

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0117105 (43) 공개일자 2012년10월24일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H04W 52/24 (2009.01) H04W 16/32 (2009.01)		(71) 출원인 인하대학교 산학협력단 인천광역시 남구 인화로 100, 인하대학교 (용현동)
(21) 출원번호 10-2011-0034650		(72) 발명자 홍인 인천광역시 중구 홍예문로68번길 29, 3층 (전동) 김재명 서울특별시 용산구 이촌로 347, 3동 1001호 (서빙고동, 신동아아파트) 황재호 인천광역시 남구 인화로164번길 9, 202호 (용현동)
(22) 출원일자 2011년04월14일 심사청구일자 2011년04월14일		(74) 대리인 특허법인무한

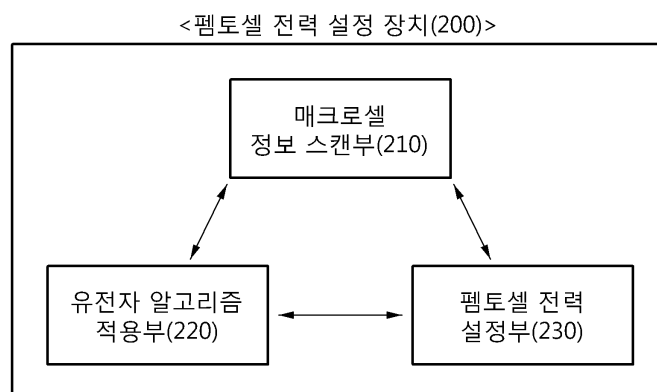
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 매크로셀과 펌토셀 시스템의 성능을 향상시키기 위한 가중치 합 유전자 알고리즘 기반의 펌토셀 전력 설정 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 동일 채널을 사용하는 매크로셀과 펌토셀 시스템에서 가중치 합 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 통한 펌토셀 기지국의 전력 설정 방식에 관한 것으로, 펌토셀 사용자의 전력을 설정할 때 매크로셀 사용자와 다른 펌토셀 사용자에게 미치는 간섭은 최소화 시키고, 동시에 자신이 속한 펌토셀 사용자에게 대해서는 최대의 전력을 할당하여 매크로셀과 펌토셀 시스템에서 이루려는 목적을 동시에 만족시킬 수 있다. 여기서 펌토셀 전력에 의해 영향을 받는 위의 목적들은 서로 상관관계를 이루고 있기 때문에 유전자 알고리즘에 사용되는 각각의 적합도 함수에 부여하는 가중치를 목적에 맞게 설정할 수 있다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 41088-1

부처명 한국연구재단

연구사업명 도약연구(도전)

연구과제명 차세대 무선통신을 위한 Cognitive Radio 플랫폼 연구

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2010.04.01 ~ 2011.03.31

특허청구의 범위

청구항 1

이웃한 펌토셀 및 매크로셀의 정보를 스캐닝하여 기본 전파 환경 정보를 수집하는 이웃 펌토셀 및 매크로셀 정보 스캔부;

상기 수집된 기본 전파 환경 정보에 유전자 알고리즘을 적용하여, 펌토셀 최적 전력을 계산하는 유전자 알고리즘 적용부; 및

상기 계산된 펌토셀 최적 전력으로 현재의 펌토셀 기지국의 송신 전력으로 설정하는 펌토셀 전력 설정부를 포함하는 펌토셀 전력 설정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 유전자 알고리즘 적용부는,

모든 펌토셀 기지국의 송신 전력이 최대로($P_{\max}=20\text{dBm}$)로 설정되었을 때 매크로셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력과, 상기 현재의 펌토셀 기지국의 송신 전력이 상기 유전자 알고리즘에 적용되어 설정되었을 때 매크로셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력을 고려하여 상기 펌토셀 최적 전력을 계산하는 펌토셀 전력 설정 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 유전자 알고리즘 적용부는,

상기 현재의 펌토셀 기지국의 송신 전력이 최대로 설정되었을 때, 펌토셀 사용자가 받은 평균 수신 전력과, 상기 현재의 펌토셀 기지국의 송신 전력이 유전자 알고리즘에 적용되어 설정되었을 때 상기 펌토셀 사용자가 받은 평균 수신 전력을 고려하여 상기 펌토셀 최적 전력을 계산하는 펌토셀 전력 설정 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 유전자 알고리즘 적용부는,

상기 현재의 펌토셀 기지국의 송신 전력이 최대로 설정되었을 때, 다른 그룹의 펌토셀 기지국으로부터 펌토셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력과, 상기 현재의 펌토셀 기지국의 송신 전력이 유전자 알고리즘에 적용되어 설정되었을 때, 상기 다른 그룹의 펌토셀 기지국으로부터 펌토셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력을 고려하여 상기 펌토셀 최적 전력을 계산하는 펌토셀 전력 설정 장치.

청구항 5

이웃한 펌토셀 및 매크로셀의 정보를 스캐닝하여 기본 전파 환경 정보를 수집하는 단계;

상기 수집된 기본 전파 환경 정보에 유전자 알고리즘을 적용하여, 펌토셀 최적 전력을 계산하는 단계; 및

상기 계산된 펌토셀 최적 전력으로 현재의 펌토셀 기지국의 송신 전력으로 설정하는 단계를 포함하는 펌토셀 전력 설정 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 유전자 알고리즘을 적용하여, 펌토셀 최적 전력을 계산하는 단계는,

모든 펌토셀 기지국의 송신 전력이 최대로($P_{\max}=20\text{dBm}$)로 설정되었을 때 매크로셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력

과, 상기 현재의 펌토셀 기지국의 송신 전력이 상기 유전자 알고리즘에 적용되어 설정되었을 때 매크로셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력을 고려하여 상기 펌토셀 최적 전력을 계산하는 단계를 포함하는 펌토셀 전력 설정 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 유전자 알고리즘을 적용하여, 펌토셀 최적 전력을 계산하는 단계는,

상기 현재의 펌토셀 기지국의 송신 전력이 최대로 설정되었을 때, 펌토셀 사용자가 받은 평균 수신 전력과, 상기 현재의 펌토셀 기지국의 송신 전력이 유전자 알고리즘에 적용되어 설정되었을 때 상기 펌토셀 사용자가 받은 평균 수신 전력을 고려하여 상기 펌토셀 최적 전력을 계산하는 단계

를 포함하는 펌토셀 전력 설정 방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 유전자 알고리즘을 적용하여, 펌토셀 최적 전력을 계산하는 단계는,

상기 현재의 펌토셀 기지국의 송신 전력이 최대로 설정되었을 때, 다른 그룹의 펌토셀 기지국으로부터 펌토셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력과, 상기 현재의 펌토셀 기지국의 송신 전력이 유전자 알고리즘에 적용되어 설정되었을 때, 상기 다른 그룹의 펌토셀 기지국으로부터 펌토셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력을 고려하여 상기 펌토셀 최적 전력을 계산하는 단계

를 포함하는 펌토셀 전력 설정 방법.

청구항 9

제5항 내지 제9항 중 어느 한 항의 방법을 수행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 가중치 합 유전자 알고리즘 기반의 펌토셀 전력 설정 장치 및 방법에 관한 것으로서, 펌토셀 기지국으로부터 매크로셀 사용자가 받는 간섭 전력 정도를 예측하여 펌토셀 전력을 설정했을 때의 적합도 측정, 펌토셀 기지국으로부터 다른 그룹의 펌토셀 사용자가 받는 간섭 전력 정도를 예측하여 펌토셀 전력을 설정했을 때의 적합도 측정, 펌토셀 기지국으로부터 같은 그룹의 사용자가 받는 신호 전력 정도를 예측하여 펌토셀 전력을 설정했을 때의 적합도 측정, 세 가지 목적을 동시에 최적화 시키기 위한 가중치 합 유전자 알고리즘을 수행하여 펌토셀 최적의 송신 전력을 계산할 수 있다.

배경 기술

[0002] 근래에는 실내에서도 이동통신 단말기를 이용하는 경우가 많다.

[0003] 그러나, 현재 매크로셀 기반의 통신 시스템에서는 실내에 위치한 사용자들이 기지국으로부터 먼 셀 가장자리에 존재하는 경우, 상대적으로 취약한 품질의 신호를 수신한다.

[0004] 이러한 문제를 해결하기 위해 많은 수의 기지국을 설치하는 방법이 있지만, 이 방법은 큰 비용을 필요로 하기 때문에 적절하지 않다. 이에 실내에서의 음영 영역 문제를 해결하려는 방법으로 펌토셀이 제시되고 있다.

[0005] 펌토셀은 가정이나 사무실 등 실내에서 사용되는 초소형 이동 통신용 기지국으로 이동전화와 인터넷을 연결하여 저렴한 비용으로 유무선 융합서비스를 제공하는 기술이다. 이러한 펌토셀은 무선랜 중계기(AP)와 비슷한 역할을 하지만 인터넷 접속이 아닌 이동전화 접속을 위한 중계기 역할을 한다는 점에서 차이가 있으며 단순히 전파를 중계하는 것이 아니라 기지국과 마찬가지로 자체 용량을 갖고 있으며 무선으로 연결되지 않고 초고속 인터넷과 연결해 사용할 수 있다는 점에서 기존의 이동전화 옥내 중계기(Relay)와도 구별된다.

[0006] 이와 같은 펌토셀의 도입은 실내 커버리지를 확대하여 향상된 서비스 품질을 제공하는 것 이외에도 다양한 이점

을 가지고 있다. 셀 커버리지 확보를 위해 큰 비용이 요구되는 매크로셀 기지국을 설치할 필요성을 줄이고, 고속의 서비스를 제공함으로써 다양한 홈 부가가치 사업을 펼칠 수 있다. 또한 실내에서 저렴한 비용으로 향상된 고속의 서비스를 안정적으로 받을 수 있다.

[0007] 그러나 이러한 펌토셀 시스템은 매크로셀 시스템처럼 사업자에 의해 지정된 최적의 위치에 설치되는 것이 아니라, 사용자가 설치하는 것으로서 미리 셀 설계를 할 수 없는 점에서 펌토셀 기기 스스로 주변 환경을 탐지하여 최적화를 수행할 수 밖에 없다.

[0008] 따라서 초기 전력 설정 및 최적화를 위해 자기 구성 네트워크(Self-Organization Network)기술이 적용되며, 자기 구성 네트워크는 서로 다른 개체들이 결합하여 상호 작용함으로써 더 좋은 효과를 기대하는 자가구성(self-organization)의 개념을 이용하여 네트워크를 더 안정적이고 효율적이면서 확장 가능하게 구성하는 것을 목적으로 한다.

[0009] 이러한 자기 구성 네트워크 기법으로 자동 전력 설정 방식이 있다. 자동 전력 설정 방식은 펌토셀 기지국의 최소 반경 조건을 만족시키고 다른 그룹의 펌토셀 사용자에게 최소한의 간섭을 미치도록 하는 방식이다. 펌토셀 기지국의 송신 전력은 매크로셀 기지국의 목표 반경 r 미터 떨어진 곳에서 수신한 전력과 같아지도록 설정한다. 여기서 펌토셀 기지국의 목표 반경은 $r=10m$, 최대 송신 전력은 $P_{max}=125mW$ 로 가정하며, 펌토셀 기지국 송신 전력 P_{femto} 는 [수학식 1]과 같이 계산될 수 있다.

[0010] [수학식 1]

$$P_{femto} = \min (P_{macro} + G(\theta) - L_{macro}(d) + L_{femto}(r), P_{max})$$

[0012] $L_{femto}(r)$ 는 펌토셀 기지국의 경로 손실 함수로서 $38.5+20\log_{10}(r)$ 로 표현되며, wall loss는 제외된 셀 반경 r (m)에서의 경로 손실 값을 나타낼 수 있다.

[0013] P_{macro} 는 매크로셀 기지국의 송신 전력을 나타내며, $G(\theta)$ 는 매크로셀 기지국이 신호를 전송할 때의 안테나 이득인데 이는 각도 θ 에 따른 함수로 표현될 수 있다.

[0014] $L_{macro}(d)$ 는 매크로셀 기지국 경로 손실 모델로서, $28.5+35\log_{10}(d)$ 로 표현되며, 벽에 의한 손실(wall loss)을 제외한 매크로셀 기지국 경로 손실 모델을 가정하였다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 일실시예에 따른 펌토셀 전력 설정 장치는 이웃한 펌토셀 및 매크로셀의 정보를 스캐닝하여 기본 전파 환경 정보를 수집하는 이웃 펌토셀 및 매크로셀 정보 스캔부, 상기 수집된 기본 전파 환경 정보에 유전자 알고리즘을 적용하여, 펌토셀 최적 전력을 계산하는 유전자 알고리즘 적용부, 및 상기 계산된 펌토셀 최적 전력으로 현재의 펌토셀 기지국의 송신 전력으로 설정하는 펌토셀 전력 설정부를 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일실시예에 따른 펌토셀 전력 설정 방법은 이웃한 펌토셀 및 매크로셀의 정보를 스캐닝하여 기본 전파 환경 정보를 수집하는 단계, 상기 수집된 기본 전파 환경 정보에 유전자 알고리즘을 적용하여, 펌토셀 최적 전력을 계산하는 단계, 및 상기 계산된 펌토셀 최적 전력으로 현재의 펌토셀 기지국의 송신 전력으로 설정하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 일실시예에 따르면, 펌토셀의 전력에 의해 매크로셀 사용자와 다른 그룹의 펌토셀 사용자가 받는 간섭 전력을 예측하여 서로간에 최소의 간섭을 미치도록하는 펌토셀 전력을 설정할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일실시예에 따르면, 복잡하게 배치되어 있는 펌토셀 기지국들의 전력을 설정함에 있어서 유전자 알고리즘을 사용하여 각각의 펌토셀 기지국의 전력을 최적으로 설정할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일실시예에 따르면, 가중치 합 유전자 알고리즘을 이용하여 매크로셀 시스템 및 펌토셀 시스템의 적합도 함수에 각각 다른 가중치를 적용하여 두 시스템 모두의 성능 향상을 이루는 가운데 원하는 시스템에 더 큰 성능 향상을 이룰 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 매크로셀 및 펌토셀 간의 간섭 환경을 설명하기 위한 도면이다.
 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 펌토셀 전력 설정 장치를 설명하는 블록도이다.
 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 유전자 알고리즘에 사용되는 개체 구조를 설명하는 도면이다.
 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 유전자 알고리즘이 적용된 펌토셀 전력 설정 방법을 설명하는 흐름도이다.
 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 펌토셀 기지국 개수 증가에 따른 펌토셀 사용자와 매크로셀 사용자의 채널 용량을 기존 방식과 비교한 그래프이다.
 도 6는 본 발명의 일실시예에 따른 매크로셀 기지국 개수 증가에 따른 펌토셀 사용자와 매크로셀 사용자의 채널 용량을 기존 방식과 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0022] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는 용어 (terminology)들은 본 발명의 바람직한 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0023] 본 발명에서 펌토셀과 매크로셀 시스템은 주파수 사용의 활용성을 최대화 시키기 위해 두 시스템간 사용되는 주파수가 동일 채널임을 가정한다.

[0024] 도 1은 매크로셀 및 펌토셀 간의 간섭 환경을 설명하기 위한 도면이다.

[0025] 도 1에서 보는 바와 같이, 동일한 채널을 사용하는 매크로셀과 펌토셀이 공존하는 시스템 모형에서의 간섭 환경을 나타낸다.

[0026] 도 1에서 매크로셀 사용자(MUE, Macrocell User Equipment)는 펌토셀 기지국(HNB, Home eNodeB)과 인접한 매크로셀 기지국(MNB, Macrocell eNodeB)으로부터 간섭을 받게 되고, 펌토셀 사용자(HUE, Home User Equipment)는 매크로셀 기지국과 인접한 펌토셀 기지국으로부터 간섭을 받는다.

[0027] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 펌토셀 전력 설정 장치를 설명하는 블록도이다.

[0028] 본 발명의 일실시예에 따른 펌토셀 전력 설정 장치(200)는 매크로셀 정보 스캔부(210), 유전자 알고리즘 적용부(220), 및 펌토셀 전력 설정부(230)를 포함할 수 있다.

[0029] 먼저 펌토셀은 개인 사용자에게 의해 셀 환경을 고려하지 않은 채 무작위로 설치된다. 그리고 이렇게 설치된 펌토셀은 통신을 위한 기본 설정(IP address, 인증, GW설정)을 하게 된다.

[0030] 매크로셀 정보 스캔부(210)는 이웃한 펌토셀 및 매크로셀의 정보를 스캐닝하여 기본 전파 환경 정보를 수집할 수 있다.

[0031] 유전자 알고리즘 적용부(220)는 상기 수집된 기본 전파 환경 정보에 유전자 알고리즘을 적용하여, 펌토셀 최적 전력을 계산할 수 있다.

[0032] 매크로셀 사용자와 펌토셀 기지국은 사업자에 의해 최적의 위치에 지정되지 않고 사용자에게 의해 운용되기 때문에 최적의 성능을 이끌어 내기란 쉽지 않다. 이에 유전자 알고리즘 적용부(220)는 동일 채널을 사용하는 매크로셀과 펌토셀 시스템에서 서로간에 간섭을 최소화 시키고 이 둘의 시스템 성능을 최적화 시키기 위하여 가중치 합 유전자 알고리즘 방법을 적용할 수 있다.

- [0033] 기존의 자동 전력 설정 방식은 펌토셀 기지국이 매크로셀 기지국으로부터 수신되는 전력을 이용하여 자기 자신의 송신 전력을 결정하는 방식으로, 펌토셀 기지국의 반경을 10m로 유지시켜 안정된 수준의 QoS를 만족시킬 수는 있다.
- [0034] 그러나, 펌토셀 기지국 주변에 매크로셀 사용자와 다른 그룹의 펌토셀 사용자가 존재하지 않는다면 펌토셀 기지국은 더 큰 전력을 사용하여 펌토셀 사용자에게 더 좋은 품질의 QoS를 만족시킬 수 있다.
- [0035] 이를 위해, 유전자 알고리즘은 매크로셀과 펌토셀 시스템의 trade-off 관계를 분석하여 반영해야 한다.
- [0036] 펌토셀 기지국이 송신 전력을 크게 하면 매크로셀 사용자 및 다른 그룹의 펌토셀 사용자에게 미치는 간섭이 커지게 되는 반면, 펌토셀 기지국이 송신 전력을 작게 하면 펌토셀 사용자의 QoS는 나빠지게 된다.
- [0037] 이와 같이 펌토셀 기지국의 송신 전력은 매크로셀과 펌토셀 시스템 사이에서 trade-off 관계로 작용하기 때문에 동시에 두 시스템을 최적화 시키기란 매우 어렵다. 본 발명에서는 이러한 시스템을 최적화 시키기 위해 가중치 합이 반영된 유전자 알고리즘을 이용한 전력 설정 기법을 제시한다.
- [0038] 본 발명에서 유전자 알고리즘에 사용되는 개체를 표현하기 위해 다음 도 3과 같이 염색체와 유전자를 나타낼 수 있다.
- [0039] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 유전자 알고리즘에 사용되는 개체 구조를 설명하는 도면이다.
- [0040] 도 3을 참조하면, 본 발명에서는 펌토셀 기지국의 송신 전력이 변수로 작용하여 매크로셀과 펌토셀 시스템의 성능을 좌우하기 때문에, 유전자는 펌토셀 기지국 송신 전력으로 설정하고, 염색체는 유전자가 모여 이루어진 셀 내에 있는 모든 펌토셀 기지국의 송신 전력으로 설정한다. 각각의 유전자는 펌토셀 기지국 송신 전력을 나타내는데, 이값은 임의로 설정되고 코딩 과정을 통해 0과 1로 이루어진 2진수 값으로 표현될 수 있다. 이렇게 생성된 N개의 유전자는 한 개의 염색체를 이루고, 이러한 염색체는 다시 여러개가 모여 초기 개체군이 형성될 수 있다.
- [0041] 그리고 초기 개체군은 이 상태를 시점으로 적합도 함수에 평가되어 우수한 유전자가 선택되고, 세대수만큼 교배와 돌연변이 등을 거치며 최적의 값을 찾을 수 있다.
- [0042] 다시 도 2를 참고하면, 유전자 알고리즘 적용부(220)는 유전자 알고리즘을 적용하기 위해 적합도 함수 1 내지 3을 필요로 한다.
- [0043] 첫 번째 적합도 함수 f_1 은 펌토셀 기지국으로부터 매크로셀 사용자가 받는 간섭 전력 정도를 예측하여 펌토셀 전력을 설정했을 때의 적합도 측정하여 반영한 것이다.
- [0044] 두 번째 적합도 함수 f_2 는 펌토셀 기지국으로부터 다른 그룹의 펌토셀 사용자가 받는 간섭 전력 정도를 예측하여 펌토셀 전력을 설정했을 때의 적합도 측정하여 반영한 것이다.
- [0045] 세 번째 적합도 함수 f_3 은 펌토셀 기지국으로부터 같은 그룹의 사용자가 받는 신호 전력 정도를 예측하여 펌토셀 전력을 설정했을 때의 적합도 측정하여 반영한 것이다.
- [0046] 본 발명의 일실시예에 따른 펌토셀 전력 설정 장치는, 상술한 적합도 함수 f_1 내지 f_3 을 만족하는 가중치 합 유전자 알고리즘을 수행하여 펌토셀 최적의 송신 전력을 계산할 수 있다.
- [0047] 첫 번째 적합도 함수 f_1 은 매크로셀 사용자가 펌토셀 기지국으로부터 받는 간섭을 최소화 시키기 위한 적합도 함수로서, 펌토셀 기지국의 송신 전력이 작을수록 매크로셀 사용자가 받는 간섭 전력은 작아지므로 좋은 적합도를 갖게 된다. 이러한 적합도 함수 f_1 은 [수학식 2]와 같이 나타낼 수 있다.

[0048] [수학식 2]

$$f_1 = 1 - \frac{I_{MUE}}{I_{max,MUE}}$$

[0049]

[0050] 수학식 2에서 $I_{\max, MUE}$ 는 모든 펌토셀 기지국의 송신 전력이 최대로($P_{\max}=20\text{dBm}$)로 설정되었을 때 매크로셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력을 나타내고, I_{MUE} 는 펌토셀 기지국의 송신 전력이 유전자 알고리즘에 적용되어 설정되었을 때 매크로셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력을 나타낸다. 여기서 I_{MUE} 는 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

[0051] [수학식 3]

$$I_{MUE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (P_j - L_{j,i})$$

[0053] 수학식 3에서 P_j 는 j 번째 펌토셀 기지국의 전력을 나타내고 $L_{(j,i)}$ 는 j 번째 펌토셀 기지국으로부터 i 번째 매크로셀 사용자가 받는 경로손실을 나타낸다. 그리고 N 과 M 은 각각 매크로셀 사용자와 펌토셀 기지국의 수를 나타낸다.

[0054] 펌토셀 기지국의 송신 전력이 높게 설정되면 매크로셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력은 커지게 되며 적합도는 작아진다. 반대로 펌토셀 기지국의 송신 전력이 낮게 설정되면 매크로셀 사용자의 평균 간섭 전력은 작아지게 되며 적합도는 높아지게 된다.

[0055] 두 번째 적합도 함수 f_2 는 펌토셀 기지국의 송신 전력을 크게 설정하기 위한 적합도 함수로서, 펌토셀 기지국의 송신 전력이 크게 설정될수록 펌토셀 사용자의 SINR(Signal to Noise Ratio)은 좋아지게 되기 때문에 좋은 적합도를 갖는다. 이러한 적합도 함수 f_2 는 다음과 같이 나타낸다.

[0056] [수학식 4]

$$f_2 = \frac{S_{HUE}}{S_{\max, HUE}}$$

[0058] 수학식 4에서 $S_{(\max, HUE)}$ 는 펌토셀 기지국의 송신 전력이 최대로 설정되었을 때 펌토셀 사용자가 받은 평균 수신 전력을 나타내고 S_{HUE} 는 펌토셀 기지국의 송신 전력이 유전자 알고리즘에 적용되어 설정되었을 때 펌토셀 사용자가 받은 평균 수신 전력을 나타낸다. 여기서 S_{HUE} 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0059] [수학식 5]

$$S_{HUE} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (P_j - L_{j,j})$$

[0061] 수학식 5에서 P_j 는 j 번째 펌토셀 기지국의 송신 전력을 나타내고, $L_{(j,j)}$ 는 j 번째 펌토셀 기지국으로부터 j 번째 펌토셀 기지국에 속해 있는 펌토셀 사용자가 받는 경로손실을 나타낸다. 그리고 M 은 펌토셀 사용자의 수를 나타낸다.

[0062] 펌토셀 기지국의 송신 전력이 높게 설정되면 펌토셀 사용자가 받은 평균 수신 전력은 커지게 되고 적합도는 좋아지게 된다. 반대로 펌토셀 기지국의 송신 전력이 낮게 설정되면 펌토셀 사용자가 받은 평균 수신 전력은 작아지고, 따라서 적합도는 나빠지게 된다.

[0063] 세 번째 적합도 함수 f_3 는 펌토셀 사용자가 다른 그룹의 펌토셀 기지국으로부터 받는 간섭 전력을 최소화시키기

위한 적합도 함수로서, 다른 그룹의 펌토셀 기지국 송신 전력이 작을수록 펌토셀 사용자가 받는 간섭 전력은 작아지므로 좋은 적합도를 갖게 된다. 이러한 적합도 함수 f_3 은 다음과 같이 나타낸다.

[수학식 6]

$$f_3 = 1 - \frac{I_{HUE}}{I_{max,HUE}}$$

수학식 6에서 $I_{(max,HUE)}$ 는 펌토셀 기지국의 송신 전력이 최대로 설정되었을 때, 다른 그룹의 펌토셀 기지국으로부터 펌토셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력을 나타내고, I_{HUE} 는 펌토셀 기지국의 송신 전력이 유전자 알고리즘에 적용되어 설정되었을 때, 다른 그룹의 펌토셀 기지국으로부터 펌토셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력을 나타낸다. 여기서 I_{HUE} 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[수학식 7]

$$I_{HUE} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^M (P_k - L_{k,j})$$

$$(if\ k = j\ at\ L_{k,j}, P_k - L_{k,j} = 0)$$

수학식 7에서 P_k 는 k 번째 펌토셀 기지국의 송신 전력을 나타내고 $L_{(k,j)}$ 는 k 번째 펌토셀 기지국으로부터 j 번째 펌토셀 기지국에 속해있는 펌토셀 사용자가 받는 경로손실을 나타낸다. 또한 k 번째 펌토셀 기지국과 j 번째 펌토셀 사용자가 동일한 그룹에 속해 있는 경우 간섭 전력은 없다. 그리고 M 은 펌토셀 사용자의 수를 나타낸다.

펌토셀 기지국의 송신 전력이 높게 설정되면 다른 그룹의 펌토셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력은 높아지게 되고 적합도는 나빠지게 된다. 반대로 펌토셀 기지국의 송신 전력이 낮게 설정되면 다른 그룹의 펌토셀 사용자가 받는 평균 간섭 전력은 낮아지고 적합도는 좋아지게 된다.

이러한 단일 적합도 함수들을 유전자 알고리즘에 적용시키기 위해서는 한 개의 결합된 적합도 함수로 표현되어야 한다. 본 발명에서 다수의 단일 적합도 함수를 결합하여 한 개의 다목적 적합도 함수로 표현하기 위해 가중치 합 방식을 적용한다. 여기서 각각의 단일 목적 적합도 함수 $f_i(x)$ 로 이루어진 다목적 적합도 함수 $f(x)$ 는 수학식 8과 같이 정의할 수 있다.

[수학식 8]

$$f(x) = \sum_{i=1}^m w_i f_i(x)$$

동시에 $w_1, \dots, w_n$ 은 다음의 조건을 만족한다.

[0075] [수학식 9]

$$w_i \geq 0 \quad for \ i = 1, 2, \dots, n,$$

[0076]

$$w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$$

[0077]

수학식 9에서 각각의 가중치($w_1, w_2, \dots, w_n$)는 시스템의 목적에 따라 다르게 설정된다.

[0078]

위에서 제시한 가중치 합 방식을 이용하여 단일 적합도 함수를 다목적 적합도 함수의 결합된 형태로 표현하면 다음과 같다.

[0079] [수학식 10]

$$f_{total} = w_1 f_1 + w_2 f_2 + w_3 f_3,$$

[0080]

수학식 10에서 다목적 적합도 함수 f_{total} 은 펠토셀 기지국의 송신 전력에 대한 펠토셀 사용자와 매크로셀 사용자의 적합도를 보여준다. 이러한 적합도 값은 개체에 대한 평가의 지표가 되며, 유전자 알고리즘의 세대수가 거듭 될수록 증가한다. 그리고 세대수가 일정 수만큼 지나게 되면 적합도는 증가하지 않고 수렴하는데, 이때 주어진 수렴 제한 조건을 만족하는 세대에서 유전자를 선택하여 펠토셀 기지국의 송신 전력을 펠토셀 최적 전력으로 계산할 수 있다.

[0082]

결국, 펠토셀 전력 설정부(230)는 상기 계산된 펠토셀 최적 전력으로 현재의 펠토셀 기지국의 송신 전력으로 설정할 수 있다.

[0083]

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 유전자 알고리즘이 적용된 펠토셀 전력 설정 방법을 설명하는 흐름도이다.

[0084]

본 발명의 일실시예에 따른 펠토셀 전력 설정 방법은 매크로셀과 펠토셀 시스템 중에 어느 시스템의 성능을 더 좋게 할 것인지 모드 선택을 할 수 있다(단계 401).

[0085]

여기서 펠토셀 사용자의 성능을 좋게 하기 위한 Mode1과 매크로셀 사용자의 성능을 좋게 하기 위한 Mode2를 제시하였다.

[0086]

본 발명의 일실시예에 따른 펠토셀 전력 설정 방법은 모드가 선택되면 유전자 알고리즘을 적용하기 위한 초기 변수 설정을 한다(단계 402). 유전자의 수는 펠토셀 기지국의 수에 따라 결정되는데, 이때 펠토셀 기지국의 전력은 최대 20dBm에서 최소 -15dBm 사이에서 설정된 범위 안에서 임의로 생성될 수 있다.

[0087]

본 발명의 일실시예에 따른 펠토셀 전력 설정 방법은 유전자(gene)들로 구성된 염색체(chrom)가 만들어지고 초기 개체군을 초기화하여 형성할 수 있다(단계 403).

[0088]

이후, 본 발명의 일실시예에 따른 펠토셀 전력 설정 방법은 세대를 헤아리기 위한 카운터인 gen을 1로 설정하고 최적의 값을 찾기 위한 세대 진행을 처리할 수 있다(단계 404).

[0089]

본 발명의 일실시예에 따른 펠토셀 전력 설정 방법은 개체군에 속해있는 염색체를 적합도 함수에 대입하여 적합도를 찾을 수 있다(단계 405).

[0090]

적합도 함수는 위에서 제시한 것처럼 매크로셀 사용자가 받는 간섭 전력 최소화 함수, 펠토셀 기지국의 송신 전력 최대화 함수, 펠토셀 사용자가 받는 간섭 전력 최소화 함수 이들 3가지의 단일 목적 적합도 함수가 결합되어 하나의 다목적 적합도 함수로 표현될 수 있다.

[0091]

초기 개체군에 포함된 염색체는 0에서 1사이의 적합도 값을 갖게 되는데, 가장 잘 적합된 개체에 1의 적합도 값, 가장 잘 적합되지 못한 것에는 0의 적합도 값을 갖는다.

[0092]

본 발명의 일실시예에 따른 펠토셀 전력 설정 방법은 계산된 적합도를 바탕으로 교배 대상의 개체들을 선택

(selection)하고, 유전자 배열 중의 임의의 위치를 선택하여 개체들간의 유전자 배열을 바꾸는 교배(crossover)를 통해 개체들의 유전적 특성을 바꾸며, 아무리 교배를 통해 세대가 진행되더라도 같은 유전자들을 갖고 교배를 시키면 더 나은 성능을 갖게 할 수 없는 점에 따라서, 돌연변이를 통해 유전자 배열 중의 유전자를 바꾸는 과정을 수행할 수 있다(단계 406).

- [0093] 본 발명의 일실시예에 따른 웹토셀 전력 설정 방법은 이렇게 생성된 개체를 이용하여 새로운 개체군을 생성하고, 다음 세대 진행을 위해 gen을 증가시키고(단계 407), 새로운 개체군의 적합도를 다시 평가한다(단계 408).
- [0094] 마지막으로 본 발명의 일실시예에 따른 웹토셀 전력 설정 방법은 주어진 수렴 조건을 만족하는지 여부를 판단하고(단계 409), 만족할 때까지 단계 406으로 분기할 수 있다.
- [0095] 만족한다면, 최적화된 웹토셀 전력을 할당할 수 있다(단계 410).
- [0096] 이때 수렴 조건으로는 이전 세대 개체군 중 가장 좋은 개체의 적합도와 현재 세대 개체군 중 가장 좋은 개체의 적합도가 일정 세대 동안 거의 차이가 없다면 수렴하는 것으로 한다. 그리고 이러한 수렴 조건을 만족하면 최적의 해에 도달하였다고 판단하여 세대 진행을 중지하고 그 값을 최적의 웹토셀 기지국 송신 전력으로 결정한다.
- [0097] 본 발명의 성능을 확인하기 위해 기존의 고정 전력 방식과 자동 전력 방식과 비교할 수 있다. 기존의 방식들 중에 고정 전력 방식은 실제 환경에 적용하기 어려운 방식이지만 비교를 위해 제시한다.
- [0098] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 웹토셀 기지국 개수 증가에 따른 웹토셀 사용자와 매크로셀 사용자의 채널 용량을 기존 방식과 비교한 그래프이다.
- [0099] 도 5는 본 발명에서 제시한 가중치 합 유전자 알고리즘을 적용하여 웹토셀 전력을 설정하였을 때 웹토셀 기지국 수에 따른 웹토셀 사용자 및 매크로셀 사용자의 채널 용량을 나타낼 수 있다.
- [0100] 도 5에서 보는 바와 같이, 모드와 상관없이 가중치 합 유전자 알고리즘을 사용한 방식의 채널 용량이 큰 것을 볼 수 있다. 그리고 시스템 모드 설정에 따라 목적에 맞는 시스템 성능이 향상됨을 알 수 있다.
- [0101] 도 6는 본 발명의 일실시예에 따른 매크로셀 기지국 개수 증가에 따른 웹토셀 사용자와 매크로셀 사용자의 채널 용량을 기존 방식과 비교한 그래프이다.
- [0102] 도 6를 참조하면, 모드와 상관없이 가중치 합 유전자 알고리즘을 사용한 방식의 채널 용량이 큰 것을 볼 수 있고, 시스템 모드 설정에 따라 목적에 맞는 시스템 성능이 향상됨을 알 수 있다.
- [0103] 이와 같이 본 발명에서 제안한 가중치 합 유전자 알고리즘 방식은 기존의 자동 전력 설정 방식보다 더 큰 채널 용량을 갖게 하며, 가중치 설정 방식에 따라 매크로셀 및 웹토셀 시스템 중 목표하는 시스템의 성능을 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0104] 이상에서 설명한 바와 같이 상기와 같은 구성을 갖는 본 발명은 기존의 자동 전력 설정 방식에서 요구되는 10m 반경 내에서 안정된 수준의 QoS를 만족시키는 물론, 주변에 있는 매크로셀 사용자와 다른 그룹의 웹토셀 사용자의 존재 유무를 확인하여 더 큰 전력의 사용이 가능한 지역에서는 전송 전력을 증가시켜 웹토셀 사용자에게 더 좋은 품질의 QoS를 만족시킬 수 있다. 또한 기본적으로 매크로셀과 웹토셀 사용자의 시스템 성능을 만족시키는 가운데, 가중치를 다르게 부여하여 원하는 시스템의 성능을 선택하여 향상시킬 수 있다. 그 결과 본 발명에서 제안한 방식이 기존의 방식보다 수신 SINR과 채널 용량측면에서 더 좋게 나타남을 확인할 수 있다.
- [0105] 본 발명의 일실시예에 따른 웹토셀 전력 설정 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 모듈

로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0106] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

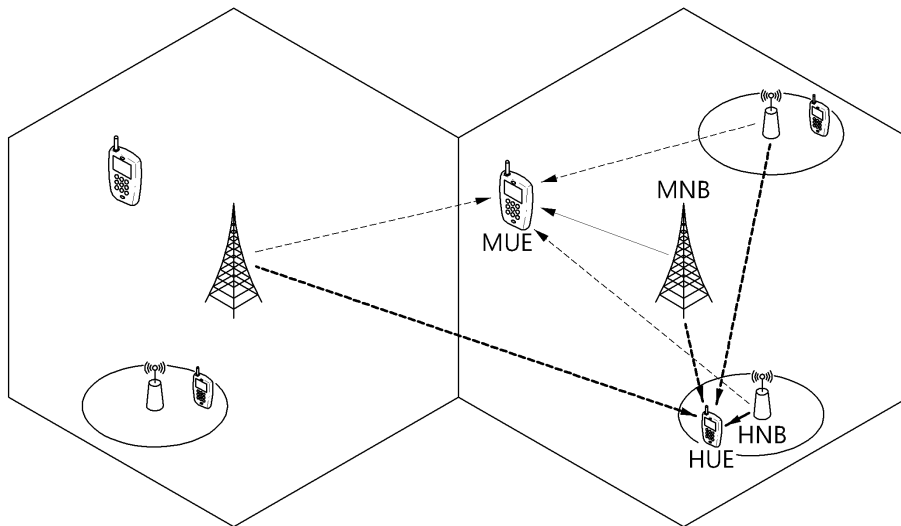
[0107] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

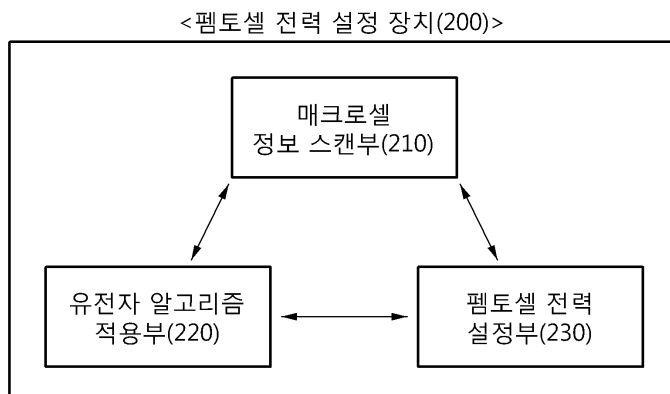
[0108] 200: 펌토셀 전력 설정 장치 210: 매크로셀 정보 스캔부
220: 유전자 알고리즘 적용부 230: 펌토셀 전력 설정부

도면

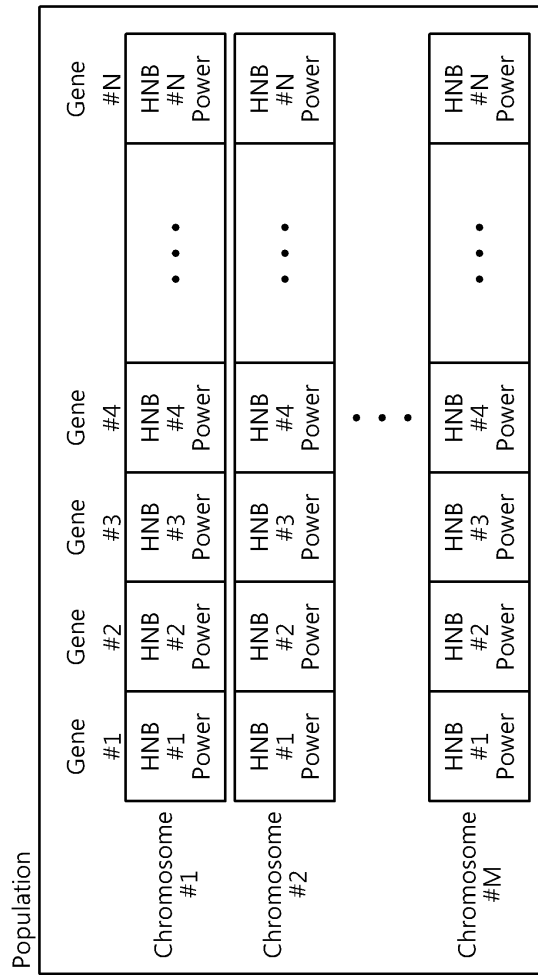
도면1



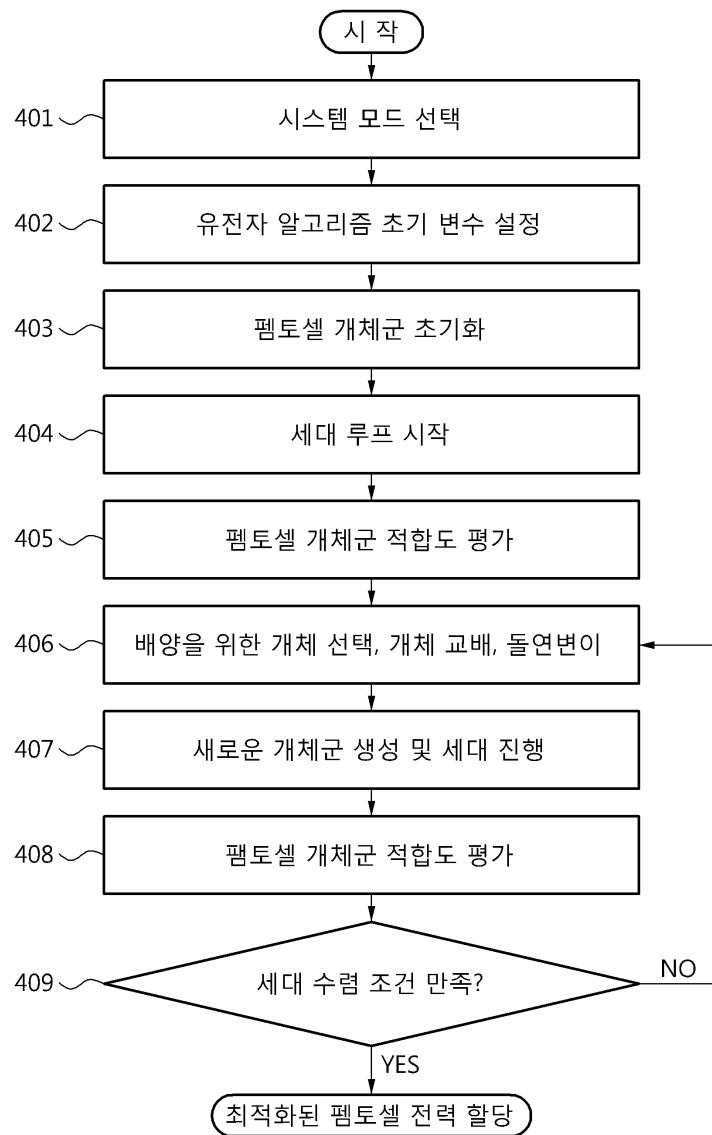
도면2



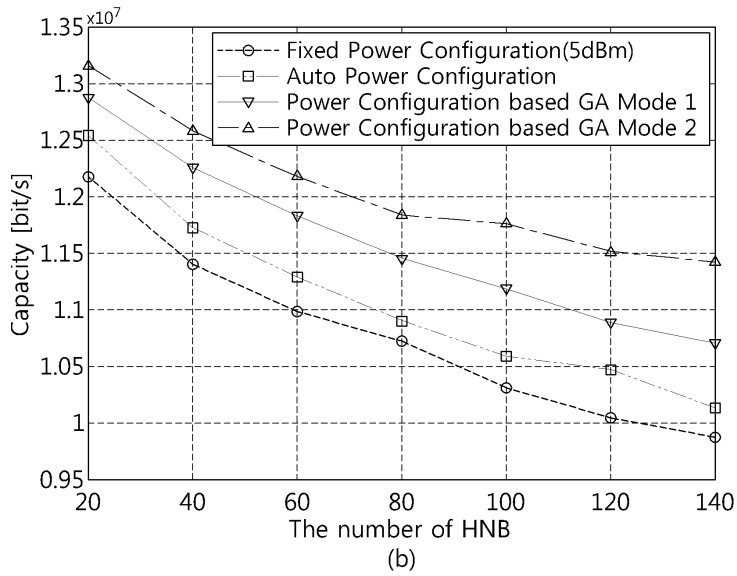
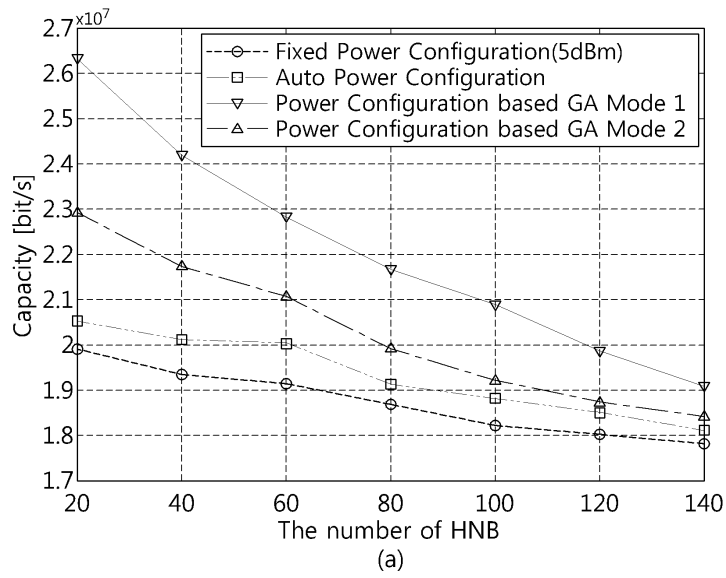
도면3



도면4



도면5



도면6

