 주파수 선택성이 서로 유사하다는 특성을 이용하여, 상기 수신된 상향링크 SRS로부터 상향링크 채널의 주파수 선택성을 추정하고 추정된 상향링크 채널의 주파수 선택성을 하향링크 채널의 상태(즉, 주파수 선택성)로 결정한다(803).

[0110] 이후, 상기 기지국(300)은 하향링크 채널의 상태 및 안테나 포트의 수를 기반으로 순환 지연 스케일링 팩터를 결정하고(805), 상기 결정된 순환 지연 스케일링 팩터를 단말(400)로 전송한다(807). 그리고 기지국(300)은 단말(400)과 사전 약속된 전처리 방법에 따라 입력된 레이어 신호에 CDD 방식을 적용하여 전처리를 수행한다(809). 다음으로 기지국(300)은 상기 전처리가 수행된 신호에 대하여 순환 지연 스케일링 팩터를 기반으로 위상 천이된 신호를 단말(400)로 전송한다(811). 이로부터 단말(400)은 기지국(300)으로부터 순환 지연 스케일링 팩터를 수신하므로, 복조 과정에서 사전 약속된 전처리 방법을 기반으로 상기 순환 지연 스케일링 팩터를 이용하여 상기 기지국(300)으로부터 수신된 신호를 복조할 수 있다.

[0111] 이때, 상기 기지국(300)과 단말(400) 간의 사전 약속된 전처리 방법은 본 개시의 제2 실시 예에 따른 방법, 본 개시의 제1 실시 예에 따른 신호 처리 방법 또는 종래 전처리 방법일 수 있다. 그리고 상기 기지국(300)과 단말(400) 간의 사전 약속된 전처리 방법이 본 개시의 제1 실시 예에 따른 신호 처리 방법 또는 종래 전처리 방법인 경우, 기지국(300)이 순환 지연 스케일링 팩터를 결정하는 동작을 수행하면, 본 개시의 제1 실시 예에 따른 신호 처리 방법 또는 종래 전처리 방법에 추가적으로 순환 지연 스케일링 팩터를 적용할 수도 있다.

[0112] 상기에서는 본 개시의 제1 및 제2 실시 예에 따라 기지국(300)에서 신호 처리하고 단말(400)에서 기지국(300)으로부터 처리된 신호를 수신하는 방법에 대하여 설명하였으며, 이하에서는 단말(400)에서 기지국(300)으로부터 수신된 신호를 복조하기 위한 유효 채널을 구성하는 방법에 대하여 설명하기로 한다.

[0113] 종래 CDD 전처리 방법의 경우, 기지국(300)이 CRS를 이용하여 단말(400)로 물리 채널을 전송하면, 단말(400)은 자원 블록(resource block : RE) 내의 물리 채널을 보간(interpolation)한 후 사전 약속된 전처리 방법에 대한 정보를 추가하여 유효 채널을 구성하였다. 그러나 CRS의 경우 최대 4개의 안테나 포트만을 지원할 수 있으므로, 16개 이상의 안테나 포트를 가정하는 FD-MIMO 시스템의 경우 기지국(300)과 단말(400) 간의 새로운 채널 전송 방식이 요구된다.

- [0114] 이를 위해, 도 9 및 도 10을 기반으로 본 개시의 실시 예에서 단말(400)에서 수신된 신호를 복조하기 위한 유효 채널을 구성하는 방법들에 대하여 설명하기로 한다. 상기 단말(400)의 유효 채널을 구성하는 방법들은 다음의 2가지 구성 방법으로 구성될 수 있다.
- [0115] - 제1 유효 채널 구성 방법은 기지국(300)이 단말(400)로 CSI-RS를 이용하여 물리 채널에 대한 정보를 전송하는 것이다. 그러면 상기 단말(400)이 사전 약속된 전처리 방법(즉, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 신호 처리 방법 및 제2 실시 예에 따른 신호 처리 방법 중 적어도 하나의 방법)을 기반으로 상기 전송된 물리 채널을 유효 채널로 구성할 수 있다.
- [0116] - 제2 유효 채널 구성 방법은 기지국(300)이 DMRS를 이용하여 유효 채널에 대한 정보를 직접 단말(400)로 전송하면, 단말(400)은 유효 채널을 재구성(construction)하는 것이다.
- [0117] 도 9는 본 개시의 실시 예에 따른 단말(400)이 전처리가 수행된 신호를 복조하기 위한 유효 채널을 구성하는 제1 유효 채널 구성 방법의 일 예를 보이고 있다.
- [0118] 먼저, 단말(400)은 기지국(300)에서 사용하는 CDD 전처리 방법과 각 부반송파에서 사용하는 전처리 행렬 \mathbf{W} , 위상 천이를 위한 대각 행렬 \mathbf{D} 및 레이어 다중화 행렬 \mathbf{U} 를 알고 있음을 가정한다. 그러나 FD-MIMO 시스템의 경우 종래 기법에서 채널을 전송하는 데에 사용된 CRS를 사용한 채널 전송이 어렵기 때문에, 기지국(300)은 8개 이상의 안테나 포트를 지원하는 CSI-RS를 이용하여 물리 채널에 대한 정보를 전송한다(901). 그러면 단말(400)은 기지국(300)으로부터 수신한 물리 채널을 보간한다(903). 그리고 단말(400)은 미리 알고 있는 전처리 정보들을 기반으로 상기 보간된 물리 채널을 유효 채널로 구성한다(905).
- [0119] 이후, 단말(400)은 기지국(300)으로부터 처리된 신호를 수신하면(907), 상기 유효 채널을 기반으로 상기 수신된 신호를 복조한다(909).
- [0120] 도 10은 본 개시의 실시 예에 따른 단말(400)이 전처리가 수행된 신호를 복조하기 위한 유효 채널을 구성하는 제2 유효 채널 구성 방법의 일 예를 보이고 있다. 여기서, 제2 유효 채널 구성 방법은 기지국(300)이 유효 채널에 대한 정보를 단말(400)로 직접 전송하는 방법이다. 특히, 도 10을 참조하여 기지국(300)이 유효 채널에 대한 정보를 단말(400)로 전송하기 위한 RE를 결정하고, 단말(400)이 기지국(300)으로부터 수신된 유효 채널을 기반으로 유효 채널을 재구성하는 방법에 대하여 설명하기로 한다.
- [0121] 도 10을 참조하면, 기지국(300)은 단말(400)로부터 SRS를 수신한다(100). 그리고 기지국(300)은 상기 수신된 SRS를 기반으로 상향링크 채널의 주파수 선택성을 추정한다(1003). 상기 기지국(300)은 상기 추정된 상향링크 채널의 주파수 선택성을 기반으로 RS 오버헤드(overhead) 및 유효 채널에 대한 정보를 전송하기 위한 RE를 결정한다(1005). 그리고 상기 기지국(300)은 상기 결정된 RE에 대한 정보를 단말(400)로 전송하고(1007), 상기 결정된 RE를 이용하여 유효 채널에 대한 정보를 직접 전송한다(1009). 상기 기지국(300)의 안테나 포트의 수가 매우 많을 경우 안테나 포트의 수에 비례하여 유효 채널의 전송을 위한 RS 오버헤드가 증가한다. 이를 해결하기 위하여, 본 개시의 실시 예에서와 같이 기지국(300)이 유효 채널에 대한 정보를 단말(400)로 직접 전송하면, 안테나 포트의 수에 대비하여 레이어의 수가 적을 경우 RS 오버헤드를 완화시킬 수 있다. 그러나 본 개시의 제1 및 제2 실시 예에 따른 기지국(300)에서 CDD 전처리 방법을 이용하는 경우, 유효 채널의 주파수 선택성이 매우 높아지는 특성이 있다. 이로 인해 기지국(300)은 일부 RE에서 유효 채널을 추정할 이후 유효 채널을 직접 보간하는 것이 불가능하다. 따라서, 단말(400)은 기지국(300)으로부터 유효 채널을 수신한 후, 수신된 유효 채널을 이용하여 나머지 RE에 대한 유효 채널을 구성한다(1011). 이때, 상기 단말(400)이 유효 채널을 구성하는 방법은 하기에서 도 11을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0122] 이후, 단말(400)은 기지국(300)으로부터 처리된 신호를 수신하면(1013), 상기 재구성된 유효 채널을 기반으로 상기 수신된 신호를 복조한다(1015).
- [0123] 도 11은 본 개시의 실시 예에 따른 제2 유효 채널 구성 방법에서 단말(400)이 유효 채널을 재구성하는 과정(1011)의 일 예를 보이고 있다.
- [0124] 도 11을 참조하면, 단말(400)이 유효 채널을 재구성하는 과정(1011)은 물리 채널을 추정하는 동작(1101)과 유효 채널을 구성하는 동작(1103)을 포함한다.
- [0125] 상기 물리 채널을 추정하는 동작(1101)은 물리 채널을 역 연산하는 동작이다. 즉, 단말(400)은 물리 채널은 유효 채널 대비 주파수 선택성이 낮으므로, 기지국(300)으로부터 수신된 유효 채널로부터 물리 채널을 역연산한 이후 나머지 RE에 해당하는 물리 채널을 보간할 수 있다. 이때 단말(400)에서 안테나 포트의 수 보다 레이어의

수가 적을 경우 기지국(300)이 전송한 RE에 해당하는 유효 채널에서 전체 물리 채널에 대한 정보를 알 수 없기 때문에, 복수의 RE에 해당하는 유효 채널을 이용하여 물리 채널을 추정한다(1011). 예를 들어 안테나 포트의 수가 4이고, 레이어의 수가 2인 시스템에서 C 개의 부반송파를 간격으로 유효 채널에 대한 정보의 전송을 위한 RE를 사용한다면, 단말(400)은 C 개의 부반송파 안에서 채널이 변하지 않는다는 가정하에 부반송파 $k+i$ ($i=0, 1, \dots, C$)에 해당하는 물리 채널을 추정할 수 있다.

[0126] 다음으로, 단말(400)은 상기 기지국(300)에서 사용된 전처리 정보를 기반으로 상기 추정된 물리 채널을 유효 채널로 재구성한다(1103). 이때, 상기 단말(400)은 상기 물리 채널 추정 동작(1101)에서 추정된 물리 채널을 고려하여 부반송파 $k+i$ 에 대한 유효 채널을 <수학식 11>과 같이 구성할 수 있다.

[0127] <수학식 11>

$$\tilde{\mathbf{H}}(k+i) = [\tilde{\mathbf{H}}(k) \quad \tilde{\mathbf{H}}(k+C)] [\tilde{\mathbf{W}}(k) \quad \tilde{\mathbf{W}}(k+C)]^T \tilde{\mathbf{W}}(k+i)$$

[0128]

[0129] 여기서, $\tilde{\mathbf{H}}(k)$ 와 $\tilde{\mathbf{W}}(k)$ 는 각각 부반송파 k 에 해당하는 유효 채널과 기지국(300)에서 사용된 전처리 정보이다. 유효 채널에 대한 정보를 기지국(300)이 직접 전송하는 방식은 안테나 포트의 수보다 레이어의 수가 적을 경우 RS 오버헤드를 줄일 수 있다는 장점이 있다. 그러나 기지국(300)이 CDD 전처리 방법을 이용하는 경우 유효 채널의 주파수 선택성이 높기 때문에 물리 채널의 선택성에 따라 RS 오버헤드에 해당하는 C 값을 결정하여 단말(400)로 전송해야 한다.

[0130] 상기에서는 본 개시의 실시 예에 따른 단말(400)이 기지국(300)으로부터 처리된 신호를 복조하기 위한 유효 채널을 구성하는 방법들을 설명하였으며, 이하에서는 도 12 및 도 13을 기반으로 본 개시의 실시 예들을 수행하는 기지국(300) 및 단말(400)의 내부 구성을 간략히 설명하기로 한다.

[0131] 도 12는 본 개시의 실시 예에 따른 통신 시스템에서 신호를 처리하는 기지국(300)의 내부 구성을 보이고 있다. 상기 기지국(300)에서 본 개시의 실시 예들에 따른 전처리 방법을 수행하는 주요한 유닛은 전처리부(307)이지만, 전처리를 수행하기 위하여 필요한 정보 및 신호를 생성 및 전송하는 동작은 다른 유닛에서 수행될 수 있다. 이에 도 12에 도시한 내부 구성은 기지국(300)에 포함된 어느 하나의 유닛에 한정되지 않고, 전체 기지국(300)의 구성을 간략히 나타낸 것이다.

[0132] 도 12를 참조하면, 기지국(300)은 제어부(1201), 송신부(1203), 수신부(1205) 및 저장부(1207)를 포함한다.

[0133] 상기 제어부(1201)는 기지국(300)의 전반적인 동작을 제어하며, 특히 본 개시의 실시 예들에 따른 신호를 처리하는 동작에 관련된 동작을 제어한다. 본 개시의 실시 예에 따른 신호를 처리하는 동작에 관련된 동작은 상기 도 3 내지 도 11에서 설명한 바와 동일하므로 여기서 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.

[0134] 상기 송신부(1203)는 상기 제어부(1201)의 제어에 따라 통신 시스템에 포함되는 다른 엔티티들로부터 각종 신호 및 각종 메시지들을 수신한다. 여기서, 상기 송신부(1203)가 수신하는 각종 신호 및 각종 메시지들은 상기 도 3 내지 도 11에서 설명한 바와 동일하므로 여기서 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.

[0135] 또한 상기 수신부(1205)는 제어부(1201)의 제어에 따라 통신 시스템에 포함되는 다른 엔티티들로부터 각종 신호 및 각종 메시지들을 수신한다. 여기서, 상기 수신부(1205)가 수신하는 각종 신호 및 각종 메시지들은 상기 도 3 내지 도 11에서 설명한 바와 동일하므로 여기서는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.

[0136] 상기 저장부(1207)는 상기 제어부(1201)의 제어에 따라 상기 기지국(300)이 수행하는 본 개시의 실시 예에 따른 신호를 처리하는 동작에 관련된 동작과 관련된 프로그램과 각종 데이터 등을 저장한다. 또한, 상기 저장부(1207)는 상기 수신부(1205)가 상기 다른 엔티티들로부터 수신한 각종 신호 및 각종 메시지들을 저장한다.

[0137] 한편, 도 12에는 상기 기지국(300)이 상기 제어부(1201), 송신부(1203), 수신부(1205) 및 저장부(1207)와 같이 별도의 유닛들로 구현된 경우가 도시되어 있으나, 상기 기지국(300)은 상기 제어부(1201), 송신부(1203), 수신부(1205) 및 저장부(1207) 중 적어도 두 개가 통합된 형태로 구현 가능함은 물론이다. 또한, 상기 기지국(300)은 1개의 프로세서로 구현될 수도 있음은 물론이다.

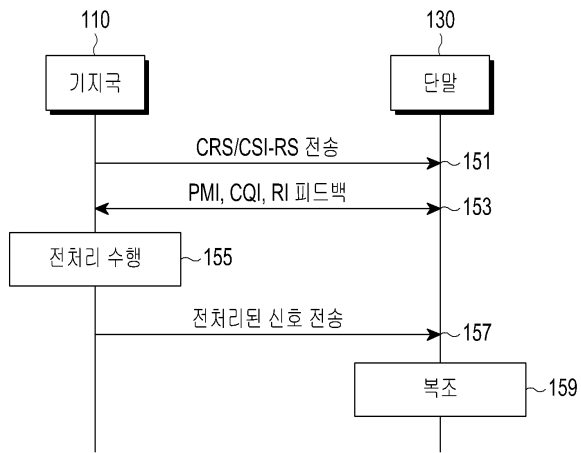
[0138] 도 13은 본 개시의 실시 예에 따른 통신 시스템에서 신호를 처리하는 단말(400)의 내부 구성을 보이고 있다. 상기 단말(400)에서 본 개시의 실시 예들에 따른 유효 채널 구성 및 신호 복조를 수행하는 주요한 유닛은 복조부이지만, 유효 채널 구성 및 신호 복조를 수행하기 위하여 필요한 정보 및 신호를 생성 및 전송하는 동작은 다른

유닛에서 수행될 수 있다. 이에 도 13에 도시한 내부 구성은 단말(400)에 포함된 어느 하나의 유닛에 한정되지 않고, 전체 단말(400)의 구성을 간략히 나타낸 것이다.

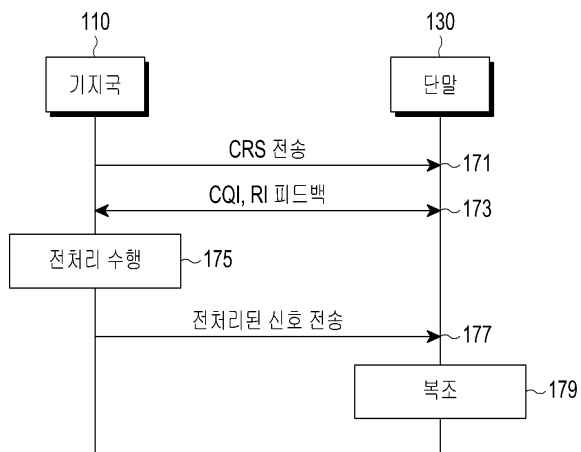
- [0139] 도 13을 참조하면, 단말(400)은 제어부(1301), 송신부(1303), 수신부(1305) 및 저장부(1307)를 포함한다.
- [0140] 상기 제어부(1301)는 단말(400)의 전반적인 동작을 제어하며, 특히 본 개시의 실시 예들에 따른 신호를 처리하는 동작에 관련된 동작을 제어한다. 본 개시의 실시 예에 따른 신호를 처리하는 동작에 관련된 동작은 상기 도 4 및 도 9 내지 도 11에서 설명한 바와 동일하므로 여기서 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.
- [0141] 상기 송신부(1303)는 상기 제어부(1301)의 제어에 따라 통신 시스템에 포함되는 다른 엔티티들로부터 각종 신호 및 각종 메시지들을 수신한다. 여기서, 상기 송신부(1303)가 수신하는 각종 신호 및 각종 메시지들은 상기 도 4 및 도 9 내지 도 11에서 설명한 바와 동일하므로 여기서 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.
- [0142] 또한 상기 수신부(1305)는 제어부(1301)의 제어에 따라 통신 시스템에 포함되는 다른 엔티티들로부터 각종 신호 및 각종 메시지들을 수신한다. 여기서, 상기 수신부(1305)가 수신하는 각종 신호 및 각종 메시지들은 상기 도 4 및 도 9 내지 도 11에서 설명한 바와 동일하므로 여기서는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.
- [0143] 상기 저장부(1307)는 상기 제어부(1301)의 제어에 따라 상기 단말(400)이 수행하는 본 개시의 실시 예에 따른 신호를 처리하는 동작에 관련된 동작과 관련된 프로그램과 각종 데이터 등을 저장한다. 또한, 상기 저장부(1307)는 상기 수신부(1305)가 상기 다른 엔티티들로부터 수신한 각종 신호 및 각종 메시지들을 저장한다.
- [0144] 한편, 도 13에는 상기 단말(400)이 상기 제어부(1301), 송신부(1303), 수신부(1305) 및 저장부(1307)와 같이 별도의 유닛들로 구현된 경우가 도시되어 있으나, 상기 단말(400)은 상기 제어부(1301), 송신부(1303), 수신부(1305) 및 저장부(1307) 중 적어도 두 개가 통합된 형태로 구현 가능함을 물론이다. 또한, 상기 기지국(300)은 1개의 프로세서로 구현될 수도 있음은 물론이다.
- [0145] 상기에서는 도 12 및 도 13을 기반으로 본 개시의 실시 예들을 수행하는 기지국(300) 및 단말(400)의 내부 구성을 설명하였으며, 하기에서는 본 개시의 실시 예를 기지국(300) 및 단말(400)에서 적용하였을 경우의 효과에 대하여 설명하기로 한다.
- [0146] 도 14는 기지국에서 종래 Layer level CDD 방식을 적용한 경우와 본 개시의 제1 실시 예에 따른 port level CDD 방식을 적용한 경우의 안테나 포트의 수에 따른 성능을 보이고 있다.
- [0147] 도 14를 살펴보면, 기지국에서 전처리 시, 종래 Layer level CDD 방식을 적용한 경우에는 안테나 포트의 수에 따른 성능 변화가 미비함에 비하여, port level CDD 방식을 적용한 경우에는 안테나 포트의 수에 따른 아웃에이지 용량(outage capacity)이 5%정도 증가되었음을 확인할 수 있다. 그리고 기지국에서 본 개시의 제1 실시 예에 따른 port level CDD 방식을 적용하는 경우, 상기 outage capacity를 증가시킬 수 있음에 따라 링크 신뢰성(link reliability)도 증가시킬 수 있다.
- [0148] 도 15는 기지국에서 종래 Layer level CDD 방식을 적용한 경우와 본 개시의 제1 실시 예에 따른 port level CDD 방식을 적용한 경우의 비트 오류율(bit error rate : BER) 성능을 보이고 있다.
- [0149] 도 15를 참조하면, 기지국에서 종래 Layer level CDD 방식을 적용한 경우 대비 본 개시의 제1 실시 예에 따른 port level CDD 방식을 적용한 경우가 다이버시티 측면에서 성능 이득을 가짐을 확인할 수 있다. 그리고 본 개시의 제1 실시 예에 따른 port level CDD 방식에, 본 개시의 제2 실시 예에 따른 순환 지연 스케일링 방식을 적용하는 경우, CDD 프리코딩 성능이 향상되었음을 확인할 수 있다.
- [0150] 도 16은 기지국에서 종래 Layer level CDD 방식을 적용한 경우와 본 개시의 제1 실시 예에 따른 port level CDD 방식을 적용한 경우의 채널 상태에 따른 BER 성능을 보이고 있다.
- [0151] 도 16을 참조하면, 기지국에서 본 개시의 제1 실시 예에 따른 port level CDD 방식을 적용한 경우에는 채널 선택성이 높은 높은 이동성(high mobility) 환경에서 프리코딩 성능에 대한 이득이 증가하였음을 확인할 수 있다. 그리고 기지국에서 본 개시의 제2 실시 예에 따른 순환 지연 스케일링 방식을 적용한 경우에는 이동성이 적은 환경에서 성능 이득이 두드러지게 발생하였음을 확인할 수 있다.
- [0152] 한편 본 개시의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 개시의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 개시의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허 청구의 범위뿐만 아니라 이 특허 청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

도면1

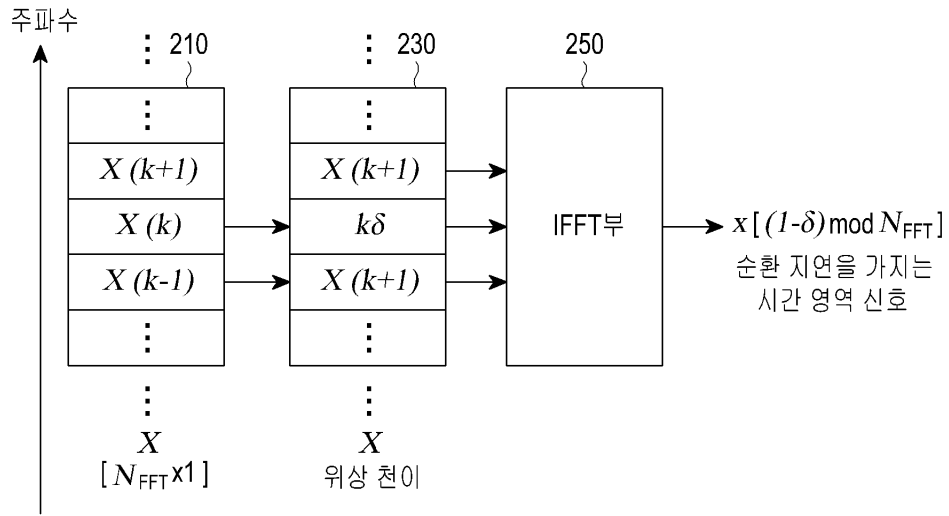


(a)

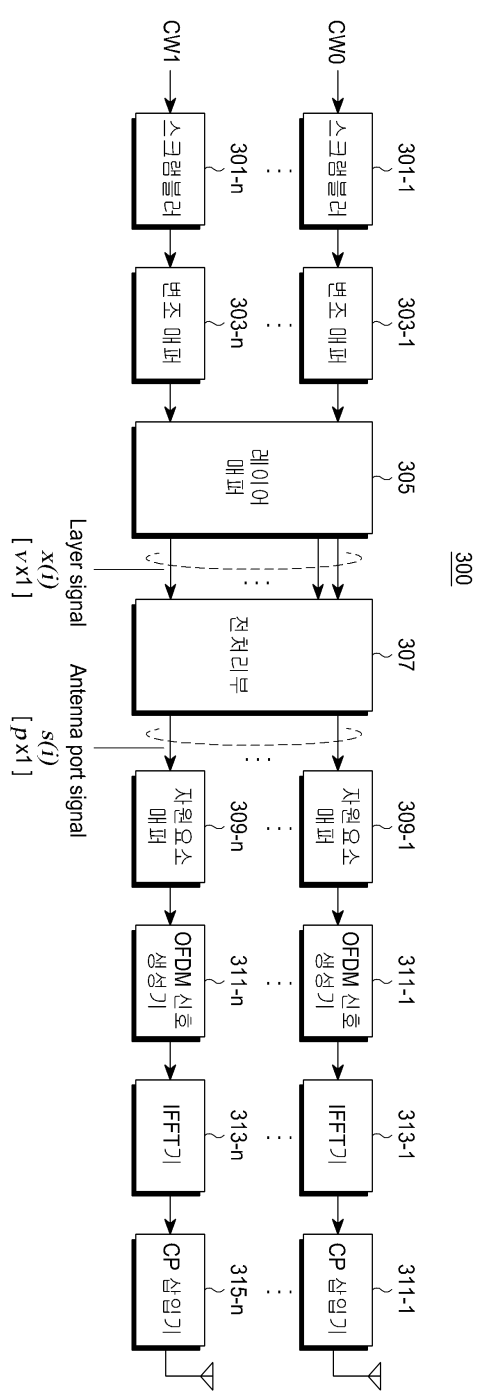


(b)

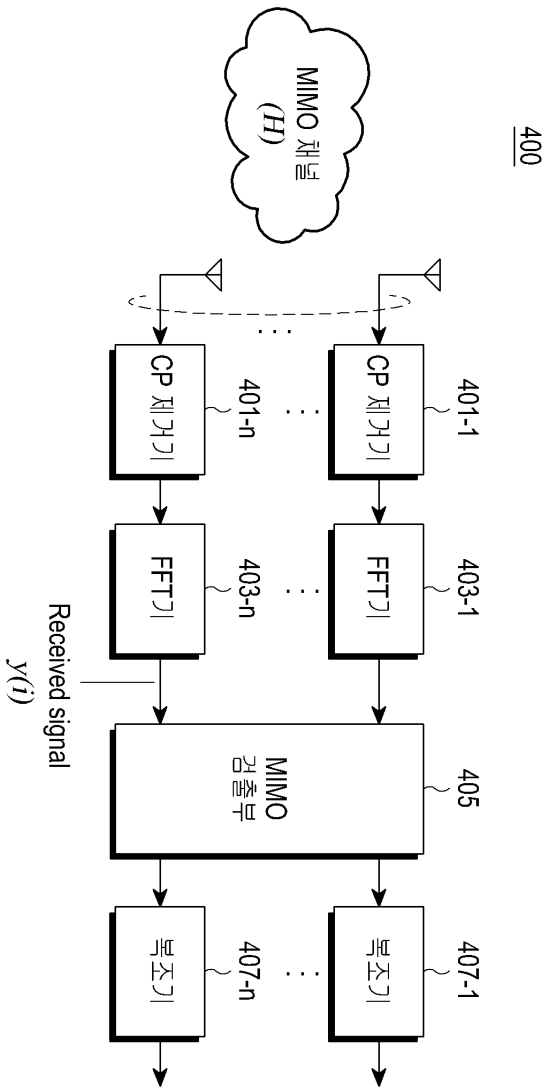
도면2



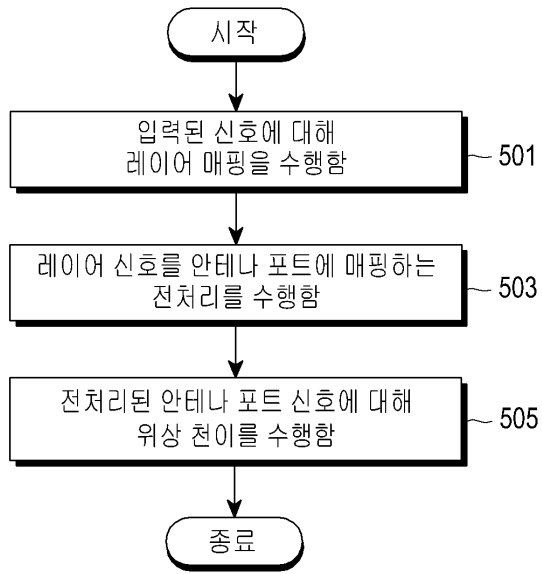
도면3



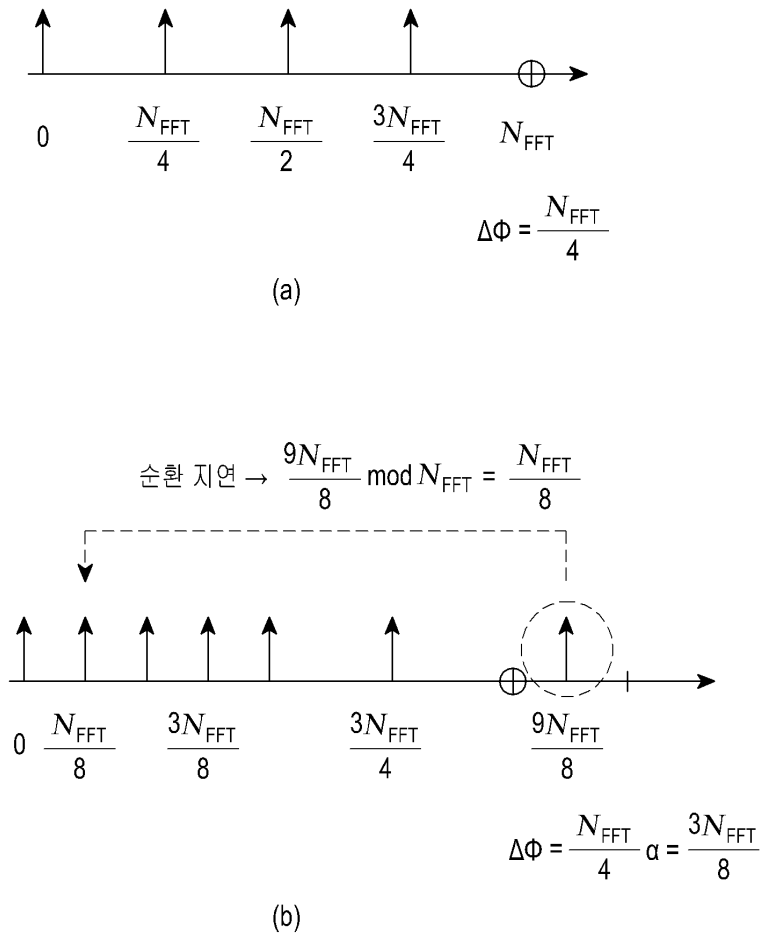
도면4



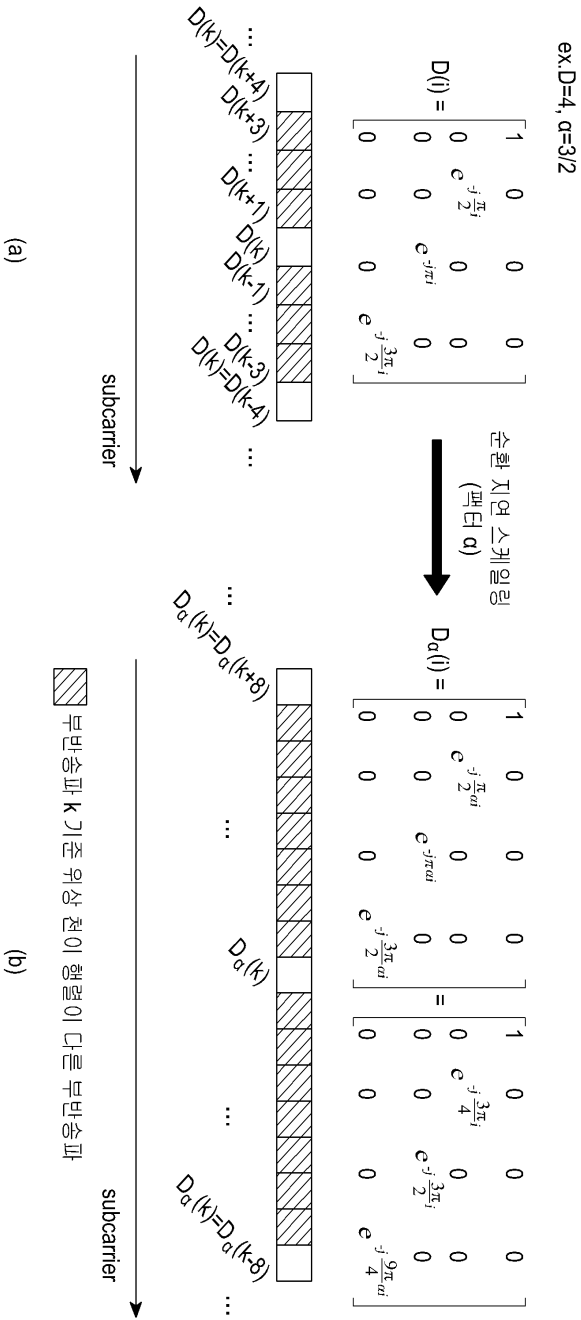
도면5



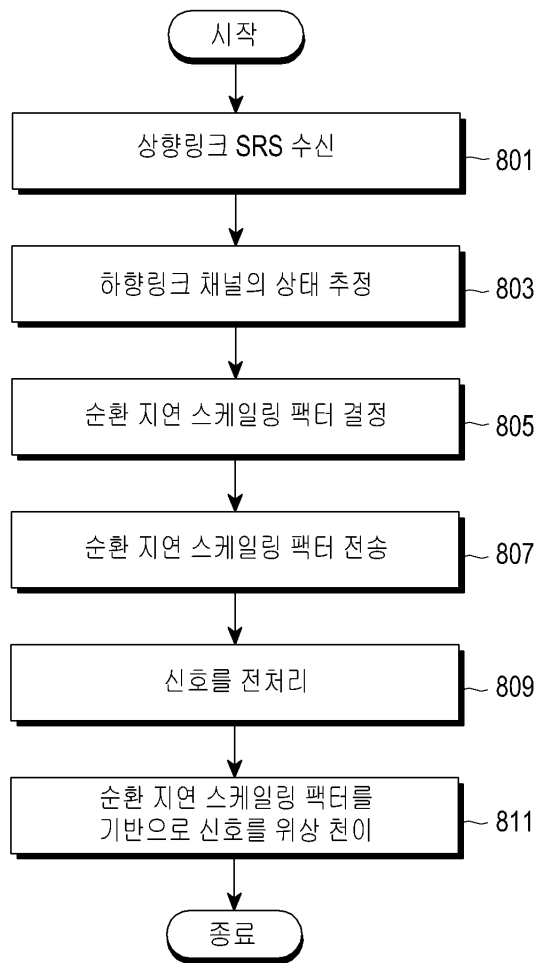
도면6



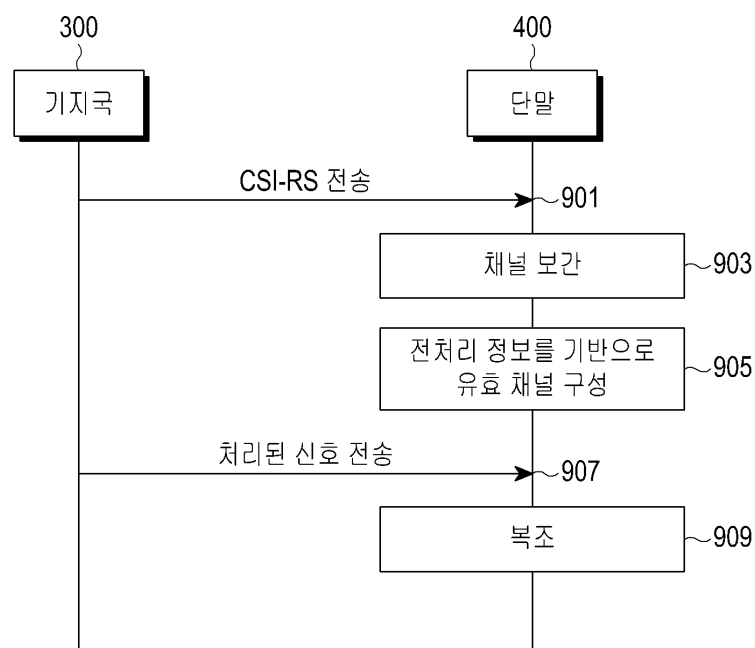
도면7



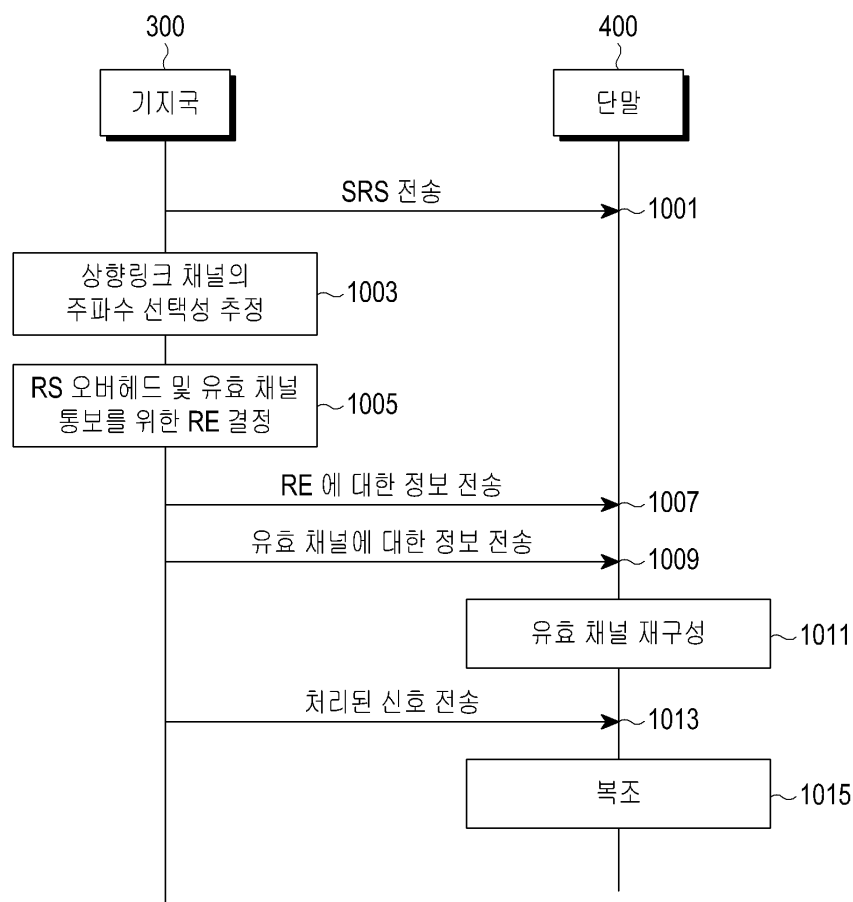
도면8



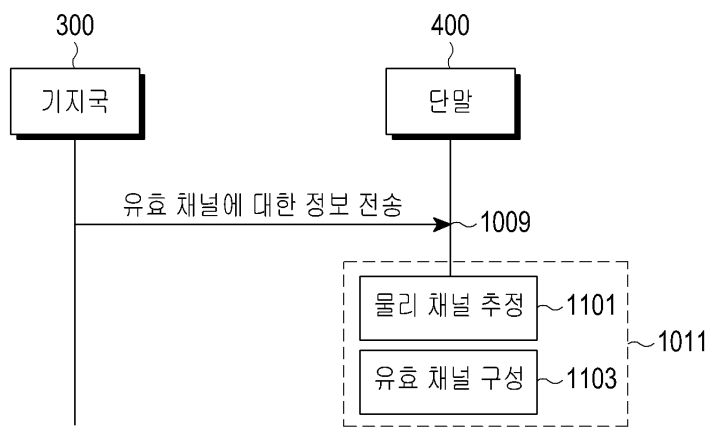
도면9



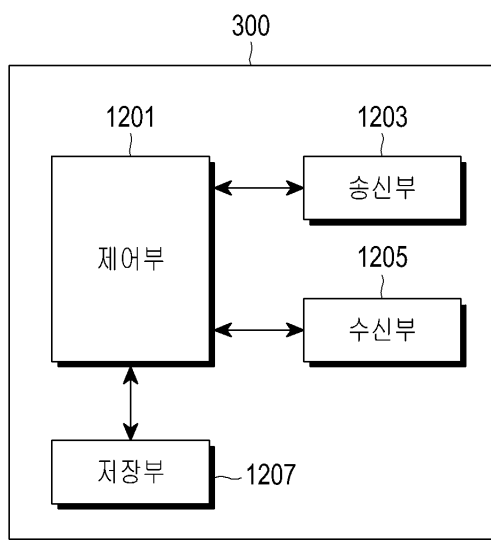
도면10



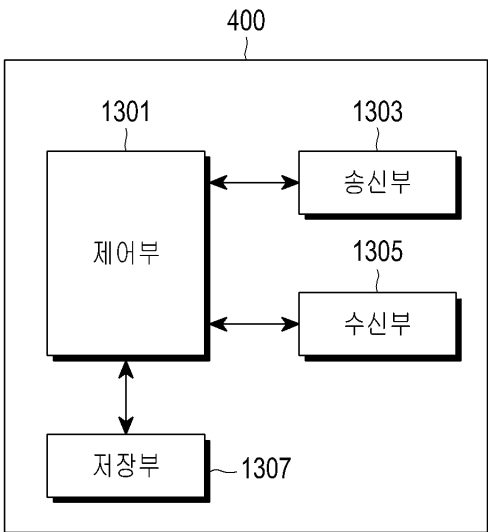
도면11



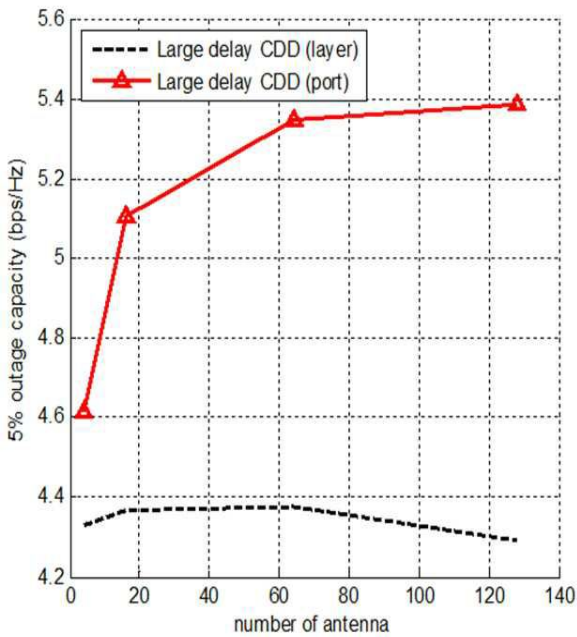
도면12



도면13

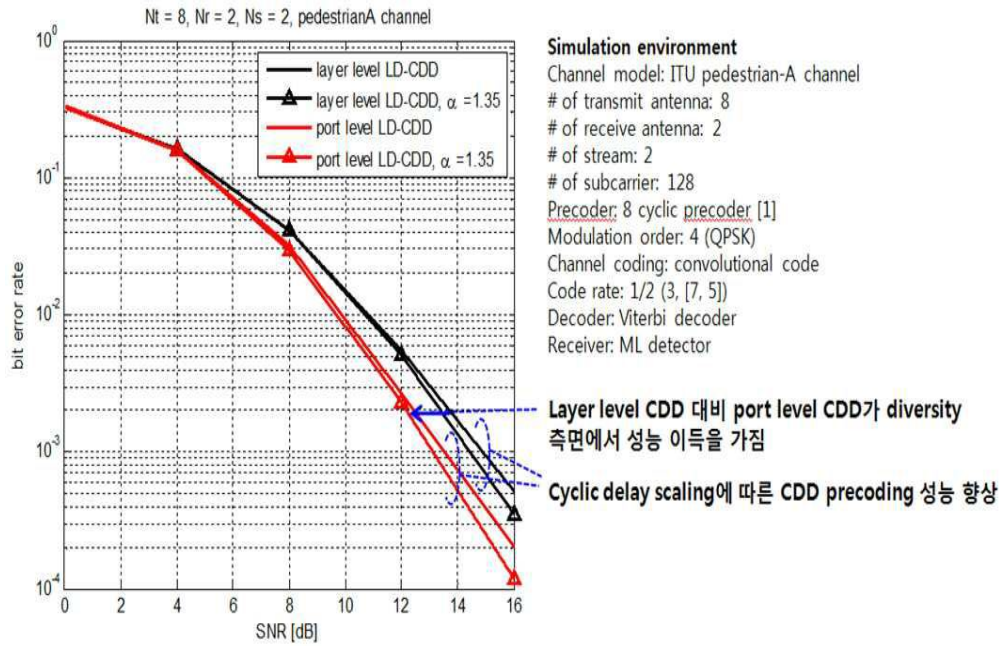


도면14



Simulation environment
Channel model: ITU vehicular-A
of receive antenna: 2
of stream: 2
of subcarrier: 1024
Precoder: fixed DFT codebook
SNR: 10dB

도면15



도면16

