

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Политехнический институт: Заочный
Кафедра «Системы автоматического управления»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____/ В.И. Ширяев

« ____ » _____ 2018 г.

Аппаратный комплекс беспроводной передачи данных частного сектора

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 09.03.01.2018. 853.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы

нач. отд. информ., МРИ ФНС №10

_____/ Р.Р. Хуснугдинов

« ____ » _____ 2018 г.

Автор работы

студент группы ПЗ-597

_____/ Р.В.Раупов

« ____ » _____ 2018 г.

Нормоконтролер

_____ст. преп. каф. САУ

_____/ В.П. Щербаков

« ____ » _____ 2018 г.

АННОТАЦИЯ

Раупов Р.В. Аппаратный комплекс беспроводной передачи данных частного сектора: ЮУрГУ (НИУ), ПИ: Заочный; 2018, 75 с. 44 ил., библиогр. список – 23 наим. 10 слайдов презентации ф. А4.

Дипломный проект разработан с целью изучения основных нюансов, которые следует учитывать при монтаже беспроводной сети.

Рассмотрены характеристики беспроводного оборудования, а так же основные протоколы, на которых работают устройства. Освещен вопрос о факторах, негативно влияющих на распространение радиосигнала.

Выполнена разработка беспроводной сети, произведено описание участка, на котором разворачивается беспроводная сеть, осуществлен обзор необходимого для реализации проекта оборудования, разобран вопрос по настройке устройств, вопрос с правильной установкой оборудования, произведен базовый мониторинг устройств, а так же доказана выгода применения в работе разобранных вопросов, касающихся подготовке проекта и построение сети.

					<i>09.03.01.2018.853.00 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Раупов Р.В.</i>			<i>Аппаратный комплекс беспроводной передачи данных частного сектора</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Хуснутдинов Р.Р.</i>				<i>Д</i>	<i>4</i>	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Щербачков В.П.</i>				<i>ЮУрГУ Кафедра САУ</i>		
<i>Утверд.</i>		<i>Ширяев В.И.</i>						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБЗОР И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ.....	8
1.1 Характеристики беспроводного оборудования	8
1.2 Основные факторы, влияющие на распространение WI-FI сигнала ...	9
1.3 Основные стандарты беспроводного доступа.....	14
2 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ.....	18
2.1 Схемы беспроводных сетей	18
2.2 Защита информации в сетях WI-FI	21
2.3 Сетевая модель беспроводной сети	25
2.4 Расположение базовых станций и абонентских точек доступа	27
2.5 Производители, выпускающие беспроводное оборудование	34
3 РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ДЛЯ ЧАСТНОГО СЕКТОРА.....	38
3.1 Описание участка частного сектора.....	38
3.2 Проектирование сети	39
3.3 Обзор беспроводного оборудования для построения WI-FI сети.....	41
3.4 Настройка базовой станции, моста и клиентского устройства	56
3.5 Установка оборудования на крыше здания.....	61
3.6 Расчет оптимального числа абонентских точек доступа	65
3.7 Мониторинг оборудования	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	73
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	74

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире люди, которые идут в ногу со временем уже не представляют свою жизнь без интернета. В городах с большим и средним населением свою деятельность ведут большое количество интернет-провайдеров. Однако потребность в стабильном интернете существует и среди жителей небольших сельских поселений и деревень, а также населения частного сектора. В дипломной работе затрагивается тема подключения участка частного сектора в городе Коркино. Для крупных поставщиков интернета строить оптоволоконные сети в небольшом селе, тем более, если в данном населенном пункте отсутствуют многоквартирные дома, а также, если рельеф местности со значительными перепадами высот – дело не рентабельное, поэтому в этих населенных пунктах ведут деятельность провайдеры, использующие для построения своей сети беспроводное оборудование.

Активно развивающиеся беспроводные технологии, расширяющийся спектр всевозможного совместимого оборудования, постоянно совершенствующиеся стандарты и принципы обеспечения безопасности – все это делает Wi-Fi сети привлекательными для использования в корпоративных сетях любого размера.

При разработке дипломного проекта необходимо исследовать основные нюансы, с которыми сталкивается интернет-провайдер, решивший развернуть беспроводную сеть в частном секторе. Изучить принцип работы оборудования, факторы, влияющие на распространение радиоволн. Провести обзор, познакомиться с интерфейсом и настройкой бюджетного оборудования, на основе которого будет строиться сеть. Изучить подробно местность, на которой будет производиться деятельность, а также спроектировать рабочую схему, произвести правильную установку оборудования. Цель, которая преследуется в дипломе – построение беспроводной сети в частном секторе и последующее подключение абонентов к глобальной сети. Чтобы её достичь, необходимо решить ряд задач:

- сбор информации по картографии/местности, коммуникациям, расположению объектов;
- обзор и анализ подходящего оборудования и программного обеспечения;
- проведение анализа и расчетов при проектировании схемы сети;
- подключение оборудования, настройка программного обеспечения;
- получение статистики по использованию сети, коррекция параметров оборудования в режиме реального времени.

При разработке и проектировании сети требуется ряд инструментов, которые помогут визуально оценить покрытие сети, а также позволят оценить

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

реальные возможности рабочей схемы. Сейчас существует множество полезных сервисов в свободном доступе. В первую очередь это карты местности, такие как wikimapia, google карты и т.п., позволяющие измерять расстояния и визуально изучить местоположение потенциальных абонентов к базовой станции, а так же выгодно расположить базу в самой высокой точке частного сектора. Необходимо так же провести опрос жителей, о желании подключить интернет в свой дом, который находится в предполагаемой зоне покрытия антенны. Провести радиообследование местности. Найти надежного спонсора, которому будет выгоден данный проект. Нужно провести обзор оборудования, которое подойдет по имеющемуся бюджету, и подходящее под требование будущей сети. Пообщаться с опытными в этом деле людьми. Провести обзор типовых проблем при работе данных сетей и учесть их при развертывании проекта. Примерно знать, какое количество антенн и базовых станций необходимо закупить, а также сопутствующего оборудования и инвентаря, необходимого для построения сети.

Необходимо придерживаться основных требований:

- расширяемость: возможность простой интеграции отдельных компонентов сети (пользователей, компьютеров, приложений, служб).

- масштабируемость: возможность увеличения количества узлов и протяженность связей, производительности сетевого оборудования и узлов.

- производительность: обеспечение требуемых значений параметров производительности (время реакции, скорость передачи данных, задержка передачи и вариация задержки передачи) сетевых узлов и каналов связи.

- управляемость: обеспечение возможностей централизованного управления, мониторинга состояния сети и планирования развития сети.

- надежность: обеспечение безотказной работы узлов сети и каналов связи, сохранности, согласованности и доставки данных без искажений узлу назначения.

- безопасность: обеспечение защиты данных от несанкционированного доступа.

Для увеличения общей пропускной способности такой беспроводной сети необходимо обратить внимание на следующие параметры: мощность передатчиков точек доступа, разрешенные и требуемые скорости передачи данных, применяемый частотный диапазон, распределение и ширина полосы используемых каналов, тип антенн и размещение точек доступа. Производители беспроводного оборудования уверяют, что к одной точке доступа может подключиться до 254 пользователей. Для обеспечения стабильной работы канала необходимо поставить ограничения на одновременное подключение абонентов в количестве 25-35 человек. Кроме того, необходимо определиться с программным обеспечением для мониторинга точек доступа, подключенных к базовой станции.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ОБЗОР И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

1.1 Характеристики беспроводного оборудования

Частотные диапазоны беспроводных антенн. Беспроводные адаптеры работают на двух частотах 2 ГГц, либо 5 ГГц. На данных частотах существуют различные каналы – частоты, на которых оборудование обменивается данными. Диапазон частот для 2 ГГц – 2300-2700 МГц, для 5 ГГц – 4800-6000 МГц. Ширина канала – это отрезок частоты, на который антенне допустимо накладываться в большую, или в меньшую сторону. В основном ширина канала выбирается 20 МГц, настроить можно 5 МГц, 10 МГц, 20 МГц, 40 МГц. Существуют стандартные сетки каналов, на которых работает беспроводное оборудование.[20]

Мощность антенн и уровень сигнала приема. Беспроводные антенны имеют передатчики, в зависимости от назначения антенны, значения мощности передатчика варьируются. Если требуется связать между собой устройства, удаленные между собой на значительное расстояние, то и мощность передатчика следует учитывать соответствующую. Если данную антенну, с мощным передатчиком использовать для соединения антенны, расположенной на небольшом расстоянии, то она будет вредить, создавая помехи для работы соседних беспроводных сетей.[1]

Для построения беспроводных сетей рекомендовано использовать мощность 18 Дбм и менее. Уменьшая мощность – уменьшается внеполосное излучение. Эта мера позволит «не засорять» эфир. Тем более, бывают случаи, когда буквально на 1 мачте располагается приличное число антенн, работающих на различных частотах. При увеличении мощности «страдают» практически все антенны, что влечет к помехам и нестабильности работы оборудования.

Как уже упоминалось, бывают случаи, когда провайдер размещает несколько антенн на небольшом расстоянии друг от друга. Существует очень много сценариев, как лучше и эффективней разместить антенны. Ведь существуют круговые антенны, покрывающие круг 360 градусов. Для того, чтобы улучшить качество работы сети можно установить вместо одной три базы, при этом используя секторные антенны, у которых диаграмма направленности 120 градусов. В этом случае каждая базовая станция будет обслуживать только клиентов, находящихся в секторе ее работы. Можно так же установить 4 базовых станции с секторными антеннами 90 градусов, или 6 базовых станций с секторными антеннами 60 градусов. Последний вариант лучше всех – но он и самый сложный. В каждом случае, необходимо руководствоваться «свободой» эфира, поскольку, к примеру, в больших городах на крышах и стенах многоэтажек данных антенн великое множество. Это заставляет перебирать частоты, а порой

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

менять место установки антенны. Ведь каждая антенна работает на своей частоте, со своей шириной канала, а так же по умолчанию у данного оборудования мощность передатчика стоит на максимуме, не каждый установщик станет ее менять.

Каждая базовая станция помимо 20 МГц ширины канала занимает плюс 60 МГц частоты, по 30 МГц по обе стороны от частоты, на которой работает станция. При установке на 1 мачту антенн, которые упоминались выше, необходимо просканировать частоты, и быть уверенны, что свободен диапазон, требующийся для нормальной работы базовой станции. Для одной базовой станции с сектором 360 градусов требуется 60 МГц, для 3 баз с сектором 120 градусов требуется 180 МГц, для 4 базовых станций с сектором 90 градусов 240 МГц, для 6 баз 360 МГц. В данной ситуации значительно страдают антенны, работающие на 2 ГГц диапазоне, помех, потерь связи не избежать, ввиду того, что данный диапазон значительно нагружен устройствами, так же для увода антенны на другую частоту предоставлено не так уж и много вариантов.

Говоря об установке на 1 мачту множества антенн, следует учитывать, что негативного влияния друг на друга практически не избежать, так как растет количество абонентов, следовательно, растет и трафик, протекающий через базы. На практике от такого монтажа следует отказаться. Правильней в данном случае будет понизить мощность передатчиков – это позволит уменьшить внеполосное излучение. К сожалению, это может привести к уменьшению скоростей, по причине уменьшения сигнала. Поэтому перебарщивать с этим не стоит. Не стоит так же устанавливать антенны на одну трубу, необходимо максимально грамотно использовать архитектуру здания, постараться отделить их естественными перекрытиями, стенами и т.п.. Использовать в работе только качественное, зарекомендовавшее себя оборудование оно будет меньше излучать вне сектора своей работы, тем самым уменьшая влияние на соседние устройства.

1.2 Основные факторы, влияющие на распространение WI-FI сигнала

Проблема подключения предельного количества абонентов. При подключении двадцати и более абонентов к одной базовой станции, как бы не отрицали это производители беспроводного оборудования, значительно растет широковещательный трафик, который занимает часть пропускной способности сети. Это влечет за собой падение скоростей и потерю пакетов.

Существует несколько решений данной проблемы. Необходимо изолировать клиентов базовой станции друг от друга. Абоненты имеют возможность обмениваться с устройствами за пределами базовой станции, однако

										Лист
										9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	09.03.01.2018.853.00 ПЗ					

между собой обмениваться данными им запрещено. Также можно прибегнуть к такой мере, как изоляция клиентов базовой станции, от клиентов другой базы. Для реализации блокировки трафика необходимо поместить каждую базу в свой wlan, либо прибегнуть к сегментации на коммутаторе. Нужно использовать разные подсети адресов для абонентов разных базовых станций. Использование сегментации на базе, помещение каждого клиента в отдельный wlan. Наконец использование точки доступа абонента в режиме роутера. Все эти методы позволят уменьшить количество широковещательного трафика и увеличить пропускную способность сети. Так же для каждого клиента сети нужно добиваться прямой видимости между антеннами, и максимально высокого уровня сигнала.

Зона Френеля. Радиоволна в процессе распространения по местности формирует эллипсоид, в фокусах которого находятся приемник и передатчик. Данный эллипсоид и называется зоной Френеля. Данный эллипс должен оставаться свободным от препятствий не менее, чем на 65%, в противном случае не избежать проблем с сигналом и помехами, в процессе работы устройств с «занятой» зоной Френеля возникают проблемы, потери, в некоторых случаях существенные.[18]



Рисунок 1.1 – Пример с препятствием

На рисунке 1.1 изображены 2 связанные между собой антенны. Так же на пути радиолинка встречается препятствие – дерево. Одно из немаловажных условий соблюдено – между антеннами прямая видимость, но этого недостаточно для адекватного обмена данными между устройствами. Проблема кроется в следующем: дерево, находящееся между домами, попадает в зону Френеля. Длина световых волн значительно короче волн радиодиапазона, следовательно, то, что мы видим антенну с противоположной стороны, еще не означает, что для радиоволн данное расстояние так же освобождено от каких-либо препятствий. Дерево, встречающееся на пути радиоволн, будет негативно воздействовать на радиолинк, поглощая, отражая, и искажая радиоволны. Но, находясь в веб-интерфейсе одной из антенн, мы будем наблюдать следующую картину: шкала качества сигнала будет показывать под сто процентов, это и есть ловушка для

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист 10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

большинства неопытных монтажников, которые станут верить этим данным, находящимся на стартовой вкладке веб-интерфейса. Спустя какое-то время, абонент начнет систематически совершать звонки в техническую службу провайдера по причине потерь пакетов, пропаданий связи. Увы, тех. поддержка вряд ли сможет чем-либо помочь. Решение проблемы есть, рассмотрим рисунок 1.2.

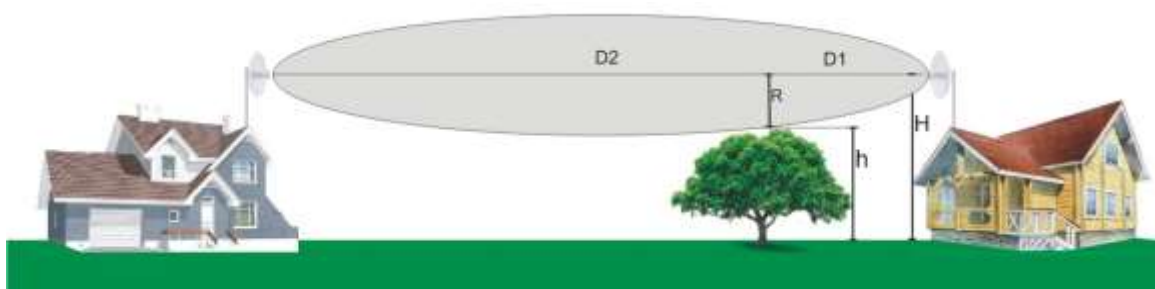


Рисунок 1.2 – Правильное решение проблемы

Для нормальной работы радиоканала необходимо прибегнуть к помощи высоких мачт. Нужно поднять антенны на высоту, которая будет равна половине зоны Френеля в месте препятствия. Разумеется, что если препятствие находится сбоку, например в случае построения линка, луч которого проходит, между двух зданий, должно соблюдаться то же самое условие. После подъема антенн на необходимую высоту на обеих сторонах, линк будет работать на максимальной скорости и с максимальной для данного расстояния отдачей.

Иными словами, должно выполняться условие: $H \geq h + R \cdot (1 - 40\%)$

Радиус зоны Френеля в нужной точке пространства можно рассчитать по формуле (1.1):

$$R = \sqrt{\frac{D1 \cdot D2}{D1 + D2} \cdot \frac{300000000}{Freq}}, \quad (1.1)$$

где $Freq$ – частота сигнала (Гц), $D1$ и $D2$ – расстояние (м).

Существует множество калькуляторов, с помощью которых можно рассчитать все необходимые высоты, которыми следует манипулировать в процессе монтажа. Так же не стоит выпускать из виду то, что наша планета имеет форму шара. Стоит знать, что, например, при размещении антенн на расстоянии 10 км друг от друга, высота H принимает значение 1.97 м. Для наглядности следует обратить внимание на рисунок 1.3.

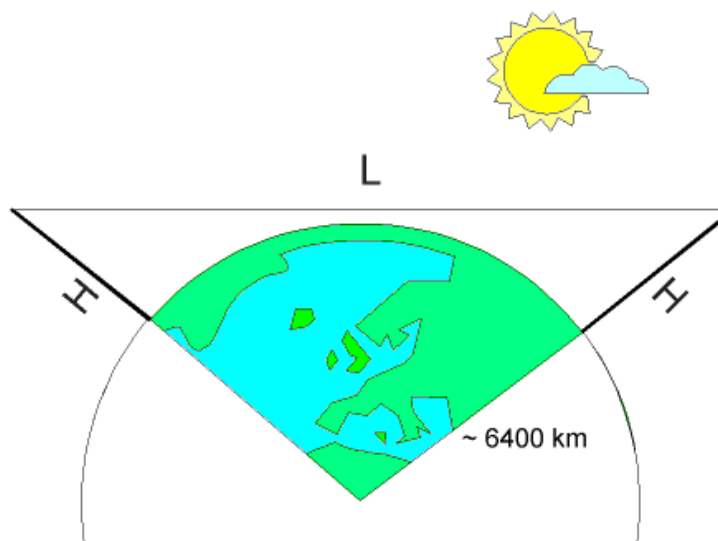


Рисунок 1.3 – Учет поверхности планеты

При монтаже приходится учитывать и рельеф местности. Но примерную оценку можно получить из приведенной ниже таблицы 1.1. Данная таблица найдет прямое применение в случае, если между радиомостом равнинная местность, на которой отсутствуют сооружения, деревья и прочие возвышенности, которые могут повлиять на видимость и сигнал.

Таблица 1.1 – Учет высот

Расстояние между антеннами L (км)	Высота H (м)
4	0,31
6	0,71
8	1,26
10	1,97
12	2,83
14	3,85
16	5,03
18	6,37
20	7,87
22	9,52

Проблемы в рабочей сети. Большинство проблем, возникающих в процессе постепенного заполнения базовой станции абонентами, рассмотрены в предыдущих разобранных вопросах. Так же разобраны пути решения возникающих ситуаций, которые влекут за собой нестабильную работу интернета у абонентов. В просторах глобальной сети существует великое множество различных форумов, где опытные люди делятся своими проектами и дают советы новичкам в этой сфере деятельности. Но в большинстве случаев, люди, которые только начали заниматься подключением абонентов, не уделяют внимания принципиальным моментам при построении сети. Спустя какое-то время шквал звонков от недовольных абонентов надоедает – и все равно приходится многое модернизировать и переделывать. Например, на рисунке 1.4 приведен скриншот веб-интерфейса базовой станции, когда наблюдается очень низкая скорость при отсутствии помех.[18]

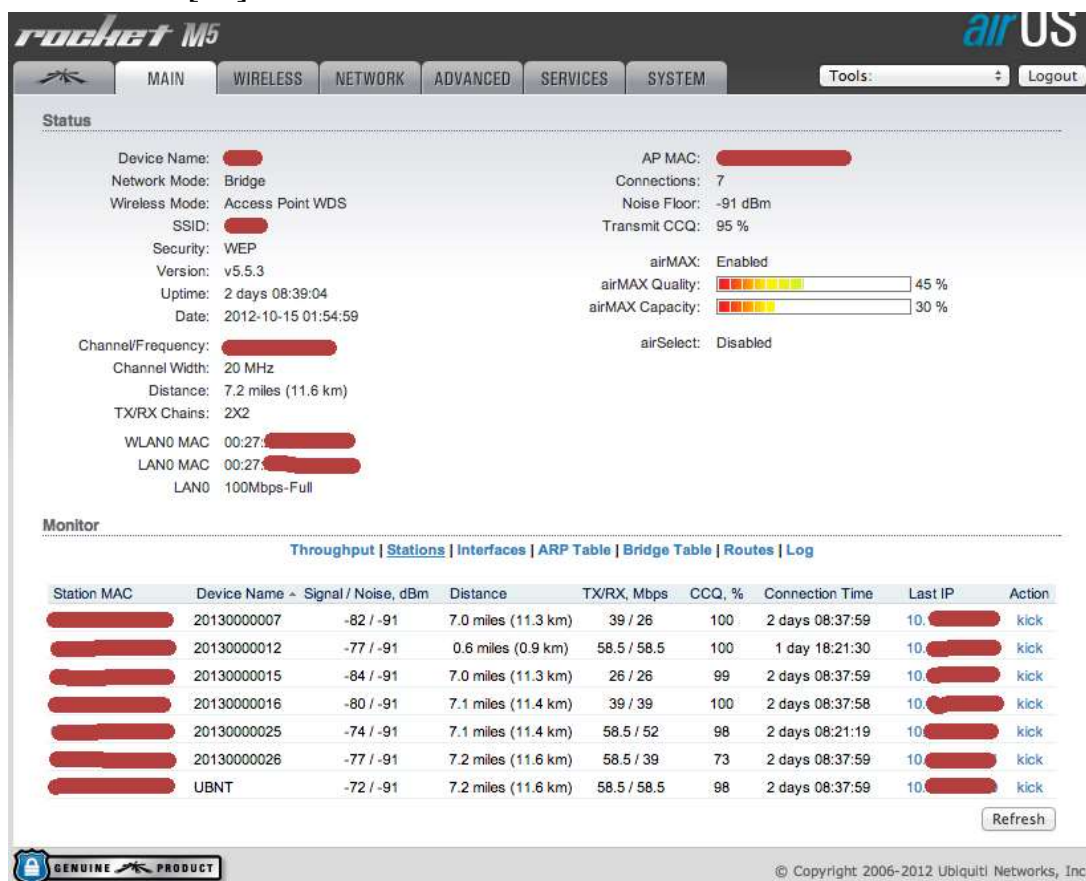


Рисунок 1.4 – Пример рабочей базовой станции

Картина неприятная, взглянем на третью колонку signal/noise во вкладке stations – сигналы оставляют желать лучшего. Может быть, это из-за немалого расстояния до абонентских точек доступа (11 км), если это действительно так, то человек, который обратился с данной проблемой на форум, просто-напросто выбрал для подключения точек доступа совершенно не то оборудование, которое требует сложившаяся ситуация. Из практики, антенны ubiquiti в основном

определяют расстояние не то, которое есть в действительности. Виной этому – препятствия между базой и абонентской точкой доступа. В таком случае, необходимо устанавливать абонентское оборудование на высокие мачты для того, чтобы «очистить» зону Френеля. Соответственно, сигналы установятся уже не в -80-75, а в -70-50 dbm. Это позволит увеличить скорость, ссq, и пинг. Еще поспособствует этому добросовестная юстировка, которая вряд ли выполнялась у товарища с форума. Еще в предыдущих главах обсуждалось, что очень важно просканировать все занятые и свободные частоты. Наверняка, обсуждаемая антенна занимает ту же частоту, что и та, что установлена по соседству. Это основные, начальные аспекты, которые должны быть приняты к сведению и выполнены безукоризненно. Следующий шаг – это уже более тонкая настройка всего оборудования сети.

1.3 Основные стандарты беспроводного доступа

Отличие беспроводной сети от проводной заключается в том, что вместо сетевого кабеля и различных концентраторов, коммутаторов применяются преобразователи среды, которые преобразовывают данные в радиоволны и передают их соседнему устройству. Данная сеть нашла свое применение для связи рабочих станций и сетей этих машин между собой в тех случаях, когда не возможно протянуть кабель или это экономически не выгодно.

Беспроводная сеть обычно включает в себя так называемые базы, базовые станции и клиентов, абонентские точки доступа. Прием и передача данных между оборудованием осуществляется под контролем базовой станции.

Беспроводные сети на базе wi-fi. В подавляющем большинстве беспроводную сеть реализуют на Wi-Fi технологии, так же она называется 802.11. Существует несколько решений принципа работы, реализуются на разных частотах в диапазоне, имеют отличия в скорости передачи данных:

802.11-B – 2ггц. Скорости до 11мбит. – Считается устаревшим.

802.11-G – 2ггц. Скорости до 54мбит.

802.11-A – 5ггц. Скорости до 54мбит.

802.11-N – 2/5ггц. Скорости до 600мбит

Канальные скорости резко отличаются от пропускной способности беспроводной сети, все потому, что помимо данных в канале содержится много служебной информации, соответственно, чтобы представить реальную скорость канала, необходимо смело поделить на 2 представленную выше скорость.[15]

При выборе режима работы беспроводной сети необходимо учитывать, в какой сфере применяется данная сеть. Необходимо строго указывать режим

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

работы. Для беспроводной сети в квартире необходимо выбирать только g, только n, или же их сочетание g и n. Не стоит использовать режим В никаких преимуществ по дальности он не дает, но значительно урезает скорость.

Для выбора режима работы на улице, необходимо использовать только N, только G, только A. Одновременную работу в двух режимах следует исключить, это влечет за собой общее снижение пропускной способности сети.

В wi-fi сети все устройства равны в возможности доступа к эфиру. Перед тем, как начать передачу заинтересованное устройство ведет прослушку эфира, в момент, когда он свободен, устройство начинает передачу. Так же может произойти ситуация, когда два устройства начинают передавать данные в один момент времени – в этом случае произойдет потеря данных, возникнет коллизия. Соответственно, чем больше в данной сети объединено устройств, тем больше будет происходить таких ситуаций с коллизиями. Это будет причиной существенного снижения скорости. При одновременном обращении двух устройств к базовой станции влечет за собой потерю обоих пакетов данных, базовая станция игнорирует обращения и продолжает слушать эфир, пока у одного из двух устройств не получится опередить соседа.

В наше время от использования wi-fi в первоначальном виде следует отказаться, из-за ряда недостатков: низкой пропускной способности и недостаточной устойчивости к помехам. Как мы уже упоминали, что чем больше абонентов подключено к базовой станции, тем меньше стабильность работы сети, ниже скорость передачи данных, растет число коллизий.

Для обеспечения адекватной работы сети необходимо строго выполнять ряд указаний и требований. Для улицы очень важное условие – это обеспечение прямой видимости между устройствами. Так же расстояние между антеннами должно быть соответствующее, исходя из технической документации и рекомендаций производителя. Так же внимания требует частота, на которой работают устройства.

Беспроводные сети с использованием поллингового протокола на базе wi-fi. Для того, чтобы решить существующие проблемы с периодически возникающими коллизиями созданы специальные поллинговые протоколы, с помощью данных протоколов устройства руководят передачей данных. Принцип действия данного протокола заключается в следующем: всех клиентов по кругу опрашивают, имеют ли они какие-либо данные для передачи по радиоканалу. При наличии этих данных, устройству разрешается пересылка этих пакетов. В этот момент все остальные устройства сети ждут своей очереди. При отсутствии данных у опрошенного клиента происходит опрос следующего и так далее по циклу. У компаний-производителей беспроводного оборудования различные

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

взгляды на поллинговый протокол. Как правило, каждый производитель создает свой собственный протокол передачи данных и держит свою разработку в строжайшем секрете. В основном данный протокол способствует увеличению скорости передачи по радиоканалу, ведь с его помощью исчезает проблема в постоянном возникновении коллизий, это позволяет использовать эфир более рационально. Но при возникновении помех растет вероятность того, что будет увеличиваться время ожидания ответов, потому что требуется подтверждение каждого запроса, помехи могут стать причиной потери данных ответов.[23]

Беспроводные сети на базе wi-fi с использованием TDMA. С развитием поллинговых протоколов появился стандарт, который позволяет выделять отрезки времени для возможности передачи данных, вместо того, чтобы опрашивать каждое устройство по кругу. Базовая станция в определенный момент времени передает данные для одного или для нескольких устройств. В этой порции данных указано, кому из абонентов, в какой последовательности, за какой интервал времени разрешено передавать данные. При таком способе обмена данными между базой и клиентами эфир используется наиболее плодотворно, ведь отсутствует необходимость производить опрос каждого устройства по отдельности.

Беспроводные сети на базе wimax. Для уличной передачи данных специально разработан протокол wimax 802.16. Ведь протокол wi-fi разрабатывался специально для осуществления передачи данных внутри помещений и не годится для передачи данных на большие расстояния. Однако существуют реализованные «уличные» сети на базе протокола wi-fi, в большинстве случаев, их работа оставляет желать лучшего. Для того, чтобы максимально увеличить стабильность работы сети, необходимо использовать протокол wimax. У данного протокола существует 2 разновидности: 802.16d для фиксированного доступа, и 802.16e для мобильного.

Сеть 802.16d называется так, поскольку представляет собой базовую станцию стационарно закрепленные антенны (на стенах, а также крышах сооружений).

802.16e – сеть мобильного доступа, представляющая собой так же базу с подключенными к ней абонентскими точками, но отличие от протокола 802.16d заключается в том, что данные абоненты мобильны, то есть во время своей работы они перемещаются в зоне покрытия базовой станции. Так же, если есть необходимость подключения в реальном времени какого-либо устройства, для его кратковременного задействования, то реализуется это с помощью этого протокола.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Постоянно увеличивается потребность в повышении пропускной способности сетей. Современные антенны изготавливаются с поддержкой передовых технологий. MIMO (Multiple Input Multiple Output; множественные входы, множественные выходы) — метод пространственного кодирования сигнала, позволяющий увеличить полосу пропускания канала, при котором для передачи данных используются две и более антенны и такое же количество антенн для приёма. Передающие и приёмные антенны разнесены настолько, чтобы достичь минимального взаимного влияния друг на друга между соседними антеннами. Технология MIMO используется в беспроводных связи Wi-Fi, WiMAX, LTE для увеличения пропускной способности и более эффективного использования частотной полосы. Фактически MIMO позволяет в одном частотном диапазоне и заданном частотном коридоре передавать больше данных, т.е. увеличить скорость. Достигается это за счёт использования нескольких передающих и принимающих антенн.[3]

Для конечного пользователя MIMO даёт значительный прирост в скорости передачи данных. В зависимости от конфигурации оборудования и количества используемых антенн, можно получить двухкратный, трёхкратный и до восьмикратного увеличения скорости. Обычно в беспроводных сетях используется одинаковое количество передающих и принимающих антенн, и записывается это как, например, 2x2 или 3x3. Т.е. если видим запись MIMO 2x2, значит две антенны передают сигнал и две принимают. Например, в стандарте Wi-Fi 802.11ac один канал шириной 20 МГц даёт пропускную способность 866 Мбит/с, тогда как в конфигурации MIMO 8x8 объединяются 8 каналов, что даёт максимальную скорость около 7 Гбит/с.

Вывод по главе: В данной главе были рассмотрены характеристики беспроводного оборудования, а так же основные протоколы, на которых работают устройства. Освещен вопрос о факторах, которые негативно влияют на распространение сигнала.

2 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

2.1 Схемы беспроводных сетей

На местности, где не рентабельно или просто невозможно протянуть кабель, необходимо использовать беспроводное оборудование. Существует несколько концепций построения беспроводных сетей, где-то подойдет обычный канал точка-точка, если конечные абоненты расположены относительно недалеко друг от друга, то используется канал точка-многоточка, в некоторых случаях прибегают к помощи репитеров (повторителей), в зависимости от обстоятельств можно прибегнуть к комбинированию данных способов связи между устройствами.

Канал точка-точка. Для реализации данного радиоканала необходимо использовать два устройства, одно из них будет выполнять роль базовой станции, второе будет клиентом (рис 2.1).



Рисунок 2.1 – Канал точка-точка

К устройству, выполняющему роль базовой станции (А) подключается канал интернета, к порту клиента (В) подключается коммутатор, либо рабочая станция

Канал точка-многоточка. Для построения данного канала необходимо задействовать более трех устройств (рис. 2.2). Одно из них будет играть роль базовой станции, остальные будут участвовать в данной сети в роли клиентов.

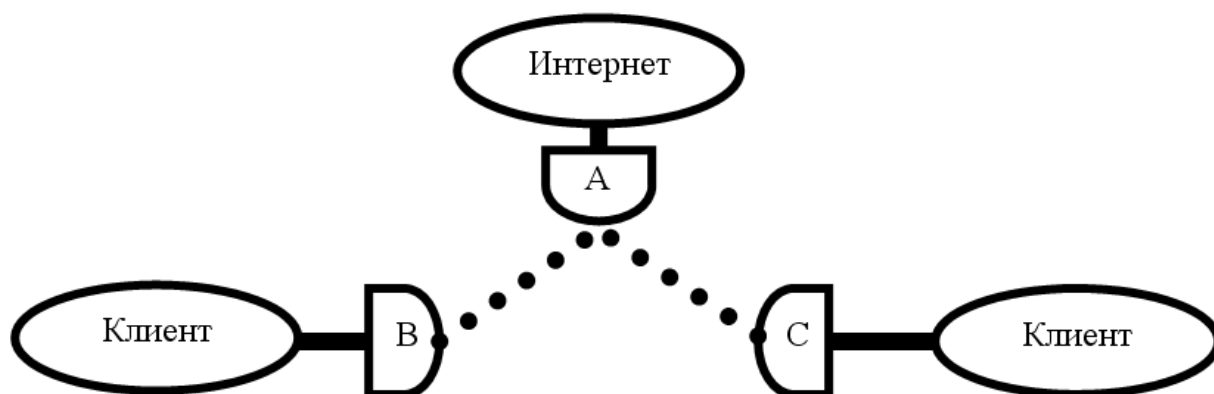


Рисунок 2.2 – Канал точка-многоточка

При таком подключении все устройства связаны между собой, обмениваться данными клиенты (В и С) могут только через базовую станцию (А),

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

при помощи настроек на базе, можно запретить клиентам обмениваться данными. Если на базе возникнет неисправность, она будет обесточена, то абонентские точки не будут иметь возможности соединиться между собой.

Повторитель (репитер). При возникновении проблемы слабого сигнала, если базовая станция не охватывает желаемую местность, то прибегают к помощи репитеров. Принцип работы заключается в том, что он принимает данные от базовой станции, и передает их на частоте работы базы (рис.2.3).

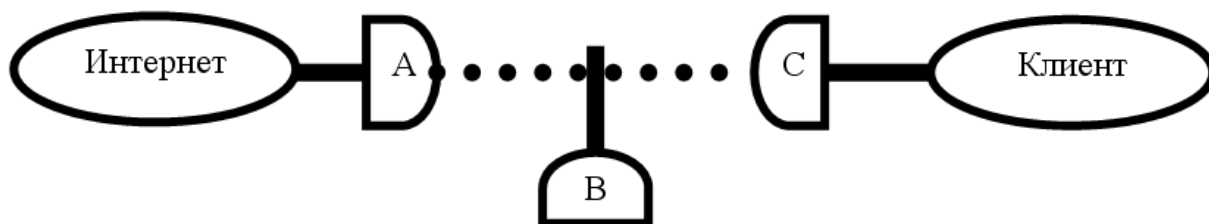


Рисунок 2.3 – Радиоканал с повторителем (репитером)

Устройства А и С обмениваются данными через посредника (В). Базовая станция передает данные репитеру (В), после репитер передает их клиенту (С). К репитеру (В) могут подключаться несколько клиентов, он может работать в режиме точка-многоточка. Существенный недостаток данной схемы заключается в том, что прием и передача ведется репитером на одной частоте с базовой станцией, что уменьшает скорость минимум в два раза. Не рекомендуется использовать данную схему при построении сети.

Ретранслятор. Принцип работы ретранслятора, изображенного на рисунке 2.4, схож с репитером, отличие лишь одно – он использует разные частоты, не схожие с базой, тем самым расширяя зону действия сети.



Рисунок 2.4 – Радиоканал с использованием ретранслятора

К базовой станции (А) подключается клиент (В), к нему, в свою очередь подключена база (С), к которой можно подключать абонентов. Так же, как и к репитеру, к ретранслятору могут подключаться несколько абонентских точек. Скорость, при использовании ретранслятора не падает, как в случае с репитером, поэтому при построении сети можно рекомендовать использовать его.

Комбинированный канал база точка-точка. Реализация данной схемы необходима в случаях, когда необходимо доставить канал с интернетом через радиоканал точка-точка (рис.2.5). В роли базы выступает устройство(С). Оно соединено с приемником (В), которое соединяется посредством канала точка-точка.

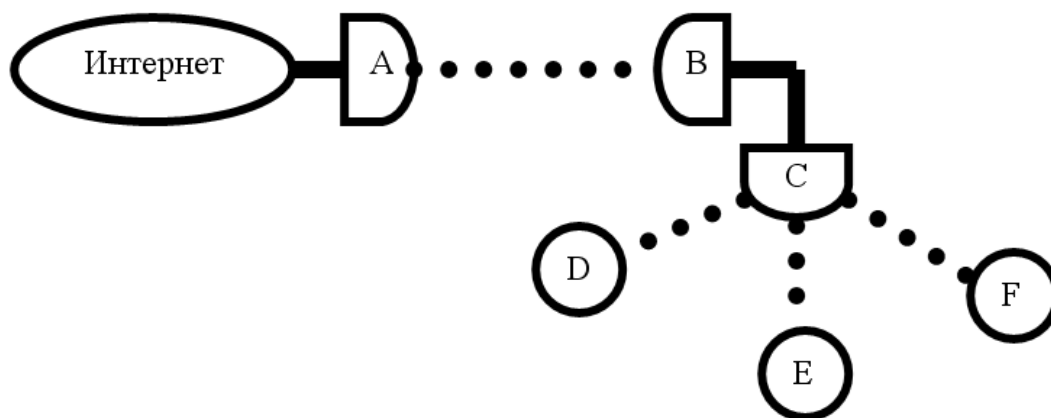


Рисунок 2.5 – Комбинированный канал база точка-точка

Комбинированный канал. Последовательные точка-точка. В случаях, когда местность диктует свои условия в прокладке радиоканала, так же прибегают к такому каналу (рис. 2.6):

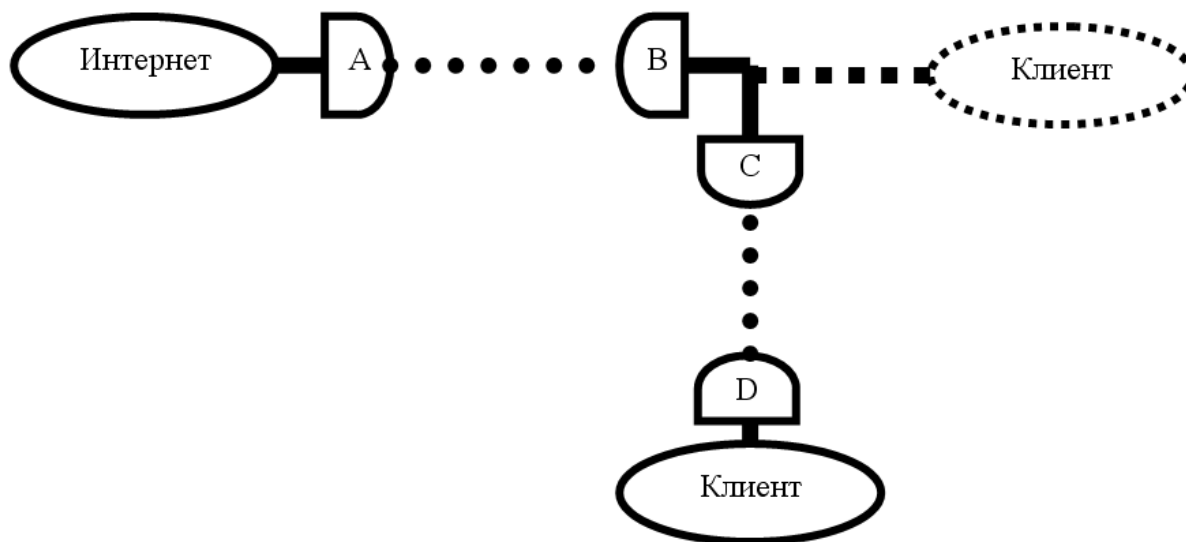


Рисунок 2.6 – Последовательные точка-точка

Клиент (D) соединяется с базой (А) посредством ретранслятора (В-С). При построении таких последовательных каналов точка-точка, используется несколько ретрансляторов, в случае, если пролетов более двух. На каждом ретрансляторе имеется доступ в сеть, если соединять оборудование через

коммутатор – все клиенты данной структуры могут обмениваться между собой данными.

Многосекторная базовая станция. При ситуации, когда в частном секторе находится высокое здание, на нем размещают несколько базовых станций с целью покрыть весь сектор. Это позволит провайдеру подключить много желающих клиентов, имеющих прямую видимость на секторную антенну (рис.2.7).

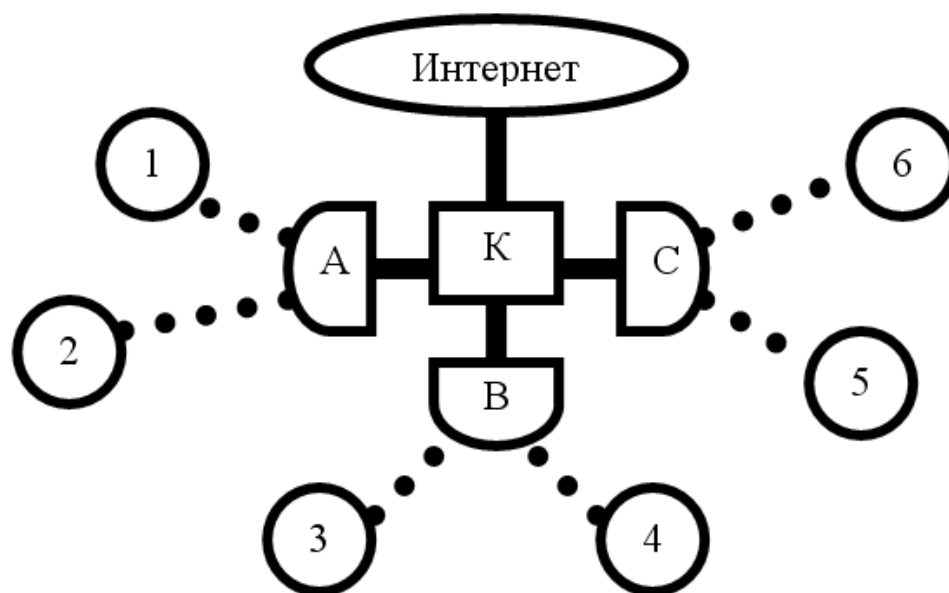


Рисунок 2.7 – Многосекторная базовая станция

На данной схеме все базовые станции (А,В,С) подключены непосредственно к коммутатору, точки доступа, подключённые к антеннам, имеют доступ в сеть и друг к другу.[18]

2.2 Защита информации в сетях WI-FI

Для защиты IEEE 802.11 стандартом предусмотрен комплекс мер безопасности передачи данных под общим названием Wired Equivalent Privacy (WEP).

Он включает средства противодействия несанкционированному доступу к сети (механизмы и процедуры идентификации), а также предотвращение перехвата информации. WEP, несмотря на необязательность, доступен как механизм первого поколения обеспечения защищённого взаимодействия между узлами и защиты потоков данных в беспроводных сетях.[21]

Основные цели WEP – это запретить доступ к сети неавторизованным пользователям, которые не обладают подходящим WEP ключом, а также предотвратить дешифрование захваченного трафика без знания WEP ключа.

WEP – это механизм симметричного шифрования. Если WEP разрешён, передатчик берёт содержимое кадра, т.е. полезную нагрузку, и запускает алгоритм шифрования на нём. Затем оригинальное содержимое кадра заменяется закодированной информацией. Кадры данных, которые были зашифрованы, посылаются с WEP битом в контрольном поле MAC заголовка. Получатель кадра с зашифрованными данными пропускает кадр через тот же алгоритм шифрования, что и посылающая сторона. В результате получается оригинальный кадр, который может быть передан протоколам высшего уровня.

Производительность WEP зависит от вида реализации – аппаратной или программной, а также от конкретного устройства. Однако зачастую, особенно при программной реализации, происходит существенное уменьшение производительности сети.

WEP использует потоковый шифр RC4. Это симметричный потоковый шифр, который поддерживает различные длины ключа. Симметричный шифр это шифр, использующий один и тот же ключ для зашифровывания и расшифровывания. Он сильно отличается от блочных шифров, которые обрабатывают фиксированное число байт. Ключ – это некая информация, которая должна быть доступна шифрующей и дешифрующей стороне.[11]

Стандарт IEEE 802.11 описывает использование алгоритма RC4 и ключей в беспроводных сетях. Определено два механизма выбора ключа для зашифровывания и расшифровывания кадров. Первый механизм заключается в установке четырёх ключей по умолчанию. Ключи по умолчанию должны быть известны всем станциям беспроводной подсети. Достоинство использования ключей по умолчанию заключается в том, что если станция получила эти ключи, она может общаться секретно со всеми остальными станциями подсети.

Второй механизм, обеспечивающийся стандартом IEEE 802.11, позволяет станции установить взаимодействие с каждой другой станцией по определённым различным ключам (key mapping). Это, вероятно, более защищённая форма работы, т.к. меньше пользователей знают ключ. Однако, распределение таких ключей проблематично, если количество станций в сети достаточно велико.[16]

WEP заголовок и контрольная сумма добавляются к зашифрованному телу кадра. Номер ключа по умолчанию, который нужно использовать для расшифровывания кадра содержится в поле номер ключа заголовка кадра вместе с инициализационным вектором. Поле контрольная сумма содержит циклический избыточный код CRC-32 и предназначено для контроля правильности переданного кадра.

Формат тела кадра при использовании «WEP Ключ» состоит из инициализационного вектора и секретного «WEP ключа». Например, 64 битный

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

ключ состоит из 40 битного «WEP ключа», хранящегося секретно, и 24 битного инициализационного вектора. Секретный ключ, соединяясь с инициализационным вектором, образует начальное значение для генератора псевдо-случайной последовательности (ПСП). На выходе генератора образуется последовательность байтов (ключ), равная по длине количеству байтов данных для передачи. Процедура шифрования заключается в суммировании ключа с открытым текстом, 28 дополненным контрольной суммой. В результате образуется сообщение, содержащее зашифрованный текст и инициализационный вектор.

IEEE 802.11 идентификация и соединение. Идентификация – это процесс проверки удостоверения личности клиента, пытающегося подсоединиться к сети. Соединение – это процесс соединения клиента с данной точкой доступа к беспроводной сети. В стандарте 802.11, в действительности, существует три состояния пользователя:

- неавторизованный и не присоединённый;
- авторизованный и не присоединённый;
- авторизованный и присоединённый.

IEEE 802.11 определяет два типа идентификационных методов, открытая система идентификации и идентификация с разделённым (shared) ключом. Удачное выполнение фаз идентификации и соединения позволяет узлу беспроводной сети удачно войти в беспроводную подсеть. При идентификации с открытым ключом весь идентификационный процесс проходит открытым текстом. Это означает, что клиент может присоединиться к точке доступа с неправильным WEP ключом или вообще без WEP ключа. Но, как только клиент попытается послать или принять данные, он не сможет этого сделать, т.к. для обработки кадров необходимо знать правильный ключ.

При идентификации с разделённым ключом в процессе идентификации используются зашифрованные сообщения. Если клиент не обладает верным ключом, то он не пройдёт стадию идентификации и не сможет присоединиться к точке доступа.

Выбор между методами идентификации производится вручную на каждом устройстве, но методы клиента и сервера должны совпадать, чтобы идентификация прошла успешно. По умолчанию используется открытая идентификация.

Весь процесс может быть разделён на три фазы:

– Фаза зондирования. Когда клиент инициализируется, он сначала посылает зондирующий запрос по всем каналам. Точки доступа, которые «слышат» этот запрос, посылают станции ответ на зондирующий запрос. Ответ содержит такую

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

информацию, как SSID, который клиент хранит для определения, какая точка доступа продолжает процесс соединения;

– Фаза идентификации. После того, как клиент определяет, какая точка доступа продолжает процесс соединения, он начинает процесс идентификации на основе зондирующего ответа. Эта фаза может быть выполнена как в открытом режиме, так и в режиме разделённого ключа. Обе стороны сервер и клиент должны быть настроены на одинаковый режим идентификации, иначе идентификация не пройдёт.

– Фаза соединения. Если клиент удачно прошёл фазу идентификации (например, получил положительный идентификационный ответ от точки доступа), он начинает фазу соединения. Клиент посылает запрос на соединение точке доступа. Точка доступа анализирует информацию в этом запросе и если она правильная, точка доступа добавляет клиента в свою таблицу соединений. Затем она посылает ответ клиенту, и фаза соединения на этом завершается.

Схема открытой идентификации. Клиент посылает идентификационный запрос на точку доступа. Точка доступа обрабатывает этот запрос и определяет (основываясь на собственной конфигурации), позволить или не позволить клиенту перейти к фазе соединения. Точка доступа посылает идентификационный ответ клиенту. Основываясь на типе ответа (идентификация прошла или нет) от точки доступа, клиент продолжает или прекращает процесс соединения.

Схема открытой идентификации - идентификация с разделённым ключом. Клиент посылает идентификационный запрос на точку доступа. Точка доступа обрабатывает этот запрос, генерирует и посылает зашифрованный текст клиенту. Клиент затем должен расшифровать сообщение с помощью секретного WEP ключа и послать пакет назад на точку доступа. Точка доступа определяет, удалось ли клиенту верно расшифровать пакет. Основываясь на этом тесте, точка доступа посылает положительный или отрицательный идентификационный ответ клиенту, который определяет, позволено ли клиенту продолжать процесс соединения. Идентификация с разделённым ключом Фаза соединения Стандарт беспроводных сетей 802.11 обеспечивает достаточно высокий уровень безопасности и надёжности, при этом, почти не снижая быстродействие сети, что обеспечивает широкое распространение беспроводных сетей по всему миру во всех областях деятельности.

Однако этот стандарт не лишен ряда существенных недостатков, и сейчас уже ведётся разработка стандарта безопасности второго поколения. Один из способов решения проблемы безопасности – использование направленных антенн, в частности, адаптивных фазированных решеток, которые производители

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

планируют реализовать в составе интерфейсных чипов. Но эта технология не отменяет предусматривавшего в ранних спецификациях шифрования данных.[10]

2.3 Сетевая модель беспроводной сети

В проводной сети для связи рабочих станций между собой используется кабель. В беспроводной сети передача данных происходит по радиоканалу. По факту структура сети ничем не отличается от проводной, отличие заключается лишь в среде для передачи данных, рассмотрим (рис.2.8):

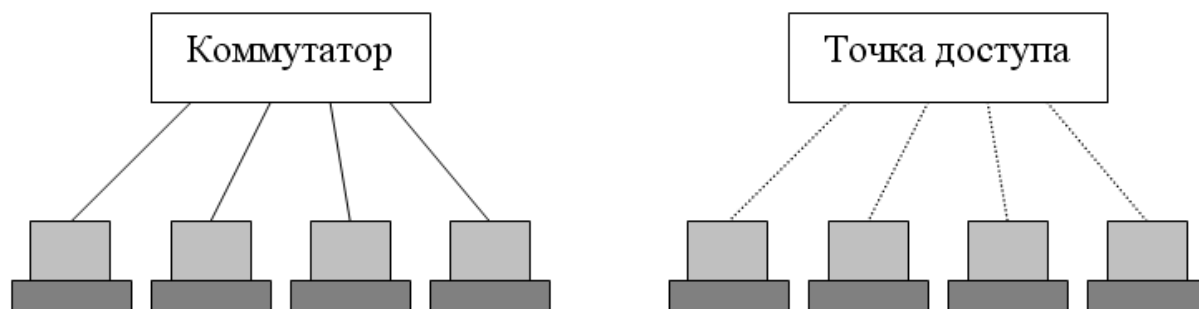


Рисунок 2.8 – Аналогия проводной и беспроводной сети.

На данном рисунке базовая станция выполняет роль коммутатора.

Существует два режима работы беспроводной сети – WDS и обычный.

В обычном режиме базовая станция работает как Access Point (AP) и к ней может подключиться абонент в режиме Station. В данном случае обмен данными происходит по протоколам третьего уровня при помощи IP-адресов.

В режиме WDS базовая станция работает, в роли Access Point WDS (AP WDS) и к ней может подключиться абонент в режиме Station WDS. При этом обмен данными может идти по любому протоколу как 3-го, так и 2-го уровней. Только в этом режиме может адекватно работать PРоЕ посредством радиоканала.

При создании сети всегда нужно использовать режим WDS. В этом случае можно передавать данные с помощью любого протокола. Клиенты не поддерживающие режим WDS так же смогут подключиться к этой сети, но они смогут работать только в ограниченном режиме.

Поговорим про работу клиентского оборудования. В режиме BRIDGE устройство будет насквозь пропускать через себя данные. В данном случае проводные клиенты могут использовать в арсенале любые ip-адреса, для того, чтобы связываться между собой, а также с другими устройствами сети. В данном случае отсутствует контроль правильности адресов и пользователи могут нанести вред работе сети, если вовремя не принять меры. Данный режим обычно

используют для того, чтобы подключить несколько независимых компьютеров при помощи одного клиентского устройства.

В режиме ROUTER устройство не пропускает данные, как в предыдущем режиме. В данном режиме устройство самостоятельно отвечает за выдачу ip-адресов всем устройствам, которые к нему подключены. Это помогает поделить между собой беспроводную сеть и сеть, которая построена после клиентской точки. По беспроводной сети станет передаваться только данные, адресованные базовой станции. Остальной трафик будет заблокирован – это позволит повысить защищенность сети.

Для подключения абонентов, живущих в частном секторе в приоритете использовать именно предыдущий режим – режим роутера, он будет в автоматическом режиме выдавать ip-адреса всем пользователям сети. В случае, если при помощи радиоканала следует подключить многоквартирный дом, то следует использовать режим моста, каждый абонент получит доступ в сеть, не зависимо от остальных. У каждого абонента в данном случае должен быть свой отдельный адрес для доступа в данную сеть.

Поговорим про работу базовых станций. Базовая станция так же может работать в режиме ap bridge, если сравнивать беспроводную и проводную сети, то данный режим работы базы аналогичен сетевому коммутатору. При таком режиме данные из проводной сети за базовую станцию могут передаваться всем подключенным к сети устройствам, так же и в обратную сторону. Применяется данный режим в случаях, если авторизация клиентов и доступ в глобальную сеть осуществляется за базовой станцией, так же при ситуации, когда в сети используется несколько базовых станций.

База может работать и в режиме роутера. В таком случае она будет самостоятельно осуществлять раздачу ip-адресов всем подключенным к ней устройствам. Прямая связь между кабельной и беспроводной сетью отсутствует. Применяют данный режим работы в случаях, когда базовая станция в сети одна и к ней подключается интернет.[3]

2.4 Расположение базовых станций и абонентских точек доступа

Зона покрытия базовых станций. Круговая антенна с покрытием 360 градусов имеет сектор вокруг здания или сооружения, где она установлена. Подключение к сети возможно в разных местах, если уровень сигнала достаточен для этого (рис.2.9).

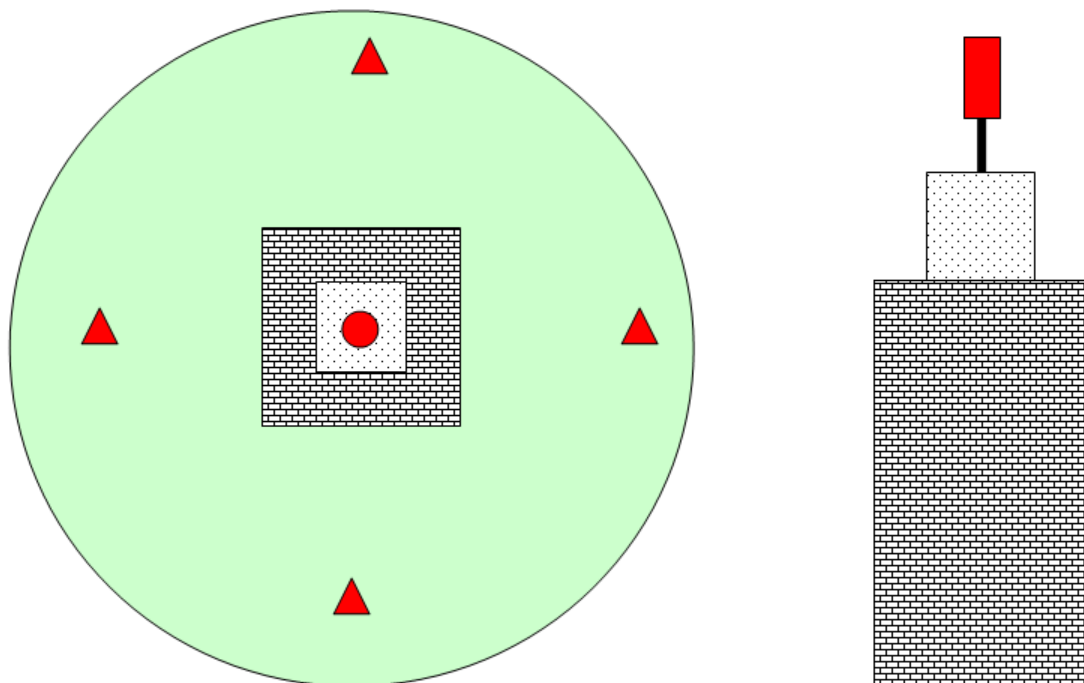


Рисунок 2.9 – Антенна с круговой диаграммой направленности

Круговая антенна, расположенная на небольшой мачте, установленная на сооружении, обозначена красным кругом – слева, справа – прямоугольником. Зона покрытия антенны обозначена зеленым цветом. Красные треугольники – это абоненты, подключенные к данной базовой станции. В данном примере все в порядке, так как все абоненты в секторе антенны, и проблем с подключением к сети они не испытывают.

Существует множество антенн с различным углом излучения. Максимальные значения сигнала мы добьемся, лишь подключив абонента в требуемом углу сектора, в зоне покрытия базы. Конечно, нельзя утверждать то, что вне зоны покрытия антенны сигнал отсутствует. Он есть, только не достаточен для подключения абонентов, так как он будет негативно влиять на работу базовой станции, что приведет к проблемам в работе всех абонентов, подключенным к данной базе (рис.2.10).

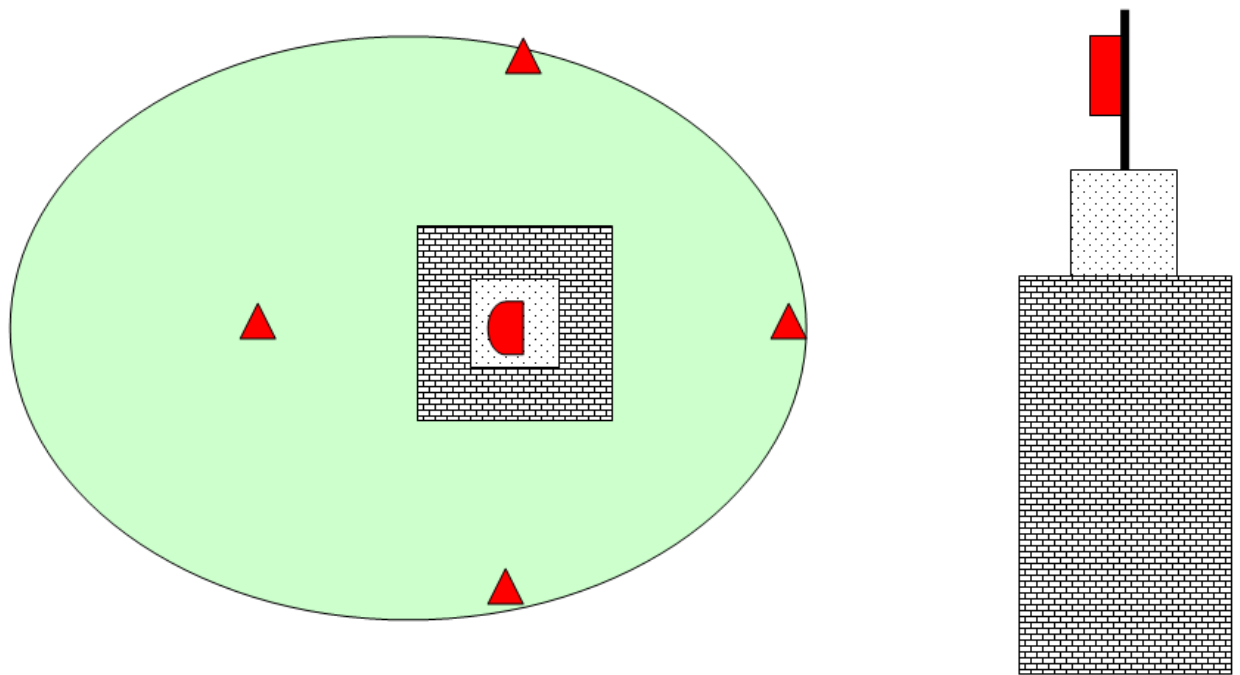


Рисунок 2.10 – Секторная антенна

Максимальный сигнал будет только в секторе работы антенны. На данном рисунке изображены абоненты, находящиеся в секторе излучения антенны, но такое подключение не рекомендуется, если существует 2 абонента, которые находятся в 180 градусах друг от друга по отношению к антенне, плюс, абонент, который подключен «в спину» базовой станции. Задача выполнена, но, работать данная схема будет не стабильно.

В ситуации, когда сзади антенны существует надстройка, служащая препятствием для прохождения радиосигнала картина выгладит иначе (рис. 2.11):

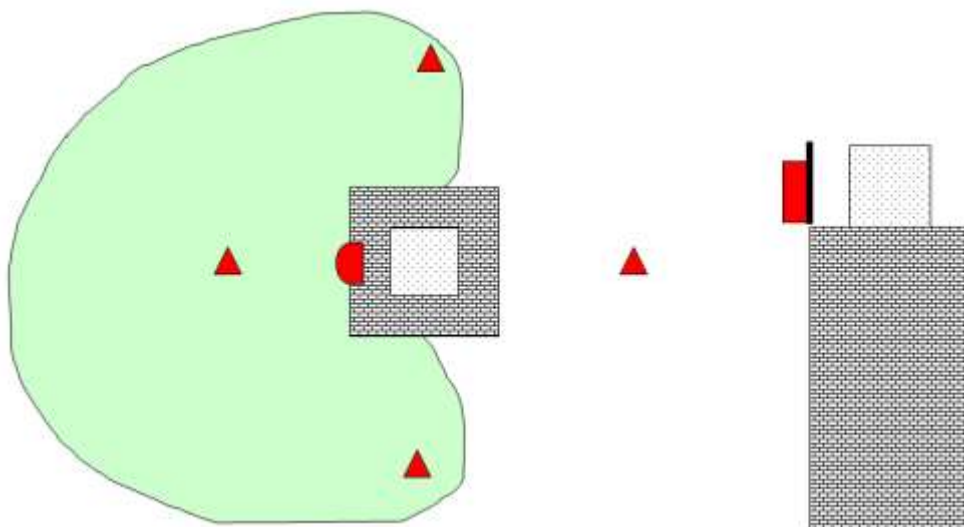


Рисунок 2.11 – Покрытие секторной антенны

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Задача прежняя – подключение всех клиентов. В данном случае повезет лишь троим. Но, опять 2 абонента в 180 градусном пределе, судя по рисунку даже побольше, будут не лучшим образом влиять на работу антенны. А тот абонент, который расположен сзади здания, оказался вне зоны покрытия.

Для подключения практически всех абонентов существуют различные схемы расположения антенн на сооружениях. Почему здесь используется слово «практически» - потому что на практике, к сожалению не всех желающих абонентов есть возможность подключить. Причины все те же – преграды, высокие препятствия между абонентом и базовой станцией. Высокие деревья и сооружения, препятствующие прямой видимости и свободной зоне Френеля. Решение разумеется есть, можно обойти данные препятствия, привлекая к работе несколько дополнительных устройств, это накладно и в большинстве случаев не имеет смысла.

Создание базовой станции с покрытием 360 градусов. Для обеспечения максимальной скорости обмена данными между устройствами сети, а так же для подключения максимального количества желающих абонентов, необходимо создавать базовые станции многосекторными. Данное мероприятие позволит максимально плотно и разумно использовать частоты, а так же обеспечит необходимое покрытие сектора сигналом. Далее речь пойдет о всевозможных вариантах реализации данного проекта.

При создании четырехантенной базовой станции необходимы четыре устройства с углом направленности под 90 градусов. Необходимо постараться отделить друг от друга естественными преградами (рис.2.12).

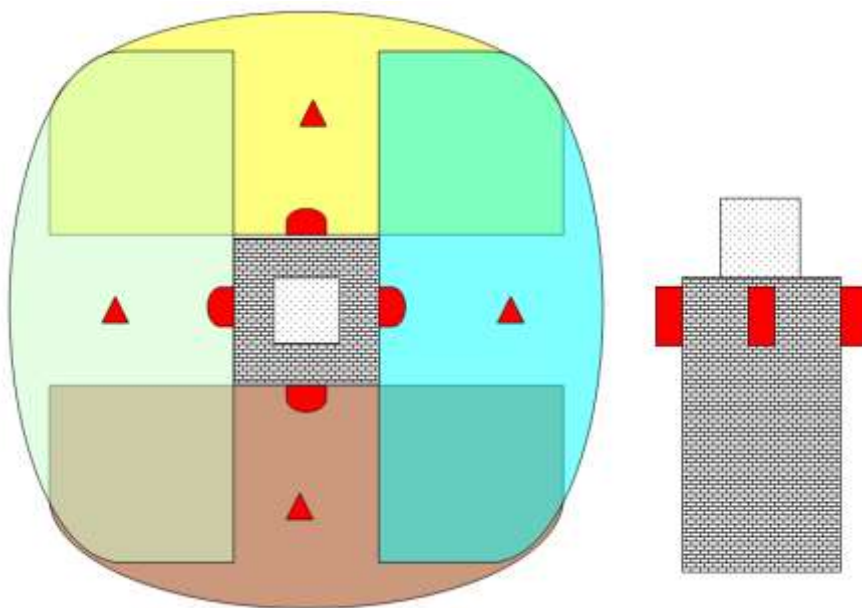


Рисунок 2.12 – Многосекторная 4-х базовая станция

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

09.03.01.2018.853.00 ПЗ

Лист

29

На данном изображении показаны установленные на 4 стенах здания базовые станции. В случае с такой установкой устройств необходимо будет занять 4 различных частоты, учитывая ширину канала. На стандартном наборе каналов wi-fi 2.4 ГГц данная схема не реализуема. Рекомендуется выбрать антенны с частотным диапазоном 5 ГГц.

При создании трехсекторной базы с антеннами, с углом 120 градусов излучения (рис.2.13) стоит задача посложней предыдущего случая. Для реализации данной задачи не достаточно просто разместить их ниже уровня крыши, так же необходимо правильно разместить их на стенах сооружения.

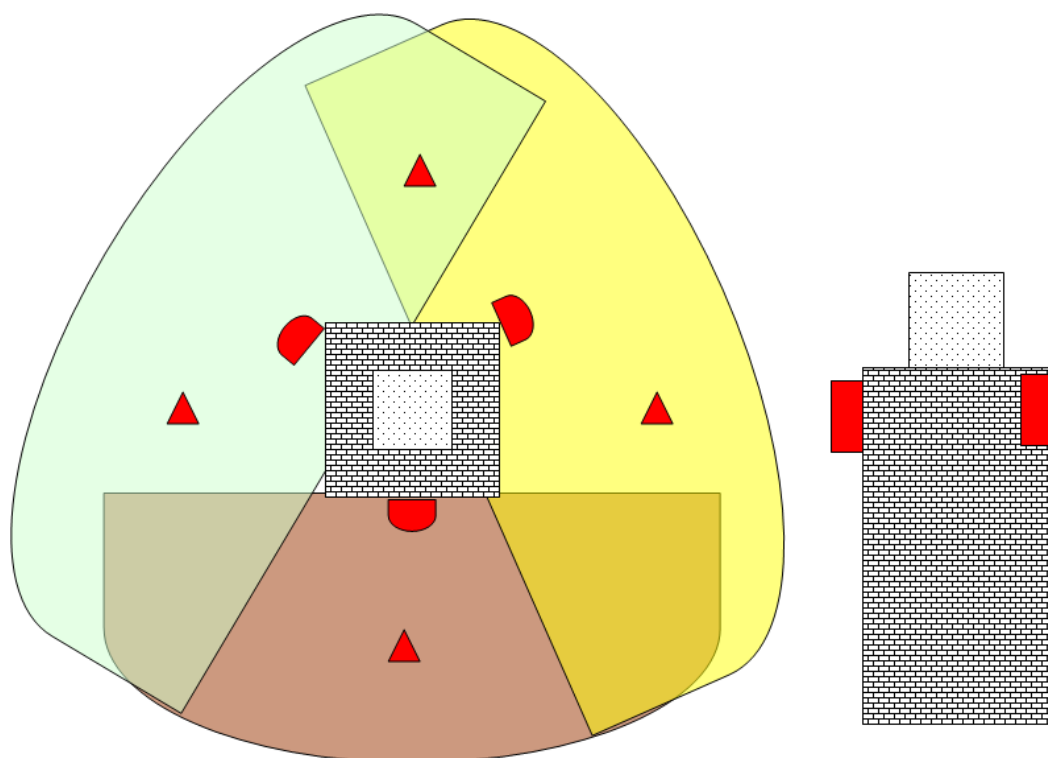


Рисунок 2.13 – Многосекторная 3-х базовая станция

В данной ситуации для реализации поставленной задачи покрыть весь сектор нужно иметь в арсенале три не занятых частотных канала. Есть возможность реализации данной схемы на стандартных каналах wi-fi 2.4 ГГц.

Для того, чтобы разобрать следующую проблему, необходимо осветить несколько понятий. Диаграмма направленности(антенны) — графическое представление зависимости коэффициента усиления антенны или коэффициента направленного действия антенны от направления антенны в заданной плоскости. Наглядный пример отображен на рисунок 2.14:

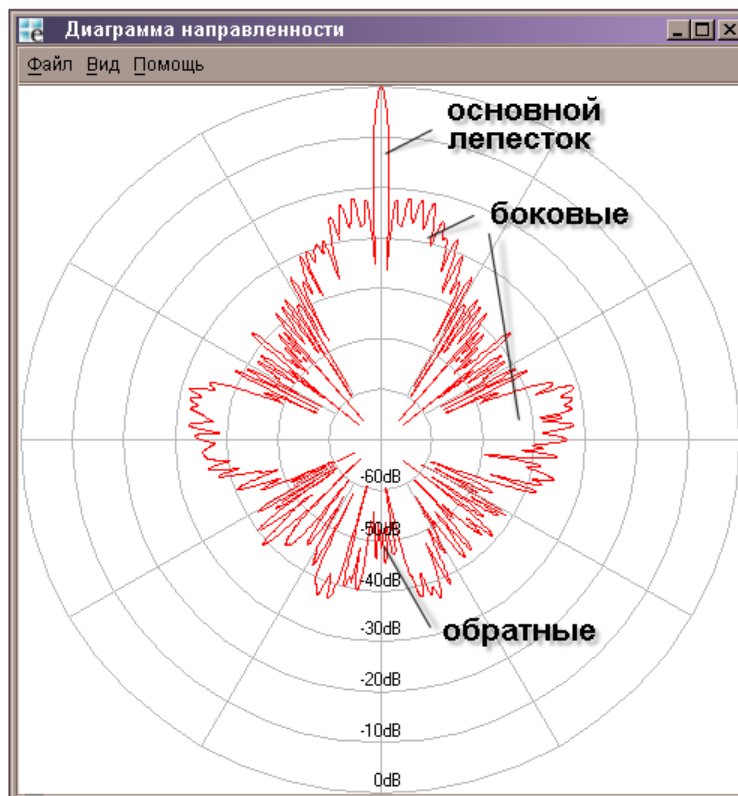


Рисунок 2.14 – Графическая диаграмма направленности антенны

Все направленные антенны устроены примерно одинаково и очень просто. Различия лишь в направленности радиосигнала, его распространении в пространстве.

Существует реализация схемы подключения оборудования точка-точка. При создании такого канала нужно стараться исключить любые преграды на пути радиосигнала, для того, чтобы ограничить излучений, отражений, которые негативно скажутся на работе сети.

Схематичное изображение канала точка-точка, который организован на антеннах не большого усиления и имеющих широкую диаграмму направленности (рис. 2.15).

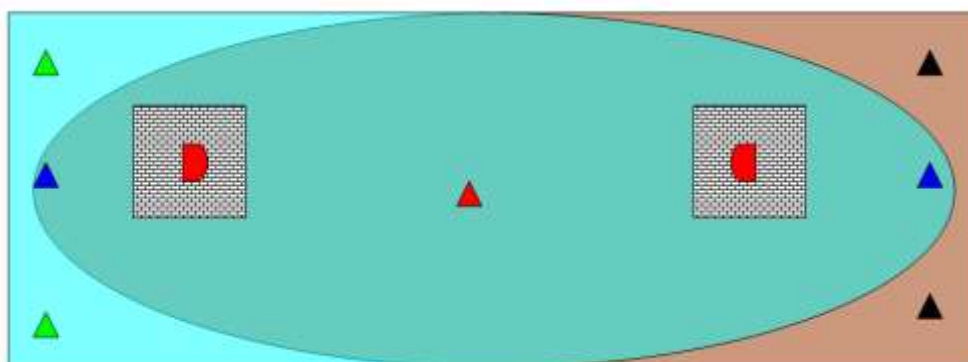


Рисунок 2.15 – Канал точка – точка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Излучение, исходящее при работе обеих антенн устремлено не только вперед, позади устройств оно так же присутствует. В этой зоне работают несколько устройств, которые так же имеют свою собственную зону излучения сигнала. Они негативно влияют на устойчивую деятельность изображенного здесь канала, если используют для работы те же, либо близкие частотные диапазоны. Зона действия левого устройства отображена коричневым цветом, у правого – голубым. Овал, охватывающий оба устройства – зона действия обеих антенн. Посередине рисунка изображен красный треугольник, оба устройства принимают от него сигналы, он может создать помехи в работе обеих устройств.

Расположенные за левой антенной зеленые треугольники могут создать проблемы при приеме данных только правому устройству. Черные треугольники, изображенные за правым устройством, могут создать проблемы при приеме данных только левому устройству. Синие треугольники находятся в зоне действия заднего лепестка излучения антенны, и каждый из них может создавать помехи на прием своего устройства. Вывод по данному изображению следующий: при построении беспроводной сети существует много различных проблем, которые вызываются антеннами, которые находятся в зоне работы сообщающихся между собой устройствами.

Второй пример, все та же схема - точка-точка. Антенны с узконаправленным лучом. Как правило, такие устройства используют для соединения моста при больших расстояниях (рис. 2.16).

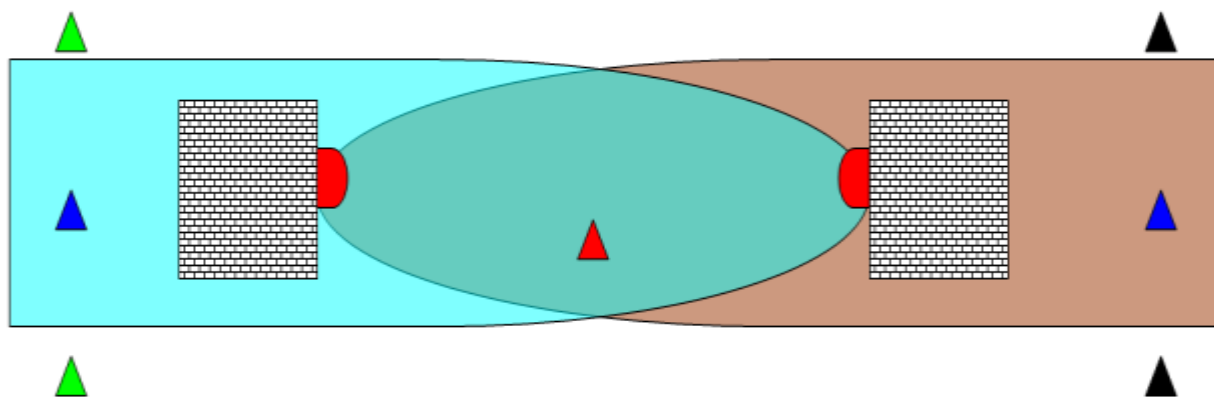


Рисунок 2.16 – Узконаправленные антенны

Зоны вещания в данном случае прилично уменьшились. Наблюдается отсутствие заднего излучения, так как оно поглощается сооружениями, на которые данные антенны установлены. Зоны помехового воздействия уменьшились. Черные и зелёные треугольники – антенны, которые теперь не влияют на работу нашего радиоканала. Устройства, изображенные в виде синих

треугольников, остались, но действуют лишь на одно из устройств. То же самое можно сказать и про красный треугольник.

Операторы, предоставляющие услуги по подключению к сети Интернет, в подавляющем большинстве случаев подключают абонентов в режиме точка-многоточка, это объяснимо – экономия средств, экономия частотных ресурсов. Необходимо рассмотреть примеры подключения абонентов к данным базовым станциям, как же они на самом деле влияют на работу всей этой структуры.

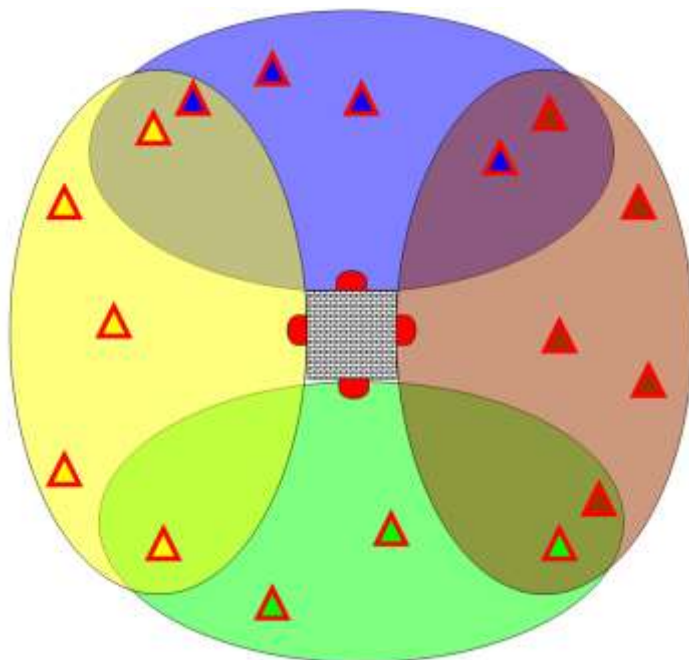


Рисунок 2.17 – Подключенные абоненты

На рисунке 2.17 изображены четыре базовые станции, с подключенными к ним абонентами. Выше повествовалось про работу узконаправленных антенн и про антенны с широким углом излучения. Рассмотрим влияние широко направленных клиентских антеннах на базовую станцию рисунок 2.18:

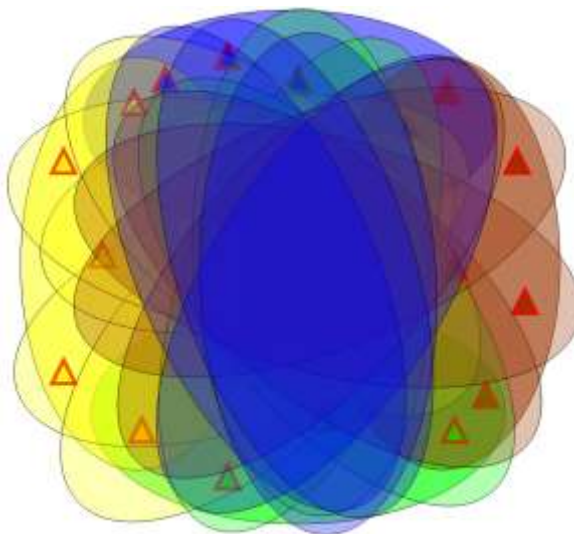


Рисунок 2.18 – Подключенные абоненты с широконаправленными антеннами

Выглядит устрашающе, все эти устройства создают шторм помех на все базовые станции. На данном изображении даже не удастся рассмотреть базовую станцию. Клиенты одной базы создают помехи другой базовой станции. Как же избежать этой проблемы? Необходимо предложить абонентам узконаправленные антенны рисунок 2.19:

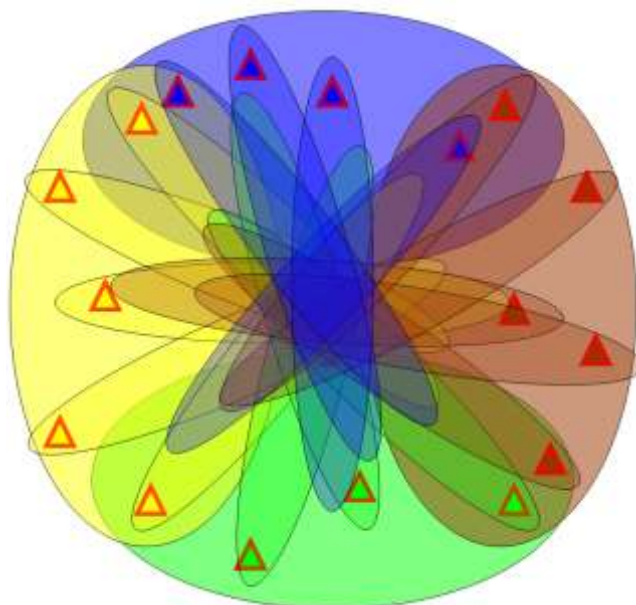


Рисунок 2.19 – Подключенные абоненты с узконаправленными антеннами

Такие антенны имеют более узкий луч направленности. На изображении наглядно показано, что данные антенны, в отличие от предыдущих в разы уменьшают помехи, следовательно, влияние на соседние базовые станции. Данные устройства имеют более высокий коэффициент усиления – соответственно можно уменьшить мощность передатчика базовой станции, а также и самих антенн. Данные устройства будут меньше поддаваться воздействию помех, что говорит о более стабильной работе данной сети.[18]

2.5 Производители, выпускающие беспроводное оборудование

На рынке беспроводного оборудования существует множество производителей, которые специализируются на разработке и выпуске беспроводного оборудования. Крупнейшим рынком сбыта WLAN-продуктов остается США, на которые пришлось 37,6% продаж в 2017 году. Объем американского рынка вырос на 2%. Наибольшие темпы продемонстрировала Латинская Америка, где выручка повысилась на 18,4%. В Центральной и Восточной Европе, к которому относится Россия, зарегистрирован подъем на 12,4%. Крупнейшими в мире производителями корпоративного WLAN-

оборудования по итогам 2017 года названы следующие компании: (Cisco - 43,6%, HPE - 14,9%, Arris - 5,9%, Ubiquiti - 5,6%, Huawei - 5%).

В список крупнейших производителей не вошел достойный на взгляд многих пользователей бренд MikroTik. На российском ит-рынке он хорошо известен. О компании, которой данный бренд принадлежит знают гораздо меньше – Mikrotikls. Данная Латвийская компания практически не занимается пиаром, рекламой. Mikrotik RouterBOARD является аппаратной платформой от MikroTik, которая представляет собой маршрутизатор управляемый операционной системой RouterOS. Mikrotik RouterOS — операционная система на основе Linux, для обеспечения работы аппаратных маршрутизаторов Mikrotik RouterBoard. При этом RouterOS можно установить и на PC. По мнению экспертов, одно из главных преимуществ MikroTik — оптимальное сочетание операционной системы и аппаратной платформы, которые предоставляют пользователям получить довольно широкий спектр интересных возможностей. Высокотехнологичный специалист может настроить оборудование производителя таким образом, что оно начинает конкурировать с решениями гораздо более высокого класса и соответственно более дорогими. В самой компании уверены, что их главное преимущество — оптимальное соотношение цена/качество. В местности, где мы станем разворачивать беспроводную сеть, кроме антенн mikrotik и ubnt компании Ubiquiti, вряд ли удастся встретить какие-нибудь устройства другого производителя. Это легко объяснить. Ubnt занимаются производством в основном антенн для использования вне внутренних помещений, довольно недавно, по сравнению с микротиком, появились на рынке и неплохо на нем закрепились. Качество устройств данного производителя проверена годами использования в суровых условиях Сибири и палящего солнца Южных стран.

Цены на оборудование не завышены и антенны может позволить купить себе обычный пользователь. Говоря про цены, в 2016 году произошел обвал цен на нефть, что спровоцировало немалый рост цен на зарубежное оборудование, точки доступа, например loco m5 возросли в цене в районе 2 раз. Сейчас же цены немного упали. Количество желающих подключить интернет велико, в связи с этим, провайдеры продолжают скупать оборудование, и подключать частный сектор небольших городов и деревень. К достоинствам антенн производства данной компании стоит отнести так же то, что настройка устройств подвластна даже новичку, веб интерфейс простой и понятный. Не принимая во внимание устройства с заводским браком, антенны служат довольно долго, если строго соблюдать правила пользования, самое главное правило – выключать антенну во время грозы.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Данные антенны имеют протоколы AirMax и недавно разработанный протокол AirMax AC. AirMax – закрытая разработка компании, информация о нем не разглашается. Но общий принцип работы понятен. В двух словах, это особый протокол, при помощи которого ведется передача данных по беспроводному каналу связи. Суть технологии состоит в том, что происходит временное разделение передачи пакетов для каждого абонента. Обычная передача данных по Wi-Fi происходит следующим образом: станция на стороне абонента "слушает" эфир, определяя, не занят ли канал, и если свободен - посылает пакет. Такая технология далека от совершенства и неспособна предоставить качественную связь. AirMax решает эту проблему, предоставляя каждому абоненту определенный временной слот для передачи/приема данных. В результате отпадает необходимость слушать эфир, исчезают задержки. Вторая особенность технологии - умение определять клиентов с "тяжелым" трафиком (VoIP/Video) и предоставлять им приоритет.

Особняком стоит недавно анонсированная серия устройств AirMAX AC, которая ожидается в продаже этой осенью. По сравнению с существующими устройствами AirMax, оборудование AirMax AC — например, Rocket M5 AC Lite, обладает более высокими скоростями передачи данных и увеличенной мощностью вычислительной части. Максимальная скорость передачи данных при использовании AirMax AC достигает 450 Мбит/с, что значительно больше, чем у предыдущих версий оборудования AirMax. Кроме того, серия AirMax AC оснащена новыми полосовыми фильтрами радиопомех AirPrism, которые способны значительно улучшить качество связи в условиях высокого уровня помех.

Преимущества данных технологий:

- Масштабируемость сети. Данный протокол занимается предотвращением снижения качества канала, когда одновременно подключено большое количество клиентов. В сети 802.11, которая реализуется по технологии Wi-Fi, рекомендовано одновременное подключение не более 20 абонентов, то при помощи технологии AirMax в одно время могут пользоваться до 120 устройств.

- Максимально уменьшается задержка на передачу голоса и видео. Алгоритмы опроса клиентов сети делают возможным нахождение тех абонентов, которые занимаются передачей чувствительных к задержке видео и голоса, и наделяют их приоритетом по отношению к остальным.

Конечно имеются и недостатки. За понятный и красивый веб-интерфейс приходится платить не малую цену. Антенны данного производителя отличаются от микротиков отсутствием более тонких настроек, которые иногда просто необходимы, это влечет за собой потерю стабильности работы беспроводной сети.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Mikrotkls Ltd – занимается разработкой электронных плат, которые необходимо при помощи смекалки и рук помещать в корпус. На данный момент уже появляются масса готовых решений уличного исполнения. Именно их и покупают провайдеры. Имеют широкий и богатый набор настраиваемых параметров. Для новичка, в сравнении с предыдущим производителем, настроить это устройство практически невозможно. Mikrotik – состоит из железа, под общим наименованием RouterBoard, и операционной системы RouterOS.

Оборудование Mikrotik имеет высокую функциональность. Находясь в ценовом диапазоне с бюджетными аналогами, в своих возможностях устройства не уступают лидерам рынка. При грамотной настройке устройства микротик можно быть уверенным, что оно будет надежно работать продолжительное время. По мере изменения потребностей оборудование легко заменить или дополнить необходимым количеством новых маршрутизаторов. Оно подходит для бизнеса любых масштабов независимо от сферы деятельности. Простое обновление и документальное сопровождение.

К сожалению, данные устройства имеют и отрицательную свою сторону. Оборудование имеет ограничения на объем трафика, оно не предназначено для обработки трафика более, чем 10 Гбит\сек. Но это проблема, касающаяся крупных компаний. Сложная настройка – это проблема для новичков. Крупные вендоры напрямую решают гарантийные проблемы клиентов, чего не скажешь о MikroTik.

Сделаем вывод после разбора двух производителей. Если деятельность предприятия находится на начальной стадии, если разворачивать сеть приходится, как в подавляющем большинстве случаев, большим объемом подключений абонентов в короткие сроки, то нужно выбрать антенны производителя ubiquiti. Основной критерий – простота настройки и возможность без труда заходить на веб-интерфейс любого абонента. Данный вывод касается и антенн, выполняющих функции базовых станций, а так же абонентских точек доступа. В дальнейшем, потренировавшись и «набив руку», в качестве базовых станций, можно будет ставить устройства Mikrotik, все-таки сеть постоянно растет, а производительность обычного rocket m5, как показывает практика, после подключения к нему более 20-25 абонентов, падает. Еще один фактор, по которому произойдет замена rocket m5 на RB912UAG-5HPnD - примерно через 2 года работы антенны произойдет ее выход из строя. В большинстве случаев - после грозы. За такой срок работы антенна успеет окупить себя и дать неплохую прибыль.[19]

Выводы по главе: В данной главе освещена основная проблематика, встречающаяся при разворачивании деятельности сфере беспроводных технологий. Основные проблемы разобраны теоритически и должны будут учтены при построении сети.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

3 РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ДЛЯ ЧАСТНОГО СЕКТОРА

3.1 Описание участка частного сектора

Производим тщательный обзор участка, где будут располагаться базовые станции, а также необходимо примерно спрогнозировать количество абонентов. Чтобы удалось выполнить все необходимые мероприятия, для начала, необходимо разместить рекламу в зоне деятельности, затем провести опрос жителей частного сектора. Так сложится примерная картина будущей беспроводной сети. В качестве примера в дипломном проекте используется участок шахтостроительного поселка г.Коркино, Челябинской области (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Шахтостроительный поселок

Слева и справа выгодно расположены пятиэтажные многоквартирные дома – ул. 9 января, 48 и 1 мая, 29. Для покрытия всего шахтостроительного поселка недостаточно размещения одной лишь антенны на многоквартирном доме слева (ул. 9 января). Поэтому планируем, где в будущем будут размещены остальные базовые станции рисунок 3.2:



Рисунок 3.2 – Расположение баз в перспективе

Получив заявки, выясняем, что потенциальные абоненты разбросаны по всему участку. Планируем, как разместить базовые станции в будущем. Начать подключения следует с участка, который покрывает базовая станция, например 9-48-1, произвести ее заполнение абонентами в количестве 10 точек доступа и произвести мониторинг их работы. Все недочеты и пожелания записать, и учесть их при заполнении остальных базовых станций. Подключение абонента производить после того, как произведен замер сигнала непосредственно с места установки абонентской точки доступа.

3.2 Проектирование сети

На практике, в Российской Федерации, к wi-fi относятся как к простой и нетребовательной технологии. В основном необходимое количество базовых станций определяется на глаз, происходит закупка, монтаж, а затем разбор полетов. Из проблем, возникающих в процессе работы этой спонтанной разработки, ведется анализ и поиск решений.

На самом деле требования к беспроводному доступу растут, растет количество сложных проектов, которые необходимо разработать. Подавляющее большинство проектов разрабатываются по емкости и сложности, а не только по покрытию. Необходимо уделять серьезное внимание к важнейшей части любого проекта беспроводной сети – радиообследование объекта (Site Survey)

Радиообследование ведется со стадии проектных работ и до начала установки оборудования. Радиообследование определяет присутствие интерференции идущей от других источников, которая может снизить производительность сети Wi-Fi. Существует набор приложений, для сканирования частот.

Перейдем к плану действий при планировании сети. - еще до проведения Радиообследования надо найти системного интегратора, который знает территорию развертывания сети и имеет специальных людей, которые умеют договариваться с местными административными органами и владельцами недвижимости; также возможен вариант, при котором нанимается на работу или берется на контракт специальный человек, который хорошо знает эту работу и данную территорию (часто из надзирающего за беспроводными сетями органа).

Для покрытия сектора необходимо знать план местности, возвышения, холмы, деревья. Пример. Ни для кого не секрет, что базовые станции устанавливаются на многоэтажных зданиях, на всевозможных высоких сооружениях. К примеру, существует район, который необходимо подключить к сети интернет (частный сектор). Как правило, добросовестные установщики

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

проводят визуальное обследование участка. Если существует несколько потенциальных мест для установки антенн (несколько многоэтажных домов), выбирается не самое высокое, а здание, которое наиболее имеет наиболее выгодное положение. С его крыши видны практически все частные дома, без каких-либо препятствий. Так же аналогичное положение дома необходимо определить непосредственно посетив несколько разноудаленных от дома точек частного сектора, до потенциального места расположения базовых станций обязательно должна быть прямая видимость.

Собрав всю необходимую информацию необходимо перейти к следующей стадии – выбор типа и модели точек доступа. Данный выбор зависит от большинства факторов, таких как: плотность абонентов, география местности, отдаленность абонентов от базы и так далее.

Теперь необходимо определиться с местом установки оборудования. На данном этапе так же необходимо знать, какой кабель использовать для передачи данных, удаленность питающих розеток, в основном решение в питании антенны – роутера антенны. В данном случае нужно учитывать лишь длину кабеля, которую рекомендует производитель.

После монтажа антенны нужна проверка мест положения базовых станций. Проанализировать спектр частотных диапазонов для установки свободной частоты. Затем проверить сигнал и объем трафика в нескольких местах покрытого сектора. Провайдер, только начинающий свою деятельность, прибегнет к самому простому. Необходимо два человека, автомобиль, источник бесперебойного питания, телескопическая удочка, точка доступа, ноутбук. На удочку крепится предварительно настроенная для работы с проверяемой базовой станцией точка доступа, спускается 8- жильный кабель, подсоединяется в роутер – инжектор, он, в свою очередь, включается в источник бесперебойного питания. Этот метод действительно полезен для адекватной работы сети в будущем. Один сотрудник берет в руки ноутбук, другой расправляет телескопическую удочку с точкой доступа и направляет в сторону базовой станции. Сотрудник с ноутбуком снимает данные. Из этих данных собирается картина покрытия и правильность установки базовой станции.

Необходимо постоянно документировать полученные результаты. Это позволит сделать выводы о будущих установленных антеннах. Необходимо сохранить логи скорости передачи данных, уровня сигналов.

При проведении предварительного анализа проекта и обработке входных данных на специализированном ПО по дизайну наружных сетей будут определены предварительные места установки Точек Доступа WiFi. Эти предварительные позиции должны быть очень внимательно проанализированы на

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

предмет реальности установки там Точек Доступа WiFi. Реальность по технической возможности и реальность по административному ресурсу.

Например, техническая возможность существует, если для монтажа есть подходящая позиция по высоте, наличию электропитания 24 ч, отсутствию существенных препятствия для распространения сигналов. Например, административная возможность существует, если при развертывании реальной сети, именно на данную по дизайну позицию можно будет установить и запустить Точку Доступа WiFi (часто возникают сложности при необходимости использования крыш зданий в чужой собственности, а использование элементов недвижимости в коллективной собственности практически нереально - ТСЖ, кооперативные варианты и т.п. -т.к. люди просто боятся радиотехнологий вблизи и не соглашаются на установку оборудования; часто возникают сложности и с фонарными столбами, т.к. их много, но электропитание в основном подается только в вечерне-ночное время, поэтому здесь более реальны, например, светофоры и т.п.). На данном этапе имеется реальный практический смысл корректировать предварительный дизайн сети до того момента пока предварительные позиции ВСЕХ ТД WiFi будут признаны хотя бы как потенциально реальными для монтажа. Чем более детально и точно будет выполнена данная фаза, тем меньше затрат возникнет впоследствии в условиях развертывания реальной сети и меньше будет необходимо выполнять коррекций в полевых условиях.

Во время проведения полевого Радиообследования при уточнении предварительных позиций ТД Wi-Fi, если возникает необходимость, корректирования этих позиций, то все обновленные позиции также необходимо проводить через подробный анализ на возможность последующего развертывания ТД Wi-Fi. В идеале Site Survey в данном случае должен вестись не только с целью обеспечения требований по покрытию и емкости сети, но и с четким фокусом на возможность последующего развертывания Точек Доступа WiFi в спланированных позициях.

Необходимо помнить простую вещь - чем подробнее и практичнее проведено предварительное проектирование, тем меньше проблем возникнет позже, при строительстве реальной инфраструктуры.[17]

3.3 Обзор беспроводного оборудования для построения WI-FI сети

Рассмотрим устройства фирмы ubiquiti. Проведем мониторинг антенн на официальном сайте производителя. Буква m означает поддержку протокола airmax, цифра после буквы m – частотный диапазон, на котором работает антенна.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

NanoStation M2 - используется как клиент беспроводной сети, или в качестве базовой станции со встроенной антенной с углом работы 55 градусов. Имеет встроенную антенну 11дби, максимальная мощность 28дбм.

NanoStation M5 - используется как клиент беспроводной сети, или в качестве базовой станции со встроенной антенной с углом работы 43 градуса. Имеет встроенную антенну 15дби, максимальная мощность 27дбм.

NanoStation Loco M2 - используется как клиент беспроводной сети, или в качестве базовой станции со встроенной антенной с углом работы 60 градусов. Имеет встроенную антенну 8дби, максимальная мощность 23дбм.

NanoStation Loco M5 - используется как клиент беспроводной сети, или в качестве базовой станции со встроенной антенной с углом работы 55 градусов. Имеет встроенную антенну 13дби, максимальная мощность 23дбм.

Bullet M2 - используется как клиент беспроводной сети, или в качестве базовой станции, максимальная мощность 28дбм. Имеет разъем N-type Male – может накручиваться прямо на антенну без промежуточных кабелей. Устройство может выйти из строя при работе на максимальной мощности – нельзя герметизировать изоляцией антенный разъем.

Bullet M5 - используется как клиент беспроводной сети, или в качестве базовой станции, максимальная мощность 25дбм. Имеет разъем N-type Male – может накручиваться прямо на антенну без промежуточных кабелей.

Rocket M2 – используется для создания базовых станций в комплекте с антеннами AirMax Sector 2G-16-90 и 2G-15-120, или для создания магистрального канала в комплекте с антенной Rocket Dish 2G-24. Максимальная мощность 28дбм.

Rocket M5 - используется для создания базовых станций в комплекте с антеннами AirMax Sector 5G-17-90, 5G-16-120, 5G-20-90, 5G-19-120, или для создания магистрального канала в комплекте с антенной Rocket Dish 5G-30 или 5G-34. Максимальная мощность 27дбм.

NanoBridge M2 – используется как клиент беспроводной сети, или для создания магистрального канала. Встроенная антенна 18дби. Максимальная мощность 23дбм.

NanoBridge M5 - используется как клиент беспроводной сети, или для создания магистрального канала. Встроенная антенна 22дби или 25дби. Максимальная мощность 23дбм.

PicoStation M2 - используется в качестве базовой станции, максимальная мощность 28дбм. Имеет в комплекте антенну с круговой диаграммой направленности 6дби.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

RB711-5Hn – клиентское устройство с радиокартой 5ггц A/N мощностью 22дбм. Один разъем для подключения антенны. Процессор 400мгц.

RB711-5HnD – клиентское устройство с радиокартой 5ггц A/N мощностью 25дбм. Два разъема для подключения антенн, поддерживает MIMO. Процессор 400мгц.

RB711G-5HnD – клиентское устройство с радиокартой 5ггц A/N мощностью 25дбм. Два разъема для подключения антенн, поддерживает MIMO. Гигабитный сетевой порт. Процессор 400мгц.

RB711UA-5HnD – устройство для создания БС с радиокартой 5ггц A/N мощностью 25дбм. Два разъема для подключения антенн, поддерживает MIMO. Имеет USB порт. Процессор 400мгц.

RB711GA-5HnD – устройство для создания БС с радиокартой 5ггц A/N мощностью 25дбм. Два разъема для подключения антенн, поддерживает MIMO. Гигабитный сетевой порт и USB порт. Процессор 400мгц.

Mikrotik SXT Lite5 - точка доступа внешнего исполнения с интегрированной двухполяризационной антенной 16dBi диапазона 5ГГц, работает в режиме 802.11 a/n.

Сравним аналогичные продукты двух производителей – Mikrotik и Ubiquiti. Сравним оборудование, работающее на частотах 5 ГГц. Для начала рассмотрим устройства, которые будут в дальнейшем использоваться в качестве базовых станций. Рассмотрим RB912UAG-5HPnD-OUT от микротик, ценовой диапазон держится на отметке 5 тысяч рублей, основные характеристики устройства отражены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристики RB912UAG-5HPnD

Артикул	RB912UAG-5HPnD-OUT
1 Гбит/с LAN:	1
Частотный диапазон:	5150–5875 МГц
Стандарты беспроводной связи (5 ГГц):	802.11a/n
Мощность радиомодуля (5 ГГц), dBm:	30
Поддержка MIMO (5 ГГц):	2x2
Разъемы для антенн:	2
Тип разъема для антенн:	RP-SMA Female
MiniPCI-e слоты:	1

Продолжение таблицы 3.1

Слоты для SIM-карт:	1
Архитектура процессора:	MIPS-BE
Процессор:	AR9342
Количество ядер процессора:	1
Частота процессора, МГц:	600
Объем ОЗУ, МБ:	64
Тип ОЗУ:	DDR
Объем ПЗУ, МБ:	128
Тип ПЗУ:	NAND
USB-порты:	1
Тип USB:	USB type A
Операционная система:	RouterOS
Уровень лицензии RouterOS:	Level 4
Питание через Ethernet (PoE in):	Passive PoE
Входное напряжение (PoE in):	8—30 В постоянного тока
Макс. потребляемая мощность, Вт:	14
Мониторинг напряжения:	Да
Мониторинг температуры платы:	Да
Контакт для заземления:	Да
Назначение:	Внешнее
Рабочая температура:	от -30 до +60 °С
Габариты:	246 x 135 x 50 мм
Крепление на DIN-рейку:	Да
Вес, кг.:	0,79 кг.

BaseBox 5 — беспроводное устройство наружного исполнения от MikroTik, основанное на популярной модели RB912UAG-2HPnD. Работает в частотном диапазоне 5150–5875 МГц, поддерживая стандарты беспроводной связи 802.11a/n.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Предполагается совместная работа устройства с антеннами 2 ГГц. Устройство имеет 1 Ethernet-порт 1 Гбит с автоопределением, порт USB 2.0 type A и площадку для заземления, расположенные на нижней части устройства за защитной крышкой; оснащено 2-мя разъёмами для антенн RP-SMA, разъёмом miniPCI-e для расширения памяти, а также слотом для SIM-карты для подключения 3G-модемов.

Также имеются три дополнительных посадочных места для разъемов антенн, в случае если Вы запланируете использовать miniPCI-e разъем для большего количества беспроводных интерфейсов чтобы, например, обеспечить работу в двух частотных диапазонах, либо использовать 3G-модем (использование 3G-модема отключает USB-порт).

Удобное исполнение корпуса позволяет при необходимости открыть устройство с помощью рук без использования инструментов. Также, отверстие для LAN-кабеля защищено от влаги. Имеется возможность установки устройства на DIN-рейку.

BaseBox 5 работает под управлением операционной системы RouterOS Level 4, обеспечивающей распределение полосы пропускания (QoS), межсетевой экран, контроль доступа пользователей и многие другие возможности.

При этом допускается не только режим работы в качестве независимой точки доступа 'standalone', но и совместная работа устройства с программным контроллером MikroTik CAPsMAN, благодаря которому управление всеми точками доступа осуществляется в одном централизованном месте.

Аналогично отобразим в таблице 3 характеристики устройства Rocket M5 фирмы ubiquiti, ценовой диапазон которых так же держится на отметке 5 тысяч рублей.

Таблица 3.2 – Характеристики устройства Rocket M5

Артикул:	RocketM5
10/100 Мбит/с LAN (Fast Ethernet):	1
Частотный диапазон:	5150–5875 МГц
Стандарты беспроводной связи (5 ГГц):	802.11a/n
Мощность радиомодуля (5 ГГц), dBm:	27
Макс. производительность (5 ГГц), до Мбит/с:	150

Продолжение таблицы 3.2

Поддержка MIMO (5 ГГц):	2x2
Разъемы для антенн:	2
Тип разъема для антенн:	RP-SMA (Waterproof)
Архитектура процессора:	MIPS
Объем ОЗУ, МБ:	128
Тип ОЗУ:	SDRAM
Объем ПЗУ, МБ:	8
Тип ПЗУ:	FLASH
Операционная система:	airOS
Блок питания:	PoE-адаптер 10/100 Мбит 24 В, 1 А (в комплекте)
Питание через Ethernet (PoE in):	Passive PoE
Входное напряжение (PoE in):	24 В
Макс. потребляемая мощность, Вт:	8
Процессор	Atheros MIPS 24КC, 400 МГц
Материал корпуса:	Пластик, устойчивый к погодным явлениям и УФ
Рабочая температура:	от -30 до +75 °С
Допустимая влажность:	от 5 до 95% (без конденсации)
Защита от ударов и вибраций:	ETSI300-019-1.4
Габариты:	160 x 80 x 30 мм
Крепление Fast-Mount:	Да
Вес, кг.:	0,819 кг.

RocketM5 – беспроводное устройство от Ubiquiti Networks в корпусе из пластика, устойчивого к погодным явлениям и УФ. Работает в частотном диапазоне 5150–5875 МГц. способно достигать скорости передачи данных до 150 Мбит/с (зависит от условий приема и дальности связи). Оборудование может использоваться как клиентское устройство или базовая станция в соединениях

"точка-мультиточка" (при совместном использовании с секторными и всенаправленными антеннами), а также для создания беспроводного моста "точка-точка" (при совместном использовании с антеннами 'RocketDish', например RocketDish 5G30).

Во всех устройствах Ubiquiti Networks серии airMAX используется революционная технология TDMA-протокола, которая подходит для масштабных сетей с производительностью операторского класса. С помощью этой технологии каждый клиент может отправлять и получать данные согласно определенным промежуткам времени, установленным программным обеспечением, которое уменьшает возможные искажения сигнала и задержки, тем самым увеличивая пропускную способность и масштабируемость.

RocketM5 оснащен процессором с архитектурой MIPS 74Kc и оперативной памятью 128 МБ. Выходная мощность радиомодуля 27 dBm.

RocketM5 работает под управлением операционной системы airOS, обеспечивающей быструю и легкую настройку в нужном для работы режиме через веб-интерфейс. Встроенная технология airView (частотный сканер) позволяет распознать помехи на определенной частоте и найти свободный диапазон частот. Программное обеспечение airControl позволяет управлять до 100 устройствами Ubiquiti. Также, поддерживается централизованное управление с использованием устройства Ubiquiti CRM Point и программного обеспечения U CRM Control.

Форм-фактор устройства предполагает его совместное использование с антеннами (крепление Fast-Mount).

Питание устройства может осуществляться либо с помощью входящего в комплект PoE-адаптера 10/100 Мбит 24 В 1 А, либо от коммутатора из серий UniFi® Switch или EdgeSwitch™, имеющего поддержку PoE-питания 24 В типа Passive PoE. Получение питания посредством PoE позволяет устанавливать устройство в труднодоступных местах.

RocketM5, как и другие устройства серии airMAX M, может использоваться в качестве клиентского устройства, подключенного к базовой станции серии airMAX AC, при условии использования прошивки не ниже 6.0 для RocketM5 и 8.0 для устройства airMAX AC.

При сравнении обеих моделей выявлены некоторые различия, в основном незначительные, такие как – мощность радиомодуля у микротика RB912 и у Rocket m5 30 и 27 dBm соответственно, объем ОЗУ 64 и 128 мб, различается тип ОЗУ – DDR у микротика и SDRAM у Ubnt, объем ПЗУ у микротика 128 мб, а у рокета м5 – 8 мб, отличается так же и тип ПЗУ – у микротика NAND, у рокета FLASH. У RB912 имеется usb порт, который отсутствует у рокета. Потребляемая

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

мощность микротика практически в 2 раза больше – 14 Вт, у rocket m5 – 8 Вт. У микротика пошустрей процессор 600 МГц к 400 МГц у его оппонента. Они отличаются операционными системами. RB912 управляется системой RouterOS, Rocket m5 – airOS. Еще микротик имеет на плате контакт заземления, который отсутствует у rocket m5. Это весьма серьезный аспект, который относится к достоинствам микротика, возможно, именно по этой причине «живучесть» базовой станции микротик RB912 выше, нежели у rocket m5. Это доказано практически в период гроз. При сравнении двух продуктов выявлены их различия, примерно уравновешивая между собой выбор той или иной модели для применения в работе.

Данные точки доступа не имеют встроенную антенну, поэтому необходимо подобрать секторную. В зависимости от рельефа местности и от расположения потенциальных абонентов, для начала, необходимо разобраться с сектором обслуживания, который способна покрыть антенна. Есть не плохое решение - airMAX Sector Antenna AM-5G19-120(90) последнее число означает сектор обслуживания 120 градусов и 90 соответственно. Стоимость такой антенны установилась в районе 8 тысяч рублей. (Дороже точек доступа!). Характеристики данной антенны отражены в таблице, диаграмма направленности на рисунке 3.3.

Таблица 3.3 – Технические характеристики Ubiquiti airMax Sector 5G-19-120

Вес	5.9 кг.
Размеры	700 x 145 x 79 мм
Сопротивление ветру до	71.53 м/с
Технология передачи данных	2x2 MIMO PtMP
Диапазон частот	5.15-5.85 ГГц
Коэффициент усиления	19 bBi
горизонтальная поляризация	18.6 bBi
вертикальная поляризация	19.1 dBi
Разъем	2 x RP-SMA
Поляризация	вертикальная/горизонтальная

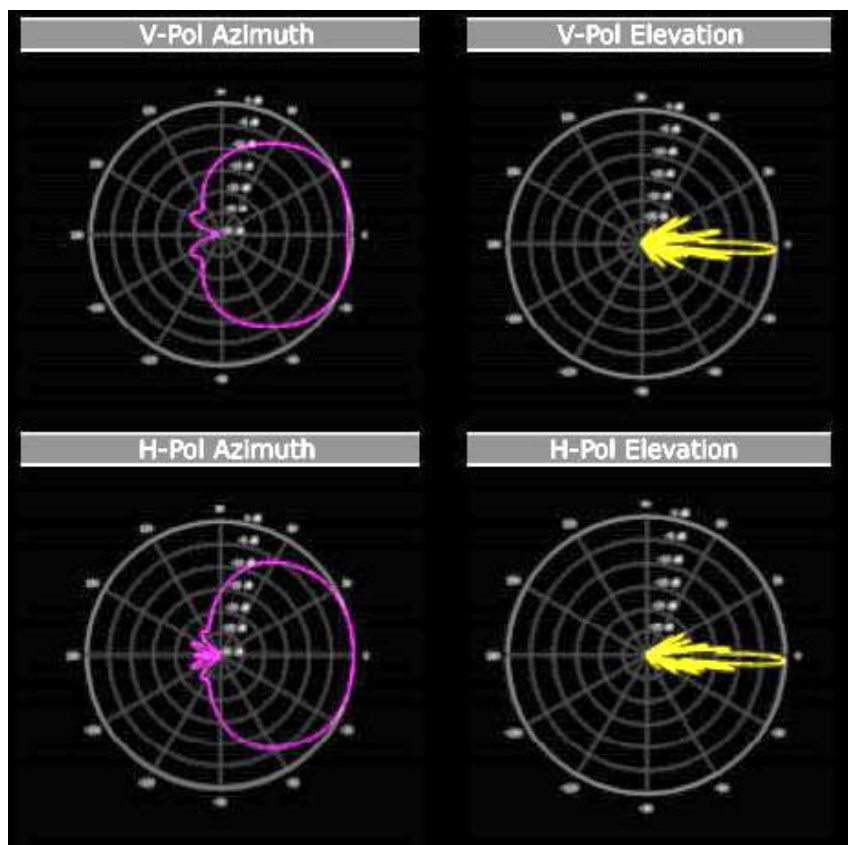


Рисунок 3.3 – Диаграмма направленности Sector Antenna AM-5G19-120

AirMAX Sector Antenna AM-5G19-120 – секторная антенна двойной поляризации провайдерского класса из серии airMAX® от Ubiquiti Networks с межполяризационной изоляцией 28 dB, поддерживающая работу в частотном диапазоне 5150–5875 МГц, предназначенная для создания многосекторных базовых станций и высококачественных беспроводных соединений "точка-многоточка" PtMP. Имеет коэффициент усиления 19 dBi, поддержку MIMO 2x2, поддерживает сектор обслуживания в 120°. Предполагает внешнее использование.

Антенна оборудована креплениями для оборудования Ubiquiti Rocket. Поддерживается работа Ubiquiti Rocket M5; MikroTik BaseBox 5 (требуется дополнительный монтажный кронштейн RF Elements Easybracket 912 - приобретается отдельно). MikroTik BaseBox 5, который рассматривался ранее в качестве кандидата на роль базовой станции, подходит для работы в связке с данной секторной антенной.

Существует антенны подешевле, выберем более-менее достойную модель - Ubiquiti airMax Sector 5G-16-120. Цена, по сравнению с предыдущей антенной, ниже порядка двух с половиной тысяч.[19] Рассмотрим ее технические характеристики, а так же обратим внимание на диаграмму направленности рисунок 3.4.

Таблица 3.4 – Технические характеристики Ubiquiti airMax Sector 5G-16-120

Вес	1.1 кг.
Размеры	367 x 63 x 41 мм
Сопротивление ветру до	53.64м/с
Технология передачи данных	2x2 MIMO PtMP
Диапазон частот	4.90-5.90 ГГц
горизонтальная поляризация	15 bBi
вертикальная поляризация	16 dBi
Разъем	2 x RP-SMA
Поляризация	вертикальная/горизонтальная

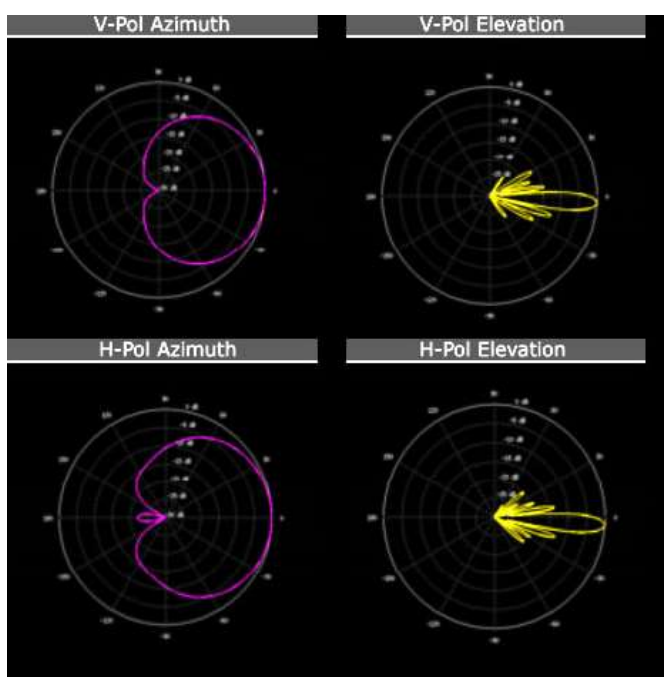


Рисунок 3.4 – Секторная антенна Ubiquiti airMax Sector 5G 16-120 диаграмма направленности

AM-5G16-120 - секторная антенна двойной поляризации, работающая в диапазоне частот 5150-5850 МГц с коэффициентом усиления 16dbi. Антенна изготовлена с использованием технологии MIMO 2x2, широко используется для создания многосекторных базовых станций и поддерживает сектор обслуживания в 120°. Идеально совместима с Rocket M5, MikroTik BaseBox 5. В комплекте

идет набор креплений, с помощью которых антенна монтируется к мачте или стене, а также RF кабели с разъемами RP-SMA-Male.

Сравнивая 2 антенны можно сделать соответствующие выводы о том, почему они отличаются между собой в ценовом диапазоне. Для начала обратим внимание на диаграммы направленности, у обеих антенн они практически схожи, лишь у второй антенны наблюдается небольшое отклонение лепестков. Антенны различаются коэффициентами усиления 19 и 16 dbi, габаритами, и весом, данные параметры важно учитывать при монтаже, они будут диктовать условия выбора мачты и места их установки.

Для начала деятельности в этой сфере отлично подойдут airMAX Sector Antenna AM-5G19-120, оппонентов, с которыми данные антенны сравнивались лучше будет использовать в дальнейшем в качестве добавочных устройств, при увеличении абонентов и преодолении количества 20-25.

Приступим к выбору устройств, которые будут устанавливаться непосредственно абонентам, обратим внимание на 3 бюджетных варианта - Ubiquiti NanoStation Loco M5, MikroTik SXT Lite5, Ubiquiti NanoBeam M5-16 16dBi.

Об устройстве Ubiquiti NanoBeam M5-16 на официальном сайте сказано, что NanoBeam M5-16 — это универсальное устройство компактных размеров, предназначенное для использования в качестве WiFi моста или внешней точки доступа. M5-16 представляет собой дальнобойный CPE-клиент к базовой станции с максимальной скоростью 150 Мбит/с. Модель работает на частоте 5 ГГц и оснащена WiFi антенной 16 dBi. Дальность действия достигает 5 км, а высокая стойкость к различным погодным условиям и коррозии делают NanoBeam M5-16 незаменимым в своем классе.

Ubiquiti NanoStation Loco M5 Внутри корпуса Ubiquiti NanoStation Loco M5, весящего 180 грамм, располагается мощный Wi-Fi-передатчик 5Ghz мощностью 200 милливатт и интегрированная антенна с коэффициентом усиления 13dbi. Подобное сочетание позволит реализовать беспроводное подключение на расстоянии до 1-1,5 километров. Еще пару слов стоит сказать об антенне: выполненная с поддержкой технологии MIMO 2x2, она имеет сектор в 45 градусов. Loco M5 поддерживает собственную разработку Ubiquiti Networks – технологию поллинга Airmax, которая позволяет избежать коллизий при передаче данных и максимизировать эффективность канала связи. Процессор устройству достался от «старшего брата» - Nanostation M5 – это Atheros MIPS 24KC с тактовой частотой 400Mhz, которому помогут 32 мегабайта оперативной памяти. NanoStation Loco M5 – многофункциональное устройство, которое может

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

играть различную роль в сетевой инфраструктуре в зависимости от текущих потребностей.

Mikrotik SXT Lite5 - точка доступа внешнего исполнения с интегрированной двухполяризационной антенной 16dBi диапазона 5ГГц, работает в режиме 802.11 a/n, имеет защиту от статического напряжения по антенному входу. В MikroTik SXT Lite5 установлен 600 МГц процессор Atheros AR9344 и оперативная память объемом 64 МБ. Устройство имеет один Ethernet порт 100 Мбит/с. Выходная мощность Wi-Fi передатчика составляет 27 dBm (500 мВт). Сведем все характеристики в общую таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Характеристики абонентских точек доступа

Артикул	NBE-M5-16	RBSXT5nDr2	locoM5
10/100 Мбит/с LAN (Fast Ethernet)		1	1
1 Гбит/с LAN	1		
Частотный диапазон	5150–5875 МГц	5150–5875 МГц	5150–5875 МГц
Стандарты беспроводной связи (5 ГГц)	802.11a/n	802.11a/n	802.11a/n
Мощность радиомодуля (5 ГГц), dBm	26	27	23
Тип антенны Wi-Fi	Интегрированная панельная направленная	Интегрированная панельная направленная	Интегрированная панельная
Усиление антенны (5 ГГц), dBi	16	16	13
Макс. производительность (5 ГГц), до Мбит/с	150	98,4	150
Поляризация	Вертикальная и горизонтальная	Вертикальная и горизонтальная	Вертикальная и горизонтальная
Поддержка MIMO (5 ГГц)	2x2	2x2	2x2
Частота процессора, МГц	560	600	560
Объем ОЗУ, МБ	64	64	32

Продолжение таблицы 3.5

Тип ПЗУ	FLASH	NAND	FLASH
Операционная система	airOS	RouterOS	airOS
Блок питания	PoE-адаптер 1 Гбит 24 В, 0.5 А (в комплекте)	24 В, 0.38 А (в комплекте)	PoE-адаптер 10/100 Мбит 24 В, 0.5 А
Питание через Ethernet (PoE in)	Passive PoE	Passive PoE	Passive PoE
Входное напряжение (PoE in)	24 В	8—32 В	16 - 26 В
Макс. потребляемая мощность, Вт	6	7	5,5
Материал корпуса	Пластик, устойчивый к погодным явлениям и УФ	Пластик, устойчивый к погодным явлениям и УФ	Пластик, устойчивый к погодным явлениям и УФ
Рабочая температура	от -40 до +70 °С	от -30 до +80 °С	от -30 до +75 °С
Габариты	140 x 140 x 54 мм	140 x 140 x 56 мм	161 x 31 x 80 мм
Вес, кг.	1,016 кг.	0,724 кг.	0,180 кг.

При сравнении выявлены некоторые отличия. В производительности подводит mikrotik sxt5 - практически 100 Мбит/сек по отношению к 150 Мбит/сек. Усиление антенны меньше у loco M5.

Различные операционные системы, мощности радиомодуля, усиления антенн.

После разбора технических характеристик антенн самый весомый, на мой взгляд, аргумент при выборе между 3 антеннами - обладание усовершенствованным креплением, которое позволяет поворачивать WiFi антенну для более детальной калибровки.

Такое крепление имеет nano beam m5. Стоимость данных антенн установилась в районе 4 тысяч рублей.

В качестве коммутатора для базовой станции было рассмотрены модели EdgeSwitch 16-150W, EdgeSwitch 24 Lite, EdgeSwitch 12Fiber - таблица 3.6.

Таблица 3.6 – Основные характеристики коммутаторов

Наименование оборудования	Пропускная способность, Гбит/с	Гигабитные RJ45 порты	SFP Порт (оптоволокно)	Наличие PoE портов
EdgeSwitch 16-150W	18	16	2	ДА
EdgeSwitch 24 Lite	26	24	2	НЕТ
EdgeSwitch 12 Fiber	32	4	12	НЕТ

EdgeSwitch 16-150W коммутатор имеет встроенный блок питания мощностью 150 Вт, и с его помощью можно не только обеспечить эффективный обмен данными между клиентами, но и организовать их питание по технологии PoE. Благодаря производительной вычислительной части, суммарная пропускная способность Ubiquiti EdgeSwitch 16 достигает 18 Гб при пакетной производительности до 26.78 млн пакетов/сек. Фирменная операционная система, под управлением которой работает Ubiquiti EdgeSwitch 16, обеспечивает богатейший набор возможностей по управлению трафиком, включая VLAN, частную VLAN, голосовую VLAN, агрегирование каналов связи, статическую маршрутизацию, маршрутизацию на основе правил и многое другое.

EdgeSwitch 24 Lite пропускная способность коммутатора составляет 26 Гбит/с и ограничивается скоростью портов. Однако аппаратная часть устройства способна обрабатывать трафик до 52 Гбит/с и обладает пакетной производительностью в 38.69 млн. пакетов в секунду. Подобный запас вычислительной мощности был оставлен разработчиками Ubiquiti Networks для обеспечения стабильности работы устройства при максимальном уровне сетевой нагрузки, поскольку в таких режимах нередко оборудование начинает работать нестабильно, с большим количеством ошибок. В коммутаторах EdgeSwitch LITE такая возможность полностью исключена. EdgeSwitch 24 LITE являются прекрасным вариантом для создания средних по размерам сетей, обеспечивая бесперебойный, качественный обмен информацией даже при самых высоких нагрузках. Управление EdgeSwitch 24 LITE осуществляется при помощи вебинтерфейса, который традиционно для программных продуктов Ubiquiti Networks детально проработан и интуитивно понятен. Также возможен доступ к функциям управления с использованием командной строки через Telnet и SSH.

EdgeSwitch 12 Fiber коммутатор оснащен 12 гигабитными SFP портами, 8 из которых могут работать на скорости 100 Мбит/с. Остальные 4 поддерживают

исключительно гигабитный стандарт. Помимо SFP, коммутатор имеет также 4 традиционных RG45 Ethernet порта, которые могут работать на скоростях от 10 до 1000 Мб/сек. Благодаря уникальной операционной системе, под управлением которой работает Ubiquiti EdgeSwitch 12 Fiber, коммутатор имеет богатейшие возможности. В их число входят как основные функции, так и различные продвинутые параметры, включая агрегирование каналов, MSTP/RSTP/STP, VLAN, DHCP сервер и многое другое. Проведя сравнительный анализ параметров оборудования с соответствием технического задания, выбор пал на коммутатор EdgeSwitch 16-150W.

3.4 Настройка базовой станции, моста и клиентского устройства

Обозначим основные понятия: Базовая станция (БС): устройство Ubiquiti, к которому подсоединен канал Интернет и раздающее его на несколько точек доступа клиентов. Линк "базовая станция - клиенты" организован в режиме точка-многоточка. Мост, радиомост, бридж, bridge: соединение точка-точка. В структуре моста различают ведущее устройство (то, к которому подведен Интернет) и ведомое, принимающее. Настройки ведущего устройства аналогичны настройкам базовой станции. Клиентское устройство: точка доступа - приемник сигнала с базовой станции на стороне абонента. Его настройки аналогичны настройкам принимающего устройства в структуре радиомоста.

Подготовка к настройке Ubiquiti Настройку устройств Ubiquiti чаще всего проводят ДО установки на мачту или другое место размещения. Для доступа к веб-интерфейсу настроек точку доступа подсоединяют к компьютеру через PoE-адаптер и включают питание рисунок 3.5:



Рисунок 3.5 – Правильное подключение устройства

Далее необходимо прописать сетевой адрес компьютеру или ноутбуку таким образом, чтобы он оказался с точкой доступа Ubiquiti в одной сети. Для этого: Заходим в Панель управления, в Центр управления сетями и общим

доступом и выбираем Изменение параметров адаптера. Находим значок подключения по локальной сети, жмем правой кнопкой мыши, нажимаем свойства. Встаем на протокол Интернета версии 4, жмем свойства. Здесь прописываем любой IP-адрес в подсети 192.168.1.x (кроме 192.168.1.20 - этот адрес по умолчанию имеют все новые устройства Ubiquiti). Из опыта - лучше всего прописывать IP либо 192.168.1.200, либо 192.168.1.254. И маску подсети 255.255.255.0. Пример на рисунке 3.6.

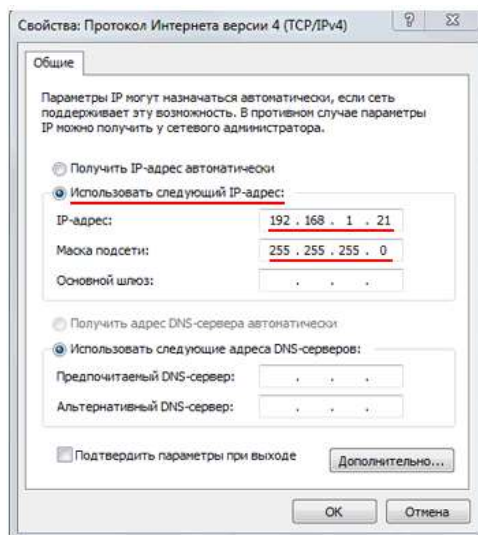


Рисунок 3.6 – Сетевые настройки

Далее, применив сетевые настройки, открываем браузер и в адресную строку прописываем 192.168.1.20, это адрес по дефолту на устройствах ubnt, увидев веб-интерфейс антенны, в поля логин и пароль прописываем ubnt - также заводские настройки. Заходим на веб интерфейс базовой станции. Переходим во вкладку Wireless - рисунок 3.7:

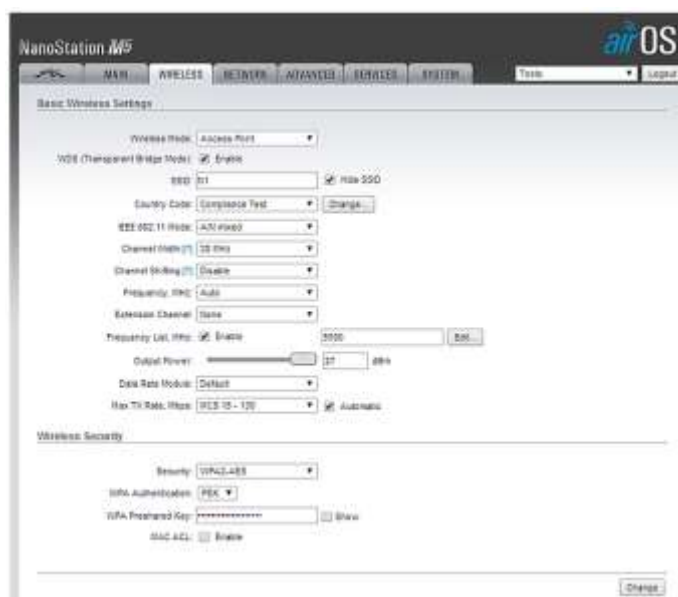


Рисунок 3.7 – Вкладка wireless

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

09.03.01.2018.853.00 ПЗ

Wireless Mode - режим работы. Для базовой станции и передающего устройства моста - Access Point; для точки доступа у клиента и принимающего устройства моста - Station; WDS - включаем (ставим галочку). Такая настройка сохраняет mac-адреса клиентских устройств в сети. SSID – имя сети. Для базовой станции и передающего устройства моста прописываем уникальное имя; для точки доступа у клиента и принимающего устройства моста прописываем имя станции, к которой будем подключаться. Country Code – для доступа ко всем поддерживаемым частотам можно выбрать Compliance Test, иначе выбираем вашу страну. Значение должно совпадать на передающем и принимающем устройствах. Channel Width – стандартное значение - 20мгц. Выбор других - по необходимости. Значение должно совпадать на передающем и принимающем устройствах. Frequency MHz – выставляем Auto или выбираем частоту, на которой будет работать базовая станция, желательно менее зашумленную. Для определения свободных каналов используются программы, сканирующие эфир, к примеру, фирменная утилита от Ubiquiti - airView. Желательно разграничивать используемые каналы на своих устройствах, во избежание помех. Extension Channel – настройка применяется при выборе ширины канала 40 мгц, в остальных случаях не трогаем. Frequency List – включаем галочку. Теперь устройство сканирует не все каналы подряд, а только указанные в списке. Output Power – мощность. Оптимальное значение подбирается экспериментально: понижаем его до тех пор, пока не начинают падать скорость и ССQ и оставляем его на уровне максимальных показателей. Max Tx Rate – выставляем скорость передачи или ставим галочку для автоматической корректировки скорости в зависимости от условий связи. Wireless Security – раздел настроек шифрования. В поле Security выбираем WPA-AES или WPA2-AES. Значение должно совпадать на передающем и принимающем устройствах. WPA Preshared Key - пароль доступа к точке. MAC ACL – фильтрация по MAC-адресам, если есть такая необходимость. При включенной галочке к БС или передающему устройству моста смогут подключиться только устройства из разрешенного списка. Вкладка network – рисунок 3.8.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

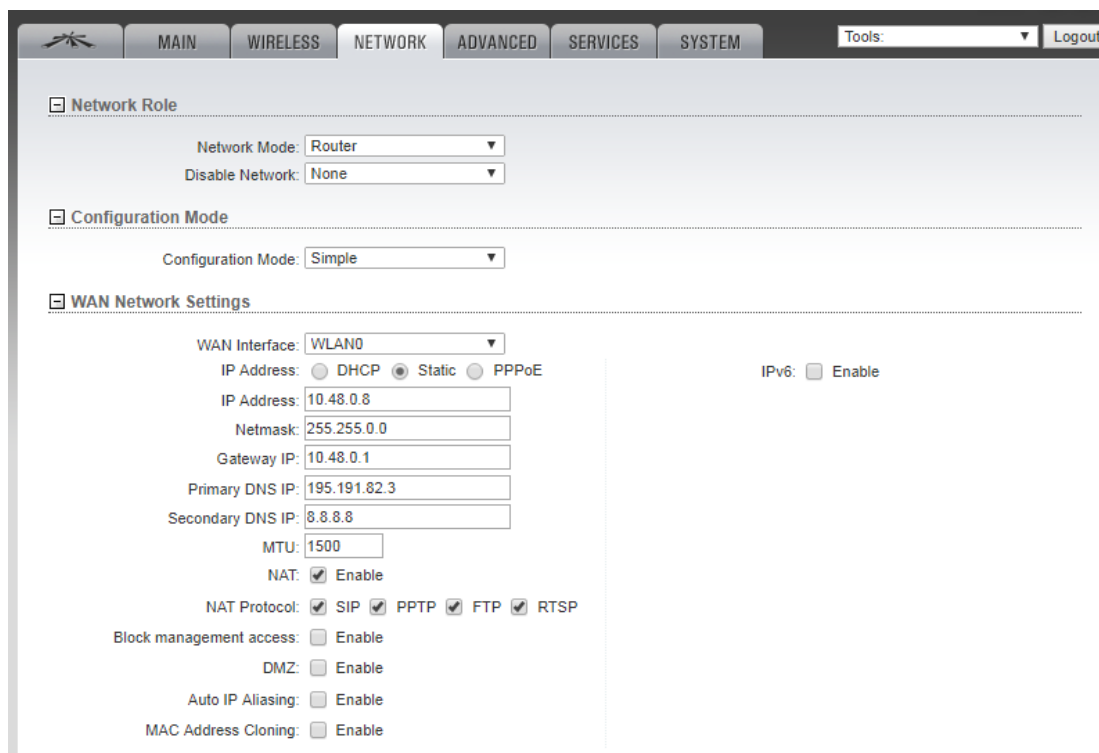


Рисунок 3.8 – Вкладка network

Network Mode – выбор режима работы роутера или бриджа. Для базовой станции режим "бридж" применяется, если у вас до антенны стоит специально настроенный маршрутизатор. В этом случае станция выполняет роль простого коммутатора, а приоритезацией трафика, ограничениями скорости и т.п. занимается маршрутизатор. Кроме того, в этом режиме объединяется проводная сеть за базовой станцией и беспроводная после нее. Если маршрутизатора нет, то включаем режим "роутер" - точка будет сама присваивать IP-адреса клиентским устройствам, а кабельная и беспроводная сети будут разграничены. Для клиентского устройства - стандартно ставится Bridge. Network Settings – раздел сетевых настроек.

Для базовой станции активируем Static (выставление IP-адреса вручную); для клиентского устройства - можно Static, можно доверить распределение IP-адресов DHCP-серверу, если такой есть. Присваиваем точке IP-адрес, указываем маску подсети, адрес шлюза и DNS сервер, если нужно. MTU – максимальный размер пакета. Стандартно - 1500. STP - защита от петель в сетевом интерфейсе (ошибки подключения). Активируем, если есть вероятность их возникновения. Переходим во вкладку system - рисунок 3.9.

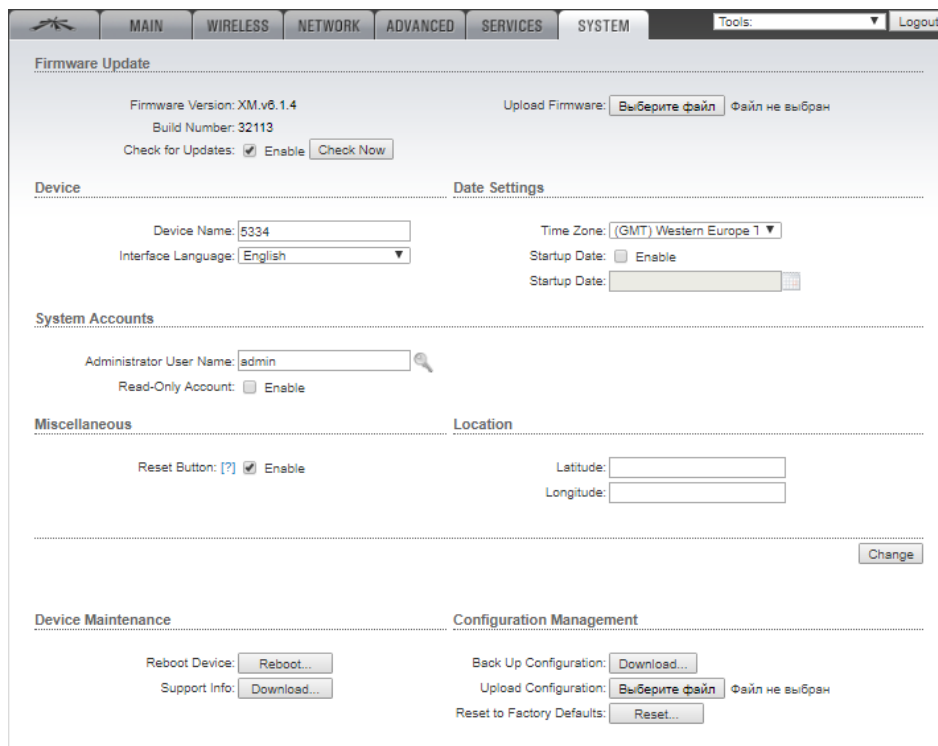


Рисунок 3.9 – Вкладка system

Начальная настройка базовой станции/точки доступа произведена. Как видно, больших хлопот настройка оборудования фирмы Ubiquiti не приносит. Для более тонкой настройки оборудования на официальном сайте www.ubnt.ru имеется руководство на русском языке. Разобраться не сложно.

Разбирать подробно настройку базовой станции конкурента Mikrotik RB951Ui-2HnD не станем. Причина – огромный объем скриншотов, этому есть объяснение - микротик необходимо долго и кропотливо настраивать. Подключается и настраивается по аналогии с предыдущим устройством.

1. Для начала скачиваем WinBox - утилиту для управления устройствами Mikrotik. Работать с ней значительно удобнее, чем через web-интерфейс, установки она не требует.

2. Включаем роутер, к 1-му порту подключаем кабель провайдера Интернет, компьютер - в любой другой.

3. Запускаем WinBox. В нижней секции во вкладке Neighbors, даже при отсутствии соединения с роутером по IP, его будет видно по MAC-адресу.

Логин по умолчанию - admin, пароля нет. Выбираем наше устройство и жмем Connect.

3.5 Установка оборудования на крыше здания

От правильно выполненного монтажа зависит то, насколько качественно будет работать оборудование. В своем арсенале необходимо иметь определенный набор инструмента, с помощью которого монтажник сможет крепко затянуть крепежные элементы антенн, чтобы ветер не смог изменить ее направление. Кабель следует закреплять на мачте специальными пластиковыми стяжками, либо изолентой. По фасаду пробивать скобами.

Беспроводное оборудование следует располагать так, чтобы перед ним отсутствовали какие-либо препятствия. Железобетонные вентиляционные трубы, телевизионные антенны, а так же другие преграды. Запрещено закреплять антенну на стену в случае, если направление антенны параллельно стене – это вызовет отражение сигнала, помехи, со всеми вытекающими негативными последствиями.

Крепеж кронштейнов и мачт должен осуществляться болтами соответствующей длины и головкой под ключ с шайбой. Диаметр болта должен быть не менее 6 миллиметров, длина – не менее 60 миллиметров с полной резьбой при установке на деревянные поверхности. При бетонном или кирпичном строении в отверстие устанавливается дюбель из пластмассы. Распорная часть дюбеля не по всей его длине, соответственно, учитывать длину болта тоже следует, приняв это к сведению. Для крепежа на кирпичную стену, либо стену из бетона, значения длины и толщины болта должны быть 80-140 миллиметров и в среднем 10 миллиметров соответственно. Кронштейн антенны следует крепить минимум на 3 болта.

Оборудование следует устанавливать так, чтобы перед ними отсутствовали металлические предметы, бетонные и деревянные конструкции, рассмотрим на рисунке 3.10 ряд примеров правильных и неправильных установок антенн:

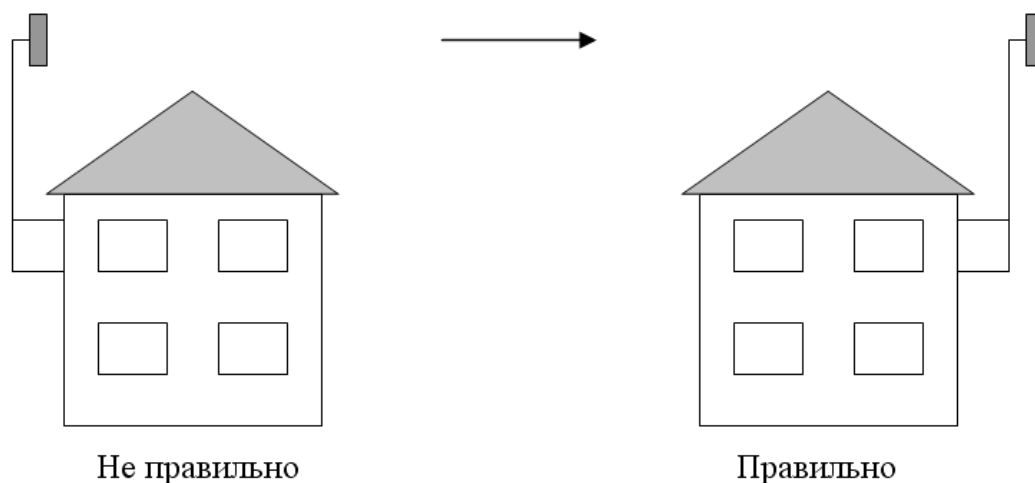
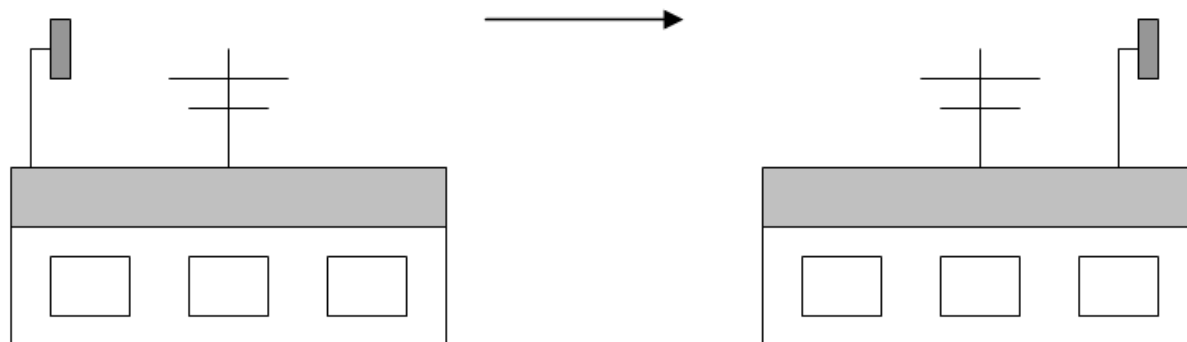


Рисунок 3.10 – Установка кронштейна

При такой установке крыша левого здания может отражать сигналы и направлять их обратно в устройство, даже при нормальных уровнях сигналов работа канала может быть не стабильным. Рассмотрим другой пример рисунок 3.11:



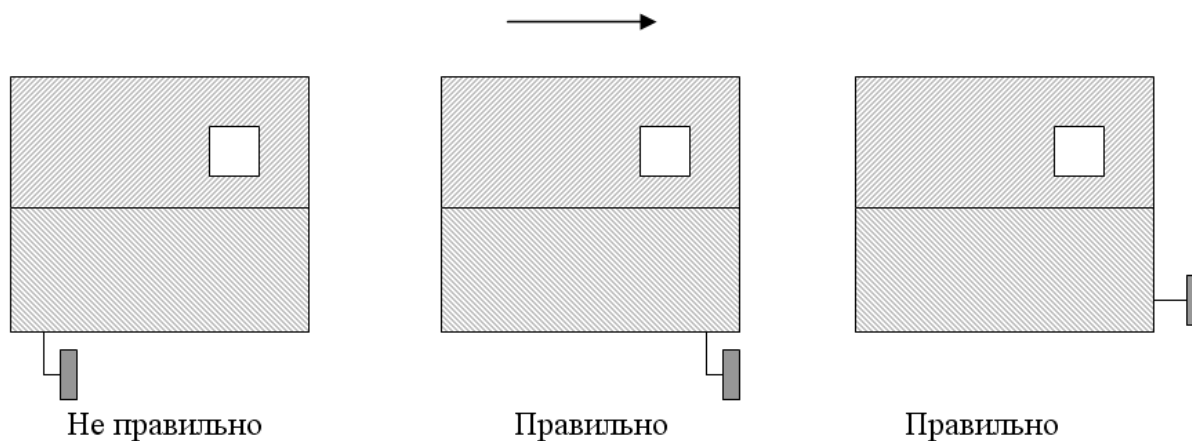
Не правильно

Правильно

Рисунок 3.11 – Установка трубостойки

При такой установке, как на левом здании, перед беспроводным оборудованием располагается телевизионная антенна, она может отражать сигнал, направляя его обратно в устройство.

Вид сверху на крышу здания



Не правильно

Правильно

Правильно

Рисунок 3.12 – Установка кронштейна к стене высотного здания

На данном рисунке 3.12, на левом здании, сигнал будет отражаться от стены и попадать обратно в устройство, негативно влияя на работу сети. Кабели следует закрепить, защитив их от возможного повреждения. Следует исключить свободный ход кабеля, для того, чтобы избежать перетирания о кирпичную или

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

бетонную стену сооружения. Разъёмы следует хорошо загерметизировать. Перед тем, как определять место установки, необходимо рассчитать зону Френеля между базовой станцией и клиентской точкой. Одной лишь видимости недостаточно для стабильной работы сети, поэтому необходимо поднимать антенны на достаточную высоту.

Антенну крепить в мачте необходимо специальными металлическими хомутами. В комплекте с оборудованием нередко можно встретить пластиковые хомуты, так называемые «стяжки», на них крепить беспроводное оборудование не стоит, потому что они под воздействием суровых погодных условий, солнца и прочего, спустя короткий срок придут в негодность. Этими хомутами допускается крепить кабель к мачте. Кабель заводят внутрь помещения, к антивандальному шкафу, производят обжим, подключают к блоку питания.

Существует перечень запретов и предостережений, которые должны исполняться монтажником в полной мере. Антенны запрещается крепить непосредственно на длинные жерди, трухлявые доски. Необходимо проверить целостность и прочность материалов, поверхностей, на которые будет установлено оборудование. Так же по возможности, желательно не задирать антенну на максимальную высоту, существует опасность попадания молнии.

Для того, чтобы определять зону Френеля, не прибегая к расчетам, можно воспользоваться таблицей – рисунок 3.13:

Для определения зоны Френеля можно пользоваться следующей таблицей:

Расстояние км.	Радиус зоны Френеля м. 2ГГц	Радиус зоны Френеля м. 5ГГц
1	5	2.5
2	6.5	3.2
3	7.5	3.7
4	9	4.5
5	10	5
6	11	5.5
7	12	6
8	12.6	6.3
9	13.4	6.7
10	14.1	7
11	14.8	7.4
12	15.5	7.7
13	16.1	8
14	16.7	8.4
15	17.3	8.6

Рисунок 3.13 – Рассчитанные значения зоны Френеля

После того, как проведен монтаж трубостойки, кронштейна, необходимо произвести юстировку абонентской точки на базовую станцию. Предварительно настраиваем визуально, обращая внимание на индикаторы качества сигнала, расположенные на антенне, затем через утилиту управления, либо через веб-

интерфейс точки вести наблюдение за уровнем сигнала. К этому делу нужно относиться серьезно, потому что при наличии на базовой станции одного клиента с плохим качеством сигнала, это негативно отражается на работе остальных абонентов, подключенных к ней. Следует вести контроль сигналы на прием и передачу. Обратит внимание на параметр CCQ, он должен быть не менее 80 во время передачи данных. При отклонении от этого значения следует провести повторную, более тонкую юстировку, либо перенести точку доступа в другое место установки, так же вероятно поможет поднятие точки доступа на более значимую высоту.

Практически во всех современных беспроводных устройствах среди параметров беспроводного соединения присутствует параметр CCQ. Что же скрывается под аббревиатурой CCQ?

CCQ является сокращением от английского «Client Connection Quality», что в переводе означает «качество клиентского соединения». Для беспроводного оборудования Mikrotik и Ubiquiti в статусе соединения отдельно указывается Tx. CCQ (Transmit CCQ) и Rx. CCQ (Receive CCQ), т.е. отдельно качество связи на отправку и прием.

Дело в том, что принимающее и передающее устройство могут работать при разной мощности, это вообще может быть разное оборудование по обе стороны. К тому же, в ряде случаев, каналы на прием и отправку могут быть разделены на разные частоты (к примеру, FDD - Frequency Division Duplex).

Говоря простыми словами, CCQ отображает соотношение реальной пропускной способности к максимальной теоретической, выражается этот параметр в процентах. Чем больше значение - тем выше качество. На CCQ влияет много факторов, среди которых можно выделить 3 наиболее важных.

Первый фактор: юстировка обеих антенн. В идеале, обе антенны должны быть идеально направлены друг относительно друга, чтобы их диаграммы максимально пересекались. Если вы создаете беспроводной мост «Точка-Точка» (Point-to-Point), проблема решается достаточно просто, ведь подстроить можно обе антенны. В случае с соединением «Точка-Многоточка» (Point-to-MultiPoint), когда имеется клиентское оборудование (CPE), подключенное к базовой станции провайдера (WISP), подстроить получится только устройство на стороне клиента, ведь на стороне провайдера используется секторная антенна и изменение её положения затронет всех подключенных клиентов.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Второй фактор: наличие шума в эфире. Это может быть как шум от перекрывающихся каналов, так и устройства, работающие на той же частоте. Выходом из данной ситуации будет смена рабочего канала. Достаточно проанализировать текущую частоту, в частности параметры SNR (Signal-to-Noise Ratio, соотношение сигнал/шум) и Noise Level (Noise Floor, уровень шума). Чем больше разница между уровнем сигнала и уровнем шума, тем лучше. В идеале, уровень шума не должен превышать -105 дБ, поэтому если у вас уровень шума, скажем -95 дБ - стоит задуматься о смене частоты.

Третий фактор - зона Френеля, о ней уже упоминалось ранее.

3.6 Расчет оптимального числа абонентских точек доступа

После формирования требований к сети Wi-Fi, производятся расчет ее нагрузочных характеристик. Данные расчеты позволят определиться с оптимальным количеством абонентов, подключенных к базовой станции. Для расчета нагрузки в беспроводной локальной сети можно воспользоваться методом, который основывается на расчете времени использования радиоканала.

Следует оценить, какими приложениями в основном пользуется рядовой абонент. Для каждого типа приложений необходимо учесть требуемую скорость передачи данных. Как известно, аппетиты пользователей всегда растут, увеличивается потребляемый трафик, и время, проведенное онлайн. Проведя небольшой анализ и опрос среди знакомых, выясняем, что большинство пользователей проводят много времени в популярных мессенджерах, изредка просматривают видео-ролики, иногда смотрят фильмы онлайн. Делаем вывод, что в средние скорости держатся в районе 2 мбит/сек. Перейдем к расчетам. Далее будем определять число необходимых базовых станций. Для расчетов изначально выбрано 30 заявок на подключение интернета, в одном районе, в зоне покрытия базовой станции 9-48-1. Скорость загрузки/отдачи удалость прокачать 95 мбит/сек.

Определим процент времени использования радиоканала A_t при передаче в 2 мбит/сек. По формуле (3.1):

$$A_t = \frac{V_{app}}{V_{max}} \times 100\%, \quad (3.1)$$

где V_{app} – это требуемая скорость передачи данных пользователя, V_{max} – это максимальная скорость передачи, на которой может работать базовая станция.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

$$A_t = \frac{2}{95} \times 100\% = 2.1\%$$

Рассчитаем общий процент времени использования канала всеми абонентскими точками по формуле (3.2):

$$A_{\Sigma} = Q \times A_t, \quad (3.2)$$

где Q-количество абонентов, A_t - процент времени использования радиоканала A_t .

$$A_{\Sigma} = 30 \times 2,8 = 84 \%,$$

Наконец, определим необходимое число базовых станций под требуемое количество абонентов по формуле:

$$R = \frac{A_{\Sigma}}{80\%}, \quad (3.3)$$

В данной формуле принято, что одна базовая станция может обрабатывать полезный трафик только в 80% времени работы сети. Остальные 20% времени тратится на обработку служебного и управляющего трафика.

$$R = \frac{84\%}{80\%} = 1,05.$$

Сделаем некоторые выводы по произведенным расчетам. По расчетам видно, что 30 абонентам, подключенным к 1 базовой станции, будет вполне комфортно пользоваться интернетом. Из практики известно, что, даже в выходной день, вечером работает лишь 70%-80% точек доступа, поэтому можно смело запускать тарифную сетку 5-10 мбит\сек, а лучше 5 – днем, 10 – ночью (после 00:00). Допускать увеличение абонентов на антенне не следует, при возникновении такой необходимости следует установить дополнительную базу в том же направлении, на другой частоте.

3.7 Мониторинг оборудования

После установки базовых станций и абонентских точек доступа возникает необходимость проводить мониторинг оборудования. Для этих целей было выбрана программа AirControl. AirControl представляет собой веб-инструмент управления устройств компании Ubiquiti рисунок 3.14:

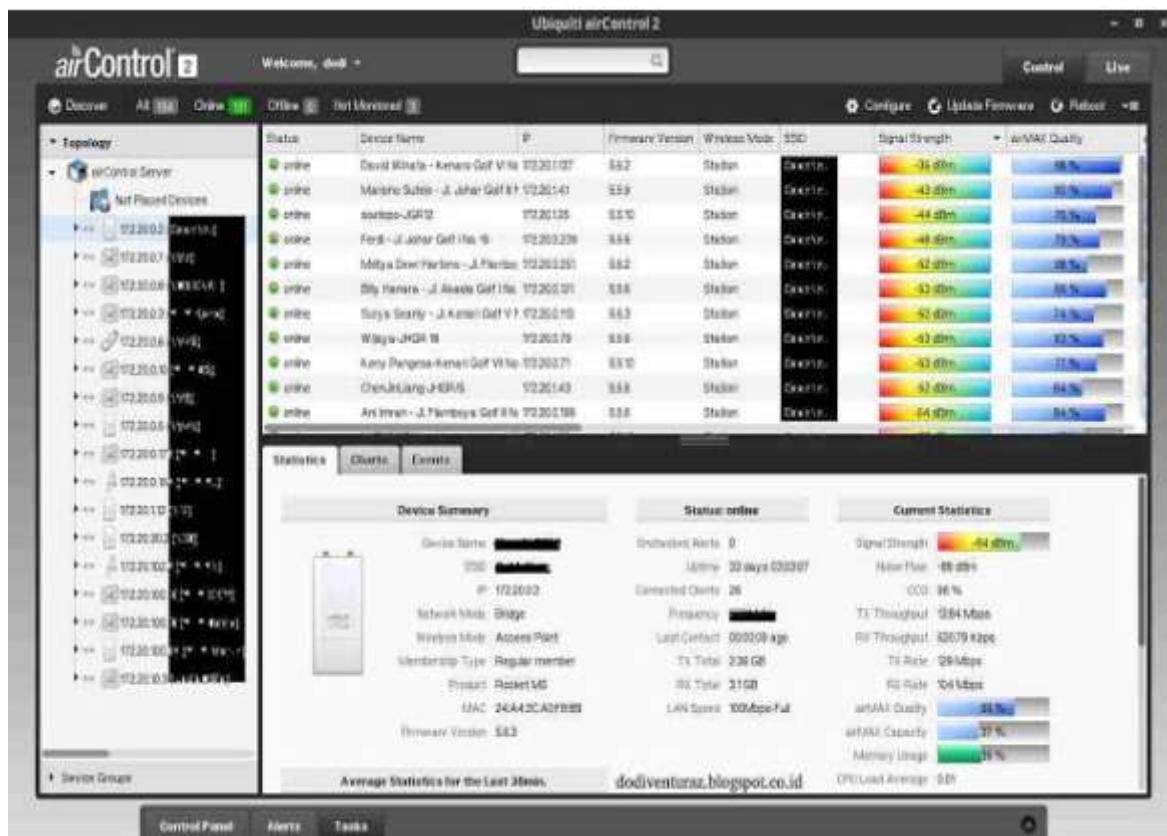


Рисунок 3.14 – Основное меню программы AirControl

Она предоставляет следующие ключевые функции: - автоматическое сканирование сети, есть также опция для добавления устройства вручную, указав его IP-адрес или диапазон IP для поиска устройств; - отчет о состоянии устройств; - обновление микропрограммы. Устройства, которые находятся под управлением, могут быть обновлены из AirControl. Несколько устройств могут быть обновлены одновременно; - дерево устройств обеспечивает легкую навигацию и выбор устройства. Встроенная система автоматической группировки классифицирует устройства по идентификаторам сети (ESSID) и версиях микропрограммы.

Дерево устройств может быть настроено за счет добавления пользовательских устройств группы («контрольные списки»). Это могут быть либо статические или динамические группы, основанные на критерии отчетности; 48 - журнал активности /история: Ведение истории для конкретного устройства в области сведений для всей системы.

Основной экран будет также указывать незавершенные деятельности; - сервер приложений – доступ к пользовательским интерфейсам через веб-браузер (HTTP или HTTPS). Несколько пользователей могут получить доступ на одном сервере, без необходимости установки на клиенте. Широкая поддержка платформ (сервер работает на любой платформе, для которой Java SUN 6 доступна).

AirControl общается с устройствами через SSH, который необходимо активировать на устройстве. Устройства должны иметь прошивку версии 3.4 или выше (M-Series уже включают AirControl поддержки). Устройства взаимодействуют с сервером AirControl через HTTP и требуют, чтобы сервер был доступен на порт HTTP, который был указан во время установки. Убедитесь, что настройки брандмауэра не блокируют это соединение.

Произведем базовое тестирование беспроводной сети. Коммутатор подключается к глобальной сети по средством кабеля – витой пары. Для начала оплатим поставщику интернета канал 30 мбит/сек. Базовые станции подключаются к сети так же при помощи кабеля.

Подключаем две-три «тестовых» абонентские точки доступа с прямой видимостью до БС. Имитация нагрузки производилась с помощью приложения speedtest запущенного на ПК абонентов которые подключались в соответствии с конфигурациями сети, приведенными ниже. В ходе данного исследования данная сеть была представлена в трех конфигурациях:

- Два стационарных ПК, маршрутизатор – базовая конфигурация;
- Два стационарных ПК, маршрутизатор, мобильный ПК – нагрузочная конфигурация № 1;
- Два стационарных ПК, маршрутизатор, смартфон, мобильный ПК – нагрузочная конфигурация № 2.

После организации беспроводной сети идет измерение и анализ ее основных параметров. Для измерения и анализа основных параметров, в число которых входит пропускная способность, в ходе данного исследования использовался программный комплекс Iperf, а для вспомогательного анализа была использована программа Wireshark. Были проведены три измерения, при трех конфигурациях сети, приведенных выше. Для первого случая настройки Iperf для ПК выполняющего роль клиента имели следующие параметры – размер окна TCP64 Кбайт, время измерения 20 секунд с интервалом отображения результатов каждые 2 секунды, так же, так как это первое и основное измерение, без имитированной нагрузки на сеть, измерения будут проведены в обе стороны. Результаты первого исследования приведены на рисунке 3.15.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

```

C:\Documents and Settings\Student>iperf.exe -c 192.168.0.102 -w 65535 -t 20 -i 2
-r
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 64.0 KByte
-----
Client connecting to 192.168.0.102, TCP port 5001
TCP window size: 64.0 KByte
-----
[1772] local 192.168.0.103 port 2860 connected with 192.168.0.102 port 5001
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[1772] 0.0-2.0 sec    4.20 MBytes   17.6 Mbits/sec
[1772] 2.0-4.0 sec    6.83 MBytes   28.6 Mbits/sec
[1772] 4.0-6.0 sec    7.76 MBytes   31.4 Mbits/sec
[1772] 6.0-8.0 sec    7.27 MBytes   29.1 Mbits/sec
[1772] 8.0-10.0 sec   7.66 MBytes   30.6 Mbits/sec
[1772] 10.0-12.0 sec  7.34 MBytes   29.7 Mbits/sec
[1772] 12.0-14.0 sec  7.14 MBytes   28.9 Mbits/sec
[1772] 14.0-16.0 sec  7.12 MBytes   28.9 Mbits/sec
[1772] 16.0-18.0 sec  6.50 MBytes   26.7 Mbits/sec
[1772] 18.0-20.0 sec  7.60 MBytes   30.8 Mbits/sec
[1772] 0.0-20.0 sec  69.5 MBytes  29.1 Mbits/sec
[1820] local 192.168.0.103 port 5001 connected with 192.168.0.102 port 2085
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[1820] 0.0-2.0 sec    7.02 MBytes   28.1 Mbits/sec
[1820] 2.0-4.0 sec    7.29 MBytes   28.7 Mbits/sec
[1820] 4.0-6.0 sec    7.47 MBytes   29.1 Mbits/sec
[1820] 6.0-8.0 sec    7.02 MBytes   27.7 Mbits/sec
[1820] 8.0-10.0 sec   7.23 MBytes   28.5 Mbits/sec
[1820] 10.0-12.0 sec  6.94 MBytes   27.4 Mbits/sec
[1820] 12.0-14.0 sec  6.71 MBytes   26.4 Mbits/sec
[1820] 14.0-16.0 sec  7.15 MBytes   28.2 Mbits/sec
[1820] 16.0-18.0 sec  6.52 MBytes   25.9 Mbits/sec
[1820] 18.0-20.0 sec  6.86 MBytes   27.0 Mbits/sec
[1820] 0.0-20.0 sec  69.7 MBytes  29.2 Mbits/sec

```

Рисунок 3.15 – результаты измерения пропускной способности при первой конфигурации сети

Как можно увидеть из скриншота, результатом измерения скорости при базовой конфигурации сети является скорость 29.1 Мбит/с от клиента к серверу и 29.2 Мбит/с от сервера к клиенту, результат не утешает, ведь производитель уверяет, что пропускная способность должна доходить до 150 мбит/сек.

. Для уверенности в полученных данных с помощью программы Wireshark был проанализирован переданный трафик – рисунок 3.16. Данный анализ показал, что при увеличении размера окна TCP, что теоретически должно было привести к увеличению пропускной способности, но приводило к увеличению потери пакетов и скачкам пропускной способности.

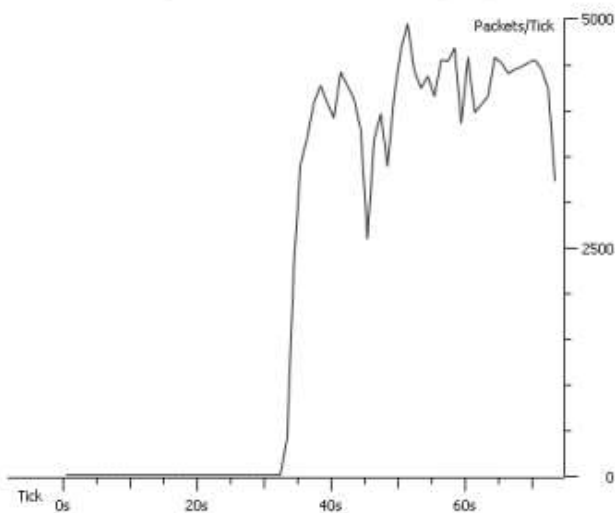


Рисунок № 3.16 – график пропускной способности в Wireshark

Дальнейшие измерения пропускной способности проводились с теми же настройками Iperf, но в одну сторону – от абонента к серверу. Все результаты измерений пропускной способности сведены для удобства в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 - Результаты измерения пропускной способности в Iperf

Конфигурация	Пропускная способность, мбит/сек
Базовая	29.15
Нагрузочная № 1	22.7
Нагрузочная № 2	18.9

Из полученных результатов видно, что внесение новых устройств-абонентов в сеть приводит к снижению пропускной способности в обоих случаях, при максимальной имитационной нагрузке падение пропускной способности примерно равно 10,6 Мбит/с.

Далее были произведены контрольные измерения с помощью программы Iperf - рисунки 3.17-3.19, результаты которых практически не отличны от предыдущих испытаний, отраженных в таблице 3.7.

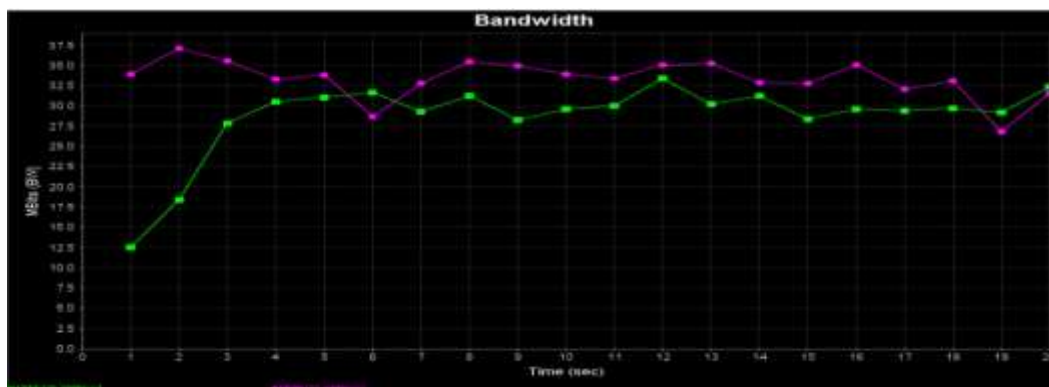


Рисунок № 3.17 – график пропускной способности при первой конфигурации сети

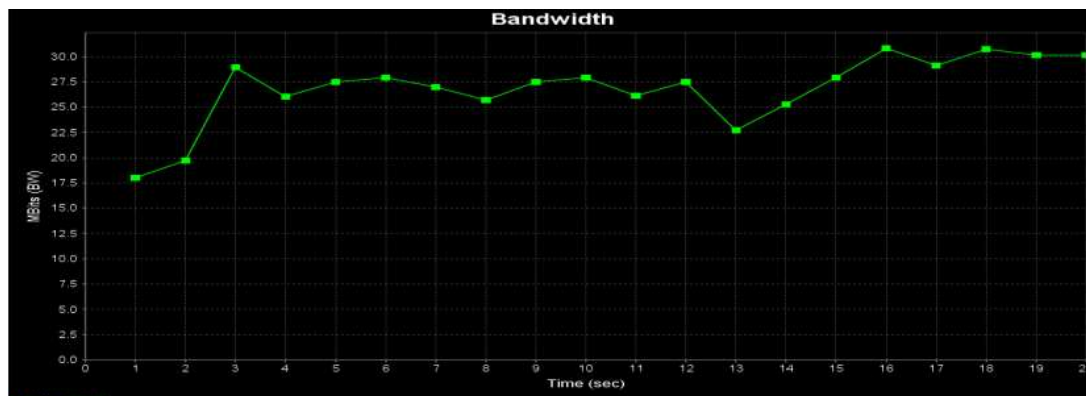


Рисунок № 3.18 – график пропускной способности при второй конфигурации сети

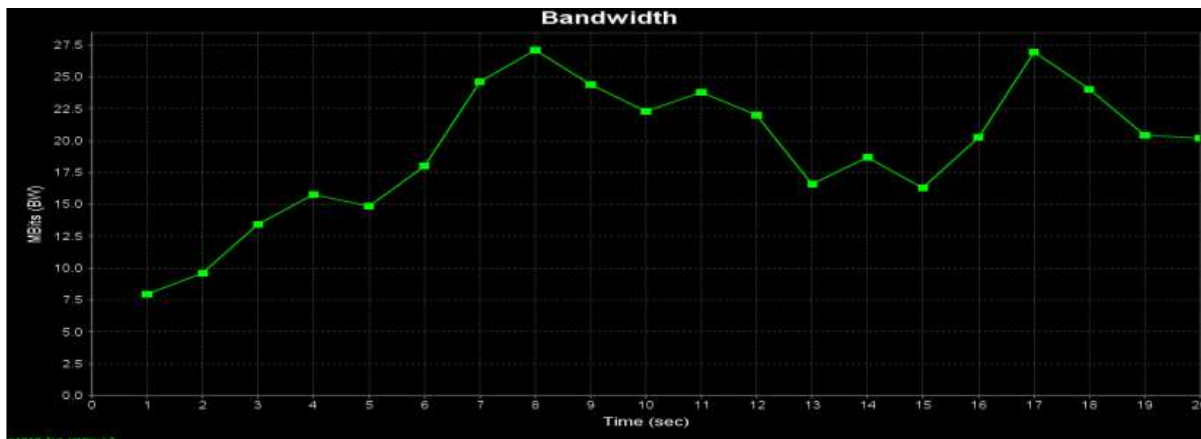


Рисунок № 3.19 – график пропускной способности при третьей конфигурации сети

Произведем измерение и анализ задержки беспроводной локальной сети. Так же, как и при измерении пропускной способности, сначала было проведено измерение задержки при базовой конфигурации сети, для определения реальной задержки данной беспроводной локальной сети. Для данного типа измерений специальные настройки не требуются и все измерения проводятся командой –ping – рисунок 3.20.

```
C:\Documents and Settings\Student>ping 192.168.0.103
Обмен пакетами с 192.168.0.103 по 32 байт:
Ответ от 192.168.0.103: число байт=32 время=4мс TTL=128
Ответ от 192.168.0.103: число байт=32 время=3мс TTL=128
Ответ от 192.168.0.103: число байт=32 время=3мс TTL=128
Ответ от 192.168.0.103: число байт=32 время=4мс TTL=128
Статистика Ping для 192.168.0.103:
  Пакетов: отправлено = 4, получено = 4, потеряно = 0 (0% потерь),
  Приблизительное время приема-передачи в мс:
  Минимальное = 3мсек, Максимальное = 4 мсек, Среднее = 3 мсек
```

Рисунок 3.20 – результаты измерения задержки от клиента до сервера

При нагрузке в реальном времени задержка маленькая и вполне удовлетворяет всем требованиям. При подключении же 10 и более точек доступа пинг будет расти.

Выводы и работы по улучшению данной сети: При измерении пропускной способности выявилась небольшая проблема. Проблема заключается в падении от заявленной в 10 раз. Конечно, если абонентов подключать с расчетом по 30-40 человек на базу, и давать не более 10 мбит/сек., то о данной проблеме можно забыть. Но есть ситуации, когда требуется дать гораздо большую скорость, до 100 мбит/сек., тогда следует принимать меры. Произведя тщательное радиообследование при помощи air view , ищем свободные частоты. Для интереса, просканировав все каналы, находим несколько расположенных поблизости точек, работающих практически на одной частоте с нашим оборудованием. Обращаем внимание на ширину канала. Производитель

гарантирует следующую пропускную способность устройств - 40 МГц до 150 Мбит/с, 20 МГц до 65 Мбит/с, 10 МГц до 32,5 Мбит/с, 5 МГц до 16,25 Мбит/с. Ставим так же по требованиям сети. И так же с наименьшими помехами. Уводим частоты, меняем ширину канала, придерживаемся принципиально прямой видимости между базовой станцией и точкой доступа– получаем вполне удовлетворяющий нас результат – порядка 150 мбит/сек.

Выводы по главе: в результате разработки беспроводной сети, произведено описание участка, на котором разворачивается беспроводная сеть, произведен обзор необходимого для реализации проекта оборудования, разобран вопрос по настройке устройств, прояснился вопрос с правильной установкой оборудования, произведен базовый мониторинг устройств.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе подробно разобраны основные вопросы, связанные с разработкой аппаратного комплекса беспроводной передачи данных частного сектора. Рассмотрены характеристики беспроводного оборудования, а также основные протоколы, на которых работают устройства. Освещен вопрос о факторах, которые негативно влияют на распространение сигнала.

Рассмотрена основная проблематика, встречающаяся при разворачивании деятельности в сфере беспроводных технологий. Основные проблемы разобраны теоретически и учтены при построении сети. В результате разработки беспроводной сети произведено описание участка, на котором разворачивается беспроводная сеть, произведен обзор необходимого для реализации проекта оборудования, разработаны правила установки и настройки оборудования, проведен базовый мониторинг устройств. Выполнен расчет нагрузки на базовую станцию и выявлено оптимальное количество подключенных одновременно точек доступа. Проведен сбор информации по местности, коммуникациям, расположению сооружений, которые наиболее подходят для размещения на них базовых станций. После произведенных монтажных работ на основании взвешенного анализа получена статистика по использованию сети и выполнена коррекция параметров оборудования в режиме реального времени.

Важным преимуществом использования беспроводных сетей по сравнению с мобильным интернетом является скорость передачи информации, так как в большинстве случаев сотовые базовые станции располагаются в черте города и достаточно удалены от жителей частных домов, что приводит к уменьшению качества сигнала. По проведенным опросам около 70-80% населения частного сектора не устраивает скорость мобильного интернета, соответственно, задача разворачивания беспроводной сети является перспективной.

Кроме того, из практики известно, что компании, которые сделали ставку на количество абонентов, а не на качество работы сети, спустя непродолжительное время тратят огромные деньги на исправление допущенных недочетов, вследствие этого многие провайдеры вынужденно уходят с рынка.

Приблизительные затраты на оборудование, монтаж и сопутствующие материалы для установки 1 базовой станции составляют минимум 50000 руб., а также ежемесячные затраты в размере не менее 120 руб. на функционирование сети. Однако применение рассмотренных в работе решений позволит получать стабильную прибыль за счет высокой эффективности и качества работы сети.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Беспроводные сети WI-FI. – М.: Интернет – университет информационных технологий, Бином. Лаборатория знаний, 2013. – 216 с.
- 2 Брэгг, Р. Безопасность сетей: полное руководство [Текст] / Р. Брэгг, М. Родс-Оусли, К. Страссберг. – М.: Эком, 2015. – 912 с.
- 3 Ватаманюк, А. И. Беспроводная сеть своими руками / А.И. Ватаманюк. – М.: Книга по Требованию, 2011. – 194 с.
- 4 Гайер, Дж. Беспроводная сеть за 5 минут. От выбора оборудования до устранения любых неполадок / Дж. Гайер, Э. Гайер, Дж.Р. Кинг. – М.: НТ Пресс, 2012. – 176 с.
- 5 Гайер, Дж. Беспроводные сети. Установка и устранение неполадок за 5 минут / Дж. Гайер, Э. Гайер, Дж.Р. Кинг. – М.: НТ Пресс, 2015. – 176 с.
- 6 Колисниченко, Д. Беспроводная сеть дома и в офисе / Д. Колисниченко. – М.: БХВ – Петербург, 2015. – 997 с.
- 7 Кюнель Samba: интеграция Linux/Unix– компьютеров в сети Windows / Кюнель, Йенц. – М.: Мн: Новое знание, 2012. – 399 с.
- 8 Майника, Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах / Э. Майника. – М.: Эком, 2012. – 334 с.
- 9 Мерритт, М. Безопасность беспроводных сетей / М. Мерритт. – М.: Книга по Требованию, 2015. – 282 с.
- 10 Монин, С. Защита информации и беспроводные сети / С. Монин – М.:Компьютер Пресс. – 2005. – № 4. – С. 51– 52, 54.
- 11 Морозова, Т.Ю. Вероятностно–статистические методы и средства повышения эффективности защиты и обработки информации в беспроводных сетях / Т. Ю. Морозова, О. М. Петров. – М. Машиностроение, 2008. – 144 с.
- 12 Никонов, В.И. Методика защиты информации в беспроводных сетях на основе динамической маршрутизации трафика / В.И. Никонов, Е.В. Щерба, М.В. Щерба // Вестн. компьютер. и информ. технологий. – 2013. –№4. – С. 31–36.
- 13 Никонов, В.И. Методы защиты информации при ее передаче в беспроводных сетях с помощью алгоритмов маршрутизации // Науч. вестн. Новосиб. гос. техн. ун–та (НГТУ). – 2010. – № 4. – С. 59–64.
- 14 Новиков, Ю.В. Аппаратура локальных сетей: функции, выбор, разработка / Ю.В. Новиков, Д.Г. Карпенко. – М.: Эком, 2011. – 288 с.
- 15 Радке, Х. Все о беспроводных сетях / Хорст-Дитер Радке, Йеремиас Радке. – М.: НТ Пресс, 2011. – 320 с.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

16 Нырков, А. П. Некриптографические методы защиты информации в беспроводных сетях / А. П. Нырков, А. В. Башмаков, С. С. Соколов // Пробл. информ. безопасности. Компьютер. системы. – 2010. – № 3. – С. 27– 30.

17 Официальный сайт компании «BYTEMAG» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=20318>

18 Официальный сайт информационно-аналитического портала об интернет-провайдинге nag.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forum.nag.ru/index.php?/topic/73541-chernovichok-po-pionerskomu-vayfayu-versiya-20-pokritikuyte/>

19 Официальный сайт компании «Ubiquiti» [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://www.ubnt.su>

20 Официальный сайт компании «Лектмания» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lectmania.ru/1x69ad.html>

21 Сиротский, А.А. Защита информации и обеспечение безопасности в беспроводных телекоммуникационных сетях / А.А. Сиротский // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT – 2012): сб. ст. междунар. науч.– техн. конф. – Тольятти, 2012. – Ч. 3. – С. 256– 262.

22 Трусов, А. Беспроводные сети в Windows Vista / А. Трусов. – М.: Питер, 2013. – 128 с.

23 Шубин, В.И. Беспроводные сети передачи данных / В.И. Шубин, О.С. Красильникова. – М.: Вузовская книга, 2013. – 104 с.

					09.03.01.2018.853.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75