



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년05월14일  
(11) 등록번호 10-2110583  
(24) 등록일자 2020년05월07일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
HO4W 52/02 (2009.01)
- (52) CPC특허분류  
HO4W 52/0206 (2013.01)  
HO4W 52/0232 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7026338
- (22) 출원일자(국제) 2014년02월28일  
심사청구일자 2018년11월30일
- (85) 번역문제출일자 2016년09월23일
- (65) 공개번호 10-2016-0129021
- (43) 공개일자 2016년11월08일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2014/053954
- (87) 국제공개번호 WO 2015/127988  
국제공개일자 2015년09월03일
- (56) 선행기술조사문헌  
US20130294272A1  
KR1020110108885A  
KR1020120068298A  
KR1020110083054A

- (73) 특허권자  
텔레콤 이탈리아 소시에떼 퍼 아찌오니  
이탈리아 밀라노 20123 비아 가에타노 네그리 1
- (72) 발명자  
카레티 마르코  
이탈리아 아이-10148 토리노 비아 지. 레이스 로  
몰리 274 텔레콤 이탈리아 소시에떼 퍼 아찌오니  
사벨라 다리오  
이탈리아 아이-10148 토리노 비아 지. 레이스 로  
몰리 274 텔레콤 이탈리아 소시에떼 퍼 아찌오니  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
리엔특허법인

전체 청구항 수 : 총 15 항

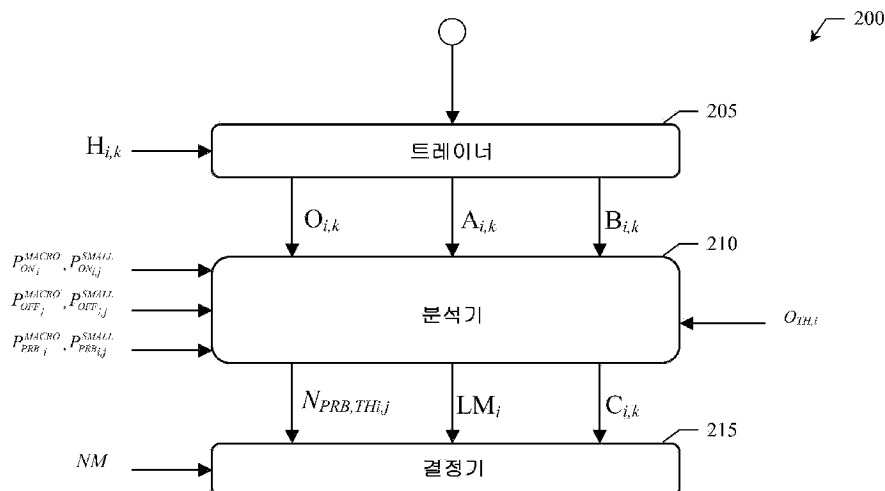
심사관 : 구영희

(54) 발명의 명칭 모바일 셀룰러 네트워크에서의 전력 소모 최적화 방법

(57) 요약

셀룰러 네트워크(100)를 관리하는 방법(200)이 제안되어 있다. 상기 셀룰러 네트워크(100)는 대응하는 매크로 셀들(105<sub>i</sub>)을 정의하는 복수 개의 매크로 노드들(105<sub>i</sub>) 및 상기 매크로 셀들(105<sub>i</sub>)에 내재하는 복수 개의 스몰 노드들(110<sub>i,j</sub>)을 포함한다. 상기 방법(200)은 복수 개의 시간 스냅샷들 중 각각의 현재 시간 스냅샷에서 그리고 각

도면



각의 매크로 셀(105<sub>cj</sub>)에 대해, 다음과 같은 단계들: 상기 셀룰러 네트워크(100)의 과거 트래픽 부하( $H_{i,k}$ )에 따라 단지 활성화되는 매크로 노드들(105<sub>i</sub>)만을 지니는 상기 셀룰러 네트워크(100)의 제1 구성에서 과부하 확률( $O_{i,k}$ )을 제공하는 단계; 상기 복수 개의 시간 스냅샷들 중에서 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>) 비활성화에 대한 제1 후보 시간 스냅샷들(LM<sub>i</sub>)을 식별하는 단계(305-310)로서, 각각의 제1 후보 시간 스냅샷(LM<sub>i</sub>)에서 상기 과부하 확률( $O_{i,k}$ )이 문턱값 과부하 확률( $O_{Thi}$ )보다 낮은, 단계(305-310); 및 상기 현재 시간 스냅샷이 상기 제1 후보 시간 스냅샷들(LM) 중의 하나인 경우(435), 각각의 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>)로서, 문턱값 개수( $M_{PRB,Thi,j}$ )보다는 적은 현재 할당된 무선 자원 개수를 지니고(430), 그리고 과부하 조건에서 현재 어떠한 매크로 노드들(105<sub>i</sub>)도 스몰 노드들(110<sub>i,j</sub>)도 지니지 않는 매크로 셀(105<sub>cj</sub>)에 내재하는(420), 각각의 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>)를 비활성화하는 단계(440);를 포함한다.

(52) CPC특허분류

*Y02D 70/00* (2018.01)

(72) 발명자

스테아 조반니

이탈리아 아이-56122 피사 비아 카루소 16 피사대  
학교 정보공학과

비르디스 안토니오

이탈리아 아이-56122 피사 비아 카루소 16 피사대  
학교 정보공학과

명세서

청구항

청구항 1

셀룰러 네트워크(100)를 관리하는 방법(200)으로서, 상기 셀룰러 네트워크(100)는 대응하는 매크로 셀들(105<sub>Ci</sub>)을 정의하는 복수 개의 매크로 노드들(105<sub>i</sub>) 및 상기 매크로 셀들(105<sub>Ci</sub>)에 내재하는 복수 개의 스몰 노드들(110<sub>i,j</sub>)을 포함하는, 셀룰러 네트워크의 관리 방법(200)에 있어서,

상기 셀룰러 네트워크의 관리 방법(200)은,

복수 개의 시간 스냅샷들 중 각각의 현재 시간 스냅샷에서 그리고 각각의 매크로 셀(105<sub>Ci</sub>)에 대해:

상기 셀룰러 네트워크(100)의 과거 트래픽 부하(H<sub>i,k</sub>)에 따라 단지 활성화되는 매크로 노드들(105<sub>i</sub>)만을 지니는 상기 셀룰러 네트워크(100)의 제1 구성에서 과부하 확률(O<sub>i,k</sub>)을 제공하는 단계(205);

상기 복수 개의 시간 스냅샷들 중에서 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>) 비활성화에 대한 제1 후보 시간 스냅샷들(LM<sub>i</sub>)을 식별하는 단계(305-310)로서, 각각의 제1 후보 시간 스냅샷(LM<sub>i</sub>)에서 상기 과부하 확률(O<sub>i,k</sub>)이 문턱값 과부하 확률(O<sub>THi</sub>)보다는 낮은, 단계(305-310); 및

상기 현재 시간 스냅샷이 상기 제1 후보 시간 스냅샷들(LM<sub>i</sub>) 중의 하나인 경우(435), 각각의 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>)로서,

- 문턱값 개수(N<sub>PRB,THi,j</sub>)보다는 적은 현재 할당된 무선 자원 개수(N<sub>PRB,i,j</sub>)를 지니고(430), 그리고

- 과부하 조건에서 현재 어떠한 매크로 노드들(105<sub>i</sub>)도 스몰 노드들(110<sub>i,j</sub>)도 지니지 않는 매크로 셀(105<sub>Ci</sub>)에 내재하는(420), 각각의 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>)

를 비활성화하는 단계(440);

를 포함하는, 셀룰러 네트워크의 관리 방법(200).

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 식별하는 단계(305-310)는,

각각의 매크로 셀(105<sub>Ci</sub>)에 대해,

상기 제1 후보 시간 스냅샷들을 인접한 제1 후보 시간 스냅샷 그룹들로 그룹화하는 단계; 및

시간 길이의 감소 순서로 상기 인접한 제1 후보 시간 스냅샷 그룹들을 나열하는 단계;

를 포함하며,

상기 각각의 스몰 노드를 비활성화하는 단계(440)는,

각각의 매크로 셀(105<sub>Ci</sub>)에 대해,

상기 현재 시간 스냅샷이 가장 긴 시간 길이를 지니는 인접한 제1 후보 시간 스냅샷(LM<sub>i</sub>) 그룹에 속하는 경우(435) 각각의 스몰 노드를 부가적으로 비활성화하는 단계(440);

를 포함하는, 셀룰러 네트워크의 관리 방법(200).

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 셀룰러 네트워크의 관리 방법(200)은,

각각의 매크로 셀(105<sub>Ci</sub>)에 대해:

상기 셀룰러 네트워크(100)의 전력 소모 모델들 및 상기 과거 트래픽 부하(H<sub>i,k</sub>)에 따라, 상기 복수 개의 시간 스냅샷들 중에서, 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>) 활성화에 대한 제2 후보 시간 스냅샷들(G<sub>OPTi</sub>, C<sub>i,k</sub>)을 식별하는 단계(305-330); 및

- 현재 상기 매크로 셀(105<sub>Ci</sub>)이 과부하 조건에서 적어도 하나의 매크로 노드(105<sub>i</sub>) 또는 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>)를 지니는 경우(505), 또는

- 상기 현재 시간 스냅샷이 상기 제2 후보 시간 스냅샷들(G<sub>OPTi</sub>, C<sub>i,k</sub>) 중 하나인 경우(515)

상기 매크로 셀(105<sub>Ci</sub>)에 내재하는 적어도 하나의 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>)를 활성화하는 단계(510);

를 추가적으로 포함하는, 셀룰러 네트워크의 관리 방법(200).

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 복수 개의 시간 스냅샷들 중에서, 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>) 활성화에 대한 제2 후보 시간 스냅샷들(G<sub>OPTi</sub>, C<sub>i,k</sub>)을 식별하는 단계(305-330)는,

매크로 노드(105<sub>i</sub>) 및 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>) 모두가 활성화될 경우에 상기 셀룰러 네트워크(100)의 상기 전력 소모 모델들 및 상기 과거 트래픽 부하(H<sub>i,k</sub>)에 따라, 상기 셀룰러 네트워크(100)의 제1 구성에서의 제1 평균 전력 소모(P<sub>Ai,k</sub>), 및 상기 셀룰러 네트워크(100)의 제2 구성에서의 제2 평균 전력 소모(P<sub>Bi,k</sub>)를 제공하는 단계(205,315);

를 추가적으로 포함하며,

각각의 제2 후보 시간 스냅샷(G<sub>OPTi</sub>, C<sub>i,k</sub>)에서는, 상기 제1 평균 전력 소모(C<sub>Ai,k</sub>)가 상기 제2 평균 전력 소모(C<sub>Bi,k</sub>)보다는 낮은, 셀룰러 네트워크의 관리 방법(200).

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

각각의 제2 후보 시간 스냅샷(G<sub>OPTi</sub>, C<sub>i,k</sub>)은 상기 제1 후보 시간 스냅샷들(LM<sub>i</sub>) 중에 있지 않은 시간 스냅샷에 인접한 연속 시간 스냅샷 그룹에 추가적으로 속하는, 셀룰러 네트워크의 관리 방법(200).

#### 청구항 6

제4항에 있어서,

상기 제1 평균 전력 소모(P<sub>Ai,k</sub>) 및 제2 평균 전력 소모(P<sub>Bi,k</sub>)를 제공하는 단계(205, 315)는,

상기 과거 트래픽 부하(H<sub>i,k</sub>)에 따라, 각각의 매크로 셀(105<sub>Ci</sub>)에 대해, 상기 셀룰러 네트워크(100)의 제1 및 제2 구성들 각각에서의 제1 평균 할당된 무선 자원 개수(A<sub>i,k</sub>) 및 제2 평균 할당된 무선 자원 개수(B<sub>i,k</sub>)를 제공하는 단계; 및

상기 제1 평균 할당된 무선 자원 개수(A<sub>i,k</sub>) 및 상기 제2 평균 할당된 무선 자원 개수(B<sub>i,k</sub>)에 상기 셀룰러 네트워크(100)의 상기 전력 소모 모델들을 적용하여 상기 제1 평균 전력 소모(P<sub>Ai,k</sub>) 및 상기 제2 평균 전력 소모(P<sub>Bi,k</sub>)를 각각 획득하는 단계;

를 포함하는, 셀룰러 네트워크의 관리 방법(200).

**청구항 7**

제1항에 있어서,

문턱값 개수( $M_{PRB,THi,j}$ )보다는 적은 현재 할당된 무선 자원 개수( $M_{PRBi,j}$ )를 지니는 각각의 스몰 노드( $110_{i,j}$ )를 비활성화하는 단계(440)는,

상기 문턱값 개수( $M_{PRB,THi,j}$ )보다는 적은 현재 할당된 무선 자원 개수( $M_{PRBi,j}$ )를 지니는 상기 셀룰러 네트워크(100)의 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )의 리스트( $L_1$ )를 제공하는 단계(405)로서, 상기 리스트( $L_1$ )는 할당된 무선 자원 개수( $M_{PRBi,j}$ )의 증가 순서로 나열되어 있는, 단계(405); 및

상기 리스트( $L_1$ )가 비워질 때(410)까지,

상기 리스트( $L_1$ )의 제1 스몰 노드( $110_{i,j}$ )를 선택하는 단계(415),

상기 선택된 제1 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 현재 과부하 조건에서 어떠한 매크로 노드( $105_i$ )도 스몰 노드( $110_{i,j}$ )도 지니지 않는 매크로 셀( $105_{Ci}$ )에 내재해 있는 경우에(420), 그리고 상기 현재 시간 스냅샷이 상기 제1 후보 시간 스냅샷들( $LM_i$ ) 중 하나인 경우에(435), 상기 선택된 제1 스몰 노드( $110_{i,j}$ )를 비활성화(440)시키는 단계(440)로서, 상기 선택된 제1 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 현재 과부하 조건에서 어떠한 매크로 노드( $105_i$ )도 스몰 노드( $110_{i,j}$ )도 지니지 않는 매크로 셀( $105_{Ci}$ )에 내재해 있지 않으면, 상기 리스트( $L_1$ )로부터 마지막 스몰 노드( $110_{i,j}$ )를 제거하고, 상기 현재 시간 스냅샷이 상기 제1 후보 시간 스냅샷들( $LM_i$ ) 중 하나가 아니면, 상기 리스트( $L_1$ )로부터 마지막 스몰 노드( $110_{i,j}$ )를 제거하는, 단계, 및

상기 리스트( $L_1$ )로부터 마지막 스몰 노드( $110_{i,j}$ )를 제거하는 단계

를 반복하는 단계;

를 포함하는, 셀룰러 네트워크의 관리 방법(200).

**청구항 8**

제3항에 있어서,

상기 전력 소모 모델들은,

- 활성화될 경우에, 상기 셀룰러 네트워크(100)의 각각의 매크로 노드( $105_i$ ) 및 스몰 노드( $110_{i,j}$ )의 최소 전력

소모( $P_{OFF}^{MACRO}$ ,  $P_{OFF}^{SMALL}$ );

- 비활성화될 경우에, 상기 셀룰러 네트워크(100)의 각각의 매크로 노드( $105_i$ ) 및 스몰 노드( $110_{i,j}$ )의 전력 소

모( $P_{OFF}^{MACRO}$ ,  $P_{OFF}^{SMALL}$ );

- 상기 셀룰러 네트워크(100)의 각각의 매크로 노드( $105_i$ ) 및 스몰 노드( $110_{i,j}$ )에 의한 무선 자원 할당에 대한

전력 소모( $P_{PRE}^{MACRO}$ ,  $P_{PRE}^{SMALL}$ )

를 포함하는, 셀룰러 네트워크의 관리 방법(200).

**청구항 9**

제8항에 있어서,

각각의 매크로 셀( $105_{Ci}$ )에 대하여는, 상기 문턱값 개수( $M_{PRB,THi,j}$ )가 각각의 매크로 노드( $105_i$ ) 및 스몰 노드( $110_{i,j}$ )에 의한 상기 문턱값 개수( $M_{PRB,THi,j}$ )의 할당에 대한 전력 소모의 차 및 활성화 구성 및 비활성화 구성에

서의 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )의 전력 소모들 간의 차에 의존하는, 셀룰러 네트워크의 관리 방법(200).

**청구항 10**

컴퓨터 프로그램이 기록된 비-일시적 컴퓨터-관독가능 저장 매체로서, 상기 컴퓨터 프로그램은, 컴퓨터상에서 실행될 때 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항의 단계들을 수행하도록 구성된 코드 수단을 포함하는, 비-일시적 컴퓨터-관독가능 저장 매체.

**청구항 11**

셀룰러 네트워크(100)를 관리하는 관리 시스템(200)으로서, 상기 셀룰러 네트워크(100)는 대응하는 매크로 셀들( $105_{c_i}$ )을 정의하는 복수 개의 매크로 노드들( $105_i$ ) 및 상기 매크로 셀들( $105_{c_i}$ )에 내재하는 복수 개의 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )을 포함하는, 관리 시스템(200)에 있어서,

상기 관리 시스템(200)은,

복수 개의 시간 스냅샷들 중 각각의 현재 시간 스냅샷에서 그리고 각각의 매크로 셀( $105_{c_i}$ )에 대해,

상기 셀룰러 네트워크(100)의 과거 트래픽 부하( $H_{i,k}$ )에 따라 단지 활성화되는 매크로 노드들( $105_i$ )만을 지니는 상기 셀룰러 네트워크(100)의 제1 구성에서 과부하 확률( $O_{i,k}$ )을 제공(205)하도록 구성된 제1 모듈(205);

각각의 현재 시간 스냅샷에서 그리고 각각의 매크로 셀( $105_{c_i}$ )에 대해,

상기 복수 개의 시간 스냅샷들 중에서 스몰 노드( $110_{i,j}$ ) 비활성화에 대한 제1 후보 시간 스냅샷들( $LM_i$ )을 식별(305-310)하도록 구성된 제2 모듈(210)로서, 각각의 제1 후보 시간 스냅샷( $LM_i$ )에서 상기 과부하 확률( $O_{i,k}$ )이 문턱값 과부하 확률( $O_{Thi}$ )보다는 낮은, 제2 모듈(210); 및

각각의 현재 시간 스냅샷에서 그리고 각각의 매크로 셀( $105_{c_i}$ )에 대해,

상기 현재 시간 스냅샷이 상기 제1 후보 시간 스냅샷들( $LM_i$ ) 중의 하나인 경우,

상기 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 문턱값 개수( $M_{RB,Thi,j}$ )보다는 적은 현재 할당된 무선 자원 개수( $M_{RBi,j}$ )를 지니는 경우(430), 그리고

상기 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 과부하 조건에서 현재 어떠한 매크로 노드들( $105_i$ )도 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )도 지니지 않는 매크로 셀( $105_{c_i}$ )에 내재하는 경우(420), 각각의 스몰 노드( $110_{i,j}$ )를 비활성화(440)하도록 구성된 제3 모듈(215);

을 포함하는, 관리 시스템(200).

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 제3 모듈(215)은, 또한

각각의 현재 시간 스냅샷에서 그리고 각각의 매크로 셀( $105_{c_i}$ )에 대해:

상기 셀룰러 네트워크(100)의 전력 소모 모델들 및 상기 과거 트래픽 부하( $H_{i,k}$ )에 따라, 상기 복수 개의 시간 스냅샷들 중에서, 스몰 노드( $110_{i,j}$ ) 활성화에 대한 제2 후보 시간 스냅샷들( $G_{OPTi}$ ,  $C_{i,k}$ )을 식별(305-330)하도록 구성되고,

- 현재 상기 매크로 셀( $105_{c_i}$ )이 과부하 조건에서 적어도 하나의 매크로 노드( $105_i$ ) 또는 스몰 노드( $110_{i,j}$ )를 지니는 경우(505), 또는

- 상기 현재 시간 스냅샷이 상기 제2 후보 시간 스냅샷들( $G_{OPTi}$ ,  $C_{i,k}$ ) 중 하나인 경우(515)

상기 매크로 셀(105<sub>c<sub>i</sub></sub>)에 내재하는 적어도 하나의 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>)를 활성화(510)하도록 구성되는, 관리 시스템(200).

**청구항 13**

셀룰러 네트워크(100)로서, 대응하는 매크로 셀들(105<sub>c<sub>i</sub></sub>)을 정의하는 복수 개의 매크로 노드들(105<sub>c<sub>i</sub></sub>) 및 상기 매크로 셀들(105<sub>c<sub>i</sub></sub>)에 내재하는 복수 개의 스몰 노드들(110<sub>i,j</sub>)을 포함하는, 셀룰러 네트워크(100)에 있어서,

상기 셀룰러 네트워크(100)는,

제11항 또는 제12항에 따른 관리 시스템(200)을 부가적으로 포함하는, 셀룰러 네트워크(100).

**청구항 14**

제13항에 있어서, 상기 스몰 노드들(110<sub>i,j</sub>)은 상기 매크로 셀들(105<sub>c<sub>i</sub></sub>)보다는 작은 대응하는 스몰 셀들을 정의하는, 셀룰러 네트워크(100).

**청구항 15**

제13항에 있어서, 상기 스몰 노드들(110<sub>i,j</sub>)은 마이크로 노드들, 피코 노드들, 그리고 또는 펨토 노드들을 포함하는, 셀룰러 네트워크(100).

*발명의 설명*

*기술 분야*

[0001] 본 발명의 실시 예들에 따른 과제해결수법은 일반적으로 기술하면 셀룰러 네트워크(예컨대, 2G, 3G 및 LTE/LTE-어드밴스드 셀룰러 네트워크)와 같은 무선 통신 네트워크에 관한 것이다. 더 구체적으로 기술하면, 본 발명은 이종(異種) 셀룰러 네트워크, 및 그러한 셀룰러 네트워크 내에서의 (예컨대, 스몰(small)) 노드들의 활성화 및/또는 비활성화를 효율적으로 그리고 동적으로 관리하는 방법에 관한 것이다.

*배경 기술*

[0002] 셀룰러 네트워크(예컨대, 2G, 3G 및 LTE/LTE-어드밴스드 셀룰러 네트워크)는 데이터 트래픽(또한, 트래픽 부하로 언급됨)이 개별 지역(셀)에 걸쳐 전파를 방사하는 고정 위치 송수신 기지국(또는 노드) 및 상기 셀에 내재하는 사용자 장비들(예컨대, 셀룰러폰들과 같은 사용자 단말기들) 간에 고속으로 반송(搬送)되는 것을 허용한다.

[0003] 셀룰러 네트워크는 보급 및 성능 면에서 상당한 성장을 경험하였고, 최근에는 이종(異種) 셀룰러 네트워크로 진화하였다. 구체적으로 기술하면, 각각의 이종 셀룰러 네트워크는 소위 매크로(macro) 셀들을 식별하는, 상대적으로 전력이 높고 커버리지(coverage)가 넓은 노드들(이하, 프라이머리(primary) 또는 매크로 노드들) 및 전반적인 커버리지 및 용량을 향상시키기 위해 상기 매크로 셀들 내에서 스몰 셀들을 식별하는, 상대적으로 전력이 낮고 커버리지가 좁은 노드들(이하, 세컨더리(secondary) 또는 스몰 노드들, 예컨대 마이크로(micro), 피코(pico), 펨토(femto) 노드들)를 포함한다.

[0004] 그러나 셀룰러 네트워크 사용자들의 수가 늘어나고 (멀티미디어 및 실시간 서비스들과 같은) 매우 높은 트래픽 부하를 필요로 하고 매우 높은 "서비스 품질(Quality of Service)"을 요구하는 서비스들에 대한 요구가 늘어남에 기인하여, 다수의 스몰 노드가 각각의 매크로 셀 내에, 실내 및 실외 장소들에 그리고 높은 용량이 필요하면 어디든지 배치되는 것이 전형적이다.

[0005] 따라서, 필적할 만한 전력 및 커버리지의 매크로 노드들을 기반으로 하여 이루어지는 전통적인 동종(同種) 셀룰러 네트워크에 비하여, 이종 셀룰러 네트워크에서는 고밀도의 스몰 노드들이 또한 완전한 계획을 세우지 않거나 심지어는 전혀 조정을 받지 않는 방식으로 배치될 수 있다.

[0006] 공지된 바와 같이, 이는 전력 소모 문제들을 선명하게 부각시킬 수 있다.

[0007] 셀룰러 네트워크 용량 및 성능을 더 잘 관리하고, 전력 소모를 최적화하기 위해, 스몰 노드들의 활성화 및/또는 비활성화를 적절히 관리하는데 그 목적이 있는 과제해결수법들이 공지되어 있다.

[0008] US2012157002에는 모바일 네트워크 제어 장치 및 에너지 절감 방법이 개시되어 있다. 상기 모바일 네트워크 제어 장치는 제1 셀을 커버리지 범위로 제공하도록  $m$  개의 기지국에 의해 소모되는 제1의 총 소모 전력량, 및 상기 제1 셀을 포함하는 제2 셀을 커버리지 범위로 제공하도록  $n$  개의 기지국에 의해 소모되는 제2의 총 소모 전력량을 계산할 수 있다. 상기 모바일 네트워크 제어 장치는 고 전력 모드 상에서  $n$  개의 기지국의 동작을 개시함으로써, 그리고 상기 제1의 총 소모 전력량이 상기 제2의 총 소모 전력량보다 크면  $n$  개의 기지국을 배제한 나머지 기지국의 동작을 정지함으로써 에너지를 절감할 수 있다.

[0009] WO2012167817에는 무선 액세스 네트워크의 전력 소모를 관리하는 방법이 개시되어 있다. 상기 방법은 상기 무선 액세스 네트워크의 적어도 2개의 무선 자원 유닛을 포함하는 클러스터를 정의하는 단계; 상기 클러스터의 성능 및 상기 클러스터의 전력 소모를 나타내는 매개변수를 정의하는 단계로서, 상기 매개변수는 상기 클러스터의 무선 자원 유닛들에 의해 수반되는 트래픽 처리량의 함수로서 표현되는, 단계; 상기 매개변수를 최적화하는 상기 클러스터의 무선 자원 유닛들에 의해 수반되는 트래픽 처리량의 값들로서 최적 트래픽 처리량을 계산하는 단계; 및 상기 클러스터의 무선 자원 유닛들이 상기 계산된 최적 트래픽 처리량을 수반하도록 하는 트래픽을 상기 클러스터의 무선 자원 유닛들 사이에 분배하는 단계를 포함한다.

**발명의 내용**

[0010] 본원 출원인은 인용한 선행기술의 과제해결수법들 중 어느 것도 만족스럽지 않음을 알게 되었다.

[0011] 실제로, 그러한 과제해결수법들에서는, 스몰 노드 활성화/비활성화가 비교적 빈번한데, 이는 셀룰러 네트워크 장치의 수명 및 평균 고장 간격(Mean Time Between Failures; MTBF)과 같은 매개변수들, 결과적으로는 유지보수 비용에 악영향을 준다. 더욱이, 빈번한 스몰 노드 스위치 온/오프는 일반적으로 상기 셀룰러 네트워크에 종종 리플 효과를 미치는, 대규모 핸드오버를 초래함으로써, 불안정성 및/또는 예측 불가능한 성능을 초래한다.

[0012] 마지막으로 중요한 점은, 그러한 과제해결수법들이 대기시간(latencies)(예컨대, 긴 처리 시간에 기인한 대기시간) 때문에, 고밀도의 스몰 노드들에 기인하는 매우 동적인 조건들을 관리하는데 적합하지 않다.

[0013] 상기의 관점에서, 본원 출원인은 이중 셀룰러 네트워크의 (교환 트래픽 부하 면에서 만족도를 높이면서) 전력 소모를 효율적으로 감소하는 과제에 착수하였으며, 이를 달성하기 위해, 과거 및 현재 트래픽 부하 조건들 모두를 기반으로 하여 스몰 노드 활성화/비활성화(다시 말하면, 활성화 및/또는 비활성화)를 동적으로 관리할 수 있는 알고리즘을 고안하였다.

[0014] 본 발명의 특정 실시 예들에 따른 과제해결수법의 하나 이상의 실시형태들은 독립 청구항들에 기재되어 있으며, 동일한 과제해결수법의 유리한 특징들은 종속 청구항들에 나타나 있는데, 독립 청구항들 및 종속 청구항들의 문구는 문구 그대로 본원 명세서에 참고로 기재되어 있다(어느 유리한 특징은 다른 어떤 실시형태에 준용하는 본 발명의 한 실시 예에 따른 과제해결수법의 특정 실시형태를 참조하여 제공되어 있다).

[0015] 더 구체적으로 기술하면, 본 발명의 하나 이상의 실시 예들에 따른 과제해결수법의 한 실시형태는 셀룰러 네트워크를 관리하는 방법으로서, 상기 셀룰러 네트워크가 대응하는 매크로 셀들을 정의하는 복수 개의 매크로 노드들 및 상기 매크로 셀들에 내재하는 복수 개의 스몰 노드들을 포함하는, 셀룰러 네트워크의 관리 방법에 관한 것이다. 상기 셀룰러 네트워크의 관리 방법은,

[0016] 복수 개의 시간 스냅샷들 중 각각의 현재 시간 스냅샷에서 그리고 각각의 매크로 셀에 대해:

[0017] 상기 셀룰러 네트워크의 과거 트래픽 부하에 따라 단지 활성화되는 매크로 노드들만을 지니는 상기 셀룰러 네트워크의 제1 구성에서 과부하 확률을 제공하는 단계;

[0018] 상기 복수 개의 시간 스냅샷들 중에서 스몰 노드 비활성화에 대한 제1 후보 시간 스냅샷들을 식별하는 단계로서, 각각의 제1 후보 시간 스냅샷에서 상기 과부하 확률이 문턱값 과부하 확률보다는 낮은, 단계; 및

[0019] 상기 현재 시간 스냅샷이 상기 제1 후보 시간 스냅샷들 중의 하나인 경우, 각각의 스몰 노드로서,

[0020] - 문턱값 개수보다는 적은 현재 할당된 무선 자원 개수를 지니고, 그리고

[0021] - 과부하 조건에서 현재 어떠한 매크로 노드들도 스몰 노드들도 지니지 않는 매크로 셀에 내재하는, 각각의 스몰 노드

[0022] 를 비활성화하는 단계;



- [0023] 를 포함한다.
- [0024] 본 발명의 한 실시 예에 의하면, 상기 식별하는 단계는, 각각의 매크로 셀에 대해, 상기 제1 후보 시간 스냅샷들을 인접한 제1 후보 시간 스냅샷 그룹들로 그룹화하는 단계; 및 시간 길이의 감소 순서로 상기 인접한 제1 후보 시간 스냅샷 그룹들을 나열하는 단계;를 포함하며, 상기 각각의 스몰 노드를 비활성화하는 단계는, 각각의 매크로 셀에 대해, 상기 현재 시간 스냅샷이 가장 긴 시간 길이를 지니는 인접한 제1 후보 시간 스냅샷 그룹에 속하는 경우 각각의 스몰 노드를 부가적으로 비활성화하는 단계;를 포함한다.
- [0025] 본 발명의 한 실시 예에 의하면, 상기 셀룰러 네트워크의 관리 방법은,
- [0026] 각각의 매크로 셀에 대해:
- [0027] 상기 셀룰러 네트워크의 전력 소모 모델들 및 상기 과거 트래픽 부하에 따라, 상기 복수 개의 시간 스냅샷들 중에서, 스몰 노드 활성화에 대한 제2 후보 시간 스냅샷들을 식별하는 단계; 및
- [0028] - 현재 상기 매크로 셀이 과부하 조건에서 적어도 하나의 매크로 노드 또는 스몰 노드를 지니는 경우, 또는
- [0029] - 상기 현재 시간 스냅샷이 상기 제2 후보 시간 스냅샷들 중 하나인 경우
- [0030] 상기 매크로 셀에 내재하는 적어도 하나의 스몰 노드를 활성화하는 단계;
- [0031] 를 부가적으로 포함한다.
- [0032] 본 발명의 한 실시 예에 의하면, 상기 복수 개의 시간 스냅샷들 중에서, 스몰 노드 활성화에 대한 제2 후보 시간 스냅샷들을 식별하는 단계는, 매크로 노드 및 스몰 노드 모두가 활성화될 경우에 상기 셀룰러 네트워크의 상기 전력 소모 모델들 및 상기 과거 트래픽 부하에 따라, 상기 셀룰러 네트워크의 제1 구성에서의 제1 평균 전력 소모, 및 상기 셀룰러 네트워크의 제2 구성에서의 제2 평균 전력 소모를 제공하는 단계;를 부가적으로 포함한다. 각각의 제2 후보 시간 스냅샷에서는, 상기 제1 평균 전력 소모가 상기 제2 평균 전력 소모( $C_{bi,k}$ )보다는 낮다.
- [0033] 본 발명의 한 실시 예에 의하면, 각각의 제2 후보 시간 스냅샷은 상기 제1 후보 시간 스냅샷들 중에 있지 않은 시간 스냅샷에 인접한 연속 시간 스냅샷 그룹에 부가적으로 속한다.
- [0034] 본 발명의 한 실시 예에 의하면, 상기 제1 평균 전력 소모 및 제2 평균 전력 소모를 제공하는 단계는,
- [0035] 상기 과거 트래픽 부하에 따라, 각각의 매크로 셀에 대해, 상기 셀룰러 네트워크의 제1 및 제2 구성들 각각에서의 제1 평균 할당된 무선 자원 개수 및 제2 평균 할당된 무선 자원 개수를 제공하는 단계; 및
- [0036] 상기 제1 평균 할당된 무선 자원 개수 및 상기 제2 평균 할당된 무선 자원 개수에 상기 셀룰러 네트워크의 상기 전력 소모 모델들을 적용하여 상기 제1 평균 전력 소모 및 상기 제2 평균 전력 소모를 각각 획득하는 단계;
- [0037] 를 포함한다.
- [0038] 본 발명의 한 실시 예에 의하면, 문턱값 개수보다는 적은 현재 할당된 무선 자원 개수를 지니는 각각의 스몰 노드를 비활성화하는 단계는,
- [0039] 상기 문턱값 개수보다는 적은 현재 할당된 무선 자원 개수를 지니는 상기 셀룰러 네트워크의 스몰 노드들의 리스트를 제공하는 단계로서, 상기 리스트는 할당된 무선 자원 개수의 증가 순서로 나열되어 있는, 단계; 및
- [0040] 상기 리스트가 비워질 때까지,
- [0041] 상기 리스트의 제1 스몰 노드를 선택하는 단계,
- [0042] 상기 선택된 제1 스몰 노드가 현재 과부하 조건에서 어떠한 매크로 노드도 스몰 노드도 지니지 않는 매크로 셀에 내재해 있는 경우, 그리고 상기 현재 시간 스냅샷이 상기 제1 후보 시간 스냅샷들 중 하나인 경우, 상기 선택된 제1 스몰 노드를 비활성화시키는 단계로서, 상기 선택된 제1 스몰 노드가 현재 과부하 조건에서 어떠한 매크로 노드도 스몰 노드도 지니지 않는 매크로 셀에 내재해 있지 않으면, 상기 리스트로부터 마지막 스몰 노드를 제거하고, 상기 현재 시간 스냅샷이 상기 제1 후보 시간 스냅샷들 중 하나가 아니면, 상기 리스트로부터 마지막 스몰 노드를 제거하는, 단계, 및
- [0043] 상기 리스트로부터 마지막 스몰 노드를 제거하는 단계

- [0044] 를 반복하는 단계;
- [0045] 를 포함한다.
- [0046] 본 발명의 한 실시 예에 의하면, 상기 전력 소모 모델들은,
- [0047] - 활성화될 경우에, 상기 셀룰러 네트워크의 각각의 매크로 노드 및 스몰 노드의 최소 전력 소모;
- [0048] - 비활성화될 경우에, 상기 셀룰러 네트워크의 각각의 매크로 노드 및 스몰 노드의 전력 소모;
- [0049] - 상기 셀룰러 네트워크의 각각의 매크로 노드 및 스몰 노드에 의한 무선 자원 할당에 대한 전력 소모
- [0050] 를 포함한다.
- [0051] 본 발명의 한 실시 예에 의하면, 각각의 매크로 셀에 대하여는, 상기 문턱값 무선 자원 개수가 각각의 매크로 노드 및 스몰 노드에 의한 상기 문턱값 무선 자원 개수의 할당에 대한 전력 소모의 차 및 활성화 구성 및 비활성화 구성에서의 스몰 노드들의 전력 소모들 간의 차에 의존한다.
- [0052] 본 발명의 하나 이상의 실시 예들에 따른 과제해결수법의 다른 한 실시형태는 컴퓨터 프로그램으로서, 컴퓨터 프로그램이 컴퓨터상에서 실행될 때 상기 방법을 구현하도록 구성된 코드 수단을 포함하는, 컴퓨터 프로그램에 관한 것이다.
- [0053] 본 발명의 하나 이상의 실시 예들에 따른 과제해결수법의 또 다른 한 실시형태는 셀룰러 네트워크를 관리하는 관리 시스템으로서, 상기 셀룰러 네트워크가 대응하는 매크로 셀들을 정의하는 복수 개의 매크로 노드들 및 상기 매크로 셀들에 내재하는 복수 개의 스몰 노드들을 포함하는, 관리 시스템에 관한 것이다. 상기 관리 시스템은,
- [0054] 복수 개의 시간 스냅샷들 중 각각의 현재 시간 스냅샷에서 그리고 각각의 매크로 셀에 대해, 상기 셀룰러 네트워크의 과거 트래픽 부하에 따라 단지 활성화되는 매크로 노드들만을 지니는 상기 셀룰러 네트워크의 제1 구성에서 과부하 확률을 제공하도록 구성된 제1 모듈;
- [0055] 각각의 현재 시간 스냅샷에서 그리고 각각의 매크로 셀에 대해, 상기 복수 개의 시간 스냅샷들 중에서 스몰 노드 비활성화에 대한 제1 후보 시간 스냅샷들을 식별하도록 구성된 제2 모듈로서, 각각의 제1 후보 시간 스냅샷에서 상기 과부하 확률이 문턱값 과부하 확률보다는 낮은, 제2 모듈; 및
- [0056] 각각의 현재 시간 스냅샷에서 그리고 각각의 매크로 셀에 대해,
- [0057] 상기 현재 시간 스냅샷이 상기 제1 후보 시간 스냅샷들 중의 하나인 경우,
- [0058] 상기 스몰 노드가 문턱값 개수보다는 적은 현재 할당된 무선 자원 개수를 지니는 경우, 그리고
- [0059] 상기 스몰 노드가 과부하 조건에서 현재 어떠한 매크로 노드들도 스몰 노드들도 지니지 않는 매크로 셀에 내재하는 경우,
- [0060] 각각의 스몰 노드를 비활성화하도록 구성된 제3 모듈;
- [0061] 을 포함한다.
- [0062] 본 발명의 한 실시 예에 의하면, 상기 제3 모듈은, 또한
- [0063] 각각의 현재 시간 스냅샷에서 그리고 각각의 매크로 셀에 대해:
- [0064] 상기 셀룰러 네트워크의 전력 소모 모델들 및 상기 과거 트래픽 부하에 따라, 상기 복수 개의 시간 스냅샷들 중에서, 스몰 노드 활성화에 대한 제2 후보 시간 스냅샷들을 식별하도록 구성되고,
- [0065] - 현재 상기 매크로 셀이 과부하 조건에서 적어도 하나의 매크로 노드 또는 스몰 노드를 지니는 경우, 또는
- [0066] - 상기 현재 시간 스냅샷이 상기 제2 후보 시간 스냅샷들 중 하나인 경우
- [0067] 상기 매크로 셀에 내재하는 적어도 하나의 스몰 노드를 활성화하도록 구성된다.
- [0068] 본 발명의 하나 이상의 실시 예들에 따른 과제해결수법의 또 다른 한 실시형태는 셀룰러 네트워크로서, 대응하는 매크로 셀들을 정의하는 복수 개의 매크로 노드들 및 상기 매크로 셀들에 내재하는 복수 개의 스몰 노드들을 포함하는, 셀룰러 네트워크에 있어서, 셀룰러 네트워크가 위에서 언급한 관리 시스템을 부가적으로 포함하는,

셀룰러 네트워크에 관한 것이다.

- [0069] 본 발명의 한 실시 예에 의하면, 상기 스몰 셀들은 상기 매크로 셀들보다는 작은 대응하는 스몰 셀들을 정의한다.
- [0070] 본 발명의 한 실시 예에 의하면, 상기 스몰 노드들은 마이크로 노드들, 피코 노드들, 그리고 또는 펌토 노드들을 포함한다.
- [0071] 위에서 제안한 과제해결수법은 이중 셀룰러 네트워크들 내에서 트래픽 부하 만족도를 충족시키면서 전력 소모를 줄이기 위한 스몰 노드 활성화/비활성의 동적 관리를 허용한다.
- [0072] 더욱이, 위에서 제안한 과제해결수법은 적은 처리 시간의 소요로 다수의 매크로 및 스몰 노드 및 다수의 사용자들을 지니는 대규모 이중 시나리오에서 사용되기에 적합하다.
- [0073] 본 발명의 이러한 특징들 및 이점들 및 다른 특징들 및 이점들은 이하 본 발명의 몇몇 전형적이고 비-제한적인 실시 예들의 설명에 의해 자명해질 것이다. 본 발명을 더 잘 알기 쉽게 하기 위해, 이하의 설명은 첨부도면들을 참조하여 고려되어야 한다.

*도면의 간단한 설명*

- [0074] 도 1은 본 발명의 실시 예들에 따른 과제해결수법이 적용될 수 있는 셀룰러 네트워크의 일부를 개략적으로 보여주는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 한 실시 예에 따른 셀룰러 네트워크에서 사용되도록 구성된 알고리즘의 활성화 흐름을 개략적으로 보여주는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 한 실시 예에 따른 상기 알고리즘의 분석 절차의 활성화 흐름을 개략적으로 보여주는 도면이다.
- 도 4 및 도 5는 본 발명의 한 실시 예에 따른 상기 알고리즘의 활성화/비활성화 절차들의 활성화 흐름을 개략적으로 보여주는 도면들이다.

*발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

- [0075] 첨부도면들을 참조하면, 도 1에는 본 발명의 한 실시 예에 따른 셀룰러 네트워크(100)의 일부가 개략적으로 도시되어 있다. (예컨대, 3GPP LTE/LTE-어드밴스드 표준에 적합한) 상기 셀룰러 네트워크(100)는 다수( $N$  개)의 상대적으로 전력이 높고 커버리지가 넓은 송수신국(이하에서는, '프라이머리 또는 매크로 노드'라 함)( $105_i$ )(본 예에서는  $N = 12$ 일 때  $i=1,2,3,4,\dots,N$ )을 포함한다.
- [0076] 각각의 매크로 노드( $105_i$ )는, 또한 매크로 셀( $105_{c_i}$ )(예를 들면, 6각형 형상)로서 언급되는, 상대적으로 넓은 지리적 지역에 걸친 무선 커버리지를 제공하여 상기 매크로 셀들( $105_{c_i}$ )에 내재하는 사용자 장비들(예컨대, 도시되지 않은 모바일폰들)이 데이터 트래픽(예컨대, 웹브라우징, 전자 메일링, 음성, 또는 멀티미디어 데이터 트래픽), 이하에서는 트래픽 부하를 교환하는 것을 허용하도록 구성된다.
- [0077] 본 도면에서 볼 수 있는 바와 같이, 상기 셀룰러 네트워크(100)는 또한 각각의  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{c_i}$ ) 내에, 이하에서는 세컨더리 또는 스몰 노드로서 언급되며 참조 부호  $110_{i,j}$ (본 예에서는  $M_i$ 가 3과 4 사이의 범위를 이루고 있을 때  $j=1,2,\dots,M_i$ )로 나타나 있는, 다수( $M_i$  개)의 상대적으로 전력이 낮고 커버리지가 좁은 노드(예컨대, 피코, 마이크로, 및/또는 펌토 노드)를 포함하고, 각각의 스몰 노드는 셀룰러 네트워크(100)의 용량 증가를 위한 대응하는 스몰 셀을 식별한다.
- [0078] 설명의 편의를 위해,  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{c_i}$ )에 내재하는  $j$ -번째 스몰 노드들(정확하게는, 상기 스몰 노드들( $110_{i,j}$ ))이 대응하는  $i$ -번째 매크로 노드( $105_i$ )에 관련되는(다시 말하면, 대응하는  $i$ -번째 매크로 노드( $105_i$ )에 의해 핸들링되는) 것으로 간주하게 된다.
- [0079] 완전성을 위해, 당해 기술에 통상의 지식을 가진 자에게 널리 알려진 바와 같이, 상기 매크로 노드들( $105_i$ ) 및 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )은 무선 액세스 네트워크를 형성한다. 다시금, 상기 무선 액세스 네트워크는 (도시되지 않은) 하나 이상의 코어 네트워크들과 통신 가능하게 연결되는 것이 일반적이며, 상기 하나 이상의 코어 네트워크들은 (도시되지 않은) 인터넷 및/또는 공중 교환 전화 네트워크들(public switched telephone networks)과

같은 다른 네트워크들과 연결될 수 있다.

- [0080] 본 발명에 의하면, 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )의 활성화들/비활성화들을 효율적으로 관리하기 위한 알고리즘이 제공된다. 잘 이해하고 있겠지만, 상기 알고리즘은 컴퓨터 프로그램이 컴퓨터상에서 실행될 경우에 컴퓨터 프로그램에 포함된 적합한 코드 수단에 의해 수행될 수 있다.
- [0081] 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 위에서 제안한 알고리즘(전체적으로 참조 부호 200으로 나타나 있음)의 동작은 3개의 서로 다른 동작 절차(또는 모듈), 다시 말하면 트레이너(trainer)(205) 모듈, 분석기(210) 모듈 및 결정기(215) 모듈에 의해 논리적으로 확인될 수 있다. 본원 명세서에서 용어 "모듈(module)"의 사용은 상기 트레이너(205) 모듈, 분석기(210) 모듈 및 결정기(215) 모듈이 또한 적어도 개념적으로 위에서 제안한 알고리즘(200)을 구현하도록 의도된 관리 시스템의 물리적 구조를 반영할 수 있음을 강조하도록 한 것이다. 알고리즘/관리 시스템 동작을 점진적으로 구체화하면서 이하에서 가장 양호하게 검토되겠지만, 상기 트레이너(205) 모듈, 분석기 모듈(210) 및 결정기(215) 모듈은 물리적 관점으로, 분산 특성을 지니고 있을 수 있으며(다시 말하면, 상기 트레이너(205) 모듈, 분석기 모듈(210) 및 결정기(215) 모듈 중 각각의 모듈은 상기 셀룰러 네트워크(100) 내부에 그리고/또는 상기 셀룰러 네트워크(100) 외부에 물리적으로 위치한 네트워크 장치에서 구현될 수 있으며), 논리적 관점으로 상기 트레이너(205) 모듈, 분석기 모듈(210) 및 결정기(215) 모듈의 물리적 구현이 어디서든(그리고 어떻게든) 이루어지는 경우에 상기 트레이너(205) 모듈, 분석기 모듈(210) 및 결정기(215) 모듈이 모두 상기 셀룰러 네트워크(100)의 일부임이 이해될 것이다.
- [0082] 상기 트레이너(205) 모듈은 상기 셀룰러 네트워크(100)의 과거 트래픽 부하를 나타내는 과거 트래픽 부하 매트릭스( $H_{i,k}$ )를 입력으로서 수신한다. 특히,  $i=1,2,3,\dots,N$  행(row)들 및  $k=1,2,3,\dots,K$  열(column)들을 지니는, 상기 과거 트래픽 부하 매트릭스( $H_{i,k}$ )는 상기 셀룰러 네트워크(100)의 ( $N$  개의 매크로 셀들( $105_{c_i}$ ) 중의) 각각의  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{c_i}$ )에 대해 그리고 예컨대, 1일(day)의 ( $K$  개의 시간 스냅샷들 중의) 각각의  $k$ -번째 시간 스냅샷에 대해, 사용자 장비들의 과거 개수 및 무선 자원들(예컨대, 3GPP LTE/LTE-어드밴스트 표준에서 물리적 자원 블록(physical resource block)들, 또는 PRB들)에 대한 사용자 장비들의 과거 요청들과 같은, 상기 셀룰러 네트워크(100)의 과거 트래픽 부하의 표시를 제공한다. 다시 말해, 상기 과거 트래픽 부하 매트릭스( $H_{i,k}$ )의 각각의  $i$ -번째 행의 ( $K$ )  $H_{i,k}$  요소들은 전체적으로 상기 셀룰러 네트워크(100)의 각각의  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{c_i}$ )에 대한 일간(daily) 트래픽 부하 곡선을 정의한다. 그러나 서로 다른 과거 트래픽 부하 매트릭스들은 당해 기술에 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하겠지만 상기 셀룰러 네트워크(100)에서 서로 다른 부하 조건들 및 분포(예컨대, 사용자 장비들의 과거 개수 및 평일, 휴일, 주말, 및 다른 어떤 관련 기간에 무선 자원들에 대한 사용자 장비들의 과거 요청들)를 나타내는데 사용될 수 있다.
- [0083] 본원 명세서에서 시간 스냅샷이 의미하는 것은 활성 상태의 매크로 노드들( $105_i$ ) 및 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )의 개수가 일정한 경우에 (관리 목적을 위해 선택되는) 시간대(time span)이며, 임의로 수 분 또는 수 시간 정도일 수 있다.
- [0084] 일반성을 잃지 않고서도, 각각의 일간 트래픽 부하 곡선이 실제(다시 말하면, 실시간)의 그리고/또는 추정된 측정들에 따라 공지된 방식으로, 예컨대 상기 셀룰러 네트워크(100)의 동작 전에 그리고/또는 상기 셀룰러 네트워크(100)의 동작 동안에 결정될 수 있다.
- [0085] 상기 과거 트래픽 부하 매트릭스( $H_{i,k}$ )를 기반으로 하여, 상기 트레이너(205) 모듈은 과부하 매트릭스( $O_{i,k}$ )를 제공하도록 구성된다. 상기 과부하 매트릭스( $O_{i,k}$ )의 각각의 요소( $o_{i,k}$ )는 단지 활성화되는 매크로 노드들( $105_i$ )만을 지니는 상기 셀룰러 네트워크(100)의 제1 경계 구성(boundary configuration)에서  $i$ -번째 매크로 노드( $105_i$ )가  $k$ -번째 시간 스냅샷 동안 과부하 조건에 있을 확률(이하에서는 '과부하 확률'이라 함)을 나타낸다.
- [0086] 또한, 상기 과거 트래픽 부하 매트릭스( $H_{i,k}$ )를 기반으로 하여, 상기 트레이너(205) 모듈은 제1 할당 매트릭스( $A_{i,k}$ )를 제공하도록 구성된다. 상기 제1 할당 매트릭스( $A_{i,k}$ )의 각각의 요소( $a_{i,k}$ )는 상기 제1 경계 구성에서,  $k$ -번째 시간 스냅샷 동안,  $i$ -번째 매크로 노드( $105_i$ )에 의해 할당되는 평균 PRB 개수를 나타낸다.
- [0087] 또한, 상기 과거 트래픽 부하 매트릭스( $H_{i,k}$ )를 기반으로 하여, 상기 트레이너(205) 모듈은 제2 할당 매트릭스( $B_{i,k}$ )를 제공하도록 구성된다. 상기 제2 할당 매트릭스( $B_{i,k}$ )의 각각의 요소( $b_{i,k}$ )는 활성화되는 매크로 노드들

(105<sub>i</sub>) 및 스몰 노드들(110<sub>i,j</sub>) 양자 모두를 지나는 제2 경계 구성에서, *k*-번째 시간 스냅샷 동안, (동일한 *i*-번째 매크로 셀(105<sub>ci</sub>)에 속하는) 매크로 노드(105<sub>i</sub>)에 대해 그리고 각각의 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>)에 대해 할당되는 PRB 개수를 포함한다.

[0088] 상기 트레이너(205) 모듈은 상기 셀룰러 네트워크(100) 내에서, 예를 들면 상기 셀룰러 네트워크(100)의 각각의 매크로 노드(105<sub>i</sub>)에서 물리적으로 구현될 수 있다. 그 결과, 각각의 매크로 노드(105<sub>i</sub>)는 동일한 *i*-번째 매크로 셀(105<sub>ci</sub>)에 속하는(다시 말하면, 동일한 *i*-번째 매크로 셀(105<sub>ci</sub>)에 내재하는) 스몰 노드들(110<sub>i,j</sub>)로부터의 주기적인 정보에 따라 대응하는 *i*-번째 매크로 셀(105<sub>ci</sub>)에 대한 과부하 확률을 동적으로 결정/업데이트하도록 허용될 수 있다.

[0089] 변형적으로는, 상기 트레이너(205) 모듈이 상기 셀룰러 네트워크(100) 외부에서, 예를 들면 (도시되지 않은) 상기 셀룰러 네트워크(100)의 데이터 센터에서 물리적으로 구현될 수 있다. 그 결과, 각각의 *i*-번째 매크로 셀(105<sub>ci</sub>)에 대한 과부하 확률은 상기 셀룰러 네트워크(100)로부터의 주기적인 정보에 따라 결정(예컨대, 예측)될 수 있다.

[0090] 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 상기 분석기(210) 모듈은 상기 (매크로(105<sub>i</sub>) 및 스몰(110<sub>i,j</sub>)) 노드들의 전력 소모 모델들과 아울러, 상기 트레이너(205) 모듈로부터의 과부하(O<sub>i,k</sub>) 및 할당(A<sub>i,k</sub>, B<sub>i,k</sub>) 매트릭스들을 입력으로서 수신한다. 바람직하게는, 그러한 전력 소모 모델들이 각각의 매크로 노드(105<sub>i</sub>) 및 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>)에 대하여:

[0091] -  $P_{\text{Macro}}^{\text{Macro}}$ ,  $P_{\text{Macro}}^{\text{Small}}$  : 활성화될 경우, 매크로 노드(105<sub>i</sub>) 및 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>) 각각의 최소 전력 소모;

[0092] -  $P_{\text{Macro}}^{\text{Macro}}$ ,  $P_{\text{Macro}}^{\text{Small}}$  : 비활성화될 경우, 매크로 노드(105<sub>i</sub>) 및 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>) 각각의 전력 소모;

[0093] -  $P_{\text{Macro}}^{\text{Macro}}$ ,  $P_{\text{Macro}}^{\text{Small}}$  : 매크로 노드(105<sub>i</sub>) 및 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>) 각각에 의해 할당되는 각각의 PRB에 대한 전력 소모;

[0094] 를 포함하며,

[0095] 이 경우에 인덱스들(*i* 및 *i, j*)의 추가는 전력 소모 모델들이 상기 셀룰러 네트워크(100)의 각각의 매크로 노드(105<sub>i</sub>)에 대해, 그리고 동일한 매크로 노드(105<sub>i</sub>)에 속하는 각각의 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>)에 대해 서로 다를 수 있음을 나타내도록 한 것이다.

[0096] 비록, 설명의 편의를 위해, 상기 각각의 매크로 노드(105<sub>i</sub>) 및 스몰 노드(110<sub>i,j</sub>)에 대한 전력 소모 모델들이 시간에 걸쳐 일정하다고 가정한 것이지만, 이는 본 발명에 대해 제한적으로 해석되어서는 아니 된다. 실제로, 당해 기술에 통상의 지식을 가진 자라면 명백하게 알 수 있는 몇몇 변경들을 통해, 본 발명의 원리들이 또한, 시간 경과에 따른(예컨대, 1일 내에서의 서로 다른 에너지 비용에 기인하거나, 에너지 제공자 정책에 따른) 전력 소모 모델들에 적용될 수 있다.

[0097] 상기 과부하(O<sub>i,k</sub>) 및 할당(A<sub>i,k</sub>, B<sub>i,k</sub>) 매트릭스들을 기반으로 하고, 그리고 전력 소모 모델들을 기반으로 하여, 상기 분석기(210) 모듈은 트래픽 부하 만족도 및 전력 소모 최적화를 이루기 위해, 상기 스몰 노드들(110<sub>i,j</sub>)을 활성화/비활성화하는 것이 더 적합하게(예컨대, 선호하게) 되는 경우에 후보 시간 스냅샷들을 결정하고, (이하에서 더 양호하게 구체화되겠지만) 할당된 PRB들의 문턱값 개수(N<sub>PRB,thi,j</sub>), 바이너리(binary) 소모 매트릭스(C<sub>i,k</sub>) 및 부하 매트릭스(LM<sub>i</sub>)를 제공한다.

[0098] 특히, 상기 분석기(210) 모듈은 (도 3의 활성화 흐름과 함께 참조해서) 다음과 같이 동작한다.

[0099] 활성화 블록(305)에서, 상기 *i*-번째 매크로 셀(105<sub>ci</sub>)에서의 *k*-번째 시간 스냅샷은 그러한 *k*-번째 시간 스냅샷에서 그리고 상기 과부하 매트릭스(O<sub>i,k</sub>)의 대응 요소(o<sub>i,k</sub>)에 의해 주어지는, 상기 셀룰러 네트워크(100)의 제1 경계 구성(다시 말하면, 단지 활성화되는 매크로 노드들(105<sub>i</sub>)만을 지님)에서의 과부하 확률이 (도 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 상기 분석기(210) 모듈에 의해 수신되는) 사전에 정의된 과부하 문턱값 확률(O<sub>thi</sub>)보다는 낮은 경우,

다시 말하면

- [0100]  $0_{i,k} < 0_{TH}$
- [0101] 일 경우 "가능(possible)"(이하에서는 '가능 시간 스냅샷'이라 함)으로서 마크(mark)된다.
- [0102] 그리고 나서, 활성 블록(310)에서, 연속적인(다시 말하면, 인접한) 가능 시간 스냅샷들이 각각의  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )에 대해  $k=0, 1, 2, \dots, G$  가능 시간 스냅샷 그룹들로 그룹화된다.
- [0103] 각각의  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )의 가능 시간 스냅샷 그룹들은 시간 길이의 감소 순서로 나열되는 것이 바람직하다. 동일한 시간-길이 시간 스냅샷들이 고려된 본 예에서는, 각각의  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )의 가능 시간 스냅샷 그룹들이 상기 그룹들에 내재하는 시간 스냅샷 개수의 감소 순서로 나열되어 있다.
- [0104] 그 후에, 모든  $i$ -번째 매크로 셀들( $105_{C_i}$ )에 대한 모든 가능 시간 스냅샷 그룹들은 해당 부하 매트릭스( $LM_i$ )에 모이게 되고, 그럼으로써 상기 부하 매트릭스( $LM_i$ )의 각각의 요소가 시간 길이의 감소 순서로 나열된  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )의 모든 가능 시간 스냅샷 그룹들의 표시(예컨대, 시간 길이의 감소 순서로 나열된  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )의 모든 가능 시간 스냅샷 그룹들의 리스트 또는 시간 길이의 감소 순서로 나열된  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )의 모든 가능 시간 스냅샷 그룹들에 대한 포인터)를 포함하게 된다.
- [0105] 이하의 설명으로 이해되었지만, 상기 가능 시간 스냅샷들의 시간 길이 감소 순서로의 나열은 스몰 노드( $110_{i,j}$ ) 스위칭(다시 말하면, 활성화들 및 비활성화들)의 전체 분량을 최소화하는 것을 허용한다.
- [0106] 그 대신에, "가능"으로 마크되지 않은  $k$ -번째 시간 스냅샷들은 각각의  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )에 대해 (대응하는 가능 시간 스냅샷 그룹들에 상보적인) 대응하는 비-가능 시간 스냅샷 그룹들로 그룹화된다.
- [0107] 활성 블록(315)에서, 상기 전력 소모 모델들이 적용된다. 특히, 상기 할당 매트릭스들( $A_{i,k}, B_{i,k}$ )은 상기 전력 소모 모델들로 이루어져 있고, 그럼으로써 상기 제1 구성 및 상기 제2 구성 각각에서의 각각의  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )의 평균적 전체 전력 소모를 나타내는 해당 전력 소모 매트릭스들( $P_{A_{i,k}}, P_{B_{i,k}}$ )을 획득할 수 있게 해준다. 바람직하게는, 상기 구성 동작이 상기 할당 매트릭스들( $A_{i,k}, B_{i,k}$ )의 요소들 간의 곱 및 매크로 노드( $105_i$ ) 및 스몰 노드( $110_{i,j}$ )에 의해 할당된 각각의 PRB에 대한 전력 소모(다시 말하면,  $P_{ON_{i,k}}^{MAX}$ ,  $P_{OFF_{i,k}}^{MAX}$ )를 가지고 매크로 노드( $105_i$ ) 및 스몰 노드( $110_{i,j}$ )의 활성 상태(다시 말하면, 상기 제1 경계 구성 및 상기 제2 경계 구성 각각에 대한  $P_{ON_{i,k}}^{MAX}$ ,  $P_{OFF_{i,k}}^{MAX}$  및  $P_{ON_{i,j}}^{MAX}$ ,  $P_{OFF_{i,j}}^{MAX}$ )에 관련된 매크로 노드( $105_i$ ) 및 스몰 노드( $110_{i,j}$ )의 전력 소모를 합산하는 동작을 포함한다.
- [0108] 그 후에, 문턱값 PRB 개수( $N_{PRB,TH_{i,j}}$ )는 이하의 수학적
- [0109] 
$$N_{PRB,TH_{i,j}} \approx P_{PRB}^{MAX} = (N_{PRB,TH_{i,j}} \times P_{ON_{i,k}}^{MAX}) + P_{ON_{i,j}}^{MAX} - P_{OFF_{i,j}}^{MAX}$$
- [0110] 와 같이 상기 전력 소모 모델들로부터 각각의 스몰 노드( $110_{i,j}$ )에 대해 계산된다.
- [0111] 다시 말해, 상기 문턱값 PRB 개수( $N_{PRB,TH_{i,j}}$ )는 PRB 개수 미만에서 스몰 노드( $110_{i,j}$ ) 비활성화가 강력하게 선호되게 하는 PRB 개수로서, 활성화된 구성 및 비활성화된 구성에서의  $j$ -번째 스몰 노드( $110_{i,j}$ )의 전력 소모들 간의 차보다는 낮은  $i$ -번째 매크로 노드( $105_i$ ) 및  $j$ -번째 스몰 노드( $110_{i,j}$ )에 의한  $N_{PRB,TH_{i,j}}$  PRB들의 할당에 대한 전력 소모의 차인, PRB 개수를 나타낸다.
- [0112] 활성 블록(320)에서, 상기 전력 소모 매트릭스( $P_{A_{i,k}}$ )의 ( $i$ -번째 매크로 노드( $105_i$ ) 및  $k$ -번째 시간 스냅샷에 연관된) 각각의 요소( $p_{A_{i,k}}$ )는 상기 전력 소모 매트릭스( $P_{B_{i,k}}$ )의 해당 요소( $p_{B_{i,k}}$ )(다시 말하면, 동일한  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ ) 및 동일한  $k$ -번째 시간 스냅샷에 연관된 요소)와 비교된다. 그러한 비교들의 결과에 따라, 차선 시간 스냅샷 그룹이 (각각의  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )에 대해) 형성되는데, 상기 차선 시간 스냅샷 그룹은 상기 전

력 소모 매트릭스( $P_{Ai,k}$ )의 요소들( $p_{Ai,k}$ )이 상기 전력 소모 매트릭스( $P_{Bi,k}$ )의 대응 요소들( $p_{Bi,k}$ )보다는 적게 되는 모든  $k$ -번째 시간 스냅샷들(이하에서는, '차선 시간 스냅샷들'이라 함)(다시 말하면, 상기 제1 경계 구성이 전력 소모 면에서 상기 제2 경계 구성보다는 양호하게 되는 모든  $k$ -번째 시간 스냅샷들)을 포함한다.

[0113] 그리고 나서(활성 블록(325)), 각각의  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{ci}$ )에 대해, 비-가능 시간 스냅샷들에 인접한 연속적인 차선 시간 스냅샷들의 (2개 이상의 차선 시간 스냅샷들의) 그룹들 또는 집합들에 속하지 않는 모든  $k$ -번째 차선 시간 스냅샷들의 상기 차선 시간 스냅샷 그룹으로부터의 제거가 이루어지고, 그럼으로써 각각의  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{ci}$ )에 대해, 최선 스냅샷들의 해당 시간 스냅샷 그룹(또는 최선 시간 스냅샷 그룹( $G_{OPTi}$ ))을 획득할 수 있게 해준다. 다시 말해, 각각의 고려된  $k$ -번째 차선 시간 스냅샷은 (비-가능 시간 스냅샷 그룹들에 의해 나타나 있는 바와 같은) 가장 인접한 비-가능 시간 스냅샷으로부터 상기 고려된  $k$ -번째 차선 시간 스냅샷으로 돌아가는 모든 연속적인(다시 말하면, 인접한)  $k$ -번째 차선 시간 스냅샷들이 여전히 차선 시간 스냅샷들인 경우 상기 차선 시간 스냅샷 그룹으로부터 제거된다(제거시, 상기 스냅샷이 상기 최선 시간 스냅샷 그룹( $G_{OPTi}$ )의 최선 시간 스냅샷이 되게 된다).

[0114] 마지막으로(활성 블록(330)), 마이너리 매트릭스( $C_{i,k}$ )가 생성되고, 마이너리 매트릭스( $C_{i,k}$ )의 요소들( $c_{i,k}$ )은,  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{ci}$ )에 대해,  $k$ -번째 시간 스냅샷이 상기 최적 시간 스냅샷 그룹( $G_{OPTi}$ )에 각각 속하지 않으면 제1/제2 마이너리 값들을 지니며, 그 후에 활성 흐름이 끝나게 된다(활성 블록(335)).

[0115] 상기 분석기(215) 모듈에 의해 구현되는 전형적인 비활성화/활성화 절차들을 검토할 때 이하에서 더 양호하게 검토되겠지만, (부하 매트릭스( $LM_i$ )에서의 가능 시간 스냅샷 그룹들에 내재하는) 가능 시간 스냅샷들은 (과부하 조건들에서 이루어지지 않는) 스몰 노드( $110_{i,j}$ ) 비활성화에 대한 후보 시간 스냅샷들을 나타내는 반면에, (상기 최선 시간 스냅샷 그룹( $G_{OPTi}$ )에 내재하는) 최적 시간 스냅샷들은 (상기 셀룰러 네트워크(100)의 전력 소모를 감소시키거나 과부하 조건들을 극복하도록 의도된) 스몰 노드( $110_{i,j}$ ) 활성화에 대한 후보 시간 스냅샷들을 나타낸다.

[0116] 상기 분석기(215) 모듈은 상기 트레이너(210) 모듈 및 상기 결정기(220) 모듈과 통신할 수 있는 상기 셀룰러 네트워크(100)의 임의 부분에서 물리적으로 구현될 수 있다. 실제로, 상기 분석기(215) 모듈이 상기 셀룰러 네트워크(100)의 다른 장치와 직접 통신하는 것은 (특히 정적 전력 소모 모델들, 다시 말하면 시간 경과에 따른 업데이트를 필요로 하지 않는 정적 전력 소모 모델들이 제공될 때) 반드시 필요하지 않다. 그러나 상기 분석기(215) 모듈이 상기 셀룰러 네트워크(100)의 다른 장치와 직접 통신하는 것은 예컨대 동적 전력 소모 모델들(다시 말하면 전력 소모 모델들이 시간 경과에 따른 업데이트 적용을 받을 때) 제공될 수 있을 것이다.

[0117] 도 2를 다시 참조하면, 상기 결정기(215) 모듈은 상기 분석기(210) 모듈로부터 상기 문턱값 PRB 개수( $N_{PRB,Thi,j}$ )와 아울러, 상기 부하 매트릭스( $LM_i$ ) 및 마이너리 매트릭스( $C_{i,k}$ )를 입력으로서 수신하고, 상기 문턱값 PRB 개수( $N_{PRB,Thi,j}$ ), 상기 부하 매트릭스( $LM_i$ ) 및 마이너리 매트릭스( $C_{i,k}$ )(그리고 예컨대 상기 매크로 노드( $105_i$ ) 및 스몰 노드( $110_{i,j}$ ))에 의해 실제로 할당된 PRB 개수( $N_{PRBi,j}$ )를 포함하는, 상기 셀룰러 네트워크(100)의 현재 상태를 나타내는 네트워크 측정들( $MM$ )에 따라, 각각의  $k$ -번째 시간 스냅샷에 대해 상기 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )를 비활성화/활성화해야 할지를 결정한다.

[0118] 특히, 스몰 노드( $110_{i,j}$ ) 비활성화는 (본 발명의 한 실시 예에 따른 비활성화 절차의 활성 흐름을 보여주는 도 4를 함께 참조해서) 다음과 같이 상기 결정기(215) 모듈에 의해 결정된다.

[0119] 활성 블록(405)에서, 상기 결정기(215) 모듈은, 상기 네트워크 측정들( $MM$ )을 기반으로 하여, (상기 스몰 노드들( $110_{i,j}$ ))의 부족부하 조건을 나타내는) 상기 문턱값 PRB 개수( $N_{PRB,Thi,j}$ ) 보다는 적은 (현재) 할당된 PRB 개수( $N_{PRBi,j}$ )를 지니는 모든 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )(의 표시)을 포함하는 현재 부족부하 리스트( $L_1$ )를 생성한다. 바람직하게는, 상기 현재 부족부하 리스트( $L_1$ )에서의 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )은 할당된 PRB 개수( $N_{PRBi,j}$ )의 증가 순서로 나열되어 있다. 다시 말해, 현재 부족부하 리스트( $L_1$ )의 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )은 상기 문턱값 PRB 개수( $N_{PRB,Thi,j}$ )보다

는 적은 (현재) 할당된 PRB 개수( $N_{PRBi,j}$ )를 지니는 상기 셀룰러 네트워크(100)의  $\sum_{i=1}^N M_i$  스몰 노드들( $110_{i,j}$ ) 중

임의의  $j$ -번째 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )을 포함한다.

- [0120] 또한, 상기 결정기(215) 모듈은, 상기 네트워크 측정들( $MM$ )을 기반으로 하여, 과부하 조건에서 적어도 하나의 (매크로( $105_i$ ) 또는 스몰( $110_{i,j}$ )) 노드를 지니는 상기 셀룰러 네트워크(100)의 모든  $i$ -번째 매크로 셀들( $105_{c_i}$ )의 표시를 포함하는 현재 과부하 리스트( $L_2$ )를 생성한다.
- [0121] 일반적으로 말하면, 상기 고려된  $k$ -번째 시간 스냅샷에서, 진행중인(현재의) 반복 동안 현재 부족부하 리스트( $L_1$ )에서의 최저 할당된 PRB 개수( $N_{PRB,i,j}$ )를 지니는 스몰 노드( $110_{i,j}$ )는 이하의 조건 모두가 충족되는 경우 비활성화된다:
- [0122]  $N_{PRB,i,j} < N_{PRB,TH,i,j}$ ;
- [0123] 상기 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 속해 있는  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{c_i}$ )이 현재 과부하 리스트( $L_2$ )에 있지 않음(다시 말하면,  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{c_i}$ )의 매크로 노드( $105_i$ ) 또는 스몰 노드( $110_{i,j}$ ) 중 어떠한 것도 과부하 조건에 있지 않음);
- [0124] 상기 고려된  $k$ -번째 시간 스냅샷이 가능 시간 스냅샷임(다시 말하면, 상기 고려된  $k$ -번째 시간 스냅샷이 가능 시간 스냅샷 그룹, 바람직하게는 이하에서 검토되겠지만, 부하 매트릭스( $LM_{i,k}$ )에서의 제1 가능 시간 스냅샷 그룹들 중 하나에 속함).
- [0125] 특히, 결정 블록(410)에서, 현재 부족부하 리스트( $L_1$ )가 비어 있는지의 여부를 확인하기 위한 체크가 수행된다.
- [0126] 현재 부족부하 리스트( $L_1$ )가 비어 있지 않으면, 결정 블록(410)의 N 분기로 진행해서, 현재 반복시, 최저 할당된 PRB 개수( $N_{PRB,i,j}$ )를 지니는 스몰 노드( $110_{i,j}$ )(다시 말하면, 본 예에서는 현재 부족부하 리스트( $L_1$ )의 제1 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 선택되고, 그 후에 선택된 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 속해 있는  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{c_i}$ )이 현재 과부하 리스트( $L_2$ ) 내에 있는 지(다시 말하면, 상기 선택된 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 속해 있는  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{c_i}$ )이 상기 과부하 조건에서 적어도 하나의 매크로 노드( $105_i$ ) 또는 스몰 노드( $110_{i,j}$ )를 지니는지)를 확인하기 위해 다른 한 체크가 수행된다(결정 블록(420)).
- [0127] 선택된 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 속해 있는  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{c_i}$ )이 현재 과부하 리스트( $L_2$ ) 내에 있다면, 결정 블록(420)의 Y 분기로 진행하여, 상기 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 현재 부족부하 리스트( $L_1$ )로부터 제거되고(활성 블록(425)), 그 후에 활성 흐름이 활성 블록(410)으로 다시 점프하며 그럼으로써 현재의 (업데이트된) 현재 부족부하 리스트( $L_1$ )의 새로운(제1) 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 선택되고, 새로운 반복이 개시된다.
- [0128] 그 대신에  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{c_i}$ )이 과부하 조건에서 적어도 하나의 매크로 노드( $105_i$ ) 또는 스몰 노드( $110_{i,j}$ )를 지니는 경우(결정 블록(420)의 N 분기로의 진행), 상기 고려된 스몰 노드( $110_{i,j}$ )의 할당된 PRB 개수( $N_{PRB,i,j}$ )가 (여전히) 상기 문턱값 PRB 개수( $N_{PRB,TH,i,j}$ )보다는 적은지를 평가하기 위해 체크가 수행되고(결정 블록(430)), 상기 고려된 스몰 노드( $110_{i,j}$ )의 할당된 PRB 개수( $N_{PRB,i,j}$ )가 (여전히) 상기 문턱값 PRB 개수( $N_{PRB,TH,i,j}$ )보다는 적지 않다면(결정 블록(430)의 N 분기로의 진행), 상기 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 현재 부족부하 리스트( $L_1$ )로부터 제거되고(활성 블록(425)) 이 때문에 현재 부족부하 리스트( $L_1$ )가 비워질 때까지, 블록(410-430)에서의 동작 흐름이 반복된다.
- [0129] 이해되겠지만, 상기 결정 블록(430)은 또한 기본 구현 예에서 불필요한 것이므로 생략될 수 있다(실제로, 상기 현재 부족부하 리스트( $L_1$ )는 상기 문턱값 PRB 개수( $N_{PRB,TH,i,j}$ )보다는 적은, 다시 말하면 부족부하 조건에서 상기 문턱값 PRB 개수( $N_{PRB,TH,i,j}$ )보다는 적은 할당된 PRB 개수( $N_{PRB,i,j}$ )를 지니는 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )을 이미 포함하고 있다). 그러나 본원 명세서에서 개시된 바람직한 실시 예에서는, 상기 비활성화 절차가 실행되고 있는 동안 상기 문턱값 PRB 개수( $N_{PRB,TH,i,j}$ )보다는 많은 할당된 PRB 개수( $N_{PRB,i,j}$ )를 지니는 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )이 선택되는 것을 회피하기 위해 상기 결정 블록(430)이 제공된다. 이는 바람직하게는 또한 네트워크 매개변수들( $MM$ ), 결과적



으로는 상기 선택된 스몰 노드( $110_{i,j}$ )에 대한 업데이트된 할당된 PRB 개수( $N_{PRB,i,j}$ )를 입력으로서 수신하는 결정 블록(430)으로 도 4에 개념적으로 도시되어 있다.

- [0130] 활성 흐름을 다시 참조하면, 그 대신에 상기 선택된 스몰 노드( $110_{i,j}$ )의 할당된 PRB 개수( $N_{PRB,i,j}$ )가 문턱값 PRB 개수( $N_{PRB,Th,i,j}$ )보다는 적으면(다시 말해, 상기 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 부족부하 조건에 있으면), 현재  $k$ -번째 시간 스냅샷이 가능 시간 스냅샷인지를 평가(결정 블록(435))하기 위해, 다시 말하면 고려된  $k$ -번째 시간 스냅샷이 상기 선택된 스몰 노드( $110_{i,j}$ )의 비활성화에 대한 가능 시간 스냅샷들 중 하나인지를 평가하기 위해 다른 한 체크가 수행된다.
- [0131] 바람직하게는, 이루어져야 할 수행에 따라, 결정 블록(435)에서 수행되는 체크는 상기 선택된 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 속해 있는 매크로 셀( $105_{C_i}$ )에 대해 고려된  $k$ -번째 시간 스냅샷이 ( $f=1, 2, 3, \dots, F, F < G$  일 때) 상기 부하 매트릭스( $LM_i$ )에서의 ( $G$  중의)  $f$  개의 제1 가능 시간 스냅샷 그룹들 중 하나에 속하는지를 평가하는데 그 목적이 있다. 위에서 언급한 바와 같이, 상기 가능 시간 스냅샷 그룹들이 (시간) 감소 순서로 나열되어 있는 경우에, 스몰 노드 비활성화들이 가장 긴 시간 스냅샷들 동안(그리고 가장 긴 시간 스냅샷들의 기간들 모두에 대해) 이루어진다. 그 결과로, 스몰 노드 스위칭 극소화가 이루어지게 된다.
- [0132] 상기 현재  $k$ -번째 시간 스냅샷이 가능 시간 스냅샷인 경우, 결정 블록(435)의 Y 블록으로 진행하여, 상기 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 비활성화되고(활성 블록(440)), 그리고 활성 흐름이 (상기 현재 부족부하 리스트( $L_1$ ))로부터의 비활성화된 스몰 노드( $110_{i,j}$ )의 제거를 통해) 활성 블록(425)으로 다시 점프하며, 그 때문에 현재 부족부하 리스트( $L_1$ )가 비워질 때까지 블록(410-440)에서의 동작 흐름이 반복된다. 도시된 바와 같이, 비록 상기 고려된  $k$ -번째 시간 스냅샷이 상기 선택된 스몰 노드( $110_{i,j}$ )의 비활성화에 대한 가능 시간 스냅샷이 아니더라도(결정 블록(435)의 N 분기로의 진행) 활성 블록(425)에 이르게 된다.
- [0133] 위에서 검토한 바와 같이, 현재 부족부하 리스트( $L_1$ )가 비워지는 즉시(결정 블록(410)의 Y 분기로의 진행) 활성 흐름이 끝나게 된다(활성 블록(445)).
- [0134] 스몰 노드( $110_{i,j}$ ) 활성화는 (본 발명의 한 실시 예에 따른 활성화 절차의 활성 흐름을 보여주는 도 5를 함께 참조해서) 다음과 같이 상기 결정기(215) 모듈에 의해 결정된다.
- [0135] 일반적으로 말하면, 고려된  $k$ -번째 시간 스냅샷에서, 그리고 각각의  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )에 대해, 이하의 조건들 중 적어도 하나가 충족되는 경우 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 활성화된다:
- [0136] 고려된  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )이 현재 과부하 리스트( $L_2$ )에 있음(다시 말하면,  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )의 하나 이상의 매크로 노드들( $105_i$ ) 또는 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )이 과부하 조건에 있음);
- [0137]  $k$ -번째 시간 스냅샷이 고려된  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )에서의 스몰 노드( $110_{i,j}$ )의 활성화에 대한 최적 시간 스냅샷임(다시 말하면,  $k$ -번째 시간 스냅샷이 상기 마이너리 매트릭스( $C_{i,k}$ )의 요소( $c_{i,k}$ )로 나타나 있는 바와 같이, 최적 시간 스냅샷 그룹( $G_{OPT_i}$ )에 속함).
- [0138] 특히, 결정 블록(505)에서 고려된  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )이 현재 과부하 리스트( $L_2$ )에 있는지를 확인하기 위해 체크가 수행된다.
- [0139] 고려된  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )이 현재 과부하 리스트( $L_2$ )에 있으면, 결정 블록(505)의 Y 분기로 진행하여, 고려된  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )의 하나 이상의  $j$ -번째 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )이 선택 및 활성화된다(활성 블록(510)). 다시 말해, 트래픽 부하 요구들을 충족시키기 위해(그리고 과부하 조건들을 극복하기 위해) 어쨌든 스몰 노드( $110_{i,j}$ ) 활성화가 이루어진다. 고려된  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )의 모든 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )이 선택 및 활성화될 수 있다. 변형적으로는, 고려된  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )의 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )은 사용자 매개변수들에 따라, 예를 들면 상기 매크로 셀( $105_{C_i}$ )에 내재하는 사용자 위치 정보에 따라(GPS, 과거 및/또는 통계 데이터를 기반으로 하여 이루어질 수 있는 그러한 위치 정보를 가지고) 선택 및 활성화될 수 있다.

- [0140] 고려된  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )이 현재 과부하 리스트( $L_2$ )에 있지 않으면, 결정 블록(505)의  $N$  분기로 진행하여, 상기 바이너리 매트릭스( $C_{i,k}$ )의 요소( $c_{i,k}$ )가 ( $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )에 대한)  $k$ -번째 시간 스냅샷이 최적 시간 스냅샷 그룹( $G_{OPT_i}$ )에 속함을 나타내는 제1 값을 지니는지를 확인하기 위해 다른 한 체크가 수행된다(결정 블록(515)).
- [0141] 상기 바이너리 매트릭스( $C_{i,k}$ )의 요소( $c_{i,k}$ )가 ( $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )에 대한)  $k$ -번째 시간 스냅샷이 최적 시간 스냅샷 그룹( $G_{OPT_i}$ )에 속함을 나타내는 제1 값을 지니는 경우에, 결정 블록(515)의  $Y$  분기로 진행하여, 고려된  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )의  $j$ -번째 스몰 노드( $110_{i,j}$ )가 선택 및 활성화된다(활성 블록(510)). 다시 말해, (상기 셀룰러 네트워크(100)의 전체 전력 소모를 감소시키기 위해) 스몰 노드( $110_{i,j}$ ) 활성화가 강력하게 선호되는 것으로 이루어진다.
- [0142] 그리고 나서, 활성 흐름이 결정 블록(520)으로 진행되고, 도시된 바와 같이, 비록 바이너리 매트릭스( $C_{i,k}$ )의 요소( $c_{i,k}$ )가 ( $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )에 대한)  $k$ -번째 시간 스냅샷이 최적 시간 스냅샷 그룹( $G_{OPT_i}$ )에 속하지 않음을 나타내는 제2 값을 지니더라도 결정 블록(520)에 이르게 된다.
- [0143] 결정 블록(520)에서, 고려된  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )이 상기 셀룰러 네트워크(100)의 마지막(고려된) 매크로 셀( $105_{C_i}$ )인지를 평가하기 위해 체크가 수행된다. 고려된  $i$ -번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )이 상기 셀룰러 네트워크(100)의 마지막(고려된) 매크로 셀( $105_{C_i}$ )이 아니면, 결정 블록(520)의  $N$  분기로 진행하여,  $N$  개의 매크로 셀들( $105_{C_i}$ ) 중의 다음과 같은, ( $i+1$ )-번째, 매크로 셀( $105_{C_i}$ )이 선택되고(활성 블록(525)), 이 때문에 그 후에는 상기 셀룰러 네트워크(100)의 각각의 ( $i+1$ )-번째 매크로 셀( $105_{C_i}$ )에 대해 블록(505-525)에서 검토한 활성 흐름이 반복된다.
- [0144] 위에서 검토한 바와 같이, 고려된 매크로 셀( $105_{C_i}$ )이 마지막 매크로 셀인 즉시(결정 블록(520)의  $Y$  분기로의 진행) 활성 흐름이 끝나게 된다(활성 블록(530)).
- [0145] 그 외에도, 도시되지 않은 다른 한 실시 예에 의하면, 상기 알고리즘(200)(또는 트레이너(205) 모듈, 분석기(210) 모듈, 및/또는 결정기(215) 모듈에 관련된 상기 알고리즘(200)의 부품들)의 올바른 실행을 평가/확인하기 위해 품질 체크가 마지막으로 수행된다.
- [0146] 상기 결정기(215) 모듈은 하나 이상의 매크로 노드들( $105_i$ ) 내에서 물리적으로 구현될 수 있다. 이 경우에, 상기 결정기(215) 모듈은 상기 셀룰러 네트워크(100)의 다른 매크로 노드들( $105_i$ )로부터의 정보를 수신할 수도 있고 활성화/비활성화 커맨드들을 바람직하게는 X2 인터페이스를 통해(예컨대, "로드 인디케이터(Load Indicator)", X2AP - TS 36 423, 및 셀 활성화 요구(Cell Activation Request), X2AP - TS 36.423, 메시지들 각각의 도움으로) 상기 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )로 송신할 수 있다.
- [0147] 변형적으로, 상기 결정기(215) 모듈은 하나 이상의 매크로 노드들( $105_i$ )에 그리고 하나 이상의 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )에 접속된 외부 모듈로서 물리적으로 구현될 수 있다. 이 경우에, 전용 통신 "채널들"은 (상기 스몰 노드들( $110_{i,j}$ )과의 통신을 위한 X2 인터페이스를 이용하도록) 상기 결정기(215) 모듈 및 상기 매크로 노드들( $105_i$ ) 사이에 제공될 수 있다.
- [0148] 물론, 국지적이고 특정한 요건들을 만족시키기 위해, 당해 기술에 통상의 지식을 가진 자라면 위에 설명한 과제 해결수법에 여러 논리적이고 그리고/또는 물리적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 더 구체적으로 기술하면, 비록 본 발명이 본 발명의 바람직한 실시 예들을 참조하여 어느 정도의 특수성을 가지고 설명되었지만, 여기서 이해하여야 할 점은 그 형태 및 세부들의 다양한 생략, 대체 및 변경과 아울러 다른 실시 예들이 가능하다는 점이다. 특히, 본 발명의 다른 실시 예들은 심지어 본 발명의 더 완전한 이해를 제공하기 위해 이전의 설명에 기재된 특정한 세부들 없이 실시될 수 있으며, 이와는 반대로 널리 알려져 있는 특징들이 불필요한 세부들 때문에 상기 설명에 지장을 주지 않도록 생략 또는 간략화되어 있을 수 있다. 더욱이, 분명히 하고자 하는 점은 본 발명의 어느 개시된 실시 예에 관련하여 설명된 특정 요소들 및/또는 방법 단계들이 일반적인 설계 선택 사항으로서 다른 어떤 실시 예에 통합될 수 있다는 점이다.

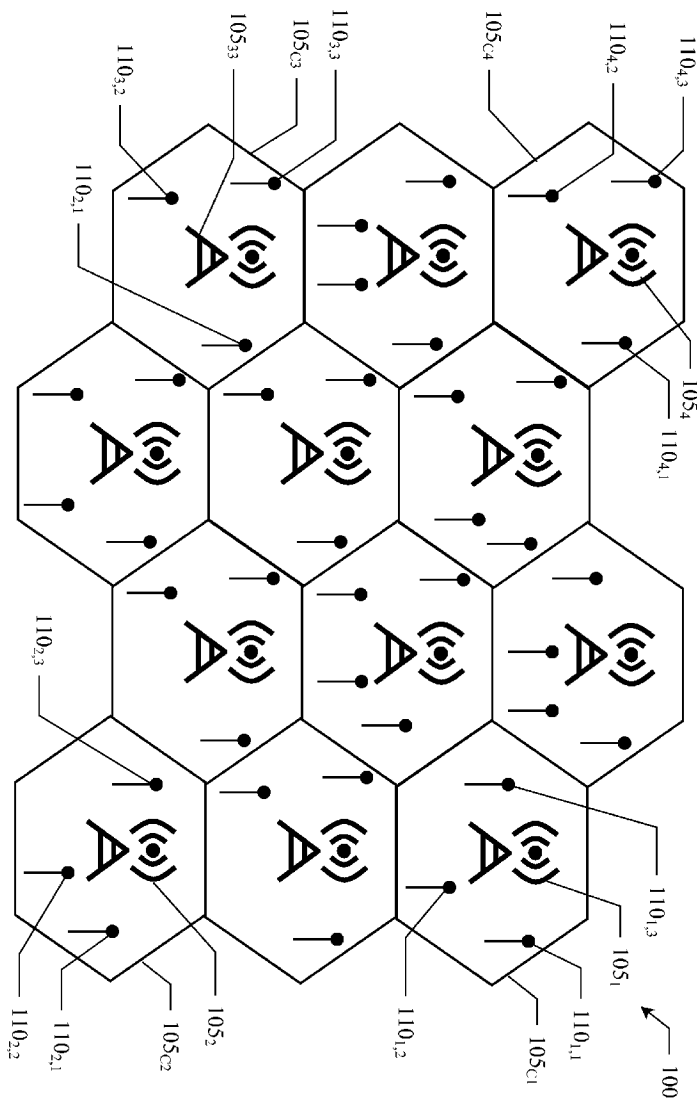
[0149] 더 구체적으로 기술하면, 본 발명의 한 실시 예에 따른 과제해결수법은 (유사한 단계들을 사용하거나, 불필요한 일부 단계들을 제거하거나, 또는 부가적인 선택 단계들을 추가함으로써) 등가 방법을 통해 구현되는데 적합하고, 더욱이 상기 단계들은 서로 다른 순서로, 동시에 또는 인터리브 방식(interleaved way)으로(적어도 부분적으로) 수행될 수 있다.

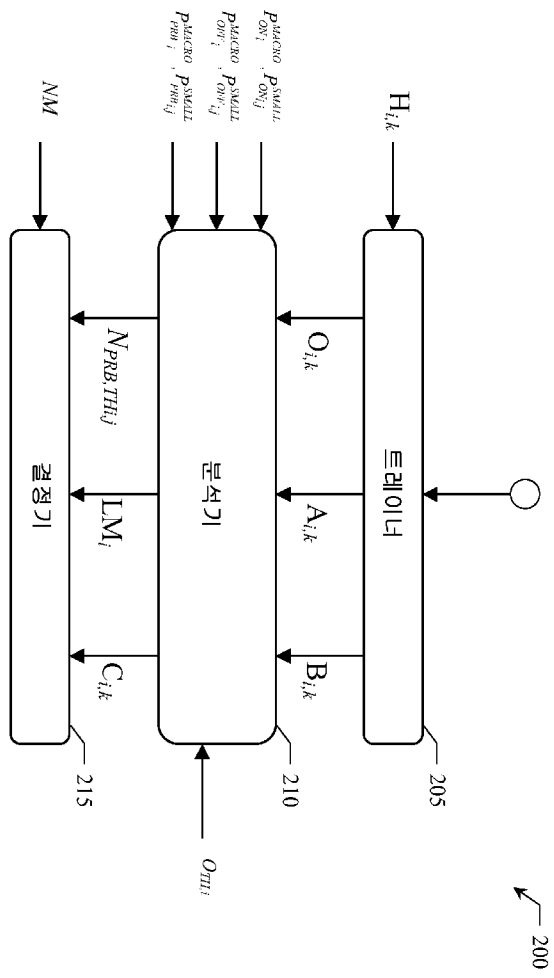
[0150] 추가로, 무선 통신 네트워크가 서로 다른 구조를 지니거나 등가 구성요소들을 포함하거나, 또는 무선 통신 네트워크가 다른 동작 특징들을 지니는 경우에 유사한 고려들이 적용된다. 어쨌든, 무선 통신 네트워크의 임의의 구성요소는 여러 요소로 분리될 수도 있고 2개 이상의 구성요소가 단일 요소로 결합될 수도 있으며, 추가로 각각의 구성요소는 해당 동작들의 실행을 병렬로 지원하기 위해 복제될 수도 있다. 또한, 여기서 유념해야 할 점은 서로 다른 구성요소들 간의 어떠한 상호작용도 일반적으로 (달리 언급하지 않는 한) 연속적으로 이루어지지 않아도 되고 하나 이상의 매개체를 통해 직접적 그리고 간접적일 수 있다는 점이다.

[0151] 더욱이, 비록 LTE/LTE-어드밴스드 표준을 기반으로 하는 무선 통신 네트워크에 대한 명시적인 참조가 이루어져 있지만, 여기서 이해하여야 할 점은 임의의 특정한 무선 통신 시스템 아키텍처 또는 프로토콜의 구현으로 한정하는 것이 본원 출원인의 의도가 아니라는 점이다. 이와 관련하여, 적합한 단순 변형들을 가지고, 위에서 제안한 스몰 노드들의 동적 활성화/비활성화 방법이 배치 이종(deployment heterogeneity) 특징을 포함하는 다른 어떤 무선 통신 네트워크(예컨대, 2G 및 3G 무선 통신 네트워크)에 적용될 수 있다.

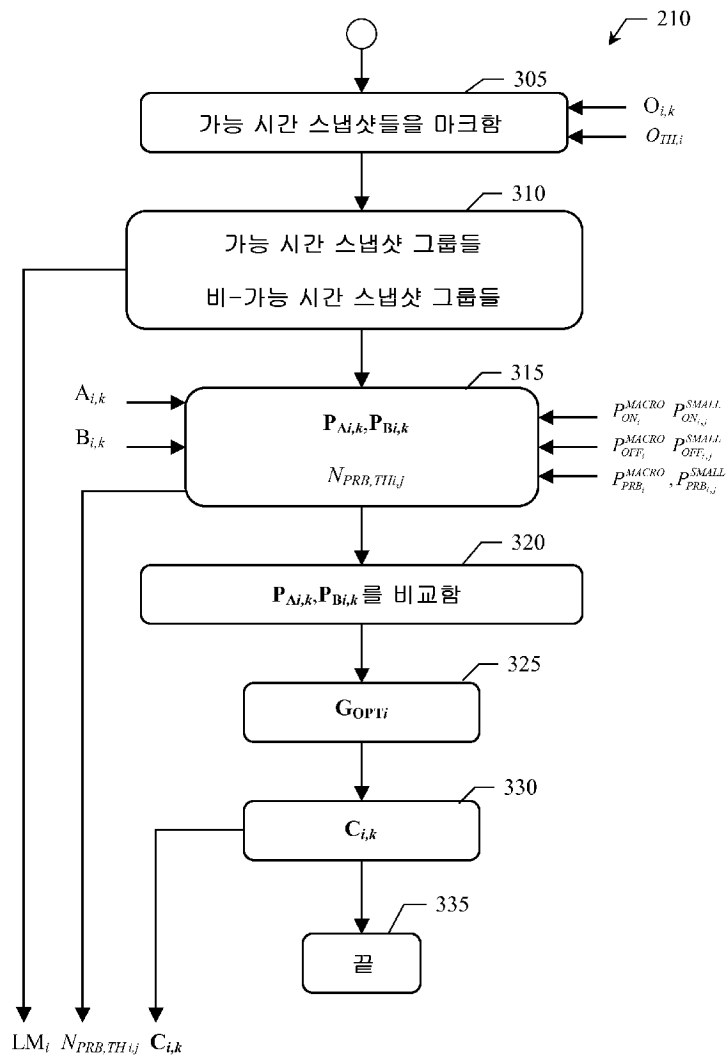
도면

도면1

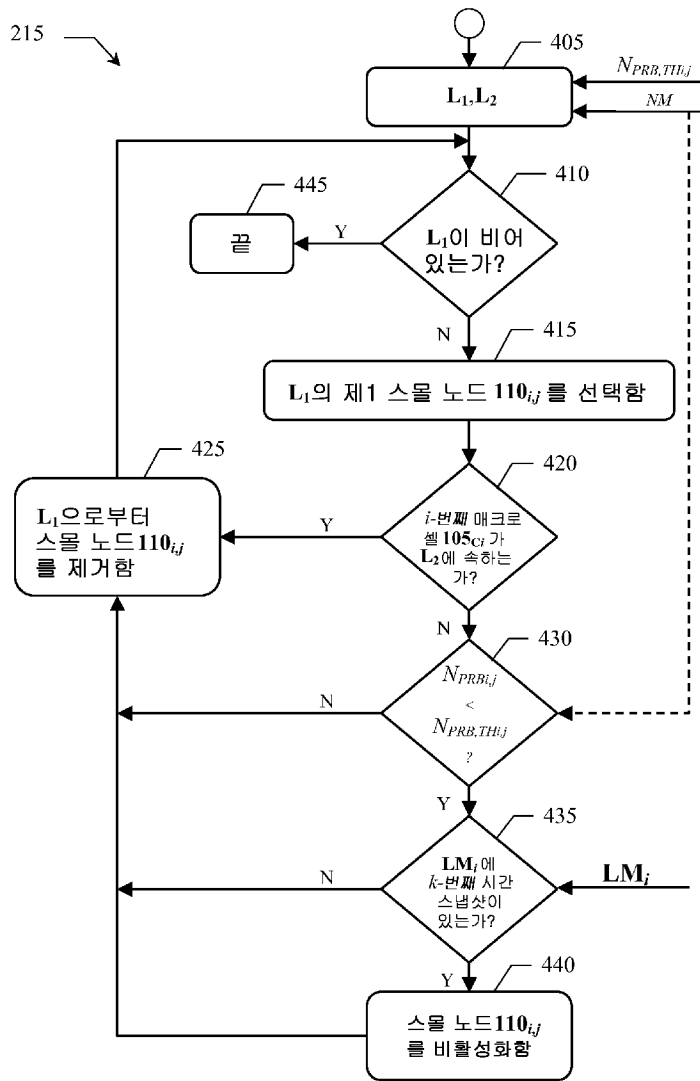




도면 3



도면 4



도면5

