



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0094884
(43) 공개일자 2023년06월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 28/08 (2023.01) G06F 9/48 (2018.01)
G06F 9/50 (2018.01) H04W 84/06 (2019.01)
H04W 88/08 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 28/0917 (2023.05)
G06F 9/4843 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0184370
(22) 출원일자 2021년12월21일
심사청구일자 2021년12월21일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
홍충선
경기도 용인시 수지구 상현로 30-10, 233동 101호 (상현동, 상현마을성원상떼빌아파트)
니웨이 니웨이 아이
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 경희대학교 국제캠퍼스 전자정보대학 352호
윤지수
경기도 용인시 기흥구 서그대로53번길 3-38, 206호 (서천동)
(74) 대리인
두호특허법인

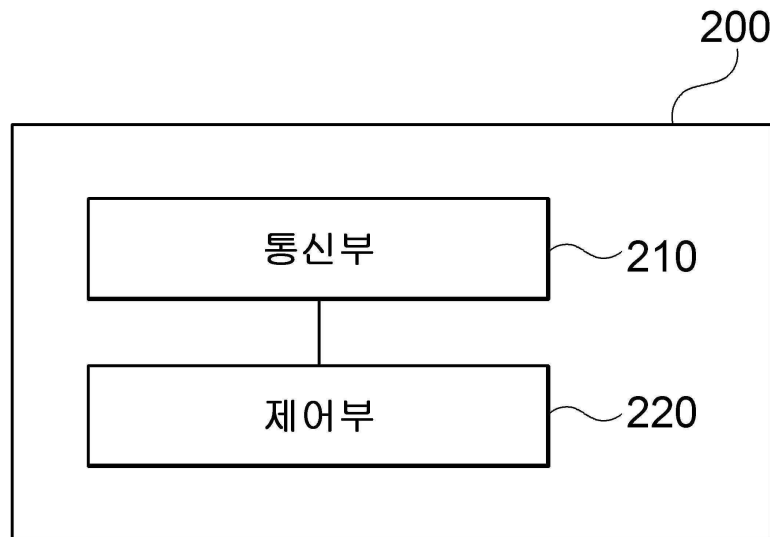
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국 및 방법

(57) 요약

태스크 오프로딩을 지원하는 기지국 장치 및 방법이 개시된다. 일 실시예에 따른 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국은 사용자 단말 및 무인 항공기 중 적어도 하나와 통신을 수행하는 통신부; 및 통신부와 연결된 제어부를 포함하며, 제어부는 통신부를 통하여 무인 항공기로부터 사용자 단말의 태스크 정보를 수신하며, 태스크 정보를 기초로 무인 항공기와 사용자 단말의 에너지 소모를 최소화하도록 자원 할당을 결정할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G06F 9/5027 (2013.01)
 G06F 9/5094 (2013.01)
 H04W 28/0975 (2020.05)
 H04W 28/0983 (2020.05)
 H04W 84/06 (2019.01)
 H04W 88/08 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711126373
과제번호	2019-0-01287-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	SW컴퓨팅산업원천기술개발(R&D, 정보화)
연구과제명	(SW 스타랩) 분산 엣지를 위한 진화형 딥러닝 모델생성 플랫폼
기 여 율	30/100
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711135177
과제번호	2020R1A4A1018607
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원(R&D)
연구과제명	Meta Federated Learning기반 이동엣지 컴퓨팅시스템 핵심구조 개발
기 여 율	40/100
과제수행기관명	경희대학교(국제캠퍼스)
연구기간	2021.06.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711125817
과제번호	2015-0-00742-007
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성(R&D)
연구과제명	라이프 컴패니온쉽 경험을 위한 지능형 인터랙션 융합 연구
기 여 율	30/100
과제수행기관명	성균관대학교 산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

사용자 단말 및 무인 항공기 중 적어도 하나와 통신을 수행하는 통신부; 및
상기 통신부와 연결된 제어부를 포함하며,
상기 제어부는
상기 통신부를 통하여 상기 무인 항공기로부터 상기 사용자 단말의 태스크 정보를 수신하며,
상기 태스크 정보를 기초로 상기 무인 항공기와 상기 사용자 단말의 에너지 소모를 최소화하도록 자원 할당을 결정하는, 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 자원 할당은 통신 자원 할당 및 컴퓨팅 자원 할당 중 적어도 하나이며, 상기 태스크 정보는 태스크 지연 시간 제약 및 태스크 데이터 크기 중 적어도 하나를 포함하는, 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 제어부는
상기 사용자 단말과 상기 무인 항공기 간의 연관도, 상기 사용자 단말과 상기 무인 항공기 간의 채널 이득, 사용자 단말의 태스크 지연 시간 제약 및 셀 간 간섭 중 적어도 하나에 기초하여 상기 사용자 단말에서 상기 무인 항공기로 태스크 오프로딩을 수행할 통신 자원을 할당하는, 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
상기 연관도는 사용자 단말과 상기 무인 항공기는 거리에 기초하여 결정되는, 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 제어부는
상기 사용자 단말의 태스크 데이터 크기 정보, 1비트의 태스크 데이터 계산에 필요한 CPU 주기 및 태스크 지연 시간 제약 중 적어도 하나에 기초하여 상기 사용자 단말에서 상기 무인 항공기로 태스크 오프로딩을 수행할 태스크의 양을 결정하는, 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제어부는

상기 무인 항공기로 오프로딩 된 태스크 중 일부를 상기 무인 항공기로부터 수신하는, 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 수신한 태스크 중 일부는 상기 무인 항공기에 의해 상기 무인 항공기의 가용한 컴퓨팅 자원 및 태스크 지연 시간 제약 중 적어도 하나에 기초하여 결정된, 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국.

청구항 8

무인 항공기로부터 사용자 단말의 태스크 정보를 수신하는 단계; 및

상기 태스크 정보를 기초로 상기 무인 항공기와 상기 사용자 단말의 에너지 소모를 최소화하도록 자원 할당을 결정하는 단계를 포함하는, 태스크 오프로딩을 지원하는 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 자원 할당은 통신 자원 할당 및 컴퓨팅 자원 할당 중 적어도 하나이며, 상기 태스크 정보는 태스크 지연 시간 제약 및 태스크 데이터 크기 중 적어도 하나를 포함하는, 태스크 오프로딩을 지원하는 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 자원 할당을 결정하는 단계는

상기 사용자 단말과 상기 무인 항공기 간의 연관도, 상기 사용자 단말과 상기 무인 항공기 간의 채널 이득, 사용자 단말의 태스크 지연 시간 제약 및 셀 간 간섭 중 적어도 하나에 기초하여 상기 사용자 단말에서 상기 무인 항공기로 태스크 오프로딩을 수행할 통신 자원을 할당하는, 태스크 오프로딩을 지원하는 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 연관도는 사용자 단말과 상기 무인 항공기는 거리에 기초하여 결정되는, 태스크 오프로딩을 지원하는 방법.

청구항 12

제 8 항에 있어서,

상기 자원 할당을 결정하는 단계는

상기 사용자 단말의 태스크 데이터 크기 정보, 1비트의 태스크 데이터 계산에 필요한 CPU 주기 및 태스크 지연 시간 제약 중 적어도 하나에 기초하여 상기 사용자 단말에서 상기 무인 항공기로 태스크 오프로딩을 수행할 태

스크의 양을 결정하는, 태스크 오프로딩을 지원하는 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 자원 할당을 결정하는 단계는

상기 무인 항공기로 오프로딩 된 태스크 중 일부를 상기 무인 항공기로부터 수신하는, 태스크 오프로딩을 지원하는 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 수신한 태스크 중 일부는 상기 무인 항공기에 의해 상기 무인 항공기의 가용한 컴퓨팅 자원 및 태스크 지연 시간 제약 중 적어도 하나에 기초하여 결정된, 태스크 오프로딩을 지원하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 무인 항공기를 통한 태스크 오프로딩 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] Mobile Edge Computing(MEC)은 무선 기지국에 분산 클라우드 컴퓨팅 기술을 적용하여 다양한 서비스와 캐싱 콘텐츠를 사용자 단말에 가까이 전개함으로써 모바일 코어망의 혼잡을 완화하고, 새로운 로컬 서비스를 창출하는 기술이다.

[0003] MEC는 사용자의 근처에서 컴퓨팅 및 저장공간을 제공하며, MEC 서버는 클라우드 서버보다 모바일 기기에 가깝게 위치하므로 전송 지연시간을 크게 줄일 수 있다. 또한, 무인 항공기와 모바일 기기 사용자들 사이의 대역폭 자원은 한계가 있는 바, 지연 시간을 최소화하고 유틸리티를 극대화하기 위한 효율적인 태스크 오프로딩 방법이 연구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국 장치 및 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 일 양상에 따르면, 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국은 사용자 단말 및 무인 항공기 중 적어도 하나와 통신을 수행하는 통신부; 및 통신부와 연결된 제어부를 포함하며, 제어부는 통신부를 통하여 무인 항공기로부터 사용자 단말의 태스크 정보를 수신하며, 태스크 정보를 기초로 무인 항공기와 사용자 단말의 에너지 소모를 최소화하도록 자원 할당을 결정할 수 있다.

[0006] 자원 할당은 통신 자원 할당 및 컴퓨팅 자원 할당 중 적어도 하나이며, 태스크 정보는 태스크 지연 시간 제약 및 태스크 데이터 크기 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0007] 제어부는 사용자 단말과 무인 항공기 간의 연관도, 사용자 단말과 무인 항공기 간의 채널 이득, 사용자 단말의 태스크 지연 시간 제약 및 셀 간 간섭 중 적어도 하나에 기초하여 사용자 단말에서 무인 항공기로 태스크 오프로딩을 수행할 통신 자원을 할당할 수 있다.

[0008] 연관도는 사용자 단말과 무인 항공기는 거리에 기초하여 결정될 수 있다.

[0009] 제어부는 사용자 단말의 태스크 데이터 크기 정보, 1비트의 태스크 데이터 계산에 필요한 CPU 주기 및 태스크

지연 시간 제약 중 적어도 하나에 기초하여 사용자 단말에서 무인 항공기로 태스크 오프로딩을 수행할 태스크의 양을 결정할 수 있다.

[0010] 제어부는 무인 항공기로 오프로딩 된 태스크 중 일부를 무인 항공기로부터 수신할 수 있다.

[0011] 수신한 태스크 중 일부는 무인 항공기에 의해 무인 항공기의 가용한 컴퓨팅 자원 및 태스크 지연 시간 제약 중 적어도 하나에 기초하여 결정될 수 있다.

[0012] 일 양상에 따르면, 태스크 오프로딩을 지원하는 방법은 무인 항공기로부터 사용자 단말의 태스크 정보를 수신하는 단계; 및 태스크 정보를 기초로 무인 항공기와 사용자 단말의 에너지 소모를 최소화하도록 자원 할당을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 자원 할당은 통신 자원 할당 및 컴퓨팅 자원 할당 중 적어도 하나이며, 태스크 정보는 태스크 지연 시간 제약 및 태스크 데이터 크기 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0014] 자원 할당을 결정하는 단계는 사용자 단말과 무인 항공기 간의 연관도, 사용자 단말과 무인 항공기 간의 채널 이득, 사용자 단말의 태스크 지연 시간 제약 및 셀 간 간섭 중 적어도 하나에 기초하여 사용자 단말에서 무인 항공기로 태스크 오프로딩을 수행할 통신 자원을 할당할 수 있다.

[0015] 연관도는 사용자 단말과 무인 항공기는 거리에 기초하여 결정될 수 있다.

[0016] 자원 할당을 결정하는 단계는 사용자 단말의 태스크 데이터 크기 정보, 1비트의 태스크 데이터 계산에 필요한 CPU 주기 및 태스크 지연 시간 제약 중 적어도 하나에 기초하여 사용자 단말에서 무인 항공기로 태스크 오프로딩을 수행할 태스크의 양을 결정할 수 있다.

[0017] 자원 할당을 결정하는 단계는 무인 항공기로 오프로딩 된 태스크 중 일부를 무인 항공기로부터 수신할 수 있다.

[0018] 수신한 태스크 중 일부는 무인 항공기에 의해 무인 항공기의 가용한 컴퓨팅 자원 및 태스크 지연 시간 제약 중 적어도 하나에 기초하여 결정될 수 있다.

발명의 효과

[0019] 무인 항공기 기반 MEC 서버를 위한 에너지 기반의 자원 할당과 작업 오프로딩 프레임워크를 최적화하여 사용자 단말과 무인 항공기의 에너지 소비를 최소화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 일 실시예에 따른 무인 항공기를 이용한 태스크 오프로딩을 수행하는 환경을 설명하기 위한 예시도이다.

도 2는 일 실시예에 따른 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국의 구성도이다.

도 3은 일 실시예에 따른 태스크 오프로딩을 지원하는 방법을 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예를 상세하게 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 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.

[0022] 이하, 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국 및 방법의 실시예들을 도면들을 참고하여 자세히 설명한다.

[0023] 도 1은 일 실시예에 따른 무인 항공기를 이용한 태스크 오프로딩을 수행하는 환경을 설명하기 위한 예시도이다.

[0024] 도 1을 참조하면, 일 실시예에 따른 무인 항공기를 이용한 태스크 오프로딩을 수행하는 환경 모델은 무인 항공기, 기지국 및 계산 집약적이고 지연에 민감한 태스크를 생성하는 사용자 단말로 구성된다. 설명의 편의를 위하여 이하의 실시예에서는 사용자 단말이 신호 강도가 낮거나 채널 상태가 좋지 않아 기지국에 직접 태스크를 오프로딩할 수 없다고 가정한다. 또한, 무인 항공기는 전력 및 크기의 제약에 의해 사용 가능한 컴퓨팅 및 통신 리소스가 제한된다고 가정한다. 일 예로, 무인 항공기는 컴퓨팅 플랫폼 뿐만 아니라 오프로딩된 태스크의 컴퓨팅 요구 사항을 충족하기 위한 중계기 역할을 수행할 수 있다.

- [0025] 일 예에 따르면, 각 무인 항공기는 연결된 사용자 단말에서 오프로딩된 태스크를 수신한 후 제한된 컴퓨팅 리소스와 태스크 완료 기한으로 인해 각 사용자 단말에서 수신한 태스크의 일부만 실행할 수 있다. 이에 따라, 기지국은 무인 항공기를 통해 중계되는 나머지 태스크를 실행할 수 있다. 이때, 기지국은 풍부한 자원으로 인해 에너지 소비 및 태스크 실행 지연을 무시할 수 있다. 따라서, 기지국으로 태스크를 중계하는 경우, 무인 항공기는 기지국에 태스크를 중계하기 위한 무인 항공기의 에너지 소비 및 전송 지연만 고려하면 된다.
- [0026] 일 예에 따르면, 무인 항공기를 에지 컴퓨팅 플랫폼으로 고려할 때, 사용자 단말에서 무인 항공기로 오프로딩할 태스크의 양을 결정하고 에너지 효율적인 방식으로 무인 항공기의 통신 및 연산 자원을 관련 장치에 최적으로 할당하는 것을 결정하는 것은 어렵다. 또한, 무인 항공기는 에너지 제한적이고 자원이 제한된 장치이기 때문에 사용자 단말로부터 오프로딩된 모든 태스크를 수행하기 어렵다. 이를 해결하기 위해 MEC (Multi-Access Edge Computing) 지원 무인 항공기와 기지국이 사용자 단말의 오프로딩 된 태스크를 공동으로 실행할 수 있다. 특히, 무인 항공기는 오프로딩 된 태스크 중 일부를 계산하고 나머지는 컴퓨팅 자원이 풍부한 기지국에 중계할 수 있다.
- [0027] 일 예에 따르면, 기지국은 통신 및 컴퓨팅 자원 할당, 자체 또는 무인 항공기를 통해 사용자 단말의 위치 정보 수집, 무인 항공기 배치와 같은 전체 네트워크를 관리하는 중앙 컨트롤러 역할을 수행할 수 있다. 또한, 기지국은 무인 항공기에서 중계되는 사용자 단말의 모든 태스크를 계산할 수 있다.
- [0028] 일 예에 따르면, 무인 항공기는 사용자 단말이 계산 집약적이고 지연에 민감한 태스크를 실행할 수 있도록 지원하는 릴레이 뿐만 아니라 컴퓨팅 플랫폼 역할도 수행할 수 있다. 특히, 사용자 단말의 오프로딩 된 태스크 중 일부를 컴퓨팅 자원을 할당하여 로컬로 계산하고 나머지는 기지국에 중계할 수 있다.
- [0029] 일 예에 따르면, 사용자 단말은 계산 집약적이고 지연에 민감한 태스크가 실행될 수 있다. 또한, 태스크를 관련 무인 항공기로 오프로딩하여 자원 한계를 극복하고 태스크를 수행할 수 있다.
- [0030] 일 예에 따르면, 기지국은 무인 항공기의 제한된 자원과 허용 가능한 태스크 지연 시간을 고려하여 사용자 단말과 무인 항공기의 에너지 소비를 최소화하도록 자원 할당 및 태스크 오프로딩 여부를 결정할 수 있다. 이를 위하여, 기지국은 블록 연속 상한 최소화(BSUM, block successive upper-bound minimization) 방법을 이용하여 자원 할당 및 태스크 오프로딩 프레임워크를 수행할 수 있다.
- [0031] 도 2는 일 실시예에 따른 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국의 구성도이다.
- [0032] 일 실시예에 따르면, 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국(200)은 사용자 단말 및 무인 항공기 중 적어도 하나와 통신을 수행하는 통신부(210) 및 통신부(210)와 연결된 제어부(220)를 포함할 수 있다.
- [0033] 일 예에 따르면, 통신부(210)는 3GPP 4G LTE(Long-Term Evolution), 5G NR(New Radio)와 같은 라디오 액세스 테크놀로지를 이용하여 사용자 단말 또는 무인 항공기와 통신을 수행할 수 있다.
- [0034] 일 실시예에 따르면, 제어부(220)는 통신부(210)를 통하여 무인 항공기로부터 사용자 단말의 태스크 정보를 수신하며, 태스크 정보를 기초로 무인 항공기와 사용자 단말의 에너지 소모를 최소화하도록 자원 할당을 결정할 수 있다.
- [0035] 일 예로, 자원 할당은 통신 자원 할당 및 컴퓨팅 자원 할당 중 적어도 하나일 수 있다. 일 예로, 태스크 정보는 태스크 지연 시간 제약 및 태스크 데이터 크기 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0036] 일 실시예에 따르면, 제어부(220)는 사용자 단말과 무인 항공기 간의 연관도, 사용자 단말과 무인 항공기 간의 채널 이득, 사용자 단말의 태스크 지연 시간 제약 및 셀 간 간섭 중 적어도 하나에 기초하여 사용자 단말에서 무인 항공기로 태스크 오프로딩을 수행할 통신 자원을 할당할 수 있다.
- [0037] 일 예에 따르면, 사용자 단말에 대한 하위 채널 할당 문제는 다음 수식과 같이 나타낼 수 있다.
- [0038] [수학식 1]
- [0039]
$$\delta_i^{(r+1)} \in \min_{\delta_i \in \mathcal{D}} \tilde{E}_i(\delta_i; \delta^{(r)}, l^{(r)}, f^{(r)}, \phi^{(r)})$$
- [0040] 여기서, $\tilde{E}_i(\delta_i; \delta^{(r)}, l^{(r)}, f^{(r)}, \phi^{(r)})$ 는 목적 함수(사용자 단말과 무인 항공기의 총 에너지 소비)의 대리 함수이며, r은 반복 수행 단계를 나타낸다.
- [0041] 일 예로, 기지국은 통신 및 컴퓨팅 자원 할당, 자체 또는 무인 항공기를 통한 사용자 단말의 위치 정보 수집 및

무인 항공기 배치와 같은 전체 네트워크 관리를 담당하는 중앙 컨트롤러 역할을 수행할 수 있다. 또한, 기지국은 무인 항공기에서 중계되는 사용자 단말의 모든 태스크를 계산할 수 있다. 기지국은 풍부한 자원으로 인해 컴퓨팅 시간과 에너지 소비를 무시할 수 있다.

[0042] 일 예로, 운영 체제 대역폭(B)은 직교 관계인 두 부분($B = B_1 + B_2$)으로 구성될 수 있다. 다시 말해, 대역폭은 사용자 단말에서 무인 항공기로 태스크를 오프로딩하는 데 사용되는 사용자 단말-무인 항공기 간 데이터 전송과 무인 항공기에서 기지국으로 태스크를 중계하기 위해 예약된 무인 항공기-기지국 간 데이터 전송에 각각 사용된다. 예를 들어, 사용자 단말-무인 항공기 간 데이터 전송을 위해 사용 가능한 총 대역폭(B_1)은 각각 180kHz의 대역폭을 갖는 서브 채널(N)로 더 직교하게 분할될 수 있다. 이러한 하위 채널은 무인 항공기로의 태스크 오프로딩을 위해 사용자 단말 간에 공유된다. 무인 항공기-기지국 간 데이터 전송을 위한 대역폭(B_2)은 기지국으로 중계하는 태스크를 위해 무인 항공기 간에 비례적으로 분할된다.

[0043] 일 실시예에 따르면, 연관도는 사용자 단말과 무인 항공기는 거리에 기초하여 결정될 수 있다.

[0044] 일 예에 따르면, 사용자 단말과 무인 항공기의 연관도는 k-means 클러스터링 알고리즘에 기초하여 결정될 수 있다. 예를 들어, K-means 클러스터링은 거리에 기준을 둔 클러스터링 기법이다. 이에 따라, 기지국은 사용자 단말과 무인 항공기 간 거리를 기준으로 사용자 단말들의 연관도를 계산하여 클러스터를 형성할 수 있다. 따라서, 클러스터의 중심에 무인 항공기가 위치할 수 있다.

[0045] 일 실시예에 따르면, 제어부(220)는 사용자 단말의 태스크 데이터 크기 정보, 1비트의 태스크 데이터 계산에 필요한 CPU 주기 및 태스크 지연 시간 제약 중 적어도 하나에 기초하여 사용자 단말에서 무인 항공기로 태스크 오프로딩을 수행할 태스크의 양을 결정할 수 있다.

[0046] 일 예에 따르면, 사용자 단말에 서브 채널을 할당한 후 사용자 단말이 무인 항공기에 오프로딩 할 수 있는 태스크의 양은 각 사용자 단말의 태스크 입력 데이터 크기 정보, 1비트의 데이터 계산에 필요한 CPU 주기, 태스크의 허용 가능한 대기 시간에 따라 결정되며, 다음과 같은 문제로 정의될 수 있다.

[0047] [수학식 2]

$$l_i^{(r+1)} \in \min_{l_i \in \mathcal{L}} \tilde{E}_i(l_i; \delta_i^{(r+1)}, l_i^{(r)}, f_i^{(r)}, \phi^{(r)})$$

[0049] 일 예에 따르면, 사용자 단말에는 연산 집약적이고 지연에 민감한 태스크들이 실행되며 각 사용자 단말의 태스크는 $\{I_{u,m}, O_{u,m}, T_{u,m}\}$ 로 나타낼 수 있다. 여기서 $I_{u,m}$ 는 컴퓨팅 태스크의 데이터 크기이고, $O_{u,m}$ 는 입력 데이터의 1비트를 실행하는 데 필요한 컴퓨팅 리소스의 양이며, $T_{u,m}$ 는 태스크 완료에 허용되는 최대 지연을 나타낸다.

[0050] 일 예에 따르면, 사용자 단말은 로컬 컴퓨팅 계산과 오프로딩을 동시에 수행할 수 있다고 가정한다. 일 예로, 부분 오프로딩 시나리오는 사용자 단말 u 가 $l_{u,m}^{off} I_{u,m}$ (bit 단위)를 무인 항공기 m 으로 오프로딩하는 경우에 고려된다. 여기서, $l_{u,m}^{off} \in [0,1]$ 이며, 태스크의 양 $(1 - l_{u,m}^{off}) I_{u,m}$ 을 지역적으로 계산한다. 여기서, $f_{u,m}$ 와 k 를 각각 무인 항공기 m 과 관련된 사용자 단말 u 의 CPU 동작 주파수와 프로세서의 칩 아키텍처에 의존하는 상수로 정의한다. 따라서, 로컬 컴퓨팅을 위한 사용자 단말 u 의 실행 시간과 에너지 소비량은 $t_{u,m}^{local}$ 과 $E_{u,m}^{local}$ 로 설명되며, 이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0051] [수학식 3]

$$t_{u,m}^{local} = \frac{(1 - l_{u,m}^{off}) I_{u,m} O_{u,m}}{f_{u,m}}$$

$$E_{u,m}^{local} = (1 - l_{u,m}^{off}) I_{u,m} O_{u,m} k f_{u,m}^2$$

[0054] 일 예로, 사용자 단말에서 무인 항공기로 태스크 오프로딩을 수행하는 경우, 셀 간 간섭에 의존하는 서브 채널 n 에서 사용자 단말 u 의 데이터 속도를 $R_{u,m}^n$ 으로 정의할 수 있다. 하위 채널 n 에서 무인 항공기 m 으로 태

스크 오프로딩을 위한 사용자 단말 u 의 태스크 전송 및 에너지 소비는 $t_{u,m}^{off,n}$ 및 $E_{u,m}^{off,n}$ 로 표현되며, 다음과 같이 계산될 수 있다.

[수학식 4]

$$t_{u,m}^{off,n} = \frac{l_{u,m}^{off}}{R_{u,m}^n}$$

$$E_{u,m}^{off,n} = P_{u,m}^n t_{u,m}^{off,n}$$

여기서, $P_{u,m}^n$ 은 서브 채널 n 에서 사용자 단말 u 의 전송 전력이다.

일 예로, 무인 항공기 m 으로 태스크를 오프로딩하기 위한 사용자 단말 u 에 대한 채널 할당 변수는 $\delta_{u,m}^n \in \{0,1\}$ 로 정의할 수 있다. 로컬 컴퓨팅 및 무인 항공기로의 태스크 오프로딩을 위한 사용자 단말 u 의 총 에너지 소비량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[수학식 5]

$$E_{u,m}^{tot} = E_{u,m}^{local} + \sum_{n=1}^N \delta_{u,m}^n E_{u,m}^{off,n}$$

일 실시예에 따르면, 제어부(220)는 무인 항공기로 오프로딩 된 태스크 중 일부를 무인 항공기로부터 수신할 수 있다. 일 예를 들어, 수신한 태스크 중 일부는 무인 항공기에 의해 무인 항공기의 가용한 컴퓨팅 자원 및 태스크 지연 시간 제약 중 적어도 하나에 기초하여 결정된 것일 수 있다.

일 예로, 사용자 단말의 오프로딩 된 태스크가 무인 항공기에 도착하면, 각 무인 항공기는 가용 컴퓨팅 자원(CPU 주기)과 사용자 단말의 태스크 컴퓨팅 마감 제약 시간에 따라 사용자 단말의 태스크를 컴퓨팅 자원에 할당할 수 있다.

일 예로, 무인 항공기는 아래 수식에서 나타나는 바와 같이, 무인 항공기의 에너지 소비를 최소화하기 위해 무인 항공기에 오프로딩 된 사용자 단말의 업무는 추가 컴퓨팅을 위해 부분적으로 기지국에 중계될 수 있다.

[수학식 6]

$$f_i^{(r+1)} \in \min_{f_i \in \mathcal{F}} \tilde{E}_i(f_i; \delta_i^{(r+1)}, l_i^{(r+1)}, f^{(r)}, \phi^{(r)})$$

$$\phi_i^{(r+1)} \in \min_{\phi_i \in \Phi} \tilde{E}_i(\phi_i; \delta_i^{(r+1)}, l_i^{(r+1)}, f_i^{(r+1)}, \phi^{(r)})$$

일 예에 따르면, 무인 항공기 m 에서 기지국으로 중계될 사용자 단말 u 의 태스크 일부를 $\phi_{u,m,0} \in [0,1]$ 로 정의할 수 있으며, 무인 항공기 m 의 할당된 CPU 동작 주파수를 $f_{u,m}^e$ 로 정의할 수 있다. 이 경우, 사용자 단말 u 가 태스크를 완료하는 데 걸리는 총 시간은 다음과 같이 계산될 수 있다.

[수학식 7]

$$t_{u,m} = \max \left[t_{u,m}^{local}, \sum_{n=1}^N \delta_{u,m}^n t_{u,m}^{off,n} + \max(t_{u,m}^e, t_{u,m,0}^{off}) \right]$$

여기서, $t_{u,m}^e = \frac{(1-\phi_{u,m,0})l_{u,m}^{off}}{f_{u,m}^e}$ 는 무인 항공기 m 사용자 단말 u 의 태스크 일부를 계산하는 데 걸리는 시간이며, $t_{u,m,0}^{off} = \frac{\phi_{u,m,0}l_{u,m}^{off}}{R_{m,0}}$ 는 추가 계산을 위해 무인 항공기 m 에 의한 사용자 단말 u 태스크의 나머지를 기지국에 중계하는 데 걸리는 시간이다. $R_{m,0}$ 는 무인 항공기 m 과 기지국 사이의 데이터 전송 속도이다.

일 예에 따르면, 무인 항공기는 계산 집약적이고 지연에 민감한 태스크를 사용자 단말이 실행할 수 있도록 지원

하는 중계 뿐만 아니라 컴퓨팅 플랫폼 역할을 수행할 수 있다. 무인 항공기 m 이 사용자 단말 u 의 오프로딩 태스크를 부분적으로 계산하기 위해 소비하는 에너지는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[수학식 8]

$$E_{u,m}^e = (1 - \phi_{u,m,0}) l_{u,m}^{off} I_{u,m} O_{u,m} k' (f_{u,m}^e)^2$$

여기서, k' 는 무인 항공기의 CPU 칩 아키텍처에 따라 달라지는 상수이다.

일 예로, 무인 항공기 m 의 전송 강도는 $P_{m,0}$ 로 정의하는 경우, 무인 항공기에서 기지국으로 태스크를 중계하기 위한 무인 항공기 u 의 에너지 소비는 다음과 같이 계산될 수 있다.

[수학식 9]

$$E_{u,m,0}^{off} = P_{m,0} t_{u,m,0}^{off}$$

일 예에 따르면, 무인 항공기 m 이 사용자 단말에 통신 및 컴퓨팅 서비스를 제공하는 동안 비행하는 시간은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[수학식 10]

$$t_m^{hov} = \max_{u \in \mathcal{U}_m} \left\{ \sum_{n=1}^N \delta_{u,m}^n t_{u,m}^{off,n} + \max(t_{u,m}^e, t_{u,m,0}^{off}) \right\}$$

일 예에 따르면, 무인 항공기 m 이 관심 영역 위를 맵돌기 위해 소비하는 전력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[수학식 11]

$$P_m^{hov} = \frac{\zeta \sqrt{\zeta}}{\eta_m \sqrt{0.5 \pi q r^2 \rho}}$$

여기서, ζ 는 무인 항공기 m 의 질량에 의존하는 추력이고, η_m 은 무인 항공기 m 의 전력 효율을 나타내며, q 는 각 무인 항공기의 회전자 수이다. r 과 ρ 는 각각 회전자와 공기 밀도의 직경이다. 따라서, 무인 항공기 m 의 비행을 위한 에너지 소비량은 $E_m^{hov} = P_m^{hov} t_m^{hov}$ 로 계산될 수 있다.

이에 따라, 원격 컴퓨팅, 중계 및 호버링에 대한 무인 항공기 m 의 총 에너지 소비량은 다음과 같이 계산될 수 있다.

[수학식 12]

$$E_m^{tot} = E_{u,m}^e + \sum_{u=1}^{|\mathcal{U}_m|} (E_{u,m,0}^{off} + E_m^{hov})$$

일 예에 따르면, 기지국은 태스크 오프로딩을 지원하기 위하여 수학식 1, 수학식 2 및 수학식 6의 과정을 반복하여 수행할 수 있다. 일 예로, 각각의 과정은 순서대로 $r=0$ 인 단계부터 시작하여 미리 정해진 횟수 E_i 값의 변화량이 소정 값 이하가 될 때까지 수행될 수 있다. 각각의 과정은 $|(E_i^{(r)} - E_i^{(r+1)}) / E_i^{(r)}|$ 값이 소정 값 이하가 될 때까지 반복하여 수행될 수 있다.

도 3은 일 실시예에 따른 태스크 오프로딩을 지원하는 방법을 도시한 흐름도이다.

일 실시예에 따르면, 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국은 무인 항공기로부터 사용자 단말의 태스크 정보를 수신할 수 있다(310).

일 예에 따르면, 기지국은 3GPP 4G LTE(Long-Term Evolution), 5G NR(New Radio)와 같은 라디오 액세스 테크놀로지를 이용하여 사용자 단말 또는 무인 항공기와 통신을 수행할 수 있다.

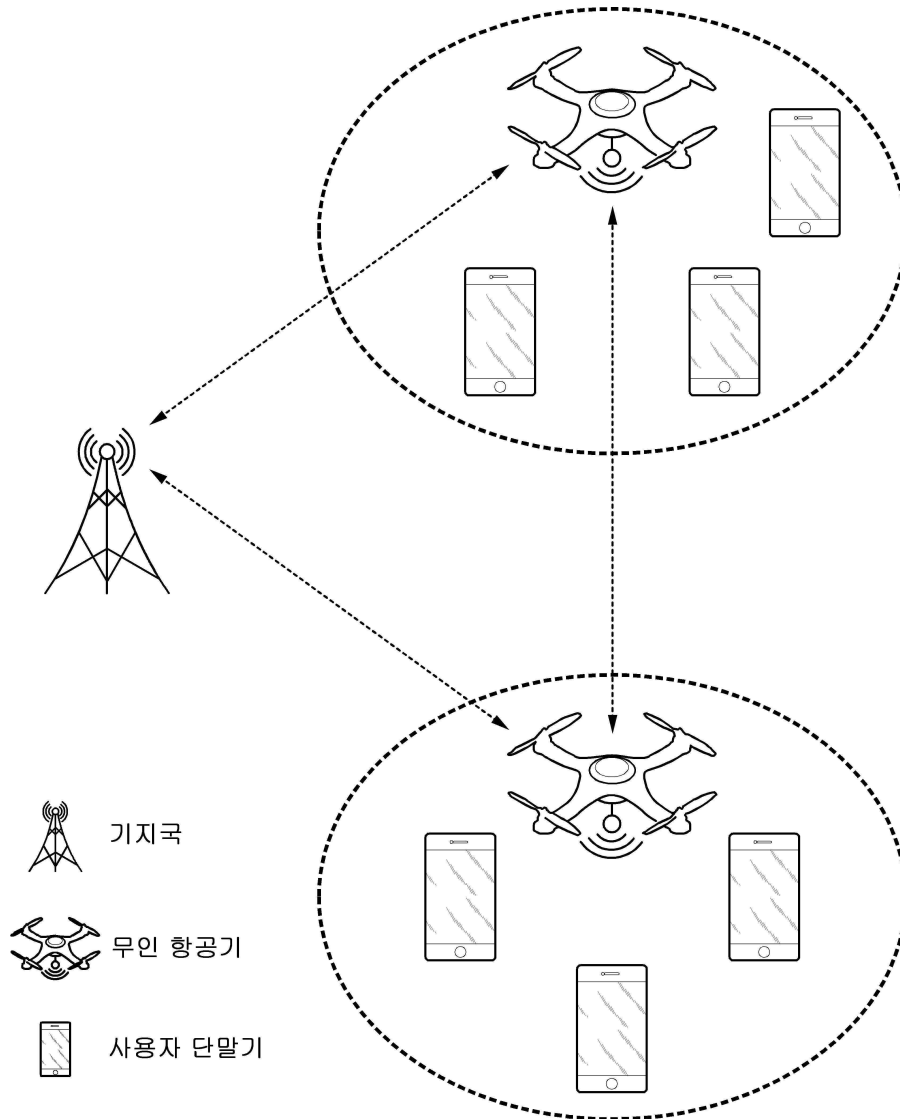
- [0093] 일 실시예에 따르면, 기지국은 태스크 정보를 기초로 무인 항공기와 사용자 단말의 에너지 소모를 최소화하도록 자원 할당을 결정할 수 있다(320).
- [0094] 일 실시예에 따르면, 자원 할당은 통신 자원 할당 및 컴퓨팅 자원 할당 중 적어도 하나이며, 태스크 정보는 태스크 지연 시간 제약 및 태스크 데이터 크기 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0095] 일 실시예에 따르면, 자원 할당을 결정하는 기지국은 사용자 단말과 무인 항공기 간의 연관도, 사용자 단말과 무인 항공기 간의 채널 이득, 사용자 단말의 태스크 지연 시간 제약 및 셀 간 간섭 중 적어도 하나에 기초하여 사용자 단말에서 무인 항공기로 태스크 오프로딩을 수행할 통신 자원을 할당할 수 있다.
- [0096] 일 예를 들어, 연관도는 사용자 단말과 무인 항공기는 거리에 기초하여 결정될 수 있다.
- [0097] 일 실시예에 따르면, 자원 할당을 결정하는 기지국은 사용자 단말의 태스크 데이터 크기 정보, 1비트의 태스크 데이터 계산에 필요한 CPU 주기 및 태스크 지연 시간 제약 중 적어도 하나에 기초하여 사용자 단말에서 무인 항공기로 태스크 오프로딩을 수행할 태스크의 양을 결정할 수 있다.
- [0098] 일 실시예에 따르면, 자원 할당을 결정하는 기지국은 무인 항공기로 오프로딩 된 태스크 중 일부를 무인 항공기로부터 수신할 수 있다. 일 예를 따르면, 수신한 태스크 중 일부는 무인 항공기에 의해 무인 항공기의 가용한 컴퓨팅 자원 및 태스크 지연 시간 제약 중 적어도 하나에 기초하여 결정될 수 있다.
- [0099] 도 3에 대한 구체적인 실시예는 도 1 내지 도 2를 참조하여 설명한 바, 중복되는 설명은 생략하였다.
- [0100] 본 발명의 일 양상은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현될 수 있다. 상기의 프로그램을 구현하는 코드들 및 코드 세그먼트들은 당해 분야의 컴퓨터 프로그래머에 의하여 용이하게 추론될 수 있다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함할 수 있다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 디스크 등을 포함할 수 있다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로 작성되고 실행될 수 있다.
- [0101] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시 예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 범위는 전술한 실시 예에 한정되지 않고 특허 청구범위에 기재된 내용과 동등한 범위 내에 있는 다양한 실시 형태가 포함되도록 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

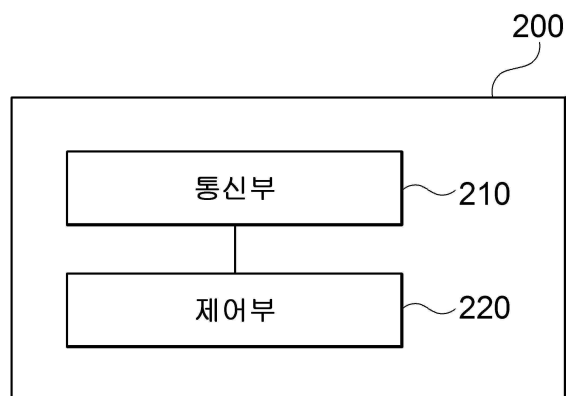
- [0102] 200: 태스크 오프로딩을 지원하는 기지국
210: 통신부
220: 제어부

도면

도면1



도면2



도면3

