



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년11월11일

(11) 등록번호 10-1568191

(24) 등록일자 2015년11월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 7/02 (2006.01) H04B 17/00 (2015.01)

(21) 출원번호 10-2014-0053476

(22) 출원일자 2014년05월02일

심사청구일자 2014년05월02일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020050054676 A*

KR1020140019050 A*

Hu Jin 외 2명, "A Novel Feedback Reduction Technique for Cellular Downlink with CDF-Based Scheduling," IEEE ICC 2013 - Wireless Communications Symposium, p. 5458, (2013.06.09.13)*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)

(72) 발명자

정방철

경상남도 통영시 서송정3길 21-18, 로즈빌 101호

진후

경기도 수원시 영통구 영통로 514번길 53, 107동 1405호

(74) 대리인

김영재

전체 청구항 수 : 총 17 항

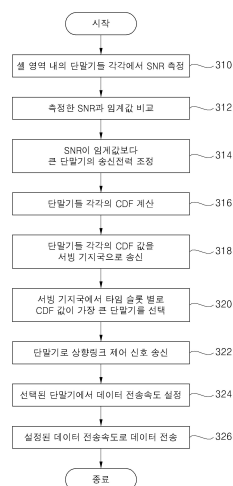
심사관 : 신상길

(54) 발명의 명칭 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 셀 영역 내의 단말기들 각각에서 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 신호대잡음비(SNR)를 측정하고, 상기 단말기들 각각에서 상기 측정한 신호대잡음비와 기설정된 임계값을 비교하고, 상기 단말기들 각각에서 비교 결과 상기 측정한 신호대잡음비가 상기 임계값보다 크면, 상기 단말기들 각각의 송신전력을 조정하고, 상기 단말기들 각각에서 각 타임 슬롯에 대한 조정된 송신전력으로 서빙 기지국로의 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF)를 계산하고, 상기 단말기들 각각에서 상기 각 타임 슬롯에 상기 계산된 누적분포함수 값을 상기 서빙 기지국으로 송신하고, 상기 서빙 기지국에서 상기 단말기들로부터 상기 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수 값을 수신하면, 상기 타임 슬롯 별로 상기 셀 영역 내의 단말기들 중에서 상기 누적분포함수 값이 가장 큰 단말기를 선택하는 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345205288

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기본연구지원사업

연구과제명 압축센싱기반의 Large-Scale 무선 네트워크 원천기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 경상대학교 산학협력단

연구기간 2013.06.01 ~ 2016.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 신호대잡음비(SNR)를 측정하는 측정부;

상기 측정한 신호대잡음비와 기설정된 임계값을 비교하는 비교부;

비교결과 상기 측정한 신호대잡음비가 상기 임계값보다 크면, 단말기의 송신전력을 조정하는 전력 조종부;

각 타임 슬롯에서 조정된 송신전력으로 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF)를 계산하고, 상기 계산된 누적분포함수 값을 상기 서빙 기지국으로 송신하는 누적분포함수 계산부; 및

상기 서빙 기지국으로부터 상기 단말기가 선택됐음을 알리는 상향링크 제어 신호를 수신하면, 상기 송신전력을 고려하여 데이터 전송속도를 설정하는 전송속도 설정부

를 포함하는 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템의 단말기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전력 조종부는,

상기 단말기의 송신전력을 상기 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 SNR이 상기 임계값 보다 작거나 같아지도록 줄이는

누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템의 단말기.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 상향링크 제어 신호는,

상기 서빙 기지국에서 측정한 상기 단말기의 신호대잡음비(SNR)를 포함하고,

상기 전송속도 설정부는,

아래 <수학식 22>을 이용하여 상기 데이터의 전송 속도를 설정함을 특징으로 하는

누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템의 단말기.

[수학식 22]

$$\log_2 \left(1 + \frac{\rho_{0u_0}}{1+M\gamma_{th}} \right)$$

여기서, ρ_{0u_0} 는 상기 서빙 기지국에서 측정한 상기 단말기의 신호대잡음비이고, M은 주변 기지국의 수이고, γ_{th} 는 임계값이다.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 누적분포함수 계산부는,

비교결과 상기 측정한 신호대잡음비가 상기 임계값보다 작거나 같으면, 상기 송신전력을 조정하지 않고, 현재의 송신전력으로 상기 서빙 기지국에 대한 상기 상향링크 신호대잡음비의 누적분포함수를 계산함을 특징으로 하는 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템의 단말기.

청구항 6

타임 슬롯 각각에 대해서 셀 영역 내의 단말기들로부터 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF) 값을 수신하는 누적분포함수 수신부;

상기 타임 슬롯 별로 상기 셀 영역 내의 단말기들 중에서 상기 누적분포함수 값이 가장 큰 단말기를 선택하는 선택부; 및

선택됐음을 알리는 상향링크 제어 신호를 생성하여 상기 선택된 단말기로 송신하는 제어신호 생성부를 포함하고,

상기 선택된 단말기로 송신된 상향링크 제어 신호는 상기 선택된 단말기의 송신전력을 고려하여 상기 선택된 단말기의 데이터 전송속도를 설정하기 위하여 사용되는 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템의 기지국.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 누적분포함수 값은,

상기 단말기들 각각에서 이웃 기지국의 간섭을 고려하여 조정된 송신전력으로 송신할 때의 상기 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수를 계산한 값을 특징으로 하는

누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템의 기지국.

청구항 8

셀 영역 내의 단말기들 각각에서 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 신호대잡음비(SNR)를 측정하는 단계;

상기 단말기들 각각에서 상기 측정한 신호대잡음비와 기설정된 임계값을 비교하는 단계;

상기 단말기들 각각에서 비교결과 상기 측정한 신호대잡음비가 상기 임계값보다 크면, 상기 단말기들 각각의 송신전력을 조정하는 단계;

상기 단말기들 각각에서 각 타임 슬롯에 대한 조정된 송신전력으로 서빙 기지국의 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF)를 계산하는 단계;

상기 단말기들 각각에서 상기 각 타임 슬롯에 상기 계산된 누적분포함수 값을 상기 서빙 기지국으로 송신하는 단계;

상기 서빙 기지국에서 상기 단말기들로부터 상기 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수 값을 수신하면, 상기 타임 슬롯 별로 상기 셀 영역 내의 단말기들 중에서 상기 누적분포함수 값이 가장 큰 단말기를 선택하는 단계; 및

상기 단말기들 각각에서 상기 서빙 기지국으로부터 선택됐음을 알리는 상향링크 제어 신호를 수신하면, 상기 단말기들 각각에서 상기 송신전력을 고려하여 데이터 전송속도를 설정하는 단계

를 포함하는 무선 이동통신 시스템에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 단말기들 각각의 송신전력을 조정하는 단계는,

상기 단말기들 각각의 송신전력을 상기 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 SNR이 상기 임계값 보다 작거나 같아지도록 줄임을 특징으로 하는

무선 이동통신 시스템에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 상향링크 제어 신호는,

상기 서빙 기지국에서 측정한 상기 단말기의 신호대잡음비(SNR)를 포함하고,

상기 데이터 전송속도를 설정하는 단계는,

아래 <수학식 23>을 이용하여 상기 데이터의 전송 속도를 설정함을 특징으로 하는

무선 이동통신 시스템에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 방법.

[수학식 23]

$$\log_2 \left(1 + \frac{\rho_{0u_0}}{1+M\gamma_{th}} \right)$$

여기서, ρ_{0u_0} 는 상기 서빙 기지국에서 측정한 상기 단말기의 신호대잡음비이고, M은 주변 기지국의 수이고, γ_{th} 는 임계값이다.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 누적분포함수를 계산하는 단계는,

비교결과 상기 측정한 신호대잡음비가 상기 임계값보다 작거나 같으면, 상기 송신전력을 조정하지 않고, 현재의 송신전력으로 상기 서빙 기지국에 대한 상기 상향링크 신호대잡음비의 누적분포함수를 계산함을 특징으로 하는

무선 이동통신 시스템에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 방법.

청구항 13

이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 신호대잡음비(SNR)를 측정하는 단계;

상기 측정한 신호대잡음비와 기설정된 임계값을 비교하는 단계;

비교결과 상기 측정한 신호대잡음비가 상기 임계값보다 크면, 단말기의 송신전력을 조정하는 단계;

각 타임 슬롯에서 조정된 송신전력으로 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF)를 계산하는 단계;

상기 각 타임 슬롯에서 상기 계산된 누적분포함수 값을 상기 서빙 기지국으로 송신하는 단계;

상기 서빙 기지국으로부터 상기 단말기가 선택됐음을 알리는 상향링크 제어 신호를 수신하는 단계; 및

상기 단말기는 상기 송신전력을 고려하여 데이터 전송속도를 설정하는 단계

를 포함하는 무선 이동통신 시스템의 단말기에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 단말기의 송신전력을 조정하는 단계는,

상기 단말기의 송신전력을 상기 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 SNR이 상기 임계값 보다 작거나 같아지도록 줄이는

무선 이동통신 시스템의 단말기에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 방법.

청구항 15

삭제

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 상향링크 제어 신호는,

상기 서빙 기지국에서 측정한 상기 단말기의 신호대잡음비(SNR)를 포함하고,

상기 데이터 전송속도를 설정하는 단계는,

아래 <수학식 24>을 이용하여 상기 데이터의 전송 속도를 설정함을 특징으로 하는

무선 이동통신 시스템의 단말기에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 방법.

[수학식 24]

$$\log_2 \left(1 + \frac{\rho_{0u_0}}{1+M\gamma_{th}} \right)$$

여기서, ρ_{0u_0} 는 상기 서빙 기지국에서 측정한 상기 단말기의 신호대잡음비이고, M은 주변 기지국의 수이고, γ_{th} 는 임계값이다.

청구항 17

제13항에 있어서,

비교결과 상기 측정한 신호대잡음비가 상기 임계값보다 작거나 같으면,

상기 누적분포함수를 계산하는 단계는,

상기 송신전력을 조정하지 않고, 현재의 송신전력으로 상기 서빙 기지국에 대한 상기 상향링크 신호대잡음비의 누적분포함수를 계산하는

무선 이동통신 시스템의 단말기에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 방법.

청구항 18

타임 슬롯 각각에 대해서 셀 영역 내의 단말기들로부터 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF) 값을 수신하는 단계;

상기 타임 슬롯 별로 상기 셀 영역 내의 단말기들 중에서 상기 누적분포함수 값이 가장 큰 단말기를 선택하는 단계; 및

상기 선택된 단말기로 선택됐음을 알리는 상향링크 제어 신호를 송신하는 단계를 포함하고,

상기 선택된 단말기로 송신된 상향링크 제어 신호는 상기 선택된 단말기의 송신전력을 고려하여 상기 선택된 단말기의 데이터 전송속도를 설정하기 위하여 사용되는 무선 이동통신 시스템의 기지국에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 누적분포함수 값은,

상기 단말기들 각각에서 이웃 기지국의 간섭을 고려하여 조정된 송신전력으로 송신할 때의 상기 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수를 계산한 값을 특징으로 하는

무선 이동통신 시스템의 기지국에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 방법.

청구항 20

제8항 내지 제9항, 제11항 내지 제14항 및 제16항 내지 제19항 중 어느 한 항의 방법을 실행하기 위한 프로그램이 기록되어 있는 것을 특징으로 하는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 다중 셀의 상향링크의 네트워크에서 사용자 간의 적정 자원 공유를 만족시키면서 다중 사용자 다이버시티(diversity)를 제공하는 스케줄링 기법에 관한 것이다. 특히, 누적분포함수(CDF; Cumulative Distribution Function)를 기반으로 사용자 스케줄링하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

무선 통신에서 사용자의 독립적인 페이딩은 다중 사용자 다이버시티를 제공한다. 사용자의 스케줄링에 대한 광범위한 연구는 셀룰러 시스템의 다중 사용자 다이버시티를 이용하기 위해 수행되었다. 단일 셀 시스템의 처리량의 관점에서 최적의 사용자 스케줄링은 상향링크와 하향링크의 시간 슬롯 각각에서 큰 채널 이득을 가지는 사용자를 선택하는 것이다. 그러나, 위의 스케줄링은 기지국(BS; Base Station)이 더 높은 평균 신호대잡음비(SNRs) 때문에 종종 자신에 가까운 사용자들을 선택할 수도 있기 때문에 셀 내의 사용자들 사이의 공정성 문제를 일으킬 수 있다.

[0003]

단일 셀 시스템의 공정성 문제는 처리량 기반 공정성과 자원 기반의 공정성 등 다양한 기준으로 널리 연구되고 있다. 자원 기반의 공정성에 초점을 맞추는 경우의 예를 살펴보면, 라운드 로빈 스케줄링은 똑같이 사용자에게 시간 자원을 교대로 똑같이 할당하고, 따라서, 엄격한 자원 공유의 요구를 충족시킨다. 그러나, 라운드 로빈 스

케줄링은 다중 사용자 다이버시티를 이용하지 못한다.

- [0004] 또한, 사용자들이 동일한 형상으로 분배된 페이딩을 경험할 때, 표준화된 SNR-기반한 사용자 스케줄링은 사용자에게 동등한 시간 자원을 할당한다. 그러나, 사용자들이 다른 형상으로 분배된 페이딩을 경험할 때, 공정한 자원 공유를 보장할 수 없다.
- [0005] 이후, 몇몇 스케줄링 알고리즘은 사용자의 누적분포함수(CDF)의 채널 이득 값을 비교하여 사용자에게 시간 자원을 할당하는 것이 제안되었다. 편의를 위해, 본원발명에서는 누적분포함수 기반의 스케줄링(Cumulative distribution function based Scheduling)을 CS라고 칭한다.
- [0006] CS는 상대적으로 나은 채널 이득을 가지는 사용자를 선택한다. CDF 값이 0과 1사이에서 균일하게 분배될 때, CS에서는 모든 사용자가 동일하게 선택된다. CS는 단순하기 때문에, 다양한 네트워크 시나리오에서 연구되었다. 그러나, CS는 다중 셀의 상향링크의 네트워크를 위해 고려되지 않았다.
- [0007] 셀룰러 시스템에서 다중 사용자 다이버시티를 이용하기 위한 사용자 스케줄링에 관한 광범위한 연구에도 불구하고, 상향링크 다중 셀 시나리오는 예상외의 셀간 간섭을 취급하는 것이 곤란하기 때문에 오히려 제한되어 고려되었다. 상향링크 멀티 셀 네트워크에서 기지국은 다른 셀의 사용자에 관한 정보를 가지고 있지 않기 때문에, 기지국은 다른 셀로부터 수신된 셀간 간섭의 양을 예측할 수 없다. 따라서, 셀간 간섭을 처리하는 것은 다중 셀 네트워크에 상향링크 사용자 스케줄링을 설계에서 가장 어려운 문제 중 하나이다. 최근, 기회주의 사용자 스케줄링은, 상향링크 멀티 셀 네트워크에서의 다중 사용자 다이버시티를 활용하는 것이 제안되었지만, 사용자 공정성이 고려되지 않았다.
- [0008] 따라서, 다중 셀의 상향링크의 네트워크에서 셀간 간섭을 고려한 사용자 스케줄링 기법이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하고자 도출된 것으로서, 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템 및 그 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0010] 구체적으로, 본 발명은 다중 셀의 상향링크의 네트워크에서 사용자 간의 적정 자원 공유를 만족시키면서 다중 사용자 다이버시티를 제공하는 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템 및 그 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0011] 또한, 본 발명은 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링할 때, 무선 이동통신 시스템의 단말기에서 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 신호대잡음비가 임계값보다 크면, 단말기의 송신전력을 조정하여 셀간 간섭을 고려하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시 예에 따른 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템의 단말기는, 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 신호대잡음비(SNR)를 측정하는 측정부; 상기 측정한 신호대잡음비와 기설정된 임계값을 비교하는 비교부; 비교결과 상기 측정한 신호대잡음비가 상기 임계값보다 크면, 단말기의 송신전력을 조정하는 전력 조정부; 및 각 타임 슬롯에서 조정된 송신전력으로 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF)를 계산하고, 기 계산된 누적분포함수 값을 상기 서빙 기지국으로 송신하는 누적분포함수 계산부를 포함한다.
- [0013] 여기서, 상기 전력 조정부는, 상기 단말기의 송신전력을 상기 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 SNR이 상기 임계값 보다 작거나 같아지도록 줄일 수 있다.
- [0014] 한편, 상기 무선 이동통신 시스템의 단말기는, 상기 서빙 기지국으로부터 상기 단말기가 선택됐음을 알리는 상향링크 제어 신호를 수신하면, 상기 송신전력을 고려하여 데이터 전송속도를 설정하는 전송속도 설정부를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시 예에 따른 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템의 기지국은,

타임 슬롯 각각에 대해서 셀 영역 내의 단말기들로부터 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF) 값을 수신하는 누적분포함수 수신부; 상기 타임 슬롯 별로 상기 셀 영역 내의 단말기들 중에서 상기 누적분포함수 값이 가장 큰 단말기를 선택하는 선택부; 및 선택됐음을 알리는 상향링크 제어 신호를 생성하여 상기 선택된 단말기로 송신하는 제어신호 생성부를 포함한다.

[0016]

본 발명의 다른 일 실시 예에 따른 무선 이동통신 시스템에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 방법은, 셀 영역 내의 단말기들 각각에서 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 신호대잡음비(SNR)를 측정하는 단계; 상기 단말기들 각각에서 상기 측정한 신호대잡음비와 기설정된 임계값을 비교하는 단계; 상기 단말기들 각각에서 비교결과 상기 측정한 신호대잡음비가 상기 임계값보다 크면, 상기 단말기들 각각의 송신전력을 조정하는 단계; 상기 단말기들 각각에서 각 타임 슬롯에 대한 조정된 송신전력으로 서빙 기지국의 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF)를 계산하는 단계; 상기 단말기들 각각에서 상기 각 타임 슬롯에 상기 계산된 누적분포함수 값을 상기 서빙 기지국으로 송신하는 단계; 및 상기 서빙 기지국에서 상기 단말기들로부터 상기 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수 값을 수신하면, 상기 타임 슬롯 별로 상기 셀 영역 내의 단말기들 중에서 상기 누적분포함수 값이 가장 큰 단말기를 선택하는 단계를 포함한다.

[0017]

본 발명의 일 실시 예에 따른 무선 이동통신 시스템의 단말기에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 방법은, 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 신호대잡음비(SNR)를 측정하는 단계; 상기 측정한 신호대잡음비와 기설정된 임계값을 비교하는 단계; 비교결과 상기 측정한 신호대잡음비가 상기 임계값보다 크면, 단말기의 송신전력을 조정하는 단계; 각 타임 슬롯에서 조정된 송신전력으로 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF)를 계산하는 단계; 및 상기 각 타임 슬롯에서 상기 계산된 누적분포함수 값을 상기 서빙 기지국으로 송신하는 단계를 포함한다.

[0018]

본 발명의 일 실시 예에 따른 무선 이동통신 시스템의 기지국에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 방법은, 타임 슬롯 각각에 대해서 셀 영역 내의 단말기들로부터 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF) 값을 수신하는 단계; 상기 타임 슬롯 별로 상기 셀 영역 내의 단말기들 중에서 상기 누적분포함수 값이 가장 큰 단말기를 선택하는 단계; 및 상기 선택된 단말기로 선택됐음을 알리는 상향링크 제어 신호를 송신하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0019]

본 발명은 단말기에서 다른 기지국과의 신호대잡음비와 임계값을 비교하여 단말기의 송신전력을 조정하고, 조정된 송신전력으로 서빙 기지국의 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF)를 계산하여 서빙 기지국으로 송신하고, 서빙 기지국에서 타임 슬롯 별로 누적분포함수 값이 가장 큰 단말기를 선택하는 누적분포함수 기반의 스케줄링 기법에 관한 것으로, 상향링크 다중 셀 네트워크를 위해서 셀간 간섭이 인정되는 경우, 효율적으로 다중 사용자 다이버시티를 이용할 뿐만 아니라, 사용자 사이에 자원 기반의 공정성을 만족시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020]

도 1은 본 발명의 일실시예에 따라 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템의 단말기의 구성을 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따라 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템의 기지국의 구성을 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 무선 이동통신 시스템에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 과정을 도시한 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 무선 이동통신 시스템의 단말기에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 과정을 도시한 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 무선 이동통신 시스템의 기지국에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 과정을 도시한 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 육각형의 셀 구조를 가진 무선 이동통신 시스템의 모델을 도시한 도면이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따라 다중화 요소의 변화에 따른 CS-SE의 정규화된 처리량을 도시한 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따라 임계값의 변화에 따른 CS-ICI의 정규화된 처리량을 도시한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따라 사용자 수(N)의 증가에 따른 정규화된 처리량을 도시한 그래프이다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따라 관찰되는 사용자의 거리의 변화에 따른 정규화된 처리량을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 상기 목적 외에 본 발명의 다른 목적 및 특징들은 첨부 도면을 참조한 실시 예에 대한 설명을 통하여 명백히 드러나게 될 것이다.
- [0022] 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0023] 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0024] 이하에서는, 본 발명의 일 실시 예에 따른 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템 및 그 방법을 첨부된 도 1 내지 도 10을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따라 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템의 단말기의 구성을 도시한 도면이다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 단말기(100)는 제어부(110), 측정부(111), 비교부(112), 전력 조정부(113), 누적분포함수 계산부(114), 전송속도 설정부(115), 통신부(120) 및 저장부(130)를 포함할 수 있다.
- [0027] 통신부(120)는 안테나(미도시)를 통해 입출력 되는 데이터의 무선신호를 송수신 처리하는 기능을 수행한다. 예를 들어, 송신인 경우, 송신할 데이터를 채널 코딩(Channel coding) 및 확산(Spreading)한 후, RF처리하여 송신하는 기능을 수행하고, 수신인 경우, 수신된 RF신호를 기저대역신호로 변환하고 상기 기저대역신호를 역 확산(De-spreading) 및 채널 복호(Channel decoding)하여 데이터를 복원하는 기능을 수행한다. 통신부(120)는 서빙 기지국(200) 및 인접한 이웃 기지국과 신호를 송수신 할 수 있다.
- [0028] 저장부(130)는 단말기(100)의 전반적인 동작을 제어하기 위한 운영체제, 응용 프로그램 및 저장용 데이터(전화 번호, SMS 메시지, 압축된 이미지 파일, 동영상 등)를 저장한다. 또한, 저장부(130)는 본 발명에 따라 셀간 간섭을 고려해서 송신전력을 조정하기 위한 기설정된 임계값을 저장할 수 있다.
- [0029] 측정부(111)는 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 신호대잡음비(SNR)를 측정한다.
- [0030] 비교부(112)는 측정한 신호대잡음비와 기설정된 임계값을 비교한다.
- [0031] 전력 조정부(113)는 비교부(112)의 비교결과 측정한 신호대잡음비가 임계값보다 크면, 단말기(100)의 송신전력을 조정한다. 보다 상세히 설명하면, 전력 조정부(113)는 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 SNR이 임계값 보다 작거나 같아지도록 단말기(100)의 송신전력을 줄인다.
- [0032] 누적분포함수 계산부(114)는 비교부(112)의 비교결과 측정한 신호대잡음비가 임계값보다 크면, 각 타임 슬롯에서 전력 조정부(113)에 의해 조정된 송신전력으로 서빙 기지국(200)에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF)를 계산하고, 계산된 누적분포함수 값을 서빙 기지국(200)으로 송신한다.
- [0033] 누적분포함수 계산부(114)는 비교부(112)의 비교결과 측정한 신호대잡음비가 임계값보다 작거나 같으면, 송신전력을 조정하지 않고, 현재의 송신전력으로 서빙 기지국(200)에 대한 상향링크 신호대잡음비의 누적분포함수를 계산할 수 있다.
- [0034] 전송속도 설정부(115)는 서빙 기지국(200)으로부터 단말(100)기가 선택됐음을 알리는 상향링크 제어 신호를 수신하면, 송신전력을 고려하여 데이터 전송속도를 설정할 수 있다. 이때, 상향링크 제어 신호는 서빙 기지국(200)에서 측정한 단말기의 신호대잡음비(SNR)를 포함할 수 있다.
- [0035] 전송속도 설정부(115)는 아래 <수학식 1>을 이용하여 데이터의 전송 속도를 설정할 수 있다.

[0036] [수학식 1]

$$\log_2 \left(1 + \frac{\rho_{0u_0}}{1+M\gamma_{th}} \right)$$

[0037]

[0038] 여기서, ρ_{0u_0} 는 서빙 기지국에서 측정된 단말기의 신호대잡음비이고, M은 주변 기지국의 수이고, γ_{th} 는 임계값이다.

[0039]

제어부(110)는 단말기(100)의 전반적인 동작을 제어할 수 있다. 그리고, 제어부(110)는 측정부(111), 비교부(112), 전력 조정부(113), 누적분포함수 계산부(114) 및 전송속도 설정부(115)의 기능을 수행할 수 있다. 제어부(110), 측정부(111), 비교부(112), 전력 조정부(113), 누적분포함수 계산부(114) 및 전송속도 설정부(115)를 구분하여 도시한 것은 각 기능들을 구별하여 설명하기 위함이다. 따라서 제어부(110)는 측정부(111), 비교부(112), 전력 조정부(113), 누적분포함수 계산부(114) 및 전송속도 설정부(115) 각각의 기능을 수행하도록 구성된(configured) 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다. 또한, 제어부(110)는 측정부(111), 비교부(112), 전력 조정부(113), 누적분포함수 계산부(114) 및 전송속도 설정부(115) 각각의 기능 중 일부를 수행하도록 구성된(configured) 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다.

[0040]

도 2는 본 발명의 일실시예에 따라 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 무선 이동통신 시스템의 기지국의 구성을 도시한 도면이다.

[0041]

도 2를 참조하면, 서빙 기지국(200)은 제어부(210), 누적분포함수 수신부(211), 선택부(212), 제어신호 생성부(213), 통신부(220) 및 저장부(230)를 포함할 수 있다.

[0042]

통신부(220)는 안테나(미도시)를 통해 입출력 되는 데이터의 무선신호를 송수신 처리하는 기능을 수행한다. 예를 들어, 송신인 경우, 송신할 데이터를 채널 코딩(Channel coding) 및 확산(Spreading)한 후, RF처리하여 송신하는 기능을 수행하고, 수신인 경우, 수신된 RF신호를 기저대역신호로 변환하고 기저대역신호를 역 확산(Despreading) 및 채널 복호(Channel decoding)하여 데이터를 복원하는 기능을 수행한다. 통신부(220)는 단말기(100)와 신호를 송수신할 수 있다.

[0043]

저장부(230)는 서빙 기지국(200)의 전반적인 동작을 제어하기 위한 운영체제, 응용 프로그램 및 저장용 데이터를 저장한다.

[0044]

누적분포함수 수신부(211)는 타임 슬롯 각각에 대해서 셀 영역 내의 단말기들로부터 서빙 기지국(200)에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF) 값을 수신한다. 이때, 누적분포함수 값은 단말기들 각각에서 이웃 기지국의 간섭을 고려하여 조정된 송신전력으로 송신할 때의 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수를 계산한 값이다.

[0045]

선택부(212)는 타임 슬롯 별로 셀 영역 내의 단말기들 중에서 누적분포함수 값이 가장 큰 단말기를 선택한다.

[0046]

제어신호 생성부(213)는 단말기가 선택됐음을 알리는 상향링크 제어 신호를 생성하여 선택부(212)에 의해 선택된 단말기로 송신할 수 있다. 이때, 제어신호 생성부(213)는 서빙 기지국(200)에서 측정된 선택부(212)에 의해 선택된 단말기의 신호대잡음비(SNR)를 상향링크 제어 신호에 포함시켜 생성할 수 있다.

[0047]

제어부(210)는 서빙 기지국(200)의 전반적인 동작을 제어할 수 있다. 그리고, 제어부(210)는 누적분포함수 수신부(211), 선택부(212) 및 제어신호 생성부(213)의 기능을 수행할 수 있다. 제어부(210), 누적분포함수 수신부(211), 선택부(212) 및 제어신호 생성부(213)를 구분하여 도시한 것은 각 기능들을 구별하여 설명하기 위함이다. 따라서 제어부(210)는 누적분포함수 수신부(211), 선택부(212) 및 제어신호 생성부(213) 각각의 기능을 수행하도록 구성된(configured) 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다. 또한, 제어부(210)는 누적분포함수 수신부(211), 선택부(212) 및 제어신호 생성부(213) 각각의 기능 중 일부를 수행하도록 구성된(configured) 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다.

[0048]

이하, 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 방법을 아래에서 도면을 참조하여 설명한다.

[0049]

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 무선 이동통신 시스템에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 과정을 도시한 흐름도이다.

[0050]

도 3을 참조하면, 셀 영역 내의 단말기들 각각은 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 신호대잡음비(SNR)를 측정

한다(310).

- [0051] 단말기들은 단말기들 각각에서 측정된 신호대잡음비와 기설정된 임계값을 비교한다(312).
- [0052] 그리고, 단말기들은 비교결과에 따라 단말기들 각각의 송신전력을 조정한다(314).
- [0053] 314단계를 구체적으로 살펴보면, 단말기들 각각은 비교결과 측정된 신호대잡음비가 임계값보다 크면, 단말기들 각각의 송신전력을 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 SNR이 임계값 보다 작거나 같아지도록 줄인다. 만약, 비교결과 측정된 신호대잡음비가 임계값보다 작거나 같으면, 단말기들은 송신전력을 조정하지 않을 수도 있다.
- [0054] 이후, 단말기들 각각은 각 타임 슬롯에 대한 조정된 송신전력으로 서빙 기지국의 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF)를 계산한다(316).
- [0055] 그리고, 단말기들 각각은 각 타임 슬롯에 계산된 누적분포함수 값을 서빙 기지국으로 송신한다(318).
- [0056] 이후, 서빙 기지국은 단말기들로부터 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수 값을 수신하면, 타임 슬롯 별로 셀 영역 내의 단말기들 중에서 누적분포함수 값이 가장 큰 단말기를 선택한다(320).
- [0057] 그리고, 서빙 기지국은 선택된 단말기를 타임 슬롯이 선택됐음을 알리는 상향링크 제어 신호를 송신한다(322).
- [0058] 선택된 단말기는 상향링크 제어 신호를 수신하면 선택된 단말기에서 설정한 송신전력을 고려하여 데이터 전송속도를 설정한다(324). 이때, 송신전력은 셀간 간섭을 고려하여 조정된 송신전력일 수 있다.
- [0059] 그리고, 선택된 단말기는 선택받은 상향링크 타임 슬롯에서 설정된 데이터 전송속도로 데이터를 전송한다(326).
- [0060] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 무선 이동통신 시스템의 단말기에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 과정을 도시한 흐름도이다.
- [0061] 도 4를 참조하면, 단말기는 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 신호대잡음비(SNR)를 측정한다(410).
- [0062] 그리고, 단말기는 측정된 신호대잡음비가 기설정된 임계값보다 큰지 확인한다(412).
- [0063] 412단계의 확인결과 측정된 신호대잡음비가 임계값보다 크면, 단말기는 단말기의 송신전력을 조정한다(414). 이때, 단말기는 이웃 기지국으로부터 수신된 신호의 SNR이 임계값 보다 작거나 같아지도록 송신전력을 줄일 수 있다.
- [0064] 412단계의 확인결과 측정된 신호대잡음비가 임계값보다 작거나 같으면, 단말기는 송신전력을 조정하지 않고, 현재의 송신전력을 유지할 수 있다.
- [0065] 이후, 단말기는 각 타임 슬롯에서 조정된 송신전력으로 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF)를 계산한다(416).
- [0066] 그리고, 단말기는 각 타임 슬롯에서 계산된 누적분포함수 값을 서빙 기지국으로 송신한다(418).
- [0067] 이후, 단말기는 서빙 기지국으로부터 단말기가 선택됐음을 알리는 상향링크 제어 신호를 수신하면(420), 송신전력을 고려하여 데이터 전송속도를 설정한다(422).
- [0068] 그리고, 단말기는 설정된 데이터 전송속도로 데이터를 전송한다(424).
- [0069] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 무선 이동통신 시스템의 기지국에서 누적분포함수를 기반으로 사용자 스케줄링하는 과정을 도시한 흐름도이다.
- [0070] 도 5를 참조하면, 서빙 기지국은 타임 슬롯 각각에 대해서 셀 영역 내의 단말기들로부터 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수(CDF) 값을 수신한다(510).
- [0071] 이때, 누적분포함수 값은 단말기들 각각에서 이웃 기지국의 간섭을 고려하여 조정된 송신전력으로 송신할 때의 서빙 기지국에 대한 상향링크 SNR의 누적분포함수를 계산한 값이다.
- [0072] 그리고, 서빙 기지국은 타임 슬롯 별로 셀 영역 내의 단말기들 중에서 누적분포함수 값이 가장 큰 단말기를 선택한다(512).
- [0073] 그리고, 서빙 기지국은 선택된 단말기로 선택됐음을 알리는 상향링크 제어 신호를 송신한다. 이때, 상향링크 제어 신호는 서빙 기지국에서 측정된 선택된 단말기의 신호대잡음비(SNR)를 포함할 수 있다.

[0074] 그러면, 상술한 본 발명의 효율성과 공정한 자원 공유를 제공하는지에 관한 증명 및 성능 분석을 설명하고자 먼저 시스템 모델을 설정하고, 제안하는 스케줄링에 관한 증명을 설명하고, 이후 제안하는 스케줄링에 관한 성능을 설명하고자 합니다.

[0075] M개의 간섭 셀들에 의해 둘러싸인 셀을 시스템 모델로 하고자 한다.

[0076] 다중 셀 네트워크에서 간섭의 근원이 매우 지배적일 때, 단일 계층 간섭 모델이 고려될 수 있다. 각각의 셀은 하나의 기지국과 각각 하나의 안테나를 갖추고 있는 N개의 사용자를 가지고 있다. 각 타임 슬롯에서, 각각의 기지국은 기지국에 패킷을 전송하는 하나의 사용자를 선택한다.

[0077] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 육각형의 셀 구조를 가진 무선 이동통신 시스템의 모델을 도시한 도면이다.

[0078] 도 6을 참조하면, 셀0에 간섭을 하는 간섭 셀(1, 2, ..., M)을 나타낸 것으로, 육각형의 셀 구조를 가지고 있으므로 6개의 간섭 셀(1, 2, ..., 6)을 가질 수 있다.

[0079] $\alpha_{iu_m} h_{iu_m}$ 는 셀(m) 내의 사용자(um)들과 기지국(i) 사이의 채널 이득을 나타낸다고 가정한다.

[0080] 여기서, $u_m \in \{1, 2, \dots, N\}$, $i, m \in \{0, 1, \dots, M\}$ 이고, α_{iu_m} 는 대규모 경로 손실 성분이고, h_{iu_m} 는 소규모 경로 손실성분이라고 한다. 소규모 페이딩 채널은 평균 0과 단위 변화를 가지고 있는 복잡한 가우시안(Gaussian)이다. 예를 들어, 채널은 레일리 페이딩일 수 있다. 공간적으로 분포된 사용자 위치들 때문에, 사용자들은 다른 대대적인 경로 손실을 경험할 수 있다.

[0081] 본 발명에서 채널 이득이 한 슬롯 동안 고정되고 다른 슬롯 사이에 독립적으로 변화되는 블록 페이딩 모델을 가정하고자 한다.

[0082] 사용자($u_0, u_1, \dots, u_M$)가 타임 슬롯에서 송신하도록 선택된 경우, BS 0에서 수신된 신호는 다음 <수학식 2>와 같이 주어진다.

[0083] <수학식 2>

$$y_0 = \alpha_{0u_0} h_{0u_0} x_{u_0} + \sum_{m=1}^M \alpha_{0u_m} h_{0u_m} x_{u_m} + z_0$$

[0084]

[0085] 여기서, $y_0 \in \mathbb{C}$ 는 수신된 신호이고, $x_{u_m} \in \mathbb{C}$ 는 셀m 내의 사용자 um의 송신된 신호이고, $z_0 \in \mathbb{C}$ 는 평균이 0인 원형 대칭 가우시안 랜덤 벡터이고, C는 complex를 나타내고, $z_0 \sim CN(0, N_0)$ 이다.

[0086] 송신 전력 제한(P)는 $E[|x_{u_m}|^2] \leq P$ 로 설정하고, 모든 사용자($u_0, u_1, \dots, u_M$)가 송신 전력 제한(P)으로 송신하면, BS0에서 x_{u_0} 의 SINR은 다음 <수학식 3>과 같다.

[0087] <수학식 3>

$$\begin{aligned} \eta_{0u_0} &= \frac{P|\alpha_{0u_0} h_{0u_0}|^2}{N_0 + P \sum_{m=1}^M |\alpha_{0u_m} h_{0u_m}|^2} \\ &= \frac{\gamma_{0u_0}}{1 + \sum_{m=1}^M \gamma_{0u_m}}, \end{aligned}$$

[0088]

[0089] 다른 셀의 사용자가 침묵을 유지하는 것으로 가정할 때, $\gamma_{iu_m} = P|\alpha_{iu_m} h_{iu_m}|^2/N_0$ 은 기지국(i)에서 수신하는 사용자(u_m)에 대한 SNR이다.

- [0090] 채널이 복잡한 가우시안이기 때문에, $\gamma_{i_{um}}$ 은 $\bar{\gamma}_{i_{um}} = P|\alpha_{i_{um}}|^2/N_0$ 을 이용해서 지수로 분배된다.
- [0091] $F_{\gamma_{i_{um}}}(\gamma)$ 가 $\gamma_{i_{um}}$ 의 CDF라 하면, 이것은 다음 <수학식 4>와 같이 표현될 수 있다.
- [0092] [수학식 4]
- $$F_{\gamma_{i_{um}}}(\gamma) = 1 - e^{-\frac{\gamma}{\bar{\gamma}_{i_{um}}}}.$$
- [0093]
- [0094] 각 사용자가 서빙하는 기지국과 간섭하는 기지국에서 채널 이득을 추정할 수 있도록, 기지국은 채널 추정을 위해 차례로 또는 직교 차원으로 훈련 (또는 파일럿) 신호를 전송한다,
- [0095] 시분할 듀플렉스(TDD)의 경우, 각 사용자의 추정된 채널 이득은 대응하는 기지국들에 대한 사용자로부터의 채널 이득과 동일하다.
- [0096] 따라서, 사용자는 대응하는 기지국에서 수신된 SNRs, $\gamma_{i_{um}}(i \in \{0, 1, \dots, M\})$ 을 추정할 수 있고, 채널이 고정된 경우 장기간에 걸친 관찰로 $F_{\gamma_{i_{um}}}(\gamma)$ 의 CDF를 획득할 수 있다.
- [0097] <수학식 3>에서 알 수 있는 바와 같이, 다중 셀 네트워크에 대한 상향링크 스케줄링을 설계하는 하나의 과제는 셀간 간섭을 극복하는 것이다.
- [0098] 각 BS는 단지 셀의 사용자를 선택할 수 있으며, 다른 셀에 있는 사용자의 전송을 제어 할 수 없다. 그러므로, 사용자 선택이 모든 기지국들에 의해 수행되기 전에, 각 BS 또는 사용자는 SINR을 예측할 수 없다.
- [0099] 본 발명에서 제안하는 셀간 간섭을 고려한 누적분포함수 기반의 스케줄링을 확인하기에 앞서, 기존의 누적분포함수 기반의 스케줄링을 확장한 개념인 CS-SE(Cumulative distribution function based Scheduling with Simple Extension)를 먼저 확인하고자 한다.
- [0100] CS-SE(Cumulative distribution function based Scheduling with Simple Extension)
- [0101] 각각의 타임슬롯에서 CS-SE이 셀0의 사용자를 선택하는 순서는, 다음의 1), 2)와 같다.
- [0102] 1) 사용자(u_0)는 $U_{0u_0} = F_{\gamma_{0u_0}}(\gamma)$ 의 값을 BS0으로 피드백 한다. 이때, γ 은 현재 SNR이다. 모든 사용자들로부터 피드백 정보를 수신한 후에, BS0은 가장 큰 피드백 값을 송신한 사용자를 선택한다.
- [0103] 2) 선택된 사용자는 $\theta \log_2(1 + \gamma)$ 의 전송률로 패킷을 송신한다. 이때, $\theta \in (0, 1)$ 이다.
- [0104] 하지만, CS-SE에는 상향링크에 대한 셀간 간섭의 정보가 없기 때문에, 각각의 사용자가 SINR(η_{0u_0})의 CDF를 사용하지 못하는 것에 주의해야 한다.
- $$\log_2(1 - \gamma)$$
- [0105] 더욱이, 선택된 사용자가 $\log_2(1 - \gamma)$ 의 데이터 전송 속도를 선택하면, 셀간 간섭으로 인해 운전정지가 종종 발생할 수 있다.
- [0106] 그러므로, 사용자는 빈번하게 발생하는 운전정지 이벤트를 방지하기 위해서, θ 의 요소를 고려하여 데이터 전송 속도를 줄여야 한다. θ 의 요소는 이후 CS-SE의 성능을 분석할 때 후술한다.
- [0107] 피드백 정보($U_{0u_0} = F_{\gamma_{0u_0}}(\gamma)$)가 0과 1 사이에서 균일하게 분배되는 것을 증명하는 것은 간단하며, CDF는 다음 <수학식 5>와 같이 주어질 수 있다.
- [0108] [수학식 5]
- $$F_{U_{0u_0}}(u) = u, \quad u \in [0, 1].$$
- [0109]

[0110] 따라서, 각 사용자가 서빙 기지국에 의해 선택되는 확률은 피드백 값의 대칭성 때문에 $1/N$ 이다. 즉, CS-SE는 공정한 자원 공유의 요구 사항을 만족시킨다.

[0111] CS-ICI(Cumulative distribution function based Scheduling with inter-cell interference)

[0112] 본 발명에서 제안하는 CS-ICI의 가장 큰 특징은 기설정된 임계값보다 낮게 다른 셀에 각 사용자의 간섭 발생을 제어하는 것이다.

[0113] 구체적으로, 이웃 기지국에서 수신된 SNR이 임계값(γ_{th})보다 클 때, 임계값(γ_{th})은 사용자 각각의 송신 전력을 줄이도록 적용된다.

[0114] 사용자(u_0)가 P의 전력으로 송신할 때, $\gamma_{max,u_0} = \max(\gamma_{1u_0}, \gamma_{2u_0}, \dots, \gamma_{Mu_0})$ 는 이웃 기지국들에 의해 수신된 최대 SNR을 나타낸다. 그리고, γ_{max,u_0} 의 CDF는 다음 <수학식 6>과 같이 표현된다.

[0115] [수학식 6]

$$F_{\gamma_{max,u_0}}(\gamma) = \prod_{k=1}^M F_{\gamma_{ku_0}}(\gamma)$$

[0116]

[0117] 이때, $F_{\gamma_{ku_0}}(\gamma)$ 는 <수학식 4>에서 보여진다.

[0118] CS-ICI의 임계값을 기반한 송신전력 제어 후에, 서빙 BS0에 의해 수신된 사용자(u_0)의 SNR은 다음 <수학식 7>과 같다.

[0119] [수학식 7]

$$\rho_{0u_0} = \begin{cases} \gamma_{0u_0}, & \text{if } \gamma_{max,u_0} \leq \gamma_{th}, \\ \gamma_{0u_0} \frac{\gamma_{th}}{\gamma_{max,u_0}}, & \text{if } \gamma_{max,u_0} > \gamma_{th}. \end{cases}$$

[0120]

[0121] 따라서, 이웃 기지국에서 사용자(u_0)의 SNR들은 모두 임계값(γ_{th}) 보다 작다.

[0122] γ_{0u_0} 과 γ_{max,u_0} 의 CDF는 <수학식 4>와 <수학식 6>을 기반한다. ρ_{0u_0} 의 CDF는 다음 <수학식 8>과 같이 계산된다.

[0123] [수학식 8]

$$\begin{aligned} F_{\rho_{0u_0}}(\rho) &= \Pr\{\gamma_{0u_0} \leq \rho, \gamma_{max,u_0} \leq \gamma_{th}\} \\ &\quad + \Pr\left\{\gamma_{0u_0} \frac{\gamma_{th}}{\gamma_{max,u_0}} \leq \rho, \gamma_{max,u_0} > \gamma_{th}\right\} \\ &= F_{\gamma_{0u_0}}(\rho) F_{\gamma_{max,u_0}}(\gamma_{th}) \\ &\quad + \int_{\gamma_{th}}^{\infty} F_{\gamma_{0u_0}}\left(\frac{x}{\gamma_{th}} \rho\right) dF_{\gamma_{max,u_0}}(x). \end{aligned}$$

[0124]

[0125] 사용자(u_0)는 지역정보를 기반으로 전송 전력을 제어하는 것 같이, 사용자(u_0)는 채널들의 장기 관찰을 통해 $F_{\rho_{0u_0}}(\rho)$ 의 CDF를 얻을 수 있다. 함수를 기반하여, CS-ICI의 사용자 선택 절차는 다음의 1), 2)와 같이 주어진다.

[0126] 1) 각 타임 슬롯에서, 사용자(u_0)는 $V_{0u_0} = F_{\rho_{0u_0}}(\rho)$ 의 값을 BS0으로 피드백한다. 이때, ρ 는 임계값을 기반하여 전력 제어가 적용되는 경우 서빙 기지국0에서 추정된 SNR이다.

2) 선택된 경우, 사용자(u_0)는 $\log_2 \left(1 + \frac{\rho_{0u_0}}{1+M\gamma_{th}} \right)$ 의 데이터 전송속도를 설정하고, 패킷을 송신한다.

이때, 이웃 기지국의 사용자도 CS-ICI로 전력 제어를 수행하기 때문에, $\log_2 \left(1 + \frac{\rho_{0u_0}}{1+M\gamma_{th}} \right)$ 의 데이터 전송속도는 달성 가능하다.

피드백 정보($V_{0u_0} = F_{\rho_{0u_0}}(\rho)$)는 0과 1 사이에서 균일하게 분배되므로, 선택되는 사용자(u_0)의 확률은 $1/N$ 이다.

다음으로, 셀0 내의 사용자(u_0)를 위해 처리량의 하한 경계값을 분석하고자 한다.

사용자(u_0)가 선택될 때 기지국에서 수신된 SNR은 다음 <수학식 9>와 같이 주어진다.

[수학식 9]

$$F_{sel,u_0}(\rho) = [F_{\rho_{0u_0}}(\rho)]^N$$

또한, CS-ICI는 $M\gamma_{th}$ 에 의해 셀간 간섭의 양을 제한하므로 사용자(u_0)가 송신할 때, BS0에서 SINR은 다음 <수학식 10>과 같이 하한 경계된다.

[수학식 10]

$$\eta_{0u_0} \geq \frac{\rho_{0u_0}}{1 + M\gamma_{th}}$$

<수학식 9>와 <수학식 10>으로부터 CS-ICI의 사용자(u_0)를 위한 처리량 하한 경계값은 다음 <수학식 11>과 같이 계산될 수 있다.

[수학식 11]

$$\begin{aligned} S_{CS-ICI} &= \frac{1}{N} \int_0^\infty \log_2(1+x) dF_{\eta_{0u_0}}(x) \\ &\geq \frac{1}{N} \int_0^\infty \log_2 \left(1 + \frac{\rho}{1+M\gamma_{th}} \right) d[F_{\rho_{0u_0}}(\rho)]^N \end{aligned}$$

이때, $1/N$ 의 요소는 사용자(u_0)가 선택될 확률이다.

<수학식 11>로부터 처리량 하한 경계값이 다른 셀들에서 선택된 다른 사용자들에 의해 야기된 시간 변화 셀간 간섭으로부터 독립적인 것을 알 수 있다.

처리량이 임계값(γ_{th})의 함수(function)이기 때문에 적당한 임계값이 선택되어야 한다.

이후, CS-ICI의 성능을 분석할 때, γ_{th} 의 적절한 값을 제안할 것이다.

비록, S_{CS-ICI} 가 폐쇄된 형태로 분석되지 않지만, 그것은 이후 설명에서 처리량 스케일링 법칙을 유도하는데 사용된다.

통상적으로, 특정 사용자의 스케줄링 효율을 무한대로 사용자의 수가 증가 할 때의 처리량을 달성 스케일링을 관찰함으로써 검사된다.

처리량 총계를 극대화하는 시스템을 위해, $\ln \ln N$ 의 처리량 스케일링은 상향링크 및 다운링크 셀룰러 네트워크 모두에서 달성되는 것은 입증되었다.

자원 기반의 공정성이 고려될 때, 정규화된 처리량의 $\ln \ln N$ 성장은 단일 셀 네트워크에서 관찰되었다.

따라서, 사용자의 수가 무한하게 증가할 때, 제안된 CS-ICI도 상향링크 멀티 셀 네트워크에서 정규화된 처리량의 $\log \log N$ 성장을 지지할 수 있는 것을 증명하고자 한다.

계속해서 셀0에서 사용자(u_0)의 처리량을 관찰하고자 한다.

<수학식 8>로부터 다음의 <수학식 12>를 구할 수 있다.

[수학식 12]

$$F_{\rho_0 u_0}(\rho) \leq F_{\gamma_0 u_0}(\rho) F_{\gamma_{\max}, u_0}(\gamma_{th}) + 1 - F_{\gamma_{\max}, u_0}(\gamma_{th})$$

여기서, $F_{\gamma_0 u_0}\left(\frac{\rho}{\gamma_{th}}\right) \leq 1$ 의 부등식이 유도된다. 그리고, 부등식을 만족시키는 ρ_0 와 $\beta \in (0, 1)$ 는 다음 <수학식 13>과 같다.

[수학식 13]

$$F_{\rho_0 u_0}(\rho_0) = 1 - \beta, \Rightarrow \rho_0 = F_{\rho_0 u_0}^{-1}(1 - \beta)$$

<수학식 12>에 ρ_0 와 β 를 대입하면 다음 <수학식 14>와 같다.

[수학식 14]

$$\begin{aligned} F_{\gamma_0 u_0}(\rho_0) &\geq 1 - \frac{\beta}{F_{\gamma_{\max}, u_0}(\gamma_{th})}, \\ \Rightarrow \rho_0 &\geq F_{\gamma_0 u_0}^{-1}\left(1 - \frac{\beta}{F_{\gamma_{\max}, u_0}(\gamma_{th})}\right) \end{aligned}$$

CDF의 증가 속성이 적용되는 경우, <수학식 13>과 <수학식 14>를 비교하면 다음 <수학식 15>와 같다.

[수학식 15]

$$F_{\rho_0 u_0}^{-1}(1 - \beta) \geq F_{\gamma_0 u_0}^{-1}\left(1 - \frac{\beta}{F_{\gamma_{\max}, u_0}(\gamma_{th})}\right)$$

정규화된 처리량이 선택되는 사용자의 확률에 대한 사용자 처리량의 비율로 정의되는 바와 같이, CS-ICI에서 사용자(u_0)의 정규화된 처리량은 다음 <수학식 16>과 같이 계산된다.

[수학식 16]

$$\begin{aligned} S_{CS-ICI}^{\text{norm}} &= N \cdot S_{CS-ICI} \\ &\geq \int_0^\infty \log_2 \left(1 + \frac{\rho}{1 + M\gamma_{th}} \right) d(F_{\rho_0 u_0}(\rho))^N \\ &\geq \int_z^\infty \log_2 \left(1 + \frac{\rho}{1 + M\gamma_{th}} \right) d(F_{\rho_0 u_0}(\rho))^N \\ &\geq \log_2 \left(1 + \frac{z}{1 + M\gamma_{th}} \right) \int_z^\infty d(F_{\rho_0 u_0}(\rho))^N \\ &= \log_2 \left(1 + \frac{z}{1 + M\gamma_{th}} \right) \left[1 - (F_{\rho_0 u_0}(z))^N \right] \end{aligned}$$

$z = F_{\rho_0 u_0}^{-1}\left(1 + \frac{1}{N} \ln \frac{1}{N}\right)$ 로 설정하면, S_{CS-ICI}^{norm} 는 다음 <수학식 17>과 같이 추가로 유도될 수 있다.

[0166] [수학식 17]

$$\begin{aligned} & S_{\text{CS-ICI}}^{\text{norm}} \\ &= \log_2 \left(1 + \frac{F_{\rho_{0u_0}}^{-1} \left(1 + \frac{1}{N} \ln \frac{1}{N} \right)}{1 + M\gamma_{\text{th}}} \right) \left[1 - \left(1 + \frac{1}{N} \ln \frac{1}{N} \right)^N \right] \\ &\geq \log_2 \left(1 + \frac{F_{\gamma_{0u_0}}^{-1} \left(1 + \frac{\frac{1}{N} \ln \frac{1}{N}}{F_{\gamma_{\text{max}, u_0}}(\gamma_{\text{th}})} \right)}{1 + M\gamma_{\text{th}}} \right) \\ &\quad \times \left[1 - \left(1 + \frac{1}{N} \ln \frac{1}{N} \right)^N \right] \end{aligned}$$

[0167]

[0168] 이때, 부등식은 $\beta = -\frac{1}{N} \ln \frac{1}{N}$ 를 <수학식 15>에 적용한 결과이다.

[0169] $\epsilon \in (0, 1)$ 의 값을 위해, <수학식 4>에서 $F_{\gamma_{0u_0}}(\gamma)$ 의 표현을 기반으로 다음 <수학식 18>을 구할 수 있다.

[0170] [수학식 18]

$$F_{\gamma_{0u_0}}^{-1}(1 - \epsilon) = \bar{\gamma}_{0u_0} \left[\ln \left(\frac{1}{\epsilon} \right) + O \left(\ln \ln \left(\frac{1}{\epsilon} \right) \right) \right]$$

[0171]

[0172] 이때, $\bar{\gamma}_{0u_0}$ 은 평균 SNR이다.

[0173] 그리고, N이 무한대로 증가하면 다음 <수학식 19>와 같다.

[0174] [수학식 19]

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{N} \ln \frac{1}{N} \right)^N = 0.$$

[0175]

[0176] 마지막으로, <수학식 18>과 <수학식 19>를 적요하면, $S_{\text{CS-ICI}}^{\text{norm}}$ 의 접근 성능을 다음 <수학식 20>과 같이 얻을 수 있다.

[0177] [수학식 20]

$$\begin{aligned} & \lim_{N \rightarrow \infty} S_{\text{CS-ICI}}^{\text{norm}} \\ &\geq \lim_{N \rightarrow \infty} \log_2 \left(1 + \frac{\bar{\gamma}_{0u_0} \left[\ln \left(\frac{1}{\epsilon} \right) + O(\ln \ln N) \right]}{1 + M\gamma_{\text{th}}} \right) \\ &= \log_2 e \cdot \lim_{N \rightarrow \infty} \ln \left(1 + \frac{\bar{\gamma}_{0u_0}}{1 + M\gamma_{\text{th}}} \ln N + O(\ln \ln N) \right) \\ &= \log_2 e \cdot \lim_{N \rightarrow \infty} \ln \ln N + O(\ln \ln \ln N). \end{aligned}$$

[0178]

[0179] 따라서, 우리는 N이 무한대로 증가함에 따라 $S_{\text{CS-ICI}}^{\text{norm}}$ 이 $\ln \ln N$ 의 규모로 증가하는 것을 관찰할 수 있다.

[0180] 그러면, 다중 사용자 다이버시티를 이용하여 제안한 CS-ICI의 효율을 발휘하는 시뮬레이션 결과를 살펴보고자 한다.

[0181] 이때, 시뮬레이션은 도 6의 네트워크 시나리오와 다음의 <표 1>의 시뮬레이션 파라미터를 고려한다. 그리고, 채널 모델은 3GPP 듀얼 스트림 모델은 사용한다.

[표 1]

TABLE I
SYSTEM PARAMETERS

Parameter	Values
Cell structure	Hexagon
Cell radius	500 m
User distribution	Uniform
Frequency	2 GHz
Bandwidth	10 MHz
Transmit power of each user	23 dBm
N_0	-199 dBW/Hz
Path-loss at 1 m	15.3
Path-loss exponent	3.76

사용자와 기지국 사이에 d 의 거리가 주어지면, 대규모 경로 손실 모델은 다음 <수학식 21>과 같이 표현된다.

[수학식 21]

$$PL(\text{dB}) = 15.3 + 37.6 \log_{10}(d)$$

도 6에서처럼 사용자가 BS 0에서 Arrow 1의 방향까지 떨어져서 d 의 거리를 가지고 있는 것을 고려한다. BS0에 의해 관찰되는 사용자가 10^4 슬롯들 중에서 적어도 하나에 선택되는 시뮬레이션은 오랜 시간 동안 수행된다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따라 다중화 요소의 변화에 따른 CS-SE의 정규화된 처리량을 도시한 그래프이다.

도 7을 참조하면, 정규화된 처리량을 최대화하는 최적의 다중화 요소가 존재함을 확인할 수 있다.

주어진 사용자의 위치에 대해, 최적의 다중화 요소는 다른 집단 크기와 거의 일정하다. 그러나, 최적의 다중화 요소는 사용자의 위치에 따라 크게 변화한다. 따라서, CS-SE의 시스템은 서로 다른 위치를 갖는 사용자를 위한 상이한 다중화 요소를 저장해야 한다.

최적의 다중화 요소는 거리(d)가 증가함에 따라 작아진다. 그것은 어떤 인접 셀에 근접함을 의미하고, 따라서 서빙 기지국으로부터 멀리 떨어진 사용자는 셀간 간섭을 더 격을 수 있다. 따라서, 송신 데이터의 전송 속도를 더 많이 줄여야 한다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따라 임계값의 변화에 따른 CS-ICI의 정규화된 처리량을 도시한 그래프이다.

도 8을 참조하면, 정규화된 처리량을 최대화하는 최적의 임계값은 다양한 사용자의 위치와 집단 크기에 대해서 -5dB 주위에서 거의 일정함을 확인할 수 있다. $\gamma_{th} = -5\text{dB}$ 는 정확한 ??최적의 임계값이 아니지만, 얻어지는 처리량은 최대 처리량에 매우 가깝다. 하나의 임계값이 다양한 네트워크 시나리오를 수용하는데 충분한 경우, 이것은 CS-ICI의 운영을 매우 단순하게 할 수 있다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따라 사용자 수(N)의 증가에 따른 정규화된 처리량을 도시한 그래프이다.

도 9를 참조하면, 사용자가 300m와 500m의 거리를 가지고 있을 때, 사용자 수(N)의 증가에 따른 정규화된 처리량을 보여준다. 이때, 라운드 로빈 스케줄링의 처리량은 비교를 위해 제공된다.

CS-SE와 CS-ICI의 최적의 다중화 요소 또는 임계값은 각각의 가능성을 확인하기 위해 적용된다. 집단 크기의 증가에도 불구하고, 라운드 로빈 스케줄링은 다중 사용자 다이버시티를 이용할 수 없기 때문에 일정한 처리량을 나타낸다.

하지만, CS-SE와 CS-ICI의 처리량은 N 이 증가함에 따라 증가한다. CS-SE와 CS-ICI는 다중 사용자 다이버시티를 이용하는 성능을 보인다. 특히, 제안된 CS-ICI는 N 이 증가함에 따라 CS-SE 보다 더 빠른 처리량 증가를 보여준다. 한편, CS-SE와 CS-ICI 사이에 트레이오프가 관찰될 수도 있다.

CS-ICI는 N 이 큰 경우, CS-SE 보다 더 훌륭한 성능을 보이는 경향이 있다. 모집단의 크기가 큰 경우, 높은 확률로 CS-ICI는 다중 사용자 다이버시티 때문에 송신 전력을 축소하지 않은 사용자를 선택한다. 그러므로, CS-ICI이 셀간 간섭을 제어하는 것 같이, CS-ICI는 CS-SE보다 나은 처리 성능을 나타낸다.

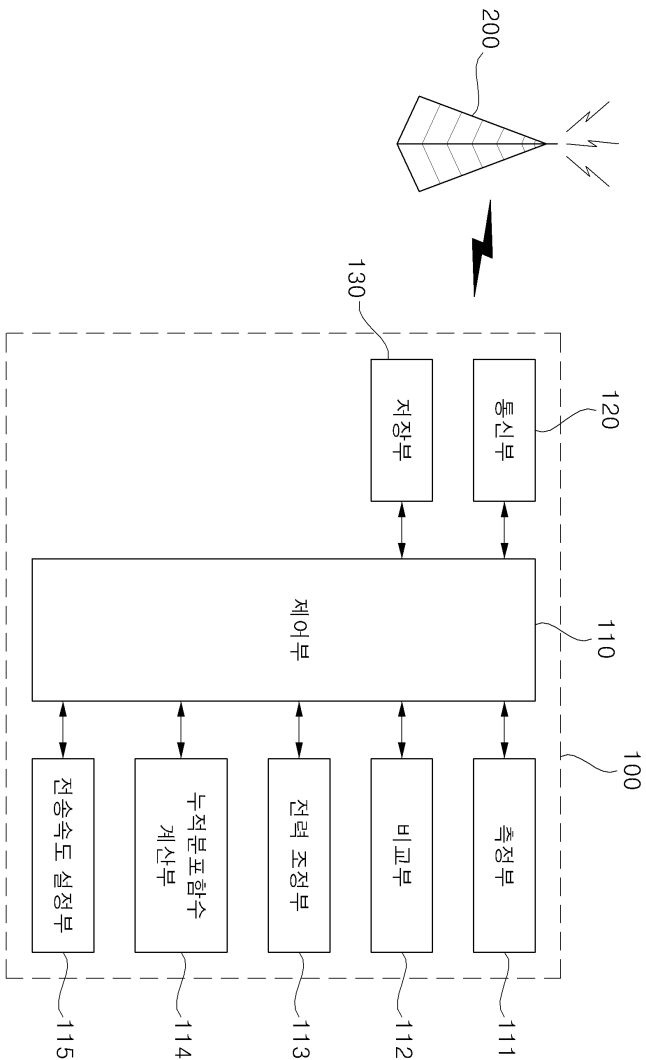
- [0199] 한편, 모집단의 크기가 작은 경우, CS-ICI는 추론 요건을 충족하기 위해 송신 전력을 축소한 사용자를 선택할 수 있다. 이 경우, CS-ICI는 작은 송신 전력을 가지고 CS-SE보다 더 나쁜 성능을 표시 할 수 있다.
- [0200] 한편, $\gamma_{th} = -5\text{dB}$ 의 고정 임계값을 설정한 CS-ICI의 처리량과 고정 임계값을 설정하지 않은 CS-ICI의 처리량을 비교한 결과 매우 유사한 성능을 보이고 있음을 확인할 수 있다.
- [0201] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따라 관찰되는 사용자의 거리의 변화에 따른 정규화된 처리량을 도시한 그래프이다.
- [0202] 도 10을 참조하면, CS-ICI는 사용자가 셀 중심에 가까울 때 CS-SE 보다 나은 처리량 성능을 발휘하는 경향이 있다.
- [0203] CS-ICI에서 셀 중심 사용자에게 비해 셀 경계 사용자가 더 자주 그들의 송신 전력을 감소시킬 수 있다. 따라서, 적은 처리량 향상을 가진다.
- [0204] CS-SE는 셀 경계 사용자에게 대한 CS-ICI 보다 더 나은 성능을 발휘할 수 있다. 하지만, CS-ICI의 경우 사용자의 위치와 상관없이 하나의 임계값을 필요로 하는 반면, CS-SE의 경우 사용자의 위치에 의해 최적의 다중화 요소가 변경해야 하므로, CS-ICI에 비해 높은 구현 복잡성을 가지고 있다.
- [0205] 본 발명의 일 실시 예에 따른 패킷 분류 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0206] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0207] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

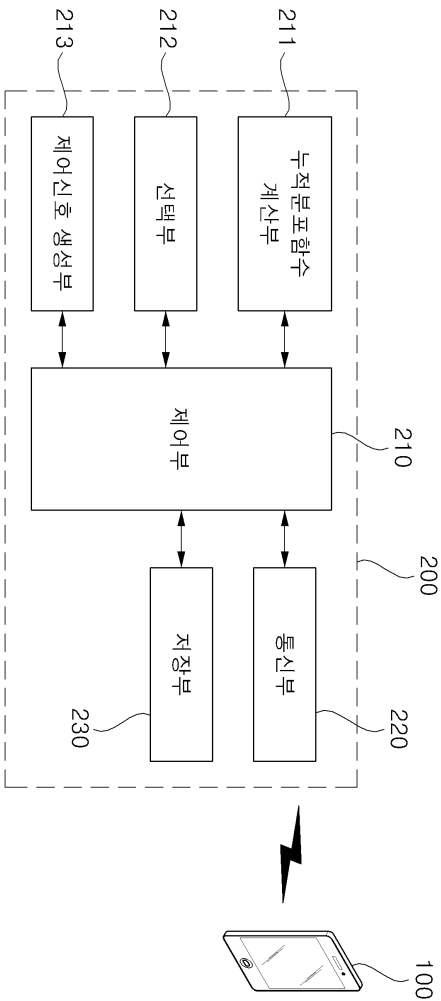
- [0208]
- | | |
|-----------------|-----------------|
| 100; 단말기 | 200; 기지국 |
| 111; 측정부 | 211; 누적분포함수 수신부 |
| 112; 비교부 | 212; 선택부 |
| 113; 전력 조정부 | 213; 제어신호 생성부 |
| 114; 누적분포함수 계산부 | |
| 115; 전송속도 설정부 | |

도면

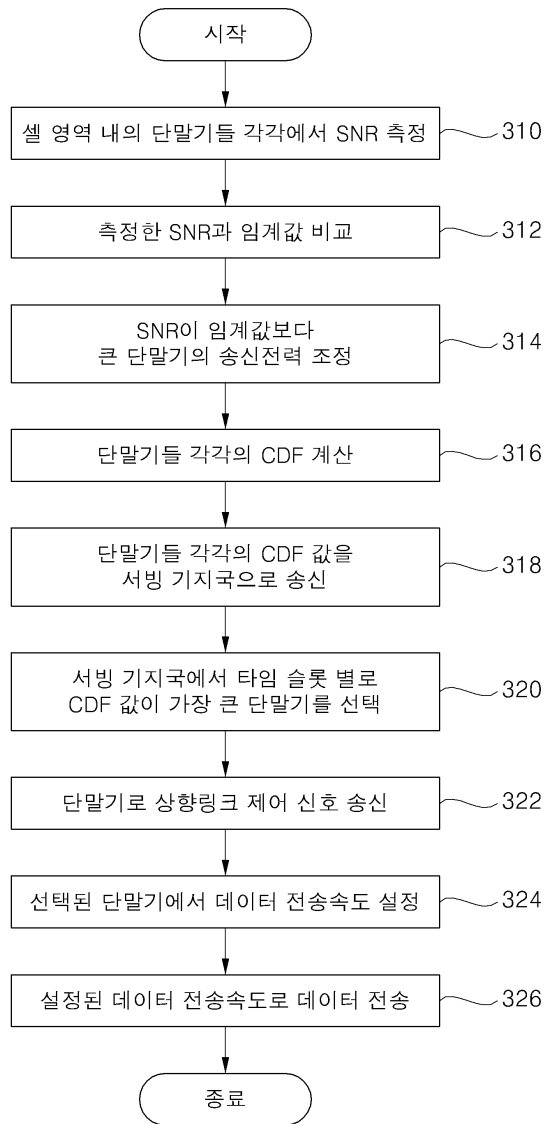
도면1



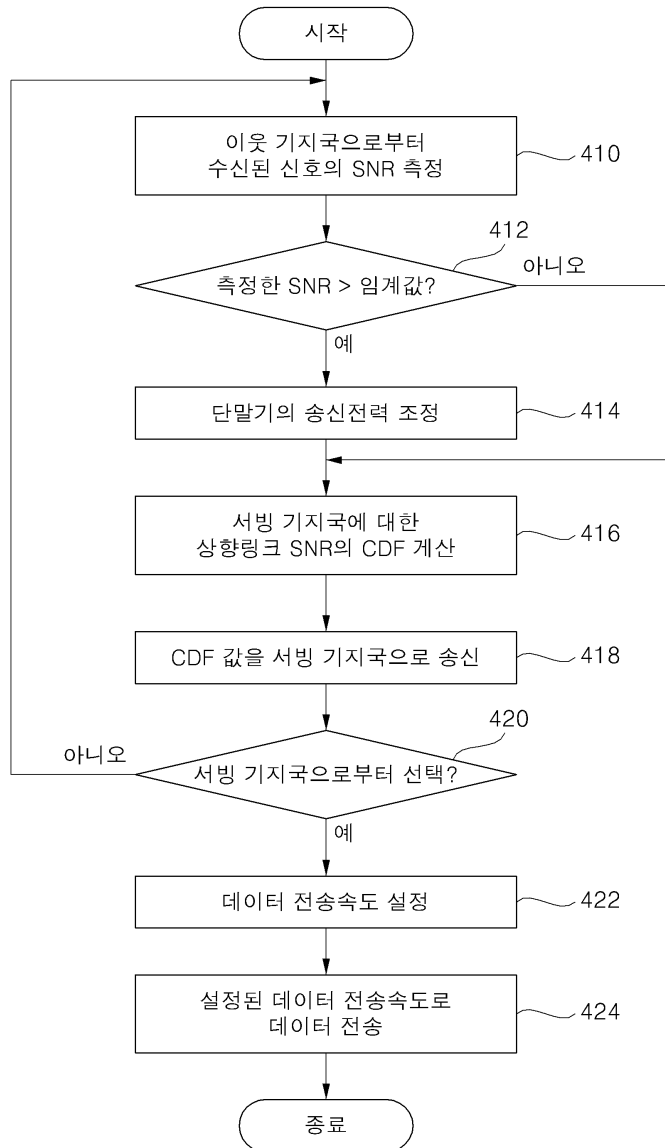
도면2



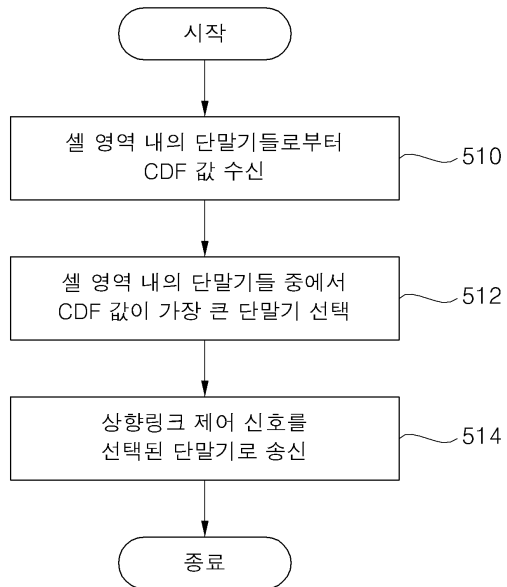
도면3



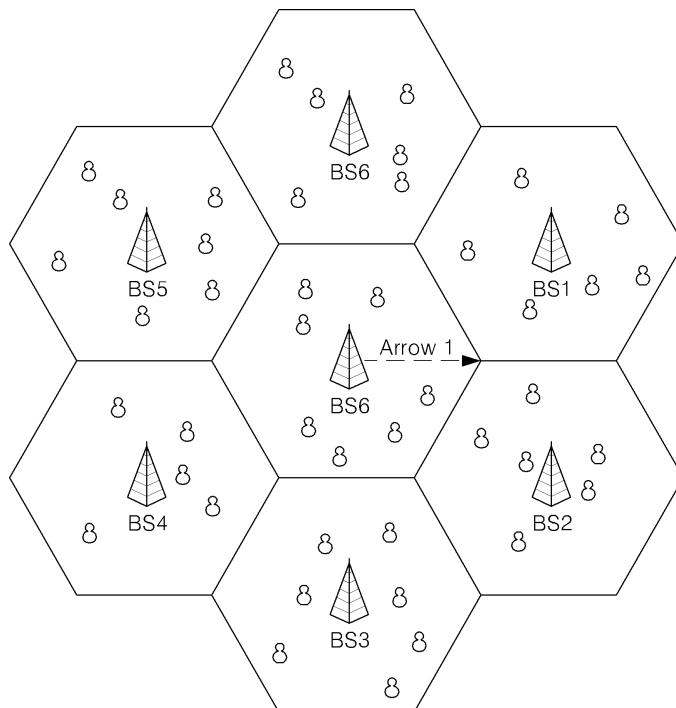
도면4



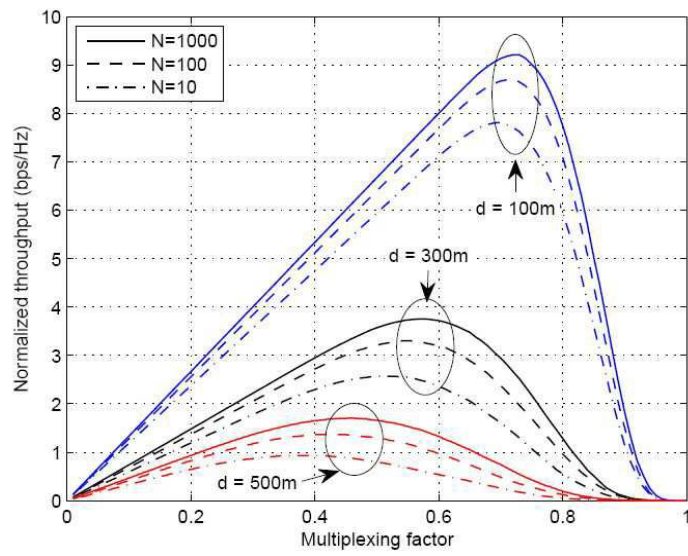
도면5



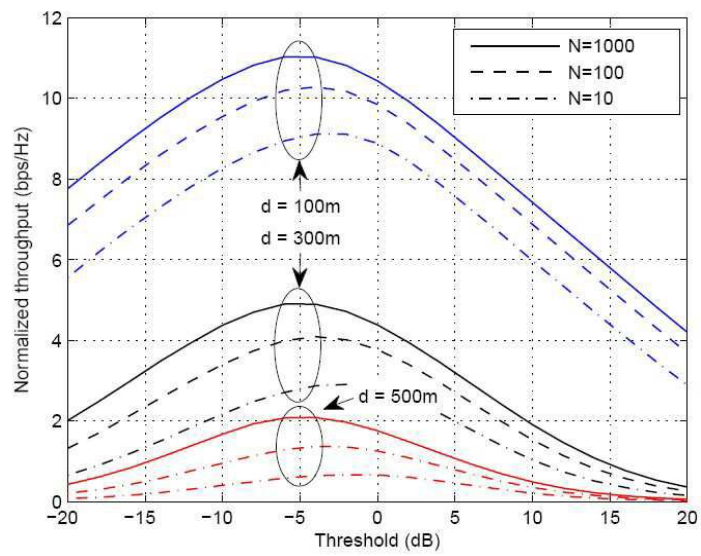
도면6



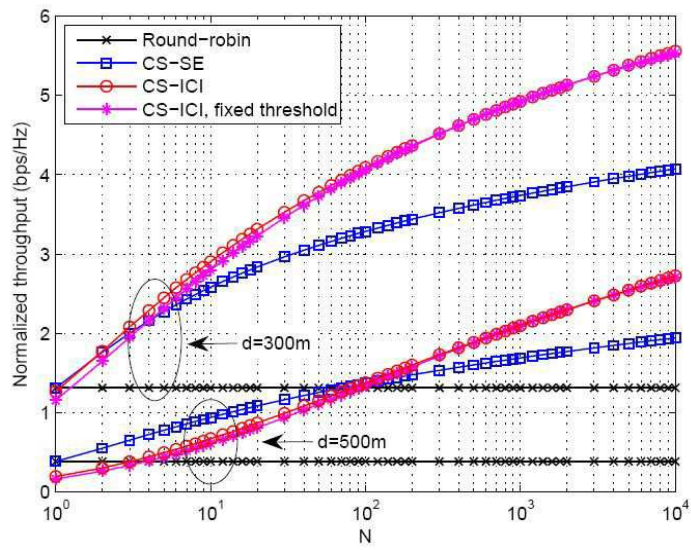
도면7



도면8



도면9



도면10

