

Министерство образования и науки Российской Федерации

Калужский филиал
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
**«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»**
(КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Ю.С. Белов, А.Н. Молчанов

**РЕЖИМЫ РАБОТЫ ТОЧЕК ДОСТУПА,
СОЗДАНИЕ БЕСПРОВОДНОГО МОСТА**
Методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Беспроводные технологии передачи данных»

Калуга – 2019

УДК 004.71
ББК 32.972.5
Б435

Методические указания составлены в соответствии с учебным планом КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана по направлению подготовки 09.03.04 «Программная инженерия» кафедры «Программного обеспечения ЭВМ, информационных технологий».

Методические указания рассмотрены и одобрены:

- Кафедрой «Программного обеспечения ЭВМ, информационных технологий» (ИУ4-КФ) протокол № 51.4/5 от «23» января 2019 г.


Зав. кафедрой ИУ4-КФ  к.т.н., доцент Ю.Е. Гагарин

- Методической комиссией факультета ИУ-КФ протокол № 7 от «28» 01 2019 г.

Председатель методической комиссии факультета ИУ-КФ  к.т.н., доцент М.Ю. Адкин

- Методической комиссией КФ МГТУ им.Н.Э. Баумана протокол № 4 от «5» 02 2019 г.

Председатель методической комиссии КФ МГТУ им.Н.Э. Баумана  д.э.н., профессор О.Л. Перерва

Рецензент:
к.т.н., доцент кафедры ИУ3-КФ  А.В. Фиошин

Авторы
к.ф.-м.н., доцент кафедры ИУ4-КФ  Ю.С. Белов
ст. преп. кафедры ИУ6-КФ  А.Н. Молчанов

Аннотация

Методические указания по выполнению лабораторной работы по курсу «Беспроводные технологии передачи данных» содержат описание режимов работы точек доступа и создание беспроводного моста.

Предназначены для студентов 4-го курса бакалавриата КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, обучающихся по направлению подготовки 09.03.04 «Программная инженерия».

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ, ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ.....	5
КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИЗУЧЕНИЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ	6
ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ	31
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	32
ФОРМА ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ	32
ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	33
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА	33

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания составлены в соответствии с программой проведения лабораторных работ по курсу «Беспроводные технологии передачи данных» на кафедре «Программное обеспечение ЭВМ, информационные технологии» факультета фундаментальных наук Калужского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Методические указания, ориентированные на студентов 4-го курса направления подготовки 09.03.04 «Программная инженерия», содержат краткое описание режимов работы точек доступа и создания беспроводных мостов и задание на выполнение лабораторной работы.

Методические указания составлены для ознакомления студентов с возможностями оборудования для беспроводных локальных сетей. Для выполнения лабораторной работы студенту необходимы минимальные знания архитектуры ЭВМ, компьютерных сетей и технологии локальных вычислительных сетей.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ, ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

Целью выполнения лабораторной работы является получение практических навыков настройки и применения различных режимов работы точки доступа.

Основными задачами выполнения лабораторной работы являются:

1. Понять принципы функционирования режима беспроводного моста.
2. Выяснить основные области применения различных режимов.
3. Смоделировать и практически подтвердить различные режимы работы точки доступа.

Результатами работы являются:

- Настроенный в режиме WDS беспроводные точки доступа
- Подключенный сетевое оборудование
- Подготовленный отчет

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИЗУЧЕНИЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ

Использование радио для расширения зоны действия локальной сети — идея не новая. Оборудование и программное обеспечение для добавления удаленных клиентов существует, по крайней мере, уже в течение десяти лет. Беспроводные соединения используются с распределением спектра для расширения локальных сетей и интернет-служб в места, где традиционные проводные сети были бы непрактичны или нереализуемы. Но стоимость и сложность процесса делают это работой для профессионалов и платных консультантов.

Беспроводное соединение точка-точка может быть частью более крупной Wi-Fi-сети, оно может работать в качестве простого моста между двумя проводными сетями или просто добавлять удаленную точку к имеющейся сети. Соединение точка-точка отличается от других сетей 802.11b, так как передает данные между двумя конкретными точками, а не вещает сетевой сигнал всем сетевым клиентам в зоне его действия. Также можно использовать соединение 802.11b как элемент беспроводного шлюза, обеспечивающего интернет-доступ к сообществу или изолированному месту, где невозможна проводная связь.

Зачем расширять беспроводную сеть Wi-Fi? Соединения точка-точка могут выполнять несколько функций:

1. могут расширять отдельную сеть для подключения пользователей из нескольких зданий. Коммерческий или академический департамент, располагающийся на территории группы зданий, может использовать беспроводные соединения для распространения сетевых служб на все рабочие места в организации;
2. могут передавать данные через такие препятствия, как например река. В условиях беспрепятственной прямой видимости беспроводная связь может пригодиться там, где сложно или невозможно протянуть кабели от одного здания к другому;
3. могут обеспечить подключение к сети и высокоскоростной доступ в Интернет пользователям и автономным компьютерам в

удаленных местах. Беспроводное соединение может обеспечить широкополосное подключение в местах, не обслуживаемых широкополосной DSL, службой кабельного телевидения или даже стандартной телефонной линией;

4. могут реализовывать беспроводные сетевые соединения как недорогую альтернативу выделенным линиям. Частные сети передачи данных, предоставляемые телефонной компанией или иными распространенными конторами, обычно требуют однократной оплаты за установку и ежемесячной абонентской платы. Ежегодные выплаты за выделенную линию часто могут во много раз превышать однократную трату на приобретение и установку радио соединения.

В некотором смысле сетевое соединение точка-точка является категорией, полностью отличной от беспроводной сети. Обе используют одну и ту же радио технологию, а беспроводная сеть вполне может распространяться за пределы отдельного здания, но двухточечная связь может с одинаковой легкостью использовать какой-либо другой тип радио модуляции на любой другой частоте вместо DSSS на 2,4 ГГц и выполнять ту же самую функцию.

Расширение LAN

Беспроводное сетевое соединение точка-точка может представлять собой либо сеть на одном конце, подключенную к отдельному устройству клиента на другом, либо мост между двумя сетями. Другими словами, конечные точки соединения могут представлять собой либо отдельный компьютер, либо целую сеть. Беспроводная сеть с удаленным пользователем, работает так же, как сеть с двумя или более точками доступа в пределах одного здания. Единственное отличие заключается в том, что несколько точек доступа, подключенных к сети, используют внешнюю антенну, направленную на компьютер клиента в удаленном месте. Удаленный компьютер появляется в сети так же, как любой другой сети.

Беспроводной сетевой мост представляет собой соединение между двумя сегментами одной и той же LAN. Оба сегмента могут быть

разделены минимальным расстоянием в несколько сотен метров или максимальным в несколько километров и более.

Если расстояние между двумя конечными точками слишком велико для отдельного радио соединения или в зоне прямой видимости присутствуют препятствия, в опорных точках соединения точка-точка между источником и пунктом назначения могут использоваться ретрансляторы. Ретрансляционной точкой может стать изолированная радиовышка или крыша. Она также может представлять собой место с дополнительными сетевыми клиентами, например, третье здание между двумя конечными точками.

Соединение точка-точка может использовать любую точку доступа и сетевой адаптер, имеющие разъемы под внешние антенны. Тем не менее, некоторые производители предлагают беспроводные маршрутизаторы, специально разработанные для внешних мостовых применений, и это зачастую является лучшим выбором. Все мосты, изготовленные Plexus, Hyperlink, Orinoco и другими компаниями, сочетают точки доступа с маршрутизаторами, поэтому могут значительно упростить реализацию сети.

Соединения «от точки к точке» и «от точки ко многим»

Комнатная точка доступа использует либо всенаправленную антенну, излучающую одинаковое количество энергии во всех направлениях от центра предполагаемой зоны покрытия, либо направленную антенну с широким апертурным углом, расположенную на одном конце зоны покрытия. Точка доступа, обеспечивающая беспроводную службу в пределах обозначенной зоны (такой, как офис или дом), представляет собой службу «от точки ко многим»: она может осуществлять обмен данными со многими сетевыми клиентами одновременно.

Соединение точка-точка преследует другую цель: оно осуществляет передачу максимально возможного числа излучаемых сигналов между двумя фиксированными точками. Радиосигналы передаются в обоих направлениях, поэтому каждая антенна, маршрутизатор или точка доступа использует одну и ту же антенну как для приема, так и для передачи. Целью является фокусирование радиосигнала по

направлению к антенне на другой стороне соединения, поэтому, по крайней мере, одна из конечных точек использует направленную антенну. Если осуществляется соединение на большое расстояние, для обеспечения максимально сильных сигналов обе антенны должны быть направленными.

В кампусе или аналогичной зоне, где сеть соединяет несколько зданий, для распространения сетевой службы от центра к удаленным местам в более чем одном направлении сетевые связи должны быть «разделены». В системе такого типа центральная точка доступа использует ненаправленную антенну, а каждая удаленная точка — направленную. В системе, где две удаленные точки находятся в одном и том же направлении, наилучшим вариантом может стать направленная антенна с широким углом обзора. Более сложная система может сочетать направленные и всенаправленные антенны.

Архитектура распределенной беспроводной сети

Первый пункт плана размещения соединения точка-точка — определение возможного пути прохождения сигнала. Теоретически можно вычислить необходимую высоту обеих антенн и определить расстояние между ними, но такой способ часто не срабатывает. Почти всегда, прежде чем вы сможете запустить вашу радиоаппаратуру и начать передавать данные по сети, требуется настройка. Предварительное размещение можно выполнить, воспользовавшись хорошей картой, но на некотором этапе придется подняться на крышу (или выглянуть в окно) и убедиться в наличии прямой видимости с предположительным местом другого конца связи. Если расстояние превышает две сотни метров, воспользуйтесь парой биноклей.

Вы можете расположить антенну на своем собственном здании без каких-либо особых разрешений, но, если вы хотите использовать крышу коммерческого здания, скорее всего, вам понадобится разрешение его владельца и, возможно, местного муниципального органа. Это не должно вызвать серьезных проблем при монтаже неприметных антенн, но учитывать такую возможность необходимо, если вы хотите использовать относительно большую тарелку или что-то аналогичное. Используя имеющийся шест или вышку для крепления

антенны, удостоверьтесь, что вы не создаете помех другим антеннам поблизости и не принимаете помех от них.

Подъем на мачту или вышку с полным инструментов поясом и надежное закрепление громоздкой антенны в точном положении на высоте 30 или более метров не простая послеобеденная прогулка. Даже не помышляйте об этом без соответствующего страховочного оборудования, включая защитные каски для всех работающих, — оброненный ключ или болт может нанести смертельную травму. Если у вас отсутствует опыт подобного вида работ, стоит подумать о том, чтобы нанять кого-нибудь для выполнения работы за вас. Люди, занимающиеся продажей антенн, могут подсказать вам, где найти квалифицированного установщика антенн в вашей местности.

Выбор трассы для сигнала Wi-Fi

Первым этапом установки соединения является принятие решения, где в точности оно будет реализовано. Если вы просто расширяете сеть на территорию парковки или хайвэя, путь будет очевиден: место, свободное от высоких деревьев перед зданием. Но если соединение осуществляется на расстоянии более километра, сначала необходимо обозначить путь на карте.

Сложная местность: связь на дальние дистанции

Расстояние, покрываемое большинством беспроводных сетей, измеряется скорее в метрах, нежели в километрах, поэтому реализация соединения является относительно простой задачей. Каждая точка связи расположена в пределах прямой видимости, антенны легко направлять друг на друга. При небольшом расстоянии уровень сигнала обычно не является проблемой, особенно с направленными антеннами. Связь на длинное расстояние реализовать сложнее, так как сигнал слабее и точно сориентировать антенны гораздо труднее. И приемник становится сложнее обнаружить по мере удаления от передатчика. Также труднее определить конкретное здание или другую конечную точку невооруженным глазом, когда оно является одним из множества на склоне горы или в долине на расстоянии нескольких километров, поэтому телескоп или пара биноклей — важный атрибут в вашей сумке

с инструментами для монтажа. Начав с места, где сетевое подключение уже имеется, поищите взглядом цель с крыши или из окна верхнего этажа. Если вы можете ее найти, то, скорее всего, сможете установить сетевое соединение. Тем не менее по крайней мере одна из антенн соединения на большое расстояние должна быть размещена достаточно высоко для преодоления препятствий. Это не проблема для связи на расстоянии одного-двух километров: крыша двухэтажного здания должна обеспечить достаточную высоту для беспрепятственного обзора, если на пути отсутствуют деревья. Но, если вы пытаетесь передать сигнал на расстояние десять или более километров, высота подвеса антенны становится важным вопросом. Именно по этой причине радиовышки часто можно встретить на вершинах холмов и высоких зданий.

Настройка антенн Wi-Fi

Для наилучшей эффективности направленная антенна должна быть строго ориентирована на антенну, расположенную на другом конце соединения. Если антенны на обеих конечных точках являются направленными, обе они должны быть ориентированы соответствующим образом. В большинстве случаев наилучшее место для расположения антенны будет крыша, вышка или крепление к наружной стене, но иногда ее можно расположить в помещении рядом с окном, если соблюдается условие прямой видимости на другую сторону соединения. Большинство коммерческих антенн снабжены диаграммами их излучения при максимальном сигнале в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Сверьтесь с этой документацией, так как не для всех антенн сразу можно указать точки самого сильного сигнала. Например, антенны типа «волновой канал» имеют максимум, несколько смещенный относительно центральной оси, и в случае связи на длинное расстояние это может повлиять на успех или неудачу мероприятия. Можно полностью настроить пару антенн, отслеживая уровень сигнала с помощью программы конфигурирования Wi-Fi, но, когда вы имеете дело со связью на длинные дистанции и слабыми сигналами, компонент измерительного оборудования, называющийся анализатором спектра, обеспечит

гораздо более точную информацию. Анализатор спектра представляет собой очень дорогой радиоприемник, отображающий участок спектра в виде визуального изображения. Любой обнаруженный сигнал на дисплее отображается в виде пика, который растет по мере возрастания уровня сигнала. Следовательно, для поиска наилучших мест для антенн вы можете использовать дисплей. К сожалению, анализаторы спектра, способные отображать сигнал с частотой 2,4 ГГц, —устройства достаточно дорогие. Новый анализатор стоит несколько тысяч долларов. Лучшим вариантом будет взять его напрокат на день-два, пока вы будете устанавливать антенны. Если анализатор спектра отыскать трудно, не беспокойтесь об этом; окно отображения уровня сигнала в Wi-Fi-программе работает почти так же хорошо. Установка и настройка антенн для соединения точка-точка не рассчитаны на работу одного человека. Как минимум вам понадобится один помощник для регулировки положения антенны, а другой — для наблюдения за компьютером или анализатором спектра с целью определения наиболее сильного сигнала. Если у вас есть возможность разместить по команде на каждой стороне соединения с телефонами или радиостанциями, это сэкономит массу времени и усилий.

Для правильного ориентирования антенн выполните следующие действия:

1. Выберите конкретное месторасположение, где хотите установить каждую из антенн, и надежно закрепите мачты или шесты, на которых они будут размещаться.
2. Используйте монтажное оборудование, поставляемое с каждой антенной, для ее крепежа к мачте, шесту или иному несущему предмету. Направьте антенну на другую конечную точку соединения, но не затягивайте винты — вам будет необходимо отрегулировать положение антенны более точно.
3. Проложите фидер от антенны к беспроводному маршрутизатору, точке доступа или сетевому адаптеру. Если у вас есть доступ к анализатору спектра, который может работать на частоте 2,4 ГГц, подключите его к кабелю, идущему от антенны.
4. Подключите маршрутизаторы или точки доступа к соответствующим сетям, включите радиоустройства на обеих

сторонах. Если вы используете анализатор спектра, настройте его на частоту радиоканала, используемого вашей точкой доступа или маршрутизатором. Если у вас нет анализатора спектра, запустите конфигурационную утилиту на сетевом устройстве. Если направленная антенна используется лишь на одном конце сетевой связи, регулировать нужно только ее.

5. Медленно перемещайте антенну, подключенную к маршрутизатору или анализатору спектра. Вы должны увидеть пик на экране отображения уровня сигнала, когда данная антенна направлена прямо на другую сторону соединения. Сначала подвигайте антенну влево и вправо, затем отрегулируйте вертикальный угол. Когда окно отображения уровня сигнала или анализатор спектра покажет самый сильный сигнал, зафиксируйте антенну.
6. Если другая антенна также является направленной, повторите процесс нахождения пикового сигнала. Если у вас есть бригада на удаленной точке, она может произвести регулировку своей антенны, общаясь по радио или телефону с людьми на первой точке.
7. Если антенна еще не подключена к сетевому устройству, подключите антенный фидер к вашему маршрутизатору, точке доступа или сетевому адаптеру. На данном этапе вы должны быть способны осуществить обмен данными между двумя конечными точками в обоих направлениях. Если получить достаточный сигнал по соединению для реализации пригодного к использованию сетевого подключения не удастся, возможно, придется усилить сигнал с помощью РЧ-усилителя или заменить антенны другими, имеющими больший коэффициент усиления.

Препятствия и трансляция

Каждая антенна в соединении точка-точка должна иметь свободный от препятствий обзор антенны на другом конце связи. Если между источником и точкой назначения находится здание или возвышенность, придется найти способ переправить сигнал через нее или в обход. Если трасса сигнала проходит через лесистую местность,

постарайтесь реализовать свой план размещения весной или летом, так как сигнал, без проблем проходящий сквозь голые ветви, может быть поглощен листвой и прочей растительностью. Примерное затухание в листве составляет 3 дБ, или половину мощности вашего сигнала, на одно дерево.

Если вы не можете перенаправить сигнал в обход, то единственным способом передать его будет использование ретранслятора в месте, где обеспечивается прямая видимость на обе конечные точки. Ретранслятор может представлять собой отдельный маршрутизатор с возможностью подключения двух радиоустройств (например, Originoso Outdoor Router), два отдельных маршрутизатора, подключенных через сетевой Ethernet-кабель, или пару точек доступа, соединенных через сетевой хаб. Чтобы снизить влияние помех между двумя антеннами, для каждого сегмента в цепи сетевого соединения должен использоваться отдельный радиоканал.

В качестве дополнительного преимущества маршрутизатор, ретранслирующий сеть на следующее радиоустройство, может также обеспечивать сетевую службу в здании, где располагается ретранслятор, или разделять сеть и ретранслированные сигналы для двух или более удаленных конечных точек. Поэтому, например, центральный пункт управления Wi-Fi-сетью может быть расположен на мансарде, а подключение к ретрансляционной точке — на вершине соседнего холма или крыше.

Альтернативы 802.11b

Соединения сети 802.11b на длинные расстояния не единственный способ подключения к сети удаленных пользователей. Другие методы расширения зачастую более просты или надежны.

Основные причины использования Wi-Fi-оборудования в беспроводном соединении точка-точка заключаются в том, что инструментарий является широкодоступным и относительно недорогим. Он не требует специальной лицензии, а соединение может быть частью существующей беспроводной сети. Но можно также использовать радиоустройства, использующие (лицензированные или нелицензированные) радиочастоты или другие типы радиосигналов.

Спецификация 802.11 от IEEE (без индекса b) касается устройств, использующих как модуляцию с прямым последовательным расширением спектра (DSSS), так и модуляцию с расширением спектра при изменении частоты (FHSS). В радио среде, где помехи от других беспроводных сетей являются проблемой, часто с шумом может помочь справиться другая технология.

Каждый тип радиоустройств предлагает свое сочетание скорости передачи данных и диапазона сигнала. Например, семейство беспроводных сетевых продуктов Alvarion (ранее BreezeCom) PRO.1 1 использует радиоаппаратуру с FHSS, которая может передавать данные со скоростью вплоть до 3 Мбит/с на расстояние до 48 км. BreezeNET Workgroup Bridge подключается прямо к 10Base-T Ethernet LAN.

Если скорости сети 802.11b в 11 Мбит/с недостаточно для удовлетворения ваших потребностей, более скоростное подключение могут обеспечить другие устройства, но они обычно работают на более коротких дистанциях, чем Wi-Fi-связь. Оборудование 802.11a обладает максимальной скоростью передачи данных (примерно 54 Мбит/с на 5 ГГц). Максимальная скорость Over LAN HS 100 от C-SPEC примерно 100 Мбит/с, но зона действия сигнала значительно уже, чем для соединения 802.11b.

Если широкополосное подключение к Интернету в удаленной точке уже существует, используйте его. Одно лишь то, что организация беспроводной связи является возможной, — не самый веский аргумент для ее применения. Например, виртуальная частная сеть может обеспечить все преимущества беспроводной связи точка-точка без проблем с настройкой пары антенн. Для заинтересованных в использовании сети людей отдельная сеть с VPN-туннелем, соединяющая два или более здания, выглядит почти как сеть с радиосвязью. Другой, зачастую очень эффективный метод — прокладка кабелей между соседними зданиями через коммунальные туннели.

Антенны для сетевых адаптеров Wi-Fi

Если для подключения одного удаленного сетевого клиента вы используете связь точка-точка, вам понадобится сетевой адаптер,

рассчитанный на внешнюю [антенну](#). Некоторые производители, включая Zoom и Orinoco, предлагают беспроводные сетевые адаптеры на PC-картах с разъемами под антенну ZoomAir Model 4103, поставляется со сменной всенаправленной антенной, которую вы можете заменить кабелем или направленной антенной. PCMCIA-адаптеры Orinoco содержат две внутренние антенны и разъем под внешнюю. Он расположен под небольшой крышкой на краю карты. Крышку можно снять с внешней стороны. Так как в адаптере Orinoco используется оригинальный разъем, необходим специальный кабель, pigtail, со стандартным антенным разъемом на одном конце и вилкой, соответствующей разъему Orinoco, на другом. Переходник марки Orinoco может стоить дороже, чем карта сетевого адаптера, но менее чем за треть стоимости Orinoco вы можете приобрести и другие переходники, работающие не хуже, например, от компаний Fleeman Anderson & Bird. HyperLink Technologies и Invictus Networks.

Выбор оборудования для беспроводной сети

Есть несколько типов беспроводных стандартов: 802.11a, 802.11b и 802.11g. В соответствии с этими стандартами существуют и различные типы оборудования. Стандарты беспроводных сетей семейства 802.11 отличаются друг от друга прежде всего максимально возможной скоростью передачи. Так, стандарт 802.11b подразумевает максимальную скорость передачи до 11 Мбит/с, а стандарты 802.11a и 802.11g – максимальную скорость передачи до 54 Мбит/с. Кроме того, в стандартах 802.11b и 802.11g предусмотрено использование одного и того же частотного диапазона – от 2,4 до 2,4835 ГГц, а стандарт 802.11a подразумевает применение частотного диапазона от 5,15 до 5,35 ГГц.

Оборудование стандарта 802.11a, в силу используемого им частотного диапазона, не сертифицировано в России и купить такое оборудование проблематично. Именно поэтому в дальнейшем рассматриваются стандарты 802.11b и 802.11g. Следует учесть, что стандарт 802.11g полностью совместим со стандартом 802.11b, то есть стандарт 802.11b является подмножеством стандарта 802.11g, поэтому в беспроводных сетях, основанных на оборудовании стандарта 802.11g, могут также работать клиенты, оснащенные беспроводным адаптером

стандарта 802.11b. Верно и обратное – в беспроводных сетях, основанных на оборудовании стандарта 802.11b, могут работать клиенты, оснащенные беспроводным адаптером стандарта 802.11b. Впрочем, в таких смешанных сетях скрыт один подводный камень: если мы имеем дело со смешанной сетью, то есть с сетью, в которой имеются клиенты как с беспроводными адаптерами 802.11b, так и с беспроводными адаптерами 802.11g, то все клиенты сети будут работать по протоколу 802.11b. Более того, если все клиенты сети используют один и тот же протокол, например 802.11b, то данная сеть является гомогенной, и скорость передачи данных в ней выше, чем в смешанной сети, где имеются клиенты как 802.11g, так и 802.11b. Дело в том, что клиенты 802.11b «не слышат» клиентов 802.11g. Поэтому для того, чтобы обеспечить совместный доступ к среде передачи данных клиентов, использующих различные протоколы, в подобных смешанных сетях точки доступа должны отрабатывать определенный механизм защиты. В результате применения механизмов защиты в смешанных сетях реальная скорость передачи становится еще меньше. Поэтому при выборе оборудования для беспроводной сети стоит остановиться на оборудовании одного стандарта. Протокол 802.11b сегодня является уже устаревшим, да и реальная скорость передачи данных при использовании данного стандарта может оказаться неприемлемо низкой. Так что оптимальный выбор – оборудование стандарта 802.11g.

Некоторые производители предлагают оборудование стандарта 802.11g+ (SuperG), а на коробках своих изделий (точках доступа и беспроводных адаптерах) помимо надписи «802.11g+» указывают еще и скорость в 100, 108 или даже 125 Мбит/с. Фактически никакого протокола 802.11g+ не существует, и все, что скрывается за этим загадочным протоколом – это расширение базового стандарта 802.11g. На самом деле, все производители чипсетов для беспроводных решений (Intersil, Texas Instruments, Atheros, Broadcom и Agere) в том или ином виде реализовали расширенный режим 802.11g+. Однако проблема заключается в том, что все производители по-разному реализуют данный режим, и нет никакой гарантии, что решения различных производителей смогут взаимодействовать друг с другом.

Поэтому при покупке точки доступа стандарта 802.11g+ следует убедиться, что беспроводные адаптеры также поддерживают данный стандарт.

Стандарт 802.11n повышает скорость передачи данных практически вчетверо по сравнению с устройствами стандартов 802.11g (максимальная скорость которых равна 54 Мбит/с), при условии использования в режиме 802.11n с другими устройствами 802.11n. Теоретически 802.11n способен обеспечить скорость передачи данных до 480 Мбит/с. Устройства 802.11n работают в диапазонах 2,4 — 2,5 или 5,0 ГГц. Кроме того, устройства 802.11n могут работать в трех режимах:

- наследуемом (Legacy), в котором обеспечивается поддержка устройств 802.11b/g и 802.11a
- смешанном (Mixed), в котором поддерживаются устройства 802.11b/g, 802.11a и 802.11n
- «чистом» режиме — 802.11n (именно в этом режиме и можно воспользоваться преимуществами повышенной скорости и увеличенной дальностью передачи данных, обеспечиваемыми стандартом 802.11n).

Черновую версию стандарта 802.11n поддерживают многие современные сетевые устройства. Устройства стандарта 802.11n могут работать в одном из двух диапазонов — 2,4 или 5 ГГц. Это намного повышает гибкость их применения, позволяя отстраиваться от источников радиочастотных помех.

Спецификация 802.11n предусматривает использование как стандартных каналов шириной 20 МГц, так и широкополосных — на 40 МГц с более высокой пропускной способностью. Проект ее версии 2.0 рекомендует применять 40-мегагерцовые каналы только в диапазоне 5 ГГц, однако пользователи многих устройств такого типа получают возможность вручную переходить на них даже в диапазоне 2,4 ГГц. Ключевой компонент стандарта 802.11n под названием MIMO (Multiple Input, Multiple Output — много входов, много выходов) предусматривает применение пространственного мультиплексирования с целью одновременной передачи нескольких информационных потоков по одному каналу, а также многолучевое

отражение, которое обеспечивает доставку каждого бита информации соответствующему получателю с небольшой вероятностью влияния помех и потерь данных. Именно возможность одновременной передачи и приема данных определяет высокую пропускную способность устройств 802.11n.

Чаще всего стандартными считаются антенные конфигурации цепи для передачи и приема информации 3×3 или 2×3 , однако со временем устройства стандарта 802.11n станут поддерживать и другие варианты. В простых недорогих моделях будет реализована схема из одной передающей и двух принимающих цепей (по статистике абоненты потребляют гораздо больше данных, чем передают), тогда как пользователи, которым нужна очень большая скорость передачи данных, смогут приобрести старшие модели с конфигурацией антенн 4×4 .

Питание через сеть Ethernet. Действующий сейчас стандарт сетевого питания 802.3af (PoE) не обеспечивает мощности, необходимой для электроснабжения точек доступа с антенными конфигурациями 3×3 и выше. Ему на смену уже разрабатывается стандарт 802.3at, но пока он не принят, производители беспроводных устройств изыскивают обходные пути решения этой проблемы (например, за счет автоматического отключения многолучевой передачи), а разработчики беспроводных микросхем стремятся снизить потребляемую мощность своих чипов.

Узкие места в сети. С учетом того, что у перспективных моделей пропускная способность может превысить 100 Мбит/с, создателям беспроводных сетей стоит позаботиться о подводе к точке доступа проводного соединения Gigabit Ethernet. Пока, конечно, такая полоса пропускания может показаться чрезмерной, однако со временем, когда нагрузка на беспроводные сети увеличится, нынешние Ethernet-каналы вполне могут стать узким местом на пути сетевого трафика.

Агрегация в сети. Когда пропускная способность кабельного подключения точки беспроводного доступа к проводной сети превышает 100 Мбит/с либо в этих целях используется новая инфраструктура Gigabit Ethernet, узким местом на пути трафика грозит стать беспроводной контроллер. Коммутаторы с дешифрованием и

другие промежуточные устройства могут быть просто не в состоянии обслуживать столько же точек беспроводного доступа, как и раньше.

Форма зон WI-FI. Традиционно зоны беспроводных ЛВС имеют сферическую форму (если ничто не мешает распространению радиоволн), однако применение в стандарте 802.11n технологии МІМО и пространственного мультиплексирования искажает ее и делает менее предсказуемой (форма здесь во многом зависит от условий окружающей среды). В результате привычный контрольно-измерительный инструментарий, обычно используемый при планировании сети, может оказаться непригодным или во всяком случае малоэффективным.

Чтобы обеспечить как можно лучшую совместимость точек доступа и клиентов стандарта 802.11n, стоит все прошивки и драйверы обновить до версий, сертифицированных альянсом Wi-Fi для 802.11 Draft 2.0 (если они имеются).

Технология WDS

Термин WDS (Wireless Distribution System) расшифровывается как «распределенная беспроводная система». Данная технология поддерживается большинством современных точек доступа. Если говорить упрощенно, то данная технология позволяет точкам доступа устанавливать беспроводное соединение не только с беспроводными клиентами, но и между собой. Соединения WDS основываются на MAC-адресах и используют специальный тип кадров, в которых задействованы все четыре поля для MAC-адресов, определенные стандартом 802.11, вместо трех, как при обычной передаче данных между точкой доступа и клиентом. Напомним, что при взаимодействии клиентов с точкой доступа заголовок каждого кадра содержит MAC-адреса узла-отправителя, узла-получателя и самой точки доступа. В случае использования WDS-технологии в каждый кадр, кроме MAC-адреса узла-отправителя и узла-получателя, вставляются также MAC-адреса ассоциированной с узлом точки доступа и взаимодействующей с ней точки доступа. Технология WDS может использоваться для реализации двух режимов беспроводных соединений между точками доступа: режима беспроводного моста (радиомоста) и режима

беспроводного повторителя (Рис. 3). Режим беспроводного моста (WDS) позволяет точкам доступа работать только с другими точками доступа, но не с клиентскими адаптерами. Режим беспроводного повторителя (WDS with AP) позволяет точкам доступа работать как с другими точками доступа, так и с клиентскими адаптерами. Понятно, что рассматриваемая нами архитектура распределенной беспроводной сети подразумевает функционирование обеих точек доступа в режиме беспроводных повторителей (WDS with AP)

Недостатки технологии WDS

Несмотря на кажущиеся преимущества технологии [WDS](#), здесь имеются свои недостатки, среди которых стоит отметить следующие:

- уменьшение скорости соединения в WDS сети;
- невозможность использования только WPA-шифрования данных;
- проблема совместимости оборудования различных производителей.

Уменьшение скорости соединения в беспроводной сети при реализации WDS технологии связано с тем, что все точки доступа используют один и тот же канал связи, поэтому, чем больше точек беспроводного доступа используется в сети в режиме повторителя или моста, тем ниже скорость соединения беспроводных клиентов в такой сети. Другой недостаток WDS-сети заключается в том, что в ней не поддерживаются технологии аутентификации пользователей и шифрования данных, основанные на динамических ключах. Поддерживаются только статические ключи. То есть единственная технология, поддерживаемая WDS-сетями, – это WEP-шифрование, которое, как известно, является менее стойким в сравнении с WPA-шифрованием.

Последняя проблема WDS-сетей – это совместимость оборудования различных производителей. Дело в том, что на сегодняшний момент не существует единой спецификации WDS, что порождает определенную проблему при использовании устройств различных производителей.

Конечно, если для создания распределенной сети используются точки доступа, построенные на одних и тех же чипсетах, то вопрос о несовместимости оборудования отпадает. Однако в большинстве

случаев информация о чипсете, на котором построена точка доступа, недоступна пользователю. Поэтому единственной 100% гарантией совместимости оборудования является использование одинаковых точек доступа для развертывания WDS-сети. Также велика вероятность совместимости оборудования при использовании точек доступа одного производителя (даже если это различные модели). В отношении же совместимости точек доступа различных производителей вопрос остается открытым (хотя, конечно, это не означает, что точки доступа различных производителей будут несовместимы друг с другом).

Роутеры Cisco

Роутеры Cisco E-серии могут работать одновременно в двух частотных диапазонах. В привычном нам 2,4 ГГц и сравнительно неиспользуемом 5 ГГц. Для этого у E2500 есть по 2 антенны на каждый диапазон частот. Преимущество диапазона частот 5 ГГц в том, что в этом диапазоне больше независимых каналов и пока меньше оборудования, что соответственно уменьшает количество помех. Это же является и минусом, вполне вероятно, что нужно будет купить новый адаптер Wi-Fi.

Характерной особенностью является то, что стандартно для обоих диапазонов стоят одинаковые имена точек доступа (SSID), при этом двухдиапазонный Wi-Fi адаптер (например, LinkSys AE2500) может работать только в одном диапазоне частот, выбранном автоматически. Если вы хотите явно указать в каком диапазоне работать, то самым логичным является указание разных SSID для разных диапазонов частот.

Стандартный режим работы в сети Wi-Fi с одним каналом в 20 МГц, что при использовании Wi-Fi 802.11n выдает 150 Мбит/с. Некоторое оборудование поддерживает использование более широкой полосы частот, например, в LinkSys E2500 можно выставить полосу 40 МГц, в этом случае можно получить все 300 Мбит/с пропускной способности. Но и адаптер в компьютере должен это поддерживать. Есть оборудование, которое может использовать полосу 80 МГц, и получить сразу 600 Мбит/с на частотах 5 ГГц.

Если у вас несколько устройств в одном диапазоне частот, то будет использован стандарт, который поддерживают все (в настройках можно вручную выставить нужный стандарт, но тогда некоторые устройства не смогут подключиться к сети).

Маршрутизаторы Linksys E-Series работают в соответствии с современным стандартом беспроводной передачи данных IEEE 802.11n и при этом полностью совместимы с предыдущими технологиями. Модели E2500, E3200 и E4200 могут одновременно работать сразу в двух диапазонах – 2,4 и 5 ГГц.

Настройка точек доступа

Для развертывания распределенной беспроводной сети на базе двух точек доступа, поддерживающих [WDS](#)-технологию, прежде всего необходимо настроить по отдельности две беспроводные сети. Собственно, процесс настройки каждой беспроводной сети заключается в настройке двух отдельных точек доступа. Далее будет рассмотрена работа с роутерами Linksys E2500. Для настройки точки доступа первое, что потребуется выяснить, – это IP-адрес точки доступа, логин и пароль, заданный по умолчанию. Любая точка доступа или маршрутизатор, будучи сетевым устройством, имеет собственный сетевой адрес (IP-адрес).

В нашем случае по умолчанию IP-адрес точки доступа равен 192.168.1.1, по умолчанию логин пользователя – это «admin», а пароль – тот же «admin». В любом случае, IP-адрес и пароль указывается в инструкции пользователя. Далее каждую точку доступа необходимо подключить к компьютеру либо к hub или switch с использованием традиционного сетевого интерфейса Ethernet (для этого на компьютерах должны быть установлены сетевые Ethernet-контроллеры). В случае использования беспроводных маршрутизаторов подключение компьютера производится через LAN-порт маршрутизатора.

Для настройки точек доступа необходимо, чтобы компьютер, к которому подключается точка доступа, и сама точка доступа имели бы IP-адреса, принадлежащие к одной и той же подсети. Поскольку в нашем случае обе точки доступа имеют IP-адрес по умолчанию

192.168.1.1, то компьютерам, к которым подключаются эти точки доступа, необходимо присвоить статические IP-адреса 192.168.1.x (например, 192.168.1.100) с маской подсети 255.255.255.0. Конечно, компьютерам следует присваивать различные IP-адреса.

После того как задан статический IP-адрес компьютера, можно получить непосредственный доступ к настройкам самой точки доступа. Для этого в поле адреса Web-браузера введите IP-адрес точки доступа (192.168.1.1). Если все сделано правильно, то перед вами откроется диалоговое окно настроек точки доступа (Рис. 1).

Предварительно потребуется ввести логин и пароль.

The image shows the web-based configuration interface for a Linksys E2500 router. The top navigation bar includes tabs for 'Настройка' (Configuration), 'Беспроводная сеть' (Wireless), 'Безопасность' (Security), 'Политика доступа' (Access Policy), 'Приложения & Игры' (Applications & Games), 'Администрирование' (Administration), and 'Состояние' (Status). The 'Настройка' tab is active, showing sub-sections: 'Основные настройки' (Basic Settings), 'Участники VLAN' (VLAN Members), 'Настройка IPv6' (IPv6 Configuration), 'DNS', 'Клонирование MAC-адреса' (MAC Address Cloning), and 'Дополнительные функции маршрутизации' (Advanced Routing Features). The left sidebar contains a tree view with categories like 'Язык' (Language), 'Настройки Интернета' (Internet Settings), 'Дополнительные настройки' (Advanced Settings), 'Настройка сети' (Network Settings), and 'Настройки DHCP-сервера' (DHCP Server Settings). The main content area is titled 'Настройка' and contains the following settings: 'Выберите язык' (Select language) set to 'Русский'; 'Тип соединения с Интернетом' (Internet connection type) set to 'Автоматическая конфигурация - DHCP'; 'Имя хоста' (Host name) and 'Доменное имя' (Domain name) fields are empty; 'MTU' is set to 'Авто' with a 'Размер: 1500' (Size: 1500) label; 'IP-адрес' (IP address) is set to 192.168.1.1, 'Маска подсети' (Subnet mask) is set to 255.255.255.0, and 'Имя маршрутизатора' (Router name) is set to Cisco00872; 'DHCP-сервер' (DHCP server) is set to 'Включить' (Enable) with a 'Резервирование DHCP' (DHCP reservation) button.

Рис. 1. Диалоговое окно настроек точки доступа

Далее, из-за отсутствия в оригинальной прошивке поддержки WDS, необходимо перепрошить роутер. Для этого следует перейти в раздел «администрирования» (Рис. 2) В данном разделе также можно изменить пароль маршрутизатора, отключить/включить доступ по беспроводной сети, включить/отключить удаленное управление и др. функции.

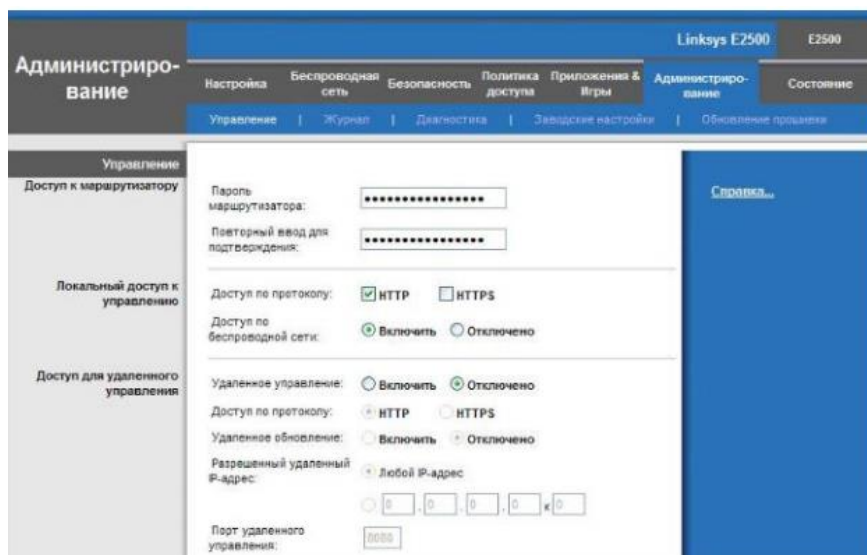


Рис. 2. Раздел администрирования

Следующим шагом необходимо выбрать вкладку «Обновление прошивки», заполнить строку «Выберите файл для обновления», указав в ней место расположения файла с новой прошивкой. Для начала процесса обновления нужно нажать кнопку «Начать обновление» (Рис. 3).

Установка новой прошивки займет несколько минут, при этом в процессе установки нельзя отключать питание роутера или нажимать кнопку сброса, т.е. установку нельзя прерывать.

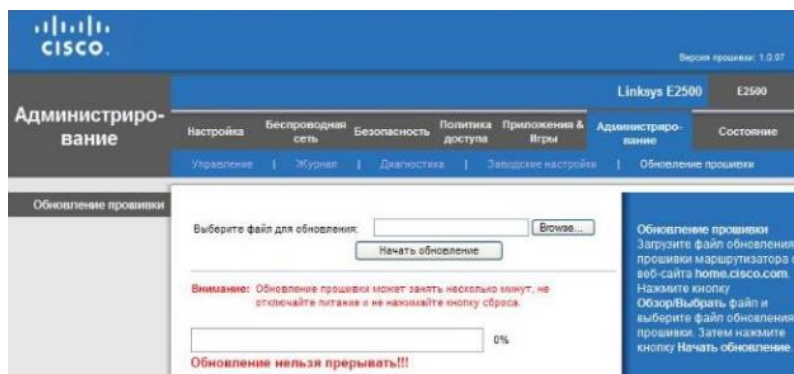


Рис. 3. Обновление прошивки

После завершения установки необходимо перезагрузить роутер. После перезагрузки окно примет вид, изображенный на Рис. 4. В качестве альтернативной прошивки, содержащей поддержку WDS-режима, была выбрана TomatoUSB 1.28.

В данном окне отображаются системные данные, такие как название роутера, а также состояния портов роутера.

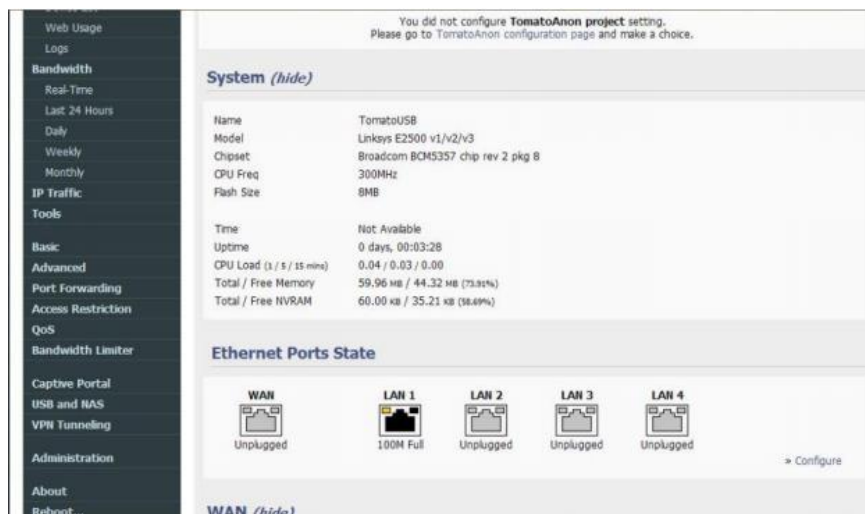


Рис. 4. Диалоговое окно настроек точки доступа

Для дальнейшей настройки точек доступа необходимо изменить IP-адрес на одном из роутеров, т.к. в нашем случае при базовых настройках они одинаковы. Для этого перейдем в пункт «Basic», подпункт «Network». В блоке LAN изменим IP-адрес на еще не используемый.

Для настройки беспроводной сети требуется задать следующие параметры:

- Тип беспроводной сети. Если точка доступа поддерживает несколько беспроводных стандартов, необходимо в явном виде указать стандарт беспроводной сети (например, 802.11g).
- Номер канала. Для беспроводного соединения точки доступа с клиентами сети могут использоваться различные частотные

каналы. К примеру, в случае протокола 802.11g можно применять каналы с первого по тринадцатый. Можно в явном виде указать, какой именно канал будет использоваться для установления соединения, а можно задать автоматический выбор канала. Для реализации распределенной беспроводной сети необходимо, чтобы обе точки доступа поддерживали бы один и тот же канал связи, поэтому на обеих точках доступа необходимо выбрать один и тот же канал связи, например, 6.

- SSID. Каждая беспроводная сеть имеет свой уникальный идентификатор SSID, который представляет собой условное название беспроводной сети. Для одной сети можно использовать lan1, для другой lan2.

Итак, после того как все основные настройки точки доступа сделаны, можно приступить к настройкам беспроводных адаптеров на клиентах сети.

Настройка распределенной беспроводной сети

Для настройки распределенной беспроводной сети необходимо прежде всего узнать MAC-адреса точек доступа. MAC-адреса точек доступа удобно записать в виде таблицы, в которую также заносятся идентификаторы беспроводных сетей и IP-адреса точек доступа (табл. 1).

Таблица 1. MAC – адреса точек доступа

Точка доступа	SSID	MAC - адрес	IP - адрес
(AP #1)	Lan1	00:20:ed:09:3e:a2	192.168.1.254
(AP #2)	Lan2	00:14:85:0a:7d:c8	192.168.1.250

Для настройки распределенной сети в настройках каждой точки доступа необходимо перейти к пункту «Basic», подпункту «Network». В поле «Wireless mode» установить режим WDS. В окне WDS имеются поля, в которые заносятся MAC-адреса точек доступа, с которыми разрешено взаимодействие данной точки доступа в режиме повторителя или моста. Если нет явного указания на режим работы точки доступа (повторитель или мост), то подразумевается, что точка

доступа функционирует в режиме повторителя, то есть может взаимодействовать и с беспроводными клиентами, и с другими точками доступа. Под режимом моста понимается в данном случае режим Wireless Ethernet Bridge (Рис. 5).



Рис. 5. Режимы работы точки доступа

В нашем случае для точки доступа AP1 в список разрешенных для взаимодействия MAC-адресов необходимо занести MAC-адрес точки доступа AP2 (00:14:85:0 a:7 d: c8), а для точки доступа AP2 – MAC-адрес точки доступа AP1 (00:20: ed:09:3 e: a2). После того, как обе точки доступа настроены для работы в составе распределенной беспроводной сети, рекомендуется перезагрузить все ПК. После этого можно проверить функциональность работы распределенной беспроводной сети. Если все сделано правильно, то с любого компьютера сети можно получить доступ к любому другому компьютеру данной сети. Это касается как беспроводных клиентов сети, так и стационарных ПК, к которым подключены точки доступа.

Режим точки доступа Access Point (AP)

В этом режиме устройство будет работать в качестве обычной беспроводной точки доступа Wi-Fi, т.е. в этом режиме предоставлена возможность клиентам (ноутбуки, настольные компьютеры, КПК, коммуникаторы, смартфоны и др.) получать беспроводной доступ к устройству (при наличии у клиентских устройств беспроводного адаптера Wi-Fi 802.11n/g/b) для подключения к сети Интернет и к ресурсам проводной сети.

Режим Access Point - самый простой и часто используемый режим работы беспроводной точки доступа (Рис.6).



Рис. 6. Режим Access Point

Беспроводная точка доступа имеет идентификатор SSID (Service Set Identifier, идентификатор беспроводной сети), который используется для идентификации беспроводной сети (определяет название сети), и именно его видит беспроводной адаптер при просмотре доступных беспроводных сетей и затем использует для подключения

Режим Wireless Client (Беспроводной клиент)

Режим AP Client или Wireless Client позволяет точке доступа стать беспроводным клиентом другой точки доступа. По существу, в данном режиме точка доступа выполняет функции беспроводного сетевого адаптера. Вы можете использовать данный режим для обмена данными между двумя точками доступа. Обмен данными между беспроводной платой и точкой доступа в режиме Wireless Client невозможен.

Режим Wireless Ethernet Bridge

В этом режиме устройство используется для соединения двух независимых друг от друга проводных сетей. Может также использоваться как беспроводной удлинитель Ethernet для объединения двух сегментов сети (Рис. 7).

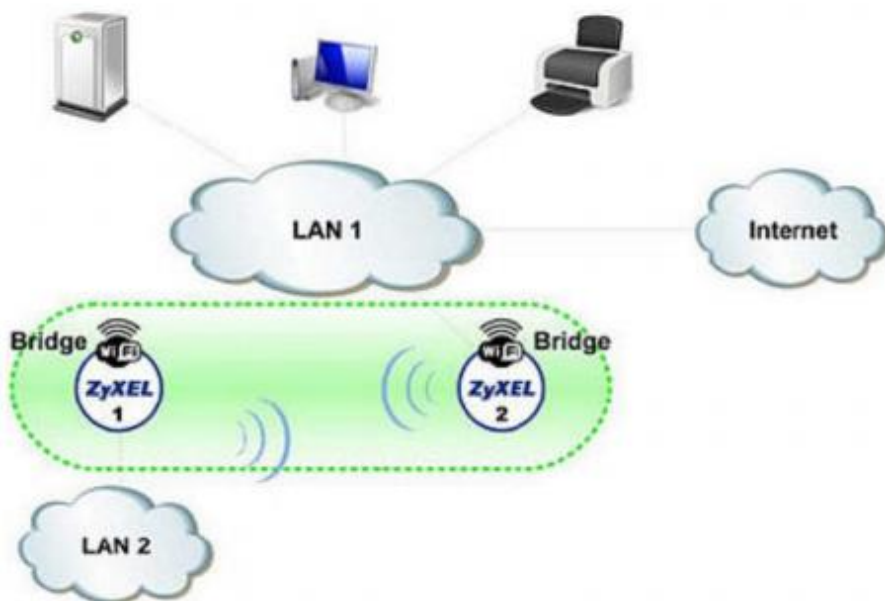


Рис. 7. Режим беспроводного моста Wireless Ethernet Bridge

ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

1. Настроить точки доступа на использование в режиме WDS. Подключиться через web-интерфейс к каждой точке доступа и настроить ее соответствующим образом. Необходимо задать: IP-адрес, имя беспроводной сети, MAC-адреса.
2. Подключить оборудование как показано на Рис. 8.
3. Проверить работоспособность созданной сетевой конфигурации.
4. Сделать выводы.
5. Все действия подробно согласовать с преподавателем в письменном виде.

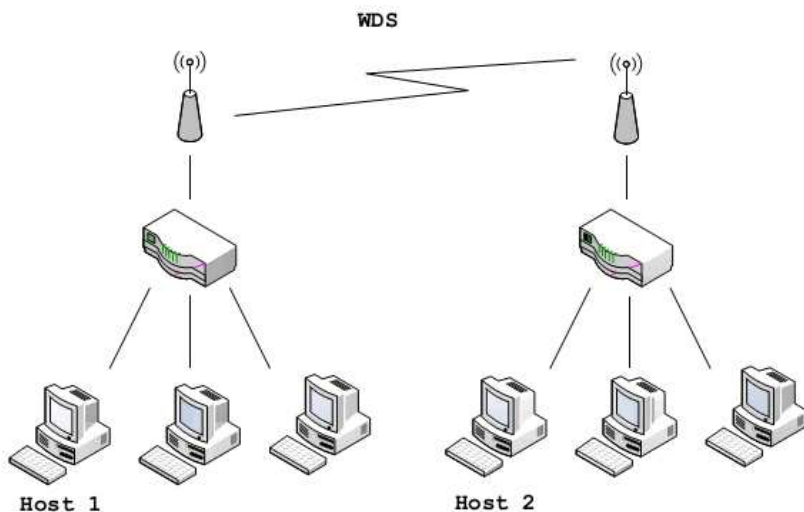


Рис. 8. Схема подключения оборудования

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Перечислите функции, которые может выполнять беспроводное соединение точка-точка.
2. Дайте определение термину «беспроводной сетевой мост».
3. Изложите различия беспроводных соединений «от точки к точке» и «от точки ко многим».
4. Изложите механизм установки беспроводного соединения точка-точка.
5. Изложите как организована связь на длинных дистанциях.
6. Изложите порядок действий, которые необходимо совершить для правильного ориентирования антенн.
7. Опишите, что представляет собой препятствие и ретрансляция.
8. Опишите принцип выбора оборудования для беспроводной сети.
9. Дайте определение термину WDS. Изложите для чего используется технология WDS.
10. Изложите механизм настройки точки доступа.
11. Изложите механизм настройки распределенной беспроводной сети.
12. Изложите режим работы точек доступа Access Point (AP), режим Wireless Client, режим Wireless Ethernet Bridge.

ФОРМА ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

На выполнение лабораторной работы отводится 2 занятия (4 академических часа: 3 часа на выполнение и сдачу лабораторной работы и 1 час на подготовку отчета).

Отчет на защиту предоставляется в печатном виде.

Структура отчета (на отдельном листе(-ах)): титульный лист, формулировка задания, этапы выполнения работы (со скриншотами), результаты выполнения работы. выводы.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Смелянский Р.Л. Компьютерные сети. 2 т. Т.1. Системы передачи данных [Текст] / Р.Л. Смелянский. –М.: Изд. Центр «Академия», 2011.- 304 с.
2. Смелянский Р.Л. Компьютерные сети. В 2 т. Т.2. Сети ЭВМ [Текст]: учебник для вузов / Р.Л. Смелянский. –М.: Изд. Центр «Академия», 2011.- 240 с.
3. Власов Ю.В. Администрирование сетей на платформе MS Windows Server [Электронный ресурс] / Ю.В. Власов, Т.И. Рицкова. —М.: Интернет-Университет Информационных технологий (ИНТУИТ), 2016. — 622 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52219.html>

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

4. Технологии коммутации и маршрутизации в локальных компьютерных сетях. [Текст]: учеб. пособие для вузов / Е.В. Смирнова, А.В. Пролетарский [и др.]; под. ред. А.В. Пролетарского. -М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. - 389 с.: ил.
5. Таненбаум Э. Компьютерные сети [Текст] / Э. Таненбаум. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2010. — 992 с.
6. Ачилов Р.Н. Построение защищенных корпоративных сетей [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Р.Н. Ачилов. — Москва: ДМК Пресс, 2013. — 250 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66472>

Электронные ресурсы:

7. Электронно-библиотечная система «Лань»
8. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE»
9. Электронно-библиотечная система «IPRbooks»
10. Электронно-библиотечная система «Юрайт»