**Введение**

Локальные вычислительные сети (ЛВС) в настоящее время есть в любом офисе, на любом предприятии. ЛВС также естественна, как и электропроводка. Объединение компьютеров в ЛВС – необходимость в повседневной работе.

Локальная вычислительная сеть–компьютерная сеть, покрывающая обычно относительно небольшую территорию или небольшую группу зданий. Также существуют локальные сети, узлы которых разнесены географически на расстояния более 12 500 км. Несмотря на такие расстояния, подобные сети всё равно относят к локальным./1/

Одной из разновидностью таких сетей является радиорелейная связь.

За долгую историю своего развития, насчитывающую более шести десятилетий, несмотря на масштабное разворачивание ВОЛС, радиорелейная связь по-прежнему остается важнейшей составной частью транспортных систем разного уровня – от ведомственных до международных.

Следует признать, что прежнее значение радиорелейной связи на магистральном уровне было утеряно – ее повсеместно вытесняет волоконно-оптическая связь. Но не везде и не всегда. На относительно пустынных или неосвоенных, а также сложно-рельефных территориях, в ряде случаев для дублирования отдельных участков оптики, как предтеча ВОЛС (при необходимости развернуть связь не дожидаясь завершения строительства оптических линий) и др., радиорелейная связь вполне достойно востребована на магистральном уровне и сегодня.

В последние годы радиорелейная связь широко используется для построения ведомственных и корпоративных сетей, позволяя оперативно и эффективно обеспечивать связь между удаленными офисами. С помощью радиорелейной связи абонентам предоставляются услуги голосовой телефонной связи, передачи данных (интернет), кабельного телевидения. /2/

**1 Проектно-пояснительная часть**

**1.1 Цель расчетно-графического задания**

Разработать проект территориальной сети согласно требованиям технического задания на основе современного оборудования с использованием средств вычислительной техники и информационных технологий.

**1.2** **Анализ поставленной задачи**

Выполнить проектирование в следующем объеме:

* разработать основные виды соединений;
* разработать структурную схему организации каналов;
* разработать спецификацию оборудования передачи данных;
* предусмотреть взаимодействие с оборудованием связи, локальными вычислительными сетями (ЛВС) и информационными комплексами (ИК);
* рассмотреть и представить систему управления;
* разработать требования к оборудованию связи между пунктами ПД;

В качестве физических каналов передачи информации территориальной сети предприятия предлагается использовать условия технического задания.

проводной сеть канал передача

**1.3 Анализ предметной области**

Особенность проводных (беспроводных) сетей передачи данных состоит в наличии радиоканала – объекта, отсутствующего у проводных сетей и определяющего показатели качества передачи информации в беспроводных сетях.

Радиорелейная связь благодаря своим особым свойствам все более широко применяется в глобальных, региональных и местных сетях передачи данных. Ее привлекательность обусловлена целым рядом существенных преимуществ:

1. радиорелейные системы (PPC) значительно превосходят традиционные проводные по оперативности и экономичности развертывания линий связи;
2. применение радиорелейных линий (РРЛ) – наиболее экономически выгодный, а подчас и единственно возможный вариант при организации многоканальной связи на территориях со сложным рельефом и там, где прокладка кабеля нецелесообразна;
3. РРЛ можно использовать для оперативного возобновления связи при авариях на магистралях проводной связи, заменяя ими поврежденные участки;
4. построение разветвленных цифровых сетей радиорелейной связи эффективно в больших городах и в индустриальных зонах, где прокладка новых кабелей невозможна или связана с неприемлемо высокими затратами;
5. качество передачи информации по РРЛ практически не уступает обеспечиваемому при использовании ВОЛС и других кабельных линий. /3/

**1.4 Организация каналов передачи данных**

Канал передачи первичной сети представляет собой совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающую передачу сигналов электросвязи в определенной полосе частот с определенной скоростью передачи между двумя сетевыми станциями, двумя сетевыми узлами или между сетевой станцией и сетевым узлом. Технические средства, позволяющие образовать каналы передачи, входят в состав систем передачи. /4/

**1.4.1 Каналы передачи, их классификация и основные характеристики**

Каналом передачи называется совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающая передачу сигналов электросвязи в определенной полосе частот или с определенной скоростью передачи между оконечными или промежуточными пунктами телекоммуникационных сетей.

В зависимости от способа представления информации электрическими сигналами различают аналоговые и цифровые каналы передачи данных.

Первые сети ПД были аналоговыми, поскольку использовали распространенные телефонные технологии. Но в дальнейшем устойчиво растет доля цифровых коммуникаций (это каналы типа Е1/Т1, ISDN, сети Frame Relay, выделенные цифровые линии и др.)

В зависимости от направления передачи различают каналы симплексные (односторонняя передача), дуплексные (возможность одновременной передачи в обоих направлениях) и полудуплексные (возможность попеременной передачи в двух направлениях).

В зависимости от числа каналов связи в аппаратуре ПД различают одно- и многоканальные средства ПД. В локальных вычислительных сетях и в цифровых каналах передачи данных обычно используют временное мультиплексирование, в аналоговых каналах – частотное разделение.

Если канал ПД монопольно используется одной организацией, то такой канал называют выделенным, в противном случае канал является разделяемым или виртуальным (общего пользования)./6/

**1.4.2 Типовые каналы передачи**

Канал передачи, параметры которого соответствуют принятым нормам, называют типовым.

Различают следующие типовые каналы передачи:

– канал тональной частоты;

– канал звукового вещания;

– канал изображений;

– широкополосные и цифровые каналы.

**1.5 Декомпозиция задачи на отдельные подзадачи**

Учитывая сложность и масштабность поставленной задачи, решать ее целесообразно в несколько этапов:

– исследование моделей каналов связи в телекоммуникационных системах;

– анализ протоколов маршрутизации;

– анализ активного оборудования для построения сетей;

– расчетно-графическая часть территориальной сети;

– проектирование линий связи;

– разработка функциональных схем проектируемой подсистемы;

– расчет волоконно-оптической магистрали связи.

**2. Технологическая часть**

**2.1 Сравнительный анализ технологий проводного и беспроводного доступа**

**2.1.1 Требования и основные компоненты беспроводных сетей**

Для решения перечисленных задач моделирования беспроводных сетей требуются следующие исходные данные.

1. Карта местности, необходимая для адекватного описания условий распространения сигналов в рассматриваемом регионе;
2. Сведения о законе распределения абонентов (трафика) на рассматриваемой территории и их характеристиках, заданных аналитически или представленных в обменном формате картографических данных;
3. Технические характеристики планируемой сети (технология передачи и обработки информации, частотный диапазон, требуемое описание сигнал/шум), указанные в ее стандарте;
4. Характеристики применяемого оборудования;
5. Технические характеристики радиосредств или оборудования, функционирующих в данном регионе.

Требования к объему и полноте исходных данных зависят от типа решаемой задачи (проводная или беспроводная).

В связи с многообразием и сложностью задач построения проводных (беспроводных) сетей трудно рассчитывать на реализацию в одной универсальной модели полного набора функций, необходимых для решения всех перечисленных задач. Поэтому, в настоящее время сложилось несколько специализированных типов автоматизированных компьютерных систем анализа и оптимизации характеристик беспроводных сетей, каждому из которых присущи свои особенности применяемых моделей. Среди них следует выделить 4 ключевых типа.

1. Системы частотно-территориального планирования проводных (беспроводных) сетей. Применяются на этапе развертывания новых или модернизации существующих беспроводных сетей различного назначения для оптимального выбора мест и состава оборудования приемопередающих станций; их особенностями являются:

* использование электронных географических карт для точной привязки модели сети к местности;
* применение строгих моделей распространения электромагнитных волн в каналах связи;
* широкий спектр рассчитываемых характеристик.

2. Системы, обеспечивающие решение задач электромагнитной совместимости проводных (беспроводных) сетей – применяются, как и первые, на этапе развертывания новых или модернизации существующих беспроводных сетей различного назначения для согласования их параметров с параметрами других сетей с целью минимизации взаимных помех и для них характерно:

* возможность подключения к базам данных с местами размещения и составом приемопередающей аппаратуры всех радиосредств, работающих в рассматриваемом регионе;
* возможность подключения к базам данных параметров приемопередающей аппаратуры различных производителей;
* использование электронных географических карт для точной привязки модели сети к местности;
* расчет характеристик помех различного вида и оценка их влияния на параметры сетей.

3. Системы мониторинга качества работы существующих сетей; применяются для измерения и последующего анализа характеристик сети в реальных условиях ее функционирования; в системах такого типа обеспечивается:

* обмен информацией с базами данных измерений параметров реальных сетей;
* возможность сравнения результатов расчета и эксперимента и корректировки параметров модели сети по его результатам.

4. Системы, предназначенные для оптимизации принципов передачи информации и параметров оборудования разрабатываемых сетей; в таких системах:

– нет необходимости в точной привязке модели сети к определенной местности;

– должна быть обеспечена возможность проверки работоспособности системы в различных условиях, вследствие чего применяются статистические модели распространения электромагнитных сигналов;

– имеется возможность задания различных алгоритмов работы сети.

**2.1.2 Технологии беспроводного доступа**

Беспроводные технологии 3G, WiMAX и Wi-Fi используются во все более широком спектре отраслей. **3G** работает в области мобильной связи и обеспечивает передачу голоса и данных, правда, скорости передачи данных пока не очень высоки. Технология WiMAX в отличие от 3G ориентирована только на IP и потому проста и удобна. На ее основе можно быстро развернуть сеть, а пропускная способность WiMAX, в том числе и для передачи голоса, сулит большие перспективы. Однако 3G – зрелая, рабочая технология, а WiMAX хотя и более перспективная, но еще недостаточно разработана. Технология Wi-Fi работает на ограниченном расстоянии, и если теоретически можно добиться дальности в 200–300 м, то в условиях крупных городов с большим числом помех и преград она ограничена обычно 30 м и применяется, как правило, внутри помещений. Таким образом, cвязь по Wi-Fi удобна и для дома, и для офиса. Есть сети Wi-Fi весьма внушительных размеров, но они все равно ограничены помещениями, пусть и очень большими, с немалым скоплением людей, например, в аэропортах, крупных складских комплексах, гостиницах, выставочных павильонах.

WIMAX очень перспективная технология, но она требует достаточно широкого частотного спектра. И пока этот вопрос не будет отрегулирован в правовом плане, рассчитывать на большой рост сетей WiMAX не приходится.

Эти три технологии не конкуренты и являются взаимодополняющими для оператора – ведь у них разные зоны покрытия базовых станций. Известно, что Wi-Fi работает на небольшом расстоянии, и его целесообразно использовать, когда требуется небольшая зона покрытия. Технология WiMAX удобна, если необходимо обеспечить беспроводной широкополосный доступ в Интернет. Наиболее разумный путь для оператора – в зависимости от местоположения и конкретных условий работы комбинировать эти три технологии – 3G, WiMAX и Wi-Fi – с тем, чтобы обеспечить лучшую зону покрытия при оптимальных затратах.

Однако следует помнить, что у всех трех технологий разная степень зрелости. Технология 3G и ее реализация UMTS наиболее зрелые, так как есть готовое промышленное оборудование и решения на его базе, а самое главное, есть абонентские терминалы, позволяющие донести сервисы, которые развертываются на базе этой технологии, до конечных пользователей. Технология Wi-Fi также является достаточно зрелой. Но, к сожалению, этого нельзя сказать про технологию WiMAX. И все равно стоит делать на нее ставку, ее привлекательность и перспективность заключаются в том, что WiMAX дает возможность более эффективно использовать частотный спектр.

Но основной проблемой, характерной для всех новых технологий, являются не только вышеперечисленные сложности и нехватка недорогого терминального оборудования, а неготовность абонентов пользоваться услугами широкополосной передачи данных. Это серьезно тормозит распространение беспроводных технологий на массовом рынке.

Таким образом, если говорить о беспроводных технологиях в глобальном, мировом масштабе, то можно выделить три сдерживающих фактора: недостаток терминалов, ограниченность сервисов и высокие цены. А в России к ним еще добавляются сложности с лицензированием частот для WiMAX.

**2.1.3 Технологии проводного доступа**

Технологии проводного абонентского доступа имеет смысл разбить на пять основных групп по критерию среды передачи и категориям пользователей. На рис. 1 представлена их классификация.

LAN (Local Area Network) – группа технологий, предназначенных для предоставления корпоративным пользователям услуг доступа к ресурсам локальных вычислительных сетей и использующих в качестве среды передачи структурированные кабельные системы категорий 3, 4 и 5, коаксиальный кабель и оптоволоконный кабель.

DSL (Digital Subscriber Line) – группа технологий, предназначенных для предоставления пользователям ТфОП услуг мультимедиа и использующих в качестве среды передачи существующую инфраструктуру ТфОП.

КТВ (кабельное телевидение) – группа технологий, предназначенных для предоставления пользователям сетей КТВ мультимедийных услуг (за счет организации обратного канала) и использующих в качестве среды передачи оптоволоконный и коаксиальный кабели.

OAN (Optical Access Networks) – группа технологий, предназначенных для предоставления пользователям широкополосных услуг, линии доступа к мультимедийным услугам и использующих в качестве среды передачи оптоволоконный кабель.

СКД (сети коллективного доступа) – группа гибридных технологий для организации сетей доступа в многоквартирных домах; в качестве среды передачи используется существующая в домах инфраструктура ТфОП, радиотрансляционных сетей и сетей электропитания.

Рис. 1. Классификация технологий проводного доступа

### Технологии группы LAN

В группе LAN более 90% всех сетей построены с использованием технологии Ethernet, она обеспечивает пользователям корпоративных сетей скорости передачи информации от 10 Мбит/с до 1 Гбит/с. Широкое распространение сетей Ethernet при организации LAN, в первую очередь, связано с низкой стоимостью, легкостью управления и простотой используемого оборудования. Ethernet обеспечивает сейчас поддержку широкого набора услуг, включая передачу речи и видео с требуемым качеством обслуживания QoS (IEEE 802.1p), а также организацию VLAN (IEEE 802.1Q).

### Технология сетей коллективного доступа

Для организации относительно недорогого доступа в Интернет жителей многоквартирных домов разработаны технологии СКД: HomePNA и PLC (Power Line Communication). Сеть доступа развертывается на существующей в доме кабельной инфраструктуре (витая медная пара, проводка радиотрансляционных сетей, электрическая проводка), а концентратор трафика может подключаться к узлу служб с использованием различных систем передачи (кабельных, радио и др.).

Для домашних сетей подходит оборудование гибридных Ethernet или mini-DSLAM при использовании в качестве концентратора трафика мультиплексоров DSL.

Технология HPNA разработана альянсом Home Phoneline Networking Alliance (стандарты: HPNA 1.0, HPNA 1.1, HPNA 2.0 и HPNA 3.0). Системы доступа HPNA 1.x обеспечивают коллективный доступ к каналу с пропускной способностью 1 Мбит/с на расстоянии до 150 м (HPNA 1.0) и до 300 м (HPNA 1.1). В стандарте HPNA 2.0 пропускная способность коллективного канала увеличена до 10 Мбит/с при дальности до 350 м. В стандарте HPNA 3.0 пропускная способность увеличится до 100 Мбит/с.

### Технологии симметричного DSL-доступа

Технологии симметричного DSL-доступа используются при предоставлении услуг объединения LAN, организации выносов, подключении оборудования пользователя к транспортным сетям по симметричным медным линиям. К этой группе относятся технологии HDSL, SDSL, MDSL, MSDSL, SHDSL, HDSL2/4 И VDSL.

Симметричные технологии xDSL различают по числу пар используемых проводов. В частности, самая «древняя» симметричная технология HDSL (high bit rate DSL) применяется для передачи по одной, двум или трем парам, причем в каждой паре осуществляется дуплексная передача. Часть «родословного дерева» xDSL для симметричных технологий представлена на рис. 2 /9/.

Рис. 2. Классификация симметричных xDSL-технологий по числу пар используемых проводов

Сначала появился вариант HDSL для двух пар, нормированный в ANSI, который использует кодирование 2B1Q. Затем прошла стандартизация HDSL для трех, двух и одной пар в ETSI с использованием 2B1Q или CAP. Часто употребляются обозначения HDSL2 и SDSL2, причем технология HDSL2 рассчитана исключительно на передачу Т1, a SDSL2 поддерживает скорости от 384 кбит/c до 2,304 Мбит/с (с шагом 64 кбит/с).

Технологии SDSL2 предназначались в основном для делового сектора. Но возможности комбинированной передачи речи и данных, повышенная потребность частного сектора в скорости передачи и хороших технических характеристиках (таких, как спектральная совместимость, аварийное питание и т.д.) могут в будущем привести к тому, что SDSL2 заменят ISDN в частном секторе и тем самым создадут серьезную конкуренцию асимметричным службам xDSL. Первые образцы оборудования SDSL2 были представлены на выставках «Ce-BIT'99» и «Telecom» /10/.

### Технологии асимметричного xDSL-доступа

Если первоначально развитие симметричных технологий xDSL в основном было ориентировано на потребности делового сектора, то асимметричные технологии xDSL предназначались для частного сектора. Такой подход определяет существенную разницу в требованиях к ним. В частном секторе было необходимо, чтобы уже существующая телефонная служба (ТфОП или BRI-ISDN) продолжала работать и при переходе на ADSL. Классификация асимметричных xDSL-технологий приведена на рис. 3.

Рис. 3. Классификация асимметричных xDSL-технологий

ADSL (так называемая Full-rate ADSL) первоначально требовала наличия разветвителя. Технология обеспечивала максимальную скорость передачи в прямом направлении – 6,144 Мбит/с, а в обратном – 0,640 Мбит/с. Разделение осуществляется с помощью эхокомпенсации или методом частотного разделения. Разветвители необходимы как со стороны АТС, так и со стороны абонентов. В ADSL после долгой конкуренции САР (амплитудно-фазовая модуляция) и DMTV (дискретная мультитоновая технология) последний вид модуляции получил наибольшее распространение.

Первые версии ADSL имели следующие отношения скоростей передачи в прямом и обратном направлениях: ADSL1 – 1,5 Мбит/с / 16 кбит/с; ADSL2 – 3 Мбит/с / 16 кбит/с; ADSL3 -6 Мбит/с / 64 кбит/с).

### Технологии группы КТВ

Использование сетей КТВ для построения интерактивных сетей доступа к мультимедийным услугам стало возможным с появлением в 1997 году стандарта DOCSIS (Data over Cable Service Interface Specification), разработанного по инициативе организации операторов кабельных сетей Северной Америки MCNS (Multimedia Network System Partners Ltd.). Для построения гибридных (HFC – Hybrid Fiber Coaxial) сетей КТВ сегодня имеется 5 стандартов: три американских (DOCSIS 1.0, DOCSIS 1.1 и DOCSIS 2.0), один европейский (Euro-DOCSIS) и один международный (Рек. J.112 ITU-T), объединяющий требования американских и европейского стандартов. Дальнейшее развитие европейского (IPCableCom) и американского (PacketCable) вариантов спецификаций на HFC-сети продолжается в части создания дополнительных возможностей и внедрения новых услуг. Для организации прямого канала в сетях КТВ США применяется полоса частот 6 МГц (Рек. J.83.B. ITU-T) в диапазоне частот 88–860 МГц. При использовании модуляции 256QAM скорость передачи данных в прямом канале достигает 42 Мбит/с. В Европе для этих целей занимается полоса частот 8 МГц (Рек. J.83.A ITU-T) в диапазоне частот 108–862 МГц, а скорость передачи составляет 52 Мбит/с. Отличие европейских и американских сетей КТВ не ограничивается только указанными характеристиками. Они разнятся также методами сигнализации и организации интерфейса V5, методами обеспечения безопасности и т.д. В целом эти различия и определили появление двух стандартов на обратный канал в интерактивных сетях КТВ: DOCSIS и EuroDOCSIS /11/. Стандарт DOCSIS 1.0 определяет физический и МАС-уровни, уровень управления для кабельных модемов и головных станций CMTS (Cable Modem Termination System), принципы обеспечения сетевой безопасности (шифрование и аутентификация) и качество обслуживания. Для организации обратного канала выделен диапазон частот 5–42 МГц. Скорость передачи в обратном канале для этого канала не превышает 1 Мбит/с. Дальнейшее совершенствование стандартов DOCSIS шло по пути увеличения пропускной способности обратного канала, обеспечения механизмов QoS для IP-телефонии и мультимедийных приложений. В третьей версии стандарта DOCSIS 2.0 скорость передачи в обратном канале составляет около 30 Мбит/с. В Европе для организации обратного канала выделен диапазон частот 5–65 МГц, а скорость передачи составляет около 42 Мбит/с./12/

### Оптические технологии группы OAN

Группа технологий FTTx (Fiber To The x, где x может быть заменен на B – Building – здание или Cab – Cabinet – распределительный шкаф сети абонентских линий, см. рис. 1) предназначена для совместного использования с технологиями ADSL и VDSL и позволяет более эффективно использовать пропускную способность этих технологий благодаря сокращению длины медно-кабельных линий связи /13/.

Эти технологии позволяют предоставлять индивидуальному пользователю каналы с пропускной способностью выше 1 Гбит/с, однако стоимость их пока высока. В настоящее время для предоставления пользователям широкополосных услуг используются обычно смешанные медно-оптические сети доступа. Существует несколько концепций разворачивания сети доступа смешанного типа. Одна из них называется HFC (Hybrid Fiber Coaxial) и предполагает доведение оптики до точки концентрации, при этом распределительная абонентская сеть строится на основе коаксиальных кабелей. Данная архитектура не получила широкого распространения и используется обычно лишь операторами кабельного телевидения. Другая концепция является разновидностью концепции FTTx и носит название FTTB (Fiber To The Building – «волокно к зданию», то есть доведение ВОЛ С до офисного здания). Согласно концепции FTTB распределение сигналов по абонентам внутри здания осуществляется по витым медным парам с использованием преимущественно технологии VDSL. На рис. 4 представлены другие варианты концепции FTTx.

Рис. 4. Технологии оптического доступа

Варианты доступа FTTH и FTTB пока не получили широкого распростра – нения. Связано это в основном с тем, что их реализация требует от оператора значительно больших инвестиций, чем построение DSL-инфраструктуры, поскольку для предоставления абоненту высокоскоростного канала (до нескольких Гбит/с) необходимо во много раз увеличить пропускную способность опорных сетей, протянуть оптоволокно до абонента, разработать немало новых приложений и, самое главное, убедить абонента заплатить за это деньги. Поэтому многие операторы до сих пор стараются использовать имеющуюся медно-кабельную инфраструктуру.

Подгруппа технологий PON – это семейство быстроразвивающихся, наиболее перспективных технологий широкополосного мультисервисного множественного доступа по оптическому волокну. Суть технологии пассивных оптических сетей, вытекающая из ее названия, состоит в том, что ее распределительная сеть строится без каких-либо активных компонентов: разветвление оптического сигнала осуществляется с помощью пассивных делителей оптической мощности – сплиттеров. Следствием этого преимущества является снижение стоимости системы доступа, уменьшение объема необходимого сетевого управления, высокая дальность передачи и отсутствие необходимости в последующей модернизации распределительной сети.

Из технологий подгруппы PON на сегодняшний день известны 4 вида (рис. 5) /14/

:• APON (ATM PON);

• BPON (Broadband PON);

• GPON (Gigabit PON);

• EPON (Ethernet PON).

Рис. 5. Концепция построения САД на базе оптоволокна

**2.2 Исследование модели каналов связи в телекоммуникационных системах**

Проведем классификацию каналов связи.

Канал связи – это совокупность устройств, обеспечивающих передачу сигналов с определенными свойствами от одного пункта к другому. При построении системы связи, как правило, является заданным звеном, с которым источники и получатели сообщений должны быть согласованы посредством передатчиков и приемников.

По физической природе каналы связи делятся на:

1. Механические – используются для передачи материальных носителей информации;

2. Акустические – передают звуковой сигнал;

3. Оптические – передают световой сигнал;

4. Электрические – передают электрический сигнал.

Электрические и оптические каналы связи могут быть:

– проводными, использующими для передачи сигналов проводниковые линии связи (электрические провода, кабели, светодиоды и т.д.);

– беспроводными (радиоканалы, инфракрасные каналы и т.д.), использующими для передачи сигналов электромагнитные волны, распространяющиеся по эфиру.

По форме передаваемой информации каналы связи делятся на:

– аналоговые – по аналоговым каналам предается информация, представленная в непрерывной форме, то есть в виде непрерывного ряда значений какой-либо физической величины;

– цифровые – по цифровым каналам передается информация, представленная в виде цифровых (дискретных, импульсных) сигналов той или иной физической природы.

В зависимости от возможных направлений передачи информации различаю:

– симплексные КС, позволяющие передавать информацию только в одном направлении;

– полудуплексные КС, обеспечивающие попеременную передачу информации в прямом и обратном направлении;

– дуплексные КС, позволяющие вести передачу информации одновременно и в прямом и в обратном направлениях.

Каналы связи могут быть:

– коммутируемыми;

– некоммутируемыми.

Коммутируемые каналы создаются от отдельных участков(сегментов) только на время передачи по ним информации; по окончании передачи такой канал ликвидируется(разъединяется).

Некоммутируемые (выделенные) каналы создаются на длительное время и имеют постоянные характеристики по длине, пропускной способности, помехозащищенности.

По пропускной способности их можно разделить на:

– низкоскоростные КС, скорость передачи информации в которых от 50 до 200 бит/с; это телеграфные КС, как коммутируемые (абонентский телеграф), так и некоммутируемые;

– среднескоростные КС, например аналоговые (телефонные) КС; скорость передачи в них от 300 до 9600 бит/с, а в новых стандартах V90-V92 Международного консультативного комитета по телеграфии и телефонии (МККТТ) и до 56000 бит/с.

– высокоскоростные (широкополосные) КС, обеспечивающие скорость передачи информации выше 56000 бит/с.

Физической средой передачи информации в низкоскоростных и среднескоростных КС обычно являются проводные линии связи: группы либо параллельных, либо скрученных («витая пара») проводов.

Для организации широкополосных КС используются различные кабели, в частности:

– неэкранированные с витыми парами из медных проводов (UTP);

– экранированные с витыми парами из медных проводов(STP);

– волоконно-оптические;

– коаксиальные;

– беспроводные радиоканалы.

Витая пара – это изолированные полупроводники, попарно свитые между собой для уменьшения перекрестных наводок между проводниками.

UTP кабели чаще других используются в системах передачи данных, в частности в вычислительных сетях. Выделяют пять категорий витых пар UTP: первая и вторая категории используются при низкоскоростной передачи данных; третья, четвертая и пятая \_ при скоростях передачи соответственно до 16,25 и 155 Мбит/с.

STP-кабели обладают хорошими техническими характеристиками, но имеют высокую стоимость, жесткие и неудобны в работе, требуется заземления экрана. Они делятся на типы: Type 1, Type 2 Type 3 Type 5 Type 9. Из них Type 3 определяет характеристики неэкранированного телефонного кабеля, а Type 5 – волоконно-оптического кабеля. Наиболее популярен кабель Type 1 стандарта IBM, состоящий из двух пар скрученных проводов, экранированных проводящей оплеткой, которую положено заземлять.

Коаксиальный кабель представляет собой медный проводник, покрытый диэлектриком и окруженный свитой из тонких медных проводников экранирующей защитной оболочкой.

Основу волоконно-оптического кабеля составляют «внутренние подкабели» – стеклянные или пластиковые волокна диаметром от 5 (одномодовые) до 100 (многомодовые) микрон, окруженные твердым заполнителем и помещенные в защитную оболочку диаметром 125–250 мкм. В одном кабеле может содержаться от одного до нескольких сотен таких «внутренних подкабелей»). Кабель, в свою очередь, окружен заполнителем и покрыт более толстой защитной оболочкой, внутри которой положен один или несколько силовых элементов, принимающих на себя обеспечение механической прочности кабеля.

Радиоканал – это беспроводной канал связи, прокладываемый через эфир. Система передачи данных (СПД) по радиоканалу включает в себя радиопередатчик и радиоприемник, настроенные на один и тот же радиоволновой диапазон, который определяется частотной полосой электромагнитного спектра, используемой для передачи данных. Высокоскоростной доступ предоставляет пользователям каналы со скоростью передачи 2 Мбит/с. и выше./15/

**2.3 Анализ протоколов маршрутизации в компьютерных сетях**

Маршрутизация (Routing) – это способ направления сообщений по различным сетям, посредством которого устройства доставляют сообщения получателям. Маршруты могут задаваться административно (статические маршруты), либо вычисляться с помощью алгоритмов маршрутизации, базируясь на информации о топологии и состоянии сети, полученной с помощью протоколов маршрутизации (динамические маршруты). Статическими маршрутами могут быть:

– маршруты, не изменяющиеся во времени;

– маршруты, изменяющиеся по расписанию;

– маршруты, изменяющиеся по ситуации – административно в момент возникновения стандартной ситуации.

Существуют два основных типа протоколов маршрутизации: протоколы внутренних маршрутизаторов (IGP – interior gateway protocol), для маршрутизаторов, находящихся внутри автономной системы (autonomous system), и протоколы внешних маршрутизаторов (EGP – exterior gateway protocol), для маршрутизаторов, которые общаются с маршрутизаторами в других автономных системах.

**2.3.1 Протокол RIP**

RIP (Routing Information Protocol) – один из наиболее распространенных протоколов маршрутизации в небольших компьютерных сетях. Алгоритм маршрутизации RIP (алгоритм Беллмана – Форда) был впервые разработан в 1969 году, как основной для сети ARPANET./1/

Протокол RIP предназначен для автоматического обновления таблицы маршрутов, при этом используется информация о состоянии сети, которая рассылается маршрутизаторами (routers). В соответствии с протоколом RIP любая машина может быть маршрутизатором. При этом все маршрутизаторы делятся на активные и пассивные. Активные маршрутизаторы сообщают о маршрутах, которые они поддерживают в сети. Пассивные маршрутизаторы читают эти широковещательные сообщения и исправляют свои таблицы маршрутов, но при этом сами информацию в сеть не предоставляют. Обычно в качестве активных маршрутизаторов выступают шлюзы, а в качестве пассивных – обычные машины (hosts).

В основу алгоритма маршрутизации по протоколу RIP положена простая идея: чем больше шлюзов надо пройти пакету, тем большевреми требуется для прохождения маршрута. При обмене сообщениями маршрутизаторы сообщают в сеть IP – номер сети и число «прыжков» (hops), которое надо совершить, пользуясь данным маршрутом. Надо сразу заметить, что такой алгоритм эффективен только для сетей, которые имеют одинаковую скорость передачи по любому сегменту сети./16/

Недостатки RIP. Во-первых, RIP не имеет представления о делении на подсети. Если обычный 16-битный идентификатор хоста в адресе класса В ненулевой, RIP не может определить, принадлежит ли ненулевая часть идентификатору подсети или IP адрес – это целиком адрес хоста. Некоторые реализации используют маску подсети того интерфейса, через который пришла RIP информация, однако такой способ не всегда корректен.

Во-вторых, для RIP требуется очень много времени, чтобы восстановить функционирование сети, после того как вышел из строя маршрутизатор или канал. Время обычно составляет несколько минут. В это время могут возникнуть петли маршрутизации. В современных реализациях RIP существует множество рекомендаций, которые позволяют избавляться от петель маршрутизации и увеличить скорость сходимости сетей./17/

**2.3.2 Протокол OSPF**

OSPF (англ. Open Shortest Path First) – протокол динамической маршрутизации, основанный на технологии отслеживания состояния канала (link-state technology) и использующий для нахождения кратчайшего пути Алгоритм Дейкстры (Dijkstra’s algorithm). Протокол OSPF был разработан IETF в 1988 году. Последняя версия протокола представлена в RFC 2328./17/

OSPF также отличается от RIP (как и многие другие протоколы маршрутизации) тем, что OSPF использует непосредственно IP. Это означает, что он не использует UDP или TCP. OSPF имеет собственную величину, которая устанавливается в поле протокола (protocol) в IP заголовке.

К тому же, так как OSPF это протокол состояния канала, а не протокол вектора расстояний.

**2.3.3 Протокол BGP**

BGP (протокол граничных маршрутизаторов (Border Gateway Protocol)) – это протокол внешних маршрутизаторов, предназначенный для связи между маршрутизаторами в различных автономных системах. BGP заменяет собой старый EGP, который использовался в ARPANET.

Системы, поддерживающие BGP, обмениваются информацией о доступности сети с другими BGP системами. Эта информация включает в себя полный путь по автономным системам, по которым должен пройти траффик (поток данных), чтобы достичь этих сетей. Эта информация адекватна построению графа соединений AS (автономных систем). При этом возникает возможность легко обходить петли маршрутизации, а также упрощается процесс принятия решений о маршрутизации.

BGP отличается от RIP или OSPF тем, что BGP использует TCP в качестве транспортного протокола. Две системы, использующие BGP, устанавливают TCP соединения между собой и затем обмениваются полными таблицами маршрутизации BGP. Обновления представляются в виде изменений таблицы маршрутизации (таблица не передается целиком).

BGP это протокол вектора расстояний, однако, в отличие от RIP (который объявляет пересылки к пункту назначения), BGP перечисляет маршруты к каждому пункту назначения (последовательность номеров автономных систем к пункту назначения). При этом исчезают некоторые проблемы, связанные с использованием протоколов вектора расстояний./18/

**2.3.4 Протокол IGRP**

Протокол IGRP предназначен для определения маршрутов, которые расположены внутри автономных систем и относится, поэтому, к классу протоколов Interior Gateway Protocol. По способу сбора информации о маршрутах внутри автономной системе этот протокол относится к типу distant–vector.

Этот протокол был разработан специалистами компании Cisco в середине 1980-х годов. В отличие от наиболее популярного протокола маршрутизации RIP, который также является алгоритмом типа distant – vector, протокол IGRP обладал существенными отличиями.

Наиболее существенным отличием протокола IGRP от первой версии протокола RIP являлось наличие комплексного критерия оценки качества маршрута – метрики.

Использование протокола маршрутизации IGRP позволяет определять и обслуживать несколько параллельных маршрутов, которые связывают одну пару источник – приемник. Существенной особенностью данного протокола маршрутизации является то, что эти маршруты не обязательно должны иметь одинаковую метрику для того, чтобы быть использованными в качестве компонентов единого интегрального канала.

**2.3.5 Протокол EIGRP**

Протокол маршрутизации Enhanced IGRP был разработан специалистами компании Cisco, и представляет собой дальнейшее развитие принципов, которые были заложены в IGRP. В частности, по отношению к протоколу IGRP обеспечиваются следующие дополнительные возможности:

• Поддержка внеклассовых IP сетей;

• Передача частичных обновлений таблицы маршрутов;

• Поддержка различных протоколов сетевого уровня.

Формально протокол EIGRP относится к алгоритмам маршрутизации типа distant – vector, однако этот протокол сочетает в себе лучшие качества протокола типа link – state и поэтому может быть отнесен к особому типу протоколов маршрутизации – к гибридным протоколам./18/

**2.3.6 Протокол IS-IS**

Протокол маршрутизации OSI под названием «протокол обмена данными между промежуточными системами IS-IS» (Intermediate System – to – Intermediate System) использует тот же принцип маршрутизации по состоянию каналов, что и рассмотренный выше протоколOSPF. Но если OSPF является разработкой IETF, то протокол IS-IS был создан ISO (International Standard Organization).

Как раз в терминологии ISO маршрутизаторы называются «промежуточными системами» (Intermediate System, IS), а хосты – «конечными системами» (End System, ES). Существует также протокол ES-IS, с помощью которого маршрутизаторы узнают о подключенных к ним хостах, а хосты – о маршрутизаторах.

Оказалось, что протокол IS-IS очень хорошо работает в весьма больших сетях, содержащих более 500 маршрутизаторов.

Подобно OSPF, протокол IS-IS разделяет сеть на области, чтобы не распространять информацию о маршрутах среди всех маршрутизаторов сети, обеспечивая разумные размеры их таблиц маршрутизации, а тем самым – быструю сходимость поиска маршрута.

Названное преимущество протокола IS-IS – в то же время и его существенный недостаток. Этот недостаток связан с так называемой лавинной рассылкой пакетов (flooding), вызываемой внезапным изменением состояния каналов (либо канал неожиданно стал недоступен, либо, наоборот, возобновил свою работу после перерыва). Flooding характеризуется обменом между маршрутизаторами огромным количеством служебных пакетов, т. к. каждый маршрутизатор, соседний с данным, приняв очередное извещение об изменении состояния каналов и обновив свои таблицы маршрутизации, пересылает его дальше../19/

**2.4 Анализ активного оборудования для построения сетей**

Локальная сеть независимо от применяемой топологии, сетевого стандарта и типа использует разного рода оборудование, которое согласно существующим стандартам, правилам и соглашениям умеет передавать и принимать данные.

Оборудование, которое непосредственно участвует в процессе передачи данных путем аппаратной обработки сигнала, называется активным. К нему относятся сетевой адаптер, концентратор, коммутатор и т.д.

**2.4.1 Сетевой «проводной» адаптер**

Сетевой адаптер, или сетевая карта, – это ключевое оборудование, которое используется в качестве посредника между компьютером и средой передачи данных. Без сетевого адаптера невозможен обмен информацией в принципе. Его задача – обработать получившие данные согласно требованиям физического уровня модели iso.

Сетевой адаптер вне зависимости от того, для работы в сетях какого типа он предназначен, служит для обработки данных, поступающих ему от компьютера или по каналу передачи данных. В режиме передачи он преобразует поступившие от компьютера данные в электрический сигнал и отправляет его каналу, используемому для передачи данных. В режиме получения данных он выполняет противоположное действие: преобразует электрические сигналы в данные и передает их протоколам верхнего уровня.

Главное различие сетевых адаптеров, не учитывая конструктивные особенности, – вариант исполнения. Существует три варианта.

– плата для установки в слот расширения. Представляет собой плату, содержащую необходимую аппаратную начинку, которую можно установить в свободный слот расширения материнской платы. До появления atx-стандарта этот вариант исполнения был наиболее распространенным и дешевым. Так, материнская плата (даже бюджетный ее вариант) всегда имеет в своем составе свободный слот, предназначенный для установки устройства любого типа. Как правило, это слот типа pci или pci express в персональных компьютерах и pcmcia-слот в ноутбуках или других переносных устройствах.

– внешний usb-адаптер. Использование usb-адаптеров для расширения функциональности компьютера уже давно стало одним из самых распространенных способов. Часто для подключения адаптера используется удлинительный usb-шнур. Кроме варианта с usb-подключением, нередко встречаются адаптеры, которые с помощью удлинительного шнура подключаются к firewire-порту на материнской плате или дополнительном firewire-контроллере.

– интегрированный адаптер. Данный вариант сетевого адаптера получил, пожалуй, наибольшее распространение. Причиной тому стал atx-стандарт материнских плат, который предусматривает использование интегрированных решений. Однако этот стандарт подразумевает присутствие только сетевого адаптера стандарта 100base-tx или ему подобного. Правда, иногда встречаются материнские платы, которые содержат интегрированный беспроводный контроллер стандарта ieee 802.11b или ieee 802.11g.

**2.4.2 Сетевой беспроводной адаптер**

Несмотря на то что беспроводная сеть в качестве среды передачи данных использует радиоволны, принцип работы беспроводного адаптера похож на принцип работы проводного аналога. Единственное, что их может различать, – наличие антенны.

Количество антенн беспроводного оборудования, в том числе и сетевого адаптера, зависит от сетевого стандарта. Так, для адаптеров сетевых стандартов ieee 802.11a, ieee 802.11b и ieee 802.11gнормальным считается наличие одной антенны

**2.4.3 Концентратор**

Концентратор (хаб, репитер, повторитель) – один из вариантов активного центрального управляющего узла, который необходим для соединения компьютеров в сеть при использовании топологии «звезда». Его можно также применять в качестве усилителя сигнала для увеличения максимальной протяженности сети.

Концентратор использует протоколы, работающие на физическом уровне модели взаимодействия открытых систем, что позволяет использовать его в локальных сетях, построенных с применением любых технологий. Он считается одним из простейших устройств. Его непосредственным заданием является распространение поступившего по одному из портов сигнала на все остальные порты. При этом для него абсолютно неважно, какого типа данные передаются и кому: в любом случае данные транслируются сразу на все порты, что увеличивает трафик в сети, уменьшая тем самым полезную скорость. В связи с этим использование концентратора как центрального устройства оправдано лишь в небольших сетях. В сетях с количеством подключений более 12–14 желательно использовать более интеллектуальное устройство, например коммутатор.

Концентратор представляет собой устройство, содержащее определенное парное количество портов, как правило, не более 24

При этом, как правило, на передней панели коммутатора находятся светодиоды, отображающие активность портов.

Чаще всего встречаются концентраторы, предназначенные для использования с кабелем «витая пара», то есть содержащие порты rj-45. Однако бывают также концентраторы, которые в дополнение к портам rj-45 имеют один порт с вкгс-коннектором. Это позволяет подключать к концентратору коаксиальный сегмент сети, тем самым создавая сеть комбинированной топологии.

Можно встретить и так называемые стоечные концентраторы, корпус которых подразумевает их установку в монтажный шкаф. В этом случае порты для подключения кабеля могут располагаться как на передней, так и на задней панели концентратора.

**2.4.4 Мост**

Сетевой мост – это активное устройство, который используется для объединения в единую сеть разнородных сегментов сети, часто с разной топологией. Его также можно использовать в качестве повторителя для увеличения длины сегментов локальной сети и увеличения количества подключений.

Мост является более интеллектуальным устройством, чем коммутатор. Применяя аппаратную реализацию разных алгоритмов, мост позволяет фильтровать и разделять трафик. Это дает возможность сэкономить на трафике в сети, а также увеличить скорость доставки пакетов с данными компьютерам в нужном сегменте сети.

Мост имеет небольшой размер и содержит минимальное количество портов, как правило, не более 2–3 портов rj-45. В последнее время мост как отдельное оборудование используется достаточно редко, поскольку практически любой коммутатор может выполнять аналогичные функции.

**2.4.5 Коммутатор**

Коммутатор (свитч) – основное устройство активного типа, применяемое в качестве центрального узла для подключения компьютеров в сетях, основанных на топологии «звезда». Его ближайшим по функциональности, но не по «интеллекту» устройством является концентратор, который еще не так давно в силу своей меньшей стоимости получил более широкое распространение.

Большей, чем у концентратора, функциональности коммутатор обязан протоколам, работающим на канальном уровне. Это позволяет избежать лишнего трафика, когда необходимо передать данные от отправителя конкретному компьютеру, не затрагивая при этом остальные компьютеры. За счет этого достигается высокая скорость передачи данных.

Коммутатор представляет собой достаточно интеллектуальное устройство, которое способно обучаться. Он использует мас-адреса устройств, причем эти адреса коммутатор запоминает. Например, когда компьютер передает данные другому компьютеру, коммутатор запоминает мас-адрес отправителя и отправляет данные сразу на все порты, то есть работает как концентратор. Однако это происходит только на первых порах. Как только коммутатор сможет определить мас-адрес каждого компьютера, подключенного к его портам, данные сразу же будут отправляться на конкретный порт, тем самым уменьшая время доставки, а значит, увеличивая скорость передачи данных.

Внешне коммутатор выглядит как коробка с определенным количеством (как правило, не более 48) портов rj-45

Как и в случае с концентраторами, часто встречаются стоечные коммутаторы, предназначенные для установки в монтажный шкаф. При этом стоечные коммутаторы обычно

Можно соединять. Для этого используется либо отдельный rj-45 порт на задней панели, либо один из свободных портов на передней панели.

Еще одним плюсом коммутаторов является возможность управления. Так, различают управляемые и неуправляемые коммутаторы.

Управляемые коммутаторы, кроме набора портов rj-45, содержат еще один порт, с помощью которого их можно подключить к компьютеру и производить настройку. Кроме того, часто управление коммутатором осуществляется с помощью веб-интерфейса через любой браузер, для чего коммутатор снабжается статическим 1 р-адресом, который при необходимости всегда можно изменить.

**2.4.6 Маршрутизатор**

Маршрутизатор (роутер) – еще один представитель активного оборудования, который играет роль центрального узла в случае использования топологии «звезда» или комбинированной топологии. По свои возможностям он является наиболее «интеллектуальным» и может делать все, что выполняют концентратор, мост и коммутатор вместе взятые. А кроме того, имеет еще свой «багаж» возможностей: использование обновляемых таблиц маршрутизации, поддержка виртуальных сетей, работа с разнородными сегментами сети, внутренний брандмауэр и многое другое. Как результат – быстрая и эффективная работа локальной сети без лишних задержек и тем более коллизий.

Протоколы, реализованные в аппаратной части маршрутизатора, позволяют ему работать на сетевом уровне модели взаимодействия открытых систем, а значит – получать доступ практически к любому типу служебной информации, которой оперируют сетевые устройства. В результате таблицы маршрутизации, которые используются для передачи данных между компьютерами, не только всегда актуальны, но и содержат данные об альтернативных маршрутах движения.

Поскольку маршрутизатор является очень ценным устройством для локальной сети, он обычно позволяет управлять собой, для чего может использоваться либо веб-интерфейс с доступом по определенному 1 р-адресу, либо один из управляемых портов.

Внешний вид маршрутизатора мало чем отличается от коммутатора и концентратора, поэтому многие часто путают их

Как правило, маршрутизатор содержит от 16 до 64 портов и обязательно поддерживает возможность установки в стойку монтажного шкафа. Маршрутизатор с 8 портами встречается достаточно редко, и причиной является высокая цена маршрутизатора вообще. Поэтому когда речь идет о приобретении маршрутизатора, то многие предпочитают приобретать устройство с 16 и более портами – так сказать, про запас.

**2.4.7 Точка доступа**

Точка доступа (access point) – представитель активного типа устройств, необходимых для объединения компьютеров в беспроводную сеть. Его аналогом является проводной коммутатор, а в отдельных случаях и маршрутизатор.

Точка доступа в силу особенностей беспроводной среды передачи данных является достаточно интеллектуальным устройством и часто позволяет осуществлять дополнительное управление локальной сетью. Например, в современных точках доступа имеется аппаратная поддержка работы dns- и dhcp-серверов, что позволяет строить структурированные локальные сети, представляющие собой упрощенный вариант доменной структуры. Кроме того, точка доступа одновременно является брандмауэром, способным фильтровать и блокировать пакеты, а также, что самое главное, содержит информацию, необходимую для аутентификации пользователей.

Внешний вид точки доступа зависит от некоторых факторов.

– наличие дополнительных портов rj-45. Достаточно часто точка доступа является тем средство, которое позволяет объединить в одну сеть как беспроводных, так и проводных клиентов. В связи с этим для подключения последних используют порты rj-45 стандарта

– количество и мощность антенн. Различные сетевые стандарты подразумевают использование разного количества антенн, поэтому на точке доступа их будет столько, сколько это предусмотрено стандартом.

Однако часто встречаются точки доступа, которые содержат дополнительную антенну, что позволяет сделать покрытие сети более широким и увеличить уровень сигнала. Кроме того, некоторые точки доступа позволяют подключать внешнюю антенну, для чего оборудуются соответствующим гнездом либо делают стандартную антенну съемной, и на ее место можно вкрутить антенну с большим коэффициентом усиления.

– средства индикации. На передней панели точки доступа всегда присутствует определенное количество светодиодов, которые сигнализируют о переходе точки доступа в тот или иной режим, а также отображают активность дополнительных портов. Количество средств индикации напрямую зависит как от функциональных возможностей точки доступа, так и от количества дополнительных портов на задней панели.

– тип исполнения. Поскольку беспроводная сеть может организовываться как в закрытом помещении, так и на открытом воздухе, корпус точки доступа должен быть готов к этому. Поэтому офисные точки доступа отличаются от точек доступа для внешнего использования. Как минимум различаются вид и материал корпуса. Могут быть и другие отличия, например в наличии портов и креплений для громо- и грозозащиты, портов для подключения внешней антенны, питания и т. П.

**2.4.8 Модем**

Модем – активное оборудование, предназначенное для соединения двух удаленных точек, например компьютеров или сегментов сети. Чаще всего он используется для подключения компьютера к интернету.

Слово «модем» является сокращением от слов «модулятор» и «демодулятор», что подразумевает наличие в составе устройства соответствующей аппаратной начинки, которая выполняет модуляцию и демодуляцию сигнала.

Модем имеет цифровой интерфейс связи с компьютером (цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразования и аналоговый интерфейс для связи с телефонной линией). Он состоит из процессора, памяти, аналоговой части, ответственной за сопряжение модема с телефонной сетью, и контроллера, который всем управляет.

У стандартного аналогово-цифрового модема обмен информацией происходит по обычной телефонной линии в диапазоне частот 300–3400 гц.

Преобразование аналогового сигнала осуществляется достаточно просто: с определенной частотой измеряются его характеристики и записываются в цифровой форме по определенному алгоритму. В обратной последовательности идет преобразование цифровой информации.

Главное различие модемов – вариант их исполнения. Бывают внешние и внутренние

Модемы. Внутренние, как правило, выполнены в виде платы расширения, которая вставляется в свободный слот компьютера. В случае с персональным компьютером это слот pci или Pci express, в случае с переносными устройствами – слот pcmcia.

В зависимости от типа модема и среды передачи данных различается скорость их передачи. Скорость обычного цифрово-аналогового модема, работающего с телефонной аналоговой линией, равна 33,6–56 кбит/с. Кроме того, широкое распространение получили adsl-модемы, которые используются для организации скоростного подключения к интернету

Скорость передачи данных у таких модемов обычно находится в пределах 1–8 мбит/ с, но теоретически возможна скорость выше 20 мбит/с.

**2.4.9 Антенна**

В беспроводной сети антенна имеет большое значение, особенно если к ней подключено активное сетевое оборудование, например точка доступа, концентратор, маршрутизатор и т.д. Хорошая антенна позволяет сети работать с максимальной отдачей, достигая при этом своих теоретических пределов дальности сигнала и скорости передачи данных.

Антенны бывают всенаправленные и узконаправленные, а также различаются вариантом их использования: внутри здания или на открытом воздухе кроме того, основным показателем возможностей антенны является ее коэффициент усиления сигнала. Например, узконаправленная антенна позволяет достичь большего радиуса сети, что используют, когда необходимо соединить два удаленных сегмента беспроводной сети. Всенаправленная антенна распространяет сигнал вокруг себя, что дает возможность другим устройством, установленным рядом, взаимодействовать друг с другом. Однако, учитывая особенности распространения сигнала, ожидать от такого способа особых результатов не приходится. Использование антенны с большим коэффициентом усиления позволяет увеличить радиус сети и, соответственно, уровня сигнала, особенно на дальних точках подключения./20/

**2.5 Антены**

**2.5.1 Антенна направленная 10 dBi**

Приемопередающая направленная наружняя антенна (фазированная решетка). Две таких антенны, подключенных непосредственно к сетевым радиокартам или радиобриджам, и направленных друг на друга, обеспечивают дальность связи до 3 км. С усилителями(с каждой стороны) дальность связи возрастает до 6–8 км.

Рабочий диапазон частот 2.4–2.483 ГГц.

Коэффициент усиления – 10 dBi.

Ширина диаграммы направленности на уровне -3 dB:

– в горизонтальной плоскости 15 гр,

– в вертикальной плоскости 40 гр.

– отсутствуют боковые и задние лепестки.

Геометрические размеры антенны – 25 х 15 х 2 см.

### 2.5.2 Антенна направленная 16 dBi

Приемопередающая направленная наружняя антенна (фазированная решетка). Две таких антенны, подключенных непосредственно к сетевым радиокартам или радиобриджам, и направленных друг на друга, обеспечивают дальность связи до 10–12 км. С усилителями (с каждой стороны) дальность связи возрастает до 20–30 км.

Рабочий диапазон частот 2.4–2.483 ГГц.

Коэффициент усиления – 17 dBi.

Ширина диаграммы направленности на уровне -3 dB:

– в горизонтальной плоскости 15 гр,

– в вертикальной плоскости 40 гр.

– отсутствуют боковые и задние лепестки.

Геометрические размеры антенны – 49 х 22 х 2,5 см.

**2.5.3 Антенна направленная параболическая 24dBi**

Приемопередающая сегментопараболическая наружняя антенна используется для создания радиоканалов на больших расстояниях. Две таких антенны, подключенных непосредственно к сетевым радиокартам или радиобриджам, и направленных друг на друга, обеспечивают дальность связи до 40 км. С усилителями (с каждой стороны) дальность связи более50 км. При работе со всенаправленной антенной 11 dBi дальность связи – до 8 км, с усилителем – до 50 км.

Рабочий диапазон частот 2.4–2.483 ГГц.

Коэффициент усиления – 24 dBi.

Ширина диаграммы направленност на уровне -3 dB:

– в горизонтальной плоскости 10 гр,

– в вертикальной плоскости 15 гр.

Геометрические размеры антенны – 60 х 90 см. /21/

**2.5.4 Всенаправленная антенна 12dBi**

При работе с направленной антенной 24 dBi дальность связи – до 13 км, с усилением – до 20 км.

Технические характеристики антенны

Тип антенны – коллинеарная антенная решетка

Входное сопротивление 50 Ом

Рабочий диапазон частот 2400–2500 МГц

Коэффициент усиления в рабочей полосе частот 12 dB

Поляризация Вертикальная (горизонтальная – на заказ)

Ширина ДН в вертикальной плоскости (вектор Е) 6.5°

Ширина ДН в горизонтальной плоскости (вектор Н) 360°

КСВ в рабочей полосе частот <1.8:1

Разъем – гнездо N типа (female)

Габариты – 1030х170х95 мм

Ветровая нагрузка 150 км/ч

Максимальная подводимая мощность 50 Вт

Масса не более 2 кг

Исполнение – внешнее, всепогодное

Способ молниезащиты – необходим внешний грозоразрядник

Крепление на горизонтальную трубу диаметром 20–40 мм двумя U-болтами

|  |  |
| --- | --- |
| В горизонтальной плоскости:  | В вертикальной плоскости:  |

Рис. 9. Диаграмма направленности на центральной частоте рабочего диапазона

Работает с изделиями ARLAN PC4800, ARLAN BR500, ARLAN AP4800, ARLAN UC4800 и WaveLAN, WavePOINT при наличии соответствующих разъемов-переходников./22/

**2.6 Оборудование РРЛ**

Оборудоване любой современной радиорелейной системы для магистральной РРЛ подразделяют на следующие группы: 1) антенна и АФТ, 2) приемопередающая СВЧ (сверхвысокочастотная) аппаратура, 3) модемы, 4) вспомогательное оборудование.

Приемопередающую СВЧ аппаратуру часто выполняют конструктивно в виде отдельных СВЧ стоек: стойки приемников и стойки передатчиков. В каждой стойке размещают несколько таких устройств для организации многоствольной РРЛ. Существуют и другие конструктивные решения, например, объединение СВЧ приемника и СВЧ передатчика в одной стойке или установка их на вертикальных штативах.

В состав стойки модема входит несколько модуляторов и демодуляторов, устройства их резервирования, оконечные устройства ТФ и ТВ стволов.

Вспомогательное оборудование в свою очередь содержит аппаратуру резервирования, служебной связи, телеобслуживания, гарантированного электропитания, осушки АФТ.

Важно отметить, что в таких радиорелейных системах модулятор конструктивно отделен от СВЧ передатчика (демодулятор – от СВЧ приемника), а между собой они соединены по ПЧ промежуточная частота

Соединение между приемником СВЧ и передатчиком СВЧ на ПРС также выполнено по ПЧ. Такое конструктивное решение позволяет комплектовать все станции одной магистральной РРЛ типовыми СВЧ стойками.

Принятое подразделение аппаратуры РРЛ на группы оказалось также удобным при создании комплекса унифицированных радиорелейных систем. Такой комплекс, как правило, содержит набор аппаратуры, позволяющий построить ряд РРЛ, работающих в нескольких диапазонах частот, причем для всех систем одинакова так называемая унифицированная аппаратура: модемы и вспомогательное оборудование. Для каждого рабочего диапазона разработана своя приемопередающая СВЧ аппаратура, а антенны и АФТ имеют свои особенности. Примером является отечественный комплекс унифицированных радиорелейных систем (КУРС), позволяющий организовать РРЛ в диапазонах 2, 4, 6, 8 ГГц. Переход от разработки и эксплуатации отдельных радиорелейных систем к комплексу унифицированных радиорелейных систем имеет ряд существенных достоинств. К ним относятся снижение издержек производства и стоимости хранения аппаратуры за счет унификации узлов, улучшение обслуживания и др.

**3. Расчетно-графическая часть**

**3.1 План местности с указанием опорных узлов**

Рис. 10. Карта с указанием опорных узлов (Бузулук – Сухоречка-Малогосвицкое)

Рис. 11. Карта с указанием опорных узлов (Малогосвицкое – Подколки)

Рис. 12. Карта с указанием опорных узлов (Подколки)

Рис. 13. Карта с указанием опорных узлов (Семеновка-Затоновский-Паникла)

Рис. 14. Карта с указанием опорных узлов (Паникла-Бугуруслан)

Карты, представленные на рисунках 10 -14 показывают расположение опорных узлов территориальной сети передачи данных Оренбург – Соль-Илецк.

Красные метки соответствуют промежуточным станциям, которые предназначены для приема сигналов от предыдущей станции радиорелейной линии, усиления этих сигналов и излучения в направлении последующей станции РРЛ.

Синие метки соответствуют оконечным станциям. На данных станциях происходит преобразование сигналов информации в сигналы, передаваемые по РРЛ.

**3.2 Основные технические решения по построению региональной сети передачи данных**

**3.2.1 Организация мультисервисной опорной сети**

Рост популярности мультисервисных сетей связи – одна из самых заметных тенденций российского рынка телекоммуникационных услуг в последние годы. Для корпоративного рынка объединение всех удаленных подразделений в единую мультисервисную сеть на порядок увеличивает оперативность обмена информацией, обеспечивая доступность данных в любое время. Благодаря возможности обмениваться большими объемами данных между офисами можно устраивать селекторные совещания и проводить видеоконференции с отдаленными подраздел

Мультисервисная сеть представляет собой универсальную многоцелевую среду, предназначенную для передачи речи, изображений и данных с использованием технологии коммутации пакетов (IP). Она отличается надежностью, характерной для телефонных сетей (в противоположность негарантированному качеству связи через Интернет), и обеспечивает низкую стоимость передачи в расчете на единицу объема информации (приближающуюся к стоимости передачи данных по Интернету). Вообще говоря, основная задача мультисервисных сетей заключается в том, чтобы обеспечить работу разнородных информационных и телекоммуникационных систем и приложений в единой транспортной среде, когда для передачи и обычного трафика (данных), и трафика другой информации (речи, видео и т.д.) используется единая инфраструктура.

Мультисервисная сеть открывает массу возможностей для построения многообразных наложенных сервисов поверх универсальной транспортной среды – от пакетной телефонии до интерактивного телевидения и Web-сервисов. Сеть нового поколения имеет следующие особенности:

– универсальный характер обслуживания разных приложений;

– независимость от технологий услуг связи и гибкость получения набора, объема и качества услуг;

– полная прозрачность взаимоотношений между поставщиком услуг и пользователями.

Мультисервисная сеть, используя единый канал для передачи данных разных типов, дает возможность уменьшить разнообразие типов оборудования, применять единые стандарты и технологии, централизованно управлять коммуникационной средой. Мультисервисные сети поддерживают такие виды услуг, как телефонная и факсимильная связь; выделенные цифровые каналы с постоянной скоростью передачи; пакетная передача данных (FR) с требуемым качеством сервиса; передача изображений, видеоконференцсвязь; телевидение; услуги по требованию (On-Demand); IP-телефония; широкополосный доступ в Интернет; сопряжение удаленных ЛВС, в том числе работающих в различных стандартах; создание виртуальных корпоративных сетей, коммутируемых и управляемых пользователем.

Надо отметить, что мультисервисные сети – это скорее технологическая доктрина или новый подход к осознанию сегодняшней роли телекоммуникаций, основанный на понимании того, что компьютер и данные сегодня выходят на первое место по сравнению с речевой связью. Основные отличия таких сетей состоят в следующем:

– возможность передачи большому количеству пользователей в реальном времени очень больших объемов информации с необходимой синхронизацией и с использованием сложных конфигураций соединений;

– интеллектуальность (управление услугой, вызовом и соединением со стороны пользователя или поставщика сервиса, раздельная тарификация и управление условным доступом);

– инвариантность доступа (организация доступа к услугам независимо от используемой технологии);

– комплексность услуги (возможность участия нескольких провайдеров в предоставлении услуги и разделение их ответственности и дохода сообразно с видом деятельности каждого).

Основные проблемы, ограничивающие сегодня распространение широкополосного доступа, а значит, и внедрение мультисервисных сетей, заключаются в том, что это требует значительных инвестиций в отрасль. Кроме того, в нашей стране отсутствует мощная многогигабитная магистральная инфраструктура и слабо развиты абонентские сети.

Круг потенциальных пользователей мультисервисных сетей весьма широк. Это, во-первых, бизнес-центры, фирмы, расположенные в одном здании. Корпоративным клиентам необходимо множество телефонных линий, высокоскоростной доступ в Интернет, системы аудио- и видеоконференцсвязи, сигнализации и телеметрии. Это также крупные холдинги, имеющие территориально удаленные филиалы и подразделения, это компании, использующие удаленные автоматические терминалы (банкоматы, торговые автоматы). Это системы телемедицины разного уровня и компании мобильной связи, распределенные офисы, коммутационные центры и базовые станции которых также могут подключаться к единой мультисервисной сети.

Согласно экспертным оценкам, линии связи на основе радиорелейного оборудования во многих случаях могут быть альтернативой волоконно-оптическим линиям. И дело не только в том, что за долгую историю развития радиорелейной связи оборудование постоянно совершенствовалось и достигло высокого технического уровня, но и в дешевизне радиорелейных линий. Кроме того, использование радиорелейных технологий позволяет оперативно развертывать сети связи различной топологии («звезда», «кольцо» и т.д.).

Рис. 15 Модель мультисервисной сети на базе РРС

**3.2.2 Организация опорных узлов РСПД**

Успешное развитие радиосвязи сопровождается увеличением скоростей и объемов передаваемой информации. Для передачи возрастающих потоков информации с малыми потерями используют сигналы с более широкой полосой, что требует расширения диапазона частот, занимаемого системой связи. В свою очередь, передача сигналов с более широкой полосой требует перехода на более высокие несущие частоты. Тем более, что расширять полосу рабочих частот систем связи в уже освоенных диапазонах волн становится невозможным из-за тесноты в эфире.

В результате, современные системы связи осваивают диапазоны все более коротких волн. К достоинствам диапазонов ультракоротких волн относится также несущественный уровень атмосферных и индустриальных помех. Кроме того, широкополосные сигналы позволяют использовать прогрессивные виды модуляции и другие приемы обработки сигналов, обеспечивающие лучшие характеристики помехоустойчивости приема. В то же время нужно помнить, что радиоволны с длиной волны короче 10 метров можно эффективно использовать лишь в пределах границ прямой видимости.

Компромиссным решением при построении широкополосных систем связи, предназначенных для работы на больших дальностях, является применение радиорелейных линий связи (РРЛ). Радиорелейные линии представляют собой цепочку ретрансляторов, обеспечивающих поочередную передачу радиосигналов между оконечными станциями. Различают два вида радиорелейных систем передачи (РРСП) – РРСП прямой видимости, станции которых размещаются на расстоянии прямой видимости, и тропосферные РРСП, использующие рассеяние и отражение радиоволн в нижних областях атмосферы при взаимном расположении станций далеко за пределами прямой видимости.

В РРСП прямой видимости для увеличения расстояния между станциями радиорелейных линий антенны ретрансляторов подвешивают на высокие сооружения (мачты, опоры, высотные строения и т.д.). В условиях равнинной местности высота поднятия антенн 60… 100 метров позволяют организовать уверенную связь на расстояниях 40… 60 километров.

Цепочку радиорелейной линии составляют радиорелейные станции трех типов: оконечные радиорелейные станции (ОРС), промежуточные радиорелейные станции (ПРС), узловые радиорелейные станции (УРС). Условная радиорелейная линия связи схематично представлена на рисунке 16.

Рис. 16 Радиорелейная линия связи

На оконечной радиорелейной станции начинается и заканчивается тракт передачи. Аппаратура ОРС осуществляет преобразование сигналов, поступающих от разных источников информации (телефонные сигналы от междугородней телефонной станции, телевизионные сигналы от междугородней телевизионной аппаратной и т.д.) в сигналы, передаваемые по радиорелейной линии, а также обратное преобразование сигналов, приходящих по РРЛ, в сигналы телерадиовещания или телефонии. Радиосигналы ОРС с помощью передающего устройства и антенны излучаются в направлении следующей, обычно промежуточной, радиорелейной станции.

Промежуточные радиорелейные станции предназначены для приема сигналов от предыдущей станции радиорелейной линии, усиления этих сигналов и излучения в направлении последующей станции РРЛ.

На каждой промежуточной радиорелейной станции установлены по две антенны, ориентированные на соседние РРСП. Каждая из антенн является приемопередающей, то есть используется и для приема, и для передачи сигналов. Одним из преимуществ работы радиорелейной линии связи в сверхвысокочастотном (СВЧ) диапазоне является возможность применения высоконаправленных антенн с малыми габаритами. Небольшие размеры антенн упрощают их установку на высоких сооружениях. Хорошие направленные свойства антенн СВЧ диапазона позволяют облегчить требования к характеристикам приемопередающего тракта.

Одна цепочка приемопередатчиков РРЛ образует СВЧ симплексный (т.е. предназначенный для передачи сигналов в одном направлении) ствол. Структура симплексного ствола с учетом плана распределения частот приведена на рисунке 17

Рис. 17 Распределение частот в символьном стволе радиорелейной линии

Два симплексных ствола, работающие во встречных направлениях, образуют дуплексный СВЧ ствол. Для передачи сигналов в обратном направлении может быть использована та же пара частот, что и в прямом направлении (двухчастотная система), либо другая пара частот (четырехчастотная система). Структурная схема одноствольной дуплексной промежуточной радиорелейной станции приведена на рисунке 18.

Рис. 18 Структурная схема дуплексной ПРС

Для увеличения пропускной способности радиорелейной линии на каждой радиорелейной станции устанавливают несколько комплектов приемопередающей аппаратуры, подключенных к общей антенне. Магистральные радиорелейные линии связи могут иметь до восьми дуплексных СВЧ стволов (из них 6…7 рабочих и 1…2 резервных).

Кроме ОРС и ПРС для ввода в радиорелейную линию дополнительных потоков информации и вывода из РРЛ части передаваемой информации используют узловые радиорелейные станции. В узловых радиорелейных станциях, как и в ОРС, имеется аппаратура преобразования телефонных, радио и телевизионных сигналов в сигналы, передаваемые по РРЛ, и аппаратура обратного преобразования. Кроме того, от узловых радиорелейных станций могут начинаться новые радиорелейные линии (ответвления).

При проектировании радиорелейных линий следует учитывать и возможные изменения условий распространения радиоволн. Так, при повышенной рефракции (искривление направления распространения радиоволн) сигналы могут распространяться далеко за горизонтом. Поэтому колебания, излучаемые радиорелейной станцией с частотой, например, f1, могут быть приняты не только соседней станцией, но и станцией, отстоящей от нее через три пролета. Но для последней станции это будет паразитным сигналом, так как она должна принимать сигналы только от ближайшей станции. Нежелательные сигналы от всех других станций будут вызывать ухудшение качества приема.

Для устранения подобных явлений ретрансляторы радиорелейной линии связи располагают не по прямой линии, а зигзагом, так, чтобы не совпадали главные направления соседних участков трассы, использующих одинаковые частоты. При этом используют направленные свойства антенн. Радиорелейные станции разносят от генерального направления радиорелейной линии связи таким образом, чтобы направлению на станцию, отстоящую через три пролета, соответствовали минимальные уровни диаграммы направленности антенны. На рисунке 19 показаны три пролета участка трассы РРЛ. На крайних пролетах используются одинаковые частоты. На такой трассе даже при сильной рефракции радиоволн сигналы от станций с номерами ПРСi и ПРСi+2 практически не влияют друг на друга. На рисунке заметно, что антенны практически не воспринимают радиоволны, приходящие с направления, лежащего на прямой, связывающей эти станции.

Рис. 19 Схема расположения ретрансляторов на трассе радиорелейной линии связи

Тропосферные радиорелейные системы передачи используют локальные объемные неоднородности атмосферы, вызываемыми различными физическими процессами, происходящими в околоземном пространстве. Эти неоднородности способны отражать и рассеивать электромагнитные колебания при их распространении в атмосфере. Поскольку неоднородности располагаются на значительной высоте, то и рассеиваемые ими радиоволны могут распространяться на большие расстояния, значительно превышающие расстояние прямой видимости.

В силу нерегулярной структуры неоднородностей тропосферы сигналы тропосферных линий подвержены глубоким замираниям. Это затрудняет передачу больших объемов информации с хорошим качеством. С учетом изложенных обстоятельств тропосферные радиорелейные линии связи оказывается выгодным строить в труднодоступных и удаленных районах при не слишком больших объемах передаваемой информации. На рисунке 20 показан участок трассы радиорелейной линии связи. При этом расстояния между станциями можно выбирать до нескольких сотен километров, а емкость систем связи может составлять десятки телефонных каналов.

Рис. 20 Участок трассы радиорелейной линии связи

**3.3 Спецификация**

Ниже описано оборудование применяемое при постороении РРЛ на участке Бузулук-Бугуруслан.

### 3.3.1 Антенна направленная параболическая ПАР-2

Антенна предназначена для приема и передачи широкополосных радиосигналов диапазона 2400–2500 МГц. Применяется для построения беспроводных радиосетей передачи данных на оборудовании Cisco Aironet, Revolution, Avaya Wireless и других стандарта IEEE802.11 и IEEE802.11b.

Особенно эффективна при построении ретрансляторов и дальних линков. Обеспечивает дальность связи без усилителей до 40 км.

Рис. 21 Антена ПАР2. Диаграмма направленности

Особое внимание при производстве антенн ПАР уделяется качеству применяемых материалов и изготовлению. Применение сетчатой конструкции отражателя с преимущественным ориентированием элементов излучения в одной плоскости позволило существенно ослабить кросполяризацию.

Технические характеристики

Коэффициент усиления 30 dBi

Соотношение мощности излучения в передней и задней полусферах 32 dBi

Ширина диаграммы направленности на уровне -3 dB 6 град.

Максимальная мощность До 25 Вт

Разъем N-типа, Male

Поляризация Линейная

Подавление кросполяризации 32 dB

Вес антенны с креплением 5,5 кг

Размер антенны 120х120 см

Атмосферо-устойчивое покрытие Порошковая эмаль

Максимальная скорость ветра 35 м/сек

Диаметр мачты для установки 28–45 мм.

**3.3.2 Модем**

Рис. 22 Модем МД-8

МД-8 – Цифровой модем производства Радиан.

Функциональные характеристики:

Модем МД-8 стыкуется по ПЧ 70 МГц с любым типом радиорелейного оборудования (КУРС, КОМПЛЕКС, ГТТ, ФМ и др.)

Технические характеристики:

Скорость цифрового потока – 8448 кбит/с.

Для передачи входного и выходного цифрового потока используется код НDВ-3. Вход и выход потока несимметричный (75 Ом). Стык соответствует рекомендации G703 МСЭ-Т. Вид модуляции ЧМ.

Напряжение сигнала ПЧ на выходе аппаратуры: 500± 50 мВ

Спектр занимаемых частот по уровню минус 30 дБ: (70 ± 8,5) МГц

Номинальное напряжение сигнала ПЧ на входе аппаратуры: 75…750 мВ

Номинальная частота сигнала ПЧ на выходе аппаратуры: 70± 3 МГц

Электропитание осуществляется от источника постоянного тока напряжением: 20…29 В или 54…72В

Потребляемая мощность не более: 20 Вт

Аппаратура должна эксплуатироваться в отапливаемом помещении:

– при температуре окружающей среды: от +5 до +40 °С

– относительной влажности: до 80% при температуре +25 °С

Конструктив: приемо / передающая секция типа «ЕВРОМЕХАНИКА» (Стандарт 19»)

Габаритные размеры: 483х44х250 мм

Масса не более: 3 кг./25/

**3.3.3 Коаксиальный СВЧ кабель RG-402**

Высококачественный гибкий коаксиальный СВЧ кабель 50 Ом, диаметром 0.141 дюйма (3.58 мм) (по внешнему экрану) с фторопластовым диэлектриком, наиболее часто применяющийся в различной СВЧ аппаратуре аэрокосмического назначения. Сплошной посеребренный центральный проводник обеспечивает высокую амплитудную стабильность передаваемого сигнала при изгибах. Внутренний экран из спирально намотанной посеребренной медной ленты с 40% перекрытием между слоями, позволяет добиться отличной гибкости кабеля и практически 100%-ного экранирования. Специальная прецизионная технология намотки ленты с учетом параметров эластичности диэлектрика позволяет получить однородное волновое сопротивление по длине кабеля и безупречный контакт между отдельными витками ленточного экрана. Наружный экран в виде оплетки из посеребренного медного провода выполняет, главным образом, функции защитного элемента. Учитывая высокую температурную стойкость и химическую инертность внешней оболочки из FEP (фторированного этиленпропилена, экструдируемого тефлона) кабель допускает применение в агрессивных средах. Данный СВЧ кабель рекомендуется использовать в особо ответственных случаях, где требуются высокая точность передачи сигнала в сочетании с высокой гибкостью. Позволяет проводить большую мощность.

Рис. 22 СВЧ кабель RG 402

Подробная спецификация

Таблица 1 – Конструктив СВЧ кабель RG-402

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Материал | Диаметр | Описание |
| Центральный проводник | Омедненная сталь покрытая серебром | 0.92 мм | Сплошной |
| Диэлектрик | Фторопласт | 2.97 мм | Сплошной |
| Основной экран | Посеребренная медь | 3.25 мм | 100% покрытие |
| Оплетка | Посеребренная медь | 3.58 мм | Плотность оплетки – 97% |
| Оболочка | Экструдируемый тефлон | 4.14 мм | Цвет – синий |

Таблица 2 – Характеристики СВЧ кабель RG-402

|  |  |
| --- | --- |
| Номинальная погонная емкость | 95.1 пФ/м |
| Импеданс | 50±2 Ом |
| Максимальная рабочая частота | 20 ГГц |
| Рабочая температура | -55 +200 °C |
| Эффективность экранирования | 100 дБ (макс.) |
| Коэффициент укорочения | 1.43 |
| Вес | 0.0436 кг/м |

Таблица 3 – Затухание и средняя мощность RG-402

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота, МГц | 500 | 1000 | 3000 | 5000 | 10000 | 18000 | 20000 |
| Затухание, дБ/100 м | 26 | 39 | 75 | 101 | 152 | 215 | 229 |
| Средняя мощность, кВт | 0.6 | 0.4 | 0.21 | 0.155 | 0.105 | 0.075 | 0.07 |

**3.4 Размещение оборудования на узлах**

Вид и количество оборудование наоконечных радиорелейных и промежуточных станциях представим виде таблицы

Таблица 4 – Оборудование на узлах

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид | Оборудование | Кол – во |
| ОРС | Антенна направленная параболическая ПАР-24 | 1 шт |
| Цифровой модем МД 8 | 1 шт |
| коаксиальный кабель СВЧ типа RG-402 | 2 шт. |
| ПРС | Антенна направленная параболическая ПАР-24 | 2 шт |
| коаксиальный кабель СВЧ типа RG-402 | 1 шт. |

**3.5 Расчет радиоканала передачи данных**

### Расчет затухания в антенно-фидерном тракте.

Потери в антенно–фидерном тракте (АФТ) приемника и передатчика складываются из следующих величин:

* затухание в кабеле;
* затухание в разъемах.

Затухание в дополнительном антенно-фидерном оборудовании (разветвителях, согласующих устройствах и др.) и определяются по формуле:

, (1)

где WC – погонное затухание сигнала в кабеле на рабочей частоте, дБ/м;

L – длина кабеля, м;

WCC – потери в разъеме, дБ;

N – количество разъемов, шт.;

Wдоп – потери в дополнительном антенно-фидерном оборудовании, дБм.

Для расчета затухания в кабеле необходимо знать значение погонного затухания на рабочей частоте, которое зависит от марки кабеля. Значения погонного затухания в различных типах кабелей представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Значения погонного затухания в различных типах кабелей

|  |  |
| --- | --- |
| Марка кабеля | Затухание, дБ/м |
| RG 402 | 0,26 |
| Belden9913 | 0,3 |
| LMR 200 | 0,6 |
| LMR 400 | 0,3 |
| LMR 600 | 0,2 |
| S» LDF | 0,5 |
| SUPERFLEX | 0,6 |

При значительной длине кабеля для компенсации затухания ВЧ-сигнала могут применяться компенсационные приемопередающие усилители. В этом случае потери ВЧ-сигнала на участке АФТ от выхода СВЧ-модуля до модемного входа усилителя компенсируются и в расчетах принимаются равными 0. При этом должно выполняться условие:

КПРМ>WАФТ, (2)

где КПРМ – коэффициент усиления приемного тракта усилителя;

WАФТ – затухание сигнала в АФТ.

Потери в разъемах составляют от 0.5 до 2 дБ на каждый разъем и сильно зависят от качества заделки разъемов.

Расчет затухания в АФТ на РРС.

Данные для расчета затухания в АФТ представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Данные для расчета АФТ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Наименование | Ед. изм. | Значение |
| WC | погонное затухание сигнала в кабеле | дБ/м | 0,26 |
| L | длина кабеля | м | 10 |
| WCC | потери в одном разъеме | дБ | 0,5 |
| N | количество разъемов | шт. | 4 |

По формуле (1) потери в АФТ составляют:

WАФТ = 0,26 ∙ 10 + 0,5 ∙ 4 + 0 = 4,6 дБ.

Данные для расчета затухания в АФТ на РРС №4–5 представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Данные для расчета АФТ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Наименование | Ед. изм. | Значение |
| WC | погонное затухание сигнала в кабеле | дБ/м | 0,26 |
| L | длина кабеля | м | 10 |
| WCC | потери в одном разъеме | дБ | 0,5 |
| N | количество разъемов | шт. | 2 |
| Wдоп | потери в разветвителе | дБ | 0,5 |

По формуле (1) потери в АФТ составляют:

WАФТ = 0,26 ∙ 10 + 0,5 ∙ 2 + 0,5 = 4,1 дБ.

### Расчет эффективной изотропной излучаемой мощности

Эффективная изотропная излучаемая мощность определяется по формуле:

EIRP = РПРД - WАФТпрд + GПРД, (2)

где РПРД – выходная мощность передатчика, дБм;

WАФТпрд – потери сигнала в АФТ передатчика, дБ;

GПРД – усиление антенны передатчика, дБи.

Данные для расчета эффективной изотропной излучаемой мощности на РРС №1 и 8 представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Параметры РРС №1 и 8

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Наименование | Ед. изм. | Значение |
| РПРД | выходная мощность СВЧ-модуля | дБм | 18 |
| GПРД | коэффициент усиления антенны | дБи | 24 |
| WАФТпрд | потери сигнала в АФТ передатчика | дБ | 4,6 |

По формуле (2) эффективная изотропная излучаемая мощность составляет:

EIRP = 18 – 4,6 + 24 = 37,4 дБм.

Данные для расчета эффективной изотропной излучаемой мощности на РРС №2 – 7 представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Параметры РРС

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Наименование | Ед. изм. | Значение |
| РПРД | выходная мощность СВЧ-модуля | дБм | 18 |
| GПРД | коэффициент усиления антенны | дБи | 24 |
| WАФТпрд | потери сигнала в АФТ передатчика | дБ | 4,1 |

По формуле (2) эффективная изотропная излучаемая мощность составляет:

EIRP = 18 – 4,1 + 24 = 37,9 дБм.

### Расчет радиотрассы.

При подвесе антенн на высоте H1 и Н2 предельно возможная длина трассы распространения радиоволн по прямой видимости обуславливается кривизной земной поверхности и определяется по формуле:

, (3)

где LMAX – максимально возможная длина трассы распространения радиоволн, км;

H1, Н2 – высота подвеса антенны, м.

Данные для расчета максимальной длины трассы распространения радиоволн в таблице 10.

Таблица 10 – Высота подвеса антенны РРС

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Место установки | Направление | Значение, м |
| Н12 | Бузулук | Сухоречка | 60 |
| Н21 | Сухоречка | Бузулук | 65 |
| Н23 | Сухоречка | Малогосвицкое | 63 |
| Н32 | Малогосвицкое | Сухоречка | 62 |
| Н34 | Малогосвицкое | Подколки | 65 |
| Н43 | Подколки | Малогосвицкое | 60 |
| Н45 | Подколки | Семеновка | 62 |
| Н54 | Семеновка | Подколки | 67 |
| Н56 | Семеновка | Затоновский | 62 |
| Н65 | Затоновский | Семеновка | 63 |
| Н67 | Затоновский | Паникла | 60 |
| Н76 | Паникла | Затоновский | 64 |
| Н78 | Паникла | Бугуруслан | 63 |
| Н87 | Бугуруслан | Паникла | 60 |

По формуле (3) предельно возможная длина трассы распространения радиоволн в пределах прямой видимости составит:

– для направления Бузулук – Сухоречка

– для направления Сухоречка – Малогосвицкое:

– для направления Малогосвицкое – Подколки:

– для направления Подколки – Семеновка:

– для направления Семеновка-Затоновский:

– для направления Затоновский – Паникла:

– для направления Паникла – Бугуруслан:

Расчет потерь при распространении радиоволн.

Расчет потерь в радиоканале производится по формуле:

, (4)

где r – расстояние между антеннами приемника и передатчика, км.

Данные для расчета потерь при распространении радиоволн приведены в таблица 11.

Таблица 11 – Расстояние между РРС

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение | Расстояние между РРС | Значение, км |
| Место установки №1 | Место установки №2 |
| r1 | Бузулук | Сухоречка | 11 |
| r2 | Сухоречка | Малогосвицкое | 16 |
| r3 | Малогосвицкое | Подколки | 10,9 |
| r4 | Подколки | Семеновка | 26 |
| r5 | Семеновка | Затоновский | 26 |
| r6 | Затоновский | Паникла | 14,5 |
| r7 | Паникла | Бугуруслан | 9,7 |

По формуле (4) потери при распространении радиоволн для радиотрассы составляют:

– для направления Бузулук – Сухоречка

– для направления Сухоречка – Малогосвицкое:

– для направления Малогосвицкое – Подколки:

– для направления Подколки – Семеновка:

– для направления Семеновка-Затоновский:

– для направления Затоновский – Паникла:

– для направления Паникла – Бугуруслан:

**Заключение**

В расчетно-графическом задании было выполнено проектирование аппаратных средств для построения территориальной сети передачи данных.

В исследовательской части рассмотрены принципы построения многоканальных систем передачи данных и их математические модели. Были подвергнуты расчету характеристики радиорелейные линий связи.

Рассмотрены каналы передачи данных, основные компоненты проводных сетей и анализ протоколов маршрутизации. Проведен сравнительный анализ технологий проводного доступа и беспроводного. Выполнена технологическая часть и расчетно-графическая часть с указанием опорных узлов на плане местности.

**Список использованных источников**

1. Википедия – свободнаяобщедоступная многоязычная универсальная интернет-энциклопедия – М.: OIM.RU, 2001–2010. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org. – 10.05.2010.
2. Перспективы радиорылейной связи 2009. – Режим доступа: http://www.connect-portal.info/radio\_relei\_perspectivi.html
3. Радиорылейная связь – Режим доступа: http://asp24.ru/obzory/radiorelyenaya-svyaz/
4. Рагузина В.Г. Курс лекций для студентов очного и заочного отделений по специальности 210406 – «Сети связи и системы коммутации» Орск 90 с.
5. Локальные сети – Режим доступа: http://www.lessons-tva.info/edu/telecom-loc/m1t2\_2loc.html
6. Сети. Электронная библиотека М.: 2009 Режим доступа: http://rk6.bmstu.ru/electronic\_book/net/net02/canal.htm
7. Беспроводной доступ. Перспективы – Режим доступа: http://nmkrupin.narod.ru/wimax.html
8. Орлов С. Ethernet в сетях доступа // LAN. Журнал сетевых решений. 2004. №1.
9. Парфенов Ю.А., Мирошников Д.Г. «Последняя миля» на медных кабелях. – М.: Эко-Тренз, 2001.
10. Блушке А. «Родословная» хDSL, или Попытка классификации технологии хDSL для «последней мили» // Технологии и средства связи. 2000. №1.
11. Барабаш П.А., Воробьев С.П., Махровский О.В., Шибанов В.С. Мультисервисные сети кабельного телевидения. – СПб.: Наука, 2000.
12. Барабаш П.А., Воробьев С.П., Махровский О.В., Шибанов В.С. Мультисервисные сети кабельного телевидения. 2-е издание. – СПб.: Наука, 2004.
13. Котиков И.М. Классификация и сравнительный анализ технологий проводного доступа // Технологии и средства связи. Специальный выпуск «Системы абонентского доступа», 2004.
14. Долотов Д.В. Оптические технологии в сетях доступа // Технологии и средства связи. Специальный выпуск «Системы абонентского доступа», 2004.

15 Вычислительные системы, сети и телекоммуникации / В.Л Бройдо – СПб Питер, 2002–688 с.ил.

16 Максимов Н.В., Попов И.И. Компьютерные сети пособие для студентов учереждений среднегопрофессианального образования. – 3-е изд, испр. И доп. – М.: ФОРУМ, 2008. – 448 с.: ил.

17 Сети и протоколы. Режим доступа: http://www.soslan.ru/tcp/tcp10.html

18 Сети Режим доступа: http://dmtsoft.ru/bn/468/as/oneaticleshablon/

19 Сети связи следующего поколения. Автор Д.С. Гулевич Режим доступа: http://www.intuit.ru/department/network/ndnets/12/4.html

20 Компьютерные советы Режим доступа: http://sysbook.org.ua

21 Оборудование РРЛРежим доступа: http://www.nnn.tstu.ru/twn/technhard\_k.html

22 РРЛ связьРежим доступа: http://www.lr.kiev.ua/hps/page13.html

23 Организация узлов связи РРЛ Режим доступа: http://siblec.ru/index.php? dn=html&way=bW9kL2h0bWwvY29udGVudC82c2VtL2NvdXJzZTk5L2xlYzMuaHRt

24 Автор: Фролов С.А., Бухаров С.А. Источник: Технологии и средства связи No2, 2004 г.

25 РРЛ**.** Режим доступа: http://www.connect.ru/catgoods.asp? raz=135&ID=866#