

Mesh-сети:

технологии, приложения, оборудование

И.Е. Осипов, к.ф.-м.н., руководитель проектов ЗАО "НПЦ Дэйтлайн"

*Mesh: пространство или промежуток между нитями сети.
Новый английский словарь (М.: Oxford Press, 1932)*

Информационные сети, организованные по топологии Mesh, получили за последние полтора-два года большое признание. Масштабы проектов выросли до тысяч точек доступа и десятков тысяч пользователей. Mesh-сети представляют наиболее интересные решения, интегрирующие различные сетевые и радиотехнологии, и потому в полной мере отвечают все более растущим требованиям абонентов (мобильность, QoS, безопасность).

Возможность организации с помощью Mesh-топологии локальных (LAN) и городских (MAN) сетей, легко интегрируемых в глобальные сети (WAN), является привлекательным фактором для муниципальных и персональных пользователей.

Существующие в настоящее время Mesh-сети построены с использованием наиболее распространенного беспроводного стандарта Wi-Fi. Преимущества такого решения очевидны – широкий спектр дешевых стандартных абонентских устройств определяет коммерческую успешность проектов.

Концепция Mesh

На сегодняшний день сотовая телефония продемонстрировала огромную востребованность рынка мобильных абонентов к передаче голосовых и информационных данных со скоростями от нескольких сотен килобит до нескольких мегабит в секунду. Создаваемые информационные системы призваны стать (в большей или меньшей степени) частью информационной сети, обеспечивающей абонентов глобальным роумингом. Решение этой задачи связывают с внедрением новых (3G, WiMAX) и совершенствованием уже существующих (Wi-Fi) техноло-

гий беспроводной передачи данных. Одним из вариантов решения подобных сетей, основанных на кластерной структуре, является технология Mesh.

Определение Mesh-сетей

Первые упоминания о Mesh для решения задач передачи информации следует искать в военных приложениях¹. На базе технологии Mesh созданы системы для организации мобильной связи с единичными объектами в зоне военных действий. Подобные системы обеспечивают высокоскоростную передачу цифровой информации, видео- и речевую связь, а также определяют местоположение объектов.

В настоящий момент не существует точных критериев, определяющих термин Mesh-сеть в применении к системам широкополосного беспроводного доступа. Наиболее общее определение звучит как: "Mesh – сетевая топология, в которой устройства объединяются многочисленными (часто избыточными) соединениями, вводимыми по стратегическим соображениям" [1]. В первую очередь понятие Mesh определяет принцип построения сети, отличительной особенностью которой является самоорганизующаяся архитектура, реализующая следующие возможности:

- 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.

Архитектура Mesh-сети

Топология Mesh основана на децентрализованной схеме организации сети, в отличие от типовых сетей 802.11a/b/g, которые создаются по централизованному принципу. 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 самоуставляющегося и самовосстанавливающегося сегмента широкополосной сети.

Mesh-сети строятся как совокупность кластеров (рис. 1). Территория покрытия разделяется на кластерные зоны, число которых теоретически не ограничено. В одном кластере размещается от 8 до 16 точек доступа. Одна из таких точек является узловой (gateway) и подключается к магистральному информационному каналу с помощью кабеля (оптического либо электрического) или по радиоканалу (с использованием систем широкополосного доступа). Узловые точки доступа, так же как и остальные точки доступа (nodes) в кластере, соединяются между собой (с ближайшими соседями) по транспортному радиоканалу. В зависимости от конкретного решения точки доступа могут выполнять функции ретранслятора (транспортный канал) либо функции ретранслятора и абонентской точки доступа. Особенностью Mesh является использование специальных протоколов, позволяющих каждой точке доступа создавать таблицы абонентов сети с контролем состояния транспортного канала и поддержкой динамической маршрутизации трафика по оптимальному маршруту между сосед-

¹ Впрочем, это касается практически всех технологий, используемых в современных системах беспроводного доступа.

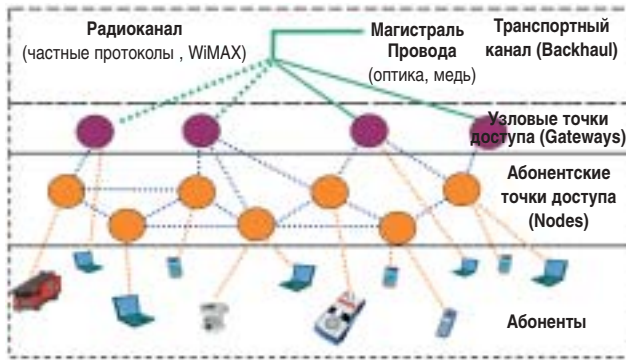


РИС. 1. Структурная схема Mesh-сети

ними точками. При отказе какой-либо из них происходит автоматическое перенаправление трафика по другому маршруту, что гарантирует не просто доставку трафика адресату, а доставку за минимальное время.

Процедура расширения сети в пределах кластера ограничивается установкой новых точек доступа, интеграция которых в существующую сеть происходит автоматически.

Недостаток подобных сетей заключается в том, что они используют промежуточные пункты для передачи данных; это может вызвать задержку при пересылке информации и, как следствие, снизить качество трафика реального времени (например, речи или видео). В связи с этим существуют ограничения на количество точек доступа в одном кластере.

На сегодняшний день выпускается Mesh-оборудование как внешнего, так и внутреннего размещения [2].

Стандарты беспроводной передачи данных, используемые для построения Mesh-сетей

Как уже говорилось выше, основной для реализации Mesh-сетей на сегодняшний день является стандарт IEEE 802.11 (Wi-Fi).

Оборудование стандарта рге-Wi-MAX уже сегодня применяется для подключения узловых точек Mesh-сетей к магистральным каналам (Tropos, Nortel и др.). Учитывая технологические преимущества WiMAX, данный стандарт (особенно в его мобильной версии) будет использоваться для организации абонентского доступа. Однако начало этого процесса следует отнести на момент появления на рынке дешевых абонентских устройств, то есть не ранее 2008–2009 гг.

² Практический опыт работы автора статьи подтверждает возможность организации handover (уже на сегодняшний день) в условиях Wi-Fi-телефонии с задержками на уровне 150–300 мс.

да предусмотрены специальные процедуры сканирования эфира и присоединения ("association"). Реализация хэндовера в сетях Wi-Fi может осуществляться различным образом, например, на базе протокола Radius или под управлением интеллектуального беспроводного контроллера, организующего "туннель" при переходе клиента в зону обслуживания соседней точки доступа.

В спецификации 802.11k (см. врезку) описаны процедуры, позволяющие клиентскому устройству выбрать точку доступа, к которой следует подключиться перед разрывом текущего соединения. Кроме того, использование алгоритма кэширования, предусмотренного спецификацией 802.11i, обеспечивает установление нового защищенного соединения за время, не превышающее 20–30 мс.

Как результат – оборудование с поддержкой механизмов управления 802.11k обеспечивает переключение абонентского устройства на новую точку доступа за время не более 50 мс. Такая задержка не будет замечена пользователем, так как она в несколько раз меньше человеческого порога восприятия².

Wi-Fi Mesh-сети

Сервисные возможности

Хэндовер

В настоящее время в стандарте 802.11 нет строгих спецификаций по реализации хэндовера ("беспроводного" перемещения абонентов между точками доступа). Однако для обеспечения такого перехо-

Межсетевой роуминг

Объединение сетей Mesh (проблема роуминга), а в дальнейшем также объединение сетей фиксированной и мобильной связи служит решению основной задачи: возможности предоставлять мобильным конечным пользователям как можно более широкий ассортимент услуг по как можно более низкой цене. Отсюда встает необходимость решать задачу по организации межсетевого роуминга согласно известному принципу "один человек – один номер" при перемещении абонента между сетями различного типа.

В пределах городской сети, состоящей из набора кластеров, проблема роуминга при переходе клиента из кластера в кластер решается механизмами ESSID, WEP/802.1x и VPN. Свободно перемещающийся клиент идентифицируется по IP-адресу с организацией виртуальных IP-каналов.

Ожидается, что в спецификации 802.11s будет описана процедура объединения сетей, в том числе и различного типа. Создание крупных сетей 802.11s позволит устранить ныне существующую проблему перехода между сетями Wi-Fi, развернутыми в различных городах.

МУЛЬТИСЕРВИСНЫЕ БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ

Разработка, проектирование
 Радиочастотный консалтинг
 Поставка, монтаж, обслуживание
 Обучение специалистов
 Проектное финансирование, лизинг
 Аудит сетей связи и передачи данных



WiMAX
F-BWA
W-DSL
Wi-Fi
SDH



ТЕХНОЛОГИИ, ОПЕРЕЖАЮЩИЕ ВРЕМЯ



Научно-производственный центр «Дэйтлайн»



тел.: (495) 787-34-80, факс: 787-34-81

www.dateline.ru

info@dateline.ru

Стандарты 802.11 в приложении Wi-Fi Mesh-сетей

802.11a/b/g

Хорошо известные модификации стандарта Wi-Fi, обеспечивающие передачу данных в двух диапазонах частот:

- 2,4 ГГц (802.11b – 11 Мбит/с, 802.11g – 54 Мбит/с);
- 5,8 ГГц (802.11a – 54 Мбит/с).

Основными недостатками указанных стандартов в настоящее время являются ограничение пропускной способности 54 Мбит/с (Turbo – 108 Мбит/с) и снижение пропускной способности вследствие коллизии при увеличении числа пользователей. Борьба с этим помогают различные механизмы: применение VLAN для сегментирования сети, использование QoS или применение в точках доступа нескольких радиомодулей.

802.11e

Проблемы, присущие беспроводным системам, заключаются в ошибках (до 20%) при передаче данных и переменной скорости передачи (в зависимости от положения абонента относительно точки доступа). Дополнительные трудности создают переменное число абонентов и соответственно отсутствие информации о доступном для использования ресурсе в данный момент времени.

Спецификация 802.11e предназначена для организации передачи аудио- и видеоинформации (три одновременных канала передачи изображения формата DVD MPEG-2 или один поток формата HDTV MPEG-2 для сетей 802.11a) и обеспечения совместимости с уже существующими схемами приоритезации трафика.

Стандарт реализует полную совместимость с устройствами, не поддерживающими спецификацию 802.11e.

Принцип, положенный в основу 802.11e, заключается в использовании маркеров для критичных потоков данных. Максимальный приоритет получают голосовые пакеты, далее следуют потоки передачи видеоинформации, а затем пакеты передачи данных в соответствии с протоколом резервирования ресурсов (Resource Reservation Protocol – RSVP) и механизма приоритезации очередей.

802.11i

Базовый стандарт 802.11 включает механизм Wired Equivalent Privacy (WEP), который встроен в протокол 802.11. Хотя данный механизм позволял работать на втором уровне модели OSI и использовать для шифрования 40-разрядный ключ, этого оказалось явно недостаточно³ [6]. Для решения проблемы была разработана спецификация 802.11i, объединяющая подмножества Wi-Fi Protected Access (WPA) и 802.1x.

Для усиления шифрования в WPA применен улучшенный протокол, называемый Temporal Key Integrity Protocol (TKIP). При использовании TKIP каждый посылаемый пакет наделяется своим собственным ключом (в отличие от WEP, где ключи одинаковы в течение всей сессии). Для аутентификации пользователя и распределения ключей применяется стандарт 802.1x и протокол Extensible Authentication Protocol (EAP). Этот подход предусматривает использование для аутентификации такого центрального сервера, как RADIUS.

Основное отличие сегодняшней официальной версии стандарта 802.11i (спецификация WPA2) от более раннего и притом упрощенного варианта, опубликованного консорциумом Wi-Fi Alliance, заключается в применении процедуры Advanced Encryption Standard (AES).

802.11k

Спецификация 802.11k призвана обеспечить обратную связь между клиентскими устройствами и точками доступа и коммутаторами WLAN (доступ к параметрам на первом и втором уровнях модели OSI, с более высоких уровней), что позволяет реализовать следующие функции:

- организация самостоятельного перехода клиента между точками доступа, что обеспечивает повышение пропускной способности сети за счет разгрузки точек доступа с высоким числом обращений;
- оптимизация выбора радиоканала (клиент будет передавать сведения об уровне шумов в канале, о загрузке и продолжительности использования данного канала).

³ Секретный ключ может быть гораздо длиннее 64–128 бит и т.д. (даже в рамках стандарта), но производители оборудования вынуждены следовать административным ограничениям.

Мультисервисность

Обеспечение мультисервисности предполагает организацию для клиента полного спектра IP-услуг, включая доступ в Интернет, VoIP, видеоконференц-связь и т.д. Стандарт IEEE 802.11e позволяет при сохранении полной совместимости с действующими стандартами 802.11a/b/g расширить функциональность за счет обслуживания потоковых мультимедиаданных и предоставления гарантированного качества услуг QoS. Механизм основан на приоритезации трафика и предполагает организацию контроля полосы пропускания по группам пользователей и типам трафика (голос, видео и т.д.).

Практическая реализация QoS позволяет организовывать не только голосовые, но и видеосессии для пользователей, крайне требовательных к безопасности и надежности соединения (службы безопасности).

Безопасность

Вопросы безопасности Mesh (защита от нелегальных подключений) являются весьма актуальными, особенно для систем городского масштаба, которые объединяют муниципальные, абонентские и корпоративные сети. Безопасность сетей обеспечивается в рамках спецификаций стандарта 802.11. Стандарт шифрования (Wired Equivalent Privacy, WEP) на сегодняшний день не удовлетворяет требованиям из-за слабой стойкости ключа. Принятие стандарта 802.11i (WPA2) делает доступной более безопасную схему аутентификации и кодирования трафика. Стандарт IEEE 802.11i предусматривает использование в продуктах Wi-Fi таких средств, как поддержка алгоритмов шифрования трафика: TKIP (Temporal Key Integrity Protocol), WRAP (Wireless Robust Authenticated Protocol) и CCMP (Counter with Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol). Этих алгоритмов достаточно для защиты на уровне абонентского трафика, но на уровне корпоративного пользователя используются дополнительные механизмы, включающие более совершенные способы аутентификации при подключении к сети: более криптостойкие методы шифрования, динамическую замену ключей шифрования, использование персональных межсетевых экранов, мониторинг защищенности беспроводной сети, технологию виртуальных частных сетей VPN и т.д.

Интеграция с существующими сетями GSM

Преимущества интегрированных сетей Wi-Fi-GSM очевидны, что за-

Стандарты 802.11 в приложении Wi-Fi Mesh-сетей (оконч.)

802.11n

В спецификации стандарта Wi-Fi 802.11n предполагается увеличение предельной скорости передачи данных до 500 Мбит/с и более при использовании многоантенной технологии MIMO (Multiple-Input Multiple-Output). Эта технология предполагает использование нескольких антенн на передающей и принимающей стороне, что делает возможной одновременную обработку нескольких пространственно разделенных потоков данных, занимающих один и тот же частотный диапазон.

Новый стандарт имеет рабочее название TGn Sync и включает в себя возможность использования, помимо прочих элементов, пространственного мультиплексирования. Данные снабжаются пространственными метками (spatial signatures) и передаются по нескольким маршрутам (multipath reflection). Принимающие антенны собирают эти потоки воедино и реорганизуют их. В результате скорость передачи значительно повышается.

Для увеличения емкости будут использоваться радиоканалы шириной до 40 МГц (в качестве обязательной или факультативной части стандарта) в частотных диапазонах 2 и 5 ГГц. Физическая пропускная способность канала в 40 МГц может быть поднята до 125 Мбит/с, а установка до четырех антенн на каждый приемник и передатчик в соответствии с технологией MIMO позволит довести этот показатель до 500 Мбит/с. Уже известно, что в новый стандарт войдет технология MIMO-OFDM (MIMO Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

Ожидается совместимость 802.11n с сетями 802.11a/b/g. Устройства с поддержкой 802.11n должны уметь обнаруживать трафик этих сетей и переключаться на использование каналов шириной 20 МГц, чтобы избежать проблем со взаимодействием и взаимным влиянием различных сетей. Принятие стандарта 802.11n ожидается в 2007 г.

802.11s

Наиболее значимая для Mesh-технологий спецификация 802.11s призвана стандартизировать организацию сетей подобной топологии.

Одной из основных сегодняшних проблем при организации Mesh-сетей считается совместимость оборудования внутри сети, поскольку абонентский доступ организуется в соответствии со стандартами 802.11, а транспортные каналы, как правило, с использованием частных (proprietary) протоколов и алгоритмов организации сети.

Основой для спецификации 802.11s является компромиссное соглашение между двумя подходами, предложенными SEEMesh (Intel и Cisco) и Wi-Mesh Alliance (Philips, Nortel и Swisscom Innovations).

Ожидается, что спецификация 802.11s будет описывать как децентрализованную топологию, так и основные функции Mesh, позволяющие беспроводным узлам обнаруживать друг друга, аутентифицировать и устанавливать связи между собой, выработывая наиболее эффективный маршрут для передачи трафика. Дополнительно вводится понятие Mesh-порталов – устройств, которые призваны соединять между собой сети различного типа (Mesh, классические сети 802.11, новые сети типа 802.11n, узлы широкополосного доступа и т.д.) Ожидается, что процесс стандартизации будет закончен в 2008 г.

Создание крупных сетей 802.11s позволит устранить ныне существующую проблему перехода между сетями Wi-Fi, развернутыми в различных городах.

ставляет производителей оборудования активно развивать это направление.

Усилия в этом направлении связаны в первую очередь с созданием механизма межсетевых переходов. Компании Motorola, Avaya и Proxim разработали универсальные беспроводные устройства и создали форум SCCAN (Seamless Converged Communication Across

Networks), уже одобренный IEEE. Альянс SCCAN должен разработать спецификацию взаимодействия между двухсетевыми устройствами и офисными IP-станциями, способными работать и в Wi-Fi, и в сотовых сетях.

Технология UMA (Unlicensed Mobile Access), разработанная американской компанией Kineto Wireless, позволяет мобильному абоненту пере-

ключаться с GSM-сети на сеть Wi-Fi, не прерывая разговора.

На сегодняшний день рынок GSM-телефонов со встроенным модулем Wi-Fi насчитывает более 30 моделей и их количество неуклонно растет⁴.

Mesh-приложения

Наибольшую эффективность следует ожидать при реализации Mesh-сетей масштаба города (MAN). Особенности организации и использования подобных сетей определяются социальной и коммерческой целесообразностью, при этом сети могут либо строиться только как корпоративные (муниципальные) или абонентские, либо решать обе задачи одновременно.

С точки зрения абонентского сервиса подобные сети уже сегодня обеспечивают полный спектр IP-приложений – Ethernet, VoIP, real time video.

Абонентские сети

Главной задачей абонентских сетей является обеспечение доступа пользователей (стационарных и мобильных) к ресурсам Интернета и организация Wi-Fi-телефонии. Особенностью таких сетей является, как правило, высокая плотность установки точек доступа (порядка 10 точек/км²). Этот параметр определяется в значительной степени низкой выходной мощностью клиентских устройств (Wi-Fi-адаптеры, телефоны), высокой плотностью размещения абонентов (и, следовательно, необходимостью обеспечивать высокую емкость абонентского трафика), а также характеристиками чувствительности точек доступа. Развертывание подобных сетей становится выгодным при достаточно большом числе пользователей и на сегодняшний день определяется не техническими, а экономическими аспектами.

Основные проблемы, с которыми приходится сталкиваться при создании Mesh-сетей внешнего размещения) в России:

- ограниченность частотного ресурса (частотные диапазоны 802.11 в крупнейших городах России практически исчерпаны);
- необходимость подтверждения результатов радиочастотного планирования практическими исследованиями состояния радиообстановки в зоне развертывания сети (наличие незарегистрированных пользователей);
- организация размещения точек доступа в максимальной близости от

⁴Начиная с 2006 г. компания Nokia все новые модели снабжает встроенными модулями Wi-Fi; Motorola, Samsung и LG уже заявили о намерении использовать UMA в своих устройствах.



РИС. 2. Принципиальная схема размещения элементов Mesh-сети для организации абонентского доступа

абонентов, обеспечение круглосуточного электропитания и т.д.

В качестве примера можно привести Mesh-сеть компании "Голден Телеком", разворачиваемую в Москве и насчитывающую до 3500 точек доступа. Не менее крупные проекты на момент написания этой статьи находятся в стадии реализации в г. Тайбэй и Македонии (в Македонии поставлена задача организовать полное покрытие сетями Wi-Fi 40 городов, то есть всей территории страны площадью более 1500 км²).

На рис. 2 показана принципиальная схема размещения элементов Mesh-сети в условиях городской застройки. Типовое решение для мобильных абонентов предполагает монтаж точек доступа на уровне 10–12 метров, вдоль улиц на столбах городского освещения, опорах светофоров, кабельных растяжках и т.д.

Муниципальные сети

Mesh-топология позволяет реализовать уникальные по своим возможностям сети муниципального назначения, ориентированные на службы оперативного реагирования (милиция, "Скорая помощь", МЧС). На рис. 3 показана принципиальная схема организации такой зоны (одним из требований является наличие производителей мобильных роутеров, монтируемых в автомобилях).

Основу сети составляют узловые и абонентские точки доступа, размещаемые на улице (как правило, вдоль дорог) и организующие зоны информационного покрытия, в которых обеспечивается подключение абонентов со стандартными Wi-Fi-адаптерами. Дополнительно точки доступа могут использоваться для организации управления движением (светофоры) и

сбора видеoinформации, с подключением видеокамер по проводному или беспроводному интерфейсу. Подключение пользователей, расположенных внутри помещений, к внешней сети производится с помощью внутриофисных точек доступа, которые характеризуются пониженной выходной мощностью и "комнатным" исполнением корпуса.

Наибольший интерес представляют мобильные точки доступа, предназначенные для эксплуатации в автомобилях. Использование этих устройств не только увеличивает радиус действия между точками доступа до 800–1200 метров, но и позволяет организовать:

- информационное обеспечение пользователей внутри автомобиля при проводном или беспроводном подключении конечных устройств (ноутбук, PDA и т.д.);
- информационное покрытие в радиусе 300 м вокруг автомобиля для абонентов со стандартными Wi-Fi-адаптерами 802.11b/g;
- контроль положения автомобиля при использовании встроенного в точку доступа GPS-приемника.

Применение мобильных точек доступа позволяет организовать оперативное расширение зоны покрытия или увеличение информационной емкости сети за счет концентрации оборудованных автомобилей в "горячих точках". Механизмы самоорганизации Mesh-сети позволяют за минимальное время (определяемое временем прибытия автомобилей, оборудованных Mesh-точками доступа) организовать зону Wi-Fi с передачей оперативной аудио- и видеoinформации на центральный пульт.

Анализ создания и развития Mesh-сетей показывает, что существует устой-



РИС. 3. Принципиальная схема организации муниципальной сети беспроводного доступа стандарта Wi-Fi

чивая тенденция объединения абонентских и муниципальных сетей. Зачастую сети, построенные по муниципальному заказу, дополняются впоследствии точками доступа и эксплуатируются операторами в объединенном "муниципально-абонентском" режиме.

Технологические сети

Высокий уровень автоматизации современного производства требует передачи больших объемов контрольной и управляющей информации. С появлением на рынке первичных преобразователей и микроконтроллеров со встроенными модулями Wi-Fi беспроводные решения при организации технологических сетей становятся все более востребованными.

В первую очередь это касается многоуровневых сетей передачи данных, предназначенных для современных транспортных систем. Функциональные возможности таких систем включают в себя сбор информации об объекте (техническое состояние, идентификация груза), передачу видеозображений систем безопасности и т.д. Уже реализовано несколько проектов Mesh-сетей на железнодорожном транспорте. Типовыми задачами таких проектов являются организация абонентского доступа и передача технологической информации в поездах. Точки доступа, расположенные вдоль железнодорожного полотна, обеспечивают организацию зон Wi-Fi в вагонах поезда, следующего со скоростью до 300 км/ч.

Оборудование

На сегодняшний день большую часть рынка Mesh-оборудования занимают startup-компании, однако ситуация очень быстро меняется. Компании Cisco, Motorola, Nortel, Proxim, Alva-

tion (организация транспортных каналов) – вот далеко не полный перечень известных производителей, все более активно работающих в секторе Mesh-оборудования.

Все представленное на рынке оборудование можно условно разделить на 3 группы:

- группа № 1 – Single-радиосистемы с одиночным радиоблоком, использующие антенны круговой диаграммы направленности;
- группа № 2 – Dual-радиосистемы с двумя радиоблоками, использующие антенны круговой диаграммы направленности;
- группа № 3 – Multi-радиосистемы, использующие отдельные радиоблоки для организации транспортного и абонентского доступа с применением направленных антенн.

Основные технические характеристики оборудования приведены в таблице.

Группа № 1. Single-радио

При использовании Single-радио один радиомодуль в частотном диапазоне (2,4 ГГц) применяется для организации абонентского доступа и транспортного канала между точками. Учитывая плотность установки точек доступа и ограниченность частотного ресурса, для исключения их взаимного влияния требуется очень тщательное частотное и структурное планирование сети. Число переходов (hops) трафика между точками доступа должно составлять не более 3–4, что ограничивает возможности масштабирования сети в пределах одного кластера при организации сервисов реального времени. Несмотря на указанную специфику, Mesh-сети, построенные на оборудовании 1-й группы, лидируют по присутствию на рынке. Оборудование характеризуется низкой стоимостью и является наиболее эффективным для создания зон покрытия малого масштаба.

Самым заметным представителем этой группы является компания Tropos Networks (США), крупнейший производитель оборудования топологии Mesh⁵. Tropos выпускает линейку оборудования, в состав которой входят точки доступа 5210 (стационарная), 4210 (мобильная) и 3210 (внутриофисная). Все модели выполняют сетевые функции на уровне Layer3. Характеристики чувстви-

тельности являются одними из лучших среди оборудования с топологией Mesh. Оборудование оптимизировано для построения сетей муниципального назначения. Возможно подключение узловых точек по беспроводной схеме с использованием Capro (Motorola) или Breeze Access VL (Alvarion). Система самотестируется и создает динамические таблицы оптимального маршрута трафика. При этом обратный маршрут выбирается по критерию максимальной полосы пропускания.

Группа № 2. Dual-радио

При использовании Dual-радио применяются отдельные радиомодули для организации абонентского доступа (2,4 ГГц) и транспортного канала (5,8 ГГц). Подобное решение позволяет избавиться от интерференционных помех при передаче информации между точками, что упрощает частотное планирование сети и повышает производительность системы по транзитному трафику за счет "переноса" транспортного канала в другой частотный диапазон.

Оборудование 2-й группы выпускают почти все производители Mesh (Aruba, BelAir, Cisco, Motorola, Nortel, Proxim, SkyPilot, Tropos и др.).

Среди технических решений следует отметить оборудование Nortel Networks, использующее до 6 направленных антенн на транспортном канале, что позволяет увеличить расстояние между точками доступа, Aruba Networks применяет центральный контроллер Aruba (Aruba Mobility Controller) для повышения безопасности сети.

Компания Motorola заявила, что оборудование Motomesh, использующее технологию MeshConnex, бу-

дет поддерживать окончательную версию стандарта Mesh-сетей 802.11s. При этом предполагается модернизация уже существующих сетей путем обновления программной части системы по эфиру.

Группа № 3. Multi-радио

Оборудование третьей группы (BelAir, SkyPilot, Strix Systems и др.) наиболее интересно по архитектурному решению. Оно построено по модульному принципу с использованием от 4 до 6 радиоблоков. Это позволяет (так же, как и в решениях Dual-радио) организовать разделение абонентского и транспортного потоков. Однако эффективность решения Multi-радио повышается за счет разделения входящего и исходящего транспортных потоков при увеличении общего числа "транспортных" радиомодулей.

Модульная архитектура (на практике это набор плат, монтируемых в типовом корпусе) допускает оперативную замену радиомодулей и позволяет производить простую модернизацию всей сети по мере развития технологической и элементной базы, включая переход на новые стандарты (WiMAX).

⁵ На момент выхода статьи из печати компания Tropos Networks объявила о выпуске точки доступа 5320, работающей в 2 диапазонах частот.

гарантия 3 года

ЦИФРОВЫЕ ОФИСНЫЕ АТС

Panasonic

ТЕЛЕФОНЫ, ФАКСЫ, ВЕСТ, РАДИОТЕЛЕФОНЫ



MXM
SINCE 1991

www.mxm.ru
ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН



ПРОДАЖА И ПОДКЛЮЧЕНИЕ ОФИСНЫХ АТС

м. "Смоленская" Смоленский б-р, 22/14	248-2001, 248-4005 248-8004
м. "Мавковская" Б. Патриарший пер., 4	290-6350, 290-2457 290-3282, 290-0598
м. "Преображенская пл." 1я ул. Бухвостова, 12/11	963-9603, 963-5057 963-4686, 963-9200

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО УСТАНОВКЕ И ОБСЛУЖИВАНИЮ МИНИ-АТС PANASONIC 234-0300

СЛУЖБА СЕРВИСА И РЕМОНТА
MXM-PANASONIC
234-0300, 962-0202, 962-0677



PASS

Основные технические характеристики Wi-Fi Mesh-оборудования

Производитель	Aruba	BelAir			Nortel	Proxim	SkyPilot	Strix		Tropos	
Оборудование	AP-80	BelAir50	BelAir100	BelAir200	AP-7250	AP-4000MR-LR	Extender Dual Band	OWS 2410	OWS 3600	Tropos 4210	Tropos 5210
Характеристики											
Стандарт	802.11a/b/g	802.11b/g	802.11a/b/g	802.11a/b/g	802.11a/b/g	802.11a/b/g	802.11a/b/g +4,9 ГГц	802.11a/g	802.11a/g	802.11b/g	802.11b/g
Выходная мощность передатчика, дБм	До 20	27	27 (2,4 ГГц); 17 (5,8 ГГц)	27 (2,4 ГГц); 14 (5,8 ГГц)	24	24	29–36	До 30	До 30	26–36	26–36
Чувствительность приемника, дБм (RX Sensitivity)	Н/д	-96 (1 Мбит/с); -71 (54 Мбит/с)	2,4 ГГц: -90 (1 Мбит/с); -71 (54 Мбит/с). 5,8 ГГц: -90 (6 Мбит/с); -71 (54 Мбит/с)	2,4 ГГц: -90 (1 Мбит/с); -71 (54 Мбит/с). 5,8 ГГц: -90 (6 Мбит/с); -71 (54 Мбит/с)	-96 (6 Мбит/с); 802.11g); -80 (54 Мбит/с)	Н/д	98 (1 Мбит/с)	Н/д	Н/д	-100 (1 Мбит/с); -76 (54 Мбит/с)	-100 (1 Мбит/с); -77 (54 Мбит/с)
Средства безопасности	WEP (40/64/128/152 бит), TKIP, AES	WPA (64–128 WEP), AES-шифрование	WPA (64–128 WEP), AES-шифрование	WPA (64–128 WEP), AES-шифрование	WPA (64–128 WEP), AES-шифрование	802.11i + AES-шифрование	AES, WPA (EAP-TTLS, EAP-PEAP/MSCHAPv2 с TKIP), MIC и динамический WEP	WPA (WEP) AES	WPA (WEP) AES	WPA (64–152 WEP), ESSIDs, AES-шифрование	WPA (64–152 WEP), ESSIDs, AES-шифрование
Управление	CLI, WEB GUI, SNMP	HTTPs, SNMP V2	HTTPs, SNMP V2	HTTPs, SNMP V2	HTTPs, SNMP	SSL, SNMP V3, Radius	HTTPs, SNMP V2, EMS,	HTTPs, SNMP	HTTPs, SNMP	HTTPs, SNMP V2c	HTTPs, SNMP V2c
Сетевые интерфейсы	10/100Base-T Ethernet RJ-45 с поддержкой PoE	10/100Base-TX (1)	10/100Base-TX (1); 10/100Base-FX (1) (Optical)	10/100Base-TX (1); 10/100Base-FX (1) (Optical)	10/100Base-TX (2); консольный вход (DB9)	10/100Base-TX (1)	RJ-45: PoE; RJ-45: RS-232 для локального управления	10/100Base-TX (1)	10/100Base-TX (1)	10/100Base-TX (2); Type-A USB (2)	10/100Base-TX (1)
Поддерживаемые протоколы	TCP/IP, DHCP, VLAN	TCP+VPN, Layer 2, SNTP	TCP+VPN, Layer 2, SNTP	STP, VLAN, Layer 2, 3, DHCP, QoS	TCP+VPN, Layer 2, 3, SNTP	TCP+VPN, VLAN(16), NAT, Layer 2, DHCP QoS (802.11e)	TCP+VPN, Layer 2, 3, SNTP	Н/д	Н/д	TCP+VPN, VLAN, NAT, Layer 2, 3, DHCP QoS	TCP+VPN, VLAN NAT, Layer 2, 3, DHCP QoS
Антенны	Интегрированные антенны	Внешние антенны (2)	Интегрированные антенны (2). Разнесенный прием	Интегрированные антенны (8). Разнесенный прием	Интегрированные антенны (6)	Внешние антенны (2)	До 8 направленных + 2 всенаправленных. Разнесенный прием	Внешние антенны 2 (4). Разнесенный прием	Внешние антенны 2 (6). Разнесенный прием	Внешние антенны (2). Разнесенный прием	Внешние антенны (2). Разнесенный прием
Подключение доп. внешних антенн	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Н/д	Да	Да	Да	Да
Диапазон рабочих температур, °С	От -30 до +50	От -40 до +50	От -40 до +50	От -40 до +50	От -40 до +50	От -55 до +80	От -40 до +55	От -40 до +55	От -40 до +55	От -40 до +70	От -40 до +55
Наличие сертификата	В стадии сертификации	Подлежит сертификации	Подлежит сертификации	Подлежит сертификации	Подлежит сертификации	OC/1-PM-166	Подлежит сертификации	Подлежит сертификации	Подлежит сертификации	В стадии сертификации	В стадии сертификации
Особенности	2 радиомодуля	1 радиомодуль	2 радиомодуля	4 радиомодуля. Полный дуплекс	2 радиомодуля, возможен заказ оборудования в диапазоне 4,9 ГГц	Возможен заказ оборудования в диапазоне 4,9 ГГц	Выбор ширины (5, 10, 20 МГц) транспортных каналов	До 4 радиомодулей. Полный дуплекс	До 6 радиомодулей. Полный дуплекс	Мобильная (монтаж в автомобиле)	Стационарная

BelAir Networks (Канада) предлагает линейку оборудования, основу которой составляют три типа Outdoor-точек доступа BelAir50c, BelAir100, BelAir200, относящихся к разным группам оборудования (single-dual-multi radio). В зависимости от модели в устройствах установлено от 1 до 4 радиомодулей. Старшая модель (BelAir200) обеспечивает полнодуплексный транспорт и абонентский доступ и реализует функции организации сети на уровне Layer2 и Layer3. Широкий спектр оборудования позволяет "гибко" планировать Mesh-сеть в зависимости от предполагаемого трафика. В зонах максимального транзитного трафика (центр) могут размещаться точки доступа Multi-радио, а на периферии – Single-радио.

Stryx Systems Inc. (США) наряду с традиционными решениями для сетей с топологией Mesh активно работает в сегменте задач, требующих информационного обеспечения быстро движущихся объектов (до 300 км/ч), например железнодорожного транспорта. Особенностью оборудования является динамический выбор каналов передачи, что позволяет снизить влияние интерференционных помех на работу сети с топологией Mesh. Для повышения безопасности сети Stryx (в отличие от конкурентов) использует удаленный сервер идентификации пользователя. Все модели выполняют сетевые функции на уровне Layer3 с поддержкой большинства существующих коммутационных и маршрутизирующих сетевых протоколов.

Компания SkyPilot позиционирует свое оборудование как оборудование Mesh следующего 4-го поколения. Отличительной его особенностью является использование синхронных протоколов для организации транспортных каналов. В решениях используются 8-секторные антенны. Каждый сектор устанавливает связь в TDD-режиме "точка – точка" с использованием GPS для синхронизации секторов.

Перспективы и шансы на успех

Внедрение новых спецификаций стандарта Wi-Fi (особенно 802.11n) обещает существенное увеличение скорости передачи информации, что в полной мере может компенсировать недостатки стандарта (коллизонность доступа, проявляющаяся в наибольшей степени в условиях высокой загруженности сети).

Учитывая преимущества WiMAX, следует ожидать, что этот стандарт начнет активно конкурировать с Wi-

Fi при организации Mesh-сетей, но не ранее появления дешевых абонентских устройств. При этом трудно ожидать полного замещения технологий из-за ограничений WiMAX на производительность (Мбит/с), заложенных в 802.16. В таких условиях неизбежно совместное существование и взаимная интеграция сетей.

Усложнение Mesh-систем по мере увеличения их масштаба и необходимость объединения с альтернативными сетями (GSM, 3G, WiMAX и т.д.) потребуют создания более сложных систем управления, основанных на централизованных решениях. Коммерческая эффективность объединенных сетей "муниципально-абонентского" доступа приведет к росту их числа и потребует создания более эффективных решений, обеспечивающих безопасность муниципального сектора сетей.

Для России ожидаемым сектором строительства Mesh-сетей являются крупные мегаполисы (спальные районы и деловой центр) и коттеджные поселки. Проблемы организации таких сетей связаны в первую очередь с частотными ограничениями. В отличие от стран с "открытыми" диапазонами стандарта 802.11, в России при построении внешних сетей необходимо получение Решений ГКРЧ и частотных разрешений. При построении внутренних сетей процедура упрощена: если оборудование указано в Приложении № 2 Решения ГКРЧ № 04-03-04-003 от 06.12.2004 или внесено в перечень оборудования последующими решениями ГКРЧ, то достаточно регистрации сети в местном радиочастотном центре.

Учитывая политику, проводимую Мининформсвязи России [5], следует ожидать, что границы между топологией традиционных решений ШПД (особенно в приложении стан-

дарта WiMAX для частотных диапазонов 2,4; 3,5; 5,8 ГГц) и Mesh при реализации в России будут постепенно размываться.

Mesh как принцип сетевого построения безусловно будет развиваться и займет если не определяющее, то значимое положение в глобальной информационной сети.

В заключение автор выражает благодарность Спичихину Анатолию и Камайкину Алексею за ценные обсуждения и помощь.

Литература

1. Lamme T., Potter D., Chellis J. CCNA: Cisco certified network associate/Network press, 1998, p. 538.
2. Камайкин А.Г., Осипов И.Е., Шумарин О.Е. Корпоративные сети Wi-Fi//Технологии и средства связи. 2006. № 1.
3. Roberta Wiggins, Myths and Realities of Wi-Fi Mesh Networking. Wireless/Mobile Technologies Research Fellow, 617-880-0212. February, 2006.
4. <http://www.sccan.org/>
5. Решение ГКРЧ № 05-10-01-001 от 20.11.05 г.
6. Шахнович И. Современные технологии беспроводной связи// Техносфера. Москва, 2004.
7. <http://itc.kiev.ua/article.phpml?ID=15341&IDw=49&pid=19>

Ваше мнение и вопросы по статье
присылайте по адресу
TSS@Groteck.ru

**НАШИ РЕШЕНИЯ
ДЛЯ ВАШЕГО БИЗНЕСА**

- VoIP-оборудование
- Call-центры
- Системы записи и оповещения
- GSM-оборудование

АГАТ-ТЕЛЕКОМ

Тел./факс.: +7 (495) 799-90-69, 656-54-92, 656-55-92
E-mail: info@agat-telecom.ru, <http://www.agat-telecom.ru>