

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Радиоуправления и связи»

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
по дисциплине

«Теория построения современных сетей и систем»
Специальность подготовки – 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и
системы связи»

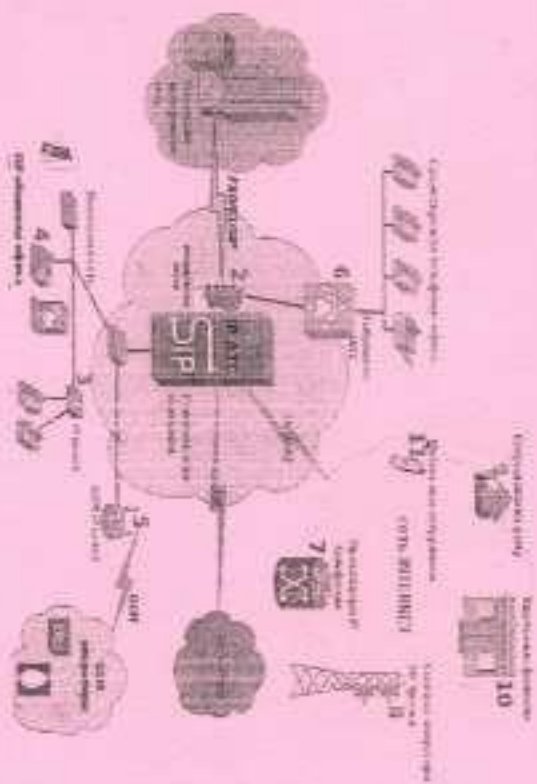
Специальность (профиль) подготовки
Интеллектуальные системы и сети телекоммуникаций

Квалификация выпускника – магистр
Форма обучения – очная

Рязань 2025г.

С.Н. КИРИЛЛОВ, В.Т. ДМИТРИЕВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕЙ СВЯЗИ



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральный государственный университет информационных технологий
им. Б.П. Удальцова

С.Н. КИРИЛЛОВ, В.Т. ДМИТРИЕВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Учебное пособие

Рязань 2019

Проектирование сетей связи: учеб. пособие / С.Н. Кириллов, В.Т. Дмитриев. Рязань: Рязан. гос. радиотехн. ун-т им. Б.Ф. Уткина. Рязань, 2019. 48 с.

Состоит из двух частей. Первая часть содержит теоретические сведения о проектировании интеллектуальных сетей связи, сетей IP-телефонии, а также корпоративных сетей связи. Вторая часть содержит примеры расчета фрагмента интеллектуальной сети и сети IP-телефонии, а также пример моделирования корпоративной сети с применением пакета OpNet IT Suite Academic Edition v.9.1.

Предназначено для студентов при проектировании сетей связи и соответствует программам дисциплин подготовки 11.03.02 и 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» и «Специалист по специализации 11.05.01 «Радиозвездные системы и комплексы».

Табл. 3. Ил. 14. Библиогр.: 31 назв.

IP-телефония, стандарты GRS-7, корпоративная сеть, интеллектуальная сеть (IN), программный пакет OpNet

Печатается по решению редакционно-издательского совета Рязанского государственного радиотехнического университета.

Рецензент: кафедра радиотехники и связи РГРТУ (зам. кафедрой д-р техн. наук, проф. С.Н. Кириллов)

Проектирование сетей связи

Кириллов Сергей Николаевич
Дмитриев Владимир Тимурович

Редактор Н.А. Орлова
Корректор Р.К. Мантулова

Подписано в печать 26.03.2019. Формат бумаги 60 x 84 1/16.

Бумага писчая. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 3,0.

Тираж 50 экз. Заказ 3695.

Рязанский государственный радиотехнический университет.

390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1.

Редакционно-издательский центр РГРТУ.

© Рязанский государственный
радиотехнический университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ТЕОРИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ.....	5
1.1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ.....	5
1.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕЙ IP-ТЕЛЕФОНИИ.....	7
1.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ СВЯЗИ.....	13
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ.....	18
2.1. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТРАКТОВ ОКС-7 ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ СТАНЦИЙ SSP И УЗЛА SCP ИС СВЯЗИ.....	18
2.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕЙ IP-ТЕЛЕФОНИИ.....	19
2.2.1. Постановка задачи проектирования.....	19
2.2.2. Расчет пропускной способности узла доступа с учетом структуры нагрузки, поступающей от абонентов, использующих различные услуги.....	20
2.2.3. Расчет требований к пропускной способности мультисервисного узла доступа.....	24
2.2.4. Расчет времени задержки, задерживаемости и коэффициента использования системы.....	25
2.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ.....	28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	43
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА СЕТЕЙ СВЯЗИ.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. СПЕЦИФИКАЦИЯ ОСНОВНОГО СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	48

ВВЕДЕНИЕ

Рассматриваются теоретические основы и практические методы проектирования телекоммуникационных систем и сетей в части расчетов параметров сетей связи и анализа трафика. Цель и задачи проектирования сетей связи – ознакомить студентов с особенностями проектирования цифровых АТС с использованием IP-телефонии, изучить принципы проектирования и эксплуатации сетей связи общего пользования, типы проектирования и эксплуатации сетей связи.

Основной учебной литературой по проектированию сетей связи являются [1...7]. В задачи курсового проектирования входят развитие у студентов навыков научно-исследовательской и проектно-конструкторской работы в области создания систем связи, построение цифровых электронных АТС, ознакомление с протоколами стека ОКС-7, знакомство с методами проектирования сетей IP-телефонии и корпоративных сетей [8...12].

В рамках проекта студенты обязаны провести расчет количества трактов ОКС-7, расчет времени задержки, интенсивности и коэффициента использования системы, изучить научно-техническую литературу. Решаемые в работе задачи направлены на изучение и закрепление знаний в области проектирования сетей связи.

- В ходе выполнения проектирования сетей связи студент должен:
- 1) изучить вопросы расчета производительности узла доступа, требования к производительности мультисервисного узла доступа;
 - 2) ознакомиться с построением цифровых электронных АТС;
 - 3) провести проектирование сети связи с пакетной передачей данных.

1. ТЕОРИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

1.1. Проектирование интеллектуальных сетей связи

В данном разделе курсового проектирования рассматривается функционирование АТС в режиме узла коммутации услуг SSP (Service Switching Point) интеллектуальной сети (ИС, Intelligent Network) (рис. 1.1) [2,5].

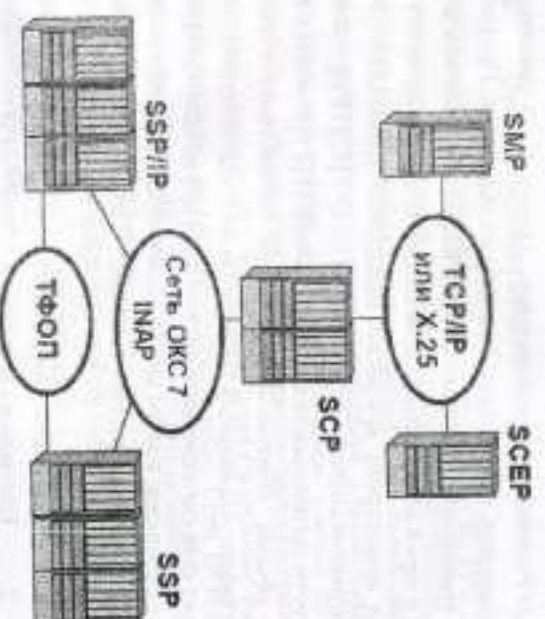


Рис. 1.1. Структура интеллектуальной сети связи

В центре ИС находится узел управления услугами SCP (Service Control Point), сосредоточивающий весь интеллект сети и взаимодействующий через сеть ОКС-7 с коммутационными узлами и станциями, которые в терминах ИС стали называться узлами коммутации услуг SSP [10, 22]. В коммутаторах SCP, наряду с базой данных, программируются и так называемая логика услуг, состоящая из сценариев, описывающих

ту или новую услугу. Архитектура ИС включает в себя еще две основные системы – узел среды создания услуг SCP и узел эксплуатационного управления услугами SMF, которые служат для программирования услуг и для расылки программ и данных, необходимых для их выполнения, по почтовому обмену, участвующим в процессе предоставления услуг. Детально концепции ИС изложена в [1, ... 18]. Для поддержки информационных потоков между узлами ИС специфицирован стандартный протокол интеллектуальной сети INAP (Intelligent Network Application Protocol), который определяет синтаксис и семантику выполняемых операций, названия и порядок их обработки. Протокол INAP нацелен на трансляции, поддерживающих взаимодействие между моделью АТС и базой данных через сеть ОКС-7. В настоящее время он базируется на прикладном протоколе поддержки трансляций (ТСАР) и стека протоколов системы синхронизации ОКС-7 [8, 21]. Проектирование и расчет сети синхронизации в соответствии с [11] производится для определения объема оборудования, набора подсистем синхронизации ОКС-7 и таблиц сигнальных маршрутов на каждом пункте синхронизации. Расчет сети синхронизации производится для каждого оператора сети связи в отдельности, а затем между взаимодействующими операторами сетей связи. Методика расчета сети ОКС-7 включает следующие этапы [21]:

1. Ввод исходных данных;
2. Построение первичной топологии сети синхронизации;
3. Расчет сигнальной нагрузки;
4. Определение структуры сети, подлежащих и не подлежащих оптимизации;
5. Выбор варианта маршрутизации для фрагмента сети;
6. Расчет эффективных характеристик и числа звеньев синхронизации во всех звеньях фрагмента;
7. Проверка результатов оптимизации.

При проектировании ИС требуется провести расчет числа сигнальных трактов ОКС-7 между SSP и SCP. С этой целью необходимо [20]:

- 1) определить среднее число транзакций на один вызов;
- 2) определить среднее число INAP-транзакций в секунду, передаваемых в одном направлении;
- 3) рассчитать количество трактов ОКС-7 между SSP и SCP.

1.2. Проектирование сети IP-телефонии

IP-телефония — телефонная связь по протоколу IP. Под IP-телефонией подразумевается набор командных протоколов, технологий и методов, обеспечивающих традиционные для телефонии набор номера, вызов и двустороннее голосовое общение, а также видеобщение по сети Интернет или любым другим IP-сетям. Сигнал по каналу связи передается в цифровом виде и, как правило, перед передачей преобразовывается (сжимается) с тем, чтобы уложить избыток информации в стандартный пакет, который передается по сети. Сети IP-телефонии предоставляют возможности для вызовов четырех основных типов [9]:

1. «От телефона к телефону». Вызов идет с телефонного аппарата (ТА) к АТС, на один из выходов которой подключен шлюз IP-телефонии, и через IP-сеть доходит до другого шлюза, который осуществляет обратные преобразования.

2. «От компьютера к телефону». Мультимедийный компьютер, оснащенный программное обеспечение IP-телефонии, звуковую плату (адаптер), микрофон и акустические системы, подключается к IP-сети (адаптер), и с другой стороны шлюз IP-телефонии им устанавливает связь через АТС с ТА.

Следует отметить, что в соединителях 1-го и 2-го типов вместо ТА могут быть включены факсимильные аппараты, и в этом случае сеть IP-телефонии должна обеспечивать передачу факсимильных сообщений.

3. «От компьютера к компьютеру». В этом случае соединение устанавливается через IP-сеть между двумя мультиплексными компьютерами, оборудованными аппаратными и программными средствами для работы с IP-телефонией.

4. «От WEB-браузера к телефону». С развитием сети Интернет стал возможен доступ и к речевым услугам. Например, на WEB-странице некоторой компании в разделе «Контакты» размещается кнопка «Вызов», нажав на которую, можно осуществить речевое соединение с представителем данной компании без набора телефонного номера. Стоимость такого звонка для вызывающего пользователя входит в стоимость работы в сети Интернет.

Каждый терминал в сети TCP/IP имеет адрес трех уровней.

1. Физический (MAC-адрес) – локальный адрес узла, определяемый технологией, с помощью которой построена отдельная сеть, в которую входит данный узел. Для узлов, входящих в локальную сеть, – это MAC-адрес сетевого адаптера или порта маршрутизатора, например 11-A0-17-3D-BC-01. Эти адреса назначаются производителями оборудования и являются уникальными адресами, так как управляются централизованно. Для всех существующих технологий локальных сетей MAC-адрес имеет формат 6 байтов: старшие 3 байта – идентификатор фирмы-производителя, а младшие 3 байта назначаются уникальным образом самим производителем. Для узлов, входящих в глобальную сеть, входящая X.25 или frame relay, локальный адрес назначается администратором глобальной сети.

2. Сетевой (IP-адрес), состоящий из 4-х байт, например 109.26.17.100. Этот адрес используется на сетевом уровне. Он назначается администратором во время конфигурирования компьютеров и маршрутизаторов. IP-адрес состоит из двух частей: номера сети и номера узла. Номер сети может быть выбран администратором произвольно или назначен по рекомендации специального подразделения Internet (Network Information Center, NIC), если сеть должна работать

как составная часть Internet. Обычно провайдеры услуг Internet получают диапазоны адресов у подразделения NIC, а затем распределяют их между своими абонентами.

Номер узла в протоколе IP назначается независимо от локального адреса узла. Десятичное IP-адреса на поле номера сети и номера узла – типичное, и граница между этими полями может устанавливаться весьма произвольно. Узел может входить в несколько IP-сетей. В этом случае узел должен иметь несколько IP-адресов, по числу сетевых связей. Таким образом, IP-адрес характеризует не отдельный компьютер или маршрутизатор, а одно сетевое соединение.

3. Символьный (DNS-имя) – идентификатор-имя, например SERV1.IBM.COM. Этот адрес назначается администратором и состоит из нескольких частей, например имени машины, имени организации, имени домена. Такой адрес, называемый также DNS-именем, используется на прикладном уровне, например в протоколах FTP или telnet.

IP-адрес имеет длину 4 байта и обычно записывается в виде четырех чисел, представляющих значения каждого байта в десятичной форме и разделенных точками, например: 128.10.2.30 – традиционная десятичная форма представления адреса, 10000000 00001010 00000010 00011110 – двоичная форма представления этого же адреса.

Адрес состоит из двух логических частей – номера сети и номера узла в сети. Какая часть адреса относится к номеру сети, а какая к номеру узла, определяется значениями первых битов адреса.

• Если адрес начинается с 0, то сеть относится к классу А и номер сети занимает один байт, остальные 3 байта интерпретируются как номер узла в сети. Сети класса А имеют номера в диапазоне от 1 до 126. (Номер 0 не используется, а номер 127 зарезервирован для специальных целей, о чем будет сказано ниже.) В сетях класса А количество узлов должно быть больше 216, но не превышать 224.

• Если первые две бита адреса равны 10, то сеть относится к классу В и является сетью средних размеров с числом узлов 28 – 216. В сетях класса В под адрес сети и под адрес узла отводится по 16 битов, т.е. по 2 байта.

• Если адрес начинается с последовательности 110, то это сеть класса С с числом узлов не больше 28. Под адрес сети отводится 24 бита, а под адрес узла – 8 битов.

• Если адрес начинается с последовательности 1110, то он является адресом класса D и обозначает особые, групповой адрес – мультикаст. Если в пакете в качестве адреса назначения указан адрес класса D, то такой пакет должны получить все узлы, которым присвоен данный адрес.

• Если адрес начинается с последовательности 11110, то это адрес класса E, он резервирован для будущих применений.

В таблице приведены диапазоны номеров сетей, соответствующих каждому классу сетей.

Класс	Наименьший адрес	Наибольший адрес
A	01.0.0	* 126.0.0.0
B	128.0.0.0	191.255.0.0
C	192.0.1.0	223.255.255.0
D	224.0.0.0	239.255.255.255
E	240.0.0.0	247.255.255.255

В протоколе IP-адрес узла, т.е. адрес компьютера или порта маршрутизатора, назначается произвольно администратором сети и никак не связан с его локальным адресом. Подход, используемый в IP, удобно использовать в крупных сетях и по причине его независимости от формата локального адреса и по причине стабильности, так как в

противном случае при смене на компьютере сетевого адаптера эти изменения должны бы были учитывать все адресах всемирной сети Internet (в том случае, конечно, если сеть подключена к Internet).

Локальный адрес используется в протоколе IP только в пределах локальной сети при обмене данными между маршрутизатором и узлом этой сети. Маршрутизатор, получив пакет для узла одной из сетей, непосредственно подключенных к его портам, должен для передачи пакета сформировать кадр в соответствии с требованиями принятой в этой сети технологии и указать в нем локальный адрес узла, например его MAC-адрес. В противном случае этот адрес не указан, поэтому перед маршрутизатором встает задача поиска его по известному IP-адресу, который указан в пакете в качестве адреса назначения. С аналогичной задачей сталкивается и конечный узел, когда он хочет отправить пакет в удаленную сеть через маршрутизатор, подключенный к той же локальной сети, что и данный узел.

Для определения локального адреса по IP-адресу используется протокол разрешения адреса Address Resolution Protocol, ARP. Существует также протокол, решающий обратную задачу – нахождение IP-адреса по известному локальному адресу. Он называется реверсивный ARP – RARP (Reverse Address Resolution Protocol) и используется при старте бездисковых станций, не знающих в начальный момент своего IP-адреса, но знаящих адрес своего сетевого адаптера.

Узел, которому нужно выполнить отображение IP-адреса на локальный адрес, формирует ARP-запрос, кодирует его в кадр протокола канального уровня, указывая в нем известный IP-адрес, и рассылает запрос широковещательно. Все узлы локальной сети получают ARP-запрос и сравнивают указанный там IP-адрес с собственным. В случае их совпадения узел формирует ARP-ответ, в котором указывает свой IP-адрес и свой локальный адрес и отправляет его уже направленно, так как в ARP-запросе отправитель указывает свой локальный адрес. ARP-запросы и ответы используют один и тот же формат пакета.

Так как локальные адреса могут в различных типах сетей иметь разную длину, то формат пакета протокола ARP зависит от типа сети. В глобальных сетях администратору сети чаще всего приходится вручную формировать ARP-таблицы, в которых он задает, например, соответствие IP-адреса адресу узла сети X.25, который имеет смысл локального адреса. В последнее время наметилась тенденция автоматизации работы протокола ARP и в глобальных сетях. Для этой цели среди всех маршрутизаторов, подключенных к какой-либо глобальной сети, выделяется специальный маршрутизатор, который ведет ARP-таблицу для всех остальных узлов и маршрутизаторов этой сети. При таком централизованном подходе для всех узлов и маршрутизаторов вручную нужно задавать только IP-адрес и локальный адрес выделенного маршрутизатора. Затем каждый узел и маршрутизатор регистрирует свои адреса в выделенном маршрутизаторе, а при необходимости установленная связь между IP-адресом и локальным адресом узла осуществляется в выделенному маршрутизатору с запросом и автоматически получает ответ без участия администратора.



Рис 1.2. Возможная структура Н.323-сета

К числу объектов протокола H323 относятся терминалы (Terminal), шлюз (Gateway), устройство управления конференциями (Multipoint Control Unit - MCU) и привратник (GateKeeper). Терминалы -

окопеченное мультимедийное Н.323-устройство пользователи может быт, как программным (приточенное на компьютере), так и аппаратным – Т.А. Терминалам могут назначаться один или несколько дсездомиков (номера телефонов, названий). Шлюз – устройство, предназначенное для сопряжения разнородных сетей. Так, рекомендации ITU-T содержат информацию по сопряжению Н.323-устройств с устройствами сетей ISDN, АТМ и ТФОП. Устройство управления конференциями предназначено для осуществления централизованной конференцион. При этом устройство управления контролирует процесс создания конференции, подключение новых участников, микширование аудио- и видео потоков, а также процесс разрушения конференции. Привратник – основной управляющий элемент сети Н.323 [9], координирующий и контролирующий работу всех ее устройств. К его задачам относятся: аутентификация, авторизация, разрешение имен, управление пропускной способностью, используемой Н.323-устройствами. Как правило, сеть Н.323 разбивается на "зоны" [11], в каждой из которых присутствует привратник, управляющий переносами ему устройствами. Для обеспечения высокой надежности одну "зону" могут обслуживать несколько привратников, тогда один из них называется "главным", а остальные – "альтернативными". Помимо управления и централизованного разрешения имен абонентов, привратники также могут предоставлять дополнительные возможности, например выполнять функции прокси-сервера для клиентских и мультимедиааппаратов. Сервер МСУ, предназначенный для организации конференций с участием участников более 3-х, координирует передачу управляющей и опционально мультимедийной информации между участниками конференций.

1.3. Проектирование корпоративной сети связи

Корпоративная сеть – компьютеризированная система, принадлежащая и/или управляемая одной организацией и соответствующая с правилами этой организации [22,29]. Корпоративная сеть отличается от сети,

например, Интернет-провайдер тем, что правила распределения IP-адресов, работы с Интернет-ресурсами и т. д. едины для всей корпоративной сети, в то время как провайдер контролирует только магистральный сегмент сети, позволяя своим клиентам самостоятельно управлять их сегментами сети. Эти сегменты могут как являться частью адресного пространства провайдера, так и быть скрытым механизмом сетевой триникации адресов за одним или несколькими адресами провайдера.

Основу информационной системы корпоративной сети составляет вычислительная система, включающая такие компоненты, как кабельная сеть и активное сетевое оборудование, компьютерное и периферийное оборудование, оборудование хранения данных (библиотечки), системное программное обеспечение (операционные системы, системы управления базами данных), специальное программное обеспечение (ПО) (системы мониторинга и управления сетями) и в некоторых случаях прикладное ПО. Как правило, в корпоративной сети используется централизованная система управления сетью [22]. Ядро сети предоставляет собой маршрутизатор и серверы различного назначения. На маршрутизаторе хранится и рассчитывается таблица маршрутизации. По принципам формирования таблицы маршрутизации бывают статические и динамические [20].

При моделировании корпоративной сети рекомендуется использовать статические таблицы маршрутизации, так как количество маршрутизаторов в среднем не превышает трех. При построении более крупных сетей со сложной конфигурацией оборудования целесообразно использовать динамическую маршрутизацию. Доступ пользователей к ядру сети осуществляется через коммутатор, организующие локальные сети. Основной технологией для построения корпоративной сети в настоящее время является Ethernet.

В настоящее время проектирование корпоративных сетей производится с помощью программного пакета Riverbed Modeler Academic.

Edition [7], который предоставляет собой индивидуальную среду для моделирования, анализа и прогнозирования производительности ИТ-инфраструктуры, в том числе приложений, сервисов и сетевых технологий.

Рекомендации по проектированию корпоративных сетей

Основные сетевые протоколы и технологии реализованы в программных и аппаратных средствах ряда фирм, и задача проектировщика сети (системного интегратора) – правильно выбрать эти средства для заданных условий конкретного предприятия, обеспечиваемый уровень производительности и надежности при минимизации затрат. После определения основных программно-аппаратных средств выполняются этапы:

- согласование проекта и состава оборудования;
- поставка оборудования;
- тестирование сети;
- конфигурирование портов коммутаторов;
- сдача в эксплуатацию.

Среди основных рекомендаций следует упомянуть следующие:

1. Информатизация и автоматизация деятельности предприятия должны начинаться с анализа процессов функционирования его подразделений. Необходимо выявить информационные потребности подразделений, решаемые задачи, информационные потоки между подразделениями, установить, какие процессы требуют автоматизации и компьютеризации и в какую очередь. Целесообразно проводить эту работу совместно с работниками самих подразделений, с самого начала выделять сотрудников предприятия, которые будут поддерживать и развивать информационную структуру, административные и сетевые средства.

2. Если сеть создается заново (особенно в новых зданиях), целесообразен комплексный подход к проектированию кабельной сетевой сети. При этом в проекте нужно учитывать прокладку не только коммуникаций для передачи данных, но и одновременно соединенный телефон-

ной связи, проводов пожарной и охранной сигнализации, кабельного телевидения и т.п., а возможно, и использование для этих целей некоторых общих кабельных соединений.

3. При выборе типа линии связи между отдельными стоящими зданиями необходимо провести сравнительный анализ проводных линий и радиоканалов.

4. Кабельная система проектируется как независимая. В наиболее популярной схеме кабельной системы и размещения коммутационного оборудования внутри здания рекомендуется под коммутационное оборудование отводить помещение на этаже с максимальным числом рабочих мест или с отрывоченным доступом посторонних лиц, горизонтальную (этажную) проводку выполнять витой парой категории 5 (длина до 90 м) или коаксиальным кабелем, вертикальную проводку (межэтажную) – ВОЛС или коаксиальным кабелем.

5. Относительно выбора одного из двух наиболее популярных вариантов построения подсетей (ДВС) – Ethernet или Token Ring, однозначные выводы отсутствуют. Если нагрузка подсети может превышать 35 % (т.е. без учета конфликтов передачи данных в сети занимает 35 % времени), то лучше использовать Token Ring. При меньшей нагрузке предпочтительнее Ethernet, так как обеспечиваются меньшие задержки. Вариант Ethernet можно применить и при большом трафике, но тогда нужно предусмотреть разделение ДВС на подсети с мостовым соединением между ними. Число подсетей и распределение рабочих мест по подсетям рекомендуется определять по правилу 80/20, по которому 80% трафика должно сосредотачиваться внутри подсети и только 20 % следует отводить во вне, иначе эффективность Ethernet будет невысокой. Следует также рассмотреть целесообразность использования виртуальных ДВС.

6. При выборе типов коммутационного оборудования полезно ориентироваться на средства, предоставляемые одной фирмой, иначе

возможны нестыковки, несмотря на общность используемых стандартов, могут возникнуть затруднения при последующей эксплуатации и развитии сети.

7. Если сеть связывает удаленные друг от друга здания, в частности расположенные в разных городах, то возможны варианты использования выделенных каналов связи или сетей общего пользования (прежде всего Internet). Вторым вариантом обходится значительно дешевле, но в этом случае нужно обратить особое внимание на обеспечение информационной безопасности (разграничение доступа, установка защитных экранов – брандмауэров и т.п.).

8. Для корректировки и верификации проекта сети нужно использовать имеющиеся средства имитационного моделирования.

Примерами программ анализа и моделирования вычислительных сетей могут служить COMNET III и OPNET.

9. Разрабатывается конфигурация сети. Все узлы сети распределяются по рабочим группам, а затем рабочие группы – по подсетям. С учетом оценок прогнозируемого трафика и его характера, числа узлов и подсетей выбирается структура сети и типы сетевого оборудования. Если нет уверенности в том, что состав пользователей в рабочих группах будет стабильным, то целесообразно использовать виртуальные ДВС. Необходимо учесть, возможности масштабирования сети, если ожидается ее расширение в процессе эксплуатации.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

2.1. Расчет количества трактов ОКС-7 для соединения станции SSP и узла SCP ИС связи

Провести расчет числа сигнальных линий ОКС-7 в соответствии с вариантами заданий, необходимыми для соединения станции SSP и узла SCP ИС (приложение 1). Показан перечень услуг ИС показан в [14].

В качестве примера приведен расчет фреймвита ИС, требующего следующего сервиса: бесплатный вызов FRN (FreePhone), вызов по кредитной карте COS (Credit Calling Card), вызов по предоплаченной карте FCC (Prepaid Calling Card), телераспределение VOT (TeleVoting), вызов по расчетной карте ACS (Account Calling Card), вызов на доплату по платежной карте PRM (Premium Rate). Варианты заданий даны в приложении 1.

Для расчета принять: $n_{\text{фр}} = 1$; $n_{\text{фр}} = 7$; $n_{\text{фр}} = 7$; $n_{\text{фр}} = 7$; $n_{\text{фр}} = 1$; $n_{\text{фр}} = 1$; $L_{\text{фр}} = 140$ байт; $\rho_{\text{фр}} = 0,7$.

Рассчитать среднее число транзакций на один вызов по формуле [21]:

$$N_{\text{фр}} = \sum_{\substack{\text{транзакция} \\ \text{в вызове}}} n_{\text{фр}} \cdot P_{\text{фр}}, \quad (2.1)$$

где $N_{\text{фр}}$ – среднее число транзакций на один вызов каждой услуги;

$P_{\text{фр}}$ – общее число вызовов каждой услуги из общего числа вызовов.

Определить среднее число INAP-транзакций в секунду, переданных в одном направлении (интенсивность трафика), по формуле [7]:

$$L_{\text{фр}} = \frac{\lambda \times N_{\text{фр}}}{3,6}, \quad \text{тр/с.} \quad (2.2)$$

где λ – общее количество вызовов по всем услугам в ЧИН (сумма $P_{\text{фр}}$).

Количество линий ОКС-7 между SSP и SCP равно:

$$n_{\text{фр}} = \text{Max} \left[\frac{L_{\text{фр}} \times L_{\text{фр}} \times 8}{6400 \times \rho_{\text{фр}}} \right], \quad (2.3)$$

где $L_{\text{фр}}$ – средняя длина одной INAP-транзакции; $\rho_{\text{фр}}$ – коэффициент загрузки ОКС-7; $\text{Max} \left[\right]$ – округление до целого в максимальную сторону.

2.2. Проектирование сети IP-телефонии

2.2.1. Постановка задачи проектирования

При проектировании сети IP-телефонии необходимо выполнить следующие этапы.

1. Сделать расчет числа пакетов от первой группы (телефония).
2. Провести расчет числа пакетов от второй группы (телефония и Интернет).
3. Провести расчет числа пакетов от третьей группы абонентов (iprle rlyu, при этом пользоваться по одному кабелю широкополосного доступа предоставляется одновременно три сервиса — высокоскоростной доступ в Интернет, кабельное телевидение и телефонная связь).
4. Оценить требования к производительности маршрутизатора, агрегирующего трафик мультисервисной сети доступа NGN.
5. Рассчитать время задержки, интенсивности и коэффициенты использования системы.
6. Сделать выводы по проделанной работе.

Исходные данные для расчета приведены для каждого варианта в таблице в приложении 1 в виде значений следующих параметров сети IP-телефонии: номера кодовок – K, доля абонентов 1-й группы – P1, доля абонентов 2-й группы – P2, доля абонентов 3-й группы – P3, количество вызовов в час – f1, средняя длительность разговора – t1 минут, объем переданных данных в ЧИН – V1, Mбайт/с, объем переданных данных в

ЧНН - V_3 , Мбайт/с; время просмотра видео в час наибольшей нагрузки - T_3 , минут; мультисервисный узел доступа обслуживает N абонентов.

Рассчитать число пакетов, создаваемых пользователями сети IP-телефонии, использующими кодеки речевых сигналов (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Параметры кодеков сетей IP-телефонии

Номер	Кодек	Скорость потока	Размер пакета, мс	Задержка, мс	Оценка MOS	Суммарный поток
1	G.711	64 кбит/с	20	0	4,4	81,2
2	ILBC	15,2 кбит/с	20	0	4	29
3	ILBC	13,3 кбит/с	30	0	4	28
4	GSM	13 кбит/с	20	0	3,5	35,4
5	G.729	8 кбит/с	20	5	4,07	31,2
6	AMR	7,40 кбит/с	20	20	3,4	
7	G.723.1	6,3 кбит/с	30	7,5	3,87	21,9
8	G.728	16 кбит/с				
9	Speex	2,15 кбит/с				
10	G.723.1	5,3 кбит/с	30	7,5	3,69	20,8

2.2.2. Расчет производительности узла доступа с учетом структуры нагрузки, поступающей от абонентов, использующих различные услуги

Рассчитать параметры сети для кодеков согласно варианту задания. Длительность дешифрации Трес равна 20 мс согласно рекомендации RFC 1889 [23]. При этом в секунду передается следующее количество кадров[9]:

$$n = 1 / T_{\text{тр}} = 1 / 20 \cdot 10^{-3} = 50 \text{ кадров в секунду.} \quad (2.4)$$

Размер пакетизированных данных определяется по формуле:

$$h_j = v_j \cdot T_{\text{тр}} \cdot n \quad (2.5)$$

где v_j – скорость кодирования, байт/с; h_j – размер пакетизированных данных; $T_{\text{тр}}$ – длительность одной речевой выборки (длительность пакета).

Рассчитать v_j – скорость кодирования, байт/с; h_j – размер пакетизированных данных для двух выбранных согласно варианту кодеков (индекс j соответствует 1 – для первого кодека, 2 – для второго кодека).

При использовании кодека скорость кодирования и размер пакетизированных данных определяются по формулам:

$$v_j = R_{\text{к}} / 8 \text{ (байт/с)}, \quad h_j = v_j \cdot T_{\text{тр}} \text{ (байт)}, \quad (2.6)$$

где $R_{\text{к}}$ – скорость потока из табл.2.1.

Для определения размера пакета необходимо учесть заголовки [11]: h_p – 20 байт; UDP – 8 байт; RTT – 12 байт.

Суммарный размер пакета для кодека определяется по формуле:

$$h_{\text{с}} = h_j + h_p + UDP + RTT. \quad (2.7)$$

Для определения числа пакетов, генерируемых первой группой абонентов, необходимо учесть их долю в общей структуре пользователей, количество вызовов в час наибольшей нагрузки (ЧНН), среднюю длительность разговора, т.е.

$$N_0 = n_0 \cdot l_0 \cdot f_0 \cdot N, \quad (2.8)$$

где N_0 – число пакетов, генерируемое первой группой пользователей в ЧНН; n_0 – число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом; l_0 – средняя длительность разговора в секундах для первой группы абонентов; f_0 – число вызовов в ЧНН для первой группы абонентов; N – доля пользователей первой группы в общей структуре абонентов; N – общее число пользователей.

Для расчета числа пакетов, передаваемых в результате предоставления голосовыми сервисами, для второй группы абонентов используются данные полученной ранее формулы для первой группы абонентов [12]:

$$N_{2,0} = n_0 \cdot t_0 \cdot f_0 \cdot p_2 \cdot N_1 \quad (2.9)$$

где $N_{2,0}$ – число пакетов, генерируемое второй группой пользователей в ЧНН при использовании голосовых сервисов; n_0 – число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом; t_0 – средняя длительность разговора в секундах для второй группы абонентов; f_0 – число вызовов в ЧНН для второй группы абонентов; p_2 – доля пользователей второй группы в общей структуре абонентов; N_1 – общее число пользователей.

Для расчета числа пакетов в ЧНН необходимо задаться объемом передаваемых данных. Предположим, что абоненты второй группы относятся к Интернет-серфингу, т.е. в основном просматривают веб-страницы. Средний объем данных, передаваемых за час при таком способе подключения, составит около V_2 , что необходимо выразить в битах. То есть V_2 (Мбайт) = $8 \cdot 1024 \cdot 1024$. Число пакетов, передаваемых в ЧНН абонентами второй категории, будет равно:

$$N_{2,0} = p_1 \cdot N \cdot V_2 / h_2 \quad (2.10)$$

где $N_{2,0}$ – количество пакетов, генерируемых в ЧНН абонентами второй группы при использовании сервисов передачи данных; p_1 – доля пользователей второй группы в общей структуре абонентов; h_2 – размер поля данных пакета; N – общее число пользователей.

Суммарное число пакетов, генерируемых второй группой пользователей в сеть в ЧНН, будет равно:

$$N_2 = N_{2,0} + N_{2,0} \quad (2.11)$$

Аналогичные формулы могут применяться к сервисам передачи голоса, а именно:

$$N_{3,0} = n_0 \cdot t_0 \cdot f_0 \cdot p_3 \cdot N_1 \quad (2.12)$$

где $N_{3,0}$ – число пакетов, генерируемое третьей группой пользователей в ЧНН при использовании голосовых сервисов; n_0 – число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом; t_0 – средняя длительность разговора в секундах; f_0 – число вызовов в ЧНН; p_3 – доля пользователей третьей группы в общей структуре абонентов; N_1 – общее число пользователей. Предположим, что абоненты третьей группы относятся к активным пользователям Интернета, т.е. используют не только http, но и ftp, а также прибегают к услугам пиринговых сетей [12]. Объемы передаваемых и принятых данных при таком использовании Интернета составляют до V_3 . Число пакетов, передаваемых в ЧНН, будет равно:

$$N_{3,0} = p_3 \cdot N \cdot V_3 / h_3 \quad (2.13)$$

Для расчета числа пакетов, генерируемых пользователями видеоуслуг, воспользуемся соотношениями относительно размера пакета, приведенными в предыдущем пункте. Размер пакета не должен превышать 200 (120) байт (вместе с накладными расходами). Например, при скорости передачи $v=2048$ кбит/с и размере полезной нагрузки пакета h_3 число пакетов, возникающих при передаче одного кадра, равно:

$$n_3 = v / h_3 \quad (2.14)$$

Количество пакетов, передаваемых по каналам в ЧНН, составит [19]:

$$N_{3,0} = p_3 \cdot N \cdot n_3 \cdot t_0 \cdot f_0 \quad (2.15)$$

где $N_{3,0}$ – число пакетов, генерируемое третьей группой пользователей в ЧНН при использовании видеосервисов; n_3 – число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом при просмотре видео, сжатого по стандарту MPEG2; t_0 – среднее время просмотра каналов в ЧНН; f_0 – доля пользователей третьей группы в общей структуре абонентов; N – общее число пользователей.

Суммарное число пакетов, генерируемых третьей группой пользователей в сеть в ЧНН, будет равно [12]:

$$N_u = N_{1,u} + N_{2,u} + N_{3,u} \quad (2.16)$$

2.2.3. Расчет требований к производительности мультисервисного узла доступа

Мультисервисный узел доступа должен обслуживать трафик от всех трех групп пользователей. Кроме того, именно узел доступа должен обеспечить поддержку качества обслуживания путем приоритезации трафика, которая должна осуществляться независимо от используемой технологии транспортной сети доступа. Среднее число пакетов, которое должен обработать мультисервисный узел доступа, будет равно [22]:

$$N_u = N \cdot (n_u \cdot f + (p_1 \cdot V_1 + p_2 \cdot V_2) / b_u) + p_3 \cdot N \cdot n_u \cdot f_{u,s} \quad (2.17)$$

Среднее число пакетов в секунду рассчитывается для двух выделенных кодеков и равно:

$$N_{u,u} = N_u / 3600 \quad (2.18)$$

Данные показатели позволяют оценить требования к производительности маршрутизатора, агрегирующего трафик мультисервисной сети доступа NGN [22]. Проанализировать, как и какие группы сети больше всего нагружают систему для рассчитываемых длин пакетов. Для этого полученные данные занести в табл. 2.2. По заполненной таблице построить диаграммы и сделать вывод о нагрузке сети пользователями трех групп абонентов.

Таблица 2.2. Количество передаваемых пакетов в секунду

Номер группы	Количество передаваемых пакетов в секунду	
	Кодек 1	Кодек 2
Первая группа (р ₁), %		
Вторая группа (р ₂), %		
Третья группа (р ₃), %		

2.2.4. Расчет времени задержки, интенсивности и коэффициента использования системы

Для выполнения данного пункта необходимо следующее [11]:

1. Рассчитать среднее время задержки пакета в сети доступа.
2. Рассчитать интенсивность обслуживания пакета при норме задержки $t_d = 5$ мс для двух типов кодеков.
3. Построить зависимость максимальной величины для средней длительности обслуживания одного пакета от среднего времени задержки в сети доступа.
4. Определить коэффициент использования системы для случаев с различными кодеками.
5. Построить зависимость максимальной величины средней длительности обслуживания одного пакета от среднего времени задержки в сети доступа с помощью прикладной программы MathCad.

Требования к полюсе пропускания определяются трафиком качества обслуживания, предоставляемого оператором пользователя. Параметры QoS описаны в рекомендации ITU V.1541 [24]. В частности, задержка распространения из кода в кода при передаче речи не должна превышать 100 мс, а вероятность превышения задержки порога в 50 мс не должна превосходить 0,001, т.е. $f_u \leq 100$ мс,

$$P\{t_p > 50 \text{ мс}\} \leq 0,001 \quad (1)$$

Задержка из кода в кода определяется из следующих составляющих:

$$t_p = t_{\text{trans}} + t_s \quad (2.19)$$

где t_p – время передачи пакета из кода в кода, t_{trans} – время пакетизации (зависит от типа трафика и кода), t_s – время задержки при передаче в сети доступа. Допустим, что задержка сети доступа не должна превышать 5 мс. Время обработки заголовка IP-пакета близко к постоянному. Распределение интервалов между поступившими пакетами соответствует экспоненциальному закону [19].

Для данной модели известны формулы, определяющие среднее время выхода в системе (формула Подольска – Хинчина) [22]:

$$\bar{t}_i = \tau_i (1 + C_i^2) / 2(1 - \lambda_i \tau_i), \quad (2.20)$$

где τ_i – средняя длительность обслуживания одного пакета; C_i^2 – коэффициент вариации. $C_i^2 \approx 0,2$; λ_i – суммарный поток.

Зависимость максимальной величины средней длительности обслуживания одного пакета от среднего времени задержки в сети доступна:

$$\tau_i = \sqrt{(\lambda_i + (1 + C_i^2) / 2\lambda_i)}. \quad (2.21)$$

Построить данные зависимости с помощью прикладной программы MathCad. Время τ_i должно выбираться как минимальное из двух возможных значений. Первое значение – величина, полученная из последней формулы. Второе значение – та величина, которая определяется из условия ограничения загрузки системы, – τ_i . Обычно эта величина не должна превышать 0,5. При среднем значении задержки в сети доступ 5 мс коэффициент использования равен:

$$\rho_i = \lambda_i \cdot \tau_i. \quad (2.22)$$

Рассчитать коэффициент использования для двух холдов. При высоком уровне эксплуатации веб-данные флуэтации параметров могут привести к неустойчивой работе системы. Определить параметры системы при её использовании на 50 %. Средняя длительность обслуживания будет определяться формулой:

$$\tau_i = \rho_i / \lambda_i. \quad (2.23)$$

При этом интенсивность обслуживания равна:

$$\rho_i = \lambda_i \tau_i. \quad (2.24)$$

Рассчитать вероятность $P(b) = 1 - \exp(-(1/\tau - \lambda) \cdot b)$ при известных λ и τ и несущественно, так как в стандарте Y.1541 [24] вероятность $P(b > 50 \text{ мс}) < 0,001$ определена для передачи из конца в конец. При известном среднем размере пакета b , определить требуемую полосу пропускания по формуле [19]:

$$b_i = \rho_i b, \text{ байт/с.} \quad (2.25)$$

Предположим, что в структурном составе абонентов отсутствуют группы пользователей, использующих видео. При этом в приведенном выше анализе следует опустить расчет числа пакетов, возникающих при использовании сервисов высокоскоростной передачи данных и видеослужб [22]. Число генерируемых пакетов, возникающих в ЧНН, будет равно:

$$N = N_{\text{м}} + N_{\text{м}} = N \cdot (n \cdot t + p_{\text{м}} \cdot t_2 / h). \quad (2.26)$$

где $N_{\text{м}}$ – число пакетов телефона, генерируемое всеми пользователями в ЧНН; $N_{\text{м}}$ – число пакетов Интернета, генерируемое второй группой пользователей в ЧНН; $p_{\text{м}}$ – доля пользователей второй группы в общей структуре абонентов; t_2 – число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом при использовании кода G.711 (в; t – средняя длительность разговора в секундах; N – общее число пользователей.

Число пакетов в секунду определяется по формуле [22]:

$$N_{\text{т.д}} = N / 3600 = N \cdot (n \cdot t + p_{\text{м}} \cdot t_2 / h) / 3600. \quad (2.27)$$

Среднее время обслуживания одного пакета при норме задержки 5 мс будет равно [11]:

$$\tau_i (0,005) = 1 / (N_{\text{т.д}} + (1 + 0,2) / (2 \cdot 0,005)). \quad (2.28)$$

Коэффициент использования определяется по формуле:

$$\rho_i = \lambda_i \cdot \tau_i (0,005). \quad (2.29)$$

При этом необходимая пропускная способность сети ГР-телефонии равна:

$$\rho_i = \rho_i \times b_i, \text{ байт/с.} \quad (2.30)$$

2.3. Проектирование корпоративной сети

В данном пункте курсового проекта необходимо осуществить проектирование корпоративной сети с помощью программного пакета Riverbed Modeler Academic Edition [29, 30]. Программный пакет скачать с сайта [30], предварительно зарегистрировавшись. Компания предоставляет студентам бесплатный ознакомительный доступ к этому программному продукту. Методика регистрации приведена ниже. После перехода на соответствующую ссылку появится окно (рис. 2.1)

Далее необходимо пройти регистрацию (ввод персональных данных) и подтвердить введенную информацию по электронной почте, на которую должно прийти сообщение от администратора сайта (если сообщение не пришло, нужно проверить папку спам). После переезда к скачиванию программы Riverbed Modeler Academic Edition 17.5, а затем к ее установке.



Рис. 2.1. Сайт разработчика

Установка программы показана в [31], а примеры работы с программой приведены в [29]. Оборудование и количество абонентов корпоративной сети $N_{\text{кр}}$ следует выбрать согласно заданию из приложе-

нии 1, а спецификации предложенного оборудования приведены в приложении 2. По приведенному в спецификации оборудованию сделать выводы о его экономической эффективности. Далее необходимо следовать.

1. Пользуясь представленными в [29] примерами, составить эскиз сети и описать предприятие, сферу деятельности, организационную структуру, объяснить необходимость взаимодействия между отделами, и также с внешними организациями, обосновать выбор оборудования, приложений, алгоритмов маршрутизации, программного обеспечения.

2. Смоделировать сеть с применением пакета Riverbed Modeler Academic Edition. При обосновании модели сети сначала необходимо воспользоваться исходными данными и сценарием, дать название проекту и сценарию (File-New – название проекта) (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Name project

Далее необходимо выбрать размер сети (выбрать office) и нажать кнопку Next. На следующем этапе необходимо выбрать конкретные размеры местности (m) ($X=100$, $Y=100$), на которой будет располагаться сеть (механизм выбора размеров местности иллюстрирован выбором размера сети). Далее необходимо определиться с выбором оборудо-

дования и технологий, которые будут представлены в проекте (в курсовом проекте используется Sm_Ini_Model_List-Yes). Для этого в списке выделить необходимый элемент, в поле Include появится надпись Yes, означающая, что этот пакет включен в проект.

После нажатия клавиши Next программа предлагает убедиться в правильности введенных данных. После проверки параметров создаваемого проекта и нажатия клавиши Finish показывается рабочая область, где будет создаваться сеть, и палитра, в которой отображаются элементы, используемые в проекте. Если все было выбрано правильно, должно получиться следующее поле (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Office

Выбор элементов посредством иконки Open Object Palette (рис. 2.4). Элементы на рабочую область переносить из палитры. Для этого выделить элемент в палитре щелчком левой кнопки мыши, вторым аналогичным щелчком, но уже в рабочей области добавить элемент в рабочую область (нажатие правой клавиши мыши отмечает повторение элементов).

Кроме того, в программе есть возможность создания комбинированных элементов из надблоков [29]. Для этого необходимо выбрать из панели инструментов Toolbar -> Rapid Configuration и конфигурировать шаблон (рис. 2.5). Сеть расположена на двух этажах, на каждом

этаже пользователи подключены к коммутаторам, которые в свою очередь объединены с маршрутизатором. Один коммутатор соединен с сервером. Рядом с сервером добавлены элементы, которые определяют тип трафика в сети и род приложений, работающих в этой сети.

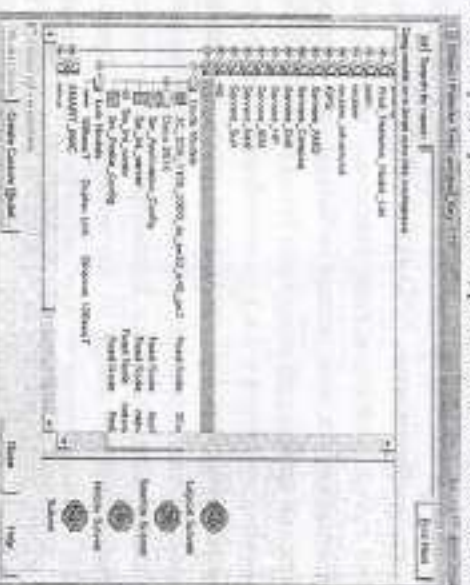


Рис. 2.4. Open Object Palette



Рис. 2.5. Star configuration

3. Задать профили трафика, настроить оборудование и выбрать тип собираемой статистики. Для настройки оборудования необходимо

нажать правой клавишей мыши на изображение этого оборудования и выбрать в меню пункт Edit Attributes. В зависимости от выбранного оборудования в рабочей области появится окно с различным набором настраиваемых параметров. Далее осуществляются настройки.

3.1. Настройка маршрутизатора. При настройке оборудования построить статическую таблицу маршрутизации, задать интерфейс, выбрать тип собираемой статистики. Поскольку моделируется небольшая корпоративная сеть, содержащая не больше трех маршрутизаторов, в которой редко происходит изменение (подключение нового узла, добавление нового маршрута и т.п.), целесообразно строить статическую таблицу маршрутизации. При построении крупной сети, содержащей три и более маршрутизаторов, используется динамическая таблица маршрутизации. Для настройки параметров маршрутизатора нужно нажать правой кнопкой мыши на его название и выбрать графу Edit Attributes. В появившемся справа от Application Definition, нажать на (...) и выбрать Default, раскрыть список Application Definitions, в списке раскрыть Database Access (High), в графе Name указать Database Access (Light); раскрыть список Description; в пункте Database установить Low Load; нажать OK; кликнуть правой кнопкой мыши по Profile Definition; в контекстном меню выбрать пункт Edit Attributes; раскрыть дерево Profile Configuration; Spt_in_Profile/Activation; в пункте Number of Rows установить 1 (оставшиеся параметры выставляются автоматически); нажать OK (рис. 2.6).

Для построения статической таблицы маршрутизации необходимо вручную прописать IP-адреса и маски [21]. Для этого в поле Attribute выбираем пункт IP - IP Routing Parameters - Static Routing Table. В строке rows указать количество активных интерфейсов маршрутизатора. Для каждого интерфейса (строки rows) прописать IP-адрес и маску.

Чтобы задать параметры интерфейсов, в поле Attribute выбираем пункт IP - IP Routing Parameters - Interface Information, в котором номер

строки (row) соответствует номеру интерфейса. Для каждого интерфейса, соответствующего одному или нескольким активным портам, задать IP-адрес и маску подключенного оборудования. Аналогично настроить Loopback Interface.



Рис. 2.6. Application Definition и Profile Definition

Loopback Interface – это IP-интерфейс с адресом в сети 127.0.0.1, который используется для адресации узлом самого себя (Loopback, интерфейс обратной связи). Обращение по адресу Loopback Interface означает связь с самим собой (без выхода пакетов данных на уровень доступа к сети); для протоколов на транспортном уровне и выше такое единение неотличимо от соединения, проходящего через сеть, что удобно использовать, например, для тестирования сетевого ПО.

После того как настройка оборудования завершена, необходимо указать тип собираемой статистики. Для этого на последнем оборудовании или соединительной линии нажать правой кнопкой мыши и выбрать графу Choose Individual DES Statistics. Далее для каждого сетевого элемента осуществить сбор результатов моделирования (рис. 2.7). Для маршрутизатора обязательно собрать следующие статистические показатели: загрузка процессора, объем трафика, переданного, полученного и отброшенного по протоколу IP.

3.2. Настройка коммутатора. Как правило, дополнительная настройка коммутатора не требуется, если отсутствует необходимость реконфигурации портов или настройки VLAN. Для коммутатора указать тип собираемой статистики – нажать правой кнопкой мыши на объект и выбрать графу Choose Individual DES Statistics. Далее необходимо выбрать интересующие параметры. Для коммутатора обязательно собрать следующие статистические показатели: объем трафика переданного, полученного, отброшенного.



Рис. 2.7. Статистика

3.3. Настройка сервера. При настройке сервера нужно прописать тип трафика, генерируемого пользователями. Самые распространенные типы трафика: данные, речь, видео. Каждый из них подразумевает различные требования к передаче, обеспечению необходимого качества обслуживания, выделению достаточной пропускной способности.

В зависимости от направления деятельности предприятия/фирмы по сети будет передаваться трафик различного рода. Соответственно при проектировании важно правильно рассчитать нагрузку каналов и

оборудования. Проверить расчеты поможет моделирование планируемой нагрузки. Так, например, речь – это трафик, чувствительный к задержкам, но не требующий большой пропускной способности канала, поэтому особое внимание при проектировании сети стоит уделить обеспечению необходимого качества обслуживания при передаче речи, в частности можно настроить протокол RSVP или выбрать низкоскоростной канал.

Тип трафика задается с помощью элемента панели Application Definition. Элемент Application Definition необходимо перенести из панели в рабочую область и разместить рядом с сервером. Application Definition содержит характеристики приложений, созданных в виде потоков и имеющих собственные параметры трафика. Для создания потоков на Application Definition нужно нажать правую кнопку мыши и выбрать графу Edit Attributes, где созданы 16 стандартных потоков для разных случаев. Сюда входит доступ к базам данных, обработка электронных почты, передача файлов, работа в Интернете и т.д. После создания потоков пользователей необходимо сконфигурировать профили пользователей, работающих в спроектированной сети. Это функцией выполнит элемент панели Profile Definition.

Каждому профилю дать название и описать ряд пользовательских характеристик: время начала работы, продолжительность, окончание, интенсивность его пребывания и работы в сети, а также указать его предложенных (созданных) приложений он используется. Указанные параметры задаются аналогично Application Definition через пункт меню Edit Attributes. Тип собираемой статистики указывается также через пункт меню Choose Individual DES Statistics.

Для сервера необходимо собрать следующие типы статистики: загрузки процессора, обращение к приложенным сервера – полученный и отправленный трафик (Application Demand – Traffic Sent, Traffic Received), загрузки сервера FTP, HTTP, E-mail, DB, в разделе Requesting Custom Application выбрать Application Response, Total

Request/Response Size, Traffic Received/Sent, отметить загрузку и Responding Custom Application [29].

3.4. Настройка оконечных пользователей. При настройке оборудования для оконечных пользователей задать IP-адреса и маски, указать название и тип поддомена. Оконечный пользователь может быть представлен двумя способами: элементом LAN, который эмитрует некую сеть абонентов, или реальной станцией. В случае когда элемент LAN подключен к маршрутизатору, т.е. является группой оконечных пользователей, настройка параметров данного элемента происходит следующим образом.

Выбрать пункт меню Edit Attributes. Завести число пользователей в графу Number of Workstations. С учетом этого параметра заполнить графу Application – Supported Profiles, указавшуюся, сколько и какого рода пользователей будут присутствовать в этой подсети. Здесь аналогично серверу создать потоки, участвующие пользователи сети, на основе профилей, созданных в элементе рабочей области Profile Definition.

Указать количество профилей пользователей в графе Rows. Профили пользователей образуют потоки трафика определенного типа. Далее для каждого созданного таким образом потока указать название профиля и число пользователей.

Число пользователей всех типов в итоге должно быть равно числу пользователей всей подсети. При настройке LAN можно прописать статическую таблицу маршрутизации так же, как на маршрутизаторе. В случае когда оконечным пользователем является рабочая станция, настройка параметров принципиально не меняется. Только количество пользователей в сети будет равно 1. Тип собираемой статистики указывается через пункт меню Choose Individual DES Statistics [29].

Для оконечных пользователей снять следующую статистику:

- задержку, vrijeme задержки, объем трафика, полученного, отправленного для типов приложений: Video Called Party, Video Calling Party, Video Conferencing, Voice Application;

- загрузку процессора;

- количество загруженных объектов/страниц (Downloaded Objects/Pages) для Client Http;

- размеры загруженных файлов (Downloaded File Size) и (Downloaded Response Time для Client Ftp;

- объемы полученного/переданного трафика (Traffic Received/Sent) для Client E-mail и Client DB;

- загрузку, задержку, объем полученного/переданного трафика (Traffic Received/Sent) в разделе Ethernet.

Пройти к симуляции, предварительно сохранив проект, нажав в меню проекта кнопку Save. Проект будет сохранен в C:\Documents and Settings\Guestor_name. При повторном запуске программы Riverbed Modeler Academic Edition для отгрузки существующего проекта необходимо в меню File выбрать Open и название своего проекта.

4. Произвести симуляцию. Оценить полученные результаты.

Перед началом процесса симуляции необходимо настроить некоторые параметры симуляции. Для этого на панели инструментов нужно нажать кнопку Configure/Run Dynamic Event Simulation (DES) и войти в режим симуляции. Пикет Riverbed Modeler Academic Edition предлагает указать продолжительность работы сети (в данном случае – 2 ч). В следующих экранах имеется возможность настройки глобальных параметров сети, параметров моделирования для каждого элемента, вывода отчетов, анимации во время моделирования и др.

Для данной сети таблица маршрутизации прописывается вручную (статическая маршрутизация), поэтому необходимо выключить протокол динамической маршрутизации RIP, OSPF, BGP. Для этого в поле Attribute выбрать RIP Sim Efficiency и установить его в значение

Disabled (для OSPF и BGP проактивные операции). Запустить процесс моделирования. Чтобы запустить симуляцию, нужно нажать кнопку Run. После завершения процесса симуляции нагрузку на сеть занести в отчет, перейдя на закладку Progress Info (рис. 2.8).

Во время моделирования процессов, происходящих в построенной сети, в реальном времени на экране строится график активности состояний из двух кривых: синяя отображает ситуацию в каждый момент времени (время откладывается по оси абсцисс), красная показывает среднее значение. Для просмотра результатов моделирования работы сети «под нагрузкой» выбрать пункт View Results [29].

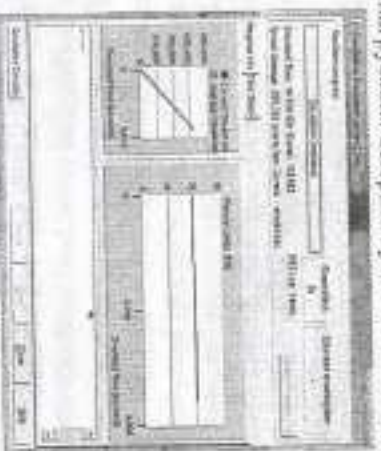


Рис. 2.8. Simulation Execution

Чтобы просмотреть статистику для сервера, нужно выбрать его правой клавишей и выбрать View Result (рис. 2.9).

Теперь эту статистику необходимо сравнить с глобальной статистикой для всей области, для этого правой клавишей нужно нажать на рабочую область, выбрать Choose Individual DES Statistics из контекстного меню. Появится окно выбора результатов (Choose Result), раскрыв дерево Global Statistic, ветку Ethernet и поставить галочку около Delay (sec) для сбора данных, нажать OK (рис. 2.10).

После получения результата можно приступить к увеличению сети и добавлению второго коммутатора и маршрутизатора в новую сценарии. Для этого необходимо выбрать пункт меню (Scenarios/ Duplicate Scenario...) и ввести имя нового сценария (рис. 2.11). Далее методика создания сети аналогична созданию сети с одним коммутатором.

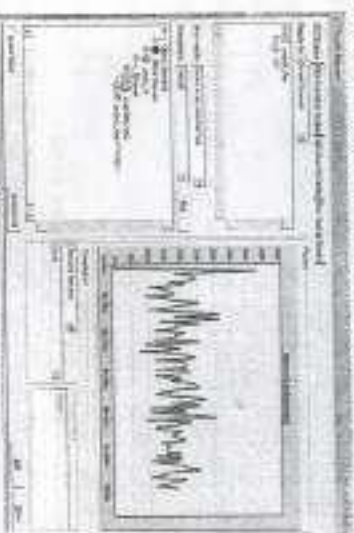


Рис. 2.9. Статистика сервера



Рис. 2.10. Сравнение статистик

Для переключения между сценариями используется Manage Scenarios в меню Scenarios.

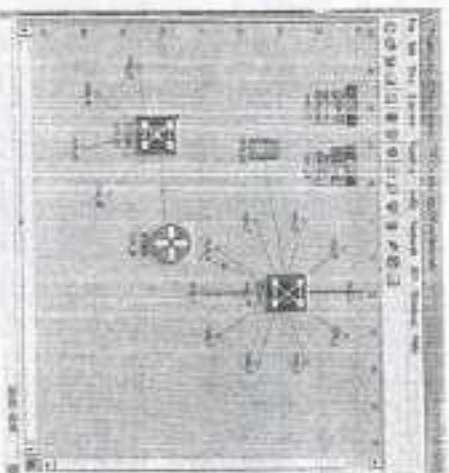


Рис. 2.11. Строение сети

Далее проэкспортировать сеть Torology/Verity Links (Ctrl+L), в появившемся окне выбрать Verity Links и нажать Ok. Снять необходимые характеристики с интересующих элементов (рис. 2.12):



Рис. 2.12. Сравнение полученных статистик

- с сервера Ethernet Load (bits/sec); Ethernet Load (packets); Ethernet Traffic (bits/sec); задержка Ethernet (sec) (Ethernet/Delay); нагрузка процессора (CPU/Utilization); IP Number of Hops;
- пакеты со всей сети задержка Ethernet (Ethernet/Delay); IP Traffic Dropped; IP Number of Hops;

- статистику маршрутизатора: IP Multicast Traffic Sent (packets/sec); IP Processing Delay (sec); IP Traffic Received (packets/sec); IP Traffic Sent (packets/sec).

Для отображения нескольких графиков в одной системе координат и области Presentation из раскрываемого списка выбрать Overlay Statistics. В окне Results Browser зелеными галочками можно выбрать интересующий тип статистики на разном оборудовании, например графики количества отброшенных на маршрутизаторе пакетов за единицу времени (Traffic Dropped). Снять график нагрузки на канал, по которому оценить пропускную способность канала.

Содержание отчета курсового проекта

Отчет о курсовом проекте «Проектирование сетей связи» должен содержать:

1. Техническое описание проектируемых сетей связи.
2. Расчет количества трактов ОКС-7, необходимых для соединенных модульных станций SSP и SCP телекоммуникационной сети связи.
3. Расчет производительности узла доступа с учетом структуры нагрузки, поступающей от абонентов, пользующихся различными видами услуг, включая расчеты числа пакетов от каждой группы абонентов (телефония), расчеты числа пакетов от второй группы (телефония и Интернет), расчеты числа пакетов от третьей группы (triple play).
4. Расчет требований к производительности мультисервисного узла доступа.
5. Расчет предельной задержки, задерживаемости и коэффициента использования системы.
6. Результаты проектирования корпоративной сети с помощью программного пакета Riverbed Modeler Academic Edition, представить в виде

- эскиза сети, примеров настроек маршрутизатора, сервера, графиков нагрузки на сеть, нескольких типов собираемой статистики с анализом и оборудованием, выводов по результатам моделирования;
 - статистических показателей маршрутизатора, включающих загрузку процессора, объем трафика, переданного, полученного и отброшенного по протоколу IP;
 - объема переданного, полученного и отброшенного трафика для коммутатора;
 - объема загрузки процессора при обращении к приложениям сервера; загрузки процессора, обращение к приложениям сервера;
 - трафика, полученного и отправленного (Application Demand - Traffic Sent, Traffic Received), загрузки сервера FTP, HTTP, E-mail, DB, в разделе Requesting Custom Application - Application Response, Total Request/Response Size, Traffic Received/Sent, загрузки в Responding Custom Application;
 - статистики для оконечных пользователей, включающей: задержку, паразитно задержки, объем трафика, полученного, отправленного для следующих типов приложений: Video Called Party, Video Calling Party, Video Conferencing, Voice Application, загрузку процессора, для Client Http - Downloaded Objects/Pages, для Client Ftp - Downloaded File Size/Response Time, для Client E-mail - Traffic Received/Sent, для Client DB - Traffic Received/Sent, загрузку Ethernet, Traffic Received/Sent;
 - типов предлагаемой статистики для каналов между сервером и маршрутизатором;
7. Описание принципов построения и технологии корпоративных сетей.
8. Обоснование выбора оборудования, его конфигурации, настройки и типов статистики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абидов А.В. Сети связи и системы коммутации: учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 2004. - 58 с.
2. Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерне Р.Д. Интеллектуальные сети. - М.: Радио и связь, 2005. - 500 с.
3. Гольдштейн Б.С. Сети связи: учебник для вузов / Б.С. Гольдштейн. - СПб.: ВИУ, 2014. - 400 с.
4. Алексеев Е.Б., Горюхино Н.В., Крухмалев В.В. и др. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей. - М.: Горькая линия - Телеком, 2008. - 392 с.
5. Гулевич Д.С. Сети связи следующего поколения: учеб. пособие / Д.С. Гулевич. - М.: Витом, 2014. - 183 с.
6. Бетлами Дж. Цифровая телефония: пер. с англ. под ред. А.Н. Берлина, Ю.Н. Чернышова. - М.: Эко-Трендз, 2004. - 640 с.
7. Кошкин В.И., Максимов А.В. Системы подвижной радиосвязи с пакетной передачей информации. Основы моделирования. - М.: Горькая линия-Телеком, 2007. - 176 с.
8. Гольдштейн Б.С. Сигналинг в сетях связи. - М.: Радио и связь, 1997. - 423 с.
9. Гольдштейн Б.С. IP-телефония. Том 1. - М.: Радио и связь, 2001. - 321 с.
10. Росляков А.В. Проектирование цифровой ГТС: учеб. пособие. - Самара: ПГАТИ, 1998. - 124 с.
11. Кузнецов А.Е., Пинчук А.В., Суховицкий А.Д. Построение сетей IP-телефонии // Компьютерная телефония. - 2000. - № 6. - С. 12-18.
12. Росляков А.В., Самсонов М.Ю., Шибасова И.В. IP-телефония. - М.: Эко-Трендз, 2001. - 243 с.

13. Хоменок М.Ю., Цветков В.Ю. Межстанционные связи. Хомовок М.Ю., Цветков В.Ю. Межстанционные связи. Публикация ОКС-7. Опубликование бывшего издания ISDN, учеб.-метод. пособие для практических занятий по курсу «Сети связи». М.: МГТУСМ, 2005. – 104 с.
14. Маркин Н. П. Методические указания по проектированию цифровых систем коммутации типа С-12. – М.: МГТУСМ, 1999. – 38 с.
15. <http://www.dnscel.ru/soft/9/view247153/>
16. Нормы тестирования сетевого проектирования. Проектирование и сетевые телефонные сети. НТД 112-2000. – 104 с.
17. http://www.russia-asa.ru/docs/technical_book.pdf
18. Полянов Е.И., Ширин-Ширин М.А., Крестовников С.В. Интеллектуальные сети и компьютерная телефония. – М.: Радио и связь, 2001. – 240 с.
19. Баскаков Н., Троицкая А., Мельников С. Р-сети. Формы в компьютерных сетях. – М.: Вильямс, 2000. – 184 с.
20. Гольдштейн Ю.С., Соколов Е.А., Яновский Г.Г. Сети связи учебных для связи. – СПб.: БХВ, 2010. – 400 с.
21. Оливер В.Г., Оливер Н.А. Компьютерные системы и сети. – СПб.: Питер, 1999. – 943 с.
22. Северов Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения. – СПб.: Наука и техника, 2005. – 240 с.
23. RTP. A Transport Protocol for Real-Time Applications. RFC 1889, 1996.
24. <https://www.ietf.org/rfc/rfc1541-291112-1en>
25. Макашина М.А. Моделирование сетей связи с применением пакета OpNet. – СПб.: СПбГУТ им. проф. М.А.Бонч-Бруевича, 2009. – 26 с.

26. http://www.orinet.com/university_program/figure_weighting_editon/
27. <http://www.youtube.com/watch?v=XA2XKkAwKx0>
28. Михаров В.В. Телекоммуникации России: состояние, тенденции и пути развития. — М.: ИРРАС, 2007. — 296 с.
29. Давыдов А.Е., Михасюк Р.В., Саваткин О.К. Безопасность беспроводных интегрированных телекоммуникационных систем. - СПб.: Изд-во политеха, уч-та, 2011. - 192 с.
30. Воробьев С.П., Давыдов А.Е., Кузнецов В.И. Жизненный цикл телекоммуникационных сетей. — М.: Управленческие науки Президиума Российской Федерации. — 2012.
31. Комашинский В.И. От телекоммуникационной к когнитивной телекоммуникационной системе/ Н.С. Комашинский, В.И. Мардар, А.И. Паромов // Технологии и средства связи. - 2011. - № 4. - С. 52.

ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА СЕТЕЙ СВЯЗИ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

№	P_p ПРН	P_{poc}	P_{pacc}	P_{pccc}	P_{pvc}	P_{pvm}	K	P_1	P_2	P_3	K	t мс	V_1 МВ/с	V_2 МВ/с	T_k мс	N	$N_{св}$	Оборудование Св. стан. 2
1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	1,2	10	10	80	1	10	10	50	10	1000	10	M1, D1, R1, S1, S2, SH, Et
2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	1,3	20	10	70	2	9	12	55	12	1100	11	M1, M2, D1, R1, S1, S2, SH, Et
3	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	1,4	30	10	60	3	8	15	60	15	1200	12	M1, D1, D2, R1, R2, S1, S2, SH, Et
4	0,5	0,1	0,1	0,05	0,1	0,15	1,5	40	10	50	4	7	17	65	17	1300	13	M1, D1, D2, R1, S1, S2, SH, Et
5	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	1,6	50	10	40	5	6	20	70	20	1400	14	M2, D2, R1, S1, S2, SH, Et
6	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	1,7	60	10	30	6	5	22	75	22	1500	15	M1, M2, D2, R1, S1, S2, SH, Et
7	0,3	0,3	0,1	0,05	0,2	0,05	2,3	70	10	20	7	4	25	80	25	1600	16	M1, M2, D1, D2, R1, S1, S2, SH, Et
8	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	2,4	80	10	10	8	3	27	85	27	1700	17	M1, D1, R2, S1, S2, SH, Et
9	0,05	0,1	0,3	0,1	0,3	0,15	2,5	10	20	70	9	2	30	90	30	1800	18	M1, M2, D1, R2, S1, S2, SH, Et
10	0,2	0,2	0,3	0,05	0,1	0,15	2,6	10	30	60	8	1	32	95	32	1900	19	M1, D1, D2, R2, S1, S2, SH, Et
11	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	2,7	10	40	50	7	1,5	35	97	35	2000	20	M2, D2, R2, S1, S2, SH, Et
12	0,05	0,1	0,2	0,15	0,1	0,4	3,4	10	50	40	6	2,5	37	98	37	2100	21	M1, M2, D2, R2, S1, S2, SH, Et

Окончание приложения 1

13	0,2	0,2	0,2	0,3	0,05	0,05	3,5	10	60	30	5	3,5	40	110	40	2200	22	M1, M2, D1, D2, R2, S1, S2, SH, Et
14	0,4	0,1	0,1	0,05	0,2	0,15	3,6	10	70	20	4	4,5	42	115	42	2300	23	M1, M2, D1, D2, R2, S1, S2, S3, AD, Et
15	0,5	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	3,7	10	80	10	3	5,5	45	120	45	2400	24	M2, D1, D2, R2, S1, S2, S3, AD, Et
16	0,1	0,1	0,3	0,15	0,2	0,15	4,5	10	80	10	2	6,5	47	125	47	2500	25	M1, D1, D2, R2, S1, S2, S3, AD, Et
17	0,2	0,2	0,3	0,15	0,1	0,05	4,6	20	70	10	1	7,5	50	130	50	2600	26	M1, M2, D2, R2, S1, S2, S3, AD, Et
18	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	4,7	30	60	10	3	8,5	52	135	52	2700	27	M1, M2, D1, R2, S1, S2, S3, AD, Et
19	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	5,6	40	50	10	4	9,5	55	140	55	2800	28	M1, D1, R2, S1, S2, S3, AD, Et
20	0,4	0,3	0,15	0,05	0,2	0,1	5,7	50	40	10	5	5	57	150	57	2900	29	M2, D2, R2, S1, S2, S3, AD, Et

Оборудование	Интерфейсы						Коды	Цена, у.е.
	Input				Output			
	Аналог	DSL	E1/PR1	Ether- net	E1/PR1	Ethernet		
Узлы доступа								
MSAN1 (M1)	112	128	16(OKC-7, R1,5,R2)		2(OKC-7, R1,5,R2)	1000 Base - TX	G.711,G729, G723.1,GSM	18000
MSAN2 (M2)	128	64	16(OKC-7, R1,5,R2)		2(OKC-7, R1,5,R2)	1000 Base - TX	G.711,G729, G723.1,GSM	13000
DSLAM1 (D1)	Нет	48	Нет	Нет		1000 Base - TX	Нет	2500
DSLAM2 (D2)	Нет	32	Нет	Нет		1000 Base - TX	Нет	1800
Маршрутизаторы								
Router1 (R1)	Нет	Нет	Нет			2x1000 Base - TX	Нет	2500
Router2 (R2)	Нет	Нет	Нет			2x1000 Base - TX	Нет	1500
Коммутаторы								
Switch1 (S1)	Нет	Нет	Нет			2x1000 Base - TX	Нет	1750
Switch2 (S2)	Нет	Нет	Нет			2x1000 Base - TX	Нет	1250
Switch3 (S3)	Нет	Нет	Нет			100Base - TX	Нет	100
Модемы								
SHDSL (SH)	Нет	1	1(OKC-7, R1,5,R2)			4Mbit/s	Нет	1000
ADSL (AD)	Нет	1	Нет			2Mbit/s	Нет	100
Конвертеры								
Ethernet-E1 (E1)	Нет	Нет	Нет		1(OKC-7, R1,5,R2)	Нет	Нет	1500