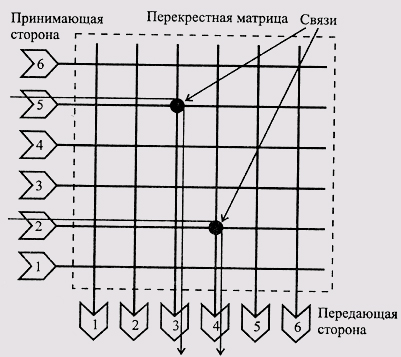
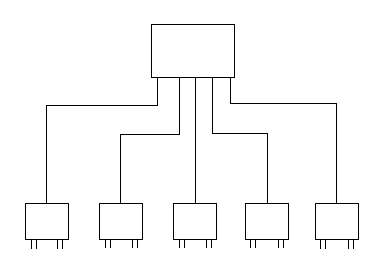
**Лекция за 21.03.2012, часть 2**

***Физическое оборудование сети Ethernet. Часть 2.***

Самый первый коммутатор по логике работы был построен по схеме ***матричного коммутатора***. Это тоже электрическая схема (на рис. 6х6), в которой каждый вход может коммутировать с каждым выходом.



Такой коммутатор разрешает коллизии много во много, но ничего не может сделать ни с широковещательными коллизиями, ни с коллизиями много в один (когда два адаптера ведут передачу на один адаптер). Преимуществом такого коммутатора является то, что он имеет достаточную пропускную способность, чтобы обеспечить одновременное соединение всех со всеми, кроме того он обеспечивает возможность ***дуплексной передачи*** (передача, при которой один и тот же адаптер может принимать данные и одновременно передавать данные). В коаксиальном Ethernet’е и Ethernet’е, построенном на основе пассивных хабов такое невозможно (так как если данные передаются, ни один из передатчиков в это время включиться не может). С другой стороны матричный хаб обладал очень большим недостатком, его схемотехническая сложность возрастает пропорционально квадрату числа портов, поэтому возрастает его стоимость. Поэтому матричные хабы почти никогда не вырастали по количеству портов больше чем до 8-10 портов. Надо помнить, что увеличение числа портов требует увеличения быстродействия логики работы электроники внутри switch’а, поскольку прежде чем научиться коммутировать пакеты, надо составить таблицу соответствия между хостами и самими портами. Коммутация тоже требует какого-то времени. Всё это сделало дальнейшее наращивание мощности с использованием технологий матричными хабов тупиковым.   
 Некоторое время существовали ***гибридные switch’и*** (switch – сетевой коммутатор). Надо скоммутировать 20 Ethernet портов, мы берём 5 switch’ей по 5 портов (по 4 порта торчат наружу),а соответственно 5-ые порты этих switch’ей соединены с еще одним switch’ом, который уже непосредственно коммутирует между ними(см. рис).



Условная стоимость 5\*5\*6 =150 (условных единиц). Если считать по портам, у нас 20 портов, матричный switch имел бы стоимость порядка 400 условных единиц. Такой гибридный switch позволяет снизить стоимость примерно в 3.5 раза без особой потери производительности. Внутри каждого «маленького» switch’а группы портов коммутируются свободно. Единственная проблема может возникнуть, когда нам требуется передать данные с портов одного «маленького» switch’а на порты другого «маленького» switch’а. Тут всё начинает лимитироваться пропускной способностью верхнего коммутирующего switch’а. Внутри каждого «маленького» switch’а коллизии эффективно гасятся, но возможны групповые коллизии между группами портов, расположенных на одном switch’е. Такой switch позволял при довольно низкой стоимости обеспечить коммутацию большого количества Ethernet портов друг с другом. Гибридные схемы до 2000-ых годов были наиболее популярными.

1998г. – дальнейшее развитие – коммутаторы с кольцевой внутренней шиной (предложена фирмой 3com). Представим сеть, построенную по принципу многомаркерного кольца, но при этом, эта сеть умещается внутри коробки коммутатора (стандартный размер коммутатора – с большой ноутбук). Компактные размеры позволяют использовать очень высокую скорость передачи данных, эффективно использовать многомаркерные кольца (возможно использование нескольких колец).

***Пример***: рассмотрим 24 порта, в случае дуплексной связи это 2.4 Гбит, при том, что пропускная способность 3com’овских колец примерно 1 Гбит. Таким образом, из 24 портов мы можем обеспечить коммутацию 5 дуплексных соединений(10 портов), то есть 40% емкости switch’а одновременно. А если 2 внутренних кольца, то практически весь switch может работать без всяких коллизий (2 Гбит = 20ти портам, работающим одновременно).

***Коллизии в кольцевой внутренней шине.*** В связи с тем, что среда - носитель внутри switch’а вообще не имеет коллизий, то коммутаторы с кольцевой внутренней шиной вообще могли очень эффективно гасить любые коллизии (за счет разделения во времени в многомаркерных кольцах). На самом деле, на тот момент Ethernet представлял собой самую «красивую» архитектурную конструкцию, с точки зрения физической топологии это была звезда, с точки зрения логики работы это была общая шина, с точки зрения организации схемы коммутации это было кольцо. На тот момент – «совершенство».

Но придумали еще лучше. Первая половина 2000-ых годов. Связано было с резким удешевлением стоимости памяти и процессора. У каждого switch’а есть свой собственный процессор (он делал небольшое число операций, зато быстро и хорошо). Само решение – отказаться от любой транспортной шины и использовать внутри switch’а обыкновенные высокопроизводительные шины, характерные для современных компьютерных систем. Мы не отправляем в кольцо фреймы, а просто записываем в память, так как она стала быстрой и дешевой. Объем Кэша на современных процессорах – единицы мегабайт. Кэш - одна из наиболее дорогих частей процессора. Кэш – память уже имеет такую скорость, которая позволяет работать с ней со скоростями передачи Гбит-ого Ethernet’а без буферизации. Когда фрейм приходит в порт, он быстро декодируется и немедленно складывается в память. Внутри switch’а есть своя собственная операционная система, которая перебирает буферизованные внутри памяти фреймы и смотрит, когда тот или иной порт свободен для приёма данных, она все фреймы, которые этому порту адресованы, в него и передает. Фактически мы имеет близкую к кольцу схему, хотя размещение фреймов в памяти может быть более-менее произвольным.

***Сети сотовой связи.***

***Предыстория вопроса.*** Идея сотовой связи и мобильных телефонов высказывалась давно и эта тема обсуждалась практически всю вторую половину 20 века в фантастике, поэтому она (сотовая связь) должна была рано или поздно возникнуть. 2 предпосылки: 1) 70-80ые года 20 века – началась массовая телефонизация стран Скандинавии и быстро выяснилось, что тянуть телефонные провода до далёких деревень очень дорого. 2) США – они хотели защищенную связь для своих спецслужб. Радиотелефоны были известны и до этого момента, но они работали по ***транковому принципу*** (разговор в сети слышат все абоненты этой сети). Пример: рации в такси и маршрутках. Транковую связь хотели сделать защищенной (чтобы каждый абонент мог передавать информацию конфиденциально).

В основе современных сетей сотовой связи лежит вот что: существует область покрытия сети, которая распределяется между базовыми станциями (соты). Плотное покрытие на плоскости лучше всего осуществляется с помощью гексагональной сетки, при этом минимизируется число необходимых базовых станций для покрытия сетки, при этом обеспечивается возможность плотного покрытия. Реальная схема покрытия от сотовой далека (из-за географических причин и плотности распределения телефонных аппаратов в той или иной области). GSM-аппарат (абонентский терминал), попадая в зону действия соты, проходит на ней регистрацию и до выхода из области покрытия конкретной соты остается связанным с текущей базовой станцией. В качестве сетевого адреса сотовой сети используется некоторая комбинация, аппаратным адресом которой является номер IMEI (International Mobile Equipment Identity) абонентского терминала и некого ключа, указываемого в SIM-карте аппарата. В тех сетях, где SIM-карта отсутствует, используется только аналог номера IMEI.

***Как осуществляется работа GSM-протокола?***. При подключении к сотовой сети, абонент получает свою ***поднесущую***. Любая сотовая сеть работает в своём диапазоне частот (наиболее распространённый у нас нынче это GSM 900 МГц, на самом деле диапазон там от 885 до 915 МГц). Этот диапазон разделяется на поднесущие, они нарезаются примерно через 0.01 МГц. Одна абонентская станция может работать примерно с 3000 поднесущих. Но этого мало, и там применяется более хитрая схема: на каждой поднесущей может работать несколько аппаратов (вначале 16, сейчас – до 256). При этом используется механизм, который называется «Разделение во времени». Во время регистрации абонентского терминала на базовой станции и в дальнейшем в процессе работы происходит постоянная синхронизация часов аппаратов и базовой станции, при этом каждый абонентский терминал получают в распоряжение ***Таймслот***, тот промежуток времени, в течение которого он может вести передачу. По истечении этого времени он на некоторое время теряет возможность ведения передачи и передает свою очередь другим аппаратам, работающим на той же поднесущей, но в связи с тем, что промежуток времени мал, на качестве связи это не сказывается. Базовая топология – в рамках отдельных Таймслотов это похоже на кольцо, а поднесущие вместе образуют звезду. В базовом стандарте GSM существует ***2 типа фреймов – голосовые и данных***. Голосовые используются для передачи голосовой информации, фреймы данных используются для передачи данных в соответствии с протоколом GPRS. С точки зрения самого фрейма, они отличаются только флагами в заголовке, но отличия такие: если использовать голосовые фреймы, контрольные суммы вычисляются, но не используются. Если же использовать фреймы данных, то контрольная сумма вычисляется и проверяется всегда. Поэтому у голосовых данных возможны серьезные искажения. Основная задача голосовых фреймов – передавать голос в реальном времени. При передаче данных никакого реального времени нет. Существуют еще ***служебные фреймы***, которые передают служебную информацию GSM. Голосовая информация кодируется при помощи специального ***кодека GSM***.

Этот кодек с переменным битрейтом, он позволяет в зависимости от нагрузки и степени зашумленности линии, передавать голосовые данные с дискретизацией от 1.5 до 8 кГц. Смешивать в одной передаче фреймы 2ух разных типов было нельзя (было связано с низкой мощностью процессора в телефонных аппаратах).

***Технология EDGE*** (или 2.5G) – переходная от GSM к 3G. Начиная с неё появилась возможность смешения в одном потоке фреймов данных и фреймов голоса. Она получилась не очень удачной. В любом телефоне есть 2 процессора (один – контроллер GSM; второй - процессор, обеспечивающий сервис за рамками телефонии). Технология EDGE использовала возможности телефонного процессора для сжатия и декодирования данных. Из-за этого появились «глюки» (появились телефоны, несовместимые с какими-то базовыми станциями). Стандарт EDGE не прижился, к началу 2010ых был замещен 3G. Но его появление веско активизировало работу по принятию 3G стандарта.

***Первые 3G сети*** появились в Японии в 2006-2007 годах. 3G сети – существенное развитие GSM стандарта. ***Отличия от классического GSM***: 1) Используются более мощные схемы помехоустойчивого кодирования, при этом используется процессор радиомодуля (от использования процессора самого телефона отказались). 2) В 3G все доступные Таймслоты делятся поровну между всеми абонентами, использующими данную поднесущую. Если в данный момент хотя бы один Таймслот свободен, то его может использовать любой абонентский терминал, которому это в данный момент необходимо.Касается это только передачи данных, но не голоса. Для передачи голоса используются зарезервированные Таймслоты (они есть всегда). В какой-то момент может не оказаться Таймслотов для передачи данных. Классический GPRS поддерживает скорость до 48 Кбит/c, 3G(если нет ограничений со стороны оператора) может поддерживать связь в хороших условиях до 1.5 Мбит/c. С другой стороны оператор может (для снижения нагрузки на базовую станцию) вводить ограничения по количеству Таймслотов, выделяемых отдельному аппарату.

Качество GSM связи в России одно из самых хороших, по соотношению качество / стоимость вообще видимо наилучшее. Пример: минимальный безлимитный тариф в США в 2010 году стоил около 70$, стоимость трафика тоже выше, чем в России. Важную роль играет конкуренция внутри «большой тройки» (Мегафон, МТС, Билайн), так как такой конкуренции, как в России, в других крупных странах почти нет (например в США есть сильное разделение по регионам, каждый оператор имеет ограниченную территориальную область действия).

Существуют ***типы абонентских терминалов*** (отчасти связаны с аппаратными особенностями, отчасти с административными): 1) Терминалы, поддерживающие только передачу голоса. 2) Терминалы, поддерживающие только передачу данных. 3) Служебные терминалы (устройства для тестирования GSM сети). 4) Остальные: классы телефонных аппаратов по качеству обслуживания, они уже зависят от тарифных планов и от текущей схемы администрирования сети (например, все аппараты, которые действуют в роуминге, попадают в низшие категории, поэтому в случае перегрузки сети, их обслуживание приостанавливается в первую очередь).

***4G***. 3G – максимум, что можно выжать из классического GSM протокола. Дальнейшее развитие сети возможно только на отказе от GSM протокола, по крайней мере в области передачи данных, потому что для передачи голоса GSMа хватает. Стремление к увеличению пропускной способности потребовало уже отказа от использования классического GPRS. У нас первой ласточкой 4G была ***YOTA***. YOTA интересна тем, что это действительно российская разработка, но у неё есть один принципиальный недостаток: она использует диапазон частот, который в большинстве стран просто запрещен к коммерческому использованию. Поэтому все попытки выйти с YOT’ой на международный рынок ничем не завершились (хотя эти попытки были).

Лицензирование диапазона частот – дорогая вещь, то есть выделить специальный диапазон для своего оборудования очень нелегко. Сделали YOT’у инженеры из института ЛИТМО (в близком сотрудничестве с инженерами SAMSUNG’а). Она использует не GSM диапазон, отсутствие требований совместимости позволило с нуля написать низкоуровневый протокол передачи данных (который оказался довольно эффективным). Но в настоящее время YOTA будет замещаться другими решениями. Одно из них – это ***WiMAX***. Создатели этого стандарта ставили целью сделать стандарт мобильной передачи данных, сравнимый по пропускной способности со стандартом WIFI (10ки Мбит/c). WiMAX сети оказались очень капризными и чувствительными к помехам, которые создаются бытовой аппаратурой (например не рекомендуется держать WiMAX устройство рядом с бытовым вентилятором). Но эти помехи очень быстро затухают вдали от источника, в паре метров от источника уже можно спокойно пользоваться. LTX - современный стандарт, активно продвигающийся в России и Европе, его уже в следующем году собираются у нас внедрять. LTX гарантирует скорость до десятков Мбит/c в зависимости от тарифного плана.