Аннотация

Темой данной дипломной работы является разработка структурной схемы маршрутизатора, реализующего логический способ формирования плана распределения информации. Дипломная работа включает в себя общее описание широкополосных сетей интегрального обслуживания; классификацию алгоритмов маршрутизации. Разработана структурная схема маршрутизатора, реализующего анализируемый метод маршрутизации. Приведена математическая модель для данного метода. Рассмотрены вопросы, связанные с техникой безопасности при работе с ЭВМ.

Введение

Динамика современного экономического и социального развития страны в значительной степени определяется развитием инфраструктур, важнейшим элементом которой является связь. Сети связи должны обеспечивать передачу и распределение всевозможных информационных потоков, необходимых для удовлетворения нужд населения, эффективного функционирования производственных процессов делового и промышленного сектора, проведение государственных и политических мероприятий. Современный этап развития сетей связи характеризуется стремительным увеличением объемов передаваемой информации.

В настоящее время общество постепенно вступает в эру информационной экономики, поэтому традиционная классификация основных видов производства “товары и услуги”, трансформируется в “ товары, услуги и информация”. Успехи в создании и внедрении современных сетевых технологий создали предпосылки для широкомасштабной реализации новых сетевых решений.

Бурный рост пользователей телекоммуникационных сетей привел к серьезному спросу на услуги передачи данных и их качество. Между компаниями, предоставляющими различные сетевые услуги, возникла жесткая конкуренция, в результате которой наметилась тенденция объединения различных информационных структур в единую технологию способную поддерживать передачу данных любого типа. Внедрение широкополосных сетей интегрального обслуживания (Ш-ЦСИО) с использование технологии АТМ (Asynchronous Transfer Mode) позволяет разрешить данную задачу.

Данная дипломная работа посвящена проблеме маршрутизации в Ш-ЦСИО. Приведена краткая характеристика Ш-ЦСИО. Рассмотрены различные алгоритмы маршрутизации, в частности логический метод формирования плана распределения информации (ПРИ), разработана структурная схема маршрутизатора, реализующего данный метод. Приведена математическая модель для данного метода. Отражены вопросы безопасности жизнедеятельности при работе с ЭВМ.

# 1. Общие положения Ш-ЦСИО

* 1. Предпосылки возникновения и перспективы развития Ш-ЦСИО

В настоящее время в мире электронных коммутации используются три принципиально различные информационные инфраструктуры: телефонная сеть для передачи речи, кабельная сеть и система телевещания для трансляции видеоизображения, сети с коммутацией пакетов для взаимодействия между компьютерами.

Высокоскоростные каналы телефонной сети для связи на большие расстояния служат для передачи видеосигналов и объединения отдельных локальных сетей, осуществляя обмен компьютерными данными. Отрасль кабельного телевидения также развивается в направлении поддержки компьютерных коммуникации, обеспечивая передачу по одному кабелю телевизионных программ и компьютерных данных. По существу различные типы коммутационных технологий эволюционировали параллельно. Все они переходили от аналоговых технологий к цифровым методам передачи, мультиплексирования и коммутации. Специалисты в отрасли связи постепенно пришли к мнению, что различные информационные инфраструктуры нужно слить в единую сетевую технологию способную поддерживать передачу данных любого типа.

Развитие современных сетевых технологий, успехи в создании волоконно-оптических линий связи и сверхбольших интегральных схем с большой памятью и огромным быстродействием привели к разработке нового способа транспортирования информации, получившего наименование асинхронного режима переноса (Asynchronous Transfer Mode), то есть была внедрена широкополосная сеть интегрального обслуживания (Ш-ЦСИО) с использованием технологии АТМ.

Технология АТМ обеспечивает:

* транспортирование всех видов информации (речи, музыки, подвижных и неподвижных изображений, данных) в виде пакетов фиксированной длины - ячеек;
* выделение пользователю в каждый момент времени только того ресурса пропускной способности сети, который ему необходим;
* поддержку интерактивных (диалоговых) служб и служб распределения информации, а также служб с установлением и без установления соединения;

АТМ представляет собой метод коммутации, мультиплексирования и передачи, являющийся разновидностью коммутации пакетов, в которой используются короткие пакеты постоянной длины, именуемые ячейками. Обработка ячеек в блоке коммутации ограничивается анализом заголовков ячеек для маршрутизации их в соответствующие очереди.

В сети АТМ не реализуются функции управления потоков и обработки ошибок, которые решаются на уровне прикладных задач пользователя или устройствами доступа.

Вследствие этих особенностей АТМ способен удовлетворять условиям, налагаемым такими различными видами информации, как речь, движущиеся изображения или данные. Этот универсальный режим передачи делает возможным объединение всех видов служб на единственном доступе к сети.

Размер полезной нагрузки ячеек АТМ, равный 48 байтам, является следствием компромисса: во время заседания МСЕ-Т в Женеве представители США и нескольких других стран рекомендовали 64-байтовое поле данных, тогда как европейские страны предпочитали 32-байтовое поле. Поскольку не удавалось выработать общее мнение по технической стороне вопроса, было принято компромиссное решение.

Концепция АТМ смогла сформироваться и столь быстро добиться одобрения, потому что её корни уходят глубоко в общее развитие области электросвязи. Выбор АТМ вызвал не полное изменение, а скорее внедрение нового в существующие методы; в перспективе это должно привести к унификации режимов передачи, используемых всеми устройствами, относящимися к среде связи (терминалами, локальными сетями, крупномасштабными сетями).

Мир электросвязи постоянно развивается, при этом каждая новая техника обычно строится на одной из предшествующих. Так, цифровая мультиплексная иерархия основана на временном разделении и методе ретрансляции кадров, который в свою очередь представляет собой усовершенствование коммутации пакетов.

* 1. Виды сервиса

Немногие технологии получили за последние несколько лет такое широкое освещение в компьютерной прессе, как Asynchronous Transfer Mode (АТМ). АТМ - очень гибкая технология; она позволяет передавать по сети различные типы трафика - голос, видео и данные, обеспечивая при этом достаточную пропускную способность для каждого из них и гарантируя своевременную доставку восприимчивой к задержкам информации.

Виды сервиса, предоставляемые пользователю, приведены в таблице 1.1.[1]

1.3 Структура эталонной модели протоколов Ш-ЦСИО

Технология АТМ была разработана организациями ANSI (American National Standards Institute) и ITU (International Telecommunications Union) как транспортный механизм для широкополосной сети и имеет собственную модель.

Общий вид эталонной модели протоколов Ш - ЦСИО с использованием технологии АТМ представлен на рисунке 1.1.[2]

Модель включает в свой состав три плоскости: плоскость пользователя, плоскость управления и плоскость менеджмента.

Плоскость пользователя (U -plane) обеспечивает транспортировку всех видов информации в совокупности с соответствующими механизмами защиты от ошибок, контроля и управления потоком, ограничения нагрузки и тому подобное. Плоскость пользователя умеет уровневую структуру.

Плоскость управления (С - plane) определяет протоколы установления, контроля и разъединения соединений, ей принадлежат все функции сигнализации, кроме протоколов метасигнализации. Плоскость управления имеет также уровневую структуру.

Плоскость менеджмента (M - plane) обеспечивает выполнение функций двух типов: управление плоскостями и управление уровнями. Функции управления плоскостями обеспечивают координацию между всеми “гранями” модели протоколов и относятся ко всей Ш-ЦСИО, связывая её в единое целое. Область управления плоскостями не имеет уровневой структуры.

Функции управления уровнями решают задачи распределения сетевых ресурсов, согласования их с параметрами трафика, обработки информации эксплуатации и технического обслуживания и управления сетью. Управление уровнями имеет уровневую структуру.

Первыми тремя уровнями эталонной модели являются: физический, уровень АТМ, уровень адаптации АТМ.

Эти три уровня примерно соответствуют по функциям физическому, канальному и сетевому уровню эталонной семиуровневой модели взаимодействия открытых систем (ЭМ ВОС). В настоящее время модель АТМ не включает в себя никаких дополнительных уровней, то есть таких, которые соответствуют более высоким уровням ЭМ ВОС. Однако самый высокий уровень в модели АТМ может связываться непосредственно с физическим, канальным, сетевым или транспортным уровнем ЭМ ВОС.

Основные функции уровней и их деление на подуровни приведены в таблице 1.2[1].

1.3.1 Физический уровень

Условия, налагаемые на физический уровень уровнем АТМ, очень ограничены.

Поток ячеек, сгенерированный на уровне АТМ, может быть передан практически по любой цифровой системе передачи. Это означает, что он может быть адаптирован к любой существующей или будущей системе передачи.

Физический уровень может быть разделен на два подуровня, которые обеспечивают выполнение ниже перечисленных основных функций:

* подуровень конвергенции управляет адаптацией скорости передачи битов, защитой заголовка, выделением ячейки и адаптацией к структуре физической среды;
* подуровень физической среды отвечает за кодирование, декодирование, скремблирование и адаптацию к среде.

Подуровень, зависящий от физической среды, определяет скорость передачи битового потока через данную физическую среду, а также обеспечивает синхронизацию между передачей и приемом. На этом уровне осуществляется линейное кодирование и, если необходимо, электронно-оптическое и оптоэлектронное преобразование сигналов. В качестве физической среды, используемой для распространения сигнала, чаще всего используется одномодовое или многомодовое оптоволокно.

Подуровень конвергенции с системой передачи определяет порядок передачи ячеек АТМ в битовом потоке и выполняет следующие функции:

* генерацию кадра системы передачи и его восстановление на приеме;
* адаптацию потока ячеек к кадру передачи на передающей стороне и выделение ячеек из кадра на приемной стороне;
* формирование поля контроля ошибок в заголовке на передающей стороне для обнаружение и исправление одиночных ошибок, если это возможно, на приемной стороне;
* согласование скорости ячеек.

В качестве цифровых систем передачи могут использоваться системы передачи синхронной (СЦИ) или плезиохронной (ПЦИ) цифровой иерархии с собственной структурой кадра. Поэтому требуется специальный механизм упаковки ячеек в поле полезной нагрузки кадра систем передачи СЦИ или ПЦИ. Кроме того в интерфейсе - “пользователь - сеть” МСЭ - Т предложена специальная структура, в которой кадр эквивалентен ячейке. Такая система передачи получила название ячеечной. Выделение ячеек - это механизм, позволяющий на приемном конце восстановить границы ячейки. На передающей стороне осуществляется формирование последовательности контроля ошибок в заголовке. Эта последовательность помещается в соответствующее поле заголовка ячейки. На стороне приема значение последовательности контроля ошибок в заголовке пересчитывается и сравнивается. В случае несовпадения ошибка, если это возможно, исправляется, или, в противном случае, ячейка стирается.

Согласование скорости ячеек заключается в том, что если со стороны уровня АТМ поток ячеек меньше пропускной способности системы передачи (СП), то подуровень конвергенции физического уровня на передающей стороне добавляет ячейки, которые не содержат информации, а на стороне приема отбрасывает их. Такие ячейки получили наименование “пустых”.

Адоптация скорости. Скорость передачи битов потока мультиплексированных ячеек, сформированного уровнем АТМ, обычно не равна рабочей скорости передачи битов в физическом звене доступа. Поэтому необходима адаптация скорости, зачастую называемая стаффингом или выравниванием. Различные варианты выполнения этой адаптации могут быть сгруппированы в три основных способа, третий из них в действительности является комбинацией двух первых:

* Для генерации непрерывного потока ячеек в него вводятся пустые ячейки. В случае цикловой системы передачи результирующий поток соответствует нагрузке звена передачи (например, синхронные циклы SDH), тогда как если звено передачи ориентированно на ячейки, он равен общей скорости передачи битов в звене. Этот метод ввода был поддержан МСЕ-Т для широкополосной сети.
* Поток ячеек, напротив, может оставаться прерывистым; этот тип потока в основном встречается в локальных сетях АТМ, которые пока ещё не стандартизованы. Так как интервал между ячейками может быть любой длины, для адаптации скорости передачи битов могут быть введены знаки стаффинга (символы “свободно”). Этот метод используется, например, для передачи ячеек АТМ в инфраструктуре, использующей физический уровень волоконно-оптического распределенного интерфейса данных на скорости 100 Мб/с.

Комбинация двух передающих способов состоит в группировании постоянного числа ячеек в блоки, которые могут содержать пустые ячейки. Интервалы между этими блоками могут быть заполнены переменным числом байтов стаффинга, чтобы гарантировать строгую последовательность блоков через 125 мкс каждый; этот способ используется для передачи ячеек АТМ по каналам плезиохронной цифровой иерархии.

1.3.2 Уровень АТМ

В соответствии с эталонной моделью протоколов уровень АТМ расположен между физическим уровнем и уровнем адоптации АТМ. Форматы ячеек определены в рекомендациях МСЭ-Т I.361 [9]. Ячейка имеет длину 53 байта и содержит два основных поля:

* заголовок (5байт), основная роль которого состоит в обеспечении распознавания ячеек, принадлежащих к одному и тому же соединению, и в их маршрутизации;
* поле данных (48 байт), содержащее полезную нагрузку.

При этом в отличие от У-ЦСИО в Ш-ЦСИО кроме интерфейса “пользователь- сеть” определен также интерфейс “сеть-сеть”. Соответственно имеются два вида ячеек для этих видов интерфейсов. Общий вид ячейки АТМ, а так же структура заголовка ячейки АТМ в интерфейсах “сеть-сеть”, “пользователь – сеть” приведены на рисунке 1.2 [1]

Заголовок ячейки в интерфейсе “пользователь-сеть” имеет следующие поля:

* общего управления потоком (ОУП), длиною 4 бита;
* идентификатора виртуального пути (ИВП), длиною 8 бит;
* идентификатора виртуального канала (ИВК), длиною16 бит;
* типа полезной нагрузки (ТПН), длиною 4 бита;
* приоритета потери ячейки (ППЯ), длиною 1 бит;
* контроля ошибок в заголовке (КОЗ), длиною 8 бит.

Структура заголовка ячейки в сетевом интерфейсе приведена на рисунке 1.2. Все различие состоит в том, что ОУП в сетевом интерфейсе не используется, а биты поля ОУП отданы полю ИВК, длина которого увеличена с 8-ми до 12 бит.

Поле общего управления потоком (ОУП) состоит из 4-х бит и предназначено для управления нагрузкой в соединениях “пользователь-сеть” с целью защиты от перегрузок, как в двухточечных, так и в многоточечных конфигурациях доступа. Поле ОУП используется для контроля нагрузки, создаваемой оконечными устройствами пользователя, но не используется для управления потоком, порождаемого сетью

Поле идентификатора виртуального пути (ИВП) занимает 8 бит в интерфейсе “пользователь-сеть” и 12 бит в сетевом интерфейсе, что расширяет возможности маршрутизации.

Поле идентификатора виртуального канала (ИВК) вместе с полем ИВП составляет маршрутное поле ячейки. Поле ИВК занимает 16 бит как в интерфейсе “пользователь-сеть”, так и в сетевом интерфейсе.

Для определения позиций, используемых для маршрутизации, бит внутри полей ИВП или в поле ИВК, установлены правила:

* биты, используемые в поле ИВП или в поле ИВК, должны быть смежными;
* битовая комбинация всегда должна начинаться с младшего значащего бита соответствующего поля;
* биты, не используемые ни пользователем, ни сетью, не должны устанавливаться на ноль.

Поле типа полезной нагрузки (ТПН) используется для идентификации пользовательских ячеек, ячеек эксплуатации и технического обслуживания (ЭТО) и управления ресурсами (таблица 1.3). Для ячеек, несущих пользовательскую информацию, предусмотрена возможность индикации нагрузки, а также для протокола уровня адаптации АТМ 5-го типа - индикация “пользователь уровня АТМ - пользователю уровня АТМ”.

При наличии перегрузки любой перегруженный сетевой узел может модифицировать значение бита индикации перегрузки с 0 на 1 внутри поля типа полезной нагрузки ячеек пользователя. Это дает возможность информировать получателя о возникновении в сети перегрузки. В свою очередь получатель может информировать об этом пользователя, осуществляющего передачу информации, о необходимости снижения скорости генерации ячеек.

Поле приоритета потери ячейки (ППЯ) используется для указания явного приоритета потери ячейки. Если в поле приоритета записана 1 (ППЯ=1), то данная ячейка может быть сетевым узлом отброшена в случае возникновения перегрузок. Если в поле ППЯ записан 0 (ППЯ=0), то ячейка имеет высокий приоритет и должна быть сохранена.

Приоритет потери ячейки устанавливается пользователем или поставщиком услуг. Ячейки, принадлежащие источникам с постоянной скоростью передачи. Всегда должны иметь приоритет по сравнению с источниками с изменяющейся скоростью передачи.

В свою очередь при передаче ячеек источника с изменяющейся скоростью передачи части ячеек может присваиваться ППЯ=1, а части ППЯ=0. Это позволяет разделить поток на два: на поток, который определяет качество обслуживания (ППЯ=0). И на поток, потеря ячеек которого не очень сказывается на качестве обслуживания (ППЯ=1).

На узлах доступа может осуществляться проверка параметров потока пользователя, а на транзитных узлах - параметров сетевой нагрузки. Если параметры потока будут превышать установленные соглашением, то у части ячеек значение поля приоритета потери ячейки может меняться с 0 на 1. При перегрузках на других узлах эти ячейки могут сбрасываться.

Поле контроля ошибок в заголовке на уровне АТМ не заполняется и не проверяется.

1.3.3 Уровень адаптации АТМ

В соответствии с эталонной моделью протоколов уровень адоптации АТМ расположен между уровнем АТМ и верхними уровнями. Уровень адоптации АТМ предназначен для преобразования трафика пользователя в протокольном блоке данных, для их размещения в поле полезной нагрузки одного или нескольких смежных пакетов АТМ или наоборот. В качестве пользователя может также выступать система управления (С - plane) или менеджмент (М - plane). На уровне АТМ все виды пользовательской информации мультиплексируются, демультиплексируются и транспортируются.

При этом каждый протокол уровня адоптации должен быть приспособлен к определённому классу трафика со своими специфическими характеристиками, определяющими уровень требования к временной и семантической прозрачности сети АТМ.

Уровень адаптации АТМ принято делить на два подуровня (рисунок 1.3):

* подуровень сегментации и сборки;
* подуровень конвергенции или слияния.

Основными функциями подуровня сегментации и сборки являются:

-на передающей стороне - сегментация протокольных блоков данных вышележащего уровня в 48байтов информационного поля ячейки АТМ;

-на приемной стороне - сборка информационных полей ячеек в протокольный блок данных более высокого уровня.

В свою очередь подуровень конвергенции делится на две части:

* общую часть подуровня конвергенции;
* служебно-ориентированный подуровень конвергенции.

При этом служебно-ориентированного подуровня конвергенции может не быть.

Уровень адоптации AAL определяется типом услуг, которые предоставляются пользователю сети АТМ(таблица 1.4). Различают несколько адаптационных уровней:

* AAL 1 или первый тип с постоянной скоростью передачи битов (или эмуляции каналов);
* AAL 2 или второй тип с переменной скоростью передачи битов видео и аудио информации;
* AAL 3 или третий тип с ориентацией на соединение при передачи данных;
* AAL 4 или четвёртый тип без ориентации на восстановление соединения при передачи данных;
* AAL 5 или пятый тип для высокоскоростной передачи данных компьютерных сетей на основе протокола TCP/IP.



Уровень адаптации АТМ 1-го типа

Уровень адаптации АТМ 1-го типа обеспечивает выполнение в интересах верхнего уровня следующего перечня услуг:

-перенос блоков данных служб с постоянной битовой скоростью источника и доставку их получателю с той же скоростью;

-синхронизацию оконечных устройств источника и получателя информации;

-индикацию, если это необходимо, потери или искажения информации, если потеря или искажение информации не восстанавливаются в уровне адаптации;

-перенос между источником и оконечной точкой назначения данных о структуре транспортируемой информации.

Основными функциями, которые должен выполнять уровень адаптации АТМ 1-го типа в целях обеспечения выполнения вышеперечисленных услуг, являются:

-сегментация и сборка пользовательской информации;

-обработка переменных задержек пакетов АТМ с целью устранения влияния джиттера;

-обработка потерянных пакетов АТМ и пакетов АТМ, пришедших не по запросу;

-восстановление в приёмнике тактовой частоты источника;

-обработка битовых ошибок в управляющей информации протокола уровня адаптации АТМ;

-отслеживание битовых ошибок в информационном поле пользователя с возможностью их исправления;

На передающем конце подуровень сегментации и сборки принимает 47-байтные блоки данных подуровня конвергенции и добавляет к ним один байт заголовка, формируя протокольные блоки данных подуровня сегментации и сборки.

На приёмном конце подуровень сегментации и сборки принимает от уровня АТМ 48-ми байтные блоки и отделяет от них заголовки протокольного блока данных подуровня сегментации и сборки. Полезная нагрузка протокольного блока данных в виде 47-ми байтного блока поступает в подуровень конвергенции.

Структура 48-ми байтного протокольного блока данных (информационное поле пакета АТМ) подуровня сегментации и сборки для уровня адаптации первого типа показана на рисунке 1.4.

ИПК выставляется подуровнем конвергенции и дает возможность на приёмном конце опознать уровень конвергенции, на который должна быть направлена полезная нагрузка протокольного блока данных подуровня сегментации и сборки.

Значение НП подуровень сегментации и сборки получает от подуровня конвергенции для каждого 47-ми байтного блока полезной нагрузки. На приёмном конце НП поступает с целью обнаружения потери или вставки полезной нагрузки.

Поле ЗНП обеспечивает обнаружение и исправление ошибок в заголовке протокольного блока данных подуровня сегментации и сборки.

Подуровень конвергенции является служебно-зависимым и предназначен для транспортировки:

-асинхронных каналов, то есть сигналов от источников с постоянной двоичной скоростью, чьи тактовые частоты не синхронизированы с частотой сети связи;

-синхронных каналов, то есть сигналов от источников с постоянной двоичной скоростью, чьи тактовые частоты синхронизированы с сетевой тактовой частотой;

-видеосигналов для диалоговых распределительных служб;

-сигналов речевого диапазона;

-звуковых сигналов высокого качества.

Для защиты от битовых ошибок в службах звукового вещания высокого качества и видео может выполняться обнаружение и исправление ошибок, которое в целях более надежной защиты может комбинироваться с байтовым чередованием.

Для некоторых пользователей уровня адаптации АТМ 1-го типа подуровень конвергенции обеспечивает возможность восстановления тактовой частоты в приемнике, например, путём отслеживания заполнения буфера.

Для пользователей, требующих восстановления тактовой частоты источника на стороне приёма, уровень адаптации 1-го типа обеспечивает механизм по переносу информации синхронизации.

На уровне конвергенции для обнаружения потерянных и пришедших не по адресу пакетов АТМ может использоваться информация, которая получается на подуровне конвергенции и сборки при проверке заголовка протокольного блока данных. Для некоторых служб предусматривается исправление ошибок в поле полезной нагрузки и восстановление потерянных пакетов. Для обеспечения функций подуровня конвергенции для некоторой категории пользователей уровень адаптации АТМ может использовать информацию поля индикации подуровня конвергенции. Подуровень конвергенции может также формировать сообщения о состоянии сквозных характеристик сети с точки зрения уровня адаптации АТМ.[1]

Эти сообщения могут быть сформированы на основании информации:

-о количестве ошибок;

-о количестве потерянных и пришедших не по адресу пакетов АТМ;

-о недогрузке или перегрузке буфера.

Уровень адаптации АТМ 2-го типа

Услуги, которые предоставляются уровнем адаптации 2-го типа верхнему уровню, должны включать:

-перенос блоков данных служб с изменяющейся скоростью передачи источников;

-обеспечение синхронизации между источником и получателем информации;

-оповещение о потерянной или ошибочной информации, которая не восстанавливается уровнем адаптации АТМ.

Для реализации вышеперечисленных услуг уровень адаптации АТМ 2-го типа должен выполнять следующие основные функции:

-сегментацию и сборку пользовательской информации;

-сглаживание джиттера задержки пакетов АТМ;

-выявление потерянных и неправильно вставленных пакетов АТМ;

-восстановление в приёмнике тактовой частоты источника;

-контроль битовых ошибок и исправление одиночных в управляющей информации протокола уровня адаптации АТМ.

Так как источник информации является источником с изменяющейся скоростью передачи, то пакеты АТМ могут заполняться на полностью, а уровень заполнения от пакета к пакету может меняться. Все это требует, чтобы в подуровне сегментации и сборки уровня адаптации АТМ 2-го типа выполнялось больше функции, чем при уровне адаптации АТМ 1-го типа.

Формат протокольного блока данных подуровня сегментации и сборки уровня адаптации АТМ 2-го типа представлен на рисунке 1.5.

Поле номера последовательности позволяет обнаруживать потерянные или пришедшие не по адресу пакеты АТМ. Определенные значения номера последовательности могут служить особым целям.

Поле типа информации используется для обозначения того, что в протокольном блоке содержится начало сообщения, продолжение сообщения, завершение сообщения или блок транспортирует информацию синхронизации, а также компоненты видео или аудио сигналов.

Поле индикатора длины показывает число байтов полезной нагрузки в информационном поле частично заполненного протокольного блока данных подуровня сегментации и сборки.

Поле с избыточным циклическим кодом предназначено для обнаружения и исправления ошибок.

Подуровень конвергенции должен выполнять следующие основные функции:

-восстановление тактовой синхронизации для служб аудио и видео с переменной скоростью передачи информации;

-контроль последовательности прихода пакетов АТМ с целью обнаружения потерянных или пришедших не по адресу пакетов АТМ;

-обнаружение и исправление ошибок для служб аудио и видео.

Уровень адаптации АТМ 3/4-го типа.

Уровень адаптации АТМ 3/4-го типа рекомендован МСЭ-Т для передачи данных службами как с установлением соединений, так и службами без установления соединений при условии предъявления высоких требований к достоверности передаваемой информации.

Подуровень сегментации и сборки принимает от подуровня конвергенции сервисные блоки данных переменной длины и вырабатывает протокольные блоки данных подуровня сегментации и сборки, содержащие до 44-х байтов полезной нагрузки.

Основными функциями подуровня сегментации и сборки является транспортирование (перенос) между объектами уровня адаптации АТМ по одному соединению уровня АТМ нескольких сервисных блоков данных переменной длины с условием:

-обеспечения сохранности каждого сервисного блока;

-обнаружения ошибок;

-приоритетного обслуживания;

-сохранения целостности последовательности сервисных блоков данных;

-мультиплексирования и демультиплексирования;

-прерывания.

В целях реализации функции сегментации и повторной сборки сервисных блоков данных, протокольный блок подуровня сегментации и сборки содержит два поля:

-поле типа сегмента, состоящее из двух бит;

-поле индикатора длины, состоящее из шести бит.

ТС- тип сегмента;

НП- номер последовательности;

ИМ- идентификатор мультиплексирования для протокола 4-го типа;

ИД- индикатор дины заполнения информационной части;

ЦИК- циклический избыточный код;

ПСС-ПБД- протокольный блок данных подуровня сегментации и сборки.

Указатель типа сегмента показывает, что протокольный блок данных является началом сообщения, продолжением, завершением или односегментным сообщением.

Для обнаружения ошибок в протокольном блоке данных используется поле ЦИК длиною 10 бит. В это поле записывается результат подсчета циклической избыточной проверки, которая выполняется над всем содержимым протокольного блока данных, включая заголовок, поле полезной нагрузки и поле индикатора длины.

Мультиплексирование обеспечивается с помощью 10-ти битового поля идентификатора мультиплексирования. Это позволяет мультиплексировать трафик 210 =1024 пользователей по одному соединению уровня АТМ типа “точка-точка”.

При передаче данных без установления соединения идентификатор мультиплексирования позволяет обеспечить поочередную передачу блоков данных многих пользователей по одному постоянному виртуальному соединению уровня АТМ. По этому постоянному виртуальному соединению могут транспортироваться пакеты АТМ от одного или нескольких терминалов без установления соединения через сеть АТМ к серверу или между двумя локальными сетями. При мультиплексировании в одном соединении АТМ все протокольные блоки данных получают одинаковое качество обслуживания.

Подуровень конвергенции уровня адаптации АТМ разделен:

-на общую часть подуровня конвергенции;

-на служебно-ориентированную часть подуровня конвергенции.

Общая часть подуровня конвергенции уровня адаптации АТМ 3/4-го типа обеспечивает негарантированный перенос кадров любой длины от 1 до 65535 байт.

Подуровень выполняет следующие функции:

-обеспечивает разграничение, и прозрачность сервисных блоков данных общей части подуровня конвергенции;

-обнаруживает ошибки и принимает соответствующие меры (поврежденные сервисные блоки данных или отбрасываются или доставляются в служебно-ориентированную часть подуровня конвергенции);

-назначает ёмкость буфера (каждый протокольный блок данных общей части подуровня конвергенции переносит в приёмный равноранговый объект оповещение о максимально необходимой для приёма блока данных ёмкости буфера).

При прерывании частично переданный протокольный блок сбрасывается.

Формат протокольного блока данных общей части подуровня конвергенции уровня адаптации АТМ 3/4-го типа показан на рисунке 1.7.

Поле индикатора общей части используется для интерпретации последующих полей в заголовке и в хвостовике.

Поле метки начала обеспечивает связь заголовка данного протокольного блока с хвостовиком.

Поле НЕБ информирует приёмное устройство о максимальных требованиях к ёмкости буфера. Поле заполнения размещается между концом полезной нагрузки и хвостовиком.

Уровень адаптации АТМ 5-го типа

Протокол уровня адаптации 3/4-го типа имеет очень высокую избыточность, а также поле обнаружения ошибок не обеспечивает достаточный уровень семантической прозрачности сети для транспортирования длинных блоков данных. Поэтому был введен новый тип уровня адаптации АТМ 5-го типа.

Основной задачей, которая решалась при создании и спецификации уровня адаптации АТМ 5-го типа предоставление услуг высокоскоростной передачи данных с меньшей служебной избыточностью и лучшими показателями семантической прозрачности.

Подуровень сегментации и сборки принимает из общей части подуровня конвергенции сервисные блоки данных переменной длины и вырабатывает протокольные блоки данных, содержащие 48 байтов данных уровня сегментации и сборки.

Основные функции подуровня сегментации и сборки:

-негарантированная доставка данных, содержащихся в кадрах пользователя, которые могут иметь любую длину в пределах от 1-го до 65535 байтов;

-обнаружение и индикация ошибок (ошибки в битах, потеря пакета АТМ или поступление пакета АТМ не по адресу);

-обеспечение целостности последовательности сервисных блоков данных общей части подуровня конвергенции в каждом соединении;

-соединение общих частей подуровня конвергенции, который устанавливается плоскостью управления или менеджмента.

Общая часть подуровня конвергенции обеспечивает передачу всех интерфейсных блоков данных, принадлежащих одному сервисному блоку данных, в одном протокольном блоке данных.

Функции, которые реализуются в общей части подуровня конвергенции уровня адаптации 5-го типа аналогичны функциям, которые подуровнем конвергенции уровня адаптации 3/4-го типа. Исключением является то, что общая часть подуровня конвергенции уровня адаптации 5-го типа не передает принимающему объекту оповещение о назначаемой ёмкости буфера. Кроме этого, защита от ошибок на уровне адаптации 5-го типа полностью выполняется в общей части подуровня конвергенции и не делится между подуровнями сегментации и сборки и общей частью подуровня конвергенции, как это рекомендуется выполнять в уровне 3/4-го типа.

Для выполнения функций, которые возлагаются на общую часть подуровня слияния, необходим 8-ми байтовый хвостовик протокольного блока данных. Хвостовик протокольного блока данных всегда размещается в последних 8-ми байтах последнего протокольного блока подуровня сегментации и сборки. Поэтому поле заполнения имеет длину от 0 до 47 байтов. В этом случае при любой длине полезной нагрузки от 1 до 65575 байтов и 8-ми байтовом заголовке протокольный блок данных общей части подуровня конвергенции может быть разделен без остатка на протокольные блоки подуровня сегментации и сборки для предоставления на уровень АТМ. Допускается любое кодирование этого поля.

Уровень адаптации АТМ определяет также четыре категории сервиса:

- постоянная скорость передачи в битах;

- переменная скорость передачи в битах;

- неопределенная скорость передачи в битах;

1.4 Быстрая коммутация пакетов

Организация связи в распределённых сетях базируется на принципах коммутации и реализуется в узлах, соединяющих два или несколько входящих и исходящих каналов в требуемых направлениях [5]. Классификация видов коммутации приведена на рисунке 1.8

Как видно из рисунка 1.8, известны два основных принципа коммутации: непосредственное соединение и соединение с накоплением информации. При непосредственном соединении осуществляется физическое соединение входящих в узел коммутации каналов с соответствующими адресу исходящими каналами. При соединении с накоплением сообщений сигналы из входящих в узел коммутации каналов сначала записываются в буферное запоминающее устройство (БЗУ), откуда через определённый промежуток времени поступают в исходящие каналы.

Примером коммутации, использующей непосредственное соединение, является коммутация каналов, при которой канал предоставляется пользователю на время сеанса связи с момента установления соединения до момента завершения работы и разъединения. Однако коммутация каналов представляет собой очень не гибкую процедуру, так как продолжительность временного интервала однозначно определяет скорость передачи в канале связи. На самом деле требования различных служб к скорости передачи могут быть очень разными: от очень низких до очень высоких. И поэтому, если в качестве основной выбирать самую высокую скорость (которая способна обеспечить потребности любой службы), то в этом случае служба, которой необходима значительно меньшая скорость, будет занимать канал с высокой скоростью на всё время соединения, что, следовательно, приводит к очень низкой эффективности использования сетевых ресурсов. Таким образом, очевидно, что обычная коммутация каналов непригодна для использования в Ш-ЦСИО.

Коммутация сообщений и коммутация пакетов относятся к соединению с накоплением информации. Отличие между ними заключается лишь в том, что в случае коммутации сообщений всё сообщение записывается в БЗУ, а через некоторый промежуток времени считывается в исходящие каналы в выбранном направлении. При коммутации пакетов все передаваемые пользователем сети сообщения разбиваются в исходном узле на сравнительно небольшие части, называемые пакетами (при использовании ATM – на ячейки длиной 53 байта) и далее эти пакеты будут передаваться между двумя узлами сети.

Различают два режима передачи пакетов: режим датаграмм и режим виртуальных каналов [5]. При датаграммном режиме каждый пакет снабжается заголовком, в котором указывается адресная информация, необходимая для доставки пакета узлу назначения, а также номер пакета, который будет использоваться узлом назначения для сборки сообщения. Пакеты транспортируются в сети как независимые информационные блоки, коммутатор может изменить маршрут какого- либо пакета в зависимости от состояния сети – работоспособности каналов и других коммутаторов, длины очередей пакетов в соседних коммутаторах и т.д. Датаграммный метод не требует предварительного установления соединения, так как маршрут выбирается в процессе передачи каждого пакета, и поэтому работает без задержки перед передачей данных. Это особенно выгодно для передачи соизмеримым со временем передачи данных.

Метод быстрой коммутации пакетов, который используется в Ш-ЦСИО,относится к другому режиму работы сети – передача пакетов по виртуальному каналу. Понятие “виртуальный канал” (ВК) используется для описания однонаправленной передачи ячеек, имеющих общий идентификатор виртуального канала. Понятие “виртуальный путь” (ВП) используется для описания однонаправленной передачи ячеек, принадлежащих виртуальным каналам, имеющих общий идентификатор виртуального пути.

В этом случае, перед тем как начать передачу данных, абоненту- получателю направляется служебный пакет, прокладывающий виртуальное соединение [5]. При этом маршрут определяется по таблице маршрутизации, а фиксация маршрута осуществляется с помощью таблиц коммутации. В таблицу коммутации записывается информация вида: пакеты *k*-го виртуального соединения, пришедшие из *i*-го канала, следует направлять в *j*-й канал. Таким образом, в памяти управляющего компьютера существует виртуальное (условное) соединение. Дойдя до абонента-получателя, служебный пакет запрашивает у него разрешение на передачу, сообщив, какой объём памяти понадобится для приёма. Если компьютер располагает такой памятью и свободен, то посылается согласие абоненту-отправителю (также в виде специального служебного пакета) на передачу сообщения. Получив подтверждение, абонент-отправитель приступает к передаче сообщения обычными пакетами.

При быстрой коммутации пакетов ячейка, поступившая на вход коммутационной системы, характеризуется номером входного виртуального тракта и номером виртуального канала (поля ИВТ и ИВК в заголовке). БКП состоит в выполнении следующих действий:

* принятие входящей ячейки;
* чтение заголовка ячейки (определение ИВТ и ИВК);
* изменение ИВТ и ИВК в заголовке за счёт обращения к таблице коммутации, информация в которую записана на этапе определения маршрута;
1. добавление к ячейке информации о маршрутировании в коммутационной системе, которая называется заголовок быстрого пакета; таким образом, получают пакет быстрой коммутации, который поступает на один из входов коммутационной системы;
2. заголовок быстрого пакета самомаршрутизирует пакет быстрой коммутации через коммутационную систему и, следовательно, быстрый пакет поступает на требуемый исходящий виртуальный тракт и исходящий виртуальный канал (согласно таблице коммутации);
3. в выходном контроллере заголовок быстрого пакета изымается и, таким образом, быстрый пакет обратно преобразуется в ячейку.

Коммутаторы пакетной сети имеют буферное запоминающее устройство для временного хранения пакетов, это связано с необходимостью разнесения во времени быстрых пакетов, одновременно поступивших на различные входы и требующих передачу на один и тот же выход.

Таким образом, при использовании БКП время, затраченное на установление виртуального канала, компенсируется быстрой последующей передачей всего потока пакетов. Пакеты беспрепятственно проходят друг за другом по виртуальному каналу (в каждом узле их ждёт инструкция, которая обрабатывается управляющим компьютером) и в том же порядке попадают абоненту-получателю.

# 2. Адресация в Ш-ЦСИО с использованием АТМ

Схема адресации в широкополосных сетях с использованием технологии АТМ имеет ряд особенностей:

* Схема адресации в АТМ не зависит от любых протоколов верхних уровней и принятых в них схем адресации. То есть не существует связи между адресом IP и адресом АТМ. Тем не менее, существует необходимость разрешения адресов IP в адреса АТМ и согласования работы протоколов верхних уровней в сети АТМ.
* Формат адресов в частных сетях и сетях общего пользования различаются. Это позволяет телекоммуникационным компаниям гибко реализовывать внутреннюю адресацию и маршрутизацию.
* Адресация АТМ иерархична.
* Размер адреса выбран с большим запасом (20 байт).

В настоящее время используется четыре различных формата адресов. Три типа адресов для частных сетей: DCC AESA, ICD AESA и E.164 AESA. Для АТМ сетей общего пользования предоставляется выбор между форматом адреса Е.164(Е.164 и Е.164 AESA) и тремя типа адресов AESA представленными выше.

Адреса AESA представляются в шестнадцатеричной форме, длиной 20 байт. Адрес имеет иерархическую структуру и делится на два сегмента: IDP (Initial Domain Part) и DSP(Domain Specific Part),каждый из которых состоит из нескольких полей.

Сегмент IDP определяет тип адреса и тип уполномоченного, который отвечает за управление этим адресом. В этом сегменте есть два поля:

- AFI (Authority and Format Indicator)(1байт);

- IDI (Initial Domain Identifier)(2 байта);

Первое поле всегда имеет значение 39,а поле IDI содержит код идентифицирующий страну.

Сегмент DSP разделен на три поля:

-10-байтовое поле HO-DSP (High Order Domain Specific Part-идентификация адресного пространства, выделенного определенной подсети);

-6-байтное поле ESI (End System Identfier - идентификатор конечной системы);

-однобайтное поле SEL (Selector-селектор).

Формат адреса ICA AESA представлен на рисунке 2.2.

Формат адреса ICA AESA схож с форматом DCC, за исключением следующих моментов:

-поле AFI равно 47, а не 39;

-поле IDI содержит ICD (International Code Designation)- двухбайтовый идентификатор организации.

Формат адреса Е.164 существенно отличается от рассмотренных выше форматов.

Сегмент IDP в этом формате адреса разделяется на два поля: однобайтовое AEI и восьмибайтовое IDI. Первое содержит фиксированное значение 45, а второе-адрес формата Е.164. Значение поля AFI различно для разных форматов адресов (DCC AESA –39,ICD AESA-47, E.164 AESA-45).

Существование нескольких форматов адресов приводит к определенным трудностям при создании глобальных сетей. Существует две основных возможности: присвоение адресов и регистрация адресов. Адрес разделяется на префикс и пользовательскую часть. Можно присвоить один и тот же префикс нескольким портам коммутатора или назначить уникальный адрес каждому порту. При регистрации адресов необходимо учитывать три обстоятельства: подключаемое к сети АТМ оборудование должно поддерживать интерфейс ILMI для регистрации адресов; все подключаемое оборудование должно иметь уникальные пользовательскую часть адреса; такой метод хорошо работает при присвоении адресов оборудованию индивидуализации в Ш-ЦСИО.

3. Маршрутизация в Ш-ЦСИО

3.1 Маршрутизация Основные понятия

Для современного общества характерен быстрый рост объёма передаваемой информации. В связи с этим возникает проблема нахождения оптимального маршрута для передачи данных, то есть проблема маршрутизации. Управление процессами маршрутизации является важнейшей функцией сетевого уровня эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМ ВОС).

В общем случае, маршрут – это список узлов коммутации от узла-источника до узла-получателя. Маршрутизация – это набор процедур, позволяющих определить оптимальный маршрут по заданным параметрам на сети связи между парой узлов коммутации. Тогда можно сказать, что маршрутизатор – это устройство третьего уровня эталонной модели ЭМВОС, использующее одну и более метрик для определения оптимального маршрута передачи трафика на основе информации сетевого уровня [1].

В общем случае маршрутизация состоит из трёх этапов:

* Формирование и коррекция плана распределения информации (ПРИ), то есть таблиц маршрутизации для каждого узла коммутации;
* Формирование таблиц коммутации, обеспечивающих оптимальные для каждой службы маршруты доставки сообщений пользователей.
* Передача информации пользователя.

Совокупность таблиц маршрутизации на сети называется планом распределения информации. Таблица маршрутизации представляет собой матрицу *Мi,*в которой число строк равно *N*-1, где *N* – число узлов коммутации сети (строка в матрице *Мi* для узла *i* не отводится), а число столбцов равно числу соседних с рассматриваемым узлом коммутации *i* узлов. Таблицы маршрутизации могут быть составлены по различным критериям: минимальное количество транзитных узлов, минимальная задержка при передаче пакетов, максимальная надёжность и так далее.

Все функции реализуются маршрутизатором с помощью специального программного обеспечения, обеспечивая пропускную способность около одного миллиона пакетов в секунду. Столь низкая пропускная способность возникает из-за задержек при обработке трафика.

Современные сети очень критичны ко всяким видам задержек и требуют применение новых маршрутизатиров с очень высокой производительностью. Одним из способов повышение производительности маршрутизаторов является использование высокоскоростных аппаратных маршрутизаторов. Одним из ограничений использования аппаратных маршрутизаторов является неполная поддержка протоколов сетевого уровня [3].

Функции маршрутизатора могут быть разбиты на три группы в соответствии с уровнями эталонной модели OSI: уровень интерфейсов, уровень сетевого протокола и уровень протокола маршрутизации [7]. Функциональная модель маршрутизатора приведена на рисунке 3.1. На нижнем уровне маршрутизатор, как и любое устройство, подключённое к сети, обеспечивает физический интерфейс со средой передачи, включая согласование уровней электрических сигналов, кодирование, оснащение определённым типом разъёма. В разных моделях маршрутизаторов часто предусматриваются различные наборы физических интерфейсов, представляющих собой комбинацию портов для подсоединения локальных и глобальных сетей.

Интерфейсы маршрутизатора выполняют полный набор функций физического и канального уровней по передаче кадра, включая получение доступа к среде (если это необходимо), формирование битовых сигналов, приём кадра, подсчёт его контрольной суммы и передачу поля данных кадра верхнему уровню, в случае, если контрольная сумма имеет корректное значение. Кадры, которые поступают на порты маршрутизатора, после обработки протоколами физического и канального уровней, освобождаются от заголовков канального уровня. Извлечённые из поля данных кадра пакеты пересылаются модулю сетевого протокола.

Сетевой протокол, в свою очередь, извлекает из пакета заголовок сетевого уровня и анализирует содержимое его полей. Прежде всего проверяется контрольная сумма, и если пакет пришёл повреждённым, то он отбрасывается. Выполняется проверка, не превысило ли время, которое провёл пакет в сети (время жизни пакета), допустимой величины. Если превысило – то пакет также отбрасывается. На этом этапе вносятся корректировки в содержимое полей, например, наращивается время жизни пакета, пересчитывается контрольная сумма.

На сетевом уровне также выполняется одна из важнейших функций маршрутизатора – фильтрация трафика. При использовании технологии ATM количество виртуальных каналов и виртуальных трактов огромно, что позволяет передачу сообщений сигнализации, пользователя и сообщений обмена информацией между маршрутизаторами производить по отдельно выделенным виртуальным каналам. Следовательно, в функции маршрутизатора входит просеивание входного потока ячеек (то есть выделение ячеек пользователя, сигнализации и управления).

К уровню сетевого протокола относится и другая функция маршрутизатора – определение маршрута пакета. Так как рассматривается сеть с технологией ATM, то прежде чем пакет будет передан через сеть устанавливается виртуальное соединение, смысл которого состоит в том, что маршрутизация пакетов между узлами сети на основании таблиц маршрутизации происходит только один раз – при создании виртуального соединения. В этом случае, протокол сетевого уровня по номеру сети, извлечённому из заголовка пакета, находит в таблице маршрутизации строку, содержащую сетевой адрес следующего маршрутизатора, и номер порта, на который нужно передать данный пакет, чтобы он двигался в правильном направлении. После создания виртуального соединения передача пакетов происходит на основании идентификаторов виртуальных путей и каналов, присвоенных каждому соединению на этапе создания. Кроме того, при создании виртуального соединения каждый маршрутизатор автоматически настраивает так называемые таблицы коммутации портов – эти таблицы описывают, на какой порт нужно передать пришедший пакет, если он имеет определённые значения идентификаторов. Таким образом, после прокладки виртуального соединения через сеть маршрутизаторы больше не используют для пакетов этого соединения таблицу маршрутизации, а продвигают пакет на основании таблицы коммутации, создание которой выполняют протоколы сетевого уровня. Сетевые протоколы активно используют в своей работе таблицу маршрутизации, но ни её построением, ни поддержанием её содержимого не занимаются. Эти функции выполняют протоколы маршрутизации. На основании этих протоколов маршрутизаторы обмениваются информацией о топологии сети, а затем анализируют полученные сведения.

3.2 Классификация методов маршрутизации

Спектр применяемых в настоящее время методов маршрутизации весьма широк. Степень сложности применяемых методов маршрутизации определяется размерами сети, характером входного потока, требованиям к вероятностно-временным характеристикам, передаваемой информации и функционирования сети. В сложных сетях почти всегда существуют несколько альтернативных маршрутов для передачи пакетов между двумя конечными узлами. Задачу выбора маршрута из нескольких возможных решают маршрутизаторы. Маршрут выбирается на основании имеющейся у маршрутизаторов информации о текущей конфигурации сети, а также на основании указанного критерия выбора маршрута(рисунок 3.2).

По способу формирования плана распределения информации алгоритмы маршрутизации можно разделить на две большие группы: статические (неадаптивные) и динамические (адаптивные)[5].

В случае использования статических алгоритмов, выбор маршрутов осуществляется заранее и прописывается вручную в таблицу маршрутизации, где хранится информация о том, на какой интерфейс отправить пакет с соответствующей адресной информацией. Статических таблиц маршрутизации не меняются, если только администратор сети не изменит его. Алгоритмы, использующие статические маршруты, просты для разработки и хорошо работают в окружении, где трафик сети относительно предсказуем, а схема сети относительно проста. Так как статические системы маршрутизации не могут реагировать на изменения в сети, они, как правило, считаются непригодными для современных крупных, постоянно изменяющихся сетей. К статическим алгоритмам можно отнести логический метод формирования ПРИ, который будет подробнее рассмотрен позднее.

Динамические алгоритмы отличаются по способу получения информации (например, от соседних маршрутизаторов, от всех маршрутизаторов в сети), моменту изменения маршрутов (через регулярные интервалы, при изменении топологии) и используемой метрике (расстояние, число транзитных узлов). То есть таблица маршрутизации меняется автоматически при изменении топологии сети или трафика в ней.

Динамические алгоритмы маршрутизации подстраиваются к изменяющимся обстоятельствам сети в масштабе реального времени. Они выполняют это путем анализа поступающих сообщений об обновлении маршрутизации. Если в сообщении указывается, что имело место изменение сети, маршрутизатор пересчитывает маршруты и рассылает новые сообщения о корректировке маршрутизации. Такие сообщения пронизывают сеть, стимулируя маршрутизатор заново прогонять свои алгоритмы и соответствующим образом изменять таблицы маршрутизации. Динамические алгоритмы маршрутизации могут дополнять статические маршруты там, где это уместно[8].

Среди динамических методов можно выделить два основных:

- метод рельефов;

- игровой метод.

При использовании метода рельефов сеть рассматривается как граф, вершины которого соответствуют центрам коммутации, а ребра - магистралям сети между двумя центрами комутации (ЦК). Характеристики магистралей (длина, пропускная способность, надежность) и центров (производительность, надежность) при этом являются весами графа и могут быть использованы для выбора критерия оптимального пути передачи информации.

Одним из основных показателей оптимальности пути передачи, на базе которого строятся современные устройства управления, являются число ЦК на выбранном направлении. Оптимальным считается путь с наименьшим числом ЦК (или ребер).

Поиск кратчайшего пути по рельефу из любого центра состоит в отыскании в каждом промежуточном ЦК ветви с наименьшим номером.

В период между коррекциями рельефа в сети может существовать неправильный рельеф. Поэтому те сообщения, которые в это время будут передаваться, могут проходить не по кратчайшим путям. Выбирая необходимую частоту обновления рельефа, можно добиться в среднем достаточно высокой степени оптимизации плана распределения информации[6]. То есть каждый маршрутизатор изучает топологию сети путем обмена специальными пакетами (информацией о маршрутах) с ближайшими соседними маршрутизаторами. Фактически, каждый маршрутизатор узнает о топологии сети из представлений соседних маршрутизаторов.

Используя эту информацию, маршрутизатор строит новое описание топологии сети и передает ее соседям. При необходимости данный процесс повторяется многократно, в итоге формируется окончательная картина сети: все маршрутизаторы имеют одинаковые описания сетевой топологии. Таблица содержит информацию обо всех маршрутизаторах в сети. Этот алгоритм прост и, на первый взгляд, надежен. Одним из основных недостатков этого алгоритма является медленное распространение информации о недоступности той или иной линии или выходе того или иного маршрутизатора из строя.

Использование игрового метода предусматривает формирование ПРИ по вероятности установления соединения между заданной парой узлов. В случае успешного соединения по первому выбору исходящего тракта передачи сообщений величина вероятности выбора увеличивается, а весь вектор вероятностей – нормируется. Если же соединение по пути первого выбора не установлено, то предпочтительность выбора данного исходящего тракта передачи сообщений уменьшается, а вектор вероятности заново нормируется.

Метод рельефов относительно прост для разработки и реализации. А алгоритм с использованием игрового метода более сложен и может требовать большей вычислительной мощности маршрутизатора. Однако этот алгоритм лучше масштабируется и может поддерживать большее количество сетей.[5]

Отличаясь более быстрой сходимостью, игровой метод несколько меньше склонен к образованию петель маршрутизации, чем метод рельефов. С другой стороны, игровой метод характеризуются более сложными расчетами в сравнении с методом рельефов, требуя большей процессорной мощности и памяти. Вследствие этого, реализация и поддержка игрового метода может быть более дорогостоящей. Несмотря на их различия, оба типа алгоритмов хорошо функционируют при самых различных обстоятельствах.

Ниже рассмотрим различные способы выбора исходящих трактов передачи сообщений (ТПС).

Последовательный выбор исходящих ТПС состоит в том, что, в каждом узле коммутации (УК) начиная от узла источника (УИ), осуществляется выбор только одного исходящего ТПС в результате на сети будет формироваться только один маршрут, состоящий из последовательного наращивания коммутационных участков из УИ к узлу получателя (УП). В зависимости от характера распространения на сети процесса поиска маршрута выделяют три основных класса выбора исходящих ТПС:

* градиентный;
* диффузный;
* градиентно – диффузный.

Градиентный метод состоит в том, что в каждом транзитном узле в процессе выбора исходящего ТПС участвуют не все исходящие тракты, а лишь наиболее предпочтительные. Если в одном из УК исходящие ТПС, участвующие в выборе не доступны раздельно, то данной заявки на формирование маршрута даётся отказ. В результате градиентного выбора маршрут будет формироваться вдоль геометрического направления.

Реализация градиентных алгоритмов выбора исходящих ТПС позволяет организовать кратчайший маршрут.

Выбор исходящего пути, при котором искомый маршрут может формироваться и в противоположную сторону, называется диффузным. То есть допускает возможность выбора любых из доступных исходящих ТПС. Данный метод обладает большой гибкостью при обходах повреждённых участков сети, однако средняя длина маршрута может быть больше, чем в градиентных способах.

Градиентно – диффузный метод является комбинацией первых двух методов. В свою очередь процедура выбора исходящего ТПС в каждом УК может быть детерминирована и вероятностна.

В первом случае выбор исходящего ТПС осуществляется по максимальному значению одного из элементов вектора. Во втором случае выбор исходящего ТПС производится в результате случайного розыгрыша, при этом исходящие ТПС имеющие большие значения получают большую вероятность выбора. Комбинированный способ содержит как вероятностную, так и детерминированную компоненту.

Параллельный выбор исходящих ТПС состоит в том, что поиск маршрута между УИ и УП по всем исходящим ТПС в определённой зоне сети связи. Если выбор ширины зоны, в которой осуществляется поиск маршрута, определяется однозначно, заранее выбранным критерием, то такой выбор будет называться детерминированным. Если же выбор ширины зоны поиска маршрута осуществляется в результате случайного выбора, то в данном случае выбор будет называться вероятностным. Примером параллельного выбора исходящего ТПС с детерминированным выбором ширины зоны поиска маршрута является алгоритм, получивший название волновой или лавинный. При поступлении заявки на организацию маршрута между парой узлов в УИ формируется поисковая посылка, которая пересылается инцидентным с ним узлам. В соседних УК эта процедура повторяется. Таким образом, поисковая посылка попадает во все узлы сети, причём через время, равное времени его передачи по кратчайшему маршруту. Основным недостатком волнового метода маршрутизации является дополнительная нагрузка, создаваемая при передачи поисковой посылки во все стороны, в том числе и в противоположном от УП.

В алгоритмах маршрутизации используется много различных показателей. Сложные алгоритмы маршрутизации при выборе маршрута могут базироваться на множестве показателей, комбинируя их таким образом, что в результате получается один отдельный (гибридный) показатель[9]. Ниже перечислены показатели, которые используются в алгоритмах маршрутизации:

1. Длина маршрута;

2. Надежность;

3. Задержка;

4. Ширина полосы пропускания;

5. Нагрузка;

6. Стоимость связи.

Длина маршрута является одним из общих показателем, которые используются в алгоритмах маршрутизации. То есть показатель, характеризующий число проходов, которые пакет должен совершить на пути от источника до пункта назначения через маршрутизаторы.

Надежность, в контексте алгоритмов маршрутизации, относится к надежности каждого канала сети (обычно описываемой в терминах соотношения бит/ошибка). Некоторые каналы сети могут отказывать чаще, чем другие. Отказы одних каналов сети могут быть устранены легче или быстрее, чем отказы других каналов. При назначении оценок надежности могут быть приняты в расчет любые факторы надежности.

Под задержкой маршрутизации обычно понимают отрезок времени, необходимый для передвижения пакета от источника до пункта назначения через объединенную сеть. Задержка зависит от многих факторов, включая полосу пропускания промежуточных каналов сети, очереди в порт каждого маршрутизатора на пути передвижения пакета, перегруженность сети на всех промежуточных каналах сети и физическое расстояние, на которое необходимо переместить пакет.

Полоса пропускания относится к имеющейся мощности трафика какого-либо канала. Хотя полоса пропускания является оценкой максимально достижимой пропускной способности канала, маршруты, проходящие через каналы с большей полосой пропускания, не обязательно будут лучше маршрутов, проходящих через менее быстродействующие каналы.[8]

При разработке алгоритмов маршрутизации часто преследуют одну или несколько из перечисленных ниже целей:

1 Оптимальность;

2 Простота и низкие непроизводительные затраты;

3 Живучесть и стабильность;

4 Быстрая сходимость;

5 Гибкость.

Оптимальность, характеризует способность алгоритма маршрутизации выбирать наилучший маршрут. Оптимальный маршрут зависит от показателей, используемых при проведении расчета.

Алгоритмы маршрутизации разрабатываются как можно более простыми. Другими словами, алгоритм маршрутизации должен эффективно обеспечивать свои функциональные возможности, с минимальными затратами и коэффициентом использования.

Алгоритмы маршрутизации должны обладать живучестью. Другими словами, они должны четко функционировать в случае неординарных или непредвиденных обстоятельств, таких как отказы аппаратуры, условия высокой нагрузки и некорректные реализации. Так как маршрутизаторы расположены в узловых точках сети, их отказ может вызвать значительные проблемы. Часто наилучшими алгоритмами маршрутизации оказываются те, которые выдержали испытание временем и доказали свою надежность в различных условиях работы сети.

Алгоритмы маршрутизации должны быстро сходиться. Сходимость - это процесс соглашения между всеми маршрутизаторами по оптимальным маршрутам. Когда какое-нибудь событие в сети приводит к тому, что маршруты или отвергаются, или становятся доступными, маршрутизаторы рассылают сообщения об обновлении маршрутизации. Сообщения об обновлении маршрутизации пронизывают сети, стимулируя пересчет оптимальных маршрутов и, в конечном итоге, вынуждая все маршрутизаторы придти к соглашению по этим маршрутам. Алгоритмы маршрутизации, которые сходятся медленно, могут привести к образованию петель маршрутизации или выходам из строя сети.

Алгоритмы маршрутизации должны быть также гибкими. Другими словами, алгоритмы маршрутизации должны быстро и точно адаптироваться к разнообразным обстоятельствам в сети. Например, предположим, что сегмент сети отвергнут. Многие алгоритмы маршрутизации, после того как они узнают об этой проблеме, быстро выбирают следующий наилучший путь для всех маршрутов, которые обычно используют этот сегмент. Алгоритмы маршрутизации могут быть реализованы таким образом, чтобы они могли адаптироваться к изменениям полосы пропускания сети, размеров очереди к маршрутизатору, величины задержки сети и других переменных.

## 3.3 Область применения маршрутизаторов

По области применения маршрутизаторы делятся на несколько классов:

* Магистральные маршрутизаторы. Предназначены для построения центральной сети. Это мощные устройства способные обрабатывать миллионы пакетов с секунду и имеющих большое количество интерфейсов локальной и глобальной сети. Большое внимание в этих моделях уделяется надёжности и отказоустойчивости маршрутизатора, которое достигается за счёт системы терморегуляции, избыточных источников питания, а также симметричного мультиплексирования. Примерами магистральных маршрутизаторов служат маршрутизаторы Backbone Concentrator Node, Cisco 7500, Cisco 12000[3].
* Маршрутизаторы региональных отделений – соединяют региональные отделения между собой и с центральной сетью. Такой маршрутизатор представляет собой версию упрощённого магистрального маршрутизатора. Поддерживает интерфейс локальных и глобальных сетей мене скоростных. Примерами маршрутизаторов региональных отделений служат маршрутизаторы BLN, ASN, Cisco 3600, Cisco 2500[3].
* Маршрутизаторы удалённого офиса могут поддерживать работу по коммутируемой телефонной линии в качестве резервной связи для выделенного канала. Примерами маршрутизаторов удалённых офисов, являбтся наиболее типичные представители – Nautika, Cisco 1600, Office Connect, Pipeline[7].
* Маршрутизаторы локальных сетей предназначены для разделения крупных локальных сетей на подсети. Основные требования предъявляемые к ним: высокая скорость машрутизации, так как в такой конфигурации отсутствуют низкоскоростные поры, такие как модельные или цифровые порты.

Кроме того, сетевые устройства типа моста/маршрутизатора работают в нормальном режиме как многопротокольные маршрутизаторы, а при получении пакета с неизвестным сетевым протоколом обрабатывают его как мост. Они работают как мосты, но при этом поддерживают некоторые функции третьего уровня для оптимизации передачи данных.

4. Логический метод маршрутизации

Логический метод маршрутизации относится к статическим алгоритмам. Распределение статических таблиц маршрутизации устанавливается администратором заранее и прописывается вручную. В таблицах хранится информация о том, на какой интерфейс отправить пакет с соответствующей адресной информацией. Информация в таблицах не меняется, если только администратор сети не изменит её.

Логический метод маршрутизации на сети связи состоит в процедуре, выполняемой в каждом транзитном узле коммутации, начиная от узла источника, позволяющее определить исходящий тракт передачи сообщений, максимально близкий к геометрическому направлению. Сеть связи вкладывается в прямоугольную систему координат (рисунок 4.1), в соответствии с которой, каждому узу сети присваивается собственный адрес (X,Y).То есть каждом узлу на сети помимо своего адреса в общей системе адресации присваивается адрес в данной системе координат. Поэтому в оперативной памяти узла необходимо держать таблицы соответствий для данных видов адресации. Таблица содержит информацию обо всех маршрутизаторах в сети. Таблица состоит из трех частей: собственного адреса, адреса смежных узлов и адресов удаленных узлов.

В каждом транзитном узле УК(Xi,Yj), начиная с узла источника, производится анализ адреса узла получателя в сопоставлении его с собственным. В результате вычисляется геометрическое направление из данного узла на УП.

Данные вычисления можно провести заблаговременно и держать в оперативной памяти узла.

Логический метод относится к алгоритмам, которые определяют оптимальный путь доставки информации, основываясь на данных о расстоянии между узлами, а не о пропускной способности сети на данном участке, то соответственно он не может учитывать возможности по ранее забракованным участкам сети из-за загруженности или неисправности [12].

Алгоритм прост для разработки и хорошо работает в окружения, где трафик сети относительно предсказуем, а схема сети относительно проста.

5. Структурная схема маршрутизатора, реализующего логический метод формирования

Рассмотрим процесс нахождения оптимального пути на магистральной сети между узлом получателя и отправителем при условии:

* число узлов на сети около ста;
* структура сети не иерархичная;
* алгоритм нахождения оптимального пути – логический;

В *i*-м ТПС передается служебная и пользовательская информация.

В фильтре происходит выделение различной служебной информации такой как посылка отказа; посылка на установление соединения; посылка отбоя. В каждом маршрутизаторе содержится таблица соответствия между адресом маршрутизатора на сети и адресом маршрутизатора в единой системе координат. Логический метод маршрутизации относится к статическому, поэтому данные в таблицу заносятся администратором сети. Данный метод маршрутизации не учитывает состояние каналов связи между узлами на сети, а при нахождение маршрута учитывает оптимальное расстояние между узлами. Таблицу соответствия можно разбить на три части. В первой части содержится информация о адресе данного маршрутизатора в обеих системах адресации, адрес в координатной сетке обозначим как (,). Значение адрес смежных с данным узлом маршрутизатором – (). Адреса удаленных узлов в координатной сетке – (). Производится анализ искомого адреса () с собственным адресом маршрутизатора (,), В случае если =,, то запрашиваемый адрес находится в пределах сети данного маршрутизатора. В случае если ,, то производится дальнейший анализ =, анализируется, – не является ли искомый узел смежным с данным маршрутизатором. Если данное условие не выполняется, то есть = , то искомый узел является удаленным, поэтому необходимо найти исходящий тракт максимально близкий к геометрическому направлению:

;

далее определяем к смежным узлам:

,

при этом необходимо учитывать:

если и , то ;

если и , то ;

если и , то ;

В схеме сравнения производится анализ и , то есть определяется наименьший угол отклонения от исходного :

,

Определив наименьший угол отклонения, определяется исходящий тракт, для дальнейшего следования. Далее проверяется ИПТС на доступность, если он не доступен, то производим процедуру по анализу следующего ИПТС, который имеет наименьший угол отклонения от исходного угла; если при анализе всех ИТПС не было обнаружено свободного тракта, то формируется посылка на отказ в соединении. Эта информация заносится в таблицу коммутации. В случае если определен исходящий тракт информация об этом поступает не только в таблицу коммутации, но и производится проверка на узел получения: то есть если дальнейший узел является оконечным то в его направлении формируется посылка на установление соединения.; если следующий узел является транзитным, то в его направлении формируется соответствующая посылка на установление соединения.

Ячейки пользовательской информации поступают в контроллер, где происходит обращение к таблице коммутации, для получении информации для прохождения по коммутационной матрице.

Формируется быстрый пакет, то есть к ячейки присоединяется новый заголовок, содержащий номера виртуальных каналов для прохождения по коммутационной системе (КС). После прохождения по коммутационной системе происходит удаление заголовка, и ячейки в дальнейшем передаются по соответствующему тракту. Структурная схема маршрутизатора приведена на рисунке 5.1.

6. Анализ маршрутизации Ш-ЦСИО

## 6.1 Постановка задачи

Спектр методов маршрутизации, которые можно применить на сетях связи, весьма широк: от простейших, фиксированных процедур, до весьма сложных. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Выбор того или иного метода маршрутизации значительно влияет, на финансовые вложения в сеть связи, эффективность использования ресурсов сети и качества обслуживания пользователя. Проведение экспериментальных исследований по функционированию методов маршрутизации непосредственно на действующих сетях связи связано с существенными техническими, организационными и финансовыми трудностями. Одним из путей решения данной проблемы является разработка математической модели, с помощью которой можно получить количественные оценки функционирования сети связи с тем или иным методом маршрутизации.

Задача, которая ставится в данной главе – это описание математической модели и методики анализа логического методов маршрутизации на Ш-ЦСИО.

Ш-ЦСИО имеет свои особенности:

1. Применение технологии виртуальных каналов – АТМ.
2. Использование в коммутаторах виртуальных каналов метода БПК.
3. Обслуживание неоднородного трафика, что связано с предоставлением пользователю различных видов сервиса.
4. Обеспечение требуемого качества обслуживания для различных видов сервиса.

Критерием анализа исследуемого метода маршрутизации примем качество обслуживания пользователей сети (вероятность потери сообщений, либо части сообщения; время задержки при передаче сообщения) при различных параметрах входного трафика. Считается, что структура сети, скорости передачи [Бит/сек] в ВТ и входящие потоки данных от пользователя определены заранее.

6.2 Математическая модель Ш-ЦСИО и методика анализа маршрутизации

Схематичное описание математической модели Ш-ЦСИО и методика анализа маршрутизации состоит из следующих этапов:

1. Описание исходных данных и определение ограничений математической модели.
2. Выбор критериев анализа маршрутизации на сети.
3. Описание потоковой модели, учитывающей метод маршрутизации на сети и виды сервиса Ш-ЦСИО.
4. Выбор системы массового обслуживания (СМО), описывающей процессы обработки потока ячеек АТМ от различных видов сервиса виртуальных трактов Ш-ЦСИО.
5. Определение вероятностно временных характеристик (ВВХ) функционирования Ш-ЦСИО.

Поэтапно рассмотрим математическую модель Ш-ЦСИО и методику анализа методов маршрутизации.

6.3 Описание исходных данных и определение ограничений математической модели

1. G(As,Ls) с множеством вершин (коммутаторы ВК) ; и множество рёбер (ТПС) ; соединяющих и вершины. ТПС ; характеризуется множеством виртуальных трактов

;

и скоростей передачи данных [Бит/сек]

; ; .

Структура сети связи вложена в прямоугольную систему координат, то есть каждая вершина имеет координаты Xi,Yj.

2. Абонентские пункты (АП) в модели отсутствует. Входные и выходные потоки данных приписываются ИКМВК и ВКМВК, которые непосредственно связаны с абонентскими пунктами. Данное ограничение модели не является принципиальным и при необходимости может быть снято.

3. Множество , определяет средние скорости поступления данных *r*-го вида сервиса в Ш-ЦСИО.

4. Вероятность поступления потока данных *r*-го вида сервиса в ИКМВК для его последующей передачи ВКМВК определяется матрицей тяготения:

 .

5. Поступающий в сеть поток данных *r*-го вида сервиса характеризуется следующими параметрами:

* Пуассоновское распределение количества сообщений (заявок) (*k*), поступающих на обслуживание (передачу по сети), за время

Соответственно, математическое ожидание и дисперсия поступления *k* заявок *r*-го вида сервиса определяются:

Плотность распределения, математического ожидания и дисперсия времени между моментами поступления заявок *r*-го вида сервиса на обслуживание, соответственно определяются:

* Экспоненциальное распределение длительности одного сообщения (в единицах времени) *r*-го вида сервиса:

Соответственно, математическое ожидание и дисперсия длительности одного сообщения *r*-го вида сервиса определяется:

; .

Будем считать, что для *r*-го вида сервиса количество поступающих сообщений (заявок на обслуживание) за время *Т* для последующей передачи по сети и длительность передачи сообщений являются независимыми событиями. Данное условие накладывает определенные ограничения на математическую модель. Действительно, для некоторых видов сервиса (видеотелефония, телефония), для которых существует эффект повторных вызовов, данное ограничение является существенным недостатком. В тоже время для видов сервиса (видеоконференция, видеонаблюдения, аудио- и видеоинформация, звуковые сигналы, передача данных с высокой скоростью, телеуправление, телефакс, передача документов, видео высокого разрешения) допущение о независимости событий количества поступающих сообщений (заявок) на обслуживание и длительность их передачи является вполне приемлемым.

Следовательно, выражения:

; ,

соответственно, определяют математическое ожидание и дисперсию времени передачи сообщения *r*-го вида сервиса за период наблюдения *Т*.

Таким образом

, (6.1)

определяет количество данных (Бит) (интенсивность) *r*-го вида сервиса, которое должно поступить в сеть от пользователей со средней скоростью *m(vr)* за период наблюдений *Т*.

Учитывая, что поток данных *r*-го вида сервиса с интенсивностью на уровне адоптации AAL эталонной модели протоколов Ш-ЦСИО сегментируется по 48 байт и преобразуется в ячейки АТМ, то выражение

 (6.2)

определяет интенсивность поступления в Ш-ЦСИО ячеек *r*-го вида сервиса за время *Т*.

6. План распределения информации на сети задан виде набора векторов,

,

где ;;;; степень *ai-*го коммутатора ВК.

Элементы вектора задают вероятность того, что на этапе поиска маршрута к *ai* ВКМВК *в aj* транзитном коммутатореВК*,* начиная с ИКМВК, будет выбран*v-*й ВК. Процедура определения при использовании логического метода маршрутизации состоит из нескольких этапов:

; ; ; , где

-угол, определяющий геометрическое направление;

-углы, соответствующие исходящим трактам к смежным углам;

*k*- количество исходящих трактов в данном узле.

6.4 Выбор критериев анализа маршрутизации на сети

Критерием оценки функционирования метода маршрутизации (*М*) на Ш-ЦСИО за время наблюдений Т примем качество обслуживания пользователей сети (вероятность потери сообщений, либо части сообщения; время задержки при передачи сообщений)при различных параметрах входного потока:

, при условии, что определены заранее.

6.5 Описание потоковой модели, учитывающей метод маршрутизации на сети и виды сервиса Ш-ЦСИО

Отождествим вершины графа *G(AS,LS)* с состояниями конечной цепи Маркова. Из набора векторов (7.1) для *r*-го вида сервиса при поиске *at*-го ВКМВК можно получить матрицу переходных вероятностей [9].

; ,

где вероятность перехода из *ai*-го состояния в *aj*-е при поиске *at*-го ВКМВК для *r*-го вида сервиса. Причем, состояние *at*, соответствующее *at*-му узлу-получателю (ВКМВК), определим поглощающим, то есть:

.

Матрица переходных вероятностей, описывающая вероятности переходов для поиска *at*-го коммутатора ВК будет иметь вид:

Интенсивность потока ячеек АТМ *r*-го вида сервиса в ; ; при поиске *at*-го коммутатора ВК (ВКМВК) определяется следующим образом:

; .

Общая интенсивность потоков ячеек АТМ *r*-го вида сервиса в ; при поиске *at*-го коммутатора ВК определится из системы уравнений:

; ; . (6.3)

Таким образом, мы получили взвешенный, граф каждому ребру (ВТ) которого присвоено *r* значений интенсивностей потоков ячеек АТМ.

6.6 Выбор СМО, описывающей процессы обработки потока ячеек АТМ различных видов сервиса в виртуальных трактах Ш-ЦСИО

В качестве математической модели ВТ примем СМО с относительными приоритетами (Рисунок 6.1), причем - высший приоритет; - низший приоритет; .

Высший приоритет присвоим тем видам сервиса, которые функционируют в реальном масштабе времени (критичны к задержкам во времени): телефония, видеотелефония, видеоконференция и т.д..

Данным видам сервиса соответствует СМО M/1//D/1, основной характеристикой которой является Рпот - вероятность потери ячейки АТМ. Выбор детерминированной дисциплины обслуживания в СМО обусловлен тем, что обслуживаются (передаются) ячейки АТМ, имеющие фиксированную длину 53 байта.

Таким образом, используя известные подходы, появляется возможность расчёта вероятностно – временных характеристик виртуальных трактов Ш-ЦСИО:

*m(Tож r)* – среднее время ожидания одной ячейки в очереди на обслуживание для *r*-го вида сервиса не критичного к задержкам во времени;

*Рпот* – вероятность потери ячейки АТМ для видов сервиса, функционирующих в реальном масштабе времени.

Для : M/1//D/1; , ; ; .

Для ; *η>1;М/∞/D/1;*

; - среднее время обслуживания одной ячейки АТМ;

; ; ; .

- обратно пропорционально скорости передачи в *g*-м ВТ (*vgij*) и с учетом длины ячейки 53 байта определяется следующим образом:

; .

Таким образом, получены ВВХ для каждого виртуального тракта в Ш-ЦСИО(рисунок 6.2).

* 1. Определение ВВХ функционирования Ш-ЦСИО

Усредняя ; *Рgпот.ij*; ;

определим их математическое ожидания:

; (6.4)

; . (6.5)

В результате получен взвешенный граф, каждому ребру (ТПС) которого присвоены искомые вероятностно – временные характеристики.

Выражения (6.4), (6.5) представляют собой матрицы размерностью (*SxS*), анализ которых позволяет оценить функционирование логического метода маршрутизации на Ш-ЦСИО.

# 7. Безопасность жизнедеятельности

Дипломный проект выполняется с использованием персонального компьютера, поэтому цель данного раздела - выявить и изучить опасные и вредные факторы при работе с дисплеем, степень их воздействия на оператора. Определить необходимые условия для устранения или уменьшения воздействия этих факторов на безопасные условия труда. Выявить меры по профилактике травматизма и профессиональных заболеваний.

## 7.1 Общий обзор вредных факторов

Операторы ЭВМ сталкиваются с воздействием таких физических и опасных психологических факторов, как повышенная температура внешней среды, отсутствие или недостаток естественного света, недостаточная освещенность рабочей зоны, электрический ток, статическое электричество, умственное перенапряжение, перенапряжение зрительных анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки.[10]

Зарегистрированы десятки случаев возникновения болезней, связанных с работой на компьютере. Выявлена связь между работой на компьютере и такими недомоганиями как астенопия (быстрая утомляемость глаз); боли в спине и шее; запястный синдром (болезненное поражение срединного нерва запястья); тендениты (воспалительные процессы в тканях сухожилий); стенокардия и различные стрессовые состояния; сыпь на коже лица; хронические головные боли; головокружение; повышенная возбудимость и депрессивные состояния; снижение концентрации внимания; нарушение сна.

Служащие, работающие за дисплеем компьютера по семь и более часов в день, страдают воспалениями и другими заболеваниями глаз на 70% чаще тех, кто проводит за дисплеем меньше времени.

Основным источником эргономических проблем, связанных с охраной здоровья людей, использующих в своей работе персональные компьютеры, являются дисплеи с электронно-лучевыми трубками (ЭЛТ). Они представляют собой источники наиболее вредных излучений, неблагоприятно влияющих на здоровье операторов. Существует два типа излучений, возникающих при работе монитора:

* электростатическое;
* электромагнитное.

Первое возникает в результате облучения экрана потоком заряженных частиц. Неприятности, вызванные им, связаны с пылью, накапливающейся на электростатических заряженных экранах, которая летит на пользователя во время его работы за дисплеем. Результаты медицинских исследований показывают, что такая электризованная пыль может вызвать воспаление кожи.

Электромагнитное излучение создается магнитными катушками отклоняющей системы, находящимися около цокольной части ЭЛТ Специальные измерения показали, что невидимые силовые поля появляются даже вокруг головы оператора во время его работы за дисплеем. Человеку, вероятно, уже никогда не удастся полностью избежать пагубного влияния передовых технологий, но можно свести его к минимуму. Большинство проблем решаются при правильной организации рабочего места, соблюдении правил техники безопасности и разумном распределении рабочего времени.

Условия работы за монитором противоположны тем, которые привычны для наших глаз. В обычной жизни мы воспринимаем в основном отраженный свет (если только не смотрим на солнце, звезды или искусственные источники освещения), а объекты наблюдения непрерывно находятся в поле нашего зрения в течение хотя бы нескольких секунд. А вот при работе за монитором мы имеем дело с самосветящимися объектами и дискретным (мерцающим с большой частотой) изображением, что увеличивает нагрузку на глаза. Если к этому добавить такие часто встречающиеся факторы, как резкий контраст между фоном и символами, непривычная форма символов, иное, чем при чтении книги, направление взгляда, блики и отражения на экране, то становится понятным, почему почти каждый пользователь знаком с неприятными ощущениями ("песок" в глазах, жар, боль, пелена).

Технический уровень современных мониторов не позволяет полностью исключить воздействие перечисленных выше факторов, однако разработано ряд правил, позволяющих облегчить адаптацию к непривычным для организма человека факторам, сохранив тем самым работоспособность и здоровье пользователей.

## 7.2 Монитор

Среди параметров монитора есть несколько очень важных для здоровья оператора. Первый параметр это частота строчной развертки, то есть частота кадров. Изображение, созданное электронно-лучевой трубкой, всегда немного мерцает. Это мерцание приводит к утомлению глаз, головным болям и другим менее заметным проблемам. Чем меньше мерцает экран, то есть чем выше частота смены кадров, тем больше времени вы можете провести за этим компьютером без существенных последствий для своего здоровья. Международные стандарты на частоту кадров, например стандарт VESA, постоянно меняются. Сначала минимальная частота была 72 Гц, потом 75 Гц, сейчас 80 Гц. В России до сих пор существует огромный парк мониторов, работающих на частотах 60-65 Гц, что очень вредно для глаз.

Второй важный параметр это размер точки. При маленьком размере точки изображение будет более четким, более различимым, глаза будут меньше утомляться. Размер ее должен быть не больше 0.28 мм, в лучших моделях может быть и меньше (0.25 мм или 0.21 мм).

Существует еще один фактор, влияющий на здоровье оператора, это излучение, исходящее от монитора.

Основными параметрами изображения на экране монитора являются яркость, контраст, размеры и форма знаков, отражательная способность экрана, наличие или отсутствие мерцаний.

Яркость изображения (имеется в виду яркость светлых элементов, т. е. знака для негативного изображения и фона для позитивного) нормируется для того, чтобы облегчить приспособление глаз к самосветящимся объектам. Ограничены также (в пределах (25%)) и колебания яркости. Нормируется внешняя освещенность экрана (100 - 250 лк). Исследования показали, что при более высоких уровнях освещенности экрана зрительная система утомляется быстрее и в большей степени.

До сих пор спорным остается вопрос о том, что лучше для зрения: позитивное изображение (светлый экран и темные символы) или, наоборот, негативное изображение. И для того и для другого варианта можно привести доводы за и против. Если работа с ПЭВМ предполагает одновременно и работу с бумажным носителем (тетрадь, книга), то лучше и на экране монитора иметь темные символы на светлом фоне, чтобы глазам не приходилось все время перестраиваться.

Требования, предъявляемые к характеристикам монитора (ГОСТ 27954-88):

* частота кадров при работе с позитивным контрастом - не менее 60 Гц
* частота кадров в режиме обработке текстов – не менее 72 Гц
* дрожание элементов изображения – не более 0.1 мм
* антибликовое покрытие - обязательно
* допустимый уровень шума – не более 50 дБ
* мощность дозы рентгеновского излучения на расстоянии 0.05 м от экрана 100 мкР/час

При выборе цветовой гаммы предпочтение следует отдавать зелено-голубой части спектра.

Часто фактором, способствующим быстрому утомлению глаз, становится и контраст между фоном и символами на экране. Малая контрастность затрудняет различение символов, однако и слишком большая тоже вредит. Поэтому контраст должен находиться в пределах от 3:1 до 1,5:1. При более низких уровнях контрастности у работающих быстрее наступали неблагоприятные изменения способности фокусировать изображение и критической частоты слияния световых мельканий, регистрировалось больше жалоб на усталость глаз и общую усталость.

Человеческий глаз не может долго работать с мелкими объектами. Вот почему нормируются размеры знаков на экране. Например, угловой размер знака должен быть в пределах от 16 до 60 угловых минут, что составляет от 0,46 до 1,75 см, если пользователь смотрит на экран с расстояния 50 см (минимальное расстояние).

Отражательная способность экрана не должна превышать 1%. Для снижения количества бликов и облегчения концентрации внимания корпус монитора должен иметь матовую одноцветную поверхность (светло-серый, светло-бежевый тона) с коэффициентом отражения 0,4-0,6, без блестящих деталей и с минимальным числом органов управления и надписей на лицевой стороне.

Основные нормируемые визуальные характеристики мониторов и соответствующие допустимые значения этих характеристик:

* яркость знака или фона (измеряется в темноте): 35-120 кд/м2
* контраст: От 3:1 до 1,5:1
* угловой размер знака: 16-60
* отношение ширины знака к высоте: 0,5-1,0
* отражательная способность экрана (блики): не более 1%

## 7.3 Излучения и поля

К числу вредных факторов, с которыми сталкивается человек, работающий за монитором, относятся рентгеновское и электромагнитное излучения, а также электростатическое поле.

Допустимые нормы для этих параметров представлены ниже.

- Мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения на расстоянии 0,05 м вокруг видеомонитора: 0.05 мкР/час.

- Электромагнитное излучение на расстоянии 0,5 м вокруг видеомонитора по электрической составляющей:

* в диапазоне 5 Гц-2 кГц - 25 В/м
* в диапазоне 2-400 кГц - 2,5 В/м

по магнитной составляющей:

* в диапазоне 5 Гц-2 кГц - 250 нТл
* в диапазоне 2-400 кГц - 25 нТл

- Поверхностный электростатический потенциал: не более 500 В.

Благодаря существующим достаточно строгим стандартам дозы рентгеновского излучения от современных видеомониторов не опасны для большинства пользователей. Исключение составляют люди с повышенной чувствительностью к нему.

Специалисты не пришли к однозначному выводу относительно воздействия электромагнитного излучения на организм человека, однако совершенно очевидно, что уровни излучения, фиксируемые вблизи монитора, опасности не представляют.

## 7.4 Требования по электробезопасности

Электроустановки, к которым относится практически все оборудование ЭВМ, представляют для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведения профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением. Специфическая опасность электроустановок: токоведущие проводники, корпуса стоек ЭВМ и прочего оборудования, оказавшегося под напряжением в результате повреждения (пробоя) изоляции, не подают каких-либо сигналов, которые предупреждали бы человека об опасности. Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через тело человека.

Питание ЭВМ осуществляется от сети частотой 50 Гц и напряжением 220 В. Высоковольтным устройством является дисплей ЭВМ, напряжение в котором может достигать более 20000В. Таким образом, лаборатория является помещением с повышенной опасностью поражения людей электрическим током. В связи с этим применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током:

* все токоведущие детали изолированы диэлектриком и к ним нет прямого доступа;
* заземление:
* использование общего выключателя, при помощи которого в нужный момент можно прекратить подачу напряжения на все установки.

Весь персонал в обязательном порядке инструктируется о мерах электробезопасности. Основное значение для предотвращения электротравматизма имеет правильная организация обслуживания действующих электроустановок, проведения ремонтных и профилактических работ, осуществляемое с помощью следующих мер:

* допуск к работе;
* надзор во время работы;
* производство отключений во время ремонта;
* вывешивание предупредительных плакатов и знаков безопасности;
* проверка отсутствия напряжения;
* наложение заземления.

При прикосновении к любому из элементов ЭВМ могут возникнуть разрядные токи статического электричества. Такие разряды не представляют опасности для человека, однако, могут привести к выходу из строя ЭВМ. Для снижения величин возникающих зарядов в дисплейных залах применяют покрытие технологических полов из однослойного поливинилхлоридного антистатического линолеума марки АСК.

Еще одним методом защиты является нейтрализация статического электричества ионизированным газом. Можно также применить общее и местное увлажнение воздуха.

## 7.5 Требования к освещению

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокую работоспособность, оказывает положительное психологическое воздействие на работающих, способствует повышению производительности труда. О важности вопроса освещения для дисплейных залов говорит тот факт, что основной объем информации (около 90%) оператор получает по зрительному каналу. К системам освещения предъявляют следующие требования:

* соответствие уровня освещенности рабочих мест характеру выполняемой зрительной работы;
* достаточно равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве;
* отсутствие резких теней, прямой и отраженной блескости;
* постоянство освещенности во времени;
* оптимальная направленность, излучаемого осветительными
* приборами, светового потока;
* долговечность, экономичность, электро- и пожаробезопасность,
* эстетичность, удобство и простота эксплуатации.

Согласно действующим нормам для искусственного освещения регламентирована наименьшая освещенность рабочих мест, а для естественного и совмещенного - коэффициент естественной освещенности (КЕО).

Рекомендуемая освещенность для работы с экраном дисплея составляет 200 лк, а при работе с экраном в сочетании с работой над документами - 400 лк. Рекомендуемые яркости в поле зрения операторов лежат в пределах 1:5-1:10.

В дисплейных залах, обычно, применяют одностороннее естественное боковое освещение. С целью уменьшения солнечной инсоляции светопроемы устраивают с северной, северо-восточной или северо-западной ориентацией. Мониторы располагают подальше от окон и таким образом, чтобы окна находились сбоку.

Если экран дисплея расположен к окну, необходимы специальные экранирующие устройства (светорассеивающие шторы, регулируемые жалюзи, солнцезащитная пленка с металлизированным покрытием).

Для искусственного освещения дисплейных помещений лучше использовать люминесцентные лампы, так как у них высокая световая отдача (до 75 лм/Вт и более), продолжительный срок службы (до 10000 часов), малая яркость светящейся поверхности, близкий к естественному спектральный состав излучаемого света, что обеспечивает хорошую цветопередачу.

Наиболее приемлемыми для дисплейных помещений являются люминесцентные лампы ЛБ (белого света) и ЛТБ (тепло-белого света) мощность 20, 40, 80 Вт.

Для исключения засветки экранов дисплеев прямыми световыми потоками светильники общего освещения располагают сбоку от рабочего места, параллельно линии зрения оператора и стене с окнами. Такое размещение светильников позволяет производить их последовательное включение в зависимости от величины естественной освещенности и исключает раздражение глаз чередующимися полосами света и тени, возникающее при поперечном расположении светильников.

## 7.6 Требования к микроклимату

Микроклиматические параметры влияют на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье и на надежность работы средств вычислительной техники. Особенно большое влияние на микроклимат оказывают источники теплоты, находящиеся в помещении.

Основными источниками теплоты в дисплейных залах являются: ЭВМ, приборы освещения, обслуживающий персонал. Средняя величина тепловыделений составляет 310 Вт/м\*м. Удельная величина тепловыделений от приборов освещения составляет 35-60 Вт/м\*м. Количество теплоты от обслуживающего персонала невелико, оно зависит от числа работающих в помещении и интенсивности работы выполняемой человеком. Кроме того, на суммарные тепловыделения оказывают влияние внешние источники поступлений теплоты. К ним относят теплоту, поступающую через окна от солнечной радиации, приток теплоты через непрозрачные ограждающие конструкции.

Основным тепловыделяющим оборудованием в дисплейном зале является ЭВМ - в среднем до 80% суммарных выделении. Тепловыделения от приборов освещения составляют в среднем 12%. Поступление теплоты от обслуживающего персонала -1%, от солнечной радиации - 6%, приток теплоты через непрозрачные ограждающие конструкции - 1%. Эти источники теплоты являются постоянными.

На организм человека и работу компьютеров оказывает влияние относительная влажность воздуха. При относительной влажности воздуха более 75-80% снижается сопротивление изоляции, изменяются рабочие характеристики элементов ЭВМ, возрастает интенсивность отказов элементов ЭВМ. Скорость движения воздуха также оказывает влияние на функциональную деятельность человека и работу высокоскоростных устройств печати. Большое влиянием на самочувствие и здоровье операторов ЭВМ, а также на работу устройств ЭВМ (магнитные ленты, магнитные диски, печатающие устройства) оказывает запыленность воздушной среды.

С целью создания нормальных условий для операторов ЭВМ установлены нормы микроклимата. Эти нормы устанавливают оптимальные и допустимые значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в дисплейных помещениях с учетом избытков явной теплоты, тяжести выполняемой работы и сезонов года.

Под оптимальными микроклиматическими параметрами принято понимать такие, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакции терморегуляции, создают ощущение теплового комфорта и являются предпосылкой высокого уровня работоспособности.

Допустимые микроклиматические параметры могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма и напряжения реакций терморегуляции, не выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей, не создающие нарушений состояния здоровья, но вызывающие дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

## 7.7 Правильная организация рабочего места

Помещение, их размеры (площадь, объем) должны в первую очередь соответствовать количеству работающих и размещенному в них комплексу технических устройств. В них предусматривают соответствующие параметры температуры, освещения, чистоту воздуха, обеспечивают изоляцию от производственных шумов и т.д. Для обеспечения нормальных условий труда, санитарные нормы устанавливают на одного работающего, объем производственного помещения не менее 15 кубических метров, площадь помещения выгороженного стенами или глухими перегородками не менее 4.5 квадратных метров. Основные и производственные помещения ВЦ следует окрашивать в соответствии с цветом технических средств. Выбор цвета определяется рядом факторов, в том числе конструкцией здания, характером выполняемой работы, освещенностью, количеством работающих. Шум на рабочих местах в помещениях ВЦ создаются внутренними источниками: техническими средствами, компрессорами и так далее.

Для снижения шума, следует:

* ослабить шум самих источников, в частности, предусмотреть применение в их конструкциях акустических экранов, звукоизолирующих кожухов;
* применять более рациональное расположение оборудования;
* использовать архитектурно-планировочные и технические решения, направленные на изоляцию источников шума.

Необходимо учитывать психофизиологические особенности человека. Важную роль играет планировка рабочего места, которое обязано удовлетворять требованиям удобного выполнения работ и, следовательно, экономии времени. Более удобными считаются сидения, имеющие выемку, соответствующую форме бедер и наклону назад. Спинка стула должна быть изогнутой формы, обнимающей поясницу. Длинна спинки стула, должна быть 30 см, ширина 11 см, радиус изгиба 30 см.

Рекомендуемая освещенность для работы с экраном дисплея составляет 200 лк, а при работе с экраном в сочетании с работой над документацией 400 лк. В то время когда рынки заполняются новой техникой, необходимо не забыть, о нежелательных последствиях связанных с работой людей на ПК. К вопросам безопасности при работе на ПК надо подходить крайне серьезно.

После длительной работы с компьютером могут возникать такие неприятные ощущения, как "раздражение" глаз (краснота, слезотечение или сухость роговицы), утомление (общая усталость, боль и тяжесть в глазах и голове), трудности при фокусировке зрения. Возможны также боли в спине и мышечные спазмы. Все эти проблемы можно предотвратить, сделав более удобным рабочее место или используя очки, если это необходимо.

Практика показывает, что наиболее удобно располагать монитор чуть дальше, чем это делают при обычном чтении. Верхний край экрана должен располагаться на уровне глаз или чуть ниже. Если Вы работаете с текстами на бумаге, листы надо располагать как можно ближе к экрану, чтобы избежать частых движений головой и глазами при переводе взгляда.

Освещение нужно организовать так, чтобы на экране не было бликов. Стандартное офисное освещение часто бывает слишком ярким для работы с компьютером. Если свет в помещении изменить невозможно, необходимо использовать "козырек" для монитора или обычный или мелкоячеистый защитный экран.

Не следует забывать о том, что экран компьютера сильно собирает пыль. Для достижения четкости изображения регулярно протирайте его антистатическим раствором.[11]

При работе также необходим регулярный отдых, поскольку однообразная поза достаточно утомительна для глаз, шеи и спины.

Таким образом, в данном разделе мы рассмотрели правила охраны труда при работе с компьютером: изучили опасные и вредные факторы и степень их воздействия на оператора, проанализировали принципы организации рабочего места оператора, уделили особое внимание рассмотрению рабочей среды. Дипломная работа выполнялась в дисплейном классе кафедры АЭС. Данное помещение соответствует современным требованиям обеспечения безопасности жизнедеятельности человека при работе с компьютером.

Приложение А

Cписок сокращений на русском языке

АМП – асинхронный метод передачи

АП - абонентский пункт

БКП - быстрая коммутация пакетов

ВВХ – вероятностно-временные характеристики

ВК - виртуальный канал

ВКМВК – входящий коммутатор местных виртуальных каналов

ВП - виртуальный путь

ВТ - виртуальный тракт

ЗНП - защита номера последовательности

ИВК - идентификатор виртуального канала

ИВТ - идентификатор виртуального тракта

ИКМВК – исходящий коммутатор местных виртуальных каналов

ИД - идентификатор длины

ИМ - идентификатор мультиплексирования

ИОЧ - идентификатор общей части

ИПК - идентификатор подуровня конвергенции

КОЗ - контроль ошибки в заголовке

КС - коммутационная система

МН - метка начала

МСЕ-Т - международный союз электросвязи секция телекоммуникации

НЕБ- необходимая емкость буфера

НП - номер последовательности

ОУП - общий поток управления

ОЧПК-ПБД - протокольный блок данных общей части подуровня конвергенции

ПБД - протокольный блок данных

ППС-ПБД - протокольный блок данных подуровня сегментации и сборки ППЯ - приоритет потери ячейки

ПРИ - план распределения информации

ПСС - подуровень сегментации и сборки

ПЦИ - плезиохронная цифровая иерархия

СМО - система массового обслуживания

СП - система передачи

СЦИ - синхронная цифровая иерархия

ТИ - тип информации

ТПН - тип полезной нагрузки

ТПС - тракт передачи сообщений

ТС - тип сообщений

УИ - узел источник

УК - узел коммутации

УП - узел получателя

У-ЦСИО - узкополосная цифровая сеть интегрального обслуживания

ЦИК - циклический избыточный код

ЦК - центры коммутации

Ш-ЦСИО - широкополосная цифровая сеть интегрального обслуживания

ЭВМ - электронно-вычислительная машина

ЭЛТ - электронно-лучевая трубка

ЭМ ВОС - эталонная модель взаимодействия открытых систем

Приложение В

Список сокращений на английском языке

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ATM | Asynchronous Transfer Mode | Асинхронный метод передачи |
| ANSI  | Аmerican National Standard Institute | Американский национальный институт по стандартизации |
| AFI  | Authority and Formal Indicator |  формальный индикатор |
| C- plane  | Control Plane  |  плоскость управления |
| DSP | Domain Specific Part | определяемая доменом часть |
| ICD | International Code Designation | указатель международного кода |
| IDI | Initial Domain Identifier  | начальный идентификатор домена |
| IDP | Initial Domain Part | начальная часть домена |
| ITI  | International Telecommunications Unions | международный телекоммуникационный союз |
| ESI | End System Identifier | идентификатор конечной системы |
| HO-DSP | High Order Domain Specific Part | старший разряд особой части домена  |
| M – plane | Management Plane | плоскость менеджмента |
| SEL | Selector | селектор |
| U-plane | User Plane | плоскость пользователя |

Заключение

В дипломной работе была разработана структурная схема маршрутизатора для широкополосной сети интегрального обслуживания, реализующего логический метод формирования плана распределения информации. В результате проведенной работы были рассмотрены вопросы по структуре Ш-ЦСИО с использованием технологии АТМ; проведен обзор системы адресации в сетях с АТМ. В третьей главе рассмотрены вопросы связанные с маршрутизацией в Ш-ЦСИО, приведена классификация алгоритмов маршрутизации.

Произведено описание и разработка маршрутизатора, реализующего логический метод маршрутизации. Разработана математическая модель для описания логического метода маршрутизации.

Отражены вопросы безопасности жизнедеятельности при работе с ЭВМ.

Материал по данной теме был представлен на международной научно-практической конференции “Информатика и проблемы телекоммуникации”.

Список литературы

1. Назаров А.Н., Смирнов М.В. АТМ: технология высокоскоростных сетей. - М.: Эко-Трендз, 1997.-252с.
2. Лазарев В.Г. Интеллектуальные цифровые сети: Справочник. - М.: Финансы и статистика, 1996.-224с.
3. Олифер В.Г.,Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы.-СПб.: Питер,2000.- 672с.
4. Мартин Д., Кевин К., Либен Д. Архитектура и реализация АТМ. –М.: Лори, 2000.- 214 с.
5. Круг Б.И.,Попантонопуло В.И.,Шувалов В.П. Телекоммуникационные сети и системы.- Новосибирск:Наука,1998.-536с.
6. Захаров Г.П., Малиновский С.Т., Яновский Г.Г. Проектирование и техническая эксплуатация сетей передачи дискретных сообщений. -М.: Радио и связь, 1988. – 360 с.
7. Кульгин М.В. Технология корпоративных сетей: Энциклопедия.-СПб.: Питер,1999. – 704с.
8. http://www.citforum.ru/nets/ito
9. http://www.metrolog.ru/asp
10. Денисенко Г.Ф. Охрана труда: Учебное пособие.-М.: Высшая школа, 1985.-319с.

11. Охрана труда на предприятиях связи: Учебное пособие для вузов / Под редакцией Баклашева Н.И.-М.: Радио и связь, 1985.-280с.

12. Каракулова Е.Г.,Котельникова А.В.,Силаева М.А. Структурные схемы маршрутизаторов Ш-ЦСИО с АТМ.// Материалы международной научно-практической конференции “Информатика и проблемы телекоммуникаций”.- Новосибирск,2001.-15с.