

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Математико-механический факультет

Кафедра системного программирования

Коровянский Алексей Юрьевич

Реализация коммуникации между
группой мобильных роботов с переменной
ТОПОЛОГИЕЙ СВЯЗИ

Курсовая работа

Научный руководитель:
д. ф.-м. н., профессор Граничин О. Н.

Санкт-Петербург
2014

Оглавление

Введение	3
1. Аппаратная часть	5
2. Постановка задачи	7
3. Подходы к решению	8
4. Существующие решения	11
5. Результаты работы	12
Заключение	13

Введение

Одной из актуальных задач при организации коллективной работы мобильных роботов является возможность работы в сети без единого центра, в децентрализованной сети. Работа рассматривается в контексте задачи анализа территории, где в качестве мобильных роботов выступают беспилотные летательные аппараты (БПЛА).

Мониторинг территории группой БПЛА

По умолчанию система работает таким образом:

1. Каждому самолету ставится задача анализа определенного квадранта территории. Вся настройка происходит на базовом узле.
2. БПЛА выполняет поставленную задачу и возвращается к базовому узлу для передачи результатов анализа.

Такой способ организации системы управления БПЛА имеет ряд недостатков:

- вся информация в группе будет передаваться достаточно медленно, поскольку каждый самолет передает результаты анализа только базовому узлу, и доступ к информации будет получен лишь когда каждый из самолетов успешно выполнит поставленную задачу
- возможна лишь статическая организация маршрутов полета, то есть все настройки производятся на базовом узле, и их невозможно изменять во время полета БПЛА;
- любая неполадка в работе самолета приведет к потере данных и при отсутствии специализированных средств, возможно, самого устройства.

Мультиагентные системы

Для решения этих проблем применяется идеология мультиагентных систем (МАС) [2]. В таких системах нет жестко заданных связей между элементами и каждый элемент – агент – обладает определенной самостоятельностью и способен образовывать связи с другими агентами в процессе решения поставленной задачи.

Необходимо обеспечить возможность коммуникации самолетов напрямую друг с другом. Это поможет устранить перечисленные недостатки системы:

- может осуществляться передача информации от агента к агенту по цепочке, сократив таким образом время ожидания информации;

- изменение характеристик маршрута может происходить во время полета БПЛА. Например, возможно поменять местами целевые квадранты агентов;
- при неисправности устройства можно подать сигнал другим элементам системы для дополнительного анализа потерянного квадранта и обнаружения выпавшего из строя самолета.

1. Аппаратная часть

Предлагается использовать трехуровневую систему [1], основной идеей которой является наличие дополнительного микрокомпьютера с помощью которого и появляется возможность применения мультиагентных технологий.

В качестве микрокомпьютера используется Android mini PC, модель Imito MX2 [4]. Устройство работает на базе Rockchip RK3066. В RK3066 интегрировано два ядра ARM Cortex-A9. По умолчанию на устройстве установлена ОС Android 4.1.

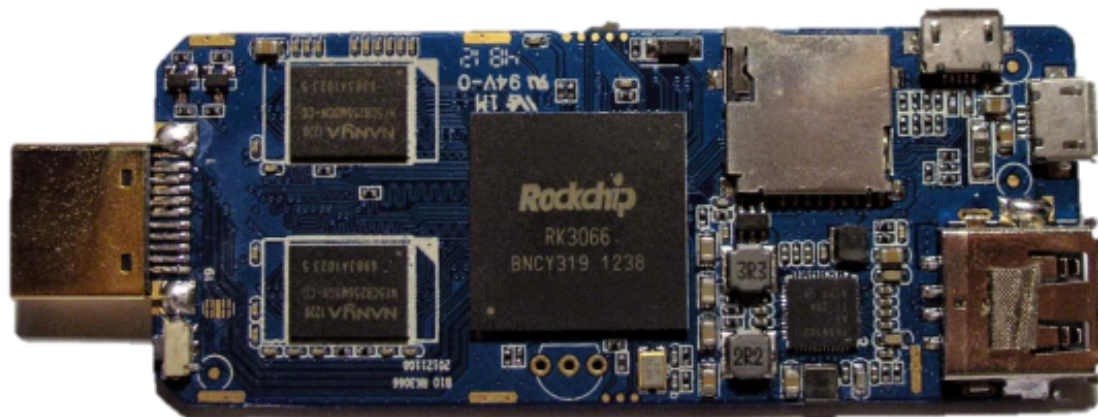


Рис. 1: Imito MX2 в разборе

Для обеспечения связи можно использовать встроенный в Imito Wi-Fi модуль, но он не рассчитан на передачу данных на большом расстоянии, поэтому лучше использовать специализированные модули связи, например, XBee-модемы.



Рис. 2: XBee модуль

XBee и XBee-PRO модули [5] были разработаны для работы со стандартом IEEE 802.15.4 и поддержки дешевых, отличающихся низким энергопотреблением, беспроводных сетей.

Радиус передачи на открытой местности достигает 1600 метров. Модули работают на частоте 2.4 ГГц. Скорость передачи составляет 250 бит в секунду. Устройства используют UART интерфейс на базе RS-232. Эти модули имеют регистры, отвечающие за адрес назначения и за адрес отправки. Эти параметры присваивались модемам с помощью программного обеспечения, поставляемого их разработчиками под ОС Windows.

Для подключения XBee к Imito используется FTDI USB-UART преобразователь на базе чипа FT232RL.

2. Постановка задачи

В ОС Android не предустановлены драйвера к чипу FTDI, поэтому подключение Xbee-модемов без дополнительных настроек невозможно. Таким образом, в первую очередь необходимо **обеспечить корректное определение модемов на Android устройстве.**

Изначально все настройки, в том числе и адрес назначения, адрес отправки, устанавливались на базовом узле. Во время полета изменять эти характеристики невозможно. Именно поэтому коммуникация между БПЛА не может осуществляться напрямую, а только через базовый узел. Необходимо **реализовать возможность переконфигурации модуля связи**, что позволит определять модули, установленные на самолетах, как адрес назначения и передавать информацию непосредственно им.

3. Подходы к решению

Существует несколько подходов для подключения XВee-модемов в Android mini PC:

- использования Android USB Host API;
- написание модулей ядра для ОС Android;
- использование модулей ядра для похожих устройств;
- установка GNU/Linux на устройство.

В официальной документации системы Android представлен USB host API функционал [3]. Такой функционал позволяет Android устройству работать в USB host режиме, определять подключенные USB устройства, а также подавать питание, если это позволяет аппаратная часть устройства. Официально заявлено, что USB Host API функционал поддерживается, начиная с версии Android 3.1. На модели Imito MX2, как и на большинстве подобных устройств, установлена версия Android 4.1 и выше. Более того, если реализовать корректное определение XВee-модемов, используя этот функционал, то такое решение будет работать на любом Android устройстве, поддерживающем USB Host API.

К сожалению, уже на этапе тестирования работы выяснилось, что несмотря на то, что на программном уровне все работает корректно, фактически никакое USB устройство Android mini PC не определял. Последующее тестирование показало, что функционал работает лишь на очень небольшой доле Android устройств, например, на моделях серии Nexus, HTC One. На каких-либо специфических устройствах функционал вырезан производителем из-за ненадобности конечному пользователю.

Поскольку использование стандартного инструментария оказалось невозможным, то было решено перейти ко второму способу, то есть собрать модули ядра Android. Сборка происходит следующим образом:

1. Получение доступа к исходному коду ядра хотя бы подобного устройства.
2. Загрузка конфигурации ядра искомого устройства.
3. Компиляция модулей.
4. Загрузка собранных модулей в искомое устройство при помощи команды *insmod*.

Преграды появляются уже на первом шаге, ибо несмотря на то, что ОС Android поставляется с открытым исходным кодом, то предоставление кода последующих же

оболочек остается на совести производителя. Таким образом можно получить исходники ядра лишь популярных моделей на базе ОС Android. У специфических же моделей доступ к исходному коду не предоставлен. Выйти на контакт с производителем не представляется возможным.

Далее предлагается перейти к третьему способу, то есть использовать уже собранные модули для похожих устройств. Этот метод фактически совпадает с предыдущим, но первые три шага уже выполнены. Остается только загрузить собранные модули в искомое устройство. Возникает ряд сложностей. Во-первых, не так просто найти необходимые модули к похожим устройствам, поскольку проблемы предыдущего метода характерны для всей экосистемы этих устройств, а не только для конкретной модели Imito MX2. Во-вторых, нет никаких гарантий, что даже если модуль корректно загрузится в систему, то последующая его работа не вызовет нареканий. Были проведены тесты, и ни один не привел к положительному результату, поэтому остается последний метод, то есть установка системы GNU/Linux на Android устройство.

Установка системы GNU/Linux на устройства на базе Rockchip 3066 происходит в два этапа:

1. Установка Linux ядра, обычно в область Recovery устройства, для того, чтобы иметь возможность загрузиться в Linux.
2. Копирование Linux Root File System (RFS) на карту памяти устройства для того, чтобы ОС могла загрузиться оттуда.

Для первого этапа можно использовать стандартный инструментарий, предоставляемый производителем Rockchip 3066 для обновления прошивки устройства, только вместо образа Recovery записать образ Linux ядра. Таким образом при загрузке в Recovery устройства фактически будет происходить загрузка в систему GNU/Linux.

На втором этапе возникают сложности, так как снова необходимо собрать модули ядра в систему, но так как исходный код системы доступен, то сделать это возможно.

После реализации корректной работы с XBee-модемом, используя последний метод, становится возможна его переконфигурация. Существует ряд библиотек, предназначенных именно для этой цели, например, libxbee (C), pythob-xbee (Python), Java xbee-api (Java). Также можно использовать программу minicom.

Модемы работают в режимах AT и API. Оба режима позволяют их конфигурировать. В AT режиме для этого достаточно отправить "+++" на RX регистр модема и далее при помощи управляющих команд менять, например, адрес назначения. API режим позволяет настраивать пакеты данных. Это понадобится, например, при реали-

зации отправки подтверждения о получении данных. По умолчанию такой проверки нет.

4. Существующие решения

При решении задачи рассматривалось множество альтернатив:

- Плата "IOIO";
- Arduino;
- Raspberry Pi.

Плата "IOIO" - специализированная плата для подключения различных интерфейсов к Android устройствам. К сожалению, стоимость платы соизмерима со стоимостью Android mini PC вместе с XBee-модемом, поэтому из экономических соображений ее не стоит рассматривать в качестве альтернативы. К тому же неизвестно использует ли она для подключения Android USB Host API функционал, ибо в этом случае для нашего устройства она будет бесполезна.

К Arduino тоже возможно подключить XBee модули. Работа с микрокомпьютера будет осуществляться через Bluetooth. Такая система не энергоэффективна. К тому же это нарушает структуру трехуровневой системы управления БПЛА, поскольку теряется независимость работы микрокомпьютера.

Raspberry Pi действительно можно рассматривать в качестве альтернативы, но его производительность заметно ниже большинства моделей Android mini PC, при этом его цена не ниже средней стоимости устройств на базе Rockchip 3066.

Также ведется работа с контроллером TRIK. Подключение XBee модулей к нему реализуется практически так же, как и на Imito, поэтому вся проделанная работа может быть применена и к нему. По умолчанию в нем нет FTDI драйверов, но в основе TRIK стоит GNU/Linux система, поэтому всё необходимое можно установить.

5. Результаты работы

Было исследовано множество методов для подключения XВee-модемов к Android устройству. Большинство из представленных методов не привели к положительному результату. В итоге, используя преобразователь USB host - UART (+Power) на базе чипа RS23RL, настроено определение последовательного порта в Android устройстве.

Также была реализована возможность прямого ”общения” с XВee модулем.

Необходимо понимать, что работа может быть использована в будущем, поэтому в качестве результата недостаточно просто представить готовый продукт, нужно сделать возможным повторение достигнутого. Поэтому была написана подробная инструкция по приведению устройства в текущее состояние.

Были проведены стресс-тесты устройства. Устройство работало корректно в течение 3-х часов при приближенной к реальным условиям нагрузке, то есть периодической отправкой данных на сторонний узел.

При помощи AT и API режимов возможна переконфигурация модемов непосредственно с Android mini PC.

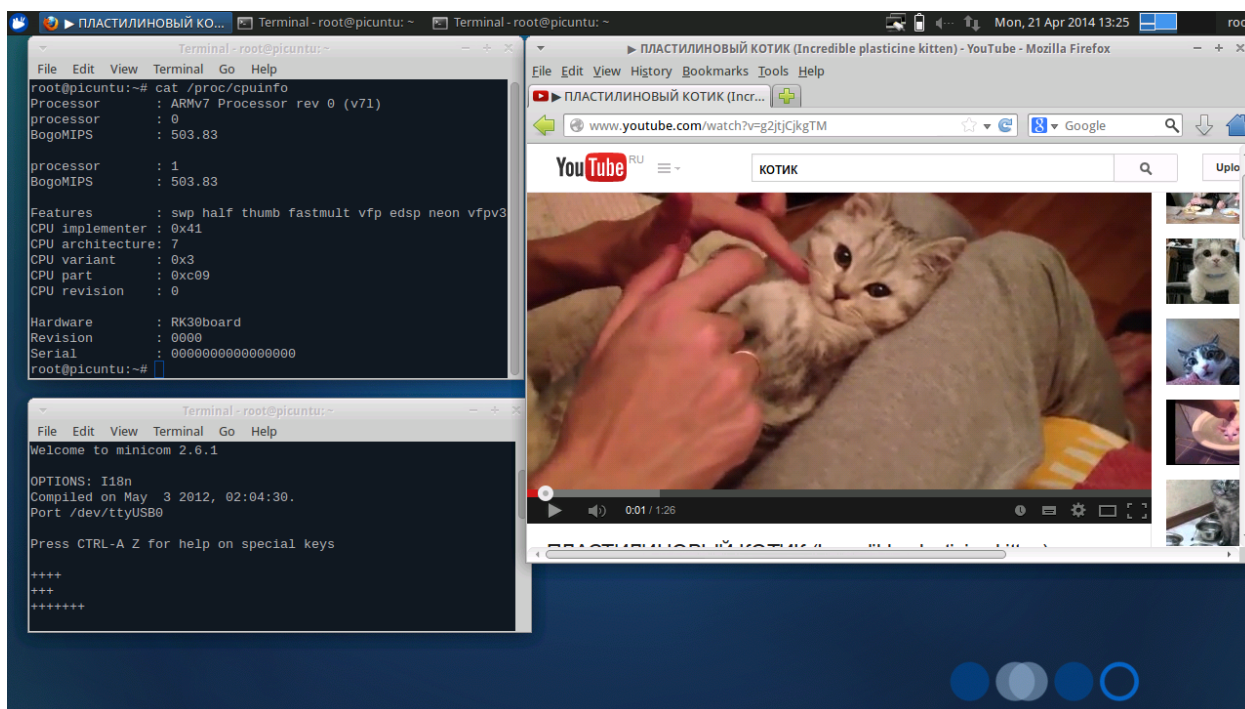


Рис. 3: Скриншот работы устройства

Заключение

В работе рассмотрена реализация возможности коммуникации между мобильными роботами, используя Android mini PC и XBee-модемы. Были рассмотрены несколько методов для достижения искомого результата. Положительно себя проявил только способ, подразумевающий установку системы GNU/Linux на устройство.

Были рассмотрены различные альтернативы, имеющие ряд недостатков, из-за чего выбор, сделанный в работе, остается наиболее релевантным решением.

Возможные направления дальнейших исследований:

- Настройка системы автопилотирования для работы на Android mini PC, так как без этого невозможно приступить к испытаниям системы с группой БПЛА;
- Работа над протоколом связи между БПЛА.

Список литературы

- [1] Амелин К.С. Граничин О.Н. Мультиагентное сетевое управление группой легких БПЛА. — Нейрокомпьютеры: разработка, применение - №6. - С. 64-72, 2011.
- [2] Городецкий В.И. Грушинский М.С. Хабалов А.В. Многоагентные системы (обзор). — Новости искусственного интеллекта - №2. - С. 64-116, 1998.
- [3] Документация Android USB Host API. — <http://developer.android.com/guide/>.
- [4] Ресурс сайта производителя Mini PC. — <http://www.imito.net/>.
- [5] Ресурс сайта производителя XBee. — <http://www.digi.com/>.