

НОВЫЙ АЛГОРИТМ ВЫБОРА ЛИДЕРА ПРИ АВТОНОМНОМ УПРАВЛЕНИИ РОЕМ БПЛА

Ярмолик В. И., Боброва Т. С., Ючков А. К.
Кафедра информационных технологий автоматизированных систем,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {v.jarmolik, t.bobrova }@bsuir.by

Рассматривается новый алгоритм поиска ведущего дрона (лидера) при децентрализованном подходе к управлению роем БПЛА.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) достигло выдающихся результатов в различных областях военного, коммерческого и гражданского применения. Эффективность применения беспилотников значительно увеличивается при объединении их в группу, получившую название рой.

Каждый дрон управляется собственной автоматикой, а поведением роя может управлять программа с элементами искусственного интеллекта или один (несколько) операторов. Архитектура связи роя определяет, как осуществляется обмен информацией между дронами и между роем беспилотных летательных аппаратов и пунктом управления, находящимся на удаленном расстоянии.

I. ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОЯ БПЛА

В течение продолжительного времени БПЛА использовались, в основном, для военных целей. Их применяли для поиска и уничтожения различных объектов и огневой поддержке с воздуха сухопутных и морских подразделений (войск).

В настоящее время на смену дистанционно пилотируемым аппаратам приходят автономные аппараты и рой БПЛА, которые могут самостоятельно выполнять поставленную задачу в автоматизированном режиме при минимальном вмешательстве человека-оператора. [1]

В зависимости от типа управления беспилотные летательные аппараты подразделяют на неуправляемые (такие, как метеорологические зонды), дистанционно пилотируемые и автономные.

Рой имеет ряд преимуществ, по сравнению с одиночными БПЛА, таких как живучесть, масштабируемость, скорость полета, автономность, стоимость, коммуникационные потребности, эффективная отражающая поверхность:

- более ускоренное получение результатов в различных областях применения;
- снижение потерь от аварий;
- уменьшение общей стоимости БПЛА;
- улучшение результатов обследуемого объекта за счет разных углов зрения БПЛА;

- улучшение точности позиционирования каждого дрона в рое за счет взаимного позиционирования.

II. АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОЕМ БПЛА

Архитектура использования БПЛА включает либо ручное управление, с помощью дистанционного управления, либо автономное с помощью процессоров, установленных на беспилотных летательных аппаратах. Эти способы управления требуют наличие канала связи. Высокоэффективная и надежная связь обеспечивает возможность выполнения поставленных роем БПЛА задач, стратегию координации и совместимости, механизмы управления, безопасность, последовательность планирования миссии и многое другое. При централизованных стратегиях управления каждому БПЛА требуется канал связи с пропускной способностью в несколько Мбит/с для передачи изображений и другой информации об окружающей среде. Рассмотрим структуру обмена данными для роя БПЛА как процесс их взаимодействия для выполнения полученной цели (задачи). На начальном этапе становления такой структуры как рой БПЛА, применялась центральная станция, достаточно мощная для связи со всем роем БПЛА, так называемый централизованный подход, который позволил уйти от одиночного дрона к архитектуре взаимодействующих летательных аппаратов. Постепенно начал появляться децентрализованный подход, который дает возможность создать более сложную структуру и организацию роя, по снижающей его зависимость от центральных станций. [2]

Возможны различные варианты реализации децентрализованного подхода к управлению БПЛА. Рассмотрим несколько широко распространенных вариантов и укажем их преимущества и недостатки.

В случаях, когда группа БПЛА используется для задач, которые не подразумевают их потенциальное уничтожение вследствие обнаружения – задачи наблюдения за инфраструктурой, спасательных миссий и другие – чаще всего используется связь каждого отдельного БПЛА с множеством других, а также лидера группы с командным центром. В таких заданиях прак-

тически не возникает необходимости изменять лидера группы, следовательно, не нужно использовать никаких алгоритмов для поиска нового лидера при повреждении основного. Также стоит отметить, что не используется никакая внешняя инфраструктура – БПЛА связываются друг с другом при помощи встроенных модулей, которые позволяют обмениваться данными на ограниченном расстоянии, что также ограничивает гибкость управляемости роя.

Если группа БПЛА используется при наличии инфраструктуры, которая обладает достаточной пропускной способностью – например, сотовой сети 4 поколения и выше, и уничтожение дронов также не подразумевается, то возможна простая реализация связи каждого дрона с каждым и одновременно с командным центром. Данный подход не является полностью централизованным, так как практически всегда имеется связь не с одной центральной станцией, а с несколькими объектами инфраструктуры связи. В таком случае отпадает необходимость самого наличия лидера, а гибкость управления увеличивается – расстояние между отдельными БПЛА перестает иметь значение.

В случаях, когда нельзя полагаться на инфраструктуру, а также в случаях, где возможно уничтожение отдельных БПЛА, необходим алгоритм выбора лидера роя. Прежде чем рассмотреть возможные алгоритмы, опишем процесс опознания лидера в целом – он происходит, например, непосредственно при запуске роя БПЛА. Сначала первоначальный лидер передает сигнал всем дронам, которые находятся в его радиусе. Затем каждый из получивших сигнал дронов отправляет подтверждение назад лидеру и повторяют его сигнал. Процесс повторяется рекурсивно. В итоге получаем одного лидера, некоторое количество связанных дронов, и остальные, которые связаны либо с одним связанным дроном, либо непосредственно с лидером.

Алгоритмы, связанные с переназначением лидера, могут использовать различные подходы к определению оптимального кандидата. Эффективность алгоритма можно оценить по скорости принятия решения, среднему периоду между переназначениями и задержкой соединения.

В качестве простейшего алгоритма выбора лидера можно предложить следующий: последовательно дадим номер каждому из дронов. Функционирующий дрон с минимальным номером прием за лидера. Преимуществом такого алгоритма является простота реализации, а также скорость принятия решения – так, например, если любой из дронов теряет соединение с лидером, то он сразу же принимает за лидера дрон со следующим номером. Однако если будут потеряны сразу несколько дронов с номерами, следующими за

лидером, то ожидание отклика каждого из них оставит рой без лидера на достаточно большое время.

Таким образом, необходимо использовать дополнительные параметры для выбора нового лидера. В качестве основных критериев, оценивающих оптимальность кандидата, стоит выделить количество соединений – чем больше, тем меньше будет задержка, а также заряд батареи – влияет на частоту смены лидера.

На основе данных параметров предложим следующий алгоритм: если соединение с текущим лидером потеряно, то каждый из БПЛА передает свой сигнал, содержащий количество собственных связей и заряд батареи. После этого, каждый из получивших сигнал БПЛА сравнивает данные параметры: если полученный сигнал имеет большее количество связей, либо равное при большем уровне заряда, то данный БПЛА признает источник сигнала лидером и дублирует его сигнал. Так происходит, пока весь рой не признает определенный дрон своим лидером.

Данный алгоритм имеет следующие преимущества: он является достаточно простым, позволяет передавать небольшое количество информации во время поиска, не оставляет рой без лидера на продолжительное время вне зависимости от порядка потери БПЛА. Его также возможно оптимизировать – к примеру, введением коэффициентов для количества связей и заряда батареи в зависимости от типа выполняемой задачи, а также, например, учитывать расположение БПЛА в пространстве – если определенная часть роя чаще теряет дронов, то это уменьшит вероятность выбора лидера из данной группы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрены эффективность применения беспилотников, варианты использования роя, а также варианты выбора лидера при автономном управлении роем БПЛА. Описана связь внутри роя, а также, как осуществляется обмен информацией между дронами и между роем беспилотных летательных аппаратов и пунктом управления, находящимся на удаленном расстоянии.

1. Довгаль, В.А. Анализ систем коммуникационного взаимодействия дронов, выполняющих поисковую миссию в составе группы / В.А. Довгаль, Д.В. Довгаль // Майкоп, «Вестник АГУ». 4 (271), 2020. – стр.87-94..
2. Chen X, Tang J, Lao S. Review of Unmanned Aerial Vehicle Swarm Communication Architectures and Routing Protocols // Applied Sciences. Vol. 10, Iss. 10. 2020. – 3661 p.
3. Мунасыпов Р.А., Муслимов Т.З. Групповое управление беспилотными летательными аппаратами на основе метода пространства относительных состояний // Мехатроника, автоматизация, управление. 2018. № 2. С. 120–125.