

Консультация к госэкзамену (дополнительная часть).
Для 3го потока

17. Основные принципы построения и архитектура сети Интернет. Алгоритмы и протоколы внешней и внутренней маршрутизации. Явление перегрузки и методы борьбы с ней.

- 1) Основные принципы построения и архитектура сети Интернет. (Р.Л. Смелянский, Сети ЭВМ, Том 2, гл.1, стр 6-25)
- 2) Алгоритмы и протоколы внешней и внутренней маршрутизации (Р.Л. Смелянский, Сети ЭВМ, Том 2, гл.2, стр 30-52, 82-88).
- 3) Явление перегрузки и методы борьбы с ней (Р.Л. Смелянский, Сети ЭВМ, Том 2, гл.2, стр 52-67).

18. Теоретические основы передачи данных, физический уровень стека протоколов. Системы передачи данных Ethernet и Wi-Fi: алгоритмы работы, управление множественным доступом к каналу.

Компромисс между 4-мя факторами: шириной полосы сигнала (покрытие спектра частот), скоростью передачи сигнала, уровнем шумов и искажений сигнала, допустимым уровнем ошибок при передаче.

Полоса пропускания - характеристика канала, определяющая спектр частот, которые физическая среда, из которой сделана линия связи, образующая канал, пропускает без существенного понижения мощности сигнала.

Сигнал - представление данных. Чем больше число уровней сигнала, тем больше информации можно передать за один переход с уровня на уровень.

Аналоговая передача - непрерывное изменение параметров передачи. **Цифровая** - резкое, дискретное изменение параметров передаваемого сигнала или импульса.

Пропускная способность канала - максимальная скорость, с которой канал способен передавать данные.

Теорема Найквиста (взаимосвязь между пропускной способностью канала и шириной его полосы пропускания): $V_{\max \text{ data rate}} = 2H \log_2 M \text{ бит/сек}$, где $V_{\max \text{ data rate}}$ – максимальная скорость передачи H – ширина полосы пропускания канала, выраженная в Гц, M - количество уровней сигнала.

Шум в канале: отношение мощности полезного сигнала к мощности шума: S/N . Измеряется в децибелах: $10 \log_{10}(S/N) \text{ dB}$.

Теорема Шеннона: максимальная скорость передачи данных по каналу с шумом равна $H \log_2(1 + S/N) \text{ бит/сек}$. где S/N - соотношение сигнал-шум в канале.

Сигнальная скорость (скорость модуляции) - скорость изменения значения сигнала. Измеряется в бодах.

Среды передачи

Назначение физического уровня - передать данные в виде потока бит от одной машины к другой. Для передачи можно использовать разные физические среды. Каждая из сред имеет свои уникальные характеристики, такие как:

- полоса пропускания и пропускная способность
- задержка и стоимость
- простота прокладки и сложность в обслуживании.

Магнитные носители. Магнитная лента или магнитный диск в сочетании с обычным транспортным средством могут быть прекрасной физической средой передачи данных.

Витая пара. Состоит из двух медных изолированных проводов, один из которых обвит вокруг другого. Чем выше плотность навитки, тем больше полоса пропускания. Используются для аналоговой и цифровой передачи.

Коаксиальные кабели. Имеет два проводника. Центральный проводник представляет собой медный проводник, окруженный изолятором. Эта конструкция помещается внутри второго

цилиндрического проводника, который обычно представляет собой сплетенную плотную металлическую сетку. Все это закрывается плотным защитным слоем пластика. Обычно толщина коаксиала от 1 до 2.5 см. У коаксиала полоса пропускания шире и характеристики по затуханию сигнала лучше, чем у витой пары. Поэтому эти кабели применяют на больших расстояниях и по ним могут передавать одновременно несколько потоков данных от разных компьютеров. Используются для аналоговой и цифровой передачи. Рассчитаны на передачу в 1-2 км.

Оптическое волокно

Для использования оптической связи нужен источник света, светопроводящая среда, детектор, преобразующий световой поток в электрический. На одном передающем конце волоконнооптической линии находится источник света, световой импульс от этого источника проходит по тонкому светопроводящему волокну и попадает на детектор, который преобразует этот импульс в электрический под критическим углом. Под специальным критическим углом энергия луча может отражаться обратно внутрь вдоль силиконового шнура. Рассчитаны на передачу в 100 км.

Сравнение оптического волокна с коаксиальным кабелем. Оптическое волокно лучше, т.к.:

1. Ширина полосы пропускания ↑. Значит, скорость передачи ↑.
2. Весит меньше (значит, стоит меньше). Затухание сигнала ↓ и остаётся постоянным для широкого диапазона частот.
3. Оптическое волокно не восприимчиво к электро-магнитным излучениям.
4. Репитеров нужно меньше (значит, стоит меньше).

Физический уровень. Для стандарта 802.11 используется технология расширения спектра передачи методом **прямой последовательности** (Direct Sequence Spread Spectrum – DSSS).

Идея метода. Пусть имеется канал с широкой полосой пропускания. Разобьем его на полосы. Каждому значению бита сопоставим определенный код с длиной, равной числу полос, на которые разбили канал. Теперь будем передавать каждый бит, параллельно передавая его код, причем каждый элемент кода (чип) в своей полосе. **Канальный уровень.** Сеть **wifi** организуется минимум для двух устройств, в которую входят все беспроводные интерфейсы этих устройств. Данное соединение можно сравнить с соединением типа точка-точка в проводной связи.

Для решения задачи совместимости в сети устанавливается выделенный узел – точка доступа, представляющая собой устройство, имеющее проводной интерфейс для подключения к проводной сети, а также антенну, образующую вокруг себя зону покрытия точки доступа.

Когда абонентское устройство включается внутри сети, оно начинает прослушивать эфир в поисках совместимого устройства, с которым оно могло бы взаимодействовать. Этот этап называется **сканированием**. При активном сканировании генерируется широкополосный запрос от абонентского устройства, обязательно включающий в себя идентификатор сети (SSID), к которой он хочет присоединиться. Когда запрос достигает точки доступа, имеющей запрашиваемый идентификатор, эта сеть генерирует ответ на запрос. При **пассивном сканировании** абонентское устройство слушает эфир и ожидает появления кадров-маяков, которые периодически рассылаются точками доступа. Когда абонентское устройство получает кадр-маяк, в котором указан SSID, оно пытается присоединиться к указанной сети. Пассивное сканирование – постоянный процесс, при котором устройства могут присоединиться к точке доступа или отсоединиться по мере изменения мощности радиосигнала.

Структура кадра. В **wifi** определены 3 типа кадров: контрольные, управляющие и кадры данных.

Базовая модель динамического предоставления доступа к каналу.

Пять основных предположений, составляющих основу моделей сетей ЭВМ, в которых в качестве СПД (среды передачи данных) используется канал с множественным доступом:

1. Станции. Модель состоит из N независимых станций (компьютеров, телефонов, факс-машин и т. п.). На каждой станции работает пользователь или программа, генерирующие кадры для передачи. Предполагаем, что если кадр сгенерирован, то станция блокируется, и новый кадр не появится, пока не будет передан первый кадр. Это означает, что станции независимы, и на каждой из них работает только одна программа или один пользователь, генерирующие нагрузку с постоянной скоростью.
2. Единственность канала. Канал один и он доступен всем станциям. Все станции равноправны. Они получают кадры и передают кадры только через этот единственный канал. Аппаратные средства всех станций для доступа к каналу одинаковые, но программно можно устанавливать станциям приоритеты.

3. Коллизии. Если во время передачи кадра одной станцией другая станция начала передачу своего кадра, то такой случай будем называть коллизией. Предполагаем, что любая станция может обнаружить коллизию и что кадры, разрушенные при коллизии, должны быть посланы повторно позднее. Кроме коллизий других ошибок передачи нет.
 4. Время. Возможны две модели времени – непрерывная и дискретная:
 - а) непрерывное время. Передача кадра может начаться в любой момент.
 - б) дискретное время. Все время работы канала разбивается на одинаковые интервалы, называемые слотами. В слоте может оказаться нуль кадров, если это слот ожидания, один кадр, если в этом слоте передача кадра прошла успешно, и несколько кадров, если в этом слоте произошла коллизия.
- 2) Доступ к каналу. Возможны два способа доступа станции к каналу:
- а) с обнаружением несущей. Станция прежде чем использовать канал всегда определяет, занят он или нет с помощью несущей – сигнала определенной формы. Когда канал не занят, по нему все время передается такой сигнал, а если канал занят, то сигнал в нем отличается от несущей, и станция не начинает передачу;
 - б) при отсутствии несущей. Станция ничего не знает о состоянии канала, пока не начнет использовать его. Она сразу начинает передачу и лишь в ходе передачи обнаруживает коллизию, т.к. сигнал, который она «увидит» в канале, будет отличаться от того сигнала, который станция передала в канал.

Методы множественного доступа ALOHA. Система состояла из наземных радиостанций, работающих на одной частоте и связывающих острова между собой. Идея ее конструкции заключалась в том, чтобы позволить в вещательной среде любому количеству пользователей неконтролируемо использовать один и тот же канал.

Чистая ALOHA: любой пользователь, желающий передать сообщение, сразу пытается это сделать. Благодаря тому, что в вещательной среде у него всегда есть обратная связь, т.е. он может определить, пытался ли кто-то еще передавать сообщение на его частоте, отправитель может установить возникновение конфликта при передаче. Обратная связь в среде ЛВС происходит практически мгновенно. Отправитель при этом должен слушать среду передачи до тех пор, пока последний бит его сообщения не достигнет самого отдаленного получателя. Обнаружив конфликт, отправитель ожидает некоторый случайный отрезок времени, после чего повторяет попытку передачи. Контрольная сумма, защищающая данные в кадре, не позволяет различать разные случаи наложения кадров. Интервал времени на ожидание должен быть случайным, иначе конкуренты, повторяя попытки передачи вызовут коллизию снова. Системы, в которых пользователи конкурируют за получение доступа к общему каналу, называются **системами с состязаниями**.

Слотированная ALOHA.

Модификация чистой ALOHA, в которой все время работы канала разделяется на слоты. Размер слота при этом должен быть равен максимальному времени кадра. Ясно, что такая организация работы канала требует синхронизации. Кто-то, например одна из станций, испускает сигнал начала очередного слота. Поскольку передачу теперь можно начинать не в любой момент, а только по специальному сигналу, то время на обнаружение коллизии сокращается вдвое.

Протоколы множественного доступа с обнаружением несущей.

Протоколы, реализующие идею начала передачи только после определения, занят канал или нет, называются **протоколами с обнаружением несущей** – CSMA (Carrier Sensitive Multiple Access).

Настойчивые и ненастойчивые CSMA-протоколы.

Если канал занят, то станция ждет, а как только он освободился, пытается сразу начать передачу. Если при этом произошла коллизия, станция ожидает случайный промежуток времени и все начинает сначала. Этот протокол называется **настойчивым CSMA-протоколом первого уровня** или **1-настойчивым CSMA-протоколом**, поскольку станция, следуя этому протоколу, начинает передачу с вероятностью 1, как только обнаруживает, что канал свободен. Здесь важную роль играет задержка распространения сигнала в канале. Всегда существует вероятность того, что, как только одна станция начала передачу, другая станция также стала готова передавать. Если вторая станция проверит состояние канала прежде чем до нее дойдет сигнал от первой станции о том, что она заняла канал, то вторая станция сочтет канал свободным и начнет передачу. В результате возникает коллизия. Чем больше время задержки сигнала, тем больше вероятность такого случая и тем хуже производительность канала.

Однако даже если время задержки сигнала будет равно нулю коллизии все равно могут возникать. Например, если во время передачи готовыми к передаче оказались две станции. В этом случае они подождут, пока ранее начатая передача будет закончена, а затем будут состязаться между собой. Тем не менее этот протокол более эффективен, чем любая из систем ALOHA, так как станция учитывает состояние канала, прежде чем начать действовать.

Другим вариантом CSMA-протокола является **ненастойчивый CSMA-протокол**. Основное отличие его от предыдущего состоит в том, что готовая к передаче станция опрашивает канал. Если канал свободен, то она начинает передачу. Если же канал занят, то она не будет настойчиво его опрашивать в ожидании, когда он освободится, а будет делать это через случайные отрезки времени. Это несколько увеличивает задержку при передаче сигнала для станции, но общая эффективность протокола возрастает. И, наконец, настойчивый CSMA-протокол уровня р. Который применяется квоотированным каналам. Когда станция готова к передаче, она опрашивает канал. Если канал свободен, то она с вероятностью р передает свой кадр и с вероятностью $q = 1 - p$ ждет следующего слота. Так станция действует, пока не передаст кадр. Если во время передачи происходит коллизия, станция ожидает случайный промежуток времени и опрашивает канал снова. Если при опросе он опять оказывается занятым, станция ждет начала следующего слота, и весь алгоритм повторяется.

CSMA-протокол с обнаружением коллизий.

Протоколы этого класса широко используются в локальных сетях. Модель их работы следующая. В момент времени t_0 одна станция заканчивает передачу очередного кадра, а все другие станции, у которых имеется кадр для передачи, начинают передачу. Естественно, в этом случае происходят коллизии, которые быстро обнаруживаются посредством сравнения отправленного сигнала с тем сигналом, который есть на линии. Обнаружив коллизию, станция сразу прекращает передачу на случайный промежуток времени, после чего все начинается сначала. Таким образом, в работе протокола CSMA/CD можно выделить три стадии: состязания, передачи и ожидания (когда нет кадров для передачи).

Рассмотрим подробнее алгоритм состязаний. Определим, сколько времени станции, начавшей передачу, требуется, чтобы обнаружить коллизию. Обозначим t время распространения сигнала до самой удаленной станции на линии. В этом случае минимальное время для определения коллизии будет равно $2t$. Следовательно, станция не может быть уверена, что она захватила канал до тех пор, пока не убедится, что в течение $2t$ секунд не было коллизий. Поэтому мы будем рассматривать период состязаний как слотированную систему ALOHA со слотом $2t$ секунд на один бит. Захватив канал, станция может далее передавать кадр с любой скоростью.

Обнаружение коллизий используется с помощью специальной кодировки на физическом уровне.