Выгрузка трафика при интеграции БПЛА и граничных вычислительных систем

А. А. Алзагир[1], А. Е. Кучерявый [2]
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
[1]abbasaltamimi89@gmail.com, [2]akouch@mail.ru

***Аннотация*. Mobile Edge Computing (MEC) — это технология, предлагающая эффективные решения с точки зрения сверхмалой задержки, низкого энергопотребления, высокой скорости передачи данных и высокой надежности. MEC становится актуальным для устройств с ограниченными ресурсами, таких как IoT, где MEC уменьшает задержку вычислений. Распределение MEC на границе сети повышает эффективность БПЛА при выполнении своих вычислительных задач на граничных облачных серверах. В этой статье мы предложили сценарий для БПЛА, поддерживаемый системой граничных вычислений. Предлагаемый сценарий представляет собой многоуровневый процесс разгрузки.**

Ключевые слова: БПЛА, MEC, граничные вычисления, 5G

I. Введение

В последние годы растет интерес к исследованиям в области беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Ожидается, что в сетях связи пятого поколения (5G) БПЛА будут иметь множество применений, поскольку БПЛА характеризуется простотой развертывания, могут быть широко развернуты как для наблюдения, управления стихийными бедствиями, сбора данных интернета вещей (IoT), беспроводных сенсорных сетей (WSN), так и для управления трафиком [1, 2]. Одним из возможных преимуществ сетей БПЛА является возможность организовать взаимодействие в режиме реального времени без необходимого обеспечения какой-либо инфраструктуры. Однако ограниченные вычислительные возможности и энергоемкость самих БПЛА не могут обеспечить решение сложных вычислительных задач и выполнение энергоемких процессов. В настоящее время мобильные граничные вычисления (MEC) стали важным решением для упомянутых проблем, а также уменьшения задержек при обмене данными.

II. Общие положения

Постараемся определить ключевые функции MEC. Вычисления проводятся на граничном MEC сервере, что сокращает расстояние между вычислительными ресурсами сети и конечными устройствами [3]. Это решение может использовать выгрузку вычислительных задач БПЛА, предоставления локализованных вычислительных ресурсов и ресурсов хранения для находящихся поблизости БПЛА. Другими словами, большое количество задач, которые не могут быть обработаны локально на БПЛА, необходимо выгрузить на граничный сервер по беспроводному каналу, чтобы реализовать вычислительную задачу, приводящую к снижению затрат на передачу данных, достижению низкой задержки, повышению энергоэффективности и удовлетворению потребностей в быстром и интерактивном ответе. Таким образом, ключевой технологией граничного сервера на основе решения MEC является выгрузка трафика [1]. В этой статье мы предложили сценарий выгрузки трафика для БПЛА с поддержкой системы граничных вычислений. Предлагаемый сценарий представляет собой многоуровневый процесс выгрузки трафика.

Сетевая модель, предложенная в данной статье, имеет сеть из нескольких БПЛА, соединенную с одной базовой станцией по беспроводному каналу, а также базовую станцию, оснащенную граничными вычислительными ресурсами, как показано на рис. 1. Кроме того, изображены беспилотные летательные аппараты, соединенные друг с другом по беспроводному каналу, где один из них имеет N независимых вычислительных задач, которые необходимо выполнить. По сценарию предполагаем, что число БПЛА m остается неизменным в течение периода выгрузки трафика [4, 5].

Рис. 1. Сетевая модель

Рассмотренный сценарий представляет собой режим многоуровневой выгрузки, где процесс выгрузки осуществляется либо на ближайших БПЛА, либо на граничном сервере.

- **Первый уровень – локальные вычисления.** Для случая локальных вычислений вся вычислительная задача i будет обрабатываться локально в самом БПЛА.
- **Второй уровень – ближайшие вычисления.** Для случая ближайших вычислений вычислительная задача i для БПЛА m будет выгружена и обработана на близлежащих БПЛА. БПЛА m ищет близлежащие БПЛА, чтобы проверить, есть ли доступные ресурсы для

«Исследование выполнено в рамках выполнения ПНИ по государственному заданию СПбГУТ на 2022 год».

выполнения задачи. Для этого БПЛА *m* запускает процесс обнаружения с целью анализа окружающего поля, содержит ли оно БПЛА с доступными ресурсами для выполнения задачи.

- **Третий уровень – граничные вычисления.** Для случая вычислений на граничном сервере вычислительная задача *i* для БПЛА *m* будет выгружена и обработана на сервере базовой станции.

III. Выводы

В этой статье была рассмотрена многоуровневая выгрузка трафика для БПЛА при интеграции с сервером граничных вычислений. Из-за малых размеров БПЛА его ресурсы ограничены. В статье предложены наземный и воздушный варианты выгрузки для БПЛА с целью эффективного решения вычислительных задач. Отмечается, что процесс выгрузки способствует также снижению энергопотребления и уменьшению задержки.

Список литературы

[1] Кучерявый А.Е. и др. Летающие сенсорные сети. // Электросвязь, 2014, №9, с. 2-5.

[2] A. Koucheryavy, A. Vladyko, R. Kirichek. State of the Art and Research Challenges for Public Flying Ubiquitous Sensor Networks. Lecture Notes in Computer Sciences, 2015, v.9247, pp. 299-308.

[3] Филимонова М.И., Алзагир А.А.Х., and Мутханна А.С.А. "Разработка методов применения БПЛА для обеспечения устойчивости сетей связи 2030." // СПбНТОРЭС: труды ежегодной НТК 1 (2020): 164-165.

[4] Alzaghir A, Koucheryavy A. Multi Task Multi-UAV Computation Offloading Enabled Mobile Edge Computing Systems. InInternational Conference on Distributed Computer and Communication Networks 2021 Sep 20 (pp. 3-17). Springer, Cham.

[5] Bai T., Wang J., Ren Y., Hanzo L. Energy-efficient computation offloading for secure UAV-edge-computing systems // IEEE Trans. Veh. Technol. 68(6), 6074–6087 (2019)