Лекция 2.
АРХИТЕКТУРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ, СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И ТЕРМИНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

2.1. Введение в понятие архитектуры системы.

В последнее десятилетие практически полностью изменился характер систем обработки, хранения и передачи информации. Сложность этих систем растет. Сегодня в полупроводниковом кристалле создается сложная электронная схема с десятками тысяч транзисторов. В крупной ЭВМ взаимодействуют многие тысячи таких интегральных схем. Сотни вычислительных машин объединяются в вычислительные сети.

Для анализа и синтеза таких сложных систем есть только один путь разделение их на разнообразные элементы и исследование множества структур, их взаимодействия. Эти проблемы решаются в направлении, получившем название **“архитектуры систем”.** В зависимости от объекта рассмотрения это могут быть архитектуры вычислительной сети, терминального комплекса, вычислительной машины и т.д. Архитектура системы является понятием, включающим три важнейших вида взаимосвязанных структур: **физическую, логическую и программную.** Кроме этого, анализируя другие аспекты архитектуры, часто рассматривают **структурно-топологическое построение систем**, особенно это касается вычислительных сетей и сетей передачи данных, терминальных комплексов, где имеет место проблема пространственного размещения на местности, территории. Каждая из названных структур определяется набором элементов и характером их взаимодействия**. Связь структур друг с другом образуют архитектуру рассматриваемой системы.**

Элементами физической структуры являются технические объекты. Так, если рассматривается физическая структура вычислительной машины, то ее взаимосвязанными элементами чаще всего являются процессор, канал, устройство ввода-вывода информации, печатающие устройства, магнитные диски и т.д. Вместе с этим, элементами физической структуры машины может быть пульт оператора, дисплей, контроллер, аппаратура передачи данных и другие. Исследование физической структуры позволяет определить физические ресурсы рассматриваемой системы, подсчитать необходимое число вычислительных машин, аппаратов и устройств, выяснить, какими должны быть их технические характеристики. Каждый, кто приступает к анализу архитектуры системы, прежде всего должен видеть и понимать ее физическую структуру.

Однако, создание любой системы начинается с рассмотрения другой ее структуры - логической.

Элементами логической структуры являются функции, определяющие основные операции: ввода, хранения, передачи или выдачи массивов информации. В зависимости от объекта исследования и глубины анализа, элементами логической структуры могут быть операционная система машины, группа коммуникационных программ, терминальный модуль и т.д. Элементы логической структуры часто именуются логическими модулями. Кроме того, элементами этой структуры могут быть и более сложные образования, включающие несколько взаимосвязанных логических модулей. Анализ взаимодействия элементов логической структуры позволяет рассмотреть функционирование всей системы, исследовать процессы, связанные с

обработкой потоков информации, а так же определить логические ресурсы всей системы.

В большинстве случаев система (сеть) характеризуется чрезвычайно сложным многоцелевым программным обеспечением, осуществляющим различные виды информационных работ. Поэтому очень важной характеристикой структуры системы является так же ее **программная структура. Эту структуру образуют взаимосвязанные программы:** процесс обработки информации, доступ к этому процессу, диагностика неисправностей оборудования, передача информации, управление каналом и т.д.

Взаимодействие элементов программной структуры обеспечивает выполнение необходимых информационных задач.

Т.о. **архитектура системы (вычислительной сети, терминального комплекса и т.д.) является концепцией взаимосвязи большого числа различных типов элементов.** Она, в основном, характеризуется переплетением физической, логической и программной структур этой системы. Это переплетение определяется размещением логических модулей в вычислительных машинах, синтезом этих модулей из наборов взаимосвязанных программ, реализацией программ в контроллерах, АПД и т.д.

Исследование архитектуры системы позволяет определить ее основные характеристики, создать терминальный комплекс или вычислительную сеть, удовлетворяющие поставленным перед ними требованиям, обеспечивающим эффективное выполнение заданных информационных процессов.

2.2. Физическая структура терминального комплекса и сетей.

2.2.1. Терминальный комплекс

Состоит из мультиплексора, модемов (М), каналов связи и терминалов (рис. 2.1).

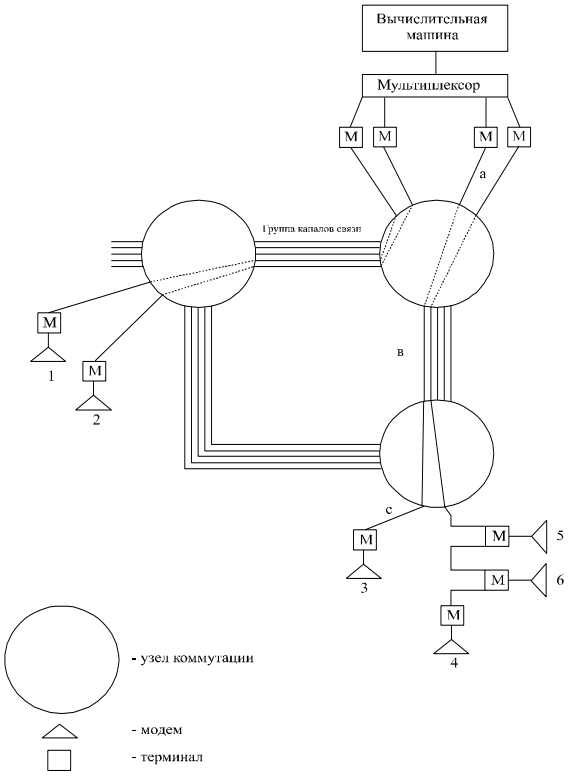

Рис.2.1. Физическая структура терминального комплекса

К вычислительной машине может быть подключен один либо несколько терминальных комплексов. Их число определяется возможностями этой машины. Каждый терминальный комплекс имеет древовидную структуру. В основании каждого такого “дерева” находится мультиплексор. Ветви” дерева” образуют каналы связи, а в его “вершинах” располагаются терминалы.

Последовательности каналов связи, соединяющие мультиплексор с терминалами, образуют физические каналы. Например, физический канал между мультиплексором и терминалом-3 создается каналами связи а, в, с. Наряду с терминалами, в терминальный комплекс могут быть включены и вычислительные машины, эмулируемые под терминалы. Такие машины являются сателлитами и управляются вычислительной машиной, находящейся в основании “дерева” терминального комплекса. Эта машина (в верхней части рисунка 2.1) называется **центральной (главной).**

2.2.2. Вычислительная сеть

Характер **физической структуры вычислительной сети** зависит от степени детализации решаемой задачи. Так, в одних случаях вычислительная машина является одним из элементов этой структуры. В других случаях, та же вычислительная машина представляется множеством таких элементов, как процессор, устройство оперативной памяти, канал, печатающее устройство и т. д. Далее рассматриваются вопросы взаимодействия машины в вычислительной сети. Поэтому в физической структуре рассматриваются вычислительные машины, физические каналы и в необходимых случаях - аппаратура передачи данных (адаптеры, контроллеры, модемы и т.д.).

Физическая структура вычислительной сети, в которой логические модули реализуются в отдельных машинах ввиду разнохарактерности задач, выполняемых логическими модулями, и снижения стоимости вычислительных машин, приведена на рис. 2.2.

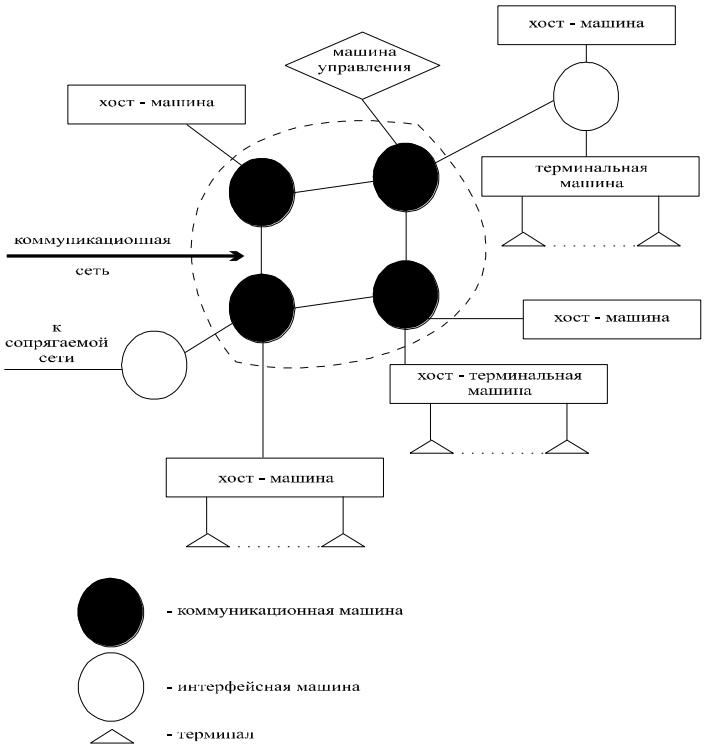

Рис.2.2. Физическая структура вычислительной сети

В рассматриваемой сети имеются два типа абонентских машин: хостмашины и терминальные машины. Кроме того, сеть включает четыре коммуникационных машины, интерфейсные машины и машину управления вычислительной сетью. Каждая из них реализует логический модуль, имеющий то же название. В тех случаях, когда характеристики основных машин и их программное обеспечение соответствуют требованиям и стандартам вычислительной сети, они подключаются непосредственно к коммуникационным машинам. В противном случае их соединение осуществляется через интерфейсные машины. Наряду с этим в вычислительных сетях (сетях ЭВМ) нередко используются хост-терминальные машины. Каждая из них реализует оба логических модуля: хостмодуль и терминальный модуль (см. рис. 2.2.).

2.3. Структурно-топологическое построение сетей.

В настоящее время термин **“топологическая структура”** является нестандартным. Однако в теории и практике создания сетей он широко используется, но при этом единого определения пока нет. Поэтому, представляется целесообразным на основании стандартных терминов “структура сети” и общепринятого понятия “топология” сформулировать определение, которое отражает существо вопроса.

Под топологической структурой сети (терминального комплекса) будем понимать взаимное пространственное (на местности) расположение вычислительных машин и средств передачи данных и физическую связность между ними.

Под **физической связностью** элементов сети понимается способность соединенных элементов сети (ТК) принимать информацию друг от друга с вероятностью не ниже требуемой за время, не превышающее заданное. Другими словами, если обмен информацией между любой парой элементов сети или ТК происходит с требуемыми вероятностно-временными характеристиками, то пара элементов является связной.

Определяющими факторами в построении топологической структуры сети (ТК) являются:

Расположение элементов на местности, определяемое целевым назначением сети (ТК), требованиями по размещению элементов со стороны пользователей сети, т.е. “подгонка” структуры сети под структуру или АСУ, или информационно-расчетной системы, или какую-либо другую, определяемую пользователями.

Физическая природа проводящей среды, влияющая на связность элементов сети (ТК). С этой точки зрения существует два больших класса сетей: сети с проводными каналами, в которых связь определяется длиной линий связи, и сети с радиоканалами, в которых связь определяется дальностью радиосвязи и качеством радиоканалов.

Под **эффективной топологической структурой** понимается такое взаимное расположение элементов сети (ТК), которое максимизирует связность этих элементов.

2.4. Логическая структура терминального комплекса (ТК) и сетей.

2.4.1. Терминальный комплекс.

В терминальном комплексе (см. рис. 2.1) мультиплексор выполняет функции сопряжения канала вычислительной машины с аппаратурой передачи данных, соединенной с каналом связи. Кроме мультиплексора, подключенного непосредственно к вычислительной машине, в терминальном комплексе часто используют и удаленные мультиплексоры. Они предназначены для уплотнения информации, передаваемой от группы терминалов по одному каналу связи. Мультиплексоры и терминалы взаимодействуют с сетью каналов через специальные преобразователи, именуемые модемами. Эти аппараты обеспечивают передачу дискретной информации через аналоговую сеть связи.

По характеру взаимодействия с терминалами физические каналы делятся на два типа. Наиболее распространенным из них является **канал точка-точка.** Он связывает с мультиплексором только один терминал (см. рис. 2.1). Вторым типом физического канала является **многоточечный канал**. Такой тип используется в тех случаях, когда необходимо в максимальной степени уменьшить стоимость физического канала.

В литературе и на практике терминалы называют также **абонентскими пунктами,** чем и подчеркивается их отношение к пользователям. Большинство терминалов имеют блочную структуру и включают одно или несколько устройств ввода-вывода информации, устройство памяти и устройство управления. Наиболее распространенными устройствами ввода-вывода являются пишущие машинки, телетайпы, дисплеи, перфоленточные и перфокарточные аппараты, печатающие устройства. В качестве устройства памяти чаще всего используются магнитные ленты и магнитные диски.

Появление новой технологии общения с вычислительной машиной (теледоступ и телеобработка) в составе терминального комплекса позволило создать и новые формы обработки информации (новые функции), связанные с созданием электронных библиотек (банков данных и программ) и информационных систем.

Значительно расширился круг пользователей вычислительной машиной. Это связано с тем, что резкое уменьшение времени обращения к машине сделало возможным и экономичным решение:

- заданий, которые требуют немедленного выполнения(поиск данных, выдача справок, срочные расчеты и т.д.);
- “слоистых” задач, в которых этапы поиска информации или вычисления перемежаются с областями, в которых необходимо творческое участие специалиста и принятие им решения;
- несложных расчетов, с которыми ранее в вычислительный центр обращаться было нецелесообразно.

Экономический эффект и удобства, обеспечиваемые телеобработкой информации в терминальных комплексах, оказались настолько значительными, что число терминалов, взаимодействующих с вычислительными машинами быстро растет.

2.4.2. Вычислительная сеть.

Анализ процессов передачи и обработки информации, выполняемых вычислительной сетью, требует расчленения их на специфические группы и рассмотрения взаимосвязи и взаимодействия этих групп. В результате получается логическая структура вычислительной сети, элементами которой

являются логические модули - группы функций, выполняющих определенные задачи, связанные с работой вычислительной сети.

Логическая структура вычислительной сети представлена на рис. 2.3., из которого следует, что сеть содержит логические модули пяти типов.

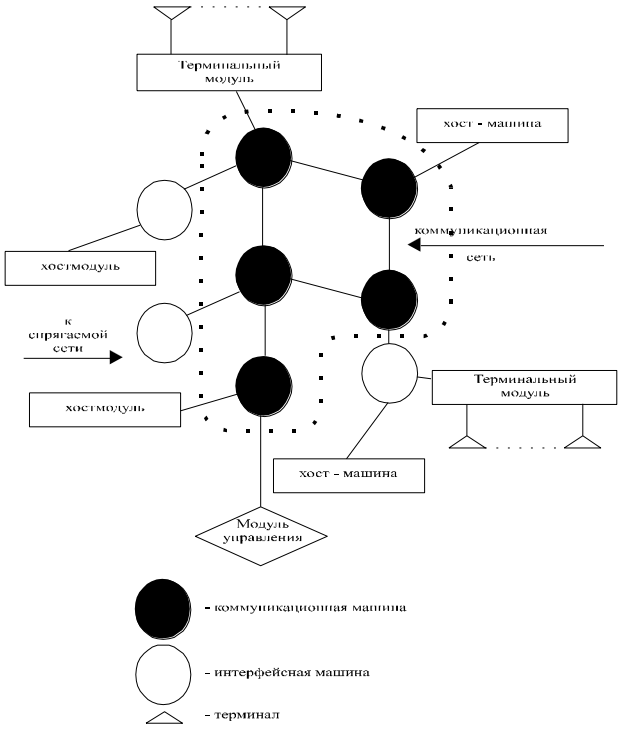

Рис.2.3. Логическая структура вычислительной сети

Функции, выполняемые этими элементами, следующие:

Хостмодуль - информационно-вычислительные работы;

Терминальный модуль - взаимодействие терминалов с вычислительной сетью;

Коммуникационный модуль - маршрутизация, управление потоками, передача пакетов в коммуникационной сети (сети передачи данных);

Интерфейсный модуль - сопряжение разнотипных вычислительных сетей, хостмодулей или терминальных модулей;

Модуль управления вычислительной сетью - сбор статистики о работе вычислительной сети, изменение характера маршрутизации информации.

Хостмодуль (главная машина) - является главным элементом вычислительной сети, т.к. он определяет ее информационно-вычислительные ресурсы и большую часть предоставляемого ею сервиса. Этот элемент может осуществлять вычисления, являться банком информации, выполнять логическую обработку информации. Наряду с этим он обеспечивает взаимодействие этих процессов с сетью.

В то время, как хостмодуль предоставляет ресурсы вычислительной сети, терминальный модуль их потребляет. Для этого он управляет терминалами, выполняет ряд вспомогательных функций, связанных с подготовкой, обработкой, передачей и хранением информации. Этот модуль обеспечивает также сопряжение терминалов с сетью и в ряде случаев выполняет простые информационно-вычислительные процессы.

Коммуникационный модуль выполняет все функции, связанные с маршрутизацией информации, управление каналами и проверкой данных после их передачи по очередному физическому каналу.

Интерфейсный модуль предназначен для сопряжения вышеперечисленных модулей в тех случаях, когда их характеристики не согласованы друг с другом. Если хостмодули и терминальные модули в вычислительной сети соответствуют одинаковым стандартам и сеть не соединяется с другими сетями, то необходимость в интерфейсных модулях отпадает.

Модуль управления вычислительной сетью осуществляет административное управление вычислительной сетью. Его функции заключаются в воздействии на вычислительную сеть при ее расширении, изменении конфигурации, либо выхода из строя отдельных ее элементов. В этом случае персонал, управляющий сетью в соответствии с опытом своей работы принимает необходимые меры. Управление вычислительной сетью может быть также рассредоточено по отдельным ее элементам. Тогда в сети имеется несколько модулей управления вычислительной сетью.

В одной достаточно большой вычислительной машине может быть реализовано несколько логических модулей. Однако терминальный модуль, а также модуль управления вычислительной сетью могут выполняться и в мини-ЭВМ. Что касается коммуникационного и интерфейсного модуля, то в ряде случаев для их реализации достаточно даже микро-ЭВМ.

Поэтому чаще всего машины, выполняющие информационно-вычислительные функции (хостмодули) освобождают от вспомогательных функций, однако в вычислительных сетях могут встречаться и использоваться **хосттерминальные машины,** каждая из них реализует оба логических модуля: хостмодуль и терминальный модуль. Что касается сочетания коммуникационного и терминального модулей, то в ряде случаев они тоже объединяются и реализуются на одной мини-ЭВМ. Структура такой мини-ЭВМ дана на рис.2.4.

Рис.2.4. Мини ЭВМ, реализующая коммуникационные и терминальные модули

Здесь коммуникационный модуль соединяется с тремя магистральными каналами, а терминальный модуль - с четырьмя терминалами. Объединенный модуль осуществляет маршрутизацию информации по трем магистральным каналам и управляет терминалами, связывая их с этими каналами. Для выполнения функций модуля управления вычислительной сетью может использоваться как отдельная мини-ЭВМ, так и часть ЭВМ, реализующей хостмодуль или коммуникационный модуль. Разнохарактерность задач, выполняемых логическими модулями и низкая стоимость ЭВМ приводят к тому, что в последние годы логические модули вычислительной сети все чаще реализуются в отдельных ЭВМ.

2.5. Программная структура терминального комплекса и сетей. Эталонная модель взаимосвязи открытых систем (ЭМ ВОС).

2.5.1. Терминальный комплекс.

Программное обеспечение ТК состоит из двух взаимосвязанных частей: программ управления сообщениями, обеспечивающих различные методы теледоступа к процессам, выполняемой ЭВМ, и программ обработки сообщений, выполняющих необходимые информационно-вычислительные задачи.

А. Основными функциями программ управления сообщениями является передача информации между программами пользователя в вычислительной машине и операторами терминалов.

Одними из наиболее распространенных **методами доступа** являются:

базисный телекоммуникационный доступ (БТД) и

общий телекоммуникационный доступ (ОТД).

БТД является комплексом программ, обеспечивающих по физическим каналам обмен данными между вычислительной машиной и подключенным к ней терминалам. При реализации БТД выполняются следующие функции:

- опрос терминалов;
- вызов терминала;
- передача сообщений терминалу;
- обработка ошибок;
- организация буферной памяти;
- преобразование кодов;
- тестирование, диагностика терминалов;
- сбор статистики об ошибках при передаче;
- запуск передачи;
- окончание сеанса связи.

Преимущества БТД перед другими заключается в его простоте и гибкости. Он требует небольшой оперативной и внешней памяти и поэтому используется в относительно малых ЭВМ.

ОТД является более сложным комплексом программ и требует большой памяти в ЭВМ. Однако он позволяет упростить составление программ, которые должен иметь пользователь для взаимодействия с ЭВМ.

ОТД выполняет все функции, которые реализуются при выполнении БТД, кроме того ОТД позволяет:

- организовать очереди сообщений;
- редактировать сообщения;
- управлять приоритетами при обработке информации;

- в случае необходимости обеспечивать возврат сообщений;
- изменять список терминалов, взаимодействующих с ЭВМ.

Б. Программы обработки сообщений выполняют широкий круг задач. К ним в первую очередь относятся:

- вычисления;
- банки данных;
- информационно-поисковые системы;
- справочные системы и т.д.

В настоящее время используется большой набор программ обработки сообщений. Рассмотрим три наиболее распространенных из них.

Система ДУВЗ (Диалоговый удаленный ввод-вывод заданий) является сложным комплексом программ, обеспечивающим пользователям в режиме диалога терминалов с ЭВМ подготовку для нее заданий и дистанционное получение решений. Пользователь ДУВЗ имеет возможность от сеанса к сеансу сохранять в системе нужные ему наборы данных. С этой целью ему выделяется личная библиотека, разделами которой являются сохраняемые наборы данных. В библиотеке можно хранить, например, часто используемые подпрограммы управления заданиями, тексты программ и т.д., имеется возможность их обновления и редактирования, вывод на экран и печать. Система ДУВЗ разрешает использовать наборы данных и из библиотек других пользователей.

Система КРОС выполняет автоматическую буферизацию входных и выходных данных и планирует вычислительные работы на основе заданных приоритетов. Применение этой системы позволяет:

- повысить производительность ЭВМ, благодаря наличию специальных методов доступа для работы со входными потоками заданий и выходными потоками решений;
- автоматизировать функции оператора ЭВМ, в частности планировать и запускать программы системного ввода, системного вывода и инициаторы;
- расширить возможности ЭВМ за счет динамического упорядочения задач на основе: учета использования центрального процессора и устройств ввода-вывода; автоматического включения во входной поток всех заданий; передачи части входного потока заданий обрабатывающей программе, минуя планировщик ОС ЕС;
- уменьшить потребность в ресурсах за счет динамического распределения внешней памяти и сокращения объема памяти, необходимого для буферизации входных и выходных наборов данных и построения очереди заданий;
- обеспечить возможность удаленного ввода заданий;
- обеспечить прозрачность, выражающуюся в том, что для применения КРОС не требуется вносить в операционную систему (ОС) ЭВМ какие-либо изменения, а также в большинство заданий, подготовленных пользователями для выполнения; поэтому КРОС можно вводить в эксплуатацию, не изменяя большинство программ пользователей.

Важно отметить, что система КРОС не зависит от версии ОС ЕС. Поэтому КРОС может служить основой для разработки новых средств и возможностей, не затрагивая ОС ЕС и готовых программ пользователей.

Система КАМА является комплексом программ, предназначенным для обработки информационных сообщений, передаваемых терминалами, и

обеспечивающих удаленную связь пользователей с базой данных и библиотекой прикладных программ.

Она осуществляет коммутацию сообщений в терминальном комплексе, управление вводом и выводом данных.

Система предоставляет пользователям:

- единую базу данных для всех программ пользователей;
- управляемый теледоступ к базе данных;
- приоритетное использование средств обработки информации;
- сервисные средства, необходимые для построения информационных систем.

Система КАМА построена по модульному принципу, открыта для развития и состоит из ряда библиотек. По запросам пользователей КАМА осуществляет поиск информации и выдачу справок, обеспечивает пользователю возможность просмотра информации в тех случаях, когда он не знает точно характеристики искомого объекта, обеспечивает также выполнение расчетных работ.

С помощью данной системы производится широкий комплекс операций, связанный с вводом информации в ЭВМ. Представляется также возможность редактирования вводимой информации и сбора данных с большого числа терминалов. Специальные компоненты системы осуществляют распределение сообщений по всем терминалам, подключенным к ЭВМ. Алгоритм распределения задается программой, составленной пользователем.

2.5.2. Вычислительная сеть.

Рассмотрение программной структуры вычислительной сети (ВС) позволяет определить иерархию программного обеспечения этой сети. **Программы, выполняемые в ЭВМ или реализуемые в аппаратных средствах сети (модемах, адаптерах, контроллерах) являются взаимосвязанными элементами программной структуры.** При этом основными в программной структуре ВС являются элементы, выполняющие информационно-вычислительные функции для пользователя (вычисления, реализация банков данных, диалоговых информационных систем и т.д.). Этими элементами являются программа пользователя и взаимосвязанные с ней программы управления представлением информации и сеансом связи. Совокупность этих трех элементов принято называть процессом.

Основной задачей вычислительной сети является создание взаимодействующих процессов, реализуемых вычислительными машинами (логическими модулями). Взаимодействие этих процессов осуществляется передачей друг другу массивов информации.

Схема взаимодействия двух непосредственно связанных процессов показана на рис.2.5.

Рис.2.5. Взаимодействие двух процессов

При появлении необходимости в передаче информации программа пользователя А выдает массив информации. **Программы управления представлением и сеансом** добавляют к этому массиву **заголовок и концевик,** образуя сообщение. В заголовок последнего записывается информация, позволяющая различать сообщения и указывать необходимые адреса. В концевике располагаются символы, позволяющие выявить ошибки в сообщении после его передачи другому процессу.

Сообщение имеет произвольную длину, поэтому его обычно перед передачей **делят на части - блоки**, максимальный размер которых ограничен. Эти блоки передаются (см. рис.2.6) процессу Е.

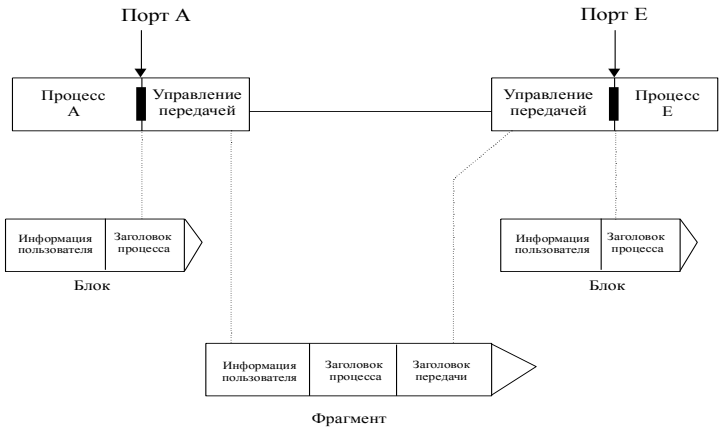

Рис.2.6. Связь процессов, расположенных в двух машинах

Здесь программы управления представлением и сеансом собирают из блоков сообщение, анализируют, а затем убирают его заголовок и концевик. Полученный массив информации передается программе пользователя Е.

Такое (непосредственное) взаимодействие процессов возможно только в тех редких случаях, когда эти процессы расположены в одной и той же вычислительной машине. Обычно же в вычислительной сети процессы находятся в различных машинах и взаимодействуют через аппаратуру передачи данных, физические каналы, коммуникационные, а часто и интерфейсные машины. В этом случае к каждому процессу должен быть добавлен новый элемент программной структуры ВС - **программа управления передачей информации** от одного процесса к другому. Границу (точку), расположенную между процессом и программой управления передачей, обычно именуют портом.

В рассматриваемом случае структура передаваемого массива информации усложняется и последний, называемый фрагментом имеет два заголовка: процесса и передачи. Основа блока и его заголовок (заголовок процесса) здесь те же, что и на рис.2.5. Второй же заголовок фрагмента (заголовок передачи) содержит управляющие данные, описывающие передачу: тип массива информации, передаваемого от одного процесса к другому, адреса исходного и конечного процесса (точнее адреса портов), идентификатор (имя) этого массива.

Передача информации от процесса А к процессу Е здесь осуществляется следующим образом. При возникновении необходимости в передаче, процесс А выдает (см. рис. 2.6) блок информации, который передается программе управления передачей. Последняя добавляет к нему заголовок передачи и полученный фрагмент информации направляет другой программе управления

передачей. Эта программа убирает во фрагменте заголовок передачи, читает его, а оставшуюся часть массива информации блок передает процессу Е. Здесь из блоков собираются сообщения и содержащаяся в них информация пользователя передается адресуемой программе пользователя. Аналогично осуществляется передача информации от процесса Е к процессу А.

В вычислительной сети один и тот же **процесс** может быть связан с несколькими процессами, выполняемыми в различных машинах. Поэтому наряду с **программой управления передачей** вводится (см. рис. 2.7) еще один элемент **программа управления сетью**.

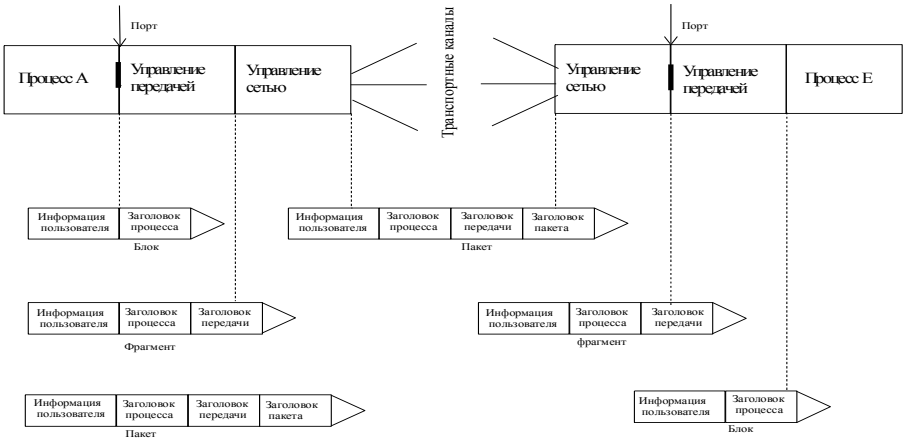

Рис.2.7. Процедуры формирования и приема пакетов

Линии, соединяющие в вычислительных сетях программы управления сетью, назовем **транспортными каналами**. Основной задачей программы управления сетью является организация **маршрутизации пакетов** в вычислительной сети. Соответственно новой программе к фрагменту добавляется заголовок пакета. В нем содержится вся управляющая информация необходимая для маршрутизации пакетов. Созданный таким образом **пакет** передается группе программ, связанных с процессом Е. Здесь программы управления сетью и управления передачей, используя соответствующие заголовки пакета и фрагмента, передают процессу Е принятый блок. В ряде случаев программы управления передачей и управления сетью объединяются в одну комплексную программу. В этих случаях во всех массивах информации заголовки передачи и пакета также соединяются в общий заголовок.

Между любой парой смежных машин расположен канал, управление работой которого выполняет еще один элемент - **программа управления информационным каналом.** Соответственно этому **рассматриваемый канал будем называть информационным.** Программа управления информационным каналом перед передачей пакета по информационному каналу обрамляет его (см. рис.2.8). Спереди - **заголовком канала** и сзади - **концевиком канала**. Заголовок канала содержит информацию, необходимую для управления информационным каналом. В концевик канала включается информация, обеспечивающая проверку пакета после передачи его по информационному каналу. В результате добавления к пакету заголовка и концевика канала создается **массив информации, называемый кадром**.

Рис.2.8. Процедура формирования кадра

Кадры в информационном канале идут непрерывным потоком друг за другом. Их отделяют друг от друга управляющие символы, именуемые **флагами.**

Процесс создания кадра можно проиллюстрировать (см. рис.2.9) процедурой **последовательной упаковки информации** пользователя **в четыре “конверта”.**

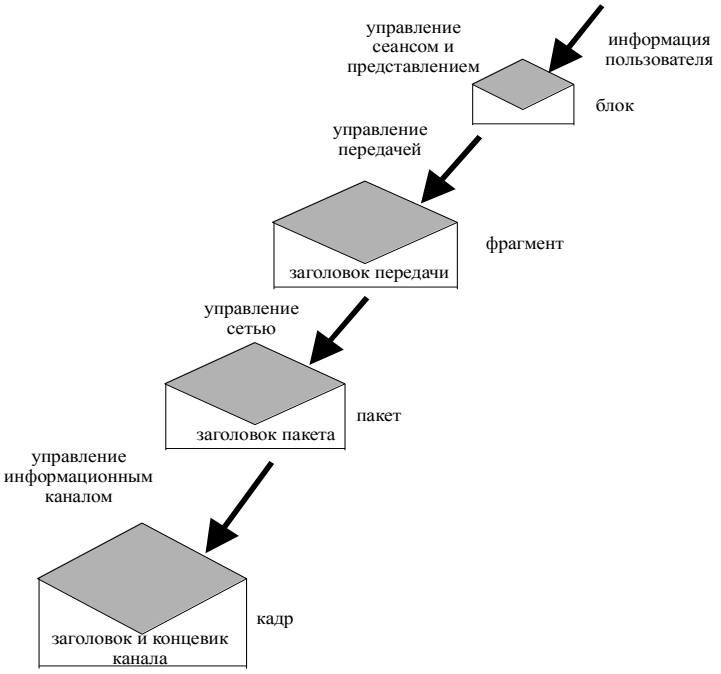

Рис.2.9. Структура 4-х конвертной упаковки информации

На каждом из четырех рассмотренных этапов управления осуществляется упаковка информации пользователя либо “конверта”, полученного от предыдущего элемента программной структуры сети, в новый “конверт” и указание на нем нового адреса (заголовка). При этом важно отметить, что каждый из рассмотренных элементов оперирует лишь со своим заголовком (и

концевиком), не рассматривая (анализируя) остальную часть полученного массива информации.

Поэтому принято говорить, что этот **элемент прозрачен** для информации пользователя и заголовков, принятых с более высоких уровней программной структуры вычислительной сети. На приемной стороне происходят обратные операции - распечатка “конвертов”. Каждый из элементов программной структуры читает заголовок (и концевик) на “конверте”, вскрывает его и содержимое передает вверх очередному элементу. В проведенном анализе программной структуры не учтена необходимость соединения каждой пары ЭВМ физическим каналом, поддержание этого соединения во время сеанса и расторжение соединения после каждого из сеансов. Эти операции выполняет элемент - **программа управления физическим каналом.**

Таким образом, возникает **слоистая программная структура вычислительной сети,** состоящая из элементов, расположенных на **семи уровнях.** Семь взаимосвязанных элементов программной структуры вычислительной сети показаны на рис. 2.10.

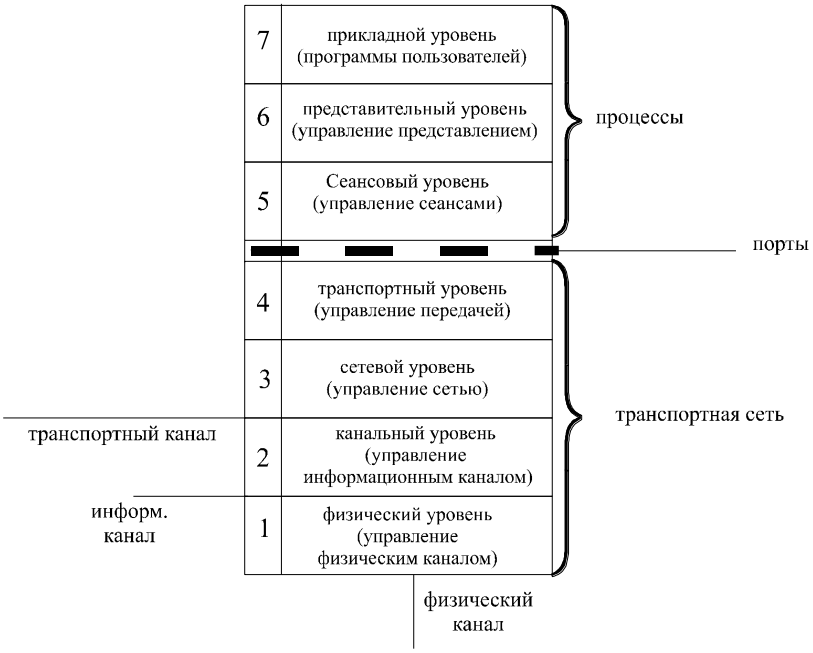

Рис.2.10. Уровни программной структуры вычислительной сети (7-и уровневая эталонная модель взаимодействия открытых систем)

Они образуют **семиуровневую модель**, которая в настоящее время стандартизирована МОС как **эталонная модель взаимодействия открытых систем (ЭМ ВОС)** и находит очень широкое применение при анализе и синтезе вычислительных сетей.

В общем случае на верхнем уровне ЭМ ВОС может находиться не один, а несколько процессов. Каждый из них имеет один, а иногда и несколько портов и является абонентом вычислительной сети. **Порты связываются друг с другом логической системой называемой <u>транспортной сетью.</u>** Основные задачи и функции выполняемые каждым уровнем программной структуры (ЭМ ВОС)

показаны на табл. 2.1. Уровни 1 и 2 определяют функции, обеспечивающие передачу между двумя вычислительными машинами, соединенными информационным каналом. Уровни 3 и 4 программной структуры

Таблица 2.1.

Основные задачи и функции, выполняемые уровнями программной структуры вычислительной сети

Уровень	Наименование	Основная задача	Выполняемые функции
1	Физический уровень (управление физическим каналом)	Сопряжение с физическим каналом	Установление соединения с физическим каналом. Поддержание соединения с физическим каналом. Расторжение соединения с физическим каналом.
2	Канальный уровень (управление информационным каналом)	Управление передачей по информационному каналу	Проверка состояния информационного канала. Обрамление массивов информации служебными символами управления каналом. Контроль данных, передаваемых по информационному каналу. Обеспечение прозрачности информационного канала. Управление передачей кадров по информационному каналу.
3	Сетевой уровень (управление сетью)	Маршрутизация пакетов	Управление коммуникационными ресурсами. Организация маршрутизации пакетов. Обрамление массивов информации служебными элементами передачи по коммуникационной сети.
4	Транспортный уровень (управление передачей)	Управление логическим каналом	Организация постоянных или временных логических каналов между процессами. Управление потоками информации между портами. Обрамление массивов информации служебными символами запроса, либо ответа.
5	Сеансовый уровень (управление сеансами)	Обеспечение сеансов связи	Осуществление интерфейса с транспортным уровнем. Организация, поддержание и окончание сеансов связи.
6	Представительный уровень	Изображение данных в необходимой форме	Генерация и интерпретация команд взаимодействия процессов. Представление данных программе пользователя.
7	Прикладной уровень (программы пользователей)	Выполнение процесса	Вычислительные работы. Информационно-поисковые, либо справочные работы. Логическое преобразование информации пользователей. Прикладные процессы системного управления (администрация).

осуществляют передачу информации от порта к порту. Уровни 5,6 и 7 описывают взаимодействие операционных систем вычислительных машин, входящих в вычислительную сеть.

В вычислительной сети может использоваться также **специальный процесс (административный), осуществляющий управление сетью.**

В его функции входят:

- корректировка программ, обеспечивающих процедуры маршрутизации,

 сбор данных о работе вычислительной сети,
 выдача статистики о работе сети,
 диагностика неисправностей сети,
 управление ресурсами сети.

Программы маршрутизации корректируются при выходе из строя канала связи или изменения конфигурации коммуникационной сети (появления новых или ликвидации старых каналов).

В составе уровней (элементов) программной структуры вычислительной сети возможны дополнительные уровни:

 межсетевой уровень, имеющий место в случае взаимодействия (взаимосвязи) нескольких транспортных сетей передачи между собой или взаимодействия процесса (транспортного уровня) с несколькими транспортными сетями (сетями передачи), реализуемый и на уровне процессов и в транспортной сети;

 специальный уровень, обеспечивающий специальные **(крипто-, имитозащита)** свойства передаваемой информации и реализуемый или на уровне процессов или в транспортной сети.

Слоистость программной структуры вычислительной сети обеспечивает относительную независимость программ друг от друга. Поэтому установление четких правил стыковки соседних программ позволяет менять (совершенствовать) один из слоев программного обеспечения без изменений остальных слоев.

Выше рассмотрены семь уровней программной структуры, однако на практике в различных вычислительных сетях используется разное число уровней от 4-х до 7-ми. Чем больше число уровней в программной структуре, тем легче ее совершенствовать, заменяя только один из этих уровней. Однако, с увеличением числа уровней усложняется и все программное обеспечение, т.к. каждое выделение программ в отдельный уровень требует решения вопросов стандартизации интерфейсов с соседними уровнями.

Рассмотренные на рис. 2.10 семь уровней программной структуры объединяются в группы, образующие элементы логической структуры вычислительной сети: хостмодули, терминальные, коммуникационные и интерфейсные модули, модуль управления вычислительной сетью и т.д.

С другой стороны размещение программ в машинах и аппаратуре передачи данных позволяет рассмотреть **взаимосвязь элементов программной и физической структур вычислительной сети.**

Пример такой взаимосвязи показан на рис. 2.11. Здесь уровни программной структуры имеют те же номера, что и на рис. 2.10. Хостмашина, терминальная машина и машина управления вычислительной сетью включают все семь уровней показана на рис. 2.10. В отличии от них коммуникационная машина содержит только три нижних уровня, осуществляющих коммуникационные функции. И наконец, интерфейсная машина имеет самую сложную программную структуру, обеспечивающую связь разнородных сетей и машин. Практически она состоит из двух хостмодулей с общим специальным процессом. Ее программная структура, при включении машины между сетями, показана на рис. 2.11. Программное обеспечение интерфейсной машины, устанавливаемой между хостмашиной и коммуникационной машиной, имеет похожую структуру (см. рис. 2.12). Следует отметить, что на рис. 2.11 и 2.12, как и в реальных вычислительных сетях управление физическим каналом реализуется не в машинах, а в подключенной к ним аппаратуре передачи

данных. Программа управления информационными каналами все чаще также реализуется в этой аппаратуре.

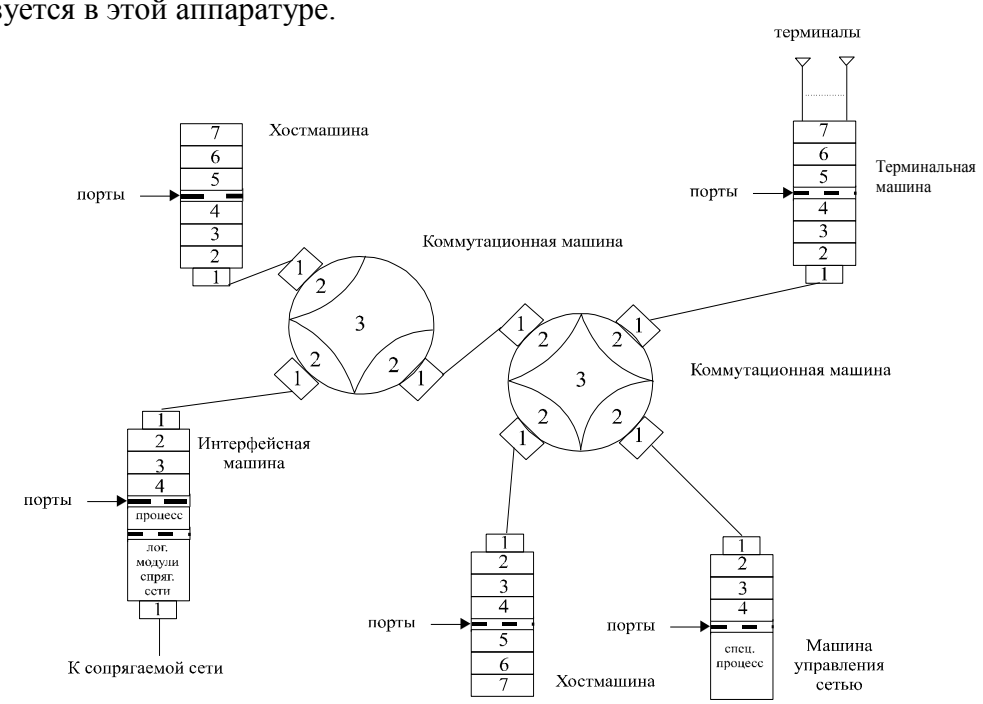

Рис.2.11. Схема размещения уровней программной структуры на физической структуре вычислительной сети

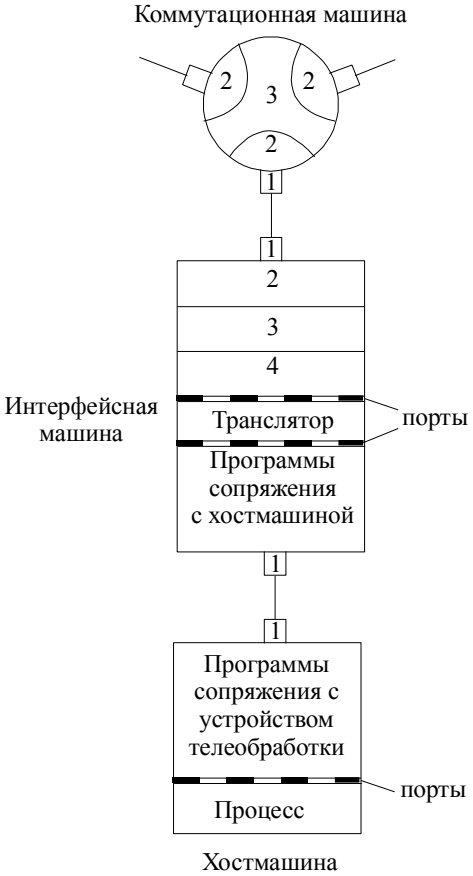

Рис.2.12. Программная структура интерфейсной машины, связывающей хостмашину и коммуникационную машину

Как уже отмечалось, между уровнями управления передачей и процессами располагаются порты. Условную линию, проведенную между портами различных хостмашин или терминальных машин, принято называть **логическим каналом.** Так, на рис. 2.13 показан один логический канал, связывающий процесс Н в хостмашине I с процессом Е в хостмашине II. В зависимости от загрузки и состояния коммуникационной сети, логический канал может проходить не только по маршруту, показанному на рис. 2.13, но и по другим маршрутам, возможным в этой сети.

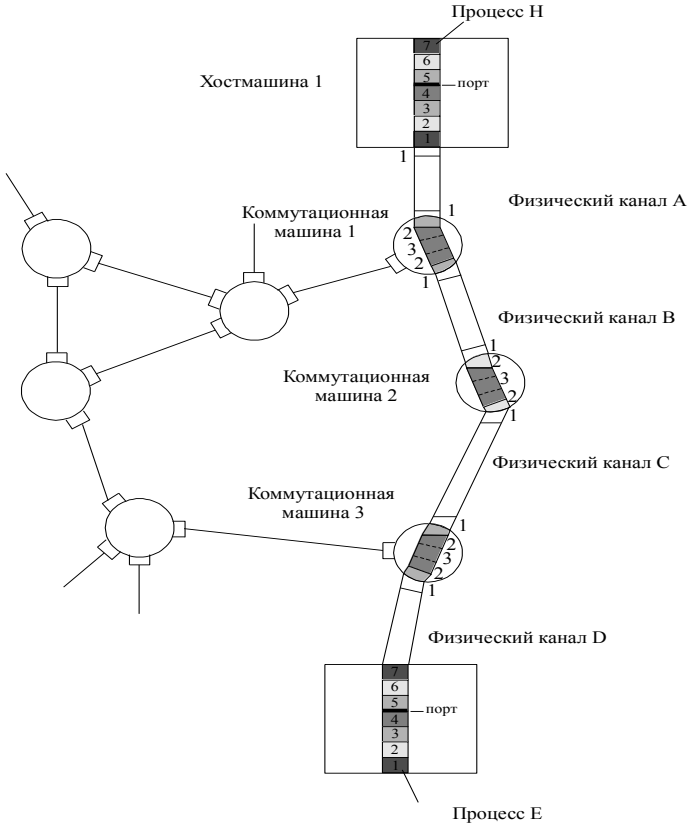

Рис.2.13. Логический канал между процессами Н и Е

Передача информации от одного порта (процесса) к другому связана с многократным ее прохождением через различные слои программной структуры вычислительной сети. Например, при передаче информации по логическому каналу от процесса Н (рис. 2.14) к процессу Е проход через слои программной структуры осуществляется так, как это показано на рис.2.14. Вначале информация, двигаясь от процесса Н, проходит (пунктирная линия) через слои программной структуры хостмашины I. Затем в каждой из трех коммуникационных машин (I, II, III) она передается через три слоя программ в одном, а затем в другом направлениях. И наконец, пройдя через слои в хостмашине II, информация достигает процесс Е. Аналогичным образом информация в вычислительной сети передается по любому другому логическому каналу. Одновременно в вычислительной сети может существовать (как постоянно, так и временно) большое число различных логических каналов. Логический канал создается между парой процессов на то время, когда им

необходимо обменяться информацией. После окончания сеанса связи (передачи необходимой информации) логический канал ликвидируется.

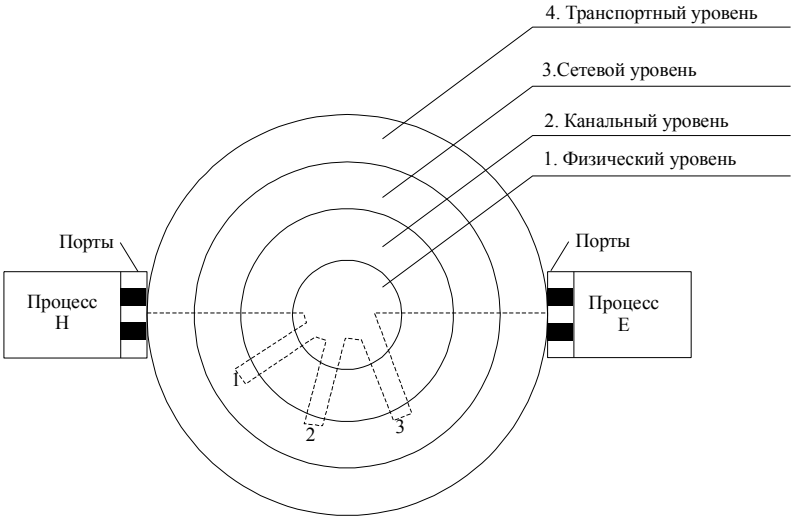

Рис.2.14. Схема прохождения информации через слои (уровни) программной структуры при движении по логическому каналу

2.6. Иерархия протоколов вычислительной сети.

Взаимосвязь одноименных уровней программной структуры вычислительной сети определяется сводом стандартных для всей сети правил, включающих обязательные характеристики этих элементов и процедуры их взаимодействия. Эти правила принято называть **протоколами.**

Взаимосвязь соседних (в одной машине) слоев (уровней) программной структуры определяется стандартами, именуемыми **интерфейсами.**

Интерфейсы имеют локальное значение, ибо определяют стыковку соседних слоев программной структуры. **Что же касается протоколов, то они характеризуют функционирование всей вычислительной сети в целом.** Иерархию этих протоколов рассмотрим на примере части вычислительной сети, представленной на рис. 2.15.

Рис.2.15. Иерархия протоколов вычислительной сети

Все сказанное далее полностью относится к взаимодействию хостмашин и терминальных машин.

Как следует из рис. 2.15 вычислительная сеть имеет **иерархию протоколов**, определяемую числом взаимодействующих друг с другом одинаковых уровней программной структуры. Протоколы делятся на три группы.

Первая группа определяет взаимодействие двух машин любого типа, соединенных друг с другом физическим каналом, и включает:

- управление физическим каналом;
- управление информационным каналом.

Вторая группа протоколов содержит два протокола, определяющие стандарты и процедуры транспортировки пакетов от одного порта к другому. К ним относятся:

- управление сетью;
- управление передачей.

Эти протоколы в конечном счете описывают правила передачи информации между абонентскими (хостмашина, терминальная машина) машинами вычислительной сети.

Третья группа включает три протокола:

- управление сеансами;
- управление представлением;
- управление программами пользователей.

Эти протоколы определяют правила взаимодействия процессов, расположенных в различных абонентских машинах. Каждый из перечисленных протоколов должен быть “прозрачным” для всех протоколов более высокого уровня, т.е. обязан обеспечить транспортировку любых символов управления слоев верхних уровней и передачу массивов информации с любыми кодами. Как и модули программного обеспечения, протоколы должны быть относительно независимы друг от друга, что позволяет их менять, не изменяя остальных. Это расширяет возможности совершенствования сетей ЭВМ.