

УПРАВЛЕНИЕ ВЗЛЕТОМ И ПОСАДКОЙ МУЛЬТИКОПТЕРА В ДВИЖУЩИЙСЯ РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОНТЕЙНЕР В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ ВНЕШНИХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Легович Ю.С., Русаков К.Д., Диане С.А.К.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,

Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

rusakov.msk@yandex.ru, legovichy@yandex.ru, diane@yandex.ru

Аннотация: Рассматривается проблема передвижения мультикоптера в длительных автономных миссиях. Проанализированы подходы к организации его взлета и посадки в роботизированный контейнер, совмещающий функции транспортировки и подзарядки аккумулятора. По результатам исследования разработаны структурные схемы мультикоптера и контейнера, функционирующих при отсутствии внешних навигационных систем.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, мультикоптеры, подвижной контейнер, пеленг, точная посадка

Введение

В настоящее время беспилотные летательные аппараты типа мультикоптера (МК) являются предметом исследования многих исследовательских центров, военных и гражданских компаний [1]. Благодаря их многофункциональности обеспечивается их применимость в широком спектре задач, например: поиск объектов, осмотр зданий [2], наблюдение, мониторинг и прогнозирования экологической обстановки [3] и т.д.

Однако, в настоящее время очевидны существенные ограничения применения мультикоптеров на больших пространствах – это относительно малая длительность автономной работы [4], а также малая дальность радиоканала передачи качественного видеоизображения. Для легких мультикоптеров, использующих Li-Po аккумуляторы, среднее время полета как правило не превышает 10-25 минут, что существенно ограничивает радиус их действия. Один из способов решения данной проблемы может заключаться в организации оптимального взаимодействия МК с мобильным контейнером (станцией), осуществляющим движение на большие расстояния с подзарядкой бортовых аккумуляторов

В настоящем исследовании рассмотрены основные задачи этой системы: 1. направление МК к контейнеру для зарядки или замены аккумуляторов; 2. навигация МК при движении до станции с применением средств визуального анализа изображений; 3. фиксация МК на станции; 4. подключение к БПЛА: снятие и размещение аккумуляторов; 5. транспортировка аккумуляторов; 6. подзарядка аккумуляторов.

1 Структурная схема мультикоптера

Для реализации вышеописанного функционала МК должен включать в свой состав ряд подсистем, обеспечивающих его автономное функционирование в режимах взлета, следования и посадки. На рис. 1 представлена структурная схема МК, примененного для решения данных задач.

Для определения координат цели применяется бортовой радиоприемник с антенной, диаграмма направленности которой имеет острый максимум. Поворачивая антенну (или же весь корпус МК) в направлении достижения максимума сигнала на выходе усилителя антенны, определяют направление на источник радиосигнала. Этот процесс называют пеленгованием, а значения углов между направлениями на север и источник – пеленгом. Координаты источника радиоизлучения на местности рассчитываются по двум или более пеленгам из разных точек или по одному пеленгу и дальности от пеленгатора до источника. Таким образом, система определения координат источников радиосигнала (пеленгатор) включает в свой состав узконаправленную антенну, усилитель радиосигнала, контроллер управления пеленгом антенны.

2 Мобильный роботизированный контейнер для транспортировки мультикоптера

В целях обеспечения транспортировки мультикоптера на большие расстояния целесообразно использовать мобильный роботизированный контейнер (РК), который должен обеспечить выполнение следующих задач:

1. восстановление энергопитания МК;
2. стыковка МК и контейнера;
3. обмен информацией между контейнером и МК на этапах взлета и посадки.

Отметим, что в работе [8] разработаны два типа автоматических систем перезарядки МК на наземной платформе с зарядкой аккумулятора и с заменой на новый. Система подзарядки подключается как по контактной проводной схеме, так и по бесконтактной. В работе [8] предлагается три типа станций заряда аккумуляторов БЛА: Rollin' Mat, Concentric Circles, Honeycomb, они отличаются стоимостью, возможностями и функциями. Также в данной работе предложена система замены аккумулятора БЛА, однако замена разряженного аккумулятора требует согласованной конструкции его крепления на МК.

Обобщая опыт разработки существующих систем стыковки и перезарядки можно предложить структурную схему мобильного роботизированного контейнера, представленную на рис. 1.

Зарядное устройство обеспечивающее зарядку аккумулятора подключается посредством специальной контактной системы являвшейся частью многофункционального механизма соединения МК с роботизированным контейнером, осуществляющем функции транспортировки.

Вертолетная площадка имеет контрастную разметку геометрии поверхности контейнера предназначенную для точной посадки. Форма посадочной площадки может быть плоская, тороидальная с механическими направляющими к центру площадки в зависимости от способа навигации при посадке: система технического зрения, система локальной навигации, система глобальной навигации.

Система фиксации позволяет быстро и надежно прикрепить раму мультикоптера к основанию посадочной площадки. Возможны механические или магнитные способы крепления.

Показания датчика высоты корректируется по показаниям датчика температуры окружающего воздуха в процессе посадки.

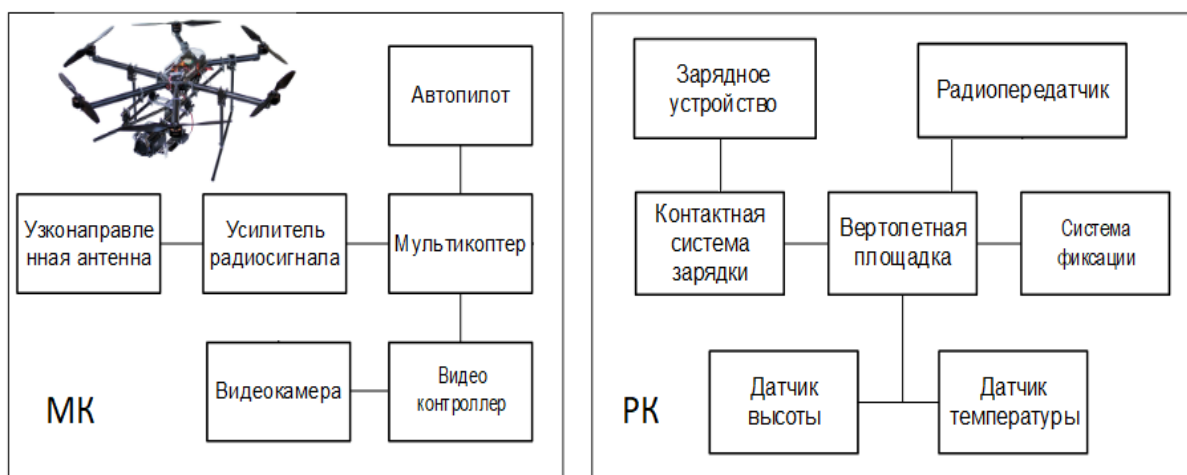


Рис. 1. Структурная схема мультикоптера (слева) и роботизированного контейнера (справа)

3 Управление полетом мультикоптера в режиме преследования цели

В работе [9] рассматривается методика определения курса, скорости и дистанции до цели (преследуемого морского объекта). В работе изложены принципы построения комплексного метода определения параметров цели при одном маневре курсом. В нашем случае преследователь – это МК, а преследуемый – это мобильный контейнер. Требуется определить скорость перемещения контейнера и расстояние до него. Необходимость выполнения маневра по корректировке расстояния и пеленга при принятых ограничениях на движение цели обуславливает следующие уравнения движения:

$$\frac{dD}{dt} = V \cos(P - C) \quad \frac{dP}{dt} = -\frac{V \sin(P-C)}{D(t)}$$

где: P - пеленг МК на контейнер, D- дистанция между контейнером и МК, t- время, V - относительная скорость контейнера, C - относительный курс контейнера.

4 Управление посадкой мультикоптера на основе технического зрения

Автономная посадка МК в настоящее время рассматривается не только на фиксированную площадку, но и на мобильную платформу (контейнер), осуществляющую движение в различных средах. Посадка МК реализуется с помощью различных систем локальной навигации и анализа окружающей территории. Автономная высокоточная посадка до сих пор остается одной из самых сложных задач для МК. Инерциальные навигационные системы (ИНС) и глобальные навигационные спутниковые системы (GPS) являются основой навигационной системы летательного аппарата. Однако, ИНС накапливает ошибки при интегрировании местоположения и скорости транспортного средства, а GPS перестает работать, когда спутники закрыты зданиями, листвой деревьев и даже при сильном тумане. По этой причине приземление на основе технического зрения получило широкое развитие. В работе [5] приведен подробный обзор задач автономной посадки. В работе [6] рассматривается система управления посадкой БПЛА на подвижную платформу. Предлагается алгоритм обнаружения и локализации подвижной посадочной площадки на основе технического зрения с использованием широкоугольной видеокамеры с высоким разрешением. Анализ видеопотока позволяет оценить положение и скорость подвижной платформы относительно БПЛА. Приводятся результаты летных испытаний.

В работе [7] анализируется алгоритм автономной посадки БЛА на палубу корабля. Эксперименты выполнялись с имитацией динамики различных кораблей и волнения моря с помощью подвижной посадочной площадки с шестью степенями свободы. Примененная система технического зрения использует фильтр Калмана в процессе определения положения БЛА относительно платформы, имеющей специальные графические метки.

Заключение

Использование герметичного роботизированного контейнера позволяет оперативно перемещать МК в различных средах (наземной, надводной и даже подводной) без временных затрат на перевод конструкции МК из полетного режима в транспортный и обратно. В результате значительно расширяется область эффективного применения МК. Главной проблемой в настоящее время является обеспечение высокой надежности автономной посадки МК на подвижную платформу на открытом

воздухе с учетом влияния погодных условий. Дальнейшие исследования будут посвящены поиску методов обеспечения высокой надежности процесса посадки в контейнер, закрепленный на автомобиле,двигающемся по бездорожью.

Работа подготовлена при поддержке программы президиума РАН №30 "Теория и технологии многоуровневого децентрализованного группового управления в условиях конфликта и кооперации".

Литература

1. Барбасов В.К., Гречищев А.В. Мультироторные беспилотные летательные аппараты, представленные на российском рынке: обзор // Инженерные изыскания. 2014. № 8. С. 27-31.
2. Legovich Yu.S., Diane S.A.K., Rusakov K.D. Integration of modern technologies for solving territory patrolling problems with the use of heterogeneous autonomous robotic systems / Proceedings of the 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). Moscow: IEEE, 2018.
3. Legovich Yu.S., Efremov A.Yu., Fateeva Yu.G. Modern Approaches Assurance to the Problem of Detecting the Point Source of Atmospheric Air Pollution with the Use of Unmanned Aerial Vehicles / Proceedings of the 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). Moscow: IEEE, 2018.
4. Павлова Н.В., Смеюха А.В. Повышение эффективности выполнения полетного задания современными маневренными летательными аппаратами // Труды МАИ. 2016. №87.
5. Kong, W.; Zhou, D.; Zhang, D.; Zhang, J. Vision-based autonomous landing system for unmanned aerial vehicle: A survey. In Proceedings of the 2014 International Conference on Multisensor Fusion and Information Integration for Intelligent Systems (MFI), Beijing, China, 28–29 September 2014; pp. 1–8.
6. Kim J.W., Jung Y.D., Lee D.S., Shim D. H. Landing Control on a Mobile Platform for Multi-copters using an Omnidirectional Image Sensor // Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2016, vol. 84, pp. 529–541.
7. Sanchez-Lopez J.L., Pestana J., Saripalli S., Campo P. An Approach Toward Visual Autonomous Ship Board Landing of a VTOL UAV // Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2014, vol. 74, pp. 113–127
8. Kemper P.F., Suzuki K.A.O., Morrison J.R. UAV Consumable Replenishment: Design Concepts for Automated Service Stations // Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2011, vol. 61, pp. 369–397
9. Г. Л. Поляк. Определение координат и параметров движения при маневрировании цели или преследователя. Вестник ВГУ. Серия: физика. Математика. 2016. № 2