

Системное программное обеспечение вычислительных машин (СПОВМ)

Лекция 22 – Сокеты AF_INET

Преподаватель: Поденок Леонид Петрович, 505а-5

+375 17 293 8039 (505а-5)

+375 17 320 7402 (ОИПИ НАНБ)

prep@lsi.bas-net.by

ftp://student:2ok*uK2@Rwox@lsi.bas-net.by

Кафедра ЭВМ, 2022

2022.05.24-26

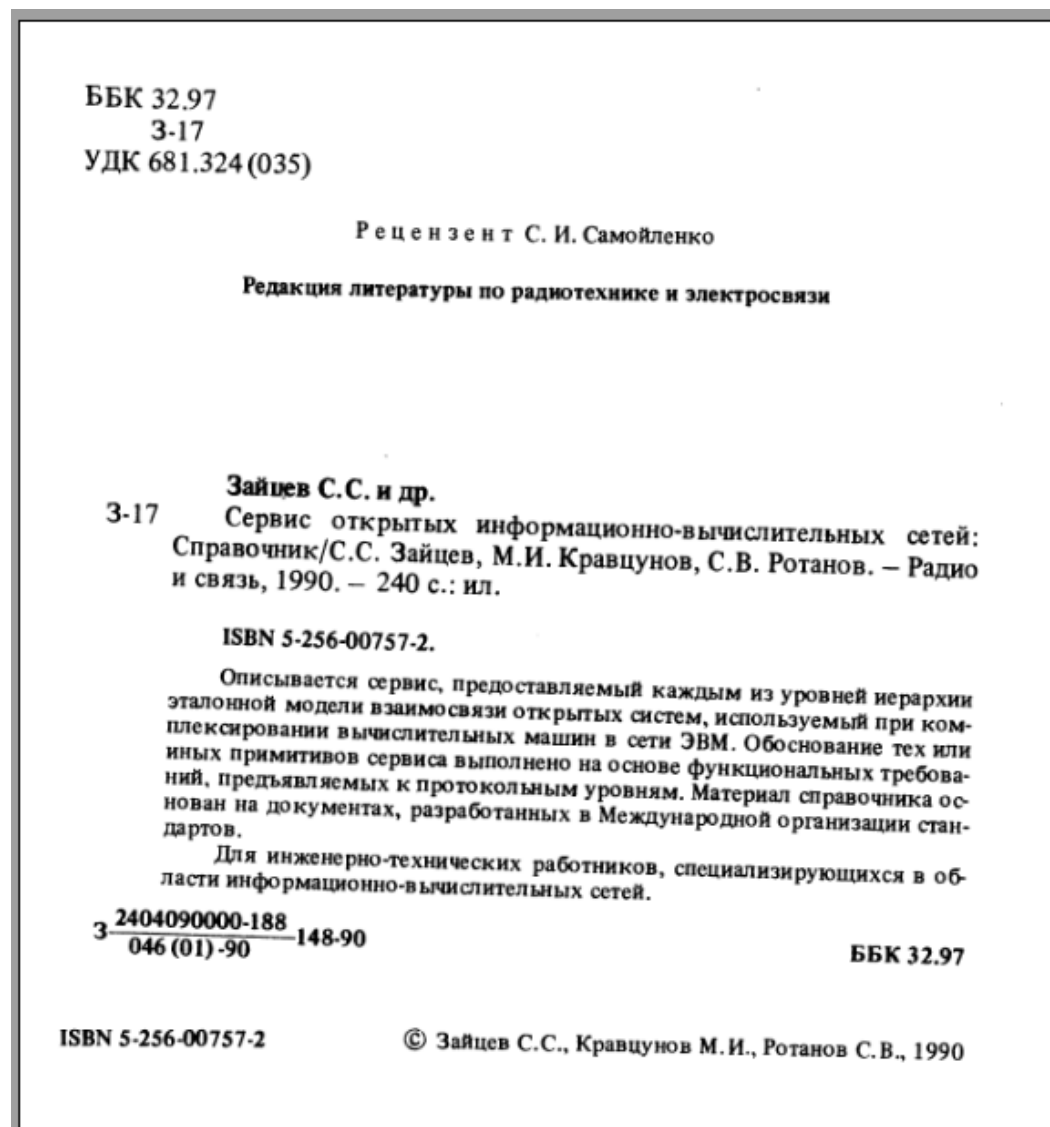
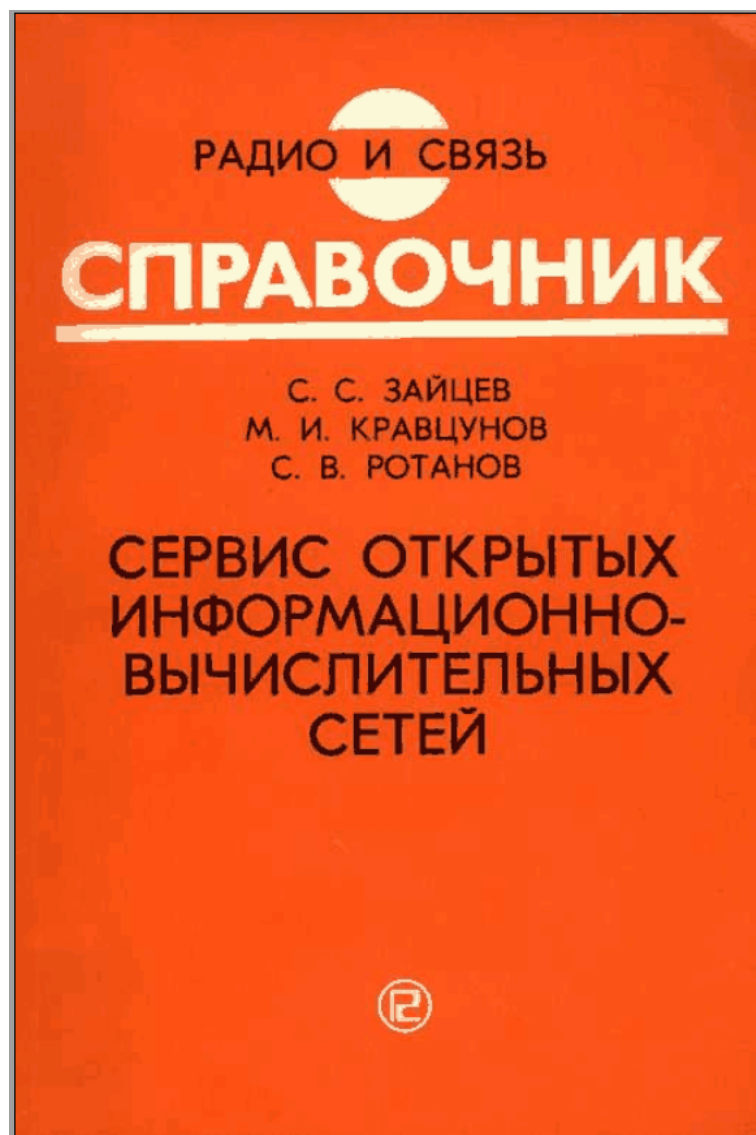
Оглавление

Сервис открытых систем – Сетевая модель OSI.....	3
Уровни модели OSI.....	4
Прикладной уровень.....	5
Уровень представления.....	6
Сеансовый уровень.....	8
Транспортный уровень.....	9
Сетевой уровень.....	10
Канальный уровень.....	11
Физический уровень.....	13
Основные элементы эталонной модели ВОО (OSI/ISO).....	15
Функции уровней.....	16
Выбор протокола.....	16
Установление и расторжение соединения.....	17
Мультиплексирование и расщепление соединений.....	18
Передача нормальных (обычных) данных.....	19
Передача срочных (внеочередных) данных.....	19
Управление потоком данных.....	20
Сегментирование, блокирование и сцепление данных.....	20
Организация последовательности.....	21
Защита от ошибок.....	21
Маршрутизация.....	22

Сервис открытых систем – Сетевая модель OSI

Называется «The Open Systems Interconnection model» или «семиуровневая модель».

Основана на эталонной модели взаимосвязи открытых систем, разработанной Международной организацией по стандартизации ISO и принята в качестве международного стандарта ISO/IEC 7498.



Уровни модели OSI

Уровень (layer)		Тип данных (PDU ¹)	Функции	Примеры	Оборудование
Уровни хоста ²	7. Прикладной (application)	Данные	Доступ к сетевым службам	HTTP, FTP, SSH POP3, WebSocket	Хосты (клиенты сети)
	6. Представления (presentation)		Представление и шифрование данных	ASCII, EBCDIC	
	5. Сеансовый (session)		Управление сеансом связи	RPC, PAP, L2TP	
	4. Транспортный (transport)	Сегменты/Датаграммы (segment/datagram)	Прямая связь между конечными пунктами и надёжность	TCP, UDP, SCTP, PORTS	
Уровни среды передачи ³	3. Сетевой (network)	Пакеты (packet)	Определение маршрута и логическая адресация	IPv4, IPv6, IPsec, AppleTalk, ICMP	Маршрутизатор
	2. Канальный (data link)	Биты (bit)/ Кадры (frame)	Физическая адресация	PPP, IEEE 802.22, Ethernet, DSL, ARP, сетевая карта.	Коммутатор, точка доступа
	1. Физический (physical)	Биты (bit)	Работа со средой передачи, сигналами и двоичными данными	USB, кабель («витая пара», коаксиальный, оптоволоконный), радиоканал	Концентратор Повторитель (сетевое оборудование)

1) PDU — сокращение от англ. protocol data units, единица измерения информации (данных), которой оперирует протокол.

2) Host layers – уровни хоста

3) Media layers

Прикладной уровень

Прикладной уровень (уровень приложений; англ. application layer) — верхний уровень модели, обеспечивающий взаимодействие пользовательских приложений с сетью:

позволяет приложениям использовать сетевые службы:

- удалённый доступ к файлам и базам данных,
- пересылка электронной почты;
- отвечает за передачу служебной информации;
- предоставляет приложениям информацию об ошибках;
- формирует запросы к уровню представления.

Протоколы прикладного уровня:

RDP, HTTP, SMTP, SNMP, POP3, FTP, XMPP, OSCAR, Modbus, SIP, TELNET и другие.

Определения протокола прикладного уровня и уровня представления очень размыты, и принадлежность протокола к тому или иному уровню, например протокола HTTPS зависит от конечного сервиса который предоставляет приложение.

В том случае если протокол, например HTTPS, используется для просмотра некоей простой интернет страницы через браузер, его можно рассматривать как протокол прикладного уровня.

В том же случае если протокол HTTPS используется как низкоуровневый протокол для передачи финансовой информации например по протоколу ISO 8583⁴, то протокол HTTPS будет являться протоколом уровня представления, а протокол ISO 8583 — будет протоколом уровня приложения.

То же касается иных протоколов прикладного уровня.

4) ISO 8583 — стандарт ISO, описывающий процесс передачи и формат финансовых сообщений системами, обрабатывающими данные банковских платёжных карт.

Уровень представления

Уровень представления (англ. presentation layer) обеспечивает преобразование протоколов и кодирование/декодирование данных.

Запросы приложений, полученные с прикладного уровня, на уровне представления преобразуются в формат для передачи по сети, а полученные из сети данные преобразуются в формат приложений. На этом уровне может осуществляться *сжатие/распаковка* или *шифрование/дешифрование*, а также *перенаправление запросов* другому сетевому ресурсу, если они не могут быть обработаны локально.

Уровень представлений обычно представляет собой промежуточный протокол для преобразования информации из соседних уровней. Это позволяет осуществлять обмен между приложениями на разнородных компьютерных системах прозрачным для приложений образом.

Уровень представлений обеспечивает форматирование и преобразование кода. Форматирование кода используется для того, чтобы гарантировать приложению поступление информации для обработки, которая имела бы для него смысл. При необходимости этот уровень может выполнять перевод из одного формата данных в другой.

Уровень представлений имеет дело не только с форматами и представлением данных, он также занимается структурами данных, которые используются программами.

Таким образом, уровень 6 обеспечивает организацию данных при их пересылке.

Чтобы понять, как это работает, представим, что имеются две системы. Одна использует для представления данных расширенный двоичный код обмена информацией EBCDIC, например, это может быть мэйнфрейм компании IBM, а другая — американский стандартный код обмена информацией ASCII (его использует большинство других производителей компьютеров). Если этим двум системам необходимо обмениваться информацией, то нужен уровень представлений, который выполнит преобразование и осуществит перевод между двумя различными форматами.

Другой функцией, выполняемой на уровне представлений, является шифрование данных, которое применяется в тех случаях, когда необходимо защитить передаваемую информацию от доступа не-санкционированными получателями. Чтобы решить эту задачу, процессы и коды, находящиеся на уровне представлений, должны выполнить преобразование данных. На этом уровне существуют и другие подпрограммы, которые сжимают тексты и преобразовывают графические изображения в битовые потоки, так, что они могут передаваться по сети.

Стандарты уровня представлений также определяют способы представления графических изображений. Например, распространенным форматом представлений является формат файлов изображений TIFF, который обычно используется для растровых изображений с высоким разрешением.

Распространенным стандартом уровня представлений, используемым для графических изображений, является стандарт Объединённой экспертной группы по фотографии (Joint Photographic Expert Group). В повседневном пользовании этот стандарт называют просто JPEG (**джей-пег**). JPEG2000.

Существует группа стандартов уровня представлений, определяющая представление звука и кинофрагментов. Сюда входят интерфейс электронных музыкальных инструментов (англ. Musical Instrument Digital Interface, MIDI), стандарт MPEG, используемый для сжатия и кодирования видеороликов на компакт-дисках, хранения в оцифрованном виде и передачи со скоростями до 1,5 Мбит/с. H.264 (AVC) для видео стандартного разрешения (SD) и высокого разрешения (HD). H.265 (HEVC) — 4K/8K UHD.

Протоколы уровня представления:

AFP — Apple Filing Protocol;

ICA — Independent Computing Architecture;

LPP — Lightweight Presentation Protocol;

NCP — NetWare Core Protocol;

NDR — Network Data Representation;

XDR — eXternal Data Representation;

X.25 PAD — Packet Assembler/Disassembler Protocol.

Сеансовый уровень

Сеансовый уровень (англ. session layer) модели обеспечивает поддержание сеанса связи, позволяя приложениям взаимодействовать между собой длительное время. Уровень управляет созданием/завершением сеанса, обменом информацией, синхронизацией задач, определением права на передачу данных и поддержанием сеанса в периоды неактивности приложений.

Протоколы сеансового уровня:

ADSP (AppleTalk Data Stream Protocol);

ASP (AppleTalk Session Protocol);

H.245 (Call Control Protocol for Multimedia Communication);

ISO-SP (OSI Session Layer Protocol (X.225, ISO 8327));

iSNS (Internet Storage Name Service);

L2F (Layer 2 Forwarding Protocol);

L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol);

NetBIOS (Network Basic Input Output System);

PAP (Password Authentication Protocol);

PPTP (Point-to-Point Tunneling Protocol);

RPC (Remote Procedure Call Protocol);

RTCP (Real-time Transport Control Protocol);

SMPP (Short Message Peer-to-Peer);

SCP (Session Control Protocol);

ZIP (Zone Information Protocol);

SDP (Sockets Direct Protocol)...

Транспортный уровень

Транспортный уровень (англ. transport layer) модели предназначен для обеспечения надёжной передачи данных от отправителя к получателю. При этом уровень надёжности может варьироваться в широких пределах.

Существует множество классов протоколов транспортного уровня, начиная от протоколов, предоставляющих только основные транспортные функции (например, функции передачи данных без подтверждения приёма), и заканчивая протоколами, которые гарантируют доставку в пункт назначения нескольких пакетов данных в надлежащей последовательности, мультиплексируют несколько потоков данных, обеспечивают механизм управления потоками данных и гарантируют достоверность принятых данных.

Например, UDP ограничивается контролем целостности данных в рамках одной датаграммы и не исключает возможности потери пакета целиком или дублирования пакетов, нарушение порядка получения пакетов данных;

TCP обеспечивает надёжную непрерывную передачу данных, исключаящую потерю данных или нарушение порядка их поступления или дублирования, может перераспределять данные, разбивая большие порции данных на фрагменты и наоборот, склеивая фрагменты в один пакет.

Протоколы транспортного уровня:

DCCP (Datagram Congestion Control Protocol);

FCP (Fibre Channel Protocol);

NBF (NetBIOS Frames protocol);

NCP (NetWare Core Protocol);

SCTP (Stream Control Transmission Protocol);

SPX (Sequenced Packet Exchange);

SST (Structured Stream Transport);

TCP (Transmission Control Protocol);

UDP (User Datagram Protocol).

Сетевой уровень

Сетевой уровень (англ. network layer) модели предназначен для определения пути передачи данных. Отвечает за трансляцию логических адресов и имён в физические, определение кратчайших маршрутов, коммутацию и маршрутизацию, отслеживание неполадок и «заторов» в сети.

Протоколы сетевого уровня маршрутизируют данные от источника к получателю. Работающие на этом уровне устройства (маршрутизаторы) условно называют устройствами третьего уровня (по номеру уровня в модели OSI).

Протоколы сетевого уровня:

IP/IPv4/IPv6 (Internet Protocol);

IPX (Internetwork Packet Exchange, протокол межсетевого обмена);

X.25 (частично этот протокол реализован на уровне 2);

CLNP (сетевой протокол без организации соединений);

IPsec (Internet Protocol Security).

Протоколы маршрутизации — RIP (Routing Information Protocol);

OSPF (Open Shortest Path First).

Канальный уровень

Канальный уровень (англ. data link layer) предназначен для обеспечения взаимодействия сетей на физическом уровне и контроля ошибок, которые могут возникнуть. Полученные с физического уровня данные, представленные в битах, он упаковывает в кадры, проверяет их на целостность и, если нужно, исправляет ошибки (либо формирует повторный запрос повреждённого кадра) и отправляет на сетевой уровень.

Канальный уровень может взаимодействовать с одним или несколькими физическими уровнями, контролируя и управляя этим взаимодействием.

Спецификация IEEE 802 разделяет этот уровень на два подуровня:

MAC (англ. media access control) регулирует доступ к разделяемой физической среде;

LLC (англ. logical link control) обеспечивает обслуживание сетевого уровня.

На этом уровне работают коммутаторы, мосты и другие устройства. Эти устройства используют адресацию второго уровня (по номеру уровня в модели OSI).

Протоколы канального уровня:

ARCnet;

ATM;

Controller Area Network (CAN);

Econet;

IEEE 802.3 (Ethernet);

Ethernet Automatic Protection Switching (EAPS);

Fiber Distributed Data Interface (FDDI);

Frame Relay;

High-Level Data Link Control (HDLC);

IEEE 802.2 (предоставляет функции LLC для подуровня IEEE 802 MAC);

Link Access Procedures;
D channel (LAPD);
IEEE 802.11 wireless LAN;
LocalTalk;
Multiprotocol Label Switching (MPLS);
Point-to-Point Protocol (PPP);
Point-to-Point Protocol over Ethernet (PPPoE);
Serial Line Internet Protocol (SLIP, устарел);
StarLan;
Token ring;
Unidirectional Link Detection (UDLD);
x.25;
ARP.

При разработке стеков протоколов на этом уровне решаются задачи *помехоустойчивого кодирования*. К таким способам кодирования относится код Хемминга, блочное кодирование, код Рида — Соломона, сверточные коды, турбо-коды.

В программировании этот уровень представляет драйвер сетевой платы, а в операционных системах имеется программный интерфейс взаимодействия канального и сетевого уровней между собой.

Это не новый уровень, а просто реализация модели для конкретной ОС.

Примеры таких интерфейсов: ODI, NDIS, UDI.

Физический уровень

Физический уровень (англ. physical layer) — нижний уровень модели, который определяет метод передачи данных, представленных в двоичном виде, от одного устройства (компьютера) к другому. Составлением таких методов занимаются разные организации, в том числе:

- Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE);
- Альянс электронной промышленности (EIA — Electronic Industries Alliance (R.I.P.-2010));
- Европейский институт телекоммуникационных стандартов (ETSI — (European Telecommunications Standards Institute);
- CCSDS и другие.

Осуществляют передачу электрических или оптических сигналов в кабель или в радиоэфир и, соответственно, их приём и преобразование в биты данных в соответствии с методами кодирования цифровых сигналов.

На этом уровне также работают концентраторы, повторители сигнала и медиаконвертеры.

Функции физического уровня реализуются на всех устройствах, подключенных к сети. Со стороны компьютера функции физического уровня выполняются сетевым адаптером или последовательным портом.

К физическому уровню относятся физические, электрические и механические интерфейсы между двумя системами. Физический уровень определяет такие виды сред передачи данных как оптоволоконно, витая пара, коаксиальный кабель, спутниковый канал передач данных и т. п.

Стандартными типами сетевых интерфейсов, относящимися к физическому уровню, являются:

V.35;

RS-232;

RS-485;

RJ-11;

RJ-45;

разъёмы AUI и BNC.

При разработке стеков протоколов на этом уровне решаются задачи синхронизации и линейного кодирования. К таким способам кодирования относится код NRZ, код RZ, MLT-3, PAM5, Манчестер II.

Протоколы физического уровня:

IEEE 802.15 (Bluetooth);

IRDA;

EIA RS-232;

EIA-422;

EIA-423;

RS-449;

RS-485;

DSL;

ISDN;

SONET/SDH;

802.11 Wi-Fi;

Etherloop;

GSM Um radio interface;

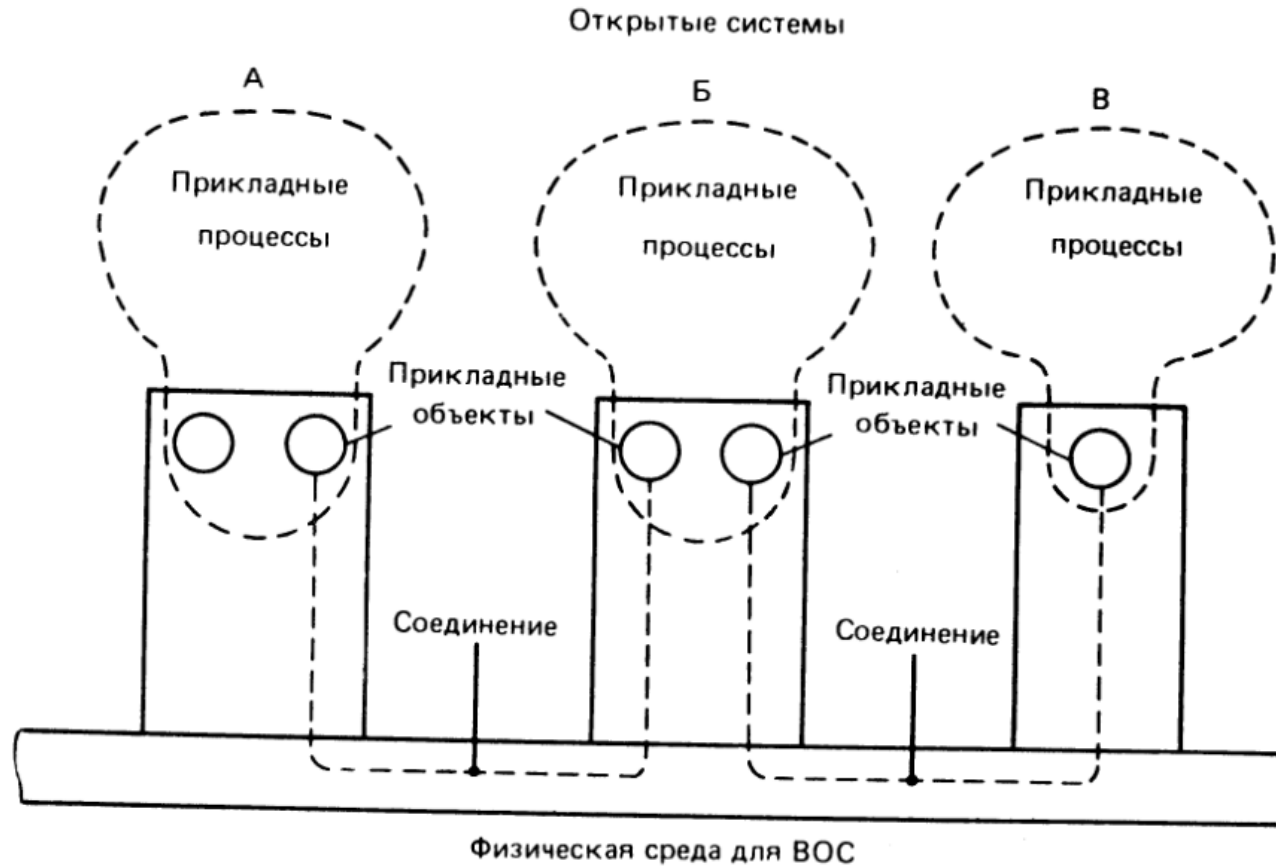
ITU и ITU-T;

TransferJet;

ARINC 818;

G.hn/G.9960.

Основные элементы эталонной модели ВОС (OSI/ISO)



Функции прикладных процессов, которые связаны с обеспечением взаимодействия, называются *прикладными объектами*. Для обеспечения передачи данных между системами необходима некоторая физическая среда (медь, оптоволокно, радиоканал).

Таким образом, эталонная модель OSI основана на четырех элементах:

- взаимосвязанные открытые системы (ВОС);
- прикладные объекты, существующих в рамках ВОС;
- соединениях, связывающих прикладные объекты и позволяющих им обмениваться информацией;
- физической среде для ВОС.

Термин «соединение» в контексте OSI имеет широкое толкование и его следует понимать, как кооперацию прикладных объектов, принимающую самые разнообразные формы — межпроцессная связь (IPC), представление данных, управление ресурсами, обеспечение целостности и сохранности данных во время функционирования открытых систем.

Функции уровней

Произвольный уровень описывается теми функциями, которые он выполняет. Эти функции в общем виде включают в себя:

- 1) выбор протокола;
- 2) установление и расторжение соединения;
- 3) мультиплексирование и расщепление соединений;
- 4) передачу нормальных (обычных) данных;
- 5) передачу срочных (внеочередных) данных;
- 6) управление потоком данных;
- 7) сегментирование;
- 8) блокирование и сцепление данных;
- 9) организацию последовательности;
- 10) защиту от ошибок;
- 11) маршрутизацию.

Выбор протокола

На (N-1)-уровне могут использоваться несколько протоколов. Для организации соединения необходимо, чтобы N-объекты выбрали единый N-протокол, иначе они не поймут друг друга.

Это может быть сделано как до организации соединения, так и во время установления соединений с помощью использования идентификатора N-протокола.

Установление и расторжение соединения

Для установления N-соединения необходимо, чтобы:

- 1) (N-1)-уровень предоставил (N-1)-соединение, (т.е. услуги по передаче данных N-уровня);
- 2) оба N-объекта были бы способны выполнить обмен данными по выбранному протоколу.

Для выполнения первого требования необходимо, чтобы (N-1)-уровень имел соединение, предоставленное (N-2)-уровнем и т.д. Это же справедливо по отношению ко всем нижележащим уровням до тех пор, пока не будет найдено подходящее соединение, либо не будет достигнута граница с физическими средствами для OSI.

Организация N-соединения может проводиться совместно с установлением (N-1)-соединения, если (N-1)-протокол позволяет передавать в фазе установления (N-1)-соединения данные, относящиеся к N-соединению.

Расторжение N-соединения в нормальных условиях инициируется одним из связанных с ним (N+1)-объектов. Расторжение N-соединения может также инициироваться одним из поддерживающих его N-объектов в результате возникновения сбоя или ошибок в N-уровне или в нижележащих уровнях.

В зависимости от обстоятельств расторжение N-соединения может привести или не привести к потере данных N-уровня.

N- и (N-1)-соединения могут быть независимыми. Это означает, что возможны две ситуации:

- расторжение N-соединения не ведет к расторжению (N-1)-соединения;
- расторжение (N-1)-соединения не ведет к расторжению (N)-соединения.

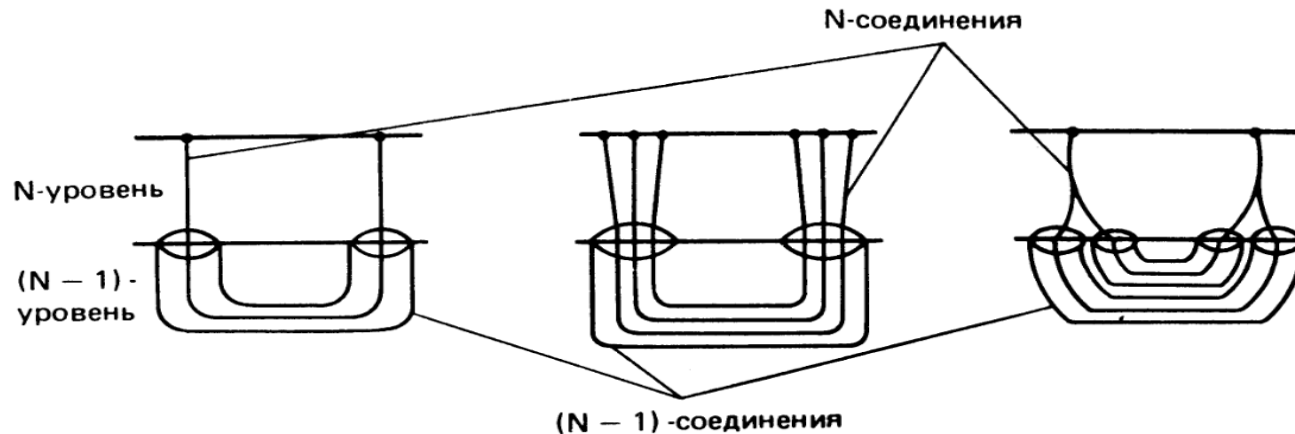
В первом случае сохраненное (N-1)-соединение может быть использовано для установления нового N-соединения.

Второй случай связан с возможностью восстановления N-соединения даже в том случае, когда (N-1)-соединение было расторгнуто. Такое восстановление связано с организацией нового (N-1)-соединения и передачей по нему данных, однозначно идентифицирующих сохраненное N-соединение.

Мультиплексирование и расщепление соединений

Между N- и (N-1)-соединениями возможны следующие отношения:

- одно к одному;
- несколько N-соединений используют одно (N-1)-соединение (мультиплексирование);
- одно N-соединение использует несколько (N-1)-соединений (расщепление).



При мультиплексировании необходимо:

- осуществлять функции, связанные с идентификацией данных, относящихся к разным N-соединениям, поскольку эти данные поступают на (N-1)-уровень «вперемешку»;
- управлять каждым N-соединением в отдельности, чтобы не превысить пропускной способности партнера;
- осуществлять планирование — предусматривать появление новых N-соединений, которые отображаются в существующие (N-1)-соединения.

Расщепление связано с управлением (N-1)-соединениями, которые используются для одного N-соединения. Это управление включает в себя принятие решений о том, сколько (N-1)-соединений и с какими характеристиками необходимо запрашивать. Передаваемые по N-соединению данные дробятся и передаются по разным (N-1)-соединениям. Следовательно, порядок их поступления партнеру может отличаться от порядка передачи. Для сохранения последовательности данных необходимы специальные функции контроля и восстановления.

Передача нормальных (обычных) данных

Взаимодействие N-объектов осуществляется с помощью обмена N-протокольными блоками данных (PDU⁵), которые содержат N-протокольную управляющую информацию и, возможно, данные пользователя. Данные пользователя — данные, генерируемые (N+1)-объектами. Эти данные передаются по N-соединению прозрачно, без изменения их структуры.

Данные пользователя могут передаваться как в фазе передачи данных, так и в фазе установления и расторжения N-соединения. В фазе передачи данных используются функции управления потоком, сегментирования, блокирования и сцепления данных, организации последовательности и защиты от ошибок

Передача срочных (внеочередных) данных

Срочные данные — это данные, которое обрабатываются с приоритетом по отношению к нормальным данным. Срочные данные обычно используются для целей сигнализации, экстренного уведомления о сбоях и т.д.

Поток срочных данных не зависит от состояния потока нормальных данных.

Можно представить, что соединение как бы состоит из двух подканалов, один — для нормальных данных, другой — для срочных. Каждый из подканалов управляется независимо.

Такая модель справедлива при условии, что на приемном конце срочные данные появляются не позже нормальных данных, перед которыми они были переданы. Поскольку предполагается, что срочный поток будет использоваться сравнительно редко и для передачи небольших количеств данных, для него могут быть применены упрощенные механизмы управления потоком.

5) PDU — сокращение от англ. protocol data units, единица измерения информации (данных), которой оперирует протокол (ЕПД — единица протокольных данных).

Управление потоком данных

Различают два типа управления потоком:

- протокольное, при котором регулируется скорость передачи N-PDU между N-объектами;
- интерфейсное, при котором регулируется скорость передачи N-PDU между (N+1) и N-объектом.

При протокольном управлении потоком подразумевается, что протокольная управляющая информация в N-PDU содержит в том или ином виде сведения о способности партнера принять определенное количество данных.

Интерфейсное управление потоком прямо не относится к функциям взаимосвязи. Поэтому при описании механизма такого управления обычно используют локальные, т.е. справедливые в пределах одной системы соглашения и ограничения.

Сегментирование, блокирование и сцепление данных

Протокольные блоки данных различных уровней обычно отличаются по размерам.

Может оказаться, что размер (N+1)-PDU больше максимального размера поля данных в N-PDU.

В этом случае для передачи (N+1)-PDU по N-соединению необходимо в N-уровне выполнить сегментирование, т.е. разбиение (N+1)-PDU на последовательные сегменты с длиной, равной размеру поля данных N-PDU.

Для сохранения идентичности (N+1)-PDU необходимо вставлять в N-PDU, содержащие сегменты (N+1)-PDU, специальные данные, позволяющие произвести сборку (N+1)-PDU при приеме.

Блокирование — это функция N-уровня, позволяющая объединить несколько (N+1)-PDU в один N-PDU. Это может потребоваться в том случае, когда максимальная длина (N+1)-PDU меньше длины поля данных N-PDU.

Сцепление — функция (N+1)-уровня, позволяющая объединить несколько (N+1)-PDU в один блок. При этом N-уровень воспринимает сцепление PDU, как один (N+1)-PDU.

Организация последовательности

Данная функция связана с тем, что (N-1)-услуги, предоставляемые (N-1)-уровнем, могут не гарантировать доставку данных в том же порядке, в котором они были представлены N-уровнем.

Если N-уровень нуждается в том, чтобы сохранить порядок данных, передаваемых через (N-1)-уровень, N-уровень должен содержать механизмы организации последовательности.

Организация последовательности может потребовать дополнительной N-протокольной управляющей информации. Такой информацией могут быть, например, порядковые номера данных.

Защита от ошибок

Функция защиты от ошибок состоит из трех компонентов:

- подтверждение;
- обнаружение ошибок и уведомления о них;
- возврат в исходное состояние.

Функция подтверждения может использоваться N-объектами для достижения более высокой вероятности обнаружения потери N-PDU, чем это обеспечивает (N-1)-уровень. Каждый N-PDU, передаваемый между N-объектами-корреспондентами, должен идентифицироваться единственным образом так, чтобы получатель мог информировать отправителя о его приеме. Функция подтверждения также способна установит факт неприема N-PDU и принять соответствующие восстановительные меры.

Схема однозначной идентификации N-PDU может также использоваться для поддержки других функций, таких как сегментация и организация последовательности.

Функция обнаружения ошибок и уведомления о них может использоваться N-протоколом для обеспечения более высокой вероятности обнаружения потери N-PDU, чем это обеспечивает (N-1)-сервисом. Обнаружение ошибок и уведомление могут потребовать, чтобы в N-протокольную управляющую информацию были включены дополнительные идентификаторы.

Некоторые услуги требуют возврата в исходное состояние для восстановления после потери синхронизации между N-объектами-корреспондентами. Функция возврата в исходное состояние устанавливает N-объекты-корреспонденты в заранее определенное состояние с возможной потерей или дублированием данных.

Маршрутизация

Функция маршрутизации в N-уровне обеспечивает прохождение данных через цепочку N-объектов. Тот факт, что передача маршрутизируется промежуточными объектами, не известен ни нижним, ни верхним уровням. Объект, участвующий в выполнении функций маршрутизации, может иметь таблицу маршрутизации.