

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА КОМПЛЕКСА С БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ, ПРЕДНАЗЧЕННОГО ДЛЯ МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИИ И ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НИЗКОЙ ДОСТУПНОСТИ КАНАЛОВ СВЯЗИ

© 2019 К. С. Макаров

*канд. техн. наук,
доц. каф. программного обеспечения и администрирования
информационных систем
e-mail: runaway90@mail.ru*

Курский государственный университет

В работе представлена структурная схема комплекса с беспилотным летательным аппаратом, предназначенным для дистанционного зондирования земли в условиях низкой доступности каналов связи. Приведена структурно-функциональная схема систем навигации и управления беспилотным летательным аппаратом, которые позволят обеспечить требуемый уровень автономности. Перечислены основные задачи, которые необходимо решить для построения комплекса с беспилотным летательным аппаратом. При постановке задач акцент сделан на необходимости разработки новых и модернизации существующих методов и алгоритмов компьютерного зрения, использующих вычислительные ресурсы графических ускорителей.

Ключевые слова: структурная схема, беспилотный летательный аппарат, компьютерное зрение, искусственный интеллект.

При решении задач мониторинга территории и объектов всё чаще используются беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Одним из основных критериев выполнения БПЛА поставленной задачи является точность его позиционирования в пространстве. Как правило, для определения местоположения БПЛА используется GPS/ГЛОНАСС приёмник, который обеспечивает достаточно высокую точность позиционирования (отклонение не превышает 10 метров [1]). Однако существуют зоны и места, в которых из-за искусственных и естественных помех сигналы спутниковых систем навигации недоступны или имеют низкий уровень, не позволяющий провести их анализ и обработку. Такие ситуации возможны, например, в городах с высотными застройками и источниками сильного электромагнитного излучения. Возникает необходимость применения средств и методов управления, информационно-сигнального обеспечения, навигации и ориентирования БПЛА без привязки к спутниковым системам [2]. В зависимости от используемой системы управления БПЛА подразделяются на два класса: с автоматизированным (радиокомандным) и с автономным (программным) управлением. Подавляющее большинство созданных и применяемых БПЛА имеют автоматизированную и комбинированную системы управления, что повышает вероятность потери аппарата в результате ошибки оператора или потери сигналов управления и навигации.

В связи с этим проектирование, построение и применение БПЛА с автономным управлением является одним из приоритетных направлений развития техники. В настоящее время активно развиваются подходы к созданию БПЛА, автономное управление которыми обеспечивается применением технологий искусственного интеллекта. Большую роль при этом играет совершенствование оптико-электронных систем, создание и внедрение приборов, реализующих методы 3D-моделирования местности, получения голографических изображений объектов, портативных

комплексов сверхскоростной обработки и передачи информации, в том числе графических ускорителей [Там же].

Таким образом, цель работы состоит в определении состава и структурно-функциональной схемы систем навигации и управления БПЛА для моделирования процессов мониторинга территории и объектов в условиях низкой доступности каналов связи.

В силу того, что подавляющее большинство известных БПЛА так или иначе задействуют наземный пункт управления, имеет смысл рассматривать проектируемый БПЛА в составе комплекса с беспилотным летательным аппаратом (КБПЛА). Рассмотрим состав и структурную схему такого комплекса (рис. 1) [3].

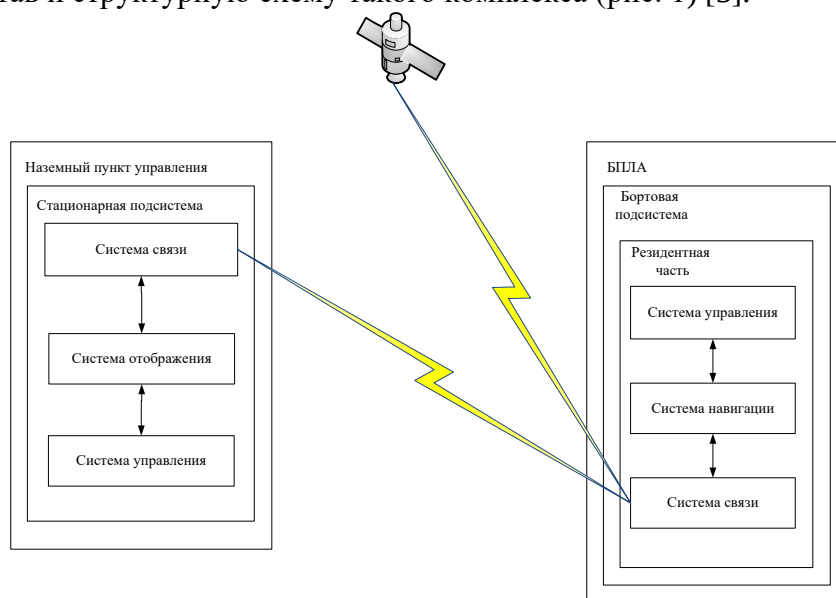


Рис. 1. Структурная схема комплекса с беспилотным летательным аппаратом

КБПЛА включает в себя две подсистемы: бортовую подсистему (БП), размещённую на борту БПЛА, и стационарную подсистему (СП), размещённую на стационарном пункте управления (ПУ).

БП условно можно разделить на базовую резидентную часть и набор сменных модулей. При этом резидентная часть является максимально унифицируемой и включает в свой состав три основных системы: управления, связи и навигации [Там же].

СП изначально является резидентной и включает в свой состав системы связи, отображения и управления.

Системы связи (бортовая и стационарная) обеспечивают помехоустойчивый приём и передачу данных между БПЛА и пунктом управления. При этом канал связи между БПЛА и ПУ должен обеспечивать безопасность передачи информации. Для этого необходимо выполнение следующих условий: скрытность обмена информацией; сжатие информации, передаваемой с борта БПЛА на ПУ; устойчивость канала к активным помехам [4].

Стационарная система отображения предназначена для обеспечения интерфейса оператора при управлении, контроле БПЛА, а также получении информации от бортовых средств.

Бортовая система навигации состоит из инерциальной и спутниковой подсистемы и предназначена для обеспечения формирования навигационной информации для управления БПЛА.

Бортовая и стационарная управляющие системы обеспечивают обработку получаемой информации, формирование команд управления полётом и режимами

работы БПЛА, контроль функционирования аппаратуры. В случае отсутствия доступа к каналам связи БПЛА должен иметь возможность использовать данные инерциальной подсистемы и результаты анализа информации от различных датчиков для обеспечения автономности полёта.

Ввиду существенного влияния управляющей системы на эффективность выполнения задачи представляется необходимым обеспечение рационального распределения функций управления между управляющими системами КБПЛА. По-видимому, существует оптимальное распределение функций обработки информации. При этом следует учитывать, что, в зависимости от внешних условий и характера решаемых задач, положение оптимума будет меняться [3]. При решении задачи мониторинга в условиях низкой доступности каналов связи этот оптимум будет смещаться в сторону большей автономности. Достигнуть большего уровня автономности БПЛА позволит повышение возможностей бортовой системы управления по обработке добываемой информации, что, в свою очередь, снизит нагрузку на систему связи, так как передаваться в этом случае будут уже обработанные данные.

Повышение количества и качества задач, решаемых бортовой системой управления, подлежит оптимизации. Можно сделать полностью БПЛА, который будет решать все задачи самостоятельно в автоматическом режиме. Но, несомненно, в условиях наличия сильных помех, возрастет количество ошибок в действиях БПЛА. Кроме того, запрограммировать все возможные ситуации (обучить нейронную сеть на множествах различных обучающих выборок) представляет собой нетривиальную задачу.

Исходя из этого видится необходимым построение адаптивной системы управления. Система управления должна обеспечивать перераспределение функций между бортовой и стационарными системами управления, а также включать в свой состав экспертную систему принятия решений, предназначенную для формирования рекомендаций оператору БПЛА по наиболее целесообразным действиям в текущей обстановке. В свою очередь, бортовые устройства должны обеспечивать систему управления всей необходимой информацией об изменениях условий полёта, а система связи – безопасную и помехоустойчивую передачу этих данных оператору [Там же].

Приведённые выше суждения проявляются в существующих тенденциях развития аппаратной составляющей бортовой подсистемы КБПЛА. Устройства, разрабатываемые в последние годы, обеспечивают технические возможности для создания БПЛА с высоким уровнем автономности. Известно 5 основных уровней автономности дронов [5] (табл.).

Уровни автономности БПЛА

Уровень автономности	УРОВЕНЬ 0	УРОВЕНЬ 1	УРОВЕНЬ 2	УРОВЕНЬ 3	УРОВЕНЬ 4	УРОВЕНЬ 5
Степень автоматизации	Нет	Низкая	Частичная	Условная	Высокая	Полная
Описание	Управление 100% ручное	Пилот несет ответственность за управление дроном. Дрон способен выполнять минимум 1 важную функцию	Пилот несёт ответственность за безопасности операций. Дрон способен поддерживать высоту в определённых условиях, а также регулирует направление	Пилот работает в аварийном режиме. Дрон способен выполнять все функции самостоятельно, но «при заданных определённых условиях»	Пилот не принимает никакого участия в цикле управления. Дрон оснащён несколькими аварийными системами, так что в случаях сбоя одной из систем дрон продолжит работать	Дрон использует систему ИИ при планировании полёта
Уклонение от препятствий	Нет	Обнаружение и уведомление		Обнаружение и уклонение	Обнаружение и самостоятельное уклонение	

В настоящее время известны примеры дронов 4-го уровня автономности, в частности, к ним можно отнести модели: Skydio R1 компании NVIDIA, построенный на основе чипа Jetson TX1; DJI Mavic 2, использующий систему обнаружения препятствий в нескольких направлениях FlightAutonomy. Системы управления и навигации, реализующие известные технологии, как правило, состоят из достаточно большого набора различных компонентов, а также используют спутниковую подсистему местоопределения БПЛА (задействуют данные полученные от бортовой системы связи). Так, например, система «FlightAutonomy», состоит из 7 компонентов, включая 5 камер (датчики двойного видения, прямого и нижнего, и главную камеру), двухдиапазонное позиционирование спутников (GPS и GLONASS), 2 ультразвуковых дальномера, резервные датчики и группу из 24 мощных специализированных вычислительных ядер.

В случае отсутствия или потери доступа к каналам связи известные виды БПЛА будут иметь затруднения для продолжения работы в штатном режиме. Для повышения уровня автономности необходимо доработать бортовую систему управления (рис. 1) таким образом, чтобы без использования дополнительных компонент, повышающих энергопотребление устройства, возможным было выполнять основные задачи по мониторингу территории и объектов. Решение данной задачи видится в разработке ряда специализированных методов и алгоритмов компьютерного зрения.

Данные методы и алгоритмы предполагается реализовать в составе системы обработки и распознавания изображений. Разрабатываемая система в составе комплекса с беспилотным летательным аппаратом предназначена для решения следующих групп задач:

- 1) обеспечение данными системы управления беспилотным летательным аппаратом;
- 2) выполнение основной задачи – мониторинг территории и объектов.

Структурно-функциональная схема автономной системы наведения, демонстрирующая принцип работы БПЛА в режиме использования инерциальной системы навигации (условиях низкой доступности каналов связи), представлена на рисунке 2 [1]. Цветом на схеме отмечены блоки, разработка которых предполагается при проведении научного исследования. На вход разрабатываемой системы обработки и распознавания изображений поступает информация от инерциальной навигационной системы и датчика изображений. На выходе выдаются координаты новой точки целеуказания. Разработанные методы и алгоритмы компьютерного зрения могут быть реализованы с использованием специального вычислителя, размещённого на борту БПЛА, обеспечивая высокий уровень автономности дрона.



Рис. 2. Структурно-функциональная схема автономной системы наведения БПЛА

К группе задач по обеспечению данными системы управления беспилотным летательным аппаратом относятся задачи калибровки камер и оптических систем, состоящих как из одной камеры, так и из набора камер; автоматического взлёта и посадки БПЛА; определения препятствий по ходу движения. К группе задач, направленных на выполнение основной задачи – мониторинга территории и объектов, можно отнести задачи предобработки, сегментации изображения, классификации объектов на изображении, определения движения по изображениям и др.

Несмотря на различные цели решения указанных групп задач в их основе лежат задачи предобработки, обнаружения, распознавания и целеуказания. Рассмотрим подробнее каждую из этих задач.

Задача предобработки состоит в снижении влияния шума и улучшения качества исходного изображения. Если большинство задач предобработки к настоящему времени можно считать алгоритмически решёнными, то подавление погодных помех в системах компьютерного зрения по-прежнему остаётся актуальной задачей. В связи с этим актуальным видится проведение исследований, направленных на разработку алгоритмов фильтрации для подавления статических и динамических погодных помех.

Для решения задач обнаружения и распознавания изображений существует большое число различных подходов, среди которых наиболее перспективным видится использование методов машинного обучения, включая искусственные нейронные сети, машины опорных векторов, алгоритмы бустинга и другие [6]. В последние годы наибольшую эффективность в решении задач распознавания образов, включая задачи классификации изображений, показывают глубокие нейронные сети, в том числе сверточные нейронные сети. Их преимуществом является автоматический выбор признаков [Там же].

Задача целеуказания в общем случае сводится к расчёту на основе данных, полученных в результате обнаружения и распознавания на изображении различных объектов, траектории БПЛА.

В связи с разработкой и активным внедрением специализированных графических процессоров, позволяющих эффективно решать задачи компьютерного зрения с использованием методов машинного обучения, в том числе на борту БПЛА, для решения задач классификации предполагается разработка соответствующих методов и алгоритмов.

Решение данных задач позволит в конечном итоге, используя современную аппаратную базу, осуществить разработку комплекса с БПЛА, предназначенного для мониторинга территории и объектов в условиях низкой доступности каналов связи в режиме автономности высокого уровня.

Библиографический список

1. Красильщиков М.Н., Себрякова Г.Г. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий: учеб. пособие. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 280 с.

2. Буянов И.А. Автономная система ориентирования беспилотного летательного аппарата: состав и схема функционирования в формате 3D // Молодой учёный. 2017. №50 (184). С. 24–30

3. Ищук В.И., Мочалов С.А. Принцип построения радиоэлектронного оборудования комплексов с беспилотными летательными аппаратами ВМФ // Доклады и статьи ежегодной научно-практической конференции «Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами». Коломна, 2016. С. 95–100.

4. Тутубалин П.И., Кирпичников А.П. Обеспечения информационной безопасности функционирования комплексов беспилотной разведки // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 21. С. 86–92

5. Radovic M. Tech Talk: Untangling The 5 Levels of Drone Autonomy [Сайт] URL: <https://www.droneii.com/drone-autonomy> (дата обращения: 27.10.2019)

6. Гареев М.Ш., Котляр А.В., Кулеев Р.Ф., Янин Д.М. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов по изображениям, полученным с БЛА // Сборник докладов и статей по материалам II научно-практической конференции «Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами». Коломна, 2017. С. 48–51.