

### **Раздел 3.**

#### **Принципы построения телекоммуникационных сетей**

Основой электросвязи Российской Федерации является Единая сеть электросвязи (ЕСЭ) РФ, обеспечивающая предоставление услуг электросвязи пользователям на территории России.

ЕСЭ РФ - сеть электросвязи, состоящая из расположенных на территории Российской Федерации сетей связи следующих категорий: сетей общего пользования (ОП), выделенных сетей, технологических сетей, сетей связи специального назначения и других сетей передачи информации при помощи электромагнитных систем. До 2003 года использовался термин Взаимоувязанная сеть связи Российской Федерации (ВСС РФ).

ЕСЭ РФ базируется на принципе организационно-технического единства, заключающемся в проведении единой технической политики, применении единого комплекса максимально унифицированных технических средств, единой номенклатуры типовых каналов и сетевых трактов.

По функциональному принципу сети ЕСЭ разделяются на транспортные сети и сети доступа.

*Транспортной* является та часть сети связи, которая выполняет функции переноса (транспортирования) потоков сообщений от их источников из одной сети доступа получателем сообщений другой сети доступа.

*Сетью доступа* сети связи является та ее часть, которая связывает источник (приемник) сообщений с узлом доступа, являющимся граничным между сетью доступа и транспортной сетью.

По способам организации каналов в сети ЕСЭ разделяются на первичные и вторичные.

*Первичные сети* ЕСЭ РФ предназначены для организации и предоставления во вторичные сети типовых сетевых трактов, типовых каналов передачи и типовых физических цепей.

На основе типовых трактов, типовых каналов передачи и типовых физических цепей первичных сетей ЕСЭ РФ с помощью узлов и станций коммутации организуются различные *вторичные сети* для транспортировки, коммутации и распределения сигналов в службах электросвязи.

На базе вторичных сетей организуются системы электросвязи, представляющие собой комплекс технических средств, осуществляющих электросвязь определенного вида и включающие в себя соответствующую вторичную сеть и подсистемы нумерации, сигнализации, учета стоимости и расчетов с абонентами, технического обслуживания и

управления. Система электросвязи может включать в себя одну или несколько служб электросвязи и одну или несколько сетей электросвязи.

Служба электросвязи представляет собой организационно-техническую структуру на базе сети связи (или совокупности сетей электросвязи), обеспечивающую обслуживание связью пользователей с целью удовлетворения их в определенном наборе услуг электросвязи.

Все сети и службы ЕСЭ РФ управляются соответствующими системами управления, обеспечивающими выполнение службами и системами связи определенных требований в части их устойчивого функционирования.

По территориальному делению сети ЕСЭ РФ разделяются на международные, междугородные, зоновые и местные (городские и сельские).

*Международные* сети связи - сети электросвязи технологически сопряженные с сетями связи других государств.

*Междугородные (магистральные)* сети связи - технологически сопряженные сети электросвязи, образуемые между центром Российской Федерации и центрами субъектов Федерации, а также центрами субъектов Федерации между собой.

*Зоновые (региональные)* сети связи - технологически сопряженные сети электросвязи, образуемые в пределах территории одного субъекта Федерации.

*Местные* сети связи - технологически сопряженные сети электросвязи, образуемые в пределах административной или определенной по иному принципу территории, не относящиеся к региональным сетям связи.

Междугородняя, зоновые и часть местных цифровых наложенных первичных сетей являются основой транспортной цифровой сети связи России. Местные первичные сети на участке «местный узел - оконечное устройство» в соответствии с терминологией являются сетью доступа.

В структуру ЕСЭ РФ входят следующие системы электросвязи ОП: телефонной связи, телеграфной связи, факсимильной связи, передачи газет, передачи данных, распределения программ звукового вещания, распределения программ телевизионного вещания. По мере развития средств связи структура систем связи ЕСЭ РФ может претерпевать изменения за счет интеграции ряда систем и образования их новых видов.

Сообщения, передаваемые в ЕСЭ РФ в реальном масштабе времени, в зависимости от степени важности содержащейся в них информации, подразделяются на три класса. Класс важности сообщения требует определенной степени надежности соединения при передаче этого сообщения. Для передачи сообщений I класса должна обеспечиваться организация трех независимых путей между сетевыми узлами (узлами привязки), к

которым подключается арендатор каналов. Для передачи сообщений II класса необходимо иметь два независимых пути между узлами привязки либо один путь с использованием системы резервирования. Для передачи сообщений III класса достаточно одного пути между узлами привязки. Сообщения, передаваемые по коммутируемым сетям ОП, относятся к III классу.

На современном этапе развития совершенствование средств электросвязи и сети в целом идет по трем направлениям: цифровизация, оптиковизация и компьютеризация. Основные преимущества ВОСП, во многом предопределившие процесс развития цифровизации, также хорошо известны - это увеличение пропускной способности и сокращение числа промежуточных пунктов волоконно-оптической линии передачи. И сегодня, на современном этапе развития, процесс оптиковизации - это не только постоянное совершенствование средств волоконной оптики и опто-электронных устройств, это не только массовое внедрение ВОСП на соединительных линиях первичной сети общего пользования, а в будущем и создания оптической транспортной сети, но и реальная возможность оптиковизации сетей доступа и малоканальной сельской первичной сети, что создает предпосылки к созданию широкополосной цифровой сети с интеграцией служб.

Наряду с развитием процессов цифровизации и оптиковизации на сети постоянно совершенствуются полупроводниковая элементная база, микропроцессорная (МП) техника и программное обеспечение операционных систем, что явилось основой и для компьютеризации средств связи. И сегодня, на современном этапе развития, компьютеризация - это не только широкое применение МП - средств и ПТК в устройствах эксплуатационного контроля аппаратуры, телеконтроля и управления, диспетчерских пунктах контроля и управления сетью на различных уровнях иерархии системы технической эксплуатации, это не только применение МП и ЛТК в составе измерительной техники и при математическом моделировании на этапах разработки и проектирования, но и применение непосредственно для автоматизации и совершенствования основных функций передачи и обработки передаваемой информации при установлении соединения, что создает предпосылки для совершенствования концепции технической эксплуатации и управления средств электросвязи и всей сети связи в целом на новом качественном уровне.

На современном этапе развития сети электросвязи все три направления совершенствования средств электросвязи органически связаны друг с другом. Новая техника связи - это, как правило, высокоскоростные ЦСП на оптическом кабеле с высоким уровнем программного обеспечения.

Информационную сеть как сложную систему можно описать путем расчленения ее на множество структур, каждая из которых содержит элементы, выделенные на соответствующем уровне рассмотрения сети.

*Архитектурой информационной сети* называют совокупность физических, логических и структурных элементов сети, связей между ними и правил их взаимодействия. Архитектура отображается иерархическим многоуровневым описанием сети в виде моделей, каждая из которых выделяет существенные элементы своего уровня абстрагирования.

Описание информационной сети с позиций системного подхода основывается на методологических принципах системологии, изучающей закономерные свойства больших (сложных) систем. Перечислим некоторые из них.

*Иерархичность* - расположение частей и элементов целого в порядке от высшего к низшему. Следуя этой закономерности, сеть можно расчленять на отдельные подсети (сегменты) низшего порядка.

*Коммуникативность* - множественность связей в системе, внешних - со средой и внутренних - между подсистемами и элементами. В связи с этим сеть, как правило, можно рассматривать и как подсеть, т.е. как подсистему или элемент системы более высокого порядка и как самостоятельную систему, включающую подсистемы (сегменты) более низкого порядка.

*Эмерджентность* - проявление системой интегративного качества, не свойственного отдельным ее элементам. Так, например, в информационной сети можно выделить такие функционально важные и относительно независимые подсистемы, как транспортная, распределения информации, управления сетью. Ни одну из них в отдельности нельзя отождествить с информационной сетью, и только их взаимосвязь отражает это понятие. С другой стороны, лишь изучение отдельных подсистем может углубить представление о системе в целом.

Благодаря этим свойствам любую из подсистем сложной системы можно выделить как самостоятельную систему и исследовать ее архитектуру. В зависимости от уровня рассмотрения можно говорить об архитектуре сети в целом, сетевого программного обеспечения, терминального комплекса, коммутационной системы и даже об архитектуре отдельной интегральной схемы.

Заметим также, что видение архитектуры сети зависит от профессиональной ориентации исследователя. Например, проектировщик, анализируя архитектуру сети, рассматривает ее топологию, организационную структуру, протокольную модель. Оператор сети прежде всего интересуется ее физической структурой. Разработчик

сетевого программного обеспечения сконцентрирует внимание на функциональной структуре сети.

На уровне общего представления любая сеть состоит из совокупности *пунктов* и соединяющих их *линий*, взаимное расположение которых характеризует связность сети и ее способность обеспечивать информационный обмен между пунктами. Топология сети отображает ее связность. Различают *физическую* и *логическую* топологию. Физическая топология отражает размещение пунктов сети и связывающих их линий в пространстве, логическая – дает представление о путях, по которым в сети может быть организовано взаимодействие между источниками и потребителями информации.

Для исследования топологических особенностей сети ее пункты удобно изобразить в виде *точек*, а соединяющие их линии - в виде *дуг*. Такая геометрическая фигура носит название *граф*. Точки в графе называют *вершинами*, а дуги, если не учитывается их направленность, - *ребрами*. Граф является *топологической моделью* структуры информационной сети

Выбор топологии сети является первой задачей, решаемой при ее построении, и определяется требованиями к экономичности и надежности связи. Топология сети выбирается сравнительно просто, если известен набор стандартных (базовых) топологий, из которых она может быть составлена. Рассмотрим ряд базовых топологий и их особенности.

*Двупунктная топология типа «точка - точка»* является наиболее простой и содержит сегмент сети, непосредственно связывающий физически и логически два пункта. Надежность такого сегмента можно повысить введением резервной связи, обеспечивающей стопроцентное резервирование, называемое *защитой типа 1+1*. При выходе из строя основной связи сеть автоматически переключается на резервную. Несмотря на простоту, именно эта базовая топология широко используется при передаче больших потоков информации по высокоскоростным магистральным каналам. Она же используется как составная часть радиально-кольцевой топологии (в качестве радиусов). Двупунктная топология с резервированием типа  $1 + 1$  может рассматриваться как вырожденный вариант топологии «кольцо» (см. ниже).

*Древовидная топология* может иметь разные варианты [рис.3.1](#). Особенностью сегмента сети с древовидной топологией является то, что связность  $n$  пунктов на физическом уровне достигается при минимальном количестве ребер  $R = n - 1$ , что обеспечивает высокую экономичность сети. На логическом уровне количество путей передачи информации между каждой парой пунктов в таком сегменте всегда равно  $h = 1$ .

С точки зрения надежности это достаточно низкий показатель. Повышение надежности в таких сетях достигается введением резервных связей (например, защиты типа 1 + 1)

Древовидная топология находит применение в локальных компьютерных сетях, телефонных сетях сельских районов, сетях абонентского доступа.

*Топология «кольцо»* рис.3.2 характеризует сеть, в которой к каждому пункту присоединены две и только две линии. Кольцевая топология широко используется в локальных компьютерных сетях, в транспортных сетях, а также в сетях абонентского доступа, организуемых с использованием оптических кабелей.

Число ребер графа, отображающего физическую топологию, равно числу вершин:  $R = n$ , что дает сравнительно невысокие затраты на сеть. На логическом уровне между каждой парой пунктов могут быть организованы  $h = 2$  независимых пути (прямой и альтернативный), что обеспечивает повышение надежности связи, особенно при использовании резервирования типа 1 + 1, так называемого *двойного кольца* рис. . Двойное кольцо образуется парами физических соединений между смежными пунктами, причем информационный поток направляется в двух противоположных направлениях, одно из которых используется как основное, второе - как резервное.

*Полносвязная топология* рис.3.2 обеспечивает физическое и логическое соединениепунктов по принципу «каждый с каждым». Полносвязный граф, имеющий  $n$  вершин, содержит  $R = n(n - 1) / 2$  ребер, что определяет высокую стоимость сети. Количество независимых путей между каждой парой пунктов  $h = n - 1$ , поэтому на логическом уровне возможно большое число обходных путей, что дает максимальную надежность связи, особенно при использовании в обходных направлениях альтернативных сред распространения сигналов (например, волоконно-оптической и радиорелейной линий). Эта топология характерна для сегментов территориальных сетей.

*Ячеистая топология* рис.3.3. В ней каждый пункт имеет непосредственную связь с небольшим числом ближайших пунктов. При большом числе вершин число ребер  $R \approx gn/2$ , где  $g$  - количество ребер, инцидентных каждой вершине. Ячеистые сегменты обладают высокой надежностью связи при меньшем числе ребер по сравнению с полносвязным сегментом.

Использовать полносвязную и ячеистую топологии целесообразно лишь в сегментах со значительной нагрузкой, так как их реализация связана со значительными затратами.

*Организационная структура отображает устройство сети в целом, т.е. ее назначение, основные характеристики элементов и композиционные принципы объединения элементов в структурные компоненты, рассматриваемые как отдельные подсети - сегменты информационной сети.*

Элементами любой сети в общем случае являются пункты и связывающие их линии. Пункты сети подразделяются на *оконечные* и *узловые*.

В оконечных пунктах (ОП) (endpoints) размещается терминальное (оконечное) оборудование сети, а также рабочие системы и информационные ресурсы, определяющие функциональное назначение ОП. Так, например, ОП могут предназначаться для обеспечения доступа к сети, к телекоммуникационным службам или для сопряжения различных сегментов сети. В двух первых случаях ОП называют *узлом доступа* (access node).

При организации доступа пользователей в сеть функциями терминального оборудования соответствующих ОП в общем случае являются ввод-вывод информации и ее обработка в соответствии с задачами пользователей.

Пункт, предоставляющий пользователям доступ к службам сети для получения телекоммуникационных услуг, называют также *сервисным узлом* (service node). В нем реализованы интерфейсы абонент-сеть (User Network Interface, UNI) для доступа пользователей и интерфейс сервисного узла (Service Node Interface, SNI) для взаимодействия с сетью.

В ОП, сопрягающем разные сегменты, может устанавливаться граничный коммутатор, мультиплексор ввода-вывода либо специальное оборудование, выполняющее функции межсетевого преобразователя (*шлюза*) при сопряжении сетей разных телекоммуникационных технологий.

*Узловой пункт* (node point), или *узел сети* (node) представляет собой пункт, в котором сходятся две и более линий связи и который является промежуточным на пути следования потоков данных. В узле сети могут одновременно или раздельно выполняться разные функции, основными из которых являются коммутация, концентрация, мультиплексирование и маршрутизация.

*Коммутация* (switching) - это процесс установления связи между сходящимися в узле линиями при распределении информационных потоков в сети в соответствии со схемой маршрутизации. Коммутация может быть оперативной (на время сеанса связи) и долговременной (кроссовой), осуществляемой путем кроссирования сходящихся в узле линии.

*Концентрация* (concentration) заключается в объединении нескольких входных информационных потоков с целью получения более мощного выходного потока, обеспечивающего эффективную загрузку линии.

*Мультиплексирование* (multiplexing) обеспечивает передачу нескольких потоков информации по одной линии путем закрепления за каждым из них фиксированной части ресурса пропускной способности линии. Это фиксированное распределение остается неизменным даже при отсутствии передаваемой информации, т. е. функция концентрации здесь отсутствует.

*Маршрутизация* (routing) - это процедура поиска пути между двумя пунктами сети на основе адресной информации и таблиц трасс маршрутов.

*Линии связи* обеспечивают передачу информационных потоков в форме сигналов и в общем случае представляют собой сооружения, включающие среду распространения сигналов и комплекс оборудования, позволяющего использовать ее в режиме разделения. Физической средой могут быть медные пары проводов, оптическое волокно, эфир. В зависимости от типа среды линии связи принято делить на *проводные* и *беспроводные*.

К проводным относятся линии, в которых сигналы распространяются в искусственно созданной направляющей среде, например, по проводам, имеющим изоляционные покрытия и помещенным в защитные оболочки, - такие линии называют *кабельными* (КЛС). Для обеспечения значительной дальности передачи в КЛС через определенные интервалы организуют усилительные пункты. Проводными являются и *волоконно-оптические линии связи* (ВОЛС), использующие в качестве среды распространения диэлектрические материалы, в частности тонкие стеклянные волокна. Их важным достоинством является отсутствие в конструкции дефицита меди, алюминия, свинца и др.

Термин «радиолиния» определяет линии, в которых сигналы передаются в виде радиоволн в открытом пространстве без искусственных направляющих сред. Достоинства радиолиний — в возможности быстрого развертывания, сравнительно невысокой стоимости, возможности связи с подвижными объектами (автомобилями, кораблями, космическими летательными аппаратами и пр.).

Радиолинии, состоящие из нескольких или многих участков, в пунктах на границах которых сигнал принимается, усиливается и передается в следующий пункт, называются *радиорелейными* (РРЛ). Разновидностью РРЛ являются *спутниковые радиолинии*.

Композиционные принципы объединения элементов сети в относительно самостоятельные структурные компоненты - *сегменты сети* - классифицируются, как правило, по масштабности сегмента, выполняемой им функциональной задаче, а также используемой телекоммуникационной технологии. Основной задачей сегментации сети является максимизация доли потоков, замыкающихся внутри сегментов и минимизация доли, циркулирующей между сегментами.

Классификация сегментов сети по масштабному принципу может быть представлена иерархией сетей рис. 3.4:

- локальная сеть (Local Area Network, LAN), в которой основная часть нагрузки замыкается внутри небольшой территории, учреждения, промышленного предприятия и т.п.;

- территориальная сеть (Metropolitan Area Network, MAN) (сеть мегаполиса), предназначенная для обслуживания территории крупного населенного пункта или небольшого региона;

- крупномасштабная территориальная сеть (Wide Area Network, WAN), предназначенная для объединения сетей типа LAN, MAN, расположенных на территории большого региона, государства, континента, а также на разных континентах. Это магистральная сеть преимущественно с использованием оптического волокна в качестве среды передачи.

Любая из сетей LAN, MAN, WAN в свою очередь может быть разбита на ряд сегментов меньшего масштаба, отражающих логическую структуризацию сети, в которой каждый из сегментов выполняет конкретную функциональную задачу в формировании общесетевого обмена. Связность сегментов на любом уровне обеспечивается магистралями (магистральными сегментами).

Объединение конечных пунктов внутри сегмента и реализация магистральных сегментов могут осуществляться путем использования *общей коммуникационной среды* либо посредством *узлообразования*.

Использование общей коммуникационной среды обычно экономически выгодно. При этом нагрузка, генерируемая одной конечной системой, поступает на все остальные, но воспринимается лишь той, адрес которой является адресом получателя. Примерами сетевых сегментов с общей разделяемой средой являются небольшие одноранговые локальные сети с шинной топологией, а также территориальные сети, построенные по принципу транспортного кольца.

Узлообразование позволяет реализовать коммутируемую топологию сегмента путем размещения в его узлах оборудования с функциями канального и сетевого уровней

модели взаимодействия открытых систем (Open System Interconnection, OSI). При этом, в отличие от общей коммуникационной среды, обеспечивается хорошая масштабируемость сети, высокая производительность и надежность, но при большей стоимости. Примерами таких сетей являются магистральные сегменты высокоскоростных локальных сетей, а также территориальные сети, построенные по радиально-узловому принципу.

Сеть (сегмент сети), построенная как связующая магистраль, называется *опорной* (backbone network). Возможны разные топологические варианты построения магистрали, отсюда и разные названия опорной сети: «хребтовая сеть», «транспортное кольцо», «коммутируемая магистраль», каждое из которых по-своему оправдано в рамках конкретной задачи.

Опорная сеть может быть организована на любом из уровней (LAN, MAN, WAN), везде, где решается задача логической сегментации сети с целью повышения ее надежности, производительности и т.д. Совокупность опорных сетей разных уровней обеспечивает иерархическую связность распределенной сети. Следует отметить, что функции опорной сети для маломасштабных сегментов (LAN, MAN) может выполнять один узел. Такая вырожденная магистраль получила название *сколлапсированной магистрали* (collapsed backbone) или *опорного узла* (Backbone Node). Примером может служить объединение локальных сетей в центральной точке с помощью маршрутизатора.

Опорный узел перераспределяет нагрузку между конечными пунктами сегмента либо сегментами одного уровня, образуя таким образом сегмент более высокого уровня, и концентрирует потоки, направляемые за его пределы.

Опорную сеть верхнего уровня в иерархии связности распределенной сети принято называть *транспортной* (transport network). Она реализуется в виде системы высокоскоростных трактов (сегментов), по которым передается нагрузка к более медленным сегментам регионального и локального уровней.

Термин «транспортная сеть» отражает не столько масштабность, сколько функциональность сегмента. Вследствие этого опорные сети небольших территориальных сетей, построенные с использованием технологий транспортных сетей, тоже часто называют транспортными. Во всех случаях сопряжение сегментов с транспортной магистралью осуществляется в узлах доступа, которые являются ее конечными пунктами.

Рассматривая функциональность как композиционный принцип, *сетью доступа* (access network) называют сегмент или совокупность сегментов, образующих тракты, по которым территориально рассредоточенные конечные пункты информационной сети взаимодействуют с узлом доступа к транспортной сети. В частности, сегмент сети, через

который терминальные системы пользователей взаимодействуют с сервисным узлом, называют сетью *абонентского доступа* (customer access network).

Транспортные сети и сети доступа по функциональным признакам могут рассматриваться как самостоятельные структурные компоненты - функциональные сегменты телекоммуникационной сети.

В концепции информационной сети вся совокупность сегментов телекоммуникационной сети, обеспечивающих взаимодействие терминальных систем пользователей с рабочими системами, предоставляющими доступ к информационным и вычислительным ресурсам, может трактоваться как *удаленный доступ* (remote access). Методы его реализации могут существенно отличаться схемами организации глобальных связей и функциями используемых программных продуктов.

Образование платформ предоставления услуг пользователям также основано на объединении сетевых компонентов по функциональности. Совокупность сегментов глобальных коммуникаций, объединяющая операторов связи или поставщиков услуг при организации единой платформы предоставления услуг, называется *базовой сетью* (Core Network).

Технологически отличающиеся сегменты разных размеров (от всей сети до отдельного фрагмента) появились из-за эволюционного развития информационных сетей при бурном развитии сетевых технологий. Наличие таких сегментов характерно для всего периода перехода к единой мультисервисной платформе предоставления услуг. Классифицируя их по функционально-технологическому признаку, употребляют понятия: аналоговая сеть, цифровая сеть, сеть ISDN, IP-сеть, сеть SDH, сеть FR (Frame Relay), сеть АТМ и т. п.

Функциональная модель абстрактно описывает сеть на *логическом уровне*, не зависящем от принципов ее физической реализации. Модель отображает взаимосвязь сетевых функций, рассматриваемых в качестве элементов.

*Функция* представляет собой логический элемент, выполняющий определенную задачу. Физически функция может быть реализована аппаратно или в виде программного продукта (функционального объекта). В последнем случае функции принято называть *объектами*. При физической реализации функций допускается их группирование в отдельные функциональные подсистемы, называемые *логическими модулями*.

Различают следующие основные типы функций, выполняемых в сети:

- *прикладные функции* - объекты приложений пользователей и администрации сети;

- функции *управления услугами* - объекты, позволяющие строить услуги из компонентов услуг и связанных с ними ресурсов и управлять взаимодействием пользователей с этими услугами;

- функции *административного управления* сетью - объекты, осуществляющие управление всеми другими функциями;

- функции *обработки и хранения данных* - объекты, обеспечивающие вызов и управление объектами приложений, их взаимодействие, а также извлечение запрашиваемых данных либо помещение их в базу данных;

- *коммуникационные* функции - функции транспорта и управления потоками информации (при их перераспределении в коммуникационных узлах).

Порядок взаимодействия функций сети определяет связи элементов функциональной модели. Полная спецификация такого взаимодействия между отдельными функциями (объектами) или логическими модулями называется *логическим интерфейсом*. Он определяет набор правил взаимодействия элементов и формат представления обмениваемой информации.

Логический интерфейс между функциями (объектами) одного типа называется *протоколом*.

Логический интерфейс между коммуникационными функциями называют *функциональной эталонной точкой телекоммуникационной сети*.

Функции (объекты) объединяют в логические модули по следующим принципам:

*Образование модулей сегментов сети на функциональном уровне*. Примером может быть совместная реализация транспортной функции и функции управления потоками в сегментах телекоммуникационной сети рис.3.5. Кстати, любую телекоммуникационную сеть, рассматриваемую как совокупность логических модулей сегментов с функциями транспортирования и управления потоками, в функциональной модели часто называют *транспортной сетью* (еще одна трактовка понятия транспортной сети).

*Образование домена*. В этом случае функции объединяют по принципу принадлежности. При этом не требуется учитывать их совместное действие при реализации в аппаратных средствах или программных продуктах. Примерами могут служить домен пользователя [рис.3.6](#) и домен сетевого оператора [рис.3.7](#).

Конкретный состав функций (объектов) домена называется *конфигурацией*. Конфигурации доменов пользователей и сетевых операторов могут быть разными и зависят от многих факторов, основным из которых является возможность сети предоставлять разные услуги и приложения.

*Образование платформы предоставления услуг* базируется на сочетании модулей сегментов и доменов разных операторов связи, участие которых требуется для предоставления конкретной услуги или набора услуг.

Сетевое программное обеспечение является ресурсом, участвующим в организации платформ предоставления услуг. Элементами его структуры являются программные модули, в которых реализованы логические элементы сети. Иерархия программного обеспечения (ПО) может быть представлена в следующем виде:

- прикладное ПО;
- промежуточное ПО;
- базовое ПО.

В *прикладном ПО* реализованы объекты приложений. Различают два типа приложений, которые влияют на структуру организации ПО, - локально ограниченные и распределенные.

*Локально ограниченное приложение* устанавливается, вызывается, управляется и выполняется полностью в пределах одной оконечной системы и не требует привлечения коммуникационных функций (например, редактирование документа на компьютере пользователя). *Распределенное приложение* состоит из нескольких компонент, которые могут выполняться в разных оконечных системах и, следовательно, требуют взаимодействия (например, совместное редактирование документа пользователями, расположенными в разных местах). Компоненты распределенного приложения могут неоднократно использоваться другими приложениями. В этом случае они становятся объектами промежуточного ПО и поддерживают услуги, связанные с возможностями интеллектуальных сетей (Intelligent Network, IN).

*Промежуточное ПО* реализует в сети функции управления услугами и функции административного управления сетью. Объекты обеих групп взаимодействуют посредством коммуникационных функций. Посредством промежуточного ПО в сети реализуется концепция интеллектуальной сети и сети управления телекоммуникациями (Telecommunication Management Network, TMN).

*Базовое ПО* поддерживает возможности выполнения и взаимодействия объектов прикладного и промежуточного ПО, обеспечивая среду взаимодействия с коммуникационными функциями и логическими интерфейсами пользователей. Среда взаимодействия организуют унифицированные программные комплексы - *сетевые операционные системы*. К базовому ПО относятся также логические компоненты программно реализуемых коммуникационных функций, поддерживающие связи между

удаленными объектами, и объекты обработки и хранения данных, реализуемые в системах управления базами данных, серверах обработки транзакций и др.

Характер взаимодействия между объектами определяется типом *объектного интерфейса*, который подобен протоколу и функциональной эталонной точке. Различают следующие типы объектных интерфейсов:

- *прикладной протокол* (Application Protocol, AP) - логический интерфейс между прикладными объектами;

- *интерфейс прикладных программ* (Application Program Protocol, API) – логический интерфейс между прикладными объектами и объектами промежуточного ПО, которые поддерживают прикладные объекты;

- *протокол промежуточного ПО* (Middleware Protocol, MP) - логический интерфейс между объектами промежуточного ПО;

- *интерфейс базовых программ* (Base Program Interface, BPI) - логический интерфейс между объектами промежуточного и объектами базового ПО, которые поддерживают объекты промежуточного ПО;

- *интерфейс человек-компьютер* (Man-Computer Interface, MCI) - логический интерфейс между пользователем и, главным образом, объектами базового ПО, однако возможно и между объектами промежуточного ПО и даже объектами приложений.

*Протокольная модель* описывает правила работы сети на уровне взаимодействия объектов и логических модулей при реализации основных процессов передачи и обработки информации. В этой модели все правила (протоколы) взаимодействия сгруппированы по функциональному назначению в отдельные группы - *протокольные блоки*. Протокольные блоки располагаются в иерархическом порядке, и каждый из них представляет перечень протоколов взаимодействия объектов некоторого уровня рис.3.8.

Задачи уровня N выполняют N-объекты, имеющие локальные функции этого уровня. Протокольные блоки разбиты по уровням таким образом, что возможность выполнения задач уровня N целиком зависит и обеспечивается участием объектов предыдущего уровня (N - 1) и так далее. Таким образом, каждый нижестоящий уровень предоставляет *услуги* вышестоящим уровням.

Любой объект уровня N при переходе в активное состояние выдает:

1) информацию, передаваемую между N-объектами ( данные пользователя) и не связанную с операциями «соединения» этих объектов;

2) управляющую информацию для уровня (N — 1), с помощью которой осуществляется координация процедур «соединения» N-объектов.

Правила взаимодействия объектов в протокольной модели определяют стандарты для конкретной сети и классифицируются как *протоколы* (стандарты взаимодействия объектов одного уровня с другим) и *интерфейсы* (стандарты взаимодействия объектов соседних уровней). Эти понятия аналогичны предыдущим моделям.

Международная организация стандартизации (ISO), анализируя опыт создания информационных сетей и компьютерных систем во многих странах мира, разработала концепцию построения вычислительных сетей, названную *архитектурой открытых систем*. В соответствии с этой концепцией была создана и в 1983 году утверждена *эталонная модель взаимодействия открытых систем* (Open System Interconnection basic reference model, OSI), которая позволила ввести международные стандарты, определяющие и регламентирующие разработки таких систем и сетей. В модели OSI определено семь уровней рис. 3.9.

Высшим, седьмым, уровнем модели OSI является *прикладной*, на котором осуществляется управление взаимодействием прикладных процессов, выполняющихся в терминальных системах пользователей и конечных системах сети, с которыми они взаимодействуют. Соответственно протокол взаимодействия объектов седьмого уровня получил название *прикладного*.

На шестом уровне, *представления*, сообщения, поступившие с седьмого уровня, перекодируются в вид, в котором должны быть представлены любые сообщения в данной сети. Таким образом, сеть не накладывает ограничений на применение разных типов ЭВМ в качестве конечных систем. Здесь же могут выполняться функции сжатия данных, их шифрование.

Пятый уровень, *сеансовый*, предназначен для открытия сеанса связи между удаленными процессами пользователей. Оно сопровождается присвоением условных адресов – номеров точек ввода/вывода информации, или *портов* взаимодействующих конечных систем. С момента занятия портов сообщению присваиваются номера исходящего и входящего портов.

Четвертый *транспортный* уровень, протокол которого называется *транспортным*, обеспечивает транспортировку данных от отправителя к получателю и определяет способ транспортировки сообщения по сети. Характерным является разделение сообщения, поступающего с верхнего уровня, на небольшие блоки, снабжаемые заголовками с адресной и служебной информацией и в виде *пакетов* запускаемые в сеть. На этом уровне контролируется правильность порядка поступления пакетов к конечному пользователю.

*Сетевой* протокол, выполняемый на третьем уровне, обеспечивает выбор маршрута, по которому будут следовать пакеты сообщения.

*Канальный*, второй уровень обеспечивает запрос физического соединения с соседним пунктом в выбранном на сетевом уровне маршруте и организует необходимую последовательность передачи пакетов. При этом они могут группироваться, образуя структуру, называемую *кадром*. Кадр, даже если включает лишь один пакет, снабжается специальным заголовком и обрамляющими его разграничителями. Здесь же осуществляются контроль правильности принятых в узле пакетов и в случае обнаружения ошибок запрос на повторную передачу пакета.

На первом, *физическом* уровне обеспечивается интерфейс с передающей средой и выполняется побитовая передача кадров по линии связи.

В отличие от эталонной модели ВОС, протокольные модели конкретных сетей допускают введение дополнительных подуровней и могут включать не все уровни. Однако их построение основывается на тех же принципах.

### **Раздел 3. Вопросы для самопроверки**

1. Что такое Единая сеть электросвязи.
2. На каком принципе базируется ЕСЭ.
3. Разделение ЕСЭ по функциональному принципу.
4. Разделение ЕСЭ по способу организации каналов в сети.
5. Разделение ЕСЭ по территориальному принципу.
6. Какие системы электросвязи входят в структуру ЕСЭ.
7. На какие классы делятся сообщения, передаваемые в ЕСЭ в зависимости от степени важности, содержащейся в них информации.
8. По каким направлениям идет совершенствование средств электросвязи и сети.
9. Что называют архитектурой информационной сети.
10. Перечислите методологические принципы системы, изучающие закономерные свойства больших систем.
11. Что такое физическая и логическая топология сети.
12. Особенности топологии типа «точка-точка».
13. Особенности древовидной топологии.
14. Особенности топологии «кольцо».
15. Особенности полносвязной топологии.
16. Особенности ячеистой топологии.
17. Как подразделяются пункты сети.
18. Как делятся линии связи в зависимости от типа среды.
19. Что называют кабельными линиями связи.
20. Что используют ВОЛС в качестве среды распространения.
21. Что понимается под термином радиолиния.
22. Классификация сегментов сети по масштабному принципу.
23. Что называют сетью доступа.
24. На каких принципах объединяются функции (объекты) в логические модули.
25. Что понимают под протокольной моделью.