



УДК 623.746.-519
doi: 10.21685/2587-7704-2024-9-1-1



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

Реализация беспроводной настройки полетного контроллера на базе микроконтроллера ESP32 при помощи Wi-Fi

Фёдор Алексеевич Бобылев

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
bobylev.fedia@yandex.ru

Максим Константинович Маркелов

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
maxkoma@yandex.ru

Александр Сергеевич Кирин

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
kirin.sergei@list.ru

Аннотация. Рассмотрен один из важнейших вопросов, возникающих при разработке полетных контроллеров беспилотных летательных аппаратов – метод конфигурации полетного контроллера. Программное обеспечение самого беспилотного летательного аппарата содержит огромное количество математических инструментов, позволяющих управлять им. Для подстройки различных параметров под конкретный беспилотный летательный аппарат необходим пользовательский интерфейс настройки, который является программой для компьютера или устройства на базе Android.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, мультироторные системы, полетный контроллер, алгоритм управления, конфигуратор, пользовательский интерфейс

Для цитирования: Бобылев Ф. А., Маркелов М. К., Кирин А. С. Реализация беспроводной настройки полетного контроллера на базе микроконтроллера ESP32 при помощи Wi-Fi // Инжиниринг и технологии. 2024. Т. 9 (1). С. 1–4. doi: 10.21685/2587-7704-2024-9-1-1

Implementation of wireless configuration of the flight controller based on the ESP32 microcontroller using Wi-Fi

Fedor A. Bobylev

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
bobylev.fedia@yandex.ru

Maksim K. Markelov

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
maxkoma@yandex.ru

Alexander S. Kirin

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
kirin.sergei@list.ru

Abstract. This article will address one of the most important issues that arise in the development of flight controllers for unmanned aerial vehicles – the flight controller configuration method. The software of the UAV itself contains a huge number of mathematical tools that allow you to control it. To adjust various parameters to a specific UAV, a configuration user interface is required, which is a program for a computer or Android device.

Keywords: unmanned aerial vehicle, multirotor systems, flight controller, control algorithm, configurator, user interface

For citation: Bobylev F.A., Markelov M.K., Kirin A.S. Implementation of wireless configuration of the flight controller based on the ESP32 microcontroller using Wi-Fi. *Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology*. 2024;9(1):1–4. (In Russ.). doi: 10.21685/2587-7704-2024-9-1-1



Введение

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) является устройством, крайне востребованным в условиях настоящего времени. Спектр возможных направлений применения БПЛА очень широк. Но вместе с этим БПЛА – сложное, высокотехнологичное устройство, состоящее из множества деталей и узлов. Важнейшим узлом БПЛА является полетный контроллер [1]. Данный узел выполняет сбор данных о полете с различных датчиков, обрабатывает полученную информацию, и на ее основе формирует необходимое управляющее воздействие. Другими словами, полетный контроллер является автопилотом. При установке контроллера на БПЛА, а также перед каждым полетом, необходимо производить процедуры калибровки датчиков, установки различных регулировочных коэффициентов. Данные операции производятся при помощи специальных программ-конфигураторов, устанавливаемых на сторонний компьютер [2]. О реализации данной программы и пойдет речь далее.

Требования к интерфейсу настройки полетного контроллера

В процессе эксплуатации современных БПЛА возникает неудобство, связанное с их настройкой. Программы-конфигураторы чаще всего устанавливаются на компьютер (ноутбук), а для осуществления настройки требуется соединение БПЛА и компьютера при помощи провода.

Процесс настройки можно сделать более удобным, если программу-конфигуратор выполнить на базе Android-устройства (смартфона), а связь с полетным контроллером обеспечить по беспроводному каналу при помощи Wi-Fi. Так как полетный контроллер, для которого проектируется интерфейс, реализован на базе микроконтроллера ESP32, который поставляется в виде микросборки с модулем беспроводной связи, то реализовать его настройку при помощи смартфона не составляет большого труда.

К интерфейсу настройки (программе-конфигуратору) предъявляются следующие требования:

- удобство подключения к полетному контроллеру;
- возможность настройки всех полетных параметров;
- возможность управлять БПЛА в ближнем радиусе с целью экспериментальной подстройки коэффициентов регулирования в контроллере [3].

Ниже опишем вариант реализации данной программы для смартфонов на платформе Android.

Графический интерфейс программы-конфигуратора

Данное программное обеспечение разрабатывается на языке Kotlin в среде программирования Android Studio. Данный язык был выбран по нескольким причинам. Он является одним из самых современных языков и позволяет достаточно легко его изучить и разрабатывать программы без большого опыта программирования. Кроме того, среда Android Studio имеет встроенный графический конструктор, который значительно упрощает процесс разработки [4]. Однако некоторые элементы в конструкторе отсутствуют, поэтому в процессе дальнейшей разработки их следует создать вручную. Общий вид альфа-версии программы-конфигуратора представлен на рис. 1.

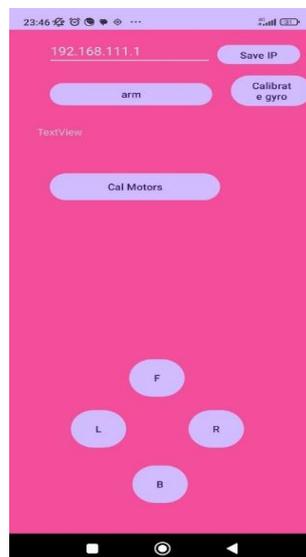


Рис. 1. Пользовательский интерфейс программы-конфигуратора



В верхней части окна находится поле для ввода IP-адреса контроллера, а также кнопка, позволяющая сохранить этот адрес при перезапуске программы. Ниже имеется кнопка, разрешающая взлет («arm»), а также кнопка, запускающая процедуру калибровки гироскопа и акселерометра («Calibrate gyro»). Под этими кнопками находится текстовое поле, предназначенное для отображения информации о положении БПЛА в пространстве: отображаются углы крена, тангажа и рысканья. На рис. 1 данное поле обозначено как TextView. Ниже находится кнопка калибровки регуляторов оборотов двигателей («Cal Motors»). Это необходимо для того, чтобы при одном и том же входном сигнале все двигатели БПЛА вращались с одинаковой скоростью, что обеспечит точность управления. В самом низу окна находятся 4 кнопки, предназначенные для испытания возможности управления БПЛА с телефона.

Связь программы-конфигуратора с полетным контроллером

Связь с полетным контроллером БПЛА обеспечивается при помощи сети Wi-Fi, по протоколу UDP. Касание кнопки на экране вызывает отправку соответствующего пакета из трех символов. В полетном контроллере полученные пакеты сравниваются с эталонными. При совпадении этих пакетов запускается соответствующая команда. В табл. 1 приведен список команд, реализованных в программе на момент написания статьи.

Таблица 1

Команда	Отправляемый пакет
Калибровка гироскопа и акселерометра	«cal»
Калибровка регуляторов скорости двигателей	«cam»
Наклон БПЛА на 2 град. вперед	«fwd»
Наклон БПЛА на 2 град. назад	«bwd»
Наклон БПЛА на 2 град. влево	«lft»
Наклон БПЛА на 2 град. вправо	«rgt»
Разрешение на взлет	«arm»

В свою очередь, полетный контроллер каждые 100 миллисекунд отправляет на смартфон пакеты, содержащие информацию об углах крена, тангажа и рысканья БПЛА, а также о величине управляющих воздействий, подаваемых на регуляторы оборотов двигателей в момент отправки пакета.

Прием пакетов UDP в конфигураторе реализован как отдельная задача, выполняемая непрерывно. Другими словами, приложение постоянно «слушает» сообщения, поступающие от контроллера БПЛА.

Следует пояснить, с какой целью посылается каждая команда.

1. Калибровка гироскопа и акселерометра выполняется перед полетом и необходима для получения достоверной и неискаженной информации о положении БПЛА в пространстве.

2. Калибровка регуляторов скорости двигателей необходима для того, чтобы при одном и том же входном воздействии все двигатели БПЛА вращались с одной и той же скоростью и, следовательно, создавали одинаковую подъемную силу.

3. Команды управления необходимы для обеспечения возможности полета БПЛА в ближнем радиусе без помощи внешней аппаратуры радиоуправления.

4. Команда, разрешающая взлет, необходима в целях обеспечения безопасности. При настройке, отладке и ремонте БПЛА важно, чтобы двигатели не могли самопроизвольно запуститься, так как это приведет к травмам. Поэтому введена команда, без получения которой контроллер не запустит двигатели.

В дальнейшем планируется реализовать дистанционный ввод коэффициентов ПИД-регулятора – основного алгоритма управления БПЛА [5], установку полетных режимов, отображение координат БПЛА в пространстве, полученных инерциальным методом, настройку коммуникации с приемником внешней аппаратуры радиоуправления и др.

Заключение

Беспилотный летательный аппарат – сложная система из множества узлов, постоянно взаимодействующих между собой. Основным узлом, контролирующим все взаимодействия, является полетный контроллер. Он представляет собой микропроцессорное устройство, реализующее сложный



математический алгоритм управления. Для успешного выполнения полетов необходима точная настройка всех параметров, от которых зависит правильное выполнение алгоритма управления. Данная настройка производится путем подключения полетного контроллера к стороннему компьютеру, на который устанавливается программа-конфигуратор. Новизна предлагаемого метода заключается в том, что для настройки БПЛА не требуется ноутбук или стационарный компьютер с проводами, достаточно иметь смартфон, способный подключиться к контроллеру по Wi-Fi. Для гражданских БПЛА малой массы (до 1–2 кг) это является большим плюсом.

Список литературы

1. Маркелов М. К., Ишков А. С., Новичков Д. А., Борисов Н. А. Пример реализации радиоэлектронной системы беспилотного летательного аппарата // Вестник Пензенского государственного университета. 2022. № 4 (40). С. 96–102.
2. Ульянова Н. Д., Довыденко О. В. Обзор и классификация программных продуктов для работы с беспилотными летательными аппаратами // Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Информационные технологии. 2020. № 2 (16). С. 10–15.
3. Бобылев Ф. А., Маркелов М. К. Пример создания полетного контроллера беспилотного летательного аппарата на базе МК STM32 // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 3 (43). С. 72–81.
4. Канатбеков Б. Разработка приложения в среде Android studio // М. Рыскулбеков атындагы Кыргыз экономикалык университетинин кабарлары. 2023. № 1 (58). С. 23–25.
5. Мельниченко А. С., Элефтериadi А. Г., Островский А. С., Соловьев В. В. Синтез регуляторов для управления квадрокоптером // Информационные технологии, системный анализ и управление (ИТСАиУ-2015) : сб. трудов XIII Всерос. науч. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, Таганрог, 16–18 декабря 2015 года / редкол.: Финаев В. И., Косенко Е. Ю., Номерчук А. Я. Таганрог : Южный федеральный университет, 2016. С. 29–32.

References

1. Markelov M.K., Ishkov A.S., Novichkov D.A., Borisov N.A. An example of the implementation of an unmanned aerial vehicle radio-electronic system. *Vestnik Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the Penza State University*. 2022;(4):96–102. (In Russ.)
2. Ul'janova N.D., Dovydenko O.V. Overview and classification of software products for working with unmanned aerial vehicles. *Vestnik obrazovatel'nogo konsorciuma Srednerusskij universitet. Informacionnye tehnologii = Bulletin of the Central Russian University Educational Consortium. Information technology*. 2020;(2):10–15. (In Russ.)
3. Bobylev F.A., Markelov M.K. An example of creating a flight controller for an unmanned aerial vehicle based on the MK STM32. *Vestnik Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the Penza State University*. 2023;(3):72–81. (In Russ.)
4. Kanatbekov B. Application development in the Android studio environment. *M. Ryskulbekov atyndagy Kyrgyz jekonomikalyk universitetinin kabarlary*. 2023;(1):23–25. (In Russ.)
5. Mel'nichenko A.S., Jelefteriadi A.G., Ostrovskij A.S., Solov'ev V.V. Synthesis of controllers for controlling a quadcopter. *Informacionnye tehnologii, sistemnyj analiz i upravlenie (ITSAiU-2015): sb. trudov XIII Vseros. nauch. konf. molodyh uchenyh, aspirantov i studentov, Taganrog, 16–18 dekabrja 2015 goda = Information Technologies, system analysis and Management (ITSAiU-2015) : proceedings of the XIII All-Russian Scientific Conference of Young Scientists, postgraduates and students, Taganrog, December 16–18, 2015*. Taganrog: Juzhnyj federal'nyj universitet, 2016:S. 29–32. (In Russ.)

Поступила в редакцию / Received 5.04.2024

Принята к публикации / Accepted 24.04.2024