



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0141080

(43) 공개일자 2015년12월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 1/76 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0069633

(22) 출원일자 2014년06월09일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

주식회사 케이티

경기도 성남시 분당구 불정로 90(정자동)

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

정성한

경기도 성남시 분당구 정자일로 177, C동 2407호 (정자동)

이인규

서울특별시 강남구 선릉로 221, 302동 404호 (도곡동, 도곡렉슬아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

유미특허법인

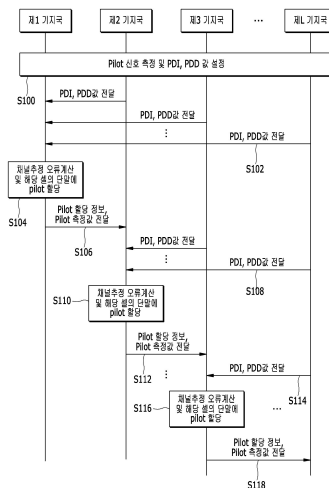
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 파일럿 신호 할당 장치 및 이를 이용한 파일럿 신호 할당 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 파일럿 신호 할당 방법은 이동통신 시스템에서 파일럿 신호를 할당하는 방법에서, 기지국들이 각각의 기지국에 연결된 단말이 전송하는 파일럿 신호를 측정하고, 기지국 별로 간섭정보 및 채널정보를 설정하는 단계, 제1 기지국이 인접한 기지국들로부터 상기 파일럿 신호, 상기 간섭정보 또는 상기 채널정보를 수신하는 단계, 상기 제1 기지국이 수신된 상기 파일럿 신호, 상기 간섭정보 및 상기 채널정보 중 적어도 하나 이상을 이용해 채널 추정 오류를 계산하는 단계, 그리고 상기 제1 기지국이 계산된 상기 채널 추정 오류를 이용하여 제1 기지국과 연결된 단말에 파일럿을 할당하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

강승현

서울특별시 구로구 부일로9길 127, 109동 304호 (운수동, 운수힐스테이트)

공한배

서울특별시 강남구 언주로30길 56, D동 1805호 (도곡동, 타워팰리스)

박주은

서울특별시 성북구 안암로9가길 53, 304호 (안암동5가)

장석주

서울특별시 성북구 인촌로24가길 4-9, 304호 (안암동5가, 세진주택)

명세서

청구범위

청구항 1

이동통신 시스템에서 파일럿 신호를 할당하는 방법에서,

기지국들이 각각의 기지국에 연결된 단말이 전송하는 파일럿 신호를 측정하고, 기지국 별로 간섭정보 및 채널정보를 설정하는 단계,

제1 기지국이 인접한 기지국들로부터 상기 파일럿 신호, 상기 간섭정보 또는 상기 채널정보를 수신하는 단계,

상기 제1 기지국이 수신된 상기 파일럿 신호, 상기 간섭정보 또는 상기 채널정보 중 적어도 하나 이상을 이용해 채널 추정 오류를 계산하는 단계, 그리고

상기 제1 기지국이 계산된 상기 채널 추정 오류를 이용하여 제1 기지국과 연결된 단말에 파일럿을 할당하는 단계

를 포함하는 파일럿 신호 할당 방법.

청구항 2

제1항에서,

상기 간섭정보는,

파일럿을 할당하지 않은 셀이 다른 셀로부터 넘어오는 간섭을 미리 설정한 값을 포함하는 파일럿 신호 할당 방법.

청구항 3

제2항에서,

상기 채널정보는,

파일럿이 할당되지 않은 셀에서 설정한 채널 추정 오류 값을 포함하는 파일럿 신호 할당 방법.

청구항 4

제2항에서,

상기 채널정보는,

특정 셀의 기지국과 상기 특정 셀에 연결된 단말들과의 채널의 공분산(covariance) 값들의 평균을 포함하는 파일럿 신호 할당 방법.

청구항 5

제3항 또는 제4항에서,

상기 제1 기지국이 상기 제1 기지국과 연결된 단말에 할당한 파일럿 할당 정보를 제2 기지국으로 전달하는 단계를 더 포함하는 파일럿 신호 할당 방법.

청구항 6

제5항에서,

상기 제2 기지국이 상기 제1 기지국의 상기 파일럿 할당 정보, 상기 제1 기지국을 제외한 나머지 기지국들의 간섭정보 또는 채널정보를 이용해 채널 추정 오류를 계산하는 단계, 그리고

상기 제2 기지국이 상기 채널 추정 오류를 이용하여 상기 제2 기지국과 연결된 단말에 파일럿을 할당하는 단계

를 더 포함하는 파일럿 신호 할당 방법.

청구항 7

제6항에서,

상기 제2 기지국과 연결된 단말에 파일럿을 할당하는 단계는,

상기 제2 기지국이, 상기 제1 기지국에서 파일럿 신호가 할당된 단말과 같은 파일럿 신호를 사용할 단말을 선택하는 단계

를 포함하는 파일럿 신호 할당 방법.

청구항 8

제1항에서,

복수개의 기지국이 인접한 경우, 상기 복수개의 기지국들이 순차적으로 단말을 선택하고, 상기 제1 기지국과 연결된 단말에 할당된 파일럿과 동일한 파일럿을 상기 선택한 단말에 할당하는 단계

를 더 포함하는 파일럿 신호 할당 방법.

청구항 9

기지국들로부터 파일럿 할당 정보를 수신하거나, 간섭정보 및 채널정보를 수신하는 송수신부,

상기 파일럿 할당 정보, 상기 간섭정보 또는 상기 채널정보 중 적어도 하나 이상을 이용해 채널 추정 오류를 계산하는 계산부, 그리고

계산된 상기 채널 추정 오류를 이용해 특정 셀의 기지국과 연결된 단말에 파일럿을 할당하는 파일럿 할당부

를 포함하는 파일럿 신호 할당 장치.

청구항 10

제9항에서,

상기 송수신부는,

파일럿이 할당된 기지국으로부터 상기 파일럿 할당 정보를 수신하거나, 파일럿이 할당되지 않은 기지국으로부터 상기 간섭정보 및 상기 채널정보를 수신하는 파일럿 신호 할당 장치.

청구항 11

제10항에서,

상기 파일럿 할당부는,

상기 파일럿이 할당된 기지국에서 할당한 파일럿과 동일한 파일럿 신호를 사용할 단말을 선택하는 파일럿 신호 할당 장치.

청구항 12

제10항에서,

상기 파일럿 할당부는,

특정 셀의 기지국과 연결된 단말들 중에, 계산된 상기 채널 추정 오류의 값이 가장 작은 값을 가지는 단말을 특정 파일럿을 사용할 단말로 선택하는 파일럿 신호 할당 장치.

청구항 13

제9항에서,

상기 간섭정보는,

파일럿이 할당되지 않은 기지국이 다른 기지국들로부터 넘어오는 간섭을 미리 설정한 값을 포함하는 파일럿 신호 할당 장치.

청구항 14

제9항에서,

상기 채널정보는,

파일럿이 할당되지 않은 기지국에서 설정한 채널 추정 오류 값 또는 특정 셀의 기지국과 상기 특정 셀에 연결된 단말들과의 채널의 공분산(covariance) 값들의 평균을 포함하는 파일럿 신호 할당 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 파일럿 신호 할당 장치 및 이를 이용한 파일럿 신호 할당 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이동통신 시스템에서 무선 구간의 데이터 전송량 또는 채널용량을 증가시키기 위해 Massive MIMO 기술이 도입되고 있다. 이러한 Massive MIMO 기술이 적용된 기지국은 많은 안테나를 사용함으로써 잡음과 간섭의 영향을 안테나의 수에 반비례하도록 줄이고, MU-MIMO, 빔포밍(Beamforming) 등을 적용하여 무선 구간에서의 데이터 전송량을 증가시킬 수 있다.

[0003] 그리고, 다중 셀 환경에서는 한 셀에 속해있는 단말이 기지국에 파일럿 신호를 전송할 때, 그 신호가 인접 셀의 기지국에 간섭으로 작용하게 된다. 그러므로, 파일럿 신호에 의한 간섭을 최소화하기 위해서는 각 셀에 속해있는 단말들의 수에 인접한 셀의 유저들의 수를 더한 만큼의 직교하는 파일럿 신호가 필요하다.

[0004] 그러나, 직교하는 파일럿의 수의 한계로 다른 셀에 속해 있는 단말들까지 직교하도록 파일럿을 할당할 수 없다. 따라서, 셀은 자신의 커버리지 안에 속해있는 단말이 보내는 파일럿 신호뿐만 아니라, 다른 셀 안의 동일한 파일럿 신호를 사용하는 단말이 보낸 신호도 수신하게 되며, 이 신호들을 토대로 채널을 추정하게 된다. 따라서, 이때 추정되는 채널은 다른 셀로부터 오는 간섭에 의해서 기존의 채널과 다르게 되며, 다른 셀의 직교하지 않은 파일럿을 사용한 단말에게 기지국이 송신하는 신호가 간섭으로 작용하는 파일럿 오염(Pilot contamination)이 발생하는 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 이동통신 시스템에서 전송 용량을 증대시키기 위해 파일럿을 할당하는 파일럿 신호 할당 장치 및 이를 이용한 파일럿 신호 할당 방법을 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 파일럿 신호 할당 방법은 이동통신 시스템에서 파일럿 신호를 할당하는 방법에서, 기지국들이 각각의 기지국에 연결된 단말이 전송하는 파일럿 신호를 측정하고, 기지국 별로 간섭정보 및 채널정보를 설정하는 단계, 제1 기지국이 인접한 기지국들로부터 상기 파일럿 신호, 상기 간섭정보 또는 상기 채널정보를 수신하는 단계, 상기 제1 기지국이 수신된 상기 파일럿 신호, 상기 간섭정보 또는 상기 채널정보 중 적어도 하나 이상을 이용해 채널 추정 오류를 계산하는 단계, 그리고 상기 제1 기지국이 계산된 상기 채널 추정 오류를 이용하여 제1 기지국과 연결된 단말에 파일럿을 할당하는 단계를 포함한다.

[0007] 상기 간섭정보는, 파일럿을 할당하지 않은 셀이 다른 셀로부터 넘어오는 간섭을 미리 설정한 값을 포함할 수 있다.

[0008] 상기 채널정보는, 파일럿이 할당되지 않은 셀에서 설정한 채널 추정 오류 값을 포함할 수 있다.

[0009] 상기 채널정보는, 특정 셀의 기지국과 상기 특정 셀에 연결된 단말들과의 채널의 공분산(covariance) 값들의 평균을 포함할 수 있다.

- [0010] 상기 제1 기지국이 상기 제1 기지국과 연결된 단말에 할당된 파일럿 할당 정보를 제2 기지국으로 전달하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 제2 기지국이 상기 제1 기지국의 상기 파일럿 할당 정보, 상기 제1 기지국을 제외한 나머지 기지국들의 간섭정보 또는 채널정보를 이용해 채널 추정 오류를 계산하는 단계, 그리고 상기 제2 기지국이 상기 채널 추정 오류를 이용하여 상기 제2 기지국과 연결된 단말에 파일럿을 할당하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 제2 기지국과 연결된 단말에 파일럿을 할당하는 단계는, 상기 제2 기지국이, 상기 제1 기지국에서 파일럿 신호가 할당된 단말과 같은 파일럿 신호를 사용할 단말을 선택하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0013] 복수개의 기지국이 인접한 경우, 상기 복수개의 기지국들이 순차적으로 단말을 선택하고, 상기 제1 기지국과 연결된 단말에 할당된 파일럿과 동일한 파일럿을 상기 선택한 단말에 할당하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 파일럿 신호 할당 장치는 기지국들로부터 파일럿 할당 정보를 수신하거나, 간섭정보 및 채널정보를 수신하는 송수신부, 상기 파일럿 할당 정보, 상기 간섭정보 또는 상기 채널정보 중 적어도 하나 이상을 이용해 채널 추정 오류를 계산하는 계산부, 그리고 계산된 상기 채널 추정 오류를 이용해 특정 셀의 기지국과 연결된 단말에 파일럿을 할당하는 파일럿 할당부를 포함한다.
- [0015] 상기 송수신부는, 파일럿이 할당된 기지국으로부터 상기 파일럿 할당 정보를 수신하거나, 파일럿이 할당되지 않은 기지국으로부터 상기 간섭정보 및 상기 채널정보를 수신할 수 있다.
- [0016] 상기 파일럿 할당부는, 상기 파일럿이 할당된 기지국에서 할당된 파일럿과 동일한 파일럿 신호를 사용할 단말을 선택할 수 있다.
- [0017] 상기 파일럿 할당부는, 특정 셀의 기지국과 연결된 단말들 중에, 계산된 상기 채널 추정 오류의 값이 가장 작은 값을 가지는 단말을 특정 파일럿을 사용할 단말로 선택할 수 있다.
- [0018] 상기 간섭정보는, 파일럿이 할당되지 않은 기지국이 다른 기지국들로부터 넘어오는 간섭을 미리 설정한 값을 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 채널정보는, 파일럿이 할당되지 않은 기지국에서 설정한 채널 추정 오류 값 또는 특정 셀의 기지국과 상기 특정 셀에 연결된 단말들과의 채널의 공분산(covariance) 값들의 평균을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명에 따르면, Massive MIMO를 사용하는 이동통신 시스템에서 파일럿을 할당할 때 발생하는 파일럿 오염(Pilot contamination)현상을 완화하고 전송 용량을 증대시킬 수 있는 환경을 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 신호 할당 장치를 간략히 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 기지국들에 배치된 파일럿 신호 할당 장치가 파일럿 신호를 할당하는 과정을 간략히 도시한 흐름도이다.
- 도 3은 본 발명의 한 실시예에 따라 제1 기지국에서 파일럿 신호를 할당하는 예를 나타낸 도면이다.
- 도 4은 본 발명의 한 실시예에 따라 제2 기지국에서 파일럿 신호를 할당하는 예를 나타낸 도면이다.
- 도 5은 본 발명의 한 실시예에 따라 제3 기지국에서 파일럿 신호를 할당하는 예를 나타낸 도면이다.
- 도 6은 종래 기술과 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 신호 할당 방법의 시험 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0023] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다

른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

- [0024] 명세서 전체에서, 단말(terminal)은 이동국(mobile station, MS), 이동 단말(mobile terminal, MT), 가입자국(subscriber station, SS), 휴대 가입자국(portable subscriber station, PSS), 접근 단말(access terminal, AT), 사용자 장치(user equipment, UE) 등을 지칭할 수도 있고, 단말, MT, SS, PSS, AT, UE 등의 전부 또는 일부의 기능을 포함할 수도 있다.
- [0025] 또한, 기지국(base station, BS)은 노드B(node B), 고도화 노드B(evolved node B, eNodeB), 접근점(access point, AP), 무선 접근국(radio access station, RAS), 송수신 기지국(base transceiver station, BTS), MMR(mobile multihop relay)-BS 등을 지칭할 수도 있고, 노드B, eNodeB, AP, RAS, BTS, MMR-BS 등의 전부 또는 일부의 기능을 포함할 수도 있다.
- [0026] 이제 도 1 내지 도 5를 참고하여 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 신호 할당 장치 및 이를 이용한 파일럿 신호 할당 방법에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0027] 도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 신호 할당 장치를 간략히 도시한 도면이다. 이때, 파일럿 신호 할당 장치는 본 발명의 실시예에 따른 설명을 위해 필요한 개략적인 구성만을 도시할 뿐 이러한 구성에 국한되는 것은 아니다.
- [0028] 도 1을 참조하면, 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 신호 할당 장치(100)는 매시브 다중입출력(이하 Massive MIMO, multiple-input and multiple-output)을 사용하는 이동통신 시스템에서 발생하는 파일럿 오염(Pilot contamination)현상을 완화하고 전송 용량을 증대시키기 위해 파일럿(Pilot)을 할당하는 장치이다. 여기서, 파일럿은 단말과 기지국사이의 채널 정보(CSI, Channel State Information)를 얻기 위해서 기지국에서 단말 사이에 약속한 기준 신호이며, 파일럿 신호(Pilot signal), 파일럿 시퀀스(Pilot sequence) 또는 레퍼런스 신호(Reference signal)를 포함한다.
- [0029] 그리고, 파일럿 신호 할당 장치(100)는 본 발명의 한 실시예에 따라 송수신(110), 계산부(120), 파일럿 할당부(130) 및 제어부(140)를 포함한다.
- [0030] 송수신(110)은 기지국들로부터 파일럿 할당 정보를 수신하거나, 간섭정보 및 채널정보를 수신한다. 여기서, 파일럿 할당 정보는 특정 기지국에서 특정한 단말에 특정한 파일럿을 할당한 정보를 포함한다.
- [0031] 그리고, 간섭정보는 기설정된 간섭인 PDI(pre-determined interference)를 포함하며, 이는 파일럿이 할당되지 않은 기지국으로부터 현재 파일럿을 할당하는 기지국의 셀로 넘어오는 간섭을 미리 설정한 값을 포함한다.
- [0032] 또한, 채널정보는 각 단말이 전송하는 파일럿 신호를 해당 단말이 속한 셀과 인접셀에 해당하는 각각의 기지국에서 측정하여 구한 채널의 공분산(covariance) 값, 파일럿이 할당되지 않은 기지국에서 설정한 채널 추정 오류 값을 포함한다. 그리고, 채널정보는 PDD(pre-determined desired-term)를 포함한다. 여기서 PDD는 기지국에서 측정한 자신의 셀에 연결된 단말들의 채널의 공분산 값들의 평균이다.
- [0033] 그리고, 송수신(110)은 파일럿이 할당된 기지국으로부터 파일럿 할당 정보를 수신하거나, 파일럿이 할당되지 않은 기지국으로부터 상기 간섭정보 및 상기 채널정보를 수신한다. 또한, 송수신(110)은 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 신호 할당 장치(100)가 배치된 기지국에서, 해당 기지국에 연결된 단말이 전송하는 파일럿 신호를 측정할 수 있다.
- [0034] 계산부(120)는 송수신(110)에서 수신된 파일럿 할당 정보, 간섭정보 또는 채널정보 중 적어도 하나 이상을 이용해 채널 추정 오류를 계산한다. 계산부(120)는 송수신(110)에서 측정된 파일럿 신호를 이용해 PDI 값 또는 PDD 값을 계산하고, 계산된 PDI 값 및 PDD 값을 해당 기지국에 대한 간섭정보 또는 채널정보로 설정할 수도 있다.
- [0035] 파일럿 할당부(130)는 계산부(120)에서 계산된 상기 채널 추정 오류를 이용해 특정 셀의 기지국과 연결된 단말에 파일럿을 할당한다.
- [0036] 이때, 파일럿 할당부(130)는 이미 특정한 파일럿이 할당된 기지국이 존재하는 경우, 해당 기지국에서 선택한 단말과 동일한 파일럿 신호를 사용할 단말을 선택할 수 있다.
- [0037] 그리고, 파일럿 할당부(130)는 특정 셀의 기지국과 연결된 단말들 중에, 계산된 채널 추정 오류의 값이 가장 작은 값을 가지는 단말을 특정 파일럿을 사용할 단말로 선택할 수 있다.
- [0038] 또한, 제어부(140)는 송수신(110), 계산부(120) 및 파일럿 할당부(130) 각부의 동작이 원활하도록 제어한다. 그

리고, 제어부(140)는 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 신호 할당 장치(100)가 배치된 기지국들이 파일럿 할당 정보, 간섭정보 또는 채널정보 등을 순차적으로 전송하고, 순차적으로 파일럿 신호를 할당하도록 제어할 수 있다.

[0039] 이하에서는, 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 신호 할당 장치(100)가 이동통신 시스템에서 채널 추정 오류를 계산하고 파일럿 신호를 할당하는 과정을 상세히 설명한다.

[0040] 본 발명의 한 실시예에서는 L개의 셀이 있고 각 셀마다 1개의 기지국과 K개의 단말로 구성되어 있는 네트워크 시스템을 고려한다. 그리고, 각 셀에서는 한 단말씩, 총 L개의 단말을 선택하여 하나의 그룹을 만들 수 있으며, 이 그룹에 속하는 단말들은 같은 파일럿을 사용하게 된다.

[0041] 그리고, 각 셀에는 M개의 안테나를 가진 기지국이 있고, 1개의 안테나를 가진 K개의 단말이 있다. 또한, 채널 $\mathbf{g}_{ikl}$ 에 대한 채널 공분산(covariance)값은 $\mathbf{R}_{ikl} = E[\mathbf{g}_{ikl}\mathbf{g}_{ikl}^H]$ 로 나타낼 수 있다. 여기서 $\mathbf{g}_{ikl}$ 는 1번째 셀에 속해있는 k번째 단말이 전송한 파일럿을 i번째 셀에서 수신하여 추정된 채널 벡터이다.

[0042] 그리고, $\Xi = \{1, \dots, K\}$ 라고 하면, k번째 파일럿 신호 ψ_k 를 사용하는 1번째 셀 안의 단말의 인덱스 $K_{kl} \in \Xi$ 가 된다. 그리고, k번째 파일럿 신호 ψ_k 를 보내는 단말들의 그룹을 U_k 라고 정의한다. 그러면 주어진 단말들의 그룹에 대한 정규화(normalize)된 채널 추정 오류는 다음의 수학적 식 1과 같다.

수학적 식 1

$$e(U_k) = \frac{\sum_{j=1}^L \text{MSE}_j(U_k)}{\sum_{j=1}^L \text{tr}\{\mathbf{R}_{jK_{kj}j}(U_k)\}}$$

[0043]

[0044] 여기서, j 번째 셀의 기지국에서의 평균 제곱 오차(Mean Square Error, 이하 MSE)는 다음의 수학적 식 2와 같이 정의된다.

수학적 식 2

$$\text{MSE}_j(U_k) = \text{tr} \left\{ \mathbf{R}_{jK_{kj}j} - \mathbf{R}_{jK_{kj}j}^2 \left(\frac{\sigma_n^2}{\tau} \mathbf{I}_M + \sum_{l=1}^L \mathbf{R}_{jK_{gl}l} \right)^{-1} \right\}$$

[0045]

[0046] 그리고, $\mathbf{R}_{jK_{kj}j}$ 는 j번째 셀의 기지국과 j번째 셀의 K_{kl} 단말과의 채널의 공분산(covariance)값이다.

[0047] 여기서, 같은 파일럿을 사용할 단말을 할당하는 방법은 과도한 검색(exhaustive search) 방법과 그리디 검색(greedy search) 방법 두 가지가 있다.

[0048] 우선, 종래 기술에 따른 과도한 검색 방법은, 가능한 모든 단말의 조합에 대해서 채널 추정 오류를 계산하고 가장 작은 채널 추정 오류를 가지는 조합에 대해서 같은 파일럿을 할당한다. 하지만, 가능한 모든 조합에 대해서 채널 추정 오류를 계산해야 하므로 복잡도가 높다. 즉, K^L 개의 조합에 대해서 계산을 한 후 비교해야 하므로, 비교해야 하는 단말의 수와 협력해야 하는 셀의 수에 따라 복잡도가 지수적으로 증가하는 문제가 있다.

[0049] 그리고, 그리디 검색 방법은 첫 번째 셀부터 L번째 셀까지 순차적으로 각 셀에서 같은 파일럿을 사용할 단말을 하나씩 선택하는 방법이다. 이때, 각 셀에는 K개의 단말이 있다고 가정한다. 그리고, 과도한 검색 방법과 다르

게 그리디 검색 방법의 경우 사용할 단말을 하나씩 추가하는 방법이므로, U_k 의 크기가 L로 일정하지 않다. 그러므로, 그리디 검색 방법에서는 j번째 단계에서의 정규화(normalize)된 다음 수학적 3을 이용하여 계산한다.

수학적 3

$$e(U_k) = \sum_{j=1}^{|U_k|} \frac{MSE_j(U_k)}{\text{tr}\{\mathbf{R}_{jK_{ij}j}(U_k)\}}$$

여기서, j번째 셀의 기지국에서의 MSE는 다음의 수학적 4와 같이 계산된다.

수학적 4

$$MSE_j(U_k) = \text{tr} \left\{ \mathbf{R}_{jK_{ij}j} - \mathbf{R}_{jK_{ij}j}^2 \left(\frac{\sigma_n^2}{\tau} \mathbf{I}_M + \sum_{l=1}^{|U_k|} \mathbf{R}_{jK_{il}l} \right)^{-1} \right\}$$

따라서, 모든 가능한 단말들의 조합을 고려하는 과도한 검색 방법은 채널 추정 오류를 최소로 만들 수 있다. 그러나, 모든 단말들의 조합을 고려하기 때문에 복잡도가 매우 높다. 과도한 검색 방법은 각 셀의 K명씩 L개의 셀이 있으므로 총 K^L 개의 조합을 고려하게 된다. 즉, 과도한 검색 방법은 채널 추정 오류를 최소로 낮출 수 있지만 셀 개수가 증가할수록 복잡도가 지수적으로 증가하는 단점이 있다.

그리고, 그리디 검색 방법은 순차적으로 단말을 선택하므로, 모든 가능한 유저들의 그룹을 고려하는 과도한 검색 방법보다 복잡도가 낮다는 장점이 있다. 하지만 그리디 검색 방법은 이전의 셀에서 선택된 단말로부터 오는 간섭만을 고려하여 현재 셀의 단말을 선택한다.

그러므로, 이전 셀에서 어떤 단말이 선택되는지가 채널 추정 오류에 큰 영향을 끼치게 된다. 특히, 각 셀에서 단말을 선택할 때, 이전의 셀에서 오는 간섭만 고려하고 이후의 셀에서 오는 간섭은 고려하지 않기 때문에 채널 추정 오류를 낮추는 데에는 한계가 있다.

또한, 과도한 검색 방법과 다르게 그리디 검색 방법은 각 셀에서 순차적으로 단말을 K개씩 고려를 하므로 총 KL개의 조합을 고려하게 된다. 즉, 그리디 검색 방법은 셀 개수가 증가할수록 복잡도가 선형적으로 증가하는 장점이 있지만 채널 추정 오류를 낮추는 데는 한계가 있다.

따라서, 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 할당 방법은 그리디 검색 방법과 동일한 복잡도를 가지면서 채널 추정 오류를 더 낮출 수 있는 방법을 제공한다.

본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 할당 방법은 다음의 수학적 5에서와 같이 평균 제곱 오차(MSE)의 합을 각 채널의 공분산의 합으로 나누는 방법을 이용한다.

수학적 5

$$e(U_k) = \frac{\sum_{j=1}^{|U_k|} MSE_j(U_k)}{\sum_{j=1}^{|U_k|} \text{tr}\{\mathbf{R}_{jK_{ij}j}(U_k)\}}$$

[0060] 여기서 j 번째 셀의 기지국에서의 MSE는 상기 수학식 4와 동일하게 계산된다

[0061] 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 할당 방법은 그리디 검색 방법과 마찬가지로 셀간 협력을 통해 각 셀마다 순차적으로 단말을 선택하지만, 추가로 아직 파일럿이 할당되지 않은 셀에서 오는 간섭(PDI)과 PDD를 미리 설정하여 파일럿이 할당된 유저가 아직 파일럿이 할당되지 않은 셀로 주는 간섭의 영향을 고려한다.

[0062] 그리디 검색 방법에서는 각 셀에서 유저를 선택할 때 이전 셀에서 오는 간섭만 고려하였지만, 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 할당 방법은 이후의 셀로부터 오는 간섭과 이후의 셀에게 영향을 주는 간섭을 고려한다. 여기서, 이후의 셀의 각 단말로부터 오는 간섭과 이후의 셀에게 영향을 주는 간섭을 모두 고려하는 것은 과도한 검색 방법과 비슷한 복잡도를 가진다.

[0063] 그러므로, 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 할당 방법은 아직 파일럿이 할당되지 않은 셀에서 오는 간섭과 아직 파일럿이 할당되지 않은 셀에서의 희망 조건(desired-term)을 미리 계산한 일정한 값이나 측정된 값과 같이 미리 설정된 값으로 사용함으로써, 유저가 이후의 셀에게 영향을 주거나 받는 간섭을 고려해준다.

[0064] 따라서, 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 할당 방법은 PDI와 PDD를 이용하고, 아래와 같은 수학식 6을 이용하여 채널 추정 오류를 낮추는 단말을 선택한다.

수학식 6

$$e(U_k) = \frac{\sum_{j=1}^L \text{MSE}_j(U_k)}{\sum_{j=1}^L \text{tr}\{\mathbf{R}_{jK_{kj}}(U_k)\}}$$

[0065]

[0066] 여기서 j 번째 셀의 기지국에서의 MSE는 아래의 수학식 7을 이용해 계산된다.

수학식 7

$$\text{MSE}_j(U_k) = \text{tr} \left\{ R_{jK_{kj}} - R_{jK_{kj}}^2 \left(\frac{\sigma_n^2}{\tau} I_M + \sum_{l=1}^{|U_k|} R_{jK_{kl}} + \sum_{l=|U_k|+1}^L R_{I_{jl}} \right)^{-1} \right\}, \quad j \leq |U_k|$$

$$\text{MSE}_j(U_k) = \text{tr} \left\{ PDD_j - PDD_j^2 \left(\frac{\sigma_n^2}{\tau} I_M + \sum_{l=1}^{|U_k|} R_{jK_{kl}} + PDD_j \right)^{-1} \right\}, \quad j > |U_k|$$

[0067]

[0068] 여기서 $\mathbf{R}_{I_{jl}}$ 는 j 번째 셀의 기지국에 간섭으로 작용하는 번째 1셀의 PDI 값이며, PDD_j 는 j 번째 셀의 PDD 값이다.

[0069] 본 발명에서는 MSE 값을 $j \leq |U_k|$ 인 경우, 첫 번째 셀부터 $|U_k|$ 번째 셀까지 (예를 들어, 이미 파일럿을 할당한 셀 및 현재 파일럿을 할당하고 있는 셀)와 $j > |U_k|$ 인 경우, $|U_k|+1$ 번째 셀부터 마지막 셀까지(예를 들어, 아직 파일럿을 할당하지 않은 셀)로 두 가지로 나누어서 계산한다.

[0070] $j \leq |U_k|$ 인 경우에는 수학식 4에다가 추가로 PDI값을 고려해준다. 즉, 이미 파일럿이 할당된 셀에서부터 오는

간섭에 아직 파일럿이 할당되지 않은 셀에서부터 오는 간섭 $\sum_{l=|U_k|+1}^L \mathbf{R}_{I_{jl}}$ 을 추가로 고려하여 MSE 값을 수식

학 7과 같이 계산한다.

[0071] 그리고, j 가 $|U_k|$ 보다 큰 경우에 기존의 방법에서는 j 번째 셀에서의 희망 조건(desired-term)이 정의되지
지 않으므로 j 셀에서의 MSE 값을 정의할 수 없었다.

[0072] 하지만, 본 발명의 한 실시예 따른 파일럿 신호 할당 방법에서는 j 번째 셀에서의 희망 조건(desired-term)을 미
리 계산한 일정한 값이나 측정된 값으로 고려를 해주며 그 값은 PDD_j 로 정의한다. 그러므로, 본 발명의 한

실시예 따른 파일럿 신호 할당 방법에서는 $j > |U_k|$ 경우에 MSE 값을 수학적 식 7과 같이 정의한다. 이때, 파일
럿을 할당할 때 계산하여 비교하는 채널 추정 오류는 총 L 개의 MSE 값을 모두 고려한 수학적 식 6을 통해 도출할
수 있다.

[0073] 도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 기지국들에 배치된 파일럿 신호 할당 장치가 파일럿 신호를 할당하는 과정
을 간략히 도시한 흐름도이다.

[0074] 본 발명의 한 실시예 따른 파일럿 신호 할당 방법에서는 각 단말이 전송하는 파일럿 신호를 각 셀에서 측정하여
단말의 각 안테나에 대한 채널의 공분산(covariance) 값(또는 그에 상응하는 채널 정보)을 구한다. 그리고, 이
는 데이터 전송을 위해 매번 수행되는 채널 추정보다는 훨씬 긴 주기를 가지고 수행할 수 있다. 그리고, PDI 값
과 PDD 값은 파일럿 신호를 측정할 때 함께 측정되어 설정하거나 망운용자에 의해 미리 설정될 수 있다.

[0075] 여기서, PDI 값을 기지국에서 측정을 통해 설정되는 방법은 다음과 같다. 기지국에서 별도로 리소스 블록
(Resource block)을 할당하여 기지국의 여러 안테나 중 하나의 안테나를 이용하여 단말의 송신전력과 동일한 송
신전력으로 파일럿 신호를 전송한다. 이때, 송신하는 파일럿은 다른 파일럿과 직교해야 한다. 이 전송한 파일럿
을 다른 기지국이 측정하여 공분산 값을 구하거나, 채널을 추정하여 PDI 값으로 설정한다. 이 값은 단말이 파일
럿을 전송하여 채널의 공분산 값을 구할 때와 같은 방법으로 구한다.

[0076] 그리고, PDD 값을 설정하는 방법은 다음과 같다. 해당 셀의 기지국과 해당 셀에 속해 있는 유저와의 채널의 공
분산 값들의 평균을 해당 셀에서의 PDD 값으로 설정한다. PDI 값과 PDD 값 망운용자에 의해 미리 설정되는
경우, 망운용자는 따로 측정을 하거나 별도의 정책에 따라 설정 될 수 있다.

[0077] 도 2를 참조하면, 각각의 기지국들(제1 기지국 내지 제L 기지국)은 파일럿 신호를 측정하고, PDI 값 및 PDD 값
을 설정한다(S100).

[0078] 그리고, 제2 기지국 내지 제L 기지국이 제1 기지국에 PDI 값 및 PDD 값을 각각 전달하고, 이를 수신한 제1 기지
국은 채널 추정 오류를 계산하고 해당 셀의 단말에 파일럿을 할당한다(S102, S104).

[0079] 그리고 나서, 제1 기지국은 파일럿 할당 정보 및 파일럿 측정값을 제2 기지국에 전달한다(S106).

[0080] 또한, 제2 기지국은 위와 마찬가지로 제3 기지국 내지 제L 기지국으로부터 PDI 값 및 PDD 값을 각각 전달받고,
해당 셀의 채널 추정 오류를 계산하고 해당 셀의 단말에 파일럿을 할당한다(S108, S110).

[0081] 그리고, 본 발명의 한 실시예 따른 파일럿 신호 할당 방법에서는 기지국3에서 제L 기지국까지 순차적으로 위와
같은 절차를 반복하며, 해당 셀의 단말에 파일럿을 할당하고, 해당 셀의 파일럿 할당 정보를 다음 셀로 전달한
다(S112 내지 S118).

[0082] 도 3은 본 발명의 한 실시예에 따라 제1 기지국에서 파일럿 신호를 할당하는 예를 나타난 도면이다.

[0083] 우선, 본 발명의 한 실시예 따른 파일럿 신호 할당 방법은 첫 번째 셀에서 단말에 파일럿을 할당하는 경우, 첫
번째 셀을 제외한 나머지 셀로부터 간섭이 발생한다고 가정하고 그 값은 위에서 설명한 PDI 값을 이용하여 수학
식 7의 위에 식으로부터 MSE를 구한다.

[0084] 또한, 위에서 설명한 PDD 값을 이용하여 첫 번째 셀 외에 나머지 셀의 MSE도 수학적 식 7의 아래 식으로부터 계산
한다. 이때, PDD값은 각 셀에 분포된 단말의 공분산 값의 평균으로 지정한다. 이렇게 구한 MSE를 수학적 식 6에 대
입하면 채널 추정 오류를 구할 수 있다.

[0085] 도 3을 참조하면, 본 발명의 한 실시예 따른 파일럿 신호 할당 방법은 제1 기지국의 첫 번째 셀 내에 단말들로
부터 오는 신호와 첫 번째 셀을 제외한 나머지 셀들로부터 오는 PDI 값과 PDD 값을 고려하여 특정 파일럿을 사

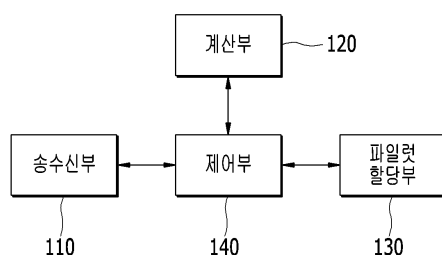
용할 단말을 선택한다. 이때, 제1 기지국은 수학적 6을 이용해 구한 값이 가장 작은 값을 가지는 단말을 첫 번째 셀에서의 특정 파일럿을 사용할 단말로 선택한다.

- [0086] 도 4은 본 발명의 한 실시예에 따라 제2 기지국에서 파일럿 신호를 할당하는 예를 나타낸 도면이다.
- [0087] 도 4를 참조하면, 첫 번째 셀에서 선택된 단말로부터 오는 간섭과 첫 번째 셀과 두 번째 셀을 제외한 나머지 셀에서 오는 PDI 값과 PDD 값 그리고 두 번째 셀 내에 단말들로부터 오는 신호를 모두 고려하여 첫 번째 셀에서 선택된 단말과 같은 파일럿을 사용할 단말을 선택한다.
- [0088] 두 번째 셀에서는 첫 번째 셀에서 선택된 단말로부터 오는 간섭과 첫 번째 셀과 두 번째 셀을 제외한 나머지 셀로부터의 PDI 값을 이용하여 수학적 7의 위의 식으로부터 첫 번째 셀과 두 번째 셀의 MSE를 구한다.
- [0089] 또한, 첫 번째 셀에서 선택된 단말로부터 오는 간섭과 첫 번째 셀과 두 번째 셀을 제외한 셀들의 PDD 값을 고려하여, 첫 번째 셀 외에 나머지 셀의 MSE도 수학적 7의 아래 식으로부터 계산한다. 그리고, 제2 기지국은 이를 수학적 6에 대입하여 채널 추정 오류를 구하고, 이 값이 가장 작은 값을 가지는 단말을 첫 번째 셀에서 선택된 단말과 같은 파일럿을 사용할 단말로 선택한다.
- [0090] 도 5은 본 발명의 한 실시예에 따라 제3 기지국에서 파일럿 신호를 할당하는 예를 나타낸 도면이다.
- [0091] 도 5를 참조하면, 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 신호 할당 방법은 첫 번째 셀과 두 번째 셀에서 선택된 단말들로부터 오는 간섭과 첫 번째, 두 번째 그리고 세 번째 셀을 제외한 나머지 셀들로부터 오는 PDI 값과 PDD 값, 그리고 세 번째 셀 내에 단말들로부터 오는 신호를 모두 고려하여 같은 제1 기지국 및 제2 기지국의 파일럿을 사용할 단말을 선택한다. 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 신호 할당 방법은 이러한 과정을 L번째 셀까지 수행하여 파일럿을 할당한다.
- [0092] 도 6은 종래 기술과 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 신호 할당 방법의 시험 결과를 나타낸 도면이다.
- [0093] 도 6을 참조하면, 기존의 과도한 검색 방법 및 그리디 검색 방법을 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 신호 할당 방법과 비교한 채널 추정 오류(Channel estimation error)의 시험 결과를 나타낸 그래프이다. 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 신호 할당 방법 기존의 그리디 검색 방법과 동일한 복잡도를 가지면서 채널 추정 오류를 줄여 성능 향상을 보임을 알 수 있다.
- [0094] 이와 같이, 본 발명의 한 실시예에 따른 파일럿 신호 할당 장치 및 이를 이용한 파일럿 신호 할당 방법은 Massive MIMO를 사용하는 이동통신 시스템에서 파일럿을 할당할 때 발생하는 파일럿 오염(Pilot contamination)현상을 완화하고 전송 용량을 증대시킬 수 있는 환경을 제공한다.
- [0095] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예는 장치 및 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하는 프로그램 또는 그 프로그램이 기록된 기록 매체를 통해 구현될 수도 있다. 이러한 기록 매체는 서버뿐만 아니라 사용자 단말에서도 실행될 수 있다.
- [0096] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

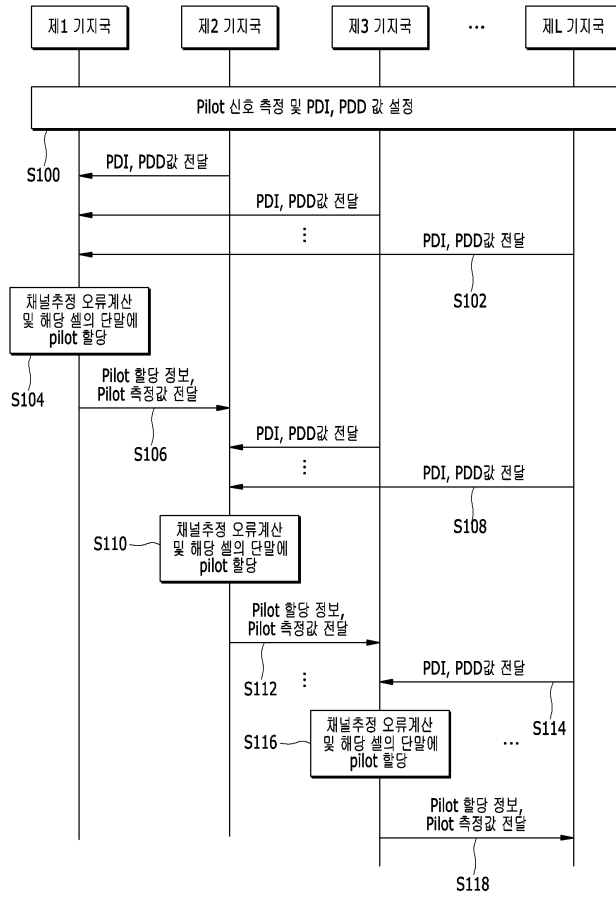
도면

도면1

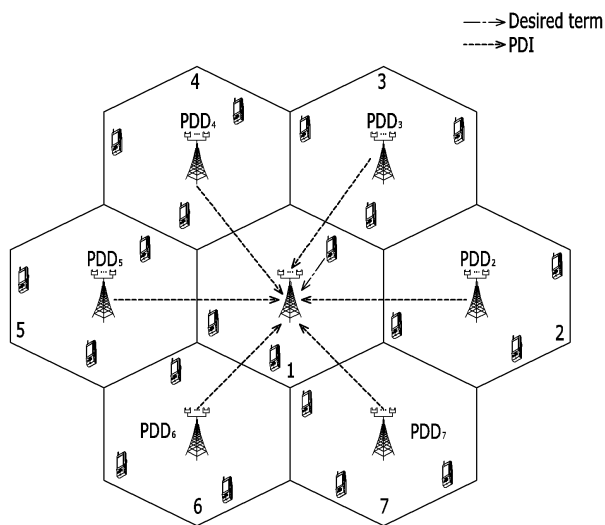
100



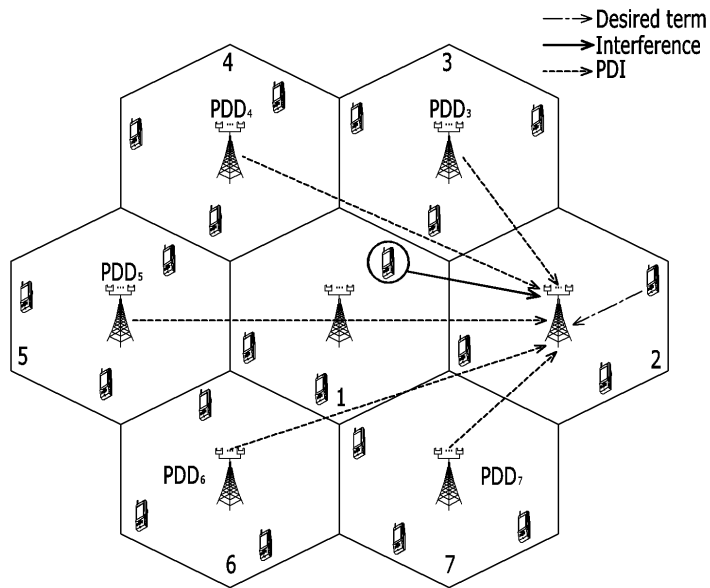
도면2



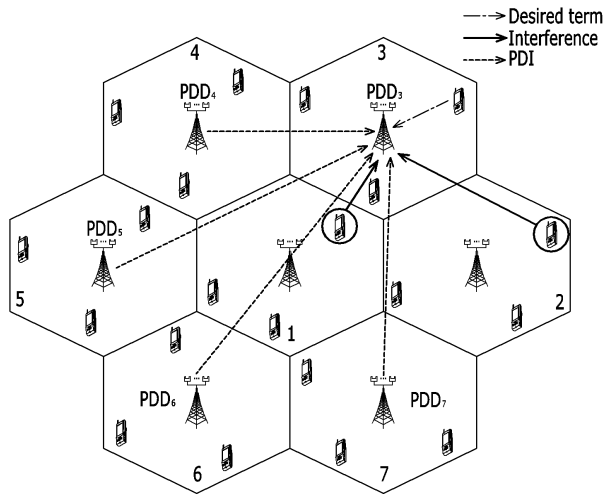
도면3



도면4



도면5



도면6

