

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ ДЛЯ КООРДИНАЦИИ ГРУППЫ БПЛА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Р.И. Перминов

Научный руководитель: В.С. Шерстнев
Томский политехнический университет
E-mail: rip2@tpu.ru, vss@tpu.ru

Введение

На данный момент беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА), в частности квадрокоптеры, имеют широкую сферу применения: от развлекательных до военных целей. Перед ними ставятся различные практические задачи: формирование 2D и 3D карт местностей, мониторинг безопасности, взятие проб воздуха, фото и видео съемка высокого качества и многое другое [1]. Развитие в этой области является перспективным.

БПЛА включают в себя следующие подсистемы: управляющая подсистема; подсистема обеспечения полета, куда можно также включить подсистему датчиков (гироскопы, акселерометры, акустические, бародатчики и т.д.); подсистема связи; подсистема фото и видео съемки и другие.

Целью данной работы является разработка подсистемы радиосвязи для координации группы квадрокоптеров. Эта подсистема включает в себя как аппаратную, так и программную составляющие. В данной статье рассматривается программная составляющая, в частности: разработка и реализация протокола обмена данными между БПЛА и наземной станцией управления полетом (далее – НСУ).

Описание системы и постановка задачи

Разрабатываемая система включает в себя квадрокоптеры, имеющие некоторые особенности. Так, например, эти БПЛА являются автономными, т.е. они управляются центральным процессором, расположенным на борту. Управляющая программа полностью контролирует полет квадрокоптера и функционирует под операционной системой (далее – ОС). Таким образом, квадрокоптеры являются сложными самостоятельными аппаратами, которым не требуется непосредственное управление со стороны оператора. Оператору, в данном случае, необходимо контролировать корректность выполнения задачи (в частности отслеживать местоположение БПЛА или, например, получать показания датчиков, включенных в устройства), а также периодически передавать некоторые команды (взлет, приземление, исполнение той или иной задачи) и данные. Также, перед началом работы, оператор передает специальные телеметрические таблицы большого объема, содержащие маршрут перемещения БПЛА, которые обрабатывает управляющая программа.

Значимым является то, что система состоит из нескольких квадрокоптеров, которые могут удалиться от НСУ на расстояние более, чем 5 км. При этом обмен данными должен происходить как между одним БПЛА и НСУ, так и между несколькими БПЛА и одним НСУ одновременно.

Следовательно, подсистема связи должна обеспечить гарантированную передачу коротких команд, передачу данных малого и большого объема.

Так как все устройства взаимодействуют по радиоканалу, то все объекты системы имеют одновременный доступ к среде передачи, что способствует появлению коллизий. Перед протоколом передачи данных ставится задача обеспечить корректное взаимодействие внутри системы.

Протокол передачи данных

Разрабатываемый протокол основывается на архитектуре ведущий-ведомый. Ведущим является НСУ, ведомым – БПЛА. Таким образом, НСУ инициализирует транзакцию (передачу информации): отправляет запрос (короткую команду или данные) и ожидает ответа от БПЛА. Такая концепция позволяет построить корректное взаимодействие устройств системы на основе тайм-слотов: каждое устройство осуществляет передачу только в выделенный для него промежуток времени, что позволяет избежать появления коллизий (с учетом правильного подбора слотов).

Данный протокол поддерживает два функциональных вида транзакций: передача команд и передача данных. Для каждого из видов транзакций спроектированы соответствующие структуры передаваемых данных (пакетов).

Первое поле (первый передаваемый байт) любого пакета – поле флагов. Данное поле разбито на 8 функциональных бит, каждый из которых определяет вид пакета (всего предусмотрено 13 различных видов пакетов).

Для обеспечения гарантии доставки передаваемых данных предлагается ожидание положительной квитанции (подтверждения о доставке) на любой информационный пакет ведущего. Вспомогательной функцией является незамедлительный повтор передачи, в случае провала доставки пакета (отсутствия получения квитанции о доставке). При этом, число повторных попыток передачи задается оператором НСУ.

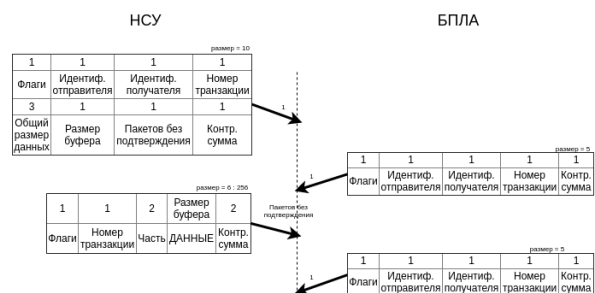
Наиболее простой транзакцией является

передача коротких данных (команд). Для данного вида транзакции старший бит поля флагов устанавливается в единицу. Остальные биты представляют собой номер команды. Помимо поля флагов, пакет с командой содержит еще 4 байта: идентификатор отправителя и получателя, номер транзакции, а также контрольную сумму. Для случая передачи команды, ведомый, в качестве положительной квитанции, повторяет принятый пакет, но меняет содержимое идентификаторов устройств.

При транзакции по передаче более длинных данных возникают некоторые ограничения. Первым ограничением является размер буфера приемопередатчика. Второе ограничение вызвано общеизвестным фактом, что более длинная последовательность данных, статистически, больше подвержена влиянию сторонних помех, чем более короткая. Эти ограничения вынуждают уменьшать размер передаваемого пакета, формируя короткие порции данных. Третьим ограничением является то, что дальность передачи уменьшается с увеличением скорости обмена данными (увеличением частоты передачи) [2].

Таким образом, для передачи данных большого объема, формируется вспомогательный функционал, настраиваемый оператором НСУ. Функционал включает:

- формирование порции данных определенного размера;
- разрешение передачи части пакетов без подтверждения со стороны ведомого;
- наличие сервисного пакета, предназначенного



для синхронизации ведущего и ведомого.

На рис. 1 приведена схема обмена данными между НСУ и БПЛА.

Рис. 1. Схема передачи данных

Как видно из схемы, первым передается вспомогательный сервисный пакет. Он определяет размер и порядок передачи следующих пакетов с данными. После получения положительной квитанции от ведомого, ведущий переходит к передаче информационных пакетов. При этом, ведущий ожидает принять положительные квитанции от тех устройств, которые ему ответили

на сервисный пакет, а также от тех устройств, которые отвечают на информационные пакеты, но по каким-то причинам ответ на сервисный от них получен не был.

Положительный момент использования сервисного пакета заключается в том, что объем сервисной информации, передаваемой вместе с данными сокращается. Тем самым увеличивается коэффициент полезного использования буфера радиоприемника (для устройств с объемом буфера в 64 байта на ~10%). Также плюсом является то, что размер буфера и число пакетов, которые можно принять без подтверждения, являются динамическими параметрами, которые оператор может задать на НСУ, не настраивая драйвер на БПЛА (который может находиться в полете). Удачная настройка этих параметров позволяет сократить время передачи данных, обеспечивая, при этом, надежность.

Протокол предусматривает передачу данных одним коротким пакетом, если размер пакета (данные и сервисная информация) меньше или равен размеру буфера приемника.

Заключение

Спроектированный протокол был реализован в виде кроссплатформенного программного обеспечения (далее – ПО), функционирующего как на БПЛА, так и на НСУ. Данное ПО разрабатывалось для взаимодействия управляющей программы с радиопередатчиком любого вида, т.е. это ПО является универсальным драйвером.

Разработанное ПО на основе созданного протокола было подвержено реальным испытаниям. Было отмечено, что ПО соответствует условию универсальности относительно приемопередатчиков, а также относительно ОС. ПО реализует полный требуемый функционал, включающий гарантию доставки.

При использовании передатчиков APC-340 (433 МГц, технология LoRa), была преодолена дальность передачи в 2,5 км (испытания на более дальних расстояниях не проводились).

Список использованных источников

1. Области применения беспилотников [Электронный ресурс] / RoboTrends. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/oblasti-primeneniya-bespilotnikov>. - Дата обращения: 16.11.2017 г.;
2. Ричард Уоллес (Texas Instrument). Максимальная дальность связи по радиоканалу в системе: как этого добиться? [Электронный ресурс] / ООО «КОМПЭЛ». URL: <https://www.compel.ru/lib/ne/2015/11/2-maksimalnaya-dalnost-svyazi-po-radiokanalu-v-sisteme-kak-etogo-dobitsya>. - Дата обращения: 16.11.2017 г.;