

Министерство образования и науки Российской  
Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Таганрогский государственный радиотехнический  
университет

---

А.В. Пушнин В.В. Янушко

# **ИНФОРМАЦИОННЫЕ СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

**Учебное пособие**

Таганрог 2005

## **УДК 681.3**

А.В. Пушкин, В.В. Янушко. Информационные сети и телекоммуникации. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. 128 с.

Изложены основные сведения, необходимые при изучении дисциплины «Информационные сети и телекоммуникации». Рассматриваются основные характеристики информационных сетей, разновидности телекоммуникационных каналов, кодирование и сжатие информации, режимы переноса информации, архитектуры сетей, цифровые сети интегрального обслуживания, сопряжение разнородных сетей, СУБД. Монография предназначена для студентов и аспирантов высших учебных заведений.

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

### **Рецензенты:**

А.Я. Черчаго, канд. техн. наук., начальник отдела ЗАО «ОКБ Ритм»;

Я.Е. Ромм, д-р. техн. наук., профессор, зав. кафедрой информатики ТГПИ.

- © А.В. Пушкин, В.В. Янушко, 2005
- © Таганрогский государственный радиотехнический университет, 2005

## Содержание

Введение.....	6
1. СЕТИ И КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ.....	7
Характеристики и классификация информационных	
сетей.....	7
Многоуровневая архитектура информационных	
сетей.....	8
Разновидности каналов связи.....	15
Основные определения.....	15
Проводные линии связи.....	17
Оптические линии связи.....	18
Беспроводные каналы связи.....	18
Спутниковые каналы передачи данных.....	21
Методы передачи данных на физическом уровне.....	23
Методы передачи данных на канальном уровне.....	28
Протокол Ethernet.....	28
Протокол FastEthernet.....	29
Протокол 100VG-AnyLan.....	30
Протокол GigabitEthernet.....	32
Протокол Token Ring.....	33
Протокол FDDI.....	35
Протоколы SLIP и PPP.....	37
Кодирование и сжатие информации.....	39
Количество информации.....	39
Энтропия.....	40
Коэффициент избыточности сообщения.....	40
Основные используемые коды.....	40
Асинхронное и синхронное кодирование.....	41
Коэффициент сжатия.....	41
Алгоритмы сжатия.....	42
Многоканальная аппаратура связи.....	44
1.7.1 Основные определения.....	44
1.7.2 Основы теории многоканальной передачи	
сообщений.....	44
1.7.3 Частотное разделение сигналов.....	47
1.7.4 Временное разделение каналов.....	51
2. РЕЖИМЫ ПЕРЕНОСА ИНФОРМАЦИИ.....	55
Коммутация каналов.....	55
Асинхронный режим переноса, быстрая коммутация	
пакетов.....	62
3. ОРГАНИЗАЦИЯ ДОСТУПА К ИНФОРМАЦИОННЫМ	
СЕТЯМ.....	72

Структура территориальных сетей.....	72
Основные виды доступа.....	73
Сервис телекоммуникационных технологий....	73
Электронная почта.....	74
Файловый обмен.....	76
Протокол эмуляции терминала Telnet.....	77
Телеконференции и "доски объявлений".....	78
Доступ к распределенным базам данных.....	80
Информационная система WWW.....	81
Методы доступа к спутниковым системам связи.....	82
Аппаратура ССС.....	82
Состав земной станции.....	83
Технические характеристики спутниковых модемов.....	84
Применение проводных модемов в ССС.....	86
4. ЦИФРОВЫЕ СЕТИ ИНТЕГРАЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.....	89
Основные понятия.....	89
История создания.....	89
Преимущества ЦСИО.....	90
Модель протоколов Ш-ЦСИО.....	90
Этапы развития широкополосных цифровых сетей интегрального обслуживания.....	90
Архитектура Ш-ЦСИО.....	92
Классы видов сервиса и интерфейсы Ш-ЦСИО.....	95
Виды сервиса предоставляемые пользователям Ш-ЦСИО.....	96
Широкополосные виды сервиса.....	97
5. ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ДОСТУПОМ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЯХ.....	100
Сопряжение информационных сетей.....	100
Использование различных сетевых технологий.....	100
Использование протоколов сетевого уровня...	100
Комбинирование протоколов сбора маршрутной информации.....	101
Проблемы несовместимости оборудования....	102
Стратегия межсетевого взаимодействия.....	102
Средства взаимодействия компьютеров в сети.....	102
Трансляция протоколов.....	104
Мультиплексирование протоколов.....	105

Сравнительный анализ трансляции и мультиплексирования.....	105
Инкапсуляция протоколов.....	106
Организация и сопровождение серверов информационных сетей.....	107
Выбор аппаратно-программной платформы...	107
Оценка конфигурации системы.....	112
Доступ к базам данных информационных сетей.....	118
Сетевая подсистема ввода/вывода.....	118
Доступ к большим объектам данных.....	119
Конфигурация клиент/сервер.....	119
Конфигурирование сетевого ввода/вывода....	120
Обеспечение резервного копирования.....	122
Заключение.....	125
Библиографический список .....	126

## **Введение**

XXI век без преувеличения можно назвать веком информационных технологий. Понятие информационные технологии включает в себя множество аспектов. Одной из важнейших частей данного направления является непосредственно передача информации посредством информационных сетей.

В настоящее время телекоммуникации развиваются с молниеносной быстротой и современный инженер обязан знать современные информационные технологии и уметь их применять в практике проектирования информационных сетей.

Данное пособие содержит 5 глав. Материал, изложенный в пособии, охватывает направления, закрепленные стандартом Министерства образования РФ, для специальности 2101 «Информатика и управление в технических системах».

В первой главе изложены основные сведения о информационных сетях. Рассмотрены характеристики, классификация, архитектуры информационных сетей и каналов связи, методы передачи данных на нижних уровнях модели открытых систем. Рассмотрены аспекты кодирования и сжатия информации и основные принципы построения каналообразующего оборудования.

Во второй главе изучаются режимы переноса информации, такие как: коммутация каналов, асинхронный режим переноса и быстрая коммутация пакетов.

В третьей главе изложены основные методы организации доступа к информационным сетям.

В четвертой главе изучаются принципы построения цифровых сетей интегрального обслуживания.

В пятой главе пособия излагаются методы и принципы организации и управления доступом в информационных сетях.

## 1. СЕТИ И КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

### 1.1. Характеристики и классификация информационных сетей

Современные телекоммуникационные технологии основаны на использовании информационных сетей.

*Коммуникационная сеть* - система, состоящая из объектов, осуществляющих функции генерации, преобразования, хранения и потребления продукта, называемых пунктами (узлами) сети и линий передачи (связей, коммуникаций, соединений), осуществляющих передачу продукта между пунктами.

Отличительная особенность коммуникационной сети - большие расстояния между пунктами по сравнению с геометрическими размерами участков пространства, занимаемых пунктами. При функциональном проектировании сетей решаются задачи синтеза топологии, распределения информации по узлам сети, а при конструкторском проектировании выполняются размещение пунктов в пространстве и проведение (трассировка) соединений.

*Информационная сеть* - коммуникационная сеть, в которой продуктом генерирования, переработки, хранения и использования является информация.

*Вычислительная сеть* - информационная сеть, в состав которой входит вычислительное оборудование. Компонентами вычислительной сети могут быть ЭВМ и периферийные устройства, являющиеся источниками и приемниками данных, передаваемых по сети. Эти компоненты составляют оконечное оборудование данных (ООД или DTE - Data Terminal Equipment). В качестве ООД могут выступать ЭВМ, принтеры, плоттеры и другое вычислительное, измерительное и исполнительное оборудование автоматических и автоматизированных систем. Собственно пересылка данных происходит с помощью сред и средств, объединяемых под названием среда передачи данных.

Подготовка данных, передаваемых или получаемых ООД от среды передачи данных, осуществляется функциональным блоком, называемым *аппаратурой окончания канала данных* (АКД или DCE - Data Circuit-Terminating Equipment). АКД может быть конструктивно отдельным или встроенным в ООД блоком. ООД и АКД вместе представляют собой *станцию данных*, которую часто называют узлом сети. Примером АКД может служить модем.

Вычислительные сети классифицируются по ряду признаков.

В зависимости от расстояний между связываемыми узлами различают вычислительные сети:

– *территориальные* – охватывающие значительное географическое пространство; среди территориальных сетей можно выделить сети региональные и глобальные, имеющие соответственно региональные

или глобальные масштабы; региональные сети иногда называют сетями MAN (Metropolitan Area Network), а общее англоязычное название для территориальных сетей - WAN (Wide Area Network);

– *локальные* (ЛВС) – охватывающие ограниченную территорию (обычно в пределах удаленности станций не более чем на несколько десятков или сотен метров друг от друга, реже на 1...2 км); локальные сети обозначают LAN (Local Area Network);

– *корпоративные (масштаба предприятия)* – совокупность связанных между собой ЛВС, охватывающих территорию, на которой размещено одно предприятие или учреждение в одном или нескольких близко расположенных зданиях. Локальные и корпоративные вычислительные сети - основной вид вычислительных сетей, используемых в системах автоматизированного проектирования (САПР).

Особо выделяют единственную в своем роде глобальную сеть Internet (реализованная в ней информационная служба World Wide Web (WWW) переводится на русский язык как всемирная паутина); это сеть сетей со своей технологией. В Internet существует понятие *интрасетей* (Intranet) - корпоративных сетей в рамках Internet.

Различают интегрированные сети, неинтегрированные сети и подсети. *Интегрированная вычислительная сеть (интерсеть)* представляет собой взаимосвязанную совокупность многих вычислительных сетей, которые в интерсети называются подсетями.

В автоматизированных системах крупных предприятий подсети включают вычислительные средства отдельных проектных подразделений. Интерсети нужны для объединения таких подсетей, а также для объединения технических средств автоматизированных систем проектирования и производства в единую систему комплексной автоматизации (СІМ - Computer Integrated Manufacturing). Обычно интерсети приспособлены для различных видов связи: телефонии, электронной почты, передачи видеоинформации, цифровых данных и т.п., и в этом случае они называются *сетями интегрального обслуживания*. Развитие интерсетей заключается в разработке средств сопряжения разнородных подсетей и стандартов для построения подсетей, изначально приспособленных к сопряжению. Подсети в интерсетях объединяются в соответствии с выбранной топологией с помощью *блоков взаимодействия*.

## 1.2. Многоуровневая архитектура информационных сетей

Первые информационные сети были телефонные. Но с изобретением компьютера в телефонах стали использовать элементы ЭВМ (память, компьютерный интеллект), а в вычислительной технике поняли важность построения сетей, давно применявшихся для телефонной



связи. Конечная цель всех этих нововведений – доставка информации любому корреспонденту по требуемому адресу и в надлежащее время.

В течение длительного периода процесс развития связи ЭВМ шел по пути создания и применения систем передачи данных по телефонным сетям общего пользования. Лишь когда обмен цифровой информацией достиг внушительных размеров, экономически целесообразным оказалось сооружение специализированных сетей передачи данных с коммутацией каналов и коммутацией пакетов.

В настоящее время по всему миру развернуты тысячи таких сетей, предоставляющие своим пользователям возможности связываться друг с другом. Размеры таких сетей простираются от небольших систем, соединяющих терминалы передачи данных в пределах отдельного здания или комплекса (например, промышленное предприятие), до больших географически распределенных сетей, охватывающих целые страны и даже весь земной шар.

В некоторых сетях применяется техника коммутации пакетов. В таких сетях от источника к получателю передаются блоки данных, называемые пакетами. Источниками и получателями могут быть терминалы пользователей, компьютеры, принтеры или любые другие устройства передачи и/или обработки данных. При таком способе передачи одни и те же средства передачи информации разделяются между пакетами многих пользователей.

В сетях другого типа применяется техника коммутации каналов (цепей). Это широко распространённые и привычные нам телефонные сети. В таких сетях устанавливается отдельный путь передачи, который удерживается столько времени, сколько требуется для передачи.

В настоящее время развертываются интегральные сети, объединяющие в себе как технику коммутации пакетов, так и технику коммутации каналов.

В общем случае для функционирования сетей ЭВМ необходимо решить две проблемы:

- передать данные по назначению в правильном виде и своевременно;
- поступившие по назначению данные пользователю должны быть распознаваемы и иметь надлежащую форму для их правильного использования.

Первая проблема связана с задачами маршрутизации и обеспечивается сетевыми протоколами (протоколами низкого уровня).

Вторая проблема вызвана использованием в сетях разных типов ЭВМ, с разными кодами и синтаксисом языка. Эта часть проблемы решается путем введения протоколов высокого уровня.

Таким образом, полная архитектура, ориентированная на конечного пользователя, включает в себя оба протокола.

В качестве примера на рис. 1.1 приведена схема связи между пользователями А и В.

К промежуточному узлу связи могут быть подключены конечные пользователи, и его задачей протоколов является предоставление конечным пользователям соответствующих услуг.

В свою очередь, это две группы протоколов: протоколы, предоставляющие сетевые услуги, и протоколы высокого уровня обычно подразделяются дальше на отдельные уровни. Каждый уровень используется для предоставления определенной услуги в смысле только что перечисленных задач: правильная и своевременная доставка данных в распознаваемой форме.

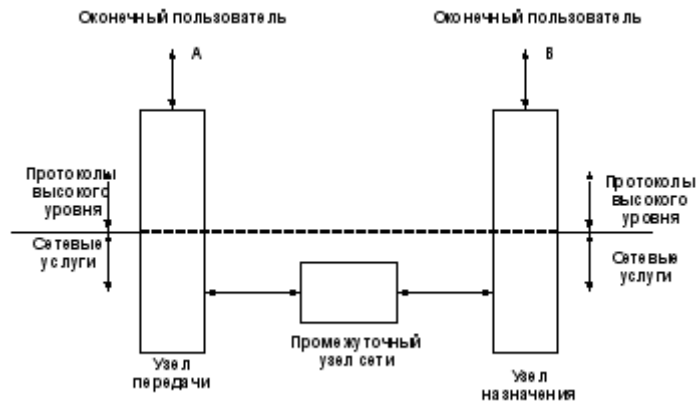


Рис. 1.1

Разработанная эталонная модель взаимодействия открытых систем (ВОС) поддерживает концепцию, при которой каждый уровень предоставляет услуги вышестоящему уровню и базируется на основе нижележащего уровня и использует его услуги. Каждый уровень выполняет определенную функцию по передачи данных. Хотя они должны работать в строгой очередности, но каждый из уровней допускает несколько вариантов. Рассмотрим эталонную модель. Она состоит из 7 уровней и имеет вид, представленный на рис. 1.2.

Большинство производителей стараются придерживаться модели OSI, но до сих пор пока нет изделий полностью ей удовлетворяющих. Большинство производителей применяют 3 или 4 уровня протоколов. Взаимосвязь уровней друг с другом осуществляются хорошо определенными интерфейсами.

Выбор 7 уровней был продиктован обычными соображениями инженерного компромисса, требующего одновременно создать семейство надёжных протоколов и приемлемой стоимости. При этом требовалось, во-первых, иметь достаточно количество уровней, чтобы каждый из них был не слишком сложный с точки зрения разработки подробных протоколов с правильными и выполнимыми спецификациями, и во-вторых, желательно иметь не много уровней, чтобы их интеграция и описание не стали слишком сложными.

Эталонная модель как раз и представляет из себя многоуровневую архитектуру, которая описывается стандартными протоколами и процедурами.

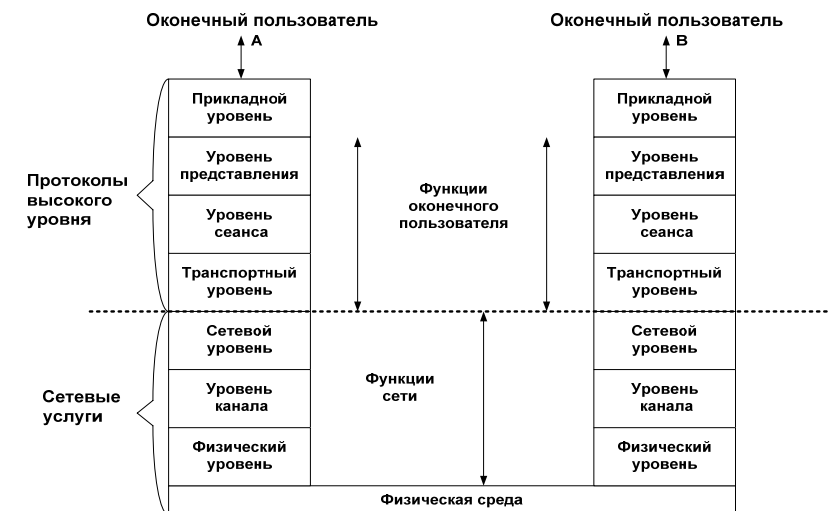


Рис. 1.2

Три нижних уровня предоставляют сетевые услуги. Протоколы, реализующие эти уровни, должны быть предусмотрены в каждом узле сети.

Четыре верхних уровня предоставляют услуги самим конечным пользователям и таким образом, связаны с ними, а не с сетью.

#### **Физический уровень**

В этой части модели определяются физические, механические и электрические характеристики линий связи, составляющих ЛВС (кабелей, разъемов, оптоволоконных линий и т.п.). Можно считать, что этот уровень отвечает за аппаратное обеспечение. Хотя функции других уровней могут быть реализованы в соответствующих микросхемах, но все же они относятся к ПО.

Функции физического уровня заключаются в гарантии того, что символы, поступающие в физическую среду передачи на одном конце канала, достигнут другого конца. При использовании этой нижестоящей услуги по транспортировке символов задача протокола канала состоит в обеспечении надежной (безошибочной) передаче блоков данных по каналу.

Такие блоки часто называют циклами, или кадрами. Процедура обычно требует: синхронизации по первому символу в кадре, распознавания конца кадра, обнаружения ошибочных символов, если таковые возникнут, и исправления таких символов каким-либо способом (обычно это делается путем запроса на повторную передачу кадра, в котором обнаружены один или несколько ошибочных символов).

#### **Уровень канала**

Уровень канала передачи данных и находящийся под ним физический уровень обеспечивают канал безошибочной передачи между двумя узлами в сети. На этом уровне определяются правила использования физического уровня узлами сети. Электрическое представление данных в ЛВС (биты данных, методы кодирования данных и маркеры) распознаются на этом и только на этом уровне. Здесь обнаруживаются (распознаются) и исправляются ошибки путем требований повторной передачи данных. Ввиду своей сложности, канальный уровень подразделяется на 2 подуровня MAC и LLC.

Подуровень MAC (Media Access Control) связан с доступом к сети (передача маркера или обнаружение коллизий или столкновений) и ее управлением.

Подуровень LLC находится выше уровня MAC и связан с передачей и приемом использованных сообщений.

#### **Сетевой уровень**

Функция сетевого уровня состоит в том, чтобы установить маршрут для передачи данных по сети или при необходимости через несколько сетей от узла передачи до узла назначения.

Этот уровень предусматривает также управление потоком или перегрузками с целью предотвращения переполнения сетевых ресурсов (накопителей в узлах и каналов передачи), которое может привести к прекращению работы. При выполнении этих функций на сетевом уровне используется услуга нижестоящего уровня – канала передачи данных, обеспечивающего безошибочное поступление по сетевому маршруту блока данных, введенного в канал на противоположном конце.

В сети с коммутацией пакетов блоками данных, передаваемых по сетевому маршруту от одного конца к другому, как говорилось выше, являются пакеты. Блоки или кадры данных, передаваемые по каналу связи через сеть, состоят из пакетов плюс управляющей информации в

виде заголовков и окончаний, добавляемых к пакету непосредственно перед его отправлением из узла.

Эта управляющая информация дает возможность принимающему узлу на другом конце канала выполнить требуемую синхронизацию и обнаружение ошибок. В каждом принимающем узле управляющая информация отделяется от остальной части пакета, а затем вновь добавляется, когда этот узел в свою очередь передает пакет по каналу в следующий соседний узел. Описанный принцип добавления управляющей информации к данным в архитектуре ВОС расширен и в нём включена возможность добавления управляющей информации на каждом уровне архитектуры (рис. 1.3).

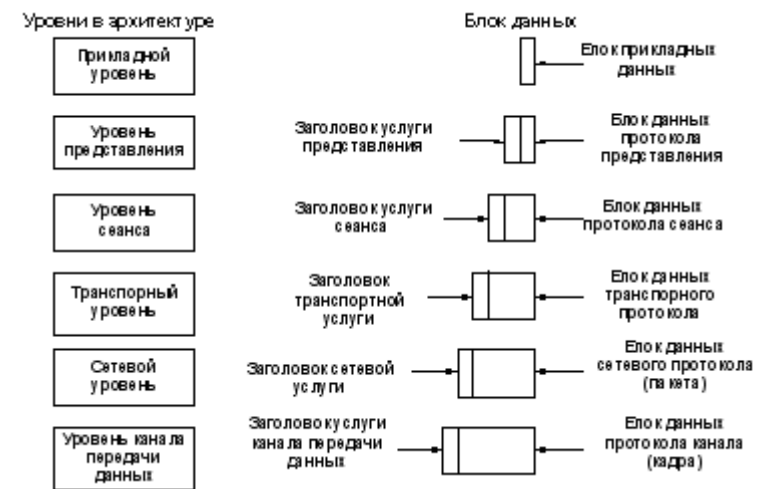


Рис. 1.3

В случае уровня канала может быть добавлено также окончание, но принцип последовательного добавления к пакету данных управляющей информации сохраняется.

На каждом уровне блок данных принимается от вышестоящего уровня, к данным добавляется управляющая информация, и блок данных передается нижестоящему уровню. На приемном конце соответствующего уровня архитектуры используется только заголовок (управляющая информация). При этом подходе данный уровень не «просматривает» блок данных, который он получает от вышестоящего уровня, следовательно, уровни самостоятельны и изолированы друг от друга.

Указанная особенность приводит к ценному свойству концепции многоуровневой архитектуры – уровни могут удаляться и заменяться новыми. Реализация (программные продукты, воплощающие

многоуровневую архитектуру) может быть легко изменена. В результате получается прозрачность для вышестоящего уровня при условии, что сигналы сопряжения, проходящие между уровнями, поддерживаются неизменными (оконечные пользователи могут ощущать изменение характеристик вследствие того, что характеристики передачи, задержек и блокировок могут зависеть от конкретной реализации архитектуры).

Таким образом, пакетная передача через сеть от одного окончного пользователя к другому в общем случае состоит в передаче фактической (полезной) информации, плюс управляющей информации, добавляемой на различных уровнях и подлежащей удалению, когда пакет поступает по назначению и начинает восстанавливаться на своем пути через эти уровни.

Оконечному пользователю сеть представляется как “прозрачный трубопровод”, основная задача которого, - передать по маршруту блоки данных от источника к получателю, доставив их своевременно в желаемый конец.

Тогда задача верхних уровней – фактическая доставка данных в правильном виде и распознаваемой форме. Эти верхние уровни не знают о существовании сети. Они обеспечивают только требующуюся от них услугу.

#### **Транспортный уровень**

Нижний из верхних уровней ВОС, транспортный уровень, обеспечивает надежный, последовательный обмен данными между двумя окончными пользователями. Для этой цели на транспортном уровне используется услуга сетевого уровня.

Он управляет также потоком, чтобы гарантировать правильный прием блоков данных. Вследствие различия окончных устройств, данные в системе могут передаваться с разными скоростями, поэтому, если не действует управление потоками, более медленные системы могут быть переполнены быстродействующими. Когда в процессе обработки находится больше одного пакета, транспортный уровень контролирует очередность прохождения компонент сообщения. Если приходит дубликат принятого ранее сообщения, то данный уровень опознает это и игнорирует сообщение.

#### **Уровень сеанса**

Функции этого уровня состоят в координации связи между двумя прикладными программами, работающих на разных рабочих станциях. Он также предоставляет услуги вышестоящему уровню представления. Это происходит в виде хорошо структурированного диалога. В число этих функций входит создание сеанса, управление передачей и приемом пакетов сообщений в течении сеанса и завершение сеанса. Этот уровень при необходимости также управляет переговорами, чтобы гарантировать правильный обмен данными. Диалог между

пользователем сеансовой услуги (т.е. сторонами уровня представления и вышестоящим уровнем) может состоять из нормального или ускоренного обмена данными. Он может быть дуплексным, т.е. одновременной двусторонней передачей, когда каждая сторона имеет возможность независимо вести передачу, или полудуплексной, т.е. с одновременной передачей только в одну сторону. В последнем случае для передачи управления с одной стороны к другой применяются специальные метки.

Уровень сеанса предоставляет услугу синхронизации для преодоления любых обнаруженных ошибок. При этой услуге метки синхронизации должны вставляться в поток данных пользователями услуги сеанса. Если будет обнаружена ошибка, то сеансовое соединение должно быть возвращено в определённое состояние, пользователи должны вернуться в установленную точку диалогового потока, сбросить часть переданных данных и затем восстановит передачу, начиная с этой точки.

Уровень сеанса предусматривает также при желании функцию управления активностью. При осуществлении этой функции диалог может быть разбит на отрезки активности, каждый из которых может быть прерван и продолжен в любой момент, начиная со следующего отрезка активности.

#### **Уровень представления**

Наконец, уровень, представления управляет и преобразует синтаксис блоков данных, которыми обмениваются оконечные пользователи. Такая ситуация может возникать в неоднотипных ПК (IBM PC, Macintosh, DEC, Next, Burrough), которым необходимо обмениваться данными. Назначение - преобразование синтаксических блоков данных.

#### **Прикладной уровень**

Протоколы прикладного уровня придают соответствующую семантику или смысл обмениваемой информации. Этот уровень является пограничным между ПП и процессами модели OSI. Сообщение, предназначенное для передачи через компьютерную сеть, попадает в модель OSI в данной точке, проходит через уровень 1 (физический), пересылается на другой PC, и проходит от уровня 1 в обратном порядке до достижения ПП на другом PC через ее прикладной уровень. Таким образом, прикладной уровень обеспечивает взаимопонимание двух прикладных программ на разных компьютерах.

### **1.3. Разновидности каналов связи**

**1.3.1. Основные определения.** Среда передачи данных - совокупность линий передачи данных и блоков взаимодействия (т.е. сетевого оборудования, не входящего в станции данных),

предназначенных для передачи данных между станциями данных. Среда передачи данных может быть общего пользования или выделенными для конкретного пользователя.

*Линия передачи данных* - средства, которые используются в информационных сетях для распространения сигналов в нужном направлении. Примерами линий передачи данных являются коаксиальный кабель, витая пара проводов, световод.

Характеристиками линий передачи данных являются зависимости затухания сигнала от частоты и расстояния. Затухание принято оценивать в децибеллах,  $1 \text{ дБ} = 10 \cdot \lg(P1/P2)$ , где  $P1$  и  $P2$  - мощности сигнала на входе и выходе линии соответственно.

При заданной длине можно говорить о *полосе пропускания* (полосе частот) линии. Полоса пропускания связана со *скоростью передачи информации*. Различают *бодовую (модуляционную)* и *информационную* скорости. Бодовая скорость измеряется в бодах, т.е. числом изменений дискретного сигнала в единицу времени, а информационная - числом битов информации, переданных в единицу времени. Именно бодовая скорость определяется полосой пропускания линии.

Если на бодовом интервале (между соседними изменениями сигнала) передается  $N$  бит, то число градаций модулируемого параметра несущей равно  $2^N$ . Например, при числе градаций 16 и скорости 1200 бод одному боду соответствует 4 бит/с и информационная скорость составит 4800 бит/с.

Максимально возможная информационная скорость  $V$  связана с полосой пропускания  $F$  канала связи формулой Хартли–Шеннона (предполагается, что одно изменение величины сигнала приходится на  $\log_2 k$  бит, где  $k$  - число возможных дискретных значений сигнала)  $V = 2 \cdot F \cdot \log_2 k$  бит/с, так как  $V = \log_2 k / t$ , где  $t$  - длительность переходных процессов, приблизительно равная  $3 \cdot T_B$ , а  $T_B = 1 / (2 \cdot p \cdot F)$ , здесь  $k \gg 1 + A$ ,  $A$  - отношение сигнал/помеха.

*Канал (канал связи)* - средства односторонней передачи данных. Примером канала может быть полоса частот, выделенная одному передатчику при радиосвязи. В некоторой линии можно образовать несколько каналов связи, по каждому из которых передается своя информация. При этом говорят, что линия разделяется между несколькими каналами. Существуют два метода разделения линии передачи данных: временное мультиплексирование (иначе разделение по времени или TDM), при котором каждому каналу выделяется некоторый квант времени, и частотное разделение (FDM - Frequency Division Method), при котором каналу выделяется некоторая полоса частот.

*Канал передачи данных* - средства двустороннего обмена данными, включающие АКД и линию передачи данных.



По природе физической среды передачи данных (ПД) различают каналы передачи данных на оптических линиях связи, проводных (медных) линиях связи и беспроводные. В свою очередь, медные каналы могут быть представлены коаксиальными кабелями и витыми парами, а беспроводные - радио- и инфракрасными каналами.

В зависимости от способа представления информации электрическими сигналами различают аналоговые и цифровые каналы передачи данных. В аналоговых каналах для согласования параметров среды и сигналов применяют амплитудную, частотную, фазовую и квадратурно-амплитудную модуляции. В цифровых каналах для передачи данных используют самосинхронизирующиеся коды, а для передачи аналоговых сигналов – кодово-импульсную модуляцию.

Первые сети ПД были аналоговыми, поскольку использовали распространенные телефонные технологии. Но в дальнейшем устойчиво растет доля цифровых коммуникаций (это каналы типа E1/T1, ISDN, сети Frame Relay, выделенные цифровые линии и др.).

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

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

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

К передаче информации имеют прямое отношение телефонные сети, вычислительные сети передачи данных, спутниковые системы связи, системы сотовой радиосвязи.

**1.3.2. Проводные линии связи.** В вычислительных сетях проводные линии связи представлены коаксиальными кабелями и витыми парами проводов.

Используются коаксиальные кабели: "толстый" диаметром 12,5 мм и "тонкий" диаметром 6,25 мм. "Толстый" кабель имеет меньшее затухание, лучшую помехозащищенность, что обеспечивает возможность работы на больших расстояниях, но он плохо гнется, что затрудняет прокладку соединений в помещениях, и дороже "тонкого".

Существуют экранированные (STP - Shielded Twist Pair) и неэкранированные (UTP - Unshielded Twist Pair) витые пары проводов. Экранированные пары сравнительно дороги. Неэкранированные витые пары имеют несколько категорий (типов). Обычный телефонный кабель

- пара категории 1. Пара категории 2 может использоваться в сетях с пропускной способностью до 4 Мбит/с. Для сетей Ethernet (точнее, для ее варианта с названием 10Base-T) разработана пара категории 3, а для сетей Token Ring - пара категории 4. Наиболее совершенной является витая пара категории 5, которая применима при частотах до 100 МГц. В паре категории 5 проводник представлен медными жилами диаметром 0,51 мм, навитыми по определенной технологии и заключенными в термостойкую изолирующую оболочку. В высокоскоростных ЛВС на УТР длины соединений обычно не превышают 100 м. Затухание на 100 МГц и при длине 100 м составляет около 24 дБ, при 10 МГц и 100 м - около 7 дБ.

Витые пары иногда называют сбалансированной линией в том смысле, что в двух проводах линии передаются одни и те же уровни сигнала (по отношению к земле), но разной полярности. При приеме воспринимается разность сигналов, называемая парафазным сигналом. Синфазные помехи при этом самокомпенсируются.

**1.3.3. Оптические линии связи.** Оптические линии связи реализуются в виде волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Конструкция ВОЛС - кварцевый сердечник диаметром 10 мкм, покрытый отражающей оболочкой с внешним диаметром 125...200 мкм. Типичные характеристики ВОЛС: работа на волнах 0,85...1,55 мкм, затухание 0,7 дБ/км, полоса частот - до 2 ГГц; ориентировочная цена - 4...5 долл. за 1 м. Предельные расстояния  $D$  для передачи данных по ВОЛС (без ретрансляции) зависят от длины волны излучения  $L$ : для  $L=850$  нм имеем  $D=5$  км, а для  $L=1300$  нм  $D=50$  км, но аппаратурная реализация дороже.

ВОЛС являются основой высокоскоростной передачи данных, особенно на большие расстояния. Так, в настоящее время практически реализован проект кругосветного канала передачи данных на ВОЛС длиной в 27,3 тыс. км, кабель проходит по дну трех океанов, Средиземного и Красного морей, информационная скорость 5,3 Гбит/с.

Именно на ВОЛС достигнуты рекордные скорости передачи информации. В экспериментальной аппаратуре с использованием метода мультиплексирования с разделением каналов по длинам волн (WDM - Wavelengths Division Multiplexing) достигнута скорость 1100 Гбит/с на расстоянии 150 км. В одной из действующих систем на основе WDM передача идет со скоростью 40 Гбит/с на расстоянии до 320 км.

В методе WDM выделяется несколько несущих частот (каналов). Так, в последней упомянутой системе имеются 16 таких каналов вблизи частоты  $4 \cdot 10^5$  ГГц, отстоящих друг от друга на  $10^3$  ГГц, в каждом канале достигается скорость 2,5 Гбит/с.

**1.3.4. Беспроводные каналы связи.** В беспроводных каналах передача информации осуществляется на основе распространения

радиоволн. В табл.1.1 приведены сведения о диапазонах электромагнитных колебаний, используемых в беспроводных и оптических каналах связи.

Таблица 1.1

Диапазон	Длины волн, м	Частоты, ГГц	Применение
Дециметровый	1..0,1	0,3..3	Сотовые радиотелефоны, ТВ, спутниковая связь, РК в ЛВС*
Сантиметровый	0,1..0,01	3..30	Радиорелейные линии, РК в ЛВС, спутниковая связь
Миллиметровый	0,01..0,001	30..300	РК в ЛВС
Инфракрасный	$0,001..7,5 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^2..4 \cdot 10^5$	ВОЛС, WDM**
Видимый свет	$(7,5...4,0) \cdot 10^{-7}$	$(4,0...7,5) \cdot 10^5$	
*) РК в ЛВС - радиоканалы в локальных сетях и системах связи; **) WDM - мультиплексирование с разделением каналов по длинам волн			

Для организации канала ПД в диапазонах дециметровых волн (902...928 МГц и 2,4...2,5 ГГц) требуется регистрация в Госсвязьнадзоре. Работа в диапазоне 5,725...5,85 ГГц пока лицензирования не требует.

Чем выше несущая частота, тем больше емкость (число каналов) системы связи, но тем меньше предельные расстояния, на которых возможна прямая передача между двумя пунктами без ретрансляторов. Первая из причин и порождает тенденцию к освоению новых более высокочастотных диапазонов.

Радиоканалы входят необходимой составной частью в спутниковые и радиорелейные системы связи, применяемые в территориальных сетях, в сотовые системы мобильной связи, они используются в качестве альтернативы кабельным системам в локальных сетях и при объединении сетей отдельных офисов и предприятий в корпоративные сети. Во многих случаях применение радиоканалов оказывается более дешевым решением по сравнению с другими вариантами.

В территориальных сетях на региональном уровне часто используются *радиорелейные линии связи* (коммутация каналов, диапазон частот 15...23 ГГц, связь в пределах прямой видимости, что ограничивает дальность между соседними станциями - до 50 км при условии размещения антенн на строениях типа башен). Последовательность станций, являющихся ретрансляторами, позволяет передавать информацию на значительные расстояния.

Радиосвязь используется в корпоративных и локальных сетях, если затруднена прокладка других каналов связи. *Радиоканал* либо выполняет роль моста между подсетями (двухточечное соединение), либо является общей средой передачи данных в ЛВС по излагаемому далее методу МДКН/ОК (см. гл. 4), либо служит соединением между центральным и терминальными узлами в сети с централизованным управлением.

В первом случае (связь двух сетей) имеем двухточечное соединение с направленными антеннами, дальность в пределах прямой видимости (обычно до 15-20 км с расположением антенн на крышах зданий). Мост имеет два адаптера: один для формирования сигналов для радиоканала, другой - для кабельной подсети.

В случае использования радиоканала в качестве общей среды передачи данных в ЛВС сеть называют RadioEthernet (стандарт IEEE 802.11), она обычно используется внутри зданий. В состав аппаратуры входят приемопередатчики и антенны. Связь осуществляется на частотах от одного до нескольких гигагерц. Расстояния между узлами - несколько десятков метров.

В соответствии со стандартом IEEE 802.11 возможны два способа передачи двоичной информации в ЛВС, оба они имеют целью обеспечить защиту информации от нежелательного доступа.

Первый способ называется методом прямой последовательности (DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum). В нем вводится избыточность - каждый бит данных представляется последовательностью из 11 элементов ("чипов"). Эта последовательность создается по алгоритму, известному участникам связи, и потому может быть дешифрована при приеме. Избыточность повышает помехоустойчивость, что позволяет снизить требования к мощности передатчика, а для сохранения высокой скорости нужно расширять полосу пропускания. Так, в аппаратуре фирмы Aironet в диапазоне 2,4 ГГц имеются 4 канала шириной в 22 МГц.

Второй способ - метод частотных скачков (FHSS - Frequency Hopping Spread Spectrum). В этом методе полоса пропускания делится на 79 поддиапазонов. Передатчик через каждые 20 мс переключается на новый поддиапазон, причем алгоритм изменения частот известен только участникам связи и может изменяться, что и затрудняет несанкционированный доступ к данным.

В варианте использования радиоканалов для связи центрального и периферийного узлов центральный пункт имеет ненаправленную антенну, а терминальные пункты при этом используют направленные антенны. Дальность связи составляет также десятки метров, а вне помещений - сотни метров. Пример многоточечной системы: ненаправленная антенна по горизонтали, угол 30 градусов по вертикали,

5,8 ГГц - к терминалам, 2,4 ГГц - к центральному узлу, до 62 терминалов, дальность - 80 м без прямой видимости. В системе RoomAbout связь на частоте 920 МГц гарантируется на расстоянии в 120 метров, предусмотрена защита от перехвата информации.

В условиях высоких уровней электромагнитных помех иногда используют *инфракрасные каналы связи*. В последнее время их стали применять не только в цехах, но и в офисах, где лучи можно направлять над перегородками помещения.

Поставкой оборудования для организации корпоративных и локальных беспроводных сетей занимается ряд фирм, в том числе известные фирмы Lucent Technologies, Aironet, Multipoint Network.

В оборудование беспроводных каналов ПД входят:

Сетевые адаптеры и радиомодемы, поставляемые вместе с комнатными антеннами и драйверами. Различаются способами обработки сигналов, характеризуются частотой передачи, пропускной способностью, дальностью связи.

Сетевой адаптер вставляется в свободный разъем шины компьютера. Например, адаптер WaveLAN (Lucent Technologies) подключается к шине ISA, работает на частоте 915 МГц, пропускная способность 2 Мбит/с.

Радиомодем подключается к цифровому ООД через стандартный интерфейс. Например, радиомодемы серии RAN (Multipoint Networks) могут работать в дуплексном или полудуплексном режимах; со стороны порта данных - интерфейс RS-232C, RS-449 или V.35, скорости до 128 кбит/с; со стороны радиопорта - частоты 400...512 или 820...960 МГц, ширина радиоканала 25...200 кГц.

Радиомосты используются для объединения между собой кабельных сегментов и отдельных ЛВС в пределах прямой видимости и для организации магистральных каналов в опорных сетях, выполняют ретрансляцию и фильтрацию пакетов. Например, мост ARLAN 640 (Aironet) взаимодействует с сетями Ethernet, обеспечивает 2 Мбит/с

Направленные и ненаправленные антенны, антенные усилители, и вспомогательное оборудование типа кабелей, полосовых фильтров, грозозащитников и т.п.

**1.3.5. Спутниковые каналы передачи данных.** Спутники в системах связи могут находиться на геостационарных (высота 36 тысяч км) или низких орбитах. При геостационарных орбитах заметны задержки на прохождение сигналов (туда и обратно около 520 мс). Возможно покрытие поверхности всего земного шара с помощью четырех спутников. В низкоорбитальных системах обслуживание конкретного пользователя происходит попеременно разными спутниками. Чем ниже орбита, тем меньше площадь покрытия и, следовательно, нужно или больше наземных станций, или требуется

межспутниковая связь, что естественно утяжеляет спутник. Число спутников также значительно больше (обычно несколько десятков)

Структура спутниковых каналов передачи данных может быть проиллюстрирована на примере широко известной системы VSAT (Very Small Aperture Terminal). Наземная часть системы представлена совокупностью комплексов, в состав каждого из них входят центральная станция (ЦС) и абонентские пункты (АП). Связь ЦС со спутником происходит по радиоканалу (пропускная способность 2 Мбит/с) через направленную антенну диаметром 1...3 м и приемопередающую аппаратуру. АП подключаются к ЦС по схеме "звезда" с помощью многоканальной аппаратуры (обычно это аппаратура T1 или E1, хотя возможна и связь через телефонные линии) или по радиоканалу через спутник. Те АП, которые соединяются по радиоканалу (это подвижные или труднодоступные объекты), имеют свои антенны, и для каждого АП выделяется своя частота. ЦС передает свои сообщения широковещательно на одной фиксированной частоте, а принимает на частотах АП. Арендная плата за соединение "точка-точка" через VSAT со скоростью 64 кбит/с составляет около 3900 долл. в месяц, что для больших расстояний дешевле, чем аренда выделенной наземной линии.

Примерами российских систем спутниковой связи с геостационарными орбитами могут служить системы Инмарсат и Runnet. Так, в Runnet применяются геостационарные спутники "Радуга". Один из них, с точкой стояния 85 градусов в.д., охватывает почти всю территорию России. В качестве приемопередающей аппаратуры (ППА) используются станции "Кедр-М" или "Калинка", работающие в сантиметровом диапазоне волн (6,18...6,22 ГГц и 3,855...3,895 ГГц соответственно). Диаметр антенн 4,8 м. Структура ЦС представлена на рис. 2.7.

В планируемой фирмой LMI на 1998 - 2001 гг. системе глобальной спутниковой связи предусматривается 4 геостационарных спутника. В России для этой системы будет установлено 26-30 наземных станций (оператор Ростелеком).

Примеры сетей с низкоорбитальными спутниками - система глобальной спутниковой телефонной связи "Глобалстар". 48 низкоорбитальных (высота 1400 км) спутников охватывают весь земной шар. Каждая станция (наземная) имеет одновременно связь с тремя спутниками. У спутника шесть сфокусированных лучей по 2800 дуплексных каналов каждый. Обеспечиваются телефонная связь для труднодоступных районов, навигационные услуги, определение местонахождения подвижных объектов. Терминал обойдется в 750 долл., минута разговора в 30-50 центов. Начало коммерческой эксплуатации было намечено на 1999 г. Другая глобальная спутниковая сеть Iridium, имеющая и российский сегмент, включает 66

низкоорбитальных спутников, диапазон частот 1610-1626,5 МГц. В российской системе Глоснасс - 24 спутника.

В 2000 г. 30% международного трафика проходило по спутниковым каналам, 70% - по наземным линиям.

#### 1.4. Методы передачи данных на физическом уровне

Физический уровень является самым нижнем уровнем в ЭМ ВОС и обеспечивает взаимодействие со средой передачи, связывающей системы друг с другом.

В модемах производятся преобразования двоичных данных в аналоговые сигналы, параметры которых согласованы с параметрами физической среды. На приемной стороне осуществляется обратное преобразование аналоговых сигналов в бит, которая может отличаться от аналоговой из-за воздействия помех.

Также в качестве каналов связи могут использоваться цифровые каналы, вместо модемов используются линейные контроллеры, которые обеспечивают сопряжения оконечного оборудования обработки данных с физическим каналом.

На физическом уровне не решается задача исправления искаженных бит, поэтому его считают ненадежной системой передачи.

Основная задача физического уровня – обеспечить соединения для передачи физических сервисных блоков данных, при этом СБД физического уровня является *один бит*. Биты передаются дуплексным или полудуплексным способом и передаются получателю в том же порядке, в котором они поступили от источника.

Физический уровень формирует передаваемый сигнал, кодирует, декодирует и синхронизирует биты данных, а также контролирует состояния среды передачи.

Физическое соединение представляется пользователем, расположенным на канальном уровне. В соответствие с архитектурой открытых систем физический уровень должен предоставлять канальному:

- физические услуги (соединение) между двумя или более числом объектов канального уровня;
  - разъединять при необходимости установленные соединения;
  - обеспечить требуемые параметры качества обслуживания.
- Качество обслуживания физическим уровнем определяется:
- частота появления ошибок;
  - скорость передачи двоичных данных в секунду;
  - задержка передачи.

При обмене данными по выделенным каналам связи, необходимость в установлении соединения на физическом уровне отсутствует.

*Назначением* физического уровня является обеспечение механических, электрических, функциональных и процедурных средств, целью передачи последовательностей бит между объектами канального уровня.

Механические характеристики физического уровня определяют организацию сопряжения оконечного оборудования данных с аппаратурой коммутации данных, т. е. с реальной физической средой передачи. Непосредственное соединение устанавливается при помощи соединителей различных типов, которые обеспечивают гальваническую связь ООД с физической средой передачи.

В качестве механических характеристик определяются:

- конструктивное исполнение соединения;
- тип крепления;
- способы крепления;
- схемы расположения контактов;
- соответствие цепей обмена контактами разъема.

Механические характеристики представлены в стандарте ISO 2110, 2593, 4902, 4903.

Обмен в существующих сетях осуществляется электрическим сигналом и модули сопряжения должны производиться сигналы к приемлемому виду.

Электрические характеристики физического уровня определяются стандартами МККТТ V.28; V.10/X.26; V.11/X.27.

V – аналоговые каналы связи.

X – цифровые.

В процессе установления соединения обмена сети с узлом коммутации или другими абонентами происходит обмен служебной информации, связанный с управлением и синхронизацией. После установления соединения обеспечивается обмен данными, причем в случае использования полудуплексного режима соответствующие сигналы должны иметь направление информации, по окончании обмена данными может потребоваться выполнение разъединения соединения.

Выполнение этих функций обеспечивается построением стыка между ООД и АКД.

Функциональные характеристики физического уровня определяют тип, число и назначения соединительных линий (цепей) стыка ООД/АКД.

При разработке этого стыка применяют два основных подхода:

1. Для выполнения каждой функцией управления стыком предназначена отдельная цепь, в этом случае стык содержит цепи заземления, передачи приема данных; цепи управления для передачи



команд от ООД к АКД; цепи оповещения для передачи сигналов от АКД к ООД; цепи автоматического установления соединения, обеспечивающих передачу сигнала вызова к другим абонентам и цепи синхронизации. (Пример: рекомендация V.24 МККТТ, она определяет цепи стыка между ООД и АКД для работы по аналоговым каналам связи.)

В соответствии этой рекомендации ООД и АКД (модем) соединяются с помощью 34 цепей общего назначения и 12 цепей автоматического вызова.

Цепи общего назначения делятся на 4 категории:

- заземление;
- данные;
- управление;
- синхронизация.

С помощью этих цепей ООД управляет модемом, он сообщает ООД о своем состоянии и производится двусторонний обмен данными.

Цепи автоматического вызова используются для установления физического соединения при работе по коммутируемым каналам связи: RS-232c; RS-422; RS-423; RS-449; RS-485.

2. Основан на создании (разработке) стыков с наименьшим числом цепей. В этом случае ООД непосредственно участвует в установлении и разъединении физического соединения, т.е. ООД ведет обмен управляющей информацией с другими ООД, для чего оно (ООД) должно формировать и передавать служебные знаки по цепи передачи и распознавать знаки, принимаемые по цепи приема. В этом случае при работе «start - stop» режиме цепи управления, оповещения и автоматические.

При работе в синхронном режиме необходимы цепи приема, передачи, управления и оповещения.

X.21 определяет цепи стыка между ООД и АКД при работе по цифровым каналам (имеет 8 цепей).

*Процедурные характеристики* физического уровня определяют последовательность изменений состояния цепей I между ООД и АКД, т.е. определяют логику взаимодействия объектов на физическом уровне, т.е. какие сигналы посылаются и какие ожидаются.

Основные рекомендации: МККТТ V.24, X.21, X.21 бис, X.20.

Данный уровень определяет интерфейсы системы с каналом связи, а именно, механические, электрические, функциональные и процедурные параметры соединения.

Физический уровень также описывает процедуры передачи сигналов в канал и получения их из канала. Он предназначен для переноса потока двоичных сигналов (последовательности бит) в виде, пригодном для передачи по конкретной используемой физической среде. В качестве

такой физической среды передачи могут выступать канал тональной частоты, соединительная проводная линия, радиоканал или что-то другое.

Физический уровень выполняет три основные функции: установление и разъединение соединений; преобразование сигналов и реализация интерфейса.

**Установление и разъединение соединения.** При использовании коммутируемых каналов на физическом уровне необходимо осуществить предварительное соединение взаимодействующих систем и их последующее разъединение. При использовании выделенных (арендуемых) каналов такая процедура упрощается, так как каналы постоянно закреплены за соответствующими направлениями связи. В последнем случае обмен данными между системами, не имеющими прямых связей, организуется с помощью коммутации потоков, сообщений или пакетов данных через промежуточные взаимодействующие системы (узлы). Однако функции такой коммутации выполняются уже на более высоких уровнях и к физическому уровню отношения не имеют.

Кроме физического подключения взаимодействующие модемы могут также «договариваться» об устраивающем их режиме работы, т.е. способе модуляции, скорости передачи, режимах исправления ошибок и сжатия данных и т.д.

После установления соединения управление передается более высокому канальному уровню.

**Преобразование сигналов.** Для согласования последовательности передаваемых бит с параметрами используемого аналогового или цифрового канала требуется выполнить их преобразование в аналоговый либо дискретный сигнал соответственно. К этой же группе функций относятся процедуры, реализующие стык с физическим (аналоговым или цифровым) каналом связи. Такой стык часто называется стыком, зависящим от среды, и он может соответствовать одному из гостированных канальных стыков С1, например: С1-ТФ (ГОСТ 23504-79, 25007-81, 26557-85) – для каналов ТфОП, С1-ТЧ (ГОСТ 23475-79, 23504-79, 23578-79, 25007-81, 26557-85) - для выделенных каналов тональной частоты, СЫТ (ГОСТ 22937-78) - для телеграфных каналов связи, С1-ШП (ГОСТ 24174-80, 25007-81, 26557-85) - для первичных широкополосных каналов, С1-ФЛ (ГОСТ 24174-80, 26532-85) - для физических линий связи, С1-АК - для акустического сопряжения с каналом связи и ряд других.

Функция преобразования сигналов является главнейшей функцией модемов. По этой причине первые модемы, не обладавшие интеллектуальными возможностями и не выполнявшие аппаратное сжатие и коррекцию ошибок, часто называли устройствами преобразования сигналов.

**Реализация интерфейса.** Реализация интерфейса между DTE и DCE является третьей важнейшей функцией физического уровня. Такого рода интерфейсы регламентируются соответствующими рекомендациям и стандартами, к которым, в частности, относятся V.24, RS-232, RS-449, RS-422A, RS-423A, V.35 и другие. Такие интерфейсы определяются отечественными ГОСТ как преобразовательные стыки С2 или стыки, не зависящие от среды. Стандарты и рекомендации по интерфейсам DTE-DCE определяют общие характеристики (скорость и последовательность передачи), функциональные и процедурные характеристики (номенклатура, категория цепей интерфейса, правила их взаимодействия); электрические (величины напряжений, токов и сопротивлений) и механические характеристики (габариты, распределение контактов по цепям).

На физическом уровне происходит диагностика определенного класса неисправностей, например таких, как обрыв провода, пропадание питания, потеря механического контакта и т.п. Типовой профиль протоколов при использовании модема, поддерживающего только функции физического уровня, приведен на рис. 1.4. При этом считается, что компьютер (DTE) соединяется с модемом (DCE) посредством интерфейса RS-232, а модем использует протокол модуляции V.21. Помехозащищенность канала связи, состоящего из двух модемов и среды передачи между ними, является ограниченной и, как правило, не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к достоверности передаваемых данных. По этой причине физический уровень рассматривается как ненадежная система. Задача исправления искаженных в канале передачи битов решается на более высоких уровнях, в частности, на канальном уровне.

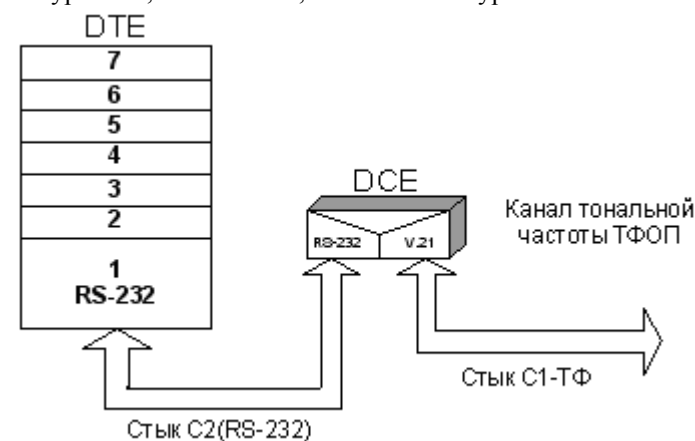


Рис. 1.4

## 1.5. Методы передачи данных на канальном уровне

**1.5.1. Протокол Ethernet.** Протокол Ethernet позволяет передавать данные со скоростью 10 Мбит/с и использовать следующие типы кабелей: толстый коаксиальный кабель (стандарт 10Base-5), тонкий коаксиал (стандарт 10Base-2), неэкранированную витую пару (стандарт 10Base-T), оптоволоконный кабель (стандарт 10Base-F).

Данные в протоколах канального уровня передаются в виде группы бит, организованных в кадр данных. Исторически существует 4 различных формата кадров Ethernet:

- кадр Ethernet DIX (Ethernet II) – один из первых форматов, стандарт фирм Digital, Intel и Xerox;
- кадр 802.3/LLC – международный стандарт;
- кадр Raw 802.3 (Novell 802.3) – стандарт фирмы Novell;
- кадр Ethernet SNAP – второй доработанный вариант международного стандарта.

Обычно сетевые карты автоматически распознают и поддерживают все четыре формата кадров. Для простоты изложения ограничимся рассмотрением самого простого по формату кадра Ethernet II, который имеет следующие поля:

- преамбула (для синхронизации) и признак начала кадра;
- адрес назначения пакета;
- адрес источника пакета;
- тип пакета (указывает какому протоколу более высокого уровня принадлежит пакет);
- данные (передаваемая информация);
- CRC – контрольная сумма.

Однако, помимо структуры кадра данных, в протоколе необходимо оговорить и порядок передачи этого кадра по сети. Основным принципом работы Ethernet является использование общей среды передачи данных разделяемой по времени, когда кадры данных передаются всеми компьютерами по общему кабелю. Особенно наглядно это проявляется при топологии "общая шина", хотя принцип сохраняется и при любой другой топологии. Впервые метод доступа к разделяемой общей среде был опробован во второй половине 60-х годов, в радиосети Aloha Гавайского университета, где общей средой передачи данных являлся радиоэфир. В 1975 году этот принцип был реализован и для коаксиального кабеля, в первой экспериментальной сети Ethernet Network фирмы Xerox.

В настоящее время сети Ethernet используют метод доступа CSMA/CD (Carrier Sense Multiply Access with Collision Detection) - коллективный доступ с проверкой несущей и обнаружением коллизий.

Порядок передачи данных и коррекция ошибок происходит следующим образом: каждый кадр данных переданный в сеть получают все компьютеры, но только один из них распознает свой адрес и обрабатывает кадр. В каждый отдельный момент времени только один компьютер может передавать данные в сеть. Компьютер, который хочет передать кадр данных, прослушивает сеть и, если там отсутствует несущая частота (сигнал с частотой 5-10 МГц), то он решает, что сеть свободна и начинает передавать кадр данных. Однако может случиться, что другой компьютер, не обнаружив несущей, тоже начнет передачу данных одновременно с первым. В таком случае, возникает столкновение (коллизия). Если один из передающих компьютеров обнаружил коллизию (передаваемый и наблюдаемый в кабеле сигнал отличаются), то он прекращает передачу кадра и усиливает ситуацию коллизии, посылкой в сеть специальных помех – последовательности из 32 бит (jam – последовательность), для того, чтобы и второй компьютер надежно обнаружил коллизию. После этого компьютеры ждут (каждый – случайное время) и повторяют передачу. Поскольку время – случайное (у каждого свое), то вероятность повторного столкновения невелика. Если столкновение произойдет снова (возможно с другими компьютерами), то следующий раз диапазон, в котором выбирается случайное время задержки, увеличится в 2 раза (после 10-й попытки увеличение не происходит, а после 16-й попытки кадр отбрасывается). В любом случае, время задержки, при возникновении коллизии невелико (максимум 52,4 миллисекунды) и незаметно для пользователя, однако при большой загрузке сети (начиная с 40 - 50%), слишком большая доля времени тратится на устранение коллизий и полезная пропускная способность падает. Более рациональным способом получения доступа к общей разделяемой среде является протокол Token Ring.

**1.5.2. Протокол FastEthernet.** Протокол Fast Ethernet был разработан совместными усилиями фирм SynOptics, 3Com (Fast Ethernet Alliance) и является развитием протокола Ethernet. Протокол Fast Ethernet позволяет передавать данные со скоростью 100 Мбит/с и использовать следующие типы кабелей: неэкранированную витую пару 5-й категории (стандарт 100Base-TX), неэкранированную витую пару 3-й категории (стандарт 100Base-T4), оптоволоконный кабель (стандарт 100Base-FX). Коаксиальный кабель в FastEthernet не поддерживается. Поддержка витой пары 3-й категории, несмотря на технические сложности, была реализована из-за того, что на западе, большинство уже проложенных телефонных кабелей, являются витой парой 3-й категории.

Метод доступа к разделяемой среде (CSMA/CD) в протоколе FastEthernet остался прежним. Отличия от Ethernet заключаются в следующем:

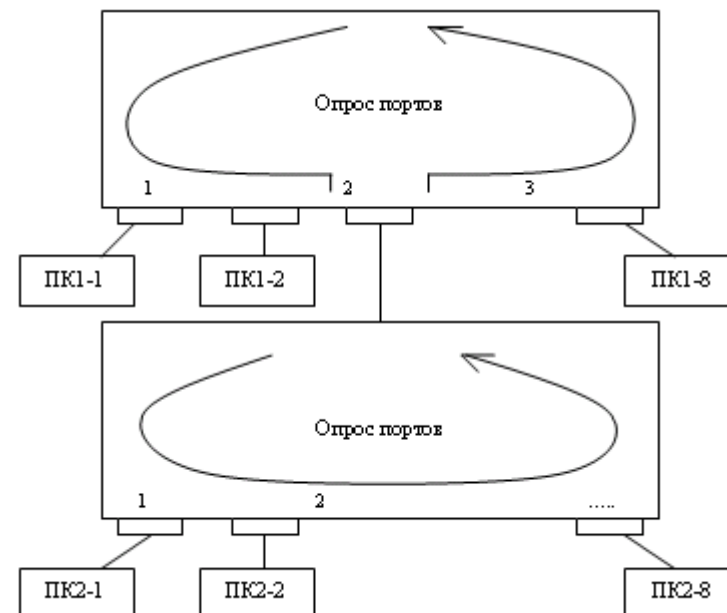
- другой формат кадров;
- другие временные параметры межкадрового и битового интервала (все параметры алгоритма доступа, измеренные в битовых интервалах сохранены прежними);
- признаком свободного состояния среды является передача по ней символа Idle (не занято), а не отсутствие сигнала, как в протоколе Ethernet.

Для совместимости со старыми сетевыми картами Ethernet, в протокол FastEthernet введена функция "автопереговоров" (auto-negotiation). При включении питания сетевой карты или по команде модуля управления сетевой карты начинается процесс "переговоров": сетевая карта посылает специальные служебные импульсы (FLP - fast link pulse burst), в которых предлагается самый приоритетный (с наибольшей скоростью передачи данных) протокол. Если второй компьютер поддерживает функцию "автопереговоров", то он ответит своими служебными импульсами, в которых согласится на предложенный протокол, или предложит другой (из поддерживаемых им). Если же на втором компьютере стоит старая сетевая карта Ethernet, не поддерживающая "автопереговоры", то ответа на запрос первого компьютера не последует, и он автоматически переключится на использование протокола Ethernet.

**1.5.3. Протокол 100VG-AnyLan.** Протокол 100VG-AnyLan был разработан совместными усилиями фирм Hewlett-Packard, AT&T и IBM.

И протокол FastEthernet и протокол 100VG-AnyLan являются развитием технологии Ethernet и позволяют работать на скорости 100 Мбит/с. Однако, если FastEthernet ориентировался на минимальные изменения в протоколе Ethernet и совместимости со старыми сетевыми картами, то в протоколе 100VG-AnyLan, пользуясь сменой протоколов, была сделана попытка полностью отказаться от старых, и перейти к новым, более эффективным технологическим решениям.

Основным отличием 100VG-AnyLan является другой метод доступа к разделяемой среде - Demand Priority (приоритетный доступ по требованию), который обеспечивает более эффективное распределение пропускной способности сети, чем метод CSMA/CD. При доступе Demand Priority концентратору (hubу) передаются функции арбитра, решающего проблему доступа к разделяемой среде. Сеть 100VG-AnyLAN состоит из центрального (корневого) концентратора, и соединенных с ним конечных узлов и других концентраторов (рис. 1.5). Допускаются три уровня каскадирования.



Ри

Рис. 1.5

Концентратор циклически выполняет опрос портов, к которым подключены компьютеры. Если к порту подключен другой концентратор, то опрос приостанавливается до завершения опроса концентратором нижнего уровня. Компьютер, желающий передать пакет, посылает специальный низкочастотный сигнал концентратору, запрашивая передачу кадра и указывая его приоритет: низкий (для обычных данных) или высокий (для данных, которые чувствительны к задержкам, например, видеонизображение). Компьютер с низким уровнем приоритета, долго не имевший доступа к сети, получает высокий приоритет.

Если сеть свободна, то концентратор разрешает передачу пакета. Анализируется адрес назначения в пакете, и он передается на тот порт, к которому подключен соответствующий компьютер (адрес сетевой карты компьютера, подключенного к тому или иному порту, определяется автоматически, в момент физического подключения компьютера к концентратору). Если сеть занята, концентратор ставит полученный запрос в очередь. В очередь ставятся именно не сами кадры данных, а лишь запросы на их передачу. Запросы удовлетворяются в соответствии с порядком их поступления и с учетом приоритетов. У концентратора 100VG-AnyLan отсутствует внутренний буфер для хранения кадров,

поэтому в каждый момент времени концентратор может принимать и передавать только один кадр данных – тот, до запроса на передачу которого дошла очередь (с учетом приоритетов).

В концентраторах 100VG-AnyLan поддерживаются кадры Ethernet и Token Ring (именно это обстоятельство дало добавку Any LAN в названии технологии). Каждый концентратор и сетевой адаптер 100VG-AnyLAN должен быть настроен либо на работу с кадрами Ethernet, либо с кадрами Token Ring, причем одновременно циркуляция обоих типов кадров не допускается. Другой особенностью является то, что кадры передаются не всем компьютерам сети, а только компьютеру назначения, что улучшает безопасность сети, так как кадры труднее перехватить при помощи анализаторов протоколов (снифферов).

Несмотря на много хороших технических решений, технология 100VG-AnyLAN не нашла большого количества сторонников и значительно уступает по популярности технологии Fast Ethernet.

**1.5.4. Протокол GigabitEthernet.** Протокол Gigabit Ethernet обеспечивает скорость передачи данных 1000 Мбит/с на всех основных типах кабельных систем: неэкранированная витая пара 5-й категории, многомодовое и одномодовое оптоволокно (стандарты 1000Base-SX и 1000Base-LX), твинаксиальный кабель (коаксиальный кабель с двумя проводниками, каждый из которых помещен в экранирующую оплетку).

Протокол Gigabit Ethernet сохраняет максимально возможную приемственность с протоколами Ethernet и Fast Ethernet:

- сохраняются все форматы кадров Ethernet;
- сохраняется метод доступа к разделяемой среде CSMA/CD.

Поддерживается также полнодуплексный режим работы, когда данные передаются и принимаются одновременно (для отделения принимаемого сигнала от передаваемого сигнала, приемник вычитает из результирующего сигнала известный ему собственный сигнал);

- минимальный размер кадра увеличен (без учета преамбулы) с 64 до 512 байт. Для сокращения накладных расходов при использовании слишком длинных кадров для передачи небольших пакетов данных разработчики разрешили конечным узлам передавать несколько кадров подряд, без передачи среды другим станциям в режиме Burst Mode (монопольный пакетный режим). Если станции нужно передать несколько небольших пакетов данных, то она может не дополнять каждый кадр до размера в 512 байт (минимальный размер кадра), а передавать их подряд. Станция может передать подряд несколько кадров с общей длиной не более 65 536 бит или 8192 байт. Предел 8192 байт называется BurstLength. Если станция начала передавать кадр и предел BurstLength был достигнут в середине кадра, то кадр разрешается передать до конца.



### 1.5.5. Протокол Token Ring (High Speed Token Ring).

Использование протокола Token Ring позволяет карте работать на скоростях 4 и 16 Мбит/с, а протокола High Speed Token Ring – на скоростях 100 и 155 Мбит/с. Компания IBM является основным разработчиком протокола Token Ring, производя около 60 % сетевых адаптеров этой технологии.

Сеть Token Ring представляет собой кольцо: каждый компьютер соединен кабелем только с предыдущим и последующим компьютером в кольце. Физически это реализуется при помощи специальных концентраторов (см. рис.1.6), которые обеспечивают целостность кольца даже при выключении или отказе одного из компьютеров, за счет обхода порта выключенного компьютера.

Принцип доступа к разделяемой среде – доступ с передачей маркера (token). Компьютер может начать передавать данные в сеть, только если получит от предыдущего компьютера в кольце "маркер" – специальный короткий пакет, свидетельствующий о том, что сеть свободна. Если компьютеру нечего передавать в сеть, то он передает маркер следующему компьютеру в кольце. Если компьютеру есть что передавать, то он уничтожает маркер и передает свой пакет в сеть. Пакет по битам ретранслируется по кольцу от компьютера к компьютеру, адресат получает пакет, устанавливает в пакете биты, подтверждающие, что пакет достиг адресата и передает пакет дальше по кольцу. Наконец, пакет возвращается к отправителю, который уничтожает его и передает в сеть новый маркер. Компьютер может и не передавать в сеть новый маркер, а продолжить передавать кадры данных до тех пор, пока не истечет время удержания маркера (token holding time). После истечения времени удержания маркера компьютер обязан прекратить передачу собственных данных (текущий кадр разрешается завершить) и передать маркер далее по кольцу. Обычно время удержания маркера по умолчанию равно 10 мс.

В процессе работы сети, из-за сбоев, возможна потеря маркера. За наличие в сети маркера, причем единственной его копии, отвечает один из компьютеров - активный монитор. Если активный монитор не получает маркер в течение длительного времени (например, 2,6 с), то он порождает новый маркер. Активный монитор выбирается во время инициализации кольца, как станция с максимальным значением MAC-адреса сетевой карты. Если активный монитор выходит из строя, то процедура инициализации кольца повторяется и выбирается новый активный монитор. Чтобы сеть могла обнаружить отказ активного монитора, последний в работоспособном состоянии каждые 3 секунды генерирует специальный кадр своего присутствия. Если этот кадр не появляется в сети более 7 секунд, то остальные станции сети начинают процедуру выборов нового активного монитора.

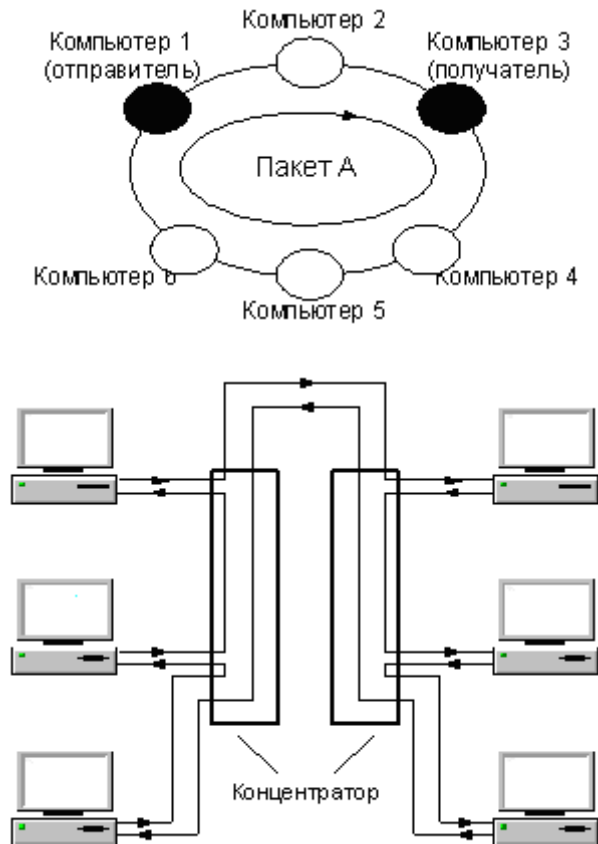


Рис. 1.6

Описанный выше алгоритм доступа используется в сетях со скоростью 4 Мбит/с. В сетях со скоростью 16 Мбит/с алгоритмы доступа более сложные: используется алгоритм доступа к кольцу, называемый алгоритмом раннего освобождения маркера (Early Token Release). Компьютер передает маркер доступу следующей станции сразу же после окончания передачи последнего бита кадра, не дожидаясь возвращения по кольцу этого кадра с битом подтверждения приема. В этом случае пропускная способность кольца используется более эффективно, так как по кольцу одновременно продвигаются кадры нескольких компьютеров. Тем не менее, свои кадры в каждый момент времени может генерировать только один компьютер — тот, который в данный момент владеет маркером доступа. Остальные компьютеры в это время только

повторяют чужие кадры, так что принцип разделения кольца во времени сохраняется, ускоряется только процедура передачи владения кольцом.

Передаваемым кадрам, протокол верхнего уровня (например, прикладного) может также назначить различные приоритеты: от 0 (низший) до 7 (высший). Маркер также всегда имеет некоторый уровень текущего приоритета и уровень резервного приоритета. При инициализации кольца основной и резервный приоритеты устанавливаются в ноль. Компьютер имеет право захватить переданный ему маркер только в том случае, если приоритет кадра, который он хочет передать, выше (или равен) текущему приоритету маркера. В противном случае компьютер обязан передать маркер следующему по кольцу компьютеру. Однако, даже если компьютер не захватил маркер, он может записать в поле резервного приоритета значение приоритета своего кадра (при условии, что предыдущие компьютеры не записали в это поле более высокий приоритет). При следующем обороте маркера резервный приоритет станет текущим и компьютер получит возможность захватить маркер.

Хотя механизм приоритетов в технологии Token Ring имеется, но он начинает работать только в том случае, когда приложение или прикладной протокол решают его использовать. Иначе все станции будут иметь равные права доступа к кольцу, что в основном и происходит на практике, так как большая часть приложений этим механизмом не пользуется.

Развитием протокола Token Ring стал протокол High-Speed Token Ring, который поддерживает скорости в 100 и 155 Мбит/с, сохраняя основные особенности технологии Token Ring 16 Мбит/с.

**1.5.6. Протокол FDDI.** Протокол FDDI (Fiber Distributed Data Interface) используется в оптоволоконных сетях и работает на скорости 100 Мбит/с. Исторически, когда скорости других протоколов ограничивались 10-16 Мбит/с, FDDI использовался на магистральных оптоволоконных сетях передачи данных.

Технология FDDI во многом основывается на технологии Token Ring, развивая и совершенствуя ее основные идеи. Сеть FDDI строится на основе *двух* оптоволоконных колец, которые образуют основной и резервный пути передачи данных между узлами сети. Наличие двух колец необходимо для повышения отказоустойчивости сети FDDI, и компьютеры, которые хотят воспользоваться этой повышенной надежностью могут (хотя это и не требуется) быть подключены к обоим кольцам.

В нормальном режиме работы сети данные проходят через все узлы и все участки кабеля только первичного (Primary) кольца. Этот режим назван режимом Thru — «сквозным» или «транзитным». Вторичное кольцо (Secondary) в этом режиме не используется. В случае какого-

либо отказа, когда часть первичного кольца не может передавать данные (например, обрыв кабеля или отказ компьютера), первичное кольцо объединяется со вторичным (см. рис. ), вновь образуя единое кольцо. Этот режим работы сети называется Wpar, то есть «свертывание» или «сворачивание» колец. Операция свертывания производится средствами концентраторов и/или сетевых карт FDDI. Для упрощения этой процедуры, данные по первичному кольцу всегда передаются в одном направлении, а по вторичному — в обратном (см. рис.). Поэтому при образовании общего кольца из двух колец, направление передачи данных по кольцам остается верным. Сеть FDDI может полностью восстанавливать свою работоспособность в случае единичных отказов ее элементов. При множественных отказах сеть распадается на несколько не связанных сетей (рис. 1.7).

Метод доступа к разделяемой среде в сети FDDI аналогичен методу доступа в сети Token Ring. Отличия заключаются в том, что время удержания маркера в сети FDDI не является постоянной величиной, как в сети Token Ring, а зависит от загрузки кольца — при небольшой загрузке оно увеличивается, а при больших перегрузках может уменьшаться до нуля. В сети FDDI нет выделенного активного монитора — все компьютеры и концентраторы равноправны, и при обнаружении отклонений от нормы любой из них может начать процесс повторной инициализации сети, а затем и ее реконфигурации.

В остальном пересылка кадров между станциями кольца полностью соответствует технологии Token Ring со скоростью 16 Мбит/с (применяется алгоритм раннего освобождения маркера). На физическом уровне технология "сворачивания" колец реализуется специальными концентраторами. В стандарте FDDI допускаются два вида подсоединения компьютера к сети.



Рис. 1.7

Одновременное подключение к первичному и вторичному кольцам называется двойным подключением (Dual Attachment, DA).

Компьютеры, подключенные таким образом, называются DAS (Dual Attachment Station), а концентраторы - DAC (Dual Attachment Concentrator). Подключение только к первичному кольцу называется одиночным подключением — Single Attachment, SA. Компьютеры, подключенные таким образом, называются SAS (Single Attachment Station), а концентраторы – SAC (Single Attachment Concentrator). Чтобы устройства легче было правильно присоединять к сети, их разъемы маркируются. Разъемы типа А и В должны быть у устройств с двойным подключением, разъем М (Master) имеется у концентратора для одиночного подключения станции, у которой ответный разъем должен иметь тип S (Slave). В случае однократного обрыва кабеля между устройствами с двойным подключением сеть FDDI сможет продолжить нормальную работу за счет автоматической реконфигурации внутренних путей передачи кадров между портами концентратора. При обрыве кабеля, идущего к компьютеру с одиночным подключением, он становится отрезанным от сети, а кольцо продолжает работать. Эта ситуация изображена на рис. 1.8.

**1.5.7. Протоколы SLIP и PPP.** Основное отличие протоколов SLIP и PPP от рассмотренных выше протоколов – это то, что они поддерживают связь "точка-точка", когда сетевой кабель используется для передачи информации только между двумя компьютерами (или другим сетевым оборудованием), соединенным этим кабелем.

Такое соединение характерно при подключении к Internet по телефонной линии, при соединении локальных сетей между собой по выделенным или коммутируемым линиям, а также в сетях X.25, Frame Relay и ATM (см. далее в лекциях). Существует большое количество протоколов канального уровня для соединения "точка-точка", однако здесь мы ограничимся рассмотрением только SLIP и PPP.

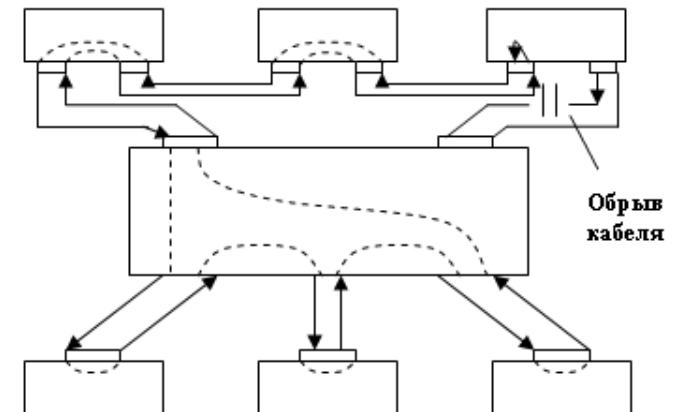


Рис. 1.8

Такое соединение характерно при подключении к Internet по телефонной линии, при соединении локальных сетей между собой по выделенным или коммутируемым линиям, а также в сетях X.25, Frame Relay и ATM (см. далее в лекциях). Существует большое количество протоколов канального уровня для соединения "точка-точка", однако здесь мы ограничимся рассмотрением только SLIP и PPP.

SLIP (Serial Line IP) – протокол канального уровня, который позволяет использовать последовательную линию передачи данных (телефонную линию) для связи с другими компьютерами по протоколу IP (протокол сетевого уровня). SLIP появился достаточно давно, для связи между Unix – компьютерами по телефонным линиям и, в настоящее время, является устаревшим, так как не позволяет использовать протоколы сетевого уровня, отличные от IP, не позволяет согласовывать IP - адреса сторон и имеет слабую схему аутентификации (подтверждения личности) пользователя, заключающуюся в пересылке по сети имени и пароля пользователя. Таким образом, имя и пароль (даже зашифрованный) могут быть перехвачены и повторно использованы злоумышленником, или он может просто дождаться, пока пользователь пройдет аутентификацию, а затем отключить его и самому подключиться от имени пользователя. Поэтому, большинство провайдеров Internet для подключения к своим машинам используют протокол PPP.

Протокол канального уровня PPP (Point to Point Protocol – протокол точка-точка) позволяет использовать не только протокол IP, но также и другие протоколы сетевого уровня (IPX, AppleTalk и др.). Достигается это за счет того, что в каждом кадре сообщения хранится не только 16 битная контрольная сумма, но и поле, задающее тип сетевого протокола. Протокол PPP также поддерживает сжатие заголовков IP-пакетов по методу Ван Джакобсона (VJ-сжатие), а также позволяет согласовать максимальный размер передаваемых дейтаграмм, IP-адреса сторон и др. Аутентификация в протоколе PPP является двусторонней, т.е. каждая из сторон может потребовать аутентификации другой. Процедура аутентификации проходит по одной из двух схем:

а) PAP (Password Authentication Protocol) – в начале соединения на сервер посылается имя пользователя и (возможно зашифрованный) пароль;

б) CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol) – в начале соединения сервер посылает клиенту случайный запрос (challenge). Клиент шифрует свой пароль, используя однонаправленную хэш-функцию (функция у которой по значению Y невозможно определить X) и запрос, в качестве ключа шифрования. Зашифрованный отклик (response) передается серверу, который, имея в своей базе данных

пароль клиента, выполняет те же операции и, если полученный от клиента отклик совпадает с вычисленным сервером, то аутентификация считается успешной. Таким образом, пароль по линиям связи не передается. Даже если отклик клиента и будет перехвачен, то в следующий раз использовать его не удастся, так как запрос сервера будет другим. Определить же пароль на основании отклика – невозможно, так как хэш-функция шифрует данные только "в одну сторону". Для предотвращения вмешательства в соединение уже после прохождения клиентом аутентификации, в схеме СНАР сервер регулярно посылает испытательные запросы через равные промежутки времени. При отсутствии отклика или неверном отклике соединение прерывается.

## 1.6. Кодирование и сжатие информации

**1.6.1. Количество информации.** *Кодирование* - представление сообщения последовательностью элементарных символов.

Рассмотрим кодирование дискретных сообщений. Символы в сообщениях могут относиться к алфавиту, включающему  $n$  букв (буква - символ сообщения). Однако число элементов кода  $k$  существенно ограничено сверху энергетическими соображениями, т.е. часто  $n > k$ . Так, если отношение сигнал/помеха для надежного различения уровня сигнала должно быть не менее  $q$ , то наименьшая амплитуда для представления одного из  $k$  символов должна быть  $q \cdot g$ , где  $g$  - амплитуда помехи, а наибольшая амплитуда соответственно  $q \cdot g \cdot k$ . Мощность передатчика пропорциональна квадрату амплитуды сигнала (тока или напряжения), т.е. должна превышать величину, пропорциональную  $(q \cdot g \cdot k)^2$ . В связи с этим распространено двоичное кодирование с  $k=2$ . При двоичном кодировании сообщений с  $n$  типами букв, каждая из  $n$  букв кодируется определенной комбинацией 1 и 0 (например, код ASCII).

Кодирование аналоговых сообщений после их предварительной дискретизации должно выполняться в соответствии с теоремой Котельникова: если в спектре функции  $f(t)$  нет частот выше  $F_B$ , то эта функция может быть полностью восстановлена по совокупности своих значений, определенных в моменты времени  $t_k$ , отстоящие друг от друга на величину  $1/(2 \cdot F_B)$ . Для передачи аналогового сигнала производится его дискретизация с частотой отсчетов  $2 \cdot F_B$  и выполняется кодово-импульсная модуляция последовательности отсчетов.

*Количество информации* в сообщении (элементе сообщения) определяется по формуле  $I = -\log_2 P$ , где  $P$  - вероятность появления сообщения (элемента сообщения). Из этой формулы следует, что единица измерения количества информации есть количество

информации, содержащееся в одном бите двоичного кода при условии равной вероятности появления в нем 1 и 0. В то же время один разряд десятичного кода содержит  $I = -\log_2 P = 3,32$  единиц информации (при том же условии равновероятности появления десятичных символов, т.е. при  $P=0,1$ ).

**1.6.2. Энтропия.** Энтропия источника информации с независимыми и равновероятными сообщениями есть среднее арифметическое количеств информации сообщений

$H = - \sum P_k \cdot \log_2 P_k$   $k=1..N$ , где  $P_k$  - вероятность появления  $k$ -го сообщения. Другими словами, энтропия есть мера неопределенности ожидаемой информации.

**Пример.** Пусть имеем два источника информации, один передает двоичный код с равновероятным появлением в нем 1 и 0, другой имеет вероятность 1, равную  $2^{-10}$ , и вероятность 0, равную  $1-2^{-10}$ . Очевидно, что неопределенность в получении в очередном такте символа 1 или 0 от первого источника выше, чем от второго. Это подтверждается количественно оценкой энтропии: у первого источника  $H = 1$ , у второго приблизительно  $H = -2^{-10} \cdot \log_2 2^{-10}$ , т.е. значительно меньше.

**1.6.3. Коэффициент избыточности сообщения.** Коэффициент избыточности сообщения  $A$  определяется по формуле  $r = (I_{\max} - I)/I_{\max}$ , где  $I$  - количество информации в сообщении  $A$ ,  $I_{\max}$  - максимально возможное количество информации в сообщении той же длины, что и  $A$ .

Пример избыточности дают сообщения на естественных языках, так, у русского языка  $r$  находится в пределах 0,3...0,5.

Наличие избыточности позволяет ставить вопрос о сжатии информации без ее потери в передаваемых сообщениях.

**1.6.4. Основные используемые коды.** Широко используются двоичные коды:

EBCDIC (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code) - символы кодируются восемью битами; популярен благодаря его использованию в IBM;

ASCII (American Standards Committee for Information Interchange) - семибитовый двоичный код.

Оба этих кода включают битовые комбинации для печатаемых символов и некоторых распространенных командных слов типа NUL, CR, ACK, NAK и др.

Для кодировки русского текста нужно вводить дополнительные битовые комбинации. Семибитовая кодировка здесь уже недостаточна. В восьмибитовой кодировке нужно под русские символы отводить двоичные комбинации, не занятые в общепринятом коде, чтобы сохранять неизменной кодировку латинских букв и других символов. Так возникли кодировка КОИ-8, затем при появлении персональных ЭВМ - альтернативная кодировка и при переходе к Windows - кодировка



1251. Множество используемых кодировок существенно усложняет проблему согласования почтовых программ в глобальных сетях.

**1.6.5. Асинхронное и синхронное кодирование.** Для правильного распознавания позиций символов в передаваемом сообщении получатель должен знать границы передаваемых элементов сообщения. Для этого необходима синхронизация передатчика и приемника. Использование специального дополнительного провода для сигналов синхронизации (в этом случае имеем *битовую* синхронизацию) слишком дорого, поэтому используют другие способы синхронизации.

В *асинхронном режиме* применяют коды, в которых явно выделены границы каждого символа (байта) специальными стартовым и стоповым символами. Подобные побайтно выделенные коды называют *байт-ориентированными*, а способ передачи - *байтовой* синхронизацией. Однако это увеличивает число битов, не относящихся собственно к сообщению.

В *синхронном режиме* синхронизм поддерживается во время передачи всего информационного блока без обрамления каждого байта. Такие коды называют *бит-ориентированными*. Для входа в синхронизм нужно обозначать границы лишь всего передаваемого блока информации с помощью специальных начальной и конечной комбинаций байтов (обычно это двухбайтовые комбинации). В этом случае синхронизация называется *блочной (фреймовой)*.

Для обрамления текстового блока (текст состоит только из печатаемых символов) можно использовать символы, отличающиеся от печатаемых. Для обрамления двоичных блоков применяют специальный символ (обозначим его DLE), который благодаря *стаффингу* становится уникальным. Уникальность заключается в том, что если DLE встречается внутри блока, то сразу вслед за ним вставляется еще один DLE. Приемник будет игнорировать каждый второй идущий подряд символ DLE. Если же DLE встречается без добавления, то это граница блока.

**1.6.6. Коэффициент сжатия.** Наличие в сообщениях избыточности позволяет ставить вопрос о сжатии данных, т.е. о передаче того же количества информации с помощью последовательностей символов меньшей длины. Для этого используются специальные алгоритмы сжатия, уменьшающие избыточность. Эффект сжатия оценивают *коэффициентом сжатия*  $K = n/q$ , где  $n$  - число минимально необходимых символов для передачи сообщения (практически это число символов на выходе эталонного алгоритма сжатия);  $q$  - число символов в сообщении, сжатом данным алгоритмом. Так, при двоичном кодировании  $n$  равно энтропии источника информации.

Наряду с методами сжатия, не уменьшающими количество информации в сообщении, применяются методы сжатия, основанные на потере малосущественной информации.

**1.6.7. Алгоритмы сжатия.** Сжатие данных осуществляется либо на прикладном уровне с помощью программ сжатия, таких, как ARJ, либо с помощью устройств защиты от ошибок (УЗО) непосредственно в составе модемов по протоколам типа V.42bis.

Очевидный способ сжатия числовой информации, представленной в коде ASCII, заключается в использовании сокращенного кода с четырьмя битами на символ вместо восьми, так как передается набор, включающий только 10 цифр, символы "точка", "запятая" и "пробел".

Среди простых алгоритмов сжатия наиболее известны *алгоритмы RLE (Run Length Encoding)*. В них вместо передачи цепочки из одинаковых символов передаются символ и значение длины цепочки. Метод эффективен при передаче растровых изображений, но малополезен при передаче текста.

К методам сжатия относят также *методы разностного кодирования*, поскольку разности амплитуд отсчетов представляются меньшим числом разрядов, чем сами амплитуды. Разностное кодирование реализовано в методах дельта-модуляции и ее разновидностях.

*Предсказывающие (предиктивные) методы* основаны на экстраполяции значений амплитуд отсчетов, и если выполнено условие  $A_r - A_p > d$ , то отсчет должен быть передан, иначе он является избыточным; здесь  $A_r$  и  $A_p$  - амплитуды реального и предсказанного отсчетов,  $d$  - допуск (допустимая погрешность представления амплитуд). Иллюстрация предсказывающего метода с линейной экстраполяцией представлена рис. 1.9. Здесь точками показаны предсказываемые значения сигнала. Если точка выходит за пределы "коридора" (допуска  $d$ ), показанного пунктирными линиями, то происходит передача отсчета. На рисунке передаваемые отсчеты отмечены темными кружками в моменты времени  $t_1, t_2, t_4, t_7$ . Если передачи отсчета нет, то на приемном конце принимается экстраполированное значение.

Методы MPEG (Moving Pictures Experts Group) используют предсказывающее кодирование изображений (для сжатия данных о движущихся объектах вместе со звуком). Так, если передавать только изменившиеся во времени пиксели изображения, то достигается сжатие в несколько десятков раз. Этот алгоритм сжатия используется также в стандарте H.261 ITU. Методы MPEG становятся мировыми стандартами для цифрового телевидения.

Для сжатия данных об изображениях можно использовать также методы типа JPEG (Joint Photographic Expert Group), основанные на

потере малосущественной информации (не различимые для глаза оттенки кодируются одинаково, коды могут стать короче).

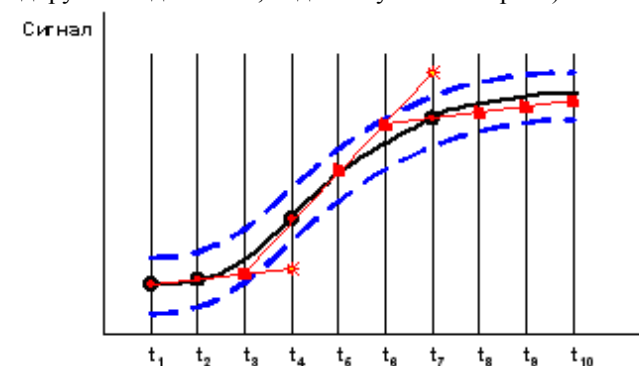


Рис.1.9.

В этих методах передаваемая последовательность пикселей делится на блоки, в каждом блоке производится преобразование Фурье, устраняются высокие частоты, передаются коэффициенты разложения для оставшихся частот, по ним в приемнике изображение восстанавливается.

Другой принцип воплощен в фрактальном кодировании, при котором изображение, представленное совокупностью линий, описывается уравнениями этих линий.

Более универсален широко известный метод Хаффмена, относящийся к статистическим методам сжатия. Идея метода - часто повторяющиеся символы нужно кодировать более короткими цепочками битов, чем цепочки редких символов. Строится двоичное дерево, листья соответствуют кодируемым символам, код символа представляется последовательностью значений ребер (эти значения в двоичном дереве суть 1 и 0), ведущих от корня к листу. Листья символов с высокой вероятностью появления находятся ближе к корню, чем листья маловероятных символов.

Распознавание кода, сжатого по методу Хаффмена, выполняется по алгоритму, аналогичному алгоритмам восходящего грамматического разбора. Например, пусть набор из восьми символов (A, B, C, D, E, F, G, H) имеет следующие правила кодирования:

A ::= 10; B ::= 01; C ::= 111; D ::= 110;

E ::= 0001; F ::= 0000; G ::= 0011; H ::= 0010.

Тогда при распознавании входного потока 101100000110 в стек распознавателя заносится 1, но 1 не совпадает с правой частью ни одного из правил. Поэтому в стек добавляется следующий символ 0. Полученная комбинация 10 распознается и заменяется на A. В стек

поступает следующий символ 1, затем 1, затем 0. Сочетание 110 совпадает с правой частью правила для D. Теперь в стеке AD, заносятся следующие символы 0000 и т.д.

Недостаток метода заключается в необходимости знать вероятности символов. Если заранее они не известны, то требуются два прохода: на одном в передатчике подсчитываются вероятности, на другом эти вероятности и сжатый поток символов передаются к приемнику. Однако двухпроходность не всегда возможна.

Этот недостаток устраняется в однократных алгоритмах адаптивного сжатия, в которых схема кодирования есть схема приспособления к текущим особенностям передаваемого потока символов. Поскольку схема кодирования известна как кодеру, так и декодеру, сжатое сообщение будет восстановлено на приемном конце.

Обобщением этого способа является алгоритм, основанный на *словаре сжатия данных*. В нем происходит выделение и запоминание в словаре повторяющихся цепочек символов, которые кодируются цепочками меньшей длины.

Интересен алгоритм "*стопка книг*", в котором код символа равен его порядковому номеру в списке. Появление символа в кодируемом потоке вызывает его перемещение в начало списка. Очевидно, что часто встречающиеся символы будут тяготеть к малым номерам, а они кодируются более короткими цепочками 1 и 0.

Кроме упомянутых алгоритмов сжатия существует ряд других алгоритмов, например LZ-алгоритмы (*алгоритмы Лемпеля-Зива*). В частности, один из них (LZW) применен в протоколе V.42bis.

## 1.7. Многоканальная аппаратура связи

**1.7.1. Основные определения.** Высокая стоимость линий связи обуславливает разработку систем и методов, позволяющих одновременно передавать по одной линии связи большое число независимых сообщений, т.е. использовать линию многократно. Такие системы связи называют многоканальными.

Связь, осуществляемую с помощью этих систем, принято называть *многоканальной*. Практически все современные системы связи за редким исключением являются многоканальными.

В современных сетях связи используются *аналоговые* и *цифровые* системы передачи (СП) с тенденцией постепенного перехода к применению только цифровых систем.

Для обеспечения характеристик каналов и трактов, гарантирующих высокое качество передачи информации, принципы проектирования цифровых и аналоговых систем передачи должны быть совместимы.

Рассмотрим основные методы и способы, используемые при построении систем передачи.

**1.7.2. Основы теории многоканальной передачи сообщений.** Используемые методы разделения каналов (РК) можно классифицировать на линейные и нелинейные (комбинационные).

В большинстве случаев разделения каналов каждому источнику сообщения выделяется специальный сигнал, называемый канальным. Промодулированные сообщениями канальные сигналы объединяются, в результате чего образуется групповой сигнал. Если операция объединения линейна, то получившийся сигнал называют линейным групповым сигналом.

Для унификации многоканальных систем связи за основной или стандартный канал принимают канал тональной частоты (канал ТЧ), обеспечивающий передачу сообщений с эффективно передаваемой полосой частот 300...3400 Гц, соответствующей основному спектру телефонного сигнала.

Многоканальные системы образуются путем объединения каналов ТЧ в группы, обычно кратные 12 каналам. В свою очередь, часто используют "вторичное уплотнение" каналов ТЧ телеграфными каналами и каналами передачи данных.

На рис. 1.10 приведена структурная схема наиболее распространенных систем многоканальной связи.

Реализация сообщений каждого источника  $a_1(t)$ ,  $a_2(t)$ , ...,  $a_N(t)$  с помощью индивидуальных передатчиков (модуляторов)  $M_1$ ,  $M_2$ , ...,  $M_N$  преобразуются в соответствующие канальные сигналы  $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ , ...,  $s_N(t)$ . Совокупность канальных сигналов на выходе суммирующего устройства  $S$  образует групповой сигнал  $s(t)$ . Наконец, в групповом передатчике  $M$  сигнал  $s(t)$  преобразуется в линейный сигнал  $s_L(t)$ , который и поступает в линию связи ЛС. Допустим, что линия пропускает сигнал практически без искажений и не вносит шумов. Тогда на приемном конце линии связи линейный сигнал  $s_L(t)$  с помощью

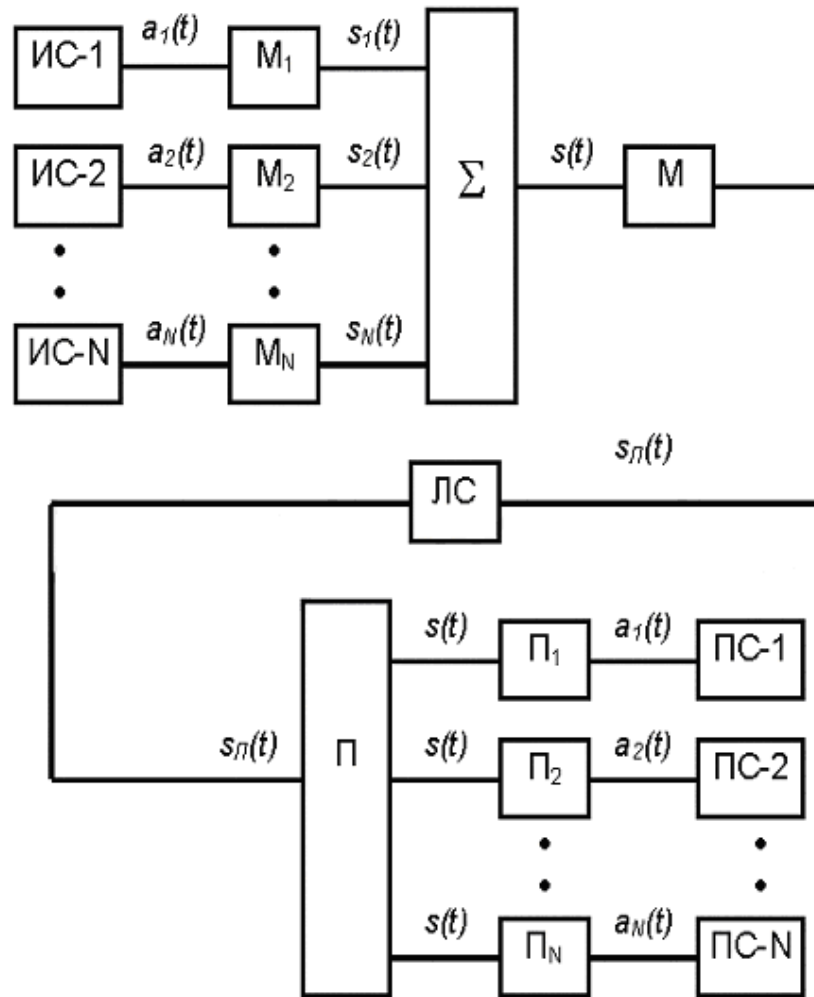


Рис. 1.10

группового приемника  $\Pi$  может быть вновь преобразован в групповой сигнал  $s(t)$ . Канальными или индивидуальными приемниками  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_N$  из группового сигнала  $s(t)$  выделяются соответствующие канальные сигналы  $s_1(t), s_2(t), \dots, s_N(t)$  и затем преобразуются в предназначенные получателям сообщения  $a_1(t), a_2(t), \dots, a_N(t)$ .

Канальные передатчики вместе с суммирующим устройством образуют аппаратуру объединения. Групповой передатчик  $M$ , линия связи ЛС и групповой приемник  $\Pi$  составляют групповой канал связи (тракт передачи), который вместе с аппаратурой объединения и

индивидуальными приемниками составляет систему многоканальной связи.

Индивидуальные приемники системы многоканальной связи  $\Pi_K$  наряду с выполнением обычной операции преобразования сигналов  $s_K(t)$  в соответствующие сообщения  $a_K(t)$  должны обеспечить выделение сигналов  $s_K(t)$  из группового сигнала  $s(t)$ . Иначе говоря, в составе технических устройств на передающей стороне многоканальной системы должна быть предусмотрена аппаратура объединения, а на приемной стороне - аппаратура разделения.

В общем случае групповой сигнал может формироваться не только простейшим суммированием канальных сигналов, но также и определенной логической обработкой, в результате которой каждый элемент группового сигнала несет информацию о сообщениях источников. Это так называемые системы с комбинационным разделением.

Чтобы разделяющие устройства были в состоянии различать сигналы отдельных каналов, должны существовать определенные признаки, присущие только данному сигналу. Такими признаками могут быть параметры переносчика, например амплитуда, частота или фаза в случае непрерывной модуляции гармонического переносчика. При дискретных видах модуляции различающим признаком может служить и форма сигналов. Соответственно различаются и способы разделения сигналов: частотный, временной, фазовый и др.

**1.7.3 Частотное разделение сигналов.** Функциональная схема простейшей системы многоканальной связи с разделением каналов по частоте представлена на рис. 1.11.

За рубежом для обозначения принципа частотного разделения каналов (ЧРК) используется термин Frequency Division Multiply Access (FDMA).

Сначала в соответствии с передаваемыми сообщениями, первичные (индивидуальные) сигналы, имеющие энергетические спектры  $G_1(w)$ ,  $G_2(w)$ , ...,  $G_N(w)$  модулируют поднесущие частоты  $w_K$  каждого канала. Эту операцию выполняют модуляторы  $M_1$ ,  $M_2$ , ...,  $M_N$  канальных передатчиков. Полученные на выходе частотных фильтров  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ , ...,  $\Phi_N$  спектры  $g_K(w)$  канальных сигналов занимают соответственно полосы частот  $Dw_1$ ,  $Dw_2$ , ...,  $Dw_N$ , которые в общем случае могут отличаться по ширине от спектров сообщений  $W_1$ ,  $W_2$ , ...,  $W_N$ . При широкополосных видах модуляции, например, ЧМ ширина спектра  $Dw_K \gg 2(b+1)W_K$ , т.е. в общем случае  $Dw \gg W_K$ . Для упрощения будем считать, что используется АМ-ОБП (как это принято в аналоговых СП с ЧРК), т.е.  $Dw_K = W$  и  $Dw = NW$ .

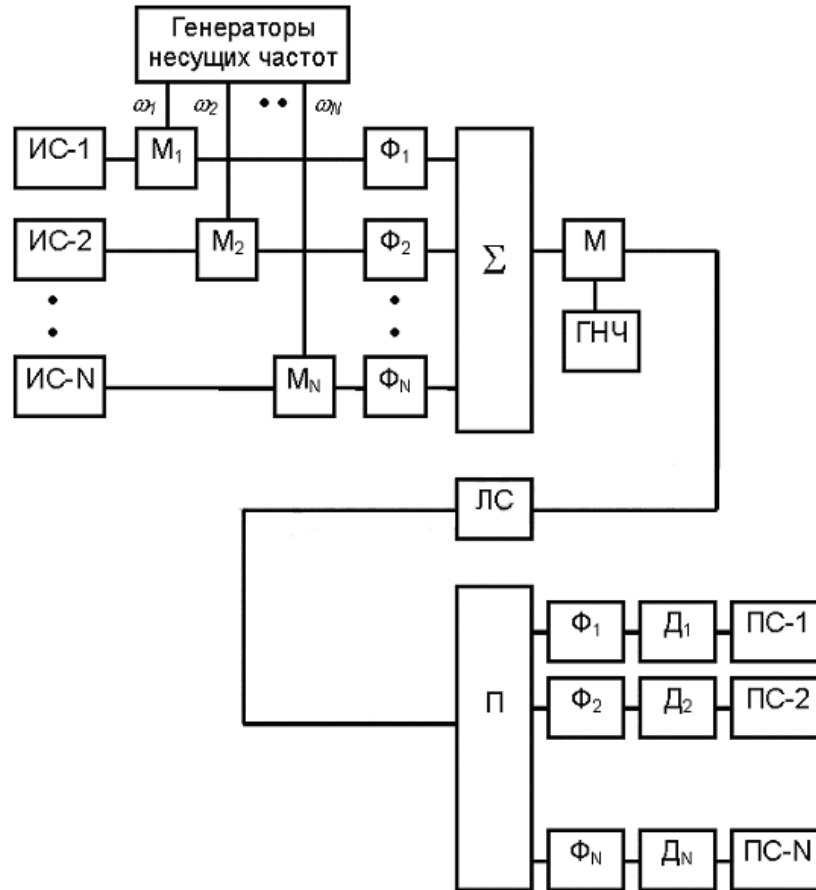


Рис. 1.11

Проследим основные этапы образования сигналов, а также изменение этих сигналов в процессе передачи (рис. 1.12).

Будем полагать, что спектры индивидуальных сигналов конечны. Тогда можно подобрать поднесущие частоты  $\omega_k$  так, что полосы  $D\omega_1, \dots, D\omega_N$  попарно не перекрываются. При этом условии сигналы  $s_k(t)$  ( $k=1, \dots, N$ ) взаимно ортогональны.

Затем спектры  $g_1(\omega), g_2(\omega), \dots, g_N(\omega)$  суммируются ( $S$ ) и их совокупность  $g(\omega)$  поступает на групповой модулятор ( $M$ ). Здесь спектр  $g(\omega)$  с помощью колебания несущей частоты  $\omega_0$  переносится в область частот, отведенную для передачи данной группы каналов, т.е. групповой сигнал  $s(t)$  преобразуется в линейный сигнал  $s_{\text{Л}}(t)$ . При этом может использоваться любой вид модуляции.



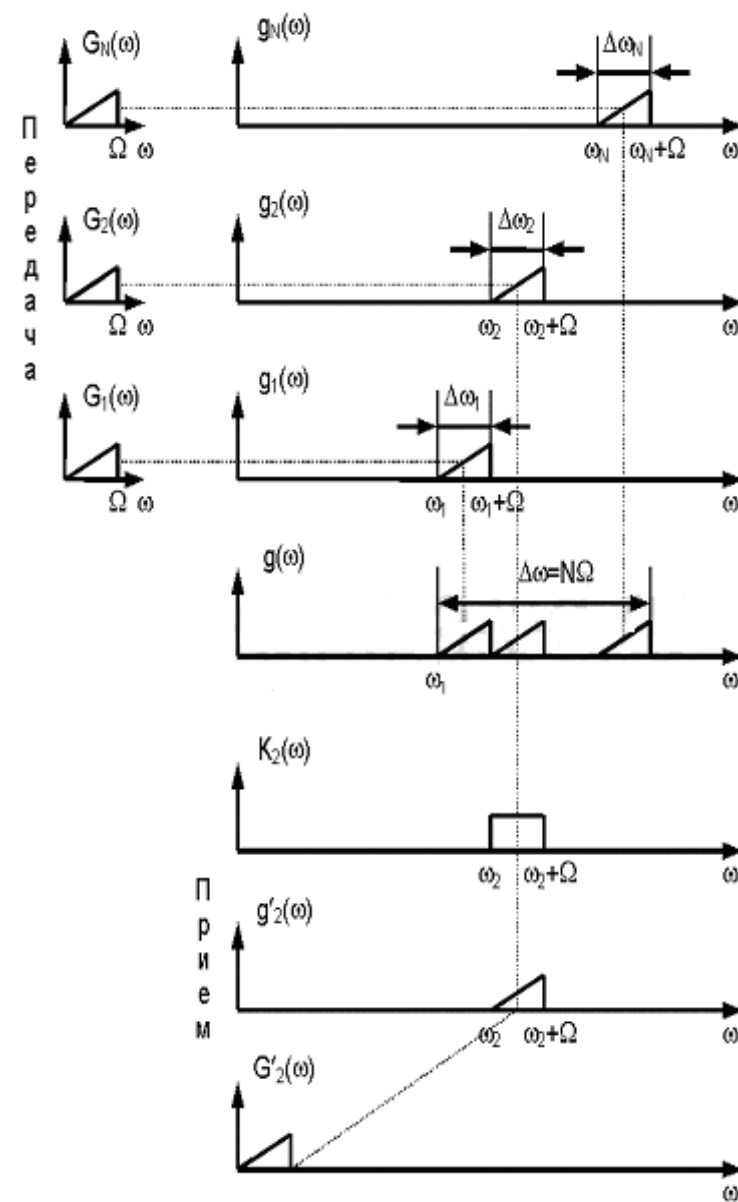


Рис. 1.12

На приемном конце линейный сигнал поступает на групповой демодулятор (приемник П), который преобразует спектр линейного

сигнала в спектр группового сигнала  $g\omega$ . Затем спектр группового сигнала с помощью частотных фильтров  $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_N$  вновь разделяется на отдельные полосы  $D\omega_k$ , соответствующие отдельным каналам. Наконец, каналные демодуляторы  $D$  преобразуют спектры сигналов  $g_k(\omega)$  в спектры сообщений  $G_k(\omega)$ , предназначенные получателям.

Из приведенных пояснений легко понять смысл частотного способа разделения каналов. Поскольку всякая реальная линия связи обладает ограниченной полосой пропускания, то при многоканальной передаче каждому отдельному каналу отводится определенная часть общей полосы пропускания.

На приемной стороне одновременно действуют сигналы всех каналов, различающиеся положением их частотных спектров на шкале частот. Чтобы без взаимных помех разделить такие сигналы, приемные устройства должны содержать частотные фильтры. Каждый из фильтров  $\Phi_k$  должен пропустить без ослабления лишь те частоты  $\omega \in D\omega_k$ , которые принадлежат сигналу данного канала; частоты сигналов всех других каналов  $\omega \notin D\omega_k$  фильтр должен подавить.

На практике это невыполнимо. Результатом являются взаимные помехи между каналами. Они возникают как за счет неполного сосредоточения энергии сигнала  $k$ -го канала в пределах заданной полосы частот  $D\omega_k$ , так и за счет неидеальности реальных полосовых фильтров. В реальных условиях приходится учитывать также взаимные помехи нелинейного происхождения, например за счет нелинейности характеристик группового канала.

Для снижения переходных помех до допустимого уровня приходится вводить защитные частотные интервалы  $D\omega_{\text{заш}}$  (рис. 1.13).

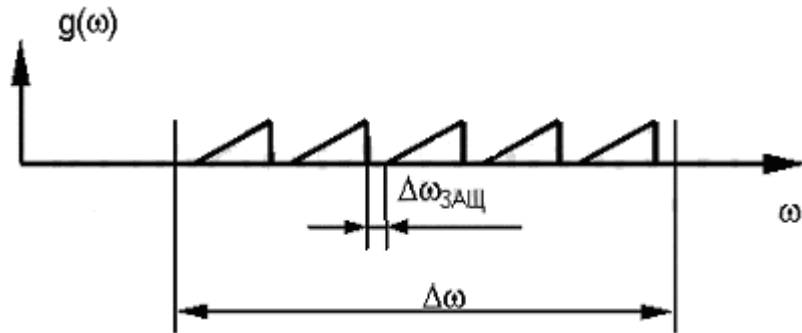


Рис. 1.13

Так, например, в современных системах многоканальной телефонной связи каждому телефонному каналу выделяется полоса частот 4 кГц, хотя частотный спектр передаваемых звуковых сигналов ограничивается полосой от 300 до 3400 Гц, т.е. ширина спектра составляет 3,1 кГц. Между полосами частот соседних каналов предусмотрены интервалы

шириной по 0,9 кГц, предназначенные для снижения уровня взаимных помех при расфилтровке сигналов. Это означает, что в многоканальных системах связи с частотным разделением сигналов эффективно используется лишь около 80% полосы пропускания линии связи. Кроме того, необходимо обеспечить высокую степень линейности всего тракта группового сигнала.

**1.7.4. Временное разделение каналов.** Принцип временного разделения каналов (ВРК) состоит в том, что групповой тракт предоставляется поочередно для передачи сигналов каждого канала многоканальной системы (рис. 1.14).

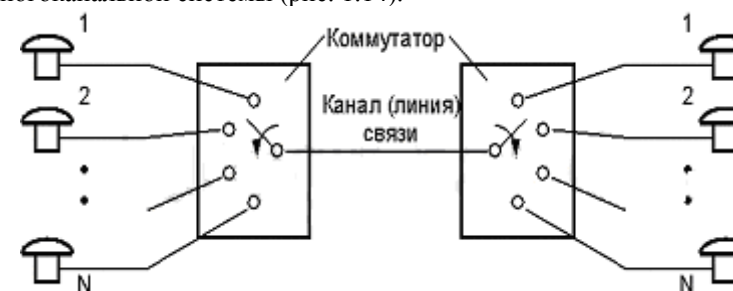


Рис. 1.14

В зарубежных источниках для обозначения принципа временного разделения каналов используется термин Time Division Multiply Access (TDMA).

При передаче используется дискретизация во времени (импульсная модуляция). Сначала передается импульс 1-го канала, затем следующего канала и т.д. до последнего канала за номером N, после чего опять передается импульс 1-го канала и процесс повторяется периодически. На приеме устанавливается аналогичный коммутатор, который поочередно подключает групповой тракт к соответствующим приемникам. В определенный короткий промежуток времени к групповой линии связи оказывается подключена только одна пара приемник/передатчик.

Это означает, что для нормальной работы многоканальной системы с ВРК необходима синхронная и синфазная работа коммутаторов на приемной и передающей сторонах. Для этого один из каналов занимают под передачу специальных импульсов синхронизации.

На рис. 1.15 приведены временные диаграммы, поясняющие принцип ВРК. На рис. 1.15, а-в приведены графики трех непрерывных аналоговых сигналов  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$  и  $u_3(t)$  и соответствующие им АИМ-сигналы. Импульсы разных АИМ-сигналов сдвинуты относительно друг друга по времени. При объединении индивидуальных каналов в канале (линии) связи образуется групповой сигнал с частотой следования

импульсов в  $N$  раз большей частоты следования индивидуальных импульсов.

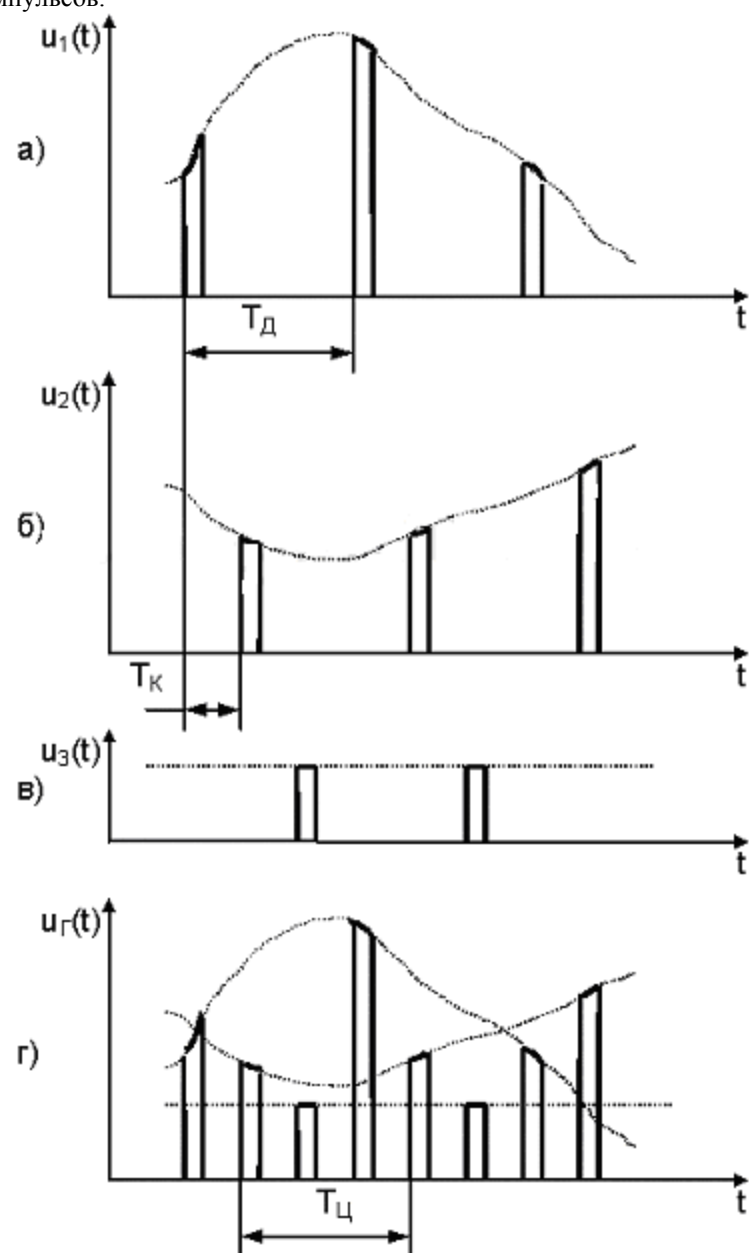


Рис. 1.15

Интервал времени между ближайшими импульсами группового сигнала  $T_K$  называется канальным интервалом или тайм-слотом (Time Slot). Промежуток времени между соседними импульсами одного индивидуального сигнала называется циклом передачи  $T_{Ц}$ . От соотношения  $T_{Ц}$  и  $T_K$  зависит число импульсов, которое можно разместить в цикле, т.е. число временных каналов.

При временном разделении так же как и при ЧРК существуют взаимные помехи, в основном обусловленные двумя причинами.

Первая состоит в том, что линейные искажения, возникающие за счет ограниченности полосы частот и неидеальности амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик всякой физической осуществимой системы связи, нарушают импульсный характер сигналов. При временном разделении сигналов это приведет к тому, что импульсы одного канала будут накладываться на импульсы других каналов. Иначе говоря, между каналами возникают взаимные переходные помехи или межсимвольная интерференция.

Кроме того, взаимные помехи могут возникнуть за счет несовершенства синхронизации тактовых импульсов на передающей и приемной сторонах.

В силу данных причин временное разделение каналов на основе АИМ не получило практического применения. Временное разделение широко используют в цифровых системах передачи псевдосинхронной и синхронной иерархий, которые будут подробно рассмотрены ниже.

В общем случае для снижения уровня взаимных помех приходится вводить "защитные" временные интервалы, что соответствует некоторому расширению спектра сигналов. Так, в СП полоса эффективно передаваемых частот  $F=3100$  Гц, в соответствии с теоремой Котельникова (см. подраздел 8.2) имеет минимальное значение частоты дискретизации  $f_0=1/T_d=2F=6200$  Гц. Однако в реальных системах частоту дискретизации выбирают с некоторым запасом:  $f_0=8$  кГц. При временном разделении каналов сигнал каждого канала занимает одинаковую полосу частот, определяемую в идеальных условиях согласно теореме Котельникова из соотношения (без учета канала синхронизации)  $Dt_K=T_0/N=1/(2NF)=1/(2F_{\text{общ}})$ , где  $F_{\text{общ}}=FN$ , что совпадает с общей полосой частот системы при частотном разделении. Хотя теоретически временное и частотное разделения позволяют получить одинаковую эффективность использования частотного спектра, тем не менее пока системы временного разделения уступают системам частотного разделения по этому показателю.

Вместе с тем, системы с временным разделением имеют неоспоримое преимущество, связанное с тем, что благодаря разновременности передачи сигналов разных каналов отсутствуют переходные помехи нелинейного происхождения.

Кроме того, аппаратура временного разделения значительно проще, чем при частотном разделении, где для каждого индивидуального канала требуются соответствующие полосовые фильтры, которые достаточно трудно реализовать средствами микроэлектроники.

## 2. РЕЖИМЫ ПЕРЕНОСА ИНФОРМАЦИИ

### 2.1. Коммутация каналов

Исторически сложилось так, что современные транспортные подсистемы (сети связи) характеризуются очень узкой специализацией. Для каждого вида связи существует, по меньшей мере, одна сеть, которая транспортирует информацию этой службы. Важным следствием такой узкой специализации является наличие большого количества выделенных сетей, каждая из которых требует собственного этапа разработки, производства и технического обслуживания. При этом свободные ресурсы одной сети не могут использоваться другой сетью. Все это позволяет сделать вывод, что существующие в настоящее время транспортные подсистемы страдают целым рядом недостатков, важнейшими из которых являются:

- зависимость от вида информации, которую они транспортируют;
- отсутствие гибкости, так как современные транспортные подсистемы практически не адаптируются к изменениям в уровне требований со стороны систем управления к объемам передаваемой информации, к скорости передачи, времени доставки и верности;
- низкая эффективность использования ресурсов.

Многие из этих недостатков сохраняются и при переходе к УЦСИО.

Таким образом, с системных позиций было бы желательно иметь единую транспортную подсистему (рис. 2.1), способную единым способом транспортировать все виды информации, распределяя свои сетевые ресурсы на динамической основе оптимальным образом.

Такая единая транспортная подсистема, способная транспортировать единым способом все виды информации, позволяет обеспечить:

- гибкость и адаптацию подсистемы к изменению уровня требований пользователей к объему, скорости и качеству доставки информации;
- повышение эффективности использования имеющихся транспортных ресурсов;
- снижение общих затрат на проектирование, строительство и обслуживание телекоммуникационной подсистемы.

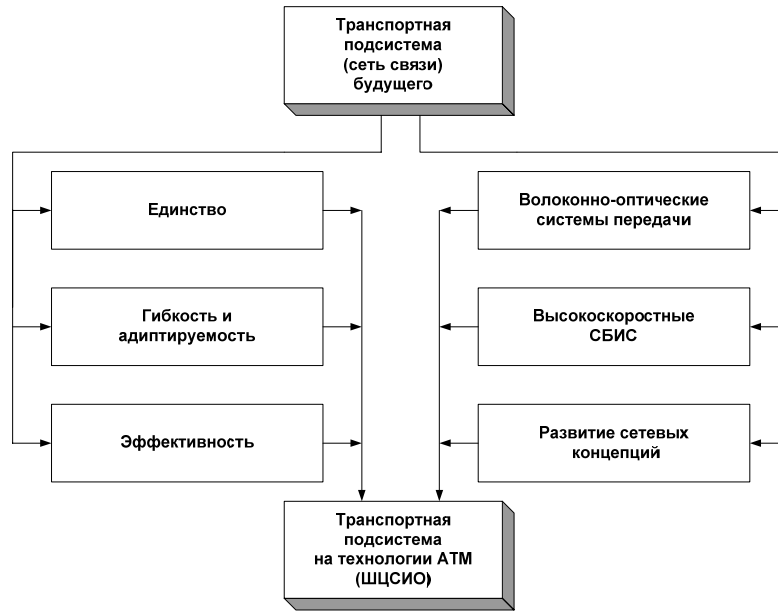


Рис. 2.1

В настоящее время, благодаря успехам в создании волоконно-оптических систем передачи, в производстве сверхбольших интегральных схем, а также возникновению и развитию новых сетевых идей, появилась возможность на базе технологии ATM создать единую телекоммуникационную систему – широкополосную цифровую сеть интегрального обслуживания.

Достижения в области волоконно-оптических систем, ежегодное увеличение произведения «расстояние-полоса» в два раза наряду со стабильным уменьшением стоимости являются важными факторами, определяющими возможности их широкого использования в современных информационно-телекоммуникационных системах.

В традиционных сетях связи, построенных на базе существующих кабельных и даже коаксиальных линий связи, узким местом, с точки зрения пропускной способности, являлся тракт связи. Высокая скорость передачи (155 Мбит/с; 622 Мбит/с; 2,5 Гбит/с и более) и очень низкая вероятность ошибок в волоконно-оптических системах передачи выдвигают на первый план создание высокопроизводительных систем коммутации.



Применение в качестве среды передачи волоконно-оптических линий связи с очень малым уровнем ошибок позволило пересмотреть сетевые концепции проверки ошибок в звеньях связи и вынести функции контроля и исправления ошибок в информации пользователя за пределы транспортной сети и возложить эти функции на оконечное оборудование.

Все это и привело к разработке нового режима переноса информации.

Тот факт, что стоимость передачи данных по цифровым трактам связи снижается более быстро, чем стоимость процессоров и памяти и создает экономические предпосылки для реализации на практике в вычислительных сетях принципа упреждающего роста пропускной способности. Получается, что хранение на каждом ПК большого объема информации становится дороже, чем ее получение из баз данных, предоставление и организация интерактивных услуг дистанционного обучения и перехода к архитектуре "клиент-сервер".

Термин "режим переноса" введен СС МСЭ для описания способа, используемого в телекоммуникационных сетях для транспортирования информации и охватывающего аспекты передачи, мультиплексирования и коммутации. Основные способы транспортирования информации от источника до получателя, применяемые в сетях связи представлены на рис. 2.2.



Рис. 2.2

В левой части рисунка режимы переноса отличаются простотой, лучше приспособлены для обеспечения источников с постоянной скоростью передачи. При движении вправо возрастает гибкость режимов переноса к источникам с изменяющейся скоростью передачи и большей пачечностью. Однако реализация таких режимов переноса характеризуется возрастающей сложностью обработки в узлах коммутации, что снижает реализуемую скорость доставки в сети.

Проведем анализ основных режимов переноса информации, которые рассматривались в качестве альтернативных вариантов для ШЦСИО.

Коммутация каналов, как один из способов переноса информации, длительное время использовалась и используется в аналоговых сетях телефонной связи, а в настоящее время применяется в УЦСИО. В классическом смысле при оперативной коммутации каналов (в отличие от кроссовой коммутации каналов, которая находит еще достаточно широкое применение в ведомственных сетях связи) канал предоставляется пользователю только на время сеанса связи с момента установления соединения до момента завершения работы и разъединения.

Режим коммутации каналов в УЦСИО базируется на принципе временного разделения каналов (TDM – Time Division Multiplexing) для транспортирования информации от одного узла к другому. Этот способ также известен как синхронный режим переноса (STM – Synchronous Transfer Mode).

Информация передается с определенной частотой (8 бит каждые 125 мкс для скорости 64 кбит/с или 1000 бит каждые 125 мкс для скорости 8 Мбит/с). Базисная единица такой частоты повторений называется временным интервалом. Несколько соединений мультиплексируются в одном тракте (звене передачи) путем объединения временных интервалов (слотов) в кадры (фреймы), которые также повторяются с определенной частотой. Соединение ("канал") всегда использует один и тот же временной интервал во время всего сеанса.

Коммутация каналов при временном разделении осуществляется коммутатором путем пространственной коммутации, временной коммутации или их комбинации.

Коммутация каналов представляет собой очень негибкую процедуру, так как продолжительность временного интервала однозначно определяет скорость передачи в канале связи. Так, например, при ИКМ (Рек. СС МСЭ G.703) временной интервал длительностью 3,9 мкс состоит из восьми двоичных символов. В цикле длительностью 125 мкс содержится 32 канальных интервала. При скорости в канале 64 кбит/с скорость цифровой системы передачи составляет 2048 кбит/с. Так как для передачи информации может быть использован только канальный интервал в цикле временного объединения, продолжительность которого равна периоду дискретизации сигнала (8 кГц), то это не соответствует требованиям различных служб. На самом деле требования различных служб к скорости передачи могут быть очень разными – от очень низких до очень высоких. Поэтому было бы целесообразно выбирать в качестве основной самую высокую скорость, например, 140 Мбит/с, так как такая скорость способна обеспечить потребности любой службы. Но в этом случае служба, которой необходима скорость 1 кбит/с, задействовала бы весь канал со скоростью 140 Мбит/с на всю

длительность соединения, что, естественно, приводит к очень низкой эффективности использования сетевых ресурсов.

Таким образом, можно сделать вывод, что обычная коммутация каналов непригодна для использования в ШЦСИО.

Чтобы устранить присущий обычной коммутации каналов недостаток – отсутствие гибкости, был разработан вариант с более широким диапазоном скоростей, получивший название многоскоростной коммутации каналов (MRCS-Multirate Circuit Switching).

Системы передачи с многоскоростной коммутацией каналов используют тот же метод временного разделения (TDM-Time Division Multiplexing), что и системы с обычной коммутацией каналов. Однако в одном соединении может использоваться  $n$  ( $n > 1$ ) основных цифровых каналов. Таким образом, каждое соединение может быть кратным скорости основного канала. Это решение принято к использованию в УЦСИО для видеотелефонии. Видеокодеки, разработанные для УЦСИО согласно Рек. Н.261, могут работать на скорости  $n \times 64$  кбит/с при  $n < 30$ . Системы коммутации, обеспечивающие многоскоростную коммутацию каналов, становятся более сложными по сравнению с системами с обычной коммутацией каналов, так как все каналы отдельных звеньев, образующих соединение, должны быть синхронными. На самом деле, если каждый канал коммутируется индивидуально, то каналы могут быть выбраны не коррелированными по синхронизации и информация из одного канала может поступать в терминальное устройство с меньшими временными задержками, чем информация из другого канала, что абсолютно не допустимо, так как конечное устройство рассматривает эти каналы как единое целое.

Другой сложной проблемой для систем с многоскоростной коммутацией каналов является выбор базовой (основной) скорости. Так, для некоторых служб (например, для телеметрии) требуется очень низкая скорость передачи (около 1 кбит/с). Для других служб, например для ТВВЧ может потребоваться скорость около 140 Мбит/с. Если в качестве основной скорости выбрать минимальную скорость (1 кбит/с), то для формирования канала для ТВВЧ потребуется 140 тысяч цифровых каналов со скоростью 1 кбит/с. Управление и обеспечение синфазности для всех этих каналов в интересах установления одного соединения становится практически неразрешимой задачей. Если для уменьшения сложности в качестве основного цифрового канала выбирается канал со значительно большей скоростью, то ширина полосы пропускания, которая остается неиспользованной, получается очень большой. Так, при выборе в качестве основного цифрового канала со скоростью 2 Мбит/с (в этом случае для формирования соединения в интересах ТВВЧ требуется только 70 основных цифровых каналов),

попытка передачи речи (64 кбит/с) и тем более данных телеметрии приводит к очень низкой эффективности использования пропускной способности. Данная техническая проблема может решаться и другим путем, когда в коммутаторе каналов используются несколько основных скоростей. При таком решении основное время кадра делится на несколько временных интервалов различной длины.

Системы коммутации, разработанные для многоскоростной коммутации каналов, содержат набор отдельных коммутаторов, каждый из которых производит коммутацию каналов с определенной скоростью. На рис.2.3 представлен возможный вариант структуры такого коммутатора. Информация, поступающая из линии абонентского доступа (156,672 Мбит/с), демультиплексируется и поступает на различные коммутаторы (Н4, Н1, УЦСИО). И наоборот, информация, поступающая из коммутаторов, мультиплексируется и поступает в линию абонентского доступа.

Каждый коммутатор (Н4, Н1, УЦСИО) может быть разработан и изготовлен отдельно. Система контроля, управления и технического обслуживания может быть общей.

Однако и при данной архитектуре сетевые ресурсы продолжают использоваться неэффективно. Так, в случае, когда все каналы Н1 заняты, то никакие дополнительные соединения Н1 не могут быть организованы даже в том случае, если коммутатор Н4 свободен.

Эффективность использования сетевых ресурсов при многоскоростной коммутации каналов может даже снизиться за счет появления новых служб и прогресса в области видеокодирования.

Будем полагать, что во время выбора скоростей для многоскоростного коммутатора каналов основными службами являлись: ТВ (скорость 140 Мбит/с), высокоскоростная передача данных (2 Мбит/с) и УЦСИО (64 кбит/с). Предположим, что через несколько лет благодаря прогрессу в области сжатия информации каналу ТВ потребуется скорость 25 Мбит/с, а требования к скорости при высокоскоростной передаче данных возрастут до 10 Мбит/с. Кроме того, возникнет новая служба со скоростью передачи 1 Мбит/с. Все это приведет к тому, что эффективность использования сетевых ресурсов значительно снизится.

Также необходимо отметить тот факт, что ТВ и высокоскоростная передача данных не могут осуществляться одновременно при многоскоростной коммутации каналов даже в каналах со скоростью 140 Мбит/с, несмотря на то, что суммарная скорость этих двух служб составляет всего 35 Мбит/с. Кроме того, при многоскоростной коммутации очень низка эффективность использования каналов при обслуживании источников с изменяющейся скоростью передачи и "взрывным" (пачечным) режимом работы. Выбранная скорость канала

должна быть равной или превышать пиковую скорость передачи источника во время всего сеанса связи (сессии), хотя средняя скорость передачи может быть очень низкой.

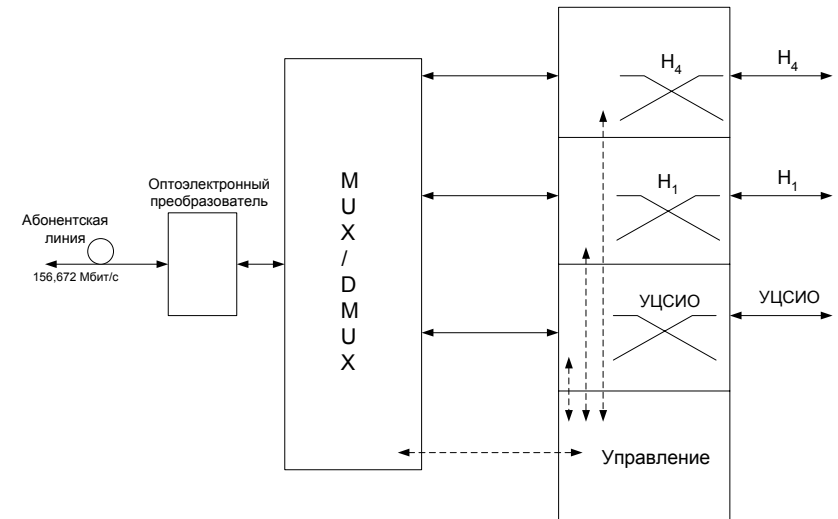


Рис. 2.3

Отсутствие гибкости и низкая эффективность при обслуживании источников с высокими значениями коэффициентов пачечности стали причиной того, что концепция многоскоростной коммутации не была рекомендована СС МСЭ для ШЦСИО.

С целью повышения эффективности использования сетевых ресурсов для служб с изменяющейся скоростью передачи и высокой пачечностью трафика была предложена концепция быстрой коммутации каналов (PCS – Fast Circuit Switching). Ресурсы в сети с быстрой коммутацией каналов используются только тогда, когда передается информация.

Рассматривалась возможность повышения эффективности использования цифровых трактов связи за счет статистического уплотнения. При этом предполагалось, что при обслуживании телефонной нагрузки на пучок цифровых каналов 64 кбит/с поступает поток заявок не на установление соединения на всю длительность сеанса связи, а только на длительность передачи фрагмента речи. Показано, что при идеальной работе системы сигнализации при одной и той же вероятности отказа в обслуживании эффективность использования цифрового тракта может быть повышена в 1,8...2 раза.

Совершенно очевидно, что объединение идей быстрой коммутации и многоскоростной коммутации каналов приводит к концепции многоскоростной быстрой коммутации каналов (MRFCS – Multirate Fast Circuit Switching). На этом принципе может быть сконструировано устройство, обеспечивающее возможность выделения каналов с различными скоростями передачи информации. Это позволило бы увеличить гибкость сети и повысить эффективность использования сетевых ресурсов. Основным недостатком такого режима переноса информации является сложность реализации системы управления, которая должна позволять устанавливать и разъединять сквозные соединения абонент–абонент за очень короткий интервал времени. В лабораториях США были разработаны коммутаторы, основанные на технологии многоскоростной быстрой коммутации каналов (БКК). Однако из-за высоких требований к системе сигнализации ни БКК, ни многоскоростная БКК не были выбраны для транспортирования информации в будущей широкополосной сети.

## 2.2. Асинхронный режим переноса, быстрая коммутация пакетов

Первый проект Рекомендаций X.25 был издан МККТТ в 1974 году. Он пересматривался в 1976, 1978, 1980 и 1984 гг., а в 1985 году был издан в виде Рекомендаций, известных как "Красная книга". Стандарт X.25 определяет процедуры обмена данными для устройств передачи данных между пользователем и узлом коммутации пакетов. Таким образом, протокол X.25 является, практически, только спецификацией сопряжения. Он управляет взаимодействием между оконечным оборудованием данных (OTE – Data Terminal Equipment) и оборудованием передачи данных (DCE – Data Circuit terminating Equipment). Концепция X.25 иллюстрируется на рис. 2.4.

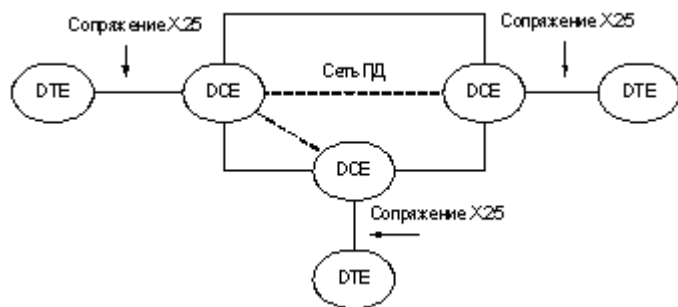


Рис. 2.4

Протокол X.25 организован по трехуровневой архитектуре, соответствующей трем нижним уровням модели ВОС. Три уровня X.25 показаны на рис. 2.5.

Взаимосвязь между этими тремя уровнями и уровнями модели ВОС показаны на рис. 2.6.

Нижний физический уровень обеспечивает необходимое физическое соединение между DTE и ОСЕ. Оно осуществляется в соответствии с Рек. СС МСЭ X.21. Протоколом уровня канала является версия высокоуровневого управления каналом (HDLC – High Level Data Link Control), называемая сбалансированной процедурой доступа к каналу (LAPB – Link Access Procedures Balanced).

Вследствие низкого качества каналов связи для обеспечения приемлемой семантической прозрачности сквозного соединения в сети потребовалось использование сложных протоколов, осуществляющих разграничение кадров и защиту от ошибок.

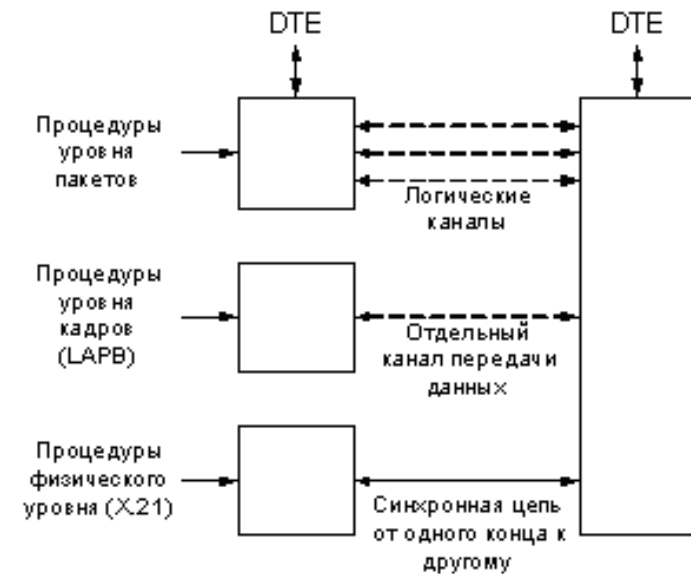


Рис. 2.5



Рис. 2.6

Блоку уровня канала передачи данных протокола LAPB присвоено специальное название – кадр (Frame). Типовой формат кадра показан на рис. 2.7.

Флаг	Поле адреса	Поле управляющих символов	Информационное поле	Поле проверочных символов	Флаг
------	-------------	---------------------------	---------------------	---------------------------	------

Рис. 2.7

Начало и конец кадра обозначается специальной восьмиразрядной синхронизирующей комбинацией символов 01111110, именуемой флагом. За флагом следует поле адреса и поле управляющих символов. В информационном поле располагаются данные, полученные от сетевого уровня (пакет). Затем в кадре размещается поле проверочных символов, служащих для обнаружения ошибок. Кадры, предназначенные для управления процессами переноса информации, информационного поля не имеют.

Стандарт X.25 ориентирован на предоставление пользователям для обмена данными виртуальных каналов. Виртуальный канал (также называемый в терминах X.25 логическим каналом) является каналом, относительно которого пользователь считает, что он реально



существует, хотя в действительности физическая цепь распределена для многих пользователей, а виртуальный канал, по существу, является виртуальной реальностью. В одном физическом канале при пакетной коммутации осуществляется мультиплексирование потоков пакетов многих пользователей. Пропускная способность канала считается достаточной при условии, что ни один из пользователей не замечает ухудшения качества обслуживания при работе по этому каналу других. В X.25 для идентификации подключения оконечного оборудования данных в сеть используются номера логических каналов.

Одному физическому каналу может быть назначено до 4095 логических каналов.

Различают два вида соединений: виртуальный канал и постоянный виртуальный канал.

Постоянный виртуальный канал аналогичен соединению, образуемому при кроссовой коммутации каналов. Он не требует отправки вызова, так как логический канал постоянно находится в состоянии передачи данных.

Аналогом виртуального канала является соединение, устанавливаемое по заказу на время сессии при ручной или автоматической коммутации каналов.

Другой функцией протокола на сетевом уровне является управление потоком с помощью окна и с целью защиты от перегрузок. Пакеты X.25 имеют переменную длину, что требует достаточно сложного алгоритма управления буферным устройством коммутатора. Однако при скорости в канале, не превышающей 64 кбит/с, переменная длина пакетов не является ограничением для разработки эффективных программных средств управления накопителями.

Относительно низкая скорость обработки в узлах коммутации на уровне звена из-за ее сложности является причиной продолжительной задержки. Однако так как сети X.25 не были предназначены для обеспечения служб, осуществляемых в реальном масштабе времени, то относительно большое время задержки не явилось ограничением на создание таких сетей.

Протокол X.25 является одним из самых сложных, так как узлы коммутации на уровне звена обязаны выполнять большое количество функций: разграничение кадров, вставка битов, обеспечение кодовой прозрачности, циклическое избыточное кодирование для обнаружения ошибок, повторная передача для исправления ошибок с помощью протокола ARQ, управление потоком с помощью окна и мультиплексирование потоков пакетов различных виртуальных каналов в едином физическом канале. Все это значительно затрудняет применение метода коммутации пакетов для служб, осуществляемых в реальном масштабе времени, вследствие продолжительной задержки,

возникающей из-за повторных передач, и для служб, требующих высоких скоростей передачи данных равных десяткам или сотням Мбит в секунду из-за сложности в обработке.

Коммутация пакетов является эффективным методом транспортирования данных для служб с относительно низкой скоростью передачи.

Применение для передачи данных цифровых трактов связи с меньшим уровнем ошибок, а также необходимость обеспечения высокоскоростной передачи данных позволили сократить количество функций, решаемых узлом коммутации на уровне звена, и рассмотреть возможность практического использования в УЦСИО протокола Frame Relay.

При протоколе Frame Relay повторная передача кадров с целью устранения ошибок осуществляется только по сквозному каналу, т.е. между оконечными устройствами пользователей (функция управления ошибок вынесена на границу сети). Для того чтобы не загружать каналы передачей кадров, в которых есть ошибки, на уровне звена производится только обнаружение ошибок и стирание кадров, в которых обнаружены ошибки.

В настоящее время протокол Frame Relay используется во многих пакетных сетях для обеспечения высокоскоростной передачи данных.

По своей сложности Frame Relay располагается на оси режимов переноса информации (см. рис. 8.2.) слева от коммутации пакетов, рядом с быстрой коммутацией пакетов (БКП).

Быстрая коммутация пакетов (БКП) является концепцией, основной идеей которой является пакетная коммутация с минимумом функций, выполняемых узлами коммутации на уровне звена с целью повышения уровня временной прозрачности сети.

Укоренилось наименование такого режима переноса информации – ATM (Asynchronous Transfer Mode), рекомендованное СС МСЭ. В России кроме аббревиатуры ATM в научной и технической литературе используются термины асинхронный режим доставки и асинхронный режим переноса.

Иногда встречаются и другие термины: ATD (Asynchronous Transfer Division – асинхронный режим временного уплотнения); FPS (Fast Packet Switching – быстрая коммутация пакетов).

Поскольку ATM является названием режима переноса, рекомендованным СС МСЭ, то в научной и технической литературе этот термин встречается наиболее часто.

При выборе фиксированной или переменной длины пакета для ATM учитывались следующие основные факторы:

- эффективное использование пропускной способности цифровых трактов связи;

- достижение высокой производительности коммутационного оборудования, т.е. достижение компромисса между скоростью коммутации и сложностью реализации коммутационных устройств;

- задержка пакета.

В общем случае эффективность использования пропускной способности цифровых трактов связи при применении пакетов переменной длины несколько выше, чем при пакетах постоянной длины. Однако этот выигрыш не является определяющим. В то же время, вариант с пакетами постоянной длины более предпочтителен по сравнению с вариантом пакетов переменной длины как по скорости работы коммутационного оборудования, так и по объему буферного пространства.

Эксперты СС МСЭ пришли к заключению об использовании пакетов фиксированной длины. Было также принято решение использовать другое наименование, отличное от термина «пакет», чтобы подчеркнуть принятую фиксированную длину. Было одобрено название «ячейка» (cell).

При принятии решения об использовании пакетов постоянной длины необходимо было выбрать их размер. На выбор длины ячейки оказали влияние следующие основные факторы:

- эффективность использования пропускной способности цифровых трактов;

- задержка при заполнении пакета информацией пользователя (задержка при пакетизации), задержка в очереди, задержка на депакетизацию и колебание этих задержек (джиттер);

- сложность реализации.

Европейские ученые выступали за размер ячейки в 32 октета с целью устранения эхоподавителей при передаче речи, а ученые США и Японии предлагали ячейку размером в 64 октета для достижения большей эффективности использования цифровых трактов. Был достигнут компромисс и длина ячейки была принята равной 53 октетам.

Сущность режима АТМ (рис. 2.8) состоит в транспортировании всех видов информации пакетами фиксированной длины (ячейками), когда потоки ячеек от различных пользователей асинхронно мультиплексируются в едином цифровом тракте.

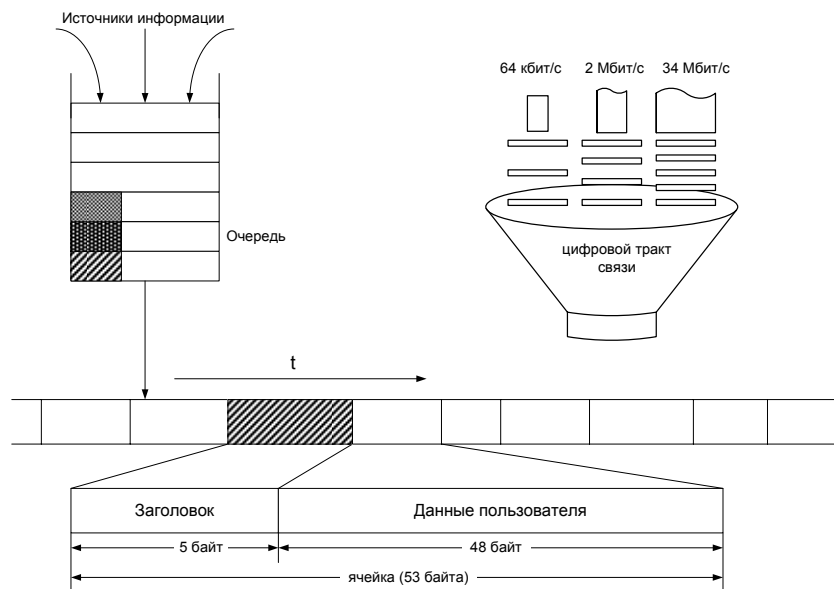


Рис. 2.8

В качестве протокольной единицы в АТМ принят пакет фиксированной длины, включающий заголовок (5 октет) и информационное поле (48 октет). Применение коротких пакетов (53 октета), минимизация функций, выполняемых при коммутации и использование элементной базы на технологиях КМОП и БИКМОП, позволили уже сегодня достичь производительности коммутаторов АТМ 10 Гбит/с и более.

Основными положительными сторонами метода АТМ являются возможности транспортирования по сети информации любой службы независимо от скорости передачи, требований к семантической и временной прозрачности сети и пачечности трафика ячеек. Эти причины и определили решение СС МСЭ, что именно АТМ является режимом транспортирования информации для ШЦСИО.

Сети АТМ свободны от недостатков сетей с другими режимами переноса (зависимость от службы, отсутствие гибкости, низкая эффективность использования сетевых ресурсов, отсутствие адаптации к источникам с изменяющейся скоростью передачи). Именно технология АТМ обеспечивает:

- гибкость сети;
- эффективность использования сетевых ресурсов;

– возможность создания единой универсальной сети для всех ныне существующих служб и служб будущего.

Режим АТМ может быть поддержан любой цифровой системой передачи, так как определяет протоколы на уровнях выше физического. Гибкость сети обеспечивается за счет того, что любой источник может генерировать информацию с той скоростью, которая ему необходима. Это дает возможность постоянного совершенствования алгоритмов кодирования и сжатия информации с целью уменьшения требуемой полосы пропускания, появления новых служб с еще неизвестными характеристиками.

Все имеющиеся ресурсы сети могут использоваться всеми службами, что дает возможность их оптимального распределения на статистической основе и, следовательно, обеспечивает высокую эффективность использования сетевых ресурсов.

Так как все виды информации транспортируются одним методом, то это дает возможность проектирования, создания, ввода в эксплуатацию, контроля, управления и технического обслуживания только одной сети, что сокращает общие затраты на ее создание и делает ее наиболее экономичной сетью электросвязи в мире.

Асинхронный метод переноса характерен следующими основными особенностями:

- отсутствием защиты от ошибок и управления потоком данных на уровне звена;
- ориентацией на соединение;
- ограниченным количеством функций, которые несет заголовок пакета АТМ;
- относительно небольшой длиной информационной части ячейки.

Высокое качество систем передачи цифровых трактов связи и очень малые значения вероятности ошибки на бит позволяют отказаться от обнаружения и исправления ошибок в пакете на звеньевом уровне. Отсутствует на уровне звена и управление потоком данных с целью исключения перегрузок.

Однако фазе передачи информации в сетях АТМ предшествует фаза установления виртуального соединения, во время которой осуществляется проверка достаточности объема сетевых ресурсов, как для качественного обслуживания уже установленных виртуальных соединений, так и для создаваемого. Если сетевых ресурсов недостаточно, то окончательному устройству выдается отказ в установлении соединения.

После завершения фазы передачи информации виртуальное соединение разрушается, а сетевые ресурсы могут использоваться в интересах обеспечения другого виртуального соединения. Таким образом, за счет использования режима переноса информации,

ориентированного на соединение, и определения размеров очередей, осуществляется контроль за величиной потерь пакетов вследствие переполнения буферных устройств коммутаторов. В сетях АТМ вероятность потери пакета в коммутационном устройстве ограничивается значениями  $10^{-8} \dots 10^{-12}$ .

В целях обеспечения временной прозрачности сети АТМ для уменьшения времени задержки пакета в узлах коммутации функции заголовка пакета АТМ значительно ограничены. Основной функцией заголовка является идентификация виртуального соединения с помощью идентификатора и обеспечение гарантии правильной маршрутизации. Заголовок также дает возможность мультиплексирования различных виртуальных соединений в одном цифровом тракте.

Ошибка в заголовке может привести к неправильной маршрутизации. Это обуславливает эффект размножения ошибок: один искаженный бит в заголовке может привести и к утрате пакета, и к его доставке не по адресу. С целью уменьшения эффекта размножения ошибок из-за неправильной маршрутизации предполагается в заголовке пакета АТМ обеспечить обнаружение ошибок и их исправление.

Из-за ограниченных функций, выполняемых заголовком пакета АТМ, его обработка считается достаточно простой процедурой и может осуществляться на очень высоких скоростях, что обеспечивает малую задержку пакетов АТМ в очередях буферных устройств коммутаторов АТМ. С целью уменьшения размеров внутренних буферов в узлах коммутации и ограничения времени задержек длина информационного поля ячейки выбрана относительно небольшой. Малые размеры информационного поля позволяют получить небольшие значения времени задержки на пакетизацию, что по совокупности с относительно небольшими размерами буферных устройств узлов коммутации, обеспечивающих незначительные задержки и колебания задержки, характеризуют временную прозрачность сетей АТМ для служб, функционирующих в реальном масштабе времени.

В виду выше сказанное, следует отметить, что идея создания ШЦСИО на технологии АТМ возникла как принципиально новая парадигма построения сетей связи: вместо стандартных и многочисленных сетей телефонной, телеграфной, факсимильной связи и сетей передачи данных, каждая из которых рассчитана только на обеспечение одного вида связи тем или иным способом переноса информации. Предполагается построить единую цифровую сеть на базе широкого использования волоконно-оптических линий связи и единого метода транспортирования по сети всех видов информации с помощью технологии асинхронного режима переноса пакетов фиксированной длины.

Благодаря технологии АТМ все коммутационное оборудование становится однородным, решающим для всех видов информации одну задачу – задачу быстрой коммутации фиксированных пакетов, получивших название ячеек, и асинхронного временного разделения ресурсов, при котором множество виртуальных соединений с различными скоростями асинхронно мультиплексируются в едином физическом канале связи – цифровом тракте.

Сеть АТМ, способная транспортировать единым методом все виды информации, позволяет обеспечить:

- высокую гибкость и адаптацию сети к изменению уровня требований пользователей к Объему, скорости, качеству доставки информации и к появлению требований на предоставление новых услуг, требующих наличия у сети интеллекта;
- повышение эффективности использования сетевых ресурсов за счет статистического мультиплексирования множества источников с пачечным трафиком;
- снижение общих затрат на проектирование, строительство и эксплуатацию такой сети.

Однако следует сказать, что ничего не дается даром. Основной проблемой, которая возникает в сетях АТМ, является проблема удовлетворения требований различных служб к временной и семантической прозрачности сети и их адаптация к единому методу переноса.

### 3. ОРГАНИЗАЦИЯ ДОСТУПА К ИНФОРМАЦИОННЫМ СЕТЯМ

#### 3.1. Структура территориальных сетей

Глобальная сеть Internet - самая крупная и единственная в своем роде сеть в мире. Среди глобальных сетей она занимает уникальное положение. Правильнее ее рассматривать как объединение многих сетей, сохраняющих самостоятельное значение. Действительно, Internet не имеет ни четко выраженного владельца, ни национальной принадлежности. Любая сеть может иметь связь с Internet и, следовательно, рассматриваться как ее часть, если в ней используются принятые для Internet протоколы TCP/IP или имеются конверторы в протоколы TCP/IP. Практически все сети национального и регионального масштабов имеют выход в Internet.

Типичная территориальная (национальная) сеть имеет иерархическую структуру.

Верхний уровень - федеральные узлы, связанные между собой магистральными каналами связи. Магистральные каналы физически организуются на ВОЛС или на спутниковых каналах связи. Средний уровень - региональные узлы, образующие региональные сети. Они связаны с федеральными узлами и, возможно, между собой выделенными высоко- или среднескоростными каналами, такими, как каналы T1, E1, B-ISDN или радиорелейные линии. Нижний уровень - местные узлы (серверы доступа), связанные с региональными узлами преимущественно коммутируемыми или выделенными телефонными каналами связи, хотя заметна тенденция к переходу к высоко- и среднескоростным каналам. Именно к местным узлам подключаются локальные сети малых и средних предприятий, а также компьютеры отдельных пользователей. Корпоративные сети крупных предприятий соединяются с региональными узлами выделенными высоко- или среднескоростными каналами.

Иерархическая архитектура Internet может иметь структуру представленную на рис.3.1.

Внутри каждой автономной системы (AS) используется некоторый единый внутренний протокол маршрутизации. Между AS маршрутизация подчиняется внешним протоколам.



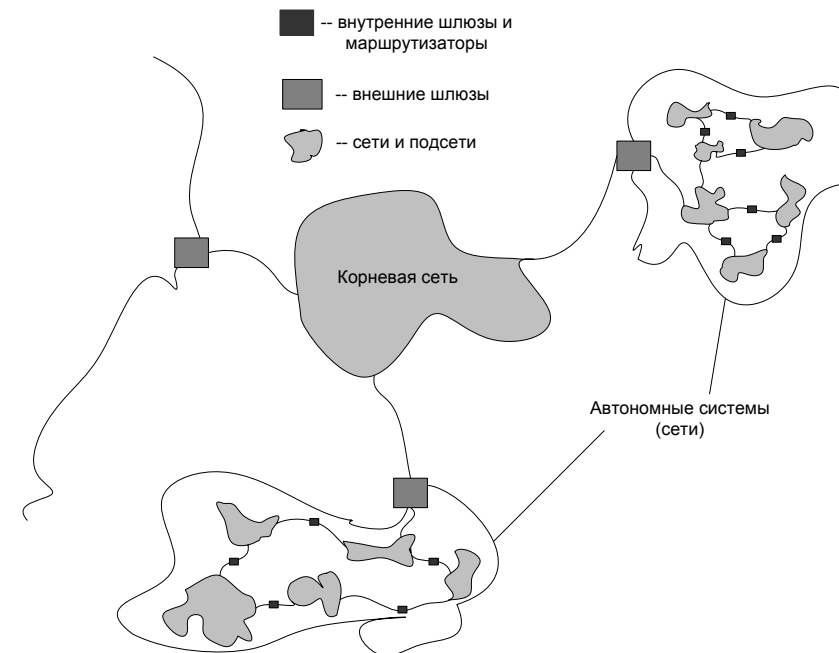


Рис. 3.1

## 3.2. Основные виды доступа

**3.2.1. Сервис телекоммуникационных технологий.** Основными услугами предоставляемыми телекоммуникационными технологиями являются:

- электронная почта;
- передача файлов;
- телеконференции;
- справочные службы (доски объявлений);
- видеоконференции;
- доступ к информационным ресурсам (информационным базам) сетевых серверов;
- мобильная сотовая связь;
- компьютерная телефония.

Специфика телекоммуникаций проявляется прежде всего в прикладных протоколах. Среди них наиболее известны протоколы, связанные с Internet, и протоколы ISO-IP (ISO 8473), относящиеся к

семиуровневой модели открытых систем. К прикладным протоколам Internet относятся следующие:

Telnet - протокол эмуляции терминала, или, другими словами, протокол реализации дистанционного управления используется для подключения клиента к серверу при их размещении на разных компьютерах, пользователь через свой терминал имеет доступ к компьютеру-серверу;

FTP - протокол файлового обмена (реализуется режим удаленного узла), клиент может запрашивать и получать файлы с сервера, адрес которого указан в запросе;

HTTP (Hypertext Transmission Protocol) - протокол для связи WWW-серверов и WWW-клиентов;

NFS - сетевая файловая система, обеспечивающая доступ к файлам всех UNIX-машин локальной сети, т.е. файловые системы узлов выглядят для пользователя как единая файловая система;

SMTP, IMAP, POP3 - протоколы электронной почты.

Указанные протоколы реализуются с помощью соответствующего программного обеспечения. Для Telnet, FTP, SMTP на серверной стороне выделены фиксированные номера протокольных портов.

В семиуровневой модели ISO используются аналогичные протоколы. Так, протокол VT соответствует протоколу Telnet, FTAM - FTP, MOTIS - SMTP, CMIP - SNMP, протокол RDA (Remote Database Access) предназначен для доступа к удаленным базам данных.

**3.2.2. Электронная почта.** Электронная почта (E-mail) - средство обмена сообщениями по электронным коммуникациям (в режиме off-line). Можно пересылать текстовые сообщения и архивированные файлы. В последних могут содержаться данные (например, тексты программ, графические данные) в различных форматах. В случае архивирования изображений возникает проблема выбора форматов кодирования. Функции клиента - составление, отправление, архивирование сообщений.

Разработан ряд альтернативных протоколов электронной почты для прикладного уровня. Наиболее популярны среди них протоколы SMTP в стеке протоколов TCP/IP и X.400 в модели ISO. Расширение числа возможных кодировок и форматов данных по сравнению с SMTP сделано в MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions). На их базе разработано программное обеспечение E-mail, способное работать в обоих протоколах. Оно включает программы почтовых серверов и клиентов. Применение MIME упрощает пересылку графических и звуковых файлов, реализацию шифрования и электронной подписи.

На ЭВМ пользователя должна быть установлена программа-клиент, поддерживающая названные выше функции создания, передачи и приема сообщений. На почтовом сервере, выделяемом в корпоративной или локальной сети, организуется промежуточное хранение поступающих сообщений. Связь индивидуальных пользователей с почтовым сервером осуществляется по протоколам IMAP или POP3. Для индивидуального пользователя, общающегося с другими абонентами по телефонной сети общего пользования, такое промежуточное хранение возможно в собственном компьютере, но тогда требуется либо круглосуточное включение компьютера, либо предварительная договоренность о времени связи.

В территориальных сетях почтовые сообщения проходят через ряд промежуточных федеральных или региональных узлов. В таких узлах устанавливается программное обеспечение (так называемый агент передачи сообщений), выполняющее функции сортировки и маршрутизации сообщений.

Примерами программных систем электронной почты, выполняющих все отмеченные функции E-mail, могут служить Lotus cc: mail, Microsoft Mail или Outlook Express. Они позволяют адресовать сообщения индивидуальному пользователю; на доску объявлений; на последовательный просмотр несколькими исполнителями с возможностями коррекции сообщения; поиск сообщений, пришедших в почтовый сервер, по контексту, по адресу, по времени отправки.

В сетях Netware на почтовом сервере можно использовать программное обеспечение MHS фирмы Novell, а клиентскими программами могут быть Mail или Vm.

В настоящее время при разработке многих программных систем предусматривается интерфейс со средствами электронной почты, клиентские программы E-mail стараются включать в Web-браузеры сети Internet, а также в такие прикладные программные системы, как АСУ, САПР, системы документооборота.

Письма в E-mail состоят из заголовка и тела (текста). В заголовке указывается кому предназначено письмо, от кого оно поступило, кому посланы копии, дата отправки, указатель ключа, по которому пользователь может определить ключ для декодирования текста. В протоколе IMAP (Internet Message Access Protocol) сначала клиенту передается заголовок, а текст остается на сервере, затем пользователь при желании может получить и весь текст. В протоколе POP3 при обращении к почтовому серверу на клиентский узел переписывается все сообщение.

На рис. 3.2 в качестве примера приведена структура почтовой системы UUPC.

**3.2.3. Файловый обмен.** Файловый обмен - доступ к файлам, распределенным по различным компьютерам. В сети Internet на прикладном уровне используется протокол FTP. Доступ возможен в режимах off-line и on-line. В режиме off-line посылается запрос к FTP-серверу, сервер формирует и посылает ответ на запрос. В режиме on-line осуществляется интерактивный просмотр каталогов FTP-сервера, выбор и передача нужных файлов. На ЭВМ пользователя нужен FTP-клиент.

Доступ к базам данных, удаленных ЭВМ с эмуляцией удаленной машины, на ЭВМ пользователя выполняется с помощью протокола Telnet.

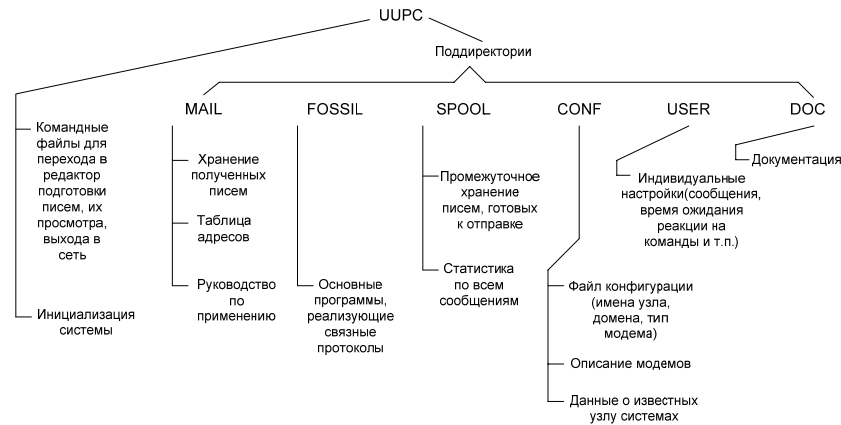


Рис. 3.2

*Протокол файлового обмена FTP.* При запросе файла по протоколу FTP пользователь должен знать, где находится нужный ему файл. Для этого удобно воспользоваться другой информационной системой сети Internet, называемой Archie. Обращаясь к клиенту Archie по команде archie <имя файла>, пользователь получает в ответ адрес сервера, имя директории и размер файла. Далее можно обращаться к FTP-клиенту: ftp[<параметры>][<имя сервера>]. (1)

Как обычно, квадратные скобки в записи команд означают необязательные части. Параметры используются только при отладке FTP. В качестве имени сервера указывается IP-имя или IP-адрес удаленного компьютера.

В большинстве серверов Internet для входа по FTP-команде нужны предварительная регистрация пользователя и указание пароля. Однако это не требуется при обращениях к общедоступным

(анонимным) серверам. Такие серверы создают и обслуживают организации, заинтересованные в распространении информации определенного вида.

После выполнения команды (1) FTP-клиент переходит в командный режим. Примеры субкоманд, которые могут выполняться в командном режиме (ниже удаленный компьютер обозначен S, локальный компьютер - T):

open [<имя S>] - устанавливает связь с удаленным компьютером;  
close [<имя S>] - разрывает связь с удаленным компьютером, оставаясь в командном режиме;  
quit - то же, что и close, но с выходом из командного режима (из ftp);  
cd [<имя каталога в S>] - выбор каталога на сервере;  
get [<имя файла в S>[<имя файла в T >]] - перепись файла с S на T;  
mget [<имена файлов в S>] - то же, что и get, но нескольких файлов;  
put [<имя файла в T>[<имя файла в S>]] - обратная перепись (допускается не во всех случаях);  
mput <имена файлов в S> - то же, что и put, но более одного файла;  
user <имя/пароль> - идентификация пользователя на сервере.

Пример последовательности команд при работе по протоколу FTP :

```
ftp> cd pub - переход в каталог pub;
ftp> ascii - установка передачи текста в коде ASCII (если binary, то двоичные данные);
ftp> get aaa aaa.txt - перепись файла aaa в компьютер пользователя под именем aaa.txt;
ftp> quit - конец.
```

Каждый обмен порождает два процесса. Управляющий (командный) процесс инициирован во время всего сеанса связи и осуществляется через протокол Telnet, а процесс передачи файла - только на время передачи. Номера протокольных портов сервера 20 и 21, у клиента могут быть различные номера портов, в том числе несколько одновременно. Для одновременного обслуживания нескольких клиентов создаются копии программного обеспечения FTP-процессов в сервере и у клиентов.

**3.2.4. Протокол эмуляции терминала Telnet.** С помощью этого протокола пользователь сети Internet может работать на удаленном компьютере. Связь устанавливается при обращении к Telnet-программе командой telnet: <имя базы данных или системы каталогов> или <имя удаленного компьютера S>

После установления связи все, что пользователь набирает на клавиатуре своего компьютера, передается в S, а содержимое экрана S отображается на экране пользователя. Для возвращения в свой компьютер (т.е. в командный режим клиентской программы Telnet) нужно нажать соответствующую клавишу (Ctrl-). Примерами

команд в клиентской программе могут служить: установление связи (open), возвращение в командный режим (close), завершение работы (quit). Передача сообщений при работе с Telnet осуществляется с помощью средств FTP.

Telnet должен иметь возможность работать в условиях разных аппаратных платформ клиента и сервера. Это требование выполняется через промежуточный виртуальный терминал (аналогично SQL сервису в ODBC). В терминале зафиксирована интерпретация различных символов управления, поскольку их разновидностей не так уж много.

Необходимо предусматривать выход из блокировок, возникающих, например, вследствие заикливания процесса на сервере; он осуществляется очисткой серверного буфера.

Схема Telnet-процесса представлена на рис. 3.3.

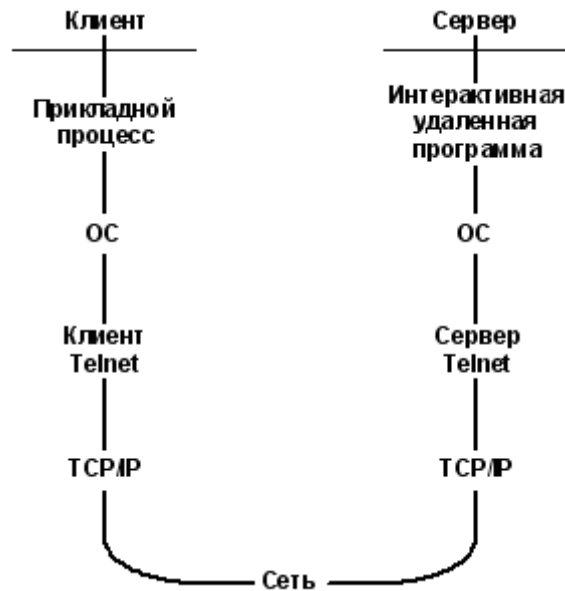


Рис. 3.3

### 3.2.5. Телеконференции и "доски объявлений".

Телеконференции - доступ к информации, выделенной для группового использования в отдельных конференциях (newsgroups).

Возможны глобальные и локальные телеконференции. Включение материалов в newsgroups, рассылка извещений о новых поступивших материалах, выполнение заказов - основные функции

программного обеспечения телеконференций. Возможны режимы E-mail и on-line.

Самая крупная система телеконференций - USENET. В USENET информация организована иерархически. Сообщения рассылаются или лавинообразно, или через списки рассылки. В режиме on-line можно прочитать список сообщений, а затем и выбранное сообщение. В режиме off-line из списка выбирается сообщение и на него посылается заказ.

Телеконференции могут быть с модератором или без него. Пример: работа коллектива авторов над книгой по спискам рассылки.

Существуют также средства аудиоконференций (голосовых телеконференций). Вызов, соединение, разговор происходят для пользователя как в обычном телефоне, но связь идет через Internet.

Электронная "доска объявлений" BBS (Bulletin Board System) - технология, близкая по функциональному назначению к телеконференции, позволяет централизованно и оперативно направлять сообщения для многих пользователей. Программное обеспечение BBS сочетает в себе средства электронной почты, телеконференций и обмена файлами. Примеры программ, в которых имеются средства BBS, - Lotus Notes, World-group.

В системах принудительной доставки информации (push-технология) подписчики без дополнительных запросов снабжаются часто обновляемой информацией.

В настоящее время интенсивно развиваются технологии настольной конференц-связи в реальном масштабе времени. Возможны несколько уровней настольной конференц-связи.

В зависимости от вида разделяемой пользователями информации различают уровни: простая E-mail сессия, совместная работа над документом без голосовой связи (shared whiteboard - разделяемая "доска"), то же с голосовой связью (разновидность аудиоконференций), видео-конференция. По мере повышения уровня возрастают требования к пропускной способности используемых каналов передачи данных. Для простых видов конференц-связи, а также и для аудиоконференций (конечно, при применении современных эффективных способов сжатия информации) можно использовать даже обычные телефонные линии, начиная с 8-10 кбит/с. Но лучше использовать в качестве "последней мили" цифровую ISDN или xDSL линию.

В зависимости от числа участников и способа интерактивной связи между ними различают двухточечную (unicast), широковещательную (broadcast) и многоточечную (multicast) конференции. Если в широковещательной конференции информация от центрального узла доставляется всем участникам, то в многоточечной

конференции она рассылается избирательно, т.е. одновременно может идти обмен разной информацией внутри нескольких подгрупп одной группы пользователей.

Наиболее очевидные области применения настольной конференц-связи - это дистанционное обучение, медицинские консультации, различные бизнес-приложения.

Программное обеспечение телеконференций включает серверную и клиентскую части.

В клиентской программе должны быть, как минимум, средства E-mail, многооконный текстовый редактор (так, принимаемый и отправляемый партнеру тексты помещаются в разные окна, отдельное окно может быть выделено для видео в случае видеоконференций), средства файлового обмена. Наиболее известными клиентскими программами являются ProShare (Intel) и NetMeeting (Microsoft). В системе дистанционного обучения Class Point клиентская часть включает отдельные программы для инструктора и студента.

Серверная часть (MCU - Multipoint Control Unit) служит для распределения потока данных между пользователями с согласованием форматов окон с видеоинформацией, способов сжатия данных, скоростей потоков, идущих от разных сетей (пользователей). Примеры серверов: White Pine's Meeting Point для видеоконференций, DataBeam's Learning Server для систем дистанционного обучения.

**3.2.6. Доступ к распределенным базам данных.** В системах "клиент/сервер" запрос должен формироваться в ЭВМ пользователя, а организация поиска данных, их обработка и формирование ответа на запрос относятся к ЭВМ-серверу. При этом нужная информация может быть распределена по различным серверам.

В сети Internet имеются специальные серверы баз данных, называемые WAIS (Wide Area Information Server), в которых могут содержаться совокупности баз данных под управлением различных СУБД.

Типичный сценарий работы с WAIS-сервером:

- выбор нужной базы данных;
- формирование запроса, состоящего из ключевых слов;
- посылка запроса к WAIS-серверу;
- получение от сервера заголовков документов, соответствующих заданным ключевым словам;
- выбор нужного заголовка и его посылка к серверу;
- получение текста документа.

К сожалению, WAIS в настоящее время не развивается, поэтому используется мало, хотя индексирование и поиск по индексам в больших массивах неструктурированной информации, что было одной из основных функций WAIS, - задача актуальная.



Возможно, что причина снижения интереса к WAIS кроется в реализации Web-технологии во многих прикладных системах, в том числе в ряде СУБД. Так, в Oracle имеется свой Web Server, который принимает http-запросы и переправляет их одному из обработчиков (в Oracle их называют картриджами). Среди обработчиков - интерпретатор языка Java. Возможны обработчики, создаваемые пользователями.

**3.2.7. Информационная система WWW.** WWW (World Wide Web - всемирная паутина) - гипертекстовая информационная система сети Internet. Другое ее краткое название - Web. Это более современная система по сравнению с Gopher и предоставляет пользователям большие возможности.

Во-первых, это *гипертекст* - структурированный текст с введением в него перекрестных ссылок, отражающих смысловые связи частей текста. Слова-ссылки выделяются цветом и/или подчеркиванием. Выбор ссылки вызывает на экран связанный со словом-ссылкой текст или рисунок. Можно искать нужный материал по ключевым словам.

Во-вторых, облегчено по сравнению с Gopher представление и получение графических изображений. Информация, доступная по Web-технологии, хранится в Web-серверах. Сервер имеет программу Listener, постоянно отслеживающую приход на определенный порт (обычно это порт 80) запросов от клиентов. Сервер удовлетворяет запросы, посылая клиенту содержимое запрошенных Web-страниц или результаты выполнения запрошенных процедур.

Клиентские программы WWW называют *браузерами* (browsers). Имеются текстовые (например, Lynx) и графические (наиболее известны Netscape Navigator и MS Explorer) браузеры. Sun предлагает браузер HotJava. В браузерах имеются команды листания, перехода к предыдущему или последующему документу, печати, перехода по гипертекстовой ссылке и т.п. Из браузеров доступны различные сервисы - FTP, Gopher, USENET, E-mail. Для подготовки материалов для их включения в базу WWW разработаны специальный язык HTML (Hypertext Markup Language) и реализующие его программные редакторы, например Internet Assistant в составе редактора Word или SiteEdit, подготовка документов предусмотрена и в составе большинства браузеров.

Для связи Web-серверов и клиентов разработан протокол HTTP, работающий на базе TCP/IP. Web-сервер получает запрос от браузера, находит соответствующий запросу файл и передает его для просмотра в браузер. Популярными серверами являются Apache Digital для ОС Unix, Netscape Enterprise Server и Microsoft Internet Information Server (IIS), которые могут работать как в Unix, так и в Windows NT, и Netware Web Server, предназначенный для работы в ОС Netware. Все три сервера поддерживают язык CGI, имеют встроенный HTML-редактор. Кроме

того, в первых двух из них поддерживается стандарт шифрования SSL (Secure Sockets Layer) для защиты передаваемых по сети данных от несанкционированного доступа. Опыт показывает, что для крупных серверов предпочтительнее платформа Unix, тогда как для серверов с малым числом транзакций лучше подходит ОС Windows NT.

### 3.3. Методы доступа к спутниковым системам связи

**3.3.1. Аппаратура CCC.** В настоящее время наблюдается бурное развитие систем спутниковой связи (ССС), что связано в основном с внедрением систем со станциями с малой апертурой антенн (VSAT - Very Small Aperture Terminal) и развертыванием CCC на низких и средних орбитах – таких как Globalstar, Orbcomm, ICO, Odyssey, Teledesic и ряда других. Все это привело к появлению широкой номенклатуры оборудования для CCC, в частности, и модемов. Рассмотрим состав и типовую конфигурацию CCC на примере сети VSAT.

Сеть VSAT может состоять из нескольких земных станций (ЗС) спутниковой связи, одна из которых является центральной (HUB), а остальные абонентскими VSAT-терминалами. Размеры антенн VSAT-терминалов составляют обычно от 0,5 до 1,8 м. Размер антенны вместе с частотным диапазоном определяет энергетику спутникового канала. VSAT-терминал Ка-диапазона (18-31 ГГц) обычно оснащаются антеннами диаметром 0,5-0,6 м; в Ки-диапазоне (11-18 ГГц) 1,0-1,5 м и в С-диапазоне (3,7-6,5 ГГц) - 1,2-1,8 м. Для наземных станций с диаметром антенн менее 0,5 м используется обозначение USAT (Ultra Small Aperture Terminal). Конкретная конфигурация и состав CCC определяются как целевым назначением системы, так и реализованными принципами, методами и протоколами организации связи в ней. Здесь мы затрагиваем серьезный и интересный аспект построения и функционирования CCC выходящий, однако за рамки данной предметной области. Отметим только, что общая тенденция состоит в реализации все более гибких и эффективных методов распределения используемого ресурса пропускной способности спутникового ретранслятора. Если первые CCC строились по принципу закрепленных каналов, то сейчас, как правило, реализуют методы централизованного или децентрализованного предоставления спутниковых каналов по требованию (DAMA - Demand Assignment Multiple Access) или методы множественного (многостанционного) доступа. При этом используется один из трех базовых методов множественного доступа или их комбинация:

МДЧР - множественный доступ с частотным разделением (FDMA – Frequency Division Multiple Access);

МДВР - множественный доступ с временным разделением (TDMA - Time Division Multiple Access);

МДКР - множественный доступ с кодовым разделением (CDMA - Code Division Multiple Access).

**3.3.2. Состав земной станции.** Обобщенный вариант состава современной ЗС приведен на рис. 3.4. Наземная станция состоит из внутреннего (IDU) и внешнего (ODU) радиочастотных блоков. В свою очередь, радиочастотный блок состоит из антенны, конвертера преобразования частоты вверх/вниз, усилителя мощности, малошумящего усилителя и, возможно, блока питания. Конвертер, усилитель мощности и малошумящий усилитель могут быть выполнены в виде одного устройства, которое также называют конвертером. Конвертер преобразовывает сигнал на промежуточной частоте (ПЧ), часто составляющей значения  $70\pm 18$  или  $140\pm 36$  МГц, в сигнал требуемого диапазона передачи и обратно. Чаще всего используются диапазоны 6/4 ГГц (C-band), 14/11 ГГц (Ku-band) и 1,6/1,5 ГГц (L-band). Последний применяется в ССС подвижной связи, например Inmarsat. Внутренний блок состоит главным образом из модема, а также может включать в состав мультиплексор передаваемых данных, источник питания и другие функциональные блоки. Часто весь внутренний блок называют спутниковым модемом. Внешний и внутренний блоки соединяются одним или несколькими коаксиальными кабелями для передачи сигналов ПЧ и возможно силовым кабелем для подачи питающего напряжения для внешнего блока (часто питание подается по тому же коаксиальному кабелю).

Спутниковый модем предназначен для преобразования цифрового, как правило, сигнала, поступающего от каналаобразующей аппаратуры (мультиплексоров, аппаратуры передачи данных, речепреобразующих устройств и т.д.), в модулированный радиосигнал на ПЧ и для обратного преобразования радиосигнала ПЧ в исходный информационный, а также для реализации требуемого метода множественного доступа к ресурсу спутника-ретранслятора.

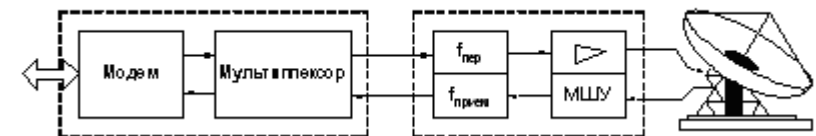


Рис. 3.4

. В состав типового спутникового модема (рис. 3.5) входят следующие блоки: модулятор и демодулятор (модем), кодер и декодер (кодек), интерфейсы, контроллер управления и панель управления. Подлежащая передаче информация через блок интерфейсов подается сначала на кодер, где производится ее скремблирование и помехоустойчивое кодирование, а затем на модулятор, формирующий модулированный сигнал. В приемной

части модема осуществляется демодуляция и декодирование принимаемого информационного потока.

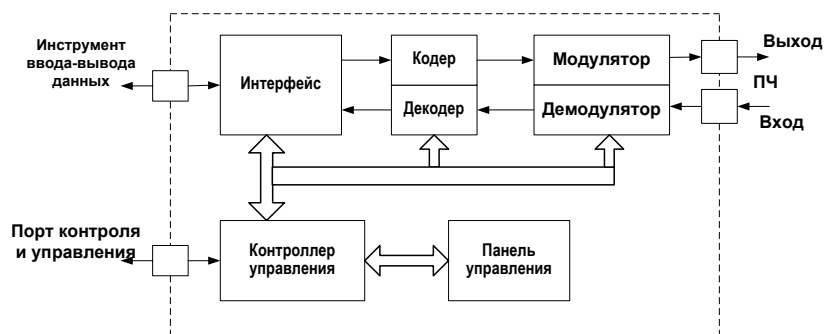


Рис. 3.5

### 3.3.3. Технические характеристики спутниковых модемов.

Современные спутниковые модемы работают в различных диапазонах частот, имеют возможность перестройки и установки основных параметров, включая рабочую частоту, коэффициент усиления, выходную мощность, тип модуляции, скорость кодирования, тип скремблирования, размеры буферов для данных и т.д. Величины этих параметров могут изменяться с малым шагом в широком диапазоне значений. Практически любой современный модем имеет систему встроенных процессоров с развитым программным обеспечением, позволяющим изменять конфигурацию модема с помощью его панели управления либо через его порт контроля и управления. В последнем случае к этому порту подключается ПК или контроллер ЗС, обеспечивающий удаленное конфигурирование модемов в составе этой ЗС с центральной управляющей станции ССС. Спутниковые модемы имеют широкие возможности самодиагностики и самотестирования, могут хранить информацию обо всех изменениях в своей конфигурации, а также о сбоях и неполадках в работе.

По конструктивному исполнению современные спутниковые модемы можно разделить на следующие группы:

- отдельные законченные устройства, предназначенные для использования в составе любой ЗС, с широким спектром внешних радиочастотных блоков других производителей;
- заменяемые устройства, интегрированные в единую систему, которые нельзя использовать в составе ЗС других производителей;
- подсистемы канальных блоков, объединяющие в своем составе, помимо основных элементов модема, речепреобразующие устройства, модули для соединения с конечным оборудованием.

По максимальной скорости передачи/прима информации можно выделить три основные группы спутниковых модемов:

- низкоскоростные с максимальной скоростью до 2048 кбит/с, позволяющие организовывать стандартные каналы со скоростями 16, 24, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 и 2048 кбит/с;
- среднескоростные с максимальными скоростями от 2048 до 8448 кбит/с;
- высокоскоростные с максимальной скоростью выше 8448 кбит/с, позволяющие организовывать каналы, например, со скоростями 51,840, 69,632, 139,264 и 155,52 Мбит/с режима DAMA, связанные с необходимостью оперативного перестроения несущих частот.

Повышение эффективности использования частотного ресурса и увеличение пропускной способности ССС обеспечивают за счет применения многопозиционных способов модуляции, таких как ОФМ-8, КАМ-16, КАМ-64. Дальнейшее повышение «позиционности» затруднено специфическими искажениями, имеющими место в спутниковых каналах, такими как рефракция, эффект Фарадея, деполяризация и кроссполяризация сигнала и др. К тому же для передачи многопозиционных сигналов требуется значительная энергетика ретранслятора. Эффективность использования частотного ресурса ССС при многопозиционной модуляции оценивается коэффициентом спектральной эффективности. На сегодняшний день с помощью ОФМ-4, ОФМ-8, КА и КАМ-64 реально обеспечиваются коэффициенты спектральной эффективности, равные 1,75, 2,625, 3,5 и 5,25 бит/с/Гц соответственно.

Спутниковые модемы также классифицируются по поддерживаемому методу множественного доступа. Модемы, реализующие МДЧР, как правило, не имеют отдельного названия. Сам метод МДЧР не является эффективным и создает серьезные трудности при реализации

Спутниковые модемы, работающие согласно методу МДВР, часто носят название пакетных модемов. Они передают данные короткими пакетами в пределах своего временного окна (time slot), занимая частотный канал (несущую) только на время передачи этих коротких пакетов.

Спутниковые модемы, работающие согласно методу МДКР, используют шумоподобные сигналы (ШПС). Такие сигналы делятся на два типа: на основе модулирования несущего колебания непрерывной псевдослучайной последовательностью - ФМ-ШПС или DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) и на основе псевдослучайной перестройки рабочей частоты -ППРЧ или FHSS (Frequency Hopped Spread Spectrum). Применение ШПС обусловлено необходимостью обеспечения электромагнитной совместимости различных радиотехнических систем, повышения пропускной способности и иногда (для военных ССС)

обеспечения скрытности и высокой помехозащищенности. Кроме того, ШПС нашли применение в локальных радиосетях (стандарт ШЕЕ 802.11), а также в сотовых системах связи второго (CDMA IS-95) и третьего поколений.

Интерфейсный блок спутникового модема (см. рис. 16.3) может обеспечить функционирование большого количества разнообразных портов. Для обеспечения телефонной связи возможна поддержка подключения речепреобразующего оборудования ИКМ (Импульсно-Кодовая Модуляция) или ДИКМ (Дифференциальная ИКМ) со скоростями 64 или 32, 24, 16 кбит/с соответственно. Иногда спутниковые модемы в своем составе содержат речепреобразующие устройства, подключение к которым осуществляется так же, как и к телефонной линии, то есть в соответствии со спецификацией стыка С1-ТЧ. Такие подключения производятся, как правило, по четырехпроводной схеме. Передача различных данных, в том числе и многоканальной телефонии, осуществляется на уровне потоков E1/T1 (1,544/2,048 Мбит/с) по стыку G.703. В других случаях передача данных, организация видеосвязи, подключение ЛВС возможны путем использования интерфейсов V.35, RS-449, RS-232 или иных.

С целью уменьшения стоимости ЗС модем часто применяется для выполнения дополнительных функций, таких как формирование сигнала наведения антенны ЗС.

Одним из важных параметров спутниковых модемов, влияющих на стоимость изготовления и эксплуатации, является их надежность. У современных спутниковых модемов время наработки на отказ равно примерно 30 тыс. часов, что при отсутствии повышенных требований к надежности ЗС позволяет обходиться без их резервирования.

**3.3.4. Применение проводных модемов в ССС.** Проблема передачи данных по спутниковому каналу становится актуальной, как только вы захотите организовать связь способом, несколько отличным от схемы, предлагаемой производителем ЗС. Проблема так же актуальна, если организация не имеет собственной ЗС, а арендует спутниковый канал ЗС, находящейся на определенном расстоянии.

Первое что нужно сделать - это разобраться в принципе работы ЗС и спутникового модема. Особенно это касается типа предоставляемого канала. Лучше, если это цифровой канал с одним из стыков типа С2. Тогда имеется потенциальная возможность подключиться к такому интерфейсу при помощи пары модемов для физических линий, например, цифровых DSU/DCU, обеспечивающих требуемый интерфейс и удовлетворяющих по скорости и дальности передачи. В качестве окончательного оборудования данных (DTE) может выступать компьютер или маршрутизатор вашей ЛВС (рис. 3.6).

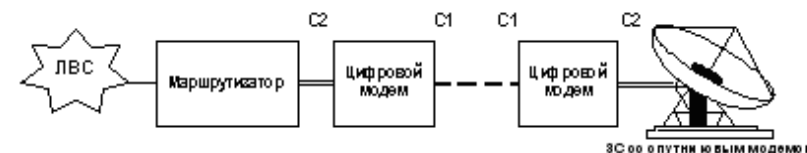


Рис. 3.6

В случае, если предоставляется канал с аналоговым окончанием, нужно точно выяснить, что это за канал. В одном случае это может быть аналоговый канал тональной частоты, скорее всего, с четырехпроводным окончанием. Такие каналы создаются старыми ЗС с МДЧР. Рассмотренные выше спутниковые модемы практически никакого отношения к таким станциям не имеют. В качестве спутниковых модемов в них применяется аналоговая аппаратура уплотнения, при помощи которой несколько каналов ТЧ объединяются в 6, 12, 60 и более канальные группы и тракты.

В другом случае, вы можете иметь дело с аналоговым окончанием канала, образованного при помощи речепреобразующего устройства, к которому предусмотрено подключение телефонного аппарата (офисной АТС), но совсем не модема. Маловероятна возможность использования такого канала для передачи данных при помощи модема, если канал образован речепреобразующим устройством с низкими скоростями его работы (16 кбит/с и менее). Совсем другая ситуация имеет место, если такой телефонный канал образован аппаратурой ИКМ. Речепреобразующее устройство с ИКМ преобразует аналоговый сигнал в полосе канала тональной частоты в поток 64 кбит/с в строгом соответствии с теоремой кодирования отсчетов Котельникова-Шеннона. Тогда такой канал будет выглядеть для аналогового модема для ТФОП ничуть не хуже (скорее всего лучше) чисто аналогового телефонного канала.

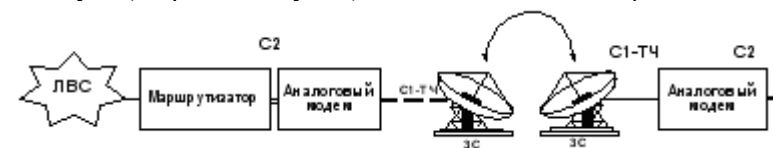


Рис.3.7

Несмотря на достаточно распространенную схему применения модемов ТФОП (рис. 3.7), имеется ряд моментов, которые необходимо учитывать для достижения положительного результата.

Во-первых, наверняка понадобится модем, способный работать по выделенным каналам с четырехпроводным окончанием.

Во-вторых, кроме отмеченных ранее особенностей спутниковых каналов, они обладают значительной задержкой распространения, равной 0,27 с, а иногда и 0,54 с. Последнее значение характерно для случая «двухскачковой» передачи, например, для систем VSAT с коммутацией

каналов на центральной ЗС. Фактор большой задержки может повлиять на характеристики установления и удержания связи. Кроме того, задержка распространения в канале оказывает значительное влияние на производительность рассматриваемой системы передачи данных, особенно, если канал имеет коэффициент ошибок более шестого порядка.

Этот фактор очень критичен для методов повторной передачи типа SAW и GBN. Для компенсации уменьшения производительности системы, как правило, предпринимаются следующие меры:

- добиваются уменьшения вероятности искажения передаваемых кадров;
- уменьшают величину круговой задержки распространения, выраженной в числе кадров;
- увеличивают размер окна передачи протокола исправления ошибок.

Первые два требования находятся в явном противоречии. Уменьшить вероятность искажения кадра при фиксированной вероятности искажения бита (или символа) в канале возможно только путем уменьшения размера кадра. Однако уменьшение размера кадра приводит к увеличению круговой задержки при ее фиксированном значении в абсолютных единицах времени.

Третье требование обусловлено тем фактом, что при большой задержке распространения счетчик доступных последовательных номеров передаваемых кадров может исчерпаться значительно раньше, чем возможно получение подтверждения правильности приема очередного кадра на удаленной стороне. Тогда протокол на передающей стороне просто останавливает передачу до момента получения долгожданного подтверждения. В HDLC-подобных протоколах размер окна принимает значения, равные 3, 7 и 127. Причем, как правило, по умолчанию для наземных систем передачи выставляется размер окна, равный 7. Поэтому необходимо выяснить, поддерживает ли Ваш модем возможность изменения размера окна, и в положительном случае настроить его на значение, равное 127.



## 4. ЦИФРОВЫЕ СЕТИ ИНТЕГРАЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

### 4.1. Основные понятия

**4.1.1. История создания.** Одной из основных причин создания ЦСИО является расширяющаяся во многих странах сфера информационных услуг как по объему, так и по видам сервиса.

Во всем мире происходит бурная компьютеризация и информатизация общества. В России также получили широкое развитие персональные ЭВМ и базы данных. Кроме того, переход к рыночной экономике требует еще более существенного развития в России информационной сферы, основанной на широком использовании средств вычислительной техники и средств связи, включая кроме телефонной связи связь между ЭВМ, в частности ПЭВМ с базами данных. При этом, судя по международному опыту, связь в развивающейся информационной сфере составляет значительную долю.

Информатизация общества потребовала наличие возможности интеграции различных видов информации и услуг на основе единой сети. Особенно актуальной является проблема подключения, разнообразных терминальных устройств (телефонный аппарат, модем, факс и т.п.) к такой единой сети.

При создании отдельных специализированных сетей (телефонных сетей передачи данных и т.п.) для подключения к ним терминальных устройств, очевидно, требуется соответствующее число абонентских линий, являющихся наиболее массовыми элементами любой сети. Кроме того, создаются неудобства абоненту из-за наличия нескольких абонентских номеров одного и того же абонентского пункта.

Вместе с тем все такие специализированные сети практически основаны на одних и тех же или аналогичных технических средствах, построенных на одной и той же элементной базе и часто на одних и тех же принципах создания и функционирования узлов коммутации, линий связи и сетей. При этом из-за возникновения новых средств приема и передачи разнообразной информации, изменения с течением времени требований абонентов на предоставляемые связью услуги цикл замены оборудования, как показывает мировая практика, в настоящее время составляет примерно 5 лет.

В связи с этим возникла необходимость создания некой единой сети, обеспечивающей интеграцию всех видов передаваемой информации с предоставлением довольно широкого круга услуг

(видов сервиса) и возможностью их изменения без существенной модификации сети или введения новых специализированных сетей.

Таким видом единой сети, получившей широкое распространение в Европе, США, Канаде, Японии и ряде других стран, служит цифровая сеть интегрального обслуживания — ЦСИО (ISDN), обеспечивающая абоненту возможности передачи практически любой информации по одной и той же абонентской линии.

**4.1.2. Преимущества ЦСИО.** К преимуществам ЦСИО обычно относят:

- более высокую производительность и экономическую эффективность по сравнению с любой другой существующей сетью;
- обеспечение абоненту значительно более широкого спектра услуг связи: наличие многофункциональных терминалов, только одной АЛ, наличие для всего спектра услуг только одного абонентского номера;
- высокую скорость передачи информации по сравнению со скоростями в существующих сетях;
- более низкий тариф для не телефонного сервиса;
- хорошую основу для развития совместимых международных систем связи;
- наличие цифрового канала из конца в конец;
- обеспечение связи как методом **КК**, так и методом КП;
- мощную пакетную систему сигнализации N7 (СС-7), обеспечивающую эффективное использование средств связи;
- совместимость ЦСИО с существующими сетями и адаптируемость терминалов.

## 4.2. Модель протоколов Ш-ЦСИО

**4.2.1. Этапы развития широкополосных цифровых сетей интегрального обслуживания.** Начиная с середины 80-х гг. в США, Японии, Канаде и ряде стран Западной Европы активно проводятся исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию широкополосных цифровых сетей интегрального обслуживания, которые являются дальнейшим развитием узкополосных ЦСИО.

Накопленный опыт по созданию и эксплуатации У-ЦСИО, в которых используются каналы со скоростью передачи 64 кбит/с, а также последующее развитие вычислительной техники, в частности

создание быстродействующих микропроцессоров, микроЭВМ и волоконно-оптических кабелей, совершенствование методов коммутации, позволили перейти к практическому решению задачи по созданию Ш-ЦСИО, используя скорость передачи по каналу выше 2 Мбит/с.

Широкополосные ЦСИО в отличие от У-ЦСИО обеспечивают интеграцию более широкого спектра видов связи, включая кабельное телевидение.

Работы по созданию Ш-ЦСИО из-за сложности и объемности, как правило, выполняются в рамках комплексных проектов. Одними из наиболее крупных ранних проектов являются японский проект INS (Information Network System) фирмы NTT и американский проект UIS (Universal Information Services) фирмы AT&T.

В конце 1983 г. Комиссия по европейскому содружеству (КЕС) поставила задачу по развитию в области связи и разработала предложения на проведение европейского проекта RACE (Research and development in Advanced Communications technologies in Europe) по созданию Ш-ЦСИО.

Главные цели проекта **RACE**:

- координация действий стран и фирм по исследованию влияния связи на европейскую экономическую и социальную системы и их развитие;
- распределение работ по разработке и стандартизации перспективных систем и видов сервиса связи;
- унификация оборудования пользователей и методики его проверки;
- использование связи как средства ускорения интеграции в общеевропейскую экономическую и социальную системы менее развитых регионов;
- координация и согласование позиций основных производителей средств связи на международной арене.

Наряду с бурным развитием средств коммутации и передачи в последнее время значительно увеличилось число видов передаваемой информации (помимо телефонных переговоров и передачи телеграмм возникла необходимость в передаче по сети данных между ЭВМ и пользователями, телевизионных изображений и т.д.). Вместе с тем различные виды информации требуют различной скорости передачи.

Невозможность реализации всех этих требований в рамках У-ЦСИО, использующей синхронное временное мультиплексирование и синхронную коммутацию, привела к необходимости создания Ш-ЦСИО, в которой для обеспечения различных скоростей передачи для каждого вида информации применяются асинхронные методы передачи с временным разделением пропускной способности линии связи

(асинхронное временное мультиплексирование) и асинхронной цифровой коммутацией в виде быстрой коммутации пакетов – БКП.

**4.2.2. Архитектура Ш-ЦСИО.** Архитектура Ш-ЦСИО определяется принципами построения Ш-ЦСИО и протокольной моделью системы взаимодействия ее удаленных объектов.

Ш-ЦСИО (рис. 4.1) включает в себя *широкополосные* (более 64 Кбит/с) и *узкополосные* (64 Кбит/с) информационные каналы и соответствующие коммутационные системы (Ш-КС и У-КС), а также систему сигнализации N7. Легко понять, что узкополосные информационные каналы и коммутационные системы в сочетании с системой сигнализации N7 представляют собой У-ЦСИО. В некоторых экспериментальных системах Ш-ЦСИО в качестве ее управляющей системы используется не только система сигнализации N7, но и вся У-ЦСИО.

Терминал пользователя (абонента) подключается к Ш-ЦСИО через интерфейсы (точки доступа) пользователь – сеть. В Ш-ЦСИО выделяются по аналогии с У-ЦСИО две эталонные точки доступа (рис. 4.2).

В отличие от У-ЦСИО, где используется шинная структура подключения абонентских терминалов по S-интерфейсу, в Ш-ЦСИО применяется *звездная структура* подключения по интерфейсу к оконечному оборудованию сети 2 (ООС-2).

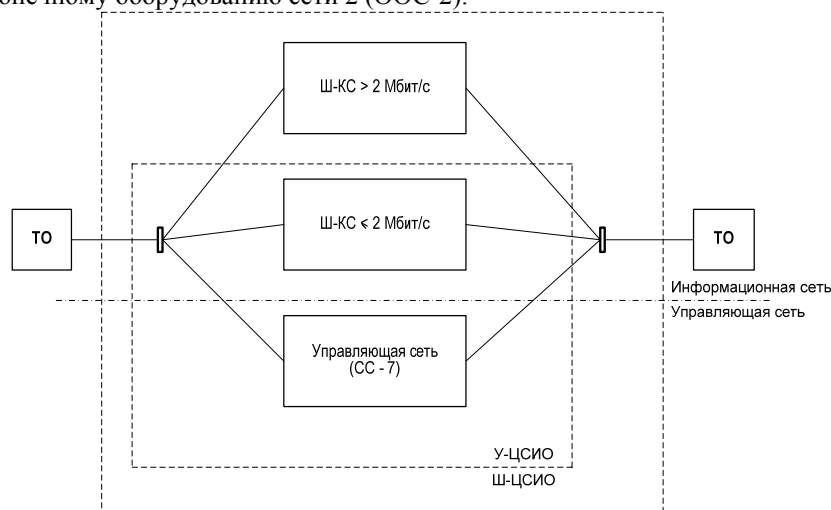


Рис. 4.1. Концепция Ш-ЦСИО

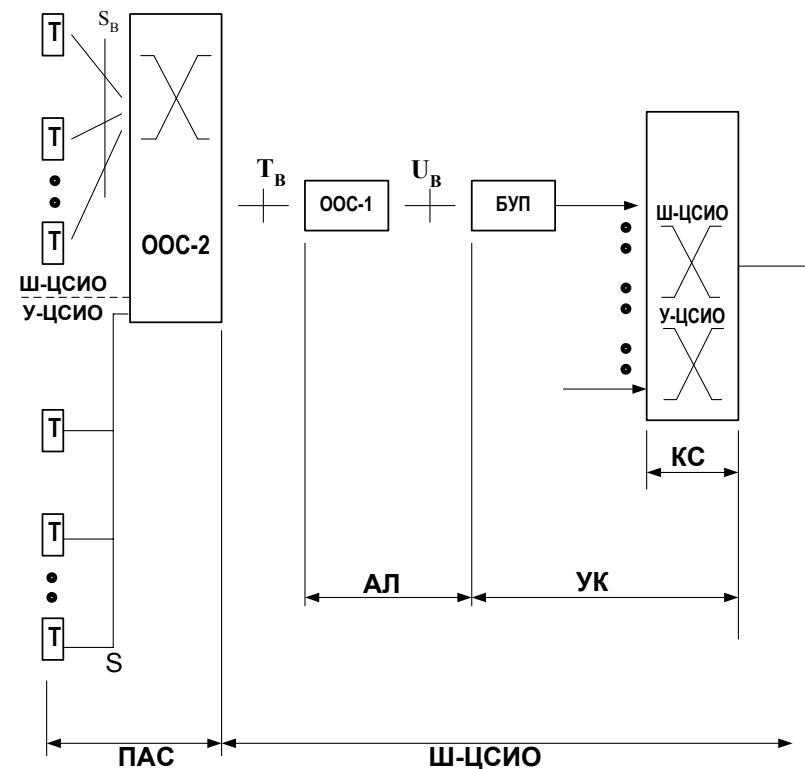


Рис. 4.2. Интерфейсы Ш-ЦСИО

При этом в ООС-2 Ш-ЦСИО имеется коммутационное поле, обеспечивающее подключение широкополосных терминалов к Тд.

Терминалы, интерфейсы S и S<sub>B</sub>, а также ООС-2 образуют пункт абонентской системы (ПАС). На станционной стороне (на УК) АЛ подключается к коммутационному оборудованию через блок удаленных пользователей (БУП), выполняющий функцию абонентского комплекта Ш-ЦСИО.

В коммутационной системе УК обеспечивается коммутация как широкополосных (для Ш-ЦСИО), так и узкополосных каналов (для У-ЦСИО).

Широкополосный доступ ориентируется на стандартные скорости передачи 155 (точнее 155,520) Мбит/с и 622 (точнее 622,080) МГн/с. В эталонных точках S<sub>би</sub> T<sub>б</sub> Ш-ЦСИО поддерживаются все виды широкополосного сервиса.

Интерфейс со скоростью 155 Мбит/с допускает использование как

асинхронного, так и синхронного метода мультиплексирования. Предусматривается передача как отдельных ячеек, так и их групп, объединенных в кадры с включением межкадровых блоков синхронизации.

Аналогичным образом организован и второй возможный интерфейс Ш-ЦСИО, поддерживающий доступ при скорости 622 Мбит/с. На переходном этапе для этого интерфейса разрешается синхронное мультиплексирование путем включения в отдельные модули нескольких кадров с ячейками. Этот интерфейс может быть образован объединением четырех интерфейсов со скоростью передачи 155 Мбит/с.

Физический уровень интерфейсов Ш-ЦСИО предполагает использование электрической или оптической передающей среды, рассчитанной на соответствующую скорость передачи. Он должен предусматривать возможность поддержки конфигурации *точка-многоточка*.

Система АМП рассчитана на работу с произвольными цифровыми передающими системами или иерархией систем цифровой передачи в соответствии с Рекомендациями МСЭ-Т G.702 или G.707-G.709. Сигнальная информация и информация пользователей должна передаваться по отдельным ВК. Предусматривается модификация или расширение функциональных возможностей Рекомендаций 1.441 и 1.431, определяющих процедуры доступа к У-ЦСИО применительно к Ш-ЦСИО. Сигнальное сообщение с запросом на установление ВК может дополнительно включать статистические параметры передаваемого потока информации и требуемое качество обслуживания.

В протокольной модели Ш-ЦСИО, предложенной в Рекомендации 1.321, имеются два специфических уровня, относящихся к АМП:

- уровень АТМ (АМП), который является общим для всех видов сервиса и обеспечивает возможность передачи отдельных ячеек;
- адаптационный уровень (AAL), зависящий от вида сервиса.

Граница между уровнем АТМ и адаптационным уровнем определяется делением информации, содержащейся в заголовке ячейки, и информации, хранящейся в ее информационном поле.

Адаптационный уровень учитывает класс верхних уровней (рис .4.3). На этом уровне происходит отображение информации в ячейку. На передающем конце осуществляется ее разбиение на информационные единицы для их последующей вставки в ячейки. На приемном конце производится упорядочение информационных единиц. Любая информация, являющаяся специфической для адаптационного уровня, которая должна быть передана между адаптационными уровнями удаленных объектов, содержится в информационном поле ячейки. Допускается реализация адаптационного уровня в ООС, сетевом или терминальном адаптере и терминальном оборудовании пользователей.

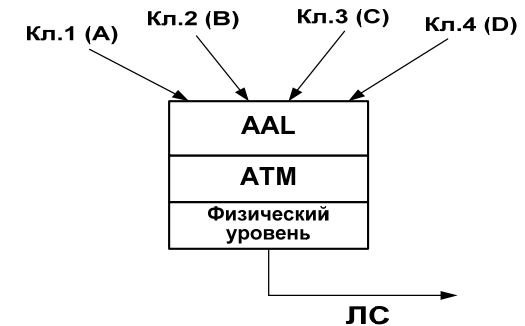


Рис. 4.3 Адаптационный уровень

**4.2.3. Классы видов сервиса и интерфейсы Ш-ЦСИО.** В связи с тем, что Ш-ЦСИО охватывает широкий диапазон видов связи, каждый из которых имеет специфические требования к скорости передачи, возможности оптимизации сеанса связи, необходимости.

Обеспечения диалога и т.д. Рекомендациями МСЭ-Т (рекомендация 1.362) предусмотрено четыре класса видов сервиса (табл. 4.1). Вместо номеров классов (1–4) используются также буквы A, B, C, D (указаны в скобках).

Таблица 4.1

Характеристика вида сервиса	Требование к характеристике класса сервиса			
	1(A)	2(B)	3(C)	4(D)
Согласование времени между источником и потребителем информации	Требуется согласованное (одновременное) взаимодействие между корреспондирующими пользователями		Не требуется согласование времени передачи и приема информации	
Скорость передачи	Постоянная		Переменная	
Принцип связи	С установлением соединения			Без установления соединения

Как видно из табл. 4.1, наиболее жесткие требования по передаче информации предъявляются в классе 1 (класс A). Этот класс позволяет эмулировать канал связи, т.е., несмотря на применение асинхронного метода передачи, должна быть обеспечена, как и при методе КК, постоянная скорость передачи, что требуется, например, при телефонной связи, телевидении и др.

Если же при передаче видеоинформации или данных в интерактивном режиме можно допустить переменную скорость передачи без потери допустимого качества, то может быть применен класс 2 (класс *B*).

Классы 3 и 4 (классы *C* и *D*) в первую очередь могут использоваться при передаче данных, например при передаче сообщений в режиме электронной почты.

Класс 4 характерен для связи между собой локальных вычислительных сетей. Класс 4 определен Рекомендациями МСЭ-Т F.812, 1.211, 1.327, 1.362 - 1.364.

В настоящее время классы 3 и 4 из-за их сходства объединены в один класс 3/4 и введен класс 5 с более простыми протоколами.

Потоки данных (в том числе и речевая информация, представленная в цифровом виде) различных классов поступают на уровень AAL, где подвергаются обработке в соответствии с двумя функциями:

- 1) совмещения потоков данных (Convergence Subfunction - CS) и
- 2) сегментации или разборки сегментов данных при поступлении их с уровня ATM (Segmentation And Reassembly - SAR).

На уровне ATM осуществляются генерация заголовка ячейки, модификация в заголовке ячейки VPI/VCI, мультиплексирование и демultipлексирование.

На физическом уровне реализуются следующие основные функции:

- вставка и изъятие пустых ячеек для согласования скорости передачи;
- проверка наличия ошибок в заголовке;
- синхронизация битов при передаче по физической среде.

Форматы ячеек определены в Рекомендации МСЭ-Т 1.361. При этом в отличие от У-ЦСИО в Ш-ЦСИО кроме интерфейса пользователь - сеть определен также интерфейс сеть - сеть, который используется и между узлами коммутации одной и той же Ш-ЦСИО.

Соответственно имеются два вида ячеек для этих двух интерфейсов.

Заметное увеличение допустимого числа ВК на интерфейсе сеть - сеть объясняется также и тем, что на этом интерфейсе используются линии связи со значительно более высокой скоростью, чем абонентские линии на интерфейсе пользователь - сеть.

#### **4.2.4. Виды сервиса, предоставляемые пользователям Ш-ЦСИО.**

В связи с тем, что согласно концепции Рекомендации МСЭ-Т 1.121 Ш-ЦСИО является дальнейшим развитием У-ЦСИО и поэтому включает последнюю в качестве своей подсети, в Ш-ЦСИО в полном объеме могут быть предоставлены все услуги У-ЦСИО. Однако в некоторых случаях в Ш-ЦСИО может использоваться только асинхронный метод передачи без применения синхронных каналов У-ЦСИО. Тогда использование методов коммутации каналов и пакетов в сети не



представляется возможным и вся взаимосвязь удаленных объектов (пользователей) будет осуществляться на основе АМП и быстрой коммутации пакетов, начиная с УК Ш-ЦСИО.

Таблица 4.2

Вид сервиса	Скорость передачи, М бит/с	Класс сервиса по скорости передачи
Телеметрия	0,0001 0.01 0,1	Низкоскоростные виды сервиса
Данные/текст, речь, данные/изображение	1	
HI-FI-звук	1-10 1-10	Среднескоростные виды сервиса
Видеотелефон		
Данные/изображение		Высокоскоростные виды сервиса
ТВ ТВ высокой четкости	50 - 100 150 - 1000	
Данные/изображение	10 - 1000	

Одним из основных отличий Ш-ЦСИО от У-ЦСИО является предоставление пользователям различных видов широкополосного сервиса с высоким качеством обслуживания.

Предложенные в рекомендациях серии I ориентировочные значения скорости передачи для некоторых видов сервиса приведены в табл. 4.4, откуда следует, что если виды сервиса, относящиеся к низкоскоростному классу, можно реализовать в рамках У-ЦСИО (64-Кбит/с канал), то для реализации двух остальных классов сервиса необходимо введение Ш-ЦСИО.

**4.2.5. Широкополосные виды сервиса.** Все широкополосные виды сервиса, предоставляемые пользователям Ш-ЦСИО, можно разделить на интерактивные и дистрибутивные.

*Интерактивные виды сервиса.* Разделены на три класса: сервис типа «диалог», «поиск» и «передача с хранением».

В сервисе типа «диалог» две или более сторон, участвующих в сеансе связи, обмениваются различными сообщениями. К сервису этого класса относятся видеотелефон, видеоконференция и высокоскоростная передача данных.

К сервису типа «поиск» принадлежат такие, с помощью которых пользователи могут осуществлять поиск необходимой информации в информационных центрах.

Передача требуемой информации пользователю производится по его запросу. В качестве примеров сервиса этого класса можно перечислить поиск фильмов, изображений с высокой разрешающей способностью, а также поиск звуковой информации.

Сервис типа «*передача с хранением*» позволяет пользователям обмениваться информацией с помощью «почтового ящика» и/или производить редактирование и обработку информации.

*Дистрибутивные виды сервиса* можно разделить на виды сервиса, в которых предусмотрено воздействие со стороны пользователя, и виды сервиса, в которых это воздействие не предусмотрено.

К дистрибутивным видам сервиса, *не предусматривающим воздействие со стороны пользователя*, относятся широкоэмиттерные виды сервиса, в которых центральный источник передает непрерывный поток информации неограниченному числу пользователей, подключенных к сети. Отдельный пользователь не может влиять на начало передачи информации и порядок представления. Примерами такого вида сервиса являются телевидение и аудиопрограммы.

В дистрибутивных видах сервиса, в которых *предусматривается воздействие со стороны пользователя*, информация передается в виде периодически повторяющихся информационных кадров. Таким образом, пользователь имеет возможность контролировать начало и порядок представления информации. Перечень классов видов сервиса и областей их использования дается в (среди дистрибутивных видов сервиса представлены только те, которые предусматривают воздействие со стороны пользователя).

Из всего вышесказанного следует, что Ш-ЦСИО предоставляет широкий спектр услуг (видов сервиса), охватывающий практически все связи, требующие использования узкополосных и широкополосных каналов.

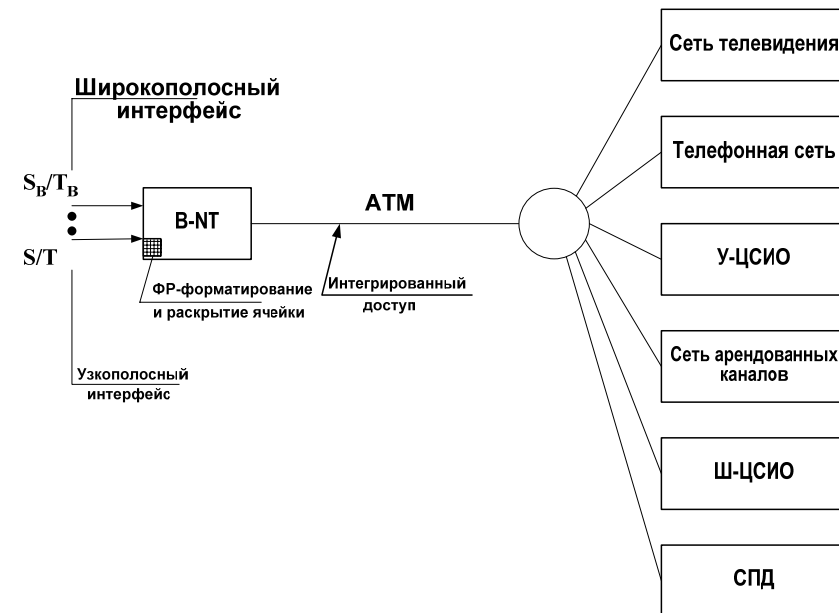


Рис. 4.5. Взаимосвязь Ш-ЦСИО с другими сетями

## 5. ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ДОСТУПОМ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЯХ

### 5.1. Сопряжение информационных сетей

**5.1.1. Использование различных сетевых технологий.** Базовая сетевая технология - это согласованный набор протоколов и реализующих их программно-аппаратных средств, достаточный для построения информационной сети. Протоколы, на основе которых строится сеть базовой технологии, специально разрабатывались для совместной работы, поэтому от разработчика сети не требуется дополнительных усилий по организации их взаимодействия. Примерами базовых сетевых технологий могут служить хорошо известные технологии Ethernet и Token Ring для локальных сетей и технологии X.25 и frame relay для территориальных сетей. Для получения работоспособной сети в этом случае достаточно приобрести программные и аппаратные средства, относящиеся к одной базовой технологии - сетевые адаптеры с драйверами, концентраторы, коммутаторы, кабельную систему и т.п., и соединить их в соответствии с требованиями стандарта на данную технологию.

Однако построение крупной сети на основе одной базовой технологии - это большая редкость. Обычным состоянием для любой вычислительной сети средних и крупных размеров является сосуществование различных стандартов и базовых технологий. Появление новых технологий, таких как Fast Ethernet или 100VG-AnyLAN, не означает, что мгновенно исчезают старые, например, 10-Мегабитный Ethernet, Token Ring или FDDI, так как в эти технологии были вложены огромные капиталовложения. Поэтому трудно рассчитывать на вытеснение в обозримом будущем всех технологий какой-либо одной, хотя бы и такой многообещающей, как ATM.

Степень неоднородности сетевых технологий существенно возрастает при необходимости объединения локальных и глобальных сетей, имеющих, как правило, существенно различные стеки протоколов. Хотя в последние годы и наметилась тенденция к сближению методов передачи данных, используемых в этих двух типах вычислительных сетей, различия между ними все еще велики. Поэтому в пределах одной корпоративной сети обычно используется большой набор разнообразных базовых топологий и задача объединения их всех в единую сеть, прозрачную для транспортных операций конечных узлов, требует привлечения специальных методов и средств.

**5.1.2. Использование протоколов сетевого уровня.** Самым распространенным средством объединения разнородных транспортных

технологий является использование единого сетевого протокола во всех узлах корпоративной сети. Единый сетевой протокол работает поверх протоколов базовых технологий и является тем общим стержнем, который их объединяет. Именно на основе общего сетевого протокола маршрутизаторы осуществляют передачу данных между сетями, даже в случае очень существенных различий между их базовыми сетевыми технологиями.

Хотя идея объединения составной сети с помощью маршрутизаторов подразумевает использование во всех частях сети одного сетевого протокола, очень часто сетевым интеграторам и администраторам приходится сталкиваться с задачей объединения сетей, каждая из которых уже работает на основе своего сетевого протокола. Имеется несколько сетевых протоколов, которые получили широкое распространение: IP, IPX, DECnet, Banyan IP, AppleTalk. Каждый из них имеет свою нишу и своих сторонников, поэтому очень вероятно, что в отдельных частях большой сети будут использоваться разные сетевые протоколы. Маршрутизаторы, даже многопротокольные, не могут решить задачу совместной работы сетей, использующих разные сетевые протоколы, поэтому в таких случаях используются другие средства, например, программные шлюзы.

**5.1.3. Комбинирование протоколов сбора маршрутной информации.** Маршрутизаторы строят свои адресные таблицы с помощью специальных служебных протоколов, которые обычно называют *протоколами обмена маршрутной информацией* или *протоколами маршрутизации*.

Протоколы обмена маршрутной информацией также существуют не в единственном числе. Во-первых, протокол обмена маршрутной информацией тесно связан с определенным протоколом сетевого уровня, так как он должен отражать способ адресации сетей и узлов, принятый в этом сетевом протоколе. Поэтому для каждого сетевого протокола должен использоваться свой протокол обмена маршрутной информацией. Во-вторых, для каждого сетевого протокола разработано несколько протоколов обмена маршрутной информацией, отличающихся способом построения таблицы маршрутизации.

В результате в корпоративной сети может одновременно работать несколько протоколов обмена маршрутной информацией, например, RIP IP, RIP IPX, OSPF, NLSP, IGRP. Для того, чтобы добиться их согласованной работы, от администратора сети требуется использование соответствующих маршрутизаторов и выполнения специфических операций по их настройке.

**5.1.4. Проблемы несовместимости оборудования.** Проблемы несовместимости оборудования разных производителей, возникают чаще всего по трем причинам:

- неточная (с ошибками) реализация стандартов;
- использование фирменных стандартов;
- улучшение стандартов - введение дополнительных функций и свойств.

Для компаний, являющихся лидерами рынка коммуникационного оборудования, ошибочная реализация стандартов - событие маловероятное, так как их представители всегда составляют основу комитетов, разрабатывающих стандарты.

Однако оставшиеся две причины часто порождают проблемы. На первый взгляд может показаться, что нет ничего страшного в том, что в коммуникационной аппаратуре имеются дополнительные функции или что эта аппаратура поддерживает наряду с общепринятыми и свои, фирменные протоколы. В любом случае остается возможность организовать совместную работу двух устройств разных производителей на основе стандартных протоколов. Тем не менее, на практике этой возможностью удастся воспользоваться не всегда. Примером служит история с протоколом DLSw, первая стандартная версия которого была описана в документе RFC 1434. Затем компания Cisco выпустила фирменную улучшенную версию этого протокола, названную ею DLSw+, обратно совместимую со стандартной версией. Затем появилась новая стандартная версия DLSw, описанная в RFC 1795, которая также была обратно совместима с прежним стандартом. Однако версия DLSw по RFC 1795 оказалась несовместимой с версией DLSw+, что породило необходимость модификации программного обеспечения в маршрутизаторах Cisco в тех организациях, которые стали устанавливать новые маршрутизаторы от других фирм.

Использование фирменных стандартов может приводить и к тому, что администраторы сетей в какой-то момент при очередной модернизации сети оказываются перед нелегким выбором - либо устанавливать новое оборудование только от одного производителя, даже если есть более подходящие варианты, либо переконфигурировать все установленное оборудование для работы по стандартному протоколу, чтобы оно стало совместимо с оборудованием других производителей. Понятно, что каждый из этих вариантов является мало привлекательным.

## **5.2. Стратегии межсетевого взаимодействия**

**5.2.1. Средства взаимодействия компьютеров в сети.** Средства взаимодействия компьютеров в сети организованы в виде

многоуровневой структуры - стека протоколов. В однородной сети все компьютеры используют один и тот же стек. В контексте межсетевого взаимодействия понятие "сеть" можно определить как совокупность компьютеров, общающихся друг с другом с помощью единого стека протоколов. Проблема возникает тогда, когда требуется организовать взаимодействие компьютеров, принадлежащих разным сетям (в указанном выше смысле), то есть организовать взаимодействие компьютеров, на которых установлены разные стеки коммуникационных протоколов.

Задачи устранения неоднородности имеют некоторую специфику в зависимости от того, к какому уровню модели OSI (информация о модели OSI приведена в приложении) они относятся, и даже имеют разные названия. Задача объединения транспортных подсистем, отвечающих только за передачу сообщений, обычно называется *internetworking*.

Несколько другая проблема, называемая *interoperability*, возникает при объединении сетей, использующих разные протоколы более высоких уровней. Как сделать, например, возможным для клиентов сети Novell NetWare доступ к файловому сервису Windows NT или работу с сервисом telnet ОС Unix?

Очевидно, что подобные проблемы весьма характерны для корпоративных сетей, где в разных подразделениях часто работают разные сетевые операционные системы.

Проблема межсетевого взаимодействия может иметь разные внешние проявления, но суть ее одна - несовпадение используемых коммуникационных протоколов. (Подробнее о стеках коммуникационных протоколов читайте в приложении.) Например, эта проблема возникает в сети, в которой используется только одна сетевая ОС, но в которой транспортная подсистема неоднородна из-за того, что сеть включает в себя фрагменты Ethernet, объединенные кольцом FDDI. Здесь в качестве взаимодействующих сетей выступают группы компьютеров, использующие различные протоколы канального и физического уровня, например, сеть Ethernet, сеть FDDI.

Равным образом проблема межсетевого взаимодействия может возникнуть в однородной сети Ethernet, в которой установлено несколько сетевых ОС. В этом случае, все компьютеры и все приложения используют для транспортировки сообщений один и тот же набор протоколов, но взаимодействие клиентских и серверных частей сетевых сервисов осуществляется по разным протоколам. Здесь компьютеры могут быть отнесены к разным сетям, если у них различаются протоколы верхних уровней, например, сеть Windows NT, сеть NetWare. Конечно, эти сети могут спокойно сосуществовать, не мешая друг другу и мирно пользуясь общим транспортом. Однако, если

потребуется обеспечить доступ к данным файл-сервера NetWare для клиентов Windows NT, администратор сети столкнется в необходимостью согласования сетевых сервисов.

Существует три основных подхода к согласованию разных стеков протоколов:

- трансляция;
- мультиплексирование;
- инкапсуляция.

**5.2.2. Трансляция протоколов.** *Трансляция* обеспечивает согласование двух протоколов путем преобразования (трансляции) сообщений, поступающих от одной сети, в формат другой сети. Транслирующий элемент в качестве, которого могут выступать, например, программный или аппаратный шлюз, мост, коммутатор или маршрутизатор, размещается между взаимодействующими сетями и служит посредником в их "диалоге".

В зависимости от типа транслируемых протоколов процедура трансляции может иметь разную степень сложности. Так, преобразование протокола Ethernet в протокол Token Ring сводится к нескольким несложным действиям, главным образом благодаря тому, что в обоих протоколах используется единая адресация узлов. А вот трансляция протоколов сетевого уровня IP и IPX представляет собой гораздо более сложный, интеллектуальный процесс, включающий не только преобразование форматов сообщений, но и отображение адресов сетей и узлов, различным образом трактуемых в этих протоколах.

Следует отметить, что сложность трансляции зависит не от того, насколько высокому уровню соответствуют транслируемые протоколы, а от того, насколько сильно они различаются. Так, например, весьма сложной представляется трансляция протоколов канального уровня ATM-Ethernet, именно поэтому для их согласования используется не трансляция, а другие подходы.

К частному случаю трансляции протоколов может быть отнесен широко применяемый подход с использованием общего протокола сетевого уровня (IP или IPX). Заголовок сетевого уровня несет информацию, которая, дополняя информацию заголовка канального уровня, позволяет выполнять преобразование протоколов канального уровня. Процедура трансляции в данном случае выполняется маршрутизаторами, причем помимо информации, содержащейся в заголовках транслируемых кадров, то есть в заголовках канального уровня, дополнительно используется информация более высокого уровня, извлекаемая из заголовков сетевого уровня.

Трансляцию протоколов могут выполнять различные устройства - мосты, коммутаторы, маршрутизаторы, программные и аппаратные шлюзы. Часто транслятор протоколов называют шлюзом в широком



смысле, независимо от того, какие протоколы он транслирует. В этом случае подчеркивается тот факт, что трансляция осуществляется выделенным устройством, соединяющим две разнородные сети.

**5.2.3. Мультиплексирование протоколов.** Другим подходом к согласованию коммуникационных протоколов является технология мультиплексирования. Этот подход состоит в установке нескольких дополнительных стеков протоколов на одной из конечных машин, участвующих во взаимодействии. Компьютер с несколькими стеками протоколов использует для взаимодействия с другим компьютером тот стек, который понимает этот компьютер.

Для того чтобы запрос от прикладного процесса был правильно обработан и направлен через соответствующий стек, необходимо наличие специального программного элемента - *мультиплексора протоколов*. Мультиплексор должен уметь определять, к какой сети направляется запрос клиента.

При использовании технологии мультиплексирования структура коммуникационных средств операционной системы может быть и более сложной: мультиплексирование осуществляется не на уровне стеков, а на уровне отдельных протоколов. В общем случае на каждом уровне может быть установлено несколько протоколов, и для каждого уровня может существовать собственный мультиплексор, выполняющий коммутацию между протоколами соседних уровней. Например, рабочая станция может получить доступ к сетям с протоколами NetBIOS, IP, IPX через один сетевой адаптер. Аналогично сервер, поддерживающий прикладные протоколы NCP, SMB и NFS, может без проблем выполнять запросы рабочих станций сетей NetWare, Windows NT и Sun одновременно.

**5.2.4. Сравнительный анализ трансляции и мультиплексирования.** Применение техники трансляции связано со следующими достоинствами:

- Не требуется устанавливать дополнительное программное обеспечение на рабочих станциях.
- Сохраняется привычная среда пользователей и приложений, транслятор полностью прозрачен для них.
- Все проблемы межсетевое взаимодействия локализованы, следовательно упрощается администрирование, поиск неисправностей, обеспечение безопасности.

Недостатки согласования протоколов путем трансляции состоят в том, что:

- Транслятор замедляет работу из-за относительно больших временных затрат на сложную процедуру трансляции, а также из-за ожидания запросов в очередях к единственному элементу, через который проходит весь межсетевой трафик.

- Централизация обслуживания запросов к "чужой" сети снижает надежность. Однако можно предусмотреть резервирование - использовать несколько трансляторов.

- При увеличении числа пользователей и интенсивности обращений к ресурсам другой сети резко снижается производительность - плохая масштабируемость.

Достоинство мультиплексирования по сравнению с трансляцией протоколов заключается в том, что запросы выполняются быстрее, за счет отсутствия очередей к единственному межсетевому устройству и использования более простой, чем трансляция, процедуры переключения на нужный протокол.

Более надежный способ - при отказе стека на одном из компьютеров доступ к ресурсам другой сети возможен посредством протоколов, установленных на других компьютерах.

Недостатки данного подхода:

- Сложнее осуществляется администрирование и контроль доступа;
- Высокая избыточность требует дополнительных ресурсов от рабочих станций, особенно если требуется установить несколько стеков для доступа к нескольким сетям;
- Менее удобен для пользователей по сравнению с транслятором, так как требует навыков работы с транспортными протоколами "чужих" сетей.

**5.2.5. Инкапсуляция протоколов.** *Инкапсуляция* (encapsulation) или *туннелирование* (tunneling) - это еще один метод решения задачи согласования сетей, который, применим только для согласования транспортных протоколов и только при определенных ограничениях. Инкапсуляция может быть использована, когда две сети с одной транспортной технологией необходимо соединить через сеть, использующую другую транспортную технологию. При инкапсуляции промежуточная сеть используется только как транзитная транспортная система.

Метод инкапсуляции заключается в том, что пограничные маршрутизаторы, которые подключают объединяемые сети к транзитной, упаковывают пакеты транспортного протокола объединяемых сетей в пакеты транспортного протокола транзитной сети. В данном случае пакеты NetBIOS упаковываются в пакеты TCP, как если бы пакеты NetBIOS представляли собой сообщения протокола прикладного уровня. Затем пакеты NetBIOS переносятся по сети TCP/IP до другого пограничного маршрутизатора. Второй пограничный маршрутизатор выполняет обратную операцию - он извлекает пакеты NetBIOS из пакетов TCP и отправляет их по сети назначения адресату.

Для реализации метода инкапсуляции пограничные маршрутизаторы должны быть соответствующим образом сконфигурированы. Они

должны знать, во-первых, IP-адреса друг друга, во-вторых - NetBIOS-имена узлов объединяемых сетей. Имея такую информацию, они могут принять решение о том, какие NetBIOS-пакеты нужно переправить через транзитную сеть, какой IP-адрес указать в пакете, передаваемом через транзитную сеть и каким образом доставить NetBIOS-пакет узлу назначения в конечной сети.

Инкапсуляция может быть использована для транспортных протоколов любого уровня. Например, протокол сетевого уровня X.25 может быть инкапсулирован в протокол транспортного уровня TCP, или же протокол сетевого уровня IP может быть инкапсулирован в протокол сетевого уровня X.25. Для согласования сетей на сетевом уровне могут быть использованы многопротокольные и инкапсулирующие маршрутизаторы, а также программные и аппаратные шлюзы.

Обычно инкапсуляция приводит к более простым и быстрым решениям по сравнению с трансляцией, так как решает более частную задачу, не обеспечивая взаимодействия с узлами транзитной сети.

### **5.3. Организация и сопровождение серверов информационных сетей**

**5.3.1. Выбор аппаратно-программной платформы.** Появление в 80-х годах персональных компьютеров (ПК) и локальных сетей ПК самым серьезным образом изменило организацию корпоративных вычислений. Однако и сегодня освоение сетевых вычислений в масштабе предприятия и Internet продолжает оставаться не простой задачей. В отличие от традиционной, хорошо управляемой и безопасной среды вычислений предприятия, построенной на базе универсальной вычислительной машины (мейнфрейм) с подсоединенными к ней терминалами, среда локальных сетей ПК плохо контролируется, плохо управляется и небезопасна. С другой стороны, расширенные средства сетевой организации делают возможным разделение бизнес-информации внутри групп индивидуальных пользователей и между ними, внутри и вне корпорации и облегчают организацию информационных процессов в масштабе предприятия. Чтобы ликвидировать брешь между отдельными локальными сетями ПК и традиционными средствами вычислений, а также для организации распределенных вычислений в масштабе предприятия появилась модель вычислений на базе рабочих групп.

Как правило, термины «серверы рабочих групп» и «сетевые серверы» используются взаимозаменяемо. Сервер рабочей группы может быть сервером, построенным на одном процессоре компании Intel, или суперсервером (с несколькими ЦП), подобным изделиям компаний Compaq, HP, IBM и DEC, работающим под управлением

операционной системы Windows NT. Это может быть также UNIX-сервер начального уровня компаний Sun, HP, IBM и DEC.

По мере постепенного вовлечения локальных сетей в процесс создания корпоративной вычислительной среды, требования к серверам рабочих групп начинают включать в себя требования, предъявляемые к серверам масштаба предприятия. Для этого прежде всего требуется более мощная сетевая операционная система. Таким образом, в настоящее время между поставщиками UNIX-систем, а также систем на базе Windows NT, увеличивается реальная конкуренция.

Серверы приложений для рабочих групп должны поддерживать следующие типы приложений:

- приложения рабочих групп - календарь, расписание, поток работ, управление документами;
- средства организации совместных работ - Lotus notes, электронные конференции;
- прикладные сервисы для приложений клиент/сервер;
- коммуникационные серверы (удаленный доступ и маршрутизация);
- internet;
- доступ к распределенной информации/данным.
- традиционные сервисы локальных сетей - разделение файлов/принтеров;
- управление системой, дистанционное управление;
- электронная почта.

Основу современных информационных систем предприятий и организаций составляют корпоративные серверы различного функционального назначения, построенные на базе операционной системы Unix. Архитектура этих систем варьируется в широких пределах в зависимости от масштаба решаемых задач и размеров предприятия. Двумя основными проблемами построения вычислительных систем для критически важных приложений, связанных с обработкой транзакций, управлением базами данных и обслуживанием телекоммуникаций, являются обеспечение высокой производительности и продолжительного функционирования систем. Наиболее эффективный способ достижения заданного уровня производительности - применение параллельных масштабируемых архитектур. Задача обеспечения продолжительного функционирования системы имеет три составляющих: надежность, готовность и удобство обслуживания. Все эти три составляющих предполагают, в первую очередь, борьбу с неисправностями системы, порождаемыми отказами и сбоями в ее работе. Эта борьба ведется по всем трем направлениям, которые взаимосвязаны и применяются совместно.

Повышение надежности основано на принципе предотвращения неисправностей путем снижения интенсивности отказов и сбоев за счет

применения электронных схем и компонентов с высокой и сверхвысокой степенью интеграции, снижения уровня помех, облегченных режимов работы схем, обеспечение тепловых режимов их работы, а также за счет совершенствования методов сборки аппаратуры. Повышение уровня готовности предполагает подавление в определенных пределах влияния отказов и сбоев на работу системы с помощью средств контроля и коррекции ошибок, а также средств автоматического восстановления вычислительного процесса после проявления неисправности, включая аппаратную и программную избыточность, на основе которой реализуются различные варианты отказоустойчивых архитектур. Повышение готовности есть способ борьбы за снижение времени простоя системы. Основные эксплуатационные характеристики системы существенно зависят от удобства ее обслуживания, в частности от ремонтпригодности, контролепригодности и т.д.

В последние годы в литературе по вычислительной технике все чаще употребляется термин "системы высокой готовности" (High Availability Systems). Все типы систем высокой готовности имеют общую цель - минимизацию времени простоя. Имеется два типа времени простоя компьютера: плановое и неплановое. Минимизация каждого из них требует различной стратегии и технологии. Плановое время простоя обычно включает время, принятое руководством для проведения работ по модернизации системы и для ее обслуживания. Неплановое время простоя является результатом отказа системы или компонента. Хотя системы высокой готовности возможно больше ассоциируются с минимизацией неплановых простоев, они оказываются также полезными для уменьшения планового времени простоя.

Существует несколько типов систем высокой готовности, отличающиеся своими функциональными возможностями и стоимостью. Следует отметить, что высокая готовность не дается бесплатно. Стоимость систем высокой готовности на много превышает стоимость обычных систем. Вероятно поэтому наибольшее распространение в мире получили кластерные системы благодаря тому, что они обеспечивают достаточно высокий уровень готовности систем при относительно низких затратах. Термин "кластеризация" на сегодня в компьютерной промышленности имеет много различных значений. Строгое определение могло бы звучать так: "реализация объединения машин, представляющегося единым целым для операционной системы, системного программного обеспечения, прикладных программ и пользователей". Машины, кластеризованные вместе таким способом могут при отказе одного процессора очень быстро перераспределить работу на другие процессоры внутри кластера. Это, возможно, наиболее важная задача многих поставщиков систем высокой готовности.

Первой концепцию кластерной системы анонсировала компания DEC, определив ее как группу объединенных между собой вычислительных машин, представляющих собой единый узел обработки информации. По существу VAX-кластер представляет собой слабосвязанную многомашинную систему с общей внешней памятью, обеспечивающую единый механизм управления и администрирования. В настоящее время на смену VAX-кластерам приходят UNIX-кластеры. При этом VAX-кластеры предлагают проверенный набор решений, который устанавливает критерии для оценки подобных систем.

VAX-кластер обладает следующими свойствами:

**Разделение ресурсов.** Компьютеры VAX в кластере могут разделять доступ к общим ленточным и дисковым накопителям. Все компьютеры VAX в кластере могут обращаться к отдельным файлам данных как к локальным.

**Высокая готовность.** Если происходит отказ одного из VAX-компьютеров, задания его пользователей автоматически могут быть перенесены на другой компьютер кластера. Если в системе имеется несколько контроллеров внешних накопителей и один из них отказывает, другие контроллеры автоматически подхватывают его работу.

**Высокая пропускная способность.** Ряд прикладных систем могут пользоваться возможностью параллельного выполнения заданий на нескольких компьютерах кластера.

**Удобство обслуживания системы.** Общие базы данных могут обслуживаться с единственного места. Прикладные программы могут устанавливаться только однажды на общих дисках кластера и разделяться между всеми компьютерами кластера.

**Расширяемость.** Увеличение вычислительной мощности кластера достигается подключением к нему дополнительных VAX-компьютеров. Дополнительные накопители на магнитных дисках и магнитных лентах становятся доступными для всех компьютеров, входящих в кластер.

Работа любой кластерной системы определяется двумя главными компонентами: высокоскоростным механизмом связи процессоров между собой и системным программным обеспечением, которое обеспечивает клиентам прозрачный доступ к системному сервису.

В настоящее время широкое распространение получила также технология параллельных баз данных. Эта технология позволяет множеству процессоров разделять доступ к единственной базе данных. Распределение заданий по множеству процессорных ресурсов и параллельное их выполнение позволяет достичь более высокого уровня пропускной способности транзакций, поддерживать большее число одновременно работающих пользователей и ускорить выполнение

сложных запросов. Существуют три различных типа архитектуры, которые поддерживают параллельные базы данных:

- Симметричная многопроцессорная архитектура с общей памятью (Shared Memory SMP Architecture). Эта архитектура поддерживает единую базу данных, работающую на многопроцессорном сервере под управлением одной операционной системы. Увеличение производительности таких систем обеспечивается наращиванием числа процессоров, устройств оперативной и внешней памяти.

- Архитектура с общими (разделяемыми) дисками (Shared Disk Architecture). Это типичный случай построения кластерной системы. Эта архитектура поддерживает единую базу данных при работе с несколькими компьютерами, объединенными в кластер (обычно такие компьютеры называются узлами кластера), каждый из которых работает под управлением своей копии операционной системы. В таких системах все узлы разделяют доступ к общим дискам, на которых собственно и располагается единая база данных. Производительность таких систем может увеличиваться как путем наращивания числа процессоров и объемов оперативной памяти в каждом узле кластера, так и посредством увеличения количества самих узлов.

- Архитектура без разделения ресурсов (Shared Nothing Architecture). Как и в архитектуре с общими дисками, в этой архитектуре поддерживается единый образ базы данных при работе с несколькими компьютерами, работающими под управлением своих копий операционной системы. Однако в этой архитектуре каждый узел системы имеет собственную оперативную память и собственные диски, которые не разделяются между отдельными узлами системы. Практически в таких системах разделяется только общий коммуникационный канал между узлами системы. Производительность таких систем может увеличиваться путем добавления процессоров, объемов оперативной и внешней (дисковой) памяти в каждом узле, а также путем наращивания количества таких узлов.

Таким образом, среда для работы параллельной базы данных обладает двумя важными свойствами: высокой готовностью и высокой производительностью. В случае кластерной организации несколько компьютеров или узлов кластера работают с единой базой данных. В случае отказа одного из таких узлов, оставшиеся узлы могут взять на себя задания, выполнявшиеся на отказавшем узле, не останавливая общий процесс работы с базой данных. Поскольку логически в каждом узле системы имеется образ базы данных, доступ к базе данных будет обеспечиваться до тех пор, пока в системе имеется по крайней мере один исправный узел. Производительность системы легко масштабируется, т.е. добавление дополнительных процессоров, объемов оперативной и дисковой памяти и новых узлов в систему может

выполняться в любое время, когда это действительно требуется. Параллельные базы данных находят широкое применение в системах обработки транзакций в режиме on-line, системах поддержки принятия решений и часто используются при работе с критически важными для работы предприятий и организаций приложениями, которые эксплуатируются по 24 часа в сутки.

**5.3.2. Оценка конфигурации системы.** Выбор аппаратной платформы и конфигурации системы представляет собой чрезвычайно сложную задачу. Это связано, в частности, с характером прикладных систем, который в значительной степени может определять рабочую нагрузку вычислительного комплекса в целом. Однако часто оказывается просто трудно с достаточной точностью предсказать саму нагрузку, особенно в случае, если система должна обслуживать несколько групп разнородных по своим потребностям пользователей. Например, иногда даже бессмысленно говорить, что для каждого N пользователей необходимо в конфигурации сервера иметь один процессор, поскольку для некоторых прикладных систем, в частности, для систем из области механических и электронных САПР, может потребоваться 2-4 процессора для обеспечения запросов одного пользователя. С другой стороны, даже одного процессора может вполне хватить для поддержки 15-40 пользователей, работающих с прикладным пакетом Oracle\*Financial. Другие прикладные системы могут оказаться еще менее требовательными. Но следует помнить, что даже если рабочую нагрузку удастся описать с достаточной точностью, обычно скорее можно только выяснить, какая конфигурация не справится с данной нагрузкой, чем с уверенностью сказать, что данная конфигурация системы будет обрабатывать заданную нагрузку, если только отсутствует определенный опыт работы с приложением.

Обычно рабочая нагрузка существенно определяется "типом использования" системы. Например, можно выделить серверы NFS, серверы управления базами данных и системы, работающие в режиме разделения времени. Эти категории систем перечислены в порядке увеличения их сложности. Как правило серверы СУБД значительно более сложны, чем серверы NFS, а серверы разделения времени, особенно обслуживающие различные категории пользователей, являются наиболее сложными для оценки. К счастью, существует ряд упрощающих факторов.

Во-первых, как правило, нагрузка на систему в среднем сглаживается, особенно при наличии большого коллектива пользователей (хотя почти всегда имеют место предсказуемые пики). Например, известно, что нагрузка на систему достигает пиковых значений через 1-1.5 часа после начала рабочего дня или окончания обеденного перерыва и резко падает во время обеденного перерыва. С



большой вероятностью нагрузка будет нарастать к концу месяца, квартала или года.

Во-вторых, универсальный характер большинства наиболее сложных для оценки систем - систем разделения времени, предполагает и большое разнообразие, выполняемых на них приложений, которые в свою очередь как правило стараются загрузить различные части системы. Далеко не все приложения интенсивно используют процессорные ресурсы, и не все из них связаны с интенсивным вводом/выводом. Поэтому смесь таких приложений на одной системе может обеспечить достаточно равномерную загрузку всех ресурсов. Естественной неправильно подобранная смесь может дать совсем противоположенный эффект.

Все, кто сталкивается с задачей выбора конфигурации системы, должны начинать с определения ответов на два главных вопроса: какой сервис должен обеспечиваться системой и какой уровень сервиса может обеспечить данная конфигурация. Имея набор целевых показателей производительности конечного пользователя и стоимостных ограничений, необходимо спрогнозировать возможности определенного набора компонентов, которые включаются в конфигурацию системы. Любой, кто попробовал это сделать, знает, что подобная оценка сложна и связана с неточностью. Почему оценка конфигурации системы так сложна? Некоторое из причин перечислены ниже:

Подобная оценка прогнозирует будущее: предполагаемую комбинацию устройств, будущее использование программного обеспечения, будущих пользователей.

Сами конфигурации аппаратных и программных средств сложны, связаны с определением множества разнородных по своей сути компонентов системы, в результате чего сложность быстро увеличивается. Несколько лет назад существовала только одна вычислительная парадигма – мейнфрейм с терминалами. В настоящее время по выбору пользователя могут использоваться несколько вычислительных парадигм с широким разнообразием возможных конфигураций системы для каждой из них. Каждое новое поколение аппаратных и программных средств обеспечивает настолько больше возможностей, чем их предшественники, что относительно новые представления об их работе постоянно разрушаются.

Скорость технологических усовершенствований во всех направлениях разработки компьютерной техники (аппаратных средствах, функциональной организации систем, операционных системах, ПО СУБД, ПО "среднего" слоя (middleware) уже очень высокая и постоянно растет. Ко времени, когда какое-либо изделие широко используется и хорошо изучено, оно часто рассматривается уже как устаревшее.

Доступная потребителю информация о самих системах, операционных системах, программном обеспечении инфраструктуры (СУБД и мониторы обработки транзакций) как правило носит очень общий характер. Структура аппаратных средств, на базе которых работают программные системы, стала настолько сложной, что эксперты в одной области редко являются таковыми в другой.

Информация о реальном использовании систем редко является точной. Более того, пользователи всегда находят новые способы использования вычислительных систем как только становятся доступными новые возможности.

При стольких неопределенностях просто удивительно, что многие конфигурации систем работают достаточно хорошо. Оценка конфигурации все еще остается некоторым видом искусства, но к ней можно подойти с научных позиций. Намного проще решить, что определенная конфигурация не сможет обрабатывать определенные виды нагрузки, чем определить с уверенностью, что нагрузка может обрабатываться внутри определенных ограничений производительности. Более того, реальное использование систем показывает, что имеет место тенденция заполнения всех доступных ресурсов. Как следствие, системы, даже имеющие некоторые избыточные ресурсы, со временем не будут воспринимать дополнительную нагрузку.

Для выполнения анализа конфигурации система (под которой понимается весь комплекс компьютеров, периферийных устройств, сетей и программного обеспечения) должна рассматриваться как ряд соединенных друг с другом компонентов. Например, сети состоят из клиентов, серверов и сетевой инфраструктуры. Сетевая инфраструктура включает среду (часто нескольких типов) вместе с мостами, маршрутизаторами и системой сетевого управления, поддерживающей ее работу. В состав клиентских систем и серверов входят центральные процессоры, иерархия памяти, шин, периферийных устройств и ПО. Ограничения производительности некоторой конфигурации по любому направлению (например, в части организации дискового ввода/вывода) обычно могут быть предсказаны исходя из анализа наиболее слабых компонентов.

Поскольку современные комплексы почти всегда включают несколько работающих совместно систем, точная оценка полной конфигурации требует ее рассмотрения как на макроскопическом уровне (уровне сети), так и на микроскопическом уровне (уровне компонент или подсистем).

Эта же методология может быть использована для настройки системы после ее инсталляции: настройка системы и сети выполняются как правило после предварительной оценки и анализа узких мест. Более

точно, настройка конфигурации представляет собой процесс определения наиболее слабых компонентов в системе и устранения этих узких мест.

Следует отметить, что выбор той или иной аппаратной платформы и конфигурации определяется и рядом общих требований, которые предъявляются к характеристикам современных вычислительных систем. К ним относятся:

- отношение стоимость/производительность;
- надежность и отказоустойчивость;
- масштабируемость;
- совместимость и мобильность программного обеспечения.

*Отношение стоимость/производительность.* Появление любого нового направления в вычислительной технике определяется требованиями компьютерного рынка. Поэтому у разработчиков компьютеров нет одной единственной цели. Большая универсальная вычислительная машина (мейнфрейм) или суперкомпьютер стоят дорого. Для достижения поставленных целей при проектировании высокопроизводительных конструкций приходится игнорировать стоимостные характеристики. Суперкомпьютеры фирмы Cray Research и высокопроизводительные мейнфреймы компании IBM относятся именно к этой категории компьютеров. Другим крайним примером может служить низкостоимостная конструкция, где производительность принесена в жертву для достижения низкой стоимости. К этому направлению относятся персональные компьютеры различных клонов IBM PC. Между этими двумя крайними направлениями находятся конструкции, основанные на отношении стоимость/производительность, в которых разработчики находят баланс между стоимостными параметрами и производительностью. Типичными примерами такого рода компьютеров являются миникомпьютеры и рабочие станции.

Для сравнения различных компьютеров между собой обычно используются стандартные методики измерения производительности. Эти методики позволяют разработчикам и пользователям использовать полученные в результате испытаний количественные показатели для оценки тех или иных технических решений, и в конце концов именно производительность и стоимость дают пользователю рациональную основу для решения вопроса, какой компьютер выбрать.

*Надежность и отказоустойчивость.* Важнейшей характеристикой вычислительных систем является надежность. Как уже было отмечено, повышение надежности основано на принципе предотвращения неисправностей путем снижения интенсивности отказов и сбоев за счет применения электронных схем и компонентов с высокой и сверхвысокой степенью интеграции, снижения уровня помех,

облегченных режимов работы схем, обеспечение тепловых режимов их работы, а также за счет совершенствования методов сборки аппаратуры.

Отказоустойчивость - это такое свойство вычислительной системы, которое обеспечивает ей, как логической машине, возможность продолжения действий, заданных программой, после возникновения неисправностей. Введение отказоустойчивости требует избыточного аппаратного и программного обеспечения. Направления, связанные с предотвращением неисправностей и с отказоустойчивостью, - основные в проблеме надежности. Концепции параллельности и отказоустойчивости вычислительных систем естественным образом связаны между собой, поскольку в обоих случаях требуются дополнительные функциональные компоненты. Поэтому, собственно, на параллельных вычислительных системах достигается как наиболее высокая производительность, так и, во многих случаях, очень высокая надежность. Имеющиеся ресурсы избыточности в параллельных системах могут гибко использоваться как для повышения производительности, так и для повышения надежности. Структура многопроцессорных и многомашинных систем приспособлена к автоматической реконфигурации и обеспечивает возможность продолжения работы системы после возникновения неисправностей.

Следует помнить, что понятие надежности включает не только аппаратные средства, но и программное обеспечение. Главной целью повышения надежности систем является целостность хранимых в них данных.

*Масштабируемость.* Масштабируемость представляет собой возможность наращивания числа и мощности процессоров, объемов оперативной и внешней памяти и других ресурсов вычислительной системы. Масштабируемость должна обеспечиваться архитектурой и конструкцией компьютера, а также соответствующими средствами программного обеспечения.

Добавление каждого нового процессора в действительно масштабируемой системе должно давать прогнозируемое увеличение производительности и пропускной способности при приемлемых затратах. Одной из основных задач при построении масштабируемых систем является минимизация стоимости расширения компьютера и упрощение планирования. В идеале добавление процессоров к системе должно приводить к линейному росту ее производительности. Однако это не всегда так. Потери производительности могут возникать, например, при недостаточной пропускной способности шин из-за возрастания трафика между процессорами и основной памятью, а также между памятью и устройствами ввода/вывода. В действительности реальное увеличение производительности трудно оценить заранее,

поскольку оно в значительной степени зависит от динамики поведения прикладных задач.

Возможность масштабирования системы определяется не только архитектурой аппаратных средств, но зависит от заложенных свойств программного обеспечения. Масштабируемость программного обеспечения затрагивает все его уровни от простых механизмов передачи сообщений до работы с такими сложными объектами как, мониторы транзакций и вся среда прикладной системы. В частности, программное обеспечение должно минимизировать трафик межпроцессорного обмена, который может препятствовать линейному росту производительности системы. Аппаратные средства (процессоры, шины и устройства ввода/вывода) являются только частью масштабируемой архитектуры, на которой программное обеспечение может обеспечить предсказуемый рост производительности. Важно понимать, что простой переход, например, на более мощный процессор может привести к перегрузке других компонентов системы. Это означает, что действительно масштабируемая система должна быть сбалансирована по всем параметрам.

*Совместимость и мобильность программного обеспечения.* Концепция программной совместимости впервые была применена разработчиками системы IBM/360. Основная задача при проектировании этой системы заключалась в создании такой архитектуры, которая была бы одинаковой с точки зрения пользователя для всех моделей системы независимо от цены и производительности каждой из них. Следует заметить однако, что со временем даже самая передовая архитектура неизбежно устаревает и возникает потребность внесения радикальных изменений архитектуру и способы организации вычислительных систем.

В настоящее время одним из наиболее важных факторов, определяющих современные тенденции в развитии информационных технологий, является ориентация компаний-поставщиков компьютерного оборудования на рынок прикладных программных средств. Это объясняется прежде всего тем, что для конечного пользователя в конце концов важно программное обеспечение, позволяющее решить его задачи, а не выбор той или иной аппаратной платформы. Переход от однородных сетей программно совместимых компьютеров к построению неоднородных сетей, включающих компьютеры разных фирм-производителей, в корне изменил и точку зрения на саму сеть: из сравнительно простого средства обмена информацией она превратилась в средство интеграции отдельных ресурсов - мощную распределенную вычислительную систему, каждый элемент которой (сервер или рабочая станция) лучше всего соответствует требованиям конкретной прикладной задачи.

Этот переход выдвинул ряд новых требований. Прежде всего такая вычислительная среда должна позволять гибко менять количество и состав аппаратных средств и программного обеспечения в соответствии с меняющимися требованиями решаемых задач. Во-вторых, она должна обеспечивать возможность запуска одних и тех же программных систем на различных аппаратных платформах, т.е. обеспечивать мобильность программного обеспечения. В третьих, эта среда должна гарантировать возможность применения одних и тех же человеко-машинных интерфейсов на всех компьютерах, входящих в неоднородную сеть. В условиях жесткой конкуренции производителей аппаратных платформ и программного обеспечения сформировалась концепция открытых систем, представляющая собой совокупность стандартов на различные компоненты вычислительной среды, предназначенных для обеспечения мобильности программных средств в рамках неоднородной, распределенной вычислительной системы.

Одним из вариантов моделей открытой среды является модель OSE (Open System Environment), предложенная комитетом IEEE POSIX. На основе этой модели национальный институт стандартов и технологии США выпустил документ "Application Portability Profile (APP). The U.S. Government's Open System Environment Profile OSE/1 Version 2.0", который определяет рекомендуемые для федеральных учреждений США спецификации в области информационных технологий, обеспечивающие мобильность системного и прикладного программного обеспечения. Все ведущие производители компьютеров и программного обеспечения в США в настоящее время придерживаются требований этого документа.

#### **5.4. Доступ к базам данных информационных сетей**

**5.4.1. Сетевая подсистема ввода/вывода.** Обычно СУБД работает в режиме клиент/сервер. В этом случае сеть или сети, соединяющие клиентов с сервером должны быть адекватно оборудованы. Большинство клиентов работают с вполне определенными фрагментами данных: индивидуальными счетами, единицами хранящихся на складе изделий, историей индивидуальных счетов и т.п. При этих обстоятельствах скорость сети, соединяющей клиентов и серверы редко оказывается проблемой. Отдельной сети Ethernet или Token Ring обычно достаточно для обслуживания 100-200 клиентов. На одном из тестов Sun конфигурация клиент/сервер, поддерживающая более 250 пользователей Oracle\*Financial, генерировала трафик примерно 200 Кбайт/с между фронтальной системой и сервером базы данных. По очевидным причинам стоит более плотно наблюдать за загрузкой сети, особенно когда число клиентов превышает примерно 20 на один сегмент Ethernet.

Сети Token Ring могут поддерживать несколько большую нагрузку, чем сети Ethernet, благодаря своим превосходным характеристикам по устойчивости к деградации под нагрузкой.

Даже если с пропускной способностью сети не возникает никаких вопросов, проблемы задержки часто приводят к тому, что более удобной и полезной оказывается установка отдельной, выделенной сети между фронтальной системой и сервером СУБД. В существующих в настоящее время конфигурациях серверов почти всегда используется большое количество главных адаптеров шины SCSI; поскольку как правило эти адаптеры спарены с портами Ethernet, обеспечение выделенного канала Ethernet между клиентом и сервером выполняется простым их подключением к дешевому хабу с помощью кабельных витых пар. Стоимость 4-портового хаба не превышает \$250, поэтому причины, по которым не стоило бы обеспечить такое выделенное соединение, практически отсутствуют.

**5.4.2. Доступ к большим объектам данных.** В ряде случаев возможностей сетей Ethernet или Token Ring может оказаться недостаточно. Чаще всего это случается, когда данные хранятся в базе в виде очень больших массивов. Например, в медицинских базах данных часто хранятся образы рентгеновских снимков, поскольку они могут быть легко объединены с другими данными истории болезни пациента; эти образы рентгеновских снимков часто бывают размером в 3-5 Мбайт. Другими примерами приложений с интенсивным использованием данных являются системы хранения/выборки документов, САПР в области механики и системы мультимедиа. В этих случаях наиболее подходящей сетевой средой является FDDI, хотя в сравнительно ближайшем будущем она может быть заменена на ATM или 100 Мбит Ethernet.

Для систем, требующих большей пропускной способности сети, чем обеспечивают Ethernet или Token Ring, по существу до конца 1994 года FDDI была единственным выбором. Хотя концентраторы FDDI имеют значительно большую стоимость по сравнению с хабами Ethernet, установка выделенной сети между фронтальной системой и сервером СУБД оказывается достаточно простой и недорогой. Как определено в стандарте FDDI, минимальная сеть FDDI состоит только из двух систем, соединенных между собой с помощью единственного кабеля.

**5.4.3. Конфигурация клиент/сервер.** В последнее время резко увеличилось число приложений, в которых фронтальные системы и серверы СУБД могут или должны размещаться в географически разнесенных местах. Такие системы должны соединяться между собой с помощью глобальных сетей.

Обычно средой передачи данных для таких сетей являются арендованные линии с синхронными последовательными интерфейсами.

Эти линии обычно работают со скоростями 56-64 Кбит/с, 1.5-2.0 Мбит/с и 45 Мбит/с. Хотя скорость передачи данных в такой среде значительно ниже, чем обычные скорости локальных сетей, подобных Ethernet, природа последовательных линий такова, что они могут поддерживать очень высокий уровень загрузки. Линия T1 предлагает пропускную способность 1.544 Мб/с (2.048 Мбит/с за пределами США). По сравнению с 3.5 Мбит/с, обеспечиваемых Ethernet в обычном окружении, линия T1 предлагает пропускную способность, которая количественно практически не отличается от Ethernet. Неполные линии T3 часто доступны со скоростями 10-20 Мбит/с, очевидно соперничая с сетями Ethernet и Token Ring. В ряде случаев можно найти приложения, которые могут работать успешно в конфигурации клиент/сервер даже через сеть со скоростью 56 Кбит/с.

Для традиционных бизнес-приложений трафик конфигурации клиент/сервер обычно содержит сравнительно низкий объем данных, пересылаемых между фронтальной системой и сервером СУБД, и для них более низкая пропускная способность сети может оказаться достаточной. В большинстве случаев задержка сети не является большой проблемой, однако если глобальная сеть имеет особенно большую протяженность, или если сама среда передачи данных имеет очень большую задержку (например, спутниковые каналы связи), приложение должно быть протестировано для определения его чувствительности к задержкам пакетов.

Для сокращения трафика клиент/сервер до абсолютного минимума могут использоваться мониторы обработки транзакций.

**5.4.4. Конфигурирование сетевого ввода/вывода.** Для конфигураций клиент/сервер, где клиенты работают на удаленных ПК или рабочих станциях, следует конфигурировать по 20-50 клиентов на одну сеть Ethernet. Количество клиентов в одной сети 16 Мбит/с Token Ring может достигать 100 благодаря прекрасной устойчивости к деградации под нагрузкой.

Если фронтальная система обслуживает большое количество клиентов, то между фронтальной системой и сервером СУБД следует предусмотреть специальную выделенную сеть. При этом если приходится манипулировать очень большими объектами данных (более 500 Кбайт на объект), то вместо сетей Ethernet или Token Ring следует применять FDDI.

Фронтальная система и сервер СУБД могут объединяться с помощью глобальных сетей, обеспечивающих "достаточную" полосу пропускания. В идеале это предполагает по крайней мере использование неполной линии T1. Такие приложения должны быть относительно малочувствительны к задержке сети.



При конфигурировании систем клиент/сервер с использованием глобальных сетей следует исследовать возможность применения мониторов обработки транзакций для снижения трафика клиент/сервер до минимума.

В частных сетях обычно нет никаких проблем с использованием терминальных серверов, если только сами разделяемые сети не загружены тяжело для других целей.

#### **PrestoServe/NVSIMM**

По определению семантики оператора SQL COMMIT\_WORK любая СУБД должна гарантировать, что все обновления базы данных должны направляться и фиксироваться в стабильной памяти (т.е. любой памяти, которая обеспечивает устойчивое хранение данных даже в условиях сбоев системы или отказов питания). Чтобы СУБД могла дать такую гарантию, она должна выдавать для выполнения по крайней мере некоторые из своих операций записи синхронно. Во время выполнения таких записей операционная система блокируется и не возвращает управление вызвавшей программе до тех пор, пока данные не будут зафиксированы в стабильной памяти. Хотя эта стратегия очень надежна, вместе с тем она приводит к существенному замедлению операций, поскольку при выполнении синхронных записей обязательно требуется, чтобы данные были записаны непосредственно на дорожку диска. Синхронная запись на "чистый" диск занимает примерно 20 мс, а синхронная запись в файловую систему может занять в несколько раз больше времени (если должны быть выполнены обновления в косвенные блоки или блоки с двойной косвенностью).

Обычно СУБД осуществляют синхронную запись только в свои журналы - в случае отказа системы сама база данных может быть реконструирована из синхронно записанного журнала. Иногда система в целом становится узким местом в процессе заполнения журнала. Обычно это случается в среде тяжелой обработки транзакций, которая выполняет многочисленные обновления базы данных (приложения, выполняющие только чтение базы данных, подобные системам поддержки принятия решений, осуществляют немного записей в журнал). Этот эффект еще более усиливается при использовании для журнальных дисков зеркальных пар. В этих случаях для ускорения процесса журнализации часто полезно использовать PrestoServe или NVSIMM. Фиксация записей в немеханических NVRAM, устанавливаемых на PrestoServe или в NVSIMM может существенно расширить узкое горло в некоторых системах.

Если приложение связано с ведением журнала или если приложение жестко ориентировано на проведение обновлений, следует включить в конфигурацию системы NVSIMM или PrestoServe.

Для гарантии от потери данных следует размещать журналы СУБД на зеркальных дисковых парах.

**5.4.5. Обеспечение резервного копирования.** Поскольку обычно базы данных бывают очень большими, и в них хранится исключительно важная информация, правильная организация резервного копирования данных является очень важным вопросом.

Объем вовлеченных в этот процесс данных обычно огромен, особенно по отношению к размеру и обычной скорости устройств резервного копирования. Просто непрактично осуществлять дампы базы данных объемом 20 Гбайт на 4 мм магнитную ленту, работающую со скоростью 500 Кбайт/с: это займет примерно 12 часов. В этой цифре не учтены даже такие важные для работы системы соображения, как обеспечение согласованного состояния базы данных и готовность системы.

Составить расписание для резервного копирования системы, которая используется главным образом в течение нормального рабочего времени, обычно сравнительно просто. Для выполнения процедур резервного копирования после завершения рабочего дня часто используются скрипты. В некоторых организациях эти процедуры выполняются автоматически даже без привлечения обслуживающего персонала, в других в неурочное время используют операторов. Для выполнения автоматического резервного копирования без привлечения обслуживающего персонала требуется возможность его проведения в рабочем режиме (режиме online).

Если система должна находиться в рабочем режиме 24 часа в сутки, или если время, необходимое для выполнения резервного копирования превышает размер доступного окна (временного интервала), то планирование операций резервного копирования и конфигурирование соответствующих средств значительно усложняются.

#### ***Резервное копирование в режиме online***

В некоторых случаях необходимо выполнять "резервное копирование в режиме online", т.е. выполнять резервное копирование в то время, когда база данных находится в активном состоянии с подключенными и работающими пользователями.

При выполнении резервного копирования базы данных предполагается, что она находится в согласованном состоянии, т.е. все зафиксированные обновления базы данных не только занесены в журнал, но и записаны также в таблицы базы данных. При реализации резервного копирования в режиме online возникает проблема: чтобы резервные копии оказались согласованными, после того как достигнута точка согласованного состояния базы данных и начинается резервное копирование, все обновления базы данных должны выполняться без обновления таблиц самой базы до тех пор, пока не завершится ее полное

копирование. Большинство основных СУБД обеспечивают возможность резервного копирования в режиме online.

***Использование зеркалирования дисков для облегчения резервного копирования***

Простым, но эффективным способом сокращения времени резервного копирования является выполнение копирования на отдельный зеркальный диск. ПО Online.DiskSuite предлагает зеркалирование с очень небольшими накладными системными расходами.

Если зеркальная копия сделана непосредственно после контрольной точки или после того, как база данных выключена, она действительно становится онлайн-дискетой резервной копией, которая сама может быть скопирована в любое удобное время. Можно даже выполнить рестарт базы данных, чтобы продолжить нормальную обработку, хотя с меньшей избыточностью.

Если доступно достаточное количество дисковых накопителей, то может быть использован и второй набор зеркальных дисков, что позволяет сохранить полное зеркалирование даже, когда один набор зеркальных дисков отключается (во время нормальных операций диски будут зеркалироваться по трем направлениям). В этом случае резервное копирование в режиме online может продолжаться после копирования на ленту, что обеспечивает в случае необходимости очень быстрое восстановление.

Этот дополнительный набор зеркальных дисков мог бы быть заново подключен перед следующей контрольной точкой, обеспечив достаточное время (примерно 30 минут), которое позволит этому набору зеркальных дисков синхронизоваться с зеркальными дисками, работавшими в режиме online.

***Частота резервного копирования***

Большинство пользователей выполняют полное резервное копирование ежедневно. Полагая, что резервное копирование выполняется на тот случай, когда понадобится восстановление, важно рассмотреть составляющие времени восстановления. Оно включает время перезаписи (обычно с ленты) и время, которое требуется для того, чтобы выполнить изменения, внесенные в базу данных с момента резервного копирования. Учитывая необходимость средств такой "прокрутки" вперед, очень важно зеркалировать журналы и журналы архивов, которые и делают этот процесс возможным.

В рабочей среде, где большое количество транзакций выполняют записи в базу данных, время, требуемое для выполнения "прокрутки" вперед от последней контрольной точки может существенно увеличить общее время восстановления. Это соображение само по себе может определить частоту резервного копирования.

***Утилиты резервного копирования***

При использовании "чистых" дисковых разделов, выбор прост: в действительности единственными командами UNIX, работающими с "чистыми" разделами, являются `dd` и `compress`. При хранении таблиц СУБД в файловых системах UFS можно выбрать, например, команды `tar`, `cpio` и `usfdump`. Большинство пользователей предпочитают `usfdump(1)` (`dump(1)` для Solaris 1.X), или ее эквивалент в Online Backup (`hsmdump` для Solaris 2.X). Большинство СУБД имеют утилиты для выделения из базы данных "чистых" данных и их копирования на внешний носитель, но эти операции обычно выполняются намного медленнее, чем простое копирование "чистых" разделов диска.

***Отслеживание и проверка резервных копий***

Резервные копии очень важны. Выполнение процедур резервного копирования должно соответствующим образом отслеживаться, чтобы гарантировать, что они завершились успешно. Также важно документировать и тестировать процедуры восстановления. Момент аварии не слишком удачное время для обнаружения того, что в стратегии резервного копирования пропущены некоторые ключевые элементы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологии Интранет и Интернет продолжают развиваться. Разрабатываются новые протоколы; пересматриваются старые. NSF значительно усложнила систему, введя свою магистральную сеть, несколько региональных сетей и сотни университетских сетей.

Другие группы также продолжают присоединяться к Интернету. Самое значительное изменение произошло не из-за присоединения дополнительных сетей, а из-за дополнительного трафика. Физики, химики, и астрономы работают и обмениваются объемами данных гораздо большими, чем исследователи в компьютерных науках, составляющие большую часть пользователей трафика раннего Интернета. Эти новые ученые привели к значительному увеличению загрузки Интернета, когда они начали использовать его, и загрузка постоянно увеличивалась по мере того, как они все активнее использовали его.

Чтобы приспособиться к росту трафика, пропускная способность магистральной сети NSFNET была увеличена вдвое, приведя к тому, что текущая пропускная способность приблизительно в 28 раз больше, чем первоначальная; планируется еще одно увеличение, чтобы довести этот коэффициент до 30.

На настоящий момент трудно предсказать, когда исчезнет необходимость дополнительного повышения пропускной способности.

Рост потребностей в сетевом обмене не был неожиданным. Компьютерная индустрия получила большое удовольствие от постоянных требований на увеличение вычислительной мощности и большего объема памяти для данных в течение долгих лет. Пользователи только начали понимать, как использовать сети. В будущем мы можем ожидать постоянное увеличение потребностей во взаимодействии. Поэтому потребуются технологии взаимодействия с большей пропускной способностью, чтобы приспособиться к этому росту.

Расширение Интернета заключается в сложности, возникшей из-за того, что несколько автономных групп являются частями объединенного Интернета. Исходные проекты для многих подсистем предполагали централизованное управление. Потребовалось много усилий, чтобы доработать эти проекты для работы при децентрализованном управлении.

Итак, для дальнейшего развития информационных сетей потребуются более высокоскоростные коммуникационные технологии.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Семенов Ю.А. Протоколы и ресурсы Internet. М.: Радио и связь, 1996.
2. Лазарев В.Г. Интеллектуальные цифровые сети: Справочник/Под ред. академика Н.А. Кузнецова. – М.: Финансы и статистика, 1996.
3. Финаев В.И. Информационные обмены в сложных системах: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001.



Пушнин Алексей Валерьевич  
Янушко Валерий Владимирович

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СЕТИ И  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**  
**Учебное пособие**

Ответственный за выпуск Пушнин А.В.  
Редактор Селезнева Н.И.  
Корректор Чиканенко Л.В., Надточный З.И.

ЛП №020565 от 23.06.1997г.

Офсетная печать

Заказ №

Усл. п.л. – 7,3

Подписано к печати

Уч.-изд.л. – 7,1

Тираж 500 экз.

“С”

---

Издательство Таганрогского государственного  
радиотехнического университета  
ГСП 17А, Таганрог, 28, Некрасовский, 44  
Типография Таганрогского государственного  
радиотехнического университета  
ГСП 17А, Таганрог, 28, Энгельса, 1