



ческих ресурсов, так и снижения аварийности и повышения надежности работы технологического оборудования.

### Литература

- 1 Плетнев Г.П. Автоматизированные системы управления объектами тепловых электростанций. М.: изд. МЭИ, 1995.- 353 с.
- 2 Экстремальное регулирование котельного агрегата / Шмелев Н.В. и др. -Электрические станции. 1967. - №10.- с. 31-37.
- 3 Патент РФ 20119698/08, 16.05.2011.
- 4 Изерман Р. Цифровые системы управления.- М.: Мир, 1984.- 541 с.

Е.В. Симонова, Д.Ю. Мирошников

## ОРГАНИЗАЦИЯ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ MESH-СЕТИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

### Введение

В области создания и использования космических аппаратов (КА) формируется новая тенденция создания орбитальных группировок, базирующихся на КА малой весовой размерности. Считается, что создание кластеров или «роя» из большого количества маломассогабаритных космических аппаратов (МКА) способно радикально изменить установившееся представление о роли и месте космических средств дистанционного зондирования (ДЗЗ) и значительно расширить нишу потребительских сервисов по сравнению с реализуемыми в настоящее время [1]. Важной частью построения подобных систем является организация сетевого взаимодействия множества устройств, количество и положение в пространстве которых не постоянно.

### Постановка задачи

Пусть имеется некоторое число мобильных и стационарных устройств. Необходимо организовать сеть этих устройств (рисунок 1) такую, что мобильные устройства должны иметь возможность свободно перемещаться в пространстве, не теряя способности обмениваться друг с другом информацией по беспроводному каналу передачи данных, даже если какие-либо два устройства не находятся в зоне прямой радиовидимости. Это должно достигаться за счет способности устройств передавать данные в режиме ретрансляции. Сеть должна обладать свойством самоорганизации, т.е. добавление новых устройств в сеть будет происходить просто за счет достижения ими зоны радиовидимости любого устройства уже находящегося в сети, а узлы, уже находящиеся в ней, могут свободно покидать пределы сети и возвращаться в них. Стационарные устройства служат для получения или пересылки информации в сеть. Для общения с внешним миром они используют проводные среды передачи данных, а для взаимодействия с мобильными устройствами – радиосвязь.

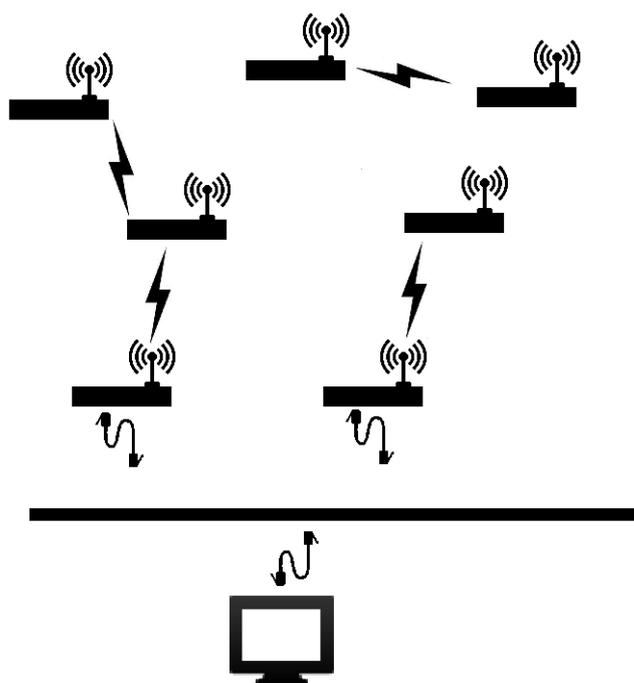


Рис. 1. Общая схема сети

### Mesh-сети

Описанные свойства сети устройств являются основными свойствами Mesh-сетей, топология которых основана на децентрализованной схеме организации сети. Их отличительной особенностью является самоорганизующаяся архитектура, реализующая следующую функциональность[2]:

- создание зон сплошного информационного покрытия большой площади;
- масштабируемость сети (увеличение площади зоны покрытия и плотности информационного обеспечения) в режиме самоорганизации;
- использование беспроводных транспортных каналов (backhaul) для связи точек доступа в режиме "каждый с каждым";
- устойчивость сети к потере отдельных элементов.

Точки доступа, работающие в Mesh-сетях, не только предоставляют услуги абонентского доступа, но и выполняют функции маршрутизаторов/ретрансляторов для других точек доступа той же сети. Благодаря этому появляется возможность создания самоустанавливающегося и самовосстанавливающегося сегмента широкополосной сети [2].

### Mesh протокол cjdns

Для построения Mesh-сети использовался Mesh протокол cjdns. Существует несколько его аналогов (таблица 1), различных по своим функциональным возможностям.



Таблица 1 – Сравнение Mesh протоколов

	CJDNS	B.A.T.M.A.N.	DTN	Netsukuku	OSPF
Авто-назначение адреса	Да	Нет	Нет	Да	Нет
Авто-конф. Маршрутизация	Да	Да	Да	Да	Частично
Распределенная маршрутизация	Да	Да	Да	Да	Частично
Объединение сетей	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
IPv4/v6	IPv6	IPv4/v6	IPv4/v6	IPv4	IPv4
Шифрование трафика внутри сети	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Авто-настройка	Да	Да	Да	Нет	Да
Разработка	Активная	Закончена	Активная	Нет	Закончена
Поддержка UNIX\LINUX\OpenWRT	Да	Да	Да	Да	Да
Поддержка Windows	В разработке	Нет	Нет	Нет	Нет
Поддержка Mac OS X	Да	Да	Да	Да	Да
Потребление ресурсов	Низкое	Низкое	Низкое	Высокое	Низкое
Интеграция в ядро Linux	Нет	Да	Нет	Нет	Да

Среди них большими возможностями обладает cjdns. Он по умолчанию обеспечивает функционирование зашифрованной IPv6 сети, в которой используются публичные ключи шифрования для присвоения публичного адреса [3]. Для построения Mesh-сети на узлы необходимо лишь установить ПО, реализующее протокол cjdns. С помощью данного ПО генерируется файл настроек, в котором узлу присваиваются IPv6 адрес, публичный и приватный ключи шифрования трафика. Далее в этом же файле всего лишь необходимо указать, по какому сетевому интерфейсу, доступному устройству, необходимо осуществлять поиск других узлов сети.

### Используемое оборудование

В качестве устройств, которые были объединены в Mesh-сеть, использовались Raspberry Pi 2. Raspberry Pi 2 представляет собой одноплатный компьютер размером с банковскую карту. Его основой является однокристальная система Broadcom BCM2836 с четырьмя ядрами ARMv7 Cortex-A7 частотой 900 МГц и Broadcom VideoCore IV 250 МГц, 1 гигабайт ОЗУ. На плате находится набор низкоуровневых интерфейсов, которые позволяют подключать к Raspberry Pi платы расширения, внешние контроллеры, датчики и прочие аксессуары. Так, на плате есть 15-пиновые слоты CSI-2 для подключения камеры и DSI для установки дисплея. Также имеет ся колодка на 40 линий ввода-вывода общего назначения (GPIO, General Purpose Input/Output). На них же реализованы интерфейсы UART, консольный порт, SPI и I<sup>2</sup>C. Raspberry Pi способен работать под управлением большинства дистрибутивов Linux, но разработчики этого компьютера подготовили специальные версии популярных дистрибутивов (дистрибутив Debian, получивший название Raspbian, Fedora, названная Pidora, и др.), настроенные специально под оборудование Raspberry Pi.

Обширные возможности для подключения периферийных устройств, операционные системы, оптимизированные под оборудование компьютера, большое количество периферийных модулей, сделанных специально для этого компьютера, делают Raspberry Pi 2 удобной для постановки различных экспериментов со взаимодействием устройств, а широкое его распространение позволяет быстро находить решения преодоления трудностей в установке и настройке различного оборудования или программного обеспечения.

Связь компьютеров друг с другом была организована через Wi-Fi адаптеры, настроенных на режим работы ad-hoc. В отличие от стандартного режима



infrastructure, Wi-Fi адаптеры способны обмениваться данными напрямую друг с другом без участия в обмене единой точки доступа.

### Прототип Mesh-сети

Был построен прототип Mesh-сети из трех устройств. Одно из них мобильное и оснащено камерой. Второе устройство стационарное и служит для доступа к Mesh-сети извне. На нем настроен сетевой мост, позволяющий компьютерам в локальной сети получать данные из Mesh-сети. Третье устройство служит промежуточным узлом в Mesh-сети между стационарным устройством и устройством с камерой.

Для демонстрации возможностей данной сети был поставлен эксперимент по получению видеосигнала из этой сети. Для этого устройство, оснащенное камерой, создает веб интерфейс, доступный по IPv6 адресу, в котором отображается изображение, получаемое с камеры. Изначально включены только устройство с камерой и стационарное. Они находятся в зоне прямой радиовидимости друг друга (рисунок 2а). При этом сигнал поступает с устройства с камерой и через стационарное устройство перенаправляется в локальную сеть. В браузере компьютера, находящегося в локальной сети, был доступен веб интерфейс устройства с камерой. После отдаления мобильного узла сети (рисунок 2б) соединение разрывалось, и трансляция видеосигнала прерывалась. Затем было включено промежуточное устройство и помещено между мобильным и стационарным узлами (рисунок 2в). При этом Mesh-сеть самоорганизовывалась, и трансляция видеосигнала возобновлялась.

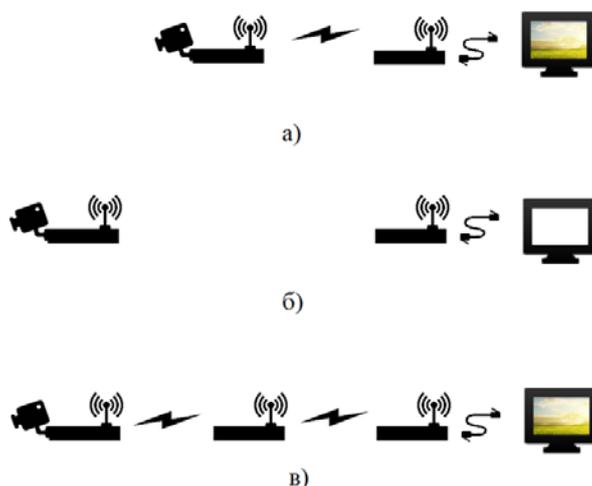


Рис. 2. Результаты эксперимента: а) мобильное и стационарное устройства в зоне прямой видимости; б) мобильное и стационарное устройства вне зоны прямой видимости; в) между мобильным и стационарным устройствами добавлен промежуточный узел.

### Заключение

При использовании протокола sjdns и описанного выше оборудования получилось организовать сеть устройств, взаимодействующих друг с другом. Был поставлен эксперимент, показывающий работоспособность данной сети,



способной к масштабированию, самоорганизации, передаче данных через промежуточные узлы.

### Литература

1. А.Б. Иванов, А.А. Жилиев, И.В. Майоров, Е.В. Симонова, П.О. Скобелев, В.С. Травин, В.К. Скирумунт, Н.Р. Стратилатов, С.В. Тюлевин. Адаптивное планирование сеансов связи малых космических аппаратов в сети наземных пунктов приема информации на основе мультиагентных технологий // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014, Москва, 16 – 19 июня 2014 г.: Труды. [Электронный ресурс] М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. – С. 8975-8983. Электрон. текстовые дан. (1074 файл: 537 МБ). 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). ISBN 978-5-91459-151-5. Номер государственной регистрации: 0321401153.
2. И.Е. Осипов. Mesh-сети: технологии, применение, оборудование // Технологии и средства связи. – 2006, №4. – С. 38-45.
3. Cjdns [Электронный ресурс] // The free content wiki for project meshnet and supporting projects. Режим доступа: <https://wiki.projectmeshnet.org/Cjdns> (дата обращения: 17.02.2015) – Загл. с экрана.

Е.В. Симонова, И.В. Осипов

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЦЕЛЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГРУППИРОВКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

### Введение

Развитие микроэлектроники и достижения в области планирования сеансов связи привели к росту интенсивности эксплуатации космических аппаратов (КА). Появилась возможность ставить задачи не только отдельным КА, но и их группировкам – объединениям спутников, обладающих различными возможностями целевого применения. Современные подходы к решению задач планирования обеспечивают динамическое изменение расписаний выполнения поставленных задач [1-2]. В связи с этим появляется потребность в мониторинге за состоянием ресурсов группировки КА, распределением заявок на съемку и прогрессом в решении поставленных задач. Существующие системы мониторинга целевого применения КА представлены в стационарном (пакетном) виде и разрабатываются специально под каждый космический аппарат. Для их применения необходимо предварительно установить на компьютер пользователя дистрибутив системы, для обновления которого потребуется установить либо специальные пакеты обновлений, либо, если данная возможность не предусмотрена, переустановить программное обеспечение. В то же время, при решении задачи наблюдения за группировками КА возникает потребность в непрерывной работе системы, что затрудняет использование пакетных программных средств.

### Постановка задачи