



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0085812
(43) 공개일자 2013년07월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 72/12 (2009.01)

(21) 출원번호 10-2012-0006897

(22) 출원일자 2012년01월20일

심사청구일자 2012년01월20일

(71) 출원인

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)

(72) 발명자

정방철

대전광역시 유성구 도룡동 3-10번지 누리관 918호

신원용

경기도 용인시 기흥구 보정동 동아솔레스티아아파트
121동 501호

(74) 대리인

권혁수, 송윤희, 오세준

전체 청구항 수 : 총 19 항

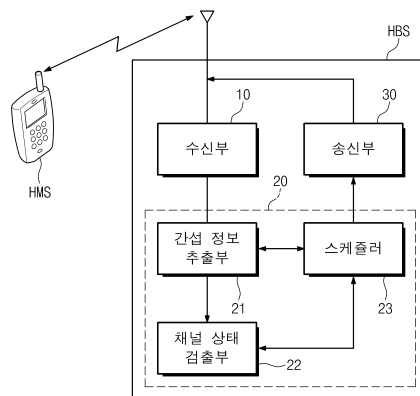
(54) 발명의 명칭 셀간 간섭을 고려한 사용자 스케줄링 방법 및 이를 수행하는 무선 이동 통신 시스템

(57) 요약

본 발명은 무선 이동 통신 시스템에 관한 것으로, 다수의 이동 단말기와, 상기 다수의 이동 단말기가 속한 셀과 인접한 셀의 기지국 사이의 간섭 정보를 추출하는 간섭 정보 추출부; 상기 다수의 이동 단말기와, 상기 다수의 이동 단말기가 속한 셀의 기지국 사이의 채널 상태를 검출하는 채널 상태 검출부; 및 상기 추출된 간섭 정보, 및 상기 검출된 채널 상태에 기초하여, 상기 다수의 이동 단말기 중 통신 채널을 형성할 적어도 하나 이상의 이동 단말기를 결정하는 스케줄러를 포함하는 무선 이동 통신 시스템, 및 이에 의하여 수행되는 무선 이동 통신의 사용자 스케줄링 방법을 제시한다.

이에 따라, 다중 사용자(multi user) 환경의 무선 이동 통신 시스템에서 이동 단말기와 이동 단말기가 속한 홈 셀(Home Cell)을 커버하는 기지국 간의 간섭 상태와, 이동 단말기와 홈 셀에 인접한 타 셀을 커버하는 기지국 간의 간섭 상태를 동시에 고려하여 사용자 스케줄링을 수행함으로써, 무선 자원의 활용도를 보다 높일 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

다수의 이동 단말기와, 상기 다수의 이동 단말기가 속한 셀과 인접한 셀의 기지국 사이의 간섭 정보를 추출하는 간섭 정보 추출부;

상기 다수의 이동 단말기와, 상기 다수의 이동 단말기가 속한 셀의 기지국 사이의 채널 상태를 검출하는 채널 상태 검출부; 및

상기 추출된 간섭 정보, 및 상기 검출된 채널 상태에 기초하여, 상기 다수의 이동 단말기 중 통신 채널을 형성할 적어도 하나 이상의 이동 단말기를 결정하는 스케줄러를 포함하는 무선 이동 통신 시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 스케줄러는,

상기 추출된 간섭 정보가 미리 설정된 제1 임계값 미만임과 동시에, 상기 검출된 채널 상태가 미리 설정된 제2 임계값 미만인 이동 단말기를 상기 통신 채널을 형성할 이동 단말기로 결정함을 특징으로 하는 무선 이동 통신 시스템.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 스케줄러는,

상기 추출된 간섭 정보를 제1 임계값과 비교하는 간섭 정보 비교부;

상기 검출된 채널 상태를 제2 임계값과 비교하는 채널 상태 비교부; 및

상기 간섭 정보 비교부, 및 상기 채널 상태 비교부의 비교 결과에 기초하여, 상기 다수의 이동 단말기 중 통신 채널을 형성할 적어도 하나 이상의 이동 단말기를 결정하는 사용자 결정부를 포함함을 특징으로 하는 무선 이동 통신 시스템.

청구항 4

제1 항 내지 제3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 간섭 정보 추출부는,

다수의 이동 단말기와, 상기 다수의 이동 단말기가 속한 셀과 인접한 복수 개의 셀의 기지국 사이의 간섭 정보들의 합을 상기 간섭 정보로 추출함을 특징으로 하는 간섭 정보 추출부;

청구항 5

제1 항 내지 제3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 간섭 정보 추출부는,

상기 다수의 이동 단말기로부터 수신한 채널 요청 신호로부터 상기 채널 요청 신호에 포함된 파일럿 신호를 추출하고, 추출된 파일럿 신호의 세기에 기초하여 상기 다수의 이동 단말기와 상기 인접한 셀의 기지국 사이의 간섭 정보를 추출함을 특징으로 하는 무선 이동 통신 시스템.

청구항 6

제1 항 내지 제3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 채널 상태 검출부는,

상기 다수의 이동 단말기로부터 수신한 채널 요청 신호로부터 상기 채널 요청 신호에 포함된 상향링크 신호를 추출하고, 추출된 상향링크 신호의 세기에 기초하여 상기 다수의 이동 단말기와 상기 다수의 이동 단말기가 속한 셀의 기지국 사이의 채널 상태를 검출함을 특징으로 하는 무선 이동 통신 시스템.

청구항 7

기지국과 무선으로 통신하는 이동 단말기에 있어서,

인접한 셀의 기지국과의 간섭 정보에 기초하여, 상기 이동 단말기가 위치한 셀의 기지국에 요청할 채널 요청 신호를 선택적으로 생성함을 특징으로 하는 이동 단말기.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 이동 단말기는,

인접한 셀의 기지국과의 간섭 정보를 검출하는 간섭 정보 검출부;

상기 검출된 간섭 정보를 미리 설정된 임계값과 비교하는 간섭 정보 비교부; 및

상기 비교 결과에 기초하여, 상기 이동 단말기가 위치한 셀의 기지국에 요청할 채널 요청 신호를 선택적으로 생성하는 채널 요청 신호 생성부를 포함함을 특징으로 하는 이동 단말기.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 채널 요청 신호 생성부는,

상기 검출된 간섭 정보가 상기 임계값 미만일 때에만, 선택적으로 채널 요청 신호를 생성함을 특징으로 하는 이동 단말기.

청구항 10

제8 항 또는 제9 항에 있어서,

상기 간섭 정보 검출부는,

인접한 셀의 기지국들과의 간섭 정보들의 합을 상기 간섭 정보로 검출함을 특징으로 하는 이동 단말기.

청구항 11

제8 항 또는 제9 항에 있어서,

상기 간섭 정보 검출부는,

상기 인접한 셀의 기지국으로부터 수신한 파일럿 신호의 세기에 기초하여, 상기 간섭 정보를 추출함을 특징으로 하는 이동 단말기.

청구항 12

기지국으로 전송할 상향링크 신호를 생성하는 신호 생성부를 포함하는 이동 단말기에 있어서,

상기 신호 생성부는,

상기 상향링크 신호, 및 인접한 셀의 기지국으로부터 수신한 파일럿 신호를 포함하는 채널 요청 신호를 생성하는 채널 요청 신호 생성부를 포함함을 특징으로 하는 이동 단말기.

청구항 13

상향링크 신호, 및 인접한 셀의 기지국으로부터 수신한 파일럿 신호를 포함하는 채널 요청 신호를 생성하는 이동 단말기; 및

상기 채널 요청 신호로부터, 상기 이동 단말기의 인접한 셀의 기지국과의 간섭 정보를 추출하는 간섭 정보 추출

부, 상기 이동 단말기와 상기 이동 단말기가 위치한 셀의 기지국과의 채널 상태를 검출하는 채널 상태 검출부, 및 상기 간섭 정보 및 채널 상태에 기초하여 상향링크 제어 신호를 생성할 이동 단말기를 결정하는 스케줄러를 포함하는 기지국을 포함하는 무선 이동 통신 시스템.

청구항 14

제13 항에 있어서,

상기 간섭 정보 추출부는,

상기 이동 단말기로부터 수신한 채널 요청 신호로부터 상기 파일럿 신호를 추출하고, 추출된 파일럿 신호의 세기에 기초하여 상기 이동 단말기와 상기 인접한 셀의 기지국 사이의 간섭 정보를 추출함을 특징으로 하는 무선 이동 통신 시스템.

청구항 15

제13 항 또는 제14 항에 있어서,

상기 채널 상태 검출부는,

상기 이동 단말기로부터 수신한 채널 요청 신호로부터 상기 상향링크 신호를 추출하고, 추출된 상향링크 신호의 세기에 기초하여 상기 이동 단말기와 상기 이동 단말기가 속한 셀의 기지국 사이의 채널 상태를 검출함을 특징으로 하는 무선 이동 통신 시스템.

청구항 16

다수의 이동 단말기와 상기 다수의 이동 단말기가 속한 셀과 인접한 셀의 기지국 사이의 간섭 정보를 검출하는 단계;

상기 다수의 이동 단말기와 상기 다수의 이동 단말기가 속한 셀의 기지국 사이의 채널 상태를 검출하는 단계; 및

상기 검출된 간섭 정보, 및 채널 상태에 기초하여, 상기 다수의 이동 단말기 중 통신 채널을 형성할 적어도 하나 이상의 이동 단말기를 결정하는 단계를 포함하는 무선 이동 통신의 사용자 스케줄링 방법.

청구항 17

제16 항에 있어서,

상기 결정하는 단계는,

추출된 간섭 정보가 미리 설정된 제1 임계값 미만임과 동시에, 상기 검출된 채널 상태가 미리 설정된 제2 임계값 미만인 이동 단말기를 상기 통신 채널을 형성할 이동 단말기로 결정함을 특징으로 하는 무선 이동 통신의 사용자 스케줄링 방법.

청구항 18

제16 항 또는 제17 항에 있어서,

상기 간섭 정보를 검출하는 단계는,

상기 다수의 이동 단말기로부터 수신한 채널 요청 신호로부터, 상기 채널 요청 신호에 포함된 파일럿 신호를 추출하는 단계; 및

상기 추출된 파일럿 신호의 세기에 기초하여, 상기 다수의 이동 단말기와 상기 인접한 셀의 기지국 사이의 간섭 정보를 검출하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 무선 이동 통신의 사용자 스케줄링 방법.

청구항 19

제16 항 또는 제17 항에 있어서,

상기 채널 상태를 검출하는 단계는,

상기 다수의 이동 단말기로부터 수신한 채널 요청 신호로부터, 상기 채널 요청 신호에 포함된 상향링크 신호를

추출하는 단계; 및

상기 추출된 상향링크 신호의 세기에 기초하여 상기 다수의 이동 단말기와 상기 다수의 이동 단말기가 속한 셀의 기지국 사이의 채널 상태를 검출하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 무선 이동 통신의 사용자 스케줄링 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 무선 이동 통신 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 다중 사용자(multi user) 환경에서 기지국과의 통신 채널을 형성할 이동 단말기를 선택하는 사용자 스케줄링 방법 및 이를 수행하기 위한 무선 이동 통신 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 무선 이동 통신 시스템은 셀(cell)이라고 불리는 무선 통신 영역을 제공하는 복수의 이동통신 기지국(base station, 이하 '기지국'이라 함)과, 각 기지국이 커버하는 셀 안에 위치하여, 해당 기지국을 통해 이동통신 서비스를 제공받는 이동국(mobile station, 이하 '이동 단말기'라 함)을 포함한다. 무선 이동 통신 시스템(wireless mobile communication system)의 이동 단말기와 기지국 사이에는 통신 채널이 형성되는데, 이동 단말기로부터 기지국 방향으로의 통신 채널을 리버스 링크(reverse link) 또는 상향링크(uplink)라 한다.

[0003] 개인 휴대 전화기의 사용이 보편화 됨에 따라, 많은 이동 단말기와 기지국의 링크들(links)간의 간섭(interference), 특히 상향링크들간의 간섭이 중요한 문제점으로 고려되고 있다. 각 셀의 기지국은 해당 셀 내에 위치한 복수의 이동 단말기의 링크들 상호간 신호 간섭인 다중 접근 간섭(multiple access interference)과, 인접한 셀에 각각 위치한 복수의 이동 단말기의 링크들 상호간 신호 간섭인 셀간 간섭(inter-cell interference)에 의해 영향을 받는다. 이와 같은 무선 이동 통신 시스템에서의 간섭은 통신 채널 수용력의 감소를 일으키고 무선 통신의 성능을 저하시킬 수 있다.

[0004] 직교 주파수 분할 다중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술에 의해 다중 접근 간섭 문제는 상당 부분 해소가 되었으나, 셀룰러 네트워크(cellular networks)에서의 셀간 간섭, 그 중에서도 특히 상향링크 채널의 셀간 간섭 문제는 여전히 해결되어야 할 문제로 남아 있다. 셀간 간섭 문제의 해소를 위해, 셀의 경계 부근에 위치한 이동 단말기가 사용하는 시간 또는 주파수 자원이 중복되지 않도록 제한함으로써 인접한 셀과 인접한 셀 영역의 이동 단말기의 데이터 전송률을 향상시키려는 시도가 있었다.

[0005] 하지만, 지형지물의 영향으로 인해 각 기지국이 실제로 커버하는 셀 영역은 통상적으로 왜곡된 형상을 가지므로, 셀의 경계를 명확하게 구분하여 사용 주파수 대역을 별개로 관리하려는 시도는 실제 현실에서는 그 실효성이 크지 않다. 또한, 이동 단말기가 위치한 셀의 영역을 고려하여 사용 주파수 대역을 관리하여 셀간 간섭을 해소하는 방식은, 셀 내의 특정 영역에 이동 단말기들이 집중될 때에 특정 주파수 대역의 무선 자원이 급속도로 고갈되어 통신 불량이 유발된다는 문제가 있다.

[0006] 한편, 다수의 이동 단말기의 상향링크들 중 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR; Signal to Interference-plus-Noise Ratio)가 큰 이동 단말기의 상향링크를 선택하는 스케줄링 방식도 제안된 바 있다. 그러나, 이러한 사용자 스케줄링 기술은 해당 셀 내의 사용자들의 이동 단말기와, 해당 이동 단말기들이 속한 기지국 사이의 무선 통신 채널 상태를 기반으로 사용자를 선택하며, 해당 셀 내의 이동 단말기와 기지국간에 무선 통신 채널이 형성됨에 따라 타 셀의 기지국에 미치게 되는 간섭 상태를 고려하지 못하기 때문에, 각 셀은 인접 셀에 의한 간섭 영향으로 통신 채널 상태를 최적으로 활용할 수 없게 되는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 다중 사용자(multi user) 환경의 무선 이동 통신 시스템에서 이동 단말기와 기지국 간의 통신 채널을 인접한 셀간 간섭을 고려하여 스케줄링하는 방법 및 이를 수행하기 위한 무선 이동 통신 시스템을 제공하는 것에 있다.

- [0008] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 이동 단말기와 이동 단말기가 속한 홈 셀(Home Cell)을 커버하는 기지국 간의 간섭 상태와, 이동 단말기와 홈 셀에 인접한 타 셀을 커버하는 기지국 간의 간섭 상태를 동시에 고려하여 다중 사용자의 무선 통신 채널을 스케줄링하는 방법 및 이를 수행하기 위한 무선 이동 통신 시스템을 제공하는 것에 있다.
- [0009] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 과제는, 각 셀 기지국이 선택한 이동 단말기의 정보를 인접 셀과 공유하지 않고, 각 기지국이 분산된 환경을 유지하면서도, 인접 셀과의 간섭을 줄일 수 있는 무선 이동 통신 채널의 스케줄링 방법 및 이를 수행하기 위한 무선 이동 통신 시스템을 제공하는 것에 있다.
- [0010] 본 발명이 해결하고자 하는 또 하나의 다른 과제는, 이동 단말기와 타 셀의 기지국 간의 간섭 상태를 판단하기 위한 임계값의 최적화를 통해, 무선 이동 통신 채널의 활용도를 보다 높일 수 있는 사용자 스케줄링 방법 및 이를 수행하기 위한 무선 이동 통신 시스템을 제공하는 것에 있다.
- [0011] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급된 과제로 제한되지 않는다. 언급되지 않은 다른 기술적 과제들은 이하의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 무선 이동 통신 시스템은, 다수의 이동 단말기와, 상기 다수의 이동 단말기가 속한 셀과 인접한 셀의 기지국 사이의 간섭 정보를 추출하는 간섭 정보 추출부; 상기 다수의 이동 단말기와, 상기 다수의 이동 단말기가 속한 셀의 기지국 사이의 채널 상태를 검출하는 채널 상태 검출부; 및 상기 추출된 간섭 정보, 및 상기 검출된 채널 상태에 기초하여, 상기 다수의 이동 단말기 중 통신 채널을 형성할 적어도 하나 이상의 이동 단말기를 결정하는 스케줄러를 포함한다.
- [0013] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 이동 단말기는, 기지국과 무선으로 통신하는 이동 단말기에 있어서, 인접한 셀의 기지국과의 간섭 정보에 기초하여, 상기 이동 단말기가 위치한 셀의 기지국에 요청할 채널 요청 신호를 선택적으로 생성함을 특징으로 한다.
- [0014] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 이동 단말기는, 기지국으로 전송할 상향링크 신호를 생성하는 신호 생성부를 포함하는 이동 단말기에 있어서, 상기 신호 생성부는, 상기 상향링크 신호, 및 인접한 셀의 기지국으로부터 수신한 파일럿 신호를 포함하는 채널 요청 신호를 생성하는 채널 요청 신호 생성부를 포함함을 특징으로 한다.
- [0015] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 이동 단말기는, 상향링크 신호, 및 인접한 셀의 기지국으로부터 수신한 파일럿 신호를 포함하는 채널 요청 신호를 생성하는 이동 단말기; 및 상기 채널 요청 신호로부터, 상기 이동 단말기의 인접한 셀의 기지국과의 간섭 정보를 추출하는 간섭 정보 추출부, 상기 이동 단말기와 상기 이동 단말기가 위치한 셀의 기지국과의 채널 상태를 검출하는 채널 상태 검출부, 및 상기 간섭 정보 및 채널 상태에 기초하여 상향링크 제어 신호를 생성할 이동 단말기를 결정하는 스케줄러를 포함하는 기지국을 포함한다.
- [0016] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 무선 이동 통신의 사용자 스케줄링 방법은 다수의 이동 단말기와 상기 다수의 이동 단말기가 속한 셀과 인접한 셀의 기지국 사이의 간섭 정보를 검출하는 단계; 상기 다수의 이동 단말기와 상기 다수의 이동 단말기가 속한 셀의 기지국 사이의 채널 상태를 검출하는 단계; 및 상기 검출된 간섭 정보, 및 채널 상태에 기초하여, 상기 다수의 이동 단말기 중 통신 채널을 형성할 적어도 하나 이상의 이동 단말기를 결정하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0017] 다중 사용자(multi user) 환경의 무선 이동 통신 시스템에서 이동 단말기와 기지국 간의 통신 채널을 인접한 셀 간 간섭을 고려하여 스케줄링할 수 있다.
- [0018] 또는, 이동 단말기와 이동 단말기가 속한 홈 셀(Home Cell)을 커버하는 기지국 간의 간섭 상태와, 이동 단말기와 홈 셀에 인접한 타 셀을 커버하는 기지국 간의 간섭 상태를 동시에 고려하여 다중 사용자의 무선 통신 채널을 스케줄링할 수 있다.
- [0019] 또는, 각 셀 기지국이 선택한 이동 단말기의 정보를 인접 셀과 공유하지 않고, 각 기지국이 분산된 환경을 유지하면서도, 인접 셀과의 간섭을 줄일 수 있다.
- [0020] 또는, 이동 단말기와 타 셀의 기지국 간의 간섭 상태를 판단하기 위한 임계값의 최적화를 통해, 무선 이동 통신

채널의 활용도를 보다 높일 수 있다.

- [0021] 또는, 무선 이동 통신의 셀간 간섭을 저감하기 위한 기술로서 간단하게 구현함으로써, 무선 이동 통신의 효율을 증가시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 이동 통신 시스템의 구성도이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 이동 통신 시스템의 개념도이다.
 도 3은 도 1에 도시된 이동 단말기의 예시적인 구성도이다.
 도 4는 도 1에 도시된 스케줄러의 예시적인 구성도이다.
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 이동 통신의 사용자 스케줄링 방법의 흐름도이다.
 도 6은 도 5에 도시된 단계 54의 예시적인 흐름도이다.
 도 7은 다중 셀 네트워크의 셀과 이동 단말기를 예시한 개념도이다.
 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 수신 SNR에 대한 셀당 평균 성취율의 시뮬레이션 결과를 종래와 비교하여 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 본 발명의 다른 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술 되는 실시 예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0024] 만일 정의되지 않더라도, 여기서 사용되는 모든 용어들(기술 혹은 과학 용어들을 포함)은 이 발명이 속한 종래 기술에서 보편적 기술에 의해 일반적으로 수용되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적인 사전들에 의해 정의된 용어들은 관련된 기술 그리고/혹은 본 출원의 본문에 의미하는 것과 동일한 의미를 갖는 것으로 해석될 수 있고, 그리고 여기서 명확하게 정의된 표현이 아니더라도 개념화되거나 혹은 과도하게 형식적으로 해석되지 않을 것이다.
- [0025] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다' 및/또는 이 동사의 다양한 활용형들 예를 들어, '포함', '포함하는', '포함하고', '포함하며' 등은 언급된 조성, 성분, 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 조성, 성분, 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0026] 본 명세서에서 '및/또는'이라는 용어는 나열된 구성들 각각 또는 이들의 다양한 조합을 가리킨다.
- [0027] 한편, 본 명세서 전체에서 사용되는 '~부', '~블록', '~모듈' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미할 수 있다. 예를 들어 소프트웨어, FPGA 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미할 수 있다. 그렇지만 '~부', '~블록', '~모듈' 등이 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '~부', '~블록', '~모듈'은 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '~부', '~블록', '~모듈'은 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 '~부', '~블록', '~모듈'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '~부', '~블록', '~모듈'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '~부', '~블록', '~모듈'들로 더 분리될 수 있다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 이동 통신 시스템의 구성도이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 이동 통신 시스템의 개념도이다. 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 이동 통신 시스템은 복수의 셀(cell)의 각 셀(C,HC) 영역을 커버하는 기지국(base station)(BS,HBS)과, 이동 단말기

(mobile station)(MS,HMS)를 포함한다.

- [0029] 이동 단말기(MS)는 기지국과 신호를 송수신하는 휴대 가능한 단말기로서, 스마트(Smart)폰, PDC(Personal Digital Cellular)폰, PCS(Personal Communication Service)폰, PHS(Personal Handy System)폰, GSM(Global Standard for Mobile)폰, DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 단말기, PDA(Personal Digital Assistant), 핸드 헬드(Hand-Held) PC, 노트북 컴퓨터, 랩탑 컴퓨터, MP3 플레이어, MD 플레이어, IMT-2000(International Mobile Telecommunication-2000) 단말기 등 다양한 종류의 무선 통신이 가능한 전기 전자 장치를 모두 포함할 수 있다.
- [0030] 또한, 이동 단말기는 단일 또는 복수의 주파수 대역을 통해 기지국과 신호를 송수신할 수 있으며, 기지국과의 통신 방식에 따라 CDMA-2000(1X, 3X)폰, WCDMA(Wideband CDA)폰, 듀얼 밴드/듀얼 모드(Dual Band/Dual Mode)폰, MBS(Mobile Broadband System)폰, OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 또는 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access) 통신 단말기, 와이브로(WiBro) 단말기, 블루투스(Bluetooth) 모듈 및/또는 적외선 통신 모듈(Infrared Data Association)이 탑재된 단말기 등의 단말기를 모두 포함할 수 있다.
- [0031] 무선 이동 통신 시스템에서, 각 기지국(BS,HBS)은 상향링크(이동 단말기에서 기지국으로의 통신)로 데이터를 전송할 사용자 단말기를 선택한다. 각 기지국(BS,HBS)에서 선택된 단말기는 자신의 기지국, 즉 단말기가 위치한 홈 셀(Home Cell)(HC)을 커버하는 홈 기지국(Home Base Station(HBS)으로 데이터를 전송할 때, 인접한 타 셀(C)의 기지국(BS)에도 간섭을 미치게 된다. 하향링크(downlink)와 달리, 상향링크(uplink)의 경우 각 이동 단말기(MS,HMS)에서의 간섭과, 복수의 이동 단말기(MS,HMS)로부터 각 기지국(BS,HBS)에 의한 간섭 사이에 부조화(mismatch)가 발생할 수 있으며, 이에 따라 상향링크에 대한 사용자 스케줄링(user scheduling)의 어려움이 초래될 수 있다.
- [0032] 이에, 본 발명의 실시예는 각 기지국(BS)은 다른 기지국들(BS)에 충분히 작은 간섭을 일으키는 이동 단말기들(MS) 중 원하는 채널 링크(channel link)의 큰 신호 세기(signal strength)를 갖는 하나의 이동 단말기를 선택함으로써, 최적적 사용자 스케줄링을 수행할 수 있는 무선 이동 통신 시스템을 제시한다.
- [0033] 도 3은 도 1에 도시된 이동 단말기(HMS)의 예시적인 구성도이다. 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 이동 단말기(HMS)는 RF 모듈(50), 신호 수신부(60), 신호 생성부(70), 및 신호 송신부(80)를 포함한다. RF 모듈(50)은 무선 주파수 대역으로 기지국과 신호를 송수신한다. 신호 수신부(60)는 RF 모듈(50)을 통해 기지국(BS,HBS)으로부터 파일럿 신호(pilot signal)를 수신한다. 신호 생성부(70)는 사용자의 입력에 의한 이벤트 발생에 따라, 데이터를 전송할 채널의 형성을 요청하는 채널 요청 신호를 생성한다. 이 때, 신호 생성부(70)는 상향링크 신호와, 파일럿 신호를 포함하는 채널 요청 신호를 생성할 수 있다.
- [0034] 신호 송신부(80)는 채널 요청 신호를 RF 모듈(50)로 출력하며, RF 모듈(50)로부터 홈 기지국(HBS)으로 채널 요청 신호가 전송된다. 도 3에 도시되지 않았으나, 이동 단말기(MHS)에는 파일럿 신호의 수신, 채널 요청 신호의 생성, 및 전송 등 이동 단말기의 각종 기능을 제어하기 위한 적어도 하나 이상의 프로세서(processor)가 더 포함될 수 있다.
- [0035] 신호 생성부(70)는 간섭 정보 검출부(71), 간섭 정보 비교부(72), 및 채널 요청 신호 생성부(73)를 포함할 수 있다. 간섭 정보 검출부(71)는 타 셀(C)의 기지국(BS)으로부터 수신된 파일럿 신호로부터 이동 단말기(HMS)와 타 셀(C)의 기지국(BS) 사이의 간섭 정보를 검출한다. 간섭 정보 비교부(72)는 검출된 간섭 정보를 미리 결정된 임계치와 비교한다. 채널 요청 신호 생성부(73)는 간섭 정보 비교부(72)의 비교 결과에 기초하여, 채널 요청 신호를 생성할 수 있다. 예를 들어, 채널 요청 신호 생성부(73)는 검출된 간섭 정보가 미리 결정된 임계치 미만일 때에만 채널 요청 신호를 생성할 수 있다. 다만, 후술되는 바와 같이, 기지국(HBS)에 간섭 정보 추출부가 포함되어 있을 경우, 간섭 정보 검출부(71) 및 간섭 정보 비교부(72)는 신호 생성부(70)에 포함되지 않을 수도 있다.
- [0036] 다시 도 1을 참조하면, 기지국(HBS)은 수신부(10), 제어부(20), 및 송신부(30)를 포함한다. 수신부(10)는 이동 단말기(HMS)로부터 전송된 채널 요청 신호를 수신 안테나를 통해 수신한다. 제어부(20)는 이동 단말기(HMS)로부터 수신된 채널 요청 신호로부터, 이동 단말기(HMS)와 홈 기지국(HBS) 간의 채널 상태를 검출하고, 이동 단말기(HMS)와 타 셀(C)의 기지국(BS) 간의 간섭 정보를 추출한다. 또한, 제어부(20)는 검출된 채널 상태 및 추출된 간섭 정보에 기초하여 상향링크 제어신호를 생성할 수 있다. 송신부(30)는 제어부(20)에 의해 생성된 상향링크 제어신호를 수신 안테나를 통해 송신할 수 있다.

- [0037] 제어부(20)는 간섭 정보 추출부(21), 채널 상태 검출부(22), 및 스케줄러(23)를 포함한다. 간섭 정보 추출부(21)는 이동 단말기(HMS)로부터 수신된 채널 요청 신호로부터 파일럿 신호를 추출하고, 추출된 파일럿 신호를 분석하여, 이동 단말기(HMS)와 타 셀(C)을 커버하는 기지국(BS) 간의 간섭 정보를 추출할 수 있다. 채널 상태 검출부(22)는 이동 단말기(HMS)로부터 수신된 채널 요청 신호로부터 상향링크 신호를 추출하고, 추출된 상향링크 신호의 세기에 기초하여, 이동 단말기(HMS)와 홈 기지국(HBS) 간의 채널 상태를 검출할 수 있다. 스케줄러(23)는 간섭 정보 추출부(21)에서 추출한 간섭 정보, 및 채널 상태 검출부(22)에서 검출한 채널 상태에 기초하여, 홈 셀(HC)에 위치한 사용자들 중 상향링크를 형성할 사용자를 결정함으로써, 사용자 스케줄링(user scheduling)을 수행할 수 있다.
- [0038] 도 4는 도 1에 도시된 스케줄러의 예시적인 구성도이다. 도 4를 참조하면, 스케줄러(23)는 간섭 정보 비교부(231), 채널 상태 비교부(232), 및 사용자 결정부(233)를 포함한다. 간섭 정보 비교부(231)는 간섭 정보 추출부(21)에서 추출한 간섭 정보를 입력받고, 이를 미리 설정된 임계값과 비교한다. 채널 상태 비교부(232)는 채널 상태 검출부(22)에서 검출한 채널 상태 정보를 입력받고, 이를 미리 설정된 임계값과 비교한다. 사용자 결정부(233)는 간섭 정보 비교부(231)와, 채널 상태 비교부(232)의 비교 결과에 기초하여, 상향링크를 형성할 사용자를 결정하고, 결정된 사용자의 이동 단말기(HMS)로 전송될 상향링크 제어신호를 송신부(30)로 출력한다.
- [0039] 도 3에 도시된 바와 같이, 이동 단말기(HMS)에 간섭 정보 검출부(71), 및 간섭 정보 비교부(70)가 포함되어 있는 경우, 도 1에 도시된 간섭 정보 추출부(21), 및 도 4에 도시된 간섭 정보 비교부(231)는 기지국(HBS)에 포함되지 않는 것도 가능하다. 즉, 이동 단말기(HMS)와 타 셀의 기지국(BS)과의 간섭 량의 검출 및 비교 기능은 홈 기지국(HBS)이 아닌 이동 단말기(HMS) 내에 구비될 수도 있는 것이다.
- [0040] 본 발명의 실시예는, 종래에 이동 단말기와 홈 기지국의 채널 상태만을 고려하여 사용자 스케줄링을 수행하던 것과 달리, 이동 단말기(HMS)와 타 셀의 기지국(BS)과의 간섭 량을 함께 고려하는 사용자 스케줄링을 수행함으로써, 다중 채널 접속(Multiple-Access Channel; MAC) 환경에서 무선 통신 자원을 보다 효율적으로 사용할 수 있다.
- [0041] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 이동 통신의 사용자 스케줄링 방법의 흐름도이다. 도 5의 각 단계는 도 1 내지 도 4에 도시된 실시예의 구성들에 의해 수행될 수 있다. 도 1, 도 2 및 도 5를 참조하면, 단계 51에서, 홈 셀(HC)의 이동 단말기들(HMS)은 홈 셀(HC)과 인접한 타 셀(C)의 기지국(BS)으로부터 파일럿 신호(pilot signal)를 수신한다. 단계 52에서, 홈 셀(HC)의 이동 단말기들(HMS)은 사용자의 입력에 의한 이벤트 발생에 따라, 채널 요청 신호를 생성하여 홈 기지국(HBS)으로 전송한다. 이 때, 이동 단말기(HMS)의 신호 생성부(70)는 파일럿 신호와 상향링크 신호를 포함하는 채널 요청 신호를 생성하여 홈 기지국(HBS)으로 전송할 수 있다.
- [0042] 단계 53에서, 홈 기지국(HBS)의 간섭 정보 추출부(21)는 이동 단말기(HMS)와 타셀 기지국(BS) 간의 간섭 정보를 추출하고, 홈 기지국(HBS)의 채널 상태 검출부(22)는 이동 단말기(HMS)와 홈 기지국(HBS) 간의 채널 상태 정보를 검출한다. 단계 54에서, 홈 기지국(HBS)의 스케줄러(23)는 추출된 간섭 정보 및 검출된 채널 상태에 기초하여, 이동 단말기들 중 데이터 전송 채널을 형성할 이동 단말기를 결정하는 사용자 스케줄링을 수행한다.
- [0043] 도 6은 도 5에 도시된 단계 54의 예시적인 흐름도이다. 도 4 및 도 6을 참조하면, 단계 541에서, 홈 기지국(HBS)의 간섭 정보 비교부(231)는 이동 단말기들과 타 셀 기지국 간의 간섭 정도를 임계값과 비교하고, 간섭 정도가 임계값 미만인 이동 단말기들을 결정할 수 있다. 단계 542에서, 홈 기지국(HBS)의 채널 상태 비교부(232)는 간섭 정도가 임계값 미만인 이동 단말기들에 대하여, 이동 단말기들과 홈 기지국(HBS) 간의 채널 상태를 임계값과 비교하고, 사용자 결정부(233)는 임계값을 초과하는 이동 단말기를 데이터 전송 채널을 형성할 이동 단말기로 결정할 수 있다.
- [0044] 다시 도 6을 참조하면, 단계 55에서, 홈 기지국(HBS)은 선택한 사용자 이동 단말기로 상향링크 제어 신호를 전송한다. 단계 56에서, 이동 단말기(HMS)는 상향링크를 통해 홈 기지국(HBS)으로 데이터 패킷을 전송할 수 있다. 또한, 본 발명의 변형된 실시예는 이동 단말기(HMS)와 홈 기지국(HBS) 간의 채널 상태가 임계값을 초과하는 이동 단말기들을 선택한 다음, 선택된 이동 단말기들 중 이동 단말기(HMS)와 타 셀의 기지국(BS) 간의 간섭 정보가 임계값 미만인 이동 단말기를 최종적으로 선택하는 것도 가능하다.
- [0045] 한편, 도 5에 도시된 단계 53과 단계 54는 반드시 시계열적으로 전후 관계에 놓이는 것이 아니며, 동시에 수행되는 것도 가능하다. 즉, 이동 단말기(HMS)와 타 셀의 기지국(BS) 간의 간섭 정보를 추출하고, 간섭 정보가 임계값 미만인 이동 단말기를 선택하고, 다시 이동 단말기(HMS)와 홈 기지국(HBS) 간의 채널 상태를 검출하고, 채널 상태가 임계값을 초과하는 이동 단말기를 최종적으로 선택할 수 있다.

[0046] 또한, 도 5에 도시된 실시예와 달리, 이동 단말기(HMS)와 타 셀의 기지국(BS) 간의 간섭 정보를 추출하고, 간섭 정보가 임계값 미만인 이동 단말기를 선택하는 단계는 이동 단말기에서 수행될 수도 있다. 이러한 경우, 이동 단말기는 간섭 정보가 미리 설정된 임계값 이상인 경우에는 홈 기지국(HBS)으로 채널 요청 신호를 전송하지 않을 수 있다.

[0047] 본 발명의 실시예는 시분할(Time Division Duplex; TDD) 방식의 통신 프로토콜에 매우 적합하게 적용될 수 있다. 다만, 본 발명의 실시예는 시분할 방식 뿐만 아니라, 주파수분할(Frequency Division Duplex) 등의 다양한 통신 프로토콜에 모두 적용될 수 있음은 물론이다. 본 발명의 실시예가 주파수분할 방식의 통신 시스템에 적용될 경우, 이동 단말기가 속한 셀에 인접한 타 셀의 기지국은 이동 단말기로부터의 신호로부터 간섭 정보를 추출하고, 이를 홈 셀의 기지국으로 통지하는 것도 가능하다. 이에 따라, 홈 기지국에서는 인접 셀의 기지국으로부터 전송받은 이동 단말기와 타 셀의 기지국과의 간섭 정보를 이용하여, 사용자 스케줄링을 수행할 수 있게 된다.

[0048] 이하에서는, K 개의 셀로 이루어진 다중 셀 네트워크(multi-cell networks)에서, 시불변 채널 계수(time-invariant channel coefficients)의 상향링크에 대한 다중 사용자의 다이버시티 이득(diversity gain)을 얻을 수 있는 분산 기회적 스케줄링(Distributed Opportunistic Scheduling; DOS) 방법에 대해 설명한다.

[0049] 도 7은 다중 셀 네트워크의 셀과 이동 단말기를 예시한 개념도이다. 다중 셀 네트워크에서 셀의 개수를 K라 하고, 각 셀 내의 이동 단말기의 개수를 N 이라 할 때, 도 7에 도시된 실시예는 각 셀이 하나의 기지국(BS)에 의해 커버되고, K = 2 및 N = 3 인 상황을 나타낸다. 각 셀의 기지국(BS)은 해당 셀 내에 속한 사용자의 이동 단말기(MS)의 트래픽 수요(traffic demands)에 따라 다중 사용자 환경에서 채널 랜덤성(channel randomness)를 이용할 수 있으며, 이 때, 기회적 이득(opportunistic gain)을 얻을 수 있는 사용자 스케줄링을 수행함으로써, 보다 효율적으로 무선 자원을 활용할 수 있다.

[0050] 셀 내에 속한 사용자의 이동 단말기는 해당 셀을 커버하는 기지국으로 데이터 패킷을 전송한다. k 번째 셀에 위치한 사용자의 이동 단말기(MS)와, i 번째 셀을 커버하는 기지국(BS) 간의 채널 벡터(channel vector)를

$h_{i,u_k}^{(k)}$ ($h_{i,u_k}^{(k)} \in \mathbb{C}$, $\mathbb{C}$ 는 complex)로 나타내기로 한다. 인덱스 u_k 는 k 번째 셀에 위치한 사용자를 나타내며, $u_k \in \{1, \dots, N\}$, $i, k \in \{1, \dots, K\}$ 이다.

[0051] 이동 단말기와 기지국 간의 통신 채널의 페이딩 특성은 레일리(Rayleigh) 채널이나, 라이시안(Rician) 채널 등으로 모델링할 수 있으며, 이하에서는 설명의 편의를 위해 '0'의 평균과 '1'의 분산(zero-mean and unit variance)을 가지며, 서로 다른 i, u_k , 및 k에 대해 독립적인(independent) 레일리 채널로 모델링한 경우에 대해 설명한다. 채널들이 한 블록(block), 예를 들면, 한 프레임(frame) 동안 일정하고(constant), 모든 블록에 대해 새로운 독립적인 값으로 변화될 때, i 번째 기지국(BS)의 수신 신호 y_i ($y_i \in \mathbb{C}$, $\mathbb{C}$ 는 complex)는 아래의 수학적 식 1과 같이 주어진다.

수학적 식 1

$$y_i = h_{i,u_i}^{(i)} x_{u_i}^{(i)} + \sum_{k=1, k \neq i}^K h_{i,u_k}^{(k)} x_{u_k}^{(k)} + z_i$$

[0053] 이 때, $x_{u_i}^{(i)}$ 는 i 번째 셀에 속한 사용자 u_i 의 전송 심볼(transmit symbol)을, z_i 는 0의 평균 및 N_0 의 분산을 가지며 독립적이고 이상적으로 분산된 등방성 부가 백색 가우스 잡음(circularly symmetric Additive White Gaussian Noise) ($z_i \in \mathbb{C}$, $\mathbb{C}$ 는 complex)을 나타낸다.

[0054] 사용자의 이동 단말기의 평균 전송 파워에는 제한이 따른다. i 번째 셀에 속한 사용자 u_i 의 평균 전송 파워 제한은 아래의 수학적 식 2와 같이 주어진다.

수학식 2

[0055]

$$E[|x_{u_i}^{(i)}|^2] \leq P$$

[0056]

기지국(BS)은 i 번째 셀에 속한 사용자 u_i 의 이동 단말기(MS) 중 해당 사용자가 속한 셀과 다른 타 셀에 충분히 작은 간섭을 일으키고, 해당 셀의 기지국과의 통신 채널에 대하여 일정 수준 이상의 파워 이득(power gain)을 얻을 수 있는 적어도 하나 이상의 사용자를 각 셀에서 선택할 수 있다. 이 때, i 번째 셀을 커버하는 기지국(BS)은 i 번째 셀에 속한 사용자 u_i 의 이동 단말기(MS)가 타 셀을 커버하는 기지국에 미치는 간섭의 양이 미리 설정한 임계값 이하인 사용자 중에서 자신의 셀로 가는 채널 상태가 좋은 사용자를 선택할 수 있다. 예를 들어, 기지국(BS)은 i 번째 셀 내의 N 사용자들 중 아래의 수학식 3과 수학식 4의 두 가지의 조건을 동시에 만족하는 사용자를 선택할 수 있다.

수학식 3

[0057]

$$|h_{i,u_i}^{(i)}|^2 \geq \eta_{tr}$$

수학식 4

[0058]

$$\sum_k |h_{k,u_i}^{(i)}|^2 SNR \leq \eta_I$$

[0059]

이 때, $h_{i,u_i}^{(i)}$ 는 K 개의 셀 중 i 번째 셀을 커버하는 기지국과 i 번째 셀에 속한 사용자 u_i 의 이동 단말기(MS) 간의 채널 벡터를, $h_{k,u_i}^{(i)}$ 는 i 번째 셀을 제외한 k 번째 기지국과 i 번째 셀에 속한 사용자 u_i 의 이동 단말기(MS) 간의 채널 벡터를 나타내며, $i \in \{1, \dots, K\}$, $k \in \{1, \dots, i-1, i+1, \dots, K\}$ 이다. η_{tr} , η_I 는 데이터 전송 이전에 미리 결정된 양(positive)의 부호를 갖는 임계값(threshold)이다. η_I 은 딥 페이드(deep fade) 상태에 있는 사용자의 크로스 채널(cross-channels)을 보장하기 위해, 신호 대 잡음비(Signal-to-Noise Ratio; SNR)과 독립된 작은 값의 상수로 설정될 수 있다.

[0060]

본 발명의 실시예는 셀에 존재하는 사용자 중 타 셀의 기지국으로 미치는 간섭의 양이 특정 값 이하인 사용자를 선택하고, 선택된 사용자들 중에서 자신의 셀로 가는 채널 상태가 가장 좋은 사용자가 선택된다. 이러한 방식을 통하여 각 셀에서는 어떠한 사용자가 선택되더라도 타 셀로 가는 간섭의 양은 특정 값으로 제한되어 전체적으로 간섭이 심한 무선 이동 통신 시스템에서 통신 성능을 보장할 수 있다. 본 발명의 실시예는 타 셀로 가는 간섭의 양을 제한하는데 활용되는 임계치를 최적화하는 동작을 포함할 수 있다. 이러한 임계치 η_{tr} , η_I 의 적정 값에 대하여는 후술하기로 한다.

[0061]

선택된 적어도 하나 이상의 이동 단말기(MS)는 기지국(BS)으로 데이터를 동시에 전송한다. i 번째 셀 내의 사용자 u_i 는 해당 셀의 기지국과 타 셀의 기지국들로부터 전송된 파일럿 신호(pilot signal)를 활용하여, 모든 수신

채널 링크에 대한 채널 벡터 $h_{k,u_i}^{(i)}$ 를 얻을 수 있다. 피드백 오버헤드(feedback overhead)를 줄이기 위해, 성능 손실을 초래하지 않는 기회적 피드백 방식(opportunistic feedback strategy)이 채용될 수 있다.

[0062]

이와 같이, 셀 내의 이동 단말기와 해당 셀을 커버하는 기지국 간의 채널 링크(channel link)의 신호 세기와, 셀 내의 이동 단말기와 타 셀의 기지국들 간의 $K-1$ 개의 간섭 신호들(interference signals)의 전력합(sum power)을 나타내는 두 메트릭(metric)을 계산한 후, 해당 조건들이 모두 만족되는 적어도 하나 이상의 사용자는

홈 셀(home cell)의 기지국(BS)으로 전송을 요청한다. 각 기지국(BS)은 셀간 간섭(inter-cell interferences)을 노이즈(noise)로 처리하면서, 홈 셀의 사용자로부터 신호를 검출할 수 있다. 전송 요청을 수신한 기지국(BS)은 요청을 전송한 사용자 중에서 적어도 하나 이상의 사용자를 랜덤으로 선택할 수 있으며, 각 셀에서 선택된 사용자는 데이터 패킷의 전송을 개시한다.

[0063] 전체 스루풋(throughput)의 성능은 다중 셀 환경 중, 특히 높은 SNR의 통신 환경 하에서의 셀간 간섭으로 인해 심각하게 제한될 수 있다. 높은 SNR의 환경 하에서 성공적인 합 전송률 스케일링 법칙을 도출하면, 점근적으로 $\log\log N$ 과 같은 전체 다중 사용자 다이버시티 게인(full multiuser diversity gain)을 얻을 수 있다. 다중 셀 환경에서의 성취도는 셀당 사용자의 수 N 과 수신 SNR 사이의 스케일링 동작(scaling behavior) 조건에 의해 좌우될 수 있다. 이하에서는, 자유도 이득(degrees-of-freedom gain)과 함께 로그 이득(logarithmic gain)을 성취하기 위해 N 이 SNR에 따라 어떻게 조정될 수 있는지에 대해 설명한다.

[0064] 셀간 간섭이 가우시안(Gaussian)의 형태로 가정하면, i 번째 셀에 위치한 사용자 u_i 의 이동 단말기(MS)의 전송률 $R_{u_i}^{(i)}(SNR)$ 은 아래의 수학식 5에 따라 하계(lower bound) 된다.

수학식 5

[0065]
$$R_{u_i}^{(i)}(SNR) \geq \log(1 + SINR_{i,u_i})$$

[0066] 이 때, $u_i \in \{1, \dots, N\}$, N 은 i 번째 셀에 속한 사용자의 수, $i=1, \dots, K$ 이다. $SINR_{i,u_i}$ 는 사용자 u_i 의 이동 단말기(MS)의 전송에 따라, i 번째 셀을 커버하는 기지국(BS)에서 수신한 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR; Signal to Interference-plus-Noise Ratio)를 나타낸다. 신호 대 간섭 및 잡음비 $SINR_{i,u_i}$ 는 아래의 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

[0067]
$$SINR_{i,u_i} = \frac{|h_{i,u_i}^{(i)}|^2 P}{N_0 + \sum_k |h_{i,u_k}^{(k)}|^2 P}$$

[0068] 이 때, P 는 이동 단말기의 최대 전송 파워 제한치를, N_0 는 잡음(noise)을 나타내고, 인덱스 $k \in \{1, \dots, i-1, i+1, \dots, K\}$ 이다.

[0069] 레일리(Rayleigh) 채널에서, $h_{i,u_k}^{(k)}$ 는 지수적으로 분포된다. $h_{i,u_k}^{(k)}$ 의 누적 분포 함수(Cumulative Distribution Function; CDF)를 구하기 위해, 확률 변수 $|h_{i,j}^{(i)}|^2$ 에 대한 분포 함수를 나타내면 아래의 수학식 7과 같다.

수학식 7

[0070]
$$\Pr \left\{ |h_{i,j}^{(i)}|^2 \leq x \right\} = 1 - e^{-x} \text{ for } x \geq 0$$

[0071] 그러므로, $\sum_k |h_{i,u_k}^{(k)}|^2$ 는 임의의 $i = 1, \dots, K$, $u_k = 1, 2, \dots, N$ 에 대해 $2(K-1)$ 자유도(degrees of freedom)를 갖는 카이-스퀘어 분포(Chi-square distribution)를 따른다. $2(K-1)$ 자유도를 갖는 카이-스퀘어 분포의 누적 분포 함수(CDF) $F(x)$ 는 아래의 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

[0072]
$$F(x) = \frac{\gamma(K-1, x/2)}{\Gamma(K-1)}$$

[0073] 이 때, $\Gamma(z)$ 는 감마함수(Gamma function) $\Gamma(z) = \int_0^{\infty} t^{z-1} e^{-t} dt$ 이고,

[0074] $\gamma(z, x) = \int_0^x t^{z-1} e^{-t} dt$ 는 불완전 감마함수(lower incomplete Gamma function)이다.

[0075] $F(x)$ 에 대한 하계(lower bound)를 찾기 위해 아래의 보조 정리(lemma) 1을 이용한다.

[0076] <보조 정리 1>

[0077] $0 \leq x < 2$ 에 속하는 모든 x 에 대해, 누적 분포 함수(CDF) $F(x)$ 는 아래의 수학식 9에 의해 하계(lower bound) 된다.

수학식 9

[0078]
$$F(x) \geq c_1 x^{(K-1)}$$

[0079]
$$c_1 = \frac{e^{-1} 2^{-(K-1)}}{(K-1) \cdot \Gamma(K-1)}$$

[0080] 이제, K-셀 네트워크의 상향링크에 대하여 얻을 수 있는 합 전송율 스케일링(sum-rate scaling)을 유도하기 위해, 아래의 정리(theorem) 1을 이용한다.

[0081] <정리 1>

[0082] 어떤 상수 $\epsilon \in (0, 1)$ 에 대해 $n_{tr} = \epsilon \log N$ 임을 가정하면, $N = \omega(SNR^{\frac{K-1}{1-\epsilon}})$ 일 때, 높은 신호 대 잡음비(SNR) 환경에서 높은 성취도(with high probability; whp)를 갖는 $\Theta(K \log SNR (\log N))$ 의 합 전송율 스케일링(sum-rate scaling)을 얻는다.

[0083] 이 때, $f_1(x)$ 와 $g_1(x)$ 가 $g_1(x) = o(f_1(x))$ 를 만족할 때, $f_1(x) = \omega(g_1(x))$ 로 나타낸 것이고, $f_2(x)/g_2(x)$ 의 극한 값이 0으로 수렴할 때 $f_2(x) = o(g_2(x))$ 로 나타낸 것이다. 또한, $f_3(x) = O(g_3(x))$ 이면서 $g_3(x) = O(f_3(x))$ 를 만족할 때, $f_3(x) = \Theta(g_3(x))$ 로 나타낸 것이고, 모든 $x > c$ 에 대해 $f_4(x) \leq C \times g_4(x)$ 를 만족하는 상수 C , c 가 존재할 때, $f_4(x) = O(g_4(x))$ 로 나타낸 것이다.

[0084] 정리 1을 증명하면 다음과 같다. 하나의 셀에서 특정 이동 단말기(MS)가 앞서 언급된 수학식 3과 수학식 4를 동시에 만족할 이벤트는 $F(\eta_r SNR^{-1}) e^{-\eta_r r}$ 의 확률로 발생한다. 따라서, 하나의 셀에서 적어도 하나 이상의 이동 단말기(MS)에 대하여 수학식 3과 수학식 4를 동시에 만족할 이벤트가 발생할 확률(probability)은 $1 - (1 - F(\eta_r SNR^{-1}) e^{-\eta_r r})^N$ 로 주어진다.

[0085] 정리 1의 증명을 위해 아래의 보조 정리(lemma) 2를 활용한다.

[0086] <보조 정리 2>

[0087] $f(x)$ 를 $x \in [0, \infty)$ 의 연속함수로 나타내면, $\lim_{x \rightarrow \infty} (1 - f(x))^x$ 는 $\lim_{x \rightarrow \infty} x f(x)$ 가 무한대일 때에만 0으로 수렴한다.

[0088] 보조 정리 2에 의해, $\lim_{N \rightarrow \infty} NF(\eta_I SNR^{-1})e^{-\eta_I N} \rightarrow \infty$ 일 때에만, N이 무한대로 갈수록 1로 수렴하게 된다.

[0089] 앞서 언급된 보조 정리 1로부터, $NF(\eta_I SNR^{-1})e^{-\eta_I N}$ 은 아래의 수학적 식 10에 따라, 하계(lower bound)된다.

수학적 식 10

$$\begin{aligned} & \lim_{N \rightarrow \infty} c_1 N (\eta_I SNR^{-1})^{K-1} e^{-\eta_I N} \\ &= c_1 \eta_I^{K-1} \cdot \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N}{SNR^{K-1}} e^{-\epsilon \log N} \\ &= c_1 \eta_I^{K-1} \cdot \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N^{1-\epsilon}}{SNR^{K-1}} \end{aligned}$$

[0090]

[0091] N이 $SNR^{\frac{K-1}{1-\epsilon}}$ 보다 빠르게 변동함에 따라, $NF(\eta_I SNR^{-1})e^{-\eta_I N}$ 은 N(또는, 등가적으로 SNR)에 따라 증가한다. 그러므로, 각 셀에 대해, 높은 성취율을 가지면서 수학적 식 3과 수학적 식 4를 만족하는 적어도 하나 이상의 이동 단말기(MS)가 존재하게 된다.

[0092] 수학적 식 5 및 수학적 식 6으로부터, 성취할 수 있는 합 전송율(achievable sum-rate) $\sum_{i=1}^K R_{u_i}^{(i)}(SNR)$ 에 대한 하계(lower bound)는 최종적으로 아래의 수학적 식 11과 같이 주어진다.

수학적 식 11

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^K R_{u_i}^{(i)}(SNR) &\geq \sum_{i=1}^K \log \left(1 + \frac{|h_{i,u_i}^{(i)}|^2 P}{N_0 + \sum_{k \in \{1, \dots, i-1, i+1, \dots, K\}} |h_{i,u_k}^{(k)}|^2 P} \right) \\ &\geq \sum_{i=1}^K \log \left(1 + \frac{|h_{i,u_i}^{(i)}|^2 P}{N_0 + \sum_{i=1}^K \sum_{k \in \{1, \dots, i-1, i+1, \dots, K\}} |h_{i,u_k}^{(k)}|^2 P} \right) \\ &\geq K \log \left(1 + \frac{\eta_{tr} SNR}{1 + K \eta_I} \right) \\ &\geq K \log (1 + \epsilon c_2 (\log N) SNR) \end{aligned}$$

[0093]

[0094] 수학적 식 11로부터, c_2 는 0보다 큰 상수일 때, 합 전송율은 $N = \omega(SNR^{\frac{K-1}{1-\epsilon}})$ 인 조건 하에서, $K \log SNR (\log N)$ 에 따라 변형되므로, 정리 1의 증명이 완성된다.

[0095] 정리 1에서 $\Theta(K \log SNR (\log N))$ 의 로그 텀(logarithmic term)은 다중 사용자 다이버시티 이득에 기인한다. 정리 1로부터, 파라미터 ϵ 과 N에 따른 아래와 같은 흥미로운 사실이 도출된다.

[0096] 즉, ϵ 이 증가함에 따라, 수학적 식 11에 나타난 바와 같은, 얻을 수 있는 합 전송율(achievable sum-rate)은, 스케일링 법칙이 근본적으로 변화되지 않더라도, 수신 SNR의 증가에 따라 향상된다. 한편, 성취율을 보장하기 위해 요구되는 단위 셀당 이동 단말기의 최소 개수 N 또한 보다 빨리 변형될 필요가 있다. 그러므로, 주어진 네트워크 환경에 따라, 임계값 $n_{tr} = \epsilon \log N$ 에 대한 적절한 선택이 이루어져야 한다.

[0097] 비교를 위해, 상향링크 K-셀 네트워크에서 합 전송율의 상계(upper limit)를 살펴본다. 모든 셀간 간섭의 genie-aided removal로부터, K parallel MAC 시스템을 얻을 수 있다. 셀당 하나의 이동 단말기(MS)만 데이터를 전송한다고 가정하면, 각 MAC에 대한 스루풋 스케일링(throughput scaling)은 $O(\log \text{SNR}(\log N))$ 에 의해 상계(upper-bound)된다. 그러므로, 합 전송율 스케일링의 상계 $K \log \text{SNR}(\log N)$ 는 각 노드에서 local CSI만을 기초로 분산 알고리즘(distributed algorithm)을 이용하여 획득한 하계와 매치(match)된다.

[0098] 기존의 사용자 스케줄링이 자신이 속한 셀의 기지국과의 채널 상황을 교환하여 통신하는 방식인 반면, 본 발명의 실시예는 자신의 채널 상황과 자신이 미칠 다른 셀로의 간섭상황을 동시에 고려하여 스케줄링한다. 따라서, 본 발명의 실시예에 의하면, 다중 사용자가 하나 이상의 기지국 또는 셀에 속하여 통신하는 현재의 무선 이동 통신 환경에서, 셀간 간섭을 고려하여 사용자를 선택하는 스케줄링을 통해, 무선 통신 자원을 보다 효율적으로 사용할 수 있으며, 최근 이슈가 되고 있는 펌토셀, 디바이스간 통신, 소형셀 등의 이동통신 시스템에 적용되어, 무선 이동 통신의 성능을 현저히 향상시킬 수 있다.

[0099] 아래의 표 1은 시스템 파라미터, 즉 셀의 개수와 셀당 이동 단말기의 개수에 대하여 합 전송율을 최대화할 수 있는 임계치 n_{l1} 를 나타낸 테이블이다.

丑 1

[0100]		N = 50	N = 50	N = 50	N = 50	N = 50
	K = 3	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2
	K = 4	1.5	1.3	1.1	0.9	0.6
	K = 5	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5

[0101] 표 1에 나타난 최적화된 임계치 η_1 을 적용함으로써, 다양한 시스템 파라미터 환경 하에서, 효율적인 무선 통신을 수행할 수 있다.

[0102] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 수신 SNR에 대한 셀당 평균 성취율의 시뮬레이션 결과를 종래와 비교하여 나타낸 그래프이다. 도 8에서 MaxSNR은 종래와 같이 최대 SNR 값을 갖는 사용자가 데이터를 전송하는 방법에 대한 그래프이고, MinGI는 종래와 같이 최소 간섭량을 갖는 사용자가 데이터를 전송하는 방법에 대한 그래프이고, DOS는 타 셀 기지국과의 간섭량이 임계값 0.5 미만인 사용자 중 홈 셀 기지국과의 통신 채널이 양호한 사용자가 데이터를 전송하는 본 발명의 스케줄링 방법에 대한 그래프이다. 시뮬레이션 환경은 $K = 3$, $N = 100$ 이고, 최적 임계치 η_c 은 0.5로 주어진다. 도 8로부터, 본 발명의 실시예에 따른 스케줄링 방법에 의하면, 종래 대비 모든 SNR 값에 대해 우수한 성능을 가짐을 알 수 있다.

[0103] 본 발명의 실시예에 의하면, 각 셀 기지국은 자신이 선택한 사용자 단말기 정보를 인접 셀 기지국과 공유하지 않고, 각 기지국이 분산된 구조를 유지하면서도 인접 셀과의 간섭을 줄여 효과적으로 사용자 스케줄링을 수행할 수 있다. 또는, 본 발명의 실시예에 의하면, 높은 신호 대 잡음비의 통신 채널에서, 다중 셀 환경 하에서 자유도(degree of freedom) 및 다중 사용자 다이버시티 이득(diversity gain)을 성취할 수 있다.

[0104] 또는, 본 발명의 실시예에 의하면, 종래의 스케줄링 방법과 대비하여, 보다 나은 합 전송률(sum-rate throughput)을 얻을 수 있다. 또는, 본 발명의 실시예에 의하면, 채널 상태 정보(Channel State Information; CSI), 시간/주파수 확장(time/frequency expansion), 그리고 데이터 전송 전의 반복(iteration) 없이도 동작이 가능하며, 이에 따라 보다 쉬운 사용자 스케줄링을 구현할 수 있다.

[0105] 이상의 실시예들은 본 발명의 이해를 돕기 위하여 제시된 것으로, 본 발명의 범위를 제한하지 않으며, 이로부터 다양한 변형 가능한 실시예들도 본 발명의 범위에 속할 수 있음을 이해하여야 한다. 예를 들어, 본 발명의 실시예에 도시된 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 반대로 여러 개로 분산된 구성 요소들은 결합되어 실시될 수 있다. 따라서, 본 발명의 기술적 보호범위는 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이며, 본 발명의 기술적 보호범위는 특허청구범위의 문언적 기재 그 자체로 한정되는 것이 아니라 실질적으로는 기술적 가치가 균등한 범주의 발명에 대하여까지 미치는 것임을 이해하여야 한다.

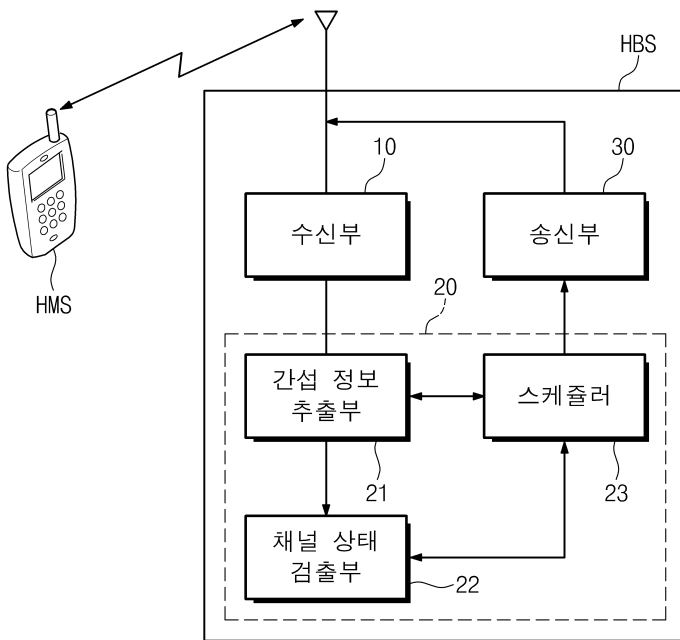
부호의 설명

[0106] 10: 수신부 20: 제어부

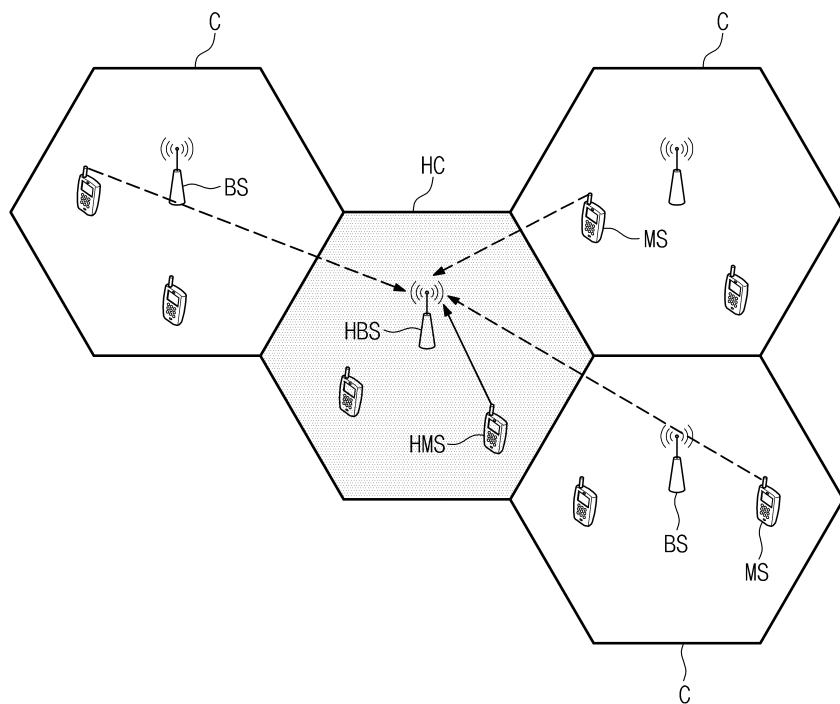
21: 간섭 정보 추출부	22: 스케줄러
23: 채널 상태 검출부	231: 간섭 정보 비교부
232: 채널 상태 비교부	233: 사용자 결정부
30: 송신부	50: RF 모듈
60: 신호 수신부	70: 신호 생성부
71: 간섭 정보 검출부	72: 간섭 정보 비교부
73: 채널 요청 신호 생성부	80: 신호 송신부
MS, HMS: 이동 단말기	BS, HBS: 기지국
C, HC: 셀	

도면

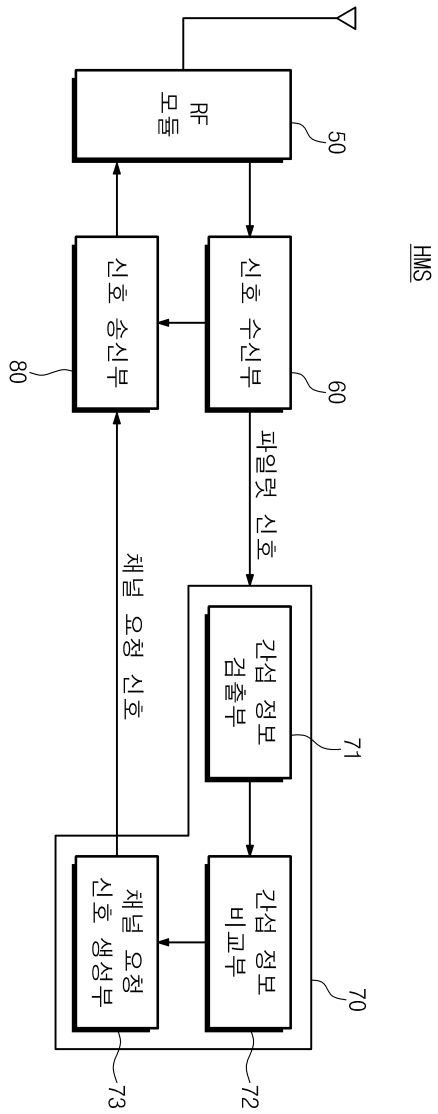
도면1



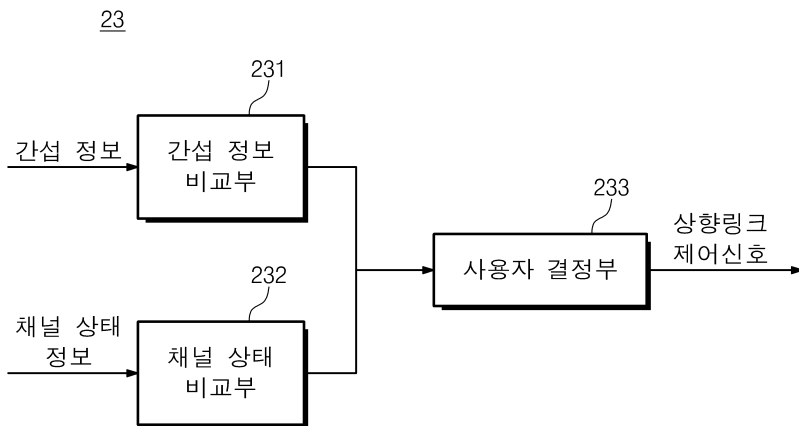
도면2



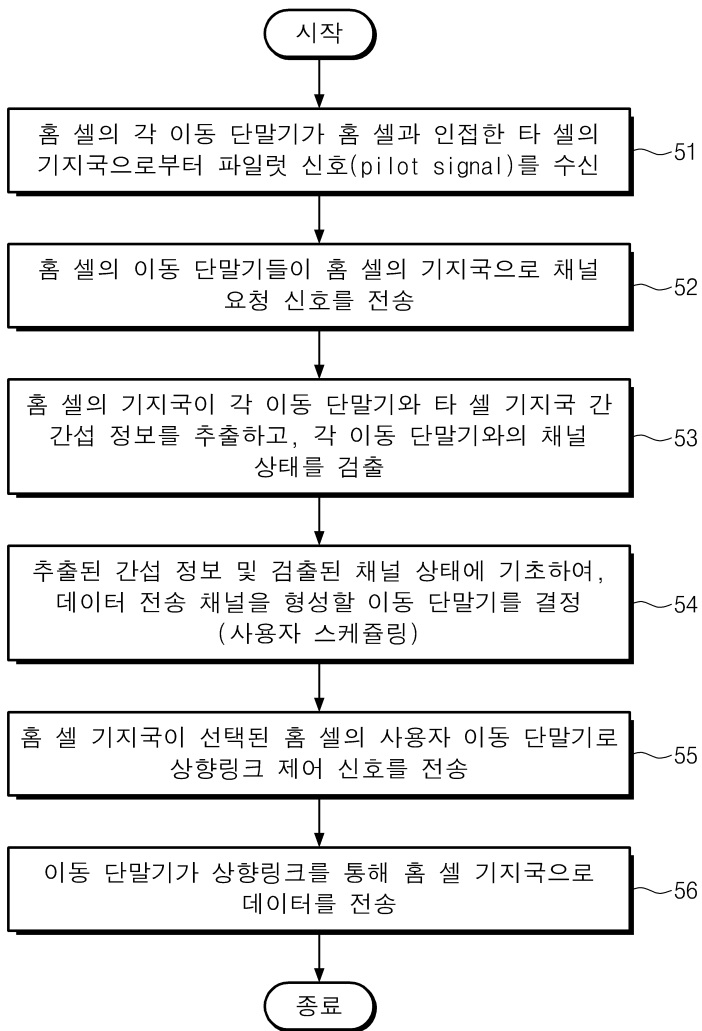
도면3



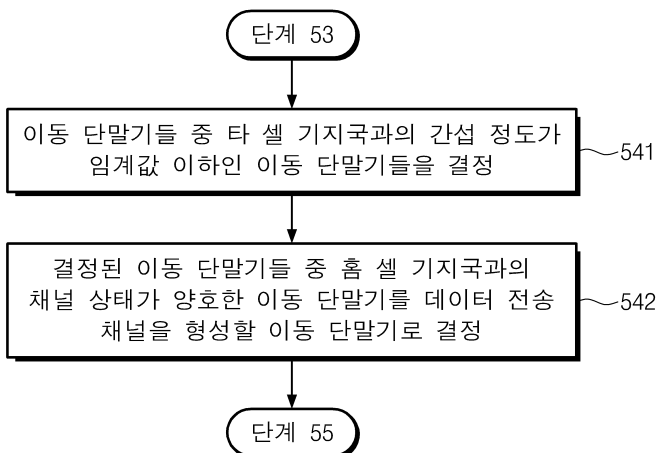
도면4



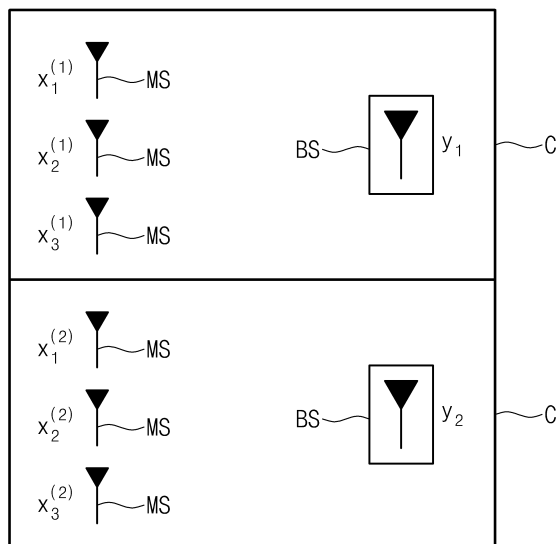
도면5



도면6



도면7



도면8

