

СПС

АКАДЕМИЯ

СОВРЕМЕННЫХ

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ

ТЕХНОЛОГИЙ

- СПС Сети подвижной связи
- СПС.4 Широкополосный беспроводный доступ на основе Wi-Fi
(количество частей – 3, число страниц - 35)
- СПС.4.03 Перспективные тенденции использования технологии WiFi в инфокоммуникациях
(число страниц – 12)

СПС.4

Новые технологии и технические решения, расширяющие область применения WiFi

Технология MIMO

В январе 2004 года институт IEEE образовал группу «n» для работы над повышением пропускной способности беспроводных сетей (вплоть до теоретического предела в 540 Мбит/с). Основа стандарта IEEE 802.11n – это технология адаптивной когерентной обработки сигналов нескольких антенн (Multiple Input Multiple Output, MIMO).

Аббревиатура MIMO означает «множественный вход, множественный выход» - это технология передачи данных с помощью N антенн и их приёма M антеннами. Передающие и приёмные антенны разнесены настолько, чтобы достичь слабой корреляции между соседними антеннами. Уже первые устройства с технологией MIMO стандарта 802.11n позволили реализовать вчетверо большую реальную скорость (90-96 Мбит/с против 25-26 Мбит/с для 802.11 a/g).

Оригинальность схемы кодирования MIMO состоит в том, что для увеличения скорости передачи в ней использованы недостатки распространения радиоволн в помещениях, и, в частности, эффект множественного отражения и интерференции радиоволн. В технологии MIMO применяются несколько антенн различного рода, настроенных на один и тот же канал (см. рис. 1). Каждая антенна передает сигнал с различными пространственными характеристиками. Каждый Wi-Fi приемник «прислушивается» ко всем сигналам от каждого Wi-Fi передатчика.

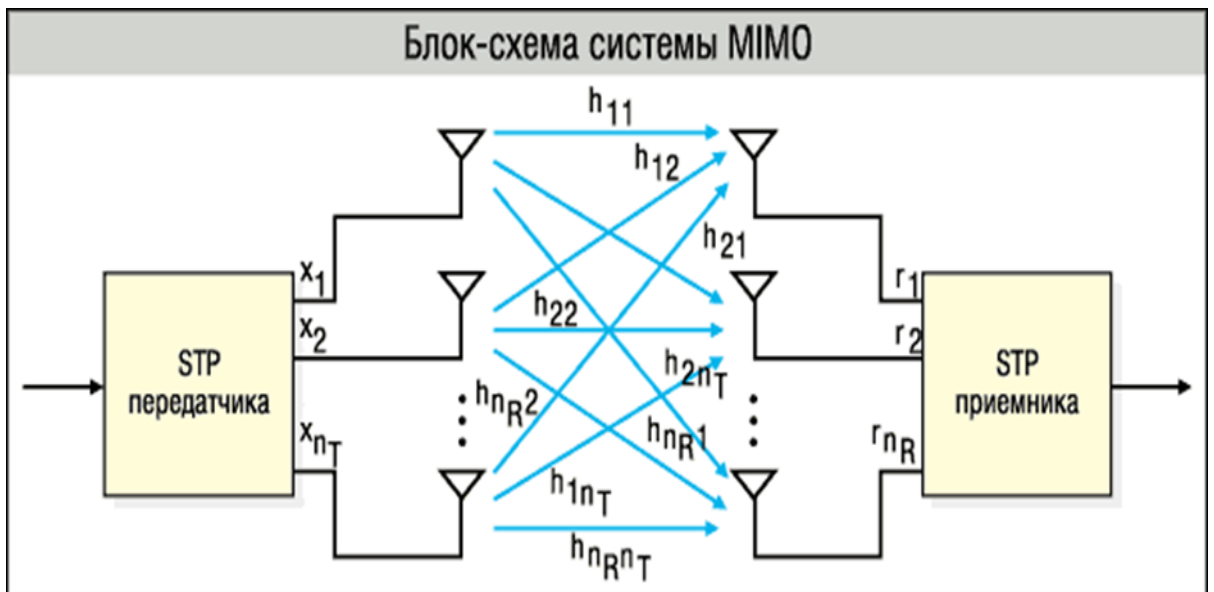


Рис. 1. Иллюстрация использования MIMO

Работа систем MIMO базируется на механизме пространственно-временной обработки сигналов Space-Time Processing (STP). Под STP понимается адаптивная обработка сигналов системой, состоящей из нескольких антенных элементов, с использованием особенностей как пространственной, так и временной областей радиоканала. До недавнего времени почти все разработки в области STP относились к базовым станциям или точкам доступа.

При многолучевом распространении сигнала уровень принимаемой мощности является случайной функцией, зависящей от местоположения пользователя и времени. Если используется антенный массив, то вероятность потери сигнала всеми антеннами уменьшается экспоненциально с увеличением числа некоррелированных сигналов (или антенн). Передатчик разбивает поток данных на независимые последовательности битов и пересылает их одновременно, используя массив антенн. Сигналы смешиваются в канале, поскольку генерируются в одном диапазоне частот. Далее используется обратное преобразование, и приемник, располагая служебной информацией о каждом подканале, восстанавливает из отдельных потоков первоначальный вид данных.

В целях объединения технологии Mesh Networks со стандартом 802.11n образован форум Wi-Mesh, который будет продвигать самоорганизующиеся беспроводные сети.

Беспроводные ячеистые сети

Расчет беспроводных сетей технологии WiFi внутри зданий может быть затруднен из-за сильного затухания сигнала при прохождении через стены и перекрытия и отражений от стен. Поэтому в зданиях с капитальными междуэтажными перекрытиями (то есть, во всех зданиях, кроме выставочных павильонов, цехов и подобных им конструкций) на каждом этапе следует устраивать отдельную беспроводную сеть, соединяя их проводной межэтажной сетью. Должна использоваться беспроводная технология, приспособленная к ситуации многолучевости, то есть параллельного приема одного и того же переданного сигнала, пришедшего на приемник разными путями, с разным числом отражений и разной задержкой. Выбор рабочих частот и мощности передатчика должен удовлетворять указанным выше условиям – сигнал должен проникать через перегородки, но не проникать через капитальные внешние стены, чтобы не создавать помех уличным беспроводным системам.

Принципиально новым решением в создании крупных сетей технологии WiFi является использование технологии Mesh Networks (на русский переводится как «ячеистые» или «решетчатые сети»). Архитектура ячеистой сети состоит из некоторого количества узлов (node), которые образуют основу (backbone) сети и клиентских устройств. Дополнение IEEE 802.11s к стандарту IEEE 802.11 содержит такое определение: «Mesh-сеть – это IEEE 802LAN, включающая звенья и контрольные элементы WLAN IEEE 802 для переадресации (форвардинга) кадров клиентам сети». Это означает, что функционирование mesh – сетей предполагает использование режима маршрутизации (бродкастинга) сетей Ethernet.

Технология Mesh Networks в беспроводных сетях приобретает новые свойства. При использовании беспроводных узлов топология сети может легко перестраиваться перемещением узлов, удалением или добавлением узлов. Прокладка кабелей между узлами не требуется. Узлы могут связываться каждый с каждым и самостоятельно образовывать маршруты передачи данных. Узлы обнаруживают отключение соседних узлов и появление новых, и автоматически перестраивают маршруты. Принцип действия узлов ячеистой сети схож с принципом работы маршрутизаторов сети Интернет – данные передаются от одного маршрутизатора к другому до тех пор, пока не достигнут назначения. Каждое устройство ячеистой сети должно обеспечивать функции динамической маршрутизации в реальном времени, что накладывает определенные требования на вычислительную мощность узлов. Теоретически можно накрыть mesh-сетью любую необходимую территорию - этаж, здание, район города, целый город. Вопрос заключается только в количестве узлов и в возможности обеспечить их электропитанием. Беспроводные клиенты могут перемещаться в зоне покрытия, узлы будут создавать маршруты и обеспечивать прозрачный роуминг.

Логическим объектом mesh – сети является mesh – узел (MP).

Идеология MESH принципиально отличается от традиционной структуры построения беспроводной сети. Обычно понятия «базовая станция» (БС) и «абонентская станция» (АС) четко разделены. Задача БС - управление и взаимодействие с АС, которые не могут работать друг с другом. Привычно строить беспроводные сети именно по такой «сотовой» идеологии. Действующие стандарты группы 802.11 и 802.16 также ориентированы на традиционный подход.

Mesh – сети в отличие от сетей сотовой связи имеют два вида связей:
связь прямого доступа (Access Tier, АТ);

обходная связь (Backhaul Tier, BT).

MESH - сеть проектируется таким образом, чтобы каждое устройство (база, абонент) «видело» два или более соседних. При этом обеспечивается хранение сведений о соседях на каждой АС в сети.

Если один из узлов сети перестаёт функционировать, другие узлы продолжают работу, соединяясь между собой напрямую или через промежуточные узлы. Принцип действия узлов ячеистой сети схож с принципом работы маршрутизаторов сети Интернет - данные передаются от одного маршрутизатора к другому до тех пор, пока не достигнут назначения. Каждое устройство ячеистой сети должно обеспечивать функции динамической маршрутизации в реальном времени, что накладывает определенные требования на вычислительную мощность узлов.

Беспроводные клиенты могут перемещаться в пределах зоны покрытия, узлы будут строить правильные маршруты и обеспечивать прозрачный роуминг.

При выходе любого узла такой сети из строя, сеть автоматически перенастраивается так, что все абоненты по-прежнему были на связи, только работать будут уже через другие узлы такой сети.

Такой подход позволяет разворачивать сети полного покрытия заданной территории с возможностью бесшовного роуминга абонентов и высокой надежностью.

Первоначально mesh –сеть понималась как сеть с топологией «каждый-с-каждым». В настоящее время известны решения для иерархических структур mesh –сетей. Идеологию MESH можно применять не только к Wi-Fi - сетям, но и к городским сетям общего пользования. Например, многие принципы MESH- идеологии реализованы в оборудовании Revolution (SkyMAN) компании InfiNet Wireless. Абонентские устройства могут быть прописаны на нескольких базовых станциях и автоматически переключатся в случае необходимости. Помимо этого, сеть необязательно строить по сотовому принципу - любое абонентское устройство может быть ретранслятором для другого.

Использование WiFi для развития доступа в сеть Интернет

Одним из перспективных направлений развития телекоммуникаций является подключение пользователей к сети FON. В качестве справки — испанская компания FON (FON Wireless Ltd.) управляет сообществом Wi-Fi-сетей в разных странах с 2005 года. Участники сети FON пользуются сетью Интернет бесплатно, все остальные поль-

зователи должны вносить оплату. Часть этих поступлений выплачивается владельцу точки доступа. Инвесторами FON являются Google, Skype, Index Ventures, Sequoia Capital и British Telecom.

Концепция подключения пользователей к сети FON в России заключается в том, что любой пользователь, имеющий безлимитный широкополосный доступ в Интернет, может установить у себя дома или в офисе специальный Wi-Fi-роутер La Fonera. Роутер поддерживает Wi-Fi-сеть, с помощью которой любой человек, находящийся в зоне действия такого хот-спота и имеющий абонентское устройство с Wi-Fi, может подключиться к Интернету. Сеть создается и расширяется за счет пользователей, установивших роутеры La Fonera.

Настоящая революция в области технологии WiFi началась в 2007 году, когда американская компания Ubiquiti Networks выпустила на рынок телекоммуникаций абонентские комплекты с интегрированной антенной 10-15 дБ, достаточной мощности и во всепогодном исполнении. Новое оборудование позволяет подключать абонента за 100 долларов на расстоянии несколько километров от базы, стоимость которой не превышает 400 долларов (в условиях прямой видимости). За первый год компания Ubiquiti Networks продала несколько сотен тысяч таких устройств. На следующий год Ubiquiti Networks выпустила новое поколение оборудования, которое обеспечивает скорость передачи данных до 300 Мбит/с. За три года ассортимент Ubiquiti Networks расширился и включает в себя базовые станции с секторными антеннами, абонентские устройства с маленькой или большой антеннами и WiFi – адаптер.

Примеры реализации mesh – сетей на базе технологии MIMO

Одним из перспективных направлений развития телекоммуникационных услуг с использованием технологии WiFi является предоставление бесплатного доступа в Интернет в торговых центрах и других общественных местах, где высока плотность абонентов. Так, в начале 2011 года оператор O2 сообщил о планах строительства в Великобритании национальной сети WiFi с бесплатным доступом. Проект O2 стартует с 450 точек доступа. Ожидается, что к концу 2011 года мобильные WiFi смогут автоматически настраиваться для подключения к сети O2. В качестве примера на рис. 5.2 и 5.3 представлены варианты реализации mesh – сетей на базе технологии MIMO в соответствии с требованиями заказчиков. Вариант, представленный на рис. 2, разработан

фирмой AirTies и соответствует случаю, когда требуется обеспечить беспроводным Интернетом школу, которая состоит из трех прилегающих зданий (одно трехэтажное здание и два четырехэтажных здания).

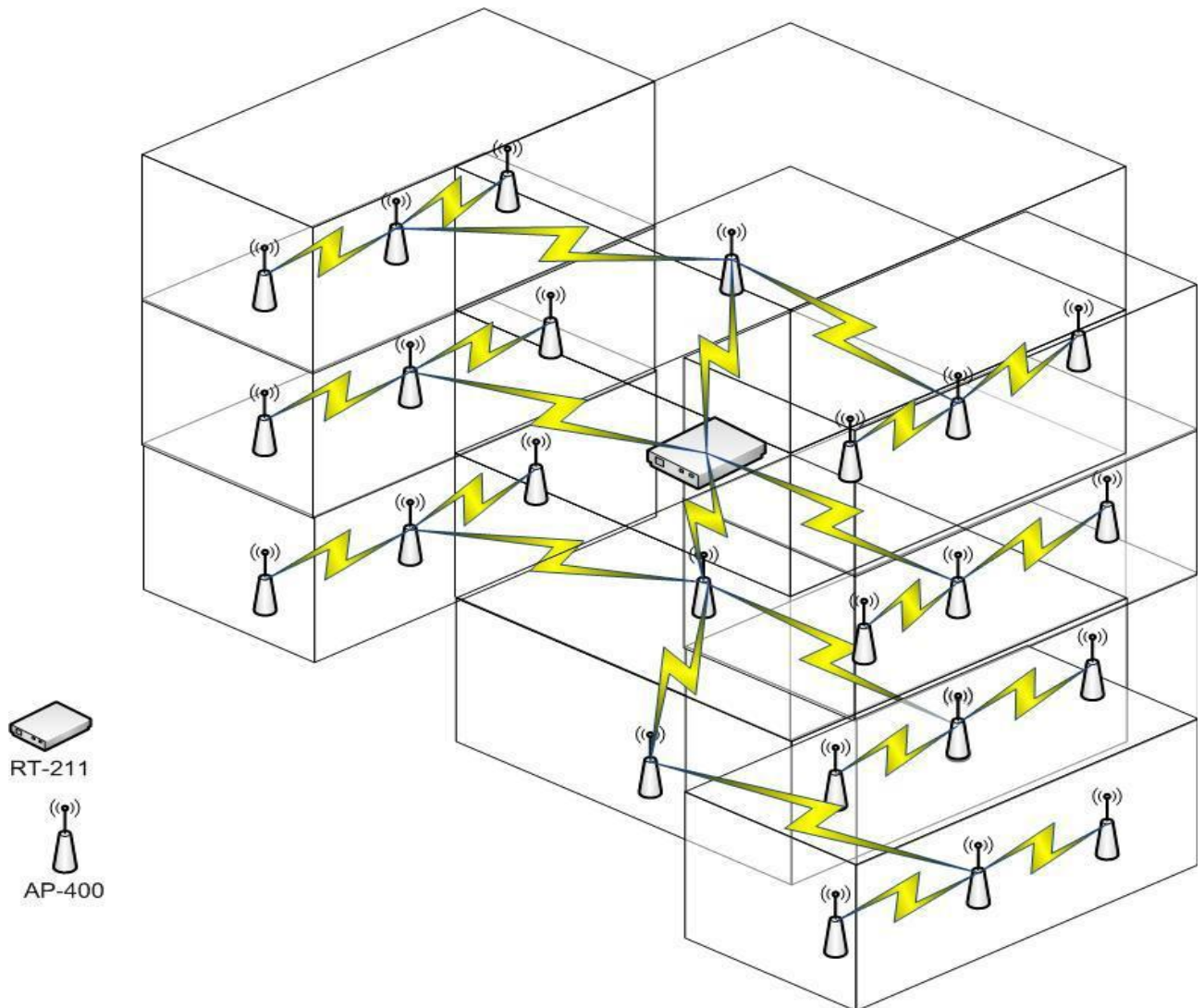


Рис. 2. Вариант реализации mesh – сети в школе (разработка AirTies)

Этажом ниже беспроводное соединение предлагается установить между точками доступа на обоих концах этажа и еще одним этажом ниже. Таким же образом этажом выше предусмотрено соединение Mesh между точкой доступа на верхнем этаже с точками доступа в прилегающих зданиях на этом же уровне. В боковых зданиях соединение Mesh предусмотрено между точками доступа на обоих концах верхнего и нижнего этажей. Этажом ниже беспроводное соединение предлагается установить между точками доступа на обоих концах этажа и еще одним этажом ниже. Таким же образом

этажом выше предусмотрено соединение Mesh между точкой доступа на верхнем этаже с точками доступа в прилегающих зданиях на этом же уровне. В боковых зданиях соединение Mesh предусмотрено между точками доступа на обоих концах верхнего и нижнего этажей.

На рис. 3 показан вариант реализации доступа в Интернет в школьном кампусе - в одном главном здании и в двух общежитиях, также разработанный фирмой AirTies.

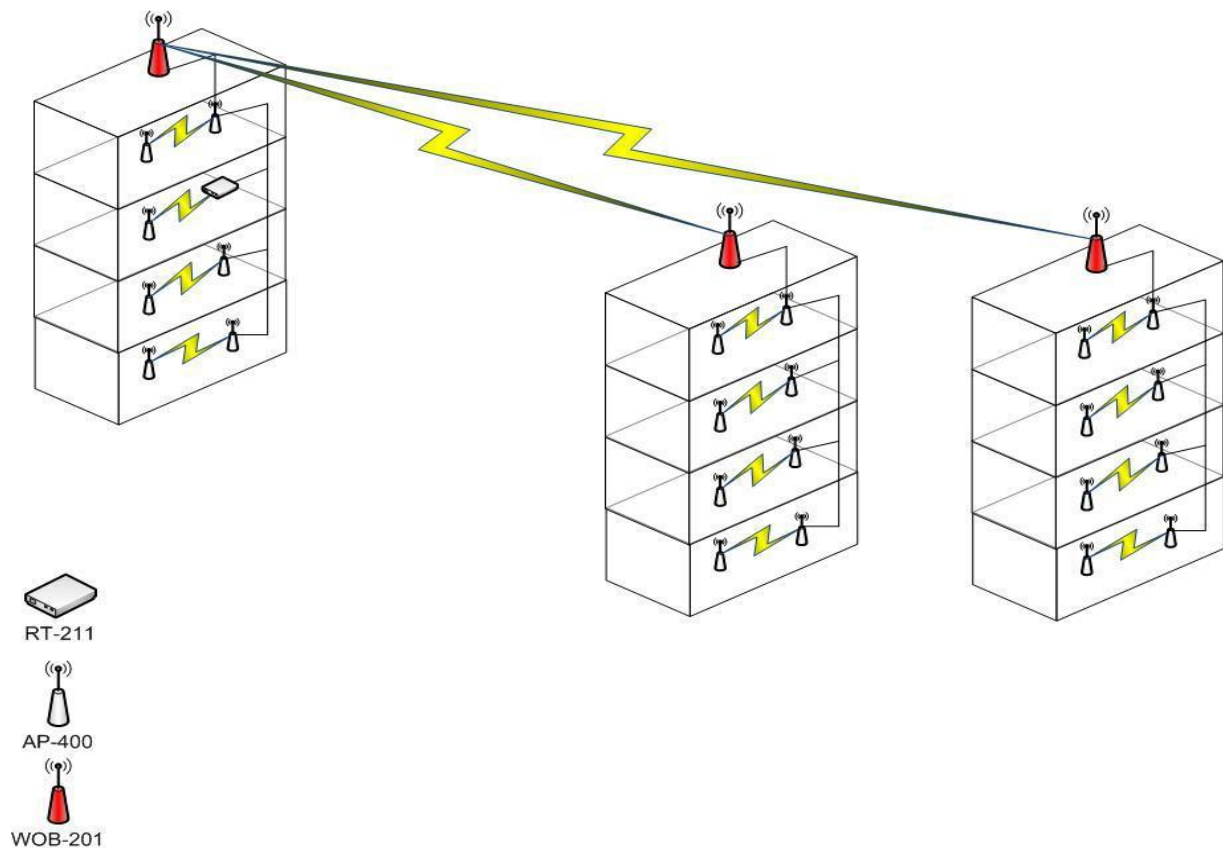


Рис. 3. Вариант реализации mesh – сети в школьном кампусе (разработка AirTies)

В качестве проблем разработчики указали значительное ухудшение силы сигнала за счет стен зданий. Для уменьшения влияния стен на сигнал все устройства, которые соединялись с устройствами на других этажах, были соединены с помощью кабелей. Между точками доступа, находящимися на одном этаже, было установлено соединение Mesh.

Модем был установлен на 3-м этаже главного здания. Расстояние между главным зданием и общежитиями составляло 50 м и 75 м. В этом проекте были использованы: три наружных точки доступа WOB-201; один беспроводной маршрутизатор RT-211; 23 беспроводных точки доступа AP-400. По одной точке доступа WOB-201 было

установлено на крыше главного здания и общежитий. Устройства WOB-201 на крышах общежитий были направлены в сторону школьного здания. Таким образом, установлено соединение Mesh с устройством WOB-201 на главном здании школы.

Примеры реализации телеметрических распределенных систем

Телеметрическая распределённая система топологии Mesh Lite включает три вида устройств представлена на рис. 4 и включает в себя:

координатор сети — устройство самого высокого уровня сетевой топологии, которое может обмениваться данными только с находящимися в его непосредственном подчинении устройствами;

маршрутизатор, являющийся посредником между устройствами более высокого и низкого уровней;

оконечное устройство, являющееся источником или получателем данных телеметрии.

Каждое устройство сети Mesh Lite имеет уникальный MAC-адрес с иерархической структурой, позволяющей различать устройства различных уровней. В качестве любого из перечисленных выше видов устройств может выступать радиомодем фирмы Telit RF, запрограммированный соответствующим образом. Технические характеристики некоторых радиомодемов фирмы Telit RF представлены в таблице 1.

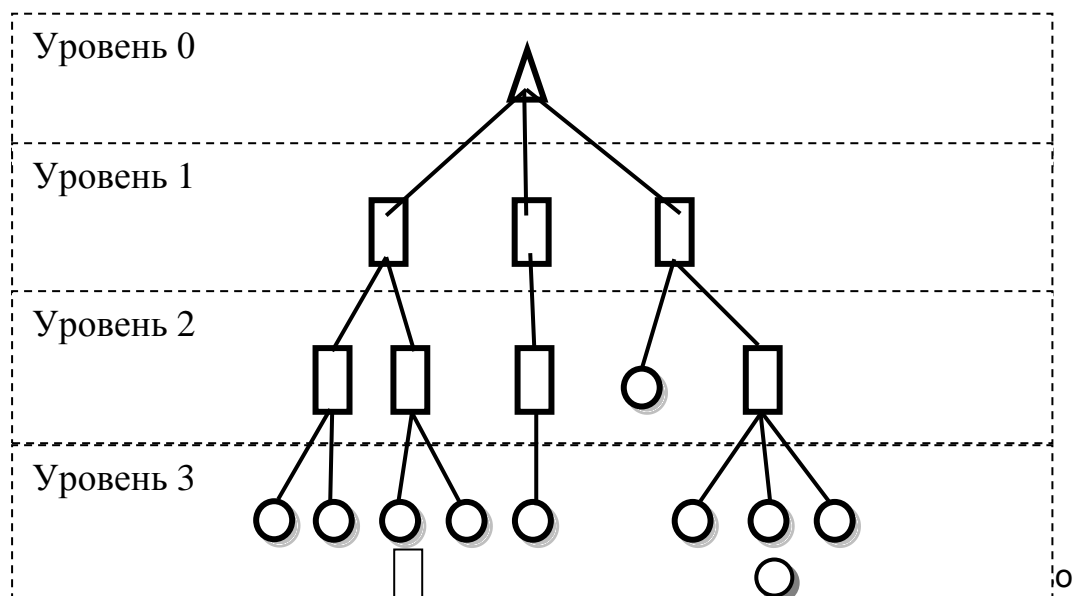


Рис. 4. Структура сети Mesh Lite

Иллюстрация процесса обмена данными между узлами сети Mesh Lite представлена на рис. 5. Работа всех устройств сети Mesh Lite синхронизируется сигналом маяка. Этот сигнал периодически излучается ведущим в пределах устройств определенной группы и предназначается для их синхронизации. Он содержит информацию о периоде повторения, идентификационном номере сети, числе свободных MAC-адресов. За сигналом маяка следует рабочее окно (Super Frame), состоящее из двух основных частей: первая отводится для передачи пакетов данных входящих сообщений, вторая — исходящих. Информация о длительности рабочего окна, а также о соотношении его частей передается в составе сигнала. В паузах между сигналами и следующими за ними рабочими окнами устройства сети находятся в спящем режиме. Если какое-либо устройство не успевает произвести передачу или прием данных в течение одного рабочего окна, этот процесс распределяется на несколько рабочих окон. Соседние маршрутизаторы также могут обмениваться данными друг с другом или с координатором в определенные интервалы времени при необходимости.

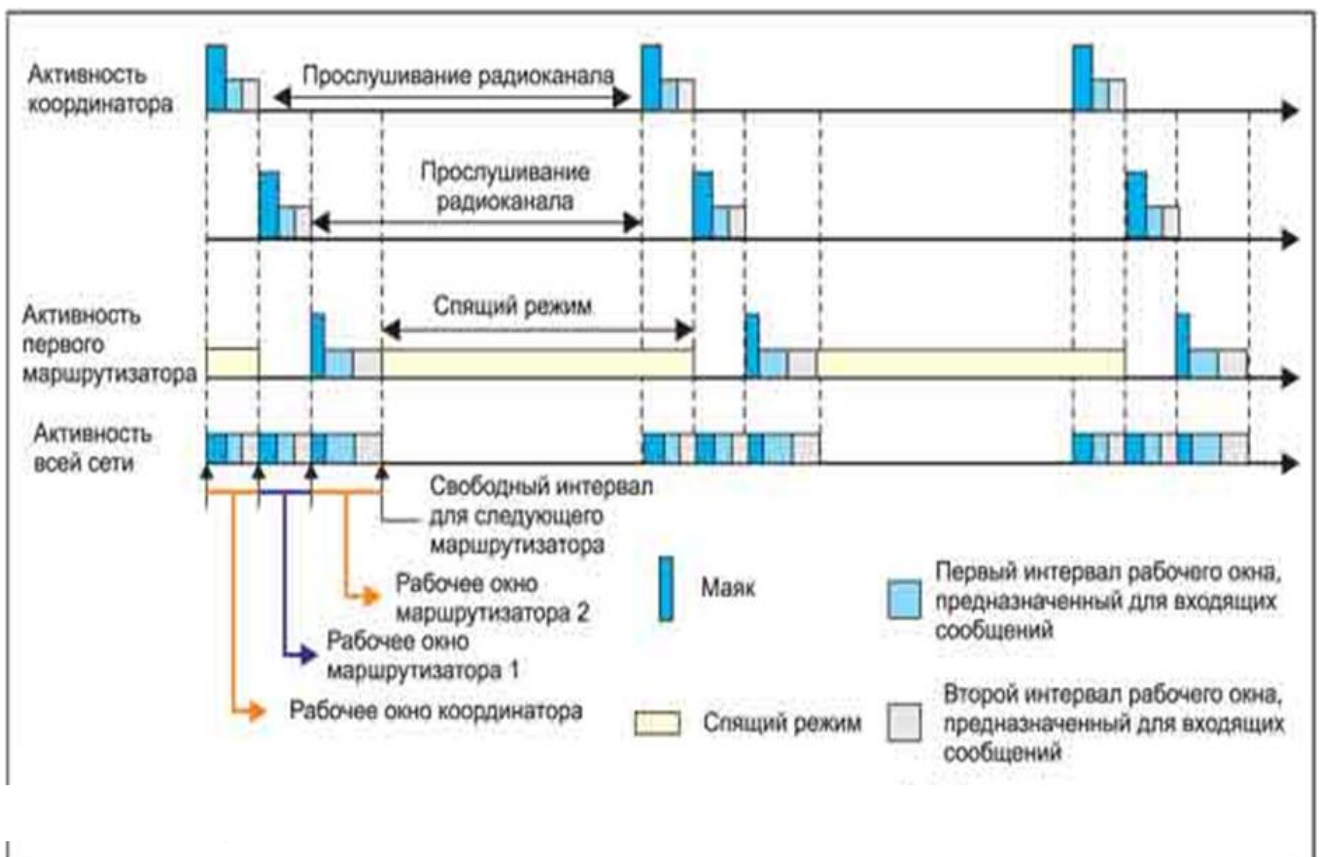


Рис. 5. Иллюстрация процесса обмена данными между узлами сети Mesh Lite

Таблица 1. Основные характеристики модулей Telit RF

Характеристики	Семейство модулей с тактовой частотой до 1 ГГц			
	Tiny One Line		Tiny One Plus	
Частотный диапазон, МГц	433,5-434,7	868-870	868-870	50-902-928
Число каналов	3	4	8-52	50
Радиус действия, м	1000	500	1500	
Максимальная мощность передачи, мВт	10		25	
Скорость передачи по радиоканалу, кбит/с	9,6; 38,4; 100	9,6; 38,4	4,8-38,4	38,4
Число цифровых входов/выходов	7		5	
Число аналоговых входов	3		3	
Напряжение питания, В	2,2-3,7		3 -3,6	
Ток потребления, Rx/Tx/Standby, мА	35/80/0,00 2	35/40/0,00 2	35/80/0,004	35/600/0,004
Характеристики	Семейство модемов/терминалов			
	Tiny One Plus Terminal		Tiny One Pro Terminal	
Частотный диапазон, МГц	868-870		869,4-869,65	
Число каналов	8		1; 10	
Радиус действия, м	1500		4000	
Максимальная мощность передачи, мВт	25		500	
Скорость передачи по радиоканалу, кбит/с	4,8 – 38,4		4,8-38,4	
Число цифровых входов/выходов	-		-	
Число аналоговых входов	-		-	
Напряжение питания, В	6-40		6-40	
Ток потребления, Rx/Tx/Standby, мА	20/250/0,0170 (12 В)			
Характеристики	Семейство модулей с тактовой частотой 2,4 ГГц IEEE 802.15 Tiny One 400MC			
	2100 -2483,5			
Частотный диапазон, МГц	2100 -2483,5			
Число каналов	16			
Радиус действия, м	70			
Максимальная мощность передачи, мВт	1			
Скорость передачи по радиоканалу, кбит/с	250			
Число цифровых входов/выходов	5			
Число аналоговых входов	5			
Напряжение питания, В	2,2-3,6			
Ток потребления, Rx/Tx/Standby, мА	30/28/0,002 (3,6 В)			

Разработчики топологии Mesh Lite реализовали два варианта функционирования сети. В первом из них координатор сети постоянно активен. Он контролирует сеть и по WWW.АСИКТ.РФ

этому может осуществлять обмен данными с максимально высокой скоростью. По сигналам координатора отдельные участки сети периодически «просыпаются» и обмениваются сообщениями. При втором варианте функционирования вся сеть с топологией Mesh Lite находится в спящем режиме, включая координатор. Обмен данными происходит в пределах отдельных сегментов сети, которые периодически «просыпаются». Удастся снизить расход электроэнергии, и избежать влияния отдельных сегментов сети друг на друга.

Наиболее популярными частными случаями создания сети Mesh Lite являются топологии «звезда» и BackBone. Характерной особенностью «звезды» является исключение из сети маршрутизаторов, поскольку каждое конечное устройство соединено непосредственно с координатором. Число таких устройств может превышать 65 тыс. BackBone представляет собой набор подключенных к одному координатору последовательно соединенных друг с другом маршрутизаторов, каждый из которых управляет своим набором конечных устройств. Такая топология может эффективно применяться в системах контроля и сбора информации в пространственно протяженных объектах, таких как магистрали нефте- и газопроводов и линии электропередачи.

В европейских странах широкое распространение получила система контроля движения пассажирского транспорта (рис. 6). Транспортное средство, перемещаясь от остановки к остановке, передает информацию о своем местоположении на ближайший узел связи, который далее передает это сообщение по цепочке в центр управления. Таким образом, можно отслеживать перемещение транспортного средства и рассчитывать ориентировочное время его прибытия в конкретный пункт.



Рис.6. Пример применения Mesh Lite в системе контроля движения пассажирского транспорта

Автор: Степанова И.В., к.т.н., доцент