(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년05월20일
(11) 등록번호 10-1396429
(24) 등록일자 2014년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 28/08 (2009.01) *H04W 76/00* (2009.01)
H04W 88/08 (2009.01)
(21) 출원번호 10-2013-0053236
(22) 출원일자 2013년05월10일
심사청구일자 2013년05월10일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020120119826 A
US20120028627 A1
KR1020120129931 A
US20110047256 A1
전체 청구항 수 : 총 19 항

(73) 특허권자
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교)
(72) 발명자
송주빈
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732
(74) 대리인
특허법인가산

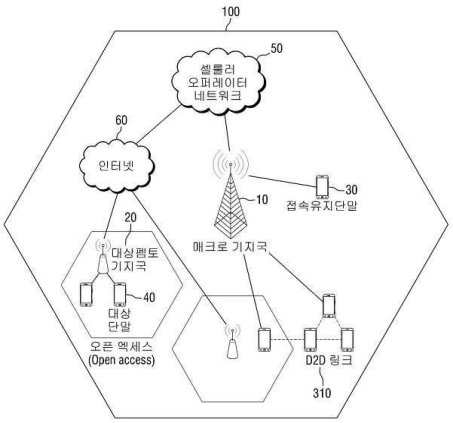
심사관 : 이준석

(54) 발명의 명칭 **D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법, 매크로 기지국 및 시스템**

(57) 요 약

D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 매크로 기지국 및 그 방법이 개시된다. 구체적으로, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 매크로 기지국 및 그 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 매크로 기지국이 제한된 시스템 접속 용량을 가지고 있는 경우 또는 접속 용량의 여유를 확보할 필요가 있는 경우에 최적의 연결성(connectivity)을 유지하면서 매크로 기지국의 접속 용량을 확보할 수 있는 매크로 기지국 및 그 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

복수의 사용자 단말이 접속된 매크로 기지국과 접속을 유지하는 적어도 하나의 접속 유지 단말을 결정하는 단계;

새로운 기지국을 결정하기 위하여 복수의 펨토 기지국(Femto eNB)으로 이루어지는 펨토 기지국 그룹 영역의 방향을 설정하는 단계;

상기 펨토 기지국 그룹 영역 내에 포함되는 복수의 펨토 기지국 중 적어도 하나를 상기 새로운 기지국으로 결정하여 대상 펨토 기지국으로 선택하는 단계;

상기 대상 펨토 기지국(Femto eNB)으로 턴-온(turn-on)신호를 전송하여 상기 대상 펨토 기지국을 턴-온 시키는 단계;

상기 복수의 사용자 단말 중에서 상기 매크로 기지국과 접속을 종료하고 상기 턴-온 된 대상 펨토 기지국에 접속되기 위한 적어도 하나의 대상 단말을 결정하는 단계;

상기 대상 단말과 상기 매크로 기지국의 접속을 종료하는 단계를 포함하는, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 대상 단말은 오픈 엑세스(open access)방식으로 상기 대상 펨토 기지국에 연결되고,

상기 펨토 기지국 그룹 영역은 병목(bottle-neck) 현상이 발생한 병목 영역에 포함되는 것인, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 복수의 사용자 단말이 접속된 매크로 기지국과 접속을 유지하는 접속 유지 단말을 결정하는 하는 것은 제1 그리디 알고리즘(greedy algorithm)을 사용하여 검색하는 것인, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 그리디 알고리즘은, 상기 매크로 기지국의 전파 영역 내에 포함되는 복수의 단말의 연결성을 계산하여 상기 적어도 하나의 접속 유지 단말을 결정하는 단계를 포함하되,

상기 적어도 하나의 접속 유지 단말을 결정하는 단계는, $\lambda_2^i \geq \lambda_2^{max}$ 여부를 판단하는 단계를 포함하는, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 λ_2^i 및 상기 λ_2^{max} 값은, 상기 매크로 기지국의 전파 영역에 포함되는 복수의 단말 각각의 두 번째 최소 고유값 및 상기 계산된 복수의 단말 각각의 두 번째 최소 고유값 중 최대값을 의미하되,

상기 두 번째 최소 고유값은 라플라시안 행렬(Laplacian Matrix)을 이용하여 계산된 것인, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 펨토 기지국 그룹 영역을 설정하는 것은 그래디언트 방법(gradient method)에 의하여 상기 그룹 영역의 방향을 설정하는 것이고,

상기 새로운 기지국을 상기 대상 펨토 기지국으로 선택하는 것은 뉴턴 방법(newton method)에 의하여 선택하는 것을 포함하는, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 뉴턴 방법에 의하여 대상 펨토 기지국을 선택하는 것은 KKT(Karush-Kuhn-Tucker) 조건을 만족하는 소정의 검색 알고리즘을 이용하는 것인, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 턴-온 된 대상 펨토 기지국에 접속되기 위한 대상 단말을 결정하는 것은, 제2 그리디 알고리즘을 이용하여 결정하는 것인, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제2 그리디 알고리즘은, 상기 펨토 기지국의 전파 영역 내에 포함되는 복수의 단말의 연결성을 계산하여 상기 적어도 하나의 대상 단말을 결정하는 단계를 포함하되,

상기 적어도 하나의 대상 단말을 결정하는 단계는, $\lambda_2^i \geq \lambda_2^{max}$ 여부를 판단하는 단계를 포함하는, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 λ_2^i 및 상기 λ_2^{max} 값은, 상기 펨토 기지국의 전파 영역에 포함되는 복수의 단말 각각의 두 번째 최소 고유값 및 상기 계산된 복수의 단말 각각의 두 번째 최소 고유값 중 최대값을 의미하되,

상기 두 번째 최소 고유값은 라플라시안 행렬을 이용하여 계산된 것인, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 각 단계는 D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 네트워크 토폴로지(topology)가 변화되는지 여부와 무관하게 반복적으로 수행되는 것을 포함하는, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 반복적으로 수행되는 것은 소정의 보상 알고리즘에 의하여 수행되는 것인, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법.

청구항 13

복수의 사용자 단말이 접속된 매크로 기지국과 접속을 유지하는 접속 유지 단말을 결정하는 접속 유지 단말 결

정부;

새로운 기지국을 결정하기 위하여 적어도 하나의 펨토 기지국으로 이루어지는 펨토 기지국 그룹 영역을 설정하고, 상기 펨토 기지국 그룹 영역 내에 포함되는 복수의 펨토 기지국 중 적어도 하나를 상기 새로운 기지국으로 결정하여 대상 펨토 기지국으로 선택하는 펨토 기지국 설정부;

상기 대상 펨토 기지국으로 턴-온 신호를 전송하여 상기 대상 펨토 기지국을 턴-온 시키는 매크로 제어부;

상기 매크로 기지국과 접속을 종료하고, 상기 턴-온 된 대상 펨토 기지국에 접속되기 위한 대상 단말을 결정하는 대상 단말 결정부를 포함하는, 매크로 기지국.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 대상 단말이 상기 대상 펨토 기지국에 연결되는 것은 오픈 엑세스 방식으로 연결 되고,

상기 펨토 기지국 그룹 영역은 병목 현상이 발생한 병목 영역에 포함되는 것인, 매크로 기지국.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 접속 유지 단말 결정부가 상기 접속 유지 단말을 결정하는 것은 제1 그리디 알고리즘을 사용하여 검색하는 것을 포함하는, 매크로 기지국.

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 펨토 기지국이 상기 펨토 기지국 그룹 영역을 설정하는 것은 그래디언트 방법에 의하여 설정하는 것이고,

상기 대상 펨토 기지국을 선택하는 것은 뉴턴 방법에 의하여 선택하는 것을 포함하는, 매크로 기지국.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 뉴턴 방법에 의하여 대상 펨토 기지국을 선택하는 것은 KKT(Karush-Kuhn-Tucker) 조건을 만족하는 소정의 검색 알고리즘을 이용하는 것인, 매크로 기지국.

청구항 18

제13항에 있어서,

상기 대상 단말 결정부가 상기 대상 단말을 결정하는 것은, 제2 그리디 알고리즘을 이용하여 결정하는 것인, 매크로 기지국.

청구항 19

복수의 사용자 단말이 접속된 매크로 기지국;

새로운 기지국을 결정하기 위하여 적어도 하나의 펨토 기지국으로 이루어지는 펨토 기지국 그룹 영역;

상기 펨토 기지국 그룹 영역 내에 포함되는 복수의 펨토 기지국 중 적어도 하나의 새로운 기지국인 대상 펨토 기지국;

상기 대상 펨토 기지국과 연결되는 대상 단말;

상기 매크로 기지국과 접속을 유지하는 접속 유지 단말을 포함하되,

상기 대상 단말이 상기 대상 펨토 기지국에 연결되는 것은 오픈 엑세스(open access)방식으로 연결 되고,

상기 펨토 기지국 그룹 영역은 병목(bottle-neck) 현상이 발생한 병목 영역에 포함되는 것인, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 매크로 네트워크 시스템.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 매크로 기지국 및 그 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 매크로 기지국이 제한된 시스템 접속 용량을 가지고 있는 경우 또는 접속 용량의 여유를 확보할 필요가 있는 경우에 최적의 연결성(connectivity)을 유지하면서 매크로 기지국의 접속 용량을 확보할 수 있는 매크로 기지국 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 데이터 사용 증가에 따른 해결책으로 주파수 재 사용률을 높여 데이터 전송 속도를 향상 시킬 수 있는 초소형 기지국의 도입이 확산되고 있으며, 이러한 초소형 기지국의 도입과 관련하여 펨토 셀(femto Cell)에 대한 관심이 증가하고 있다.

[0003] 펨토 셀은 실내 유선 IP 망에 연결된 초소형 기지국(Access Point)을 이용하여 이동통신 단말기를 통해 자유롭게 유무선 통신 서비스를 이용할 수 있게 해 주는 통신 기술로 옥내 중계기를 통하지 않고, 기지국에서 교환기로 이동통신 데이터를 직접 전송하는 방식을 취하고 있기 때문에 네트워크 구축 비용 절감, 주파수 부하 감소, 통화품질 향상이라는 장점을 가지며, 사용자 측면에서는 기지국이 설치된 실내에서 저렴한 비용으로 음성 및 데이터 통신 서비스를 이용할 수 있다는 점에서 차세대 통신 기술로 주목 받고 있다.

[0004] 상기와 같은 장점을 가지는 펨토 셀을 이용하여, 종래의 매크로 셀 (Macro Cell)을 이용한 통신 시스템 상에서 발생할 수 있는 문제점을 해결하기 위하여 활발한 연구가 진행되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 매크로 기지국이 제한된 시스템 접속 용량을 가지고 있는 경우 또는 접속 용량의 여유를 확보할 필요가 있는 경우에, 최적의 연결성을 보장하는 D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법을 제공하는 것이다.

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는 매크로 기지국이 제한된 시스템 접속 용량을 가지고 있거나 접속 용량의 여유를 확보할 필요가 있는 경우에, 최적의 연결성을 보장하는 D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 매크로 기지국을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는 매크로 기지국이 제한된 시스템 접속 용량을 가지고 있거나 접속 용량의 여유를 확보할 필요가 있는 경우에, 최적의 연결성을 보장하는 D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 매크로 기지국을 포함하는 매크로 네트워크 시스템을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 아니한 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 태양에 따른 D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법은, 복수의 사용자 단말이 접속된 매크로 기지국과 접속을 유지하는 적어도 하나의 접속 유지 단말을 결정하는 단계, 새로운 기지국을 결정하기 위하여 복수의 펨토 기지국(Femto eNB)으로 이루어지는 펨토 기지국 그룹 영역의 방향을 설정하는 단계, 상기 펨토 기지국 그룹 영역 내에 포함되는 복수의 펨토 기지국 중 적어도 하나를 상기 새로운 기지국으로 결정하여 대상 펨토 기지국으로 선택하는 단계, 상기 대상 펨토 기지국(Femto eNB)으로 턴-온(turn-on)신호를 전송하여 상기 대상 펨토 기지국을 턴-온 시키는 단계, 상기 복수의 사용자 단말 중에서 상기 매크로 기지국과 접속을 종료하고 상기 턴-온 된 대상 펨토 기지국에 접속되기 위한 적어도 하나의 대상 단말을 결정하는 단계, 상기 대상 단말과 상기 매크로 기지국의 접속을 종료하는 단계를 포함하는 것일 수 있다.

[0010] 일 실시예에 따르면, 상기 대상 단말은 오픈 엑세스(open access) 방식으로 상기 대상 펨토 기지국에 연결되고, 상기 펨토 기지국 그룹 영역은 병목(bottle-neck) 현상이 발생한 병목 영역에 포함되는 것일 수 있다.

[0011] 일 실시예에 따르면, 상기 복수의 사용자 단말이 접속된 매크로 기지국과 접속을 유지하는 접속 유지 단말을 결정하는 하는 것은 제1 그리디 알고리즘(greedy algorithm)을 사용하여 검색하는 것일 수 있고, 상기 제1 그리디 알고리즘은, 상기 매크로 기지국의 전파 영역 내에 포함되는 복수의 단말의 연결성을 계산하여 상기 적어도 하나의 접속 유지 단말을 결정하는 단계를 포함하되, 상기 적어도 하나의 접속 유지 단말을 결정하는 단계는, $\lambda_2^i \geq \lambda_2^{max}$ 여부를 판단하는 것을 포함하는 것일 수 있다.

[0012] 일 실시예에 따르면, 상기 λ_2^i 및 상기 λ_2^{max} 값은, 상기 매크로 기지국의 전파 영역에 포함되는 복수의 단말 각각의 두 번째 최소 고유값 및 상기 계산된 복수의 단말 각각의 두 번째 최소 고유값 중 최대값을 의미하되, 상기 두 번째 최소 고유값은 라플라시안 행렬(Laplacian Matrix)을 이용하여 계산된 것일 수 있고, 상기 펨토 기지국 그룹 영역을 설정하는 것은 그래디언트 방법(gradient method)에 의하여 상기 그룹 영역의 방향을 설정하는 것이고, 상기 새로운 기지국을 상기 대상 펨토 기지국으로 선택하는 것은 뉴턴 방법(newton method)에 의하여 선택하는 것을 포함하는 것일 수 있다.

[0013] 일 실시예에 따르면, 상기 뉴턴 방법에 의하여 대상 펨토 기지국을 선택하는 것은 KKT(Karush-Kuhn-Tucker) 조건을 만족하는 소정의 검색 알고리즘을 이용하는 것일 수 있고, 상기 턴-온 된 대상 펨토 기지국에 접속되기 위한 대상 단말을 결정하는 것은, 제2 그리디 알고리즘을 이용하여 결정하는 것일 수 있다.

[0014] 일 실시예에 따르면, 상기 제2 그리디 알고리즘은, 상기 펨토 기지국의 전파 영역 내에 포함되는 복수의 단말의 연결성을 계산하여 상기 적어도 하나의 대상 단말을 결정하는 단계를 포함하되, 상기 적어도 하나의 대상 단말을 결정하는 단계는, $\lambda_2^i \geq \lambda_2^{max}$ 여부를 판단하는 것을 포함하는 것일 수 있고, 상기 λ_2^i 및 상기 λ_2^{max} 값은, 상기 펨토 기지국의 전파 영역에 포함되는 복수의 단말 각각의 두 번째 최소 고유값 및 상기 계산된 복수의 단말 각각의 두 번째 최소 고유값 중 최대값을 의미하되, 상기 두 번째 최소 고유값은 라플라시안 행렬을 이용하여 계산된 것일 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따르면, 상기 각 단계는 D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 네트워크 토폴로지(topology)가 변화되는지 여부와 무관하게 반복적으로 수행되는 것을 포함하는 것일 수 있고, 상기 반복적으로 수행되는 것은 소정의 보상 알고리즘에 의하여 수행되는 것일 수 있다.

[0016] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 다른 태양에 따른 D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 매크로 기지국은, 복수의 사용자 단말이 접속된 매크로 기지국과 접속을 유지하는 접속 유지 단말을 결정하는 접속 유지 단말 결정부, 새로운 기지국을 결정하기 위하여 적어도 하나의 펨토 기지국으로 이루어지는 펨토 기지국 그룹 영역을 설정하고, 상기 펨토 기지국 그룹 영역 내에 포함되는 복수의 펨토 기지국 중 적어도 하나를 상기 새로운 기지국으로 결정하여 대상 펨토 기지국으로 선택하는 펨토 기지국 설정부, 상기 대상 펨토 기지국으로 턴-온신호를 전송하여 상기 대상 펨토 기지국을 턴-온 시키는 매크로 제어부, 상기 매크로 기지국과 접속을 종료하고, 상기 턴-온 된 대상 펨토 기지국에 접속되기 위한 대상 단말을 결정하는 대상 단말 결정부를 포함하는 것일 수 있다.

[0017] 일 실시예에 따르면, 상기 대상 단말이 상기 대상 펨토 기지국에 연결되는 것은 오픈 엑세스 방식으로 연결 되고, 상기 펨토 기지국 그룹 영역은 병목 현상이 발생한 병목 영역에 포함되는 것일 수 있고, 상기 접속 유지 단말 결정부가 상기 접속 유지 단말을 결정하는 것은 제1 그리디 알고리즘을 사용하여 검색하는 것을 포함하는 것일 수 있다.

[0018] 일 실시예에 따르면, 상기 펨토 기지국이 상기 펨토 기지국 그룹 영역을 설정하는 것은 그래디언트 방법에 의하여 설정하는 것이고, 상기 대상 펨토 기지국을 선택하는 것은 뉴턴 방법에 의하여 선택하는 것을 포함하는 것일 수 있고, 상기 뉴턴 방법에 의하여 대상 펨토 기지국을 선택하는 것은 KKT(Karush-Kuhn-Tucker) 조건을 만족하는 소정의 검색 알고리즘을 이용하는 것일 수 있다.

[0019] 일 실시예에 따르면, 상기 대상 단말 결정부가 상기 대상 단말을 결정하는 것은, 제2 그리디 알고리즘을 이용하여 결정하는 것일 수 있다.

[0020] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 태양에 따른 D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 매크로 네트워크 시스템은, 복수의 사용자 단말이 접속된 매크로 기지국, 새로운 기지국을 결정하

기 위하여 적어도 하나의 펨토 기지국으로 이루어지는 펨토 기지국 그룹 영역, 상기 펨토 기지국 그룹 영역 내에 포함되는 복수의 펨토 기지국 중 적어도 하나의 새로운 기지국인 대상 펨토 기지국, 상기 대상 펨토 기지국과 연결되는 대상 단말, 상기 매크로 기지국과 접속을 유지하는 접속 유지 단말을 포함하되, 상기 대상 단말이 상기 대상 펨토 기지국에 연결되는 것은 오픈 엑세스(open access)방식으로 연결 되고, 상기 펨토 기지국 그룹 영역은 병목(bottle-neck) 현상이 발생한 병목 영역에 포함되는 것일 수 있다.

발명의 효과

[0021] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 연결성(connectivity) 개념을 도입하여 매크로 기지국이 제한된 시스템 접속 용량을 가지고 있거나 접속 용량의 여유를 확보할 필요가 있는 경우에, 최적의 연결성을 보장하는 D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법 및 상기 방법을 사용하는 매크로 기지국을 개시하여, 병목 현상이 발생하더라도 최적의 연결성을 보장할 수 있고, 최적의 연결성을 보장하는 펨토 기지국만을 턴-온하여 전력을 절감할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 매크로 네트워크 시스템을 나타낸 것이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법을 도시한 블록도이다.

도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 그리디 알고리즘을 도시한 블록도이다.

도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 그리디 알고리즘을 수도 코드(Pseudo Code)로 나타낸 것이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 λ2 값의 분포를 나타낸 것이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 펨토 기지국 그룹 영역을 나타낸 것이다.

도 6는 본 발명의 일 실시예에 따른 펨토 기지국 그룹 영역 내에서 턴-온 된 대상 펨토 기지국을 나타낸 것이다.

도 7a는 본 발명의 일 실시예에 따른 소정의 검색 알고리즘을 도시한 블록도이다.

도 7b는 본 발명의 일 실시예에 따른 소정의 검색 알고리즘을 수도 코드로 나타낸 것이다.

도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 제2 그리디 알고리즘을 도시한 블록도이다.

도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 제2 그리디 알고리즘을 수도 코드로 나타낸 것이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 매크로 기지국과 사용자 단말과의 신호 흐름을 나타낸 신호 흐름도이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 매크로 기지국과 대상 펨토 기지국과의 신호 흐름을 나타내는 신호 흐름도이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 대상 펨토 기지국과 대상 단말과의 신호 흐름을 나타내는 신호 흐름도이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 매크로 기지국을 상세하게 나타낸 것이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 소정의 보상 알고리즘을 수도 코드로 나타낸 것이다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 알고리즘을 적용하였을 경우에 대상 펨토 기지국이 존재하는 경우와 존재하지 아니한 경우를 비교 분석한 데이터이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 게시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 게시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정

의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0024] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0025] 또한, 각 블록은 특정된 논리적 기능(들)을 실행하기 위한 하나 이상의 실행 가능한 인스트럭션들을 포함하는 모듈, 세그먼트 또는 코드의 일부를 나타낼 수 있다. 또, 몇 가지 대체 실행 예들에서는 블록들에서 언급된 기능들이 순서를 벗어나서 발생하는 것도 가능함을 주목해야 한다. 예컨대 잇달아 도시되어 있는 두 개의 블록들은 사실 실질적으로 동시에 수행되는 것도 가능하고 또는 그 블록들이 때때로 해당하는 기능에 따라 역순으로 수행되는 것도 가능하다.

[0026] 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용되는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

[0027] 이하, 첨부된 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예들에 대해 설명한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 매크로 네트워크 시스템을 나타낸 것이다.

[0029] 도 1을 참조하면, 매크로 네트워크 시스템은, 매크로 기지국(Macro eNB)(10), 대상 펨토 기지국(Femto eNB)(20)을 포함하는 적어도 하나의 펨토 기지국 및 대상 펨토 기지국(20)의 전파 영역(210), 접속 유지 단말(30), 대상 단말(40), 셀룰러 오퍼레이터 네트워크(50) 및 인터넷 망(60)으로 구성될 수 있으며, 상기 구성은 매크로 기지국의 전파 영역(100)내에 존재하는 것으로 구성될 수 있다.

[0030] 상기 네트워크 시스템은 매크로 기지국(10)에 의하여 관리되며, 매크로 기지국(10)은 적어도 하나의 펨토 기지국(20)을 제어하도록 구성될 수 있고, 접속 유지 단말(30) 또는 대상 단말(40)을 포함하는 적어도 하나의 사용자 단말은, 매크로 기지국의 전파 영역(100) 내외부 또는 특정 펨토 기지국의 전파 영역(210)의 내부로 이동 가능한 것으로 구성될 수 있으며, 상기 적어도 하나의 사용자 단말은 단말 상호간에 단말 간 직접 통신(D2D)이 가능한 것으로 구성될 수 있으며, 이는 매크로 기지국 전파 영역(100)내에서 D2D 링크(310)를 이루는 것으로 구성될 수 있다.

[0031] 접속 유지 단말(30) 또는 대상 단말(40)을 포함하는 적어도 하나의 사용자 단말은, 스마트 폰 이외에도, 인터넷 접속이 가능한 컴퓨터, UMPC(Ultra Mobile PC), 넷북(net-book), PDA(Personal Digital Assistants), 포터블 컴퓨터(portable computer), 웹 태블릿(web tablet), 모바일 폰(mobile phone), e-북(e-book), PMP(portable multimedia player), 네비게이션(navigation) 장치, 정보를 무선 환경에서 송수신할 수 있는 장치, 컴퓨터 네트워크를 구성하는 다양한 전자 장치들 중 하나, 텔레매틱스 네트워크를 구성하는 다양한 전자 장치들 중 하나 또는 컴퓨팅 시스템을 구성하는 다양한 구성 요소들 중 하나 등과 같은 전자 장치의 다양한 구성 요소들 중 하나로 제공될 수 있다.

[0032] 셀룰러 오퍼레이터 네크워크(50) 및 인터넷 망(60)은 매크로 네트워크 시스템의 각 구성요소가 온라인 상에서 연결될 수 있는 일체의 유무선 통신망을 포함하도록 구성될 수 있다.

[0033] 또한, 대상 펨토 기지국(20)에 대상 단말(40)이 접속하는 것은 오픈 엑세스(open access)방식을 이용하여 접속하는 것을 포함하나, 다른 접속 방법을 배제하는 것은 아니다.

[0034] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법을 도시한 블록도이다.

[0035] 도 2를 참조하면, D2D LTE-Advanced 네트워크 환경에서 연결성을 확보하는 방법은 구체적으로, 상기 복수의 사용자 단말이 접속되어 있는 매크로 기지국(10)이 매크로 기지국(10)과 접속을 유지하는 접속 유지 단말을 결정하는 단계(S200), 매크로 기지국(10)이 대상 펨토 기지국(20)이 포함되는 펨토 기지국 그룹 영역(240)을 설정하는 단계(S210), 매크로 기지국(10)이 대상 펨토 기지국 그룹 영역(240)내에서 대상 펨토 기지국(20)을 선택하는 단계, 매크로 기지국(10)이 대상 펨토 기지국(20)을 턴-온 시키는 단계(S230), 매크로 기지국(10)이 대상 펨토 기지국(20)과 접속될 상기 복수의 사용자 단말 중에서 대상 단말(40)을 결정하는 단계(S240) 및 매크로 기지국(10)이 대상 단말(40)과 매크로 기지국(10)의 접속을 종료하는 단계(S250)로 구성되는 것으로 포함할 수 있다.

상기 각 단계는, 이하에서 관련 도면과 함께 상세히 설명하도록 한다.

[0036] 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 그리디 알고리즘을 도시한 블록도이다.

[0037] 도 3a를 참조하면, 상기 제1 그리디 알고리즘은 매크로 기지국(10)이 접속 유지 단말(30)을 결정하는 알고리즘에 해당하며, t1 및 λ_2^{max} 값에 초기값을 부여하는 단계(S300), t1값과 k1 값을 비교하여(S310), t1 < k1를 만족하면 u_i 를 검색하는 단계(S320), e_{mu_i} 및 e_{mu_j}에 소정의 초기값을 부여하는 단계(S320), λ_2^i를 계산하는 단계(S330), λ_2^i 및 상기 λ_2^{max} 의 값을 비교하는 단계(S340), λ_2^i = λ_2^{max} 로 설정하는 단계(S350) 및 t1, U 각각에 소정의 값을 부여하는 단계(S360)로 구성될 수 있으며, 도 3a에 도시된 각 단계, 즉, 제1 그리디 알고리즘을 수도 코드(Pseudo Code)로 표현한 것은 도 3b에 나타나 있다.

[0038] 도3b을 참조하면, 제1 그리디 알고리즘 상의 t1 값은 매크로 기지국(10)이 결정한 접속 유지 단말(30)을 의미하고, 상기 k1은 매크로 기지국(10)의 접속 용량(capacity)를 의미하는 것일 수 있다.

[0039] 상기 매크로 네트워크 시스템은 3 종류의 노드(node)로 구성되도록 구현할 수 있는데, 매크로 기지국 $\mathbf{M}=\{m\}$, 펨토 기지국 $\mathbf{F}=\{f_1,...,f_F\}$ 및 사용자 단말 $\mathbf{U}=\{u_1,...,u_U\}$로 구성될 수 있다. 또한, E 링크 $\mathbf{E}=\{e_1,e_2,...,e_E\}$를 간선(edge)으로 하여 구성될 수 있다. 즉, 상기 매크로 네트워크 시스템은 그래프 $\mathbf{G}(\{\mathbf{M},\mathbf{F},\mathbf{U}\},\mathbf{E})$로 나타낼 수 있다.

[0040] 제1 그리디 알고리즘 상에서, t1은 상기 제1 그리디 알고리즘을 이용하여 결정된 접속 유지 단말(30) 값을 나타내는 것이며, k1은 매크로 기지국 전파 영역(100)의 용량(capacity), 즉 하나의 매크로 기지국(10)에 접속할 수 있는 사용자 단말의 수를 나타내는 것으로 구성될 수 있다. 상기 i 및 j는 서로 같지 아니한 값이며, 노드를 나타내는 것으로 구성될 수 있다.

[0041] 상기 λ_2^i 및 상기 λ_2^{max} 값은, 상기 매크로 기지국의 전파 영역(100)에 포함되는 복수의 단말 각각의 두 번째 최소 고유값(eigenvalue) 및 상기 계산된 복수의 단말 각각의 두 번째 최소 고유값 중 최대값을 의미하되, 상기 두 번째 최소 고유값은 라플라시안 행렬(Laplacian Matrix)을 이용하여 계산된 것일 수 있다.

[0042] 상기 라플라시안 행렬은 $\mathbf{L}(\mathbf{G})=\dot{\mathbf{D}}-\mathbf{A}$ 로 표현될 수 있다. 매크로 네트워크 시스템 그래프 G에서, 이를 대수적으로 표현하면, H × H 인접 행렬 A = A(G)로 표현이 가능하며, 이는,

수학식 1

$$[\mathbf{A}]_{ij}=\begin{cases} w_{ij}, & \text{if } i\neq j, \\ 0, & \text{otherwise,} \end{cases}$$

[0043]

[0044] 인 관계를 만족하는 것으로 구성될 수 있다.

[0045] 상기 Wij는, 노드 i 및 노드 j 링크의 가중치(weight)를 의미하는 것일 수 있고, 이는, $w_{ij}\in\mathbf{W}$를 만족하는 것 일 수 있다.

[0046] 상기 H는, H = M + F + U 이고, 대각 차수 행렬(diagonal degree matrix) $\dot{\mathbf{D}}=\dot{\mathbf{D}}(\mathbf{G})$는,

$\dot{\mathbf{D}} = diag(\dot{d}_1, \dot{d}_2, ..., \dot{d}_H)$ 로 표현될 수 있다. 상기 $\dot{d}_i$ 는 노드 i의 차수(degree)이다. 즉, 노드 i에 연결된 모든 링크의 가중치(weight)의 합으로 표현될 수 있다.

[0047] 상기 $\mathbf{L(G)} = \dot{\mathbf{D}} - \mathbf{A}$는, 또한 H ×H 대칭 행렬로 표현될 수 있으며, 상기 대칭 행렬은,

수학식 2

$$[\mathbf{L}]_{ij} = \begin{cases} \sum_{u=1}^{H} w_{iu}, & \text{if } i = j; \\ -w_{ij}, & \text{if } i \neq j; \\ 0, & \text{otherwise;} \end{cases}$$

[0048]

[0049] 로 구성될 수 있다. 상기 대칭 행렬에서 i,j = 1 ,…, H 이다.

[0050] 상기 고유값을 구하기 위하여 그래프 분할 알고리즘의 하나인 노멀라이즈드 컷(normalized cut : Ncut)을 이용하여 구할 수 있는데, 상기 노멀라이즈드 컷은,

수학식 3

$$Ncut(T, \overline{T}) = \frac{\sum_{i \in T, j \in \overline{T}} w_{ij}}{\dot{d}(T)} + \frac{\sum_{i \in \overline{T}, j \in T} w_{ij}}{\dot{d}(\overline{T})}$$

[0051]

[0052] 으로 주어질 수 있고, 상기 T 및 $\overline{T}$ 는, 원래의 네트워크 G의 두 개의 서브 네트워크(subnetwork)이고, $\dot{d}(T)$ 및 $\dot{d}(\overline{T})$는 각각 상기 T 및 $\overline{T}$ 에 대한 노드의 차수를 의미하는 것으로 구성될 수 있다.

[0053] 상기 Ncut에서, 상기 Ncut의 최소값은 상기 네트워크 G의 병목을 식별할 수 있다. 따라서, Ncut을 최대화하여 상기 네트워크의 최적의 연결성을 확보할 수 있는데, 이는, $\max \min_{T} Ncut(T, \overline{T})$ 으로부터,

수학식 4

$$\min_{T} Ncut(T, \overline{T}) = \min_{\mathbf{z}} \frac{\mathbf{z^T L z}}{\mathbf{z^T \dot{D} z}} = \lambda_2$$

[0054]

[0055] 인 λ_2 값을 얻을 수 있도록 구성될 수 있다. 상기 λ_2 값은 두 번째 최소 고유값, 즉, 상기 라플라시안 행렬 L의 피들러(fiedler)값으로 구성될 수 있다. 상기 z는, 실수 값을 취한 후의 라플라시안 행렬 L의 고유 벡터에 대한 값일 수 있다.

[0056] 따라서, 상기 네트워크의 최적의 연결성을 확보하는 것은 상기 두 번째 최소 고유값을 최대화하는 것으로 구성될 수 있다.

[0057] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 λ2 값의 분포를 나타낸 것이다.

[0058] 도 4를 참조하면, 상기 그래프 G 에서 λ2 값이 가장 큰 부분은 병목 현상이 발생한 영역이며, 상기 대상 펨토 기지국이 포함된 영역이다. 상기 λ2 값이 가장 큰 영역, 즉, 병목 영역(70)은 도 5에 나타나 있다.

[0059] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 펨토 기지국 그룹 영역을 나타낸 것이다.

[0060] 도 5를 참조하면, 매크로 기지국(10)은 병목 현상이 발생한 영역 또는 매크로 기지국(10)과 접속을 종료하고 대상 단말(40)과 연결될 대상 펨토 기지국(20)을 결정하기 위하여, 대상 펨토 기지국(20)을 포함하는 펨토 기지국 그룹 영역을 설정한다. 일 실시예로서, 매크로 기지국(10)이 매크로 기지국(10)의 전파 영역(100)을 네 부분(110, 120, 130, 140)으로 분할하여, 각각의 분할된 영역 내의 펨토 기지국 그룹(220, 230, 240, 250) 중에서 대상 단말(40)이 접속하여야 할 대상 펨토 기지국(20)이 위치한 펨토 기지국 그룹 영역(240)을 결정한다. 이는 매크로 기지국(10)이 매크로 기지국(10)의 전파 영역(100)을 네 부분(110, 120, 130, 140)으로 분할하여 각 펨토 기지국 그룹 영역(220, 230, 240, 250) 중에서 대상 펨토 기지국(20)이 속한 펨토 기지국 그룹 영역(24)이 어느 방향에 존재하는지 검색하여 상기 검색된 방향(80)을 기초로 하여 대상 펨토 기지국(20)이 포함된 펨토 기지국 그룹 영역(240)을 결정하는 것으로 구성될 수 있다.

[0061] 또한, 일 실시예로서, 대상 펨토 기지국(20)이 위치한 펨토 기지국 그룹 영역(240)을 결정하는 것은 병목 현상이 발생한 영역(70)에 펨토 기지국 그룹 영역(240)이 포함되도록 구성될 수 있다.

[0062] 일 실시예로서, 대상 펨토 기지국(20)이 포함된 영역을 지시하는 방향을 검색하는 것은 그래디언트 방법(gradient method)을 이용하여 검색하도록 구성될 수 있다. 상기 그래디언트 방법을 구체화하면, 고유값을 미분하는 단계로서,

수학식 5

[0063] $$\frac{d\lambda}{d\mathbf{L}} = \frac{\mathbf{v}_0^* \mathbf{u}_0^T}{\mathbf{v}_0^H \mathbf{u}_0}$$

[0064] 를 계산하고, 체인 룰(chain rule)을 적용하여,

수학식 6

[0065] $$\dot{\mathbf{G}} = \frac{d\lambda_2}{d(x_{f_i}, y_{f_i})} = \frac{d\lambda_2}{d\mathbf{L}} \frac{d\mathbf{L}}{d(x_{f_i}, y_{f_i})} = \frac{\mathbf{q}_2^* \mathbf{z}_2^T}{\mathbf{q}_2^H \mathbf{z}_2} \frac{d\mathbf{L}}{d(x_{f_i}, y_{f_i})}$$

[0066] 즉, x-y 좌표상에서의 라플라시안 매트릭스 L 의 도함수를 계산하여 두 번째 최소 고유값 λ2 의 제1 그래디언트를 구할 수 있다.

[0067] 상기 V0 및 U0 는 각각 행렬 L0 의 단순 고유값(simple eigenvalue)인 λ0 값에 대한 정규화된 좌 고유벡터(left eigenvalue) 및 정규화된 고유 벡터이다. 또한, 상기 q2 및 z2는, 각각 (x_{f_i}, y_{f_i})에서의 대상 펨토 기지국(20) fi의 라플라시안 행렬 L의 단순 고유값(simple eigenvalue)인 λ0 값에 대한 정규화된 좌 고유벡터(left eigenvalue) 및 정규화된 고유 벡터이다.

[0068] 도 6는 본 발명의 일 실시예에 따른 펨토 기지국 그룹 영역(240)내에서 턴-온 된 대상 펨토 기지국(20)을 나타낸 것이다.

[0069] 도 6을 참조하면, 매크로 기지국은 대상 펨토 기지국(20)만을 턴-온 하여 최적의 연결성을 확보할 수 있도록 한다. 대상 펨토 기지국(20)만을 턴-온하여 전력 절감효과도 발생시킬 수 있도록 구성될 수 있다. 이로써, 대상 펨토 기지국(20)의 전파 영역(210)내에 존재하는 최적의 연결성을 확보할 수 있는 대상 단말(40)과 대상 펨토 기지국(20)이 연결될 수 있도록 구성될 수 있고, 병목 현상이 발생한 경우에 최적의 연결성을 확보함과 동시에 병목 현상을 효과적으로 개선할 수 있다.

[0070] 또한, 대상 펨토 기지국(20)과 대상 단말(20)이 연결되는 것은 오픈 엑세스(open access) 방식으로 접속되도록 구성될 수 있다. 매크로 기지국(10)이 대상 펨토 기지국(20)을 턴-온 하면, 오픈 엑세스 모드로 설정되도록 구성될 수 있다. 다만, 다른 접속 방식을 배제하는 것은 아니다.

[0071] 펨토 기지국 그룹 영역(240)내에 포함되는 대상 펨토 기지국(20)을 선택하는 것은, 뉴턴 방법(newton method)을 이용하여 결정하는 것으로 구성될 수 있는데, $x \in \mathrm{dom} f$ 와 같은 조건에서, $\Delta x_{nt} = -\nabla^2 f(x)^{-1} \nabla f(x)$ 를 구하는 것을 뉴턴 방법이라고 한다. 아래 식 1에서의 제1 도함수 $\dot{\mathbf{G}} = \nabla f(x)$ 는 상기 $\Delta x_{nt} = -\nabla^2 f(x)^{-1} \nabla f(x)$ 식을 이용하여 계산할 수 있다. 뉴턴 방법의 해를 구하기 위하여 아래 식 1에서의 제2 도함수가 계산되어야 한다.

수학식 7

[0072] $$d^2\lambda_2 = \frac{2}{\mathbf{q}_2^H \mathbf{z}_2} d\, vec^T(\mathbf{L})\, [\{(\mathbf{I}_N - \frac{\mathbf{z}_2 \mathbf{q}_2^H}{\mathbf{q}_2^H \mathbf{z}_2})(\lambda_2 \mathbf{I}_N - \mathbf{L})^+ (\mathbf{I}_N - \frac{\mathbf{z}_2 \mathbf{q}_2^H}{\mathbf{q}_2^H \mathbf{z}_2})\} \otimes \mathbf{q}_2^* \mathbf{z}_2^T]$$

[0073] 상기 식 1에서 $vec(\cdot)$ 은 롱 컬럼 벡터(long column vector)로 컬럼(columns)을 스택(stack)하는 벡터 연산자이고, $\mathbf{I}_N$ 은 N ×N 단위 행렬(identity matrix)이며, $(\cdot)^+$ 는 무어-펜로즈 역(행렬)(Moore-Penrose inverse)이고, $\otimes$ 는 크로네커 곱(Kronecker product)을 의미하는 것일 수 있다.

[0074] 상기 식 1을 계산한 결과 값을 이용하여,

수학식 8

[0075] $$(\Delta x_{nt}, \Delta y_{nt}) = d^2\lambda_2(x_{f_i}, y_{f_i})^{-1} d\lambda_2(x_{f_i}, y_{f_i}) + \Phi\, d^2\lambda_2(x_{f_i}, y_{f_i})^{-1} d\lambda_2(x_{f_i}, y_{f_i})$$

[0076] 에 대하여 상기 $(\Delta x_{nt}, \Delta y_{nt})$ 의 결과 값을 얻을 수 있고, 여기에서 $\Phi = \sqrt{-1}$ 이다. x-y좌표에서 상기 x는 실수 값, 상기 y는 허수 값을 나타낸다.

[0077] 상기 뉴턴 방법으로 얻은, 최적의 연결성을 확보할 수 있는 새로운 기지국이 위치한 좌표는 상기 좌표가 KKT(Karush-Kuhn-Tucker) 조건을 만족하는 경우이어야 하며 즉, KKT 조건을 만족하는 것이 대상 펨토 기지국(20)을 결정하는 알고리즘의 종료 조건이 된다. 따라서, 상기 좌표가 상기 KKT 조건을 만족하는 경우에만 최적의 연결성을 확보할 수 있는 새로운 기지국의 좌표 검색을 종료하고 상기 새로운 기지국을 대상 펨토 기지국(20)으로 설정하는 것으로 구성될 수 있다. 다만, 상기 KKT 조건을 만족하는 새로운 기지국의 좌표는 최적의 연결성을 확보할 수 있는 새로운 기지국인 대상 펨토 기지국(20)이 위치한 좌표일 수 있고, 최적의 연결성을 확보할 수 있는 새로운 기지국인 대상 펨토 기지국(20)이 위치하지 아니한 좌표인 경우에는 상기 좌표와 가장 근접한 펨토 기지국이 대상 펨토 기지국(20)으로 결정될 수 있다.

[0078] 상기 KKT 조건은 최적화 문제에서 이용되는 조건으로서, 불균등 제약 (inequality constraints)의 라그랑지 승수(Lagrange multiplier)를 이용하여 x 좌표를 나타내면,

수학식 9

$$x_{f_i}^* \geq 0, \quad v^* \geq 0, \quad v^* x_{f_i}^* = 0$$

[0079] $$-d\lambda_2(x_{f_i}^*) - v^* = 0, i = 1, \ldots, F$$

[0080] 로 표현할 수 있고, v^* 는 소거될 수 있으므로, 다시 정리하면,

수학식 10

[0081] $$x^*_{f_i} \geq 0,\ -d\lambda_2(x^*_{f_i}) \geq 0,\ -d\lambda_2(x^*_{f_i})\ x^*_{f_i} = 0, i = 1, ..., F.$$

[0082] 로 나타낼 수 있다. 따라서,

수학식 11

[0083] $$x^*_{f_i} = \begin{cases} x_{f_i}, & \text{if } d\lambda_2(x_{f_i}) = 0 \text{ and } x_{f_i} \geq 0 \\ 0, & \text{if } d\lambda_2(x^*_{f_i}) \geq 0. \end{cases}$$

[0084] 로 표현이 가능하고, 상기 x좌표와 유사하게 y좌표도,

수학식 12

[0085] $$y^*_{f_i} = \begin{cases} y_{f_i}, & \text{if } d\lambda_2(y_{f_i}) = 0 \text{ and } y_{f_i} \geq 0 \\ 0, & \text{if } d\lambda_2(y^*_{f_i}) \geq 0. \end{cases}$$

[0086] 로 나타낼 수 있다. 이는 최적의 연결성을 확보할 수 있는 새로운 기지국인 대상 펨토 기지국(20)위치를 결정하는 기준을 제공하는 좌표를 나타내는 것이며, 상기 KKT 조건을 만족하는 것이 상기 알고리즘의 종료 조건이 될 수 있다. 또한, 상기 알고리즘으로 정해진 최적의 연결성을 확보하는 대상 펨토 기지국(20)이 결정된 경우에, 상기 대상 펨토 기지국(20)이 클로즈 엑세스 모드(closed-access mode)로 설정되어 있다면, 상기 클로즈 엑세스 모드에서 오픈 엑세스 모드로 전환할 수 있으며, 대상 펨토 기지국(20)의 초기 설정 단계에서 오픈 엑세스 모드만을 지원하는 것으로 구성될 수도 있을 것이나, 이에 국한되는 것은 아니다.

[0087] 최적의 연결성을 확보하는 새로운 기지국인 대상 펨토 기지국(20)의 오픈 엑세스 매커니즘(open access mechanism)을 통하여 상기 매크로 네트워크 시스템 내에서 대상 펨토 기지국 영역(240)이 위치한 방향 및 대상 펨토 기지국(20)을 검색하는 검색 알고리즘을 수행하는 단계는 도 7a에 나타나 있다.

[0088] 도 7a를 참조하면, Prij ∈ Pr 관계에 있는 Prij 값으로부터 Pr 값을 계산하는 단계(S700), E ← Pr, Θ를 수행하는 단계(S710), Cij ∈ C 관계에 있는 Cij 값으로부터 C 값을 계산하는 단계(S720), W ← E · C 를 수행하는 단계(S730), L ← W를 수행하는 단계(S740), $\lambda_2 \leftarrow Ncut(T, \overline{T}), \mathbf{L}$ 을 수행하여 상기 λ2 값을 이용하여 (x_{f_i}, y_{f_i}) 값을 계산하는 단계(S750, S760) 및 $(x^*_{f_i}, y^*_{f_i}) = (x_{f_i}, y_{f_i})$ 를 수행하는 단계(S770) 일 수 있으며, 상기 단계를 수도 코드로 표현한 알고리즘은 도 7b에 나타나 있다.

[0089] 도 7b를 참조하면, 상기 Pr은 노드 i와 노드 j간의 전송 성공 확률(successful transmission probability)이고, C는 링크 용량(link capacity)이며, 상기 C는 $c_{ij} = B\log_2(1+\gamma_{ij})$ 로 표현될 수 있다. 상기 C는 $c_{ij} \in \mathbf{C}$ 의 관계에 있는 것으로 구성될 수 있으며, 상기 B는 채널 대역폭(channel bandwidth)이다. 상기 γ_{ij} 는 노드 i에서 노드 j로의 SINR(signal to interference and noise ratio) 값을 의미하며,

수학식 13

$$\gamma_{ij} = \frac{p_i g_{ij}}{I_j + \sigma_j^2}$$

[0090]

[0091] 로 표현될 수 있다. 상기 p_i는 노드 i로부터의 전송 전력이고, g_{ij}는 채널 이득(channel gain)이다. I_j는, 상호 채널 간섭 전력(co-channel interference power)이고, 상기 σ_j^2는 백색 가우스 잡음(white Gaussian noise)이다. 상기 Pr은,

수학식 14

$$Pr_{ij}(\gamma_{ij} \geq \beta_{ij}) = \exp\left(-\frac{\beta_{ij}}{\gamma_{ij}}\right) = \exp\left(-\frac{\sigma_j^2 \beta_{ij} d_{ij}^{\alpha}}{\delta_{ij} p_i}\right)$$

[0092]

[0093] 와 같이 정의 될 수 있는데, β_{ij}는 상기 SINR의 임계값(threshold)일 수 있다.

[0094] 상기 E는 두 개의 노드가 전송 성공 확률 임계치 Θ이상의 조건을 만족하면서 연결된 경우로 정의될 수 있으며,

수학식 15

$$e_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } Pr_{ij} \geq \theta \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

[0095]

[0096] 와 같이 표현될 수 있다.

[0097] 네트워크 연결성은 최소 절단 트리(MCT) 방법 및 최대 흐름(maximum flow) 문제와 관련이 있을 수 있는데, 상기 방법 및 문제와 관련하여 상기 알고리즘에 포함되어 있는 상기 W는,

수학식 16

$$w_{ij} = e_{ij} c_{ij}$$

[0098]

[0099] 로 표현될 수 있고, 상기 w_{ij}는 $w_{ij} \in \mathbf{W}$ 관계가 있으며, 이는 노드 i 및 노드 j사이 링크 상의 가중치를 의미한다. 상기 e_{ij}는 링크 연결 인디케이터(link connection indicator)이고, 상기 c_{ij}는 링크 용량(capacity)이다.

[0100] 도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 제2 그리디 알고리즘을 도시한 블록도이다.

[0101] 도 8a를 참조하면, 제2 그리디 알고리즘은 상기 제1 그리디 알고리즘과 유사하게 구성될 수 있다. 다만, 상기 제2 그리디 알고리즘은 상기 제1 그리디 알고리즘과는 달리 대상 펨토 기지국(20)의 접속 용량(capacity)인 k2를 이용하여 알고리즘을 수행하도록 구성될 수 있다. 상기 제2 그리디 알고리즘의 t2는 매크로 기지국(10)이 결

정한 적어도 하나의 대상 단말(40)을 의미하는 것일 수 있다.

[0102] 구체적으로는, $e_{f_i u_i} = 0$ 인 경우에 $\mathrm{U} \leftarrow \mathrm{U} - u_i$ 를 수행하고, $e_{f_i u_i} = 0$ 이 아니라면 알고리즘을 종료하는 단계(S800, S810), t2 및 λ_2^{max} 에 소정의 초기값을 부여하는 단계(S820), 상기 t2 값과 k2값을 비교하여 t2 < k2 인 경우인지 판별하는 단계(S830), e_{mu_i} 및 e_{mu_j} 에 소정의 초기값을 부여하는 단계(S840), λ_2^i를 계산하는 단계(S850), λ_2^i 및 상기 λ_2^{max} 의 값을 비교하는 단계(S860), λ_2^i = λ_2^{max} 로 설정하는 단계(S870) 및 t2, U 각각에 소정의 값을 부여하는 단계(S880)로 구성될 수 있으며, 도 8a에 도시된 각 단계를 수도 코드(Pseudo Code)로 표현한 것은, 도 8b에 나타나 있다.

[0103] 상기 알고리즘이 종료하면 다시 연결성을 계산하고 최적 연결성이 보장될 수 있도록 상기 제1 그리디 알고리즘, 검색 알고리즘 및 제2 그리디 알고리즘을 반복하도록 구성될 수 있다. 또한, 매크로 기지국의 전파 영역 내의 네트워크 형태가 변경되면 상기 제1 그리디 알고리즘, 검색 알고리즘 및 제2 그리디 알고리즘을 지속적으로 반복하면서 네트워크의 최적 연결성을 보장할 수 있게 되도록 구성될 수 있다.

[0104] 상기 설명한 상기 제1 그리디 알고리즘, 검색 알고리즘 및 제2 그리디 알고리즘을 반복하여 보상과정을 수행하는 보상 알고리즘을 수도 코드로 나타낸 것은 도 13에 나타나 있다.

[0105] 도 9는 매크로 기지국(10)과 접속 유지 단말(30) 및 대상 단말(40)을 포함하는 복수의 사용자 단말과의 신호 흐름을 나타낸 것이다.

[0106] 도 9를 참조하면, 매크로 기지국(10)과 사용자 단말간에서는 우선, 셋-업(set up)신호를 교환하도록 구성될 수 있는데(S900), 셋-업 신호는 매크로 기지국(10)과 사용자 단말 사이의 설정 신호를 교환하는 것으로서 장치의 인증, 이상 여부 등을 확인할 수 있는 신호를 교환하는 것일 수 있다.

[0107] 셋-업 후에는 사용자 단말에서 매크로 기지국(10)으로 업-링크 신호를 전송하도록 할 수 있는데(S910), 상기 업-링크 신호는 사용자 단말이 매크로 기지국(10)에 접속하기 위한 접속 신호를 송신하는 것일 수 있다.

[0108] 상기 접속 신호를 수신한 매크로 기지국은 접속된 사용자 단말을 식별하고(S920), 트래픽 과다 영역을 검색하며(S930), 접속 유지 단말(30)을 결정하고(S940), 대상 단말(40)을 결정한다(S950). 상기 단계를 거쳐 매크로 기지국(10)은 접속 유지 단말(30) 및 대상 단말(40)에 대하여 소정의 다운 링크 신호를 전송하도록 구성될 수 있으며(S960), 상기 다운-링크 신호는 매크로 기지국(10)과 접속을 유지할 것인지, 접속을 종료할 것인지에 대한 신호를 포함하는 것일 수 있다. 상기 다운 링크 신호를 수신한 단말이 대상 단말(40)인 경우에는 매크로 기지국(10)과 접속을 종료하는 것일 수 있다(S970).

[0109] 도 10은 대상 펨토 기지국(20)과 매크로 기지국(10)과의 신호 흐름을 나타낸 것이다.

[0110] 도 10을 참조하면, 대상 펨토 기지국(20)과 매크로 기지국(10)은 우선, 셋-업(set up)신호를 교환하도록 구성될 수 있는데(S1000), 이는 대상 펨토 기지국(20)과 매크로 기지국(10)간에 설정 신호를 교환하는 것으로서 장치의 인증, 이상 여부 등을 확인할 수 있는 신호를 교환하는 것일 수 있다.

[0111] 매크로 기지국(10)과 대상 펨토 기지국(20)이 설정을 마친 후, 매크로 기지국(10)은 트래픽 과다 영역, 즉, 병목 영역(70) 내의 펨토 기지국 영역(240)을 결정하고(S1010), 펨토 기지국 영역(240) 내에서 최적의 연결성을 확보할 수 있는 대상 펨토 기지국(20)을 선택하는 단계(S1020)를 거칠 수 있다. 매크로 기지국(10)이 대상 펨토 기지국(20)을 최적의 연결성을 확보할 수 있는 새로운 기지국으로 선택한 후에는 대상 펨토 기지국(20)에 대하여 턴-온 신호를 전송하여(S1030) 대상 펨토 기지국(20)을 턴-온 시킬 수 있다. 대상 펨토 기지국(20)을 제외한 다른 펨토 기지국은 턴-온 시키지 아니하여, 매크로 네트워크 시스템 내의 전력 소비량을 감소 시킬 수 있는 효과도 있을 수 있다. 매크로 기지국(10)으로부터 턴-온 신호를 전송 받은 대상 펨토 기지국(20)은 턴-온 된다(S1040).

[0112] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 대상 펨토 기지국(20)과 대상 단말(30)과의 신호 흐름을 나타내는 신호 흐름도이다.

[0113] 도 11을 참조하면, 대상 펨토 기지국(20)과 접속 유지 단말(30) 및 대상 단말(40)을 포함하는 복수의 사용자 단말은 상기 턴-온 된 대상 펨토 기지국(20)과 셋-업 신호를 교환하도록 구성될 수 있는데(S1100), 셋-업 신호는

대상 펨토 기지국(20)과 상기 복수의 사용자 단말 사이의 설정 신호를 교환하는 것으로서 장치의 인증, 이상 여부 등을 확인할 수 있는 신호를 교환하는 것일 수 있다. 매크로 기지국(10)으로부터 턴-온 신호를 전송 받아 턴-온 된 대상 펨토 기지국(20)은 턴-온 되어(S740) 다운 링크 신호를 대상 단말(40)에 전송하고(S1110) 대상 단말(40)은 업 링크 신호를 대상 펨토 기지국에 전송하여(S1120) 대상 단말(40)이 대상 펨토 기지국(20)에 접속하는 단계로 구성될 수 있다(S1130).

[0114] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 매크로 기지국을 상세하게 나타낸 것이다.

[0115] 도 12를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 매크로 기지국은, 접속 유지 단말(30)을 결정하는 접속 유지 단말 결정부(10a), 대상 펨토 기지국을 설정하는 대상 펨토 기지국 설정부(10b), 대상 펨토 기지국(20)으로 턴-온 신호를 전송하여 대상 펨토 기지국(20)을 턴-온 시키는 매크로 제어부(10c) 및 대상 펨토 기지국(20)과 연결되는 대상 단말 결정부(10d)로 구성될 수 있다.

[0116] 접속 유지 단말 결정부(10a), 펨토 기지국 설정부(10b) 및 대상 단말 결정부(10d)에서 상기 제1 그리디 알고리즘, 검색 알고리즘 및 제2 그리디 알고리즘 연산이 수행되도록 구성될 수 있다.

[0117] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 소정의 보상 알고리즘을 수도 코드로 나타낸 것이다.

[0118] 도 13을 참조하면, 소정의 보상 알고리즘을 이용하여, 네트워크의 형태 또는 토폴로지(topology)가 변경되어도 상기 제1 그리디 알고리즘, 검색 알고리즘 및 제2 그리디 알고리즘을 반복적으로 수행하여 최적의 연결성을 확보할 수 있는 펨토 기지국의 위치를 검색할 수 있도록 구성될 수 있다. 또한, 네트워크 형태 또는 토폴로지가 변경되지 않더라도 상기 보상 알고리즘을 통하여 최적의 연결성을 확보할 수 있는 펨토 기지국 위치를 검색하는 과정을 반복적으로 수행하여, 상기 제1 그리디 알고리즘, 검색 알고리즘 및 제2 그리디 알고리즘을 이용하여 계산된 최적의 연결성을 확보할 수 있는 펨토 기지국의 위치를 재 검증하는 과정으로도 이용될 수 있을 것이다.

[0119] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 알고리즘을 적용하였을 경우에 대상 펨토 기지국(20)이 존재하는 경우와 그렇지 아니한 경우를 비교 분석한 데이터이다.

[0120] 도 14를 참조하면, λ2 값의 변화로부터 대상 펨토 기지국(20)이 존재하는 경우가 존재하지 아니하는 경우에 비하여 네트워크 연결성이 개선되었다는 점을 확인할 수 있다.

부호의 설명

[0121] 10: 매크로 기지국 20: 대상 펨토 기지국

30: 접속 유지 단말 40: 대상 단말

50: 셀룰러 오퍼레이터 네트워크 60: 인터넷 망

80: 대상 펨토 기지국 그룹 영역의 방향

100: 매크로 기지국 전파 영역

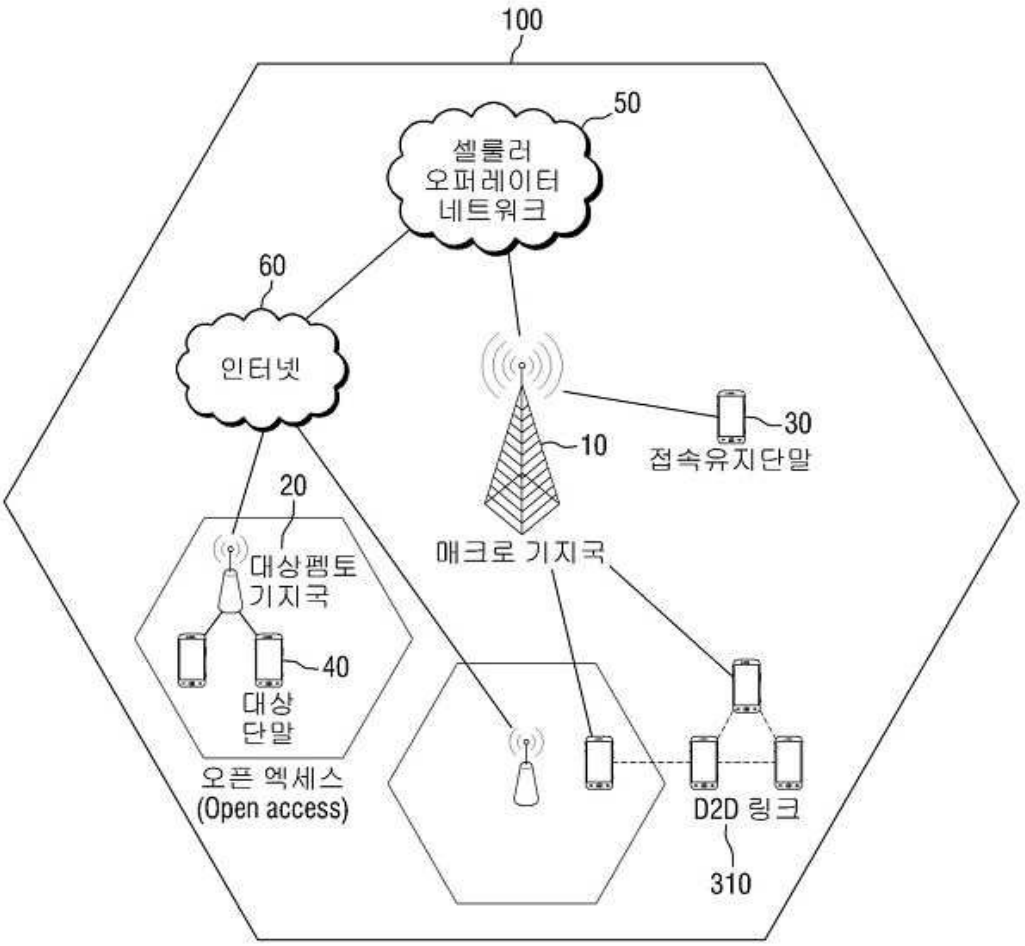
210: 대상 펨토 기지국 전파 영역

240: 대상 펨토 기지국 그룹 영역

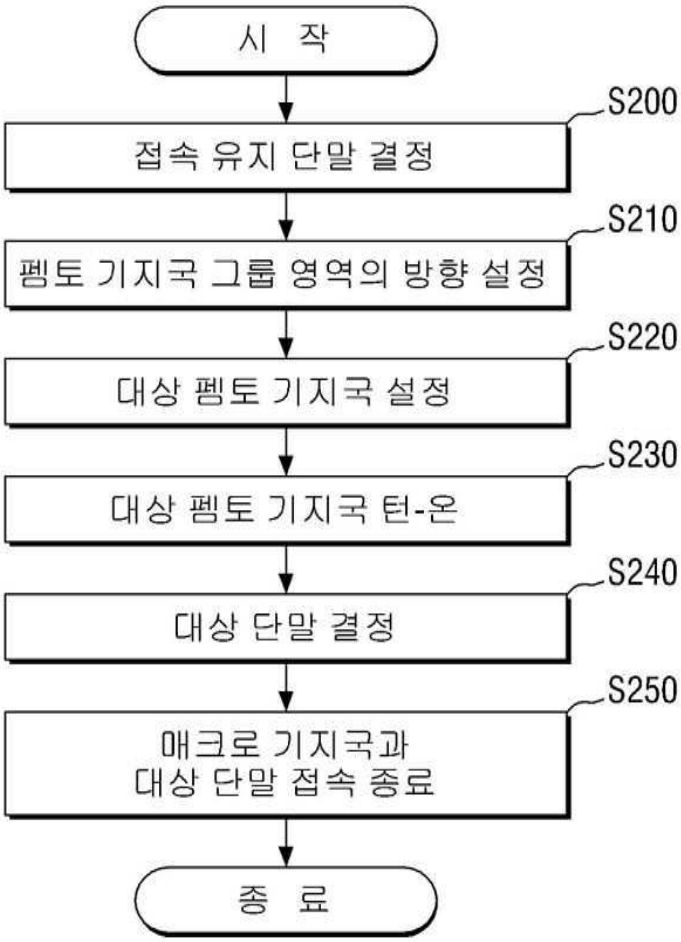
310: D2D 링크

도면

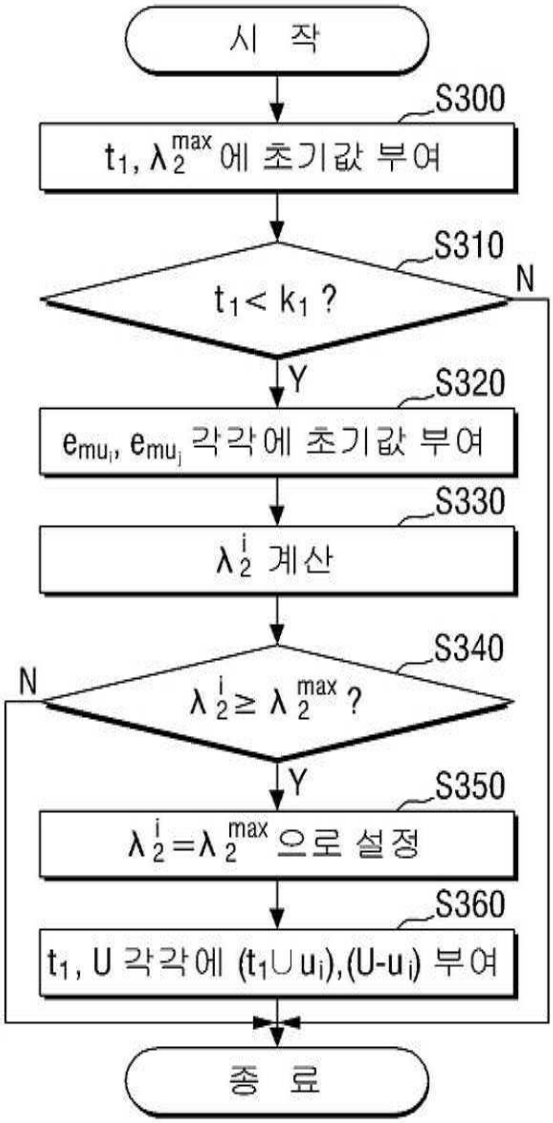
도면1


100
50
셀룰러
오퍼레이터
네트워크
60
인터넷
10
30
접속유지단말
매크로 기지국
20
대상펨토
기지국
40
대상
단말
오픈 엑세스
(Open access)
D2D 링크
310

도면2


시 작
S200
접속 유지 단말 결정
S210
펨토 기지국 그룹 영역의 방향 설정
S220
대상 펨토 기지국 설정
S230
대상 펨토 기지국 턴-온
S240
대상 단말 결정
S250
매크로 기지국과
대상 단말 접속 종료
종 료

도면3a

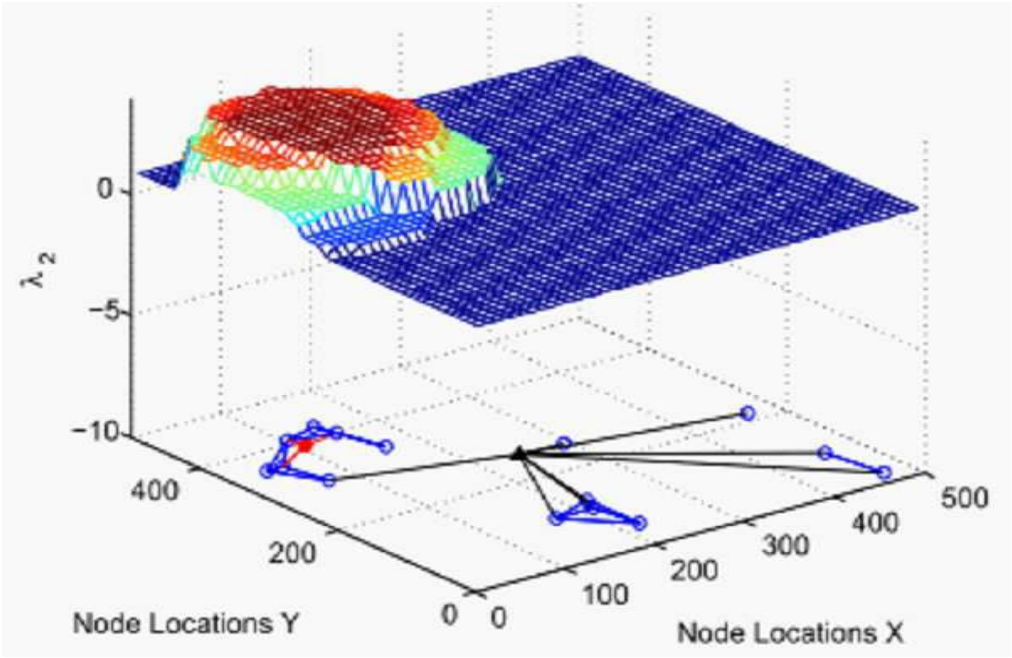

시 작
S300
t_1, λ_2^{max} 에 초기값 부여
S310
$t_1 < k_1$?
N
Y
S320
e_{mu_i}, e_{mu_j} 각각에 초기값 부여
S330
λ_2^i 계산
S340
$\lambda_2^i \geq \lambda_2^{max}$?
N
Y
S350
$\lambda_2^i = \lambda_2^{max}$ 으로 설정
S360
t_1, U 각각에 $(t_1 \cup u_i), (U-u_i)$ 부여
종 료

도면3b

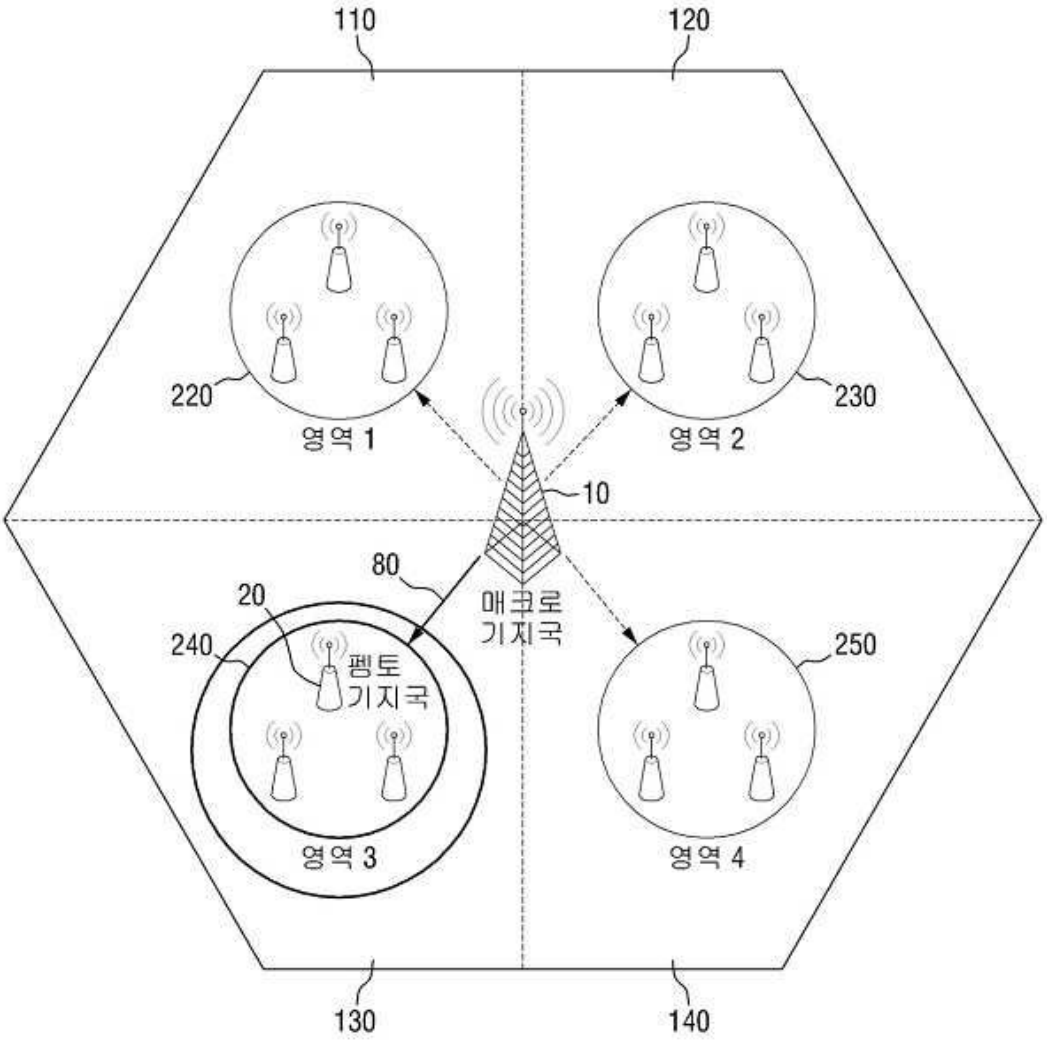
Input: k_1, U
Output: $\mathbf{t_1}$ (The set of UEs found by greedy algorithm for the macro eNB)

begin
  $\mathbf{t_1} \leftarrow \emptyset$
  $\lambda_2^{max} \leftarrow -1$
  if *the size of* $\mathbf{t_1} < k_1$ **then**
    foreach u_i *(i=1,...,U) in* U **do**
      $e_{mu_i} \leftarrow 1$
      e_{mu_j} (i≠j)$\leftarrow 0$
      calculate λ_2^i
      if $\lambda_2^i \geq \lambda_2^{max}$ **then**
        $\lambda_2^{max} = \lambda_2^i$
      end
    end
    if $\lambda_2^i = \lambda_2^{max}$ **then**
      $\mathbf{t_1} \leftarrow \mathbf{t_1} \bigcup u_i$
      $\mathbf{U} \leftarrow \mathbf{U} - u_i$
    end
  end
  /* Set up links between the UEs in $\mathbf{t_1}$ and the macro eNB */
end

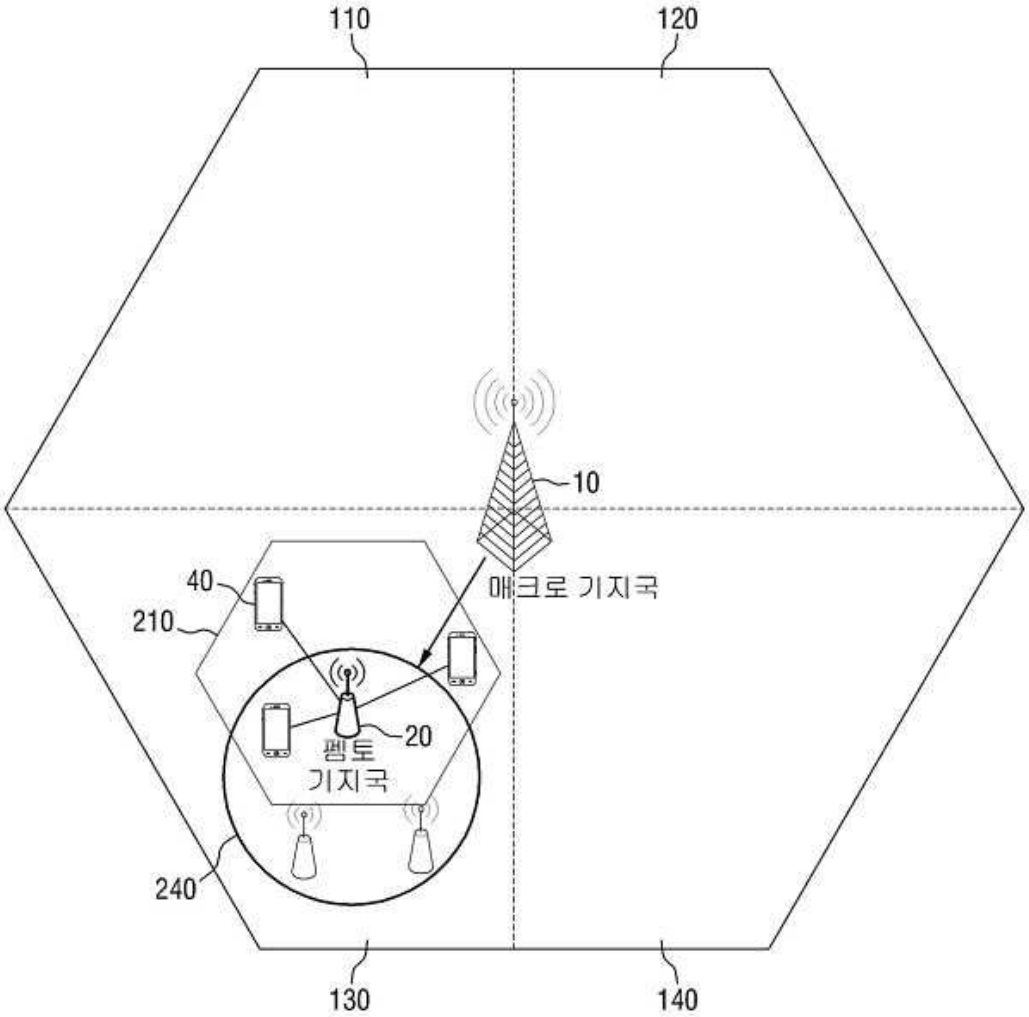
도면4



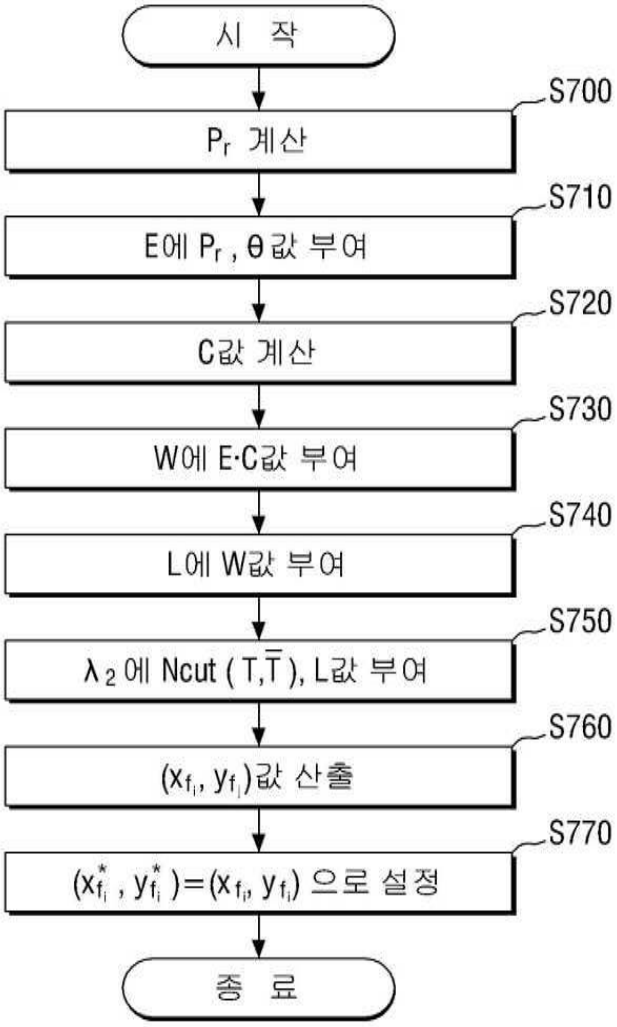
도면5


110
120
220
230
영역 1
영역 2
10
80
20
240
펨토
기지국
매크로
기지국
250
영역 3
영역 4
130
140

도면6



도면7a

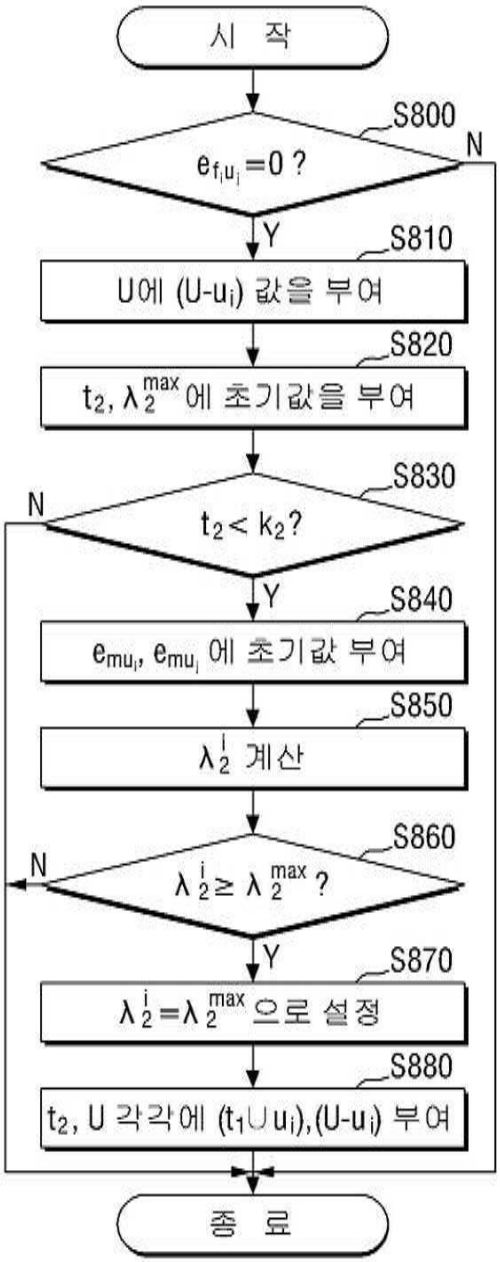


도면7b

Input: $G(\{\mathbf{M}, \mathbf{F}, \mathbf{U}\}, \mathbf{E})$, link success probability threshold θ
Output: $(x^*_{f_i}, y^*_{f_i})$

begin
  if *KKT conditions in* (22) *and* (23) *not satisified* **then**
    calculate $\mathbf{Pr}$ using Eq. (4(a))
    $\mathbf{E} \leftarrow \mathbf{Pr}, \theta$
    calculate $\mathbf{C}$ using Eq. (5)
    $\mathbf{W} \leftarrow \mathbf{E} \cdot \mathbf{C}$
    $\mathbf{L} \leftarrow \mathbf{W}$
    $\lambda_2 \leftarrow Ncut(T, \overline{T})$, $\mathbf{L}$
    (x_{f_i}, y_{f_i}) by solving Eq. (14)
  end
  $(x^*_{f_i}, y^*_{f_i}) = (x_{f_i}, y_{f_i})$
  /* Turn the femto eNB at $(x^*_{f_i}, y^*_{f_i})$ or nearby one to open access mode*/
end

도면8a

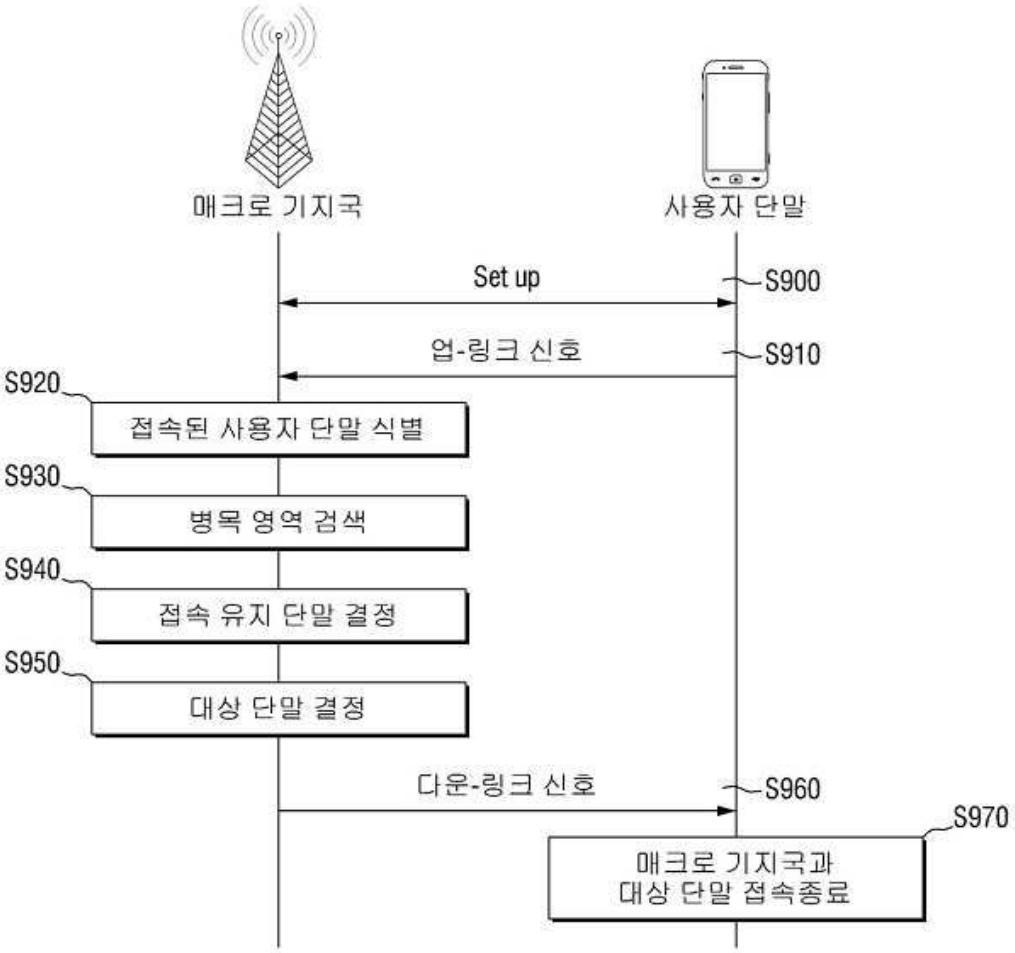

시 작
S800
$e_{f_iu_i}=0$?
N
Y
S810
U에 $(U-u_i)$ 값을 부여
S820
t_2, λ_2^{max} 에 초기값을 부여
S830
N
$t_2 < k_2$?
Y
S840
e_{mu_i}, e_{mu_i} 에 초기값 부여
S850
λ_2^i 계산
S860
N
$\lambda_2^i \geq \lambda_2^{max}$?
Y
S870
$\lambda_2^i = \lambda_2^{max}$ 으로 설정
S880
t_2, U 각각에 $(t_1 \cup u_i), (U-u_i)$ 부여
종 료

도면8b

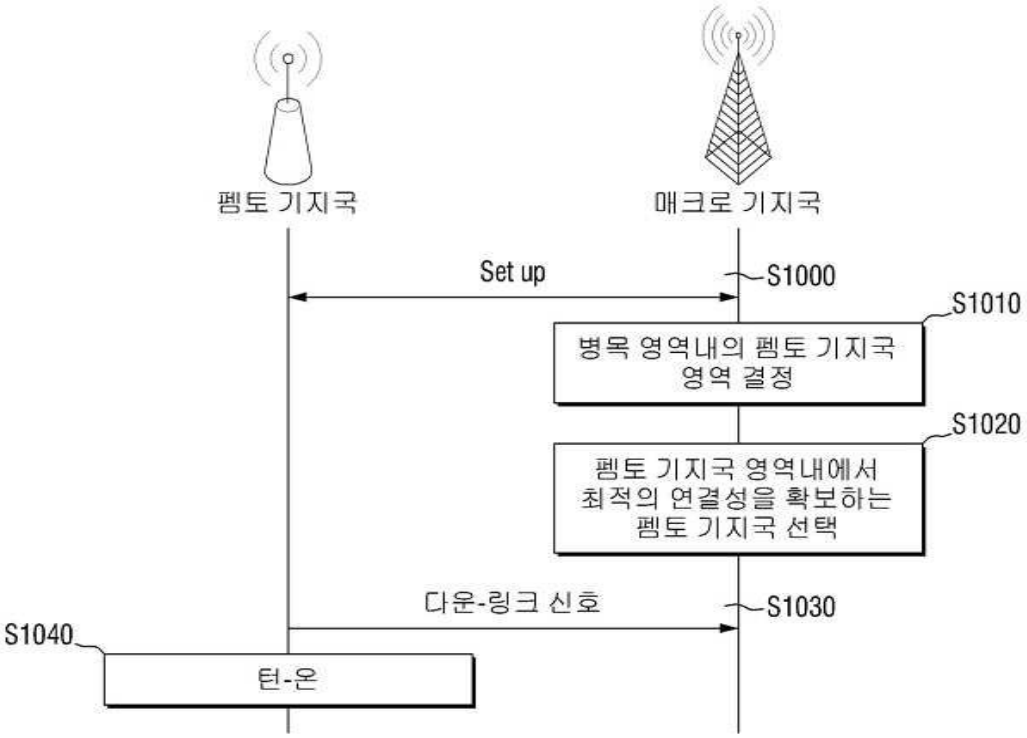
Input: k_2, $\mathbf{U}$
Output: $\mathbf{t_2}$ (The set of UEs found by greedy algorithm for the femto eNB)

begin
  if $e_{f_i u_j} = 0$ **then**
    $\mathbf{U} \leftarrow \mathbf{U} - u_i$
  end
  $\mathbf{t_2} \leftarrow \emptyset$
  $\lambda_2^{max} \leftarrow -1$
  if *the size of* $\mathbf{t_2} < k_2$ **then**
    foreach u_i *in* $\mathbf{U}$ **do**
      $e_{mu_i} \leftarrow 1$
      e_{mu_j} (i≠j)$\leftarrow 0$
      calculate λ_2^i
      if $\lambda_2^i \geq \lambda_2^{max}$ **then**
        $\lambda_2^{max} = \lambda_2^i$
      end
    end
    if $\lambda_2^i = \lambda_2^{max}$ **then**
      $\mathbf{t_2} \leftarrow \mathbf{t_1} \bigcup u_i$
      $\mathbf{U} \leftarrow \mathbf{U} - u_i$
    end
  end
  /* Set up links between the UEs in $\mathbf{t_2}$ and the femto eNB */
end

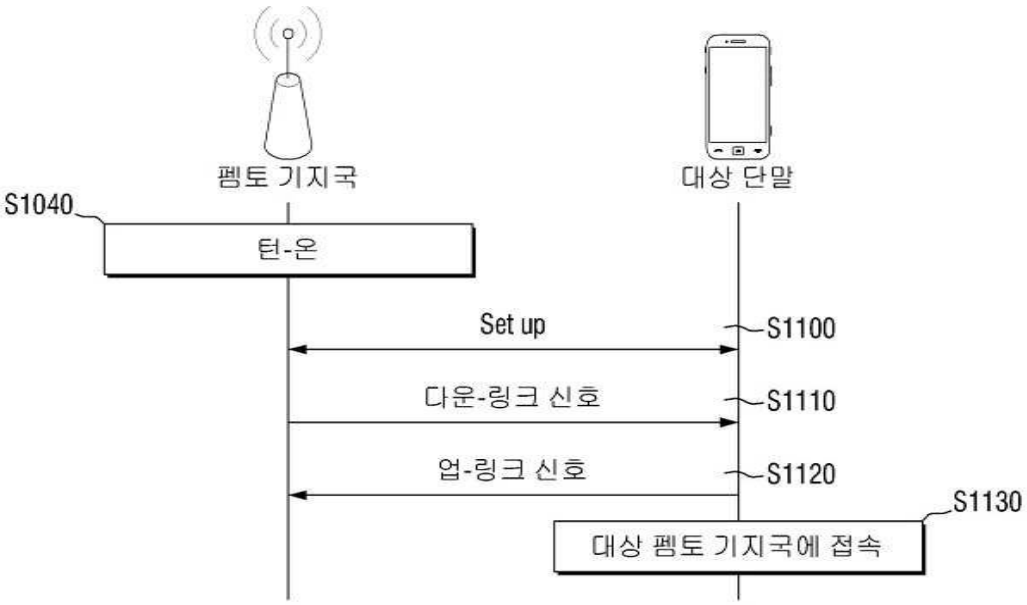
도면9


매크로 기지국
사용자 단말
Set up
S900
업-링크 신호
S910
S920
접속된 사용자 단말 식별
S930
병목 영역 검색
S940
접속 유지 단말 결정
S950
대상 단말 결정
다운-링크 신호
S960
S970
매크로 기지국과
대상 단말 접속종료

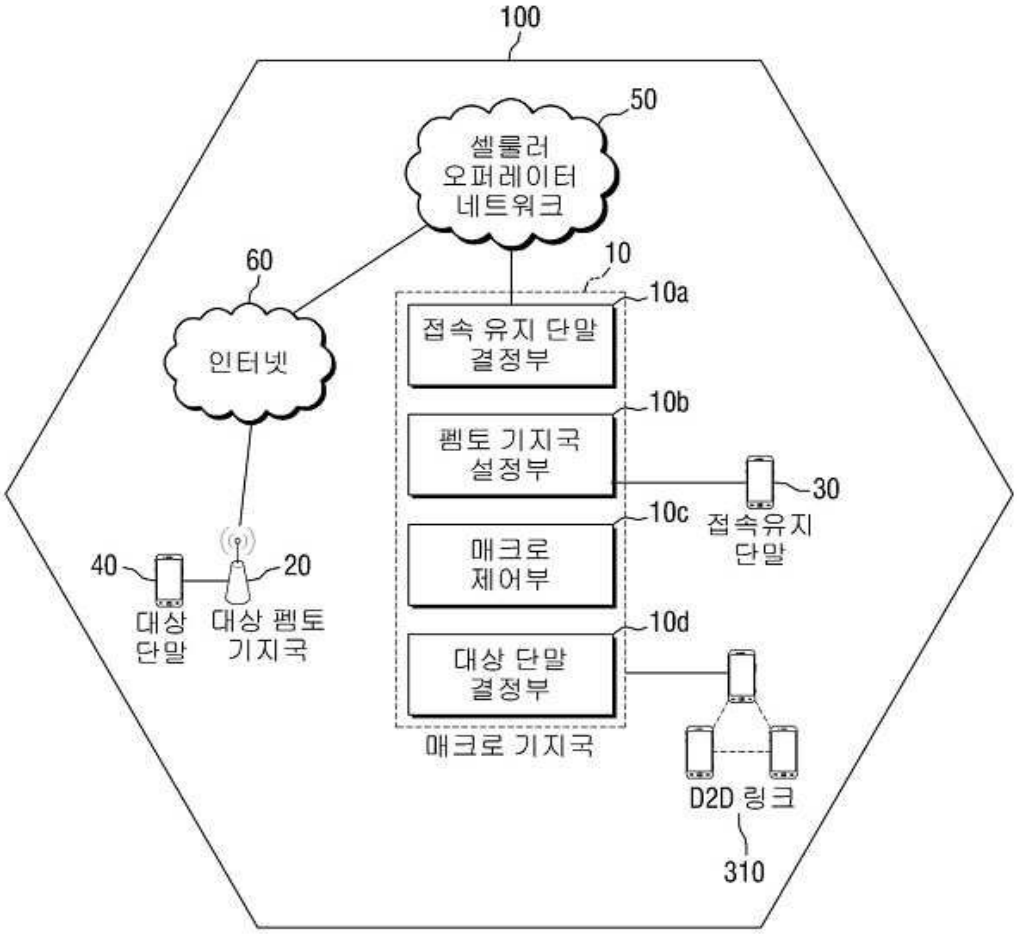
도면10


펨토 기지국
매크로 기지국
Set up
S1000
S1010
병목 영역내의 펨토 기지국
영역 결정
S1020
펨토 기지국 영역내에서
최적의 연결성을 확보하는
펨토 기지국 선택
다운-링크 신호
S1030
S1040
턴-온

도면11


펨토 기지국
대상 단말
S1040
턴-온
Set up
S1100
다운-링크 신호
S1110
업-링크 신호
S1120
S1130
대상 펨토 기지국에 접속

도면12


100
50
셀룰러 오퍼레이터 네트워크
60
인터넷
10
10a
접속 유지 단말 결정부
10b
펨토 기지국 설정부
30
접속유지 단말
10c
매크로 제어부
40
20
대상 단말
대상 펨토 기지국
10d
대상 단말 결정부
매크로 기지국
D2D 링크
310

도면13

Input: Algorithm 1-3
Output: $(x^*_{f_i}, y^*_{f_i})$, t_1, t_2

begin
  while *the convergent output results not achieved in Algorithm 1-3* **do**
    $(x^*_{f_i}, y^*_{f_i}) \leftarrow$ Algorithm 1
    $t_1 \leftarrow$ Algorithm 2
    $t_2 \leftarrow$ Algorithm 3
  end
  /* Turn the femto eNB at $(x^*_{f_i}, y^*_{f_i})$ or one nearby the open access mode, set up links between the UEs in t_2 and for the femto eNB, and set up links between the UEs in t_2 and for the femto eNB */
end

도면14

