



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0111427

(43) 공개일자 2015년10월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 16/04 (2009.01) H04W 16/32 (2009.01)

(21) 출원번호 10-2014-0033670

(22) 출원일자 2014년03월21일

심사청구일자 2014년03월21일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

김덕경

서울 강남구 선릉로 222, 109동 302호 (대치동, 대치아이파크)

이여결

인천 남구 인하로 100, 922호 (용현동, 인하대학교 제2생활관)

(74) 대리인

양성보

전체 청구항 수 : 총 5 항

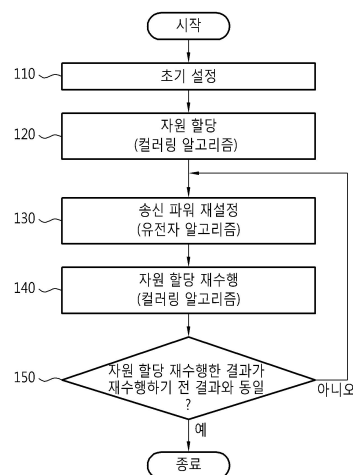
(54) 발명의 명칭 소형 셀에서의 자원 할당 방법 및 시스템

(57) 요약

소형 셀에서의 자원 할당 방법 및 시스템이 개시된다.

본 발명에서 제안하는 소형 셀에서의 자원 할당 방법은 각각의 셀들에 대한 자원 할당과 송신 파워를 초기 설정하는 단계; 초기 설정에서 간섭 상황을 기반으로, 각각의 상기 셀들에 대한 상기 자원 할당을 수행하는 단계; 각각의 상기 셀들에 대한 상기 송신 파워를 재설정하는 단계; 재설정된 상기 송신 파워에 대한 상기 자원 할당을 재수행하는 단계; 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원 할당을 재수행하기 전의 결과와 동일 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 48179-1

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업융합원천기술개발사업

연구과제명 TDD망 진화에 대응한 IMT-Advanced TDD 무선전송 방식을 지원하는 소형셀 기지국 시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 콘텔라(주)

연구기간 2013.05.01 ~ 2014.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

각각의 셀들에 대한 자원 할당과 송신 파워를 초기 설정하는 단계;
 상기 초기 설정에서 간섭 상황을 기반으로, 각각의 상기 셀들에 대한 상기 자원 할당을 수행하는 단계;
 각각의 상기 셀들에 대한 상기 송신 파워를 재설정하는 단계;
 재설정된 상기 송신 파워에 대한 상기 자원 할당을 재수행하는 단계;
 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원 할당을 재수행하기 전의 결과와 동일 여부를 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 소형 셀에서의 자원 할당 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 자원 할당을 수행하는 단계와 상기 자원 할당을 재수행하는 단계는
 컬러링(coloring) 알고리즘에 의해 자원을 할당하는 단계
 인 것을 특징으로 하는 소형 셀에서의 자원 할당 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 송신 파워를 재설정하는 단계는
 유전자 알고리즘에 의해 송신 파워를 재설정하는 단계
 인 것을 특징으로 하는 소형 셀에서의 자원 할당 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원 할당을 재수행하기 전의 결과와 동일 여부를 판단하는 단계는
 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원 할당을 재수행하기 전의 결과와 동일하지 않는 경우, 상기 송신 파워를 재설정하는 단계를 반복하는 것
 을 특징으로 하는 소형 셀에서의 자원 할당 방법.

청구항 5

각각의 셀들에 대한 초기 자원 할당과 초기 송신 파워를 설정하는 초기값 설정부;
 각각의 상기 셀들 및 상기 송신 파워에 대한 상기 자원 할당을 수행하되, 컬러링 알고리즘을 실행하여 자원을 할당하는 자원 할당부;
 유전자 알고리즘을 실행하여 각각의 상기 셀들에 대해 상기 송신 파워를 재설정하는 송신 파워 설정부; 및
 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원 할당을 재수행하기 전의 결과와 동일 여부를 판단하는 판단부를 포함하는 것을 특징으로 하는 소형 셀에서의 자원 할당 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 소형 셀에서의 자원 할당 방법 및 시스템에 관한 것이다. 더욱 상세하게는 컬러링 알고리즘과 유전자 알고리즘을 이용하여 셀 간의 간섭을 최소화 할 수 있는 소형 셀에서의 자원 할당 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 본 발명은 펠토셀 기술은 낮은 파워, 낮은 가격, 사용자가 직접 설치하는 소형 기지국으로 일반적으로 10m의 커버리지를 가진다. 이 기술은 기존 매크로 셀의 커버리지를 늘릴 수 있으며 사용자들에게는 경제적인 이득이 있다. 이에 WiMax(Worldwide Interoperability for Microwave Access)와 LTE(Long Term Evolution)에서 기술이 채택되고 있으며 많은 연구가 되고 있다.

[0003] 펠토셀 시스템 구성은 기존의 매크로 셀의 이동통신 기지국(BS)과 통신하는 단말기(UE)가 있으며, 셀의 용량을 증가시키기 위해 펠토셀 네트워크가 공존하게 되며 이는 펠토셀 액세스포인트(AP)와 이와 통신하는 펠토셀 단말기(HUE)가 공존하게 된다. 이처럼 펠토셀 시스템은 기존의 매크로 셀 시스템과 계층적 네트워크 구조(hierarchical networks)로 구성되어 있다.

[0004] 이를 통해 매크로 셀의 신호가 취약한 지하나 집과 같은 실내 음영 공간에 펠토셀이 설치가 되어서 셀 음영지역을 줄여 전체적인 성능을 높이게 된다. 하지만 기존의 셀과 공존하게 됨으로써 펠토셀의 효율적인 자원 공유가 필요하다.

[0005] 이처럼, 많은 장점 이외에 사용자가 직접 설치함에 따라 같은 채널을 사용할 경우 기존의 매크로 셀의 시스템에 간섭을 줄 수 있으며, 펠토셀용으로 채널을 할당한 경우 주파수 자원을 효율적으로 사용할 수 없으며 이 또한 펠토셀 기기의 상호 간섭으로 인해 통신 성능을 떨어뜨릴 수 있다.

[0006] 도 1은 매크로 셀 및 펠토셀 간의 간섭 환경을 설명하기 위한 도면이다. 도 1을 참조하면, 동일한 채널을 사용하는 매크로 셀과 펠토셀이 공존하는 시스템 모형에서의 간섭 환경을 나타낸다.

[0007] 도 1에서 매크로 셀 사용자(MUE, Macrocell User Equipment)는 펠토셀 기지국(HNB, Home eNodeB)과 인접한 매크로 셀 기지국(MNB, Macrocell eNodeB)으로부터 간섭을 받게 되고, 펠토셀 사용자(HUE, Home User Equipment)는 매크로 셀 기지국과 인접한 펠토셀 기지국으로부터 간섭을 받는다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 컬러링 알고리즘과 유전자 알고리즘을 혼합함으로써, 각 펠토셀에 대한 자원 할당 문제와 각 펠토셀의 송신 파워 문제까지 효율적으로 제어하여 펠토셀간의 간섭 문제와 펠토셀과 매크로 셀간의 간섭 문제를 효과적으로 처리하는 소형 셀에서의 자원 할당 방법 및 시스템을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 소형 셀에서의 자원 할당 방법은 각각의 셀들에 대한 자원 할당과 송신 파워를 초기 설정하는 단계; 초기 설정에서 간섭 상황을 기반으로, 각각의 상기 셀들에 대한 자원 할당을 수행하는 단계; 각각의 상기 셀들에 대한 송신 파워를 재설정하는 단계; 재설정된 상기 송신 파워에 대한 상기 자원 할당을 재수행하는 단계; 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원 할당을 재수행하기 전의 결과와 동일 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

[0010] 상기 자원 할당을 수행하는 단계와 상기 자원 할당을 재수행하는 단계는 컬러링(coloring) 알고리즘에 의해 자원을 할당하는 단계일 수 있다.

[0011] 상기 송신 파워를 재설정하는 단계는 유전자 알고리즘에 의해 송신 파워를 재설정하는 단계일 수 있다.

[0012] 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원 할당을 재수행하기 전의 결과와 동일 여부를 판단하는 단계는 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원 할당을 재수행하기 전의 결과와 동일하지 않는 경우, 상기 송신 파

위를 재설정하는 단계를 반복할 수 있다.

- [0013] 다른 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 소형 셀에서의 자원 할당 시스템은 각각의 셀들에 대한 초기 자원 할당과 초기 송신 파워를 설정하는 초기값 설정부; 각각의 상기 셀들 및 송신 파워에 대한 자원 할당을 수행하되, 컬러링 알고리즘을 실행하여 자원을 할당하는 자원 할당부; 유전자 알고리즘을 실행하여 각각의 상기 셀들에 대해 송신 파워를 재설정하는 송신 파워 설정부; 및 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원 할당을 재수행하기 전의 결과와 동일 여부를 판단하는 판단부를 포함한다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명의 실시예들에 따르면 컬러링 알고리즘과 유전자 알고리즘을 혼합함으로써, 각 펌토셀에 대한 자원 할당 문제와 각 펌토셀의 송신 파워 문제까지 효율적으로 제어하여 펌토셀간의 간섭 문제와 펌토셀과 매크로 셀간의 간섭 문제를 효과적으로 처리하는 소형 셀에서의 자원 할당 방법 및 시스템을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 매크로셀 및 펌토셀 간의 간섭 환경을 설명하기 위한 도면이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 모델을 나타낸 도이다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 소형 셀에서의 자원 할당 방법을 나타내는 흐름도이다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 컬러링 알고리즘을 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 펌토셀(femto cell)의 수를 증가시키면 네트워크 내에서 펌토셀간의 간섭뿐만 아니라 펌토셀과 매크로 셀(macro cell) 사이의 간섭이 심화된다. 이러한 셀간의 간섭 현상을 해결하기 위해서 그래프 기반 알고리즘인 컬러링 방법 및 유전자 알고리즘을 사용할 수 있다.
- [0017] 먼저, 컬러링(coloring) 방법은 펌토셀 그룹 내에서 효율적인 자원 할당(sub-band allocation)을 유도하여 간섭 현상을 해결하는 것이다. 또한, 컬러링 방법의 가장 큰 특징은 이웃한 펌토셀에게는 다른 부대역(다른 컬러), 즉 다른 자원을 할당시키는 것이다.
- [0018] 그리고, 유전자 알고리즘(genetic algorithm)은 각각의 펌토셀의 송신 파워를 효과적으로 제어할 수 있도록, 각 펌토셀의 최적의 송신 파워를 설정할 수 있다. 본 발명에 따르면 상기 컬러링 방법 및 유전자 알고리즘을 이용하여, 일정한 성취를 이룰 때까지 반복적으로 과정을 수행함으로써 더욱 효과적으로 펌토셀로 인하여 발생하는 간섭 문제를 해결할 수 있다.
- [0019] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 모델을 나타낸 도이다.
- [0020] 도 2를 참조하면, 매크로 셀의 서비스 범위(곧, 고려하는 네트워크 범위)는 파란색 원으로 표기 되어 있고, 그 원의 중심에는 매크로 셀이 자리 잡고 있다.
- [0021] 한편, 사용자들은 아래와 같은 푸아송 기반의 절차를 따라 매크로 셀 서비스 범위(파란색 원 내부) 내에 분산될 수 있다.
- [0022] 먼저, 빨간색 원으로 표기된 패런트 포인트 영역(parent point region)이 매크로 셀 서비스 범위 내에 균일하게(homogeneously) 분산될 수 있다. 그리고, 각각의 패런트 포인트 영역 내에서 고정된 수의 사용자들이 균일하게 분산될 수 있다. 또한, 펌토셀은 각각의 패런트 포인트 영역의 중심에 배치되며, 펌토셀의 개수는 펌토셀 밀집 상태에 의하여 결정 가능하다.
- [0023] 여기에서, 패런트 포인트 영역의 수는 항상 펌토셀의 수보다 많다. 즉, 펌토셀이 배치되지 않은 패런트 포인트 영역에 존재하는 사용자들은 매크로 셀로부터 서비스를 받게 되는 것이다.
- [0024] 매크로 셀로부터의 경로 손실(pathloss)은 [수 1]과 같이 정의될 수 있다.

수학식 1

[0025]
$$l_m(R) = \max(G[dB] + 128.1 dB + 37.6 \log_{10}(R), 70)$$

[0026] 여기서, $G[dB]$: 안테나 이득, R : 매크로 셀과 사용자 사이의 거리(킬로미터)이다.

[0027] 또한, 펌토셀로부터의 경로 손실(pathloss)은 [수 2]와 같이 정의될 수 있다.

수학식 2

[0028]
$$l_f(R) = \max(98.46 dB + 20 \log_{10}(R), 45)$$

[0029] R : 펌토셀과 사용자 사이의 거리(킬로미터)

[0030] 사용자의 신호 대 간섭 및 잡음비(Signal-to-Interference plus Noise Ratio; SINR) 역시 사용자가 서비스 받고 있는 셀에 의해 다르게 정의될 수 있다.

[0031] k 번째 펌토셀 사용자의 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR)는 [수 3]과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

[0032]
$$SINR_f^k = \frac{P_{f_0} \cdot l_f(R_{f_0,k}) \cdot G_{f_0,k}}{P_m \cdot l_m(R_{m,k}) \cdot G_{m,k} + \sum_{f=1, f \neq f_0}^{N_{femto}} P_f \cdot l_f(R_{f,k}) \cdot G_{f,k} + N}$$

[0033] 또한, u 번째 매크로 셀 사용자의 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR)는 [수 4]와 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

[0034]
$$SINR_m^u = \frac{P_m \cdot l_m(R_{m,u}) \cdot G_{m,k}}{\sum_{f=1}^{N_{femto}} P_f \cdot l_f(R_{f,u}) \cdot G_{f,u} + N}$$

[0035] 여기서, f_0 : k 번째 펌토 사용자가 서비스 받는 펌토셀의 인덱스

[0036] P_{f_0} : f_0 번째 펌토셀의 송신 파워

[0037] P_f : f 번째 펌토셀의 송신 파워

[0038] P_m : 매크로 셀의 송신 파워

[0039] $R_{f_0,k}$: k 번째 펌토 사용자와 f_0 펌토셀 사이의 거리

[0040] $R_{f,k}$: k 번째 펌토 사용자와 f 펌토셀 사이의 거리

[0041] $R_{m,k}$: k 번째 매크로 사용자와 매크로 셀 사이의 거리

[0042] $G_{f_0,k}$: f_0 펌토셀과 k 번째 펌토 사용자 사이의 음영 감쇄(shadow fading)

[0043] $G_{m,k}$: 매크로 셀과 k 번째 펌토 사용자 사이의 음영 감쇄

- [0044] $G_{f,k}$: f 펠토셀과 k 번째 펠토 사용자 사이의 음영 감쇄
- [0045] N_{femto} : 펠토셀의 총 수
- [0046] N : AWGN (Additive White Gaussian Noise)의 분산
- [0047] 을 나타낼 수 있다.
- [0048] 본 발명은 컬러링 방법과 유전자 알고리즘을 혼합하고 그 과정을 몇 번의 반복을 통하여 각 펠토셀에 대한 자원 할당 문제와 각 펠토셀의 송신 파워 문제까지 효율적으로 제어하여 펠토셀간의 간섭 문제와 펠토셀과 매크로 셀간의 간섭 문제를 효과적으로 처리하기 위해 제안된 알고리즘이다.
- [0049] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 소형 셀에서의 자원 할당 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0050] 도 3을 참조하면, 단계(110)에서, 각각의 셀들에 대한 초기 자원 할당과 초기 송신 파워를 설정할 수 있다. 여기에서, 초기 설정은 전체 대역폭(bandwidth), 부대역(sub-band)의 개수(컬러의 개수), 각 펠토셀의 초기 송신 파워 등을 설정할 수 있다.
- [0051] 단계(120)에서, 초기 설정에서 간섭 상황을 기반으로, 각각의 상기 셀들에 대한 자원 할당을 수행할 수 있다. 각 펠토셀들에 대한 자원 할당이 수행되며, 상기 자원 할당 과정에서 컬러링 알고리즘이 사용될 수 있다.
- [0052] 단계(130)에서, 컬러링 알고리즘을 수행하여, 자원 할당이 끝난 후에는 유전자 알고리즘을 실행시켜 각 펠토셀의 송신 파워를 재설정할 수 있다.
- [0053] 단계(140)에서, 펠토셀의 송신 파워를 재설정 한 후는 자원 할당이 이루어질 때의 각 펠토셀이 사용하는 송신 파워와 차이가 있으므로, 컬러링 알고리즘을 이용하여 각 펠토셀들에 대한 자원 할당의 재수행 하여야 한다.
- [0054] 단계(150)에서, 새롭게 조정된 각 펠토셀들의 송신 파워를 기반으로 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원 할당을 재수행하기 전의 결과와 동일 여부를 판단할 수 있다.
- [0055] 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원 할당을 재수행하기 전의 결과와 동일하지 않는 경우에는, 상기 송신 파워를 재설정하는 단계를 반복할 수 있다. 즉, 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원 할당을 재수행하기 전의 결과와 같아질 때까지 반복 수행하는 것이다.
- [0056] 예를 들어, 초기 설정 후, 자원 할당하는 단계를 1차 자원 할당이라고 하고, 송신 파워를 재설정된 다음 다시 자원을 할당하는 단계를 2차 자원 할당이라고 구분하여 설명할 수 있다.
- [0057] 초기 설정 후, 각 펠토셀들에 대한 1차 자원 할당이 컬러링 알고리즘에 의해 수행된다. 그리고, 유전자 알고리즘을 실행시켜 각 펠토셀의 송신 파워를 재설정할 수 있다. 이에 따라, 송신 파워가 달라졌으므로, 컬러링 알고리즘을 이용하여 2차 자원 할당을 할 수 있다.
- [0058] 2차 자원 할당이 끝난 후에, 각 펠토셀들이 할당 받은 자원 현황을 1차 자원 할당이 끝났을 때와 비교한다. 만약, 2차 자원 할당 결과가 1차 자원 할당 결과와 일치한다면, 알고리즘은 종료된다. 그러나, 2차 자원 할당 결과가 1차 자원 할당 결과와 다르다면, 알고리즘은 유전자 알고리즘 단계로 돌아가서 각 펠토셀들의 송신 파워를 또 한번 조정한다. 이후 각 펠토셀 마다 조정된 송신 파워를 기반으로 다시 각 펠토셀들의 자원 할당을 조정하여 그 결과를 유전자 알고리즘 전 자원 할당 결과와 비교한다. 유전자 알고리즘 전의 자원 할당 결과와 유전자 알고리즘 후의 자원 할당 결과가 같아질 때까지, 송신 파워 설정(유전자 알고리즘)과 자원 할당 수행(컬러링)을 반복할 수 있다.
- [0059] 컬러링 알고리즘이 적용되어 자원 할당을 해결할 간섭 상황을 어떻게 설정해야 되는지 예를 들어 설명하기로 한다.
- [0060] 각 사용자들은 자신이 서비스 받고 있는 셀로부터 받은 레퍼런스 신호의 세기와 이웃 셀로부터 전달된 레퍼런스 신호의 세기의 크기를 비교하여, 이웃셀로부터 전달된 레퍼런스 신호의 크기가 자신의 셀로부터 받은 레퍼런스 신호의 크기 대비 어느 임계값 이상이면 그러한 이웃 셀을 잠재적 간섭셀로 인지하고 자신이 서비스 받는 셀로

그러한 간섭셀을 리포트 한다.

[0061] 그러한 후에, 각 서비스 셀들은 사용자들로부터 받은 리포트를 토대로 자신의 이웃셀 리스트에 사용자들로부터 리포트 받은 간섭셀들을 집어 넣음으로써 이웃 셀 리스트를 만든다.

[0062] 간섭 상황은 각 서비스 셀의 관점에서 자신의 이웃셀 리스트에 존재하는 모든 셀들과 자신을 연결함으로써 형성된다. 그렇게 연결된 두 셀이 존재한다면 이는 두 셀간의 간섭이 존재함을 의미한다.

[0063] 반대로, 어떠한 연결도 이루어지지 않은 두 셀은 두 셀간 서로 간섭이 존재하지 않는다는 뜻이다. 이렇게 연결된 두 셀간에는 컬러링 시 같은 부대역을 할당 할 수 없고, 반드시 다른 부대역을 할당해야 한다.

[0064] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 컬러링 알고리즘을 나타낸 흐름도이다.

[0065] 먼저, 컬러링 알고리즘에 사용될 파라미터를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0066] S : 부대역(sub-band)의 총 수

[0067] $s_{\min}$: 펌토셀이 할당 받아야 하는 최소한의 부대역의 수

[0068] θ_f : f 펌토셀의 이웃셀들의 부대역 중 서로 다른 부대역의 개수

[0069] $c(f, s) = |N_{f,s}|$: 부대역(s)에 할당될 수 있는 펌토셀의 개수

[0070] 그리고, 매크로 사용자에게 의해 차지된 부대역은 이웃 펌토셀이 사용할 수 없다. 이를 위해, 매크로 사용자는 자신이 할당 받은 부대역을 이웃 펌토셀에게 전달한다.

[0071] 도 4를 참조하면, 컬러링 알고리즘은 3단계로 이루어질 수 있다.

[0072] 단계(210)에서, 초기 부대역을 할당할 수 있다.

[0073] 우선, 부대역 풀(Sub-band pool)(S_{pool})을 정의한다.

[0074] $S_{\text{pool}} = [1, 2, \dots, S]$; 1부터 S 까지 원소는 각 부대역 인덱스(sub-band index)를 가리킨다.

[0075] a) 모든 펌토셀들을 ‘선택 안됨’ 으로 표시한다.

[0076] for i=1 : $s_{\min}$

[0077] 반복:

[0078] b) 선택 (선택 안됨 -> 선택됨)

[0079] b-i) 가장 큰 θ_f 를 갖는 펌토셀(f)를 선택한다.

[0080] b-ii) 만일 복수개의 펌토셀이 선택되는 경우에는, 그러한 펌토셀 중 선택 안됨으로 표시된 이웃 펌토셀을 가장 많이 가지고 있는 펌토셀을 최종적으로 선택한다.

[0081] c) b)에서 선택된 펌토셀(f)에게 할당 가능한 부대역을 선택한다.

[0082] c-i) 만일, 할당 가능한 부대역이 있는 경우, 그 부대역들에 대해 $c(f, s)$ 를 계산하고, $c(f, s)$ 값이 가장 작은 부대역을 골라 펌토셀(f)에게 할당한다.

[0083] c-ii) 만일, 할당 가능한 부대역이 없는 경우, 펌토셀 (f)에게 자원을 할당 하지 않는다.

[0084] 모든 펌토셀들이 한번씩 선택(selected)될 때까지 반복한다.

[0085] 그리고, 단계(220)에서, 사용 가능한 부대역을 추가적으로 할당할 수 있다.

[0086] for s = 1 to S

- [0087] 반복:
- [0088] a) 현재 부대역(s)가 추가적으로 할당될 수 있는 펌토셀(f)를 찾는다.
- [0089] a-i) 찾아진 펌토셀이 복수 개이면, 상기 펌토셀 중 현재 할당 받은 부대역의 개수가 가장 적은 셀을 선택한다.
- [0090] 부대역(s)가 어떠한 펌토셀에도 추가적으로 할당될 수 없을 때까지 반복한다.
- [0091] 단계(230)에서, 할당 받지 못한 펌토셀에 부대역을 할당할 수 있다.
- [0092] 상기 단계(210) 및 단계(220)이 지날 때까지, 여전히 s_{min} 만큼의 부대역도 할당 받지 못한 펌토셀이 존재하는 경우에는, 그 펌토셀에게 모든 펌토셀로부터 가장 할당이 덜 된 부대역을 골라 할당할 수 있다.
- [0093] 또한, 유전자 알고리즘을 이용하여 어떻게 각 펌토셀의 송신 파워가 결정 되는지 설명하겠다.
- [0094] 먼저, 유전자 알고리즘에 사용될 파라미터들을 다음과 같이 나타낼 수 있다.
- [0095] 로드(Load)는 각 펌토셀로부터 서비스 받는 사용자의 수를 [수 5]와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 5

$$L = \begin{cases} \frac{L_f}{L_{th}} & \text{if } L_f \leq L_{th} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} M_L = \frac{1}{F} \sum_{f=1}^{N_{femto}} \frac{L_f}{L_{th}}$$

여기서, L_f : f 번째 펌토셀의 load, 즉 사용자의 수

L_{th} = 펌토셀이 서비스할 수 있는 최대 사용자의 수

N_{femto} : 총 펌토셀의 수

M_L : 모든 펌토셀들의 평균 load, 평균 사용자의 수이다.

- [0096]
- [0097] 그리고, 에너지 효율은 bps/Hz/Joule로 나타낼 수 있다.

[0098] B_f^k : f 펌토셀내의 k 번째 사용자가 할당 받은 대역폭

[0099] B_f : f 펌토셀에게 할당된 전체 대역폭

[0100] E_f : f 펌토셀에 의해 해소되는 에너지

[0101] f 펌토셀에 의해 서비스 받는 k 번째 사용자의 비율은 [수 6]과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

[0102] $R_f^k = B_f^k \cdot \log_2(1 + \text{SINR}_f^k)$

[0103] 그리고, f 펌토셀의 에너지 효율은 [수 7]과 같이 표현할 수 있다.

수학식 7

$$EE_f = \frac{\sum_{k=1}^{L_f} R_f^k}{B_f \cdot E_f}$$

또한, 정규화된 에너지 효율은 [수 8]과 같이 표현할 수 있다.

수학식 8

$$EE_{f_{\text{norm}}} = \frac{EE_f}{EE_{f_{\text{max}}}}$$

여기서, $EE_{f_{\text{max}}}$ 는 미리 결정된 값이다.

마지막으로, 에너지 효율 평균 값은 [수 9]와 같이 표현할 수 있다.

수학식 9

$$M_E = \frac{1}{N_{\text{femto}}} \sum_{f=1}^{N_{\text{femto}}} EE_{f_{\text{norm}}}$$

따라서, 에너지 효율 평균 값까지 계산함으로써, 유전자 알고리즘에 사용될 적합도 함수를 [수 10]과 같이 정의할 수 있다.

수학식 10

$$\text{적합도} = \frac{w_L M_L + w_E M_E}{w_L + w_E}$$

여기서, w_E 와 w_L 는 0과 1 사이의 수이다.

여기서, 송신 파워 제어 알고리즘은 위에서 정의된 적합도 함수(fitness function)를 이용하여 유전자 알고리즘을 실행함으로써 계산해 낼 수 있다.

그리고, 본 발명에 따른 소형 셀에서의 자원 할당 시스템은 초기값 설정부, 자원 할당부, 송신 파워 설정부, 및 판단부를 포함할 수 있다.

먼저, 초기값 설정부는 각각의 셀들에 대한 초기 자원 할당과 초기 송신 파워를 설정할 수 있다.

그리고, 자원 할당부는 각각의 상기 셀들 및 송신 파워에 대한 자원 할당을 수행하며, 컬러링 알고리즘을 실행하여 자원을 할당할 수 있다.

또한, 송신 파워 설정부는 유전자 알고리즘을 실행하여 각각의 상기 셀들에 대해 송신 파워를 재설정할 수 있다.

마지막으로, 판단부는 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원 할당을 재수행하기 전의 결과와 동일 여부를 판단할 수 있다.

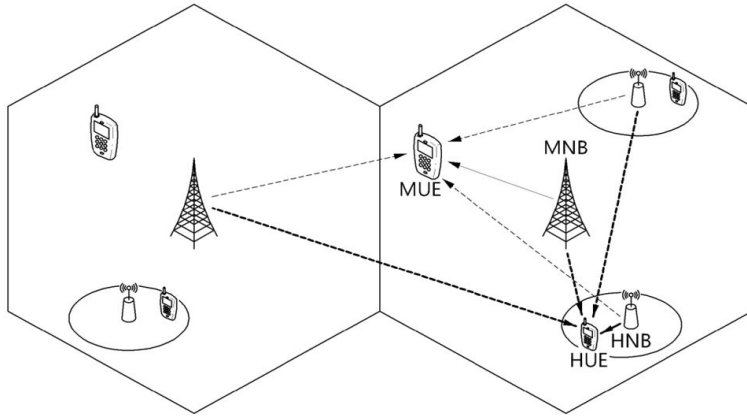
이에 따라, 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원 할당을 재수행하기 전의 결과와 동일하지 않는 경우에는, 상기 송신 파워를 재설정하는 단계를 반복할 수 있다. 즉, 상기 자원 할당을 재수행한 결과가 상기 자원

할당을 재수행하기 전의 결과와 같아질 때까지 반복 수행하는 것이다.

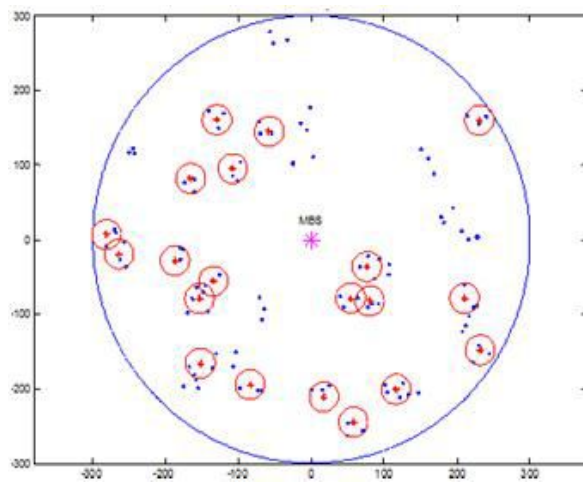
- [0120] 그러므로, 컬러링 알고리즘과 유전자 알고리즘을 혼합하여 각 펠토셀에 대한 자원 할당 문제와 각 펠토셀의 송신 파워 문제까지 효율적으로 제어하고, 펠토셀간의 간섭과 펠토셀과 매크로 셀간의 간섭을 최소화하면서 문제를 효과적으로 처리하는 소형 셀에서의 자원 할당 방법 및 시스템을 제공하는데 있다.
- [0121] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0122] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0123] 실시예에 따른 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 실시예를 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 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0124] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0125] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

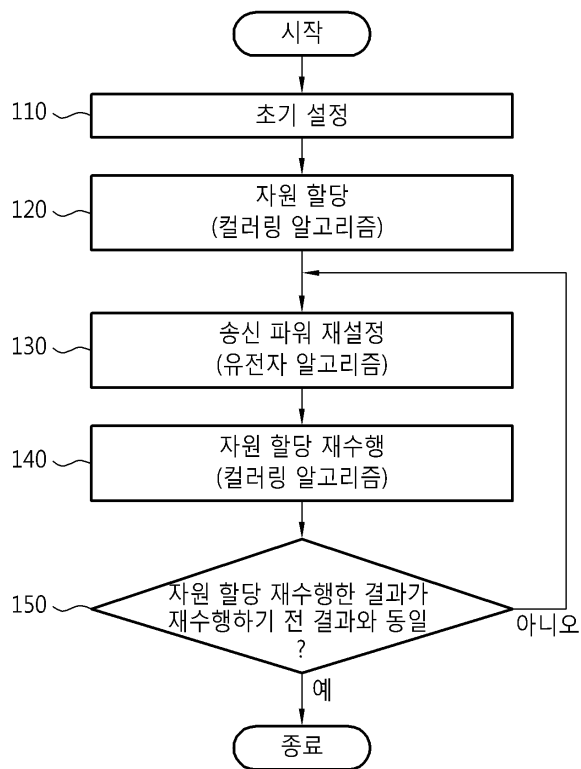
도면1



도면2



도면3



도면4

