

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ РОЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА

Горбачевский Д. А.¹

Научный руководитель – канд. физ. - мат. наук, доцент Лебедев В. П.¹

¹Университет ИГУ

returnzerou138@mail.ru

Введение

Сейчас отрасль беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) быстро развивается, появляются новые технологии связи, совершенствуются технологии позиционирования БПЛА и т.д.. Наиболее активно развиваются технологии управления роем дронов. Рой представляет собой группу взаимодействующих БПЛА, которые координируют действия и могут выполнять задачи в группе. Например, мониторинг территории, опрыскивание полей, поисковые операции, логистика, пеленг, обследование распределенных объектов и др. Координация и безопасное управление группой аппаратов представляет собой комплексную научно-техническую проблему, поэтому на данный момент открытых систем для гражданского использования на рынке не представлено.

Основная часть

На данный момент существует два подхода для управления роем дронов централизованный и с помощью mesh сети. Оба эти подхода могут применяться в различных условиях, но у каждого есть свои плюсы и минусы.

Подход централизованного управления заключается в том, что есть один ведущий дрон или некоторое устройство (пульт), посредством которого ведется управление роем в целом. Таким образом, центральный объект получает телеметрию от каждого компонента роя и управляет им, рассчитывает траектории, чтобы избежать столкновения. Преимуществом такого управления является прежде всего его простота - есть одно устройство, которое принимает решения. Благодаря единому центру можно оперативно заниматься отладкой поведения роя, так как мы получаем картину всего роя, а не его частей. Основным минусом такого подхода является главный узел, при поломке которого, весь рой становится не управляемым.

В подходе mesh-сетевого управления все дроны общаются между собой, передают координаты, полетные задания и телеметрию. Дроны сами рассчитывают свое движение так чтоб не сталкиваться друг с другом. Пульт передает пакет команд на любой ближайший дрон, а уже остальные дроны получают эти же данные по mesh-сети. Основным преимуществом такого подхода является надежность, при потере одного из дронов данные пойдут другими каналами связи. Также такой подход позволяет реализовать систему ретрансляторов не модернизируя систему, если один дрон не имеет возможность подключиться к пульта, данные пойдут по цепочке от дрона подключенного к пульта. Однако, имеются и минусы, в отличии от централизованного подхода, каждый дрон должен обладать оборудованием с достаточной вычислительной мощностью чтобы обрабатывать входящие сигналы и передавать данные дальше. Так же и переносные источники связи должны иметь возможность подключения сразу нескольких устройств, что также усложняет систему.

Мы проанализировали описанные подходы и разработали гибридное решение, основанное на использовании и централизованного, и mesh-сетевого взаимодействия. Используя протокол управления Mavlink [1], мисси для всех дронов рассылаются на

каждый дрон, где сохраняются на носителе. Далее с этого носителя отдельный микроконтроллер считывает данные и вычисляет положение дронов на некоторый промежуток времени, если дроны оказываются в одной точке, то микроконтроллер дает команду полетному контроллеру на изменение курса.

Симуляция проводится с использованием ROS2 [2] и GAZEBO [3]. Вместе эти два инструмента позволяют создать достаточно точную симуляцию как со стороны физики полета так и программную часть. Для проверки на реальных дронах были собраны три дрона на полетных контроллерах с прошивкой ArduPilot [4] и ESP32 [5] для расчета положения остальных дронов.

Выводы

В заключение следует отметить, что развитие технологий роевого управления БПЛА является ключевым фактором для расширения сфер их применения, от сельского хозяйства и науки до поисково-спасательных операций и научных исследований. Проведенный сравнительный анализ показал - оба подхода к управлению имеют свои недостатки и достоинства, которые можно объединять и дорабатывать учитывая массогабаритные ограничения и вычислительные мощности переносимых устройств.

Предложенная гибридная архитектура уже проходит активную апробацию как в среде симуляции, так и на реальных образцах БПЛА. Результаты тестов помогают активно развивать и совершенствовать систему для создания полноценного отказоустойчивого и масштабируемого решения.

Литература

1. MAVLink. MAVLink: Micro Air Vehicle Communication Protocol [Электронный ресурс] // DroneCode Foundation. – URL: <https://mavlink.io/en/> (дата обращения: 23.01.2026).
2. Open Robotics. ROS 2 Documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.ros.org/> (дата обращения: 15.01.2026).
3. Open Robotics. Gazebo: A Multi-Robot Simulator [Электронный ресурс]. – URL: <https://gazebo.org/> (дата обращения: 29.01.2026).
4. ArduPilot. ArduPilot Open Source Autopilot [Электронный ресурс] // ArduPilot Dev Wiki. – URL: <https://ardupilot.org/dev/> (дата обращения: 29.01.2026).
5. Espressif Systems. ESP32 Series Datasheet [Электронный ресурс]. – 2023. – URL: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32> (дата обращения: 10.02.2026).