

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0072590 (43) 공개일자 2014년06월13일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H04W 16/02 (2009.01)	(71) 출원인 서강대학교산학협력단 서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)	
(21) 출원번호 10-2012-0140267		
(22) 출원일자 2012년12월05일	(72) 발명자	
심사청구일자 2012년12월05일	성원진 서울 서초구 잠원로4길 34-11, 101동 1508호 (잠원동, 녹원한신아파트)	
	성지훈 서울 서초구 서초중앙로29길 28, 302동 301호 (반포동, 미도아파트)	
	(74) 대리인 특허법인충현	

전체 청구항 수 : 총 17 항

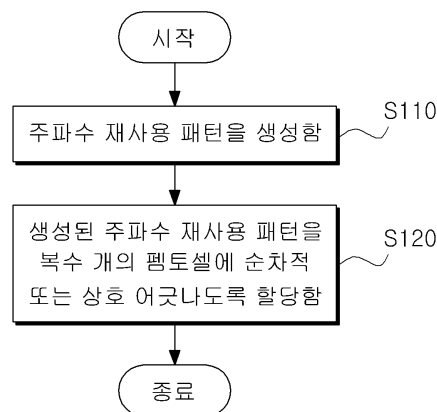
(54) 발명의 명칭 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 3차원 주파수 패턴 할당 방법 및 시스템에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 패턴생성부가 3차원 형태로 배치되는 복수 개의 펄스셀에 할당하기 위한 주파수 재사용 패턴을 생성하는 단계; 및 패턴할당부가 상기 주파수 재사용 패턴을 상기 복수 개의 펄스셀에 순차적 또는 상호 어긋나도록 할당하는 단계;를 포함한다.

이러한 구성에 의해, 본 발명의 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법 및 시스템은 펄스셀이 적용된 빌딩 내 이동 통신을 수행하는데 있어서, 인접 기지국에 의한 신호의 간섭이 발생하는 것을 방지하여, 데이터 전송효율을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 KCA-2012-12-911-01-109

부처명 방송통신위원회

연구사업명 방송통신인프라원천기술개발사업

연구과제명 LTE 신규 대역 개발을 위한 협력적 센싱 및 DB 기반 주파수 공유 기술 연구

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2012.05.01 ~ 2015.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

패턴생성부가 3차원 형태로 배치되는 복수 개의 펌토셀에 할당하기 위한 주파수 재사용 패턴을 생성하는 단계;
및

패턴할당부가 상기 주파수 재사용 패턴을 상기 복수 개의 펌토셀에 순차적 또는 상호 어긋나도록 할당하는 단계;

를 포함하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 주파수 재사용 패턴은

상기 펌토셀의 개수가 D (이때, D 는 자연수이다.)인 경우, $D \times D \times D$ 또는 $D \times D \times 1$ 개의 서로 다른 주파수로 이루어지는 패턴블록인 것을 특징으로 하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 주파수 재사용 패턴을 생성하는 단계는

상기 패턴블록을 반복적으로 적층하여 생성하는 것을 특징으로 하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 주파수 재사용 패턴을 펌토셀에 할당하는 단계는

복수 개의 펌토셀에 순차적으로 할당된 주파수가 동일한 행에 이웃하여 배치되는 이웃 펌토셀로 이동하여 재할당하는 것을 특징으로 하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 주파수 재사용 패턴을 펌토셀에 할당하는 단계는

상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수에 요소 반송파(CA: Carrier Aggregation)를 추가하여 상기 복수 개의 펌토셀에 할당하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 주파수 재사용 패턴에 요소 반송파를 추가하여 펌토셀에 할당하는 과정은

상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수에 요소 반송파를 더한 후, 상기 복수 개의 펌토셀에 순차적으

로 주파수를 할당하는 것을 특징으로 하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 주파수 재사용 패턴에 요소 반송파를 추가하여 펄스셀에 할당하는 과정은

상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수가 할당된 펄스셀과 일정거리 이격되어 배치되는 펄스셀에 요소 반송파를 할당하는 것을 특징으로 하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 주파수 재사용 패턴을 상기 펄스셀에 할당하는 단계는

전체 주파수 대역폭을 주파수 재사용률로 분할하여 상기 펄스셀에 할당하는 것을 특징으로 하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 방법을 컴퓨터로 실행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독가능 기록매체.

청구항 10

3차원 형태로 배치되는 복수 개의 펄스셀에 할당하기 위한 주파수 재사용 패턴을 생성하는 패턴생성부; 및
상기 주파수 재사용 패턴을 상기 복수 개의 펄스셀에 순차적 또는 상호 어긋나도록 할당하는 패턴할당부;
를 포함하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 패턴생성부는

상기 펄스셀의 개수가 D (이때, D 는 자연수이다.)인 경우, $D \times D \times D$ 또는 $D \times D \times 1$ 개의 서로 다른 주파수로 이루어지는 주파수 재사용 패턴 블록을 생성하는 것을 특징으로 하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 시스템.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 패턴생성부는

주파수 재사용 패턴 블록을 반복적으로 적층하여 생성하는 것을 특징으로 하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 시스템.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 패턴할당부는

상기 복수 개의 웹토셀에 순차적으로 할당된 주파수가 동일한 행에 이웃하여 배치되는 이웃 웹토셀로 이동하여 재할당하는 것을 특징으로 하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 시스템.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 패턴할당부는

상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수에 요소 반송파(CA: Carrier Aggregation)를 추가하여 상기 복수 개의 웹토셀에 할당하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 패턴할당부는

상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수에 요소 반송파를 더한 후, 상기 복수 개의 웹토셀에 순차적으로 주파수를 할당하는 것을 특징으로 하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 시스템.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 패턴할당부는

상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수가 할당된 웹토셀과 일정거리 이격되어 배치되는 웹토셀에 요소 반송파를 할당하는 것을 특징으로 하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 시스템.

청구항 17

제10항에 있어서,

상기 패턴할당부는

전체 주파수 대역폭을 주파수 재사용률로 분할하여 상기 웹토셀에 할당하는 것을 특징으로 하는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 시스템.

명세서

기술분야

본 발명은 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법 및 시스템에 관한 것으로, 특히 사용자가 밀집된 빌딩 같은 지역에서 인접 기지국의 신호에 의한 셀 간 간섭이 발생하지 않도록 하여, 효율적인 이동통신 시스템을 구현할 수 있는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0001]

- [0002] 스마트폰, 태블릿 PC의 보급이 남녀노소를 불문하고 널리 대중화됨에 따라, 멀티미디어 서비스 수요가 증가하고 있다. 따라서 무선 채널에서 전송되는 데이터의 양 또한 증가하는 추세이다. 이에 따른 트래픽 증가는 이동 통신 시스템의 부하가 증가하게 되고, 그러므로 시스템 전체의 서비스 품질 열화를 가져올 수 있다. 이러한 품질 열화를 해결하고 더 나은 사용자 경험을 제공하기 위해, 고속 무선 데이터 전송 기술의 연구가 활발히 이루어지고 있다.
- [0003] 특히, 광대역 통신을 위해서는 요소 반송파 결합기술(CA: Carrier Aggregation)을 사용할 수 있다. 이러한 요소 반송파 결합기술은 두 개 이상의 서로 떨어진 요소 반송파를 상호 결합하여 사용함으로써, 주파수 대역폭의 증가에 의한 전송 속도 향상을 기대할 수 있다. 하지만 상기 요소 반송파 결합기술에 사용하기 위한 추가적인 주파수 대역 확보에 상당한 비용이 들고, 요소 반송파 결합기술을 지원하지 않는 기존 단말에 대해서는 성능 향상을 기대할 수 없는 문제점이 발생했다.
- [0004] 셀 간 간섭을 완화하기 위해서, GSM과 같은 시스템에서는 2차원 공간의 주파수 재사용을 활용하였다. 주파수 재사용 기법이란, 사용할 수 있는 주파수 대역을 분할하여 인접 셀 간 서로 같은 주파수를 사용하지 않도록 할당하는 것을 나타낸다.
- [0005] 특히, LTE-Advanced와 같은 통신 규격에서는 고도화된 인접 셀 간 간섭 조정 기술(eICIC, enhanced inter cell interference coordination), 지리적으로 분산된 기지국 간 협력적 전송(CoMP, coordinated multi-point transmission and reception)과 같은 기술이 적용되고 있다. 간섭 완화 기술인 eICIC는 ABS(Almost Blank Subframe) 적용을 통해 셀 내부의 소형 기지국과 간섭을 조정하게 된다. 이때, ABS로 설정된 서브프레임은 데이터 전송을 할 수 없는 문제를 갖는다.
- [0006] 또한, CoMP 기술은 인접 기지국 간 협력을 통해 단말을 서비스함으로써 간섭을 완화하고 전송 효율을 높이는 방법을 나타낸다. 하지만 CoMP 전송 데이터를 기지국 간 공유하기 때문에 시스템의 복잡도가 증가하는 문제점이 발생했다.
- [0007] 이에 따라, 펌토셀(Femtocell)을 도입하여 셀을 소형화시킨 후, 셀룰러 시스템 전체의 채널 용량을 증가시키는 방법이 사용되고 있다.
- [0008] 하지만 이처럼, 셀의 소형화를 통해 시스템의 채널 용량을 증가시키고자 할 때 기지국 간 간섭이 미치는 영향이 점점 커짐에 따라, 성능 열화가 발생하는 문제점이 생겨났다.
- [0009] 상술한 바와 같이, 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법 및 시스템에 대한 선행기술을 살펴보면 다음과 같다.
- [0010] 선행기술은 한국공개특허공보 제2011-0073645호(2011.06.30)로서, 분산형 네트워크에서 상태 정보를 전송하고 채널 용량을 최대화하는 방법, 장치, 및 컴퓨터 판독가능 매체에 관한 것이다.
- [0011] 이러한 선행기술 1은 a) 제 1 기지국이 제 1 파워 레벨로 제 1 기지국을 식별하는 프리앰블(preamble)을 제 2 기지국으로 송신하는 단계, b) 제 2 기지국은 제 1 파워 레벨로 송신된 프리앰블에 기초하여 제 1 기지국으로부터의 채널 이득을 추정하는 단계, c) 제 1 기지국은 제 2 파워 레벨로 프리앰블을 제 2 기지국으로 송신하는 단계, d) 제 2 기지국은 채널 이득에 기초하여 제 2 파워 레벨을 추정하는 단계, e) 제 1 기지국은 분산형 네트워크에 포함된 다른 기지국으로부터 받는 간섭 파워에 대응하는 제 3 파워 레벨로 프리앰블을 제 2 기지국으로 송신하는 단계, 및 f) 제 2 기지국에서 수신된 제 2 파워 레벨 및 제 3 파워 레벨에 기초하여 제 1 기지국의 품질 메트릭을 추정하는 단계를 포함함으로써, 펌토셀의 기지국 간에 백홀(backhaul)이 존재하지 않고 각 기지국 간에 신호 메트릭에 대한 명시적인 메시지 전송이 없는 환경에서 네트워크의 총용량을 최대화시킬 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 3차원 형태로 배치된 복수 개의 펌토셀에 서로 다른 주파수를 순차적 또는 상호 어긋나도록 할당함으로써, 셀간 신호의 간섭 발생을 방지하여 이동통신의 효율을 향상시킬 수 있는 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법 및 시스템을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0013] 위와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 한 실시 예에 따른 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법은 패턴생성부가 3차원 형태로 배치되는 복수 개의 펠토셀에 할당하기 위한 주파수 재사용 패턴을 생성하는 단계; 및 패턴 할당부가 상기 주파수 재사용 패턴을 상기 복수 개의 펠토셀에 순차적 또는 상호 어긋나도록 할당하는 단계;를 포함한다.
- [0014] 특히, 상기 펠토셀의 개수가 D (이때, D 는 자연수이다.)인 경우, $D \times D \times D$ 또는 $D \times D \times 1$ 개의 서로 다른 주파수로 이루어지는 패턴 블록인 주파수 재사용 패턴을 포함할 수 있다.
- [0015] 특히, 상기 패턴블록을 반복적으로 적층하여 생성하는 주파수 재사용 패턴을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0016] 보다 바람직하게는 복수 개의 펠토셀에 순차적으로 할당된 주파수가 동일한 행에 이웃하여 배치되는 이웃 펠토셀로 이동하여 재할당하는 주파수 재사용 패턴을 펠토셀에 할당하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0017] 보다 바람직하게는 상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수에 요소 반송파(CA: Carrier Aggregation)를 추가하여 상기 복수 개의 펠토셀에 할당하는 과정을 더 포함하는 주파수 재사용 패턴을 펠토셀에 할당하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0018] 특히, 상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수에 요소 반송파를 더한 후, 상기 복수 개의 펠토셀에 순차적으로 주파수를 할당하는 주파수 재사용 패턴에 요소 반송파를 추가하여 펠토셀에 할당하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 특히, 상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수가 할당된 펠토셀과 일정거리 이격되어 배치되는 펠토셀에 요소 반송파를 할당하는 주파수 재사용 패턴에 요소 반송파를 추가하여 펠토셀에 할당하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0020] 특히, 전체 주파수 대역폭을 주파수 재사용률로 분할하여 상기 펠토셀에 할당하는 주파수 재사용 패턴을 상기 펠토셀에 할당하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0021] 위와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다른 실시 예에 따른 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 시스템은 3차원 형태로 배치되는 복수 개의 펠토셀에 할당하기 위한 주파수 재사용 패턴을 생성하는 패턴생성부; 및 상기 주파수 재사용 패턴을 상기 복수 개의 펠토셀에 순차적 또는 상호 어긋나도록 할당하는 패턴할당부;를 포함한다.
- [0022] 특히, 상기 펠토셀의 개수가 D (이때, D 는 자연수이다.)인 경우, $D \times D \times D$ 또는 $D \times D \times 1$ 개의 서로 다른 주파수로 이루어지는 주파수 재사용 패턴 블록을 생성하는 패턴생성부를 포함할 수 있다.
- [0023] 특히, 주파수 재사용 패턴 블록을 반복적으로 적층하여 생성하는 패턴생성부를 포함할 수 있다.
- [0024] 보다 바람직하게는 상기 복수 개의 펠토셀에 순차적으로 할당된 주파수가 동일한 행에 이웃하여 배치되는 이웃 펠토셀로 이동하여 재할당하는 패턴할당부를 포함할 수 있다.
- [0025] 보다 바람직하게는 상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수에 요소 반송파(CA: Carrier Aggregation)를 추가하여 상기 복수 개의 펠토셀에 할당하는 패턴할당부를 포함할 수 있다.
- [0026] 특히, 상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수에 요소 반송파를 더한 후, 상기 복수 개의 펠토셀에 순차적으로 주파수를 할당하는 패턴할당부를 포함할 수 있다.
- [0027] 특히, 상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수가 할당된 펠토셀과 일정거리 이격되어 배치되는 펠토셀에 요소 반송파를 할당하는 패턴할당부를 포함할 수 있다.
- [0028] 특히, 전체 주파수 대역폭을 주파수 재사용률로 분할하여 상기 펠토셀에 할당하는 패턴할당부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0029] 본 발명의 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법 및 시스템은 펠토셀이 적용된 빌딩 내 이동통신을 수행하는데 있어서, 인접 기지국에 의한 신호의 간섭이 발생하는 것을 방지하여, 데이터 전송효율을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

- [0030] 또한, 본 발명의 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법 및 시스템은 3차원 공간의 주파수 재사용 패턴을 사용함에 따라 셀 경계지역 사용자 측면에서 전송률이 개선되는 효과가 있다.
- [0031] 더불어, 본 발명의 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법 및 시스템은 평균 채널 용량 측면을 고려한 재사용 패턴을 사용하기 때문에 이동통신 시스템에서의 효율적인 실내 펌토셀 운영을 할 수 있는 효과가 있다.
- [0032] 이와 더불어, 본 발명의 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법 및 시스템은 주파수 재사용을 통해 셀 경계 지역 사용자의 데이터 전송효율이 향상됨에 따라 셀 내부에 지리적으로 분포한 사용자들의 성능 편차가 줄어들어, 셀 사용자간에 공평성을 보장할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법의 순서도이다.
- 도 2는 정육면체 셀로 이루어진 시뮬레이션 공간을 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 주파수 재사용 패턴과 기본 패턴을 비교한 도면이다.
- 도 4는 중심 기지국과 동일 주파수를 사용하는 인접 기지국의 개수를 나타낸 도면이다.
- 도 5는 요소 반송파가 추가된 기본 패턴을 나타낸 도면이다.
- 도 6은 요소 반송파가 추가된 주파수 재사용 패턴의 유효 간섭 셀 분포를 나타낸 도면이다.
- 도 7은 요소 반송파와 주파수 재사용 패턴에 따른 채널 용량의 비교를 나타낸 그래프이다.
- 도 8은 경로감쇄 상수의 변화에 따른 셀 경계 지역 사용자의 채널 용량을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 이하, 본 발명을 바람직한 실시 예와 첨부한 도면을 참고로 하여 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 실시 예에 한정되는 것은 아니다.
- [0035] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법의 순서도이다.
- [0036] 도 1에 도시된 바와 같이, 패턴생성부가 3차원 형태로 배치되는 복수 개의 펌토셀에 주파수 대역을 할당하기 위해, 주파수 재사용 패턴을 생성한다(S110). 이때, 상기 주파수 재사용 패턴이란, 펌토셀의 개수가 D (이때, D 는 자연수이다.)일때, $D \times D \times D$ 또는 $D \times D \times 1$ 개의 서로 다른 주파수로 이루어지는 패턴 블록을 나타내는 것으로서, 이러한 패턴 블록을 반복적으로 적층하여 생성된다.
- [0037] 이와 같이, 생성된 주파수 재사용 패턴을 패턴할당부가 복수 개의 펌토셀에 순차적 또는 상호 어긋나도록 할당한다(S120). 이러한 주파수 할당과정은 전체 주파수 대역폭을 주파수 재사용률로 분할한 후, 분할된 주파수 대역을 상기 펌토셀에 할당한다.
- [0038] 특히, 상기 복수 개의 펌토셀에 순차적으로 할당된 주파수가 동일한 행에 이웃하여 배치되는 이웃 펌토셀로 이동되며 재할당된다. 특히, 상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수에 요소 반송파(CA: Carrier Aggregation)를 추가하여 3차원 형태로 배치되는 복수 개의 펌토셀에 할당한다.
- [0039] 이때, 상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수에 요소 반송파를 더한 후, 상기 복수 개의 펌토셀에 순차적으로 주파수를 할당하거나, 또는 상기 주파수 재사용 패턴에 해당하는 기본 주파수가 할당된 펌토셀과 일정 거리 이격되어 배치되는 펌토셀에 요소 반송파를 할당할 수 있다.
- [0040] 이러한 본 발명에 따른 3차원 주파수 재사용 패턴 할당에 따른 데이터 전송률에 대하여 자세히 살펴보면 다음과 같다.
- [0041] 먼저, 사용자가 밀집한 도심 지역의 빌딩구조와 유사하도록 도 2에 도시된 바와 같이, 정육면체로 형성된 셀을 대상으로 한다.
- [0042] 이때, 기지국은 각 변의 길이가 L 인 단위 펌토셀 내부의 중앙에 배치되고, 상기 기지국의 안테나는 방향성이 없다고 가정한다. 특히, 성능 평가를 위한 시뮬레이션은 도 2에 도시된 바와 같이, $L = 1$ 인 단위 셀이 x, y, z

축을 따라 7개씩 총 343개의 셀에 대해 수행하였다. 이러한 시뮬레이션 공간에서 가장 앞면의 왼쪽 최상단 셀을 원점으로 하여 (4, 4, 4)에 위치한 셀을 중심 셀이라고 정의한다.

[0043] 즉, 대역폭이 W 인 전송 주파수 대역에서 수신기의 신호 대잡음 간섭비 (SINR, signal-to-interference plus noise ratio)가 Γ 일 때, 얻을 수 있는 채널 용량은 Shannon의 채널 용량 공식에 의해 하기의 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$C = W \log_2(1 + \Gamma)$$

[0044]

[0045] 사용자와 서비스 받는 기지국간의 거리를 d_0 , 상기 사용자와 간섭 기지국과의 거리를 d_i , 상기 d_i 거리 내 위치한 간섭 기지국들의 개수를 k_{d_i} , 경로 감쇄 상수 α , 잡음 전력을 σ^2 라고 하고, 모든 셀의 기지국이 동일한 전력으로 전송하면, 신호 대 잡음 간섭비는 하기의 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$\Gamma = \frac{d_0^{-\alpha}}{\sum_{i \geq 1} k_{d_i} d_i^{-\alpha} + \sigma^2}$$

[0046]

[0047] 이때, 본 실험에서 사용하는 펠토셀과 같은 소형 셀 환경에서는 신호 대 잡음 간섭비에서 잡음 전력 σ^2 가 주변 기지국으로부터 오는 간섭에 비해 무시할 수 있을 정도로 작기 때문에, 상기 수학식 2와 같이 표시된 신호 대 잡음 간섭비를 간단히 정리하면, 하기의 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$\Gamma \approx \frac{d_0^{-\alpha}}{\sum_{i \geq 1} k_{d_i} d_i^{-\alpha}}$$

[0048]

[0049] 주파수 재사용을 사용하는 시스템에서는 전체 대역폭 W 를 주파수 재사용률 R 로 분할하여 인접한 셀간에 동일한 주파수 대역을 사용하지 않도록 각 셀의 주파수 대역을 할당한다. 주파수 재사용 기법을 시스템에 적용할 경우, 주파수 재사용을 사용하지 않는 시스템보다 동일 주파수 대역을 사용하는 셀의 개수가 감소하게 되므로, 수학식 3의 k_{d_i} 가 작은 값을 갖는다. 이에 따라, 분모 항의 크기가 줄어들게 되므로, 신호 대 잡음 간섭비 및 전송 성능의 증가를 기대할 수 있다. 시스템 용량 측면에서 각 셀에서 사용할 수 있는 주파수는 총 대역폭 W 가 R 개의 대역으로 분할되므로, 채널 용량은 하기의 수학식 4와 같이 변형될 수 있다.

수학식 4

$$C = \frac{W}{R} \log_2(1 + \Gamma)$$

[0050]

[0051] 따라서 높은 R 을 갖는 시스템에서는 신호 대 잡음 간섭비 Γ 의 증가에 따른 채널 용량 증가가 상쇄될 수 있다. 그러므로 주파수 재사용을 적용한 시스템의 효율적 운용을 위해서는 상기의 수학식 4의 채널 용량 C 를 최대화하는 R 과 이때의 주파수 재사용 패턴을 찾는 것이 바람직하다.

[0052] 이하, 주파수 재사용 패턴에 대하여 자세히 살펴보도록 한다.

[0053] 기본 패턴의 x , y , z 축 방향으로 배치된 셀의 개수를 D 라고 할 때 $D \times D \times D$ 개 또는 $D \times D \times 1$ 개의 서로 다른

주파수를 사용하는 셀로 구성된 기본 재사용 패턴 블록이 생성될 수 있다. 특히, 상기 기본 재사용 패턴 블록을 반복하여 적용하는 방법을 패턴 생성 방법 A라고 가정하면, 상기 기본 재사용 패턴의 패턴명은 주파수 재사용률 R에 대해 'RA'라고 표기한다.

[0054] 이에 따라, 전체 주파수 대역을 분할한 수 R이 R = 1, 4, 8에 대한 패턴 생성 방법 A를 통한 기본 패턴 및 반복 패턴은 도 3과 같이 나타낼 수 있으며, 4A와 8A' 패턴은 동일 주파수를 사용하는 인접 기지국과 최소 거리를 증가시키기 위해, 각 레이어별로 어긋나게 배치하는 방법을 적용하였다.

[0055] 이러한 패턴 생성 방법 A에서는 도 3에 도시된 바와 같이, 확장된 정육면체 또는 정사각형 형태의 기본 블록을 사용하기 때문에 주파수 재사용률 R이 D2 또는 D3일 경우에만 사용 가능하다.

[0056] 따라서 R = 3과 같은 시스템에서는 상기 패턴 생성 방법 A와 다른 형태의 패턴 블록 생성 방법을 이용할 수 있다. 이때, 사용되는 패턴 생성 방법은 패턴 생성 방법 B라고 가정한다. 이러한 패턴 생성 방법 B는 패턴 생성 방법 A와 달리, 기본 패턴을 가지지 않고 주파수 대역을 각 셀에 순차적으로 배열하는 방법을 나타낸다. 특히, 행간 주파수 배열의 순차 배치에서 각 행별로 주파수 배치를 한 칸 이상 지연하여 동일한 주파수 재사용률에 대해 다른 주파수 재사용 패턴을 생성할 수 있다.

[0057] 이때, 생성된 주파수 재사용 패턴의 패턴명은 주파수 재사용률 R에 대해 'RB'라고 표기한다.

[0058] 도 3에서는 R = 2, 3, 4, 8인 패턴에 대해 나타내었고 8B'는 행간 주파수 배열에서 3칸의 지연을 적용한 경우를 나타낸다.

[0059] 또한, 주파수 재사용 패턴을 사용하는 시스템의 성능은 동일 주파수를 사용하는 간섭 셀과의 거리에 영향을 받는다. 이때, 중심 셀이 기지국으로부터 d_i ($d_i < 3$) 거리에 위치한 기지국의 개수를 k_{di} 라 할 때, 각 패턴별로 동일 주파수를 사용하는 간섭 셀과의 거리는 도 4와 같다. 동일 주파수를 사용하는 인접 기지국 중 가장 가까운 거리에 존재하는 기지국의 개수가 적은 3B, 4A, 8A가 우수한 성능을 보일 것으로 예상됨에 따라, 상기 3B, 4A, 8A를 기본 패턴으로 하여 요소 반송파 결합 기술에 적용한다.

[0060] 이와 같이, 기본 패턴에 결합된 요소 반송파(CC, carrier component)의 배치는 각 패턴의 기본 주파수에 새로운 요소 반송파를 추가적으로 더하는 순차적 방법과 추가되는 요소 반송파를 기본 주파수와 가장 멀게 배치하는 대칭적 방법을 이용하여 할당한다.

[0061] 이에 따라, 하나의 셀에서 추가 요소 반송파를 포함하여 사용할 수 있는 총 주파수 대역의 개수를 K라고 하고, 이때, 중심 셀과 간섭을 일으키는 셀의 개수는 대역별 평균 간섭 셀의 개수를 사용한다. 중심 셀에서 사용 중인 n번째 요소 반송파와 간섭을 일으키는 거리 d에 위치한 셀의 개수를 k_d , CCn이라 할 때 유효 간섭 셀의 개수는 하기의 수학적 식 5와 같이 정의할 수 있다.

수학적 식 5

$$k_{d-eff} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K k_{d,CC_i}$$

[0062]

[0063] 이때, K = 2인 경우에는 R = 3/2, 4/2, 8/2의 패턴이 생성가능하며, K = 3일 때에는 R = 4/3, 8/3의 패턴이 생성가능하고, K = 4인 경우에는 R = 8/4의 패턴을 생성가능하다.

[0064] 도 5는 요소 반송파가 추가된 기본 패턴의 주파수 배열을 나타내며, 도 6을 통해 유효 간섭 셀의 분포에 따라 중심 셀에서 사용하는 주파수와 같은 대역을 사용하는 셀들의 거리와 개수를 알 수 있다.

[0065] 이하에서는, 앞서 수행한 시뮬레이션을 통해 채널 용량 측면의 성능을 평가하도록 한다. 이를 위해, 각 재사용 패턴을 배열한 후, 중심 셀에 사용자를 분포한 뒤 성능을 평가하였다. 각 패턴에 대해 셀 중앙 지역 사용자, 셀 경계지역 사용자, 셀 사용자 평균 측면에서 채널 용량 성능을 분석하였다. 셀 사용자 평균 성능은 중심 셀에 균등 분포된 사용자를 바탕으로 하여, 성능을 평가한다.

[0066] 이때, 셀 중앙 지역 사용자는 기지국에서 셀 크기 L과 β 에 비례한 거리만큼 떨어져 위치한다. 시뮬레이션에서는 $\beta = 0.2$ 의 값을 적용하였다. 셀 경계 지역 사용자는 정육면체 셀의 꼭짓점에 위치한다. 사용자 평균 시뮬레이션을 위한 사용자 분포는 L = 1인 셀에서 BS의 위치를 (0, 0, 0)이라 할 때 셀의 x, y, z 축으로 [-0.45,

+0.45] 사이에 0.1 간격으로 총 1000개의 지점에 대해 균등 분포하였다. 이 때 셀 중심 지역 사용자에게 의한 평균 채널 용량의 편향을 고려하여 정육면체 셀 중심의 $[-0.3, +0.3]$ 구간의 216개 지점을 제외한 사용자에게 대한 평균값을 측정하였다. 앞서, 수학적 3과 수학적 4를 통해 채널 용량을 구했고, 경로 감쇄 상수 $\alpha = 3.76$ 인 환경을 기본으로 고려하였다. 또한 경로 감쇄 상수가 성능에 미치는 영향을 분석하기 위해, α 의 값을 변경시켜가며 추가적인 실험을 수행하였다.

[0067] 도 7은 요소 반송파와 주파수 재사용 패턴에 따른 채널 용량의 비교를 나타낸 그래프이다.

[0068] 도 7에 도시된 바와 같이, 셀 중앙 지역 사용자, 셀 경계지역 사용자 및 셀 사용자 평균 측면의 각 패턴별 성능을 확인할 수 있다. 셀 중앙 지역 사용자는 전송률 측면에서 볼 때, $R = 1$ 인 패턴 상황에서 가장 우수한 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

[0069] 셀 중앙 지역 사용자의 경우에는 서비스 받고 있는 기지국의 신호 전력이 간섭 기지국의 신호 전력보다 크기 때문에, 주파수의 재사용에 따라 사용할 수 있는 주파수의 대역폭이 감소할수록 성능도 감소하는 것을 알 수 있다. 특히, 셀 사용자 평균 측면에서 가장 우수한 패턴은 2B이며, 셀 중앙 사용자의 경우와 마찬가지로 주파수 재사용률 증가에 따라 성능이 감소하는 것을 알 수 있다.

[0070] 한편, 셀 경계 지역 사용자 측면에서는 주파수 재사용률이 높아짐에 따라 더 우수한 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 대역폭의 감소에 따른 셀 중앙 지역 사용자의 성능 열화가 발생하지만, 동일한 주파수를 사용하는 인접 기지국과의 거리가 멀어짐에 따라, 간섭 전력의 양이 줄어들어 높은 주파수 재사용률을 가지는 8A 및 8A'의 패턴에서 0.204bps/Hz의 가장 좋은 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

[0071] 또한 셀 경계지역 사용자의 전송률이 가장 우수한 8A의 패턴과 셀 사용자 평균 측면에서 가장 우수한 패턴인 2A를 경로 감쇄 상수의 변화에 따른 경계지역 사용자의 성능에 대해 실험을 수행하였다.

[0072] 도 8은 경로감쇄 상수의 변화에 따른 셀 경계 지역 사용자의 채널 용량을 나타낸 그래프이다.

[0073] 도 8에 도시된 바와 같이, 모든 경우 경로 감쇄 상수가 증가함에 따라 채널 용량이 증가하는 것을 알 수 있는데, 이러한 이유는 수학적 3의 분모항인 간섭 성분이 더 빠르게 감소했기 때문이다.

[0074] 3차원 공간의 주파수 재사용 패턴 중 우수한 성능을 보인 3B, 4A 및 8A 패턴에 대하여 요소 반송파를 적용한 도 5의 패턴의 결과를 도 7a 및 도 7b를 통해서 확인할 수 있다. 즉, 시뮬레이션을 수행한 결과, 요소 반송파를 적용한 주파수 재사용 패턴과 동일한 주파수 재사용률을 가지는 기본 패턴의 경우에는 유사한 성능을 갖는 것을 알 수 있다.

[0075] 즉, 동일한 주파수 재사용률을 갖는 8A ($R = 8/2$)와 4A 패턴, 4A ($R = 4/2$)와 2B 패턴이 유사한 성능을 갖는 것을 확인할 수 있다. 추가 요소 반송파를 셀에 배치하여 $K = 2, 3, 4$ 로 증가시키기에 따라 셀 중앙 지역 사용자의 전송률이 증가하는 것을 알 수 있다. 하지만 동일한 주파수 재사용률을 갖는 요소 반송파를 적용하지 않은 기본 패턴과 비교했을 때 사용자 전송률이 비슷하거나 오히려 떨어지는 것을 알 수 있다.

[0076] 현재, 펠토셀이 적용된 빌딩과 같이, 높은 간섭 환경에서 인접 기지국의 간섭에 의해 셀 경계 지역 사용자의 전송률이 제한된다. 하지만 본 발명에 따른 3차원 공간에서 주파수 재사용 패턴을 시스템에 적용한 결과, 셀 경계 지역 사용자 측면에서 전송률이 개선되었으며 주파수 재사용률이 높은 패턴일수록 우수한 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 또한 같은 주파수 재사용률에 대하여 패턴 생성 방법 A가 패턴 생성 방법 B의 패턴보다 채널 용량 측면에서 우수한 성능을 갖는 것을 알 수 있다.

[0077] 특히, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 장치의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, DVD±ROM, DVD-RAM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 하드 디스크(hard disk), 광데이터 저장장치 등이 있다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 장치에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

[0078] 본 발명의 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법 및 시스템은 펠토셀이 적용된 빌딩 내 이동통신을 수행하는데 있어서, 인접 기지국에 의한 신호의 간섭이 발생하는 것을 방지하여, 데이터 전송효율을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0079] 또한, 본 발명의 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법 및 시스템은 3차원 공간의 주파수 재사용 패턴을 사용함에 따라 셀 경계지역 사용자 측면에서 전송률이 개선되는 효과가 있다.

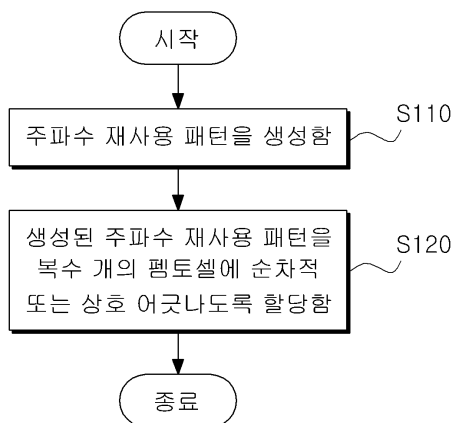
- [0080] 더불어, 본 발명의 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법 및 시스템은 평균 채널 용량 측면을 고려한 재사용 패턴을 사용하기 때문에 이동통신 시스템에서의 효율적인 실내 펌토셀 운영을 할 수 있는 효과가 있다.
- [0081] 이와 더불어, 본 발명의 3차원 주파수 재사용 패턴 할당 방법 및 시스템은 주파수 재사용을 통해 셀 경계 지역 사용자의 데이터 전송효율이 향상됨에 따라 셀 내부에 지리적으로 분포한 사용자들의 성능 편차가 줄어들어, 셀 사용자간에 공평성을 보장할 수 있는 효과가 있다.
- [0082] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 본 발명의 기술 사상 범위 내에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 첨부된 특허청구범위에 속하는 것은 당연하다.

부호의 설명

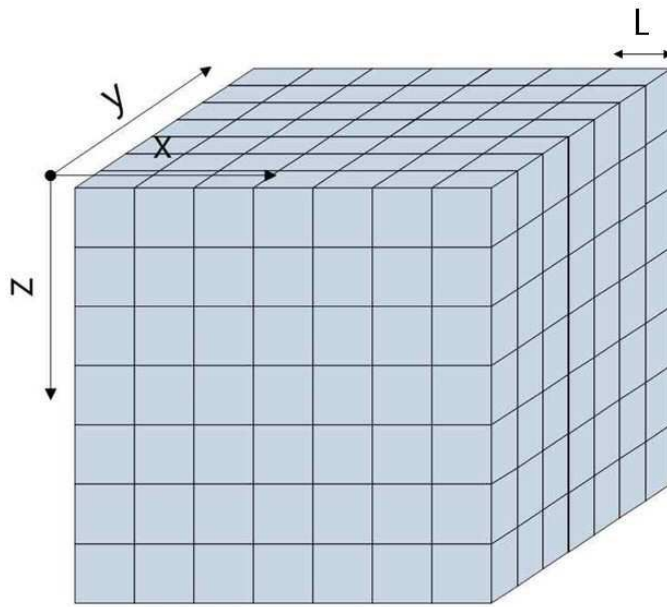
- [0083] S110: 패턴생성부가 복수 개의 펌토셀에 할당하기 위한 주파수 재사용 패턴을 생성한다.
- S120: 패턴할당부가 생성된 주파수 재사용 패턴을 3차원 형태로 배치된 복수 개의 펌토셀에 순차적 또는 상호 어긋나도록 할당한다.

도면

도면1



도면2



도면3

생성 방법 A			생성 방법 B		
패턴명	기본 패턴	반복 패턴	패턴명	기본 패턴	반복 패턴
1A			2B		
4A			3B		
8A			4B		
8A'			8B		
<주파수 번호>			8B'		

도면4

패턴	d_i						
	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{3}$	2	$\sqrt{5}$	$\sqrt{6}$	$\sqrt{8}$
1A	6	12	8	6	24	24	12
4A	0	4	0	6	0	8	12
8A	0	0	0	6	0	0	12
8A'	0	0	0	4	4	0	4
2B	0	12	0	6	0	24	12
3B	0	6	2	0	12	6	6
4B	0	6	0	0	0	12	12
8B	0	6	0	0	0	6	6
8B'	0	2	1	0	4	3	4

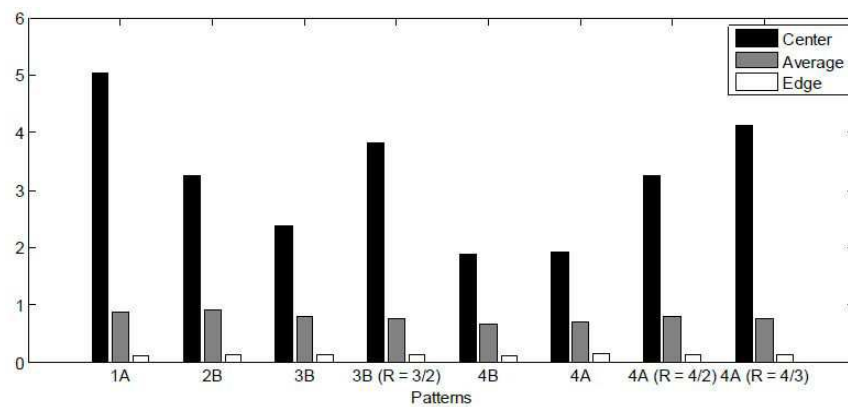
도면5

기본 패턴	
1 2 2 3 3 1 $R = 3/2$	1 2 2 3 3 4 3 4 4 1 1 2 $R = 4/3$
1 4 2 3 3 2 4 1 $R = 4/2$	1 4 2 3 8 7 3 2 4 1 6 5 5 8 6 7 4 3 7 6 8 5 2 1 $R = 8/3$
1 8 2 7 3 6 4 5 5 4 6 3 7 2 8 1 $R = 8/2$	1 6 2 5 7 8 7 8 3 5 4 5 6 8 6 7 5 2 6 1 3 4 3 4 7 1 8 1 2 4 2 3 $R = 8/4$

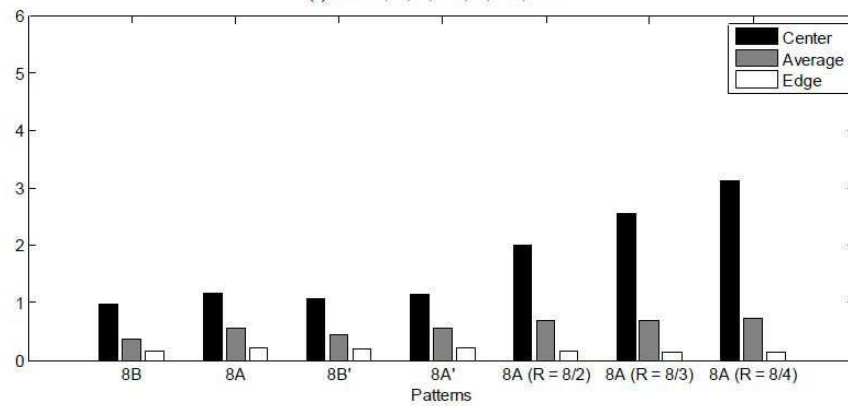
도면6

R	d_i						
	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{3}$	2	$\sqrt{5}$	$\sqrt{6}$	$\sqrt{8}$
3/2	6/2	18/2	10/2	6/2	36/2	30/2	18/2
4/2	0	24/2	0	12/2	0	48/2	24/2
8/2	0	0	16/2	12/2	0	0	24/2
4/3	12/3	28/3	16/3	18/3	48/3	56/3	36/3
8/3	4/3	8/3	16/3	18/3	16/3	16/3	36/3
8/4	8/4	24/4	16/4	24/4	32/4	48/4	48/4

도면7



(a) $R = 1, 2, 3, 3/2, 4, 4/2, 4/3$



(b) $R = 8, 8/2, 8/3, 8/4$

도면8

