(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0082224
(43) 공개일자 2025년06월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 28/08 (2023.01) *H04L 47/2441* (2022.01)
H04W 28/086 (2023.01) *H04W 88/18* (2019.01)
(52) CPC특허분류
H04W 28/0925 (2023.05)
H04L 47/2441 (2022.05)
(21) 출원번호 10-2023-0170294
(22) 출원일자 2023년11월30일
심사청구일자 2023년11월30일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
홍인기
경기도 성남시 분당구 수내로 181, 313동 301호(분당동, 샛별마을)
유현민
경기도 성남시 분당구 미금로 23, 105동 1506호(구미동, 무지개마을)
(74) 대리인
김연권

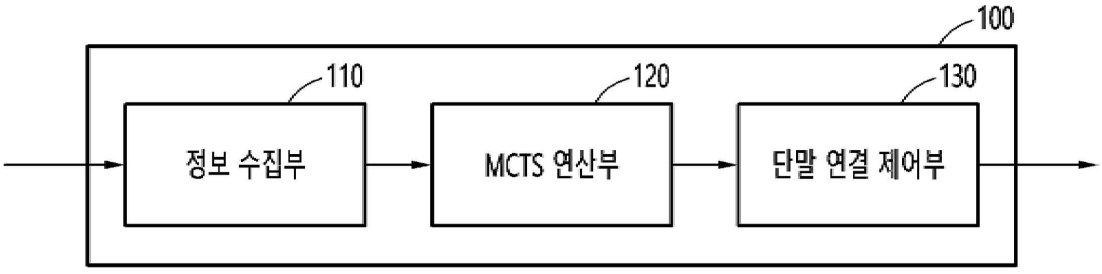
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 달성하는 지능형 트래픽 스티어링 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 달성하는 지능형 트래픽 스티어링 장치 및 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치는 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 달성하는 지능형 트래픽 스티어링 장치에 있어서, 하나의 앵커 셀(Anchor cell)에 연결되는 복수의 SBS(small cell base station) 클러스터 각각에서 복수의 SBS 셀에 연결되는 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 네트워크 정보를 수집하는 정보 수집부, 상기 수집된 네트워크 정보에 기반하여 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 연산을 수행하는 MCTS 연산부 및 상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 상기 결정된 단말 연결 조합에 따라 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단말 연결 제어부를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H04W 28/086 (2023.05)
H04W 28/0967 (2020.05)
H04W 88/18 (2019.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711193314
과제번호 2021-0-02046-003
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 (혁신법)정보통신방송혁신인재양성_2023
연구과제명 6H 차세대 이동통신 기술 개발(2단계 1차년도)(3/8)
기 여 율 1/2
과제수행기관명 경희대학교 산학협력단
연구기간 2021.07.01 ~ 2028.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711196048
과제번호 00207387
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 (혁신법)인공지능융합혁신인재양성(R&D)_2023
연구과제명 5G Open RAN 기반 지능형 네트워크 슬라이싱 기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 경희대학교산학협력단
연구기간 2022.11.01 ~ 2025.04.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 달성하는 지능형 트래픽 스티어링 장치에 있어서,

하나의 앵커 셀(Anchor cell)에 연결되는 복수의 SBS(small cell base station) 클러스터 각각에서 복수의 SBS 셀에 연결되는 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 네트워크 정보를 수집하는 정보 수집부;

상기 수집된 네트워크 정보에 기반하여 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 연산을 수행하는 MCTS 연산부; 및

상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 상기 결정된 단말 연결 조합에 따라 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단말 연결 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 단말 연결 제어부는 상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말 중 기 설정된 데이터 전송 속도(data rate) 이상의 데이터 전송 속도(high data rate, HDR)의 서비스를 요구하는 HDR 단말을 식별하고, 상기 식별된 HDR 단말과 상기 복수의 SBS 셀 중 어느 하나의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 단말 연결 제어부는 상기 식별된 HDR 단말의 비율을 결정하고, 상기 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 또는 상기 어느 하나의 SBS 셀 내 상기 결정된 비율로 상기 복수의 단말 중 HDR 단말을 선택하여 연결하는 상기 단말 연결 조합을 결정하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 단말 연결 제어부는 상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말 중 상기 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 내 포함된 복수의 SBS 셀 각각에서 상기 복수의 단말의 데이터 전송 속도에 기반하여 상기 복수의 단말의 무선 자원 이용 정도가 상기 어느 하나의 SBS 클러스터 내 포함된 복수의 SBS 셀로 균등하게 분배되도록 상기 단말 연결 조합을 결정하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 단말 연결 제어부는 상기 MCTS 기반 휴리스틱(heuristic) 알고리즘에 기반하여 상기 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 내 HDR 단말의 비율을 결정하고, 부하 공정성을 연산한 연산 결과에 기반하여 상기 어느 하나의 SBS 클러스터 내 복수의 SBS 셀 들 간의 부하 균형을 달성하는 단말 연결 조합을 결정하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 단말 연결 제어부는 가상 네트워크 기능(virtual network function, VNF)을 이용하여 상기 복수의 SBS 클러스터 내 상기 복수의 SBS 셀의 무선 자원과 상기 복수의 SBS 클러스터 내 SBS 셀의 수를 동적으로 제어하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 정보 수집부는 상기 복수의 SBS 셀 중 상기 복수의 단말 각각에 대하여 기 설정된 데이터 전송 속도 이상의 데이터 전송 속도를 나타내는 단말과 연결되는 적어도 하나의 SBS 셀을 이웃셀(neighbor cell)로 결정하고, 상기 복수의 단말, 상기 복수의 단말 각각에 대응되는 이웃셀 정보를 상기 네트워크 정보로 수집하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 MCTS 연산부는 상기 복수의 단말 중 어느 하나의 단말에 대응되는 복수의 차일드 노드(Child node)와 연결되는 루트 노드(Root node)를 생성하고, 확장 과정을 통해 상기 루트 노드와 연결되고 상기 어느 하나의 단말과 상기 어느 하나의 단말의 m개(여기서, m은 양의 정수)의 이웃셀 중 어느 하나의 이웃셀 간의 연결 상태 정보를 포함하는 제1 차일드 노드를 생성하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 MCTS 연산부는 시뮬레이션 과정을 통해 상기 제1 차일드 노드에서 상기 복수의 단말 중 상기 어느 하나의 단말을 제외한 나머지 단말 각각과 상기 나머지 단말 각각에 대응되는 이웃셀을 랜덤하게 연결하는 플레이 아웃을 수행하고, 역전파(backpropagation) 과정을 통해 상기 플레이 아웃의 수행 결과에 따른 네트워크 유틸리티(network utility) 값을, (여기서, 상기 네트워크 유틸리티 값은 네트워크의 모든 HDR 단말의 전송 속도에 로그 대수(logarithm)을 취하고 이 값들을 모두 더한 값을 나타내고), 상기 제1 차일드 노드를 포함하는 상위 노드에 저장하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 MCTS 연산부는 상기 확장 과정을 통해 상기 루트 노드와 연결되고 상기 m개의 이웃셀 중 다른 하나의 이웃셀에 대응되는 제2차일드 노드를 생성하며, 상기 제2 차일드 노드에서 상기 시뮬레이션 과정 및 상기 역전파 과정을 수행하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 MCTS 연산부는 상기 차일드 노드 각각에 저장된 네트워크 유틸리티값과 상기 차일드 노드와 같은 부모 노드를 가지는 차일드 노드 각각에 저장된 네트워크 유틸리티 값의 합산 값을 이용하는 UCT(Upper Confidence Boundary of Tree) 연산의 결과에 기반한 선택 과정을 통해, 상기 복수의 차일드 노드 중 상기 UCT 연산 값이

가장 큰 차일드 노드를 선택하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 장치.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 MCTS 연산부는, 상기 MCTS 연산을 통해 상기 복수의 SBS 클러스터 내 상기 복수의 SBS 셀 들 간의 부하 균형과 관련된 네트워크 공정성(network fairness)이 확보되고, 상기 복수의 SBS 클러스터 중 적어도 하나의 SBS 클러스터 내 HDR 단말의 비율을 결정함에 따라 상기 복수의 SBS 클러스터 내 SBS 셀의 수를 동적으로 제어하기 위한 연산 시간을 감소시키는 상기 단말 연결 조합을 결정하도록 상기 MCTS 연산의 수행 결과를 출력하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 장치.

청구항 13

O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 달성하는 지능형 트래픽 스티어링 방법에 있어서,

정보 수집부에서, 하나의 앵커 셀(Anchor cell)에 연결되는 복수의 SBS(small cell base station) 클러스터 각각에서 복수의 SBS 셀에 연결되는 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 네트워크 정보를 수집하는 단계;

MCTS 연산부에서, 상기 수집된 네트워크 정보에 기반하여 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 연산을 수행하는 단계; 및

단말 연결 제어부에서, 상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 상기 결정된 단말 연결 조합에 따라 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 상기 결정된 단말 연결 조합에 따라 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단계는,

상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말 중 기 설정된 데이터 전송 속도(data rate) 이상의 데이터 전송 속도(high data rate, HDR)의 서비스를 요구하는 HDR 단말을 식별하고, 상기 식별된 HDR 단말과 상기 복수의 SBS 셀 중 어느 하나의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단계; 및

상기 식별된 HDR 단말의 비율을 결정하고, 상기 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 또는 상기 어느 하나의 SBS 셀 내 상기 결정된 비율로 상기 복수의 단말 중 HDR 단말을 선택하여 연결하는 상기 단말 연결 조합을 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 상기 결정된 단말 연결 조합에 따라 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단계는,

상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말 중 상기 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 내 포함된 복수의 SBS 셀 각각에서 상기 복수의 단말의 데이터 전송 속도에 기반하여 상기 복수의 단말의 무선 자원 이용 정도가 상기 어느 하나의 SBS 클러스터 내 포함된 복수의 SBS 셀로 균등하게 분배되도록 상기 단말 연결 조합을 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 방법.

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 상기 결정된 단말 연결 조합에 따라 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단계는,

상기 MCTS 기반 휴리스틱(heuristic) 알고리즘에 기반하여 상기 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 내 HDR 단말의 비율을 결정하고, 부하 공정성을 연산한 연산 결과에 기반하여 상기 어느 하나의 SBS 클러스터 내 복수의 SBS 셀 들 간의 부하 균형을 달성하는 단말 연결 조합을 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 방법.

청구항 17

제13항에 있어서,

상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 상기 결정된 단말 연결 조합에 따라 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단계는,

가상 네트워크 기능(virtual network function, VNF)을 이용하여 상기 복수의 SBS 클러스터 내 상기 복수의 SBS 셀의 무선 자원과 상기 복수의 SBS 클러스터 내 SBS 셀의 수를 동적으로 제어하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 방법.

청구항 18

제13항에 있어서,

상기 수집된 네트워크 정보에 기반하여 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 연산을 수행하는 단계는,

상기 MCTS 연산을 통해 상기 복수의 SBS 클러스터 내 상기 복수의 SBS 셀 들 간의 부하 균형과 관련된 네트워크 공정성(network fairness)이 확보되고, 상기 복수의 SBS 클러스터 중 적어도 하나의 SBS 클러스터 내 HDR 단말의 비율을 결정함에 따라 상기 복수의 SBS 클러스터 내 SBS 셀의 수를 동적으로 제어하기 위한 연산 시간을 감소시키는 상기 단말 연결 조합을 결정하도록 상기 MCTS 연산의 수행 결과를 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

지능형 트래픽 스티어링 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 달성하는 지능형 트래픽 스티어링 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 부하 불균형으로 인해 낮은 데이터 전송 속도(data rate)을 받는 사용자 단말의 성능을 개선할 수 있도록 네트워크 공정성(network fairness)을 최대로 하여 기지국들의 부하 균형을 최적화를 구현하는 기술적 사상에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 5G 시대에는 초고밀도 이종 네트워크(ultra-dense heterogeneous network, UD-HetNet) 아키텍처가 매크로셀(macro cell) 내에 다수의 스몰셀 기지국(small cell base station, SBS)을 촘촘하게 배치해 모바일 네트워크 용량을 늘리는 필수 기술로 각광받고 있다.

[0003] 핫스팟(hotspot) 지역에서는 사용자 단말(user equipment, UE)의 밀도와 모바일 트래픽의 양이 매우 높다.

[0004] 모바일 네트워크의 치밀화를 통해 네트워크 용량과 스펙트럼 효율성을 획기적으로 향상시킬 수 있으며, UD-HetNet은 모바일 트래픽의 폭발적인 증가를 수용할 수 있다.

[0005] 그러나 UD-HetNet은 동종 네트워크보다 사용자 연관 문제를 훨씬 더 복잡하게 만든다.

[0006] UD-HetNet의 기지국(base station, BS)과 사용자 단말의 밀도가 높기 때문에 UE-BS 연관 조합의 수가 극도로 커지고 계산 복잡성이 크게 증가할 수 있다.

[0007] UD-HetNet에서 스몰셀 기지국은 높은 데이터를 요구하는 사용자 단말의 데이터 트래픽을 오프로드 하는데 중요한 역할을 한다.

[0008] 기존 트래픽 스티어링(traffic steering) 기술들은 하나의 단말에 대한 트래픽 스티어링 방법을 주로 다루고 있으나, 다수의 단말에 대해 네트워크의 관점에서 다루고 있지 않다.

[0009] 네트워크에 존재하는 다수의 단말을 관리하는 O-RAN(Open-Radio Access Network) 아키텍처(architecture)의 RIC(RAN intelligent controller)에서 실행하는 트래픽 스티어링은 네트워크 정보를 이용하여 다수의 RAN들과 이들에 연결된 단말들이 요구하는 서로 다른 QoS(Quality of Service)를 만족시킬 수 있도록 최적의 서비스를 제공할 수 있도록 해야한다.

[0010] 동종 네트워크에서는 사용자 단말이 최대 수신 전력을 제공하는 기지국과 연결하는 max-RSS(Received Signal Strength) 사용자 연결 알고리즘이 널리 사용되고 있다.

[0011] CRE(cell range expansion) 방식에서는 사용자 단말이 스몰셀 기지국으로 오프로드되어 가장 높은 바이어스 수신 전력을 제공할 수 있다.

[0012] 그러나, 사용자 단말이 불균일하게 분산된 실제 네트워크 환경에서 CRE를 적용하면 일부 스몰셀 기지국에 과부하(overload)가 발생하여 심각한 부하 불균형이 발생할 수 있다.

[0013] 즉, CRE는 특정 스몰셀 기지국에서는 혼잡으로 인한 부하 불균형의 위험을 초래할 수 있으며, 혼잡이 덜한 스몰셀 기지국에서는 사용자 단말이 자원을 독점하는 현상이 발생할 수 있다.

[0014] 결과적으로, 혼잡한 스몰셀 기지국에서는 사용자 단말의 데이터 속도가 심각하게 저하하는 문제가 발생될 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0015] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2021-0117960호, "O-RAN 기반 성능 최적화 및 구성을 위한 방법 및 장치"

(특허문헌 0002) 한국공개특허 제10-2022-0138227호, "이동통신 시스템에서 트래픽 스티어링을 제공하기 위한 방법 및 장치"

(특허문헌 0003) 한국공개특허 제10-2023-0056509호, "무선 통신 시스템에서 트래픽에 대한 서비스 품질 관리 방법 및 장치"

(특허문헌 0004) 한국등록특허 제10-2481227호, "몬테 카를로 트리 서치를 이용하는 셀 접속 제어장치 및 그 동작방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 본 발명은 부하 불균형(load imbalance)으로 인해 낮은 데이터 전송 속도(data rate)을 받는 사용자 단말의 성능을 개선할 수 있도록 네트워크 공정성(network fairness)을 최대로 하여 기지국들의 부하 균형(load balancing)을 달성하면서, 적은 실행 시간에 따른 거의 실시간(near-real time) RIC(RAN intelligent controller)를 구현하는 것을 목적으로 한다.

[0017] 본 발명은 합리적인 계산 복잡성(reasonable computational complexity)으로 효율적인 오프로드(offloading)

및 부하 균형(load balancing)에 대한 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 기반 중앙 집중식(centralized) 사용자 연계(user association)를 구현하는 것을 목적으로 한다.

[0018] 본 발명은 RIC가 복수의 기지국 및 사용자 단말을 관리하는 O-RAN(Open-Radio Access Network) 아키텍처(architecture)를 기반으로 구성하여 MCTS 기반 중앙 집중식 사용자 연계를 구현에 기반하여 중앙 집중식의 높은 계산 복잡도를 극복하고, 전송 데이터 속도를 향상시키는 것을 목적으로 한다.

[0019] 본 발명은 MCTS 기반 알고리즘을 이용하여 RIC의 컴퓨팅에 기반하여 다수의 사용자 단말에 대한 사용자 연결을 최적화하여 네트워크 슬라이싱(slicing)의 승인 제어 등 이동통신 분야의 다른 바이너리 프로그래밍 문제를 해소하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0020] 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치는 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 달성하는 지능형 트래픽 스티어링 장치에 있어서, 하나의 앵커 셀(Anchor cell)에 연결되는 복수의 SBS(small cell base station) 클러스터 각각에서 복수의 SBS 셀에 연결되는 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 네트워크 정보를 수집하는 정보 수집부, 상기 수집된 네트워크 정보에 기반하여 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 연산을 수행하는 MCTS 연산부 및 상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 상기 결정된 단말 연결 조합에 따라 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단말 연결 제어부를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 단말 연결 제어부는 상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말 중 기 설정된 데이터 전송 속도(data rate) 이상의 데이터 전송 속도(high data rate, HDR)의 서비스를 요구하는 HDR 단말을 식별하고, 상기 식별된 HDR 단말과 상기 복수의 SBS 셀 중 어느 하나의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어할 수 있다.

[0022] 상기 단말 연결 제어부는 상기 식별된 HDR 단말의 비율을 결정하고, 상기 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 또는 상기 어느 하나의 SBS 셀 내 상기 결정된 비율로 상기 복수의 단말 중 HDR 단말을 선택하여 연결하는 상기 단말 연결 조합을 결정할 수 있다.

[0023] 상기 단말 연결 제어부는 상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말 중 상기 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 내 포함된 복수의 SBS 셀 각각에서 상기 복수의 단말의 데이터 전송 속도에 기반하여 상기 복수의 단말의 무선 자원 이용 정도가 상기 어느 하나의 SBS 클러스터 내 포함된 복수의 SBS 셀로 균등하게 분배되도록 상기 단말 연결 조합을 결정할 수 있다.

[0024] 상기 단말 연결 제어부는 상기 MCTS 기반 휴리스틱(heuristic) 알고리즘에 기반하여 상기 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 내 HDR 단말의 비율을 결정하고, 부하 공정성을 연산한 연산 결과에 기반하여 상기 어느 하나의 SBS 클러스터 내 복수의 SBS 셀 들 간의 부하 균형을 달성하는 단말 연결 조합을 결정할 수 있다.

[0025] 상기 단말 연결 제어부는 가상 네트워크 기능(virtual network function, VNF)을 이용하여 상기 복수의 SBS 클러스터 내 상기 복수의 SBS 셀의 무선 자원과 상기 복수의 SBS 클러스터 내 SBS 셀의 수를 동적으로 제어할 수 있다.

[0026] 상기 정보 수집부는 상기 복수의 SBS 셀 중 상기 복수의 단말 각각에 대하여 기 설정된 데이터 전송 속도 이상의 데이터 전송 속도를 나타내는 단말과 연결되는 적어도 하나의 SBS 셀을 이웃셀(neighbor cell)로 결정하고, 상기 복수의 단말, 상기 복수의 단말 각각에 대응되는 이웃셀 정보를 상기 네트워크 정보로 수집할 수 있다.

[0027] 상기 MCTS 연산부는 상기 복수의 단말 중 어느 하나의 단말에 대응되는 복수의 차일드 노드(Child node)와 연결되는 루트 노드(Root node)를 생성하고, 확장 과정을 통해 상기 루트 노드와 연결되고 상기 어느 하나의 단말과 상기 어느 하나의 단말의 m개(여기서, m은 양의 정수)의 이웃셀 중 어느 하나의 이웃셀 간의 연결 상태 정보를 포함하는 제1 차일드 노드를 생성할 수 있다.

[0028] 상기 MCTS 연산부는 시뮬레이션 과정을 통해 상기 제1 차일드 노드에서 상기 복수의 단말 중 상기 어느 하나의 단말을 제외한 나머지 단말 각각과 상기 나머지 단말 각각에 대응되는 이웃셀을 랜덤하게 연결하는 플레이 아웃을 수행하고, 역전파(backpropagation) 과정을 통해 상기 플레이 아웃의 수행 결과에 따른 네트워크 유틸리티(network utility) 값을, (여기서, 상기 네트워크 유틸리티 값은 네트워크의 모든 HDR 단말의 전송 속도에 로그 대수(logarithm)을 취하고 이 값들을 모두 더한 값을 나타내고), 상기 제1 차일드 노드를 포함하는 상위 노드에

저장할 수 있다.

[0029] 상기 MCTS 연산부는 상기 확장 과정을 통해 상기 루트 노드와 연결되고 상기 m개의 이웃셀 중 다른 하나의 이웃셀에 대응되는 제2차일드 노드를 생성하며, 상기 제2 차일드 노드에서 상기 시뮬레이션 과정 및 상기 역전파 과정을 수행할 수 있다.

[0030] 상기 MCTS 연산부는 상기 차일드 노드 각각에 저장된 네트워크 유틸리티 값과 상기 차일드 노드와 같은 부모 노드를 가지는 차일드 노드 각각에 저장된 네트워크 유틸리티 값의 합산 값을 이용하는 UCT(Upper Confidence Boundary of Tree) 연산의 결과에 기반한 선택 과정을 통해, 상기 복수의 차일드 노드 중 상기 UCT 연산 값이 가장 큰 차일드 노드를 선택할 수 있다.

[0031] 상기 MCTS 연산부는, 상기 MCTS 연산을 통해 상기 복수의 SBS 클러스터 내 상기 복수의 SBS 셀 들 간의 부하 균형과 관련된 네트워크 공정성(network fairness)이 확보되고, 상기 복수의 SBS 클러스터 중 적어도 하나의 SBS 클러스터 내 HDR 단말의 비율을 결정함에 따라 상기 복수의 SBS 클러스터 내 SBS 셀의 수를 동적으로 제어하기 위한 연산 시간을 감소시키는 상기 단말 연결 조합을 결정하도록 상기 MCTS 연산의 수행 결과를 출력할 수 있다.

[0032] 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 달성하는 지능형 트래픽 스티어링 방법은 정보 수집부에서, 하나의 앵커 셀(Anchor cell)에 연결되는 복수의 SBS(small cell base station) 클러스터 각각에서 복수의 SBS 셀에 연결되는 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 네트워크 정보를 수집하는 단계, MCTS 연산부에서, 상기 수집된 네트워크 정보에 기반하여 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 연산을 수행하는 단계 및 단말 연결 제어부에서, 상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 상기 결정된 단말 연결 조합에 따라 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단계를 포함할 수 있다.

[0033] 상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 상기 결정된 단말 연결 조합에 따라 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단계는, 상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말 중 기 설정된 데이터 전송 속도(data rate) 이상의 데이터 전송 속도(high data rate, HDR)의 서비스를 요구하는 HDR 단말을 식별하고, 상기 식별된 HDR 단말과 상기 복수의 SBS 셀 중 어느 하나의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단계 및 상기 식별된 HDR 단말의 비율을 결정하고, 상기 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 또는 상기 어느 하나의 SBS 셀 내 상기 결정된 비율로 상기 복수의 단말 중 HDR 단말을 선택하여 연결하는 상기 단말 연결 조합을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0034] 상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 상기 결정된 단말 연결 조합에 따라 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단계는, 상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말 중 상기 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 내 포함된 복수의 SBS 셀 각각에서 상기 복수의 단말의 데이터 전송 속도에 기반하여 상기 복수의 단말의 무선 자원 이용 정도가 상기 어느 하나의 SBS 클러스터 내 포함된 복수의 SBS 셀로 균등하게 분배되도록 상기 단말 연결 조합을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0035] 상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 상기 결정된 단말 연결 조합에 따라 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단계는, 상기 MCTS 기반 휴리스틱(heuristic) 알고리즘에 기반하여 상기 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 내 HDR 단말의 비율을 결정하고, 부하 공정성을 연산한 연산 결과에 기반하여 상기 어느 하나의 SBS 클러스터 내 복수의 SBS 셀 들 간의 부하 균형을 달성하는 단말 연결 조합을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0036] 상기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 상기 결정된 단말 연결 조합에 따라 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어하는 단계는, 가상 네트워크 기능(virtual network function, VNF)을 이용하여 상기 복수의 SBS 클러스터 내 상기 복수의 SBS 셀의 무선 자원과 상기 복수의 SBS 클러스터 내 SBS 셀의 수를 동적으로 제어하는 단계를 포함할 수 있다.

[0037] 상기 수집된 네트워크 정보에 기반하여 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 연산을 수행하는 단계는, 상기 MCTS 연산을 통해 상기 복수의 SBS 클러스터 내 상기 복수의 SBS 셀 들 간의 부하 균형과 관련된 네트워크 공정성

(network fairness)이 확보되고, 상기 복수의 SBS 클러스터 중 적어도 하나의 SBS 클러스터 내 HDR 단말의 비율을 결정함에 따라 상기 복수의 SBS 클러스터 내 SBS 셀의 수를 동적으로 제어하기 위한 연산 시간을 감소시키는 상기 단말 연결 조합을 결정하도록 상기 MCTS 연산의 수행 결과를 출력하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0038] 본 발명은 부하 불균형(load imbalance)으로 인해 낮은 데이터 전송 속도(data rate)을 받는 사용자 단말의 성능을 개선할 수 있도록 네트워크 공정성(network fairness)을 최대로 하여 기지국들의 부하 균형(load balancing)을 달성하면서, 적은 실행 시간에 따른 거의 실시간(near-real time) RIC(RAN intelligent controller)를 구현할 수 있다.

[0039] 본 발명은 합리적인 계산 복잡성(reasonable computational complexity)으로 효율적인 오프로드(offloading) 및 부하 균형(load balancing)에 대한 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 기반 중앙 집중식(centralized) 사용자 연계(user association)를 구현할 수 있다.

[0040] 본 발명은 RIC가 복수의 기지국 및 사용자 단말을 관리하는 O-RAN(Open-Radio Access Network) 아키텍처(architecture)를 기반으로 구성하여 MCTS 기반 중앙 집중식 사용자 연계를 구현에 기반하여 중앙 집중식의 높은 계산 복잡도를 극복하고, 전송 데이터 속도를 향상시킬 수 있다.

[0041] 본 발명은 MCTS 기반 알고리즘을 이용하여 RIC의 컴퓨팅에 기반하여 다수의 사용자 단말에 대한 사용자 연결을 최적화하여 네트워크 슬라이싱(slicing)의 승인 제어 등 이동통신 분야의 다른 바이너리 프로그래밍 문제를 해소할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0042] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치를 설명하는 도면이다.

도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치의 적용 환경을 설명하는 도면이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 연산의 트리 탐색 과정을 설명하는 도면이다.

도 4a 내지 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치에서 MCTS 연산 과정을 설명하는 도면이다.

도 6 내지 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치의 성능을 설명하는 도면이다.

도 10 및 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 방법을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0043] 이하, 본 문서의 다양한 실시 예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다.

[0044] 실시 예 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0045] 하기에서 다양한 실시 예들을 설명에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0046] 그리고 후술되는 용어들은 다양한 실시 예들에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0047] 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.

[0048] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.

[0049] 본 문서에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다.

[0050] "제1," "제2," "첫째," 또는 "둘째," 등의 표현들은 해당 구성요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다.

[0051] 어떤(예: 제1) 구성요소가 다른(예: 제2) 구성요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다.

[0052] 본 명세서에서, "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, 하드웨어적 또는 소프트웨어적으로 "~에 적합한," "~하는 능력을 가지는," "~하도록 변경된," "~하도록 만들어진," "~를 할 수 있는," 또는 "~하도록 설계된"과 상호 호환적으로(interchangeably) 사용될 수 있다.

[0053] 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다.

[0054] 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성된(또는 설정된) 프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리 장치에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.

[0055] 또한, '또는' 이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다.

[0056] 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다' 라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.

[0057] 이하 사용되는 '..부', '..기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0059] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치를 설명하는 도면이다.

[0060] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들(small cell base station, SBS) 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치의 구성 요소를 예시한다.

[0061] 도 1을 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치(100)는 정보 수집부(110), MCTS 연산부(120) 및 단말 연결 제어부(130)를 포함한다.

[0062] 일례로, 지능형 트래픽 스티어링 장치(100)는 부하 불균형 문제를 해결하기 위해 단말에 바이어스된 수신 전력은 낮지만 로드는 더 작은 이웃 SBS 셀에 단말을 배포하여 정교한 단말 연결(user association)을 구현한다.

[0063] 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치(100)는 단말의 데이터 속도를 높이는 동시에 자원이 제한된 SBS 네트워크 내에서 자원을 독점하는 단말의 데이터 속도를 줄일 수 있다.

[0064] 일례로, 지능형 트래픽 스티어링 장치(100)는 휴리스틱 알고리즘으로 5G SBS 네트워크의 실시간 변화 및 동적 채널 상태를 효율적으로 처리할 수 있다.

[0065] 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치(100)는 동적 무선 네트워크에서 SBS 셀 간의 부하 공정성과 단말에 대한 QoS(Quality of Service)를 향상시킬 수 있다.

[0066] 일례로, 지능형 트래픽 스티어링 장치(100)는 RIC(Radio access network intelligent controller)를 이용한 중앙 집중화된 단말 연결을 구현한다.

[0067] 지능형 트래픽 스티어링 장치(100)는 중앙 집중식 방식의 높은 계산 복잡도를 극복하기 위해서 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 연산을 이용한다.

[0068] 이에 따라, 지능형 트래픽 스티어링 장치(100)는 최적에 가까운 단말과 SBS 셀 간의 조합을 도출하여 상호 단말

연결을 구현할 수 있다.

[0069] 본 발명의 일실시예에 따르면 정보 수집부(110)는 하나의 앵커 셀(Anchor cell)에 연결되는 복수의 SBS(small cell base station) 클러스터 각각에서 복수의 SBS 셀에 연결되는 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 네트워크 정보를 수집할 수 있다.

[0070] 일례로, 정보 수집부(110)는 복수의 SBS 셀 중 복수의 단말 각각에 대하여 기 설정된 데이터 전송 속도 이상의 데이터 전송 속도를 나타내는 단말과 연결되는 적어도 하나의 SBS 셀을 이웃셀(neighbor cell)로 결정하고, 복수의 단말, 복수의 단말 각각에 대응되는 이웃셀 정보를 상기 네트워크 정보로 수집할 수 있다. 여기서, 이웃셀은 특정 SBS 셀에 이웃하는 SBS 셀일 수 있다.

[0071] 일례로, MCTS 연산부(120)는 기 수집된 네트워크 정보에 기반하여 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 연산을 수행할 수 있다.

[0072] 본 발명의 일실시예에 따른 MCTS 연산부(120)는 복수의 단말 중 어느 하나의 단말에 대응되는 복수의 차일드 노드(Child node)와 연결되는 루트 노드(Root node)를 생성하고, 확장 과정을 통해 루트 노드와 연결되고 어느 하나의 단말과 어느 하나의 단말의 m개(여기서, m은 양의 정수)의 이웃셀 중 어느 하나의 이웃셀 간의 연결 상태 정보를 포함하는 제1 차일드 노드를 생성할 수 있다.

[0073] 일례로, MCTS 연산부(120)는 시뮬레이션 과정을 통해 제1 차일드 노드에서 복수의 단말 중 어느 하나의 단말을 제외한 나머지 단말 각각과 나머지 단말 각각에 대응되는 이웃셀을 랜덤하게 연결하는 플레이 아웃을 수행하고, 역전파(backpropagation) 과정을 통해 플레이 아웃의 수행 결과에 따른 네트워크 유틸리티(network utility) 값을 제1 차일드 노드를 포함하는 상위 노드에 저장할 수 있다.

[0074] 여기서, 네트워크 유틸리티 값은 네트워크의 모든 HDR 단말의 전송 속도에 로그대수(logarithm)을 취하고 이 값들을 모두 더한 값을 나타낼 수 있다.

[0075] 본 발명의 일실시예에 따른 MCTS 연산부(120)는 확장 과정을 통해 루트 노드와 연결되고 m개의 이웃셀 중 다른 하나의 이웃셀에 대응되는 제2차일드 노드를 생성하며, 제2 차일드 노드에서 시뮬레이션 과정 및 역전파 과정을 수행할 수 있다.

[0076] 일례로, MCTS 연산부(120)는 차일드 노드 각각에 저장된 네트워크 유틸리티 값과 차일드 노드와 같은 부모 노드를 가지는 차일드 노드 각각에 저장된 네트워크 유틸리티 값의 합산 값을 이용하는 UCT(Upper Confidence Boundary of Tree) 연산의 결과에 기반한 선택 과정을 통해, 복수의 차일드 노드 중 UCT 연산 값이 가장 큰 차일드 노드를 선택할 수 있다.

[0077] 본 발명의 일실시예에 따르면 MCTS 연산부(120)는, MCTS 연산을 통해 복수의 SBS 클러스터 내 복수의 SBS 셀 들 간의 부하 균형과 관련된 네트워크 공정성(network fairness)이 확보한다.

[0078] 또한, MCTS 연산부(120)는 복수의 SBS 클러스터 중 적어도 하나의 SBS 클러스터 내 HDR 단말의 비율을 결정함에 따라 복수의 SBS 클러스터 내 SBS 셀의 수를 동적으로 제어하기 위한 연산 시간을 감소시키는 단말 연결 조합을 결정하도록 MCTS 연산의 수행 결과를 출력할 수 있다.

[0079] 본 발명의 일실시예에 따른 단말 연결 제어부(130)는 기 수행된 MCTS 연산에 기반하여 복수의 단말과 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 결정된 단말 연결 조합에 따라 복수의 단말과 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어할 수 있다.

[0080] 일례로, 단말 연결 제어부(130)는 MCTS 연산에 기반하여 복수의 단말 중 기 설정된 데이터 전송 속도(data rate) 이상의 데이터 전송 속도(high data rate, HDR)의 서비스를 요구하는 HDR 단말을 식별하고, 식별된 HDR 단말과 복수의 SBS 셀 중 어느 하나의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어할 수 있다.

[0081] 본 발명의 일실시예에 따른 단말 연결 제어부(130)는 HDR 단말의 비율을 결정하고, 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 또는 어느 하나의 SBS 셀 내 상기 결정된 비율로 복수의 단말 중 HDR 단말을 선택하여 연결하는 단말 연결 조합을 결정할 수 있다.

[0082] 일례로, 단말 연결 제어부(130)는 MCTS 연산에 기반하여 복수의 단말 중 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 내 포함된 복수의 SBS 셀 각각에서 복수의 단말의 데이터 전송 속도에 기반하여 복수의 단말의 무선 자원 이용 정도가 어느 하나의 SBS 클러스터 내 포함된 복수의 SBS 셀로 균등하게 분배되도록 단말 연결 조합을 결정할 수 있다.

[0083] 본 발명의 일실시예에 따른 단말 연결 제어부(130)는 MCTS 기반 휴리스틱(heuristic) 알고리즘에 기반하여 복수의 SBS 클러스터 중 어느 하나의 SBS 클러스터 내 HDR 단말의 비율을 결정하고, 부하 공정성을 연산한 연산 결과에 기반하여 상기 어느 하나의 SBS 클러스터 내 복수의 SBS 셀 들 간의 부하 균형을 달성하는 단말 연결 조합을 결정할 수 있다.

[0084] 단말 연결 제어부(130)는 하기 수학식 1을 이용하여 휴리스틱 알고리즘을 사용한다.

[0085] HDR UE 간의 연관 결과를 나타내는 변수 $x_{ij} \in \{0, 1\}$을 결정하는 최적화 문제 $i \in hU$ 및 $SBS_j \in S$는 수학식 1과 같이 공식화될 수 있다.

[0087] [수학식 1]

[0088]
$$\max U = \sum_{i \in hU} \sum_{j \in S} x_{ij} \log(R_{ij})$$
$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{j \in S} x_{ij} = 1, \forall i \in hU, \\ x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in hU, \forall j \in S \end{cases}$$

[0090] 수학식 1에서, U는 단말을 나타낼 수 있고, hU는 HDR 단말을 나타낼 수 있으며, S는 SBS 셀을 나타낼 수 있고, R은 데이터 속도(data rate)을 나타낼 수 있다.

[0091] 여기서 R_{ij}는 SBS_j로부터 수신된 $HDR\ UE_i$의 데이터 속도일 수 있다.

[0093] [수학식 2]

[0094]
$$R_{ij} = \frac{W_s}{\sum_{i \in hU} x_{ij}} \log_2(1 + SNR_{ij})$$

[0096] 수학식 2에서, R은 데이터 속도를 나타낼 수 있고, W는 대역폭을 나타낼 수 있다.

[0097] S는 SBS 셀이고, hU는 HDR UE고 i라는 HDR UE가 j라는스몰셀에 연결되면 1임을 하기 수학식 3으로 확인할 수 있다.

[0099] [수학식 3]

[0100]
$$SNR_{ij} = \frac{P_j G_{ij}}{\sigma_s^2}$$

[0102] 수학식 3에서 SNR은 신호대 잡음비이고, P는 전송전력이고, G는 안테나 이득이고, σ는 SBS 셀의 잡음 전력을 나타낼 수 있다.

[0103] 본 발명의 일실시예에 따른 단말 연결 제어부(130)는 단말 연결을 위한 최적화 문제 공식화를 위해서 동일한 클러스터에 있는 SBS 셀 간의 부하 공정성을 평가하기 위해서 하기 수학식 4를 이용한다.

[0105] [수학식 4]

[0106] $$J = \frac{\left(\sum_{i \in hU} \sum_{j \in S} x_{ij} R_{ij}\right)^2}{|S| \sum_{j \in S} \left(\sum_{i \in hU} x_{ij} R_{ij}\right)^2}, \frac{1}{|S|} < J < 1$$

[0108] 수학식 4에서, J는 공정성을 나타낼 수 있고, S는 SBS 셀을 나타낼 수 있고, R은 데이터 전송속도를 나타낼 수 있으며, hU는 HDR 단말을 나타낼 수 있다.

[0109] 경로 손실 모델은 밀리미터파 대역에서 사용 가능한 ITU-R 권장 사항을 기반으로 하고, 고층 건물이 많은 핫스팟 도시 환경에서 경로 손실 모델로 이용될 수 있다.

[0110] 일례로, 단말 연결 제어부(130)는 가상 네트워크 기능(virtual network function, VNF)을 이용하여 복수의 SBS 클러스터 내 복수의 SBS 셀의 무선 자원과 복수의 SBS 클러스터 내 SBS 셀의 수를 동적으로 제어할 수 있다.

[0111] 따라서, 본 발명은 부하 불균형(load imbalance)으로 인해 낮은 데이터 전송 속도(data rate)을 받는 사용자 단말의 성능을 개선할 수 있도록 네트워크 공정성(network fairness)을 최대로 하여 기지국들의 부하 균형(load balancing)을 달성하면서, 적은 실행 시간에 따른 거의 실시간(near-real time) RIC(RAN intelligent controller)를 구현할 수 있다.

[0113] 도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치의 적용 환경을 설명하는 도면이다.

[0114] 도 2a는 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치의 적용 환경과 관련하여 부하 균형을 위해서 트래픽을 분산하는 과정을 예시한다.

[0115] 도 2a를 참고하면, 제1 환경(200)과 제2 환경(201)을 예시하고, 제2 환경(201)은 제1 환경(200)으로부터 부하 불균형이 해소된 O-RAN 아키텍처 기반 네트워크 환경일 수 있다.

[0116] 제1 환경(200)에서 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치가 적용되면 제2 환경(201)으로 전환될 수 있다.

[0117] 제1 환경(200)은 단말이 불균일하게 분산된 실제 네트워크 환경에서 CRE(cell range expansion)을 적용하면 SBS 셀에서 과부하가 발생하여 심각한 부하 불균형이 발생할 수 있음을 나타낸다.

[0118] 즉, 제1 환경(200)은 특정 SBS 셀에서 혼잡으로 인하여 불균형의 위험이 초래되어서, 혼잡이 덜한 SBS 셀에서는 단말이 자원을 독점하여서 단말의 데이터 속도가 심각하게 저하되는 것을 나타낸다.

[0119] 제2 환경(201)은 로드 불균형을 해결하기 위해서 바이어스된 수신 전력은 낮지만 로드는 더 작은 인접 SBS 셀에 단말을 배포하여 정교한 단말 연결(user association)을 구현한 결과를 나타낸다.

[0120] 제2 환경(201)은 혼잡한 SBS 셀에서 단말의 데이터 속도를 높이는 동시에 자원이 제한된 SBS 네트워크 내에서 자원을 독점하는 단말의 데이터 속도를 줄이기 위한 접근 방식에 기반하고, SBS 셀은 SBS 네트워크를 이룬다.

[0121] 제2 환경(201)에서는 휴리스틱 알고리즘이 5G SBS 네트워크의 실시간 변화 및 동적 채널 상태를 효율적으로 처리할 수 있음에 따라서, 동적 무선 네트워크에서 SBS 셀 간의 부하 공정성과 단말에 대한 서비스 품질(quality of service, QoS)를 향상된다.

[0122] 도 2b는 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치가 적용되는 O-RAN 아키텍처를 설명한다.

[0123] 도 2b를 참고하면, O-RAN 아키텍처(210)는 O-RAN 기반 네트워크 아키텍처인데, 가상화 및 지능화(intelligence)를 통해 SBS 네트워크의 효율적인 제어 및 확장 가능한 관리가 가능하다.

[0124] RIC의 관리기능은 VNF(virtual network function) 으로 구현될 수 있다.

[0125] 지능형 트래픽 스티어링 장치는 RIC를 이용하는데, VNF의 확장성과 유연성 덕분에 하나의 RIC가 여러 SBS 셀 네

트워크를 효율적으로 제어할 수 있다.

[0126] 특정 VFN은 특정 SBS 클러스터 내 SBS 셀에 대한 단말의 배치를 관리할 수 있다.

[0127] 예를 들어 RIC는 복수의 VFN에 기반하여 제1 SBS 클러스터 내 제1 SBS 셀과 연결되는 단말들과 제2 SBS 셀과 연결되는 단말들에 대한 SBS 셀 별 부하 분산을 제어할 수 있다.

[0128] RIC는 서로 다른 SBS 네트워크를 관리하는 컴퓨팅 리소스를 격리하고 네트워크 상황에 따라 리소스를 할당을 동적으로 조정할 수 있다.

[0129] 제안된 휴리스틱 알고리즘은 각 SBS 네트워크에 독립적으로 적용할 수 있다.

[0130] RIC는 단말과 SBS 셀의 수에 따라 알고리즘의 계산 복잡도와 실행 시간이 달라진다는 점을 고려하여 하나의 SBS 네트워크 내에서 SBS 셀과 단말의 수를 적절하게 클러스터링할 수 있다.

[0131] 예를 들어, SBS 셀은 SBS가 통신 가능한 구역을 나타내고, SBS 셀 내에서 단말에 해당하는 UE는 통신을 수행할 수 있다.

[0132] MBS는 음성, SMS(Short Message Service) 등 기본 통신을 위한 앵커 셀 역할을 한다고 가정되고, 이와 대조적으로 SBS는 FTP, 비디오 스트리밍 등과 같은 서비스를 사용하여 HDR UE에 서비스를 제공하는 용량 부스터로 사용된다.

[0133] HDR UE의 비율을 30%로 가정하는데, 이는 제안하는 단말 연결(user association) 알고리즘이 30%의 UE에 적용될 수 있다.

[0134] RIC에는 SBS 셀 및 단말에 지능형 서비스를 제공하기 위한 여러 VNF 구성 요소가 포함될 수 있다.

[0135] 특히, RIC에는 모바일 네트워크 관리를 위한 모니터링/로깅 시스템, 데이터베이스 및 소프트웨어 애플리케이션이 있다.

[0136] 동적 5G SBS 네트워크에서는 단말 연결이 거의 실시간으로 수행되고, 실시간에 가까운(near-real-time) RIC로 구현될 수 있다.

[0137] 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치가 적용되고, SBS 네트워크를 구성하는 RIC와 개방형 인터페이스로 제어되는 다양한 공급업체의 장비를 예시한다.

[0138] 도 2c를 참고하면, O-RAN 아키텍처(210)는 O-RAN 기반 네트워크 아키텍처인데, 가상화 및 지능화(intelligence)를 통해 SBS 네트워크의 효율적인 제어 및 확장 가능한 관리가 가능하다.

[0139] 본 발명의 일실시예에 따르면 O-RAN 아키텍처의 개방형 인터페이스 덕분에 운영자는 RIC(220)를 활용하여 다양한 공급업체가 만든 SBS에서 정보를 수집할 수 있다.

[0140] UD-HetNet을 실제로 구현하기 위해 O-RAN 연합(Alliance)에서 제안한 O-RAN 아키텍처를 채택한다.

[0141] 표준화된 개방형 인터페이스는 다양한 공급업체의 RAN 요소 상호 운용성을 가능하게 하여 자본 지출을 줄이고 O-RAN 아키텍처를 수많은 SBS가 포함된 UD-HetNet에 적합한 모델로 만든다.

[0142] 예를 들어 A 공급업체의 RU(221)는 B 공급업체에서 생산한 DU(222)와 상호 운용 가능하다.

[0143] 또한, D 공급업체의 RU(224)는 C 공급업체에서 생산한 DU(223)와 상호 운용 가능하다.

[0144] 구축 비용을 최소화하기 위해 네트워크 사업자의 SBS 네트워크는 다양한 공급업체의 장비로 구성될 것으로 예상된다.

[0146] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 연산의 트리 탐색 과정을 설명하는 도면이다.

[0147] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 연산의 트리 탐색 과정을 예시한다.

[0148] 도 3을 참고하면, 단계(S301)에서 MCTS 연산은 선택(selection) 과정을 수행한다.

[0149] 트리 정책에 따라 가장 확장 가능한 하위 노드를 선택한다.

[0150] 단계(S302)에서 MCTS 연산은 확장(expansion) 과정을 수행한다.

[0151] 선택한 노드에 차일드 노드를 만들어 트리를 확장한다.

[0152] 단계(S303)에서 MCTS 연산은 시뮬레이션(simulation) 과정을 수행한다.

[0153] 모든 단말이 기지국에 연결될 때까지 확장된 노드에서 MCTS 방식 기반 시뮬레이션(플레이 아웃)을 실행한다.

[0154] 단계(S304)에서 MCTS 연산은 역전파(backpropagation) 과정을 수행한다.

[0155] 시뮬레이션 결과를 상위 노드로 업데이트한다.

[0157] [수학식 5]

[0158]
$$UCT = \bar{X}_j + 2C_p\sqrt{\frac{2\ln n}{n_j}}$$

[0160] 수학식 5에서, UCT는 트리 정책으로 적용하면 높은 성능을 보장하고, UCT는 트리 정책으로 적용하면 높은 성능을 보장하고, $\bar{X}_j$는 0에서 1 사이의 값으로, 차일드 노드 j의 평균 보상을 나타내고, $\bar{X}_j$는 자신을 포함하여 상위 마디(npode)가 동일한 모든 하위 노드의 효용 값 합계에 대한 해당 노드의 효용 값의 비율이다.

[0161] 바이어스 항$(2\ln n)/n_j$을 무시하면, $\bar{X}_j$의 값이 높을수록 노드가 선택될 확률이 높아진다.

[0162] n은 완전히 확장된 상위 노드에 대한 방문 횟수이고, 편향 항의 분모에 있는 n_j는 하위 노드 j에 대한 방문 횟수이다.

[0163] UCT를 트리 정책으로 사용하여 활용과 탐색의 균형을 유지하면서 트리를 확장한다.

[0164] 선택 단계에서는 UCT 값이 가장 높은 하위 노드가 선택되어 현재 노드가 되고, 현재 노드는 확장을 통해 차일드 노드가 생성된다.

[0165] $\bar{X}_j$ 는 차일드 노드의 평균 보상을 나타내는 0에서 1 사이의 값이고, 제안하는 알고리즘에서 $\bar{X}_j$ 자신을 포함하여 부모 노드가 동일한 모든 차일드 노드의 효용가치의 합에 대한 해당 노드의 효용가치의 비율이다.

[0166] 2lnn은 편향항이고, n는 완전히 확장된 상위 노드에 대한 방문 횟수이며, n_j는 차일드 노드 방문 횟수이며, C_p는 탐색 상수로, 탐색을 장려하거나 방해하도록 조정될 수 있다.

[0167] 따라서, 본 발명은 합리적인 계산 복잡성(reasonable computational complexity)으로 효율적인 오프로드(offloading) 및 부하 균형(load balancing)에 대한 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 기반 중앙 집중식(centralized) 사용자 연계(user association)를 구현할 수 있다.

[0168] 도 4a 내지 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치에서 MCTS 연산 과정을 설명하는 도면이다.

[0169] 도 4a는 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치에서 MCTS 연산 과정에서 확장 단계를 설명한다.

[0170] 도 4a를 참고하면, 확장 단계(400)는 처음 시작인 루트 노드가 HDR UE들이 아직 이웃셀(neighbor cell)로 오프로딩(offloading)되지 않은 상태이고, 확장을 통해 생성한 노드가 첫 번째 HDR UE (UE1)을 그것의 이웃셀 중 하나인 BS1_1에 연결한 상태를 나타낸다. 예를 들어, 이웃셀은 이웃 SBS 셀, 이웃 무선 셀로 또는 이웃 소형 기지국 셀로도 지칭될 수 있다.

[0171] 해당 예시에서는 UE1을 3개의 이웃셀에 접속시키며 여러 단말-이웃셀 조합을 탐색한다.

[0172] 도 4b는 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치에서 MCTS 연산 과정에서 시뮬레이션 단계를 설명한다.

[0173] 도 4b를 참고하면, 시뮬레이션 단계(401)는 UE1이 BS1_1에 연결된 상태를 나타내는 노드에서 시뮬레이션 단계에 돌입한다.

[0174] 시뮬레이션 단계(401)에서 RIC(RAN intelligent controller)는 나머지 UE들도 그것의 3개의 이웃셀들 중 하나에 랜덤하게 연결하는 플레이아웃을 실행한다.

[0175] 단말 연결에서는 디폴트 정책(default policy)으로 로지스틱 회귀공식(logistic regression)을 사용한 바둑과 달리, 3개의 이웃셀 중 하나를 랜덤으로 연결하여도 괜찮으므로 트리 정책(tree policy)으로 MCTS 방식을 사용한다.

[0176] 즉, 정말 완전히 랜덤하게 이웃셀에 연결해보고, 플레이아웃 과정에서 그 이웃셀에 현재 몇 개의 UE가 연결되어 있는지는 고려하지 않는다.

[0177] 이때, 한 SBS 셀이 많은 단말들의 이웃셀이 되어 플레이아웃 결과 특정 SBS 셀에 많은 단말들이 연결되는, 부하 균형(load balancing)이 되지 않는 단말-SBS 셀 조합도 물론 발생할 수 있다.

[0178] 하지만 나중에 트리를 확장해 나가면서 이 플레이아웃 작업을 여러 번 할 것이므로 최종 결과는 최적의 부하 균형을 근사적으로 취하고, 시뮬레이션 결과는 이를 검증한다.

[0179] 도 4c는 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치에서 MCTS 연산 과정에서 역전파 단계를 설명한다.

[0180] 도 4c를 참고하면, 역전파 단계(402)는 시뮬레이션 단계가 끝나면(즉 플레이아웃이 종료되면), UE1이 BS1_1에 연결된 상태에서 나머지 UE들을 랜덤으로 그것의 이웃셀에 연결시킨 하나의 조합이 나온다.

[0181] 예를 들어, UE는 단말을 나타낼 수 있고, BS는 SBS 셀을 구축하는 기지국을 나타낼 수 있다.

[0182] 역전파 단계(402)에서는 이 조합에서의 네트워크 유틸리티(network utility), 즉 네트워크의 모든 HDR 단말의 전송 속도에 로그 대수(logarithm)을 취하고 이 값들을 모두 더한 네트워크 유틸리티 값을 현재 생성된 UE1-BS1_1 노드에 기록해준다.

[0183] 그리고 각 노드의 방문 수를 기록하고, 확장 단계가 루트 노드에서 실행된 것이므로 루트 노드의 방문 수는 1, 확장을 통해 만들어진 차일드 노드인 UE1-BS1_1에도 방문한 후 시뮬레이션이 일어났으므로 방문 수가 1이 된다.

[0184] 도 4d는 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치에서 MCTS 연산 과정에서 선택 단계를 설명한다.

[0185] 도 4d를 참고하면, 선택 단계(403)는 단말(UE1)을 두 번째 이웃셀에 연결해서도 똑같이 시뮬레이션-역전파를 수행한다.

[0186] 그러면 마찬가지로 UE1이 각 이웃셀의 연결되었을 때, 랜덤으로 만들어진 단말-이웃셀 들의 조합이 만들어질 것이고 그때의 네트워크 유틸리티가 계산될 것이며, 계산된 유틸리티가 해당 노드에 기록될 것이다.

[0187] 루트 노드에서 세 번의 확장이 일어났으므로 총 방문 수는 3이 된다.

[0188] 그리고 지금 예시에서 이웃셀을 3개로 미리 정의했는데, 루트 노드의 차일드 노드가 3개가 되었으므로, 루트 노드는 완전 확장 노드가 되어서 선택 단계에 들어갈 차례이다.

[0189] 이제 UCT 값이 가장 높은 노드를 선택하는 선택 단계(403)로, X_j는 [0, 1] 사이의 값이며, 본 알고리즘에서는 (해당 차일드 노드의 유틸리티 값) / (같은 부모 노드를 가지는 모든 차일드 노드의 유틸리티의 합)이라는 연산식으로 정의할 수 있다.

[0190] 현재 각 차일드 노드들은 한 번씩만 방문했으므로 n_j값은 모두 똑같이 1이므로 $\sqrt{(2\ln(n) / n_j)}$ 은 모두 똑같다.

[0191] 그러므로 X_j 값이 가장 높은 UE1-BS1_3이 UCT 값도 가장 높도록 선택된다.

[0192] 선택의 기준이 HDR UE1의 유틸리티가 아닌, 같은 SBS 클러스터 내의 나머지 HDR UE들을 모두 각자의 이웃셀에 연결한 후 네트워크 유틸리티인 것이 이 알고리즘의 핵심 사항이다.

[0193] BS1_1, BS1_2, BS1_3은 수신 파워가 높은 순서이기 때문에 UE1이 가장 높은 처리량(throughput)을 받는 경우는 BS1_1에 연결되었을 때임이 자명하지만, 모든 단말을 대상으로 플레이아웃을 한 번씩 해보니 BS1_3에 연결된 경우가 네트워크 유틸리티는 가장 높게 나온다.

[0194] 트리를 점점 확장해 나가며 플레이아웃을 여러 번 해 나가고 역전파 과정을 통해 해당 노드의 네트워크 유틸리티 값을 업데이트 하다 보면, UE1이 BS1_1, BS1_2, BS1_3 중 어디 연결되는 것이 네트워크 유틸리티를 최대로 할 수 있을지에 대한 솔루션(solution)을 얻을 수 있다.

[0195] 도 4e는 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치에서 MCTS 연산 과정에서 다음 확장 단계를 설명한다.

[0196] 도 4e를 참고하면, 다음 확장 단계(404)는 UE1과 BS1_3의 조합에서 다음 단말로 확장한다.

[0197] 도 4f는 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치에서 MCTS 연산 과정에서 다음 시뮬레이션 단계를 설명한다.

[0198] 도 4f를 참고하면, 다음 시뮬레이션 단계(405)는 UE1과 BS1_3의 조합에서 다음 단말로 확장에 대한 시뮬레이션을 수행한다.

[0199] 도 4g는 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치에서 MCTS 연산 과정에서 다음 역전파 단계를 설명한다.

[0200] 도 4g를 참고하면, 다음 역전파 단계(406)는 UE1이 BS1_3 에 연결되어 있고, UE2는 BS2_1에 연결되었을 때 플레이아웃을 해보니 네트워크 유틸리티가 177.5가 나온다.

[0201] 이때 역전파 단계(406)를 통해 UE2-BS2_1 노드에는 177.5가 기록되고, 확장된 노드와 그 상위 노드인 UE1-BS1_3 노드와 루트 노드의 방문 횟수도 업데이트 된다.

[0202] UE1-BS1_3 노드에는 이전에 구해진 유틸리티인 180.8과 새로 구해진 유틸리티인 177.5를 현재 방문 수 2로 평균한 값인 179.15가 기록된다.

[0203] 이렇게 플레이아웃이 반복되며 해당 노드에 저장된 유틸리티 값이 방문 횟수로 평균 내어지며 갱신되는 것이 단말 연결에 적용되는 MCTS의 노드 업데이트 과정일 수 있다.

[0204] 도 4h는 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치에서 MCTS 연산 과정에서 다음 선택 단계를 설명한다.

[0205] 도 4h를 참고하면, 다음 선택 단계(407)는 이번에도 루트 노드에서 선택 단계를 수행한다.

[0206] 이번에는 UE1-BS1_2의 X_j 값이 가장 높고, 직관적으로 봤을 때 UCT 값도 가장 높다.

[0207] UE1-BS1_3는 X_j 값도 낮아진 데다, n_j가 커져서 바이어스 항(bias term)인 $\sqrt{(2\ln(n) / n_j)}$ 값도 좀 작아지므로 UCT 값은 더 작아질 것이기 때문이다.

[0208] UE1-BS1_2가 선택된 후에도 확장-시뮬레이션-역전파 단계가 일어나고, 이런 식으로 트리는 점점 확장이 된다.

[0209] 선택-확장-시뮬레이션-역전파를 트리의 한 반복(iteration)이라고 정의할 수 있다.

[0210] 정확히 정의하면 맨 처음에는 선택될 노드가 없으므로 선택 없이 바로 확장이 수행되고, 트리가 어느정도 확장이 된 후에는 루트 노드(root node)부터 최대 확장된 차일드 노드(fully expanded child node)를 찾아서 계속 찾아 내려가므로 선택이 여러 번 일어날 수도 있다.

[0211] 이런 경우들도 모두 포함하여, n 번의 선택-한 번의 확장-시뮬레이션-역전파 (n >= 0) 를 한 반복이라 하는 것이 더 일반적이지만, n번의 선택을 그냥 선택으로 묶어서 생각한다면 선택-확장-시뮬레이션-역전파가 한 반복될 수 있다.

[0212] 트리는 미리 정해진 반복 횟수만큼 확장되고, 반복 과정이 반복될수록 각 노드들에 기록되는 네트워크 유틸리티 값들은 계속해서 방문 횟수에 대해 평균 내어지며 갱신된다.

[0213] 그리고 확장되어 갈 때 UCT 식의 Cp 값의 크기에 따라 탐사 정도가 달라질 것이다.

[0214] 정해진 반복 횟수만큼 수행된 후, UE1-BS1_1 / UE1-BS1_2 / UE1_BS1_3 중 기록된 네트워크 유틸리티 값이 가장

높은 노드가 반환(return)되며, 새로운 루트 노드가 될 수 있다.

[0215] 도 4i는 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치에서 MCTS 연산 과정에서 확장 트리 결정 단계(408)를 설명한다.

[0216] 도 4i를 참고하면, 확장 트리 결정 단계(408)는 미리 정해진 반복 횟수만큼 확장되는 트리를 완성한다.

[0217] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 장치에서 MCTS 연산 과정에서 새로운 루트 노드를 설계하는 단계를 예시 및 설명한다.

[0218] 도 5를 참고하면, 새로운 루트 노드를 설계하는 단계(500)는 UE1-BS1_1 / UE1-BS1_2 / UE1_BS1_3 중 기록된 네트워크 유틸리티 값이 가장 높은 노드인 UE1-BS1_2가 반환되어 새로운 루트 노드를 설계할 수 있다.

[0220] 도 6 내지 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치의 성능을 설명하는 도면이다.

[0221] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치의 성능과 관련하여 차일드 노드의 수에 해당하는 LBL의 시뮬레이션 결과를 예시한다.

[0222] 도 6을 참고하면, 그래프(600)는 하위 50%의 시뮬레이션 결과를 나타내고, 그래프(610)는 상위 50%의 시뮬레이션 결과를 나타내며, 그래프(620)는 부하 공정 지수(load fairness indices)를 나타낸다.

[0223] 그래프(600) 및 그래프(610)는 서로 다른 LBL에 대한 B-50 HDR UE 및 T-50 HDR UE의 평균 데이터 속도와 이 세 가지 방식에 대한 SBS 클러스터의 UE 수를 각각 보여주고, 그래프(620)는 UE 수에 따른 SBS 부하 공정성 지수를 보여준다.

[0224] 서로 다른 LBL에 대한 B-50 HDR UE 및 T-50 HDR UE의 평균 데이터 속도는 이 세 가지 방식에 대한 SBS 클러스터의 UE 수와 비교하여 표시되고, 본 발명은 벤치마크 방식보다 성능이 뛰어나고 B-50 HDR UE의 평균 데이터 속도가 더 높으며, LBL = 3일 때 가장 좋은 성능을 보이고 , LBL 개수 가 3 이상으로 증가하면 약간 감소한다.

[0225] 시뮬레이션 결과를 보면 최적 0.95fh되고, MCTS의 LBL이 본 발명이 적용되는 30%에서는 LBL 3이 최적이다.

[0226] 이는 HDR UE가 더 멀리 있는 N-SBS로 오프로드 될 수 있기 때문이고, LBL을 줄임으로서 T-50 HDR UE에 더 많은 자원이 할당되고 평균 데이터 속도가 증가한다.

[0227] 그래프(600) 내지 그래프(620)는 적절한 LBL을 적용하면 T-50 HDR UE에서 B-50에서 HDR UE로 자원을 효과적으로 분배할 수 있음을 보여준다.

[0228] 특히, 그래프(620)는 UE 수에 따른 SBS 부하 공정 지수를 나타내는데, CRE 방식은 N-SBS의 부하를 고려하지 않고 가장 높은 바이어스 전력을 제공하는 N-SBS와 UE를 연결하기 때문에 SBS 공정 지수가 가장 낮다.

[0229] 공정성 측면에서 거의 최적에 가까운 단말과 SBS 셀의 조합은 종래 기술과 큰 차이를 보여준다.

[0230] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치의 성능과 관련하여 휴리스틱 알고리즘의 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

[0231] 도 7을 참고하면, 그래프(700)는 하위 50%의 시뮬레이션 결과를 나타내고, 그래프(710)는 상위 50%의 시뮬레이션 결과를 나타내며, 그래프(720)는 부하 공정 지수(load fairness indices)를 나타낸다.

[0232] 그래프(700) 내지 그래프(720)는 UE 수에 대한 LBL이 3인 경우에 HDR UE에 대한 nIter의 영향을 나타낸다.

[0233] nIter가 증가함에 따라 B-50 HDR UE와 T-50 HDR UE의 평균 데이터 전송률은 nIter = 300에서 크게 증가하여 최적의 값으로 수렴한다.

[0234] nIter = 300 만을 사용하여 거의 최적의 해를 얻을 수 있음을 증명 하고, 제안된 알고리즘은 합리적인 복잡성으로 NP-hard 조합 최적화 문제를 해결할 수 있음을 증명한다.

[0235] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치의 성능과 관련하여 휴리스틱 알고리즘의 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

[0236] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치의 성능과 관련하여 휴리스틱 알고리즘의 시뮬레이션에서 nIter = 300으로 하고, 평균 데이

터 전송률을 변경하면서 비교한다.

[0237] 그래프(800)는 하위 50%의 시뮬레이션 결과를 나타내고, 그래프(810)는 상위 50%의 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

[0238] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 장치의 성능과 관련하여 종래기술과 비교 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

[0239] 도 9를 참고하면, 그래프(900)는 하위 50%의 시뮬레이션 결과를 나타내고, 그래프(910)는 상위 50%의 시뮬레이션 결과를 나타내며, 그래프(920)는 부하 공정 지수(load fairness indices)를 나타낸다.

[0240] 그래프(910)는 더 밀집된 SBS 배포 시나리오에서도 B-50 HDR UE에 우수한 성능을 제공하는 것을 보여준다.

[0241] 그래프(920)는 자원의 양이 증가함에 따라 평균 데이터 전송률이 SBS 개수가 20개 이상인 기존 방식에 비해 더 높다는 것을 보여준다.

[0242] 수많은 SBS를 필요로 하는 THz 통신을 위한 향후 네트워크 구성에 유요함을 나타낸다.

[0243] 그래프(930)는 SBS 개수가 증가함에 따라 모든 비교 방식의 SBS 부하 공정 지수가 감소함을 보여주는데, 이는 SBS 수의 증가로 인해 SBS 수가 증가하고 부하의 다양성이 높아지기 때문이다.

[0244] SBS 수에 관계없이 본 발명에 해당하는 MCTS가 항상 종래 기술인 CRE 및 랜덤에 대비하여 우수한 것을 확인할 수 있다.

[0245] 참고로, 도 6 내지 도 9에서 설명된 본 발명의 기술은 범례에서 MCTS와 함께 기재된다.

[0246] 따라서, 본 발명은 RIC가 복수의 기지국 및 사용자 단말을 관리하는 O-RAN(Open-Radio Access Network) 아키텍처(architecture)를 기반으로 구성하여 MCTS 기반 중앙 집중식 사용자 연계를 구현에 기반하여 중앙 집중식의 높은 계산 복잡도를 극복하고, 전송 데이터 속도를 향상시킬 수 있다.

[0248] 도 10 및 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 방법을 설명하는 도면이다.

[0249] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 방법이 MCTS 연산을 이용한 O-RAN 기반 스몰셀 부하 균형을 위한 트래픽 스티어링 구현하는 절차를 예시한다.

[0250] 도 10을 참고하면, 단계(S1001)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 네트워크 정보를 수집한다.

[0251] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 하나의 앵커 셀(Anchor cell)에 연결되는 복수의 SBS(small cell base station) 클러스터 각각에서 복수의 SBS 셀에 연결되는 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 네트워크 정보를 수집할 수 있다.

[0252] 단계(S1002)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 네트워크 정보에 기반한 MCTS 연산을 수행한다.

[0253] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 수집된 네트워크 정보에 기반하여 MCTS(Monte Carlo Tree Search) 연산을 수행할 수 있다.

[0254] 단계(S1003)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 MCTS 연산에 기반한 단말 연결을 제어한다.

[0255] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 수행된 MCTS 연산에 기반하여 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결 조합을 결정하고, 상기 결정된 단말 연결 조합에 따라 상기 복수의 단말과 상기 복수의 SBS 셀 간의 단말 연결을 제어할 수 있다.

[0256] 따라서, 본 발명은 MCTS 기반 알고리즘을 이용하여 RIC의 컴퓨팅에 기반하여 다수의 사용자 단말에 대한 사용자 연결을 최적화하여 네트워크 슬라이싱(slicing)의 승인 제어 등 이동통신 분야의 다른 바이너리 프로그래밍 문제를 해소할 수 있다.

[0257] 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 O-RAN 아키텍처 기반 스몰셀 기지국들 간 부하 균형을 최적화하는 지능형 트래픽 스티어링 방법이 MCTS 연산을 수행하는 절차를 예시한다.

[0258] 도 11을 참고하면, 단계(S1101)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 사용자 단말 연계를 위한 초기화를 수행한다.

[0259] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 HDR 단말을 찾기 위해서 루트 노드와 최적 조합을 초기화하면서 루트 노드에 첫번째 단말부터 대입하여서 단말과 SBS 셀 간의 조합을 찾기 위한 알고리즘을 진행한다.

[0260] 단계(S1102)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 루트 노드와 전류가 동일한지 확인한다.

[0261] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 루트 노드에 해당하는 전류인지를 확인하여 다음 절차로 진행한다.

[0262] 단계(S1103)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 노드가 완전히 확장되었는지 확인한다.

[0263] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 노드 트리의 확장 상태가 최종 노드를 결정하기 위한 노드로 확장되었는지 확인하고, 확장이 완료되면 단계(S1104)로 진행하고, 확장이 완료되지 않으면 단계(S1105)로 진행하다.

[0264] 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 단계(S1104)로 진행하는 경우에는 해당 확장된 노드를 최종 노드로 하여 최대 UCT(Upper Confidence Boundary of Tree) 로 선택한다.

[0265] 단계(S1105)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 노드 트리를 확장한다.

[0266] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 HDR 단말의 전류와 SBS 셀의 페어로 하여 하부 트리 노드로 확장한다.

[0267] 단계(S1106)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 확장 노드에 대한 시뮬레이션을 수행한다.

[0268] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 나머지 HDR 단말과 각 SBS 셀을 매칭하여 페어를 형성한 후 이에 대한 시뮬레이션을 임의적(randomly)으로 수행한다.

[0269] 단계(S1107)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 역전파를 수행한다.

[0270] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 조합의 유틸리티 대칭을 계산하고 현재 노드로 업데이트하기 위한 역전파를 수행한다.

[0271] 단계(S1108)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 기 설정된 절차가 반복적으로 수행되었는지 확인한다.

[0272] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 MCTS 연산을 위해서 확인하는 과정이 설정된 숫자만큼 진행된 경우에는 단계(S1109)로 진행하고, 진행되지 않은 경우에는 단계(S1102)로 돌아간다.

[0273] 단계(S1109)에서 본 발명의 일실시예에 따른 지능형 트래픽 스티어링 방법은 네트워크 유틸리티 값이 가장 높은 노드를 루트 노드로 지정하여서 새로운 루트 노드에 대하여 전류 확인 절차 및 노드 확장 절차를 추가적으로 진행할 수 있다.

[0274] 따라서, 본 발명은 MCTS 기반 알고리즘을 이용하여 RIC의 컴퓨팅에 기반하여 다수의 사용자 단말에 대한 사용자 연결을 최적화하여 네트워크 슬라이싱(slicing)의 승인 제어 등 이동통신 분야의 다른 바이너리 프로그래밍 문제를 해소할 수 있다.

[0276] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령

(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0277] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0278] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0279] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

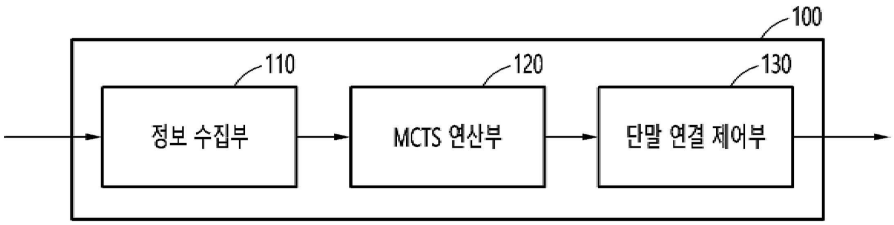
부호의 설명

[0280] 100: 지능형 트래픽 스티어링 장치 110: 정보 수집부

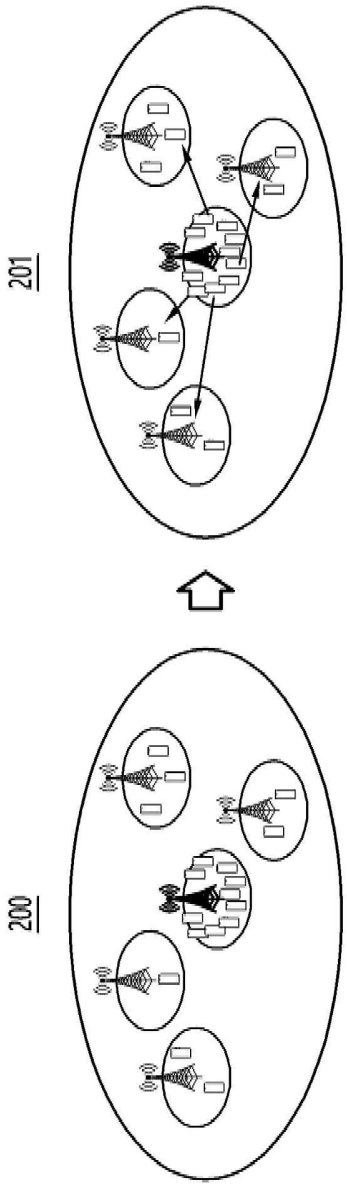
120: MCTS 연산부 130: 단말 연결 제어부

도면

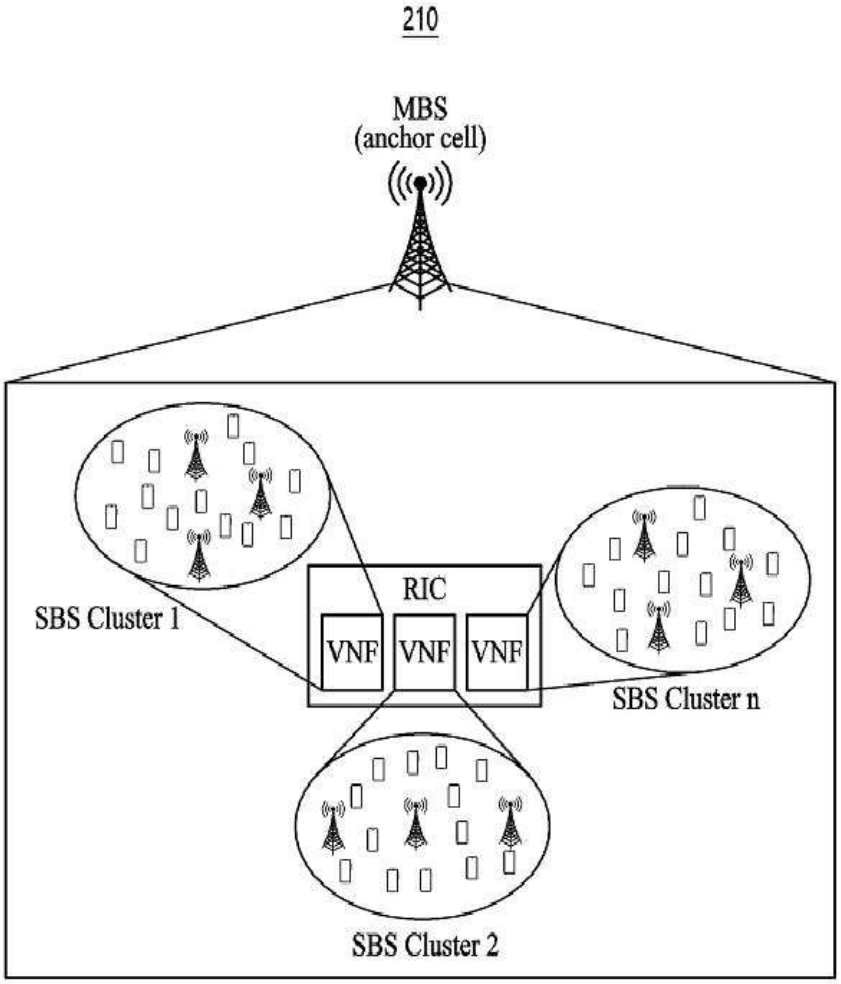
도면1



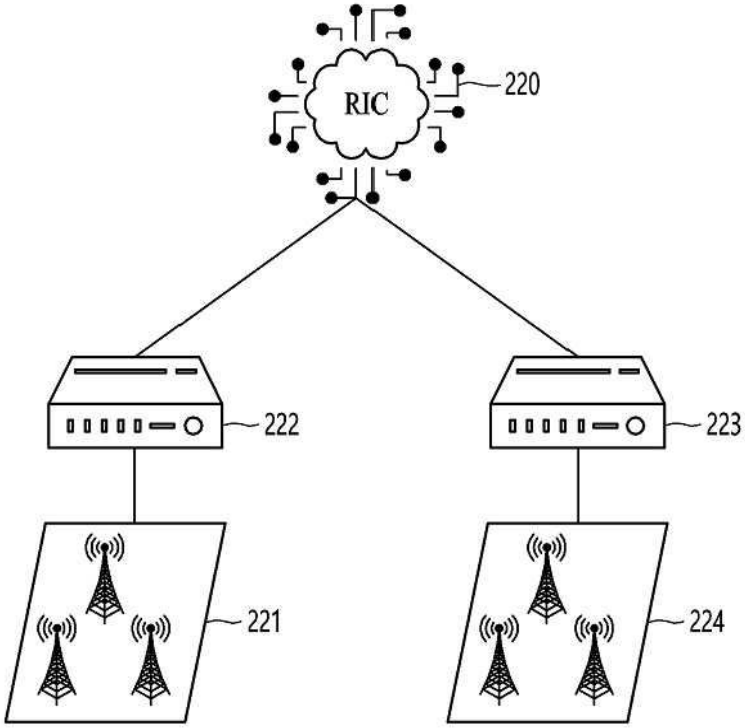
도면2a



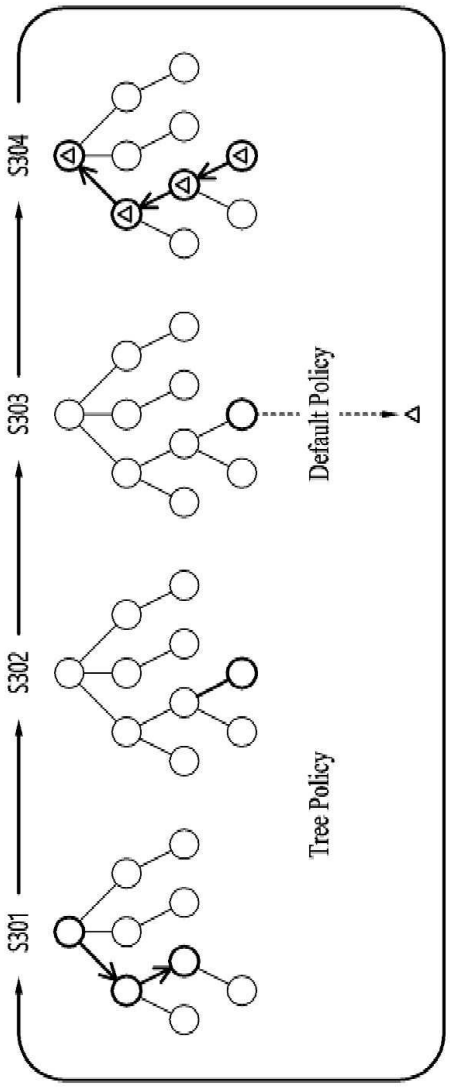
도면2b


210
MBS
(anchor cell)
SBS Cluster 1
RIC
VNF
VNF
VNF
SBS Cluster n
SBS Cluster 2

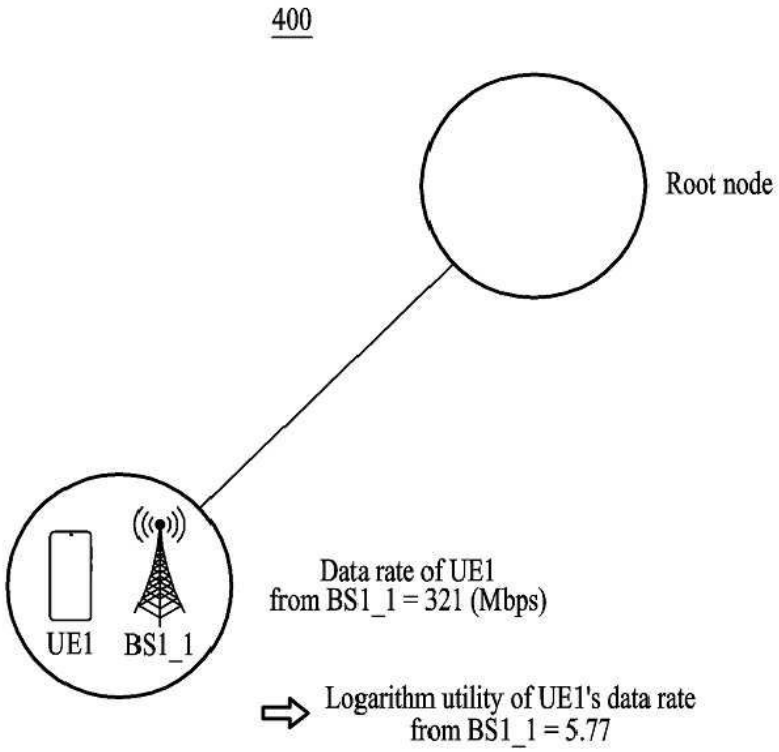
도면2c



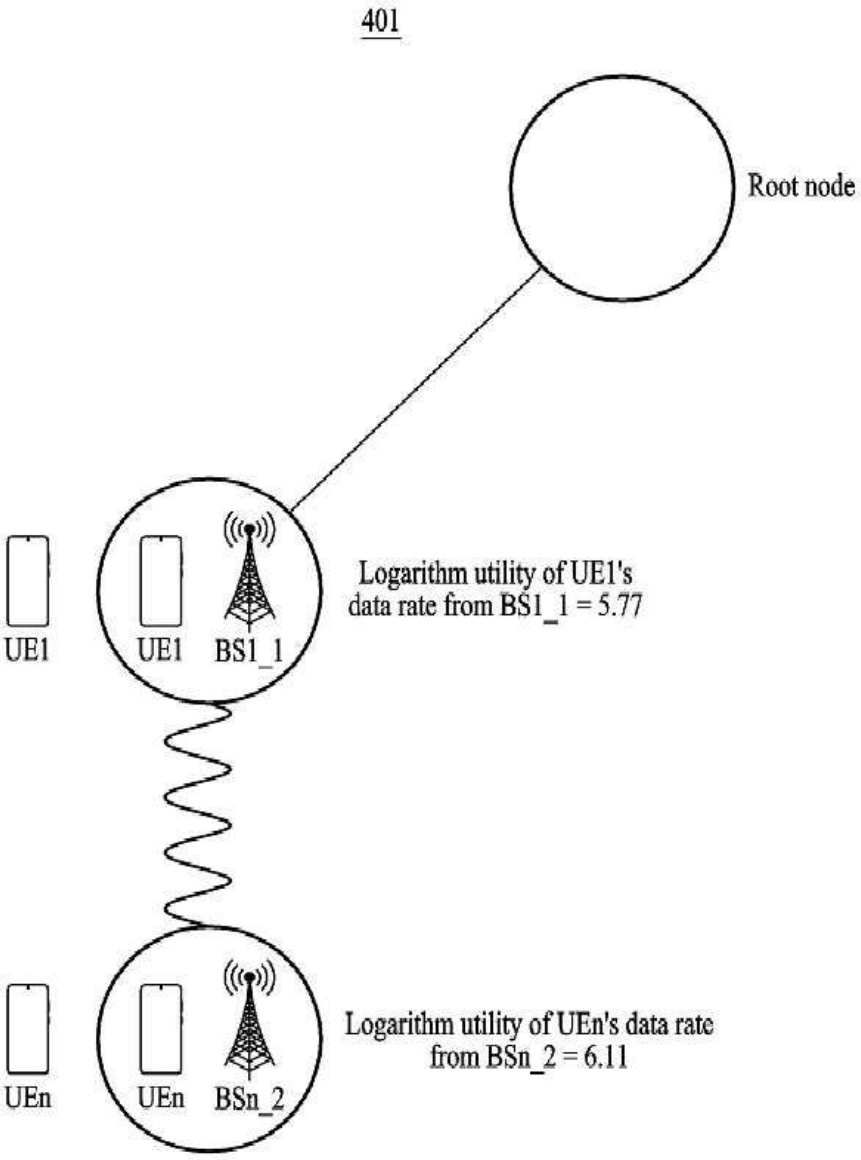
도면3



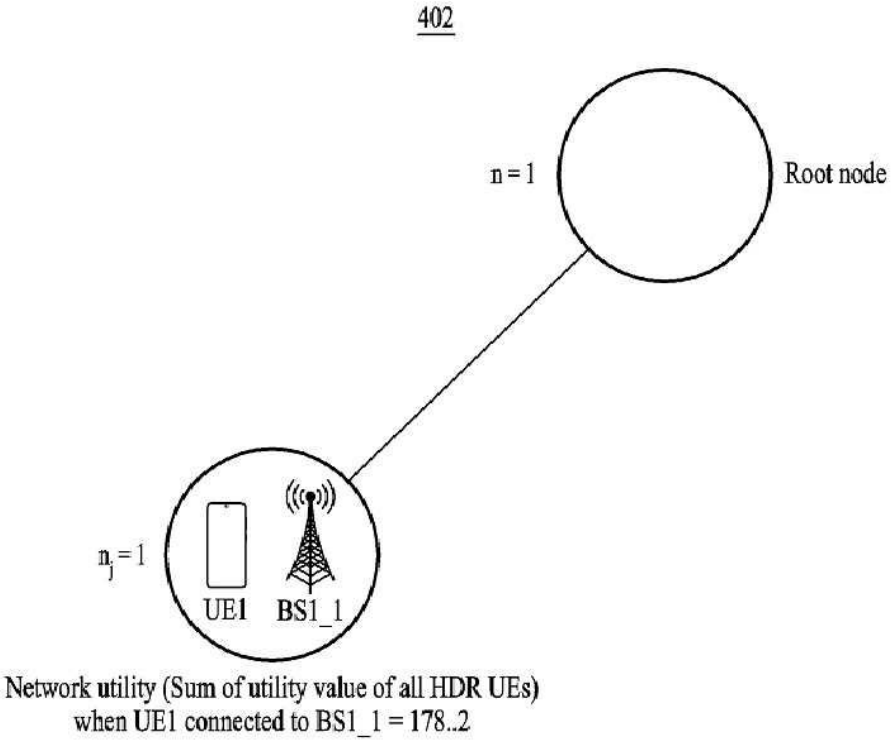
도면4a


400
Root node
UE1
BS1_1
Data rate of UE1
from BS1_1 = 321 (Mbps)
Logarithm utility of UE1's data rate
from BS1_1 = 5.77

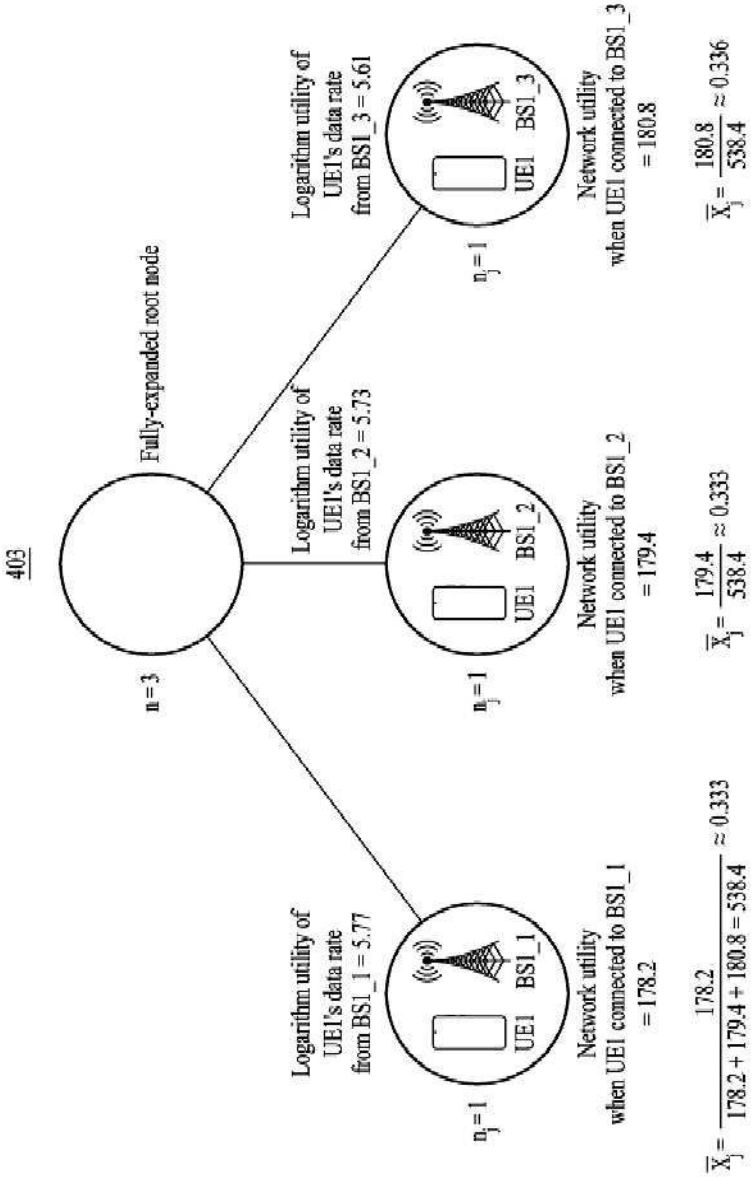
도면4b


401
Root node
UE1
UE1
BS1_1
Logarithm utility of UE1's data rate from BS1_1 = 5.77
UEn
UEn
BSn_2
Logarithm utility of UEn's data rate from BSn_2 = 6.11

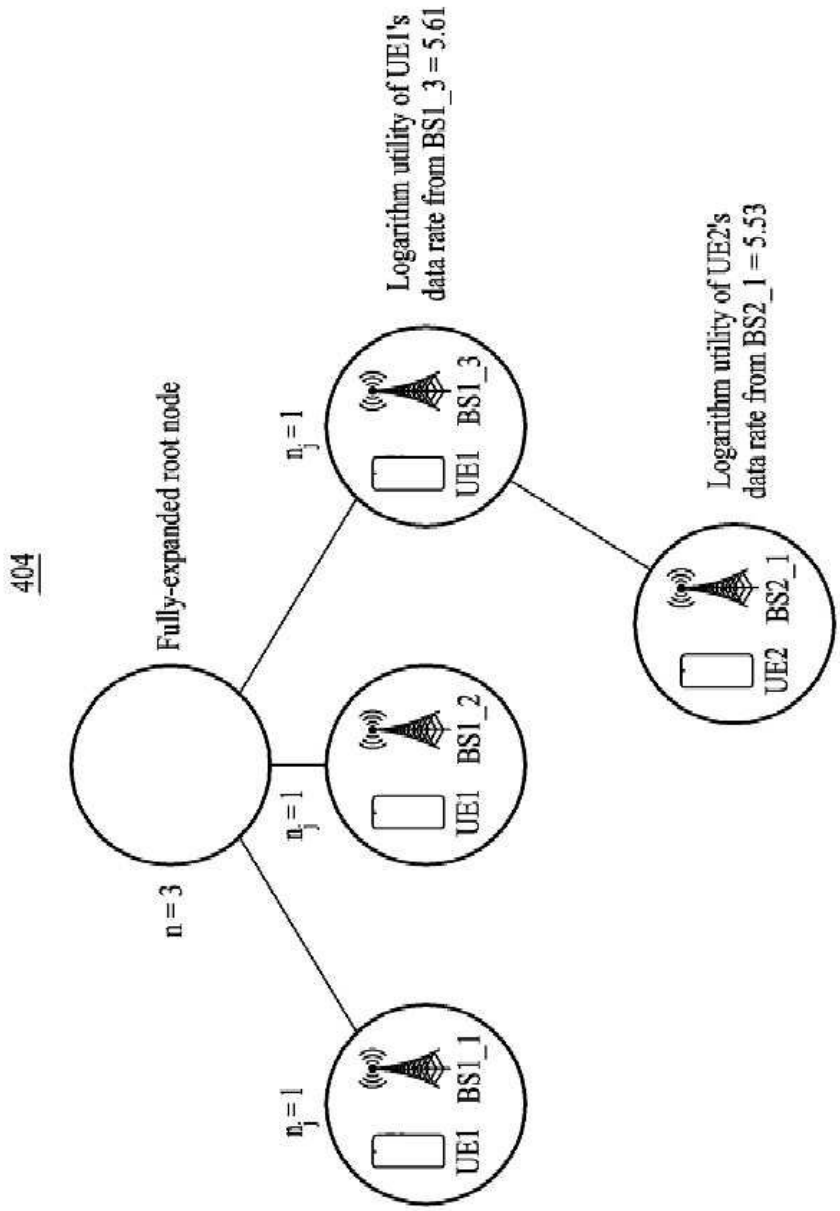
도면4c


402
n = 1
Root node
n_j = 1
UE1
BS1_1
Network utility (Sum of utility value of all HDR UEs)
when UE1 connected to BS1_1 = 178..2

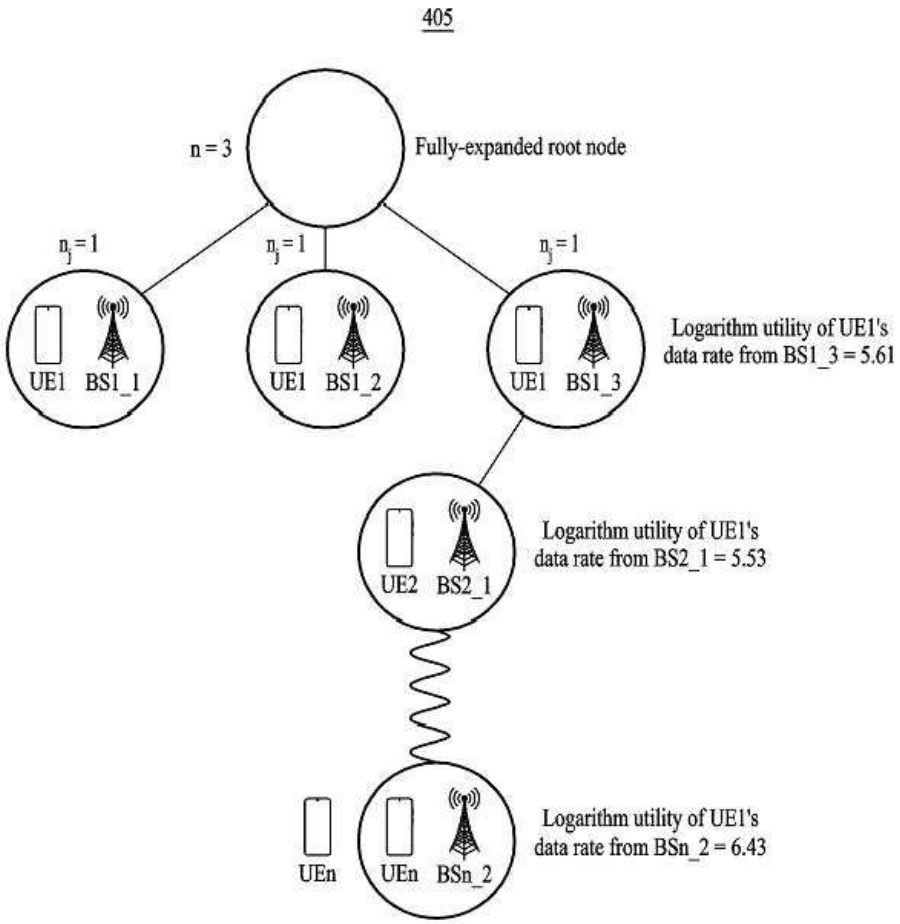
도면4d


403
Fully-expanded root node
n = 3
Logarithm utility of UE1's data rate from BS1_1 = 5.77
Logarithm utility of UE1's data rate from BS1_2 = 5.73
Logarithm utility of UE1's data rate from BS1_3 = 5.61
n_j = 1
UE1 BS1_1
UE1 BS1_2
UE1 BS1_3
Network utility when UE1 connected to BS1_1 = 178.2
Network utility when UE1 connected to BS1_2 = 179.4
Network utility when UE1 connected to BS1_3 = 180.8
X̄_j = 178.2 / (178.2 + 179.4 + 180.8 = 538.4) ≈ 0.333
X̄_j = 179.4 / 538.4 ≈ 0.333
X̄_j = 180.8 / 538.4 ≈ 0.336

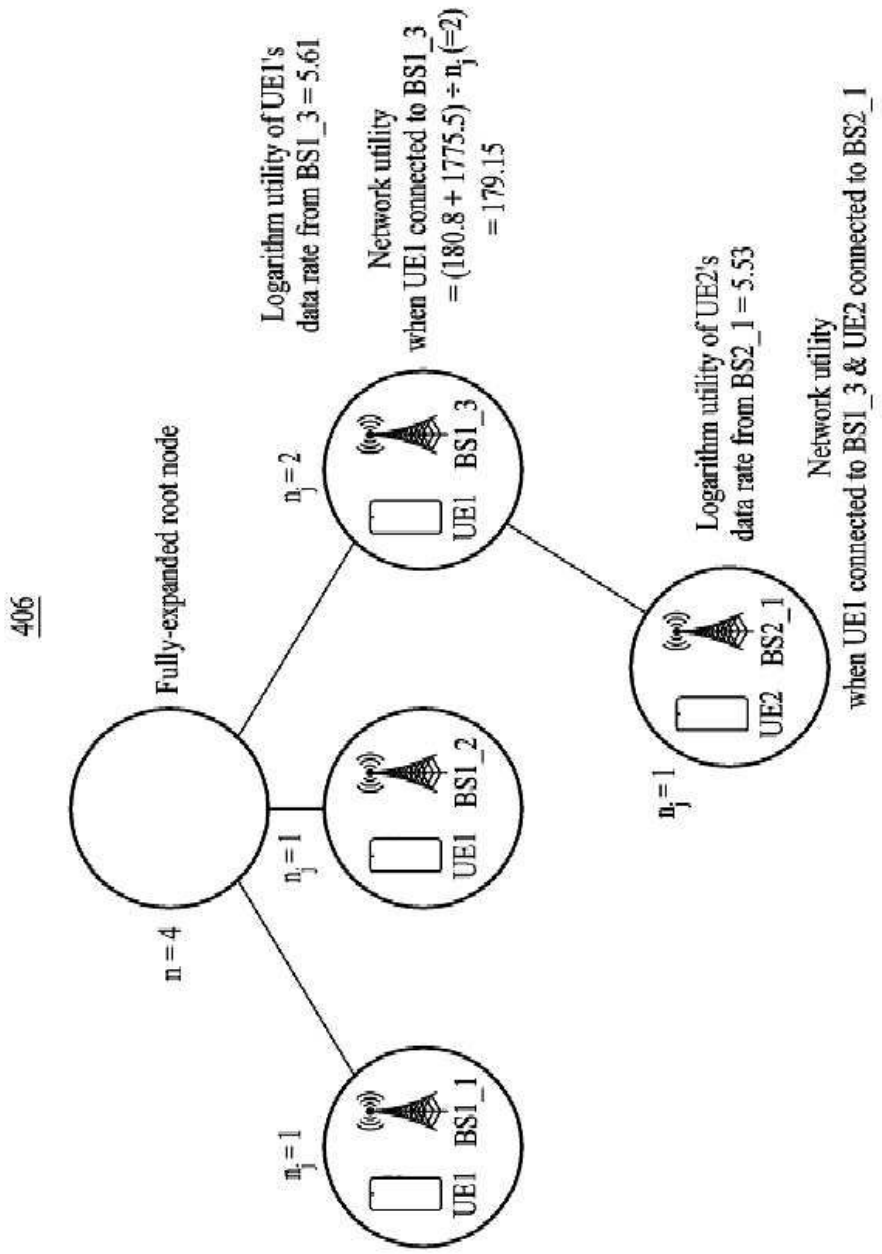
도면4e


404
Fully-expanded root node
n = 3
n_j = 1
UE1 BS1_1
n_j = 1
UE1 BS1_2
n_j = 1
UE1 BS1_3
Logarithm utility of UE1's data rate from BS1_3 = 5.61
UE2 BS2_1
Logarithm utility of UE2's data rate from BS2_1 = 5.53

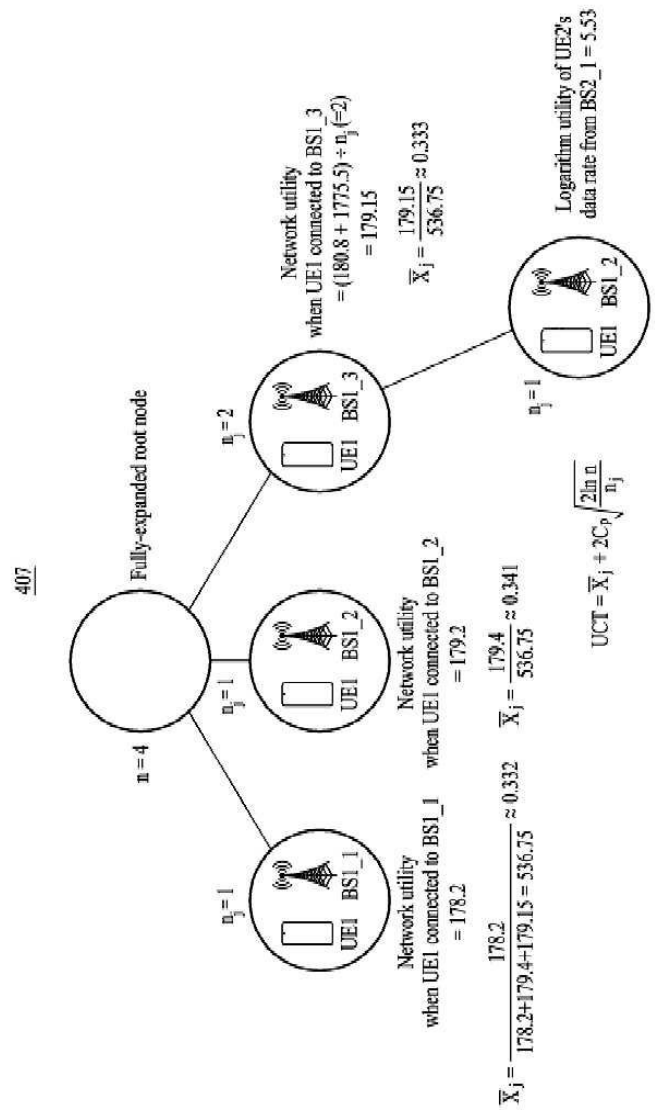
도면4f


405
n = 3
Fully-expanded root node
$n_j = 1$
$n_j = 1$
$n_j = 1$
UE1
BS1_1
UE1
BS1_2
UE1
BS1_3
Logarithm utility of UE1's data rate from BS1_3 = 5.61
UE2
BS2_1
Logarithm utility of UE1's data rate from BS2_1 = 5.53
UEn
UEn
BSn_2
Logarithm utility of UE1's data rate from BSn_2 = 6.43

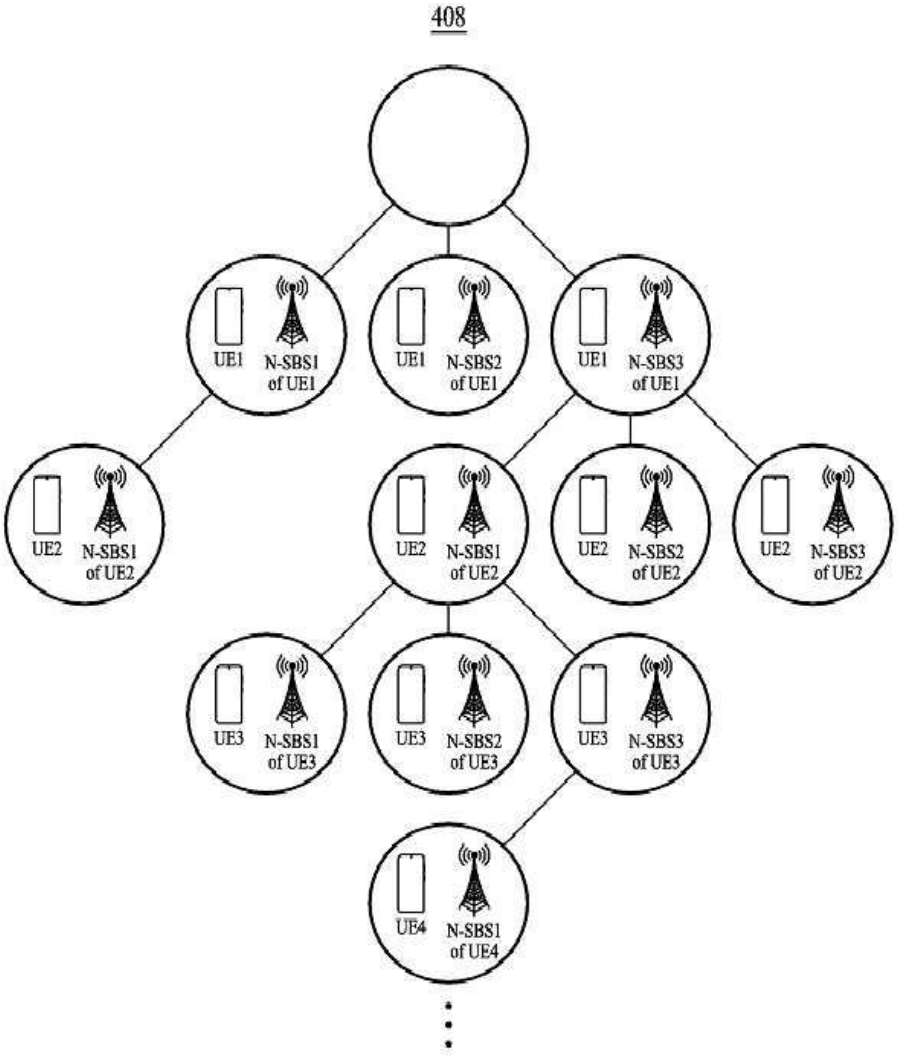
도면4g


406
Fully-expanded root node
n = 4
n_j = 1
UE1 BS1_1
n_j = 1
UE1 BS1_2
n_j = 2
UE1 BS1_3
Logarithm utility of UE1's data rate from BS1_3 = 5.61
Network utility when UE1 connected to BS1_3 = (180.8 + 1775.5) ÷ n_j (=2) = 179.15
n_j = 1
UE2 BS2_1
Logarithm utility of UE2's data rate from BS2_1 = 5.53
Network utility when UE1 connected to BS1_3 & UE2 connected to BS2_1 = 177.5

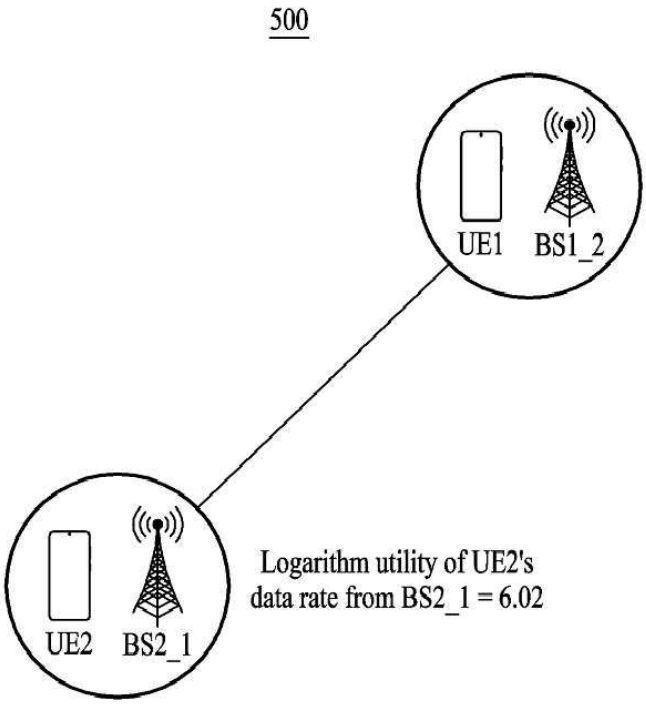
도면4h


407
Fully-expanded root node
n = 4
n_j = 1
UE1 BS1_1
Network utility
when UE1 connected to BS1_1
= 178.2
$\overline{X}_j = \frac{178.2}{178.2+179.4+179.15} = \frac{178.2}{536.75} \approx 0.332$
n_j = 1
UE1 BS1_2
Network utility
when UE1 connected to BS1_2
= 179.2
$\overline{X}_j = \frac{179.4}{536.75} \approx 0.341$
n_j = 2
UE1 BS1_3
Network utility
when UE1 connected to BS1_3
=((180.8 + 1775.5) ÷ n_j(=2)
= 179.15
$\overline{X}_j = \frac{179.15}{536.75} \approx 0.333$
n_j = 1
UE1 BS1_2
Logarithm utility of UE2's
data rate from BS2_1 = 5.53
$UCT = \overline{X}_j + 2C_p\sqrt{\frac{2\ln n}{n_j}}$

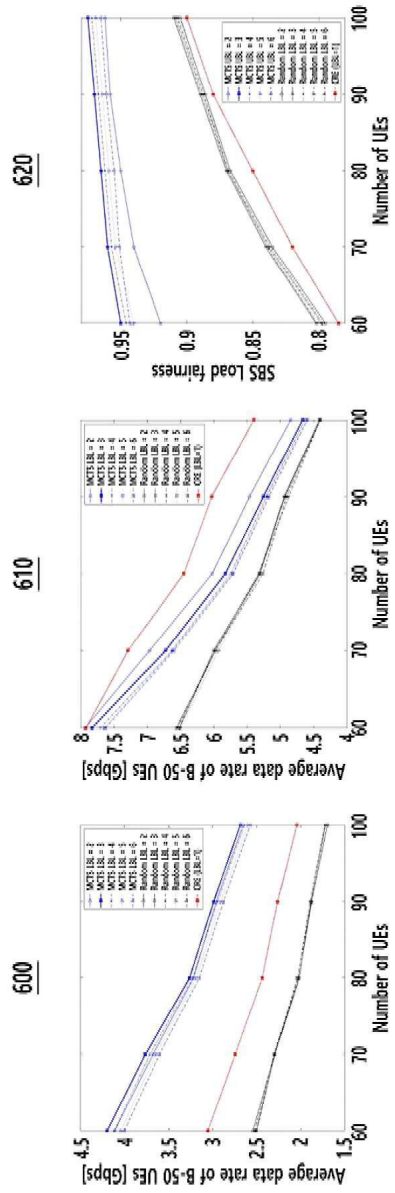
도면4i


408
UE1
N-SBS1 of UE1
UE1
N-SBS2 of UE1
UE1
N-SBS3 of UE1
UE2
N-SBS1 of UE2
UE2
N-SBS1 of UE2
UE2
N-SBS2 of UE2
UE2
N-SBS3 of UE2
UE3
N-SBS1 of UE3
UE3
N-SBS2 of UE3
UE3
N-SBS3 of UE3
UE4
N-SBS1 of UE4

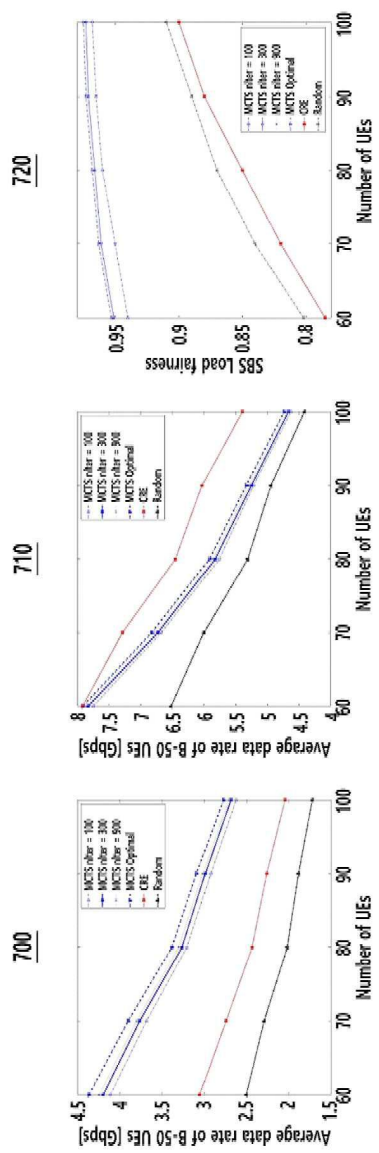
도면5


500
UE1
BS1_2
UE2
BS2_1
Logarithm utility of UE2's
data rate from BS2_1 = 6.02

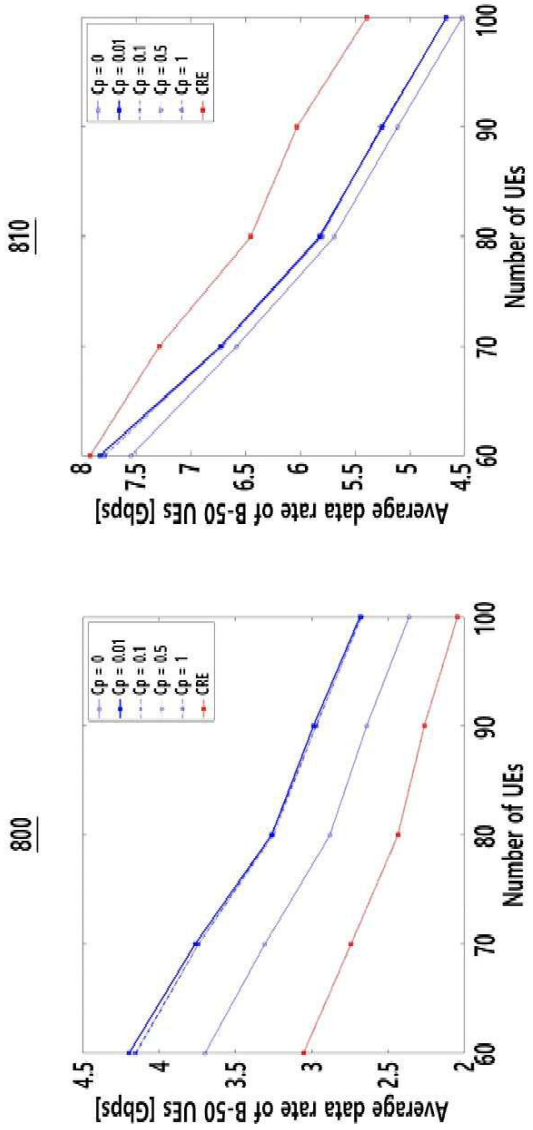
도면6


600
Average data rate of B-50 UEs [Gbps]
Number of UEs
610
Average data rate of B-50 UEs [Gbps]
Number of UEs
620
SBS Load fairness
Number of UEs

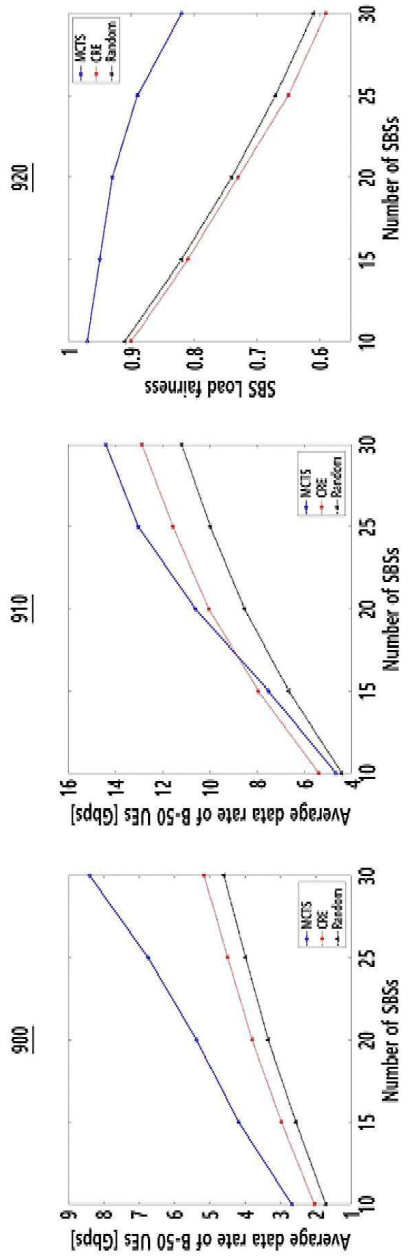
도면7


700
Average data rate of B-5G UEs [Gbps]
Number of UEs
MCTS nNer = 100
MCTS nNer = 300
MCTS nNer = 900
MCTS Optimal
CDE
Random
710
Average data rate of B-5G UEs [Gbps]
Number of UEs
720
SBS Load fairness
Number of UEs

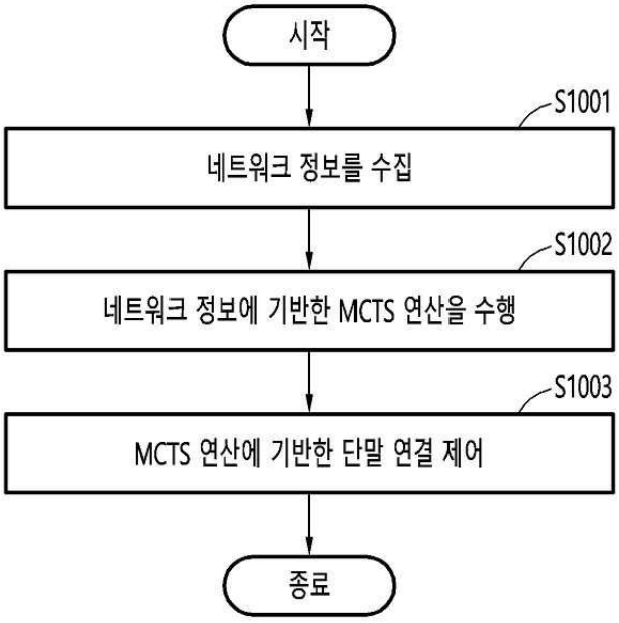
도면8


810
Average data rate of B-50 UEs [Gbps]
Number of UEs
Cp = 0
Cp = 0.01
Cp = 0.1
Cp = 0.5
Cp = 1
CRE
800
Average data rate of B-50 UEs [Gbps]
Number of UEs
Cp = 0
Cp = 0.01
Cp = 0.1
Cp = 0.5
Cp = 1
CRE

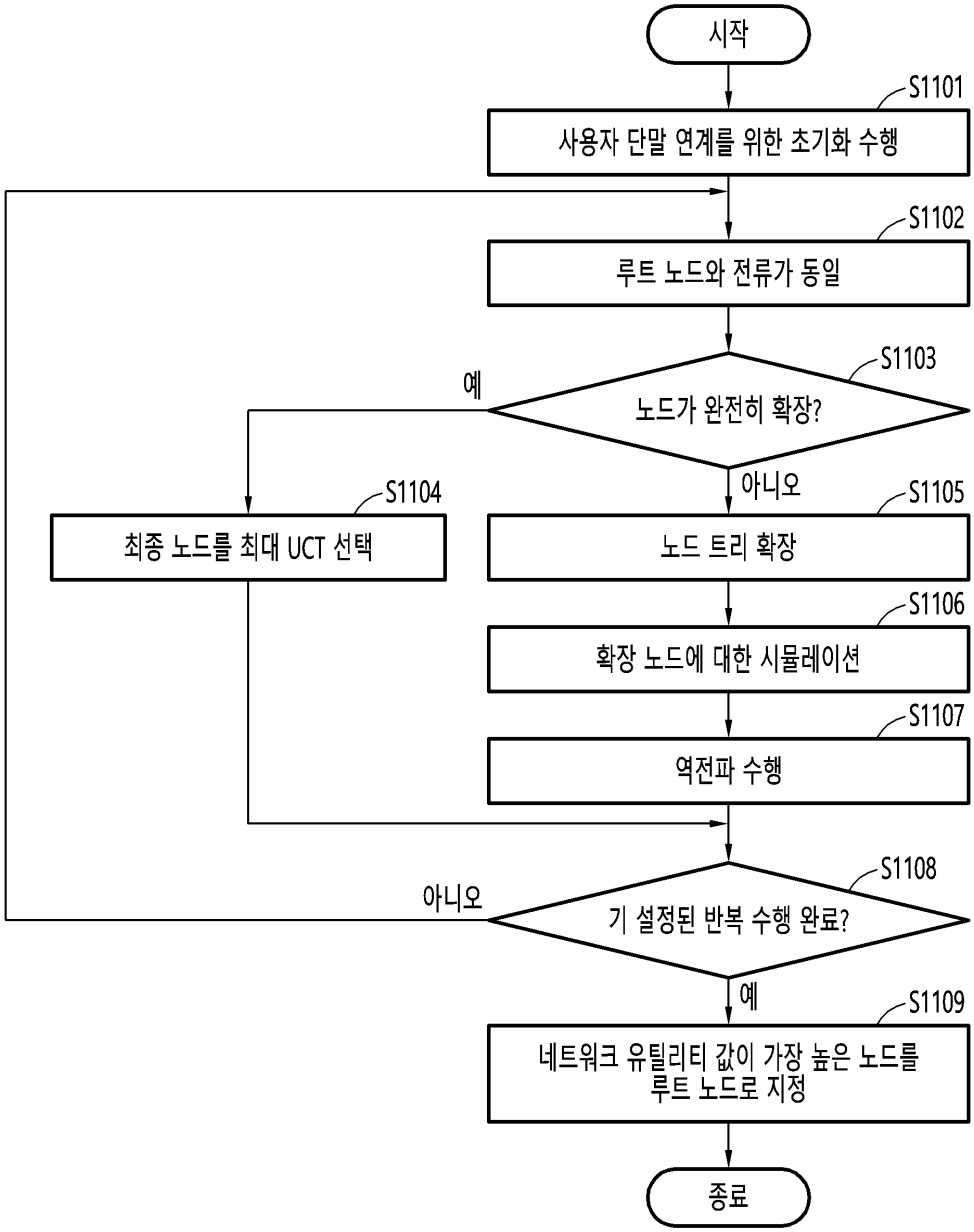
도면9


900
Average data rate of B-50 UEs [Gbps]
Number of SBSs
MCTS
CBE
Random
910
Average data rate of B-50 UEs [Gbps]
Number of SBSs
MCTS
CBE
Random
920
SBS Load fairness
Number of SBSs
MCTS
CBE
Random

도면10


시작
S1001
네트워크 정보를 수집
S1002
네트워크 정보에 기반한 MCTS 연산을 수행
S1003
MCTS 연산에 기반한 단말 연결 제어
종료

도면11


시작
S1101
사용자 단말 연계를 위한 초기화 수행
S1102
루트 노드와 전류가 동일
S1103
예
노드가 완전히 확장?
아니오
S1104
최종 노드를 최대 UCT 선택
S1105
노드 트리 확장
S1106
확장 노드에 대한 시뮬레이션
S1107
역전파 수행
S1108
아니오
기 설정된 반복 수행 완료?
예
S1109
네트워크 유틸리티 값이 가장 높은 노드를
루트 노드로 지정
종료