1. **Лекция 1**
2. **Лекция 2**
3. **Лекция 3. Физический уровень модели OSI**
   1. **Понятие линии и канала связи**

* В узком смысле под термином линия связи (transmission link, link) подразумевается физическая среда, по которой передаются сигналы между двумя конечными системами. Сигналы формируются специальными техническими средствами (передатчиками, усилителями, мультиплексорами и т.д.), относящимися к сетевому оборудованию.
* Среда передачи (transmission medium) или физическая среда — материальная субстанция, через которую осуществляется распространение сигналов.
* В компьютерных сетях используют два типа сред передачи: кабельную и беспроводную.

Diagram

Description automatically generated

* В широком смысле под термином «линия связи» в области компьютерных сетей подразумевают канал связи. Канал связи (channel, data link) представляет собой совокупность одной или нескольких физических сред передачи и каналообразующего (сетевого) оборудования, которые обеспечивают передачу данных между взаимодействующими системами в виде сигналов, соответствующих типу физической среды.
* Физический канал связи представляет собой средство передачи сигналов между взаимодействующими системами.
* Логические каналы устанавливаются между протоколами любых уровней модели OSI взаимодействующих систем и определяют путь, по которому данные передаются от источника к приемнику через один или последовательность физических каналов.
* В зависимости от типа представления передаваемой информации каналы делятся на аналоговые, предназначенные для передачи аналоговых сигналов и дискретные, служащие для передачи дискретных (цифровых) сигналов.
* В зависимости от направления передачи данных различают каналы:

- симплексные (simplex), в которых передача осуществляется только в одном направлении;

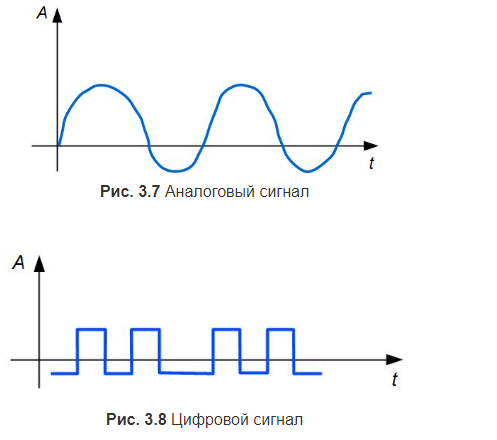
- полудуплексные (half-duplex), в которых передача ведется поочередно в прямом и обратном направлении;

- дуплексные (duplex), в которых передача ведется одновременно в двух направлениях — прямом и обратном.

* По способу подключения каналы делятся на: «точка-точка» (point-to-point), «точка-многоточка» (point-to-multipoint), «многоточка» (multipoint).
* Важной характеристикой канала связи является его полоса пропускания (bandwidth). В зависимости от ширины полосы пропускания (разности между граничными частотами полосы пропускания) и способа передачи сигналов каналы делятся на основополосные (baseband channel) и широкополосные (broadband channel).
  1. **Синалы**
* Передача данных по каналам связи осуществляется с помощью их физического представления — электрических (электрический ток), оптических (свет) или электромагнитных сигналов.
* Если рассматривать сигнал как функцию времени, то он может быть:

- аналоговым (непрерывным) — его величина непрерывно изменяется во времени;

- цифровым (дискретным) — имеющим конечное, обычно небольшое число значений.



* Гармонический сигнал — это гармонические колебания, со временем распространяющиеся в пространстве, которые несут в себе информацию или какие-то данные.

где А — амплитуда сигнала; ω — круговая частота: ω=2πf (f — линейная частота: f=1/T, величина обратная периоду Т); φ\_0 —начальная фаза гармонического сигнала; t — время.

* Гармонические колебания — это колебания, при которых физическая (или любая другая) величина изменяется с течением времени по синусоидальному или косинусоидальному закону.
* Для обеспечения высокой скорости передачи данных важна частота: чем выше частота, тем больше скорость передачи.
* Периодическим сигналом называют такой вид воздействия, когда форма сигнала повторяется через некоторый интервал времени T, который называется периодом.
* Набор гармонических колебаний, в сумме составляющий исходный сигнал, образует частотный спектр этого сигнала, т.е. область частот, составляющих данный сигнал.
* Для того чтобы передать сигнал без значительных искажений, канал связи должен иметь ширину полосы пропускания не менее ширины спектра частот передаваемого сигнала.
* Chart, box and whisker chart

  Description automatically generated
  1. **Основные характеристики канала связи**
     1. **Полоса пропускания**
* Полоса пропускания (bandwidth) (Гц)— диапазон частот, в пределах которого амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) канала (линии) связи достаточно равномерна для того, чтобы обеспечить передачу сигнала без существенного искажения его формы.
* Ширина полосы пропускания F определяется как разность верхней fв и нижней fн граничных частот участка АЧХ, на котором мощность сигнала уменьшается не более чем в 2 раза по сравнению с максимальным значением: F=fв−fн (что приблизительно соответствует −3 дБ).
  + 1. **Затухание**
* Затухание (attenuation) — это величина, показывающая, насколько уменьшается мощность (амплитуда) сигнала на выходе канала связи по отношению к мощности (амплитуде) сигнала на входе. Коэффициент затухания d измеряется в децибелах (дБ, dB) на единицу длины и вычисляется по следующей формуле:

A picture containing text

Description automatically generated

где Pвых — мощность выходного сигнала; Pвх — мощность входного сигнала.

* + 1. **Помехоустойчивость (khả năng chống nhiễu)**
* Способность канала противостоять воздействию помех. В зависимости от источника возникновения и от характера их воздействия помехи делятся на внутренние, внешние и взаимные.
* Одним из важных параметров канала связи, позволяющим оценить мешающее воздействие помех на сигнал является отношение сигнал/шум (SNR, Signal-to-Noise Ratio). Оно определяется как отношение мощности сигнала Pс к мощности шума (помех) Pш. Для удобства это выражение часто представляется в децибелах (дБ):

A picture containing text

Description automatically generated

где Pс — мощность сигнала; Pш — мощность шума (помех).

* + 1. **Пропускная способность**
* Пропускная способность (throughput) канала связи — максимально возможная скорость передачи информации через канал, определенная его ограничениями. Измеряется пропускная способность в битах в секунду (бит/с или bps — bits per second) и производных единицах.

A picture containing diagram

Description automatically generated

где C — максимальная пропускная способность канала (бит/с); F — ширина полосы пропускания канала (Гц); Pc — мощность сигнала, Pш — мощность шума.

* + 1. **Достоверность передачи данных**
* Достоверность передачи данных характеризуется вероятностью ошибочного приема каждого передаваемого бита данных, т.е. частотой появления ошибочных битов. Иногда этот же показатель называют интенсивностью битовых ошибок (Bit Error Rate, BER). BER определяется как отношение количества ошибочно принятых битов к общему числу переданных.
  1. **Методы совместного использования среды передачи канала связи**
* Мультиплексирование (multiplexing) — это технология передачи данных нескольких каналов с меньшей пропускной способностью по одному каналу с большей пропускной способностью.
* В результате мультиплексирования в одном физическом канале создается группа логических каналов. При этом пропускная способность физического канала делится между всеми логическими каналами и должна быть достаточной, чтобы обеспечивать необходимые скорости передачи данных по логическим каналам.
* Мультиплексирование осуществляется с помощью программы или устройства, называемого мультиплексором (multiplexer, MUX). Мультиплексор соединяет группу низкоскоростных входных каналов с одним высокоскоростным физическим каналом.
* Процесс обратный мультиплексированию называется демультиплексированием, а устройство или программа, которое выполняет этот процесс — демультиплексором (demultiplexer, DEMUX). Демультиплексор распределяет данные, полученные из общего физического канала по группе выходных каналов.
  + 1. **Мультиплексирование с разделением по времени**
* Мультиплексирование с разделением по времени (Time Division Multiplexing, TDM) или временное мультиплексирование заключается в поочередном предоставлении взаимодействующим системам всей полосы пропускания канала на небольшой промежуток времени. Другими словами: все отправители используют один и тот же диапазон частот общего канала в разные промежутки времени.
* Cинхронный
* В синхронном (Synchronous Time Division Multiplexing) режиме время работы канала делится на повторяющиеся циклы, состоящие из кадров TDM. Каждый кадр TDM начинается с синхронизирующей последовательности и включает n тайм-слотов одинаковой длительности, по одному на каждый логический канал. Тайм-слоты назначаются всем, подключенным к мультиплексору входным каналам, нумеруются и располагаются в кадре TDM в строго определенном порядке.

Graphical user interface, application, Word

Description automatically generated

* Одним из основных недостатков синхронного режима является привязка между входными каналами и тайм-слотами. Если у устройства нет данных для передачи, другое устройство не может передать данные в этот тайм-слот. Это приводит к неэффективному использованию полосы пропускания и соответственно к уменьшению пропускной способности канала связи.
* Буфер — это область памяти, в которой сетевое устройство временно хранит передаваемые данные.
* Статистическое мультиплексирование отличается тем, что отправитель получает тайм-слот только в том случае, если у него имеются данные для передачи.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

* + 1. **Мультиплексирование с разделением по частоте**
* При частотном мультиплексировании или мультиплексировании с разделением по частоте (Frequency Division Multiplexing, FDM) широкая полоса пропускания физического канала F делится на n узких полос частот f<<F, в каждой из которых создается логический канал.

Chart, bar chart

Description automatically generated

* При частотном мультиплексировании можно делить полосу пропускания на каналы, не используя защитные полосы. При мультиплексировании с ортогональным частотным разделением (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) вся полоса пропускания физического канала разделена на множество поднесущих (subcarrier) или подканалов.

Diagram

Description automatically generated

* + 1. **Мультиплексирование со спектральным разделением**
* Мультиплексирование со спектральным разделением (Wavelength Division Multiplexing, WDM) или волновое мультиплексирование используется в оптических каналах связи и является вариантом частотного мультиплексирования. Технология WDM позволяет по одному оптическому волокну одновременно и независимо передавать два и более оптических сигнала, используя разные длины волн. Эта технология также делает возможной двунаправленную передачу сигналов по одному волокну (передача на одной длине волны, прием на другой длине волны).

Graphical user interface, application

Description automatically generated

* + 1. **Мультиплексирование с кодовым разделением (Code Division Multiplexing, CDM)**
* В данном методе все каналы используют один и тот же спектр частот в одно и то же время, но при этом каждый канал имеет свой уникальный код.
* Основная идея расширения спектра заключается в преобразовании информационного сигнала с узкой полосой пропускания в сигнал с широкой полосой пропускания.
* Коды расширения подбираются так, чтобы сигнал стал шумоподобным. Благодаря этому несколько пользователей могут одновременно использовать одну полосу частот при низкой взаимной интерференции.
  + 1. Мультиплексирование и методы множественного доступа
* Методы множественного доступа основаны на методах временного, частотного и кодового мультиплексирования и определяют, как логические каналы распределяются между множеством пользователей, а также упорядочивают ситуацию, в которой несколько пользователей одновременно хотят использовать один канал (в том случае, если логических каналов меньше, чем пользователей).
* Мультиплексирование реализуется на физическом уровне модели OSI, в то время как методы множественного доступа реализуются на физическом уровне и подуровне MAC (Media Access Control, управление доступом к среде), который является частью канального уровня модели OSI.
  1. **Модуляция и кодирование сигналов**
* Модуляция — это процесс изменения одного сигнала в соответствии с формой другого сигнала.
* Если изменить параметры сигнала u(t) в соответствии с формой сигнала s(t), то форма сигнала u(t) приобретает новое свойство. Она несет информацию, тождественную информации в сигнале s(t).
* Информационный сигнал s(t) называют модулирующим (modulating signal), результат модуляции — модулированным сигналом (modulated signal). Обратную операцию выделения модулирующего сигнала из модулированного колебания называют демодуляцией (demodulation).
* Основным назначением модуляции является сдвиг спектра сигнала в другой частотный диапазон, обеспечение механизма представления информации в наименее чувствительной к помехам и интерференции форме и возможность использования методов мультиплексирования и множественного доступа.
* Для того чтобы различать модуляцию аналоговых и цифровых сигналов, модуляцию аналогового сигнала на основе несущей называют аналоговой модуляцией (analog modulation), модуляцию цифрового сигнала на основе несущей называют цифровой модуляцией (digital modulation) или манипуляцией.
  + 1. **Методы аналоговой модуляции**
* Аналоговая модуляция основана на передаче аналогового низкочастотного сигнала с помощью высокочастотной несущей. Основным видом несущих сигналов являются гармонические колебания, которые имеют три свободных параметра: амплитуду, фазу и частоту.

Diagram

Description automatically generated with medium confidence

* + 1. **Методы цифровой модуляции**
* Процесс передачи цифровых данных с помощью несущей называется цифровой модуляцией или манипуляцией.

Box and whisker chart

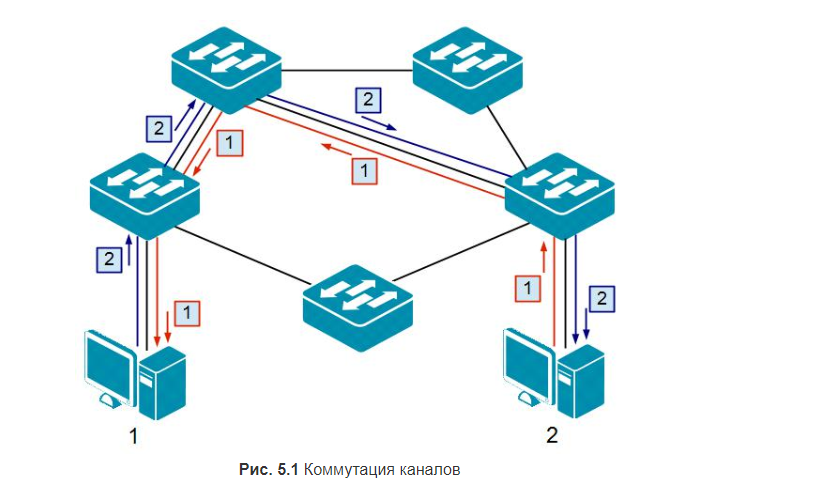
Description automatically generated with low confidence

* + 1. Методы импульсной модуляции
    2. Методы цифрового кодирования
    3. Физическое кодирование
* Физическое кодирование – способ представления дискретной информации в виде электрических или оптических сигналов, подаваемых на линию связи.
  + 1. Логическое кодирование
* Логическое кодирование, выполняемое до физического кодирования, позволяет бороться с недостатками потенциальных кодов типа NRZ, NRZI или MLT-3.
* Логическое кодирование подразумевает замену битов исходной информации новой последовательностью битов, несущей ту же информацию, но обладающей, кроме этого, дополнительными свойствами, в частности, возможностью для приемной стороны обнаруживать ошибки в принятых данных.
  1. Стандарты кабелей
     1. Основные характеристики электрических кабелей
     2. Коаксиальный кабель
     3. Кабель на основе витой пары
     4. Волоконно-оптический (оптоволоконный) кабель
     5. Кабельные системы
     6. Структурированные кабельные системы
     7. Медиаконвертеры
  2. Электрическая проводка
  3. Беспроводная среда передачи

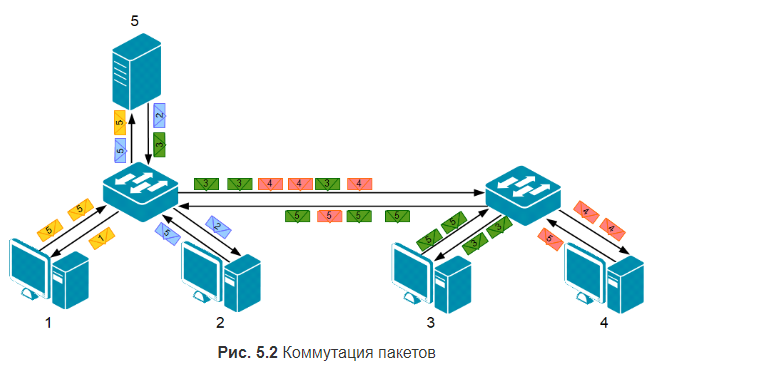
3.8.1 Распространение сигналов в беспроводных средах передачи

1. Лекция 4
2. **Лекция 5. Канальный уровень модели OSI**
   1. **Методы коммутации**
      1. **Коммутация каналов**

* Коммутация каналов основана на синхронном TDM. Она предоставляет каждой паре взаимодействующих абонентов последовательность каналов (логических) для монопольного использования.
* Каналы связи, передача данных по которым возможна только после установления соединения между взаимодействующими системами, называются коммутируемыми или временными. Канал остается занятым все время соединения
* Каналы между конечными системами, которые доступны для передачи данных на длительное время за счет постоянно существующего соединения с заданными характеристиками, называются выделенными или некоммутируемыми. Выделенные каналы также называются арендуемыми. Эти каналы постоянно готовы к передаче данных.



* + 1. **Коммутация пакетов**
* Технология коммутации пакетов основана на использовании асинхронного или статистического TDM.
* Передаваемые по сети сообщения разбиваются на небольшие блоки, называемые пакетами (packet)
* В сетях с коммутацией пакетов требуется, чтобы абонентские устройства и устройства связи (коммутаторы, маршрутизаторы) поддерживали одни и те же протоколы.
* Термин «пакет» в данном случае дал название технологии и является общим термином, который используется для обозначения передаваемого блока данных. На канальном уровне блок данных называется кадром, на сетевом - пакетом или дейтаграммой , на транспортном - сегментом.

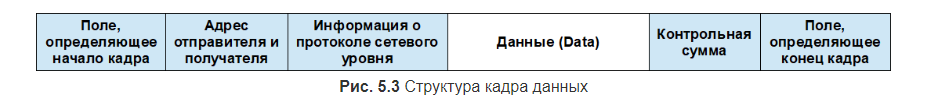


* Устройства связи на основе адресной информации направляют пакеты по тем последовательностям каналов, которые в итоге позволяют достичь устройства-адресата. Устройство-адресат собирает поступившие пакеты в нужном порядке и формирует сообщение.
* Для предотвращения переполнения буферов коммутаторов или маршрутизаторов используются специальные методы управления потоком (flow control). Обычно буферизированные пакеты передаются через выходной порт устройства в том порядке, в котором они поступили, т.е. «первым пришел, первым ушел» (FIFO, First Input, First Output). Однако можно применять приоритеты, обеспечивая качество обслуживания (Quality of Service, QoS). В этом случае пакеты с более высоким приоритетом будут передаваться первыми.
* Метод коммутации с промежуточным хранением заключается в том, что принятый пакет, прежде чем он будет передан, полностью копируется в буфер устройства и проверяется на наличие ошибок. Если имеются ошибки, пакет отбрасывается. Если ошибок нет, устройство связи с помощью специальной таблицы определяет выходной порт, через который пакет будет передан.
* При коммутации без буферизации устройство связи копирует в буфер только адрес назначения и сразу начинает передавать пакет (предварительно определив выходной порт с помощью специальной таблицы), не дожидаясь его полного приема.
* таблицы коммутации (Forwarding DataBase, FDB);
* таблицы маршрутизации (Routing table).
  1. **Сетевые протоколы и методы коммутации**
* Протоколы с установлением соединения (Connection-Oriented Protocol)
* Протоколы без установления соединения (Connectionless Protocol)
* На каждом уровне модели OSI могут быть реализованы как протоколы с установлением соединения, так и без установления соединения, поэтому возможны комбинации протоколов
  1. **Протоколы канального уровня**
* Протоколы канального уровня определяют набор правил, позволяющих упорядочивать взаимодействие узлов, подключенных к одному сегменту сети.

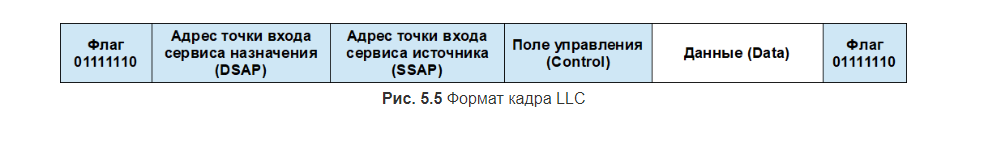
- протоколы для соединений типа «точка-точка»

- протоколы для сетей сложных топологий, к которым относятся локальные сети.

5.3.1. Структура кадра данных



* Для большинства протоколов канального уровня существует ограничение на максимально допустимый объем данных, передаваемых в одном кадре MTU (Maximum Transfer Unit, максимальная единица передачи данных).
  1. **Стандарты IEEE 802**
* В спецификации IEEE 802 канальный уровень модели OSI был разбит на два подуровня:
* управление логическим каналом (Logical LinkControl, LLC);
* управление доступом к среде передачи (Media Access Control, MAC)
  + 1. **Протоколы LLC**
* Он обеспечивает нужное качество транспортной службы для технологий локальных сетей, передавая кадры либо без установления соединения и подтверждения между узлами сети, либо с установлением соединения и подтверждением приема кадров.
* Протокол LLC участвует в процессе инкапсуляции. Он помещает пакет сетевого уровня в свой кадр и добавляет адресную информацию спецификации IEEE 802.2:
* адрес точки входа сервиса назначения (Destination Service Access Point, DSAP) – указывает протокол верхнего уровня, которому надо передать данные для обработки;
* адрес точки входа сервиса источника (Source Service Access Point, SSAP) – указывает протокол верхнего уровня, данные которого пересылаются в кадре.



* В настоящее время протокол LLC служит для идентификации протоколов верхнего уровня, пакеты которых пересылаются с помощью кадров протоколов МАС-подуровня семейства IEEE 802.
  + 1. **Подуровень MAC**
* Подуровень МАС описывает протоколы, реализующие различные методы доступа к разделяемой среде, отвечает за физическую адресацию, формирование кадров и обнаружение ошибок.
  + 1. **Понятие MAC-адреса**
* MAC-адрес (Media Access Control) — это уникальный идентификатор, который присваивается каждому сетевому устройству во время изготовления. Он позволяет уникально идентифицировать каждый узел сети и доставлять данные только этому узлу.

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

* + 1. **Сетевые адаптеры**
* Для подключения компьютера к сети и взаимодействия с другими сетевыми устройствами используется сетевой адаптер (Network Interface Card, NIC).
* Драйвер – специальное программное обеспечение, позволяющее операционной системе работать с устройством.
* Типы разъёмов
* медный RJ-45 для подключения кабеля на основе витой пары;
* оптический разъем (LC или SC) для подключения оптического кабеля.
  1. **Технологии локальных сетей**
* Для обеспечения доступа станций к физической среде по кольцу циркулирует кадр специального формата и назначения – маркер или токен (token). Маркер представляет собой определенную последовательность битов и одновременно может быть использован только одной рабочей станцией или узлом
  1. **Технология Ethernet**
     1. **Форматы кадров Ethernet**

Table

Description automatically generated

Кадр содержит семь обязательных полей:

* Preamble (преамбула) – состоит из семи синхронизирующихся байт 10101010;
* Start Frame Delimiter (SFD, начальный ограничитель кадра) – содержит значение 10101011. Эта комбинация указывает на то, что следующий байт – это начало заголовка кадра;
* Destination Address (DA, адрес назначение) – МАС-адрес получателя кадра;
* Source Address (SA, адрес источника) – МАС-адрес отправителя кадра;
* Length/Type (длина/тип) – а) если значение меньше или равно 0x05DC (1500 в десятичной системе счисления), то поле указывает на длину поля данных в кадре (интерпретируется как длина); б) если значение больше или равно 0x0600 (1536 в десятичной системе счисления), то поле указывает на тип протокола, вложившего пакет в поле данных кадра (интерпретируется как тип);
* Data (данные) – поле данных переменной длины. Минимальная длина поля 46 байт, максимальная длина поля –1500 байт (для стандартных кадров), 1504 байт (для кадров, содержащих тег протокола IEEE 802.1Q), 1982 байт (для расширенных (envelope) кадров);
* Pad (Padding, заполнение) – состоит из такого количества байт заполнителей, которое обеспечивает минимальную длину поля данных в 46 байт. Это обеспечивает корректное распознавание коллизий при работе протокола CSMA/CD. Если длина поля данных достаточна, поле заполнения в кадре отсутствует;
* Frame Check Sequence (FCS, поле контрольной суммы) – содержит контрольную сумму кадра. Служит для проверки, не искажен ли кадр. Значение поля вычисляется на основе содержимого полей DA, SA, Length/Type, поля данных и заполнения с помощью 32-разрядного циклического избыточного кода (Cyclic Redundancy Code, CRC);
* Поле Extension (расширение) следует за полем FCS и состоит из последовательности битов, которые отличаются от битов данных и используются для выполнения процедур сетевого управления. Если эти процедуры не требуются, длина поля будет равна нулю. Это поле не используется при вычислении контрольной суммы кадра.

Diagram

Description automatically generated

Diagram, table

Description automatically generated

Table

Description automatically generated

Table

Description automatically generated

Diagram

Description automatically generated

* + 1. **Дуплексный и полудуплексный режимы работы**
* полудуплексный (half-duplex) – использует метод CSMA/CD для доступа узлов к разделяемой среде. Узел может только принимать или передавать данные в один момент времени, при условии получения доступа к среде передачи;
* полнодуплексный (full-duplex) – позволяет паре узлов, имеющих соединение «точка-точка», одновременно принимать и передавать данные. Для этого каждый узел должен быть подключен к выделенному порту коммутатора.
  + 1. **Метод доступа CSMA/CD**
* Основная идея Ethernet состояла в использовании шинной топологии на основе коаксиального кабеля
* Метод CSMA/CD основан на конкуренции (contention) узлов за право доступа к сети и включает следующие процедуры:

- контроль несущей;

- обнаружение коллизий.

* Перед тем, как начать передачу, сетевое устройство должно удостовериться, что среда передачи данных свободна. Это достигается путем прослушивания несущей. Если среда свободна, то устройство начинает передавать данные. Во время передачи кадра, устройство продолжает прослушивать среду передачи. Делается это для того, чтобы гарантировать, что никакое другое устройство не начало передачу данных в то же самое время. После окончания передачи кадра все устройства сети должны выдержать технологическую паузу (Inter Packet Gap), равную 9,6 мкс. Эта пауза называется межкадровым интервалом и нужна для приведения в исходное состояние сетевых адаптеров и для предотвращения монопольного захвата среды одним сетевым устройством. После окончания технологической паузы устройства имеют право начать передачу своих кадров, т.к. среда свободна.
  + - 1. **Домен коллизий**
* Домен коллизий (collision domain) — это часть сети Ethernet, все узлы которой распознают коллизию независимо от того, в какой части сети она возникла.
* Сеть Ethernet, построенная на повторителях и концентраторах, образует один домен коллизий.
  + 1. **Коммутируемая сеть Ethernet**
* Мост изолировал трафик одного сегмента от трафика другого и делил один большой домен коллизий на несколько небольших, что повышало общую производительность сети.
* Коммутируемая сеть Ethernet (Ethernet switched network) – сеть Ethernet, сегменты которой соединены мостами или коммутаторами.
* Коммутатор представляет собой многопортовый мост и также функционирует на канальном уровне модели OSI.
  + 1. **Управление потоком в полудуплексном и полнодуплексном режимах**
* Механизм управления потоком (Flow Control) позволяет предотвратить потерю данных в случае переполнения буфера принимающего устройства.
* **В полудуплексном**

В случае переполнения буфера, посылает сигнал обнаружения коллизии (jam-последовательность) или обратно отправляет устройству-отправителю его кадры.

* В **полнодуплексном**

Принимающее устройство отправляет кадр-паузу с указанием периода времени, на который требуется остановить передачу данных, либо на уникальный МАС-адрес соответствующей станции, либо на специальный групповой МАС-адрес 0x01-80-C2-00-00-01.

Table

Description automatically generated with low confidence

* 1. Физический уровень технологии Ethernet
  2. Энергоэффективный Ethernet
  3. Сменные интерфейсные модули

1. **Лекция 6**
   1. **Алгоритм прозрачного моста**

* Коммутаторы локальных сетей обрабатывают кадры на основе алгоритма прозрачного моста (transparent bridge), который определен стандартом IEEE 802.1D. Процесс работы алгоритма прозрачного моста начинается с построения таблицы коммутации (Forwarding DataBase, FDB) или таблицы МАС-адресов.

Table

Description automatically generated

* Cуществует возможность создания статических записей таблицы коммутации вручную. Статическим записям, в отличие от динамических, не назначается время старения.
* Если бы выходной порт и порт-источник совпали, то передаваемый кадр был бы отброшен коммутатором. Этот процесс называется фильтрацией (filtering).
* В том случае, если МАС-адрес назначения в поступившем кадре неизвестен (в таблице коммутации отсутствует соответствующая запись), коммутатор создает множество копий этого кадра и передает их через все свои порты, за исключением того, на который он поступил. Этот процесс называется лавинной передачей (flooding)
  1. **Методы коммутации**
* Метод коммутации с промежуточным хранением (store-and-forward)
* Коммутатор, прежде чем передать кадр, полностью копирует его в буфер и производит проверку на наличие ошибок. Если кадр содержит ошибки (не совпадает контрольная сумма, или кадр меньше 64 байт или больше 1518 байт), то он отбрасывается.
* Если кадр не содержит ошибок, то коммутатор находит МАС-адрес приемника в своей таблице коммутации и определяет выходной порт. Затем, если не определены никакие фильтры, коммутатор передает кадр через соответствующий порт устройству назначения.
* Коммутация без буферизации (cut-through)

- Коммутатор копирует в буфер только МАС-адрес назначения (первые 6 байт после преамбулы) и сразу начинает передавать кадр, не дожидаясь его полного приема.

* 1. **Конструктивное исполнение коммутаторов**
* настольные коммутаторы (Desktop switch)

- обладают корпусом обтекаемой формы с относительно небольшим количеством фиксированных портов

* автономные коммутаторы, монтируемые в телекоммуникационную стойку (Rack mounted switch);
* коммутаторы на основе шасси (Chassis switch).
  1. **Физическое стекирование коммутаторов**
* Под физическим стекированием понимается объединение нескольких коммутаторов в одно логическое устройство. Объединенные в стек коммутаторы имеют общие таблицы коммутации и маршрутизации (для коммутаторов 3 уровня).
  1. **Технологии коммутации и модель OSI**
* Коммутация 2-го уровня – аппаратная. Она обладает высокой производительностью. Передача кадра в коммутаторе может осуществляться специализированным контроллером ASIC. В основном коммутаторы 2-го уровня используются для сегментации сети и объединения рабочих групп. Наличие коммутаторов в сети не препятствует распространению широковещательных кадров по всем сегментам сети.
* Коммутатор уровня 3 осуществляют коммутацию и фильтрацию на основе адресов канального (уровень 2) и сетевого (уровень 3) уровней модели OSI. Коммутаторы 3-го уровня выполняет коммутацию в пределах рабочей группы и маршрутизацию между различными подсетями или виртуальными локальными сетями (VLAN).
  1. **Программное обеспечение коммутаторов**
* Набор сервисов, предназначенных для выполнения различных функций, обеспечивающих безопасность, отказоустойчивость сети, управление многоадресной рассылкой, качество обслуживания (QoS), а также развитые средства настройки и управления.
* Системное программное обеспечение располагается во Flash-памяти коммутатора
  1. **Общие принципы сетевого дизайна**

Для организации передачи по сети различных типов данных ее архитектура должна обладать следующими характеристиками:

* Отказоустойчивостью: требуется несколько путей передачи данных.
* Масштабируемостью: возможность подключения к сети новых пользователей без снижения ее производительности.
* Гарантированной пропускной способностью;
* Безопасностью
* конфиденциальность — только указанные получатели смогут прочитать данные;
* целостность — гарантия того, что данные не будут изменены во время передачи;
* доступность — обеспечение своевременного и надежного доступа к данным для авторизованных пользователей.
  1. Трехуровневая иерархическая модель сети

Diagram

Description automatically generated

* Уровень ядра отвечает за надежную и быструю передачу больших объемов данных. Трафик, передаваемый через ядро, является общим для большинства пользователей. Сами пользовательские данные обрабатываются на уровне распределения, который при необходимости пересылает запросы к ядру.
* Для уровня ядра большое значение имеет его отказоустойчивость, поскольку сбой на этом уровне может привести к потере связности сети.
* Уровень распределения, который иногда называют уровнем рабочих групп, является связующим звеном между уровнями доступа и ядра. В зависимости от способа реализации, уровень распределения может выполнять следующие функции:
* обеспечение маршрутизации, качества обслуживания и безопасности сети;
* агрегирование каналов;
* переход от одной технологии к другой (например, от 100BASE-TX к 1000BASE-T).
* Уровень доступа управляет доступом пользователей и рабочих групп к ресурсам объединенной сети. Основной задачей уровня доступа является создание точек входа/выхода пользователей в сеть. Уровень выполняет следующие функции:
* управление доступом пользователей, фильтрация трафика, обеспечение качества обслуживания (QoS);
* сегментация;
* подключение рабочих групп к уровню распределения;
* использование технологии коммутируемых локальных сетей.
  1. **Протокол Spanning Tree Protocol (STP)**
     1. Построение активной топологии связующего дерева
     2. Bridge Protocol Data Unit (BPDU)
     3. Состояния портов
     4. Таймеры STP
     5. Изменение топологии
     6. Настройка STP
  2. **Виртуальные локальные сети (VLAN)**
     1. Типы VLAN
     2. VLAN на основе портов
  3. **VLAN на основе стандарта IEEE 802.1Q**
     1. Некоторые определения IEEE 802.1Q
     2. Тег VLAN IEEE 802.1Q
     3. Port VLAN ID
     4. Продвижение кадров VLAN IEEE 802.1Q
     5. Пример настройки VLAN IEEE 802.1Q
  4. **Технология Power over Ethernet**
     1. Спецификация РоЕ для двух пар кабеля
     2. Стандарт IEEE 802.3bt-2018
     3. Как выбрать коммутатор РоЕ для сети

1. **Лекция 7. Адресация сетевого уровня**
   1. **Сетевой уровень**

* Протокол IP (Internet Protocol)
* адресацию узлов;
* инкапсуляцию данных;
* фрагментацию и последующую сборку пакетов;
* маршрутизацию.
  1. **Протокол IP версии 4**
* В отличие от формата некоторых других протоколов, например Ethernet, пакет IPv4 не содержит следующего за полем Данные контрольной суммы всего пакета.

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

* **Версия** (Version) – для IPv4 значение поля равно 4;
* **Длина заголовка** (IHL, Internet Header Length) – указывает на начало блока данных в пакете. Обычно значение для этого поля равно 5;
* **Тип сервиса** (ToS, Type of Service) – содержит информацию, требуемую для обеспечения функций качества обслуживания (QoS);
* **Общая длина** (TL, Total Length) – общая длина пакета с учетом заголовка и поля данных;
* **Идентификатор пакета** (Identification) – используется для распознавания пакетов, образовавшихся путем фрагментации исходного пакета;
* **Флаги** (Flag) – содержит признаки, связанные с фрагментацией пакета;
* **Смещение фрагмента** (Fragment Offset) – значение, определяющее позицию фрагмента в потоке данных;
* **Время жизни** (TTL, Time to Live) – временной интервал, в течение которого пакет может перемещаться по сети маршрутизаторами;
* **Протокол** (Protocol) – указывает, какому протоколу верхнего уровня принадлежит информация, размещенная в поле данных пакета;
* **Контрольная сумма** (Header Checksum) – рассчитывается по заголовку и позволяет определить целостность заголовка пакета;
* **Адрес источника** (Source IP Address) и **адрес назначения** (Destination IP Address) – указывают отправителя и получателя пакета;
* **Опции** (Options) – необязательное поле, может использоваться при отладке работы сети;
* **Данные** (Data) – данные передаваемые в пакете: или полное сообщение, полученное от вышележащего уровня или его фрагмент.
  + 1. **Понятие IP-адресации**
* IP-адрес идентифицирует сетевой интерфейс (интерфейс подключения к сети), а не само устройство.

Diagram

Description automatically generated

* Маршрутизаторам или коммутаторам 3 уровня может быть присвоено более одного IP-адреса, т.к. они могут использоваться для соединения нескольких сетей.
  + 1. **Представление и структура адреса IPv4**

Graphical user interface, text, application, website

Description automatically generated

* + 1. **Классовая адресация IPv4**

Table

Description automatically generated

* + 1. Частные и публичные адреса IPv4
* В сети Интернет идентификация устройств осуществляется уникальными IPv4-адресами, которые не должны повторяться в глобальной сети. Такие IPv4-адреса называются публичными адресами (public addresses).
* Однако число публичных адресов ограничено, поэтому в каждом из классов IP-сетей определено так называемое частное пространство IP-адресов (private addresses). Частные IPv4-адреса предназначены для использования в локальных компьютерных сетях и не маршрутизируются в Интернет. Для локальных сетей, не подключенных к сети Интернет, можно использовать любые возможные адреса, уникальные в пределах данной сети.
* Адресное пространство частных IPv4-адресов состоит из 3 блоков:
* 10.0.0.0 – 10.255.255.255 (класс А);
* 172.16.0.0 – 172.31.255.255 (класс В);
* 192.168.0.0 – 192.168.255.255 (класс С).
  + 1. **Формирование подсетей**

Graphical user interface

Description automatically generated

* Разбиение одной крупной сети на несколько более мелких позволяет:
* лучше соответствовать физической структуре сети;
* рационально использовать адресное пространство (т.е. для каждого сегмента сети не требуется выделять целиком блок IP-адресов класса А, В или С, а только его часть);
* упростить маршрутизацию;
* повысить безопасность и управляемость сети (за счет уменьшения размеров сегментов и изоляции трафика сегментов друг друга).
* Маска подсети – это 32-битное число, двоичная запись которого содержит непрерывную последовательность единиц в тех разрядах, которые определяют идентификатор подсети и непрерывную последовательность нулей в тех разрядах, которые определяют идентификатор узла. Маска записывается в точечно-десятичном представлении аналогично IP-адресу.
* При применении масок сети можно разбивать на меньшие по размеру подсети путем расширения сетевой части адреса и уменьшения узловой части. Технология разделения сети дает возможность создавать большее число сетей с меньшим количеством узлов в них, что позволяет эффективно использовать адресное пространство.
* Для вычисления количества подсетей используется формула 2s, где s – количество битов, занятых под идентификатор сети из части, отведенной под идентификатор узла. Количество узлов в каждой подсети вычисляется по формуле 2n–2, где n – количество битов, оставшихся в части, идентифицирующей узел, а два адреса – адрес подсети и широковещательный адрес – в каждой полученной подсети зарезервированы.
  + 1. **Маски подсети переменной длины (VLSM)**
* Использовать более одной маски подсети внутри того же самого адресного пространства и делить сеть на подсети разных размеров.
* Вместо маски подсети в VLSM используется нотация «IP-адрес/длина префикса», аналогичная нотации бесклассовой адресации. Число после «/» означает количество единичных разрядов в маске подсети. Например, сетевой адрес 192.168.1.8 с маской подсети 255.255.255.248 также может быть записан, как 192.168.1.8/29. Число 29 указывает, что в маске подсети 255.255.255.248 имеется 29 единичных битов.
  + 1. **Бесклассовая адресация IPv4**

CIDR применяет концепцию VLSM, т.е. деления сети на подсети разных размеров, не к одной конкретной сети, а в целом к Интернет.

Например, запись адреса сети 184.13.152.0/22 говорит о том, что 22 бита в маске подсети отведено под идентификатор сети. Следовательно, для идентификации узлов остается 10 битов. По-другому этот адрес можно записать как IP-адрес 184.13.152.0 с маской подсети 255.255.252.0.

* Общие функции классовой и бесклассовой адресации
* блоки частных IP-адресов;
* IP-адреса специального назначения;
* адреса интерфейса обратной петли (loopback).
* Выделение адресов
* Агрегирование маршрутов и суперсети
  + 1. Способы конфигурации адреса IPv4
  1. **Протокол IP версии 6**
     1. **Формат заголовка IPv6**
     2. Представление и структура адреса IPv6
     3. Типы адресов IPv6
* Индивидуальный
* Групповой
* Произвольный
  + 1. Индивидуальные адреса
* Идентификатор интерфейса
* Глобальные индивидуальные адреса IPv6
* Локально-используемые индивидуальные адреса IPv6
  + 1. Альтернативные адреса
    2. Групповые адреса
    3. Способы конфигурации адреса IPv6
    4. Планирование подсетей IPv6

1. **Лабораторная работа 1: Кодирование данных в телекоммуникационных сетях**
   1. **Цифровое кодирование**

* Цифровое кодирование дискретных данных осуществляется с использованием потенциальных или импульсных кодов.
* Качество передачи данных
* надежность и достоверность доставки
* возможность обнаружения и исправления возникающих ошибок
* стоимость реализации
  1. **Методы физического кодирования**
     1. **Потенциальный код без возврата к нулю (NRZ)**
* Значению бита «1» соответствует высокий уровень потенциала, а значению «0» – низкий.
* Период синусоиды (гармонического сигнала), используемой для передачи прямоугольных сигналов 0 и 1, будет равен удвоенной длительности битового интервала

T=2t, t = 1/C

* Наибольшая (верхняя) частота достигается при передаче чередующихся значений 0 и 1
* Нижняя частота всегда больше нуля и зависит от максимальной длины последовательностей нулей или единиц. В этом случае для расчета нижней границы частот необходимо в коде передаваемого сообщения найти наиболее длинную последовательность единиц или нулей.
  + 1. Биполярный импульсный код (RZ).
* Единица представлена импульсом одной полярности, а ноль – импульсом другой полярности. Каждый импульс длится половину битового интервала. В середине битового интервала происходит возврат к нулевому потенциалу.