

Лекция 02

Модель ISO/OSI и стек протоколов TCP/IP

Модель ISO/OSI

Сетевая модель OSI (Open Systems Interconnection Basic Reference Model — базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем, ЭМВОС; 1978 г) — сетевая модель стека сетевых протоколов OSI/ISO (ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498-1-99).

Любой протокол модели OSI должен взаимодействовать либо с протоколами своего уровня, либо с протоколами на единицу выше и/или ниже своего уровня. Взаимодействия с протоколами своего уровня называются горизонтальными, а с уровнями на единицу выше или ниже — вертикальными. Любой протокол модели OSI может выполнять только функции своего уровня и не может выполнять функций другого уровня, что не выполняется в протоколах альтернативных моделей.

Каждому уровню с некоторой долей условности соответствует свой **операнд** — *логически неделимый элемент данных, которым на отдельном уровне можно оперировать в рамках модели и используемых протоколов*. Он получил название **протокольный блок данных (Protocol Data Unit, PDU)** на физическом уровне мельчайшая единица — бит, на канальном уровне информация объединена в кадры, на сетевом — в пакеты, на транспортном — в сегменты. Любой фрагмент данных, логически объединённых для передачи — кадр, пакет, датаграмма — считается сообщением. Именно сообщения в общем виде являются операндами сеансового, представительского и прикладного уровней.

Прикладной уровень (уровень приложений; **Application Layer**) — верхний уровень модели, обеспечивающий взаимодействие пользовательских приложений с сетью

Уровень представления (Presentation Layer) обеспечивает преобразование протоколов и шифрование/дешифрование 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 кодирование/декодирование данных, 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.

Сеансовый уровень (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.

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

Сетевой уровень (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.

Канальный уровень (Data Link Layer) предназначен для обеспечения взаимодействия сетей по физическому уровню и контролем над ошибками, которые могут возникнуть. Полученные с физического уровня данные, представленные в битах, он упаковывает в кадры, проверяет их на целостность и, если нужно, исправляет ошибки (формирует повторный запрос поврежденного 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 (Media Access Control)** регулирует доступ к разделяемой физической среде, **LLC (Logical Link Control)** обеспечивает обслуживание сетевого уровня.

Физический уровень (Physical Layer) — нижний уровень модели, который определяет метод передачи данных, представленных в двоичном виде, от одного устройства (компьютера) к другому. 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.

Модель DOD (модель TCP/IP)

Модель DOD (Модель TCP/IP) (Department of Defense — Министерство обороны США) — модель сетевого взаимодействия, разработанная Министерством обороны США, практической реализацией которой является стек протоколов TCP/IP.

Модель DOD состоит из четырёх уровней (сверху вниз):

- **Уровень приложений (Process/Application)**. Верхний уровень модели, включающий протоколы, обрабатывающие данные пользователей и осуществляющие управление обменом данными между приложениями. На этом уровне стандартизируется представление данных. Этот уровень объединяет функции прикладного, представительского и сеансового уровней модели OSI.
- **Транспортный уровень (Transport)**. Содержит протоколы для обеспечения целостности данных при сквозной передаче. Обеспечивает управление инициализацией и закрытием соединений.
- **Межсетевой уровень (Internet)**. Содержит протоколы для маршрутизации сообщений в сети. Все протоколы транспортного уровня используют **Internet Protocol (IP)** для доставки данных от источника к получателю.
- **Уровень сетевого доступа (Network Access)**. Содержит протоколы для физической доставки данных к сетевым устройствам. Этот уровень размещает данные в фрейме.

Физический уровень

Единица измерения, используемая на этом слое — биты, то есть физический уровень осуществляет передачу потока битов по соответствующей физической среде через соответствующий интерфейс.

Технические средства:

- **Кабель** (коаксиальный, витая пара, оптоволоконный, беспроводная среда).
- **Разъем** (к примеру RJ-45).
- **Коммутационная панель (кросс-панель, патч-панель)** — одна из составных частей структурированной кабельной системы. Представляет собой панель с множеством соединительных разъемов, расположенных на лицевой стороне панели. На тыльной стороне панели находятся контакты, предназначенные для фиксированного соединения с кабелями, и соединённые с разъёмами электрически. Коммутационная панель относится к пассивному сетевому оборудованию.
- **Плинт (клеммник)** — главная коммутационная единица телефонного кросса. Плинт служит для коммутации абонентских или соединительных телефонных линий. Плинт является составной частью оконечного кабельного устройства и устанавливается в телефонных боксах, коробках и шкафах.
- **Повторитель сигналов** — предназначен для увеличения расстояния сетевого соединения путём повторения электрического сигнала «один в один». Бывают однопортовые повторители и многопортовые.
- **Многопортовые повторители или концентраторы.**
- **Преобразователь среды или медиаконвертер (transceiver)** — это устройство, преобразующее среду распространения сигнала из одного типа в другой. Чаще всего средой распространения сигнала являются медные провода и оптические кабели. Под средой распространения сигнала может пониматься любая среда передачи данных, однако в современной терминологии медиаконвертер работает как связующее звено только между двумя средами — оптическим и медным кабелями.
- **MAU (Media Access Unit)** — для объединения сетевых устройств в логическое кольцо. Т.н. "кольцо в коробке". Выход из строя одного устройства не приводит к падению сети.
- **Сетевой адаптер (Network Interface Controller, NIC)** — он также задействован и на канальном уровне.

Канальный уровень

Второй уровень сетевой модели OSI, предназначенный для передачи данных узлам, находящимся в том же сегменте локальной сети. Также может использоваться для обнаружения и, возможно, исправления ошибок, возникших на физическом уровне. Примерами протоколов, работающих на канальном уровне, являются: Ethernet для локальных сетей (многоузловой), Point-to-Point Protocol (PPP), HDLC и ADCCP для подключений точка-точка (двухузловой).

Канальный уровень отвечает за доставку кадров между устройствами, подключенными к одному сетевому сегменту. Кадры канального уровня не пересекают границ сетевого сегмента. Функции межсетевой маршрутизации и глобальной адресации осуществляются на более высоких уровнях модели OSI, что позволяет протоколам канального уровня сосредоточиться на локальной доставке и адресации.

Заголовок кадра содержит аппаратные адреса отправителя и получателя, что позволяет определить, какое устройство отправило кадр и какое устройство должно получить и обработать его. В отличие от иерархических и маршрутизируемых адресов, аппаратные адреса одноуровневые. Это означает, что никакая часть адреса не может указывать на принадлежность к какой либо логической или физической группе.

Когда устройства пытаются использовать среду одновременно, возникают коллизии кадров. Протоколы канального уровня выявляют такие случаи и обеспечивают механизмы для уменьшения их количества или же их предотвращения.

Многие протоколы канального уровня не имеют подтверждения о приёме кадра, некоторые протоколы даже не имеют контрольной суммы для проверки целостности кадра. В таких случаях протоколы более высокого уровня должны обеспечивать управление потоком данных, контроль ошибок, подтверждение доставки и ретрансляции утерянных данных.

На этом уровне работают коммутаторы, мосты.

Длина пакета, формируемого протоколом канального уровня, ограничена сверху посредством **MTU (maximum transmission unit)** — максимальный размер полезного блока данных одного пакета, который может быть передан протоколом без фрагментации. Также, этот термин может применяться также для физического уровня (*media mtu*) и сетевого уровня (*ip mtu*) или не связан с определённым уровнем модели: *tunnel mtu*, *vlan mtu*, *routing mtu*, *mpls mtu*...

Функции канального уровня:

1. **Получение доступа к среде передачи.** Обеспечение доступа — важнейшая функция канального уровня. Она требуется всегда, за исключением случаев, когда реализована полностью связанная топология (например, два компьютера, соединённых через кроссовер, или компьютер со свичом в полнодуплексном режиме).
2. **Выделение границ кадра.** Эта задача также решается всегда. Среди возможных решений этой задачи — резервирование некоторой последовательности, обозначающей начало или конец кадра.
3. **Аппаратная адресация** (или адресация канального уровня). Требуется в том случае, когда кадр могут получить сразу несколько адресатов. В локальных сетях аппаратные адреса (MAC-адреса) применяются всегда.
4. **Обеспечение достоверности принимаемых данных.** Во время передачи кадра есть вероятность, что данные исказятся. Важно это обнаружить и не пытаться обработать

кадр, содержащий ошибку. Обычно на канальном уровне используются алгоритмы контрольных сумм, дающие высокую гарантию обнаружения ошибок.

5. **Адресация протокола верхнего уровня.** В процессе декапсуляции указание формата вложенного PDU существенно упрощает обработку информации, поэтому чаще всего указывается протокол, находящийся в поле данных, за исключением тех случаев, когда в поле данных может находиться один-единственный протокол.

Спецификация IEEE 802 разделяет этот уровень на 2 подуровня. **MAC (Media Access Control)** регулирует доступ к разделяемой физической среде, **LLC (Logical Link Control)** обеспечивает обслуживание сетевого уровня.

Logical Link Control — подуровень управления логической связью — по стандарту IEEE 802 — верхний подуровень канального уровня модели OSI, осуществляет:

- управление передачей данных;
- обеспечивает проверку и правильность передачи информации по соединению.

Структура кадра:

По своему назначению все кадры уровня LLC подразделяются на три типа — информационные, управляющие и нумерованные:

1. Информационные кадры предназначены для передачи информации в процедурах с установлением логического соединения и должны обязательно содержать поле информации. В процессе передачи информационных блоков осуществляется их нумерация в режиме скользящего окна.
2. Управляющие кадры предназначены для передачи команд и ответов в процедурах с установлением логического соединения, в том числе запросов на повторную передачу искаженных информационных блоков.
3. Нумерованные кадры предназначены для передачи нумерованных команд и ответов, выполняющих в процедурах без установления логического соединения передачу информации, идентификацию и тестирование LLC-уровня, а в процедурах с установлением логического соединения — установление и разъединение логического соединения, а также информирование об ошибках.

Все типы кадров уровня LLC имеют единый формат. Они содержат четыре поля:

- адрес точки входа сервиса назначения (Destination Service Access Point, DSAP),
- адрес точки входа сервиса источника (Source Service Access Point, SSAP),
- управляющее поле (Control)
- поле данных (Data)

Кадр LLC обрамляется двумя однобайтовыми полями «Флаг», имеющими значение 01111110. Флаги используются на MAC-уровне для определения границ блока.

Поле данных кадра LLC предназначено для передачи по сети пакетов протоколов верхних уровней — IP, IPX, AppleTalk, DECnet, в редких случаях — прикладных протоколов, когда те не пользуются сетевыми протоколами, а вкладывают свои сообщения непосредственно в кадры канального уровня. Поле данных может отсутствовать в управляющих кадрах и некоторых нумерованных кадрах.

Поле управления (один байт) используется для обозначения типа кадра данных —

информационный, управляющий или нумерованный. Кроме этого, в этом поле указываются порядковые номера отправленных и успешно принятых кадров, если подуровень LLC работает по процедуре с установлением соединения.

Поля DSAP и SSAP позволяют указать, какой сервис верхнего уровня пересылает данные с помощью этого кадра. Программному обеспечению узлов сети при получении кадров канального уровня необходимо распознать, какой протокол вложил свой пакет в поле данных поступившего кадра, для того, чтобы передать извлеченный из кадра пакет нужному протоколу для последующей обработки. Например, в качестве значения DSAP и SSAP может выступать код протокола IPX или же код протокола покрывающего дерева Spanning Tree.