

UAV-엣지 컴퓨팅 네트워크에서 오프로딩을 위한 태스크 할당 시뮬레이션 프레임워크

장준혁, 김봉재, 민홍

한남대학교, 충북대학교, 가천대학교

e-mail : jhjang@hnu.ac.kr, bjkim@chungbuk.ac.kr, hmin@gachon.ac.kr

Task Assignment Simulation Framework for Computation Offloading on UAV-Edge Computing Networks

Joonhyouk Jang, Bongjae Kim, Hong Min

Hannam University, Chungbuk National University, Gachon University

요약

UAV-엣지 컴퓨팅 환경은 상대적으로 연산 능력이 높은 엣지 서버와 UAV 군집과의 협업을 통해 고도의 연산 능력이 요구되는 응용 및 서비스들을 제공하는 컴퓨팅 환경이다. UAV-엣지 네트워크에서 UAV와 엣지 서버의 협업을 위한 다양한 태스크 오프로딩 기법들이 연구되고 있다. 본 논문에서는 UAV-엣지 컴퓨팅 환경에서 각 노드의 위치, 가용 자원 등을 고려하여 태스크를 오프로딩하고 태스크가 할당된 UAV-엣지 네트워크의 효율성을 평가할 수 있는 태스크 할당 시뮬레이션 프레임워크를 제안한다.

1. 서론

UAV(Unmanned Aerial Vehicle) 군집은 재난 지역 모니터링, 화재 진압 등 다양한 응용 및 서비스들에 활용되고 있다. 하지만 UAV가 가진 컴퓨팅 자원은 제한적인 데 비해, 이러한 응용 및 서비스들은 기계학습과 대용량 데이터 처리 등 고도의 연산 능력이 요구된다. UAV-엣지 컴퓨팅 환경은 상대적으로 연산능력이 높은 엣지 서버와 UAV 군집과의 협업을 통해 이러한 제약을 극복하는 컴퓨팅 환경으로서, 최근 UAV-엣지 컴퓨팅 환경에서 다양한 태스크 오프로딩 기법들이 연구되고 있다[1-3].

본 논문에서는 UAV-엣지 컴퓨팅 환경에서 다양한 오프로딩 기법들을 시험하기 위한 시뮬레이션 프레임워크를 설계하였다. 제안하는 프레임워크는 UAV와 엣지 서버들로 구성된 네트워크를 노드의 위치, 가용 자원 등으로 추상화한다. 추상화된 네트워크 상에서 오프로딩 정책에 따라 태스크들을 각 노드에 할당하며, 마지막으로 태스크가 할당된 상태의 효율성을 평가한다. 이 과정에서 네트워크 생성, 태스크 설정, 태스크 할당, 할당된 상태의 평가 과정을 모듈화하여 기존의 다양한 기법들을 손쉽게 구현하고 동일 기준으로 평가할 수 있도록 하였다.

2. 태스크 할당 시뮬레이션 프레임워크

2.1 구성 요소 및 기능

시뮬레이션 프레임워크는 파이썬으로 구현되었으며 구성 및 기능은 표 1과 같다. 하나의 워크플로우는 다수의 태스크로 구성되며 각 워크플로우는 UAV-엣지 컴퓨팅 환경에서 각 노드에 할당되어 동작한다.

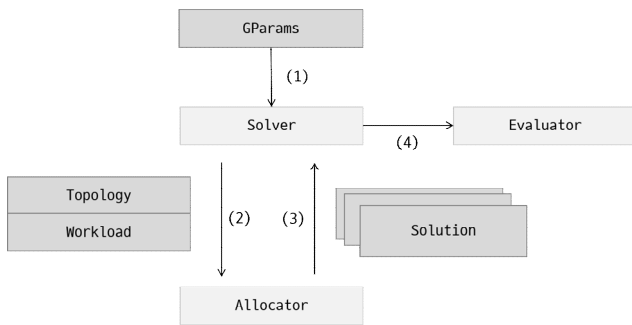
(표 1) 시뮬레이션 프레임워크 구성요소 및 기능

구성요소	기능
Params	환경 구성을 위한 파라미터 값을 저장한다. 필드 크기, 드론 및 서버의 개수, 워크플로우와 태스크의 개수, 가용 자원 최댓값/최솟값, 통신 범위 등이 포함된다.
Topology	네트워크 환경 구성을 나타낸다. 각 노드의 가용 자원, 타입(드론/서버)을 비롯하여 지정된 필드에서 각 노드의 위치를 저장한다.
Workload	워크플로우와 태스크의 정보를 나타낸다. 각 워크플로우에 포함된 태스크, 태스크 간 의존성, 각 태스크의 필요 자원 등이 포함된다.
Solution	각 워크플로우 및 태스크가 UAV-엣지 네트워크 상의 어느 노드에 할당되었는지에 대한 정보를 나타낸다.
Solver	시뮬레이션을 위한 메인루트를 동작시킨다. Solver의 동작은 2.2절에서 설명한다.
Allocator	주어진 네트워크 환경과 워크로드를 사용하여, 태스크 할당 알고리즘에 따라 태스크를 각 노드에 할당한다.
Evaluator	주어진 솔루션에 대해 전송 거리, 에너지 효율 등을 계산하여 솔루션의 품질을 평가하며, 복합적인 평가도 가능하다.
Visualizer	네트워크 환경과 솔루션이 주어질 때, matplotlib를 사용해서 이들을 시각화한다.

2.2 시뮬레이션 프레임워크 동작 과정

그림1은 프레임워크 구성요소들의 관계와 동작 과정을 나타낸다. Solver는 전체적인 동작 과정을 주관한다. 먼저,

Params로부터 파라미터를 입력 받아 Topology, Workload를 생성하여 네트워크 환경과 워크로드를 구성한다. 생성된 네트워크 환경 및 워크로드는 Allocator에 전달되며, Allocator는 각 워크로드의 태스크들을 네트워크 상의 노드에 할당하고 태스크-노드 할당 정보를 Solution에 저장한다. Solution들을 전달 받은 Solver는 Evaluator를 사용해서 각 솔루션의 품질을 평가하며, 가장 좋은 솔루션을 찾아 Visualizer를 통해 시각화해 준다.



(그림 1) 시뮬레이션 프레임워크 구성요소들의 관계

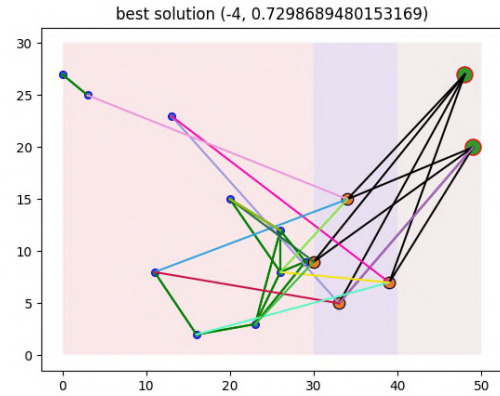
기존의 태스크 할당 알고리즘은 Allocator를 통해 구현 가능하다. 제안하는 프레임워크는 각 구성요소들을 모듈화하여 설계하였으므로 서로 다른 알고리즘들을 동일 선상에서 평가하기가 용이해진다. 예를 들어 Allocator에 랜덤 할당 기법, 그리디 할당 기법, 최적 할당 기법 등을 구현할 수 있으며, Evaluator에서 태스크가 할당된 노드 간의 거리, 에너지 효율 등을 평가할 수 있다.

3. 오프로딩 알고리즘 구현 및 실험

우선 제안하는 프레임워크 상에서 랜덤 할당 기법을 구현하였다. 50×30 크기의 필드에 10개 드론 노드와 6개 서버 노드를 배치하였으며, 워크로드는 4개의 워크플로우가 각각 4개의 태스크를 가진다. 그림 2는 상기 네트워크 환경에서 태스크를 랜덤하게 할당한 솔루션 중 하나를 Visualizer를 통해 시각화한 예시이다. 이 솔루션에서는 4개 워크플로우의 태스크들이 완전히 할당되었고, 에너지 효율성(<1.0)을 측정한 결과는 약 0.73이다. 에너지 효율성은 각 노드의 초기 에너지와 사용된 에너지의 비율을 평균한 값을 사용하였다.

다음으로 완전 탐색을 통한 최적 할당 기법을 구현하였다. 크기 20×20 크기 필드에 6개의 노드가 배치된 네트워크에서 최적 할당 기법과 랜덤 할당 기법을 비교하였으며, 솔루션의 품질은 태스크가 할당된 노드 사이 거리의 합을 기준으로 평가하였다. 랜덤하게 할당된 1,000개 솔루션 중 태스크가 할당된 노드 사이의 거리 합이 가장 짧은 솔루션은 52.831이었으며, 최적 탐색 기법은 6,944개 솔루션

을 생성하였고 그 중 최적해의 노드 간 거리의 합은 48.928로 나타났다.



(그림 2) 솔루션 시각화 예시

4. 결론

본 논문에서는 UAV-엣지 컴퓨팅 환경에서 고성능 연산을 위한 태스크 오프로딩 기법들을 구현하고 실험하기 위한 시뮬레이션 프레임워크를 제안하였다. 제안하는 시뮬레이션 프레임워크는 시뮬레이션의 각 과정을 모듈화하여 다양한 오프로딩 기법들을 쉽게 구현하고 비교할 수 있다. 또한 제안하는 프레임워크 상에서 기본적인 할당 알고리즘들을 직접 구현하여 시험하고 결과를 확인하였다. 다만 현재는 정적 할당 기법만을 대상으로 하고 있으므로, 향후에는 노드와 네트워크의 상태 변화에 따른 동적 할당 기법들도 비교 가능하도록 확장할 계획이다.

참고 문헌

- [1] Jienan Chen, Siyu Chen, Siyu Luo, Qi Wang, Bin Cao, Xiaoqian Li, "An Intelligent Task Offloading Algorithm (iTOA) for UAV Edge Computing Network," Digital Communications and Networks. Vol.6 No.4, November 2020. pp.433-443.
- [2] Kitae Kim, Choong S. Hong, "A Study on UAV-Edge Joint Task offloading Scheme using Reinforcement Learning," ICT Express. Vol.6 No.4, December 2020. pp.291-299.
- [3] Mohamed A. Messous, 나야 M. Senouci, Hichem Sedjelmaci, Soumaya Cherkaoui, "A Game Theory based Efficient Computation Offloading in an UAV Network," IEEE Transactions on Vehicular Technology. Vol.68 No.5, May 2019. pp.4964-4974