

Министерство образования и науки Российской Федерации
«Южно-Уральский государственный университет»
(Национальный исследовательский университет)
«Высшая школа электроники и компьютерных наук»
Кафедра «Инфокоммуникационные технологии»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ Даровских С.Н
“ ____ ” _____ 2018 год

Организация канала связи на базе технологии WiMAX
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – Д 11.03.02.2018.120.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы:
Новиков В.В. _____
“ ____ ” _____ 2018 год
Автор работы:
студент группы КЭ -479
Матвеев С.А. _____
“ ____ ” _____ 2018 год
Нормоконтролер:
Спицына В.Д. _____
“ ____ ” _____ 2018 год

РЕФЕРАТ

Матвеев С.А. Организация канала связи на базе технологии WiMAX– Челябинск: ЮУрГУ, КЭ, 2018, 50 с. - Библиографический список -8наименований, 2 листа приложений формата А1.

В выпускной квалификационной работе бакалавра рассмотрена возможность организации беспроводного канала построенных по технологии WiMAX, сделан общий обзор сетей, и предложены варианты решения проблемы с учётом появления на рынке нового оборудования, и потребностей персонала компании.

Подробно рассмотрены характеристики устройств беспроводной связи Alvarion WiMAX.

Так же в данной работе приведены основные задачи беспроводного канала связи и критерии эффективности работы сети.

					ЮУрГУ-Д 11.03.02.2018.120.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разроб.		Матвеев С.А.			Организация беспроводного канала связи на базе технологии WiMAX	Лит	Лист	Листов
Провер.		Нозиков В.В.					3	50
Н. Контр.		Спальдина В.Д.			ЮУрГУ, кафедра ИКТ			
Утверд.		Даровских С.Н.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЕ И СОКРАЩЕНИЯ.....	5
ВВЕДЕНИЕ	7
1 Анализ технического задания	9
1.1 Анализ основного оборудования	9
1.2 Анализ топологии	9
1.3 Анализ комплектующих	10
2 Аналитический обзор технологии WiMAX	13
2.1 Назначение технологии WiMAX	13
2.2 Структура сети WiMAX	14
2.3 Обзор и сравнение технологий беспроводных сетей	16
2.4 Передача сигналов в условиях прямой видимости	16
2.5 Использование лицензионных и нелицензионных частотных полос	17
2.5.1 Лицензируемые полосы частот	18
2.5.2 Нелицензируемые полосы частот	18
2.6 Сравнение ключевых технологий WiMAX и Wi-Fi	19
2.7 Сеть протоколов стандарта 802.16	20
2.7.1 Физический уровень стандарта 802.16	21
2.7.2 Стандарт 802.16, протокол подуровня MAC	24
2.7.3 Стандарт 802.16, структура кадра	26
3 Организация канала связи	29
3.1 Описание установленного оборудования Alvarion	29
3.2 Выбор наружного модуля абонентского оборудования	41
3.3 Энергетический расчет канала связи WiMAX	42
3.4 Ожидаемые результаты внедрения	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	50

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

CPE - Customer Premies Equipment;

cPCI - compact Peripheral Component Interconnect;

CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection;

DSL - Digital Subscriber Line;

ETSI - European Telecommunications Standards Institute;

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers;

MAC - Media Access Control;

MDU/MTU - Multiple Dwelling Unit/ Multiple Tenant Unit;

NIU - Network Interface Unit;

NMS - Network Management System;

NPU - Network Processing Unit;

OFDM - Orthogonal Frequency - Division Multiplexing;

OSI - Open Systems Interconnection Basic Reference Model;

PCI - Peripheral component interconnect;

PIU - Power Interface Units;

PMP - Point - to multipoint ;

PTP - Point - to point

PSU - Power Supply Unit;

QoS - Quality of Service;

TCP/IP - Transmission Control Protocol/ Internet Protocol;

USB - Universal Serial Bus;

UTP - Unshielded Twisted Pair;

WiMAX - Worldwide Interoperability for Microwave Access;

АТС - автоматическая телефонная станция;

ИБП - источник бесперебойного питания;

ЛВС - локальная вычислительная сеть;

ПО - Программное обеспечение;

СКС - структурированная кабельная сеть.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в области связи происходит бурное развитие беспроводных технологий. Области применения беспроводных технологий самые разнообразные. В зависимости от назначения, область покрытия может составлять единицы метров для близлежащих устройств (таких как Bluetooth) или десятки метров для организации беспроводных локальных сетей (Wi-Fi).

Технология WiMAX, в дословном переводе, означает «глобальная совместимость для микроволнового доступа» - технология беспроводных территориально распределенных сетей широкополосного доступа.

Для технологии WiMAX был разработан стандарт IEEE 802.16 – стандарт для организации работы беспроводных сетей в пределах больших городских территорий. Стандарт IEEE 802.16 часто называют стандартом Wireless MAN (Metropolitan Area Network – сеть для городских регионов). Каждая базовая станция, установленная в городе, может покрывать радиус 3-6 км, что позволит обслуживать большое количество офисных и жилых зданий, в которых находятся беспроводные локальные сети.

В сетях связи последующих поколений широкополосный доступ займет исключительно важное место, представляя собой одну из фундаментальных составляющих концепции NGN. К нему приковано особое внимание операторов связи и разработчиков нового оборудования. Деятельность по предоставлению услуг широкополосного доступа с большой долей вероятности станет новой крупной нишей телекоммуникационного рынка и уже одно это вызывает повышенный интерес к ним как со стороны различного рода инвесторов, так и государственных деятелей и политиков, регуляторов рынка. При рассмотрении проблем широкополосного доступа активно дискутируется вопрос о роля проводных, беспроводных и космических средств связи. По данным маркетинговых исследований, широкополосные беспроводные сети на базе технологий сотовой связи третьего поколения, а также технологий Wi-Fi и WiMAX обладают сегодня исключительными преимуществами по оперативности развертывания, охвату

территории, мобильности, предоставляя во многих случаях не только наиболее эффективное, но иногда и единственно возможное экономически оправданное решение.

Реализация предложенного проекта оптимизации позволит запустить в работу новые офисы компаний, расположенные в г.Затобольск, сократить время на получение и обработку информации, повысить стабильность работы с сетевыми приложениями, выполнять точный и полный анализ данных. Как следствие, образуются дополнительные временные ресурсы для разработки и реализации новых проектов.

Целью дипломного проекта является определения необходимого оборудования для реализации канала связи.

Для решения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- анализ имеющихся вариантов организации широкополосного доступа;
- анализ способа организации канала связи;
- расчет параметров канала связи;
- рассмотрение вопросов безопасности сети.

Необходимо определить оборудование для организации канала связи с учетом требований пропускной способности и качества связи, настроить данное оборудование.

1 Анализ технического задания

1.1 Анализ основного оборудования

Основная цель работы - составить проект канала связи, удовлетворяющего требованиям компании и соответствующего требованиям. Для выяснения требований к каналу связи, рассмотрим структуру локальной сети удаленного офиса.

Горизонтальная подсистема организована на основе 4-парного медного кабеля неэкранированная витая пара категории 5е (проводка для ЛВС и телефонной системы).

Кабель проложен: по коридорам - в металлических лотках за фальшпотолком; внутри комнат - в декоративном пластиковом коробе.

На рабочих местах установлены информационные розетки с двумя модулями RJ45 для подключения компьютера, телефонного аппарата, факсимильного аппарата или модема, две силовые розетки, подключенные к сети гарантированного электроснабжения и одна силовая розетка, подключенная к сети бытового электроснабжения.

Коммутационное оборудование установлено в 19 – дюймовой монтажной телекоммуникационной стойке глубиной 60 см и высотой 1 м.

В состав активного оборудования ЛВС входят два коммутатора с поддержкой технологий виртуальных сетей и сетевого управления, четыре концентратора, а также маршрутизатор с технологией межсетевого экрана (firewall).

Активное оборудование произведено компаниями Cisco и Allied Telesyn.

1.2 Анализ топологии

Сеть построена по звездной топологии стандарта 100Base – TX с методом доступа CSMA/CD.

Основными факторами, влияющими на выбор топологии для построения сети, являются:

- среда передачи информации (тип кабеля);
- метод доступа к среде;

- максимальная протяженность сети;
- пропускная способность сети;
- метод передачи и др.

Вариант построения сети: на основе технологии Fast Ethernet.

Данный стандарт предусматривает скорость передачи данных 100 Мбит/с и поддерживает два вида передающей среды – неэкранированная витая пара и волоконно - оптический кабель.

На предприятии имеется 30 рабочих станций, которые объединены в корпоративную сеть. В нашем случае установлен сервер, обеспечена вертикальная структура (то есть разграниченный доступ к информации) и количество рабочих станций предполагает управление сетью с выделенным сервером.

1.3 Анализ комплектующих

В качестве активного сетевого оборудования использовано оборудование фирм Cisco и Allied Telesyn, которые зарекомендовали себя с самой лучшей стороны и являются одними из наиболее качественных продуктов на мировом рынке.

В качестве коммутационного оборудования использован коммутатор семейства AT-8000. В качестве преимуществ можно выделить:

- поддержка стандарта 802.1w Rapid Spanning Tree;
- зеркалирование портов;
- поддержка технологии Enhanced Stacking;
- монтаж в 19" стойку или шасси;
- порты 10Base – T с экранированными разъемами RJ - 45;
- сетевое управление через SNMP, Telnet или HTTP;
- две приоритетных очереди;
- бесплатное обновление ПО;
- гарантия на весь срок службы (один год - на блок питания).

Серия AT-8000 обладает высокой гибкостью и масштабируемостью, которая необходима для малого и среднего бизнеса. В коммутатор AT - 8024GB может быть добавлено до двух Allied Telesyn's hot - swappable Gigabit Interface Converters (GBICs)

из серии AT - G8. Интерфейс GBICs доступен в пяти моделях коммутаторов и позволяет передавать данные на расстояния от 500 метров до 40 километров.

В качестве Hub использован концентратор семейства AT – 3600. В качестве преимуществ можно отметить:

- соответствие стандарту IEEE 802.3, версии 1.0 и 2.0;
- порты 10Base - Tc экранированными разъемами RJ – 45;
- модульный магистральный порт с дополнительными интерфейсами 10Base – T (витая пара), 10Base – 2 (коаксиал), 10Base – 5 (AUI), 10Base – FL (волоконная оптика);
- автономное использование, монтаж в 19" стойку или шасси;
- три варианта сетевого управления: SNMP, через порт ASYNC ASCII – терминала (Omega Local) и Telnet (Omega Remote);
- резервное SNMP – управление;
- загрузка программного обеспечения от других устройств серии 3600 в пределах одной ЛВС или через модуль встроенного программно – аппаратного обеспечения;
- "горячая замена" устройств, смонтированных в шасси серии 3600;
- совещенная система диагностических индикаторов (LEDs);
- гарантия на весь срок службы (один год на блок питания).

В качестве Router и Firewall использован маршрутизаторы фирмы Cisco семейства 2600. Это экономичная серия модульных маршрутизаторов для малых и средних офисов, включающих в себя возможность передачи голоса и факса. Предлагаемый набор модулей позволяет также использовать устройства Cisco 2600 в качестве серверов доступа и межсетевых экранов, а также для передачи голоса и факсов через сети TCP/IP.

Каждый маршрутизатор серии Cisco 2600 содержит один слот для модуля глобальной сети высокой плотности или модуля ЛВС, два слота для модулей глобальной сети низкой плотности и одно посадочное место на системной плате для установки сервисного модуля AIM (Advanced Integration Module), который может использоваться для аппаратного сжатия или шифрования данных.

Маршрутизаторы серии Cisco 2600 могут содержать до 64Мб оперативной памяти (DRAM) и до 16 Мб флеш – памяти.

В качестве серверного оборудования (серверов) использован сервер на базе двухпроцессной системы с Intel Xeon E5405. Отдельно реализованы системные блоки для файлового архива (на ОС Solaris) и почтового сервера.

В качестве оборудования бесперебойного питания использовано оборудование фирмы APC семейства Smart - UPS RM: два ИБП Smart - UPS RM 2U.

Продукты этого семейства отличаются выдающейся производительностью и надежностью, а также оснащаются портом USB, передней панелью стандартного белого цвета и обладают немного повышенной выходной мощностью по сравнению со своими предшественниками – моделями мощностью 700 и 1400 В. Высокопроизводительные ИБП с гибкими возможностями монтажа для защиты электропитания серверов и корпоративных сетей. ИБП высотой 2U продолжают оставаться основным продуктом для большинства приложений, включая приложения с жесткими требованиями к стоимости оборудования. Модели высотой 2U предназначены для эксплуатации в оптимизированных по плотности средах с глубокими стойками (800, 1000, 1100 мм), где основным преимуществом устройства является минимальная высота.

2 Аналитический обзор технологии WiMAX

2.1 Назначение технологии WiMAX

Существующие системы проводной цифровой связи уже не в силах удовлетворить потребности пользователя в высокоскоростном широкополосном доступе. Главными недостатками являются: большие сроки прокладки, сложность увеличения, большие затраты, проблема "последней мили". Основным недостатком из вышперечисленного списка является проблема "последней мили".

Проблема "последней мили" означает высокую стоимость проведения интернета до большого количества пользователей от ближайшего узла по сравнению со стоимостью подведения интернета к самому этому узлу [1].

Технология WiMAX позволяет устранить эту проблему в малые сроки, т.к. не требуется прокладка соединительных линий. Намного проще развернуть по городу сеть БС. Каждая БС покрывает зону радиусом 6...8 км. В этой зоне каждая БС по схеме "точка – многоточка" (рисунок 1) способна передавать или принимать сигналы от сотен зданий, внутри которых находится телекоммуникационное оборудование пользователей. На зданиях ставится приемопередающие антенны, к которым подключаются станции клиентов SS (Subscriber Station). Пользовательское оборудование подключается к SS по Ethernet.

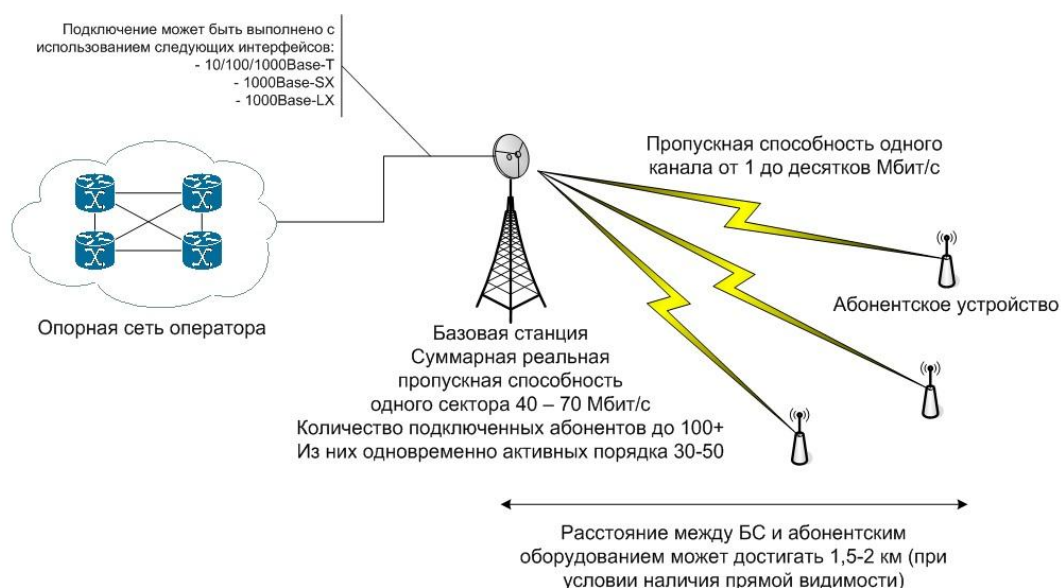


Рисунок 1 – Схема "точка – многоточка"

WiMAX – телекоммуникационная технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств. WiMAX обеспечивает мультисервисность, гибкое распределение частот. Данная технология позволяет передавать цифровые данные, мультимедийную информацию и голос в одном канале связи. Главным преимуществом является то, что есть возможность быстро наращивать и расширять территорию связи. БС не требуют наличия высоких антенн, их можно разместить просто на высоких зданиях или уже стоящих мачтах [2].

Стандарт технологи WiMAX обеспечивает высокий уровень безопасности и конфиденциальности сообщений, цифрование трафика в пределах беспроводной сети. Посредством данной технологии возможно объединить локальные сети удаленных офисов.

2.2 Структура сети WiMAX

Сеть WiMAX по своей архитектуре похожа на сотовую связь. По местности устанавливается сеть БС. Каждая БС может обслуживать абонентов радиусом покрытия 6...8 км, образуя соты. При необходимости связи между удаленными ячейками БС могут иметь направленные антенны и выполнять роль ретрансляторов по схеме "точка – точка" (см. рисунок 2) на расстояния до 50 километров.

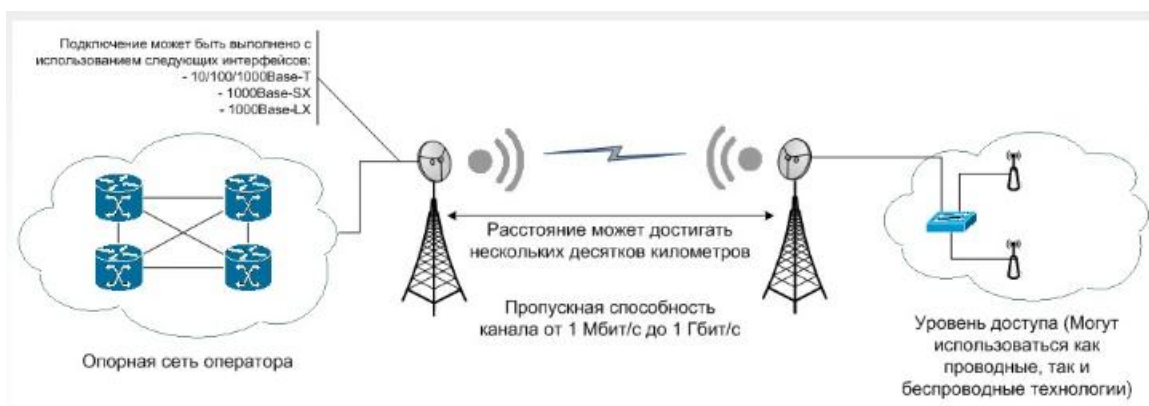


Рисунок 2 – Схема "точка – точка"

Антенны БС могут быть установлены не только на мачтах, но и на крышах высотных зданий.

На первом этапе на зданиях устанавливаются наружные антенны, подключенные к станции клиентов SS, находящейся внутри здания. Внутри блока SS имеются стандартные Ethernet интерфейсы для подключения оборудования клиентов. Ноутбуки, имеющие поддержку стандарта 802.11 (стандарт Wi-Fi), имеют в здании общую точку доступа. Для организации выхода во внешнюю сеть трафики пользователей от разного оборудования объединяют с помощью мультиплексора, выход которого подключается к блоку SS клиентов и потом передается по сети WiMAX.

Подключение оборудования в здании к сети WiMAX через БС SS показано на рисунке 3.

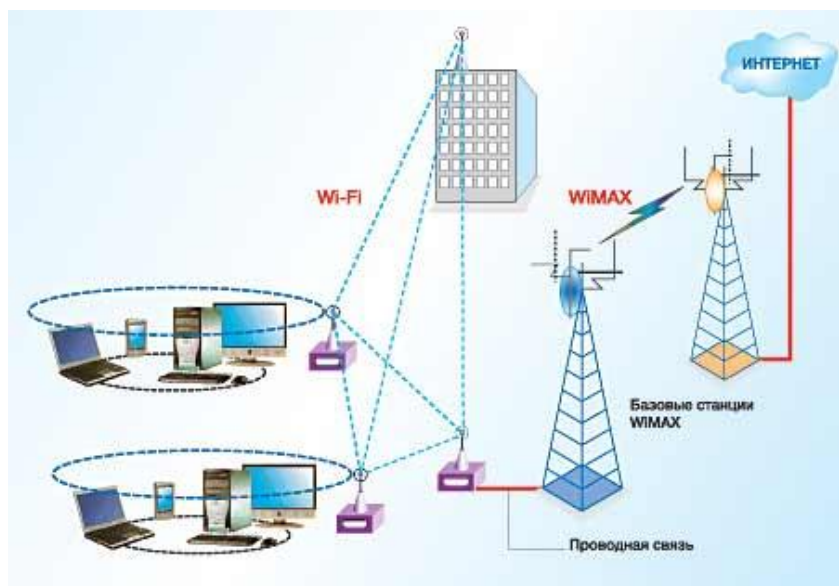


Рисунок 3 – Схема подключения офисного оборудования через хотспот к сети WiMAX

От БС трафик по Ethernet подключается к магистральной сети по кабельному соединению или по оптоволокну. Структура может быть ячистой. В данном случае понадобится одна БС, подключенная к магистральной сети, и передача информации от удаленных станций будет осуществляться последовательно: от станции пользователя к ближайшей соседней, а от нее к следующей и далее до БС.

Пользовательские станции могут выполнять роль ретрансляторов в одно время с обслуживанием клиентов.

2.3 Обзор и сравнение технологий беспроводных сетей

Существуют следующие типы беспроводных сетей:

- персональные сети (PAN) – домашние сети для беспроводного подключения домашней аппаратуры. Радиус действия приблизительно 10 метров;
- локальные сети (LAN) – сети локального уровня, которые обслуживают офисы или рядом расположенные помещения. Под LAN сетью принято понимать компьютерную сеть. Радиус действия не более 100 метров;
- городские сети (MAN) – сети уровня районов большого города или нескольких регионов города. Объединяет сети разного типа и разного назначения. Радиус действия от нескольких сотен метров и до десятков километров;
- глобальные сети (WAN) – сети способные обеспечить соединение или передачу трафика в огромных масштабах. Следует понимать, что глобальные сети включают в себя в качестве сегментов сети разных типов, также и проводные сети .

2.4 Передача сигналов в условиях прямой видимости

Так как технология WiMAX относится к беспроводной технологии, передача производится по радиоканалам, образованным между антеннами устройств, которые являются основной частью сети. При передаче радиосигнала, которая излучает антенна, из-за влияния среды меняются параметры сигнала. В конечном итоге, имеются различия между переданным и принятым сигналом. Радиоволны имеют явление дифракции (огибание препятствия). На частотах работы WiMAX длина волны меньше 15 сантиметров, в следствии этого явление дифракции в данной технологии мало, и в расчетах можно использовать правило геометрической оптики, то есть распространение волн - прямолинейно. В основном представляют интерес два вида распространения сигнала: условия прямой видимости (LOS) и условия застройки(NLOS). Логично, что в условиях городской застройки отсутствует прямая

видимость. Всегда есть многократные отражения сигнала от домов и высотных зданий, поглощения радиосигнала зданиями, листьями деревьев и т. п [3].

В условиях прямой видимости факторы влияющие отрицательно на качество приема электромагнитных волн, являются:

- потери в свободном пространстве;
- состояние атмосферы;
- наличие отражающих объектов;
- эффект Доплера;
- шумы [4].

2.5 Использование лицензионных и нелицензионных частотных полос

Стандарты 802.16 используют изготовление оборудования как для лицензионных, так и нелицензионных частотных полос. Основная проблема заключается в нехватке частотных полос уже и в гигагерцовом диапазоне. В следствии этой проблемы, в рамках государственного регулирования выделяют определенные частотные полосы в различных диапазонах. Для работы в этих диапазонах нужно соответствующее разрешение, т.е лицензия. Поэтому полосы называют лицензионными. Лицензия выдается только после тщательного изучения электромагнитной обстановки в определенном регионе, в том диапазоне частот, которое требуется для оборудования. Лишь при выданной лицензии можно быть уверенным в том, что прием и передача будет высокоскоростным, как в данный момент, так и на будущее. Для нелицензируемых частот обговариваются лишь разрешаемые или возможные типы систем. Данный вид сильно экономит время и финансы компаний, что нельзя не отнести к плюсам, но есть и существенный минус - поскольку доступ к таким полосам облегчен, то число систем, которые работают в данном диапазоне, со временем увеличивается. Что в будущем будет пагубно влиять на скорость приема и передачи.

Развертывания оборудования в нелицензионных требуют тщательного планирования. Плюсы и минусы развертывания оборудования в данных видах областях частот важны для провайдеров.

2.5.1 Лицензируемые полосы частот

Преимущества лицензируемых полос частот:

- гарантированный низкий уровень интерференционных и иных помех;
- возможность обеспечить высокое качество и поддерживать высокие скорости передачи;
- эксклюзивное право владения выделенной полосой частот;
- возможность иметь предсказуемую электромагнитную обстановку и выбирать оптимальное размещение оборудования.

Недостатки лицензируемых полос частот:

- дорогостоящее и длительное получение лицензии;
- невозможность получить весь запрашиваемый диапазон частот, если в близком диапазоне уже работают другие системы.

2.5.2 Нелицензируемые полосы частот

Преимущества нелицензируемых полос частот:

- быстрое развертывание сети и вхождение в рынок услуг связи, т.к. нет необходимости тратить время на получение лицензии;
- относительные невысокие первоначальные затраты.

Недостатки нелицензируемых полос частот:

- наличие других систем в совмещенном диапазоне частот. Отсюда наличие интерференционных помех, сравнительно низкое качество передачи;
- необходимость тщательного изучения обстановки и продуманное территориально - частотное планирование размещения оборудования;
- необходимость урегулирования отношений с другими провайдерами с целью взаимного уменьшения влияния помех [5].

2.6 Сравнение ключевых технологий WiMAX и Wi – Fi

Сравнения и путаница между WiMAX и Wi – Fi являются частыми, поскольку оба они связаны с беспроводной связью и доступом в Интернет.

WiMAX использует спектр, чтобы доставить "точка-точка подключения к Интернету. Различные 802.16 стандарты предусматривают различные виды доступа с портативных коммутаторов (по аналогии с беспроводным телефоном) для фиксированного (альтернатива проводного) доступа, где беспроводные точки подключения конечных пользователей зафиксирована в регионе.)

Wi – Fi использует нелицензионное спектр для предоставления доступа к сети. Wi – Fi более популярна в устройствах конечных пользователей.

WiMAX и Wi – Fi имеют совершенно различные качества обслуживания (QoS) механизмов. WiMAX использует механизм, основанный на связи между базовой станцией и устройством пользователя. Каждое соединение основано на конкретных алгоритмов планирования. Wi – Fi имеет механизм QoS аналогичные фиксированной Ethernet, где пакеты могут получать различные приоритеты на основе их тегов.

Wi – Fi работает на Media Access Control 'S CSMA / CA протокол, который не гарантирует доставку и утверждения основаны, в то время как WiMAX работает ориентированный на соединение ПДК.

Стандарт 802.16 распространяется через широкую полосу в спектре РФ и WiMAX может функционировать на любых частотах ниже 66 ГГц, (более высоких частотах, привело бы к уменьшению диапазона действия базовой станции до нескольких сот метров в городской среде).

WiMAX профили определения размера канала, TDD / FDD и другими необходимыми атрибутами для того, чтобы иметь Inter-операционных продуктов. Нынешний фиксированный профили определяются как для FDD и TDD профилей. На данный момент, все мобильные профиль TDD только. Профили имеют фиксированные размеры канала 3,5 МГц, 5 МГц, 7 МГц и 10 МГц. Мобильные профили 5 МГц, 8,75 МГц и 10 МГц.

Ожидается, что WiMAX сможет обеспечить высокоскоростной беспроводной доступ проще и дешевле, чем существующие технологии сотовой связи. Эта технология также имеет возможности масштабирования, благодаря которым можно организовать недорогой широкополосный доступ по всей Индии. Беспроводная инфраструктура WiMAX может расширяться, чтобы обеспечить поддержку карманных и мобильных устройств, которые появятся в будущем. Это дает дополнительные преимущества для стран с развивающейся экономикой, подобным Индии, которые пока не имеют развитой широкополосной инфраструктуры.

Благодаря тому, что технология WiMAX основана на стандартах, она допускает положительный эффект масштаба, который сможет уменьшить стоимость широкополосного доступа, обеспечить возможность взаимодействия и упростить реализацию. В случае отсутствия стандартов производители специализированного оборудования предлагают полный комплекс аппаратных и программных компонентов, и из-за ограничительного лицензирования увеличиваются расходы. Поставщикам услуг выгоднее работать со стандартной продукцией, т.к. совместимость различных устройств и большие объемы выпуска позволяют сократить стоимость оборудования.

2.7 Сеть протоколов стандарта 802.16

Набор протоколов, используемый стандартом 802.16, показан на рисунке 4.

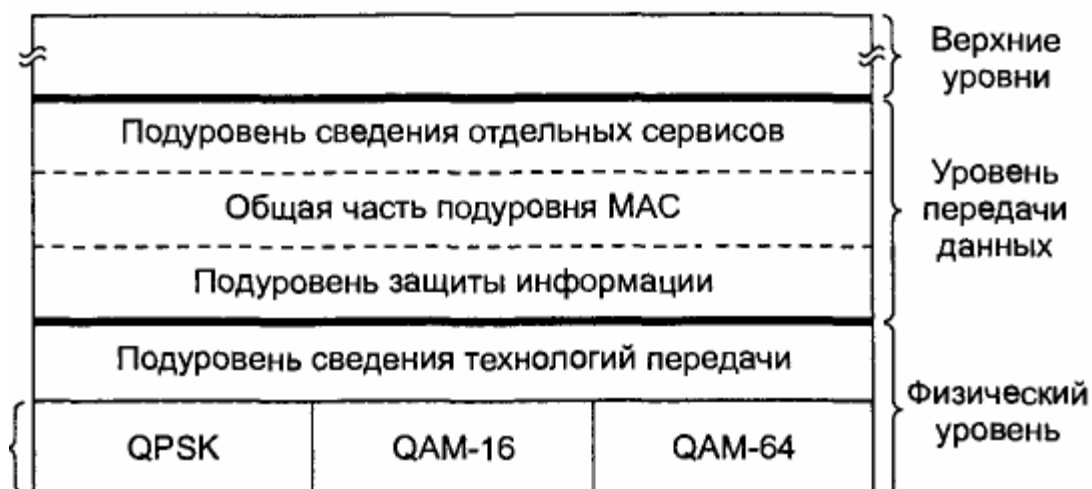


Рисунок 4 – Стандарт 802.16. Сеть протоколов

Общая структура подобна другим стандартам серии 802, но больше подуровней. Нижний подуровень занимается физической передачей данных. Используется обычная узкополосная радиосистема с обыкновенными схемами модуляции сигнала. Над физическим уровнем находится подуровень сведения (с ударением на второй слог), скрывающий от уровня передачи данных различия технологий.

Уровень передачи данных состоит из трех подуровней. Нижний из них относится к защите информации, в которых передача Данных осуществляется в эфире, физически никак не защищенном от прослушивания. На этом подуровне производится цифрация, дешифрация данных, а также управления ключами доступа.

Затем следует общая часть подуровня МАС. Именно на этом уровне иерархии располагаются основные протоколы - в частности, протоколы управления каналом. Здесь станция контролирует всю систему. Она очень эффективно распределяет очередность передачи входящего трафика абонентам, немалую роль играет и в управлении исходящим трафиком (от абонента к базовой станции). От всех остальных стандартов 802.x МАС подуровень стандарта 802.16 отличается тем, что он полностью ориентирован на установку соединения. Таким образом, можно гарантировать определенное качество обслуживания при предоставлении услуг телефонной связи и при передаче мультимедиа [6].

2.7.1 Физический уровень стандарта 802.16

Широкополосным беспроводным сетям необходим широкий частотный спектр, который можно найти только в диапазоне от 10 до 66 ГГц. Миллиметровые волны обладают одним интересным свойством, которое отсутствует у более длинных микроволн: они распространяются не во всех направлениях (как звук), а по прямым линиям (как свет). Следовательно, на базовой станции должно быть установлено множество антенн, покрывающих различные секторы окружающей территории (см. рисунок 5). В каждом секторе будут свои пользователи. Секторы не зависят друг от друга, чего не скажешь о сотовой радиосвязи, в которой сигналы распространяются сразу по всем направлениям.

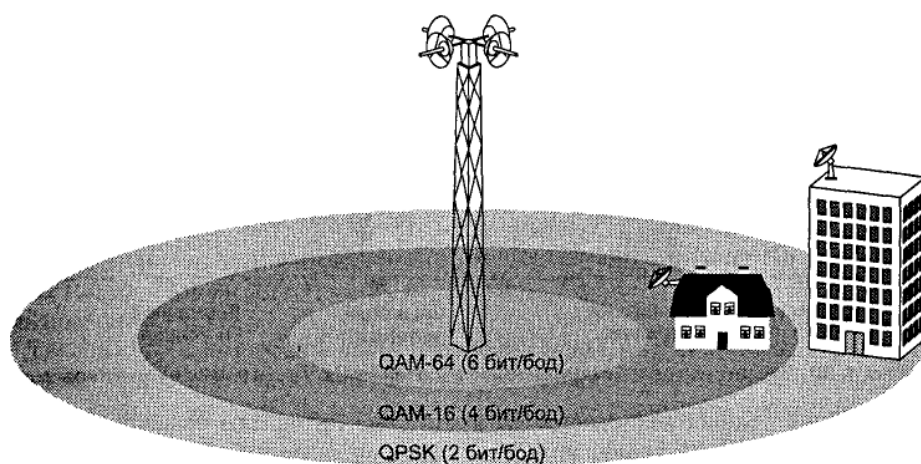


Рисунок 5 – Оперативная среда передачи данных сетей 802.16

Поскольку мощность сигнала передаваемых миллиметровых волн сильно уменьшается с увеличением расстояния от передатчика (то есть базовой станции), то и соотношение сигнал/шум также понижается. По этой причине 802.16 использует три различных схемы модуляции в зависимости от удаления абонентской станции. Если абонент расположен недалеко от БС, то применяется QAM – 64 с шестью битами на отсчет. На среднем удалении используется QAM – 16 и 4 бита/бод. Если абонент расположен далеко, то работает схема QPSK с 2 битами на отсчет. Фазовые диаграммы показаны на рисунке 6.

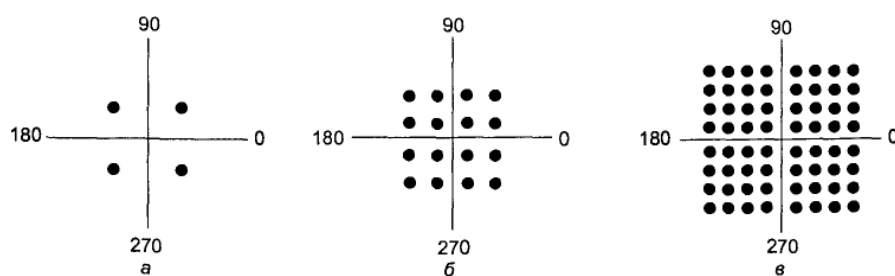


Рисунок 6 – Фазовые диаграммы применяемых методов

Стандарт 802.16 обеспечивает гибкость распределения полосы пропускания. Применяются две схемы модуляции: FDD (дуплексная связь с частотным разделением) и TDD (дуплексная связь с временным разделением) (см. рисунок 7). Базовая станция периодически передает кадры, разделенные на временные

интервалы. Первая часть временных интервалов отводится под входящий трафик. Затем следует защитный интервал (разделитель), позволяющий станциям переключать режимы приема и передачи, а за ним – интервалы исходящего трафика. Число отводимых тактов может динамически меняться, что позволяет подстроить пропускную способность под трафик каждого из направлений.

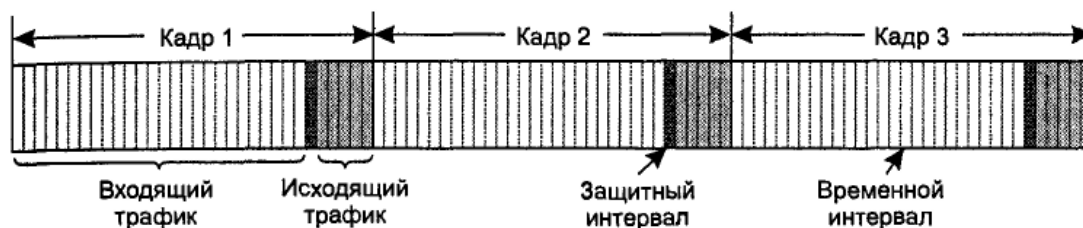


Рисунок 7 – Дуплексная связь с временным разделением: кадры и временные интервалы

Входящий трафик разбивается на временные интервалы базовой станцией. Она полностью контролирует это направление передачи. Исходящий трафик от абонентов управляется более сложным образом и зависит от требуемого качества обслуживания. Мы еще вернемся к распределению временных интервалов, когда будем обсуждать подуровень MAC.

Еще одним интересным свойством физического уровня является его способность упаковывать несколько соседних кадров MAC в одну физическую передачу. Это дает возможность повысить эффективность распределения спектра путем уменьшения числа различных преамбул и заголовков, столь любимых физическим уровнем.

Для непосредственного исправления ошибок на физическом уровне используется код Хэмминга. Все сетевые технологии просто полагаются на контрольные суммы и обнаруживают ошибки с их помощью, запрашивая повторную передачу испорченных фрагментов. Но при широкополосной беспроводной связи на больших расстояниях возникает много ошибок, что их обработкой приходится заниматься физическому уровню, хотя на более высоких уровнях и применяется метод контрольных сумм. Основная задача коррекции

ошибок на физическом уровне состоит в том, чтобы заставить канал выглядеть лучше, чем он есть на самом деле (точно так же компакт-диски кажутся столь надежными носителями только лишь благодаря тому, что больше половины суммарного числа бит отводится под исправление ошибок на физическом уровне).

2.7.2 Стандарт 802.16 протокол подуровня MAC

Уровень передачи данных разделен на три подуровня.

Кадры MAC всегда занимают целое число временных интервалов физического уровня. Каждый кадр разбит на части, первые две из которых содержат карту распределения интервалов между входящим и исходящим трафиком. Там находится информация о том, что передается в каждом такте, а также о том, какие такты свободны. Карта распределения входящего потока содержит также разнообразные системные параметры, которые важны для станций, только что подключившихся к эфиру.

Канал входящего трафика состоит из базовая станция, которая определяет, что разместить в каждой части кадра. Исходящий канал имеет конкурирующие между собой станции, желающие получить доступ к нему. Его распределение тесно связано с вопросом качества обслуживания. Определены четыре класса сервисов:

- сервис с постоянной битовой скоростью;
- сервис реального времени с переменной битовой скоростью;
- сервис, работающий не в реальном масштабе времени, с переменной битовой скоростью;
- сервис с обязательством приложения максимальных усилий по предоставлению услуг.

Все предоставляемые стандартом 802.16 сервисы ориентированы на соединение, и каждое соединение получает доступ к одному из приведенных ранее классов сервиса.

Сервис с постоянной битовой скоростью предназначен для передачи несжатой речи, такой, какая передается по каналу T1. Здесь требуется передавать предопределенный объем данных в предопределенные временные интервалы. Это

реализуется путем назначения каждому соединению такого типа своих интервалов. После того как канал оказывается распределенным, доступ к временным интервалам осуществляется автоматически, и нет необходимости запрашивать каждый из них по отдельности.

Сервис реального масштаба времени с переменной битовой скоростью применяется при передаче сжатых мультимедийных данных и других программных приложений реального времени. Необходимая в каждый момент времени пропускная способность может меняться. Та или иная полоса выделяется базовой станцией, которая опрашивает через определенные промежутки времени абонента с целью выявления необходимой на текущий момент ширины канала.

Сервис, работающий не в реальном масштабе времени, с переменной битовой скоростью предназначен для интенсивного трафика — например, для передачи файлов большого объема. Здесь базовая станция тоже опрашивает абонентов довольно часто, но не в строго установленные моменты времени. Абонент, работающий с постоянной битовой скоростью, может установить в единицу один из специальных битов своего кадра, тем самым предлагая базовой станции опросить его (это означает, что у абонента появились данные, которые нужно передать с новой битовой скоростью).

Сервис с обязательством приложения максимальных усилий используется для всех остальных типов передачи. Никаких опросов здесь нет, а станции, желающие захватить канал, должны соперничать с другими станциями, которым требуется тот же класс сервиса. Запрос пропускной способности осуществляется во временных интервалах, помеченных в карте распределения исходящего потока как доступные для конкуренции. Если запрос прошел удачно, это будет отмечено в следующей карте распределения входящего потока. В противном случае абоненты-неудачники должны продолжать борьбу.

Стандартом определены две формы распределения пропускной способности: для станции и для соединения. В первом случае абонентская станция собирает вместе все требования своих абонентов (например, компьютеров, принадлежащих жильцам здания) и осуществляет коллективный запрос. Получив полосу, она

распределяет ее между пользователями по своему усмотрению. В последнем случае базовая станция работает с каждым соединением отдельно.

2.7.3 Стандарт 802.16: структура кадра

Все кадры подуровня управления доступом к среде (MAC) начинаются с одного и того же заголовка. За ним следует (или не следует) поле данных, и кончается кадр также необязательным полем контрольной суммы. Поле данных отсутствует в служебных кадрах, которые предназначены, например, для запроса временных интервалов. Контрольная сумма тоже является необязательной благодаря тому, что исправление ошибок производится на физическом уровне и никогда не бывает попыток повторно переслать кадры информации, передающейся в реальном масштабе времени.

Бит ЕС говорит о том, шифруется ли поле данных. Поле Тип указывает тип кадра (в частности, сообщает о том, пакуется ли кадр и есть ли фрагментация). Поле С1 указывает на наличие либо отсутствие поля финальной контрольной суммы. Поле ЕК сообщает, какой из ключей шифрования используется (если он вообще используется). В поле Длина содержится информация о полной длине кадра, включая заголовок. Идентификатор соединения сообщает, какому из соединений принадлежит кадр. В конце заголовка имеется поле контрольная сумма заголовка значение которого вычисляется с помощью полинома $x^8 + x^2 + x + 1$ (см. рисунок 8)

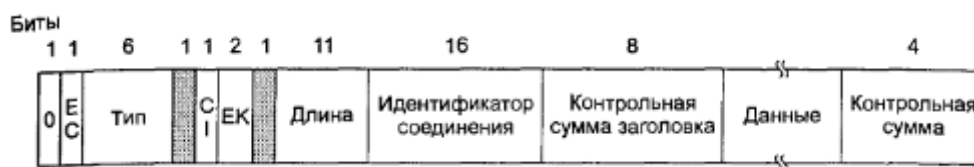


Рисунок 8 – Обычный кадр

На рисунке 9 показан другой тип кадра. Это кадр запроса канала. Он начинается с единичного, а не нулевого бита и в целом напоминает заголовок

обычного Кадра, за исключением второго и третьего байтов, которые составляют 16-битный номер, говорящий о требуемой полосе для передачи соответствующего числа байтов. В кадре запроса канала отсутствует поле данных, нет и контрольной суммы всего кадра.

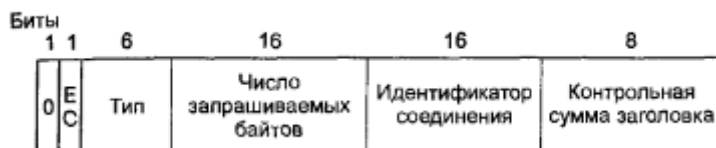


Рисунок 9 – Кадр запроса канала

Сети 802.16 могут охватывать целые районы городов, и расстояния при этом исчисляются километрами. Следовательно, получаемый станциями сигнал может быть разной мощности в зависимости от их удаленности от передатчика. Эти отклонения влияют на соотношение сигнал/шум, что, в свою очередь, приводит к использованию нескольких схем модуляции.

В каждой ячейке широкополосной региональной сети может быть намного больше пользователей, чем в обычной ячейке 802.11, и при этом каждому пользователю предоставляется гораздо более высокая пропускная способность, чем пользователю беспроводной ЛВС. Нелицензированной (15М) полосы частот недостаточно для такой нагрузки, поэтому сети 802.16 работают в высокочастотном диапазоне 10...66 ГГц [7].

3 Организация канала связи

Для реализации поставленной задачи предлагается применить следующее техническое решение: комплект беспроводного доступа Alvarion WiMAX.

3.1 Описание установленного оборудования Alvarion

BreezeMAX - система беспроводного доступа, готовую WiMAX – платформу компании Alvarion(см. рисунок 9). Это первое решение в мире, предлагающее CPE (Customer Premies Equipment – оборудование в помещении клиента) со встроенным WiMAX - чипом широкополосного интерфейса Intel WiMAX Connection 2250.



Рисунок 10 – Семейство оборудования BreezeMAX

Система BreezeMAX, новейшая разработка компании Alvarion поддерживающая передовую платформу WiMAX. Используя современную OFDM технологию и адаптивную модуляцию (до 64QAM) система работает в условиях близких к отсутствию прямой видимости (NLOS). Высокая спектральная эффективность системы BreezeMAX позволяет операторам начать строить сети WiMAX уже сегодня.

Работая в диапазоне частот 3.5 ГГц, BreezeMAX выполняет требования пользователей иметь следующее поколение рентабельной BWA системы с платформой обеспечивающей выполнение стандартов WiMAX: IEEE 802.16 и

HiperMAN.

Особенности системы BreezeMAX:

- WiMAX архитектура базируется на стандартном выполнении спецификаций WiMAX Forum IEEE 802.16 и ETSI HiperMAN для беспроводного доступа в городских (WAN) сетях;

- предназначена для различных рынков. Подходит для обслуживания пользователей в жилом секторе, бизнес пользователей, MDU/MTU, хот – спотов и организации беспроводных приложений домашних сетей;

- низкая себестоимость. Поддерживая простую инсталляцию, "оплату по мере роста" и разработанная на основе требований к наружному использованию, присущих всем системам Alvarion, система BreezeMAX позволяет операторам быстро достигнуть новые сегменты рынка и строить свои сети с меньшими капитальными затратами;

- класс оператора. Выполняет большинство требований больших Сервис - провайдеров, требующих систему с высокой производительностью и готовностью, обладающей избыточностью и гибкой системой Управления Сети (NMS);

- наращиваемая конфигурация оборудования БС. БС на основе шасси (High density) наиболее подходит для крупномасштабных развертываний в городских и пригородных областях. Миниатюрная БС является идеальным и рентабельным решением для провайдеров, стремящихся проникнуть в сельские местности, имеющие малую плотность населения;

- высокая производительность и пропускная способность. Полнодуплексные и многоканальные функциональные возможности БС позволяют одиночной базовой станции поддержать очень большое число абонентов. Высокоэффективный и надежный радиопrotocol 802.16 обеспечивает широкополосный доступ на высоких скоростях, до 10 Мбит/с чистой производительности на пользователя;

- NLOS охват. OFDM модуляция позволяет увеличить производительность в условиях близким к отсутствию прямой видимости (NLOS), гарантировать устойчивость к интерференции и конфликтам при многолучевом

распространении, типичным для развертываний в плотно населенных городских областях;

- QoS от начала до конца. Передовые QoS способности в классификациях 802.16 MAC, 802.16P и DSCP функции приоритизации гарантируют реальное и непрерывное качество обслуживания QoS и поддерживают сервисы высококачественных данных, голоса и видео;

- технология адаптивной модуляции. максимизирует производительность широкополосной системы на больших расстояниях, автоматически регулируя модуляцию в зависимости от качества принимаемого сигнала;

- система управления AlvariSTAR. NMS платформа операторского класса, которая поддерживает полные функциональные возможности FCAPS, удаленное обновление программного обеспечения на многократных устройствах и интеграцию сr стандартными интерфейсами, что повышает уровень системы управления сети.

Оборудование базовой станции

Базовая станция BreezeMAX – многопоточная, с высокой выходной мощностью, полнодуплексная базовая станция. Имеет централизованную архитектуру организацию сети и управления. Разработана для выполнения различных сервисов с высокой надежностью, избыточностью и высокой доступностью. Базовая станция обеспечивает все функциональные возможности, необходимые для организации соединений по радио абонентских устройств с оборудованием базовой станции и подключения к бэббону сервис провайдера.

Оборудование базовой станции BreezeMAX доступно в двух основных конфигурациях: базовая станция High Density для развертываний крупного масштаба и миниатюрная базовая станция для сельских районов и областей с низкой плотностью населения.

Шасси базовой станции (см. рисунок 11)

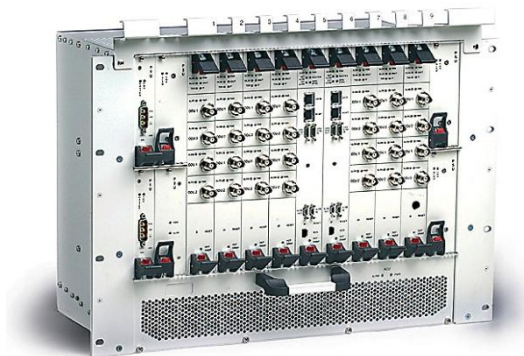


Рисунок 11 – Оборудование базовой станции

Оборудование базовой станции построено на основе 8U cPCI шасси, предназначенного для инсталляции в 19" или 22" стойки. Шасси имеет девять двойных euro и шесть одиночных euro слотов. Все модули имеют возможность быстрой замены и высокую готовность за счет схем избыточности.

Шесть одиночных euro слотов предназначены для установки одной или двух избыточных модулей интерфейса питания (PSU) .

Один из двойных euro слотов предназначен для модуля сетевой обработки(NPU). Другой двойной euro слот предназначен для дополнительного, избыточного NPU. Остальные семь двойных euro слотов предназначены, главным образом, для установки внутренних модулей устройств доступа (AU), и таким образом, позволяют обеспечить в будущем различные конфигурации избыточности. В каждый из этих слотов будет возможно установить модули интерфейса сети (NIU), чтобы в будущих выпусках позволить организацию NxЕ1 или АТМ соединений с бэкбоном.

Дополнительно, шасси базовой станции содержит модуль воздушной конвекции и вентилятора (AVU).

Модуль сетевой обработки (NPU) (см. рисунок 12)



Рисунок 12 – Модуль сетевой обработки

NPU - "сердце" базовой станции BreezeMAX. Модуль NPU является центральным модулем обработки, который управляет всеми компонентами оборудования базовой станции и абонентскими устройствами (Su's) обслуживаемыми ими. Он объединяет трафик от модулей устройств доступа (Au's) и передает его к IP бэкбону выделенный Gigabit/Fast Ethernet интерфейс.

Основные функции NPU:

- агрегированное Ethernet соединение с бэкбоном через 100/1000 Base-T интерфейс;
- классификация трафика и инициирование установки соединения;
- политика, основанная на коммутации данных;
- управление уровнями обслуживания;
- централизованный агент в базовой станции для управления всеми ячейками устройств доступа и всеми зарегистрированным абонентскими устройствами;
- полный контроль и управление функционированием базовой станции,

включая диагностику и контроль AU, контроль PSU, управление AVU и поддержка избыточности;

- управление тревогами, включая внешние сигнальные входы и активация внешних устройств;
- синхронизация, включая интерфейс GPS антенны, часы и распределение IF частот модулей базовой станции, а также на другое совместно установленное шасси базовой станции.

Чтобы обеспечить схему избыточности "1 + 1" могут использоваться два NPU модуля. Модули NPU связаны со всеми слотами интерфейсных карт через объединенную плату по схеме двойная звезда, что означает что каждый из них может получать данные независимо.

Устройство доступа (AU)

Устройство доступа состоит из внутреннего (IDU) и наружного (ODU) модулей. Двойной еиго IDU модуль соединяется с ODU через IF кабель по промежуточной частоте. IF кабель передает данные, сигналы контроля и управления между IDU и ODU, а также напряжение питания 48В постоянного тока и 64 МГц сигналы синхронизации часов от IDU до ODU. IF частоты TX и RX – 240 МГц и 140 МГц, соответственно. Сервисный канал IDU-ODU на частоте 14 МГц служит для двунаправленного контроля и управления, индикации состояния и сигнализации.

Внутренний модуль AU-IDU(см. рисунок 13)



Рисунок 13 – Внутренний модуль AU – IDU

Двойной euro модуль устройства доступа IDU содержит беспроводный IEEE 802.16a MAC и модем и ответственен за установление беспроводного сетевого соединения и управление полосой пропускания. Каждый модуль AU – IDU для передачи IP трафика, соединяется с NPU через двойную 100 Base-T шину.

Каждый AU-IDU имеет два 3,15/1,75 МГц физических канала, которые обеспечивают подготовку к запланированной поддержке разнообразия второго порядка и избыточности OF и радиоканала.

Наружный модуль AU-ODU (см. рисунок 14)



Рисунок 14 – Наружный модуль AU-ODU

Модуль предназначен для обеспечения высокого усиления системы, обеспечения устойчивости от интерференции за счет использования высокой выходной мощности и низкой шумовой фигурой.

Модуль поддерживает полосу пропускания до 14 МГц и может поддерживать многоканальность для увеличения пропускной способности.

Модуль интерфейса питания (PIU) (см. рисунок 15)



Рисунок 15 – Модуль интерфейса питания PIU

Одиночный euro PIU модуль - обеспечивает интерфейс между источником питания постоянного тока базовой станции, модулями питания шасси базовой станции и внешними модулями ODU, которые получают питание через IDU модули.

PIU фильтры и стабилизаторы входного питания базовой станции защищают систему от проблем связанных с изменением напряжения: пульсовых помех, подключения с обратной полярностью и коротких замыканиях. Высокочастотные фильтры обеспечивают защиту внешнего источника от наводимого высокочастотного напряжения. Каждое шасси базовой станции имеет два слота для PIU модулей.

Одного модуля PIU достаточно чтобы поддержать полностью наполненное шасси: использование второго модуля PIU обеспечивает избыточность по питанию.

Модуль источника питания (PSU) (см. рисунок 16)



Рисунок 16 – Модуль источника питания PSU

Модуль источника питания - одиночный его PSU модуль - стандартный cPCI (48 постоянного тока) модуль питания. Каждое шасси базовой станции может содержать до четырех PSU модулей, обеспечивающих "N + 1" конфигурации избыточности.

Модуль воздушной вентиляции (AVU)

2U модуль AVU включает в себя отсек (1U) для потока воздуха через входные отверстия и вентиляторный отсек (1U) с модулем внутренней сигнализации. Чтобы поддержать высокую готовность базовой станции, вентиляторный отсек содержит 10 вентиляторов, где 9 достаточно, чтобы охладить полностью загруженное шасси. Для поддержки высокой готовности шасси может работать с горячей заменой вентиляторного отсека. Время работы с извлеченным из шасси отсеком достаточно для его замены.

BreezeMAX PRO CPE (см. рисунок 17)

Абонентское оборудование BreezeMAX PRO CPE состоит из внутреннего (IDU) и наружного (ODU) модулей. Наружный (ODU) модуль содержит все активные компоненты и плоскую интегрированную антенну с высоким усилением.

Внутренний модуль соединяется с наружным через Ethernet кабель пятой категории. Через этот кабель передаются Ethernet данные, сигналы контроля состояния, управления и сброса от IDU, а также питание (54 В постоянного тока) к ODU.



Рисунок 17 – Наружный модуль BreezeMAX PRO CPE

Наружный модуль BreezeMAX PRO CPE доступен в двух вариантах? модели с интегрированными антеннами (с вертикальной или горизонтальной поляризацией) или модели с разъемом для подключения внешней антенны, как показано в таблице 3.1 ниже.

Таблица 3.1 - Сравнительная таблица типов наружных модулей BreezeMAX PRO CPE

Тип ODU	Описание
BMAX - CPE - ODU - A - 3.5	Наружный модуль абонентского устройства, поддерживающий диапазоны 3.5a1 и 3.5b с интегрированной антенной с вертикальной поляризацией
BMAX - CPE - ODU - AH - 3.5	Наружный модуль абонентского устройства, поддерживающий диапазоны 3.5a1 и 3.5b с интегрированной антенной с горизонтальной поляризацией
BMAX - CPE - ODU - E - 3.5	Наружный модуль абонентского устройства, поддерживающий диапазоны 3.5a1 и 3.5b с разъемом для подключения внешней антенны

Мост данных

Абонентское устройство BreezeMAX с функциями моста данных используется как мост между беспроводным и проводным средствами передачи информации и поддерживает до 512 MAC адресов (см. рисунок 18).



Рисунок 18 – Мост данных абонентского устройства BreezeMAX

Абонентское устройство подключается к оборудованию данных абонента через стандартный IEEE 802.3 Ethernet 10/100-BaseT (RJ 45) интерфейс. Использование технологии коммутации пакетов обеспечивает пользователя постоянным подключением к сети и обеспечивает немедленный доступ к сервисам.

Таблица 3.2 - Технические характеристики системы BreezeMAX

Параметры	Значения параметров		
Радио			
Частотный диапазон	Модуль/диапазон	Up-link МГц	Down-link МГц
	AU-3.5a1	3399.5-3453.5	3499.5-3553.5
	AU-3.5b	3450-3500	3550-3600
	SU3.5	3399.5-3500	3499.5-3600
Режим работы	AU	FDD, полный дуплекс	
	SU	FDD, полный дуплекс	
Ширина канала	3.5 МГц		
	1.75 МГц		
Разрешение центральной частоты	0.125 МГц		

Продолжение таблицы 3.2

Параметры	Значения параметров				
CPE-ODU-A/H	Интегрированная антенна 17 дБ, 20о, вертикальная/ горизонтальная поляризация, совместимая с 302 085, TS Класса 3				
Порт антенны (CPE - ODU - E,AUODU)	N - типа, 50 Ом				
Выходная мощность (типичные значения в порту антенны)	AU	28дБМ ±1 дБ максимум. Диапазон контроля мощности: 15 дБ 18...28 дБ±1 дБ, 13...18 дБм, ±2 дБ			
	SU	20 дБм ±1 дБ. Диапазон динамического АTRC: 50 дБ минимум			
Модуляция	OFDM модуляция, 256 FFT точек; BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM				
FEC	Кодирование: 1/2, 2/3, 3/4.				
	Ширина канала	3.5 МГц		1.75 МГц	
	Модуляция и кодирование	Битовая скорость МБит/с	Чувствительность дБм	Битовая скорость МБит/с	Чувствительность дБм
Чувствительность. Типовые значения (PER = 1%)	BFSK 1/2	1.41	-100	0.71	-103
	BFSK 3/4	2.12	-98	1.06	-101
	QPSK 1/2	2.82	-97	1.41	-100
	QPSK 3/4	4.23	-94	2.12	-97
	QAM 16 1/2	5.64	-91	2.82	-94
	QAM 16 3/4	8.47	-88	4.24	-91
	QAM 64 1/2	11.29	-83	5.65	-86
	QAM 64 3/4	12.71	-82	6.35	-85
Соединение внутреннего и наружного модулей					
SU IDU/ODU	Тип кабеля		Наружный кабель данных, 5 категории, 4x2x24 FTP		
	Максимальная длина		100 метров		
AU IDU/ ODU	Промежуточная частота		Tx: 240 МГц Rx: 140 МГц		
	Частота синхронизации		64 МГц		
	Частота двунаправленного контроля		14 МГц		
	Импеданс интерфейсного кабеля		50 Ом		
	Максимальное ослабление IF кабеля		17 дБ при 240 МГц 12 дБ при 140 МГц 8 дБ при 64 МГц		
	Максимальное сопротивление интерфейсного кабеля по току		1.5 Ом		
Конфигурация и управление					
Местное управление OOB	SU: Telnet через Ethernet порт NPU: Telnet через порт управления, порт монитора SNMP агенты SNMPv1 клиент MIB II (RFC 1213), частотный BreezeMAX MIBs Идентификация и управление ключами цифровой сертификации X509v3				

Продолжение таблицы 3.2

Удаленное управление (IB)	SNMP Telnet
SNMP агенты	SNMP v1 клиент MIB II (RFC 1213), частный BreezeMAX MIBs
Идентификация и управление ключами	Цифровой сертификат X509v3
Upload/download конфигурации	Используя FTP через NPU
Обновление ПО	Используя FTP через NPU
Передача данных (Ethernet порты)	
Согласие со стандартом	IEEE 802.3 CSMA/CD
Скорость	Порт данных NPU: 100/1000 Мбит/ Порт управления NPU: 100/100 МБит/с Порт(ы) данных SU: 10/100 Мбит/с
Условия окружающей среды	
Диапазон рабочих температур	Indoor модули: от 0 до плюс 40 градусов Outdoor модули: от минус 45 до плюс 55 градусов
Влажность	От 5 % до 95 %, Outdoor модуль защищен от непогоды
Согласие со стандартами	
ЭМС	EN 300 – 385
Безопасность	EN 60 950 (CE) IEC 60 950 US/C (TUV)
Окружающая среда	ETS 300 019: Часть 2 – 1 Т 1.2 & часть 2 – 2 Т 2.3 для indoor и outdoor Часть 2 – 3 Т 3.2 для indoor Часть 2 – 4 Т 4.1Е для outdoor
Радио	ETSI EN 301 021 V 1.5.1 ETSI EN 301 753 V 1.1.1

3.2 Выбор наружного модуля абонентского оборудования

Сравним технические характеристики семейства приемных устройств Alvarion BreezeMA PRO 1000, 2000 и 3000. Данный ряд устройств удовлетворяет существующим разрешениям на использование частот 2,5...2,7 ГГц и являются взаимозаменяемыми с сохранением технической части передающей стороны.

При сравнении мы учитываем, что все устройства работают по одному стандарту IEEE 802.16e – 2005 и на одном диапазоне частот 2,5...2,7 ГГц.

Таблица 3.3 – Сравнительная характеристика устройств семейства Breeze MAX PRO

Устройство	Интерфейс	Выходная мощность, дБ	Тип антенны	Усиление Антенны	Диапазон рабочих температур
BreezeMAX PRO 1000	LAN 1x10/100 Base-T port	19	Embedded Directional Antenna	14,5	минус 40 плюс 55
BreezeMAX PRO 2000	LAN UP to 4x 10-100Base - T ports, VoIP Up to 2SIP FXS ports WiFi 802.11b/g	24	2xEmbedded Directional Antenna	12	минус 40 плюс 55
BreezeMAX PRO 3000	LAN 1x10/100 Base-T port	27	2xEmbedded Directional Antenna	15	0 плюс 45

Итак, в результате сравнения возможных клиентских устройств мы видим, что нами могут использоваться устройства BreezeMAX PRO 1000 или BreezeMAX PRO 2000. Так как канал связи имеет протяженность 4200 метров, что составляет менее 20% от гарантированной дальности соединения, то нет необходимости установки антенны BreezeMAX PRO 2000, обладающей более высокой мощностью излучения. Таким образом, выбрано абонентское оборудование BreezeMAX PRO 1000.

3.3 Энергетический расчет канала связи WiMAX

Передающая и приемная антенна находятся в прямой видимости.

В пределах прямой видимости основными факторами, негативно влияющими на качество приема электромагнитных волн, являются:

- потери в свободном пространстве;
- состояние атмосферы;
- наличие отражающих объектов;
- шумы.

Потери в свободном пространстве

Потери в свободном пространстве вызваны тем, что с ростом расстояния от передающей антенны до приемной антенны излученная энергия распределяется по все большей площади, и на приемную антенну приходится лишь малая часть излученной энергии. В наиболее простом случае, когда передающая антенна является всенаправленной, энергия излучения как бы "размывается" по сферической поверхности. С ростом расстояния площадь поверхности сферы увеличивается, а плотность электромагнитной энергии, приходящейся на единицу поверхности, уменьшается. Такие потери определяются по формуле:

$$L = \frac{P_{\text{и}}}{P_{\text{пр}}} = \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2},$$

где $P_{\text{и}}$, $P_{\text{пр}}$ — мощности излучения и приема соответственно;

d — расстояние между передающей и приемной антеннами.

Чаще всего это отношение мощностей выражают в децибелах:

$$L = 10 \lg \cdot \frac{P_{\text{и}}}{P_{\text{пр}}} = 20 \lg \cdot \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2}.$$

Для любого типа беспроводной связи передаваемый сигнал рассеивается по мере его распространения в пространстве. Следовательно, мощность сигнала, принимаемого антенной, будет уменьшаться по мере удаления от передающей антенны. Для спутниковой связи упомянутый эффект является основной причиной снижения интенсивности сигнала. Даже если предположить, что все прочие причины затухания и ослабления отсутствуют, переданный сигнал будет затухать по мере распространения в пространстве. Причина этого — распространение сигнала по все большей площади. Данный тип затухания называют потерями в свободном пространстве и вычисляют через отношение мощности излученного сигнала к мощности полученного сигнала. Для вычисления того же значения в децибелах

следует взять десятичный логарифм от указанного отношения, после чего умножить полученный результат на 10:

$$\frac{P_t}{P} = \frac{(4\pi)^2 d^2}{G_r G_t \lambda^2},$$

где P_t – мощность сигнала передающей антенны;

P – мощность сигнала, поступающего на антенну приемника;

λ – длина волны несущей;

d – расстояние, пройденное сигналом между двумя антеннами;

G_r – коэффициент усиления антенны приемника;

G_t – коэффициент усиления передающей антенны.

Следовательно, если длина волны несущей и их разнесение в пространстве остаются неизменными, увеличение коэффициентов усиления передающей и приемной антенн приводит к уменьшению потерь в свободном пространстве.

Потери в пространстве для случая, когда расстояние между базовой станцией и абонентом равно 4200 метров:

$$L = 20 \lg(4\pi \cdot 4200) - 20 \lg(0.11) - 13.5 - 15 = 84 \text{ дБ.}$$

С ростом частоты и уменьшением коэффициента усиления антенн затухание увеличивается.

Бюджет потерь

Направление передачи БС – АК.

Тип БС: Alvarion BreezeMAX 3500.

Мощность передатчика БС: $P_{\text{прд}} = 34$ дБм.

Тип антенны БС: микрополосковая панельная антенна с круговой поляризацией, усиление 13,5 дБм (см. рисунок 19).

Высота подъема антенны БС: $h_{\text{БС}} = 35$ м.

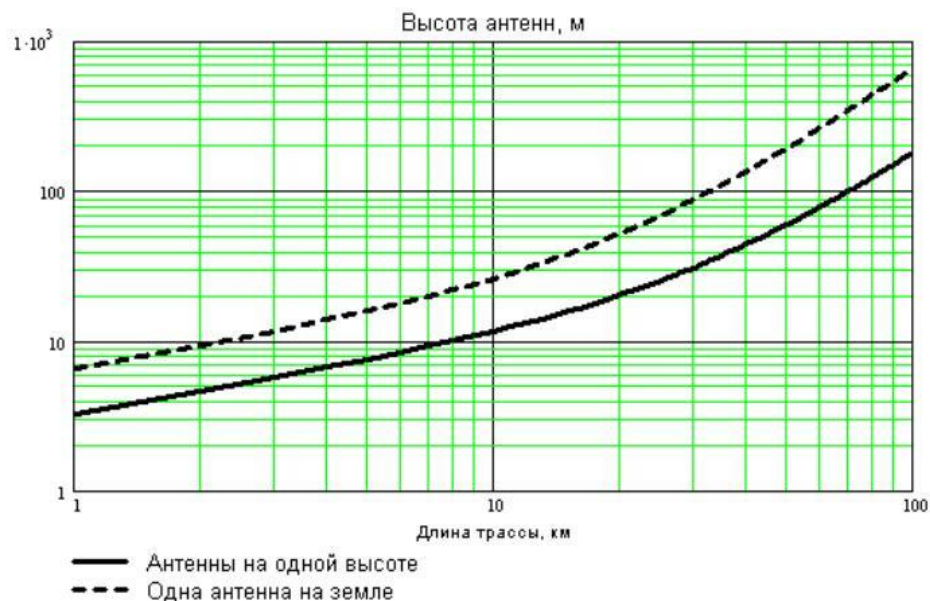


Рисунок 19 – Предварительная оценка высоты установки антенн для случая гладкой Земли проводится по графику

Излучаемая мощность $P_{\text{изл}}$, дБм:

$$P_{\text{изл}} = P_{\text{прд}} - B_{\phi} - \eta_{\text{к}} - \eta_{\text{копл}} + G_{\text{и0}} = 34 - 2,2 - 3,5 - 3 + 13,5 = 38,8 \text{ дБм},$$

где $B_{\phi} = 2,2$ дБ – потери в фидере антенны ПРД БС;

$\eta_{\text{к}} = 3,5$ дБ – потери в комбайнере БС;

$\eta_{\text{копл}} = 3$ дБ – потери в коплере БС;

$G_{\text{и0}} = 13,5$ дБм – максимальный КУ антенны ПРД БС.

Необходимая мощность полезного сигнала для обеспечения вероятности верного приема (BER) 50%:

$$P_{\text{пс(50\%)}} = P_{\text{прм}} + \eta_{\text{ф прм}} - G_{\text{и0}} = -106 \text{ дБм},$$

где $P_{\text{прм}} = -91$ дБ – чувствительность приемника,

$\eta_{\text{ф прм}} = 0$ дБ – потери в фидере антенны ПРМ,

$G_{\text{и0}} = 15$ дБ – максимальный КУ антенны ПРМ.

Направление передачи АК – БС

Тип АК: Alvarion BreezeMAX PRO 1000;

Мощность передатчика МС: $P_{\text{прд}} = 19$ дБм;

Параметры антенны:

Поляризация – вертикальная или горизонтальная;

Высота подъема антенны МС: $h_{\text{МС}} = 13$ м;

Излучаемая мощность $P_{\text{изл}}$, дБм:

$$P_{\text{изл}} = P_{\text{прд}} - B_{\text{ф}} - \eta_{\text{к}} - \eta_{\text{копл}} + G_{\text{и0}} = 34 \text{ дБм},$$

где $B_{\text{ф}} = 0$ дБ – потери в фидере антенны ПРД МС;

$\eta_{\text{к}} = 0$ дБ – потери в комбайнере МС;

$\eta_{\text{копл}} = 0$ дБ – потери в коплере МС;

$G_{\text{и0}} = 15$ дБи – максимальный КУ антенны ПРД АК.

Необходимая мощность полезного сигнала для обеспечения вероятности верного приема (BER) 50 %:

$$P_{\text{ис(50\%)}} = P_{\text{прм}} + \eta_{\text{ф прм}} - G_{\text{и0}} = -103,8 \text{ дБм},$$

где $P_{\text{прм}} = -91$ дБ – чувствительность приемника;

$\eta_{\text{ф прм}} = 2,2$ дБ – потери в фидере антенны ПРМ;

$G_{\text{и0}} = 13,5$ дБи – максимальный КУ антенны ПРМ.

Системное усиление определяется как выходная мощность передатчика системы минус чувствительность приемника системы.

Направление БС - АК: $38,8+106= 144,8$ дБм.

Направление АК - БС: $34+103,8= 137,8$ дБм.

Для определения дальности связи смотрим следующий график для частоты 2,4 ГГц (см. рисунок 20).

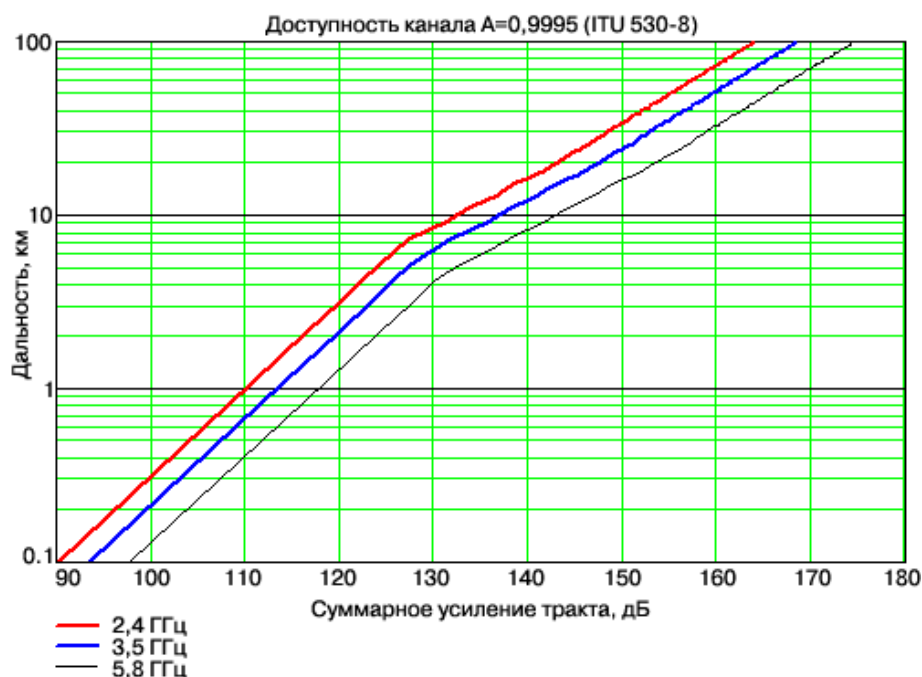


Рисунок 20 – Определение дальности связи беспроводных устройств

Если на участке максимальное системное усиление равно 144,8 дБм (БС – А), то максимальный радиус зоны покрытия БС порядка 20 км. Данное значение близко к параметрам антенных устройств, обозначенных в документации (15 километров).

Таким образом, при дальности линии связи 4000 метров, что составляет 20 % максимального радиуса покрытия, мы обеспечиваем уверенный прием сигнала.

Атмосферное поглощение

Причиной дополнительных потерь мощности сигнала между передающей и принимающей антеннами является атмосферное поглощение, при этом основной вклад в ослабление сигнала вносят водные пары и кислород. Дождь и туман (капли воды, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе) приводят к рассеиванию радиоволн и в конечном счете к ослаблению сигнала. Указанные факторы могут быть основной причиной потерь мощности сигнала.

Наличие отражающих объектов

Наличие отражающих объектов, находящихся в стороне от прямой, связывающей приемную и передающую антенны, может привести к попаданию на

приемную антенну отраженных сигналов, являющихся копиями основного сигнала. Поскольку прямой и отраженный сигналы проходят разные по величине пути (что равносильно сдвигу фаз колебаний относительно друг друга), то в точке приема происходит их интерференция. При этом амплитуда сигнала на приемной антенне может как суммироваться (при разности путей на длину волны), так и вычитаться (при разности путей на половину длины волны). Такие явления называют замираниями. В нашем случае обеспечена прямая видимость между антеннами. Препятствий на пути распространения сигнала нет, следовательно, замираниями сигнала можно пренебречь.

3.4 Ожидаемые результаты внедрения

В результате проведенных исследований и расчетов мы убедились, что применение оборудования Alvarion WiMAX будет рациональным для организации канала связи. При дальности линии связи 4200 метров, что составляет 20 % максимального радиуса покрытия, мы обеспечиваем уверенный прием сигнала.

Так как антенное устройство базовой станции и абонентское антенное устройства находятся в прямой видимости, то ожидается минимальное искажение сигнала в процессе связи. Также практически исключены негативные последствия, возникающие в результате отражения сигнала от стен зданий и многолучевого распространения, так как сигнал проходит над лесным массивом и препятствий его распространению нет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте реализована задача организации беспроводного канала связи между двумя офисами по технологии WiMAX.

Рассмотрена структура сети офиса компании и определены критерии качества связи.

Приведен полный анализ существующего на рынке оборудования Alvarion WiMAX для организации беспроводной связи, произведен расчет линии для нашего частного случая.

После установки оборудования, настройки антенн в результате прямой наводки достигнута высокая стабильность канала связи и пропускная способность, что покрывает существующие потребности компании в коммуникационных ресурсах для рабочих станций удаленного офиса и телефонных линиях.

Реализация предложенного проекта оптимизации позволила запустить в работу второй офис компании, расположенный в г.Затобольск, сократить время на получение и обработку информации, выполнять точный и полный анализ данных. Как следствие, образовать дополнительные временные ресурсы для разработки и реализации новых проектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В. Вишневецкий, И. Шахнович – «Энциклопедия WiMAX. Путь 4G». Издание Техносфера, 2009 год – 470с.
2. О. Яковлев, В. Урядов, А. Павельев – «Распространение радиоволн». Издание Ленанд, 2009 год.
3. Материалы сайта <https://ru.wikipedia.org/wiki/WiMAX>
4. Материалы сайта <http://www.techno-guide.ru/informatsionnye-tekhnologii/mobilnaya-svyaz/chto-takoe-tekhnologiya-wimax.html>
5. Материалы сайта <http://www.alvarion.com/products-page/breezemax6>.
6. Олифер В., Олифер Н. «Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы, 2-е издание» СПб, Питер – пресс, 2003 год..
7. Сюваткин В, WiMAX – «Технология беспроводной связи: основы теории, стандарты, применение» Под редакцией В. Крылова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005 год. – 370 страниц.
8. СТО ЮУрГУ 04-2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.