

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования "Национальный исследовательский
Томский государственный университет"

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ 4-й ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Сборник материалов III Международного форума
г. Томск, 26–27 ноября 2019 г.

Под ред. В.И. Сырякина

Scientific & Technical Translations



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Томск – 2020

АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

Шамунова В.Г., Шидловский С.В.

Национальный исследовательский Томский государственный университет
evtushenko_nika@mail.ru

На сегодняшний день беспилотные летательные аппараты (БПЛА) прочно укрепили свои позиции в различных сферах деятельности человека. Одним из важнейших аспектов в деле управления БПЛА является построение маршрута полета в режиме автопилота. Данные режимы основаны на различных алгоритмах с использованием технического зрения, а также различных навигационных систем (преимущественно GPS). Однако, все еще нерешенным остается проблема подбора такого аппаратно-программного комплекса, который был бы способен обеспечить полную автономию устройства в динамической среде с различными условиями, был гибким, легко конфигурируемым. Кроме того, значительную роль играет стоимость такого комплекса: БПЛА значительно сильно подвержены влиянию на них внешних факторов среды, в которой выполняются полеты, потому установка дорогостоящего оборудования обусловлена большим риском.

Для решения задачи навигации устройства в динамической среде простейшая структурная схема системы управления (СУ) БПЛА может быть представлена на рисунке 1.

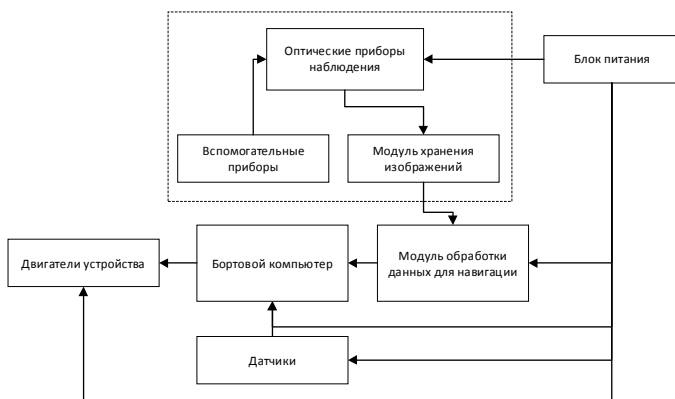


Рис. 1. Простейшая структурная схема БПЛА с системой навигации в динамической среде

В качестве оптических приборов наблюдения может использоваться как одиночная (монокулярная камера), так и набор камер для обеспечения СУ данными о состоянии 3D сцены на текущий момент с разных точек обзора устройства. В качестве вспомогательных приборов к оптическим приборам могут выступать такие компоненты как фонарик или съемный объектив камеры, позволяющий работать в специальных средах.

Бортовой компьютер обязательно оснащается модулем, способным выполнять обработку полученных с оптических приборов данных и алгоритмы расчета пути для устройства. По этой причине данный модуль должен иметь достаточные вычислительные мощности, которые смогут обеспечить стабильную работу системы навигации.

При выборе комплекса аппаратно-программных средств для БПЛА должны быть учтены следующие основные факторы:

- 1) стоимость;
- 2) габариты и вес;
- 3) энергопотребление;
- 4) производительность;
- 5) гибкость и конфигурируемость;
- 6) совместимость.

Имеющееся на рынке оборудование, позволяющее реализовать навигацию при помощи технического зрения, как правило, является дорогостоящим и не предоставляет возможности усовершенствования. В большинстве случаев такое оборудование поставляется в комплекте с БПЛА, что ограничивает пользователя в использовании альтернативных единиц оборудования, которые смогли бы удовлетворить потребности при решении частных задач.

Не менее важная проблема выбора аппаратного обеспечения обусловлена тем, что устанавливаемое на БПЛА оборудование должно быть максимально легковесным и компактным, так как большие габариты могут серьезно повлиять на длительность полета устройства. При этом устанавливаемое оборудование должно обеспечивать максимально точную и полноценную информацию о том, что происходит в среде, в которой выполняется полет. Сейчас наибольшую популярность приобретают БПЛА с бортовыми камерами. Камеры в совместной работе с датчиками, которые входят в состав СУ БПЛА по умолчанию, способны передавать на контроллеры текущие изображения среды, которые видит перед собой устройство в данный момент времени.

Зачастую на устройство устанавливают не одну такую камеру, так как во время полета необходимо учитывать все возможные препятствия на пути к цели, которые могут быть не только статическими, но и дина-

мическими. Следовательно, при построении карт глубины необходима оценка сцены под разными углами обзора. А так как установка дополнительных камер, это еще и дополнительный вес, следует выбирать оборудование, которое не превысит максимальный вес БПЛА, при котором сохраняется возможность полета.

Для обеспечения работоспособности всех систем на борту БПЛА устанавливается источник питания, емкость которого является дополнительным ограничением при выборе компонентов системы. Чем больше энергопотребление системы БПЛА, тем быстрее происходит разрядка источника, а, следовательно, быстрее заканчивается полет.

Устанавливаемое на БПЛА оборудование должно отвечать основным требованиям задачи навигации в динамической среде: предоставление максимально точных изображений текущего состояния сцены, быстрая обработка данных, выполнение алгоритмов поиска пути. Оборудование должно быть легко конфигурируемым под задачи пользователя и гибким (зачастую возникает необходимость дополнения системы дополнительными возможностями). Связь компонентов между собой не должна быть сложной задачей, связанной с дополнительными проблемами.

Существуют камеры, удовлетворяющие требованиям по точности получаемых изображений. На основе этих изображений с помощью алгоритмов распознавания строятся карты глубины с определением препятствий. Представляется возможным подобрать камеру на рынке производителей, которая может быть установлена на борт БПЛА без снижения при этом времени полета. При этом для таких камер уже предусмотрено малое энергопотребление и небольшой вес (например, камеры Waveshare).

Что касается датчиков, которые необходимы для определения положения в пространстве, высоты и других характеристик, то здесь вполне подойдет оборудование, входящее в комплект БПЛА любого производителя. Чаще всего это датчик высоты, акселерометр, барометр и гироскоп. Этого набора оказывается достаточно для определения текущего положения в пространстве и осуществления стабильного полета.

Важным вопросом остается подбор оборудования, необходимого для обработки полученного изображения, построения карт глубины, получения необходимого массива данных для работы алгоритма поиска кратчайшего пути (в работе рассматривается алгоритм A* для трехмерного пространства) с учетом имеющихся на пути препятствий. Здесь возникает 2 основных вопроса:

1. Где обрабатывать полученные изображения: на борту устройства или же на наземных станциях?

2. Способ хранения полученных изображений (в зависимости от числа камер и интенсивности сохранения должен быть выбран способ хранения изображений)?

При выборе варианта обработки данных на борту устройства необходимо решить проблему ограниченных энергоресурсов и ограниченной грузоподъемности устройства. Обработка изображений, которая для поставленной задачи должна происходить с заданной периодичностью (периодичность должна иметь настроенный характер, так как напрямую зависит от характеристик динамической среды, в которой выполняется полет), для этого требуются немалые мощности, которые требуют затрат питания. Решение данной проблемы путем установки резервных источников питания не представляется возможным, т.к. возникает необходимость размещения дополнительного веса, что существенным образом скажется на грузоподъемности устройства и длительности полета.

Выбор варианта с обработкой изображений на наземной станции ограничивается необходимостью постоянно поддерживать надежный канал связи с наземной базой для того, чтобы иметь возможность передать изображения и получить необходимый массив данных для отработки алгоритма поиска пути. При совершении полета на длительные расстояния для связи с наземной станцией придется использовать интернет-соединение, что будет приводить к дополнительным проблемам, связанным с плохим сигналом, помехами и периодическим снижением скорости передачи данных.

В виду всего выше сказанного, оптимальным решением будет установка оборудования обработки данных на борту устройства.

При выборе способа установки станции обработки данных «на борту» данные необходимо будет также хранить на борту. Сейчас существует возможность подбора камеры с встроенной картой памяти, также многие контроллеры уже давно имеют слоты для MicroSD, которые используются для хранения данных или установки операционной системы (ОС). Объем карты памяти должен подбираться в зависимости от того, с какой периодичностью будет выполняться сохранение данных.

Проведенное исследование показало, что для решения поставленной задачи возможно использовать модуль камеры OV5647 (Waveshare). У данной камеры 5 Мегапикселей, разрешение 2592x1944, скорость записи 30 кадров в секунду. Вес такой камеры составляет всего 3 грамма, мощность 3,3 В. Такие характеристики позволяют установить несколько таких камер на БПЛА.

Для задачи навигации устройства при помощи технического зрения оптимально использовать 2 камеры, которые будут расположены фронтально на БПЛА на небольшом расстоянии друг от друга, предоставляя

текущую информацию о состоянии сцены. Такой подход принято называть стереозрением. В его основе лежит поведение человека. Мы видим мир двумя глазами, обрабатываем полученное от глаз изображение и принимаем решение. Здесь в роли глаз будут использованы две камеры, которые будут работать в паре. Каждая камера будет иметь угол обзора 180 градусов, что достаточно для того, чтобы не упустить из виду препятствие и найти путь.

Выбранная камера имеет стандартный разъем для подключения CSI. Наилучшая совместимость у нее будет с микрокомпьютером Raspberry PI 3 Model B, к которому она подключается без каких-либо сложностей. Также контроллер имеет разъем для подключения microSD карты, которая будет использоваться для хранения полученных изображений.

Сам микрокомпьютер Raspberry PI 3 Model B также имеет подходящие характеристики для поставленной перед ним задачи: вес такой платы составляет 45 грамм, потребляемая мощность – 3,5 Вт. Микрокомпьютер может работать под ОС Linux и, при необходимости, под Windows 10 IoT. Микрокомпьютер позволяет подключать различную периферию, поддерживает интернет-соединение по Ethernet и WiFi, имеет встроенный модуль Bluetooth (Bluetooth 4.1 и Bluetooth Low Energy).

Кроме перечисленного, важной особенностью является возможность установки OpenCV – специализированной библиотеки, позволяющей обрабатывать изображения для построения карт глубины сцены, на основе которых будут формироваться массивы, являющиеся входной информацией для алгоритма поиска кратчайшего пути в трехмерном пространстве A*.

Литература

1. Bresciani T. Modeling, identification and control of a quadrotor helicopter. – Lund Sweden, 2008. – С. 180.
2. Engel J., Schops T., Cremers D. LSD-SLAM: Large-scale direct monocular SLAM. – Technical university Munich, 2016. – С. 16.
3. Cormen T.H., Leiserson C.E., Rivest R.L. et al. Introduction to Algorithms. – MIT Press, 2009. – 984 с.
4. Ryan G., Roelofs R. Simultaneous localization and mapping. – Swarthmore College. Dept. of Engineering, 2013.
5. Hirschmuller H. Stereo vision in structured environments by consistent semi-global matching // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2006. – С. 2386–2393.
6. Степанов Д.Н. Моделирование полета беспилотного летательного аппарата и его автоматическое позиционирование. – 2014. – С. 153–160.

7. Степанов Д.Н. Методы и алгоритмы определения положения и ориентации беспилотного летательного аппарата с применением бортовых видеокамер. – 2011. – С. 150–167.