

Конспект лекций  
по дисциплине  
«Проектирование и исследование компьютерных систем и сетей»  
  
(для студентов заочной формы обучения  
специальности «Компьютерная инженерия»)

Составитель                      Олег Владимирович Субботин  
Редактор

Подписано в печать                      Формат 60×90/16  
Ризогр. печать. Усл. печ. л. 3,75.      Уч.-изд. л. 2,72.  
Тираж 60 экз.                              Заказ №  
ДГМА. 84313, Краматорск, ул. Шкадинова, 72

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**  
по дисциплине  
«Проектирование и исследование  
компьютерных систем и сетей»  
  
(для студентов заочной формы обучения  
специальности «Компьютерная инженерия»)

Утверждено  
на заседании кафедры  
«Автоматизация производственных процессов»  
Протокол № 3  
от « 06 » ноября 2017 г.

Краматорск 2017

УДК 681.3:002.6

Конспект лекций по дисциплине «Проектирование и исследование компьютерных систем и сетей» (для студентов заочной формы обучения специальности «Компьютерная инженерия») / Сост. О.В.Субботин. - Краматорск: ДГМА, 2017. – 60 с.

Изложены основы теории информационных и компьютерных сетей, принципы организации информационных процессов в сетях, а также даны примеры протоколов обмена данными для разных сетей. Рассмотрены вычислительные сети систем управления техническими процессами.

Составитель О.В. Субботин, доцент

Отв. за выпуск О.В. Субботин, доцент

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бери Нанс. Компьютерные сети- М.: Биномб – 440 с.
- 2 Морозов В.К. Основы теории информационных сетей: Учеб. Для студентов вузов спец. “Автоматизация и механизация процессов обработки и выдачи информации”/ Морозов В. К. Долганов А. В. – М.: Высш. шк. , 1987. – 271с.
- 3 Компьютерные сети. Выбор, установка, использование и администрирование / Кулаков Ю.А., Омелянский С.В. – К.: Юниор, 1999. – 544 с., ил.
- 4 Сетевые средства Windows NT. Пер. с англ. СПб.: ВHV, 1996, - 496с.
- 5 Технологии корпоративных сетей. Энциклопедия. – СПб.: изд. «Питер», 1994. – 304 с., ил.
- 6 Шафран Э. Создание Web-страниц: самоучитель – СПб:Питер, 2001. – 320с., ил.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Постепенное снижение стоимости технических средств ЭВМ, микропроцессоров для информационных сетей, затрат на алгоритмизацию процесса обработки информации способствует широкому повсеместному распространению их во всех сферах науки, культуры и производства. Теория информационных сетей находится пока ещё в стадии становления, поэтому здесь имеет место множество нерешенных проблем. Динамика процессов функционирования представляет собой особую проблему, с решением которой связан ряд конкретных вопросов. В частности, много усилий требует исследование адаптивных тактик выбора маршрутов и управления потоками.

В области проблем проектирования усилия исследователей приложены к вопросам математического обеспечения задач синтеза, оптимизации и эффективного управления процессами, с тем чтобы найти более точные решения задач топологического проектирования для больших сетей при разумных затратах машинного времени, а также дальнейшего исследования в области эвристических методов проектирования и совершенствования способов оптимизации пропускных способностей, стоимостей каналов связи. Таковы основные направления дальнейших исследований распределенных сетей на современном этапе их развития.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Многопользовательские системы для сетевых объединений	5
1.1 Развитие вычислительных сетей	5
1.2 Преимущества распределенной обработки информации	6
1.3 Основные элементы сети	8
2 Основные понятия теории сетей	11
2.1 Определение сети	11
2.2 Узлы сети	12
2.3 Классификация сетей	14
2.4 Локальная вычислительная сеть.	19
2.5 Способы коммутации	21
2.5.1 Коммутация каналов	21
2.5.2 Коммутация сообщений	22
2.5.3 Коммутация пакетов	22
3 Передача данных в сетях	24
3.1 Виды связи и режимы работы сетей передачи сообщений	24
3.2 Протоколы	24
3.3 Эталонная модель взаимосвязи открытых систем (ЭМВОС)	25
3.4 Основные элементы сети передачи данных (СПД)	27
3.5 Коммуникационные средства вычислительных сетей	33
3.5.1 Линии передачи данных	34
3.5.2 Каналы передачи данных	36
3.6 Межсетевые устройства	38
4 Сетевые операционные системы	41
4.1 Структура сетевой операционной системы	41
4.2 Одноранговые сетевые ОС и ОС с выделенными серверами	42
4.3 ОС для рабочих групп и ОС для сетей масштаба предприятия	45
4.4 Требования, предъявляемые к ОС	45
5 Вычислительные сети систем управления техническими процессами	47
5.1 Иерархическая структура технических процессов	47
5.2 Сбор данных и потоки информации в управлении процессами	48
5.3 Протокол автоматизации производства (МАР)	52
5.4 Служба производственных сообщений	55
5.5 Шины локального управления (Fieldbus)	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	59

## ВВЕДЕНИЕ

Появление компьютерных сетей стало началом новой эры в обработке информации. И с момента своего появления сети продолжают играть все возрастающую роль во многих областях - начиная с маленьких компаний и отдельных подразделений больших компаний, вплоть до охватывания нескольких предприятий отрасли и даже объединения отраслей. Используемые технические решения позволяют в сетях любых масштабов, от маленьких сетей до локальных сетей предприятий и региональных сетей, обеспечить максимальную эффективность использования вычислительной техники, составляющей единую среду для информационных систем любой степени сложности.

В настоящее время вычислительные сети составляют основу всей информационной структуры многих компаний и поэтому все чаще рабочая среда становится невыполнимой без использования сетей компьютеров.

Рассмотрим возможности, которые предоставляются средствами распределенной обработки информации в компьютерных сетях, и условия, которые должны быть выполнены для получения максимальной отдачи от их использования.

необходима в промышленных системах реального времени. Как уже указывалось по поводу модели ВОС, не каждый уровень необходим для всех прикладных задач. Когда все связываемые устройства расположены в пределах замкнутого производственного участка и присоединены к одной и той же физической шине, нет необходимости в многочисленных проверках передачи, как в случае прохождения данных по международным коммуникационным сетям. Для соединения устройств в ограниченном пространстве производственного предприятия вполне достаточно организации мена на 1-м и 2-м уровнях модели ВОС и протокола MMS. В этих условиях использование более высоких уровней нерационально и их можно не применять.

В промышленных системах наибольшая часть работы (и стоимости) по сбору и обработке данных связана не с центральным вычислительным комплексом, а относится к локальному уровню, где установлены основные устройства. Для того, чтобы действительно воспользоваться преимуществами цифровой технологии, необходим новый стандарт на цифровую связь низкого уровня. На сегодняшний день для таких задач применяются шины локального управления — Fieldbus. Следует сказать, что единого стандарта Fieldbus не существует, но имеется несколько решений, предлагаемых промышленностью и исследовательскими организациями. С течением времени то, что было предложено и работает в условиях производства, сконцентрируется вокруг одной или нескольких технологий и станет частью более общего стандарта локальных шин Fieldbus.

Стандарт шин локального управления должен получить широкое признание, как это было со стандартом на токовую петлю 4-20 мА. Принятие стандарта влечет за собой снижение цен и минимизацию проблем с несовместимостью компонентов. Как и в случае со стандартом MAP, стандарт шин локального управления должен обеспечить взаимодействие различных устройств, присоединенных к одной и той же физической среде передачи. Очевидным преимуществом цифровой техники по сравнению с аналоговой является заметное уменьшение кабельных связей — один цифровой канал может заменить большое число проводников с токами в диапазоне 4-20 мА.

Применение шин локального управления дает значительные преимущества. Существенная доля "интеллекта", необходимого для управления процессом, переносится на локальный уровень. Обслуживание датчиков значительно облегчается, поскольку такие операции, как тестирование и калибровка датчиков, можно выполнять дистанционно, без непосредственного участия наладчиков. Естественно, что качество управления операцией находится в прямой связи с достоверностью и качеством собираемых данных.

отсутствует, вырабатывается ответ с кодом возврата, который соответствует причине.

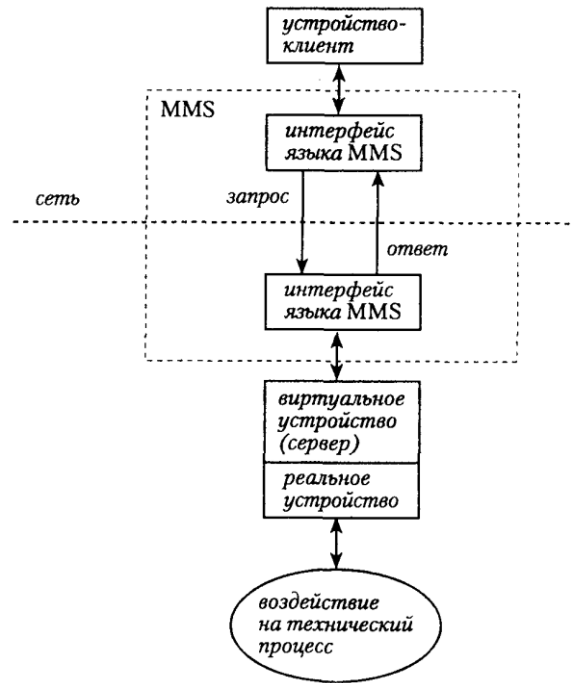


Рисунок 7 - Модель “клиент-сервер” в архитектуре MMS

Важной чертой модели “клиент-сервер” является отсутствие у устройства-сервера состояний, определенных на локальном уровне и неизвестных клиенту. Все запросы со стороны клиента приводят к самостоятельным ответам и не предполагают ссылок на ранее использованную информацию. Другими словами, информация от сервера (VMD) может рассматриваться как его собственная база данных, в которой собираются и хранятся новые значения. Независимость VMD от предшествующих данных, которые должны собираться клиентом, и то, что все запросы обязательно подаются VMD, помогает избежать ошибок и противоречий, которые могут произойти из-за потери или задержки сообщений.

## 5.5 Шины локального управления (Fieldbus)

В протоколах BOC и MAP организация связей между уровнями на основе специальных протоколов не всегда совпадает с потребностью в быстрой, эффективной и малозатратной системе коммуникаций, которая

# 1 МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ СЕТЕВЫХ ОБЪЕДИНЕНИЙ

## 1.1 Развитие вычислительных сетей

### Мейнфреймы

В шестидесятых годах большие компьютеры или мейнфреймы устанавливались только в некоторых избранных отделениях компаний. Их основными отличительными чертами были большая емкость запоминающих устройств и централизованное управление всеми имеющимися ресурсами. Пользователи получали доступ к данным через неинтеллектуальные терминалы. Мейнфреймы были очень большими вычислительными машинами и их размеры отражали требования по обработке данных целого предприятия. Обработка заданий, даваемых пользователями, выполнялась последовательно, что часто приводило к длительным периодам ожидания результата. Если же этот главный компьютер по какой-либо причине выходил из строя, то это приводило к остановке всей системы обработки информации предприятия.

### Мини-компьютеры

В начале семидесятых годов на рынке появились мини-компьютеры. Они были значительно меньше своих предшественников, и, так как они продавались по значительно меньшим ценам, то это сделало более простым их широкое использование, в том числе и для решения коммерческих задач. Из-за своих небольших размеров миникомпьютеры могли быть установлены в отдельные системы в подразделениях предприятия. Естественно, что требуемую производительность можно было приспособить к нуждам персонала, использующего данный мини-компьютер. Все эти факторы способствовали развитию и внедрению систем обработки данных. Для этого было разработано большое количество программ, многие из которых выполняют свою работу и по сей день.

### Персональные компьютеры

В начале восьмидесятых годов IBM выпустила свой первый ПК, присоединившись к направлению, открытому Apple несколькими годами ранее. В отличие от “бессловесных” терминалов персональные компьютеры предоставили пользователям свои собственные высокие интеллектуальные возможности. Так как ПК могли выполнять задачи, используя свою собственную память и свой процессор, то необходимость в чрезвычайно дорогих центральных процессорах постепенно проходила. Вместо них на каждом рабочем месте появилась громадная

вычислительная мощность, которая использовалась для обработки текстов, анализа электронных таблиц и управления данными.

Из-за наличия большого количества областей, в которых ПК могли использоваться, благодаря их быстро и постоянно снижающимся ценам, они нашли свое место в маленьких средних предприятиях. В течение нескольких лет они появились почти на каждом столе. И в настоящее время ежедневная работа уже немыслима без использования персонального компьютера.

Начало использования персональных компьютеров создало проблему, которая никогда не возникала при работе с мейнфреймами и мини-компьютерами - обмен данными.

Архитектура ПК ориентирована на использование изолированных прикладных программ. Поэтому предоставить коллеге свои данные можно было, только предварительно скопировав их на дискету, потратив на копирование и передачу некоторое количество времени.

### *Локальные сети*

Прошло совсем немного времени, и многие компании в ответ на пожелания своих клиентов начали соединять персональные компьютеры друг с другом. Так появились первые локальные сети - LAN (Local Area Network). Такие компании, как Novell, предложили разнообразные решения по соединению персональных компьютеров в сеть при помощи дополнительной аппаратуры и программного обеспечения.

По мере роста использования персональных компьютеров множество ПК объединялось в локальные сети внутри отдельных подразделений или всей компании.

В течение короткого времени появилась постоянная высокая потребность в сетевых технологиях.

Персональные компьютеры и локальные сети в настоящее время дополнены новыми передовыми разработками - распределенной обработкой информации.

## 1.2 Преимущества распределенной обработки информации

### *Использование обновленной информации*

Одно из наиболее важных свойств сети - это централизованное хранение данных на сервере, что является особенно важным для актуализации баз данных. Любое изменение, выполненное в общем информационном поле некоторой рабочей станцией, должно быть без задержки задокументировано в системе и стать доступным всем остальным пользователям сети.

Часть 3. Управляющие сообщения робота (Robot Control Messages)

Часть 4. Сообщения цифрового управления (Numerical Control Messages)

Часть 5. Сообщения программируемого логического устройства (Messages for Programmable Logic Controllers)

Часть 6. Сообщения управления процессом (Process Control Messages).

MMS обеспечивает большое количество функций и вариантов обслуживания. Функции общего типа, например чтение и запись переменных на удаленном устройстве, запуск и остановка программ и передача файлов между различными устройствами, рассмотрены в частях 1 и 2. Связанные с MMS производственные стандарты (части 3-6) ориентированы на конкретные реальные устройства. Хотя при разработке MMS сделана попытка включить все функции, необходимые в задачах производственной автоматизации, тем не менее оставлена определенная свобода, чтобы обеспечить будущие расширения. Не обязательно, чтобы каждое устройство воспринимало все команды MMS, достаточно некоторого подмножества, как это описано в соответствующей части документа. Каждое подмножество всего стандарта разрабатывается и пересматривается независимо от других его частей.

MMS основано на объектно-ориентированной концепции программирования, в которой классы объектов определяются вместе с допустимыми операциями. Основной идеей MMS является концепция виртуального производственного устройства (Virtual Manufacturing Device - VMD). VMD — это набор всех возможных команд для устройства какого-либо типа, например робота. Реальный механизм будет реагировать на команды VMD, выполняя заданные операции стандартным, заранее выделенным способом. MMS и VMD вынужденно являются сложными, чтобы охватить различные типы похожих устройств; реальные устройства обычно могут использовать лишь часть команд VMD.

Функции MMS основаны на модели "клиент-сервер" (рис. 7). Клиент запрашивает определенную услугу от сервера. Сервер выполняет запрос и сообщает клиенту результат.

VMD выполняет функции реального устройства, но с точки зрения клиента — это виртуальный сервер. Клиент может отдать VMD-команду виртуальному роботу, например повернуть руку на 30° вокруг оси 2. Эта команда заставляет настоящего робота выполнить это действие. Команды, которые вырабатываются системой управления роботом для его исполнительных устройств, могут быть совершенно другими в зависимости от их конкретной электрической и механической конструкции. В случае, если робот не в состоянии выполнить команду поворота, например, потому что рука достигла упора или ось Z вообще

сообщения в наихудших условиях, чего нет в протоколе Ethernet (некоторые приложения реального времени нельзя реализовать при неопределенном времени передачи сообщения). Неудивительно, что протоколы MAP и TOP благодаря своей структуре были поддержаны компаниями с резко различающимися требованиями. General Motors производит автомобили на конвейерах, движущихся с заданной скоростью, а компания Boeing собирает самолеты на неподвижных стапелях; соответственно, требования синхронизации совершенно различны. Совместимость на верхних уровнях гарантирует сопряжение приложений MAP и TOP.

В системах автоматизации производства, вообще говоря, имеется три функциональных уровня — общее (целевое) управление, управление процессом или производственной линией и локальное управление. MAP поддерживает взаимодействие на среднем уровне, на его основе координируется работа множества участков в технологической цепочке и нескольких технологических цепочек на уровне предприятий. MAP не подходит для связи и управления на уровне датчиков. MAP является достаточно "тяжеловесным" продуктом из-за большого количества уровней и соответствующих протоколов и поэтому не соответствует нуждам простых быстрых и дешевых технологий, используемых на нижнем уровне автоматизации производства. Здесь рационален другой подход — использование шины локального управления Fieldbus. MAP также не годится для поддержки системы управления верхнего уровня, на котором принимаются стратегические решения. Программные средства этого уровня не должны удовлетворять специфическим требованиям реального времени и могут разрабатываться на основе обычного программирования, используя статистическую обработку и анализ больших объемов данных. Тем не менее MAP остается ключевым подходом к практической реализации автоматизированных систем управления производством (АСУП, Computer Integrated Manufacturing— CIM).

#### 5.4 Служба производственных сообщений

Служба производственных сообщений (Manufacturing Message Specification - MMS)— это набор абстрактных команд или язык для дистанционного мониторинга и управления промышленным оборудованием. MMS определяет содержание опросных и управляющих сообщений и действий, которые должны за ними следовать, ожидаемых реакций, процедур подтверждения и т.д. Структура MMS описана в стандарте ISO/ IEC 9506 в следующих частях документах:

Часть 1. Описание службы (Service Definition)

Часть 2. Описание протокола (Protocol Definition)

#### *Прозрачность доступа к данным*

Помимо предоставления коммуникационных возможностей для разнообразного компьютерного оборудования и возможности обмена данными, одной из важных особенностей распределенной обработки является прозрачность доступа к данным. Это значит, что формат используемых данных зависит только от прикладной программы, которая их использует, а не от типа операционной системы. Так, например, документ, составленный пользователем, работающим с текстовым процессором MicrosoftWord в Windows может позднее быть прочитан пользователем текстового процессора WordPerfect на Apple Macintosh.

Использование баз данных позволяет еще более расширить прозрачность доступа, когда о способе хранения данных знает только сама система управления базой данных, а любая прикладная программа, использующая данные, получает их в подходящем формате как результат ответа на собственный запрос.

#### *Централизованное хранение программ*

В сети большинство прикладных программ может быть установлено лишь однажды на файловом сервере, чтобы стать доступными всем пользователям. При этом пропадает необходимость повторных установок программы на каждом рабочем месте. Установка же конфигурационных параметров занимает секунды. Но простота установки - это не единственное преимущество хранения программ на сервере.

Выполнение обновлений версий установленных прикладных программ и поддержка их работы становятся не только несравненно проще, но и мгновенно доступными всем пользователям. Помимо этого такой способ хранения исполняемых файлов позволяет надежно защититься от проникновения компьютерных вирусов. Специализированные программы-сканеры, работающие на сервере, не позволят подозрительной программе остаться доступной для использования и возможного заражения других программ. Защита сервера и, соответственно, всего хранимого на нем программного обеспечения организуется намного легче и быстрее, чем защита каждой индивидуальной рабочей станции.

#### *Защита и безопасность данных*

Обеспечение безопасности данных - это важный элемент в системе защиты данных любой компании. Выполнить все требования безопасности на отдельно стоящем персональном компьютере очень тяжело. При этом необходимость пользователю самому постоянно заботиться о безопасности своих данных приведет к неэффективности использования его рабочего времени.

С другой стороны, при использовании сети, а особенно при

централизованном хранении данных на сервере единственная операция поддержания безопасности данных гарантирует их доступность даже после повреждения дисков сервера.

#### *Совместное использование оборудования*

Использование сети и соответствующего программного обеспечения позволяет эффективно применять дорогостоящее периферийное оборудование, такое как лазерные принтеры, модемы, устройства хранения на оптических дисках, телефаксы, линии передачи данных и т.п. Установленное в сети оборудование становится доступным всем пользователям, что часто позволяет отказаться от приобретения дополнительной аппаратуры и избежать чрезмерных затрат.

#### *Интегрированный коммуникационный сервис*

Использование сетей предоставляет возможности как по использованию новых средств взаимодействия пользователей, так и использованию традиционных средств, но более эффективным способом. Так, например, возможность доступа каждого пользователя к сети позволила использовать для передачи информации между пользователями средства электронной почты. Однако эти возможности могут быть расширены и выведены за пределы локальной сети, если использовать возможности локальных средств доставки сообщений к глобальным средствам коммуникаций: системам передачи данных, электронной почте и т.п. Другим примером может служить использование передачи факсимильных сообщений. Написанное сообщение отправляется при помощи специализированных серверов факс-сообщений. Вам не нужно больше распечатывать сообщение, чтобы передать его, используя обычную факс-машину и ожидая в очереди, пока коллеги отправят свои сообщения. Кроме того, Ваше присутствие не требуется, когда факс-сервер принимает сообщение для Вас и пересылает его Вам.

#### *Базы данных*

Громадный потенциал новых разработок привел к огромному росту производительности персональных компьютеров. В настоящее время ПК достигли уровней производительности, которые традиционно принадлежали большим вычислительным машинам. Интегрирование таких высокопроизводительных машин в локальные сети позволяет переносить на них все большее число задач, которые всегда предлагалось решать на больших ЭВМ. Многие системы управления базами данных уже перенесены в среду локальных сетей: например, такие компании, как Gupta, Oracle и Sybase, предлагают решения, которые в сетях работают значительно быстрее, чем на больших машинах. При этом за гораздо меньшую цену.

Уровень 4: ISO 8072/8073.

Уровень 3: ISO 8348/8473 (CLNS) и ISO 9542 (ES/IS).

Уровень 2: ISO 8802.2 Logical Link Control и ISO 8802.4 Token Bus

Уровень 1: Широкополосная / Узкополосная среда передачи (Broadband / Carrierband Link).

Другими словами, MAP-устройство должно использовать физические соединения, которые соответствуют стандарту маркерной шины локальных вычислительных сетей (Noken Bus), с управлением логическим звеном данных в соответствии с IEEE 802.2, должно кодировать данные, следуя ASN.1 (ISO 8824) и ISO 8825, и обмениваться сообщениями в формате MMS (ISO 9506). Любая другая комбинация стандартов, даже если она технически возможна, несовместима со схемой MAP. Например, решение, при котором Enhentel используется вместо маркерной шины на физическом и канальном уровнях, не соответствует MAP. Тем не менее MMS в сочетании с Enhentel работает и находит применение в промышленности.

На физическом уровне MAP можно реализовать на основе сетей передачи различных типов сигналов. Первоначальные пожелания General Motors – передавать данные со скоростью 10 Мбит/с — требовали двух смежных каналов с полосой пропускания 6 МГц, при условии использования широкополосной модуляции AM-PSK для узкополосного MAP определены две скорости передачи данных и применяется частотная модуляция FSK: для пропускной способности 5 Мбит/с - несущие частоты 5 и 10 МГц, для 10 Мбит/с - 10 и 20 МГц.

Для обмена укрупненной (интегрированной) информацией о процессах и административными данными используется схема, аналогичная MAP, — это *Протокол автоматизации учрежденческой деятельности* (Technical and Office Protocol - TOP). Архитектура TOP в основном совпадает с архитектурой MAP и опирается на те же стандарты. В архитектуре TOP на физическом и канальном уровне не используется маркерная шина. На прикладном уровне протокол TOP включает в себя виртуальный терминал (Virtual Terminal - VT), систему обработки сообщений (Message Handling System — MHS) и протокол передачи, доступа и управления файлами (File Transfer Access and Management — FTAM). Концепция TOP разработана корпорацией Boeing, которая в течение длительного времени использовала Ethenter для связи производственного оборудования и системы планирования производства. Основные идеи архитектур MAP и TOP практически одинаковы.

MAP был специально разработан для применения на производстве в режиме реального времени. Причина, определившая выбор конкретных стандартов для MAP, в первую очередь широкополосной сети и маркерной шины в качестве метода доступа, заключалась в том, что они уже были опробованы в условиях реального производства, а соответствующие устройства производились серийно. Маркерная шина имеет детерминированное и поддающееся расчету время передачи



помехой для комплексной автоматизации их производств. Компания начала исследования для объединения своих производственных ЭВМ. Было замечено, что затраты на системы управления значительно превышали общие затраты на переоснащение производства при запуске новых моделей автомобилей и имели только одну тенденцию — к увеличению. В соответствии с оценками, сделанными в начале 1980-х годов, к 1990-му году было бы необходимо объединить порядка ста тысяч единиц различного оборудования типа роботов и ПЛК. Стоимость объединения должна была составить значительную долю всех вложений компании в автоматизацию, поэтому General Motors пришла к необходимости разработать ясный и стандартный подход к открытой системе заводских коммуникаций, имея в виду универсальное взаимодействие и взаимозаменяемость. Первое означает, что любая информация должна быть понятна устройствам-получателям без использования программ преобразования; второе — что устройство нового поколения или другого производителя, заменяющее некоторое старое устройство, должно работать без изменений в системе, к которой оно присоединяется. Идея сразу вызвала интерес у основных производителей ВТ и других компаний, связанных с промышленной автоматизацией, и привела к созданию *Протокола автоматизации производства* (Manufacturing Automatic Protocol- MAP).

Протокол MAP — не стандарт аппаратного интерфейса или типа электрического кабеля, а четкая концепция сопряжения разнотипного оборудования локального заводского уровня и более высоких планирующих и управляющих подразделением устройств. Принцип MAP достаточно прост — различные устройства должны иметь возможность общаться друг с другом, используя общие протоколы, однако внедрение потребовало более тридцати лет, а концепция все еще далека от завершения. Главные причины — это отсутствие общего принципа для организации передачи данных и то, что основные корпорации не считали себя заинтересованными в производстве, продукции совместимой с изделиями конкурентов. Сейчас, наконец, совместимость и возможность обмена информацией стали решающими аргументами при продаже и существуют коммуникационные механизмы, базирующиеся на модели ВОС и соответствующих стандартах или протоколе TCP/IP.

MAP следует схеме разделения на уровни, принятой в модели ВОС. Для каждого уровня существует определенный стандарт, являющийся частью общей структуры MAP. Стандарты уровней от 1 до 6 используются в других приложениях, а непосредственно к MAP относится Служба производственных сообщений (Manufacturing Message Specification — MMS), которая описана далее. Ниже приведено соответствие стандартов MAP уровням модели ВОС:

Уровень 7: ISO 9506 Manufacturing Message Specification (MMS).

Уровень 6: ISO 8824 Abstract Syntax Notation (ASN.1) ISO8825 Base Encoding Rules.

Уровень 5: ISO 8326/8327.

### 1.3 Основные элементы сети

#### *Серверы и рабочие станции*

Говоря упрощенно, сеть может быть разделена на две группы компьютеров: серверы и рабочие станции.

Серверы - это компьютеры, которые предоставляют свои ресурсы всем пользователям и устройствам.

Рабочие станции - это группа из отдельных компьютеров, пользующихся предоставляемыми сетью услугами.

#### *Сетевые карты и сетевые кабели*

Помимо серверов и рабочих станций любая сеть состоит из дополнительной аппаратуры и программного обеспечения. На каждый сервер и на каждую рабочую станцию, включаемую в сеть, должна быть установлена сетевая карта. Затем компьютеры соединяются друг с другом посредством кабельной системы или иной среды передачи. Существуют разнообразные способы присоединения компьютера к кабелю. Так, компьютеры могут соединяться единственным кабелем или группа компьютеров может быть присоединена к концентратору. Часто в новых зданиях кабельная система оказывается уже готовой, так как она прокладывается вместе с телефонными кабелями.

Таким образом, наличие проложенных кабелей и специфические требования конкретной сети определяют тип используемой кабельной системы.

#### *Сетевая операционная система*

Даже самые быстрые и наиболее дорогие компьютеры не могут показать свои преимущества, если нет подходящего программного обеспечения. В значительной степени эффективность функционирования сети определяется используемым сетевым программным обеспечением.

Сетевое программное обеспечение состоит из нескольких компонентов, но при этом программное обеспечение сервера является наиболее важным элементом. Для этого наиболее важного компьютера в сети Novell разработала свою собственную операционную систему.

Даже самые быстрые и наиболее дорогие компьютеры не могут показать свои преимущества, если нет подходящего программного обеспечения. В значительной степени эффективность функционирования сети определяется используемым сетевым программным обеспечением.

На самом обобщенном уровне сеть есть система, которая позволяет производить обмен информацией. Минимальный набор компонентов, составляющих базовую коммуникационную модель, состоит из источника, приемника, среды передачи и самого сообщения.

Источником и приемником могут быть два разговаривающих

между собой человека. В сети источником и приемником могут быть ПК (персональный компьютер) и главная ЭВМ или спутник и принимающая антенна.

Средой передачи или каналом может быть телефонная линия, кабель или воздух, по которому распространяется микроволновое излучение (проводная, беспроводная и комбинированная соединительная среда).

Сообщение представляет собой информацию, передаваемую между источником и приемником.

История обмена данными отмечена улучшениями во всех компонентах коммуникационной модели. Эти улучшения сделали более быстрыми, простыми в обращении и более эффективными. Сеть является системой, в которой происходит передача информации. Компьютерная сеть включает все аппаратное и программное обеспечение, необходимое для подключения компьютеров и другого электронного оборудования к каналу, по которому они могут общаться друг с другом. Устройства, которые взаимодействуют с другими устройствами в сети, называются узлами, станциями или сетевыми устройствами. Число узлов может колебаться от двух до многих тысяч.

Современные телекоммуникационные технологии основаны на использовании информационных сетей.

достаточной степени адекватны процессу.

Вообще говоря, выбор стратегии сбора данных требует тщательного анализа как нормальных режимов работы, так и специальных случаев. Когда передаются только показания датчиков, количество информации существенно зависит от состояния и режима технического процесса. Если процесс находится в стационарном состоянии, в течение длительного времени что-либо передавать нет необходимости. Внезапное возмущение процесса, следующее, например, за изменением какого-либо значения, может привести к появлению такого количества данных, что возникнет перегрузка. Если измененные данные о процессе не сохранить в буфере, то часть информации может быть потеряна, и в результате центральная система будет основываться на неверной информации.

Главное преимущество комбинированного метода сбора данных заключается в том, что центральный процессор и каналы связи не перегружаются передачей статических данных. С другой стороны, если большое количество величин изменяется одновременно, то каналы связи распределенной системы могут оказаться перегруженными.

Определение пропускной способности канала и мощности процессора является существенным моментом. Мощности процессора должно быть достаточно для обработки требуемого объема данных с известным запасом. Простейшее правило - использовать коэффициент запаса от 3 до 10 по отношению к минимально необходимой мощности процессора.

В распределенных системах приходится выбирать между загрузкой коммуникаций и интеллектом локальных устройств. Современная тенденция заключается в установке локальных вычислительных устройств как можно ближе к реальным процессам; при этом предусматривается, что центр управления всегда может изменить решение локального устройства. Такая схема является как экономичной, так и надежной. Сбои центрального компьютера или линий связи не влекут нарушения рабочей системы. Точность управления требует минимального запаздывания в контуре регулирования, и управляемость ухудшается, если все сообщения от локального процессора должны посылаться центральному компьютеру для обработки и затем обратно для исполнения. Более того, запаздывания в передаче данных могут в ряде случаев привести к неустойчивости процесса. Наконец, в распределенных системах многочисленные процессоры значительно лучше справляются с обработкой данных, чем один даже очень мощный процессор.

### 5.3 Протокол автоматизации производства (MAP)

Необходимость в практичном и едином способе соединения различных устройств производственных линий и систем управления в течение длительного времени была в центре внимания. Американский автостроительный гигант General Motors один из первых осознал, что несовместимость различных вычислительных систем является главной

от периферийных устройств к центральному в случае, когда квитирование или двунаправленная передача неудобны или вообще невозможны (например, в случае космических объектов). Все данные передаются непрерывно в заранее определенном формате. После завершения одного цикла передачи начинается новый. Каждый параметр определяется его положением в потоке данных.

На уровне управления процессом сбор данных выполняется *по опросу* (polling).

Управляющий компьютер циклически опрашивает текущее состояние датчиков и периодически обновляет данные в своей внутренней базе данных. При опросе периферийные устройства должны отвечать управляющему компьютеру, и таким образом гарантируется периодическое обновление базы данных.

Опрос — это типовой метод, который в основном используется периферийными процессорами для получения информации от датчиков, однако иногда он применяется и центральными процессорами для обновления своих баз данных.

Третий метод заключается в передаче только тех переменных, которые изменили значение по сравнению с предыдущим циклом. Цифровые переменные передаются при каждом изменении, а для аналоговых переменных задается определенная переходная зона. Новая информация поступает к центральному процессору только в случае, когда аналоговая переменная изменяется на определенный процент по отношению к предыдущему переданному значению. Более сложные методы включают передачу данных, когда интеграл отклонения измеряемой переменной достигает некоторого порогового значения. Этот метод основан на прерываниях (interrupt), которые формируются датчиками, когда они должны передавать информацию.

Компьютеры любого уровня должны анализировать, систематизировать, обрабатывать математическими методами и сохранять собранные данные перед их передачей на более высокий уровень. Наиболее типичные математические операции, выполняемые над данными, — это фильтрация, определение минимальных, максимальных и средних значений или других статистических параметров. Таким образом, количество данных, поступающих на более высокие уровни, можно уменьшить. Центральный процессор и каналы связи не должны перегружаться регистрацией и передачей статической, т.е. не меняющейся, информации.

В системах промышленной автоматики для передачи данных от датчиков к центральному устройству обычно используется комбинация второго и третьего способов, т.е. по опросу и прерыванию (событию). Значения переменных процесса передаются по мере их изменения; дополнительно общее обновление данных происходит через более продолжительные интервалы, например каждые несколько минут. Этот подход гарантирует, что данные, используемые центром управления, в

## 2.1 Определение сети

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. В качестве продукта могут фигурировать информация, энергия, масса, и соответственно различают группы сетей информационных, энергетических, вещественных. В группах сетей возможно разделение на подгруппы. Так, среди вещественных сетей могут быть выделены сети транспортные, водопроводные, производственные и др.

При функциональном проектировании сетей решаются задачи синтеза топологии, распределения продукта 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.

## 2.2 Узлы сети

Любой информационный узел — это техническая или организационно-техническая (с людьми) система определенной

сложности, осуществляющая те или иные заданные процессы. Например, в узле могут выполняться обработка информации, приведение поступающей в узел информации к виду, удобному для дальнейших преобразований в сети, (редактирование), обработка с целью сжатия, сокращение избыточности и управление потоками поступающей и выходящей информации.

В узле происходит также распределение информации по каналам без дополнительной обработки, причем возможны различные варианты такой процедуры. Например, в одном варианте узел может работать как концентратор информации, в другом — как коммутатор каналов.

Особую роль в ИС играют узлы, по которым проходит граница сети, т. е. такая условная линия или сечение, через которую информация может выйти из сети или, наоборот, поступить в нее. Такие узлы принято называть окончными пунктами. Это не ограничивает ИС территориально. Часто имеется в виду логическое ограничение в смысле функциональной или предметной принадлежности к той или иной подсистеме и связи ее с ИС. Оконечный пункт характеризуется еще тем, что именно здесь пользователь имеет возможность подключиться к сети и взаимодействовать с ней. Для этой цели в окончных пунктах устанавливаются соответствующие технические средства, называемые абонентскими пунктами (АП), а также терминалами (Т).

Оконечный пункт ИС как ее информационный узел будем называть абонентской информационной системой, если у нее имеется возможность обеспечить доступ любого абонента (источника или получателя данных) — устройства, программы, процесса — к ресурсам ИС. Абонентская система (АС) — комплекс устройств, выполняющих функции, связанные с предоставлением либо потреблением информационных ресурсов, а также взаимодействием с другими подсистемами.

Абонентская система—понятие более широкое, чем терминал или АП, так как может включать их в себя как составные элементы. В то же время это не означает, что АС в техническом исполнении всегда должна быть сложнее отдельного АП или терминала. Дело в том, что на практике известны системы, называемые терминальными комплексами, в состав которых входят несколько малых ЭВМ, системы памяти и хранения достаточно больших объемов информации, задача которых—организация и обеспечение эффективного взаимодействия отдельного пользователя или группы пользователей с ИС. Понятие «терминал» в первом случае дословно означает конечная станция, окончный пункт, а во втором—вывод, «клемма», точка подключения. В зависимости от занимаемого места в ИС и решаемых задач степень сложности абонентских систем, терминалов и АП, как представителей окончных информационных узлов, очень различна. Кроме окончных в любой сети имеются один или несколько внутренних сетевых узлов. Обычно это транзитные (промежуточные) или в общем случае коммуникационные

уровня одновременно с объемом обрабатываемой информации.

Важной чертой архитектуры системы управления является число установленных процессоров. Существуют системы управления с одним центральным процессором и системы, где их несколько. В распределенных системах разные процессоры предназначены для управления отдельными частями физического процесса; центральный процессор координирует общее функционирование. Распределение процессора, как это следует из рис. 6, обычно соответствует структуре уровней управления. Количество уровней управления отличается от производства к производству.

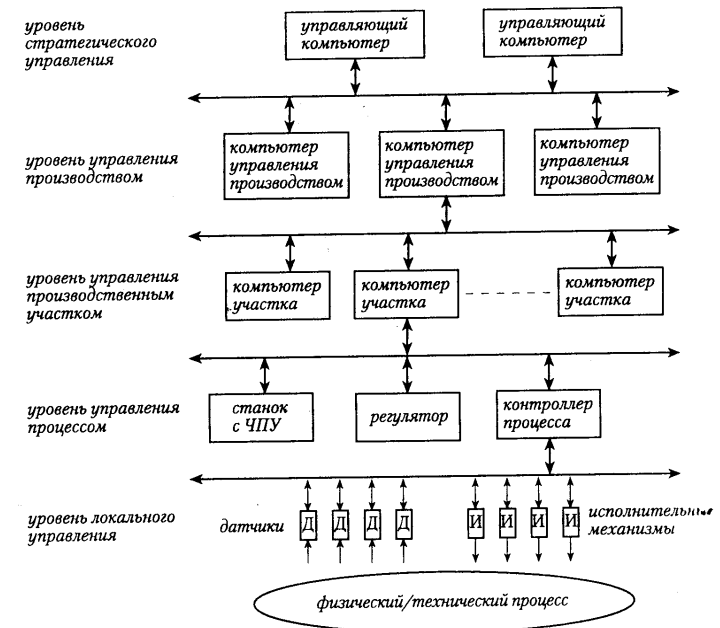


Рисунок 6 - Иерархическая структура распределенной системы управления

Периферийные процессоры, иначе говоря интерфейсные модули процесса, напрямую связаны с физическим процессом и получают данные о нем от датчиков и аналогично-цифровых преобразователей. Эти процессоры управляют процессом через исполнительные механизмы. На функции периферийных процессоров могут влиять местные регуляторы или другие типы устройств, связанных с процессом.

Существуют три основных способа сбора данных от датчиков и передачи их от местных регуляторов более высоким в иерархии устройствам и в центр управления.

Первый метод применяется в телеметрии.

Телеметрия (telemetry) — это предпочтительный способ передачи данных

level) находятся ЭВМ, регуляторы и другие "интеллектуальные" устройства, которые ведут наблюдение за процессом и управляют им с помощью датчиков и исполнительных механизмов. Уровень управления процессом является самым нижним, на котором будут приниматься автономные решения.

Следующий, более высокий уровень — это уровень *управления участком* (sell control level). Этот уровень управления прямо не связан с техническими процессами, обменивается информацией в виде опорных и текущих значений величин с выше-, нижележащими уровнями. В случае производственного участка, на котором разные участки связаны в технологическую цепочку для выполнения определенных операций, происходит интенсивный горизонтальный обмен данными (т. е. на одном уровне) для координации работы различных механизмов при меньшем вертикальном обмене с вертикальными уровнями. Действительно, для верхних уровней управления представляют интерес только поступление материалов (деталей) и потоки энергии на входе и выходе участка. На *уровне управления производством* (production control level) координируется деятельность нескольких участков для достижения равномерного потока материалов или энергии (выход одного производственного участка является входом для другого). Наконец, на *уровне стратегического управления* (management control level) принимаются общие решения, которые влияют на работу всего предприятия.

Несмотря на вынужденную условность, иерархическая модель дает очень полезную основу для анализа и структурирования системы управления. Модель не обязательно ограничена рамками производственного предприятия: аналогичные уровни можно выделить в любой сложной системе управления. Например, в автопилоте самолета контуры управления аэродинамическими элементами и двигателями находятся на нижних уровнях иерархии, а вот вопрос, куда лететь, относится к стратегическому и оставлен на усмотрение летчика. Более того, структурирование на различных функциональных уровнях является не только академической проблемой. Определение информационных потоков между системами реального времени и административного управления является необходимой операцией для управления ресурсами предприятия или процесса и представляет сложную техническую задачу.

## 5.2 Сбор данных и потоки информации в управлении процессами

Требования к информационным потокам в пределах каждого из уровней иерархии существенно различаются. Как уже отмечалось, в системах реального времени обработка данных должна выполняться быстрее, чем происходят изменения в управляемом процессе. Похожее утверждение справедливо для процессов вообще. Естественно, что время реакции отличается на разных уровнях и увеличивается по мере решения

связные узлы. Любой сетевой узел—это достаточно сложная информационная система. В узел поступает по одному или нескольким каналам входная информация, а с узла снимается и распределяется по другим каналам выходная информация. В самом узле могут осуществляться: накопление поступающей информации, логическая обработка, распределение по каналам и некоторые другие процедуры.

Информационный узел часто выполняет роль буфера, который при большом потоке входной информации, поступающей в него, концентрирует ее на внутренних ресурсах, т. е. помещает в запоминающие устройства, и хранит до тех пор, пока не представляется возможность передать дальше по назначению. В соответствии с основным содержанием информационного процесса данный вид сетевых узлов получил название «узлы с промежуточным накоплением информации».

Алгоритмы промежуточного накопления информации применяются с целью построения на их основе узлов, реализующих эффективные способы коммутации и распределения информации (рис. 1). Работа такого узла осуществляется следующим образом.

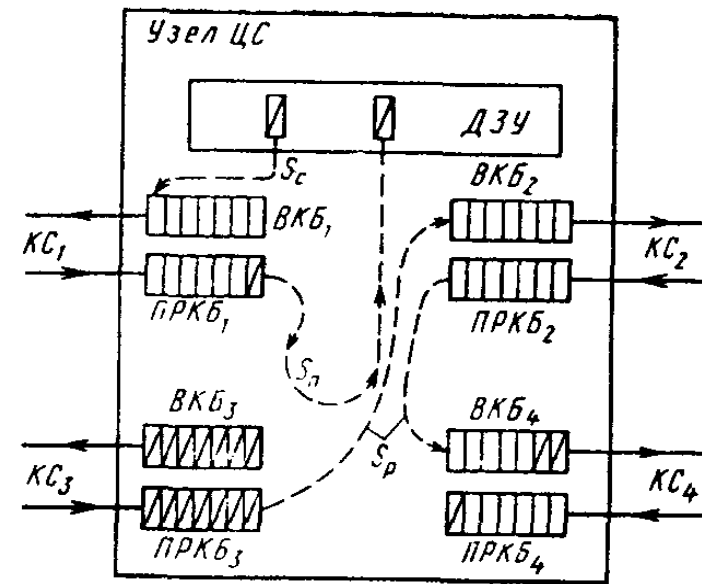


Рисунок 1 - Схема узла с промежуточным накоплением информации при ее распределении по сети

Информационные потоки по линиям, подходящим к узлу, поступают в приемные буферные регистры ПРКБ<sub>1</sub> — ПРКБ<sub>4</sub>, накапливаются там. Периодически происходит опрос S<sub>р</sub> всех канальных

буферов и считывание хранимой в них информации, в которой указывается направление дальнейшей передачи, например номер выходной линии  $S_c$  (канала). Если какой-либо выходной буфер ВКБ заполнен, то запись информации  $S_d$  производится в долговременное ЗУ-ДЗУ имеющееся в узле. Помещенная в ДЗУ информация хранится до тех пор, пока не освободится выходной буфер, с которого информация направляется в канал КС по адресам потоков сообщений.

Состав, структура и функции информационного узла во многом зависят от вида ИС. Например, в телефонных и телеграфных сетях узлы районного уровня представляют собой сложную организационно-техническую систему, в состав которой входит ряд функциональных подразделений и служб, отделения с аппаратурой различного назначения: цех телеграфных каналов (ЦТК), аппаратно-коммутаторный цех, участок обслуживания оконечных установок и др.

В отличие от узлов телеграфной сети в ИС, предназначенной для сбора и обработки телеметрических данных, функции их может выполнять отдельное устройство (коммутатор сигналов, буферное ЗУ или микропроцессор). Диапазоны возможных структур и функций информационных узлов ИС различного типа широки. Но независимо от их существенных различий в принципах действия, назначении и техническом исполнении все виды информационных узлов ИС обладают одними и теми же общими признаками: свойством автономности и конкретной топологической принадлежности (размещение на одном определенном месте или ограниченной области пространства).

Рассматривая составные элементы архитектуры, следует выделить особый вид узлов, играющих активную роль в процессах функционирования сетей: это так называемые узлы сетевого управления (УУ), а также центры обработки и коммутации сообщений (ЦКС). В состав структуры таких узлов входят ЭВМ и достаточно развитый комплекс периферийного оборудования. ЦКС широко применяются в современных сетях телеграфа и телефона. Однако более перспективными и экономичными считаются ИС, в которых используются методы, применяемые в сетях ЭВМ (коммутация пакетов, системы сетевых протоколов и т. п.).

### 2.3 Классификация сетей

Классификация ИС представлена на рис. 2.

Укажем следующие признаки, которыми можно воспользоваться для классификации ИС и систематизации их свойств и особенностей: территориальность ИС (размеры охватываемой территории); уровень развития и особенности сетевой архитектуры; основное целевое прикладное назначение; топология ИС.

Вычислительные сети классифицируются по ряду признаков. В зависимости от расстояний между связываемыми узлами различают вычислительные сети:

## 5 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

### 5.1 Иерархическая структура технических процессов

В большинстве процессов можно выделить несколько иерархических или административных уровней. Они более или менее соответствуют различным решениям, которые должны приниматься для управления процессом.

Требования к потокам информации резко отличаются на разных уровнях управления (табл. 2). В общем случае все объекты, расположенные на одинаковых уровнях иерархии, интенсивно обмениваются информацией между собой; обмен данными между уровнями обычно менее интенсивен и не критичен ко времени. В целом компания может рассматриваться как строго упорядоченная система реального времени, в которой информация на каждом уровне должна обрабатываться с соответствующей скоростью. В таблице показаны типичные объемы информации, частота ее обновления и время реакции для нужд управления на разных уровнях руководства компанией с развитыми техническими и организационными функциями. В разных компаниях имеется разное число уровней ответственности и принятия решений, своя степень зависимости уровней и степень автономности каждого административного подразделения. Количественные показатели, приведенные в таблице, должны восприниматься как ориентировочные, устанавливающие только порядок величин. Границы между уровнями можно провести иначе, а структура может относиться к другой организации, нежели производственное предприятие.

Таблица 2 - Типичные требования к информации о процессах (все показатели ориентировочные)

Уровень управления	Объем данных	Время реакции	Частота обновления
Стратегическое управление	Мбайты	Дни	Дни
Управление процессом	Кбайты	Часы, минуты, секунды	Часы, минуты, секунды
Управление участком	Байты	Секунды	Секунды
Управление процессом	Байты	Миллисекунды	Миллисекунды
Локальное управление (датчики, исполнительные механизмы)	Байты	Миллисекунды	Миллисекунды

К нижнему уровню иерархии предприятия относятся механизмы и устройства, которые непосредственно соприкасаются с процессом, — датчики и исполнительные механизмы. Это уровень локального управления (field control level) или *уровень датчиков/ исполнительных механизмов* (sensors / actuators level). Как следует из названия, на этом уровне расположено оборудование, которое непосредственно связано с техническим процессом. На *уровне управления процессом* (process control

Система должна быть защищена как от внутренних, так и от внешних ошибок, сбоев и отказов. Ее действия должны быть всегда предсказуемыми, а приложения не должны быть в состоянии наносить вред ОС.

*Совместимость.*

ОС должна иметь средства для выполнения прикладных программ, написанных для других операционных систем. Кроме того, пользовательский интерфейс должен быть совместим с существующими системами и стандартами.

*Безопасность.*

ОС должна обладать средствами защиты ресурсов одних пользователей от других.

*Производительность.*

Система должна обладать настолько хорошим быстродействием и временем реакции, насколько это позволяет аппаратная платформа.

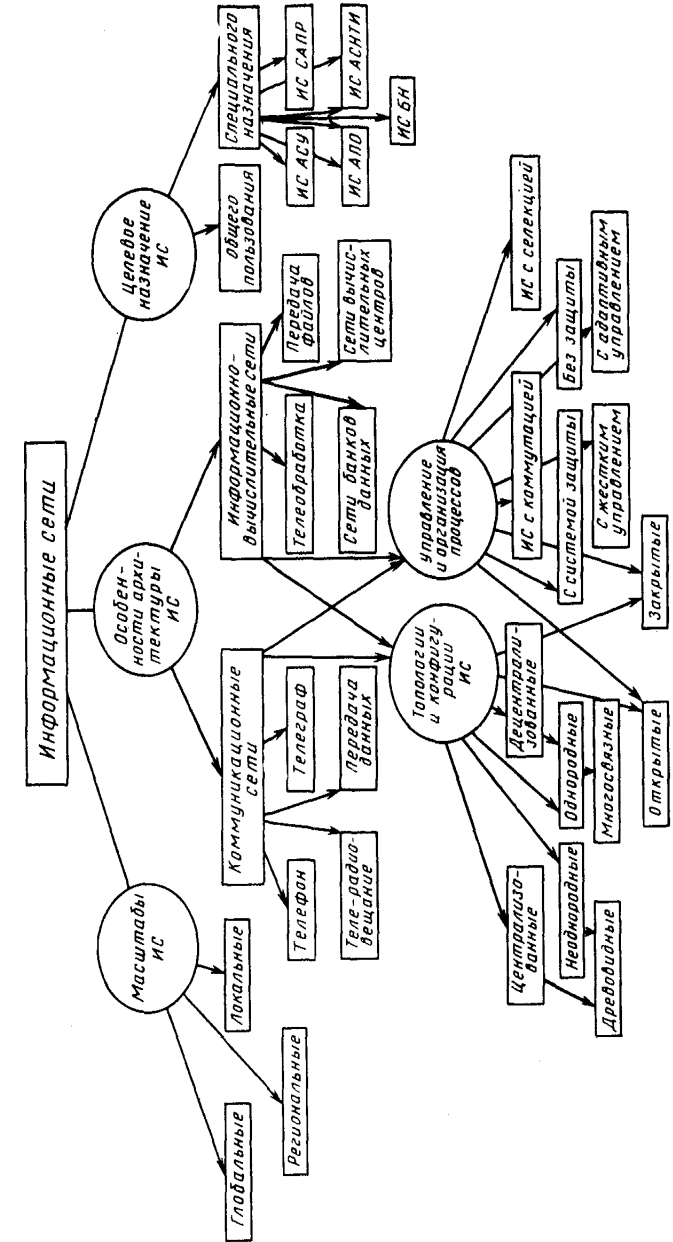


Рисунок 2 - Классификация сетей

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: телефона, электронной почты, передачи видеoinформации, 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.

### *Сетевые топологии*

В локальных сетях используется несколько различных топологий (геометрических конфигураций). Любая пара станций может

предприятия.

Сети отделов используются небольшой группой сотрудников, решающих общие задачи. Главной целью сети отдела является разделение локальных ресурсов, таких как приложения, данные, лазерные принтеры и модемы. Сети отделов обычно не разделяются на подсети.

Сети кампусов соединяют несколько сетей отделов внутри отдельного здания или внутри одной территории предприятия. Эти сети являются все еще локальными сетями, хотя и могут покрывать территорию в несколько квадратных километров. Сервисы такой сети включают взаимодействие между сетями отделов, доступ к базам данных предприятия, доступ к факс-серверам, высокоскоростным модемам и высокоскоростным принтерам.

Сети предприятия (корпоративные сети) объединяют все компьютеры всех территорий отдельного предприятия. Они могут покрывать город, регион или даже континент. В таких сетях пользователям предоставляется доступ к информации и приложениям, находящимся в других рабочих группах, других отделах, подразделениях и штаб-квартирах корпорации.

## 4.4 Требования, предъявляемые к ОС

Операционная система является сердцевинной сетевого программного обеспечения, она создает среду для выполнения приложений и во многом определяет, какими полезными для пользователя свойствами эти приложения будут обладать. В связи с этим рассмотрим требования, которым должна удовлетворять современная ОС.

Очевидно, что главным требованием, предъявляемым к операционной системе, является способность выполнения основных функций: эффективного управления ресурсами и обеспечения удобного интерфейса для пользователя и прикладных программ. Современная ОС, как правило, должна реализовывать мультипрограммную обработку, виртуальную память, свопинг, поддерживать многооконный интерфейс, а также выполнять многие другие совершенно необходимые функции. Кроме этих функциональных требований к операционным системам предъявляются не менее важные рыночные требования. К этим требованиям относятся:

### *Расширяемость.*

Код должен быть написан таким образом, чтобы можно было легко внести дополнения и изменения, если это потребуется, и не нарушить целостность системы.

### *Переносимость.*

Код должен легко переноситься с процессора одного типа на процессор другого типа и с аппаратной платформы (которая включает наряду с типом процессора и способ организации всей аппаратуры компьютера) одного типа на аппаратную платформу другого типа.

### *Надежность и отказоустойчивость.*



соответствующего этому назначению варианта ОС. Функциональная несимметричность, как правило, вызывает и несимметричность аппаратуры - для выделенных серверов используются более мощные компьютеры с большими объемами оперативной и внешней памяти. Таким образом, функциональная несимметричность в сетях с выделенным сервером сопровождается несимметричностью операционных систем (специализация ОС) и аппаратной несимметричностью (специализация компьютеров).

В одноранговых сетях все компьютеры равны в правах доступа к ресурсам друг друга. Каждый пользователь может по своему желанию объявить какой-либо ресурс своего компьютера разделяемым, после чего другие пользователи могут его эксплуатировать. В таких сетях на всех компьютерах устанавливается одна и та же ОС, которая предоставляет всем компьютерам в сети потенциально равные возможности. Одноранговые сети могут быть построены, например, на базе ОС LANtastic, Personal Ware, Windows for Workgroup, Windows NT Workstation.

В одноранговых сетях также может возникнуть функциональная несимметричность: одни пользователи не желают разделять свои ресурсы с другими, и в таком случае их компьютеры выполняют роль клиента, за другими компьютерами администратор закрепил только функции по организации совместного использования ресурсов, а значит они являются серверами, в третьем случае, когда локальный пользователь не возражает против использования его ресурсов и сам не исключает возможности обращения к другим компьютерам, ОС, устанавливаемая на его компьютере, должна включать и серверную, и клиентскую части. В отличие от сетей с выделенными серверами в одноранговых сетях отсутствует специализация ОС в зависимости от преобладающей функциональной направленности - клиента или сервера. Все вариации реализуются средствами конфигурирования одного и того же варианта ОС.

Одноранговые сети проще в организации и эксплуатации, однако они применяются в основном для объединения небольших групп пользователей, не предъявляющих больших требований к объемам хранимой информации, ее защищенности от несанкционированного доступа и к скорости доступа. При повышенных требованиях к этим характеристикам более подходящими являются двухланговые сети, где сервер лучше решает задачу обслуживания пользователей своими ресурсами, так как его аппаратура и сетевая операционная система специально спроектированы для этой цели.

#### 4.3 ОС для рабочих групп и ОС для сетей масштаба предприятия

Сетевые операционные системы имеют разные свойства в зависимости от того, предназначены они для сетей масштаба рабочей группы (отдела), для сетей масштаба кампуса или для сетей масштаба

быть соединена либо непосредственно либо через другие станции, которые ретранслируют данные получателю. Топологические сети зависят от нескольких факторов — типа графика, расстояния между станциями, характера помех, которые могут влиять на данные в канале, требуемых скорости, пропускной способности и надежности передачи данных.

Простейшую классификацию сетевых топологий можно построить исходя из числа приемников, непосредственно соединенных с одним передатчиком и получающих одновременно одно и то же сообщение.

В двухточечных конфигурациях существует только один канал между приемником и передатчиком. Поэтому приемник должен обрабатывать каждое поступающее сообщение, поскольку оно явно предназначено для него.

В широкощелевых топологиях общий тракт передачи соединяет несколько станций — многоабонентное или шинное соединение. В этом случае станции принимают переданное сообщение одновременно и каждая должна его декодировать для того, чтобы определить, предназначено оно ей или нет. Многоабонентные соединения требуют специального оборудования и программных средств для разделения ресурсов канала.

Наиболее важные сетевые топологии показаны на рис. 3. Ниже перечислены основные характеристики:

- Шина (bus) - станции разделяют общий физический тракт передачи; широкощелевая топология.
- Звезда (star) - центральный узел (концентратор) соединен непосредственно с каждым узлом по двухточечному принципу.
- Кольцо (ring) - каждая станция соединена с двумя другими, а вместе они образуют кольцо. Сообщение от любой станции может достичь пункта назначения двумя различными путями.
- Древоподобная /иерархическая (tree / hierarchical) - отдельные станции / концентраторы соединены каскадно с другими концентраторами или оконечными станциями. Сообщения от источника к пункту назначения проходят по иерархическому пути.
- Ячеистая технология (mesh) - между каждой парой узлов установлено соединение “точка-точка”. Сообщения могут передаваться по множеству различных путей.
- Смешанная (mixed) - одновременное использование нескольких топологий.

При выборе топологии сети следует отдавать предпочтение той, которая гарантирует эффективную передачу данных от отправителя к получателю и предусматривает избыточные пути в случае повреждения основного. Для этого применяется процедура анализа состояния сети в случае разрыва в одной точке (single failure).

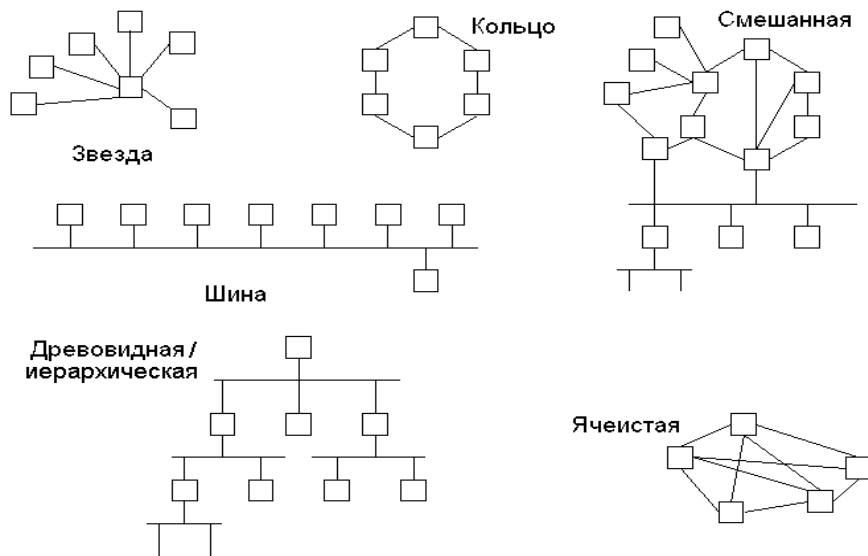


Рисунок 3 - Сетевые топологии

В предположении, что в каждый момент времени один и только один из компонентов сети не функционирует, анализируется наличие обходных путей, пропускная способность, а также определяются узлы, доступ к которым невозможен. Такой анализ выполняется для каждого из компонентов сети (узлов и соединений между ними). В этом отношении звездная топология наиболее уязвима, так как при выходе из строя центрального узла сеть разрушается полностью. Наименее чувствительна к повреждениям кольцевая схема, поскольку трафик можно направить в противоположную сторону. Аналогично повреждение станции окажет влияние только на ее трафик и не затронет остальные, при этом возможно снижение пропускной способности.

Для улучшения характеристик крупные сети делятся на фрагменты. В системе с большим количеством устройств можно организовать небольшие группы сетей, которые в основном взаимодействуют друг с другом. Эти группы объединяются между собой с помощью специальных устройств — мостов и маршрутизаторов.

#### 2.4 Локальная вычислительная сеть

Локальные сети в производственной практике играют очень большую роль. Посредством ЛВС в систему объединяются персональные

зависимости от того, какой ресурс сервера является разделяемым, он называется файл-сервером, факс-сервером, принт-сервером, сервером приложений и т.д.

Очевидно, что на выделенных серверах желательно устанавливать ОС, специально оптимизированные для выполнения тех или иных серверных функций. Поэтому в сетях с выделенными серверами чаще всего используются сетевые операционные системы, в состав которых входит несколько вариантов ОС, отличающихся возможностями серверных частей. Например, сетевая ОС Novell NetWare имеет серверный вариант, оптимизированный для работы в качестве файл-сервера, а также варианты оболочек для рабочих станций с различными локальными ОС, причем эти оболочки выполняют исключительно функции клиента. Другим примером ОС, ориентированной на построение сети с выделенным сервером, является операционная система Windows NT. В отличие от NetWare, оба варианта данной сетевой ОС - Windows NT Server (для выделенного сервера) и Windows NT Workstation (для рабочей станции) - могут поддерживать функции и клиента и сервера. Но серверный вариант Windows NT имеет больше возможностей для предоставления ресурсов своего компьютера другим пользователям сети, так как может выполнять более широкий набор функций, поддерживает большее количество одновременных соединений с клиентами, реализует централизованное управление сетью, имеет более развитые средства защиты.

Выделенный сервер не принято использовать в качестве компьютера для выполнения текущих задач, не связанных с его основным назначением, так как это может уменьшить производительность его работы как сервера. В связи с такими соображениями в ОС Novell NetWare на серверной части возможность выполнения обычных прикладных программ вообще не предусмотрена, то есть сервер не содержит клиентской части, а на рабочих станциях отсутствуют серверные компоненты. Однако в других сетевых ОС функционирование на выделенном сервере клиентской части вполне возможно. Например, под управлением Windows NT Server могут запускаться обычные программы локального пользователя, которые могут потребовать выполнения клиентских функций ОС при появлении запросов к ресурсам других компьютеров сети. При этом рабочие станции, на которых установлена ОС Windows NT Workstation, могут выполнять функции невыделенного сервера.

Важно понять, что, несмотря на возможность выполнения в сети с выделенным сервером всеми компьютерами в общем случае могут выполнять одновременно роли и сервера, и клиента, эта сеть функционально не симметрична: аппаратно и программно в ней реализованы два типа компьютеров - одни, в большей степени ориентированные на выполнение серверных функций и работающие под управлением специализированных серверных ОС, а другие - в основном выполняющие клиентские функции и работающие под управлением

адресацию и буферизацию сообщений, выбор маршрута передачи сообщения по сети, надежность передачи и т.п., то есть является средством транспортировки сообщений.

В зависимости от функций, возлагаемых на конкретный компьютер, в его операционной системе может отсутствовать либо клиентская, либо серверная части.

Первые сетевые ОС представляли собой совокупность существующей локальной ОС и надстроенной над ней сетевой оболочки. При этом в локальную ОС встраивался минимум сетевых функций, необходимых для работы сетевой оболочки, которая выполняла основные сетевые функции. Примером такого подхода является использование на каждой машине сети операционной системы MS DOS (у которой, начиная с ее третьей версии, появились такие встроенные функции, как блокировка файлов и записей, необходимые для совместного доступа к файлам). Принцип построения сетевых ОС в виде сетевой оболочки над локальной ОС используется и в современных ОС, таких, например, как LANtastic или Personal Ware.

Однако более эффективным представляется путь разработки операционных систем, изначально предназначенных для работы в сети. Сетевые функции у ОС такого типа глубоко встроены в основные модули системы, что обеспечивает их логическую стройность, простоту эксплуатации и модификации, а также высокую производительность. Примером такой ОС является система Windows NT фирмы Microsoft, которая за счет встроенности сетевых средств обеспечивает более высокие показатели производительности и защищенности информации по сравнению с сетевой ОС LAN Manager той же фирмы (совместная разработка с IBM), являющейся надстройкой над локальной операционной системой OS/2.

#### 4.2 Одноранговые сетевые ОС и ОС с выделенными серверами

В зависимости от того, как распределены функции между компьютерами сети, сетевые операционные системы, а следовательно, и сети делятся на два класса: одноранговые и двухранговые. Последние чаще называют сетями с выделенными серверами.

Если компьютер предоставляет свои ресурсы другим пользователям сети, то он играет роль сервера. При этом компьютер, обращающийся к ресурсам другой машины, является клиентом. Как уже было сказано, компьютер, работающий в сети, может выполнять функции либо клиента, либо сервера, либо совмещать обе эти функции.

Если выполнение каких-либо серверных функций является основным назначением компьютера (например, предоставление файлов в общее пользование всем остальным пользователям сети или организация совместного использования факса, или предоставление всем пользователям сети возможности запуска на данном компьютере своих приложений), то такой компьютер называется выделенным сервером. В

компьютеры, расположенные на многих удаленных рабочих местах, которые используют совместно оборудование, программные средства и информацию. Рабочие места сотрудников перестают быть изолированными и объединяются в единую систему. Рассмотрим преимущества, получаемые при сетевом объединении персональных компьютеров в виде внутрипроизводственной вычислительной сети.

Разделение ресурсов позволяет экономно использовать ресурсы, например, управлять периферийными устройствами, такими как лазерные печатающие устройства, со всех присоединенных рабочих станций.

Разделение данных предоставляет возможность доступа и управления базами данных с периферийных рабочих мест, нуждающихся в информации.

Разделение программных средств предоставляет возможность одновременного использования централизованных, ранее установленных программных средств.

Разделение ресурсов процессора позволяет использовать вычислительные мощности для обработки данных другими системами, входящими в сеть. Предоставляемая возможность заключается в том, что на имеющиеся ресурсы не "набрасываются" моментально, а только лишь через специальный процессор, доступный каждой рабочей станции.

Многопользовательский режим — многопользовательские свойства системы содействуют одновременному использованию централизованных прикладных программных средств, ранее установленных и управляемых, например, если пользователь системы работает с другим заданием, то текущая выполняемая работа отодвигается на задний план.

Электронная почта — с помощью электронной почты происходит интерактивный обмен информацией между рабочей станцией и другими станциями, установленными в вычислительной сети.

В зависимости от топологии соединений узлов различают сети шинной (магистральной), кольцевой, звездной, иерархической, произвольной структуры.

Среди ЛВС наиболее распространены :

шинная (bus) - локальная сеть, в которой связь между любыми двумя станциями устанавливается через один общий путь и данные, передаваемые любой станцией, одновременно становятся доступными для всех других станций, подключенных к этой же среде передачи данных (последнее свойство называют ширококестельностью);

кольцевая (ring) - узлы связаны кольцевой линией передачи данных (к каждому узлу подходят только две линии); данные, проходя по кольцу, поочередно становятся доступными всем узлам сети;

звездная (star) - имеется центральный узел, от которого расходятся линии передачи данных к каждому из остальных узлов.

В зависимости от способа управления различают сети:

"Клиент/сервер" - в них выделяется один или несколько узлов (их название - серверы), выполняющих в сети управляющие или

специальные обслуживающие функции, а остальные узлы (называемые клиентами) являются терминальными, то есть в них работают пользователи. Сети “клиент/сервер” различаются по характеру распределения функций между серверами, другими словами, по типам серверов (например, файл-серверы, серверы баз данных). При специализации серверов по определенным приложениям имеем сеть распределенных вычислений. Такие сети отличают также от централизованных систем, построенных на мэйнфреймах,

Одноранговые - в них все узлы равноправны; поскольку в общем случае под клиентом понимается объект (устройство или программа), запрашивающий некоторые услуги, а под сервером - объект, предоставляющий эти услуги, то каждый узел в одноранговых сетях может выполнять функции и клиента, и сервера.

Наконец, появилась сетевая концепция, в соответствии с которой пользователь имеет лишь дешевое оборудование для обращения к удаленным компьютерам, а сеть обслуживает заказы на выполнение вычислений и получение информации. То есть пользователю не нужно приобретать программное обеспечение для решения прикладных задач, ему нужно лишь платить за выполненные заказы. Подобные компьютеры называют тонкими клиентами или сетевыми компьютерами.

В зависимости от того, одинаковые или неодинаковые ЭВМ применяют в сети, различают сети однотипных ЭВМ, называемые однородными, и разнотипных ЭВМ - неоднородные (гетерогенные). В крупных автоматизированных системах, как правило, сети оказываются неоднородными.

В зависимости от прав собственности на сети последние могут быть сетями общего пользования (public) или частными (private). Среди сетей общего пользования выделяют телефонные сети ТфОП (PSTN - Public Switched Telephone Network) и сети передачи данных (PSDN - Public Switched Data Network).

Сети также различают в зависимости от используемых в них протоколов и по способам коммутации.

## 2.5 Способы коммутации

Под коммутацией данных понимается их передача, при которой канал передачи данных может использоваться попеременно для обмена информацией между различными пунктами информационной сети в отличие от связи через некоммутируемые каналы, обычно закрепленные за определенными абонентами.

Различают следующие способы коммутации данных:

коммутация каналов - осуществляется соединение ООД двух или более станций данных и обеспечивается монопольное использование канала передачи данных до тех пор, пока соединение не будет разомкнуто;

коммутация сообщений - характеризуется тем, что создание физического канала между оконечными узлами необязательно и

Операционная система в наибольшей степени определяет облик всей вычислительной системы в целом. Несмотря на это, пользователи, активно использующие вычислительную технику, зачастую испытывают затруднения при попытке дать определение операционной системе. Частично это связано с тем, что ОС выполняет две по существу мало связанные функции: обеспечение пользователю-программисту удобств посредством предоставления для него расширенной машины и повышение эффективности использования компьютера путем рационального управления его ресурсами.

## 4.1 Структура сетевой операционной системы

Сетевая операционная система составляет основу любой вычислительной сети. Каждый компьютер в сети в значительной степени автономен, поэтому под сетевой операционной системой в широком смысле понимается совокупность операционных систем отдельных компьютеров, взаимодействующих с целью обмена сообщениями и разделения ресурсов по единым правилам - протоколам. В узком смысле сетевая ОС - это операционная система отдельного компьютера, обеспечивающая ему возможность работать в сети.

Средства управления локальными ресурсами компьютера-функции распределения оперативной памяти между процессами, планирования и диспетчеризации процессов, управления процессорами в мультипроцессорных машинах, управления периферийными устройствами и другие функции управления ресурсами локальных ОС.

Средства предоставления собственных ресурсов и услуг в общем пользовании - серверная часть ОС (сервер). Эти средства обеспечивают, например, блокировку файлов и записей, что необходимо для их совместного использования; ведение справочников имен сетевых ресурсов; обработку запросов удаленного доступа к собственной файловой системе и базе данных; управление очередями запросов удаленных пользователей к своим периферийным устройствам.

Средства запроса доступа к удаленным ресурсам и услугам и их использования - клиентская часть ОС (редиректор). Эта часть выполняет распознавание и перенаправление в сеть запросов к удаленным ресурсам от приложений и пользователей, при этом запрос поступает от приложения в локальной форме, а передается в сеть в другой форме, соответствующей требованиям сервера. Клиентская часть также осуществляет прием ответов от серверов и преобразование их в локальный формат, так что для приложения выполнение локальных и удаленных запросов неразличимо.

Коммуникационные средства ОС, с помощью которых происходит обмен сообщениями в сети. Эта часть обеспечивает

все большим количеством функций, которые раньше были присущи только маршрутизаторам.

### *Шлюзы*

Шлюзы (gateway) используются для преобразования протоколов на верхних уровнях модели ВОС, при этом они попутно могут выполнять функции повторителей, мостов и маршрутизаторов, т. е. обеспечивают преобразование всего стека протоколов. Если мосты и маршрутизаторы работают только на основании информации, содержащейся в заголовке пакета, шлюзы учитывают и содержание сообщения. Например, они могут осуществлять преобразование данных из одного формата в другой. Таким образом, шлюзы используются не только сетями различного типа, но и как интерфейс между приложениями. Например, в системах электронной почты шлюзы могут обеспечить перекодировку сообщений в соответствии со стандартом адресата, если он отличается от стандарта отправителя. То же относится и к программам реального времени для управления производственным процессом, если они используют различные стандарты для кодирования данных. В зависимости от конкретных требований может оказаться необходимым создание специальной шлюзовой системы, связывающей неоднородные приложения, если они не строго и не полностью соответствуют открытым стандартам коммуникаций и форматов данных.

пересылка сообщений происходит без нарушения их целостности; вместо физического канала имеется виртуальный канал, состоящий из физических участков, и между участками возможна буферизация сообщения;

коммутация пакетов - сообщение передается по виртуальному каналу, но оно разделяется на пакеты, при этом канал передачи данных занят только во время передачи пакета (без нарушения его целостности) и по ее завершении освобождается для передачи других пакетов.

#### 2.5.1 Коммутация каналов

Коммутация каналов может быть пространственной и временной.

Пространственный коммутатор размера  $N \cdot M$  представляет собой сетку (матрицу), в которой  $N$  входов подключены к горизонтальным шинам, а  $M$  выходов - к вертикальным.

В узлах сетки имеются коммутирующие элементы, причем в каждом столбце сетки может быть открыто не более чем по одному элементу. Если  $N < M$ , то коммутатор может обеспечить соединение каждого входа не менее чем с одним выходом; в противном случае коммутатор называется блокирующим, т.е. не обеспечивающим соединения любого входа с одним из выходов. Обычно применяются коммутаторы с равным числом входов и выходов  $N \cdot N$ .

Недостаток рассмотренной схемы - большое число коммутирующих элементов в квадратной матрице, равное  $N^2$ . Для устранения этого недостатка применяют многоступенные коммутаторы.

В многоступенных коммутаторах существенно уменьшено число переключательных элементов за счет некоторого увеличения задержки.

Временной коммутатор построен на основе буферной памяти, запись производится в ее ячейки последовательным опросом входов, а коммутация осуществляется благодаря считыванию данных на выходы из нужных ячеек памяти. При этом происходит задержка на время одного цикла "запись-чтение". В настоящее время преимущественно используются временная или смешанная коммутации.

#### 2.5.2 Коммутация сообщений

Способ коммутации сообщений основывается на принципах организации связи, принятых в системах передачи телеграфных сообщений. Они предусматривают адресацию сообщений, их ретрансляцию и аналитическую обработку заголовков телеграмм в узлах сетей связи. Если исходящие из данного узла каналы, по которым необходимо передать сообщение (текст или данные, адресованные некоторому другому удаленному узлу), заняты, то это сообщение находится в состоянии ожидания в узле. Множество сообщений,

находящихся в состоянии ожидания, и сообщения, отправляемые по одним и тем же каналам, образуют очереди, которые могут возникать не только при выходе из узла по причине занятости канала, но и при их поступлении. Данный вид очереди обусловлен тем, что сообщения могут прийти тогда, когда средства системы коммутации узла осуществляют обработку ранее поступивших сообщений.

В общем случае при коммутации сообщений могут возникнуть связанные с обработкой и ожиданием задержки, которые зависят от общего числа сообщений, поступающих в узел в единицу времени, от их длины (количества символов), скорости передачи и обработки и целого ряда других факторов. В теоретическом отношении вопрос о величине задержек достаточно сложный. Одним из способов уменьшения задержки обработки сообщений при коммутации является приведение их длины к постоянной величине, т. е. короткие сообщения дополняются до установленного значения, а длинные разбиваются на заданные части (пакеты).

### 2.5.3 Коммутация пакетов

Во многих случаях наиболее эффективной оказывается коммутация пакетов. Во-первых, ускоряется передача данных в сетях сложной конфигурации за счет того, что возможна параллельная передача пакетов одного сообщения на разных участках сети; во-вторых, при появлении ошибки требуется повторная передача короткого пакета, а не всего длинного сообщения. Кроме того, ограничение сверху на размер пакета позволяет обойтись меньшим объемом буферной памяти в промежуточных узлах на маршрутах передачи данных в сети.

В сетях коммутации пакетов различают два режима работы: режим виртуальных каналов (другое название - связь с установлением соединения) и дейтаграммный режим (связь без установления соединения).

В режиме виртуальных каналов пакеты одного сообщения передаются в естественном порядке по устанавливаемому маршруту. При этом в отличие от коммутации каналов линии связи могут разделяться многими сообщениями, когда попеременно по каналу передаются пакеты разных сообщений (это так называемый режим временного мультиплексирования, иначе TDM - Time Division Method), или задерживаться в промежуточных буферах. Предусматривается контроль правильности передачи данных путем посылки от получателя к отправителю подтверждающего сообщения - положительной квитанции. Этот контроль возможен как во всех промежуточных узлах маршрута, так и только в конечном узле. Он может осуществляться старт-стопным способом, при котором отправитель до тех пор не передает следующий пакет, пока не получит подтверждения о правильной передаче предыдущего пакета, или способом передачи "в окне". Окно может включать N пакетов, и возможны задержки в получении подтверждений

Если отправитель и получатель находятся на одном сегменте, мост не транслирует пакет в другие сегменты. Если отправитель и получатель находятся в разных сегментах, мост регенерирует пакет и передает его в соответствующий сегмент. Таким образом мосты снижают нагрузку в сети. Обычно мосты способны настраиваться автоматически, определяют принадлежность узла с тем или иным физическим адресом к конкретному сегменту сети на основе входящего трафика. Поэтому топологию сети можно изменять без перепрограммирования мостов. Кроме этого, мост можно запрограммировать для фильтрации некоторых пакетов по определенным адресам.

В сети Ethernet, где вероятность занятости канала является экспоненциальной функцией числа присоединенных станций и средней величины их исходящего сообщения, мосты смогут существенно повысить допустимость канала, увеличивая тем самым пропускную способность. При этом также повышается отказоустойчивость, так как крушение в одном сегменте не затронет работу других.

Для повышения эффективности сеть должна быть разделена мостами на отдельные сегменты таким образом, чтобы станции, осуществляющие между собой наиболее интенсивный обмен, находились в одном сегменте и их потоки информации были инициализированы в рамках этого сегмента.

В современных сетях связи Ethernet на витой паре широко применяются устройства, называемые коммутаторами (switch), — фактически они выполняют функции мостов.

### *Маршрутизаторы*

Маршрутизатором (router) называется устройство, используемое для соединения друг с другом нескольких сетей. Маршрутизаторы работают на третьем уровне модели ВОС. Они распознают адреса, содержащиеся в заголовках пакетов, и осуществляют их продвижение по сети в соответствии с этими адресами. Маршрутизаторы могут также обеспечивать преобразование протокола и тем самым использоваться для соединения сетей, работающих с различными физическими, канальными и сетевыми протоколами (уровни 1, 2 и 3).

Различие между мостами и маршрутизаторами состоит в том, что первые "видят" только часть сети, точнее, соединяемые ими сегменты, а маршрутизаторы должны располагать полной моделью сети или хотя бы алгоритмом выбора маршрута для каждого пакета. Для определения оптимального маршрута могут использоваться оптимальные алгоритмы и стратегии, например наиболее короткий маршрут, наиболее быстрый или наиболее дешевый либо какой-то иной критерий.

По мере развития коммуникационных устройств и повышения их функционально классификационные различия между ними постоянно меняются. В частности, постоянно размывается граница между мостами и маршрутизаторами, поскольку вновь разрабатываемые мосты обладают

кГц), вторичные (312...552 кГц), третичные (812...2044 кГц) и т.д. В группе первичных каналов помещаются 12 каналов тональной частоты, в группе вторичных каналов - пять первичных групп и т.д.

В современных телекоммуникационных технологиях большее распространение получили цифровые каналы передачи данных.

### 3.6 Межсетевые устройства

Для соединения нескольких сетей или сегментов используются так называемые межсетевые устройства (internetworking device). В зависимости от уровня модели ВОС, на котором они работают, и, соответственно, выполняемых функций, эти устройства разделяются на повторители, мосты, маршрутизаторы и шлюзы.

#### *Повторители*

Повторитель (repeater) представляет собой регенератор сигнала, соединенный в два сегмента сети или более. Любой сигнал, полученный на входной порт, регистрируется и ретранслируется на выходной порт или порты. Повторитель работает на физическом уровне и не связан с содержанием данных, которые он передает.

Повторители обычно используются для увеличения максимальной длины сегмента, в частности для расширения Ethernet за пределы 500 м, или для сопряжения различных типов сред, например коаксиального и оптоволоконного кабеля, при условии, что сопряжение не требует изменения формата кадров.

Из-за того, что повторители не анализируют содержания данных, которые передают, помехи воспринимаются как входные данные, и, таким образом, повторитель может генерировать и передавать бессмыслицу.

Допустимое количество повторителей в одной сети ограничено, в частности из-за того, что они задерживают передаваемый сигнал. Для каждого метода доступа установлено ограничение на общее количество устройств и повторителей сети. За подробностями следует обратиться к стандартам и техническому описанию, предоставляемому поставщиками оборудования.

#### *Мосты*

Мостом (bridge) называется межсетевое устройство, соединяющее между собой два сегмента одной и той же ЛВС. Основное назначение моста — фильтрация трафика между сегментами на основе аппаратных (MAC) адресов, т. е. мост работает во втором уровне модели ВОС и не учитывает протоколы верхних уровней. Поэтому мост выполняет функции повторителя. Для фильтрации пакетов мост анализирует их заголовки и определяет адреса отправителя и получателя.

на протяжении окна. Так, если произошла ошибка при передаче, т.е. отправитель получает отрицательную квитанцию относительно пакета с номером К, то нужна повторная передача и она начинается с пакета К.

Например, в сетях можно использовать переменный размер окна. Так, в соответствии с рекомендацией документа RFC-793 время ожидания подтверждений вычисляется по формуле

$$T_{\text{ож}} = 2 \cdot T_{\text{ср}},$$

где  $T_{\text{ср}} := 0,9 \cdot T' + 0,1 \cdot T_i$ ,  $T'$  - усредненное значение времени прохода пакета до получателя и обратно,  $T_i$  - результат очередного измерения этого времени.

В дейтаграммном режиме сообщение делится на дейтаграммы. Дейтаграмма - часть информации, передаваемая независимо от других частей одного и того же сообщения в вычислительных сетях с коммутацией пакетов. Дейтаграммы одного и того же сообщения могут передаваться в сети по разным маршрутам и поступать к адресату в произвольной последовательности, что может послужить причиной блокировок сети. На внутренних участках маршрута контроль правильности передачи не предусмотрен и надежность связи обеспечивается лишь контролем на оконечном узле.

Блокировкой сети в дейтаграммном режиме называется такая ситуация, когда в буферную память узла вычислительной сети поступило столько пакетов разных сообщений, что эта память оказывается полностью занятой. Следовательно, она не может принимать другие пакеты и не может освободиться от уже принятых, так как это возможно только после поступления всех дейтаграмм сообщения.

### 3 ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В СЕТЯХ

#### 3.1 Виды связи и режимы работы сетей передачи сообщений

Первоначальными видами сообщений могут быть голос, изображения, текст, данные. Для передачи звука традиционно используется телефон, изображений - телевидение, текста - телеграф (телетайп), данных - вычислительные сети. Передача документов (текста) может быть кодовой или факсимильной. Для передачи в единой среде звука, изображений и данных применяют сети, называемые сетями интегрального обслуживания.

Кодовая передача сообщений между накопителями, находящимися в узлах информационной сети, называется телетекстом (в отличие от телекса - телетайпной связи), а факсимильная связь называется телефаксом. Виды телетекста: электронная почта (E-mail) - обмен сообщениями между двумя пользователями сети, обмен файлами, "доска объявлений" и телеконференции - широковещательная передача сообщений.

Установление соединения между отправителем и получателем с возможностью обмена сообщениями без заметных временных задержек характеризует режим работы on-line ("на линии"). При существенных задержках с запоминанием информации в промежуточных узлах имеем режим off-line ("вне линии").

Связь может быть односторонней (симплексной), с попеременной передачей информации в обоих направлениях (полудуплексной) или одновременной в обоих направлениях (дуплексной).

#### 3.2 Протоколы

Протоколы - это набор семантических и синтаксических правил, определяющий поведение функциональных блоков сети при передаче данных. Другими словами, протокол - это совокупность соглашений относительно способа представления данных, обеспечивающего их передачу в нужных направлениях и правильную интерпретацию данных всеми участниками процесса информационного обмена.

Поскольку информационный обмен - процесс многофункциональный, то протоколы делятся на уровни. К каждому уровню относится группа родственных функций. Для правильного взаимодействия узлов различных вычислительных сетей их архитектура должна быть открытой. Этим целям служат унификация и стандартизация в области телекоммуникаций и вычислительных сетей.

Унификация и стандартизация протоколов выполняются рядом международных организаций, что наряду с разнообразием типов сетей породило большое число различных протоколов. Наиболее широко распространенными являются протоколы, разработанные для сети

выражающего передаваемое сообщение, в некотором процессе, называемом переносчиком и приспособленном к реализации в данной среде. Переносчик в системах связи представлен электромагнитными колебаниями  $U$  некоторой частоты, называемой несущей частотой:

$$U = U_m \cdot \sin(\nu \cdot t + y),$$

где  $U_m$  - амплитуда;  $\nu$  - частота;  $y$  - фаза колебаний несущей. Изменение параметров несущей (переносчика) по закону передаваемого сообщения называется модуляцией. Если это изменение относится к амплитуде  $U_m$ , то модуляцию называют амплитудной (АМ), если к частоте  $\nu$  - частотной (ЧМ), и если к фазе  $y$  - фазовой (ФМ). При приеме сообщения предусматривается обратная процедура извлечения полезного сигнала из переносчика, называемая демодуляцией. Модуляция и демодуляция выполняются в устройстве, называемом модемом.

*Модемы.* Модем - устройство преобразования кодов и представляющих их электрических сигналов при взаимодействии аппаратуры окончания канала данных и линий связи. Слово "модем" образовано из частей слов "модуляция" и "демодуляция", что подчеркивает способы согласования параметров сигналов и линий связи: сигнал, подаваемый в линию связи, модулируется, а при приеме данных из линии сигналы подвергаются обратному преобразованию.

Модем выполняет функции аппаратуры окончания канала данных. В качестве окончательного оборудования обычно выступает компьютер, в котором имеется приемопередатчик - микросхема UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter). Приемопередатчик подключается к модему через один из последовательных портов компьютера и последовательный интерфейс RS-232C, в котором обеспечивается скорость не ниже 9,6 кбит/с на расстоянии до 15 м.

Более высокая скорость (до 1000 кбит/с на расстояниях до 100 м) обеспечивается интерфейсом RS-422, в котором используются две витые пары проводов с согласующими сопротивлениями на концах, образующие сбалансированную линию.

Организация дуплексной связи. Для организации дуплексной связи используются следующие способы:

- четырехпроводная линия связи - одна пара проводов для прямой и другая для обратной передачи;

- частотное разделение - прямая и обратная передачи ведутся на разных частотах, т.е. полоса для каждого направления сужается более чем вдвое по сравнению с полосой симплексной связи;

- эхо-компенсация - при установлении соединения с помощью посылки зондирующего сигнала определяются параметры (запаздывание и мощность) эха - отраженного собственного сигнала; в дальнейшем из принимаемого сигнала вычитается эхо собственного сигнала.

Многоканальная аппаратура. В многоканальной аппаратуре одна (или несколько) линия связи разделяется между сообщениями по частоте или времени. В широкополосных аналоговых каналах используется частотное разделение. Каналы группируются в первичные (полоса 60...108



Cheapernet-кабеле — около 1000 м. Приемопередатчик Cheapernet расположен на сетевой плате и используется как для гальванической развязки между адаптерами, так и для усиления внешнего сигнала.

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 UTP 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.

### 3.5.2 Каналы передачи данных

Аналоговые каналы передачи данных. Типичным и наиболее распространенным типом аналоговых каналов являются телефонные каналы общего пользования (каналы тональной частоты). В каналах тональной частоты полоса пропускания составляет 0,3...3,4 кГц, что соответствует спектру человеческой речи.

Для передачи дискретной информации по каналам тональной частоты необходимы устройства преобразования сигналов, согласующие характеристики дискретных сигналов и аналоговых линий. Кроме того, в случае непосредственной передачи двоичных сигналов по телефонному каналу с полосой пропускания 0,3...3,4 кГц скорость передачи не превысит 3 кбит/с. Действительно, пусть на передачу одного бита требуются два перепада напряжения, а длительность одного перепада  $T_B = (3...4)/(6,28 \cdot FB)$ , где FB - верхняя частота полосы пропускания. Тогда скорость передачи есть  $B < 1/(2 \cdot T_B)$ .

Согласование параметров сигналов и среды при использовании аналоговых каналов осуществляется с помощью воплощения сигнала,

ARPANET и применяемые в глобальной сети Internet, протоколы открытых систем Международной организации по стандартизации (ISO - International Standard Organization), протоколы Международного телекоммуникационного союза (International Telecommunication Union - ITU, ранее называвшегося ССИТТ) и протоколы Института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers). Протоколы сети Internet объединяют под названием TCP/IP. Протоколы ISO являются семиуровневыми и известны как протоколы базовой эталонной модели взаимосвязи открытых систем (ЭМВОС).

### 3.3 Эталонная модель взаимосвязи открытых систем (ЭМВОС)

Базовая ЭМВОС - это модель, принятая ISO для описания общих принципов взаимодействия информационных систем. ЭМВОС признана всеми международными организациями как основа для стандартизации протоколов информационных сетей.

В ЭМВОС информационная сеть рассматривается как совокупность функций, которые делятся на группы, называемые уровнями. Разделение на уровни позволяет вносить изменения в средства реализации одного уровня без перестройки средств других уровней, что значительно упрощает и удешевляет модернизацию средств по мере развития техники.

ЭМВОС содержит семь уровней. Ниже приведены их номера, названия и выполняемые функции.

7-й уровень - прикладной (Application): включает средства управления прикладными процессами; эти процессы могут объединяться для выполнения поставленных заданий, обмениваться между собой данными. Другими словами, на этом уровне определяются и оформляются в блоки те данные, которые подлежат передаче по сети. Уровень включает, например, такие средства для взаимодействия прикладных программ, как прием и хранение пакетов в "почтовых ящиках" (mail-box).

6-й уровень - представительный (Presentation): реализуются функции представления данных (кодирование, форматирование, структурирование). Например, на этом уровне выделенные для передачи данные преобразуются из кода EBCDIC в ASCII и т.п.

5-й уровень - сеансовый (Session): предназначен для организации и синхронизации диалога, ведущегося объектами (станциями) сети. На этом уровне определяются тип связи (дуплекс или полудуплекс), начало и окончание заданий, последовательность и режим обмена запросами и ответами взаимодействующих партнеров.

4-й уровень - транспортный (Transport): предназначен для управления сквозными каналами в сети передачи данных; на этом уровне обеспечивается связь между оконечными пунктами (в отличие от следующего сетевого уровня, на котором обеспечивается передача данных через промежуточные компоненты сети). К функциям транспортного уровня относятся мультиплексирование и демуплексирование

(сборка-разборка пакетов), обнаружение и устранение ошибок в передаче данных, реализация заказанного уровня услуг (например, заказанной скорости и надежности передачи).

3-й уровень - сетевой (Network): на этом уровне происходит формирование пакетов по правилам тех промежуточных сетей, через которые проходит исходный пакет, и маршрутизация пакетов, т.е. определение и реализация маршрутов, по которым передаются пакеты. Другими словами, маршрутизация сводится к образованию логических каналов. Логическим каналом называется виртуальное соединение двух или более объектов сетевого уровня, при котором возможен обмен данными между этими объектами. Понятию логического канала не обязательно соответствие некоего физического соединения линий передачи данных между связываемыми пунктами. Это понятие введено для абстрагирования от физической реализации соединения. Еще одной важной функцией сетевого уровня после маршрутизации является контроль нагрузки на сеть с целью предотвращения перегрузок, отрицательно влияющих на работу сети.

2-й уровень - канальный (Link, уровень звена данных): предоставляет услуги по обмену данными между логическими объектами предыдущего сетевого уровня и выполняет функции, связанные с формированием и передачей кадров, обнаружением и исправлением ошибок, возникающих на следующем, физическом уровне. Кадром называется пакет канального уровня, поскольку пакет на предыдущих уровнях может состоять из одного или многих кадров.

1-й уровень - физический (Physical): предоставляет механические, электрические, функциональные и процедурные средства для установления, поддержания и разъединения логических соединений между логическими объектами канального уровня; реализует функции передачи битов данных через физические среды. Именно на физическом уровне осуществляются представление информации в виде электрических или оптических сигналов, преобразование формы сигналов, выбор параметров физических сред передачи данных.

В конкретных случаях может возникать потребность в реализации лишь части названных функций, тогда соответственно в сети имеется лишь часть уровней. Так, в простых (неразветвленных) ЛВС отпадает необходимость в средствах сетевого и транспортного уровней. В то же время сложность функций канального уровня делает целесообразным его разделение в ЛВС на два подуровня: управление доступом к каналу (MAC - Medium Access Control) и управление логическим каналом (LLC - Logical Link Control). К подуровню LLC в отличие от подуровня MAC относится часть функций канального уровня, не связанных с особенностями передающей среды.

Передача данных через разветвленные сети происходит при использовании инкапсуляции/декапсуляции порций данных. Так, сообщение, пришедшее на транспортный уровень, делится на сегменты, которые получают заголовки и передаются на сетевой уровень. Сегментом

### *Коаксиальный кабель*

Коаксиальный кабель имеет среднюю цену, хорошо поехозащищен и применяется для связи на большие расстояния (несколько километров). Скорость передачи информации от 1 до 10 Мбит/с, а в некоторых случаях может достигать 50 Мбит/с. Коаксиальный кабель используется для основной и широкополосной передачи информации.

### *Широкополосный коаксиальный кабель*

Широкополосный коаксиальный кабель невосприимчив к помехам, легко наращивается, но цена его высокая. Скорость передачи информации равна 500 Мбит/с. При передаче информации в базисной полосе частот на расстояние более 1,5 км требуется усилитель, или так называемый репитер (повторитель). Поэтому суммарное расстояние при передаче информации увеличивается до 10 км. Для вычислительных сетей с топологией шина или дерево коаксиальный кабель должен иметь в конце согласующий резистор (терминатор).

### *Ethernet-кабель*

Ethernet-кабель также является коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 50 Ом. Его называют еще толстый Ethernet (thick) или желтый кабель (yellow cable). Он использует 15-контактное стандартное включение. Вследствие помехозащищенности является дорогой альтернативой обычным коаксиальным кабелям. Максимально доступное расстояние без повторителя не превышает 500 м, а общее расстояние сети Ethernet — около 3000 м. Ethernet-кабель, благодаря своей магистральной топологии, использует в конце лишь один нагрузочный резистор.

### *Cheapernet-кабель*

Более дешевым, чем Ethernet-кабель, является соединение Cheapernet-кабель или, как его часто называют, тонкий (thin) Ethernet. Это также 50-омный коаксиальный кабель со скоростью передачи информации в 10 миллионов бит/с. При соединении сегментов Cheapernet-кабеля также требуются повторители. Вычислительные сети с Cheapernet-кабелем имеют небольшую стоимость и минимальные затраты при наращивании. Соединение сетевых плат производится с помощью широко используемых малогабаритных байонетных разъемов (CP-50). Дополнительное экранирование не требуется. Кабель присоединяется к ПК с помощью тройниковых соединителей (T-connectors).

Расстояние между двумя рабочими станциями без повторителей может составлять максимум 300 м, а общее расстояние для сети на

наращиваемость и простота расширения кабельной системы влияют на ее стоимость.

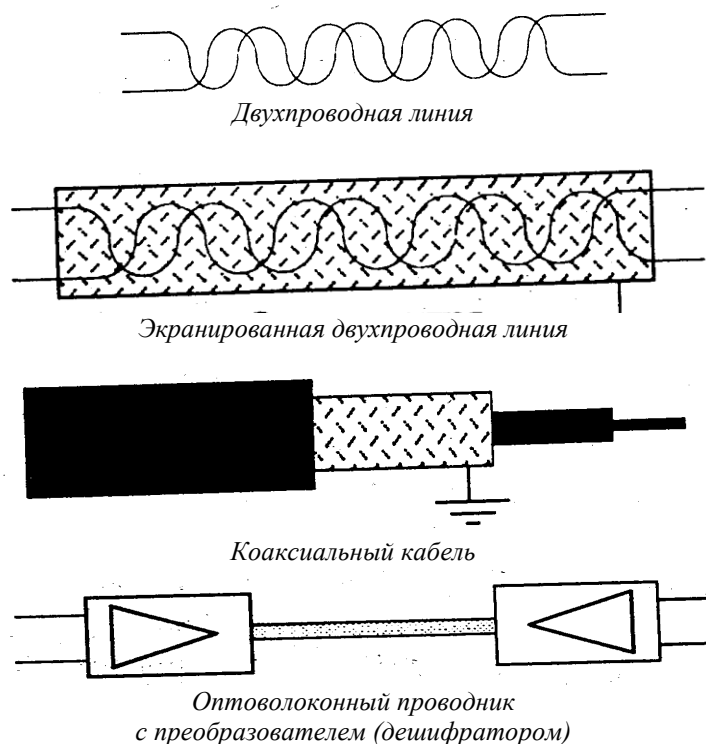


Рисунок 5 – Коммуникационные средства вычислительных сетей

#### Витая пара

Наиболее дешевым кабельным соединением является витое двухжильное проводное соединение, часто называемое "витой парой" (twisted pair). Она позволяет передавать информацию со скоростью до 10 Мбит/с, легко наращивается, однако является помехозащищенной. Длина кабеля не может превышать 1000 м при скорости передачи 1 Мбит/с. Преимуществами являются низкая цена и беспроблемная установка. Для повышения помехозащищенности информации часто используют экранированную витую пару, т.е. витую пару, помещенную в экранирующую оболочку, подобно экрану коаксиального кабеля. Это увеличивает стоимость витой пары и приближает ее цену к цене коаксиального кабеля.

обычно называют пакет транспортного уровня. Сетевой уровень организует передачу данных через промежуточные сети. Для этого сегмент может быть разделен на части (пакеты), если сеть не поддерживает передачу сегментов целиком. Пакет снабжается своим сетевым заголовком (т.е. происходит инкапсуляция). При передаче между узлами промежуточной ЛВС требуется инкапсуляция пакетов в кадры с возможной разбивкой пакета. Приемник деинкапсулирует сегменты и восстанавливает исходное сообщение.

#### 3.4 Основные элементы сети передачи данных (СПД)

Сеть 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. Сети передачи данных могут 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 децибелах,  $1 \text{ дБ} = 10 \cdot \lg(R_{\text{вх}}/R_{\text{вых}})$ , где  $R_{\text{вх}}$  и  $R_{\text{вых}}$  - 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)

$$V = 2 \cdot F \cdot \log_2 k,$$

так как  $V = \log_2 k/t$ , где  $t$  - длительность переходных процессов, приблизительно равная  $3 \cdot T_B$ , а  $T_B = 1/(2 \cdot \rho \cdot F)$ ;  $k = 1+A$ , где  $A$  - 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 (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 аппаратуру конца данных (узел) и линию передачи данных.

Составные элементы СПД. Это совокупность аппаратных средств для представления информации в закодированной форме и преобразования ее с целью эффективного распространения сигналов по физической среде связи (ФСС) (каналу связи). В соответствии с приведенным определением канал передачи данных можно представить состоящим из двух основных частей: аппаратуры передачи данных и физической среды связи, через которую передается информация. Варианты структур канала передачи данных показаны на рис. 4, а—в.

Сетевой тракт передачи данных. Это совокупность параллельно включенных каналов связи, организованных в линии различного типа с помощью аппаратуры частотного или временного уплотнения, устройств преобразования сигналов, модемов и устройств повышения достоверности передачи информации.

Функциональное назначение каждой из указанных частей канала и тракта передачи данных определяет их техническое исполнение. Конструктивно аппаратура передачи данных (АПД) соединяется с линией связи через специальные аппаратные средства (интерфейсы связи), которые выполняются на основе стандартных решений, требований и рекомендаций. Международные стандарты, определяющие соединение АПД с физической средой, называют рекомендациями серии X (МККТТ), в частности X.21 и X.21 бис. В нашей стране интерфейсы связи называются стыками, обозначаются заглавными буквами С с номером, стоящим справа: С1, С2, С3, С4. Стык С1 определяет структуру, состав и логику взаимодействия соединительных цепей между АПД и физической средой связи ФСС (см.рис.4.а). Он также устанавливает параметры передачи (скорость, тип капаала связи и др.) Стык С2 определяет параметры цепей обмена данными между оконечным оборудованием данных ООД и АПД при последовательном вводе/выводе данных той или иной абонентской системой (АС). В абонентской системе (АС) обмен и передача между отдельными устройствами - оконечными абонентами) (ОА) - осуществляется параллельным образом, т. е. сигналы передаются одновременно по целой группе соединительных линий (цепей), на которые также имеются стандартные интерфейсы (стандарт ИРПР—интерфейс-радиальный параллельный). При подключении абонентской

более при комбинации фазовой и амплитудной модуляций.

Скорости передачи повышаются с помощью квадратурно-амплитудной или фазовой модуляции за счет того, что вместо двоичных модулирующих сигналов используются дискретные сигналы с большим числом возможных значений.

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 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 монополюно 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.

### 3.5 Коммуникационные средства вычислительных сетей

Кроме персонального компьютера, который используется в вычислительной сети как отдельное рабочее место, операционной системы вычислительной сети и сетевых адаптеров (устройств сопряжения), соединяющих центральный процессор с периферийным оборудованием и другими специальными устройствами, немаловажную роль играют кабельные системы, которые определяют не только скорость, но и возможность передачи данных с минимальными потерями на определенные расстояния.

#### 3.5.1 Линии передачи данных

В качестве средств коммуникации наиболее часто используются витая пара, коаксиальный кабель и оптоволоконные линии (рис. 5). При выборе типа кабеля учитывают следующие показатели:

- стоимость монтажа и обслуживания,
- скорость передачи информации, ограничения на величину расстояния передачи информации ( без дополнительных усилителей – повторителей (репитеров)), безопасность передачи данных.

Главная проблема заключается в одновременном обеспечении этих показателей, например, наивысшая скорость передачи данных ограничена максимально возможным расстоянием передачи данных, при котором еще обеспечивается требуемый уровень защиты данных. Легкая

При амплитудной модуляции во избежание искажений, называемых качанием фронта, нужно выполнение условия  $v \gg W$ , где  $v$  и  $W$  - соответственно несущая и модулирующая частоты. Соблюдение этого условия при стандартной (для среднескоростной аппаратуры передачи данных) несущей частоте 1700 Гц не может обеспечить информационные скорости выше 300 бит/с. Поэтому в модемах применяют дополнительное преобразование частоты: сначала производят модуляцию несущей, имеющей повышенную частоту, например  $F_{нд} = 10$  кГц, затем с помощью фильтра выделяют спектр модулированного сигнала и с помощью преобразователя частоты переносят модулирующие колебания на промежуточную частоту, например 1700 Гц. Тогда при боковых полосах до 1400 Гц спектр сигнала согласуется с полосой пропускания телефонных линий. Однако достигаемые при этом скорости передачи данных остаются невысокими.

**Частотная и фазовая модуляции.** В сравнительно простых модемах применяют частотную модуляцию (FSK - Frequency Shift Keying) со скоростями передачи до 1200 бит/с. Так, если необходима дуплексная связь по двухпроводной линии, то возможно представление 1 и 0 в вызывном модеме частотами 980 и 1180 Гц соответственно, а в ответном модеме - 1650 и 1850 Гц. При этом скорость передачи составляет 300 бод.

Обычно для передачи сигнала об ошибке от приемника к передатчику нужен канал обратной связи. При этом требования к скорости передачи данных по обратному каналу могут быть невысокими. Тогда в полосе частот телефонного канала образуют обратный канал с ЧМ, по которому со скоростью 75 бит/с передают 1 частотой 390 Гц и 0 частотой 450 Гц.

Фазовая модуляция (PSK - Phase Shift Keying) с двумя уровнями сигнала (1 и 0) осуществляется переключением между двумя несущими, сдвинутыми на полпериода друг относительно друга. Другой вариант PSK - изменение фазы на  $\pi/2$  в каждом такте при передаче нуля и на  $3\pi/4$ , если передается единица.

**Квадратурно-амплитудная модуляция.** Квадратурно-амплитудная модуляция (QAM - Quadrature Amplitude Modulation, ее также называют квадратурно-импульсной) основана на передаче одним элементом модулированного сигнала  $n$  бит информации, где  $n = 4 \dots 8$  (т.е. используются 16... 256 дискретных значений амплитуды). Однако для надежного различения этих значений амплитуды требуется малый уровень помех (отношение сигнал/помеха не менее 12 дБ при  $n=4$ ).

При меньших отношениях сигнал/помеха лучше применять фазовую модуляцию с четырьмя или восемью дискретными значениями фазы для представления соответственно 2 или 3 бит информации. Тогда при скорости модуляции в 1200 бод (т.е. 1200 элементов аналогового сигнала в секунду, где элемент - часть сигнала между возможными сменами фаз) и четырехфазной модуляции скорость передачи данных равна 2400 бит/с. Используются также скорости передачи 4800 бит/с (при скорости модуляции 1600 бод и восьмифазной модуляции), 9600 бит/с и

системы к каналу передачи данных, во-первых, необходимо обеспечить сопряжение, которое выполняется с помощью адаптеров (А) через ИРПР, а во-вторых, сопряжение адаптера с каналом передачи данных и при необходимости, в случае передачи на значительное расстояние, - переход от параллельного способа обмена к последовательному через стык С2.

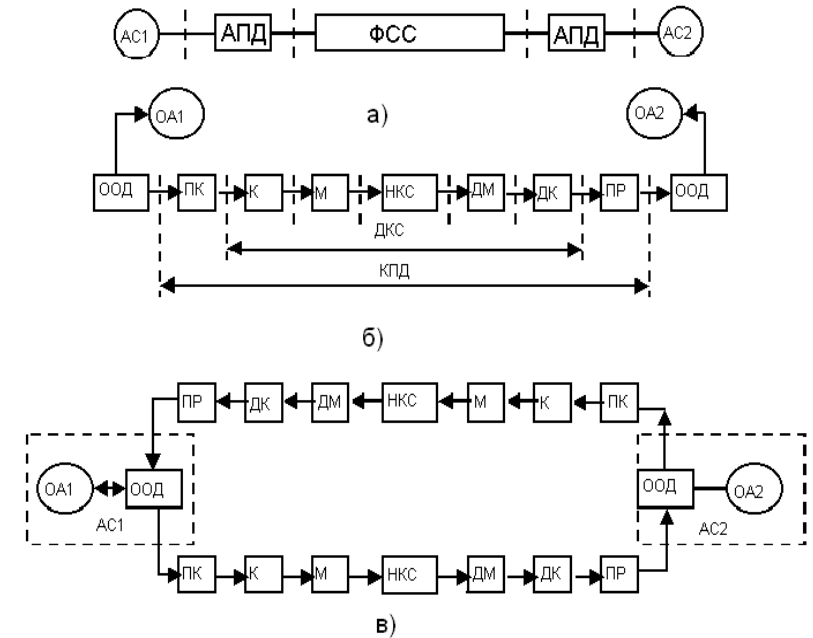


Рисунок 4 - Структура канала передачи данных

Работу канала передачи данных можно организовать различным образом: передавать данные только в одном направлении (симплексный СДД) (см.рис. 4, в), менять направления передачи (полудуплексный СПД) (см.рис. 4, б) и, используя две линии, ввести одновременную передачу в двух направлениях (дуплексный СПД)(см. рис. 4. а).

Как видно из рис. 4, а—в, основными компонентами канала передачи данных являются: адресат—получатель 0,4 с устройством приема ПР информации и отправитель ОЛ с передатчиком ПК, кодер  $K_0$  и декодер ДК. В схеме можно выделить так называемый непрерывный канал связи НКС, в который входят линии связи, приемный ДМ и передающий М модемы.

Непрерывный канал характеризуется полосой пропускания  $\Delta\omega_k$ , уровнем шумов  $P_{ш}$ , затуханием  $\alpha$  и другими параметрами. При

подключении к передатчику кодера, декодера и устройств защиты от ошибок на основе непрерывного канала образуется дискретный канал (ДКС).

Для установления физической и логической связей источника с системой передачи информации необходимо организовать сопряжение, которое осуществляется по принципу согласования скорости выбора сообщений источником и скорости их передачи по каналу связи. При этом главным согласующим принципом источника сообщений с каналом связи (это в равной мере относится к приемнику и абоненту) является согласование всех элементов системы передачи информации по применяемым кодам и способам кодирования.

Под кодированием в общем случае понимается процесс представления сообщений с помощью специальных элементов в соответствии с набором правил, позволяющих эффективно реализовать передачу, обработку информации и другие информационные процессы.

Как известно из теории информации, для непрерывного канала важнейшей характеристикой является его пропускная способность, которую можно подсчитать следующим образом:

$$C = \Delta\Omega \log_2(1 + P_c / P_{ш}),$$

где  $\Delta\Omega$  -полоса пропускания канала;  $P_c, P_{ш}$  -мощности сигнала и шума.

Из формулы следует, что имеют место два пути увеличения пропускной способности каналов: увеличение полосы пропускания канала связи, увеличение отношения сигнал/шум.

В ИС применяют методы, реализующие каждый из указанных путей. В частности, если требуется обеспечить высокие скорости передачи сообщений, в качестве непрерывного канала применяют высокочастотные коаксиальные кабели или оптоволоконные линии, имеющие сравнительно низкий уровень шумов и позволяющие передавать большое число импульсных посылок в единицу времени.

В непрерывном канале также для эффективного протекания процессов передачи информации производятся модуляция, демодуляция, фильтрация и другие преобразования сигналов.

Непрерывный канал не позволяет обеспечить возросшие требования к процессам передачи информации, предъявляемые к информационным сетям. Решение проблемы – в применении дискретной передачи информации и ее помехоустойчивое кодирование.

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.

#### *Оптоволоконные линии*

Наиболее дорогими являются оптопроводники, называемые

также стекловолоконным кабелем. Скорость распространения информации по ним достигает нескольких гигабит в секунду. Допустимое удаление - более 50 км. Внешнее воздействие помех практически отсутствует. На данный момент это наиболее дорогостоящее соединение для ЛВС применяется там, где возникают электромагнитные поля помех или требуется передача информации на очень большие расстояния без использования повторителей. Они обладают противоподслушивающими свойствами, так как техника ответвлений в оптоволоконных кабелях очень сложна. Оптопроводники объединяются в ЛВС с помощью звездообразного соединения.

Основные показатели трех типовых сред для передачи информации приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели типовых сред передачи искажения

Показатели	Среда передачи информации		
	Двухжильный кабель – витая пара	Коаксиальный кабель	Оптоволоконный кабель
Цена	Невысокая	Относительно высокая	Высокая
Наращивание	Очень простое	Проблематично	Простое
Защита от прослушивания	Незначительная	Хорошая, однако легко отвлекается	Высокая
Скорость передачи	До 10 Мбит/с	До 300 Мбит/с	Несколько Мбит/с
Проблемы с заземлением	Нет	Возможны	Нет
Восприимчивость к помехам	Существует	Существует	Отсутствует

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.

*Амплитудная модуляция.* При амплитудной модуляции на входы модулятора поступают сигнал  $V$  и несущая  $U$ . Например, если сигнал есть гармоническое колебание

$$V = V_m \cdot \sin(W \cdot t + j)$$

с амплитудой  $V_m$ , частотой  $W$  и фазой  $j$ , то на выходе нелинейного элемента в модуляторе будут модулированные колебания

$$U_{AM} = U_m \cdot (1 + m \cdot \sin(W \cdot t + j)) \cdot \sin(v \cdot t + y),$$

где  $m = V_m / U_m$  - коэффициент модуляции. На выходе модулятора в спектре сигнала присутствуют несущая частота  $v$  и две боковые частоты:  $v + W$  и  $v - W$ . Если сигнал занимает некоторую полосу частот, то в спектре модулированного колебания появятся две боковые полосы.