



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년09월01일

(11) 등록번호 10-2150373

(24) 등록일자 2020년08월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 17/00 (2015.01) H04B 7/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0026178

(22) 출원일자 2014년03월05일

심사청구일자 2019년03월05일

(65) 공개번호 10-2015-0104438

(43) 공개일자 2015년09월15일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020080087369 A

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

유형열

서울특별시 종로구 율곡로30길 12-16

이충용

서울특별시 서초구 서초중앙로24길 43 유원아파트
104동 1803호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이건주, 김정훈

전체 청구항 수 : 총 22 항

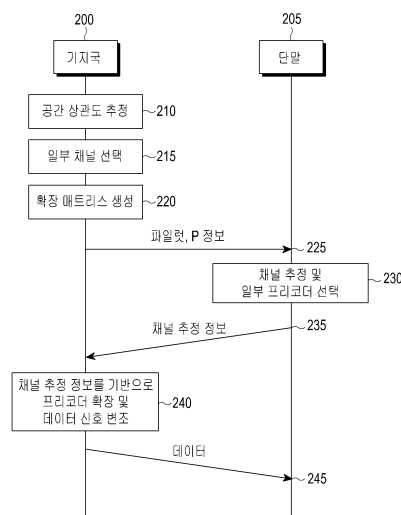
심사관 : 유환욱

(54) 발명의 명칭 공간 상관도를 갖는 채널 피드백 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은, 공간 상관도를 갖는 채널에서 기지국이 데이터 신호를 송수신하는 방법에 있어서, 상기 채널에 대한 공간 상관도를 추정하는 과정과, 상기 추정의 결과를 기반으로, 상기 채널 중 일부 채널을 선택하고, 상기 선택된 일부 채널을 통해서 채널 추정을 위한 신호를 송신하는 과정과, 상기 단말로부터 상기 신호를 기반으로 추정된 채널 추정 정보를 수신하고, 상기 채널 추정 정보를 이용하여 상기 채널을 통해서 단말에게 송신할 데이터 신호를 생성하는 과정을 포함한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

최일규

서울특별시 양천구 목동서로2길 22 한신청구아파트
102동 1002호

곽영우

경기도 수원시 영통구 센트럴파크로 34 광고센트럴
타운 62단지아파트 6209동 1402호

이효진

경기도 수원시 영통구 영통로331번길 58-7 래미안
302호

지형주

서울특별시 송파구 올림픽로 99 잠실엘스아파트
107동 702호

김윤선

경기도 성남시 분당구 내정로 186 파크타운대림아
파트 103동 803호

(56) 선행기술조사문헌

KR1020100099800 A

KR1020100110196 A

KR1020110091999 A

KR1020130071494 A

KR1020150104438 A

US20110274188 A1

US20120214500 A1

US20130028344 A1

명세서

청구범위

청구항 1

무선 통신 시스템에서 기지국에서의 채널 피드백 방법에 있어서,

복수의 채널들 중 적어도 하나의 채널을 상기 기지국과 단말 사이의 상기 복수의 채널들에 대한 공간 상관도를 기반으로 선택하는 과정;

상기 선택된 적어도 하나의 채널을 기반으로 상기 복수의 채널들 중 남은 채널들을 추정하는 과정;

상기 추정된 남은 채널들과 상기 선택된 적어도 하나의 채널을 사용하여 상기 복수의 채널들에 대한 매트릭스를 획득하는 과정;

상기 선택된 적어도 하나의 채널을 통해 파일럿(pilot) 신호 및 상기 매트릭스에 대한 정보를 송신하는 과정;

상기 적어도 하나의 채널에 대한 제1 프리코더(precoder) 및 CQI(channel quality indicator)를 상기 단말로부터 수신하는 과정;

상기 제1 프리코더 및 상기 매트릭스를 기반으로 상기 복수의 채널들에 대한 제2 프리코더를 획득하는 과정; 및
상기 제2 프리코더를 사용하여 상기 복수의 채널들을 통해 상기 CQI와 관련된 데이터 신호를 상기 단말에 송신하는 과정을 포함하되,

상기 제1 프리코더는 상기 파일럿 신호 및 상기 매트릭스에 기반하여 추정된 상기 적어도 하나의 채널의 채널 정보를 사용하여 선택됨을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 채널들의 상기 공간 상관도는,

상기 단말로부터 수신한 업링크 신호를 기반으로 추정됨을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 복수의 채널들의 상기 공간 상관도는,

상기 단말로부터 수신됨을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 프리코더는,

상기 기지국이 상기 제2 프리코더를 사용할 경우에 대해 추정된 상기 CQI가 최대값을 갖도록 선택됨을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 데이터 신호는,
 상기 CQI와 관련된 변조방식 및 코드 레이트(code rate)에 따라 변조됨을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 적어도 하나의 채널은,
 미리 결정된 조건을 만족함을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

무선 통신 시스템에서 단말에서의 채널 피드백 방법에 있어서,
 적어도 하나의 채널을 통해 파일럿(pilot) 신호 및 복수의 채널들에 대한 매트릭스 정보를 기지국으로부터 수신하는 과정, 여기서, 상기 적어도 하나의 채널은 상기 기지국과 상기 단말 사이의 복수의 채널들에 대한 공간 상관도를 기반으로 상기 복수의 채널들 중에서 선택됨;
 상기 파일럿 신호를 기반으로 상기 적어도 하나의 채널의 채널 정보를 추정하는 과정;
 상기 채널 정보 및 상기 매트릭스 정보를 사용하여 상기 적어도 하나의 채널에 대한 제1 프리코더(precoder)를 획득하는 과정;
 상기 제1 프리코더의 인덱스 및 CQI(channel quality indicator)를 상기 기지국으로 송신하는 과정; 및
 상기 복수의 채널들에 대한 제2 프리코더를 사용하여 상기 복수의 채널들을 통해 상기 CQI와 관련된 데이터 신호를 상기 기지국으로부터 수신하는 과정을 포함하되,
 상기 제2 프리코더는 상기 제1 프리코더 및 상기 매트릭스 정보를 기반으로 획득되고,
 상기 매트릭스 정보에 의해 지시되는 매트릭스는 상기 선택된 적어도 하나의 채널 및 상기 선택된 적어도 하나의 채널에 기반하여 상기 복수의 채널들로부터 추정된 남은 채널들을 사용하여 획득됨을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,
 상기 복수의 채널들에 대한 상기 공간 상관도를 추정하는 과정; 및
 상기 추정된 공간 상관도의 결과를 상기 기지국으로 송신하는 과정을 더 포함하는 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,
 상기 제1 프리코더는,
 상기 기지국이 상기 제2 프리코더를 사용할 경우에 대해 추정된 상기 CQI가 최대값을 갖도록 선택됨을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,
 상기 데이터 신호는,
 상기 CQI와 관련된 변조 방식 및 코드 레이트(code rate)에 따라 변조됨을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

제7항에 있어서,
 상기 적어도 하나의 채널은,
 미리 결정된 조건을 만족함을 특징으로 하는 방법.

청구항 12

무선 통신 시스템에서 채널 피드백에 대한 기지국에 있어서,
 복수의 채널들 중 적어도 하나의 채널을 상기 기지국과 단말 사이의 상기 복수의 채널들에 대한 공간 상관도를 기반으로 선택하고,
 상기 선택된 적어도 하나의 채널을 기반으로 상기 복수의 채널들 중 남은 채널들을 추정하고,
 상기 추정된 남은 채널들과 상기 선택된 적어도 하나의 채널을 사용하여 상기 복수의 채널들에 대한 매트릭스를 획득하도록 구성된 제어부; 및
 상기 선택된 적어도 하나의 채널을 통해 파일럿(pilot) 신호 및 상기 매트릭스에 대한 정보를 송신하고,
 상기 적어도 하나의 채널에 대한 제1 프리코더(precoder) 및 CQI(channel quality indicator)를 상기 단말로부터 수신하도록 구성된 송수신부;를 포함하되,
 상기 복수의 채널들에 대한 제2 프리코더는 상기 제1 프리코더 및 상기 매트릭스 정보를 기반으로 획득되고,
 상기 제어부는 상기 송수신부가 상기 제2 프리코더를 사용하여 상기 복수의 채널들을 통해 상기 CQI와 관련된 데이터 신호를 상기 단말로 송신하도록 제어하고, 및
 상기 제1 프리코더는 상기 매트릭스 및 상기 파일럿 신호를 기반으로 추정된 상기 적어도 하나의 채널의 채널 정보를 사용하여 선택됨을 특징으로 하는 기지국.

청구항 13

제12항에 있어서,
 상기 복수의 채널들의 상기 공간 상관도는,
 상기 단말로부터 수신한 업링크 신호를 기반으로 추정됨을 특징으로 하는 기지국.

청구항 14

제12항에 있어서,
 상기 복수의 채널들의 상기 공간 상관도는,
 상기 단말로부터 수신됨을 특징으로 하는 기지국.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 제1 프리코더는,

상기 기지국이 상기 제2 프리코더를 사용할 경우에 대해 추정된 상기 CQI가 최대값을 갖도록 선택됨을 특징으로 하는 기지국.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 데이터 신호는,

상기 CQI와 관련된 변조방식 및 코드 레이트(code rate)에 따라 변조됨을 특징으로 하는 기지국.

청구항 17

제12항에 있어서,

상기 적어도 하나의 채널은,

미리 결정된 조건을 만족함을 특징으로 하는 기지국.

청구항 18

무선 통신 시스템에서 채널 피드백에 대한 단말에 있어서, 적어도 하나의 채널을 통해 파일럿(pilot) 신호 및 복수의 채널들에 대한 매트릭스 정보를 기지국으로부터 수신하도록 구성된 송수신부; 여기서, 상기 적어도 하나의 채널은 상기 기지국과 상기 단말 사이의 복수의 채널들에 대한 공간 상관도를 기반으로 상기 복수의 채널들 중에서 선택됨, 및

상기 파일럿 신호를 기반으로 상기 적어도 하나의 채널의 채널 정보를 추정하고,

상기 채널 정보 및 상기 매트릭스 정보를 사용하여 상기 적어도 하나의 채널에 대한 제1 프리코더(precoder)를 획득하고,

상기 제1 프리코더의 인덱스 및 CQI(channel quality indicator)을 상기 기지국으로 송신하도록 상기 송수신부를 제어하고, 및

상기 복수의 채널들에 대한 제2 프리코더를 사용하여 상기 복수의 채널들을 통해 상기 CQI와 관련된 데이터 신호를 상기 기지국으로부터 수신하도록 상기 송수신부를 제어하도록 구성된 제어부;를 포함하되,

상기 제2 프리코더는 상기 제1 프리코더 및 상기 매트릭스 정보를 기반으로 획득되고,

상기 매트릭스 정보에 의해 지시되는 매트릭스는 상기 선택된 적어도 하나의 채널 및 상기 선택된 적어도 하나의 채널에 기반하여 상기 복수의 채널들로부터 추정된 남은 채널들을 사용하여 획득됨을 특징으로 하는 단말.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 복수의 채널들에 대한 상기 공간 상관도를 더 추정하고,

상기 추정된 공간 상관도의 결과를 상기 기지국으로 송신하도록 상기 송수신부를 더 제어하도록 구성됨을 특징으로 하는 단말.

청구항 20

제18항에 있어서,

상기 제1 프리코더는,

상기 기지국이 상기 제2 프리코더를 사용할 경우에 대해 추정된 상기 CQI가 최대값을 갖도록 선택됨을 특징으로 하는 단말.

청구항 21

제18항에 있어서,

상기 데이터 신호는,

상기 CQI와 관련된 변조 방식 및 코드 레이트(code rate)에 따라 변조됨을 특징으로 하는 단말.

청구항 22

제18항에 있어서,

상기 적어도 하나의 채널은,

미리 결정된 조건을 만족함을 특징으로 하는 단말.

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 공간 상관도를 갖는 채널을 피드백하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] Massive MIMO(Multi Input Multi Output) 시스템은 기지국에 수십, 혹은 수백 개의 안테나들을 설치함에 따라 간단한 선형 프리코더(precoder)를 통해서도 fast fading, 사용자 간 간섭, 셀 간 간섭 등과 같이 해당 시스템의 성능을 저하시키는 요소들을 제거할 수 있는 장점을 갖는다. 그리고, 이러한 massive MIMO 시스템의 장점을 획득하기 위해서는, 기지국이 정확한 채널 정보를 인지하고 있다는 전제를 만족해야 한다. 그리하여, 기존의 massive MIMO 방식은 채널 추정 비용이 안테나 수에 영향을 받지 않는 TDD(Time Division Duplexing) 모드에서 진행되었다. 그러나, TDD 모드는 FDD(Frequency Division Duplexing) 모드 대비 주파수 효율이 떨어지는 단점을 갖는다. 이로 인해서, 현재 상용화된 다수의 통신 시스템들은 FDD 모드를 지원하고 있는 상황이다. 따라서 현재 상용화된 다수의 통신 시스템들과의 호환성을 고려하여 FDD 모드에서 massive MIMO 방식을 구현하는 기술이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명은 일부 채널들을 이용하여 대용량 채널 전체를 추정하는 방법 및 장치를 제안한다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명의 실시 예에 따른 방법은; 공간 상관도를 갖는 채널에서 기지국이 데이터 신호를 송수신하는 방법에 있어서, 상기 채널에 대한 공간 상관도를 추정하는 과정과, 상기 추정의 결과를 기반으로, 상기 채널 중 일부 채널을 선택하고, 상기 선택된 일부 채널을 통해서 채널 추정을 위한 신호를 송신하는 과정과, 상기 단말로부터 상기 신호를 기반으로 추정된 채널 추정 정보를 수신하고, 상기 채널 추정 정보를 이용하여 상기 채널을 통해서 단말에게 송신할 데이터 신호를 생성하는 과정을 포함한다.

[0005] 본 발명의 실시 예에 따른 다른 방법은; 공간 상관도를 갖는 채널을 피드백하는 방법에 있어서, 상기 공간 상관도의 추정치를 기반으로 선택된 일부 채널을 통해서 채널 추정을 위한 신호를 수신하는 과정과, 상기 신호를 기반으로 상기 일부 채널을 추정하는 과정과, 상기 일부 채널의 추정치를 기반으로 추정된 상기 채널에 대한 추정 정보를 상기 기지국으로 피드백하는 과정을 포함한다.

[0006] 본 발명의 실시 예에 따른 장치는; 공간 상관도를 갖는 채널에서 데이터를 송수신하는 장치에 있어서, 상기 채널에 대한 공간 상관도를 추정하고, 상기 추정의 결과를 기반으로, 상기 채널 중 일부 채널을 선택하고, 상기 선택된 일부 채널을 통해서 채널 추정을 위한 신호를 송신하도록 송수신부를 제어하고, 상기 단말로부터 상기 신호를 기반으로 추정된 채널 추정 정보를 수신하고, 상기 채널 추정 정보를 이용하여 상기 채널을 통해서 상기 단말에게 송신하도록 상기 송수신부를 제어하는 제어부를 포함한다.

[0007] 본 발명의 실시 예에 따른 다른 장치는; 공간 상관도를 갖는 채널을 피드백 장치에 있어서, 상기 공간 상관도의 추정치를 기반으로 선택된 일부 채널을 통해서 채널 추정을 위한 신호를 수신하는 송수신부와, 상기 신호를 기반으로 상기 일부 채널을 추정하고, 상기 일부 채널의 추정치를 기반으로 상기 채널에 대한 추정 정보를 기지국으로 피드백하도록 제어하는 제어부를 포함한다.

발명의 효과

[0008] 본 발명은, 다수의 안테나들로 구성되는 대용량 채널의 일부 채널을 이용하여 채널을 추정하고, 추정된 결과를 기반으로 전체 채널을 추정함으로써, 기존 채널 추정을 위한 동작의 복잡도 및 자원을 감소시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 FDD 모드를 사용하는 일반적인 MIMO 시스템에서 채널 피드백 동작의 일 예,
 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 massive MIMO 시스템에서 채널 피드백 동작의 일 예,
 도 3a는 본 발명의 실시 예에 따라 선택된 채널의 일 예를 나타낸 도면,
 도 3b는 본 발명의 실시 예에 따라 단말이 피드백한 일부 프리코더를 기반으로 전체 채널을 위한 프리코더 확장의 일 예를 나타낸 도면,
 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 기지국의 동작 흐름도의 일 예,
 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 단말 동작의 일 예,
 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 기지국의 장치 구성도의 일 예,

도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 단말의 장치 구성도의 일 예.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예에 대한 동작 원리를 상세히 설명한다. 도면상에 표시된 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 참조번호로 나타내었으며, 다음에서 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0011] 도 1은 FDD 모드를 사용하는 일반적인 MIMO 시스템에서 채널 피드백 동작의 일 예를 나타낸다. 이하, 본 명세서에서 기지국은 일 예로, LTE(Long Term Evolution) 시스템에서 동작하는 ENB(Evolved Node B) 또는 Node B 등에 해당한다. 그리고, 단말은 사용자에게 의해서 조작되는 UE(User Equipment)에 해당한다.

[0012] 도 1을 참조하면, 110단계에서 기지국(100)은 자신이 구비한 안테나들 각각을 통해서 단말에게 다운링크(downlink) 파일럿(Pilot)을 송신한다. 설명의 편의상, 도 1은 단일 셀, 단일 사용자 및 단일 스트림 환경을 예로 들어 설명한다. 그러나, 도 1의 동작은 다중 셀, 다중 사용자 및 다중 스트림 환경에서도 확장하여 사용 가능하다. 일 예로, 상기 기지국(100)이 구비한 총 안테나의 수가 M개이고, 상기 단말(105)이 구비한 안테나의 수가 1인 경우를 가정하자. 이 경우, 상기 기지국(100)이 다운링크 파일럿을 송신하는 시간은 상기 총 안테나의 수 M에 비례한다. 그리고, 상기 기지국(100) 및 단말(105)간의 채널은 공간적으로 상관되어(correlated) 있는 경우를 가정하자. 이후 115단계에서 단말(105)은 수신한 다운링크 파일럿을 기반으로 상기 기지국(100)과의 채널 h 를 추정하고, 미리 저장하고 있는 코드북(codebook)에서 수신 성능을 최대화 시킬 수 있는 프리코더를 선택한다. 상기 채널은 $M \times 1$ 크기의 벡터 h 로 하기 <수학식 1>과 같이 나타내어질 수 있다.

[0013] <수학식 1>

$$h = R^{1/2} h_w$$

[0014]

[0015] 여기서, h_w 는 레일리 페이딩 채널(Rayleigh fading channel)을 나타내고, 공간 상관 매트릭스(spatial

correlation matrix) R 는 $R = E\{h^H h\}$ 로 나타내어진다.

[0016] 그리고, 120단계에서 상기 단말(105)은 상기 기지국(100)에게 채널 추정 정보를 전달한다. 상기 채널 추정 정보는 일 예로, 상기 추정된 채널 품질 지시자(CQI: Channel Quality indicator)와, 상기 선택된 프리코더를 지시하는 PMI(precoder matrix indicator)를 포함할 수 있다. 여기서, CQI는 상기 단말(105)의 수신 성능을 나타내는 지표로 볼 수 있으며, 하기 <수학식 2>와 같이 계산될 수 있다.

[0017] <수학식 2>

$$CQI = \frac{|h^H f|^2 E_s}{N_0}$$

[0018]

[0019] 여기서, E_s 는 사용자가 상기 선택한 프리코더를 통해서 데이터를 송신 시 사용하는 단말(105)의 파워(power)를 나타내고, N_0 는 기지국이 상기 데이터를 수신할 때 발생하는 잡음의 백색 가우시안(Gaussian) 잡음의 분산을 나타낸다.

[0020] 그리고, 상기 코드북이 2^B 개의 프리코더로 구성된다. $W = \{w_1, \dots, w_{2^B}\}$ 라고 가정하면, 하기 <수학식 3>에 따라 상기 CQI를 최대화하는 프리코더 f 를 선택할 수 있다. 상기 PMI는 B 비트로 표현 가능하다.

[0021] <수학식3>

$$f = \underset{w \in W}{\operatorname{argmax}} |h^H w|^2$$

[0022]

[0023] 여기서, w 는 코드북에 포함된 프리코더들 중 임의의 프리코더를 나타낸다.

[0024] 그러면, 125단계에서 상기 기지국(100)은 저장하고 있는 MCS(modulation and coding scheme) 테이블에서 상기 수신한 CQI에 매핑되는 MCS 레벨을 선택한다. 그리고, 선택된 MCS 레벨에 대응하는 변조 차수(modulation order) 및 코드 레이트(code rate)를 이용하여 상기 단말(105)로 송신할 데이터를 변조하고, 변조된 데이터를 상기 수신한 PMI에 해당하는 프리코더에 싣는다. 그리고, 130단계에서 상기 기지국(100)은 상기 변조된 데이터를 상기 단말(105)에게 송신한다.

[0025] 상기한 바와 같은 채널 피드백 동작은 상기 기지국(100)의 총 안테나 수 M 에 비례하는 자원이 요구된다. 여기서, 자원은 상기 단말(105)이 수행하는 연산량 및 그 연산에 필요한 전력 및 시간 등을 의미한다. 구체적인 예

로, 상기 단말(105)이 코드북을 검색하기 위해서는, 벡터(vector) 곱 연산 $|h^H w|^2$ 을 2^B 번 수행해야 한다.

그러므로, $M \times 2^B$ 에 비례하는 자원이 필요하다. 그리고, 상기 채널 추정 정보를 피드백하는 동작에서도 B 에 비례하는 자원이 필요하게 된다. 뿐만 아니라, 상기 채널 피드백 동작에서 피드백 비트 수와 안테나 수는 상기 <수학식4>와 같이 근사화되는 유효(effective) 채널 이득(gain)을 통해 비례해야 함을 알 수 있다.

[0026] <수학식 4>

$$|h^H f|^2 \approx \|h\|^2 \left(1 - 2^{-\frac{B}{M-1}}\right)$$

[0027]

[0028] 그러므로, 많은 수의 안테나를 사용하는 massive MIMO 시스템에 상기한 채널 피드백 동작을 적용할 경우, 대부분의 자원이 상기 채널 추정 및 프리코더 선택 과정에서 소비되므로, 실질적으로 데이터 통신을 위한 자원이 부족하게 된다. 또한, 충분한 자원이 존재한다 하더라도, massive MIMO 시스템을 지원하는 코드북의 크기가 상당히 크기 때문에, 이러한 코드북의 생성 자체가 어려우며, 이를 저장하기 위한 대용량의 메모리(memory)가 필요하다.

[0029] 그러므로, 이하 본 발명의 실시 예에서는 massive MIMO 시스템에서 전체 채널들 중 일부 채널들을 선택하고, 선택된 일부 채널들을 이용하여 전체 채널을 추정하는 방법을 제안한다.

[0030] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 massive MIMO 시스템에서 채널 피드백 동작의 일 예를 나타낸다. 설명의 편의상, 도 2 역시 도 1에서 가정한 단일 스트림 환경을 기반으로 설명한다. 하지만, 본 발명 역시 다중 스트림 환경에서도 적용 가능하다.

[0031] 도 2를 참조하면, 210단계에서 기지국(200)은 일 예로, 단말(205)의 업링크 파일럿(uplink Pilot)을 통해서 공간 상관도를 측정한다. 일반적으로, 공간 상관도는 업링크와 다운링크(downlink)가 매우 유사하다고 알려져 있기 때문에, 본 발명은 다운링크 환경을 다루지만 업링크 공간 상관도를 이용할 수 있다. 또는, 다른 실시 예에 따라 상기 단말(205)이 추정된 공간 상관도를 상기 단말(205)로부터 피드백받아 이용할 수도 있다.

[0032] 그러면, 215단계에서 상기 기지국(200)은 자신이 추정하거나, 상기 단말(205)로부터 획득한 공간 상관도를 기반으로, 전체 채널들 중 일부 채널들을 선택한다. 상기 선택 과정은, 고정(default)된 선택 매트릭스(selection matrix) S 에 상응하게 채널들을 선택하거나, 현재 채널 상태를 고려하여 유효 채널 이득을 최대화시키도록 매번 다르게 선택할 수도 있다. 예를 들어, 현재 안테나 간 상관도가 상대적으로 높은 상황일 경우, 상기 기지국(100)은 비교적 상관도가 작은 안테나들 예를 들어, 전체 안테나 구성에서 각 엣지(edge)에 위치한 안테나들만으로 구성되는 선택 매트릭스(selection matrix) S 를 사용할 수 있다. 상기 기지국(100)은 전체 안테나 M 개 중 일부의 L 개를 선택하여 채널 추정에 필요한 자원을 감소시킬 수 있게 한다.

[0033] 이후, 220단계에서 상기 기지국(200)은 본 발명의 실시 예에 따른 확장 매트릭스(Expansion matrix)를 획득한다. 본 발명의 실시 예에 따른 상기 확장 매트릭스는 하기 <수학식 7> 과 <수학식 8>을 이용하여 계산된

다. 앞서 설명한, 도 210단계 내지 220 단계는 채널의 공간 상관도 영향을 받는다. 이때, 공간 상관도는 추정된 채널 h 와 비교했을 때 매우 천천히 변한다. 따라서, 공간 상관도의 추정이, 매 채널 추정 전에 이뤄질 필요는 없다. 그러므로, 채널 h 는 변화하였지만 공간 상관도는 변하지 않은 경우, 이전에 사용했던 선택 매트릭스 S 와 확장 매트릭스를 그대로 사용할 수 있다.

[0034] 먼저, 전체 채널 h 는 상기 기지국(200)이 단말(205)로부터 피드백받는 일부 채널 h_s 과 나머지 부분 h_e 로 분리하여 하기 <수학식 5>와 같이 나타내어질 수 있다.

[0035] <수학식 5>

$$h = S^H h_s + E^H h_e$$

[0036]

[0037] 여기서, E 는 크기가 $(M-L) \times M$ 인 에러 매트릭스(error matrix)로 정의되고, 선택 매트릭스 S 에 의해 선택되지 않은 나머지 $M-L$ 개의 채널 h_e 을 $h_s = E h_e$ 와 같이 나타내는데 사용한다. 본 발명의 실시 예에서는 단말(205)로부터 피드백 받지 않는 상기 h_e 를, 상기 단말(205)로부터 피드백 h_s 를 이용하여 추정한다. 상기 기지국(200)과 상기 단말(205)간의 채널에는 공간적 상관(spatial correlation)이 존재한다. 그러므로, h_e 는 h_s 를 이용하여 계산될 수 있는 부분과, h_s 와 독립적으로 존재하는 부분으로 구성된다. 이를 기반으로, 상기 h_e 는 하기 <수학식 6>과 같이 나타내어질 수 있다.

[0038] <수학식 6>

$$h_e = A h_s + b$$

[0039]

[0040] 여기서, A 는 h_s 가 h_e 에 포함된 비율을 나타내고, b 는 h_s 에 독립적인 부분을 나타낸다.

[0041] 그리고, h_s 와 B 의 독립적인 성질을 이용하면, 매트릭스 A 와 벡터 b 를 하기 <수학식 7>과 같이 계산할 수 있다.

[0042] <수학식 7>

$$\begin{aligned} h_e &= A h_s + b \\ E \{ h_e h_s^H \} &= E R S^H = A S R S^H \Rightarrow A = E R S^H (S R S^H)^{-1} \\ b &= (E - A S) h \end{aligned}$$

[0043]

[0044] 그런 다음, 상기 <수학식 6>을 상기 <수학식 5>에 대입하면, 하기 <수학식 8>과 같이 정리된다.

[0045] <수학식 8>

$$\begin{aligned} h &= S^H h_s + E^H (A h_s + b) = (S^H + E^H A) h_s + E^H b \\ &= P h_s + e \end{aligned}$$

[0046]

[0047] 여기서, P 는 확장 매트릭스이고, e 는 확장 에러이며, 각각 $P = S^H + E^H A$ 및 $e = E^H b$ 로 나타내어진다.

[0048] 결과적으로, 225단계에서 상기 기지국(200)은 상기 <수학식 8>을 통해서 획득한 확장 매트릭스 P 의 정보를 제어(control) 채널을 통해서 전송한다.

[0049] 그리고, 상기 기지국(200)은 상기 선택된 일부 채널들을 통해서 다운로드 파일럿을 상기 단말(205)에게 전달한다.

[0050] 그러면, 230단계에서 상기 단말(205)은 수신된 다운링크 파일럿을 기반으로 선택된 일부 채널을 추정하고, 추정된 채널 정보와 상기 확장 매트릭스를 기반으로 프리코더(이하, '일부 프리코더'라 칭함)를 선택한다.

[0051] 도 3a는 본 발명의 실시 예에 따라 선택된 일부 채널의 일 예를 나타낸 도면이다.

[0052] 도 3a는 상기 기지국(200)이 크기가 $M \times 1$ 인 전체 채널 $h(300)$ 에서 M 보다 작은 수의 L 개의 안테나를 선택한 경우, $L \times 1 (L < M)$ 크기의 채널 $h_s(305)$, 이하, '일부 채널'이라 칭함)을 나타낸다. 여기서, 전체 채널 $h(300)$ 를 구성하는, 음영 표기된 부분 블록들이 $M \times 1$ 크기의 채널에 대응하고, 상기 일부 채널 $h_s(305)$ 에서 음영 표기된 부분 블록들이 $L \times 1 (L < M)$ 크기의 일부 채널에 대응한다.

[0053] 결과적으로, 본 발명의 실시 예에 따른 상기 단말(205)은 전체 채널 $h(300)$ 대신 상기 일부 채널 $h_s(305)$ 를 추정한다. 여기서, 일부 채널 h_s 는 전체 채널 h 에 크기가 $L \times M$ 인 선택 매트릭스 S 를 곱하여 계산될 수 있다. 예를 들어, M 이 4일 때, L 이 2인 채널이 선택된 경우를 가정하자. 이 경우, 전체 채널 h , 선택 매트릭스 S 및 일부 채널 h_s 는 하기 <수학식9>와 같이 나타내어진다.

[0054] <수학식 9>

$$h = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix}, s = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, h_s = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_3 \end{bmatrix}$$

[0055]

[0056] 그리고 나서, 상기 단말(205)은 상기 일부 채널 h_s 와 상기 수신한 확장 매트릭스를 이용하여 상기 기지국(200)이 전체 채널에 대한 확장 프리코더를 사용할 경우의 CQI를 추정한다. 그리고, 미리 저장하고 있는

$W = \{w_1, \dots, w_{2^B}\}$ 에서 상기 추정된 CQI 값을 최대화시키는 크기가 $L \times 1$ 인 프리코더 f (이하, '일부 프리코더'라 칭함)를 선택한다. 상기 확장 프리코더에 대해서는, 하기에서 상세히 후술하기로 한다.

[0057] 상기 일부 채널 h_s 는 전체 채널 h 에 비해 디멘션(dimension)이 작은 채널이므로, 기존의 MIMO 시스템에서 사용하는 바와 같이, h_s 의 분포에 따라 RVQ(Random Vector Quantization) 또는 DFT(discrete Fourier transform) 방식으로 코드북을 형성할 수 있다. 이때, 상기 기지국(200)이 전체 채널을 위한 확장 프리코더를 사용할 경우 추정된 CQI를 계산하기 위해서는, 상기 <수학식 2>와 하기 <수학식 13>를 이용하여 하기 <수학식 14>가 유도된다. 구체적으로, 상기 일부 채널 h_s 와 전체 채널 h 와의 관계를 나타내는 상기 <수학식 8>을 기반으로, h_s 를 이용하여 선택한 일부 프리코더 f 와 전체 채널 h 에서 사용할 확장 프리코더 f_p 간의 관계는 하기 <수학식 10>과 같다. 하기 <수학식 10>은 상기 일부 프리코더 f_p 의 놈(norm)을 1로 맞추기 위한 정규화(normalize)를 수행한 것으로, 단말(205)이 인지할 수 없는 확장 에러 부분은 제외된 상태이다.

[0058] <수학식 10>

$$f_p = Pf / \sqrt{f^H P^H Pf}$$

[0059]

[0060] 그리고, 상기 전체 프리코더 f_p 를 사용할 경우, 전체 유효 채널 이득은 하기 <수학식 11>과 같이 나타내어진다.

[0061] <수학식 11>

$$|h^H f_p|^2 = \frac{|(Ph_s + e)^H P f|^2}{f^H P^H P f}$$

[0062]

[0063] 한편, 상기 확장 에러 e 는 상기 단말(205)이 인지할 수 없는 부분이므로, 상기 전체 유효 채널 이득에 대해 하기 <수학식 12>와 같이 평균화를 수행한다.

[0064] <수학식 12>

$$E\{|h^H f_p|^2\} = \frac{f^H P^H P h_s h_s^H P^H P f + f^H P^H R_e P f}{f^H P^H P f}$$

[0065]

[0066] 여기서, R_e 는 확장 에러 공분산(covariance) 매트릭스로, $E^H(E-AS)R(E^H-S^H A^H)E$ 와 같이 나타내어진다. 그리고, 상기 <수학식 12>의 분자는 일부 채널 h_s 관련 부분($f^H P^H P h_s h_s^H P^H P f$)과 상기 확장 에러 공분산 매트릭스 부분($f^H P^H R_e P f$)으로 구성된다. 이때, 상기 확장 에러 공분산 매트릭스는 기하학적으로 분석하였을 때, 입체타원 형태로 표현할 수 있고, 이 경우, 입체 타원의 중심은 h_s 가 된다. 그러므로, 상기 확장 에러 공분산 매트릭스는 일부 프리코더의 선택에 미비한 영향을 끼친다. 이를 기반으로, 상기 <수학식 12>는 하기 <수학식 13>과 같이 근사화시킬 수 있다.

[0067] <수학식 13>

$$E\{|h^H f_p|^2\} \approx \frac{f^H P^H P h_s h_s^H P^H P f}{f^H P^H P f}$$

[0068]

[0069] 상기 <수학식 13>과 같이 평균 채널 이득이 근사화된 경우, 상기 기지국(200)이 전체 채널에서 사용할 확장 프리코더를 사용할 경우의 CQI는 하기 수학식 <14>와 같이 계산된다.

[0070] <수학식 14>

$$CQI = \left(\frac{f^H P^H P h_s h_s^H P^H P f}{f^H P^H P f} \right) \frac{E_s}{N_0}$$

[0071]

[0072] 그러면, 상기 단말(205)은 하기 <수학식 15>에서와 같이, 상기 CQI가 최대값을 갖는 일부 프리코더 f 를 선택한다.

[0073] <수학식 15>

$$f \approx \underset{w \in W}{\operatorname{argmax}} \frac{w^H P^H P h_s h_s^H P^H P w}{w^H P^H P w}$$

[0074]

[0075] 이후, 235단계에서 상기 단말(205)은 상기 일부 프리코더에 대응하는 PMI와, 상기 기지국(200)이 전체 채널에서 사용할 확장 프리코더를 사용할 경우의 추정된 상기 CQI를 포함하는 채널 추정 정보를 상기 기지국(200)에게 피드백한다. 그러면, 240단계에서 상기 기지국(200)은 상기 채널 추정 정보를 기반으로, 상기 일부 프리코더 f 를 이용하여 상기 <수학식 10>과 같이 전체 채널을 위한 프리코더로 확장한다.

- [0076] 도 3b는 본 발명의 실시 예에 따라 단말이 피드백한 일부 프리코더를 기반으로 하는 전체 채널을 위한 프리코더 확장의 일 예를 나타낸 도면이다.
- [0077] 도 3b를 참조하면, 상기 일부 프리코더 f 는 앞서 설명한 바와 같이 상기 기지국(200)이 파일럿 신호를 송신한 일 예로, 도 3a의 일부 채널 $h_s(305)$ 와 확장 매트릭스를 이용하여 선택된 프리코더(310)이다. 여기서, 상기 일부 프리코더(310)는 전체 채널에서 음영 표기된 부분 블록들을 의미한다. 그리고, 상기 기지국(200)은 상기 일부 프리코더 f 를 기반으로 일 예로, 도 3a의 전체 채널 $h(300)$ 에 대한 확장 프리코더 $f_p(315)$ 를 복원한다. 상기 확장 프리코더 $f_p(315)$ 는 전체 부분 블록들 중 상기 채널 $h_s(305)$ 에 대응하는 부분 블록들뿐만 아니라 나머지 부분 블록들도 커버한다. 이러한 기지국(200)의 복원 동작은 단순히 프리코더의 크기를 확장하는 것이 아니라, 채널 상의 공간 상관성을 이용하여 단말(205)로부터 피드백 받지 못한 채널에 대한 이득을 획득할 수 있다. 구체적으로, 상기 확장 프리코더 f_p 는 앞서 설명한 <수학식 10>과 같이, 선택 프리코더 f 에 크기가 $M \times L_{in}$ 확장 매트릭스 P 가 곱해진 후, 상기 선택 프리코더 f_p 의 놈(norm)을 1로 맞추기 위한 정규화를 수행하여 획득되며, 상기 단말(205)이 인지할 수 없는 확장 예러 부분은 제외한 상태로 표현된다.
- [0078] 그리고 나서, 상기 기지국(200)은 상기 단말 (205)로부터 피드백받은 CQI에 대응하는 변조 차수 및 코드 레이트를 확인한다. 그리고, 확인된 변조 차수 및 코드 레이트를 이용하여 상기 단말(205)에게 송신할 데이터 신호를 변조하여 상기 확장 프리코더에 싣는다. 그리고, 245단계에서 상기 기지국(200)은 상기 변조된 데이터 신호를 상기 단말(205)에게 송신한다.
- [0079] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 기지국의 동작 흐름도의 일 예이다.
- [0080] 도 4를 참조하면, 400단계에서 기지국은 업링크 파일럿 신호를 통해서 기지국과 단말간의 전체 채널에 대한 공간 상관도를 추정한다. 또는, 다른 실시 예에 따라 단말이 상기 전체 채널에 대해 추정한 공간 상관도 정보를 기지국에게 송신한다. 그리고, 405단계에서 상기 기지국은 상기 획득한 추정 결과를 기반으로, 전체 채널 중 일부 채널을 선택한다. 앞서 설명한 바와 같이, 일부 채널의 선택 과정은 디폴트된 선택 매트릭스를 사용하거나, 현재 채널 상태를 반영하여 매번 다르게 선택되는 안테나들로 구성되는 선택 매트릭스를 사용할 수도 있다. 그리고, 상기 기지국은 앞서 설명한 <수학식 7> 과 <수학식 8>을 이용하여 확장 매트릭스를 획득한다. 도 2에서와 마찬가지로, 400 단계 및 405 단계는 채널을 추정할 때마다 매번 이루어 질 필요가 없다. 그리고, 채널 h 는 변화하였지만 공간 상관도는 변하지 않은 경우, 이전에 사용했던 선택 매트릭스와 확장 매트릭스를 그대로 사용할 수 있다. 그리고, 410단계에서 상기 선택된 일부 채널을 통해서 다운링크 파일럿을 송신하고, 컨트롤 채널을 통해서 상기 확장 매트릭스 정보를 송신한다.
- [0081] 이후, 415단계에서 상기 기지국은, 상기 단말로부터 상기 채널 추정을 위한 신호를 기반으로 추정된 채널 추정 정보를 수신한다. 상기 채널 추정 정보는, 상기 단말이 추정한 확장 프리코더를 사용하였을 때의 CQI와, 상기 CQI를 기반으로 선택된 일부 프리코더를 포함한다.
- [0082] 상기 채널 추정 정보가 수신된 경우, 상기 기지국은 420단계에서 상기 채널 추정 정보로부터 획득한 일부 프리코더를 이용하여 상기 <수학식 10>과 같이 전체 채널을 위한 확장 프리코더를 획득한다. 그리고, 상기 기지국은 상기 채널 추정 정보로부터 획득한 CQI에 대응하는 변조 차수와 코드 레이트에 따라서 단말에게 송신할 데이터 신호를 변조하고, 변조된 데이터 신호를 상기 확장 프리코더에 싣는다. 그리고, 425단계에서 상기 기지국은 상기 변조된 데이터를 전체 채널을 통해서 상기 단말에게 송신한다.
- [0083] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 단말 동작의 일 예이다. 여기서, 단말은 실시 예에 따라 기지국과의 채널에 대한 공간 상관도를 추정한 후, 그 추정 결과를 상기 기지국으로 송신할 수도 있다.
- [0084] 도 5를 참조하면, 500단계에서 단말은 기지국이 선택한 일부 채널을 통해서 채널 추정을 위한 신호를 수신한다. 상기 채널 추정을 위한 신호는 상기 기지국이 송신한 파일럿 신호와, 확장 매트릭스의 정보를 포함한다. 상기 확장 매트릭스는 앞서 설명한 <수학식 7> 과 <수학식 8>을 통하여 상기 기지국에 의해서 계산된다. 이때, 채널 h 는 변화하였지만 공간상관도가 변하지 않았을 경우, 이전의 값을 사용할 수 있다. 상기 채널 추정을 위한 신호가 수신된 경우, 505단계에서 상기 단말은 상기 신호를 기반으로 상기 기지국이 선택한 일부 채널을 추정하고, 상기 일부 채널에 대한 추정 결과와 수신한 확장 매트릭스를 기반으로 상기 기지국이 전체 채널에 대한 확장 프리코더를 사용할 경우의 CQI를 추정한다. 그리고, 상기 추정된 CQI값을 최대화시키는 일부 프리코더를 선택한다.

상기 일부 채널은 기지국에 의해서 디폴트된 선택 매트릭스를 사용하거나 선택되거나, 현재 채널 상태를 반영하여 매번 다르게 선택되는 안테나들로 구성되는 선택 매트릭스를 기반으로 선택될 수도 있다. 그리고, 510단계에서 상기 단말은 상기 추정 결과를 기반으로 생성한 채널 추정 정보를 상기 기지국에게 송신한다. 상기 채널 추정 정보는 기지국이 전체 채널에서 사용할 확장 프리코더를 사용할 경우의 CQI를 추정하고, 상기 추정된 CQI를 최대화시키는 일부 프리코더의 PMI를 포함한다.

[0085] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 기지국의 장치 구성도의 일 예이다.

[0086] 도 6을 참조하면, 기지국(600)은 일 예로, 제어부(605)와, 송수신부(610)와, 채널 선택부(615) 및 신호 변조부(620)를 포함한다. 여기서, 상기 기지국(600)의 세부 구성들은 설명의 편의상 동작 별로 구성한 것일 뿐, 사업자의 의도나 실시 예에 따라 하나의 구성이 서브 유닛(sub-unit)들로 분할되거나, 세부 구성들이 하나의 유닛으로 합쳐질 수도 있다.

[0087] 상기 제어부(605)는 도 4에서 설명한 기지국의 전반적인 동작을 제어하고, 상기 송수신부(610), 채널 선택부(615) 및 신호 변조부(620)는 각각 상기 제어부(605)의 제어 하에 동작한다. 먼저, 상기 송수신부(610)는 실시 예에 따라 단말이 채널에 대해 추정한 공간 상관도 정보를 수신하거나, 상기 단말로부터 채널 추정 정보를 수신할 수 있다. 상기 채널 추정 정보는 앞의 설명과 중복되므로 생략한다. 상기 채널 선택부(615)는 도 4의 405단계에 상응하게 일부 채널 선택 및 확장 매트릭스를 생성하도록 동작하고, 신호 변조부(620)는 도 4의 420단계에 상응하게 상기 송수신부(610)를 통해서 수신한 채널 추정 정보를 기반으로 전체 채널을 위한 프리코더 확장 및 채널코딩, 심볼 매핑을 수행하여 단말에게 송신할 데이터 신호를 변조하여 생성한다. 이후, 상기 송수신부(610)는 상기 제어부(605)의 제어 하에 상기 할당된 송신 자원을 사용하여 상기 변조된 데이터 신호를 단말에게 송신한다.

[0088] 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 단말의 장치 구성도의 일 예이다.

[0089] 도 7을 참조하면, 단말(700)은 제어부(705)와, 송수신부(710), 채널 추정부(715)를 포함한다. 마찬가지로, 상기 단말(700)의 구성들은 사업자의 의도나 실시 예에 따라 하나의 장치로 통합되거나 세부 구성들로 분할될 수 있다.

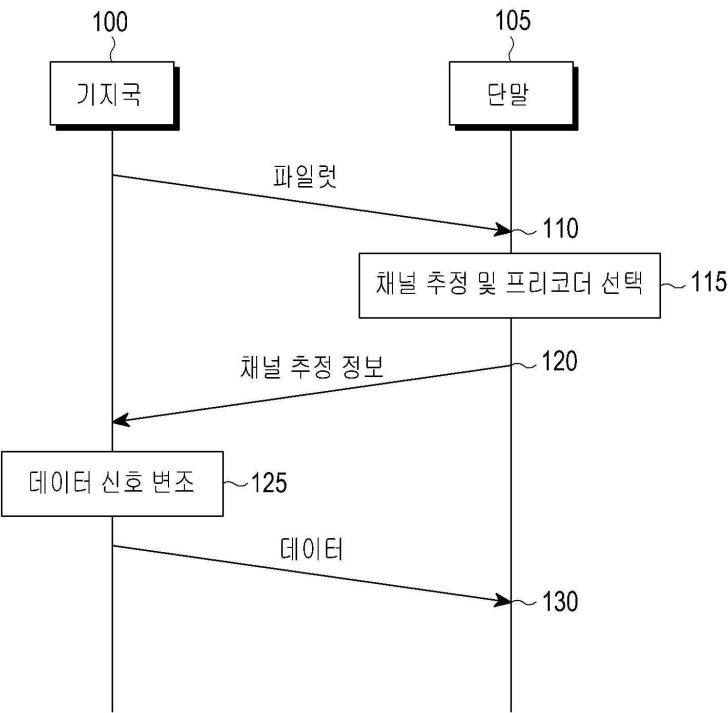
[0090] 상기 제어부(705)는 도 5에서 설명한 단말의 전반적인 동작을 수행한다. 그리고, 상기 송수신부(710)는 기지국이 선택한 일부 채널을 통해서 송신되는 파일럿 및 컨트롤 채널을 통해서 송신되는 채널 추정을 위한 신호(확장 매트릭스)를 수신한다. 상기 일부 채널 및 확장 매트릭스 관련 설명은 앞의 설명과 중복되므로 여기서는 그 상세한 설명을 생략한다.

[0091] 상기 채널 추정부(715)는 도 5의 505단계에 대응하게 채널 추정 관련 정보를 생성한다. 그리고, 송수신부(710)는 상기 단말이 송신한 채널 추정 관련 정보를 기반으로, 일부 프리코더를 이용하여 확장된 전체 채널을 위한 확장 프리코더에 실려서 송신되는 데이터 신호를 기지국으로부터 수신한다.

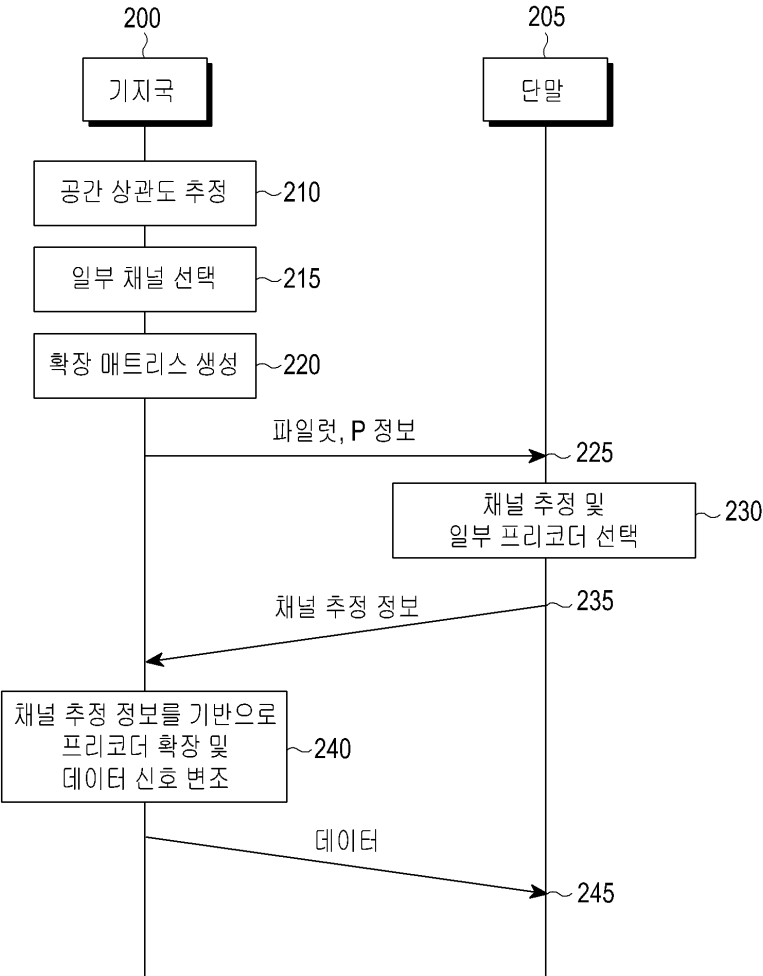
[0092] 한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허 청구의 범위뿐만 아니라 이 특허 청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

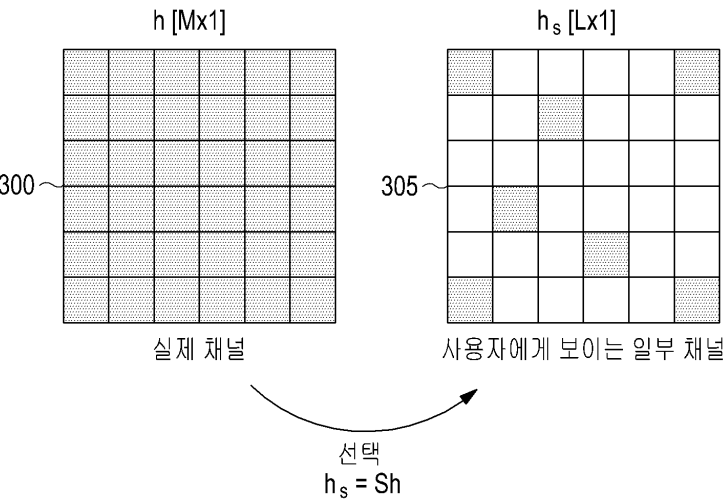
도면1



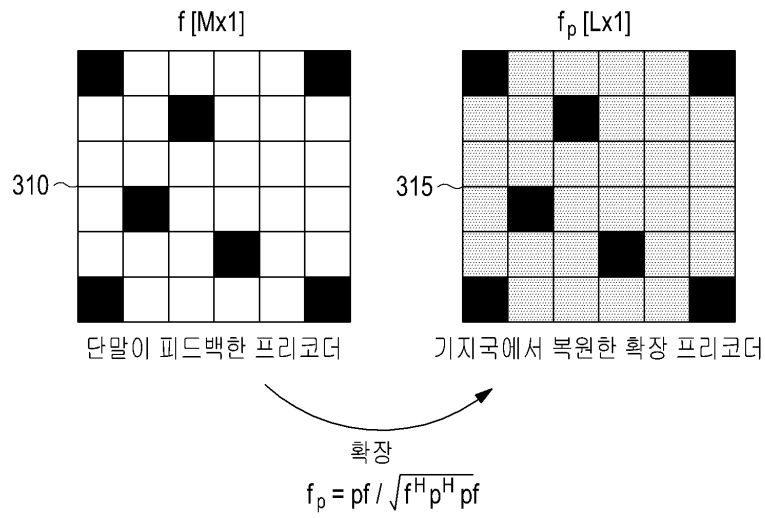
도면2



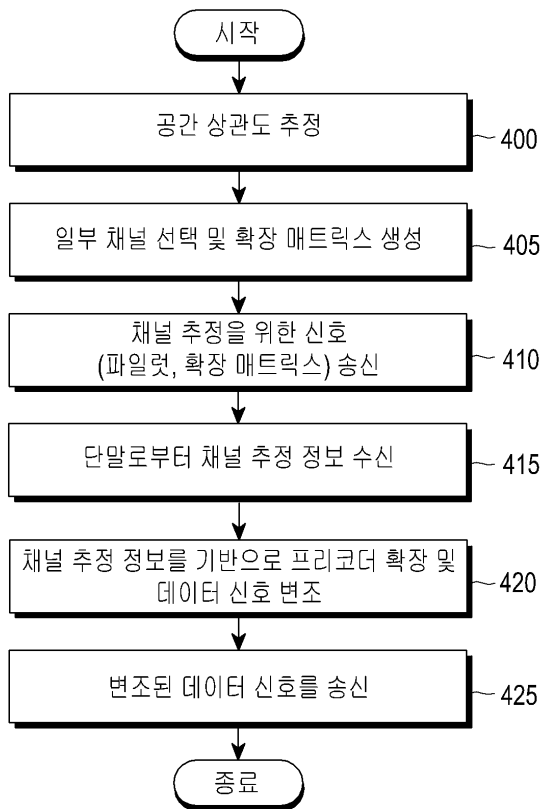
도면3a



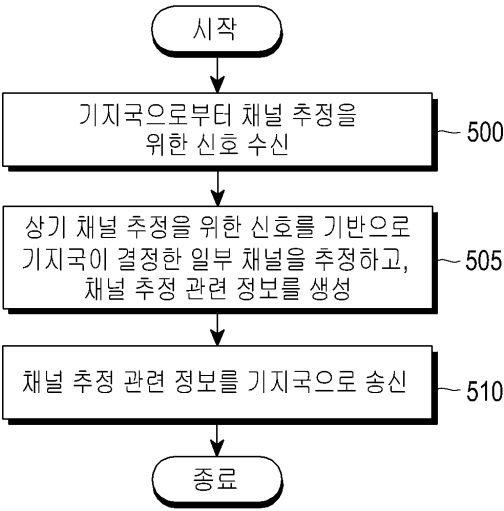
도면3b



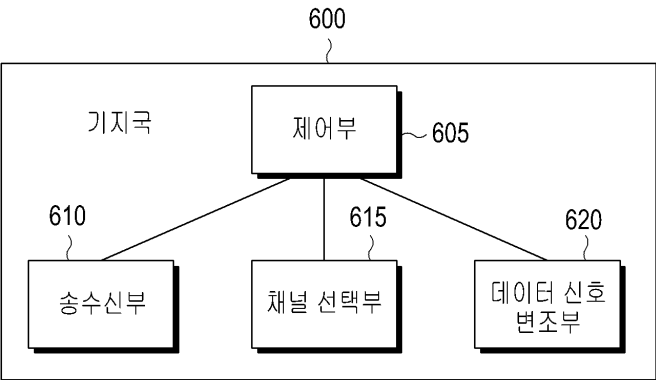
도면4



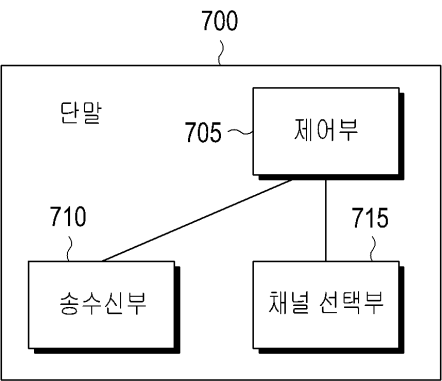
도면5



도면6



도면7



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 13

【변경전】

공간 상제12항에 있어서,
상기 복수의 채널들의 상기 공간 상관도는,
상기 단말로부터 수신한 업링크 신호를 기반으로 추정됨을 특징으로 하는 기지국.

【변경후】

제12항에 있어서,
상기 복수의 채널들의 상기 공간 상관도는,
상기 단말로부터 수신한 업링크 신호를 기반으로 추정됨을 특징으로 하는 기지국.