

Широкополосный беспроводной доступ: готовьтесь к новой жизни.

Дата публикации : 14.02.2002



[подписка на анонсы статей и новостей](#)

В коммерции появляются новые услуги, и разработчики сетей должны разобраться в их специфике.

Питер Райсави - президент консалтинговой фирмы Rysavy Research

За последние десять лет беспроводная связь прошла долгий путь. Сначала ею пользовались в основном полицейские, получая указания от своих диспетчеров; сегодня же с цифровым сотовым телефоном можно увидеть кого угодно - от футбольных болельщиц до президентов компаний.

Но и прошлое, и настоящее беспроводной связи - не главное; самое интересное ожидает ее в будущем. Уже на горизонте появление широкополосных беспроводных сетей, которые будут передавать больше данных, чем все остальные виды беспроводной связи. И вообще, по сравнению с проводной связью, у широкополосной связи имеются огромные преимущества. Во-первых, широкополосную связь можно быстрее развернуть. Во-вторых, она более гибко адаптируется к меняющимся требованиям полосы пропускания. Конечно, у широкополосной беспроводной связи тоже есть определенные недостатки. Развертывание такой сети занимает мало времени, но зачастую обходится дорого, - а при большом числе абонентов, возможно, даже слишком дорого.

Но широкополосная беспроводная связь на подходе, и чтобы составить о ней мнение, сетевым разработчикам нужно разобраться в ее возможностях и ограничениях. Во-первых, следует узнать о различных архитектурах данной связи - от спектров до частот и от полосы пропускания до лицензионных требований. Затем необходимо сопоставить затраты на развертывание беспроводной и проводной сетей. Неплохо получить представление и о различных услугах беспроводной связи, которые предлагают компании-операторы, а также о том, какие новые услуги могут появиться в течение нескольких следующих лет. Наконец, что можно сказать о частоте (коэффициенте) ошибок (error rate) у систем беспроводной связи по сравнению с проводными локальными сетями; у всех ли поставщиков сетевое оборудование работает на одних и тех же стандартах, и не приведут ли неблагоприятные погодные условия к серьезному ухудшению технических характеристик беспроводных сетей?

Хорошая новость для пользователей: кривая обучения растет довольно плавно, так что внедрение широкополосных беспроводных сетей не сопряжено с необходимостью замены практически всего связного оборудования. Все услуги широкополосной беспроводной связи используют обычные сетевые интерфейсы и протоколы; все сетевые приложения устанавливаются и работают, не требуя адаптации. Высокие технологии там, где они присутствуют, работают превосходно. Поэтому, если операторы смогут предоставлять услуги, буквально валом пойдет потребитель, жаждущий полосы пропускания и готовый выложить за это деньги.

Почему беспроводная?

Чтобы понять, почему столь привлекательна беспроводная широкополосная связь, нужно разобраться, чем же она в реальности является (и чем не является). Беспроводная широкополосная связь - это не мобильная связь. Антенны - в отличие от антенн для сотовых телефонов или устройств беспроводных локальных сетей - обычно имеют 30 см в диаметре, часто стоят на крышах и нацелены в каком-либо определенном направлении. Беспроводной канал связи является частью сетевой инфраструктуры провайдера: этот канал одни называют "последней милей" (last mile), другие "беспроводной местной линией связи", третьи - "беспроводным абонентским каналом" (wireless local loop).

Широкополосная беспроводная связь гораздо дешевле, чем оптоволоконная связь. Прокладка оптоволоконного кабеля к зданиям в столичном городе может стоить до \$250 000 на милю. А установить антенну на крыше и направить ее в сторону другой крыши обойдется вдесятеро (а то и более) дешевле.

Все большее распространение широкополосной беспроводной связи неизбежно, поэтому пора изучить ее преимущества и ограничения.

Теперь учтите, что спрос на полосу пропускания десятикратно возрастает каждые пять лет. Недавно спектр радиочастот был распродан на аукционных торгах международным операторам стационарной беспроводной связи (fixed-wireless carriers). А новая технология

разработки сетевой инфраструктуры помогла существенно снизить затраты на развертывание таких сетей. Дарси Шурин (Darcy Shurin), президент компании Smart Consulting (Керкленд, Вашингтон), говорит, что цены на традиционные микроволновые радиопередатчики для двухточечных СВЧ-радиосетей (point-to-point microwave radios) за последние три года упали с \$25 000 до \$15 000 за пару.

И еще: оптоволоконные кабели подведены менее чем к 10 процентам зданий. Неудивительно, что местные операторы телефонной связи (LECs - Local Exchange Carriers) не могут удовлетворить спрос на каналы класса T1 (с пропускной способностью 1.544 Мбит/с) и более производительные услуги. И хотя широкополосная беспроводная связь не может заменить собой другие технологии доступа (например, оптоволоконную связь и цифровые абонентские линии), согласно исследованиям маркетинговой фирмы The Strategis Group Inc. (Вашингтон, округ Колумбия), ей удалось захватить свыше 12 процентов всего рынка широкополосной связи. К 2003 г. в США выручка от реализации услуг составит \$5 млрд. Рэй Неттлтон (Ray Nettleton) из компании Formus Communications Inc. (Денвер), провайдера местной многопунктовой распределительной службы (LMDS - Local Multipoint Distribution Service), утверждает, что через пять лет беспроводная широкополосная связь будет доступна во всем мире при комбинированном использовании наземных и спутниковых линий связи.

Специфика широкополосной связи

Факты и цифры действительно впечатляют. Но чтобы воспользоваться преимуществами широкополосной беспроводной связи, разработчикам сетей нужно познакомиться с ее спецификой.

Вообще говоря, понятие "широкополосная беспроводная связь" относится к службе оператора, которая использует цифровую технологию и поддерживает множество заказчиков. Скорость передачи данных может составлять от 128 Кбит/с до 155 Мбит/с. Соединения со скоростью передачи данных, соответствующей каналу T1 (1.544 Мбит/с) либо кратной T1, сейчас являются ходовым товаром, но современные технологии вполне могут обеспечить гораздо более высокие скорости, - например, DS-3 (45 Мбит/с) или OC3 (155 Мбит/с). Ассортимент предоставляемых услуг включает местную и международную телефонию, подключение к частным сетям и доступ в Internet.

Для предоставления услуг операторы используют различные частоты. В США наиболее часто используются частоты в диапазонах 1.9, 2.4, 2.5, 5, 24, 28, 38, и 42 ГГц. В других странах распределение частот может быть другим.

Большое значение имеет тип используемого радиочастотного спектра. Некоторые диапазоны частот лицензируются, некоторые - нет (см. таблицу 1). Работа в диапазонах частот 2.4 и 5 ГГц не лицензируется, поэтому провайдеры могут развернуть обслуживание абонентов в этом диапазоне быстро и недорого (поскольку они не обременены расходами на лицензирование).

Однако в настоящее время не лицензированная полоса частот по совокупности значительно уступает лицензированной полосе. Например, не лицензированная полоса частот в диапазоне 2.4 ГГц предлагает радиочастотный спектр шириной всего в 80 МГц, что составляет менее 10 процентов от ширины полосы, выделенной для службы LMDS, - отсюда и меньшее количество абонентов, которое может поддерживать не лицензируемая полоса частот.

Кроме того, поскольку не лицензированные полосы частот доступны всем, пропускная способность каналов может быть ниже, если несколько провайдеров начинают предлагать конкурирующие услуги в одном и том же районе. Например, если на одной территории будут работать два провайдера услуг Internet (ISP - Internet Service Provider), пропускная способность их сетей может составить половину от нормальной. А поскольку не лицензированный спектр никем не регулируется, операторы сами должны найти выход из такой ситуации. Однако, несмотря на эти ограничения, такие услуги могут быть очень привлекательными для малых и средних фирм - по причине чрезвычайно конкурентоспособных цен.

Что касается низкочастотных диапазонов, в которых предлагается использовать относительно большую полосу пропускания, то следует отметить диапазон частот 2.5 ГГц, в котором работает многоканальная многопунктовая распределительная служба MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service). Служба MMDS имеет полосу пропускания шириной в 200 МГц, а поскольку этот диапазон лицензирован, здесь отсутствуют проблемы помех от других провайдеров. Ряд провайдеров услуг Internet используют полосу частот службы MMDS для обслуживания

предприятий малого и среднего бизнеса, в некоторых случаях применяя комбинированный подход - беспроводной канал от сервера до клиента и коммутируемую телефонную сеть общего пользования (PSTN - Public Switched Telephone Network) от клиента до сервера. Вообще же низкочастотный диапазон предусматривает больший радиус действия, максимум до 52 км. Фирмы Sprint Corp. (Канзас-Сити, Миссури) и MCI Worldcom Inc. (Джексон, Миссисипи) приобрели компании, имеющие в своем активе спектр частот службы MMDS, так что теперь они могут использовать беспроводную связь для организации местных абонентских линий.

Более высокие частоты (24 ГГц и выше) иногда называют миллиметровым диапазоном - по длине радиоволн, используемых для передачи сигналов. Лицензированные полосы частот в этом диапазоне гораздо шире, и на частотах порядка 28 ГГц (диапазон службы LMDS) операторы могут работать с полосой, имеющей ширину более 1 ГГц. При использовании методов модуляции, обеспечивающих эффективную пропускную способность от 1 бит/с (четырехпозиционная QAM, Quadrature Amplitude Modulation - квадратурная амплитудная модуляция) до 4 бит/с (64-позиционная QAM) на 1 Гц частоты, в полосе шириной в 1 ГГц можно реализовать совокупную пропускную способность до 4 Гбит/с (с учетом издержек на кодирование). Естественно, эта скорость разделяется среди потребителей и между соседними сотами зоны обслуживания либо участками из нескольких таких сот, называемых секторами. На этих более высоких частотах дальность связи (протяженность соединения) уменьшается почти до трех километров. Поскольку полосы частот в этом диапазоне лицензируются, пользователи не должны испытывать каких-либо помех.

Дела городские

В отличие от операторов, предлагающих услуги персональной связи (PCS - Personal Communications Services), которые должны развернуть обслуживание на больших географических территориях, охватывающих целые штаты (или государства), прежде чем они смогут привлечь абонентов, операторы беспроводной широкополосной связи в диапазоне LMDS могут работать в густонаселенных городских территориях. Они выбирают конкретные муниципальные районы, устанавливают концентратор на расположенном посреди района здании, и начинают предлагать обслуживание, используя линия связи с двухточечным либо радиально-узловым соединением абонентов.

Ключевым вопросом здесь является "визирная линия" (line of sight), поскольку сигналы не могут проникать через здания либо другие сооружения (то же самое имеет место во всех рассматриваемых диапазонах частот). Оператор решает с владельцами зданий вопрос о размещении оборудования удаленного доступа (remote-site equipment), которое состоит из небольших антенн и устройств сопряжения, подключаемых к стандартным телефонным или сетевым линиям. Далее оператор предоставляет свои услуги лицам, снимающим помещения в здании, используя традиционные физические разъемы и интерфейсы связи.

Проще говоря, широкополосная беспроводная связь стоит гораздо дешевле, чем оптоволоконная связь.

Очевидно, операторы нацеливаются на здания, которые не охвачены оптоволоконными линиями. Чтобы свести к минимуму расходы на получение доступа к крышам, операторы заключают сделки с крупными риэлторскими фирмами, чтобы получить доступ сразу к большому числу зданий. Провайдеры услуг Internet,

предлагающие не лицензированный диапазон частот (или MMDS), следуют другой стратегии. Благодаря более низким частотам, они могут обслуживать зоны с большим радиусом, что позволяет им быть нацеленными на предприятия малого бизнеса в более отдаленных участках, а также на пользователей домашних офисов. Линии связи могут быть двухточечными (point-to-point) или радиально-узловыми (point-to-multipoint). При таком развертывании потребитель обычно покупает радиооборудование для удаленного доступа.

Независимо от технологического решения, самые большие трудности для широкомасштабного развертывания таких сетей кроются в наличии необходимого оборудования и затратах на одного абонента. Например, базовые станции для диапазона службы LMDS стоят примерно \$250 000, плюс \$3 000 на одного абонента (плата за один порт - port charge) на удаленном узле. Однако по мере роста объемов продаж цены должны в ближайшие один-два года снизиться. Дарси Шурин (фирма Smart) предсказывает на этот период спад цен на инфраструктуру от 15 до 30 процентов, при снижении цен на LMDS-порты до \$1 500.

Вопросы архитектуры

Ясное понимание возможностей беспроводных широкополосных сетей, а также присущих им ограничений, предусматривает тем не менее и знание архитектуры. В сетевой архитектуре различают три основных канала: линия к сети потребителя, линия между сетью оператора и другими сетями, и беспроводное соединение - иначе "воздушный канал" (airlink).

Линия до потребителя прозрачна и легко устанавливается. Она основана на стандартных сетевых интерфейсах и протоколах (например, E1/T1, дробный E1/T1, дробный T3 и 10/100Base-T). С точки зрения пользователя данная сеть неотличима от проводной сети, а со стороны оператора используются такие стандартные интерфейсы, как DS-3 или OC3 ATM для связи с другими сетями. Воздушный канал - это участок, который подвергается наибольшим изменениям, так как различные поставщики работают над различными подходами. Ширина полосы частот радиосигналов в канале связи варьируется в интервале от 10 до 50 МГц, хотя сегодня для развертывания типична цифра 10 МГц. Данная частота представляет собой лишь малую часть общего портфеля радиочастот, имеющегося у оператора. Оператор должен планировать свои частоты с осторожностью, так как ему может понадобиться иметь большое количество перекрывающихся концентраторов в некоторой географической зоне, которые не мешают друг другу. Вдобавок, концентраторы могут делить свои зоны охвата (обслуживания) на секторы, каждый со своим радиоканалом. Такие секторы, как правило, колеблются по угловой ширине от 15 до 90 градусов. Оператор должен обеспечить рациональное сочетание затрат на развертывание с пропускной способностью, так как использование методов модуляции с большей спектральной эффективностью дает в результате сокращение зоны охвата.

В технологии радиально-узловых (point-to-multipoint) сетей ведутся разработки ключевого значения. Сегодня в большей части широкополосных беспроводных сетей применяется метод двухточечного соединения абонентских узлов: каждое соединение использует выделенное интерфейсное и радиооборудование, как на узле концентратора, так и на удаленном узле. Но в случае радиально-узловой сети зонный луч или пучок (coverage beam), идущий от концентратора, высвечивает ряд разных зданий. Каждому зданию выделяются определенные временные слоты согласно методу множественного доступа с временным уплотнением каналов (TDMA - Time-Division Multiple Access). Аналогично действуют сотовые сети IS-136 и GSM (сети глобальной мобильной связи - global system for mobile communications). Поскольку радиооборудование на узле концентратора связывается с множеством удаленных узлов, радиально-узловая архитектура представляет собой более эффективную схему физического соединения аппаратуры, нежели архитектура двухточечных соединений.

Однако в случае выбора радиально-узловой архитектуры сложность оборудования оказывается значительно выше; то же относится и к затратам на оборудование, так как поставщики пытаются окупить свои расходы на его разработку. Фактически развертывание радиально-узловой сети сегодня дороже сети двухточечной.

Но такое положение вещей вскоре изменится. Как утверждает Дженетт Нойес (Jeanette Noyes) из компании International Data Corp., IDC (Фреймингхэм, Массачусетс), радиально-узловая технология позволяет существенно снизить затраты в пересчете на одного абонента, вследствие чего беспроводная связь может эффективно конкурировать с другими широкополосными технологиями. Метод TDMA не только открывает путь для радиально-узловой архитектуры. Он позволяет оператору распределять различные доли полосы пропускания между разными потребителями на динамической основе. При динамическом распределении полосы пропускания операторы могут предлагать услуги с постоянной скоростью передачи битов (CBR - Constant Bit Rate) и с переменной скоростью передачи битов (VBR - Variable Bit Rate) по различным тарифам. Заказчики, которым требуется определенная пропускная способность, могут оплатить обслуживание повышенного качества. Заказчики, желающие получить переменную полосу пропускания, получают скидку. Конечный результат - более широкий выбор услуг.

С точки зрения потребителя метод двухточечного соединения ничем не отличается от метода радиально-узлового соединения. Но в настоящее время услуги радиально-узловой связи ни один оператор не предлагает. Два поставщика - Netro Corp. (Санта-Клара, Калифорния) и Wavtrace Inc. (Белльвью, Вашингтон.) вскоре выпустят на рынок оборудование для радиально-узловых сетей, а за ними должны последовать и другие фирмы.

Кольцевая топология

Несмотря на преимущества радиально-узловой архитектуры, некоторые операторы и поставщики сетевого оборудования работают над более простым методом "последовательного соединения узлов". В соответствии с данным методом в муниципальных зонах (районах) создаются большие кольца из множества двухточечных линий между зданиями. С помощью воздушного канала OC3 (или возможно более мощного), операторы могут развернуть обслуживание абонентов аналогично оптоволоконной связи при помощи мультиплексоров, осуществляющих добавление сигналов к общему потоку и их извлечение из общего потока (типа "add/drop"). Построение кольца также позволяет провайдеру услуг предложить увеличенную надежность путем внесения избыточности. Это предложение оставляет операторам свободу выбора: они могут предпочесть метод последовательного соединения узлов для первоначального обслуживания и затем, по мере

увеличения спроса и снижения затрат, перекрыть начальную схему радиально-узловой архитектурой.

Нужно учитывать еще проблему распределения спектра радиочастот между соединениями "концентратор-удаленный узел" и удаленный узел-концентратор". Традиционно для этого применялась дуплексная передача с частотным уплотнением (FDD, Frequency-Division Duplex), где для передачи в противоположных направлениях используются разные частоты. При этом способе на каждое направление передачи выделяется фиксированная полоса частот.

Альтернативным способом является передача с временным уплотнением (TDD, Time-Division Duplex). В соответствии с этим методом одна и та же полоса частот используется для передачи от клиента на сервер и от сервера к клиенту. В течение короткого промежутка времени (2 мс в одной системе) концентратор передает сигналы на удаленный узел, а остальное время концентратор принимает сигналы с удаленного узла.

Достоинство такого метода состоит в том, что система может динамически регулировать ширину полосы пропускания, выделенной для связи от клиента к серверу и от сервера к клиенту, просто меняя временное соотношение между двумя линиями связи. Кроме того, использование лишь одной частоты не только упрощает планирование частот, но и делает возможным применение определенных радиочастот (например, частота В полосы LMDS). Такие полосы частот могут создать проблемы для дуплексной передачи с частотным уплотнением (FDD). Дело в том, что полоса пропускания недостаточно широка для того, чтобы обеспечить разнесение рабочих частот на необходимый частотный интервал (называемый "защитной" полосой, guard band) между передающей и принимающей частотами за приемлемую цену. При дуплексной передаче с временным уплотнением (TDD), которая использует только одну частоту, такая проблема не возникает.

Большим преимуществом метода TDD является гибкость обслуживания. Поскольку трафик данных обычно является несимметричным, метод TDD приводит к более эффективному использованию имеющегося спектра частот и, в принципе, к снижению цен на услуги - или, по меньшей мере, к повышению рентабельности для оператора. Это также позволяет действовать так, как делают многие провайдеры услуг Internet: осуществлять подписку для большего числа абонентов, чем одновременно может быть обслужено. Другими словами, суммарная ширина полосы частот, проданной абонентам, может превысить магистральное подключение оператора. Метод TDD делает это возможным, обеспечивая динамическое распределение мгновенной полосы частот среди потребителей.

Спектр оказываемых услуг

Однако довольно говорить о внутренних механизмах. Сетевые разработчики хотят также знать, кто сегодня предлагает эти услуги...

Во-первых, узнайте, доступна ли данная услуга в интересующей вас географической зоне. Если она недоступна, то, скорее всего, такое положение вещей будет исправлено в следующем году. Также посмотрите на выбор метода: фирма Qualcomm Inc. (Сан-Диего) разработала версию технологии PCS, которая позволит операторам сотовой и PCS-связи предоставлять обслуживание, связанное исключительно с передачей данных, при скорости до 2 Мбит/с с заявленным спектром частот шириной всего в 1.25 МГц. При этом имейте в виду, что в наши дни миллиарды долларов затрачиваются на системы спутниковой связи со спутниками на низких околоземных орбитах (LEO, Low-Earth-Orbit), которые развернут услуги широкополосной связи только через несколько лет.

А пока что операторам придется определить номенклатуру услуг и характеристики предлагаемой полосы частот. Некоторые из этих операторов - например, Teligent Inc. (Вена, Вирджиния) и Winstar Communications Inc. (Нью-Йорк), - предоставляют полные услуги по телефонии и организации доступа в Internet. Другие, например, Advanced Radio Telecom (ART, Бельвю, Вашингтон) сконцентрировали свои усилия только на доступе в Internet. Большая часть операторов также предлагают такие услуги, как Web-хостинг, электронная почта и услуги по распространению новостей. Следует сказать, что операторы лучше всего оснащены оборудованием для обработки потоков со скоростями от дробных T1-каналов до нескольких T1-каналов. Однако на двухточечных линиях связи они могли бы предложить также скорости, соответствующие групповому каналу T3 либо OC3.

В то время как лицензированные операторы могут распределять сотни мегагерц спектра радиочастот, операторы с не лицензированным спектром имеют меньшую суммарную пропускную способность. Их полоса пропускания также не обязательно гарантируется; для некоторых заказчиков это вполне приемлемо, но многим другим может не понравиться.

Что можно сказать о частоте (коэффициенте) ошибок (error rate)? Каналы радиосвязи, спроектированные в расчете на прямое исправление ошибок (forward-error correction), дают частоту ошибок, сравнимую с проводными или оптоволоконными соединениями. Что касается

ухудшения качества услуг из-за дождя или снега, то операторы принимают этот фактор во внимание, используя максимально надежное соединение для этого конкретного географического региона. Надежность системы? Поставщики гарантируют коэффициент надежности оборудования 99.995...99.997 процентов. Итог: надежность очень высока, если не считать возможных сбоев при вводе в эксплуатацию.

Рекомендуется также заглянуть в стандарты. В каждом случае развертывание всей системы стационарной беспроводной связи осуществляется единым владельцем оборудования. Следовательно, давление со стороны стандартов незначительно, и большинство решений поставщиков являются фирменными. Тем не менее, ведутся разработки ряда стандартов, включая стандарт IEEE 802.16 (который определяет требования к физическому уровню и уровню управления доступом к среде для систем беспроводной широкополосной связи); значимость этих стандартов еще предстоит проверить. Это происходит потому, что чаще всего развертывание системы широкополосной беспроводной связи производится с участием одного-единственного поставщика. Стандарты могут дать операторам больше возможностей выбора, но это не столь важно. Поскольку оборудование стационарное, ему не приходится взаимодействовать с несколькими сетями, как это происходит с сотовой связью.

Ни одно обсуждение технологии нельзя завершить, не сказав несколько слов о ценах. Как правило, чтобы привлечь заказчиков, услуги беспроводной широкополосной связи должны быть дешевле услуг проводной связи, особенно в сравнении с T1-соединениями. Новые операторы, например, Teligent, планируют снизить платежи со стороны потребителей на целых 30 процентов.

Что касается провайдеров услуг беспроводной связи, то тут цены различаются существенно. Однако Concentric Network Corp. (Сан-Хосе, Калифорния) в настоящее время предлагает беспроводную связь с пропускной способностью каналов 384 Кбит/с за \$150 в месяц. Ясно, что агрессивность ценовой политики - обычное дело для операторов беспроводной связи.

Online Extras

Сетевые разработчики, усердно изучающие широкополосную беспроводную связь, могут проверить этот список представительных организаций, поставщиков сетевого оборудования и провайдеров сетевых услуг. Список нельзя считать исчерпывающе полным, однако он может служить отправной точкой для дополнительных исследований:

Группы по разработке стандартов и промышленные ассоциации

IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access Standards (Рабочая группа по стандартам доступа для широкополосной беспроводной связи): <http://grouper.ieee.org/groups/802/16>

Wireless Communications Association International (Международная ассоциация по беспроводной связи): www.wcai.com

Digital Audio Visual Council (Совет по цифровому аудио и видео): www.davic.org

Провайдеры услуг связи в нелицензированной полосе частот для организаций промышленности, науки и медицины (ISM - Industrial, Scientific, Medical

Airwire Inc.: www.airwire.net

Com-Pair.Net: www.com-pair.net

Spectrum Wireless Inc.: www.spectrumwireless.net

Worknet Communications: www.worknet.net

Провайдеры услуг беспроводной связи в полосе частот MMDS (2.5 ГГц)

Concentric Network Corp.: www.concentric.net

Speedchoice (новый владелец) - Sprint Corp.): www.speedchoice.com

Wireless One Inc.: www.wireless-one.com

Провайдеры услуг беспроводной связи в миллиметровом диапазоне (24...42 ГГц) (включая службу LMDS, 38 ГГц)

Advanced Radio Telecom: www.art-net.net

Formus Communications Inc.: www.formus.net

Nextlink Communications Inc.: www.nextlink.com

Поставщики сетевого оборудования для беспроводной связи в диапазоне ISM

Aironet Wireless Communications Inc.: www.aironet.com

Colan: www.colan.ru

Proxim		Inc.:	www.proxim.com
Solectek		Corp.:	www.solectek.com
Speedcom		International:	www.speedlan.com
Wavespan		Corp.:	www.wavespan.com
Wi-LAN Inc.:	www.wi-lan.com		

Поставщики сетевого оборудования для беспроводной связи в диапазоне MMDS и миллиметровом диапазоне LMDS

Adaptive	Broadband	Corp.:	www.adaptivebroadband.com
Harris		Corp.:	www.harris.com/harris
Hughes	Network	Systems:	www.hns.com
Hybrid	Networks	Inc.:	www.hybrid.com
Lucent:	www.lucent.com		
Netro		Corp.:	www.netro-corp.com
Newbridge	Networks	Corp.:	www.newbridge.com
Nortel		Networks:	www.nortel.com
P-Com		Inc.:	www.p-com.com
Spectrapoint	Wireless:		www.boschtelecominc.com/index.htm
Spike	Technologies	Inc.:	www.spike.com
Stanford	Telecommunications	Inc.:	www.stelhq.com
Triton	Network	Systems	Inc.:
Wavtrace Inc.:	www.wavtrace.com		www.triton-network.com

Статья опубликована с разрешения журнала Сетевой №01 2000 г



Статьи по этой теме:

- [Беспроводные сети готовятся к переходу на 5ГГц](#)
- [Борьба стандартов и их поклонников](#)
- [Беспроводные локальные сети становятся практичными](#)
- [Беспроводные сети: час настал](#)
- [На пути к сетям IEEE 802.11a](#)
- [Доверие к беспроводной оптике](#)
- [IEEE 802.11 в разных ипостасях](#)
- [Точки доступа 802.11b на тестовой площадке](#)
- [Свет, несущий связь.](#)
- [Беспроводная связь безвредна, но в какой степени?](#)
- [Анатомия беспроводных сетей](#)
- [Беспроводная оптика: волокно дешево, но воздух — бесплатный](#)

Дата публикации : 14.02.2002



[подписка на анонсы статей и новостей](#)