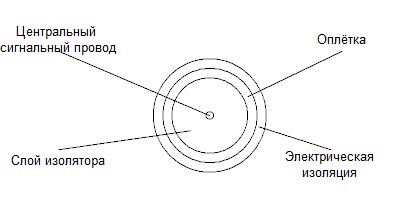
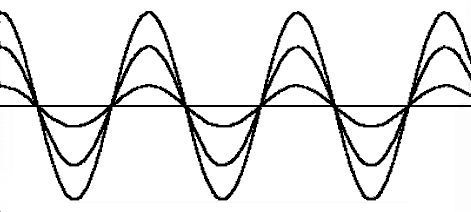
**Лекция за 21.03.2012, часть 1**

***Физическое оборудование сети Ethernet. Часть 1.***

Начало: сер. 80-х гг. – в качестве основной среды передачи данных предполагалось использовать ***коаксиальный кабель*** (соединяет телевизионную антенну с самим телевизором). Этот кабель состоит из центрального сигнального провода, вокруг которого цилиндрический слой изолятора, поверх него – оплётка (ещё один токопроводящий слой), снаружи – обыкновенная электрическая изоляция.



**Рис.1.** Сечение провода коаксиального кабеля

***Особенность такой передачи данных***: коаксиальный кабель удобен для передачи стоящей волны. При распространении волны все её точки, в том числе максимумы и минимумы, могут распространяться с некоторой волновой скоростью, которая может быть произвольной и не совпадать со скоростью распространения электромагнитного импульса. Может существовать волна, волновая скорость которой равна 0 (такая волна называется ***стоячей***).

пучность

узел

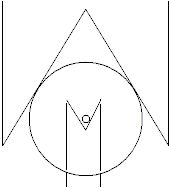
**Рис.2.** График стоячей волны

В стоячей волне нули и максимумы остаются на месте и не перемещаются во времени. Точки, в которых значение интенсивности э\м поля равна 0, называются ***узлами*** этой волны, а те точки, в которых интенсивность э\м поля достигает наибольших значений, называются ***пучностями***.

***Удобство передачи данных*** посредством такого рода волн заключается в следующем: простота настройки аппаратуры, меньше различные потери, связанные с омическим и волновым сопротивлениями. Коаксиальный кабель выбирался из-за простоты его организации, приспособления для работы с ним были хорошо освоены промышленностью, он всегда применялся для организации высокочастотной передачи сигнала.

Основной носитель – специальный кабель ***“Толстый Ethernet”***: толщина 3/8 дюйма (~10mm), ярко-оранжевого цвета (“оранжевый Ethernet”), на нём наносилась специальная разметка – указывались точки, в которых его можно резать: в любых узлах э\м волны; также размечались точки пучности (образовывались при правильном раскрое кабеля), в которых можно было подключать адаптеры Ethernet.

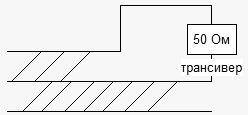
***Адаптер***: в точках пучности э\м волны на кабель необходимо было надеть специальную коробочку, внутри которой были 2 V-образных ножа (заточенных металлических пластины), которые располагались на верхней и нижней частях коробочки, между ними зажимался кабель. Он разрезался этими ножами, один из которых приходил в соприкосновение с внутренним сигнальным проводом коаксиального кабеля, а второй входил в контакт с оплёткой.



**Рис.3.** Ножи и адаптер толстого Ethernet’а в собранном виде

Ethernet относительно дешёвый (но не в абсолютном значении: ~1000$). Внутри коробочки – электрическая схема предварительного усилителя, которая также стоила каких-то денег.

***Основной недостаток толстого Ethernet’а*** – сложность монтажа: большой вес кабеля; было много правил, которые необходимо было соблюдать при прокладке кабеля: скругления в углах – радиус кривизны при изменении направления прокладки д.б. составлять около полуметра, т.к. иначе кабель мог просто сломаться; для вертикальной прокладки требовался либо специальный кабель, либо требовалось подвешивать кабель на несущую проволоку, которая воспринимала механическую нагрузку (препятствовала разрыву кабеля под действием собственного веса); аналогично для уличной прокладки кабель требовалось подвешивать под специальную несущую проволоку. Нужно было строго следить за качеством монтажа толстого Ethernet’а, т.к. любые поломки могли приводить к серьёзным волновым помехам (***особенность стоячих волн***) – на этих участках кабеля волна будет отражаться и вносить соответствующие помехи в передачу. Существовали и другие требования, которые необходимо было соблюдать при прокладке толстого Ethernet’а. ***Особенность***: кабель должен был прокладываться целым куском (нельзя собирать из более мелких кусков после поломки). На одном из концов кабель должен был терминироваться: ***терминатор*** – это такая же коробочка (трансивер), только ни к чему не присоединённая; между двумя ножами впаивалось сопротивление в 50 Ом.

****

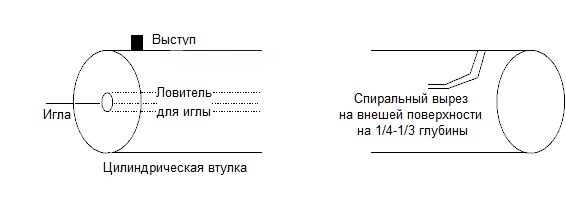
**Рис.4.** Схема терминатора

Терминатор нужен для организации стоячей волны (ведёт себя как зеркало, от которого отражается волна, а когда 2 волны складываются, то образуется стоячая волна). “Мёртвая зыбь” – стоячая волна на воде (информация, не имеющая прямого отношения к теме, просто для общего развития).

Ещё ***оборудование Ethernet***: 2 куска оборудования (кабеля) всё-таки можно было соединять при помощи ***ресивера*** – такой же коробочки, только в 2 раза большей по размеру; в неё можно было “воткнуть” 2 провода (а не 1), он позволял наращивать в стык колено Ethernet; ресивер мог быть активным или пассивным: ***пассивный*** является передатчиком, согласовывающим параметры звеньев сети Ethernet, ***активный*** включал в себя электрический усилитель (ему требовалось внешнее питание), при помощи которого можно было улучшить качество прохождения сигнала (т.к. ресивер вносил некоторые помехи и для их компенсации требовался усилитель).

***Параметры толстого Ethernet’а***: 1). Максимальная длина звена Ethernet составляла 100 метров (300 футов). 2). Максимальное количество хостов, подключаемых к такому кабелю, равно 100 (разметка такая, что подключать хосты можно было примерно через 1 метр (3 фута)), длина волны в кабеле – удвоенное расстояние между пучностями, т.е. ~2 метра. 3). Поддержка напряжения 48 Вольт (довольно много), поэтому для работ требуется сертификат (удостоверение монтажника-электрика и работы были дорогими, соблюдение многих правил – см. выше). 4). Поддержка двух типов скоростей: 10 Mbit/c или 100 Mbit/c, причём скорость сети определялась скоростью более медленного адаптера.

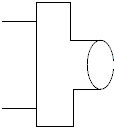
Стали искать альтернативу. И она была быстро найдена. ***“Тонкий (чёрный) Ethernet”***: толщина ¼ дюйма (~6mm) (особенность российской инженерной системы: признаёт и метрические, и дюймовые размеры); отказ от скорости в 100 mbit/c, что позволило существенно упростить систему: отказ от 48-вольтового напряжения и снижение его сначала до 12, а потом и до 9.6 Вольт. Стало возможным монтировать сети усилиями сотрудников самой компании, поэтому отказались от монтажа сети только специалистами. Возросло количество предложений на рынке из-за необязательности получения лицензии на работу с электрооборудованием. Схема монтажа стала более лёгкой (отказ от идеи целого провода с установленными на нём трансиверами и переход к монтажу с помощью ***BNC-разъёмов (BNC-connectors)***). Всё это уменьшило в несколько раз стоимость монтажных работ.



**Рис.5.** BNC-connector

Игла приходит в контакт с сигнальной жилой коаксиального кабеля, а сама втулка приходит в контакт с оплёткой. Выступ попадает в вырез, они поворачиваются друг относительно друга на четверть оборота и приходят в соприкосновение (подпружиненный замочек препятствует развалу от тряски). Внутри втулки – ловитель для иглы (узкая трубка из подпружиненных сегментов), плотно охватывающая её при соприкосновении. Расшифровка названия: ***Bayonet Neill Concelman (British Neill Connector – британский военно-морской разъём)***. Разъёмы позволили монтировать сеть тонкого Ethernet’а из отдельных сегментов правильной длины (м.б. различной, но не рекомендуется 4.5 метра, чтобы не попасть между двумя пучностями волны).

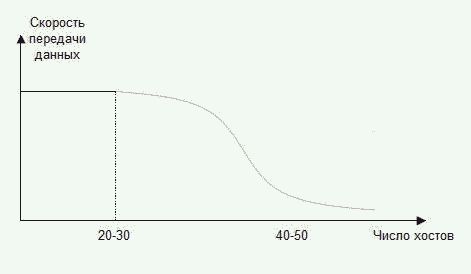
Облегчилась конструкция прикрепления кабеля к сетевому адаптеру: ***T-коннектор***.



**Рис.6.** T-connector

Делался BNC-разъём, к которому подключался коннектор T-образной формы. При помощи T-разъёмов отдельные части кабеля соединялись между собой и присоединялись непосредственно к адаптеру. Всё это позволило значительно сократить стоимость монтажа сети. ***НО***: пришлось отказаться от высокоскоростного Ethernet’а.

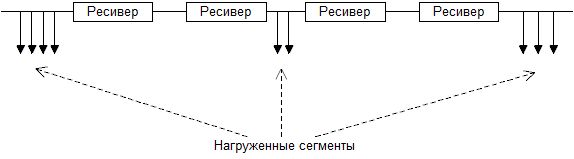
Среди ***оборудования коаксиального (тонкого) Ethernet’а*** сохранились ресиверы (как в толстом Ethernet’е), при помощи которых можно было соединить 2 удалённых Ethernet-сегмента. Для этого необходимо было протянуть длинный провод, на его концах поставить ресиверы и подключить к ним обычные сегменты тонкого Ethernet’а (в этом случае ресиверы требовали отдельного внешнего питания). ***Домен коллизий*** – область сети, за которую не выходят коллизии (может им являться вся сеть Ethernet – тривиальный вариант). Появились ресиверы, которые позволяли гасить коллизии (простая аналоговая схема, позволяющая определить, что в сети происходит коллизия – она по мощности гораздо сильнее мощности передачи одного передатчика). На момент коллизии отключалась связь между элементами, если она осуществлялась при помощи ресивера. ***Роль ресиверов***: 1). объединение в один Ethernet-сегмент нескольких физически удалённых сетей; 2). сокращение размеров доменов коллизий. В остальных аспектах тонкий Ethernet мало отличался от толстого. Также требовались специализированные кабели для вертикальной проводки, уличная прокладка для тонкого Ethernet’а не допускалась (сети возможны только в пределах одного здания).

***Итог***: упрощение монтажа (применение T-коннекторов и байонетных разъёмов) – использовались простейшие клещи; снижение напряжения лишает необходимости в лицензии. Т.о. стоимость снижена на порядки по сравнению с толстым Ethernet’ом. К началу 90-х гг. стоимость адаптера тонкого Ethernet’а стала составлять ~100$ (ранее ~1000$). После этого коллизии вышли на первый план как главный враг Ethernet (они резко снижают теоретическую пропускную способность сети).

**Рис.7.** График зависимости скорости передачи данных в сети от количества хостов

***Попытка решения проблемы***: разбиение сети на подсегменты, между которыми поместить ресивер. ***НО***: такое не всегда было возможно чисто технически (ресиверы тоже были дорогими – в несколько раз дороже сетевого адаптера), также ресиверы вносили некоторые помехи.

***Правило 3-4-5***: в одной Ethernet сети не может быть больше 5 сегментов, которые соединены не более чем 4 ресиверами, и всего лишь в 3-х сегментах допускается наличие хостов.



**Рис.8.** Пример сети, соответствующей правилу 3-4-5

Это правило стало камнем преткновения для дальнейшего развития коаксиального Ethernet’а (середина 90-х годов).

***Новые идеи***: полный отказ от коаксиального кабеля как носителя; отказ от физической топологии общей шины и переход к топологии звезда (её преимущества: нечувствительность к выходу из строя отдельных соединений и отдельных хостов, более высокая конфиденциальность). На практике бывали различные случаи: когда выход из строя любого соединения (участок кабеля между двумя точками включения – его сегмент в тонком Ethernet’е) либо приводит к неработоспособности по крайней мере половины сети (той части, в которой нет терминала); при выходе из строя адаптера целостность сети могла не нарушиться, но было и обратное: один неисправный адаптер выводил из строя всю сеть. Таким образом, переход к топологии звезды решал многие накопившиеся проблемы. ***НО***: поскольку к тому времени было создано уже достаточно много работающего ПО, то сразу отказаться от коллизий и логики работы общей шины было нельзя для сохранения возможности работы этого ПО.

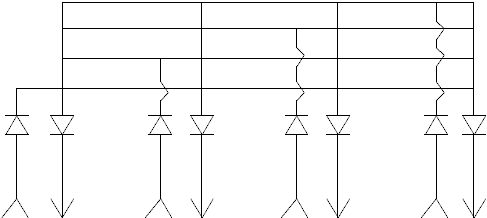
В качестве среды носителя выбрана ***витая пара (twisted pair)*** 3-й или 5-й категории (этот тип носителя был использован широко в промышленности: этот кабель входил в телефонную проводку и был в несколько раз дешевле коаксиального кабеля). Чем выше категория кабеля, тем он дороже и, скорее всего, качественнее. Имелось оборудование для его монтажа, и оно серийно выпускалось в промышленности, его можно было использовать либо сразу, либо после небольшой доработки. Соединение кабеля осуществлялось при помощи ***RG-45 коннекторов***, похожих на телефоны. Изначально старались делать сеть, не совместимую по разъёму с телефонной сетью (RG-12, 60 Вольт).

Множество проблем было вызвано тем, что при проектировании большинства устройств предполагалось, что они будут эксплуатироваться профессионалами, знающими инструкции (нужно для “защиты от дурака”), и что поломок никогда не будет, а когда они всё-таки случались, то имели грандиозный масштаб (пример – трагедия на Фукусиме).

Кабель мог быть ***экранированным*** или ***неэкранированным (shielded\unshielded)***. Существуют соответственно ***STP*** и ***UTP (Shielded Twisted Pair\Unshielded Twisted Pair)***. Имеет место распространённое заблуждение, что при передаче по экранированной витой паре либо меньше уровень ошибок, либо можно передавать на большие расстояния: на самом деле на витую пару действует то же самое ограничение на длину сегмента (100 метров).

***Единственное преимущество экранированной витой пары***: резкое снижение возможности несанкционированного перехвата информации за счёт радиоизлучения от кабеля (поэтому применять ЭВП лучше только тогда, когда необходимо дополнительно обезопасить данные от перехвата, в остальных случаях её использование не оправдано).

В ***центре звезды*** как ***топологии сети*** находится ***хаб*** (в переводе – ***коммутатор***), в ***центре звезды Ethernet*** – ***хаб***, который переводится как ***концентратор***. Поэтому важно понимать контекст, в котором понятие “хаб” употребляется. В сети Ethernet, кроме хаба, может находиться ещё и ***свитч*** (в переводе – ***коммутатор***). ***Хаб*** – простое чисто электрическое устройство без всякой логики. ***Основная задача*** этого устройства – коммутировать все его входы со всеми выходами.

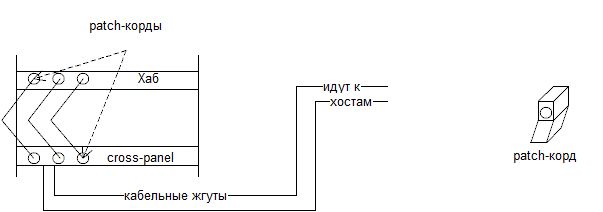


**Рис.9.** Хаб

Хаб в этой сети играет ту же роль, что и коаксиальный кабель, т.е. служит той средой, которая осуществляет пассивную коммутацию каналов передачи данных; в хабе также возможны коллизии, как и в коаксиальном кабеле.

Таким образом, получаем среду передачи данных, основанную на новом носителе, но с сохранением первоначальной логики работы Ethernet’а и (к сожалению) с сохранением всех его недостатков (коллизионности). Но использование хабов и витой пары позволило ещё на несколько десятков процентов снизить монтажную стоимость Ethernet.

Пассивное оборудование Ethernet’а с использованием витой пары также включало в себя (кроме хабов и кабелей с разъёмами RG-45) некоторые элементы.

Была изменена схема монтажа. Больше всего подвержены износу сами разъёмы, поэтому никогда 2 гнезда RG-45 напрямую не соединяются. Для этого используются коммутационные ***patch-панели (cross-панели)***:

**Рис.10.** Коммутационные cross-панели и patch-корды

Можно считать, что cross-панель – огромная RG-45 розетка на много выходов. Сама панель соединяется с хабом посредством небольших коротких проводов с RG-45 вилками на обоих концах (patch-корды). От patch-панели кабельные жгуты идут к хостам и они заводятся около хостов на RG-45 розетки, которые соединяются при помощи тех самых patch-кордов с компьютерами. Схема достаточно сложная, но при выходе из строя patch-корда можно поменять сам patch-корд (достаточно дешёвый, стоимость самого кабеля значительно выше).

***“Проблема последнего фута”***: чаще всего в любом кабеле выходит из строя его последний фут (в данном случае это patch-корды, поэтому устранение неполадок достаточно тривиально).

***Преимущество***: наличие patch-панели позволяет достаточно легко вручную коммутировать каналы, что иногда бывает полезно.

Хабы Ethernet появились во второй половине 90-х гг. Параллельно с этим стал решаться вопрос о борьбе с коллизиями.

***Новое решение***: заменить хаб на коммутирующее устройство, внутри которого разводить конкурирующие каналы передачи данных. Так появились первые ***коммутаторы***.