(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년04월16일
(11) 등록번호 10-2101299
(24) 등록일자 2020년04월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 16/02 (2009.01) *H04W 24/02* (2009.01)
H04W 88/08 (2009.01) *H04W 88/18* (2019.01)
(52) CPC특허분류
H04W 16/02 (2013.01)
H04W 24/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0054297
(22) 출원일자 2019년05월09일
심사청구일자 2019년05월09일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020160005868 A

(73) 특허권자
한림대학교 산학협력단
강원도 춘천시 한림대학길 1, 한림대학교(옥천동)
(72) 발명자
김태운
강원도 춘천시 백령로 215, 110동 1306호
(74) 대리인
김남혁

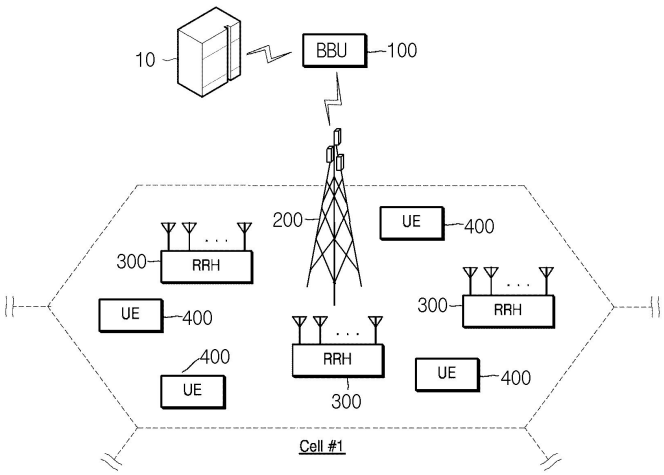
전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 이종익

(54) 발명의 명칭 **네트워크 운영 이익 최대화 장치, 방법 및 프로그램**

(57) 요 약

본 발명에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 장치는 네트워크에 대한 채널 할당 정보를 순차적으로 변경하여 설정하고, 상기 채널 할당 정보에 기초하여 상기 네트워크에 대한 네트워크 운영 비용 정보 및 네트워크 운영 수익 정보 중 하나 이상을 포함하는 운영 이익 정보가 최대로 산출되도록 상기 네트워크에 대한 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정하는 설정 모듈; 상기 변경하여 설정된 채널 할당 정보 각각에 기초되어 최대로 산출된 상기 운영 이익 정보 간의 대소를 비교하는 비교 모듈; 및 상기 대소 비교 결과에 기초하여 상기 채널 할당 정보 중에서 최종 채널 할당 정보를 선택하며, 상기 제1 자원 할당 정보 및 상기 제2 자원 할당 정보 중에서 제1 최종 자원 할당 정보 및 제2 최종 자원 할당 정보를 각각 선택하는 선택 모듈;을 포함한다.

대 표 도



1

(52) CPC특허분류
H04W 88/085 (2013.01)
H04W 88/18 (2019.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 HRF-201809-012
부처명 한림대학교 연구지원팀
연구관리전문기관 한림대학교 연구지원팀
연구사업명 한림대학교 교비 학술연구과제
연구과제명 클라우드 기반의 차세대 5G 이동통신 네트워크 연구
기 여 율 1/1
주관기관 한림대학교 연구지원팀
연구기간 2018.09.01 ~ 2019.04.30
공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

네트워크에 대한 채널 할당 정보를 순차적으로 변경하여 설정하고, 상기 채널 할당 정보에 기초하여 상기 네트워크에 대한 네트워크 운영 비용 정보 및 네트워크 운영 수익 정보 중 하나 이상을 포함하는 운영 이익 정보가 최대로 산출되도록 상기 네트워크에 대한 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정하는 설정 모듈;

상기 변경하여 설정된 채널 할당 정보 각각에 기초되어 최대로 산출된 상기 운영 이익 정보 간의 대소를 비교하는 비교 모듈; 및

상기 대소 비교 결과에 기초하여 상기 채널 할당 정보 중에서 최종 채널 할당 정보를 선택하며, 상기 제1 자원 할당 정보 및 상기 제2 자원 할당 정보 중에서 제1 최종 자원 할당 정보 및 제2 최종 자원 할당 정보를 각각 선택하는 선택 모듈;을 포함하는 것을 특징으로 하는

네트워크 운영 이익 최대화 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 설정 모듈은

상기 네트워크의 전파 송수신 장치에 포함된 MBS(Macro Base Station) 및 RRH(Remote Radio Head) 중 하나 이상에 대한 상기 네트워크의 채널 할당 벡터를 설정하는 것을 특징으로 하는

네트워크 운영 이익 최대화 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 네트워크 운영 비용 정보는

BBU(Baseband Unit) 운영 비용 정보를 포함하고,

상기 네트워크 운영 수익 정보는

네트워크 사용자 요금 정보 및 네트워크 전력 비용 정보 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는

네트워크 운영 이익 최대화 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 설정 모듈은

상기 네트워크의 BBU 중에서 RRH에 할당된 BBU의 제1 비율 정보를 포함하는 상기 제1 자원 할당 정보를 설정하는 것을 특징으로 하는

네트워크 운영 이익 최대화 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 설정 모듈은

MBS 및 RRH 중 어느 하나와 UE(User Equipment) 간의 제1 채널 맵핑 정보를 포함하는 제2 자원 할당 정보를 설정하는 것을 특징으로 하는

네트워크 운영 이익 최대화 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 설정 모듈은

상기 제1 자원 할당 정보 및 상기 제2 자원 할당 정보를 각각 제1 주기 및 제2 주기 마다 설정하고,

상기 제1 주기가 상기 제2 주기 보다 길도록 설정하는 것을 특징으로 하는

네트워크 운영 이익 최대화 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 선택 모듈은

상기 운영 이익 정보 중에서 가장 큰 운영 이익 정보에 대응되는 상기 채널 할당 정보를 상기 최종 채널 할당 정보로 선택하고, 상기 운영 이익 정보 중에서 가장 큰 운영 이익 정보에 대응되는 상기 제1 자원 할당 정보 및 상기 제2 자원 할당 정보를 각각 상기 제1 최종 자원 할당 정보 및 상기 제2 최종 자원 할당 정보로 선택하는 것을 특징으로 하는

네트워크 운영 이익 최대화 장치.

청구항 8

네트워크에 대한 채널 할당 정보를 순차적으로 변경하여 설정하는 채널 할당 정보 설정 단계;

상기 채널 할당 정보에 기초하여 상기 네트워크에 대한 네트워크 운영 비용 정보 및 네트워크 운영 수익 정보 중 하나 이상을 포함하는 운영 이익 정보가 최대로 산출되도록 상기 네트워크에 대한 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정하는 자원 할당 정보 설정 단계;

상기 변경하여 설정된 채널 할당 정보 각각에 기초되어 최대로 산출된 상기 운영 이익 정보 간의 대소를 비교하는 비교 단계; 및

상기 대소 비교 결과에 기초하여 상기 채널 할당 정보 중에서 최종 채널 할당 정보를 선택하며, 상기 제1 자원 할당 정보 및 상기 제2 자원 할당 정보 중에서 제1 최종 자원 할당 정보 및 제2 최종 자원 할당 정보를 각각 선택하는 선택 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는

네트워크 운영 이익 최대화 방법.

청구항 9

하드웨어인 컴퓨터와 결합되어, 제8항의 방법을 수행할 수 있도록 컴퓨터에서 독출가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 네트워크 운영 이익 최대화 장치, 방법 및 프로그램에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 네트워크에 대한 네트워크 운영 비용 정보 및 네트워크 운영 수익 정보 중 하나 이상을 포함하는 운영 이익 정보가 최대가 되도록 네트워크의 자원을 할당하는 네트워크 운영 이익 최대화 장치, 방법 및 프로그램에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] C-RAN(Cloud-base Radio Access Network)은 높은 스펙트럼 효율과 에너지 효율로 인해 4G 이후의 차세대 네트워크로 고려되고 있다. C-RAN은 기지국의 기능을 BBU(Baseband Processing Unit)과 RRH(Remote Radio Unit or Remote Radio Head)으로 분리하되, 셀들의 중심에는 BBU를 배치하고 복수의 RRH를 셀들에 분산 배치하는 토폴로지를 갖는다. 이를 통해, C-RAN은 모바일 사용자에 대한 신호 송신 거리를 감소시켜 향상된 에너지 효율을 구현할 수 있게 된다.

[0004] 최근에는 증가하는 트래픽 처리를 위한 RRH의 과밀집을 극복하기 위해 MBS(Macro Base Station)를 함께 배치하는 H-CRAN(Heterogeneous Cloud-base Radio Access Network)에 대한 연구와 수요가 증가하고 있다.

[0005] 하지만, 통신 인프라의 투자만으로는 모바일 데이터 트래픽의 폭발적인 증가, 대규모 장치 연결, 및 지속적으로 출현하는 다양한 새로운 서비스와 애플리케이션 시나리오에 대처할 수 없는 한계가 문제되고 있다.

[0006] 이에 따라, 증가하는 트래픽을 운영하는 네트워크만으로 처리하지 못하는 경우를 대비하여 다른 네트워크로 트래픽을 분산시켜 증가된 트래픽을 처리하는 기술이 요구되고 있다.

[0007] 하지만, 네트워크를 운영시 발생되는 이익을 산출하는 경우, 다른 네트워크를 이용하는데 발생되는 이익으로 인해 네트워크 사업자가 운영하는 네트워크만의 이익을 최대화시켜 산출할 수 없는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 네트워크 사업자가 임대하는 다른 네트워크를 제외하고 네트워크 사업자가 운영하는 네트워크만에 대한 네트워크 운영 비용 및 네트워크 운영 수익 정보 중 하나 이상을 포함하는 운영 이익 정보가 최대가 되도록 네트워크의 자원을 할당함으로써, 한정된 네트워크의 자원을 활용하여 사용자 장치로부터의 트래픽을 효율적으로 처리하고, 네트워크 사업자의 이익을 극대화할 수 있는 네트워크 운영 이익 최대화 장치를 제공할 수 있다.

[0010] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 장치는 네트워크에 대한 채널 할당 정보를 순차적으로 변경하여 설정하고, 상기 채널 할당 정보에 기초하여 상기 네트워크에 대한 네트워크 운영 비용 정보 및 네트워크 운영 수익 정보 중 하나 이상을 포함하는 운영 이익 정보가 최대로 산출되도록 상기 네트워크에 대한 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정하는 설정 모듈; 상기 변경하여 설정된 채널 할당 정보 각각에 기초되어 최대로 산출된 상기 운영 이익 정보 간의 대소를 비교하는 비교 모듈; 및 상기 대소 비교 결과에 기초하여 상기 채널 할당 정보 중에서 최종 채널 할당 정보를 선택하며, 상기 제1 자원 할당 정보 및 상기 제2 자원 할당 정보 중에서 제1 최종 자원 할당 정보 및 제2 최종 자원 할당 정보를 각각 선택하는 선택 모듈;을 포함한다.

[0013] 바람직하게, 상기 설정 모듈은 상기 네트워크의 전파 송수신 장치에 포함된 MBS(Macro Base Station) 및 RRH(Remote Radio Head) 중 하나 이상에 대한 상기 네트워크의 채널 할당 벡터를 설정할 수 있다.

[0014] 바람직하게, 상기 네트워크 운영 비용 정보는 BBU(Baseband Unit) 운영 비용 정보를 포함할 수 있다.

[0015] 바람직하게, 상기 네트워크 운영 수익 정보는 네트워크 사용자 요금 정보 및 네트워크 전력 비용 정보 중 하나

이상을 포함할 수 있다.

[0016] 바람직하게, 상기 설정 모듈은 상기 네트워크의 BBU 중에서 RRH에 할당된 BBU의 제1 비율 정보를 포함하는 상기 제1 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0017] 바람직하게, 상기 설정 모듈은 MBS 및 RRH 중 어느 하나와 UE(User Equipment) 간의 제1 채널 맵핑 정보를 포함하는 제2 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0018] 바람직하게, 상기 설정 모듈은 상기 제1 자원 할당 정보 및 상기 제2 자원 할당 정보를 각각 제1 주기 및 제2 주기 마다 설정하고, 상기 제1 주기가 상기 제2 주기 보다 길도록 설정할 수 있다.

[0019] 바람직하게, 상기 선택 모듈은 상기 운영 이익 정보 중에서 가장 큰 운영 이익 정보에 대응되는 상기 채널 할당 정보를 상기 최종 채널 할당 정보로 선택하고, 상기 운영 이익 정보 중에서 가장 큰 운영 이익 정보에 대응되는 상기 제1 자원 할당 정보 및 상기 제2 자원 할당 정보를 각각 상기 제1 최종 자원 할당 정보 및 상기 제2 최종 자원 할당 정보로 선택할 수 있다.

[0020] 본 발명에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 방법은 네트워크에 대한 채널 할당 정보를 순차적으로 변경하여 설정하는 채널 할당 정보 설정 단계; 상기 채널 할당 정보에 기초하여 상기 네트워크에 대한 네트워크 운영 비용 정보 및 네트워크 운영 수익 정보 중 하나 이상을 포함하는 운영 이익 정보가 최대로 산출되도록 상기 네트워크에 대한 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정하는 자원 할당 정보 설정 단계; 상기 변경하여 설정된 채널 할당 정보 각각에 기초되어 최대로 산출된 상기 운영 이익 정보 간의 대소를 비교하는 비교 단계; 및 상기 대소 비교 결과에 기초하여 상기 채널 할당 정보 중에서 최종 채널 할당 정보를 선택하며, 상기 제1 자원 할당 정보 및 상기 제2 자원 할당 정보 중에서 제1 최종 자원 할당 정보 및 제2 최종 자원 할당 정보를 각각 선택하는 선택 단계;를 포함할 수 있다.

[0021] 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램은 하드웨어인 컴퓨터와 결합되어, 상기 네트워크 운영 이익 최대화 방법을 수행할 수 있도록 컴퓨터에서 독출가능한 기록매체에 저장될 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 따르면, 본 발명은 네트워크에 대한 네트워크 운영 비용 정보 및 네트워크 운영 수익 정보 중 하나 이상을 포함하는 운영 이익 정보가 최대가 되도록 네트워크의 자원을 할당함으로써, 한정된 네트워크의 자원을 활용하여 사용자 장치로부터의 트래픽을 효율적으로 처리하고, 네트워크 사업자의 이익을 극대화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 장치가 적용된 네트워크의 구성을 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 장치의 구성요소가 도시된 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 장치의 설정 모듈이 제1 주기 및 제2 주기를 설정하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 장치의 구성요소가 도시된 블록도이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 장치의 설정 모듈이 제1 내지 제3 주기를 설정하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 본 발명의 다양한 실시 예가 첨부된 도면을 참조하여 기재된다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 실시 예의 다양한 변경(modification), 균등물(equivalent), 및/또는 대체물(alternative)을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.

[0027] 본 문서에서, "가진다", "가질 수 있다", "포함한다", 또는 "포함할 수 있다" 등의 표현은 해당 특징(예: 수치, 기능, 동작, 또는 부품 등의 구성요소)의 존재를 가리키며, 추가적인 특징의 존재를 배제하지 않는다.

[0028] 본 문서에서, "A 또는 B", "A 또는/및 B 중 적어도 하나", 또는 "A 또는/및 B 중 하나 또는 그 이상" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, "A 또는 B", "A 및 B 중 적어도 하나", 또는 "A 또는 B 중 적어도 하나"는, (1) 적어도 하나의 A를 포함, (2) 적어도 하나의 B를 포함, 또는(3) 적어도 하나의 A 및 적어도 하나의 B 모두를 포함하는 경우를 모두 지칭할 수 있다.

[0029] 본 문서에서 사용된 "제1", "제2", "첫째", 또는 "둘째" 등의 표현들은 다양한 구성요소들을, 순서 및/또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다. 예를 들면, 제1 사용자 기기와 제2 사용자 기기는, 순서 또는 중요도와 무관하게, 서로 다른 사용자 기기를 나타낼 수 있다. 예를 들면, 본 문서에 기재된 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 바꾸어 명명될 수 있다.

[0030] 어떤 구성요소(예: 제1 구성요소)가 다른 구성요소(예: 제2 구성요소)에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어((operatively or communicatively) coupled with/to)" 있다거나 "접속되어(connected to)" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소(예: 제1 구성요소)가 다른 구성요소(예: 제2 구성요소)에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소와 상기 다른 구성요소 사이에 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)가 존재하지 않는 것으로 이해될 수 있다.

[0031] 본 문서에서 사용된 표현 "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, "~에 적합한(suitable for)", "~하는 능력을 가지는(having the capacity to)", "~하도록 설계된(designed to)", "~하도록 변경된(adapted to)", "~하도록 만들어진(made to)", 또는 "~를 할 수 있는(capable of)"과 바꾸어 사용될 수 있다. 용어 "~하도록 구성(또는 설정)된"은 하드웨어적으로 "특별히 설계된(specifically designed to)"것만을 반드시 의미하지 않을 수 있다. 대신, 어떤 상황에서, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다. 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성(또는 설정)된 프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(generic-purpose processor)(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.

[0032] 본 문서에서 사용된 용어들은 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 다른 실시 예의 범위를 한정하려는 의도가 아닐 수 있다. 단수의 표현은 컨텍스트 상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 용어들은 본 문서에 기재된 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가질 수 있다. 본 문서에 사용된 용어들 중 일반적인 사전에 정의된 용어들은 관련 기술의 컨텍스트 상 가지는 의미와 동일 또는 유사한 의미로 해석될 수 있으며, 본 문서에서 명백하게 정의되지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다. 경우에 따라서, 본 문서에서 정의된 용어일지라도 본 문서의 실시 예들을 배제하도록 해석될 수 없다.

[0033] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 장치(10)가 적용된 네트워크(1)의 구성을 도시한 도면이다.

[0034] 도 1을 참조하면, 네트워크(1)는 네트워크 운영 이익 최대화 장치(10), BBU(Baseband Processing Unit, 100), MBS(Macro Base Station, 200) 및 RRH(Remote Radio Head, 300)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 네트워크(1)는 MBS(200)와 RRH(300)가 소정 셀 단위에 함께 배치되는 H-CRAN(Heterogeneous Cloud-base Radio Access Network)일 수 있다.

[0035] BBU(100)는 기지국 신호의 기저대역 신호 처리 기능을 수행할 수 있으며, 네트워크(1)의 전파 송수신 장치에 포함된 MBS(200) 및 RRH(300)와 소정의 통신 매체, 예를 들면 광케이블로 실현되는 프론 트홀 링크(Fronthaul Link)를 통해 통신적으로 연결될 수 있다.

[0036] BBU(100)는 상기 통신 매체를 통해 MBS(200) 및 RRH(300)로 다운링크 신호를 송신할 수 있고, MBS(200) 및 RRH(300)로부터 업링크 신호를 수신할 수 있다.

[0037] 한편, 도 1에서는 하나의 BBU(100)만이 도시되었으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 실시예에 따라서, BBU(100)는 복수개로 구성되어 BPU 풀(또는 BPU 클러스터)을 형성할 수 있다. 이 경우 BBU 풀의 BBU(100)들 각각은 소정 셀 단위로 할당되고 MBS(200) 및 RRH(300) 마다 연결되는 VBS(Virtual Base Station)이 형성될 수 있다.

[0038] MBS(200)는 기지국 신호의 무선 처리 기능을 수행할 수 있으며, 소정 셀 단위당 하나가 배치될 수 있다.

[0039] RRH(300)는 기지국 신호의 무선 처리 기능을 수행할 수 있으며, 소정 셀 단위에 복수개가 분산 배치될 수 있다. 또한, RRH(300)는 각각 복수의 안테나를 구비할 수 있다.

[0040] MBS(200)와 RRH(300)는 해당 셀에 위치하는 UE(User Equipment, 400)와 통신할 수 있다. 이때, MBS(200)와 RRH(300)는 각각 하나의 UE(400) 사이에 형성되는 무선 채널을 통해 소정의 신호를 송수신할 수 있다.

[0041] 네트워크 운영 이익 최대화 장치(10)는 네트워크(1)의 총 운영 비용 정보가 최대가 되도록 네트워크(1)에 대한 채널 할당 정보와 제1 내지 제3 자원 할당 정보를 설정할 수 있다. 상술된, 네트워크 운영 이익 최대화 장치(10)의 채널 할당 정보 및 제1 내지 제3 자원 할당 정보를 설정하는 과정은 후술하여 자세히 설명하도록 한다.

[0042] 한편, 상술된 네트워크(1)의 구성과 통신 방식은 상술된 설명에 의해 한정되지 않음을 유의한다.

[0043] 한편, 본 명세서에서는 인덱스 세트들의 기호를 하기의 표 1과 같이 정의하도록 한다.

표 1

[0044]

기호	정의
$\mathcal{I}_1$	RRH(300)의 인덱스 세트, $\{1, 2, \cdots, i_1, \cdots\}$
$\mathcal{I}_2$	다른 네트워크의 AP(Access Point)의 인덱스 세트, $\{1, 2, \cdots, i_2, \cdots\}$
$\mathcal{M}_1$	네트워크(1)의 채널의 인덱스 세트, $\{1, 2, \cdots, m_1, \cdots\}$
$\mathcal{M}_2$	다른 네트워크의 채널의 인덱스 세트, $\{1, 2, \cdots, m_2, \cdots\}$
$\mathcal{S}$	시나리오의 인덱스 세트, $\{1, 2, \cdots, s, \cdots\}$, $\lvert\mathcal{S}\rvert = \lvert\mathcal{T}\rvert$
$\mathcal{T}$	완성 시나리오 트리(즉, 시나리와의 완성 세트)
$\mathcal{U}$	UE(400)의 인덱스 세트, $\{1, 2, \cdots, u, \cdots\}$

[0045] 또한, 본 명세서에서는 불확실성 파라미터(Uncertainty Parameter)의 기호를 하기의 표 2와 같이 정의하도록 한다.

표 2

[0046]

기호	정의
$\mathbf{r}$	UE(400)의 서비스 요청
$\mathbf{V}$	UE(400)와 RRH(300) 간의 접근성 인디케이터
$\mathbf{W}$	UE(400)와 다른 네트워크의 AP 간의 접근성 인디케이터
ξ	접근성과 요청에 대한 설명자, $(\mathbf{V}, \mathbf{W}, \mathbf{r})$

[0047] 또한, 본 명세서에서는 결정적 파라미터(Deterministic Parameter)의 기호를 하기의 표 3과 같이 정의하도록 한다.

표 3

[0048]

기호	정의
α	서비스된 비트로부터 수익으로의 변환 매개 변수
β	오프로딩 비용
c_{i_1}	RRH i_1 와 VBS 간의 프론트홀 용량
d_{i_2}	AP i_2 의 연결 용량
δ	BBU(100)의 운영 비용
ϵ	컴퓨팅 자원 예약 비용
$f^u_{i_1,m_1}$	RRH i_1 와 UE u 간의 채널 m_1 의 대역폭

$g^{u}_{i_2,m_2}$	AP i_2 와 UE u 간의 채널 m_2 의 대역폭
γ	미처리 요청에 대한 패널티 비용
K_1	네트워크(1)에 대한 변환 매개 변수
K_2	다른 네트워크에 대한 변환 매개 변수
o_{i_1}	RRH i_1 의 연결 용량
τ^{M}	MBS(200)의 채널 당 전송 전력
τ^{R}	RRH(300)의 채널 당 전송 전력
θ	전력 비용 변환에 대한 변환 매개 변수
z_{i_2}	AP i_2 의 총 대역폭 용량

[0049] 또한, 본 명세서에서는 결정 변수인 채널 할당 벡터와 제1 내지 제3 자원 할당 정보의 기호를 하기의 표 4와 같이 정의하도록 한다.

표 4

[0050]

기호	정의
x_{i_1}	네트워크(1)의 BBU 중에서 RRH i_1 에 할당된 BBU의 제1 비율 정보(단, $x_{i_1} \in \mathbf{x}$, RRH $i_1 \in \mathcal{I}_1$)
y	다른 네트워크의 컴퓨팅 자원 중 예약된 컴퓨팅 자원의 제2 비율 정보
$\boldsymbol{\pi}$	MBS(200) 및 RRH(300) 중 하나 이상에 대한 네트워크(1)의 채널 할당 벡터(단, $\overline{\boldsymbol{\pi}} = \mathbf{1}_{\lvert\mathcal{M}_1\rvert} - \boldsymbol{\pi}$)
$\mathbf{A}_s$	시나리오 s에 따른 MBS(200) 및 RRH(300) 중 어느 하나와 UE(400) 간의 제1 채널 맵핑 정보
$\mathbf{B}_s$	시나리오 s에 따른 AP와 UE(400) 간의 제2 채널 맵핑 정보
$\widetilde{r^{u}_{s}}$	시나리오 s에 따른 네트워크(1)를 통해 처리되지 않는 UE(400)의 미처리 요청 정보, 여기서, $\widetilde{r^{u}_{s}} \in \widetilde{\mathbf{r}_s}$

[0051] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 장치(10)의 구성요소가 도시된 블록도이다.

[0052] 도 1 및 도 2를 참조하면, 네트워크 운영 이익 최대화 장치(10)는 설정 모듈(11), 비교 모듈(12), 선택 모듈(13), 저장 모듈(14) 및 통신 모듈(15)을 포함할 수 있다.

[0053] 설정 모듈(11)은 네트워크(1)에 대한 채널 할당 정보를 순차적으로 변경하여 설정하고, 설정된 채널 할당 정보에 기초하여 네트워크(1)에 대한 운영 이익 정보가 최대로 산출되도록 네트워크(1)에 대한 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0054] 구체적으로, 설정 모듈(11)은 MBS(200) 및 RRH(300) 중 하나 이상이 통신을 수행하는데 이용되는 네트워크(1)의 채널을 할당하기 위해 채널 할당 정보를 설정할 수 있다. 이를 위해, 설정 모듈(11)은 MBS(200) 및 RRH(300) 중 하나 이상에 대해 네트워크(1)의 채널 할당 벡터를 설정할 수 있다. 여기서, 채널 할당 벡터는 네트워크(1)의 채널 중에서 MBS(200) 및 RRH(300) 중 어느 하나에 할당됨을 “1” 또는 “0”으로 나타내는 정보의 조합일 수 있다. 예를 들어, “1”은 해당 채널이 MBS(200)에 할당됨을 나타내고, “0”은 해당 채널이 RRH(300)에 할당됨을 나타낼 수 있다. 이러한 해당 채널 할당 벡터는 채널 할당 정보에 포함될 수 있다.

[0055] 즉, 설정 모듈(11)은 채널 할당 벡터를 설정함으로써, MBS(200) 및 RRH(300) 중 하나 이상이 통신을 수행하는데 이용되는 채널을 설정할 수 있다. 이때, 설정 모듈(11)은 채널 할당 벡터 내의 “1”과 “0”의 조합을 순차적으로 변경하여 설정할 수 있다.

[0056] 이를 위해, 설정 모듈(11)은 하기의 조건문 1에 기초하여 MBS(200) 및 RRH(300) 중 하나 이상에 대해 네트워크(1)의 채널 할당 벡터를 설정할 수 있다.

[0057] <조건문 1>

$\rho^* \leftarrow -\infty$
$\Omega^* \leftarrow \mathtt{Null}$
$\boldsymbol{\pi}^* \leftarrow \mathtt{Null}$
$\boldsymbol{\pi} \leftarrow \mathbf{0}_{|\mathcal{M}_1|}$
for $t \leftarrow 1$ **to** $|\mathcal{M}_1| - 1$ **do**
  $\boldsymbol{\pi}[t] \leftarrow 1$
  Get (ρ^t, Ω^t)
  if $\rho^t > \rho^*$ **then**
    $\rho^* \leftarrow \rho^t, \Omega^* \leftarrow \Omega^t, \boldsymbol{\pi}^* \leftarrow \boldsymbol{\pi}$
  end if
end for
Return $(\Omega^*, \boldsymbol{\pi}^*)$

[0058]

[0059] 여기서, ρ^* 는 운영 이익 정보이고, Ω^* 는 제1 최종 자원 할당 정보 및 제2 최종 자원 할당 정보이고, $\boldsymbol{\pi}^*$는 최종 채널 할당 벡터이고, $\boldsymbol{\pi}$ 는 최근에 설정된 채널 할당 벡터이고, $\mathcal{M}_1$ 는 네트워크(1)의 채널의 인덱스 세트이고, ρ^t 는 최근에 설정된 채널 할당 벡터 및 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보에 따른 운영 이익 정보이고, Ω^t 는 최근에 설정된 제1 최종 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보이다.

[0061] 이에 따라, 설정 모듈(11)은 MBS(200) 및 RRH(300)이 네트워크(1)의 채널에 할당되는 모든 조합을 나타내는 채널 할당 벡터를 순차적으로 설정할 수 있다.

[0062] 이어서, 설정 모듈(11)은 설정된 채널 할당 정보에 기초하여 네트워크(1)에 대한 운영 이익 정보가 최대로 산출되도록 네트워크(1)에 대한 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0063] 구체적으로, 설정 모듈(11)은 네트워크 운영 비용 정보 및 네트워크 운영 수익 정보 중 하나 이상을 포함하는 운영 이익 정보가 최대가 되도록 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0064] 여기서, 네트워크 운영 비용 정보는 네트워크(1)를 운영하는데 소요되는 비용을 나타내는 정보로써, BBU 운영 비용 정보를 포함할 수 있다. BBU 운영 비용 정보는 네트워크(1)에 포함된 BBU(100)를 운영하는데 소요되는 비용을 나타내는 정보일 수 있다.

[0065] 설정 모듈(11)은 하기의 수학식 1을 이용하여 네트워크 운영 비용 정보를 산출할 수 있다.

[0066] <수학식 1>

$$RA1 = RA1'$$
$$= -\delta \sum_{i_1 \in \mathcal{I}_1} x_{i_1}$$

여기서, $\sum_{i_1 \in \mathcal{I}_1} x_{i_1} \leq 1,$
$\forall i_1 : 0 \leq x_{i_1} \leq 1,$
$\forall i_1 : x_{i_1} \cdot K_1 \leq c_{i_1}$

[0067]

[0068] 여기서, RA1은 네트워크 운영 비용 정보이고, RA1'은 BBU 운영 비용 정보이다.

[0070] 한편, 네트워크 운영 수익 정보는 네트워크(1)를 운영하여 발생되는 수익을 나타내는 정보로써, 네트워크 사용자 요금 정보 및 네트워크 전력 비용 정보 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 네트워크 사용자 요금 정보는 UE(400)와 MBS(200) 간의 통신으로 발생하는 요금을 나타내는 MBS 사용자 요금 정보 및 UE(400)와 RRH(300) 간의 통신으로 발생하는 요금을 나타내는 RRH 사용자 요금 정보 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 또한, 네트워크 전력 비용 정보는 UE(400)와 MBS(200) 간의 통신으로 발생하는 전력 비용을 나타내는 MBS 전력 비용 정보 및 UE(400)와 RRH(300) 간의 통신으로 발생하는 전력 비용을 나타내는 RRH 전력 비용 정보 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0071] 설정 모듈(11)은 하기의 수학식 2를 이용하여 불확실한 변수가 고려되는 시나리오($\mathcal{S}$)에 대응하여 네트워크 운영 수익 정보를 산출할 수 있다.

[0072] <수학식 2>

$$
\begin{aligned}
RA2 &= RA2' + RA2'' \\
&= (RA2'1 + RA2'2) + (RA2''1 + RA2''2) \\
&= \alpha\Big(\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s}\cdot f^u_{0,m_1}\Big) \\
&\quad + \alpha\Big(\sum_{i_1\in\mathcal{I}_1}\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s}\cdot f^u_{i_1,m_1}\Big) \\
&\quad - \theta\cdot\tau^R\sum_{i_1\in\mathcal{I}_1}\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s} \\
&\quad - \theta\cdot\tau^M\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s}
\end{aligned}
$$

여기서, $\forall u: \sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s} + \sum_{i_1\in\mathcal{I}_1}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s} \le 1,$

$$
\begin{aligned}
\forall u, m_1 &: 0 \le a^u_{0,m_1,s} \le \pi_{m_1}, \\
\forall u, m_1, i_1 &: 0 \le a^u_{i_1,m_1,s} \le v^u_{i_1,s}\cdot\overline{\pi}_{m_1}, \\
\forall i_1 &: \sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s} \le o_{i_1}, \\
\forall i_1 &: \sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i1,m_1,s}\cdot f^u_{i1,m_1} \le x_{i_1}K_1, \\
\forall m_1 &: \sum_{u\in\mathcal{U}} a^u_{0,m_1,s} \le \pi_{m_1}, \\
\forall i_1, m_1 &: \sum_{u\in\mathcal{U}} a^u_{i_1,m_1,s} \le \overline{\pi}_{m_1}, \\
\forall u &: \sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s}\cdot f^u_{0,m_1} \\
&\quad + \sum_{i_1}^{N_{RRH}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s}\cdot f^u_{i_1,m_1} \le r^u_s.
\end{aligned}
$$

$$
f^u_{i_1,m_1} = \begin{cases} \Delta\log_2\left(1+\frac{\Psi^u_{i_1,m_1}\cdot\tau^M}{\Delta\sigma^2}\right), & \text{if } i_1 = 0 \text{ (i.e., MBS).} \\ \Delta\log_2\left(1+\frac{\Psi^u_{i_1,m_1}\cdot\tau^R}{\Delta\sigma^2}\right), & \text{otherwise (i.e., RRH).} \end{cases}
$$

[0073]

[0074] 여기서, RA2는 네트워크 운영 수익 정보이고, RA2'는 네트워크 사용자 요금 정보이고, RA2" 는 네트워크 전력 비용 정보이고, RA2'1은 MBS 사용자 요금 정보이고, RA2'2는 RRH 사용자 요금 정보이고, RA2" 1은 MBS 전력 비용 정보이고, RA2" 2는 RRH 전력 비용 정보이다.

[0075] 여기서, $a^{u}_{i_1,m_1,s}$ 는 시나리오 s 에 따라 인덱스가 u 인 UE(400)가 MBS(200, $i_1 = 0$ 인 경우) 또는 RRH(300, $i_1 \neq 0$ 인 경우)와 통신을 통해 채널 m_1 으로 서비스 받는 시간의 비율인 제1 서비스 시간 비율이고, $f^{u}_{i_1,m_1}$ 는 인덱스가 u 인 UE(400)가 MBS(200, $i_1 = 0$ 인 경우) 또는 RRH(300, $i_1 \neq 0$ 인 경우)로부터 채널 m_1 으로 데이터 서비스를 받을 때의 전송률이다.

[0076] 여기서, Δ 는 채널 대역폭이고, $\Psi^{u}_{i_1,m_1}$ 는 인덱스가 u 인 UE(400)와 MBS(200) 및 인덱스가 i_1 인 RRH(300) 사이의 채널 이득이고, σ^2 는 Hz당 노이즈 전력이다.

[0077] 여기서, $v^{u}_{i_1,s}$ 는 시나리오 s 에 따라 인덱스가 u 인 UE(400)가 인덱스가 i_1 인 RRH(300)의 커버리지 내에 위치하는지 여부를 나타내는 이진의 인디케이터이다.

[0079] 설정 모듈(11)은 상술된 과정을 통해 산출되는 네트워크 운영 비용 정보 및 네트워크 운영 수익 정보를 합산하여 운영 이익 정보로 산출할 수 있다.

[0080] 설정 모듈(11)은 하기의 수학식 3을 이용하여 운영 이익 정보를 산출할 수 있다.

[0081] <수학식 3>

[0082] $$\rho = RA1 + RA2$$

[0083] 여기서, ρ 는 운영 이익 정보이고, RA1은 네트워크 운영 비용 정보이고, RA2는 네트워크 운영 수익 정보이다.

[0085] 한편, 설정 모듈(11)은 상술된 과정을 통해 산출되는 운영 이익 정보가 최대로 산출되도록 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0086] 구체적으로, 설정 모듈(11)은 네트워크(1)의 BBU(100) 중에서 RRH(300)에 할당된 BBU(100)의 제1 비율 정보를 포함하는 제1 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0087] 이를 위하여, 설정 모듈(11)은 하기의 수학식 4를 이용하여 제1 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0088] <수학식 4>

[0089]
$$\max_{\mathbf{x}} . \; -\delta \sum_{i_1 \in \mathcal{I}_1} x_{i_1}$$

여기서, $$\sum_{i_1 \in \mathcal{I}_1} x_{i_1} \leq 1,$$

$$\forall i_1 : 0 \leq x_{i_1} \leq 1,$$

$$\forall i_1 : x_{i_1} \cdot K_1 \leq c_{i_1}$$

[0090] 여기서, $\mathbf{x}$ 는 네트워크(1)의 BBU(100) 중에서 RRH(300)에 할당된 BBU(100)의 제1 비율 정보이다.

[0092] 한편, 설정 모듈(11)은 MBS(200) 및 RRH(300) 중 어느 하나와 UE(400) 간의 제1 채널 맵핑 정보를 포함하는 제2 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0093] 이를 위하여, 설정 모듈(11)은 하기의 수학식 5를 이용하여 제2 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0094] <수학식 5>

$$
\begin{aligned}
&Q_s(\mathbf{x}_{,};\xi_s) := \\
&\max_{\mathbf{A}_s} \cdot \alpha\Big(\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s}\cdot f^u_{0,m_1}\Big) \\
&\quad + \alpha\Big(\sum_{i_1\in\mathcal{I}_1}\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s}\cdot f^u_{i_1,m_1}\Big) \\
&\quad - \theta\cdot\tau^R \sum_{i_1\in\mathcal{I}_1}\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s} \\
&\quad - \theta\cdot\tau^M \sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s} \\
&\text{여기서, } \forall u: \sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s} + \sum_{i_1\in\mathcal{I}_1}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s} \le 1, \\
&\forall u, m_1: 0 \le a^u_{0,m_1,s} \le \pi_{m_1}, \\
&\forall u, m_1, i_1: 0 \le a^u_{i_1,m_1,s} \le v^u_{i_1,s}\cdot\overline{\pi}_{m_1}, \\
&\forall i_1: \sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s} \le o_{i_1}, \\
&\forall i_1: \sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s}\cdot f^u_{i_1,m_1} \le x_{i_1}K_1, \\
&\forall m_1: \sum_{u\in\mathcal{U}} a^u_{0,m_1,s} \le \pi_{m_1}, \\
&\forall i_1, m_1: \sum_{u\in\mathcal{U}} a^u_{i_1,m_1,s} \le \overline{\pi}_{m_1}, \\
&\forall u: \sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s}\cdot f^u_{0,m_1} \\
&\quad + \sum_{i_1}^{N_{RRH}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s}\cdot f^u_{i_1,m_1} \le r^u_s, \\
&f^u_{i_1,m_1} = \begin{cases} \Delta\log_2\left(1+\frac{\Psi^u_{i_1,m_1}\cdot\tau^M}{\Delta\sigma^2}\right), & \text{if } i_1 = 0 \text{ (i.e., MBS).} \\ \Delta\log_2\left(1+\frac{\Psi^u_{i_1,m_1}\cdot\tau^R}{\Delta\sigma^2}\right), & \text{otherwise (i.e., RRH).} \end{cases}
\end{aligned}
$$

[0095]

[0096] 여기서, $\mathbf{A}_s$ 는 시나리오 s에 따른 MBS(200) 및 RRH(300) 중 어느 하나와 UE(400) 간의 제1 채널 맵핑 정보이다.

[0098] 즉, 설정 모듈(11)은 네트워크 운영 비용 정보 및 네트워크 운영 수익 정보가 합산되어 산출되는 운영 이익 정보가 최대가 되도록 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0100] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 장치(10)의 설정 모듈(11)이 제1 주기 및 제2 주기를 설정하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0101] 도 3을 더 참조하면, 설정 모듈(11)은 제1 자원 할당 정보(R1) 및 제2 자원 할당 정보(R2)를 각각 제1 주기(PR1) 및 제2 주기(PR2) 마다 설정할 수 있다.

[0102] 이때, 설정 모듈(11)은 제1 주기(PR1)가 제2 주기(PR2) 보다 길도록 설정할 수 있다.

[0103] 이를 통해, 설정 모듈(11)은 설정되는 자원 할당 정보에 대응하여 자원 할당 시, 발생할 수 있는 컴퓨팅 로드의 정도에 따라 제1 자원 할당 정보(R1) 및 제2 자원 할당 정보(R2)를 설정하는 주기를 다르게 설정할 수 있다.

[0104] 구체적으로, 설정 모듈(11)은 컴퓨팅 로드가 많이 발생하는 자원 할당과 관련한 제1 자원 할당 정보(R1)는 컴퓨팅 로드가 적게 발생하는 자원 할당과 관련한 제2 자원 할당 정보(R2)가 설정되는 제2 주기(PR2) 보다 긴 주기인 제1 주기(PR1)마다 설정될 수 있다.

[0106] 다시 도 1 및 도 2를 참조하면, 설정 모듈(11)은 상기 수학식 4, 수학식 5를 변형하여 결정론적 수학식(하기 수학식 6)을 획득할 수 있다. 설정 모듈(11)은 상기 수학식 4, 수학식 5를 대신하여 결정론적 수학식을 이용해 운

영 이익 정보가 최대로 산출되는 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 산출하여 설정함으로써, 한정된 컴퓨팅 자원을 활용하여 빠르고 정확하게 제1자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0108] <수학식 6>

[0109] $$\max_{\mathbf{x},\mathbf{A}} . \quad -\delta \sum_{i_1 \in \mathcal{I}_1} x_{i_1} + \sum_{s \in \mathcal{S}} p_s [Q_s(\mathbf{x},; \xi_s)]$$

[0110] 여기서, p_s 는 ξ 가 ξ_s 를 취할 확률이다.

[0112] 설정 모듈(11)은 상술된 조건문 1에 기초하여 상기 수학식 6을 통해 운영 이익 정보가 최대로 산출되는 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보와 해당 운영 이익 정보를 획득할 수 있다.

[0113] 비교 모듈(12)은 변경하여 설정된 채널 할당 정보 각각에 기초되어 최대로 산출된 운영 이익 정보 간의 대소를 비교할 수 있다.

[0114] 설정 모듈(11)은 제1 시점 이후에 MBS(200) 및 RRH(300) 중 하나 이상에 대한 채널 할당 정보를 순차적으로 설정할 수 있다. 이후, 설정 모듈(11)은 설정된 채널 할당 정보에 따른 운영 이익 정보가 최대로 산출되도록 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0115] 이때, 비교 모듈(12)은 제1 시점 이전에 설정 모듈(11)로부터 설정된 채널 할당 정보와 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보로부터 산출되는 운영 이익 정보와 제1 시점 이후에 설정 모듈(11)로부터 설정된 채널 할당 정보와 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보로부터 산출되는 운영 이익 정보 간의 대소를 비교할 수 있다.

[0116] 이를 위하여, 비교 모듈(12)은 상술된 조건문 1에 기초하여 변경하여 설정된 채널 할당 정보 각각에 기초되어 최대로 산출된 운영 이익 정보 간의 대소를 비교할 수 있다.

[0117] 이후, 선택 모듈(13)은 대소가 비교된 운영 이익 정보 중에서 가장 큰 운영 이익 정보에 대응되는 채널 할당 정보를 최종 채널 할당 정보로 선택할 수 있다. 또한, 선택 모듈(13)은 운영 이익 정보 중에서 가장 큰 운영 이익 정보에 대응되는 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 각각 제1 최종 자원 할당 정보 및 제2 최종 자원 할당 정보로 선택할 수 있다.

[0118] 이를 위하여, 선택 모듈(13)은 상술된 조건문 1에 기초하여 최종 채널 할당 정보와 제1 최종 자원 할당 정보 및 제2 최종 자원 할당 정보를 선택할 수 있다.

[0119] 일 실시 예에 따른 설정 모듈(11), 비교 모듈(12) 및 제어 모듈(13)은 중앙처리장치(Central Processing Unit (CPU)), 어플리케이션 프로세서(Application Processor (AP)) 및 커뮤니케이션 프로세서(Communication Processor (CP)) 중 하나 이상을 통해 구현될 수 있다.

[0120] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0121] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 방법은 이하에서 그 구체적인 주체는 제한되지 않는다. 예를 들어, 네트워크 운영 이익 최대화 방법은 상술된 네트워크 운영 이익 최대화 장치에 의해 수행될 수 있다.

[0122] 단계 S1에서, 네트워크에 대한 채널 할당 정보를 순차적으로 변경하여 설정한다. 이때, 단계 S1에서, 네트워크의 MBS 및 RRH 중 하나 이상에 대해 네트워크의 채널 할당 벡터를 설정한다.

[0123] 단계 S2에서, 채널 할당 정보에 기초하여 네트워크에 대한 운영 이익 정보가 최대로 산출되도록 네트워크에 대한 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정한다. 이때, 단계 S2에서, 네트워크 운영 비용 정보 및 네트워크 운영 수익 정보 중 하나 이상을 포함하는 운영 이익 정보가 최대가 되도록 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정한다.

[0124] 한편, 단계 S2에서, 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 각각 제1 주기 및 제2 주기마다 설정한다.

[0125] 단계 S3에서, 변경하여 설정된 채널 할당 정보 각각에 기초되어 최대로 산출된 운영 이익 정보 간의 대소를 비교한다.

[0126] 이후, 단계 S4에서, 대소가 비교된 운영 이익 정보 중에서 가장 큰 운영 이익 정보에 대응되는 채널 할당 정보

를 최종 채널 할당 정보로 선택한다. 또한, 단계 S4에서, 대소가 비교된 운영 이익 정보 중에서 가장 큰 운영 이익 정보에 대응되는 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 각각 제1 최종 자원 할당 정보 및 제2 최종 자원 할당 정보로 선택할 수 있다.

[0127] 본 발명의 실시예와 관련하여 설명된 방법 또는 알고리즘의 단계들은 하드웨어로 직접 구현되거나, 하드웨어에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈로 구현되거나, 또는 이들의 결합에 의해 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리(Flash Memory), 하드 디스크, 착탈형 디스크, CD-ROM, 또는 본 발명이 속하는 기술 분야 에서 잘 알려진 임의의 형태의 컴퓨터 판독가능 기록매체에 상주할 수도 있다.

[0128] 도 5는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 장치(10')의 구성요소가 도시된 블록도이다.

[0129] 도 1 및 도 5를 참조하면, 다른 실시 예에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 장치(10')는 설정 모듈(11'), 비교 모듈(12'), 선택 모듈(13')을 포함할 수 있다.

[0130] 설정 모듈(11')은 네트워크(1)에 대한 채널 할당 정보를 순차적으로 변경하여 설정하고, 설정된 채널 할당 정보에 기초하여 네트워크(1)에 대한 총 운영 이익 정보가 최대로 산출되도록 네트워크(1)에 대한 제1 내지 제3 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0131] 구체적으로, 설정 모듈(11')은 MBS(200) 및 RRH(300) 중 하나 이상이 통신을 수행하는데 이용되는 네트워크(1)의 채널을 할당하기 위해 채널 할당 정보를 설정할 수 있다. 이를 위해, 설정 모듈(11')은 MBS(200) 및 RRH(300) 중 하나 이상에 대해 네트워크(1)의 채널 할당 벡터를 설정할 수 있다. 여기서, 채널 할당 벡터는 네트워크(1)의 채널 중에서 MBS(200) 및 RRH(300) 중 어느 하나에 할당됨을 “1” 또는 “0”으로 나타내는 정보의 조합일 수 있다. 예를 들어, “1”은 해당 채널이 MBS(200)에 할당됨을 나타내고, “0”은 해당 채널이 RRH(300)에 할당됨을 나타낼 수 있다. 이러한 해당 채널 할당 벡터는 채널 할당 정보에 포함될 수 있다.

[0132] 즉, 설정 모듈(11')은 채널 할당 벡터를 설정함으로써, MBS(200) 및 RRH(300) 중 하나 이상이 통신을 수행하는데 이용되는 채널을 설정할 수 있다. 이때, 설정 모듈(11')은 채널 할당 벡터 내의 “1”과 “0”의 조합을 순차적으로 변경하여 설정할 수 있다.

[0133] 이를 위해, 설정 모듈(11')은 하기의 조건문 2에 기초하여 MBS(200) 및 RRH(300) 중 하나 이상에 대해 네트워크(1)의 채널 할당 벡터를 설정할 수 있다.

[0134] <조건문 2>

$\rho^* \leftarrow -\infty$
$\Omega^* \leftarrow \mathrm{Null}$
$\boldsymbol{\pi}^* \leftarrow \mathrm{Null}$
$\boldsymbol{\pi} \leftarrow \mathbf{0}_{|\mathcal{M}_1|}$
for $t \leftarrow 1$ **to** $|\mathcal{M}_1| - 1$ **do**
  $\boldsymbol{\pi}[t] \leftarrow 1$
  Get (ρ^t, Ω^t)
  if $\rho^t > \rho^*$ **then**
    $\rho^* \leftarrow \rho^t, \Omega^* \leftarrow \Omega^t, \boldsymbol{\pi}^* \leftarrow \boldsymbol{\pi}$
  end if
end for
Return $(\Omega^*, \boldsymbol{\pi}^*)$

[0135]

[0136] 여기서, ρ^*는 총 운영 이익 정보이고, Ω^*는 제1 내지 제3 최종 자원 할당 정보이고, $\boldsymbol{\pi}^*$는 최종 채널 할당 벡터이고, $\boldsymbol{\pi}$는 최근에 설정된 채널 할당 벡터이고, $\mathcal{M}_1$는 네트워크(1)의 채널의 인덱스 세트이고, ρ^t는 최근

에 설정된 채널 할당 벡터 및 제1 내지 제3 자원 할당 정보에 따른 총 운영 이익 정보이고, Ω^t는 최근에 설정된 제1 내지 제3 자원 할당 정보이다.

[0138] 이에 따라, 설정 모듈(11')은 MBS(200) 및 RRH(300)이 네트워크(1)의 채널에 할당되는 모든 조합을 나타내는 채널 할당 벡터를 순차적으로 설정할 수 있다.

[0139] 이어서, 설정 모듈(11')은 설정된 채널 할당 정보에 기초하여 네트워크(1)에 대한 총 운영 이익 정보가 최대로 산출되도록 네트워크(1)에 대한 제1 내지 제3 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0140] 구체적으로, 설정 모듈(11')은 네트워크 운영 비용 정보, 네트워크 운영 수익 정보 및 다른 네트워크 운영 수익 정보 중 하나 이상을 포함하는 총 운영 이익 정보가 최대가 되도록 제1 내지 제3 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0141] 여기서, 네트워크 운영 비용 정보는 네트워크(1)를 운영하는데 소요되는 비용을 나타내는 정보로써, BBU 운영 비용 정보 및 다른 네트워크 예약 비용 정보 중 하나 이상을 포함할 수 있다. BBU 운영 비용 정보는 네트워크(1)에 포함된 BBU(100)를 운영하는데 소요되는 비용을 나타내는 정보일 수 있고, 다른 네트워크 예약 비용 정보는 트래픽 증가로 인해 네트워크(1)의 UE(400)의 요청을 처리할 다른 네트워크의 컴퓨팅 자원을 예약하는데 소요되는 비용을 나타내는 정보일 수 있다.

[0142] 설정 모듈(11')은 하기의 수학식 7을 이용하여 네트워크 운영 비용 정보를 산출할 수 있다.

[0143] <수학식 7>

$$RA1 = RA1' + RA1''$$
$$= -\delta \sum_{i_1 \in \mathcal{I}_1} x_{i_1} - \epsilon \cdot y$$

여기서, $\sum_{i_1 \in \mathcal{I}_1} x_{i_1} \leq 1,$

$$\forall i_1 : 0 \leq x_{i_1} \leq 1,$$
$$0 \leq y \leq 1,$$
$$\forall i_1 : x_{i_1} \cdot K_1 \leq c_{i_1}$$

[0144]

[0145] 여기서, RA1은 네트워크 운영 비용 정보이고, RA1'은 BBU 운영 비용 정보이고, RA1”은 다른 네트워크 예약 비용 정보이다.

[0147] 한편, 네트워크 운영 수익 정보는 네트워크(1)를 운영하여 발생되는 수익을 나타내는 정보로써, 네트워크 사용자 요금 정보 및 네트워크 전력 비용 정보 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 네트워크 사용자 요금 정보는 UE(400)와 MBS(200) 간의 통신으로 발생하는 요금을 나타내는 MBS 사용자 요금 정보 및 UE(400)와 RRH(300) 간의 통신으로 발생하는 요금을 나타내는 RRH 사용자 요금 정보 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 또한, 네트워크 전력 비용 정보는 UE(400)와 MBS(200) 간의 통신으로 발생하는 전력 비용을 나타내는 MBS 전력 비용 정보 및 UE(400)와 RRH(300) 간의 통신으로 발생하는 전력 비용을 나타내는 RRH 전력 비용 정보 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0148] 설정 모듈(11')은 하기의 수학식 8를 이용하여 불확실한 변수가 고려되는 시나리오($\mathcal{S}$)에 대응하여 네트워크 운영 수익 정보를 산출할 수 있다.

[0149] <수학식 8>

$$
\begin{aligned}
RA2 &= RA2' + RA2'' \\
&= (RA2'1 + RA2'2) + (RA2''1 + RA2''2) \\
&= \alpha\Big(\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s}\cdot f^u_{0,m_1}\Big) \\
&\quad + \alpha\Big(\sum_{i_1\in\mathcal{I}_1}\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s}\cdot f^u_{i_1,m_1}\Big) \\
&\quad - \theta\cdot\tau^R\sum_{i_1\in\mathcal{I}_1}\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s} \\
&\quad - \theta\cdot\tau^M\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s}
\end{aligned}
$$

여기서, $\forall u: \sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s} + \sum_{i_1\in\mathcal{I}_1}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s} \le 1,$

$$
\begin{aligned}
\forall u, m_1 &: 0 \le a^u_{0,m_1,s} \le \pi_{m_1}, \\
\forall u, m_1, i_1 &: 0 \le a^u_{i_1,m_1,s} \le v^u_{i_1,s}\cdot\overline{\pi}_{m_1}, \\
\forall i_1 &: \sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s} \le o_{i_1}, \\
\forall i_1 &: \sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s}\cdot f^u_{i_1,m_1} \le x_{i_1}K_1, \\
\forall m_1 &: \sum_{u\in\mathcal{U}} a^u_{0,m_1,s} \le \pi_{m_1}, \\
\forall i_1, m_1 &: \sum_{u\in\mathcal{U}} a^u_{i_1,m_1,s} \le \overline{\pi}_{m_1}, \\
\forall u &: \sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s}\cdot f^u_{0,m_1} \\
&\quad + \sum_{i_1}^{N_{RRH}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s}\cdot f^u_{i_1,m_1} \le r^u_s.
\end{aligned}
$$

$$
f^u_{i_1,m_1} = \begin{cases} \Delta\log_2\left(1+\frac{\Psi^u_{i_1,m_1}\cdot\tau^M}{\Delta\sigma^2}\right), & \text{if } i_1 = 0 \text{ (i.e., MBS).} \\ \Delta\log_2\left(1+\frac{\Psi^u_{i_1,m_1}\cdot\tau^R}{\Delta\sigma^2}\right), & \text{otherwise (i.e., RRH).} \end{cases}
$$

[0150]

[0151] 여기서, RA2는 네트워크 운영 수익 정보이고, RA2'는 네트워크 사용자 요금 정보이고, RA2" 는 네트워크 전력 비용 정보이고, RA2'1은 MBS 사용자 요금 정보이고, RA2'2는 RRH 사용자 요금 정보이고, RA2" 1은 MBS 전력 비용 정보이고, RA2" 2는 RRH 전력 비용 정보이다.

[0152] 여기서, $a^u_{i_1,m_1,s}$ 는 시나리오 s 에 따라 인덱스가 u 인 UE(400)가 MBS(200, $i_1 = 0$ 인 경우) 또는 RRH(300, $i_1 \neq 0$ 인 경우)와 통신을 통해 채널 m_1 으로 서비스 받는 시간의 비율인 제1 서비스 시간 비율이고, $f^u_{i_1,m_1}$ 는 인덱스가 u 인 UE(400)가 MBS(200, $i_1 = 0$ 인 경우) 또는 RRH(300, $i_1 \neq 0$ 인 경우)로부터 채널 m_1 으로 데이터 서비스를 받을 때의 전송률이다.

[0153] 여기서, Δ 는 채널 대역폭이고, $\Psi^u_{i_1,m_1}$ 는 인덱스가 u 인 UE(400)와 MBS(200) 및 인덱스가 i_1 인

RRH(300) 사이의 채널 이득이고, σ^2 는 Hz당 노이즈 전력이다.

[0154] 여기서, $v_{i_1,s}^{u}$ 는 시나리오 s 에 따라 인덱스가 u 인 UE(400)가 인덱스가 i_1 인 RRH(300)의 커버리지 내에 위치하는지 여부를 나타내는 이진의 인디케이터이다.

[0156] 한편, 다른 네트워크 운영 수익 정보는 UE(400)의 서비스 요청을 다른 네트워크로 오프로딩시킴으로써 발생되는 수익을 나타내는 정보로써, 다른 네트워크 사용자 요금 정보, 다른 네트워크 임대 비용 정보 및 다른 네트워크 패널티 비용 정보 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 다른 네트워크 사용자 요금 정보는 UE(400)와 다른 네트워크의 AP 간의 통신으로 발생하는 요금을 나타내는 정보일 수 있고, 다른 네트워크 임대 비용 정보는 UE(400)와 다른 네트워크의 AP 간의 통신으로 발생하는 오프로딩 비용을 나타내는 정보일 수 있고, 다른 네트워크 패널티 비용 정보는 네트워크(1)를 통해 처리되지 않는 UE(400)의 미처리 요청 정보에 따른 페널티 비용을 나타내는 정보일 수 있다.

[0157] 설정 모듈(11')은 하기의 수학식 9을 이용하여 다른 네트워크 운영 수익 정보를 산출할 수 있다.

[0158] <수학식 9>

$$
\begin{aligned}
RA3 &= RA3' + RA3'' + RA3''' \\
&= \alpha\Big(\sum_{i_2\in\mathcal{I}_2}\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b_{i_2,m_2,s}^{u}\cdot g_{i_2,m_2}^{u}\Big) \\
&\quad -\beta\Big(\sum_{i_2\in\mathcal{I}_2}\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b_{i_2,m_2,s}^{u}\cdot g_{i_2,m_2}^{u}\Big) \\
&\quad -\gamma\sum_{u\in\mathcal{U}}\widetilde{r_s^u} \\
\text{여기서, } \forall u: &\sum_{i_2\in\mathcal{I}_2}\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b_{i_2,m_2,s}^{u}\le 1, \\
\forall u,i_2,m_2: &\ 0\le b_{i_2,m_2,s}^{u}\le w_{i_2,s}^{u}, \\
\forall i_2: &\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b_{i_2,m_2,s}^{u}\le d_{i_2}, \\
\forall i_2: &\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b_{i_2,m_2,s}^{u}\cdot g_{i_2,m_2}^{u}\le z_{i_2}, \\
\forall u,i_2: &\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b_{i_2,m_2,s}^{u}\le 1, \\
\forall u: &\sum_{m_1\in\mathcal{M}_2} a_{0,m_1,s}^{u}\cdot f_{0,m_1}^{u} \\
&+\sum_{i_1\in\mathcal{I}_1}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a_{i_1,m_1,s}^{u}\cdot f_{i_1,m_1}^{u} \\
&+\sum_{i_2\in\mathcal{I}_2}\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b_{i_2,m_2,s}^{u}\cdot g_{i_2,m_2}^{u} \\
&+\widetilde{r_s^u}=r_s^u \\
\forall u: &\ \widetilde{r_s^u}\ge 0, \\
&\sum_{i_2\in\mathcal{M}_2}\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b_{i_2,m_2,s}^{u}\cdot g_{i_2,m_2}^{u} \\
&\le y\cdot K_2.
\end{aligned}
$$

[0159]

[0160] 여기서, RA3는 다른 네트워크 운영 수익 정보이고, RA3'는 다른 네트워크 사용자 요금 정보이고, RA3" 는 다른

네트워크 임대 비용 정보이고, RA3'''는 다른 네트워크 패널티 비용 정보이다.

[0161] 여기서, $b^{u}_{i_2,m_2,s}$ 는 시나리오 s 에 따라 인덱스가 u 인 UE(400)와 인덱스가 i_2인 AP가 통신을 통해 채널 m_2로 서비스 받는 시간의 비율인 제2 서비스 시간 비율이다.

[0163] 설정 모듈(11')은 상술된 과정을 통해 산출되는 네트워크 운영 비용 정보, 네트워크 운영 수익 정보 및 다른 네트워크 운영 수익 정보를 합산하여 총 운영 이익 정보로 산출할 수 있다.

[0164] 설정 모듈(11')은 하기의 수학식 10를 이용하여 총 운영 이익 정보를 산출할 수 있다.

[0165] <수학식 10>

[0166] $$\rho = RA1 + RA2 + RA3$$

[0167] 여기서, ρ는 총 운영 이익 정보이고, RA1은 네트워크 운영 비용 정보이고, RA2는 네트워크 운영 수익 정보이고, RA3는 다른 네트워크 운영 수익 정보이다.

[0169] 한편, 설정 모듈(11')은 상술된 과정을 통해 산출되는 총 운영 이익 정보가 최대로 산출되도록 제1 내지 제3 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0170] 구체적으로, 설정 모듈(11')은 네트워크(1)의 BBU(100) 중에서 RRH(300)에 할당된 BBU(100)의 제1 비율 정보 및 다른 네트워크의 컴퓨팅 자원 중 예약된 컴퓨팅 자원의 제2 비율 정보 중 하나 이상을 포함하는 제1 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0171] 이를 위하여, 설정 모듈(11')은 하기의 수학식 11를 이용하여 제1 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0172] <수학식 11>

[0173]
$$\max_{\mathbf{x},y} . \; -\delta \sum_{i_1 \in \mathcal{I}_1} x_{i_1} - \epsilon \cdot y$$

여기서,
$$\sum_{i_1 \in \mathcal{I}_1} x_{i_1} \leq 1,$$
$$\forall i_1 : 0 \leq x_{i_1} \leq 1,$$
$$0 \leq y \leq 1,$$
$$\forall i_1 : x_{i_1} \cdot K_1 \leq c_{i_1}$$

[0174] 여기서, $\mathbf{x}$는 네트워크(1)의 BBU(100) 중에서 RRH(300)에 할당된 BBU(100)의 제1 비율 정보이고, y는 다른 네트워크의 컴퓨팅 자원 중 예약된 컴퓨팅 자원의 제2 비율 정보이다.

[0176] 한편, 설정 모듈(11')은 MBS(200) 및 RRH(300) 중 어느 하나와 UE(400) 간의 제1 채널 맵핑 정보를 포함하는 제2 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0177] 이를 위하여, 설정 모듈(11')은 하기의 수학식 12을 이용하여 제2 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0178] <수학식 12>

$$
\begin{aligned}
&Q_s(\mathbf{x}, y; \xi_s) := \\
&\max_{\mathbf{A}_s} \cdot \alpha\Big(\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s}\cdot f^u_{0,m_1}\Big) \\
&\quad + \alpha\Big(\sum_{i_1\in\mathcal{I}_1}\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s}\cdot f^u_{i_1,m_1}\Big) \\
&\quad - \theta\cdot\tau^R \sum_{i_1\in\mathcal{I}_1}\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s} \\
&\quad - \theta\cdot\tau^M \sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s} \\
&\text{여기서, } \forall u: \sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s} + \sum_{i_1\in\mathcal{I}_1}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s} \le 1, \\
&\forall u, m_1: 0 \le a^u_{0,m_1,s} \le \pi_{m_1}, \\
&\forall u, m_1, i_1: 0 \le a^u_{i_1,m_1,s} \le v^u_{i_1,s}\cdot\overline{\pi}_{m_1}, \\
&\forall i_1: \sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s} \le o_{i_1}, \\
&\forall i_1: \sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s}\cdot f^u_{i_1,m_1} \le x_{i_1}K_1, \\
&\forall m_1: \sum_{u\in\mathcal{U}} a^u_{0,m_1,s} \le \pi_{m_1}, \\
&\forall i_1, m_1: \sum_{u\in\mathcal{U}} a^u_{i_1,m_1,s} \le \overline{\pi}_{m_1}, \\
&\forall u: \sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{0,m_1,s}\cdot f^u_{0,m_1} \\
&\quad + \sum_{i_1}^{N_{RRH}}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s}\cdot f^u_{i_1,m_1} \le r^u_s. \\
&f^u_{i_1,m_1} = \begin{cases} \Delta\log_2\left(1+\frac{\Psi^u_{i_1,m_1}\cdot\tau^M}{\Delta\sigma^2}\right), & \text{if } i_1 = 0 \text{ (i.e., MBS).} \\ \Delta\log_2\left(1+\frac{\Psi^u_{i_1,m_1}\cdot\tau^R}{\Delta\sigma^2}\right), & \text{otherwise (i.e., RRH).} \end{cases}
\end{aligned}
$$

[0179]

[0180] 여기서, $\mathbf{A}_s$ 는 시나리오 s에 따른 MBS(200) 및 RRH(300) 중 어느 하나와 UE(400) 간의 제1 채널 맵핑 정보이다.

[0182] 한편, 설정 모듈(11')은 다른 네트워크의 AP와 UE4100) 간의 제2 채널 맵핑 정보 및 네트워크(1)를 통해 처리되지 않는 UE(400)의 미처리 요청 정보 중 하나 이상을 포함하는 제3 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0183] 이를 위하여, 설정 모듈(11')은 하기의 수학식 13을 이용하여 제3 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0184] <수학식 13>

$$
\begin{aligned}
&H_s(y, \mathbf{A}_s;\xi_s) := \\
&\quad \max_{\mathbf{B}_s, \widetilde{\mathbf{r}_s}} \cdot \ \alpha\Big(\sum_{i_2\in\mathcal{I}_2}\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b^u_{i_2,m_2,s}\cdot g^u_{i_2,m_2}\Big) \\
&\qquad -\beta\Big(\sum_{i_2\in\mathcal{I}_2}\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b^u_{i_2,m_2,s}\cdot g^u_{i_2,m_2} \\
&\qquad -\gamma\sum_{u\in\mathcal{U}}\widetilde{r^u_s} \\
&\text{여기서,}\ \forall u: \sum_{i_2\in\mathcal{I}_2}\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b^u_{i_2,m_2,s}\le 1, \\
&\forall u, i_2, m_2: \ 0\le b^u_{i_2,m_2,s}\le w^u_{i_2,s}, \\
&\forall i_2: \sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b^u_{i_2,m_2,s}\le d_{i_2}, \\
&\forall i_2: \sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b^u_{i_2,m_2,s}\cdot g^u_{i_2,m_2}\le z_{i_2}, \\
&\forall u, i_2: \sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b^u_{i_2,m_2,s}\le 1, \\
&\forall u: \sum_{m_1\in\mathcal{M}_2} a^u_{0,m_1,s}\cdot f^u_{0,m_1} \\
&\qquad +\sum_{i_1\in\mathcal{I}_1}\sum_{m_1\in\mathcal{M}_1} a^u_{i_1,m_1,s}\cdot f^u_{i_1,m_1} \\
&\qquad +\sum_{i_2\in\mathcal{I}_2}\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b^u_{i_2,m_2,s}\cdot g^u_{i_2,m_2} \\
&\qquad +\widetilde{r^u_s} = r^u_s \\
&\forall u: \widetilde{r^u_s}\ge 0, \\
&\qquad \sum_{i_2\in\mathcal{M}_2}\sum_{u\in\mathcal{U}}\sum_{m_2\in\mathcal{M}_2} b^u_{i_2,m_2,s}\cdot g^u_{i_2,m_2} \\
&\qquad \le y\cdot K_2.
\end{aligned}
$$

[0185]

[0186] 여기서, $\mathbf{B}_s$ 는 시나리오 s에 따른 AP와 UE(400) 간의 제2 채널 맵핑 정보이고, $\widetilde{r^u_s}$는 시나리오 s에 따른 네트워크(1)를 통해 처리되지 않는 UE(400)의 미처리 요청 정보이다.

[0188] 즉, 설정 모듈(11')은 네트워크 운영 비용 정보, 네트워크 운영 수익 정보 및 다른 네트워크 운영 수익 정보가 합산되어 산출되는 총 운영 이익 정보가 최대가 되도록 제1 내지 제3 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0190] 도 6은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 네트워크 운영 이익 최대화 장치(10')의 설정 모듈(11')이 제1 내지 제3 주기를 설정하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0191] 도 6을 더 참조하면, 설정 모듈(11')은 제1 내지 상기 제3 자원 할당 정보(R1, …, R3)를 각각 제1 내지 제3 주기(PR1, …, PR3) 마다 설정할 수 있다.

[0192] 이때, 설정 모듈(11')은 제1 주기(PR1)가 제2 주기(PR2) 및 제3 주기(PR3) 보다 길도록 설정할 수 있다.

[0193] 이를 통해, 설정 모듈(11')은 설정되는 자원 할당 정보에 대응하여 자원 할당 시, 발생할 수 있는 컴퓨팅 로드의 정도에 따라 제1 내지 상기 제3 자원 할당 정보(R1, …, R3)를 설정하는 주기를 다르게 설정할 수 있다.

[0194] 구체적으로, 설정 모듈(11')은 컴퓨팅 로드가 많이 발생하는 자원 할당과 관련한 제1 자원 할당 정보(R1)는 컴퓨팅 로드가 적게 발생하는 자원 할당과 관련한 제2 및 제3 자원 할당 정보(R2, R3)가 각각 설정되는 제2 및 제

3 주기(PR2, PR3) 보다 긴 주기인 제1 주기(PR1)마다 설정될 수 있다.

[0196] 다시 도 1 및 도 5를 참조하면, 설정 모듈(11')은 상기 수학식 11, 수학식 12 및 수학식 13을 변형하여 결정론적 수학식(하기 수학식 14)을 획득할 수 있다. 설정 모듈(11')은 상기 수학식 11, 수학식 12 및 수학식 13을 대신하여 결정론적 수학식을 이용해 총 운영 이익 정보가 최대로 산출되는 제1 내지 제3 자원 할당 정보를 산출하여 설정함으로써, 한정된 컴퓨팅 자원을 활용하여 빠르고 정확하게 제1 내지 제3 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0198] <수학식 14>

[0199]
$$\max_{\substack{\mathbf{x},y,\\ \mathbf{A},\\ \mathbf{B},\tilde{\mathbf{r}}}} . \quad -\delta \sum_{i_1 \in \mathcal{I}_1} x_{i_1} - \epsilon \cdot y + \sum_{s \in \mathcal{S}} p_s [Q_s(\mathbf{x}, y; \xi_s)]$$

[0200] 여기서, p_s 는 ξ 가 ξ_s 를 취할 확률이다.

[0202] 설정 모듈(11')은 상술된 조건문 2에 기초하여 상기 수학식 14을 통해 총 운영 이익 정보가 최대로 산출되는 제1 내지 제3 자원 할당 정보와 해당 총 운영 이익 정보를 획득할 수 있다.

[0203] 비교 모듈(12')은 변경하여 설정된 채널 할당 정보 각각에 기초되어 최대로 산출된 총 운영 이익 정보 간의 대소를 비교할 수 있다.

[0204] 설정 모듈(11')은 제1 시점 이후에 MBS(200) 및 RRH(300) 중 하나 이상에 대한 채널 할당 정보를 순차적으로 설정할 수 있다. 이후, 설정 모듈(11')은 설정된 채널 할당 정보에 따른 총 운영 이익 정보가 최대로 산출되도록 제1 내지 제3 자원 할당 정보를 설정할 수 있다.

[0205] 이때, 비교 모듈(12')은 제1 시점 이전에 설정 모듈(11')로부터 설정된 채널 할당 정보와 제1 내지 제3 자원 할당 정보로부터 산출되는 총 운영 이익 정보와 제1 시점 이후에 설정 모듈(11')로부터 설정된 채널 할당 정보와 제1 내지 제3 자원 할당 정보로부터 산출되는 총 운영 이익 정보 간의 대소를 비교할 수 있다.

[0206] 이를 위하여, 비교 모듈(12')은 상술된 조건문 2에 기초하여 변경하여 설정된 채널 할당 정보 각각에 기초되어 최대로 산출된 총 운영 이익 정보 간의 대소를 비교할 수 있다.

[0207] 이후, 선택 모듈(13')은 대소가 비교된 총 운영 이익 정보 중에서 가장 큰 운영 이익 정보에 대응되는 채널 할당 정보를 최종 채널 할당 정보로 선택할 수 있다. 또한, 선택 모듈(13')은 총 운영 이익 정보 중에서 가장 큰 총 운영 이익 정보에 대응되는 제1 내지 제3 자원 할당 정보를 각각 제1 내지 제3 최종 자원 할당 정보로 선택할 수 있다.

[0208] 이를 위하여, 선택 모듈(13')은 상술된 조건문 2에 기초하여 최종 채널 할당 정보와 제1 내지 제3 최종 자원 할당 정보를 선택할 수 있다.

[0209] 이제까지 본 발명에 대하여 바람직한 실시 예를 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명을 구현할 수 있음을 이해할 것이다. 그러므로 상기 개시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 한다.

[0210] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

부호의 설명

[0212] 1: 네트워크

10: 네트워크 운영 이익 최대화 장치

11: 설정 모듈

12: 비교 모듈

13: 선택 모듈

100: BBU

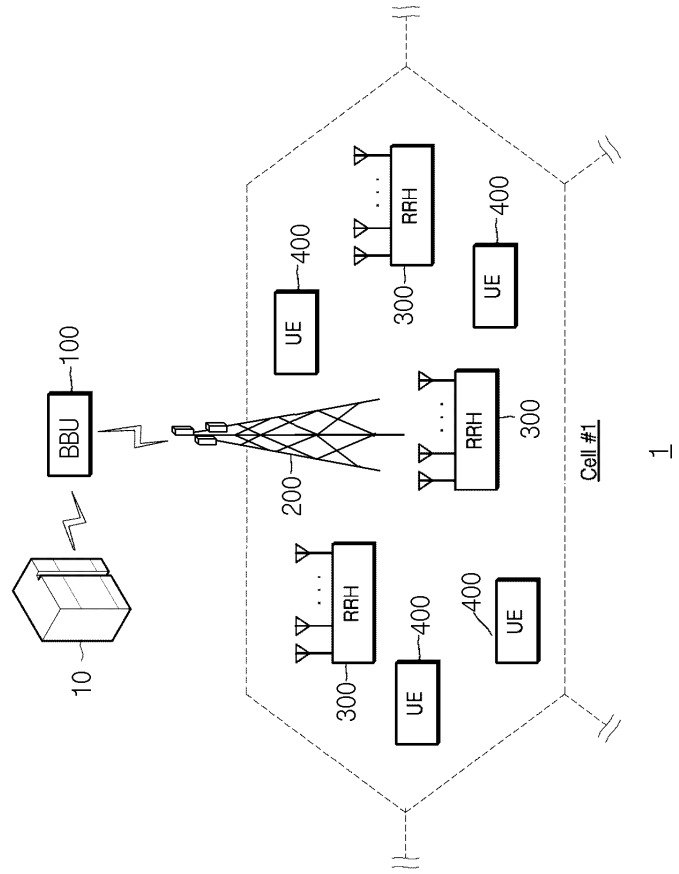
200: MBS

300: RRH

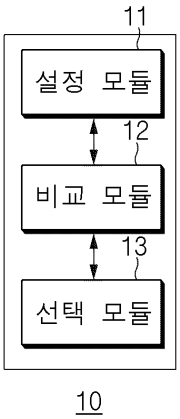
400: UE

도면

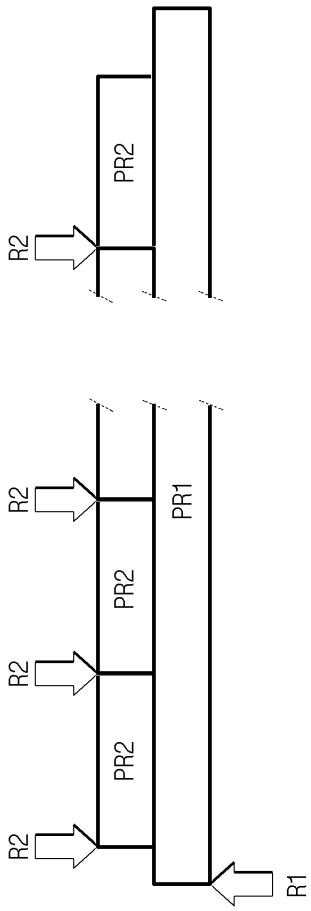
도면1



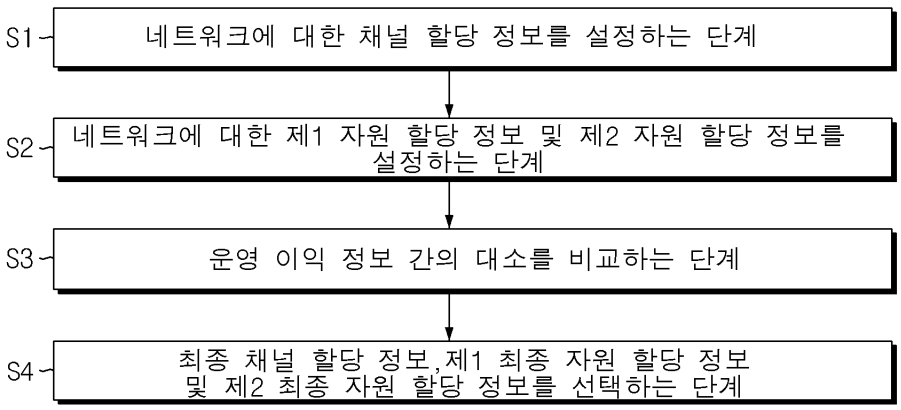
도면2



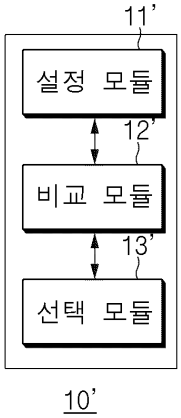
도면3


R2
PR2
R2
PR1
PR2
R2
PR2
R2
R1

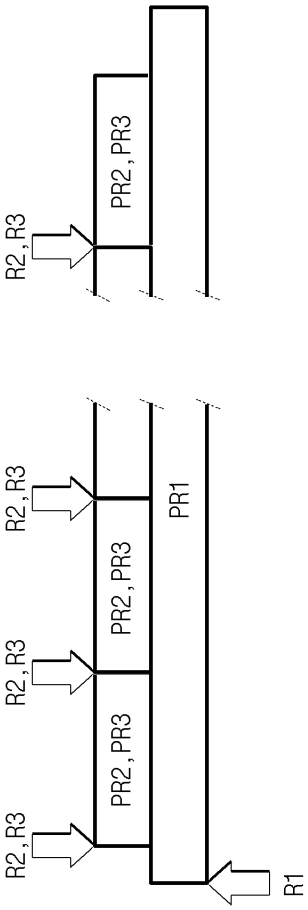
도면4


S1
네트워크에 대한 채널 할당 정보를 설정하는 단계
S2
네트워크에 대한 제1 자원 할당 정보 및 제2 자원 할당 정보를 설정하는 단계
S3
운영 이익 정보 간의 대소를 비교하는 단계
S4
최종 채널 할당 정보,제1 최종 자원 할당 정보 및 제2 최종 자원 할당 정보를 선택하는 단계

도면5


11'
설정 모듈
12'
비교 모듈
13'
선택 모듈
10'

도면6


R2, R3
PR2, PR3
R2, R3
PR2, PR3
PR1
R2, R3
PR2, PR3
R2, R3
R1